

## 揺れからの揺れの数値予報: 次世代の緊急地震速報を目指した研究

干場充之, 青木重樹\*(気象研究所) \*現在, 気象庁

現在, 気象庁の緊急地震速報では, まず, 一旦, 震源位置とマグニチュード ( $M$ ) を決め, それらをもとに地震動 (震度) 予測を行っている. 東北地方太平洋沖地震 ( $M9.0$ ) では, 東北地方が強震動に襲われる前に緊急地震速報を発表したものの, 関東地方では震度を過小に予測した. これは巨大地震の震源域の広がりへの対応が不十分だったからである. 一方, 本震後しばらくの間, 広域で発生した余震を適切に震源決定できず, 震度を過大に予測することが続いた. このような問題に対処するため, Hoshiba(2013, JGR)では, (震源や $M$ を介さずに) 波動場のリアルタイムモニタリングを利用して, 緊急地震速報での地震動を予測する方法を提案している. この方法では, 揺れから揺れを直接予測することを念頭に, 現時点の状況をなるべく正確に把握し, そこから未来を時間発展的に予測するものである.

昨年の研究集会では, データ同化手法を用いて, 現時点の状況をなるべく正確に把握することを提案した. 今回は, これらの手法を, 2011年東北地方太平洋沖地震 ( $M9.0$ ), 2004年中越地震 ( $M6.8$ ), 2014年長野県北部の地震 ( $M6.7$ ) に適用した例について紹介する.

これらの方法は, 揺れの実況分布を正確に把握し, それから波動伝播をシミュレートすることで未来を予測するものである. これは, 微分方程式の解法という観点から見ると, 「地震動の実況分布」という初期値を, 「波動伝播の法則」という支配方程式に代入することに相当する. また, 気象分野における数値予報での予測の考え方に近い.

まず, 現時点の状況をなるべく正確に把握するために, データ同化手法を用いる. 図1 (上) で示すように,

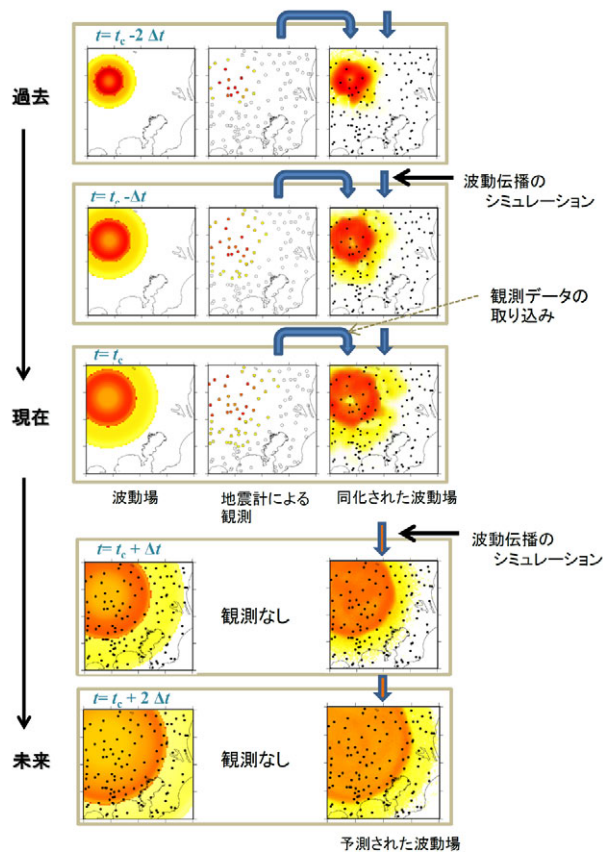


図1 データ同化を用いた波動場の把握から予測への流れ

現在の状況を現在の観測値ばかりでなく、一時間ステップ前の状況から波動伝播の物理（波動伝播のシミュレーション）を用いて現在の状況を推測した推測値も用いる。これをリアルタイムで適用することにより、波動場をリアルタイムで推定することができる（リアルタイム Shake-map）。さらに、リアルタイムで推定された現在の波動場を初期値として、波動伝播のシミュレーションを行い、未来の波動場を推定する（図1下）。なお、今回は、波動伝播のシミュレーションとして、輻射伝達理論を用いた。

図2に、東北地方太平洋沖地震に適用した場合を示す。Hoshiaba(2013, BSSA)に則り、IIRフィルターを用いて、すべての地盤を仮想的に東京大手町の地盤と同じになるように補正している。図2右に、130, 140, 150秒の時点での、地盤増幅特性補正後のリアルタイムでの震度、データ同化を用いて推定した実況分布（リアルタイム Shake-map）、10秒予測、20秒予測、を示す。また、図2左には、東京大手町での震度の実測値と、5秒予測、10秒予測、20秒予測を示す。例えば、130秒の時点では、北関東に強い震動が見られ、それが20秒後には東京大手町に来るだろう、と予想しており、実際、150秒の時点で大手町は大きく揺れている。しかし、図2左に示すように、130秒の時点の20秒予測は、150秒の時点の実測と比較すると、震度にして0.6程度過大である。これが、140秒の時点の10秒予測、さらに5秒予測になるに従い、精度よく予測している様子が見られる。このように、通常、遠い未来の予測よりも近い未来の予測のほうが精度が高い。従来の「震源とMの即時推定」による手法では扱いが難しかった”巨大地震の震源域の拡がり”の課題にも対応可能である。

また、中越地震に適用した例では、極めて活発な余震に対しても、震源やMを決めることなく正確な地震動の予測を行うことが可能であることを示している。

謝辞：防災科研 K-NET, KiK-net および気象庁震度計観測網の波形データを使用しました。

文献：Hoshiaba (2013), JGR, 118, 1038-1050, doi:10.1002/jgrb.50119

Hoshiaba (2013), BSSA, 103, 3179-3188, doi:10.1785/0120130060

## 東北地方太平洋沖地震

( $M_w$  9.0; 2011/03/11)

### 東京大手町での震度の予測

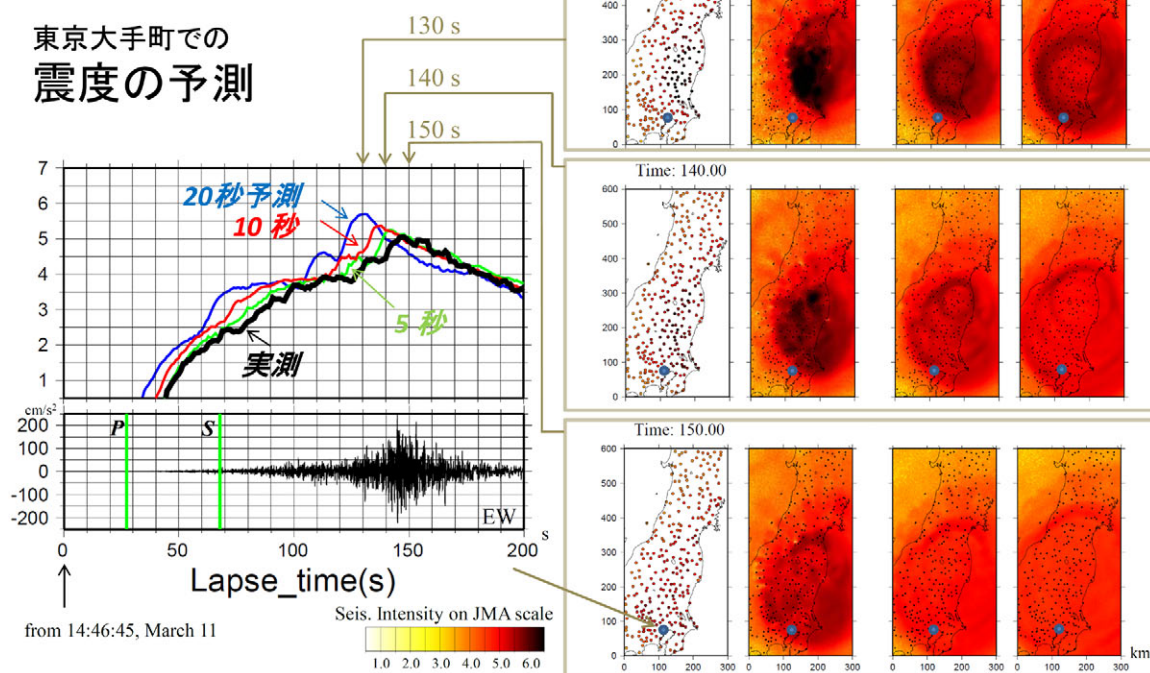


図2. 東北地方太平洋沖地震のデータを用いた東京大手町での震度予測の例