

# 揺れの数値予報: 次世代の緊急地震速報を目指して

○干場充之(地震津波研究部)

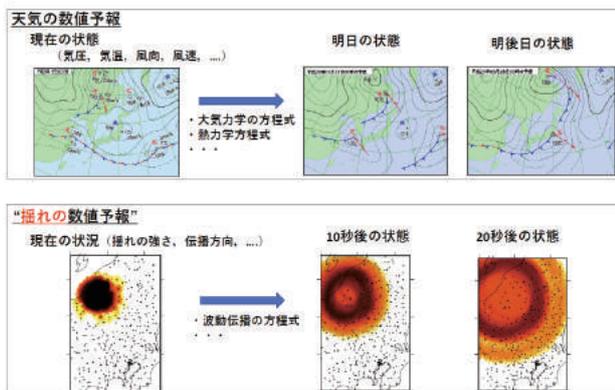
## 1. はじめに

地震動即時予測は、2007年から気象庁が緊急地震速報の業務を始めるなど、地震減災に結びつく技術として期待されている。地震の発生そのものを予測する地震予知とは異なり、(地震の発生後であるけれども)強く揺れる前に知らせることで、地震災害の軽減を狙うものである。緊急地震速報は、2011年の東北地方太平洋沖地震(M9.0; 以下、東北地震)では、東北地方に対しては想定通りの速さで警報を発し、所定の効果を発揮したといえよう。一方で、関東地方では震度4と予測した地域でも実際には震度6強で揺れた地点もあった。これは、マグニチュード9という巨大地震による広い震源域(東北地震では、震源域の長さが約500km)と、長い破壊継続時間(130秒以上)への対応が必ずしも十分ではなかったためである。また、広範囲にわたる非常に活発な余震活動のため、ほぼ同時に発生した複数の小さな余震を適切に分離できず1つの大きな地震として処理し、その結果、過大な警報を発することが相次いだ。これらの課題を根本的に解決し、さらに精度向上と迅速性を高める手法を構築することが求められている。これらに向けた研究について紹介する。

## 2. 揺れの数値予報

### 2.1. 考え方

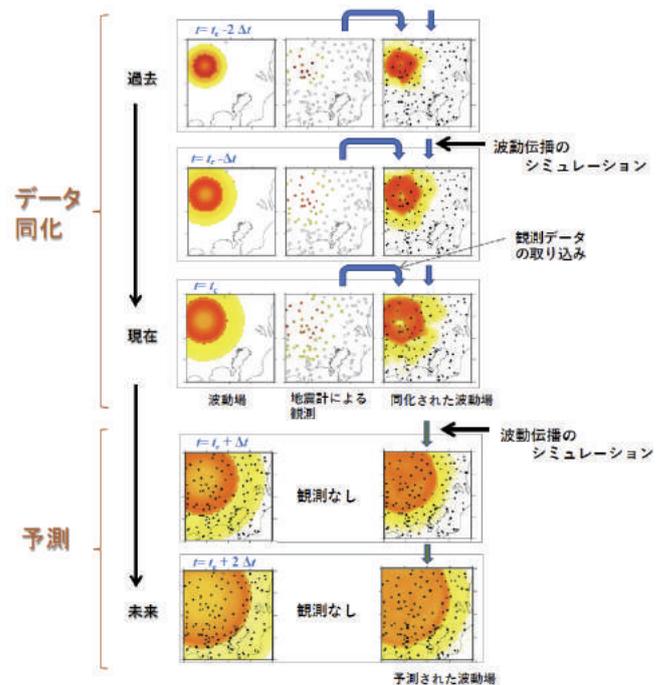
現在の緊急地震速報では、震源位置とマグニチュード(M)を即時に推定(以下、「震源とMの即時推定」)し、それを用いて、各地の揺れの強さを予測している。一方、実時間で揺れが伝わってくる様子を把握できれば、人間は「間もなく揺れる」



第1図: 天気の数値予報と、揺れの数値予報。

ことを直観的に予測することができる。そこでは、震源位置とMを求めているわけではなく、刻々と変化する波面の広がり具合(実況値)から未来を予測している。この考え方に則った予測法を構築する(Hoshiba and Aoki, 2015)。これは、天気予報での数値予報の考え方に似ており、その類似性から、“揺れの数値予報”と呼んでいる(第1図)。

“揺れの数値予報”では、①データ同化手法を用いて地震の揺れの実況分布を正確に把握(波動場の把握)し、②それから波動伝播の物理に則り、つまり、波動伝播シミュレーションを用いて、未来を予測するものである(第2図)。①のデータ同化では、実際の観測データを波動伝播シミュレーションに逐次取り入れることを行い、過去から現在までの全ての観測データを使って現在の実況分布(リアルタイムShake-map)を正確に把握する。②では、①で得られた分布、リアルタイムShake-map、を初期値として、波動伝播シミュレーションを行うことで未来の分布を予測する。この方法では、震源位置やMの情報を必ずしも必要としないため、広い震源域であっても



第2図: 揺れの数値予報の考え方: 波動伝播のシミュレーションに逐次観測データを取り入れることでデータ同化を行い現状を正確に把握する。それを初期値として波動伝播シミュレーションを行うことで未来の分布を予測する。

同時に複数の地震が発生していても、特別な処理を必要とすることなく、対応することができる。

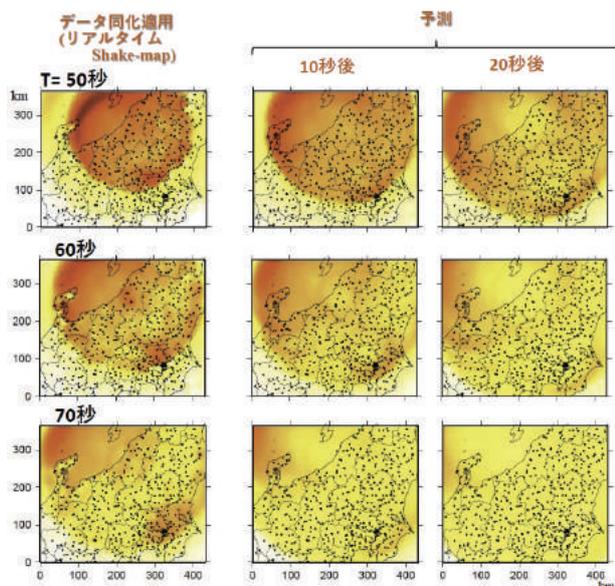
## 2. 2. 適用例1(中越地震の最大余震:M6.5)

2004年新潟県中越地震の最大余震(M6.5)に適用した例を示す。この地震では、特に東京の方向に強い揺れが伝播していく特徴があるが、震源位置とMだけではこの特徴を表現することは出来ない。よって、精度の高い震度予測が難しい。

“揺れの数値予報”では、第3図(上)に示すように、50秒の時点で、特に東京に向かって強い揺れが伝播していく様子を把握している。この情報をもとに、10秒後に東京に強い揺れが到着すること、また、東京は周囲に比べてやや揺れが強くなることを予測している。実際、東京は周囲に比べてやや大きな震度を観測している(第3図中)。この様に、精度の高い震度予測に結びついている。

## 2. 3. 適用例2(東北地震:M9.0)

次に、東北地震に適用した例を示す。東北地震では、地震の発生から130秒以上にわたって断層の破壊が継続したことが知れており(つまり、130秒以上にわたって揺れが生成し続けた)、特に、強い生成域が少なくとも4か所あったことが知られている。破壊の前半である1番目と2番目の生成域は宮城県沖に、後半である3番目と4番目は福島・茨城県境沖に位置し、関東地方を強く揺らしたのは、このうち、3番目と4番目の生成域からのものである。関東地方では、1番目と2番目の生成域からの揺れではせいぜい震度4程度であったと思われるが、3番目と4番目の生成域からの揺れにより、震度6強を観測している。震源とMの即時推定という考え方では、このよう



第3図:2004年新潟県中越地震の最大余震(M6.5)への適用例。50秒の時点で比較的強い揺れが東京に向かっていくことを把握し、10秒後に到達すると予測している。

に広い震源域で破壊継続時間が長い地震への対応は難しくなった。

第4図に“揺れの数値予報”の結果を示す。130秒の時点で北関東に強い揺れを把握し、この揺れは、20秒後(つまり、150秒の時点)に東京に到達すると予測している。実際、150秒の時点で、東京は強く揺れている。

このように、広い震源域で破壊継続時間が長い地震に対しても対応することが可能である。

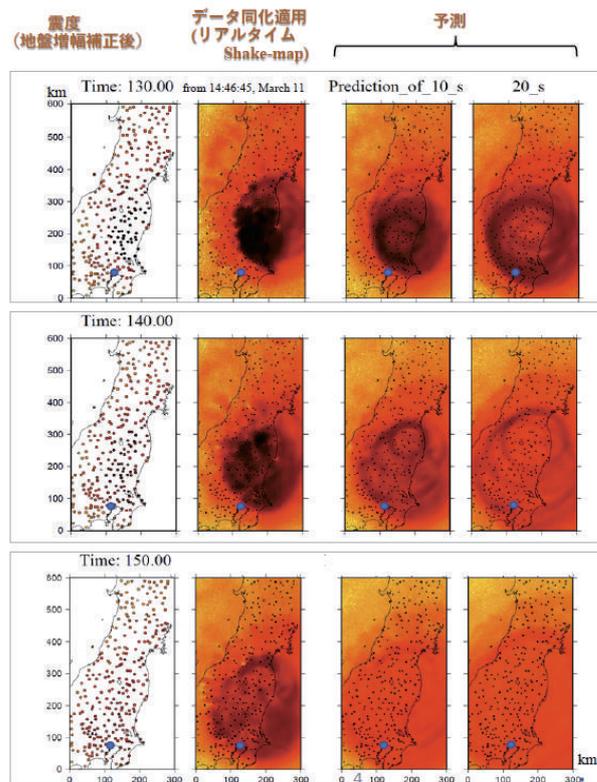
## 3. まとめ

震源とMの即時推定という考え方では難しかった広い震源域をもつ巨大地震や、同時に多発する複数の地震についても、“揺れの数値予報”では精度の高い震度の即時予測に結びつけることができる。

今後、波動伝播シミュレーションに減衰構造や速度構造を導入するなど、さらなる精度向上を目指していきたい。

## 参考文献

- (1) Hoshiba and Aoki, 2015, Bull. Seism. Soc. Am, 105, 1324-1338, doi:10.1785/012014028



第4図:2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)への適用例。130秒の時点で北関東に強い揺れを把握し、20秒後に東京に到達すると予測している。実際、20秒後(150秒の時点)、東京は強く揺れている。