

京大地球物理学研究の百年(Ⅲ)

京大地球物理の歴史を記録する会
(京都大学地球物理学教室同窓会内)
(2011 年 10 月 15 日発行)

目 次

はじめに	1
1. 京大地物研究の百年 (集録Ⅰ、Ⅱに続く)	
1-1 松山基範先生の足跡ー地球物理学教室時代を中心として：竹本修三	2
1-2 『歌集エルニーニョ』からたどる速水頌一郎先生の思い出：鳥羽良明	7
1-3 西村英一教授と初期 (～1964 年) の地殻物理学講座(第 1 講座)：三雲 健	13
1-4 西村英一先生、一戸時雄先生の思い出、ー地殻物理学講座における 測地学分野の研究に関連してー：田中寅夫	17
1-5 防災研究所における地震活動研究	23
1-5-1 定常観測の理念と活断層研究への貢献：佃 為成	23
1-5-2 地震予知テストフィールドとしての山崎断層：渡辺邦彦	28
1-5-3 跡津川断層と飛騨山脈下の地震活動 ー初期の観測ー：三雲 健	33
1-6 阿武山における地震学研究	37
1-6-1 阿武山地震観測所の思い出と人々：島田充彦	37
1-6-2 阿武山における地震観測：梅田康弘	41
1-6-3 阿武山における短周期高感度地震観測 (微小地震観測)：伊藤 潔	47
1-7 京都大学における活断層研究ー活構造学研究室小史ー：堤 浩之	54
1-8 光田寧先生のご業績：石川裕彦・林 泰一	58
1-9 野満隆治教授と水路部：小田巻 実	64
1-10 小澤泉夫先生の思い出：小林芳正	68
1-11 科学教育史のなかの志田順：山田俊弘	70
2. 地鉦・宇宙教室及び工学部で行われた地球物理学研究	
2-1 松山基範に始まる京大地質学鉦物理学教室における物理地質学的研究：西村 進・西田潤一	82
2-2 宇宙物理学教室における地球物理学および惑星科学研究：小暮智一	89
2-3 宮本正太郎先生と私：加藤 進	98
2-4 工学部・電離層研究施設の歴史と人々：大家 寛	101
3. 思い出に残る京大の講義・演習・実験・論文指導等	
3-1 自然のなかで行われた学部演習：原田 朗	107
3-2 北白川の思い出と私の研究活動：恩藤忠典	109
3-3 地球物理学科の思い出：小林芳正	114
3-4 文人でもあった田村雄一先生の思い出：徳田八郎衛	116
3-5 学部学生として過ごした日々：市川 洋	118
3-6 阿武山での広帯域地震計による比較観測 ー南極、そしてグローバル地震学への誘いー：金尾政紀	120
3-7 いま湧き起こる母校への郷愁ー大学出てから 15 年余ー：佐藤 暢	124
おわりに	126
(付録) 集録 (Ⅰ)および (Ⅱ)の目次	127
(正誤表) 在職職員リスト	131

はじめに

志田 順 先生が京都で地球物理学研究を始められてから 2009 年がちょうど百年に当たることから、この年度に国際高等研究所のフェロー研究会「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 月に刊行した。

その後、世話人の中で読者からの反応を含めて検討を重ねた結果、集録本篇では手薄であった海洋物理学・陸水学・温泉学分野の研究の歴史展望や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記述を中心とした集録「京大地球物理学研究の百年（Ⅱ）」を 2010 年 10 月に刊行した。この集録（Ⅱ）には、かつて京大の学生や教員であり、現在は学外で活躍しておられる方々に「外から見た京大」というテーマで寄稿をお願いしたほか、京大地球物理学研究の重要な柱である海外共同観測や国際貢献についての章も設けた。

集録（Ⅰ）と（Ⅱ）の目次を巻末に付録として掲載してある。

集録（Ⅱ）の発刊後、さらに世話人 3 人で、「京大地球物理学研究の百年」の今後について議論を重ねたが、「京大地球物理学研究の百年」の歴史の掘り起こし作業をさらに継続して実施することが必要であることで意見が一致した。そのためには、集録（Ⅰ）及び（Ⅱ）で漏れている分野の紹介を中心とした集録の続編を刊行することと、さらに、教室関係の資料はなるべく地球惑星科学専攻の図書室に集めるように努力し、教室歴史関係図書のコーナーを設けてもらうことを要望したいという結論になった。これらの作業を継続して行うためには個人的な動きでは限界があるので、しかるべき組織のもとに「京大地球物理の歴史を記録する会」を作ってもらい、そこで組織的なバックアップを得て、活動を継続することが望ましいということになった。

その後、2011 年 2 月 19 日に開催された地物同窓会で、世話人の 1 人である荒木 徹が京大地球物理学教室同窓会の会長に選出された。そこで早速、荒木会長は、「京大地球物理の歴史を記録する会」の設置を同窓会幹事会に提案し、その了承を得た。こうして、京大地球物理学教室同窓会のもとに「京大地球物理の歴史を記録する会」が発足したのに伴い、早速、荒木会長から委嘱されて、竹本修三・廣田勇が編者となり、集録「京大地球物理学研究の百年（Ⅲ）」の発刊準備が始められた。

集録（Ⅲ）では、「京大地球物理学研究の百年」の集録Ⅰ、Ⅱに続く歴史記述のほか、理学部の地質学鉱物学教室・宇宙物理学教室及び工学部で行われた地球物理学研究の記述を関係者に依頼するとともに、「思い出に残る京大の講義・演習・実験・論文指導等」の原稿を同窓会を通じて卒業生に広く公募した。こうして集められた原稿をまとめたのが本集録（Ⅲ）である。これが、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）

松山基範先生の足跡－地球物理学教室時代を中心として

竹本 修三 (1965 年卒)

1. はじめに

1909 年に京都帝国大学理工科大学助教授として赴任した志田 順 (1876～1936) は、1920 年に日本で初めての『地球物理学科』を京都帝国大学に設立した功績だけでなく、弾性地球の変形を表現する際の定数の一つである「志田数 (Shida Number: I)」の提唱者として、百年後の今でもその名前が残っている (Shida, 1912)。この 1912 年の志田の論文は、全体として 300 ページに近い大著であるが、6 つの独立した章と短い Concluding Remark から成っている。このなかで、後に「志田数」と呼ばれる定数は、松山基範 (1884～1958) と共著の第 6 章: Change of Plum Line referred to the Axis of the Earth as found from the Result of the International Latitude Observations (277～284 ページ) のなかで導かれている。志田は松山の協力を得て、上賀茂地学観測所におけるレボイル・パシュウィツ式傾斜計で得られた観測データの解析のほか、水沢をはじめ北緯 39 度に近い世界 6 カ所の緯度観測所で得られた 1900～1908 年の 9 年間の緯度変化の測定結果に含まれる潮汐変化を求める過程で「志田数」の提唱を行った (竹本, 2007; 竹本・他, 2010)。このように志田 順の初期の業績は、松山基範の協力に拠るところが大きい。

松山基範自身も、その後、多くの業績を残しているが、なかでも 1929 年に世界で初めて地球磁場の逆転説を唱えたことが後になって国際的に認められ、彼の名前は 258 万年前から始まる最後の逆磁極期を表す「松山逆磁極期 (Matuyama Reversed Epoch)」として残されている。その詳細は、本集録の西村・西田「松山基範に始まる京大地質学鉱物学教室における物理地質学的研究」の章に述べられている。

本稿では松山基範の足跡について、地球物理学教室時代を中心として述べてみたい。なお文中で敬称は略させていただく。

2. 京大入学までの略歴

松山基範の京大入学までの略歴を前中一晃の著書「日も行く末ぞ久しき－地球科学者松山基範の物語」(前中, 2006) から辿ってみる。彼は、1884 年 10 月 25 日に大分県宇佐郡駅館村字上田の雲栖寺の住職であった墨江天外とその妻・末原コウの間に生まれた。当時の僧職者は基本的に妻帯を許されなかったため、戸籍は母方の名字の末原基範となっている。基範の父が 1896 年に山口県豊浦郡清末村 (現・下関市赤池町) の曹洞宗高林寺の住持に移った後に、彼は墨江姓を名乗ることになった。

松山基範の没後 50 年を経た 2009 年 1 月に、彼が少年時代を過ごした高林寺内に「松山基範先生顕彰碑」が建立された (図 1)。この事情について、原田 朗 (1958 年卒) の私信によれば、顕彰碑は、山口大学、山口県ユネスコ協会、高林寺 (毛利氏支藩、清末藩の藩主の菩提寺)、宝生流関係者及び京大地質学鉱物学教室関係者により建立計画が進んでいたが、地球物理学教室の関係者の名前がないことに気づいた山口県出



図 1 松山基範先生顕彰碑 (高林寺)

身の前田 朗が県ユネスコ協会の関係者を通じてその計画に加わり、田中寅夫地球物理学教室同窓会長（当時）と協力して地球物理学教室就出身者にも周知に努め、募金活動にも協力したという。この顕彰碑には、副題が「地球を愛し、故郷を愛し、人間をこよなく愛した碩学」と刻まれている。

1898年に清末尋常小学校高等科を卒業後、山口県尋常中学校豊浦分校（翌年山口県立豊浦中学校として独立）に入学した基範は、1903年に同校を卒業後、広島高等師範学校に入学し、ちょうどこの年に広島高等師範学校教授に赴任してきた志田 順と巡り合っている。基範は1907年に広島高師を卒業後、徳島県阿南市富岡中学校で教鞭をとることになったが、一年で退職し、1908年9月に京都帝国大学理工科大学に入学した。その後、1910年に大阪市の松山家の養子となり、同家の令嬢松江さんを娶ることになるが、以後、松山姓を名乗っている（前中, 2006）。

基範が京都帝大に入学する直前の1908年8月に母校の豊浦中学校で文部省測地学委員会による重力測定と経緯度観測が行われた。「測地学委員会沿革」（発行年不詳）の明治41年7月17日（56ページ）には、「囑託員志田順ほかが出張し、長府はじめ9点の重力を測定した」と記されている。前中（2006）によれば、豊浦中学校における測定には、京都帝大の新城新蔵や山本一清も参加していたという。

その後1936年に豊浦中学校の校庭に重力・経緯度観測記念碑が建立されたが、この年の6月に理学部長になっていた松山基範は、別府と阿蘇の理学部附属研究所を視察した帰途、10月15日に母校の豊浦中学校を訪れている。

広島高等師範学校における志田 順との出会いや測地学委員会による1908年の豊浦中学校での重力測定が、後に基範が京都帝大で重力や古地磁気の研究にすすむことになった動機になったとも考えられる。

3. 物理学教室・地球物理学教室時代（1908～1922）

松山基範は1908年9月に京都帝国大学理工科大学物理学科に入学し、1909年の夏以降、文部省測地学委員会の重力測定の仕事に加わるようになった。それ以後、重力は彼の主要な研究テーマの一つとなった。1911年7月に同学科を卒業後、同年9月に大学院（地球物理学専攻）に進学し、新城新蔵、志田 順の指導を受け、重力・地磁気・地震の研究を行った。

測地学委員会による国内の重力測定は、振り式の重力計を用いて1915年までに全国122点で測定が行われた（日本地学史編纂委員会, 2001）。松山基範は1911年から新城新蔵の仕事を引き継ぎ、国内の重力測定を精力的に実施した。その後、重力測定の地域は朝鮮半島、中国東北部（満洲）、台湾、南洋諸島へと拡大された。松山は熊谷直一らの協力を得て、1933年までに朝鮮半島で24点、中国東北部で10点の測定を行った。これらの測定はすべてドイツ製のステルネック型振り式重力計によるもので、その結果から日本列島と朝鮮及び満洲の一部を含む地域の重力異常図が完成された。また、松山らは、撫順炭坑等で資源探査を目的とした重力偏差の測定を実施した（理学部・地質学鉱物学科, 1943）。この重力偏差と地質構造との関係の研究は、その後、石油探査に代表される物理探査のさきがけとなった。

松山は、1915年1月からマリアナ諸島やマーシャル諸島の重力測定を行っているが、マーシャル諸島のヤルート島に3ヵ月滞在し、エトヴェシュ型重力偏差計を用いた重力場変化の精密測定を行っている（前中, 2006）。彼はこの測定から重力偏差と環礁の基盤との関係についての研究を行い、それをまとめた論文が1918年に発表され、これが松山の学位論文となった（Matuyama, 1918）。

松山は、志田 順が唱えた「深発地震の存在」の物理的根拠を明らかにする目的で、志田に協力して地球内部の物性を明らかにするための高圧実験装置を用いた実験を計画し、1919年3月に安治川鉄工所（大阪）製の2万気圧発生装置（重錘式圧縮装置）が京都帝国大学理工科大学に納入された。これを用いて松山が実際に実験を行った形跡はないが、この装置は京大防災研究所・阿武山観測所

に現存している（島田，2010）。

1917年頃から新城新蔵や小川琢治らによって理科大学（1919年から理学部）内に地質学鉱物学科を設立する準備が進められ、同学科が設立された際には、志田教授のもとで1916年から助教授を務めていた松山が、同学科の理論地質学講座を担当する予定になっていた。そこで彼は、文部省から在外研究員として米国及び欧州への留学を命ぜられ、理論地質学研究のために1919年5月にシカゴ大学のThomas Chrowder Chamberlin教授のもとに旅立った。シカゴ大学では、氷河の氷の運動についての実験的研究に着手し、氷河の上に雪が降り続いてその荷重により起こる氷の変形、すなわち流動の研究を行った。実験は、氷の棒に天秤皿を吊り下げて、それに1gの重さの陶器の小片を1分ごとに1つずつ静かに加えて行き、2昼夜かけて氷の棒の変形の時間的变化を調べたという（前中，2006）。この研究（Matsuyama, 1920）は、氷河学のその後の発展に寄与したと評価され、英国南極地名委員会（UK-APC）は、1960年に南極半島のグレアムランド西岸沖（66° 40' S、66° 35' W）の海中の岩石群を“Matuyama Rocks”と命名した。

松山は、米国滞在後、欧州を視察して1921年12月に帰国した。そして、1922年1月に創設直後の地質学鉱物学教室第一講座（理論地質学講座）の教授に就任した。彼は、地質学鉱物学教室に移ってからも地すべりや地震の地球物理学的研究を続けており、1922年3月に兵庫県美方郡照来村で大規模地すべりが発生すると、直ちに現地調査のために出張し、そのメカニズムを調べた。その後も1923年8月の近江雄琴村、1932年2月の大阪府河内堅上村で発生した地すべりの調査を行っている（理学部・地質学鉱物学科，1943）。

1923年9月1日に関東地震（M=7.9）が発生したが、東京帝国大学地震学教室の今村明恒は、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（今村，1924）。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名であった。松山基範も地震発生後、震災予防調査会から嘱託員として「東京府下及千葉、神奈川、静岡の3県下震災地調査のため30日の出張」を依頼され、直ちに東上し、途中で各地の測候所の地震計データの収集や被災地における聞き取り調査を行った。その後も小川琢治や中村慎太郎らと協力して、1925年5月23日の北但馬地震（M6.8）や1927年3月7日の北丹後地震（M7.3）の調査を実施している（理学部・地質学鉱物学科，1943）。

4. 松山基範と寺田寅彦の交流

菊池大麓が1908年9月に第3代京都帝国大学総長として京都に赴任したときに考えていた構想は、“京都帝国大学の理工科大学に東京帝国大学理科大学の大森地震学とは異なる地球物理学の研究拠点を新たに築きたい”というものであり、そのために菊池が最初に京都に招聘しようと考えていたのは寺田寅彦であった。そのことは、1908年9月19日の寺田寅彦の日記に記されている。寺田は、家庭の事情や、海外留学がすでに決まっていたことなどから、結局、菊池の誘いを断っている。そこで菊池は、当時第一高等学校教授であった志田 順の招聘に動いた。志田はこの誘いを受け、菊池の期待に立派に応える業績を挙げた（竹本，2010）。

寺田寅彦が東京帝国大学の助教授時代の1913年10月25日に一度京都を訪れ、上賀茂地学観測所を“観覧”したことが彼の「手帳」に残されている。志田は、この年の9月に助教授から教授昇任しており、志田研究室の大学院生であった松山基範が同年3月に講師に就任している。寺田寅彦の上賀茂地学観測所訪問に際して、この二人が主に案内をしたと考えられる。

その後、寺田寅彦と志田 順との個人的な交流を示す資料は見いだされていないが、寺田寅彦は、志田の弟子であった松山基範の業績を高く評価し、後々までその面倒をよくみている。松山基範は、1929年5月25日に寺田寅彦の紹介で、帝国学士院例会において「日本及び朝鮮・満州に於ける玄

武岩の付磁方向に就いて」の講演を行っているほか、寺田の自宅を度々訪問していたことが「寅彦日記」に残されている。

松山基範は、日本学術振興会による「太平洋島嶼の長期昇降に関する測定的研究」に関連して、1934年に南洋諸島の重力測定を実施しているが、出発前に寺田寅彦から“小生ももう20年若いと行ってみたいやうな気が致します”という手紙を受け取っていたという（前中、2006）。寅彦が亡くなる前年のことであった。

5. おわりにー松山基範の後世に残る業績

松山基範の後世に残る主な研究業績としては、(1) 日本海溝における負の重力異常の発見、(2) 地球磁場の反転説の提唱が挙げられる。これらについて簡単に述べておく。

(1) については、1920年代の後半に、オランダのベーニング・マイネス(F.A. Venig Meinesz) が潜水艦を利用して海域における重力測定に着手し、インドネシア海溝での重力異常の検出に成功していた。海上重力測定は、波浪の影響があつてなかなか精度のよい測定をするのは困難であつたが、ベーニング・マイネスは潜水艦を利用して、ほとんど波浪の影響がなくなる水深30mの深さで重力測定を行ったのである。

1930年にストックホルムで開催されたIUGG（国際測地学地球物理学連合）第4回総会では、日本近海で海上重力測定を行うことを希望する旨の決議が採択された。わが国の測地学委員会では、以前から海上重力測定の企画はあつたが、この国際決議に刺激されて、オランダよりベーニング・マイネス型海上重力測定装置を輸入することを決定し、また海軍に対して潜水艦の出動を要請した。海軍はこの観測に協力することになり、まず1931年7月、測定に関して潜水艦の知識を与えるために、平山 信 測地学委員会委員長ほか委員数名に潜水艦呂号第59号に便乗し、館山湾まで往復する機会を与えた。翌1932年7月にはオランダから測定機器も到着し、同年10月に京都帝大の松山基範、熊谷直一および東京帝大の坪井忠二が海軍の呂号第58号に乗り込み相模湾で5点の測定を実施した。

1933年にリスボンで開催されたIUGG第5回総会では、前回同様に日本近海の重力測定を行うことを希望し、さらに海洋中の孤島における重力測定も実施することが望ましいとの決議がなされた。これを受けて、松山らは1934年8月～9月に南洋諸島の重力測定を行い、250～350ミリガルという大きな重力異常値を検出したほか、1934年10月に海軍の潜水艦呂号第57号にベーニング・マイネス型海上重力測定装置を搭載して相模湾から日本海溝上を鋸歯状に航行し、釧路沖まで計29点の測定を実施した。さらに、松山らは1935年10月に伊号第24号で相模湾より小笠原諸島まで計31点の重力測定を行った。得られた結果は、1936年にエジンバラで開催されたIUGG第6回総会で報告され、松山らの日本海溝における負の重力異常の発見は、国際的に高い評価を得た。

(2) に関しては、地球の長い歴史の間には、地球磁石のN極とS極が入れ替わる地球磁場の逆転が繰り返し起きてことが今日知られている。松山基範は、兵庫県の玄武洞を始め、東アジア各地の岩石の残留磁化を測定し、現在の地球磁場の方向と反対の磁化を示す試料が存在していることを1929年に世界で初めて明らかにした(Matuyama, 1929)。当時彼の説は世界の学界からほぼ無視されたが、1950年代にイギリスを中心として古地磁気学が大きく発展したことから、その正当性が広く認められることとなった。そして、1960年代の始めに、当時地球磁場研究の第一人者であったスタンフォード大学のAllan V. Cox教授の提唱により、地質時代で最後の逆磁極期が「松山逆磁極期(Matuyama Reversed Epoch)」と命名された(Cox, et al., 1964)。この地球磁場の逆転説が、その後、プレート・テクトニクスの学説を生みだすきっかけの一つとなったことは広く知られている。1929年の松山の論文は、Cox教授が1973年に取りまとめた「Plate Tectonics and Geomagnetic Reversals」に紹介文とともに再録されている。

松山基範は、「重力偏差及び岩石磁性に関する地球物理学的研究」で1932年5月10日に現在の学士院賞に相当する東宮御成婚記念賞を受賞している。

2009年6月30日、国際地質科学連合(IUGS)執行委員会は長年、地質区分として不確定であった第四紀を正式な紀／系として認め、松山逆磁極期の始まり(258万年前)をもって第四紀の始まりとする新たな定義を批准した。このように、地球科学の発展に残した松山基範の足跡は極めて大きい。

現・学士院会員の西田篤弘宇宙科学研究所名誉教授から得た情報であるが、1950年10月から1958年1月まで学士院会員であった松山基範の専攻学科目は「地球物理学」となっていたという。松山は、「地球物理学」教室の助教授から「地質学鉱物学」教室の教授に転じて停年を迎えているが、ご自身の研究分野としては、「地質学鉱物学」よりも「地球物理学」の方が適切であると考えておられたようである。

参考文献

- Cox, A., R. R. Doell and G. B. Dalrymple : Reversals of the earth's magnetic field, *Science* , Vol.144, 1537-1543.
- 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.
- 前中一晃(2006): 日も行く末ぞ久しきー地球科学者松山基範の物語,(株)文芸社, pp.208.
- Matuyama, M. (1918) : Determination of the Second Derivatives of the Gravitational Potential on the Jaluit Atoll, *Memoirs of the College of Science, Kyoto Imperial University*, Vol.3, No.2, 17-68.
- Matuyama, M. (1920) : On some physical properties of ice. *Journal of Geology*, Vol. 28, No.7, 607-631.
- Matuyama, M. (1929) : On the direction of magnetisation of basalt in Japan, Tyosen and Manchuria. *Proc. Imp. Acad. Japan*, Vol.5: 203-205.
- 日本地学史編纂委員会(2001): 日本地学の展開(大正13年～昭和20年) <その2> —「日本地学史」稿抄一, 地学雑誌, 第110巻, 第3号, 362-392.
- 理学部・地質学鉱物学科(1943): 地質学鉱物学科, 京都帝国大学史, 923-936.
- 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*, Vol.4, 1-286.
- 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-, 京大地球物理学研究の百年, 8-12.
- 竹本修三(2007): 京大の地殻変動研究短評, 測地学会誌, 第53巻, 第1号, 123-133.
- 竹本修三(2010): 寺田寅彦と京大地球物理学との関わり, 京大地球物理学研究の百年, 6-7.
- 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・パシュウィツ式傾斜計の変遷, 地震, 第2輯, 第63巻, 第1号, 45-55.

『歌集エルニーニョ』からたどる速水頌一郎先生の思い出

鳥羽良明 (1955 年卒、東北大学名誉教授)

1. はじめに

2 月の地球物理の同窓会で、私の短歌の話とともに昔の恩師の思い出を語るべく依頼を受けていた。ちょうど地球化学関係の角皆静男北大名誉教授がその 2 月に全国日本学士会のアカデミア賞を受賞し、同会からその講演内容が載る会誌“ACADEMIA”2 月号の埋草に数頁の執筆依頼を受けた。依頼原稿と同窓会の講演準備の時期が重なり、またこの 2 月に傘寿を迎えたこともあって、その原稿とこの講演準備を並行させた次第である。

出席者には同会誌“ACADEMIA”126 号(2011 年 2 月号)の私の部分の別刷「研究と教育のわが心のアルバム—『歌集エルニーニョ』を引きつつ」を配布し、別刷の前半にある京大の恩師速水頌一郎先生の思い出の部分を中心に、Power-point の画面で関連した短歌を紹介し、先生方の講義中の写真などもお見せした。もともと短歌の話というご要望があったので、この別刷にはなかったが、私の短歌の師であった扇畑忠雄先生(東北大名誉教授)のことや、上記歌集にある歌論の中の「地球物理現象の歌」に書いた、土屋文明の中国旅行の歌なども少し紹介した。講演時間の関係で、別刷内容の多くを省略したが、本稿にはほぼ話した内容を記した。

2. 私と短歌

私は 1982 年に東北アララギ会「群山」主宰の扇畑忠雄先生の門に入って作歌を続け、2008 年に、それまでの 25 年間に「群山」に発表した 1600 余首から 961 (31²) 首を自撰して『歌集エルニーニョ』を上梓した。そのあとがきに、「この歌集は私にとって、真理の探究と後進の育成に力の限り励んだ半生の心のアルバムである」と書いた。歌集には、昔のことを回想した歌も多く含まれてをり、また東北学院大学英文学の福地明子教授がご好意で、歌の 31 首を英語の詩に訳してくださった「英訳短歌エルニーニョ抄」、および地球の現象に関わる自然科学者としての私の「歌論三題」を収めている。

扇畑先生について少し紹介すると、1935 年 京大文学部卒の万葉学者で、京都府立第一高等女学校教諭、旧制第二高等学校教授を経て、東北大学教養部教授、教養部長、そして名誉教授となられた方であった。短歌はアララギの土屋文明の流れで、戦後東北アララギ会「群山」を創刊され、宮中歌会始の召人もつとめられ、2005 年に 94 歳で逝去された。代表的な歌から一首を引用すると、

老いてなほ美しきものを吾は見む若かりし日に見えざりしもの

この「美しきもの」には、われわれにとつての科学的真理も含まれていると考える。

土屋文明について少し触れると、上記「歌論三題」の中には「写真短歌と自然科学」や、「地球物理現象の歌——『葦菴集』について」がある。『葦菴集(かいせいしゅう)』は土屋文明の歌集の一つで、黄河の辺りを旅行された歌が多い。少し引用すると、

西南托克托(たくと)の方に黄河ありと涯なくた靡(なび)く夕べの光

文明の一行は厚和から、黄河の最も北にある包頭に向かった。乾燥地帯を旅し続けた後、まだ見えないが大黄河がもうすぐ先にある。その心のときめきがこの一首に表れている。

今見るは勢減りかけし水嵩にて西藏(チベット)雪水の終りなりといふ

七月に雪水到り甘肅の雨水は到る九月なかばごろ

黄河には、年に 2 回水位あるいは流量のピークがある。速水先生の黄河の流量の変化の研究によると、包頭では 7 月と 9 月とにピークがある。そしてそれは、遙か上流チベット高原の 4、5 月ごろの雪解けの水と、甘肅省の梅雨による出水とが、それぞれこのころここに到達する。文明は現地の人からそういう話を聞いて、大陸の広大な自然のスケールに感動したものと思われる。

3. 学ぶ心の始まり

私は父の勤めの関係で、物心ついたころ、大阪の四天王寺に程近い家に住んでいた。裏側にはJR環状線の桃谷駅の南西側にあったかなり広い原っぱに面していて、その向こうに生駒山を遠く見渡せるところであった。

生駒山昇る朝日に障子照るものごころつきし頃の思ひ出

縁側の内側の障子のある部屋に寝起きしていたが、朝目が覚めると、雨戸の節穴から差し込んで障子に当たる光の点が、次第に左下に移動するのを見ながら、寝巻きを着替えた。雨戸を開けると、生駒山から出た朝日が、右上に向かって昇って行く。

生駒山より昇る朝日を不思議なるものと思ひき幼き吾は

表の電車通りの向かいには当時大阪商大予科で、グラウンドの奥に校舎があり、夕方には、縁にリングがあるように見える赤い太陽が少しずつ屋根に隠れて沈んで行った。

わが生(あ)れし家の真向ふ商大予科の校舎に沈む日を忘れえず

近くに生魂(いくだま)神社や四天王寺など、よく連れて行かれた社寺があったが、電車通りを見下ろす家の2階の窓で、7歳年上の姉を相手に、「神さまとは見えない人なのだろうか、その辺を歩いている人々の中にまぎれているものだろうか」と、疑問を投げかけたのを覚えている。

神とは透明なる人か人混みにまぎれて歩くものかと迷ひき

哲学的思考の芽生えであった。

ふるさとの山を偲ぶにおのづから甦る記憶五つまた六つ

ふるさとの山と呼びたき幾つあり就中生駒山書写山吉田山

ここで書写山は、学制改革で新制に切り替わる前年に入った旧制姫路高等学校の裏山であり、吉田山は京大吉田キャンパスの東方の山である。

小学1年の時、大阪四ツ橋の市立電気科学館に、プラネタリウムの東洋での第1号機が入り、それがきっかけで、4年の頃からは天文少年となっていた。

「天文月報」作りて学級に配りつつ心気負ひし少年なりき

4. 京大の恩師速水頌一郎先生の思い出

小学5年の冬太平洋戦争に入り、引っ越ししたり転校したりしながら、本籍地の旧制兵庫県立赤穂中学校で戦後を迎えた。このような混乱のため、天文への興味はどこかへ行ってしまい、旧制姫高は文科に入学したが、1年修了で学制改革となり、新制大学最初の年(1949年)に京都大学法学部に入学した。父が法科だったことの影響であった。

しかし、私はもともと宇宙や地球の自然現象、人類の起源など、この世界の本質を理解したいといった欲求が強かったので、教養課程でいろいろな講義を聴いている間に、講義を聞いた何人かの先生に相談して、理学部に転学部することを決意した。

4.1 最初の講義

研究と教育を主たる任務とする大学の教官として大切な一面は、学生に感化を及ぼし、優れた人材を輩出させることにあると思う。教養課程で私が最も影響を受けたのが、「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、その地球物理学の部分は当時助教授であった速水先生が担当された。その講義の最初は、「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、万人共通のものだけを積み上げてきた自然科学を根源から説き起こされるものであった。夏目漱石の『文学論』の中から、Wordsworthの『スマイレ』の詩とencyclopediaの“viola”の項を対比して、文学と科学の違いを説かれた。そのところを思い出してみると、漱石の『文学論』(岩波書店、pp.264-265)

には、

「今試みに堇草につきて言えば、字典に曰く、

“*Viola.* A large genus of usually small plants of the violet family, having alternate leaves and axillary peduncles bearing 1 or 2 irregular flowers, the lower petal being prolonged into a spur or sac.”

これ明らかに活動を欠損せる文字なり。転じて Wordsworth の詩句を見るに、

“A violet by a mossy stone

Half-hidden from the eye!

—Fair as a star, when only one

Is shining in the sky.” —*She dwelt among the untrodden ways.*

堇の風貌の躍如として活動するを見るべし。」

とある。それをご説明くださったと思う。

わが一生(ひとよ)究めゆく道さだまりき君の講義に心ひかれて
文学論引きて科学を説き給ひきわが受けし君の最初の講義

4.2 創造のよろこび

4月に法学部から理学科に転学部してそれほど日が経たない2回生の夕方、速水先生の研究室を訪ねて、「私は誰もしている遊びということをしていないのですが、それでいいでしょうか」といった質問をした時だったと思う。先生のお話しは次のような内容であった。

「教授たちの部屋へ行くと、みんな書棚に沢山の本を並べている。しかし、それらの本や論文は、すべて創造活動の結果としての、いわば「かす」のようなものだ。価値があるのは、誰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。」

日が暮れて雨が降り出し、先生のお宅と私の下宿とが同じ方向だったので、京大裏門を出て今出川通りを雨に濡れながら、銀閣寺道まで並んで歩いて帰った。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思う。

「創造の喜びを知る人になれ」生涯残る恩師の言葉

創造の喜びを説く君に副ひ濡れて帰りき夜の銀閣寺道

また何時か、「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」と言われたのを記憶している。

4.3 休学中に頂いた手紙

3回生で地球物理学科に分属したが、少し転学部の無理がたたって病気になり、休学する羽目になった。郷里の赤穂で休学中の私に頂いた速水先生の手紙が今も残っている。およそ 400 字、普通の便箋3枚に書かれた手紙には、見舞いの言葉のほかに、次のような文があった。

「学生生活だけが人生であるわけでもなく、種々の環境に身を処することによって未知の世界を理解し、人間的生活内容を豊富にすることができるのだらうと思います。」

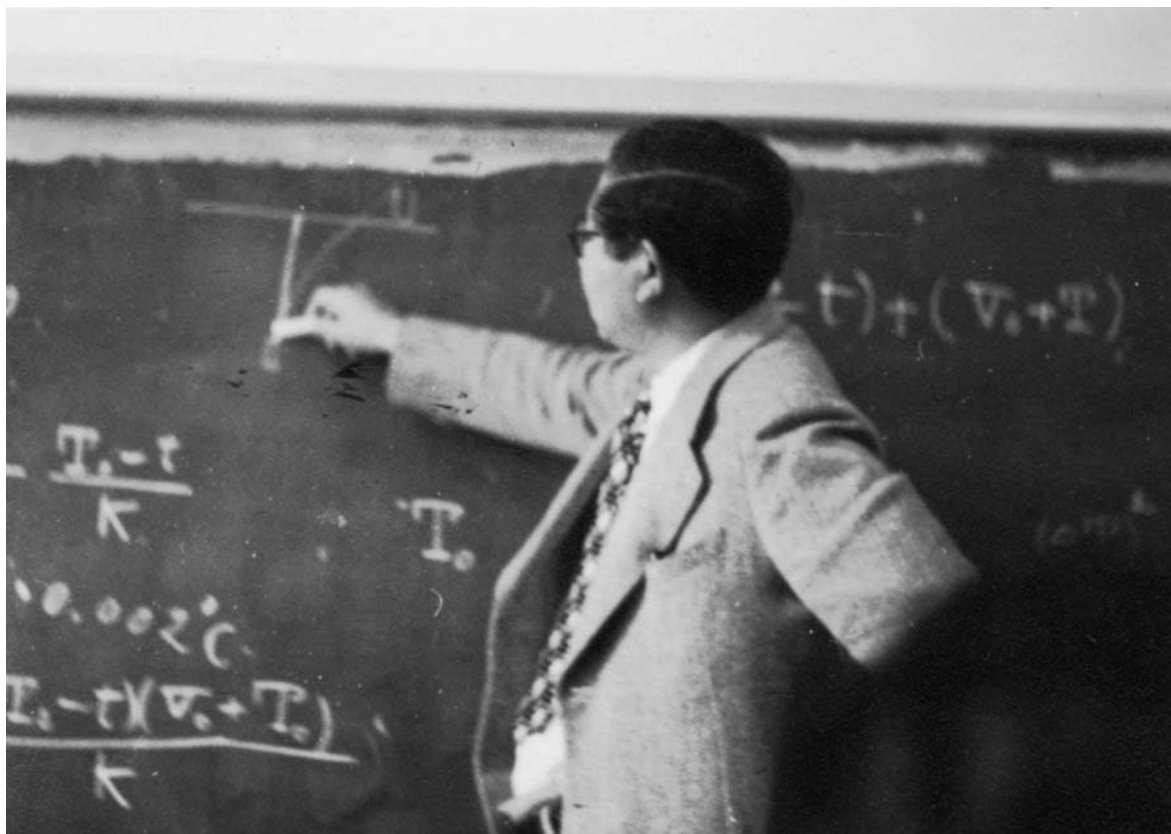
「生きるということは矛盾を含むものであり、生々発展の世界を論理的に完結した閉鎖系によって表現することはできません。貴君がこの得がたい静養の期間において、生命の神秘を感得せられ、自己

創造の光明を胸裏にともされることを期待いたします。」

「自然科学の真理でさえも、その多くは大学の研究室において発見されたものではありません。自己の存在するところがすなわち研究の場であります。お元氣な姿を教室においてみられる日の近からん事をお祈り申し上げます。」

休学の吾に賜ひし恩師の手紙右上がり文字の便箋三枚

私はやがて復学し、4回生で迷うことなく海洋物理学の速水先生の研究室に分属し、その後永くご指導を仰ぐこととなった。仕合せなことにそれがそのまま職業となって、大気と海洋の相互作用、特に風波など、海面境界過程にかかわる現象の解明の研究と教育に身を捧げ、非常に恵まれた人生だったと思う。速水先生の講義中の写真をここに載せた。



写真：講義中の速水頌一郎先生。撮影は1954年、鳥羽良明。

4.4 京大北門丁字路の思い出

速水先生についての思い出のひとつは、教室が吉田の本部構内から北部構内に移転した頃だったと思うが、その両方の間を行き来していた時、本部構内に北門を入れて数10mの丁字路付近で、二、三度先生とすれ違ったことがあった。その後研究室で先生から、「君は目にもとまらぬ速さで歩いているね」と言われた。それはただ速く歩くという意味だけと捉えていたのが、それから50年経って、京大工学研究科のCOE研究員として北門のあたりを毎週通っていたとき、あることに気付いた。そのときの歌である。

この道をわが歩むたび思ひ出づこの丁字路の若き日のこと
君は目にも止まらぬ速さで歩いてゐるね五十年前の恩師の言葉
ひた向きなる学生と吾を見給ひしものと悟りぬ五十年経て

5. 東北大学への赴任、研究・教育の日々、国際会議・出張など

1963 年秋から 1 年半、Horace Byers 教授の招聘で、Chicago 大学に Research Associate として滞在した。滞在中は、雑用がなかったので研究に専念でき、その日の朝と夕方とで変革された自分を実感するような日々が続いた。論文を 3 つ Tellus に発表して帰国して、助教授にいただいたが、1971 年に、東北大学に新設された海洋物理学講座を担任すべく招かれて、仙台に赴任した。その後の研究と教育の日々の歌を少し紹介する。

青葉山に新築成りし教室の講義の窓にほととぎす啼く
わが通ふ研究室への丘のみち楓(つき)の黄葉(もみち)のつばらかに照る
単位には関りなしと始めたるセミナーを院生ら続けよと乞ふ
入試の会議深夜に終へて立ち寄りし研究室に院生らなほ励みをり

そういう院生達が多かったので、就職にはあまり苦勞をしなくて済んだ。現代の社会情勢ならばそうはいかないと思う。そのあたりについて近年の 2007 年の歌に、

博士得てもポストのみの学術行政これで日本の未来はあるのか

研究室からは、私の後任の一人で理学研究科長、日本海洋学会長も勤めた花輪公雄教授、博士課程修了で気象庁に入った羽鳥光彦長官（現在）などなど、数多くの研究・教育者、現業官庁の幹部が輩出した。私はよく「みんなが勝手に偉くなった」と言っているが、私としては幸せなことである。

大学の教官は学会や科学行政にかかわる諸会議等で、国内外に出かけることが多い。かつてユネスコ政府間海洋学委員会(IOC)の下に「気候変動と海洋に関する委員会(CCCO)」と呼ばれるものがあって、私は 8 年ほどその委員をしていて、1 年おきにパリのユネスコ、その間の年はいろいろな国で、その会議が開かれた。それらを含む外国出張の時の歌の例を少し紹介する。

三日間の学会に遠く来たりけり北極越えてこの荒海の辺に (Golway 大学)
はてしなき牧場に立てる白壁を横より照らす八時の夕日
送られし書類の数々読みあへず重き鞆持ちイギリスへ発つ (Abingdon)
疲れしるき身をはげまして夜の宿に明日語るべき原稿作る
シンポジウム主催を終へて旅ゆくに高き機中に脳貧血となる (Bedford 海洋研究所)
冬早きノバスコシアの海風ぎて岩くろぐろと潮に濡れある
遠近(をちこち)に鐘楼ありて時の鐘運河(カナル)にビルにこだましひびく (Venice)

上記 IOC そのものにも、日本国政府代表として数日の会議に出席した時、

太陽を追ひて地球を回りゆくパリに到りてつひに日暮れず (Paris)
国の名を呼ばれて語るわが英語多国語通訳を意識しながら
イヤホーンに耳痛みつつ会議場に同時通訳の声聞きつつ
葉ごもりにプラタナス青き実を垂れて今朝は晴れたりユネスコの道
黒きまで澄み渡りたるシドニーの空を逆向きに日の伝ひゆく (Sydney 大学)
ユーカリの茂り永久(とは)なる学び舎に今日始めての講義終へたり
紺碧の空にひと木を黄に染めてこぼれつつ咲くワトルの花は
君と吾三十余年前の同級生いま共に南へ研究航海 (白鳳丸で浅井富雄教授と)

『歌集エルニーニョ』の歌集名の元となったのはエルニーニョ現象で、

南米の沖に高温の兆しあり学生らエルニーニョの調査に向かふ
赤道の海にエルニーニョつづきゐる日本の冬を寒からしめず

6. 定年退官とその後の現況

1994年に定年退官を迎えたが、その前後に研究生生活を自ら省みた歌を幾つか記す。

わが一生(ひとよ)修道(しゅどう)の旅とかも言はむ大学勤務も論文執筆も
「ああ修道(しゅどう)の旅衣(たびごろも)」と唄ひし若き日の寮歌の心今に生くべし
生(あ)れてよりつひぞせざりし幾つあり煙草ゴルフ将棋マージャン
無造作に終へむとしたる最後の講義学生らの花束に吾は驚く
花の下に妻と連れ立つ去年よりは些かのゆとりありといふべく

1997年に大きな彗星が地球に近づいた。

星の間をゆく彗星に心遊ぶ永久なるものに逢ひし思ひに
わが生の限りの時も彗星はなほ地球より去りつつあらむ
ヘルボップ彗星戻る四十四世紀人類はなほ生きて在らむか
人類の終焉いかに来るらむ地球環境変動はた科学の暴走

定年後は、JAMSTEC、現在の JAXA の地球観測研究センター、岩手県環境保健研究センターその他から請われて、非常勤で赴いていたが、それらが終わり、2005 年から京大工学研究科流体理工学の森悟教授に誘われて京大 COE 研究員となった機会に、助教時代にあった京都左京区岩倉の古巣に落ちついた。

若き日の自我蘇る進々堂の木の長椅子にランチ食ひつつ
わが自我を育てし京都と伸ばしたる仙台とふたつ吾の故郷
過ぎ来しを省みて思ふわが適(かな)ふ業は研究教育のみと
研究を止めざる訳に気付きたり未知なるものがそこにあるから
この山も空も家並(やなみ)も行く人も吾と同根観じつつ歩む

まだ学生の頃だったと思うが、速水先生が私に、「宇宙もあなたも私も、みんな同じ根から生えている。その根の事を、神と言ったり無と言ったりなど、人によっていろいろな呼び方をするが、私はそれを愛と呼びたい」といったことを言われたのを覚えている。上の「同根」の歌は、作った時には意識しなかったが、この速水先生のお話しが心のどこかにあったのではないかと後で気付いた。

宵々にピアノ数分弾きて寝る心休めむバッハのプレリュード
バス降りて家路につけば叡山の肩にかかれる十六夜の月

ここに引用した歌はごくわずかであるが、この機会に恩師速水頌一郎先生の事と、研究・教育にかかわるわが思いを振り返ることができて幸いであった。

文献

1. 鳥羽良明：『歌集エルニーニョ』短歌新聞社刊、2008 年、308 頁。
2. 鳥羽良明：研究と教育のわが心のアルバム——『歌集エルニーニョ』を引きつつ。
全国日本学士会会誌 “ACADEMIA” 126 号、30-37 頁。2011 年 2 月。
3. 夏目漱石：漱石全集第 16 卷『文学論』。岩波書店、1949 年。
4. 鳥羽良明：京大海洋物理学分野の歴史展望 — 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 —。京大地球物理学研究の百年 (II)、19-24、2010 年。

西村英一教授と初期(～1964 年)の地殻物理学講座(第 1 講座)

三雲 健 (1953 年卒)

西村英一教授は、1907 年(明治 40 年)2 月 4 日京都の有名な老舗旅館(文政元年創業といわれる)「柊屋」の御曹司として誕生した(1)。西村は出水小学校を経て、京都府立一中、三高、京大と順調に進学したが、三高、京大在学中は陸上部に所属して槍投げに没頭し、毎年各種の競技大会で有力選手として活躍した。特に 1929 年の対東大戦では 56 m 24 の記録を出し、戦後まで 30 年間この記録は更新されることがなかった(2)。1931 年には理学部地球物理学科を卒業したが、卒業後 5 年間の研究活動は公式記録になく、おそらくは助手として勤務していたものと思われる。西村は 1936 年より第 1 講座の助手、講師を経て、1945 年より佐々憲三教授の下で助教授を勤め、1951 年より独立して地殻物理学講座の教授に昇任している。この間戦時中には、海洋潮汐の影響が少ない当時の旧満州大陸で傾斜計による地球潮汐観測を行い、この解析から得た主要分潮の減小定数(観測値/理論値)を当時のアメリカ地球物理学連合の学会誌に発表して高い評価を得た(3)。また 1943 年 9 月に起こった鳥取地震($M=7.2$)に際しては、約 60 km 東南方の生野鉱山に設置した傾斜計が約 6 時間前から北上り 0.1" の傾斜変化を示したことを見出し(4、5)、地震の前兆現象の発見として大きい話題となった。

筆者は 1944 年中学 3 年の時、戦時勤労働員中の工場で東南海大地震に遭遇して大きい震動に見舞われた経験があり、またこの頃刊行された中村左衛門太郎の著書「大地震を探る」に大きい影響を受けて、将来の地震研究を志していた。地球物理学の学生となった 1952 年に西村教授の理論地震学の講義(1940 年代の J. B. Macelwane の教科書による)を聴講して以来、大きい刺激を受け、先生の研究室に出入りしていた。

当時の京大の地震学研究の主流は、それまで多くの地震や火山微動の研究に業績を上げ、また当時京都大地震説を提唱した佐々教授の研究室で、ここに多くの人材が集まった。しかし一方では、地殻物理学という幅広い分野を主宰されていた西村先生の包容力のある温かい人柄と、新進の気に溢れた研究室の雰囲気によってここへ定着することとなった。卒業研究には“大地震の際の地面の地震動の様子を立体的に示せ”という課題、次いで大学院へ入ってから“Michelson の干渉計の原理を拡大装置に用いた傾斜計を考案せよ”とのテーマを与えられた。しかし後者は後に述べる事情により変更された。また大学院コースでは、地質学の院生・吉村雄三郎と 2 人きりで、地球潮汐の講義を教授室で受けた。このため筆者は後々まで地震学の主な研究テーマ以外に地球潮汐にも関心を持つこととなった。

当時の研究室は京大正門左手に現在も残る、京大最古の赤レンガ 2 階建の 1 階と 2 階の東北角にあった。1952-55 年頃の研究室の構成員と研究テーマは、一戸時雄・講師(重力)、細山謙之輔・助手(地殻変動)の 2 人のスタッフのほか、西武照雄(地球内部物性)、岸本兆方(地震・地球内部構造)、神月 彰(地震・地殻構造)、伊藤芳朗(地殻変動)、宮腰潤一郎(地磁気)、三雲 健(地震)、中川一郎(重力)、大塚道男(地震)、田中 豊(地殻変動)らの研究生と大学院生であった。西村教授が固体地球物理学の幅広い分野の院生を受け入れたのは、京大地球物理学教室の創始者であり初代教授であった志田 順 教授が地震波初動の 4 象限分布の画期的発見や地球全体の Shida Number の推定などのほか、深発地震の存在や、地球自由振動の観測の提唱など、多方面の研究に幅広い活躍をしたことを意識して、後を継ぐ地殻物理学講座を牽引して行こうとされていたのではないかと想像される。このような方針に沿って西村教授自身が主導された研究あるいはその指導の下で行われた研究

は多岐に亘る。このうち地殻変動と地球潮汐の観測や重力変化の測定など測地学分野の研究は、別項に田中寅夫によって述べられているので、ここでは 1950 年代後半から 60 代初期に行われた地球内部の研究や、地震波解析と観測による地殻・上部マントル構造などの地震学分野の研究について述べることにする。

地球内部の研究の一環として、西武は高压下の岩石実験から得られるダナイトの体積弾性率と弾性波速度が、圧力依存性よりは密度—弾性間の関係を考慮することにより説明できることを示した。また この結果は地球の上部マントル中の地震波速度から推定される弾性率を説明できることから、マントルを構成する主要な岩石はダナイトと推定している (6)。また隕石を構成するシリケイトの密度と弾性率をも検討した結果、これがマントルを構成する物質とは考えられないこと、またさらに高压下の岩石の弾性を理論的および実験的に計算し、ダナイトと MgO の弾性がそれぞれ上部マントルと下部マントル中の地震波速度から推定される値に一致することを示した (7)。このことから Moho 面直下やコア境界面付近に低速度層あるいは一定速度層が存在する可能性があることを示唆している (8)。西武はこの後、アメリカの Texas 大学へ留学し、帰国後は愛媛大学へ転出した。ここではその後、4GPa、1000°C までの流体圧発生装置を開発し、この方面の研究に大きく貢献した。

次に地殻・上部マントル構造の研究では、岸本は上賀茂地学観測所および阿武山地震観測所で観測された浅発地震記録から直達波と屈折波の走時を解析し、京都周辺地域下の地殻構造を明らかにした。この研究から、堆積層、花崗岩層、花崗閃緑岩層、玄武岩層の各層の厚さと P 波と S 波の伝播速度を明らかにし、さらにその下の上部マントル内の速度は 8.1 km/s および 4.7 km/s と推定し、約 32 km の地殻全体の厚さには地域性のあることを示した (9)。また Kamchatka-Kurile 地域の浅発地震による日本列島下の上部マントル内の走時が、Jeffreys-Bullen による走時にほぼ一致し、かつ震央距離 20° に相当する深さ約 400 km に速度不連続面が存在することを確かめた。さらにこの上部を通過する直達波と下部を通過する屈折波の振幅の関係が予期された関係とは逆であることを見出し、20° 不連続面よりやや深い場所にも別の速度不連続層が存在することを示唆した (10)。また別の解析から、日本列島下にも low-velocity layer が存在する可能性を指摘している (11)。岸本はこの後、カナダ Ottawa の Dominion Observatory へ留学し、地震波のフーリエ解析により浅発地震と深発地震のメカニズムの比較研究を行った。

また神月は、浅発地震から近距離にある 2 観測点の地震記録を用いて Moho 不連続面からの S 波反射波を検出し、この地域の Moho-面の深さをそれぞれ約 45 km と 30 km と推定した。次に震央距離 100 ~600 km にある多数の観測点で記録された地震記録を解析し、P 波初動から S 波の間に記録されたいくつかの等時間間隔の顕著な位相を、振幅、周期と距離の関係をもとに 地表面と Moho 面の間の重複反射波と解釈し、地震間に見られる時間間隔の差は地殻の厚さの差に帰せられるものとした(12)。次に通常の走時曲線の代わりに P-S 曲線を用い、これから得られる V_p/V_s が九州地域の下では 20-40 km の深さで 1.80-1.85 の大きい値であることを見出し、さらにこれが P 波初動の押し・引きの領域で異なる可能性を示唆するなど、地殻内の Poisson 比の異常な場所を検出した(13)。これらの岸本、神月の研究成果は、研究指導者の西村教授との共著で当時の有力な国際学会誌であった Tellus にまとめて発表されている (14、15、16)。神月はその後関西大学に転出し、さらにアメリカの Carnegie Institution of Washington へ留学したが、惜しくも滞在中に不慮の水難事故により死去した。

一方、三雲は 1950 年代に和歌山地方で頻発していた局地地震を震央域付近で精密観測することを計画し、大塚、田中のほか西村研究室の多くのメンバーと学生達の協力を得て、高感度の電磁地震計と高精度の JJY 刻時装置を 1954 年に 4 点、1956 年と 1959 年に 6 点の観測点に設置して観測を行

った。この結果、これらの地震の震源分布、走時曲線、地震メカニズムとこの地方の地殻構造などが明らかになったが (17、18、19)、このうちこれらの多くの地震のメカニズムは non-double couple タイプで解釈できるとした (18)。また三雲と大塚は、共に爆破地震動研究グループに参加し、1953-1961 年の間に日本列島各地で行われた 10 数回の初期の観測に参加して一部の地方の地殻構造の解析を試みた。この後、三雲は 1961-62 年には流動研究員として東大地震研究所で関東地方の地震メカニズムの研究を継続し、この地方では double couple タイプが卓越することを見出した。1962-64 年にはカリフォルニア工科大学地震研究所で 歪地震計と長周期地震計の両方の記録から各種の地震波の位相速度と内部構造を研究する一方、カリフォルニア大学バークレイ (UC Berkeley) では、シエラ・ネヴァダ山脈を含むカリフォルニア地方中部の広域地殻構造を推定した。

また大塚は、三雲との共同研究のほかに、深発地震で観測された S 波とコア表面からの反射波 ScS を解析し、上部マントル内の減衰を示す Q の値が約 150、下部マントルでは約 350 程度であることを初めて推定した (20)。またこれとともに深発地震の S 波の波形は、震源から発生する地震波動のエネルギーが震源球の体積に比例する場合には、先に観測から導かれた経験則に一致することを示した(21)。大塚はこの後、熊本大学へ転出した後、UC Berkeley および Carnegie Institution of Washington へ留学し地殻構造などの研究を行った。帰国後は、地震のマグニチュードと地表に現れる断層の関係や、機械的モデルによる地震の起り方のシミュレーションなど一連の重要な研究を行っている。

1960 年 5 月には史上最大といわれるチリ地震 (Mw=9.5) が発生し、この際には京大地球物理学教室に設置されていた Askania 重力計によって、地球の自由振動が初めて中川らによって観測された(22)。この観測データの詳細な解析によって、周期 53.4 分、振幅、0.57 μgal (地動相当変位 0.28 cm) の伸び縮み基本モード ${}_0S_2$ と、周期 35.8 分の 1 次の高次モード ${}_0S_3$ が見出された。この結果はアメリカで H. Benioff が歪地震計により、また F. Press と M. Ewing が長周期地震計によって観測した結果と一致し、また以前から理論的に予測されていた値を裏付ける重要な発見であった。

西村教授は上記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を企画して (23)、この目的のため 1962 年の 3 ヶ月間メキシコ、ペルー、チリの中南米 3 カ国を歴訪し、これらの地域の 16 観測点に伸縮計、傾斜計などの観測計器を設置して共同観測を行うことを提案した (24)。

しかし西村教授は不幸にして病に倒れ、1964 年 3 月、地震予知に関する初めての国際会議が京都で開催された当日、57 歳の若さで急逝し、西村研究室は幕を閉じた。

当時の研究室には、上のメンバー以外に、田中寅夫 (地殻変動、地球潮汐)、住友則彦 (重力、地磁気)、橋爪道郎 (地震、地殻構造)、尾池和夫 (地震)、加藤正明 (地殻変動)、見野和夫 (地震)、竹本修三らがそれぞれの分野で研究を始めていた。

西村教授の死去後 1964 年末に今後の研究体制に関する協議が行われた結果、1965 年 4 月から新しい体制が発足した。すなわち理学部地殻物理学講座は教授・一戸、助教授・中川、助手・田中 (豊)、加藤の測地学研究グループ、防災研究所地殻変動部門は教授・岸本、助教授・三雲、助手・橋爪、尾池の地震学研究グループの構成となり、同時に新設された地震予知計測部門に助教授・田中 (寅夫)、助手・竹本が就いた。これらの新しい体制の下での以後の研究活動は、防災研究所 20 年史および 30 年史などに述べられている。

なお西村教授が企画した上記の地殻変動国際共同観測は、その後 1965-1966 年、田中 (豊)、中川、技官・津島吉男の 3 名 (25)、次いで 1975 年、中川、田中、尾池、加藤の 4 名がペルーとチリに出張し、観測計器の設置と調整を行うとともに、地震活動の調査と重力測定などを行った (26)。なお、この後も田中豊らは西村教授の遺志を継ぎ、現地の研究者との協力を長く継続した。

参考文献

- (1) 竹本修三, 2010a, 寺田寅彦と京大地球物理学との関わり, 京大地球物理学研究の百年 (I), 6-7.
- (2) 近藤公夫, 2010, 蒼穹百年史上巻資料, 私説「京大陸上戦記抄」, pp.11-14, p.103.
- (3) Nishimura, E., 1950, On the Earth tide, Transactions, American Geophysical Union, Vol. 31, 1950, 357-376.
- (4) 佐々憲三, 1944, 鳥取大地震前後の土地傾動, 科学, Vol.14, No.6, 220-221.
- (5) 佐々憲三・西村英一, 1951, 地震の前駆現象 I, 科学, Vol.21, No.2, 86-88.
- (6) Nishitake, T., 1956, Elastic properties of rocks with relation to the Earth's interior, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 28, No.1, 78-98.
- (7) Nishitake, T., 1958, On the materials in the Earth's mantle, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 29, No.1, 37-46.
- (8) Nishitake, T., 1958, Elasticity of solids at high pressure and the Earth's mantle, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 29, No.1, 47-56.
- (9) Kishimoto, Y., 1954, Seismometric investigation of the Earth's interior, I, On the structure of the Earth's upper layer, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 27, 125-143.
- (10) Kishimoto, Y., 1955, -----, II, On the structure of the upper crust, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 27, 243-268.
- (11) Kishimoto, Y., 1956, -----, III, On the structure of the Earth's mantle (I), Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 28, 117-142 ; 1958, -----, IV, (II), 28, 391-399.
- (12) Kamitsuki, A., 1956, On the seismic waves reflected at the Mohorovicic discontinuity (I), Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 28, 143- ; 1958, -----, (II), 29, 19-35.
- (13) Kamitsuki, A., 1959, On the local character of Poisson's ratio in the Earth's crust, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 29, 163- 186.
- (14) Nishimura, E. and Y.Kishimoto, 1956, On the local structural character of the Earth's crust, Tellus, Vol. 6, 329-334.
- (15) Nishimura, E., Y. Kishimoto and A. Kamitsuki, 1958, On the nature of 20°-discontinuity in the Earth's mantle, Tellus, Vol. 10, 137-144.
- (16) Nishimura, E., A. Kamitsuki and Y. Kishimoto, 1960, Some problems on Poisson's ratio in the Earth's crust, Tellus, Vol.12, 236-241.
- (17) Mikumo, T., 1956, Precise seismometric observations in the epicentral region of local shocks, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 28, No.2, 161-207.
- (18) Mikumo, T., 1959, A consideration on generation mechanism of local earthquakes, Mem., Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 29, No.2, 221-240.
- (19) Mikumo, T., 1960, Crustal structure in Wakayama district as deduced from local and near- earthquake observations, Disast. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Bull., 39, 1- 22.
- (20) 大塚道男, 1962, 深発地震の S 波と ScS 波の波形について, 地震, 第 2 輯, Vol. 15, No.3, 169-182.
- (21) 大塚道男, 1964, 深発地震の S 波の波形に関する笠原の式について, 地震, 第 2 輯, Vol. 17, No.2, 114-115.
- (22) 西村英一, 中川一郎, 細山謙之助, 斉藤正徳, 竹内均, 1961, 重力計に記録された地球振動, 地震, 第 2 輯, Vol.14, No.2, 102-112.
- (23) 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, 京大防災研年報, 第 10 号 A, 77-111.
- (24) 竹本修三, 2010b, 地物教室測地学分野の海外観測・国際貢献, 京大地球物理学研究の百年(II), 70-74.
- (25) 田中豊ほか, 1969, 1966 年イカ地震(ペルー)前後の土地の異常変動, 京大防災研年報, 第 12 号 A, 333-337.
- (26) 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-3, 207-212.

西村英一先生、一戸時雄先生の思い出

―地殻物理学講座における測地学分野の研究に関連して―

田中寅夫(1958 年卒、東濃地震科学研究所客員研究員)

「西村先生の思い出」

西村先生とはじめて個人的にお話をさせて頂いたのは、4 回生になって西村研究室への分属を決めたときであった。当初は佐々研究室を希望していたが、その理由は、まず虹で地震予知をするという有名な椋平廣吉氏が私の生まれ故郷の丹後では余りにも有名であったこと、そして中学生のころには氏の講演を聞いて、いくつも地震を予知し、その方法について虹の形状と出現時刻などを詳細に話されて驚いたこと、大学へ入学してからは佐々憲三教授が住んでおられた北区紫竹に接する小山元町に私の叔母が住んでいて、その頃京都地震説を発表されていて非常に有名であり常に話題になっていたこと、などである。このような影響を受けて地震予知に興味を抱いて結局地球物理学科に進学した。当時防災研究所助手であられた高田理夫先生が金沢市郊外で行われた地下水電気探査の仕事の手伝いを、同級小林芳正君と一緒にさせていただき、探査法、データ解析法と結果の解釈、更には当時の最も新しい地震予知に関する成果につ



西村英一先生

いても教えていただいた。そして研究室への分属は佐々研究室がよかろうといった話も聞かせていただいていた。私の生家は丹後地方の織物業であったため、長男の身としては家業を引き継がざるを得ないということで、4 年生の秋頃から当時河原町二条あたりにあったと記憶する経理学校の夜間コースに入学して、貸借対照表とか複式簿記などを勉強していた。しかしながら卒業が近くなって、やはり商才にも乏しい自分が家業を続けることは良くないと思い直し、たまたま大学院への募集案内を見て、そのまま修士課程への入学について、お恥ずかしい次第であったが、「勉強もせず頭もそれほど良くないのですが・・・」と西村先生におそろおそろご相談に行った。その年には幸か不幸か例年のような卒業研究は中止になり、期末試験のみで卒業の可否が判定されていた。すると先生は、「君、体はどうかね？」と尋ねられ、その意外なお言葉に「はい、とくに病気もせず、元気ですが、頭はちょっと・・・」と答えようと一息入れかけたら、先生は「ああそうですか、体が丈夫であればよろしい。希望者は君一人だけですから」と言われた。入学試験については全く記憶がないが、合格させていただいた。修士課程での勉強は、本部西門南側に位置する「尊攘堂」に机を借りて、西武照雄、三雲 健、田中 豊の諸先輩と一緒に研究生活をはじめることになった。西村先生からは、1958 年に建設省地理調査所に移られた 1948 年ご卒業の細山謙之輔先輩の博士論文別刷りを渡され、田中 豊先輩に教えていただいてしっかり勉強するように言われた。

1959 年 7 月に Trieste において開催された第 3 回国際地球潮汐シンポジウムにおいて、西村先生は Review of recent works on earth tides and its allied phenomena in Japan というタイトルで、重力観測、傾斜観測および伸縮計観測の結果について 7 編の報告を紹介されている。その中の一つとして On a tiltmeter for the observation of secular ground-tilting という報告が西村先生、田中先輩と私の 3 名の連名で発表されている。

その頃までにすでに 20 年に亘る国内の多くの地点での傾斜観測から、大地震の前兆現象を捕捉することによって震災の減少に役立てることが出来るとの考えに基づいて、電源を使用しないで 3 か月連続記録可能、観測維持調整は簡単に行える時計駆動高感度（分解能 $0.1''$ /mm）傾斜計を開発する。そして近畿地方に 30 組を展開して、気象擾乱などを補正するために気圧と温度も同じ記録紙に記録し、得られた結果を次のシンポジウムに於いて報告すると結ばれている。

この新しい傾斜計は田中先輩と津嶋吉男技能員によって既に試作機が完成しており、私にはその性能試験観測が修士課程における研究課題として与えられた。そこでまずは、当時ダムの変形観測などにも使われていた可搬型の小型傾斜計を横に並べて平行比較観測から始めた。ところが、得られた結果は両者の記録が一致していないことを示し、その原因がどこにあるかを追求することが最初の課題となった。並行傾斜観測においてこのような違いが見られることはすでに気付かれていたが、その問題に正面から取り組むことになり、どのように修論をまとめて行けば良いか考えあぐねて、ご多忙な西村先生に「よく分らなくて、どのようにまとめたら良いか分かりません。どうすれば良いのでしょうか。」とご相談に行ったとき、「それをまとめるのが、君、研究だよ」と言われて具体的なお指示を頂けなかった。結局、比較のための「可搬型傾斜計が正しく変動を記録していない」という結論に修士論文をまとめて「長期変動観測用傾斜計の試作」という題目で提出した。この問題は、軽量の高感度測定機で微小な変動を観測する場合には、単に測定器を設置するだけでは気圧や温度などに起因するノイズの影響を受けてそれらが増幅記録されてしまう、ということであった。重量のある基台をしっかりと地面に固定し、その上に置く高感度の傾斜増幅部も基台に固着させることが必要であって、このことはそれまでに通常の地下坑道内での観測に使われてきていた傾斜計の場合でも同様に不十分であることを意味しており、設置方法の再考が不可欠との結論になった。

大学院に入って地殻変動の観測による地震予知の研究に首を突っ込んだときに、指導教授の西村英一先生から言われたことは「傾斜計や伸縮計などで地震の前兆現象を観測しようと思っても、そのような地震が観測点の近くに発生する機会は非常に少ないから、それでは研究ができず論文も書けない。それではいけないから地球潮汐の勉強をして普段はその研究をきなさい。そして地震が起こってデータが取れたら、その前兆現象の研究をきなさい」と言われたことを思い出す。私が西村研究室に入った頃から、防災研究所助手であった田中先輩は地震活動と傾斜変化や前兆現象の研究を中心に進められており、上のような成り行きから、私はその後、地球潮汐と関連現象の研究に重点を移すことにした。

修士 2 年の夏には、西村先生に宮崎の槇峯鉦山へ連れて行っていただいた。観測点の見学と傾斜計などの調整であった筈であるが、それらには全く記憶がなく、槇峯鉦山ではリフトを降りてから腰をかがめて坑内を進み、深さ 165m の観測室に到着したことを思い出す。勿論坑内では必ず鉦山の方と一緒に行動をしなければならないが、西村先生は、「私は入坑しないから点検と調整を頼む、上で待っているから」と言われた。院生時代に、こうして鳥取百谷鉦山、神岡鉦山、細倉鉦山などの観測点を見学することもでき、鉦業についても勉強することができた。金属鉦山の坑道は固く安定しているため地殻変動の観測に適しており、炭鉦は地殻変動の観測には適していないことなど基本的なことについても現地を見て実感させていただいた。この旅行に際しては、桜島火山観測所の見学も組み入れられてあり、延岡から鹿児島まで国鉄で移動した。そのとき西村先生からは、「では君はあちらの車両に乗りなさい、私はこちら（確か特二であったと記憶するが）に乗るから鹿児島で会おう」と言われた。当時は、旅行ができるだけでも有り難かったので、国鉄に乗れるだけで

も幸せであった。桜島では、当時防災研究所桜島火山観測所に助手として勤務されていた 1952 年 4 講座ご卒業の先輩、藤原俊郎さんのご案内で桜島中腹の観測点などを見学させていただいた。桜島村営のバスで、観光案内のガイド嬢が桜島大根の宣伝をしていたとき、西村先生はその娘さんがお気にいったようで、「できたら連れて帰って、息子の嫁にしたい」などと冗談をおっしゃった。ご機嫌もよかったようで、手元の下手なスナップ写真でも、錦江湾を背景にして先生と藤原さんにはここにこ笑っておいでになる。

防災研究所の助手に採用された頃の思い出として、強く印象に残っているのは、1961 年の「新阪急ビル」での鉄筋コンクリート柱の歪観測である。西村先生は、建造物の変形という観点から、当時大阪駅前に建設中であった「新阪急ビル」において使われた新工法に伴う鉄筋コンクリート柱の加重変形の連続記録を試みられることになった。田中先輩の手伝いとして、当時防災研究所の技能補佐員だった小林 誠、山田 勝両氏と協力して、静穏とは言えない地下の建築工事現場で構造物変形を記録することができた。このビルでは、地下室構築の際に次のような特殊な工法が採用されたのである。それは最初に地下 25m の天満層まで鋼管杭を数 10 本打ち込み、コンクリートを注入して地下を順次掘り下げて行く。それに応じて、各階の梁、スラブおよび鉄筋コンクリート柱を、この鋼管杭を支柱として形成していく。したがって地上 5 階まで完成したときには地下 1 階から地上 4 階までの荷重が全てこの数 10 本の鋼管杭につり下げられている状態になる。この支持鋼管杭を地下 2 階で切断して取り除くのであるが、そのときの鉄筋コンクリート柱のつり下げ張力から加重圧力への変形を測定することが私たちの目的であった。鋼管杭は 20 日をかけて順次切断されて、それに伴う柱および床面変化の測定を予定通り終了することができた。ビルの完成時には西村先生に祝賀会への招待状が届いたが、先生は「出席できないので、君がかわりに出席しなさい」とその招待状を渡された。それほど深く考えずにご返事して実際に出席して多くの参列者に驚き、逃げ出そうかと思ったが、恥を忍んでこれも人生勉強の一つか、と意を決して招待状を差し出した。現在でも宝塚歌劇現役団員といわれる有名な春日野八千代さんの踊りを見せて頂いたことなどを西村先生にご報告したときに先生は、「あそうか、よかったね」と軽くお聞き流し頂いたことも記憶している。

西村先生はプロ野球の南海ホークスのファンで、東大の坪井忠二先生と学会でも雑談でよく野球の話をされていたことを思い出す。当時、杉浦投手とバッテリーを組んで日本一になった野村克也氏は私と同じ峰山高校の同級生であるとか、たまにホークスが勝った話などをチラッとしたときの先生の愉しそうな顔を忘れられない。

西村先生は多点高感度地殻変動観測の他に、地震時の永久歪や傾斜変化の観測にも関心をもたれ、地震時の振動にも影響を受けることのない可動部分の無い伸縮計・傾斜計の開発も考えられており、先生の 9 年後輩、私には 19 年先輩に当たる当時郵政省電波研究所周波数標準部で研究されていた蛭田 饒博士のもとで、高安定水晶振動子と直列共振回路振動数の記録方法、恒温槽の原理などについてしばらくご指導を受けた。費用の関係から 1 成分だけの観測であったが、高感度で安定な地球潮汐の観測に成功することができた。しかし残念ながらこの装置を逢坂山観測所に設置して振幅が数 cm の地球潮汐が記録できたのは、すでに西村先生がお亡くなりになってから 1 年以上も経った頃であった。そして、電磁気的な変位センサ、歪センサや、安定した増幅回路などが低価格で入手できるようになり、地殻変動の観測のみならず、地震動や重力変化などでも全く新しい観測がなされる時代へと変わって行った。

1964 年には日米地震予知会議が比叡山で行われて、会議には歪地震計の開発で有名な H. Benioff 博士も来日されると聞き、多分講演などがあるだろうと楽しみにしていた。ところが、丁度その会議の最中に西村先生が急逝された。私はお葬式などのお手伝いをする事になり、先生の埋葬許可とか各種届を出したり、叙勲申請をするために、左京区役所や大学事務室などを走り回った記憶が残っている。お葬式の日には、現職の先生の急逝ということで、ご会葬御礼の品を近くの店で追加調達するほど、多くの方がお見えになった。お葬式には Benioff 博士を始め、会議にご出席の先生

方もお見えになった。ご出棺に際しては、私も先生のお棺を持たせていただいた。これが今生のお別れと、涙を禁じ得なかった。そのときの写真を見るたびに、当時のことをいろいろ思い出す。その一つに、太平洋を囲んで地殻変動観測を中心とした観測網を設置して、地震予知を実現して災害を軽減したいとお考えがあって、君には東南アジアでがんばって欲しいと言われた一言がある。その計画は1964年からペルー・チリにおいて着手されたことは良く知られた通りである。

西村先生が亡くなられた後の教授室の予定表には3月19日20日の欄に「日米震予」の文字が残されている。先生はこの会議に出席されて、意見交換やご相談をなされる積りであっただろうと思うと誠に残念な思いを禁じ得ない。

「一戸時雄先生の思い出」

時間順に昔を振り返るとすれば、一戸先生の思い出はやはり「測地学」の講義の丁度真ん中頃に「喫煙休憩」が入ったことである。当時は本部正門左手に位置する旧燃料化学教室の赤レンガ建て2階にあった教室での講義だったと思うが、初めて耳にする測地学の難しいお話の中で一息入れさせて頂くのは随分有り難いことであった。私も当時は煙草を吸っていたが、さすがにその時にたばこに火をつけるといったことはせず、静かに先生のゆっくりとした愉しそうなお姿を眺め、他の先生の講義にもこんな休憩があれば、などと思っていた。ゼミなどでのコメントを除けば、西村先生から地球潮汐に関する講義とか詳しいお話をお聞きした記憶はなく、一戸先生の講義を基本として、子供のころにドイツ語で喧嘩をされたと聞く田中先輩から地球潮汐、



一戸時雄先生

とくに傾斜計による観測を詳しく教えていただき、Bartelsの解説 *Gezeitenkräfte* や Tomaschek の論文なども一緒に読んで頂いたりして、地球潮汐の勉強を進めた。潮汐力による地球の弾性変形を理解した積りでいたが、その頃に地球の引力による落体の運動と変形の例をとって具体的に地球潮汐を簡単明快に理解させて下さったのは一戸先生であったことを、今改めて思い出す。

一戸先生が開発された *double bifilar* 型の重力計は、当時は最高感度を誇る連続観測用重力計であった。そして京都大学防災研究所10年史によれば、1961年9月の時点で一戸式重力計はすでに神岡、上賀茂、潮岬、和歌山県由良、鳥取、槇峯の6地殻変動観測室に設置され観測が続けられていた。一戸先生からは、観測記録の取り換えや重力計の調整のお手伝いをしながら、地球潮汐観測とデータ解析などに関するご指導を受けた。なお、一戸式重力計の感度増大手法は伸縮計や水管計傾斜計にも使われていたが、やはり電磁気的な拡大装置が開発されて安定した高感度が得られるようになったため、それらにとって代わられるところとなった。重力の連続観測については10cmをこえるような潮汐変動をペンで記録していく「アスカニア重力計」が輸入され、中川一郎先生が観測に使用されるのを実際に見て、驚いたことを覚えている。一戸式重力計では高感度に設定すれば振幅数cmの潮汐変動が記録可能ではあったが、光学拡大梃子が使用されていたため、巾が20cmほどの印画紙に、高感度なドリフト調整を行った直後に於いては避けることのできない大きな初期変動が全て記録できず、この間の欠測が潮汐解析の妨げとなった。実際の連続観測では、ドリフトを予

測しそこに光点を置き、退室数時間後には光点が印画紙の中央あたりに来るようにする作業となるが、これはかなり難しかった。けれども観測者にとっては上手く行くとそれだけに余計に愉快的な作業でもあった。しかし残念ながら上述のように、光学的記録方式による大きなドリフトのため十分に感度を上昇させることができなかったことや、地下坑道内での取り扱いや調整の難しさのため、一戸式重力計は輸入されたアスカニア重力計にとって代わられることになった。この辺りの状況については、伊藤芳朗先生（元関東学院大学工学部教授）がご定年記念誌 40 頁に興味深いことを書いておられる。1955 年頃のお話であるが、槇峯鉱山の一戸式重力計の観測が難しかったらしく、「考案者の一戸先生はもう観測継続を諦めておられるらしいのに、西村教授はなお望みを繋いで、・・・」との感想を抱いておられる。同じご自伝の中には、西村先生が地殻変動連続観測の更なる展開と、それによる地震予知、そして震災の軽減に絶えざる情熱を燃やし続けておられるとの記述もあって、あらためて西村先生の学者精神に頭が下がる思いがする。田中 豊先生が実行されたチリ・ペルー両国との国際共同研究は、まさに西村先生が描かれていた夢の一步が叶った大きな成果であり、その地球物理学の意義や思いは、参考文献に挙げた田中 豊先生の多数の論文および国際学術調査報告などにまとめられている。

IGY における、中川先生のアスカニア重力計による連続 34 日間観測は 1957 年 7 月から開始され、国内 11 点で実施された。1959 年には、それまでの観測に携わってこられた船曳 満先輩のあとを私が引き継ぐことになって、鳥取市の県立科学博物館と京都大学阿蘇火山研究施設における観測を手伝わせていただき、観測計画、機材運搬、設置、感度検定、データ解析など多くのことを学ばせていただいた。印象に残るのは、アスカニア重力計の検定は mass lever 上にある小さいブロンズ球を移動させて行われるが、中川先生が子供ほどの大きさと重量がある重力計を持ち上げて静かに何回か傾けて記録されているお姿である。これは手を滑らしたりぶついたりしそうで、とても命令されても自分には出来そうもない仕事だと傍で眺めていた。余談になるが、中川先生は京都大学大型計算機センターの協議員なども長期間勤められて、地球物理学のみでなく大型計算機利用という方面でも大きな貢献をなされている。おかげで筆者は Bessel 関数を含む計算プログラムの結果が検算結果と合わず、困ってしまって中川先生から計算機センター職員の方をご紹介いただいたら、あっという間に bug を取り除いて下さり、流石に専門家は違うなと感激すると同時に大変恥ずかしかった記憶がよみがえってくる。

いま手元には、一戸先生に岐阜県の神岡鉱業所へ連れて行っていた一枚写真が残っている。測地学会への出席とかこのような機会には、潮汐研究や地震前兆変動などについていろいろお教えいただいた。

西村先生がお亡くなりになって、一戸先生が教授になられたころ、先生のお部屋で、地殻変動観測所をどこに設置すればよいか、ということで夜遅くまでお話した記憶がある。潮汐観測の観点からは、なるべく海から遠い場所が良いのではないかとということで、当時の防災研究所施設との関連なども考慮して、岐阜県吉城郡上宝村を第一候補地に挙げた記憶がある。

一戸先生と共著にして頂いた論文としては、西村先生が第一著者で、一戸先生が第三著者、そして私も最後の第五著者にして頂いたアスカニア重力計の観測に関する研究と、一戸先生が第一著者である松代地震に関連した地殻変動連続観測の成果がある。

一戸先生は地殻変動連続観測による地震前兆現象の検出にも努力をなされた。上宝地殻変動観測所設立をはじめ、須坂観測室、伊豆半島の伊豆長岡観測室も開始された。たしか上宝観測所の前庭にあるドームは光波測量用に建設されたもので、これも一戸先生のご着想であったと記憶している。琵琶湖の北岸近くでは、先生と同級の義江修二先生（福井高等工業専門学校元教授）と共同で、柳ヶ瀬断層における地面変形、傾斜および重力変化に関する繰り返し測定に着手されるなど、地殻変動関係のデータ収集に力を尽くされた。

一戸先生は 1980 年頃に登場してきた「カラオケ」で歌われるのがお好きであった。「さくら貝の

唄」、「浜千鳥」、「平城山」など抒情的な唄がお好きでよく歌われた。今でも、「うるわしきさくら貝一つ・・・」とにがりのない先生の声が耳の中に流れてきて、ご生前のお姿が目には浮かんでくる。

おわりに臨み、この執筆の機会を与えていただき、誤りなども修正して下さった国際高等研究所竹本修三フェロー、並びに地殻物理学教室における研究面から見た拙稿の誤りなどについてご指摘と多くの示唆をいただいた三雲 健先生にお礼を申し上げる。

参考文献

- Hosoyama, T., On the observation of secular phenomena of the tilting motion of the ground, Memoirs of the College of Science, University of Kyoto, Series A, Vol. XXVIII, No.3, 1957.
- Ichinohe, T., Study of change of gravity with time, Part I -III, Mem. Coll. Sc. Kyoto **21**, 3,289-316, 1955, ibid. ser.A, **27**, 317-334, 1955, ibid. ser.A, **28**, No.1 ,11-38, 1956
- Ichinohe, T. et al, Continuous observations of the ground deformations related to the Matsushiro Earthquakes, Bull. Disas. Prev. Res. Inst. Kyoto Univ., Vol.17, Part 1, No.120, July, 1967.
- Nishimura, E., Y. Tanaka and T. Tanaka, On a tiltmeter for the observation of secular ground-tilting, IIIeme Symp. Marees Terr. 106-107, Trieste, 1959.
- 西村英一・中川一郎・一戸時雄・船曳 満・田中寅夫, 重力の時間的变化について（国際地球観測年重力観測 第三報）, 京都大学防災研究所年報, 第 5 号 A, 1961
- Tanaka, T., On the extensometer of a variable capacitor type,Bull. Disas. Prev. Res. Inst. Kyoto Univ. Vol.15, Part 3, No.100, March, 1966.
- 伊藤芳朗教授定年記念誌, 伊藤芳朗教授定年記念行事発起人会, 平成 2 年 3 月 31 日.
- 京都大学防災研究所十年史, 1961.
- 京都大学防災研究所十五周年小史, 1966.
- 空想科学的地殻物理学, 故田中豊教授報告選集, 平成 11 年 5 月.
- 田中豊博士論文選集編集会, 田中豊博士論文選集, 平成 11 年 8 月.
- 重力・測地・ジオダイナミックスー中川一郎教授退官記念号一, 月刊地球, 号外 No.11, 1995, 海洋出版株式会社.

防災研究所における地震活動の研究:

定常観測の理念と活断層研究への貢献

佃 為成 (1973-1985 京大防災研)

地震の研究において予知研究を進める機運が高まり、即戦力としての微小地震が脚光を浴びた時代の研究を振り返り、微小地震観測を中心に据えながら試みられた様々な研究の骨子をレビューする。とくにその研究戦略の根本思想に焦点をあて、京都大学地球物理の伝統の継承の重要性を後輩諸氏に訴える。

1. 兵庫県を中心にした地域のサイスミシティの研究

防災研究所の微小地震研究は、1964年に鳥取微小地震観測所が設置されたことを契機に定常観測点が順次建設されていった。1964年8月には3観測点、1965年6月までに鳥取県と兵庫県に5観測点が設置された。この時代は、民家にドラム式ペン書きレコーダーを預け、記録紙の交換を委託する現地委託観測であった。

震源の決定は最初はS-P時間による図式解法によったが、1969年頃には、和達ダイアグラムを用いて5点のP時刻とS-P時間のデータから地震発生時刻をまず求め、P時刻データに最小自乗法を適用して高精度の震源データが得られるようになった。

活断層を表す線状配列の震源分布が明瞭になり、地殻内の微小地震は20kmより浅い領域に発生していることが確認された。当時、鳥取観測所の微小地震の震源分布の研究は先頭を走っていた。京都大学の成果に刺激されて、東北大学でも以前のS-P時間による震源決定を転換し精密な震源分布が得られるようになり、東北地方でも微小地震は上部地殻に分布することが確認された。

防災研究所では、1970年に北陸微小地震観測所が設置され、滋賀県から福井県、石川県にかけての観測網が建設され、1948年福井地震の余震活動特性や地下構造と地震分布との関係などの研究が進められた。また、岐阜県の上宝地殻変動観測所でも跡津川断層一帯に微小地震観測網が設置され、跡津川断層とその周辺の活断層や1858年飛越地震の余震活動の研究が行われた。

初期の頃の微小地震定常観測の成果は、震源分布に関するもので、その中でも、分布のパターンと活断層のトレースとの対応に注目が集まった。発震機構の解析も進められ地殻内の応力分布と活断層の関係が明らかになった。また、地震波形の研究も行われ、例えば、ペン書き記録の中から、地殻内反射波が鳥取市直下で発見された。これは紀伊半島直下に次ぐもので、その後日本各地で見いだされていった。

鳥取観測所の観測網は基本の5点の観測点に加えて、山崎断層一帯の臨時観測点が設置されたり、鳥取県地域では、倉吉や鹿野、多里に、さらに岡山県にも久米観測点を増設した。

2. 定常観測の考え方とデータベース化

1973年、防災研究所に微小地震部門が設置され、微小地震観測研究の司令塔となった。それに伴い、これまでの微小地震研究の見直しが行われた。

微小地震の空間分布の次の仕事は時間分布である。鳥取観測所の観測データは蓄積されていったが、5点の観測データがそろわなければ震源データに登録されない、すなわち時間的なデータに漏れが生じる欠点があった。これを解決し、さらにデータ処理を簡素化する目的で、1974年に古い読

みとりデータまで遡ってデータを編纂し直し、基準となる3観測点（三日月、大屋、泉）で検出されたすべての地震について震源決定処理が行われた。その際、マグニチュード決定もF-P時間による方法に切り替えた。

さらに、読みとりデータ、震源データは磁気テープに収録され、XYプロッタに震源分布や時間分布を表現する手法を用いた研究が盛んになった。

このとき示された指導原理が、地震活動の安定した時空間分布を得ることであった。そのために、思い切ったデータ処理の簡素化を断行した。そして、データベース（磁気テープ上のファイル）が構築され、地震と気象現象、地球潮汐などの諸現象との相関を研究する土台もできた。

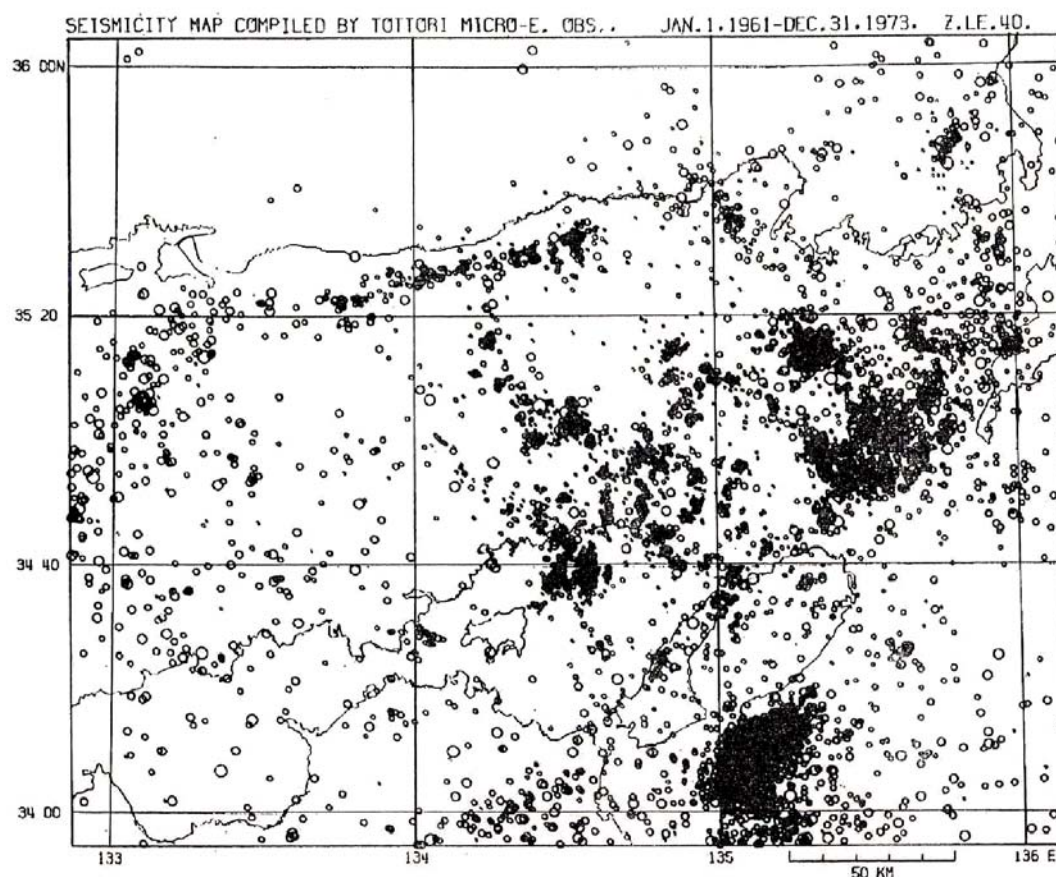


図 鳥取微小地震観測所の三日月、大屋、泉観測点で決定した震源の震央分布（尾池、1975）。

3. テレメータ観測と自動処理

委託観測からテレメータ観測への転換が1976年から始まった。それまで、現地の紙の記録を郵送してもらって、だいぶ時間が経ってから読みとりと計算処理を行っていたが、データがリアルタイムで観測所に届くようになった。

手間の面と精度の面で著しい進歩は、時刻データの高精度化である。以前は、水晶時計の信号にラジオの時報を重ねて記録し、時計に基づく読みとり時刻を各観測点で更正した。テレメータの利点は1つの時計で済むことである。

テレメータ装置とともにミニコンピュータも導入され、以前は読みとりデータをカードにパンチしてそのデータを計算機センターへ持ち込んで結果を得ていたのが、テレメータ集録装置を置く観測所でXYディジタイザを用いて波形を読みとり、直ちに震源計算、結果はファイルに収録されるようになり、データ処理能率が格段に向上した。

さらに、1984 年頃から自動読みとりの実験も始まった。ミニコンピュータシステムもこの頃になるとディスプレイ端末スクリーンエディタを用いて、ソフトウェアの開発やデータ管理が容易になった。ただ、これは実験装置であり、自動読みとりは完璧ではないので、人による読みとりは続けられた。

テレメータ導入は、震源データの生産効率を高めただけではなかった。地震波形データの利用の幅が広まったのである。これまでは、紙の記録のみであった。それに対し、当初はアナログではあったが、地震が発生するとトリガーがかかり、遅延回路を経由して地震波形が磁気テープに記録されるようになった。また、従来のドラム式波形連続記録に代わる独自に開発された長期間レコーダーを用いて連続記録も存続させた。これは 2 台のインク式ペン（ガルバノメータ）と折りたたみ記録紙を用いた。

防災研究所の鳥取観測所、北陸観測所のテレメータは当時、他の地震テレメータに比べて伝送の帯域が広く（ $\sim 100\text{Hz}$ ）、アナログの波形データをサンプリングしてデジタル・データに変換する場合、 100Hz サンプリングを可能にした。したがって、時間軸に対し 5ms の分解能があった。そこを利用して、波形の細かい解析を行い、マグニチュード 0 ぐらいの小さな地震の震源過程を調べ、スケーリングの相似則が成り立っていることや、いわゆる相似地震といえども詳しく波形をみると初動のところで異なっている場合が多いことが明らかにされた。

4. 活断層研究

微小地震の定常観測が行われ、各地の震源分布が明らかになった頃の 1970 年代初め、米国が打ち上げた探査衛星「アーツ」が撮った地球表面の写真から明瞭に判別された地表のリニアメント模様が話題になった。これを契機に活断層の研究が一躍脚光を浴びることになった。

微小地震の震源分布にもリニアメントが見つかり、活断層の表現であると認識されるようになった。そして、地震研究者も「活断層」への関心が深まっていった。さらに地震予知の研究の 1 つのテーマとして活断層において各種の観測を集中させる「テストフィールド」研究が兵庫県の山崎断層でスタートした。

また、活断層の発掘トレンチ調査が、鳥取県の鹿野断層と山崎断層で行われ、歴史地震や大昔の大地震の証拠を我が国で初めて明らかにした。

5. 地震予知

微小地震を組織的に観測研究したのは、地震予知研究の大きな柱の一つであったからである。もう 1 つの柱が地殻変動の観測研究である。防災研究所の微小地震研究グループは、微小地震をいわば基幹業務として、さらなる地震予知研究をも目指していた。基幹業務は定常観測を基礎としていた。そのほかの分野、すなわち地下水、電磁気、ラドンなどの観測は探検的、試験的であった。サーベイという考え方をとった。中には、地下水温観測のように、連続的定常観測に発展し、長期間観測を継続したものもある。鳥取の湯谷温泉の水温観測はその後「温泉観測ネットワーク」によって維持され、1980 年の観測開始から 30 年以上も観測が継続している。

長期的な予知のための基本的な資料には歴史地震に関する古記録と活断層に残された大地震の跡の調査資料がある。鳥取観測所や上宝観測所の観測研究から微小地震分布が明らかにされた活断層においてトレンチ発掘調査が行われた。鹿野断層、山崎断層の成果は、その後のトレンチ調査の発点となったものである。

また、活断層において大地震が繰り返すことが明確になり、地震サイクルの考え方が一般的になった。そして、大地震の準備期間の研究がすなわち大地震の前兆の研究であって、長期的な予知か

ら短期的な予知への研究の道筋が見えてきた。「山崎断層テストフィールド」のプロジェクトは活断層に照準を合わせた中期・短期予知研究の先駆けであった。

6. 京都大学・地球物理の伝統とは

地球物理の研究において、「連続観測」とか「定常観測」といわれる長期にわたる一定基準の観測が重要であることは間違いない。京都大学の地球物理の伝統の本流にこの観測の維持があった。

さらに、防災研究所の微小地震観測では、時間空間的に均質なデータを集積することを第一義に据えた。これは、理学部阿武山地震観測所の観測理念とも対立した考え方であった。阿武山の観測システムでは、例えば、波形収録においてAGC(Automatic Gain Control)を行い、振幅の情報もできるだけ詳しく取得することをねらった。大学では、困難を乗り越え極限に挑戦する心構えが大切であるとの思想であった。また、阿武山では、丹波山地の微小地震密集発生地域に非常に密な観測網を設置して、微小地震の地震分布や発生過程を詳しく研究する立場をとった。これも非常に大事な研究である。

防災研究所の考え方は、学問のレベルが低いと思われがちではあるが、当面の研究テーマを絞り、そこに精力を集中した。たゆまぬ努力で長期の研究を維持する立場を採用したのである。

微小地震部門を中心にした防災研究所の研究グループは地震予知研究の様々な分野に貢献してきた。その1つの成果が山崎断層テストフィールド研究であった。他大学の多くの研究者の参加もあった。

微小地震観測定常観測の理念は全国的な稠密観測網と一元化されたデータ処理に活かされた。今後は微小地震のつぎに行うべき基盤的な研究を見定め、さらに探検的な研究も加味して、地震予知研究を進めるべきである。

最近、IT技術の発達によって研究活動の可能性は拡大しているが、地震研究者の予知研究への情熱や意気込みがやや後退しているように筆者の目には写る。

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震の次の日本付近における超巨大地震は西南日本から沖縄にかけての地域に発生する可能性が高い。それに伴う内陸大地震も頻発するであろう。今、このような地殻の大変動の時代に、さらなる新たな観測研究を展開してもらいたい。これまでの歴史を振り返り、その中から多くの教訓をくみ取って、愚直に見えても、一貫した考え方をもって地道な研究を進めてもらいたい。それを切に願って止まない。

参考文献

- Hashizume, M., K. Oike, and Y. Kishimoto, Investigation of microearthquakes in Kinki District -- Seismicity and mechanism of their occurrence--, Bull. Dias. Prev. Res. Inst., Kyoto University, 15, 35-47, 1966.
- Hashizume, M., Investigation of microearthquakes -- On seismicity --, Bull. Dias. Prev. Res. Inst., Kyoto University, 19, 67-85, 1969.
- 藤田和夫・岸本兆方：近畿地方のネオテクトニクスと地震活動, 科学, 42, 422-430, 1972.
- 岸本兆方・尾池和夫・渡辺邦彦・佃為成・平野憲雄・中尾節郎：鳥取および北陸微小地震観測所のテレメータ・システムについて, 地震 第2輯, 31, 265-274, 1978.
- 松尾成光・尾池和夫・松村一男・竹内文朗：地震観測用長期間連続可視記録装置の試作, 京都大学防災研究所年報, 19B-1, 21-29, 1976.
- 西田良平：山崎断層周辺の詳細な地震分布について, 鳥取大学教養部紀要, 14, 105-140, 1980.
- 西田良平：山崎断層周辺の微小地震の発震機構について, 鳥取大学教養部紀要, 17, 209-234, 1983.
- 尾池和夫：鳥取微小地震観測所の震源表について, 地震 第2輯, 28, 331-346, 1975.

- 尾池和夫・松村一男・竹内文朗・松尾成光・清水昇：地震観測用長期間連続インク書き記録装置の開発，地震，第2輯，29, 2, 127-136, 1976.
- 尾池和夫：微小地震の時空分布と活断層，地質学論集，断層と地震 12, 59-73, 1976.
- 尾池和夫・岸本兆方：地震予知テストフィールドとしての山崎断層，地震予知研究シンポジウム，1976, 83-90, 1977.
- 竹内文朗・澁谷拓郎・平野憲雄・和田博夫・渡辺邦彦・松村一男・西上欽也・大谷文夫・岡本拓夫：北陸観測所 30 年間の地震観測，京大防災研究所年報，第 50 号 B-1, 289-295, 2007.
- Tsukuda, T., Microearthquake waveforms recorded at Tottori Microearthquake Observatory and their relation to hypocentral distributions and the upper-crustal structure, Bull. Dias. Prev. Res. Inst., Kyoto University, 26, 17-55, 1976.
- 佃 為成・安藤雅孝・岡田篤正：大昔の大地震の痕跡をさぐる，地理，Vol.24, No. 9, 64-71, 1979. (口絵付き)
- Tsukuda, T.: Dynamical source process of microearthquakes deduced from P waveforms and the structure of the fractured region within the crust, Doctoral Thesis (Univ. Tokyo), 1980.
- Tsukuda, T., Long-term seismic activity and present microseismicity on active faults in southwest Japan, Earthq. Predict. Res., 3, 253-284, 1985.
- 佃 為成：京都大学防災研究所における地震波自動処理システムについて，地震予知観測情報センターニュース，東京大学地震研究所，No.12, 4-10, 1986.
- 佃 為成：地震予知定常観測の理念と将来構想，地震予知シンポジウム 1994 年, 87-96, 1994.
- 和田博夫・伊藤 潔・大見士朗・平野憲雄：上宝観測所における跡津川断層周辺における稠密地震観測 -- 30 年間の観測と解析結果 --，京大防災研究所年報，第 50 号 B-1, 313-320, 2007.
- 渡辺邦彦・平野憲雄・岸本兆方：北陸地方のサイスミシティ，地震 第2輯，31, 35-47, 1978.
- 渡辺邦彦・尾池和夫：安富観測坑で記録された山崎断層の地震(1984 年 5 月 30 日, M5.6) にかかわる地殻変動，京大防災研究所年報，第 28 号 B-1, 99-109, 1985.

地震予知テストフィールドとしての山崎断層

渡辺 邦彦 (1967 年卒)

1. はじめに

京都大学防災研究所は、1964 年鳥取市円護寺に鳥取微小地震観測所を設けて微小地震、長周期地震等の観測を開始した。翌 1965 年に第 1 次地震予知研究計画の発足に伴い、船岡、氷上、三日月、大屋、泉の 5 箇所の民家に委託されたペン書きドラム方式の高感度微小地震計により、近畿地方西部～中国地方東部の微小地震定常観測がスタートした(1、2)。近畿地方における阿武山観測網と並んで高感度微小地震定常観測のさきがけであった。また第四紀活構造研究者との共同研究会等により地体構造と地震活動の関連についての研究が推進された(3、4、5)。

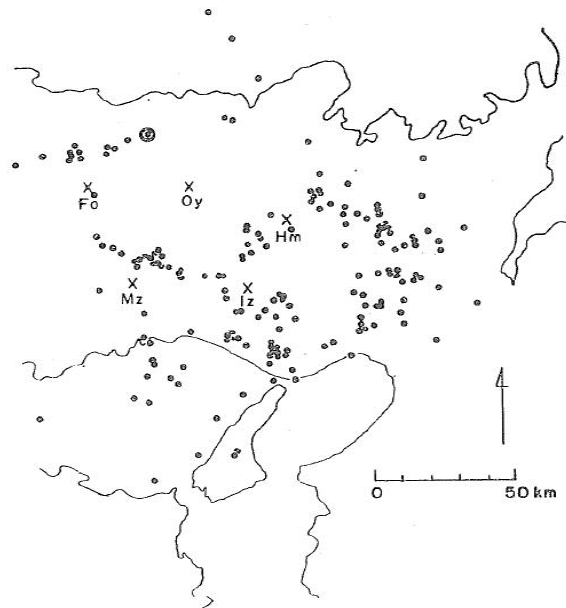


図 1 : 1964-65 年頃の震央分布(2)

山崎断層は岡山県東部から兵庫県南東部に至る北西～南東走向の左横ズレ活断層(17)で総延長約 80km、確実度 I 活動度 B 級とされる。微小地震観測開始当初の成果の一つは山崎断層や山陰海岸に沿う地震活動の線状配列の発見であった(図 1)(3、4)。以来 40 年、山崎断層に関する地震活動の特性が徐々に解明されてきた(6、7)。

1973 年 9 月に山崎断層の北方約 10km に M5.1 地震が発生した(8)。1975 年には山崎断層帯安富断層の破碎帯において伸縮計による地殻変動観測が開始され(6、10)、地震と地殻変動の関連の研究がスタートした。1977 年 9 月には山崎断層の北方約 5km に M $\approx$ 4 地震が発生した(9)。これらを踏まえて、1978 年～1987 年の 10 年間にわたって「山崎断層地震予知テストフィールド計画」が実施されるに至った。

2. 山崎断層地震予知テストフィールド計画

2.1 研究・観測の概要

「山崎断層地震予知テストフィールド計画」の目的は、内陸活断層に関わる大地震の予知手法の研究開発であった。そのために、山崎断層帯域を対象にして、多機関の研究者による多項目の総合観測研究が実施された。断層破碎帯の挙動研究のため、日本道路公団(当時)の協力の下に、中国高速道地下に「山崎断層安富観測坑道」が設けられ、断層破碎帯に関わる伸縮・傾斜変動(10)、自然電位(12)や坑井比抵抗(19)、放射線、地下水等の観測が開始された(図 2)。観測坑道のデータは防災研究所へ 50bps 専用回線でテレメータ伝送された(18)。計画の発足当時の研究グループ員は、京大

防災研、同理学部、同教養部、鳥取大、神戸大、筑波大、神院大、立命館大、大阪市大、東大理、秋田大、国土地理院、地質調査所等にわたっていた(9、13)。

山崎断層テストフィールドとしての観測項目・研究は上記のほかに、活断層地形やトレンチ(30)、水準・三角測量(31)、地震活動(7)、広域の地球電磁気(14、20)や地球化学(11、16)等で、当時考えられた多くの項目を含んでいた(13)。10年間のテストフィールド計画が終了した後これら諸観測研究の多くは撤収終了されたが、安富坑道を拠点とする幾つかの項目は規模を縮小して継続されている。

図3に微小地震テレメータ観測の開始以来約30年間の近畿西部～中国地方東部の地震活動を示す。長期間の観測により、山崎断層帯、郷村断層(北丹後地震)、鳥取(地震)断層、六甲・淡路島断層帯(兵庫県南部地震)などの大規模活断層や地震断層に沿う活発な地震活動が見えてきた。そしてこれらの活断層の地震活動は相互に関連しているらしいことも推察されるに至った。

2.2 観測研究の成果

2.2.1 観測開始以降の成果の概要

山崎断層帯域で得られた成果の概要を分野・項目毎に示す。最近までの特筆すべき地震活動である1984年山崎断層の地震(M5.6)及び1995年兵庫県南部地震(M7.3)については別項に述べる。

近畿地方から中国地方東部には、東西主圧力に拠る北西～南東、北東～南西走行の横ズレ断層系が卓越し、発震機構もそれを支持している(5、22)。山崎断層に沿う微小地震活動の数年周期の消長(6、7)、断層破砕帯の降雨レスポンスと中規模地震発生の関連(7)、微小地震活動空白域等(15)も議論され、微小地震活動が小地震、内陸活断層大地震と密接に関連することが示唆された。地震波形の解析から小地震の破壊単位の階層構造も議論された(21)。広域の電磁氣的調査(14、20)から安富断層破砕帯の幅が数100m～数kmと推定され、地下水調査(16、25、28)や地球化学的探査(11、24)から広域の断層構造や地震関連現象が研究された。

地殻変動観測により断層破砕帯が局所的な特異挙動を示すこともわかってきた(23)。これらの総合から、地殻活動が活断層構造に密接に関わっていることが徐々に明らかになってきた。観測研究と並行して、地元自治体や道路公団等への情報提供や市民講演会なども積極的に推進された。

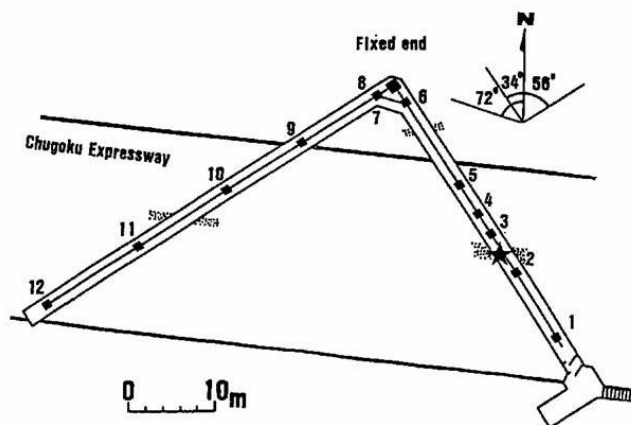


図2：安富観測坑道と伸縮計(数字)、傾斜計(★)

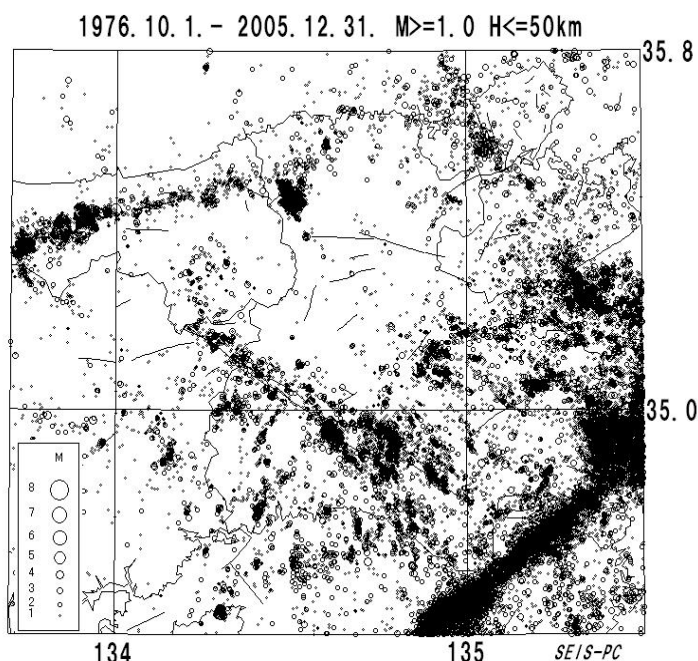


図3：山崎断層を中心とする地域の約30年間の地震活動

2.2.2 1984 年山崎断層の地震に関する結果

「テストフィールド計画」の7年目の1984年5月30日、山崎断層帯の暮坂峠断層を震源とするM5.6地震(姫路で震度4)が発生した。この地震のいわゆる“予知”は出来なかったが、事後の検証から次に述べる幾つかの観測項目に前駆的異常らしき現象が記録されていた(29)。

山崎断層周辺の地震活動は1984年5月の山崎断層の地震発生の約半年前の鳥取県中部の地震(1983年10月、M6.3)の発生以降約7ヶ月にわたって静穏化していた。同時期、断層破碎帯の伸縮変動はそれまでのトレンドから方向を反転し、傾斜変動も年周変動の振幅が約3倍に増大した(23)。これらをやや長期的な前駆変動とすれば、短期的には地震発生の1、2ヶ月前から断層周辺の全磁力勾配や見かけ比抵抗変化に異常が認められた(26)。坑内自然電位差は約40日前から平素と異なる変動を示し、地震発生の約2日前から極端な直前異常値を示し、地震発生後間もなく平常値に戻った(27)。観測坑道や周辺での異常のほか、断層域での水素ガス(24)や塩田温泉水の塩素イオン濃度(25)にも地震に関連する異常変動が記録されていた。このM5.6地震の震央は山崎断層観測室から水平距離約3kmで、震源の深さを考慮しても震源距離約20kmの近距離にあった。条件を整えば、中規模地震でも前兆の変動が捉えられる可能性を示すものであり、断層破碎帯での観測は地震関連現象を増大させるのではないかと考えられた。ただこれらの現象を統一的に説明するメカニズムは未だ不明である。

2.2.3 1995 年兵庫県南部地震に関する結果

テストフィールド計画が終了して7年後の1995年に兵庫県南部地震が発生した。震源となった六甲・淡路島断層帯と山崎断層帯は共役関係にあり、山崎断層観測室は震源から約60km西北に位置している。この内陸大地震

に先立って、山崎断層周辺の地震活動は約1年間低活動となり、地震発生後約1年間にわたって通常の3倍程度に活発化した(34)。また断層破碎帯の地殻変動のトレンドも地震発生の約半年前から加速された(32)。

図4に当該地域の活断層・地震断層と地震活動から地殻をブロック構造にわけて示す。そこにM7以上の歴史地震の震央をプロットした。880年出雲地震の震央は不確かであるが、殆どが地殻ブロック境界に位置し

ていたと考えられる。兵庫県南部地震の震源断層である六甲・淡路島断層帯は山崎断層帯と共役関係にあり、播磨ブロックを囲む境界構造線となっている。兵庫県南部地震に呼応したかのような山崎断層帯の地震活動の消長も、内陸地殻ブロック相互運動が地殻活動に及ぼす影響の大なることを示しているのであろう(34)。

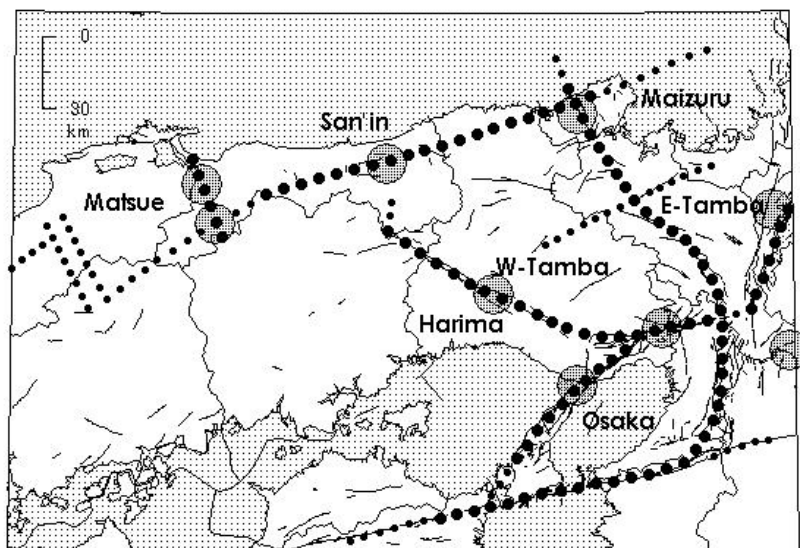


図4：近畿～中国地方東部のブロック構造とM7以上歴史地震

2.2.4 山崎断層観測のまとめ

先に述べた 1983 年鳥取県中部の地震、1984 年山崎断層の地震、1995 年兵庫県南部地震はそれぞれが共役関係にある西南日本の主要内陸活断層（および地震断層）に発生し、それら中・大地震の発生に関して隣り合うブロック境界は互いに呼応したような地震活動の消長を示した(34)。山崎断層域では上記のほか重力探査(33)、GPS サーベイ、電磁波探査、岩石密度(35)の測定等も実施された。

これらを総括した結果、①内陸大地震は活断層に関わるものが多く、②活断層と地震活動帯の多くは対応していて内陸地殻をブロックに分ける境界をなし、③その境界ゾーンに地殻活動関連現象は増幅されて出現するのであろう、と考えた。これらを踏まえた結果、1)地震活動度の詳細な把握が大地震発生等の地殻活動の理解と予測に重要であり、2)ブロック境界である断層域での多項目総合観測が内陸地震発生予測には必要かつ有効であるというのが約 30 年間の経験の帰結と考えている。

3. テストフィールド計画の総括に基づく将来への考察

“地震予知は出来ないので、防災・減災を考えるべきである”と云われる。しかし予知の精度が向上すれば、やはり防災には有効な情報となるであろう。

課題は「社会生活に有効な精度での予測」である。全ての内陸地震が同様の手法や理論で予知できるとは考えられないが、大規模活断層に予想される大地震の幾分かが予知できれば大きな進歩である。可能か不可能かの検討も含め、これは地震学のおおきな課題であろう。

問題となる「時」の予測については、地震研究者の 1 世代が 30 年なのに対し内陸活断層の活動サイクルはおよそ 3 千年と 2 桁大きいので、同一時間軸で見ると成果は得難い。この障壁を乗り越えるためには、まず①「活断層の地震活動度の量的評価法」が重要である。従来、地震活動度は主観に左右される場合が多かったが、客観的かつ定量的に扱う方法が求められている。次に②「活断層的時間スケール」を“人間の時間スケール”に写像するための発想の転換」が必要である。(36)

4. おわりに

山崎断層における 30 余年の経験から、内陸地殻活動を知り内陸地震発生を予測するためには、地震活動をはじめ、地殻活動全般を総合的に把握することが重要という基本的結論を再認識した。また、“自然は現在レベルの教科書どおりには振舞わない”ことも携わった者に教えてくれた。

京大地球物理の伝統は“まず対象を正しく把握する”から始めるとことにある。そこから仮説が生まれ、検証を経て学説となる。そしてそれらは客観的手法で定量的に評価されねばならない。これは科学全般の基本であり、地震学においても最近あらためてそのような機運が感じられることは喜ばしい。加えて、研究者は社会との連携をもっと重視すべきであろう。情報の公開、地震学上の知見の解説などを積極的に発信することが防災・減災の向上に繋がると信じている。

参考文献 (年代順)

1. Hashizume, M., K.Oike and Y.Kishimoto, 1966, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., 15, 3, 35-47.
2. Kishimoto, Y. and M.Hashizume, 1966, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., 16, 1, 41-55.
3. Huzita, K., 1969, J. Geosciences, Osaka City Univ. 12, 5, 3-70.
4. Huzita, K., Y.Kishimoto & K.Shiono, 1973, J. Geosciences, Osaka City Univ., 16, 6, 93-124.

5. Kishimoto, Y. and R.Nishida, 1973, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., 23, 1-25.
6. 尾池和夫, 岸本兆方, 1976, 地震予知研究シンポジウム(1976), 83-90.
7. Oike, K., 1977, J. Phys. Earth, 25, Suppl., S31-S41.
8. 佃 為成, 中村佳重郎, 岸本兆方, 1977, 地震, 第2輯, 30, 151-162.
9. 山崎断層研究グループ代表・岸本兆方, 1978, 京大防災研究所年報, 21B-1, 1-9.
10. 尾池和夫, 中村佳重郎, 1978, 京大防災研究所年報, 21B-1, 11-18.
11. 竹内文朗, 見野和夫, 貞広太郎, 1978, 京大防災研究所年報, 21B-1, 19-26.
12. 宮腰潤一郎, 1978, 京大防災研究所年報, 21B-1, 43-46.
13. 岸本兆方, 1980, 地震予知研究シンポジウム(1980), 133-142.
14. 乗富一雄, 1980, 地震予知研究シンポジウム(1980), 149-154.
15. 尾池和夫, 1980, 地震予知研究シンポジウム(1980), 155-158.
16. 吉岡龍馬, 1980, 地震予知研究シンポジウム(1980), 159-162.
17. 福井謙三, 1981, 地理学評論, 54, 196-213.
18. 尾池和夫, 渡辺邦彦, 中村佳重郎, 谷口慶祐, 岸本兆方, 1981, 京大防災研究所年報, 24B-1, 29-40.
19. 吉野登志男, 行武 毅, 1981, 地震研究所彙報, 56, 603-621.
20. Electromagnetic Research Group for the Active Fault, 1982, J. Geomag. Geoelectr., 103-127.
21. 西上欽也, 佃 為成, 1982, 地震第2輯, 35, 523-537.
22. 西田良平, 1983, 鳥取大学教養部紀要, 17, 209-234.
23. 渡辺邦彦, 尾池和夫, 1985, 京大防災研究所年報, 28B-1, 99-109.
24. 中村裕二, 脇田 宏, 1985, 月刊地球, 7, 1, 27-31.
25. Koizumi, N., R.Yoshioka and Y.Kishimoto, 1985, Geophys. Res. Letters, 12, 510-513.
26. Sumitomo, N. and K.Noritomi, 1986, J. Geomag. Geoelectr., 38, 971-989.
27. Miyakoshi, J., 1986, J. Geomag. Geoelectr., 38, 1015-1030.
28. 小泉尚嗣, 吉岡龍馬, 赤松 信, 西村 進, 岸本兆方, 1986, 京大防災研究所年報, 29B-1, 59-66.
29. 岸本兆方, 1987, 地震予知研究シンポジウム(1987), 101-107.
30. 岡田篤正, 安藤雅孝, 佃 為成, 1987, 地学雑誌, 96, 2, 81-97.
31. 藤森邦夫, 山本剛靖, 大塚成昭, 1996, 京大防災研究所年報, 39B-1, 303-309.
32. 古澤 保, 1996, 阪神大震災—防災研究への取り組み—, 34-42.
33. 竹内文朗, 中村佳重郎, 渡辺邦彦, 松村一男, 2001, 京大防災研究所年報, 44B-1, 177-184.
34. 渡辺邦彦, 2004, 京都大学防災研究所年報, 47B, 665-672.
35. 竹内文朗, 中村佳重郎, 松村一男, 渡辺邦彦, 2005, 京都大学防災研究所年報, 48B, 175-183.
36. Itaba, S. 2005, Doctor Thesis, Fac. of Sci. Kyoto Univ.

跡津川断層と飛騨山脈下の地震活動—初期の観測—

三 雲 健 (1953 年卒)

1. 背景

中部地方北西部の飛騨地方は、東側をわが国最高峰の飛騨山脈、西側を両白山脈で境され、北側は富山平野、南側は美濃山地で囲まれる高地地帯である。この地方は地質学的には主として古生層と中世層、一部は第三紀より第四紀の火山岩より成る。この地域に跡津川断層をはじめ、飛騨断層系と呼ばれる多くの第四紀活断層が存在することはすでに 1912 年頃に指摘されていたが、これら断層系の全体像が明らかになったのは、比較的最近の詳細な地形・地質学的調査（1）によるものであった。この跡津川断層は東北端の立山付近より真川—有峰—太多和—跡津川—高原川—宮川—天生峠—白川へ至る ENE—WSW の走行を持ち延長約 70 km に達する。この断層沿いの地形のずれは中央部の高原川付近で最大約 3 km に達し、明瞭な川の屈曲を見せている。跡津川断層の北方約 6 km にはほぼ平行して走る同程度の長さの牛首・亀谷断層が存在し、さらにこの間には両者を斜めに結ぶように茂住・佑延断層が走っている。またこれらの断層の西南端には、ほぼ直交するように御母衣断層が NWN—SES 方向に伸び、さらにこの南東端より東側に約 10 km の間隔をおいて阿寺断層が南東へ伸び、さらにこの両断層に直交する多数の小断層の存在が認められている。これらの共役断層群は、この地方が第四紀に入ってから以来の長期間 ESE—WNW ないし E-W 方向の強い圧縮力を受けたために生成されたものと考えられている。

一方、飛騨地方の東側に存在する平均標高 2,500 m の飛騨山脈はほぼ南北方向に走るが、この山脈中には北から立山、鷲羽岳、焼岳、乗鞍岳、御岳などの活火山が存在し、このうちのあるものは現在も間歇的な火山活動を継続している。また西側の両白山脈中にも白山、大日岳の 2 つの活火山が存在する。

2. 地震観測の開始

この地方に最初の地球物理系観測所が置かれたのは、1965 年の京大防災研究所付属・上宝地殻変動観測所である。この観測所の本来の目的はこの地方特に跡津川断層に関係する地殻変動を検出することであり、上宝蔵柱観測坑に伸縮計、水管傾斜計、歪地震計などを設置して観測を継続していた。この時期に最初に断層付近に地震計を設置して地震の予備的観測が行われたのは 1971-73 年であり、この周辺で多くの微小地震が発生していることが見出された（2、3）。それまでの 15 年間の気象庁による観測では、この周辺に発生した小地震($M > 3$)は僅かに数個であった。

1976 年には第 3 次地震予知計画によって、この地域の地震活動を把握するため上宝蔵柱のほか、岐阜県天生、富山県楡原に地震観測点を設置してテレメータにより、観測データを観測所に送ることを計画した。この計画については当初、京大内部や国内の微小地震観測グループから、地殻変動観測所が何故地震予知関係予算によって地震観測を行うのかという批判があった。これに対しては上の背景をもとにこの地域の地震観測の重要性について種々説明を重ねた結果、当時の文部省当局は異議を挟まず、結局このための予算が観測所に配当され、これによって上記の観測点設置とデジタル・テレメータ・システムの導入が可能になった（当時のシステムの詳細は(5) 参照）。次いで 1979 年には富山県福光観測点を増設するとともに、名古屋大学との協議により、同大学高山地震観測所の 3 観測点（高山、焼岳、高根）との間でテレメータによるローカル・データ交換を開始し、1980 年 4 月からは 7 観測点によって飛騨地方北部一帯の地震活動状況を把握できることと

なった。さらに 1985 年から始まった第 5 次計画中の「日本海沿岸総合観測研究」によって、石川県七尾、宝立 2 観測点と富山県朝日観測点を増設し、能登半島と富山湾周辺の地震活動もあわせて 10 観測点からのデータが上宝観測所へ搬送され、ここで集中処理されてこの地方一帯の常時地震観測が始められることになった。

3. 初期(～1990)の地震活動観測結果

次にこれらの観測網の完成後に得られた 1980 年 4 月から 1986 年 6 月までの地震活動状況(6、10、14、16) を図 1 に示した。この中にはこの約 6 年間に発生した $1 < M < 5$ の地震 5864 個の震央が含まれる。これらの地震の震源決定には、この地方の平均的地殻速度構造をもとに、非線形最小二乗法が用いられた(6、16)。震源位置の精度は観測網の中心から半径 25 km 以内では水平方向に 1 km、深さ方向で約 2 km 以内、中心から 25～50 km の範囲ではそれぞれ 1.5 km と 3 km 以内であった。

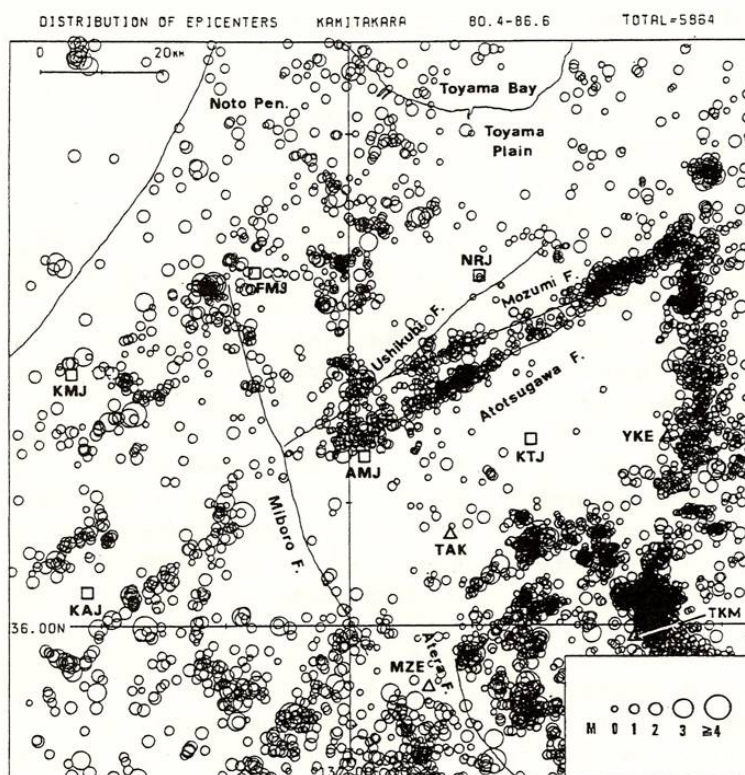


図 1 上宝地震観測網で得られた 1980 年 4 月～1986 年 6 月の地震活動状況。

これらの観測から地震活動パターンは次のような特徴を示すことが明らかになった。先づ跡津川断層沿いには活発な活動が見られるが、その活動は一様ではなく、断層の東部と西部で活発で、中央部の約 22 km の間の活動度は比較的低い。東部の活動は立山付近で飛騨山脈下の活動に連なり、また西部の活動は天生峠から御母衣断層を超え、白山付近まで達している可能性もある。さらにこの北側には牛首断層が走り、この断層西部と跡津川断層の間を斜めに走る茂住・佑延断層沿いにも活動が見られ、これらの活動は時間的にはほぼ定常的である。一方、東側の飛騨山脈に沿っても北部の立山付近から中央部の焼岳—乗鞍岳までの間と、南側の御岳周辺に活発な地震活動が見られる。この活動は定常的ではなく、間歇的な群発活動とこの移動現象が見られるのが特徴である。また高山東方や阿寺断層東方にも活動が見られる。さらに御母衣断層北部や富山平野西部の清水、石動などの活断層周辺にも地震が発生しているが、これらの断層と関係があるかどうかは明らかではない。一方、跡津川断層と飛騨山脈西縁および高山東部の活動域に囲まれる上宝を中心とする

三角地帯では、地震活動は特に低く、この地域の地殻がかなり均質であることを示している。

跡津川断層沿いの地震活動が一樣ではなく、その発生頻度に差が見られることは、この断層の動きによって発生したと思われる 1858 年の安政飛越地震(M7.0)の影響を受けていることが考えられる。この地震の際、この断層のほぼ全体が動いたと思われることは、断層に沿う当時の被害調査(7)や、断層の東部と西部で行われた古地磁気学的調査と年代測定 (12、13)、さらには 1982 年に断層西部の宮川村野首で行われた断層トレンチ掘削調査(11)の結果からほぼ明らかである。この地震時の断層変位を示すデータはないが、これが一樣でなかったために、地震後の応力分布も一樣でなく、これが現在の地震活動のパターンに影響している可能性が考えられる。また別の理由として、国土地理院による測地測量(1990)により、中央部では年間 2 mm 程度のクリープが見出されたことから、これがここでの地震の活動度に影響している可能性も考えられる。

一方、これらの地震発生の深さの下限は、跡津川断層中央部の下では約 15 km、断層西端の天生付近で約 10 km、東端の黒部付近で約 8-10 km と両端で浅くなっており、これが断層面の深さを示すものと解釈されている。またこの深さ分布は地表面にほとんど垂直か、断層の西端付近ではやや西北側に傾斜しており、これがこの付近の断層面の傾斜を示すものかも知れない。これに対して、飛驒山脈下では地震発生の下限は 8 km 程度である。地殻中で地震が発生する深さの下限は地殻内の熱流量にしたがって温度分布に関係することは早くから指摘されており(4、9)、ある深さで岩石が脆性的性質から塑性的性質へ移行するためと考えられる。飛驒山脈には先に述べたように、いくつかの活火山が存在するため他の地域に比べて高温と考えられ、このため地震発生の下限が浅いと思われる(19)。

このことはこの地域で行われた 3 次元速度構造の研究によっても支持される。高精度の地震観測データのインバージョンによる広域の地殻・上部マントル構造の研究では、飛驒地域は周辺地域に比べてやや低速度で、飛驒山脈を含む地域の地殻部分の P 波の平均速度は 3.5~7 %程度小さく、上部マントルでは3~4 %の低速度層が約 150 km の深さまで入り込んでいることが示された(18)。次いでこの地域の上部地殻の 3 次元構造をさらに詳しく調べるために、上宝観測網 8 点、北陸観測網 2 点、名古屋大学高山観測網 4 点、東大地震研・信越観測網 2 点の合計 16 観測点で観測された 204 個の地震による約 2、200 個の P 波走時の同時インバージョンが行われた(17、21)。この結果、飛驒山脈の西縁付近から跡津川—牛首断層の西端付近までは P 波速度 6.0~6.2 km/s の硬い層が少なくとも深さ 12 km 程度まで存在すること、飛驒山脈中軸部と西南端付近では上部から約 10 km の深さまで 5.6~5.8 km/s のかなり遅い速度層が存在し、火山活動による高温状態を示唆するとともに、白山を含む西部の両白山脈の上部地殻も同様に低速度層に覆われていることなどが明らかになった。

一方、この期間中に上の地域に発生した M>3 の主要な地震のメカニズムは、跡津川断層沿いでは右横ずれ型が卓越し、この断層のすべり方向と調和的であるが、牛首、御母衣断層北部には逆断層型の地震も発生している。また飛驒山脈下に発生した地震の多くは、御岳周辺の地震も含めて、横ずれ型メカニズムが卓越し、阿寺断層北部東側の地震も同様なメカニズムを示している。これらの地震を発生させた最大主応力は ESE-WNW 方向にあるが(14,16)、このパターンはこの時点までに行われた過去約 80 年間の三角測量の結果 (15) と整合的であり、最近の広域 GPS 観測からも支持される。この事実は飛驒地方が第四紀の長期間に亘ってこの方向のストレスを受けてきたことを示し、早くから考えられて来た(8)ように、太平洋プレートの沈み込みに起因するところが大きいと思われる。

4. その後

跡津川断層周辺と飛驒山脈を含む飛驒地方一帯の地震活動の観測はその後にも継続され、2000 年以後は Hi-net 観測点を含む観測データが京大防災研 (宇治) と気象庁へも送られて集中解析され、精度の良い結果が得られている (20、22、25)。また飛驒山脈の立山の下では深さ 20 km 付近で

低周波地震が観測されるなどの新しい発見もあった(23)。跡津川断層を含むこれらの地域は、大局的には新潟—神戸を結ぶ一定の幅を持ったベルト上にあり、地震活動や地殻変動が特に活発な地帯として、最近では“歪集中帯”と呼ばれて注目されるようになった。2004年から2008年まで跡津川断層を中心とする地域では、さらにGPS観測(26、27)や多点合同地震観測(28)はじめ多くの研究機関による総合的調査研究が行われた。これらの新しい観測結果については、最近の“Geodynamics of Atotsugawa Fault System”(29)にまとめられている。

参考文献 (年代順)

- (1) 松田時彦, 1966, 地震研究所彙報, 44, 1179-1212.
- (2) 和田博夫, 岸本兆方, 1974, 地震II, 27, 1-9.
- (3) 和田博夫, 1975, 地震II, 28, 113-124.
- (4) 小林洋二, 1976, 地震予知シンポジウム特集, 184-193.
- (5) 上宝地殻変動観測所・地震予知計測部門, 京大防災研年報, 1978, 21B-1, 118-135.
- (6) 和田博夫, 三雲健, 小泉誠, 1979, 地震II, 32, 281-291.
- (7) 宇佐美龍夫, 東大地震研究所, 東大史料編纂所, 京大防災研究所・上宝地殻変動観測所, 1979, 地震予知連絡会報, 21, 115-119.
- (8) Huzita, K., 1980, Mem. Geol. Soc., Japan, 18, 129-153.
- (9) Sibson, R.H., 1982, Bull. Seism. Soc. Am., 72, 151-163.
- (10) 三雲健, 和田博夫, 1983, 月刊地球, Vol. 5, 325-334.
- (11) 跡津川断層発掘研究グループ, 1983, 月刊地球 Vol. 5, 335-340.
- (12) 酒井英男, 広岡公夫, 月刊地球, 1983, Vol. 5, 394-398.
- (13) 竹内章, 酒井英男, 1985, 活断層研究 1, 67-74.
- (14) 三雲健, 小泉誠, 和田博夫, 1985, 地震II, 38, 25-40.
- (15) 橋本学, 多田堯, 1986, 地震学会講演, A28.
- (16) Mikumo, T., H. Wada, and M. Koizumi, 1988, Tectonophysics, 147, 95-119.
- (17) 三雲健, 平原和朗, 竹内文朗, 和田博夫, 佃為成, 藤井巖, 西上欽也, 1989, 月刊地球, Vol. 11, No.2, 90-96.
- (18) Hirahara, K., A. Ikami, M. Ishida, and T. Mikumo, 1989, Tectonophysics, 163, 63-73.
- (19) Ito, K., 1989, Tectonophysics, 217, 11-21.
- (20) 和田博夫, 伊藤潔, 1995, 京大防災研年報, 38B-2, 235-250.
- (21) Mikumo, T., K. Hirahara, F. Takeuchi, H. Wada, T. Tsukuda, I. Fujii, and K. Nishigami, 1995, J. Phys. Earth, 43, 59-78.
- (22) 和田博夫, 伊藤潔, 大見士郎, 小泉誠, 平野憲男, 2001, 京大防災研年報, 44B-1, 229-236.
- (23) 大見士郎, 和田博夫, 伊藤潔, 2001, 地震II, 54, 415-420.
- (24) 和田博夫, 伊藤潔, 大見士郎, 平野憲男, 小泉誠, 2002, 京大防災研年報, 45B, 555-559.
- (25) Ito, K. and H. Wada, 2002, Balkema Publication, Tokyo, 222-243,
- (26) Hirahara, K., Y. Ooi, M. Ando, Y. Hoso, Y. Wada, and T. Ohkura, 2003, Geophys. Res. Lett., 30, 8012, doi:1029/2002GL015035.
- (27) Hirahara, K., M. Ohzono, T. Sagiya, Y. Hoso, Y. Wada, and M. Ando, 2007, in *Geodynamics of Atotsugawa Fault System* (ed. by M. Ando), 25-44.
- (28) Ito, K., H. Wada, S. Ohmi, N. Hirano, and T. Ueno, 2007, in *Geodynamics of Atotsugawa Fault System* (ed. by M. Ando), 45-63.
- (29) Ando, M., *Geodynamics of Atotsugawa Fault System*, 2007, 186pp., TERRAPUB, Japan.

阿武山における地震学研究：

阿武山地震観測所の思い出と人々

島田充彦（1961 年卒）

1. はじめに

阿武山地震観測所は、京都市の発展に伴い本部構内にあった地球物理学教室での精密地震観測に支障をきたすようになり、移転先として 1930 年に高槻市（当時は大阪府三島郡）の標高 281 m の阿武山の中腹（標高 200 m）に、原奨学金を基に建設された。これは、志田 順によって作られた、1923 年の別府の地球物理学研究所¹、1928 年の阿蘇の火山研究所²に引き続く 3 番目で最後の建物であった。また、京都のキャンパスから比較的近いこともあり、多くの地球物理学関係者が行き来していたようである。1954 年にはこの観測所は理学部附属の研究施設となった（1990 年改組により防災研究所附属地震予知研究センター阿武山観測所となる、以後「阿武山」と略す）。

後年、私は、C.F. Gauß (1777-1855)や E.J. Wiechert (1861-1928)で有名な Göttingen 大学の地球物理学教室を訪問したことがあった。そこはメインキャンパスから離れて標高 200 m 程度で麓から 100 m 位高い丘の上にあり、阿武山と非常によく似た環境にあり、あたかもそれを知って阿武山を選んだのではないかと思うぐらいであった。また、両方とも樹間に白い塔があり、第 2 次大戦中爆撃を受けなかったのも、夫々に秘話があるのだろう。

2011 年現在、阿武山は 81 年を経過している。私は 1960 年から、阿武山に係わっていたので、その経過の半分以上を知っていることになる。最初の 30 年のことについても、聞いていることなどを思い出しながら、阿武山の思い出と、人々を回想したい。

2. 1960 年頃の阿武山

私は、1960 年に 4 回生として地球物理に分属し、第 4 講座応用地球物理学を希望し、佐々憲三教授の部屋へお伺いした。やりたいことなどを話したところ、直ちに、たまたま教室におられた三木晴男先生のところに行き、阿武山に配属されることとなった。

当時、地球物理学教室（数学教室との同居建物）に阿武山分室があり、そこで机を貰いゼミや勉強をし（4 回生の 1 年間）、講義などのない週の半分ぐらいは高槻の阿武山へ行って松島昭吾先生から高圧実験を教えてもらうことになった³。分室には教養部の助手をされていた平野勇さんがおられ地球内部構造論の理論的研究をされていた（後に阿武山で微小地震の研究をされるようになった）。何もわからない 4 回生にとって、分室での平野さんとの公私に亘るご指導は、私の以後に大きく影響した（私がカナダ留学中の 1982 年にお亡くなりになるまで）。ゼミでは三木先生、松島先生と平野さんに指導していただき、卒論は熱力学的考察によるマンツルの化学組成の計算であった。

阿武山には、研究者には三木先生を初め、岡野健之助さん、松島昭吾さん、和田卓彦さん、大学院生の渡辺晃さんがおられた。技官・技能員などには環境全般担当の斎田治三郎さん、その息子の観測・工場・自動車運転担当の斎田市三さん、観測と事務担当の北村俊吉さん、観測担当の伊藤勝祥さん、食事・清掃担当の廣澤寿栄さんがおられた。これらの人々は、必ずしもすべて、阿武山所属の職員ではなく、ある人は地球物理学教室所属であったり、ある人は防災研究所所属だったりしていた。そこでの研究課題は、三木先生、和田さんと平野さんが、地球内部構造論の理論的研究（三

木先生の研究は1950年代に画期的に行われてこの時期にはすでに終わっていて、漸次微小地震観測に移行していた)、岡野さんと渡辺さんが地震観測に基づく研究、そして松島さんが高圧実験による地球内部と地震発生機構の研究をされていた。

阿武山には宿泊できる部屋が多くあり、当時、松島さん、和田さん、渡辺さんと技官の伊藤さんが住みこんでいた。三木先生や岡野さんも住み込んでおられたが少し前に下りられたとのことであった。岡野先生は週2日泊まられていた。私は家が京都であったので、住み込まずに通うことになった。後に入ってきた学生たちの多くも住み込んでいた。各々、結婚、人事異動や就職などで下りて行かれたが、入れ替わり多くの人々が住み込んでいた。これは、改組まで続いていた。佐々先生、三木先生、岡野先生などはご家族で住んでおられた。佐々先生の長男で後に京大の資源工学教室の教授になられた宏一さん、次男で防災研究所の教授になられた恭二さんに会々と、子供のころの阿武山を懐かしそうに話をされた。また、阿武山には、以前におられ、あるいは住んでおられた先生方の公私の荷物が残されていた。志田先生を始め、佐々先生、西村英一先生、一戸時雄先生、久保寺章先生のものなどである。

阿武山では以前には松茸がよく取れたという話を聞いたが、私はその恩恵にあずかったことはない。しかし、枇杷の樹がたくさんあり、初夏になるとその実をたくさん貰った。多分一番美味しい実がつく樹があって、佐々先生の枇杷の樹と呼ばれていた。ある時、宿直明けに京都のキャンパスに行くとき、斎田治三郎さんが、その実をみかん箱一杯に詰めて佐々先生に持っていくので一緒に運んで欲しいと頼まれた。国鉄と市電かバスで大学まで行ったのだが、途中どの車中かは忘れたが、蟻がぞろぞろ出てきて2人でどうしようかと困ったことがあった。やはりよほど美味しい実だったのだろう。

3. 阿武山分室と第4講座雑誌会

当時第4講座の雑誌会が週1回佐々教授室で行われていて、阿武山、防災研究所、遠隔地の観測所や他の大学から関連の人々が集まってこられた。教室には、佐々先生をはじめ、小澤泉夫先生、島通保先生、神村三郎さん、狐崎長琅さんがおられた。教室に机のない人々は、雑誌会の始まる前や終わってからのたまり場として阿武山分室に来られた。雑誌会以外でも大学に来られると分室に来られることが多かった。吉川宗治先生、高田理夫先生、久保寺章先生、吉川圭三先生、中野正吉さん等々。分室では阿武山以外の諸先輩の話を聞く機会であり、また社交場の雰囲気もあった。研究や観測の話が多かったが、時にはリクレーションの計画なども行われた。例えば、分室の隣には島さんがおられ、分室の平野さんとよく話されていて、ハイキングにお付き合いしたこともあった。1962年頃から分室には、三木先生の秘書を兼ねて女性の事務員や事務補佐員が勤務されるようになった。初代の分室勤務女性の河合芙美子さんを誘って、吉川宗治先生、松島先生、平野さんと福井のスキー場へスキーに行ったり、和田さんとテントを担いで剣岳へ行ったりもした。

雑誌会では、岡野先生がブロマイドの脈動の記録の巻物をくるくると回して目的の記録を見せておられたり、久保寺先生が、始まるとともに煙草に火を付け、その後終わるまで1本のマッチも使わずチエン喫煙をされていたのが印象に残っている。

雑誌会は、学生1人、教員1~2人が当番であった。当時、学生は狐崎さん、渡辺晃さん、江頭庸夫さんと山崎純一さんと私だったが、狐崎さんと渡辺さんが助手になられ、江頭さんが南極に行かれ、山崎さんが病気で療養され、学生が私1人になった時期があった。毎週当番になり、手当たり次第論文を読んで理解不十分ながらも紹介しなければならなくなり大変だったことも思い出される。

4. 宿直と定常観測

阿武山では教官と学生が宿直で順番に泊まり込むことになっていて、私が入って6人で、岡野さんが2日泊まられているので、曜日指定の宿直当番がきめられた。私は、土曜日の当番になった。その後、土曜日、日曜日と祭日は別輪番制になった。この宿直制度は、観測機器の記録方式の数日継続可能に変更されるまで続いた（防災研究所への改組後まで）。宿直の業務は、地震計の見回りと気象観測である。

阿武山の地震観測は、開所当時設置された Wiechert 地震計（振子質量 1,000 kg）で始められた。その設置は地球物理学教室関係者の多くが関わったようである⁴。斎田治三郎さんや地球物理工場の森本喜一郎さんなどからその苦労話を聞いた。この地震計の手に負えないトラブル時には、京都から森本さんが駆け付けてくれていた。その後増設され、1960 年頃には各種倍率の 18 台の地震計が作動していた：Press-Ewing 型長周期地震計（800 倍上下成分、600 倍水平 2 成分、いずれも周期 15.0 s、ブロマイト記録）；短周期電磁式地震計（上下成分、水平 2 成分、いずれも 20,000 倍、周期 0.81 s、フィルム記録）；短周期電子式地震計（上下成分、水平 2 成分、いずれも 65,000 倍、周期 1.00 s、煤書き記録）；短周期電子式地震計（上下成分、30,000 倍、周期 0.74 s、煤書き記録）；Wiechert 地震計（150 倍、周期 4.7 s の上下成分と 170 倍、周期 10.0 s の水平 2 成分、煤書き記録）；佐々式強震計（上下成分、周期 2.8 s、水平 2 成分、周期 6.0 s、いずれも 15 倍、煤書き記録）；佐々式大震計（1.1 倍水平 2 成分、周期 25.0 s、煤書き記録）。その後、これらの地震計は改良され、高感度のものは地下壕に移され、また、煤書き記録はインク書きに、さらに等価性能を持つデジタル方式に移行された⁵。Wiechert 地震計による観測も 1992 年頃には中止された。Wiechert のお膝元の Göttingen ではいまだに煤書きの記録を取っている。

宿直時には、これらの地震計が正常に作動しているかをチェックするのであるが、特に、Press-Ewing 型地震計は暗室にあり光学式挺子で拡大記録されていて、その光路が正常に記録面に入っているかのチェックに苦労した。おかしいと思うと、いろいろといじくるのであるが、翌朝技官がチェックしていられぬことをしていたことも多かった。また、Wiechert 地震計は、地震が起これば振子があらぬところに動いてしまいそれを小さい質量の錘を載せて調節することも多くあった。

地震が起これば、よく新聞社から電話がかかってきた。宿直時には、地震計室へ走って行って、上記の種々の地震計から上下動と水平動 2 成分の初動の向きと、S-P 時間を読み取り震源を推定して伝えるのであるが、自信を持って決めることは少なく、翌日に皆が出てくるまではひやひやであった。その後、気象庁の地震観測網が整備されたので、詳しくは気象庁へと回すようになった。

阿武山では、上記地震計による読み取り結果を半年ごとに Seismological Bulletin、ABUYAMA として出版していた。技官らが読み取った結果を、順番に教官、院生が校正することになっていた。私も数回その当番に当たった。読み取りと原地震記象をつきあわせチェックし、さらに USCGS の速報の震央などを備考につけていた。ある当番のときに、観測史上 2、3 番目に大きい 1964 年アラスカ地震（当時まだモーメントマグニチュード M_w は提唱されておらず $M_s 8.5$ だったが、その後 $M_w 9.2$ となった、2 番か 3 番かは 2004 年スマトラ沖地震を $M_w 9.1$ か 9.3 とするかによる）とその余震が含まれていて非常に多くの地震があり、その震央 Prince William Sound を毎日書いていた記憶があり、忘れられない地名である。

また、阿武山では上記地震観測以外に気象観測も行っていた。中庭の百葉箱、地中温度と蒸発量、雨量計、Wiechert 地震計室の水銀気圧計、本館 3 階屋上の日照計と、塔の最上階にある風向風力計である。当番のときは夕食で住み込んでいる人たちと酒盛りをすることがあり、そのあとで小さな足継ぎ台の上で水銀気圧計の副尺を合わすのや、30 m の塔の最上階まで登り風向風力計用紙を取り換えるのに苦労した覚えがある。

5. 極微小地震臨時観測

私は、ほとんど地震観測の仕事はしなかったが、時々手伝いに駆り出されることがあった。極微小地震研究グループの第1回合同観測が、濃尾地震（1891年 M8.0）の余震域の岐阜県根尾谷周辺で1963年夏に全国の大学が参加して約1ヵ月間行われた。阿武山では渡辺さんをチーフとしてそれに参加し、その手伝いに当時院生であった竹内昌三郎君と共に加わった。当時の臨時観測は、重いテープレコーダーでのオープンリール上への記録と自炊であった。毎日の食事と、記録の再生が日課であった。他に、私には震源決定のプログラムを作ることが課せられていた。当時、京大にも電子計算機が導入され（KDC-1）、三木先生や平野さんとその講習を受けていた。その方式は機械語でプログラムを書くもので結構ややこしいものであった。三木先生からはそのプログラムの催促の葉書が来たこともあった。そのプログラムは多点観測点からの均質半無限媒体を仮定した震源決定で、当時も今もそれで震源が正しく決まることはないのが常識である。それでも、三木先生は初めて震源決定に電子計算機を導入された先駆者の1人であった。

この時期前から、三木先生や岡野先生などにより、近畿地方の精密地震観測点を探すために微動観測調査が行われていた。極微小地震観測に呼応して、それらの数か所に臨時観測点を設けて、地震観測を全員動員して行われた。微小地震観測の始まりであった⁶。

6. おわりに

以上、主として先輩たちについて書いたが、多くの優秀なあるいはユニークな後輩たちも阿武山にいたが、紙面の都合により割愛する。研究活動以外で、阿武山で忘れられないことは、阿武山の敷地の横の他大学のグラウンドで昼休みにソフトボールをしたことや、卓球がはやり、対外試合なども行い、三木先生に観測所長杯を作って貰ったこともあった。また、春には毎年晴雨にかかわらず花見の昼食会が行われた。この花見は現在も有志で引き続いている。

（文献）

1. 由佐悠紀、2010、京大地球物理学研究の百年（Ⅱ）、33-36.
2. 須藤靖明、2010、京大地球物理学研究の百年（Ⅰ）、13-16.
3. 島田充彦、2010、京大地球物理学研究の百年（Ⅰ）、8-12.
4. 竹本修三、2010、京大地球物理学研究の百年（Ⅱ）、123-128.
5. 梅田康弘、2011、京大地球物理学研究の百年（Ⅲ）（本集録）、41-46.
6. 伊藤 潔、2011、京大地球物理学研究の百年（Ⅲ）（本集録）、47-53.

阿武山における地震学研究：

阿武山における地震観測

梅田康弘（産業技術総合研究所）

1. 最初の地震計

阿武山で本格的な地震観測が始まったのは、観測所開所2年後の1932年（昭和7年）で、最初に稼働したのはウィーヘルト地震計だった。水平動は固有周期10秒、倍率170倍で、重さ1000kgの振子を下部の支点が支える倒立振子になっている。支点は自在継手のような構造で、ひとつの振子で東西方向と南北方向のふたつの地動を記録する。

上下動の固有周期は4.7秒、150倍である。鉄の箱に銑鉄を入れて重さ1300kgの振子を構成し、前4本、後ろ4本の計8本の太いつるまきバネで吊るしている。機械式地震計の周期を長くするためには振子の復元力を小さくする必要があるが、振子を吊り下げている8本のバネとは別に小さなつるまきバネがあり、前者の復元力を小さくするように両者のバネが梘子で連結されている。また温度変化による記録のずれを補償するため、振子を吊っているバネとは熱膨張の違った亜鉛棒を用い、温度変化に対して逆センスに作用するように、つるまきバネと梘子で連結している。ウィーヘルト地震計の構造については立花健二・他に詳しい。

上下・水平とも制振器（ダンパー）はピストン・シリンダーを利用した空気ダンパーだが、調節は非常に難しい。振子そのものの地面に対する倍率は1倍であるが、梘子による拡大機構によって前記の倍率を得ている。この倍率を得ようとすれば、拡大装置の摩擦に打ち勝つばかりか、それを無視できるほどの慣性がなくてはならない。そのため振り子の重量が1トンにもなっている。

記録は煤書き方式と呼ばれ、長さ180cm、幅20cmの白紙の両端を糊つけし、リング状にした後、石油ランプから出る煤を掛けたものを用いる。後には石油ランプからプロパンバスに変わった。記録紙を地震計の前面にある円筒状の駆動装置にセットすると、1分間に4cmの速さで記録紙が送られる。セットされた記録紙の上に描針（記録ペン）を降ろすと記録開始となる。描針を降ろした時刻を、年月日と共に手書きで記入する。1分間くらいゼロ線を描かせた後、振子を僅かに動かして、記録紙上の振幅が3cm～5cmになるようにダンピング記録を描かせる。これによって地震計の周期と周波数特性を知ることができる。

記録紙の駆動には地震計本体の横に設けられた錘の位置のエネルギーを利用している。すなわちこの錘を人力で1日1回巻き上げ、それがゆっくり下がっていくことによって記録紙が送られるという仕組みである。一定の送り速度を得るため機械式の時計機構がついている。電気は使われていない。

この地震計は倍率と周期において当時としては画期的な地震計だったようで、世界中に広まった。ただ有感地震の多い日本ではこの地震計を安定して可動させるには、なかなか難しく、人の手も相当かかった。阿武山でも震度1か2の有感地震があると、拡大装置のアームがピボットから外れていた。少しゆれが大きいと振子が傾いてストッパーに寄り掛ってしまう。その場合には1辺が1cmから4cmほどの、いろいろな重さの鉛の板が予め用意されていて、それを傾いた方向とは反対側に置いてバランスを取るようになっていた。あるいは傾いた側にすでに鉛板が置いてあれば、それを取り去るなどして振子を中心に持ってくるようになっていた。東西・南北ふたつの成分を同時に中心に持ってくるためには、鉛板を置く位置や重さを変えながら試行錯誤で作業をしていた。昼は技術職

員の北村俊吉さんや中川渥さんが手際良く調整をやっておられたが、宿直の時は大学院生も加わって、地震計の前と横から数人がかりでバランスを取っていた。

さらに大きな揺れがあると、拡大装置が壊れたり空気ダンパーのピストンとシリンダーが擦れるなどの故障が生じた。こんな時は地球物理教室の工場から森本喜一郎さんや多中勝美さん達に来てもらって修理していただいた。振子を支えているバネが損傷するなど、大きな修理の時のため、水平動の振子の下には木枠が組んである。通常はどうぜん振子と木枠は離れているが、作業の時はその間に木の楔を挿入して振子を木枠で支える。そして板ばねなどの交換を行うようになっている。いちど森本さん達が分解しておられたが、地震で板バネが折れたということは無かったと思う。組み立て図面は地震計室の壁に貼ってある。

ウィーヘルト (Emil Wiechert (1861-1928)) はこの地震計を製作するにあたって、設計図というか設計に至るまでの下書きを 4 冊ばかりのノートに記している。このノートはゲッティンゲン地球物理学研究所に保管されている。阿武山のウィーヘルト地震計は 1928 年 (昭和 3 年) に、イリス商会を通じて購入されている。当時の物品管理票によれば水平動が¥4,000 円、上下動は¥4,950 円とある。日銀の企業物価指数によれば昭和のはじめと平成 23 年の貨幣価値の比は 700 倍だそうだから、現在の価格にすると水平動は 280 万円、上下動は 347 万円だろうか。

阿武山に残されている最初の記録は 1929 年 1 月 2 日の水平 2 成分である。3 月には 3 成分の記録があるので上下動も組み立てられたようだ。しかしテスト観測だったのか、あるいは建物の建設が遅れたためか、翌年もその次の年もほとんど記録は無く、連続的に記録が残されるのは最初に述べたように 1932 年 1 月からである。

2. 強震計

ウィーヘルト地震計による観測が開始されてから 3 年ほど後の 1934 年 12 月に倍率 5 倍の地震計による観測が開始された。この地震計による観測は 1954 年 7 月まで 20 年近く続けられた。ウィーヘルト地震計のように当時としては高い倍率の地震計記録は毎日記録紙を保存したが、低倍率の強震計記録は地震の記録が無い場合は、記録紙の煤を刷毛で払って白紙に戻し、と言っても少しは黒ずんではいるが、紙を再利用していた。それでもこの地震計による記録は 2000 枚あまり残されており、その中には 1943 年鳥取地震 (M7.2) や 1948 年福井地震 (M7.1) の記録が含まれている。この地震計は現存しないのでどんな地震計だったのかは分からない。

5 倍強震計の記録がなくなって約 1 年半後の 1956 年 1 月から、現存する 15 倍の強震計が稼働する。この地震計は上から吊された振子と、倒立振子のふたつの振子が薄い板バネで連結されている。連結部分を横から見ると、たすきを掛けたようになっているので「たすき掛け」あるいは「たすき掛け連成振子」と呼ばれている。ふたつの振子を連結することによって他成分の影響を打ち消すことができる。強震動のように他成分が無視できない場合には有効である。連成振子にしても周期を伸ばす効果は無いが、単一振子で周期を伸ばした場合より安定しているという利点がある。阿武山に設置されているのは「松沢式連成振子」で、国産と思われる。

3. 佐々式大震計

地下室の 1 室を占める大型の地震計で 1936 年 6 月から観測が始まった。支柱の高さ 2.5m、振子を支えるアームの長さも 1.7m ある。水平 2 成分のみで上下動は無い。記録紙を 1 箇所にとめるため、東西成分をアームで南北成分のところに寄せている。振子の重心位置で倍率は 1 倍だが、描針を伸ばしているのが 1.1 倍となっている。安定した長周期地震計で、固有周期は 24 秒から 27 秒ある。

記録方式はウィーヘルトや強震計と同様、煤書きである。倍率が低く地震記録はめったに得られないが、長周期であるため 1960 年チリ地震など遠方の巨大地震を記録している。1943 年鳥取地震や 1948 年福井地震も振り切れることなく完全に記録した。残念ながら 1944 年東南海地震は欠測であった。1946 年南海地震の時は、記録紙はセットされていたが駆動装置が停止したままで、直線記録しか得られていない。

どの地震計の記録紙も当時は 1 日に 1 回交換していた。まず描針をあげ、回転ドラムを駆動部（モーターのギア）から外す。地震の記録が無いかどうか確認し、小さな波形記録でもあった場合は日時、観測所名を、煤の上からたいていマッチの軸で書いていた。ドラムに巻き付けられた煤書き記録紙をナイフで切る。クリップで両端を挟み、ゆっくり何にも触れないようニス付け室に運ぶ。煤書き記録は何かに触れたら消えてなくなるので細心の注意が必要である。定着用ニスはワニスを工業用アルコールで溶解したもので、これを予め大きな樋の形をしたニス皿に入れておき、そこに煤紙を通して記録を定着させる。

記録紙交換にはこのような作業があったので、大震計のように稀に地震記録があると、大地震の貴重な記録ゆえに、記録紙の交換は非常に緊張した。この地震計が地震を記録したのを初めて見たのは 1968 年 4 月 1 日 09 時 42 分に起こった日向灘地震（M7.5）だった。この地震計の記録交換を担当しておられた北村俊吉さんは前日の 3 月 31 日に定年退職され、その夜、阿武山に泊っていたのは黒磯章夫さんと高知大学から来られていた木村昌三さんと私の 3 人だった。誰かが記録紙を交換しなければならない。貴重な記録を傷つけたらと、木村さんと私は記録紙交換を躊躇していた。そこへ学年で 1 年上の黒磯さんが地下室へ降りてきて、さっさと記録紙を交換された。度胸のよさに感服した。

この地震計を作成したのは、阿武山 2 代目の所長佐々憲三先生で、その名が冠されているが、元々の設計は初代所長の志田順先生だったようだ。志田先生は 1925 年頃、地球の自由振動を観測するための地震計の机上設計の論文を書いている。三木晴男先生によれば、1883 年クラカトア火山の大爆発の際、噴火が 1 時間間隔で継続したことに、地球の自由振動の観測を思い立ったようだ（三木晴男、1981）。志田の論文には図面は無く文章のみだったが、地震計の寸法は支柱、アームの長さ共に 2m と、現存する佐々式大震計とほぼ同じである。これを電磁式にして検流計に接続する計画で、検流計の高さも 2m ほどだった。志田の論文は私の手元にはないが、Ben-Menahem（1995）の地震学レビューによると地震計の周期が 180 秒、検流計のそれは 1、200 秒（！）とある。しかしこの長周期高感度地震観測システムを稼働させるためには、温度の安定した地下観測壕が必要不可欠と、志田の論文の最後に記述してあった。

おそらくこの地下観測壕が観測所建物の西端（ガレージの北側）から掘削された横坑と思われる。横坑は観測所の裏の小高い部分の直下をめぐって掘り進められたそうで、林一（はやしはじめ、2002）さんによると、掘削工事は出来高払いで、林さんは掘りだした土の重さを測っていたそうだ。横坑がある程度掘り進められたところで、到達予定の建物裏の小高い所からも縦穴を掘削し始めたそうだ。そこで石瓦に当たったという。その下には漆塗りの木棺があり、中に金糸があったことから貴人の墓と呼ばれているが、藤原鎌足の墓という説もある。志田は埋葬物を写真だけでなくレントゲン写真も撮っている。当時としては先進的である。レントゲン撮影装置は島津製作所製だったそうで、ガラスの乾板だった。木棺は宮内庁の指示によって元に埋め戻されたそうだ。現在はその周辺一帯（古墳）が環境庁の所管となり整備されている。

4. 電磁式地震計

佐々式大震計が観測開始した同じ年にガリツイン地震計による観測が始まっている。ガリツイン（Boris Galitzin、1862-1916）はウィーヘルトの 1 年後に生まれているのでほとんど同じ時期に地震

計の開発をめざしていたことになる。ガリツイン地震計はウィーヘルト地震計の6年後の1910年に世にでているが、おそらく最初の電磁式地震計だと思われる。

阿武山にある物品管理票によれば、納入業者はCambridgeで、1式(3成分) 価格 ¥8,376 円となっている。ウィーヘルト地震計(3成分価格¥8,950 円)とほぼ同じ値段である。地震計には「The Cambridge and Paul Institute England Co. Ltd」という名盤が貼ってあるので、そこから直接購入したらしい。ただ、購入日は大正12年7月15日となっていて、上賀茂の番号が付いている。後に阿武山に移したようだ。地震計を封入する銅板製ケースは地球物理学教室の工作室で造られており、材料費(銅板)の金額は3成分合計で¥490 円、大正13年教室生産となっている。

阿武山では1967年まで使われていたが同年7月には次世代の電磁式地震計、プレス・ユーイング型地震計に変わった。ちょうど私が阿武山に大学院生として行った翌年で、岡野健之助先生の指導のもとで1年上の三波俊夫さんが組み立てと設置をしておられた。そういうわけで私はガリツイン地震計を扱ったことはない。上下動は阿武山地下室の西端(台所の下)に設置されていた。水平動は裏山に掘られた深さ3mほどの縦穴に設置されていたそう。その後、ガリツイン地震計は伊藤勝祥さんや浅田照行さんによって、展示のため透明プラスチックケースに入れられ、現在は地下室に置いてある。

三波さんが福岡教育大学へ赴任された後は、私がプレス・ユーイング地震計の保守をするようになった。この地震計の上下動1台はアメリカから輸入されたものだったが、水平動は伊勢屋機械製作所で作られたものだった。水平動はガリツイン地震計と同様に裏山の縦穴に、上下動は地下室の西端に設置し、東隣の暗室で記録していた。上下・水平共地震計の周期は15秒、検流計(ガルバノメータ)の固有周期は120秒と決められていた。電磁式地震計から出力される起電力によって検流計のコイルが回転する仕組みだが、復元力を小さくして周期120秒を得るために、コイルを吊っている銅線は非常に細いものだった。検流計は理化学研究所で作られていたが、最も細い銅線を、さらに指に粉をつけて削って細くし、周期120秒にしたという話を聞いた。この細い銅線に直径6mm程の薄い鏡が付いており、これに光源ランプからの光をあて、反射光をブロマイド紙に記録していた。日常の観測は技術職員の伊藤勝祥さんがされていた。検流計は不安定で反射光(イメージと呼んでいた)を半円筒状のレンズ(シリンダリカルレンズ)を通して適切な明るさをブロマイドに持ってくるのに手間がかかった。吊り線もしばしば切れた。そのつど理研に送り返して吊り直してもらった。

長周期地震計記録には特有のノイズがあり、特に冬に大きくなった。上下動では地震計の中で空気の対流が発生し、振子を揺らせていることに気付いた(Umeda, 1977)。さっそく地球物理学教室の工場で耐圧カプセルを作ってもらって封入し、空気を抜いたら、数十秒の大きなノイズは消えた。水平動は土地の傾斜を書いていることが分かった。

1972年に地下観測室(横坑)が完成し、プレス・ユーイング地震計は3成分とも耐圧カプセルに入れ地下観測室に設置した。1978年には検流計が変わって電子回路による増幅装置が梅田によって開発され、記録方式もブロマイドからペン書き記録紙になった。佐々式大震計には振子部に電気変換機を取り付け、増幅器を通してペン書きに変更した。ウィーヘルト地震計や15倍強震計も順次、等価な地震計が開発され、ペン書きになった(梅田康弘・他、1992)。これらに伴いウィーヘルト地震計の煤書き方式は1991年に停止した。これで阿武山地下室の地震計はすべて電気変換され、ペン書きになったと同時にデジタル記録用の出力も持つようになった。しかし、デジタル記録はテスト的にしか行わなかった。

1990年に阿武山地震観測所が京都大学防災研究所地震予知研究センター附属になったことから職員は順次宇治地区へ転勤した。また高感度地震計や広帯域地震計が地下観測室(横坑)に設置されたこともあって、地下室で観測していた地震観測は1996年末で終了した。現在では高感度地震計と防災科学技術研究所のSTS地震計が稼働している。

5. 刻時、煤掛けなど

煤書き記録の刻時は、磁石で描針を持ち上げる方式で、記録上では線が途切れるようになっている。時と分の区別がつくように、描針があげられる時間が前者は長く、後者は短くしてある。光学式印画紙（ブロマイド）の場合も同様で、光源を遮ることによって刻時するようになっている。ウィーヘルト地震計は刻時装置を持っているが、他の地震計記録には振り子時計からの信号を使っていた。1950年以前の刻時の精度は、P波の着震時で震源決定できるほどではない。年ははっきりしないが、少なくとも1950年代は、観測所の振り子時計（親時計と呼んでいた時計）の出力と、JJYかNHKの時報を整流した信号とを同時に煤書き記録し、両者の差を ΔT として、地震記録の読み取り時刻を補正していた。1960年代には親時計には水晶時計が採用された。水晶時計は格段に正確ではあったが、P波の着震時で震源決定できるほどの正確さを得るには、やはり ΔT の記録は必要だった。1970年代に親時計がデジタル時計になり、毎時自動校正されるようになって、ようやく ΔT の記録は廃止された。

煤書きの記録紙はドラムに巻かれた白紙に石油ランプから出る煤を掛けて作っていた。ランプの炎を調節し、ドラムを回転させながら、煤が均一にかかるようランプを動かす。慣れないと、掛けた煤に濃淡ができたり、ひどいときは紙を焦がす事もある。これを一挙に解決したのが、プロパンガスの使用だった。記録紙の幅（約25cmと50cm）の長さで、直径3cm程の鉄のパイプに、直径1mm以下の細かい穴を縦方向1列にたくさん開ける。火口の細かいガスコンロをまっすぐにしたようなものである。これにプロパンガスを通して点火すると細かい穴から炎が出るが、穴が細かいと不完全燃焼を起こし効率よく煤を出すことができた。石油ランプのように動かさなくても、ドラムを回すだけで簡単に煤が掛けられるようになった。これは黒磯章夫さんの発明で、製作は地球物理学教室工場の森本喜一郎さんだった。

煤紙を定着するニスは溶剤（工業用アルコール）で溶かされているので、蒸発させないため、使用後は漏斗で一升瓶に移していた。このめんどろさを解決してくれたのが、ニス皿の底と5リットルくらいのポリタンクをゴムホースで繋ぐという簡単な仕掛けだった。定着用ニスはポリタンクに保存しておき、ニス付けする時はポリタンクをニス皿の高さに置くと自動的にニスが皿に出る、使用後はポリタンクをニス皿より低い位置に置けば自然にニスはポリタンクにおさまる。極めて簡単。これも黒磯さんの発案だった。

記録がインクペン書きの時代になっても、いかにペンを細くし記録がかすれないようにするか、など様々な工夫がなされた。

6. 記録と観測報告

阿武山の地下室で記録された記録用紙はすべて建物東端の記録室に保管されている。ウィーヘルト地震記録の読み取り結果（phase data）は1934年1月からひとつの地震につき1枚のカードに記録されていた。1985年頃に伊藤潔さんが、桐の箱に納められていたカードを整理され、リストにして印刷出版された（MIKI H., 1987）。この読み取りカードは1957年3月までであるが、1943年～1946年は欠測が多い。

1952年からは「SEISMOLOGICAL BULLETIN ABUYAMA」が半年毎に印刷され、世界の地震関係機関180カ所あまりに送られた。私も助手に採用された最初の年にBULLETIN作成に携わったが、なかなか根気のいる作業のため1回（半年分）で音をあげた。ずっと続けて来られた伊藤勝祥さんには頭が下がる。ブレティン作成手順は伊藤勝祥（1995）に詳しい。伊藤さんはブレティン出版の前に、速報値をイギリスの国際地震センターに送っておられた。このブレティン出版も地震観測が終了した1996年に終了した。

1984 年から 3 年掛かりで、ウィーヘルト地震計及び 5 倍と 15 倍強震計、佐々式大震計記録、33、000 枚余りを整理し、マイクロフィルムに収録した。ウィーヘルトは観測開始から 1963 年まで、他の地震計記録はすべて収録した (MIKI H、 1987)。私が退職した後の 2008 年頃に、(財) 地震予知総合研究振興会によって阿武山に現存するすべての地震記録がデジタル化されたと聞いている。

参考文献

- Ben-Menahem, A.(1995):Review, a concise history of mainstream seismology: origin, Legacy, and perspectives, Bull.Seismol.Soc.Am., 85, 1202–1225.
- 萩原尊禮(1982): 地震学百年, 東京大学出版会.
- 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.
- 伊藤勝祥(1993): 阿武山観測所の大震計について, 京大防災研技術部通信, No.8, 2-5.
- 伊藤勝祥(1994): 阿武山観測所の長周期地震計 (ガリチン) 記録について, 京大防災研技術部通信, No.22, 2-3.
- 伊藤勝祥(1995): 地震観測報告について「SEISMOLOGICAL BULLETIN ABUYAMA」の作成, 京大防災研技術部通信, No.22, 2-5,
- 伊藤勝祥(1996): 阿武山地震観測所の歴史, 京大防災研技術室通信, No.50, 2-3.
- 三木晴夫(1981): 日本の地震学百年の歩み, 京都大学理学部, 地震Ⅱ, 34-特 157-160.
- MIKI H.(1987): Microfilm of Historical Seismograms at Abuyama Seismological Observatory.
- 杉政和光(2001): 阿武山地震観測所について, 京大防災研技術室報告, No.3, 73-78.
- 立花健二, 鈴木和司, 増田忠志, 石川秀蔵, 鳥居龍晴, 松下幸司, ウィーヘルト地震計の修復について, <http://www.Tech.nagoya-u.ac.jp/event/h19/web/Dk202web.pdf>
- Umeda Y.(1977): The Predominant Noises of Long Period Seismographs and their Generating Mechanism, J.Phys.Earth, 25, 103-116.
- 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, 防災研究所年報, 35 号 B-1, 291-298.

阿武山における地震学研究：

阿武山における短周期高感度地震観測（微小地震観測）

伊藤 潔 (元京都大学防災研究所)

1. はじめに

短周期高感度地震観測網（極微小、微小地震観測）による地震の観測・研究は、1963 年から全国の大学が合同で実施した極微小地震共同観測から本格的に開始され、現在の HI-NET による観測へと発展した。この合同観測は 1965 年まで福井、岐阜、和歌山と 3 つの地域でそれぞれ 8 月に約 2 週間臨時観測が実施された。この観測ではドラム記録による観測とともに、データレコーダーによる夜間の多点観測が初めて実施された。この極微小地震観測には三木晴男先生をはじめとして、阿武山観測所のスタッフが積極的に参加した。そのデータの処理にも精力的に活動し、験震表の作成などが行われ、基礎的観測の情報および地震活動と活断層の関連などについての論文が発表された（三木、1971、1973；渡辺・中村、1967、1968；渡辺・黒磯、1967 など）。この頃、やはり阿武山のスタッフが近畿北部一円のノイズ調査を実施し、これは後の観測網設立の準備となった。

1964 年度には東京大学和歌山微小地震観測所および京都大学鳥取微小地震観測所が設立されて、定常観測網による観測が開始されることになった。これらの観測網は 1965 年度から開始された地震予知（研究）計画に組み込まれ、各地に大学付属の観測所が設置される先駆けとなった。本報告では臨時観測から始まった阿武山観測所における高感度地震観測網の変遷とその成果について概略を記述する。

2. 鳥取観測所高槻支所

地震予知計画に先立って、1964 年度に設置された鳥取微小地震観測所は防災研によって鳥取地域に、理学部によって高槻支所として、近畿中北部と中国地方に 2 つの観測網が設置された。これは当時の複雑な事情によるものであり、後々まで京大における地震観測・研究に問題を残すものもあった。しかし、当時の地震研究は個人的あるいは小規模な研究グループによる色彩が強く、観測計器の作成から、設置・データ解析・研究などは、個人あるいは小グループで実施された。

高槻支所における観測網は 6 点（阿武山、妙見山、八木、京北、上賀茂、岩尾山のちに志津川に移設）で、阿武山以外の観測点は、毎日の記録交換と記録紙の郵送を現地の人に委託するというものであった。地震計は固有周期約 0.7 秒でほとんどが 3 成分、電圧感度 1V/(cm/s)程度のもので、トランジスタアンプで増幅され、固有周期 0.36 秒のガルバノメーターを用いて、煤書きドラムに記録された。時計は水晶時計が用いられ、NHK の時報で構成された。地震記録には時分マークが重ねて記録され、別の煤書きドラムに時計記録としてラジオの時報と記録用時計の時マークが重ねて記録された。記録紙の送り速度は 2mm/s で、時刻精度は条件のよい場合に 0.1 秒程度である。記録紙は毎日交換され、地震の記録と時計記録の 2 枚がセットになって 1 枚は 60 x 30cm の大きさである。この観測は、実際には観測網の設立以前の 1963 年から順次開始され、その後、改良されながら、1975 年にテレメータ観測が実施されて順次廃止されるまで、長く続いた観測点では 20 年近く実施された。この観測網は岡野健之助先生、平野勇氏、黒磯章夫氏、梅田康弘氏および技官の斉田市三、伊藤勝祥、中川渥、浅田照行各氏等で維持管理された。

3. 丹波観測所

1967-68 年には丹波観測所として、阿武山を含めて 5 点の観測所（阿武山、但東、丹南、神戸、津名）が、丹後半島から淡路島にかけて建設され、観測が開始された。この観測網は官制のものではなく、関西電力の補助などで独自に建設したものであった。これらの観測点には固有周期 1 秒の地震計 3 成分と煤書きドラム式の記録計が設置された。機器は上述の計器と同様なものであるが、地震計は固有周期 1 秒、ガルバノメーター 30Hz で、ドラムが大型になって、紙送りが毎秒 4mm となっている。記録紙が大きくなり (60 x 65cm)、刻時精度が向上した。また、時計の秒マークと NHK の時報を記録に重ねるという方式になり、記録紙は 1 日 1 枚となった。観測点には記録室が建設されたが、記録交換や郵送等は現地委託方式で、上記の観測点と同じであった。この観測は主に渡辺晃氏、黒磯章夫氏によって維持運営され、阿武山には 2 つの観測網が存在するような状態であった。

このような観測は、テレメータによる観測が実施されるまで約 15-20 年間にわたって実施され、現在 (2011 年) 原記録が全部、阿武山観測所に保管されている。鳥取支所と丹波観測所の記録は、それぞれ別に処理され、P、S 波の初動、最大振幅、P 波の初動などの読み取りが、非常勤の女子職員によって行われ、地震の験震表が作成された。験震表は全国の研究機関等に送付された。これらの記録を用いた研究は、いわゆる微小地震研究の先導的役割を果たした。その後、両観測網のデータはマニュアルで紙テープやデータカードに入力され、計算処理され、震源やマグニチュードが決定された。

また、1968 年には観測網に加えて、当時大学院生の中村正夫氏によって、阿武山周辺において、最大 18 点の煤書きドラム記録による稠密臨時観測が実施された。これは稠密観測による初動のメカニズム解の精密決定を目的にした先駆的なものであった (中村、1973)。

4. テレメータ観測

1974 年度に地震観測地域センターが設置され、ミニコンピュータが導入された。また、1975 年には観測点のテレメータ化が行われた。日本の観測網のテレメータ化は地震研を除けば、東北大とともにここから始まった。この際、高槻支所と丹波観測所の観測点が統合され、3 点の無線による観測点を含め新設移設等が行われた。その結果 11 観測点 (阿武山、妙見、丹南、八木、和知のちに追加、京北、上賀茂、坊村、近江八幡、宇治、交野、六甲) の観測網が稼働することになった。地震計は基本的に 1 秒計 3 成分である。送信は NTT の専用回線によるアナログ伝送、8 点、多重無線 3 点で、SN 比は 8 ビット相当であった。この観測網の建設は主に渡辺氏、黒磯氏および上記 4 人の技官によって実施されたが、1974 年に赴任した著者も手伝った。

波形は 8 ビットで AD 変換され、シフトレジスタが遅延に用いられた。当時としては多量のデータに遅延をかけることは難しく、この方式は画期的なものであった。記録は数観測点のトリガーによって、イベント記録が 14 チャンネルのアナログテープレコーダー 2 台 (後 4 台) に記録された。また、モニター記録として、14 チャンネルの大型ペンレコーダーが導入され、常時 1mm/s、トリガー時には 10mm/s の紙送りで上下動が記録された。各レコーダーの 1 チャンネルには、水晶時計の出力がスローコードで記録され、この時刻記録によって、自動処理が可能になった。また、伝送時に 20db の AGC がかけられ、振幅が振り切ると 1/10 に圧縮され、ダイナミックレンジも向上した。このシステムでは、地震の験震処理がディスプレイ上でマニュアル的に実施することが可能になった。同時に自動処理も全国に先駆けて開始された。この後、自動処理の方式や半自動処理などの方式が検討され、システムが改良されていった。

5. 自動処理と近隣観測網とのデータ交換

1976 年以降テレメータ化された観測網では、データがミニコンピュータのディスク上に保存されるようになった。最初ミニコンピュータはメモリーが 64kb で、11 点のデータが自動処理された。これを用いて、オンラインの自動検測の研究が行われ、P 波や S 波などの検測がされるようになり、結果をマニュアルで修正する半自動処理が実現した。

1980 年には組織の改組が行われ、阿武山の人員は助手 1、技官 1 を残して、全員地震予知観測地域センターに移った。さらに、1979 年からの第 4 次地震予知計画では、大学の観測網が近隣の観測網とデータ交換を行うことによって、広域の観測を可能にすることが行われた。1980 年には、名古屋大学、京大防災研、東大和歌山とのデータ交換が開始され観測網が拡大した。これによって、観測網の外側近傍で発生する地震のトリガーや震源精度の向上が計られた。各観測網と 9600bps、2 線式の専用線により PCM 方式で各 9 チャンネルずつの波形データが交換されるシステムが阿武山に設置された。同時に自動処理も実用化され、自動処理されたデータをマニュアルで再処理して、検震データを得ることがより効率よく行われることになった。

自動処理の研究・改良は 1975 年の設置以来継続して実施されてきたが、これらの過程を経て実用化され、検測処理の際に自動処理の比重が増した。システムは改良され、マニュアル処理に頼っていた検測も自動処理結果を修正する方法に変わっていった。このようにして処理された 1976 年以降 2000 年までの、データが阿武山観測網の検測ファイルとして残されている。この長期間にわたる検測の大半は竹内晴子氏によって行われた。これらのシステム改良、自動処理方式の高度化の研究は、渡辺氏、黒磯氏とともに大学院生であった前田直樹氏によって行われた（前田、1985）。

また、1975-1976 年には三木先生などの科研費で阿武山観測網と北陸観測網を含んで琵琶湖西岸地域の調査を目的とする臨時観測が実施され、両観測網の境界領域を含む、広域の地震活動の調査が実施された。2 つのテレメータ観測網のデータと臨時観測のデータを統合処理するのは、隣接観測網の設置の先駆けでもあった。この調査には防災研の見野和夫、竹内文朗、渡辺邦彦氏および梅田康弘氏と著者などが参加した（三木他、1976）。

6. 観測網のインテリジェント化と総合解析装置

観測網は各大学の研究機関によるある特定の地域を対象として構築された。その後、各地でそのような観測網が建設されると、観測網間の空白が問題になり、観測網間での部分的なデータ交換網が設置された。これらの間に通信やデータの収録・処理がそれぞれの時代の通信・計測機器の発展に伴って、改良されていった。改善点はダイナミックレンジと周波数帯域、刻時精度および通信・収録データの量などである。

隣接観測網が完成したのち、観測計器の老朽化に伴い、さらに観測網を高度化することが計画され、1989 年度から観測網のインテリジェント化が順次実施された。3.4KHz 帯の回線を利用するが、常時伝送の回線の感激に低サンプリングのデータや、トリガーによって蓄積した低感度でのデータを送信できるようにするものであった。年に 2-3 観測点ずつこれらの回線装置が設置され、1990 年に阿武山にスーパーミニコンをによる波形収録装置が導入され、記録は光ディスクに収録されるようになった。このシステムによって、自動処理も強化された。当時の通信方式や計算機の能力を考慮して、地震観測の広帯域化高精度化をはかるもので、観測網の周波数範囲を広げ、高ダイナミックレンジにすることで、より確実に大きな地震から微小地震までの地震波形をより確実に記録するものであった。これによって、100-150Hz、8 ビットサンプリングから 200Hz、12 ビットサンプリングの記録が得られるようになった。さらに固有周期 10 秒の地震計を併設することによって、微小地震から中地震まで、完全な波形を記録する計画であったが、予算不足で部分的な実施にとどま

った。インテリジェント化の計画は地殻変動データも含めて、データの解析を行う総合解析装置の設置を新設することによって、完成するものであったが、観測坑の設置や処理系の方は十分に設置することができなかった。これらの推進には飯尾氏および片尾浩氏が活躍した(飯尾・他、1992)。

1990年には、京大では理学部と防災研究所の地震予知関連施設が統合され、地震予知研究センターが設立され、観測網は一体化して運営する方針で上記の整備がなされた。各観測所のこれらのシステムをまとめて、宇治に京大全体の地震観測網を構築する努力がなされ、既存のシステムを利用することでSATARNシステムと呼ばれる京大の観測網が整備されていった。このシステムの構築には大見士朗氏が力を発揮し、多くのスタッフがかかわった。各観測網はそれぞれの設立趣旨があり、観測の思想の違いや、設立時の技術水準の違いによる仕様の相違もあり、また統合には場所も予算も必要であって難航した。北陸および鳥取観測所に同様な機器が設置されたのは、1996年になってからで、十分に稼働することなく、衛星通信利用の観測網に引き継がれることになった。この総合観測装置によるデータ交換には64kbの回線が導入され、地震データの交換とともにTCP/IPプロトコルによるインターネットの利用が可能になり、電子メールなどを含む通信網の能力が格段に向上した(大見他、1999)。

1995年兵庫県南部地震の際には阿武山の処理装置はその年度末には新しく導入された総合解析装置に置き換えられることになっていたが、本震の際に停止して処理機能が稼働しなくなった。急遽テスト中の新システムによって処理が継続された。この年の3月にはデータ交換装置が宇治に移設され、隣接交換の拠点としての阿武山の役割が終わった。また、阿武山におけるテレメータ装置も宇治に移設し、阿武山観測網は宇治で稼働することになった。したがって、この時点で阿武山は観測網の一観測点になった。

7. 観測網の拡大と人工衛星通信利用による全国データ交換

各地域でのデータが交換されることによって、観測網の空白が減少し、広域の観測網が構築され、処理も効率化していった。観測網もインテリジェント化、総合解析装置などによって順次宇治に統合されたが、統合までには時間がかかったので、その間も観測網として稼働していた。

一方、全国の大学の観測網を全部統合して全国ネットを構築する構想が議論されていた。この構想は1995年兵庫県南部地震以降に実現し、1996年から衛星通信とインターネット通信技術を利用する全国の観測網が設立された。各観測点あるいは各観測所に有線で集められたデータを衛星通信で東大地震研に送り、そこで全国のデータを集めて、各大学等に配布するというシステムである。この場合も既設の観測網を基本として実施したので、京大も各観測所ごとに有線で集めた記録を観測所からまとめて衛星通信で送ることにした。阿武山観測網の送受信装置は宇治に置かれることになり、宇治における送受信局の一部になった。各観測点からデータを送信せず、観測網を残して衛星テレメータを利用するシステムにしたのは、インテリジェント化装置が稼働して間もないこともあったが、データをすべて公開してしまうことには、大学の観測網としてはやはり抵抗があったといわざるを得ない。阿武山観測網としてのデータの処理は1997年12月まで実施された。それ以降は京大の観測網として継続されている。京大の観測網については技術的なことを含めて大見他(1999)のまとめがある。

衛星通信以前の通信網はデータ量の制限から通信の成分を限定するとか、トリガー後のイベントデータのみにするなどの制限があったが、衛星観測網によって、各観測点に6チャンネルのデータ変換装置が設置され、1回線で100-200Hzの連続データを送信できるようになった。また、GPSによる刻時装置を使うことで、刻時の同時性が革命的に改善され、全観測点のデータをミリ秒の精度で同期させることができるようになった。それ以前は各観測網で水晶時計による刻時が行われ、NHKの時報やJYJなどの時刻電波報時によって、自動校正されていたため、観測網内では高精度の

相対刻時が可能であったが、観測網間では数ミリ秒から百ミリ秒程度の差は避けられなかった。また、24 ビットの AD 変換が可能になりダイナミックレンジも向上した。ただし、IP パケット通信によるデータ伝送を用いたので、実時間伝送という点では数秒の遅れが生じるようになった。これらのデータ処理・処理には現在用いられている WIN システムが導入された。WIN システムは UNIX (LINUX) が稼働可能な PC があれば構築できるので、全国のデータを受信できる場所では容易に処理が可能になった。

さらに、1995 年兵庫県南部地震以降、地震防災特別措置法によって、大学等の観測網による地震波形を実時間で気象庁に伝送することが義務づけられ、1997 年 10 月からデータの一元化処理が開始された。京大では宇治と大阪管区気象台との間で、波形データ交換が開始された。この時点ではデータは衛星通信を通じて宇治に集められており、このシステムを利用してデータの交換が行われるようになった。また、全国的に高感度観測網 (Hi-net) が建設されたが、大学の観測点は、これらの観測点と補完的に全国を覆っており、観測網の一部としても現在稼働している。

8. 研究成果

短周期高感度観測は当初はどのくらいまで小さな地震がどこで発生するかを課題に観測が実施された。その後、地震予知研究に組み込まれ、微小地震をとらえることで、大地震の前震が観測されるであろうということで観測が拡充された。

観測網が稼働すると、最初は震源決定をどうするかということで、数が少ないうちは、均質速度構造を利用して図式解法で震源が求められた。数の増加と計算機の普及とともに、水平多層構造を用いて、P、S 波の走時を用いる最小自乗法による震源決定のプログラムが開発された。阿武山の高槻支所の観測網のデータでは、設置が早かったこともあり、1963 年頃から、全国に先立って 3 層水平成層構造によるプログラムが開発され、多数の震源が求められるようになった (Okano and Hirano, 1968)。阿武山の観測網は観測点間隔が比較的小さく 10-15km であり、近畿中北部の地震多発地帯に設置されたので、短期間に多くの地震が観測され、種々の先行的研究が実施された (たとえば、岡野・平野、1965、1966、1967 など)。まず、地震発生の不均性が明らかにされ、発生が地表の活断層と対応する場所が多いことがわかった。次には小地震の大きさ決めるために気象庁マグニチュードを小さい地震まで拡張するマグニチュードの式が求められた。これにはそれまでに蓄積された広帯域の地震観測結果も利用することができ、その後、渡辺の式として広範囲の観測網で利用された (渡辺: 1971, 1973)。また、初動の発震機構の解析によって、地震発生の応力場が中小地震に対しても求められるようになった。さらに、多数の地震の走時を利用して、表層部分の速度構造の不均質がもとめられた。波形の利用も可能になり、同じ規模の地震でも卓越周波数が異なる場合があり、それらの地域性が議論された。多数のデータを利用して、数とマグニチュード (M) など統計的な研究もなされ、石本飯田の式や Gutenberg-Richter の式が小地震まで広範囲で利用できることもわかった。

さらに、テレメータ観測網が完成すると時刻精度が向上したので、相対的な震源の精度を向上させることができ、M4 程度までの中小地震の余震分布を求めることもできて、これらの起震応力とともに発生場の詳細な議論が可能になってきた。このような震源精度の向上は震央分布だけでなく、地震の深さの議論も可能にした。これによって、中規模地震の発生前に同じ地域で、先行的な地震活動が発生する場合が多いことも見いだされた。ただし、定常状態でこれらを前震と認定することは難しい。

地震観測は地表 (付近) で実施されているので、震央に比べて深さの精度は悪い。大学の微小地震観測網は一般に 20-30km の間隔で設置されたものが多く、阿武山の 10-15km というのは、密な観

測網であった。このため地震の高精度の深さ決定には、阿武山の観測網は有効であった。多数のデータが集積されると、その中から深さの精度のよい地震のみを選ぶことによって、地殻内の地震が深さ 20km 以浅のみで発生することが明らかにされた。さらに、これらの原因について、地殻の熱構造や岩石の破壊の性質などとの関連も議論された (Ito, 1990)。

地震の初動の立ち上がりは、一般に地震が大きくなると長くなるが、必ずしもそうでない地震がある。初動の立ち上がりの変化と応力効果の関連や、初期破壊が本震のみに存在するかなど、地震の始まりに関する議論が行われた (Umeda, 1981; Iio, 1992 など)。

阿武山では 1930 年代からの広帯域のデータが蓄積されており、一部を前節で述べた研究には短周期記録だけでなく、広帯域のデータを併用して、成果を上げたものも多い。大地震の発生頻度は低いので、観測データの蓄積は新しい研究の基礎になると思われる。また、本稿では定常観測網に関する記述を中心にしたため触れなかったが、大地震の余震観測や全国の大学による合同地震観測、構造調査などへの積極的な参加によって、観測網と臨時観測のデータを結合した研究も行われるようになった。

9. おわりに

短周期高感度地震観測は、1960 年代に観測網を展開する形で、以前の観測が強化され、地震予知 (研究) 計画の基で改良されて、現在は気象庁一元化地震観測網の一部として稼働している。その間、それぞれの時代の通信・電子機器の発展とともに、新しい機器が導入され、それぞれの記録に応じて、地震の研究も発展してきた。その間、定常観測を大学で実施することに伴い、観測網の建設や維持等に研究者が多く時間を費やす必要が生じるなど研究と業務の問題も発生した。この問題は完全には解決していないものの、機器の発展によって省力化を果たして現在にいたっている。また、大学の観測網の建設、維持管理には技術職員の力が大きかったことも重要である。阿武山では上記 4 人の技官によって観測網の保守がなされ、非常勤職員によるデータの整理、観測処理がなされた。技術職員の定員削減は、大学における長期間の観測、データ収集などを困難にしている。

観測網を大学が維持するには、常に新しい研究目的が必要である。初期の小規模な観測網のうちには、観測と研究は一体化していたが、大規模な観測網になるにしたがい、業務的な色彩が強くなり、問題が生じた。データを共有し、さらには防災科技研が Hi-net 観測網を構築し、気象庁が一元化データ処理を行い、これらのデータが公開されて、自由に使えることで一応の解決を見ている。データは研究に使われると同時に、気象庁の業務にも利用されている。このように常時公開されている地震観測のデータは、研究の一定レベルの基礎になるもので、長期間における大学の観測が結実したものであると思われる。2011 年の東北の大地震については、直後からデータのアーカイブ計画が米国の研究機関によって実施されている。研究者が集めるデータはどうしても主観的になるので、世界の共有財産としてのデータの集積と公開は研究にとって重要である。その上に個々の研究者のデータのデータが積み上げられて発展した研究が行われるようになっている。その意味でも今後も新たな長期間の地震データの蓄積・公開は必要であろう。

著者は 1974 年に阿武山観測所に採用され、その後 40 年以上直接間接に地震観測に携わってきたが、その間過去を振り返ることは殆どなく、手元の資料は散逸しており、詳細な経緯は殆ど忘れてしまっている。採用前、1974 年以前の記述については、不正確な部分がある可能性がある。また、その後の経過についても、十分な資料をそろえることができなかったのも、間違いがあるかもしれないと気になっている。この 50 年ほどの間に地震観測網は大きく変貌を遂げ発展してきた。この小文をまとめるに当たり、改めてその感を深くしている。

参考文献

- Iio, Y., 1992, Slow initial phases of the P-wave velocity pulse generated by microearthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, 19, 477-480.
- 飯尾能久・片尾浩・浅田照行・他, 1992 光ディスクを用いた地震波形データ収録処理システムについて, 京大防災研年報, 35B-1, 371-378.
- Ito, K., 1990, Regional variations of the cutoff depth of seismicity in the crust and their relation to heat flow and large inland-earthquakes, *J. Phys. Earth*, 38, 189-212.
- 黒磯章夫・渡辺晃, 1977, 阿武山地震観測所の微小地震テレメータシステムについて, 地震 2, 30, 91-106.
- 前田直樹, 1985, 地震波自動処理システムにおける読み取りおよび評価, 地震 2, 38, 365-379.
- 三木晴男, 1971, 極微小地震合同観測の成果, その一, 探知能力, 地震 2, 24, 129-138.
- 三木晴男, 1973, 極微小地震合同観測の成果, その二, 地震活動, 地震 2, 26, 118-129.
- 三木晴男・他, 1976, 琵琶湖周辺の地震活動について, 京大防災研年報, 19 号, 13-20.
- 中村正夫, 1973, 近畿地方中部の浅発地震の発震機構, 東大地震研研究速報, 10 号, 10-22.
- 中村正夫, 1973, 京都近傍における稠密多点観測 (1968), 東大地震研研究速報, 10 号, 23-48.
- 大見士朗・渡辺邦彦・平野憲雄・他, 1999, 微小地震観測網 SATARN システムの現状と概要, 京大防災研年報, 42B-1, 45-60.
- Okano K. and Hirano I., 1968, Earthquake occurring in the vicinity of Kyoto, *J. Physics Earth*, 16, 141-152.
- 岡野健之助・平野勇, 1965, 京都周辺に発生する微小地震(1), 京大防災研年報, 8 号, 117-125.
- 岡野健之助・平野勇, 1966, 京都周辺に発生する微小地震(2), 京大防災研年報, 9 号, 21-26.
- 岡野健之助・平野勇, 1967, 京都周辺に発生する微小地震(3), 1965, 京大防災研年報, 10 号, 29-34.
- 渡辺晃・中村正夫, 1967, 根尾谷近傍に発生する微小地震の 2, 3 の性質, 地震 2, 106-115.
- 渡辺晃・中村正夫, 1968, 近畿地方南西部の地殻上層部の構造について, 地震 2, 32-53.
- 渡辺晃・黒磯章夫, 1967, 紀伊半島西部の局地地震の二, 三の性質について, 地震 2, 180-191.
- 渡辺晃, 1971, 近地地震のマグニチュード, 地震 2, 24, 189-200.
- 渡辺晃, 1973, 近地地震のマグニチュード (続報), 地震 2, 26, 160-170.
- 渡辺晃・黒磯章夫, 1977, 阿武山地震観測所の微小地震テレメータ システムについて, 地震 2, 30, 115-118.
- Umeda, Y., 1981, An earthquake source model with a ripple generating core, *J. Physics. Earth*, 29, 341-370.

京都大学における活断層研究

—活構造学研究室小史—

京都大学大学院理学研究科 堤 浩之

1. はじめに

京都大学における組織的な活断層研究は、岡田篤正が1993年に地殻物理学講座の教授として着任したことに始まる。それ以前にも、地球物理学教室や地質学鉱物学教室の教員や卒業生によって、近畿の活断層の物理探査を中心とした調査・研究が行われていたが、本小論では1990年代以降の京都大学の活断層研究に焦点を当てて紹介したい。そのため、副題を「活構造学研究室小史」とした。

岡田の着任後、1995年に竹村恵二が助教授として、また1997年に堤 浩之が助手として着任し、活断層研究の教育・研究体制が整っていった。その後、2002年に竹村が地球熱学研究施設教授として転出し、2003年に堤が助教授に昇任、2005年に岡田が定年退職し現在に至っている。なお地殻物理学講座は、2002年に活構造学講座と名称が変更されている。

2. 京都大学の活断層研究

活断層研究は、その主要な研究手法を変動地形学や第四紀学に立脚するため、自然地理学の博士課程を持つ大学が伝統的に研究や人材育成をリードしてきた。京都大学には自然地理学や地形学の講座がなく、また近畿圏全体を見ても自然地理学の研究・教育体制が手薄であるために、関西の活断層研究が関東に比べて遅れていたことは否めない。しかしながら、1995年の阪神淡路大震災を契機に日本全国で活断層調査が精力的に進められ、その中で京都大学も活断層研究の一大拠点としての地位を確立してきた。

以下に、最近20年間に京都大学の活断層研究グループが行ってきた調査・研究について、いくつかのトピックを中心に紹介する。

① 詳細活断層図の整備

阪神淡路大震災後、活断層の分布や詳細位置、変位様式などの情報への需要が増大した。これらの情報は、単に防災のみならず日本列島のアクティブテクトニクスを理解するうえでも最も基本的な情報である。1996年以降、国土地理院から「都市圏活断層図」が毎年刊行され、2010年までに約150図幅が刊行されている。都市圏活断層図は、活断層の位置や地形的特徴を縮尺2万5千分の1の地形図に地形分類とともに示しており、現在入手できるもっとも詳細な活断層図である。従来は人口密集地（都市圏）に分布する活断層を対象に作成されていたが、近年は大規模な活断層帯ごとに作成されている。岡田は刊行の企画段階から関わり、作成委員会の委員長を長年務めている。堤は1998年以来作成委員を務めている。

活断層の分布や性状を知るための基礎資料として、「日本の活断層—分布図と資料」（活断層研究会編、1980、東京大学出版会）やそれを大幅に改訂した「新編日本の活断層—分布図と資料」（活断層研究会編、1991、東京大学出版会）がある。これらは、活断層の分布を縮尺20万分の1の地勢図上に示し、活断層の変位様式や速度などに関する情報を図幅毎に解説文とともにまとめたものである。

この近畿版ともいえる岡田・東郷編「近畿の活断層」が2000年に東京大学出版会から刊行された。この基図は縮尺5万分の1の地形図であり、また地形分類も示されているため、防災面や学術的な有用性が高い。2002年には、全国の活断層を統一した基準で判読した上で、その結果を縮尺2万5千分の1の地形図に示しそれをGIS化したものが刊行された（中田・今泉編，2002，「活断層詳細デジタルマップ」，東京大学出版会）。岡田は近畿地方の判読を、堤は中部地方北部の判読を担当した。活断層データがデジタルデータとして収録されているため、その後多くの論文や出版物で活用されている。

② 活断層の地下構造

活断層の地下形状を理解することは、強震動予測や地形・地質構造発達史研究にとって重要である。反射法地震探査は、活断層の地下構造のイメージングに最も有効な手法であり、物理探査の伝統ある講座を継承する形で発展した京都大学の活断層研究でも重要な位置を占めている。最近15年間でも、有馬-高槻構造線（戸田ほか，1995，地震）、琵琶湖西岸断層帯（戸田ほか，1996，活断層研究）、養老断層（戸田ほか，1997，地震）、養老-桑名断層帯（Ishiyama *et al.*，2004，JGR）、中央構造線（堤ほか，2007，地震研究所彙報）などで探査が行われた。これらはすべて、現地データの取得から解析まで調査者自身によって行われている。このような探査が可能になったのは、1996年に東京大学地震研究所が反射法地震探査システム一式を導入し、全国の活断層研究者の共同研究として運用されてきたことが大きな要因である。また重力測定およびその解析による京都盆地の地下構造に関する研究が数名の修士論文の研究として行われ、井上ほか（2004，地震）によりまとめられている。

兵庫県南部地震後の約10年間に、国の交付金による地方自治体の活断層調査が精力的に実施された。岡田と竹村は、近畿～西日本の多くの自治体の調査に委員として参加し、調査計画の立案や調査の指導を行った。これらの調査で得られた成果は、各自治体の防災計画に生かされるとともに、地震調査研究推進本部が公表する「活断層の地震発生可能性の長期評価」の基礎資料として活用されている。

③ 活断層大地震の調査

大地震の発生に伴い、地下の震源断層のずれが地表まで到達し、地震断層が現れることがある。日本内陸の場合には、地震の規模がおおよそM7を超えると地震断層が現れることが多い。地震断層の出現位置や変位様式、変位量分布は地震の震源過程を明らかにするうえで重要なデータである。また断層変位地形や地質構造の成長過程を観察できる絶好の機会であり、さらに防災のためにも重要なデータを提供するので、可能な限り調査に出かけるようにしている。最近15年は長期的な傾向と比較して内陸活断層の活動が活発であり、1995年兵庫県南部地震（中田・岡田編，1999，「野島断層（写真と解説）兵庫県南部地震の地震断層」，東京大学出版会）、2000年鳥取県西部地震（堤ほか，2000，月刊地球）、2004年新潟県中越地震（Kim and Okada，2006，EPS）、2008年岩手・宮城内陸地震（堤ほか，2010，地学雑誌）、海外では2005年カシミール地震（Kaneda *et al.*，2009，BSSA；Kondo *et al.*，2009，Geology）などの地震断層の調査が行われた。2005年カシミール地震の場合は、震源域周辺の治安が良くないこともあり、系統的な調査を行ったのは我々の日本-パキスタン合同調査チームだけであり、ヒマラヤ前縁の地震テクトニクスを理解する上での貴重なデータとなっている。2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に誘発されて、4月11日に福島県いわき市でM7の正断層型の地震が発生した（写真1）。この地震に伴ってそれぞれ長さ約15kmの2条の地震断層が出現し、これらについてもマッピングと古地震調査を進めている。

日本の内陸活断層上で地震断層を生じるような大地震が起こるのは平均して10年に1度程度である。そのため、過去の大地震に伴う地震断層のデータをまとめることは重要であり、岡田が中心となって取り組んできた。その結果、1891年濃尾地震（村松ほか，2002，「濃尾地震と根尾谷断層帯―内陸最大地震と断層の諸性質―」、古今書院）、1927年北丹後地震（岡田・松田，1997，活断層研究）、1943年鳥取地震（金田・岡田，2002，活断層研究）、1945年三河地震（杉戸・岡田，2004，活断層研究）などについて、断層の出現位置や変位量分布が詳しくまとめられた。



写真1 2011年4月11日の福島県浜通りの地震（M7）で、いわき市田人町塩ノ平に出現した正断層型の地震断層。南を向いて撮影。西側（写真の右手）が約1.5m低下し、低下側の水田の一部が水没している。3月11日の海溝型巨大地震により、一時的に東西伸張の応力場となり誘発された可能性が高い。

④ 海外の活断層調査

日本列島に分布する活断層は、総じて短く、変位速度も小さい。したがって、地震サイクルや断層の長期的な挙動に関するモデルの構築や検証のためには、より活動的で地震の再来間隔の短い断層を調査する方が良いデータがとれることが多い。また東アジアは、世界でもっとも地震活動・地殻変動の激しい地域のひとつであり、しかも人口密集地域である。このように地震災害に対する脆弱性の高い地域の地震テクトニクスを理解することは重要であり、そのような観点から、堤はサハリン（Tsutsumi *et al.*，2005，Tectonophysics）・フィリピン（Tsutsumi and Perez，2011，J. Asian Earth Sciences）・ミャンマー（Tsutsumi and Sato，2009，BSSA）などの東～東南アジア地域で活断層や古地震調査を進めている。これらの地域は活断層・地震研究の後進国であり、現地の研究者との共同研究は技術移転を通じての国際貢献にもつながる。過去5年間に、フィリピンからは2名の国費留学生を博士課程に受け入れ、1名が学位を取得し帰国した。

活断層調査と並行して、海溝型巨大地震の発生履歴を地形や地層に残された痕跡から解明する研究も進めている。Ramos and Tsutsumi（2010，Tectonophysics）は、隆起サンゴ礁地形に基づいて、マニラ海溝に面する海岸部が最大で5m程度隆起するような巨大地震が繰り返し発生してきたことを明らかにした。マニラ海溝でM8クラスの地震が起こり津波が発生すると、南シナ海沿岸の広い地

域に被害がおよぶ恐れがある。そこで、フィリピン沿岸地域における津波堆積物の調査から、南シナ海の巨大津波の発生ポテンシャルを評価する研究を開始した。

岡田と竹村は、韓半島の活断層調査を現地の研究者と共同で進めてきた。半島の南東部に分布するヤンサン断層やウルサン断層が活断層であることを地形調査やトレンチ掘削調査で実証した（岡田ほか, 1994, 1998, 1999, 地学雑誌; Okada *et al.*, 2001, Transactions, Japanese Geomorphological Union; 鈴木ほか, 2005, 活断層研究）。

3. 学会活動・後進の育成

1999年に日本第四紀学会が京都大学で開催され、岡田・竹村を中心として、シンポジウム「活断層と都市地盤・災害－阪神大震災から5年目の発信－」が開催された。阪神淡路大震災から5年目の2000年1月にはHokudan International Symposium on Active Faultingが兵庫県津名郡北淡町で開催され、岡田と堤が組織委員や実行委員として参加した。この国際シンポジウムは、規模を縮小しながらも、その後も2005年・2010年と5年おきに開催されている。2008年には、世界初の活断層に関する学会である日本活断層学会が設立された。初代会長に岡田が選出され、堤が2009年以降編集委員長を務めている。2012年の学術大会は京都大学で開催される予定である。

活構造学講座からは、1997年以降10名の博士学位取得者を輩出しており、東京大学地震研究所・千葉大学・産業技術総合研究所・愛知教育大学・フィリピン大学などで常勤の研究・教育職を得て中堅～若手研究者として活躍している。修士課程修了生の中で、専門分野を生かした職（教員、地質・建設コンサルタント、石油会社、地方自治体の防災関係部署）に就いている者が多いのも活構造学講座の特徴である。

4. 今後の展望

2011年の東日本大震災は未曾有の災害となった。このような低頻度大規模災害の真相を明らかにするためには、機器による観測データの解析に加えて、地形や地層に残された過去の地震・地殻変動の痕跡を読み解く作業が不可欠であり、活断層研究・変動地形学・古地震学的重要性はますます大きくなっている。

最近、学内の研究者との学際的な共同研究を進めている。地質学鉱物学教室の田上教授とは日本の断層地塊山地の隆起・剝削史に関する共同研究を続けており、これまでに六甲山地や木曽山脈が、いつ頃からどのくらいの速度で隆起してきたのかを明らかにしてきた（末岡ほか, 地学雑誌, 2010; Sueoka *et al.*, 2011, Island Arc)。同じく地質学鉱物学教室の山路敦教授や佐藤活志助教とは、活断層データを用いた応力解析の共同研究を進めている。京大には多彩な分野のすぐれた研究者が結集しており、しかも組織や学問分野の垣根が低く学際的な研究が進めやすいという長所がある。2003年度から5年間推進された21世紀COEプログラム「活地球圏の変動解明－アジア・オセアニアから世界への発信」を通じて、京大の地球惑星科学コミュニティの風通しが良くなり、さらに2009年に地球惑星科学専攻が理学研究科1号館の北半分に結集して相互の距離が近くなったことも大きい。

活断層研究は、その情報が防災と直接に結びついて有用であるために、一次データを収集するだけでも社会的にある程度評価してもらえという側面がある。しかし、学問としての活断層研究を発展させるためには、ブレークスルーにつながるような仮説を立て、それを検証できるようなデータを収集すること、および他分野の研究手法を積極的に取り入れていくことが重要であろう。活断層研究の新たな展開を先導することが、京大の活断層研究の国際的なプレゼンスを高めていく鍵であると考えている。

光田 寧 先生のご業績

石川裕彦・林 泰一（京都大学防災研究所）

1. はじめに

故光田先生のご業績という、誰もがまず超音波風速温度計を挙げることでしょう。超音波風速温度計の発明が光田先生の最も輝かしい業績の一つであることは言をまたないと思いますが、そのほかのご業績が超音波風速温度計の影に隠れてしまうのは、少し残念なことです。本稿では、光田先生の書かれた論文をたどりながら、その幅広い業績を改めて眺めてみようと思います。

本稿の執筆は当初石川裕彦が依頼されましたが、なにぶん光田先生のご指導を直接受けたのは修士の2年間（1979-1981）と京都大学防災研究所に着任してから光田先生が退官されるまでの3年間（1994-1997）の計5年間しかありません。そこで、正確を期すために石川が書き下ろした原稿に林泰一が加筆修正する形で本稿をまとめ上げました。

2. 研究の出発点

光田先生の論文は1962年より世に現れます。この年の防災研究所年報に掲載された「鳴門海峡付近の小旋風について」の冒頭で、「筆者は1956年以来鳴門海峡付近において風の局地性を知る目的をもって十数カ所の観測点を配置して観測を行っている」と緒言を書き起こされています。1956年という光田先生が大学院に進学された年です。滑川忠夫教授のご指導のもと、関西電力株式会社の委託で行われたというこの観測研究が、その後の光田先生のご研究の出発点となったのは想像に難くありません。この観測研究は地形が複雑な地域での強風、特に突風の発生とその性状解明を目的としたものでした。1962年に発表された光田先生の5報の論文の内、2報が突風に関するものです。この工学的観測研究の中から、おそらくは副産物として、小旋風の存在を見つけ出したのが最初に掲げた防災研年報の論文です。鳴門海峡の観測で題材となった風の変動、その中で見つけた小旋風という2つの種が、その後大きく発展していったといえるでしょう。

3. 風変動の研究

鳴門海峡の観測研究がそうであったように、光田先生は電力会社との共同研究として送電線に係る風荷重を調べることを目的とした風変動の研究を進められました。1972～1979年に実施された沖縄県多良間島での観測は電気事業連合会の協力を得て進められたもので、比較的平坦な沖縄県多良間島に、ほぼ東西方向に720mの観測線を設け、これに沿って三杯風速計31台、プロペラ型風向風速計8台を配する大規模なものでした。ここで観測されたデータを岩谷祥美（日大生産工学部）とともに解析し、台風に伴う強風下での風速とその乱流変動の空間構造に関して、多くの知見が得られました。また1980年ころより、関西電力敦賀試験線を観測サイトにして、山岳の複雑地形上での風速とその変動特性の観測を進めてられました。

今でこそ大量の超音波風速計を配置した観測が行われるようになってきていますが、当時は三杯風速計など応答特性のあまりよくない計測器しかなく、変動解析には限界がありました。光田先生は、早くも1963年に、三杯風速計の観測データからスペクトルを求めた論文「強風時における乱れのスペクトルについて（防災研年報）」を書かれています。それ以降、風速計の立上りの遅れや回り過ぎの影響など、風速計の応答に関する一連の研究を森 征洋（香川大教育学部）と長く続けられ、さらに指導を受けた林 泰一（京大防災研）による"Dynamic response of a cup anemometer"にまとめられ

ました。

光田先生は、電力との共同研究の場を、気象学研究の場としても上手に利用されていました。多良間島の観測設備は、後で述べる AMTEX の観測地点として位置づけられたほか、超音波風速温度計や他の乱流計測機器による「地空相互作用」の観測にも用いられました。

4. 超音波風速温度計の開発から乱流変動、乱流フラックス観測

超音波風速計の開発は 1950 年代に米国で盛んに進められていました。風速変動の研究を開始していた光田先生にとって、応答の良い超音波風速計の開発は必然だったのでしょうか、1964 年には、海上電機（株）の技術を得て製作した最初の試作機の論文を水間満郎（京大原子炉）と共著で発表しています。米国の開発グループとの開発競争を含む一連の開発を、佐橋謙（岡山大学教育学部）、水間満郎（京大原子炉）、花房龍男（気象庁）、米谷俊彦（岡山大学）らと共に推進されました。最初の自然風の観測を、創設間もない潮岬風力実験所で実施したときの苦労話などの経緯については、光田先生ご自身が「天気」Vol. 18, No8 に書かれた解説に記されています。先生は「超音波風速温度計の開発とそれによる大気乱流の研究」により、1971 年気象学会賞を受賞されました。

超音波風速計を用いた観測は陸上から海上にも広がり、1974、1975 年に日本の研究者が主体となり展開された国際共同研究 AMTEX (Air Mass Transform Experiment) では、傾斜計や加速度計を組み込んで船体の動揺補正を行う乱流計測を計画し、その指導の下に藤谷徳之助と林泰一が実施した気象庁観測船啓風丸上での外洋上乱流観測を成功に導きました。海上での観測研究には、石田廣史（神戸大商船大学）によるメソ擾乱による気象要素の変動を扱ったものもあります。さらに、南極にも観測を広げ、井上治郎（京大防災研）を指導して、カタバ風下の運動量輸送の観測研究に成功しました。

超音波風速温度計が完成し運動量フラックスと顕熱フラックスが渦相関法を用いて算出できるようになると次に必要なのは潜熱フラックスです。光田先生が次に取り組まれたのは、水蒸気の乱流変動を計測する機器である赤外線湿度変動計の開発でした。早くも 1967 年には "An Infrared Absorption Hygrometer and its Application to the Study of the Water Vapor Flux near the Ground" (Chen, H.S. と共著) で、赤外線湿度変動計の可能性に着目し、その試作結果を報告されています。その後塚本修助手とともに改良小型化を進め(株)海上電気（現(株)ソニック）による製品化にこぎ着けました。また、1984 年には、大滝英治（岡山大学教育学部）の水蒸気・二酸化炭素変動計の開発に協力し、その完成に貢献されました。こうして、超音波風速温度計、赤外線湿度変動計、二酸化炭素変動計、渦相関法によるフラックス計測の基礎が一通り揃いました。これらの計測機器を総合化して、乱流フラックスの計測手法確立を目指した光田先生は、京都大学宇治グラウンド脇の空き地に「地空相互作用研究施設」を作り、学生らを指導して乱流計測の観測実験を進められました。

乱流計測装置が揃い、またその解析手法も練れてきた時に丁度舞い込んできたのが日中共同研究「黒河流域における大気－地表相互作用に関する日中共同研究(HEIFE)、1989-1993」でした。山元龍三郎教授を日本側代表として進められた河西回廊の半乾燥地域の水資源利用に関連するこの共同研究では、ご自分では観測現場へ行くことのできない光田先生は実質的な責任者として采配をふるわれ、現場責任者の佐橋 謙と井上治郎の協力の下、防災研究所 5 階の研究室から多くの指示をだされて、プロジェクト遂行を指揮されました。中国への精密機械の輸出が難しい時代に、乱流計測装置 4 セット、自動気象観測装置 5 台、境界層プロファイラタワー 2 基などからなる充実した観測機器を持ち込み、半乾燥地域での「地空相互作用」の総合観測が繰り広げられました。乱流輸送量算出には、大学院学生の玉川一郎を指導して作成した各種補正を取り込んだ高精度な解析プログラムが用いられました。プロジェクトの成果は最終年度に京都で開催されたシンポジウムで発表され、また気象集誌 1995 年 5 号、6 号で企画された HEIFE 特集には、合わせて 18 編の論文が掲載されて

います。光田先生はプロジェクトを指揮するばかりでなく、極度に乾燥した砂漠上で、水蒸気が下向きに輸送されていることを示唆する観測事例を見つけ、中国科学院の王介民教授と共著で気象集誌に NOTE として発表されています。1996 年には、「日中共同研究 HEIFE の指導的役割を通して、乾燥地帯における地空相互作用の研究を推進した業績」により気象学会藤原賞を受賞されました。

HEIFE は FIFE や MOBILTHY などとともに、WCRP の HAPEX (Hydrological and Atmospheric Pilot Experiment) 計画の一環として位置づけられる大型観測研究でした。HAPEX に引き続き実施された全球エネルギー水循環観測研究計画 (GEWEX) では、世界の各地で熱・水蒸気フラックスの乱流観測が行われました。光田先生の命を受けた京大防災研グループは、石川裕彦助教授が中心となり GAME/Tibet に参加し、足かけ 6 ヶ月にわたるチベット高原上での乱流フラックス連続観測を成功させました。GAME/Tibet までに蓄積されたノウハウは、後に塚本修、文字信貴らによる気象研究ノート「地表面フラックス測定法」としてまとめられました。

ここ 10 年、地球温暖化に関連して森林による二酸化炭素固定量評価への要求が高まり、乱流計測データと渦相関法で熱・水・二酸化炭素フラックスを算出する手法は世界中に急速に広まりました。水蒸気と二酸化炭素またはメタンを同時計測する新しい測器や低電力大容量データロガーの開発、さまざまな補正をメニュー方式で設定して解析できる標準ソフトの開発を経て、今では乱流計測によるフラックス算出手法は農業気象研究者や水文研究者がレディー・メードで利用できる観測法の一つとして定着しつつあります。光田先生が世界に先んじて開発したこの手法が世界的に普及するに際して、しかしながら、本来それを担うべき立場にあった我々がリーダーシップをとれなかったことは、率直に反省しなくてはならないと思う次第です。

5. 大気境界層リモートセンシング機器の開発

超音波風速温度計、赤外線湿度変動計、二酸化炭素変動計とつながる一連の乱流変動計測装置の開発の余勢を駆ったわけではないでしょうが、先生はリモートセンシング機器の開発にも取り組まれていました。1980 年には音波を用いた上層風観測装置 (SODAR) の開発を開始されました。防災研究所の屋上にパラボラ・アンテナを設置しその上にスピーカー 3 個を配置したプロトタイプから始まり、後に科学研究費を得て(株)海上電気 (現(株)ソニック) の伊藤芳樹とともにフェーズド・アレイ型のドップラー・ソーダーを開発しました。ここで開発された機器は、現在でも株式会社ソニックの主力製品となっています。また、ドップラー・ソーダー開発と前後して、音波と電波を用いて温度の鉛直分布を測る RASS の開発も手がけていました。RASS 開発は製品化までは至りませんでしたが、最近海外で製品化された RASS が発する周波数変調された音波には、光田先生が試みられた装置と同じ響きがあり、先生の見通しが確かだったことを改めて認識します。

6. 渦の研究から竜巻

さて、話を鳴門の小旋風に戻します。防災研究所耐風構造研究部門の石崎潑雄教授の下で助教授をされていた時代から光田先生は「暴風災害を考える上での小規模擾乱の重要性 (防災研年報、1998)」に着目され、1969 年の豊橋市の竜巻、1970 年の彦根の強風、1978 年の東京竜巻、1991 年の岡山の陣風など強風災害の現地調査を早くから進められてきました。現在のように気象庁が災害調査を行う以前にまとめられたこれら調査結果は貴重な資料です。光田先生は、それまでの経験にもとづいて科学研究費「竜巻など瞬発性気象災害の実態とその対策に関する研究 (1979-1983)」を展開されました。この研究では、過去に発生した竜巻の資料収集と、研究期間中に発生した事例の徹底的な現地調査が行われました。この研究ではまた、竜巻状渦の室内実験に特に関心を持たれました。米国の実験装置をお手本に自ら考案された「竜巻発生装置」を用いて、文字信貴助教授を中心に、

さまざまな渦を再現する室内実験が行われました。この実験ではスウォール比の増加とともに単一渦が2つ、3つと分裂する複合渦の生成が見事に再現されるとともに、熱線流速計により流速分布や乱れの計測が行われました。竜巻発生装置は渦の性質を解明するために用いられたばかりではなく、その中に大阪市の街区模型を入れ大火災時の火災旋風の発生に関する実験も行うなど、理工両面から研究を進めるいかにも光田先生らしい使われ方をしました。

7. 台風の研究

光田先生の台風研究は、「防災対策を立てるに当って当然考えておかねばならない最低限度の台風の基準を示す(標準計画台風(1)、防災研年報より)」ことを目的として進められてきました。台風の構造をモデル化し、発達・移動速度・移動方向などの振舞いの統計的な性質を抽出し、この統計に基づいてモンテカルロ法を用いて多くの台風を発生・移動させ、被害予測を行おうというものです。1962年の「台風域内の風の分布の推算法(防災研年報)」を皮切りに、「標準計画台風について(1)(2)(防災研年報、1965, 1966)」、「被害台風の構造のモデル化について(1)~(3)(防災研年報、1974, 1975, 1976)」、「改良された標準計画台風(1978)」の一連の研究、これら研究の基礎資料となる個別台風の気圧分布や風速分布に関する多くの綿密な調査研究を、藤井 健(京都産業大学)、川平浩二らとともに続けてきました。1980年代には、藤井 健とともにモデルの精緻化と数値解析手法の検討を進めました。御退官前後の1995~1998年には、科学研究費「実時間的な台風風災害予測法の研究」によりこれら研究を集大成され、気象学的な見地からだけでなく、家屋などの構造物の被害、農業被害などを含む700頁を超える総合的な報告書(田中正昭と共著)をまとめ上げられました。退官後には(財)日本気象協会の奥田昌弘とともに実用化の直前までこぎ着けました。

このように光田先生の台風研究は実用指向で工学的色彩が強いものが主でしたが、台風の楕円眼とそれに伴う観測要素振動を発見した「Periodic Variations of Pressure, Wind and Rainfall Observed at Miyakojima during the Second Miyakojima Typhoon(気象集誌、1973、吉住貞夫と共著)」、竜巻の複合渦構造や台風の楕円構造を統一的に論じた「On the multiple structure of Atmospheric Vortices(JGR, 1987、文字信貴・石川裕彦共著)」など、地球物理学としての気象研究に貢献した研究もあります。

8. 衛星データの利用

ひまわり画像の利用研究も光田先生が進められた研究のひとつで、大学院学生とともに取り組んだ「気象衛星ひまわりの赤外輝度データでみた台風 8013 (ORCHID) のライフサイクル(防災研年報 1984)」、「急激に発達した台風 (T8305) の人工衛星赤外画像に現れた特徴について(同 1985)」に始まりました。1990年には、ドル減らし補正予算の好機を捉え米国製の受信装置を購入し、ひまわりの中規模受信局としての運用を開始しました。ここで受信されたデータを用いて、1988年から1992年にかけて大学院学生の邊田有理江と進めた「人工衛星データを用いた台風の発生発達過程の研究(同氏学位論文)、同じく謝 平平(現在 NOAA)と進めた「GMS の赤外画像を利用した降水評価方法の開発とその応用に関する研究(同氏学位論文)」など、気象学的価値の高い成果を生み出しました。

この「人工衛星受画像装置」は、石川裕彦による解析ソフトウェア整備を経て、今もなお防災研究所の屋上に設置され順調にデータを受信しています。パラボラ・アンテナ以外は、受信機、計算機、データ・アーカイバーなど全て総入れ替えして、現在ではシンガポール上空 36000km に居る中国の静止気象衛星「風雲 2 E 号(FY2E)」から送信されるデータを受信アーカイブしています。この装置によるデータ・アーカイブは、GMS4, GMS5, FY2B, FY2C, FY2E に及びますが、4mmDAT に記録されていた GMS4 データは残念ながら読み出し不可能になりました。まだ未成熟な DAT 技術を用

いたため、メディアとドライブの相性が残ってしまい、記録に用いたドライブが壊れると読み出せないという事態が発生しました。このあたり、新しい物好きの光田先生の嗜好が裏目に出てしまった感があります。

9. 光田先生の教育

最後に光田先生の教育面での貢献についてまとめておきます。光田先生は大学院理学研究科担当として、多くの学生を指導してこられました。また、工学研究科で気象学の講義を分担されていました。先生が防災研究所暴風雨災害研究部門の教授に就任されて以来退官されるまでに指導された学生数は27名にのぼります。また、課程博士、論文博士は合わせて19名の論文を指導されました。以下に、光田先生が指導されて学位を取得した方と学位論文のタイトルを記します。これを見れば、上記で語り尽くせない先生の研究の広がりがわかると思います。

- MAITANI, Toshihiko: Studies on the Vertical Transport of Turbulent Kinetic Energy in the Surface Layer over Plant Canopies. (May 1978)
- OHTAKI, Eiji: Development of Fast Response Carbon Dioxide Instrument and its Application to the Studies of Turbulent Transport Processes in the Atmospheric Boundary Layer. (November, 1984)
- IWATANI, Yoshiharu: A Study on the Spatial Structures of Atmospheric Turbulence in the Strong Wind Conditions. (March, 1986)
- TSUKAMOTO, Osamu: A Study of Turbulent Transport of Heat and Water Vapor in the Planetary Boundary Layer. (May, 1986)
- MORI, Yukihiro: Vectorial Analysis of Wind Data and Its Application to Wind Climatology of Japan. (January, 1988)
- INOUE, Jiro: Surface Drag over the Snow Surface of the Antarctic Plateau. (March, 1989)
- ISHIDA, Hiroshi: Studies of Turbulence in the Mesoscale Frequency Range in the Atmospheric Boundary Layer. (July, 1990)
- YOKOI, Takehisa: Studies of Atmospheric Boundary Layer with Use of Laser Collimator. (January, 1992)
- XIE, Pingping: Studies on the Development and Application of the Rainfall Estimation Method Using GMS Infrared Imagery Data. (March, 1992)
- HETA, Yurie: A Study of the Typhoon Formation and Development Using the Satellite Data. (March, 1992)
- FUJITANI, Tokunosuke: Studies on the Turbulent Transport Mechanism in the Surface Layer over the Sea. (January, 1993)
- YOSHIKADO, Hiroshi: Studies of the Urban Effect in a Coastal Region on the Sea Breeze and Pollutant Transport. (January, 1993)
- HAYASHI, Taiichi: Observation Studies on the Structure of Gusts in the Atmospheric Boundary Layer. (May, 1994)
- ISHIKAWA, Hirohiko: Studies on the Long-range Atmospheric Transport. (May, 1994)
- TAMAGAWA, Ichiro: Turbulent Characteristics and Bulk Transfer Coefficients at the Desert in the HEIFE Area. (March, 1995)
- GAMO, Minoru: Studies on Atmospheric Mixed Layer. (January, 1997)
- ITO, Yoshiki: Development of a Five Beam Phased Array Doppler Sodar and Its Application to Observations of the Planetary Boundary Layer. (March, 1997)

FUJII, Takeshi: A Statistical Study on Typhoons. (March, 1997)

ITANO, Toshihisa: A Study on the Rainfall over the Arid Area in the Northwest China. (March, 1997)

10. おわりに

光田先生が、大気現象の詳細な観測に基づいた実用を重視した気象学を目指されていたことは日本風工学会の功績賞を 1996 年に受賞されたことからわかるとおり、誰しも認めるところです。とにかく当たれば（合えば）宜しいという工学的発想の実用性ではなく、あくまでもしっかりした科学的根拠に基づいた実用性を目指したのが光田先生の研究スタイルでした。この実用的な面があまりに強調されてしまい、光田先生の科学的洞察には、これまであまり目が向けられていなかったと思います。本稿ではこの部分を意識的に紹介しました。

光田先生の業績の足跡をたどると、多方面にわたり幅広い興味を持ち、それら興味の一つ一つを長い時間を掛けて暖め発展させていかれた様子がわかります。例えば、上で述べた標準計画台風研究開発の経緯に見られるように、暫く時を置いて再び戻ってきては、さらに一歩進めることを繰り返し、次第にしっかりした成果につながられました。乱流計測器開発では、エレクトロニクスの発展と歩みを伴いながら、長い時間を掛けて各種計測装置を開発されました。また先生は、その興味を時々の学生の研究テーマとして与えることで学生と共有し、学生の教育とともに研究を進展させて来られました。

本稿では、関係者のお名前の引用に際し敬称を略させていただき、当時の所属を掲載いたしました。

野満隆治教授と水路部

小田 卷 実（1973 年卒、元海上保安庁海洋情報部）

1、京大洛洋会

京大洛洋会は、地球物理学教室第二講座（海洋講座）の卒業生及び関係者で作っている集まりである。その洛洋会で、平成 22 年 6 月に「日本の水路業務の夜明け―坂本竜馬の頃の水路にまつわる話―から洛洋会まで」と題する話題提供の機会を得た。下調べをしている中で、第二講座の創始者、野満隆治教授と水路部（海軍の一部局、のちの海上保安庁海洋情報部）が浅からぬ関係を持っていたことを知った。野満教授のことは、京大地球物理学研究（Ⅱ）で高橋淳雄先生(1992)と鳥羽良明先生（2010）がすでに紹介されており、直接存じ上げているわけでもない筆者が付け加えることはないのだが、教授と水路部の関係は日本の海洋学を考える上でも興味深いと思うので、この場を借りて紹介させて頂くこととした。

筆者は、昭和 48 年学部卒、昭和 53 年博士課程中退まで海洋講座で國司秀明教授に指導を受け、同年海上保安庁水路部に就職した。「野満隆治」という名前は、平均水面関連の論文著者としては知っていたが、戦前の海洋学の先生という以上には知らなかった。当時、水路部には、堀定清・海象課長、二谷頼男・日本海洋データセンター所長のお二人の海洋講座出身の先輩が居らしたが、速水教授門下で、野満教授とは直接の関係はないようであった。

2、第四艦隊颱風遭遇事件

水路部で私が最初に配属されたのは海象課で、潮汐潮流観測と資料整理が業務であった。水路部には古くからの資料と共に多数の文献があり、業務の合間に小倉伸吉博士等の潮汐潮流関係の著作をコピーして読んでいた。書庫に行って資料を探していると、棚の片隅に赤表紙の水路軍機第 631 号「昭和 10 年 9 月 26 日赤軍第 4 艦隊ノ遭遇セル『颱風に関する調査研究』、昭和 12 年 12 月 6 日調整」という小冊子が目に留まった。中身は艦隊が台風巻き込まれて艦首切断や艦橋破断など多大な被害を受けた報告で、台風の状況や風、風浪の状況が生々しく報告されているのに感心した。昭和 50 年代でも台風の進路予報の確度が低く、時々、漁船の大量遭難が出たりすることは知っていたものの、台風直下で遭難した船の客観的な報告は聞いたことがなかったからである。その時は、「面白いものが転がっているな」と思った程度であったが、当時はたいへんな軍事機密で、戦後になって事件が公けになり、いろいろな海洋研究者が研究論文を書いていることを後から知った（小田卷 1996）。特に台風直下の海上風や波浪の分布を船で実測した資料としては他に例がなく、今でも危険半円の実例として引用される貴重なものであった。また戦争に向かって天気予報の戦略的な重要性が認識されるきっかけになるなど、当時の海洋学・気象学の置かれた状況を示す典型的な報告書であったようである。たまたま造船関係の研究集会で聞いた話では、船舶建造でもリベット接合から溶接に変わる技術革新の時代で、この事件は大きな技術課題ともなったようである。当時、外国などでも同様の海難が発生し、米国ではそのような危険な気象・海象のところに行かないように気象・海象予報の信頼性向上が気象・海洋学者に課せられたのに対し、日本では戦艦大和のようにどんな気象・海象でも沈まない艦船を作ることが船舶工学者に課せられたとのことで、日米の科学技術に対する考え方の違いが出ているようで興味深い。

3. 報告書の筆者、松崎卓一氏（元水路部長）

第二講座出身・元水路部長の松崎卓一氏（1934 年卒）は、水路要報「創立 120 周年記念号」に第 4 艦隊台風遭遇事件関連して次のように書いている。

「・・・昭和 9 年大学を卒業して野満教授の海洋学教室に残っていた時、室戸台風を京都で体験し、更に同教授指導のもとに、本州南岸一帯に発生した台風による風津波の実態を調査し報告書を作成したことがあるが、それがその後大いに役立つこととなった。

昭和 11 年正月水路部に入部したある日のこと、上司から一連の航海報告書を手渡された。見るとこれが昭和 10 年 9 月 26 日三陸沖で遭遇した第 4 艦隊の台風の記録であり、これらの観測記録を整理研究して洋上で発達した台風の実態を究明して報告書を作成するようにとのことであった。このときにおいて大学で研究したことが直ちに役立つこととなった。・・・(中略)・・・上記の台風調査は藤井技師と私の二人が担当することとなり調査が始められた。・・・(中略)・・・

かくして、これらのものが一つの報告書としてまとめられたものが、水路軍機第 631 号の昭和 10 年 9 月 26 日赤軍第 4 艦隊の遭遇せる『台風に関する調査研究』である。

この報告書は洋上で発達した台風の実体を現したものだが、海軍では軍機として極めて高度の秘扱いとされていたため、一般の国民は勿論海軍部内でも余り知る人が少なかったが、戦後航海参考資料として出版された次第である。(以下略)」

なんと、あの軍機報告をまとめたのは、野満教授門下の松崎氏だったのである。

余談であるが、当時、野満教授は、平均水面や高潮・津波など海面水位変動の研究に取り組んでいたようである。この室戸台風の高潮調査のことは Nomitsu 1935 (1) に出ているが、この論文は開放性沿岸の高潮の理論解析で具体的な調査結果は出ていない。室戸台風は、室戸岬から神戸・大阪・京都そして琵琶湖を通過したため、琵琶湖にも数十 cm の高潮と 2m 近い高波、顕著なセイシュが生じた (Nomitsu 1935 (2))。また、津波や高潮で起きる陸棚セイシュが Nomitsu and Habu 1935 にまとめられている。

ちなみに、筆者は、教養部地学実験の授業で、グループに分かれて琵琶湖で水位を数分ごとに実測、そのデータをもとに今里哲久先生に Fortran によるフーリエ級数計算の手ほどきを受けた。琵琶湖のセイシュは、野満教授以来の伝統のようである。

4. 北太平洋中層水と岸人三郎大佐と野満教授

野満教授と水路部の関係は、松崎氏のように卒業して水路部に入った人もいて、高橋淳雄先生 (1992)によれば「何人もの現役海軍軍人が指導を求めて来訪、・・・海軍との関係は密接であった」らしい。

1930 年代から終戦に至る時代の海洋調査の特徴は、多くの調査船・測量船による一斉観測方式で、ちょうど大東亜戦争の動員体制が取られた時期で、これには多くの水産試験場調査船や水路部測量船が動員された。水路部でこれをリードしたのが岸人三郎中佐（のち大佐）で、西太平洋を南から北まで大規模に観測する計画で、海洋観測船建造や観測基地を設置して海流や海況の定線観測をしようというものであった。実際、昭和 8 年から同 17 年の 10 年間の各層観測資料は 30,000 点を超えるという (日本水路史 1971)。この一斉観測等で多くの注目すべき成果が上がったが、中でも注目されたのは、軍機保護法のもと秘密水路雑書「海象彙報」第一号 (1937) で発表された日本近海における黒潮の状況である。これは前年の 9 月から 10 月にかけて紀伊半島沖で起きた黒潮流路の大蛇行に関し測量艦駒橋の観測資料により冷水塊の発生を結び付けて解説したもので、たまたま大演習

中の艦隊が流路の変化を知らず艦位修正に適正を欠き大混乱を招いた直後でもあり、当局に海洋調査の重要性を認識させるものとなった（日本水路史 1971）。宇田道隆（元海洋学会会長）も、著書の中で「異常冷水塊は昭和 11 年春ごろから顕著で、黒潮に大変動を与えているが、その水は黒潮系水とまったく別個の性質をもち、北方の親潮寒流水系と同系統の水で、それがこの水域に潜入して来て湧き上がっているのである。」（宇田 1943）と親潮水潜入説を説き、黒潮の蛇行は冷水塊の発生によって惹起されているとした。この時が、黒潮流路の大蛇行が認識され、海洋学の研究課題となった最初とされる。現在の海洋学では、蛇行は何も異常とか特別なものではなく、流れとしての黒潮に二つの安定的な解があり、条件によって遷移するという見方が多いようである。しかし、遷移条件など未だに解明されない部分が多く、現代でも研究がつづけられている。

ところで親潮潜入説は、黒潮蛇行の異常冷水塊だけではなく、北太平洋北西部の中層（主水温躍層下部、数百 m 深）に見られる塩分極小の、中層水と呼ばれる水塊の起源についても唱えられている。当時の戦時動員体制下で「学問の臨戦体制を確立し、学者が学問を通して皇国民としての本分を披歴し得るような体制の確立を期す」として昭和 18 年に刊行された「太平洋の海洋と陸水」（太平洋協会編「太平洋圏学術叢書」、岩波書店、注）には、日高孝次東京帝大教授の「太平洋の海流」と野満教授の「太平洋の海水」が所収されており、両方に岸人大佐が行った北緯 60 度から南緯 70 度までの水温塩分断面観測が引用され、中層水に言及がある。日高教授は、宇田の親潮潜入説に立って「かくのごとく中層水は南北極前線から潜入り数百米の中層を赤道に向かって流れるのである」（第三章太平洋の成層圏に於ける海水の流動、一中層流）と言う。一方、野満教授は「北太平洋にも類似の塩分極小層が五六百米深度に舌状をなして存在するので、一部の人は之も西北部の海面から親潮が潜入したものと想像する向きもあるが、岸人大佐は後に述べる溶在酸素の分布から之を否定し、寧ろこの北太平洋中層水は北太平洋の東部海面から潜入り非常な長年月を経て瀰漫したものと考へる。」（二 太平洋の塩分分布(2)深層の塩分分布と其の構造）と言う。あたかも、宇田・岸人を巻き込みながら野満・日高論争が続いているかのようである。現代では、北太平洋中層水は親潮水域の表面水塊には直接つながらないとされ、未解明ながらオホーツク海で生成された低塩分水塊が太平洋に出て中層の高塩分水に貫入しながら亜熱帯循環に乗りながら広がる（須賀 1996）とされており、野満・岸人の説に近いような感じがする。

ちなみに、岸人大佐は、昭和 19 年に京都帝大から「太平洋深層の流動に就いて」の研究で理学博士号を受けた（日本地学史編纂委員会 2003）。すなわち、高橋淳雄先生が見聞した海軍関係の来訪者の一人は岸人大佐だったに違いなく、大佐を通して野満教授と水路部は確かに「密接な関係」にあった。

5. 京大洛洋会その後

平成 22 年洛洋会出席者の最も先輩は、平野敏行先生であった。平野先生は、1947 年卒なので、まだ大学の初年の頃ではあったが、野満教授の講義を聞かれたことがあったそうで、高橋先生の書かれているように非常に真面目な方だったそうである。そして、「野満教授門下で水路部に行った人は、松崎氏の他にも居たはず」との指摘を受けた。あわてて調べたところ、中宮光俊氏が居らした。中宮氏は、昭和 27 年 9 月の明神礁噴火による測量船第五海洋丸遭難で殉職された。当時 41 歳で、海象課長として田山利三郎測量課長とともに現場調査に乗船していたのであった。日本水路史 1971 によれば、昭和 22 年 10 月に松崎卓一氏の後の海象課長になっているので、松崎氏とそれほど年次差はなく、遭難されなければ戦後の海洋学発展に寄与されたに違いない。ちなみに鳥羽先生(2010)の講座の歴史展望には、野満・豊原・中宮共著「昭和 10 年 6 月 29 日の京都大洪水」が挙げられており、まさしく野満教授門下で、水路部との関係を象徴している方に相違なかった。

筆者は、大学時代には研究室の歴史とか卒業された先輩とかにはほとんど関心がなかった。しか

しながら卒業・就職することになって國司先生に相談に伺ったところ、水路部には諸先輩が居ることを教えられた。また、業務としての海洋調査の仕事に着いて、行く先々で学会や教室・研究室の諸先輩に出会い、いろいろと助けられ、まことに感謝に堪えない。学問研究は、決して出身にこだわって閥を作るようなものではないと思うけれども、その学問がどのような発展を遂げてきたのか、また遂げつつあるのか、歴史を展望することはたいへん重要と思う。筆者は、研究室には、ほとんど貢献するところがなかったが、本文が研究室の昔を知り、歴史を展望する一助となれば幸いである。

(注)この本には、他にも日高孝次「太平洋の海氷」・吉村信吉「東亜の陸水」等の報文が収録されており、中でも興味深いのは速水頌一郎先生の「揚子江と黄河より見たる南北支那の自然環境」で、結語では「・・・省みれば支那の自然に対するかかる理解はその本質に於いて古来支那の自然哲学を貫く自然観照と相離ること遠からざるを感ずるのである。・・・」とあって、最後は「觀之不見、名曰夷、聽之不聞、名曰希、・・・」(老子道德經第十四章)で結ばれている。

参考文献

- (1) 高橋淳雄 1992 : 野満隆治先生と海洋学 (京大地球物理学研究の百年 (II) 所収)
- (2) 鳥羽良明 2010 : 京大海洋物理学分野の歴史展望、京大地球物理学研究の百年 (II)、19-24.
- (3) 小田巻実 1996 : 第四艦隊台風遭遇事件、「MARINER'S GUIDE No.3 (水路要報第115号)」 pp.32-45.
- (4) 水路部 1937 : 昭和 10 年 9 月 26 日赤軍第 4 艦隊ノ遭遇セル「颱風ニ関スル調査研究」、水路軍機第 631 号、昭和 12 年 12 月 6 日.
- (5) 松崎卓一 1991 : 水路部創立120周年を祝し若き日の思い出、水路要報 (創立120周年記念号)
- (6) Nomitsu, T. 1935(1) : A Theory of Tsunamis and Seiches produced by Wind and Barometric Gradient, Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. A,18, 201-214.
- (7) Nomitsu, T. 1935(2) : Surface Fluctuations of Lake Biwa caused by the Muroto Typhoon, Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. A,18, 221-238.
- (8) Nomitsu, T. and K. Habu 1935 : Proper Oscillations of the Sea of Continental Shelf, Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. A,18, 247-253.
- (9) 海上保安庁水路部 1971 : 「日本水路史」、816p、日本水路協会刊
- (10) 東京地学協会日本地学史編纂委員会 2003 : 「日本地学の展開 (大正 13 年~昭和 20 年) <その3>—「日本地学史」稿抄—」、地学雑誌 112(1)、121-160
- (11) 宇田道隆「海の探究史」1943、新訂版、河出書房、250p.
- (12) 日高孝次 1943 : 太平洋の海流、太平洋協会編「太平洋の海洋と陸水」59-102、岩波書店刊
- (13) 野満隆治 1943 : 太平洋の海水、太平洋協会編「太平洋の海洋と陸水」171-196、岩波書店刊
- (14) 須賀利雄 1996 : 表層水塊形成の力学的解釈と代表的な表層水塊の例 3-4-6 北太平洋中層水、鳥羽良明編「大気・海洋の相互作用」108-112、東京大学出版会

小澤泉夫先生の思い出

小林芳正（1958 年卒）

小澤泉夫先生が 2011 年 3 月 14 日に亡くなられたことは、6 月になってから同窓会の通信で知った。前年の 11 月、私の妻が亡くなったとき、先生から香典を送っていただいたりしていたのに迂闊だった。あとになって奥様にお聞きしたところでは、先生の訃報は、新聞社にもどこにも通知がなかったそうだから、私が気づかなかったのも仕方ないことだったけれど……。先生はもうご高齢だとわかっていたし（大正 11 年生まれ）、ずいぶんご無沙汰してしまったので、近々一度お訪ねしたいと思っていた。

先生と私は専門も違うし、それほど密に接してきたわけではない。だが、最初にお世話になったのが 1957 年の学部卒論のとき、先生が定年退官された 1986 年、私はその講座の助教授だったのだから、お付き合いの期間は相当長い。私の学位審査も先生が主査だった。卒論の頃、先生は第 4 講座（応用地球物理学）の助教授で、教授は佐々憲三先生だった。この年、佐々先生は理学部長に選出され多忙だったため、学生は減多にお目にかかれず、私たち卒論生が個別に会っていたのは、卒業研究のテーマを与えられたときと、中間報告に一度、それから卒論の講座内発表会のときの 3 回ぐらいだった。その他の期間、私は助教授室の一隅にデスクをいただき、もっぱら小澤先生の指導の下に研究を進めたのである。

テーマは「ハイドロフォン（水中感震器）の試作」だった。私はいろんな書物で地震計や換振器について勉強し、それなりの設計をして、教室の工場に製作を依頼したが、特殊鋼の薄板とか、必要な部材は小沢先生に取り寄せていただいた。一番困難だったのは、水圧変化を測る計測器だから、感度をよくするには受圧板がわずかな圧力変化で動かなければならないのに、そのような柔らかい受圧板では高い静水圧に耐えられず、大きい水深で使えなくなることだった。後でわかったことだが、高い静水圧に対抗するには受圧板の裏側にも静水圧を入れてバランスさせ、動水圧だけ測定するようにすればよいのである。そんなことは知らなかったから、この本質的困難は最後まで克服できず、結局、高い静水圧に耐えるために硬い受圧板を使い、感度不足は増幅器で補うことにした。この試作品は、卒論発表会で佐々先生に「これでは落第だな」といわれてしまった。もちろん落第はしなかったから卒業はできたけれど、佐々先生が「指導したものが悪い」と小沢先生だけを叱られたのは申し訳ないことだった。

小澤先生は若い頃から耳が遠く、慣れない人との対話が困難だった。特に低音が苦手らしかったが、私の声は高めで聴き取りやすかったらしく、そのため、卒論の頃、私は先生を訪ねられた方と先生との通訳をときどき勤めていた。こんなことからか、先生は私のことは信用してくださっており、私にとっての小澤先生は、他の方々が言われるほど、付き合いづらくはなかった。私が 1981 年に第 4 講座助教授として教室に戻ってからも、先生との厄介な交渉はよく私にゆだねられた。あるとき先生が欠席中の院入試の問題検討会で、先生の出題された問題の一部を変更して欲しいことになった。こういう時、先生の説得はとても難しいのだと出題委員長をはじめ皆さんがいわれるのである。そして先生の下承を得る役は私が仰せつかった。さっそく、病欠か何かでお休みだった先生をお宅にお訪ねし、理由を説明してお願いしたところ、先生は二つ返事で承知してくださったのだった。

先生は頑固で、人のいうことなどあまり聞かないというのが大方の見方だったが、それは先生の難聴から来たものではないかと私は思っている。人の話が聞き取りにくいために、だまされた（と思われた）経験が、先生には何度かあったのかもしれない。だからよくわからないときは「ノー」というのが先生の通常の対応になった。その結果、相手のいうことがよくわからなかったために誤

解して拒絶してしまわれるようなこともしばしば起こったのだろう。先生が「〇〇君はおかしいですよ」と私に注意を喚起された〇〇君が、実は全然おかしくなく、ただごく低音なだけだった例を私も経験したことがある。つまり難聴が先生を必要以上に用心深くさせ、対人関係に多くの不都合を生じさせたのだと考えられる。

私にとっての先生は、大抵はおだやかで、話の分からない人ではなかった。私は、先生が警戒心を抱かずに付き合うことのできた数少ない後輩・弟子の一人だったのかもしれない。その理由はたぶん、私の声が聞き取りやすかったことと、そしてもっと大きくは、私を学生の頃から知っており、単純な私の性格までよくご存じだったからだと思う。

こんなハンディのあった先生だから、人との交渉をとまなうような、いわゆる政治的・行政的なことには関心を示されず、終戦直後から定年退官に至る 40 年もの長きにわたって、逢坂山その他で地殻変動の観測的研究を営々として継続された。また最晩年まで常に Jeffreys など古典をひもとき、理論の研鑽も怠られなかった。雑音に煩わされず、己の信ずる道だけを最後まで歩み続けられた。

でも、先生がこんな駄文をご覧になったら、あのちょっとはにかんだような苦笑で応えられるような気もする。わかってないなあと……。先生のご冥福をお祈りします。

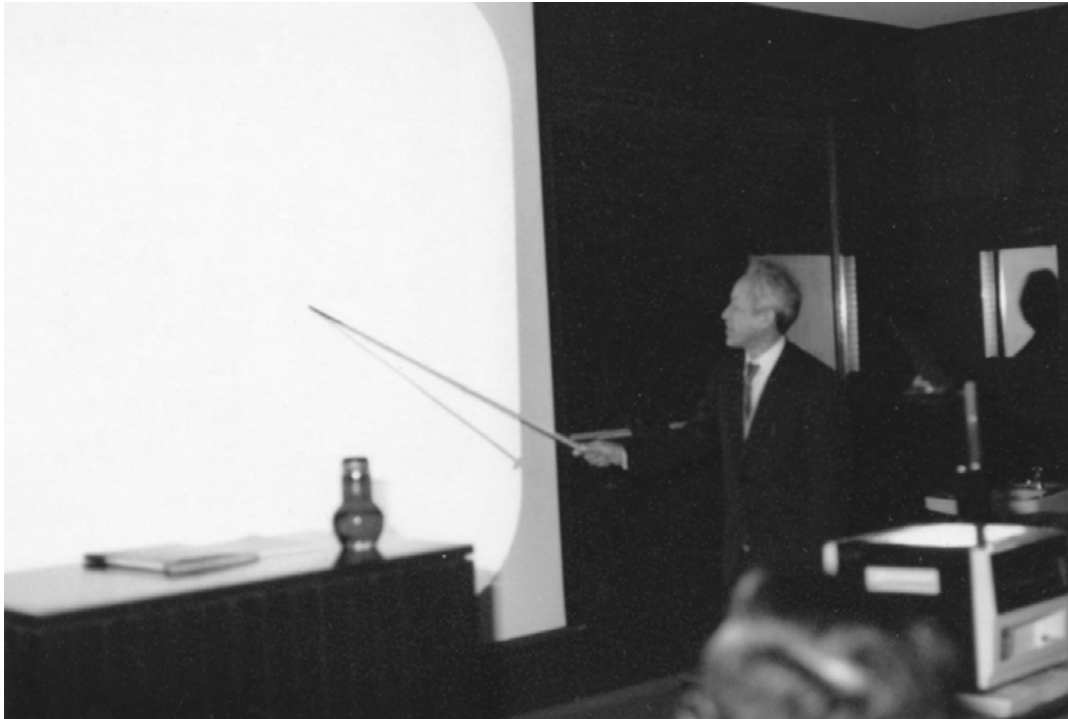


写真 退官記念講演中の小澤先生（昭和 61 年 3 月 28 日）、講演題目は、「地殻のひずみの観測とその思い出」。

科学教育史のなかの志田 順

山田 俊弘（千葉県立幕張総合高等学校）

1. はじめに

地球物理学史上の志田 順の業績についてはこれまでの本集録で論じられてきている。本稿では教育史のなかの志田という観点からいくつかの事柄を付け加えてみたい¹。

筆者は科学教育史を、特にその地学分野について、科学史研究の視点から再検討する作業を行っている（山田, 2007, 2009b）。地学教育史というと通常は、第二次世界大戦後に成立した初等中等教育における「地学教育」の変遷を想起させるが、この整理の仕方は今日主として二つの点から不十分さを感じさせるに至っている。第一に、教員養成を担う高等教育への目配りがないことである。すでに旧制高等学校時代から「地学」のカテゴリーが生成され、新制高校の「地学」だけでなく、新制大学の一般教育における地学教育の基礎となっていたことがはっきりしている（望月, 1947: 14-15; 日本地学史編纂委員会, 2009）²。戦前の博物科における地学領域の生成一般とあわせて、位置づけの必要がある。第二に、20 世紀の終わりから「地球惑星科学」という形で地学分野の再編成が進み³、従来恐らく制度的にも科学方法論的にも物理化学分野の一分科として記述した方が自然とみられた地球物理学や地球化学を、むしろ物理学的地球科学や化学的地球科学としてとらえ直す必要性が生じてきていることである。

もちろん遡及的な記述がかえって事実を歪めるというのは科学史研究の教えるところであり、後に見るような志田の科学教育上の仕事が物理教育の内容であって地学教育でないと言われればその通りである。しかし、地球物理学の制度化という志田の仕事を、上記のような高等教育史まで含めた拡張された地学教育すなわち地球惑星科学教育の一契機として見直すことで、その歴史的な意義に今日的な光を当てることができると考えられる。そしてそれが同時にディシプリンの生成と学派の形成に密接に絡むゆえに科学史研究上の題材となりうる⁴。

以下において、特に志田の教育者としての側面に注目するため、広島高等師範学校時代から京都帝国大学で地球物理学教室を立ち上げるまでの期間を中心に、その履歴と業績を、できるだけその背景とともに、辿ってみたい。

2. 物理教師としての足跡

志田 順 (1876–1936) は千葉県佐倉生まれ、東京帝大で物理学を田中館愛橘や長岡半太郎から学び、1901 (明治 34) 年卒業して大学院に進んだ。その後 1903 年に、その前年に開校した広島高等師範学校に赴任する。5 年後第一高等学校教授として東京に戻ったのもつかのま、地球物理学研究拠点の立ち上げという使命を与えられて 1909 年に京都に移るが、このときまでの志田には基本的に物

¹ 山元・竹本 (2010) における志田の教育・啓蒙活動に関する記述を補うことを意図する。

² 高等教育まで含めた科学教育史の試みとしては、日本科学史学会 (1964, 1965, 1966) 参照。また「地学教育学」というディシプリン形成の問題との関係については、山田 (2007) で初発的な考察を行った。こうした観点から 住友 (2010) は貴重な記録であり証言である。初期の京大での教養地学の講義内容については 東中 (1955) 参照。

³ 大まかな流れは Working Group of Japanese INHIGEO Members (2011) 参照。

⁴ 高等教育史(ここでは実質的に大学史) 研究と科学史研究の接点に関する研究展望としては、中山 (1971) 参照。

理教師としての側面を濃く見ることができる。

『広島高等師範学校一覧』を用いて1903(明治36)年から1933(昭和8)年までの数学カリキュラムを復元しようとした平林(1982)によれば、広島高師の初期の本科には「数物化学科」が置かれ、「数学・物理学を主とするもの」と「物理学・化学を主とするもの」の2つのコースに分かれていた。一方、広島高師『創立四十年史』の「高師教官異動表」を見ると、志田の名は「物理天文」の欄に見出され、1903年から3年間数物化学部の部長を務めている(広島文理科大学・広島高等師範学校, 1942: 416, 428)⁵。着任の年の10月に物理教室・化学教室が竣工した(同書年表 p. 359)。志田が草創期の高師で、上の2コースで「物理総論」から始まる物理学関係諸科目やおそらく「星学及気象学概論」(第3学年用)を担当し(図1)、数学を含めたいわば「精密科学」の教授研究に関し責任のある立場にいたと推測される。

備考 各学科ノ實驗一回ノ時間ハ凡二時トシ表示シタル時間以外トス	科目		計	體操	手工及 圖工	英語	天文 氣象	化學	物理學	數學	教心理學 及倫理學	學科 目	學年	數物化學部 (一)
	音樂	獨語												
	樂器 使用 法歌													
	二		回二	三	二	五		回一 三	回一 四	六	二	二	第一學年	ト數學物理學ヲ主スルモノ
	同上	文讀、 作譯、	實驗	同上	金製 工及 實器 製圖	同上		化學 本論 ニ關 スル 實驗	測定 及 計算 實驗 法	微分 積分 何學 論	教 育 學	倫 理 學 史	第二學年	ト數學物理學ヲ主スルモノ
	一 同上	三 同上	回三	三	二	五		回一 三	回二 四	五	二	二	第一學期及第二學期	ト數學物理學ヲ主スルモノ
	一 同上	三 同上	回二	二	三		同上		回二 五	六	四	二	第三學年	ト數學物理學ヲ主スルモノ
	一	三	回一				二		回一 三	四	二	二		

図1 本科 学科課程 数物化学部「数学物理学を主とするもの」(広島高師『創立四十年史』)

⁵ なお同じ表の明治40年「地質鉱物」の欄に中村新太郎の名がある(p. 422)。中村は1年で地質調査所に異動してしまうが、後に京都帝大地質学鉱物学教室の地史学講座の初代教授となった。

後に京都帝大地質学鉱物学第一講座の初代教授となる松山基範 (1884-1958) は 1903 年 4 月に広島高師に入学しているので、こうした初期のカリキュラムで学んだ一人である。志田の教えを受けた松山は 1907 年卒業、中学校勤務を経て 1908 年 9 月京都帝大物理学科に入学した。その翌年京都に赴任してきた志田と再会し物理学を学ぶとともに地球物理学研究の道へ進むことになる⁶。

志田の科学教育上の貢献がどのようなものであったのかはこれまでのところ明確にされていないようである。ここでは広島高等師範学校教諭であった大島鎮治との共著となっている教科書や参考書の類を取り上げてみたい。大島との共著には『参考実験物理学』(明治 39 年 1 月発行、志田・大島 1906、以下『実験物理学』)、『普通教育物理学教科書』(大正 2 年 12 月発行、志田・大島 1913)、『普通教育物理学新教科書』(大正 6 年 9 月初版発行、大正 7 年 1 月訂正再版発行、志田・大島 1918)がある。特に最初の『実験物理学』は広島高師在職中の出版であり、志田の関与が大きいと思われるので、内容に立ち入っておきたい。

表 1 『参考実験物理学』(明治 39 年 1 月発行、志田・大島, 1906) 内容一覧

緒論		
第 1 編	力学 (9 章)	運動 落体 運動量, エネルギー 力の組立 器械 天秤 回転運動 振子 万有引力
第 2 編	物性 (13 章)	物体の性質 固体の弾性 固体の衝突 摩擦 重力の作用せざる液体 重力の作用を受くる液体 比重 液体の運動 液体の圧縮及び分子力 気圧 排気機 気圧の応用 気体の運動
第 3 編	熱学 (9 章)	温度 膨張 融解 蒸発及び沸騰 湿度 気体の液化 比熱 熱の伝播 熱力学
第 4 編	音響学 (5 章)	波動 音の伝播 音波の反射及び干渉 音の性質, 音階 気柱, 棒, 絃の振動
第 5 編	光学 (11 章)	光の直進 光の反射 屈折 レンズ 光の分散 光の作用 光の波動説 光の干渉 光の偏り 複屈折 眼
第 6 編	電気及び磁気 (18 章)	磁気 地球の磁気 クーロムの定則, 磁場 電気 電場 電気の感応, 起電 機 蓄電器 空中電気 電流 電池 電流の化学作用 電流計 オームの 定律 電流と熱 電流と磁気 電流相互の作用 感応電流の応用 電磁波

『実験物理学』の表紙には Experimental Physics という英語が記され、おそらく下で見るように、種本の実験物理学教科書を示唆する。編成は力学、物性、熱学、音響学、光学、電気及び磁気の 6 編からなり (表 1)、通常の物理学教科書の項目に対応している⁷。実際、「中学校物理科教授要目を包含し普通物理学教科書の各要項を網羅して之れに詳細なる説明を与えたり」(一〜二頁)として、中学校の物理学の参考書とすることを意図したものである。ほかに師範学校生徒の教授用、小学校教師などで物理学に興味を感じた者の参考書となることを希望している。執筆にあたってロンメル (Eugen Cornelius Joseph von Lommel, 1837-1899)、ミュラー (Johann Heinrich Jacob Müller, 1809-1875) 及びプイエー (Claude Servais Mathias Pouillet, 1790-1868)、マッハ (Ernst Mach, 1838-1916)、ワトソ

⁶ この辺の事情については、竹本 (2011) (本集録所収) 参照。

⁷ 同じ年の末に本間義次郎と大島の共著になる『普通教育物理学教科書』が出版された (本間・大島, 1906)。力学・物性・熱・音・光・電気及び磁気の 6 編から編成され、最初にニュートンの肖像と簡単な伝記、英語の言葉がある。なお本間はやはり広島高師教授で、志田のあと数物化学部長だったが、1908 年逝去。本書には物理教育史の観点から大野(1998)による言及がある。

ン (William Watson, 1868–1919) らの書を参照したと明記している。

ところで「編者」による「緒言」は明治 38 年 12 月付けになっているが、筆を起したのはその 5 年前で、明治 36 年 4 月までにいったん原稿が成ったものの「更に訂正増補の必要を感じ稿を改め」(二頁)、明治 37 年 7 月に完成したという経緯が語られている。志田の履歴にあてはめれば、物理学の学生時代からの仕事ということになるが、その他の教科書執筆の状況からみて大島が最初に手を付けたものと推測することも不自然でない⁸。しかし、訂正・増補・改稿作業が広島高師に赴任した志田のもとで行われたのは間違いないであろう。

さて教科書執筆にあたって参考としたという書籍を見ておこう。掲げられているのは次の 4 点である(表記の仕方は原文のまま)。

ロムメル実験物理学 Lommel: Lehrbuch der Experimental physik.

ミュレル プイエー Muller-Pouillet's Lehrbuch der Physik.

マッハ Mach's Grundriss der Physik.

ワットソン Text book of Physics.

これらは、それぞれ、以下の書物であると推定される(ただし個々の版については詳細不明)。

Eugen von Lommel, *Lehrbuch der Experimentalphysik*, 4 Auflage, Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1897, 558 pp. (Lommel, 1897/1899)

Leopold Pfaundler, *Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik und Meteorologie*. 3 vols, 9 Auflage, Braunschweig, F. Vieweg, 1886-1898.

Ferdinand Harbordt and Max Fischer, *Mach's Grundriss der Physik für die höheren Schulen des Deutschen Reiches*. I. Teil: Vorbereitender Lehrgang. Ausgabe für Real-Anstalten. Leipzig, G. Freytag, 1893, vi, 160 pp.

William Watson, *A text-book of physics*, new and revised edn. Longmans, Green, London, 1900, xxii, 896 pp.

これらの書物は、マッハのものを除くと、旧帝大系や高師系の大学図書館に現在も保存されているものが多い。著者らによると「特に適切な説明の方法順序等はロムメルに負うところ多い」とあるが、確かに 406 に及ぶ挿図のうち多くが流用されたものである。ざっと見て、たとえば振子の図や気圧の実験、複屈折などではほぼ同一の図が用いられている。ただし、固体の箇所では結晶の図は省かれており、「地球の磁気」の章のように、測定器具の図は採用する一方、地磁気の 3 成分の分布図はカットするなど選択が行なわれている。さらに「著者の工夫したる実験装置を書きたるもの又少からず」(二頁)と述べて独自の貢献を主張している点に注意したい。今回の調査では十分確定できなかったが、柴(1990)が指摘する、世紀転換期のドイツにおける物理生徒実験の普及との同時代性がうかがわれ興味深い。

志田が中等教育の教授法改革にどこまで自覚的であったか不明だが、共同作業は双方に益となったとみえ、すでに触れたようにその後『普通教育物理学教科書』(志田・大島, 1913)や『普通教育物理学新教科書』(志田・大島, 1918)を共著で出版している。後者の大正六年九月付の「序言」には「理化学教授革新の時機に際し」とか「類書に稀なる多数の応用問題を加え」(一頁)といった文言がある。これらは大島によるものの可能性が高いが、志田も当然承知していたであろう。大島は 1914(大正 3)年から欧米に留学し、『理科教授の原理』(1920 年)のような科学史と科学教育史的記

⁸ 大島は 1899(明治 32)年高等師範学校(物理・化学専攻)卒業後、高田・広島中学を経て、1905(明治 38)年広島高等師範学校附属中学校の創設とともに同校教諭となったので(日本科学史学会, 1965: 386)、もし大島が先鞭をつけたとすると、中学に就職後ということになる。

述を含む包括的な理科教育論を発表した。彼は生徒実験の導入に対し、実験をやりさえすればよいという態度には批判的であった(板倉, 1968: 277-278)。大島の考え方に志田の影響があったと即断はできないが、興味深いエピソードである。とにかくこの時期に志田の物理学者としてだけでなく教育者としての基礎的実践的な力が養われたとみられる。

3. 京都帝大時代の教育・啓蒙活動

1908 (明治 41) 年広島から第一高等学校の物理の教授として東京に帰った志田は⁹、翌年京都帝大物理学科助教授に異動し、地球物理学科の創業者としての歩みを始める。理学博士号取得後 1913 (大正 2) 年教授となり、1918 年物理学科の地球物理学一般の講座、1920 年宇宙地球物理学科、1921 年海洋学講座、1922 年気象学講座、1924 年宇宙物理学科から完全に分離独立した地球物理学科のそれぞれの設立に関与した。これら一連の過程を跡づけながら志田の教育活動の側面を探ってみたい。

この時期の『京都帝国大学一覧』をくくってみると、志田の赴任する前年にすでに「地球物理学」という科目が掲載されている (京都帝国大学, 1909: 182)。実際に開講されたとなると物理学第四講座担任の教授として名前の見える新城新蔵 (1873-1938) が受け持った可能性がある。1909 (明治 42) 年の職員名簿には、物理学第一講座分担の助教授として志田の名前が出現し、物理学科の科目「地球物理学」は「四ヶ月間毎日講義三時」と開講期間と時数が明記されている (京都帝国大学, 1910: 196)。この科目は力学特論や放射論などとセットで取るよう指示がある。この頃の卒業生名簿には、1910 年 7 月卒で熊本出身の野満隆治、1911 年 7 月卒で大阪出身となっている松山基範の名が見える (京都帝国大学, 1912: 288)。

ところが、大正時代に入って 1914 (大正 3) 年に理工科大学が理科大学と工科大学に分離したときの「理科大学規程」には宇宙物理学はあるが地球物理学という科目名は消えている (京都帝国大学, 1914: 198)。これは志田が留学予定であったということもあろうが、地球物理学の専門性・独自性や体系性をめぐって何らかの議論があった可能性もある。1915 (大正 4) 年には志田は物理学第一講座担任になる一方 (京都帝国大学, 1916: 90)、1917 (大正 6) 年から岡田武松博士が気象学の講師に招聘されている (京都帝国大学, 1918: 89)。

1918 (大正 7) 年に至って、宇宙物理講座と地球物理講座が発足しそれぞれ新城と志田が担任する (同時にそれぞれ物理学第二講座、第一講座を分担)。このとき気象学のほかに中島繁亀講師の担当として「地学実験」が導入されている (京都帝国大学, 1919: 92-93)。その翌年の一覧にはこれに加えて柴 久光講師の担当で「地球物理学実験」(次の年は「地球物理学実験」、いずれも地球物理学実験か) という名称が登場し (京都帝国大学, 1920: 95)、さらに湖沼学の田中阿歌麿講師、地球物理学の大谷亮吉講師の名が連なるようになる (京都帝国大学, 1921: 108-109)。この年 1920 年に物理学教室内に野満博士が分担する地球物理学第二講座ができ (海軍教授兼海軍技師兼任)、理学部規程の提示する学科目にも地球物理学が出現する (京都帝国大学, 1921: 231)。

大正 11・12 年の一覧を見ていて飛び込んでくるのが「宇宙地球物理学教室」という文字である (京都帝国大学, 1923: 112-113)。宇宙物理学が 2 講座になるとともに、地球物理学第三講座が大谷亮吉教授の分担で発足している (大阪高等学校教授兼任)。地球物理学の講師陣には、市原 用、長谷川 萬吉、依田和四郎、鈴木政達らが名を連ねる。さらに新設された地質学鉱物学教室の地質学第一講座に松山の名がある。大正 14・15 年の一覧では完全に分離した 2 教室を見る。地球物理学教室は、志田、野満、大谷に助教授の長谷川、講師に岡田、柴、田中、市原、依田に加え、芳賀惣治郎、滑川忠夫、長谷川久一、佐々憲三、助手に塚本幸七 (海外出張中)、小出水榮助、安田幾之助 (京都帝国大学, 1926: 118-119)。他方、地質学鉱物学教室には松山のほか、「岩石物理学」講師に上河善雄、

⁹ 第一高等学校 (1909: 101) に「物理 志田順 千葉 士族」として名前が見える。

助手に熊谷直一がいる。

他方、現在の地球惑星科学図書室にある地球物理学教室の「図書原簿」の頁をたどると、上述の変化に対応した興味深いことが分かる¹⁰。「明治2年」～昭和33年」とある第1冊には、旧物理学教室で購入され後に地球物理学教室の所蔵になったと考えられる図書の記載があり、明治40年までは毎年10件未満だが、明治41年度（1908年4月～1909年3月）になって31件と急増する。言うまでもなくこれは先ほど触れた志田赴任の前年で「地球物理学」が初めて科目として登場した年である。内容的にも従来の一般的なものから気象や海洋、地震など特殊なトピックスを扱った洋書が購入されている。

次に飛躍があるのは大正9年度（1920年4月～1921年3月）である。ただし大正9年度から大正13年度の途中までは宇宙物理学の図書も入っているよう（備考欄に「宇宙」と記入されている）、これを除くと大正9年度33件、同10年度46件、同11年度16件と続くが、大正12年度（1923年4月～1924年3月）に入ると103件と急増し、同13年度181件、同14年度103件、15年度83件と推移する。これはすでに見てきたように、物理学科からの分離の第一段階（宇宙地球物理学科の成立）と第二段階（地球物理学科としての独立）を裏づけているといつてよいであろう¹¹。購入図書の記録から、研究や教育の充実の度合いもうかがい知られるわけである。

個々の図書の細かい分析は置いて、いくつか目についたものを取り上げてみよう。洋書は英語ドイツ語がほとんどでフランス語が少しある。ある意味で当然だが、各分野の教科書やハンドブック・データブックを揃えようとしていたことは確かであり、後者にはクラーク (Frank Wigglesworth Clarke, 1847–1931) の地球化学、デルター (Cornelio August Severius Doelter, 1850–1930) の鉱物化学に関するものなども含まれている¹²。

地震関係ではガリツィン (Boris Borisovich Galitzine, 1862–1916) の、気象関係ではハン (Julius Ferdinand von Hann, 1839–1921) のものが散見される¹³。気候に関する著作もけっこう見出される。ペンク (Albrecht Penck, 1858–1945) とブリュックナー (Eduard Brückner, 1862–1927) の氷河期、ビャークネス (Vilhelm Bjerknes, 1862–1951) の動力学的気象学、リチャードソン (Lewis Fry Richardson, 1881–1953) の数値天気予報論などがある¹⁴。1904年にアスマン (Richard Assmann, 1845–1918) らによって創刊された高層気象の専門誌も購入されている¹⁵。

有名なところではウェゲナー (Alfred Wegener, 1880–1930) の『大陸と大洋の起源』が大正10年10月29日付で購入されている¹⁶。また地質関係の著作や雑誌の購入もしばしば記録されており、ホームズ (Arthur Holmes, 1890–1965) やオズボーン (Henry Fairfield Osborn, 1857–1935) の本、カーネギ

¹⁰ 戦後に整理されたものと考えられる。受入年月日、供用命令番号、受入番号、著者及び書名、冊数、価額、納入者又は寄贈者、備考の各欄からなる。

¹¹ 永野・佐納 (2002: 12) は文部省令による正式な分離は1924年と推測している。

¹² それぞれ、The Data of Geochemistry (明治42年7月5日付購入)、Handbuch der Mineralchemie, 3巻 (大正13年2月13日付)。

¹³ 前者は Über die Magnetische Dämpfung von H-Pendeln (明治43年7月9日付) や Vorlesungen über Seismometrie (大正10年3月31日と大正12年10月27日付)、後者は Atlas der Meteorologie (明治44年3月25日)、Handbuch der Klimatologie, 1, 2, 3 (明治45年3月26日)、Lehrbuch der Meteorologie (大正9年11月16日付) など。

¹⁴ それぞれ、Die Alpen im Eiszeitalter (明治42年4月20日)、Dynamic Meteorology and Hydrography (大正元年10月10日)、Weather Prediction by Numerical Process (大正12年10月27日付)。

¹⁵ Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre (たとえば明治43年7月9日、大正3年3月27日、大正11年7月7日付)。

¹⁶ Entstehung der Kontinente und Ozeane. 第2版か。また Thermodynamik der Atmosphäre (大正13年2月13日付) も見られる。

一研究所の年報などが見られる¹⁷。邦語文献には地質学雑誌や気象台の報告書などの逐次刊行物のほか、梶山英二『日本海洋学』（1920年）、寺田寅彦『地球物理学』（1915年）、日下部四郎太『物理学的量の測定』（1921年）などの教科書があり、寺田のものは大正10年12月15日付で3冊購入されている（3冊で7円50銭）¹⁸。

もちろんこうしたカリキュラムや文献資料の整備を志田だけの仕事に帰すわけにはいかないだろう。志田より前に赴任しこの分野に通じていた新城の存在は非常に大きかったと推定でき、また文科大学（文学部）の地理学講座にいた地質学者小川琢治による助言の可能性もある。

最後に、社会教育的な意義を持つ科学啓蒙、今日で言えばアウトリーチや科学コミュニケーションの分野について付け加えておきたい。志田が晩年に、『科学知識』のような科学を普及するための一般誌に、気候変動の研究について書いていたことは知られている（山元・竹本, 2010: 4-5）。それより前に関東大震災の折り志田は『週刊朝日』に二度にわたって記事を載せていた。

『週刊朝日』1923（大正12）年9月9日号は、震災特集号であり禍々しい写真が口絵を飾るが、科学者による論説を最初に配置した（図2）。志田による「地震は地殻の革命である」という文章である（志田, 1923a）。もっとも「談」と最後にあるように、志田の話を記者がまとめたものである。副題として「最初に響く『縦波』続いて『横波』」、さらに並べて「今回の地震は火山力の作用か」と見出しが躍る。「最初の激震で京大物理学教室の上賀茂地震（ママ）観測所地震計が飛び出してしまった」として（p. 5）、南北・上下・東西の「地震記録」を掲げている（p. 6）。その初動の方角から震源が相模灘の付近と推定する。さらに地震の原因に触れて、熱を発するラジウムの存在から冷却説を採らず、「地殻の深处における火山力の現われだ」と述べる（p. 5）。

続く9月16日号には「震源地の測定」と題する談話があり（志田, 1923b）、「馬入川の右岸小田原の北」「南北に互った裂罅」という副題のもと、各地の測候所の観測結果を合わせて初動の四象限分布の図（p. 12、図3）を示している。震源を「相模馬入川（相模川）右岸厚木の西、小田原の北」とし（p. 11）、南北方向の断層について議論する。「私が地震研究を始めて間もなく気が付き其後七年を経た大正六年五月十八日天龍川の中流に起った地震観測に於て初めて完全なる一例を得て天覧に供した事のあるそれと全く同一の型」とであると指摘している（p. 11）。これは志田の大正15年10月の講演にある内容と符合する（志田, 1937: 2）。

志田のほかには、松山基範、田辺朔郎、小川琢治、藤田元春ら京都帝大や三高の学者が記事を書いている¹⁹。特に松山は、志田の要請もあったのだろう、3回にわたって寄稿している。9月9日号では「近來殊に京都大学の志田教授の研究によって地震計で地震動を観測して、それから震源に於て如何なる種類の地激変が起ったかを推定し得るに至った」と紹介し（松山, 1923a: 9）、続く9月16日号では志田の図を受けて、同様の「震源に於ける裂罅生成推定図」を描き（ただし震央は相模湾中となっている）「M君」宛て書簡形式の体裁で解説を加える（松山, 1923b）。少し後の10月7日号では各地のようすを伝えながら、微小地震や地盤傾斜の極微変動の観測による「地震の予報にすすむ道」を示唆している（松山, 1923c: 20）²⁰。

東京が壊滅状態のなか大阪の出版社がこうした特集号を京都の科学者を動員して作ったということがわかるが、志田がこれに応じて直ちに上賀茂地学観測所の観測結果を公表し、さらに他地点の観測地を合わせた初動の押し引きの図から震源の推定結果をも明らかにした点は印象的である。

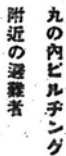
¹⁷ それぞれ、Age of the Earth（大正10年1月10日付）、Origin and Evolution of Life（大正12年10月27日付）、Carnegie Institution of Washington Year Book, No. 21（大正13年3月31日付）。

¹⁸ 梶山のものは大正10年1月10日付、日下部のものは大正11年6月30日付で、各1冊購入。

¹⁹ 田辺、小川、藤田については、『週刊朝日』4巻13号（9月16日号）にそれぞれ「不完全からの災禍」（pp. 6-7）、「近く来る地震」（談）（p. 11）、「富士火山帯と記録に現われた地震」（pp. 17-18）が掲載されている。

²⁰ これらの文章は、前中（2006: 193-197）の業績一覧表に含まれていないようである。





市經營上の一指針
建築界に下つた一大警告
鐵骨鐵筋コンクリートの耐火耐震力如何
水道電燈、瓦斯の設備に現れた種々の缺陷
將來を考慮すべき大切な時

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

北

南

下

上

東

西

78

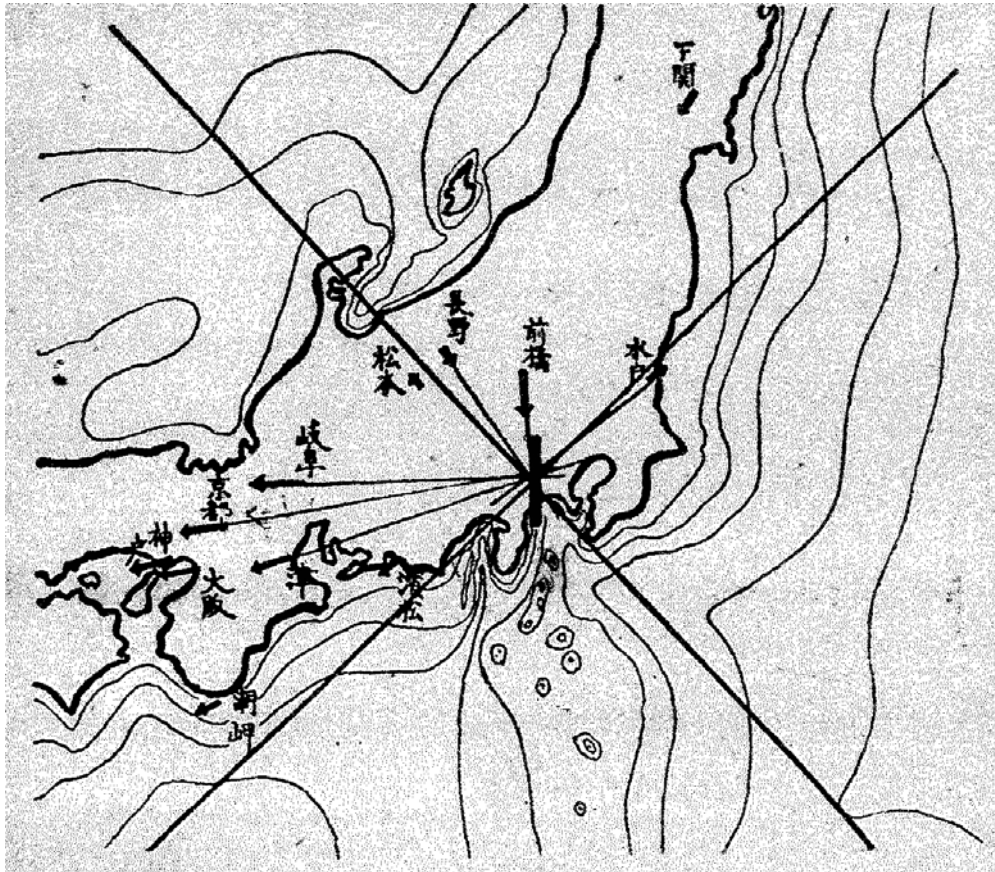


図3 志田順「震源地の測定」(『週刊朝日』1923(大正12)年9月16日号、国会図書館マイクロフィッシュより)。

4. まとめと課題

論文数が少なく、地球物理学関係の教科書も公にしなかった志田であるが、諸資料の発掘から研究教育活動の一側面を浮かび上がらせることができたと思う。特に、物理実験参考書や物理学教科書の執筆編纂作業、地球物理学教室創設時のカリキュラムや図書の整備、大震災時の情報発信と啓蒙活動に注目しておいてよいだろう。

他方、地球物理学をめぐる、カリキュラム（隠れたカリキュラムを含む）とディシプリン生成の関係、大正期の大学再編成（拡充）という背景、さらにその制度化の世界的な同時性については議論が及ばなかった。ここでは大学の拡充との関係について課題を付け加えておく。

「柳沢事件」の背景を論じた谷脇(2000)によると、第5代総長(1913-1914)であった柳沢政太郎(1865-1927)は、1914年の理科大学分離独立にあたって、大学間の競合・競争を念頭に置いていたという。すなわち、理科大学としては先発の東京や仙台に対し京都ならではの特色をいかに出すかを意識していた。この視点が地球物理学教室のみならず、宇宙物理や地質鉱物の立ち上げに際しても影響したと考えられる²¹。こうした差別化の政策は教育方法や学風の形成に影響を与えたとみられる。法科大学の試みは有名であるが、古川(2010)によれば、東京帝大応用化学学科の助教授であった喜多源逸(1883-1952)が、1916年京都帝大工業化学科に移り独自の学風を育てそこから2

²¹ 日本の地球物理学史を大学における制度化という観点から描く試みとして、山田(2009a)参照。

人のノーベル賞化学者を生み出すことになった契機に、東京における研究教育観の齟齬があったという。いわばこうしたハードとソフトの両面から百年に及ぶ歴史を検証してみる必要がある。

謝辞

竹本修三氏には集録への寄稿のお誘いならびに掲載予定のご玉稿の提示について、地球惑星科学図書室の銭谷多美氏には資料探索の便宜を図っていただいたことについて、深謝申し上げます。

文献

- 第一高等学校 (1909): 第一高等学校一覧 自明治 41 年至明治 42 年. 第一高等学校, 292 頁.
- 古川 安 (2010): 喜多源逸と京都学派の形成. 化学史研究, 37 巻 1 号, 1-17.
- 東中秀雄 (1955): 物理地学. 朝倉書店, 270 頁.
- 平林一栄 (1982): 数学教師の教育—広島高師の歴史的反省にたつて. 大学研究ノート, 55, 25-33.
- 広島文理科大学・広島高等師範学校 (1942): 創立四十年史. 広島文理科大学, 広島, 443 頁.
- 本間義次郎・大島鎮治 (1906): 普通教育物理学教科書. 寶文館, 東京・大阪, 314 頁.
- 板倉聖宜 (1968): 日本理科教育史 (付・年表). 第一法規, 488 頁.
- 京都帝国大学 (1909): 京都帝国大学一覧 従明治 41 年至明治 42 年. 京都帝国大学, 京都, 394 頁.
- 京都帝国大学 (1910): 京都帝国大学一覧 従明治 42 年至明治 43 年. 京都帝国大学, 京都, 430 頁.
- 京都帝国大学 (1912): 京都帝国大学一覧 従明治 44 年至明治 45 年. 京都帝国大学, 京都, 332 頁.
- 京都帝国大学 (1914): 京都帝国大学一覧 自大正 3 年至大正 4 年. 京都帝国大学, 京都, 402 頁.
- 京都帝国大学 (1916): 京都帝国大学一覧 自大正 4 年至大正 5 年. 京都帝国大学, 京都, 420 頁.
- 京都帝国大学 (1918): 京都帝国大学一覧 自大正 6 年至大正 7 年. 京都帝国大学, 京都, 448 頁.
- 京都帝国大学 (1919): 京都帝国大学一覧 自大正 7 年至大正 8 年. 京都帝国大学, 京都, 472 頁.
- 京都帝国大学 (1920): 京都帝国大学一覧 自大正 8 年至大正 9 年. 京都帝国大学, 京都, 490 頁.
- 京都帝国大学 (1921): 京都帝国大学一覧 自大正 9 年至大正 11 年. 京都帝国大学, 京都, 542 頁.
- 京都帝国大学 (1923): 京都帝国大学一覧 自大正 11 年至大正 12 年. 京都帝国大学, 京都, 586 頁.
- 京都帝国大学 (1926): 京都帝国大学一覧 自大正 14 年至大正 15 年. 京都帝国大学, 京都, 746 頁.
- 前中一晃 (2006): 日も行く末ぞ久しき—地球科学者松山基範の物語. 文芸社, 203 頁.
- 松山基範 (1923a): 地震研究者の二方面—自分として考えて見た事. 週刊朝日, 4 巻 12 号, 8-9.
- 松山基範 (1923b): 地殻内の割れ目—静岡の旅舎にて. 週刊朝日, 4 巻 13 号, 16.
- 松山基範 (1923c): 震災地で聞いた話. 週刊朝日, 4 巻 16 号, 19-20.
- 望月勝海 (1947): 地学・地質学・地理学. 目黒書店, 124 頁.
- 永野 宏・佐納康治 (2002): 長谷川万吉と地球電磁気学. 開成出版, 126 頁.
- 中山 茂 (1971): 展望: 大学史—科学史の背景としての. 科学史研究, II-10, 202-207.
- 日本地学史編纂委員会 (2009): 戦後日本の地学 (昭和 20 年～昭和 40 年) <その 2>. 地学雑誌, 118 巻, 280-296.
- 日本科学史学会 編 (1964, 1965, 1966): 日本科学技術史大系 (8, 9, 10 巻) 教育 1, 2, 3. 第一法規, 605, 585, 640 頁.
- 大野栄三 (1998): 明治期物理教科書における力の概念の取り扱い. 教授学の探究, 15, 21-37.
- 柴 一実 (1990): 19 世紀末葉から 20 世紀初頭のドイツ中等学校における物理生徒実験の普及の実態. 日本理科教育学会研究紀要, 31 巻 2 号, 91-99.
- 志田 順・大島鎮治 (1906): 参考実験物理学. 寶文館, 東京・大阪, 577, 6 頁.
- 志田 順・大島鎮治 (1913): 普通教育物理学教科書. 寶文館, 東京・大阪, 306, 8 頁.

- 志田 順・大島鎮治 (1918): 普通教育物理学新教科書(訂正再版). 寶文館, 東京・大阪, 284, 4 頁.
- 志田 順 (1923a): 地震は地殻の革命である (談). 週刊朝日, 4 卷 12 号, 5-6.
- 志田 順 (1923b): 震源地の測定 (談). 週刊朝日, 4 卷 13 号, 11-12.
- 志田 順 (1937): 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). 地球物理, 1 卷 1 号, 1-5.
- 住友則彦 (2010): 京大教養部地学実験が果たした役割. 竹本修三・廣田 勇・荒木 徹 編, 京大地球物理学研究の百年 (II), 京大地球物理の歴史を記録する会, 京都, 120-122.
- 竹本修三 (2011): 松山基範の足跡—地球物理学教室時代を中心として. 本集録所収.
- 谷脇由季子 (2000): 京大沢柳事件とその背景—大正初期の学制改革と大学教授の資質. 大学史研究, 15 号, 79-93.
- von Lommel, Eugen (1897/1899): *Lehrbuch der Experimentalphysik*, 4 Auflage, Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 558 pp. 明治 32 年 9 月発行, 田村茂太郎, 東京.
- 山田俊弘 (2007): 一つの分野の構築—小林貞一と戦後地学教育の発進. 日本科学教育学会年会論文集, 31, 129-130.
- 山田俊弘 (2009a): 地球物理学史は可能か?—日本の大学における地球物理学の制度化 1918 年—1958 年. 日本地球惑星科学連合大会 2009 年大会予稿集 J231-002.
- 山田俊弘 (2009b): 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 年—1936 年. 日本科学教育学会年会論文集, 33, 423-424.
- 山元龍三郎・竹本修三 (2010): 志田 順先生の足跡を追って. 竹本修三・廣田 勇・荒木 徹 編, 京大地球物理学研究の百年 (II), 京大地球物理の歴史を記録する会, 京都, 2-5.
- Working Group of Japanese INHIGEO Members (2011): An Introduction to the History of Geological Sciences in Japan. *JAHIGEO Newsletter*, No. 13, 2-26.

(著者略歴)

山田俊弘：1955 年生まれ。1980 年京都大学理学部（地質学鉱物理学）卒、高校教員となる。1998 年より東京地学協会日本地学史編纂委員会委員。2001 年東京大学大学院総合文化研究科修士課程修了、2004 年同博士課程修了（学術博士、論文題目：17 世紀西欧地球論の発生と展開）。現在千葉県立幕張総合高等学校教諭。専門は科学史、特に地学史。

松山基範に始まる京大地質学鉱物学教室における物理地質学的研究

西村 進¹⁾ ・ 西田 潤一²⁾

1) 京都大学名誉教授、2) 大谷大学名誉教授

1, はじめに

京都帝国大学理学部地質学鉱物学教室理論地質講座は初代教授として松山基範が地球物理学教室第一講座助教授から赴任された(1922)。その後は、京都大学理学部地質学鉱物学教室第一講座(物理地質学講座)と1949年に改組され、1955年に京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻(地質学鉱物学教室)地球テクトニクス講座と改組され、現在に至っている。

松山教授の講座における研究方針は「地質学の研究に物理的手法を取り入れること」であり、研究の手段としては、地殻の構造やその変化を解明するために、重力や古地磁気を、さらに岩石放射能の研究から年代決定や地殻の熱構造の発展史の研究を試みている。さらに、それらの延長として岩石・氷の流れ学、地下水・温泉の研究にまで及んでいる。

一期生である熊谷直一(二代目教授)、東中秀雄(後の教養部地学教室教授)には重力の研究を託し、熊谷とともにステルネック型振子やマイネス型振子による重力測定を行い、桜島火山の構造の研究、さらには日本海溝での潜水艦を用いた重力測定を行っている。東中には重力のデータを取りまとめることから地球の形の研究を勧めている。また、多くの弟子たちとともにエトヴェス重力偏差計による重力測定を行い、石油探査や火山探査も行っている。これらの研究は第二次大戦後購入した重力計を用いた重力測定や重力の鉛直勾配の研究へと発展している。

また松山教授の有名な研究は、残留磁気の研究から地球磁場の逆転の可能性を指摘(1929)されたことであろう。この研究は川井直人(後、大阪大学教授)や笹嶋貞雄(第四代教授)らによる古地磁気学研究へと発展する。1950年代より無定位磁力計が用いられるようになるとともに、日本各地の岩石の残留磁気の研究から日本列島折れ曲がりの仮説が提起され、この研究は日本海拡大の研究へと発展した。また古地磁気研究は日本列島のみならず、東南アジアの地殻変動の研究へも進展した。

岩石放射能に関する研究は、松山教授の大きな研究目的であったが、当時は測定機器の開発から始めなければならなかった。初田甚一郎(三代目教授)、浅山哲二(大阪府立大学教授)等は岩石中のラジウムの分析から初めて、花崗岩体中の放射能分布や地殻のウラン系列の放射非平衡の研究を行っている。この分野の研究は中性子放射化分析やフィッシュトラック年代測定法の開発に結びつき地球年代学、地球熱学へと発展した。

そのほか、松山教授は地震被害の研究や、城崎温泉の調査研究、水理地質学、応用地球物理学の研究も行っている。岩石変形の研究は熊谷が引き継いで研究を行っている。

地質学鉱物学第一講座(物理地質学講座)に改組後、地球テクトニクス講座へ引き継がれるまでの研究については笹嶋(1991)に詳しいので、本稿ではどのような代表的研究が行われたかについての歴史的記述を行いたい。

2, 重力分野

第一講座発足当時すでに日本において重力測定は始まっていて、国内主要都市122地点での重力測定はすでに完了していた。初期日本国内での重力測定についての沿革は東中(1968)に記述されて

いる。また松山は地質学鉱物学教室第一講座教授就任までは地球物理学教室の助教授の任にあり、そのころより各地で重力測定を行っている。松山の学位論文はエトヴェス重力偏差計を用いて環礁での重力場の精密測定を行い、重力偏差と環礁の基盤の関係を論じたものである(Matuyama, 1918)。講座発足当時の重力測定対象として朝鮮半島および満州（現中国東北地方）で測定機としてはステルネック型振子を用いて行われている。また 1932 年にマイネス型振子を購入しこの振子を用いて南洋諸島、小笠原や台湾での重力測定を実施している。この測定結果からこれら太平洋の諸島にはきわめて大きな正の重力異常の存在が認められた。

なお、日本の重力については 1899-1890 年に E. Borrass、長岡半太郎、新城新蔵、大谷亮吉等によって Potsdam—東京間の比較測定が行われている。京都での重力測定値は京都大学旧天文台の地下（現京都大学付属図書館北東）において行われた。マイネス型振子購入後、旧天文台地下の原点と地質学鉱物学教室地下の花崗岩の重力測定台での比較測定が行われ、地質学鉱物学教室地下の重力値が測定され、それ以後は日本の重力原点として地質学鉱物学教室の重力原点が登録されている（東中、1967）。

マイネスの振子は 2 本の振子と同じ台上で振るならば両方に同じ加速度がかかることから相互の振子にかかる加速度による影響が相殺されるということを利用して測定に工夫がなされている。もちろん海洋の船上では波浪の影響が大きすぎるが、潜水艦である程度の深度で測るならば、その影響を避けることができるために海洋での重力を測定することができる。

国際的に日本海溝での重力測定の必要性が認識されだした。

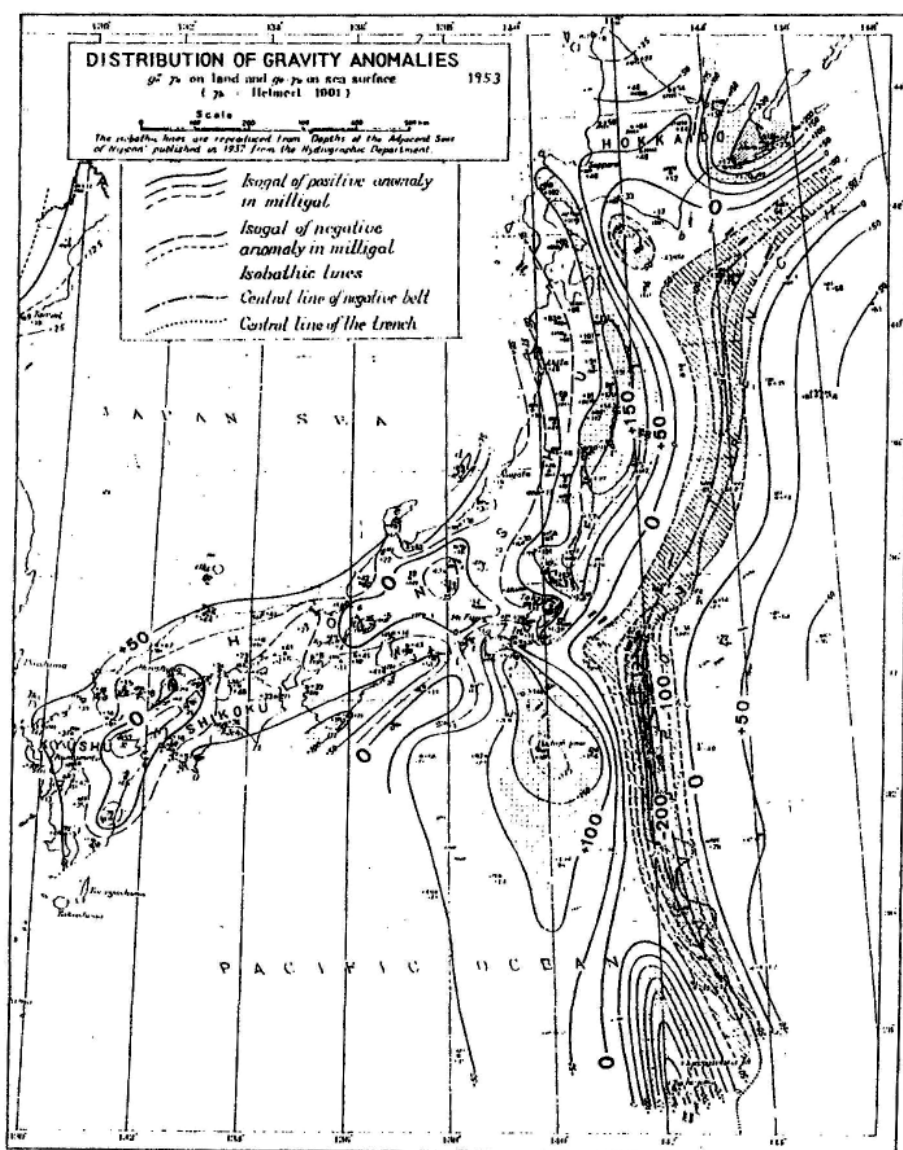


図1 日本海溝周辺の重力図、日本海溝の重力測定をもとにした日本列島近傍の重力異常分布図。

そのとき昭和8年(1933)3月3日三陸沖合で海底地震があり、三陸地方を巨大な津波が襲っている。この翌年に日本海軍の協力を得て呂号57潜水艦で相模湾から釧路まで日本海溝の29の地点での重力測定を行っている。さらに翌年伊号24潜水艦で相模湾から小笠原諸島にまで伊豆小笠原海溝に沿って31の地点で重力測定を行っている。この測定結果からフリーエア異常は海溝最深部ではなく西側の陸地斜面に偏っていることが発見された。熊谷はこの結果に地質学的、地震学的な解釈を行い報告している(Kumagai, 1940)。図1に日本海溝近傍の重力測定を基にした日本列島近傍の重力異常分布図を紹介する。この結果は国際測地学地球物理学連合学会に報告され高い評価を得ている。

海洋上での重力測定はさらに広く行われる予定であったが、その後の国際的緊張という状況で潜水艦の利用が困難になったために不可能になった。このことについて松山はのちに「魔の日本海溝」という随筆でふれている(笹島千鶴子・前中一晃・編著、2003)。

また、満州の撫順炭田や新潟県の油田など資源探査の目的で重力探査を行っている。当時の振子の測定は普通建物内部で行われていた。しかし重力偏差計は振子に比べるならば測定が容易であったことから、当時の重力探査は主として重力偏差計を用いて行われていた。

現在用いられている重力計が地質学鉱物学教室に購入されたのは第2次大戦後のことである。地質学鉱物学教室では1951年にWorden型重力計を購入している。その後1979年にLaCoste D型重力計を、さらに1980年に同G型を購入している。これらのバネを原理とする重力計によって重力測定の点数が飛躍的に増加した。Worden重力計を用いた最初の測定は京都市北部において行われている。この目的は第四紀層に覆われた基盤構造の起伏と第四紀層の深さを見いだそうとするものである。このような目的の仕事はその後日本の様々な地方において行われている。地理的な関係もあり物理地質学教室では関西周辺、特に京都盆地、滋賀県周辺や奈良地方において基盤構造や断層構造の研究を行っている。それらのデータはGravity Research Group in Southwest Japan (2001)による西南日本列島の重力データの一部として収録されている。

海外での研究としてインドネシアスマトラ・西ジャワの重力分布の研究も行われ、特にトバ湖の成因、スンダ海峡の発達史は年代測定と組み合わせることによって、そのテクトニクスの研究が行われている。

3、古地磁気学分野

1926年に松山は玄武岩の残留磁気の測定を始めている。兵庫県玄武洞の玄武岩の残留磁気方向が現在の地磁気方向と逆であるのに対してその近傍の夜久野玄武岩が正方向に帯磁していることを見いだしている。これに引き続き日本各地、朝鮮半島や満州の玄武岩の残留磁気を調べるならば、その約半数が逆帯磁していることを発見し、地球磁場が逆転していたと推論している(Matuyama 1929)。図2に松山の測定結果を示す。なお当時の測定器は無定位磁力計ではなく一本の磁針をつるしただけの装置であるので直径15 cm程度の大きな試料をもちいていた。当時を知る人の話によれば、1試料の測定には4時間ほどかかったということである。

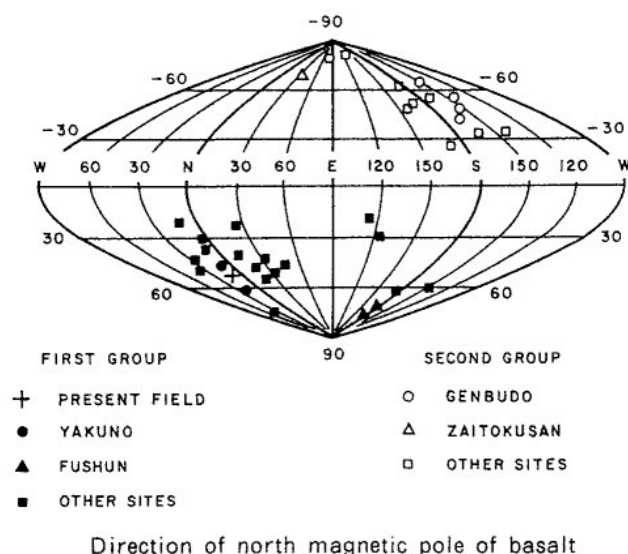


図2 玄武岩の残留磁気測定結果。松山逆磁極期の基となった玄武岩の残留磁気測定結果である。

ある。この地球磁場反転という仮説に対して岩石の残留磁気は外部磁場と反対方向に獲得される可能性が指摘された。事実、群馬県榛名山火山の凝灰岩より自己反転する残留磁気が発見されていることから自己反転の可能性も示唆された。

戦後無定位磁力計が登場し、岩石の残留磁気測定はそれまでと比較にならないくらい容易になった。Kawai(1951)は大阪層群のアズキ火山灰層が逆帯磁していることを見いだしているが、この結果は堆積岩においても地磁場逆転の記録が残されていることを示している。ただしこのころはまだ二次磁化の消去法が不完全であったので普通の堆積物から信頼できる地磁気逆転の記録は得られていない。

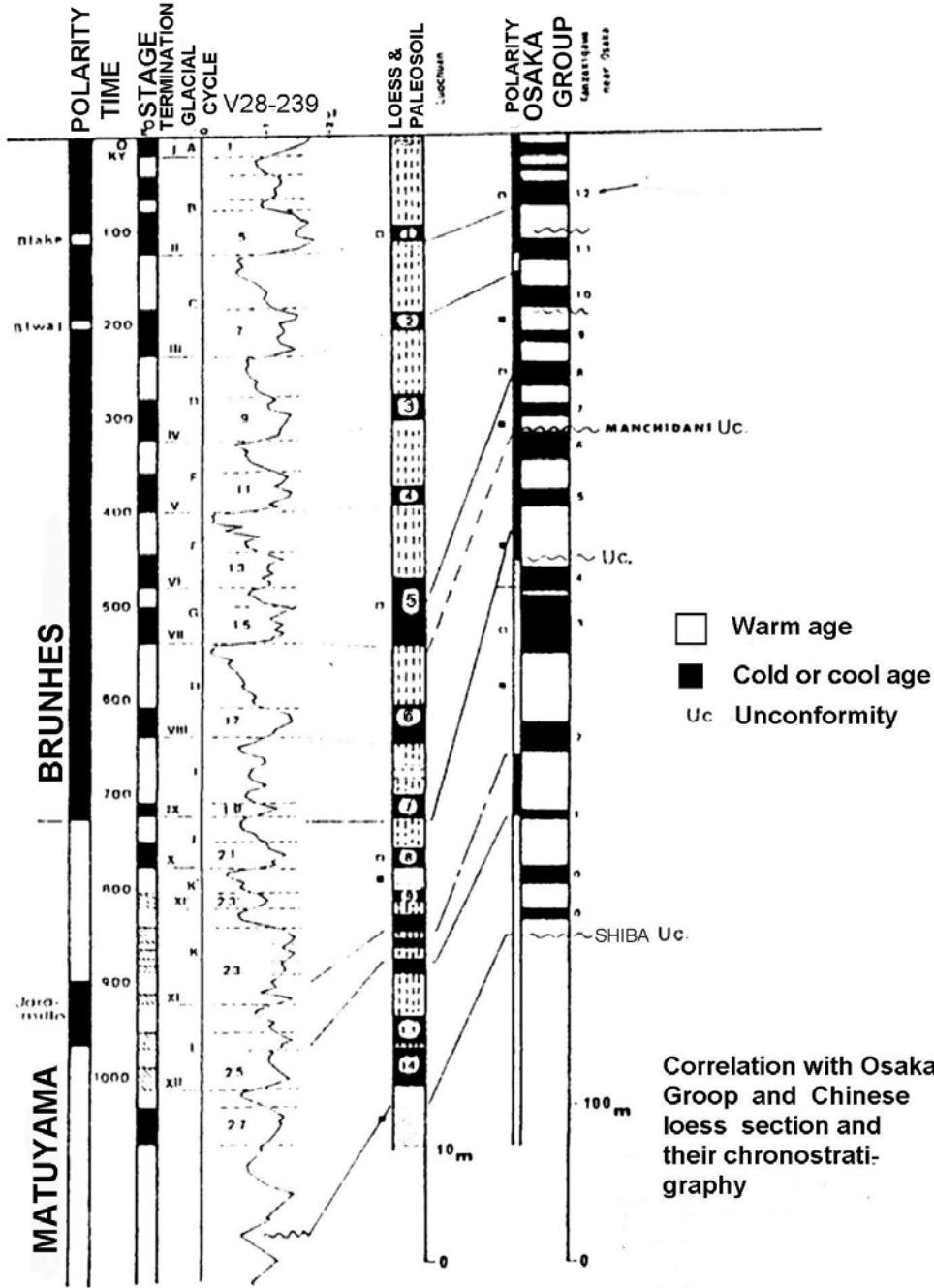


図3 大阪層群と黄土層の磁気層序の対比。磁気層序を用いた大阪層群と中国黄土層の対比
左から地磁気逆転表、第四期氷河期の年代表、中国黄土層、大阪層群を表す。

地球磁場逆転が決定的に認められたのは1964年にK-Ar年代測定法により地磁場逆転の編年が行われたためである。それと同時に最後の地磁気逆転期に「松山逆磁極期(Matuyama Reversed Epoch)」と命名された。なお、2009年のIUGS（国際地質科学連合）は松山逆磁極期の開始した258万年を第四紀のはじまりと定義としている。

地磁気逆転の編年はその後大きな研究対象となった。特に海洋磁気異常の発見とそこから推定される海洋底拡大は1960-70年代にプレート・テクトニクス説を生み出すこととなった。また地磁気逆転は汎地球的な現象である以上この編年表は地層対比の有力な鍵層となることが考えられた。

日本の堆積層でこのような磁気層序の研究は近畿・東海地方の大阪層群相当層に対して行われた。当初の測定は大阪層群相当層に挟まれる火山灰層に限定されている。いうまでもなく当時の測定器無定位磁力計の感度では粘土層の残留磁気の測定はできなかった。しかし当時測定された火山灰の残留磁気測定結果、これら的大阪層群相当層の年代が推定された。この古地磁気編年結果は後にこれらの火山灰の年代をフィッシュ・トラック法で測定により確認されている。

1970年代以降には無定位磁力計に変わり、スピナー磁力計、さらには超伝導磁力計が購入され、それまで測定できなかった粘土層の残留磁気が測定可能になった。さらに磁気層序学による年代決定はインドネシアや中国の第三紀、第四紀地層と日本の地層の年代対比の道へつながった。その代表的な例として京都大学と中国西安市の西北大学との共同研究をあげることができる。中国大陸北部には黄土層が広く分布している。黄土層は風成層であり、ユーラシア大陸中央部の砂漠地帯より風によって運搬された堆積物である。黄土層は黄河中流域によく発達し、その特徴として黄土層と古土壤層が交互に重なっている。古土壤層はその堆積時には温暖湿潤であり、黄土層は寒冷乾燥気候を示していると考えられる。この黄土層の磁気編年を行うことにより日本の第四紀層との対比および気候変動の共同研究が行われている(Sasajima and Wang, 1984)。図3に当時得られた古地磁気編年を用いた大阪層群と黄土層の古地磁気編年による対比結果を示す。

川井らは白亜紀の岩石の残留磁気が西南日本と東北日本で約40°食い違うことから「日本列島折れ曲がり」の仮説を提唱している。さらに西南日本の岩石の残留磁気方向が古代三紀においても白亜紀同様に大きく東に偏っていることが確認され日本列島の折れ曲がりとは第三紀以降に起きたことも推定された。この問題

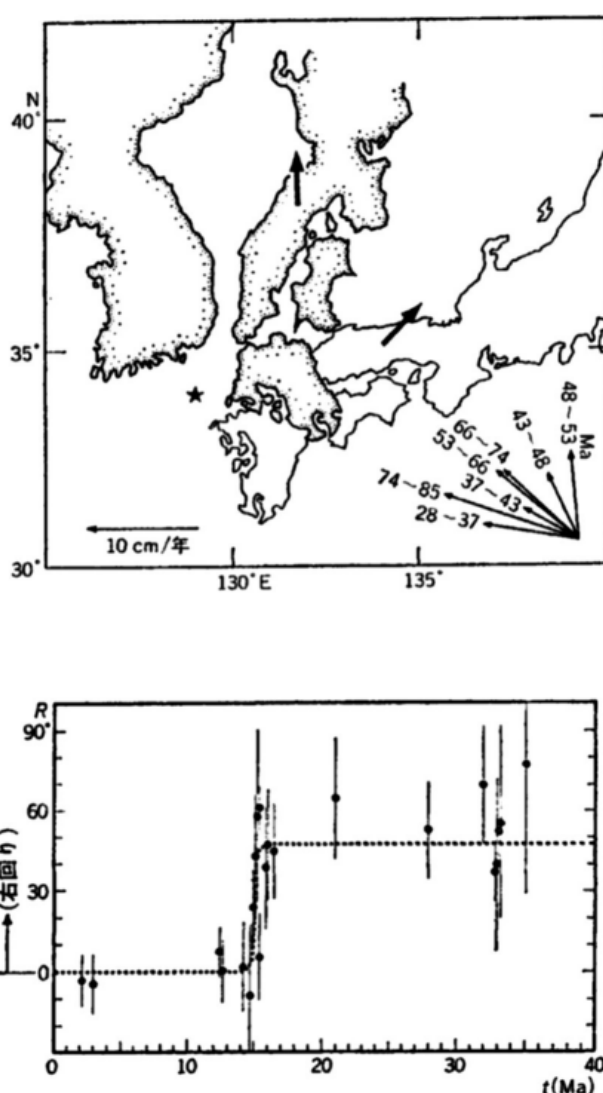


図4 日本海拡大モデルとその年代測定結果。

上は古地磁気から求められた15 Ma以前の日本列島、下は西南日本の右回り回転の年代を示す。

は最終的に Otofujii & Matsuda(1983) による日本海拡大の結論につながった。彼等は西南日本の古地磁気方向とフィッシュントラック年代を検討した結果、中新世（約 15 Ma 頃）日本海の脊孤盆が拡大し、その結果日本列島の折れ曲がり起きたことを報告している。図 4 に彼等の提唱した日本海拡大モデルおよびその年代測定結果を示す。

また、古地磁気学は考古学にも応用され、古い窯の焼け土試料を用いて西南日本の過去 2,000 年の考古古地磁気の変動も明らかにされた。

4、岩石放射能に関する分野

松山教授が重視した研究分野は地球の発達史であり、この分野の研究には放射能の研究が大切であることを指摘している。1930 年当時は原子と放射能の初歩的な知識が知られ出した頃で、松山教授は大正 8 年(1919)年 5 月より米英に二年間留学されているが、そのおりに Radioactivity と表題にある書籍は目に付く限り買い入れたといわれている。これらの本は地質学鉱物学教室発足時にすべて教室図書に納められた。

初田甚一郎と浅山哲二は、精密ラドン計を購入し改良を加えている。この測定器を用いて岩石を融解し、ラジウムとラドンが平衡になるために必要な一ヶ月放置した後、ラドンを測定することにより岩石中のラジウムの定量を行う方法を考案している。この方法により日本各地の岩石のラジウム含有量を測定しラジウム含有量と岩石中の珪酸量には平行関係のあることも突き止めている。

また泉効計を改良し、断層探査に応用している。そのほか、GM 管計数器の試作や α -シンチレーション計数器も試作している。このような放射線探査で空気中のラドンを対称にする場合には、大気圧や降水量の影響を考慮しなければならない。その基礎資料を得るための測定を昭和 19 年前後に毎日測定を行っていたときに、東南海地震が起き地震の直前にラドン濃度が上昇することも認められた。これらの装置を用いて、花崗岩体中の放射の分布やさらには塩基性岩、超塩基性岩のウランやラジウムの定量並びに地表地殻の断層調査や岩石中のウラン系列の放射非平衡の研究も行われた。

岩石放射能の研究でもっとも魅力的な研究課題は岩石の年代測定である。物理地質学講座では原子炉での熱中性子照射を利用することによるフィッシュントラック法の導入に成功している。フィッシュントラック法の導入は古地磁気と結びつき、前述の日本海拡大モデルにつながっている。また年代測定法にはその年代時計の出発する閉鎖温度があり、各種の年代測定法ごとに閉鎖温度が異なることが知られている。このことを利用して領家帯の上昇とそれに伴う熱的変動の研究もなされるようになった。

5、おわりに

ここまで述べた以外にも松山教授とその門下生は多岐にわたる分野の研究を行っているがその一部を紹介する。松山教授が米国シカゴ大学留学時、チェンバーレン教授のもとで厳寒の季節に氷の結晶の応力に対する時間的変化の研究をしている。これは後のレオロジーの先駆けとなる研究であり、この研究を記念して南極半島グラハムランドのステファン山麓氷原に近い海中の岩石群に Matuyama Rocks という地名が 1982 年に贈られている。この研究は松山教授の後継教授、熊谷直一および伊藤博文（大阪府立大学）らによる 30 数年に亘る岩石流動実験につながった（熊谷 1991）。その他、松山教授は中村新太郎教授とともに丹後地震、北丹後地震の調査をされ、長さ 18 km、水平ずれ最大 2.7 m の郷村断層を発見している。また同時に城崎温泉にも興味を持ち温泉学、水理学などの応用地質学分野の研究も始めている。

参考文献

- Gravity Research Group in Southwest Japan (2001): Gravity Database of Southwest Japan (CD-ROM)
- 東中秀雄 (1967) : 京都大学における重力原点、九十九地学、第 2 号
- 東中秀雄 (1968) : 日本国内初期の重力測定、九十九地学、第 3 号, 25-37
- Kawai, N. (1951): Magnetic Polarization of Tertiary rocks in Japan. *J. Geophys. Res.* Vol. 56, No. 1, 73-79
- Kumagai, N. (1940): Studies in the distribution of gravity anomalies in North-East and the central part of the Nippon Trench, Japan. *Jap. Jour. Astro. Geophys.*, 11, No.3,
- 熊谷直一 (1991) : 花崗岩流動室内実験継続 30 年記念論文集、吉岡書店
- Matuyama, M. (1918) : Determination of the Second Derivatives of the Gravitational Potential on the Jaluit Atoll, *Memoirs of the College of Science, Kyoto Imperial University*, Vol.3, No.2, 17-68.
- Matuyama, M. (1929) : On the direction of magnetization of basalt in Japan, Tyosen and Manchuria, *Proc. Imp. Acad. Japan*, Vol. 5, 203-205.
- Otofuji, Y and T. Matsuda (1983): Paleomagnetic evidence for the clockwise rotation of Southwest Japan., *Earth Planet. Sci. Lett.*, Vol.62, 349-359.
- Sasajima, S. and Y. Wang (1984): The Recent Research of Loess in China.. Kyoto Institute of Natural History, Kyoto, 42-48.
- 笹嶋貞雄 (編著) (1991) : 物理地質学その進展 (株) 法政出版
- 笹嶋千鶴子・前中一晃 (編著) (2003) : 「新編 今始庵だより—地球科学者松山基範の世界—」 (私家本)
- 前中一晃 (2006) : 日も行く末ぞ久しき—地球科学者松山基範の物語, (株) 文芸社,

(著者略歴)

西村 進 : 1932 年生まれ。京都大学理学部地質学鉱物学科卒、同大学院地質学鉱物学専攻博士課程修了、京都大学理学部地質学鉱物学教室助教授、教授 (物理地質学講座第 5 代教授) を経て 1996 年退官、京都大学名誉教授。特定非営利活動法人シンクタンク京都自然史研究所理事長。専門は物理地質学、温泉学など。

西田潤一 : 1943 年生まれ。京都大学理学部地質学鉱物学科卒、同大学院地質学鉱物学専攻博士課程修了、大谷大学文学部助教授、教授を経て 2008 年退職、大谷大学名誉教授。専門は物理地質学。

宇宙物理学教室における地球物理学および惑星科学研究

小暮智一（京都大学名誉教授）

始めに

京都大学に宇宙物理学教室の創設されたのは1921年であるが、教室における研究は地球物理学と深い関係がある。創立者の新城新蔵先生は測地学を通して地球物理学とゆかりがあり、戦時中は荒木俊馬、宮本正太郎両先生を中心として電離層の理論的研究が進められた。戦後は宮本先生が花山天文台において月惑星科学の発展に大きく寄与する。ここでは新城新蔵、宮本正太郎両先生を中心に宇宙物理学教室および附属天文台において進められた地球物理学、月惑星科学の研究の一端を振り返って見たい。以下、敬称を省略する。

1. 新城新蔵と測地学研究

1.1 新城新蔵の生涯

新城新蔵は明治6年（1873年）に会津若松の古い酒造家の六男として生まれた。その年、新しい酒蔵が落成したので新蔵と命名されたという。明治25年（1892）に東京帝国大学理科大学に入学、物理学を専攻する。測地学に興味を持っていたため、その後数年間、夏季に震災予防調査会（文部省）より磁力測定調査補助を嘱託されている。明治30年（1897）、砲工学校教授に任じられるが、翌年には併任として重力測定方を委嘱されている。

明治33年（1900）に京都帝国大学理工科大学の物理学第3講座に助教授として赴任するが、この年は新城にとって測地学委員に任命され、本格的な重力測定の始まった年でもある。最初の測定は大谷亮吉とともに水沢緯度観測所敷地内の重力調査であった。その後、新城の研究分野は次第に宇宙物理学に移っていくが、地磁気、重力の測定作業は後年まで続いている。昭和6年（1931）にも測地学委員会委員を委任されており、昭和8年（1933）にはリスボンで開かれた万国測地学地球物理学学会に日本代表として出席している。

新城が宇宙物理学へ移行する契機となったのは明治38年（1905年）から2年半に及ぶドイツ留学であった。ゲッチンゲン大学天文台でカール・シュワルツシルド教授の宇宙物理学の講義に大きく感銘し、将来の天文学は位置天文学や天体力学でなく、物理学を主体とした宇宙物理学でなければならないと確信するに至ったという。

大正3年（1914）に京都帝国大学理工科大学から理科大学が分離し、それに伴って新城は物理学第4講座担当教授に任じられている。大正7年（1918）に物理学科に宇宙物理学講座が新設されると、第4講座からこの講座担当に移り、さらに新しい学科の新設に中心となって取り組む。当時の秘話によると、文部省は日本には天文学科は1つでよいとして、学科の新設の難色を示したという。それを説得するためにも新しい理念が必要であった。

新城の宇宙物理学は当時の主流であったヘルムホルツ収縮論を基礎としているが、新たに「流星体の密集」という概念を導入し、太陽、恒星、太陽系から変光星¹⁾さらには銀河系の生成進化²⁾まで、宇宙の進化を広く統一的に説明しようと試みている。彼は天体生成の初期に普遍的ではあるが局所的に濃淡をもって分布する低温微小流星体の存在を仮定し、その濃密部分が角運動量を保存しながら凝集することによって各種天体の生成進化と変動現象が説明できると提唱した。これは星間分子雲からの星が生成されるという現在の理論を予想させる見解でもあった。

新城は観測天文学の体制整備にも力を注いだ。自ら重力、地磁気測定を推進していたこともあり、京都に赴任してからも観測機器の整備に心がけ、稜鏡子午儀や望遠鏡（ハイデ 10 c m 屈折鏡、ゲートリウス 18 c m 屈折鏡など）を設置し、京大の敷地内に京大天文台を設立した。しかし、その後、東大路通りが整備され、市電が通じるようになると、観測環境が悪化したので、昭和 4 年（1929）に天文台は山科の花山天文台に移される。



図 1 恩師田中館愛橘（左）と歓談する新城新蔵。
昭和 7 年、奈良の丹波市（たんばいち）（現在天理市）にて（出典：新城文庫）。

新城の天体物理学は荒木俊馬に、観測天文学は山本一清に引き継がれる。新城はまた、東洋天文学史においても古代中国の年代の決定などに大きな功績を残した。天文学史は藪内清に引き継がれる。しかし、新城の測地学測定作業は後継者がなく、測地学研究は地球物理学教室にゆだねられる。

新城は昭和 4 年（1929）に京都帝国大学第八代総長に選出され、昭和 8 年まで総長として困難な時代の対処に当たる。この時期は京都大学百年史においても「苦悩の時代」と称されており、昭和 6 年の満州事変の勃発を始め、日本が急速に軍国主義に傾いていく時代であった。その中で新城は学問の自由と大学の自治を維持するために歴代総長と共に力を尽くした。総長の任期が終わると昭和 10 年（1935）に上海自然科学研究所の所長に就任する。日中戦争が発端を迎えるという困難な状況の中で新城は中国との文化交流に力を注いだ。任期の途次、昭和 13 年 8 月に上海において逝去した。なお、上海自然科学研究所と京大理学部との関係については永野宏、佐納康治³⁾による詳しい紹介がある。

1.2 新城新蔵と測地学

新城の著書、文献、書簡などの資料は女婿である荒木俊馬のもとに残された。それらは整理されて、現在「新城文庫」として宇宙物理学教室に保存されている⁴⁾。残念ながら測地関係の資料はほとんど含まれていないが、文庫には長岡半太郎による追悼文「故新城新蔵君を憶う」⁵⁾が残されており、その中で新城の測地学研究に関する思い出を紹介しているので、少し長くなるが引用して見たい。ただし、文章は多少現代風に改めた。

「君（新城）は会津に生まれ、仙台の高等学校に学ばれ、…東大理学部に入り、物理学を修められたのは明治25年であった。当時、山川健次郎、田中館愛橘諸教授に鍼灸せられたが、予は両教授の下働きをしていたから、学生と教授の中間に立ちて、双方の消息に通じていた。」

「君は卒業後、陸軍大学校で教鞭を執られた。予が外国留学より帰るとまもなく、明治30年頃より、東京その他の重要な地点において、重力測定に必要を感じ、君とともにこの仕事に従事した。これより日夕、君と議論を上下し、大谷亮吉君らと共に東京、京都、金沢、水沢等において、重力絶対測定を施行した。続いてポツダムと東京との比較測定をも為したるにより、本邦各所においてこれを実施する運びに立ち至った。その頃は時間の測定を為すに、今日のごとくラジオを利用する能わず、常に子午儀を携え、各地点において観測せねばならなかった。これにたいして君は頗る手腕を磨き、将来天文学に力を寄する基礎を樹立された。」

以上は京大赴任以前の仕事であったが、赴任後も観測を継続している。再び追悼文に戻ろう。

「毎年、夏休みを利用して、比較重力測定に出張せられたが、本邦に数多の測点あるは全く君の励精によるは申すまでもない。すなわち、本邦における地球物理学の研究上、肝要なる恒数を測定されたのである。」

「君は物理学を離れて…天文学に移られた。また、地球物理学も続けて設けられたが、これらは京大に欠けていた学科であったから、君の望むところになったけれども、経費その他の不足により、思わしく進行しなかった。しかし、重力測定が一時ほとんど京大独占となったのは、偏に君の努力に頼ったことは確かである。」

「新城文庫」にはまた、新城の「田中館部長あて」という自筆の手紙が残されている。これは大正 11 年 3 月 1 日 (1922) の日付があり、京都帝国大学理学部紀要に投稿する草稿であろうか。3 頁からなっており、1912 年から 1921 年にかけての重力測定の報告である。1911 年以前の分は測地協会に報告済みとしてある。この草稿では 1912 年からの 10 年間に 30

Locality	date	Obs.	no. of stations	Remark
vicinity of Kiji, ^{Religious} industrial	1913, 1914, 1915		2	coral island Sho of the South Pacific
Talut Atoll.	1915	"	12	active
Sakurajima	1916, 17, 18	"	144	active the eruption of the volcano
Beppu	1919	"	9	in hot spring district
Tongu basin _{Japan}	1916, 17, 18	y.	115	active large plain near Tongu
Niigata,	1918, 19, 20	y.	214	oil field
Arama.	1921	y.	17	active volcano
Niruzawa	1921	y.	12	International latitude station.

図2 重力測定に関する新城新蔵の田中館部長あての自筆の原稿の第2面。
表題は「1912-1921年における重力測定」(出典:新城文庫)。

箇所以上の観測地で観測を行ったことが示されており、第2ページには主な観測地と観測年、測定点数などが表示されている。京都近郊、利根川流域、桜島、別府、新潟油田などと並んで、1915年に行われた南太平洋のコーラル島ジャルイット・アトールの観測記録なども含まれている。書簡最後の署名の肩書きは「宇宙物理学教授、日本測地委員会委員」となっているが、この年は宇宙物理学教室が物理学教室から独立した翌年に当たっている。

また、ジャルイット・アトール島の観測は松山基範によって詳しく分析されており、新城への謝辞のなかで、この実地測定は新城の援助の下に行われたことを述べている⁶⁾。

田中館、新城、大谷らによる重力、地磁気測定の記念碑は岡山県津山高校、山口県豊浦高校、山口県下関市、北海道富良野市など、全国各地に残されている。富良野市の例を見ると富良野小学校の校庭に「北海道中心標」という石碑が立っており、その前に「北海道中央経緯度観測標」と記された黒い石碑がおかれ、市指定文化財となっている。当時の測定台座は石碑前の白い丸石の地下に保管され、その模型は富良野市図書館に展示されている。ここでは経緯度とともに重力の測定も行われ、文化財説明文では次のようになっている。

「大正3年、京都帝国大学教授新城新蔵博士が中心となり、地球重力、経緯度の測定のため富良野小学校校庭に長さ95cm、幅65cmの長方形のコンクリートの台座を建てた。この地点が北海道の中心に当たるところから「北海道中心標」と呼ばれ、俗に「北海道のへそ」として市民に親しまれている。」

2. 宇宙物理学教室における電離層の研究

戦時中の昭和19-20年にかけて、宇宙物理学教室では電離層に関する一連の研究が荒木俊馬教授のもとで遂行された。研究班には宮本正太郎、高木公三郎、清永嘉一らが加わっていたが、主導したのは宮本であった。研究班はチャップマンの理論(S. Chapman, 1931, 1939)の批判から始まったが、その骨子は上層大気における放射輸送をより厳密に扱うという点にあった。研究班の成果は宇宙物理学教室から「緊急科学報告」として日本語で報告されている。そのなかで宮本は「電離層成因論」として6編のシリーズ報告を行っている。その内容は次のようになっている。

- 1) 上層大気の輻射場
- 2) 上層大気におけるガス反応
- 3) 電離層の構造とその周期的変化および変動現象

電離層については、本文集のなかで加藤進さんが「宮本正太郎先生と私」という文の中で書かれているのでここでは詳しくは述べない。



図3 富良野市の石碑「北海道中央経緯度観測標」
(出典：富良野市ホームページ)。

3. 宮本正太郎と月惑星物理学の研究

宮本正太郎〔1912-1992〕は尾道市出身で姫路高校から京都大学に進学した。少年時代から熱心な天文アマチュアで、とくに火星表面の観測で目立っていたという。この頃の観測経験が後の花山天文台における月惑星の観測に活かされる。1950年代までの宮本の研究は太陽、恒星の大気論、特異星の広がった大気理論、星雲放射場理論など広い分野にわたっているが、太陽物理学では世界で始めて太陽コロナの電子温度を 100 - 200 万度という高温に推定したという業績も含まれている。

花山天文台は 1957 年に学部附属施設として教室から独立し、宮本は専任台長として天文台に移り、月惑星の本格的な観測的、理論的研究を開始した。ここでは火星と月面についての研究について紹介してみたい。



図4 宮本正太郎肖像(花山天文台にて)〔「星月夜」⁷⁾〕。

3.1 火星大気の観測と理論

火星は2年に一度、衝として地球に接近する。宮本はその機会に火星大気の変動をスケッチによって詳しく追跡した。観測された衝は1956年から1973年まで8回に及んでいる。宮本がスケッチ観測を行ったのは、写真では露出時間中に地球大気の揺らぎのために表面模様がならされてしまうからである。揺らぎの合間の瞬間に浮かび上がる火星面の構造を描きとり、火星面に発生伝播する雲の変動を追跡している。

1956年の衝のとき、宮本は巨大な黄色雲の発生を発見し、その広がり、伝播の観測から、雲の発生機構を検討している⁸⁾。この雲は1956年8月20日にノアチス山地付近(火星面経度 340° 、緯度 -30°)に突然出現し、東西方向にそれぞれ経度 100° ほど広がった。宮本は雲の運動から火星面の気圧配置を推定し、高圧帯と低圧帯が南極を取り囲むように分布することを見出した。雲の発生機構として、宮本は南極冠の消長に注目する。この年は南半球の夏で、これまでになく発達していた極冠が次第に収縮していく時期に当たっていた。黄色雲の発生は極冠の縮小率が最大の際に対応している。黄色雲は細かい塵状物質と推定されるので、火星表面の砂漠から対流または乱流によって吹き上げられたと見なせる。火星大気の特徴は水分が地球に比較して極めて低い点にある。通常では雲の発生する状況にはない。しかし、水蒸気が存在すると赤外線吸収によって気温を上昇させ、対流を生じる可能性がある。極冠の縮小に伴って水分が高緯度帯に流れ出し、水蒸気として対流を生じる。極冠からノアチス山地に向けて黒い条痕が現れたのでそれを水蒸気の供給路と見なすことが出来る。この条痕を通して水分の供給が続く限り雲は発達し、気圧配置に従って移動、拡散したと考えられる。こうして宮本は雲の発生から火星大気の熱力学的考察を進め、雲の発生機構を解明した。なお、この論文には73枚の火星面のスケッチが添えられている。

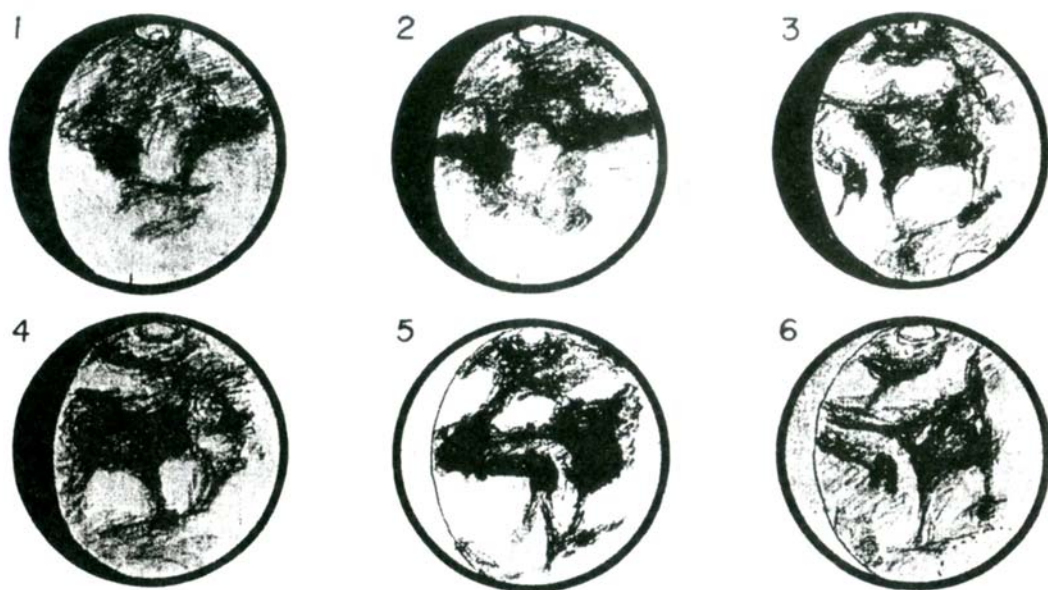


図5 花山天文台における火星面のスケッチの例
(1958年の衝における7月24日のスケッチ)。

1956年と1958年の衝における観測に基づいて宮本は火星大気的一般循環を考察している⁹⁾。一般循環については従来2つの見解があった。1つは火星面の模様の分布から火星には地球と同じように貿易風とモンスーンシステムが存在するというマクローリン (D. B. McLaughlin, 1954) の説、他は南極から北極へと両半球にまたがる循環があるというピッケリング (W. H. Pickering, 1930) の説である。後者は極冠の水分が北極冠から南極冠へ、また、その逆へと季節変動を示すことから唱えられた。宮本が注目したのは雲の運動と火星面における日射量の緯度分布である。大気圏外の日射量の分布は地球と同様で、緯度、経度の関数として計算できる。火星大気は希薄なので大気による吸収量が少ない。不透明度係数を 0.8 と見積もると火星面上の日射量の分布が見積もられる。それを見ると火星面の春分、秋分では日射量は赤道付近が最大で両極に向かって減少するが、夏至、冬至のときは日射量最大点がそれぞれ、北極、南極に移る。これは地球大気では日射の吸収量が大きいため極地方の温度は低下するが、火星では吸収量が小さく、また、極地帯では日照時間が長くなるためである。こうした温度分布から推定すると、春秋では大気循環は中緯度帯における偏西風や高低気圧配置など地球に似ている。これは 1958 年の衝における雲の動きから確認された。一方、夏至、冬至の時期には全く異なる循環流が期待される。例えば、南半球の夏るとき、南極からのエネルギーは赤道を越えて北半球に到達する。このとき南極付近は高圧帯になり、中緯度付近に低気圧ベルトが現れる。南からの風はコリオリ力によって東風卓越となるが、これは 1959 年の衝における巨大黄色雲の運動と調和している。こうして宮本は雲の運動と日射量の分布とから火星における大気循環が季節によって異なることを示し、従来の見解を統一した結論を与えている。

3.2. 月面地形と地殻構造

月面は月の海 (Mare) と呼ばれる暗い部分と大陸または山岳地帯と呼ばれる明るい部分に分けられる。クレータと呼ばれる多数のカルデラ状地形は無数にみられるが、山岳地帯に多く分布する。宮本は 1960 年に花山天文台の望遠鏡を用いて月面アトラスを作成し^{10, 11)}、それに基づいて月面の地形と地質構造について詳細な考察を行った^{12, 13)}。1960 年代に大きな問題になっていたのはクレー

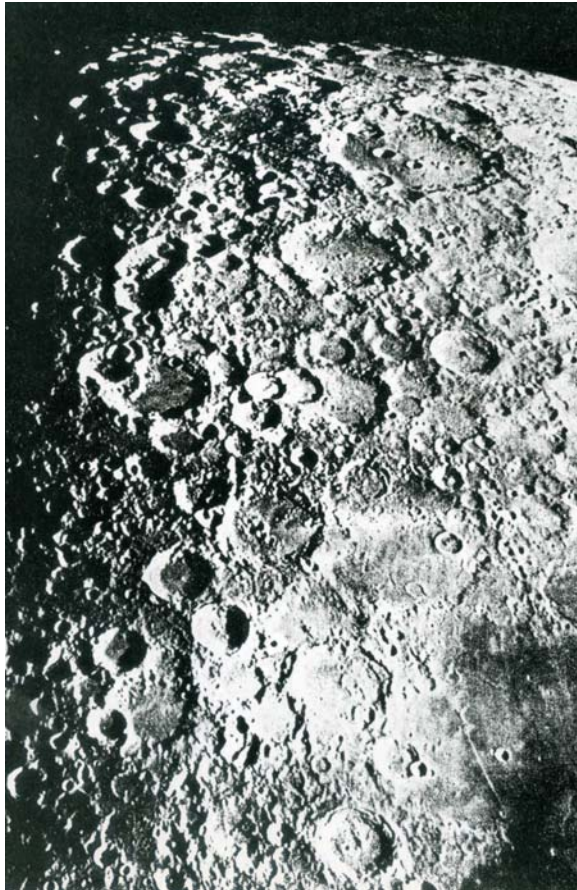


図6 花山天文台で撮影されて月面写真例(山岳地帯)。南極付近の山岳地帯。画面上方が南、上部右よりにクレータ・クラヴィウス、その左下がマキヌス、また、画面右下に湿りの海が見えている。

タの起源に関する隕石説と火山説との論争である。隕石説は主にボールドウィン (R. B. Baldwin, 1949) によって提唱された仮説で、大小すべてのクレータは隕石ないし小惑星の衝突によって生じた地形であると主張する。この説は月の質量が小さく、隕石物質の集積によって月が形成された後も内部加熱が十分でなかったため、溶融が生じなかったという仮定に基づいている。そのため、マグマ活動はほとんど現れなかった。それに対し、火山説はスパー (J. E. Spurr, 1944) によって体系化された説で、クレータの多くは地球の火山と同じように地殻の固化する過程で形成されたとの立場をとる。しかし、初期の火山説は地球の火山形成との類推が多かったため、月面地形の特徴を十分に説明することが困難であった。宮本は月面と地球表面とは環境が大きく異なる点に着目し、重力の差異、岩石の化学組成の違い、揮発物質の果たす役割の違いなどによって月独特の地形が形成されたとする新しい見解を展開した。

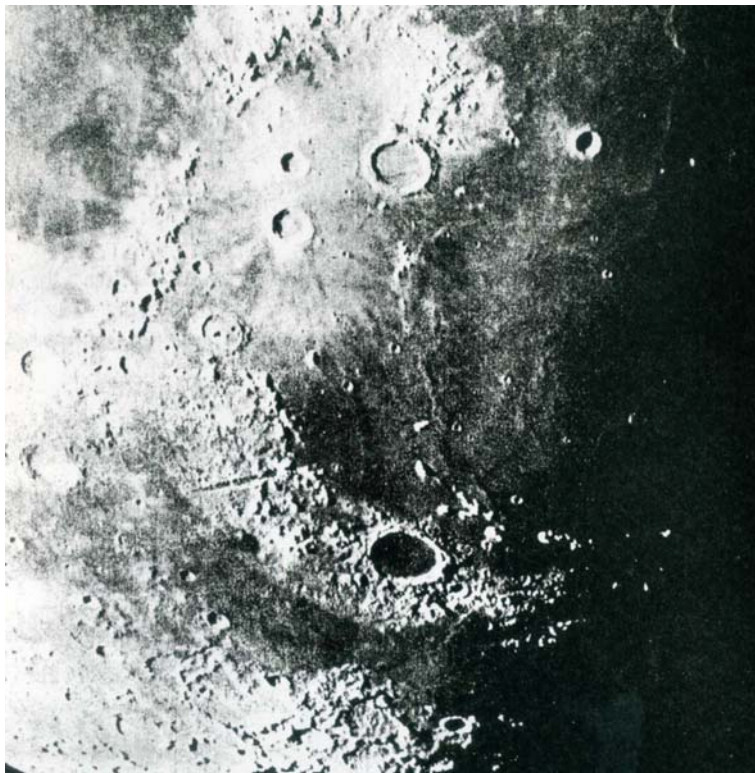


図7 花山天文台で撮影されて月面写真例(雨の海付近)。上が南、中央右寄りに広がるのが雨の海、その上部にクレータのアルキメデス、下部にプラトーが見えている。

(1) 重力効果

月は隕石物質の凝集によって生成され、当初は溶融状態にあったが、重力が小さいため冷却は急速に進み、厚みの薄い地殻が形成された。このため、大規模な造山運動は起こらず、海と山岳地帯の分布は不規則で、明白な山脈は存在しない。また、月の大気は薄いために浸食作用が働かず、クレータはほぼ形成時の形状を見せている。月面地殻のマグマ活動は長期に渡って続き、月の海にはゴーストクレータと呼ばれる溶岩原に埋もれたクレータの痕跡が多数見られるが、これらは重層的な溶岩流の発生を示している。また、山岳地帯でもクレータのサイズ、密度分布などに地殻形成時の歴史が刻まれている。

(2) 原始マグマの揮発成分

マグマ形成時に揮発成分を多く含む珪酸質物質と比重の大きい玄武岩質物質との分離が進んだが、この分離は地球ほど十分に進まず、月面の広い領域でマグマ活動が始まった。玄武岩質物質は海を作り、珪酸質物質は山岳地帯を形成する。揮発成分はマグマの固化温度を下げ、粘性を大きくするという効果をもち、特に粘性効果が重要である。

山岳地帯のマグマは珪酸質で揮発成分を多く含むため、火山活動は爆発的になり、溶岩流を生じない。これによって山岳地帯のクレータに溶岩流の痕跡のないことが説明される。また、それらのクレータの周壁が特に明るく輝くのは花崗岩質岩石の存在を示している。それに対し、海の部分は表面が極めてなだらかで粘性の小さい溶岩流によって形成されたことを示す。海に見られるクレータは山岳の裾野の傾斜が小さく、粘性はハワイ島のマグマより小さかったと推定される。

(3) 火山活動の継続性

1958年にコズイレフ (N. A. Kozyrev) はアルフォンスス・クレータに噴煙を認めて話題になった。その後の調べでは歴史的にもクレータからの噴煙や火山活動の記録が残されていることが知られるようになった。例えば三ヶ月の暗い月面に赤い斑点が認められたという記録もあるという。これらは火山説に有利であるが、まだ、困難が残されていた。ロシアのルーニク 2 号による探査で月には磁場のないことが示された。磁場の起源を内部のダイナモ作用とすると、月は中心まで固化していると推定される。これは現在まで続く火山活動と矛盾する。これについて宮本は高温の地殻内部には多数の揮発成分に満たされた泡状空洞が存在するためと説明した。月面下 20 km、温度 1000 度、圧力 500 気圧程度の空洞の温度が低下すると温度 700 度付近で揮発成分の結晶化が始まるが、水蒸気成分は次第に相対存在比を高め、それが花崗岩質蒸気の 7% 程度に達すると沸騰点を越えて爆発を起こす。岩石学で 2 次的沸騰と呼ばれる現象である。こうして沸騰した水蒸気の一部はアルフォンススに観測されたような噴煙となり、強烈的な爆発であればマグマ噴出となる。ただし、月面では重力が小さいため、泡状空洞からマグマの 2 次的沸騰まで 10 億年規模の長い時間を要し、また、その規模も大きくない。噴煙活動の記録が少ないのもそれを反映している。

このような宮本の研究¹⁴⁾は広く注目され、1964 年には国際月面学会会長、1967 年には国際惑星地質学会副会長に選任されている。

宮本は地質年代についてはあまり触れていないので、最近、月周回衛星「かぐや」が明らかにした月のマグマ活動史に触れておきたい¹⁵⁾。これは月面のクレータの数密度の解析から年代を決定するクレータ年代学による推定で、「かぐや」は高い測地精度で年代を導いた。それによると月面全般では 25 億年前まで、嵐の大洋、雨の海では 15 億年前までマグマ噴出が起こっていた。一方、月隕石の年代決定から 43 億年前にはすでにマグマ噴出活動が始まっていたことが知られているので、月の主要なマグマ活動は 20 億年にわたって続いていたと推定されている。

文献

- 1) Shinjo, S. 1924, Jap. Journ. Astronomy and Geophysics, Vol. 1, 183, General consideration of the variable stars from the standpoint of stellar evolution.
- 2) 新城新蔵、1931、岩波講座「物理学および化学」、宇宙物理学 II.C. 宇宙進化論.
- 3) 永野宏、佐納康治、京大地球物理学研究の百年、113 -127、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.
- 4) 新城文庫目録、富田良雄ほか新城文庫研究会編、2000 年刊.
- 5) 長岡半太郎 1939、自然第 8 号、3 月号、82 - 85、「故新城新蔵君を憶う」、(「自然」は上海自然科学研究所刊行の日本語雑誌).
- 6) Matsuyama, M. 1918, Mem. College of Sci., Kyoto Imp. Univ., 3, 17 - 68, Determination of the second derivative of the gravitational potential on the Jaluit Atoll.
- 7) 宮本周子編、1993、星月夜—宮本正太郎追悼記.
- 8) Miyamoto, S. 1957, Contr. from Inst. Astrophys. and Kwasan Obs. No. 71,1, The great yellow cloud and the atmosphere of Mars (1957).
- 9) Miyamoto, S. 1960, Contr. from Inst. Astrophys. and Kwasan Obs. No. 88, 27, On the general circulation of the Martian atmosphere (1960).
- 10) Miyamoto, S. and Matsui, M. 1960, Photographic atlas of the Moon.
- 11) Miyamoto, S., Hattori, A., Nakai, Y. *et al.*, 1964, Photographic atlas of the Moon (Second edition).
- 12) Miyamoto, S. 1960, Contr. from Inst. Astrophys. and Kwasan Obs. No. 90,1, A geological interpretation of the lunar surface.
- 13) Miyamoto, S. 1960, Contr. from Inst. Astrophys. and Kwasan Obs. No. 96,1, Magmatic boiling and underground structure of the Moon.
- 14) Miyamoto, S. 1964, Icarus, 3, 486-490 ; 4, 421 - 424. Morphological aspect of the lunar crust., I, II.
- 15) 諸田智克 2011, ISAS ニュース No. 360, p.4, 「かぐや」が明らかにした月のマグマ活動史.

(著者略歴)

小暮智一：1926 年生まれ。京都大学理学部宇宙物理学科卒、理博（論文題目：輝線 B 型星の輻射場とバルマー通減率について）。茨城大学理学部物理学科教授、京都大学理学部宇宙物理学科教授を経て 1990 年退官、京都大学名誉教授。美星天文台長を歴任。専門は恒星分光学、銀河物理学。

宮本正太郎先生と私

加藤進（1952 年卒、京大名誉教授）

1. はじめに

私は 1952 年 3 月理学部地球物理学教室を卒業し、直ちに大学院に入学した。指導教授は地球電磁気研究室の長谷川万吉先生だった。先生自身の専門は地磁気で、この研究を私に薦めたが、私は電離層の研究を選ぶことにした。でも、この両分野はやがて関連しながら発展し、スペース・サイエンスの歴史を創って来た。当時、長谷川研究室のメンバーであり、数年年長の先輩である井上雄二氏に薦められ、たまたま読んだ論文が「散乱大気としての電離層生成理論」であり、これに強く惹かれた。この論文の著者が宇宙物理学教室教授の宮本正太郎先生だった。井上氏の薦めで出席した宮本先生の講義「宇宙物理学特論」の面白さにも感動し、先生に尊敬と魅力を感じた。当時、先生の最大の関心は太陽、特に太陽コロナにあったようだが、先生のこの研究もすばらしく思えた。駆け出しの大学院生の私には、先生への理解は当然限られていたが、いまでも先生のコロナ研究はすばらしいと考えている。事実、先生のコロナ研究の高い評価は最近国際的に復帰していると柴田一成教授からも聞いている。

先生との交流は、私が 1955 年工学部電子工学教室に移ってからもしばらくは続いたが次第に消えていった。私の研究上の興味が大きく変化したことが主な理由であるが、先生の生き方への興味が薄れて行ったからでもある。齢 82 歳の現在、振り返って私の先生像の変化を噛みしめ考えてみたい。

2. 宮本先生の電離層生成論に思うこと

宮本先生は荒木駿馬先生の後継者であり、長谷川先生と荒木先生はドイツ留学以来個人的にとても親しかった。従って井上雄二氏は宮本先生の助教授時代から、宮本先生に接していたと想像している。電離層研究は、戦時中、軍事秘密研究であり、長谷川研究室、荒木研究室がこの研究で協力していたとも想像できる。太陽紫外線を大気が吸収し、電離し、生成した自由電子とイオンの層ができる。これが電離層だと Oxford 大学の S. Chapman 教授が電離層生成の理論を 1930 年代提出した。これに対して、宮本先生は、太陽紫外線の伝達には吸収（F 層を生成）と散乱（E 層を生成）が存在するとした新説を提出した

（1945 年、緊急科研究報告書）。この新説では、電子、イオンの生成の際、紫外線が大気で吸収されるだけでは、紫外線は exponentially に減少し、到底、電離層下部には到達できない。だが、生成される電子とイオンが再結合する際、紫外線が放射され、つまり散乱が起これ、この散乱された紫外線が、光学的に深い所までさらに到達できる。これが新説の骨子だ。この説を井上雄二氏がさらに発展させ、彼の学位論文にした。これは見事な理論体系に組み上げられた論文だった。

戦後、この新説が想定した散乱係数が実際はきわめて小さいと判明し、残念ながらこの説は崩れた。だが、さらに後、私の記憶によれば、米国で 1970 年頃出版されたある専門誌が井上氏のこの論文を取り上げ、review した。論文の理論的構成を論じ、ある評価を与えている。思えば、理論研究では、想定した値の誤りが後に判明し、結局、理論が瓦解した悲劇は少なくない。自然が示す事実により裁かれるのが、科学研究の運命である。この井上氏の論文は京都大学紀要に載ったはずなので、最近、後輩の現役研究者に検索をお願いしたが残念ながら見つかっていない。

太陽のスペクトルの broadening を起こす原因の一つに乱流がある。これに宮本先生が興味をもち、乱流論の勉強をしておられた。そのおかげで、私も初めて本格的に乱流を勉強した。有名な Heisenberg の乱流論の論文 (1948 年)や難解な Batchelor の著書 The theory of homogeneous turbulence

(1953 年) を読破できた。これが最近役立ち、レーダー大気観測に関する乱流による電波の散乱原理の正当性を論じる論文を出版できた(2009 年)。

3. 宮本先生の教授人生の在り方

先生は日々ご自身の研究に没頭されたのは確かだ。また、研究会、学会で学生に接する態度は温かく、時間も惜しまれなかった。研究上の質問には明瞭、明哲な答えがツねに返ってきた。だがプライベートな接触は望まれなかったと私は感じていた。御自宅を訪ねた折、決して書斎には入れなかった、これは私も経験し人からも聞いていることである。

「学者人生で、生み出すことができる研究成果は、誰にでも、大変限られているらしい」。

これは、長谷川先生退官記念講演会の折、参加した地球物理学教室教授達がおこなった各自の研究成果を聴かれた宮本先生が、述べられた感想の要旨だ。少しさびしそうな表情にみえたことも覚えてい

る。先生は研究以外にあまり関心を示されなかったようだ。後継の人材養成、研究組織整備に関心はあったとしても、そのために行動する先生ではなかった。当然だが、これは教授人生をどう生きるかの問題であり、教授が自由に決める選択課題で、門弟が要請することではない。これは京大地球物理学研究百年記念誌 II (2010 年)で、私が論じた課題であるが、ここでも繰り返し考えたい。そして、やはり教授職は研究者にとって、有難いものだと言いたい。

先生は、科学の発展には敏感に対応された。人工衛星打ち上げのニュースが人々を驚かせたとき、京大の本部建物にある大講堂で、人工衛星の講演をされたが、聴衆は講堂にあふれるほどだった。惑星観測が可能になった頃、面白い、分かりやすい啓蒙的書を出版され、多くの読者を得た先生だ。

私にとって、宮本先生の生き方で特に残念なことは、電波天文学分野研究を全く育てなかったことだ。戦後、電波天文学はすばらしい発展を遂げてきた新分野である。この電波天文学のメッカは米国、英国と共に、オーストラリアだが、私はこのオーストラリアに 1962-1964 年の間滞在した。ここの連邦政府の CSIRO 研究機構に属する Radio-physics Division で、2 年間、研究官を務めた。私は電離層の研究に従事したが、同じ期間に、東京天文台（当時、東大附置研究所）から数人の若い研究者が同じこの Division に派遣されていた。彼等はこの研究機構に属する電波望遠鏡の調査と勉強のために派遣された。現地の senior 研究者はすべて戦時中英国でレーダーの開発に従事していた面々で、戦後、故国に戻り電波天文学や電離層の研究を始めた。当時、日本には電波天文学研究は皆無に近かったが、畑中東大教授は、将来日本に電波望遠鏡を設立する計画を練っていたようだ。それから 20 年後、信州野辺山に電波望遠鏡を、彼等が中心になり見事に建設完成させた。でもオーストラリアで彼等から聞かされた話では、当時、彼等のもつ電波望遠鏡に関する知識はかなり低かった。だが彼等の思いは決して低くはなかったと思う。つまり、新しい学問のはじまりには、高い思いをもつ指導者と数名の強い興味を持つ優れた門弟が不可欠だと言えそうだ。

宮本先生も電波天文学の研究組織を京大に創りたいと考えていたのも事実らしい。そして少ない人数だが電波電文学に強い興味をもち、個人的レベルで研究をしていた若い世代がいた事実を私は知っていた。オーストラリアから帰国した頃だと思うが、宮本先生は「京大に電波天文学研究組織を立ち上げたい」とおもわれ、その旨を電子工学教室の前田憲一先生に話し、この事業推進に尽力をお願いされた。だが、この話は進まなかった。これは、前田先生の配下のわれわれ工学部の電波グループは飛翔体による観測などで多忙だったことによるが、宮本先生の話に前田先生は説得力を感じなかったことにもよると思う。当時、助教授だった私には、この件(くだり)は大林教授を通して伝えられた。若し、この話が、うまく進んでいたならば、日本の電波天文学の歴史は違っていたと思う。でも私の想像では、恐らく宮本先生はこの事業の遂行には向いていないと、こう前田先生

が考えられたのが真相だったのだろう。なぜならこの事業遂行は宮本先生のそれまでの人生とは両立できないからだ。ちなみに畑中先生はその頃すでに他界されていた。だが、野辺山電波望遠鏡は完成した……。歴史の流れ方はいろいろだ。

その後、上述した電波天文学研究を望んだ新しい世代には、電波望遠鏡の小型アンテナを入手したが手におえないのでと助けを求めてきた者もいた。

今や、彼岸におられる宮本先生がこの拙文を読まれたならば苦笑いされるだろう。

工学部・電離層研究施設の歴史と人々

大家 寛（東北大学名誉教授、福井工業大学名誉教授）

1. 設立

昭和 36 年（1961 年）、電離層研究施設が設置されたが、当時の文部省令で大学に設置された研究施設としてまだ広くは普及していない組織だった。この年、同時に東京大学では地球物理学研究施設、そして名古屋大学には宇宙線望遠鏡研究施設が発足した。当時聞きなれない組織であったことは、ちょうど時期的には、孤児やあるいは障害をもつ人たちのケアのための施設が社会現象として広く知られていたもので、関連教室の教授たちは、冗談ではあったが、そうした施設と間違ふ風情を示した。

その設立には、宇宙時代の到来が主因であるが、我が国でスペース・フィジックスに取り組む気概に満ちたリーダー達の情熱に文部省、とくに飯田調査官を中心に国際学術課が対応してくれた結果である。この施設設立には、京都大学では青春時代に文部省電波物理研究所で活躍された前田憲一教授が関わり、東京大学では永田 武 教授、名古屋大学では関戸弥太郎教授、このほか東北大学からは加藤愛雄教授、そして東京大学天文台の畑中武夫教授も大きな影響力を持っていた。1957 年、我が国も国際共同研究、国際地球観測年に参加し、宇宙空間の研究活動が大きく芽を吹き始めた。国際的に立ち上がりだした、スペース・サイエンス、および、スペース・フィジックスに対し、宇宙科学、および、宇宙空間物理学という言葉を提案したのは永田教授と聞くが、彼が我が国の研究者組織の育成を目指し、すでに述べた各大学のリーダー達と学際的に共同研究の協力網を密接に構築して得られた成果である。

こうした、学際共同研究網の歴史はまったく新しかった。大学の組織は、大学事務局が動き、学部長指導で進むのが前例であったが、研究施設の設立は、大学側に立てば、一教授の設立成果と理解されかねない状況で、各大学で新発足の施設は運営面や事務構成の労苦は否めないものがあつた。しかし、我が国の宇宙科学の黎明期に躍如としてその任に当り、確かな成果を出してきたことが歴史に深く刻まれている。

2. 第一期 (1961 年～1966 年)

2.1 構成員

1961 年 4 月より筆者は工学部電子工学科、前田研究室・助手として、赴任し、前田教授からの要請で電離層の電波観測を主任務とし、自らはロケット実験への参加も希望していた。しかし、電離層研究施設の発足が決まり、理学部地球物理学科博士課程を終えた桜井邦朋氏とともに 電離層研究施設助手となり、工学部電子工学科・講師から昇任した加藤 進 助教授と施設発足の諸準備と事務作業に入った。

施設長は工学部長に預けられたが、設立の主旨は前田教授の電離層研究にあつた。関連して、東京大学地球物理研究施設は南極でのオーロラ観測と宇宙空間の電波、特にホイッスラー空電観測を謳って柿岡に施設拠点を置くのに対応し、京都大学電離層研究施設は宇治構内を本拠地として電離層の垂直電波打ち上げと VLF 電波観測の実施が謳われていた。電離層垂直電波打ち上げは、実は、前田教授が当時の郵政省電波研究所の前身である電波物理研究所時代から当研究所の業務として実施されてきていたもので、京都大学に赴任後、国際地球観測年参加のプロジェクトの一つとして、

工学部電子工学科の構内にて実施されていた、しかし、その成果は電波研究所が果たした本格的な内容に至っていなかった。また VLF 電波観測も計画された宇治構内は既に高度に都市化され、設置された 60m ループアンテナも人工電波雑音の前にさして威力は発揮できない状態であった。むしろ、電離層研究施設・設立の学界への大きな貢献は、京都大学を背景にした、優れた人材育成にあった。設立を期したリーダーとしての本心もここにあったであろうことが、汲み取られる。即ち、当時を振り返ってみると、前田教授は研究予算のため表向き表明されたとの観測にも率先して携わらず、助教授や助手に義務的研究テーマとして要請しその成果に依存していた。しかし、大きな貢献は電離層研究施設の人的構成を指導した点に見られる。

設立年度の秋、前田教授の意向により、電波研究所から大林辰蔵氏が電離層研究施設の超高層物理学分野教授として招聘された。37 歳の新進気鋭の教授で、その学問への情熱、周囲のスタッフ、及び学生に及ぼす影響は画期的なものがあった。その後、この研究施設から我が国はもとより国際的指導力をもった研究者を輩出する原動力となったのである。

2.2 研究内容

i) 理論研究

後に述べるロケット、人工衛星観測における貢献とは対比的に、地上観測では、見るべきものはなかったが、電離層研究施設の第一期を特徴づけるのは理論研究で、世界に先駆けて計算機実験の芽を育てる場ともなった。また、大林教授は電離圏から先へ関心を強め、当時アメリカの研究者達が鋭意志向していた磁気圏研究へと向かっていた。Axford – Hines が磁気圏対流理論を出した直後で、磁気圏構造に関心を寄せ、磁気圏にカルマンの渦の存在を仮定し、流体相似の力学モデルの提案をしている。研究の流儀は深く穿った独創性よりも、発表されている個々の研究に対し統合した見通しを与え、学問内容への情熱的理解が当の研究者に対し自ら気づかない研究内容への意義を認識させ、その興味を掻き立てる指導性があった。

加藤助教授は大気潮汐波の研究に取り組んでいた。その後、二年間オーストラリアで Martin 教授を訪ねての研究期間も通じ、大気潮汐波のセミ・ダイアーナル現象を見出し厳密な理論を完成させている。大気と電離圏の問題を開拓して行く大きなスタートで、後に電離層研究施設が超高層電波研究センターへ展開し中間圏研究に向かう上で大きな貢献をする出発点となっている。

桜井助手も理論とデータ解析を中心とした研究者であった。大学院生時代から関心を持っていた太陽電波放射とフレアの原因を究明していたが、太陽プラズマ中の電磁流体波等、当時としては最先端のテーマに関心を寄せていた。他局で観測されている電波源のデータに対し太陽面プロットを行い、経度方向の左右非対称性を見出していた。その研究スタイルは研究現場主義ではなく、豊富な文献知識を得意としていた。

ii) 実験観測研究

大林教授は、電離層研究施設の研究内容を自らが得意とする理論的解析研究に閉じず、実験研究の可能性を模索していた。電波伝搬を利用した電離層電子密度構造の観測に常に関心を注いでいたが、当時、米国で行われていた飛行体から発信される電波の Doppler 効果に関する研究を取り上げていた。この研究の一環としてスタンフォード大学と共同で OGO 衛星の観測も実施している。前田教授がリーダーとしての役割を持って大きく関わっていたことも反映し、ロケット観測にも乗り出していた。観測の一つとして中波電波・放送局からの電波に対するロケット運動による Doppler 効果を使い D 層電子密度分布を観測するプロジェクトを立てた。これは、当時、同志社大学教授であった小川 徹 氏との共同実験として試みられた。また D 層電子密度モニターを心掛けたリオメタ

一の設置も試みられた。しかし、どれも、継続的でなく、本格観測とは言えなかった、多忙であったこともあるが、理論研究のリーダーとして、実験は他者に譲るとの考えであったかもしれない。

こうした時期 1963 年から、大家助手は、インピーダンス・プローブの開発に着手している。動機は本人が宇宙観測に乗り出す新しいテーマを求めている時に出された大林教授の示唆による。当時、我が国ではラングミュアー・プローブに交流を重畳させることを着想した高山プローブを原型とするレゾナンス・プローブが一世を風靡していた。大林教授はこれと対抗する計測器として NASA ゴダード研究所で試みられていたインピーダンス・プローブをイメージして、大家助手にその開拓を託していた。簡単な追試から NASA ゴダード研究所で試みられていたインピーダンス・プローブは浮遊容量から来る原理的な誤差が免れないことが判明し、当時研究歴の一こまとして大変興味ある経過をたどったのであるがまた、レゾナンス・プローブはイオンシースの存在から、やはり、測定結果に 40~60%にも及ぶ原理的な誤差が避けられないことが判明した。大家助手はそのどの誤差も含み得ない原理的に誤差 0%の周波数箒引ブリッジ型・インピーダンス・プローブを開発した（当時ジャイロプラズマ・プローブと命名されたが、他のプローブ研究者たちはこの名を避け、インピーダンス・プローブと言い慣わした）。現在でもロケット実験で、最先端で使われているインピーダンス・プローブである。この新しいプローブ創出の成果は以降、我が国の飛翔体による観測において、電離層研究施設が大きな推進役を務める原動力となったと言っても過言でない。

iii) コンピュータ実験の誕生

大林教授は自らは実施するか否かを問わず、新しい領域を開拓することに指導性を発揮していたが、そうした貢献として、次に大きく取り上げられるのはコンピュータ実験プロジェクトの始動である。その契機は、やはり、米国の研究チームの試みにあるが、それまで常識としてきたコンピュータを解析的計算機として使うのではなく、コンピュータの記憶素子をプラズマ・エレメントとして配置し、エレメント間に働く最も原初的な電磁力のみアルゴリズムとして扱う、即ち、計算機を実験媒体として用いる思想によるものであった。大林教授は計算機利用に造詣の深かった津田孝夫講師にこの情報を伝え、その指導下にあった当時大学院博士課程学生佐藤哲也氏などが鋭意この領域の開拓を始めた。当時まだコンピュータの計算機資源は乏しく、たぶんに非線形問題への取り組みなど、思想的取組に終わっていたが、このとき練られた思想と手法は後に京都大学理学部・助手を経て東京大学地球物理研究施設・助教授になった佐藤哲也氏に受け継がれている。彼は世界をリードすべく計算機シミュレーション分野の誕生を促し、これは、さらにその影響を強く受けた松本紘助教授によって大きく成長させられている。これは後に電離層研究施設が発展した超高層電波研究センターのプロジェクトの一つとして花開いている。

3. 第二期（1967 年～1973 年）

3.1 構成員

1967 年度、大林教授の東京大学宇宙航空研究所・教授への転出で電離層研究施設の設定は終了し第 2 期に入る。この年は電離層研究施設に第二部門が設立され、第一部門（超高層物理学）は教授 加藤 進、助教授 大家 寛、助手 坂口 瑛、麻生武彦（一時、助手、北 一麻呂、田畑孝一であったが、転出）第二部門（超高層電波工学）は教授 小川 徹、助教授 桜井邦朋、助手 荒木 徹・薮崎 努 の布陣であった。

電離層研究施設の骨格の形成と運営の基礎は依然、前田教授の構想の中にあったが、大林教授が、当時、全国国立大学共同利用研究所の指導者の一人として求められ東京大学宇宙航空研究所教授として転出した。この事態は当初構想がなく、電離層研究施設の運営構想を大きく変貌せざるをえな

い状況になった。それは特に実験面に表れ、新しく量子電子工学の道を歩み始めていた小川教授に、その将来を託す部分が多くなったと理解される。

3.2 研究内容

i) 科学衛星 REX (電波) への取り組み

大林教授は共同利用研究所においては、その共同利用の機能を活かす面からは模範と言われるプロジェクトの実施に入った。即ち京都大学チームに主力のある内容をもつ科学衛星 REX (Radio Wave Experiment Satellite) をリーダーとして推進することになった。ここでは、京都大学電子工学科の木村磐根教授は VLF 電波観測、及びサイクロトロン・不安定実験、研究施設側では大家助教授がインピーダンス・プローブ観測器をもって参加し、小川 徹 教授はプロジェクト・サイエンティストとして、科学観測のまとめ役を要請された。1968 年、衛星の軌道投入後三日目、プロジェクトは不運にも、神戸大学担当の高エネルギー粒子観測器への高圧投入に際して発生した放電事故で、ミッション停止の止む無きにいたったが、インピーダンス・プローブ観測の得た三日間のデータはロケット実験に比して膨大で、後に二名の博士の誕生となっている。

ii) 量子電子工学の応用

第二部門誕生で招聘された小川 徹 教授が鋭意推進した研究テーマは Optical Pumping Magnetometer であった、宇宙観測プロジェクトでルーチン的に採用されるまでにはなっていなかったが、当時京都大学電子工学科では取り組むものがいなかった、量子電子工学分野を育てるべく大いに貢献した。このプロジェクトの実行班を務めた藪崎助手は後にこの分野の一人者と成長している。小川教授の研究スタイルは楚々として、どちらかといえば知識人が趣味を楽しんでいる風情で、熱気に満ちた大林教授の場合と対照的なものを感じさせた。しかし、電離層研究施設再建への理解は深く、第一部門の加藤教授との連携を大切にしていた。

iii) 雌伏時代と 2 助教授の長期海外出張

加藤教授の理論研究はその完成期に近づいていたがこの第 2 期では次のステージに向かったの準備段階とも位置付けられよう。首脳陣が準備期間として設定ともとれるこの時期、1968~1971 年にわたり桜井、大家両助教授が相次いで、NASA での客員研究者として、長期外国出張している。当時のわが国は、まだ研究環境が一級に達していなかったが、助教授クラスの研究者を長期外国出張させ、その実力を養うことは行き届いた配慮であった。その結果、桜井助教授はメリーランド大学客員教授の道にすすんだが、大家は帰国後、我が国の宇宙科学の進展に飛躍的に貢献するようになったと言って過言でない。即ち、当時、宇宙開発事業団の開始に関わる漁業問題による遅れや過去に重なった人工衛星打ち上げ連続失敗による影響などから、プロジェクトの遅延のため、協力者が枯渇寸前となった東京大学宇宙航空研究所に対し、新しい理念をもって参加できたのは、大林教授に協力を続けた大家助教授と、平尾教授に協力した東京大学地球物理研究施設の等松教授以外、見いだせないと言われた時代であった。

4. 第三期 (1974 年~1980 年)

電離層研究施設の第 3 期での成功は、研究プロジェクトの集中化がもたらしたと言えよう。それは大家助教授が東北大学・理学部超高層物理学研究施設の誕生により教授としての招聘を受諾する時期と一致している。電離層研究施設で培われた大林教授、大家助教授が外部で学界に貢献するこ

とが、新しい陣容となった電離層研究施設側からは、良き刺激となり、また良き協力関係をもって望む契機となっていたと理解しても大きく間違っていないであろう。

4.1 人員構成

第一部門は 加藤 進 教授、松本 紘 助教授、麻生武彦助手、津田敏隆助手、第二部門は小川 徹教授のもと、藪崎 努 助教授、筒井 稔 助手 北野正雄助手となった。なお第二期と三期の間、鋭意 VLF 電波の研究に取り組んできた荒木 徹 助手は請われて理学部助手に、計算機管理を行ってきた坂口助手は筑波大学助教授に転出している。このほか特にこの時期には電子工学科・木村磐根教授が指導学生であった松本 紘 助教授の誕生に関連し、電離層研究施設運営に積極的に協力し、同研究室の深尾昌一郎助手は新プロジェクト誕生に積極的に関わっている。

4.2 研究内容

i) IS レーダー計画

電離層観測研究の有力な手段として伝統的な電波の垂直打ち上げについて、ロケット、人工衛星による直接測定が強力に推進されてきたが、第三の方法として強力な電波打ち上げによるインコヒーレント・スキャッター (IS) 観測がある。1960 年代米国がペルーのヒカマルカに設置した施設は世界的に広く知られて来たが、1960 年代後半にこの IS 施設を訪れた前田教授は大変感激し、我が国でもそうしたプロジェクトの可能性はないかと、話題にしたことがあった。爾来経つこと 15 年余り、ヒカマルカに遊んだ深尾助手を圧倒したのが再びこの IS 施設であった。彼の強い志向はそれまで研究施設としては目立った成果のなかった地上からの電離層観測に対し新たに取り組む契機を与えた。即ち彼の IS 施設への志向を活かした動きが、加藤、小川、木村三教授の絆によって、形あるものになった。IS レーダー計画の始動である。

ii) 宇宙プラズマ実験観測

松本 紘氏の電離層研究施設助教授就任は、IS レーダー観測を中枢プロジェクトに選ぶことになった研究施設では、捉え方によっては勢力分散であったかもしれない、しかしそれまで、研究施設側で大家助教授等が開いてきた東大宇宙航空研究所との共同研究所との関係を持続する意義をもっていたし、松本助教授が最も得意とするコンピュータ実験を現実の宇宙プラズマ実験と結合するという点からは、世界をリードする独創性を生む契機を与えていた。またこのグループは航空宇宙研究所で大林・大家が中心になって推進していた磁気圏プラズマ観測衛星 EXOS-B プロジェクトにも参加していた。

iii) 流星風レーダー

IS レーダー計画は加藤教授の大気運動、波動理論の進展とその将来への展望とマッチし、また、流星出現高度での大気力学の実証手段として熱意を帯びた取り組みをうむことになった。麻生武彦助教授と津田助手は加藤教授と協力した流星風レーダ観測実験を成功させている。

5. 終りに

当時まだ私は若く、“人は自分に何らかの利益、利用価値がなかったら他者にはかかわらない” 位な視点があった。逆に取り立てられたら其の役に立とうと健気にも一生懸命だったのかも知れない。

しかし、歴史を振り返ると、その背景には、その時点では何人も知り得なかった、もっと大きな存在とその意思の働きが、着実に流れている。電離層研究施設の歴史においてしかり、前田教授の意図は電離層研究施設の実現で報われた、しかし前田教授が思いもしなかった発展、多くの研究者の誕生と成長が与えられていた。大林教授の存在と貢献も然り、大林教授にしてもはかり知れない、即ち自ら意図した成果とは別に思いもしなかった発展が生まれていたであろう。加藤教授にとっても電離層研究施設の歴史は極めて感慨の深いもので、電離層研究施設を超高層電波研究センターとして発展的に改組した後に IS レーダーの実現という大事業を成し遂げたのである。この実現には、小川、木村教授の協力はもとより、ここに育てられた新進気鋭の研究者、深尾昌一郎氏の存在は欠かせない。松本紘氏の成功もやはり電離層研究施設がなくては叶わなかったであろう。筆者も東北大学・超高層物理学研究施設に場所は移したが、その後の学界への貢献を、もし評価してもらえらば、その出発点はこの電離層研究施設と、そこでともに過ごさせて頂いた方々の影響なくしてありえない。

研究施設は一つの制度実験という一面があった。教室の部門増としてではなく一時期の重点的で特徴あるテーマに対し、実績ある教授達の学際的な取り組みに対し、文部省がスポンサーとして支援するといった背景があった。特に測地学審議会関連分野は典型的な領域で、宇宙空間分野での成功を礎に、地震学分野へと移行し、最後に気象学分野にも影響が及んでいる。担当として大学学術局が関与しなかったため、実際運営はかなり綱渡りの面もあった。東京大学・地球物理研究施設は、その立地条件として遠隔地である柿岡が指定されていたが、運営上は本郷キャンパスの教室ビルの隙間に肩身せまくプレハブ棟を建てての研究活動であった。電離層研究施設も、当初は、教授、助教授の相部屋として第2電気教室の一室に、助手は事務棟の2階に間借りして始まった。第二部門のスタートで、本来の立地である宇治キャンパスに移ったが、臨時教員養成所後の俄か作りの規格外ビルを使うことになった。うっかりすると、電気系教室からの島流しともとられかねない外観であった。しかし、その内容こそ、これまで述べてきたような評価に値する成果につながったのである。最後にこの研究施設の活動を誠心誠意支えてきた、松尾、辻井、森田、大石、の歴代技官の方々、そして各時代の事務官、さらに辻本事務補佐はじめ歴代の事務補佐のかたがたに感謝しつつ本稿を閉じたい。

(著者略歴)

大家 寛：1936 年年生まれ。京都大学工学部電子工学科卒、同大学院電子工学専攻修士課程修了。京都大学工学部助教授から東北大学院理学研究科教授を経て 2000 年に退官。その後、福井工業大学工学部教授を歴任。東北大学名誉教授、福井工業大学名誉教授。専門は、宇宙空間物理学。

自然のなかで行われた学部演習

原田 朗 (1958 年卒)

自然科学の諸分野で、直にこの大自然に接することができる学科はといえば、地球物理においてはおそらく。そこで扱う現象の大きさの比較を許してもらえば、大地も海も大きい。地球をとりまくジェット気流などは、大きさで引けをとらない。この大自然の大きさに魅せられて、気象講座の世話になった。したがって、受教簿には気象観測「終了」という記載も頂戴した。野外観測や演習は国立公園や国定公園の地で行われることも多く、正規の教科か、先生方の研究課題の手伝い仕事だったか分からないまま、渥美半島の沿岸土砂の採取分析、鳴門海峡の強風観測、そして受教簿にある潮岬の気象観測に参加した。

渥美半島の演習は、海流による湾岸の漂砂の研究における資料採取であった。速水頌一郎先生におかれては、上海自然科学研究所時代の大河が運ぶ浮遊土砂の研究の延長であったかもしれない。当時先生の講座で講師をされていた国司秀明先生に連れられ、素潜りで海底の土砂を採取する夏休休暇の野外での演習であった。ところが速水先生はその炎天下の砂浜に足を運ばれ、三つ揃いの背広姿で研究計画を説明された。後に先生は、中国の気象学者を招いて催された講演会で、まずは中国語で、つづいて国際間の公用語としての英語で、そして最後にわたしどもに日本語で挨拶をなさったことがあったが、炎天下でも講演会でも同じ講義口調であった。温厚でかつ大人の風格を具えられた先生に水泳パンツ姿で接したご無礼は、お許しいただくほかはない。

有難いことに、鳴戸の渦潮を眺める景勝地に泊まり込み、強風観測用に設置された観測網の見回りをする演習もあった。年月を辿ると、光田 寧先生がまだ修士課程在籍の年になるが、電力会社が高圧線架設の事前調査に海峡周辺に強風観測網を展開していた。地形と強風の構造をテーマに研究活動に着手されていた先生は、ここで台風の襲来を待ち構えておられた。台風襲来時期でもある夏休暇を利用して、現地で観測点の見回り仕事に参加させてもらった。淡路島に接して浮かぶ大毛島は、風が吹けば離島と化す小さな島だが、この島とその近辺の計 6 点の観測資料をもとに、後に論文「鳴戸海峡付近の小旋風について」が学会誌に発表された。これは『光田寧博士業績集』に収録されている計 347 編の論文や報告文のうち、もっとも早い 1962 年に発表された 2 編のうちの 1 編である。この論文には、風の自記記録が図示されているが、観測場所や日時から、筆者が取り替えた自記紙であることが分かる。夏休みの遊び気分の実習参加で、1 km 未満というごく規模の小さい現象の時刻の読み取りに耐えうるほど丁寧に自記紙を取り付けていたかどうか、今にして思えばおぼつかない。かつて日本気象学会の藤原賞候補推薦委員会の委員を務めたとき、候補者に光田先生を紹介させていただいたことがあった。そのときはこの論文に関する記憶はなかった。その後陸續と論文を発表されているので、これはご容赦いただけるだろう。

受教簿記載の気象観測は、気象庁が観測実務を行っている測候所に出向いて行われた。当時大学院在籍の山元龍三郎先生同行のもとで陸の孤島といわれていた地、紀伊半島南端の潮岬の地で測候所の世話になって行われた。この地は山元先生による微気圧振動研究の観測計器が設置されているところで、気象学会賞に輝く研究を生み出し、地球物理学教室の実験室のようなところであった。しかしこの実習は物見遊山気分ではすまなかった。

まず、ラジオゾンデから発信される電波を受信し、換算もしくは計算によって各気圧面の高度、気温、湿度、風向風速を算出する実習作業がひかえていた。高度は講義で教わった大気の大気熱力学を適用した計算で、風向風速は気球の位置を地面に投影した図をもとに手計算によって求められた。手回しのタイガー計算機と、計算尺と数表とを用いた手計算によった。大気の大気熱力学の予習は欠かせないが、問題は電波の受信だった。まずモールス信号聞き取りの練習から始めねばならなかった。トットトツなど 10 種の音信号をノイズの多い真空管受信機で聞き取る操作に覚えはなかった。

同輩の後町幸雄氏（元防災研究所助教授）が多少この作業に長けていたので助かった。気象学を学ぶのに、なぜ無線技術士の真似事をしなければならないのか、その疑問を抱えたまま、翌春気象庁に就職した。

ところがその気象庁では、対国内、対国外ともに、電波の送受信が方々で行われており、発信器を備えた気象測器を用いてこそ、大気の観測体制が維持されていた。天気予報の現場では、送信されてくる気象電報を受信し、その隣の部屋で天気図の描画が行われていた。入庁すると、まず気象電報の受信技能を身につけねばならず、モールス信号の受信が新人教育の第一歩であった。また受信した数字を 100 種の天気記号に振り分けて天気図に記入する練習も必要だった。グリニッジの 0 時、すなわち日本時間で前日の 21 時の観測資料は、日本時間では 3 時に無線放送が始まる。深夜に仮眠から目覚め、受信と天気図記入の同時並行作業が終わるのは 7 時ころで、そこで予報官の天気図解析が始まることになる。当時の気象庁は、観測とそれにつづく気象資料の送受信を直接人手でもって行う作業に従事する職員数の比率が、きわめて高かった。

その年は中島暢太郎先生が京都大学から気象庁に出向され、大阪の気象台でこの予報官の仕事につかれた年だった。卒業直前の 3 月には気象講座の講師を勤めておられ、「理論気象学終了」のサインを頂戴したところだった。先生には予報官の仕事の合間に、職場の文献講読の指導役を務めていただき、シュプリンガー刊行の気象力学の教科書を読み通すことができたのは幸せだった。就職先でも何年も教官と学生のような関係がつづいた。

地球物理学に関連した科学技術行政を担当する気象庁は、行政の実務に加えて、不定期にいろいろな調査仕事を行っていた。しかしこの非ルーチン仕事はいかにも不得手であったように思える。係留気球を用いた低層の気温観測で、ラジオの電波塔が発する無線電波を受信して気温の変化とみなしたこともあった。アメダス観測点の雨量の平年値を 5 キロメッシュに内外挿し、国土情報の基礎資料作成を目指した「メッシュ気候図」の開発にあたっては、幸か不幸か真値が存在しないという自由さにおぼれて、統計計算操作による誤りに気付かず事業を終えるなど、開発事業の質の向上が望まれてきた。測定器の読み取りから観測要素への組み立て、さらに現象の解析とつながる地球物理学上の現象の扱いにあたって、各部門の専門知識の欠如は論外としても、分野ごとの成果を全体的視点から見ると目が曇っているとは思えない。かような実態に接してみると、学部学生時代に潮岬で行った「気象観測」の実習は、本来いくつもの分担作業からなる高層気象観測を、一つの観測作業として全体的に理解させる、当時としては格好の教材だったと思われる。

1990 年代になると気象庁に気候変動に関する行政が求められてきた。これは大気科学に関して広い分野にわたった知識を必要とした。従来気候変動予測については、その実務を行うことのなかった気象庁は、勉強会から始めねばならなかった。そこで設けられたのが勉強会「気候問題懇話会」だった。座長は庁外の方をお願いすることになった。当時京都大学では、すでに山元先生が気候変動実験施設を創設して気候変動の研究を進めておられ、先生がその労を引き受けてくださった。気象庁はこの懇話会の議論に支えられ、温暖化ガス世界資料センターを設立し、太平洋の孤島南鳥島で CO₂ の観測を開始した。また、世界気象機関 WMO が開催する「気候変動に関する政府間パネル IPCC」には代表を送りつづけてきた。多くの卒業生を気象庁に送り込んで下さった山元先生だが、こうして外部の機関である気象庁の運営に助言や助力の労をとっていただいたのは有り難いことであつた。

北白川の思い出と私の研究活動

恩藤 忠典 (1958 年卒)

1. 北白川の思い出

私は、京大農学部グラウンドから見上げる比叡山の雄姿が好きだった。一回生の時は宇治寮にいたが、二回生の吉田分校から大学院理学研究科博士課程修了までの7年間を下宿生活した。初めの二箇所の下宿は、父母の知り合いの深草と太秦の仁和寺の西隣のお宅に、その後は大学の下宿係のお世話で、東山五条坂、北白川追分町、北白川田中樋之口町等に下宿した。

北白川田中樋之口町の下宿にいた頃、近くの銭湯で工学部電子工学教室の前田憲一先生によく会いした。私は京都を去る迄の最後の5年間を、この北白川田中樋之口町の下宿で過ごした。或時、前田憲一先生から、「銭湯で君によく会うが、何か私に用事でもあるのか？」と尋ねられ、「実は先生宅の斜め前の、近藤さん宅に下宿しています。」と返事した所、先生は「あつ、そうだったのか、よく会う筈だよ。」と少し驚かれたご様子であった。

私は銀閣寺への通りから南へ入る、琵琶湖からの疎水に沿った小道をよく歩いた。途中に新島 襄先生のお墓もあり、特に春はこの小道に沿った桜がきれいで、よく散歩に出かけた。今でも、この情景を夢に見ることがある。

私は理学部四回生から、田村雄一教授の地球電磁気学研究室に入り、地球物理学教室の北側の地下室で、南極で他界された故 福島 紳さんと、北村泰一さん（後に九州大学地球物理学教授）と共に過ごした。

田村雄一先生は、岡山県の成羽（ナリワ）出身の方でした。或時、「君は岡山県の出身だが、私も岡山県の成羽出身だ、一度私の自宅に遊びに来ないか？」とのお誘いを頂き、休日に田村先生の御自宅へ伺った。

驚いたことに、先生は御自宅の和室の部屋に、普通の洋服箱の回りに針金を何回か巻いたアンテナを作り、その出力を増幅器と横河の記録計に繋いで、大学の屋上の観測室と同様に、御自宅でも大気の静電界の時間変化を、毎日観測されておられた。田村先生は、「京大工学部電気工学科卒業後は、発電所か鉄道関係への就職を考えていたが、理学部物理学教室から大気電気の研究助手の話があり、長谷川先生の研究室に入った。」と話されていた。田村先生が学生の頃は、未だ強電分野ではなく、弱電分野の電子工学はなかった。

私が京大三回生の時は、図書館の南側の赤レンガビルの北東角の三階の講義室で、長谷川万吉先生の地磁気変化の講義を聞いた。長谷川先生は、講義の約10分前に正門から入って来られ、時計台、または、初代京大総長の銅像に向かって、中折れ帽子を脱いで一礼されてから、図書館南の赤煉瓦の建物の北東角の三階にある講義室に来られた。然し、長谷川先生の地磁気の講義は、最初の5回で終わり、その後は広野求和助手（一年後に郵政省電波研究所へ出向、後に九州大学理学部地球物理学教授）の、地球内部の地磁気ダイナモと、地上の地磁気変化とその電離層電流系の講義を聞いた。また、松下禎視講師の上層大気物理学の講義も聞いた。松下先生は、日本製の白墨はよく折れるので、胸のポケットの米国製の白墨を用いて講義された。

松下先生は、英国のキャベンディッシュ研究所からの帰国直後だったが、約半年後に、米国コロラド州ボルダーの商務省の CENTRAL RADIO PROPAGATION LABORATORIES（今の NOAA）の超高層観測所（HIGH ALTITUDE OBS.）へ出向された。

松下先生の BOULDER への送別会は、吉田神社への石段の途中から南へ入る京園であった。年末の忘年会と同様に、最初に京大の能と謡曲部の部長の、長谷川万吉先生の能の踊りと謡曲の謡いがあり、次に田村先生の「鞭声粛々、夜、河を渡る・・・」の詩吟に続いて、地磁気実習の太田柁次郎

講師による、九州の山川駅から北海道の稚内駅までの、全国鉄道駅名の連呼があった。更に前田憲一先生と東大地球物理の永田 武 先生による、銀座枯れすすきの替え歌の“地球電磁気学会の歌”の合唱があり、また、陸水学と温泉物理学を教えて下さった瀬野錦三先生が、「エーオー、エーオー、イテテ、イテテ・・・」と、バナナボートソングを実に旨く歌われた。

こんなに楽しく賑やかな送別会は、その後、経験したことが無かった。これらの諸先生の宴会での大活躍は、他の教室の宴会では全くないことで、地球電磁気学教室の忘年会、宴会は、学生にとっては、諸先生からの素晴らしい贈り物の会でもあった。

当時、京大電子工学科の大学院生だった木村磐根さん（物理教室の木村毅一先生の御長男）に、地球電磁気学研究室の忘年会で聞いた前田憲一先生の「銀座枯れすすきの替え歌」についてお伺いした所、「あっそうですか？ 前田先生が、電子工学教室の忘年会で、歌を唄われたことは、一度もありませんヨ。」と、少し驚いておられた。

当時、日本でも実用衛星の打ち上げ計画が、新設の宇宙開発事業団によって始められた。私が 1963 年に就職した郵政省電波研究所では、米国からの静止衛星経由の送信電波の受信実験を、茨城県の鹿島神宮近くの電波研究所鹿島支所の 30 メートルのパラボラアンテナで始めていた。

然し、この静止衛星経由の米国からの最初の TV 受信映像は、不幸にしてケネディ大統領暗殺の映像だった。私はこの白黒の TV 画像を北白川田中樋ノ口町の下宿の TV で初めて見た。この頃米国では、黒人の公民権運動が進んでおり、JOHN F. ケネディ大統領の暗殺、及び 1968 年 6 月 5 日夜の同氏弟の ROBERT F. ケネディ司法長官（上院議員）の暗殺と、不幸な事件が続いた。

私は 1967 年に、米国ワシントン D. C.にある国立科学アカデミーの NAS-NRC 客員研究員プログラムに応募して、米国メリーランド州グリーンベルトの NASA の GODDARD SPACE FLIGHT CENTER の RESIDENT RESEARCH ASSOCIATE として採用された。

私と家内は、1968 年 4 月 3 日夕方に羽田空港の赤い絨毯を踏んで、私の両親、二人の兄と東京の親戚、家内の両親や親戚の人々、電波研究所の宇宙空間研究室長、友人等に送られて、羽田空港の送迎室へ入った。然し、ベトナム戦争の為に飛行機の到着が遅れ、1968 年 4 月 4 日未明に、16 人乗りの DC-8 はやっと羽田空港を離陸して、4 月 4 日昼にホノルル空港に着陸した。

ホノルルの REEF- HOTEL で一泊して、ワイキキの濱で海水浴をして、その日の夕方に、サンフランシスコ空港に着陸した。サンフランシスコで更に一泊して、ワシントン D.C.の西郊外のダレス空港に無事着陸した。当時、NASA GODDARD SPACE FLIGHT CENTER の RESERCH ASSOCIATE だった宇宙空間研究室の先輩の羽倉幸雄さんに出迎えて貰った。

私は、NASA のゴダード宇宙飛行センターでは、SPACE SCIENCE LABORATORY の FIELD AND PARTICLE BRANCH に所属して、OGO 衛星が観測した磁気嵐急始 (SC) 振幅の磁気圏分布を解析研究した。

1969 年 7 月に、NASA は有人衛星アポロ-9 号の月面着陸に成功して、月の石を持ち帰る等の、月面着陸の大成功で沸き返っていた。

日本の佐藤栄作総理大臣が、この日にゴダード宇宙飛行センターへ来られて、月面着陸のシーンを GODDARD の衛星管制センターで御覧になった。ワシントンの日本大使館の依頼により、滅多に入れない管制センターで、この月面着陸の伝送シーンの佐藤総理の御見学のお手伝いをした。翌朝のワシントンポストの一面に、ニクソン大統領と佐藤首相の写真が並んで大きく掲載され、日本人として実に晴れやかな朝だった。

この頃、ワシントン D.C.の米国の国務省のホールで、米国地球物理連合の春の総会があり、ボルダーの NOAA の超高層観測所の松下先生とお会いした。私の車でワシントン D.C.から、ポトマック川下流のマウントバーノンの初代ワシントン大統領の別荘へドライブした。その時、松下先生は、「外人の中で困った時には、”NO, YOU CAN NOT DO THAT.”と大声で怒鳴ること。然し、この言葉は、君の生涯で数回使うかどうかで、通常は余り使わないで呉れ。」と話された。この言葉は、後

日、私には非常に有益な言葉となった。

ドイツが東独と西独に分かれていた 1989 年秋に、私は初めて家内と一緒に、日本旅行社主催の「モスクワ、東ドイツ等への団体旅行」に参加し、初めて、松下先生が話された言葉の重要性を経験した。

初めて乗るソ連のモスクワ行きの飛行機は天井が高く、日本や米国の飛行機より何かと違っていた。モスクワ空港では、緑色の帽子的若い職員が流暢な英語を話していた。然し、機内やホテルで出すビール瓶にはレットルが無く、生ぬるい不味いものだった。また、ホテルの食事の不味いものだった。特に空港やモスクワ市内では、ルーブル紙幣でしか払えなかったが、お釣りは色々な国の通貨だった。

地下鉄へのエレベータの急停車は普通で、何時も満員だった。然し、地下鉄の周りの壁面には、他国では無い美しい絵が描いてあった。ソ連は第二次世界大戦の戦勝国であったが、当時のソ連国民の日常生活は、敗戦国の我々の生活より貧しいものだった。

勿論、1989 年にはドイツは、未だに東西に分割されており、ベルリン中心部の南北方向のブランデンブルグ大通りに直交して、東西ドイツの境界のベルリンの壁が、東西方向に厳然とあり、この壁の周囲に高さ約 70 センチの多くの鉄杭が、金属の鎖で張り巡らされていた。

本当に、当時の東ドイツのブランデンブルグ門付近には、白いテントが約数メートル毎にあり、その中からピストルを腰につけた、東ドイツの警備兵が常に監視していた。

そこへ行く前に、日本人の旅行ガイドさんから「東西ドイツの壁のブランデンブルグ門には、カメラや 8 ミリ映写機を向けないで下さい。」と注意された。勿論、自由国民出版社の旅行ガイドブックにも、この注意書きがあり、事前に家内と共に読んでいた。

然し、ほんの少しだけ、他の方向からカメラを、ブランデンブルグ門へ向けた時に、突然、白いテントから 5 人の東ドイツの警備兵が現れ、私達を取囲んで流暢な英語で、「パスポートを見せて下さい。また、一寸だけ、こちらに来て下さい。」と私達に話しかけ、私達を取り囲んだ。

当時、私は郵政省電波研究所の公務員であり、研究所の所長が許可した旅行であり、私のパスポートは公用パスポートだった。日本からの旅行ガイドさんは、直ちに他の旅行者を連れて、予定した東ベルリンの近くのレストランへ昼食に向かった。

私は咄嗟に、松下先生から聞いていた言葉を思い出し、警備兵に「NO, YOU CAN NOT DO THAT !! 」と大声で怒鳴った。すると、東ドイツ兵は、私達のパスポートを返して、立ち去って行った。松下先生の教えを実行して、この難局を切り抜けた。恩師の教えに心から感謝した。私はこうした些細な事で、日本人の旅行者が、ベルリンで約一週間足止めされた、新聞記事を読んでいた。この件に関して、松下先生の教えに厚く感謝している。

2. 研究活動

前田憲一先生は、京大電気工学科を御卒業後、茨城県の平磯電波観測所に 6 年間勤務されていた。この観測所は、日本と米国との距離が最も近いとの理由で、日本で最初に設置された電波観測所だった。然し、私は自分が平磯電波観測所に就職するとは、想像もしていなかった。

私が京大理学部で 4 回生の晩秋の 1957 年 10 月 4 日に、ソ連は世界に先駆けて、人工衛星 SPUTNIK-1 号の打ち上げに成功した。私はこのニュースを聞いて、大学院で宇宙空間科学を専攻しようと思った。当時、三年上の橋詰庄一郎さんが、田村教授室の屋上に高さ 10 メートルのアンテナを立て、雷放電から地球磁力線に沿って飛来する、ピュ-と聞こえるホイッスラー空電を、地下室で観測していた。

愛知県豊川の名古屋大学空電研究所では、岩井 章 教授、大津 仁 助教授等が、WHISTLER を、稚内、桜島の垂水で観測研究されていた。また、京大電子工学科の前田憲一先生は、松本治弥助手

と大学院生の木村磐根さん等と共に、中緯度の北半球に南半球から飛来するホイスラ空電の観測と、その伝搬路の地球磁力線からのずれを、京大の電子計算機 KD-1 を用いて計算されていた。

当時は京都市の北白川付近でも、比較的電波雑音が少なく、晩秋から早春の夕方から朝方にかけて、ホイスラ空電を良く受信できた。私も地球物理教室の地下室で、ホイスラ空電の研究観測を始めた。

大学院の修士課程二回生の頃に、教養部の前田 坦 助教授が、地球電磁気学研究室の助教授として着任され、田村研究室には、田村雄一教授、前田 坦 助教授、空中電気の小川俊夫助手、阿蘇火山研究所担当の安原通博助手が在席されていた。

国際地球観測年 (IGY) に続いて、国際地球協同観測年 (IGC) の国際的プログラムが企画実行された。また 1961 年 10 月に左京区岡崎の国際会館で、IGY-IGC の国際会議が開催され、前田 坦 先生の指導の下に、この国際会議に向けて、京都の暑い夏に、太陽フレア、太陽爆発と、電離層急始擾乱 (SID) 現象、電離層嵐、磁気嵐急始 (SC)、地磁気急始 (SI)、磁気嵐、地磁気湾型変化との関係について、先輩の桜井邦朋、恩藤忠典、山本 実が、前田 坦 先生と共に、暑い夏休みに、横河電機の記録紙に、それらの太陽面現象と地磁気、電離層の諸現象の発生と終了時刻、及び太陽面諸現象と電離層、地磁気諸現象の開始、終了の時刻、各種擾乱の最大振幅とその発生時刻等を書き込み、全員で太陽面と電離層、地磁気諸現象の相互関係の統計的關係とそれらの相関関係を統計的に求めて、秋の岡崎の国際会議場で、前田 坦、桜井邦朋、恩藤忠典、山本 実の連名で、前田先生が、「SOLAR-TERRESTRIAL RELATIONSHIP DURING THE IGY AND IGC」の論文を発表され、会議出席者から賞賛された。

私は 1963 年の 4 月に、東京都小金井市の郵政省電波研究所に就職した。5 月末迄は、東京駒場の郵政研修所で初期研修を受けて、6 月から茨城県那珂湊市平磯町の平磯電波観測所警報係へ赴任した。観測所長は、昭和 23 年京大地球物理学科卒の新野賢爾さんだった。研修中に、平磯電波観測所警報係の東大天文卒の郷鉄夫さんに国分寺の電波研究所で会う機会があり、平磯電波観測所への水戸駅からのバス便と、観測所の職員宿舍等について、色々と教えて貰った。

京大電子工学科の前田憲一先生や、数ヶ月前に京大工学部電離層研究施設へ着任された大林辰蔵教授が、6 年間以上もおられた茨城県の平磯電波観測所に、自分が行くとは全く気付かなかった。京都は遠くなったと思った。

水戸駅からのバスを降りると、濃霧の中で羽倉幸雄さん (京大・工・電気工学科、昭和 26 年卒) が出迎えて呉れた。バス停は、太平洋の荒波が打ち寄せる岩の近くにあり、丘の上に観測所と官舎が幾つかあった。私はその一つに入居した。

私は平磯電波観測所に 4 年 6.ヶ月間勤務し、短波電波の高緯度伝搬擾乱への、磁気圏の数 keV~10keV エネルギーの降下電子による電離層電離と、その電波吸収への影響、低磁気緯度ホイスラの観測とその特性を研究した。北極点付近の RESOLUTE-BAY からの 10MHz 電波の強度と、到来方位の連続受信同時データは、磁気圏降下電子による極光帯電離層の吸収領域を避けて、この 10MHz 電波が平磯へ到来することを示していた。平磯では、電波伝搬警報の発令が毎朝あつた。

1967 年 4 月に国分寺の電波観測室に移り、その年の 6 月の機構改革により、電波部宇宙空間研究室に所属した。カナダと米国が打ち上げた ISIS (国際電離層研究衛星) が観測した VLF ヒス DATA の受信を鹿島支所で始めた。また、この広帯域の VLF ヒス波 (500Hz-30 KHz) は、超音速衝撃波が超音速の飛行機の前面に発生する様に、この広帯域の VLF ヒス電波は、磁気圏の電子流と VLF 電波との相互作用から発生する、広帯域の CERENKOV 放射である事を研究した。

1995 年以来、 $M>6.5$ の大地震の前兆現象を研究した。日本列島の太平洋岸の下に海底プレートが沈み込み、陸側の表層岩盤がそれに引き摺り込まれ、その反発として陸側の岩盤が跳ね上がり、地震が起こると言われている。この様な現象についても、更に詳細な観測検討が必要であろう。

地球の地殻に多い火成岩の花崗岩には、ラジウム、ラドン (RN-222) が多く含まれている。地殻

から放出されたラドンは、大気中へ逃散する。このラドンは化学的に不活性だが水に溶けて、その濃度は周りの温度に反比例する。岩の破碎が進むと地下水中の岩の粒が小さくなり、岩の粒と周りの水との接触面積が大きくなるので、より多くのラドン原子が地下水中に放出されて、ラドン濃度が急激に増加する。私は最近、地下水中のラドン濃度の、大地震開始の約1週間前からの急減少と、その直後の地震開始前のラドン濃度の急増加が、大地震の開始と関係していることを解明した。

この様に、私の研究生生活は、学生時代とその後の生活に於いても、有意義で楽しい日々でした。

地球物理学科の思い出

小林芳正（1958 年卒）

地球物理学科の授業：1956 年 4 月に地球物理学科に進級した。当時の地球物理学科は北部構内ではなく、本部構内の時計台の西側にあるレンガ造の建物内にあった（4 回生の新学期に北部構内の新館に移転した）。小学科なので講義室もごく小さく、長テーブル 2 基が 3 列並んでいる程度だった。3 回生は 8 人だったから、受講者は全員が出る授業でも 8 名プラス α に過ぎない。 α は留年者や他学科からの聴講者、それから他大学から編入してきた大学院生などである。新 3 回生全員が同じ科目を取るわけではないから、聴講者数は平均 5~6 名だったろう。きわめて家庭的なのはいいが、こういう少人数の教室では居眠りも出来ない。学生の一人が遅刻したりすると、「きょうは〇〇君がまだだね。もう少し待とう」などと講義を始めない先生もいたから油断できなかった。あるとき気象学の滑川忠夫教授の講義に遅刻して出席したことがあった。先生がじろりとにらんだのはわかったが、ちょっと小さくなって座ったらすぐに講義が終わってしまった。僕は自分の目覚まし時計が遅れていたことに気づかず、1 時間半近くも遅れて入室したのである。受講者がほんの数人だから、こういうことがひどく目立つのだった。

こんな少人数の学科だったから、粗密はあったものの同級生はお互いにみんな仲良かった。試験の前などは、みんなで黒板を使って、予想問題を議論しあったりした。あるとき僕が地震学の問題を予想してその回答をみんなに解説したりしたところ、その予想的中して、気象学志望の原田朗君（後に気象研究所長）が僕よりよい成績をとってしまったことがあった。もともと彼に実力があっただけの話かもしれないが・・・。

卒論の希望講座がかち合った時も、57・8 年当時は不景気で求人もほとんどなく、就職先の受験希望が競合した時も、誰に割り当てるかはいつもじゃんけんで決めた。僕は、そのじゃんけんのすべてに勝ち残り、希望通りに第 4 講座に進み、みんなに激励されて鉄道技術研究所の入社試験にも臨んだのだった。くじ運はよい方でない僕が、このじゃんけんだけは全部勝って、その後の人生が決まっていたということとはわからないものである。

3 回生の授業は、固体地球と流体地球志望者で別れることもあまりなく、ほとんど一緒に受講した。その中で印象に残っているのは速水頌一郎教授の陸水学の講義だった（あるいは 4 回生になってからだったかも？）。速水先生は中国大陸での研究生活が長く、揚子江の洪水波について講じられた。その哲学的な考察、エレガントな解析にすっかり魅せられ、自分も将来、こんな研究が出来れば・・・と思った。

第 4 講座はもっと实际的だったから、在学中にそんな素養は身に付かなかったが、その頃から抱いた願望が、鉄道技研に就職してからの僕を数理物理学に傾斜させた。その頃に指導者もなく暗中模索でやった勉強が、のちに地球物理学科で、この僕がおこがましくも「弾性波動論」を講じるようになったときに少しは役立ったかもしれない。

弾性波探査実習：実習は、別府の弾性波探査、紀州鉾山の高周波弾性波探査、金沢の電気探査などいくつか経験したが、とくに思い出すのは別府での実習である。別府には 3 回生の春と夏の 2 回、それぞれ 2・3 週間ぐらい行った。当時は実習といっても大学にそんな予算があるわけもなく、佐々憲三教授がどこからか受けられた委託調査に学生も参加させて、その中で仕事を覚えさせようというものだった。

別府の仕事は、別府市の西郊、城島（きじま）高原で温泉を見つけて欲しいという関西汽船の委託調査だった。調査主任は久保寺章助手（後に京大教授）、大学院修士課程の狐崎長琅先輩（後に秋

田大教授)、学生は僕と川本整君(後に大阪工大教授)、それに現地に近い桜島火山観測所から大学院博士課程の加茂幸介先輩(後に京大教授)または吉川圭三先輩(後に京大教授)が加わった。

関西汽船の仕事だから、行き帰りとも関西汽船のボーイつきの2等船室が用意され、天保山発の夜行の汽船でふかふかのベッドに初めて寝た。朝起きるとちゃんと靴が磨いてあった。仕事は久保寺さんの指揮の下、オペレータは電子回路の得意な狐崎さん、その他、測線伐採、地震計の配置、結線などは加茂さんや吉川さんの指導のもとに僕たち学生がやった。現地採用の作業員も数人使った。作業員といっても当時はプロの土方で、一人の親方に率いられた数人の威勢のいい若い衆からなり、甘い顔をしていたのではなめられてしまって使えなかった。

宿は関西汽船所有の城島高原ホテルという小さいホテルだった。ホテルに泊まったといってもわれわれが泊めてもらったのは、客室ではなく付属の布団部屋のような別棟である。それでも食事はホテルの定食だから学生には贅沢なご馳走だった。そんなところに何週間にもわたって若い者が滞在するのだから、ホテルの Cock さんや女中さんとすっかり友達になってしまう。僕たちよりちょっと年上の姉とちょっと年下の妹の姉妹の女中さんと僕たちはすぐに仲良くなり、休日に別府まで一緒に映画を見に行ったりした。戦艦大和の乗組員だったという森番のおじさんの話も面白かった。

後に阿蘇の火山研究施設に赴任してから、妻と一緒にやまなみハイウェイをドライブして城島高原まで行ってみたが、すっかり様子が変わってしまって、昔のおもかげはなかった。

物理探査の訓練は、のちに鉄道技研に勤めて、新幹線関ヶ原トンネルや北陸線敦賀トンネルの掘削前の地震探査に参加したとき役立っただけでなく、ずっと後になってもう一度役立ったことがある。1973年に国鉄を辞めて京大(防災研)に戻った。大学では鉄道技研と違って、補助者が一人もなしで研究しなければならなかった。そのとき、一から十まで、自分ひとりで出来るのは物理探査しかないことを思い知らされた。だから、僕の大学での研究は物理探査から始めるほかなかったからである。



写真 紀州・妙法鉾山における高周波地震探査実習時の狐崎先輩(左)と小林(右)。
このときの調査結果が狐崎さんの修論になった。

文人でもあった田村雄一先生の思い出

(NPO 法人) ユーラシア 21 研究所 客員研究員 徳田八郎衛 (1961 年卒)

口下手という表現がある。辞書によれば「話すことが不得意で、思うことをうまく人に言えないこと。また、そのさま」であるが、場合によっては追従（ついしょう）やおもねりが言えない人も指すようだ。昭和 32 年から同 43 年まで地球電磁気学講座（第 5 講座）の主任教授を務められた田村雄一先生は、正に両方の意味で口下手だった。最近流行の「口下手を克服して会話上手になるセミナー」主催者などは、訥弁を不名誉なことにしているようだし、確かに受講者や見学者、あるいは財政当局や政治家に専門的な事項を判り易く、そして限られた時間で伝えるには流暢な話し手の方が好ましい。だが口下手な方の説明を聞いていると、微笑ましくなり好感を抱くことも多い。田村先生は、次の言葉が出てこない時は、「けれどもが一、しかしー…」という接続詞を連発され、我々学生どもは「もし英訳するよう命じられたら、お前どうする」とささやいていたが、後に私が英訳をやらされたときに、本当の話になる。

私が院生になってからであるが、パキスタンからの客員研究員が 1 年間滞在され、田村先生から千円札を 1 枚渡されて（今の 15,000 円に相当？翌日、200 円ほど返納した）奈良へご案内したのがご縁で、このシルガオカさんが日本語の会議や式典で退屈されないよう、頼りない私が即時通訳を務める破目になる。大真面目に”However, …… though”と伝えたが、田村先生のゆっくりした訥弁は、三流通訳には天の助けであった。もちろん地球電磁気学概論のように、永年手がけてこられた講義では「けれどもが一」の状態に陥ることはなく順調に進むのであるが、式典や仲人の場ではこの語が必ず登場した。私も生涯を通じて、このような場の司会や挨拶は苦手なので当時も今も田村先生に同情している。

今も印象に残る場面は、私が 4 回生だった昭和 35 年の秋、京大が当番校となって開催された地球電磁気学会講演会である。3 日間の日程の中で、越冬中の昭和基地で遭難された福島紳会員の追悼式が行われた。学会会長としての挨拶なのか、福島会員の出身校で、かつ開催地である京都大学を代表しての挨拶なのかは記憶に無いが、福島さんのご尊父や報道陣の見守る中で田村先生が追悼の辞を述べられたが、やはり「あの快活な福島君は、今は無い…けれどもが一しかしー」になってしまった。「困っておられるな」と案じていたら、何とか「願わくば、靈魂ここに留まりてー」にワープしたのでほっとした。友人の挙式で仲人を務められた際も、「新郎が試みている学術的な挑戦は、コロンブスの新大陸発見に続き、世界一周に挑んだマゼランに匹敵するようなもの」と言おうとされたが、肝心のマゼランという名前が出てこない。世界史に親しんでいる出席者は推定したであろうが、そうでない人には、新郎がやろうとしていたことは、アメリゴ・ベスブッチなのかバスコダ・ガマに近いのか判らないままであった。

このように挨拶や演説はお好きでない田村先生であったが、文人墨客として凄い才能をお持ちだった。電気工学科出身で大気電気学専攻といえば、フランクリンやファラデーの直系というイメージが先行し、詩文だの書画だのには縁遠い学者と思われそうだが、意外な側面があったのだ。現役時代は多忙な研究生生活で写生もままならなかったが、その趣味を退官後に集大成されたのが、大量のスケッチに歴史的な解説文を散りばめた「紅柄の町、吹屋の思い出」の出版である。先生は、岡山県吉備高原に位置する吹屋町（現在は合併で高梁市成羽町吹屋・同坂本・同中野）のご出身であり、その生家のメンテナンスのため毎年夏に帰省されていた。その際に生家周辺や町の文化遺産を丹念に描いてこられた水彩画をまとめられたのだ。

改めて紹介する必要はないであろうが、ここは江戸時代より吹屋銅山で知られる鉾山街であり、明治に至ると硫化鉄鉾石を酸化・還元させて赤色顔料の紅柄（べんがら、酸化第二鉄）を製造する町としても有名になった。吹屋集落のベンガラ格子と石州瓦による赤褐色の重厚な商家の町並みは、昭和49年に岡山県の「ふるさと村」の指定を受けた。ちょうど先生が自費出版を試みられた頃である。またお亡くなりになる少し前の昭和52年には岡山県初の、国の重要伝統的建造物群保存地区に認定された。かたじけないと思ったのは、先生の「文人墨客出版」は、身近なお弟子さんもほとんど頂いていないのを知った時だ。私のように関東で勤務する元弟子が何故拝受したのか判らないが、私も兵庫県にある実家のメンテナンスに大童であり、帰省すればそれだけで多忙なのに、やがて消滅するに違いない郷里の風景や家屋を撮りまくって雑誌のグラビアを毎年飾っていたから「同好の弟子」に認知して下さったのかも知れない。

田村先生が天へ還られた時、遠隔地で勤務していた私は参列できず、東京へ転勤になってから下鴨のご自宅へ、中学生になっていた長男を同行して弔問に伺った。そして田村先生と同じく鉄道ファンの長男は電気機関車の本を頂き、私は雷の洋書を頂いた。奥さまは、「よかったら全部持って行って下さい。三人の子供もその孫も誰一人、雷研究や鉄道研究に興味を持っていませんので本が可哀そうです」と仰ったが、後から来る弔問客に「徳田が書庫を荒らした」と思われたら大変だから辞退した。田村先生からの贈り物は、「吹屋の思い出」だけで十分である。それは、生い立ちの思い出と郷土の遺産への愛着が絵と文に滲み出ている得難い書籍であった。

ここに昭和36年3月の卒業記念の写真がある。写っているのは前列左側から、河波秀次助手、前田 担助教授、田村雄一教授、速水頌一郎教授、佐々憲三教授、西村英一教授、三木晴男教授、小澤泉夫助教授、中列左から、光田 寧助手、小川俊雄助手、島 通保助手、（ここから学生）徳田八郎衛（電磁気）、石束昌治（測地）、秦 昌樹（海洋）、後列左側から、奥西一夫（海洋）、西 勝也（海洋）、山崎純一（第4講座）、島田充彦（第4講座）、荒木 徹（電磁気）、奥澤隆志（電磁気）の面々である。



写真：卒業記念写真（昭和36年3月）

学部学生として過ごした日々

市川洋（1972 年卒）

1968 年 4 月に理学部へ入学した私は、博士課程を修了した 1 年後の 1979 年 8 月に鹿児島大学に職を得て京都を離れるまでの 11 年間で京都大学で過ごした。この間に会った個性豊かな教官・先輩・友人たちとの交流の経験があったればこそ、その後の研究活動において、国内外の多くの協力者の支援を必要とする海洋観測研究を円滑に続けることが出来たように思う。

以下では、かなり不確かな記憶をたどって、1970・71 年度に地球物理学教室で学部学生として過ごした日々を紹介する。この小文を通して、当時の地球物理学教室の「おおらか」な雰囲気的一端が伝わり、今後の地球物理学教室の発展の参考になれば幸いである。

時代背景

私を含む 1968 年 4 月に理学部に入学した学生達は、激しい大学紛争の日々を経て、1970 年 4 月から学部へ進学した。とはいうものの、大学紛争後の改革により学生の教室分属制度が廃止されたため、地球物理学教室に所属したわけではなかった。卒業論文に類似する科目として「課題研究」が設定されていた。しかし、全必修科目の廃止とともに、この「課題研究」も必修ではなかった。単位修得科目の内容を問わず、卒業に必要な数の単位を修得すれば卒業できることになった。このように学生の自主性が十分すぎるほどに尊重された制度であったためか、教養部の仲間の中には、逆に自分の専攻する専門分野を絞り切れず、種々の幅広い分野の講義、演習、実験の単位を修得して卒業していった者や、理学部卒業後、文学部や経済学部へ学士入学した者も少なからずいた。10 年ほど前から隔年に開催されている 1968 年理学部入学者の同期会で彼らと会うと、彼らの方が、研究者としての道を選んだ者たちよりも、理学部卒業生として種々の面で社会に貢献をしているように感じる。この意味で、当時の学部教育制度は誤りではなかったのかもしれない。「課題研究」の入門として、3 回生を対象として「課題演習」が開設されていたが、その履修は、学生の希望が最優先されていた。このような中で、地球物理学教室関係教官が指導を担当する課題演習を選択した約 15 名の学生が「地球物理学教室所属」のような位置付けであった。

地球物理学教室での日々

5 月頃に新 3 回生と教官との懇親会が開かれたような記憶がある。当時の教室の教授陣は、一戸時雄先生、國司秀明先生、山元龍三郎先生、前田坦先生、小澤泉夫先生で構成されていた。何を話したのかは忘却の彼方にあるが、学生の人気を集めていた物理学教室の教員達の「なるべく志望学生を減らそう」としているかのような横柄な態度を知っただけに、どの先生も、何ら偉ぶるところのない「オープンマインド」な態度で学生に対応されることに新鮮な驚きを覚えた記憶がある。

4 回生になると選択した課題研究を担当する講座の研究室内に個人用の居場所（机）が与えられたが、授業、演習、実験に追われているはずの 3 回生には個別の机は与えられていなかった。学生自治会の要求に応じて与えられたのは、地球物理学教室の地下に設けられた薄暗い学生控室であった。古ぼけた大机を真ん中して、隅には使い古しのソファがあった学生控室で、学生自治会活動への教室単位の対応を議論したり、公務員試験対策の勉強会をしたり、お互いの進路についての意見・情報交換などをしていた。大学紛争時の激しい路線対立の余韻はあったものの、総勢約 15 人と少数であったためか、政治的には穏やかな日常であったと記憶している。何かの縁で、研究棟の建

設予定地で、遺跡調査のアルバイトをしたこともあった。

地球物理関係の講義は歴史を感じさせる地球物理学教室建屋3階の小講義室で行われた。手元に当時の資料がないので曖昧だが、3回生前期に開講された地球物理学教室関連の講義は回転系流体力学（鳥羽良明先生）のみであったように思う。その他には、理学部の共通科目として、連続体力学（通年、巽友正先生）、電磁気学（通年、長谷川博一先生）、応用数学、数値解析学などの講義と、それらに関連する演習などの受講が地球物理学専攻を志望する学生には推奨されていた。後期には、地球物理学教室の各講座に関連した講義が開設された。当初は、それらの講義の全てを受講したはずだが、結局、私が最後まで出席したのは、海洋物理学（國司先生）と気象学（山元先生）だけだった。山元先生の講義は用意周到に準備された体系的な内容であった。國司先生の講義では、海洋学研究にかかわる国際的な組織（ICSU、IOC など）の退屈な紹介から始まったことが印象に残っている。海洋物理学には未解明の問題が多々あることを國司先生が講義の中で折に触れて話されていたことが、当時の私の関心を海洋物理学に向かわせた理由の一つだったと思う。

選択した2つの課題演習の一つであった「海洋学および陸水学」では、他の仲間とともに、琵琶湖において、湖岸の水位監視井戸に設置した手製の自記水位計による静振観測、船外機付きボートに乗船してのMBT（機械式バシーサーモグラフ）による水温鉛直断面分布観測、自作したサーミスターチェーンによる内部波観測を分担して行った。いずれも、それまでに経験したことのない新鮮な体験であった。学生控室では、他の課題研究の内容について互いに紹介し合い、仲間の一人の案内で地球物理学教室建屋の地下に設置されていた傾斜計を見学させてもらったこともあった。

4回生になり、私は、課題研究で「海洋学および陸水学」を選択し、海洋物理学研究室での学部学生生活が始まったが、その後も、将来への不安を共有しながら、大学院入試対策、公務員試験対策などで、仲間との日々の交流は続いた。その交流を通じて、地球物理学教室の他講座および防災研究所の多くの教官、技官、事務職員、学生と公私にわたって交流する機会に恵まれた。海洋物理学研究室に所属し、日常で接する事柄の専門性が高まる中、地球物理学教室の家庭的な雰囲気の中で、他の研究室の人々との交流を深めることが出来たのは、今思えば、非常に幸運なことであったと思う。

阿武山での広帯域地震計による比較観測 ー 南極、そしてグローバル地震学への誘い ー

金尾 政紀 (1989 年卒、国立極地研究所)

1. はじめに

今から 20 年以上前となる著者の学部卒業研究 (1988 年度) では、阿武山地震観測所 (以下、阿武山) で当時入手可能な最新の広帯域地震計数台による比較観測を行った。指導教官の梅田康弘先生をはじめ、南極経験のある伊藤 潔先生、またその年の秋に第 30 次日本南極地域観測隊 (以下、第 30 次隊) に参加された、阿武山の大先輩である村上 寛史氏のお手伝いをしつつ、観測システム構築と収録波形データの比較が著者の卒業論文 (Kanao, M., 1989) であった。

1980 年代後半の当時は、国際デジタル地震観測網 (FDSN) が急速に整備され始めていた。南極・昭和基地でも、南半球における重要な定常観測点として良質なデータを提供するため、デジタル型高感度広帯域地震計 (ストレックアイゼン 1 型; 以下 STS-1) の設置が国立極地研究所 (以下、極地研) の神沼克伊先生を中心に進められた。南極へ持ち込む前の国内試験場所として阿武山が選ばれ、観測坑 (トンネル) への 3 成分地震計の設置と地下室での収録システム整備が行われた。当時梅田先生の共同研究や試験観測のため、STS-1 を含めて複数の地震計が幸運にも同時期に阿武山にあり、これらのセンサーの性能比較を兼ねた観測が 1988 年 6 月～9 月に行われた。

極地観測研究に長らく携わってきた今、昔を振り返ってみても、この比較観測の後に昭和基地での STS-1 保守観測及び関連研究のため 2 回越冬 (1991-1993; 第 33 次隊, 1996-1998; 第 38 次隊)、さらに極地研への就職と南極観測事業の実施運営など、著者の人生に大きな方向性を与えた研究テーマとなった。阿武山で最初に参加した観測所ゼミが、村上氏による STS-1 を南極へ持っていく話であったこと等、とりわけ印象深い。

本稿では、阿武山で行った卒業研究の概要、故渡辺 晃先生をはじめ当時の観測所の諸先生や技官・事務員・学生諸氏との思い出深いよもやま話にも触れる。そして、南極を足がかりにグローバル地震学の誘いについて若干のコメントを残したい。

2. 広帯域地震計

比較観測を行った地震計は、当時 (かつ現在でも) 広周波数帯域かつ広ダイナミックレンジを持つ、遠地地震観測には最高のスペックである STS-1 に加え、村松式速度計の 2 号機 (VS-2)、3 号機 (VS-3)、さらに小型フィードバック型地震計 (VSE) である。村松式速度計は、岐阜大学の村松郁栄先生が永い年月を掛けて開発されたもので、たすきがけの連成振子を用いて他成分のクロストークを除く工夫がされている。また、振子を高粘性オイルに浸すことでオーバーダンピングにより長周期化を行っている。VS-2 は梅田先生が村松先生より借用している最中で、また VS-3 は防災研の松波孝治先生が同時期に阿武山で観測を行うため持参していた。VSE は東京測振社製で、当時梅田先生が改良をして長周期化するため阿武山で試験を行っていた。他の地震計と比較して小型でフィードバック回路が内蔵され、国内での臨時観測に適している。STS-1, VS-3, 及び VS-3, VSE の順に機械的ノイズが大きく、VSE 以外は温度変化によるドリフトを伴う欠点もある。STS は一番大型で設置に手間がかかるが、電気・磁気の遮蔽・真空状態での観測、さらに上下動は特殊なバネ構造により長周期化を図っている。元来近地地震の少ないヨーロッパ (スイス) でグローバル地震学のために開発されたものである (Wielandt and Streckeisen, 1982)。

これらの地震計を最初に観測坑に設置した際には、極地研の神沼先生も同席されていたのだが、それは著者が極地研に着任して数年経た後に、当時の写真を改めて確認して初めて気付いた。阿武山の地下室では、個別の地震計からのデータを共通の収録システムへ入力するためのアンプやフィルターを作成し、観測後には取得した地震リストを作成した。4 種類の地震計データのスペクトル解析をすることで、ノイズレベルや地震波応答について検討した。8 月の大学院入試の面接では、STS-1 のセンサー模式図を黒板に書いて説明をしたところ、入試委員の一人であった三雲 健先生より褒めの言葉を頂いたこと、記憶している。

3. 阿武山での生活

阿武山には、学部で 1 年間を含めて計 4 年間通った（第 33 次隊の越冬期間を含めると 5 年半）。修士課程 2 年次春の段階で、阿武山は京大の組織改革により理学部附属から防災研究所地震予知研究センター附属へと変わった。そのため、著者は理学部時代の最後の学生となった。阿武山は、藤原鎌足の墓が観測所の敷地内にあり、北摂の現地では有名な桜の名所でもある。最初（1988 年 4 月）に渡辺 晃先生に連れられ観測所を見学したときは、なるほどここが本当の“桃源郷”か、と思ったものだ。当時も飯尾能久先生をはじめ何名かは、最寄りのバス停から山頂の観測所まで徒歩で通勤・通学していた。季節ごとに多彩な行事があり、春の花見、秋の紅葉、爆破グループの臨時観測、テレメータ定常点の見回り補助、昼食時の卓球（島田充彦先生、他）、夜の宿直、年末の忘年会、もちろん研究生活も含めて、この阿武山での大学院時代が個人的には研究生活を一番楽しんだ時期であった。

特に宿直は、教員と学生の連番制であったが、休日等に時間の融通の利く大学院学生に集中して当番が回ってきた。ただ一人きりで人里はなれた観測所で夜を明かすのは孤独であるが、阿武山からの夜景は特に綺麗で（東の生駒山～中央の大阪平野～西の六甲山）、2 階奥にある広大な座敷に一人で夜景を見ながら眠るのは大変心地よいものであった。宿直当番は 21 時に見回りの義務があり、ウィーヘルト地震計や大震計などのある地下室、新館のテレメータ室、及び屋外の百葉箱の動作確認である。ある年の夏、夜半に突然観測所全体が停電となり、電話回線も不通に（当時はもちろん携帯電話など無い）。しかし、下界の住宅街には照明が灯っている？ もしかして、停電は阿武山のみであろうか？ このときは自家用車で通学していたため、速やかに下山し伊藤勝祥技官に電話連絡をした。その後、3,4 名のスタッフが観測所に戻ってきてくれた。停電の原因は、なんと！「蛇（へび）」が配電盤の中に入りショートして発生したのであった。速やかに解決して事なきを得たが、もし自家用車がなかった場合徒歩で下山して・・・という大変な目に遭うところであった。今でもこの日の出来事は鮮明に記憶している。

4. 南極・昭和基地へ

大学院修士課程では、主に近畿地方やフィリピンでの地震波減衰について研究を行った。また地球物理教室の尾池和夫先生とも、地震計についてゼミを行った。村上 寛史氏が第 30 次隊で帰国した後、3 年後の 1991 年には著者が第 33 次隊で越冬することになった。当時はまだ公務員の身分でしか南極観測に参加できないため、三雲先生や神沼先生、安藤雅孝先生のご尽力により、博士課程を休学し越冬中のみ防災研究所の助手として参加することになった。村上氏が持ち込んだ STS-1 の 3 成分のうち、上下動に頻繁にドリフトノイズが発生していたため、新たにセンサーを持ち込み基地での比較観測とトラブルシューティングを行った。出発前の準備では、新規に持ち込む STS-1 上下動の地下室での試験と感度検定、また技官の中川 渥氏の協力を得て、刻時信号用電気回路の作成を行う等、出発に備えた。

5. 村松先生と速度計

第 33 次隊帰国後、研究報告の一つとして STS-1 の低温試験結果についてまとめた（金尾・神沼, 1994）。その後極地研の助手になり数年が経過した頃、突然に村松郁栄先生から個人的な手紙を頂いた。先の村松式速度計の開発に関する論文を B.S.S.A に投稿されており（Muramatsu et al., 2001）、著者の卒業研究の図を引用したい、とのことであった。もちろん即快諾し、村松先生の地震計開発へ多少なりとも助力することができた。

6. グローバル地震学への誘い

昭和基地における地震観測は、国際地球観測年 (IGY; 1957-58) での日本の南極観測開始のなかで、第 3 次隊よりスタートした。これまで 40 年以上の長期間に渡り、オーロラや気象と共に連続観測されてきた、数少ないモニタリング項目である。定常業務としては極地研での地震波走時読みとり後、国際地震センター (ISC) への報告と JARE DATAREPORTS の編集・出版を行っている。昭和基地は、日本を中心に推進されてきたグローバル観測網 (旧 POSEIDON、現在 PACIFIC21) の拠点としての役割を担っている。なお観測システムの経過全般は、金尾・他 (1999; 2006a)、伊藤・金尾 (2010)、等に詳しくまとめられている。

前述したように、STS-1 の国内準備と南極・昭和基地での観測は、当初は多少紆余曲折したものの、その後は順調に継続して南極及びグローバル地震学への貴重なデータを提供している。STS-1 を開始した 1990 年代以降のデジタルデータの利用により、各種実体波や表面波を用いて様々な地震学の成果が得られている。内核の差分回転や地球自由振動現象等の中心核の動態に関する研究、核・下部マントル境界層の不均質・異方性、上部マントル～地殻にいたる地球表層部の構造等、様々な深さ・水平方向の広がりをもつ地球内部の研究に使用された。また、昭和基地を中心とするローカルな地震活動やテクトニクス、短周期波動解析による散乱減衰構造、さらに南極プレート周辺の地震の震源過程についても新たな知見が得られた。特にアナログ記録時代を含め 30 年以上のデータを用いて、内核の差分回転の検証等の地球内部ダイナミクスに関する研究も行われ、長期間のモニタリング観測データが有効に活用されている。

南半球における重要な定常観測点として、グローバルな地震学的解析のための良質なデータを、FDSN や PACIFIC21 に継続して提供することが、昭和基地の地震モニタリング観測に今後も期待されている。なお、最近までの南極の広帯域地震計を用いた成果の詳細は、金尾 (2001)、澁谷・金尾 (2003)、金尾・他 (2006b) 等を参照いただきたい。

7. おわりに

極地研は平成 21 年春に、これまでの 23 区内 (板橋区) から東京西部 (立川市) に移転した。移転を契機に多摩地区を中心とした一般向けへのアウトリーチ活動に力を入れ、夏休み期間に 1 日のみであるが「一般公開日」を設けている。第 30 次隊の後、センサー交換と修理のため持ち帰り、現在極地研で毎年出発前の越冬隊員の訓練用として保管している STS-1 地震計も、なるべく多くの方の目に触れるよう、極地で使用する他の地震計と共に展示し、質問レベルに応じて動作原理等の説明を行っている。理系の大人のみならず、興味をもった学生や子供など様々な年齢層に対して、極地という地球上のフロンティアで活躍している地震計、またそこから得られた地球環境変動と地球史を理解するための様々な科学的成果について、不断の情報発信を行っている。21 世紀を担う次世代の若人に、「南極」そして「グローバル」な視野を持つための一つのアプローチとして、地震観測研究から貢献できればと常日ごろより妄想を抱いている次第である。

(文 献)

- 伊藤 潔、金尾政紀 (2010). 南極昭和基地周辺における地下構造調査と地震観測, 京大地球物理学研究の百年 (II) , 5-2, 94-97.
- 金尾政紀、土井浩一郎、坂中伸也、上村剛史、澤柿教伸、千田克志 (2006a). インテルサット回線導入に伴う昭和基地・地震モニタリング観測システムの更新, 南極資料, 50, 287-303.
- 金尾政紀、坪井誠司、松島 健 (2006b). フロンティア地震学研究の現状と展望, 月刊地球, 2006 年 9 月号 (通巻 327 号) , 585-591.
- 金尾政紀 (2001). 南極観測における地震学研究の変遷, 月刊地球, 号外 35, 14-19.
- 金尾政紀、神沼克伊、渋谷和雄、野木義史、根岸弘明、東野陽子、東 敏博 (1999). 昭和基地・地震モニタリング観測システムの更新とデータ利用, 南極資料, 43, 16-44.
- 金尾政紀、神沼克伊 (1994). 超高性能地震計 (STS-1) の低温下における動作特性, 南極資料, 38, 199-231.
- Kanao, M. (1989). Comparing observation with some wide-band seismographs, Graduation Thesis, Kyoto University, Kyoto, Japan, 40 pp. (inn Japanese).
- 渋谷和雄、金尾政紀 (2003). デジタル時代の南極域における地震学研究の進展, 月刊地球, 2003 年 6 月号, 409-412.
- Muramatsu, I., T. Sasatani and I. Yokoi (2001). Velocity-Type Strong-Motion Seismometer Using a Coupled Pendulum: Design and Performance, Bull. Seism. Soc. Am., 91, 3, 604-616.
- Wielandt, E. and G. Streckeisen (1982). The leaf-spring seismometer: Design and performance, Bull. Seism. Soc. Am., 72, 2349-2367.

いま湧き起こる母校への郷愁—大学出てから 15 年余—

佐藤 暢 (1995 年卒(物理気候学)、JST イノベーションサテライト高知)

1. 「京大地球物理学研究の百年」を読んで思い起こす大学院入試のこと

地球物理学教室同窓会から本誌（以下「百年誌」）発刊の案内を受け、連絡先とされていた竹本修三先生にメールを出し、百年誌を手にしたのは2010年10月のことである。私は学部卒であり、大学での在籍期間は短いものであったが、それでも、講義や実験などで当時お世話になった先生方のお名前を拝見し、当時を懐かしみつつ、興味深く拝読させていただいた。その中で思い起こされたのが、1993年の院試である。

1990年の入学以前から、「将来は気候変動モデル研究に携わる」という漠然とした思いを抱いていた。3回生になって、ワークステーションを使った大気現象の解析や気候モデリングなど研究の入口ともいえる内容を学び始めた一方で、このまま研究の世界に入っていくことにふと疑問を感じるようになった。親の影響で子どもの頃から山や自然に親しみ、天気予報を欠かさず見るようになり、高校生の頃から「地球環境問題、気候変動問題に取り組みたい」という思いを抱いてきたが、今の自分は、自然を相手にするというより、むしろコンピュータと格闘しているだけではないか・・・。

そのようなとき、廣田勇先生の「グローバル気象学」（東京大学出版会、1992年）に出会った。ここで「21世紀の気候予測などという試みは、社会的要請はあっても、学問的意義の不明な行為である」との言葉に衝撃を受けた。私はますます、自分の進路に悩むことになってしまった（廣田先生、失礼をお許しください）。とはいえ、明快な代替案もなく、かねてからの予定通り、4回生の夏に院試を受けることにした。だが、もともと身が入っていないので、その結果は受ける前から明らかであった。

口頭試問の最終局面で「数値シミュレーションによる100年先の予測は、100年先にならないと検証できないことを思うと、その行為には疑問を感じつつも、気候モデルを研究する意義はそれなりにあると思う」といった旨を述べたら、たしか海洋学の先生に、ものすごく怒られた覚えがある（当時の非礼をお詫びします）。その場には廣田先生や村松先生もいらしたことも覚えている。苦い顔をされていた気もするが、これは定かではない。

かくて院試は不合格となった。だが、これは気候モデルの学問的意義云々という以前に、これまでサークル活動に明けくれていた自らの生活態度と勉強不足による当然の帰結であった。ところでそのころ、木田秀次先生（故人）が物理気候学講座の教授に着任されていた。木田先生は、冬の追試の受験を強く薦めてくださったが、「このまま修士課程に進むよりも、自らの生活態度を改めて、自分の将来をじっくりと考えてみたい。院試は5回生時に再挑戦しよう」との思いで辞退した。

百年誌を読んで、当時の物理気候学講座を巡る状況をあらためて知ったとき、ふと、木田先生が「大学院の定員が大幅に増えるから、進学するなら今がチャンスだ。研究環境ももっと良くなる。あと1、2年が辛抱なんだ」と、おっしゃっていたことを思い出した。事実その後、里村雄彦先生が着任され、大学院生も増え、研究室は拡充された。しかし私は、そのような様子を知ることなく大学を離れた。私が大学院に進学したところで、どこまでお役に立てたかどうかは分からない。だが、あのときの自分の態度を思うと、木田先生には申し訳ないことをしたと思っている。謹んでお詫び申し上げたい。

2. 研究の世界を離れ、ビジネスの世界へ

しかし、そのような恩師の配慮を棒に振った頃、思いもよらない転機が訪れた。気象業務法の改正に伴う天気予報の自由化と気象予報士制度の開設である。このことは時の話題となった。法学部にいたサークル仲間から『財界展望』という月刊誌に民間気象業界の特集がある」という話を聞き、さっそく大学生協書店で注文、いままで日陰業界ともいべき民間気象業界の存在を知った。特集記事の脇に、当時 20 機関程度であったか、気象業務許可を受けている事業者の一覧があった。直感的に「大学院には行かず、この業界に行こう！」と思い立ち、それらの事業者到手紙を書き、新卒募集の状況を聞いた。

このような経緯を経て、株式会社ウェザーニューズに就職することになった。1995 年 4 月のことである。当時、研究の世界を離れ、ビジネスの世界へ飛び込もうとする私を心配した友人知人から、「気象学がビジネスとして成り立つのか」という声を多く聞いたが、その後の民間気象業界の発展は皆様もご存じのとおりである。僭越ながら私としては、民間気象業界は、自然科学の学問的知見つまり研究をビジネスに活かした、ひとつの典型的な事例ではないかと考えている。

3. 研究とビジネスをつなぐ地域科学技術振興、そして母校への思いふたたび

その後、私は何度かの転職を経て、2011 年現在、科学技術振興機構（JST）サテライト高知の事務局長の職にある。高知に着任して丸 3 年を迎えた。これまで京大同窓会について意識をしたことはなかったが、2010 年の秋頃、京大関係者の講演会などが相次いで高知で行われ、不思議に思っていたら、京都大学地域講演会の持ち回りの年だったのである。また、このとき「京大土佐吉田会（高知県に籍をおく同窓生の会）」のことも初めて知った。このことを教えてくれたのは工学部出身の地元企業の社長さんであったが、すでにこれらの会は終わっていた。貴重な交流の機会を逸してしまったのは残念だが、高知に来て母校との接点を知ったことは、自分としても意外なほどに嬉しい思いであった。大学を卒業して 15 年を過ぎた今、母校への思いがあらためて湧き起こった次第である。

大学を卒業して民間企業に就職したことで、自分としては研究の道と決別したつもりだったが、振り返ってみると、就職後も研究機関や大学の人々と関わらなかった時期はなかった。それは、短い期間であれ京大地球物理学という研究の第一線に身を置いていたゆえんでもあろう。また、何らかの形で科学に関わりたいという思いを持ち続けていたことも一因かもしれない。

私はいま、「科学技術の成果を地域産業社会で活かす」言い換えれば「研究とビジネスをつなぐ」仕事をしている。それに加えて、百年誌を手にしたことをきっかけに、「母校や同窓会とも連携し、地域のお役に立つ」という意識を持つようにもなった。その一環、ということでもないが、今年 9 月には当方主催による研究成果報告会に尾池和夫先生をお迎えし、「未来に向けて ― 巨大地震に学ぶ」と題する特別講演をしていただいた。尾池先生には、この場を借りて御礼申し上げます。また、最後になりましたが、このような執筆の機会をいただいた、竹本先生はじめ関係の皆様は厚く御礼申し上げます。

おわりに

「はじめに」で述べたような経緯で本集録の刊行準備を開始したが、これとほぼ同時期に東北地方太平洋沖大地震 (Mw=9.0) が勃発し、未曾有の東日本大震災が起こった。本集録の世話人は、早速、京大の地震予知研究者に、今回の大地震と京大の地震予知研究のこれまでの研究の進め方に関する見解の執筆を依頼したが、現役・OB のいずれもの方が、まだ、時期尚早とのことであった。そこで、東北地方太平洋沖大地震と京大の地震予知研究との関連に関する記述は次回以降に回すこととし、今回の集録 (Ⅲ) では、従来の方針通り、「京大地球物理学研究の百年」の集録Ⅰ、Ⅱで漏れた歴史的史実の記載のほか、理学部の地鉱教室・宇物教室及び工学部で行われた地球物理学研究の紹介と「思い出に残る京大の講義・演習・実験・論文指導等」の原稿を集約した。「地鉱教室・宇物教室及び工学部で行われた地球物理学研究」では、「松山基範に始まる京大地質学鉱物学教室における物理地質学的研究 (西村・西田)」、「宇宙物理学教室における地球物理学および惑星科学研究 (小暮)」、「宮本正太郎先生と私 (加藤)」、「工学部・電離層研究施設の歴史と人々 (大家)」の4編の原稿をいただいたが、工学部で行われてきた地球物理学的探査に関する歴史記述の原稿を含めることができなかったのが残念である。

「京大地球物理学研究の百年」を調べる過程で、編集世話人会では、志田 順先生、松山基範先生の学士院賞に関する記載が京大正史から漏れていることを発見し、その事実を学士院賞受賞者である加藤進京大名誉教授 (1952年卒) を通じて京大当局に伝えたところ、当局は誤りを認め、2011年9月9日に京大ホームページの「恩賜賞・日本学士院賞・日本学士院エジンバラ公賞」のページ (下記)

(http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/profile/intro/honor/award_b/academy_award)

に志田先生、松山先生の業績が書き加えられた。今後、京大正史から、志田 順先生、松山基範先生の学士院賞に関する記載が漏れることは無いであろう。

歴史資料の保存については、その記録が消滅しつつあるのが問題である。それを防ぐために、地球惑星科学専攻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あろう。各研究室に残っている歴史資料を再点検して、発見されれば、この歴史書架に移して公開していただくことが望ましい。

今回の集録Ⅲの編集を通して、京大地球物理の従来あまり知られていなかった側面が多々発掘されたのは編者としても嬉しいことであった。今後さらに新しい資料や関連事項があれば随時ご連絡をお待ちしている次第である。

おわりにあたって、この集録が多くの人々に読まれ、京都大学地球物理学研究の歴史が世代を超えて語り継がれることにより今後の研究発展に繋がることを編集者として強く念願している。

2011年10月1日

(竹本 修三、廣田 勇)

(付録)

「京大地球物理学研究の百年」集録（Ⅰ）及び（Ⅱ）の目次

集録（Ⅰ）（2010 年 3 月 25 日発行）

目次

緒言	1
研究会「京大地球物理学研究の百年」（第1～3回）：プログラムと参加者	2

第1回研究会

尾池和夫：所長挨拶	4
竹本修三：寺田寅彦と京大地球物理学との関わり	6
島田充彦：阿武山地震観測所と京大高圧実験の歴史	8
須藤靖明：京大火山学研究の光と影	13
山元龍三郎：滑川忠夫先生に続く京大気象学の系譜	17
佐納康治・永野宏：長谷川万吉先生と地球電磁気学研究	20
総合討論（司会：荒木 徹）	27

第2回研究会

竹本修三：開会挨拶	34
尾池和夫：大陸移動説の歴史を振り返る	35
大谷文夫：京大地殻変動観測に携わった40余年	39
石原和弘：東南アジアの火山研究－京大の海外貢献	43
淡路敏之：データ同化によるバーチャル海洋づくり	47
加藤 進：地球電磁気学研究で京大の果たした役割	51
廣田 勇：国際気象界のなかの日本－京都から何が発信されたか	57
総合討論（司会：荒木 徹）	62

第3回研究会－京大地球物理学研究の現状と将来の展望－

竹本修三：開会挨拶	68
福田洋一：固体地球物理学分野の現状と将来	69
余田成男：大気圏物理学分野の現状と将来	73
町田 忍：太陽惑星系電磁気学分野の現状と将来	78
総合討論（司会：廣田 勇）	82
研究会世話人会メモ（1）	88
研究会世話人会メモ（2）	92

特別寄稿

加藤 進：京大地球物理学教室初期における教授群像	93
川崎一朗：「京大地球物理学研究の百年」を聞きながら考えていたこと	95
橋爪道郎：京大における爆破地震動観測と地殻構造の研究	99
三雲 健：京大の1970-80年代の地震学研究の1側面：プレート・テクトニクスと地震発生機構	103

安成哲三：京都大学の「気候学研究」は何をやってきたか？	
－気候学40 年史の批判的総括－	109
竹本修三：西堀榮三郎と阿武山地震観測所	113
永野宏・佐納康治：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	117
荒木 徹：地磁気世界資料解析センターの設立	132
 対談	
佐々憲三・三木晴男：京大地震学史に関連して	137
京大地球物理学研究に関係した教員の在職期間一覧	149
編集後記	156

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・津村建四郎：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於ける謝辞 (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： 京大地物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・温泉学研究的系譜	33
2-5 住友則彦：京大の地震予知研究	37
2-6 入倉孝次郎：京都大学における強震動研究	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：南極での重力・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：京大関係参加者名簿	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一人と機械……………123
(付記) 上賀茂地学観測所時代の今井 溱 氏……………127
- 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) 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)……………144

おわりに……………151

(注記)

「京大地球物理学研究の百年」集録（Ⅰ）及び（Ⅱ）は、下記の公的図書館・図書室等に配備されています。

国会図書館
京大総合図書館
京大理学研究科図書室
京大理学研究科地球惑星科学専攻図書室
極地研究所図書室
神奈川県立川崎図書館
滋賀県立琵琶湖博物館
京都府立総合資料館
科学史技術史研究所
東京都立中央図書館
東京地学協会 日本地学史編纂委員会

訂正

京大地球物理学研究の百年(Ⅱ)：

京大地球物理学研究に関係した教員の在職期間一覧，149 ページ

(誤)

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）

(正)

小林芳正 1973.4：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）

京大地球物理学研究の百年(Ⅲ)

発行日：2011 年 10 月 15 日
発行者：京大地球物理の歴史を記録する会
(京都大学地球物理学教室同窓会内)

編 者：京都大学名誉教授 竹本修三
京都大学名誉教授 廣田 勇

(非売品)