

# 首都圏の鉄道ネットワークを対象とした 早期地震警報システムによる減災効果の検討

Research on the Effects of Earthquake Early Warning System  
for Disaster Reduction of Railway Network in Tokyo Metropolitan Area

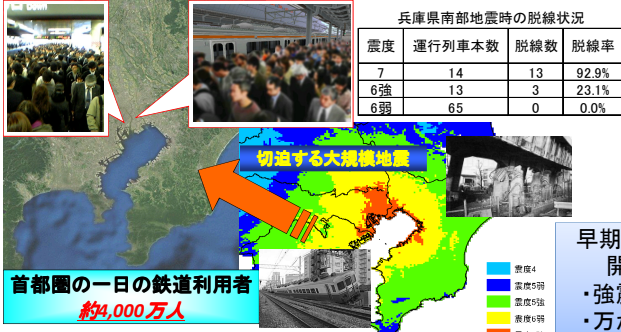


## はじめに

鉄道の早期地震警報は、地震時に新幹線を制御することを目的に、1960年代より開発・導入されてきた。しかし近年では、在来線や多くの私鉄にもP波検知による警報システムが導入されている。そこで本研究では、各鉄道事業者の警報システムが、首都圏の鉄道ネットワーク上で実現できる余裕時間を算出し、鉄道事故のリスク軽減による減災効果を検証する。本研究の対象地震は、中央防災会議で想定される東京湾北部地震(M7.3)とし、余裕時間とは、早期地震警報を受信してから列車にS波が到達するまでの時間とする。

## 研究背景

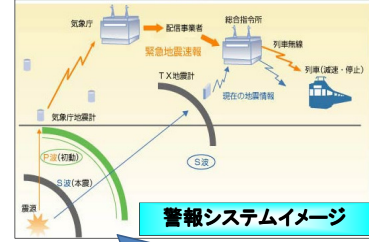
### 切迫する大規模地震と鉄道への影響



### 早期地震警報システムの働き

**鉄道における人的被害発生主な原因**

- 地震動による列車脱線事故
- 地震動により状態変化した線路上を列車が走行することによる列車脱線事故
- 構造物の崩壊や、対向列車の脱線などによる線路上の障害物による列車事故



### 被害抑止効果

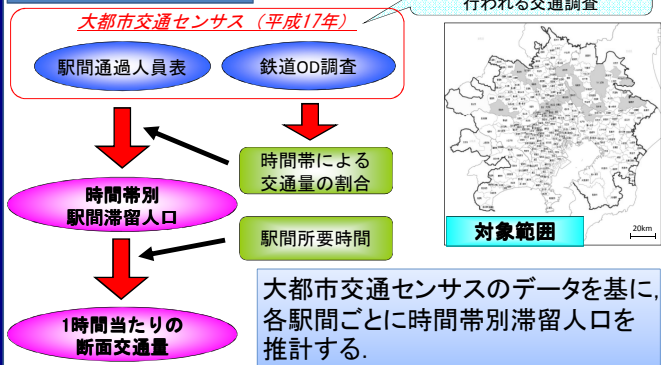
早期地震警報の働きで強震動が到達する前に減速を開始することにより...

- 強震動到達後の走行距離を短縮できる
- 万が一脱線するような場合も列車走行速度を抑えることができる

気象庁による緊急地震速報を活用。事業者によっては自社の地震計による情報も併せて活用。

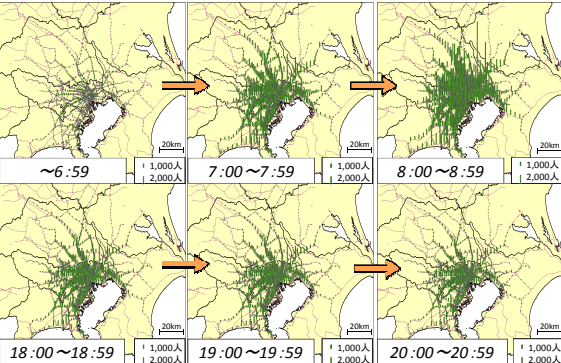
## 鉄道利用者分布

### 作成手順

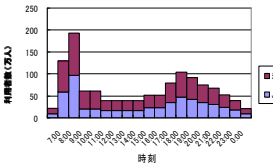


### 算出結果

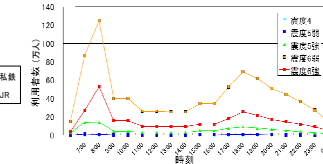
#### 時間帯別鉄道利用者分布



#### 一日の鉄道利用者数の推移



#### 一日の震度別滞留人口の推移



## 早期地震警報システムによる減災効果の検討

本研究では、鉄道ネットワーク上での余裕時間別鉄道利用者数を算出した上で、既往研究による危険率の概念に基づき、その余裕時間による減災効果を検討する。なお、余裕時間別鉄道利用者数は「任意の時間以上の余裕時間が与えられる地域にいる鉄道利用者数」と定義する。

### 余裕時間別鉄道利用者数の算出

#### 警報システムの稼働条件

##### ●Case1(現状に即した条件)

警報の種類	事業者	P波検知から警報発信までの時間	用いた検知点
自社P波検知	JR東日本 東京メトロ	1 (s)	東京(JR) 深川(メトロ)
緊急地震速報	その他の事業者	7.4 (s)**	江東

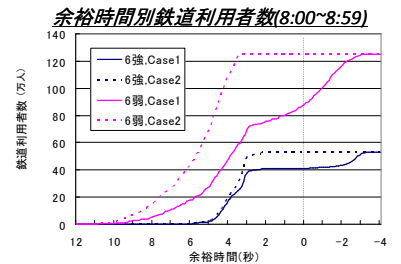
\*\* 緊急地震速報の第一報発信までの平均時間(5.4s)と各事業者における判断時間(2.0s)の和

##### ●Case2(警報システムの改善策)

いずれかの事業者が発信した警報を事業者間で共有し、全ての列車が受信できる条件

#### 震源位置、地震波速度の仮定

震源位置: N35.563, E139.897, 深さ29.7km  
P波速度: 6.15km/s, S波速度: 3.53km/s



### 減災効果の検討

地震時に走行する列車のリスク評価の指標 (警報の有無による危険率の比較) 岩田,2008

$$Rp(Tm) \propto \left( \frac{Dpv_0}{Dsv_{std}} \right) \cdot \left( \frac{Vpv_0}{Vsv_{std}} \right)^2$$

$Rp(Tm)$ : 警報システムがない場合に対する警報システム稼働時の走行列車の危険率

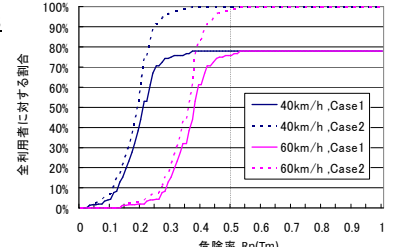
$Dsv_{std}$ : 速度 $V_{std}$ のときの停止距離(m)

$Dpv_0$ : 速度 $V_0$ のときに警報受信した際のS波到達からの停止距離(m)

$Vsv_{std}$ : 速度 $V_{std}$ のときの停止までの平均列車速度(km/h)

$Vpv_0$ : 速度 $V_0$ のときに警報を受信した際のS波到達後停止までの平均列車速度(km/h)

#### 危険率低減効果(震度6強, 8:00~8:59)



警報システムの働きにより、Case1では約80%、Case2ではほぼ100%の鉄道利用者の危険率が0.5以下となる

## まとめ

本研究では、首都圏の鉄道ネットワークを対象として各時間帯の鉄道利用者分布の推計および首都直下地震時の余裕時間別鉄道利用者数の算出を行い、警報システムの有無による走行時の危険率を比較することにより早期地震警報による減災効果を検討した。この結果、警報システムにより多くの鉄道利用者の危険率を大幅に低減可能となった。また、鉄道事業者間で警報を共有することにより、さらに余裕時間が得られ、S波到達前に警報を受け取れる鉄道利用者がさらに増加し、更なる減災効果を得られることがわかった。