

鉄道における早期地震警報システムの事業者間共有の実現性と効果の評価

前中央大学大学院 理工学研究科 ○下野 大樹
東京大学生産技術研究所 目黒 公郎
東京大学生産技術研究所 大原 美保
東京大学大学院 学際情報学府 藤生 慎

1.研究の背景と目的

現在各鉄道事業者で用いられている早期地震警報システムは、大別して2種類存在する。1つは、受信した緊急地震速報の内容から、自社路線への影響を判断して警報を発信するシステムで、首都圏ではJR 東日本や大手民鉄をはじめ、多くの鉄道事業者が導入している。もう1つは、各鉄道事業者が所有するP波検知地震計によってP波を検知して警報を発信するシステムで、首都圏ではJR 東日本と東京メトロがこれを導入し、緊急地震速報による警報と併用している。このシステムは、P波が設定した閾値を越えるか否かを判定するだけなので、P波検知から警報配信までの時間が短く、沿線近傍で発生した地震に対して、緊急地震速報よりも優位である。

現在多くの鉄道事業者は緊急地震速報を利用した警報のみを導入していることから、直下型地震に対する減災効果は期待できないが、この問題は警報システムを鉄道事業者間で共有することで、改善される可能性が高い。そこで本研究では、警報システムの事業者間共有の実現に向けて、これが実現した場合の効果を評価するとともに課題を整理する。

2.研究の方法

2.1 研究の流れ

今後、緊急地震速報の技術的進展や観測網の拡充などによって、警報システムの減災効果は向上する可能性が高い。しかし、事業者間の共有がそれを上回る減災効果を発揮できれば、事業者間での共有の実現性が高まる。そこで本研究では、今後の緊急地震速報の発展状況を仮定した上で、事業者間共有と緊急地震速報発展後の減災効果を定量的に評価・比較する。具体的には、各地域で得られる余裕時間と、時間帯ごとの余裕時間別鉄道利用者数（任意の余裕時間を得られる地域に存在する鉄道利用者数）を用いて評価する。

さらに本研究では、ヒアリング調査を基に、事業者間共有の実現に向けた課題や検討事項の抽出も行う。

以下に、本研究の対象地震、余裕時間の推計に用いる各パラメータ、警報システムの稼働条件、及び減災効果の評価方法を記述する。

2.2 対象地震と各パラメータの設定

本研究では、政府中央防災会議によって想定されている18タイプの首都直下地震を対象とする。地震波速度は、気象庁による代表的な深さの速度¹⁾を参考に、震源深さに応じて定めた。対象地震と各パラメータを表-1にまとめる。

2.3 警報システムの稼働条件

本研究では、各事業者の警報導入状況、検知から警報発信までの時間を、各社のプレスリリースなど^{2)~5)}を参考に、表-2のように定めた。事業者間共有の効果は、最も早く発信された警報を全鉄道事業者が利用する条件の下での余裕時間を算出することで求める。

また、余裕時間増加のためには、地震の早期検知が有効なので、緊急地震速報の将来の発展形として2パターンを想定して検討する。発展パターン①は、既存の気象庁多機能型地震計(約200箇所)に加え、防災科研によるHi-net地震計(約800箇所)が緊急地震速報の第一報配信に活用される場合、発展パターン②は、リアルタイム地震情報利用協議会⁶⁾で議論された超深層観測のネットワークが実現し、首都圏14箇所に深さ3kmまたは7km地点に地震計が設置された場合である。

表-1 地震の各パラメータ

ID	地震	M	破壊開始地点座標			P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)
			緯度(°)	経度(°)	深さ(km)		
1	都心東部直下	6.9	35.652	139.817	12.4	5.7	3.2
2	都心西部直下	6.9	35.665	139.757	12.4	5.7	3.2
3	関東平野北西縁断層帯	6.9	36.094	139.220	12.9	5.7	3.2
4	立川断層帯	7.0	35.750	139.399	13.4	5.7	3.3
5	伊勢原断層帯	6.7	35.417	139.383	13.5	5.7	3.3
6	神縄・国府津一松田断層帯	7.1	35.259	139.398	14.4	5.8	3.3
7	三浦半島断層群	6.9	35.344	139.728	14.4	5.8	3.3
8	東京湾北部	7.3	35.610	139.879	37.8	6.4	3.8
9	プレート境界茨城県南部	7.3	36.175	139.934	46.7	6.5	3.8
10	プレート境界多摩	7.3	35.740	139.271	42.6	6.5	3.7
11	さいたま市直下	6.6	35.916	139.645	5.4	5.3	3.0
12	千葉市直下	6.6	35.620	140.123	5.4	5.3	3.0
13	川崎市直下	6.6	35.534	139.719	6.8	5.4	3.0
14	横浜直下	6.6	35.451	139.654	8.0	5.5	3.1
15	立川市直下	6.6	35.707	139.435	5.0	5.3	3.0
16	羽田直下	6.6	35.556	139.799	5.7	5.4	3.0
17	市原市直下	6.6	35.530	140.053	6.2	5.4	3.0
18	成田直下	6.6	35.772	140.404	5.0	5.3	3.0

表-2 警報システムの稼働条件

地震計の設置事業者	導入している事業者	検知から警報発信までの時間
気象庁 (緊急地震速報)	全ての鉄道事業者 (JR東日本,東京メトロ含む)	5.4(s)
JR東日本	JR東日本	海岸地震計:2.0(s) 沿線地震計:1.0(s)
東京メトロ	東京メトロ	1.0(s)

2.4 減災効果の向上の定量的な評価方法

事業者間共有と将来の緊急地震速報による減災効果の向上は、現行システムからの余裕時間の増加とその恩恵を受ける鉄道利用者数を用いて比較・評価する。すなわち、図-1に示すように、余裕時間別鉄道利用者数の曲線間の面積を算出することによって定量的な評価を行う。鉄道事業者分布は、第10回大都市交通センサス(2005)のデータを基に作成した。

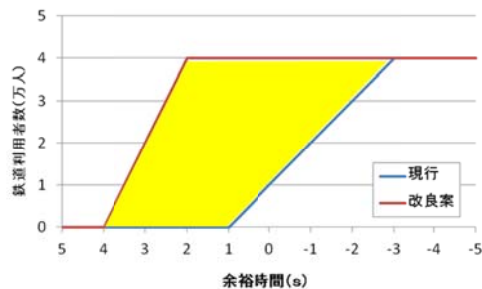


図-1 減災効果向上の定量的な評価方法

3. 研究の結果

本研究では対象とする18地震に対して、余裕時間別鉄道利用者数を算出した。図-2はその一例である（東京湾北部地震、震度6弱以上の地域、時間帯は8:00~8:59）。このグラフを基に、現行のシステムと事業者間共有及び将来型緊急地震速報の曲線間の面積を18地震に対して算出した結果が図-3である。18地震中16地震で事業者間共有が最も効果的なことがわかる。さらに大きな伸びを示すのはいずれも事業者間共有であることもわかった。

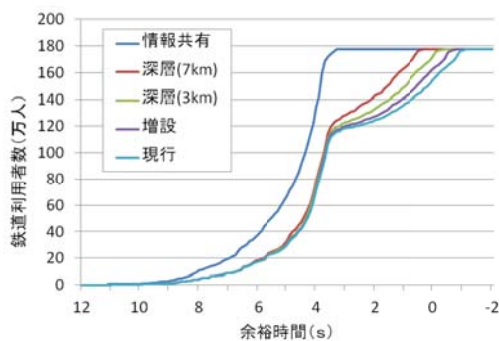
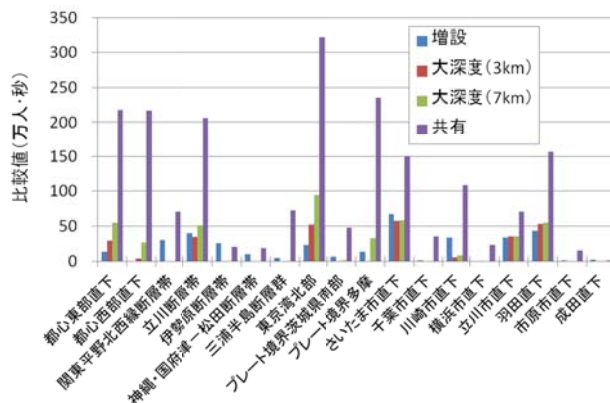
図-2 余裕時間別鉄道利用者数
(東京湾北部地震、震度6弱以上、8:00~8:59)

図-3 減災効果向上の定量的な評価（震度6弱以上）

4. 事業者間情報共有実現に向けた課題の整理

4.1 情報共有の考え方

警報システムの情報共有方法は、図-4に示すように、大別して2つあると考えられる。1つは、各事業者がP波検知地震計を保有している事業者（ここではJR東日本、東京メトロ）と個別に協定を結び、情報を受け取る方法である。費用対効果さえ実証できればスムーズに導入に繋がる可能性が高い。理由は、各社のシステム調整もさほど大きなものにはならず、導入に至る課題が比較的少ないからである。もう1つは、鉄道業界全体で統一した警報システムを構築するものである。各事業者で

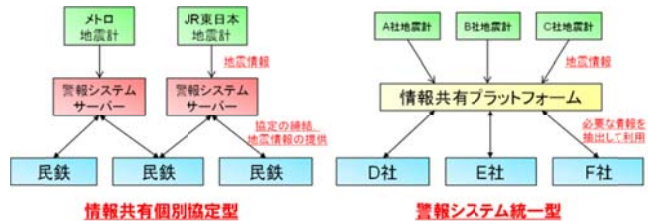


図-4 警報システムの事業者間共有の概念

検知したP波の情報を集約する情報共有プラットフォームを作り、必要な情報を事業者が取り出して利用する。今後JR東日本と東京メトロ以外にもP波検知可能な地震計が導入されれば、さらなる減災効果の向上が期待できる。しかし、事業者間で解決すべき様々な問題があり、導入に至るまでの課題は少なくない。

4.2 今後の課題の整理

本研究では、ヒアリング調査などを基に、警報システムの事業者間での情報共有を実現するための課題を抽出した。その結果、情報共有が技術的に可能なことは確認できたが、様々な課題が明らかとなった。その中でも特に優先的に取り組むべき課題は、以下の2点と考えられる。

①システム導入のメリットの明確化

鉄道事業者が営利企業である以上、導入にはメリットを明確化することが必要である。新たな地震計導入の有無など様々な条件の下で要する費用を試算した上で、さらに多くの震源や実際の地震波に対してシミュレーションを行い、事業者別、路線別に余裕時間の増加量を精査する必要がある。

②主導する組織の存在

本システムの実現には、各鉄道事業者の利害関係が複雑に入り込んでいる。従って、このような仕組みを主導できる組織の構築が、本システムの実現において重要である。

5. まとめ

本研究では、早期地震警報システムの事業者間での共有の実現をめざし、その実現のために優先的に検討すべき課題の整理と、実現した場合の効果を検証した。その結果、情報共有の実現によって、大幅な減災効果向上が期待できることがわかった。今後は、本研究で明らかになったメリットを明確に示すとともに、抽出された課題を検討・解決していくことで、警報システムの事業者間での共有が実現に向かい、減災効果向上に繋がると考えられる。

参考文献

- 1) 気象庁地震火山部地震予知情報課 上野寛: 気象庁の新しい震源計算プログラムについて, 2001.11.
- 2) 緊急地震速報の本運用開始に係る検討会: 「緊急地震速報の本運用開始に係る検討会」最終報告, 2007.3.
- 3) JR東日本: 新幹線早期地震警報システムの改良と運転規制判断指標の変更(SI値)について (プレスリリース), 2005.1.24.
- 4) 東京メトロ: 緊急地震速報を活用した「早期地震警報」を運用開始します (プレスリリース), 2007.9.26.
- 5) 小田急電鉄: 緊急地震速報を活用した早期地震警報システムについて, 2006.6.
- 6) リアルタイム地震情報利用協議会 水井良暢: 超深層観測の推定地震と猶予時間(関東), 第2回超深層観測(都市直下地震)WG, 2009.12.