

1981-1982 年マクマードサウンド地域の国際共同観測

渋谷和雄*・岡山宗夫**・寺井 啓*

Activities of Japanese Party in the McMurdo Sound Region, Antarctica, in the 1981-1982 Field Season

Kazuo SHIBUYA*, Muneo OKAYAMA** and Kei TERAI*

Abstract: Observation of volcanic earthquakes was continued on Mount Erebus, Antarctica, by maintaining 3 telemetering seismic stations installed in the 1980-1981 field season. Two telemetering stations were newly installed on the flank of Mount Erebus and on Mount Terror. Observation of magnetic induction loop and infrasound which might be associated with volcanic eruption was also continued at the summit of Mount Erebus. In order to reduce noises in the time signal, the recording-system clock at Scott Base was replaced by the electrically shielded time code generator. Five temporary seismic stations were installed on the flank of Mount Erebus after the maintenance of the telemetering system. Constitution of a densely located network of 7-8 stations with the aperture of 5-10 km will enable us to obtain rather accurate hypocenter parameters of shallow earthquakes with 0-3 km focal depth.

要旨: 前年度に引き続き、西南極エレバス火山において火山性地震の観測を行った。テレメーター地震観測点をエレバス山頂に1点、山腹を取り巻くように3点設置した。また、テラ山山頂にも地震計を1点設置して、ロス島東部の地震活動を監視することにした。さらに前年同様、エレバス山頂では、噴火を監視するための磁気誘導ループセンサー、低周波音波センサーを以て継続観測している。テレメーター受信側の点検整備として、FM復調分別器の増設、FM磁気記録計、ペン書き記録計の保守と記録系時計の交換、雑音対策などを行った。

テレメーター網の整備後、5台の直接録音方式アナログ記録計をエレバス山腹に展開し、多点集中観測を試みた。記録計1台が故障したが、テレメーター観測点と合わせ8点が同時作動している期間が7日、7点が同時作動している期間は19日であった。臨時観測点設置にあたっては、1点につき20-30分の作業時間で観測が開始でき、飛行回数1回、地上待機を含めて10時間のヘリコプター支援で、5点が展開可能なことが確かめられた。

1. はじめに

1981-1982年度のマクマードサウンド地域における地球科学的研究として、前年度(寺井ら, 1982)に引き続き、「エレバス火山の地球物理学的研究」が行われた。この研究は、アメリカ、ニュージーランド、日本の三国共同によるエレバス火山の地震観測(International Mt. Erebus Seismological Studies: IMESS)の一環として位置づけられるもので、今期は日本からわれわれ3名が参加した。アメリカからは、P. KYLE (Ohio State University) ほか3名、

* 国立極地研究所. National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

** 北海道大学理学部地震予知センター. Regional Center for Earthquake Prediction, Faculty of Science, Hokkaido University, Kita-10, Nishi-8, Kita-ku, Sapporo 060.

ニュージーランドからは、R. DIBBLE (Victoria University) ほか1名が参加した。本年度の観測記録の解析結果の一部は、SHIBUYA *et al.* (1983) に述べられているので、ここでは設営、行動面を中心に報告する。

2. 観測計画と実施概要

IMESS 2 年次として、エレバス山の火山性地震の集中観測に主眼をおいた観測計画をたて、1) テレメーター観測網の拡大維持、2) エレバス山腹での多点臨時地震観測、を実施した。図1に本調査期間に設置された観測点の配置を示す。

2.1. テレメーター観測

前年度エレバス山に設置された観測点は3点であったが、本年度は図1に見られるように Bomb に新たな1点が追加された。また、ロス島東部を占めるテラ山山頂にも1点増設された。テレメーター送受信アンテナ系統の保守整備は前年同様アメリカ隊が行い (KIENTLE *et al.*, 1982)、ニュージーランド隊は磁気誘導ループおよび低周波音波センサーの改良整備を行った (DIBBLE, 1982)。日本隊は FM 復調分別器以降の記録系統の保守整備を行った。この時、記録系時計の交換を行ったが、これについては別項で詳述する。

テレメーター信号二成分の増加にともない、FM 復調分別器2台 (Teledyne Geotech, モデル 46.12, 中心周波数 1020 Hz および 2720 Hz) を準備した。磁気テープ (ソニー, SIT 100 W) は1巻 (1440 m) あたり9日間連続記録できる (テープ速度 0.19 cm/s, 周波数特性

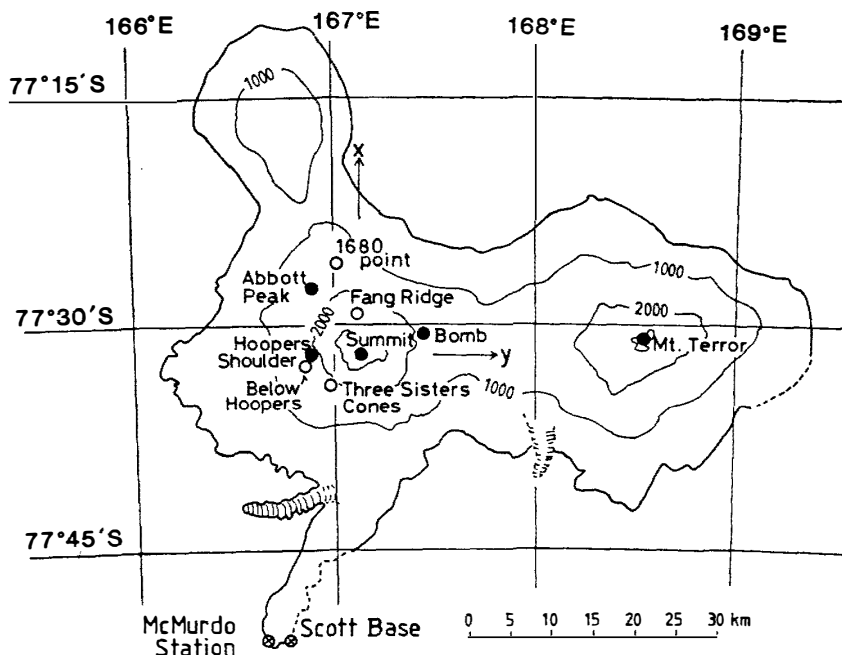


図1 1981-1982 年度に設置された地震観測網。黒丸はテレメーター観測点、白丸は臨時観測点を示す

Fig. 1. Seismic network in the 1981-1982 field season. Solid circles show radio-telemetry stations; open circles show temporary stations.

DC-25 Hz) ことから、厳冬期における太陽蓄電池停止による欠測期間を 60 日と考え、270 日分 (30 巻) を用意した。ペン書き記録計 (三栄測器, 8D 01) 用保守部品としては、長時間記録紙 (0511-1139) 3 巻と交換用ペン, インクなどを用意した。本調査期間のテレメーター記録は現地で再生複写して, アメリカ, ニュージーランド各隊に配布する取り決めになっていたので, 国立極地研究所所有の再生用記録計 (スコット基地での収録機種と同機種のソニー, UFR 31400AL) およびビジグラフ (共和電業, RMV 540A) をマクマード基地の Thiel Earth Sciences Laboratory (TESL) へ搬入した。再生用オシログラフ紙 (オリエンタル工業, C17F, 60 m) は 30 箱用意し, 1981 年 11 月-1982 年 1 月の 512 個の地震記録を再生した。また, 前年度搬入した複写機 (リコー, BS-2) は紙送り系統が故障したので新機と交換し, 再生記録の複写を配布し終えることができた。

2.2. 臨時観測

多点臨時観測網の設置は, たとえ 1 カ月であっても, 4-5 点の地震観測点を展開し, テレメーター観測点と合わせ, 7-8 点での集中観測を行うことにより, 震源決定精度の向上と複雑な火山体の速度構造について, 定量的な評価を行うことを目的に計画されたものである。必要な器材としては, 第 21 次日本南極地域観測隊が昭和基地周辺で爆破地震観測用に用いた (伊藤ら, 1983) 直接録音オープンリール磁気記録計 5 台 (勝島製作所, CJ101S), 上下動地震計 5 台 (Mark Products, L-22, 固有周期 2 Hz) を整備して再利用した。燃料亜鉛電池 (サンヨー, 12AZ-200) の電池箱, 電極など 5 台分は寺井ら (1982) の TESL 残置分をあてた。電池箱などに多少の破損はあったが, TESL での管理がよかったので十分使用に耐えた。臨時観測においては, テレメーター観測と異なり, 各点が独立した刻時系を持つため, 時刻較正が重要であるが, これについては別項で詳述する。

3. 行動概要

出発から帰国までの行動の概要を表 1 に示す。行動上は臨時観測点の設置と撤収が重要なので, ここではこの問題に限って述べる。観測上短時間のうちに全点設置し, できるだけ長い期間, 多数の点で同時記録を取り, 撤収も短時間のうちに終了することが望ましい。しかし, 作業に不慣れなため, 1 日あたり 1-2 点の設置しか行えなかった。また, 12 月 4-12 日は悪天候とヘリコプターの故障が重なったため, 1680 point (仮称, 図 1 参照) の設置が遅れたこと, 時刻較正を設置時および撤収時を除いては 1 回も行えなかったことが不満足な点であった。しかし, 1) 地震計の設置, 燃料亜鉛電池の起動, 記録計の作動, 増幅度調整, 時刻較正という一連の設置作業が, 1 点あたり 20-30 分で完了でき, 設置作業中のヘリコプター待機時間を短縮できる目途がついたこと, 2) 特別の保温箱やパネルヒーターなしに記録計が正常作動することが実証されたこと, 3) 撤収にあたっては, 山腹に設置した 5 点分の器材 (記録計, 燃料亜鉛電池, 地震計, 点検用器材, 装備品など 200 kg) を 1 回, 1

表 1 1981-1982 年度行動表
 Table 1. Operation of the Japanese party in the 1981-1982 field season.

年 月 日	事 項
1981. 11. 17	東京発
11. 18	クライストチャーチ着
11. 19	NSF, DSIR 日本大使館あいさつ
11. 22	積み荷確認
11. 23	マクマード基地着
11. 24	IMESS オペレーション会議
11. 25	記録計および燃料亜鉛電池点検
11. 27	Hutton Cliff で爆破観測
11. 28	スコット基地で記録系時計交換
11. 30	サバイバル・スクール入校
12. 1	Three Sisters Cones と Abbott Peak の下方に地震観測点設置
12. 2	Below Hoopers Shoulder に地震観測点設置
12. 3	Fang Ridge に地震観測点設置
12. 4-12	悪天候やヘリコプター故障のため飛ばず
12. 13	1680 point に地震観測点設置
12. 22	5 点の地震観測点全点撤収
12. 23	スコット基地記録系時計最終点検
12. 24	持ち帰り物品梱包
12. 26	NSF あいさつ
12. 30	クライストチャーチ帰着
12. 31	持ち帰り物品輸送打ち合わせ
1982. 1. 1	持ち帰り物品梱包
1. 2	地震記録複写の発送 (アラスカ, ウェリントン宛)
1. 8	オー克兰ド発, 東京着

日の飛行 (1300-1930 LT) で回収できたことは行動上の大きな成果といえる。記録期間は各点約 19-22 日 (1680 point は 9 日) であり, Abbott Peak の下方に設置した 1 点を除いては正常な記録を得た。上記の点では, 設置時のバッテリー電圧 14.5 V が, 回収時には 9.7 V まで低下し (正常値 13.5-14.0 V), 時計は停止し, テープ巻き取りの状態も目で見てすぐわかるほど一様ではなく, 解析には使用不能であった。原因としては, 記録計の回路不良, 亜鉛電極の不良などが考えられるが, 目下のところ不明である。なお, 本調査期間のヘリコプター支援は下記のとおりである。

総輸送量	590 kg
輸送延べ人数	20 人
飛行延べ時間	7.2 時間

4. 時刻較正・雑音対策について

テレメーター受信アンテナ，FM 復調分別器および記録系統は，ニュージーランド・スコット基地の地球物理観測棟に設置されている．ところが，同棟は海中アースを持たないこと，瞬間的に大電力を発射するイオノゾンデ観測を行うことなどから，電子機器に対する雑音環境が悪く，1980-1981 年度に設置された記録系時計が雑音をひろい，刻時が狂うという問題点があった．そのため，われわれは時計を金属シャーシで完全におおわれた製品（エイクラ通信，TCG 1000 B）に置き換えたほか，刻時安定性を高めるために， $\pm 2 \times 10^{-9}/a$ の長時間安定性を保つ外部水晶発振器（エイクラ通信，TCC-1000）で TCG 1000 B を制御することにした．この対策により，時計に対する雑音はなくなったが，テレメーター信号に対する雑音は，配線の位置を変えても完全にはなくならなかった．これは，現用の FM 復調分別器が，プラスチック製のシャーシに基板を差し込み式に装着する方式で，シールドされておらず，入出力端子部分も雑音をひろいやすい構造になっているためと思われ，今後何らかの対策が必要である．また，本年度設置した記録系時計は位相補正機能を有しておらず，スコット基地の隊員が時々 WWVH パルスを分岐して録音するだけで，記録テープ上の刻時系がたえず絶対時刻に同期しているわけではない．山腹，山頂で記録される遠地地震の記録も貴重であるから，それらを活用するためにも，地震観測システム専用の絶対時刻コード出力装置を配備していく必要がある．

多点臨時観測における時刻較正は，震源決定精度を保つために極めて重要である．現地は，地形および空電状態が WWVH の受信には不都合で，短波ラジオによる時刻較正が不確実なため，親時計を用いて各観測点の記録計内蔵時計の較正を行った．親時計として単 3 乾電池

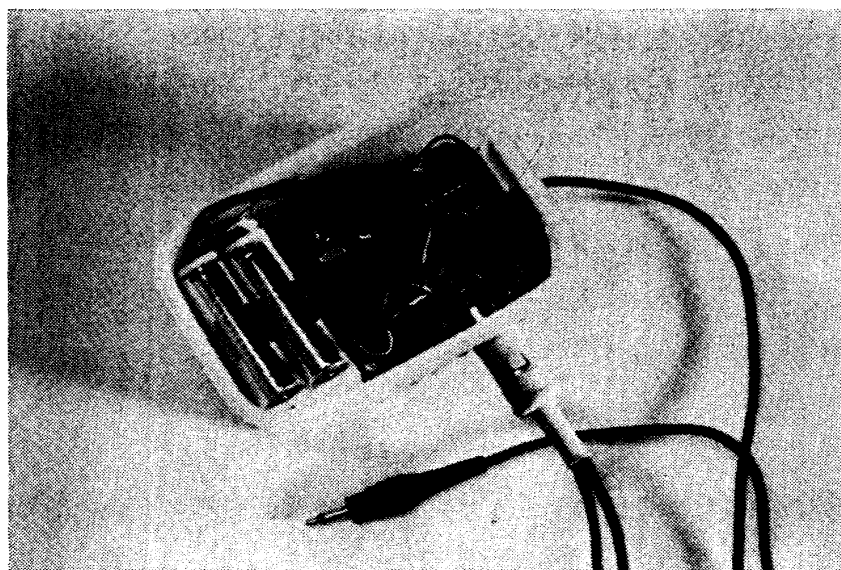


図 2 親時計（秒・分パルス発生器）の外観（岡山宗夫の作成による）
Fig. 2. Master clock used for the calibration of local clocks (made by M. OKAYAMA).

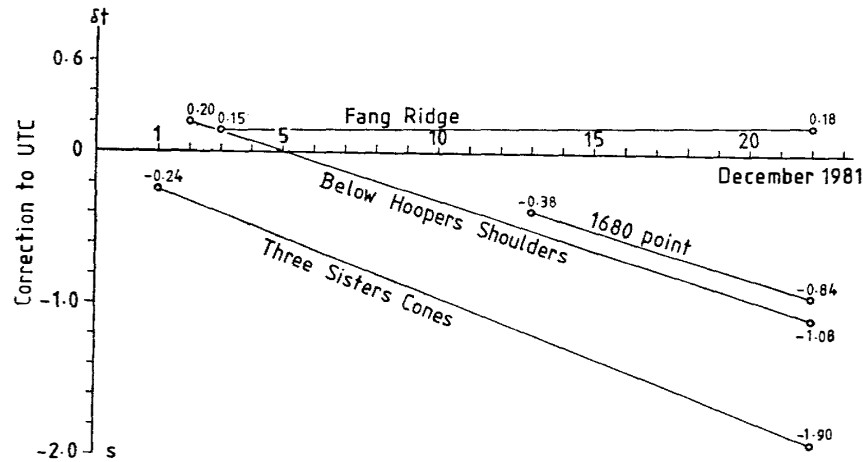


図 3 臨時観測点の時刻較正図. 例外的な Fang Ridge を除き大体において $-7.4 \sim -8.7 \times 10^{-7}$ の精度を持つ

Fig. 3. Chronographs of the local clock at temporary stations, showing $-7.4 \sim -8.7 \times 10^{-7}$ in accuracy except $+1.8 \times 10^{-8}$ at the Fang Ridge.

2 個 (3 V) で作動する秒・分パルス発生器を作製し (図 2), それをあらかじめマクマード基地の UTC と較正しておいた. マクマード基地は TRANET 網に属し, NNSS 衛星の発射するコードから, UTC を $\pm 10 \mu\text{s}$ 精度でたえず復元しているのので, その出力端子を利用させていただいた. 各観測点の設置・撤収において, 基地出発から帰投まで, 5-10 時間経過したので, この間の親時計の刻時変化を補償するために, 基地帰投後も再度親時計と UTC との較正を行った. 刻時信号を記録計に直接録音できる回路およびケーブル構成にしたので, 親時計, 子時計の並列録音を短時間のうちに行うことができ, 子時計が UTC に対して持つオフセットを ± 0.02 秒の精度で求めることができた. 図 3 は得られた各点の時刻較正図 (クロノグラフ) である. 設置時および撤収時の 2 回しか較正できなかったのので, 変化率は一定であると仮定し直線で結んである. Fang Ridge の 1.9×10^{-8} の精度を除いた他の 3 点 (Three Sisters Cones など) は, 大体 $-7 \sim -9 \times 10^{-7}$ の精度を持ち, 公称精度 $\pm 5 \times 10^{-7}$ ($0-40^\circ\text{C}$) よりやや悪い値が得られている. なお, 時刻較正上注意すべき点は, ヘリコプターのローター回転出力の増減, その他が雑音源になっていると思われる, 親時計をシールドせずに手持ちすると時刻が狂うことである. そのため, 親時計をアルミホイルなどで包み, ジュラルミントランクにおさめて移動するなどの配慮が必要であった.

謝 辞

IMESS の研究計画調整にご尽力下さった東京大学地震研究所の下鶴大輔教授, 隊員派遣に関しご配慮下さった北海道大学理学部地震予知センター (センター長: 島村英紀助教授) に感謝する.

文 献

- DIBBLE, R. R. (1982): Erebus studies and IMESS. Immediate Report of Victoria University of Wellington, Antarctic Expedition 26, 1981-1982, comp. by P. J. BARRETT. Wellington, Victoria Univ., 18 p.
- 伊藤 潔・伊神 輝・渋谷和雄・神沼克伊・片岡信一 (1983): 南極における人工地震観測の概要(続). 南極資料, 79, 107-133.
- KIENLE, J., MARSHALL, D. L., ESTES, S. A., DIBBLE, R. R., SHIBUYA, K. and KYLE, P. R. (1982): Seismicity of Mount Erebus 1981-1982. *Antarct. J. U. S.*, 17 (5), 29-32.
- SHIBUYA, K., BABA, M., KIENLE, J., DIBBLE, R. R. and KYLE, P. R. (1983): A study of the seismic and volcanic activity of Mount Erebus, Antarctica, 1981-1982. *Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue*, 28, 54-60.
- 寺井 啓・高波鉄夫・長田 昇 (1982): 1980-1981 年マクマード地域国際共同報告. 南極資料, 75, 93-102.

(1984 年 1 月 9 日受理)