

## 遠方地震計による遅れ警報の無効化の検討

東海旅客鉄道(株) 正会員 清水 紀明○, 中嶋 繁, 他谷 周一, 海保 大樹

### 1. はじめに

当社では、東海道新幹線を利用するお客様を地震から守るため、構造物の耐震補強をはじめとするさまざまな地震対策を取り入れているが、その1つである早期地震警報システム(テラス)は、(図-1)のように北関東から近畿西部にかけて21箇所に設置しており、地震時の早期警報を確保している。

テラスは、気象庁の緊急地震速報とは異なり、単独観測点での推定地震情報(マグニチュード、震央位置)をP波観測した遠方地震計から送信する方式を取っているため、地震波の広がりに応じて推定地震情報が連続して送られてくることとなる。最も早くに推定地震情報を送信するのは、当然、震源に最も近い遠方地震計からであり(以後、最早地震情報)、その後、震源から離れた位置の遠方地震計からも送信してくる。さらには、沿線にS波が到達した後になってようやく推定地震情報を送信してくる遠方地震計もあるが、このような推定地震情報による警報は早期警報としての価値を失っている。こうした警報を遅れ警報と呼んでいる。遅れ警報となる地震情報は、震源から離れた遠方地震計からの情報であるため、推定精度の問題で、場合によっては不要な警報となる可能性がある。そのため、この遅れ警報を無効化について検討した取り組みを報告する。



図-1 東海道新幹線の遠方地震計

### 2. 現行の遅れ警報の無効化策

テラスは、各遠方地震計からの推定地震情報を沿線の変電所に送信し、変電所で受け取った推定地震情報をもとに当該変電所毎に定められた地震時運転規制区間に対する警報の必要性を判断するシステムとなっている。この遅れ警報の無効化についてはいくつかの方法が考えられる。もっとも単純なものが、最早地震情報到着以後の推定地震情報は警報判断に使用しないという方法である。この方法を取り入れた場合、最早地震情報しか使わないことになるため、遠方地震計を複数整備していることによる空間的な多重化の効果を失うこととなる。

これまでのテラスで採用している方法は、ある変電所において対象とする区間から離れた位置にある遠方地震計の推定地震情報を警報判断に使わないという方法である。すなわち、自変電所から、たとえば200km以上離れた遠方地震計からの推定地震情報を使わないという制限を設ける方法であるが、この方法では広範囲に設置している遠方地震計の早期警報の効果に一部制限をかけることとなる。これまでのテラスでは、早期警報の効果を極力制限しないよう、遠方地震計ごとに配置の特性を考慮して制限距離を個別設定しているものの、より早期警報の効果を高め、かつ遅れ警報無効化の効果を高める新しい方法を検討することとした。

キーワード : 地震, 早期地震警報システム, 早期警報, 運転規制

連絡先 : 〒100-0005 東京都千代田区丸の内1-9-1 東海旅客鉄道(株) Tel(03)5218-6269

3. 新しい遅れ警報の無効化策の検討

ある変電所において警報が必要な地震が発生するとき、定性的に言えば、変電所に比較的近い遠方地震計は、変電所に S 波が到達する前に推定地震情報を送信することができるが、変電所から非常に遠い遠方地震計では、その遠方地震計に P 波が到達し、推定地震情報を変電所に送信するよりも前に変電所に S 波が到達する。すなわち、変電所から一定距離以上離れた遠方地震計の推定地震情報をもとに警報判断をしても、遅れ警報としかならない。このような性質を踏まえ、「一定距離以上離れた遠方地震計からの推定地震情報を警報判断に使用しない」とする遅れ警報の無効化策を考える。ここでいう「一定距離」の算出方法について、以下に述べる。

(図-2)にあるよう、ある変電所の周辺で地震が発生した場合に要警報となる地震の震央のうち、変電所から最も遠い位置(以後、要警報最遠震央)までの距離を $\Delta 1(\text{km})$ 、その震源深さを $h(\text{km})$ とする。ここで、マグニチュードが大きな地震ほど、 $\Delta 1$ は大きくなる。また、要警報最遠震央から遠方地震計までの距離を $\Delta 2$ とする。変電所に S 波が到達するまでの時間を $T1(\text{秒})$ 、遠方地震計に P 波が到達し、遠方地震計が送信した推定地震情報を変電所が受信するまでの時間を $T2(\text{秒})$ とすると、 $T1, T2$ は以下ようになる。

$$T1 = \sqrt{\Delta 1^2 + h^2} / Vs, \quad T2 = \sqrt{\Delta 2^2 + h^2} / Vp + Tc$$

$Vp$  : P 波速度(km/s),  $Vs$  : S 波速度(km/s)

$Tc$  : (遠方地震計での処理時間) + (変電所への送信時間) (秒)

変電所に S 波が到達する時間と変電所が推定地震情報を受信する時間が同時の場合、つまり $T1 = T2$ となるときの $\Delta 2$ を $\Delta 2'$ とすると、 $\Delta 1 + \Delta 2 > \Delta 1 + \Delta 2'$ となる位置にある遠方地震計からの推定地震情報を送信しても、 $T1 < T2$ となるため、このような推定地震情報を使用して警報判断しても遅れ警報としかならない。すなわち、 $\Delta 1 + \Delta 2'$ が上記の「一定距離」となる。また、(図-3)にあるよう、地震のマグニチュードが大きくなれば、 $\Delta 1$ につれて $\Delta 2'$ も大きくなるので、マグニチュード毎に $\Delta 1 + \Delta 2'$ を複数段階設定しておくことで、警報判断に用いる推定地震情報の使用/不使用をより適切に判断できるようになると考えられる。

4. 効果の検証

今回検討した遅れ警報の無効化策の有効性を検証するため、テラスの警報回数シミュレーション計算を行ったところ、結果的に不要となる警報を大幅に低減できることがわかった(図-4)。また、2009年8月の駿河湾の地震のように、早期警報を出すべき地震には警報を出しており、遅れ警報の無効化策がテラスに本来要求している機能を支障していないことも確認できた。今後も引き続き安全面などについて慎重に検討を進めていきたい。

5. まとめ

今回検討した、一定距離以上離れた遠方地震計からの推定地震情報を警報判断に使用しないとする遅れ警報の無効化策は、シミュレーションの結果から非常に有効なものであると考えられる。今後も引き続き検討を進め、遠方地震計自体の推定精度の更なる向上等を図り、テラスの更なる高度化を目指す。

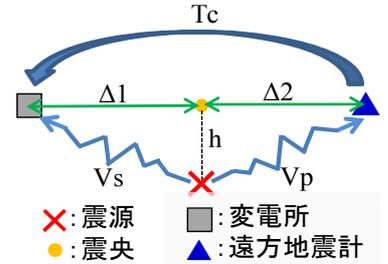


図-2 変電所への S 波到達時間と変電所の推定地震情報受信時間

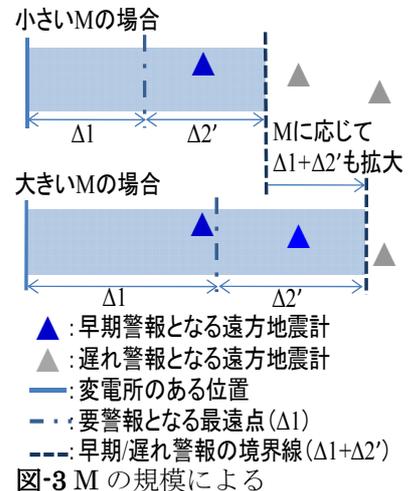


図-3 M の規模による遠方地震計の有意性

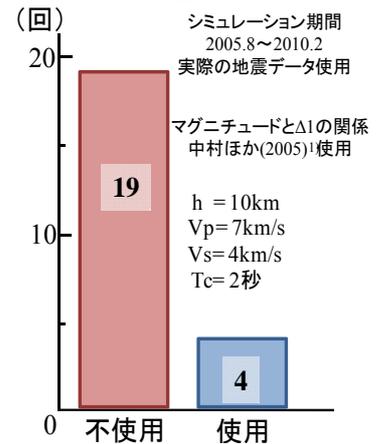


図-4 シミュレーション結果

【参考文献】1) 中村 洋光, 岩田 直泰, 芦谷 公稔: 地震時運転規制に用いる指標と鉄道被害の統計的な関係, 鉄道総研報告, 2005 10