

## 人間以上に高精度の地震波自動読み取りシステムの開発 (その4) Automatic arrival time picking compared to manual picking (4)

堀内 茂木<sup>1\*</sup>, 堀内優子<sup>1</sup>, 飯尾能久<sup>2</sup>, 高田陽一郎<sup>2</sup>, 澤田義博<sup>3</sup>, 関根秀太郎<sup>3</sup>, 中山貴史<sup>4</sup>, 平原 聡<sup>4</sup>, 河野俊夫<sup>4</sup>, 中島淳一<sup>4</sup>, 岡田知己<sup>4</sup>, 海野徳仁<sup>4</sup>, 長谷川昭<sup>4</sup>, 小原一成<sup>5</sup>, 加藤愛太郎<sup>5</sup>, 中野 優<sup>6</sup>, 中村武史<sup>6</sup>

Shigeki Horiuchi<sup>1\*</sup>, Yuko Horiuchi<sup>1</sup>, Yoshihisa Iio<sup>2</sup>, Youichiro Takada<sup>2</sup>, Yoshihiro Sawada<sup>3</sup>, Shutaro Sekine<sup>3</sup>, Takashi Nakayama<sup>4</sup>, Satoshi Hirahara<sup>4</sup>, Toshio Kono<sup>4</sup>, Jyunichi Nakajima<sup>4</sup>, Tomomi Okada<sup>4</sup>, Norihito Umino<sup>4</sup>, Akira Hasegawa<sup>4</sup>, Kazushige Obara<sup>5</sup>, KATO Aitaro<sup>5</sup>, Masaru Nakano<sup>6</sup>, Takeshi Nakamura<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 株式会社 ホームサイズモメータ, <sup>2</sup> 京都大学防災研究所, <sup>3</sup> 地震予知総合研究振興会, <sup>4</sup> 東北大学 大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター, <sup>5</sup> 東京大学 地震研究所, <sup>6</sup> 独立行政法人 海洋研究開発機構

<sup>1</sup> Homeseismometer Corporation, <sup>2</sup> Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, <sup>3</sup> Association for the Development of Earthquake Prediction, <sup>4</sup> Research Center for Prediction of Earthquake and Volcanic Eruptions, <sup>5</sup> Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, <sup>6</sup> Japan Agency for Marine-Science and Technology

1. はじめに 海底地震計の整備や、安価な地震観測装置の開発に伴い、P波、S波到着時刻の読み取り量が増え、オペレータによる読み取りは、限界を超えつつある。我々は、地震の専門家のノウハウを組み込んだP波、S波自動読み取りシステムの開発を行っている。本システムは、東北大学に試験的にインストールされた日本の全リアルタイム地震観測データを用いた震源決定が行われるようになった。また、福島県南部・茨城県北部等で実施された臨時地震観測データを用いた自動震源決定にも適用されている。本発表では、これらの結果について報告する。

2. 震源決定手法の改良 自動震源決定では、複数の地震が同時発生する等の場合に正しく計算できないことが多かった。そこで、以下の方法で震源決定を行うようにした。1) 全観測点でのP波、S波到着時刻の読み取り。2) 3成分波形を用いた、読み取った位相がP波であるか、S波であるかの判定。3) 全ての観測点について、理論波形に類似した関数を定義。具体的には、P波、S波読み取り時刻の近傍での振幅が  $\exp(-(t-p)/p)^2$ ,  $\exp(-(t-ts)/s)^2$ , それ以外では振幅ゼロとなる関数を定義する。ここに、 $t_p, t_s$  はP波、S波到着時刻であり、 $p, s$  は定数である。4) 理論波形(関数)を最もよく満足する震源位置と到着時刻とをグリッドサーチで推定。5) 求められた解と一致するP波、S波読み取りデータを用いた最小二乗法による震源決定。

グリッドサーチでは、全ての観測点の関数の振幅の和の最大値が最大となるよう解を求めた。発生時刻に関するグリッドサーチは最初に行うようにし、空間に関するグリッドサーチは、着末着法に使われている方法(Horiuchi et al., 2005)を用いた。この方法のメリットは、1) P波、S波到着時刻以外の時刻範囲で計算を実行する必要がなく、計算を高速に行うことができること、2) 複数の地震が同時に発生した場合にも、正確な震源決定が行えること、である。ディスクに保存された、日本全体の1日間の波形データに、この方法を適用する場合の計算時間は約3時間である。グリッドサーチに振幅を用いる方法も検討したが、走時に比べ分解能が低く、採用しなかった。

### 3. 結果

1) 日本全体の連続波形データを、Hi-netからコピーし、自動処理による結果と一元化震源によるそれとを比較した。コピーしたのは、2011年9月3日の1日間である。この日の気象庁一元化震源による震源決定個数は588個、自動震源決定できた地震数は1316個で、自動震源できた地震数は一元化震源の2.4倍であった。間違った震源決定の割合は、1-2%であった。一元化震源ではマグニチュードが2を超える多くの地震が、決定できていないことが示された。

2) 2012年12月より、本システムが東北大学にインストールされ、日本全体のリアルタイム地震観測波形データを用いた自動震源決定が開始され、一元化震源の2倍近い震源が決定されている。この結果については、本大会で、中山他により報告される。

3) 東北地方太平洋沖地震以降、東京大学地震研究所等により、福島県南部・茨城県北部で、約60点の稠密臨時地震観測が行われている。このデータに、定常観測網のデータを加えたデータセットに対して本システムによる自動震源決定が行なわれ、その結果については、本大会で、加藤他により報告される。観測点補正值を用いて再決定された約14万個の地震に対して、全観測点のP波、S波走時残差のRMSはそれぞれ0.075秒と0.098秒であった。このデータセットの一部は、オペレータによる読み取りが行われているが、そのデータを用いた場合の残差は、0.065秒、0.137秒であった。両者の比較は、自動によるS波読み取り精度が、オペレータ以上に高いことを示している。また、2.で示した震源決定方法の改良で、複数の地震が同時発生する場合にも正しい震源決定が可能であることが示された。

4) DONETによる1日間の連続波形を用いて自動震源決定を行った。東南海地域では地震活動が低く、ルーチンワークでは、P波部分のS/Nが極端に低い地震の震源も決定されている。一部のS/Nが低い地震は、自動震源決定できなかった。

4. 結論 高精度の自動震源決定システムの開発は順調に進んでいる。今回の改良で、複数の地震が同時発生する場合の処理は大幅に高精度化されたが、今後、更に改良を行う必要がある。また、S/Nが低い地震の震源を高精度で決定する技術開発を行う必要もある。

# Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



STT56-04

会場:102B

時間:5月19日 11:45-12:00

キーワード: 自動読み取り, 自動震源決定, 高精度, 人間以上, 一元化震源, 読み取り精度

Keywords: Automatic picking, automatic hypocenter location, high accuracy, compared to manual, JMA hypocenter, picking accuracy