

高速道路ネットワークにおける地震動早期警報の効果

東京工業大学都市地震工学センター 正会員 丸山 喜久

千葉大学都市環境システム学科 正会員 山崎 文雄

1. はじめに

気象庁では、今後の地震対策の重点目標として「地震・津波・火山現象による被害を最小限にとどめるため、危機管理に即応した、利用しやすい（わかりやすい）防災情報を発表する」ことを挙げており、面的な震度情報の提供、および地震動の主要動到達前の早期警報として「ナウキャスト地震情報」の提供に向けた検討を行っている¹⁾。

ナウキャスト地震情報は、主に新幹線の地震保安システムである UrEDAS²⁾への応用に向けた検討や藤沢市での実証実験が実施されており、地震発生時の安全性の向上が図られ、経済的な損失を回避できると見込まれている。

本研究では、このようなリアルタイム地震情報の道路交通への応用に向けた基礎検討として、地震動早期警報が高速道路運転者に与える効果を検討することを目的にドライビングシミュレータを用いた地震時走行実験³⁾を行った。

2. 兵庫県南部地震時におけるナウキャスト地震情報の想定

図-1 に 1995 年兵庫県南部地震時における震源、地震動観測点位置を示す。震央に最も近い地震観測点は JR 西明石でその距離は約 8 km である。車両は、JR 宝塚観測点付近を走行していると想定し、震央との距離が約 39.5 km である。兵庫県南部地震における平均的な P 波伝播速度は 5.65 km/s、S 波伝播速度は 3.51 km/s⁴⁾とし、震源深さが 20 km と浅いことから震央距離を用いて P 波と S 波の到達時間を算出した。その結果を、表-1 にまとめる。JR 西明石では地震発生後 1.4 秒で P 波が検知される。ナウキャスト 0 次情報が JR 西明石観測点から発信されると仮定すると、情報発信に 4 秒を要するので、JR 宝塚では主要動到達前 5.9 秒に 0 次情報が受信される。

発信された地震動早期警報を高速道路走行中の運転者に提供するためのシステムが起動する時間を 0.9 秒と仮定し、S 波到達 5 秒前に早期警報音声運転者に伝えられるものとした。通報内容は、「地震発生。減速して路肩に停止してください」であり、通報を終えるのに 3 秒かかる。シミュレータ実験に

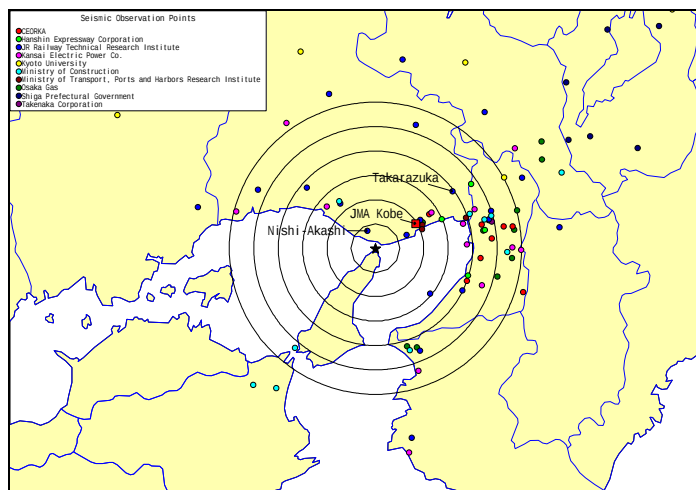


図-1 兵庫県南部地震の震央と周辺の地震観測点
(円の間隔は 10 km)

表-1 兵庫県南部地震の P 波・S 波到達時間

観測点	P 波到達時間 (秒)	S 波到達時間 (秒)
JR 西明石	1.4	2.3
JR 宝塚	7.0	11.3

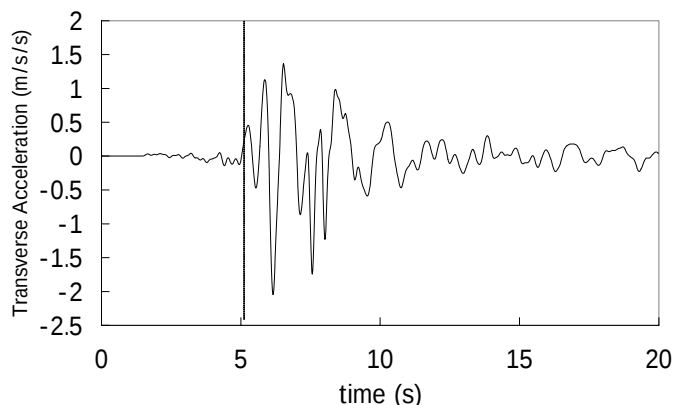


図-2 車両横方向の応答加速度
(宝塚波 $PGA600\text{cm/s}^2$, 車速 120km/h)

おける指示車速は 120km/h としており、被験者はドライビングシミュレータに搭載されている高速道路模擬風景のうち左車線を走行した。地表面地震動には、兵庫県南部地震での JR 宝塚波を最大加速度（PGA） 600cm/s^2 にスケーリングしたものをを用いた。図-2 に車両横方向の応答加速度を示す。



図-3 地震動早期警報を行わなかったときの障害物回避行動の例

3. ドライビングシミュレータを用いた走行模擬実験

被験者 22 名を 11 名ずつの 2 グループに分け、各被験者に 1 回のドライビングシミュレータを用いた走行模擬実験を行った。一方のグループには地震動早期警報を与えず、もう一方のグループには早期警報を行った。被験者の前方に地震動によって生じたと仮定した障害物を出現させ、早期警報の有無で被験者の障害物回避行動の違いをシミュレータ実験で検討した。

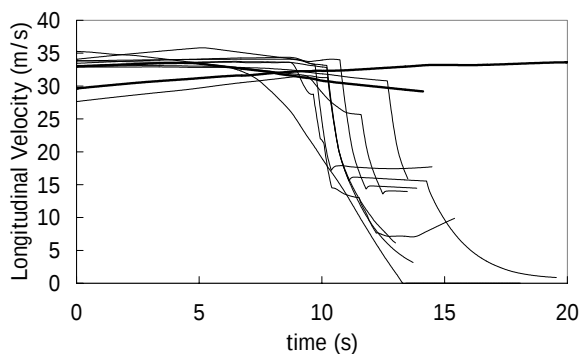
地震動早期警報を行わなかった場合、11 名中 9 名が前方の障害物の回避に失敗した（図-3）。早期警報を行った場合は、11 名中 2 名が回避できなかった。実験中の被験者の反応を見ると、早期警報が提供されると音声により車両の停止を促しているの、充分な速度の低減が行われている（図-4）。一方、早期警報を行わなかった場合、多くの被験者はブレーキ操舵を行わないためば一定の速度で強震時にも走行し、時刻 10 秒（0 秒で警報開始）付近で障害物に衝突し前後速度が急に下がっている（図-4）。この場合、障害物を回避するためにはハンドル操舵で対応するしかなく、結果的に 11 名中 9 名が回避に失敗したものと考えられる。

4. まとめ

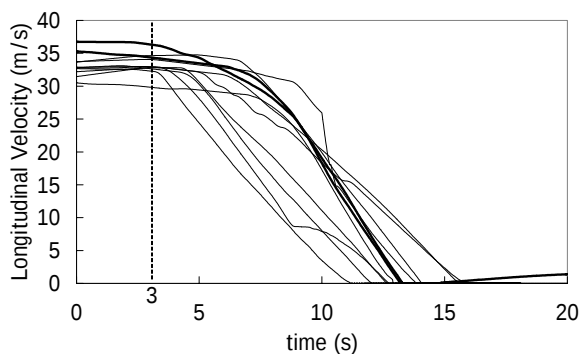
本研究では、地震動早期警報が高速道路運転者にもたらす影響を検討するために、ドライビングシミュレータを用いた地震時走行模擬実験を行った。早期警報の効果で、警報が提供されていない場合には回避が困難な位置にある障害物（11 名中 9 名が回避失敗）を、11 名中 9 名の被験者が回避することができた。早期警報では、車両の停止を促しているの被験者は強震時に車速を減速する。この充分な減速が、警報なしの場合の被験者の回避行動の様子と比較した結果、障害物の回避が可能となった要因と考えられる。

参考文献

- 1) 横田崇, 上垣内修, 加藤孝志:『ナウキャスト地震情報』の実用化に向けて, 地震ジャーナル, Vol. 34, pp. 41-49, 2002.
- 2) 美藤恭久, 中村豊, 富田健司: 新幹線の新しい地震警報システム UrEDAS (ユレダス) について, 地震工学研究発表会講演概要集, Vol. 18, pp. 509-512, 1985.
- 3) Yoshihisa Maruyama, Fumio Yamazaki: Fundamental study on the response characteristics of drivers during an earthquake based on driving simulator experiments, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 33, pp. 775-792, 2004.
- 4) 童華南, 山崎文雄: 阪神・淡路大震災で観測された地震動の特徴, 生産研究, 東京大学生産技術研究所, Vol. 47, No. 5, p. 42-45, 1995.



(a) 地震動早期警報なし



(b) 地震動早期警報あり

図-4 地震時の車両前後速度