

早期地震情報の利用を念頭に置いた距離減衰式の提案

(公財) 鉄道総合技術研究所 (正) ○是永 将宏 (正) 岩田 直泰 山本 俊六 野田 俊太
(株) ANET (正) 下野 五月 小野 友也

1. 目的

大きな地震が発生した場合、鉄道では列車の安全を確保するために緊急地震速報等の情報を利用して速やかに列車を停止・減速させている。地震発生後、これらの情報を受けて瞬時に被害予測や地震による影響範囲(列車の停止・減速範囲)の判断を行なうために、緊急地震速報で発表される地震諸元情報(気象庁マグニチュード M_{jma} 、震央距離、震源深さ)を変数とした距離減衰式などが利用されている。現在、緊急地震速報を利用する事業者などでは、気象庁から提案されている計測震度の予測手法¹⁾が広く利用されているが、この手法ではいくつかの統計的な関係式による変換処理が行なわれているため、それぞれの統計式による誤差の積み重なりが予測値と観測値との差を大きくする要因となることが指摘されている²⁾。そこで本研究では、鉄道などで用いられている4つの地震動指標(水平2成分合成加速度(PGA)、JR用水平2成分合成加速度(5Hzハイカットフィルタ処理を行なった加速度, PGAJR)、計測震度(I)、SI値(SI))について、各地震動指標の予測値を直接算出する距離減衰式の検討を行なった。

2. データセット

使用したデータセットは、K-NET観測点およびKiK-net観測点において1996年から2010年の間に観測された245地震の29734波形のうち、福島³⁾の方法に従って震源距離 X (km) と気象庁マグニチュード M_{jma} が以下の式を満たす11187波形を使用した。 M_{jma} は3.8から8.0、震源深さは146kmまでである。断層パラメータが決定されている32地震に対しては、断層最短距離を計算し、これを利用している。

$$0.40 \cdot M_{jma} - \log X - 0.00164 \cdot X + 1.18 \geq \log 10 \quad (1)$$

3. 距離減衰式

距離減衰式の形は片岡ら⁴⁾に従って以下の式とした。

$$\log Y_{ij} = a_1 M + a_2 D - bX + c_0 - \log(X + d_1 10^{d_2 M}) + c_j \quad (2)$$

ここで $\log Y_{ij}$ は $\log$ (PGA), $\log$ (PGAJR), I, または, $\log$ (SI), X は断層最短距離または震源距離, M_{jma} は気象庁マグニチュード, D は震源深さである。 a_1 , a_2 , b , c_0 , d_1 , d_2 , および, c_j は回帰で求める係数であり、係数は三段階の回帰により決定した。回帰には $M_{jma} 5.0$ 以上の地震の波形のみを使用している。回帰により得られた各係数を表1に示す。

表1 回帰結果

指標値	a_1	a_2	b	c_0	d_1	d_2
PGA	0.51404	0.00607	0.00404	0.48503	0.00581	0.50
PGAJR	0.54634	0.00580	0.00332	0.01746	0.00492	0.50
I	1.09849	0.01065	0.00865	-1.38401	0.00279	0.50
SI	0.65626	0.00531	0.00295	-1.63288	0.01284	0.50

(2) 式中の c_j は観測点ごとに求められる地点補正值であり、全観測点での平均が0となるように定めている。 c_j は各観測点の相対的な揺れやすさの指標と考えることができる。 c_j は過去の地震記録から直接求められた地点補正值であることから、地震記録が存在する観測点においてはこの c_j を用いることでより正確な地震動指標値の予測を行なうことができると期待される。また、事前に気象庁やJ-SHISによる地盤増幅率と c_j との関係準備することで、過去の地震記録から c_j を求められない地点でも、作成した距離減衰式によって地震動予測を行なうことが可能になる。

キーワード 距離減衰式, 地震動指標値, 緊急地震速報

連絡先 〒185-0035 東京都国分寺市光町2丁目8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 地震防災 TEL 042-573-7273

4. 作成した距離減衰式の評価

初めに、作成した距離減衰式を用いて予測地震動指標値を計算し、標準偏差を求めた。得られた標準偏差を表2に示す。また、Mの値ごとに指標値の観測値(O)と提案した距離減衰式による予測値(C)の差をプロットした結果を図1(A)～(D)に示す。図中の「○」は、そのMでの平均である。

表2 標準偏差

PGA	PGAJR	I	SI
0.2848	0.2781	0.5203	0.2642

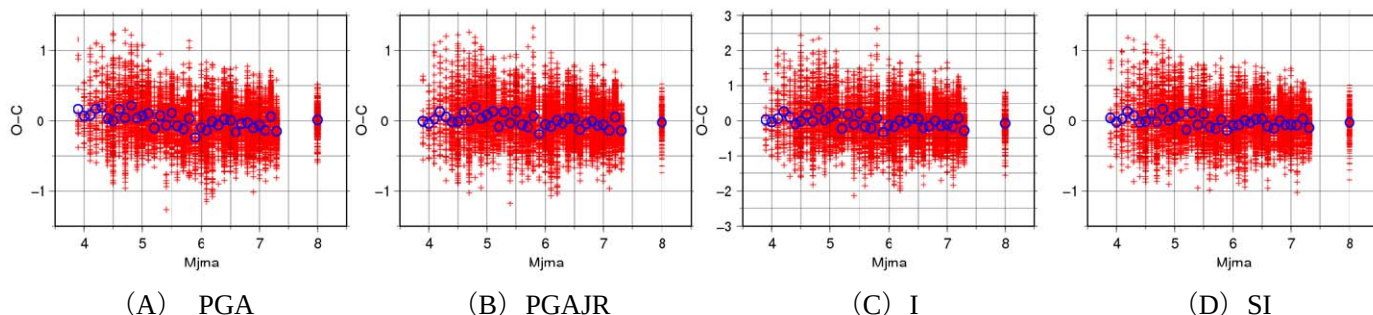


図1 観測値と提案した距離減衰式による計算値の差 (O-C)

PGA, PGAJR, I, SIのいずれの地震動指標値についても、概ね良好な予測結果が得られていると考えるが、Mが小さい場合に、PGAは全体として若干過小評価傾向が見られる。

次に、Iについて気象庁から提案されている手法と今回提案した距離減衰式を用いた手法との予測値の精度の比較を行なった。Iの観測値と、気象庁の手法および今回提案した距離減衰式で予測された予測値をプロットした結果を図2に示す。図2(A)と(B)とを比較すると、気象庁の手法を利用した予測手法では系統的に予測値が大きくなる傾向が見られる。その傾向は特に観測値が小さいもので顕著であるが、新しい手法ではそのような傾向は見られない。また、気象庁の手法を利用した予測地震動指標値および今回提案した距離減衰式を用いた予測地震動指標値の観測値との誤差(RMS)を求めたところ、提案した距離減衰式を用いた場合予測精度が約35%向上していることが明らかになった。

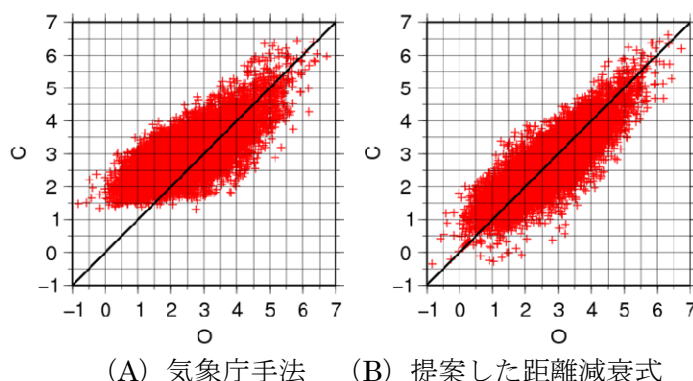


図2 観測値と予測値

5. まとめ

水平2成分合成加速度, JR用水平2成分合成加速度, 計測震度, SI値の4つの地震動指標について、新しい距離減衰式の検討を行なった。新しい予測手法を用いた場合、地震動指標によってはマグニチュードが小さい場合(振幅が小さい場合)に系統的な偏りが見られる場合もあるが、全体として概ね良好な予測結果が得られた。また、気象庁から提案されている統計的な変換処理を必要とする予測手法などを利用した場合と比較して、予測精度が大幅に向上することが明らかになった。

今回距離減衰式を作成した4つの地震動指標値は、地震時の鉄道の運転規制判断などで広く用いられている。緊急地震速報等と組み合わせて利用することで、地震発生直後のより正確な被害予測と適切な運転制御判断が可能となることが期待される。

参考文献

- 1) 気象庁地震火山部：緊急地震速報の概要や処理手法に関する技術的参考資料, 2008.
- 2) 山本俊六他, 物理探査, Vol.60, No.5, 407-417, 2007
- 3) 福島美光, 清水建設研究報告, 63, 75-88, 1996
- 4) 片岡正次郎他, 土木学会論文集 A, Vol.62 No.4, 740-757, 2006