

リアルタイム地震観測ネットワークを用いた地震動予測に関する研究 —最大値指標の予測—

萩原 由訓¹, 源栄 正人², 三辻 和弥³, 野畑 有秀¹

¹(株)大林組 技術研究所

²東北大学大学院工学研究科

³山形大学地域教育文化学部生活総合学科生活環境科学コース

1. はじめに

気象庁により、高度利用者向けの緊急地震速報が2006年8月1日から、一般向けが2007年10月から運用されている。緊急地震速報は、観測された地震動から震源位置、マグニチュード(M)を推定し、これらより震度を推定するシステムである。大地震が発生しても主要動が到達する前に警報が発報されることにより、人的・物的被害の軽減を期待することができる。一方で、余裕時間の確保や精度に関して技術的な限界や課題点も指摘されている。

このようなことから、本検討では、より早く正確な地震動予測を行い、様々なものを対象とした被害低減に利用可能なものとするを旨とし、1)震源に近い観測点での記録を、震源推定に用いるのではなく直接利用することで、震源推定の誤差を回避し、2)そのP波初動部分と、予測対象とする観測点の地震動指標とから直接回帰式を作成することで推定誤差を低減かつ地震動予測を迅速化し、3)対象とする地震動指標を震度だけではなく、最大加速度、最大速度等に多様化する、ための検討を行った。また、多くの検討が一般化した経験式を作成しているのに対し、本検討では、特定の利用者が機器の制御などに利用することなどを想定し、特定の場所で地震動予測を行うことを想定した。さらに、地震が繰り返し発生しており、地震像がある程度わかっている宮城県沖地震を対象とすることとした。

まず、K-NET、KiK-netをリアルタイムな地震観測網と見立て、宮城県沖で発生した地震を対象とし、震源近くでの観測点(以下、前線観測点)で得られた地震情報から、前線観測点より震央距離の大きい地点(以下、予測観測点)の地震動を予測するための手法を検討した。P波の初動部分は振幅は小さいが、S波の予測に有益な、地震の大きさや断層が破壊した状況などといった様々な震源に関する情報を含んでいると考えられるため、前線のP波初動部分の最大値を利用することとした。予測の対象は、最大加速度(PGA)、最大速度(PGV)および計測震度(SI)とした。ただし、P波初動部分の最大値といっても様々な最大値の取り方が考えられるため、はじめにP波初動部の様々な最大値を用いて回帰式を作成しその推定誤差を比較した。次に、その結果を基に、PGA,PGV,SIそれぞれの回帰式を作成した。最後に、今回の検討対象とした範囲内で発生した東北地方太平洋沖地震の余震の記録を用いて、作成した回帰式の検証を行った。さらに、震源は検討範囲外であるが、検討範囲内においても断層すべりが発生したと考えられる本震についても検証を行った。

2. 検討範囲と観測データ

対象とする地震の範囲は北緯 38~38.75°，東経

141.5~142.5°とした。これは地震調査研究推進本部の宮城県沖地震の震源モデル(A1 および A2)がほぼ入る範囲である。この中で 1996~2008 年に発生した地震の K-NET および KiK-net の記録を利用した。地震動予測の基準となる前線観測点を IWT009 とした。

予測観測点は、前線観測点からそれぞれ約 36km, 26km 離れた Iwth22 および IWT011 とした(図 1)。

これらの地点で観測された地震記録を用いて回帰式を作成した。

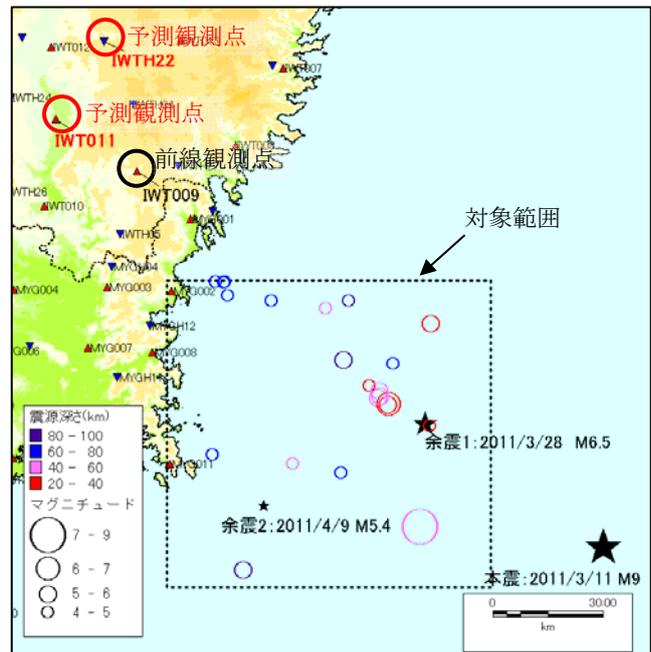


図 1 回帰および検証に用いた地震および観測点の位置 (○回帰に用いた地震, ★検証に用いた地震)

3. 回帰式の作成

(1) 回帰に用いる継続時間

P波の到達からできるだけ長い継続時間の最大値を用いるほうが予測の精度は向上すると考えられる。一方で、その分だけ余裕時間は少なくなってしまう。先述の範囲の中心で地震が発生した場合、前線観測点においてP波到達からS波到達までの時間が約10秒であることから、前線観測点においてP波が到達してから3秒、5秒および7秒間の最大値を基準として予測観測点の地震動指標の回帰式を作成する。

(2) 基準とする最大値

1章で述べたように、P波初動部分の最大値にも様々な

求め方が考えられる。そこで本節では、基準とするのに最も適した最大値を検討する。前節で述べたように継続時間は3秒、5秒および7秒とし、検討の対象とする最大値は、P波初動部分の上下動の最大値：P_vmax[Xs]（Xは継続時間を表す）、P波初動部分の水平2成分のどちらか大きい値：P_hmax[Xs]、P波初動部分の水平上下3成分のいずれか大きい値：P_max[Xs]およびP波初動部分の3成分ベクトル合成の最大値：P_3Dmax[Xs]の4種類に、前線観測点のS波初動部分の水平2成分のどちらか大きい値：S_hmax[Xs]を加えた5種類を比較した。

回帰式は、対数を用いた下式とした。

$$\text{Log10(予測観測点)} = a \cdot \text{Log10(前線観測点)} + b \pm \sigma \quad [4]$$

(a,bは回帰係数、 σ は推定誤差を表す)

各最大値とも継続時間が長くなるほど推定誤差が小さくなることを確認された(表1)。どちらの観測点に関しても、同じ継続時間ごとに比較すると、最も推定誤差が小さいのがP波初動部分の上下動の最大値：P_vmax[Xs]であった。P_vmax[7s]に関しては、S_hmax[Xs]よりも推定誤差が小さくなった。そのため、以降はP_vmax[Xs]を用いて回帰式を作成することとした。

(3) 回帰式の作成

前線観測点のP波初動部分のX秒間(X=3,5,7)の加速度の最大値 P_vmax[Xs]と、予測観測点の全波形のPGA、PGV および SI との回帰式を作成した。PGV、SIについては前線観測点の最大加速度を基準とした場合と最大速度を基準とした場合の2ケースの検討を行った。その結

表1 各最大値の回帰結果の推定誤差

	IWTH22	IWT011
P_vmax[3s]	0.28	0.36
P_vmax[5s]	0.18	0.27
P_vmax[7s]	0.15	0.25
P_hmax[3s]	0.33	0.39
P_hmax[5s]	0.21	0.30
P_hmax[7s]	0.19	0.30
P_max[3s]	0.32	0.39
P_max[5s]	0.19	0.29
P_max[7s]	0.18	0.29
P_3Dmax[3s]	0.31	0.39
P_3Dmax[5s]	0.20	0.30
P_3Dmax[7s]	0.17	0.29
S_hmax[3s]	0.18	0.29
S_hmax[5s]	0.17	0.29
S_hmax[7s]	0.17	0.29

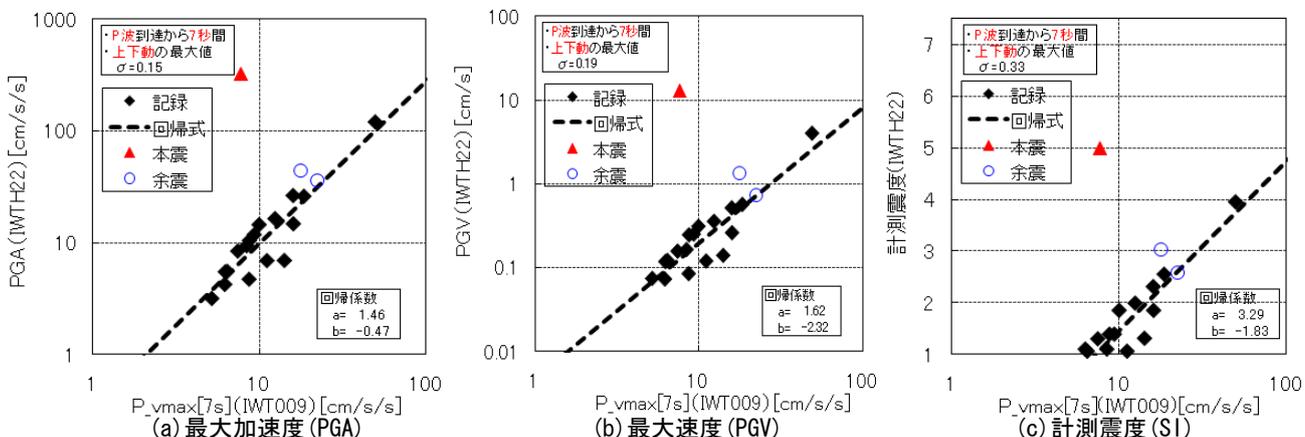


図2 IWTH22における回帰式と余震の観測記録との対応

果、加速度を用いたほうが推定誤差が小さくなった。

4. 東北地方太平洋沖地震の余震による検証

前章で作成した回帰式を、検討範囲で発生した東北地方太平洋沖地震の余震(余震1：2011/3/28,M6.5 および余震2：2011/4/9, M5.4)を用いて検証を行う。検討を行う地震の震源を図1に示す。余震1についてはIWTH22, IWT011 どちらも、どの回帰式においても過小評価となった。一方、余震2についてはどの回帰式とも概ね回帰直線上に乗っていることが確認できた(図2)。

ところで、東北地方太平洋沖地震の本震の震源は図1に示すように検討している範囲内ではないが、震源インバージョン解析結果^(例えば1)によると検討範囲内のエリアにおいて比較的大きなすべり量となっているため、本震でも検証を行うこととした。図2には、本震の観測記録も示している(▲)。どの場合においても、回帰式とは大きく異なり、過小評価してしまうことが分かった。マグニチュード9クラスの地震の場合、破壊伝搬を3.0km/秒とすると破壊時間は数十秒程度になると考えられる。そのため、最大値の出現が早い加速度においてもP波初動部の3~7秒間程度では最大値の発現に至らなかったものだと考えられる。また、破壊が今回の検討範囲より遠方で始まっているため前線観測点のP波初動部の最大値自体が小さいことも原因の一つと考えられる。

謝辞

本検討では、防災科学技術研究所 K-NET, KiKnetの地震記録を使用しました。記して、謝意を示します。

参考文献

- 1) 鈴木亘, 青井真, 関口春子: 近地強震記録を用いた2011年03月11日東北地方太平洋沖地震の震源インバージョン解析(2011/04/12改訂版), http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/TohokuTaiheiy0_20110311/inversion/