

緊急地震速報の改善のためのみかけ速度と伝播方向の即時推定

#佐藤明日花・蓬田清（北海道大学理学院）

A quick estimation of apparent velocity and direction of seismic wave propagation for the improvement of the early warning system

#Asuka Sato and Kiyoshi Yomogida (Graduate School of Science, Hokkaido University)

1. はじめに

日本の現行の緊急地震速報は、震源に近い観測点での P 波部分の走時・振幅データをもとに、まず震源位置とマグニチュードを暫定的に求めた上で、離れた地点の S 波の到達時刻や震度の予測を行っている。しかし、(a)震源域の大きさを考慮しなくてはならない規模の地震(M>8)、(b)深発地震、(c)ほぼ同時に複数の場所で地震が発生した場合などには、震源の位置・大きさが正しく推定できない。緊急地震速報のシステム程度の密な観測網ならば、地表面での波動場の伝播の方向とその速度を推定することが原理的に可能である。そこで、グリーン関数の表現定理に基づいて、初期の観測波形だけでなくその空間微分（みかけ速度と方向）を用いて、時間が経過した後の波動場を推定することで、緊急地震速報の改善を試みる。

正確かつ安定した波動場の外挿のためには、信頼性の高いグリーン関数が必要である。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を推定すれば良いので、厳密な 3 次元的な P 波のグリーン関数ではなく、2 次元的な波動伝播のみを形式的に表現出来れば十分である。すなわち、地表面の P 波のみかけ速度と伝播方向のみ求めればよい。ただし、これらは実際には震央距離、地域、震源の深さなどによって様々に異なるので、初期段階の波動場の観測から短時間で精度よく推定するためには、これらの複雑さを予め求めておく必要がある。

2. みかけ速度の多様性

日本近辺の様々な地震を Hinet 観測点での観測波形から、みかけ速度を測定した。いくつかの地域の震源の深さによるみかけ速度の変化を図 1 に示す。例えば、長野での浅い地震はこの地域の遅い速度構造の影響が明らかに見られ、この効果を十分に考慮する必要がある。この図によって得られた地域での関係式より、波動場の外挿に用いるグリーン関数を構築する基準とする。

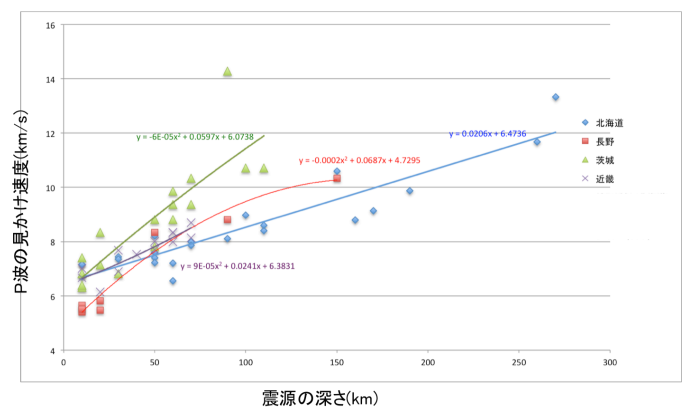


図1 北海道、長野県、茨城県、近畿地方で様々なイベントのみかけ速度を測定し、深さの関数でプロットした。グリーン関数にはこの関数を用いる。

3. f-k スペクトル解析を用いた初期波動場の解析手法

みかけ速度の方向と大きさをどの精度で即時に推定できるか調べるために、4~6 個の隣接する Hinet の観測点波形記録から、f-k 解析によって初期の段階で P 波伝播よりそのみかけ速度と伝播方向を求めた。一例として、2011 年 3 月 11 日岐阜県飛騨地方で発生した M3.4、深さ 3km の地震を用いて解析を行った。解析した周波数は 0.3~5Hz と 0.1~1Hz で、解析した波形の時間幅は P 波到着時から約 4.5 秒である。使用したどちらの周波数でも、複数の異なった観測点群に対して地震波伝播の方向を精度よく求めることができた(図 2、図 3)。

4. Site 補正

観測初期の波形を用いて波動場伝播の方向を求め波動場の外挿を行う場合、隣接した観測点で記録された波形データの相関の良さが重要となってくる。しかし Hi-net の観測点のような日本で記録された高周波(約 1Hz)の地震波形は相関が不十分な場合も多いため、各観測点の Site 特性を補正する必要がある。そこで、2014 年 4 月 16 日浦河沖で発生した M3.2 深さ 10km の地震と、2014 年 2 月 11 日浦河沖で発生した M4.5 深さ 10km の地震を用いて、北海道の Hi-net の地震波形で Site 補正を行った。基準点として岩盤上にある観測点(この研究では、UNSH)を用いて、隣接する他の観測点波形をスペクトル比を取るることによって補正を行い、その結果、観測点 WNNH の波形の P 波と S 波が基準点により類似し明瞭になった。

5. S 波の推定

緊急地震速報で重要なことは震度と S 波の推定である。初期部分の P 波部分の観測波形の波面外挿では P 波の予測しか出来ない。そこで何らかの経験的な関数を用いて S 波の予測が可能下かを考察した。本研究ではみかけ速度の関数と P-S 時間差の関係より S 波到着時刻を推定することを提案した。

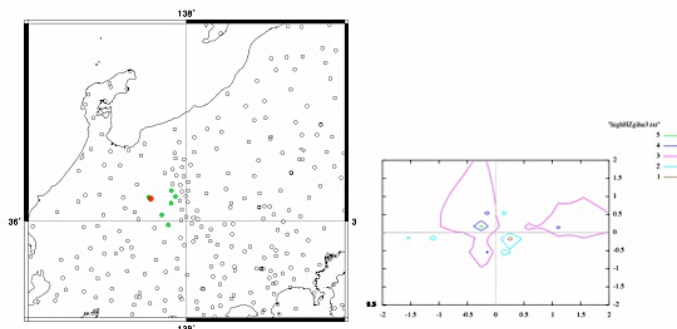


図2 岐阜県飛騨地方を震源とする地震のf-kスペクトル解析の結果。赤丸が震源で、緑色に色がついた観測点が今回解析に用いた観測点である。

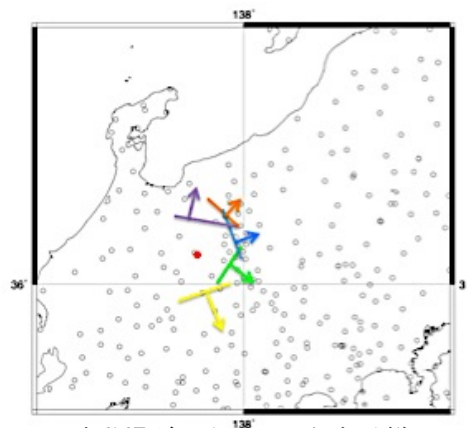


図3 波動場が同心円上に伝わる様子
図2のような解析を複数のアレイで行った結果このように同心円で波動場が伝わる様子が測定できた。

謝辞：本研究では、防災科学研究所の Hinet の波形記録を使用させていただいた。