

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.