

## 近接観測点情報を用いた地震時列車運転規制 に対する空間補間推定地震動の適用性評価

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○森脇 美沙  
正会員 岩田 直泰  
野田 俊太  
山本 俊六

### 1. 背景と目的

鉄道の地震対策は、構造物の耐震設計や耐震補強などのハード対策が重要であるとともに、地震時列車運転規制などのソフト対策も重要である。

鉄道事業者は地震計を沿線に概ね一定間隔で設置しており、各地震計の受け持ち区間をあらかじめ定めている。現行の地震時列車運転規制は、図1のように地震計の観測値を用いて受け持ち区間内の揺れの大きさを一律として扱っている。徐行や点検の列車運転規制の基準値を超過する大きさの揺れが観測された場合、地震計の受け持ち区間全域に列車運転規制が発令される。そのため、地震計間で実際の揺れが基準値に達していない区間にも列車運転規制が発令され、点検等の実施により運転再開までに長時間を要するという課題がある。

現在、日本では、気象庁の緊急地震速報や防災科学技術研究所(防災科研)の K-NET 観測データ<sup>1)</sup>等の情報が地震発生直後に公開されている。これらの情報を用いた沿線の地震計間の揺れの把握は、現行と比べて適正な列車運転規制の発令が可能となることから、地震後の早期運転再開に資すると考えられる。

鉄道総合技術研究所は、地震後の迅速な列車運転再開を支援する情報の提供を目的として鉄道地震被害推定情報配信システム(Damage Information System for Earthquake on Railway, DISER)<sup>2)</sup>を開発した。本システムは、K-NET 観測データを用いて、地盤の非線形性を含む増幅特性を考慮した上で500 mメッシュごとに空間補間による地震動の面的分布を求める。さらに路線ごとの地震動を抽出するとともに構造物被害ランクの推定も行い、これらの情報を即時的に鉄道事業者へ配信する。本稿では、DISERによる地震動推定誤差を、現行の地震時列車運転規制の地震動取扱誤差と比較することにより、地震時列車運転規制に対する空間補間推定地震動の適用性評価を行う。

### 2. DISER による地震動推定誤差

DISER で得られる地震動は空間補間により推定された情報であり推定誤差が含まれる。本稿では図2のように、K-NET 観測値  $Y_i$  に基づき空間補間(逆距離加重法)により KiK-net 位置の地震動  $Y$  を推定し、その KiK-net 観測値  $Y'$  と比較することで、DISER による地震動推定誤差を把握した。表1に示す6地震を対象として整理した結果を、図3に示す。計測震度の観測と推定の誤差 RMS は0.56であった。なお、気象庁の緊急地震速報における震度予測的中率の算出目安は計測震度で±1以内とされており、DISER の推定誤差はその範囲に収まっていることがわかる。

### 3. 現行の地震時列車運転規制における地震動取扱誤差

次に、一定区間を1つの地震計の観測値で代表させることに関する誤差(地震動取扱誤差)を把握するために、同一の地震に対する2点間の揺れの差を、K-NET と KiK-net の観測値を用いて検証した。具体的には、図4に示すように受け持ち区間内の地震動は K-NET 観測値で一律とし、受け持ち区間内にある KiK-net 観測値と比較することで距離と揺れの差異を把握した。対象地震は、DISER による地震動推定誤差の検討と同じく、表1に示す6地震であり、

キーワード 地震時列車運転規制, 早期運転再開, 空間補間, 面的地震動, 推定誤差

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 地震解析 TEL 042-573-7273

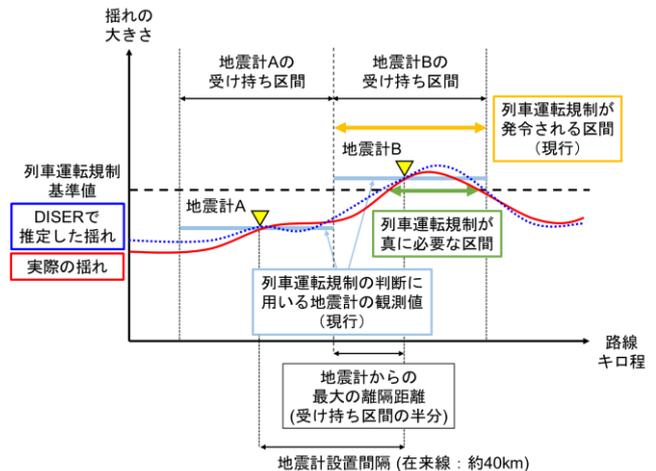


図1 地震時列車運転規制の考え方

表 1 精度検証における対象地震

地震発生日時	気象庁マグニチュード	震源深さ [km]	震央緯度 [度]	震央経度 [度]	震央位置	最大震度
2018/04/09 01:32	6.1	12	35.1833	132.5867	島根県西部	5 強
2018/06/18 07:58	6.1	13	34.8433	135.6217	大阪府北部	6 弱
2018/09/06 03:07	6.7	37	42.6900	142.0067	胆振地方東部	7
2019/06/18 22:22	6.7	14	38.6067	139.4783	山形県沖	6 強
2019/08/04 19:23	6.4	45	37.7067	141.6317	福島県沖	5 弱
2019/08/29 08:46	6.1	21	40.9800	143.0267	青森県東方沖	3

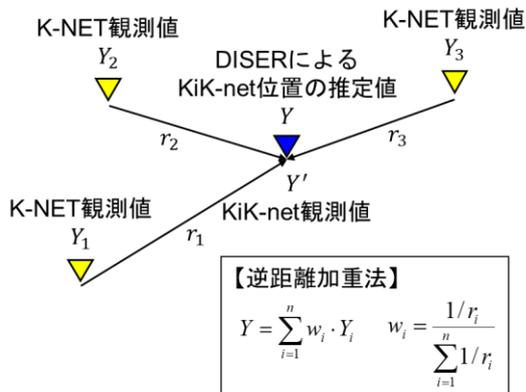


図 2 DISER による地震動推定誤差の検証

離隔距離を 2 km ごとに分割して誤差 RMS を算出した。その結果、図 5 に緑の実線で示すように離隔距離が 30 km 位置の誤差 RMS は 0.8 程度であり、離隔距離が大きいくほど誤差 RMS が大きくなる傾向が見られた。

4. DISER の列車運転規制への適用性の評価

図 5 には、赤の点線で DISER の誤差 RMS を併せて示している。緑の実線で示した現行の地震時運転規制の誤差 RMS と比較すると、離隔距離が 2 km 以下では現行の地震時列車運転規制の誤差 RMS の方が小さく、2 km~8 km では同程度、8 km 以上では DISER の誤差 RMS の方が小さいことがわかる。よって、今回のデータセットでは、地震計からの離隔距離が 8 km 以上の場合、DISER による推定地震動の方が現行の取扱いよりも地震動をより適正に把握できると言える。

5. まとめ

DISER の地震動推定誤差と現行の地震時列車運転規制における地震動取扱誤差を比較すると、今回のデータセットでは、地震計の離隔距離が 8 km 以上では DISER の方が高精度に地震動を扱えることがわかった。一般に、沿線地震計の設置間隔は在来線で約 40 km であるため、地震時列車運転規制に DISER の推定地震動を採用すると、現行よりも適正な列車運転規制を実施でき、場合によっては運転再開までの時間短縮が期待できる。また、離隔距離 2 km 以下では地震計の観測値をそのまま用いた方が信頼性が高いことも判明した。今後は地震動取扱誤差を検討する地震動データの震源距離などを考慮しつつ、地震時列車運転規制に対する推定地震動の適正な取り扱いについて検討を行いたい。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人防災科学技術研究所: 防災科研 K-NET, KiK-net, <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 2) 岩田直泰, 坂井公俊, 山本俊六, 室野剛隆, 青井真(2020): 鉄道地震被害推定情報配信システム(DISER)を利用して素早く運転を再開する, RRR, 第 77 巻, 第 2 号, pp.12-15

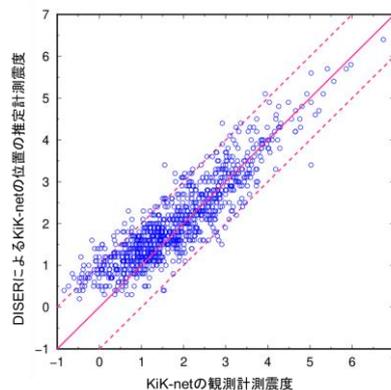


図 3 DISER の地震動推定誤差

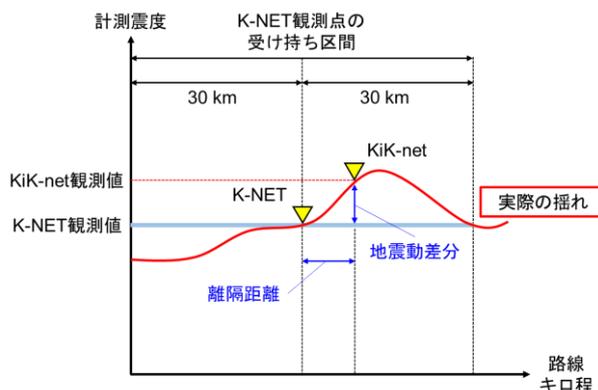


図 4 現行の地震時運転規制による地震動取扱誤差の検証

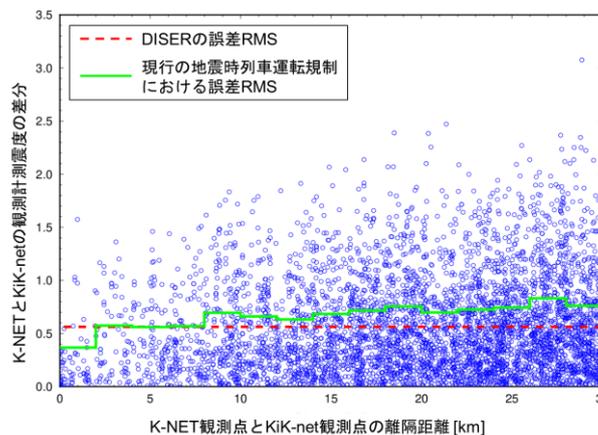


図 5 現行の地震時運転規制による地震動取扱誤差