基盤での距離減衰式を用いた計測震度分布推計手法の開発

東海旅客鉄道㈱　正会員　他谷　周一○、中嶋　繁
㈱構造計画研究所　司　宏俊、高浜　勉、橋本　光史

１．はじめに

鉄道における地震後の運転規制判断及び安全確認にあたっては、被害発生の恐れのある強く揺れた区間を精度よく判断することが特に重要である。東海道新幹線の場合、約 10km 間隔で設置してある沿線地震計の観測データをもとに運転規制判断等を行っているが、地震計と地震計の間での揺れの大きさを詳細かつ精度よく推計できるようになれば、よりよい運転規制判断等ができるようになると考えられている。

本文は、Vs=600m/s 相当の工学的基盤上での計測震度（以下基盤計測震度）の距離減衰式を新たに作成し、それと各種の新しい知見とを組み合わせ、新しい計測震度分布推計手法を開発した概要を報告するものである。

２．基盤計測震度の距離減衰式の作成

計測震度分布を推計する際、

（１）　司・翠川(1999)[1]の工学的基盤上での最大速度距離減衰式から各地の基盤最大速度を算出

（２）　基盤最大速度に松岡・翠川(1994)[2]等による表層地盤増幅率を乗じて表層最大速度を算出

（３）　表層最大速度に対し童・山崎(1996)[3]等を用いて計測震度へ換算

という手順がよく用いられる。ここで、（１）において、基盤最大速度ではなく基盤計測震度を求めるような手順にすれば（３）の手順が不要となり、誤差要因を１つ減らせると考え、「工学的基盤上の計測震度の距離減衰式」を新たに作成した。

新たに作成する距離減衰式の式形は司・翠川(1999)[1]と童・山崎(1996)[3]を組み合わせた式の形とし、回帰分析により各係数を求めた。回帰分析に使用した地震は表１のとおりで、各地震の基盤計測震度は K-NET 波形データから算出した表層計測震度から翠川ほか(2008)[4]の計測震度の増幅度を減ずることにより求めた。断層最短距離を求めるにあたり使用した断層位置（長さ・走向・傾斜角）データは、他谷ほか(2009)[5]の手法による推定結果を使用している。また、近距離での観測データの少なさを補うため、近距離データがより強く反映されるよう、司・翠川(1999)[1]と同様の重みをつけ、遠距離データの影響を除去するため、断層最短距離 200km 以内のデータに限定した。作成した回帰式は下記の通りであり、距離減衰式の適合状況の一例を図１に示す。

No	地震発生年月日	Mj	震央地域
1	1997/06/25 18:50	6.6	山口県東部
2	2000/10/06 13:30	7.3	鳥取県西部
3	2001/03/24 15:27	6.7	安芸灘
4	2003/05/26 18:24	7.1	茨城県沖
5	2003/09/26 04:50	8.0	十勝沖
6	2004/10/23 17:56	6.8	新潟県中越地方
7	2004/11/29 03:32	7.1	根室沖
8	2004/12/14 14:56	6.1	北海道留萌支庁南部
9	2005/03/20 10:53	7.0	福岡県西方沖
10	2005/04/11 07:22	6.1	千葉県北東部
11	2005/08/16 11:46	7.2	茨城県沖
12	2005/10/19 20:44	6.3	茨城県沖
13	2006/03/27 11:50	5.5	日向灘
14	2007/03/25 09:41	6.9	能登半島沖
15	2007/07/16 10:13	6.8	新潟県中越沖
16	2008/05/08 01:45	7.0	茨城県沖
17	2008/06/14 08:43	7.2	岩手・宮城内陸
18	2008/09/11 09:20	7.1	十勝沖
19	2009/08/11 05:07	6.5	駿河湾

（表 1）回帰分析に使用した地震

$$I = 1.14Mw + 0.007H + 2.19d + 0.350 - 2.26\log(R + 0.0028 \cdot 10^{0.50Mw}) - 0.00469R \quad \text{（式１）}$$

Mw：モーメントマグニチュード　H：震源深さ　R：断層最短距離

d：断層タイプを示すパラメータ（内陸：0.0　プレート間：-0.02　スラブ内：0.12）

３．計測震度分布推計手法の開発

既往の計測震度分布の推計システムとしては、たとえば内閣府の地震被害早期評価システムなどがあるが、今回は、それらと同様のフローとしつつ、最新の知見を取り入れたものとした。

（１）表層地盤モデルの設定

推計単位は 250m メッシュとする。各メッシュの AVS30 は若松・松岡の地形・地盤分類メッシュマップ[6]を利用し、松岡ほかが作成した AVS30 分布[7]を使用する。

（２）　断層パラメータの設定

断層長さや断層幅等の断層パラメータを求めるには、インバージョン解析によりすべり分布を求める方

キーワード　：計測震度，距離減衰，工学的基盤，計測震度分布推計手法

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

法などが考えられるが、今回は地震後の迅速な対応に利用することを考えているので、他谷ほか（2009）[5]の手法により、余震分布を統計的に処理することで得られる断層パラメータを使用する。

（３） 各メッシュの基盤計測震度の推計

（２）で設定した断層パラメータをもとに、各メッシュまでの断層最短距離を求め、式１を用いて基盤計測震度を求める。地震後速やかに各地の観測値が得られるのであれば、式１と同様の導出過程により地震個別の距離減衰式を作成し、式１の代わりにそれを適用することで誤差要因をさらに減らせる。

（４） 地表計測震度の推計

（１）で設定した各メッシュの AVS30 をもとに、翠川ほか(2008)[4]により各メッシュの計測震度増分を求め、（３）で算出した基盤計測震度に加える。さらに、地表面での実際の観測値と各メッシュの推計値とがなめらかに接続するよう、補間計算する。補間計算には例えば単純型クリギング法などが使用できる。

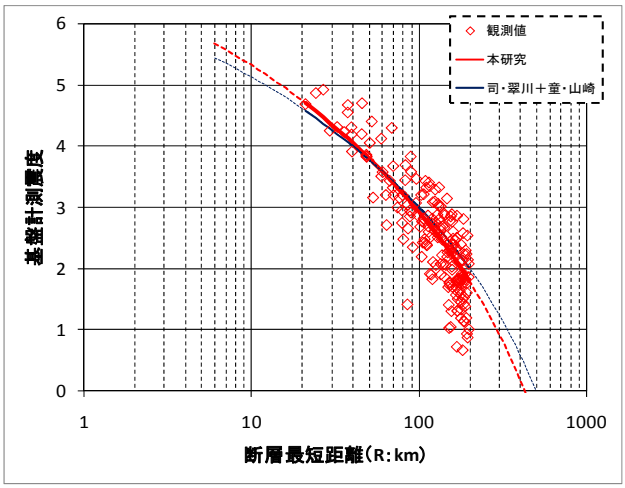

図１ 距離減衰式適合例(2009/08/11 駿河湾)

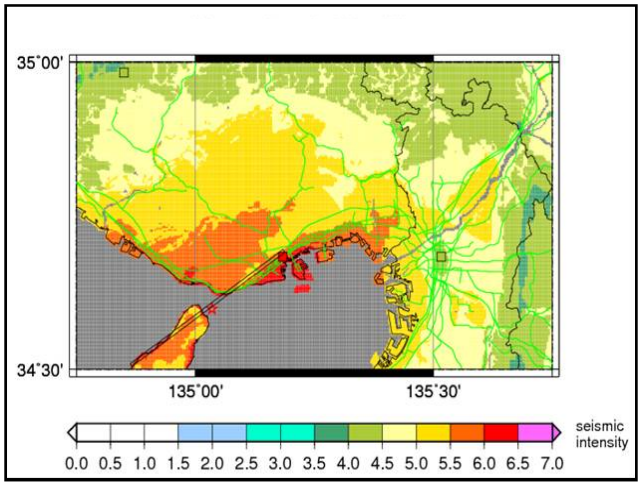

図２ 計測震度推計結果例(1995/01/17 兵庫県南部)

４．適用事例

３に示した手順により、1995 年兵庫県南部地震時の計測震度分布を推計した結果を図２に示す。

一部の鉄道構造物に被災が見られた淀川下流域では計測震度 5.0 以上であったと推測される。

５．おわりに

今回提案の手法は、従来よりも迅速かつ誤差要因の少ない計測震度分布を自動推計できるシステムに適用できると考えられる。このようなシステムにより、実際に強く揺れたと推測される箇所に重点的に巡回要員を投入する等の対応が可能となり、これまで以上に迅速かつ的確な地震後対応につながると考える。

さらに、今回の距離減衰式等は、地震時ハザードマップの作成や、断層モデルの簡略化が必要だが、緊急地震速報等の早期地震警報システムにおける各地の震度予測などにおいても活用できると考えられる。

【謝辞】本研究では、距離減衰式の作成及び表層地盤増幅度の算出に(独)防災科学技術研究所のデータを利用させていただきました。感謝の意を表します。

【参考文献】1)司宏俊，翠川三郎(1999)：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式，日本建築学会構造系論文集，第 523 号，p63-70　2)松岡昌志，翠川三郎(1994)：国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング，第 22 回地盤震動シンポジウム資料集，p23-34　3)童華南，山崎文雄(1996)：地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係，生産研究，vol.48-11,p31-34　4)翠川三郎，駒澤真人，三浦弘之(2008)：横浜市高密度強震計ネットワークの記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均 S 波速度との関係，日本地震工学会論文集，第 8 巻，第 3 号，p19-30　5)他谷周一，中嶋繁，司宏俊，高浜勉，橋本光史(2009)：地震動強さ即時評価の精度向上のための諸検討，日本地震学会秋季大会　6）若松加寿江，松岡昌志(2005)：地形・地盤分類 250m メッシュマップについて，2005 年度日本地震工学会大会-2005 梗概　7)松岡昌志，若松加寿江，藤本一雄，翠川三郎(2005)：日本全国地形・地盤分類メッシュマップを利用した地盤の平均 S 波速度分布の推定，土木学会論文集，No.794/I-72