

衛星放送を利用した列車搭載可能な緊急地震速報受信装置の開発

防災技術研究部 地震防災
研究室長 芦谷公稔

1. はじめに

気象庁は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る。この情報を有効に活用することにより、地震の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おり、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、緊急地震速報による早期地震防災システムの導入が進められてきた^{1), 2)}。

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る。さらに、鉄道の場合は、警報を列車無線等により乗務員に通報するための仕組みも必要になる。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ある。

本発表では、鉄道における緊急地震速報システムの導入状況や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紹介し、緊急地震速報活用における課題を整理する。また、列車無線等が整備されていない中小鉄道での活用を想定して開発を進めている、衛星放送を利用して緊急地震速報を走行列車で直接受信する装置について概要を報告する。

2. 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1および図2に示すような実用システムを開発した。このシステムは、地上専用回線で緊急地震速報を受信し、M- Δ 法によって小田急線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に信号を発して、自動的に列車無線を発報するものである。なお、M- Δ 法とは、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ある。本システムは2006年度初から試験運用を開始し、気象庁が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る。

上記の事例は、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鉄道における初期のものであり、システムの信頼をあげるために高機能なシステムとなっている。その後、導入事



図1 緊急地震速報の受信システムの事例

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る。

また、地上通信回線以外を利用するものとして、衛星通信会社が配信する緊急地震速報を活用したシステムが実用化されている。このシステムは、通常のBSやCS放送と同一の放送波で配信される情報を使用しており、パラボラアンテナで受信し、沿線の特定の地点の予測震度に基づいて地震の影響を評価して警報を発するものである。

地上回線と衛星回線を利用するシステムの長所・短所は一般に以下のように考えられる。地上回線の場合は、配信事業者が通信回線から受信システムまでのユーザ側のシステム全体の稼動状態を常時監視することが可能なため、システム運用上の信頼性が向上する。しかし、その一方で専用の通信回線を維持するためのコストが高くなる。それに対し衛星回線の場合は、通信にかかる維持コストは低く抑えられるが、配信事業者によるシステム監視はできない、また、降雨などにより通信障害が発生することがあるなど、運用上の信頼性が相対的に低いという欠点がある。

以上の地上および衛星回線を含めて、2008年6月現在、鉄道における緊急地震速報の導入実績は、JR在来線や大手民鉄線を中心に30社程度となっている。

3. 緊急地震速報活用に関する調査

鉄道事業者に対して、緊急地震速報の活用に関する課題や要望の調査を行った。結果をまとめると以下の通りである。

- 1) 鉄道統計年報（平成 16 年度版）をもとに、全国の鉄道の線区ごとの防護無線と列車無線に関する設備状況を集計した。これによると、調査を実施した線区のうち、防護無線も列車無線もない路線が全体の約 14%あることがわかった。このような線区で緊急地震速報を導入する場合には、情報の即時性を保持し、かつできる限り低価格な列車への通信手段を新たに検討する必要がある。
- 2) 鉄道総研鉄道技術推進センターの会員を対象として緊急地震速報のアンケート調査を行った。このアンケート結果の一例をまとめると以下の通りである（約 130 事業者から有効回答）。
 - 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%ある。
 - ③ 未導入事業者にとって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。
 - ④ 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。
 - ⑤ 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。

アンケートの結果より、初期導入コストや維持管理コストに関しては、多数の事業者はかなり安価なシステムでなければ導入は困難と考えていることがわかった。

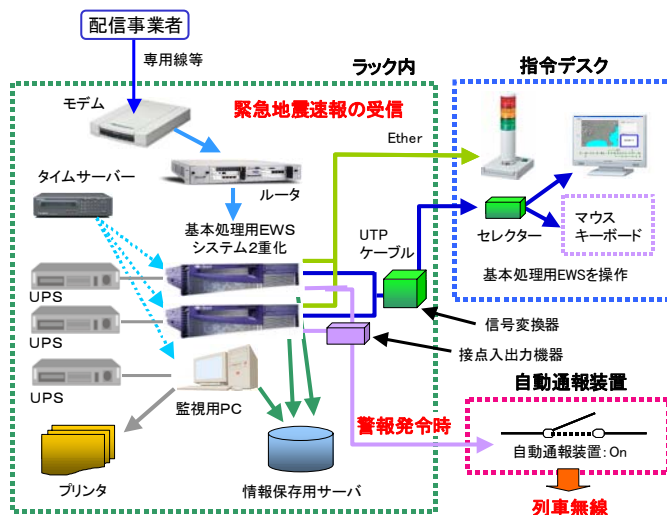


図2 緊急地震速報の受信システムの構成事例

4. Sバンド防災情報の活用

前述したとおり、緊急地震速報システムの運用上の信頼性の確保と維持管理コストの低減は裏腹な関係にあり、一概にどちらを重視すべきであるかは言えないが、緊急地震速報の普及を図るため、低価格なシステムのメニューを増やすことは必要と考えている。

最近、Sバンドと呼ばれる放送波を利用した緊急地震速報（Sバンド防災放送と呼んでいる）の配信が開始された。この放送波は、モバイル放送（株）が商用

配信しているもので、Sバンドと呼ばれる周波数帯域（2.6GHz帯域）を利用しており、通常のBSやCSの衛星放送（Kuバンドと呼ばれ13GHz帯域）の電波よりも長周期でかつ高出力であるため、地表付近での信号の減衰が少



図4 Sバンド防災放送受信機

なく、受信アンテナも小型にできる。よって、アンテナを含めて受信装置を大幅に簡素化できるので、比較的安価に導入することができる。図3にモバイル放送による衛星放送の概要を示すとともに、図4および図5に最近実用化された受信機の例を示す。簡単な装置で緊急地震速報が受信でき、特定の地点の地震の影響（想定される最大震度など）を即座に表示し、警報出力も可能なため、路線の短い中小民鉄線等での利用が可能と考えられる。

5. 列車搭載可能な受信装置の開発

前述の調査結果にもあるとおり、列車無線や防護無線などの設備がない線区においては、走行列車に警報を伝達するための仕組みを構築しなければならない。しかも可能な限り安価なシステムが要求される。そこで、鉄道総研では現在、上記のSバンド衛星放送による緊急地震速報（Sバンド防災放送）を列車で直接受信し、GPSによる位置検知情報と組み合わせて地震の影響を判断し、影響があると判断した場合に運



図3 モバイル放送（株）による衛星放送の概要



図5 警報出力時の画面イメージ



図6 列車搭載型受信装置一式

転士に警報を発するシステムを開発している。Sバンド防災放送はアンテナを含めて受信装置を小型・軽量化できるため、列車に比較的簡易に搭載できると考えている。

2006年度にJRの在来線の優等列車において基礎的な試験を実施し、Sバンド防災放送を走行列車で受信して沿線の震度の予測が可能であることを確認した³⁾。

2007年度には実用化を意識した受信装置を試作し、実際の車両に実装して検証試験を実施した。図6は車両に搭載した装置一式であり、図7および図8は試験状況である。この試験は平野から山間部を含む路線を有するある民鉄線で実施した。試験の結果、トンネルを除く明かり区間では走行中でも十分な感度で緊急地震速報およびGPS情報を受信できること、また、沿線の地盤の地震動増幅率を装置内にデータベース化しておくことによって、走行中の列車位置での最大震度を逐次、適切に予測できることを確認した。



図7 車両の屋根へのアンテナ設置状況

6. おわりに

現在、JR在来線や大手民鉄線を中心に緊急地震速報の導入が進んでいるが、中小民鉄線を含む全国の鉄道に普及させるためには、さらに低価格な受信システムのメニューを整備することが必要である。また、列車無線等の列車への警報の通報手段のない線区においては、こうした通報手段の構築もあわせて行わなければならない。こうした課題を解決する一つの手段として、Sバンド防災放送の活用、さらに、列車搭載型の受信装置の開発が考えられる。鉄道総研では関連する研究開発を2006年度から実施しており、ほぼ実用化のめどは立ったと考えている。今後は、実際の使用環境を想定した耐久性等を検証し、2009年度以降は鉄道車両に導入できるようにしたいと考えている。そのためにも、関係各位からの忌憚のないご意見やご要望がいただければ幸いである。



図8 車内での試験状況

参考文献

- 1) 芦谷公稔, 大竹和生, 佐藤新二, 中村洋光: 緊急地震速報を活用した地震警報システムの実用化, 鉄道総研報告, Vol.19, No.10, pp.5-10, 2005
- 2) 芦谷公稔・佐藤新二・岩田直泰・是永将宏・中村洋光: 鉄道の地震警報システムにおける緊急地震速報の活用, 物理探査, 60(5), 387-397, 2007.
- 3) 岩田直泰, 芦谷公稔, 佐藤新二, 是永将宏: 営業列車を用いた人工衛星からの緊急地震速報受信試験, 第5回日本地震工学会大会-2007梗概集, pp.358-359.