

京大地球物理学研究の百年(Ⅱ)

編者：竹本修三・廣田 勇・荒木 徹

(2010 年 10 月 25 日発行)

集録:京大地球物理学研究の百年(Ⅱ)

目 次

はじめに	1
1. 帝国大学時代の京大地球物理学研究	
1-1 山元龍三郎・竹本修三：志田 順 先生の足跡を追って	2
1-2 竹本修三・津村建四朗：志田順から今村明恒に宛てた手紙(1911 年)に関して	6
1-3 (史料) 志田順：別府地球物理研究所開所式における謝辞 (地球物理、第一巻、第 1 号(1937)より転載)	10
1-4 (史料) 高橋淳雄：野満隆治先生と海洋学 (海の研究、第一巻、第 5 号(1992)より転載)	16
2. 戦後の京大地球物理学研究	
2-1 鳥羽良明：京大海洋物理学分野の歴史的展望 — 講座の始まり、野満・速水・国司・今里教授の 時代から現在への発展 —	19
2-2 杉本隆成・柳哲雄・遠藤修一・今脇資郎・市川 洋： 京大地球教室が貢献した海洋物理学研究の流れ	25
2-3 奥西一夫：速水頌一郎先生に始まる京大防災研の陸水学研究	29
2-4 由佐悠紀：別府を中心とした陸水学・温泉学研究の系譜	33
2-5 住友則彦：京大の地震予知研究	37
2-6 入倉孝次郎：京大の強震動研究	41
2-7 三雲 健：「気圧微変動」のその後 — 大地震、津波、火山大爆発などから発生した気圧波 —	45
3. 外から見た京大	
3-1 佐藤 薫：MU レーダーから PANSY へ	55
3-2 寺沢敏夫：宇宙プラズマ物理学—京都と東京—	60
3-3 入船徹男：地球深部の超高压研究—京都から松山へ—	64
3-4 安藤雅孝：雑感—台湾に来て考えたこと—	67
4. 海外共同観測・国際貢献	
4-1 竹本修三：地物教室測地学分野の海外観測・国際貢献	70
4-2 橋爪道郎：海外における地球物理観測—京都大学の貢献—	75
4-3 深尾昌一郎：赤道大気レーダー建設の意義と経緯	80

5. 南極観測

5-1 北村泰一：日本南極観測黎明期における京都大学のかかわり	84
5-2 伊藤 潔・金尾政紀：南極昭和基地周辺における地下構造調査と地震観測	94
5-3 福田洋一：南極の重力・GPS 測定	98
5-4 佐藤和秀：南極氷床を探る ―雪氷の世界から―	102
5-5 岩野祥子：2回の越冬で感じたこと	107
5-6 尾池和夫：理学部の教授室から南極観測を見る―送り出す側から―	111
(表) 南極観測隊：京大関係参加者リスト	114

6. 研究環境の周辺

6-1 戸田 孝：地物教室の電子ネットワーク化	117
6-2 住友則彦：京大教養部地学実験が果たした役割	120
6-3 竹本修三：阿武山観測所・地物教室と防災研究所の工作室―人と機械― (付記) 上賀茂地学観測所時代の今井 湊 氏	123
6-4 林泰一：防災研究所の気象・海洋分野の観測と技術職員	129

7. 総説

7-1 廣田 勇：「自由の学風」という幻想	131
7-2 加藤 進：「京大地球物理学研究の百年」に思う	134
7-3 北村泰一：広野求和先生とぼく	136
7-4 荒木 徹：阿波丸事件と京都大学	138

8. 資料

(表) 京大地球物理学研究の歴史に関する文献	142
(表) 在職教員リスト (改訂版)	144

おわりに	151
------	-----

はじめに

1909 年 9 月に志田 順 先生が京都に赴任し、地球物理学の研究を始められてから、昨年がちょうど百周年であった。この機会に京都大学における地球物理学研究の百年の歴史を振り返ってみるのは有意義なことであると考え、関係各位のご協力を得て、2009 年度に国際高等研究所フェロー研究会：「京大地球物理学研究の百年」を 3 回にわたって開催した。

当初、研究会の集録を印刷する予定はなかったが、研究会の世話人として加わっていた廣田 勇・荒木 徹・両名誉教授と私の 3 人で検討した結果、計 3 回の研究会の講演録に加えて、講演者以外からも京大地球物理学研究の百年の歴史に関連した寄稿を集め、それらを集約した冊子体の集録「京大地球物理学研究の百年」を 2010 年 3 月に刊行することができた。

この集録を希望者にお送りしたところ、予想以上の反響を呼び、「集録を読んで新たな史実を知ることができた」などの感想が数多く寄せられた。そのなかには、「京大地球物理学研究の百年」ではあまり触れられなかった分野も含めて、ぜひ集録の続編を発行して欲しいという声も多かった。さらに、当方で把握していなかった公立図書館からも寄贈の申し込みが届いたのにはいささか驚いた。これらを踏まえて世話人の間で検討を重ねた結果、集録「京大地球物理学研究の百年」の続編として「京大地球物理学研究の百年（Ⅱ）」を新たに刊行することにした。

集録（Ⅱ）では、前回の集録では手薄であった海洋物理学・陸水学・温泉学分野の歴史展望の執筆を複数の関係者にお願いするとともに、京大から数多くの隊員を派遣している南極観測についての寄稿を新たに依頼した。また、南極観測に参加した京大関係者の名簿も作成した。さらに、かつて京大で地球物理学の研究に関与し、今は京大を離れて活躍しておられる皆さんに京大の学生・院生及び若手研究者に向けたメッセージを寄せてもらうことにした。

このように企画から約半年で、「京大地球物理学研究の百年（Ⅱ）」を纏めることができた。集録（Ⅱ）の上梓に際して、貴重な時間を割いて本集録に原稿を寄せてくださった執筆者の皆さんや「南極観測隊：京大関係参加者リスト」の作成及び「関係教員の在職期間一覧」の改定にご協力いただいた多くの関係者の皆さんに深く感謝を捧げたい。なお、本集録には今は亡き高橋淳雄先生が 1992 年に「海の研究」（第一巻、第 5 号）に投稿された「野満隆治先生と海洋学」を史料として転載してあるが、この転載を許可してくださった日本海洋学会にも厚く御礼を申し上げる。

本集録が、京大地球物理学研究の過去を振り返り、将来のさらなる研究発展に繋がることを期待したい。

（竹本 修三）

志田 順 先生の足跡を追って

山元龍三郎（1951 年卒）・竹本修三（1965 年卒）

地球物理学教室の創始者志田 順（とし）先生（写真 1）は、1876 年 5 月 28 日に千葉県佐倉町で生まれ、1901 年に東京帝国大学理科大学物理学科を卒業後、広島高等師範学校教授、第一高等学校教授を経て、1909 年 9 月に京都帝国大学理工科大学助教授となり、物理学第一講座を担当した。1913 年に京都帝国大学教授、1918 年に地球物理学講座担任、1920 年に地球物理学科を立ち上げたが、1936 年 6 月に病のため退官、同年 7 月 19 日に逝去された。

志田先生の訶咳に接した卒業生はすでに存在せず、志田先生の人となりについて直接お聞きできる方もほとんどいなくなっていました。そこで、残された資料から志田先生の足跡を辿り、そのお人柄を偲んでみた。

志田先生が亡くなられてから 6 年後に京大に入学した小澤泉夫名誉教授は、旧制松本高校同窓会の機関誌に「そのまた先生、志田先生」と題する随筆を寄せている。そのなかに以下のような記述がある。

志田先生のお墓は相国寺にあり、院号は清涼院殿で、ある人は涼しい所へお出でになるようにと言う。また、洞天順正居士という珍しい戒名である。洞天は天まで洞察する聡明なお方という意味ではないだろうか。順正はお名前からであろう。非凡で尋常の言葉では表現できない方だった。

小澤泉夫（1998）

志田先生の墓は、相国寺のなかの大光明寺の奥まったところにある（写真 2）。その近くには新城新蔵博士の墓がある。なお、大光明寺の手前の相国寺総墓地には禁門変長州藩殉難者墓所の横に佐々憲三博士（大憲院温故知新居士）の墓もある。



写真 1 志田 順 博士



写真 2 清涼院洞天順正居士の墓

1928 年 8 月より阿蘇火山研究所に雇員として勤務された林一氏が、その回想録のなかで、1928 年当時の志田先生の印象を次のように述べている。

私は就職の一ヶ月ばかり前に戸下温泉で志田先生にお目にかかって、昼食の陪食の榮に浴して感激したものであったが、それは短時間で、先生の人となりがよく分かる筈もなかった。しかし、そのとき宿の浴衣に着替えされるところに居合わせて、先生の瘦身を拝見して少々驚いたもので、背広の下に袴のような肩当をしておられて、それがないと背広も身に着かないもののものであった。

林 一（2002）

写真 1 に古武士然とした志田先生の風貌が示されている。その服の下にはやはり肩当をしておられたのだろうかと考え、思わず微笑が浮かんでくる。しかし、仕事には厳しい先生であったようだ。

志田先生は 1929 年の春に阿蘇の研究所の建物が完成した後、約 1 ヶ月間阿蘇に滞在し、地震計設置や残されていたポンプ室工事の陣頭指揮にあたったが、林氏を始め、現地スタッフの緊張は大変なものであったらしい。林氏はこの間のエピソードの一つを次のように綴っている。この話から、志田先生と佐々先生の面影が髣髴と浮かんでくる。

それは、夕食後のことであつたが、台所の方で何かコトコト音がするので、見に行ってみると（志田）先生が一人でモルタルを練って、食堂とその奥の休憩室との間の壁の、休憩室側にある奥行き五十糎、幅二米ほどのコンクリートの調理台の上塗りをしておられるところであつた。（中略）私はすぐに、「私どもでやります」と言つたが、先生は、「いや、大したことはないから、君たちは休んでたまえ」といって、一人で完成されたのであつた。私は早速佐々先生に告げたが、「おっしゃる通りにすればいい」とのことだつた。先生は凝り性というか、何でも自分でやってしまうところがあつたようである。

林 一 (2002)

さらに、林氏は、阿武山地震観測所勤務時代に接した志田先生の陣頭指揮の思い出として、1934 年 2 月の開所式の様子を次のように書き残している。

開所祝いは 2 月 11 日の紀元節をト（ぼく）して行われることになり、準備として、先ず、玄関に近い西棟の一室に、餅米を蒸すための竈を作ることから始められたが、志田先生は自ら煉瓦鑊を振って、耐火煉瓦の積み方を指導され、それに従って、私たち数名が、一応竈らしいものを作り、煙突も取り付けたのであつた。

林 一 (2002)

餅米は六斗用意され、搗きあがつた餅は、観測所設立のために寄附をしてくださった個人の方や関係先に配られたという。研究施設の維持には、このような細かい心遣いも必要であつたのであろう。

1921 年に地球物理学教室の二番目の講座として発足した海洋物理学講座の教授であつた野満隆治博士は、志田先生が亡くなられた直後に地震学会誌『地震』（第 1 輯）第 8 巻、第 8 号（1936）に「噫 志田順博士」と題する追悼文を寄せている。下記は、その一部である。

先生は、元来余りお達者な方ではなく、ここ十数年来、冬にはよく風邪を引かれ微熱がとれにくくお休みのことが多かったが、それでも暖気とともにいつも元気を恢復せられ、門下の指導に對外活動に大車輪であつた。それが一昨年末仮そめの風熱に臥床されてからは、いつもと様子が違ひ、春が来ても夏が来ても遂に床払ひをされるに至らず、二冬を越して本年に入り、皆々お案じ申す様になつた。特に五月の御還暦の直前など一時大いに心配をしたが、幸いにして持ち直し小康を得て居られたのに、七月十八日御容態急変し、一昼夜を出でず永き袂れとなつた。（中略）あのお身体にあの活動力。理路整然として而も綿々尽きざるあの長口舌。またと見、復と聞くことは永しなへに出来ない。悲しいかな。

野満隆治 (1936)

志田先生は、亡くなる 10 年以上前から健康が優れなかつたようであるが、1920 年に地球物理学教室を立ち上げたあと、1923～1926 年にかけて別府の地球物理学研究所を建設したのははじめ、1926 年に下賀茂気象学特別研究所、1927～1928 年に阿蘇の火山研究施設、1929～1934 年に阿武山地震観測所を建設している。上記の野満博士の追悼文には、“志田先生は、地球潮汐・地球剛性の研究、地震波初動の押し引き分布と発震機構の推究や深発地震の存在の提唱など、学問分野で透徹した洞察力を発揮されたばかりではなく、これを学術行政にも生かし、機微を逃さず対処し、遂に世界でも珍しい地球物理教室なるものを創設した。さらに短期間にこれだけ多くの研究施設を整えたことは、ただただ感服するほかはない。”という内容が述べられている。

日本で初めての『地球物理学科』を形成した志田先生に続く京都大学の試みは、科学史の面からも最近注目されはじめている（山田，2009）。1920 年代に本格化する世界的な地球物理学の大学における制度化の流れのなかで、京都大学の新たな挑戦を検証しようというものである。

次に、教育面における志田先生の足跡を少し辿ってみよう。京都産業大学の初代学長であつた荒木俊馬博士は、宇宙物理学教室で新城新蔵博士の門下であつたが、後年の彼の回想に以下の文章がある。

新入生の歓迎会や卒業の送別会のたびに新城教授と仲の良い志田順教授の地球物理学教室と合同で、近郊へハイキングに出掛けた。酒を汲み交わして、ひとときの談笑を楽しむ。酒を飲めない新城教授ではあったが、中座することなく、最後まで同席した。清滝への遊びの帰り道、ひとりひとりがダンダラ提灯をぶら下げて 新城教授を囲んで 山道を歩き、師弟の和を固め合った。

京都産業大学(2001)

「京大地球物理学研究の百年」の集録に掲載されている佐々憲三・三木晴男対談のなかで、宇宙物理の新城研究室と地球物理の志田研究室は、重力測定などを通じて密接な関係にあったことが語られているが、上記の荒木博士の回想から、両研究室は、合同でよくハイキングにも行っていたことがわかる。これを読んで、滝川幸辰・元京大総長をモデルにしたといわれる黒澤明監督の映画「わが青春に悔いなし」のなかの大河内伝次郎が演じた教授と学生達の交流の場面が脳裏に浮かんでくる。戦前から戦中にかけての厳しい時代に、教師と学生の距離は、今よりもずっと近かったのではなかろうか。

佐々・三木対談のなかで、佐々憲三博士は、志田先生によく怒られたという話をして、「だめなヤツには怒らない、だから、怒られたらモノになる」と言われて励みになったと述懐している。

志田先生の評価に関して、先に引用した小澤泉夫名誉教授の随筆のなかに、次のようなエピソードが語られている。どうやら京都の志田教授の存在は、東京でも一目置かれていたらしい。

当時中央気象台長の岡田武松は、基礎を学ぶ事を説き、自らの基礎学力を自負し、大御所と言われた。気象台から来て岡田をよく知っている気象の滑川忠夫博士は、「岡田と志田がどっちが偉いかというが、志田の頭の切れは岡田にはない。岡田に京都に来ませんかと言ったら、京都は雷があるからねと志田に一目置いていた」と話された。

小澤泉夫 (1998)

ところで、地球熱学研究施設(別府)には、直径1 m ほどの古木の輪切りが保存されている。これは、台湾の阿里山の紅檜の輪切り標本で、志田先生が京都に赴任されたころに開催された「拓殖博覧会」で展示されていたものを志田先生が古木の年輪から気候変動を調べるために入手されたものだ。

また、旧地球物理学教室の2階の廊下にも似たような古木の輪切り標本が置かれていた。こちらは大内正夫京都教育大学名誉教授が速水研究室にいた頃(1950年前後)にやはり気候変動を調べる目的で使用した台湾の大平山の檜であったという(鳥羽, 2010)。

古木の年輪から気候変化を辿ろうとする研究は、1909年のMonthly Weather Reviewに掲載されたDouglasの調査が最初と考えられ、日本でこの種の研究は、志田先生が最初である。

志田先生は、西暦800年以降1900年までの1000年以上にわたる樹木の成長年率(図1)を調べて、約35年のBrückner周期のほか、100年及び700年周期の変動にも着目し、飢饉の発現や支配勢力との変遷との関係について論じている(志田, 1935a)。1931(昭和6)年11月に昭和天皇が陸軍特別大演習のため阿蘇に行幸されたときの山上に於ける志田教授の御前講演『阿蘇山活動の過去・現在と爆発予知の問題』の際に、この図も展示された。

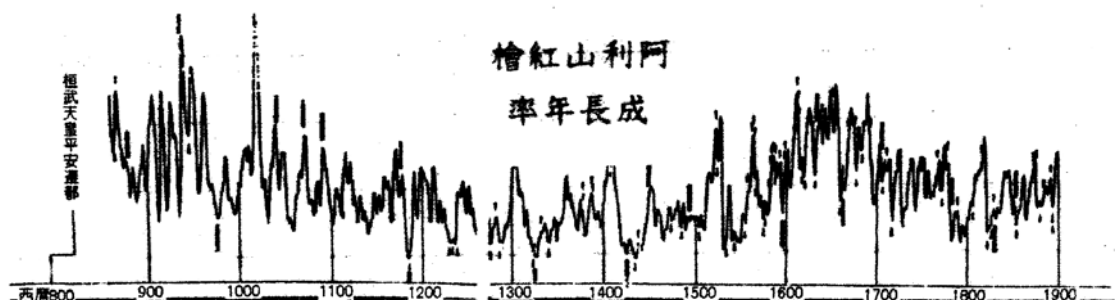


図1 阿里山紅檜の800年~1900年の樹木の成長年率(志田, 1935a)。

さらに志田先生は、パリにおける地磁気の偏角データに約 100 年の変化が認められることを指摘している(志田, 1935b)。また、気候の永年変化と地磁力の長期的な変動の共通性から 700 年の周期に着目し、14 世紀に世界中が大荒れに荒れた事実、例えば、1316 年の英国の大飢饉の際には小麦価格が 5 倍に暴騰し、1323 年の大寒気のときにはバルチック海が完全に氷結し、スウェーデンからドイツまで馬や橇で往復できたり、日本では 1322 年に大干ばつ、1324 年には大風水害を被ったりしたことから、それから 700 年後の 21 世紀の動向に懸念を表明しておられる。

このほか、志田先生は大気気圧微変動にも研究意欲を抱かれたが、そのきっかけとなったのは学生時代の物理実験であった。水の沸点の精密測定結果に見られた変化が大気圧の微変動に起因しているはずだとの想定が、志田式微圧計を誕生させた。志田先生は 2 種類の液体(水と流動パラフィン)を用いた変形 Manometer(志田式微圧計)を 1919 年に考案し、上賀茂地学観測所で観測を行った後、火山噴火に伴う微気圧変動を調べる目的で、阿蘇の火山研究施設に移設され、長期間の観測に使用された。志田式微圧計は、大気内部重力波など大気固有の現象の研究に資する貴重な観測結果を生み出した。また、核爆発など大爆発に伴う大気振動(音響重力波)について、志田式微圧計は、諸外国のものでは得られなかった詳細な波形の確認に成功して、この波動の理解に役立つ情報を明らかにした。志田式微圧計は、現在でも防災研究所附属火山活動研究センター桜島観測所で火山噴火に伴う空気振動の観測のために使用されている(横尾・他, 2008)。

志田先生は上賀茂地学観測所の傾斜計や地震計のデータを用いて測地学や地震学を始められ、別府では温泉学・地下水学、阿蘇では火山学、さらには気象学、地球電磁気学研究のための設備や装置を整えられた。このような志田先生のご業績は、京都大学のみならず、日本全体の地球物理学研究の祖と言っても過言ではあるまい。

(文献)

小澤泉夫(1998) : そのまた先生、志田先生、でるです22 (旧制松本高校第22回同窓生年刊雑誌) , 第22号, 102-106.

京都産業大学(2001) : 学祖 荒木俊馬先生と建学の心を訪ねて,

<http://www.kyoto-su.ac.jp/outline/enkaku/images/chapter1.pdf>

佐々憲三・三木晴男(2010) : (対談) 京大地震学史に関連して, 集録「京大地球物理学研究の百年」, 137-148.

志田 順(1935a) : 気候の永年変化と東亜諸勢力の興亡盛衰, 科学知識, 第15巻, 1月号, 10-17.

志田 順(1935b) : 気候の永年変化と地磁力, 科学知識, 第15巻, 2月号, 138-145.

鳥羽良明(2010) 京大海洋物理学分野の歴史的展望 — 講座の始まり、野満・速水・国司・今里教授の時代から現在への発展 —, (本集録に掲載).

野満隆治(1936) : 噫 志田順博士、『地震』第1輯, 第8巻, 第8号, 巻頭言.

林 一 (2002) : 京大阿蘇火山研究所・阿武山地震観測所草創期物語, (自費出版), 全119頁.

山田俊弘(2009) : 地球物理学制度化への挑戦—志田 順と京都帝大地球物理学科1909-1936年—, 日本科学教育学会年会論文集, 32, 423-424.

横尾亮彦・井口正人・為栗健・綿田辰吾・及川 純(2008) : 桜島における火山噴火に伴う空気振動の観測,

http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/~kazan/H19sakura/report/20_yokoo.pdf

志田順から今村明恒に宛てた手紙（1911 年）に関して

竹本修三（1965 年卒）・津村建四朗（1959 年卒）

1911（明治 44）年 6 月 15 日に発生した「喜界島地震」（ $M=8.0$ ）に関連して、同年 7 月 17 日付で志田順（1876-1936）が今村明恒（1870-1948）に宛てた手紙（図 1）が東京大学地震研究所の資料のなかから発見された（津村・他，2007）。京都における地球物理学研究を立ち上げた志田順は、東京の大森房吉（1868-1923）とは一定の距離を置いて接していたようであるが、彼が京都に移った直後の 1910 年代に、大森研究室の助教授であった今村明恒とはかなり親密な交流があったことがこの手紙から推測できる。

今村明恒は、大森房吉の 2 年後輩で、1894（明治 27）年に帝国大学理科大学を卒業し、大学院に進学し、発足間もない地震学講座で研究を始めた。1900 年に大森房吉のもとで助教授となるが、こちらは無給で、本務は陸軍幼年学校の教官であり、陸地測量部で数学を教えながら生計を立てていたという。1923 年に大森が急死した跡を継いで、今村は地震学講座の教授となるが、それまでは、なかなか苦勞が多かったようである。

一方、志田順は、今村の 7 年後の 1901 年に東京帝国大学理科大学を卒業し、大学院に進学した後、1903 年に広島高等師範学校教授に就任し、1908 年に第一高等学校教授に転じている。志田は、それまでに重力測定や地磁気観測の経験はあったものの、地震観測の経験はなかったため、この手紙が発見されるまで、志田と今村との個人的なつながりは、ほとんど知られていなかった。

志田が、1909 年 9 月に京都帝国大学理工科大学に助教授として赴任する直前の同年 6 月 5 日に、東京天文台の初代台長で、31 年間にわたり台長職にあった寺尾寿・東京帝国大学教授の「在職満 25 年祝賀会」が東大附属植物園で開催された。このときの記念写真が国立天文台・天文情報センター・アーカイブ室新聞（2008 年 6 月 13 日 第 22 号）に掲載されている（中桐，2008）。この祝賀会の参加者のなかに志田順と今村明恒も含まれているが、160 名ほどの集合写真で、志田は左から 5 人目、今村は右端近くに立っている。両者の位置は遠く離れていて、この時点まで二人が親密な関係であったとは思えない。

地震観測の経験のない志田は、菊池大麓に請われて京都帝国大学理工科大学助教授に着任後、東京の大森房吉が保有していたウィーヘルト地震計とレボイル・パシュウィツ式傾斜計を京都に借り受け、上賀茂地学観測所に設置して観測を開始している（竹本・他，2010）。これらの計器の設置にあたって、志田が大森房吉に教を乞うた形跡はなく、志田が暗中模索の末、独力で観測開始にこぎつけたと思っていた。しかし、このときに志田が、大森とは微妙な関係にあった今村に、地震観測や地震のデータ解析について相談していたと考えれば、図 1 に示した手紙の文面は、抵抗なく受け入れることができる。志田の手紙には下記のような内容が書かれている

鹿兒島ヨリノ御手紙拝見 御巡回御苦勞様ニ存ジ、若シ重力測定ナケレバ小生モ出張致度ト存候ヘドモ 其ノ意ヲ得ズ 御調査ノ結果ノ御公表ヲ待ツヨリ外無シ。震源ニ就キ御踏査ノ結果 名瀬ノ東三十五里ナラントノ御見込ノ内、小生ハ先便申上候後、上海、イルクック、マニラ、水沢、台北、大阪、京都、東京ノ発震時ヨリ推算シ震源ハ御説トハ反対ニ、 $\lambda=128^{\circ}.9$ 、 $\phi=28^{\circ}.2$ ナリト存候。

只今 パシュウヰツ ノ方ノ計算中ナルト、尚欧州方面ノ材料ノナキ為メ 最後ノ決定トハ申上兼ネ候ヘドモ、前記ノ震源ハ甚ダシキ誤リニアラザル「ベシト存ジ」、御踏査ノ結果ト反対ナルハ少々オカシク候ヘドモ、前記震源トスレバ前項各地ノ発震時ハ小生ノ得タル（未発表）ノ LaufzeitKurve ニ非常ニヨク調和ヲ示シ居リ候。二十一日ヨリ g ニ出張致為、九月ニ入り、更ニ取調べノ結果ニ付キ御高評ヲ仰ギ度存ジ候。

七月十七日
今村学兄机下

志田 順 拝

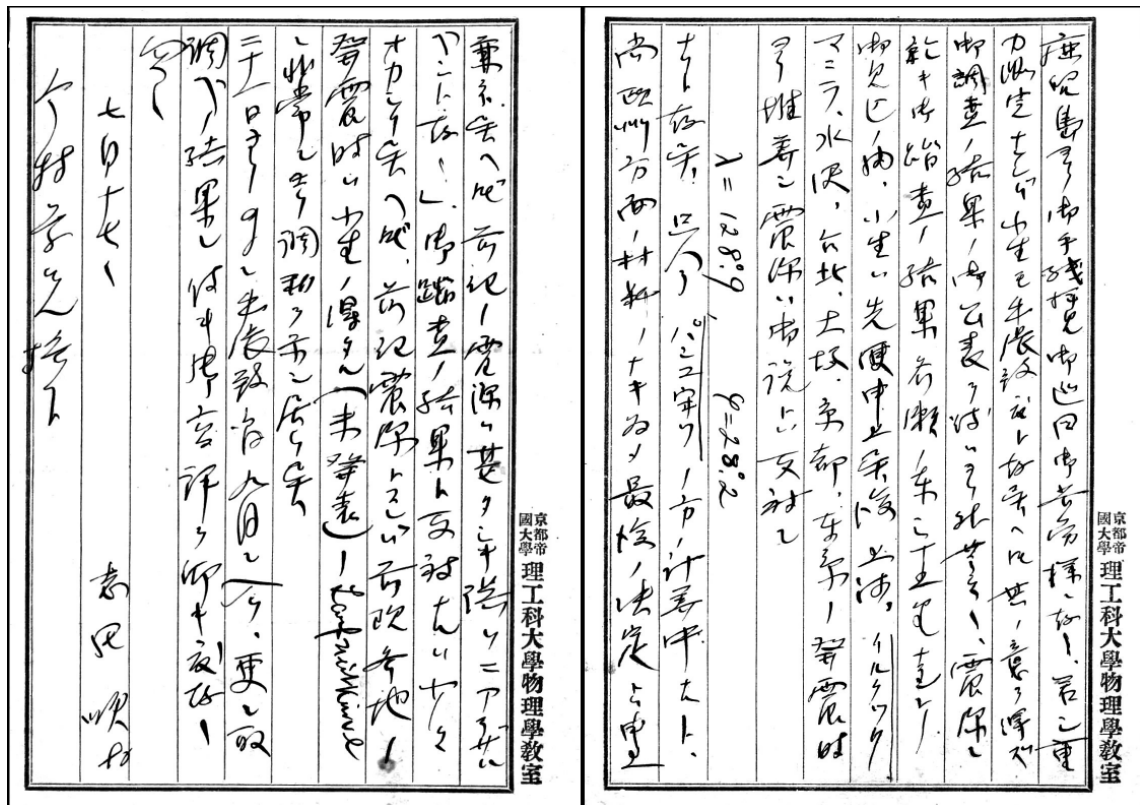


図1 志田順から今村明恒に宛てた手紙（1911年7月17日付）

この手紙から読み取れる当時の状況は、以下のようなものである。

鹿児島県出身の今村明恒は、「喜界島地震」が起きた直後に現地踏査に入っていた。現地で調査した被害の状況から、今村は、震源を名瀬の東方35里（約140km）と求め、それを鹿児島から手紙で志田に知らせている。志田もこの調査に同行したいと思っていたが、重力測定の前定があつてままたらない状況を上記の手紙で残念がつている。志田は、ちょうどその頃、上賀茂地学観測所で得られた傾斜計観測の結果をまとめた論文（Shida, 1912）を執筆中であり、京都を離れる余裕はなかつたであろう。

今村が鹿児島県に出張中、志田は京都にあつて、日本をはじめ、アジア各地の地震記象を集め、その解析から、この地震の震源位置を $\lambda=128^{\circ}.9$ 、 $\phi=28^{\circ}.2$ と求めている。これは、奄美大島西方の海域であり、今村が震源と決めた「喜界島」付近とは、名瀬から見て、ちょうど反対の方向に当たる。志田はこのとき、レボイル・パシュウィツ式傾斜計のデータについても解析中だったことが上記の手紙に示されている。さらに、ヨーロッパのデータがないので確定的なことは言えないが、彼が得た未発表の走時曲線（Laufzeit Kurve）とも非常によく調和しているので、上記の震源は間違いはないだろうと言っている。

その後、志田順は、この地震に関する論文や報告を残していないが、今村明恒は1913年に『明治四十四年ノ喜界島地震』と題する報告を震災予防調査会報告(第77号)に寄せている（今村, 1913）。その報告の最初に地震被害の概要が述べられているが、それによると、明治44年6月15日に鹿児島県下大島郡の近海に起こった大地震は、その震域の大なること近年稀有のものであり、感震区域の東北は1,300km離れた福島に達し、南西は台南にまで及んでいたという。震災が最大だったのは喜界島で、全壊家屋は400軒を超え、死者1名であつた。徳之島では5軒の全壊家屋と5名の死者が出た。大島本島では震災被害は比較的軽微であつたが、沖縄本島では石垣の損害が著しく、そのために死傷者が生じた。また、宮崎県で小煙突が破損したり、壁に亀裂が生じたりしたとの記述もある。

今村は、被害の状況からこの地震の震源は喜界島の近くと考え、名瀬、京都、東京及び恒春（台湾の南端）の4ヶ所の地震記象から初動継続時間（P-S time）を読み取り、「大森公式」を用いて震源位置を北緯 28.7° 、東経 130.7° と求めている。しかし今村は、この震源の位置決定に不安があつたのか、本震の震源位置を決める手がかりを得るために、鹿児島測候所に「大森式簡単微動計」を急遽設置して、余震観測を試みている。しかし、幸か不幸か、強震以上の余震は一例も観測されなかつた。

今村から相談を受けた志田は、独自に国内外の各地の地震記象から読み取った P 波初動の発震時を用いて、この地震の震源位置を求めているが、その結果は、今村が求めたものより、200km 近く西南西に寄った $\lambda = 128^\circ .9$, $\phi = 28^\circ .2$ であった。上記の手紙の文面からは、志田がこの結果にかなり自信をもっていたことがうかがわれる。

これに対して今村は、当時の地震記象の刻時精度に信頼性がおけないことを理由に、志田が初動の発震時を用いて求めた震源決定の方法に疑問を投げかけている。今村は、結局自説を曲げず、震災予防調査会報告（第 77 号）には本震の位置を喜界島の東北東二十里の位置としており、現在の「理科年表」にもこの地震の震源位置は、奄美大島付近：「喜界島地震」と記載されている。しかし今村は、上記の震災予防調査会報告のなかに志田の指摘として、以下のような文を書き遺している。

志田臨時委員ノ発震時ニ依リテ推定セラレタル震原ノ位置ハ 徳之島ノ北、名瀬ノ西南西ニシテ北緯二十八度二、東経百二十八度九ニ當タレト云ウ 即チ前記ノ震原ノ位置トハ、緯度ニ於テ殆ト相一致スレドモ 経度ニ於テ大ナル差アリ 発震時刻上此ノ差違ヲ生ズルニ最モ関係アルハ上海ノ観測ナルベシ 震原ノ位置ノ推定ニ就テ震度ノ分布、地震帯ノ配置特ニ初期微動ノ継続時間ハ何レモ互ニ相調和スルコトヲ見ルニ対シ 之レト相容シ難キ結果ヲ生ズベキ上海ノ観測ハ 如何ナル程度マデ精確ナルモノヤ之ヲ詳ニセズ尚ホ講究ヲ要スベシ

要するに、今村の考えでは、志田が P 波初動の発震時を用いて求めた震源決定は、上海のデータに大きく依存しているが、上海の観測精度には問題があり、このデータを除外すれば、志田が求めた震源位置決定の根拠はなくなるという見解である。

これに対する志田の反論は見出されていない。志田は、この地震の震源決定のために、かなりの時間を費やしており、今村が国内（台湾を含む）のデータしか考慮してなかったのに対して、グローバルな視点を持ち、世界各地の観測データを集めていた。そして、たとえ上海の結果を除外したとしても、それ以外の外国のデータを考慮すれば、今村が決めた震源位置はおかしいという確証をもっていたと思われる。今の時代なら、これだけで、論文の 1 つや 2 つは簡単にできていたはずである。それを志田が敢えてしなかったのは、今村の立場への配慮もあったのかも知れない。

後になって、武村雅之らは、この地震の震度分布と地震規模を再検討した結果を報告している（武村・他, 2009）。そのなかで、Gutenberg-Richter の地震カタログ（Gutenberg and Richter, 1954）に記載されているこの地震の震源位置は、今村が求めたものよりも、志田の結果と整合していると述べられている。後世の検証の結果から考えると、当時の志田が、もう少し積極的に動いてもよかったのではないと思われる。

ここで思うのは、志田は、地震波初動の四象限型押し引き分布や深発地震の存在などについて、世界で例のない先見の明をもっていたにもかかわらず、それらをまともな論文として残していないことである。今から思うと非常に残念であるが、志田にしてみれば、論文にまとめるのは、もう少しデータが揃ってから、とじっくり構えていたようである。そのあたりが、後年“京都の腰の重さ”として批判される京都大学における地球物理学研究の学風の源流をつくったのかも知れない。

「喜界島地震」の際に志田から今村へ宛てた手紙のあと、二人の個人的交流を示す資料は発見されていないが、それ以後も、震災予防調査会委員としての付き合いは続いていた。1923 年 9 月 1 日に関東地震（ $M=7.9$ ）が発生したが、震災予防調査会の会長事務取扱の大森房吉は、このとき汎太平洋学術会議に出席のために、オーストラリアに出張中であつた。今村は、この地震の直後に震災予防調査会・会長事務取扱代理として、25 名の委員の関東大地震に関する調査事業の分担を決めている。このなかで、「(1)地震観測に関する件」の担当として今村が選んだメンバーは、今村明恒、志田順、中村左衛門太郎（臨時委員）の 3 名であつた（今村, 1924）。このほか、今村案では、寺田寅彦が「(3)気象に関する件」と「(7)地震に起因する火災に関する件」に割り振られているのも興味を引く。

地震の当日、土曜日であつたが今村明恒は本郷の地震学教室の自分の机に向かっていた。そこに地震が起こり、彼は座ったまま初期微動の継続時間を数えると、主要動が来るまで 12 秒であつた。つまり震源からの距離は約 100km になる。すぐに彼は、地震計の記録紙を見に行き、水平動 2 成分の地震計の初動の揺れの振幅比から、「震源は東京の南方 26 里の伊豆大島附近」と推測し、その結果を地震後 30 分ほど

で集まってきた約 20 人の新聞記者に発表している。

一方で志田は、翌 9 月 2 日に、京都の観測を主として、岐阜、津兩測候所の観測記録を参考として推定した震源地を次のように発表している。

「震源地は相模湾の西北部、小田原附近にあり。京都の地震記録の模様から推定して裂罅（れっか）の方向は略々南北で、五十五度の角度を成して小田原辺から横浜、東京方面に出る一線並に甲府に向う線が大きな横波をうけて損害著しかるべし」

さらに志田は、9 月 9 日に至って各地の測候所の縦波の初動の方向を知り、震源は相模馬入川右岸、厚木の西、小田原の北と推定し、その震源地を通して南北に裂罅ができたのが大震の原動力で、それに沿って断層を生じたという説を述べている。

志田が地震の翌日に求めた震源位置は、後になって確定された関東地震の本震の震源位置と驚くほどよく一致しており、彼の眼力には驚かされるが、そればかりでなく、1923 年という時代に震源過程や断層運動にまで言及していることは、彼の類まれな先見性を示すものである。

今村と志田は、お互いの存在を認めつつも、別の世界で生きていたようである。一通の手紙から歴史の 1 コマに思いを馳せることができた。今後も新しい歴史資料が発見されることを強く望んでいる。

（文献）

今村明恒 (1913) : 明治四十四年ノ喜界島地震, 震災予防調査会編『震災予防調査会報告』, 第 77 号, 88-107.

Gutenberg, B. and C. F. Richter (1954) : Seismicity of the earth and associated phenomena, 2nd Ed., Princeton University Press, Princeton, H. J. 310p.

Shida, T. (1912) : On the elasticity of the earth and the earth's crust, Memoirs of the College of Science and Engineering, Kyoto Imperial University, 4, 1-286.

今村明恒（震災予防調査会）(1924) : 関東大地震に関する本会の調査事業概要, 震災予防調査会編『震災予防調査会報告』, 第 100 号(甲), 1-20.

武村雅之・神田克久・阿比留哲生・原弘明 (2009) : 20 世紀初頭に九州・南西諸島のさぶダクション帯で発生した 2 つの地震の震度分布と地震規模, 歴史地震, 第 24 号, 7-31.

竹本修三・James MORI・Luis RIVERA・Julien FRECHET (2010) : 京都・上賀茂観測所で使用されたレボイル・パシウウィツ式傾斜計の変遷, 地震, 第 2 輯, 第 63 巻, 第 1 号, 45-55.

津村建四朗・野口和子・鷹野澄 (2007) : 地震研究所に保存されている過去の調査・観測資料の再調査（その 1）, 東京大学地震研究所ニュースレター 2007 年 10 月号, 3-5.

中桐正夫 (2008) : 先の記念写真は寺尾寿教授在職満 25 年祝賀会とわかる, 国立天文台・天文情報センター アーカイブ室新聞 (2008 年 6 月 13 日 第 22 号),
(http://prc.nao.ac.jp/prc_arc/arc_news/arc_news022.pdf) .

地球物理

第 1 卷 第 1 號

昭和 12 年 2 月

論 說

別府地球物理研究所開所式に於ける謝辭*

(深發地震存在の提唱)

理學博士 志 田 順

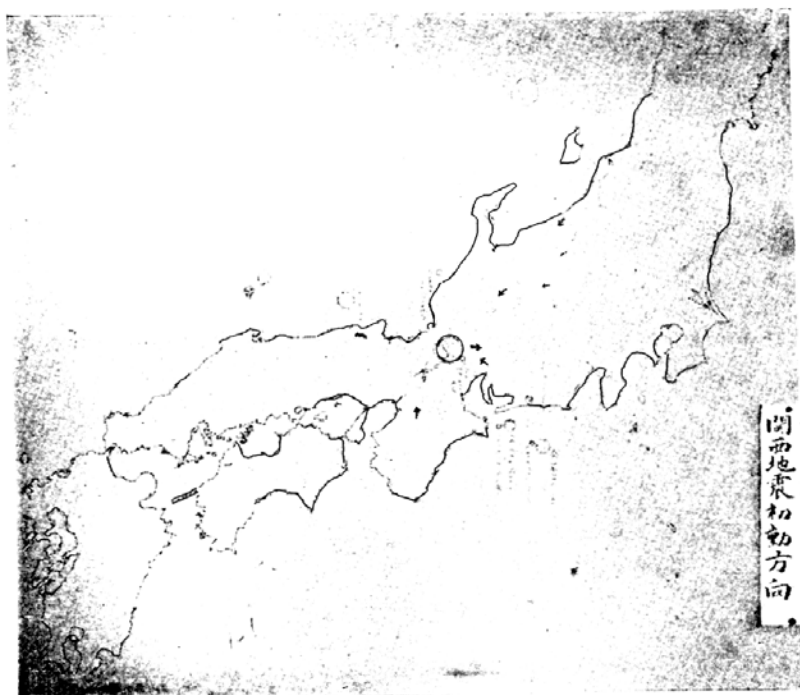
明治39年(1906年)1月21日強震あり。其震域極めて廣くして殆んど本州全土に及び、震波遠く傳はりて全世界の微動計に著名なる記録を印象したり。大森教授其震源を房總半島の南東約70里の洋中にありとなし、近畿地方の其地震記象に特異點あることを指摘して之を震災豫防調査會の歐文報告中に論述し、翌1907年獨國ゲツチンゲン大學の教授ウキーヘルト氏が其門弟と共に地震波に關する有名なる長論文の初編を發表するや、震波の反射及屈折を明確に記録せる適例なりとして其地球物理學教室の地震記象を附圖に掲げて學者の注意を惹き、萬國地震學協會は世界各地の地震計記録を蒐集して震波到達の時差を吟味し其震源の小笠原島西方洋中にあるべきことを論述したる特別報文を發表したり。予この時未だ多く地震學を知らず。明治42年招かれて京都に轉じ上賀茂地學觀測所を開きて地震觀測を始め、主として物理學的見地に立ちて地震問題の研究に従事するの機を得たり。然れ

*此の謝辭は決して月並の挨拶ではない。否な實は、當時未だ何人も考へ及ばなかつた所謂深發地震の實在を突き止め、其の初動分布及地震帶を圖示して展覽に供し、地殼變動の機構に關する重要な一示唆を與へた獅々吼で、言はゞ大卓見のアブストラクト發表であつた。其際印刷に附して、席に連つた來賓全部に配られたのではあつたが、然し論文の形として特別に學界へ發表はされてないので、茲に之を轉載する。我「地球物理」卷頭の論文として最も適切なものと信ずる。のみならず、謝辭中には勿論別府研究所の成立に至る經過沿革を叙し其の苦心を述べてあるから、別府研究所報告の冒頭辭としても亦缺く可からざるものである。

どもそのとき物理學教室藏する所の文獻中地震學に關係するもの震災豫防調査會報告を除きて殆んど無きに近く、從つて先づ繕くことを得たるもの主として其中に記述せる本邦先進諸氏の報文あるのみ。漁ること數月、中に前記大森教授の一論文あり。熟讀之を久しうすれども遂に其論斷に服すること能はず。蓋し當時の本邦學者、震波の觀測地點に先づ到達するもの必ずや縦波なるべくして之を大觀すれば其初動は震源に向ひて引かるるか、若くは震源より押さるるかの二途を出づること無かるべきの理を閑却して顧みる所なく、主として初期微動繼續時間の長短によりて震央の位置を求むるを常としたるが故に、時に震源の推斷を誤り、本地震の場合に於ても東京大學の地震記象は其初動の方向南東に向はずして明かに南西を指し、其震源伊豆の南西洋中にあることを語るのみならず近畿地方の斷片的記錄も亦能く之と相調和することを見ると共に、泰西の學者既に震波を論ずること稍詳細なるに拘らず未だ其震源に於ける發震狀況を考慮せるものなく、左右前後を通じて均等なる波形の傳播する單純なる波動として之を取扱へども、本震初動の方向關東方面は震源に向ひて引かれ近畿方面は逆に震源より押さるるの事實即ち震源に於ける破壊の様式其中に現はるるものなりと解すべきを思ひ、地震研究の重要なる一部門新に茲に開かるべきを知り得たるが故なり。然れ共當時國內地震觀測地點の配置尙ほ未だ全からざりしが爲めに論斷の資料を得るに苦しむこと7年、大正6年4月數個の斷片的資料を提げ始めて東京數學物理學會の年會に公表し、翌5月靜岡縣下の激震に遭ひて所論の誤らざるを知り、11月其様式を模して、天覽を仰ぐの榮を得たり。

入門の當初別に思を致せる重要問題あり。本邦各地に於ける本震發震時刻を精察するに時差極めて少きのみならず、萬國地震學協會の報文によるに震波の世界各地に到達せる時刻は概して常例よりも10數秒時間早く其震源の極めて深きを推察せざるべからざる事實あること之なり。由來人永く震源の深さを推斷する資料を知らず、曾て其極めて淺きを思ひたる時代あり。研究漸く進むに従ひて寧ろ震源の淺からざるもの多く時に30里に達することを知るに到りたれども、別に重力の分布と鉛直線の偏差とに立脚したる地殼均衡論あり、水陸山河の分布地上見る所の如くなりと雖ども其荷重の不均衡は深さ約120杆にして消失すること、多く學者の信する所にして、更に之により深き所に地殼破壊の源因あることを思はんと欲すれば別に地震の眞因を求めて地球内部の構造論を新にせざるべからざるの故を以て、他日再び有力なる資料を見出し得るの時あるべきを期して今に到れり。爾來星

霜十有七年、其間四五の同類地震を觀測し得たりと雖ども、其震源或は洋中に偏在し或は小震にして他の觀測所の記録する所とならざるを憾としたり。偶今夏7月27日關西地方小震あり。新紙或は其震源日向灘にありと傳へ或は能登の西方日本海中にありと報じて統一を缺き、氣象要覽又各地の觀測資料を蒐めて熊野灘に震源ありとなす。予其時本所にあり。私かに其震源の極めて深き種類に屬して正に永く求むる所のものなるべきを思ひ、歸りて上賀茂地學觀測所の記録を検して震央琵琶湖を距ること遠からず震源深さ約260杆（約65里）に在るを知れり。乃ち本所員講師佐々憲三に囑するに各地の觀測所に就きて親しく地震記象を検し初動の方向を調査しよつて以て震源位置の推定をなさんことを以てす。講師歸りて報告する所圖して階上の一室に在り（附圖參照）。今や地震の震源時に深さ300杆



に近きものあること又疑ふべからず。人曾て深さ約150杆にして地殼均衡の境に入ると説き、頃ろ其深さ120杆に近しとなす。之れ實に本地震並に此の種地震の震源の深さの半に過ぎず。予固より徒に疑を地殼均衡論に挟まんとするものにあらずと雖も、其説果して遺漏なしとせば此種地震の眞因別に之を求めざるべからず。近來實驗的研究の方法著しく進み、高壓力に於ける物質の性狀稍明かならんとす。人2萬氣壓にして各種の岩石既に流動性を帶び急激なる破壊即ち地震の起り難きを説くものあり。地殼の内部其壓力極めて強く深さ60杆にして既に2萬氣壓に達す。而して本類地震の震源深さ300杆に近く、壓力10

萬氣壓に達すべし。即ち物質の性狀10萬氣壓にして尙ほ急激に破壊するものありと告ぐるにあらずや。一問解けて百問新に往來し議すべきもの極めて多し。然れども今詳に之を論ずるの時にあらず。唯一事其要を述ぶることを得んか。佐々講師圖示する所、此種地震の震源五、六濃尾地震地帯の西を南東より西北に配列して略一線をなし、斜に本州を横斷し



て明治39年1月の強震又此線中にあり。本州中部地表現はるるところの一大地質構造線あり。富士火山脈に沿うて之に平行し、又東南より西北に走りて本州を横斷すること人の知るところなり。本州中部地變多く、濃尾の大震、關東の大災尙ほ忘るべからず。富士火山脈茲に本州を貫く。予思ふに本州中部の直下深さ300軒に近くして常に徐ろに進行する一大地變あり、火山地震の深因此所に發す。是故に關東大震に先つこと17年、明治39年の強震先づ深き所に起れり。眞因既に深し。地變一朝にして息むべからず。關東重ねて大變あるの前、強震先づ深きところに發すること明治39年の如くならん。予重ねて思ふ。之營に本州中部のみならず東海の地變皆この深きところに眞因あり。予更に重ねて思ふ。地殼の構造深さ300軒に近くして一階段をなし、世界の火山、地震其他の地變皆この深き所に眞

因ありと。

大正6年11月岡崎氏の奨學資金に基きて新に地球物理學講座を開くの議容るるところとなり、翌年2月火山・温泉・地熱に関する特殊研究の場所を求めて此地に遊ぶ。1日雪に會うて客舎にあり。偶々町長武田氏の訪を受けて談研究所のことに及ぶ。9年12月再び來りて武田氏と會し、更に新妻知事を訪うて始めて本所のことを計る。11年春議決し、夏7月14日地を此所に相して地鎮祭を行ひ、12年12月工成り、13年1月26日 皇太子殿下御成婚の日を以て事務を開始す。敷地1萬5千坪、別府町の提供するところに係り、建物延坪數480餘坪、内153坪は大分縣、216坪は別府町の寄附に屬す。工事設備に費すこと合計約20萬圓なり。爾來準備調査と研究とに日を重ねて既に2年有半、前後通じて將に10年に近からんとして今始めて開所の式を舉げんことを申請し得たるもの、當路先進並に同僚諸兄の指導と好意とに俟ち主として地方諸賢の有力なる後援に頼る。式に臨みて謝するの辭を知らず。乃ち諸員と共に新に得たるところの卑見を陳べて之に代へ、準備調査と研究との業績を所内に陳列したり。微力時に寢食を忘れて尚ほ足らざるもの多し。閣下來賓諸賢と共に所内を巡りて之を檢し更に指導と援助とを賜らばすなはち幸なり。

大正15年10月28日

[illegible]

故志田順博士（昭和十一年七月逝去）小照と
京都帝大赴任直前地球物理學研究に關し
菊池大麓總長より寄せられたる書翰

(因に文中の地球物理四字を採り本誌の題字とせり)

野満隆治先生と海洋学*

高橋淳雄†

Professor Takaharu Nomitu

Tadao Takahashi‡

挨拶に立ち上がった教室筆頭教授の野満隆治先生は誠に上機嫌であった。地球物理学教室の新入生歓迎会の席上でのことである。前年の6名という大量入学に続き、その年も私を含めて6名の大量入学者があったからである。筆頭教授とは言っても他には教授は僅かに長谷川万吉先生1人だけであって、その他の主要メンバーは助教授の滑川忠夫先生と佐々憲三先生で、他に助教授2名講師2名と別府および阿蘇の研究所に助教授がおられる。これらの教官の大部分の方々が出席され、在学生も全員が揃った宴会である。

野満先生は明治17年熊本県に生まれ、明治43年京大理学部物理学教室を卒業され、海軍兵学校、海軍砲術学校、海軍水雷学校の教官を歴任された。大正10年に物理学教室から分離独立して宇宙地球物理学教室が出来たが、その時に京大教授兼任となられ、更にその後大正13年にその宇宙地球物理学教室が、宇宙物理学教室と地球物理学教室とにそれぞれ分離独立し、この時に京大専任の教授になられた。志田順教授の地球物理学第1講座、野満教授の地球物理学第2講座から成る地球物理学教室が誕生した訳である。速水頌一郎先生はこの年の入学生の1人であつた。ともかく、海洋学教育研究の拠点が初めて日本の大学に1つ出来た時である。

野満先生の最初の講義は陸水学であつた。その内容には河川学、地下水学、温泉物理学を含んでいたが、時間の都合からか、湖沼学はなかった。いつも数式が出てくる。流れる川の水の方程式は納得がいくが、砂や泥粒の間を

抜ける水や温泉までが数学とは、誠に驚きである。湖沼学は後になって別に講師の短期の講義があつた。どの学期にどの授業科目があるという課程表がなく、その都度、いつからどの科目が始まるという掲示が出る。海洋学の講義開始時期は、野満先生の著書「海洋学」の発行を待った為に若干遅れたようだが、本に書かれている発行の日付より前であつたと記憶している。既に昭和6年に出ていた「海洋学」の改訂増補版のようにも見えるが、出版社も異なる別の本である。

他のどの科目とも違って、この海洋学の講義だけは独特の遣り方であつた。講義時間より前に本を読んでおくことになっており、順次に質問されて、学生が本に書かれた通りに答えた後で、先生の詳しい解説と本の誤植の訂正とがある。この方式で1頁から最終頁416頁までの全文をすべて読むことになった。しかし海洋物理学特論の講義の方はこれとは全く違って、徹底的に微分方程式の解法に終始した様に思う。初期条件が変わった時の解、境界条件が変わった時の解、次から次へとこれが延々と続いた。

講義が堅い話は当然のことながら、研究室でも廊下でも野満先生の冗談は全く聞いたことがない。長谷川先生は小使室でも教室玄関前でも、皮肉と駄じゃれを含む冗談の立ち話が多く、また滑川先生は毒舌を含む漫談、佐々先生は軽快なユーモアが出るが、それらに比しても野満先生は誠に堅い。夏体みに別府と阿蘇の研究所で実習があつたが、一行は野満先生と我々1年生3名と、助手の役割を課せられた3年生の中村秋甫氏の5名で、一緒に宿泊して食事に酒も出たにも拘らず、話は作業手順が多くて漫談らしきものはない。内ノ牧温泉に予定されていた

*1992年5月19日受領；1992年6月20日受理

†鹿児島大学；〒890 鹿児島市下荒田

‡Kagoshima Univ., Shimoarata, Kagoshima, 890, Japan

阿蘇研究所の分所の設置に関係ある予備調査であったように思う。そのすぐ後、野満先生は中国へ外国出張された。その後も水に関する中国出張は何回もあつた様である。

野満先生の論文を初めて読んだのは偶然の機会であつた。事務職員が、その年に教室から出版された「地球物理」第4巻第1号を小使室に置いて、別作業のためその場を離れている時、パラパラと見ると、野満論文「湖海の棚振動存立条件と Merian 週期の補正」の中に「日高博士の論文は誤謬である」と記されている。論文の中で一体こういう書き方もあるのかと学生同志で話し合っていると、長谷川先生が通りかかり「数年前からの論戦だ。君達も大いに勉強して論戦に割り込めばいい」と言って高笑いである。

数か月後、問題の論戦の始まりの「海と空」第13巻を、福山豊君が見付けて学生控室へ持って来た。数編の論文やりとりをすべて読んでみて、数学的によく理解出来ないまま、何となく数学の遊びの様な気がした。論戦は既に過ぎたことではないかとも思った、それでも興味あってその次には「京大理学部紀要」第16巻の野満論文「A Theory of the Rising Stage of Drift Current in the Ocean」を読んで見たが、双曲線関数が出てきたり、冗談にしても長谷川先生の言われる様な論戦割り込みなどは思いもよらない。

海洋物理学特論の講義の時期は、他の諸先生による気象学、地震学、地磁気空中電気、地球内部構造、その他の多くの講義や各種実習の後であつて、教室の雰囲気も理解して来た頃である。海洋物理学特論の講義中に、思いがけない前記の紀要の野満論文の中の見覚えある一部が出て来た。そこで、再びその論文とその後の一連の論争をじっくり読み直して考えてみることにした。

風が止んだ後の海流の流速を、吹送流の定常的部分と減衰する部分とに分けて計算し、逆に風が吹き始めてからの発展を、後者の結果から求めてある。日高孝次先生の批判はこの主要部分ではなく、海の氷結した場合の取扱に関する付言に対するものである。読み直して考えてみた結果、野満見解は「実用にならない解は発表する意味はない」に対して、日高見解は「拙い解でも発表すれば更に進んだ良い解をさそい出す」と言うことだろうと結論したが、どちらも確かに一理はあるが、論戦を続けてゆくべきテーマとは思えない。明治三陸津波から昭和

三陸津波の後までずっと続いて来ている津波原因論争とは、次元が違ふと言わざるを得ない。

「君は初めから地球物理に決めていたと長谷川君から聞いたが、何をやりたいのか」野満先生のお宅にお伺いした時のことである。研究室では見られないような、勤務時間外的な話し掛けである。さりとて筆記試験の入試がないから、とは言えず、室戸台風来襲の時には中学生で、1時間目が始まったばかりで教室から全員避難した10分後に、木造2階建の校舎が目の前で倒壊した経過を話した。「台風をやることだね。ところで台風は何処で出来るか知っているか」、熱帯と答えたが、「熱帯の何処か」というのには答えられず、確信もなく「海ですか」と尋ねたところ、強い調子で「そうだよ。それを忘れちゃいかんよ。水だよ。水が命だ。水が地球だよ」との見解である。海と言わず水と言う表現もさることながら、このことがいつまでも気に掛かつて、昭和25年鹿児島大学に移って間もなく、海洋大気相互関係の実験を始める原点になったように思う。

卒論では架空の台風のエクマン層の風を計算した。吹送流を定常部分と減衰部分に分けた野満論文を思いだして、傾度風部分とマイナス部分とに分けて計算した。滑川先生は旨くやったと言われてホッとしたが、野満先生は「これは架空の計算だが、この計算結果を実証出来るデータはないのか。繰り上げ卒業だからこれでいいが、本当はデータを付けないといけない」と強調された。成程やっぱり！、と思い当たった。しかし気象データは軍事機密で完全に隠されていて、天気予報の放送も台風警報もない時代であつた。

卒論審査会が、野満先生と顔つき合わせて話し合った最期である。謝恩会も卒業送別会もなく、すぐに軍隊であつた。戦地で終戦後1年もの間抑留され、そして帰国直後には所属部隊の200名を越す戦死者届の補完作製の為、復員局の庁舎内で泊まり込み作業がしばらく続いて、昭和21年11月に漸く自由になって地球物理学教室へ行ってみた。野満先生はその年9月に急逝された、と聞かされた。例の野満日高論戦を全く数学の問題と認識し、具体的に数学的に割り込むつもりで準備を進めていた福山君は、惜しくも戦艦「大和」で戦死していた。

宝物をサッとさらって逃げて行く水を、大上段に方程式を振りかぶって懸命に追い掛けている、というのが野満先生から受ける印象である。逃げて行く水は、時には

大きな広場を斜めに突つ走り、時には勝手知ったる狭い横道を巧みに抜けて行くが、やがて先生に捕まってしまう。その追求の激しさと、冗談も出ない堅さでありながら、面と向かつて話してみると、どちらかと言えばむしろ温顔で接して真っ直ぐに目を見て時に微笑を浮かべ、号令のように発音明瞭で大きい声だが、しかしゆっくりと穏やかな話しぶりである。相手に対して誠に思い遣りある心優しい人であつた。

野満先生の研究は、海軍教授の時期には流体内で動く剛体の数理、水中爆発などもあるが、京大専任後は海洋学が中心である。しかしその範囲は、海流理論、陸棚振動、水位、津波、沈殿物、その他広く海洋学の諸分野に亘っており、その上更に気象、火山、河川地下水、温泉、山崩れ、など多方面にまで広がっている。そのためもあって、先生の教えを受けた人達からは多方面の専門家が出ており、また何人もの現役海軍軍人が野満先生の指導を求めて来訪されており、その中には研究生として教室に滞在した人もあつた。海軍との関係は密接であつた様に思われる。

地球に海洋が是非とも必要だとしてその昔教室に導入された筈の野満教授も、70%の海洋だけでは地球が成り立たず、30%の陸地がなければ当時は講座がやりにくい事情があつたかも知れない。しかし一方では、水の行くところならば何処でも追って行こうという気持が、強く働いていた様にも思わざるを得ない。口頭発表としては日本数学物理学会での発表が多数であり、印刷としては京大理学部紀要、地球物理の他、日本学術協会報告の掲載が多数である。社会的には、日本学術振興会、学術研究会議、科学審議会などの国の各種委員を長く務められ、また河川港湾の工事などにも関係された。

時代背景として付言すると、海と空第1巻の発行は宇宙地球物理学教室が物理学教室から分離独立した年で、当初は海洋気象台有志で構成された「時習会」の会員機関紙であり、職員に海洋研究者が多くなって時習会は昭和5年に「海洋学会」と改称したが、昭和16年の「日本海洋学会」設立で、昭和19年に「海洋気象学会」に改称を余儀無くされた。「海と空」は、気象台以外からの投稿も受け付ける建て前ではあつたが、外部の投稿は歓迎されない雰囲気があつたようである。日本海洋学会誌第1巻の発行は私の大学卒業の年であつた。その前の年に東大にも地球物理学教室が設置された。野満先生は、

日本の大学に初めて地球物理学教室が設置された大正時代以来、長い間に亘って海洋学の教育研究に精励し、日本の海洋学研究発展の基盤を作り上げるために、多くの苦労を重ねて来られた先駆者の1人である。帝国海軍は「海国日本」を盛んに宣伝しようとしていたが、しかし当時の日本の国民は、海岸に立って見える範囲だけが海であつて、その向こう側には全く何もない、というのが一般国民感情であつた様に思う。そういう社会情勢の中で海洋学の開拓であつた。

1. 出典：高橋淳雄著「野満隆治先生と海洋学」
海の研究 第1巻、第5号、293-295頁、
(1992年)
2. 著作権者：日本海洋学会
3. 日本海洋学会から転載の許可を受けた。
(2010年9月28日)

京大海洋物理学分野の歴史的展望

— 講座の始まり、野満・速水・国司・今里教授の時代から現在への発展 —

鳥羽良明（1955 年卒）

1. はじめに

1970 年代以降の卒業生には馴染みが少ないと思われる筆者について、短く自己紹介をしておく。わが国では 1949 年に旧制大学から新制大学への学制改革がなされたが、その新制の京大最初の年に入学し、速水頌一郎教授に永く指導と感化を受け、大学院を経て 1960 年助手、65 年助教授となった。66 年速水教授定年後は国司秀明教授の時代になったが、1971 年 4 月に、東北大に新設されたわが国 3 番目の海洋物理学講座を担当すべく招かれて教授として赴任した。最初杉本隆成氏（講師・助教授を経て東大海洋研教授、同名誉教授、本誌の 2-2 節を執筆）、奥田邦明氏（後の北海道区水産研究所長）を、京大海洋の大学院から助手として引き抜いたので、多少研究室の細胞分裂のような感じで出発したことになる。私は 94 年定年退官して東北大学名誉教授であり、現在は京都に住んでいる。

本稿を書くにあたって、私がいなかった時代の資料として、第四代の教授であった今里哲久名誉教授、現在講座におられる秋友和典准教授、防災研の白浜海象観測所で活躍された吉岡洋博士、また速水醇一京大名誉教授（速水教授の令息で私と同じ 1955 年卒、物理有機化学反応論分野）、および編集の竹本修三名誉教授から、種々材料をいただいた。ここに深く謝意を表させていただく。

本節に書かない部分については、杉本隆成他 4 氏の 2-2 節、奥西一夫名誉教授の 2-3 節をお読みいただきたい。なお、本節でも、速水教授の時代と自分の得意分野のことが、どうしても多くなったことを申し訳なく思う。

2. 講座の始まりと初代野満隆治教授の時代

この講座は地球物理学第二講座として、地球物理学教室創設の翌年 1921（大正 10）年 4 月に開設された。わが国最初の海洋学に関する講座となり、野満隆治教授が海軍教授から移られ、初代の担任者として活躍されたが、1944（昭和 19）年 12 月 60 歳で退官され、1946 年 9 月に逝去された。

野満教授のことは、私が講座に所属した頃、東大の日高孝次教授との有名な論争などのことを伝え聞いた程度であったが、幸い高橋淳雄博士が「野満隆治教授と海洋学」と題して、日本海洋学会の和文機関紙「海の研究」（1992 年）に執筆されたものが、「史料」として本誌 1-4 節に転載されており、人となり、逸話を含めて多くのことが書かれているので、それを参照していただくこととする。また、第三代の国司秀明教授定年退官記念祝賀会における、中村秋甫博士（1941 年卒、大阪教育大教授）のスピーチの附録「海洋学研究室の昔話」にも書かれているが、野満教授は数学に長けていて、吹送流の発達過程など、「野満の海流理論」として有名であり、湖海の陸棚振動の理論で日高教授と何年も論争された模様である。また 1938 年の頃は、理学部長も勤められた。

ここに、国司教授の時代に発行された「京都大学七十年史」の中の、講座の研究についての該当箇所を引用すると、「…研究の主力は海流および海面変動の問題に注がれ、当時は全く不十分であったそれらの発達期と海岸効果の理論的取り扱いを発展させて多くの成果をあげた。特に高潮の研究や、初めて陸棚静振の存在を示したものなどはよく知られたものである。また、本講座の研究は単に海洋学だけでなく、湖沼・河川・地下水・温泉など陸水学全般に及んでいて、塩淡水境界面や揚水井戸の理論、洪水の諸問題などに関する多くの重要な成果をあげ、今日、内容的にはこの講座を海洋学および陸水学の講座とみなす基礎を与えた。」とある。

実は野満教授の著書『海洋学』（日本評論社自然科学叢書第六編、1931 年刊、300 頁）を、私はたまたま所蔵しており、その扉に「豊原蔵書」という立派な印鑑が押されていて、私の鉛筆書きのメモで「東京金子書店にて入手 鳥羽」と記してある。この印鑑の主は、きっと豊原義一講師（1928 年卒業、助手、1929 年講師、1956 年逝去）に違いないと思っている。私が海洋講座に入った頃、講座は吉田の本部構内の南西端に近い、いまは「旧防災研究所事務室」と書かれている独立の 1 階建の建物であって、通称「海

洋教室」と呼ばれていた。豊原講師は当時その建物の一番立派な部屋に居られた。海洋学の実習で、数人で豊原講師に付き添われ、流速計を持って銀閣寺道の疎水へ出かけて、流速測定をした記憶がある。

野満教授のもう一つの著書で、後の温泉学の教授であった瀬野錦蔵教授が補訂された『新河川学（増訂版）』（地人書館、1959年、348頁）も私の書架にある。この中には文献が多く記されており、野満教授の論文・著書も含まれている。一例をあげれば、いまでも興味深いと思われる、野満隆治・豊原義一・中宮光俊共著『昭和10年6月29日の京都大洪水』（単行本1935年、日本学術協会報告11巻1936年、60頁）のほか、河川の水位、河川の渦動粘性係数の鉛直分布、海塩の細泥沈殿に及ぼす影響（英文）、地下水位測定についてなど、この分野でも多くの研究をされたことが伺える。京都大洪水の時に、研究室をあげて鴨川に沿って大規模な調査研究に乗り出された状況も本文中に記述されている。

なお、1943年発行の「京都帝国大学史」から豊原講師に関する記述を引用すると、豊原講師は大崎駿潮所の記録により同所の潮汐およびセイシを研究し、また鳥取県弓ヶ浜において野満教授の塩淡水境界面理論を実証し、あるいは砂浜海岸汀渚帯の傾斜や、宍道湖畔の塩害問題、琵琶湖の静振等を研究し、1943年当時は島根県の委嘱により、同地方の一般地球物理学的研究を行っているとする。また、初期に助手あるいは講師として在任した竹上藤七郎氏（1928年卒、1936年から海軍教授）について、低気圧などの局所的気圧分布によって波長の長い海の波が励起されて、水位変動が低気圧よりずっと早く伝播することなどを示したことが書かれている。

野満教授の後、速水助教授着任までの短い期間は、豊原講師と和崎洋一助手（1945年卒、のち天理大学）が面倒を見ておられたようである。野満教授時代に海洋講座から育った先輩には、他に松崎卓一（1934年卒、海上保安庁水路部長）、斎藤泰一（1943年卒、東京水産大学教授）の両氏などがある。

3. 速水頌一郎教授の時代

第二代の速水頌一郎教授は、1927（昭和2）年に地物第一講座の志田順教授のもとで卒業し、28年講師となり、地球物理学通論を講じた。1931年4月、日支文化協定に関連して新設された上海自然科学研究所の「研究員」（教授相当職）として中国に渡り、広い中国の陸水、特に揚子江の水理に関する研究（学位論文となった）、また黄河との対比の研究を進め、その成果はいまの中国でも高い評価を得ている。戦後1946年3月、この研究所は解散され、10月に帰国、1947年4月に、地物教室の助教授となって第二講座（海洋学および陸水学）を担当した。

研究と教育を主たる任務とする大学の教官として、最も大切な一面は、学生に如何なる感化を及ぼし、どのような人材を輩出させたかにあると思う。その意味で、速水教授は偉大な存在であったと信じている。私は1949年新制京大最初の学年の学生として法学部に入学し、その年、教養課程の「自然科学A1」という、4単位の物理系自然科学の通論的な講義（同A2は生物系）で、当時の速水助教授が地球物理学の部分を担当されたのを受講した。「自然科学というものを振り返って考えて見ます」という言葉で始まり、夏目漱石の『文学論』の中のWordsworthのスマイレの詩と、encyclopediaのviolaの項とを黒板に書かれて、文学との対比において自然科学の本質を説かれた先生の講義が非常に印象的であった。その後上記の海洋教室に先生を何度も訪ねるようになり、人生一般についても個人的に種々教えを受け、小学生の頃から本当は自然科学者があこがれであった私は、翌年法学部から理学部に転じ、地物に分属し、海洋講座に所属し、それ以後永年にわたって指導を受けた。

当時最も影響を受けた速水先生の思想をもう少しだけ書かせていただくと、まず、私が理学部に転じた後に海洋教室に伺った会話の中で、「…沢山の本や論文は、創造活動の結果としてのカスのようなものだ。価値があるのは、だれも想像していなかった新しい真理を発見したり、新しい考え方を作ったりする、創造活動そのものなのだ。一度『創造の喜び』を知った者にとっては、それ以外の喜びは赤ん坊の喜びのようなものだ、あなたも早く創造の喜びを知る人になってほしい」と言われた。私はどこかに、「…『創造の喜び』を説かれたこの日のお話しが、私の一生を支配したと言っても過言ではない」と書いたことがある。また、いつか、「モーツァルトがパンのために多くの作曲ができたように、若い研究者も必要に迫られてする研究もしながら、その人その人の心の底から湧き上って来る、捨てることのできないものを一生かけて育てていく、そういうのが本当の学問で、学問において最も尊重すべきもの、人間として最も尊いものである」ということを言われたのを記憶している。

速水先生は、比較的単純に見える指標を用いながら、その奥に存在する地球物理学の現象を追及する透

徹した地球物理学者であり、若い研究者・共同研究者に目前の現象の地球的規模での意義を直感する楽しさを伝える求道者であった。若き日に、揚子江江上に濁水を目のあたりにしつつ自ら底質を採取して、それが美しい微細な砂であることを知って驚くとともに、瞬間的に濁水中に懸濁する粘土・シルトの沈殿を許さない乱流の存在とその意義を悟り、それを学位論文に昇華させたことに先生の地球物理学者として味わった至高の思いが察せられる。また、先生が生涯大切にしていた直感とそれが導く思索・瞑想の楽しさを心許す人々に語ったことこそが講座に残した最高のものかもしれない。

講座担任として地物教室に復帰した 1947 年頃は、終戦直後の混乱期がまだ続いていて、日本各地が各種の自然災害に見舞われていた。一方、海洋学講座が利用できる海洋観測諸設備は皆無であったことから、しばしば海洋と陸との接触域の現象が講座の研究対象となっていた。1947 年頃は鳥取の海浜洗掘問題とそれに伴う皆生海浜および泊港への漂砂問題が研究対象となり、引き続いて徳島塩田地帯の台風に伴う塩害問題が講座の研究対象となった。私も自分の研究の他に、鳥取県からの委託の「風による境の異常潮位について」の調査をしてまとめるように先生から言われて、この題の報告書（鳥羽・速水 1959）を作ったことがあった。1950 年代に入ると、地下水の乱利用に伴う帯水層の収縮を原因とする地盤沈下・地域海没が大阪湾湾奥地帯を中心とする関西の大問題となった。地盤沈下問題は、この時期に入ると海洋学講座の主たる研究対象ではなかったが、沈下帯土壌の圧密試験・空隙率の測定・土壌の粒度分析などが講座内で行われ、沈下防止策としての帯水層への水注入（recharge）に関する水理学的理論研究から最適注水率の提案が行われた。当時は地球物理学教室所属の工場（工作室）が機能していたから、これらに必要な測器はすべて自作品であった。

先に述べたように、海洋学講座は同時に陸水学講座でもあったうえ、速水先生の中国における初期の研究対象が揚子江上流・下流の水位を指標とした洪水波伝播問題であった。1950 年代前半にはかなりの数の台風が京都を襲い、加茂川水位の急上昇がみられたことから、速水先生は自身で洪水波到達直前の加茂川・高野川の現場に立ち、講座の人々が協力して懸濁土砂を含む水資料を採取し、水平混合を考慮した洪水流の理論、降雨による流出解析など多くの成果を挙げた。高速電子計算機はまだなかったから、講座での理論的研究を現実の河川に応用して検証し、さらに地域社会・国土の安全の一助とするために、十分に速い計算速度が保証されるアナログコンピュータの開発に発展した。

1951 年 4 月に、京都大学防災研究所が設置され、6 月からその教授、1953 年には防災研究所長となられ、海洋講座の方は兼任されていた。1956 年、理学部教授となられ、海洋物理学および陸水物理学講座を担当、防災研は併任され、1963 年理学部長となり、1966 年定年退官、その後すぐ東海大学教授、海洋学部長を勤められた。

海洋物理学の面では、沿岸の他、海面、海底などの境界過程に重点が置かれた。まず、海面境界過程については、防災研の宇治川水理実験所に風洞水槽を設置して、当時の国司助手（第三代教授）が風波の発生と発達、奥田節夫氏（後の防災研地形土壌部門教授・名誉教授）が風波面上の水滴の蒸発、鳥羽が風波の碎波と気泡の生成・気泡の破裂による海水滴の生成とその水面上の分布など、相次いで実験研究を行い、種々成果を上げた。1961 年に 5–40m/s の風が出せる高速風洞水槽も作られ、それによる国司・今里（後の第四代今里哲久教授・名誉教授）の風波の研究では、特に高風速での風の海面摩擦係数の測定値が、今も貴重なものとなっている。

余談に近いが、2010 年 5 月に京都で、第 6 回水面での気体交換の国際シンポジウム（工学研究科長で流体力工学の小森悟教授が組織委員長）が開かれ、私の旧知が各国から来たが、その中のロシアの S. Kitaigorodskii 博士（米 Johns Hopkins 大名誉教授）から、「東大の日高教授が 1960 年頃、京大で大気海洋相互作用をやっている人がいる、Toba という名だから覚えておけと言った」という話を初めて聞かされ、日高教授がそんな風に見ていたのかと驚いた。鳥羽は気泡からの水滴の出入に関連して、水面に浮いている気泡の形状が泡のサイズによって変わる理論的計算も行ったが、これは、流体力学分野でも、液面に浮かぶ気泡の 3 次元形状を初めて定式化したものとして認められている。

鳥羽は碎波・気泡・水滴生成の風洞水槽実験を大気中の海塩粒子分布に結び付けた論文（1961、学位論文）を書いたら、Chicago 大学の雲物理学教室の H. Byers 教授から Research Associate として招聘され、シカゴに 1963–65 年の 1 年半滞在し、上空の大気中および海面境界層での海塩粒子の挙動、全球海面での海塩粒子の生成と大気中への分布の論文を Tellus に 3 編書いて帰国した。1965 年 10 月から翌 66 年 3 月に速水教授が定年退官されるまでの半年、気象学講座の助教授の席を借りるような形で鳥羽も助教授とな

った。1967 年の IUGG 総会のシンポジウムで招待講演をしたり、国際雲物理学委員会の凝結核小委員会委員を手始めに、その後ずっといろいろな国際組織の委員をすることとなった。また、何年かは、講座の院生の田中正昭氏（1962 年卒、後に防災研災害気候部門助手・助教授）と気象学会にも出て、雲物理学ないし大気化学分野でも発表した。

海面過程とともに沿岸海洋過程にも深く関係があるが、速水教授は 1959 年にニューヨークで開かれた第 1 回国際海洋学会議に出席され、私たちも京都駅へ見送りに行ったのを覚えているが、帰途 San Diego 沖の海軍研究所の観測塔を見学されて、海洋観測塔設置の発想を得られ、田辺湾内の白浜の沖 300m、水深 5m の岩場に 1961 年、わが国最初の海洋観測塔を建て、それを中心に 1966 年に防災研附属の白浜海象観測所が開設された。国司助教授が塔の建設から一連の自動観測装置の整備と初期の観測に携わった。海洋講座出身の、西勝也助手（1961 年卒）、後の国司教授の時代に重なるが、吉岡洋助手（1968 年卒、後に愛知県立大教授）、中村重久助教授（1958 年卒）が相次いで現地赴任し、講座の国司、鳥羽のほか院生達も協同して、沿岸の海水交流、海面境界過程の両分野で種々画期的な成果が上げられた。

なお、ずっと後のことであるが、1996 年には塔の老朽化に伴い撤去されたが、その前 1993 年に、陸地から 1.2 km、水深 30m の沖の海山の上（水深 10m のあたり）に新しい観測塔が設置され、田辺中島高潮観測塔と命名され、その後も研究観測が続いている。観測塔は防災研研究所の付属施設であるが、土木や水産関係の研究者も共同研究として利用しており、現在は全国共同利用施設として運営されている。

国司と西（1963）は塔の水温記録から、外洋からの密度流の侵入による急潮の現象を発見し、これが外洋に面した内湾一般の海水交換の機構として位置づけられることになった。沿岸海象の空間的な不連続性についても、後年、一樣な水塊とその境界をなすフロントの共存として理解されるようになった。

海洋講座内では、先生と福尾義昭助手（1952 年卒、後に講師を経て防災研地形土壌部門助教授、奈良教育大教授）らが、恒温槽で海水密度と塩分を精密測定する装置を開発し、それらの測定値から水塊分析をする手法で、海峡の潮汐混合や、田辺湾などの水塊交換と生産性（1957–60 年）に関して独創的な研究を進めた。

また、大内正夫氏（1950 年卒、後の京都教育大学教授・名誉教授）は、台湾の大平山の樹齢およそ 500 年の紅桧（ベニヒノキ）の輪切り標本から年輪の精密解析をして、北太平洋亜熱帯における過去 10 世紀の気候変動と太陽活動の関係を研究した。この年輪を測定したベニヒノキの輪切り標本は、今も標本台に入って、海洋物理学講座に保管されている。

防災研に宇治川水理実験所があるが、そこに内湾の海水流動を再現する水理模型実験装置が出来、海洋講座から樋口明生（1954 年旧制最後の卒、防災研助手・助教授）が研究を進め、幾人かの後進の指導もした。この水理模型実験（杉本隆成）、沿岸海洋学（柳哲雄、1972 年卒で九大教授）、琵琶湖（遠藤修一、1974 年卒で滋賀大教授）、海洋中規模渦（今脇資郎、1968 年卒で助手を経て九大教授から JAMSTEC 理事）などの諸項目については、これに市川洋（1972 年卒で鹿児島大教授から JAMSTEC）を含む 5 名の共同執筆の本誌 2-2 節、また、奥田節夫教授らの地形土壌部門の陸水学については奥西一夫（1961 年卒、防災研助手から教授、名誉教授）の 2-3 節、別府の陸水学・温泉学の研究については由佐悠紀（1964 卒、地球熱学研究施設教授・名誉教授）の 2-4 節を参照されたい。

速水教授は学外でも、文部省・日本学術会議やその関連の諸役員、また、日本海洋学会会長、沿岸海洋研究部会を作られてその部会長など、学外でも多彩に活動され、1973 年に逝去された。先生の遺稿集である『海洋時代』（東海大学出版会 1974 年、316 頁）には、「わが思い出」に始まる幾多の名文がつづられているので参照されたい。また、防災研を含めて速水教授時代の海洋講座関係の海洋学・陸水学分野の論文集として、*Papers on Oceanography and Hydrology* (1949–1962) および同(1963–1965) がある。

速水教授時代の講座出身者からは、上に述べた諸氏の他、水産海洋学分野で活躍した平野敏行（1947 年卒、水産庁から東大海洋研教授・同名誉教授）、川合英夫（1950 年卒、水産庁から京大農学部水産学科教授・名誉教授）、温泉学から琵琶湖の陸水学で活躍した岡本巖（同年卒、滋賀大学教授・同名誉教授）、堀定清（1950 年卒、水路部）、猿木（旧姓二谷）顕男（1951 年卒、同）、山本淳之（1953 年卒、大阪電気通信大教授、音楽家）、吉田幸三（1955 年卒、防災研助手から鹿児島建設）、岡崎守良（1956 年卒、理化学研究所主任研究員）、柿沼忠男（同年卒、愛媛大学教授）、金成誠一（1959 修士、防災研地形土壌部門助手から北海道大教授）、松川康夫（1964 年卒、水産庁、後に政治活動）、友定彰（1965 年卒、別府助手から水路部）などの各氏が輩出した。

4. 国司秀明教授の時代

1966年速水教授の定年後、国司秀明助教授が第三代教授となり、鳥羽は講座の助教授となった。国司教授は旧制一高出身の秀才で、もともと数学や測器に堪能であった。1949年海洋講座卒、53年防災研助手、57年地物助手、58年講師、59年助教授で、1966年教授である。同年、今里哲久（1962年卒）と鈴木徹（1964年卒）が助手として加わった。国司教授は1968年2月からの1年間、英国Liverpool大学へ文部省在外研究員として行っている。

学位論文は、すでに記した始めの風洞水槽実験による風波の発生と発達の研究であり、風による水面の境界層流、風の摩擦係数を含む総合的なもので、1962年に学位を得た。1959年の伊勢湾台風に伴った高潮の解析をしたが（国司・吉田、1960年）、風の摩擦係数が高風速で 4×10^{-3} 程度でなければならないことを初めて報告した。これは前出の国司・今里（1966年）の高速風洞水槽で出した値とよく対応するものであることは興味深い。

白浜海洋観測塔とその測器の整備については、国司教授が主に貢献したが、白浜の西助手・講座の鈴木助手などとともに水温変動、田辺湾内の海況変動、台風に伴う波浪などの研究を精力的に進めた。

観測塔による海面境界過程の研究については、1968年7-8月と69年11月に、鳥羽が中心となり、西助手、地物の田中耕三郎技官、白浜の芹沢重厚技官の協力を得て、院生数人とともに総合的な観測研究を行った。68年の時は塔から西に10mの所に臨時のポールを立てて風速その他の諸量の鉛直分布をとり、塔体の影響や塔の測器の測定値とのチェックをした。69年の観測は、北西の季節風の吹き出しを狙い、測器に強い河合三四郎（1968年卒、後に東北大院生・助手・助教授）ほか2名の院生とともに、風が次第に強くなって夕方風速12m/sになるまで、風・気温・湿度の鉛直分布、超音波風速計、水位・波高計の連続測定とともに、碎波率、海水滴の鉛直分布の測定など、6時間半にわたって観測し続けた。どこかに書いたが、「朝（あした）に道を聞けば夕（ゆうべ）に死すとも可なり」の論語の一節を思いながら、塔のタラップを駆け上り下りしながら必死にデータを取り、波が高くて船で迎えに来てもらうことは不可能だったから、院生らと寝袋で塔に泊まり込んだ。翌朝は国司教授らが迎えに来られ、観測所に帰ったら、私は倒れ込んで医者を手を呼んでもらった。

この時の観測記録は、私の風洞水槽実験データとともに、後に鳥羽の3/2乗則、あるいはToba's lawと呼ばれるようになった風波のマクロな法則性を、実測データで直接支持したものとなった。今日Toba spectrum、Toba's constantとともに幾つかの本の索引にも出ているこれらの法則性の発見は、東北大の新設講座担任のため赴任した直後であったが、上記の実験・観測から一連のことであるから、京大海洋の歴史としては書くべきことかと思われる。私は今年傘寿になったが、前節に書いた5月の京都での国際シンポジウムで、強非線形過程としての風波の不思議な整合性とも言うべきこの一連の法則性の根源についての今の私の考えを話し、論文にした。このことが、速水先生の「一生をかけて育てて行く」ということに適合するならばまことに幸いと思う。

鳥羽が転出した後1972年から今里講師（81年からは助教授）、今脇資郎助手（1968年卒）の布陣となった。1973年には西助手が講座に戻り、白浜は吉岡洋（1968年卒）が助手になった。

国司教授は沿岸海洋過程の方に主力を置き、白浜の塔を中心とした海洋観測を通して、開放型小湾の海水交換過程を始め、瀬戸内海などの沿岸内海域での物質輸送の物理過程の解明に心を砕いた。吉岡は、神紀フェリー（1974-1975年）、大阪高知特急フェリー（1971-1977年）に水温記録装置を載せ、大阪湾、紀伊水道、田辺湾および土佐湾にいたる航路線上に連続した水温分布を連続記録することを開始し、いま地球環境モニタリングの重要な一環であるボランティアシップ観測の先駆けとなった。フェリーによる毎日の広域水温分布情報と観測塔による定点観測情報を結合して、沿岸水域の激しい変化を捉え、特に冬季紀伊水道に発生するフロントの10日前後の間隔での位置や温度差の急変が、黒潮海域からの暖水塊の北上を発端とすることを発見した。田辺湾の急潮を起こし、北上して紀伊水道でフロントを変動させていたのである。これは黒潮に面した内湾の一般的な海水交換システムとして認識されている。

国司教授は、琵琶湖の湖流・余呉湖の湖況（2-2節参照）、東シナ海の海水交換、黒潮域の水温塩分フロントなど幅広い分野の研究も手掛けた。1988年定年退官されたが、重要な論文は『国司秀明教授論文集』（1988年3月刊）に掲載されている。学会関連、日本学術会議研連、その他学外的にも種々貢献された。

この時代に輩出した人達の中には、上記の他に、諏訪浩（1970年卒、地盤災害部門准教授）、柏谷健二

(1971 年卒、神戸大を経て金沢大教授)、大西行雄 (1972 年卒、防災研助手、滋賀県琵琶湖研主任研究員を経て環境総合研)、小田巻実 (1973 年卒、水路部)、武岡英隆 (1974 年卒、愛媛大教授)、神山孝吉 (1974 年卒、別府助手を経て極地研教授)、谷 伸 (1976 年卒、内閣参事官・海洋政策本部)、酒井敏 (1980 年卒、京大総合人間学部教授) などがいる。

なお、多くの人達に好かれた国司先生は 2010 年 6 月、病気のため逝去された。私はちょうどこの原稿の準備をする時期であったので、ここにご冥福をお祈りする次第である。

5. 今里哲久教授の時代から淡路敏之教授の現在へ

第四代は今里哲久教授が担任した。1989 年–1999 年、今里教授、淡路敏之助教授 (1974 年修士修) を中心として、研究・教育が進められた。1990 年に今脇助手の鹿児島大 (後に九大) 転出後に秋友和助助手 (1979 年卒)、1995 年に西助手の近畿大転出後に根田昌典助手 (1989 年卒) が加わった。その間、1996 年には大学院重点化に伴って、水圏地球物理学講座に改組されるとともに、同時に創設された関連地球惑星科学講座を淡路教授が担任し、水圏地球物理学講座からの秋友助教授、根田助手を加えたスタッフで運営された。1999 年の今里教授退官後は、淡路教授が水圏地球物理学講座 (第五代) 担任となり、新たに石川洋一助手 (1994 年卒) が加わって、現在に至っている。

今里教授は、国司教授時代から、琵琶湖や余呉湖の観測研究も行っていたが、学位論文は 1976 年の風波スペクトルの発達の研究であった。当時院生の市川洋氏との共同で風波のもっと複雑な非線形過程をやり始めたが、市川氏の鹿児島大転出後は主たる興味を海水交換から大循環の方に移した。

今里、淡路は、1980 年代、潮流に伴う海峡を通しての海水交換機構を解明するために、オイラー・ラグランジュ法に基づく、標識粒子群追跡の手法で海水輸送を解析する独自の手法を確立したが、Bo Qiu (1984 年卒、Woods Hole 海洋研を経て Hawaii 大学)、秋友助手も加わって 1990 年代にはさらに陸棚海域、全球海洋にこの手法を適用してモデル研究を行なった。黒潮がその流量変動に伴って流軸位置を変え、陸棚沿岸水と黒潮水の交換を引き起こすこと、全球規模での水塊形成過程の解明など、興味深い成果を得ている。

また、観測データをモデルに取り込むことでモデルの再現性を向上させるデータ同化手法を導入し、独自手法の開発やその応用を精力的に行なった。さらに、1990 年代から豊富に入手可能となった人工衛星データに基づく海面フラックスの評価方法の向上にも根田助手らとともに貢献した。

一方で、海洋現象の素過程に注目した力学モデル研究でも顕著な成果を上げた。黒潮流路の多重性に対する風応力場と成層の重要性、海水の状態方程式の非線形性 (サーモバリック効果、キャベリング効果) に起因する高緯度海域での深層対流の特性の解明、内部潮汐波の発生機構と混合過程、潮流による海底乱流境界層の力学と海底混合層の形成機構の解明などが主要なものとしてあげられる。

現在の淡路敏之教授が最も得意とする分野であるデータ同化手法に関連する話題では、本誌前号所載の淡路: 「データ同化によるバーチャル海洋づくり」を参照されたい。

今里教授時代以降に講座から輩出した人たちには、上に述べた他に、戸田孝 (琵琶湖博物館)、藤尾伸三 (東京大学)、石田明生 (JAMSTEC)、西垣肇 (大分大学)、丸山清志 (防衛大学校)、市川香 (九州大学)、青木茂 (極地研から北大低温研)、美山透 (JAMSTEC)、小林大洋 (JAMSTEC) などの諸氏の他、より若い世代の人たちが多くいて活躍している。

6. 日本海洋学会への貢献の一端

最後に、日本海洋学会への直接の貢献の一端として、講座出身で学会長になった人を挙げると、速水頌一郎 (1967–1970)、鳥羽良明 (1991–1994)、および今脇資郎 (2003–2006) である。学会の英文国際学術誌である Journal of Oceanography (JO) の編集委員長としては、今脇資郎 (1999–2002) が活動した。評議員経験者は多数ある。また、日本海洋学会秋季大会を京都で、速水教授 (1957 年と 1963 年)、国司教授 (1972 年と 1984 年)、今里教授 (1998 年)、淡路教授 (2009 年) が、大会委員長として開催した。

賞としては、日本海洋学会賞を平野敏行 (1985)、川合英夫 (1987)、鳥羽良明 (1989) が受賞した。日本海洋学会岡田賞受賞者は、国司秀明 (1964)、杉本隆成 (1976)、秋友和典 (1991)、酒井敏 (1992)、Bo Qiu (1993)、藤尾伸三 (2000)、市川香 (2001)、中村知裕 (2007)、同日高論文賞受賞者は、小田巻実 (1992)、武岡英隆 (1999)、市川洋 (2006) である。また永年の貢献に対する同宇田賞を、鳥羽良明 (2005)、今脇資郎 (2009) が受賞している。

京大地物教室が貢献した海洋物理学研究の流れ

杉本隆成・柳 哲雄・遠藤修一・今脇資郎・市川 洋

1. 水理模型実験

杉本隆成 (1966 年卒)

速水頌一郎門下による海面と沿岸境界層の実験的研究の手段として、1960 年頃、防災研究所宇治川水理実験所に風洞水槽と平面水槽が設置され、風波の発生・発達過程と沿岸海域の潮流等の構造と力学に関する研究が活発に行われた。言うまでもなく、風洞水槽は風波等の切り出し原寸模型であるのに対し、平面水槽は波浪や津波、潮流の力学的に相似な縮小模型である。ここでは主に後者の研究活動と成果について述べたい。

1960 年前後は頻発する津波、高潮災害の水理学的究明のため、また日本経済高度成長期の 1960 年代半ば以降は、沿岸コンビナートの建設が海洋環境に与える影響予測のアナログ・シミュレータとして水理模型実験が活用された。その中心を担ったのが、当時防災研究所助教授の樋口明生で、宇治川水理実験所に自動制御の起潮機と屋舎を備えた大型の海洋河口実験施設を設置し、広島湾や名古屋港等を対象にして、潮流に対する海底摩擦効果の相似律を確立した(樋口、学位論文、1963)。また、大学院生の杉本隆成を指導しつつ、有明海や備讃瀬戸を対象に、潮流による渦動拡散現象に対する相似律(水平縮尺 L_r と鉛直縮尺 H_r と時間縮尺 T_r の関係式、 $L_r = H_r^{3/2} = T_r^{3/2}$; 杉本学位論文、1974)を提唱した。さらに、杉本と柳哲雄等が、大阪湾中央部や笠戸湾等で見られる潮汐残差環流の発生機構(潮流の陸岸摩擦に起因する渦度の地形性非線形効果による集積)、及び環流が海水交換に及ぼす効果について先駆的な成果を収めた(杉本や柳の学位論文)。1970 年頃までの問題意識は各県の地先海域に限られていたが、その後、瀬戸内海全域規模での海水交換が問題にされるようになった。速水・宇野木(1970)は水平一次元の数値モデルから、見かけの水平拡散係数の値を $10^3 \text{m}^2/\text{sec}$ と見積った。これに対して、杉本・樋口(1971)が写真 1 に示す潮流水理模型を用いた染料拡散実験から見積った水平一次元の見かけの水平拡散係数もほぼ同程度の値を示し、その結果、潮流に起因する灘規模の水平残差環流(恒流)が海水交換に果たす役割と潮汐残差環流の力学的生成機構が注目されることになった。さらに、杉本と武岡英隆が小港湾や突堤周辺部の非定常な地形性渦流の発生機構と海水交換に果たす役割を解明した。それらの研究の展開はいずれも 1970 年代のことであった。これらの成果は、樋口を中心に進められた通産省中国工業試験所の大型水理模型の制作(1973 年竣工)に取り入れられ、実験的研究に生かされた。

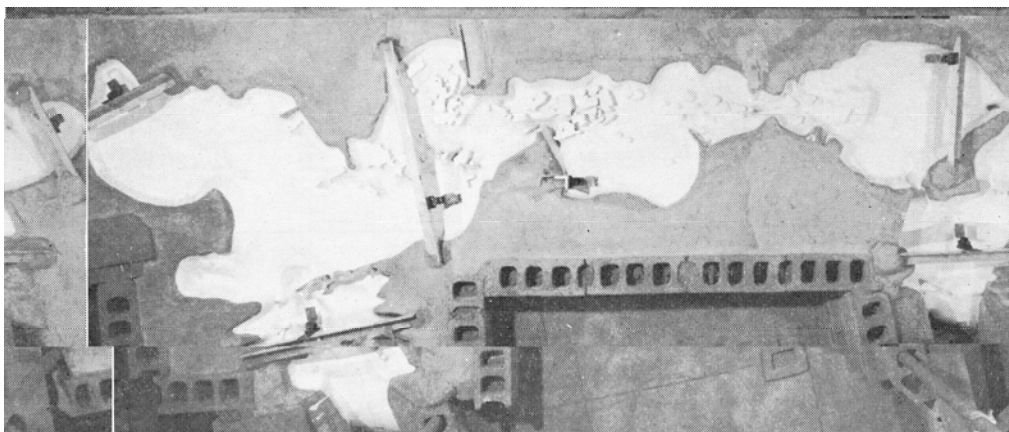


写真 1. チリ津波の挙動の研究で製作され、潮汐残差環流研究の端緒を切り開いた水平縮尺 10 万分の 1 の瀬戸内海小型水理模型(杉本・樋口、防災研年報、1971)。

ただ、水理模型実験において、後流渦に関わる剥離点の再現性は、陸岸地形が突堤や埋立地のように角形に近い場合は良いとしても、円形に近い場合に剥離点を再現する陸岸粗度の与え方は課題として残された。また、密度成層と地球自転の効果が無視できない現象は、非回転の水平 2 次元模型の適用範囲を越えている。そのような条件の影響の究明は、数値シミュレーション技術が発達した 1980 年代になってから、

地球物理学教室の今里哲久や淡路敏之等によってなされた。

その他の水理模型実験としては、二層系密度流の鉛直混合に関する岡崎守良や平野敏行の研究や、高波の越波に関する柿沼忠男の研究がある。また回転水槽による研究として、今脇資郎(北極海の海流パターン)、柳(斜面上の潮汐残差流)、杉本(黒潮前線波動通過に伴う沿岸域の流況変動、冬季陸棚上の密度流と海水交換、津軽暖流の流路の季節変動機構)、酒井敏(内部ケルビン波等への教育的活用)が挙げられる。また今後に残された沿岸海洋の水理模型実験の課題としては、諸波動の崩れや混合土砂礫の選択的輸送等、数値実験では困難な現象の素過程の解明等が挙げられよう。

2. 沿岸海洋学

柳 哲雄 (1972 年卒)

沿岸海洋学は水深 200m より浅い浅海域の海洋学である。世界の海の平均水深は約 4000m で、浅海域は面積的には世界の海洋のわずか 3 % に過ぎない。しかし、浅海域は栄養塩濃度が高く、浅くて有光層の占める割合が大きいので、世界の海の漁獲量の約半分は浅海域で得られている。

日本の沿岸海洋学は 1962 年に創立された日本海洋学会・沿岸海洋研究会 (かつての名称は沿岸海洋研究部会) を中心に進展してきた。この研究会の創立者で初代会長は速水頌一郎であるが、以後歴代の会長は主に京都大学地球物理学教室卒業生が担ってきている (表 1)。沿岸海洋研究会は春と秋の日本海洋学会開催時に特定のテーマに関する沿岸海洋シンポジウムを開催し、その報告と投稿原著論文からなる「沿岸海洋研究」(かつての名称は「沿岸海洋研究ノート」) を年 2 冊発行してきている。研究会の会員には日本海洋学会の会員でなくてもなれる。2010 年 8 月現在の会員数は約 500 名である。

日本の沿岸海洋学の中で京大・理・地物関係者による主な業績としては、速水による瀬戸内海全域の拡散係数の見積もり、国司による白浜における海水交換の間欠性の発見、杉本による水理模型実験結果をもとにした海洋拡散現象の解明、柳による潮汐残差流の発見と里海概念の提唱、武岡による平均滞留時間を中心にした海水交換概念の整理などが上げられる。また柳は日本の沿岸海洋学の成果を中心に「沿岸海洋学」(恒星社厚生閣) を 1989 年に発刊し、その英訳本 "Costal Oceanography" (Terra Pub) を 1999 年に発刊した。

京大・理・地物・海洋のこの豊かな伝統が後輩にも受け継がれ、日本のみならず世界の沿岸海洋学をリードし続けてもらいたいと思う。

表 1 日本海洋学会・沿岸海洋研究会・会長

会長名	(所属)	期間	卒業大学
速水頌一郎	(京大・理)	1962-1972	京大・理・地物
佐々木忠義	(東京水産大)	1972-1983	北大・理・物理
国司秀明	(京大・理)	1984-1989	京大・理・地物
宇野木早苗	(東海大・海洋)	1990-1993	気象大学校
和田明	(日大・理工)	1994-1997	信州大・工・土木
福田雅明	(三洋テクノ)	1998-2001	北大・理・物理
杉本隆成	(東大・海洋研)	2002-2005	京大・理・地物
柳 哲雄	(九大・応力研)	2006-2009	京大・理・地物
武岡英隆	(愛媛大・沿岸研)	2010-	京大・理・地物

3. 琵琶湖

遠藤修一 (1974 年卒)

琵琶湖の地球物理学調査は、1925 年の神戸海洋気象台による総合観測のあと、戦争等による研究の空白が続くが、1960 年代になって岡本巖と森川光郎は漂流ビンや漂流板を使用した湖流観測を開始するとともに、水温変動のメカニズムに関する調査を精力的に実施した。この中で、琵琶湖の環流が地衡流の性格を有することが見出され、1960 年代後半に国司秀明、岡本巖、佐藤英夫らは BT による水温観測を導入し、

力学計算による湖流推定を可能とした。その後、1970年代に遠藤修一らによる診断モデルの適用により流速場の推定精度が向上した。また、今脇資郎と遠藤修一は水温観測データから環流と内部波の分離を試みた。湖流の直接測定としては、1970年代の山本敦之や奥村康昭による電波漂流ブイや自記流速計の開発、奥田節夫・横山康二による連続測流、1980年代の遠藤修一と岡本巖によるレーダを利用したブイ追跡、および1980年以降の遠藤修一と奥村康昭による流速計群の展開、熊谷道夫と焦春萌による ADCP 曳航観測などが挙げられる。

流れの時間変動に関しては、1970年代に今里哲久が静振を、金成誠一が内部波を主な対象としてそれぞれ観測と数値実験を行い、風による湖流形成のメカニズムを調べた。また、大西行雄は風や密度差が引き起こす湖水の運動に関する数値実験を行った。1980年代には熊谷道夫と大久保賢治が回転水槽を使用して環流の形成に関する水理模型実験を行った。2000年代になって、秋友和典は琵琶湖の湖流と水質変動に関する詳細な数値計算を行い、琵琶湖の環流の形成・維持に湖上の風の渦度が重要であることを示した。

1970年代より奥田節夫と横山康二は、人工衛星や航空機を使用したリモートセンシング技術を応用し、河川水や湖水の分散について観測を行った。河口沖における観測としては、1970年代の山本敦之や奥村康昭による姉川調査、西勝也と藤田政伸らによる天野川調査、1980年代の岡本巖と遠藤修一らによる芹川調査などが挙げられる。また、1980年代に吉岡龍馬らは、流入河川の水質の地域特性と季節変化を調べた。赤野井湾と南湖との湖水交流に関して、奥田節夫、國司秀明、岡本巖、樋口明生、畠山祐二らによる共同観測が1971～72年に実施された。2000年前後に戸田孝と板倉安正は赤外線リモートセンシングにより赤野井湾の湖水流動について観測を実施した。塩津湾では岡本巖による長年にわたる観測が行われたほか、2000年代に熊谷道夫と焦春萌によって流動場調査がなされた。また、余呉湖においては今里哲久、國司秀明、鳥羽良明らによる水収支と熱収支の観測が1970年代に行われた。

琵琶湖および滋賀県の気象特性に関して、1980年代より中島暢太郎と枝川尚資は湖上の風系の分類を行うとともに湖陸風に関する調査を行った。1990年より約10年間にわたり、遠藤修一は調査艇によって湖上の風の分布を繰り返し観測している。湖周辺では、大西行雄、戸田孝、遠藤修一らがメンバーとなってビワコダスという風の観測が1997年より継続されている。

堀江正治と國司秀明は琵琶湖古環境実験施設を1977年に創設し、湖底ボーリングによる堆積環境の調査を行った。1980年代より山本淳之、金成誠一、福尾義昭、柏谷健二らは湖底堆積物の分析を行うとともに古気候について解析を行った。1970年代より奥田節夫と横山康二は懸濁物質や湖底堆積物の調査方法について新しい手法を考案し、神山孝吉は湖底堆積物からの窒素溶出についての研究を行った。2001年より熊谷らは自律型潜水ロボット「淡探」による湖中探査を行った。

琵琶湖の水文水質や生態系に関する総合研究としては、1960年代のBST（琵琶湖生物資源調査）、IBP（国際生物学事業計画）、IHD（国際水文学十年計画）、および1993年のBITEX（琵琶湖国際共同観測）などが挙げられる。

なお、海洋物理学講座では1970年以来長きにわたって、3回生配当の授業「課題演習」に琵琶湖の調査が取り込まれ、多くの学生が琵琶湖の現実に触れてきたことも特筆すべきであろう。

以上、京大海洋物理学講座およびその出身者による琵琶湖研究は長い歴史と大きな成果を有している。琵琶湖の汚染が叫ばれて久しいが、安易なマスコミ報道に惑わされることなく、今後もより高い精度の観測と緻密な理論により、琵琶湖の謎が解明されることを切に望む。

4. 海洋中規模渦

今脇資郎（1968年卒）

1960年代までは、黒潮などの西岸境界流が存在する海域を除いた海の真ん中（海央）における流れは弱いと考えられていたが、1970年代に入って、中立ブイの追跡などの断片的な流速観測によって、海央には時間的に大きく変動するかなり強い流れがあるらしいことが分かってきた。この流れは簡単に中規模渦（mesoscale eddies）と呼ばれている。中規模渦の研究には、流速の長期にわたる連続観測が不可欠である。海中で流速を精度よく測る技術は、米国ウッズホール海洋研究所によって、やっと1970年代にほぼ完成された。今脇資郎は、1975年にウッズホール海洋研究所の観測船チェーンの係留航海に参加して、係留系の設置と回収に関する当時最新の技術を学んだ後、國司秀明や高野健三（当時、理化学研究所）と共に、1977年に伊豆海嶺東方において、係留した流速計による長期流速観測を開始した。流速計の設置と回

収を合計9回繰り返し、1985年まで観測を続けた。

まず、1978年から1979年にかけて実験海域内の5地点の深層に係留した流速計のデータから、相対渦度の時間変化率と惑星渦度の水平移流の時系列を求め、両者がほぼ釣り合っていることを見出した(Imawaki, 1983; Nature, 303, 606-607)。この研究は、それまでの観測データの解析からはもっぱら中規模渦の非線型性が強調されていたが、場所と深さによっては線型に近い渦度バランスも存在していることを示した。また、この海域のある地点の深層で、最終的に約7年にわたる連続記録を得た。これは海央での係留した流速計の連続記録としては世界でも屈指のものである。この流速記録から周波数スペクトルを求め、中規模流速変動の特徴を詳しく調べた。その中間報告として、この流速変動が、中程度の長さの波長をもつ傾圧ロスビー波が異った方向に位相伝播していることによって説明できることを示した(Imawaki and Takano, 1982; Science, 216, 1407-1408)。この成果は、中規模流速変動に関する代表的な観測例として、多くの論文で引用された。

人工衛星に搭載した海面高度計は、海面高度という、海面での地衡流などに直結する力学的に極めて重要な物理量を全球的に繰り返し測定することができるので、現在、海洋観測において絶大な威力を発揮している。今脇資郎は、1987年の米国マサチューセッツ工科大学での研究を基にして、当時大学院生であった市川香や青木茂らと共に、まず、1985年に打ち上げられた海面高度計衛星GEOSATのデータを解析した。黒潮続流域での海面力学高度のアノマリー(1年間の平均値からのずれ)の水平分布の時間変化を調べ、特徴的な三つの低気圧性アノマリーがほぼ一定の速度で西向きに並進していたことを示した。さらに、それらはある時、合体してより強い渦になるなど、極めて興味深い振舞をすることを示した。次に、北太平洋西部の広い範囲にわたって、中規模渦に伴う海面力学高度のアノマリーの東西方向の位相速度を統計的に求めた。海域を西海域と東海域に分けてその緯度変化を調べたが、どちらの海域でも、アノマリーは西向きに伝播していた。その速さは、傾圧第一モードのロスビー長波の理論値にほぼ一致するが、その緯度変化はかなり複雑であり単純な理論では説明できないことを示した。これらの研究は、その後の、TOPEX/POSEIDON海面高度計データによるさらなる海洋物理学の展開につながった。

5. まとめにかえて

市川 洋 (1972 年卒)

1960年代以降に京大地物教室が貢献した海洋物理学に関わる分野の研究は、その手法と対象から以下の8つに大きく分類される。

- ・海面境界過程研究の系譜 ・白浜観測塔観測の系譜 ・沿岸海洋学研究の系譜
- ・水理模型実験の系譜 ・リモセン観測研究の系譜 ・数値モデル研究の系譜
- ・琵琶湖研究の系譜 ・海洋中規模渦研究の系譜

これらの多くは、速水頌一郎の発案・主導で始められ、國司秀明の下で展開・推進され、その一部が今里哲久・淡路敏之の時代へと引き継がれた。本稿は、これらの中の4項目について、関係者が分担して執筆したものである。他の項目については、本誌所収の鳥羽良明による寄稿「京大海洋物理学分野の歴史的展望 ―講座の始まり、野満・速水・国司・今里教授の時代から現在への発展 ―」を読みたい。

國司秀明が教授であった時代に行われた多種多様な海洋物理学に関わる研究の多くは、その後、京大地物教室の内外で飛躍的に発展した。それは、この時代が観測・測定技術や電子計算機性能の急速な発展期であったことに加えて、当時、黎明期にあった海洋物理学が直面する諸問題に対して、講座メンバーの各々が抱いた独創的なアイデアや野心的な構想を尊重し、それらを実現するために、観測機器の確保・手配、観測航海の立案・実施、学内外研究者との共同研究の推進などの種々の対応を積極的に進めた國司秀明のオープン・マインド(固定観念を排し、異なる価値観を持つ相手を認める開かれた心)な個性が大きく作用した結果だと思う。なお、本誌の他の寄稿と史料を読むと、野満隆治も速水頌一郎も、オープン・マインドの持ち主であったようである。このような第二講座(海洋学および陸水学)の伝統が國司秀明にも引き継がれ、大きく開花したのだろう。

残念ながら、本稿の構成などを検討中の6月28日未明に國司先生はご逝去された。本稿が國司先生の優れたメンターとしての足跡を後世に伝える一助となることを願っている。

速水頌一郎先生に始まる京大防災研の陸水学研究

奥西一夫（1961 年卒）

前史

速水頌一郎先生は 1924 年に京都帝国大学理学部地球部地理学教室に入学し、志田 順先生の指導を受け、1927 年に大学院に入学、1928 年に理学部講師（地球物理学）に採用されたが、1931 年には上海自然科学研究所物理学科研究員となり、1946 年に同研究所の解散により帰国するまで上海で研究生活を送った。短く端折ると、1924 年から 1931 年までの 7 年間は実質的には大学院生的な研究生活で、1931 年から 1946 年までの 15 年間は新進気鋭の独立した研究者としての生活であったと言えよう。

私は速水先生とお話しするなかで、先生が自分の専門は地球物理学であるということを常に強調されていたことを思い出す。それは直接的には上記の京大在籍時代での経歴によるところが大きいであろうが、上海時代のリベラルで学際的な研究生活の中で培われた研究哲学の反映でもあり、また自戒の言葉でもあっただろうと思う。ちなみに私自身、京大退職後はマスコミを含め、色々な場で地学現象や災害に関してお話する機会が多く、できるだけ速水先生のような心がけを持ちたいと思っているのであるが、時々地震学の専門家だと紹介されて立ち往生することがある。まだまだ地球物理の専門家になれていない。

上海自然科学研究所物理学科と速水先生を含む研究所員の活動については永野さんと佐納さんによる優れた treatise¹ がある。これによると、開所直後の物理学科の主な研究内容は、地磁気・重力、揚子江の水理、および小惑星の摂動であった。速水先生は、志田先生の下で重力の理論と測定技術を身につけ、地球物理研究の新天地である中国での重力測定の意義を十分理解していたので、地磁気探鉱をおこなった地質学の東中秀雄先生と組んで各地で精力的に重力測定をおこなった（私は東中先生の講義の中で、重力測定旅行の苦労話や、速水先生と共に川の源流点を探して歩き回ったという逸話を聞いた）。京大総長の任期を満了して 1935 年に所長に就任した新城新蔵先生の施策とリベラルな思想は、速水先生に大きな影響を与えたようである。新城先生は中国人の心を我が心とするために、中国人を育てた中国の自然を研究することを速水先生に勧めたようであり、それが速水先生の揚子江や中国の自然を研究する出発点になったと考えられる。「海洋時代」² 中の「偉大なる先駆者新城先生」（1938 年に発表）に速水先生は次のように記している。

（新城先生は）中国の学校を視察されては学生の生活が他の社会ととび離れて贅沢であり、富裕階級の子弟でなければ入学することは絶対に難しく、如何程俊英であっても貧者の家庭に生まれたら最後勉学の機を得ることが出来ない不合理を慨かれた。中国の知識階級は大衆と遊離した存在であり大衆の福利は彼らの眼中にない。だから学者は大衆の生活と縁のない研究をし、むしろこれを以て誇とする。この点を慨かれた先生は上海自然科学研究所をして真の意味に於ける中国文化開発の指導機関たらしめようと努められた。

中国は農業国であるから大気循環の動揺によってこの国に相応しい大規模の旱災や水災を惹起する。この影響は中国にとって甚大なものであるから災害科学的見地から見ても治水に関する研究は中国にとっても急務であり、先生はかねてからこの方面の研究を奨められた。（中略）今後科学は新しい宗教にまで進まねばならない。人類同胞に対する深い愛を抱いて科学することこそ科学者の歩むべき大道であり彼はこの道によってのみ神の御前に到達出来るであろう。中国の治水は多くの人の幸福に関する問題であり、これが科学を行ずる道も神の御許に通じているに相違ない。科学に対する不動の認識を得た事は私が先生から賜った最大の恩恵である。

速水先生の研究思想と研究活動の展開

速水先生は 1946 年に中国から帰国し、1947 年に京都帝国大学理学部第二講座（海洋学および陸水学）助教授として採用され、1951 年、防災研究所の発足とともに地球物理学教室第二講座（海洋学および陸水学）の助教授から防災研究所教授として転任し、1956 年には地球物理学教室（海洋物理学および陸水物理学講座）に戻ったが、以後 1966 年に定年退官するまで防災研究所の併任教授も務めた。

速水先生は大変こわい人であつたらしい。福尾義昭さんなど先輩達は速水先生の前ではいつもピリピリしていたという。しかし 1960 年に 4 回生として第 2 講座に配属された私にとってはとても優しい先生であつた。それは防災研究所長、理学部長、評議員、海洋学会長などを歴任あるいは兼務し、大変忙しかつたので、細かい学生指導は助教授の国司秀明さんにまかせざるを得なかつたこと、当時ほぼ体系化に至っていた研究思想を学生達に伝えることが急務だと思われたこと、そして何よりも、私が先輩達のように従順でなく、また全く気が利かない学生であつたことによると思われる。私は、速水先生からお話をうかがってその高邁な研究思想に陶醉し、いつの間にか、我こそは速水先生の研究思想の後継者であるかのごとき錯覚に陥ってしまったが、なんとも恥ずかしいことである。

速水先生の「海洋時代」²⁾の各節には先生の研究思想が断片的に、あるいは系統的に示されている。その中で 1942 年発表の「閉じた世界と開いた世界」は先生の上海時代における研究思想の到達点に近いものを端的に示しているように思われる。そこでは、個々の研究成果はクローズした論理で述べられるが、研究対象（自然と人間と社会）は決して閉じたものではないことを強調している。「解放系」の概念は今や常識化しているが、1942 年にこれを発表したという先見性に驚かされる。

京大に戻ってからの速水先生の研究のメインは海洋物理学であつたが、海洋学に埋没して地球物理学を忘れることがないよう、常に意識されていたようである。そしてその意識を象徴するキーワードが「境界過程の解明」である。そしてそれは先生の実験者および研究企画者としての多岐にわたる活動を統一的に説明するキーワードでもある。そのことは「海洋時代」²⁾の冒頭の「わが思い出」の中の「終戦・・・再び京大へ」と「洪水研究と取組む」に明瞭に示されている。先生は 1966 年に定年退官して東海大学に移ってからは海洋学プロパーの研究教育に打ち込んだが、京大の地物教室と防災研における海洋学研究では沿岸海洋学と海洋一大気相互作用の研究に力を注いだ。本稿の主題である陸水学研究については、これを速水流に言えば、陸水圏の諸過程（特に物理過程）は本質的に大気圏および地圏との間の境界過程である、ということになる。先生は水災害に関する多くの研究活動を組織し、自らも従事したが、それは単に上海時代に主に河川研究をしていたからというよりも、地球上における境界過程を解明するのに最もふさわしい研究対象であつたからだ、私は思っている。防災研を本拠としていた 1951 年～1956 年に、先生はこのような観点から沿岸海洋、洪水、ならびに地盤沈下に関する研究に力を注いだ。これらの研究はそれぞれ海岸災害部門、水文学部門および河川災害部門、ならびに地盤災害部門（いずれも現在は改組されて土木工学の立場から研究している）に引き継がれた。そして速水先生は 1963 年に地形土壌災害部門を作られ、陸水学研究への意欲を後進に託されることになった。なお、速水先生は気象学関係者と図って 1966 年に災害気候部門を作られたが、これには上海時代に中国の水害史と気候変動の関連を研究されたことが深く関係している。それに先だって大内正夫さんと台湾・太平山の紅桧の年輪を解析して過去の気候変動を解明する研究をしているが、これは恩師志田先生の研究（台湾・阿里山の樹齢約千年の紅桧の年輪から気候変動を推測）を引き継いだものである³⁾。

地形土壌部門と速水先生

防災研究所の歴史の中で 1958 年から 1967 年までの 10 年間は特異な時期であり、この間ほぼ毎年ひとつの割合で新しい研究室（部門）が増設され、そのほかに附属施設（観測所など）の新設も多かった。その中で 1963 年に地形土壌部門（正式名称は地形土壌災害研究部門）が新設された。とは言え、理工融合を旗印に防災研究所が創立された頃とは異なり、時の政府の科学技術政策に合わせて、防災に役立つ研究テーマを掲げる必要があつた。そこで佐々憲三先生に相談したりして、地形土壌災害部門の設立趣意書を作成したが、どうしても陸水学の研究をおこなうという速水先生の研究理念が前面に出すぎて文部省の理解を得ることが難しく、修正して再提出するということを繰り返した。その結果、山地や平地で起きる土砂災害は岩石が風化してできた土壌に陸水が作用することによる地形変化過程が主原因であるとして、これらのプロセスを解明するために「地形土壌」という名称にしたそうである。研究スタッフとしては岡山大学で汽水域・河口域の水理現象を研究していた奥田節夫助教授、海洋学研究室で講師をしていた福尾義昭さん、1 年前に地すべり部門の助手に採用されていた私が呼び寄せられ、1 年後には海洋学研究室の大学院生であつた金成誠一さんが助手として加わった。速水先生は併任教授として部門主任を務められたが、部門の個々の活動については口出しをされず、部門設立にかけた先生の思いを随時話され、また研究

というのは本質的にリベラルなものだから、他から強制されたり誘導されたりするのではなく、自分自身の学問的欲求にもとづいて研究を進めて行くべきだということを強調された。

速水先生が物理学的手法に限定しない研究を追求していたことを示すエピソードとして、海水とは異なる化学組成を持つ河川水が海に流れ込んでも、海水の化学組成比は変わらない原因が生物あるいは生態系の作用にあるらしいことを、福尾さんの精度の高い海水密度測定を通じて明らかにしたということを挙げることが出来る。地形土壌災害部門では、岩石の風化が物理的、化学的、生物学的プロセスの複合によっているという考えに基づいて、風化に関する研究の方向性を示された。後に私が「水文地形学的相互作用」という理念で災害の発生に至る地形変化プロセスの解明を目指し、そのなかで地質学的プロセスと生物・化学的プロセスとの相互作用を組み込もうとした（今もって未完成だが）のも、多分に先生のこのような研究理念に影響されたものと考えている。

地形土壌災害部門における研究活動の展開

発足当時の地形土壌部門は専門分野が異なる研究者の寄せ集めで、しかも、速水先生の個人の研究志向を尊重するというリベラルな方針のもとで研究活動を始めたので、実質的な部門主任であった奥田さんは部門をまとめるためにずいぶん苦勞をされていた。速水先生が当初考えていたような総合的な陸水学研究を行うことは、防災研における部門の位置づけ、あるいは部門の人的構成を考えても不可能なことであった。そこで奥田さんは、部門内で開始された、いわばてんでバラバラの研究活動を、「災害地形学」というキーワードで、かなり緩やかな形で纏めていった。

奥田さんはライフワークである汽水域・河口域の物理現象の研究を続けたが、地形変化との関連を強く意識して、淡塩水境界過程におよぼす地形の影響および堆積過程におよぼす成層した水流の影響に、その研究の中心を据えた。金成さんは成層湖沼における内部波の研究に精力を注いだが、奥田さんと共に微細堆積物の湖沼や河口域での挙動の研究でも大きな成果を挙げた。これらは陸水学会を中心に日本で急発展した湖沼生態系と物理環境の関連に関する研究とつながり、大阪電気通信大学の山本淳之さん、滋賀大学の岡本 巖さん、および彼らの後継者、ならびに滋賀県琵琶湖研究所の大西行雄さん、熊谷道夫さん、焦春萌さんら京大地球物理（海洋・陸水）出身者との連携も強化された。

福尾さんは、速水先生と推進していた海水密度と海水組成に関する研究（前述）から土壌物理学に転じた。ちょうどその頃、土壌凍結工法に関する研究委託と研究生委託があつて、土壌凍結に関するかなり大きい研究チームが部門内にできあがった。福尾さんはチームリーダーとして、いくら温度を下げても凍らない土壌水の研究を通じて、土壌粒子と空隙水の相互関係を追究した。それは一口には電位という概念で集約されるが、別の観点で言うと地球スケールでの境界過程を志向した速水先生の理念をミクロスケールで実現しようとしたものと言えよう。

私はほんの新米助手ながら、水文学的な研究手法を出発点にしていたので、他の部門メンバーとは異なり、ややマクロ的な視点から侵食・崩壊現象と水文現象との関係を解明すべく、当時この方面の研究で先進的であった防災研究所の河川・水文関係、および農学部砂防研究室の方々に教えを請いつつ、手探りで独自分野を開拓し、定年前になってようやく防災のための水文地形学（前述）という形で結実させることができた。

奥田さんはまた、速水先生が防災研の矢野勝正先生らと企画しながら果たせなかった土石流研究に積極的に乗り出し、諏訪 浩さん（1970 年学部卒・大学院入学、1975 年助手）と共に焼岳東斜面で現地観測に基づく土石流の学理解明に努力した。この野外観測のプロジェクトは災害地形学に関係するいろいろな研究分野と研究組織を横断するものとなり、その運営を通じて地形土壌部門は近畿地形研究グループの活動再興や日本地形学連合の発足に寄与し、国際的な地形研究のネットワークの一翼をも担うことになった。その中で私も少しだけお手伝いをしたが、土石流の現地観測は、研究者みずからを災害の危険にさらすことでもあり、被災者（あるいは潜在的被災者）の立場に立って災害を考えるという意識革命を強制するものでもあった。これと速水先生から植え付けられた災害観が重なり、地形土壌部門は他の部門や他部局、他大学とも連携して、防災のための理工学的研究（防災研の設立理念）だけでなく、社会科学を含めた総合的なアプローチの実現のためにも尽力することになった。この努力は 1996 年に防災研が改組され、総合防災研究部門が創設されるという形で結実した。

地形土壌部門が発足してまもなく、理学部助教授の堀江正治さんを研究担当として、また名古屋大学教授の北野 康さんを非常勤講師として迎えた。堀江さんを迎えたのは、湖底堆積に関する共同研究を直接の目的にしたものであるが、我々に気候変動に関して目を開かせる契機にもなった。堀江さんは後に琵琶湖古環境実験施設を経て地球物理学研究施設に移られたが、その辺については他の稿に譲る。北野さんの学生であった吉岡龍馬さんは 1973 年に地形土壌部門の助手になった。北野・吉岡の地下水水質の形成機構の研究は、水質を単に水塊分析の手段としてとらえていた我々には大きなショックであり、当部門に水圏―地圏境界過程の解明に関する新しい風を吹き込むことになった。

地球物理教室には時折風変わりな学生が現れるが、学部卒業後、雪氷地形の研究をやりたいと言って陸水物理学分科に入り、地形土壌部門に附属された学生として横山宏太郎さんと齋藤隆志さんがいる（前者は修士卒業後農水省に就職、後者は博士課程修了後 1990 年地形土壌部門の助手）。彼らは南極での越冬観測などを通じて極地・高山地形と氷河の水収支を研究し、湿潤温暖気候に属する地形変化過程を主な研究対象にしてきた研究室に新しい風を吹き込んだ。

1996 年の防災研改組で地形土壌部門は 2 分割され、ひとつは山地災害環境研究分野として、ひとつは旧地すべり研究部門の一部と合わせて傾斜地保全研究分野として、いずれも大部門としての地盤災害研究部門の中で再出発することになった。2010 年 8 月現在、これらの研究室に残っている速水先生の門下生は齋藤さんだけになってしまったが、千木良雅弘・松浦純生両教授を先頭にリベラル精神が横溢する研究活動が展開されていることは頼もしい限りである。

注1 佐納康治・永野 宏：上海自然科学研究所物理学科と京都帝国大学理学部との関わり，
京大地球物理研究の百年, 2010.

注2 速水頌一郎先生御遺稿出版事業会：海洋時代, 東海大学出版会, 1974.

別府を中心とした陸水学・温泉学研究の系譜

由佐悠紀（1964 年卒）

大分県別府市野口原にある「京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設」の始まりは、1926（大正 15）年 10 月 28 日、志田順教授の尽力によって同地に開設された「地球物理学研究所（以下、地物研）」である。当初は地球物理学教室に所属していたが、数回の改組を経て現在に至った。設立や改組の経緯には、この施設に託された使命やそれに応えようとした人々の思いがこもっている。研究報告や論文を除くと、残された資料は多いとは言えないが、沿革の記録にその時々エピソードなどを織り込んで（中には筆者が伝聞した噂話みたいなものもある）、施設の変遷と研究の系譜をたどってみる。

（草創期）

1917（大正 6）年 11 月：理学部に地球物理学講座の開設が議決される。

1918（大正 7）年 2 月：志田教授、火山・温泉・地熱に関する特殊研究の場所を求めて大分県別府町（当時）を訪問、武田町長と面談し研究所のことを計る。

1920（大正 9）年 12 月：志田教授、再度別府町訪問、武田町長および新妻大分県知事と面談し研究所のことを計る。

1921（大正 10）年：学術研究会議の建議に応じて地熱温泉現象研究機関の設立構想が練られる。

1922（大正 11）年：春、地物研本館の建設決定。7 月 14 日地鎮祭を行い工事開始。

1923（大正 12）年 12 月：竣工。敷地面積：1 万 5 千坪（別府町からの無償貸与）、建物延坪数：480 坪余（内、153 坪は大分県、216 坪は別府町からの寄附）

1924（大正 13）年 1 月 26 日：予備調査並びに事務を開始。この日は皇太子殿下（昭和天皇）御成婚の日であった。

1926（大正 15）年 10 月 28 日：開所式。



写真 1 地球物理学研究所の開所式；1926（大正 15）年 10 月 28 日建物外壁はドイツ製の赤レンガである。志田教授は自らハンマーを取ってレンガの質を検査されたそうである。

1918 年の志田教授の最初の別府訪問の目的および 1921 年の学術研究会議建議から、地物研の設立目的が火山・温泉・地熱という固体地球の熱的現象の研究であったことは明らかである。他方、1920（大正 9）年頃、理学部内に臨海研究所設立の計画があり、その一部として 1922（大正 11）年 7 月、動物学研究の目的で瀬戸臨海実験所が開所され、残された臨海気象観測及び研究を目的とする部分は、建設中の地物研が担当することとなった。そこで、志田教授は原案を拡張して、一般地球物理学研究を行うとともに、とくに火山・温泉・地熱に関する総合的研究所を設立しようとした。したがって、1924 年に始まった予備調査には、温泉のほかに気象・地震・潮汐等の観測が含まれていた。その後も、これらの観測はルーチ的な仕事として継続して行われた。ただし、筆者が別府に赴任したとき（1966 年）、潮汐の観測は行われていなかった。

研究所の公式の開所日は開所式の日とされている。しかし上の経緯から、実質的な開所日は 1924（大正 13）年 1 月 26 日とするのが適切であろう。

開所式（写真 1）は、わが国の地球物理学にとって重要な節目となった。志田教授によって「別府地球物理研究所開所式に於ける謝辞（深発地震存在の提唱）」の講演が行われたからである。この講演については集録「京大地球物理学百年」に述べられており（島田，2010）、また本集録にはその講演録が掲載されているのでそれらを参照していただきたい。

この開所式には中央気象台長・岡田武松博士も臨席しておられたが、志田教授の講演に驚愕して和達清夫博士に打電されたと伝えられている。

地物研が実質的に開設された 1924 年から、学生の隣地演習が行われるようになった。その最初期の参加者の一人は、当時理学部 3 年生であった速水頌一郎先生である。その様子を、速水先生の「海洋時代」から抜粋して以下に掲げる。速水先生は志田先生の指導を受けることになっていたが、そのころ志田先生は地物研の建設に熱中しておられた。

その年すなわち大正 15 年の秋、同研究所の開所式が行われることになり、わたくしは数名の学友とともに三ヶ月間別府ですごした。その間に別府温泉について温泉井内の温度分布を測定させられた。そして湧出口附近の泉温はまちまちであるが、孔底温度はほとんど一様であって、いくつかの温度に分けられることを知った。先生はこの結果を卒業論文にまとめるようにいわれた。わたくしは円柱内を流れる流体の熱拡散をしらべ、当時勃興しつつあったプラントルやカルマンの乱流論に初めて接し興味を覚えた。しかし湧出量の測定がそのとき同時にできなかったので、うまく測定結果をまとめることができなかった。

この問題は後になって野満教授と瀬野錦蔵博士によって発展され、湧出量の多いほど途中の冷却が少ないということで孔底温度・湧出量・湧出口温度の関係式が解かれ、未知の要素は係数として観測値からきめるというやり方で巧みにまとめられ、いまでも使われている。速水頌一郎（1974）

これからずっと後になって、速水先生は上海自然科学研究所で揚子江の研究をされたが（1930～40 年代）、このとき「卒論作成の時に勉強した乱流論を応用して土砂浮遊の理論を考えた」と記されている。

ここで引用したのは、速水先生の卒論（筆者は未見）が、別府における最初の研究論文ではなかったかと思うからである。さらに、別府での研究の基礎を作られた二人の先達が登場しているからである。すなわち、野満隆治教授と瀬野錦蔵教授である。また、「（そのやり方は）いまでも使われている」とあるが、その「いま」は「21 世紀の今」でもある。

こうして地物研は開かれたが、別府町が敷地と建設資金の一部を提供するなど大きな便宜をはかったのは（敷地は郊外だったため、特別に水道・ガス・電気を敷設した）、当時既に温泉井乱掘のために既存温泉が影響を被るという事態が発生し、その対策に迫られていたからでもあった。

志田教授の指導によって、まず着手されたのは、別府における温泉の総調査（個々の温泉を訪ねて井戸の状態・湧出量・泉温等を記録）、およびいくつかの温泉での泉温や湧出量の継続観測である。それらが温泉研究の基礎データとして不可欠であり、そうしたデータの収集・解析によって別府町の要望にも応えることができると考えられたからに違いない。

一方、大正十年四月地球物理学第二講座が創設され、野満隆治教授（当初は海軍教授兼任）が担当した。講座の主眼は海洋物理学の教育と研究であったが、その範囲は河川・湖沼・地下水・温泉等の陸水学にまで及び地物研と深く関わることとなる。

（昭和初期から昭和 30 年代まで）

1928（昭和 3）年 3 月：熊本県阿蘇に「火山研究所」開設。

1936（昭和 11）年 6 月：志田順教授退職。

1937（昭和 12）年 2 月：雑誌「地球物理」発刊。

1937（昭和 12）年 12 月：地球物理学研究所と火山研究所が統合し「京都大学理学部附属火山温泉研究所」となる。

1938（昭和 13）年 2 月：野満隆治教授、火山温泉研究所長に就任。

1939（昭和 14）年 4 月：講師瀬野錦蔵（地球物理学）助教授に昇任し、別府に常駐。

1944（昭和 19）年 12 月：野満教授定年退職。

1945（昭和 20）年：長谷川万吉教授、火山温泉研究所長に就任。（1957 年まで）

1954（昭和 29）年：「地球物理」9 巻 2 号をもって休刊。

1959（昭和 34）年 3 月：火山温泉研究所、理学部附属地球物理学研究施設と同火山研究施設に分離。
1963（昭和 38）年 4 月：瀬野教授、地球物理学研究施設長に就任。
1964（昭和 39）年 8 月 11 日：瀬野教授逝去（享年 59 歳）。

地物研開設直後、現地主任として地物研の運営に当たったのは鈴木政達助教授であった。鈴木氏は 1924（大正 13）年 9 月地球物理学科の助教授に任ぜられ、直ちに別府に赴任されたが 1932（昭和 7）年 1 月病を得て休職し、3 年後（昭和 10 年）に逝去された。別府との関わりは短期間であったが、貴重な遺産を残された。かつて地球物理学教室が出版していた雑誌「地球物理」の最初の論文「別府附近の地史と温泉脈」である。内容は、地球物理学的というより地質学の範疇に属するが、総合的な温泉研究の方向を暗示している。なお、この論文は、1933（昭和 8）年発行の「別府市誌」に掲載されたものが、「地球物理」に収録されたのである。

地物研では温泉の調査に加えてさまざまな地球物理学的な観測が継続されたが、主要な観測項目の一つである地磁気に関しては、路面電車などの影響を受けることが多かったため、観測の適地が求められていた。この様な状況下、1928（昭和 3）年 3 月、熊本県の阿蘇に火山研究所が開設された。これを機に、火山現象や地磁気の観測・研究は火山研究所に移され、地物研の中心的な研究対象は温泉・地熱現象となった。

別府と阿蘇の研究所はともに地球物理学教室の所属だったため、経費的にその運営が困難な状態にあった。また、火山や温泉の研究は、地球物理学的な面からだけでなく地質学や地球化学的な面も取り入れて総合的に行われる必要があると考えられていた。これら運営と研究の両面からの要請により、1937（昭和 12）年 12 月、両研究所は統合されて京都大学理学部附属火山温泉研究所となり、翌 1938（昭和 13）年 2 月、野満教授が所長に就任した。志田教授は 1936 年 6 月に定年前に退職され、間もなく逝去されていたのである。

地物研開設以来の活動による成果が現れ始めたものの、当時はそれらを発表する場に恵まれていなかった。口頭発表は日本数学物理学学会総会などで行われたが、適切な学術誌は無かった。志田教授のあとを引き継いだ野満教授は、志田教授追悼と地物研開設十年を記念して、1937（昭和 12）年 2 月「地球物理」誌を発刊した。こうした事情を反映して、第 1 巻と第 2 巻（各巻 4 号から成る）には「別府地球物理学研究所報告」の副題が付けられている。ちなみに、第 3 巻は「阿蘇火山研究所報告」である。この雑誌は太平洋戦争終戦後の 1954（昭和 29）年まで続いた。

「地球物理」第 1 巻（第 1 号～第 4 号）は、野満教授の創刊の辞、志田教授の開所式での講演、鈴木助教授の論文で始まるのだが、それらに続く報文の多くは「別府温泉の概況」「別府の気象」「地震活動」など、開設以来蓄積された調査・観測資料を整理した報告である。中で、第 4 号の「由布院温泉地帯の地温分布」の緒言には、当時の研究者の意気を感じられるので、その部分を以下に引用する（一部仮名遣いなどを書換えた）。調査が行われたのは、地物研開設に先立つ 1922（大正 11）年の夏。著者は依田和四郎理学士（後に京大教養部教授）である。

さて著者等が本測定を行った理由は当温泉は山間に在って当時交通の便未だ備わらず温泉地としての設備極めて不十分従って人工の施されたもの僅少であったので地下温度その他の状況は人工の全然加わらなかった以前と大差ないものと推定せらるること、また当地も近い将来に鉄道開通の予定（今日は既に開通している）であつたり且又当時別府から直接電車建設の議もあつた程であるから必ず近い将来に於いて人工大いに加えられ近代的温泉となるものと思はれ、加えられた人工が自然の状況を如何に変化せしめるものであるかを知るに絶好の場所であり且つ又と得難い機会であると考えられたが為である。

依田和四郎(1937)

温泉の地下水学的な論文は第 2 巻から登場する。研究の多くは、野満教授の指導によって行われた、潮汐・気圧・降雨などの外部条件の変動が温泉現象に与える影響の解析である。

ここで「地球物理」第 1・2 巻の報告や論文に名を連ねた方々を挙げておく。志田順・鈴木政達・山下逸二郎・木戸隆・丸田頼三・谷貞夫・依田和四郎・野満隆治・瀬野錦蔵・中目廣安・西田久雄・池田亮二郎・山下馨・栗原正次。（登場順）

なお、谷氏は九州および別府の地震について、栗原氏は地電流の太陰時変化について論じている。

初期に萌芽した研究はさらに継続して戦後まで行われ、それらを通して被圧地下水の流動理論の研究が進んだ。また、それに基づいて展開された揚水理論や井戸群理論は、開設当初からの現実的課題であった

温泉井掘削の影響解析に適用され成果を挙げた。1960年代頃まで別府で行われた一連の研究は、温泉を対象としていたが、一般地下水学の発展に貢献したといえる。

こうした研究とともに温泉の水・熱・含有物質の起源に関する研究も行われたが、研究手法が未発達なこともあって、大きな進展は見られなかった。とはいえ、温泉に関する地下水学・地質学・地球化学的諸資料が蓄積され、将来の研究に資することとなった。その中で特記すべきは、野満教授らによる重水濃度の測定である。

地物研における研究を主導した野満教授の定年退職後は、長谷川万吉教授が所長を務め（1945年～1957年）、研究面は瀬野助教授（1961年より教授）が引き継いだ。瀬野教授は別府での研究を1932（昭和7）年頃から始め、1939（昭和14）年助教授に昇進後は現地主任として別府に常駐し、調査研究を行うとともに後進の指導に当たった。終戦後の地物研で、瀬野教授に指導されて温泉・地熱の研究を行った主な方々は次のとおりである。

川端博・吉川恭三・山下幸三郎・湯原浩三

瀬野教授は1964（昭和39）年8月11日、還暦を前に逝去された。筆者は学部3回生（1962年）のとき瀬野先生の地下水学と温泉学の講義を受けたが、そのときは将来温泉に関わるとは、ましてや別府に来ることになろうとは、想像だにしていなかった。

年月が前後するが、1937年に阿蘇と別府の研究所は合併したものの、両者間の交流は十分に密とは言えない状況にあった。その原因は、交通・通信の手段が未発達だったことに加えて、両研究所それぞれが目指した研究の方向や研究手法の違いにあったと思われる。そのため、1959（昭和34）年3月、理学部附属地球物理学研究施設と同火山研究施設に分離された。

（昭和40年代以降）

瀬野教授の後は吉川恭三助教授（1973年より教授）が引き継いだ。ただし、運営面を考慮して、施設長は地球物理学科の歴代教授が務められた。この頃の施設メンバーは、吉川助教授・山下幸三郎講師（1974年より助教授）・湯原浩三助手（後、九大教授）であったが、湯原先生はほどなく転出された。そして、1965年度の一年間勤務した友定彰助手が転出し、その後任として、1966（昭和41）年5月、筆者が別府に赴任した。京大理学研究科修士課程（海洋物理学）を修了したばかりであった。この年の2月、修士論文がほぼ出来上がった頃、国司秀明先生から指示されて速水先生の研究室に伺うと「別府に欠員があるので行ってみないか」と勧められたのである。

筆者が別府に赴任した後、吉川先生や山下先生の指導の下、川村政和助手（地質調査所へ）・北岡豪一助手（助教授を経て岡山理科大へ）・神山幸吉助手（極地研究所へ）らを迎えて、各地の温泉調査や広域地下水流動・温泉水の循環・地熱水流動の研究が行われた。そして1987（昭和62）年3月に吉川先生が定年退職され、その後を筆者が引き継ぐことになった。この頃になると、温泉・地熱現象に関する諸資料も増え、また、地震探査・重力測定・電磁探査などの地球物理学的な調査、化学分析・放射能測定・同位体分析などの地球化学的技術も利用できるようになって、温泉の生成機構に迫る研究条件が整ってきた。筆者は2004（平成16）年3月定年退職したが、その間にも施設の改組が進んだので、それを記して稿を終えたい。

1987（昭和62）年4月：「熱水環境部門」と「地熱形態研究部門（外国人客員部門）」を増設、従来の「火山温泉研究部門」と合わせて3部門となる。

1997（平成9）年4月：火山研究施設と合併し、理学部附属地球熱学研究施設となる。本部を別府に置き、阿蘇の施設は地球熱学研究施設火山研究センターと称する。

1998（平成10）年4月：大学院理学研究科附属に移行。次の5つの研究分野が置かれた。

地熱流体論研究分野・地熱テクトニクス研究分野・火山構造論研究分野・
火山活動論研究分野・地球熱学情報研究分野（外国人客員）

（文献）島田充彦（2010）：阿武山地震観測所と京大高圧実験の歴史－志田順の深発地震存在の発見との関連で－，集録「京大地球物理学研究の百年」，8-12.

速水頌一郎（1974）：海洋時代，東海大学出版会，315頁。

依田和四郎（1937）：由布院温泉地帯の地温分布，地球物理1巻4号，285-304.

京大の地震予知研究

住友則彦（1960 年卒）

1 初めに

当初、筆者に与えられた課題は「京大地震予知研究の功罪」であった。しかし筆者は地震予知計画の主流にいたわけではない。地球内部電磁気学を通して地震予知にいささかでも貢献したいと願い、京大教養部に所属しつつ、防災研究所の地震予知のための電磁気観測（鳥取微小地震観測所付き）を受け持ってきた経歴を有するものである。後に防災研究所地震予知研究センターに所属し、予知計画の一部を担ってきた。以下の文章では、京大地震予知研究の歴史（レビューではなく、あくまでも筆者の見た予知研究）を振り返るとき、かなりの部分で批判的な見解を述べているが、これは他人事ではなく、予知計画にいささかでも関わってきた自分自身への深い反省と責任の重さに呻吟しながら書き綴るものである。この中では、特別な場合をのぞき先輩、後輩を含む研究者の氏名は控えさせていただく。

結果的には、地震予知計画が始まった 1965 年当時から、予知実現に向けて真剣に取り組み、事業費の獲得、施設の充実、ポストの拡充などに努力された先輩の先生方に弓を引くことになるかも知れないが、やはり我々は科学の王道から大きく道を踏み外していたことを謙虚に認めなければならない。そして、この過ちとも言える研究方法を、いかなる分野においても今後繰り返すべきではないことを明記して置きたいと思う。

1960 年代当初、確かに地震予知への社会的な強い要請は有っただろう。それがなければ文部省（当時）も特定の大学（主として旧帝大）を選び、特別事業を立ち上げ、それを推進しようとはしなかったろう。学術会議でも採択されていたことも事実である。日本の地震予知計画は一つの国家的「実験」に過ぎないとの批判的な声も当時確かに有った。本来、実験の前には科学的な根拠に基づく仮説があり、それへの検証を目指すべきだったはずである。しかるに、古来、大地震の前には山鳴り、地鳴り、海水の後退（海岸の隆起と考えられていた）などが有ったとする種々の言い伝えなども有って、大地震には何らかの前兆現象が伴うはずだと言う確信に近いものがあり、科学的な根拠もはっきりしないままに、実験に突入してしまった。この種の実験は一度始めると、容易に中止することが出来なかったことも確かである。確かに、濃尾地震後の震災予防調査会で作られた、震災予防のための予知に向けての研究指針は有った。これをもとにしたいわゆる地震予知研究のブループリントも提案されていて、一応地震予知への戦略は有ったかも知れない。多くはとにかく前兆現象の把握であった。しかし、科学的な予知を目指すための哲学とか理念に欠けていた様に思える。このことについて特定の人達へ責任を押しつけることは出来ない。問題の根底には、社会に対する大学の役割とは何かという極めて難しい問題とも繋がっていることも確かである。1995 年の兵庫県南部地震を迎えて、残念ながら国家的実験は一旦終わらざるを得なかった。失敗を認めざるを得なかった。考えるべき問題点は、国全体としての問題と京大固有の問題がある。不思議なことに、実験の失敗を反省する声は計画を推進した当事者達の中からは殆ど聞けなかった。地震予知計画への批判に対して、反論すら聞けなかった。

2 国の予知計画の問題点

30 年以上にわたって続いた先の地震予知計画実施の結果として、確かに数々の地震学上の進展はあっただろう。しかしながら、世界をリードする研究は、予知研究者からは生まれたとは言いがたい。例えばダイラタンシーモデルが 1970 年代に「輸入」されたが、予知に役立つか否かの観点だけで、簡単に葬り去られた。その時提起された水の問題は今になって重要性を持ちつつある。これまでの 30 年強の期間に地震現象に対する理解はどれほど進んだかは疑念を覚えざるを得ない。この間に得られた知見の多くは観測手段、情報収集の手段、データ処理の飛躍的な進歩に追うところが大きい。どちらかと言えば地震発生後の知見が圧倒的に多い。地震発生以前の問題に関しては大きな進展は見られていない。

プレート境界におけるアスペリティーモデルは確かに大きな成果の一つであろう。しかし、これによって海溝における巨大地震の実質的予知の手段が明らかにされたわけではない。まして内陸活断層における地震発生のメカニズムに関してはまだまだ遠い道程がある。後に述べるがこの研究こそ京大がイニシヤテ

イブをとって立ち向かうべき問題である。

1960年代当時、我が国では固体地球の分野に限れば、地球を対象とした研究の方法論が欠如していた(実は世界レベルではプレートテクトニクスが誕生しつつあった)、まさにその時期に地震予知問題が発生したことが不幸の始まりであったとも思われる。既知の物理法則のもとに地球上に起きる様々な自然現象に対して仮説を立て、それを実証するための観測計画を立てる。必要に応じて観測機器の開発を行う。これは地球物理学にとっては永遠に続く基本的姿勢であろう。当時これを見失っていた。

物理学の世界では日々世界の学者との戦いであったと60年代、同級生から聞かされた。当時でも、大学に助手として残り、研究者としての道を歩むことはたいへんな事であった。しかるに地震予知のための観測所が出来、研究部門も増設され、教授、助教授、助手等の席がどんどん作られ、学部卒が飛び級で研究者の仲間入りをした。予知のための観測を盆暮れ返上でやり続けるという任務とひき替えに研究者の切符を手に入れてしまった。もちろん本人の自覚の問題でもあったが、上に立つ教授の責任も重大であった。結果的にはいわば惨めな研究者生涯を過ごす羽目になった仲間もいた。大学の使命の一つを社会に貢献する研究、実学に置くなら、予知のための観測研究を素粒子物理学と比較すること自体無謀な試みであるかも知れない。しかし、何か我々に見落としはなかったかと思う次第である。

出発時(第1次計画)には「地震予知研究計画」で有ったのに、第2次計画から「地震予知計画」と特別事業化された。当時伊豆半島周辺の地震活動が活発化していたこと、東海地震説がにわかに浮上した事もあって、無理矢理に予知事業へと傾斜せざるを得なかった。結果的に大学は研究予算獲得のためと、文部省、国土地理院、気象庁など官僚機構の勢力拡大の後押しをする形になった。世界的にもアメリカやソ連、後に中国などの予知計画が加速的に促進された事も、日本の地震予知計画の正当性の勢いを高める結果となった。

この様な予知計画の推移を批判的に振り返ることは容易ではある。しかし、当時渦中であって、立ち止まりを主張することは大いなる勇気と力が無ければ出来なかった。社会的な圧力に抗して、大学は研究に戻るべきと言うことは出来なかった。全国的に観測所が次々と設置され、助手、技官などが配置されていたので、今さら何を言うかとの文部省の声に沈黙を守るより仕方が無かったと思う。

大学は本来国家的プロジェクトに荷担しないことが望ましいのであるが、この姿勢をつらぬき通す事はかなり難しい。大学における研究は社会の価値観に左右されるべきではないと常に言い切れるだろうか。大学が独立採算性を堅持できるならば、問題はない。現実には国民からの税に依存している面が強いのである。

さて。地震予知についてはどうか。国民の願いは何と言っても予知の実現であろう。それを無視した研究優先は、おごりであり、身勝手な振る舞いと言われても仕方がない。地震予知の問題はまさに象徴的である。費用対効果(コスト ベネフィット)が叫ばれる中、いつか実現を目指してと言う言い分は通るのか。前兆重視の研究姿勢は確かに問題であった。しかれば、正しい方法、最善の方法とは何であろうか。これまでの予知研究は情緒的か方便的かに尽きる。京都大学はまさに前者の立場を選択した。東京、東北大等はどちらかと言えば後者だったとも言えるのではないか。

3 京大地震予知計画の問題点

京大が情緒的な道を選んだのは、世界的な風潮(プレートテクトニクスの萌芽)に鈍感であったからかも知れない。まさに公家の世界を継承していたのかも知れない。自分の不勉強を他者の所為にすることには後ろめたさを覚えるが、あえて言うならば、1970年代の講座や部門担当者に先見性が不足していた可能性を否認しない。さらに、地球を見る目において、物理の感覚が欠如していた可能性が有るかも知れない。裏返しが、地震予知に対して情緒的な姿勢を貫かせた結果となった。この教えを受けた当時の学生達が無批判的にこの姿勢を受け入れたことにも問題があった。と言うより、教授達が自分たちの犯した過ちに気が付かないまま「時代」を通り過ぎてしまったことに問題が残る。

当時の教授達は自分たちの使命は、社会の要請に応えるべく地震予知研究のための観測設備の充実、観測所の設立、研究者の定員増に有ると思い、それに全力を挙げていたのだと思う。さらに言えば地震の前兆を捉えることが最優先の研究と考えていたように思う。これらの研究動機のルーツは、何と言っても、例の佐々・西村による生野鉦山での鳥取地震の前兆を傾斜計の観測で検出したとされる報告にある。これが京大の地震予知研究の方向付けと言うか、呪縛になっていた様に思われる。あたかもキリストが行った

とされる奇跡のように予知信仰の原点になった。

観測所の助手になった若い研究者はまさに盆正月返上の観測生活に明け暮れる結果となった。もちろん学位もなしに研究者の仲間入りをしたケースが殆どである。当人にとっては大変名誉なことであったが、結果的には、地震予知の使い捨ての駒になったとも言える。若い時は、もっと多方面の勉強をし、研究仲間と議論し、批判し合うなど研究者として自立するための研究能力を身につけなければならない。このような時期にメインキャンパスから僻地に隔離され、観測生活に明け暮れしなかった当時の若者の苦労は計り知れない。観測所勤務を命じた教授連が当時、若い研究者の将来を何処まで真剣に考えていたか、疑問に思われる節もある。

京大地物には独創的な観測を重視する姿勢が有った。その元祖とも言えるのが志田で有ろう。佐々や西村はその伝統を守ってきた。特に上賀茂や逢坂山における傾斜、伸縮計による地球潮汐の観測は世界的にも評価の高い成果を生みだしていた。また、別府、阿蘇、阿武山におけるウィーヘルト地震計などによる地震観測においても貴重な記録がとられていた。1960年代に入って、地震予知問題がクローズアップされるようになり、京大の地震学の歯車は狂い始めた。背景に、佐々の京都大地震説があった。(これは防災研究所の設立に役立ったとも伝えられている)。太平洋戦争前後には鳥取地震、東南海・南海地震、福井地震など西日本地域で被害地震が相次いでいた。加えて1965年頃には新潟地震、松代群発地震などが続き、地震予知をすることが社会的正義と考えられていた。地震学者は地震の予知を目指すべきとの素朴な責任感が根底にあった。佐々・西村は日本をリードする気構えを見せていた。これに続いた教授達はひたすら佐々・西村の路線を追従した。地震が何故起きるかの物理より、地震や地殻変動の観測による前兆把握が何よりも優先すると言う信仰に近いものがあつた。本来、科学をするという行為には何らかの哲学が必要である。しかるに予知研究にはまったくと言って良いほど哲学が欠落していた様に見える。いつの間にか、かつて志田が探求しようとした地球の物理解明への強い意志が忘れ去られていった。物理的知見に基づく仮説検証の姿勢が失われていった。傾斜計や伸縮計の前兆的変動をひたすら待ち続ける姿勢は、「椋平虹」の観測から地震を予知しようとする行為と大きな違いはなかった。このような地震予知方法は他の分野の科学の方法からみて極めて異例の研究方法だった。でも王様は裸だと誰も言えなかった。客観的な観点から研究姿勢を見直す機会が無かった。日本全体の予知の流れに反発する気概すら失っていた。多分、予知以外の研究業績に自信を失っていたかも知れない。端的に言えば、科学研究費の獲得を目指すより、予知事業費の継続・拡大を指向していたといえる。

この姿勢は、大学院教育にも影響した。観測重視は良いとして、狭い専門性に偏りすぎた嫌いがあつた。観測に関しては京都の独自性は有ったが、先見性に欠け、基礎的な勉強も不足していた。他大学との競争意識が希薄であつた。どのくらいの規模の地震ならどのくらいの距離でどれくらいの前兆現象が期待されるかなどへの見通しがたてられたことは殆ど無かった。とにかく経験を積み法則性が見つかるだろうとの極めて甘い考えが当たり前で有った。若い研究者もその流れの中に次第に個性を失っていった。

京大の地震予知研究は地震観測と地殻変動観測が主流であつた。地震観測では、震源で主破壊の前に微小破壊が先行するはずだという過信が有った。地震空白域を見つける作業。主応力軸の方向の分布やその時間変化を漠然と追求していた観がある。最大のエネルギーが注がれたのは、震源決定の精度を向上させるための、観測ネットワークの維持、改善であつた。前半はデータのテレメータ化、後半はインテリジェント化に最大の努力がはらわれた。せめて微小地震発生機構のモデル構築をめざし、そのための観測手段の向上を目指して欲しかった。微小地震活動は内陸活断層との関連が深いと言う事実を見いだしたのは、京大の大きな観測成果の一つである。惜しむらくは、それへの徹底的追求がなされないまま、観測事実の積み重ねに終始したことである。地殻物理を地震現象だけでしか見ることが出来なかったからであろう。

地殻変動に到っては、ひたすら安定した記録をとるための観測壕の維持に全てがかけられたと言っても良い。地震の前に震源域で何らかの地殻変動が起きるはずで、地殻変動に現れないようなあらゆる前兆(地球電磁気、地球化学観測)は信じることは出来ないと言う、おごりに似た信念が一部にあつた。永年の努力の大半は雨など気象影響の記録からの除去にあつたが、そもそも気象影響は何故起きるかの原因究明は殆どされていない。気象影響は観測壕、時期によっても複雑に異なつた。このことが原因の一つで、地殻変動研究者は学の内外で極めて閉鎖的な研究姿勢を続けていた。あたかも自分の観測した記録は自分のものだと言わんばかりの風潮も見受けられたのは残念である。自分の周りの研究の動向を見ないと言う姿勢をかたくなに続けていた。志田以来の伝統的な地球潮汐の研究がもっと進められて良かった。

京大の地震予知研究の大きな誤りの一つは、学問の場から孤立傾向にあった。学内ですら相互批判に欠けていた。特に異分野間（地震、地殻変動、電磁気、地下水）の総合研究の姿勢が殆ど無かった。学問研究では、時には強烈な自己主張が必要である。あるいは発見された事実への物理的な解釈やモデルの提示（いわゆる説明責任）が必要である。これらにおいて周りを見たとき強烈な自己主張者は少なかったように思う。また、仮説への徹底した議論にも欠けていた。これは、あたかも個々の研究者が不可侵条約を結んでいたかの観があった。このような学問研究の態度は「争い事」を好まないとする、いかにも京都的風潮であったかも知れない。しかし、もっと翻って考えると、相互議論をするに際して自分の考えの論拠となる物理的、数学的知識の貧弱さに躊躇していたとも思える。とすればむしろ研究者個人の責任によるところも大きい。教育体制の不備、貧弱に責任の一端が有ったのではないかと思われる。

ここで筆者が担当した地球電磁気について簡単に述べる。まさに孤軍奮闘の 30 年間であったが、前兆を追い求めると言う過ちは地震、地殻変動の観測と大差はない。プロトン磁力計による全磁力経年変化観測と、フラックスゲート磁力計による CA 変換関数の時間変化、並びに山崎断層における比抵抗連続観測であった。一応は応力変化に伴う、ピエゾ磁気変化、地殻電気伝導度変化の物理はあったが、震源もしくは周辺でどのような変化が期待できるかに関しては、全く手探りで、ひたすら観測を続けるばかりであった。ただ、他の分野と違ったのは、これらの観測計画やデータ解析は全国関係大学、気象庁、地理院などとの比較検討（CA 研究会）に負うところが多かったことである。特に山崎断層での比抵抗観測は CA グループによる綿密な予備調査（共同研究）に基づいていた。

今ひとつ、書き残しておきたいことは、もともと京大の地球内部電磁気学は阿蘇火山観測所から始まり、旧教養部（太田教授による）に移り、その後防災研の地震予知計画のサポートもあって筆者が担当し、今日防災研に一部門相当の陣容を持つに至っていることである。また阿蘇火山研にも火山噴火予知計画に基づいた電磁気的な観測研究が継続していることを付け加えておきたい。まさに京大地震予知計画がなければ、地球内部電磁気学は京大から消滅していた可能性が高い。

4 終わりに

はじめ筆者に課せられた課題は「京大地震予知研究の功罪」であったが、とても第三者的な立場にはなりきれないので、無理を言って「京大の地震予知研究」に変えていただいた。これを執筆するに当たって、初めはネガティブな面しか思い浮かばなかった。あまりにも惨めである。色々考えあぐねたすえ、次の考えを無理矢理に引き出した。予知計画を単に物理のないものと決めつけ、無意味な計画だったと決めつけられるか。京大は愚直なまでにひたすら前兆を追い求めたに過ぎないと切り捨てられるか。極めて情緒的な表現になるが、京大の研究者には血が通っていた。予知の手がかりを何とかして掴みたいとする気持ちで、永年にわたる観測は続けられていた。しかし、論文にはならなかった。観測重視の伝統は 30 年以上にわたって守られてきた。今日この伝統は破られる恐れがでているが、京大本来の「観測重視」の精神に立ち返って、伝統を守りつつ常に新しい発見を目指して欲しい。

京大地震予知計画への 40 年以上（今日も計画は続いているとする立場で）にわたる参画に置いて「功」といえるものは未だ明らかではない。地震学の研究や教育の面で「罪」といえるものは少なくない上に述べた。しかし、現実の歴史の中に身を置いたとき、流れに翻弄され、より本質を見失うことは他にも例は幾らでもある。時に流れから離れて、流れを客観視する事も重要であろう。筆者はあえて「功」といえるものの中に、防災研地震予知研究センターの組織が設立され、地震予知関連のポストが教授 6、助教授 8、助手 14 などが設けられたことをあげたい。現在は人員の整理統合がなされ発足当初とは多少構成員数は変わっているが、一つの分野にこれだけの人員を配している研究機関は珍しい。京大地震予知研究の大いなる財産である。地震予知実現への道は遠いが、これらのポストを大いに活用してセンター発足時の初心に立ち返って新天地を開いて欲しい。

これまでに京大地震観測網が明らかにしてきた代表的な成果として、丹波帯の異例な微小地震活動、山崎、跡津川断層など活断層に関連した微小地震活動の詳細な研究がある。東北地方、東海地方のプレート境界地震発生機構の研究に押され気味であるが、内陸地震の発生機構の研究は地震予知研究に関する重要なテーマである。微小地震の発生機構は単に地殻応力場の問題に限らず、地殻流体にも関連することが次第に明らかにされつつある。このことは地殻の電気伝導度構造との関連も深いことが予想される。京大地震予知研究は内陸地震、特に微小地震の徹底研究に的を絞った方向を選択して欲しい。

京都大学における強震動研究

入倉孝次郎 (1963 年理学部物理学科卒, 1968 年院地物専攻博士課程中退)

1. はじめに

京都大学における強震動研究は、1934 年佐々憲三による大震計(変位型強震計)の開発から始まった。この大震計は、それ以前に開発された今村式強震計よりも周期が長く、倍率も低い、という特徴を有しており、1943 年鳥取地震 (Mj 7.2) や 1948 年福井地震 (M 7.1) のときに、震央から約 100 km 離れた阿武山地震観測所で長周期強震動を飽和することなく記録した。それ以前の地震記録からは P 波や S 波の到達時刻やその最大振幅に関する情報しか得られなかったが、大震計の記録は、震源断層から生成される P 波や S 波の時刻歴を鮮明に示し、断層破壊の進行過程の情報抽出を可能とするものであった。しかしながら、それらの記録にもとづく断層破壊のメカニズムの研究は、東京大学地震研究所 (後にカリフォルニア工科大学) の金森博雄により大地震の震源モデルに関する一連の研究がおこなわれるまで (Kanamori, 1972, 1973)、手つかずのままとなっていた。

京都大学の強震動研究の第 2 のブレイクスルーは、1948 年福井地震の被災地において、弾性波探査により地震被害が軟弱地盤に集中することを明らかにしたことである (吉川, 1949)。この地震の 4 年後の 1952 年に、京都大学の付置研究所として 3 つの部門からなる防災研究所が設置され、強震動の研究は第 1 部門の「災害の理工学的研究」の 1 つとして続けられことになった。その後、防災研究所は、地震、火山、気象、地盤、水災害など、種々の自然災害を対象とする研究部門・研究センターを拡充していった。その 1 つとして、1963 年に第 1 部門を改称して、地震動部門を設置し、そこでは地震による地震動の生成・伝播および地震動による災害を中心とした研究が行われることになった。部門の名称として、「地震動」という新たな用語を用いたことで、「地震」とは区別して「地震による地面の揺れ」を「地震動」で表現することが地震学の Terminology として定着することとなった。1964 年新潟地震では、地震動部門の吉川宗治教授が中心となって、地震の被害地域で弾性波探査、人為加振機、余震観測により地盤の震動特性の調査を実施した。この地震の調査では、表層の S 波速度が遅い地域と被害の集中域と相関があることが明らかにされた。

京都大学の強震動研究の第 3 のブレイクスルーは、1983 年の地震動部門助教授であった入倉孝次郎による小地震の記録から大地震の強震動を評価する経験的グリーン関数法の開発にある。入倉は 1978 年に岐阜大学の村松郁栄教授を代表とする科学研究費「東海地方における大地震の被害予測に関する研究 (1978-1980)」に加わり、村松の開発した速度型強震計を用いて東海地域 (清水、静岡、御前崎) で強震動観測を行った。この研究の最終年度の 1980 年に、伊豆半島東方沖地震 (Mj 6.7) が起こり、震源から 100 km 以内の 3 つの観測点で本震だけでなく、前震と余震の精度良い強震速度記録が得られた。経験的グリーン関数法は、大地震の震源域で発生した小地震の地震動が大地震と同じ伝播経路特性やサイト特性を持つことを利用して、小地震の記録を経験的グリーン関数として大地震の強震動を推定する手法である。通常、強震観測に用いられる加速度型地震計では、小地震の記録は短周期成分の振幅が卓越するため、長周期成分の SN 比が悪く、大地震の強震動の合成する上で重要な長周期成分がノイズに埋もれてしまって、大地震時の強震動の計算は容易ではなかった。入倉の研究では、自ら観測した速度型強震計による小地震の記録を用いたことにより、記録自体が 1 秒よりも長い周期帯域で十分な SN 比を持っていたために、小地震の記録により大地震の強震動の合成が可能となった。

京都大学の強震動研究の第 4 のブレイクスルーは、1991 年に発足した関震協 (関西地震観測協議会) の設立と同協議会による京阪神地域における速度型強震計による強震動観測網の設置にある。その直後の 1995 年 1 月 17 日に阪神・淡路地域に大きな被害をもたらした兵庫県南部地震 (Mj 7.3, Mw 6.9) が発生した。この地震の際、震源となった六甲断層系の活断層の極近傍に設置されていた神戸大学や神戸市本山を含む 10 地点で、極めて貴重な強震動記録が得られた。関震協の記録は、強震動記録を用いた波形インバージョンによる破壊過程の研究をはじめとして、建築構造物の耐震性のみならず、ライフラ

イン、インフラストラクチャなど土木構造物の耐震性、さらに避難の在り方など、社会科学的な防災研究の振興などにも役立てられた。

京都大学の強震動研究の第 5 のブレークスルーは、2001 年に入倉を中心とした京都大学の強震動の研究グループによる「強震動予測レシピ」の開発および 2005 年に日本ではじめて策定された「地震動予測地図」の作成への貢献である。「強震動予測レシピ」は、活断層に発生する地震や海溝域に発生する地震による強震動予測を目的として、地形・地質調査データ、歴史地震、地球物理学的調査に基づき、対象とする地震の震源断層モデルおよび強震動評価に必要な断層パラメーターを推定する手続きを系統的にまとめたものである。この「レシピ」は、同一の情報が得られれば誰がやっても同じ答えが得られるように、強震動予測の標準的な方法論の確立を目指したものである。現状では、いまだ開発途上であり、今後の地震関連データの蓄積と動力学的断層破壊過程に関する理論および実験的研究の発展により、修正を加え、改訂されていくことを前提としている。このレシピは地震調査推進本部の地震動予測地図や中央防災会議の東海・東南海・南海地震などの被害予測に用いられている。

ここでは、紙数の関係から、大震計の開発、関震協による強震観測網、および強震動予測レシピに関して、以下に多少詳しく紹介する。

2. 1934 年大震計の開発

強震計（変位型）の開発は、東京大学において 1900 年ごろ大森房吉により初めて行われた。その後 1910 年に今村明恒によりより精度良いものが製作され、大森式にとって代わって中央気象台の各地に配備された。1923 年関東地震のとき、東京大学の本郷に設置された今村式強震計はスケールオーバーしたが、強震動がどのようなものかがある程度明らかになった。佐々憲三による大震計の開発はやや遅れた 1934 年ではあるが、今村式（固有周期 10 秒、倍率 2 倍）に比べて、周期が長く、倍率も低い（固有周期 25 秒、倍率 1.1 倍）という変位型強震計として有利な特徴を有していた。大震計による最初の記録は、1936（昭和 11）年 2 月 21 日に発生した、河内大和地震（Mj 6.4）で、その波形記録と観測の様子が記された自筆の手紙があることが京都大学の防災研究所の技術報告（浅田,1993）に報告されている。1943 年 9 月 10 日 鳥取地震（Mj 7.2）や 1948 年 6 月 28 日 福井地震（Mj 7.1）のとき、震央から約 100 km 離れた阿武山地震観測所で飽和することなく貴重な記録が得られた。これらの大震計の記録を用いて東京大学地震研究所の金森博雄が大地震の震源モデルに関する一連の研究を行った（Kanamori, 1972; Kanamori,1973）。

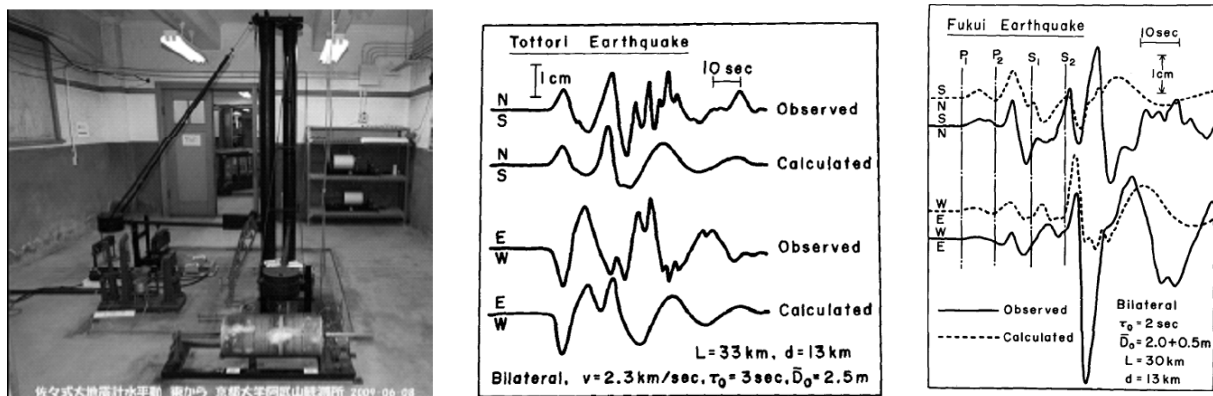


図 1. 左図：佐々式大震計（川崎一朗氏提供）。中図および右図：阿武山地震観測所で得られた 1943 年鳥取地震(Mj 7.2)および 1948 年福井地震(Mj 7.1)の大震計の記録と推定された震源モデルによる合成記録の比較（Kanamori, 1972,1973）。

3. 1994 年関震協による大阪盆地周辺地域における強震観測網の構築

関震協（関西地震観測研究協議会）は、1990 年代の初頭の時点で、京阪神地域では強震動観測体制が極めて貧弱で、大地震に対する地震被害軽減対策がほとんど行われていないことを憂えた大学等の研究

者が中心となって、地方公共団体の防災担当者、電気・ガス、ジェネコン、コンサルタントなど民間会社の関係者に呼び掛け、民間レベルで京阪神地域に強震観測網の構築し、強震観測とそれを利用した研究を推進するために、1991 年 12 月に発足した任意団体である（座長は京都大学工学研究科の土岐憲三教授）。関震協の結成のための呼び掛けや民間会社からの資金協力依頼で中心的役割を果たしたのは、京都大学の地球物理学教室出身で財団法人大阪土質試験所の岩崎好規氏であった。関震協は、民間会社の協力で集められた資金で強震計購入の費用を工面し、観測点の構築や強震計の設置をボランティアで行い、1994 年から大阪盆地内に 11 地点の観測点を設置し、速度型強震計によるデジタル観測を開始した。強震観測システムは、速度サーボ型強震計とデジタル収録器を組み合わせ、広周波数帯域および広動帯域の地震観測に適するようにした。また、電話回線を利用した事務局における自動観測およびポケット・ベルを用いた震源位置・規模・最大速度・計測震度情報の伝達など、地震直後の準即時的な情報伝達を狙った自動観測ソフトを運用した。2010 年 10 月現在では、20 地点で観測を継続している（図 2 左図）。

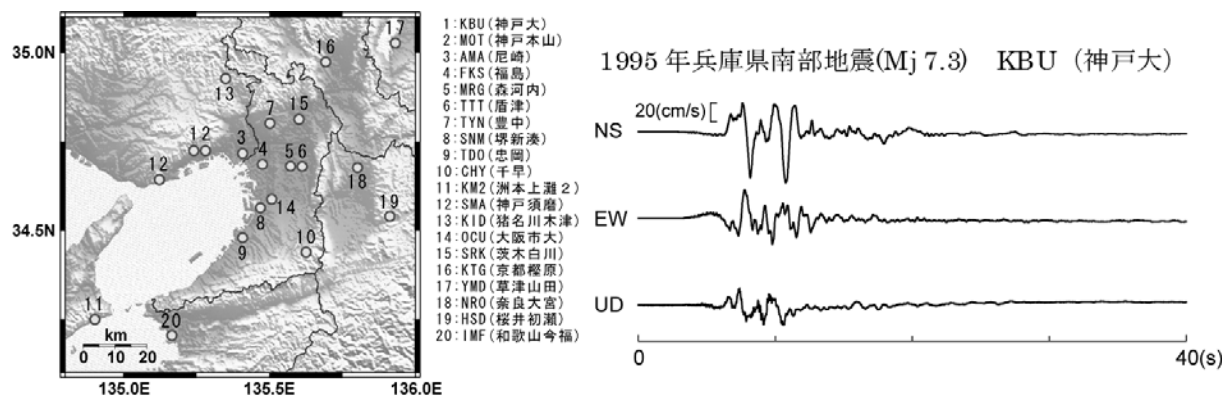


図 2. 左図：関西地震観測協議会の構築した速度型強震計による強震動観測網（20 点）（2010 年 10 月現在）。
右図：1995 年兵庫県南部地震のとき、震源断層の極近傍の KBU(神戸大)で得られた速度記録。

1995 年兵庫県南部地震のとき、関震協の自動観測システムは良好に動作し、震源断層の極近傍に位置する神戸大学（KBU）を含む 10 地点で精度良い速度記録が得られた（図 2 右図参照）。関震協ではこれらの観測波形情報を速やかに公表し [Toki et al.(1995)], 国内・海外の研究者にはデジタル・データの提供を行った。それまでの日本における強震動観測記録は一般に観測点の設置者である研究者しか使用できなかったが、関震協が震源近傍域を含む貴重な記録を公表したことはその後の強震動記録のオープン化の先駆けとなった。

4. 強震動予測レシピ

近年、大地震が発生すると、干渉 SAR 画像、遠地地震記録、強震動記録など、coseismic な記録を用いて、大地震の破壊過程の推定が先を競うように数多くなされるようになった。それらの研究成果を将来の大地震の災害予測に役立てるには、地震発生の可能性の高い活断層や海溝型地震を対象として、将来地震が起こったときどこでどんな揺れが生じるかという「強震動予測」に活用する必要がある。

活断層の調査などによる過去の地震の歴史データをもとに、将来発生する地震の震源断層モデルを合理的に予測し、震源から対象地域までの地下構造や表層の地盤構造を考慮して、地震による揺れを正しく予測するための方法として「レシピ」が考案された。この「レシピ」のもととなる考えは入倉・三宅 (2001) の論文で発表されているが、「レシピ」のバックグラウンドとなる動力学震源モデルによる震源過程のシミュレーションや震源断層と 3 次元地下構造を考慮した地震動のシミュレーションの研究は防災研究所地震災害部門の強震地震学分野の岩田知孝、関口春子、Arben Pitarka、Luis Dalguer、などスタッフや大学院生を総動員してなされたものである。1995 年に発生した阪神・淡路大震災を受けて、全国にわたる総合的な地震防災対策を推進するため政府の特別機関として設置された地震調査推進本部は、

この「レシピ」を改良発展させて、「全国を概観する地震動予測地図」を作成し、2005年に公表している(図3参照)。中央防災会議により主要な被害地震に対する揺れの予測も同様の考えに基づきなされている。

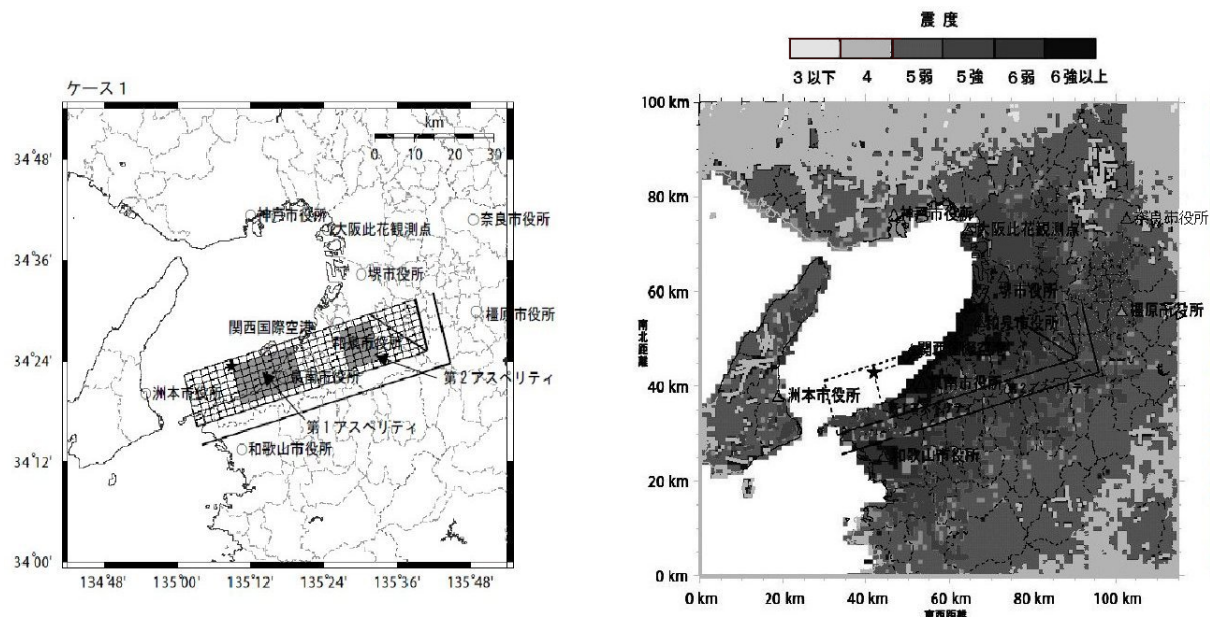


図3. 強震動予測レシピによる強震動評価例 —中央構造線断層帯(金剛山地東縁—和泉山脈南縁)の地震を想定した強震動評価—。(a) 震源断層モデル, (b) 震度分布(地震調査委員会, 2005)。

5. おわりに

京都大学の強震動研究は、佐々式大震計の開発にはじまり、その後、独自開発した探鉞機を用いた弾性波探査、板たたき法など浅層S波探査手法や地盤加振機の開発など、計器開発や独自の強震動観測網の構築による実験および観測的研究を中心として行われてきた。しかしながら、1995年兵庫県南部地震による大災害を契機として、国による地震防災のための基盤的観測網の中で強震動観測網の整備や地下構造調査などがなされ、研究者は既存のデータ解析の研究に重点を移さざるを得なくなってきた。より精度の高い強震動予測や被害軽減対策策定のための次世代型の強震動研究を進めるためには、実験、観測の在り方についての新たな戦略が必要となっている。

(文献)

浅田照行(1993): POST CARD, 京都大学防災研究所技術部通信, No.18(1993.11.23), 2.

入倉孝次郎・三宅弘恵(2001): シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, 特集号「地震災害を考える—予測と対策」, 第110巻, 849-875.

地震調査委員会(2005): 中央構造線断層帯(金剛山地東縁—和泉山脈南縁)の地震を想定した強震動評価について, http://www.jishin.go.jp/main/kyoshindo/05jul_chuokozosen/index.htm

Kanamori, Hiroo(1972): Determination of effective tectonic stress associated with earthquake faulting. The Tottori earthquake of 1943: Phys. Earth Planet. Int., Vol. 5, p. 426-434. .

Kanamori, Hiroo(1973): Mode of strain release associated with major earthquakes in Japan: An. Earth Planet Sci., Vol. 1, p. 213-239.

Toki, K., K. Irikura and T. Kagawa, Strong Motion Records in the Source Area of the Hyogo-Ken-Nanbu Earthquake, January 17, 1995, Japan, J. Natural Disaster Science, 16, 23-30, 1995..

吉川宗治(1949): 福井地震の震害と地盤, 防災研究協会報告, 2, 12-16.

「気圧微変動」のその後

－ 大地震、津波、火山大爆発などから発生した気圧波 －

三 雲 健 (1953 年卒)

第1回研究会で、山元龍三郎先生が“気圧微変動”(京大地球物理研究の百年, p. 18)の最初の研究を話され、これに関連して[大気変動]の議論(pp.27-28)があった。その後50年以上を経て、この先駆的研究がどのように発展して来たかを辿ってみたい。その後の研究は多方面に拡がり、“京大地球物理研究の百年”の範囲を超えるが、このうち特に副題に挙げた初期から2006年頃までの研究を紹介する。これは本来、大気圏物理学の分野であり、畑違いの地震学分野の筆者が言及するのは甚だおこがましいが、筆者は1964年のAlaska地震の際に発生した気圧波の解析に際して、山元先生のご指導を仰ぎ、それ以来、大地震に伴った気圧波の発生と伝播に興味を持って来たので、お許しを頂きたい。最近では、気圧波伝播の問題は大気圏内だけに止まらず、固体地球、大気圏、電離層相互間の interaction の問題として議論されることも多い(例えば、Tanimoto & Artru-Lambin, 2007; Lognonné, 2010)。

このうち1つの場合は、source が固体地球にある場合で、地表面に近い大規模空中爆発、地震、火山爆発などから発生した直接の気圧の擾乱が気圧波として大気圏や電離層へ伝播する場合であり、副次的にはこれから生じた地表付近を伝播する Rayleigh 波や、海面に生じた津波の伝播がさらに気圧波を誘起させる場合である。第2の場合は、source がもともと大気圏にある場合で、気温、気圧の変動や強風による波浪などの海面の擾乱が地球表面に脈動 microseism ($\sim 0.1 - 0.4$ Hz) と、これに同期する気圧の小さい擾乱 microbarom を生じさせる場合、さらには長期間の常時地球自由振動 Hum($\sim 2 - 7$ mHz)を生じさせる場合であるが、これらの紹介は別の機会に譲り、ここでは主として固体地球側から見た第1の場合を述べることにしたい。

1. 気圧波の初期の観測と大気構造にもとづく理論

気圧波の伝播の最初の例としてよく知られているのは、1883年のインドネシアの Krakatoa 火山の爆発によるもので、この波はオーストラリアや北米大陸の8個所で観測された(Symons, 1888)。次いで1908年にシベリアの Tunguska に落下した巨大隕石の爆発によって生じた気圧波がロシアとヨーロッパの観測点7個所で観測されたが(Whipple, 1930)、実際の爆発高度は約8 km と推定されている(Ben-Menahem, 1975)。

これらの現象に関連した気圧波伝播の初期の理論は Pekeris(1948)や Scorer(1950)によって提出された。この時の理論は一樣な等温大気や、一定の温度逓減を持つ下層大気とそれより上部に等温層を持つ2層構造にもとづくものであった。

1954年には、核爆発によって生じた気圧波が初めて Yamamoto(1955, 1956)によって観測され、初めに述べたように日本語では“気圧微変動”と名付けられた。このような爆発による気圧波はその後も引き続いて観測され、1952年からの5年間に18例あったことが報告されている。これらの波動は250 - 370 m/s の伝播速度を持ち、卓越周期が5 - 0.7 min のグループと、2 min 以上の周期を持たないグループの2つに大別され、波長は5 - 100 km と推定されている(Yamamoto, 1957)。このような気圧波伝播の理論に関しては、山元先生自身が提出された2つのモデルがあるが、1つは Pekeris のモデルに近い2層モデルでは観測された1.5 min より短周期の波形を説明出来ないことが明らかになった。もう一つは高度10 km までは温度が逓減し、次の30 km までは温度一定、さらに50 km までは温度増加に転じ、これより上層は温度一定という4層構造モデルで、これに対する周波数方程式の数値解から2.5 min で極小値を持つような内部重力波の群速度の分散曲線が得られている(Yamamoto, 1957)。これによって、観測された1.5 min より短周期の波形と、さらに5 min 程度の周期の両方の波形の説明が可能になった。これらの結果はこの後、一方では高層大気への重力波の伝播と、他方では下層大気中の高周波 infrasound の伝播と地球表面近くでの発生源の研究に端緒を開くものであった。この時期には、ほぼ一樣な等温大気モデルにもとづく理論(Hunt *et al.*, 1960; Hines, 1960)も提出されているが、その後 Weston (1961)は温度分布が垂直方向に連続的に変化する、次の ARDC モデルに近い大気中を伝播する気圧波の理論を扱い、固有周波数と固有関数

を導出している。

なお 1958 年には京大 IGY の地磁気世界資料センターの解析から、8 月 1 日と 12 日の両日 Hawaii の Honolulu 観測所で、Johnston Island 上空での核爆発によると思われる地磁気変化があったことが見出された。最初の変化は 4~5 min 継続する振幅 8γ 程度、これに続く主要な位相は周期 20 min、振幅 40γ 程度の変化で、高速で伝播した初期衝撃波の後方でのイオン化現象によるものと解釈されている(Maeda, 1959)。

2. 標準的温度分布を持つ大気中の気圧波伝播

1960 年代の初めには、ARDC Standard Atmosphere(Wares *et al.*, 1960)と呼ばれる大気中の温度の標準的な高度分布が明らかにされた。この分布は地球上の緯度、季節、風速によって多少変化するが、地表から高度とともに温度が減少する troposphere、温度が増加に転ずる stratosphere、再び温度が減少する mesosphere を経て、高度 100 km 以上で温度が急激に増加する thermosphere に分かれる。この温度分布はその後、高度約 500 km までの電離層を含んだ高層大気に対する CIRA モデル(Yeh & Liu, 1974)や MSISE モデル(Hedin, 1991)に拡張されたが、高度 200 km 以下の大気構造に関しては標準モデルとあまり大きい差はない。このような複雑な温度構造を持つ大気中を伝播する気圧波の理論的取り扱い、Press & Harkrider (1962)、Pfeffer & Zarichny (1963)、Harkrider (1964)らによって行われた。これらの研究では、このような温度構造を、厚さ数 km の等温層から成る水平多層構造（実際の計算では 39 層）に分割し、各層の境界面では上下方向の圧力と温度（したがって音波速度）が連続、高度 220 km で半無限の等温層または自由表面に接し、地表面では剛体に接するという境界条件を適用する。大気密度は地表からの高度とともに exponential に減少することを仮定している(Press & Harkrider, 1962)。これらの条件を満足するマトリクス連立方程式を解くことによって、この大気中を伝播する気圧波の acoustic mode S_0, S_1, S_2 や gravity mode GR_0, GR_1 など各モードの群速度と位相速度が周期の関数として得られた(Press & Harkrider, 1962)。さらに地表の source とある距離にある観測点に対するこの大気の動的な response を spectral amplitude の形で求め、これらを考慮することにより、任意の観測点に対する acoustic-gravity wave の波形の計算が可能になった(Harkrider, 1964)。Harkrider はこの関係を用いて、空中爆発の際の理論波形を計算して実際の観測波形との比較を行なった。またこの大気モデルと海洋のカプリングの関係から、1883 年の Krakatoa 火山爆発の際に San Francisco で得られた潮位記録との比較を行い、ここで海面変動を生じさせたのが重力波 GR_0 -mode であることを確かめた(Harkrider & Press, 1967)。

3. 1964 年 Alaska 地震によって生じた気圧波

1964 年 3 月 28 日には 20 世紀最大といわれた Alaska 地震 (Mw~9.2) が発生し、この時には震央距離 3,127~3,840 km にあるカリフォルニア州 Berkeley と San Diego 周辺の観測点で、群速度約 319 m/s、振幅~4Pa、周期 14 分にも及ぶ異常な気圧波が観測された(Bolt, 1964; Donn & Posmentier, 1964; Mikumo, 1968)。この気圧波の群速度と位相速度は先に求められた acoustic mode と gravity mode の理論値(Press & Harkrider, 1962)に合致した。この地震の震源域は震央から SW 方向に伸び、平均 1.5~5.0 m の隆起地域 800 km×100 km と、平均 1.0~1.5 m の沈降地域 800km×150 km に及んだ(Plafker, 1965)。Mikumo(1968)は上の Harkrider の理論をこのように source が有限の広がりを持つ場合に拡張し、この震源域を 4 地域に分け、平均隆起量と沈降量を考慮して acoustic-gravity wave の理論波形を計算して、観測波形を一応説明出来ることを確かめた。これによって、観測された異常な長周期気圧波がこの巨大地震に伴って 3 min 以内に起こった地殻変動によって発生したことが明らかになった。またこの地震後、振幅 2-3Pa、周期 20-27s 程度、群速度 312~316 m/s のやや短周期の気圧波 infrasound がアメリカ大陸中〜東部の 3 観測点 Boulder, Boston および Washington (震央距離 3,700~5,700 km)でも記録された(Young & Greene, 1982)。

またこのような短周期の気圧波の到着に先立ち、Alaska では ionosonde (Leonard & Barnes, 1965)により、また Colorado では Doppler sounder (Davis & Baker, 1965; Row, 1967)によって 400 m/s~2 km/s で進行する電離層の擾乱が観測されたが、これは地表からほぼ垂直に上昇した気圧波(音波)によって起こされた電離層の動きによるものと解釈されている(Cook & Baker, 1965)。このような現象は 1968 年十勝沖地震(Mw=7.9)の際にも観測され、震央から約 5,900 km にある Honolulu の観測点では、周期約 2 min

の 10 MHz の Doppler 記録の波形が、伝播して来た地震 Rayleigh 波の波形に良く対応していることが見
出され(Yuen *et al.*, 1969)、前者は Rayleigh 波によって励起された acoustic-gravity wave が高度約 300 km
に達して電離層の擾乱を発生させたと考えられている。

4. 2004 年 Sumatra-Andaman 地震によって生じた気圧波

2004 年 12 月 24 日には過去最大といわれる Sumatra-Andaman 地震($M_w=9.2$)が発生し、この地震に
よる大規模な津波で沿岸各地に大きい被害を生じた。この地震の震源域はインド洋内で延長約 1,500km に
及んだ。この地震によって生じた気圧波は周辺の Diego Garcia(I52GB)、Madagascar(I33MG)、
Kenya(I32KE)、Palau(I39PW)の(震央距離 2,720 - 6,310 km)の IMS 観測点 (第 9 節参照) で観測され
(Garces *et al.*, 2005; Le Pichon *et al.*, 2005)、low-pass filtering によって得られた重力波の波形は、周期 6
- 7 min, 最大振幅 0.8 - 2.0 Pa、群速度 307-314 m/s の範囲にあって、良く対応している。またこの気圧波
は震央距離約 5,600km にある日本列島中部の 4 観測点でも観測され、日変化を除去したあとの波形は良
く対応し、振幅 7-12 Pa、12 min 程度の長周期の波形が見られた (Mikumo *et al.*, 2008)。さらに 1964
年 Alaska 地震の場合と同様、高度 220 km までの標準大気温度構造に対する Harkrider (1964)の速度分
散曲線と地表の source-receiver response を用い、長大な震源域の各部分での地殻上下変動量と立ち上
がり時間に種々の値を与え、これらの観測点での acoustic wave と gravity wave の合成波形を計算して観測
波形との比較が行われた。今の場合、震源域の大部分は海底にあるが、この逆断層地震によって生じる海
底の地殻変動の波長が海の平均の深さより十分大きく、かつ、この変動が 2 - 3 min 内に起こる場合には、
海面の変動(swelling と depression)は海底の変動にほぼ追従することが、過去の津波の理論的研究
(Kajiura, 1963, 1970)によって確かめられている。この結果、各地で観測された気圧波の波形と振幅は、
Sumatra-Andaman 地域のうち、南部の Nicobar 諸島付近の長さ約 800 km、幅約 200 km の地域で平均
隆起量が 4 m を超え、これが 1.0-1.5min の間に起こったと考えれば説明できることが明らかになった
(Mikumo *et al.*, 2008)。この時定数は地震が起こってから津波が発生するまでに要した時間を示すものと
考えられる。

一方、この地震に際しても、電離層の擾乱が GPS 観測による TEC の変動(Heki *et al.*, 2006; Otsuka *et al.*,
2006; DasGupta *et al.*, 2006)や、地磁気の pulsation (Iyemori *et al.*, 2005)、Doppler sounding (Liu *et al.*,
2006)などでも観測された。特に Heki *et al.* (2006)は、地震発生後の 10-15min 後に生じた周期 4-5 min
の約 1 km/s で伝播する TEC の擾乱を acoustic-gravity wave の伝播に関連づけ、震源域での破壊の伝播
速度と、各地域の相対的隆起変位を議論している。

5. 地震などにより発生した気圧波の高層大気への伝播

大地震や第 8 節に述べる火山大爆発などから発生した音波と重力波が電離層を含む高層大気へまで伝播
する現象を説明するために、多くの理論的研究も行われた(例えば Francis, 1973, 1975; Yeh & Liu, 1974;
Blanc, 1985)。Francis (1973)は dissipation と thermal conductivity を含む realistic な上層大気構造中
では、周期 2 時間にも及ぶ長周期の acoustic-gravity waves が 300 - 700m/s の速度で F 層中を伝播して電
離層の擾乱(TID's)を励起し得ることを示した。また Yeh & Liu (1974)は核爆発、化学爆発、地震、隕石落
下などによって生ずる acoustic-gravity wave が下層大気から高層大気へ伝播する際のカプリングのメカ
ニズムについて検討を行なっている。

また 1994 年南カリフォルニアの Northridge 地震($M_w=6.7$)の際には、GPS 観測網によって震央から
1,000 km 離れた地点に到るまで、5 min 程度の周期を持つ電離層内の TEC の変化が観測され、これが 300
- 600 m/s の速度で伝播したことが確かめられている(Calais & Minster, 1995)。Davis & Archambeau
(1998)は、種々のタイプの浅い地震や地下爆発による短周期でかつ大振幅の表面波から発生した気圧波を、
ARDC 標準大気と非線形の影響を考慮してモデル化し、TEC の原因がこの地震から生じた気圧波である
ことを理論的に証明した。また 1999 年 Turkey、2000 年 Southern Sumatra、2001 年 Central America
など各地震の際には、GPS 観測によって周期 180 - 390 s の電離層の擾乱が観測され、この位相速度は F
層内の音波速度 1.1 - 1.3 km/s に近いことが明らかになった(Afraimovich *et al.*, 2001)。また
Sumatra-Andaman 大地震に関する Shinagawa *et al.* (2007)の数値シミュレーションによれば、大気-電
離層モデル(MSISE-90)の下に地震発生による 1m/s の上向きの大気の上昇速度変化があった場合、音波は 10

min 後に thermosphere に達して 100 m/s の振動を開始し、この擾乱が 30 min 後には震央直上より水平方向に 1500 km、60 min 後には 2500 km の距離に達することや、震源地域上では地表と上層大気下面の間にトラップされた 3・5 min 周期の大気振動 acoustic-gravity wave を生ずることなどが明らかになった。

6. 地表を伝播する Rayleigh 波によって励起される気圧波 (Ground-coupled air waves)

大地震の際に発生した Rayleigh 波の伝播に伴って気圧波が発生することは 1950 年頃から指摘されていたが、先に述べた 1964 年 Alaska 地震の際にはアメリカ大陸内の観測点 6 ヶ所でこのような infrasound 気圧波が観測された(Donn & Posmentier, 1964; Young & Greece, 1982)。観測された気圧波は数秒〜20 秒程度の周期を持ち、振幅は最大でも数 Pa 程度で、伝播速度が 2・3 km/s であることから、地震によって発生した Rayleigh 波が観測点を通過する際、あるいは付近の山脈などで反射した時に生じたものと考えられている。

日本国内での最初の顕著な観測としては、1995 年兵庫県南部地震(Mw=7.2)の際、愛知県刈谷(震央距離約 185 km)の音波 3 点アレー観測網(第 8 節参照)で記録された infrasound が挙げられる。観測された波形は継続時間約 15min、最大振幅約 2 Pa で、3 点間で良く対応し、これから得られる水平位相速度は 1.0 km/s を超える(Tahira, 1996)。この infrasound の到着時刻は、比較的近い大山地震観測所で観測された振幅約 1 cm/s の地震波の到来時刻にほぼ対応することから、この振幅の大きい Rayleigh 波によって励起されたと考えられる。一方、この地震動は 4〜5 min 以内に収束しているのに対し、infrasound の波形にはさらに約 5 min と 7.5 min 後に振幅の大きい 2 つの later phase の波群の到着が認められ、全体として 10 min 程度継続している。これらの水平位相速度は音波速度に近く、また波群の到来方向は震央からの方向から北寄りに僅かにずれる。このことから、第 1 の波群は Rayleigh 波が進行中に途中の山脈などに衝突したために励起された infrasound と考えられるが、第 2 の波群は約 375 m/s の群速度を持つため、震央から直接音波として伝播して来た可能性が考えられる(Tahira, 1996)。なおこのような infrasound は 1993 年北海道南西沖地震(Mw=7.8)(震央距離約 871 km)と 1994 年北海道東方沖地震(Mw=8.1)(震央距離約 1,300 km)の際にも観測された(田平、私信 2010)。

なおこの他の最近の顕著な例としては、2003 年十勝沖地震(Mw=8.3)の際、日本列島内の 9 観測点に併設した微気圧計と広帯域地震計の両方で周期 15-50 s、振幅 3 Pa 以下で、速度 3.2 km/s で通過する波が約 20s 間良く対応して記録された。この双方から、seismic-infrasonic pressure transfer function が周波数毎のスペクル比から計算され、10・50s の範囲では振幅比、位相差スペクトルの両方がほとんど一定であることが明らかにされた。この結果から観測された周波数と波長の範囲では、気圧変化 p_0 、空気密度 ρ_0 、地表付近の音波速度 c_0 、地表面の変位速度 w_0 の間に $p_0 = \rho_0 c_0 w_0$ の近似的関係が成り立つことが確かめられた(Watada *et al.*, 2006)。ただこの関係は周波数が大気構造の cutoff 周波数に近くなり、また波長が大気の scale height に近づくと成り立たないことが明らかである。さらにこの地震の際に韓国の 2 観測点 CHNAR と TJI(震央距離約 1,500 km)で、地震波に同期した infrasound が 0.01・16 Hz の範囲で見出された(Kim *et al.*, 2004)。

上のような地表を伝播する Rayleigh 波によって励起された infrasound の観測例は、その後 IMS 観測網(第 9 節)でも多数報告されている。

7. 津波によって生じた重力波の電離層での検出

一方、大地震によって起こされた津波が伝播する際に気圧波が励起される可能性があることは、以前から指摘されていたが(Peltier & Hines, 1976)、2001 年 Peru 地震(M=8.1)に伴って生じた振幅 10・40 cm、周期 20・30 min の津波が約 22 時間後に日本近海へ到着した際、GPS 観測網 GEONET によって電離層の TEC の変化が観測された(Artru *et al.*, 2005)。このような現象は、大気密度が高度とともに exponential の形で減少し、高度 150・600 km の電離層では運動エネルギーを保持するために気圧波の速度擾乱が地表に比べて 10^4 倍にも増幅される可能性(Blanc, 1985)があるためと考えられている。また長周期の津波が上層大気に重力波を発生させることは最近の数値シミュレーション(Watada, 2009)からも確かめられている。

8. 大規模火山爆発から生じた気圧波

大規模火山爆発から生じた気圧波はこれまでたびたび観測されている。1963 年 5 月の Bali 島 Mount

Asung 火山爆発の際には、14,700 - 16,300 km の距離にあるアメリカ大陸の Boulder, Boston、および Washington の 3 観測点で気圧波が観測され、周期 70~140 s、最大振幅 7~10 Pa、伝播速度 268~288 m/s の acoustic wave の波群が最長 8 時間以上記録された(Goerke & Cook, 1963)。なお Washington では逆方向に伝播した振幅 2.4 Pa、速度 305 m/s の波 A2 も観測された。次いで 1967 年 12 月から 1968 年 5 月にかけてアラスカの Trident および Redoubt の火山爆発があり、この時に生じた振幅 2~10 Pa の気圧波が College と Palmer の 2 観測点で観測された。観測点までの距離は Trident から 843 km および 510 km、Redoubt から 550 km および 236 km で、気圧波の位相速度は 239~275 m/s であった。観測された波には 2 つの波群があり、最初の波群は高周波（周期 10~30 s）の infrasound が卓越し水平速度 329 m/s で、下層大気中の下部の音波チャンネル内を伝播し、次の波群は水平速度 433 m/s でやや低周波（周期 60~90s）が卓越し、上部の音波チャンネル内を伝播した acoustic wave と考えられている(Wilson & Forbes, 1969)。

九州の桜島火山は従来からたびたび噴火を繰り返して来たが、1955 年以来活動が活発化して、1979 年 9 月から 1980 年 6 月の期間には 100 回以上の活動があり、これらの噴火活動から生じた気圧波は、火口近傍の他、東北東に約 710 km の距離の刈谷を中心とする 3 観測点アレーで、26 回観測された(Tahira, 1982)。観測された高周波 infrasound の平均周期は約 5.4 s、伝播速度 303 - 338 m/s、最大振幅は 3 Pa 以内であった。観測された各イベントの 1~2 min 程度の継続時間と伝播速度を説明するため、高度 50 km 以下の温度構造と偏西風の風速を考慮して ray tracing を行った結果、この波は tropopause と地表との間を重複反射しながら伝播したために生じたと考えられている (Tahira, 1982)。さらに 1984 年および 1985 年夏季に観測された 91 回の爆発から生じた infrasound には 2 つのタイプがあり、走時 49 min 弱、周期 11~12 s、振幅 0.2~0.3 Pa の特徴的な 2,3 の孤立的波形が含まれる場合と、走時 50 min 以上、周期 15 s、振幅 0.2 Pa で波形が孤立的でない場合が記録されている。これらを説明するために、夏季に対する標準的の温度構造に加え、大気潮汐による風の成分を考慮して ray tracing を行った結果、前者は thermosphere 内で 2 回反射し、後者は 3 回反射した後、観測点へ到達したことが明らかになった(Tahira, 1988a)。さらに thermosphere 内のこれらの ray path について、大気の realistic な温度構造と密度分布、音波の拡散の影響、平均的風速や、さらに反射点付近での波線の caustic の影響を含め、伝播する infrasound の波形の変化を数値的に計算した。さらに観測計器の周波数特性を考慮して理論的に期待される波形を求め、刈谷観測点で観測された波形と比較して、thermosphere 内で 2 回と 3 回重複反射した場合の波形を良く説明できることが示された(Tahira, 1988b)。

1980 年 5 月 18 日には Mount St. Helens が大爆発を起こし、この時に発生した気圧波は世界各地で観測された(例えば Donn & Balachandran, 1981; Liu *et al.*, 1982)。距離 927 km にある Berkeley では直達波 A1 のほか、地球を反対側に伝播した波 A2 と、同じ方向に地球を一周した波 A3 が記録された(Bolt & Tanimoto, 1981)。記録された約 5~8 min の周期を持つ直達波は群速度 308 m/s、振幅 35 Pa の大きい重力波であった。上述の 1964 年 Alaska 地震の場合と同様、計算による合成波形と、この気圧波の観測波形との比較が試みられた結果、第 1 の爆発は約 30 s 継続してやや広い範囲に亘って高速で水平方向に拡大し、約 6 分後に第 2 の垂直方向の噴火が発生したと考えられることや、地球を一周した波 A3 との振幅の比較から、下層大気中の減衰は $Q=1,500$ 程度の大きさであることなどが明らかになった(Mikumo & Bolt, 1985)。この爆発のエネルギーは 4×10^9 MJ と見積もられている。

また Doppler 観測(Liu *et al.*, 1982)と TEC (total electron content)の観測から、気圧波の伝播によって大規模な電離層の擾乱が長時間継続したことも明らかになった(Roberts *et al.*, 1982)。この爆発後の電離層の擾乱は日本の関東地方の 3 観測点でも TEC と HF(5 - 8 MHz)の Doppler sounder で観測され、9 - 10 min の周期を持ち、大円経路に沿い 302 m/s の水平群速度で伝播したことが明らかにされている(Ogawa *et al.*, 1982)。またこれと同時に、気象庁の地表での 8 観測点では 4~5 min の周期で振幅 10 Pa 程度の重力波による微気圧変化が観測された。この両方の観測から、爆発によって生じた気圧波が上向きに上昇した後、電離層内の音波チャンネルの内部を Lamb wave として伝播したために生じたものと考えられ、realistic な大気モデルと電離層の電子密度を考慮した理論計算からも確かめられている (Liu *et al.*, 1982)。

1982 年 3 月 29 日から 4 月 4 日にかけてメキシコ El Chichon 火山が爆発し、この時に生じた気圧波が 1797 km 南方のテキサス州 McKinney に近い SRO 観測所のアレーで観測された。5 回の爆発のエネルギーは最大 2.0×10^{10} MJ と推定されている。記録された気圧波の継続時間は 3 回が約 80 min、このうち周期が 300 s 以上の長い重力波 GR₀ の最大振幅は 8~16 Pa、音波 S₀, S₁, S₂ などが重複している場合のみか

け上の周期は130~225 s、最大振幅4~9 Paの大きさであった(Mauk, 1983)。

1991年6月15-17日にはフィリピンのPinatubo火山がさらに大規模な爆発(~10¹¹ MJ)を起こし、火山から21 kmの距離にあるClark観測点で観測された気圧波の最大振幅は300 Paに達した(Kanamori & Mori, 1992)。

この一連の火山活動によって生じたinfrasonic wave A1は、東北方約2,270 kmにある刈谷観測点のアレーで2 h 45~54 min後に観測され、総計約10時間継続した。この波はそれぞれ34~36 min継続する振幅0.25~0.48 Paの4波群より成り、約8時間後には大爆発によると思われる最大振幅1 Paを超える波群が3時間継続したが、これらの波群の位相速度は265~280 m/sであった(Tahira *et al.*, 1996)。さらに最初の活動から約35時間後には、反対側の大円経路を伝播した速度291 m/sのA2波、およびさらに2時間後には地球を一周した伝播速度314 m/sのA3波も約0.1 Paの振幅で観測された。これに加え、日本列島内の気象庁の5観測点では約3時間50分継続する最大振幅10 Paを超えるacoustic-gravity waveの波群が記録され、最長の周期は13.9 min、伝播速度は300 m/sであった(Igarashi *et al.*, 1994; Tahira *et al.*, 1996)。

一方この火山爆発によって3.68および4.44 mHz(周期272 sと225 s)にスペクトルのピークを持つようなbichromaticな表面波が励起され、世界各地の地震観測点の超長周期地震計と重力計で少なくとも2時間以上記録された。これらの波群の群速度と振動方向から、この波は従来観測されたことがないRayleigh波と考えられる(Widmer & Zürn, 1992; Zürn & Widmer, 1996)。このような長周期の地震波を励起した1つのモデルとして、火山爆発によって熱エネルギーが連続的に空中に供給されて大気の振動を起こし、これが地球表面との間にacoustic couplingを起こしたためと考えられている(Kanamori & Mori, 1992)。これを説明するために、等温大気構造に10¹¹ MJのエネルギーを持つmass injectionとenergy injectionの2つの異なるメカニズムのsingle forceを与えると、振幅50~100 Pa、周期275 sと304 sのacoustic modeとgravity modeの両方の気圧波が発生することが確かめられた(Kanamori *et al.*, 1994)。

さらにこの時の爆発では、日本の電離層観測網のHF Doppler記録とTECのデータの両方に約20 min周期の電離層の擾乱が観測され、約290 m/sの水平速度で伝播した重力波によるものと解釈されている(Igarashi *et al.*, 1994)。同様な電離層の擾乱はTaiwanの4観測点でも4回に亘り、周期16~30 min、伝播速度131~259 m/sが観測された(Cheng & Huang, 1992)。

9. International Monitoring System (IMS)

第1節に述べた、1954年の核爆発による気圧波(気圧微変動)の山元先生の最初の観測後も、このような実験は継続されていたが(Donn & Shaw, 1967)、1963年になって米国、英国と当時のソヴィエトの間で、核実験を地下に限定する部分的実験禁止条約PTBTが成立した。その後33年を経て、1996年には包括的実験禁止条約Comprehensive Test Ban Treaty (CTBT)が国連に提出されて調印の機会が開かれ、2008年末までに182カ国がこれに調印し、これまで153国で条約が批准されている。

この条約にもとづく国際監視システムInternational Monitoring System(IMS)により現在までに、地震、気圧波、水中音波、放射能などの321観測点が地球上に可能な限り一様に分布するように設置された。このうちinfrasound気圧波観測は最重点項目で、現在60観測点を有し、地球上での1 KTの爆発も検知できるよう配置されている。このような観測は本来のCTBTの目的のみならず、気象災害や地球物理学的研究にも役立つことが期待されている。このIMSについては、最近Springerから刊行されたInfrasound Monitoring for Atmospheric Studies (Eds. A. Le Pichon, E. Blanc & A. Hauchecome, 2010)に、詳しく述べられている。

このネットワークの各観測点は口径1~3 kmの7~8点のセンサー・アレーから成り、各センサーは1 Hzで~5 mPa以内のノイズに抑えられ、0.02~4 Hzの帯域でフラットなレスポンスを持つよう設計されており、20 Hzでサンプリングされた観測データは中央の記録室からウィーンの国際データ・センター(IDC)へ送られる。アレーの形状の設計や各アレーからの観測データの空間的な相関、さらに風による微気圧変動、0.12~0.35 Hz帯のmicrobaromなどについてはChap.2 (Christie & Campus, 2010)に、またinfrasoundシグナルの波形相関による検出、PMCCと呼ばれる到着時刻、周波数、水平方向の伝播速度などによる波形のグルーピング、振幅の決定、顕著な位相の検出などのデータ処理などについてはChap.3 (Brachet *et al.*, 2010)に述べられている。またDrob *et al.* (2003)は、170 km以下の下層大気について、温度構造と風速を含むG2Sと称するシステムを構築し、このシステムとray tracingを用いて0.02~10 Hz

の infrasound の伝播様式を標準化している。

IMS 観測点が整備されて以後、比較的大きい火山爆発によって発生した気圧波が観測されたのは、2006 年 5 月の Kamchatka 半島にある Bezymianny 火山と Karymsky 火山爆発によるもので、半島の Petropavlovsk の IS44 とアラスカの Fairbanks にある IS53 両観測点で観測され、また 2005 年 1 月の Papua New Guinea の Manam 火山爆発の際には多数の観測点で気圧波が観測された(Campus & Christie, 2010)。

2006 年 10 月には北朝鮮による地下核実験(推定 0.5~1.5 KT)が行われ、IMS 地震観測網や津波早期警戒観測網地震計により、 $M=4.0 \sim 4.2$ の大きさの地震に相当する地震波が観測された。この時に気圧波が発生したかどうかは確認されていないが、日本の上空約 300 km の電離圏で電子数の変動があったことが A. Saito の解析から明らかにされている(京大地球物理研究の百年、p.27)。

一方、大地震によって発生した infrasound 気圧波は、2001 年 Peru Arequipa 地震($M_w=8.4$)の際の IS08 観測点(Bolivia ; 震央距離 530 km) (Le Pichon *et al.*, 2002)、2001 年中国 Kunlun 山脈地震($M_w=8.1$)の際の I34MN 観測点 (Mongolia ; 距離 1,880 km)、(Le Pichon *et al.*, 2003)、2002 年アラスカ Denali 断層地震($M_w=7.9$)の際の I53US 観測点 (Fairbanks ; 距離 150 km) (Olson *et al.*, 2003)、2004 年 Sumatra-Andaman 地震($M_w=9.2$)(第 4 節)の際のインド洋周辺の数観測点、2005 年北部 Chile 地震($M_w=7.8$)の際の IMS の 3 観測点(Bolivia, Brazil, Peru ; 距離 410 ~ 2,300 km)(Le Pichon *et al.*, 2006)などで観測された。Sumatra 地震の場合を除き、震央距離 150 ~ 2,300 km で観測された infrasound 気圧波の周期は 2 - 10 s, 振幅 0.5 - 2 Pa, 群速度 340 - 360 m/s の範囲にある(Mikumo & Watada, 2010)。これらの多くの場合には、震央付近で発生した気圧波の到着に先立ち、第 6 節に述べたような Rayleigh 波の進行に伴って励起された気圧波 ground-coupled infrasonic waves も観測されている。

さらに、この IMS とは独立に、New Mexico の Los Alamos 国立研究所は独自の気圧波観測網を構築し、ユタ州やネヴァダ州の観測点とあわせて、1983-2002 年の間に起こった震央距離 165 ~ 4,000 km にある 31 個の大・中地震によって発生した気圧波の観測結果をまとめている(Mutschlecner & Whitaker, 2005)。また $M_w > 7.8$ の大地震 12 個の場合の IMS による気圧波の観測結果も Le Pichon *et al.*(2006)によってまとめられており、上の場合と同様、震央距離で正規化した気圧波の振幅と継続時間や地震のマグニチュードとの関係の経験則が論じられている。ただこれらの結果は観測計器の周波数特性のため、何れも周期 10s 以内の短周期の infrasound 気圧波に対するものである。

10. おわりに

山元龍三郎先生による気圧微変動 microbarographic oscillations の研究が、その後 どのように発展して来たかを概観した。第 1 節でも触れたように先生の研究は、一方では高層大気への acoustic-gravity wave の伝播とこれによる電離層の擾乱の研究へ、他方では下層大気内の高周波 infrasound の伝播の観測とその発生源、例えばオーロラ、積乱雲、流星、ロケット、中規模火山爆発などの研究へと、道を拓いた極めて重要なものであった。ただ筆者の専門分野もあって、ここでは大きい地震や大規模火山爆発によって発生した気圧波の伝播の観測結果に重点をおき、その他の発生源には触れていないので、全体としては十分な記述になっていない。現在このような問題は地磁気世界資料解析センターの家森教授グループが組織的な研究を精力的に行っているとのことなので、今後の発展と新しい成果を期待したい。また先生の最初の観測を契機として、それまで各国で継続的に行われていた核実験の包括的禁止条約 CTBT の発効を目指して IMS が設置され、現在までに大きい成果を挙げつつあることは重要な進展と言えよう。

謝辞： この原稿には、山元龍三郎先生と田平誠氏に目を通して頂き、貴重なコメントを頂いたことを感謝します。

参考文献

- Afraimovich, E.L., N.P. Perevalova, A.V. Plotnikov and A.M. Uralov (2001), The shock-acoustic waves generated by earthquakes, Ann. Geophys. 19, 395-409, 2001.
- Artru, J., V. Ducic, H. Kanamori, P. Lognonné and M. Murakami (2005), Ionospheric detection of gravity waves induced by tsunamis, Geophys. J. Int., 160, 840-848.

- Ben-Menahem, A. (1975), Source parameters of the Siberia explosion of June, 1908, from analysis and synthesis of seismic signals at four stations, *Physics of Earth & Planet. Int.* 11, 1-35.
- Bolt, B.A. (1964), Seismic air waves from the great Alaskan earthquake, *Nature*, 202, 1095-1096.
- Bolt, B.A. and T. Tanimoto (1980), Atmospheric oscillations after the May 18, 1980 eruption of Mount St. Helens, *EOS*, 62(23), 529-530.
- Blanc, E. (1985), Observations in the upper atmosphere of infrasonic waves from natural and artificial sources: A summary, *Ann. Geophys.*, 3 (6), 673-688.
- Brachet, N., D. Brown, R. LeBras, Y. Cansi, P. Mialle and J. Coyne (2010), Monitoring the Earth's atmosphere with global IMS infrasound network, Chap.3 in *Infrasound Monitoring for Atmospheric Studies*, eds. A.LePichon, E. Blanc & A. Hauchecorne, pp.77-118.
- Calais, E. and J.B. Minster (1995), GPS detection of ionospheric perturbation following the January 17, 1994, Northridge earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 22(9), 1045-1048.
- Cheng, K. and Y.N. Huang (1992), Ionospheric disturbances observed during the period of Mount Pinatubo explosions in June 1991, *J. Geophys. Res.* 97 (A11), 16,995-17,004.
- Christie, D.R. and P. P. Campus (2010), The IMS International network: Design and establishment of infrasound station, Chap.2 in *Infrasound Monitoring for Atmospheric Studies*, eds. A.LePichon, E. Blanc & A. Hauchecorne, pp. 22-75.
- Cook, R. K. and D.M. Baker (1965), Ionospheric motions caused by Rayleigh waves, *Trans. AGU*, 46, 55.
- DasGupta, A., A. Das, D. D. Hui, K. K. Bandyopadhyay and M. R. Sivaraman (2006), Ionospheric perturbations observed by the GPS following the December 26th, 2004 Sumatra-Andaman earthquake, *Earth Planets Space*, 58, 167-172.
- Davis, J.B. and D.M. Baker (1965), Ionospheric effects observed around the time of the Alaskan earthquake of March 28, 1964, *J. Geophys. Res.*, 70, 1251-1253.
- Davis, J. B. and C. B. Archambeau (1998), Modeling of atmospheric and ionospheric disturbances from shallow seismic sources, *Phys. Earth & Planet. Int.* 105, 183-199.
- Donn, W.L. and M. Ewing (1962), Atmospheric waves from nuclear explosions, *J. Geophys. Res.*, 67, 1855-1866.
- Donn, W.L. and E.S. Posmentier (1964), Ground-coupled air waves from the great Alaskan earthquake, *J. Geophys. Res.*, 69, 5357-5361.
- Donn, W.L. and D.M. Shaw (1967), Exploring the atmosphere with nuclear explosions, *Rev. Geophys.*, 5, 53-82.
- Donn, W.L. and N.K. Balachandran (1981), Mount St. Helens eruption of 18 May 1980: Air waves and explosive yield, *Science*, 213, 539-541.
- Drob, D.P., J.M. Picone and M.A. Garces (2003), The global morphology of infrasound propagation, *Geophys. Res. Lett.*, 108; doi:10.1029/2002JD003307.
- Francis, S.H. (1973), Acoustic-gravity waves and large-scale traveling ionospheric disturbances of a realistic, dissipative atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 78, 2278-2301.
- Francis, S.H. (1975), Global propagation of atmospheric gravity waves: A review, *J. Atmos. & Terr. Physics*, 37, 1011-1054.
- Garces, F.H., P. Caron and C. Hetzler (2005), Deep infrasound radiated by the Sumatra earthquake and tsunami, *EOS*, 86(35), 317-319.
- Goerke, V.H., J.M. Young and R.K. Cook (1965), Infrasonic observations of the May 16, 1963, volcanic explosion on the Island of Bali, *J. Geophys. Res.*, 70, No.24, 6017-6022.
- Harkrider, D.G. (1964), Theoretical and observed acoustic-gravity waves from explosive sources in the atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 69, 5295-5321.
- Harkrider, D.G. and F. Press (1967), The Krakatoa air-sea waves: an example of pulse propagation in coupled systems, *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 13, 149-159.
- Hedin, A.E. (1991), Extension of the MSIS thermospheric model into middle and lower atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 69, 1159-1172.
- Heki, K., Y. Otsuka, N. Coosakul, N. Hemmakom, T. Komolmis and T. Murayama (2006), Detection of ruptures of Andaman fault segments in the 2004 great Sumatra earthquake with coseismic ionospheric disturbances, *J. Geophys. Res.*, 111, B09313, doi:10.1029/2005JB004202.
- Hines, C.O. (1960), Internal atmospheric gravity waves at ionospheric heights, *Can. J. Phys.*, 38, 1141-1481.
- Hunt, J.N., R. Palmer and W. Penney (1960), Atmospheric waves caused by large explosions, *Trans. Roy. Soc. London, A.* 252, 275-315.
- Igarashi, K., S. Kaminuma, I. Nishimura, S. Okamoto, H. Kuroiwa, T. Tanaka and T. Ogawa (1994), Ionosphere and atmospheric disturbances around Japan caused by the eruption of Mount Pinatubo on 15 June, 1991, *J. Atmos. & Terr. Physics*, 56, 1227-1234.
- Iyemori, T., M. Nose, D. Han *et al.* (2005), Geomagnetic pulsations caused by the Sumatra earthquake of December 26, 2004, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L20807, doi: 10.1029/2005GL0240083.

- Kajiura, K. (1963), The leading wave of a tsunami, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 41, 535-571.
- Kajiura, K. (1970), Tsunami source, energy and directivity of wave radiation, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 48, 835-869.
- Kanamori, H. and J. Mori (1992), Harmonic excitation of mantle Rayleigh waves by the 1991 eruption of Mount Pinatubo, Philippines, *Geophys. Res. Lett.*, 19, 721-724.
- Kanamori, H., J. Mori and D.G. Harkrider (1994), Excitation of atmospheric oscillations by volcanic eruptions, *J. Geophys. Res.*, 99(B11), 21,947-21,961.
- Kim, T.S., C. Hayward and B. Stump (2004), Local infrasound signals from the Tokachi-Oki earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 31: L20605, doi: 10.1029/2004GL021178.
- Leonard, R. S. and R.A. Barnes (1965), Observation of ionospheric disturbances following the Alaskan earthquake, *J. Geophys. Res.*, 70, 1250-1253.
- Le Pichon, A., J. Guilbert, A. Vega, M. Garces and N. Brachet (2002), Ground-coupled air waves and diffracted infrasound from the Arequipa earthquake of June 23, 2001, *Geophys. Res. Lett.* 29(18), :1886, doi:10.1029/2002GL015052.
- Le Pichon, A., J. Guilbert, M. Vallee, J.X. Dessa and M. Ulzibat (2003), Infrasonic imaging of the Kunlun Mountains for the 2001 China earthquake, *Geophys. Res. Lett.* 30(15), 1184., doi:10.1029/2003GL017581..
- Le Pichon, A., P. Henry, P. Mialle, J. Vergos, N. Brachet, M. Garces, D. Drob and L. Ceranna (2005), Infrasonds associated with the 2004-2005 large Sumatra earthquake and tsunami, *Geophys. Res. Lett.*, 32:L19802, doi:10.1029/2005GL023893.
- Le Pichon, A., P. Mialle, J. Gilbert and J. Vergoz (2006), Multistation infrasonic observations of the Chilean earthquake of 2005, June 13, *Geophys. J. Int.*, 167, 838-844.
- Liu, C., H. J. Kostermeier, K.C. Yeh, T.B. Jones, T. Robinson, O. Holt, R. Lettinger, T. Ogawa, K. Sinno, S. Kato, A.J. Bedard and L. Kersley (1982), Global dynamic responses of the atmosphere to the eruption of Mount St. Helens on May 18, 1980, *J. Geophys. Res.*, 87 (A8), 6281-6290.
- Liu, J.Y., Y.B. Tsai, S.W. Chen, C.P. Lee, Y.C. Chen, H.Y. Yen, W.Y. Chang and C. Liu (2006), Giant ionospheric disturbances excited by the M9.3 Sumatra earthquake of 26 December 2004, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L02103, doi:10.1029/2005GL023963.
- Lognonné, P. (2010), Seismic waves from atmospheric sources and atmospheric/ ionospheric signature of seismic waves, Chap. 10 in *Infrasound Monitoring for Atmospheric Studies*, eds. A. Le Pichon, E. Blanc & A. Hauchecorne., pp. 281-304.
- Maeda, H. (1959), Geomagnetic disturbances due to nuclear explosions, *J. Geophys. Res.*, 64 (7), 863-864.
- Mauk, F.J. (1983), Utilization of seismically recorded infrasonic-acoustic signals to monitor volcanic explosions: The El Chichon sequence 1982 —A case study, *J. Geophys. Res.*, 88 (B12), 10,385-10,401.
- Mikumo, T. (1968), Atmospheric pressure waves and tectonic deformation associated with the Alaskan earthquake of March 28, 1964, *J. Geophys. Res.* 73, 2009-2025.
- Mikumo, T. and B.A. Bolt (1985), Excitation mechanism of atmospheric pressure waves from the 1980 Mount St. Helens eruption, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 81, 445-461.
- Mikumo, T., T. Shibutani, A. Le Pichon, M. Garces, D. Fee, T. Tsuyuki, S. Watada and W. Morii (2008), Low-frequency acoustic-gravity waves from coseismic vertical deformation associated with the 2004 Sumatra-Andaman earthquake (Mw=9.2), *J. Geophys. Res.* 113, B12402, doi:10.1029/2008JB005710.
- Mikumo, T. and S. Watada (2010), Acoustic-gravity waves from earthquake sources, Chap. 9 in *Infrasound Monitoring for Atmospheric Studies*, eds. A. Le Pichon, E. Blanc & A. Hauchecorne., pp. 263-279.
- Mutschlecner, J.P. and R.W. Whittaker (2005), Infrasound from earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 110:1108, doi:10.1029/2004JD005067.
- Ogawa, T., H. Kumagai and Sinno (1982), Ionospheric disturbances over Japan due to the May 1980 eruption of Mount St. Helens, *J. Atmos. Terr. Phys.* 44, 10, 863-868.
- Olson, J.V., C.R. Wilson and R.A. Hansen (2003), Infrasound associated with the 2002 Denali fault earthquake, Alaska, *Geophys. Res. Lett.*, 30(23):2195, doi:10.1029/2003GL018568.
- Otsuka, Y., N. Kotake, I. Tsugawa, K. Shiokawa, T. Ogawa, E.S. Saito, M. Kawamura, T. Maruyama, N. Hemmakorn and T. Komolmis (2006), GPS detection of total electron content variations over Indonesia and Thailand following the 26 December 2004 earthquake, *Earth, Planets, Space* 58, 159-165.
- Pekeris, C.L., The propagation of a pulse in the atmosphere, 2, *Phys. Rev.*, 73, 145-154.
- Peltier, W.R. and C.O. Hines (1976), On the possible detection of tsunamis by monitoring of the ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 81, 1995-2000.

- Pfeffer, R.I. and J. Zarichny (1963), Acoustic-gravity wave propagation in an atmosphere with two sound channels, *Geofis. Pura appl.*, 55, 175-199.
- Plafker, G. (1965), Tectonic deformation associated with the 1964 Alaska earthquake, *Science*, 148, 1675-1687.
- Press, F. and D.G. Harkrider (1962), Propagation of acoustic-gravity waves in the atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 67, 3889-3908.
- Roberts, D.H., J.A. Klobuchar, P.F. Fougere and D.H. Hendrickson (1982), A large amplitude traveling ionospheric disturbances produced by the May 18, 1980, explosion of Mount St. Helens, *J. Geophys. Res.*, 87, 6291-6301.
- Row, R.V. (1967), Acoustic-gravity waves in the upper atmosphere due to a nuclear detonation and an earthquake, *J. Geophys. Res.* 72, 1599-1610.
- Scorer, R.S. (1950), The dispersion of pressure pulse in the atmosphere, *Proc. Roy. Soc., London, A*, 201, 137-157.
- Shinagawa, H. T., Iyemori, S. Saito and T. Maruyama (2007), A numerical simulation of ionospheric and atmospheric variations associated with the Sumatra earthquake on December 26, 2004, *Earth Planet Space*, 59, 1015-1026.
- Symons, G.J. (1888), The eruption of of Krakatoa and subsequent phenomena, Tribner, London.
- Tahira, M. (1982), A study of the infrasonic waves in the atmosphere, (II), Infrasonic waves generated by the explosions by the explosions of the Volcano Sakura-Jima, *J. Meteorol. Soc., Japan*, 60 (No.3), 896-907.
- Tahira, M. (1988a), A study of long range propagation of infrasonic waves in the atmosphere, (I) Observation of the volcanic infrasonic waves propagating through the thermospheric duct, *J. Meteorol. Soc., Japan*, 66 (No.1), 12-26.
- Tahira, M. (1988b), A study of long range propagation of infrasonic waves in the atmosphere, (II) Numerical study of the waveform deformation along the thermospheric ray paths, *J. Meteorol. Soc., Japan*, 66 (No.1), 27-37.
- Tahira, M. (1996), A study of infrasonic waves of the atmosphere, presented at the Meteorological Society of Japan, Nagoya, Japan.
- Tahira, M., M.Nomura, Y.Sawada and K.Kamo, (1996), Infrasonic and acoustic-gravity waves generated by the Mount Pinatubo Eruption of June 15, 1991, *Fire and Mud: Eruption and Lahars of Mount Pinatubo, Philippines*, 601-613.
- Tanimoto, T. and J. Artru-Lamin (2007), Interaction of solid Earth, atmosphere, and ionosphere, *Treatise on Geophysics*, Elsevier, pp.421-444.
- Wares, G.W., K.W. Champion, H.L. Pond and A.E. Cole, (1960), Model Atmosphere, *Handbook of Geophysics*, 1-1-1-37, The Mcmillan Co.
- Watada, S., T. Kunugi, K. Hirata, H. Sugioka, K. Nishida, S. Sekiguchi, J. Oikawa, Y. Tsujii and H. Kanamori (2006), Atmospheric pressure change associated with the 2003 Tokachi-Oki earthquake, *Geophys.Res.Lett.*,33: L 24306doi:10: 1029 /2006 GL027967.
- Watada, S. (2009), Radiation of acoustic and gravity waves and propagation of boundary waves in the stratified fluid from a time-varying bottom boundary, *J. Fluid Mech.* 627, 367-377.
- Weston, V.H. (1961), The pressure pulse produced by a large explosion in the atmosphere, *Can. J. Phys.*,39, 993-1009.
- Whipple, F.J.W. (1930), The great Siberian meteor and the waves, seismic and aerial, whichit produced, *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 56, 287-304.
- Widmer, R. and W. Zürn (1992), Bichromatic excitation of long-period Rayleigh and air waves by the Mount Pinatubo and El Chichon volcanic eruptions, *Geophys. Res. Lett.*, 19, No.8, 765-768.
- Wilson, C.H. and R.B. Forbes (1969), Infrasonic waves from Alaskan volcanic eruptions, *J. Geophys. Res.*, 74, No. 18, 4511-4522.
- Yamamoto, R. (1955), The microbarographic oscillations produced by the explosions of hydrogen bombs in the Marshall Islands, *Weather*, 10, 321-325.
- Yamamoto, R. (1956), The microbarographic oscillations produced by the explosions of hydrogen bombs in the Marshall Islands, *Bull. Am. Meteorol. Soc.* (1956), 57, 106-109.
- Yamamoto, R. (1957), A dynamical theory of the microbarographic oscillations produced by explosion of hydrogen bombs, *J. Meteorol. Soc. Japan*, 35, 32-40.
- Yeh, K.C. and Liu, C. (1974), Acoustic-gravity waves in the upper atmosphere, *Rev. Geophys. Space Phys.*, 193-216.
- Young, J.M. and G.F. Greene (1982), Anomalous infrasound generated by the Alaskan earthquake of 28 March, 1964, *J. Acoust. Soc. Am.*, 71, 334-339.
- Yuen, F.C., P.F. Weaver, R.K. Suzuki and A.S. Furumoto (1969), Continuous, traveling coupling between seismic waves and the ionosphere evident in May 1968 Japan earthquake data, *J. Geophys. Res., Space Physics*, 24 (9), 2256-2264.
- Zürn, W. and R. Widmer, (1996), Worldwide observation of bichromatic long-period Rayleigh waves excited during the June 15, 1991, Eruption of Mount Pinatubo, *Fire and Mud: Eruption and Lahars of Mount Pinatubo, Philippines*, 615-624.

MU レーダーから PANSY へ

東京大学大学院理学系研究科 佐藤 薫

私は料理が好きだ。特に菓子作りには自信がある。ゼリー液を氷水に入れてかき混ぜながら、だいぶ粘性が高くなってきたなとつぶやいていたりする。菜箸をツーツと走らせて渦のできる様子を観察し、ついレイノルズ数を推定したりしてしまう。最近京大の工学部女子のアウトリーチ用ポスターを見る機会があり、「自分が理系と思うのはどんなとき」というアンケートの答えに「日常会話でもふつうに数字や理系用語を使ってしまうとき」と書かれてあったのを見て大いに共感した。その昔、自民党の某女性大臣が、「女が男社会で生きるためには、マージャンかゴルフができないといけない」と話されていた。私はマージャンには興味が湧かない。雀荘のたばこの煙で白い空気がなじめなかったし、母にかけごとなんかしちやいけませんと教育されてきた。ゴルフを始めたころの父のウエストが（たぶん筋肉がついたせいで）みるみる大きくなっていったのを見て、ゴルフにもよい印象がない。私は手先を使うのが好きで、料理だけでなく刺繍・裁縫も好きだし、ピアノを弾くのも楽しいし、半田づけも得意だ。それからきれいなものにも目がない。リパティの花柄は素敵だと思うし、はかない台風のような極低気圧が衛星画像に現れるととてもうれしい。私は女子だから男子社会の中でも女子らしく生きるしかないのだと自分にいい続けて、気づくともう 50 歳直前である。昨年度自民党最後の補正予算で認められ、9 月の見直しでも生き延びた（ご支援くださった先生方、本当にありがとうございました）南極昭和基地大型大気レーダーの今年度建設に向けて、意気投合した仲間とともに、大勢の研究者や技術者の協力を得て、明るい学生達にも囲まれ、時々くじけそうになりながらも、とにかく前傾姿勢で頑張っている。

京都大学の気象学研究室での博士課程は私のこれまでの人生で一番楽しかった時代だ。私は研究室にとっても温かく迎えられた。向川均さんと同じ部屋だったが、訪問した初日にはすでに机があり、ロッカーには向川さんの字で「佐藤」と書かれた紙が差し込んであった。指導教官の廣田先生はやさしく、ときに厳しかった。それは違うのではないだろうかと思うこともあったが、なんでもストレートに伝えてくださるのは大変ありがたかった。当時女子を斜に見る人は多かったが正面から見てくれるかたは少なかったからだ。セミナーもコロキウムも充実していて、夢中で勉強をし、研究をした。セミナーが表現力豊かな関西弁が多かったのも心地よかった。たとえば、余田成男先生の「ビヤーツ」と波が伝播してなどという表現には驚いたが、すぐ慣れた。おかげで今でも私は東京弁でのディスカッションに違和感がある。廣田先生との 1 対 1 のディスカッションは年に 2 回か 3 回だったが 1 回あたり 5 時間ぐらいかけてくださった。充実した議論をすると時間が経つのはあっという間だなと、にこにこしておっしゃっていた先生の姿は今でも鮮明である。

気象学研究室にも超高層電波研究センター(当時)にも著名な外国人研究者が入れ替わり立ち替わり滞在されていた。私は論文原稿を持ってディスカッションをしていたいたり、信楽に案内してそのお礼にと英語を直していただいたりするのが常だった。正直に言えば、京大にもハラスメントはあったと思う。でもシビヤに感じないほど充実した良い環境で研究ができた。私の研究者としての原点はここにある。MU レーダーで観測した鉛直風スペクトルの形状を山岳波の位相変調で解釈できると考え至った時は身震いがしたし、世界初的大型大気レーダーによる台風観測のデータを解析させてもらった時は、その普通でない重力波の特徴に感動した。山田道夫さんと当時とても新しかった wavelet 解析法を重力波に適用した理論研究も行った。

研究に間接的に必要な仕事も行った。博士 1 年のときに作った観測データのノイズ除去ソフトは超高層電波研究センターの深尾昌一郎先生の目にとまり、MU レーダーの標準ソフトとするからと大型計算機利用費として 40 万円をいただいた。これは深尾先生の全くのご厚意だったのだが、自分の力で稼いだ最初の研究費といえるかもしれない。この研究費を使って 1 枚 420 円ぐらにかかる MU レーダー観測データの時間高度断面図を沢山書けたのはとてもうれしかった。また、博士 3 年のときに、当時使われ始めたばかりのワークステーションを使って、現在では気象関連のメジャーなメールリストとして利用されている ymnet を、同じ研究室の菅田誠治さんや東大の沼口敦さん、沖大幹さん達と立ち上げた。メールで茶飲み話をしながら、みんな 1 日 14 時間ぐらい仕事をしていた。このメールのやり取りは、今でいえば twitter みたいなものだろうか。助手の塩谷雅人さん、酒井敏さんとはグラフィックパッケージ(電脳ライブラリ。

命名は酒井さん)制作の仕事と一緒にさせていただいた。私は MU レーダーのデータ解析上の必要性から色塗りソフトと対数軸の描画ソフトを作った。電腦ライブラリは、現在の MU レーダーのクイックルックにも使われているソフトウェアである。この間女子であることは忘れていた。

しかし、世の中は女子にはそう甘くなかった。就職の壁である。同世代の男子が次々と就職が決まる中、私はいつまでたっても決まらなかった。だから今のポスドクの人たちの気持ちは私には痛いほど良くわかる。このつらい時期にいかに頑張れるかが君の人生をきめるんだよと励まして下さったのは住明正先生である。佐藤さんは今不幸なんです、だからつらいのは仕方がないといって慰めてくれたのは高橋正明先生であり、なんとかしてあげてよ〜と周りの方に言って下さったのは中島映至先生だ。

そうして、博士号取得後 5 年目にして京大に助手として採用していただいた。MU レーダーでもっと研究がしたいと思った。数人のグループで申請して、共同利用者としては破格の 3 週間の連続観測を認めていただいた。このデータは私の宝物である。これによって慣性周期近くに卓越する重力波ピークの発見、永戸久喜さん・廣田先生と共に以前存在を明らかにしていた中間規模波動のきれいな事例解析（山森美穂さんとの共同研究）、重力波解像水惑星大気大循環モデルによる理論研究（高橋正明さん、熊倉俊郎さんとの共同研究）ができた。3 番目のモデル研究は会心の作であり、このスタイルは今につながっている。大気力学の著名な理論研究者である Tim Dunkerton さんに声をかけていただいて、夏休みのたびにシアトルの彼の研究所を訪問するようになったのもこのころである。

MU レーダーも面白かったが、他の緯度も知りたいと思った。最初に着目したのは赤道である。重力波の周期の長いほうのカットオフは慣性周期である。これは極で 12 時間、日本で約 20 時間、赤道では無限大である。だから、赤道では重力波でも周期が長くてスケールの大きなものが存在する。MU レーダーのような 1 分間隔のデータでなくても、1 日 2 回のラジオゾンデデータで重力波の解析がある程度できるのである。この解析を長谷川史裕さんと一緒に始めた。松野太郎先生の赤道波理論では説明できない特徴が出てきて、二人で大いに考え込んだ。これが Dunkerton さんの目にとまり、時差とインターネットを駆使した 1 日 2 交代制の共同研究が始まった。彼は解析結果を説明するかもしれない 10 ページに亘る式だけの FAX を送ってきた。私はそれを数日かけて正しいことを確認し（1 か所、マイナーな間違いがあったが）、これを使うと重力波の運動量フラックスがうまく推定できることを思いついた。そして、内部重力波ならこうだけ赤道捕捉波だったらどうか、ついでにケルビン波や混合ロスビー重力波も解析しちゃいましょうなんてことになって、赤道下部成層圏の準 2 年周期振動の駆動は、20 年間信じられていた混合ロスビー重力波とケルビン波のメカニズムでは全然たりなくて重力波が大事、というよりむしろ重力波が主であるという結論に、一気にたどり着いた。

そのころ赤道大気レーダーの構想が超高層電波研究センター（旧）からでていて、私もインドネシアのジャカルタに出張する機会をいただいた。現地の若者たちに重力波の力学とレーダー観測についての講義をするのが目的だった。にわか勉強のインドネシア語で自己紹介をしたりして楽しい時を過ごした。そして、空を見上げると中緯度とは全く異なる青空と雲があった。粘りつくような空気につれて自分の研究している熱帯の大気を満喫した。その後、学生の吉識宗佳さんと極域重力波の研究を始めるのだが、極域の大気も見てみたいと自然に思ったのは、この体験があったからである。

吉識さんとは WMO のラジオゾンデ観測データのうち北極と南極の使えるような地点のデータをすべて解析した。南極では昭和基地のデータが最も欠損が少なくきれいだった。そして、昭和基地のデータが他国の南極基地に比べて良く似ていること、つまり代表性が高いことも分かった。これは日本人としてうれしいことだった。しかし当時は、私自身が南極に行こうとは、ましてや今進めているような大型大気レーダーのプロジェクトを立ち上げようとは夢にも思っていなかった。ポスドクのころ、気象学会の女性評議員として女性会員の実態アンケートを取る機会があった。女子はフィールドには向かないのでデスクワークでできる研究スタイルを選んだほうがよいと言われたという回答があった。確かにその通りかもねと思ったくらいである。それに私は女子としても運動能力と腕力のなさには自信があった。そのころ尾池和夫先生の学生だった東野陽子さんが日本初の女性越冬隊員として 39 次南極観測隊の任務を全うし帰国された。帰国後の談話会で南極氷などごちそうになりながら話を聞いて、私でもちょっと無理すればいけるのかなという気になった。電子ピアノもあるというのも心強かった。そして縁というのは面白いもので、極地研への異動が決まった。

異動後、極地研での最初のセミナーで「無理だと思いますが、南極にも MU レーダーのような大型大気レーダーがあると面白いと思います」とまとめておいた。南極にはカタバ風・オゾンホール・極成層圏雲・

極中間圏雲・オーロラと中低緯度にはない興味深い固有の大気現象が存在する。このうちオゾンホールや極中間圏雲は人間活動とも密接に関連しており、地球気候の現状を理解し将来を予測する上でもその観測と監視は重要である。セミナーの後、江尻全機研究主幹がぶらりと私の居室に来られて、「僕はできるのではないかと思う、その夢を検討してみなさい、僕がバックアップするから」とおっしゃった。これが南極昭和基地大型大気レーダー計画（Program of the Antarctic Syowa MST/IS radar, PANSY）の始まり、2000年3月のことである。4月には、PANSYの相棒となる京大時代から知り合いの堤雅基さんが40次隊の越冬から帰ってきた。堤さんは「南極は行く所じゃない。佐藤さんはどうして極地研に来たんだ。僕は極地研をやめる」と憤慨していたが、大型大気レーダーを検討しようと思うと話すと、それなら残ってもいいと言ってくれた。MUレーダーの設計が博士論文のテーマだった夫の佐藤亨氏にも話をしたら乗ってくれた。大型大気レーダー技術をよく知る亨氏と南極でMFレーダーを建てた堤さんとMUレーダーを使ってサイエンスをしてきた私が組めば、よいチームになるのではと思った。そして5月に大宮の自宅で泊まり込みの勉強会を行い、PANSYレーダーの仕様をほぼ決めた。

心配だったのは私がこんな大それた計画を推進してよいものかということだった。つまり大げさに言うと世界はついてきてくれるかということだ。それで、2000年は世界中を堤さんと旅した。成層圏国際プロジェクト SPARC の会議がアルゼンチンのマルデルプラタで開かれ、そこで初めて PANSY レーダーの構想を大型大気レーダー研究者仲間に話した。Bob Vincent さんや Marv Geller さんがそれはとても面白い、サポートしましょうと言ってくれた。アルゼンチンの帰り、ペルーで亨氏と合流し、大型大気レーダーの生みの親である Ron Woodman さんを訪ねてヒカマルカレーダーを見学させていただいた。ここでも PANSY 構想の講演をしたが、Woodman さん自らがスペイン語同時通訳をしてくださった。Woodman さんは南極初の ST レーダー（中型大気レーダーとでも呼ぶべきか）を南極半島のマチュピチュ基地に設置され、世界初の南極 PMSE（極域中間圏夏季エコー）の観測に成功されていた。越冬中、苦勞して立てたアンテナポールが夏になって凍土が溶けて全部倒れてしまった話などとても参考になった。2001年3月には北極のスバルバル島のロングヤービンに出張の機会があった。ここには、世界初の大型大気レーダーである SOUSY レーダーがマックスプランク研究所の Juergen Roettger さんにより移設されていた。ドイツにあった時はうまく動いていたレーダーが低温のため動作がおかしくなった話や、凍って膨れるので支柱は防水しなければならないとか、強風による振動を抑えるためにアンテナのエレメントにロープを入れると効果があるなどの話を伺った。ちなみに PANSY は SOUSY を意識してつけた名前である。PANSY は SOUSY の妹分。フランス語で「考える」という意味を持つ。こうして手ごたえを得たので、政府を説得するため PANSY の重要性を提言として出してほしいと、SCOSTEP や SPARC、IAMAS 等学術組織のトップにいらっしゃった Vincent さんや Geller さん、Kevin Hamilton さんなどの研究者達にお願いした。具体的な作文では現生存圏研究所長の津田敏隆先生にも大変お世話になった。PANSY は 5 つの主要学術組織からの提言をいただいているが、この中で特に IUGG からの提言は 4 年に 1 度、10 件程度しか出されないもののひとつであり、大変名誉なものである。

同時に国内の調整も始めた。相手は何と言っても南極であり、私は女性研究者人口比が世界最低かそれに限りなく近い日本の研究者である。女子にとって日本はある意味世界よりハードルが高い。自分のフィールド研究者としての能力も未知数である。そこで、まず、東大海洋研究所の木村龍治先生の研究室の協力も得て白鳳丸の観測を計画した。極地研気水圏グループのリーダーである山内恭先生は思い切って観測予算をつけてくださった。太平洋のまん真ん中を東京からニュージーランドのホバートまで行く航路で緯度 1 度毎に気球をあげて海洋上成層圏をスキャンするというちょっと冒険的な観測である。5 人のグループだったが、あれこれ考えて山森美穂さんを船上観測の責任者とし、私は国内対応を担当することにした。最初は放球失敗や受信不調が続いたが、ラジオゾンデメーカーの技術者と議論しながら、船舶通信でやりとりをして辛抱強く一つ一つ動作を確認し、ついに狙い通りの観測が始まったときの感激は忘れられない。山森さんは私のどんな指示にも応えて離れ業をやっているのける非常にタフな頑張り屋である。彼女もこの観測を通じて大きく成長したのではないかと思う。山森さんは幼いお子さんを 2 人抱えて長距離通勤で体力的にも大変なのに、前向き思考の芯がしっかりした研究者としてがんばっていて、私は彼女に会うといつも励まされる。私はこのミニ観測プロジェクトの成功により、自分にプロジェクトリーダーとして合格の単位を与えることにした。そして、PANSY は研究組織作りのための科研費も得て滑り出した。2002 年度のことである。

私の南極への足がかりは白鳳丸の出航の次の日に出発した 43 次隊である。当時京都大学博士課程 2 年

生の吉識さんに越冬してもらうことになった。吉識さんとも話し合っ、各季節、3時間ごとに10日間ラジオゾンデを打ち上げるという観測を計画した。昭和基地の緯度では慣性周期が13時間なので重力波の位相の時間変化を追うには3時間間隔の頻度が最低必要だったからだ。観測隊仲間に理解と協力を得ないと不可能な観測だったが、彼はそれを遂行した。吉識さんから送られてきた3月の集中観測のデータには重力波の位相の時間変化が見事にとらえられていた。極域は対流圏界面が低いので、時間高度断面図の2/3が成層圏であるのも面白かった。

私自身も44次隊で参加する話が持ち上がった。大型大気レーダー計画は極地研では冷ややかに迎えられていた。南極を知らないからそんな計画が立てられるのだとか、いまからやめることも視野に入れたほうがよいという意見もあった。水前寺清子さんの「三百六十五歩のマーチ」ではないが、毎週3歩進んで2歩下がるような日々だった。そもそも私自身も大型大気レーダー建設が可能であると最初から思っていたわけではない。観測隊経験者の方々の多くがそういうなら不可能なのかもしれないと思った。しかし一方で、藤井理行極地研現所長のように「PANSYはフラッグキャリアになるからがんばりなさい」と励ましてくださる方もいた。結局、昭和基地のオペレーションを経験し自分で判断するしかないと思い、44次隊に志願したのである。1年越冬して、これは無理だと思ったら潔くあきらめるつもりだった。

44次隊での私の観測と生活は「極地」にまとめてあるのでそちらを参照していただきたい。様々な体験をし、多くのことを考えた1年4ヶ月であった。越冬が終わり2度目の夏を迎えたとき、私は、家族がいなければ、もう1年昭和基地にいなさいといわれたらいてもよいなあと思えた。そのぐらい南極の自然は面白かった。越冬中に過去44次隊分の気象データも統計解析して、40次隊に参加した堤さんが不平を言っていた訳もわかった。40次隊の夏は、悪天が続き寒くて風が強く、オペレーションが十年に一度の過酷さであったということだ。そして、PANSYについては「不可能とは思えない」という結論を得た。共に夏を過ごした建築専門の夏隊員にも意見を聞いたが、「できると思う」との答えだった。検討を進める価値はある。

帰国後、相変わらずPANSYバッシングは続いていたが、かまっている暇はなかった。検討事項は山ほどあったからだ。私が越冬から戻ってきた2004年、極地研では組織改革が行われていた。PANSYは気象学と超高層大気科学の2分野に関わる計画である。極地研では気水圏グループと宙空グループに関連する計画だが、この組織改革により分野横断型の研究計画が進めやすい仕組みができた。PANSYは開発計画として認められた。研究費は得たが、いつもプロジェクトは火の車であった。MUレーダーや赤道大気レーダーを製作した企業に開発協力を求めているのだが、大企業であるが故にともかくお金がかかる。でも、企業の技術者も私たちも会議の時は真剣そのものであった。

PANSYの技術的問題は大きく二つあった。一つは電力の問題。昭和基地では200kW弱の電力ですべてまかなわれている。これに対してMUレーダーの観測には230kW必要である。輸送できる油の量には限界があるので230kWは所詮無理な話だ。PANSYではアンテナをMUレーダーの倍の1000本強にして電力を半減する作戦をとったが、120kWではまだ不可能なのである。そんなとき、Bob VincentさんからE級アンプという効率のよい増幅器をつかったらどうかとアドバイスをいただき、検討することになった。携帯電話で使われている増幅器だが、これを大電力に応用するのである。この時点でPANSYはMUレーダーのコピーではなくなった。そして検討の結果、それは可能であるという結論になった。これによりPANSYの消費電力は75kWまで落とすことに成功した。これは「実現可能」な電力である。ドームふじ越冬隊が1年間に消費する油と同程度で実績がある。

もう一つは建設期間の問題。南極では1年間に野外での建設に使える時間は約1ヶ月である。比較的穏やかな1月以外は南極の自然が許さない。昭和基地のこれまでの最大瞬間風速は60m/sを超えており、50m/sを超えることはほぼ毎年起こる。10分平均風速で40m/sを超える気象擾乱は1年間に2回以上やってくる。このような強風に耐え、低温に耐える強さを持つ1000本強のアンテナとモジュールを1ヶ月で建てる必要がある。44次隊での参加によりオペレーションの厳しさを決めるのは量より重さであることもわかっていて。南極観測期間中、段ボールを山ほど(100のオーダーでなく1000のオーダーである)運んだが、そのたび箱に書かれてある重さを見るので、自分が持って運べる重さは18kgであることを知った。それでPANSYでは手で運ぶ必要のあるすべてのパーツを18kg以下にすることに決めた。現在のPANSYのアンテナ、基礎鋼管、モジュールはほぼすべてこの仕様を満たしている。ちなみにMUレーダーのアンテナは1本50kg以上ある。そして私たちは、PANSYレーダーは建設可能であるという確信を持つに至った。

最初の概算要求書は 2005 年に書いた。しかし、極地研から出て行くことはなかった。理由は大きく二つある。一つ目は、南極予算に比べて要求額が巨大であるために、予算要求の出し方が難しいことである。二つ目は、南極の貴重な夏を 3 夏占有する計画であったためほかの分野の研究計画とのすりあわせが難しいことである。また、いつ予算が付くかわからないし、永遠につかないかもしれないという不確定要因も大きく、南極観測計画に乗せにくい。そうして足踏みが 3 年間続いた。小さいけど大事な検討事項には事欠かなかったが、さすがに 2007 年に入るとやることがなくなってきた。私は 2005 年に東大に異動したので、PANSY を極地研内で支えてくれるスタッフも必要だったが、その確保も難航した。東大での駆け出しの教授としての仕事に忙殺されて、つらさを感じる時間はわずかであったが、この頃は PANSY プロジェクトにとっては八方ふさがりの最低の時期だったと思う。もう PANSY は死んだふり作戦しか残っていないねと堤さんに話をしたのを覚えている。それが、2008 年、急に順風が吹き始めた。南極観測の仕組みが変わったのである。山が動くのを感じた。

南極観測は公募制になった。PANSY のような不確定な大規模計画も受け入れる仕組みができたのだ。重点研究観測である。PANSY はようやく水を得て泳ぎだすことができた。PANSY の観測計画書は予算の見通しがいいという点において低い評価を受けたが、サイエンス、実現性などは高い評価を得た。そして、南極観測中期計画について乗ったのである。予算獲得のめどが立たないので、2010 年度からの 6 年計画は 7 通り作った。つまり初年度に予算が付いた場合、2 年目に付いた場合、...、そして付かなかった場合である。

PANSY はその 7 通りのどれにもならなかった。2009 年度に自民党最後の補正予算で内定したのである。そのあと政権が変わったり、補正予算ゆえに当初計画をかなり前倒ししなければならなかったりして苦難の時は続いたが、2009 年度に生存圏研究所から極地研に異動してこられた中村卓司さんという新しい強力なメンバーも得て、2009 年 10 月に今年度出発の 52 次隊からの PANSY 建設が決まった。現在 3 週間に 1 度の戦略会議、1 ヶ月に 1 度の企業との技術連絡会議を定期的に行い、作業を着実に進めている。52 次隊では堤さんが越冬副隊長として、山内さんが総隊長として PANSY 建設を指揮する。

振り返るに、一般論として、予算獲得の見通しのない大型計画の実現までの検討は、よほどの情熱と不安を感じない鈍感さを持ち合わせないと続かないと思われる。私の場合、根がオプティミストなのが幸いしたと思う。当時の日本の政策では予算獲得の確率はほとんどなかったが、数十億規模の研究ができない時代はいつか終わり、PANSY のようなボトムアップの大型研究にも予算が付く日が来るのではないかと、思い続けられた。十年間はけて平坦な道ではなかった。困難に出会うたび、励ましの言葉をいただいたり、企業の技術者の方たちの心意気を感じたりして乗り越えてきた。特に、MU レーダー、赤道大気レーダーを実現させてこられた加藤進、深尾昌一郎両先生には常に適切なアドバイスをいただき助けられた。極地研での組織や南極観測の改革はタイミング的に PANSY には幸いした。PANSY も実現できるような仕組みを考えてくださった極地研の先生方には感謝の念に堪えない。いつも見守ってくださった廣田先生にも感謝している。

十年というのは悪いことばかりではない。PANSY 低迷期の 2006~2008 年には高橋正明さん、渡辺真吾さん、河谷芳雄さん、富川喜弘さん、宮崎和幸さんとグループ (KANTO グループ) を作り、高解像モデルを使っのグローバル大気研究を行って、地球気候研究における PANSY の位置づけを明らかにできたし、PANSY の高解像観測とモデルとの協同がスムーズに行える態勢が整った。十年前学生だった人たちは成長して、現在 PANSY の底辺を支えている。PANSY レーダーの建設において大きく想定外だったのはケーブルであった。特に電源ケーブルは 1kg/m の重さがあり最長 250m もある。PANSY のケーブルの長さはのべ 102km、本数は 4700 本にのぼる。その敷設は気の遠くなるような作業だ。敷設検討は南極越冬を何度も経験されている山岸久雄先生が先導してくださったが、PANSY 若手メンバーの富川喜弘さんと西村耕司さんは、これに基づきケーブル全数敷設可能という作業工程表をあっという間に描いてしまった。53 次隊は私自身も夏隊で参加して PANSY の完成を見届ける予定である。PANSY の最終評価はこの大型観測器によりどれだけの科学プロダクツが出せるかによって決まる。私のサイエンスリーダーとしての仕事はこれからだ。観測終了の 14 年後にみな PANSY をやってよかったねと笑顔で語り合える時がくるとよいと思う。

(参考文献) PANSY ホームページ <http://pansy.nipr.ac.jp>
佐藤薫, JARE44 オゾンホール観測, 極地, 79, 26-34, 2004.

宇宙プラズマ物理学—京都と東京

東京大学宇宙線研究所 寺沢敏夫

編集世話人の荒木先生、竹本先生より、「外から見た京大」について、執筆せよとの依頼を受けました。改めて、前回出版された「京大地球物理学研究の百年」を見直すと、寺田寅彦、長谷川万吉、西堀栄三郎などという偉大な先人方に関する興味深い記事が並び、私のように地球物理学教室に助教授として6年弱だけ在籍(1986年7月-1992年3月)しただけのものに寄稿する資格があるだろうか？と躊躇しました。しかし、京都大学と東京大学の両方(さらに東京工業大学)、そして地球物理学専攻と物理学専攻の両方に在籍経験のある方はそれほど多くないので、私の経験をご紹介することにも意味があるか、と思い直して寄稿させていただくことにしました。(同様の在籍経験という意味では、日本惑星科学会初代会長の中澤清先生という偉大な先例があるのはもちろんです。しかし、残念ながら中澤先生は京大地球物理とはやや縁が薄かったようです。私自身の中澤先生との個人的なかかわりは後で述べます。)

私の出身学部は京大理学部(1973年3月卒)で、4回生のときは物理学第2教室の課題研究をとっていました。その指導教官の林忠四郎先生に、「宇宙線の起源や太陽フレアなどの研究に興味がある」と申し上げたところ、「それなら宇宙研の大林辰蔵さんが居られる」と仰った一言で大学院の進路が決まりました。その前年、3回生の時に聴講した前田坦先生の「宇宙空間物理学」の講義の折、参考書について質問して「大林先生が最近出版した同名の教科書がある」と教えていただいて以来、大林先生の名前を存じ上げていたこともあります。なお、京大理の学部生に対する3回生課題演習、4回生課題研究のシステムは私の1つ上の学年から始まったばかりであり、所属の規制はいたって緩やかでした。そのおかげで、3回生の時は物理の課題演習と宇宙物理の課題演習の両方をとりました。牧歌的な時代であったとはいえ、実質的に2つの学科に所属していたわけで、こんなことができたのは京大理学部であったからでしょう。(地球物理学教室の地球電磁気学の課題演習---当時助手であった荒木先生も担当---も取ろうとして、さすがに時間的に無理で諦めた覚えがあります。)ちなみに、宇宙物理の課題演習の担当教官は、長谷川万吉先生の御子息の長谷川博一先生と西田稔先生のコンビで、ウンゼルト「現代天文学」の輪講を指導いただいたのは懐かしい思い出です。また、少し遡って、2回生の時は太田征次郎先生担当の地学実験を取ろうとして、初回だけ出席したところ、別の講義時間とぶつかってしまうことが判明して取ることができなかったのは今思うと残念なことでした。

宇宙研(当時は東京大学宇宙航空研究所、その後、宇宙科学研究所に改組)の院生時代は大林辰蔵先生と並び、西田篤弘先生の薫陶を受ける機会に恵まれ、その後の学振と助手の期間を含め通算13年、宇宙研に在籍(1973年4月-1986年6月)しました。当初は磁気圏・惑星間空間プラズマの理論的研究から始め、次第に実際のデータに関わる機会が増えていきました。特に、在籍の最後の頃のハレー彗星探査機「すいせい」のプラズマデータ処理は思い出深いものです。こうしてデータの取り扱いが次第に身近なものとなるにつれ、当時も今も日本の地磁気データベースの中核である京大地磁気センターの御世話になる機会が増えていきました。ちょうどそのころNASAから京大地球物理学教室教授に就任された杉浦正久先生に、国内の研究会での私のreview講演を聞いていただく機会があり、私の仕事の内容に興味を持っていただきました。その縁で、小川俊雄先生が高知大に

転出されて空いた助教授ポストへの就任の打診を受け、大変びっくりしたものです。光栄なお話で嬉しかったものはもちろんです。しかし、当時の各大学の人事はどこも殆ど動かない状態であり、またあったとしても内部採用・昇格が殆どで、宇宙研外へ転出する可能性があるとは思ってもいなかったからです。

1986年、学部時代から13年ぶりに戻った京大で、早速、地球物理学教室の教務委員を仰せつかりました。出席した最初の教務委員会で、自己紹介もそこそこに、数学・永田雅宜先生、地質鉱物・坂野昇平先生から、「地球物理はけしからん」と御小言を頂戴して驚いたものです。当初、何が悪いのか不案内であり、何回も聞き直して、各教室の課題演習の定員の解釈に食い違いがあることが原因と解りました。個人的に叱られているのではなく、組織対組織の論争であると理解してからは、失礼を顧みず、両先生に食い下がったものでした。そういう訳で、第一回目の委員会は散々なものでした。しかし、それ以後は両先生とむしろ親しくお付き合いができるようになったのは意外な「役得」といえるかも知れません。（両先生のことを知らなかったのも、WEBで調べたところ、今から2年前の2008年8月に相次いでお亡くなりになったよし。ご冥福をお祈りしたいと思います。）このように、私が3回生であった頃には極めて大らかであった課題演習定員が、その十数年後には教務委員会での激論の対象になったというのは、理学部の牧歌的時代も終わったことを示します。さらに最近では、希望する課題研究が取れないと留年して再起を期す例もあるとか、深刻さを増していると聞きます。しかし、それでも、東大における進学振り分け問題の深刻さとは比べものにならないと思われます。少し時間が飛びますが、東大に移籍して後、教員として経験したこの問題について触れておきましょう。ご存じのように、東大では学部入試が各学部毎ではなく教養学部としてまとめて行われます。医学部を除く理工系志望者は理科Ⅰ類または理科Ⅱ類に入学し、2年生夏の段階の教養学部の成績順で各学部・学科への所属決定がなされます。「理学部の各学科は人気が高く、よい成績をとった学生が集まる」のはプラスの側面といえる反面、1000人を超える学生集団（理科Ⅰ類の場合）でなされる成績競争は、受験競争に匹敵する熾烈なレースとならざるを得ません。理学部には成績のよい学生が集まるとはいえ、学科間には微妙な差があり、それが学生諸君に心理的負担をかけているように見えました。牧歌的ではなくなるとはいえ、京大理学部の学生諸君の心理状態にはまだ余裕があると感じられるのは、競争の規模が違う（物理・宇宙・地物を目指して競争する人数は学部定員300人強の半分程度？）からでしょう。東大の場合も、大学院進学のところにはコンプレックスは殆ど消えていると思われるので、長い目で見れば問題ではないのかも知れませんが。

話を京大時代の助教授時代に戻します。杉浦先生が京大にもたらししたのは、NASAにおける最新の研究の雰囲気と並んで、ネットワーク環境整備の重要性の認識でした。京大理学部内のネットワークが整備されたのは1989年頃であったと思います。当時、地球物理学教室内のネットワーク整備は理学部全体よりも先行していました。杉浦先生の指導のもと、地磁気センターの亀井豊永助手の協力を得、当時、米国から帰国したばかりの気象学講座の塩谷雅人助手（現・生存研教授）を巻き込んで、教室内の全ての研究室を結ぶ配線を完了していたのです。その後、理学部の各建物間の光ケーブル接続を行うことになりました。しかし、インターネット接続のためのIP割り当てルールが何も決まっていなかったのも、理学部各教室の有志が集まりそれらを全部決めてしまいました。（現国立天文台長・観山正見氏は物理教室代表でした。今使われているアドレス名kugi.kyoto-u.ac.jpのkugiの部分はその時決めたルールによるものです。）このようにして、自分たちで整備したネットワーク環境は直ちに威力を発揮しました。その頃、ドイツ・マックスプランク

研究所の M. Scholer 氏と共同で review 論文を書く機会があり、インターネットを活用しました。いまでは当たり前のことですが、インターネット上での原稿の推敲は、彼我の時刻差を有効に活用でき、極めて速やかに進むことに感心したものです。

日本の磁気圏・宇宙空間研究は 1992 年 7 月に打ち上げられた Geotail 衛星により、世界の研究最前線に躍り出ることになります。Geotail 衛星は宇宙研と NASA, ESA, IKI(ロシア宇宙機関)との国際共同研究計画 ISTP の一環として打ち上げが計画され、もともとは ISTP 衛星群の五・六番バッテリーとしての役割を期待されていたものです。ところが、諸外国の衛星打ち上げ遅れのため、なんと Geotail 衛星が一番バッテリーの役目を務めることになりました。そのため、我々が眺めることができた磁気圏データは世界でまだ誰も見たことがない精密かつ最新のものでした。約 3 年後の 1995 年末に NASA が Wind 衛星を打ち上げて、「世界唯一」から、「世界で一、二を争う」状態へと変わったとはいえ、日本の研究成果が 1990 年代の世界の磁気圏研究をリードしたことに間違いはありません。こうした飛躍的發展が可能であったのはいくつかの理由があります。そのうち、京大にかかわるものとして、1 つ目は、向井利典氏(元 JAXA 理事)によるプラズマ観測の成功、2 つ目は、現京大総長の松本紘氏のグループによるプラズマ波動計測の成功、そして 3 つ目は京大で育った優秀な若手研究者の参入があったことだと思います。向井さんは、1960 年代末に京大工学部電離層研究施設で博士課程を終えて宇宙研に赴任後、独自のプラズマ粒子観測技術を、電離層プラズマを対象として営々として磨いておられました。彼の腕の冴えは、1986 年のハレー彗星周辺でのプラズマ観測をぶっつけ本番で成功させたことでその片鱗が見えていたのですが、Geotail 衛星観測に至って、その全貌が明らかとなりました。また、Geotail 衛星データ解析で活躍した京大出身の若手として、平原聖文氏(現・名古屋大学)、斎藤義文氏(現・宇宙研)、中林潤哉氏(現・DEX 勤務)、能勢正仁氏(現・京大理地磁気センター)、家田章正氏(現・名古屋大学)の名前を挙げることができます。1992 年 4 月に私が東京大学理学部地球物理学教室に転任したため、期間は短かったとはいえ、これらの方々が一人心の研究者へと育っていく姿を間近に眺めることができたのはかけがえのない経験であったといえます。(4 人それぞれで時期は違い、平原さん、斎藤さんは学部～大学院、中林さん、能勢さん、家田さんは学部 3-4 回生の頃でした)。

こうして、1990 年代から 21 世紀初頭にかけては Geotail 衛星観測データに基づく研究のピーク期を経験させてもらいました。京大に赴任された町田忍教授とは、共に、プラズマ観測のグループメンバーとして常に情報交換を行っており、東大・京大という研究機関の違いを意識することは殆どなかったと思います。引き続き蓄積しつつある Geotail 衛星データについての共同研究に加え、ごく最近、月探査衛星「かぐや」に搭載されたプラズマ観測データ(2007 年 11 月-2009 年 6 月)について、町田グループ、宇宙研斎藤グループと、再び密接な共同研究を行うチャンスがありました。太陽風による月面物質のスパッタリング過程の解明を期待して研究を始めたところ、月面での太陽風イオン反射率が非常に高く効率の良い非熱的粒子生成が起きているなど、思いがけない発見を経て、月環境プラズマ物理学は大きく発展しつつあるといえます。

一方、1990 年代には太陽物理学での「パラダイムシフト」がありました。太陽フレア観測衛星「ようこう」の結果により、それまでは太陽フレアの原因としてマイナーな学説に過ぎなかった磁気リコネクションモデルが、一躍本命として認識されることになったのです。これは Geotail 衛星観測に基づいた磁気圏サブストームの磁気リコネクションモデルの確立と並行しておこった出来事でした。この頃、太陽フレア研究者として大活躍したのは現花山天文台長の柴田一成教授であり、彼と

は早い段階から磁気圏と太陽フレアの統一的物理像構築へ向けた共同研究を開始して現在に至っています。ついであるが、同じ理学部の中に、地球物理学教室太陽惑星系電磁気学講座、地磁気センサー、花山天文台と、強力な磁気圏グループと太陽フレアグループがあるのは京大の強みと言えるでしょう。

さて、東大に赴任後 14 年を経て、私自身は東工大に転出(2006 年 4 月)しました。これは、東工大理学部から発せられた「分野を問わず。研究以外の duty 免除」という理学研究流動機構の人事公募に応募した結果です。しかしその応募は、採用されることを期待したというより、そのための準備作業をすることが、これまでの研究を整理し今後の展望をまとめるのに丁度よい機会であるとの意図によるものでした。思いもかけず採用していただくことが決まり、3 度目の転任をすることになりました。東工大赴任当時の理学部長は中澤清先生であり、そもそも 1990 年代末に理学研究流動機構の制度を提案・整備されたのは中澤先生だったそうです。(初代の理学研究流動機構教授は中嶋悟氏(1999-2004、現・阪大)で、私は 2 代目。)中澤先生は私が東工大在任中の 2007 年 3 月に定年退職されましたが、以前、3 回生のときには助手になられたばかりの先生に量子力学演習の指導を受け、4 回生のときにも林先生の課題研究の指導教官群の一人として指導を受けたものです。このように、期せずして、中澤先生のキャリアの最初と最後にご指導を仰ぐことができたのは大変光栄なことであったと思います。(中澤先生が惑星科学会を創設された折には、運営委員として参画しました。しかし、運営委員会は欠席しがちでご迷惑をかけました。...当時、地球電磁気・惑星圏学会(SGEPSS)の運営委員を兼ねていたところ、英文学会誌問題で惑星科学会運営委員会と SGEPSS 運営委員会の意見が対立しており、両方に出席するのはつらかったのです。)

東工大に移ってから、少し違った角度から宇宙プラズマ研究を試みることを考え、中村卓司氏(当時生存研准教授、現・国立極地研教授)の協力を得て、MU レーダーによる宇宙空間観測、とりわけ流星エコーモードによる惑星間空間塵の観測的研究に踏み出すことになりました。塵(dust)とプラズマは一見遠いテーマであるように見えるかも知れません。しかし、宇宙空間の塵は帯電しているのが普通で、「dust プラズマ」は現在注目されているテーマでもあるのです。また、大学院の進路を決めたとき以来持ち続けている「宇宙線の起源」研究への興味から、流星観測と共通の要素が多い宇宙線のレーダー観測の R/D も並行して行っています。加藤先生、深尾先生の先駆的業績である MU レーダー観測には以前から興味を持っていました。しかし、このような形で実際の MU レーダーの観測的研究に従事することになるとは数年前までは思っていなかったことでした。こちらの研究は現在進行形で、まだ国内外の学会での発表どまりであり、論文執筆は今後の課題です。

「duty なしで好きなことをしていてよい」という、夢のような東工大のポストはもちろん無期限ではありません。任期 5 年のうち 1 年少しを残した段階で、東京大学宇宙線研究所に 4 度目の転任をしたのが 1 年前の 2009 年 12 月のことです。新しいポストは高エネルギー宇宙線研究部門所属で、「三つ子の魂」ともいえる「宇宙線の起源」の研究が本業となり、大学院担当は物理学専攻になりました。こうして、今度は地球惑星科学分野を「外から見る」機会を得たことになります。しかし、移動してまだ日も浅いこと、原稿の字数が尽きたことから、そちらについての記述はまた機会を新ためてさせていただくことにしたいと思います。

地球深部の超高压研究—京都から松山へ

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター 入船徹男 (1978 年卒)

私が学生時代を過ごした 70 年代半の京都大学は、まだまだ学生運動が盛んな頃であった。特に教養部時代はほとんど授業に出た記憶がなく、連日のようにクラス討論やサークル活動、また自治会活動などに明け暮れていた。幸か不幸か紛争の余波で、3 回生段階で単位取得に無関係に、とりあえず教養部から理学部の専門課程への移行が可能になったため、多くの学友がそうであったように、私も語学や体育などの出席数が重要な教科の単位の多くを残したまま専門課程へ移行する有様であった。当時は午後からの授業に寝過ごすことも多かった。いまだに体育の授業の点呼に遅れる夢を見る。

学部に移行した 3 回生時からは、これではいかんと思い、少しは授業もでるようになった。とはいえ一部の講義以外はあまり身が入らず、特に農場に近い物理学教室での午後の量子力学演習などは、ヤギの声を聞きながら熟睡していた記憶しかない。それでも 3 回生時代は自分で、また友人たちと独自に勉強した。数学はスミルノフの教程を、また物理学もランダウやキッテルを中心に、かなりの本を読んだ。シッフの量子力学も原著で通読した。4 回生の課題研究（卒論）では、地球物理系ということであったが、地震学や測地学、また海洋物理学や大気物理学・超高層物理学といった「主流」ではなく、あまり人のやっていないことを研究したいと考えた。

当時、島田充彦先生や行竹英雄先生が中心となり、高压実験を行っていることを知り、また京大では固体物性論を用いた高压下での物性の理論的研究の流れもあることも知って、超高压物性に基づく地球深部の探求に、新鮮さと魅力を感じた。そこで、卒論では高压実験をやりたいと考えたが、理学部には設備がなく、級友の田中章夫君（現応用地質）とともに、毎週のように高槻市の阿武山地震観測所まで出かけることになった。

学部に入っても学生運動から逃れることができず、週 1 回出かける阿武山訪問は、遠足のようにもあり、大学での緊張感からほっと気が抜けるひと時であった。観測所の周囲には畑がつくられ、職員（教員？）が昼間から農作業をしていた牧歌的雰囲気が、強く印象に残っている。本学とは別世界の環境のなか、島田・行竹両先生とマンツーマンで実験や論文購読に集中できたのは大変幸いであった。

最初は装置に触らせてもらえず、島田先生らの紹介で F. Birch の 1952 年の地球内部物性の名論文や、A. E. Ringwood のマントル物質の相転移に関する論文を読むことになった。ようやく後期になり、確かフッ化アンモニウムの相転移実験を、ピストン-シリンダ型装置を用いておこなったと記憶している。しかしたいした結果は出せず、今の自分の学生にはとても恥ずかしくて見せられないレポートのような卒論を提出したに終わった。とは言え、京大地球物理で、高压実験や高压下での理論的研究の一端に触れることができたのは、その後の私の研究の原点となった。

この後、修士課程は当時超高压実験の拠点であった名大に入学したが、ここで熊沢峰夫先生のグループにおいて切磋琢磨できたこと、また、その後オーストラリア国立大学で、Ringwood 教授と一緒に仕事できたことは、私の研究生活において京大時代とともに、大きな財産となった。

熊沢先生の独創性は、いまだにとっても足元にも及ばないし、当時の名大の研究レベルの高さには正直大変驚いた。ここでも私は、あまり出来のいい学生ではなかったが、大学院入試では、語学（当時は英語とドイツ語）だけは抜群の成績だったと、後でこっそり熊沢先生から教えていただいた。

先輩には現在東北大で COE 代表をしている大谷栄治氏をはじめ、壮々たるメンバーがいた。しかし熊沢先生と、その上に控えておられた島津康男先生（それぞれ、陰では「天皇」、「神様」と称されていた）が、あまりにも偉大な存在であったため、外様の私などは少々委縮気味であった。

その後、諸般の事情により博士課程は北大に移ったが、ここは逆に大学院生の力が強く、自分の

力でテーマを設定して研究をすすめ、結果を論文に取りまとめる能力は、むしろ鍛えられたという気がする。

学位取得後は、半年ほど学振の研究者として名大で研究に従事したが、1984 年末には中途辞退し、オーストラリア国立大の Ringwood 教授の研究室に研究者として赴任した。キャンベラにある同大学の地球科学研究所は、当時は世界の固体地球科学研究の中心の感が強く、非常に刺激的な研究生生活を送ることができた。Ringwood 教授からは、基礎科学とともに応用研究の重要さと、ポイントをとらえる大切さや、研究に対する姿勢を学ぶことができた。今、考えると、研究者として、また生活の面でも生まれたばかりの長女と妻、周囲にも良い友人に恵まれ、生活面でも最も充実した楽しい時期だったかもしれない。

その後 1987 年に北大で助手の職を得たが、旧態依然たる教室や研究室は肌にあわず、1 年半で飛び出し、当時「若手の登竜門」とも称されていた愛媛大に移ることができたのは、私にとって大きな幸運だった。若手が生き生きと活躍している当時の愛媛大・地球科学教室で、私も旧帝大の呪縛から解き放たれて、自由に研究をすすめることができた。このような教室の運営に努力いただいた愛媛大の故桃井斉教授や、小松正幸教授（元理学部長・学長）をはじめとした当時の教授陣には、頭が下がる思いである。

1989 年春に愛媛大に移ってからは、本格的に超高压実験を再開し、オーストラリア時代にやり残した沈み込むプレートを構成する様々な物質の相転移と密度変化の研究を、一段落させることができた。一方で 1990 年代からは、筑波の高エネルギー物理学研究所の放射光を利用した、「X線その場観察実験」に着手した。特に 1997 年に完成が予定されていた世界最大の放射光実験施設 SPring-8 における実験を想定しつつ、様々な実験技術や手法の開発を試みた。

1990 年代半ばからは、SPring-8 における 10 本の先行建設ビームラインの一つである高压地球科学関連ビームラインの設置に協力し、1997 年秋からの利用開始に向け、装置の調整や試料部の開発に従事した。そして利用開始直後には、当初の長期的目標であったポスト・スピネル転移の X線その場観察実験にあっけなく成功した。高エネ研での実験の蓄積が活かされるとともに、愛媛大グループのチームワークの良さがこの快挙の秘訣であった。

この成果は、利用開始後わずか半年後の 1998 年 3 月にサイエンス誌に掲載され、SPring-8 全体としての最初の研究成果として大きく注目された。その後も SPring-8 にで得られた様々な成果をネイチャー誌などに発表し、現在では愛媛大チームは SPring-8 のパワーユーザーに認定され、ビームラインの運営やユーザー支援においても重要な貢献をおこなっている。

このような中、前学長の小松先生の後押しもあり、愛媛大学に小さいながら、省令の学内共同施設「地球深部ダイナミクス研究センター」を 2001 年春に立ち上げることができた。私を含め数名が理学部や工学部から移り、実験と数値計算を中心とした地球のマントルから核に至る超高压高温条件下での、物質の構造・物性・ダイナミクスの研究に取り組んでいる。また学部学生の教育は勿論のこと、大学院生や博士研究員などの若手研究者の育成にもあたっている。

本センターでは何度か尾池和夫先生にご講演にお越しいただいたが、その際強調されていた先生の人材育成の基本方針は、「放し飼い」とのこと。教育業務放棄の方便の匂いがしないでもないが、私の着任当時の愛媛大地球科学教室はこれと同じ方針であったし、私も若手研究者に対して全く同じ考えで接しているつもりであった。先生のお話をうかがって、我が意を得たりと感じ入った次第である。立ち上げから地球深部ダイナミクス研究センターに携わり、当初から万年（？）センター長を仰せつかっている私は、若手研究者の育成において、このような京大方式を基本としたいと内心考えている。

ところで最近 10 年近く私がはまっているのは、ダイヤモンドの合成である。超高压実験技術を利用して、ナノ・サイズのダイヤモンド結晶がぎっしりつまったナノ多結晶ダイヤモンド（NPD）の合成に成功し、2003 年にネイチャー誌に発表した。NPD は通常の単結晶に比べても非常に硬い

ことがわかり、様々な用途への道が開かれつつある。当初は 1mm 程度以下の、かろうじて肉眼で見える程度の大きさであったが、今では 1cm 近い NPD の合成も可能になった。

この NPD の合成は、もとをたどれば 25 年前のオーストラリア国立大時代の失敗実験に端を発する。プレート物質の相転移を調べる実験において、高圧下で温度が急激に上昇し、試料は融けてしまったが、その周辺にキラリと光るガラスのような破片を見出した。グラファイトをカプセルとして用いていたので、ダイヤモンドだろうと考えたが、単結晶が成長したのかと思い、それ以上調べることはなかった。しかし単結晶ダイヤモンドは、触媒を用いてグラファイトとの相境界である 5 万気圧付近で合成するのが常識であり、グラファイトの「直接変換」で透明なダイヤモンドができたという報告はなく、ずっと気になっていた。

そこで、松山に赴任直後の 1990 年頃から学生とともに再現実験にとりかかった。しかし、色々と条件を変えても同じものはできず、あれは幻だったのかと、半ばあきらめかけた。そのうちに学生にも相手にされなくなり、一人で暇を見ては思いだしたように実験を続けていた。そうこうするうち、ようやく目的のものができたのが、更に 5 年を経過した 1995 年のことであった。その後、学生とともに生成条件の詳細を明らかにする実験を続け、2002 年に学会で発表した。これが単結晶ダイヤモンドの専門家の目にとまり、共同研究が開始された。

NPD 生成条件の解明には、特に何人かの女子学生が重要な働きをしてくれた。彼女らに敬意を表するとともに、愛媛の「媛」をとって、我々はこの NPD をヒメダイヤと称している。ちなみに「媛」は「彦」に対する女性を表す古語であり、愛媛はお姫様の国ではない。女性の神が治めた国であるとする日本書記の記載に由来する。ヒメダイヤは一方で、“Highly Incompressible and Mechanically Endurable Diamond” (超高硬度・高強度ダイヤモンド) の略でもある。

ヒメダイヤの大型化と応用を主要なターゲットとして、1 年前には世界最大の超高压合成装置となる BOTCHAN (Beyond Observable Toughness and Conceivable Hardness of Artificial Nano-diamond) を完成させた。愛媛大学の支援のもと新たな増築棟をつくっていただき、ここに世界最大の超高压変形装置 MADONNA (Multi Anvil Device ON Newer Applications) も設置した。この実験室は SOSEKI Lab と名付けられ、超高压を利用して未知の物質を生み出すことを目指している。ちなみに SOSEKI は「漱石」ではなく、新物質や宝石(石)を作り出す「創石」である。

ヒメダイヤは現在 1cm 程度のサイズまで合成可能になっており、また共同研究をすすめてきた住友電工から近く製品化される予定である。私としてはその高い硬度を利用して、新しい超高压装置に応用しようと研究をすすめている。定年まであと 10 年になってしまったが、この間は、まだまだこのヒメダイヤで楽しめそうである。

研究センター立ち上げからちょうど 10 年目を迎え、また 2 年前には地球科学分野のグローバル COE 拠点にも選出され、愛媛大学は実験と理論を基盤とした地球深部研究において、国内外でも一目おかれる存在になりつつある。また教員や研究員も大幅に増加し、多くの外国人研究者や留学生も抱えて研究教育にあたっている。そのルーツは、京大地物での高圧物性研究にあったといえよう。私自身が京大において学んだ自主独立と反骨精神、また自由な発想でこだわりの研究をすすめる点は、本センターの研究や運営においても生かされていると考えている。今後も松山から世界に向け、独創的・先端的な地球深部科学の発信を心がけたいものである。

雑感 ― 台湾に来て考えたこと

台湾中央研究院地球科学研究所 安藤雅孝

はじめに

1974年4月から2000年3月までの26年間、私は京都大学防災研究所に勤めた。所属した研究室・研究センターには「地震予知」の名が付いていたが、私自身は地震予知に向けた研究はしていなかった。その意味で、私は役立たずであった。その後、名古屋大学理学・環境学研究科に移り、2007年に退職し、以後、台湾中央研究院地球科学研究所に勤務している。

京大防災研時代に始めた私の研究の多くは、結末もつけずに途中で止めたものが多いが、現在も取り組んでいる課題が一つだけある。それは海底地殻変動観測で、キネマティックGPSと音響測距の2つの技術を組み合わせて、海底の位置を決めるものである。用いる技術は最先端とは言い難いが、深さ数千メートル海底の位置を1cmの精度で決めるのは、じつに難しい。10数年前、地物専攻の修士論文発表会で、「1mの精度しかない観測を、どうやって1cmの精度に上げるのか、その方法を述べよ」との質問が、私の指導学生にあった。なかなか厳しいものだが、当時私自身も良い答えはなかった。私が名大に移る際、京大で博士号を取得したばかりの田所敬一さんも名大で採用された。田所さんや学生諸君の奮闘もあって、数年の内に、3-5cm程度の精度に達した。現在、日本では、海上保安庁も同じような観測を定常的におこなっている。海上保安庁は、船底に音響信号を送受信するトランスデューサーを備えた専用船を持ち、本州沖17カ所で観測を行っている。その測定精度はもうすぐ1cmに届きそうだ。

台湾でも、日本に周回遅れで、海底地殻変動を始めることになった。こちらでは、調査船や観測システムなど難問が山積みである。しかも、私が赴任してから始めたので、準備期間も短かった。それにも関わらず、多くの人の助けを貰い、この計画を始めることができた。今は、台湾で新しいシステムを作り、台湾の周辺の海域を測器で埋め尽くそうとの夢を追っているが、実現にはまだ数年かかりそうである。そんな由で、日々準備や観測に追われており、ここでは思いつくままの雑感でお許しいただきたい。

日本で思ったこと

私は、1ヶ月に1回ぐらい日本に帰っており、かつ毎日、NHKの海外放送を観ているので、あまり日本から離れている気がしない。実際、沖縄本島まで飛行機で1時間半、とても近い。街には漢字が氾濫しており、それらの意味も6-7割程度は分かる。台湾の人の親切さも手伝って、外国であることを忘れさせる。そんな生活をしている私だが、日本に行くと、やはり「違う」と感じるものがいくつかある。

まず、最初を感じることは、電車でお年寄りに（あまり）席を譲らないこと。今年、日本の地下鉄に乗っていて、腰が90度にも曲がった高齢のご夫婦が車内に入って来たとき、誰も立とうとしなかったのには、凍りつく思いがした。見てはいけないものを見たような気がした。台湾ではまずありえない。特に気負って席を譲るわけではなく、ごくありふれたことなのだが。

じつは、私自身、台北の電車で席を譲られたことがある。それまでは想像もしていなかったことなので、一瞬間の中はパニックになった。「どうぞご心配なく」とゼスチャーでとっさにお断りした。好意に対して、快く座るのが礼儀とあとで教えられたが。台北の街でも、若者のカップルが街の中で抱きあったり、キスをしているのは、日本と変わらない。若者を道德教育で締め上げているわけではない。とても自由な国である。なぜ違いが生じたのだろうか。日本は交通マナーが良く、歩行者にはとても優しいのだが、近い距離で親切にするのが苦手なのだろうか。

もう一つの違いは、日本では、研究発表のタイトルもスライドもほとんど日本語。台湾では、タイトルやアブストラクトは英語が普通。てっきり英語の講演かと思って行くと、中国語で話し始められ、面食らうこともある。しかし、スライドが英語なので助かる。学生がセミナーで発表する際にも、ほとんどスライドは英語で準備する。博論審査の発表会でも、スライドはもちろん英語だが、外国人の私がいたら、発表まで英語でしてくれた。スライドが漢字なら分かりやすいかというと、必ずしもそうではない。理解できない言い回しや、日本と異なる意味で使われる漢字もある。特に、テクニカルタームは、英語で書いて

くれると助かる。日本から来た私ですらこんな状態である。非漢字圏の人達には、スライドも発表も中国語ではお手上げであろう。その意味では、台湾では国際化の努力がされている。

私が勤める研究所では、事務関係の書類も、研究所間のソフトボールの試合の結果も、中国語と英語のメールが流される。研究者が英語に堪能なのと、事務関係者の中にも、英語を書ける人がいるためだ。事務書類の英語は、こんな風に表現するのかと、感心して読むこともある。司書の女性も流暢な英語で本を探してくれる。この研究所では、**native speaker** のように英語を話す人も少なくない。日本の大学では、国際化が叫ばれているようだが、大学の通知も講義も講演発表もスライドも、すべて日本語では、留学生や外国人研究者には辛いことだろう。ただし、私が頭にあるのは、10年前の京大と3年前の名大と現在客員教授をしている琉球大学だけであって、すべての大学を知っているわけでない。

世話人の竹本修三さんに、「外国人が参加する学会では、せめてスライドだけでも英語で作ったらどうだろうか」と2010年の幕張の地球惑星関連連合大会で話したら、そのことを集録(Ⅱ)に書けと言われた。そんなことから、この雑文を書くことになった。

大学の国際化

私は、桃園空港の近くの国立中央大学の客員教授をしており、9月からの上半期、大学院向けの講義を週2時間受け持っている。もちろん、私の大変拙い英語を使わざるを得ないので、学生諸君にはいつも申し訳なく思っている。それにも関わらず、学生も出席してくれ、質問や発表もしてくれる。日本だったら、院生がこんな面倒な講義に来てくれるだろうか、と考えてしまう。

中央大学の地球物理研究所(日本の大学院専攻科に相当)にはギリシャ人の火山地震学の教授がいる。彼から先週こんなことを言われた。EOSに日本の大学の教授の公募が掲載されていたが、「国籍は問わないが日本語で講義ができること」と条件が書いてあったが、そんな外国人がいるだろうか。あれは国際化のポーズを取っているだけで、基本的に外国人を締め出しているのではないかと。むしろ国際化を叫ぶなら、英語で講義の方が、留学生にも日本人の学生にも都合が良いはず、と言われた。私は、日本ではすべての教授が**assistant**を雇うほど豊かでないから止むを得ないかもしれない、と曖昧な返事をした。でも、そうならばEOSに募集を出す必要ないかもしれない。このギリシャ人の意見に私は基本的に賛成だが、京大地球物理学教室ではどうなのだろう？

現在、国立中央大学では、英語の講義数や留学生数を増やす努力がされている。学生の英語教育にも力を入れているとのことだった。たしかに、今年の私の講義に出席している院生は7人だが、内訳は、台湾人3名、インド人、フランス人、フィリピン人、バングラデッシュ人各1名である。さらに、国立台湾大では、ほとんどの専門教育は英語でされていると聞いた。台湾は日本に比べ、人口は18%、国土は10%、GDPは8%に過ぎないが、これだけのことはしている。日本はもう少し頑張ってみてはどうだろうか。

台湾から、海外の大学院に進む割合は、日本よりはるかに高い。もっとも、「最近の学生は安穏と台湾で暮らすのを望み、海外に行かなくなった」と嘆いていた先生もいた。昔は、大学院進学希望者のほとんどが、海外の大学を選んだようだ。私が訪問した地球科学関係の教室には、教員全員が欧米の大学で博士号を取得している例も少なくなかった。しかし、日本の大学で博士号を取った人は、少なくとも地球科学にはいなかった。聞いてみると、日本は簡単に博士号を出すので信用できない、とのことだった。こんな話を2カ所で聞かされ、耳が痛かった。最終生産物である研究者に差異はないはずだが、こんな印象を持たれているとすれば残念である。このためか、台湾で日本の大学院進学希望者に、私は一度も会ったことがない。

私の勤務先

中央研究院は、南京政府の時代、1928年に設立され、蒋介石軍と共に台湾に移った。大学や他の国立研究機関が教育部などの省庁の下にあるのと異なり、内閣に直属する機関である。総予算は年間4億米ドルとのことであり、日本とのサラリーの差を考慮すると、日本では8億米ドルに相当する予算規模であろう。周囲4kmの敷地に、31の研究所とセンターが置かれている。その構成は、人文・社会学系、数物系、生命科学系と3つに分かれるが、現在勢いがあるのは、生命科学系である。新しい建物が次々建設されている。

中央研究院の中に、私が気に入っている施設が2つある。その一つは、3階建ての大型の総合体育館。テニスコートやバスケットコート、プールや1周150mのトラック、種々の運動器具などの設備がある。

朝 7 時から夜 10 時まで開いており、会費を払えば部外者でも使用ができる。施設の目的は職員の健康維持とのことで、勤務時間中に使用して構わない。「こんな施設を日本で作ったら事業仕分けにあうだろう」というのが地球物理学教室の平原和朗教授の感想だった。私も、当初 3 ヶ月はここには熱心に通ったが、その後は一度も行っていない。しかし、日本からの訪問者には、是非こんな施設を大学や研究機関にも作ったら、と案内することになっている。もう一つは、歴史語言研究所の歴史文物陳列館である。ほとんどは、南京政府時代からの収集品で、ミニ故宫博物院との感じである。そこには、石器時代から清朝までのコレクションが展示されている。観光客で混雑する故宫博物院とは違い、落ち着いた雰囲気で見学できる。中央研究院には、このほか 6 種類の美術館や博物館があり、ここで昼休みや週末を過ごすのも楽しい。これらの博物館は、一般公開もされている。

地球科学研究所は、地球化学、地質、地球物理の分野で構成されている。その中では、現在は地球化学に勢いがある。地球化学には 10 名の外国人研究員やポスドクがいるため、このグループでは、セミナーはすべて英語とのことだ。研究所の人員構成は、研究員が 30 名、研究技術員が 7 名、ポスドクが 20 名、助理 (assistant) が 80 名である。研究技術者は、観測網や測定機器などの開発や維持管理を担当するが、多くは博士号を取得しており、自主的に研究をする人もいる。このようなポジションは、日本ではほとんど見られないが、機器開発や観測の際には相談にのってくれるので助かる。

台湾

定まった領土や領域があり、人がそこに住み、支配する政府を持つ集団を国家と呼ぶとすれば、台湾は立派な国である。私は、これに加え、人権が守られ、民主的な国を近代的国家と呼びたい。その意味で、台湾は立派な近代的な先進国である。しかし、台湾と国交のある国は 23 カ国で、その多くは、中南米諸国やオセアニアの小国である。日本をはじめとする主要な国は、台湾は中国の一部とみなし、正式な国交はない。ただし、現実には中国の実効的な支配は台湾におよんでいないので、多くの国は、実質的な「大使館」を台湾に置いている。日本は、「財団法人交流協会」という名の事務所を置いている。この協会の建物には、日本の国旗が立っているわけでもなく、外見ではどのような団体か分からない。一方、台湾も、「台北駐日経済文化代表処」との名で、日本に「大使館」や「領事館」相当の事務所を置いている。中国は、台湾が「台湾」との名を正式名として使うことを極度に嫌う。したがって、オリンピックも台湾の国名は、Chinese Taipei である。歴史的な経緯や現状を私がここで述べる必要はなかろうが、国際政治とは、一般の人間には理解しがたいものである。国際政治にも、裁判員制度のような制度があれば、台湾は国としてきっと認められるだろう。

台湾の前政権 (民進党) は、国名を台湾として、国連に加盟手続きを取る運動を続けてきた。それ自体は、私はまともな方針と思うが、アメリカなどの反対を受けて実現性はなかった。その上、多くの国民は中国との緊張関係は望んでいなかった。最近の緊張緩和のお陰で、徴兵制もじきに廃止されるらしい。何よりも国民は、中国との経済交流による景気の回復を望んでいたと思われる。さらに、前総統 (大統領) の汚職腐敗のため、民進党は総統も国会の多数も失った。この結果、国民党が多数を握り、中国に急速に接近し始めた。あれほど共産党と対峙し、大陸反抗を叫んでいた国民党が親中国となった。歴史とは不思議なものである。この 2 年間の変化は大きい。それまでなかった、中国大陆への直交飛行機便が認められ、今や便数は膨大な数になった。私も、昨年福建省に行ったが、たしかに直行便は便利だ。ただし、台湾海峡の上は飛行禁止区域とかで、大きく迂回するため 3 時間もかかったが、まっすぐ飛べるようになれば、1 時間ぐらいで着くだろう。中国大陆はじつに近い。現在台湾の各地の観光地は中国人観光客で溢れている。また、どの売り場も Made in China ばかりである。台湾の経済は、中国に大きく依存するようになった。

さらに、兩岸経済文化交流、兩岸研究協力も盛んである。ここで、「兩岸」とは台湾海峡兩岸との意味で、「両国」と名付けないのは、微妙な問題を避けるためであろう。中国は、「台湾は中国の一部」との原則を貫くため、台湾人が中国に入国する際は、「中国人」として扱うらしい。ただし、私が会った台湾人の中で、中国との統合を望んでいる人はいなかった。用いる言葉は中国語、ルーツも似ているのだから、将来は一緒になるのではと私が聞いたところ、それならアメリカはイギリスと一緒にいるか、と反論された。台湾は今後も変化を続けるだろう。その結果は、日本に大きな影響をおよぼさざるを得ない。日本は台湾にもう少し関心を向ける必要があるだろう。

地物教室測地学分野の海外観測・国際貢献

竹本修三

1. 南米ペルー・チリにおける地殻変動連続観測

西村英一は、1960年のチリ大地震の直後に「地震に伴う地殻変動の国際共同観測（趣意書）」をまとめているが、そのなかで以下のように述べている（地かく変動部門, 1967）。“世界すべての地震国にとって、もっとも恐ろしい破壊的地震を事前に察知し、その惨害を可及的に防止・軽減する最善の方法を見出すことは、われわれ地震学者に課せられた最大の責務である。かかる見地になつて、単に日本においてのみならず、広く世界の地震国すべての協力によってこの問題の解決に進むべきであり、（中略）そしてこのような協力体制のもとにおいて始めて人類の共通の敵である大地震の本性を明らかにし、その惨害からわれわれの社会を守ることができると思ふ。”

当時の西村は、健康がすぐれなかったが、南米・北米・アリューシャン列島から日本列島・台湾・フィリピン・ニュージーランドを結ぶ環太平洋地殻変動観測網の構築の壮大な構想を抱いていた。西村は、この構想に基づき、1962年2月より3カ月間にわたり中南米に出張し、メキシコ、ペルー、チリ3カ国の関連機関の研究者と地殻変動共同観測の計画を話し合った。その内容は、(1)メキシコ4、ペルー7、チリ5の計16カ所で地殻変動の共同観測を実施する。(2)観測機器は京都大学が提供する。(3)観測用坑道と電力等の設備は現地3カ国がそれぞれの国の費用で準備する。(4)機器設置には京都大学から研究者を派遣し、現地の観測要員の指導を実施する。(5)観測記録は京都大学側と現地の担当機関の双方が利用する、というものであった。

西村は帰国後、上記3カ国の関連機関の担当者と共同観測の実施に向けての実質的交渉を行うとともに、国内の関係諸機関の支援と協力を得るために努力した。この間、田中豊や津島吉男を中心に観測機器の設計図が作られ、一部の機器の製作・性能試験が開始された。その計画途上の1964年3月に、西村英一は57歳の若さで急逝した。これにより一時は計画続行が危ぶまれたが、あとに残った田中豊は、一戸時雄、岸本兆方、中川一郎、田中寅夫などの協力を得て、粘り強く計画推進に向けての努力を続けた。

1964年8月にはカウンター・パートの1つであるメキシコ大学が観測用横坑掘削経費を工面できないということから、計画中止を申し入れてきた。しかし、ペルー及びチリの関係機関からは、西村の突然の不幸を悼むとともに、専門家派遣の時期が多少遅れても計画を遂行したいとの回答があり、現地で観測用の横坑掘削工事がすすめられた。ペルーにおいては、ペルー地球物理研究所がペルー国内の西北西に位置するイカ（Ica）地域に深さ34m～64mの横坑4カ所、国立サン・アグスチン大学地球物理研究所がイカ地域の南方のアレキパ（Arequipa）地域に21m～23mの横坑4カ所の工事を開始した。また、チリにおいても国立チリ大学地球物理学・測地学教室がサンチャゴ地域で3カ所の観測用横坑（37m～220m）の掘削工事に着手した。

一方、国内においては、中南米技術協力計画の一部として本計画が認められることになり、ペルー及びチリの2カ国に3名の専門家を派遣することが決定された。この際、京都大学が準備した派遣専門家の携行機材は、各観測所あたり、(1)Bow-string型伸縮計 2成分、(2)水平振子型傾斜計 2成分、(3)磁気偏角変化計 1台、(4)気温気圧変化計 1台、(5)光学記録器 2台、(6)光源ランプ 8台、(7)付属品 1式であった。合計30箱、総重量4トンに達するこれらの観測機器等は、1965年7月17日に京都大学から搬出され、神戸港から船便でペルー及びチリ両国に送り出された。

そして、1965年10月～1966年1月の3ヶ月間、田中 豊、中川一郎と津島吉男の3名がペルー及びチリに出張し、計器設置ならび現地職員の技術指導を行った。まず、ペルーにおいては、イカ地域にペルー地球物理研究所が用意した横坑4カ所に観測計器の据付を行った。続いて、アレキパ地域に国立サン・アグスチン大学地球物理研究所が用意した横坑4カ所に計器設置を行った。ペルー滞在中の60日間で8カ所の観測室の計器設置を終了したことは、現地の協力があつたとしても驚異的な早さである。これにはペルー地球物理学研究所の太陽部長であつた石塚睦博士の尽力によるところが大きかった。

チリにおいては、サンチャゴ地域で5カ所に観測機器を設置する計画であつたが、田中らがチリに着いたとき、1カ所、ケルテウエス(Qeltehues)の観測室が完成していただけて、他の2カ所は建設中、残り2

カ所はまったく工事が行われていなかった。ケルテウエスの観測室には計器設置ができたが、工事中の 2 カ所については滞在中に完成しなかったため、指導のみ行い、設置は現地スタッフに任せざるを得なかった。

1966 年 6 月 7 日にペルーのイカ地域の沖合 20km の太平洋底に $M=6.3$ の地震が発生し、震源から約 40km の距離にあるサマカ(Zamaca) 観測室では傾斜計 2 成分、伸縮計 2 成分に地震前の異常変化が観測された(田中 豊・他, 1969)。また、震源からの距離が約 100km のサマルカ(Saramarca)および約 110km のガダルーペ(Guadalupe)観測室の傾斜計にも特異な変化が見出されたが、坑道掘削や計器設置後の日が浅いため、それらの影響も否定できず、地震活動との関連についての詳細な議論には至らなかった。

その後、1975 年 1 月～3 月に中川一郎、田中 豊、尾池和夫、加藤正明の 4 名がペルー及びチリを訪れ、イカ地域のコンドル(Condor) 観測室に伸縮計 1 成分を増設し、合計 3 成分の伸縮計にはアナログ信号を取り出すための差動トランスを取り付け、従来からの光学的印画紙記録方式に加えて、打点式記録計にも伸縮計データが記録できるようにした。また、アレキパ地域のアレキパ観測室に伸縮計 1 成分と光学記録計が増設されたほか、チリのケルテウエス観測室にも伸縮計 1 成分が増設された。このほか、ペルー及びチリ両国における重力測定や地震活動の調査も行なわれた(中川・他, 1976)。

田中豊(1994)は、1965～1983 年の 18 年間にわたる国際共同観測の結果のなかで、比較的良好のデータが長期間得られたペルー・イカ地域のコンドル観測室における傾斜計・伸縮計の記録を解析し、傾斜計データからは、ほぼ 10 年周期の変動が見いだされ、この地域で発生する $M>7.5$ の地震は傾斜変化の山・谷のところで発生しているように見えると報告している。また、伸縮変化については、長期のデータは東西及び南北方向の 2 成分しかないため、主歪の方向や振幅変化を論ずることはできないが、面積歪で見ると、1974 年 10 月 3 日にリマ附近で起きた $M=7.6$ の地震の後から急速な縮み変化を示し、その変化は 1979 年頃まで続いたことが明らかになった。田中豊は、得られた傾斜・伸縮変化をこの地域の低角逆断層型地震の発生過程と関連づけて論じている。

2. 国際重力結合

重力測定には絶対測定と相対測定の 2 つの方法があり、絶対測定は長さや時間の基準に基づいて、個々の観測点の重力加速度 (g) そのものを求める方法であるが、装置が大がかりで、1 点の観測に設置から撤収まで多くの日数を必要とする。これに対して、相対測定は重力値の差をスプリングの伸び縮みの差などに置き換える方法で、このための重力計は小型・軽量のものであり、短期間に多地点の重力値を求めることができる。第 2 次世界大戦後、油田開発などの重力探査を目的として開発された小型のスプリング式重力計が広く普及し、世界各地でさまざまな目的に広く用いられるようになった。しかし、得られた重力値は相対的なものであり、相対重力計を用いた測定には重力値が既知の測定点を少なくとも 1 点は含む必要がある。

1960 年代の初めにレーザーが開発されて以後、レーザー干渉法を用いた絶対重力計の開発が精力的にすすめられた。しかし、それが製品化され、一般ユーザーが広く絶対重力測定に使用できるようになったのは、1990 年の半ばである。それまでは、数少ない絶対重力測定点から相対重力計を用いて重力基準点を広げて行く必要があった。これを重力結合と呼ぶが、大陸を跨いで既知の重力点から相対重力計を用いて重力基準点を敷衍させて行くことを国際重力結合という。

1979 年から 3 年次にわたり、中川一郎のリーダーシップで、日本の海外学術調査班が延べ 4 回に及ぶ環太平洋国際重力結合を実施した。これには、国内の大学・研究機関から 9 台のスプリング式ラコステ重力計 (G 型) が参加し、重力差にして 6Gal (cm/s^2) に及ぶ環太平洋の 15 カ国・地域にある合計 34 都市間の重力結合が実施された(中川・他, 1983a, 1983b, 1983c, 1983d, 1983e)。これらの成果は、中川一郎が組織委員会副委員長兼事務局長を務めた第 1 回 IAG 学術総会(1982 年 5 月: 東京)で報告され、大きな反響を呼んだが、なかでも中国からは、環太平洋国際重力結合を中国まで延長するようという強い要請があった。そこで、再び中川一郎を代表者とする海外学術調査班が組織され、1985 年に日中国際重力結合が実施された(中川・他, 1987, 1989, 1995)。

3. 赤道域における超伝導重力計観測

1970 年代に米国で開発された超伝導重力計(Super-conducting Gravimeter : SG)は、従来からのスプリ

ング式重力計に比べて 2~3 桁の感度が高く、地球表面の重力値(9.8m/s^2)の 12 桁目の変化($1 \times 10^{-11}\text{m/s}^2$)を測定できる能力をもっている。京都大学では、中川一郎が 1988 年 3 月に 2 基の SG(TT-70 型 8 及び 9 号機)を導入し、東敏博らの協力を得て、理学部 4 号館の地下観測室で高精度の重力測定を開始した。

超伝導重力計をグローバルに配置して地球深部に起因する微弱な重力変化を検出し、地球深部ダイナミクスなどを明らかにしようという GGP (Global Geodynamics Project) 計画が 1990 年代に浮上した。この計画の推進者の一人であった竹本修三は、京都大学が保有する 2 基の SG のうちの 1 基(TT-70 型 8 号機)を SG 観測の実績のない赤道域に移設することを計画した。竹本は、当時 UNESCO ジャカルタ事務所に勤務していた橋爪道郎博士の協力を得て、インドネシアとマレーシアの数カ所について、SG の移転先を調査した結果、最終的にインドネシアのバンドンにあるインドネシア火山調査所(Volcanological Survey in Indonesia :VSI)の構内に移設することを決定し、1997 年 12 月に福田洋一、東敏博らの協力を得て、SG (8 号機)を京都からバンドンに移設した (Takemoto *et al.*, 1998)。

その間、GGP のデータ・センターは、わか t t ー王立天文台 (ブリュッセル) の地球潮汐国際中央局(ICET)内に置かれることが決定され、1997 年 7 月より、データ流通が開始された。これに、日本からは、京都及びバンドンのほか、江刺、松代、キャンベラ (オーストラリア)、南極・昭和基地、ニーオルセン (ノールウエイ) の 7 観測点に参加した。

バンドンは GGP に所属する約 20 の観測点のなかで、唯一赤道域にある SG 観測点として、1997 年以来、貴重なデータを GGP に提供するとともに、バンドン観測点に固有の問題として、降雨・地下水・土壌水分の重力観測に及ぼす影響 (Takemoto *et al.*, 2002) などを研究してきた。しかし、2004 年 3 月 27 日に時間雨量 140mm を超える局所的集中豪雨のために観測室が水没し、計器の修復が不可能となり、観測中止のやむなきに至った。

バンドンは赤道域にある唯一の観測点であったため、何とか再開して欲しいという国際的な要請があり、京都大学では再開に向けての努力を続けたが、講座担任の竹本は 2006 年 3 月に定年退職した。そのあとを継いだ福田洋一がジャカルタとバンドンの中間にあるチビノン (Cibinong) のインドネシア測量及び地図国家協力機構 (The National Coordination Agency for Surveys and Mapping in Indonesia(BAKOSURTANAL)) に SG (CT 型 022 号機)を設置し、2008 年 11 月に観測を開始した。これにより、京都大学は、赤道域の精密重力観測を再開することができた。

4. 東アジア・東南アジアにおける絶対重力測定

FG-5 型絶対重力計の測定精度は環境ノイズの状況により異なるが、大体数 μGal (10^{-8}cm/sec^2) の精度で重力加速度の絶対値を決定することができる。そこで、cm オーダーの土地上下変化に伴う重力変化が絶対重力計を用いて測定できるようになった。

1999 年につくば市で開催された IAG アジア太平洋スペース・ジオダイナミクス計画(APSG)全体会議において、環太平洋絶対重力測定の重要性が指摘されたほか、国連アジア太平洋地域地図会議・アジア太平洋 GIS 基盤常置委員会 (PCGIAP) においてもアジア太平洋地域における絶対重力測定の必要性が議論され、とりわけこの取り組みに対する日本の貢献が要請された。このような国際的要請に応えるために、2002 年から 2005 年の 4 年間に竹本修三が中心となり、国土地理院及び中国科学院測量・地球物理研究所などの国内外の関連機関の協力を得て、中国 10 カ所(10 点)、台湾 1 カ所(2 点)、インドネシア 4 カ所(4 点)、マレーシア 2 カ所(2 点)、フィリピン 1 カ所(1 点)、タイ 2 カ所(2 点)及び日本 8 カ所(9 点)、計 28 カ所(30 点)における絶対重力測定を実施し、1000km~3000km の距離で東アジア・東南アジアを結ぶ絶対重力基準網を構築した(竹本・他, 2006)。

このキャンペーンのなかで、インドネシア、マレーシア及びフィリピンにおいては、それらの国における最初の絶対重力測定であった。その結果、これらの国の重力基準網に基準重力値を与えることができた。

東アジア・東南アジア地域で実施した絶対重力測定の測定点が図 1 に示されている。今後 10 年程度の間隔において、各重力点の繰り返し測定を行えば、大陸と島弧の相対的な上下変動を cm オーダーで明らかにすることができると期待される。

このほか、絶対重力計の重要な役割の 1 つは超伝導重力計 (SG) の Calibration Factor を決定することにある。このキャンペーン期間中に SG が設置されている武漢、バンドン、江刺、松代、京都及び神岡において絶対重力測定を実施し、それぞれの観測点において SG の Calibration Factor を求めた。

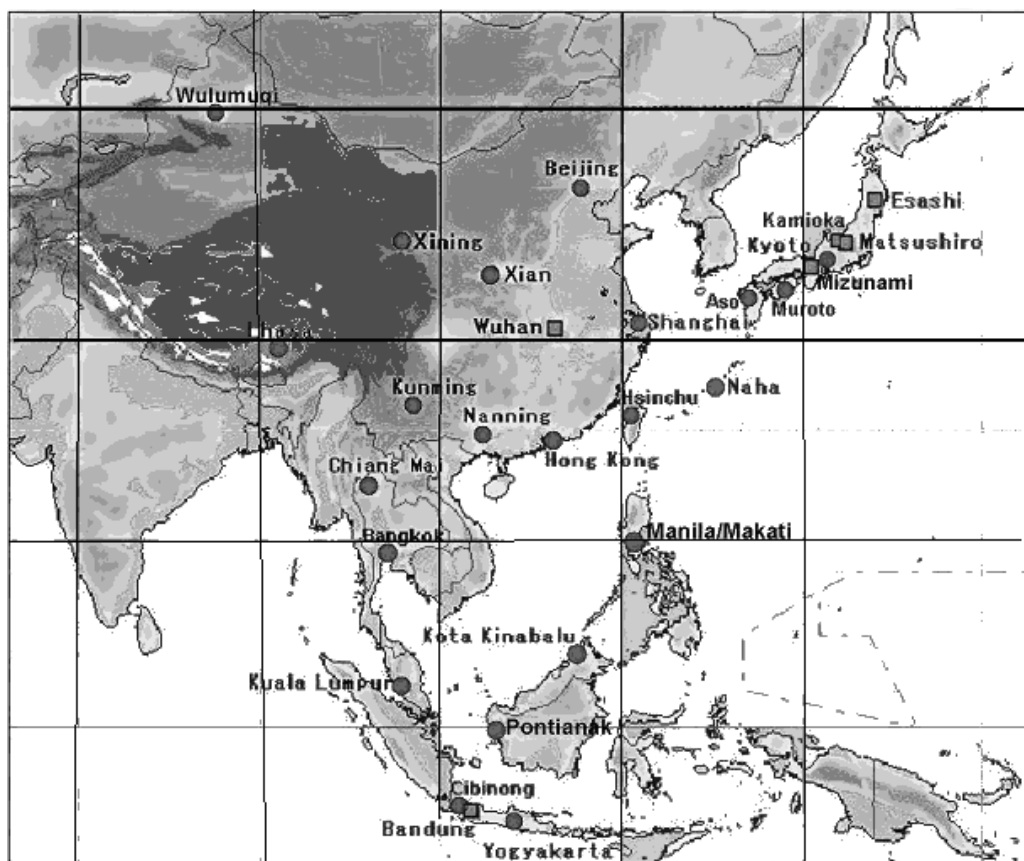


図1 東アジア・東南アジアにおける絶対重力測定(2002～2005年度)。

ところで、現在急速な発展を遂げつつある東南アジア諸国では、かつてわが国が経験したと同様の地盤沈下が大きな社会問題となっている。福田洋一らは、FG-5 型絶対重力計のほか、より小型・軽量の A10 型絶対重力計を用いて 2008 年度からインドネシアやタイにおいて多点の絶対重力測定を行い、GPS (Global Positioning System)や InSAR (Interferometric synthetic aperture radar)に代表される宇宙測地技術で得られるデータとも合わせて検討することにより、過剰な地下水揚水に伴う地盤沈下のモニタリングを実施している。

5. 京大測地学分野の国際測地学協会 (IAG) への貢献

最後に京都大学の測地学研究者の国際測地学協会 (IAG) への貢献を記しておく。

中川一郎

1983～1987 IAG Section III (Determination of the Gravity Field): Secretary

1987～1991 IAG Section III (Determination of the Gravity Field): President

〃 IAG Executive Committee: Member

田中寅夫

1984～1987 IAG Commission VII(Recent Crustal Movements)

Western Pacific Sub-commission Secretary

1987～1991 IAG Commission VII(Recent Crustal Movements) Vice President

1991～1999 IAG Commission VII(Recent Crustal Movements) President

竹本修三

1991～1995 IAG Special Study Group:3.137 [Combined Use of Gravimetry and Stress-Strain Measurement Techniques]: Chairman

1995～1999 IAG Commission V(Earth Tides) Vice President

1999～2003 IAG Commission V(Earth Tides) President
福田洋一
2007～2011 IAG Commission 2 (Gravity Field) President
" IAG Executive Committee: Member

(文献)

- Takemoto, S., Y. Fukuda, T. Higashi, *et al.*: Precise Gravity Observation in Bandung Using a Superconducting Gravimeter, Proc. of the Symposium on Japan-Indonesia IDNDR Project, Sept 21-23, 1998, Bandung, Indonesia, (1998), 223-230.
- Takemoto, S., Y. Fukuda, T. Higashi, *et al.*: Effect of groundwater changes on SG observations in Kyoto and Bandung. Bulletin d'Information des Marees Terrestres (BIM), Vol. 136, (2002), 10,839-10,848.
- 竹本修三・福田洋一・東 敏博・他 (2006) :東アジア・東南アジアにおける絶対重力基準網の確立, 測地学会誌, 第 52 巻, 第 1 号, 51-95.
- 田中 豊・一戸時雄・他 (1969) : 1966 年イカ地震(ペルー)前後の土地の異常変動, 京都大学防災研究所年報, 第 12 号 A, 19-31.
- 田中 豊 (1994) : 地殻変動の様式から推定される低角逆断層型地震の発生過程と前駆的地殻変動観測, 月刊地球, 第 16 巻, 8 月号, 333-337.
- 地かく変動部門 (田中 豊) (1967) : (地震に伴う地殻変動の国際共同観測 (序報), 京都大学防災研究所年報, 第 10 号 A, 77-111
- 中川一郎・田中 豊・尾池和夫・加藤正明 (1976) : ペルー及びチリにおける地殻変動と地震活動の学術調査—調査の目的と概要—, 学術月報, 第 29 巻, 第 3 号, 207-212.
- 中川一郎・東 敏博・他 (1983a) : 環太平洋地域における国際重力結合(I) , 測地学会誌, 第 29 巻, 第 1 号, 48-63.
- 中川一郎・他 (1983b) : 同 (II) , 測地学会誌, 第 29 巻, 第 1 号, 64-75.
- 中川一郎・他 (1983c) : 同 (III) , 測地学会誌, 第 29 巻, 第 2 号, 113-123.
- 中川一郎・他 (1983d) : 同 (IV) , 測地学会誌, 第 29 巻, 第 3 号, 141-148.
- 中川一郎・他 (1983e) : 同 (V) , 測地学会誌, 第 29 巻, 第 3 号, 150-156.
- 中川一郎・中村佳重郎・東 敏博・他 (1987) : 日中国際重力結合(I) , 測地学会誌, 第 33 巻, 第 3 号, 185-204.
- 中川一郎・他 (1989) : 同 (II) , 測地学会誌, 第 35 巻, 第 1 号, 37-47.
- 中川一郎・他 (1995) : 同 (III) , 測地学会誌, 第 41 巻, 第 2 号, 171-195.

海外における地球物理観測—京都大学の貢献

橋爪道郎（1961 年卒）

海外における観測と言っても、国家間の協約により観測を伴う事業が実施されることがある。多くの場合、一定の期間にかなりな資金が投入され、その技術提供は専門業者の請負となる。その契約期間を過ぎるとその事業は終了となる場合が多い。私がここに述べる海外における地球物理観測はその主体が科学者で、その資金は科研費程度、観測方式も固定観測から移動あるいは臨時観測を含むことにする。技術は多くの場合手作りに近い。その継続期間は観測の必要性の続く限り持ちこたえることが期待される。この集録の性格上、京都大学における研究の記述が主体となるが、特にそれにこだわるわけではない。なお、以下の文章では失礼ながら敬称は略させていただいた。文献引用は WEB で検索できるものに関しては省略した。

私が地球物理観測に初めて参加したのは京大 4 回生の時であった。三雲健に連れられて和歌山県の伊太祁曽というところへ非平衡型の電磁地震計を持って微小地震の観測をしたのが研究生生活の事始めであった。当時は、とにかくにも、感度を上げることが至上目的であった。ようやくエレクトロニクスが実用に供されるようになった頃である。教室では多くの試作機が考案された（本号「地球物理と防災研関係の工作室-人と機械」参照）。三木晴男は「地震」20 巻記念特集号において、それらを「現れては消える珍奇な計測器類」と皮肉った（三木晴男, 1967）。二次微分方程式の権化たる地震計はもはや多くの改良の余地をもたなかったと思う。高感度広帯域地震計・プロトン磁力計・超伝導重力計など、古典力学から離れた技術は、京都盆地はおろか日本列島のなかでで育たなかった。

一方、米国地質調査所 (USGS) は従来の型の地震計を世界中にばらまいて新たな地震学、特にプレートテクトニクスの形成に貢献した。これはアメリカの国力の発揚である。プレートテクトニクスの発展において日本の貢献にみるものはないといわれるが、巨大科学としての海洋観測では太刀打ちできなかったとしても、和達清夫ほかの日本列島下の深発地震の発見は、寺田寅彦以来の伝統的な深い洞察と直感に基づいた成果として、いまさらながらその卓見に頭が下がる思いがする。一方、世界規模から地域規模へ、そして、局地規模への研究も促進された。これも科学の必然である。

私自身は京都大学にあって、微小地震の観測に従事した。それはそれで目的があり、おもしろかった。ここで苦労したのは、要求される観測目的に観測精度・信頼度・安定度をいかに合致させられるか、ということであった。観測当事者として実際に計器を扱うと、その信頼度は、公表されている信頼度からみると遙かに及ばないことが間々ある。たとえば浅い地震の震源位置の決定精度を扱う場合などである。これは観測技術の問題だけでなく、観測のシステムを考えなければならないと思いつつあった頃、私は岡山大学に出向した。出向まもなく私は、カナダの Dominion Observatory として知られた研究所に二年間滞在した。京都大学で展開していた微小地震観測網を一回り拡大したような観測網とそこで親しく接することになった。古典的ではあるが安定して欠測のないデータを自由に使わせていただいた。

岡山に復帰して、玉野市渋川にあったある施設の跡地を利用して「環境計測共同利用施設」と名付けた観測所を創設した。佐橋謙も発起人の一人であった。この施設を有効に利用できる観測機材をそこに持ち寄ることにした。残念ながら 1982 年に私が退職してユネスコに勤務した後、この施設は長くは続かなかったようである。

ユネスコ勤務においては、観測自体を推進する任にはなかったが、パリで会った人のなかに Barbara Romanowicz がいる。彼女は GEOSCOPE (<http://geoscope.ipgp.fr/>) の創始者のひとりであり、今からの地震学は広帯域でないとだめだと吹きかけられた。そしてその観測から新しい地球観が生まれたのはご存じのとおりである。そのとき地震計の設置は

地表に砂をまき平らにして、その上にガラスをおいて観測するのだと説明され、オヤと思った。我々だったら、できるだけ安定な地盤の場所を探すか造成した上で観測を行うだろうと思う。

主な仕事のひとつに IUGG 傘下の IASPEI や IAVCEI などと協力して、特に途上国の地球物理学の普及に努めることがあった。しかし、その多くの事業は援助が消えたその時点から、進行は止まってしまうのが常であった。1970 年代に John Hodgson を技術主任とするユネスコ東南アジア地震観測網建設計画は、彼が後ほど嘆いていたように(Hodgson, 1980)、ほとんど跡形もなく消え去った。もちろんその後、各国の経済発展に伴い、防災上の観点から、これらの国に新規の観測網が充実されつつある。

例外は、ベトナムへの地震観測網の設置事業である。当時、国際的な関係からベトナムは上記の計画から外されていた。ユネスコは UNDP (United Nations Development Programme) から資金を得て、その指導を主としてチェコスロバキア(当時)の地震学者と後にフランスの地震学者に求めた。ベトナムはフランス植民地時代に養成された地磁気観測の伝統を基盤として、この地震観測網設置事業に多くの人材を送り込み、それを自国の地球物理研究所に確保した。

火山関係の資料で、今も手に取ることができるものに World Organization of Volcano Observatories (WOVO) による Directory of Volcano Observatories がある。最新号は 2005 年である。

1998 年から私はタイに滞在している。一般的に地球物理の観測は、その目的により、一定の地域が対象になるものが多い。あるいは特定の地点が対象になる場合もある。タイは国土がかなり広く、インドシナ半島の中央部に位置している。残念なことに、この地域の地球物理学のレベルが高いようには思われないし、安定した観測所は少ない。ここであって、モンスーンの研究などは、この地のデータが不可欠である。東大気候システム研究センターの中島映至ほかは、モンスーン研究の一環として、タイの中央部の Sri Samrong に小さな観測小屋を設置して、大気エアロゾル観測を始めた。そこへ当時 Chulalongkorn 大学(Chula 大)に勤務していた私が相談を持ちかけ、これを総合的な観測施設として拡充することを提案した。

当時 GAME-T (GEWEX Asian Monsoon Experiment-Tropics)なるプロジェクトが走っていたが、この地に永続的な観測施設を必要とする研究者グループが共同して小さな建物を設置した。管理は Chula 大が引き受けた。開設当時は 10 台くらいの観測機器とデータロガーが収納された。管理と言っても定員がついたわけでもなく、特定の予算がもらえるわけでもなかった。いわゆる手作りの観測所である。しかしながら、この位の規模になると、その保守が大変である。当時、ようやく普及してきた電話によるダイヤルアップを定時刻に接続することにより、データを Chula 大まで送信し、そこから利用者がダウンロードできるようになったことは画期的なことであった。観測状態をモニターできるようになって、保守がかなり楽になったことは言うまでもない。しかし、それにより、多くのトラブルも明らかになった。観測機固有の部分はその観測機を提供している機関から人を派遣してもらうよりほかない。

ハッカーにより IP アドレスを乗っ取られたこともある。悩まされたのは観測施設が送電線の末端にあったため、経済発展に伴う電力使用量増加にともなう電圧の降下であった。かなり大がかりな無停電電源装置(UPS)を設置しても機械の方は停電と電圧降下が区別できない、不安定な状態が続いた。太陽光を測定する pyranometer が昼間予期せぬ時間帯に観測を停止する。原因は敷地が試験農園であったことにより、スプリンクラーが作動して降雨検知器がスプリンクラーを降水と認知したためであった。もっと原因究明が手間取った事例としては、野外に設置した完全防水のアルミの箱に収容されたエレクトロニクスのトラブルであった。昼間の高い温度でその箱は膨張して湿度の高い空気が吸い込まれる。夜間の冷え込みで少量が結露する。結露すると、その水は排出されず、長年月の後に箱は水浸しになっていた。斯くしてこの観測空間と施設では利用者が要求する観測機器の

増設が難しくなり始めた。そこへ Bureau of Royal Rainmaking Aviation Agriculture (BRRAA)から、有名な Phimai 遺跡とほど遠くない地点にある研究施設に隣接する敷地利用の申し出があった。中島映至とそのグループ並びに Chula 大学が相談して、思い切って移転を決意した。



写真 1 Phimai 観測所

A parabola on the left is IPSTAR. Above the upper floor various sensors are installed seen only GPS, wind vane and anemometer. On the left, out of picture, exist magnetometer vaults.

新しい施設は 36m^2 の二階建とした（写真 I）。屋上の観測空間を含めてかなり余裕ができたので、それまでの施設名 Observatory for Atmospheric Radiation Research から Radiation を削除して Observatory for Atmospheric Research at Phimai と名称を変更した。現実的にはそれにもこだわらないで地球物理観測所として機能できるようにして、利用者を受け入れることにした。中島グループには直接参加していない京都大学の家森俊彦がその最初の利用者である。この地磁気センサーは広い空き地に設置することが要求され、その結果、観測所は全体としてずいぶん大きな敷地を占有している。BRRAA とは観測の補完と研究協力が期待された。BRRAA にはある程度の保守をお願いできるが、観測所は引き続き無人である。それゆえ、最大限の遠隔操作の導入は必須である。通信は観測所が都市部から遠く離れているため ADSL が使えないので、比較的安価な使用量で提供されているサテライトを使った IPSTAR を導入した。現在設置されている観測機器類の観測目標は、

Radiation and Surface Meteorological Observation;

Aerosol Observation;

Cloud and Water Vapor Observation;

Wind Profiler and Radio Acoustic Sounding System;

GPS Observation;

Magnetometer Observation

その他の長期・臨時の観測

現時点で永続的な協力機関は下記の日本の研究機関が主である：

東京大学・千葉大学・京都大学・茨城大学・環境研・JAMSTEC・JAXA.

この観測所は UNEP (United Nations Environmental Programme) の ABC (Atmospheric Brown Cloud) 計画の地域センターとして指定された。この計画の一環として Scripps 研究所が機材を持ち込む計画であったがいくつかの行政的な理由により計画が中断している。

この Phimai への移転は、もちろん施設の拡充だけでなく、意識として将来的には地球物理観測所として、現在この国の理学部に存在しない地球物理学教室の創設の核となることを夢見ていた。幸い、Chula 大に一人の気象学の専任教官を迎えることができた。観測所の運営にも未だ多くの問題を抱える。当初の見込みでは大学は一定の期間が経過した後は運営費を大学側で負担することになっていた。タイの経済からすると十分可能なはずであるが、未だに実現していない。国および大学に多くの行政的な問題が存在することは確かであるが、これを一つ一つ越えて行く意志が働いて初めてことは成就する。現在の運営

費は各利用者の共同分担となっているが、特に共通部分の中島グループと京都大学のグループのやりくりを負うところが多い。観測所設立後かなり年月を経て多くの機器の老化が激しい。また新しい機器の受け入れなどを可能にするために共通部分の拡充整備は急を要する。

技術的な問題、特にローカルな諸問題に適応した技術開発において、京大 COE21 プログラム「活地球圏の変動解明ーアジア・オセアニアから世界への発信」の貢献は大きい。非定常な観測も Phimai の施設を利用することが間々ある。絶対重力測定もその一つである（この冊子の「地物教室測地学分野の海外観測・国際貢献（竹本修三）」）。また COE21 は多くの観測者をタイに送り込んだ。Phimai は京都大学のよき教育機関ともなった。

GPS の観測に関して一言記しておきたい。タイにおける GPS 観測網は 1998 年に GAME-T により展開された。このプロジェクトが終了とともに GPS は撤去されることになった。安成哲三の尽力のもとに、JAMSTEC が 3 点と京都大学が中古の機材を提供してくれて約 500Km のスペーシングの GPS 観測網を維持することができた。この完成を待って、それがあたかも予知されたがごとく 2004 年 12 月 26 日に Mw=9.1 のスマトラ地震が発生した。この断層方向に平行した南北 1000Km を越す観測点からのデータはただちに C. Vigny, N. Choosakul（当時 Chula 大）らにより Nature に発表された。主要な研究者のひとりとして橋本学は、この観測網を利用して、地震により励起された固体地球の諸変動を解析して多くの論文を発表した。その後、タイなどにおける GPS 観測データを用いて 2008 年 5 月 12 日中国四川省の地震（Mw=7.9）の際の長周期表面波の検出に成功し、GPS が長周期地震計として使用できる可能性を示した。地味な研究ではあるが、京都大学の伝統を担ってこのような観測を今後 50 年程度継続することが期待される。

家森俊彦はこの地震から発生した音響的擾乱が上層大気の共振を引き起こすことを発見して発表した。さらに Nithiwatthn Choosakul は地震の震動が電離層に及ぼす影響を研究して京都大学より学位を授けられた。そのほか、このデータを使って発表された論文は枚挙にいとまがない。

この GPS 観測網を長年安定に維持するため、ごく最近提案されて実行に移されつつある計画は、この観測網の管理を King Mongkut's Institute of Technology, Ladkrabang (KMITL) の通信工学に移してここで観測点を ADSL を通じてモニターして保守を行う。データベースは KMITL に構築することにする。情報通信研究機構（NICT）はすでにタイ国内に GPS 観測点をいくつか持っているが、これと併合することにより、上層大気から地球内部までを研究目的とする GPS 観測網を完成させるべき努力が続けられている。そのローカルな興味の一つは GAME-T の興味のひとつであった人工降雨の効率に関する BRRAA との共同研究である。

Chula 大はこのバンコクからほど遠くない Saraburi というところに将来の研究所のための広大な用地を確保している。現在は緩やかな起伏のある原野であるが、最近少しずつインフラ（電力・給水・道路）が整いつつある。ここにあって東北大学の空電観測が簡易施設のもとで始められた。観測の用地としては地盤が堅固であるため、どちらかということと固体地球物理の観測所に向いているであろう。福田洋一は将来の重力基準点を設置すべく話し合いを進めている。

以上名前を挙げさせていただいた方々のほか、藤森邦夫・斉藤昭則・能勢正仁の皆様にはソフトウェア・ハードウェアにわたり多大な貢献をいただいた。私がタイの観測に関わりを持って 10 余年、観測所には南京錠がかかっているだけであったが、一度も盗難にあったことがないことは特記しておきたい。これも社会基盤の一つとして大切なことである。とはいえ無人観測所である以上、いつかは避けられない事態が発生することはあり得る。

私個人の夢からすると、総合的な地域センターとしての地球物理観測所がこの新しいキャンパスに展開できることを願っている。長くユネスコに勤務して、タイほど広い領土を占有し社会経済基盤が整った国で地球物理学が存在しない国を知らない。タイにおいて、最も権威のある学府とされている Chula 大に地球物理学科（あるいは地球科学）が創設さ

れるならば、長期的に人材の養成が可能となるであろう。客観的にみてこれは可能だと思われる。しかし問題も多い。

日本の学術審議会に相当する NRCT (National Research Council of Thailand) においてさえ、タイにアカデミックな場は必要がないと言い切る人も多い。現に ICSU (International Council for Science) の唯一の国内対応機関であると法で定められた NRCT において、さらには国内学界においても ICSU 対応の国内学会の設立に関心がないようである。地震学会はもちろん、気象学会に相当するものも未だに存在しない。現在 Chula 大においては地球物理関係の講義は地質学教室のひさしを借りて行われている。学界においては地質学と地球物理学の学際研究が進行しているが、ローカルにおいてはむしろ反発が多いのは万国共通である。これらの問題に外国からの干渉は、ほとんど不可能である。幸い修士レベルの学生で Phimai のデータを利用した論文がではじめたのは希望が持てる。京大 COE21 においてその活動の一つが特別講義の開催であったが、継続が切望される。

観測所のデータは一定のルールの下で公開されている。しかし一般的にデータはそれを採取された国に所有権がある。これを国外に持ち出すのは原則として NRCT の許可を必要とする。多くの場合、タイはおおらかである。しかし持ち出したままデータの原型を残さないような行為は慎むべきである。通関の規則は通商産業の促進を目的に作られているようで、小規模の調査・観測のための機材の持ち込み、とくに観測終了あるいは修理として持ち帰ることはかなり面倒な手続きを必要とする。NRCT の支援が必要なこともある。いずれにしても現地連絡員が滞在していることは大いに便利である。

バンコクにはいくつかの京都大学のプロジェクト事務所がある。京大 COE21 もその一つであった。共通事務所ができるならば地元との情報交換が促進されるであろう。主題と外れるかもしれないが、このような施設が直接目的にとどまらない好事例を挙げておきたい。家森俊彦らはタイにあるお寺の向きを調査して過去のおける地磁気の偏角の変遷を求めた。その結果を解析して、地球内核の西方移動は約 0.15 degree/year であると推定した。逆にこの地磁気の偏角の変遷を知ることにより、古い建造物の建設時期を知ることでもできるかもしれない。地元への還元である。

(文献)

- 三木晴男 (1967): 近畿地方における微小地震の研究, 特集号「日本の地震学の概観」, 地震, 第 2 輯, 第 20 巻, 第 4 号 150-154,
John H. Hodgson (1980): A short-period seismograph network in Southeast Asia, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 70, 385 - 392.

(著者略歴)

- 1961 年 3 月 京都大学理学部地球物理学科卒業
1961 年 4 月 京都大学防災研究所・助手
1969 年 岡山大学理学部・講師
1971 年 同・助教授
1978 年 同・教授
1982 年 ユネスコ本部(パリ)・Senior Programme Specialist
1993 年 ユネスコ・ジャカルタ事務所・Senior Programme Specialist
1998年 Chulalongkorn 大学(バンコク)・教授

赤道大気レーダー建設の意義と経緯

深尾昌一郎（1967 年卒）

背景：西太平洋からインド洋にかけての赤道インドネシア域は「海大陸」と称され、地球大気大循環のエンジンで、グローバルな気候と気象変動の根源域とされている。しかも地表付近から高度数百 km にわたる広大な高度域が力学的・化学的に上下方向に強く結びついている（大気上下結合）。しかしながら現象のスケールに対する観測的困難さと、そもそも赤道大気観測の歴史が中緯度に比べて格段に浅いことが相俟って、現在でも数多くの問題が未解決のまま残されている。赤道大気は我々大気科学者にとって魅力あふれる研究課題の宝庫なのである。

1984 年京都大学超高層電波研究センター（センター長・教授加藤進；以下敬称略）は独自技術で大型大気レーダー「MU レーダー」を開発。多くの研究実績により中層・超高層大気の力学に極めて有用であることが証明され、国際的に高い評価を受けてきた。1980 年代半ばから、同センター研究者を中心に、この重要で未知の赤道インドネシア域に日本の出資及び技術投入により、『赤道レーダー』を中核とする、準恒久的な国際共同利用研究施設『国際赤道大気研究センター（ICEAR）』を建設する構想が進められていた。大気上下結合がとくに顕著な赤道インドネシア域こそ大気レーダー観測の格好の場であった。この重要で未知の地に日本の出資および技術投入により、超大型の『赤道レーダー』を建設し、地表から高度 1,000 km までの大気を一気に精密科学の対象にしようというわけである。

国際的支援：本計画の発端は、1982 年 SCOSTEP が「国際赤道観測所（IEO）」の議論を開始したことにある。米国が WCRP/TOGA にあわせて太平洋島嶼に大気レーダーをネットワークする構想（Trans-Pacific Profiler Network; TPPN）を支援することが目的であった。1985 年、SCOSTEP は IEO を「新赤道観測所小委員会（NIEO）」に改組、日本の赤道レーダー案を中心とした議論を始めた。とくに途上国との協同研究は SCOSTEP が高く評価するところであり、国際的な支持を広げることになった。SCOSTEP と URSI（国際電波科学連合）が赤道レーダー建設を支持する旨の勧告をそれぞれ 1990 年及び 1993 年に決議した。

ハビビ大臣との遭遇：赤道レーダー計画と呼称された本計画は、インドネシア航空宇宙庁（LAPAN）との共同研究として、ゆくりとスタートした。LAPAN が本計画の将来性を見越して、これに組織の発展を掛けている意気込みが感じられたが、計画推進の進捗は決してスムーズではなかった。1980 年代末、思いがけず同国技術評価応用庁（BPPT）長官（研究技術担当国務大臣）B. J. ハビビ（Habibie）と知り合ったことが転機となった。仲介役は日本・インドネシア科学技術フォーラム（JIF）事務局長所澤仁。ハビビはそのインドネシア側議長を務めていた（日本側議長は元外務大臣大来多佐武郎）。1988 年 11 月、ハビビは信楽を訪問し MU レーダーの実物を目にして、強い感銘を受けた様子であった。彼は常々、途上国が先進国に追いつくには最先端技術の開発こそが必要と主張していた。それは先進国から使い古した技術の援助を受けているだけでは何時まで経っても追いつくのは無理で、最先端技術を自らのものにして初めて可能になる、という考えであった。赤道レーダーがそのような技術のひとつと考えた彼は私たちに力強い支援を惜しなかった。

ハビビの信楽訪問を機にインドネシア側の受け入れ態勢は一気に進んだ。大臣の許可で我々は建設用地をインドネシア国内で自由に探すことができた。私たちは BPPT や LAPAN の関係者と各地を歩き回り、西スマトラ州ブキティンギ市郊外コトタバン（Kototabang; 南緯 0.2° , 東経 100.32°）の丘陵に辿り着いた。インドネシア政府は日本に計画推進を熱く求めた。1990 年 5 月、訪伊する海部首相にスハルト大統領（当時）は赤道レーダー建設のための資金協力を直接要請、と日伊のマスコミが報じた。我々には予算化決定が間近く思われ、緊張して時の経過を待った。しかし何も起こらなかった。事態は翌年もかわりなかった。

順調に実現に至ると期待された本計画は、その後迷走を極めた。90 年代後半になるとこのプロジェクトはもう死んだと言って憚らない人達も出てきた。多くの支持者が去っていった。だが我々が諦めることは決してなかった。

文部省新プログラムの発足: 文部省が科学研究費補助金創成的基礎研究費（いわゆる新プロ）を立ち上げることになり、そのひとつに大気・海洋・生態分野で「アジア・太平洋域を中心とする地球環境変動の研究：地球環境科学の総合的展開」が取り上げられた。赤道レーダー関連研究も副計画「西太平洋域における大気・海洋結合系のダイナミックスの観測」が認められ、1990年から1994年にかけて5ヵ年間実施された。我々も初めて赤道域で本格的な研究ができることから力が入った。1992年にはジャカルタ郊外スルポンの国立研究科学技術センター・プスピテク（PUSPIPTEK）敷地内にレーダー観測所を開設し、大気最下層を対象とする境界層レーダー（BLR）と上部中層大気を観測する流星レーダーを稼働させた（Tsuda et al., 1995）。

学術協力: 我々は落胆こそしたが決して絶望していなかった。赤道レーダー計画の「筋の良さ」を自負していたし、信楽のMUレーダーからは次々と新しい成果が出ていた。安心して大計画に打ち込めた。しかしJIFがやったような組織的な取り組みはもはや望むべくもなかった。むしろ空いた時間を地味な研究活動に注げたことは幸いであった。SCOSTEPは国際共同研究（Solar-Terrestrial Energy Program; STEP; 1990-97）事業を立ち上げた。我々は新プロにありながら、求められてSTEPの大気関係課題も担当した。

1989年3月、ハビビの提案を受けてジャカルタで開催した「インドネシアと世界の気候」シンポジウムは名称を「インドネシア地域における赤道大気観測に関する国際シンポジウム」（通称ハビビ・シンポジウム）と代えて、ジャカルタやバンドンで、1990年代半ばまで都合6回開催した。この会には世界各国から著名な研究者が多数出席し、水準の高いシンポジウムと評価された。またIAMASやCOSPAR、IAGA、IUGGなどの国際会議でたびたび関連シンポジウムやセッションを開催した。また1995年3月にはほぼ4年に1度毎に開催されてきた「赤道超高層物理学に関する国際シンポジウム（ISEA）」の第9回をバリ（Bali）島で開催した。

一方、SCOSTEPは大規模な国際共同研究を終えると、次の大規模研究をスタートするまでの間小規模な国際プロジェクトを走らせてきた。1997年にSTEPを終了すると、5つの小プロジェクトを稼働したが、そのひとつ「赤道大気上下結合（EPIC）」を深尾が提唱、採択されて1998から2002年にかけて実施に移された。

以上の研究活動は、インドネシア側のLAPAN・BPPT・BMGらと共同で実施した。またこれらの研究所やバンドン工科大学（ITB）などから、大勢の研究者や留学生の受け入れも行って学術協力関係の発展を図った。幸い、このような努力は国内外から高い評価を受けた。

路線変更: そもそも赤道レーダー計画は地理的特異点における準恒久的な観測という意味では我が国の南極事業と似ており、基礎科学としての最先端を行く大型観測施設の建設という意味では国立天文台のハワイ大型望遠鏡「スバル」と似ている。しかし研究基盤や保安などが脆弱な途上国での建設という点が根本的に異なっており、これまでにないユニークで難しい計画であった。これをJIFの手を借りずに大学だけでやるにはいかにも大き過ぎた。この際身の丈にあった計画に縮小して、少し規模の小さいレーダーを建設するのが現実的ではないか。まず赤道域に我々の足跡の第一歩を画すべきではないかと考えた。

1990年代半ばになって、規模の小さい可搬型の『赤道大気レーダー（Equatorial Atmosphere Radar; EAR）』案が固まった。文部省（当時）の中にこの構想に理解を示してくれる人もいた。その後紆余曲折があったが、我々は辛抱強く好機到来を待った。チャンスは思い掛けないところにあった。

ミレニアム補正予算: 1999年夏、首相（当時）小渕恵三は景気振興策として大規模な「ミレニアム」補正予算を組んだ。思いがけずEARがこれに採択されたのである。早速科学技術大臣ヒカムからEAR受入れ歓迎の文書が届き、対応機関をLAPANにしたいと言ってきた。現地で建設工事が始まったのは翌年夏からである。2001年3月EARは完工した（図1）。EARのアンテナ開口径は110mとMUレーダー並みではあるが、送信電力はその10分の一の100kWである。当然レーダーの感度は著しく劣る。しかしEARには我々がMUレーダーで培った独自の分散型送受信システム方式を採用、560本の各アンテナに送受信モジュールを設置している。これにより地表付近から下部成層圏迄の全高度域の風速ベクトルをはじめ、高度100km以上の電離圏擾乱なども高分解能・高精度で時間的に連続に観測しうる（Fukao et al., 2003）。EARの運用はLAPANと協定に基づき共同で行われている。我が国の大学が海外で運用する初め

ての準恒久的な大型観測設備で、先駆的な学術的知見はもとより新しい形態の国際共同研究としてその将来が期待されている。

2001年6月26日EAR開所式典が現地で挙行了された。廣田勇（当時日本気象学会理事長）のほか、京都大学総長長尾眞、駐インドネシア大使竹内行夫（後外務次官、現最高裁判事）、日本学術振興会監事（当時、元文部科学省宇宙科学研究所長）西田篤弘ら約40名の日本側参加者の顔があった。インドネシア側には、ヒカムはじめ、LAPAN 長官マハディ、BMG 長官グナワンら50名を越える関係者と優に数100名を越す近郊村民が並んでいた。加えて海外から大型レーダーの原理を初めて提唱した国際電波科学連合（URSI）名誉会長（米国科学アカデミー会員）W. E.ゴードンらがわざわざこの式典のために駆けつけてくれた。



図1 (上) インドネシア西スマトラ州コタバランに建設された赤道大気レーダー (Equatorial Atmosphere Radar; EAR) の全景。(下) 赤道大気レーダーの560本の八木アンテナ群。各アンテナの下部に送受信モジュール (箱状) が設置されている。

赤道大気上下結合研究：2001年（平成13年）9月に文部省科学研究費補助金特定領域研究『赤道大気上下結合(Coupling Processes in the Equatorial Atmosphere; CPEA)』（平成13～18年度）が採択された（Fukao, 2006）。

CPEAでは、謎の多かった赤道大気諸変動を下層から超高層に至る全高度域の上下結合という視点で捉えた(Fukao, 2009)。これは我々が発信し、最近10数年来独自に温めてきたものである。これによって赤道大気の統一的な理解が進めば間違いなく関連研究分野の発展に大きなインパクトを与えるだろう。

幸い、所期の狙いどおりCPEAはインドネシア域赤道大気の上下結合に夥しい新鮮な知見を齎した。積雲対流の影響は遠く高度100 km近傍の下部熱圏大気にまで様々なかたちで届いていることが分かった。

種類が特定された波も沢山ある。一般には混じり難い対流圏と成層圏大気が混合する不安定現象のひとつを初めて捉えることにも成功した。また赤道超高層大気中に中緯度起源らしい擾乱があり、しかもそれが南北対称になっていて赤道に向かって伝搬しているらしいことが判明した。赤道大気は予想以上にしっかりとしかも大規模に結合していることが明らかとなったのだ。これらの成果の一部は *Journal of the Meteorological Society of Japan* (Fukao et al., 2006) や *Earth, Planets and Space* (Fukao et al., 2009) などの特集号に掲載されている。

なお、EAR は我が国の地球科学分野で初めて赤道域で長期間運用に供された大型観測装置である。従来の科学研究費補助金などによる短期間に限られたキャンペーン的観測とは質的に異なった充実した継続観測が期待できる。EAR という半恒久的な設備を中核とする研究は、間違い無く我が国が今後目指すべき本格的な海外観測の新しい形態を提起するものになるだろう。

参考文献

- Fukao, S., What we have learnt from CPEA (Coupling Processes in the Equatorial Atmosphere): A review, *Climate and Weather of the Sun-Earth System (CAWSES): Selected Papers from the 2007 Kyoto Symposium*, Eds. T. Tsuda, R. Fujii, K. Shibata, and M. A. Geller, 295 - 336, TERRAPUB, Tokyo, 2009.
- Fukao, S., H. Hashiguchi, M. Yamamoto, T. Tsuda, T. Nakamura, M. K. Yamamoto, T. Sato, M. Hagio, and Y. Yabugaki, Equatorial Atmosphere Radar (EAR): System description and first results, *Radio Sci.*, 38, 1053, doi:10.1029/2002RS002767, 2003.
- Fukao, S., H. Hashiguchi, and others, Eds., CPEA - Coupling Processes in the Equatorial Atmosphere, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol. 84A, Special Issue, 351 pp., Meteorological Society of Japan, 2006.
- Fukao, S., M. Yamamoto, S. Gurubaran, N. Balan, and T. Nakazawa, Eds., Coupling Processes in the Equatorial Atmosphere (CPEA), *Earth, Planets and Space*, Vol. 61, No. 4, 383 - 549, Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences (SGEPSS), 2009.
- Tsuda, T., S. Fukao, M. Yamamoto, T. Nakamura, M. D. Yamanaka, T. Adachi, H. Hashiguchi, N. Fujioka, M. Tsutsumi, S. Kato, S. W. B. Harijono, T. Sribimawati, B. P. Sitorus, R. B. Yahya, M. Karmini, F. Renggono, B. L. Parapat, W. Djojonegoro, P. Mardio, N. Adikusumah, H. T. Endi, and H. Wiryosumarto, A Preliminary Report on Observations of Equatorial Atmosphere Dynamics in Indonesia with Radars and Rawinsondes, *J. Meteor. Soc. Japan*, 73, 393-406, 1995.

日本南極観測黎明期における京都大学のかかわり

北村泰一（1955：修士課程修了，1961：博士課程修了，九州大学名誉教授）

1. 長谷川万吉先生と南極とぼく

1954年4月、私は、福島 紳 君と橋詰庄一郎君と共に、大学院修士課程、長谷川万吉教授（地球電磁気）の研究室に入った。私の直接の指導教官は広野求和氏。地磁気の指導を受けた。

・心に火がついた

修士2回生の7月頃だったと記憶する。主任教授の長谷川先生に呼びだされた。長谷川先生は口調がまだるっこしいので有名であった。話は往々にして途切れ、数秒から1分ほど沈黙が続く。やがて話が再開…というように一つの話が金魚の糞のように途絶えては続く。そしてまた途絶える。学生は、前の話を覚えておかないと会話ができない。何のことだろうと、すぐに教授室に赴いた。ドアをノックして開け、不動の姿勢をとり、「はい！北村です」。先生はぼくの顔をみて、「おう、北村君か…」。話は暫く途切れて、「君い、南極へ行かんかねえ…」、「？……」。長谷川万吉先生はそう言ったままクルリと回転椅子回して窓外を眺めてしまった。話のワケがわからない。私は長期戦を覚悟した。話はそれで終わった。だが、自分の心にポツンと火が点ったような気がした。

後で判ったことだが、その時、世界中で協同して地球全体を同時観測する IGY 計画(国際地球観測年)の立案が進んでいた。その中で、特に南極地域での地球物理的測定（地磁気・オーロラ・電離層等の観測）を共同して実施しようという特別計画が進んでいた。7月（1955）には第一回南極観測国際会議がパリで開かれ、各国がエントリー（参加表明）を果たした。

日本は敗戦国で、当時、まだ社会は疲弊していた。とても南極なんか考えられない、と長谷川先生達は考えていた。この年の初め（1955年1月）、朝日新聞の矢田記者が、「北極と南極」という記事を書いているうちに、世界がこぞって南極を観測する動き（IGY）を知り、日本の学者を南極へ送りこめないかとのアイデアが生まれてきた、というのが、南極構想の始まりだとされている。

朝日からの呼びかけで、日本の学者（茅誠司学術会議会長、長谷川万吉京大教授、永田武東大教授等）は、俄かに南極観測参加への夢を持つことになったが、今まで国際舞台で南極に興味を示さなかった日本へは、第一回パリ南極会議からの招待状は来なかった。日本は出席しなかったが、参加の表明だけは書面でなされた。この時、大変なドラマがあったが、ここでは省略する。その9月に、実質的に南極観測を討議する第二回南極観測国際会議のベルギーのブリュッセルでの開催が予定されていた。今度は日本代表団が出席して、日本の計画を具体的に発表することになっていた。

・そんな殺生な、人の心に火をつけておいて！（長谷川教授の態度急変）

ぼくは、山岳部に所属していて、冬山など野外生活に慣れ親しんでいたが、そのことを研究室内では隠していた。『あいつは山ばかり行って勉強をしない』と思われたくなかったからだ。山へ行っている時間だけ、友人より努力をしていた積りだった。そんなに気を使って隠しているのに、ぼくに『南極へ行かんか』と言った先生は、いつも日焼けしている僕の顔に気がついていて、僕の山好きを見抜いていたのかもしれない。その時、長谷川先生は、日本の学会の最長老として、9月のブリュッセル会議の日本代表派遣団の団長であった。今から思えば、団長として自分の配下から一人くらい南極へ出さなくてはならないと考えていたのかも知れなかった。

ところが、コトは意外な方向に進んでいった。私は、先生の帰りを今か今かと待っていた（修士課程2回生の夏）。早く結果が知りたい、日本の計画を世界はどのように受け取ったのだろうか。その頃は敗戦から10年あまり、まだ日本は国連にも加入が認められておらず、社会は沈滞していた。日本は四等国と言われ、自らもそう思いこんでいた。やっとのことで、ブリュッセルから先生が帰国した。帰国した長谷川先生は、いつまでも知らぬ顔であった。『北村君。南極へ行かんかねえ？…』と言ったことをまるで忘れたような顔つきだった。廊下ですれ違っても目をあわず、パイと他を向いてしまう。

いらいらする日が続いた。あの時、「行きます」と即答した訳でもないのに、アレ（ブリュッセル会議）どうでしたか、とも尋ねられない。ぼくの『南極へ行きたい』という気持ちはだんだんと高じてきた。しかし、長谷川先生は、以後、南極のナ字にも触れず知らんぷりであった。朝日新聞には毎日のように南極の記事が載った。「南極」は社会の話題になり始めた。山岳部内でも、話は南極のこととなった。

その頃、ぼくは「一体、ぼくには何が出来るのだろうか…」とか「生きている目的」とかが気になりだし、毎日、手探りでその答えを求めている。ある時、山を彷徨っていて「探検」という文字に突き当たった。それは中学時代の先生の影響と山岳部での教えが原因であったように思う。当時（1953）、世界最高峰のエベレスト（8848m）がヒラリー・テンジンによって登られた。人々は、その第二登に夢中になった。山岳部の友人や自分たちも、実力もないのにその気になっていた。それが山を志す者の目標だと思っていた。ところが、若い先輩などがテントの中で、「お前らはエベレストの第二登など、ヒラリーやデンジンの後塵を拝したいのか。それより低くてもよい、お前らの前に足跡のないところへ登れ！」「これは、今西さん、西堀さんの考え方だ！・・京大山岳部のゆき方だ！・・」。今西さんとは今西錦司京大教授、西堀さんは西堀栄三郎氏（のち京大教授）のことで、ともに京大山岳部の創始者のような人であった。今西錦司先生のことを、普通、今西さんと呼ぶ。誰も先生とは呼ばない。

これですっきりした。中学では「諸君はパイオニアの人生を送れ。」とか「パイオニアの匂いが少しでも残っているとするとそれは北海道だ。諸君は北大へゆけ！」とか、先生が口ぐせのように言っていた。パイオニアがどういう意味なのか、判らなかったが、パイオニアという言葉は耳に残った。高校では、「ぼくの前に道はない・・・」という詩を暗誦させられた。そして、今、「低くてもよい、人の足跡のない山に登れ」という。ハハーン。これらは、みな同じことを言っているのだな、ああ判った。これらはみな、「探検」が生きる道として最も貴いと言っているのだな、と。

その頃は、『探検』と言う言葉は“人跡未踏の土地、地理的な未知”に対する言葉だと思っていた。学問的（頭脳的）な探検もある筈だが、それは自分の力の及ぶところではない。世界の「地理的な未知」を訪ねて（当時は南極とかヒマラヤとか中国の奥に、未踏の領域がいっぱいあった）、これを『探検』と言うなら、それなら自分でも出来るかも知れないと思った。体力なら人にひけをとらない自信があった。困難や苦勞に耐えることなら人に負けない。肉体的危険をおかし、精神的困苦をしのいで、地理的な未知を訪ねることが『探検』と言うなら、それなら自分でも出来るかも知れないと思った。

・南極研究会

長谷川万吉先生は、相変わらずぼくに「南極に行かんかねえ」と言ったことは忘れたように触れなかった。その内に、東京の西堀栄三郎さんが、設営の責任者（副隊長）になることが決まった。そうした南極のニュースが我々の耳にも入り始めたころ、今西錦司さんの発案で、南極に関心のある京大教授や、山岳部の学生やAACK（Academic Alpine Club of Kyoto：京大学士山岳会）の院生たちと『南極研究会』という会を立ち上げた。長谷川先生が会長でぼくが事務局長となった。初会合を楽友会館の一室で開いた。

今西さんは、AACKの始祖、教祖、ボス、黒幕であり、何事にも、後ろにはいつも今西さんがいた。今西さんは実に不思議な存在であった。単に山登りの大先輩とか長老というだけではなかった。今西さんの言葉はいつも人の意表をつき、聞く人々はそれに同意し従わざるを得ない気持ちにするという不思議な個性の持ち主であった。この今西さんに心酔した青年は京都に数多くいる。私も敬服していた。

年が明けて1956年1月から2月にかけて、朝日新聞社の主導で、北海道の湧別湖で南極設営の訓練があった。参加者は、各学会から隊員にと推薦された研究者と東京で設営準備を援けていた早大の山岳部の人達であった。我々京大山岳部には誘いの声はかからなかった。内心我々は焦った。コトは東京でどんどん進行している。長谷川万吉先生は、南極研究会ではいろいろ発言するくせに、ぼくに言った言葉には忘れたように触れない。

ある時、今西さんが研究会で発言した。『南極のことは今東京で進行している。京都に居てお座敷がかかるのを待っているようではアカン。誰か東京へ行け・・・』東京へ？ 短期間の旅行ならすぐに来るが、今西さんの言う意味はそんなことではない。長期間、ひよっとしたら、1年か数年間、東京へ行ってそこで生活し、南極の準備の手伝いをするとか情勢を探るとかせよというのだ。でも、身は大学院生、どうしたら東京で生活できるのか？ 収入もないし、第一、京大の大学院生という身分はどうするのか？ コトはそう簡単ではなかった。

この時期、南極遠征の準備は、“南極準備の大政奉還”というべき一種の“政変”があつて、準備は急

速に朝日から政府（と東大山の会）の手へと移っていった。我々は焦った。3月末(1956)には乗鞍での南極関係者のスキー訓練が実施されるという。これは東大山の会の主導で準備された。南極隊員は、この乗鞍スキー訓練参加者の中から選ばれると噂がたった。もうグズグズ出来ない。たまりかねて、招かれもしないのに我々京大山岳部から数人乗鞍へ押し掛けた。なんとか南極の計画関係者に渡りをつけ、準備の様子などを聞きたい。だが、可能な道は副隊長の西堀さんにしかなかった。西堀さんに会う方法はないか。だが、そんな人にどう渡りをつけたらよいのか？ 会ってくれないに決まっている。悩む日々が続いた。どうしたらよいのかも判らない。これが『ぼくの前には道はない・・・』ということか・・・。

・一筋の光明（紹介状）

長谷川万吉先生の南極に対する態度が冷たく急変しているので、もう長谷川先生の線は諦めねばならなかった。今西さんの線で何とかならないだろうか。そんなある時、ハット気がついた、これだ！ 噂によると、今西さんの妹さんが西堀美保子夫人である。南極への道の突破口はこれしかない。今西さんに紹介状を貰うしかない。長谷川万吉先生に灯されたぼくの胸の火が、この頃の連日の朝日新聞記事で一段と燃え盛ってきた。もう、どうしようもない、消せそうにない。

1956年の4月頃であったと思う。南極を志す山岳部数人と語らって、百万遍から、下鴨の中川原町の今西邸をたずねた。距離にして2kmか3kmはあったろうが、距離は問題ではない。夕方7時すぎ頃であった。今西園子夫人が応対に出られた。すぐに奥へ入られて、錦司先生の意向を尋ねられたらしい。『今西は、いま、お酒をいただいているのですよ。少しお待ちくださいな。ここで・・・』。僕らは玄関で腰をかけて、今西さんの酒が終わるのを待った。

一時間たち、二時間たち、とうとう四時間たった。今西さんの晩酌はまだ終わらないらしい。目的は、西堀さんへの紹介状を貰い、我々の誰かが東京の西堀さんを尋ね、南極の進行状態を聞き出すことにあった。だから、ここでご機嫌をそこねてはならない。しかし、何とか今夜中に紹介状を貰わなくてはならない、もう4月（1956）の始めだ、間に合うかどうかの瀬戸際だ。ここは我慢のしどころだ、どうしても西堀さんへの紹介状を貰うぞ・・・とはやる心を抑えた。今、それを思い出すと、昔の教授は威張っていたものだと思う。自分が教授になってみたら、学生を玄関先に待たせて、1時間も2時間も酒などを飲んではおられない。これはやはり今西教授との貫禄の違いか。時計は夜11時に迫ろうとしていた。我々はまだ玄関先で座りこんでいた。エエイ、ここで手ぶらで帰らされてたまるか。

・今西さんの談論（紹介状どころではない！）

やっと今西さんに会えた。今西さんはまた酒を飲んでいる最中で大機嫌であった。今西さんの談論には圧倒された。紹介状どころではない。話しはアフリカのゴリラ(その頃、今西先生はアフリカのゴリラの社会学を追及しておられた)から色々なことに飛び、Y談まがいのきわどい話しまで及んだ。我々はただ、ゲタゲタと笑って時を忘れた。その夜、今西邸を辞したのは朝の2時頃だったろうか。そこから、大声で何かを歌って百万遍まで、そこで友人と別れ、さらに私の南禅寺の家まで歩いて帰った。今西邸から3kmや4kmくらいはあったのではなかろうか、自宅に帰ったのは朝の3時を廻っていた。手には紹介状があった。

・50年ぶりに解けた謎（長谷川先生の態度の急変）

長谷川先生が、ブリュッセル会議の前にぼくに南極行きを勧めておいて、帰国後は、それについて一言も触れないのはどうしたことか。ひょっとすると長谷川万吉先生はブリュッセル会議で永田武教授（東大教授、日本代表団の一人、のち南極観測隊隊長）と意見が合わず、南極から手を引かれたのかも知れないと想像したが、以後50年間、疑問はズーと残ったままであった。

今回、朝日新聞社内の古い資料を調査した中に、当時のパリ支局長から東京の朝日新聞本社に報告されてきたブリュッセル会議の経過報告電報があった。それには、永田武教授は、自分（パリ支局長）を秘書扱いにしてコキ使い、各国代表をもてなすのに自分の財布がカラになるまでサービスさせられた、とか、長谷川教授と永田教授とはいいつも対立していて、どちらが団長なのかわからないくらいであった。しかし、会議ではよく各国の発言を抑えて、候補地として、プリンス・ハラルド海岸地域を勝ちとった。…願わくば、将来、学者間の争いを朝日が抑えることが出来ますように、とあった。

自分の推察は正しかった。胸のつかえがおりるような気がした。あの永田さんのことならそういうこともあるだろうと、50年来の謎が解けたような気がした。

・破門！

さて、西堀さんへの紹介状を貰った頃は、南極への夢はますます膨らんでいた。今西さんの言うように、京都で、南極へ参加しないかとお座敷のかかるのを待っていても、そんな声はかからないだろう。やはり、誰かが東京へ行って糸口をつかむべきだ。よし！自分が行こう。そう決心した。1956年4月の中頃であった。その後、長谷川先生は相変わらず南極については知らぬ顔であった。ある時、先生にカマをかけてみた。南極の話をして雰囲気盛り上げてから、『ところで、僕は南極へ行きたいのですが・・・』。長谷川先生から激励を受けると思っていた。ところが、先生の口からは、『君は南極などへ行ってはならん。東京へ行って、永田君の下へ入ってはいかん。今は勉強する時だ・・・』。これは意外なお言葉、勉強しなければならぬ時だなんて、そんなこと判っているガナ。しかし、僕は行きたいのや。それに、そもそも最初に僕に火をつけたのは、先生、あんたやないか……。心の中でそうつぶやいたが、勿論言葉にはならなかった。長谷川先生の言葉は続く。『どうしても行きたいなら勝手にするがよい。君を破門する・・・』。破門とは古くさい言葉だと思った。しかし、後に僕が隊員になった時、新聞が僕を紹介する文に、『北村氏は京大長谷川万吉教授の門下生で・・・』とあったので、門下生とか破門という言葉も当時としては生きていたのかも知れない。

その時は、丁度、大学院修士課程を終了する切れ目の時なので、『破門』とは博士課程には入れてやらない、という意味であったのだろう。それを聞いた友人達は異口同音に『やめとけ、やめとけ』と忠告する。先生に睨まれたら後はどうにもならん。万一、南極へ行けても（行けるとは思ってもいなかったが）その後どうする。大学に戻れないなら学位はとれない、就職も出来ない…。両親も反対した。『就職が出来なかったら、あんたにお嫁さんにくる人はないだろうね。あんたは三条の橋の下しか住めないのねえ・・・』。当時、京都の三条大橋の下には浮浪者が住みついていてた。「三条の橋下」は、大貧乏の代名詞であった。

こうして先生、友人、そして親からと、思わぬ周囲の反対に散々悩んだが、やはりどうしても南極に行きたい。南極点とロス海地域は踏まれているが、日本の目指すプリンス・ハラルド海岸一带に近づいたのは誰もいない。そこは全く未知の土地である。判っているものは何もない。肉体を張ることなら僕だって出来ない筈はない。就職を捨て嫁さんも諦めて、それでも、人跡未踏のプリンス・ハラルドを目指したい。

『低くてもよい、人の踏み跡のない山に登れ・・・』、『主流より、辛くても反主流の道を・・・』(京大山岳部)ではないか。

主流とは、先生の勧めるように大学院へ進み、学位をとり、就職し、結婚もし、大過なくこなして当たり前の人生を送ることである。反主流とは、長谷川先生や友人・両親の反対もおして、不利となることを承知で信ずることをすることではないか。よし！この道（南極への道）は中学・高校での教えも満たす、京大山岳部の教えも、“南極へ行け！”と暗に言っているではないか。これでよい！その頃は純真であった。教えに忠実であった。やはり行きたい。その為に学位がとれなくて嫁さんが来なくても、三条橋下に寝てもよい。やはり行きたい……。そういう思いが日に日に強くなってきた。

・東京へ（期待と不安をいだいて）

とうとう決心して、4月の半ば過ぎに長谷川先生にお別れを言いに行った。奨学金で買った大きな木箱のラジオ（当時のハイテク家電製品）と郵便貯金通帳を持って東京行きの夜行列車にのった。勿論三等車（最低のクラス）であった。一晩かかって汽車は東京へ走った。1956年の4月末か5月のはじめの頃であった。前途は、期待と不安で一杯だった。

備考；“破門する！”と怒った長谷川万吉先生は、僕が南極から帰ってみると、ちゃんと大学院（後期博士課程）に入れておいてくれた。先生とは有り難いものである。

2. 西堀栄三郎さんと南極とぼく

“西堀さん”とは、西堀栄三郎元京大教授、日本南極観測隊第一次越冬隊長（1989没）のことである。西堀さんは実に多彩な人である。一芸に秀でている人は何人も知っているが、百芸に秀でている人は滅多にいない。西堀さんはそうした人である。私は、その西堀越冬隊（1957）の隊員であった。

当時、南極はその大部分が未知であった。リュツォウホルム湾は魔の海として誰も近づかなかった。そんな前人未踏のプリンス・ハラルド海岸地域に昭和基地を建て、筆者は修士を終えた直後、西堀さんと一年に亘って生活を共にした（日本第一次南極越冬隊）。やや大げさにいえば、一年間、生死を共にした。普通の付き合いなら、30年分位になるだろう。その後も生涯のお付き合いが続いたので、西堀栄三郎さんについて書くなら本一冊の紙数でも足りない位の量になる。

日本の南極観測は多くの人の努力によって始まった。しかし、筆者は特に五人（茅誠司、松村謙三、広岡知男、矢田喜美雄、西堀栄三郎）の人物の名を挙げたい。南極事業を戦争に例えると、上の5人の中で、4人はいわば後詰めの本営に属し、西堀さんのみが最前線の戦闘部隊の副司令官であった。不思議なことに、こんな重要な功績者であるのに、茅、矢田氏を除いては、これらの人々は、この50年間歴史の霞に隠れて（理由はあるのだが）、その名前さえ知る人々は少なかった。西堀さんとても、第一次越冬隊長ということだけが知られていて、無くてはならない存在であったことは余り知られていない。

この稿では、「京大教授西堀栄三郎さん無かりせば、第一次南極観測は“絶対に”失敗したに違いない、第一次越冬隊の成功があればこそ第三次以降の観測が継続したのであり、今日の日本の南極観測には、西堀栄三郎京大教授は絶対欠かせない功労者であった」ということを声を大にして言いたい。

私が、そう考えるに至った理由を納得して貰うには、やはり文献①をご覧ください。この本には、これら先人たちが、50年前、如何に情熱を傾けて南極観測を立ち上げたか、如何に最初の第一次南極観測隊を送りだしたかについての筆者の見聞と文献調査の結果が書いてある。これらは、当時の幹部、茅誠司学術会議会長、永田武第一、二、三次観測隊長、岡野澄文部省学術課長など、その経緯を知る人達を書いておくべきものだが、これらの人々はそれに触れることなくすべて故人となった。私は、当時の最年少者で、そんなことを書く立場にないが、私が死んだら、南極観測の黎明期の記憶は永久に失われてしまうと考え、歴史に証言することとした。

・西堀さんが京大教授であった経緯

西堀栄三郎さんは、「南極時代」に京大教授であった。「南極時代に」と書いたのは、南極は国家事業だから、構成員はすべて国家公務員でなくてはならなかった。西堀栄三郎さんは、当時民間人であったので京大教授ということになったが、氏は京都帝国大学を卒業し、京大講師、助教授に在職した経歴もあるので決して不自然ではない。筆者も当時大学院修士課程を終えたところであったが、「文部省技術員」という公務員になった。西堀さんが京大教授になった京都大学側の経緯は『京大地球物理学研究の百年』の「西堀栄三郎と阿武山地震観測所（竹本修三）」の稿に詳しい。

・南極以前の西堀さん

西堀栄三郎さんは1929年（S4年）京都帝国大学理学部化学科を卒業した。やがて同・化学科の講師になるが、科学者よりも技術者たらんことを目指し、助教授の時（1936）に東芝に転進した。

西堀さんと南極を結ぶ最初のキッカケは、西堀さん11歳の時、兄に連れられて白瀬探検隊の講演を京都の南座に聴きにいったことに始まる。白凱々の氷壁の下を犬そりが進むさまは、西堀少年に深い影響を与えたに違いない。筆者は、その話を昭和基地で聞いた。これが、後年、西堀さんが南極計画に参画した時、それまでの計画に無かった犬そりを、四面楚歌の反対を説得して計画に入れたことの遠因の1つになっていると思う。筆者はこの犬そりのお陰で「犬とオーロラ係隊員」となって第一次に南極越冬隊員になった。そして、続く第三次越冬の際のタロ・ジロ生存の奇跡にめぐり会う運命となった。

・西堀さんと山

西堀さんと山を切り離すことは出来ない。京大地球物理出身者には、京大山岳部、京大探検部、AACK（京大学士山岳会）の関係者が多い。地球物理では、故中島暢太郎教授、故樋口明生助教授、江頭庸夫防災研助手（第五次夏隊員）は、AACK会員であった。リスト初期の南極隊員でAACKの会員は枚挙のいとまがない。西堀さんを語る時、このAACKに触れないわけにはゆかない。西堀さんと今西錦司（京大教授、霊長類）、桑原武夫（京大教授、フランス文学）さんは、中学（京一中、現洛北高校）、高校（三高）を通じての山の友人である。

1931年5月、西堀さんは、この二人とともにAACKを設立した。AACKは、当時、ヒマラヤに多くの未踏峰や未踏地があったので、「未登攀峰」のみを目標とするという哲学を標榜していた。当時はヒマラヤ

がどこにあるかを知っている人も少ない時代であった。西堀さん達には、当時、南極は具体的な視野には入っていなかったであろうが、それでも、冬の富士山登山に極地探検に用いる前進方法「極地法」を用い（1931.12）、その翌年（1932）にはカラフト探検を行って極地法を実地テストした。この時、犬そりが始めて用いられたが、これについて梅棹忠夫（学生隊員。後、京大助教授、京大教授、民博館長、京大名誉教授）が書いた「犬そり」という論文は、後年、筆者が犬そり係になった時のバイブル的存在であった。二年後の白頭山探検登山（1934.12）の時にも、西堀さんは極地法を用いて前進しているから、頭には、「いつの日にか」という気持ちがあったに違いない。

西堀さんは、大東亜戦争開戦寸前にアメリカに留学した。真空管製造技術の研究のためである。休日には各地の元バード探検隊員を訪れ、彼らの南極知識を吸収して回った。中でも影響があったのは、シカゴのボウルダー博士にわざわざ会いに行ったことである。この人は南極の氷の上を効率よく人や物資を運び、小型飛行機さへ積んだ巨大なスノー・クルーザー（タイヤ直径約 3m）と呼ばれるものを発明した人である。そのスノー・クルーザーは実際にはあまりに巨大すぎて、肝心の南極では車輪が雪をかくばかりで前進せず失敗した。しかし、西堀さんにはこの会見は大変有意義であった。頭の中で考えた近代的なものばかりでは南極では失敗する、近代的なものと前時代のものを組み合わせるのが正解であるとの結論を得たという。（本人談）。後年、西堀さんが、近代的な雪上車とともに古典的な犬そりを用意したのは、こうした経験からかも知れない。後にも述べるように、西堀さんのこの考えは正しかった。

西堀さんは戦争直前に日本に帰り、東芝で研究を続ける。終戦直後、物資の不足する中を、ソラという万能小型真空管を発明する。筆者は中学生の時（終戦直後）、ラジオ製作に夢中になったが、このソラを闇市で手に入れたことが自慢であった。その後、西堀さんは推計学を勉強した。これは戦争中、自宅の庭に落ちた焼夷弾に不発のものが多いのを見て、品質管理の必要性を痛感したからだという。折から来日したアメリカの推計学の泰斗デミングを各地の会社に案内して品質管理の実地訓練を積み、その後、各会社の製品ムラをなくするフリーな技術顧問をする。これが後年、南極の設営責任者となったとき、国家予算では賄いきれなかった多くの製品などの寄贈に連なった。私も南極準備期間中、幾つかの会社に寄贈品を受取りに行かされた。

・西堀さんが設営責任者となった経緯

南極計画に関係した役人・研究者は、最初、南極準備は自分達（学者・研究者）だけで出来ると考えていたが、やがて設営の重大さに気づき、その責任者を探した。茅学術会議会長が、日頃親密に交際している桑原武夫京大教授（後の学術会議副会長）に相談したところ、「うってつけの人物がいます」と答えたことから西堀栄三郎の名前が浮かび出た。桑原氏は西堀さんと中学時代から親交を結び、互いに相手を良く知り、一目おいている仲であった。この推薦の経緯は桑原武夫の「西堀越冬隊長」（文献②）に書いてある。茅氏はいろいろな人に設営責任者の推薦を依頼したが、いずれも西堀さんを推薦した。初めての南極越冬を成功させるのは西堀さんにおいて他はないと。最後に、日本山岳会会長の別宮貞俊氏の推薦が決め手になって西堀さんが決まった。西堀さんが南極計画に参画したのは、計画開始より半年も後であった。

・真夜中のニワトリ

西堀さんのニックネームを“『真夜中』のニワトリ”という。ニワトリに真夜中に鳴かれては、人々はまだ睡眠中であるのでその超先見性を感じる人は少ないし、逆に迷惑さへ感じる。西堀さんはまさにその“『真夜中』のニワトリ”であった。だから、人々は迷惑し反対する。しかし、夜が明けてからその超先見性が明らかになり、人々はそうだったのかと西堀栄三郎を理解し、逆に礼賛さえする。例えば、文部省の岡野澄学術課長（南極全般の国側の推進者）は、初めは、西堀さんが今までの計画にない色々なことを持ち込むので困惑し手を焼いていた。他省の委員からの評判も悪かった。しかし、後に、岡野氏は、『第一次隊が越冬隊を残す企ては、西堀栄三郎博士によって進められた。博士は自ら未踏の極地の越冬隊長に任じ、昭和基地を創りだした大功労者である。』と称えている。（文献③）

・西堀さんの貢献

① 航空機を持参することを提唱したこと（これが決め手になった）

朝日新聞社の片隅で生まれた南極構想を、国の事業として行うと正式に宣言したのは、1955年11月4日の閣議決定であり、出発の約1年前であった。大方の人々は、この閣議決定を南極の始まりと理解して

いる。これは『国として南極を行なう』という公式的な宣言であるが、南極について何も知らない各省の役人や政治家によって閣議決定がされる筈はない。それまでに、大勢の人が大変な努力をして、決定まで持っていっただのである。西堀さんもその一人であった。

国による南極の準備は、この閣議決定以後急ピッチで進められたが、計画の中には航空機は含まれていなかった。この時、真夜中のにわとりが、航空機の必要性を喧しく説いて鳴いた。しかし、当時は世の中が南極事情について『真夜中』であったため、このニワトリの鳴き声をうるさく感じ、反対する人々が多く、西堀さんは孤軍奮闘した。西堀さんのそうした努力、言動に非の打ち所がなかったとは言えないが、人々は不承不承に西堀さんの提言を認めた。これが初回の第一次南極遠征大成功の第一原因となったのである。宗谷はこの小型飛行機（サチ風号）により、氷海外縁近くからリュツォウホルム湾深くに通じる“大利根水道”（幅 100m くらいの氷と氷の割れ目。風によって生ずる）という氷の割れ目の水道を発見し、それを伝ってスルスルとオングル島（昭和基地の建設されたところ）に近づき、困難は色々あったが、とにかく昭和基地を建設し、そこに第一次越冬隊を残すことに成功したのである。

もし、西堀さんが周囲の反対の声に屈し航空機を断念していたら、この大利根水道の発見もなく、宗谷はプリンス・ハラルド海岸にも近づけず、初回の南極遠征は失敗していただろう。現在、小型飛行機に代わってヘリコプターを持参するのは当然と考えられているが、50 年前には、西堀ニワトリの喧しい鳴き声でやっと実現したものなのである。

② 最初から越冬（予備観測の越冬（第一次越冬））を提唱

その頃、初回（第一次観測）を予備観測、2 回目を本観測（第二次観測）と呼んでいた。永田隊長はじめ、国側がたてた計画では、予備観測ではプリンス・ハラルド周辺を偵察して、南極を一応経験し、越冬せずに資材だけを現地に残して翌年の本観測に備えるとしていた。

西堀さんは言う。本観測で初めて越冬するものとする、研究者が“南極の厳しさに耐えて生活すること”と、“観測研究”という 2 つの困難な仕事を同時にしなければならず、それぞれが相当な困難を伴う。予備観測で日本の冬山経験者が先ず越冬を経験し、その結果を逐一日本に報告して本観測に備える方がよいことは明白である。この予備観測での最初の越冬は本番の越冬観測の成功のために欠くことが出来ないものである。

今、50 年経てみると、確かにこの予備観測での最初の越冬説は卓見であった。この第一次の最初の越冬の成功がなかったら、その後の観測は無かったに違いない。当時の世論はそうであった。（文献④）

③ 犬そりを提案したこと

もともとの計画には、犬そりはなかった。輸送法として雪上車だけが予定されていた。西堀さんが参画するようになって、犬そりが採用されることになった。当時の日本の雪上車には技術的な自信がなかったが、実績のある英国やオーストラリアから、雪上車などの輸入も出来なかった。極地通の西堀さんは、全面的に雪上車に頼ることは危険であると考えた（スノー・クルーザの経験）。西堀さんは尊敬する先輩、北海道の加納一郎氏を訪ね、犬そりに関する意見をたどした。この時、西堀さんは加納氏の紹介で、わが国唯一のカラフト犬研究者の犬飼哲夫北大教授（1989 没）に会い、カラフト犬を集め、南極用のそり犬チームを第一次観測隊の出発に間に合うように用意することを依頼した。1956 年 2 月のことである。

結果、雪上車は一年間に 1 台あたり約 420km で動かなくなったが、犬ぞりは 1600km 走って、なお余裕があった。これは、明らかに犬そりの成功であり、犬そりが無かったら、ボツヌーテン（往復 435km）もオラーフ海岸探検の旅（往復 355km）も出来なかった。

・越冬中の貢献

紙数も尽きたので、越冬中の貢献を一つだけ紹介しよう。第一次越冬の目的の一つは、日々の経験を残らず日本に通信し、翌年の本観測の準備に資するというものであった。昭和基地では、毎朝、食事時には食堂に全員が集まり、朝食とその後の楽しい談笑の時間を持つのが常だった。

ある朝、通信係りの作間隊員が憂鬱そうな顔をして食堂に現れた。聞くと、送信用真空管の大電力管がまたイカレた、という。「また」とは、いままでに何度もイカレた。これで最後の一本だという。無線機は、スペアが一台あり、この送信用真空管が一台に三本使ってある。だから計六本の大電力管があることになるが、それに対し、予備は一本しかない。一本、当時で 10 万円するから、確かに高額ではある。私の技術員としての給料が 10800 円であることに比べると、大学生の初任給の 10 倍は確かに高額だ。しかしいくら高額でも、六本に一本の予備とは少なすぎる。

予備の無線機の大電力管も使い果たし、これが予備の最後の一本だという。これで日本との通信は、今日から出来なくなるという。西堀さんは黙って作問隊員を伴って無線室に行き、故障の詳細を正した。通信が連続して長く行われるものだから、フィラメントが垂れ下がってグリッドにくっついてしまったようだ。西堀さんは暫く考えていたが、その故障管を逆さま吊り下げ、蓄電池からフィラメントに電流を供給した。数日だろうか、逆さまに放置された真空管のフィラメントは見事にグリッドから離れ、また通信機が復活した。残りの故障した管も逆さまに吊るされ、無線室は干し柿が干してあるような有様になった。こんなことで、どうにか一年間の通信を確保し、目的を果たした。これなど、済んでしまえば何でもないが、その時は、誰も、無線一級の通信士でも気が付かない方法であった。

西堀さんがいなかったら、第一次越冬隊の全員が死に絶えることはないにしても、通信は最初の1ヶ月で終わり、第一次越冬の経験を次の本観測準備に生かすという使命が果たせず、その上、本観測（第二次越冬）が失敗に終わったことを考えあわせると、第三次の遠征を出すことにはならなかったであろう。筆者は、今でも第一次に西堀さんがいなかったら。今の南極観測は無いに違いないと考える。

西堀さんは、南極以外にも山岳界の先達として、また品質管理（デミング賞本章受賞）や原子力問題、ネパールとの交流等幅広い分野で最先端をきり開いた類稀なる独創的一探検家精神を生涯堅持し、『創意工夫の人生』を平成元年（1989）4月に閉じた。享年86歳であった。

西堀さんの大きな足跡は、「南極越冬記」（文献⑤）、「西堀栄三郎選集（1巻～3巻）」、別巻（人生にロマンを求めて—西堀栄三郎追悼）、（文献⑥）、に詳しい。

- 文献 ① 北村泰一、仮題「南極昭和基地創設物語」、・・・（2011 発刊予定）発行所未定。
② 桑原武夫、「西堀南極越冬隊長」文芸春秋、1957、六月号。
③ 岡野澄、「戦後学術行政回顧録（第3回）」、学術月報 V47, #12, 1994。
④ 浦松佐美太郎、「南極ぶっつけ本番」、文芸春秋、1958、4月号。
⑤ 西堀栄三郎、「南極越冬記」、岩波新書、1958。
⑥ 「西堀栄三郎選集（1巻～3巻）」、別巻（人生にロマンを求めて—西堀栄三郎追悼）、悠々社、1991。

3. 福島 紳君のこと

福島 紳君は1950年、私と共に京大理学部入学、1954年、やはり私と共に大学院修士課程（長谷川万吉研究室）に入った。彼は長島一男氏（当時助手、後名古屋大学名誉教授）のもとに宇宙線、私は広野求和氏のもとで地磁気の指導を受けた。彼は、私が第一次越冬中（1957）に理化学研究所（理研）に入所し、理研から南極の宇宙線担当の第四次越冬隊員として、彼自身が開発に貢献したと聞く中性子宇宙線計を携え昭和基地に赴いたが、冬が明けたある日、ブリザード（雪嵐）の中を戸外に出てそのまま行方不明となった。

私と福島は錦林小学校（京都岡崎）から一緒であった。小学校では同じクラスであったので自然に親しくなった。ある時、電気モーターは、どうして同じ方向に回転するかが議論となり、私は彼の博識に驚かされた。そして交友がはじまった。中学（旧制度の京一中）も一緒だった。それでますます親密になった。互いにいつも同じことに興味をもち、競っていた。彼がラジオの製作を始めると、私も負けじと同じようなものを作った。小型真空管の「ソラ」（西堀栄三郎氏発明）を手に入れ、彼に自慢したのもこの頃であった。私がヴァイオリンを始めると、彼もやり始めるといった具合であったが、いつも福島の方が長続きし、スマートで一枚上手であった。

高等学校も、共に鴨沂高校（新制度）。クラスは一緒にならなかったが、放課後にはいつも誘いあって一緒になった。自宅が岡崎（福島）と南禅寺（北村）と近いせいもあって、夜遅くから誘いあってその辺を歩きながら、いろいろなことを語りあった。彼は秀才の上、ハンサムでもあった。目玉が大きく額が広く、頬の髭が濃く、かみそりのあとがいつも青々としていた。性質も良かったので、自然にいつも女子生徒に囲まれていた。秀才であるのにイヤミがなく、女子に囲まれているからといって、良い気になっているところがないので、男にも女にも人気が高かった。私はそんな彼をいつも羨望の目で見ていた。

あまり毎日一緒であるので、大学受験も迫ってきたころ、なるべく別々の道を歩こうと相談して、私は北大、彼は京大を受験することとなった。私が北大受験を決めたのは、中学時代の先生の影響であるが、

実際に受験する時になり、北海道へ受験のために渡ることが大変であることがわかった。その頃は汽車と青函連絡船を乗り継ぎ、見知らぬ土地に一人で行くことに大きな困難があった。

高校の先生や友人達は、近くに京大という大学があるのに、そんな不便な目をして何故北大にゆくのか、と訝かられ、私も、それもそうだと思い京大を受験した。彼は理学部で、私も理学部を受験したので、たまたま一緒になった。クラスは別々だったが、京大に入学して今度こそは別々に歩こう、とぼくは山岳部へ入部することにし、福島は入らないことになった。

大学三回生になって専門の分属があった。それぞれ教授が説明にたった。地球物理分野では長谷川万吉教授が教壇にたった。今でも覚えている。「諸君の頭の上には電流が渦をまいて流れている。仏様の頭のように・・・」。それを聞いて、私は、瞬時に地球物理の電磁気分野に進むことを決めた。フタが開いてみると、たまたま福島と一緒にあった。彼は化学に興味を持っている筈だったのに・・・。彼も、私が宇宙物理に願書を出しているものと思っていたらしい。顔を見合わせたが、まあいいやと、互いに簡単に諦めがついた。大学院を受験することになって、福島君は早くから大学院電磁気学専攻を標榜していた。私は大学院に進まないつもりであったが、四回生のときに、ある理由があつて大学院を受験することになった。どちらも学部で電磁気学分野であったので、修士での専攻も電磁気学分野に決まった。気がついてみると、いつの間にか、やはり同じ道を歩いていた。

ぼくは、もともと未知の土地に憧れ、それゆえに山岳部に入り、未知の土地、南極に憧れたが、彼は南極に興味をもつ理由がないと思っていたのに（山岳部でないから）、結局、二人とも南極に関係することになってしまった。僕は一・三次越冬、彼は第四次越冬と。そして、それが最後となった。彼には山の経験が無く、私にはあった。これが私と福島の生死の分かれの原因であつたように思う。

考えると、彼は宇宙線担当。室内の仕事で、南極で死ぬというチャンスは皆無のはずだった。私は大係で南極の前人未踏の氷原を犬そりでゆく時には大変な困難に会ったが、夢を実現出来たことに満足した。生還を期しがたい犬そりによるボツヌーテン旅行（基地から 200 km 離れた 1 ヶ月の大旅行＝今ならなんでもない）や、その他、死ぬ思いを何度も経験し、死の確率はぼくの方がずっと大きいはずだった。それが逆になろうとは。結局、これも神さまがきめた運命かと、いささか、宗教めいた解決しか出来ない。

彼の遭難の様子を簡単に述べよう。もう 50 年も昔のことなので、詳しいことを述べてもあまり意味がない。それは 1960 年 10 月 10 日に起った。その二、三日前から大きなブリザードが昭和基地を襲っていた。

この話をする前に、少し予備知識が要る。第一次越冬で、雪上車は一台 400km を走って動けなくなったが、犬そりは 1600km 走ってまだ余裕があつたと述べた。最初としては上出来である。それを用意した西堀さんも、大係の私たちも面目を施し、次の第 2 次隊と交代準備をしていた。ところが、第 2 次は、昨年と打って変わった氷海の悪さに、とうとう越冬を断念して、犬たちだけが昭和基地に残留されることになった。私は、残留された犬たちのことが気がかりで、一年後の第三次越冬隊員となって再び昭和基地に赴いた。そして、そこで生存していたタロ・ジロと再会した。一年後、タロ・ジロを第四次越冬隊に引き継いで私達は帰国した。ジロはその後、数ヶ月して、病を得て昭和基地で眠った。私が去るとき、福島に「タロ・ジロを頼むよ」と言った。その時は単なる別れの挨拶のつもりだったが、福島の遭難にあたって、今でも気になっている言葉である。

話を戻そう。もうブリザードも数日続いているので、その間、タロに食事も与えていない。様子を見に行こうと第四次越冬隊の大係の吉田栄夫隊員（極地研名誉教授）が福島を誘った。福島は宇宙線担当という室内業務が任務だったので、そんな吉田隊員の要請を受け入れる必要はなかった、と思える。しかし福島はそれに応えた。この点に引っかかる。その時、私が言った「タロ・ジロを頼むよ」という言葉が彼の頭になかったとはいえない。とすると、福島の遭難には、自分にも一端の責任がある！自分は要らざることと言ったのだろうか？

タロはブリザードの中、基地の出入り口から 10m ほどのところに係留されていた。ブリザードは吹き放しでなく、人の呼吸のように息をつくものだ。その中をタロは風上に向かって背を丸め、風下にむかって顔を腹に埋めて半分雪に埋もれて蹲っていたはずだ。遠くから見ると、それは石か何かに見える。私なら想像できるが、吉田隊員と福島は、その方向を見定めて、ブリザードの息つく間をタロに近づいていったのだろう。

丁度その時間、瞬間風速 51m/秒を記録していた。それは直立し難い風速である。雪が混じるから視界も悪くなる。腕を伸ばしたら手袋が見えないことは何度も経験した。タロの前に餌を置いて、瞬時に吹

きとばされてしまう。犬は 3、4 日は何も食べなくても平気だ。そんなことは何度も経験した。恐らく吉田君は、タロの餌を持って行って、そんな経験をしたことであろう。

吉田と福島は基地へ帰ろうとした。吉田が、やっとの思いで基地にたどり着いた。吉田は直ぐうしろに福島がついてきているものと思い込んでいたという。10m の距離を基地に向かって歩く間、吉田は後ろを振り向く余裕はなかった。だが、基地に到着したとき、後ろをみると、そこに福島の姿はなかった。午後二時ころだった。すぐに手当て（遭難と気づき、サイレンを鳴らすとか捜索隊を出すとか、事件発生の認識をすとか）をすれば、福島は助かっていたかも知れない。しかし、その時、運悪く、数日前に隣のベルギー基地（昭和基地から数百 km）から小型飛行機で数人のベルギー人が来ていた。彼らは基地から 500m ほど離れた海氷上にテントを張り、寝起きしていたが、その日にはベルギー隊員の何人かが基地の建物に来ていて、隊長はその対応に追われていたという。そのうちに、別のベルギー隊員の一人が、このブリザードの中を行方不明となっているとの知らせがあり、隊長は、またまたその対応にも追われていた。しばらくして、その隊員は無事に発見されたという知らせが入った。そんな時に福島事件が起こった。私は、事件発生の“認識”が遅れたのではないかと思う。

かなりしてから、山に経験のある隊員が二人一組で、三組捜索に出た。まず、A,B の二隊が出発し、暫くして C 隊が出た。いずれも暗くなるまでに帰ってくる筈であった。まず、B 組が空しく帰ってきた。だが、A,C 組は暗くなっても帰ってこなかった。あとで聞くと、ブリザードのために帰ろうとしても帰れなかったという。仕方なしに、その場所に雪洞（雪に横穴か縦穴を掘って、入口を何かで覆い、一晚を過ごす。日本の冬山で、時々やる方法）を掘ってその夜を過ごした。翌日、10 時頃にブリザードが小止みになった時、C 組の一人が穴からはい出た。と、数 m 先にやはり穴らしいものがあつた。そうこうしている間に、そこから人が出てきた。見ると、それは A 組の二人であつたという。前日の激しいブリザードの中を数 m 離れて行動していたために互いにわからず、互いの雪洞作業にも気がつかなかったという。ブリザードは二、三日後に収まった。が、福島は帰ってこなかった。その間、必死の捜索が続けられたことは勿論である。一週間後、文部省は福島死亡を認定した。

その後、毎年の越冬隊によって福島の遺体の捜索が行われたが、その姿は瑤として判らなかつた。7 年の月日が流れた 1968 年の 2 月、第九次夏隊と第八次越冬隊を乗せたふじ（二代目）は、仕事を全て終え、明日に控えた離岸を前に隊員も乗組員ものんびりしていた。仕事を終えた村越望氏は（私は第一次越冬で村越氏と一緒にあつた。彼は福島と同じ第四次越冬隊で二度目の越冬をし、第九次夏隊員として三度目の昭和基地に来ていた）開放された気分、西オングル（基地は東オングル）を散歩していた。とある岩陰にもたれて座っている人影が見えた。彼は福島を直感したという。そこは、基地から直線距離で約 4.2km、普通の日には徒歩で 1.5 時間のところであつた。七年の歳月にも拘わらず遺体は美しいままであつたという。あの時、福島はブリザードの中を、恐怖とたたかいながら、数時間、或いは翌日まで彷徨ってここまで来て力が尽きたに違いない。

その報は直ちに船に届いた。この時、不思議なことが判つた。その時、そこには、七年前福島と同じ第四次越冬隊員であつた者が五人もいたのである。その中には、福島とタロに餌をやりに出た吉田栄夫君もいた。遺体はその場で茶毘にふせられた。昔の仲間、五人と大勢の人に見守られながら。偶然だろうが、こんなことは前にもあとにもない。七年間、探しまくって発見できなかった遺体が、それも明日は離岸という帰国前日に、しかも七年昔の仲間五人も一緒に、その五人が見守る中を葬られた。

遭難の翌年（1961）、昭和基地の片隅に人の丈を越す大きなケルン（石塚）が建設され、「福島 紳 君 この地に逝く」と大書された銅製銘板がはめ込まれた。名盤は錦林小学校の友人により浄財が集められ、遭難の経緯は私により、字は長谷川万吉京大教授により、日英両文でしたためられた。英文は中西信太郎京大教授（文学部英文学科）によって書かれた。

今、世界の地図に日本隊の発見した大陸奥地の大和山脈の最高峰に“福島岳”と名づけられた山（2494m）が載っている。私が、当時、「タマ氷河」や「タマ岬」と名づけたのは、その後改名されて世界で認められているが、それはオラフ海岸の小さい氷河と岩である。

（文献）

北村泰一、「南極第一次越冬隊とカラフト犬」，教育社，1982

北村泰一、「南極越冬隊 「タロジロ」の真実」，小学館文庫，2007

南極昭和基地周辺における地下構造調査と地震観測

伊藤 潔（元京都大学教授）・金尾政紀（1989 年卒）

1. はじめに

南極観測における人工地震による地下構造調査と自然地震観測について、京大関係者の貢献について述べる。ただし、南極観測は全日本的な立場で実施されているので、京大の貢献だけを取りあげるとは考えたこともなかった。従って、観測の概略について記述し、具体的な貢献については最後にまとめて述べる。地震観測および地下構造調査について、京大関係者が数多く参加してきたことは、別表でもわかるとおりである。

2. 南極昭和基地付近における人工地震による地下構造調査

2-1. 1979-1981

本格的な人工地震による地殻構造調査は 1979-1981 年にかけて、第 20 次夏隊、第 21 次越冬隊および 22 次夏隊によって初めて実施された。当時、南極大陸の構造調査は米国籍の地下 10km まで程度の多点における調査、ソ連隊の 2 カ所におけるモホ面までの調査結果であった。ただし、ソ連隊の調査は片側測線から推定した速度断面だけが公表されており、詳細はわからないものであった。南極大陸における地震探査測線を設定しての本格的な地殻全体の構造調査は最初であった。

この地下構造調査は、爆薬を用いる屈折法調査で、深さ 30-40km のモホ面までの構造を求めることを目的とするものであった。そのために、300km 程度の測線が必要である。当時の輸送力や人員の能力を考慮して、10km 程度の間隔で観測点を設置し約 30 点の観測点を配置することにした。20 次夏隊ではその準備として、海中爆破と氷床孔中でのそれぞれ 1t および 560kg の爆破を大陸氷床上 5km 間隔 10 点の観測によって、予備実験として実施した。発破点は大陸上の測線の一端と測線を延長した海中で、最遠点は 120km 程度であった。海中の爆破は十分最遠点まで届いたが、氷床中の爆破は 50km は十分届いたものの効きが悪かった。これらの結果、実施が可能なことはわかったが、測線が内陸に延びることで、ほとんどの事柄について計画の修正が必要であることも分かった。

21 次越冬隊で本格的な実験を準備し、大幅に計画変更をして実施した。使用する火薬の量が観測船「ふじ」の火薬庫では 1 回では運べないので、22 次隊が残りを運んで越冬開けに合同で続きの実験を実施することになった。測線は氷厚や重力などの測定もある昭和基地からみずほ基地まで約 270km にした。このルートでは過去にトラバース測量がなされており、同じ点を用いれば位置決定が十分でない場合も一応の結果が出ることもあった。実際には後述の衛星測位によって、トラバース位置の再測ができ、氷床流動のデータも得られた。

実験のためには、震源としての爆薬、その装填のための孔の掘削機と掘削方法、観測のため地震計とレコーダの輸送と設置方法、1/100 精度の刻時精度の維持のための機材と方法、観測点の位置決めなどが新たな検討課題になった。また、それぞれの機器が低温下において少人数で正常に稼働するようにしなければならなかった。雪が固まっていく南極氷床では表面付近は密度が小さいので、爆破の効きが悪いし、波の減衰も大きいので地震計を 10m 程度の深さに埋設する計画を立てた。アースがとれないので静電気によるノイズの影響などもわかっていなかった。これらすべてを、越冬中に予備実験を実施し、実際の実施日程に収まる程度に工夫することにして、種々の機器を準備した。レコーダは最低でも

1 ヶ月弱は連続記録できるものが必要であり、利用可能なものはアナログ直接記録方式、オープンリールのテープレコーダだけであったので、特注して製作した。電源には亜鉛燃料電池を用い注水することで稼働させた。レコーダは観測船への積み込み直前に完成し、越冬中に調整することになった。刻時に関しては、測線を3つに分け、高精度の時計3台を用い、基地からの無線連絡でこれらのマスター時計を校正し、その時計で観測点の時計を校正する方法で計画した。しかし、直前に、NNSS (Navy Navigation Satellite System) の時刻信号ができることがわかり、この機器を急遽購入して用いることにした。この機器は位置決定も可能で、天測で求める予定の観測点位置をも決定することができた。位置決定のためには太陽での天測の訓練まで行ったが、結局衛星による時代の到来は予想以上に早かった。GPSに比べると精度は悪いが、100m以下の誤差で位置の決定が可能であった。

実際の実験は4度にわたって実施し、爆破は大小のものを17回行った。5、6月に基地のあるオングル島で0.9kmおよび5.2km程度の測線で陸上での機器のテスト、陸上および海中での発破を実施し、基地周辺の構造の調査を実施した。7月に大陸上で10km程度の氷床上での実験を行った。この際、発破深度と薬量を変えたときの効きの関連や地震計埋設震度と静電気の影響、その際の波動の減衰なども調べた。その結果、地震計の埋設の効果は労力に比べてほとんどないことも分かった。10月から11月にかけて270kmの測線上に27点の観測点を設置し、薬量1、0、1.4tの2発の発破を行い、越冬明けの1月に海中爆破2.9tによる実験を行い無事終了した。100mおよび140mの発破孔の掘削には1週間程度を要した。この実験によって、大陸の構造が求められ、モホの深さなどの基本的な南極の構造が得られた。南極縁辺部では地表付近のP波速度は6.1-6.2km/sと日本より速く、40km程度の深さにモホ面が存在することも分かった。

2.2. 2000年(41次)2002年(43次)

上記の実験後、数回南極における構造調査の計画がなされ、到達困難域での観測のためのペネトレータ地震計の開発なども実施されたが、これらの計画は実現できなかった。上記の実験から約20年後の2000年と2002年によりやく次の人工地震による地下構造調査が実施された。20年間の機器の進歩は急速で、観測機器は非常に取り扱いが簡単になっていた。ただし、実施のための環境評価は厳しく、その対応が大変だった。その結果、陸上での火薬使用は可能になったが、海中の発破はできなかった。

屈折法に広角反射法を加えることによって、前回の調査で顕著な波として観測されていた地殻内の反射波をも利用して構造を求めることにした。みずほ高原を、ほぼ直交する2測線について実施することになった。これらの方向はそれぞれ調査地域の地質構造に平行および直交方向になっている。測線は180および160kmと前回より短くなったが、観測点間隔を1kmとすることで、反射波を効率よくとらえることができた。41次の測線はみずほ基地へのルート上であり、21次の測線の一部であるが高密度の観測が実施された。43次の測線は直交方向で新たにルート工作が必要であり、42次隊の一部を依頼した。観測点はそれぞれ160点で前回の5倍以上になった。発破についても41次では600kg7発、250kgを2発、43次では700kgを7発、200kgを1発実施した。これはスチーム噴出式掘削ドリルによって、3.25m/時という速度で直径35~40cmの発破孔の掘削が可能になったことが大きい。35-40mの発破孔を実働24-29時間で掘削できた。発破孔も大きくして、孔に雪を入れてふさぐことで浅くても効率よい爆破ができることが分かった。観測には16ビット4chのレコーダを用いて、タイマー起動により発破時刻に合わせて起動した。また、GPSによって全レコーダが3msec程度の精度で同期できる高精度の刻時を得ることができた。このように機器の進歩などにより、夏隊で実施することができた。また、2測線を

1 年空けて 41 次と 43 次で実施することによって、データの解析後に次を実施することができ、種々の改良が可能になり、より効率的な実験ができた。

43 次の測線では氷床の厚さが分からないので、アイスレーダーによる氷厚の測線も実施された。この結果と爆破の走時による解析結果とはよく一致することが分かった。両測線において、より詳細な地殻上層部の速度構造のイメージが得られたが、同時に氷床の速度構造も得られた。また、重力測定も測線上で実施された。

その後、大規模な調査は実施されていないが、オングル島内で小規模な反射法の実験が 2007 年と 2010 年に夏隊で実施されている。これは将来本格的な反射法探査を大陸で実施するための予備実験である。詳細な地下構造調査には反射法が有効だと考えられるからである。

3. 南極昭和基地および周辺における自然地震観測

昭和基地における地震観測は IGY(International Polar Year)の観測計画の基で進められ、3 次隊によって 1959 年に開始された。最初は HES（萩原式電磁地震計）の上下動一成分によるもので、5 次隊では水平動が追加され 3 成分になった。これは固有周期 1 秒の速度計でガルバノメータが地震計に直結されており、光学的に拡大されて 35mm のフィルムに記録される。南極観測の中断後 1966 年に 7 次隊によって同じ地震計で観測が再開され、さらに第 8 次隊からは、長周期の Press-Ewing 型の地震計が設置された。この地震計は WWSSN(World-Wide Seismic Standard Seismic Network)で広く用いられ、ソ連(ロシア)や東欧を除く世界中に広く設置されたものである。地震計が固有周期 15 秒、ガルバノメータが 20 秒であるため、不安定になり保守には大変な労力を要した。また、記録は HES と同じ光学式フィルム記録、WWSSN の大きなブローマイドとは違っていた。ただし、記録の現像に暗室を必要とした。このため観測時も赤色光以外の光を遮断する暗室の観測室を必要とする。1970 年代には 1・2 年おきに地震の専門家が越冬して保守に当たるとともに、機器の改良がなされた。このようにして長期間これらの観測が維持され、数少ない南半球の地震記録が継続的に得られ、地震学的な種々の解析に大きな貢献をしてきている。その後、1980 年には PELES が持ち込まれ、長周期の観測も充実したが、同時に地震の自動処理とデジタル収録が開始された。さらに、1989 年に STS-1 が設置され、PC によるデジタル収録ができるようになり、長周期の地震観測も安定して精度が向上した。

地震観測は初期には露岩上に設置された箱状の観測室で実施され、箱の上からふたを開けて出入りするというようなものであった。しかし、1970 年に基地南方にある蜂の巣山の麓に半地下の観測室が建設され、感度が向上した。データはケーブルで約 800m 離れた基地で記録され、1979 年に新たに地学棟が建設されてそこで記録されるようになった。この地震計室でも夏期には融雪水やその水の凍結などによって地震計が傾くなどの問題もあった。冬期は入り口が雪で覆われるために観測室に入るだけでも大変な労力を要した。1996 年には新地震計室が、最初の地震計が設置された付近の露岩上に建設され、翌年には地震計が移設された。これによって、短周期および長周期の地震観測が安定して実施されるようになった。最近では観測室内の温度管理も強化され、STS のドリフトが減少し、さらに安定した記録が得られている。

初期の記録は光学式であった。1973 年には長周期はペン書き記録に交換され、その後、1980 年からは長周期は PELES に交換され、ミニコンによる自動処理が開始され、データとともに処理結果が収録されるようになった。ただし、モニターとしてのペン書き記録は継続された。これらの収録、伝送システムは 1989-2002 年の間に地震の専門家(地物の他分野も含む)が毎年越冬することによって改良されていった。1994 年には IT 技術の発展に

より、インマルサット通信衛星を用いた地震波形データの UUCP(Unix to Unix Copy)による伝送が極地研との間で開始された。さらに、2004 年にはインテルサットによる通信が確立され、昭和基地の記録装置への遠隔ログイン・コマンド操作が可能になった。同時にネットワークカメラサーバーによるリモート監視も可能になり、機器の状況をモニターすることも可能になった。これは現地における保守を劇的に容易にした。

計測データは験震表の形で印刷公表されているが、記録紙のデータも画像化された。これらは、デジタル収録のデータとともに、共同研究者に提供されている。地震波形が衛星回線を通じて日本にもテレメータされるようになったため、スマトラ地震など大地震のデータは準リアルタイムで利用可能になった。

4. 京大関係者の貢献

京大関係者は上記の調査に大きく貢献している。最初の人工地震による構造調査には伊藤が参加した。2 度目の調査では金尾を中心に計画・実施され村上、筒井、戸田などが活躍した。2010 年の反射法の実験は竹本が実施している。

地震観測を昭和基地で最初に本格的に開始したのは江頭だった。江頭は 9 次隊で、神沼(東大)とともに長周期地震計の設置も行っている。1968 年の本格的な地震観測開始以来、1-2 年おきに地震の専門家が越冬して観測に従事し、無線テレメータの実験やオングル島内でのトリパタイト地震観測、みずほ基地での地震観測などを実施した。これらの多くは東京大地震研究所の職員によって実施された。しかし、1986 年から 2005 年まで 20 次にわたる観測隊のうち、京大の地球物理関係者が 20 人以上も越冬観測に従事し、14 人以上が地震観測の保守・改良を担当している。長周期地震計 STS-1 型を 1989 年に持ち込んだのは村上、その観測の整備とデジタルデータの処理・インターネットによる伝送などは金尾を中心として、村上、根岸、東野、中西、土井、岩野、吉井、坂中などによってなされている。1989 年の STS 観測開始以来、約 15 年間は上記の京大関係者を含めて、毎年地球物理研究者が越冬し、システムの改良を行った。金尾はこれの指導的役割を果たしてきている。

また、1987 年に赤松によって、大陸のとつつき岬、ラングホブでと東オングル島を結ぶテレメータ観測が開始された。これは昭和基地付近における観測網による最初の地震観測で、市川などによって 3 年間維持された。その結果、活動度の低い昭和基地周辺での地震活動の様子が分かった。その後、1995 年からはこの観測網は根岸、金尾によって長周期地震計による観測が実施されて、昭和基地付近の地震研究だけでなく、南極大陸を含むグローバルな観測データとして役立つようになった。なお、これらの観測隊員を送り出すためには、多くの京大関係者の尽力があった。

参考文献

- 伊藤・他, 1983, 南極資料 79, 107-133,
- 宮町・他, 2001, 南極資料 45, 101-147 ; 2003, 南極資料 47, 32-71.
- 金尾・他, 1999, 南極資料 43, 16-43 ; 2006, 南極資料 50, 287-303.

南極での重力・GPS測定

福田洋一 (1977 年卒)

1. はじめに

日本の南極地域観測隊 (以下、JARE: Japanese Antarctic Research Expedition と略す) による重力測定には色々な目的があるが、第一には基準点測量と同様に昭和基地での重力基準点を構築することである。これは主に国土地理院が担当しており、国土地理院 (2007) に詳細な記載がある。また、やや古くなるが、月刊地球号外 35「新しい南極地球科学—半世紀の進展と展望」には、南極での固体地球科学に関連した多くのレビューがあり、重力に関連しては、重力基準点網・絶対重力測定 (松村, 2001)、超伝導重力計観測 (佐藤, 2001)、海域・陸域重力測定 (福田, 2001) などの記載がある。一方、GPS についても国土地理院 (2007) に詳細な記載があるほか、Shibuya (1993)、Shibuya *et al.*, (2003)、また神沼(2008)には、最近の JARE での測地観測全般についてのレビューがある。

このように、南極での重力・GPS 測定に関連しては既に多くの文献が存在するので、史料として新たに書き加えるべきことはそれほど残っていないように思われる。そこで、大変偏った記載になることは承知で、本稿では私自身が関わった測定・観測を中心に、重力・GPS にまつわる幾つかのエピソードを紹介したい。それぞれの詳しい内容や成果等については、参考文献や、そこに記されている文献等を参照されたい。私が JARE に参加したのは、JARE-27 (1985-1986)、-28(1986-1987)、-33(1991-1992)、-45(2003-2004) であるので、JARE の 50 余年の歴史の内その後半部分の記載が主となる。この時代の重力・GPS 測定に関連した南極観測の雰囲気が少しでも伝われば幸いである。なお、本文中での人物の敬称はすべて省略させていただいた。

2. 船上重力測定

JARE による船上重力測定は、ふじが就航した 8 次から始まるが、南極海でまともにデータがとれるようになったのはふじも退役間近な 23 次になってからである (福田, 1995)。このときに用いられていた船上重力計は、東京大学海洋研究所の瀬川爾朗による NIPRORI-I 型と呼ばれるもので、この重力計が新しく就航したしらせ (JARE-25 で就航した旧しらせの意) でも使用された。私は、当時、弘前大学の助手であったが、1984 年の初めに瀬川から突然電話があり、その年(JARE-26)の夏隊で、船上重力担当として南極に行かないかとの打診であった。結局、JARE-26 では隊員枠の関係で船上重力測定は実施されなかったが、私は、JARE-27、-28 と 2 年続けて船上重力担当として観測隊に参加することとなった。

JARE-29 からは船上重力計は改良型の NIPRORI-II に置き換えられ、JARE-31 では休止したもの、JARE-29 には藤浩明 (当時: 東大海洋研研究生、現: 地磁気世界資料解析センター)、JARE-30 には野木義史 (当時: 神戸大院生、現: 極地研究所)、JARE-32 には島伸和 (当時: 東大海洋研研究生、現: 神戸大学) が、船上重力担当の夏隊員として (もちろん船上重力だけを担当した訳ではない) として参加した。いずれも海洋・海底観測に係わっていた 20 代半ばの大学院生であり、これらの人材を得たことは、この間の船上重力観測の大きな成果かもしれない。

JARE-33 では、それまで使用していたミニコンによるデータ収録をパソコンに切り替える大幅な変更が行われた。ちなみに、船上重力測定では、船の動揺を補正するためリアルタイムでの高速なデジタル・フィルタリング処理が必要で、NIPRORI-I では NOVA のミニコンが、また、NIPRORI-II では、その後続の 32 ビットスーパーミニコンが使用されていた。これらは、広い設置スペースが必要でしらせ後部の観測室を占有していたし、その操作にはある程度の専門知識を必要とした。このため、データ収録部分を、当時進歩の著しかったパソコンを用いたものに切り替えることが重要な課題でもあった。東大海洋研に移っていた私は、パソコンによる収録ソフト開発の一部を担当していたため 3 度目の南極観測に参加することとなった。この変更により、以後、船上重力計専任の隊員は不要となり、NIPRORI-II は JARE-49 の旧しらせ最後の航海まで使用されているが、観測は、地学担当の越冬隊員が往路、復路を別々に担当するだけで済むようになった。このため、船上重力担当の夏隊員枠 1 名は減ったが、その分は後に述べる超伝導重力計担当隊員枠に振り替えられており、京大関係者にも多い JARE-35 次以降の地学関係越冬隊員も、多くはこの枠を使用したものである。

3. 地上重力測定

初めて観測隊に参加した JARE-27 では、メインの仕事はしらせの往路・復路での船上重力であったので、南極滞在中、何をすれば良いのか右も左もわからないというのが実情であった。そのような状況を見越してか、極地研の神沼克伊は、南極滞在中の仕事として、セールロンダーネと昭和基地の重力結合や、昭和基地周辺の大陸沿岸での重力測定の仕事を観測計画に含めるよう、アドバイスを与えてくれた。おかげで、ラコスト重力計を携え、さまざまな貴重な経験をさせてもらった。

2年目の JARE-28 では、夏の滞在期間中にどのようなことができるかおよそ様子も分かっていたので、幾つか、独自の夏観測計画を立てることができた。その一つが昭和基地での重力潮汐観測であった。昭和基地での重力潮汐の観測は、JARE-9 でラコスト重力計の目視直読(Nakagawa *et al.*, 1969)、JARE-21、22 で電気出力の打点プリンターによる観測が行われていたが、これらは当時のレベルからみても精度的には不十分なものであった。JARE-28 では、ラコスト重力計に Harrison and Sato (1984) による改良を施し、フィードバックアンプとデジタルカセットを用いた当時としては最も進んだ測定方法を採用した。このとき、国立天文台の佐藤忠弘には、重力計の改良からフィードバックアンプの製作指導まで（これらはすべて手作りであった）、大変お世話になった。この時の重力潮汐観測が、後の昭和基地での超伝導重力計観測への縁でもあった。

当初、昭和基地に滞在中の約 1 カ月の観測を行うことで計画をしていたが、JARE-28 では極地研の渋谷和雄がセールロンダーネで越冬することになっており、セールロンダーネの越冬中も同様の観測をやるということになった。それなら、ということで昭和基地で越冬する赤松純平に保守を托し、通年観測を行ってもらった。ただ、昭和基地での重力計の状況は必ずしも良くなく、実際に解析に使用できたデータの期間は 2 カ月程度であった。これは、フィードバックアンプなどの温度対策が不十分であったためではないかと思っているが、問題のあった装置の保守をしてもらった赤松には申し訳ない思いである。それでもこの時に得られた潮汐定数は、後に超伝導重力観測が実施されるまでは、最も信頼できるものであった。

4. 超伝導重力観測

JARE-33 では、重力に関係した 2 つの重要なオペレーション（JARE では「オペレーション」という言葉が日常的に使われる）が計画されていた。その一つが超伝導重力計観測である。南極での超伝導重力計観測は、佐藤忠弘が中心に計画を進め、佐藤は JARE-33 で越冬し観測を行う予定であった。超伝導重力計は、液体ヘリウム温度で超伝導コイルを流れる永久電流が作る磁場による磁気浮上力（マイスナー効果）を利用した極めて高感度な相対重力計であり、その運用には液体ヘリウムが必要なことから、JARE-33 では超伝導重力計と共にヘリウム液化装置も昭和基地に持ち込まれた。もちろん、超伝導重力計もヘリウム液化装置も南極での運転は世界で初めてのことである。この時は、当時京大の院生であった金尾政紀にも手伝ってもらい、ヘリウムの液化、超伝導重力計の設置もほぼ順調に終了したが、仕上げの液体ヘリウム注入中に問題が発覚した。真空容器のマイクロクラックと呼ばれるわずかなひび割れのため、JARE-33 での超伝導重力計の立ち上げは断念せざるを得なかった。佐藤は、その執念で翌年 JARE-34 での再立ち上げにチャレンジし、見事に観測開始に漕ぎつけている。この間の事情は、佐藤 (2006) 自身に述べられている。先に述べたように、昭和基地での超伝導重力計観測の開始により従来の地学関係の越冬隊員枠が 1 名から 2 名に増え、京都大学からも多くの地学系隊員（南極観測隊：京大関係参加者リスト、参照）が越冬し、観測に貢献した。

JARE-34 から観測を開始した超伝導重力計は TT-70 型(#016)と呼ばれるものであるが、JARE-44 まで使用され、その年に新たに持ち込まれた 4K の冷凍機を備えた CT 型 (#043) との並行観測の後、その使命を終えた。JARE-44 では、このため低温工学の専門家である筑波大学の池田博が越冬して作業にあたった。私は JARE-45 の夏隊として 4 度目の南極観測に参加したが、その際、JARE-45 で越冬した土井浩一郎と共に、CT 型の最終的な設置と調整に参加することができた。また、TT-70 や、CT 型では不要となったヘリウム液化装置の解体も行ったが、12 年間の時間を経てこれらに立ち会うことができたことは幸運なことであった。昭和基地の TT-70 には後日談があり、解体され持ち帰った TT-70 は、その後整備され、現在、神岡鉱山の観測室内で現役として超伝導重力観測を続けている。南極で液化機を運転することはもう限界となっていたが、液体ヘリウムが手に入る国内では、昭和基地引退後も、まだ現役として十分使えるのである。

昭和基地の超伝導重力計は、その後、JARE-51 で最新の OSG 型 (#058)に置き換えられている。OSG 型はさらに小型で高性能になった 4K 冷凍機を備え、コンピューター制御による調整が可能になっている。OSG 型の設置のため再度 JARE-51 に参加した池田博によると、OSG 型では、設置後もほとんど無調整で良好なデータが取得できており、また、すべてのモニターがインターネット越しに国内で行えるということで、もはや超伝導重力計枠の隊員も必要なくなったようである。これはもちろん研究面では都合の良いことに違いはないが、後継者育成や教育面という意味で良いことなのかどうか、やや疑問に感じるところでもある。

5. 絶対重力測定

JARE-33 での重力に関連したもう一つの重要なオペレーションは、昭和基地での絶対重力測定であった。昭和基地の重力基準点は、国際絶対重力基準点網 (IAGBN) の A 点 (大陸などの地殻の安定な地域に設定) に登録された我が国唯一の点であり、IAGBN に登録されたことについては、中川一郎の尽力が大きい。JARE-33 では、国土地理院から藤原智と渡辺和夫の 2 名が参加し、SAKUMA 式の絶対重力計(GA60)を持ち込み測定を行った。国土地理院からは測地担当として夏隊 1 名の参加が通例であるので、藤原は絶対重力測定枠 (担当は地学系) での参加ということになる。GA60 は、フランスの国際度量衡局で活躍された佐久間晃彦が開発した投げ上げ式の絶対重力計で、その測定には 3 名のオペレーターを必要としたことから、私は 3 番目のオペレータとして実際に絶対重力測定に参加することができた。私は、後に FG-5 や A10 と呼ばれる絶対重力計を使うようになるが、このときに投げ上げ式の絶対重力計で実際に測定を行ったことは、大変貴重な経験であった。このとき、20 数日の測定で、834 個の有効な測定データを得ているが、この一発一発の測定には、落体 (コーナーキューブ) を投げ上げる職人的なテクニックが必要であった。FG-5 や A10 では、測定は機械まかせで多数のデータを自動的に得ることができるが、絶対重力測定あるいはこの種の精密計測について、地面の揺れを地震計モニターで確認しながら、揺れの静かな時を見計らって手動で打ち上げる GA60 の測定から学んだことは大変多かったように思う。

昭和基地での絶対重力測定は、JARE-34 で国立天文台のグループが実施した後、JARE-36、-42 と、国土地理院が、現在、世界的に標準の絶対重力計となっている FG-5 を用いて実施している。さらに、JARE-45 では、地理院から参加した平岡喜文と協力し、地理院と京都大学の 2 台の FG5 で測定を実施した。この時、約 1 カ月間に 10 万個以上の測定値を得ることができたが、これは JARE-33 での GA60 の 100 倍以上のデータ数である。また、2 台の重力計の測定値の差は、重力計の公称精度である $2\mu\text{gal}$ より小さく、信頼性の高いものである。

昭和基地で予想される重力変化はそれほど大きなものではないが、このような高精度の絶対重力測定を繰り返し実施することにより、氷床変動、ポストグレイシャーリバウンドなどによる重力変化も検出可能と思われ、これらの研究に重要な拘束を与えるものと期待できる。このような観点から、第Ⅷ期 (平成 22 年度～27 年度) 南極観測から公募されるようになった一般研究観測として、今後、土井浩一郎が提案した昭和基地や大陸沿岸での絶対重力測定の実施が計画されており、その成果が期待される。

6. GPS 観測

私が初めて南極で GPS 観測に関わったのは、JARE-28(1986-87) の時である。南極に限らず GPS が実際に利用できるようになったのは 1980 年代中頃以降のことであるので、これはかなり早い時期といえることができる。もっとも、GPS 観測は、JARE-28 であすか基地に越冬した渋谷和雄が計画したもので、私はその一部のお手伝いをしただけである。私が関わったのは、ブライド湾での標高の決定 (ジオイド高の取り付け) で、渋谷が L0 地点と呼ばれるブライド湾近くの棚氷上で、私がしらせ船上で、計 2 台の受信機を使つての干渉測位を行った。渋谷(2006)も述べているように、当時は GPS 受信機そのものがまだ容易に手に入るものではなく、ソニーが試験用に開発したものを借り受けての観測であった。観測にあたり GPS アンテナを臨時にしらせ後部甲板のクレーンの先に取り付けることになったが、GPS そのものがあり知られていない時代で、しらせの航空科に GPS アンテナがヘリの離発着の邪魔にならないことを説明し、取り付けの許可をもらったように覚えている。しらせ船上では、道田豊 (当時:海上保安庁水路部、現:東京大学大気海洋研究所) が臨時に数日間の潮汐観測を行い、その平均海面をもとに (厳密ではないが) L0 地点の標高を決めるというものであった。かなり乱暴な測定のようにも思えるが、私の知る限り、それ以後ブライド湾での同種の測定は行われていないので、実測値としては、現在でもこの測定が唯一の

ものであると思う。

それからわずか5年後、JARE-33 (1991-92)に参加した時には、GPSはもうそれほど珍しいものではなく、ハンディGPSが野外調査にも使い始められるようになっていた。しらせ船上でも船上重力や地磁気観測用にGPSが用いられるようになっていたが、しかし、しらせそのものにはまだGPSは装備されておらず、航海情報はNNSSに頼っていた。我々はブリッジの下の観測室でGPSによる位置情報を取得していたので、しらせの当直員がときどきその値を写しに来て、その精度が良いのに感心していた。しらせの航海記録としての正式な位置情報はNNSSによるものであるが、その横に、参考としてGPSの値が記されていたように記憶する。

JARE-33では、SCARのキャンペーン観測として、夏期間に昭和基地でのGPS連続観測が行われている。これは、国土地理院の渡辺和夫と藤原智によるもので、絶対重力測定を実施しながらの観測ということもあり（もちろんそれ以外の理由の方が重要であろうが）、測定点は受信機が設置された重力計室からアンテナケーブルが届く範囲に選定された。その後、JARE-36からはレドームで覆われた恒久的なGPS基準点が設置され、IGS点(SYOG)に登録されているが、SYOGも重力計室の近くに設置されている。

現在、ナビゲーション用のGPSは雪上車で日常的に用いられているばかりでなく、GPSロガーは氷河流動などの研究分野でも利用されている。また、GPSによる精密測位では、IGS点での連続観測から、昭和基地での隆起速度が求められており、さらに、これらの観測は、昭和基地周辺の沿岸地域や大陸氷床上でも行われるようになっていく。精密測位の応用例として、JARE-47では、野木義史が中心となり昭和基地周辺での航空重力測定が行われているが、これが実現したのはGPSによるキネマティック測定が可能になったからである。GPSは、もはや南極観測に欠かせないものとなっている。

7. おわりに

「京大地球物理学研究の百年」の原稿ではあるが、ここまで、あえて京大関係者だけを抜き出した記事にはしなかった。ただし、私が直接関係しなかったという理由だけで、人工地震探査と関連した重力探査の記事が抜けているのは明らかにアンフェアである。これらに関しては、伊藤潔、金尾政紀、戸田茂らの貢献が大変大きい。また、内陸旅行中の重力測定についても、神山孝吉、金尾政紀、東敏博、岩野祥子など、大勢の隊員が貢献している。

南極観測では、個別の観測がそれだけで完結するということはあり得ないことである。本稿で紹介したような観測が実現できたのも、直接、観測に関わった隊員だけでなく、その他すべての隊員、またその隊員を送り出した国内でのサポートがあつてのことである。これらすべての方にお礼を申し上げたい。

参考文献：

- 福田洋一 (1995)：南極海の重力測定の現状とその問題点，月刊海洋，27，351-355。
福田洋一 (2001)：南極および周辺海域での重力場研究，月刊地球号外，35，130-137。
Harrison, J.C. and T. Sato (1984): Implementation of electrostatic feedback with a LaCoste-Romberg Model G gravity meter, J. Geophys. Res., 89, 7957-7961.
神沼克伊 (2008)：南極大陸のダイナミクスー測地学的研究の幕開けとしての1990年代の貢献，測地学会誌，54，15-30。
国土地理院 (2007)：国土地理院南極地域観測事業50年の変遷，国土地理院時報，111集，1-100。
松村正一 (2001)：重力基準点網の歴史と重力絶対測定，月刊地球号外，35，102-108。
Nakagawa, I., S. Kakinuma, K. Yanai and Y. Endo (1969): Observation of tidal variation of gravity in Syowa Station, Antarctica, Nankyoku Shiryo, 36, 59-64.
佐藤忠弘 (2001)：超伝導重力計による観測研究，月刊地球号外，35，116-122。
佐藤忠弘 (2006)：南極・超伝導重力計観測事業始め，南極観測隊ー南極に情熱を燃やした若者たちの記録ー，南極OB会編集，技術堂出版，426-429。
Shibuya, K. (1993): Syowa Station; observatory for global geodesy in Antarctica (a review). Proc. NIPR Symp. Antarct. Geosci., 6, 26-36.
Shibuya, K., K. Doi and S. Aoki (2003): Ten years' progress of Syowa Station, Antarctica, as a global geodesy network site. Polar Geosci., 16, 29-52.
渋谷和雄 (2006)：GPS観測，南極観測隊ー南極に情熱を燃やした若者たちの記録ー，南極OB会編集，技術堂出版，254-257。

南極氷床を探る

－ 雪氷の世界から －

長岡工業高等専門学校 佐藤和秀 (1970 年学部卒, 1977 年院修了)

1. はじめに

中学、高校の時の 36, 38 豪雪は絶望的な小千谷の雪風景だった。多くの住民は雪を、雪国を呪っていた。しかし、こんな雪国に育った私は、オリンピックスキーで銀メダルの猪谷千春の父、猪谷六合雄著「雪に生きた八十年」や寺田寅彦、中谷宇吉郎の文章にも感銘した高校生だった。

大学に入って山岳部に入ろうとしたら、父が勘当するという。それほどまでして親不孝をする勇氣はなかったので、バスケットボール部と能の観世会で 4 年間過ごした。教養部時代、数ヶ月に 1 回、特別講演があった。吉川幸次郎、小川環樹、桑原武夫、梅竿忠夫、木原均など錚錚たる人たちの話は、楽しみで感激した。3 年からの分属進路はいろいろ迷ったが地球物理にした。狐崎先生の地震も興味があったが、多くの外国を見たかったから海洋や気象など考えた。気象学の浅井先生の「あることを理解する。理解の深さは際限がない。例えばコリオリ力・・・」の話が印象に残っている。熊野寮にも度々警察が入り、大学紛争が始まった。やはり、雪関係をとったが、京都では雪は無理。北大や名大の院入試準備もしていず、1 年京都に残り、じっくり考えようと思った。地物の院入試は反対運動で大幅に開始時間が遅れ、お陰で寝坊した私は合格してしまった。防災研の災害気候部門に 1 年先輩の井上治郎さんがいた。名大と一緒にヒマラヤ氷河などやるからいいぞと言われた。

その時から私の進路は決まった。防災研災害気候部門の中島暢太郎先生の研究室に進んだ。理学部気象学の講義と宇治との両方通いが始まった。私が最初にやった仕事は中島先生らがパタゴニアから持ち帰った輪切りの木の年輪からパタゴニアの気候変動を調べるもので、直径 10cm 弱の木を持って農学部のごろうの所に行き、いろいろハウツーを教えてもらうようにと言われた。「ヒマラヤ五郎」と言われる研究室へ恐る恐る訪ねた。趣旨を話すと岩坪先生は「気象学はいいですなあー、こんな年輪で気候がわかり、論文が書けるんだから・・・」と豪快に笑われた。木肌を磨き写真を撮り、その写真で年輪幅の変動を調べた。災害気候部門は中島教授、樋口明生助教授、後町助手、田中助手の構成のできたばかりの部門で井上さんなど 2 人程しか学生がいなかった。気象、気候、海岸水理、雨、海塩核と先生の専門が違うのでゼミはちんぷんかんぷんだった。その後、いろいろな分野の研究は、所詮人間がすること、考え方・アプローチの仕方など共通項が沢山あること、知らない分野でも食わず嫌いにしないと多くの示唆を得られることなどを知ることになる。

たぶん中島先生と樋口明生先生との共通項は「山」だったのだろう。そのころ名大の樋口敬二先生の所と一緒に「ヒマラヤ氷河は日本がやるべし」と、渡辺興亜さんらを中心に動き出していた。私が仰せつかった仕事は、乏しいヒマラヤの情報を少しでも集めるべく、日本山岳会の年報「山岳」に載っている全てのヒマラヤの山の写真を接写し、整理することだった。中書島の宇治川水理実験所でくそ暑い夏の間、接写と写真引き伸ばしを酢酸のむせる小部屋で行った。名大との行き来も頻繁で、「お前はどこの学生だ」といわれたこともあったが、中島先生、樋口明生先生、井上さんはじめ、ヒマラヤ氷河調査遠征に燃えていた。まもなく安成哲三そして地形土壌部門に横山宏太郎、神山幸吉らの学生も増え、宇治キャンパスも賑やかになっていった。ヒマラヤ行きの資金を得るべく、東北高速道予定ルートでの雪崩、吹雪など雪氷調査のアルバイトを行い、数人をネパール氷河調査に送り込み、その後の「ネパールヒマラヤ氷河学術調査 (GEN)」(科研費：樋口敬二代表) へとつながっていった。丁度その頃、南極行きが現実の話になってきた。個人的には氷河のある外国留学を真剣に考えていた頃でもあった。南極は将来も一人では絶対行けない。「世界の雪を観る」計画ならこのビッグチャンスに逃すわけにはいかないと心を決めた。

2. 第15次・第22次越冬隊

第15次隊（1973-75年）は村山雅美観測隊長、村越望越冬隊長以下、南極経験者も多く、個性豊かな強力な隊であった。「隊長、何してるんですか」「1次の時、確かこの辺に埋めて置いたんだが」と、村越越冬隊長が、昭和基地天測点のある岩山で捜し物をしている。一緒に探し始めて「あった、あった!」と、岩のくぼみから缶詰を隊長が見つけて取り出した。早速、缶を切って、2人でおそろおそろ中のコンビーフを食べてみる。何となく、普通にうまい。1次越冬の時、基地に帰れなくなった時のために、緊急用にデポしたのだろう。さすがに缶の外観はさび付いていたが、18年たっても中身は何とない。こんな第1次越冬経験の隊長と第15次隊は盛り沢山のメニューをこなした忙しい隊であった。私の南極雪氷研究もここから始まった。

雪氷研究者を結集して実施された「エンダービーランド計画」（第10次～15次）は、最初、北大や京大の学生、大学院生を中心に計画され、それが現実のものとなっていった。雪氷観測の目指すところは、みずほ高原・エンダービーランドで内陸トラバースを展開し、その領域の質量収支および氷床のダイナミクスを解明しようとする野心的なもので主に氷床質量収支と氷床流動の観測であった。

質量収支は氷床形態、気象・気候状況を知るために内陸部での調査旅行が計画された。氷床流動は10次隊でやまと山脈を起点とする三角鎖測量、11次隊でサンダーコック・ヌナタークを起点とした開放基線測量を実施し、14次隊、15次隊が4年後に再測するものだった。エンダービーランド計画が開始された頃、アメリカが西南極とグリーンランドで2000mと1000mの深さを越える深層掘削に成功し、得られた雪氷コアから過去の気候を復元するという画期的な報がもたらされた。日本も将来の深層掘削の方向を見定め、また内陸旅行の拠点とすべき、昭和基地より300kmの内陸に、11次隊によってみずほ観測拠点（後にみずほ基地に改名）が建設された。

このような機運の中、15次隊は3月から8月までみずほ観測拠点の整備、掘削場の整備、雪氷・気象観測を行った。私は5月から9月までの真冬の内陸基地に3人で越冬した。夏場の掘削と3つの内陸旅行があるため、燃料は極力切り詰めなければならず、調理は石油コンロ、暖房は石油ストーブのみ。建物はすでに上端まで地吹雪で埋まり、基地内はロウソクと数個の裸電球で明かりをとった。1kVAの発電機は1日1回、昭和基地との通信のための充電用だった。3人の任務は越冬あけに掘削ができるように、基地建物から50mの所に掘削場を作り、外にある掘削機を設置し、建物と雪穴通路でつなぐことであった。チェーンソウは早々に故障したため、鋸での雪穴掘りが毎日毎日続いた。切り出した雪ブロックは基地の外に出し、人引き橇で風下100m辺りに捨てる。太陽が没し氷点下50℃を下る日が増し、生きるためだけの作業の日もあった。真夜中、ボンツという音で跳び起きる。煙突が雪で詰まり暖房用ストーブの火が消え一酸化炭素ガスが発生、3人とも極夜の外に飛び出した。間一髪で助かる。ガチガチ震えながらガスが収まるのを待つ寒空に、オーロラが美しく舞っていた。掘削場は深さ5mほどの空間を作らなければならない。最後に1トン近い3個の掘削機械パーツを外から搬入する。チェーンブロック、レバブロックを総動員し、H綱に吊しながら穴底に下ろす。H綱は雪穴の縁の道板上に乗っているが、縁がくずれないか気が気でない。3人しかいないから大変だ。無事、設置したときは本当にホッとしたものだった。掘りまくった雪の量は200m³近くにもなった。

太陽が顔を出し、冬があけた10月にはハイランドトラバースで南緯77度まで到着。その当時の日本隊の南進記録3番目となった。12月にサンダーコック・ヌナタークへのトラバース測量線の再測隊が出発したが、多雪のため4年前の標識は殆ど埋没して測定はできなかった。また、やまと山脈への旅行隊はそれまで10次隊で9個、14次隊で12個見つけた隕石を659個も発見してしまった。その後、世界一の隕石保有国になり、月隕石、火星隕石も同定されていく。これらの旅行は9次隊の極点旅行に匹敵する規模となった。氷床の質量収支に関する氷床表面・基盤地形、降水量、氷床流動、気候区分を明らかにするため、内陸調査で気圧、表面最大傾斜、雪尺、ピット、10mボーリング、アイスレーダー、人工地震等の観測を実施した。卓越風向、表面形態、気象観測、化学分析用の積雪採取、雪温測定もあった。100km毎にウィルドT2経緯儀を使って太陽高度測定为天測を行うナビゲータを仰せつかる。アムンゼン、スコットの頃の時計管理の苦勞を思った。丸善の

三角関数表も世話になったが、今は GPS 位置測定装置のスイッチを押すだけでいいという。

みずほ観測拠点での電気熱式掘削機（サーマルドリル）による掘削も開始され、146m深の雪氷コアが得られた。その後、苦労した日本独自の掘削機の開発と相俟って、氷床深層コア掘削の道が開かれていく。また 15 次隊で小型航空機（セスナ 185 型機）の初越冬が試みられ、16 次隊観測でのやまと山脈航空写真撮影など多くの成果をあげた。線から面への南極氷床観測の新しい時代を感じさせる隊となった。

次に参加した第 22 次隊（1980-1982 年）は、南極気水圏観測計画（POLEX-South）3 カ年計画の最後の年であった。これは国際学術連合会議（ICSU）と世界気象機構（WMO）との共同事業で、大気物理学を中心に雪氷学や海洋物理学が関与している。日本では北極の観測も計画されたが、南極ではみずほ基地と昭和基地を中心として放射収支、大気・氷床・海洋（氷）の相互作用、極域大気の循環をとりあげ、雪氷学的研究も行われた。氷床上の放射収支や接地気層の観測のため、みずほ基地に高さ 30m の観測タワーを建て、種々の測定器が設置された。最終年次の 22 次隊では、内陸部での移動気象観測（主に接地気層の観測）に重点を置き、みずほ基地から内陸へ 400km の V 地点とやまと山脈での低層ゾンデ観測、係留気球観測、無人観測点による広域気象観測、気象衛星受信などを行った。

極域の熱収支がどうなっているのか、それが地球全体の気候にどのような影響しているのかを説明することを目的としたこのプロジェクトは V ルート旅行 2 回、W ルート旅行、やまと山脈旅行と多忙であったが、その他はみずほ基地での観測だった。みずほ基地はすでに氷床表面下 2~3m にある。毎日、基地出入り口より 100m 程の所にある 30m 観測タワーに通い、観測機器のチェックを行った。基地内の記録機器類はアースがうまくとれない。あちこちで火花が散り、ドアの取っ手を握るのはいつも勇気がいった。

ある日、いつものように観測タワーから基地に帰ろうとした時、ホワイトアウトで天地の境も定かでない、視程数m、少しの凸凹に足を取られ転んだ。あるはずの基地入り口がない。すこし焦った。すぐ見つかるだろうと思ったが見つからない。ひょっとしたら・・・4 次隊の福島隊員遭難のことがチラッと思い浮かんだ。全身を悪寒が走る。落ち着けと言いつつも焦っている自分がわかった。とにかく今いる場所に雪靴で×印を雪面に印し、そこを起点に四方八方に行き、戻って来ることを思いついた。地吹雪で足跡が消えないうちに大急ぎで元に戻らなければならない。1 回目、見つからない。急いで戻る。×印が消えないうちに再び書く。永遠に南極氷床上の迷子になるのか、動悸が激しくなり、うろたえている自分。5 回か 6 回目だったろうか、突然、千切れかかった色あせた赤旗が目の前に現れた。助かった！ライフロープに付けた旗だった。嬉しかった。私は無事基地に帰還した。自然を甘く見てはいけないと、つくづく心に刻んだ。

W 旅行（みずほ基地からサンダーコック・ヌナタークへのルート）は私のリベンジ旅行でもあった。15 次隊のサンダーコック旅行には、雪氷掘削の準備で参加できなかったからだ。積雪の多い所で気象観測、雪氷観測、積雪試料の採取など

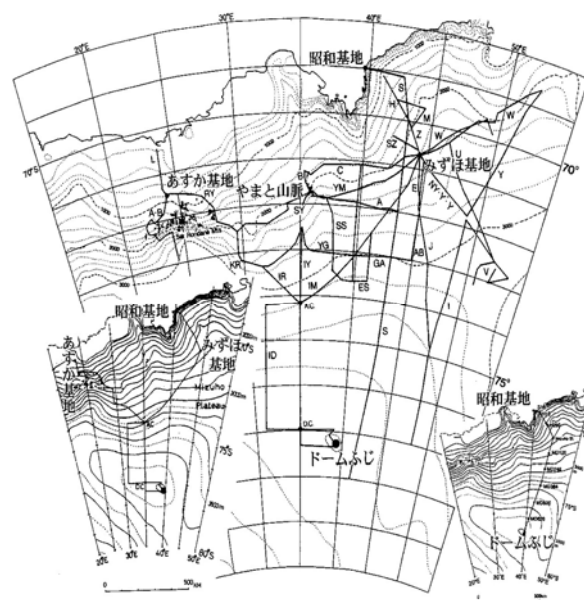


図 1. 10 次隊以降の内陸調査トラバース（文献 1 より）
太線：内陸調査ルート（アルファベットはルート名），
左下図：ドームふじ頂上探索ルート，
右下図：昭和基地 - ドームふじ基地ルート

を 200km のルート上で行った。V 旅行は接地逆転層の発達機構、カタバ風（斜面下降風）の生成機構の解明を目的に、みずほ基地から 400km の内陸を目指した 1 ヶ月以上の旅行であった。ランバート氷河源頭部では乱流観測、日射・放射量観測、気温・雪温観測、30m 深雪氷コア掘削のほか高層気象観測も行った。パイロットバルーンによる上層風と気温分布の測定は、ヘリウムで膨らました風船にゾンデをつり下げ放球、それをデジタルセオドライトで追跡する。さらに小型カイツーン（係留気球）やカイト（凧）による観測も行ったが、カイツーンは低温で破れてしまった。カイトによる観測は今後、有望と思われた。逆転層の強さは地上から 200m の間で 25℃にも達したことがあり、改めて放射冷却の大きさに驚く。11 月 18 日には氷点下 65.8℃を記録。これはしばらく、日本隊が経験した最低記録となった。22 次隊の気水圏観測も無事終了し、これらの観測研究がもたくなって井上治郎さんと私、北大の N 君はその後、学位を取ることができた。お世話になった吉田栄夫 22 次越冬隊長は、4 次隊越冬で福島隊員の最後の行動を共にした人であった。

3. 南極の雪氷観測

日本の南極観測は 1956 年 11 月「宗谷」が第 1 次南極観測隊を乗せて日本を出航したときから始まり、オングル島に昭和基地が建設された。6 次隊で基地閉鎖、4 年間の中断後、南極観測再開そして現在 51 次隊が観測を行っている。

雪氷分野からみると、昭和基地から内陸へ内陸へ、そして氷床深く深くの観測の歴史が読み取れ、大きく 3 つの段階が理解される。最初の段階は探検的段階で、内陸への進出探査そして旅行技術、設営ロジスティクスの確立が大きな課題であり、9 次隊による昭和基地-極点往復旅行が最初の集大成であった。観測船の「宗谷」から「ふじ」、「しらせ」へ、そして雪上車の開発、改良による輸送量の拡大によって、線から面への広域観測をめざす第 2 段階では、1969～1975 年（10～15 次隊）に展開された「エンダービーランド計画」が始まり、1982～1986 年（23～27 次隊）の「東ドローニングモードランド計画」と多くの内陸調査旅行が実施された（図 1）。第 3 段階で「氷床ドーム深層掘削計画」（1 期：1992～1997 年（33～38 次隊）、2 期：2003～2006 年（44～48 次隊））でドームふじ基地を建設し、1 期で最終深度 2504m、34 万年前までの雪氷連続コアを採取。2 期で最終深度は 3028.5m、72 万年前までの雪氷連続コアの採取に成功した。これらのコアの精力的な解析と研究発表が現在も続いているが、さらに地球最古の水を求め、国際協同計画が進行している。

日本の南極観測 50 年が過ぎ、少しでも南極氷床の素顔が見えてきた。いくつかを紹介すると、東ドローニングモードランドの流域、形態が明らかに成り、おおよその質量収支、流動メカニズムが明らかになったこと、氷床表面の堆積環境特性が明らかになったこと、深層雪氷コア解析からは海底コアよりも時間分解能の高い 72 万年の大気環境変動が記録されていることがわかり、その特性が明らかにされつつあることなどがあげられる。

私の関連でいえば、その地点の年平均気温に近い 10m 深雪温分布の解析から氷床の気候区分を明らかにできた。また、積雪の酸素同位対比と温度や積雪量との関係を見だし、その分布特性を明らかにした。この関係から、深層コアなどの酸素同位対比から温度に換算し、過去の温度変動を復元できた。10 万年の氷期と 2 万年ほどの間氷期の見事な繰り返し、その変動の周期解析は天文学のミラコンヴィッチ・サイクルの 3 つの周期に近いのには、自分でもビックリしてしまった。また、多くの協同研究を通して、私にはわからないことが理解された現象も枚挙に暇がない。

4. 南極と人間

人跡未踏の内陸奥深く調査旅行中、見渡せば真っ平らな白の世界、しかしよく見れば雪の特性と風とのコラボレーションで氷床表面はいろいろな顔を持っている。それぞれの表情に名前をつけたら大変なことだろう。非常におもしろい作業だが、手を付けた人はあまりいない。極夜のみずほ基地、一人空を仰ぐと天を真っ二つにするようなオーロラが乱舞していたこともあった。こんな感動を独り占めして良いのだろうか氷点下に晒されているのも忘れて見とれていた。みずほ基地の建物はすでに雪面下で、雪の部屋が無数にあり、雪の通路が延べ数百メートルにもなる。宇宙人が南極に降り立って、こんな基地を作っても人間には知られないだろうと妄想したりした。太陽光が積雪層を通してできる何とも魅力的な光の雪の部屋“紫御殿”もあった。長年使用していない部屋

や風呂場近くの雪の通路には見たこともない大きさ 3~4cm の“しもざらめ雪”がきらきら発達していた。

南極と人間の関係とは何だろう。氷点下 50~60℃の空気を大きく吸い込むと咳き込んでしまう。体内は 40℃ほど、温度差 100℃にもなる。それでも生きていける人間とはすごいものだ。食料、燃料、機材などはすべて文明圏からの持ち込みである。最近は不要になったものは日本に持ち帰りが原則になっていると聞く。食料については、余裕のあるときにせつせと南極に備蓄することも考えられる。エネルギーについては風力がすごい。南極行きの前には、寒さについて多くのことを聞いていたが、現地に行って風の威力を痛感した。ほとんど一年中、風の世界と言ってもいいだろう。氷床表面の放射冷却に由来する斜面下降風だ。風力発電は将来もっと有力となるだろう。しかし、この莫大なエネルギーを現地で熱に変えてしまえば、その地域の気候変動を起こす可能性もある。

南極観測隊に参加した京大関係者リストをみると、こんなにも多くの方が参加しているのに驚く。雪氷関係では北大出身者が多いが、9 次隊に遠藤八十一が、初期の「エンダービーランド計画」には上田豊、中尾正義、横山宏太郎、私が参加している。その後、「POLEX-South」、「東ドローニングモードランド計画」、「ドームふじ深層掘削計画」などに、井上治郎、神山孝吉、内藤望、斎藤隆志、藤田耕史などが名前を連ねている。またドームふじ深層掘削期間には上田 (36 次) が隊長で、横山 (35 次)、神山 (43, 47 次) が越冬隊長として重責を果たし活躍した。50 年も南極観測が続いているので、関係者のつながりは限られた年齢内であったと思われるが、年齢差を超えて、例えば 1 次の西堀、北村先輩達の活躍は人づてに、あるいは書物を通して、何かしらエキスをもらっているのは間違いない。私ごとでいえば、南極観測隊員は公務員でなければ行けない。民間の方や学生は極地研究所の公務員枠で行くが、15 次は学生が多く、あきらめかけていたところ、京大の助手になり行くことができた。帰ってきて復学しようと理学部事務に行ったら、退学した者が復学はないでしょうとけんもほろろ、指導教官の中島先生に相談したら、昔、北村さんの例があるはずといわれ、再度事務へ。詳しい内容は知らないが、めでたく復学できた。ありがたい先輩がいた。また山岳部出身の上田、井上、横山諸氏を通し、また 1 次隊員だった村越 15 次隊長を通し、西堀 1 次越冬隊長のことも多く聞くことができた。

私は 26 歳から南極に関係してきた。京大防災研での中島先生はじめスタッフ及び活気ある仲間、南極での隊長や多くの隊員仲間から暖かく支えてもらった。研究観測を通して、いかに多くの大切なものを頂いたか、その時はわからなかったことも、その後ひしひしとそれを感じて今日に至っている。そして多くの失敗をし、多くのことを学んだ。仕事の段取り如何が仕事の正否を決めること、仕事の喜び、共同作業・安全のルール、人間関係の大切さと機微、そして南極の、地球の大自然の大きさと人間圏との関係等々数えきれない。しかし南極体験者の多くの話 (文献 2) は、2 回位の南極体験では 5~6000km も続く広大な南極大陸のほんの一部分しか知らないことを教えてくれる。月の世界が、火星の世界がだんだん理解されてきた現在でも、南極を科学的に知ろうとした努力はたかだか 50 年ほどだ。南極はまだまだわからないことが次々に出てくる謎の宝庫でもある。

そして南極は人を思索的にする不思議な魅力を持っている。理系だけでなく、文系の人も、普通の人でも、政治家も経済人も老若男女ぜひ南極に行ってみるといい。きっと得るものがあるのは間違いない。そんな時代が来そうで楽しみでもある。

文献 1: 渡邊興亜「内陸への道」、小野延雄・柴田鉄治編「ニッポン南極観測隊 人間ドラマ 50 年」、丸善 (株)、p.81-108, 2006

文献 2: 南極 OB 会・観測五十周年記念事業委員会編「南極観測隊 - 南極に情熱を燃やした若者たちの記録 -」、技報堂出版 (株)、521pp., 2006

2 回の越冬で感じたこと

岩野祥子 (2005 年卒)

1. はじめに

「京大地球物理学研究の百年」集録続編に南極観測の項目を設けるとのことで、比較的最近の南極について書く機会をいただきました。学問的な内容は他の執筆者の方々が書かれるそうですので、私はそれ以外のことを書かせていただきます。

1 回目に越冬したのは、2000 年 12 月から 2002 年 2 月までで（第 42 次隊）、京都大学大学院博士課程 1 年のときです。私にとっては、天から宝物が降ってきたようなありがたいお話でした。極地研究所の神沼克伊先生の「越冬しませんか？」という言葉に「します」と即答したのを今でも覚えています。あのとき、私を南極へ送り込むために先生方が奔走してくださったのですが、当時は舞台裏のご苦労に思いを馳せるほどの視野を持ち合わせておらず、そのあたりのことに思いが及ぶようになったのはずっと後のことでした。今回、この集録に尾池先生がそのあたりの事情を書かれるということなので、ありがたく読ませていただきます。

2 回目に越冬したのは、2006 年 12 月から 2008 年 2 月までで（第 48 次隊）、現職のアウトドア用品総合メーカー、株式会社モンベルに勤めてからです。寝耳に水のお話で驚きましたが、1 回目同様、越冬予定だった人が急に行けなくなったということで、ピンチヒッターとして行きました。2 回目のお話はあまりにも突然すぎて、いくら南極大好きな私でもさすがにどうしたものか戸惑いました。そうは言っても悩む猶予はほとんどなくて、一晩で意志を固め、家族や会社の了解も次の日には得て、あっという間に南極を目指すことになりました。蓋を開けてみたら別の候補者が出てきていたり、健康診断で再検査になったり、すぐに来てくれてと言われたわりには極地研での受け入れポストが決まらなかったりと、ヒヤヒヤすること満載の心身ともに疲弊した出発までの数ヶ月でした。ただの学生だった 1 回目と立場が大きく違っていたので、誰かが南極へ行くと行ったときに、その人の周囲でどういう風に物事が動くのか、どんなに大勢の人の手を煩わせることになるのか、2 回目はよくわかりました。1 回目のときも当時の自分にとっては一大事でしたが、2 回目を経験してから思い返すと「上げ膳据え膳の南極」という言葉をあてたくなるほどです。というわけで、大層バタついた南極行きとなりましたが、おかげで 2 回も越冬することができ、いい経験をさせていただきました。1 度だけでなく 2 度見るというのは、立場も考えることも大きく違って、大変勉強になります。

2. 砕氷艦「しらせ」

2 回、南極に赴いた中で印象に残っていることのひとつに移動手段の変化があります。初めて南極観測に参加した第 42 次の往路は、日本から南極までずっと砕氷艦「しらせ」で行きました。2000 年 11 月 14 日、晴海埠頭を出港。北緯 35 度を出発し、赤道を通過して南緯 69 度まで、秋から真夏へ戻り、そのあと一気に真冬までという行程を、たった 1 ヶ月半で経験しました。観測隊員が日本から南極まで通して船で行ったのはこれが最後となり、以降は、オーストラリア（パース）までは飛行機、フリーマントルから南極までを「しらせ」で行くようになりました。

私は南極に行くことが好きだし、船の生活も好きなので、日本からの出発が船でなく飛行機になって残念な気持ちになった 1 人ですが、多くの隊員はそうは思わないようです。南極には行ってみたいけれど、そんなに長くなくていいというのが多くの人の考えで、日本の南極観測隊越冬隊の約 1 年半に及ぶ赴任期間は、世界的に見ても長すぎるようです。基地の場所によって、輸送を航空機で行える国もあれば、日本のように船なしには観測が成立しない国もあります。世界中が高スピードで動いている時代ですから、航空機を使えば数日で移動できる距離を、1 ヶ月半もかけて船で行くなんて、ご免こうむりたいというのが一般的な心情でしょう。そんなわけで、日本—オーストラリア間は、船でなく飛行機を使うようになりました。これにより、約 2 週間、南極の赴任期間を短

縮できるようになりました。1 年半という期間から見るとわずかですが、忙しい人たちにとっては貴重な 2 週間なのだと思います。

船にまつわるもうひとつの思い出は、初代「しらせ」の最終航海に乗船したことです。初代「しらせ」は 1983 年に就航し、2008 年に引退しました。私の 2 回目の越冬の復路がその最終航海にあたりました。乗っている間中、いろいろなところに不具合が出て、そのたびに艦内放送が入っていたので、「だいぶガタがきているのだなあ」と実感しながらの航海でした。おんぼろ船だけれど人間と力を合わせて一生懸命航海してくれて、余計に愛着がわいた船です。退役後、一旦スクラップと決まった後で再度チャンスを得て、スクラップを免れウェザーニューズにより第 2 の人生を歩み出せたことは、涙が出るほどうれしいニュースでした。

3. 昭和基地の通信革命

2 回の越冬でもうひとつ印象に残っていることが、通信環境の変化です。最初に越冬した 2000-02 年は、電話、FAX、電子メールに、インマルサット衛星回線を利用していました。ウェブは見られませんでした。電話は 30 分で 1 万円ほどかかりました。E メールは運用形態は常時接続ではなく定期的に接続する形式で、「しらせ」では 1 日 3 回（日本時間の 6 時、12 時、18 時）、昭和基地では 2 時間毎の接続でした。また、Eメールの通信料は送受信とも隊員の負担で、1 キロバイト 10 円ほどかかりました。「子供が生まれました」というタイトルの添付ファイル付きメールが届くと、おいくら万円のメールが来たのかしらとドキドキしました。（実際には 1 メール容量制限があるのでおいくら万円ということはありません。どんなに高くても 1500 円ほどでしたが、ドキドキするには十分な値段でした。）

今はブロードバンドが主流で、従量課金制という概念を忘れている方も多いかと思うので、当時の状況を少し振り返ってみると、国内では 1999 年に ADSL が始まり、Yahoo!BB が ADSL サービスに参入したのが 2001 年 6 月です。2001 年は「ブロードバンド元年」と呼ばれるそうですが、まさに、ダイヤルアップからブロードバンドへの移行が進み、世の中が容量を気にせずにインターネットを使い始めた時代でした。私も国内にいるときには、向上した通信環境の恩恵をしっかりと受けていたクチなので、世の中の流れと逆行するような（実際には遅延ですが）南極の通信システムを、はじめは不便だと感じたものです。ですがそんな環境にもすぐ慣れ、むしろ不便さをありがたがる気持ちも芽生えました。携帯電話を持っていると、つかまりたくないタイミングにもつかまってあーあと思うことがあると思いますが、その逆です。他のことにも言えるかもしれませんが、やろうと思えばすぐにやれてしまう環境にいと、煽られたり焦ったりしますが、どう頑張っても急げない環境にいと、気持ちにゆとりが生まれたり、じっくり取り組めたりします。南極という場所は、こういう何気ない日常の片隅に、日本社会が忘れてしまった時間の過ごし方を再体験するチャンスみたいなものがあって、浦島太郎的で面白いと思いました。

ところが 2006-08 年に再び南極に行ってみると、インテルサット衛星を用いた常時接続回線が導入されていました。電話は極地研究所からの国内通話料金でかけられるし、E メール、ウェブともに使い放題になっていて驚きました。基地内では PHS を持たされるし、無線機を使った通信が不安定になる遠方の野外観測に出かけるときには衛星携帯電話を持っていくようになっていました。もう浦島太郎は許されなくなって、ちょっと残念です（笑）。

インテルサットの導入でもう一つ、忘れてはならないのがテレビ会議システムの利用です。南極と日本の小学校・中学校・高校とをライブ映像で結んで交信する「南極教室」をご存知でしょうか。昭和基地にインターネットが開通するなら、何か新しいことをしよう！と「南極教室」のアイデアを出したのは、2003-2005 年に越冬した朝日新聞の記者です。インテルサットを導入した極地研は、当初、そこまでは考えていなかったようで、やるならどうぞと朝日新聞に投げ、必要な機材などは朝日新聞側で調達して、45 次隊だけのスポット的イベントとして行う予定でした。ところがやってみたら好評だったので、それ以降も当たり前のようになっています。近年は、「南極教室」にとどまらず、アマチュア無線連盟などへのイベント協力、地球温暖化防止フェア、国会議員やモンゴル大統領による昭和基地視察、TV 中継や TV 収録、日本の医師による越冬隊員の医療サポート、国内との打ち合わせなど、さまざまな目的に利用されています。テレビ会議を催すとなると、基地側で

は準備と実施にそれなりの時間とマンパワーが必要で、インテルサットを導入するまでにはなかった仕事が観測隊員の業務のひとつに加わった形です。48次隊では、年間で60回、テレビ会議を実施しました。

4. 苦しかった10年に、喜びを感じたこと

私が初めて南極に行った42次隊(2000-02年)のころ、身近な人たちの「南極観測」に対する反応を見て、南極観測の認知度の低さに正直がっかりしたものです。しかし一方で、南極観測がこれまで国民に対して十分な成果報告を行ってきていなかったことや、南極観測の広報活動も十分ではなかったことに、内部から見て思い当たりました。

南極観測に関わっていると、南極観測が抱える様々な問題に気付くわけですが、南極観測は国家事業なのでとにかく規模が大きく、個人の力では何ともならないことばかりです。私は南極のことが大好きで、南極観測の重要性も人よりは理解しているつもりです。南極観測の将来について考えることもそれなりにありました。けれど、考えているともどかしい気持ちになりました。日本が南極観測を始めた初期のころの勢いは当然ないし、南極に行く隊員たちの情熱もそれほどでもないし、大切な事業をしているわりに、関係者の熱意も社会的な認知度も中途半端。この状態でいつまで続けられるのだろうと不安になりました。「南極観測が始まった初期のころのような、すごい人たち、カリスマ、西堀栄三郎さんのような英雄が現れないだろうか。誰かこの、行くことも戻ることもできないような状況を打開してくれないだろうか」と他力本願に思ったりしました。

私は2000年からの10年ほどの南極観測のことしか知りませんが、この10年で、南極観測はひとつの節目を通過したように思います。2002-04年ころに、「しらせ」後継船の建造問題がありました。「しらせ」後継船の予算は、2002年の文部科学省予算請求では計上すらされず、翌2003年も財務省原案には盛り込まれずに、復活折衝でようやく盛り込まれた状況でした。南極観測の継続が危ぶまれた時期で、極地研が真剣になって広報活動に取り組み始めたのはこのころからだと思います。「しらせ」後継船予算問題では、南極観測の初期を支えた南極OBたちが立ち上がって、集会を開いたり、政府に掛け合ったりしました。

この10年を振り返ると嬉しい気持ちになるのですが、その理由は3つあります。1つは、やっぱりOBがやってくれたということです。肝心なときに、迅速に立ち上がって行動してくれたことがすごく嬉しかったです。南極の初期を支えたOBたちが、彼らにしかできないことをまさにやってくれたこと。日本の南極観測を築き上げた世代のパワーを感じます。これは、南極観測の将来を担う世代として、本当に心強く嬉しい出来事でした。

もう1つは、極地研が広報活動に真剣になって取り組んだことです。宇宙飛行士の毛利衛さん、作家の故・立松和平さん、登山家の今井道子さんが昭和基地を訪問したのは、その現れのひとつです。彼らが昭和基地を訪問したのは2007年1月でした。48次隊の最初の夏でしたので、昭和基地でご一行をお迎えしました。短期間の南極滞在中に、昭和基地だけでなく、「しらせ」を訪問したり、「しらせ」のヘリコプターで沿岸露岩域を訪れたりされました。過密スケジュールの中、各観測担当者から観測の話を直接聞いたり、パーティやバーで観測隊員との交流をはかりながら、お三方とも、短い時間にたくさんのこと取材しておられました。余談ですが、48次隊のバーの名前は、毛利衛さんに書いてもらった色紙のことが「地球まほろば」にちなんで「まほろBar」と名づけました。

立松さんは、帰国後早急に、「南極で考えたこと」という本をまとめられました。南極訪問から1年たたない10ヵ月後にその本はできあがり、49次隊が昭和基地入りするときに著書が届けられました。その素早さと、作家の仕事ぶりには感激しました。帰国後、立松さんの講演会を聞きに行った時、南極とは全く関係のない催しでの講演で、なおかつ南極訪問から2年くらい経っていたのに、あの話題豊富な方がなお南極の話をされるのを聞いて、驚くと同時に大変ありがたく思いました。2010年2月の立松さんの急逝は、隠れファンだっただけに、大きなショックです。それにしても、極地研の広報室はインパクトのある仕掛けをしたと思います。毛利さんたちの南極訪問だけでなく、近年の広報誌、イベント開催、メディア露出、講演活動のサポートを見ても、この数年で極地研は広報活動を大きく見直し、実行に移していることが感じられます。

最後の1つは、南極観測自体が持つ運を感じたことです。この10年、南極観測は苦しかったと思います。国民の認知度は下がっていたし、後継船の予算は下りないし、南極観測自体の存続をあらためて問い直された時期だったと思います。この苦しい時期、関係者が粛々と業務を遂行していく中に、インテルサットの導入による昭和基地の通信革命がありました。それが国内でのブロードバンドの普及とうまくリンクして、南極からの情報発信が南極観測の広報活動に大きな役割を担ったと思います。南極に赴く隊員ひとりひとりの広報力もアップしていて、越冬中の新聞や雑誌への記事投稿や、ホームページ、ブログを用いた情報発信などは、近年では当たり前に行われていました。

後継船予算問題の時期には、それに呼応するようにNHK放送開始50周年と、朝日新聞創刊130周年があり、両機関とも越冬取材をして南極広報に一役買いました。2007年に南極観測50周年を迎えたのも、南極関係者がひとつになり、気合いを入れ直す好機だったといえます。これら一連のことを見ていると、南極観測には運がついていると思えました。南極観測が始まったときから、南極観測には運がついている。その運の強さが今もしっかり生きていると感じました。

南極という大きすぎる対象に接し、思いは地球という星のことにまで及んだけれども、かえって自分のちっぽけさ、非力さに呆然とした初めての南極越冬から10年。自分自身も少しは成長し、焦らず続けることや、見守ること、待つこと、我慢することも覚えた10年。この10年、自分自身が南極で過ごした2年半ほどの期間も含めて、中から外から南極観測を眺めていて、南極観測は大丈夫だなと思いました。

5. 京大関係の南極参加者

最後に、南極関係で私がよく知る京大関係者のことに少し触れて終わりたいと思います。本集録にもリストがありますが、南極観測に参加した京大関係者の多さには驚きます。私の越冬中や、越冬前後だけでも多くの京大関係者がいました。いちばんよく知っているのは、42次隊と一緒に越冬した藤田信幸さんです。藤田さんとはクラスメイトでした。同じ時期に2人分のポストを用意し、学生を2人同時に南極で越冬させるなんてことは、京都大学だからこそできたことなのではないかと思います。42次隊では藤田さんが最年少、私の下から2番目でしたが、社会人の怖いお兄さんたちにもまれながら、南極生活をそれなりに楽しく送れた背景には、よく知る同級生と一緒に越冬している心強さもありました。

42次隊では、他に、夏隊に石川尚人さんがいました。石川さんはアムンゼン湾で調査する地学チームだったので、誰よりも早く船を降りて調査地域に入りました。南極の中でも特に風の強い地域に滞在し、2ヶ月にわたり野外調査を行ったタフな人です。

そのほか、測地学講座の先輩の土井浩一郎さんは、41次越冬隊だったので、42次越冬隊として昭和基地で観測を引き継ぎました。「しんど」が口癖の、のんびりした雰囲気の人です。どんなに大変でも、「ああ、しんど」で結局乗り切ってしまう印象があります。極地研におられるので、2回目の南極の時も何かとお世話になりました。

夏隊で3回南極観測に参加されている戸田茂さんも、南極でよく一緒になります。私が42次越冬のとき、戸田さんは43次夏隊で南極へ来られ、大陸上での人工地震観測をされました。私が48次越冬のときには49次夏隊として来られて、夏の沿岸露岩域の観測はしょっちゅう一緒に出かけました。戸田さんも大層ユニークな方で、一緒にキャンプをしながら、本当に楽しい毎日を過ごさせてもらいました。

南極で過ごしている間は、特に京大の人だと意識して過ごすわけではありませんが、こうして振り返ってみるとやっぱり京大ってすごいのだなあと思います。南極観測隊として声がかかること、チャンスがあること、行けば立派に楽しく任務を達成すること。当然と言えば当然かもしれないけれど、これが当然であることがすでに京大特有のことだという気がします。立派な先輩方の仲間に加われて、誇りに思います。

理学部の教授室から南極観測を見る

－ 送り出す側から －

尾池和夫（1963 年卒）

元号が平成になる直前、防災研究所から地球物理学教室に移った。そのときから、南極とどのように関わってきたかを思い出してみる。

まずは、1989 年 1 月 1 日の南極事情を日記から引用する。今では、インターネットで結ばれているが、20 年前には連絡がたいへんだった。

元日の午前、屠蘇を祝い、雑煮をいただくとしていると、チャイムが鳴った。何回もせわしげに押す。出てみると、NTT の電報配達の人が、明るく大きな声で、

「明けましておめでとうございます。南極から電報です」

大きな鶴の模様の封筒に入った年賀電報を開くと、「受付局ナンキョク」とある。昭和基地で越冬している市川信夫さんが年賀電報を送ってくれた。はるばると電波に乗って届いた、今年最初のメッセージだ。

さっそく、こちらからも年賀を送ることにして、115 を呼ぶ。

「南極昭和基地へお願いします」

こちらの電話番号と名を伝えて、一度切る。すぐNTT からかかってくる。

「家族番号をお持ちでしょうか」

「いや、一般でお願いします」

「無線電報で高くつきますが」

「かまわないですよ」

「それではどうぞ、宛名から」

「南極昭和基地、イチカワノブオ様」

「電文をどうぞ」

「アケマシテオメデトウ／ゴケンコウライノル／オイケ」

「940 円です」

暖かいわが家の部屋から、はるか南極地域までメッセージを運んでくれるのだから安いものである。

越冬隊員たちは、南極の長くて暗い夜、つまり冬を体験したのち、今は観測や調査活動で忙しい。もうすぐ到着する第 30 次南極地域観測隊を迎えるためにも、彼らは、いろいろの準備作業を今のうちにやっておかなければならない。

この年、1 月 7 日、土曜日、昭和はこの日で終わり、元号は南極昭和基地の名前に残った。

1990 年 12 月、大学院生の金尾さんが南極へ行くので、その期間だけ京都大学の助手のポストを借りて就職するという。そこで、専攻主任から教務掛に連絡してもらった。越冬隊員は国家公務員でないといけないというので、特別処置としてこのような便法をとらないと、院生の極地越冬はできないという制度である。金尾さんが南極へ出かけるのは、1991 年の 12 月頃である。何人もの院生がこの方式を使って越冬した。

1997 年 1 月 16 日（木）、学生たちに南極への関心を持ってもらうために、極地研の神沼

克伊さんを招いて南極のことを講演してもらったが、出席者は数名であった。しかし、東京の大学では隊員があまり出てこないで京都大学の役割が大きい。

1997年3月8日（土）、12時ちょうどに学部入学試験の合格者を発表した。これは遅れてもいいが、早いと絶対にいけないことになっている。その日、極地研究所の渋谷和雄さんが越冬隊長として来訪し、東野陽子さんと中西一郎さんと会談した。以下は、東野さんが南極へ行くための手続きである。

1997年5月29日（木）、地球物理学教室の教授懇談会。東野さんの助手任用を了承してもらった。その前に大学本部から助手のポストを一時的に借りてくるなど、さまざまな準備がすでに行われている。以下は、公式の記録である。

1997年6月19日（木）、教室会議で東野陽子さんの助手人事を行う。

1997年7月3日（木）、大学院の研究科会議の日。主任会議で、東野さんの助手任用が決まった。

1999年3月31日（水）、東野さんは越冬隊員の役目を終えて帰国した。明日からまた学生である。職員が異動したり、さまざまな人の出入りがある、桜を見ながら酒盛が続く。

1999年6月1日（火）、地球惑星科学Ⅰの講義を第5時限目に行く。50人ほどの学生から手応えを感じた。東野さんが持ち帰ったカップヌードルの容器を見せた。400メートルほどの深さの水中に静かに沈めたもので、直径が5cmほどに縮んでしまっている。静水圧場を実感してもらうためである。何人もの学生が教室に残って質問をしたり、議論をしたりして楽しい。

1999年10月29日（金）、東野さんたちの越冬記録の本が岩波書店から出るようになった。わたしは、入院日記をそのころ本にすることが決まり、原稿に取りかかっていた。

2000年7月25日（火）、東野さんたちの本が発売になった。

2002年3月30日（土）、岩野祥子さんが南極観測越冬隊の仕事を終えて帰ってきた。重力の観測を担当した。来年あたりに越冬したいという院生が続いている。

2005年5月25日（水）、幕張での地球電磁気・地球惑星圏学会で、男女共同参画連絡会合同大会があり、「地球惑星科学における男女共同参画」という題で20分講演した。前田佐和子さんが司会。基調講演は坂東昌子さんが行った。

研究室のメンバーの中から、南極昭和基地に初めて女性の越冬隊員を送り出した。わたしが仕組んだわけではないが、研究室での何気ない会話の中からその歴史が発生したという切り出しで東野さんの例を紹介した。以下は、そのときの内容である。

そもそも南極昭和基地は、おどろくべき男性社会として生まれ育ったように、わたしには見えていた。自分が学生のときにあこがれた越冬隊のことを、西堀栄三郎さんの本で読んだり、隊員だった地球科学分野の先輩たちから聞く話で、男性社会の現実に触れた印象が強かったからだろうと思う。

女性が越冬するには関係者の意識改革から基地の整備まで、ずいぶん多くの努力が長期間にわたってなされたと思う。そして東北大学から坂野井和代さんと京都大学から東野陽子さんが、1997年11月から1999年3月の期間、第39次南極観測隊に参加した。1957年1月29日、永田武さんが昭和基地と命名して始まった日本の南極観測で、越冬する初めての女性たちだった。坂野井さんは、越冬したとき結婚しておられたし、東野さんは今では2人の子育てをしながら、仕事しておられる。

東野陽子さんが参加するにあたって、その準備のための人事を行う会議で、昭和基地にもようやく女子トイレができましたと報告したら、その後ですぐ、京都大学の天文台に女子トイレがないのを、研究科長として知っているのかと職員から問われて、絶句してしまった。このことも京都大学の中での男女共同参画のことを考えるきっかけになった。

毎年わたしは干支をテーマに年賀状の絵を描くが、2005年は1万円札の鳳凰を反転して対に直して、鳳と凰とで男女共同参画社会の実現を願った。子育てをしながら地球惑星科学に挑んでいる東野陽子さんに、大学でも保育所を充実しようかと意見を求めたら、遠くから通っていて、職場の保育所に連れて行くより、近所の保育所を利用する費用をもらう方がいいと言われて、なるほどとまた考え込んでしまった。

2007年6月30日(土)、南極OB会京都支部の南極観測50周年記念事業講演会「南極：探検、観測、そしてこれから」で開会の挨拶を百周年時計台記念ホールで行った。

2008年9月2日(火)、東京で松浦ユネスコ事務局長と面談した。ANA インターコンチネンタルホテル 6階 610号室である。外務省国際文化協力室の安東室長、文科省国際統括官付他の方たちが同席した。日本ジオパークをスタートして、変動帯の特徴を出したいと協力要請したが、そのついでに、ユネスコは5大陸を基本に活動しているが、6大陸で南極を含めて世界を描くようにしてほしいと、わたしの意見を述べた。

2009年9月17日(木)、佐藤 薫さんの話を聞いた。その中で彼女は、中緯度・熱帯から極域へと研究の範囲を広げていったとき、ちょうど東野陽子さんの帰国講演を聴いて、南極を身近に感じ、自分も行ってみようかという気になったと思い出を話してくれた。南極での大型大気レーダー建設は夢のような話だということを頼もしく思いながら聞いた。

これからも、極地の研究に関心を持ちながら、何らかの形で貢献していきたいと考えている。

文献1：坂野井和代・東野陽子、「南極に暮らす」(岩波書店)、2000年

文献2：西堀栄三郎、「南極越冬記」(岩波新書)、1958年

南極観測隊：京大関係参加者名簿

(2010 年 10 月 9 日現在)

出発年	年次 W:冬隊 S:夏隊	氏 名	所属：()は隊員時の職場	担 当
1956	1W	西堀 栄三郎	理・阿武山	副隊長・越冬隊長
"	1W	北村 泰一	理(院)	設営
"	1S	伊藤 洋平	医	医療
1957	2S	吉井 良三	教養	生物
1958	3W	北村 泰一	理(院)	地球物理
"	3S	福島 紳	(理化学研)	地球物理
1959	4W	福島 紳	(理化学研)	地球物理
1960	5S	伊藤 邦幸	文(院)	装備
"	5S	江頭 庸夫	防災研	地学
1965	7W	前小屋 端	理(院)	設営一般
"	7S	西山 孝	工(院)	設営一般
1967	9W	江頭 庸夫	防災研	地学
"	"	遠藤八十一	(北大・低温研)	地学
1968	10W	上田 豊	(名大・理(院))	地学
1969	11W	伊藤 一	工(院)	設営
"	11S	高野 共平	工(院)	設営一般
1970	12W	伊藤 正則	工(院)	超高層
"	12W	中尾 正義	(北大・低温研(院))	雪氷
1971	13W	田中 良和	理・阿蘇	超高層
1972	14W	横山 宏太郎	防災研(院)	雪氷
1973	15W	佐藤 和秀	防災研(院)	雪氷
1975	17W	松尾 敏郎	工	超高層
1977	19W	山岸 久雄	工(院)	超高層
1979	21W	伊藤 潔	理・阿武山	地球物理
1980	22W	佐藤 和秀	(長岡高専)	雪氷
"	22W	井上 治郎	防災研	気象
"	22W	羽山 憬一	京大病院	医療
1982	24W	中尾 正義	(北大・工)	雪氷地学
1983	25W	江尻 全機	(極地研)	宙空
"	25W	角村 悟	(気象庁)	地球物理
1984	26W	神山 孝吉	理・別府	雪氷地学系
"	26W	松村 正一	(国土地理院)	地球物理
"	26W	山岸 久雄	(極地研)	宙空系
"	26W	小川 忠彦	(電波研)	宙空系
"	26W	神沢 博	(極地研)	宙空系
"	26W	鮎川 一朗	工(院)	宙空系
"	26W	上田 豊	(山口大・教育)	雪氷地学系
1985	27W	菊池 崇	(電波研)	宙空系
"	27S	福田 洋一	(弘前大・理)	雪氷地学系
1986	28W	赤松 純平	防災研	地球物理
"	28 S	福田 洋一	(弘前大・理)	雪氷地学系
1987	29W	市川 信夫	防災研	地球物理

出発年	年次	氏 名	所属：（）は隊員時の職場	担 当
1987	29S	藤 浩明	(東大・海洋研(院))	設営一般
"	29S	安仁屋 政武	(筑波大地球科学)	雪氷地学系
1988	30W	江尻 全機	(極地研)	隊長・越冬隊長
"	30W	村上 寛史	理	地球物理
"	30W	行松 彰	理(院)	宙空系
1990	32W	池川 雅哉	(市立舞鶴市民病院)	医療
1991	33W	神山 孝吉	理・別府	気水圏系
"	33W	金尾 政紀	防災研(院)	地球物理
"	33W	中村 俊弘	施設部	器械
"	33S	福田 洋一	(東大・海洋研)	地学系
"	33S	藤原 智	(国土地理院)	地学系
"	33S	川寄 智佑	(高知大・教育)	地学系
1992	34W	内藤 望	防災研(院)	設営一般
1993	35W	横山 宏太郎	(農水省・農業環境技術研)	副隊長・越冬隊長
"	35W	石川 尚人	総人	地学系
"	35W	斉藤 隆志	防災研	気水圏系
1994	36S	上田 豊	(名大・大気水圏研)	隊長
"	36S	山岸 久雄	(極地研)	宙空系
1995	37W	根岸 弘明	防災研(院)	地学系
1996	38W	金尾 政紀	(極地研)	地学系
"	38W	東 敏博	理・地物	地学系
"	38W	本光 秀明	施設部	設営担当
"	38S	山岸 久雄	(極地研)	副隊長・夏隊長
"	38S	外田 智千	(総研大(院))	地学系（同行者）
1997	39W	青木 茂	(極地研)	地学系
"	39W	東野 陽子	理(院)	地学系
"	39S	荒井 修亮	農	生物医学系
"	39S	斉藤 清明	(毎日新聞社)	報道
"	39S	外田 智千	(総研大(院))	地学系（同行者）
1998	40W	中西 崇	防災研(院)	地学系
"	40W	梶川 道雄	総務部	設営一般
"	40W	前川 公男	(福井高専)	宙空系
"	40W	堤 雅基	(極地研)	宙空系
"	40W	佐藤 克文	(極地研)	生物医学系
1999	41W	土井 浩一郎	(極地研)	地学系
"	41W	今栄 直也	(極地研)	地学系
"	41S	筒井 智樹	理・阿蘇	地学系
"	41S	村上 寛史	((有)地震観測技術センター)	地学系
"	41S	戸田 茂	(愛知教育大)	地学系
2000	42W	岩野 祥子	理(院)	地学系
"	42W	藤田 信幸	理(院)	宙空系
"	42S	石川 尚人	総人	地学系
2001	43W	神山 孝吉	(極地研)	副隊長・越冬隊長
"	43W	斉藤 隆志	防災研	気水圏系
"	43W	吉識 宗佳	理(院)	気水圏系

出発年	年次	氏 名	所属：（）は隊員時の職場	担 当
2001	43W	吉井 弘治	防災研(院)	地学系
"	43S	戸田 茂	(愛知教育大)	地学系
2002	44W	佐藤 薫	(極地研)	宙空系
"	44W	藤田 耕史	(名大・環境学研究科)	気水圏
"	44S	川寄 智佑	(愛媛大・理)	地学系
"	44S	池田 剛	(九州大・理)	地学系
"	44S	河上 哲生	(岡山大(学振 PD))	地学系 (同行者)
"	44S	則松 和宏	化研	(乗船研究者)
2003	45W	山岸 久雄	(極地研)	副隊長・越冬隊長
"	45W	土井 浩一郎	(極地研)	地学系
"	45W	藤原 久子	(国立療養所)	医療
"	45S	福田 洋一	理・地物	地学系
2004	46W	坂中 伸也	(秋田大・工学資源)	地学系
"	46W	行松 彰	(極地研)	宙空系
"	46S	石川 尚人	総人	地学系
"	46S	今中 忠行	工・生物化学	生物・医学系
2005	47W	神山 孝吉	(極地研)	副隊長・越冬隊長
2006	48W	岩野 祥子	(モンベル)	研究観測
2007	49W	岡田 雅樹	(極地研)	研究観測
"	49S	堤 雅基	(極地研)	研究観測
"	49S	戸田 茂	(愛知教育大)	研究観測
"	49S	外田 智千	(極地研)	研究観測
2008	50S	堤 雅基	(極地研)	研究観測
2009	51S	河上 哲生	理・地鉱	研究観測
"	51S	竹本 哲也	(阪神コンサルタント)	研究観測
2010	52W	堤 雅基	(極地研)	副隊長・越冬副隊長

本名簿は東 敏博、山岸久雄、伊藤 潔、福田洋一、佐藤和秀の各氏の協力を得て作成した(竹本修三)。
(外国隊への参加)

年度	外国隊	氏 名	経費の出所
1996-97	デュモンデュルビル基地(仏隊)	佐藤 克文	(科研費)
1970	NZARP(ニュージーランド隊)	由佐 悠紀	文部省(共同調査)
1971	NZARP(ニュージーランド隊)	由佐 悠紀	文部省(共同調査)
1974- 1975	DVDP (Dry Valley Drilling Project)	西山 孝	日本・ニュージーランド・米国の三国による国際共同観測
1979	NZARP(ニュージーランド隊)	由佐 悠紀	極地研究振興会(共同調査)
1981	NZARP(ニュージーランド隊)	由佐 悠紀	極地研究振興会(共同調査)
1996	CHINARE(中国隊・中山基地)	佐納 康治	(朝日大学)(極地研プロジェクト)
2000	USAP(アメリカ隊)	佐藤 克文	(交換科学者)
2003	USAP(アメリカ隊)	佐藤 克文	(外国共同観測) (科研費)
2004	USAP(アメリカ隊)	佐藤 克文	(外国共同観測) (科研費)
2005	USAP(アメリカ隊)	佐藤 克文	(科研費)
2006	ANARE(オーストラリア隊)	外田 智千	(科研費) (極地研)
2008	USAP(アメリカ隊)	金尾 政紀	(交換科学者) (極地研)
2009	USAP(アメリカ隊)	金尾 政紀	(外国共同観測) (極地研)

地物教室の電子ネットワーク化

戸田 孝（1984 年学部卒, 1991 年院院退学）

地球という巨大な対象を相手とし、それゆえに大量のデータ処理を必要とする地球物理学は、早くから電子計算機を道具としてよく使ってきた。これは電子計算機を開発する側も意識していて、例えばフォン・ノイマンらが応用可能性として天気予報を想定していたことはよく知られている。しかしながら、地球物理学者は基本的には電子情報には「素人」であり「末端利用者」である。開発者側の論理ではなく、利用者として「使えるかどうか」という立場で電子情報に接し、ひとたび使えるとなれば敬遠することなく積極的に利用してきた。つまり、地球物理学者は電子情報に関して「偉大な素人」だと言えるかもしれない。

そのような電子情報が「日常生活の情報処理やコミュニケーション」の手段として定着するのは 20 世紀末になってからであるが、その先駆として 1970 年代には小型コンピュータが商品として展開されてきている。そして 1980 年代には単体で実用的な事務用品として使えるレベルに到達し、1990 年代前半には計算機ネットワークを介したコミュニケーションが進展して、世紀末 5 年間のインターネットブームへとつながって行った。ここでは 1980 年ごろからインターネットブームのころまでの電子情報の動きを振り返りながら、京都大学地球物理学教室が、その動きにどのように対応してきたかを概観してみたい。

【電話回線を利用したオンライン利用の普及】

地球物理学教室では古くから計算機を利用した観測データの処理やシミュレーションが行われてきており、紙テープでデータ入力を行う初期の大型計算機も活用されていたし、小型コンピュータも早い時点から一部で活用されてきている。そして、1980 年ごろには、パンチカードを積み重ねた「カードデッキ」を大型計算機センターに持ち込み、センター内の「入力ステーション」で読込機にかけることでジョブ依頼を行って順次処理されるのを待つというのが主流になっていた。教室 1 階の「計算機室」にもパンチカードを作成する穿孔機が 1 台設置されていたが、その隣に、極めて低速ではあるが専用回線で大型計算機センターに接続された、タイプライタ型の端末機があった。

しかし、1980 年代前半の間に、構内のアナログ電話回線を利用して、各研究室で大型計算機に端末を接続することが一般化していった。当初は各研究室で専用の端末機を調達することが必要であったが、1981 年から 1985 年ごろにパソコンの通信機能を利用して端末機として使用する方法が全国各地の大型計算機センターの広報誌に開発報告としていくつも紹介され、この方法が一般化していった。この開発報告の中には、当教室の大学院生であった筆者によるものも含まれているが、そのうち参考文献(1)は、それまでの開発報告の内容を特定の機能に着目して比較検討したものであり、その文献リストから全国的な動向をたどることができる。

このような動きに連動して、パンチカードを計算機センターに持込んでジョブ依頼するという利用が行われなくなり、「計算機室」の穿孔機もディスプレイ型端末機に置き換えられた。しかし、このディスプレイ型端末機も、各研究室のパソコン通信機能を利用した端末の使い勝手が徐々に改良されていくのに取り残される形となって、あまり活発には活用されなかったようである。

当然ながら、このオンライン利用普及という動きはパソコンというものの自体が事務機器

として普及していく動きとも連動している。この動向は、当教室の修士学位論文の執筆に何が使われているかを分析することによって追うことができる（表 1）。それによると、パソコンのワードプロセッサソフトで作製された初例は 1983 年度であり、その後の 5 年間で手書きが全く無くなっている。当時のプリンタは、ほぼ全てがドットインパクト方式であったはずだが、当初は 1 文字を 16 dot 四方で表現する粗いものだったのが、2 年後の 1985 年度には全て 24 dot に移行している。そして、1988 年度にはレーザープリンタが廉価化して導入しやすくなったことを前提に普及し始めた組版ソフト「**T_EX**」で作製された修士学位論文が登場している。

【KUINS 整備計画への対応】

1980 年代末は、全国各地の大学キャンパスで電子ネットワークのインフラが整備されて行った時期である。京都大学では、丁度電話交換機の更新時期に重なったこともあり、交換機をデジタル化して、外線からのダイヤルインを可能にすると共に、電話回線を高速（従来は 1200bps が限界であったところを 19200bps まで対応可能）の通信回線としても使えるようにした。同時に、TCP/IP 通信を前提としたループ LAN を吉田キャンパスと宇治キャンパスの各々に敷設し、阿武山や信楽を含む比較的大きな遠隔キャンパスとの接続回線も整備された。地球物理学教室の建物でも、この整備に合わせて館内に Ethernet の同軸ケーブルを張り巡らせた。計画全体を KUINS（京都大学統合情報通信システム）と呼んだ。

KUINS による新しい通信環境が実際に吉田キャンパスで利用できるようになったのは 1988 年度からである。地球物理学教室では、丁度この計画の準備期に、観測機器の製作等に従事していた技官の 1 人が定年退職したが、それによって生じた欠員を電気通信に通じた人材で補充することによって、新しい計算機環境への対応態勢を整えることになり、1989 年 4 月に麻生和彦技官が着任した。

ハードウェア環境としては、教室共通の unix 系ワークステーションを導入すると共に、各研究室でも各々の方針に応じて適宜 unix 機が導入されて行った。中には、この機会に unix 機を中心とする計算機環境を整備した研究室（気象など）もある。

一方、それまで単なる「端末室」に過ぎなかった教室 1 階の「計算機室」は、共通ワークステーションの置き場になると共に、担当技官の作業室ともなった。共通ワークステーションは教室のメールサーバとしても機能し、「@kugi.kyoto-u.ac.jp」のメールアドレスを日常の通信手段として活用できる環境が整った。

また、ネットワークが高速かつ簡便に使えるようになったため、データの輸送や保管のために巨大な磁気テープメディア（直径約 26cm、厚み約 18mm のオープンリール）を持ち運ぶ必要が無くなったということも、計算機利用の風景を変貌させる一因となっている。

このようにワークステーションなどの環境が整備されて行くと同時にパソコンの性能も向上して行った結果、観測データの処理やシミュレーションを大型計算機に頼らず手元の機器だけで完結させられる環境が整ってきた。この状況に対応して、例えば若手スタッフや大学院生の一部で、パソコン・ワークステーション・大型計算機の何れでも共通に使えるソフトウェアライブラリを整備して共有していこうという動きが起るなど、計算機の使い方自体に変化が生じてきた。これはもちろん全国的な流れであり、20 世紀から 21 世紀へ移るころに各地の大型計算機センターが順次改組されて行った（京都大学の場合は 2002 年に学術情報メディアセンターに改組）のも、この動きの結果である。

【インターネット時代に向けた基盤整備】

KUINS の整備を契機に利用が始まったネットワーク環境が定着してきたところで、約 10 年にわたって環境整備と利活用の中心となり、理学部全体のネットワーク活用にも大いに貢献していた麻生技官が 1997 年 10 月に転出した。そして、それと入れ替わるように 1998（平成 10）年度に「地球計測情報総合解析システム」の特別設備費が予算化されたことにより、教室の電子ネットワーク環境はソフトハードの両面で更新されることになった。

ソフト面では、それまでは担当技官が全ての管理を職人技的に一手に引き受ける体制になっていた。これは、当初導入期では已むを得ない選択であったと思われるが、10 年で利用者側の習熟度も向上したと考えられることもあり、各講座を代表する担当者が「技術情報委員会」を組織し、設定やトラブル対応等の管理を分担して実施することになった。ハード面では高い計算パワーや画像処理性能など機能特化した共通機器を導入して運用するようになった。これらの具体的な内容については、文献(2)に詳しくまとめられている。なお、麻生技官の後任として、2000 年 11 月に高畑武志氏が着任し、技術専門職員として教室共用電算機の運用と管理を担当している。

表 1 京都大学理学部地球物理学教室修士学位論文の執筆手段による分類（1983～1989）

	和 M	和 W	和 X	英 T	英 W	英 X	摘要
1983 年度	9	1		1	2		ワープロ初登場
1984 年度	7.5	3		3.5	1		24dot プリンタ登場
1985 年度	5	6			3		ワープロ激増／英文タイプ絶滅
1986 年度	2	5			3		手書き完全に少数化
1987 年度	2	7			5		
1988 年度		7			1	2	手書き絶滅／T _E X 登場
1989 年度		4	3		3		和文 T _E X 登場

「和」＝本文が和文、「英」＝本文が英文

「M」＝手書き、「T」＝タイプライタ、「W」＝パソコンのワードプロセッサソフト、「X」＝T_EX

1988 年度の「和文 W」のうち 1 は、数式のみ T_EX で記述して、アナログで貼り付けている。タイプライタには、手動で打ったものと、電子テキストを自動で打たせたものがあると思われるが、その区別はできない。

【参考文献】

- (1) 戸田 孝 (1986): パソコン TSS のローカルな画面編集機能における問題点: 京都大学大型計算機センター広報, Vol.19, No.3, pp.191-198
- (2) 福田洋一 (1999): 教室の計算機とネットワーク環境について, 地球物理学教室年報 1998(平成 10) 年度, 34-37.

京大教養部地学実験が果たした役割

住友則彦（1960 年卒）

半世紀にも及ぶ歴史を持つ旧教養部地学実験は、基本的には今でも総合人間学部・全学共通科目・地球科学実験として受け継がれている。同科目は地球物理学科との関連も深かったのも、かつて旧教養部で 25 年以上にわたってこの科目を担当してきた筆者の経験を残したいと思う。ここでは特別な場合をのぞき、個人名は控えさせていただく。

この機会に、あらためて旧教養部教育の必要性を再認識したいと思う。知識の単なる集積からは新しいものは生み出せない。教師が疑問に思い、学生と一緒に考え、工夫し、失敗し、成功する、喜ぶ、興奮する、感動する。このときに学生は学問研究の面白さを掴むと言って良いのではないか。地学実験は全て共同実験（水準測量、測風気球、空中電場観測、地震波速度の測定、……）で、共に考え、行動する、達成感を共有することをねらいとしてカリキュラムは組まれていた。

受験勉強は自分との戦いで、正解を見つけることが勉強であった。地学実験では正解があるとは限らない。自分で考え自分で答えを探す。殆どが彼らのこれまでの経験になかったもの（水準測量、針金の引張強度、琵琶湖の静振、地電流、……）への挑戦であったと思う。地球物理学科への進学者のみならず、地質鉱物学科、宇宙物理学科、物理学科、さらに工学部、農学部などへの進学者からも、毎日が面白く記憶に残ったとの声を耳にした。

地学実験は実験 1 と 2 に分かれていた。実験 1 は主として地質鉱物学系統の実験（1 回生向き）であり、実験 2 は主として地球物理学系統の実験（2 回生向き）であった。受講学生は必ずしも地球科学方面への進学を希望していたわけではない。理科の教員免許を取得するためには、必須の科目であった。但し、教員免許の取得には、半期 1 単位のみを取得すれば良かった。にもかかわらず、地学実験 2 を選択した学生は、殆どが前期・後期の両方を受講した。中には実験 1 と 2 の計 4 単位を取得する学生もいた。2 単位は理工系の基礎科目として認められたが、それ以上は卒業のための必須単位には認められなかった。単に地学が心から好きな学生が少なからずいたという事にしておこう。学生の多くは、高等学校で地学を選択していなかった。その所為か、特に野外でやる授業には、大変興味を持ったようである。1960～80 年代当時は教養砂漠と言われたように、大人数教育が多い中で、地学実験は先生と直に話が出きるし、専門分野の話や学会の話なども聞けるので、理学部学生の場合、学部の専門課程への進学にずいぶん参考になると評判が高かった。教養部のオアシスと評した学生もいた。筆者は 25 年以上にわたって地学実験 2 のみを担当したので、ここではそれのみに限って述べる。

地学実験 2

地学実験 2 は内容、指導の仕方も 1960 年代当時から全国的に例を見ない科目であったと思っている。これは殆ど全て、故太田柁次郎教授が開かれた道であった。まさに手作りの実験で、それぞれに自然を実感、体験させる工夫がなされていた。実験内容別に 2 頁程度の簡単な実験の仕方を説明するプリントが付いている場合もあったが、殆どは実験を担当する教員の工夫に任されていた。太田教授の古鞆は有名で、テスターから半田コテ、抵抗、コンデンサー、銅線の切れ端、リレーなど、何でも入っていた。教授の方針は、計測器が壊れたら自分で修理させるというものだった。

太田教授の指導理念は基本的には学生の目線で、学生と共に実験を行う。受験勉強で得た知識を一旦解体し、再構築させる。物理実験、化学実験の場合等は殆どの場合レポートに正解を書かねばならなかった。地学実験は多くの場合正解のない実験、体を動かし、自分の目で対象をよく見る。特に観測誤差の体験を強調した。

地学実験 2 のカリキュラム（前期）

対象 2 回生 理・工・農・医、と薬（初期の頃）

2 回生の前期に 5～6 項目に分かれ、1 項目 3 週間実験、学生は 5 項目を選択。

実験の項目（主なもののみ）年代によって多少実験内容は異なる。

天文：太陽観測（写真、現像技術の習得）、太陽観測用レンズ磨き。
気象：測風気球、微細気象。
陸水：琵琶湖の静振、土砂の透水係数。
測地：水準測量、光弾性による歪み測定、真北の方位観測。
地震：地震計の常数（最小2乗法入門）、杭打ち法による地震波速度、
松ヤニの破壊、針金の引っ張り強度、コンクリートの破壊。
電磁気：地電流、接地抵抗、無定位磁力計、自然電位、空中電気。

筆者の記憶に残る実験の例

水準測量：高さとは何か、長さではない、水準器とは、…等に始まり、水準測量の手ほどきをする。教養部構内数カ所に設けた仮設水準点を回り各点の高さを1mm以内で決めよと言うと、そんなこと出来るわけはないと叫んでいた学生が、測量をやり始めると、見事に閉塞誤差の基準をクリアーし、驚嘆していた。吉田神社境内までの往復測定も、暑いときでも誇らしげに黙々と測量を続けていた。後に毎年繰り返したデータから水準点が経年的に変化することを見いだすまでになり、今日でも続いている長寿テーマである。ある学年で、標尺を前後に揺らせて視準する方が精度は向上すると言いだした学生がいた。心理学の動体認識の実験で学んだという。何人かの学生が協力を申し入れ、時間外に日の暮れるまで繰り返し測定をしていた。

地震計（倒立型振子）の感度や固有周期などを決める実験：記録は煤書き方式で顔を真っ黒にしていた女子学生も居た。麦藁によるペン書き。地震計の原理から常数の決定は最小自乗法で求めさせた。面倒な計算にも関わらず、学生には新鮮味が有ったらしく、そろばん、手回し式計算機（後には電卓へ変遷）で頑張っていた。高等学校までの教育では、直線の方程式は2個のデータがあれば係数は一義的決定できた。多数のデータを全て平等に使うとすればどうするか。彼らが今までに一度も考えたり、実践したりしたことは無かった問題である。最小2乗の考え方は、誤差のガウス分布から始めねばならない。理学部生は、発想に興味を持って食いついてくる学生が少なくなかった。工学部系は、ともすれば計算方法と結果を知りたがった。たかが2回生くらいでも考え方の傾向に違いが出てくるのは不思議であり興味深かった。測定には誤差が伴う事も彼らにとっては感覚的には納得できても、数値的評価はなかなか理解しがたい概念だったようである。

他の実験テーマについても、一つ一つが斬新に見え、観測事実やそれらから推定される結果について、彼らなりに色々議論をしていたようである。中でも、彼らの興味を強く引いたものの一つに、空中電場の測定があった。静電場そのものが100V/1m程度と意外性があったこと、雷に関係する事、その電場測定に棹の先に取り付けた香取線香を燃やして周りの大気を帯電させ、電荷を集めて静電位計に取り込む。理屈はともかく、「蚊取り線香の実験」と称し圧倒的な人気番組の一つだった。

琵琶湖に連れていって静振を観測させる。日曜日をまるまる1日つぶしての観測、南湖の6カ所くらいに学生を分散配置、グループ観測、確か3分間隔、午前9時から夕方5時くらいまでの測定だったかと思う。1カ所でも観測に失敗（遅刻、欠測など）すると全体のデータが駄目になるぞと脅かすと、学生達は緊張してそれぞれの持ち場で頑張っていた。データ処理は後日、後期に琵琶湖の静振を選択したグループが行うことにしていた。

引張強度の実験：支持棒に吊した細いリン青銅の糸の先に小さな容器を取り付け、それにスポイトで少しずつ水を入れて行き、何グラムで切れるかを測定させる実験である。これはもともと、準静的にダイヤルなど操作して計測する場合の基礎実験だったが、だんだんと切断の仕方に興味が移って行き、吊るす糸の長さや切断荷重が関係すると言いだした学生が出てきた。少しずつ糸の長さを変えて行き最後には教室の天井くらいの高さから吊るして実験した。どうやら長いほど早く切れることを見だし、弱いところで切れるとして、弱部を含む確率に関係するなど、レポートに延々と「理論」を展開し、ついには地震の起こり方にも関係すると書き連ねたグループもあった。

この様な、彼らなりの小さな発見は他の実験にもあったと思う。地球物理学科へ進学した学生がその素質を伸ばしたかどうかは知らない。

後期実験

5～6の班に分かれ1テーマを半年、1教員のもとでグループ実験する。実験内容はそれぞれの指導教員に任されていたので、様々な工夫がなされた。実験計画を学生達に立てさせる班もあった。物理、化学、生物実験などにはない全く地学独自の方式である。当然担当していただく教員の負担は重くなる。実験に必要な経費は消耗品程度で殆どない状態で、まさに手作りの実験であり、教育であった。主として地球物理学教室や防災研の先生方にご苦労を頂いた。授業時間は午後1時から4時までだったが、この時間内で終わる実験は殆ど無かった。夜の9時頃までつき合わされることもあった。

筆者の担当した実験の一部を紹介する。京都市内にまだ市電が走っていた頃、軌道からの漏洩電流を計らせたことがあった。電流の流れる卓越方向は場所によってほぼ一定、しかし教養部構内では場所によって異なる。理学部のある北部構内と、教養部構内で殆ど同期した信号が得られた事も彼らにとって意外でもあり、感激の発見でもあった。さらに自然電位の空間分布から花折断層（理学部構内植物園内を横切る）の位置を推定する実験も興味を引いたようであった。この実験は高じて修学院付近や八坂神社の境内の花折断層を追跡した学年もあった。

たまたま当時（1964年頃）、重力偏差計の開発を行っていたので、キャベンディッシュもどきのニュートンの万有引力常数を求める実験をやらせたことがあった。30kg程度の鉛の球を偏差計に近づけると、光学記録上引力の影響が目で確認できる事に学生は強く感動したようである。引力が本当にあることを実感した時、その驚きを生涯忘れないと言っていた。

他のグループの実験から

測風気球：京都盆地の中で風は渦巻いている。トランシットで追跡するのはたいへんだった。3次元飛跡を書くのに一苦勞。最終的にどこまで飛んで行くか、学生達は知りたがった。それで、拾われた方は、その場所は何処であったか知らせて欲しいと、学生達は、はがきに一生懸命お願いの文章を書いていた。三重県奈良県南部まで飛んでいった気球も有った。返事が返ってきたときは、まさに鬼の首でもとったかのように感激し、歓声を上げていた。

琵琶湖の静振：前期に全員で手分けして観測した湖面の水位データをもとに、教室で移動平均から複数の固有周期を抽出する。初期の頃は、そろばんと手回し式計算機で来る日も来る日も（と言っても週に一回）計算を続ける。今頃の学生にはとても出来ない、素朴であるが、自然の意外性を認識させる実験であった。南湖のたてとよこの固有周期、北湖の長周期の一部などが検出でき、学生は感動していた。

最後に筆者にとっては強烈な印象を与えた、大学紛争時のことを残しておきたい。地学実験2のクラスが割れた事はなかった。実験を履修している学生同志が直接対立することはなかったが、結果的に授業はつぶれた。しかし、バリケード封鎖中にも関わらず、実験だけはやらして欲しいと申し出る学生も少なからずいた事には驚いた。自由参加と言うことにした。また、かつて地学実験2を履修していた学部生と、バリケードの中で夜通し政治と学問と公害について議論したこともあった。その学生は汚染された瀬戸内海を元通りにするには潮汐力だけでは100年以上かかりますと教えてくれた。また、大学紛争がくすぶり続けている頃、学部へ進学した学生（地学実験2の履修者）が里帰りをしてきて、自主ゼミをやりたいというのでつき合った事もあった。

気象観測にしろ、物理探査にしろ、科学として自然現象に初めてぶつかり、不思議だな、面白いなと感じる、これは理系の学生がある時期におそらく極短期間だけ感じる経験である。このときそのまま通り過ぎるか、立ち止まるかはまさに運命的な出会いとも言える。教師がその場に立ち会う（啐啄の機）、ほんの一言が学生の運命に大きく関わることもある。恐ろしい事でもあり、教師冥利に尽きる事でもある。

教養の地学実験、伝統的に学部や防災研究所の先生方に助けられて半世紀以上の歴史を綴ってきた。それぞれの先生方が色々と工夫をして学生達を育てて下さった。稚鮎が帰ってくるのを待つ心境だと言われた方も居た。臍目に見れば、稚鮎は戻ってきて立派に学内の色々なところで活躍していると思われる。このことは地学実験指導が地球科学系の教師の登竜門的役割も果たしてきたのではないかと密かに思っている。現在でも学内外に活躍の先生方の中には、かつて地学実験2の履修学生であったり、また指導教員であったりする方が少なくない。現在の総合人間学部担当の地球科学実験、指導方法など様々な伝統は続いているようである。今後も地球科学へ多くの学生を送っていただきたいものである。

阿武山観測所・地物教室と防災研の工作室一人と機械

竹本修三

1. はじめに

1960年代の後半、私が防災研究所の助手であった時代に火山研究所（阿蘇）の和田卓彦助教授から聞いて忘れられない話がある。それは、「佐々先生の偉いところは、観測所をつくるとき、最初に用務員のおばさんを確保して食事と掃除の心配をなくし、次に技術員を採用して観測機器の製作や補修ができるようにしてから、研究者を現地に送り込んだ。それでないと現地の観測は続かない」というものである。これを聞いて当時の私は、なるほどと思った。

京都大学における地球物理学研究の成果のなかには、観測的アプローチに基づくものが多いので、観測機器の開発などを支えた工作室の貢献は極めて重要である。今回、「京大地球物理学の百年」の集録続編を刊行するにあたり、地物教室関係の技術史も調べてみようということになったが、古い時代の工作室の事情を聞ける人はほとんどいなくなってしまった。そこで総括的な Review は望むべくもないが、本稿では残された資料から阿武山観測所及び地物教室と防災研で地球物理関係者が使用していた工作室の歴史を可能な限り調べてみた。

2. 阿武山地震観測所

志田順が上賀茂観測所で使用し顕著な業績を挙げたレボイル・パシュウィツ式傾斜計は、1939年以降、その足跡が途絶えており、現存していないのではないかと考えられていた。ところがこれが、2009年7月11日に、James Mori と Luis Rivera の2名によって偶然発見された（竹本修三・他, 2010）。この志田が用いた傾斜計の変遷を調べていく過程で、佐々憲三らが1935～36（昭和10～11）年に、土地傾斜の近距離多点観測に使用する目的で、10組（20台）の石本式水平振子型傾斜計を阿武山地震観測所工作室で製作していたことがわかった（佐々, 1940）。この頃から佐々研究室では、観測に使う計器は自分達で作るという体制が整えられていたようである。

その当時の阿武山地震観測所の様子を知る資料として、林一（はやしはじめ）の著書（林, 2002）がある。彼は1910（明治43）年生れで、熊本中学を卒業後、1928（昭和3）年8月に阿蘇火山研究所の雇員として着任し、翌年（1929）の10月末頃に阿蘇火山研究所から建設途上の阿武山地震観測所に転勤になっている。その後、1930年6月に一旦阿蘇に戻り、兵役を経て、1934年2月に阿武山地震観測所に復帰した。そして同年4月に上賀茂地学観測所に移った。林の著書（2002）の103ページに1934年2月頃の阿武山地震観測所の記憶が以下のように記されている。

中岳の大噴火がようやく衰えた頃、私は阿蘇から再び阿武山地震観測所に転勤になり、着任したのは昭和9年2月1日だった。宿舎は西棟の二階の階段に近い一室をもらった。阿蘇のものと同じウィーヘルト地震計は少し前に据え付けられていて、仕事はようやく緒についたばかりといったところであった。

ここでは、先生方や工作室主任の安田幾之助助手は京都の教室と兼務のような形で行き来され、新婚はやはやの伊東祐治（助手？）夫婦も住んでおり、工作室の職工も飯星君の外に森本といった先輩もあり、子持ちの用務員も住み込んでいて、阿蘇に比べれば遥かに賑やかだったが、それでも人里離れた山の上のひっそりした環境は似たり寄ったりだった。

1935～36年に阿武山地震観測所で製作された10組（20台）の石本式水平振子型傾斜計は、上記の林の述懐に出てくる安田幾之助主任を中心に、伊東祐治、飯星明、森本喜一郎といった技術系の職員が手がけたものであろう。また、佐々憲三が設計した佐々式大震計（水平動, 1.1倍）や佐々式強震計もこの時代に製作されている（杉政, 2001; 浅田, 2008）。その後、北村俊吉、西正男、斉田治三郎、斉田市三、伊藤勝祥、浅田照行、中川渥といったメンバーが阿武山地震観測所の工作室を支え、地球物理学教室の工作室と連携し、地震計や伸縮計・傾斜計の設計・製作や改良を行ってきた。阿武山観測所で使用されてきた歴史的観

測機器の多くが同観測所に展示されている（浅田, 2008）。

その後、1973(昭和 48) 年に阿武山地震観測所を母体として理学部附属地震予知観測地域センターが設立されたが、1990（平成 2）年 6 月にこのセンターと阿武山観測所は、防災研究所の地震予知関連の研究部門と統合し、新たに防災研究所附属地震予知研究センターとして生まれ変わった。

3. 地球物理学教室

1958（昭和 33）年 3 月 20 日に発行された「京都大学理学部卒業生名簿」のなかの地球物理学教室「職員」の欄に、教室の技術系職員として、森本喜一郎、津島吉男、田中耕三郎、今井 溱、藤井三男の名前が記載されている。また、1964（昭和 39）年 11 月 30 日発行の「同・名簿」には、教室所属の技術職として森 二郎、鈎卯三郎、藤井伸蔵、また、火山研究施設の技術職（京都勤務）として多中勝美の名前がある。このなかで、今井溱は他の技術職メンバーとは違い、機械製作には殆んど関与していない。彼については別稿で紹介する。地球物理学教室の工作室では、伸縮計・傾斜計や地震計をはじめ、海洋・気象や地球電磁気観測用の機器の製作・補修が行われてきた。こうして生まれた観測機器は、国内各地に展開された多くの観測室に設置された。

佐々・西村は、1943 年の鳥取地震（ $M=7.2$ ）の際に、震央から約 60km 離れた兵庫県の生野鉾山の坑道内に設置されていたスーパーインヴァール製水平振子型傾斜計の記録から、地震の約 6 時間前から 0.1 秒角に達する大きな傾斜変化を見出した（佐々, 1944 ; 佐々・西村, 1951）。また、佐々らは槇峰及び生野観測室で佐々式伸縮計を用いた観測から、世界で初めて地球潮汐ひずみの検出に成功した（Sassa *et al.*, 1952）。

また 1954 年頃から、和歌山地方でその頃頻発していた局地地震を観測するため、変磁束型高感度地震計、ガルヴァノメータ、記録用ドラム式レコーダーなど一式とする観測システムが 4 観測点分（のちに 6 点分）製作された。これらの機器の製作は、後に防災研究所に移った津島吉男をはじめとする地物教室の工作室スタッフを中心に行われ、和歌山地方に順次設置され、大きな成果を挙げた（三雲・他, 1957）。これらの観測計器の一部は、初期の爆破地震動観測にも用いられた。さらに、この観測システムの地震計の代わりに熱電対温度計や熱線風速計を取りつけた装置は、接地気候の乱流観測に大活躍し、微細気象学の発展に寄与した（Takasu, 1949）。

1957 ~ 1958 年の国際地球観測年（IGY）に参加するため、地球物理学教室では田中耕三郎らによって光学式吊り下げ型磁場変化計（*variometer*）が製作された。この装置は阿蘇火山研究所などで使用された後、現在では理学部 6 号館 3 階にある地球物理学教室展示コーナーで実物を見ることができる。また、その原理は下記に示されている。

<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/film/magnetoexp-j.html>

<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/film/opticalJ.gif>

京大地球物理学教室の観測的研究を支えてきた工作室も、1970 年代以降は国家公務員の定員削減の影響を受け、教室工作室のスタッフは、前述のメンバー以外に補充されていない。また、工作室にある機械類も更新されなかったため、最新の精密地球計測に対応した新しい観測機器の開発・製作は次第に難しくなっていく。その間、工作室は、既存の観測機器の補修や改造を主な業務として存続してきた。

森 二郎は、1981 年に京都市山科区花山大峰町の花山天文台の敷地内に新設された理学部附属気候変動実験施設に移り、同施設の気象観測用機器の保全とそれによるルーチン気象観測業務にあたった。同施設は 1991 年 3 月 31 日に時限で廃止されたが、露場の観測業務は継続されていた。

工作室所属の職員が次々と退職し、その補充もできなくなったことから、地球物理学教室では、2001（平成 13）年度に、やむなく工作室の閉鎖と大型機械類の廃棄の方針を決めた。その背景には、技術専門職としての工作室の職員に、時代が要求する観測精度を満足するための材料の吟味や必要なエイジングの方法などに関する的確な助言ができなかった教官側にも責任がある。また、観測機器のエレクトロニクス化が急速に進んだ時代に、工作室がそれに追従できなかったということも問題であろう。工作室の閉鎖は定員削減だけが理由ではない。

工作室閉鎖の決定の直後に、京大総合博物館の城下荘平助教授らの産業技術史の研究グループから、廃棄処分と決められた機械類の調査の申し入れがあった。調査の結果、旧工作室の天井には回転シャフトが取り付けられており、シャフトの回転は工場の隅にある動力源からベルトを介して与えられているのがこ

の工作室の機械類の特徴である。このように動力源が一つで、各工作機械が回転シャフトからベルトを介し動力を取り出す方式は、1960年代までの生産工場の標準的な動力伝達方式であったが、その後はほとんど見られなくなってしまって、今では稀少なものであるという。さらに、購入年月日やメーカー名等が記された物品管理票が保存されていることなどから産業・技術史的に価値のある文化遺産であり、工作室の閉鎖はやむをえないとしても、機械類の廃棄は思いとどまって欲しいというのが調査メンバーからの要望であった。

そこで、2001年度中に予定していたこれらの機械類の廃棄を一時見合わせ、2002年度に移設保存の可能性を追求することになった。2002年度の教室主任（竹本修三）は、京大総合博物館の瀬戸口烈司館長に機械類の保存をお願いしたが、瀬戸口館長はスペースがないという理由で断ってきた。やむなく尾池和夫副学長（当時）に善処方をお願いしたところ、尾池副学長は、これらの機械類を国立科学博物館つくば収納庫に保存するという道を開いてくれた。その後、国立科学博物館の鈴木一義主任研究官と地球物理学教室の教室主任との間で話を詰め、下記に記した5台の機械類は、2002(平成14)年8月5日に地球物理学教室工作室から国立科学博物館つくば収納庫に向けて、トラック3台で運び出された。

----- (地球物理学教室から国立科学博物館に移管された機械類) -----

(<http://www.museum.kyoto-u.ac.jp/collection/materials/workshop.html>)

旋盤：池貝製、ベルト駆動、8呎（フィート）、1923年(大正12年)6月23日購入

旋盤：池貝製、ベルト駆動、8呎（フィート）、1926年(大正15年)8月4日購入

精密卓上旋盤：NEUMANN製、ベルト駆動、900mm、1940年(昭和15年)2月15日購入

フライス盤：CINCINNATI製、1923年(大正12年)3月19日購入

ボール盤：遠州機械株式会社製、直立型、1958年(昭和33年)2月26日購入

この移転費用は、尾池副学長のご配慮により、教室経費を持ちださずに済んだ。その後、2002年9月17日より地球物理工作室の取り壊し工事が行われ、一つの時代が終わった。

4. 防災研究所

1951年4月に防災研究所が発足した直後の同年5月に小林年夫が技術職として防災研に採用され、1958年には津島吉男と西正男が理学部より配置換えとなった。この三人が防災研究所工作室の基礎を築いた。

津島吉男は、南米ペルー・チリに設置したスーパーインヴァール製水平振子型傾斜計やスーパーインヴァール製 Bow-string 型伸縮計の設計・製作の中心となり、1965年10月から1966年1月にかけて、田中豊、中川一郎とともにペルー・チリ両国を訪れ、ペルー国内8カ所、チリ国内3ヶ所の観測室に傾斜計や伸縮計などの計器を設置している（地かく変動部門、1967）。

1959～60年に技術職として採用された小泉誠、山田勝、松尾成光は、工作室と研究部門の両方の仕事を兼務した。さらに、1965年にわが国の地震予知研究計画が発足後、細善信のほか、観測所勤務として平野憲雄（上宝⇒北陸）、和田安男（上宝）、和田博夫（上宝）、藤田安良（屯鶴峯）、矢部征（鳥取）、中尾節郎（鳥取）、園田保美（宮崎）らの技術職員が採用された。

観測所勤務の職員は、主に各観測所における観測機器の維持とデータ集録に従事したが、必要に応じて防災研の工作室に出張して機械製作を行った。これらの技術系職員は、関係教官と協力して、西南日本各地の地震や地殻変動観測に参加するとともに、新たな観測機器の開発やデータの処理・解析を行った。

1966年頃からは、長周期地震波を観測するため、Press-Ewing型地震計の設計と製作が行われ、上下動1成分、水平動2成分、長時間レコーダー3成分の合計2観測点分が完成して、それぞれ当時の上宝地殻変動観測所と鳥取微小地震観測所に設置され、長期にわたる連続観測が実施された（三雲、1970）。さらに、可変容量型傾斜計、ひずみ地震計、電磁差動トランジューサー型水平振子傾斜計、同水管傾斜計、同伸縮計など多種類の観測計器の設計と製作が行われ、これらの計器は多くの地殻変動観測室に設置され、地震予知を目標とする地殻変動の連続観測に貢献した。松尾成光（1941-2010）は、『モノづくりと実験・観測』という自費出版の集録を遺している（松尾、2004）。

防災研究所で行われた新しい観測機器の開発のいくつかの例を京都大学防災研究所年報から拾ってみた。

加藤正明・田中寅夫(1965)：可変容量型歪計の試作, 年報 8 号, 83-89.
 田中寅夫(1966)：逢坂山観測所における可変容量型歪計の試験観測について, 年報 9 号, 63-68.
 田中豊・加藤正明 (1966)：二重振子型高感度傾斜計による地殻傾動の観測 (第 1 報), 年報 9 号, 69-79.
 尾池和夫・小泉誠・平野憲雄・松尾成光 (1968)：可変容量型傾斜計の試作, 年報 11 号 A, 53-58.
 岸本兆方・尾池和夫・津嶋吉男 (1968)：可変容量型ひずみ地震計について, 年報 11 号 A, 67-73.
 尾池和夫・小泉誠・平野憲雄 (1969)：可変容量型ひずみ地震計および傾斜計による連続観測, 年報 12 号 A, 145-154.
 古沢保・小林年夫 (1971)：地震観測用長期巻記録計の試作, 年報 14 号 A, 1-6.
 加藤正明・津嶋吉男 (1973)：差動トランス型水管傾斜計の試作, 年報 16 号 B, 55-63.
 竹本修三・小林年夫 (1982)：Simple Laser Source を用いたレーザー伸縮計について, 年報 25 号 B-1, 31-39.
 竹本修三・山田勝 (1989)：岩倉観測室におけるレーザーホログラフィを用いた地殻ひずみの観測, 年報 32 号 B-1, 75-81.
 梅田康弘・伊藤勝祥・斎田市三 (1992)：ウィーヘルト地震計と等価な地震観測装置, 年報 35 号 B-1, 291-298.
 平野憲雄・伊藤潔・渋谷拓郎・和田博夫・中尾節郎 (1993)：パソコン 2 台を用いた多成分トリガー地震収録システムの開発, 年報 36 号 B-1, 399-407.
 松尾成光・尾上謙介・重富國宏・森井互・浅田照行・細義信・高橋輝雄・石井紘 (2005)：メカニカル拡大システムを用いた短スパンひずみ計の開発, 年報 36 号 B-1, 231-234.

このなかで、筆者の印象に残っているのは、田中 豊・加藤正明による二重振子型高感度傾斜計である。これは、西村英一の発案を田中 豊が具体化したものであるが、設計の詳細ならびに製作は津嶋吉男によって行われ、感度検定の実験は、加藤正明と当時 4 回生であった望月英志によって実施された。望月英志は筆者の大学時代の同級生であったが、この原稿の執筆中(2010 年 7 月 24 日)に急逝し、この装置の関係者全員が故人となってしまった。

この装置は、傾斜計の高感度化を目指して設計された二重振子型の構造であり、第 1 振子は質量 2kg の砲金製錘を半径 140 μ m のスーパーインヴァー線線吊った高さ 480mm のツェルナー吊り振子、第 2 振子は質量 4.2 g の純銅製錘を半径 15 μ m のスーパーインヴァー線線吊った高さ 144mm のツェルナー吊り振子から成る。第 2 振子はマグネティックダンパーで制動がきかせてある。非常に巧妙な装置であったが構造が複雑すぎて、感度検定が難しく、また長期の安定性にも問題があったため、残念ながら広く普及しなかった。しかし、1960 年代の京大地球物理ではこのような試みも自由に行えたということは確かである。

昨今の大学では、成果が出ないと厳しく非難されるため、「成果が出るかどうかわからない」というチャレンジングな試みは、なかなかやらせてもらえない。しかし、真に創造的な研究は、多くの失敗のうえに成り立っていることを考えると、少なくとも京都大学においては、すぐに成果が出るかどうかかわからない研究を続けられる基盤を維持してほしいと考える。

1970 年代以降、防災研究所においても技術系職員が次第に減少していくなかで、研究所全体の技術系職員の配置の見直しが検討され、1991 年 4 月から防災計測技術系と情報解析技術系の 2 系からなる技術部が設置された。さらに、1996 年 5 月には研究部門および附属施設に配置されていた技術系職員を統合・組織化し、企画情報班、機器開発班、機器運転班及び観測班の 4 班 (8 掛) からなる技術室が設置され、技術系職員はこれらの何れかの班に属することとなった。技術系職員の活動報告は、1992 年以後、毎年「技術室報告」(<http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/~dpotech/info.html>)として公表されている。ここから旧阿武山地震観測所を含めた防災研究所全体の技術系職員の活動状況を辿ることができる。

技術部の工作室に從來からの工作機械類は残されているが、そこに常駐している職員はおらず、昔のように、学生・院生が観測機器を製作している現場を身近に見る機会は殆んどない。観測地球物理学の研究を目指す学生・院生が観測機器の構造を知り、その正しい使い方を習得することはエレクトロニクスの時代になっても必要であり、身近にそういうことを経験できる場が失われていくのは残念である。ボール盤で金属に孔をあけたこともなく、半田ゴテを握ったこともない学生が増えてくると、観測を重視してきた京大の地球物理学研究の今後はどうなるのだろうかといささか心配になる。

(文献)

- 浅田照行(2008):阿武山観測所における地震計等観測機器の展示, 京都大学防災研究所技術室通信, 第 10 号 <http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/~dptech/gihoh/gihoh10/01asada.pdf>
- 三雲健・大塚道男・神月彰 (1957): 和歌山地方で観測された微小地震の性質について, 地震 II, **8**, 158-160.
- 三雲健 (1970): RC 回路をもちいた長周期地震計の特性, 京都大学防災研究所年報, 第 13 号 A, 121-132.
- 佐々憲三 (1940): 気象諸変化に起因する土地昇降変動について, 天文学及び地球物理学
邦文輯報, **1**, 17-26.
- 佐々憲三(1944): 鳥取大地震前後の土地傾動, 科学, 第 14 巻, 第 6 号, 220-221.
- 佐々憲三・西村英一(1951): 地震の前駆現象 I, 科学, 第 21 巻, 第 2 号, 86-88.
- Sassa H., I. Ozawa and S. Yoshikawa (1952): Observation of Tidal Strain of the Earth by the Extensometer, Bull. Disast. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No. 3, 1-3.
- 杉政和光(2001): 阿武山観測所について—伊藤勝祥研究支援推進員に聴く—, 京都大学防災研究所技術室通信, 第 3 号, 73-78.
- Takasu, Ken-ichi(1949): Microclimatic Study.I. A New Type Self-Recorder., Memoirs of the College of Science, University of Kyoto, Series A, Vol.XXV, No.2, 69-73
- 竹本修三・James MORI・Luis RIVERA・Julien FRECHET (2010): 京都・上賀茂観測所で使用されたレボイル・パシユウィツ式傾斜計の変遷, 地震, 第 2 輯, 第 63 巻, 第 1 号, 45-55.
- 地かく変動部門 (田中 豊) (1967): (地震に伴う地殻変動の国際共同観測 (序報)、京都大学防災研究所年報第 10 号 A, 77-111.
- 林 一 (2002): 京大阿蘇火山研究所・阿武山地震観測所草創期物語, (自費出版, 120p.
- 松尾 成光 (2004): モノづくりと実験・観測, (自費出版, 181p.

(付記) 上賀茂地学観測所時代の今井 漆 氏

(竹本修三)

今井 漆 (いたる) (1906-1990) は長崎で生まれ育って、1926～32 年に東京天文台に勤務し、理科年表系の神田茂室長のもとで彗星の軌道計算などを手がけていた。その後、1932～43 年には新城新蔵が所長の上海自然科学研究所で、主に中国科学・技術史の研究に従事した(永野・佐納, 2010)。1943 年に風土病による腸疾患の病を得て帰国し、京都で療養していたが、1951 年に西村英一のもとで上賀茂地学観測所の技官となり、1971 年に定年を迎えた。

1964 年、大学 4 年生のとき、私は上賀茂地学観測所の木造の観測室に 1 年間住んでいた。観測所の位置は、京大吉田キャンパスから北北西に約 4.5 km 離れており、市バスの終点の深泥池から円通寺に向かう峠道の鞍部に近いあたりから西に入る踏み分け道を 300m ほど歩いて登ったところにある。下宿代が要らないこの観測室には代々学生や若手の助手が住んでいて、私の前には狐崎長琅さんや尾池和夫さん、私の後には今脇資郎さんなどが住んでいた。この木造の観測室は、ウィーヘルト地震計などが設置されている石造の観測室の南側奥にあったが、ここから 70m ほど手前に降ったところに技官の官舎があり、そこに今井 漆さんが 奥さんと息子さんと三人で住んでおられた。

その時代の今井さんは、午前零時頃にウィーヘルト地震計の煤書き記録紙を交換した後、朝まで本を読んでいて、昼は寝ているという生活だった。当時私は、今井さんが何に心血を注いでおられるのかもわからず、仙人みたいな人だな、と思っていた。その後、私は防災研究所の助手になり、私自身も天ヶ瀬観測所などで地震計の煤書き記録紙を交換したが、上賀茂で見た今井さんの煤書記録のようになんてきれいにいかず、大分苦勞をした。今井さんの煤書記録は、煤のムラがなく、糊の貼り合わせ部分も紙がほとんど盛り上がっていない。名人芸というのはこういうものかと思う。

今井さんの人柄と業績に関して、東京天文台時代の同僚であった大崎正次氏が国立天文台ニュースにエッセイを遺している（大崎, 1995a）。それによれば、上海自然科学研究所時代の今井さんは、天体の軌道計算のほか、中国科学・技術史の領域にも踏みこんでおり、『その後、京都で療養中に刊行された「中国物理雑識」（今井, 1946）は、小文の集積とはいふものの、難解な中国文献を読みくだき、博引傍証、考証をゆるがせにせぬ彼独自の学風を確立している』と評している。また、大崎氏は、上海時代の今井さんに関して、『測地測量その他の仕事で、中国のあちこちを、風を得た蝶のように飛び歩いた十年間は、最も楽しかった時代だったようである』とも述べている。

このエッセイによると、私が上賀茂でお会いした頃の今井さんは、日本、中国、朝鮮の天文年代学から、トルコ・ベルシャ・アラビアにまで興味の対象を広げていたようで、日本・中国が耶蘇会の宣教師を介して受容した西欧の天文学的宇宙観・世界観や、大航海時代の天文航海術の歴史とそれが中国や日本に与えた影響などを調べておられたようだ。

上賀茂観測所時代の今井さんは、上海自然科学研究所で一緒だった人文研究所の藪内清教授らのグループと親密な交流があり、1970年に藪内教授の退官記念で出版された「明清時代の科学技術史（藪内清, 吉田光邦編）」の17篇の論文の中に「今井湊：乾坤体義雑考」（今井, 1970）が含まれている。人文研究所の部内誌「人文」第1号（1970）の4ページに記載されているこの本の書評によれば、「乾坤体義雑考」は、「『乾坤体表』の数学的性格を評価しつつ、これがクラビウス C・Clavius の『サクロボスコ天球論注解』におもに依拠することを明らかにし、その基礎的要素を分析した論文である」という（<http://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/57127/1/jid001.pdf>）。

今井さんは、1ドル360円の時代にユネスコを利用し、史料的原典、研究書を直接出版元、古書店から買い求め、膨大な蔵書を残したが、今井さんの没後、この貴重な遺産は大崎氏らの努力で整理され、国立天文台に寄贈された。それらは現在、『今井文庫』として国立天文台に保管されている（大崎, 1995b; 中村, 2000）。

さらに、数学史家の小寺 裕（ひろし）氏に教えていただいた情報によると、今井湊さんのわが国の数学史への貢献としては、日本数学史学会編の「数学史研究」に、「二儀略説の水晶天球儀など、（1960）第3号」、「元忽列的はユークリデスカ、（1960）第6号」、「和蘭平天儀（1964）第2巻第9号」、「弧矢術考原（1972）通巻52号」のほか、「近畿数学史学会会誌」和算（1971）に「水度神社算額の周辺」などを寄稿しているという。内容の理解までは到底及ばないが、京都の地球物理学教室にはこういうユニークな先輩がいたということを記録にとどめておきたい。

（文献）

今井湊(1946)：中国物理雑識，全国書房(大阪)，200p.

今井湊(1970)：乾坤体義雑考，明清時代の科学技術史(藪内清, 吉田光邦編)，京都大学人文科学研究所，35-48.

大崎正次(1995a)：今井湊君のことども，国立天文台ニュース，No.44，6-7.

大崎正次(1995b)：今井いたる氏の遺書目録についてのコメント

<http://library.nao.ac.jp/kichou/imai3.html>

永野宏・佐納康治(2010)：上海自然科学研究所物理学科と京都帝国大学理学部との関わり，京大地球物理学研究の百年，国際高等研究所・竹本修三フェロー研究会集録，117-131.

中村士（2000）：今井いたる文庫，<http://library.nao.ac.jp/kichou/imai.html>

防災研究所の気象・海洋分野の観測と技術職員

林 泰一（1973 年卒）

防災研究所は 1951 年の設立当初から、「観測」に重点をおいた研究を進めてきた。観測を行う上では、研究者である教員や学生だけでなく、それを補佐する技術職員の存在は大きい。若手の研究者や学生に比べて、観測経験がはるかに深いため、その手際はすこぶるいい。ここでは、防災研究所の気象学・海洋学に関係した技術職員の活動について述べる。

防災研究所は何度か改組を繰り返してきたが、もともと気象に関する研究室は、災害気候部門と耐風構造部門があった。災害気候部門については、集録「京大地球物理学研究の百年」のなかの安成哲三：「京都大学の「気候研究」は何をやってきたか？－気候学 40 年史の批判的総括－」（109－112 ページ）に詳しい。この部門の技術職員としては、1964 年に多河英雄が採用された。彼は、中島暢太郎と田中正昭の大気汚染の解析で、集計用紙に観測資料を集め電卓をたたいて季節別時刻別風力階級別風配図を作成するなど、一貫して気象観測資料の統計解析に関わった。その後、パーソナルコンピュータによる現地観測が一般化した。多河は、井上治郎が南極で越冬時に観測した数百本のデジタル・カセットテープに記録された気象データの整理を引き受け、プログラムを自作して丁寧にノイズを取り除くなどの作業を行った。防災研究所が改組後は企画情報班に所属して、気象だけでなく水文関係の観測資料の解析を進めた。1996 年の技術室への改組後、企画情報班長を最後に退職した。

耐風構造部門では、光田 寧が助教授として境界層の気象観測や風洞実験を行っていた。この部門の技術職員として、1961 年に羽野淳介が、1966 年に杉政和光が採用された。羽野淳介は地球物理学教室の工作室の田中耕三郎のもとで、風速計、気圧計、温度計などの基本的な地上気象観測機器の取り扱いを学び、気象観測の計測機器の整備や維持を一任されていた。光田寧が超音波風速温度計の実用化に成功したことは、廣田 勇の「国際気象界のなかの日本－京都から何が発信されたか－」に記述されているとおりであるが、その超音波風速計の自然風中での野外観測の準備、設置などに大きな役割を果たした。杉政和光は風洞実験の専門家であり、風洞での風速計などの計測機器の検定、地形模型を使った流れの変形などの実験時には操作運転、データ収集を担当した。技術室への改組後、羽野・杉政は、ともに機器運転班長を最後に退職した。

防災研究所には、宇治構内の本部以外に多くの隔地施設がある。そのうち、紀伊半島には、海象観測のための白浜海象観測所と気象観測のための潮岬風力実験所と 2 つの施設がある。これらはともに、台風などに伴う異常気象海象災害を実際に観測する前線基地である。白浜海象観測所は、高潮などの海象災害の解明を目的として 1966 年に開設された。その設立の経緯、1961 年の白浜海洋観測塔や 1996 年の田辺中島高潮観測塔の建設については、本集録(Ⅱ)の鳥羽良明：「京大海洋物理学分野の歴史的展望」の章に詳しい。この施設では 1966 年に芹澤重厚が技術職員として採用された。ここの専任教員は、代々、西 勝也、吉岡 洋、中村重久の海洋物理学講座の出身者が務め、観測塔における「大気海面境界過程」などの観測的研究が中心的位置を占めていた。当時の海洋観測機器は機械式が主流で、流向流速計は気象観測用の機器を防水加工し、波高計、水温計なども手作りで製作

する状態であった。芹澤重厚は電気工学が専門であり、丁度、電子式観測機器が真空管からトランジスタによる小型軽量化が進むなかで、自前の海洋観測機器を作成した。その他、東大海洋研究所の淡清丸にも乗船し観測に参加した。1995年に助手に昇任し、2009年退職した。

潮岬風力実験所は、強風の性質の解明と強風の構造物に対する影響の評価を目的として、1966年台風や冬季の季節風による強風がしばしば期待される本州最南端に設置された。この施設の専任教員は、花房龍男、佐野雄二、森 征洋、塚本 修、林 泰一の気象学講座出身者が専任教員を務め、大気境界層の強風の時空間相関やスペクトルなどの統計乱流構造、突風前線の時空間構造など非定常現象など観測を基礎とする研究を進めてきた。この施設の技術職員としては、設立当初から河内伸治、1966年に尾崎寿秀の2人が採用された。河内伸治は野外における気象観測を、耐風構造部門の羽野淳介とともに、専任教員の指導のもとに推進した。尾崎寿秀は電子回路などに詳しく、アンプやフィルターが高価な時期に自作し、気象計測機器を保守して観測を維持継続してきた。先の超音波風速計の最初の野外実験は、潮岬風力実験所で公開実験として行われ、当時は真空管式であり、正常な測定を維持するための調整が大変であった。技術室への改組後、観測班掛長として退職した。

筆者は、修士課程の大学院生のときから、防災研究所の技術職員の方々には大変お世話になってきた。技術室への改組以前は、技術職員が研究室に所属されていて、電子回路の組み立てのときには半田付から教えてもらうなど、実際の観測にあったっての細かい技術を教えていただいた。助手として、潮岬風力実験所に長い間勤務した経験から、研究の推進のみならず、現地の行政機関との対応、近所の住民の方々とうまく付き合って、少ない人員で隔地施設を円滑に維持する上で、多忙な教員を支える技術職員の存在は大きい。

「自由の学風」という幻想

廣田 勇（理学研究科名誉教授）

はじめに

京都大学地球物理学研究百年史の議論のなかで、他大学には見られない特色のひとつとして「京大の自由な学風」が挙げられていた。この小論ではその意味をもう一度問い直し、学問研究における「自由」とは何かを自分の教官在職期間（1974－2001）の経験に照らして批判的に考察してみたい。もとよりこれは極めて大きな問題提起であり、一般論と特論の仕分けは困難であろうが、可能な限り理学部地球物理学教室における研究と教育に特化して話を進めることとする。結論は表題どおり歴史上の幻想を払拭することである。

自由とは何か

まず言葉の原義の解釈から始める。「自由」は後漢書に見られる古い漢語であり、現在の日本語では様々な場合に幅広く使われている。それだけに常に曖昧さが付きまとう。

自己流の解釈法として、研究教育の場に即して「自由」の「反対語」を考えてみよう。

（１）**不自由**：研究費が足りないので必要な設備・機器が買えないこと、また旅費が無く国際学会出張が出来ず不自由、と言った意味での「制限」や「障碍」。俗語では「不如意」ともいう。

（２）**束縛、強制**：たとえば国家政治レベルで「思想・言論の自由」が侵され抑圧されること。実例は京都大学の「滝川事件」など。我々の自然科学研究に関しては、いわゆるトップダウン方式の大型プロジェクトや産学協同などという胡散臭いスローガンに象徴される研究テーマが優先的に予算配分を受け、研究者個人がやりたい（価値ある）と思う研究に種々の制限が伴うこと。

同じことを英語について言えば、日本語の「自由」の対訳語は **Freedom** と **Liberty** である。しかしこの二つはかなり意味が違う。**Free** とはたとえば入場無料とかTシャツのフリーサイズのように「制限なし、条件不要」の場合に使われることが多く、ときには「勝手気儘」のような無責任の意味に転用されることもある。これに対し **Liberty** とはもっと厳しい概念である。ニューヨーク港にある「自由の女神」は **Statue of Liberty** であり、その **Liberty** とはフランス革命で市民たちが「自らの血を流して勝ち取った自由」という意味である。これは「空気や水はタダ（フリー）」といったような安直に手に入る自由とは全く異なっている。

そう考えれば、上記の（１）と（２）における対処法・対抗手段が自ずから明らかになってこよう。研究費の不足もテーマの選択も「自力で」処理すべき問題であり、そのためには研究の場における「信念、力量、実績、責任」という強い裏付けが求められるのである。「好きなようにやらせてくれ」といった安易な自由の履違えは許されない。

学園騒動のもたらしたもの

1970 年ころに全国の大学を襲ったいわゆる学園騒動は幸いにも今や完全に風化している。歴史的に見て唯一その意義が認められるのは、発火点となった青医連の主張、つまり旧来の医学部における封建的（ボスの）運営方法に対する改革であった。ところがその火種は瞬く間に他の場所で「俺たちの自由にさせろ」という無責任な主張に変えられていっ

た。

京大地球物理学教室においても、1970年代には大学院生のみならず助手クラスの教官の間にさえその空気が蔓延していた。当時この種の議論においてあたかも金科玉条の如くに使われた言葉は「民主的」である。それは教授人事のような重要な教室運営の場で助手までが対等な一票を持つという愚劣きわまりない雰囲気につながっていた。そこには安易な権利意識ばかりが幅をきかせ「責任感の自覚」の欠片すらなかった。その背景には当時指導的立場にあったはずの人々に毅然たる態度が欠けていたこともあった。

そもそも「民主主義」という概念は学問の世界とは全く無縁のことからである。私は常日頃「民主主義が適用されるべき事例は団地のゴミ処理とか中学校の運動会などのように全員が対等に雑務を分担すべき場合である」と言い続けている。学会の運営においても事情は同じであり、必要な仕事は共同分担である。理事等の役員を全会員の投票で決めるというのは、民主主義でも何でもなく、他にそれ以上の方法がないからに過ぎない。

しかしながら、学問研究の場においては、(旧ソ連や毛沢東時代の中国はいざ知らず)「民主的な研究」などあろうはずがない。もし講座内で教授と助教授や助手が研究内容に関し口角泡を飛ばす真剣な議論を行ったとしても、それは民主的でも何でもなく、純粹に研究者としての対等な議論であり、その議論内容の当否は学会レベルでの論文の評価として個人個人が責任を持つべき事柄なのである。

学園騒動の後遺症のなかで救われた気持ちになるのは、当時の「悪しき民主主義」に染まった世代のうち、後年まで職員組合活動などにばかり熱心で研究上見るべき成果を残すことのなかった人々とは別に、ある時期に自覚を取り戻しその後優れた研究成果を挙げた人々が何人かいたことであった。院生当時「学位制度反対」などというビラを配っていたにも拘らず後年は国際学界のリーダーとして認められるほどの立派な成果を挙げた人物もいる。そのような人々にとって学園騒動は「ほろ苦い青春のひとこま」なのであろうが、あえて断言するなら、これもまた学問と民主主義は無関係であることの証明である。

教育と自由

次に、大学院教育の場における自由の意味を考えてみる。

昨今の各大学の研究科には「環境」とか「情報」とかの一見誰でも取り付き易そうな言葉を掲げたものが目立つ。修士課程に進学する学生たちの中には、何となくそのようなキーワードに憧れて入ってくる者がかなりいるのは事実であろう。本来は、教養課程を含む学部の段階で基礎をしっかりと学び、その上で自分の将来の志望専門分野を決めて大学院に入るべきものであるが、現実はそのようではない。

そのような修士新生に対し、指導教官が「君たちのやりたいことを自由にやりなさい」と言ったとしたらどうなるであろうか。おそらく十中八九までは何をやってよいか分からずじまいになろう。「自由」という美名はここで早くも破綻する。

大学院の指導教官の責務は、「学生は先生の背中を見て成長する」の言葉どおり、まず教官自身がその分野で優れた研究成果を示すことは当然であるが、加えて、個々の大学院生の特長（能力、性格）を正しく見抜き、夫々に的確なテーマとそれに見合った勉強方法を指示することである。その段階では、間違っても「自由」という言葉は口にすべきでない。むしろ、俗な言葉で言えば「最初のうちはとにかく騙されたと思ってやってみろ」というのが本当の親心である。その意味で、「京大地球物理学研究百年史」のなかで川崎一朗氏がご自身の体験に基づいて述べておられることはまさに同感の至りである。東大地球

物理学教室で地震学の浅田敏教授が「将来地震観測をやりたいならまずは理論をしっかり勉強しなさい」と指導したことは鑑とすべき教育方法である。優れた指導者というものは、学生にとって後日「あの先生の指示に従って勉強したことが本当に役に立った」と思わせるのが真の教育である。私自身、修士課程では川崎氏と同じような経験があり、のちに自分が院生を指導する立場になったとき、そのことを強く意識してきたつもりである。

逆に言えば、自由の美名に隠れた「放任主義」を良しとするのは、結局のところ指導教官の責任放棄に他ならない。実際、そのような悪い例が近くに無かったわけではない。

立派に成長してくれた院生の多くは、博士課程卒業の段階では巣立ちを終え自分自身の興味関心に従って独自のアイデアを打ち出してくれる。そのときこそ初めて「自力で研究の自由を勝ち取った」と言えるのである。

「自由の学風」とは何か

そろそろ結論を急ごう。京都大学が「自由の学風」を持っていたことは分野によってはあったのかも知れない。しかし地球物理学に限って言えば、本当にそのような長所があったかどうか、大きな疑問を感じざるを得ない。この「百年史」の正編のなかで国際性と独自性の相克という視点から論じたのと同様に、京都の独自性と言われてきた研究の内容は、ややもすると安易な「本筋を横目で見た勝手気ままなタコツボ型」ではなかったか。

京大地球物理学分野で堂々と自己主張できるような優れた研究成果があったとしたならば、それは「自由」が生み出したものではない。本当の自由とはアприオリに存在するものでもなければ天下りの的に与えられるものでもない。文字通り自ら汗を流した結果の研究実績によって「種々の束縛・制限を自力で打破した自由」が得られたものなのである。そしてこれが一番大切なことであるが、その段階ではもはや自由云々を口にする必要さえも存在しない。「自由の学風」が幻想であると言った真意はそこにこそある。

「京大地球物理学研究の百年」に思う

加藤 進 (1952 年卒)

1 はじめに

最近刊行の記念誌「京大地球物理学研究の百年」は、いろいろな思いを募らせた。この記念誌からも窺えるが、京大地球物理学研究の百年間の業績は、全体的に見れば、国際的評価から、決して高いとは思えない。ただ例外は、長谷川一前田（憲一）スクールの業績だろう。 S_q の研究とそれに繋がる MU レーダーによるレーダー大気物理学観測研究を考えると、そう思う。決して手前味噌の自慢話ではない。この研究成功には、幸運な環境が大きく貢献した。これは記念誌に述べられている。以下に日本の大学特に帝国大学として設立されたものが果たしたどんな役割を持っていたのか。そんな見方から、先輩京大地球物理学教室教授の生き様を記した。工学部教授の前田先生の特異な存在にも触れた。

2 教授の本業は何か

長谷川一前田スクール以外の研究業績をみると、当時の教授の主な関心は、研究成果を挙げることであり、研究環境の整備、教育（人材養成）に向けられたのでないか、こう思えるが、先輩教授に対して失礼な説かもしれない。でも当時の事情では、この教授の生き方も重要な選択だったことは確かだ。これは、特に地震・地球内部関連分野の研究室の発展から窺える。防災研究所の設立は、地震・地球内部に加えて、陸水・気候研究組織の拡張に大きく貢献した。設備、人材の整備は研究の基本だ。これは、このために働いた教授の立派な業績だ。

これに対して、地球電磁気学分野は、みすぼらしい。地球電磁気学講座が生まれたのは、長谷川先生退官後だ。先生の強い関心が講座確立にあったとは思えない。でも、これは先生の関心事の選択によるもので、私を含む門下生などが責めることではない。

長谷川先生が最初目指した研究課題は、恐らく地震学だった。だがこの課題をやめて、日変化地球磁場研究をはじめた。長谷川先生の研究結果が田中舘先生の目に留まり、先生の S_q 研究論文は、学士院の **Proceeding** に載り、世界に紹介された。長谷川先生の輝く S_q 研究の生い立ちだ。先生の関心事はもっぱらこの研究だった、こう言えそうだ。

なぜ長谷川先生が研究課題を変更したのか。彼が属していた志田先生の研究室の後継者には、早くから後輩の佐々先生が選ばれており、長谷川先生は地震学教授への夢を捨てたのでないか、こんなうわさ話が伝わっている。真否は不明だが、あり得ることではある。だから、先生の関心事が研究に絞られたのかもしれない。

長谷川先生の研究は、地磁気変動 S_q の **morphology** 解明だけではなく、電離層電磁力学研究の源となったのは確かだ。これが、1950–1960 年当時の国際学界で、脚光を浴びた。しかしここから先の発展があったからこそ研究の現在的意義が高まった。ここに前田憲一先生の実在の重要性があった。

これについて少し詳しく記しておく。前田先生は、郵政省から京大へ赴任され、工学部電子工学教室無線通信工学講座の担当教授になった。が、先生は、それまで、郵政省、文部省の研究所で従事していた電離層物理学の研究を続けた特異な地球物理学者でもあった。赴任数年後、彼の研究室の技官に私が雇われた。やがて前田先生が最高責任者で、京大に初めて電子計算機 KDC-I が導入されたが、その KDC-I のおかげで、私の大気潮汐理論研究は大きく発展した。

結局、長谷川先生は S_q の研究で学士院賞を得たが、私は、いわば、 S_q の要因である大

気潮汐の理論研究、さらに、前田先生の強い激励を得た MU レーダーの開発、大気観測研究へと進み、学士院賞を得た。これが長谷川—前田スクールの全容だ。前田先生も電離層研究の学士院賞受賞者で、研究への熱い思いを生涯持ち続けたからこそ、長谷川—前田スクールの成果が生まれたと言えるだろう。先生は、年齢 76 歳で、自分が関わってきた電離層研究の review paper、“Fifty years of the ionosphere” を発表した。自ら行った研究に加えて、人材養成にも強い興味をもち、工学部附属電離層研究施設を創設され、多くの門弟を育てた。この点などからみて、上述した地球物理学教室教授と違った生き方の先生だったと考えている。

3 帝国大学設立の歴史と教授の使命

すでに述べたが、長谷川—前田スクールは京大地球物理学研究では、ユニークな存在として、国際的にみても高い成果を挙げた。長谷川先生のように、自ら研究に専念することが教授の正道と言えそうだが、研究環境を改良すること、門弟を増やし、育てることを教授のより重要な仕事としたことも正道だった、こんな気もする。思えば、日本国家のために、政治家、行政官僚として働くことを最重要の仕事にすることも東大教授には多々見られた。

一般に、日本の大学は欧米と違って、遅れた国家の近代化のために設立されたことを理解しなければならない。明治維新から太平洋戦争の敗北まで、富国強兵は日本の国是であり、これが大学のあり方に大きく影響したはずだ。それ故に、学問、技術で、欧米にできるだけ早く追いつくことが、大学の使命だったのだ。大学での研究者・技術者育成、環境整備は重要だった。よく聞く東大—京大の対立など大きな問題ではなかったのではないか。そこにみるものはむしろ協力の成果だ。かくして、日本の近代化に必要なインフラは敗戦までにほぼ完成したが、それに帝国大学は絶大な貢献をしたと言える。勿論、日本の学者も、学問研究に強い関心を持っていたのは欧米学者と同じはずだ。しかし、今と違って、創造的研究追求意欲が、日本の学者にも強かったとは思えない。

4 戦後の大学

原爆投下で、到来した日本の敗戦は、明治政府が作った古い日本の（政治的）滅亡を意味した。だが、明治政府の政策で、急速に築かれた近代化に必要なインフラは敗戦の焼け跡に残った。特にインフラを作った科学と技術の思想のことだ。これが生き残り、古い政治形態の日本は消えた。それだからこそ、うまく自由な民主主義近代国家も建設できたと言える。

思えば、大学の本質は明治国家でも敗戦後の民主主義国家でも変わらない。が、富国・強兵の国是は、富国・国際化に変わった。この変遷を経て、やっと到達した日本の近代化。そのために、多くの人の命が犠牲になった。これをどう償うのか、これは日本に長く残る課題になるだろう。

さて、戦後、日本の科学者の意識が国際的になったのは、一般的にみれば、かなり遅い。多くの京大地球物理学研究者が国際会議に出席するようになったのは、恐らく 1970 年代からだろう。

「国際会議とは、東大の先生が出席するものだ」。
ヨーロッパの国際会議に出席する私をみて、防災研のある地震学教授が私に向かってこう言ったのは 1970 年頃だと記憶している。

以上は、現役研究者に反省を求めるために私の説をのべたのではない。歴史として理解して欲しいからだ。でも何か新しい企てを思いついた時に、歴史の教えるものが役立つことは大きいと痛感したのは確かだ。

広野求和先生とぼく

北村泰一（1955：修士課程修了，1961：博士課程修了．九大名誉教授）

広野先生はぼくの指導教官

私が大学院の長谷川万吉研究室に入ったのは、1950年4月(昭和30年)であった。同期には福島紳君(本集録の5-1章(北村)を参照)と橋詰庄一郎君がいた。福島は後に南極で遭難死した。

入学してすぐに広野求和(もとかず)氏(当時助手;2002没)が私の指導教官として決まり、私は「地磁気」を勉強することになった。その頃、広野氏は世界的な論文である「赤道の地磁気日変化が日中に著しく増加する現象(赤道増加)の理論」を完成した。同時期にオーストラリアのマルチン教授も同様の論文を書いたので、マルチン-広野理論と呼ばれて、広野氏の名前は学会でも有名であった。自分は、広野氏のような有名な人が自分の指導教官になったことに感激よりも恐縮を覚えた。自分は学問一途ではなく、色気があって山へも行きたいし、どこか未知の土地へも行ってみたい、と思っていた。こんな二股を掛ける事が出来るのだろうか。しかし、山へ行ったら、やればいいんだろ?と生意気なことを考えていた。それでも、自分の山行が広野さんにバレないようにと気を使った。

私の修士論文は、広野氏がアイデアと理論式をたて、私とその計算を引き受けるというものであった。広野氏から何かを命じられた時は、私は予定された山へ行けるように人より努力して早く仕上げた。夏期には、友人が夏休み一杯を使ってやることを、その半分の時間でしなくてはならない。まだコンピューターなどなく(修士の終わりにやっと京大最初の計算機、KDC1が現れた:本集録の7-2章(加藤)を参照)、ガチャガチャ・チーンと鳴る手まわしのタイガー計算機時代は過ぎていたが、電動機でガチャガチャ・ガッチャーンと動くモンロー計算機時代であった。この計算機は重くて家に持って帰れない。そのため、夏休みの前半は大学で半徹夜の日が続いた。やっと仕上げたと思ったら、サインとコサインを間違えて、またやり直しというようなことが何回もあった。

それでも何とかやり遂げて、こっそり教室を抜け出して、その日の夜行列車に乗った。冷房車などなかったので車内はムシ暑かったが、気持ちはせいせいしていた。清涼な高山の空気を満喫して京都へ帰ってから、京都ですっと計算をしていたような顔をして広野氏に結果を提出した。広野氏は日焼けした私の顔に気がついていてに違いなかったが、一言もそれに触れなかった。

広野先生の手紙

修士の2年目の夏、当時世間で話題となってきた南極へ行くために大学院の博士課程への進学を諦め、東京へ出ることにした(本集録の5-1章(北村)を参照)。無事に第一次観測隊員となって初代の観測船宗谷に乗りこんで意気洋洋と東京の晴海埠頭を出航し、東支那海、フィリピン沖から、インド洋を通して、最後の寄港地ケープタウンへ入港した。そこでは内地からの手紙がどっさり待っていた。長谷川研究室一同の名前で激励の手紙も来ていた。今でも残してあるが、みな「頑張れよ」とか「生きて帰ってこいよ」という文句が並んでいる中を、広野氏からの手紙には、そんな文字は一言もなく「貴君の結果を今論文にしている」とか、「いま新しいアイデアを得て、こうやっている。貴君の帰国時には完成していると思う」とか、研究上のことしか書いてなかった。自分は教室のことなどすっかり忘れて、「未知の前途」にワクワクしているのに、広野先生は本当に研究一途の人だなあと、研究とは関係のない犬係として南極に向かっている自分が申し訳のないような気になった。

最初の南極越冬から無事に生きて帰ってきた時、自分が博士課程に入っていることを知った。広野先生に帰国の挨拶に行ったら、既に電波研究所に移っておられて会えなかった。

私は、その翌年、第三次越冬隊として再び南極へ向かった(本集録の5-1章(北村)を参照)。今度は宇宙線観測という役割であった。この時、宇宙磁場と宇宙線に興味を抱いていたからであった。この越冬では、生きていたタロジロとの再会という自分の人生に大きな影響を残す事件に出会った。(文献①)

第三次越冬から帰国して、自分の南極への気持ちは一応おさまった。博士課程を一年延長して四年居たが、無事に終えて、同志社大学に就職した。

広野先生の九大時代

暫くして、広野先生は電波研究所から九大理学部物理学科に新設された地球物理学講座の教授に迎えられ、福岡に赴任された。九大には地球物理学科はなく、物理学科に大気物理学講座と地球物理学講座があった。1969年3月、ご縁があって私は同志社大学から九大へ転じ、広野教授の講座の助教授となった。広野教授は、電波研時代にレーザーを夜空に照射して高層大気中の浮遊物（エアロゾル）を研究するアイデアを思いつかれた。それを九大で開始しようと考え、私を助教授にして下さったに違いないのに、私は、それとは全く異なる地磁気変化の地球的規模での研究をやりたいと主張した。広野先生はさぞガッカリされたであろうが、黙ってそれを許して下さいました。

九大理学部には、各学科の教授と助教授で構成される「運営会議」がある。物理学科運営会議では、地球物理と大気物理以外の物理固有（素粒子とか物性理論講座）の教授から、地球物理系講座に色々なことが問いかける。理論系分野の人は理屈っぽい。そんな時、こちらの話の論理が整理されていないと議論が収まらない。どんな議論でも「論理」とそれを相手に納得させる「弁舌」が必要だが、無口で知られている広野教授にはその弁舌性がない。理論系の教授が広野教授に、時には意地悪い質問をしても、広野先生はそれを知ってか知らずかトンチンカンな返事をする。それで相手はいらいらし、その鉾先は助教授である私に向かってくる。私は地球物理系講座の一大事だと思い、僭越な気がするがそれに答える。広野教授は知らん顔をしている。とうとう質問者は、初めから助教授である私に向かって言葉を発するようになった。広野先生は、質問が本当は自分に向けられていることに気がついているのかいないのか、時にコックリコックリと居眠りをされる。教室の並み居る教授、助教授が20人ほどいる中で、である。クスクス笑っている人もいた。私は広野先生は太っ腹だなと感心した。

もっと、びっくりすることがあった。その頃、まだアメリカ空軍が板付（現福岡）空港にいて、戦闘機などの離発着コースが九大の真上を通っていた。空港に近いので、戦闘機は九大の上、多分50mくらいのところを飛んでいたのであろう、パイロットの顔が見えるほどであった。戦闘機が通る度に、物凄い轟音で会話が中断される状態であった。私が赴任する直前に、ファントム戦闘機が建築中の計算機センターに墜落し、それを契機に激しい学生運動が起こった。その時、広野教授は物理学科主任として、学生群と面談することを余儀なくされた。学生運動といっても現在の学生には想像もつかないだろうと思う。無茶苦茶な論理で教授を吊し上げるのである。学生が教授を「専門バカ」と罵倒し、コゾキ回す場面もあった。

ある時、学生群（民青：民主青年同盟とか革マル：革命的マルクス主義派＝日本マルクス主義学生同盟）が主任を呼び出し、教授－学生会談が始まった。広野主任が学生の問いに適切に応答しないので、学生が激昂して話がこじれ始めた。他の教授から、お前も出ろと忠告されて私も出席した。初めは、学生は「助教授は黙っておれ」という態度で、広野主任に議論を吹っかけていたが、ラチがあかないと悟ったか、私に向かってくるようになった。私が学生との受け答えに懸命になっていた時、その時は学生が興奮して今にも殴りかかる雰囲気であったが、フト見ると、広野主任はコックリコックリ居眠りをしておられる。私は腹がたった。こんなときに居眠りとは何事か、僕がこんなに苦勞をしているのに。しかし、こんな中で居眠りできるとは見上げた度胸だと一方では感嘆した。さすがに広野先生、私に真似できることではない、とますます尊敬の念を深めた。

糖尿病

拙宅は広野家から数軒おいたところにある。退職後も親しくお付き合いしていたが、ある日、広野夫人が私の家に「主人が散歩から帰ってこない！」と駆け込んでこられた。私はスワッとばかりに夫人を車に乗せて、広野先生の散歩道になりそうなところを走り回り、かなり離れたところの道端に座りこんでいる先生を発見した。夫人が適切な手段を講じてコトなきを得たが、その時初めて、広野教授がかなり重い糖尿病であることを知った。低血糖に陥ると意識がモウロウとして居眠り状態に陥ってしまうという。先生の糖尿病はかなり前から重症であって、絶えず、糖類や何かを持参されていたという。そういえば、現役の時、夕方6時ごろになると、広野先生はビスケットの類を食べておられた。私なら夕食を一度や二度抜かしても平気なのに、とその時は思っていた。あ、そうかと気がついた。先生が物理の他の教授から攻められている時、学生が激しい口調で議論してきた時、広野先生が見せたあの「コックリ、コックリ」に、自分はその太っ腹に一驚し感服したが、あれは糖尿病の故だったのか、とガッテンがいったのは、私も退職して数年たった時であった。

文献① 北村泰一「タロジロの真実」小学館文庫、2007。

阿波丸事件と京都大学

荒木 徹 (1961年卒)

1. 阿波丸事件

昭和20年4月1日23時頃、台湾海峡を北上中の日本郵船の貨客船阿波丸(11249トン、全長508フィート)は、米潜水艦クイーンフィッシュの4発の魚雷攻撃によりSOS信号を発する間もなく沈没し、2004名(2209,2046,2070, 2273名とも言われる)が犠牲になった。米潜に救助された生存者は下田勘太郎氏ただ一人。敦賀帰港予定の4月5日に姿を見せないのので異変に気付き、中立国スイスを通じ調査が開始された。

阿波丸は、日本占領下南方諸国の連合国側捕虜に約2000トンの救援物資を運ぶため航海の安全を保証する国際安導券を与えられ、シンガポールから帰る船であった(舷側に大きな緑十字マーク、甲板に白十字マークを表示)ので、米国側も当惑、4月12日にになって、「多分、米国潜水艦の魚雷により撃沈されたと思われる」と発表。7月5日に、「安導券の規定に従っていたので撃沈の責任を認める、潜水艦長に対する懲戒処分を手続き中、賠償問題は戦争終結まで延期」と回答した。

クイーンフィッシュの担当警戒水域であった台湾海峡を阿波丸が通過することは、米海軍司令部から予め伝えられていたが、艦長に徹底していなかったらしい。高速(17ノット?)で、かつ単独航行の船がレーダーで発見されたので、駆逐艦と見誤ったと思われる。輸送船なら船団を組み、船足はもっと遅かった筈であった。阿波丸は戦争末期の日本に残された数少ない新造高速船であった。

この事件に関しては、十数点の書物・記録が出版されている。その多くには、阿波丸は軍事利用をしないという条件で安導券が与えられていたが、日本軍部はこれを無視して、往きは武器弾薬を、帰りは錫やゴム等の軍需品を運んだ、シンガポール港等での積み荷情報から米側はこれを知っていたと書かれている。

「連合軍との固い約束を破ったから同船の帰途を保証しない」との敵側放送を何人かの人が聞いており、臨検に備えて自爆装置が仕掛けられていたとの説もある。しかし、撃沈は過失であったらしい。禁製品輸送を咎める場合は、臨検・拿捕して自港に連行するか、乗員を退避させた後の撃沈なら、国際法上可能であった。

一方、文献(B6)は、「日本政府は、①往復とも攻撃・停船・臨検・その他いかなる妨害も加えないこと、②船腹の一部を利用して、日本はいかなる積載物や人を乗せてもよいこと、の条件を1944年10月6日スイスを通じて米国に要求し、米国の承諾を得て安導券の交付を受けていた。このことは一般には知られていない」と述べている。積荷情報を知っていた筈の米国が、「・・・安導券の規定に従っていたので・・・」と言っているのは、この記述の正しさを意味しているのかも知れない。

戦後、日本政府は阿波丸撃沈の賠償を要求してきたが、実現しなかった。昭和23年秋、GHQは米国が日本の戦後復興に与えてきた援助に鑑みて賠償請求権を放棄するよう申し入れ、翌24年の第5回国会はこれを認めて犠牲者への慰藉は国内措置として行うことになった。25年8月に「阿波丸事件に関する法律」が成立し、死者一人あたり7万円の見舞金が支払われた。当時としては低い額ではなかったらしいが、封鎖預金として与えられたので、激しいインフレの中でたちまち価値が下がったと言われている。

北京原人の骨が、この船で運ばれたとの説がある。1979-81年に中国が調査を行い、原人は見つからなかったが一部の遺骨と遺品が日本側に返還された。遺骨は千鳥ヶ淵戦没者墓苑と芝の増上寺境内の阿波丸遭難者墓所に分骨して納められている。

2. 京都大学の関係者

この船には、南方から引き上げる軍・政府関係者とその家族の他に、南方油田調査に派遣された京大重力班・地震班の各4名が乗船していた。重力班のリーダーは理学部地質学鉱物学教室の熊谷直一助教授と岩津潤講師(日本鉱業社員)で阿波丸乗船者は同教室の古谷正人助手・上口昇副手・亀井清副手・山本伝作雇員であった。熊谷先生のご次男の熊谷勝氏は「父は教授に推薦されたのですぐに帰国せよとの命令により、阿波丸より危険な、機中では立てないような貧弱な爆撃機にてうづくまるようにして命からがら帰国してきたそうです。父は戦死した部下の事を想い、胸の奥の奥にて常にこの事件のことを気にかけてい

たようです」と述べておられる。岩津氏は、「日本鉱業社員として満州国熱河省の奥地に出張中に松山其範先生から連絡を受け、帰途京大に立ち寄って南方油田調査隊派遣についての協力を依頼された。会社の了解が得られればと答えて帰京、数日後松山先生が上京され、会社側と交渉されて参加が決まった」と書いている（文献B3）。

地震班は、工学部鉱山学教室の梶川弘二講師（昭和7年地球物理学科卒）と中川求雇員、理学部の岡林滋樹雇員（文献B2,B5では助手となっているが理学部の人事記録では雇員）・川合恒夫嘱託であった。梶川氏のご長男、梶川陽士氏によれば、「飛行機でも帰れたが、仲間と行動を共にするため船にした」と伝えられている。

当時のことを知る人は少ないが、佐々宏一氏(京大名誉教授；故佐々憲三教授ご長男)から、次の事実を教えて頂くことが出来た。

(1) 梶川氏は、昭和15年12月に創設された工学部鉱山学教室物理探鉱学講座講師に任官した（他のスタッフは、教授：藤田義象、助教授：伊藤一郎）。この講座は、後に「探査工学講座」となり、佐々宏一氏はこれを担任された。

(2) 「物理探鉱」第1巻第1号（10-15頁;昭和23年5月）に、「金属鉱床に於ける弾性波探鉱に就いて：故梶川弘二」の論文がある。脚注に、「元京都大学鉱山学教室、理博。昭和20年南方よりの帰途遭難殉職せらる。本稿は昭和17年10月18日、日本学術協会にて発表し、同会に送った原稿から摘訳したもの」と記されている。

(3) 昭和16-20年当時、地球物理学教室と鉱山学教室は本部時計台の東西にあり、学生の多かった物理探鉱学講座の学生数人は、地球物理の先生の指導を受けていた。

(4) 京都帝国大学から文部省に申請して、昭和18年2月22日に「財団法人物理探鉱研究会」が設置され、その傘下で技術者を養成する「物理探鉱技術員養成所」が北白川に出来た。梶川氏は、ここでも技術者（特に地震探鉱技術者）の養成に尽力した。

更に、佐々氏の助言により、当時の現場を知る2人の方から次のような情報を寄せて頂くことが出来た。

堀 八郎氏（工学部鉱山学科教室1944年卒業、太陽精機(株) 社長）

「地震探鉱専攻を希望すると工学部に講座がないので理学部地球物理学教室の佐々教授の許に行くよう言われました。梶川先生にはお世話になりましたがその内容は思い出せません、おとなしい方であったと思っています。ただはっきりしていることは、①佐々先生から「シンガポールの病院に梶川先生がある人の許に見舞いに見えて、明日私は日本に帰れる最後の船である阿波丸で日本に帰ると挨拶された、梶川君が阿波丸に乗ったことは間違いない」と聞かされました。②梶川先生が新調の文官用制服を着て私たちに、これから南方の戦地に行きます、と言われたことが昨日のように思いだされます」

太谷関則氏（大正15年秋田県生まれ、秋田市立商業学校卒業後、石油資源開発（株）に入社）。

「当時戦時中のため、当該社は新潟県柏崎市に本社を移転しておりました。戦時中のため石油の必要性は強く、勝利のための絶対条件でした。そのため国は、京都大学を主体として、特に南方油田の開発、確保を目的として「京都物理探鉱技術員養成所」を京都市北白川に作られ、昭和19年に入所しました。同期の人員は、石油資源開発（株）の関係者社員約20名、他の企業2名、外国人？3名の計30名前後と思われる。昭和19年兵隊検査の結果、岩手県盛岡市の工兵隊に入隊し、翌年、部隊は東京都の王子の方に移転し、都内府中にあった陸軍燃料本部南方班の軍属になり、毎晩の空襲に悩まされました。終戦の8月を迎えましたが、この間が南方に渡るため待たされていたのではないのでしょうか。岡林、中川、川合先生等は例の「阿波丸」に乗船なされ、私が交代するために待っていた日本に向かっていたのではないのでしょうか？」

当時の地球物理学教室の研究状況について、「京大総記（昭和18年）」に次のような記述がある。

「地球及地殻の構造」：助教授長谷川萬吉は地震波の重複反射を取り扱って地殻の構造を明らかにし、副手梶川弘二は地震波初動の偏向に注目して日本島弧の構造を調べた。

「地震計の研究並に製作」昭和13年学生林一は助教授佐々憲三の指導で高倍率傾斜変化地震計を研究製作して、地震動性質並びに地殻表層の構造の研究をした。

「弾性波地下探索法及び同用地震計の研究」：従来金属鉱床には弾性波探鉱法は利用できないものとされていたのを、振幅をも測定できる地震計を研究製作し、これを適当に利用して、その可能性ばかりでなく、探鉱法として利用価値の著大なることを実測によって確かめた。この研究は佐々助教授・西村・梶川

両副手・谷助手・学生林・河野廣五郎の協力でなされた。

梶川弘二氏の理学部人事記録は、昭和7年-11年：副手となっており、その後、工学部講師までの履歴は判らない。理学部副手時代に、日本島弧構造の研究と地下探査法の研究を始めた梶川氏が、時代の要請の中で後者を主なテーマとするようになっていった経緯が浮かび上がってくる。

上に登場する林一氏は、昭和13年地球物学科卒で、日本鉱業で物探業務に就き、後、帝国石油設立と共に移籍、当時は、南スマトラ燃料工場の物探の責任者であった。

3. 南方油田調査団と戦時体制

南方油田調査団については、地質調査所の「阿波丸事件殉難者追悼録」が詳述している。その中の「うたかたの南方油田調査団--戦争後期のいわゆる「青山調査団」始末記」で、鈴木好一氏（文部省資源科学研究所）は、「戦争も後半の昭和18年になると、航空機生産の拡大に応じて燃料確保が急務となり、開戦と同時に南方油田に進出していた帝国石油・満州石油会社、軍需省地質調査所、台湾総督府地質調査所の技術者や軍の技術将校だけでは、採油技術面をまかないきれないと予測されるに至った。そこで、国内各炭鉱会社の技術者を動員すると同時に、各大学やその他の研究調査機関の職員からなる調査団を編成し、陸軍所管の油田の探査を推進して長期戦に備える計画が立てられた。この計画は陸軍省と軍需省の協力で進められたが、後者所属の地質調査所だけでは必要な班を構成できないので、大学その他の文部省関係機関の研究者にも応援させるようになったのであろう」と述べている。この調査団は、地質・地震・重力各3班、計31名（北大、東北大、東大、京大、台北帝大、資源科学研究所、軍需省地質調査所）から成る大調査団で、梶川氏は地震第2班の、熊谷・岩津氏は重力第1・2班の班長であった。戦局の悪くなった時期に軍主導で作られただけに、「当時の関連大学や研究機関を網羅した31名からの団員で構成されていながら、当初からその組織の実体が団員自身にも握めておらず、現地では益々分断されて一体感を全く喪失した」状態であった（鈴木）。地質調査所は調査団員10名を含む11名の阿波丸犠牲者を出しており、京大の8名を含めて調査団の2/3が失われたことになる。

軍需省派遣調査団員は昭和18年11月6日に、文部省派遣団員は12月11日に、従軍文官として現職のまま陸軍南方燃料廠付きを命ぜられた。階級制度の厳しい軍組織では輸送・宿舍等の扱いの差が大きく、大尉以上の待遇者は軍用機で、以下のものは船で南方へ出発していった。岩津・鈴木氏は軍用機でも行けたが他の班員と船で行くことを望んだ。以下は、岩津氏の記述の要約抜粋である。「昭和19年2月末に隊員10数名が門司に集合、3月3日、岩津・鈴木が貨物船チャイナ丸（5000トン）で、炭鉱会社からの派遣油田技術者や帝国石油の新入社員など多くの軍人・軍属と共に出発、敵潜水艦を避けて沿岸沿いに1ヶ月かかって昭南（シンガポール）到着・・・、門司残留の隊員は湊正雄氏（北大助教授）が責任者となり、より早い戦時規格の新造船甲丸で20日遅れで出発、ほぼ同時に昭南着・・・」、「南方燃料本部に着任して、作戦命令0号という調査命令を受け、大変な調査になりそうだと語り合った・・・」、「パレンバン以南の南スマトラ燃料工場で物探の責任者林一氏と中スマトラで使う重力偏差計について打ち合わせ・・・」、「200人位の現地労務者は、栄養失調と疲労で死亡する者も少なくなく実働150名足らず、内地での30名程度に相当、・・・労務管理に苦労・・・」、「・・・象群などの被害を避けるため・・・」、「19年10月末、調査の中止を命じられ・・・、残務整理中に私はマラリアにおかされて入院・・・」。やっと軌道に乗り始めた調査が中止されたのは、オランダによる大規模調査記録が発見されたためであった。

昭和20年2月初め内地帰還命令があり、調査団各班は、それぞれの現場からシンガポールに集結した後、軍用機、軍艦で帰国し、残りの19名が阿波丸に乗船した。当時海上封鎖が強化され空路も安全でなく、内地帰還は絶望視されていたので、多くの人が阿波丸で帰れることを喜んでいた。

当時、中国の炭田調査に携われた地質調査所の佐藤光之助氏は、「北支の炭田調査から帰国した昭和19年にシンガポール派遣の内命を受けたが、軍の方針の大転換により中止になった。南方と本土を切り離し、本土は独自に自給防衛体制を取る方針に変わらざるを得なくなった。昭和20年に入って、大学新卒の若い陸軍技術将校に油田物理探鉱の集中講義を要請され、同時に国内油田調査に全力が集中されることになった」と述べている。南方油田も空爆を受けるようになり、制空海権を奪われ油送船も確保出来なくなって、南方油田を維持する意味が無くなり、貧弱な国内油田開発にかけるしか手段が無くなったのであった。阿波丸は、南方へ総動員した石油技術者を国内事業のために日本へ送り返す役割も担っていた。

佐藤氏は、「中国大陸から南方へ進駐して石油資源を確保し、戦力を維持するというシナリオは至る所

で齟齬を来たし、空しい夢物語になっただけでなく日本の敗戦という最悪の事態を招いた。この間多くの
 高い犠牲が払われたが、特に阿波丸では、私たちと職場を共にした方々を多数失ってしまったのは誠に痛
 恨の極みである」と、また、鈴木氏は、「大学所属の幹部の大部分は帰還命令と共に部下と機材を残して
 いち早く引き上げて生命を全うしたのであるが、その多くはこの事業の空しさを身にしみて感じていたう
 え、戦後進歩陣営の旗手を標榜した人達は戦争に協力したと批判されるのをおそれたのであろうか、現地
 での調査記録を公表された熊谷直一氏を除けば、調査団の経緯はもとより、その一員であったことすら語
 るようとする者はなかった。」と書いている。（注：湊正雄氏の地震第一班からも報告書が出ている）。

京都大学百年史部局編第6章大学院理学研究科・理学部の「地質学鉱物学科」の項は、戦時体制につい
 て、「・・・日本はいわゆる15年戦争に突入していき、教室もこの状況の中で、満州（現：中国東北部）、
 朝鮮などの植民地経営の一環としての資源調査に深くかかわっていくことになる。太平洋戦争に伴いほと
 んどのスタッフと学生は資源調査に動員され、中国・南方占領地に派遣された。さらに昭和19(1944)年頃
 から学生は徴兵され、教室の教育研究は壊滅状態となった。昭和20(1945)年の敗戦の後、若い優れた学徒
 を戦争で失った痛手は大きく、教室のスタッフは教授のみの状態で、虚脱状態であった。」と述べている。

参考文献

- | | | | | |
|-------|---------------------------------|-------------------|------------|------|
| (A1) | 「呪われた阿波丸--海戦秘話」 | 千早正隆、 | 文藝春秋新社、 | 1961 |
| (A2) | 「原点の中の1章 交換船阿波丸の謎」 | 有馬頼寧 | 毎日新聞社 | 1870 |
| (A3) | 「仏印回顧録 阿波丸の最期」 | 松沢直哉 | 海文堂出版 | 1971 |
| (A4) | 「阿波丸事件--太平洋戦争秘話」 | ミノル・フクミツ | 読売新聞社、 | 1973 |
| (A5) | 「南の風 小説阿波丸事件余録」 | 豊島英彦 | 新人物往来社 | 1980 |
| (A6) | 「阿波丸爆沈の生き証人」完本・太平洋戦争（下） | 下田勘太郎 | 文藝春秋編 | 1991 |
| (A7) | 「阿波丸は何故沈んだのか、昭和20年春 台湾海峡の悲劇」 | 松井寛進 | 朝日新聞社 | 1994 |
| (A8) | 「声なき死者は訴える-緑十字船・阿波丸の悲劇」 | 石崎キク | 月刊「ジュ・パンス」 | 1999 |
| (A9) | 「阿波丸撃沈--太平洋戦争と日米関係」 | ロジャー・デイングマン：川村孝治訳 | 成山堂書店 | 2000 |
| (A10) | 「是松準一の生涯とその家族の記録：阿波丸事件から半世紀」 | 是松恭治 | 個人書店 | 2001 |
| (B1) | 「パレンバン石油部隊p676-688」 | 熊谷直一 | 産業時報社 | 1973 |
| (B2) | 「阿波丸殉難者追悼録」地質調査所阿波丸殉難者追悼録刊行会 | | | 1979 |
| (B3) | 「南方油田調査隊と阿波丸事件について」 | 岩津潤 | | |
| | 物理地質学--その進展：笹島貞雄編著、348-353、法政出版 | | | 1991 |
| (B4) | 「京都大学百年史 部局編1」 | | | 1997 |
| (B5) | 「長谷川万吉と地球電磁気学」 | 永野宏・佐納康治 | 開成出版 | 2002 |
| (B6) | 「戦時南方の石油、第3章 陸軍南方燃料本部の業績 | | | |
| | 3.9 帝石徴用員の犠牲と阿波丸事件」 | 岩松一雄 | | 2005 |

謝辞：文中の方々以外に、荒木和實、上野民夫、小田啓邦、佐納康治、永野宏、西村進、町田忍、
 松田博嗣の各氏に情報を提供して頂いた。皆様に謝意を表したい。

京大地球物理学研究の歴史に関する文献

定期刊行物

地球物理、京都帝国大学地球物理学教室、第1巻(1937)-第9巻(1954)

Memoirs of the College of Science and Engineering, Kyoto Imperial University, 1 (1903)-6 (1914)

Memoirs of the College of Science, Kyoto Imperial University. Ser. A. Vol. 1(1914)-23(1942).

Memoirs of the College of Science, University of Kyoto Ser. A. Vol. 25(1947)-Vol.33(1961).

Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University. Series of physics, astrophysics, geophysics and chemistry, Vol. 33(1968)-Vol. 45(2004).

Special Contributions of the Geophysical Institute, Kyoto University, No.1(1963)-No.10(1970)

Contributions of the Geophysical Institute, Kyoto University, Vol. 11 (1971)- No.14(1974).

京都大学理学部地球物理学研究所報告第2集, 2 (1-18)<1960-1996>

Seismological Bulletin of ABUYAMA SEISMOLOGICAL OBSERVATORY, 1963-1996.

財団法人防災研究所研究報告, 第1号1(1948)---

防災研究所年報, 第1号(1958)---

Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, No.1 (1951)-Vol. 45 (1996).

地震予知研究センター研究成果集、第1号(1992)～

地震予知研究センター研究要報、第1号(1992)～

地球物理学教室年報 第1号(1992)-第14号(2005)

地球惑星科学専攻年報 第1号(2006)～

地磁気世界資料解析センターニュース

論文集

野満隆治・地下水論集(論文抜刷の合冊製本)(1940代)

野満隆治・温泉論集(雑誌等掲載論文抜き刷りの合冊製本)(1940代)

野満隆治・水面昇降論集(論文抜刷の合冊製本)(1940代)

Meteorological Papers of Tadao Namekawa(1934-1938)

The meteorological notes of the Meteorological Research Institute, Kyoto University (Series 2, No.1-27(1949-1962), Series 3, No.1-6, (1963-1964) (英語論文reprint合冊本)

Geophysical Papers dedicated to Prof. Mankichi Hasegawa on his sixties birthday, 1954

Geophysical papers dedicated to professor Kenzo Sassa. Kyoto University, 1963.

Papers on Oceanography and Hydrology (1949-1962)

同 (1963-1965)

海洋時代 / 速水頌一郎著; 速水頌一郎先生御遺稿集出版事業会編. 東海大学出版会, 1974.

Dynamo-Motor Mechanism in the Upper Atmosphere, A selection of papers by H. Maeda and colleagues, 1982

Solar-Terrestrial Relations and Geomagnetic Disturbances, A selection of papers by H. Maeda and colleagues (II), 1985

小沢泉夫研究論文集, 1986

国司秀明教授論文選集, 1988.3

地震予知「きんき・けいはんしん」研究論文集 京都大学地震予知研究会, 1989.3

The Earth's Electric Fields, A Collection of Papers by T. Ogawa and Colleagues, 1990

OTSU HYDROBIOLOGICAL STATION KYOTO UNIVERSITY COLLECTED PAPERS, 1983 - 1990

京都大学理学部付属気候変動実験施設研究成果集、1981 - 1990
 山元龍三郎教授論文集, 1991.4
 論文集:花崗岩流動室内実験継続30年記念、熊谷直一（編・著）吉岡書店出版事業部、1991.5.
 地震発生機構・予知・テクトニクス：三雲健教授退官記念号、月刊地球号外No.4, 海洋出版, 1992.4.
 加茂幸介教授論文集, 1994.4
 重力・測地・ジオダイナミクス:中川一郎教授退官記念号、月刊地球号外No.11, 海洋出版, 1995.2.
 中川一郎教授論文集(1-4), 1995,4
 今里哲久教授論文集, 1999.3
 空想科学的地殻物理学（故田中豊教授報告選集）, 1999.5
 田中豊博士論文選集, 1999.8
 光田寧博士業績集, 2000.3
 窓辺の鳩を見つめて（光田寧3回忌記念---京大防災研暴風災害部門在職中の光田寧指導の下に提出された
 学位論文集）
 廣田勇教授学術論文選集, 2001.4
 行竹英雄研究業績集, 2005.8
 竹本修三教授論文集, I、II、III, 2006,4
 Mikumo in Mexico / François Graffé ed. Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Instituto de
 Geofisica, 2006.9

参考文献

京都帝国大学総記、1943.
 京大70年史、1967.
 京都大学百年史 部局史編 1, 1997.
 (<http://edb.kulib.kyoto-u.ac.jp/common/japanese/hyakunen.html>)
 京都大学理学部自治検討委員会報告 1、教室運営の現状と問題点、1969.6.
 上海自然科学研究所10周年記念誌、上海自然科学研究所、1936.
 上海自然科学研究所物理学科での地磁気・電離層の研究、永野宏、佐納康治、
 朝日大学一般教育紀要、第33号、p59-91, 2007,
 物理地質学 その発展、笹島貞雄編、法政出版, 1991.
 長谷川万吉と地球電磁気学、永野宏、佐納康治、開成出版、2002.
 日も行く末ぞ久しき—地球科学者松山基範の物語、前中 一晃、文芸社、2006.
 京大阿蘇火山研究所・阿武山地震観測所草創期物語、林 一、（自費出版）、2002.
 阿蘇に学ぶ、須藤靖明、樺歌書房、2007.
 モノづくりと実験・観測、松尾成光、（自費出版）、2004.
 海を探り山に遊ぶ、樋口明生追悼文集刊行委員会、1974

京大地球物理学研究に関係した教員の在職期間一覧

(2010年10月4日現在)

京大地球電磁気学関係分野職員の系譜 (判明分のみ。担当：荒木 徹・佐納康治)

H:副手 T:教務職員(技官) A:助手 L:講師 AP:助教授 P:教授,
物:物理, 宇物:宇宙物理, 地物:地球物理, 地鉦:地質学鉦物理学, 上海:上海自然科学研究所
教養:教養部、 防災:防災研究所 電離層;工学部電離層研究施設 電気:工学部電気

理学部宇宙物理学教室

新城新蔵(1895理科大卒) 1900-23 物, 1907-29P, 1929-33:総長, 1935-38 上海所長
--- 地磁気観測・東洋天文学史
荒木俊馬(1923宇物卒) 1923L, 1924AP, 1941-45P --- 日食観測・電離層生成論
宮本正太郎(1936宇物卒) 1936L, 1943AP, 1948-76P --- 太陽コロナ・電離層生成論

上海自然科学研究所 (1931-45)

速水頌一郎(1927地物卒) 1931-45 → 地物 --- 地磁気・電離層・揚子江水理
東中 秀雄 (1929地鉦卒) 1931-45 → 阪大 → 教養 --- 地下電磁探査
千田勘太郎(1932宇物卒) 1935-42 → 金沢大 --- 電離層・日食

理学部地球物理学教室

長谷川万吉 1921H, 1922L, 1924AP, 1937-57P 田村雄一 1933A, 1937L, 1945AP, 1957-68P
松下禎見 1945-59L → NCAR/HAO 広野求和 1945-57A → 電波研
前田 坦 教養→ 1960-68AP, 1968-83P
小川俊雄 1958-63A, 1963-68L, 1969-85AP → 高知大理
鈴木 亮 阿蘇→ 1969-80A → 佐賀大 荒木 徹 電離層→ 1970-77A, 1989-2002P
寺沢敏夫 宇宙研→ 1986-92AP → 東大理 杉浦正久 NASA → 1985-89P → 東海大
町田 忍 宇宙研→ 1993-2000AP, 2000- P 斉藤昭則 1999-A

理学部阿蘇火山研究施設 (→ 地球熱学研究施設)

依田和四朗 1922-46L → 教養 南葉宗利 1937-49AP → 熊本大
太田桎次郎 1937A, 43L, 1950-58AP → 教養 安原通博 1958-69A → 京教大
鈴木 亮 1963-69A → 地物 田中良和 1966-95A, 1995-99AP, 2000-07P
橋本武志 1996-2003A → 北大理 宇津木充 2003- A
鍵山恒臣 地震研→ 2004-P

理学部地磁気世界資料解析センター

荒木 徹 地物→ 1977-89AP → 地物 家森俊彦 1981-89A, 1989-2000AP, 2000-P
亀井豊永 1991-2006A 竹田雅彦 1995- A
能勢正仁 2001-A 藤 浩明 富山大→ 2008-AP

教養部地学教室

依田和四朗 阿蘇→ 1955-58P 東中秀雄 阪大→ 1950-70P
長島一男 A → 名大理 前田 坦 1955-60A
太田桎次郎 阿蘇→ 1958-71P → 朝日大 住友則彦 1964-73A, 73-87AP, 87-90P → 防災
石川尚人 1988-2000A, 2000-07AP, 2007- P

防災研究所

住友則彦 教養→1990-2000P→神戸学院大 大志万直人 日大→1992-2001AP, 2001- P
神田 径 1998-2009A → 東工大 吉村令慧 2002- A

理学部地質学鉱物学教室

松山基範 1922-44P (1921まで地物) 笹島貞雄 福井大→1963AP, 1971-84P
川井直人 1947-62L 1962AP → 阪大基礎工 鳥居雅之 1976-90A 1990-98AP → 岡山理大

理学部物理学教室

佐藤哲也 1967-74A → 東大地球物理研究施設

工学部電気系教室

前田憲一(1932電気工学科卒) 電気試験所・電波物理研究所・日本電信電話公社 →1953-73電気P
松本治彌 1953-59A → 神大工→ 阪工大 木村磐根 1960-62A, 62-71AP, 71-96P → 阪工大
鷹尾和昭 1964-67A, 67-74L, 74-97AP 松本 紘 1967-74A → 電離層・生存研
北一麻呂 1963-67T, 67-68A → 福井工専 麻生武彦 1983-97AP → 極地研
深尾昌一郎 1969-84A, 84-85L → 超高層・生存研 松尾敏郎 1968-94T, 94-2006
橋本弘藏 1974-85A → 東電機大→ 超高層・生存研 佐藤 亨 1988-94L, 94-98AP → 情報学研究科
大村善治 1985-88A → 超高層

工学部電離層研究施設 (→超高層電波研究センター→ 宙空電波科学研究センター→生存圏研究所)

大林辰蔵 電波研→1961-67P → 東大宇宙研 加藤 進 1961-67AP, 67-92P
櫻井邦朋 1967-70AP → NASA・神奈川大 大家 寛 1961A, 1967-74AP → 東北大理
小川 徹 同大工→1967-87P → 大阪電通大 坂口 瑛 1967-1974A → 筑波大
荒木 徹 1967-70A → 地物 松本 紘 電気→1981AP, 87-2006P→京大総長
藪崎 努 1967-81A, 1981-87AP → 京大物理 筒井 稔 1967-92A → 京産大
麻生武彦 1969-83A → 電気 深尾昌一郎 電気→ 1985AP, 88-2007P
橋本弘藏 東京電機大→ 1995-2009P 佐藤 亨 1983-88A → 電気
(現役は除く)

工学研究科社会基盤工学専攻

後藤忠徳 2008- AP

謝意： 木村磐根, 町田忍, 石川直人, 吉村令慧, 荒木和實の各氏に調査を助けて頂いた。謝意を表したい。

京大気象学・気候学・大気科学関係 歴代職員一覧

(担当：山元龍三郎・廣田 勇・水間満郎)

*は停年、<>は前歴を表す。

理学部地球物理学教室

気象学講座

教授	大谷亮吉	1922—1930	
教授	長谷川万吉	1940—1947	<助教授 1930>
教授	滑川忠夫	1947—1960*	<助教授 1937>
講師	中島暢太郎	1950—1951	<助手 1947>
講師	高須謙一	1950—1951	
助手	織畑重太郎	1950—1951	助手 股野宏志 1953—1958

助手 関岡満	1953-1958	助手 村田茂三	1959-1964
助手 佐橋謙	1961-1969	助手 光田寧	1961-1962
助手 水間満郎	1962-1964	助手 後町幸雄	1964-1967
助手 吉住禎夫	1965-1969		
教授 山元龍三郎	1965-1982	<助手 1958 助教授 1959>	
助教授 浅井富雄	1967-1973		
助手 宮田賢二	1965-1970	助手 米谷俊彦	1969-1972
助手 花房龍男	1969-1974	助手 川平浩二	1973-1987
助手 岩嶋樹也	1973-1981		
教授 廣田勇	1983-2001*	<助教授 1974>	
教授 余田成男	2002	<助手 1983 助教授 1987>	
助手 塩谷雅人	1987-1995	助手 佐藤薫	1995-1999
助手 内藤陽子	1999		
助教授 石岡圭一	2003		

物理気候学講座

教授 木田秀次	1992-2006*	
助教授 岩嶋樹也	1991-1993	
教授 里村雄彦	2008	<助教授 1994>
準教授 重尚一	2009	
助手 西憲敬	1995	

理学部附属気候変動実験施設

教授 山元龍三郎	1982-1991*
助教授 岩嶋樹也	1981-1991

防災研究所

暴風雨災害部門

教授 光田寧	1977-1997*	<助手 1961 助教授 1967>
助教授 文字信貴	1977-1987	
助手 塚本修	1977-1984	助手 村林成 1984-1986
助教授 山田道夫	1987-1992	
教授 植田洋匡	1997-2005*	
教授 石川裕彦	2005	<助教授 1994>
準教授 竹見哲也	2007	
助手 堀口光章	1986	

災害気候部門

教授 中島暢太郎	1966-1986*	
教授 村松久史	1987-1997*	
教授 岩嶋樹也	1997-2008*	
教授 向川均	2008	<助教授 2002>
助教授 田中正昭	1973-2001*	<助手 1966>
助手 後町幸雄	1966-1969	助手 枝川尚資 1970-1984
助手 藤谷徳之助	1973-1974	助手 井上治郎 1974-1991
助手 西憲敬	1991-1997	助手 寺尾徹 1998-2000
助手 井口敬雄	2001	

助教授 後町幸雄 1969-1972

助教授 後町幸雄 1972-1984

助手 花房龍男 1966－1968 助手 佐野雄二 1968－1970
 助手 森征洋 1970－1974 助手 塚本修 1974－1977
 助教授 林泰一 1988 <助手 1977>

教授	加藤進	1981－1992＊	
教授	深尾昌一郎	1988－2007＊	<助手 1981 講師 1984 助教授 1986>
教授	津田敏隆	1995	<助手 1981 助教授 1987>
教授	塩谷雅人	2001	
教授	山本衛	2007	<助手 1998 助教授 1996>
助教授	中村卓司	1998－2009	<助手 1989>
助教授	山中大学	1995－1998	<講師 1989>
助教授	橋口浩之	2001	<助手 1997>
助手	堀之内武	1999－2008	助手 山本真之 2001
助教	古本淳一	2007	

講師 水間満郎 1978-2000* <助手 1964>
助手 岩本智之 1964-2004*

助手 安成哲三 1977—1982

地物：地球物理学教室 阿武：阿武山地震観測所（地震予知観測地域センターを含む）
地鉱：地質学鉱物学教室 阿蘇：阿蘇火山研究所
防：防災研究所 熱学：地球物理学研究施設（別府）

志田 順	1909.9：理・物・助教授、1913.9：同・物・教授、1918.7（～1936.6）：同・地物・教授
松山基範	1913.3：理・物・講師、1918.10：理・地物・助教授、1922.1：理・地鉱・教授
熊谷直一	1924.3：理・地鉱・助手、1926.3：同・講師、1926.11：同・助教授、1945.5（～1964.3）：同・教授
鈴木政達	1924.9（～1932.1）：理・地物・助教授(勤務地は別府)
佐々憲三	1925.4：理・地物・講師、1929.5：同・助教授、1945.3（～1963.5）：同・教授
南葉宗利	1930：理・阿蘇・講師、1937.3.（～1949.11）：同・助教授
西村英一	1936.7：理・地物・助手、1939.3：同・講師、1945.3：同・助教授、1951.10（～1964.3）：同・教授

三木晴男	1945.9 : 理・阿武・副手、1946.5 : 同・助手、1951.11 : 同・講師、1955.1 : 同・ 助教授、1959.1 (～1987.3) : 同・教授
吉川宗治	1946.9 : 理・地物・副手、1949.6 : 同・助手、1957.6 : 防・助教授、1962.2 (～1988.3) : 同・教授
細山謙之輔	1948.4(～1957.4) : 理・地物・助手 (建設省地理調査所、国土地理院、緯度観測所へ)
岡野健之助	1950 : 理・阿武・副手、1956 : 同・助手、1961.3 (～1974.5) : 同・助教授、(高知大へ)
松島昭吾	1951.5 : 防・雇技術、1957.6 : 理・地物・助手、1958 : 理・阿武・助手、1959. : 理・地物・助教授、1971.4 (～1992.3) : 教養・教授
小澤泉夫	1951.6 : 防・助教授、1957.6 : 理・地物・助教授、1961.12 (～1986.3) : 同・教授、
高田理夫	1951.6 : 防・助手、1959.3 : 同・助教授、1965.4 (～1987.3) : 同・教授
山口真一	1951.8 (～1959.2) : 防・助手、1963.4 (～1971.3) : 防・教授
一戸時雄	1952.4 : 理・地物・助手、1952.11 : 同・講師、1957.4 : 同・助教授、1962.2 : 防・教授、 1965.2 (～1987.3) : 理・地物・教授
久保寺章	1953.3 : 理・地物・助手、1957.6 : 同・助教授、1964.1 (～1990.3) : 同・教授
北村俊吉	1953.4 : 理・阿武・助手、1958.4 (～1968.3) : 防・技官
西堀榮三郎	1956.3 (～1958.5) : 理・阿武・教授
岸本兆方	1957.4 : 理・地物・助手、1958.4 : 防・助教授、1964.1 : 理・地物・助教授、1965.4 (～1991.3) : 防・教授
神月 彰	1957 (～1960.3) : 理・地物・助手、(関西大へ)
吉川圭三	1957.2 : 防・作業員、1957.6 : 同・助手、1962.5 : 同・助教授、1969.6 (～1973.3) : 同・教授
島 通保	1957.6 : 理・地物・助手、1963.4 : 防・助教授、1972.4 (～1992.3) : 同・教授
藤本正巳	1958 (～1960) : 理・阿蘇・講師
三雲 健	1958.4 : 理・地物・助手、1960.4 : 防・助教授、1973.5 (～1992.3) : 同・教授
中川一郎	1958.4 : 防・助手、1960.4 : 理・地物・助手、1963.5 : 同・講師、1965.7 : 同・ 助教授、1988.1 (～1995.3) : 同・教授
大塚道男	1958.4 (～1963.4) 理・地物・助手、(熊本大、九大へ)
和田卓彦	1960 : 理・阿武・助手、1961 : 理・地物・講師、1964.4 (～1993.3) : 理・阿蘇・ 助教授
加茂幸介	1959.4 : 理・地物・助手、1962.4 : 理・阿蘇・助手、1969.4 : 理・地物・講師、1969.8 : 防・桜島・助教授、1973.11 (～1994.3) : 同・教授
田中 豊	1959.4 : 防・助手、1961.4 : 理・地物・助手、1970.5 : 同・講師、1993.4 (～1994.3) : 同・教授
菊池茂智	1959.4 : 防・助手、1961.4 (～1998.3) : 理・阿蘇・助手
田中寅夫	1960.4 : 防・助手、1965.4 : 同・助教授、1988.4 (～1999.3) : 同・教授
中野正吉	1960(?) : 理・地物・助手、1961.7 (～1968) : 防・助手、(大阪工専へ)
平野 勇	1960 : 教養・助手、1964 (～1982.10) : 理・阿武・助手
渡辺 晃	1961.4 : 理・地物・助手、1962.4 : 理・阿武・助手、1975.3 : 理・阿武・助教授、1992.7 (～1998.3) : 防・教授
橋爪道郎	1961.4 : 防・助手、1963.4 : 理・地物・助手、1965.4 (～1969.9) : 防・助手、(岡山大へ)
狐崎長琅	1961.4 : 防・助手、1961.7 : 理・阿蘇・助手、1963(～1972.3) : 理・地物・助手、(秋田大へ)
江頭庸夫	1962.4 (～1998.3) : 防・助手
西 潔	1962.4 (～2003.3) : 防・助手
島田充彦	1963.4 : 理・阿武・助手、1990.6 : 防・助教授、1992.12 (～2001.3) : 同・教授
高田雄次	1963.4 : 防・助手、1965.4 (～1971.3) : 同・助教授、(舞鶴高専へ)
古澤 保	1963.4 : 防・助手、1976.7 : 同・助教授、1990.6 (～2003.3) : 同・教授
尾池和夫	1963.4 : 防・助手、1973.5 : 同・助教授、1988.12 : 理・地物・教授、2003.12 : 京大総長
後藤典俊	1963.4 (～1973.5) : 防・助手、(北大、室蘭工大へ)

住友則彦	1964.3 : 教養・助手、1973.11 : 同・助教授、1987.7 : 同・教授、1990.6 (～2000.3) : 防・教授、(神戸学院大へ)
竹内篤雄	1964.4 : 防・教務員、1965.4 (～2005.3) : 同・助手
加藤正明	1964.6 : 防・助手、1965.4 : 理・地物・助手、1971.4 : 防・助手、1982.5 (～1990.12) : 同・助教授
小野博尉	1965 (～2003.3) : 理・阿蘇・助手、
富永 進	1965.4 (～1969.6) : 防・助手
見野和夫	1965.4 (～1986.3) : 防・助手、(立命館大へ)
竹本修三	1965.4 : 防・助手、1989.10 : 理・地物・助教授、1996.1 (～2006.3) : 同・教授
田中良和	1966.4 : 理・阿蘇・助手、1995.10 : 同・助教授、2000.1 (～2007.3) : 同・教授
古谷尊彦	1966.4 (～1975.11) : 防・助手、(千葉大へ)
梅田康弘	1967.6 : 理・阿武・助手、1990.6 : 防・助教授、1999.12 (～2007.3) : 同・教授
黒磯章夫	1967.7 (～1989) : 理・阿武・助手、(気象庁へ)
尾上謙介	1967.7 (～2008.3) : 防・助手
入倉孝次郎	1968.4 : 防・助手、1973.5 : 同・助教授、1988.8 : 同・教授、2004.3 : 副学長
中川 鮮	1968.4 (～2000.3) : 防・助手
須藤靖明	1969.7 : 理・阿蘇・助手、1991.4 : 同・講師、1993.10 (～2007.3) : 同・助教授
土居 光	1969.10 (～2002.11) : 防・助手
西田良平	1969.11 (～1974.3) : 防・助手、(鳥取大へ)
渡辺邦彦	1970.5 : 防・助手、1993.1(～2007.3) : 同・助教授
重富国宏	1970.7 : 理・逢坂山・助手、1990.6 (～2005.3) : 防・助手
東 敏博	1970.11 : 理・地物・教務員、1991.4 (～2009.3) : 同・助手
藤森邦夫	1971.10 : 理・地物・助手、1997.7 (～2008.3) : 同・講師、
赤松純平	1972.4 : 防・助手、1986.7 (～2007.3) : 同・助教授
西村敬一	1972 : 理・地物・助手、1993 (～1997.3) : 同・講師、(岡山理科大へ)
許斐 直	1972.7 : 理・徳島・助手、1990.6 (～2009.3) : 防・助手
松村一男	1972.6 : 防・助手、1986.7(～2008.3) : 同・助教授
小林芳正	1973.7 : 防・助教授、1981.4 : 理・地物・助教授、1994.4 (～1997.3) : 理・阿蘇・教授、(広島工大へ)
佃 為成	1973.7 (～1985.12) : 防・助手、(東大地震研へ)
伊藤 潔	1974.3 : 理・阿武・助手、1990.6 : 防・助手、1991.11 : 同・助教授、2003.5 (～2008.3) : 同・教授
大谷文夫	1974.4 (～2010.3) : 防・助手
安藤雅孝	1974.4 : 防・助手、1989.6 : 同・助教授、1990.6 (～2000.3) : 同・教授
関口秀雄	1974.4 : 防・助手、1978.11 (～1984.3) : 同・助教授、1997.4 (～2010.3) : 同・教授
行竹英雄	1975 : 理・阿武・助手、1990.6 : 防・助手、1993 (～1994.11) : 同・助教授
中村佳重郎	1980.10 : 理・阿武・助手、1990.6 (～2008.3) : 防・助手
佐々恭二	1981.6 : 防・助教授、1993.2 (～2007.3) : 同・教授
堀江正治	1987.4 (～1990.3) : 理・熱学・教授
小泉尚嗣	1989.6 (～1996.10) : 防・助手、(地質調査所へ)
岡田篤正	1993.1 (～2006.3) : 理・地物・教授
柳谷 俊	1996.1 (～2010.3) : 防・助教授
巽 好幸	1997.8 (～2003.3) : 理・熱学・教授、(JAMSTIC へ)
川方裕則	2001.12 (～2006.3) : 防・助手、(立命館大へ)
川崎一朗	2002.2 (～2010.3) : 防・教授

海洋・陸水分野関係教員の在職期間（現職の教員は除く）

（担当：奥西一夫・由佐悠紀）

野満隆治	1924.3（～1944.12）：理・地物・教授
豊原義一	1927.4（～1928.4）及び（1928.7～1929.4）：理・地物・助手、1929.4（～1948.3）：同・非常勤講師、1948.4（～1956.12）：同・講師
速水頌一郎	1928（～1931）：理・地物・講師、1947：同・助教授、1951：防・教授、1956（～1966.3）：理・地物・教授
瀬野錦蔵	1933.3：理・熱学・副手、1933.7：同・助手、1936.7：同・講師、1939.4：同・助教授、1961.4（～1964.8）：同・教授
山下幸三郎	1948.8：理・熱学・（文部教官）、1962.4：同・助手、1965.1：同・講師、1974.11（～1979.3）：同・助教授
國司秀明	1953.10：防・助手、1957.11：理・地物・助手、1958.3：同・講師、1959：同・助教授、1966（～1988.3）：同・教授
樋口明生	1954.5：防・助手、1961.4～1972）：同・助教授、（愛媛大学へ）
吉川恭三	1957.9～1961.6：理・熱学・非常勤講師、1962.7：同・助教授、1973.10（～1987.3.）：同・教授
福尾義昭	1957：理・地物・助手、1959：同・講師、1963.4（～1973.9）：防・助教授、（奈良教育大へ）
湯原浩三	1958.5（～1965.2）：理・熱学・助手、（防災科学技術センター、九大へ）
鳥羽良明	1960.4：理・地物・助手、1965.10（～1971.3）：同・助教授、（東北大へ）
柿沼忠男	1960.4（～1966.9）：防・助手、（愛媛大へ）
西 勝也	1961.4：防・助手、1973.5（～1995.7）：理・地物・助手
奥西一夫	1962.4：防・助手、1976.5：同・助教授、1990.4（～2002.3）：同・教授
奥田節夫	1963.4：防・助教授、1964.1（～1988.3）：同・教授
中村重久	1963.4：防・助手、1981.6（～1997.3）：同・助教授、
金成誠一	1964.4（～1974.11）：防・助手、（東京水産大、北大へ）
友定 彰	1965（～1966）：理・熱学・助手、（水産研究所へ）
今里哲久	1966：理・地物・助手、1972：同・講師、1981：同・助教授、1989（～1999.3）：同・教授
由佐悠紀	1966：理・熱学・助手、1979：同・助教授、1987（～2004.3）：同・教授
鈴木 徹	1966（～1972.9）：理・地物・助手
白井 亨	1968.5：防・助手、1976.6（～1995.3）：同・助教授
川村政和	1971（～1974）：理・熱学・助手、（地質調査所へ）
今脇資郎	1972.12（～1990.5）：理・地物・助手、（鹿児島大、九大へ）
吉岡 洋	1973.6（～2003）：防・助手、（愛知県立大へ）
吉岡龍馬	1973.11（～1994.3）：防・助手、（富山県立短大へ）
北岡豪一	1974：理・熱学・助手、（～1999.3）理・熱学・助教授、（岡山理科大へ）
諏訪 浩	1975.5：防・助手、1989.6（～2010.3）：同・助教授
神山孝吉	1980（～1982）：理・熱学・助手、（極地研究所へ）

おわりに

人は、時代を背景とし環境に支配されて生きながら、環境に働きかけて新しい時代を作っていく。人と時代の絡み合いを知るの面白く、歴史学習の醍醐味とも言える。学問の世界でも、研究者が生きた時代とその環境を理解し、その中で学問が創られていく有様を知るのは興味深く、同時に、学問をさらに発展させる際の手がかりを与える。前編に続くこの「京大地球物理の百年(Ⅱ)」では、このような観点から興味を惹く記事が多くなっている。

京大地球物理学教室の創始者、志田順に関しては、前編の佐々・三木対談に述べられており、深発地震存在の提唱とその評価(島田)、火山研究所設立時の談話(須藤)についても書かれていたが、本編1章で再び取り上げられ、より身近に感じられるようになってきた。阿蘇での志田のモルタル塗りや阿武山における竈づくりの話(林)は、雲の上の偉い先生というイメージを、親しみやすい姿に変えるものであった。そう言えば、「風邪気味であった志田先生が体温計でなく大きな温度計を腋の下に入れて体温を測っておられた」と長谷川先生が笑いながら言っておられたことがあった。このような逸話も、志田の学問的態度と無関係ではない筈である。

本編では、前編に欠けていた海洋・陸水関係の記述を補強した。これにより、野満の業績と人柄(高橋)が明らかとなり、速水の思想とその影響力の大きさが実感され(鳥羽・奥西)、現在までの海洋物理学研究室の歴史と出身者の活躍が理解できるようになった。

若い時代を地球物理学教室で過ごし、京大外で活躍中の4人の方にも超多忙の中を無理にお願いして書いて頂いた。いずれも世界の第一線で立派な業績を挙げておられる方々なので、その研究の軌跡を知るとは、今の若い研究者にとって有益であると思われる。自分の専門の狭い範囲に興味を限るのが若い人の傾向のようであり、一般に歴史への関心も低いと思われるが、身近に存在する立派な先輩の生き方から多くを学び取ってほしい。

地球物理の特色である海外観測・南極観測についても、関係者に思いを語って頂いた。中でも、第1次南極観測に最年少隊員として参加された北村氏の話は、人と出来事の絡み合いを述べていて興味深い。

観測装置製作に重要であった工場の役割と、理学部の中でも早かったと言われる通信ネットワーク化への対応についても書いて頂いた。このような環境整備への地味な努力も忘れてはならないと思う。「京大教養部地学実験の果たした役割(住友)」は、教養部教育の重要性を理解させる。

歴史記録ではプラス面が強調されがちであるが、批判的な分析も必要である。その観点から、「京大の地震予知研究(住友)」と「自由の学風」という幻想(廣田)は、刺激的で示唆に富む。これらに対する多方面からの議論が巻き起こることを期待したい。世話人としては、集録(Ⅲ)を刊行することも視野に入れている。

資料保存については、昨年の第1回研究会の総合討論でも議論されている(前編、30-32頁)。歴史の発掘は過去の記録に頼らざるを得ないが、その記録が消滅しつつあるのが気になる。それを防ぐために、地物図書室に歴史書架を設け、そこに資料を蓄積することが必要ではないだろうか。昨年の建物移転で可成りの資料が破棄されたらしいが、各研究室で歴史資料が残っていないか再点検して、発見されれば、この歴史書架に移して公開してほしい。

この集録(Ⅱ)を読んで更なる議論や資料の発掘が続くことを期待している。これまでの議論とは異なる視点からの原稿や、新たな歴史資料が揃えば、世話人として集録(Ⅲ)の刊行への労は厭わない。これまでの関係各位のご支援に感謝するとともに、引き続きご協力をお願いしたい。

2010年10月10日

(編集世話人：荒木徹、廣田勇、竹本修三)

京大地球物理学研究の百年(Ⅱ)

発行日：2010 年 10 月 25 日

発行者：京大地球物理の歴史を記録する会

編 者：国際高等研究所 竹本修三

京都大学名誉教授 廣田 勇

京都大学名誉教授 荒木 徹

(非売品)