

揺れの数値予報：M6クラスの内陸地震への応用と減衰構造の導入

干場充之・小木曾仁（気象研究所）

1. はじめに：

現在、気象庁の緊急地震速報をはじめ、世界中の多くの地震動即時予測の手法では、まず、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) を予測する、という考え方を採用している。東北地方太平洋沖地震 ($M_w 9.0$) では、この方法の弱点があらわとなった。巨大地震の震源域の広がりへの対応が不十分で関東地方の震度を過小予測し、また、広域で同時発生する複数の余震を適切に震源決定できず、過大に予測することが続いた。これらの問題に対処するため、新しい概念の即時予測の手法を構築してきた (Hoshiba and Aoki, 2015)。この方法は、(震源や M を介さずに) 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し、そこから波動伝播の物理に則り未来を時間発展的に予測するという考えである。正確な現状把握が重要であり、このため、多点でのリアルタイム観測が鍵となる。

なお、“正確な現状把握に基づき時間発展的に未来を予測する”という考えは、気象での数値予報の考え方に近い。このため、“揺れの数値予報”に相当するものと言える。

2. 現状把握と予測：

Hoshiba and Aoki (2015)では、東北地震を例に巨大地震の震源域の広がりへの対応や、中越地震 ($M_j 6.8$) を例に余震多発時への対応について示した。今回は、信越地方で発生した M6 クラスの地震を例に、関東地方での地震動即時予測について考察する。

震源位置と M による従来の方法では、(地盤増幅を補正すれば) 揺れの分布は同心円上になると予

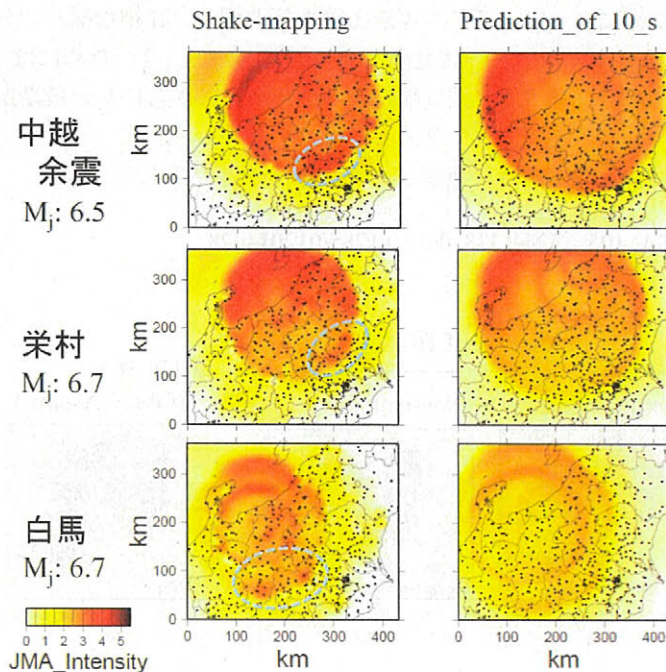


図1 揺れの分布の現状把握と、10秒後の状態の予測。小点は地震計の場所を示す。関東地方に注目すると、中越余震では東京の方向に、栄村の地震では霞ヶ浦の方向に、白馬の地震では静岡の方向に、比較的強い揺れが伝播していく様子が認識できる(水色点線の部分)。それに応じて、伝播していく先の揺れが比較的強いことを予測している。なお、この図では、全ての観測点の地盤増幅特性を、東京大手町の特性に仮想的に置き換えている。

測する機会が多い。しかし、実際には、同心円上にはならず、ほぼ同じ震源距離、ほぼ同じ M の 2 つの地震を、同一観測点で観測しても、揺れの強さがかなり異なる場合も多い。例えば、中越地震の最大余震（2004/10/23 18:34 M_j6.5）と、東北地震の翌日に発生した栄村の地震（2011 03/12 M_j6.7）、2014 年の白馬での地震（11/22 M_j6.7）での東京大手町での揺れの強さを比べると、震源距離がほぼ同じにもかかわらず、PGA は 35.7 cm/s²（中越余震）、13.1 cm/s²（栄村）、4.0 cm/s²（白馬）とかなり異なる。この様に中越余震では、前橋から東京に至る方向に強い揺れが伝播している（図 1）。一方、栄村の地震では霞ヶ浦の方向へ、白馬の地震では山梨から静岡の方向へ、強い揺れが伝わっている。

リアルタイム多点観測を利用すれば、ある方向に強い揺れが伝わっていることをリアルタイムで認識することができる。そして、それに応じて、伝播していく先では揺れが強いだろう、と予測することが可能となる。上記の 3 つの地震の例では、図 1 に示す通り、強い揺れが伝わっていることが認識できた時点で、伝播していく先の揺れが比較的強いことを予測している。なお、この例では、速度、減衰ともに一様な構造を仮定している。

3. 不均質な構造の導入による迅速化と精度向上：

前節で示したように、一様構造という単純な仮定をしたとしても、リアルタイム観測により強い揺れが伝播している方向が認識できれば、それに応じて精度の高い予測が可能となる。一方、減衰構造や速度構造が事前に分かっていたら、強い揺れが伝播していく方向を認識する前であっても、予測することができる。不均質な構造を導入すれば、より早い段階で精度の高い予測が可能となる（図 2）。

4. さいごに：

従来の震源位置と M による方法は、揺れの複雑な時空間分布の情報を 5 個のパラメータ（緯度、経度、深さ、M、震源時）に圧縮する作業と言える。5 個のパラメータから詳細な時空間分布を再現することはできない。つまり、不可逆圧縮になっている。不可逆圧縮を行わずに、詳細な揺れの分布の情報量を落とすことなく未来予測に結びつけることが精度向上への鍵であろう。そのためには、詳細な現状把握がまず必要で、その上で、不均質な速度／減衰構造を導入すれば、さらに早い段階からの正確な予測が可能となる。

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

文献：Hoshiba and Aoki (2015), BSSA, 105, 1324-1338, doi:10.1785/012014028.

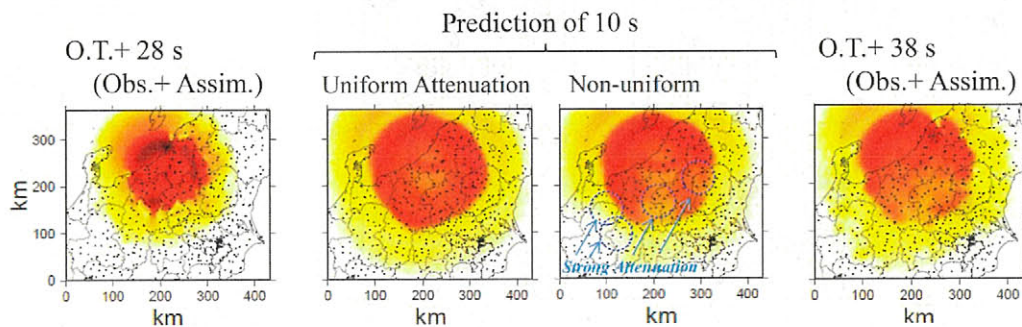


図 2 栄村の地震での O.T.+28 秒後の揺れの分布（データ同化後）と、その 10 秒後の状態の予測（一様な減衰構造と不均質な構造の場合）、および、O.T.+38 秒後の揺れの分布（データ同化後）。不均質な構造では、青点線内で比較的減衰が強い、と仮定している。関東地方での予測を見ると、一様構造での予測では、方向依存性が未だあまりはっきりしないが、不均質な構造では、霞ヶ浦の方向に強い揺れが向かうことを早い段階から予測している。