

新しい新幹線用早期地震検知・警報アルゴリズムによる 警報時間の短縮と推定精度の向上

2019年2月18日
公益財団法人鉄道総合技術研究所

公益財団法人鉄道総合技術研究所（以下、鉄道総研）は、新幹線用早期地震防災システム（図1）に使用される早期警報地震計に関して、従来よりも警報時間を短縮し地震諸元の精度を向上した新しい早期地震検知・警報アルゴリズムを開発しましたのでお知らせします。

【主な特徴】

地震諸元（震央距離、震央方位、マグニチュード）推定の精度と即時性、ならびにノイズ識別の性能を向上した早期地震検知・警報アルゴリズムを開発しました。新たなアルゴリズムの特徴は以下の通りです。

- （1）地震検知ならびに地震諸元の各推定手法を改良し、地震諸元推定に要する警報時間を現行の最短2秒から1秒へと短縮しました（表1）。
- （2）地震諸元の推定精度を向上させ、適切な警報を発した面積（正解率）は現行より約6%向上、不要な警報を発した面積（空振り率）は現行より約87%減少しました（図2、表2）。

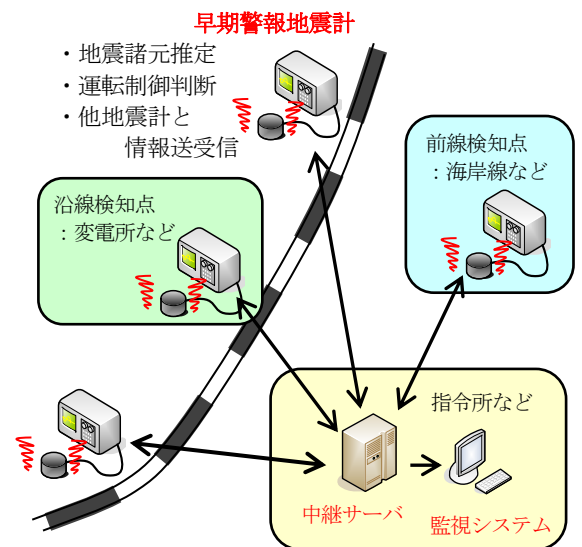


図1 早期地震防災システム

【成果物の開発経緯】

地震発生時に高速で走行する新幹線の安全性を確保するために、地震の発生を即時に検知し、列車に対して警報を出力する「早期地震防災システム」が各社で導入されています。これまでに発生した大規模地震でも本システムが効果を発揮してきました。

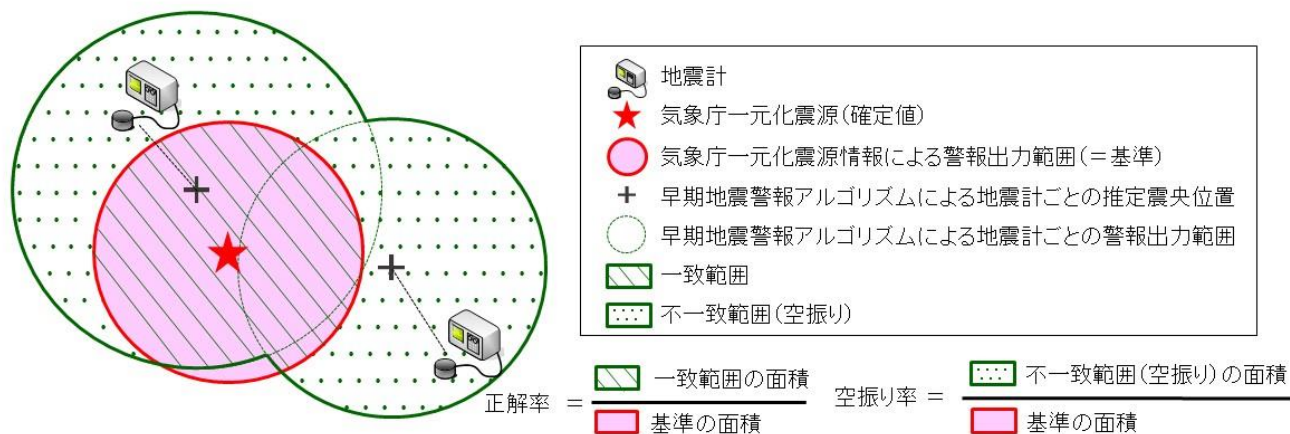
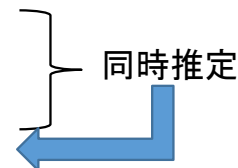
この程、地震時により短時間で列車に警報を発し、かつ列車ダイヤへ与える影響を小さくするために、地震波形の冒頭部分の特徴を活用することで警報時間の短縮と地震諸元の推定精度向上を可能とした、新しい早期地震検知・警報アルゴリズムを開発しました(参考資料)。

【開発した成果物の適用】

開発した早期地震検知・警報アルゴリズムを搭載した地震計は、平成30年5月以降、新幹線早期地震防災システムへの導入が開始され、平成30年度中に、各社の新幹線早期地震防災システムに導入される予定です。

表 1 地震諸元推定にかかる時間

	新アルゴリズム	現行アルゴリズム
震央距離推定	0.5秒	2秒
震央方位推定	平均 0.58秒	1.1秒
マグニチュード推定	最短 1秒	最短 2秒
トータル	最短 1秒	最短 2秒



- ・ 正解率は列車を止めるべき領域に警報を出した率
- ・ 空振り率は列車を止めなくもよい領域に警報を出した率

図 2 警報出力範囲の正解率と空振り率の概念図

表 2 警報出力範囲の正解率と空振り率

	現行アルゴリズム	新アルゴリズム
正解率	0.87	0.93
空振り率	1.42	0.19

正解率: $(0.93-0.87)/0.87=6\%$ 向上
 空振り率: $(1.42-0.19)/1.42=87\%$ 減少

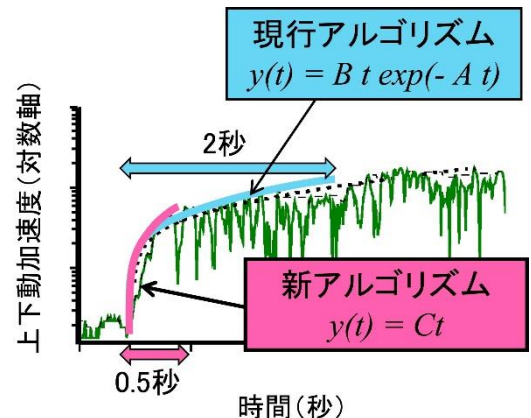
(報道機関問い合わせ先)

公益財団法人鉄道総合技術研究所 総務部 広報 TEL : 042-573-7219

地震諸元推定手法の概要

・震央距離推定手法

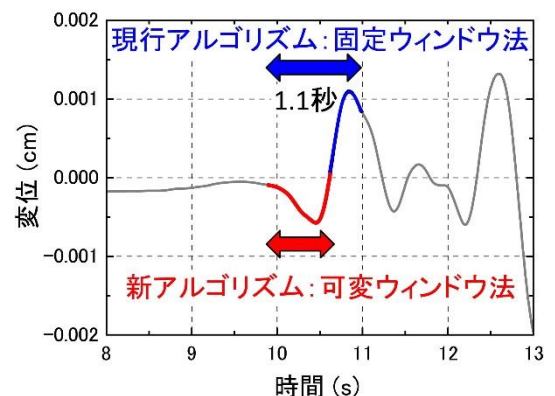
震央距離推定手法では、地震波形の冒頭部分のデータに関数を近似させて、その傾きから震央距離を推定します(図A)。新アルゴリズムでは近似させる関数を改良することで、解析に使用するデータの長さを、現行アルゴリズムにおける地震波冒頭の2秒から0.5秒とし、推定時間にかかる時間を短縮するとともに、図A赤線の傾きCから推定される震央距離の推定精度を10%以上向上しました。



図A 震央距離推定手法の改良点

・震央方位推定手法

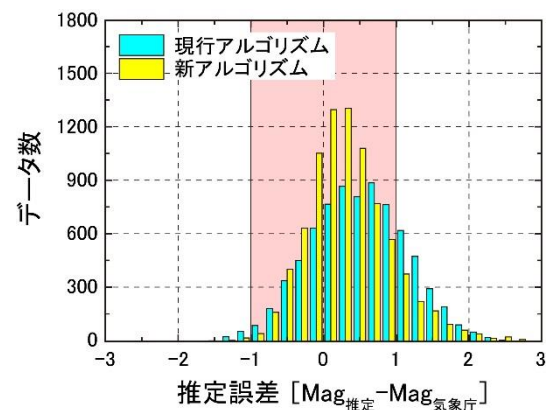
震央方位推定では、『主成分分析法』と呼ばれる手法を用いています。現行アルゴリズムでは解析に使用するデータの長さを地震冒頭の1.1秒で固定としていましたが(固定ウィンドウ法)、新アルゴリズムでは観測された地震波形に応じてデータの長さを変化させ(可変ウィンドウ法)、地震波形冒頭部分の最初の半波長を自動的に切り出しています(図B)。それにより、地震波が到来する方向(=震央方位)をより明瞭にとらえることが可能となり、推定精度が30%ほど向上しました。また、過去の地震データで検証したところ、新アルゴリズムでは解析に必要なデータ長の平均値は0.58秒であり、現行の1.1秒よりも短縮できることを確認しました。



図B 震央方位推定手法の改良

・マグニチュード推定手法

マグニチュード推定では、推定した震央距離と、観測された地震波形の最大振幅値との関係式を用いています。現行アルゴリズムでは、地震波形の変位の振幅値を用いてマグニチュードを推定しています(変位マグニチュード)。これに対し新アルゴリズムでは、従来の変位マグニチュードに加えて、加速度の振幅値を用いてマグニチュードを推定し(加速度マグニチュード)、変位マグニチュードと加速度マグニチュードのうち大きな値を最終的なマグニチュードの推定値として採用しました。地震波形において、変位振幅よりも加速度振幅の方が早く最大になるという傾向が示されており、加速度マグニチュードを用いることでマグニチュード決定の早期性が向上すると期待されます。また、震央距離と地震波形最大振幅値との関係式を改良し、マグニチュード推定精度を向上しています(図C)。



図C マグニチュード推定手法の推定誤差

※早期警報地震計では、上記の地震諸元推定手法をベースに、各社の状況に合わせたチューニングを行なっています。