

Analysis of Site Effects at the Sagami Bay Strong Motion Stations for Real Time Application

*Yadab Prasad Dhaka¹, Wataru Suzuki¹, Takashi Kunugi¹, Shin Aoi¹

1.National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

The large scale installation of cable linked network of ocean bottom seismographs (OBS) and pressure gauges (S-net) is undergoing in the Japan Trench area for more accurate and rapid early warning of earthquake and tsunami. It is expected that the data recordings will begin in this year. Previous studies of ground motions recorded at the OBS in the Nankai Trough area in Japan showed that the amplitudes of the ground motions at the OBS are significantly larger than those recorded at the land stations at equal distances. The studies elucidated that the main reason for the large amplitude motions at the OBS is the large amplification effects of low velocity layers beneath the stations. The studies have, therefore, recommended correction for the magnitude estimated by using the current procedures for OBS data. It is important to devise a methodology for accurate magnitude estimation applicable to the S-net seismic data as the S-net stations are expected to record the far offshore events first in the Japan Trench area. In this paper, we obtain site amplifications by spectral inversion method at the K-NET OBS in the Sagami Bay area. There are six such stations, namely KNG201 through KNG206, in the Sagami Bay area. In the inversion, we also included land stations in the Kanto area. Theoretical amplification factors based on PS-logging data at the KNGH21 KiK-net site are used as constraints to minimize the tradeoff between the various parameters. We used recordings from moderate events (M_w 4 ~ 6) and epicentral distances between 30 to 300 km. The PGAs are mostly < 100 gal for the recordings. The obtained results show that the sites at the Sagami Bay area experience amplifications by five to ten folds compared to the reference KiK-net site in wide frequency ranges. These results are similar to those reported for the Tonankai sea floor areas in Japan. Previous researches have shown that the amplifications of high frequency ground motions may differ substantially due to nonlinear site response during strong shaking. It is, therefore, important to consider the effects of nonlinear site amplification as well. This paper focusses mainly on the linear site amplification. We will examine the nonlinear site amplification effects on the OBS recordings in our future study. In this study, the estimated magnitudes based on the inverted source spectra agree well with the F-net M_w . We also found that the estimated Q_s values are in the range of previous studies.

Keywords: Ocean bottom seismographs, S-net, Site effects, Spectral inversion, Sagami bay

リージョナルデータに対する M_{hdd} の係数の決定Determination of the coefficients of M_{hdd} for regional data*原 辰彦¹*Tatsuhiko Hara¹

1. 建築研究所国際地震工学センター

1. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute

Hara (2007, EPS) developed a formula to calculate magnitudes using durations of high frequency energy radiation (HFER) and maximum displacement amplitudes using tele-seismic P waves. Hara (2013, SSJ) referred to a magnitude calculated by this formula as M_{hdd} . Hara (2014, JpGU) tried to revise the coefficients of the formula by a grid search to reduce the dependences of differences between M_{hdd} and M_{w} on epicentral distance and HFER duration. M_{hdd} calculated by the obtained coefficients were underestimates for larger earthquakes.

Hara (2015, SSJ) investigated the characteristics of M_{hdd} for tele-seismic data by another grid search, in which the dependence of M_{hdd} on M_{w} was taken into account in addition. He proposed a revised formula with small dependences of the differences between M_{hdd} and M_{w} on epicentral distance, HFER duration, and M_{w} allowing a slightly larger RMS of their differences.

In this study, we applied the procedure of Hara (2015) to regional data to determine the coefficients of M_{hdd} appropriate for regional distance range. We used broadband data recorded at FDSN stations in the epicentral distance range between 10 and 30 degrees for 60 events that occurred in between 1995 and May 2015. We retrieved data from the IRIS DMC. We conducted the grid search for the M_{hdd} coefficients following Hara (2015) and evaluated the dependences of the differences between M_{hdd} and M_{w} on epicentral distance, HFER duration, and M_{w} . As was observed for tele-seismic data, there is a significant M_{w} dependence for the set of the coefficients which provides the minimum RMS of the differences between M_{hdd} and M_{w} . As Hara (2015) showed for tele-seismic data, when we allow a slightly larger RMS of their differences, it is possible to find a set of the coefficients for regional data for which the dependences of their differences on epicentral distance, HFER duration, and M_{w} are small.

キーワード：マグニチュード、高周波エネルギー放射

Keywords: Magnitude, High frequency energy radiation

地震規模の即時把握：海域の地震観測網にも適用可能な緊急地震速報のマグニチュード推定手法の検討

Magnitude estimation for Earthquake Early Warning applicable for various seismic networks including OBS

*林元 直樹¹、中村 武史²、干場 充之¹

*Naoki Hayashimoto¹, Takeshi Nakamura², Mitsuyuki Hoshiba¹

1. 気象研究所地震津波研究部、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構

1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Research Institute, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

震源近傍の観測点数で捉えられた地震波をリアルタイムに処理することで得られる緊急地震速報において、迅速化・精度向上のためには、震源に近い場所での安定した観測が重要である。近年、日本近海で整備されつつある防災科学技術研究所のS-net、海洋研究開発機構のDONET1・DONET2などのリアルタイム海底地震観測網は、揺れが陸域に到達する前に震源直上での記録が得られることから、緊急地震速報の更なる迅速化・精度向上への寄与が期待されている。

しかしながら、海底地震計のデータを緊急地震速報に利用する上でのいくつかの課題が明らかになってきた。そのひとつが、OBSのデータにみられる傾動やヒステリシスの影響と考えられる加速度オフセットである。インラインケーブル式海底地震計では、強震時に地震計の傾動によるオフセットノイズが生じることが、JAMSTECの釧路沖OBSの解析によりわかった（林元・他、2015、JpGUなど）。また、設置方式は異なるものの、JAMSTECのDONET1でも、傾動やヒステリシスに起因するオフセットノイズが生じることがわかっている（気象庁緊急地震速報評価・改善検討会 技術部会（第5回）資料、2014）。

加速度オフセットノイズは、緊急地震速報の地震規模推定に影響を及ぼす可能性がある。現在の緊急地震速報のマグニチュード（M）算出手法では、気象庁一元化震源のM（M_j）に近いMを算出するために、3成分合成した変位波形の最大振幅による変位M式を用いている。ここで変位波形は、観測された加速度波形に対し、2階積分ののち特性変換のため6秒2次相当のハイパスフィルタを適用するのに相当する特性変換処理を漸化式フィルタによって行うことで得られる。しかし、加速度記録にオフセットが混入することで、変換した変位波形に振幅の大きなオフセットノイズを生じさせてしまい、結果としてMの過大評価につながる可能性がある。

我々は、特にオフセットノイズが大きくなる地震計の傾動の特徴に着目し、安定した地震規模推定のため上下動変位振幅を用いたM推定手法を提案する。傾動によるオフセット変化は、鉛直方向に働く重力加速度の分力として各成分に生じるため、小さな姿勢角変化であれば上下動成分に最も生じにくい。釧路沖OBSの解析により、上下動振幅を用いることで強震時の傾動によって生じるMの過大評価の影響を軽減できることが確認できた。また、上下動の長周期成分を用いることで、OBSに限らず陸上の観測点においても、サイト増幅特性の違いによる地震波の増幅の影響を低減することができる可能性があることがわかった。K-NETやKiK-net（地中・地表）のデータに上下動M式を適用した場合、3成分合成変位を用いたM式と比較して、観測点・観測網間でのMのばらつきが小さくなることがわかった。本発表では、陸域・海域を問わずどの観測網にも適用可能な上下動変位M式を算出し、その適用例を報告する。

謝辞：本報告には、気象庁観測点のほか、海洋研究開発機構のDONETと釧路沖OBS、防災科学技術研究所のK-NET、KiK-netのデータを利用しました。記して感謝いたします。

キーワード：海底地震計、緊急地震速報、マグニチュード推定、傾動、サイト増幅特性

Keywords: Ocean Bottom Seismograph, Earthquake Early Warning, Magnitude estimation, Inclination, Site amplification

センサークラウド技術を用いた地震記録収集・解析システムの開発

Development of the gathering and analyzing system for seismic response by use of the sensor cloud technology

*内藤 昌平¹、東 宏樹¹、はお 憲生¹、藤原 広行¹

*Shohei Naito¹, Hiroki Azuma¹, Ken Xiansheng Hao¹, Hiroyuki Fujiwara¹

1. 防災科学技術研究所

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

K-NETやKiK-netに代表される日本全国を覆う高密度に設置された強震計により観測された各種指標および観測波形を各種回線網経由でセンター側に即時伝送し、データを収集・蓄積・活用するシステムは我が国で約20年にわたり運用され、現在も様々な技術開発が実施されている。このように充実した観測網を構築し、運用してきたことは先人による英知・努力の結集であり、それに際して多額の設備投資や多数の人材投入がなされてきた。

一方で我々はこれら国家的プロジェクトとは別のアプローチとして、近年発展が著しいセンシング技術やクラウドコンピューティング等のIT技術を用いることで、地震計としての性能は数桁劣るとしても、観測対象を一般住宅まで広げることで高密度な観測を可能にし、即時性の高い情報配信や構造物の早期損傷検知等に活用されることを目的とした「センサークラウド」の技術開発を進めてきた。

現在、我々がセンサーとして主に利用しているものはスマートフォン等に内蔵されるMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 加速度センサーであるが、それ以外にもGPS、ジャイロ等他の小型・汎用型センサーのほか、画像・映像等を含めた多種多様なセンシングを想定している。これら最新のセンシング技術を用いて構造物等を多点で観測することで、地震時の挙動を三次元的に把握することを可能にし、また取得したデータをクラウド環境でアーカイブし、地震被害予測につながるデータを蓄積することを目指している。

これまで我々は実大三次元震動破壊実験施設 (E-Defense) で実施された各種構造物の震動実験への参加や、一般住宅及び公共施設内部に取り付けられた複数のセンサーによる地震観測実験を多数実施してきた。これらのセンサーが取得した実験記録はインターネットを経由して観測後数分程度でクラウドサーバーに配信される。また、データは震源情報と紐づいた形で観測点毎にアーカイブされ、利用者はWebブラウザを開き、マッピングされたアイコンをクリックすることでこれらのデータをダウンロードすることができる。また、三成分加速度波形の表示、積分、FFT、軌跡、計測震度演算等の簡易な解析はWebブラウザのみで可能である。

これらの機能を追加したことで、地震波形解析の経験がない一般的な市民でも自宅にセンサーを設置後、取得した地震記録を参照し、他の地震や別の場所で計測された地震記録と振幅、周期特性等の観点から比較することが可能になった。一方、例えば建物のオーナーにとって、これらの情報が公開され、土地や建物毎の揺れ方の違いが顕在化することは好ましくない場合がある。そこで、我々はユーザー・グループ別の階層構造を設けることでアカウント毎に閲覧制限を持たせ、管理外の情報については参照できないようにした。

以上のように我々はスマートフォン内蔵のMEMS加速度センサーが取得した地震記録をクラウド環境で収集・解析するシステムを試作したが、他にも汎用型センサーとして多種多様な端末が存在するため、これらのデータをシームレスに集約し、利活用するシステムの開発に尽力していきたい。また、近年大容量のデータから特定のパターンを抽出する機械学習等の情報処理技術が各種開発されており、これらの手法を取得したデータに適用することも検討したい。

最後に、開発したシステムを社会実装するには我々研究開発者の力だけでは不十分であり、利活用側の視点が必要となる。従って、今後は行政、企業、市民を含めた実験パートナーをいかに確保していくかということが極めて重要である。

謝辞：本研究は防災科研で毎月開催されている「センサークラウド研究会」において過去5年以上様々なテーマで検討されてきた議論が元になっている。この研究会の参加者および実験に協力いただいた全ての方々に謝意を表します。

キーワード：センサー、クラウド、ネットワーク

Keywords: Sensor, Cloud, Network

自治体震度計によるリアルタイム情報配信の試み-鳥取県の事例-

An approach for real time data acquisition from seismic intensity meter maintained by a local government -Case study on Tottori prefecture -

*香川 敬生¹、野口 竜也¹

*Takao Kagawa¹, Tatsuya Noguchi¹

1.鳥取大学大学院工学研究科

1.Tottori University Graduate School of Engineering

緊急地震速報をより高度化，高精度化するにあたっては，観測点の密度を高くすることがひとつの解決方法となる。その際，自治体（平成の大合併前の市町村）に設置されている震度計は，新たに活用すべき観測点の有力な候補となる。そこで，鳥取県の震度観測ネットワークについて，1秒パケットで最大加速度およびその時点の震度情報を配信できるようなシステム更新をおこない，その情報をリアルタイムあるいは予測震動分布情報として活用する試みをおこなっている。また，将来的な利用にあたっては，サイトによる震度の補正を行う必要がある。そのための情報については，地震観測記録を解析し，また補足的に常時微動探査をおこなって地下構造モデルの推定をおこなっている。これらについて，鳥取県における現状および課題を紹介したい。

キーワード：自治体、震度計、リアルタイム

Keywords: Local Government, Seismic Intensity Meter, Real Time

リアルタイム地震情報表示プログラムの作成 Real-time Earthquake Information Display System

*古舘 友通¹

*Tomomichi Furudate¹

1.気象庁気象研究所地震津波研究部第三研究室

1.Meteorological Research Institute

私の所属する研究室では地震波動場の即時予測(Hoshiya et al. 2015)の研究開発を行っており、その一環としてリアルタイム地震情報の表示システムの開発を行っている。システムはデータ受信プログラム rcvt, データ変換プログラム shmdump, 波形サーバーによって構成される。

rcvtと shmdumpは WINシステムに含まれるプログラムである。

波形サーバーはメモリ上に波形バッファを持ち、WebブラウザからのリクエストによってクライアントにJSONフォーマットの地震波形データ、計測震度、最大加速度を送信する。

Webブラウザは波形サーバーに毎秒アクセスして受信したデータを HTMLファイルの中に記述された JavaScriptプログラムによって表示する。

波形サーバーは数百点以上の観測点データを処理する必要があり、高速処理が必要となる。高速化のためにGPUによる並列処理についての調査を行った。

計測震度の計算ではフーリエ変換が必要であり、フーリエ変換の高速化が重要である。

はじめにフーリエ変換について複数のライブラリによる処理性能の調査を行った。

実行環境は OSが Windows 8.1(64ビット版), CPUが Intelの Core i7-4770K

(3.5GHz, 4コア), GPUが NVIDIAの GeForce GTX 760, Cコンパイラが gcc 4.9,

FFTライブラリが FFTW 3.3, GPU用のFFTライブラリとして NVIDIAの CUDAに含まれる cuFFT.

データ数 2の22乗(419万)では、広く使われているFFTライブラリ FFTWに比べてGPUを使用する cuFFTは 10倍以上高速だった。

次に計測震度について調査を行った。

100Hzサンプリングの5分間の地震波形データを使用した(データ数 30000)。

比較のためにリアルタイム震度についても行った。

その結果、計測震度は FFTWを使用した場合はリアルタイム震度より遅いが、

GPUを使用すればリアルタイム震度よりも高速である。

今後、GPUを複数の観測点の処理の並列化に応用して高速化を図る予定である。

謝 辞

本研究の一部はJSPS科研費25282114「実時間地震動予測：実況値を反映させる手法の構築」の助成を受けたものです。

リアルタイム震度のプログラムは小木曾氏(気象研究所)から提供していただきました。

感謝いたします。

参考文献

1) Mitsuyuki Hoshiya and Shigeki Aoki, Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning: Data Assimilation, Real-Time Shake Mapping, and Simulation of Wave Propagation, BSSA, 2015, Bulletin of the Seismological Society of America June 2015 vol. 105 no. 3 1324-1338

2) 気象庁:震度を知る(気象庁・監修)、ぎょうせい、1996年、pp.238.

3) 功刀卓他:震度のリアルタイム演算に用いられる近似フィルタの改良、地震 第2輯 第65巻、2013年、 pp.223-230

キーワード：地震情報、GPU、並列処理

Keywords: earthquake information, GPU, parallel processing

箱根火山下で発生した火山性地震の検出を目的としたノイズの除去

The removal of noise to detect volcanic earthquakes which occurred under Hakone volcano

*若松 修平¹、川方 裕則¹、平野 史朗¹

*Shuhei Wakamatu¹, Hironori Kawakata¹, Shiro Hirano¹

1.立命館大学理工学部物理科学科

1.College of science and engineering, Ritsumeikan University

火山性地震には多くの種類が存在する。しかしながらその分類方法は統一されておらず、研究者や火山によって分類方法や基準は異なっている。火山性地震のどの部分に着目して分類するかは筆者によって様々であるし、また同じ名称で分類していても、分類の基準となる値が違うこともある(西村・井口,2006)。以上のように、文献によって火山性地震の分類基準・名称が異なると、混乱を招く。西村・井口(2006)は、「このような基準のずれや分類項目の複雑さは、火山性地震や微動の研究を分かりづらくしている理由の一つである」と述べている。したがって、火山性地震の分類方法を統一することは重要であると言える。そのためには、火山性地震の連続波形データから、十分な量の火山性地震を抽出する必要がある。

しかしながら、火山に設置された地震計には、火山性地震による揺れ以外にも、人の生活に起因する揺れが観測される可能性がある。そのため、火山性地震とそれ以外の揺れを分け、火山性地震のみを抽出するためには、データ毎に火山性地震かそれ以外のことに起因する揺れかということ判断し、火山性地震以外の揺れをノイズとして取り除いていく、という作業が必要となる。これらの作業を行うためには、火山性地震が検出できるよう、火山活動が活発となっている時期がある火山を研究対象とする必要がある。また人の生活に起因するノイズについて解析することで、それらのノイズの強さや周波数を推定でき、火山活動が活発な時期でも人の生活に起因するノイズを発見・除去しやすくなると考えられるため、火山活動が活発ではない時期もある火山が望ましい。

以上の点から、本研究では、2015年4月～9月に火山活動が活発化した箱根火山を研究対象とし、気象庁が公開している二ノ平観測点上下成分の連続波形記録を用いて、火山性地震ではないと思われる揺れを検出・除去できるよう試みた。

二ノ平観測点のデータには、観測点の近くにある彫刻の森駅を発着している電車の波形が記録されていた。以上のことは、彫刻の森駅に電車が発着していた時間と、揺れが発生していた時間で同じであったことから推定できた。

これら電車の発着による揺れの検出について、電車の波形のテンプレートを複数選出し、これらテンプレートと観測波形で似ている部分を検出することを試みた。具体的にはまず、2015年3月29日午前5時～午前9時までの間に発着した20回分の電車による波形を54個に分けたものをテンプレートとした。これらのテンプレートのエンベロップを計算して位相情報をなくした後、時間窓1秒、ずれ0.2秒で移動平均を計算することでスムージングを行なった。これらの処理を観測波形全体にも施し、テンプレートと観測エンベロップ相関をとった。この相関を用いて、電車波形を検出する方法について検討した。

以上の処理を2015年3月29日のデータに適用したところ、合計で116回あった電車による揺れのうち、112回は検出できた。また、24時間のうち、約300秒は電車が来ていない時間帯にも関わらず電車による揺れとして検出された。これらの処理を火山活動が活発化していた時期に適用することで、火山性地震を検出しやすくなることが期待される。また、以上の処理を2015年6月29日のデータに適用したところ、電車が彫刻の森駅に発着している時間にも関わらず、電車波形として検出されなかった部分があった。これらの部分には、火山性の地震波と思われるシグナルが卓越していた。これは、火山性地震の検出という本研究の目的とてらして、成功したといえる。

謝辞:本研究にあたり、気象庁火山観測網のデータを使用させていただいた。

キーワード：火山性地震

Keywords: volcanic earthquake

The ambient noise analysis for the Tatun Volcano Group, Northern Taiwan

*Ya-Chuan Lai^{1,2}, Cheng-Horng Lin^{1,2}, TVO team²

1.Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan, 2.Taiwan Volcano Observatory at Tatun, Taiwan

The Tatun Volcano Group (TVG) locates in the north part of Taiwan, where is close to the metropolitan Taipei with distance less than 20 km. Thus, the monitoring for the potential activity is required for geohazard assessment. Near forty broadband seismic stations have been installed in the TVG area to monitor the volcanic activity up to recent time. The dense seismic network with long-term continuous seismic data would provide the information to study the temporal or spatial change of properties of the TVG. In the study, we use ambient noise between stations to determine the temporal variation related to the 2014 M_L 4.0 Shilin earthquake, which is one of the largest event occurred in the TVG area. The daily empirical Green's functions are derived from cross-correlation of continuous vertical-component data during the time period one year before and after the earthquake occurrence. The time shift between specified and reference empirical Green's function is then estimated to detect the small seismic velocity change of the medium associated to the Shilin earthquake. Besides, the auto-correlation of individual stations nearby the main shock epicenter is also applied to improve the ability of detection.

Keywords: seismic ambient noise, cross-correlation

GNSSの1秒データを用いたW-phase解析と断層面推定（2003年十勝沖地震の事例）

W-phase analysis and fault parameter estimation by using high-sampling-rate(1Hz) GNSS data
(for the case of the 2003 Tokachi-Oki earthquake)

*宮岡 一樹¹、勝間田 明男¹、上野 寛²、川元 智司³、檜山 洋平³

*Kazuki Miyaoka¹, Akio Katsumata¹, Hiroshi UENO², Satoshi Kawamoto³, Yohei Hiyama³

1.気象研究所、2.気象庁、3.国土地理院

1.Meteorological Research Institute, 2.Japan Meteorological Agency, 3.Geospatial Information Authority of Japan

気象庁は海域で大きな地震が発生すると、発震後3分を目安に津波注警報を発表している。その際に用いる主なデータは震源とマグニチュード(M)で、メカニズム解などの情報は用いていない。このため、その後に得られる初動メカニズム解、CMT解などの情報を基に、より適切な津波注警報への更新を行う必要がある。この目的のため、気象庁は2013年度から広帯域地震計を用いたW-phase解析を行っており、概ね8分程度で解が得られるとしている(碓井・山内,2013)。

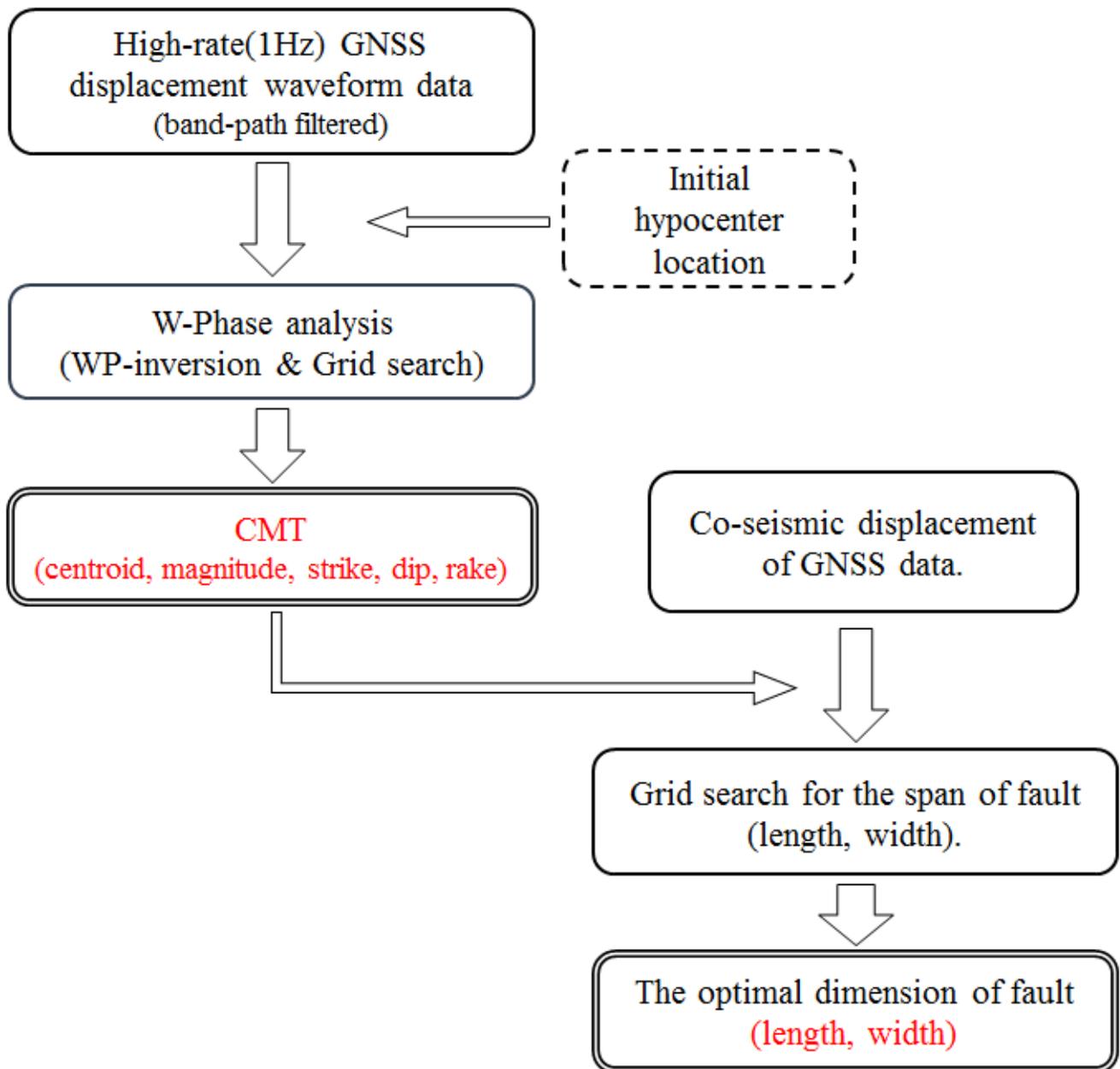
上野ら(2014)は、国土地理院が解析を行っている1HzのGNSSデータを用いたW-phase解析を試みた。2011年東北沖地震の本震(Mw9.0)およびその約30分後に発生した最大余震(茨城県沖、Mw7.7)について、比較的近距离(震央距離2~6°ないし、1~4°)の観測点を使用してW-phase解析を行い、良好な結果が得られている。上野らはこの手法を用いることで、広帯域地震計などの速度記録を積分する際の積分誤差が、もともと変位を観測しているGNSSデータには含まれないことなどのメリットを挙げ、発震後、4~5分でメカニズム解が得られる可能性を指摘している。

さらに宮岡ら(2014)はこのW-phase解析で得られたメカニズム解を基に、同じGNSS観測点での地震に伴う永久変位のデータを用いて、さらに断層面の広がりやを推定する試みを行った。断層パラメータのうち、断層の走向、傾斜、すべり角はそれぞれW-phase解析で得られた値を用い、また求める断層面の中心(緯度、経度、深さ)はW-phase解析で得られたCMT解のセントロイドに固定した上で、断層の長さ、幅を可変とし、すべり量はモーメントと断層面積から与える。各GNSS観測点での永久変位(観測値)と断層すべりによる変位(計算値)の誤差が最小となるような断層の長さや幅をグリッドサーチで求めるという方法である。この手法を用いて上記ふたつの地震について解析をおこない、概ね、妥当な結果が得られている。その上で、実用化に向けて解析事例を増やしていく必要性を指摘している。

本発表では上記の方法を用い、新たに2003年十勝沖地震(Mjma8.0)の解析を行ったので報告する。

キーワード：W-phase、GNSS 1秒データ、2011 太平洋沖地震、2003 十勝沖地震

Keywords: W-phase, GNSS 1Hz data, 2011 Tohoku-Oki earthquake, 2003 Tokachi-Oki earthquake



津波即時予測のための沖合水圧時系列記録マッチング手法の検討

Study on matching method of the ocean bottom pressure waveforms toward real-time tsunami forecast

*鈴木 亘¹、青井 真¹、平田 賢治¹、山本 直孝¹、中村 洋光¹、鈴木 進吾¹、武田 哲也¹、松原 誠¹、功刀 卓¹
*Wataru Suzuki¹, Shin Aoi¹, Kenji Hirata¹, Naotaka YAMAMOTO¹, Hiromitsu Nakamura¹, Shingo Suzuki¹, Tetsuya Takeda¹, Makoto MATSUBARA¹, Takashi Kunugi¹

1.防災科学技術研究所

1.National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

防災科学技術研究所では、現在整備を進めている日本海溝海底地震津波観測網（S-net；金沢・他、2012、連合大会；植平・他、2015、地震学会）により沖合で観測される海底水圧データを活用して、千葉県九十九里・外房地域を対象に沿岸での津波高さのみならず陸域への津波遡上までを迅速に予測するシステムの開発を行っている（青井・他、2015、連合大会）。この津波遡上即時予測システムでは非線型現象である津波遡上を広い地域に亘って予測するためにデータベース検索型の手法を採用している。まず、波源断層モデルとそれに基づく津波シミュレーションにより計算されたS-net観測点での沖合水圧変動、沿岸での津波高さ到達時間、対象地域での浸水深分布と到達時間などの一連の結果を一つの津波シナリオとして、津波シナリオバンクを予め構築する（鈴木・他、2015、地震学会）。この津波シナリオバンクからS-netで実際に観測された沖合水圧データを説明するシナリオ（群）を高速かつ適切に検索し、選択されたシナリオ（群）の沿岸津波高さ分布や対象地域での浸水深分布から津波予測情報を生成することにより、迅速かつ精度の高い予測の実現を目指している。現在シナリオの選択基準としては、ある時刻での沖合水圧変動の空間分布を相関係数および2種類のVariance Reductionで評価する手法（山本・他、2016、本大会）の実装を進めている。開発システムの堅牢性を強化するためには、多重のアプローチにより津波予測情報、津波の危険性に関する情報を生成できることが望ましい。そのため本研究では、より直接的に津波の周期に関する情報を評価できると期待される、各観測点における水圧変動時系列のマッチングを行うことで、適切なシナリオを選択する手法についての検討を行う。水圧変動時系列のマッチングに用いる指標として、差の絶対値をとるL1ノルムおよび最小二乗法的な評価となるL2ノルムについて検討した。津波波形のL2ノルムを用いたマッチングは、Gusman et al. (2014, JGR) で提案されたフォワード計算とデータベース検索を組み合わせることによる即時遡上予測計算でも用いられている。2011年東北地方太平洋沖地震を対象に、内閣府による「南海トラフの巨大地震モデル検討会」にて検討された震源モデルのすべり分布から計算した沖合津波データを模擬観測データに用いて検討を行った。津波シナリオバンクとして、確率論的津波ハザード評価において検討された日本海溝沿いの約1,800通りの断層モデル群（平田・他、2014、連合大会）に基づく計算結果を蓄積した。S-net全150点について、地震発生時を基点として最大10分間までの水圧変動時系列の模擬観測データと計算沖合津波データとのノルムの和を小さくするシナリオ群は、L1ノルム、L2ノルムの両方とも、評価に用いたS-net観測点での水圧変動の振幅や結果としての沿岸での最大水位上昇量分布についてやや過小評価の傾向が見られた。特に震源でのすべりが局所的に非常に大きな領域の直上に位置する観測点での水圧変動の振幅を十分に説明できていなかった。また、L2ノルム最小の評価では、地震発生から1分の時点において比較的広い範囲に津波をもたらすシナリオが選別されたが、L1ノルムを最小とするシナリオは6分後の時点においても沿岸での最大水位上昇量分布の振幅が大きい領域の広がりも充分ではなく、津波発生初期の段階ではL1ノルムの評価は過小評価である傾向が見られた。同様の検討を異なる領域、規模の地震で発生した津波に対して実施し、L1、L2ノルムによる評価の共通的な特徴を把握することにより、適切な時系列マッチング手法の構築を進めていく予定である。

謝辞：本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理人：JST）によって実施された。

キーワード：津波即時予測、津波遡上、シナリオバンク、S-net

Keywords: Real-time tsunami forecast, Tsunami inundation, Scenario bank, S-net

