

三次元走時表を用いた不均質速度構造における震源決定 Hypocenter location in an inhomogeneous velocity structure with three-dimensional traveltime table

勝間田 明男^{1*}
KATSUMATA, Akio^{1*}

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute, JMA

An inhomogeneous velocity structure has considerable effect on the accuracy of the earthquake locations in complicated tectonic setting areas like the Japanese Islands. Calculation time is still one of the problems for hypocenter location in a three-dimensional velocity structure. We show an evaluation of calculation time of event location in a three-dimensionally (3D) inhomogeneous velocity structure with lookup tables for each seismic station on the Japanese Islands.

We made 3D traveltime tables for each station to reflect the 3D velocity structure in the event location. The traveltime tables were prepared beforehand for each station. Traveltimes for a station were calculated at grid points of three-dimensional coordinate with a ray-tracing method by Um and Thurber (1987). Traveltimes were calculated for blocks of (1 deg.)X(1 deg.)X(50km) where events had been detected. The grid interval in the block was set depending on distance from the station. The number of stations and blocks are 1,813 and about 250 thousand, and it took about one month of elapsed time on a 128-core cluster machine.

Hypocenter calculation times of 11,448 event locations in January, 2014 were compared for 1D traveltime table (1D-TT), 3D traveltime table (3D-TT), and 3D ray-tracing method (3D-RT). Arrival times in the unified seismic catalogue in Japan were used. The calculation time of one event was within one second for 1D-TT and 3D-TT with an ordinary workstation. The maximum calculation time for 3D-TT was quick enough to be used in interactive processing. On the other hand, some of the calculation time of 3D-RT were more than 10,000 seconds. The time of the 3D-TT was about 1,800 times shorter than that of 3D-RT as an average of logarithmic calculation times. The difference between 1D-TT and 3D-TT is four times as an average of logarithmic calculation times.

An interpolated traveltime is different from that calculated with ray-tracing method at the grid point of the blocks in our method. The difference was checked at every grid point in the blocks. The maximum differences of 82% blocks were less than 0.1 second. However, those of 0.01% of blocks exceeded one second. The large difference was usually caused by stepwise traveltime variation due to ray-path scattering.

Hypocenter locations were compared among ray-tracing, three-dimensional traveltime table, and one-dimensional traveltime table. Whereas the locations of 3D-TT of 98.3% events were close to that of 3D-RT than that of 1D-TT, 3D-TT locations were very close to those of 1D-TT for some events. Many of those events are offshore events or inland events with small differences. It is considered that the location difference were partly caused by the unstable condition in hypocenter location.

Acknowledgments.

We used seismic data from the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Hokkaido University, Hiroshima University, Tohoku University, the University of Tokyo, Nagoya University, Kyoto University, Kochi University, Kyushu University, Kagoshima University, the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, the Tokyo metropolitan government, the Shizuoka prefectural government, the Kanagawa prefectural government, the City of Yokohama, the Japan Marine Science and Technology Center, and the Japan Meteorological Agency.

キーワード: 震源決定, 不均質速度構造, 三次元走時表

Keywords: hypocenter location, inhomogeneous velocity structure, three-dimensional travel time table

地下への空気圧入に伴う地震波伝達関数の時間変化 Temporal change of transfer functions of seismic waves caused by an air-injection into the underground.

本城 泰樹¹; 鶴我 佳代子^{1*}; 笠原 順三²; 山岡 耕春³; 生田 領野²; 伊藤 潔⁴
HONJO, Taiki¹; TSURUGA, Kayoko^{1*}; KASAHARA, Junzo²; YAMAOKA, Koshun³; IKUTA, Ryoya²;
ITO, Kiyoshi⁴

¹ 東京海洋大学, ² 静岡大学理学部, ³ 名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター, ⁴ 京都大学防災研究所
¹Tokyo University of Marine Science and Technology, ²Faculty of Science, Shizuoka University, ³Earthquake and Volcano Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ⁴Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

IPCC 報告書 (2013) の政策決定者向け要約 (SPM) では、気候システムの温暖化が進み、温室効果ガス濃度は上昇しており、対策として二酸化炭素 (CO₂) 地中貯留技術 (CCS) が寄与するとされた。しかし CCS には CO₂ の漏洩リスクもあり貯留層の長期的かつ連続的なモニタリングが必要となる。

そこで本研究では、地震波を用いた地下空気貯留層のモニタリングを目標とし、地下への空気圧入に伴う地震波伝達関数の時間変化検出を試みた。CCS に関連した研究として 2003 年に新潟県長岡市で CO₂ 圧入と地下のモニタリングが行われた。しかし、その際のモニタリングは約月 1 回ごとの断続的なものであった。本研究ではより連続的なモニタリングを行うため精密制御定常信号システム (ACROSS) を用いて、空気圧入による地震波への影響を探った。ACROSS は名古屋大学および東濃地科学センターにおいて熊澤ほか (2000) によって開発された。ACROSS では人工震源を用いて位相と周波数を精密に制御し同じ性質を持たせた弾性波や電磁波を地下に連続照射し、震源特性と観測データの特性から伝達関数を求め、地下の構造や状態を監視観測する。このシステムを用いた試験観測として 2011 年 2 月から 1 か月に渡り兵庫県淡路島の野島断層周辺で、地下への空気圧入と約 30 地点での人工地震波の観測が行われた (Kasahara *et al.*, 2011)。

解析は周波数領域で行った。人工震源の振動特性は、近傍に設置された地震計データを用いて震源の運動を剛体運動としてモデル化して、震源力 [N] を求めた。約 30 地点の観測速度データを変位データ [m] に変換し、震源の振動特性とのデコンボリューションから伝達関数 [m/N] を求めた。空気圧入前の記録から得られる伝達関数を参照データとし、圧入開始と終了を含む約 14 日間の観測記録から伝達関数の時間変化を求めた。伝達関数が表す波形記録の初動から任意の走時に注目し、isochronal scattering shell モデルを用いることで地下の異なる空間範囲 (球殻上) から散乱されて観測点に届く波群の周波数と振幅の変化を追跡した。

解析の結果、空気注入井の東側の観測点群から得られる伝達関数において、圧入の約 1 日後に振幅が 300% を超える顕著な増幅を示した。また、注目する走時によって変化を示す周波数が変わることが分かった。これらは注入井の東側に大戸山 (注入井からの比高約 160m) があることから、圧入後の空気が地層斜面の山側へ主に移動し、その過程で地下の各所に不均質 (例えば空隙) をもたらしたことで反射強度の変化が起きた結果を捉えたものではないかと考えられる。

キーワード: モニタリング, アクロス

Keywords: monitoring, ACROSS

クラウド型微動観測システムの高度化 Sophistication of the cloud type microtremor observation system

先名 重樹^{1*}
SENNA, Shigeki^{1*}

¹ 防災科学技術研究所
¹ NIED

1. はじめに

地震動予測地図の高度化のためには、高精度な地盤モデルの作成は必要不可欠であるが、ボーリング調査や反射法地震波探査は、莫大にコストがかかるほか、データを面的に収集することは、これまでに取り組みはあったものの、非常に困難な状況である。一方で、近年、直接的な地震観測以外で地震時の揺れの周期特性や地盤の速度構造をある程度の精度でとらえることのできる常時微動観測が行われてきている。常時微動観測は、地震動予測のための地盤構造モデル作成に非常に有用な物理探査手法である。その観測の手軽さにより、ここ10年で各大学・研究期間では非常に多くの研究がなされている。しかしながら、研究そのものはバラバラの機材・考え方により各大学の小さな研究素材としてとじられており、データの共有等についても、ボーリングデータ以上に集約の難しい情報となってしまう。動的な特性を得るには常時微動やPS検層・表面波探査のような観測が必要であるが、特にPS検層や表面波探査についてはコストがかかる上に観測者の能力や解析結果の解釈も難しく多くの観測は望めない。そのため、我々は、これまでに微動観測をデータの品質を保ったまま大量に観測を行うことを可能とする解析手法と機材・システム開発を行ってきている。本研究では、これまでの開発の経緯と現在の研究開発状況を報告する。

2. これまでの研究開発取り組みと現在の検討課題

我々は、これまでに微動観測システムの開発とその報告を多数行ってきている。先名・他(2006,2011)により、観測素人でも数時間のレクチャーを受けることで、熟練者の観測結果と遜色ないデータ精度での観測を可能とした。また、一昨年度までには、単点の微動観測を行うことで、その地点の揺れやすさの周期特性(T_g)・増幅特性等がわかり観測データそのものもデータベースに即時登録が可能な新しい常時微動探査システムも開発してきている先名・他(2012)。本システムは、現場においてデータ登録・解析等が完了するため、位置情報・写真情報・観測データ・時刻歴情報・解析結果等の登録時のヒューマンエラーが少なくなる仕組みとなっている。このような仕組みは、微動の機材の高価さ・これまでに観測を実施したことがない等、大部分の研究機関は観測を行いたい希望はあっても、研究活動が出来ないところに貸し出すことも目的としている。今後において、観測者の裾野の拡大を行い、データの均質化を行い、大量取得出来ることが新たな精度の高い全国ハザードマップ(ゆれやすさマップ)を作成していく礎になると考える。

3. 新しい微動システム開発の取り組み

防災科研では、内閣府のSIPプロジェクト(戦略的イノベーション創造プログラム)、のレジリエントな防災減災機能の強化のうち、「SIP®リアルタイム被害推定システムの構築」の中で、地盤の揺れやすさを精度良くするための地盤モデルを広域(250mメッシュ)および一部の地域では詳細(50mメッシュ)で作成することが位置づけられており、その中で微動観測システムの高度化と観測を行う計画となっている。関東・東海地域全域の微動観測(主にアレイ観測)を大量に実施することにしており、微動観測システムの開発については、先名・他(2012)の微動観測システムでは、単点の微動観測について現場からデータ登録が出来るといったシステムであったが、そのシステムをアレイ観測に応用し、機材開発・システム開発・解析手法の検討をそれぞれ検討し実施する計画となっている。本報告では、平成26年度に研究開発を実施したシステムの概要を紹介する。

キーワード: 常時微動, 極小アレイ, クラウドシステム, 地下構造モデル, S波速度
Keywords: microtremor, miniture array, cloud system, underground structure model, S-wave vlocity

下北半島周辺における微小地震観測網の構築 (その2) Construction of the seismic observation network around Shimokita Peninsula (2)

野口 科子^{1*}; 関根 秀太郎¹; 澤田 義博¹; 笠原 敬司¹; 佐々木 俊二¹; 田澤 芳博¹; 矢島 浩¹
NOGUCHI, Shinako^{1*}; SEKINE, Shutaro¹; SAWADA, Yoshihiro¹; KASAHARA, Keiji¹; SASAKI, Shunji¹;
TAZAWA, Yoshihiro¹; YAJIMA, Hiroshi¹

¹ (公財) 地震予知総合研究振興会

¹ Association for the Development of Earthquake Prediction

日本国内では、防災科学技術研究所による高感度地震観測網 Hi-net をはじめとする稠密な微小地震観測網が整備されている。しかしながら、東北北部から北海道南西部にかけての地域では、他地域に比べて観測点密度が低く、地震活動などを他地域と同様の精度で捉えることは難しい状態であった。そこで、下北半島、津軽半島、北海道南西部に高密度の微小地震観測網 (AS-net) を整備し、地震活動の常時モニタリングを開始した (関根・他, 2014)。本発表では、AS-net の整備完了とデータ公開を踏まえ、観測網の紹介とデータ処理の状況を報告する。

AS-net は 36 観測点を擁し、2013 年度に 20 観測点、2014 年度に 16 観測点が整備され、2014 年 8 月に全点運用を開始した。観測データは JDX-net を介して、全国の地震観測網ネットワークにリアルタイム配信される。この配信は 2014 年 1 月より、整備された観測点から順次開始されているが、2015 年 1 月には、防災科学技術研究所による地震観測データ公開サービスからの一般利用が開始された。以上のリアルタイムのデータ共有により、地震モニタリングや研究活動への貢献が可能になっている。

地震検知能力を確かめるため、各観測点の常時微動データからノイズレベルを推定した。ノイズレベル値として、1 時間分の微動データの振幅の自乗平均 (RMS) 値を用いた。その結果、昼間 (13~14 時) にノイズレベルが $50 \mu\text{cm/s}$ を超える点が 11 点あった一方、昼間でも約 $10 \mu\text{cm/s}$ かそれ未満の点は 14 点であった。また、ノイズレベルの大きい点では、0.5-1 Hz 程度の脈動成分が卓越していた。AS-net 観測点では、地震計は深さ約 20 m の孔底に設置されているが、2014 年度整備の 16 観測点では、板たたき法により地表と孔底間の平均弾性波速度を推定している。そこで得られた平均 S 波速度とノイズレベルを比較したところ、平均 S 波速度が 300 m/s 以上の観測点でノイズレベルが小さく、300 m/s 未満の点ではノイズレベルが大きい傾向がみられた。したがって、各観測点のノイズレベルは地盤の特性に大きく影響されているといえる。

さらに、得られた観測データに周囲の他機関の観測点のデータを合わせ、2014 年の 1 年分のデータについて自動震源決定を行ったところ、周辺領域内で 4616 イベントと、気象庁一元化震源カタログの 1846 イベントに比べ約 2.5 倍の数のイベントが決定された。これは人工震源等を含む結果である。例えば、領域内の数か所において、発破とみられるイベントのクラスタがみられる。2014 年 5 月には、下北半島東方沖で 389 イベントが決定されているが、このうちほぼすべてが当該地域での地震波探査の人工震源によるものとみられる。一方、自然地震については、2014 年 1 月に十和田湖周辺で起こった群発活動について、一元化カタログでは 1 月 20 日~31 日に 287 イベント、自動震源では 375 イベントが決定されている。これらのイベントを区別し精度を上げるため、今後、手動検測による精査を行う。なお、イベントの規模別頻度分布をみると、一元化カタログでは M1 付近で頭打ちになるのに対し、自動決定イベントでは M0.6 付近で頭打ちとなっており、検知能力の向上が示唆される。

参考

関根 秀太郎・澤田 義博・笠原 敬司・佐々木 俊二・田澤 芳博・矢島 浩, 下北半島周辺における微小地震観測網の構築, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 横浜, STT57-P09, 2014 年 4 月。

キーワード: 地震観測網, 下北半島

Keywords: Seismic observation network, Shimokita Peninsula

首都圏地震観測網 (MeSO-net) 加速度計の設置方位の検証 ～首都圏における地震動のイメージングに向けて～
Azimuth verification of the MeSO-net accelerographs: towards the imaging of ground motions in the Kanto area

加納 将行^{1*}; 長尾 大道¹; 汐見 勝彦²; 酒井 慎一¹; 中川 茂樹¹; 水迫 覚信¹; 堀 宗朗¹; 平田 直¹
KANO, Masayuki^{1*}; NAGAO, Hiromichi¹; SHIOMI, Katsuhiko²; SAKAI, Shin'ichi¹; NAKAGAWA, Shigeki¹; MIZUSAKO, Sadanobu¹; HORI, Muneo¹; HIRATA, Naoshi¹

¹ 東京大学地震研究所, ² 防災科学技術研究所
¹ERI, the University of Tokyo, ²NIED

In the Tokyo metropolitan area of Japan, large plate boundary earthquakes repeatedly occurred with intervals ranging from 200 to 400 years in the case of M 8 class, and with an interval of approximately 27.5 years in the case of M 7 class. Rapid prediction of damages on constructions due to such a large earthquake is important to quickly decide the priority order in recovery actions without waiting for on-site reports. Such a rapid prediction system requires an image of ground motion in the target area as an input, which is to be estimated from seismograms of dense seismological observation networks. A dense seismic array called MeSO-net (Metropolitan Seismic Observation network), in which 296 accelerometers are installed with several kilometer intervals, was established in 2007 for the purpose of the disaster mitigation for forthcoming large earthquakes. Whether the actual azimuths of MeSO-net seismometers newly installed after 2009 were really in the magnetic north or not have not been verified yet, while the azimuths of three of the seismometers installed before 2008 were already confirmed to be in the opposite direction. Since such obvious errors in the azimuths badly affect subsequent data processing, we evaluate the azimuths of all seismometers based on the cross-correlation with seismograms recorded at nearby Hi-net tiltmeters and F-net broadband seismometers. Our result suggest that the northward components at more than 80 % of stations are determined to be within 10 degrees from the magnetic north, while those at the three stations are reconfirmed to rotate more than 90 degrees as the previous study pointed out.

キーワード: MeSO-net, 設置方位, 相互相関, Hi-net, F-net
Keywords: MeSO-net, sensor azimuth, cross correlation, Hi-net, F-net

2011年東北地方太平洋沖地震前のF-netとHi-netの稼働状況の相違 Difference of availability between the F-net and the Hi-net seismograph networks before the 2011 Tohoku earthquake

末芳樹^{1*}
SUE, Yoshiki^{1*}

¹ 所属なし
¹ No institution affiliation

1. はじめに

主題地震前の地震観測網の挙動に関しては、広帯域地震観測網 F-net の連続波形画像の欠測数が増加したことを既に報告した(末, 2013)。

地震調査研究推進本部の資料に F-net と高感度地震観測網 Hi-net の稼働率が同時に示されている。そこで、この資料により更なる調査を行った。

2. 調査結果

図1に2009年4月より2012年3月までのF-netとHi-netの稼働率の推移を示す。図は以下の変化を示している。

- ・ 2009年4月より2010年11月までの1年半以上の期間に於いて、F-netの稼働率は多少低下する期間があったものの100%に近かった。
- ・ 2010年12月より継続的な低下を示し、2011年1月に極小値をとった。
- ・ その後、上昇したが従来より低い値で推移した。
- ・ 2011年2月より低下し、2度目の極小値をとった。
- ・ その後、上昇したが従来より低い値であり、この状態で3月11日の本震(以降3.11地震)に遭遇した。
- ・ 2011年5月頃に従来の状態に戻った。
- ・ Hi-netはこの期間、3.11地震の当日及びひと月後を除いて一定の値であった。

3. 問題点の抽出

上記に関し注目すべき点は以下の通りである

- ・ なぜ1年半以上に亘り安定していたF-netの稼働率が、3.11地震の凡そ3ヶ月前から継続的に低下したのか?
- ・ なぜF-netの稼働率の低下の最中にその値が上下したのか?
- ・ さらに、なぜF-netとHi-netの稼働率に差があるのか?

4. 推論

マグニチュード=9.0の巨大地震の数ヶ月前から地表面に何らかの動きが発生した。この動きに関しては、振動あるいは変位と推測する。F-netとHi-netの挙動に差が生じたのは、F-netを構成する地震計の固有周期が360秒(STS-1型)および120秒(STS-2型)であり広帯域の動きに反応するのに対し、Hi-netの地震計のそれは1秒であり比較的早い動きに反応するという特性上の違いがあり、地震の前にはゆっくりした動きのみが存在した為にF-netのみが反応したと推測している。F-netの欠測情報によると、欠測の主な理由は、electric power supply troubleであった。

尚、図に示されているF-netの稼働率は、論者作成のF-netの連続波形画像の欠測状況の図(末, 2013)と同様の様態である。この理由は、稼働率に著しい影響を与えるのは、連続波形画像の欠測として示される観測点の長期欠測であり、両者が本質的に同じ状態量を観測している為と推測している。

謝辞: 本研究には、防災科学技術研究所のF-netおよびHi-netのデータを使用しました。記して感謝いたします。

参考文献:

末芳樹, 2013, 2011年東北地方太平洋沖地震に先行したF-net連続波形画像の欠測増加, JpGU2013 SSS30 P01.

地震調査研究推進本部政策委員会, 2013, 第62回調査観測計画部会議資料 計62-(5), 防災科学技術研究所の地震観測網. <http://www.jishin.go.jp/main/seisaku/hokoku13k/k62-5.pdf>

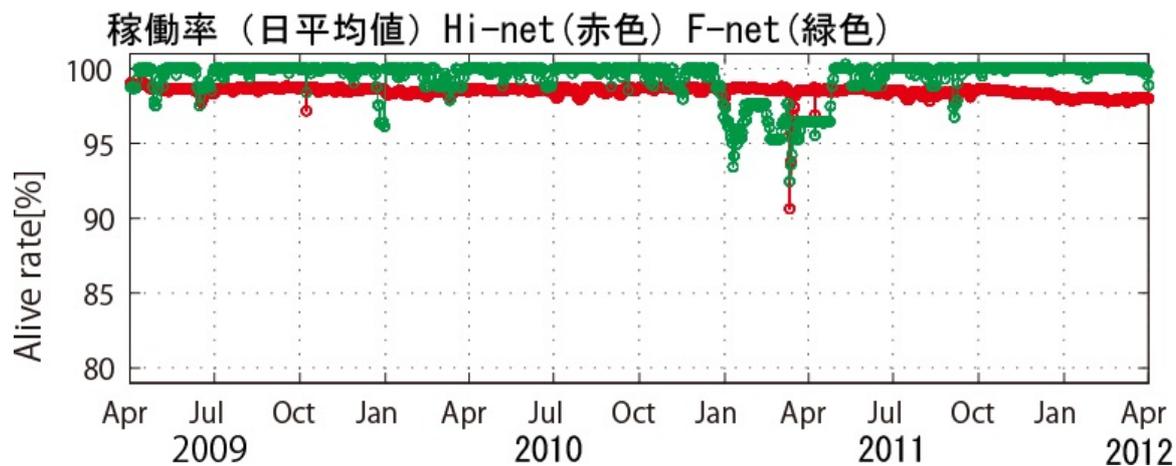
図の説明

図1 F-net と Hi-net の稼働率 (出典 防災科学技術研究所の地震観測網)

F-net の稼働率は、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の凡そ3ヶ月前から地震後まで継続して低下している。Hi-net にはその様な変化は見られない。

キーワード: F-net, Hi-net, 地震計, 稼働率, 地震観測網

Keywords: F-net, Hi-net, Seismograph, Availability, Seismograph network



海底地形変化を検出するための最適な地震探査アレイの特性評価 Characteristic evaluation of the most suitable seismic exploration array to detect a seafloor topography change

立花 冬威^{1*}; 鶴我 佳代子²

TACHIBANA, Toi^{1*}; TSURUGA, Kayoko²

¹ 東京海洋大学海洋科学技術研究科海洋管理政策学専攻, ² 東京海洋大学

¹ Graduate School, Tokyo University of Marine Science and Technology, ² Tokyo University of Marine Science and Technology

深海域での一般的な反射法地震探査は大規模なものが多く、局地的で小規模な探査にはコストや解像度の面から必ずしも適当でない場合がある。しかし今後は AUV を用いた海底付近での地震探査など、探査のための発震源のタイプが多様化してくることから、受振アレイも様々なアレイを検討する必要がある。そこで本研究では、海域での効率的な探査を実現するため、その前段階として、弾性波有限差分法 (Larsen,2000) を用いた波動場シミュレーションを使用し海域での地震探査アレイの配置および形状についての特性評価を行った。一般的な海面発振-海面受振の地震探査アレイではだけでなく、海底に設置した場合や鉛直方向の受振アレイ、海底下 (鉛直・水平ボアホール) の受振アレイについても検討した。探査対象は、水深 150m にある落差 6m の階段状の海底地形およびその地下構造の変化とした。海底地形変化のモデルは、北海の Ekofisk field において観測された地盤沈下 (N. B. Nagel, et al 2001) を参照して作成した。海底地形変化を想定した 2 次元構造モデルのサイズは、水平方向 1000m、鉛直方向 300m で、水深 150 m の海底である。正方グリッドの分割間隔は 0.2m、速度構造 (Vp, Vs)、減衰構造 (Qp, Qs) 密度構造 (ρ) のパラメータを設定した。次に複数の探査アレイを構成した。震源には、中心周波数 100Hz、P 波等方放射型の震源を設定し、送信波形はリックカーウェーブレットを使用した。受振器は、測線上に各 50 個設置した。このモデルにおいて弾性波有限差分法 (Larsen,2000) を用いた波動場シミュレーションを行なった。得られた探査アレイごとの地震波形記録を比較し、受振アレイによる観測波動場の特徴を調べた。

波動場シミュレーションでは、震源位置 6 パターン、受振器位置 9 パターンの全 54 通りの地震波形記録をまとめた。その結果、ターゲットを二次波源とした P 波 (以降 X 相とよぶ) と S 波・境界波 (以降 Y 相とよぶ) が、海底地形変化を検出するための注目すべき波相であることがわかった。X 相は、すべての地震探査アレイで観測されたが、振幅が小さくノイズにまぎれてしまう可能性がある。Y 相は、海水中の受振器では観測されることがわかった。次に、X 相と Y 相の振幅についてまとめる。X 相では、震源の位置が海底地形上段側よりも海底地形変化下段側で起振した場合の方が、大きな振幅をもつ。最大振幅は、海底発振で発生した境界波による X 相が、他の場合の X 相と比べ約 4~20 倍の振幅をもっていた。Y 相は全体的に、X 相にくらべ大きな振幅をもっていた。海底面に設置している受振器で最大振幅が観測された。しかし、海底発振の場合、最大振幅をもつと考えられるが、時間領域の観測記録上では波群が重なり、波相の分離ができなかった。これはターゲットと震源の距離が近すぎたためと考えられ、観測においては収録時間を考慮しつつも、震源位置とターゲットの距離をある程度離す必要があることがわかった。

水平方向の受振アレイでは、ターゲットを二次波源としている X 相、Y 相の中心から、海底地形変化部分の水平位置を推定することができることがわかった。ただ観測される X 相と Y 相の振幅が小さい場合が多いため、S/N 比が小さくなる可能性がある。鉛直方向の受振アレイは、海中部分と地下部分にわかれるため、比較的大きな振幅をもつ X 相と Y 相を 1 つのアレイで観測することができた。また、海底地形変化の鉛直位置を推定することができた。S 波や境界波の大きな振幅をもつ波群も観測できるため、S/N 比も高くなると考えられる。ただ設置コストが高いことがあげられ、容易に移動させることができないこともあり、将来的な課題として挙げる。

以上の評価から、水平方向の地震探査アレイと鉛直方向地震探査アレイを 1 つずつ使用した探査アレイを提案する。水平方向の地震探査アレイを海面で曳航しながら広範囲からターゲットのあたりをつけ、より詳細な探査のために鉛直方向の受振アレイを用いる。鉛直方向の受振アレイを設置する前には、AUV を用いて海底面での発振を行う。大きな振幅をもつ境界波を用いることができるためより明確な X 相が得られると考えられる。鉛直方向の受振アレイは、段差の上段側でターゲットから 100m 離れた位置に設置するが望ましい。鉛直方向の受振アレイにより S/N 比の高い観測データを取得でき、海底地形の変化位置を鉛直方向に限定できるようになる。今後の課題としては、地形変化部分の形状や大きさを推定することがあげられ、周波数依存性を利用したターゲットの大きさ推定が有用と考えている。

キーワード: 物理探査, 海底地形変化, 探査アレイ評価

Keywords: geophysical exploration, seafloor topography change, exploration array evaluation

太平洋赤道域におけるミクロネシア地震観測アレーの構築 Broadband Seismic Array in Micronesia Zone, the South Western Pacific Region

石原 靖^{1*}; 田中 聡¹; 末次 大輔¹; 大林 政行¹; 利根川 貴志¹
ISHIHARA, Yasushi^{1*}; TANAKA, Satoru¹; SUETSUGU, Daisuke¹; OBAYASHI, Masayuki¹;
TONEGAWA, Takashi¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

近年の地震観測ネットワークの発展により大陸や島弧での観測は充実してきたのと比べて海域特に大洋域での観測は未だに貧弱な状況である。海洋プレートとその直下の構造イメージングや駆動メカニズムそして大洋域下の深部ダイナミクスの理解には大洋海域での観測網の充実が必要である。我々が着目しているミクロネシア海域では OHP/Pacific21(海半球観測網)や USGS の固定観測点が数点ずつ稼働しているのみである。ミクロネシア諸島は地球上で最大級であるオンジャワ海台の北端側に位置している。JAMSTEC と地震研究所はこのオントンジャワ海台の生成プロセスの解明を目的とした広帯域地震計による長期海底観測を 2014 年 10 月から展開している。それと連携して観測網を補完する形で既存の固定観測点の空白地点に新規に臨時観測点を設置し、ミクロネシア地震観測アレーを構築した。本講演ではその概要とデータ取得状況およびデータ品質について報告し、この地球深部観測アレーとしての可能性について議論する。

この観測プログラムで推進している項目は以下の 3 点である。(1) マーシャル諸島マジュロ観測点の再起動 (2) ミクロネシア諸島チューク島、コスラエ島での臨時観測点の設置 (3) パラオ観測点の移設。マジュロ観測点は観測点用地の使用許可の事情で長期にわたって欠測をせざるを得なかったが、代替地の準備が整い再開に至っている。マジュロ島が環礁の島であり、新たな観測点は環礁の中の小島にある。波浪によるノイズは避けられないが、その場所には主要道は無く結果として短周期人工ノイズは無いに等しい。チューク島およびコスラエ島では現地住民の方に協力を受け静穏な場所の提供を受けている。パラオ観測点は従来の地点が居住地域にあるためにノイズレベルが高い課題があった。4 年ほどの時間をかけて非居住地域の適地を探しだし、STS-1 地震計を移設して現在安定した観測の段階に入っている。新地点は通信回線の整備が難しいので従来の地点も継続して運用し、リアルタイム観測網のひとつとして運用している。

これらの設置した観測点はすべて電源を太陽光発電を用いていることと、オフライン収録であり定期的な管理がなくデータがすべて現地に保管されている。データ回収は年 2 回程度保守に併せておこなう。様々な理由により収録が停止する可能性があり、欠測期間を最小にすべくすべての観測点にそれぞれ 2 式の計測システムを設置することとした。

今回臨時観測点として設置したチューク島およびコスラエ島については昨年 12 月に最初のデータ回収を実施した。計測システムの二重化の効果は早速あり、連続データの取得を実現している。海洋島の観測点であるため、一般的には大陸のデータと比較するとデータの品質はかなり劣る例が多い。一方でこの観測の目標を達成するには遠地深発地震の実体波波形の良質なデータも求められる。取得したデータのノイズを分析すると脈動が大きいのはやむを得ないが、海洋島観測点としては低いレベルのノイズである。特にチュークは設置地点の地盤条件が良く水平動成分においても長周期成分でも安定した信号が取得されている。また遠地深発地震の PKP 相も明瞭に計測されており、今後のデータの蓄積が期待される。イギリスのグループが海台の南側にあたるソロモン諸島・パプアニューギニアでの観測網を展開しており今後連携を図る予定である。

キーワード: 広帯域地震観測, オンジャワ海台

Keywords: Broadband seismic observation, Ontong-Java Plateau

燃料電池による地震観測のための電源確保 Use of fuel cell system as a power source for seismic observation

加納 靖之^{1*}; 吉村 令慧¹; 片尾 浩¹; 前田 健作²; 山下 全広²

KANO, Yasuyuki^{1*}; YOSHIMURA, Ryokei¹; KATAO, Hiroshi¹; MAEDA, Kensaku²; YAMASHITA, Masahiro²

¹ 京都大学防災研究所, ² 東洋紡株式会社

¹Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ²TOYOBO CO., LTD.

地震や地殻変動の研究において、しばしば商用電源のない場所での観測が必要になることがある。大地震発生時の臨時観測や定常的な観測網がカバーしないような稠密な観測をする場合である。また、商用電源がある場所での観測においても、災害時の電源バックアップは重要である。特に地震発生前後の貴重なデータを連続的に記録するという観点に立てば、電源のバックアップを用意することが望ましい。

これまでは、蓄電池（主に車載用）や太陽電池を活用して商用電源のない場所での観測が実施されてきている。しかし、蓄電池は重く運搬に不向きであり、また一定の期間ごとに交換する必要がある。太陽電池の場合は、天候により十分な電力が確保できなかつたり、夜間は発電できないなどの短所がある。電源に関するもうひとつのアプローチとして省電力型の観測システムを構築するというやり方もあるが、これは主にデローガーについてのアプローチである。センサーによっては一定の電力を必要とする場合があり、またテレメータする場合にはシステム全体に必要な電力は大きくなりがちである。

近年ダイレクトメタノール型（メタノールと空気を触媒によって化学反応させて発電）のコンパクトな燃料電池が開発され、長期間にわたって安定的に観測用の電力を供給することが可能となってきた。大気観測（屋久島）や、斜面崩壊の観測、砂防工事や火山の監視などでの実績もある。このような燃料電池を使用した地震観測システムの実現性を検証するため、京都大学防災研究所の八木観測点（DP.YGI）において、燃料電池と太陽電池を併用した観測システムを設置し、観測をおこなった。システムの構成は以下のとおりである：短周期地震計、データロガー（白山工業 LS7000-XT）、燃料電池（東洋紡 ProtonCube(R)）、太陽電池パネル、電源制御機器、モバイルルーター（NEC MR03LN）。2013年12月末から観測を開始し、現在も観測中である。降雪や荒天などにより、太陽電池からの電力が期待できない状況であったが、燃料電池からの電力供給により順調に観測システムが動作している。現状では燃料電池に10Lの燃料タンクを2個接続しており、半年程度は観測を継続できると見込まれる。燃料タンクの増設によりさらに長期間、無交換での運用も可能になる。今後は、燃料電池を利用した地震や地殻変動の観測のため、地震計以外のセンサーやより厳しい観測環境における試験をおこなう予定である。

キーワード: 燃料電池, 地震観測, 地殻変動観測, 臨時観測, 電源確保

Keywords: fuel cell, seismic observation, crustal deformation observation, temporal observation, power supply