

首都圏地震観測網を用いた早期警報用地震計の諸元推定精度検証

財団法人 鉄道総合技術研究所 正会員 岩田 直泰  
 財団法人 鉄道総合技術研究所 非会員 中村 洋光  
 財団法人 鉄道総合技術研究所 正会員 佐藤 新二  
 財団法人 鉄道総合技術研究所 正会員 芦谷 公稔

1. はじめに

鉄道では、地震のP波初動数秒の情報を用いて、地震の位置と規模を推定し列車を制御するシステム（早期地震検知・警報システム，UrEDAS）を開発・実用化<sup>(1)</sup>し、10数年の時を経ている。

近年の地震学の進展等を受け、鉄道総研は気象庁と共同で新しい早期地震諸元推定アルゴリズムの開発を進めて来た<sup>(2)</sup>。このアルゴリズムを搭載した早期警報用地震計を、鉄道総研の首都圏地震観測網(表1 および図1)の笠間検知点(茨城県)および奥多摩検知点(東京都)に設置し、実地震による地震諸元推定精度の検証などを行っている。

本稿では、首都圏地震観測網による早期警報用地震計の推定精度について報告する。

表1 首都圏地震観測網の概要

検知点名	所在地	緯度(度)	経度(度)
国立検知点	東京都	35.70	139.45
奥多摩検知点	東京都	35.80	139.08
大間々検知点	群馬県	36.50	139.35
笠間検知点	茨城県	36.43	140.31
銚子検知点	千葉県	35.70	140.85
丸山検知点	千葉県	35.05	139.95



図1 首都圏地震観測網の配置

2. 地震諸元推定例

図2には、地震諸元推定例として2004年7月17日に房総半島沖で発生した地震における笠間検知点の推定結果を示す。図中の大きい星印は気象庁発表の震央位置を表し、小さい星印は早期警報用地震計が2秒で推定した震央位置を表すが、概ね良好な推定を行ったことが確認される。



図2 地震諸元推定例(笠間検知点)

3. 地震諸元推定誤差

早期警報用地震計では、地震諸元として震央方位、震央距離およびマグニチュードの推定を行うが、鉄道総研

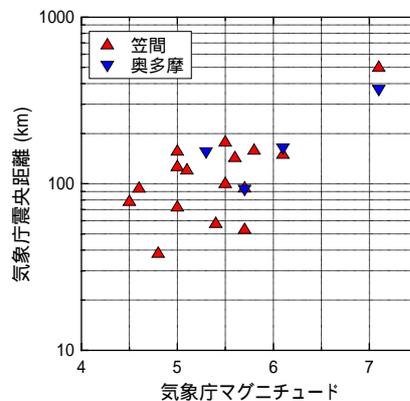


図3 地震諸元推定精度検証に用いたデータ

キーワード：早期地震諸元推定アルゴリズム，早期警報用地震計，推定精度検証

連絡先：東京都国分寺市光町 2-8-38，TEL 042-573-7273，FAX 042-573-7421

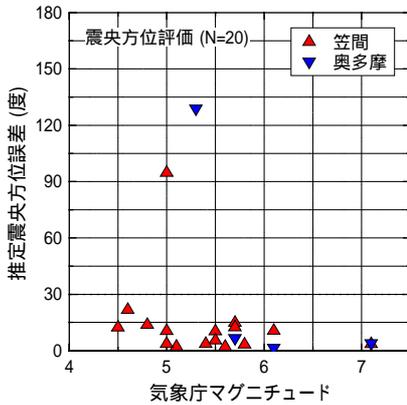


図4 震央方位の推定誤差

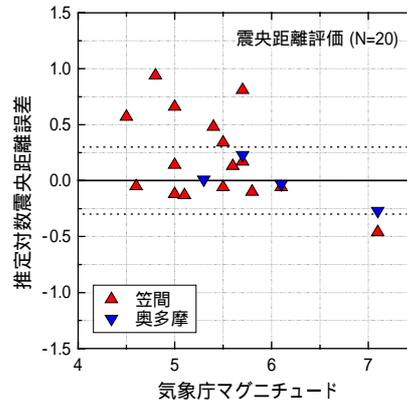


図5 震央距離の推定誤差

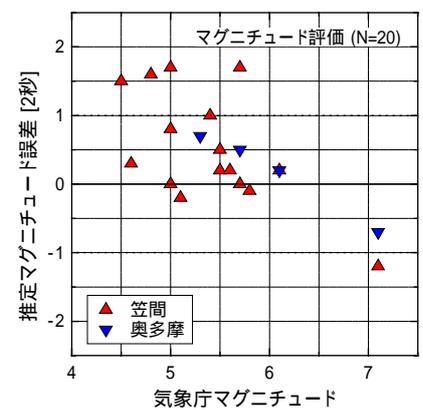


図6 マグニチュードの推定誤差

では新しい地震諸元推定アルゴリズムを開発するにあたり、推定誤差が震央方位で $\pm 30^\circ$ 以内、震央距離で倍半分以内、マグニチュードで $\pm 1$ 以内となるように目標を定めた。なお、推定精度検証のためのデータは、2004年7月から2005年2月までに2つの検知点で記録されたマグニチュード4.5以上の17地震、20データ(図3)である。

### 3.1 震央方位の推定誤差

地震検知点から震央までの方位は、P波初動の変位(3成分)の軌跡から、検知後1秒で算出される。図4には、気象庁マグニチュードと推定震央方位誤差の関係を示す。この図によると、推定精度の目標である誤差 $\pm 30^\circ$ 以内に全データの90%が含まれていることが確認される。なお、マグニチュードの大きな地震の方が推定精度は高くなる傾向にあるが、大地震であるほど同一の震央距離であってもSN比が大きくなり、加速度波形を2回積分して得られる変位波形が、P波初動における地表面の軌跡を正確に再現することが出来るためであると考えられる。

### 3.2 震央距離の推定誤差

地震検知点から震央までの距離は、P波初動の加速度振幅(上下動成分)の増加程度から、検知後2秒で算出される。図5には、気象庁マグニチュードと推定対数震央距離誤差の関係を示す。この図によると、推定精度の目標である誤差倍半分以内(対数表示の場合、誤差 $\pm 0.3$ 以内)に全データの65%が含まれていることが確認される。なお、マグニチュード5前後の地震では推定値が大きめに算出されている。この原因として、開発した早期警報用地震計のパラメータ算出方法が、マグニチュードの大きな地震に対して適正化されているためと考えられる。

### 3.3 マグニチュードの推定誤差

地震の規模であるマグニチュードは、P波初動で推定した震央距離と変位振幅(上下動成分)から、第1報が検知後2秒で算出される。ここで、変位振幅をモニタリングし続けることにより、第2報・第3報とマグニチュードの追加推定を行うことが可能なアルゴリズムとなっている。なお、本稿の推定精度検証には第1報である2秒の推定値を用いる。図6には、気象庁マグニチュードと推定マグニチュード[2秒]の関係を示す。この図によると、推定精度の目標である誤差 $\pm 1$ 以内に全データの75%が含まれていることが確認される。また、マグニチュード5前後の地震については、震央距離が大きめに推定されていることから、マグニチュードも大きめに算出している。マグニチュード7以上の地震は、2秒の推定では過小評価しているが、追加推定をすることにより適正に評価されることを確認している。

## 4. まとめ

鉄道総研が所有する首都圏地震観測網に、早期警報用地震計を設置し、実地震における地震諸元推定精度の検証を行った。その結果、設定した推定誤差目標値以内に震央方位は90%、震央距離は65%、マグニチュードは75%が含まれることが確認された。また、警報の対象となるマグニチュード5.5程度以上の大きな地震については、推定精度は概ね良好である。今後も継続して地震観測を行い、推定精度向上のための検討を進めていきたい。

### 参考文献

- (1) 中村豊, 研究展望: 総合地震防災システムの研究, 土木学会論文集, No.531/I-34, pp.1-33, 1996.1
- (2) 東田進也他, P波エンベロープ形状を用いた早期地震諸元推定法, 地震2, 56, 351-361, 2004.3