

インドネシアにおける広帯域地震観測網の設営と運用

大滝壽樹¹・神定健二²・関口渉次³・金嶋聡⁴・西村太志⁵・石原靖⁶・Ibnu Purwana⁷

Toshiki Ohtaki, Kenji Kanjo, Shoji Sekiguchi, Satoshi Kaneshima, Takeshi Nishimura, Yasushi Ishihara and Ibnu Purwana (2002) How to Construct and Maintain Broadband Seismic Network in Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 53, (4), p. 445- 459, 4figs, 1table.

Abstract: We constructed a broadband digital seismic network consisting of 23 stations deployed in the western and central parts of Indonesia. In this paper, we show the process of construction, problems encountered during the maintenance of this network, and tips for constructing an overseas broadband seismic network in the future.

Keyword: Seismology, Broadband Seismic Network, Indonesia.

要旨

筆者らは、広帯域地震計と高精度の地震連続収録装置を用い、インドネシア地域において23点の地震観測網を設置した。本論文では、今後の海外観測の参考としてこのインドネシアでの観測網の実装、保守についてその問題点とあわせて述べる。

1. はじめに

現在日本国内の地震観測網は整備されつつあり、今後は海外での陸上定常地震観測の機会が増えていくと予想される。しかし、今まで日本の研究者が行ってきた海外での陸上地震観測は、主に余震観測などの臨時観測(例えば松波・章,1997; 笠原ほか,1998)や人工地震探査(例えば大倉,1994)であった。陸上定常観測は、海半球ネットワーク(旧称POSEIDON)(例えば石原ほか,1991; 山田,1997), 森田・浜口(1992), 西村ほか(1993)によるアフリカ大陸での広帯域地震観測と微小地震観測, 尾池ほか(1989)の中国陝西省での5点による微小地震観測, 伊藤ほか(1993)のトルコ・アナトリア断層の地震空白域での6点による観測などと実施

例が少ない上、その観測点数も10点以下と少ない。例えば、海半球ネットワークは1990年代始めから日本および西太平洋の島々を中心に徐々に整備されてきた広帯域定常地震観測網であり、現在の海外観測点は8点、観測点間の距離は2000km程度である。森田・浜口(1992)による広帯域観測点は2点と少ないが、発展途上国であるザイールにて定常観測を行った。

陸上定常観測での観測例・観測点数が少ないのは観測点設置・保守にさける労力に限界があるためだと考えられる。筆者らはインドネシアにて1997年から2001年3月まで全23観測点からなる広帯域地震観測網JISNET (Japan-Indonesia Seismic Network)を展開した(大滝ほか, 2000)。平成13年度以降は、防災科学技術研究所に移管され半恒常的な観測を目指して現在も観測を継続中である。このJISNETでは短期間で展開することを優先し、簡易設置方法を採用した。またなるべく出張日数を短縮するデータ回収・保守方法を工夫した結果、23点という多点での観測が可能となった。今後の海外陸上定常観測を考える上でJISNETで採用した観測方法について記しておくことは有益であろう。本稿ではJISNETで採用した地震計の設置、データ回収、保守方法について述べるとともに、観測上の問

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地球科学情報研究部門 (Institute of Geoscience, GSJ/AIST)

² 気象研究所 (Meteorological Research Institute; 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305-0052, Japan)

³ 防災科学技術研究所 (National Institute for Earth Science and Disaster Prevention; 3-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-0006, Japan)

⁴ 東京工業大学理学部 (Faculty of Science, Tokyo Institute of Technology; 2-12-1 Ookayama, Meguro, Tokyo 152-0033, Japan)

⁵ 東北大学大学院理学研究科 (Graduate School of Science, Tohoku University; Aramaki-Aza-Aoba, Aoba, Sendai, Miyagi 980-8578, Japan)

⁶ 横浜国立大学理学部 (Faculty of Science, Yokohama City University; 22-2 Seto, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236-0027, Japan)

⁷ Meteorological and Geophysical Agency, Indonesia; Jl. Angkasa I / No 2, Jakarta 10720, Indonesia

題点についてもあわせて触れる。

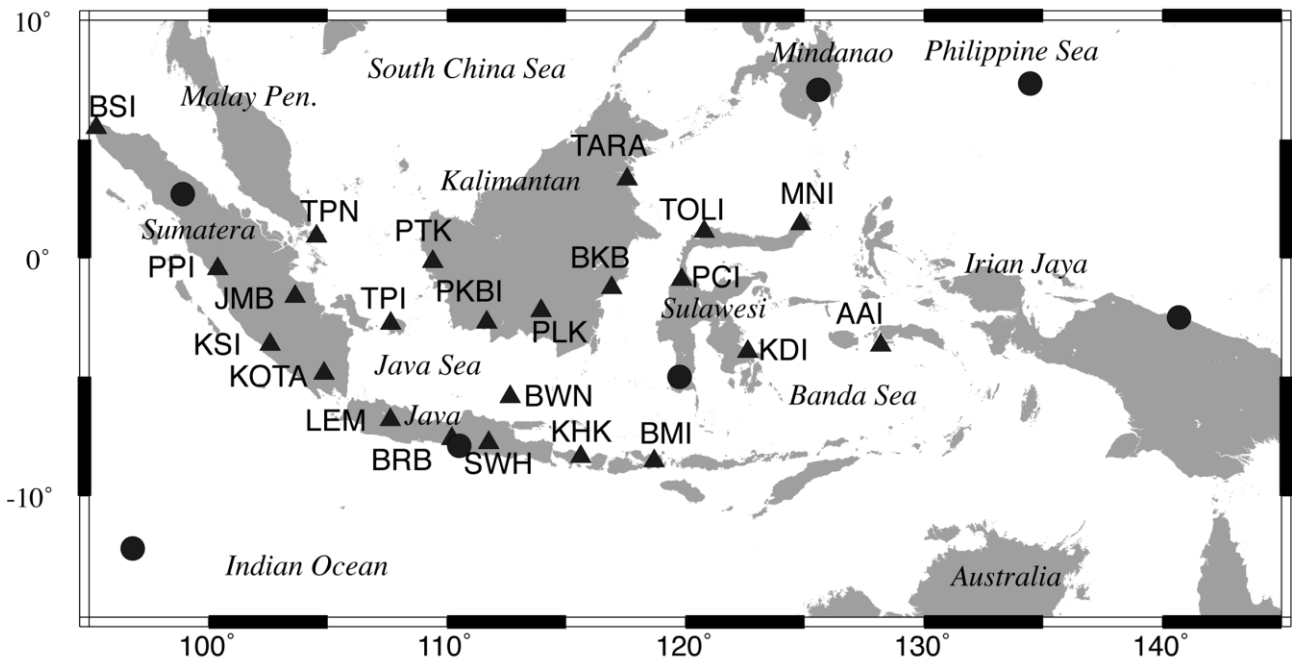
JISNETは、マントル遷移層から下部マントル上部の沈み込み帯の構造解析を目的として企画されたものである。JISNETの目的、観測点配置などの設計については大滝ほか(2000)に記されている。観測点配置は大滝ほか(2000)に示したものに一部誤りがあったため、本稿に再録する。なおJISNETのデータを使った研究は既にいくつか公表されており、フィリピン海下のマントル遷移層(深さ410-660km)が平均よりも厚いこと(Ohtaki *et al.*, 2002)、インドネシア下のマントル遷移層は沈み込み帯で厚いこと(Saita *et al.*, 2002)、日本やインドネシアといった沈み込み帯で上部マントルの不均質性が強いこと(Nishimura *et al.*, 2002)、南シナ海・カリマンタンの最上部マントルが遅いこと(Okabe *et al.*, 2001)、カリマンタンの下でスラブが上部マントルの底に横たわっているように見えること(浅森ほか, 2001)、インドネシアの大まかな地殻の厚さ分布(村越ほか, 2001)、2000年6月のスマトラ島南部の巨大地震の断層メカニズム(石原ほか, 2001)などが分かってきた。これらはインドネシアという沈み込み帯に比較的密な観測網を設置したことによって分かってきた成果である。また、JISNETと同じ「全地球ダイナミクス」計画(Ishida *et al.*, 1999)にて同時期に南太平洋広帯域地震観測網SPANET (South Pacific Broadband

Seismic Network) (Suetsugu *et al.*, 2001)も企画・設置された。SPANETでは南太平洋の海洋島に6点の広帯域地震観測点が設置された。その設置方法はJISNETとほぼ同じであり、現在も観測継続中である。

2. 観測点設置

JISNETでは、借地と保守を考慮しインドネシア気象庁(以下MGAと略す)の気象観測所または地震観測所の敷地内に観測点を設置した(大滝ほか, 2000)。Borobudur観測点のみ露場内においたが、この点は警備された公園内である。JISNET観測点を第1図および第1表に示す。今回のように多数の観測点を設置した場合、観測点への移動時間を抑えることは重要である。今回、選択した観測所の中で空港に隣接した所が1/3程度であり、その他のほとんどの所も空港から車で2時間以内であった。このため、多くの観測点で保守作業を移動を含め往復2日で行なうことができた。

観測点の設置には日本国内での設置方法の調査結果(吉田ほか, 2001)を元に簡便な方法を採用した。観測所の敷地内に坑を掘って地震計室を作成し、その中に地震計を設置した。その後地震計室内を砂で埋め、蓋をした(第2図a)。レコーダ、バッテリー等は、観測所の建物内に設置できる



第1図 JISNET観測点分布(▲)および他観測網(FDSN, 海半球ネットワーク(OHP))の観測点(●)。JISNET観測点については観測点コードを示した。

Fig. 1 Stations of JISNET (solid triangles) and permanent seismological observatories (solid circles) of FDSN (Federation of Digital Broad-Band Seismograph Networks) and OHP (Ocean Hemisphere Project). The station code is shown only for the JISNET stations.

第1表 JISNET観測点
Table 1 JISNET Stations

| Code | Longitude | Latitude | Name | Location | Installation |
|------|-----------|----------|----------------|-----------------|-----------------------------|
| AAI | 128.195 | -3.687 | Ambon | Ambon Isl. | On the ground |
| BKB | 116.914 | -1.255 | Balikpapan | Kalimantan Isl. | Underground |
| BMI | 118.693 | -8.540 | Bima | Sumbawa Isl. | Underground |
| BRB | 110.204 | -7.609 | Borobudur | Jawa Isl. | Underground |
| BSI | 95.296 | 5.496 | Banda Aceh | Sumatera Isl. | On the ground |
| BWN | 112.658 | -5.851 | Bawean | Bawean Isl. | Underground |
| JMB | 103.642 | -1.633 | Jambi | Sumatera Isl. | Underground |
| KDI | 122.619 | -3.957 | Kendari | Sulawesi Isl. | On the ground |
| KHK | 115.610 | -8.363 | Kahang-Kahang | Bali Isl. | On the ground |
| KOTA | 104.858 | -4.864 | Kotabumi | Sumatera Isl. | On the ground |
| KSI | 102.591 | -3.652 | Kepahyang | Sumatera Isl. | Underground |
| LEM | 107.621 | -6.817 | Lembang | Jawa Isl. | Inside the office |
| MNI | 124.839 | 1.444 | Manado | Sulawesi Isl. | In a basement of the office |
| PCI | 119.837 | -0.905 | Palu | Sulawesi Isl. | Underground |
| PKBI | 111.666 | -2.705 | Pangkalan Bun | Kalimantan Isl. | Underground |
| PLK | 113.946 | -2.226 | Palangkaraya | Kalimantan Isl. | Underground |
| PPI | 100.397 | -0.457 | Padang Panjang | Sumatera Isl. | Underground |
| PTK | 109.403 | -0.146 | Pontianak | Kalimantan Isl. | Underground |
| SWH | 111.755 | -7.790 | Sawahan | Jawa Isl. | Underground |
| TARA | 117.570 | 3.330 | Tarakan | Kalimantan Isl. | Underground |
| TOLI | 120.794 | 1.122 | Toli-Toli | Sulawesi Isl. | Underground |
| TPI | 107.653 | -2.757 | Tanjung Pandan | Belitung Isl. | Underground |
| TPN | 104.530 | 0.918 | Tanjung Pinang | Bintan Isl. | Underground |

場合を除いて別に小屋を建てその中に設置した(第2図a). 電源が確保できない場合にはソーラーパネルを使用した. この地震計室の設計図を第2図bに, レコーダ小屋の設計図を第2図cに示す. 第2図bで地震計室の上部が地上に出ているのは水没対策である. なお地上に岩盤が出ているなど地下設置が困難な場合は, 地上に第2図bで示した地震計室を作成した. レコーダ小屋は主に盗難防止対策のためコンクリートブロック造とした. 鉄筋は入っていない. 小屋の二方の壁にケーブルの取り入れ口を兼ねた通風口が3つずつ作られている. 観測所は北緯5度~南緯10度にある. レコーダ小屋は露天にあるため, 通風口の小さい小屋内は高温となった可能性がある. 今後熱帯地方に同様の小屋を作成する場合には盗難防止対策だけではなく通風にも留意する必要があるだろう.

地震計の詳細な設置作業の状況を第3図に示す. 人力にて第2図に示した坑を掘り, その坑内に地震計室を作成した

(a-d). 地震計室とレコーダ小屋の間の地震計ケーブルは地中の管内を通した(e-g). クリノメーターの示す南北の方位に沿って地震計の台座上にテープ等を貼り, その線に地震計の南北を合わせた(h-i). 掘り出す必要が生じた際に地震計に直接スコップが当たらないよう, 塩化ビニールの管で保護した(j). 地震計の上部も砂が地震計に直接接触ないようにビニール袋で保護した(k). 地震計設置後, 坑内を砂で埋めもどし(l-n), 金属製または木枠に金属板をかぶせた蓋を被せた(o-p). 第3図mに見られる地震計上面の蓋は置いていない観測点も多い. 時刻更正用GPS受信機, ソーラーパネル, レコーダを設置し(q-s), レコーダにパラメータを入力して観測開始となる(t-u). 国際標準地球磁場モデルIGRF2000を用いて各観測点での地磁気の偏角を計算した(<http://swdcd.db.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/point/index-j.html>)ところ, JISNETの観測点では最大でも2度程度であった. このため磁北と地理的な北とのずれの補正は

行っていない。時刻補正はGPSを用いて行っている。今回使用した3成分広帯域地震計は電氣的にロック・アンロック・センタリングが可能である。そのため地震計を設置し砂で埋設した後にアンロックとセンタリングを行い、設置した翌日に再度センタリングを行った。

各観測点での設置方法はだまかには第2図、第3図で示した通りであるが、観測点の状況に応じて細部は異なっている。観測点の設置状況を明示することは観測データを使

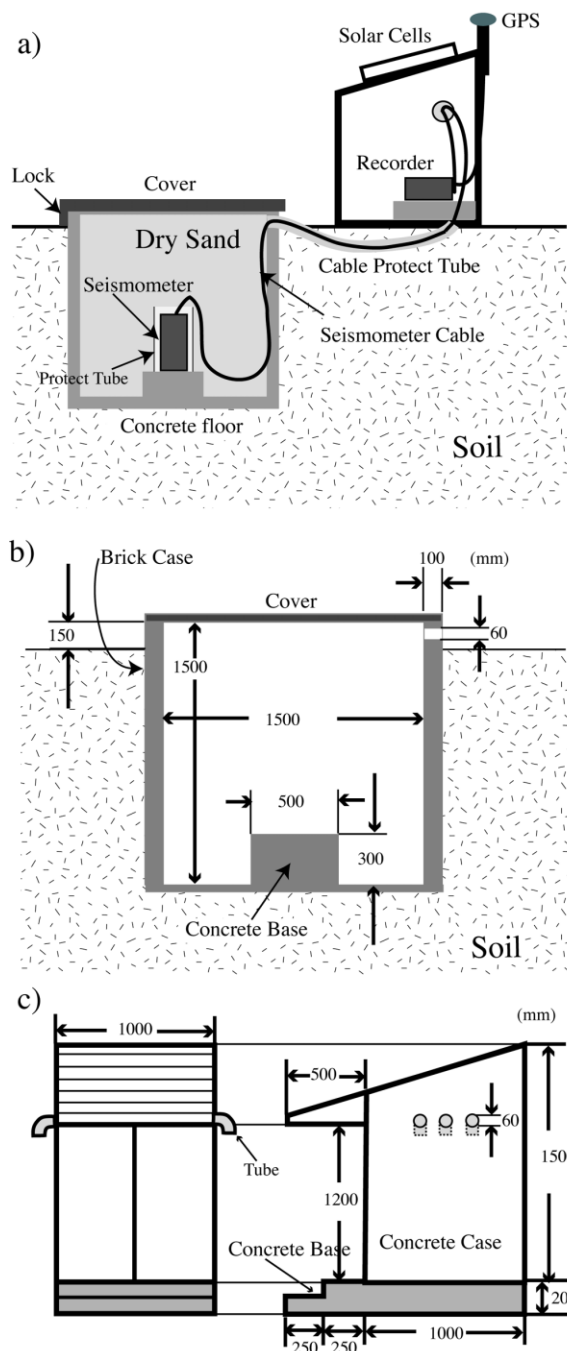
用する際に重要である。このためKDIを除いた22観測点での実際の設置状況を付図に示す。

3. データマネージメント

JISNETのデータはレコーダに外付けされたハードディスク(以下HDと略す)に蓄えた。本観測ではこのHDを月1回交換し、ジャカルタのMGA本庁に郵送した。MGA本庁にて、HD内のデータをDAT (4mm Tape) 2本にセーブした後、HDを観測点に送り返した。地震計の観測データは50Hz.でサンプリングした。例外としてBRBは1997年12月の観測開始から1999年5月まで、TPIは同じく1997年12月から1999年8月まで20Hz.でサンプリングされた。

この2本のDAT (4mm Tape)のうち1本がMGA本庁から日本へ送られてくる。このデータを日本国内でCD-RにコピーしてCDライブラリに保存し、公開用とした。送られてきたDAT (4mm tape)も別に保存してある。CD-Rにて公開用データベースを構築した理由はハードディスクの容量増が計画当初は停滞していたためと安全性を考慮したためである。このCDライブラリは取り扱いが面倒であり、トラブルも多かった。現在ではハードディスクの容量も大きくなり、JISNETの全データ量約180GBを1台に格納することも現実的となっている。このため、新規に設計する場合はハードディスクへの公開用データの保存を検討すべきであろう。

データセンターの作業の大きな割合を占めるものにソフトウェアの開発がある。必要なソフトウェアのうち、レコーダ固有のフォーマットから汎用フォーマットへの変換以降のものは多くの観測でほぼ共通のものである。このため、新たな観測を行う場合でもこれらを新規作成せず既存のソフトウェアを流用することが可能であると考えられる。



第2図 a) 観測点の模式図、b) 地震計室の設計図およびc) レコーダ小屋の設計図。地震計は温度変化の影響を抑えるため砂で覆われている。岩盤上に設置する場合はこの地震計室が地上に作られる。地震計室とレコーダ小屋の間は塩化ビニールのパイプを地下に通し、地震計ケーブルはその中を通した。

Fig. 2 a) The schematic diagram of seismometer installation. If there is a hardrock in the observatory of the Meteorological and Geophysical Agency of Indonesia, the seismometer vault is set on it. b) The design of the seismometer vault on a soil site. The seismometer is covered by sand to minimize the influence of temperature fluctuation. c) The design of the recorder building. The seismometer cable was passed through a underground polyvinyl tube from the seismometer vault to the recorder building.



第3図 観測点設置手順. タラカン観測点(TARA)での設置方法を順をおって示す. 撮影はインドネシア気象庁職員による. この観測点ではレコーダは既存の観測施設に設置するためレコーダ小屋を建造せず, GPSアンテナとソーラーパネルは既設建物屋上に設置した. a) 地震計室用の四角い穴を掘る. b) 掘った穴にレンガを積む. c) そのレンガにモルタルを塗る. d) 地震計室内部の状況. e) 地震計室とレコーダ設置場所との間に塩化ビニールの管を通す. f), g) その管内に地震計ケーブルを通す. h) 方位磁石を用いて北を出し, 南北の方向に沿ってテープを貼る. i) 地震計をそのテープに従って設置する. j) 地震計に塩化ビニールの筒をかぶせ, ケーブルをつなげる.

Fig. 3 The procedure to install JISNET equipment. The photographs were taken by the staffs of the Meteorological and Geophysical Agency of Indonesia when the equipment was installed at Tarakan Station (TARA). The recorder was installed in a building of the Meteorological and Geophysical Agency of Indonesia at this station, thus the recorder building was not constructed. a) A square hole was made for a seismometer vault. b) Brick walls were built on each side of the hole. c) The walls were covered with mortar. d) The sensor bed is seen at the base of the vault. e) A polyvinyl tube was set to protect a seismometer cable between the vault and recorder building. f) & g) A seismometer cable was passed through the tube. h) The North direction was marked on the sensor bed using a compass. i) The seismometer was installed whose North-South is set along the mark. j) The seismometer was protected with a polyvinyl tube. The seismometer cable was connected to the seismometer.



第3図 k) 地震計の上面にビニールの覆いを被せる. l) 地震計室内に砂を慎重に入れる. m) 地震計の上面に発泡スチロールの蓋を置く. n) 地震計室の上面まで砂を入れる. o) 地震計室の蓋の作成. p) 蓋を地震計室に被せる. q) GPSアンテナを観測施設の屋上に設置する. r) ソーラーパネルを観測施設の屋上に設置する. s) レコーダを観測施設内に設置する. レコーダが2台あるがそのうちの1台は予備である. t) レコーダに観測パラメータを設定する. u) 作業終了.

Fig. 3 k) The seismometer was covered with a polyvinyl sack. l) Sand was put into the vault carefully. m) A small cap was put on the tube for protection. n) The vault was filled with sand. o) A cover was made for the vault. p) The cover was put on the vault. q) A GPS antenna was set on the roof of the building. r) Solar cells were set on the roof. s) A data recorder was installed in the building. Two recorders are seen in the picture. One of them is a spare. t) Parameters of the observation were set to the recorder from a hand-held computer. u) The installation was completed.

4. 保守作業

本観測網の保守は、各観測点担当者、MGA本庁担当者、日本側担当者の3段階で行った。各観測点の担当者には月1回のHDの交換、レコーダのステータスのチェック、および地震計のセンタリングを依頼した。MGA本庁担当者には各観測点からのステータスレポートの整理、観測点への電話対応、出張保守および日本側担当者が観測点に出張する際の同行を依頼した。日本側担当者はMGA本庁担当者へのE-mailでの対応、現地へ出張しての保守、およびMGA本庁担当者の教育を担当した。保守作業では、保守機材をジャカルタに用意し、出張する際に観測点からの情報を元にその中から必要な機材を持参した。問題のあった機材(地震計、レコーダ等)は交換した。交換した機材はジャカルタでチェック後、日本に送りかえた。

データは1点、1月あたり411MBとなる。2001年2月までの全データ量は178GBであった。これは観測期間中の約6割のデータが取れたことを意味する。欠測の原因として、地震計、レコーダの故障の他にHDの故障率の高さと故障発見までの遅れがある。HDは何回も観測点とジャカルタの間を郵送され、観測に使用される。故障したHDを調べたところ、この輸送時の衝撃が故障の主な原因であることが分かった。電話等でデータを直接回収することが難しいため、HDの郵送はデータ回収の省力化のため欠かせない。欠測を減らすためには輸送時のHDの包装をより周到にすることなどを考慮すべきであったと考える。また本観測ではHDを郵送したためデータ回収までに時間がかかり、故障発生から故障の発見までが遅れる結果を招いた。効率的な保守作業を行うためには観測点の状況のチェックをリアルタイムで行えることが望ましい。また、保守機材の通関も含めた輸送にかかる日数も海外観測では考慮しておかなくてはならない問題の一つである。

保守はMGA本庁職員によるものも合わせて各観測点につきほぼ年に1回行った。全ての観測点を1回訪問するには延べ2ヶ月程度必要となるが、稼働率を上げるためにはさらに保守回数を増やすことが必要となる。地震波形を常時見ることができるようにする、また観測点近くの地震の震源決定ができるようにするなど、観測点担当者の意欲を維持する試みも模索する必要もあるだろう。

計画開始後の、インドネシア国内情勢の変化によって、観測を中止した観測点が1点、日本人の出張が難しくなった点が数点ある。またインドネシア国内航空便の減少および路線廃止も多かった。この影響をうけ、移動に船便あるいは長距離バスを使うこととなり、保守に必要な出張日程が増えた観測点も上記の他に数点ある。

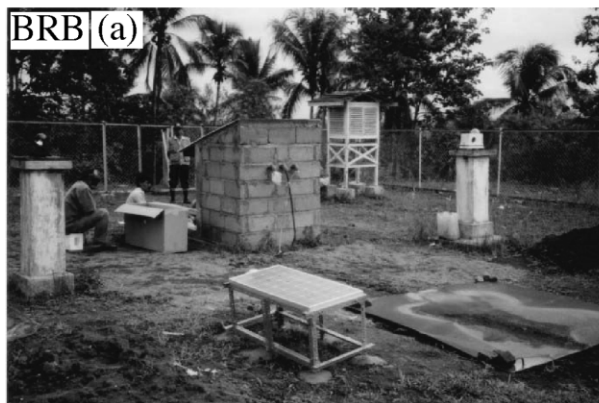
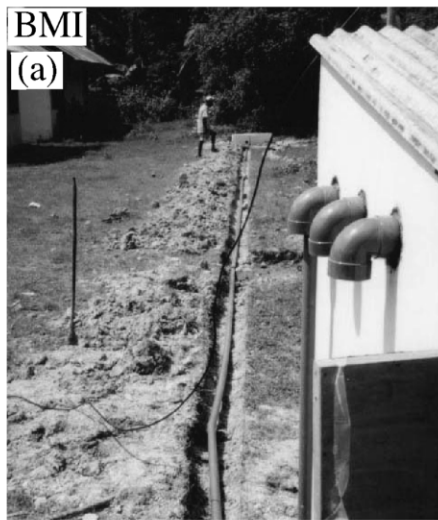
謝辞 観測点設置・保守に御協力いただいたインドネシア気象庁スタッフおよび日本側関係者各位に深く感謝いたします。本研究は科学技術庁(現文部科学省)振興調整費総

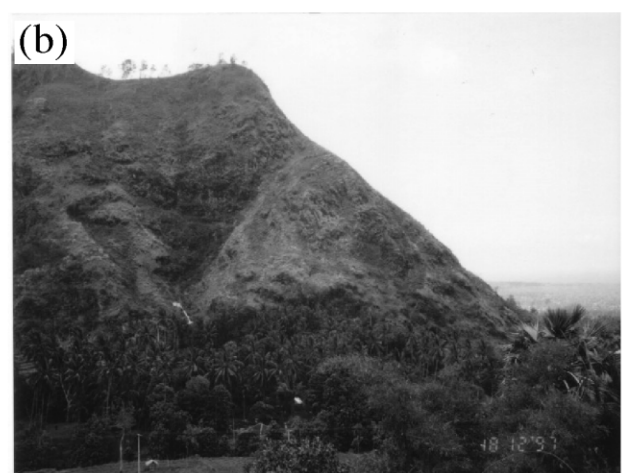
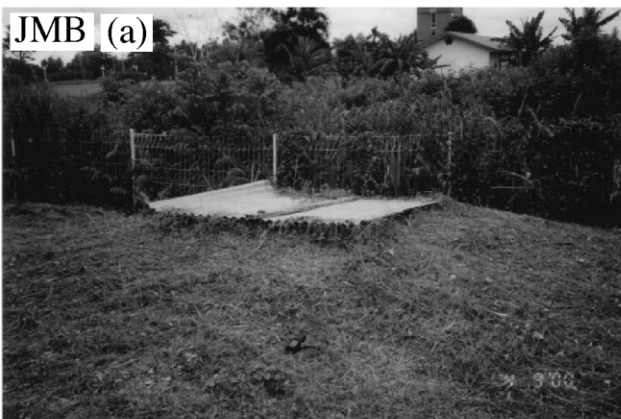
合研究「全地球ダイナミクス:中心核にいたる地球システムの変動原理に関する国際共同研究」の一部として行われた。田中明子氏によるコメントは本論文を改善する上で大変有効であった。査読者である中塚正氏からは論文を改善する上で貴重な御意見を多数いただいた。ここに記して深く感謝する。

参考文献

- 浅森浩一・趙大鵬・大滝壽樹・神定健二(2001)インドネシア下の3次元マントル構造の推定,月刊地球, **23** (7), 462-465.
- 石原靖・山田功夫・深尾良夫・石原恵子・尾池和夫(1991)本州-韓国-沖縄-父島広帯域地震観測網. 地震学会講演予稿集, 1991, **2**, 301-301.
- 石原靖・大滝壽樹・神定健二・関口渉次(2001) 2000年6月のスマトラ島南部地震(Ms7.9)の断層メカニズム: プレート内巨大地震が活発化させたプレート間地震活動, 地球惑星科学関連学会2001年合同大会予稿集(CDROM), 2001, Sy-p004.
- 笠原稔・勝俣啓一・柳昌義・C.U. Kim・R.S. Sen (1998)サハリンおよび北海道北部の浅発地震活動. 月刊地球, **20**(8), 476-482.
- 松波孝治・章文波(1997) 中国における強震動予測と地震災害の軽減・防御に関する共同研究——唐山地域における強震動観測網——. 京都大学防災研究所年報, **40** IDNDR special issue, 63-77.
- 森田裕一・浜口博之(1992)アフリカ大陸での広帯域地震観測. 月刊地球, **14**(12), 724-733.
- 西村太志・森田裕一・浜口博之(1993) GPS内蔵小型データロガーを用いた東アフリカ地溝帯における微小地震観測. 日本地震学会講演予稿集, 1993, **2**, 270-270.
- Nishimura, T., K. Yoshimoto, T. Ohtaki, K. Kanjo and I. Purwana (2002) Heterogeneous seismic structure of the upper mantle as revealed from teleseismic p-coda waves, 2002 Superplume Workshop, Tokyo, Japan.
- 尾池和夫・松村一男・大倉敬宏・謝正章・J.W. LIU・B.F. Luo・李德利・馬守信・丁蘊玉・田小平・王洪体・S.X. LIU (1989) 中国陝西省渭河盆地の地震活動(日中共同研究序報). 京都大学防災研究所年報, **32** B-1, 117-124.
- 大倉敬宏・タール火山共同研究グループ(1994)フィリピン・タール火山における人工地震探査. 日本地震学会講演予稿集, 1994, **2**, 376-376.
- 大滝壽樹・神定健二・金嶋聡・西村太志・石原靖・吉田康宏・原田智史・神谷眞一郎・SUNARJO (2000) インドネシアにおける広帯域地震観測網JISNET. 地質調査所月報, **51**(5), 189-203.
- Ohtaki, T., D. Suetsugu, K. Kanjo, and I. Purwana

- (2002), Evidence for a thick mantle transition zone beneath the Philippine Sea from multiple-ScS waves recorded by JISNET, *Geophysical Research Letters*, 10. 1029/2002 GL014764.
- Okabe A., S. Kaneshima, K. Kanjo, and T. Ohtaki (2001) Surface wave tomography for southeastern Asia using JISNET and IRIS-FARM data, *Proceedings of OHP/ION Joint Symposium on "long-term observations in the oceans: current status and perspectives for the future"*, 210.
- Saita, T., D. Suetsugu, T. Ohtaki, H. Takenaka and K. Kanjo (2002) Transition zone thickness beneath Indonesia as inferred from a receiver function method using the JISNET regional broadband seismic network, *Geophysical Research Letters*, 10. 1029/2001 GL013629.
- 海洋島観測班・山田功夫(1997) 海半球プロジェクト海洋島観測ネットワーク. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, 1997, 31.
- Suetsugu, D., K. Kanjo, Y. Yoshida, H. Inoue, S. Sekiguchi, M. Ishida, H. Takenaka, Y. Fujii, and R. Butler (2001) Probing the "Superplume" beneath the South Pacific -SPANET-. *IRIS Newsletter*, in press.
- 吉田康宏・神定健二・原田智史・藤原健治・大滝壽樹・田中明子・金嶋聡・末次大輔・神谷眞一郎・石原靖・竹中博士・斉田智治・藤井雄士郎(2001)広帯域地震計設置のための埋設法の比較観測. *地震* 第2輯, **54** (1), 9-16.
- (受付:2002年1月10日;受理:2002年2月21日)

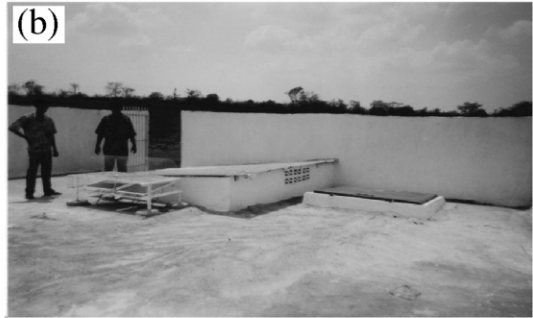




KOTA (a)



(b)



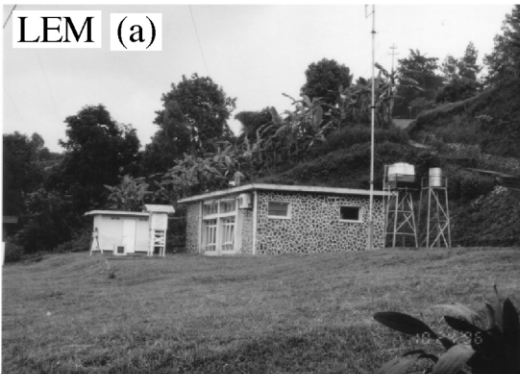
(c)



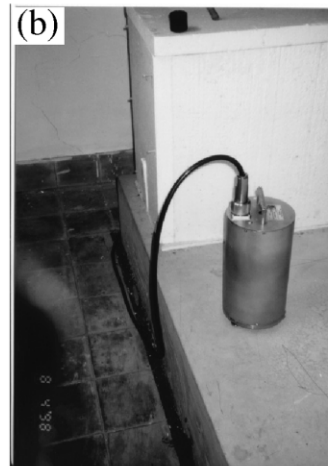
KSI



LEM (a)



(b)



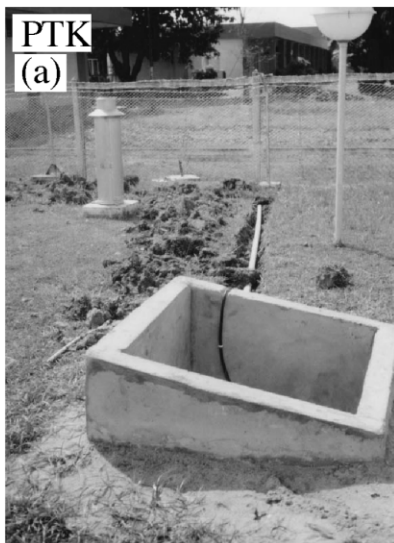
MNI



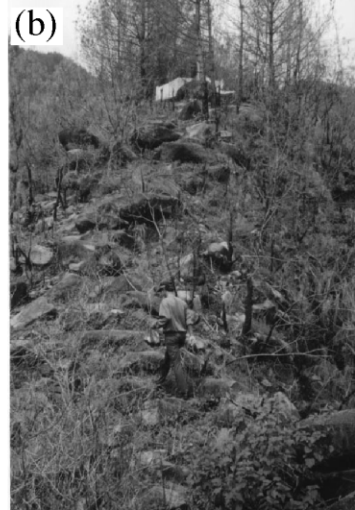
(a)

(b)





インドネシアにおける広帯域地震観測網の設営と運用 (大滝 ほか)



Appended Figure

The condition of the equipment installed at every JISNET stations except KDI. Photographs were taken by the staffs of Japanese JISNET members and the Meteorological and Geophysical Agency of Indonesia (called MGA hereafter). The photograph of Station KDI, which is at the middle of a hill, is not shown here because we have no appropriate photographs to show the condition on how to install the equipment at the station.

- AAI. The station was located on the top of a small hill, and was closed in August 1999. The seismometer vault is seen in the photograph (center). The recorder and other equipment were installed in a building of MGA.
- BKB. (a)The roof of the seismometer vault (center). The seismometer vault is later covered with sand. A recorder, power supply for the recorder, battery, and breakout box for the seismometer are installed in a building of MGA. (b) A distant view of the observatory of MGA. The observatory is on a plain close to the seashore.
- BMI. The station is installed in the observatory of MGA beside an airport on a plain. (a) The recorder building (foreground right). A polyvinyl tube to protect the seismic cable is seen in the center of the photograph. The tube is later buried. The seismometer vault is seen in the background. (b) The seismometer vault.
- BRB. (a)The roof of the seismometer vault (right), solar cells (center) and the recorder building (background). (b) A distant view of the meteorological observation site of MGA from the Borobudur Temple. The JISNET station is at the site, which is located on the top of a small hill in the Borobudur temple park.
- BSI. (a)The seismometer vault is placed on hard rock on the slope of a hill. The recorder is installed in the upper part of the seismometer vault. (b) The hill is seen behind the observatory of MGA.
- BWN. (a)The observatory of MGA is close to the seashore and on a plain of the Bawean Island, which is a small island in the Java Sea. The seismometer is installed at a meteorological observation site in the observatory. The roof of the seismometer vault is seen beyond the solar cells. (b) The recorder is installed in a building of MGA.
- JMB. The station is installed in the observatory of MGA beside an airport on a plain. (a) The roof of the seismometer vault. (b) The recorder is installed in the building of MGA which is seen in the center.
- KHK. (a)The JISNET seismometer vault was built on the left of the MGA seismometer vault. The recorder is installed in the upper part of the JISNET vault. The vaults are placed on hard rock on the slope of a hill. (b) A distant view of the station. The white vaults are seen on the hill just above the trees.
- KOTA. (a)The seismic station of MGA is built on hard rock. (b) A large hole was made from the roof of the station for the JISNET seismometer vault. The red roof of the vault is seen. The recorder is installed in a room of the station. (c) Rock is being mined in front of the station.
- KSI. The observatory of MGA is on a main road of a round valley. The seismometer vault is at a farm behind the observatory. The vault is deep on the path shown in the figure.
- LEM. (a)The observatory of MGA is halfway up the hill. (b) The seismometer is installed on a concrete base made for seismometers in the observatory. The recorder is installed in the next room.
- MNI. (a)A pit is excavated from the first floor of a building of MGA. The roof of the pit is seen in the center of the photographs. (b) The seismometer of JISNET is installed inside the pit. The recorder is placed in the same building. The observatory is located on the top of a hill in a city.
- PCI. The seismometer vault (left) and the recorder building (right). The station is in the observatory of MGA, which is located on an alluvial plain.
- PKBI. The station is installed in the observatory of MGA beside an airport on a plain. The seismometer vault is shown in the photograph. The recorder is placed in a building of MGA.
- PLK. The seismometer vault (right). A runway and an airplane are seen in the background. The station is installed in the observatory of MGA beside an airport on a plain.
- PPI. (a)The recorder building (left) and the roof of the seismometer vault (right). (b) They are installed on hard rock on the slope of a hill.
- PTK. (a)The seismometer vault and a tube to protect the seismic cable. (b) The building of MGA in which the recorder is placed (background) and the tube between the seismometer vault and the building (center). The seismometer vault and tube are later buried. The observatory of MGA is beside an airport on a plain.
- SWH. (a)The roof of the seismometer vault is open (center). The recorder is installed in the seismometer vault of MGA. (b) The station is located on a mountain ridge.
- TARA. The station is installed in the observatory of MGA beside an airport on a plain. The roof of the seismometer vault (left) and the building of MGA in which the recorder is installed (right) are shown.
- TOLI. The station is installed in the observatory of MGA beside an airport on a plain. The recorder building (left) and the seismom-

eter vault (right).

- TPI. The recorder building (left) and the roof of the seismometer vault (center background). The station is installed in the observatory of MGA close to an airport on a plain.
- TPN. (a) The seismometer vault and a tube to protect the seismic cable. (b) The building of MGA in which the recorder is installed. The roof of the seismometer vault is seen on the left.

付図

各観測点での設置状況を以下に示す。写真には観測点コードを示してある。撮影は日本人JISNET計画参加者およびインドネシア気象庁(以下MGAと略す)庁職員による。KDI観測点は設置後の写真がないため載せていないが、ゆるやかな丘の中腹にある。

- AAI. 観測点は小さな丘の頂上にある。この観測点は1999年8月に閉鎖した。図中央に地震計室が見える。レコーダー一式はMGA観測施設内に設置した。
- BKB. (a) 図中央に地震計室の屋根。この後、この観測点ではこの屋根は埋められてみえなくなる。レコーダ、レコーダ用電源、バッテリー、地震計のブレイクアウトボックスをMGA観測施設内に設置した。(b) 観測点遠望。観測所は海岸近くの平地にある。
- BMI. 空港脇の観測所内に設置した。(a) 手前右にレコーダ室。ケーブル取り入れ用口が見える。図中央に手前から奥まで地震計ケーブル用管が見える。この管はこの後埋め戻される。図奥に地震計室がある。(b) 地震計室。
- BRB. (a) 右手前に地震計室の屋根、手前中央にソーラーパネル、中央奥にレコーダ小屋。(b) ボロボドール遺跡から観測点を望む。観測点はボロボドール遺跡公園内の小さな丘の上にある。
- BSI. (a) 地震計室は丘の斜面の岩盤上に建てられている。レコーダは地震計室の上部に設置した。(b) 観測所の背後の丘に地震計室はある。
- BWN. (a) 観測所はジャワ海のバウウィン(Bawean)島の海岸近くの平地にあり、地震計は観測所内の露場内に置かれている。ソーラーパネルの向こうに地震計室の屋根が見える。(b) レコーダを設置した観測施設。
- JMB. 空港脇の観測所内に設置した。(a) 地震計室の屋根。(b) 観測所の遠望。観測施設内にレコーダは設置されている。
- KHK. (a) 丘の斜面の岩盤上、既存の地震計室の向かって左隣にJISNETの地震計室を建てた。レコーダは地震計室の上部に置かれている。(b) 観測点の遠望。白い地震計室が樹冠のすぐ上に見える。
- KOTA. (a) 観測施設は岩盤上に設置されている。(b) この観測施設の屋上から坑を掘り地震計室を作った。地震計室の赤屋根が見える。レコーダはこの施設内に設置されている。(c) 観測点の前では採石が行われている。
- KSI. 観測点は盆地の道路脇の畑地内に設置されている。地震計は図に見える通路の奥に設置されている。
- LEM. (a) 観測所は丘の中腹にある。(b) 観測所内の地震計台上に地震計は設置されている。レコーダは隣室に設置。
- MNI. (a) 観測所の1階に縦坑が掘られている。その坑の上蓋が図中央に見える。(b) その坑の内部の様子。JISNETの地震計が設置されている。レコーダはこの図には見えないが、この施設内に設置されている。観測所は市街地内の小高い丘の上にある。
- PCI. 左に地震計室、右にレコーダ小屋。観測所は扇状地にある。
- PKBI. 中央に地震計室。観測所は滑走路脇に作られている。
- PLK. 右に地震計室。遠景は滑走路であり、観測所は滑走路脇に作られている。
- PPI. (a) 左にレコーダ小屋。右手に地震計室の屋根。(b) 地震計、レコーダは丘の斜面の岩盤上に設置されている。
- PTK. (a) 地震計室と地震計ケーブル用パイプ。(b) レコーダを設置した観測施設(奥)とそこにつながる地震計ケーブル用パイプ(中央)。この後、地震計室、パイプは埋め戻される。観測所は滑走路脇に作られている。
- SWH. (a) 地震計室の屋根が開いている(中央)。(b) 観測点遠望。観測点は尾根にある。
- TARA. 左に地震計室の屋根。レコーダは図右の市松模様の観測施設内に設置されている。観測所は滑走路脇に作られている。
- TOLI. 左にレコーダ小屋、右に地震計室が見える。観測所は滑走路脇に作られている。
- TPI. 観測所は空港近くの平地にある。左にレコーダ小屋、中央奥に地震計室の屋根が見える。
- TPN. 観測所は空港近くにある。(a) 地震計室と地震計ケーブル用パイプ。(b) レコーダはMGA観測施設内に設置された。地震計室の屋根が図左に見える。