

HDS030-01

会場:101

時間:5月26日 16:30-16:45

## 緊急地震速報の現状と課題

### Performance of Earthquake Early Warning of JMA ? present status and improvement

下山 利浩<sup>1\*</sup>, 平野 和幸<sup>1</sup>, 山田 安之<sup>1</sup>, 干場 充之<sup>2</sup>, 大竹 和生<sup>2</sup>, 岩切 一宏<sup>2</sup>

Toshihiro Shimoyama<sup>1\*</sup>, Kazuyuki Hirano<sup>1</sup>, Yasuyuki Yamada<sup>1</sup>, Mitsuyuki Hoshiba<sup>2</sup>, Kazuo Ohtake<sup>2</sup>, Kazuhiro Iwakiri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 気象庁地震火山部, <sup>2</sup> 気象庁気象研究所

<sup>1</sup>Japan Meteorological Agency, <sup>2</sup>Meteorological Research Institute

気象庁が緊急地震速報の高度利用者向け提供を2006年8月に開始し、2011年8月には5年となる。その間、2007年10月より、テレビ・ラジオ等を通じた一般向け緊急地震速報の提供を開始し、さらに、2007年12月には、気象業務法の改正により、緊急地震速報を地震動の「予報」及び「警報」として位置づけた。このうち、「警報」は震度5弱を予測した時に発表している。

これまで、一般向け提供開始後、17の地震に対して警報を発表した(平成22年12月31日現在)(ちなみに、予報を発表した地震は、警報を発表したものを合わせて1756回)。また、震度5弱以上を観測したが、警報が発表出来なかった地震は7である。2010年に警報を発表した事例は、2月27日の沖縄本島近海の地震(M7.2、最大震度5弱)、3月14日の福島県沖の地震(M6.7、最大震度5弱)、9月29日の福島県中通りの地震(M5.7、最大震度4)、10月3日の新潟県上越地方の地震(M4.7、最大震度5弱)及び12月2日の石狩地方中部の地震(M4.6、最大震度3)の5例である。このうち、福島県中通りの地震では、警報を発表した時点(地震波を検知してから7.4秒後)では、震源の深さを実際より深く推定した(実際8km 警報発表時点120km)。このため、地震の規模も大きく推定し(実際M5.7 警報発表時点M6.6)、強い揺れとなる地域を過大に見積もり、広い地域への警報発表となった。

気象庁では、緊急地震速報の迅速化・精度向上を目指し、処理に用いる観測点の増強や処理手法の改良を進めている。例えば、以下のような施策を進めている。

現在、地盤増幅は微地形区分から推定したものをを用いているが、震度観測の実測データから求めたものに置き換えることで震度予測精度の向上が期待できる。2011年3月頃までに適用開始すべく準備を進めている。

緊急地震速報の迅速化、精度向上には、観測網の充実が大きな要素である。そこで、現在、比較的観測網が疎な地域(南西諸島、東京都新島、大分県別府)に、新たに計10箇所観測点を整備し、緊急地震速報への活用を行う。

さらに、地下深いところに地震計があると、地上よりも早く地震波を補足できる。そこで、首都直下地震に対する緊急地震速報の迅速化、精度向上を目指し、防災科学技術研究所の深井戸で観測した強震データ(1000m以深)の活用について、防災科学技術研究所と協力し、実証実験を進めている。

本発表では、緊急地震速報の発表状況を整理し、評価を行なう。また、気象庁が行ってきた技術改良と課題、今後の計画について報告する。

キーワード: 緊急地震速報, 警報事例

Keywords: Earthquake Early Warning, Warning event

HDS030-02

会場:101

時間:5月26日 16:45-17:00

## ボーリング地震計データによるオンサイト地震警報システムの検討 緊急地震速報の弱点を補い直下型地震に備えるには Examination of the On-site Earthquake Warning System by Boring Seismograph Data

鷹野 澄<sup>1\*</sup>, 粟田 祐介<sup>2</sup>

Kiyoshi Takano<sup>1\*</sup>, Yusuke Awata<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学 情報学環 / 地震研究所, <sup>2</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科

<sup>1</sup> III and ERI, the University of Tokyo, <sup>2</sup> Graduate School of Frontier Sciences, The

緊急地震速報の弱点は、震源に近い場所では、情報が間に合わないという点にある。これに対して、オンサイト地震警報システムは、震源に近い場所では、地震を検知してから強い揺れを迅速に予測することができるが、震源から離れると地震を検知しても強い揺れを予測するまでに時間がかかるという性質がある(鳥海 2009)。そこで、我が国のようにどこで地震が発生してもおかしくない状況では、離れた巨大地震向けの緊急地震速報と近くの大地震向けのオンサイト地震警報を組み合わせる使用が理想的である。しかし、オンサイト地震警報システムは、気象庁など公的機関からの情報提供には利用されておらず、民間企業などが、独自開発で構築されているものにとどまり、そのシステムは共通化されておらず、従ってその導入コストも高いという問題がある。

わが国には、多数の公的な地震観測施設が整備されている。これら多数の地震計のデータを用いて、地震観測施設の近隣の地域に向けたオンサイト地震警報システムを構築することにより、公的地震観測施設だけでも、直下型にも対応できる理想的な即時地震警報システムが構築できるものと考えている。公的地震観測施設の中には、地中に設置されたボーリング地震計を併設している観測施設も多数存在する。ボーリング地震計は地上の地震計に比べて誤報の原因となる雑音が少なく、また、なかでも1000mクラスの深井戸による地震計は、地震検知時間も若干早く検出できるというメリットがある。一方で表層地盤の影響から、地中の観測データから地上の強い揺れを予測するという事は簡単ではないと予想される。

そこで本研究では、ボーリング地震計データのP波初動部分から、後続の主要動による地上の強い揺れを予測する手法について検討した。本研究では、リアルタイムで計算できる簡易震度を予測指標として採用している。東電柏崎の強震記録と防災科研のKiK-netの地上と地中の地震計のデータを用いて、地中の地震計のP波初動から地上の強い揺れを予測する予測式を求め、実際の記録を用いてその有効性を検討した。同様の予測式をそれぞれのボアホール地震計と地上の地震計のデータを用いて作成することで、ボアホール地震計の置かれている近隣の地域に対するオンサイト地震警報の提供が可能になると考えられる。

謝辞：東京電力株式会社が提供され、財団法人震災予防協会が頒布された、東京電力柏崎刈羽原子力発電所の強震記録と、防災科学技術研究所の基盤強震観測網 KiK-net の強震記録を使用させていただきました。

### 参考文献

粟田祐介, 2011 修士論文, ボーリング地震計データのオンサイト警報への適用の検討, 平成 23 年 2 月

鳥海哲史, 2009 修士論文, 複数のオンサイト指標による統合的な早期地震警報, 平成 21 年 2 月

キーワード: ボーリング地震計, オンサイト地震警報, 緊急地震速報

Keywords: Boring Seismograph, On-site Earthquake Warning, Earthquake Early Warning

HDS030-03

会場:101

時間:5月26日 17:00-17:15

## 震源近傍域における早期地震警報判断手法の検討 Development of the new EEW method available for the area near hypocenter

他谷 周一<sup>1\*</sup>, 児玉 聡<sup>1</sup>, 中嶋 繁<sup>1</sup>, 下野 五月<sup>2</sup>, 大庭 健太郎<sup>3</sup>, 中村 浩<sup>4</sup>

Shuichi Taya<sup>1\*</sup>, Satoshi Kodama<sup>1</sup>, Shigeru Nakajima<sup>1</sup>, Satsuki Shimono<sup>2</sup>, Kentaroh Ohba<sup>3</sup>, Hiroshi Nakamura<sup>4</sup>

<sup>1</sup> JR東海, <sup>2</sup> ANET, <sup>3</sup> 三菱スペースソフトウェア, <sup>4</sup> リオン

<sup>1</sup> Central Japan Railway Co., Ltd., <sup>2</sup> ANET Co., Ltd., <sup>3</sup> MSS Co., Ltd., <sup>4</sup> RION Co., Ltd.

### 1. はじめに

鉄道の早期地震警報システムや気象庁の緊急地震速報のような、地震発生直後に地震規模等を推定し主要動到達前に速報するシステムは、地震災害の軽減を図る最先端の技術として大いに期待されている。一方、それらシステムで使われている地震諸元推定及び警報判断手法には「震源近傍域では情報伝達が主要動到達前に間に合わない」という技術的課題があるとも指摘されている。上記課題に対して、最近、入倉(2010)や是永(2010)などが上下動の加速度に着目した手法を提案しているが、筆者らも他谷ほか(2007)にて上下動の加速度をもとに逐次最終的な震度の予測値(警報用予測震度: Iap)を計算し、予測値が一定の閾値を超えた場合に警報を出す手法を提案している。本稿は、Iapによる早期地震警報判断の実用化を目指し、警報出力判断の閾値等を検討した結果と、地震波到達からごく短時間でできる新しい地震ノイズ判定手法の検討結果を報告するものである。

### 2. 警報用計測震度の最適閾値の検討

計測震度4.5以上、震央距離30km以内の震源近傍域で記録されたK-NET地震波形84波形を用いて解析を行った。閾値を複数(3.0~3.5で0.1刻み)設定し、Iapによる警報タイミングを求めた結果と、従来から鉄道で使用されている加速度(閾値40gal)による警報タイミングと比較した。その結果、Iap閾値を3.4に設定すれば、従来の加速度警報よりも警報タイミングが遅くなることなく、かつ地震波到達から1秒以内で6割、2秒以内で8割程度のケースに対し警報を出せることが分かった。また、Iap閾値3.2以上に設定すれば、警報を早めつつ、空振り警報も同等以下にできることも分かった。

### 3. 新しい地震ノイズ判定手法の検討

従来の地震ノイズ判定手法では、地震波到達から数秒分程度のデータを用いるが、Iapのように警報判断までの時間がごく短時間の場合には、今までより少ないデータで地震ノイズ判定ができる手法が求められる。また、ノイズには様々な種類があり、それぞれに対応した複数の地震ノイズ判定が必要とされる。ここでは一例として、主に電気的なノイズを対象とした地震ノイズ判定手法の検討結果を報告する。電気的なノイズによる異常な観測値の中には、トリガがかかった瞬間に数千galを超えるといった、自然地震では考えられない急激な立ち上がりを伴うものがある。このことに着目し、自然地震の初動のごく短時間での振幅の最大値を求め、それを十分に超える場合、ノイズと判定する方法を検討した。

### 4. 新しい早期警報用地震計の開発

ここまでの検討成果等をもとに、観測データの毎サンプル処理からトリガ判定処理、地震ノイズ判定処理、警報判断処理までの処理手順をひとまとめにした仕様書を作成した。また、鉄道の沿線地震計として実績のあるリオン製SM-27をベースとして、上記仕様書のとおり処理を実行する試験機を開発した。現在、工場内での確認試験が完了した段階であり、今後、試験機を実際に鉄道沿線に設置し、稼働試験を行う予定である。

キーワード: 早期地震警報, 地震計, 警報用予測震度, 地震ノイズ判定

Keywords: Earthquake Early Warning, seismograph, Iap, Earthquake-Noise Judgment

HDS030-04

会場:101

時間:5月26日 17:15-17:30

## 単独観測点におけるP波極初動部データを利用した新しい震央距離推定手法の提案 A new method for estimating epicentral distance using very initial phase of single station data

山本 俊六<sup>1\*</sup>, 野田 俊太<sup>1</sup>, 是永 将宏<sup>1</sup>, 佐藤 新二<sup>1</sup>, 岩田 直泰<sup>1</sup>  
Shunroku Yamamoto<sup>1\*</sup>, Shunta Noda<sup>1</sup>, Masahiro Korenaga<sup>1</sup>, Shinji Sato<sup>1</sup>, Naoyasu Iwata<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 鉄道総合技術研究所

<sup>1</sup> Railway Technical Research Institute

### 1. はじめに

単独観測点データによる震央距離推定は、新幹線の早期地震警報や緊急地震速報のシステムにおいて重要な役割を担っており、精度と即時性をさらに向上させることが期待されている。現在、単独観測点データを利用した震央距離推定には、Odaka et al. (2003) による B - 法が使用されているが、この手法は P 波検知後の数秒間の振幅包絡線の性状が震央距離とマグニチュードに依存することを利用した手法である。

一方、山本他 (2010) は、マグニチュードが 5 ~ 7 クラスの観測記録に対してリアルタイム震度の時間変化を調べ、P 波極初動部 (0 ~ 0.5 秒程度) では、振幅包絡線のマグニチュード依存性が極めて低くなることを示した。ここではこの性質に着目して、P 波極初動部を利用した新しい震央距離推定手法を提案し、その効果を検証する。

### 2. 新しい震央距離推定手法

はじめに、振幅包絡線に対する B - 法のフィッティング関数を以下に示す。

$$y(t) = B t \exp(-A t) \quad (1)$$

(1) 式中、 $y(t)$  は包絡線、 $t$  は P 波検知後の時間、 $A$ 、 $B$  はそれぞれマグニチュード、震央距離に関係する係数である。B - 法は、2 秒間のデータに対して (1) 式をフィッティングして係数  $A$ 、 $B$  を求め、そのうち係数  $B$  を利用して、事前に求めた係数  $B$  と震央距離の関係式から震央距離を推定する。

これに対して、本手法は、P 波極初動部において振幅包絡線が震央距離のみに依存すると仮定し、以下の単純なフィッティング関数を使用する。

$$y(t) = C t \quad (2)$$

(2) 式中、 $C$  は震央距離に関係する係数である。本手法は、0.5 秒間のデータに対して (2) 式をフィッティングして係数  $C$  を求め、事前に求めた係数  $C$  と震央距離の関係式から震央距離を推定する。また、計算に際しては、地盤増幅や震源特性の影響を極力排除するため、B - 法と同様、10 ~ 20Hz の帯域に対する振幅包絡線を利用する。

### 3. 解析結果と考察

本手法を検証するため、K-NET で記録された 23 地震 (4.3 ~ 8.0 M), 2237 波形を対象に解析を行い、震央距離の推定誤差を求めた。その結果、0.5 秒データを扱った場合の本手法の推定誤差 (対数値の差の RMS) は対数値で 0.303、2.0 秒データの場合は 0.316 となった。また、同一のデータセットに対する B - 法の推定誤差は 0.5 秒データの場合は 0.421、2.0 秒データの場合は 0.316 となった。

以上より 0.5 秒データを利用した本手法の推定誤差は、2.0 秒データを利用した従来の手法に比べて 4% ほど低減することが示された。データ長が 1/4 に短縮し、かつ推定精度が向上することから、本手法は即時的な震央距離推定手法として極めて有効と考える。

### 4. まとめ

P 波極初動部の性質に着目した新しい震央距離推定手法を提案し、その有効性を確認した。今後、他のデータセットによる検証、データ長およびフィルタの最適化などを実施する予定である。

### 参考文献

1) Odaka K., K. Ashiya, S. Tsukada, S. Sato, K. Otake, D. Nozaka, BSSA, 2003

2) 山本、佐藤、是永、野田、木谷、日本地球惑星科学連合大会、2010

キーワード: 緊急地震速報, 単独観測点, 震央距離

Keywords: earthquake early warning, single station, epicentral distance

## 粘性減衰を考慮した単独観測点処理における震央距離推定方法 Estimation of epicentral distance taking account of the effect of viscous attenuation for single station method of EEW

野田 俊太<sup>1\*</sup>, 山本 俊六<sup>1</sup>, 岩田 直泰<sup>1</sup>, 是永 将宏<sup>1</sup>, 佐藤 新二<sup>1</sup>  
Shunta Noda<sup>1\*</sup>, Shunroku Yamamoto<sup>1</sup>, Naoyasu Iwata<sup>1</sup>, Masahiro Korenaga<sup>1</sup>, Shinji Sato<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 鉄道総合技術研究所

<sup>1</sup> Railway Technical Research Institute

### 1. はじめに

気象庁の緊急地震速報システムや新幹線の早期地震防災システムには、地震を検知した観測点が単独で震央位置やマグニチュードを推定する単独観測点処理が用いられている。単独観測点処理は、複数の観測点のデータを用いた場合と比べて即時応答性に優れているものの、震央位置の推定精度が劣るという問題がある。

上述のシステムでは単独観測点処理として、B-法 [ Odaka et al.(2003) ] を用いて震央距離を推定している。この方法は、P波初動部分の上下動成分のエンベロープ波形に関数  $y=Bt \cdot \exp(-At)$  をフィッティングさせて得られる係数 B と震央距離の相関が良いという性質を利用して推定するものである。係数 B は、P波初動部分の振幅成長の傾きに対応した値である。また、山本・他(2010)は、P波極初動部を対象に B-法で用いるフィッティング関数を見直し、P波初動部分の傾きをより直接的に表す関数  $y=Ct$  をフィッティングさせる手法を提案している (C-法)。

一方、これまでの B-法では、B と C の関係は単純な線形の式  $\log B=a \cdot \log C+b$  (a, b: 定数) で表わされてきた。BあるいはCで表わされる傾きが振幅と高い相関を持つことを考慮すれば、その BもしくはCの関係は、より一般的な距離減衰式で表現することが適切と考えられる。つまり、関係式は  $\log B=c \cdot \log C+d \cdot \log A+e$  (c, d, e: 定数, BはCに置き換えることができる) となる。右辺第一項は幾何減衰、第二項が粘性減衰の影響を表わす。一般に、粘性減衰の影響は特に震央距離がある程度以上離れたところで大きくなることが知られている。本研究では、BもしくはCとの関係において、粘性減衰の影響の項を考慮した式と考慮しない式を適用し比較を行なうことにより、その推定誤差の変化を検証した。

### 2. 解析方法と結果

ここでは、はじめに以下の方法で B および C の計算を行なった。

記録された加速度波形に中心周波数 10Hz のフィルターを掛けてバンドパス波形を求め、その波形の上下動成分からエンベロープ波形を計算する。

エンベロープ波形に関数  $Bt \cdot \exp(-At)$  あるいは  $Ct$  を最小二乗法によりフィッティングさせ、B および C を求める。

なお、B の計算には P 波の到達時刻から 2 秒間のデータを使用し、C の計算には同様に 0.5 秒間のデータを用いた。解析には、K-NET の各観測点において 1996 年から 2009 年の間に記録された M5.0 以上の波形データを用いた。

次に、B もしくは C との関係における粘性減衰の影響を検証するため、粘性減衰の影響による項を考慮した式と考慮しない式の各定数をそれぞれ回帰分析によって求めた。なお、その際 S/N 比の大小によって起こりうるトリガー漏れの影響を取り除くため、Fukushima and Tanaka(1990) に従いデータの選別を行なった。

さらに、上記の回帰式を用いて震央距離を推定し、真の震央距離に対する差の RMS を計算した。この際、粘性減衰項を入れた式は解くことができないため、求められた回帰式において 1km 毎の B および C を計算し、波形データから計算された B もしくは C との差が最も小さくなるときの B および C を推定震央距離とした。

解析の結果、B と C 共に、全データあるいは震央距離 100km 未満のデータに対しては粘性減衰の影響による項を考慮した場合、考慮しない場合で RMS はほぼ等しいが、震央距離 100km 以上のデータに対しては粘性減衰の影響による項を考慮した場合、RMS が約 25% 減少した。

この結果、震央距離と P 波初動の傾きの関係においては、粘性減衰を考慮した式を用いた方がより適切であると言える。特に、粘性減衰を考慮しない式を用いる場合、震央から離れた観測点のデータは精度が悪く、震央を実際よりも速めに推定する傾向を持つことになる。また、粘性減衰の影響を考慮することは、震央から最も近い観測点までの距離が長い海溝型の大地震などで特に効果的と考えられる。

### 3. 謝辞

本研究では、防災科学技術研究所の K-NET の波形記録を使用させていただきました。記して感謝いたします。

キーワード: 緊急地震速報, 早期地震検知, 単独観測点処理, B- 法

Keywords: Earthquake Early Warning, single station method, on site method, B-Delta method

HDS030-06

会場:101

時間:5月26日 17:45-18:00

## 震源域の広がりを考慮した緊急地震速報の高度化 Estimation of extended source area from vertical PGA saturation during a great earthquake for upgrading the EEW system

倉橋 奨<sup>1\*</sup>, 正木和明<sup>1</sup>, 入倉孝次郎<sup>1</sup>  
Susumu Kurahashi<sup>1\*</sup>, Masaki Kazuaki<sup>1</sup>, Irikura Kojiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 愛知工業大学

<sup>1</sup> Aichi Institute of Technology

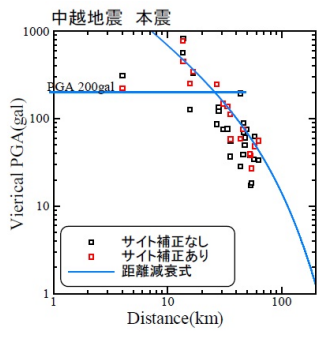
### 1. Introduction

The Earthquake Early Warning (EEW) system by JMA in Japan provides the coordinate of the starting point, the origin time and the magnitude of target earthquakes based on a point source assumption. The seismic intensity at each site is calculated by using an attenuation distance relation and site amplification from the magnitude and hypocentral distance provided from the EEW. However, during large earthquakes, the calculated seismic intensity might be underestimated in comparison with the observed one. Because a large earthquake has not a point but an extended source, the distances from the earthquake rupture area to observed sites are different from the hypocentral distances assuming a point source. In the Tokai area, the calculated seismic intensity might be about one or two scales smaller than the observed one as long as the Tonankai earthquake would occur off Shionomisaki. It is effective to estimate the rupture extension of the large earthquake from real-time observed records close to the rupture area to prevent underestimation of the seismic intensity in the Tokai area. We have examined to estimate the rupture extension of large earthquake from attenuation distance relation peak ground acceleration (PGA) of P-waves. As a result, we can provide the information about the rupture extension before the arrival of the S-waves (Kurahashi et al., 2009). However, the PGA so far used did not exclude the site effect. In this study, we try to obtain site effects of vertical component for estimate absolute saturation levels of PGA near rupture areas. The site effects were defined as the ratio of the observed PGA and the calculated PGA from the attenuation distance relation.

### 2 Attenuation distance relations of vertical motions

First, we estimated the attenuation distance relations of vertical motions. We used the observed records of the mainshocks and aftershocks in the 2004 Chuetsu earthquake and 2008 Iwate Miyagi nairiku earthquake. The observed records were used within 120 km in hypocentral distance to exclude the influence of the reflected waves from the moho on the motions. Regression equation for attenuation distance relations of vertical motions is expressed as (1). This equation corresponds to a simple point source with geometrical spreading and constant Q. Therefore this equation is appropriate for small earthquakes. The coefficients of regressions were estimated by two step method (Joyner and Boore, 1981). Next, the site effects were calculated the ratio of observed PGA and calculated PGA. As a result, there is no great distinction between the site effects of horizontal PGA and those of vertical PGA. The absolute saturation levels of PGA are obtained from the attenuation distance relations of vertical motions by removing the site effects. Figure1 shows the attenuation distance relations of PGA during the 2004 Chuetsu earthquake correcting the site effects of vertical motions. The absolute saturation levels of PGA during the 2004 Chuetsu earthquake were estimated about 200gal. However, a detailed examination is necessary for determining the absolute saturation levels because the number of data is not many.





HDS030-07

会場:101

時間:5月26日 18:00-18:15

## 経路上や近傍の観測点の実時間データを用いた震度予測 実況の利用と補正の検討 Expectation of ground motion using real time data of neighbor and front stations

干場 充之<sup>1\*</sup>

Mitsuyuki Hoshiba<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 気象研究所

<sup>1</sup> Meteorological Research Institute

### 1. はじめに

現在、気象庁の緊急地震速報における震度予測は、迅速に震源位置とマグニチュードを決定し、それらに、地震動の距離減衰、地盤の増幅の情報を加えて行っている。このような方法では、地震動の多くの特徴を、一旦、震源位置とマグニチュードという限られた数のパラメータにおとして表現するものである。少ない数のパラメータで震度予測ができ、また、比較的遠距離の地域では猶予時間が稼ぐことができる。その反面、震源情報の誤差が震度予測の誤差に直結し、また、破壊のデレクティビティや震源域の広がりなどで地震動の強さに偏りがある場合には比較的精度が悪くなり、さらに（震源決定に時間がかかると）震源近傍では間に合わない場合もある。一方、震源情報にあまり頼らずに、向かって来る地震波を伝播の途中で捉えてその地震動の情報から震度予測を行おうという考え（Kuyuk and Motosaka, 2009 など）や、震度予測を行う場所の周辺の観測点の情報を用いるという考え（神定・他, 2010）など、近傍で観測した地震動の情報を積極的に利用する考えもある。実時間での観測データが必要となり、比較的遠距離の地域でもあまり猶予時間が稼ぐことはできないが、地震動の強さに偏りがある場合でも比較的精度が良くなる可能性がある。

そこで、南関東地方の防災科研 KiK-net のポアホール内のデータや、2003 年の十勝沖地震（M8.0）、1994 年三陸はるか沖地震（M7.6）を例に、近傍観測点や経路上の実時間データを用いて震度予測を行う手法の考察を行った。

### 2. データ

南関東地方の KiK-net には、最大で 3500 m の深さのポアホールで観測しているものがある。たとえば、SITH01(岩槻, 3510m) では、ポアホール内の観測点は地表よりも、P 波で約 1.2 秒、S 波で 3 秒早く着信する（岩切・他, 2010）。この 3 秒差を利用して、ポアホール内の地震動の情報から地表での震度を予測することを考察する。また、十勝沖地震の解析では、防災科研 K-NET, KiK-net, 気象庁震度計の加速度波形データを利用した。極近傍から相互に 30km 程度まで離れた観測点の記録を用いて震度予測を考える。30km 離れた観測点では、S 波で最大 7 秒早く着信する。また、三陸はるか沖地震では、八戸の実時間データを用いて震度予測に用いる断層最短距離の補正を行うことを考察する。

### 3. 解析

震源距離に比べて 2 地点が十分に近接している場合には、伝播特性はほぼ同じと見なすことができるので、震度予測には 2 地点での増幅特性の比のみを考察すればよい。震源距離に比べて 2 地点がやや離れている場合には（おおよその震源位置の情報があれば）震源距離に応じて最大振幅とその遅れを加味した伝播特性を考慮することもできる。この方法では、猶予時間は震源距離ではなく、震度予測を行う場所と観測点までの距離（と見かけ速度）に依存することになる。なお、震度を予測しようとする場合、観測地点の地震動の情報として、一般的に PGA, PGV, スペクトル, 計測震度等の情報を用いて、予測地点での震度を推定するが、今回は一例として、実時間の震度相当の情報から推定した場合について示す。

また、現在の気象庁の震度予測の方法では、観測点までの断層最短距離として、震源距離から断層長の半分を引いて求めている（断層長は、M との経験式から求める）。今回は、この M から断層長を推定する代わりに、実際に観測した記録から断層最短距離を求めることを考える。三陸はるか沖地震の八戸の記録から断層最短距離の補正を行い、青森や盛岡で震度予測に反映させる。

### 4. 結果

KiK-net の SITH01(岩槻) は、3510m のポアホール内と地表で観測を行っている。ポアホール内と地表の震度の差を、過去の地震 41 波形から求めると、1.3（標準偏差 0.3）である。ポアホール内と地表の記録では、震源からの伝播経路特性はほぼ同じとみなせるので、ポアホール内の記録から実時間で求めた震度相当の値に、1.3 を加えることにより、地表の震度を予測する。震度の成長の時系列は、ほぼ相似形をしており、おおよそ 3 秒前に地表での震度を予測している。十勝沖地震でも、30 km 震源に近い観測点の記録（たとえば、HKD108(震央距離 136 km) に対して、HDKH07(104km)）を用いることにより、おおよそ、7 秒前に震度を予測している。

一方、三陸はるか沖地震の八戸（震源距離 188 km）の震度から、M7.6 を仮定して断層最短距離を求めるとおおよそ 40 km と求まる。これをもとに青森や盛岡の震度予測を行うことで予測精度の向上が期待できる。

謝辞： 防災科研 K - N ET, KiK-net, 気象庁震度計の波形データを使用しました。

キーワード: 緊急地震速報, 震度予測, 大深度地下, 実時間観測, 震源域

Keywords: Earthquake Early Warning, Expectation of seismic intensity, Deep borehole, real time manner, source region

HDS030-08

会場:101

時間:5月26日 18:15-18:30

## 超高層ビルにおける緊急地震速報とオンサイト情報の利活用について Utilization of Earthquake Early Warning and On-Site Strong Motion to disaster mitigation for High-Rise Building

久保 智弘<sup>1\*</sup>, 久田 嘉章<sup>1</sup>, 村上 正浩<sup>1</sup>  
Tomohiro Kubo<sup>1\*</sup>, Yoshiaki Hisada<sup>1</sup>, Masahiro Murakami<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 工学院大学

<sup>1</sup> Kogakuin University

2009年6月1日より改正消防法が施行され、大規模建築物において、防火対策に加えて、震災などを想定した防災対策や防災訓練を行うことになったが、これまでの対応計画やシステムの多くでは火災を対象としたものがほとんどであり、地震災害を対象としたシステムが導入されている超高層ビルは多くない。

地震災害直後、超高層ビルなどでエレベータが停止するため閉じ込めへの対応や、さらに防災センターには、非常電話による情報や在館者からの問い合わせや駆け込み情報など多くの対応が必要と考えられる。しかし、超高層ビルの防災センターの職員は通常10名未満であるため、緊急地震速報やオンサイト情報を活用して、迅速な初動対応を行い、在館者に情報提供を提供することができる地震災害を対象としたシステムが必要となっている。

そこで本研究では、超高層ビルを対象として、迅速な初動対応が行えるように、緊急地震速報とオンサイト地震観測システムを利用した初動対応支援システムの構築を行った。また、構築したシステムを超高層ビルである工学院大学新宿キャンパスを対象に適用し、実際の防災訓練を通じて、その問題点や改善を行った。

防災訓練での検証した結果から、防災センター等から提供される情報を見聞きした際に危険回避行動などが十分にとれていなかったという問題が確認された。そのため、危険回避行動について、周知活動を継続的に行い、その効果と必要性について、確認を行った。

キーワード: 緊急地震速報, オンサイト情報, 地震防災訓練, 初動対応計画

Keywords: Earthquake Early Warning System, On-Site Strong Motion, Earthquake Disaster drill, Initial Response Plan

HDS030-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## WIN システム用シミュレーションツールの開発 A development of simulation tools for WIN system

鶴岡 弘<sup>1\*</sup>

Hiroshi Tsuruoka<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>ERI, Univ. Tokyo

緊急地震速報のシステム開発およびそのテストに有用な WIN システムによる地震データ配信をシミュレートする非常に簡便なツールを開発した。このツールを利用することにより、地震波形データを実際に受信する環境を構築しなくても、リアルタイム地震解析、例えば、震源決定（緊急地震速報）やモーメントテンソルインバージョンのテストが簡単に実現可能である。このことにより、アルゴリズムの改良やシステムの負荷テストなどが容易に実行でき、システムの信頼性向上や WIN システムを用いる地震解析システムの普及に役立つと考えられる。

データ転送における波形フォーマットは、国内においては WIN フォーマットであり、特長はマルチチャンネルかつ異なるサンプリング周期をもつデータを 1 秒毎の時刻情報付き可変長の秒ブロックとして構成する点である。データは圧縮されており、時間分割・統合が容易であるとともに、WIN フォーマットを扱う様々なツール群が利用できる。ここでは、地震データ配信をシミュレートするために、バイナリのデータである WIN フォーマットを直接扱うのではなく、WIN フォーマットの特長を有する WIN テキスト形式フォーマットを提案し、その形式に対応したシミュレーションツールを開発した。ツールは、 Tcl 言語で作成され、マルチプラットフォームでの動作が可能であることも特徴の一つである。今後は、1 秒以下のパケットにも適用可能となるようにツールを強化していく予定である。

キーワード: 緊急地震速報, WIN, シミュレーション

Keywords: EEW, WIN, Simulation

## P波初動部分の振幅増加特性の検証と単独観測点データによる震央距離推定手法の高度化

The feature in the initial P-wave amplitude and the advanced method to estimate epicentral distance using single station

是永 将宏<sup>1\*</sup>, 山本 俊六<sup>1</sup>, 野田 俊太<sup>1</sup>, 岩田 直泰<sup>1</sup>, 佐藤 新二<sup>1</sup>

Masahiro Korenaga<sup>1\*</sup>, Shunroku Yamamoto<sup>1</sup>, Shunta Noda<sup>1</sup>, Naoyasu Iwata<sup>1</sup>, Shinji Sato<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 鉄道総合技術研究所

<sup>1</sup> Railway Technical Research Institute

### 1. はじめに

単独観測点のP波初動部分データを用いた震央距離推定手法として、新幹線の早期地震防災システムや緊急地震速報の震源決定処理の一部に使用されているB-法(Odaka et al. (2003))や、山本(2010)によるC-法がある。これらの手法は、P波初動部分の振幅包絡線に対して関数をフィッティングさせてその係数を算出し、過去のデータから得られている係数と震央距離との関係から震央距離を推定するものである。

今回、単独観測点データによる震央距離推定手法の高精度化を念頭に、P波初動部分の加速度振幅についてその特徴をあらためて確認し、P波極初動部分の振幅包絡線にフィッティングさせるための適切な関数形について検討を行なった。また、震央距離推定の即時性の向上を目指して、関数のフィッティングに用いるデータ長と推定誤差の関係についても検証した。

### 2. 検討に用いたデータ

検討には、1996年から2010年までにK-NETの観測点で記録された38地震(M4.9~M8.0)のデータを用いた。P波検測位置のばらつきによる影響を無くすために、手動でP波到着時刻の読み取りを行なった4102波形を用いて検討を行っている。

### 3. 振幅増加特性の確認

P波初動部分の振幅増加特性の確認には、B-法で用いられている加速度の振幅包絡波形を利用した。

地震波形データを震源距離とマグニチュードとに応じてグループ分けし、それぞれのグループごとに時系列データの平均値を求めて比較を行なった。その結果、P波極初動部分(P波検知から0.5~0.7秒程度まで)では、振幅はほぼ単調に増加する傾向が見られた。また、P波極初動部分の振幅増加の時間変化の割合はマグニチュードによらず震源距離のみに依存しており、さらにその増加の割合は概ね一次関数で近似できることが分かった。

### 4. 震央距離推定に用いるデータ長の検討

次に、関数のフィッティングに用いるデータ長についての検討を行なった。関数にフィッティングさせる振幅包絡線のデータ長を手動によるP波検測位置から0.1秒ずつ増加させながら震央距離の推定を行ない、各データ長での推定誤差を算出した。上記の検討から、フィッティングさせる関数はC-法と同様に単純な一次関数とした。比較のために、B-法についても同様の解析を行なった。

解析の結果、B-法はP波検測から2.0秒間のデータを用いた場合に推定誤差が最小となった。一方、一次関数のフィッティングによる震央距離の推定誤差は、0.3秒間のデータを用いた場合にB-法(2.0秒間データ)による推定誤差と同程度になった。また、一次関数フィッティングによる震央距離の推定誤差は0.5秒~0.7秒で概ね収束し、その推定誤差はB-法(2.0秒間データ)と比較して約15%低減した。

### 謝辞

本研究では、防災科学技術研究所のK-NET波形を使用させていただきました。ここに記して感謝します。

### 文献

1) Odaka, T., Ashiya, K., Tsukada, S., Sato, S., Ohtake, K. and Nozaka, D. : A new method of quickly estimating epicentral distance and magnitude from a single seismic record, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.93, No.1, pp.526-532, 2003.

2) 山本俊六:リアルタイム震度の成長からわかること,地震研研究集会「揺れる直前の地震動予測:さらなる迅速化と精度の向上」,2010

キーワード: C-法, 単独観測点データ, 震央距離推定手法

Keywords: C-delta method, Single station data, Method to estimate epicentral distance

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



HDS030-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## 緊急地震速報におけるグリッドサーチ法の改良の提案 A proposal for Gridsearch method used in JMA EEW

大竹 和生<sup>1\*</sup>

Kazuo Ohtake<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 気象庁気象研究所

<sup>1</sup> Meteorological Research Institute

緊急地震速報において用いられるグリッドサーチ法は、地震波の着信を確認した観測点数が3点から5点までのときに用いられる手法である。

この手法では震源時が不明であるので、使用できる観測点から2点を取り出したすべての組み合わせに関して検測時刻の差と仮想震源からの理論走時の差の差分を求め、この2乗和が最小となる点を震源と推定する。

ところが海域等で発生した地震で、観測点配置が非常に不均質な場合にはグリッドサーチ法による震源決定が不安定になる場合がある。具体的には残差の小さな領域が大きく広がり、本来はほとんど影響を与えないはずの遠い観測点によって震源が大きくずれるのである。そもそも遠くの観測点は走時の誤差が大きく、これらによって震源計算が安定しないことは望ましくない。

現行の緊急地震速報処理においても、5点目以降の観測点がからむ震源計算においては残差にウェイトをかけることになっているが、少ない点数で震源計算を行なうグリッドサーチ法においてはさらに積極的な対処が必要であると考えた。

本講演ではグリッドサーチ法を改良し、「理論走時を中心とし、走時に比例した時間(走時誤差に相当する)内においては残差を0とみなす」ことによって、海域等での震源計算の安定化が図れることを示す。

キーワード: 緊急地震速報, グリッドサーチ法

Keywords: Earthquake Early Warning, Gridsearch method



HDS030-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## 地震の断層面とすべり分布の自動決定にむけた手法の改良 Improvement on Method toward Automating Determination of Earthquake Fault Planes and Slip Distributions

松井宏香<sup>1</sup>, 久家 慶子<sup>1\*</sup>  
Hiroko Matsui<sup>1</sup>, Keiko Kuge<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学理学研究科地球物理学教室

<sup>1</sup>Dept. Geophysics, Kyoto University

地震の震源パラメーター（地震の断層の形状や大きさ、ずれの分布）は、大きな地震によってもたらされる強い地面の揺れの特徴を推定するのに重要である。そして、震源パラメーターの決定にかかる時間を短縮するためには、人間による判断を必要としない自動化された手法が不可欠である。現在、自動化された手法は、点震源におけるモーメントテンソル解を求めることに限定されている。モーメントテンソル解で断層面の候補を二つに絞ったあと、余震分布などを人間の目でみて判断することによって、どちらが断層面かを決定している。現在のところ、断層面や断層におけるずれの分布の決定は、自動化されていない。

Kuge (BSSA, 2003) は、強震波形データを用いて、点震源におけるモーメントテンソル解を求め、次に断層面と断層面の長さを決定し、最後に断層におけるモーメント解放量分布を求めるという3段階から成る、自動化を念頭においた手法を提案した。この手法を日本国内に起こった1995年から2000年の5内陸地震に適用し、その結果をもとに、地震の断層面の決定やモーメント解放量分布の決定も自動化できる可能性があることを示した。一方で、Kuge (2003) における手法の検証は、主に横ずれ断層の地震に対して行われており、縦ずれ断層の地震に対する手法の妥当性などについて未知な部分も残っていた。

本研究では、2003年から2008年までの、震源の深さが60km以浅、気象庁マグニチュードが6.8以上の地震を対象に、KiK-netおよびK-NETの波形データを用いて、この手法の適用を試みた。そして、震源から50km以内に観測点が存在し、先行研究などから断層面や断層におけるずれの分布がすでに決定されている2008年岩手宮城内陸地震、2007年能登半島地震、2005年福岡県西方沖地震、2004年新潟県中越地震において結果を調べたところ、特に縦ずれ断層の地震に対して、正しい断層面が決定できなかつたり、震源に近い観測点の記録を含むと断層面の決定に失敗したりするなどの問題点がみつかった。そこで、本研究では、更に、これら問題をもった地震での解析を行い、より速く、より正しく結果が得られるようにKuge (2003) の手法に改良を加えた。

謝辞：本研究では防災科学技術研究所が管理運営するK-NET、KiK-netのデータを使わせていただいた。記して感謝する。

HDS030-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## 深井戸と地表の強震データのスペクトル比による緊急地震速報の震度予測 Expectation of seismic intensity for EEW using amplitude spectral ratio of surface and borehole

岩切 一宏<sup>1\*</sup>, 干場 充之<sup>1</sup>  
Kazuhiro Iwakiri<sup>1\*</sup>, Mitsuyuki Hoshiba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 気象研究所

<sup>1</sup> Meteorological Research Institute

気象庁では、関東地方の KiK-net の地中（深度 500m～3510m）と地表の強震観測データを緊急地震速報に活用する準備を進めている。岩切・他（2010）は、地中と地表の地震波の着信時間差、最大振幅比などから、震源決定時の走時補正、M 推定時の補正、地中データを活用することによる警報発表の迅速性の向上の程度を調査した。これによると、地震波の着信時間差は、地中深度 3000m では P 波は 1.2 秒、S 波は 3 秒である。地中と地表のデータの利用により、震源決定や規模の大きな M 決定の精度、迅速性が向上するとともに、地中データを直接利用することにより、震度予測の精度が向上すると期待される。本研究では、地中データを有効に利用することにより、震源位置や M を介さず、過去データからあらかじめ計算しておいた地中から地表への経験的な振幅増幅率を用いて、地中に先に着信するデータのみから、その後に着信する地表の地震動の大きさを予測することを考える。これにより、震源が近い場合には、震源や M を介した予測震度が得られる前の段階で地表の地震動が予測され、現行の震度予測手法よりも経験式の数が減るため予測誤差の要因が減る。ここでは、経験的な振幅増幅率として、地中と地表の最大振幅の比、震度の差、振幅スペクトルの比を評価する。最大振幅の比及び震度の差はスカラー量であるのに対し、スペクトル比は周波数毎の振幅を表現しているため、スペクトル比を用いる方が予測精度が高いことが予想される。特に、震度の周波数帯域に注目し、S 波部分だけでなく、緊急地震速報で重要な迅速性も考慮して P 波部分の振幅増幅率についても調べる。

観測データは、関東地方の深さ 500m 以深の地中に強震計がある防災科研の KiK-net（30 観測点）の地中と地表それぞれ 3 成分の加速度データを WEB サイトから取得した。震源要素は気象庁一元化震源カタログを用いた。岩切・他（2010）で対象とした地震は、位相の立ち上がりが見事に検出できるように、震央距離が比較的近く高周波成分が卓越した地震波が多かったが、今回は震央距離を制限せずに抽出した M6 以上の地震を追加・検出することで、より低周波成分が卓越した地震波も解析対象とした。最大振幅の比は、3 成分合成最大加速度の地中と地表の振幅比（以下、振幅比）とし、振幅比の S 波部分は S 波着信から S-P 時間の 3 倍の時間長とする。地中と地表のスペクトル比は、加速度波形の成分毎のフーリエ振幅スペクトルをベクトル合成し、地中と地表の 3 成分合成スペクトルの比とする。SN 比を計算するため、P 波着信前までのノイズ部分と信号部分を同じ時間長とする。スペクトル比の評価は SN 比が 3 以上の周波数帯域を対象とする。

地中と地表のスペクトルを比べると、どの観測点でも地中の方がノイズレベルが特に高周波で小さく、SN 比でも全周波数帯域で地中の方が小さい。多くの観測点で、P 波部分の振幅比と S 波部分の振幅比は同程度、または S 波部分の方が大きい傾向を示し、S 波部分の振幅比の方がバラツキが大きい。P 波部分の振幅比と S 波部分の振幅比が同程度であっても、スペクトル比で見ると高周波では P 波部分の振幅比が大きく、低周波では S 波部分の振幅比が大きい観測点が多い。震度の周波数帯（0.5Hz～1Hz）のスペクトル比は S 波部分の方が全観測点で大きい。このように、P 波部分と S 波部分で、振幅比及びスペクトル比が異なることは、P 波と S 波の完全な識別は現在のところ難しいこともあり、実際の処理における課題である。発表では、経験的な増幅率として、地中と地表の震度の差を用いた場合と、スペクトル比による場合とで、地表における予測精度がどの程度異なるかも報告する。

謝辞：防災科学技術研究所の KiK-net の強震観測データを使用しました。

キーワード: 緊急地震速報, 震度予測, 深井戸, スペクトル比

Keywords: earthquake early warning, expected seismic intensity, borehole, spectral ratio

HDS030-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## Investigation of intensity magnitude estimates for improving an earthquake early warning system

## Investigation of intensity magnitude estimates for improving an earthquake early warning system

Paul Rydelek<sup>1</sup>, Akiko Hasemi<sup>2\*</sup>, Kazuki Koketsu<sup>1</sup>, Shigeki Horiuchi<sup>3</sup>  
Paul Rydelek<sup>1</sup>, Akiko Hasemi<sup>2\*</sup>, Kazuki Koketsu<sup>1</sup>, Shigeki Horiuchi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ERI, Univ. Tokyo, <sup>2</sup>Yamagata Univ., <sup>3</sup>Home Seismometer (Corp.)

<sup>1</sup>ERI, Univ. Tokyo, <sup>2</sup>Yamagata Univ., <sup>3</sup>Home Seismometer (Corp.)

The rapid determination of earthquake location and magnitude are key parameters in an earthquake early warning system. These (and other) parameters are estimated by automated systems that perform real-time analyses of the seismic waveform data recorded by the dense seismic arrays in Japan. In particular, a new source parameter, called  $M_i$ , is used to determine the seismic intensity magnitude, which can be estimated from the P-wave data recorded during the early stages of fault rupture for larger earthquakes  $M > 6.5$ . Therefore, a real-time warning can be especially beneficial in mitigating the damages from a large subduction zone earthquake. We find the use of  $M_i$  can result in a significant improvement in both the speed and reduction of uncertainty in the predicted shaking from the damaging S-waves when compared to estimates derived from earthquake magnitude. However, we are also finding systematic differences between shaking intensity magnitude and moment magnitude that are related to hypocentral distances, the locations and/or type of earthquakes and site effects.

We examined 18,250  $M_i$  data, and found that difference from  $M_w$  becomes large with epicentral distance.  $M_i$  is larger than  $M_w$  by about 1.0 at 400km epicentral distance. Efforts are underway to understand and provide a correction factor that will help to reduce this discrepancy and therefore provide a more reliably estimate of the expected shaking intensity. A better understanding of the important site corrections is relevant not only to applications in a real-time warning system but also will help to improve the reliability of seismic shake maps that are used to access the damages from large earthquakes.

キーワード: earthquake early warning system, intensity magnitude, EEW

Keywords: earthquake early warning system, intensity magnitude, EEW

HDS030-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## WiMAX等の無線通信による緊急地震速報の受信試験 Experiment of Earthquake Early Warning system via the wireless communication network such as the WiMAX

内藤 昌平<sup>1\*</sup>, 中村 洋光<sup>1</sup>  
Shohei Naito<sup>1\*</sup>, Hiromitsu Nakamura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 防災科学技術研究所

<sup>1</sup> NIED

2007年10月から緊急地震速報の一般への提供が開始され、気象庁をはじめとする各機関の周知活動や実際の地震によって警報が提供されること等によりその情報の有効性が認識され、自治体や学校、企業、個人宅等への緊急地震速報の導入が徐々に広まりつつある。一方、近年の通信インフラの整備に伴い、WiMAX等の多種多様な無線通信サービスが提供されており、提供エリア拡大や通信速度向上など無線通信の利便性は急速に向上している。これらの無線通信サービスを活用することで、サービス提供エリア内であれば場所を問わず、かつ比較的容易に既存ネットワークと独立した通信環境で緊急地震速報を用いた地震防災システムを構築できる可能性がある。そこで、本研究では緊急地震速報の伝送手段としての公衆無線回線の有効性について調査することを目的とし、受信試験を行った。

試験の概要については、東京都内に試験環境を構築し、気象庁の高度利用者向け緊急地震速報を配信事業者のサーバから公衆無線回線経由で受信端末により受信し、通信状況モニタ用PC上でパケットキャプチャリングソフトによって得られるログを解析し、緊急地震速報の受信の状況を調査した。なお、これら各装置の時刻はNTPにより正確に同期させた。公衆無線回線としては大手通信キャリア4社の無線通信サービスを利用し、それぞれの回線を使用して高度利用者向けの緊急地震速報を1週間受信する試験を2回ずつ行った。受信試験において比較的良好な結果が得られた2つの通信キャリアに関して輻輳が予想されるクリスマス・正月時における受信試験を行った。試験の結果、稼働率(=[全稼働時間]-[切断時間])/[全稼働時間]×100[%])は全てのキャリアでほぼ99%以上となった。緊急地震速報が配信事業者から送信されてから端末が受信するまでの遅延時間の平均値は約30~400ミリ秒程度であり、キャリアごとでその遅延時間の分布に違いがみられた。輻輳による影響は特に見られなかった。通信接続の状況としては、通信キャリア4社全てにおいて定期的に自動で通信の切断が行われる通信仕様となっており6~24時間毎に2分間ほどの切断時間が生じる。また、キャリアによっては遅延時間に大きなばらつきが生じる場合があった。

今回の公衆無線回線を対象とした試験結果により、稼働率及び情報伝達の遅延時間の観点からは、その通信キャリアごとの通信特性に違いがあることに注意は必要であるものの、それを理解して利用する上では緊急地震速報の伝達手段として実用に耐えうるものであることが分かった。

キーワード: 緊急地震速報, 無線通信

Keywords: Earthquake Early Warning System, wireless communication