

地震波伝播の外挿を用いた緊急地震速報の改善:みかけ速度と伝播方向の活用 Improvement of earthquake early warning system using the extrapolation of wavefield with apparent velocity and direction

佐藤 明日花^{1*}; 蓬田 清¹

SATO, Asuka^{1*}; YOMOGIDA, Kiyoshi¹

¹ 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻グローバル地震学研究室

¹ Global Seismology, Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

現在の日本の緊急地震速報は、震源に近い観測点でのP波の到着時間によって推定された震源の情報を利用している。しかし (a) 複数の地震がほぼ同時に起こった場合、(b) 地表でのみかけ速度が非常に速くなるような、震源の深い地震の場合、(c) 震源域が無視できないような規模の地震 ($M > 8$) の場合などにおいて効率的でない。これらはすべて非円形波面が拡大しているためであり、このような場合に対処するために、我々は震源地を決定せずに観測された初期の波動場を単に外挿する新たなアプローチを提案する。従来のマイグレーションの方法は与えられた波面に沿った波動場を利用していたが、緊急地震速報のシステムでは表面上での波動場の拡大の方向とその速度を得る事が出来る。グリーン関数の標準的な表現定理に基づいて、我々は観測波形だけでなくその空間微分を用いて波動場を推定する。このことによって従来の波形のアプローチと比較して、外挿した波動場の分解能と信頼性を向上させる事が出来るだろう。

正確かつ安定した波動場の外挿のために、信頼性の高いグリーン関数が必要である。しかし、P波とS波の伝播は複雑な形で3次元の速度構造に敏感であるため、これを忠実に予測しようとする事は現実的ではない。緊急地震速報のためには、地表面を伝播する波面の到達位置と振幅だけがわかれば良いので、2次元的な波動伝播のみを現象論的に表現する事を試みる。すなわち、P波のみかけ速度による地表の伝播である。このみかけ速度は震源の深さと、地域によって変化する。例えば北海道での震源の浅い地震では見かけ速度は7.1km/sであるが、長野県の浅い地震では5.5km/sである。また、同じ北海道でも震源が浅い場合は7.1km/sであるが、震源が100kmの場合8.9km/sであった。また速度は特に震源が深い場合、震央距離の関数として変化もする。地震が発生した際に波面の外挿に使う適切なグリーン関数(みかけ速度)を求める事が出来るように、我々は異なる深さや地域、震源の見かけ速度の表を作成し、これらを順次改良していく。

さらに、我々は初期の観測波形からみかけ速度や進行方向をリアルタイムにどのようにして推定するかについても考察した。緊急地震速報に波動場の外挿を適用するために重要な事は、初期の入力データとして観測される地震波形の間での良好な相関が必要である。しかしHi-netのデータのような高周波の地震波形は一般的に相関が悪い。隣接する観測点間での相関関係を向上するために、我々は各観測点でのサイト応答を修正する。浅い地震と深い地震の両方を使用して北海道のHi-net観測点で周波数の関数としてサイト補正を推定した。

最後に、ウラジオストクや韓国の下での震深地震では、日本の太平洋側だけが振幅が大きくなる'異常震域'と呼ばれる領域が見られる。2010年2月18日のウラジオストクの下での深さ590kmの震深地震に対して、我々は日本でのP波の伝播方向とみかけ速度を推定し、その異方性を測定した。例えば、北海道北部の宗谷、留萌地方では見かけ速度が約7.5km/sであるのに対し、南部の日高、十勝地方では約13km/sであった。このようなみかけ速度の違いを用いることで、いわゆる異常震域のような一定方向のみに増幅する現象も、本研究の波動場の外挿によって再現、予測することができる。

キーワード: 緊急地震速報, 地震波伝播の外挿, マイグレーション, みかけ速度, サイト補正, 異常震域

Keywords: earthquake early warning system, extrapolation of seismic wave field, migration, apparent velocity, site effect, abnormal seismic intensity