緊急地震速報システムの普及を図る

芦谷　公稔
防災技術研究部（地震防災　研究室長）
あしや　きみとし

はじめに

気象庁は現在，地震発生直後から震源位置や規模（マグニチュード）などの推定情報を「緊急地震速報」として配信しています。この情報を有効に活用することにより，地震の大きな揺れ（主要動）が到達する前に防災行動をとることが可能となるため，地震災害の軽減に大いに役立つと期待されています。鉄道においても，2006年8月の緊急地震速報の先行配信開始以来，JR在来線や大手民鉄線を中心に，緊急地震速報システムの導入が進められてきました。

しかし，緊急地震速報を活用するためには，情報を受信するための通信回線や地震の影響を判断し警報等を発報するための装置が必要になります。よって，中小の鉄道を含めて多くの鉄道に緊急地震速報を普及するためには，汎用的で低価格な受信装置の開発が不可欠です。

本報告では，緊急地震速報の概要および鉄道における緊急地震速報システムの導入事例を紹介するとともに，鉄道事業者に対して行った緊急地震速報の活用に関するアンケート調査結果を基に，緊急地震速報導入における課題を整理し，さらに，中小民鉄線でも導入しやすい受信装置の構成案を紹介します。

緊急地震速報の概要

図1に緊急地震速報の概要図を示します。地震が発生すると，まず震源近傍の観測点で地震波を検知し，その後時間とともに地震波を検知する観測点が増えていきます。観測データが増えるほど地震諸元（震源の位置やマグニチュードなど）の推定精度は高くなります。そこで，緊急地震速報は，地震を検知した直後から，時々刻々得られる観測データ全てを有効活用して，より精度の高い地震情報に更新し逐次配信されます。

緊急地震速報の種類

緊急地震速報はその配信の基準によって「予報」と「警報」の2種類に大別されます。「予報」は予測される地震のマグニチュードが3.5以上もしくは最大震度が3以上の場合に配信され，「警報」は予想される最大震度が5弱以上の場合に配信されます。また，「警報」はテレビやラジオ等を通して不特定多数の国民に発表されるため，「一般向け緊急地震速報」とも呼ばれます。これに対し「予報」は特定の企業や個人に有料で配信されるもので，「高度利用者向け緊急地震速報」と呼ばれています。

「一般向け」は，一般国民の混乱を最小限に止めるため，確実に激しい揺れが発生すると予想された時点で発表されるので，「高度利用者向け」よりも発表

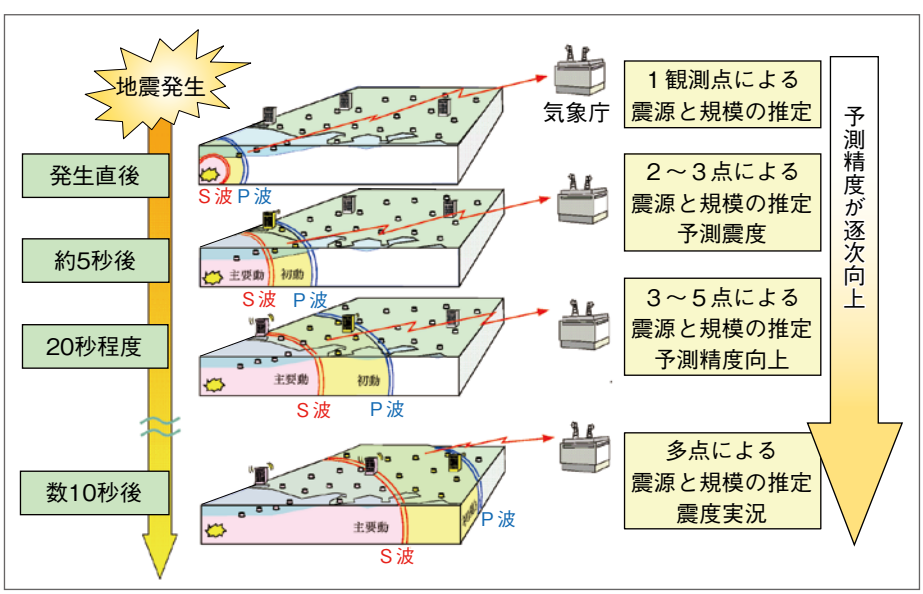

図1　緊急地震速報の概要

が遅れたり，また，事業者がより小さな揺れの情報も必要とする場合に発表されなかったりすることもあるので，鉄道など一般企業の地震防災を対象とする場合は，「一般向け」ではなく，「高度利用者向け」を用います。

「高度利用者向け」配信は2006年8月から先行実施され，「一般向け」配信は2007年10月に開始されました。

緊急地震速報の内容

緊急地震速報で配信される情報は，推定した震央の位置（緯度・経度），震源深さ，マグニチュードおよび代表地点での最大震度です。鉄道で活用する場合は，震源位置とマグニチュードの推定値から沿線での地震動の大きさ（最大加速度や震度など）を予測し，事前に定めたある基準値以上になると判断した場合に列車無線などを自動発報します。

緊急地震速報の処理方法

緊急地震速報の処理は，全国約1000箇所に設置された公的機関の地震観測点（気象庁：約200箇所，（独）防災科学技術研究所：約800箇所）のデータを基に行います。最も早い処理は，震源近傍の観測点単独のデータのみで地震諸元を推定しますが，この方法は鉄道総研と気象庁が共同開発しました。その成果は新幹線の早期地震検知・警報システムにも応用され，現在ではこの方法を採用した専用の地震計が新幹線全線に導入されています。

図1にも示したように，緊急地震速報の処理では，全国の観測点の処理結果を気象庁本庁に瞬時に集約し，複数の観測点のデータを用いたより精度の高い方法で地震諸元の推定を逐次行います。この方法は気象庁や（独）防災科学技術研究所が開発したもので，処理する観測点の数に応じて複数の方法が採用されています（詳しくは気象庁のホームページを参照）。

緊急地震速報の配信の仕組み

緊急地震速報（以下，特に断らない限り，高度利用者向け緊急地震速報を指します）の配信は，気象庁の関連団体である（財）気象業務支援センターが一元的に行っています。一般の企業（エンドユーザー）が直接本センターから配信を受けることも可能ですが，本センターは配信事業に特化しており，ユーザーの要望に応じた緊急地震速報システムの構築や運営等のサポートは行いませんので，一般には，こうしたサポートを付加サービスとして提供している緊急地震速報の2次配信会社を通して受信します。

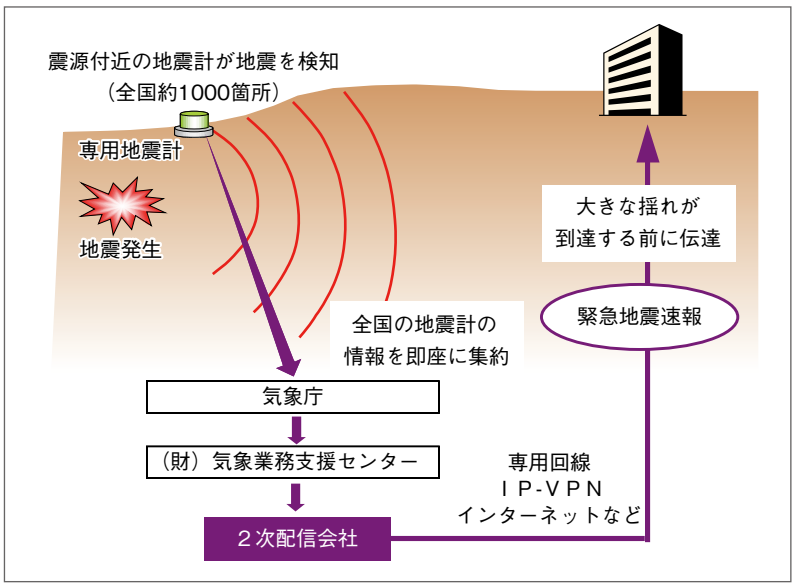

図２　緊急地震速報の配信の仕組み

2次配信会社の多くは地上回線を用いてユーザーに情報を配信しますが，一部には衛星回線を用いて配信している会社もあります。地上回線と衛星回線（通常のBSやCS放送と同一の放送波を使用）には以下の特徴があります。

①地上回線は双方向通信が可能なため，通信回線や受信装置を含めたシステム全体を配信会社により常時監視が可能で，より安全・安心なシステム運営ができる利点があります。しかし，通信回線の維持コストが衛星回線に比べて高くなるという点が短所です。

②衛星回線の長所は地上回線に比べて通信に係わる維持コストを低く抑えられることです。しかし，一般には片方向通信であるため，配信会社による監視はできないほか，地上回線に比べて1秒弱程度の情報伝送遅延があり，また，悪天候時には通信障害（降雨減衰）が発生するなどの短所があります。

図2は地上回線を用いた緊急地震速報の配信の仕組みを示しています。気象庁が推定した緊急地震速報は，（財）気象業務支援センターと2次配信会社を経由してユーザーに配信されます。2次配信会社は，受信システムの構築・管理や緊急地震速報活用に関する各種コンサルティング業務等を合わせて行い，ユーザーの要望に応じた適切な情報活用が図れるように様々なサービスを提供します。鉄道事業での緊急地震速報の活用に関しては，現在，鉄道総研のグループ会社として2005年10月に設立された（株）ANET（アネット）がユーザーのご要望におこたえしています。

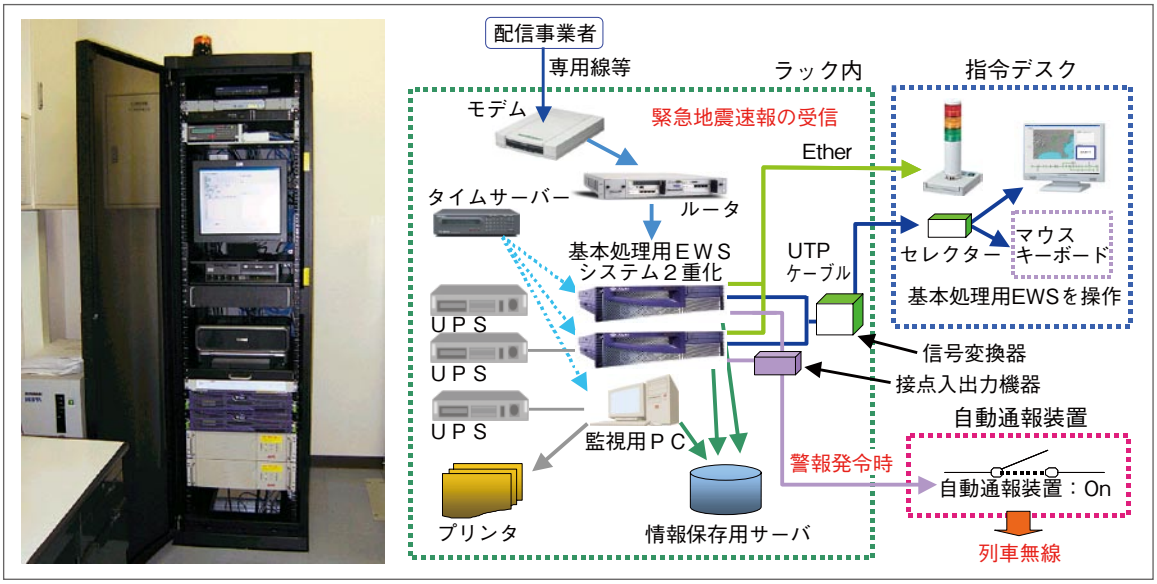

図３　緊急地震速報システムの構成例

緊急地震速報システムの導入状況

鉄道総研では，小田急電鉄殿の協力のもと，同線区をテストフィールドとした緊急地震速報システムのプロトタイプを製作して，気象庁が2004年2月に開始した緊急地震速報の配信試験に参画し，この試験結果を踏まえ，図3に示すような実用システムを開発しました。このシステムは，地上専用回線で緊急地震速報を受信し，当該線区に影響があるかどうかを判断し，影響があると判断した場合は列車無線装置を自動的に発報するものです。

影響の判断にはM-Δ法と呼ばれる方法を採用しています。この方法は，新幹線の地震時の早期被害推定に利用している方法であり，地震のマグニチュードMに応じてこれ以上は被害がないだろうという限界の距離Δに対する経験式を過去の被害地震のデータを基に策定し，この経験式を用いて影響範囲を求める方法です。この方法による警報の範囲は概ね震度5弱以上の揺れが予想される箇所に相当しています。

本システムは2006年度初から試験運用を開始し，気象庁が高度利用者向け緊急地震速報の先行配信を開始した2006年8月1日からは実運用されています。

この事例は，地上通信回線を利用した緊急地震速報システムとしては初期のものですが，様々な警報判断方法に対応可能で，かつ，画面表示や情報管理，保守対応などでも多くの機能を備えています。また，ハード構成はCPUおよび無停電電源装置（UPS）が各2台構成（完全2重系）で信頼性の高いシステムとなっています。

この後導入事例が増えるにしたがって，様々なタイプのシステムが実用化されています。2008年6月現在，鉄道における緊急地震速報の導入実績は，地上および衛星回線を含めて，JR在来線や大手民鉄線を中心に30社程度となっています。

緊急地震速報活用に関するアンケート調査

鉄道総研の鉄道技術推進センターの会員各社を対象として，緊急地震速報の活用に関するアンケート調査を行いました。アンケートの主な質問内容は以下の通りです。

・緊急地震速報の内容は理解しているか？
・緊急地震速報は導入しているか？

以下未導入の事業者に対する質問として，

・今後の導入予定はあるか？
・導入に向けての課題は何か？
・初期導入コストおよび維持管理コストの限度額は？

これに対し，約130の鉄道事業者から有効回答を得ました。アンケート結果の一例をまとめると以下の通りです。

①緊急地震速報の周知度は高い。
②既に緊急地震速報を導入している事業者は約29％である。
③未導入事業者の約90％は導入についてなんらかの検討を行っている。
④未導入事業者の導入に向けての課題は，大半が初期導入コストと維持管理コストである。
⑤初期導入コストの上限として約67％は「100万以下」と回答している（図4（a））。
⑥維持管理コストの上限として約70％は「年10万円以下」と回答している（図4（b））。

以上のアンケートの結果より，緊急地震速報システムの

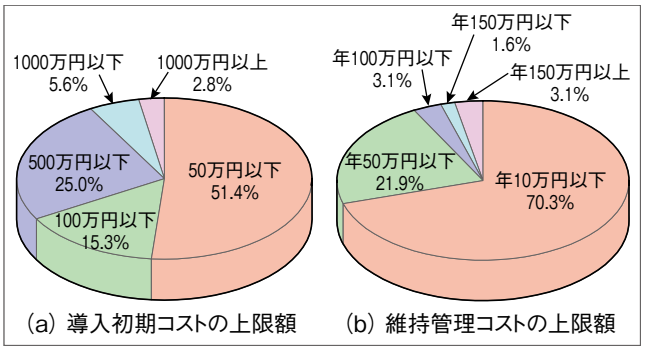

図４　導入コスト上限額のアンケート結果

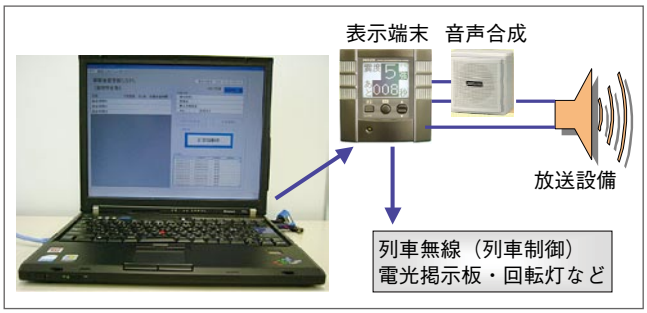

図５　簡易受信システムの構成例

導入について，多くの事業者が初期導入コストおよび維持管理コストともかなり安価なものでなければ導入は困難と考えていることがわかりました。

低コストな受信システムの構成案

JR在来線や大手民鉄線などのように路線が長く，また，高速で列車本数が多い線区などでは，前述したような高機能で高信頼性の緊急地震速報システムが導入されてきましたが，上記のアンケート調査結果が示すとおり，地方ローカル線や中小民鉄線などに同システムを普及させるためには，よりシンプルで経済的なシステムを提案していく必要があります。以下では，低価格なシステムとして現時点で実現可能な2タイプを紹介します。

簡易受信システム

このタイプは，警報判断方法や警報出力，画面表示，情報管理などの機能面は高機能タイプとほぼ同等ですが，ハード構成がPC1台構成（1重系）で，UPS等を省略するなどシンプルな構成となっています（図5）。本タイプは，路線延長が数10km～100km程度までのローカル線などでの利用が考えられます。列車無線の自動発報や駅での放送，その他装置の自動制御などを行うことも可能です。

汎用受信ソフト

緊急地震速報を受信して，任意の場所での最大震度を予測し，ある基準値（任意に設定可能）を超えると判断した場合に警報を発する汎用のソフトが開発されています。また，このソフトをインストールしたPCに専用の表示端末を接続して予測震度や余裕時間を表示させたり，接点信号を発信して各種装置を制御したりすることも可能です。このタイプは，路線延長が数10km程度で，ある1箇所での地震動の予測値で全線の制御を行うことが可能な場合などに利用できると考えられます。

通信回線の選択

地上回線を使用する場合，回線種別によってランニングコストが大きく異なります。また，通信回線の種別は，その通信の信頼性（伝送遅延や障害発生時の対応など）によって大別されます。最も信頼性の高い回線は専用線やIP-VPN（仮想専用線）と呼ばれるものですが，これらは使用料が月額数万円以上もします。信頼性はやや劣りますが，経済的な回線としてはインターネットの利用が考えられます。インターネット利用の場合でもユーザーの受信装置に個別に固定のIPを取得して利用するものと，通常のインターネット利用と同様に固定IPを使用しないものがあります。一般に固定IPを利用する方がインターネット利用上のセキュリティーは高くなると考えられます。

これまでに鉄道で導入された事例では専用線やIP-VPNを利用したケースが大半ですが，鉄道以外の工場や商業施設，病院等ではインターネットを利用したケースも増えています。よって，今後は鉄道においても中小民鉄線等を中心にインターネット回線の利用が想定されます。

おわりに

2007年10月に緊急地震速報の一般配信が開始されて以降，いくつかの地震に対して緊急地震速報の発表の遅れや誤差などが報道等で話題になりました。本報告で示したように緊急地震速報は地震波を検知してから僅かな時間でその震源の位置や規模を自動で推定して発表するものですから，地震の発生場所によっては発表が間に合わないことも，また，誤差を含むことも，場合によっては誤報もありえます。よって，そのことを理由に利用を躊躇してしまうこともあろうかとは思います。しかしながら，これら現状の課題を理解した上で，少しでも地震災害を軽減できる可能性があるという点を重視し，多くの事業者が緊急地震速報を積極的に利用することを期待しています。そのためにも，今後とも緊急地震速報の普及を図るためのさらなる調査・研究を推進してまいりたいと考えておりますので，ご意見・ご要望をお聞かせいただければ幸いです。RRR