

## 1 2 - 9 第 1 8 4 回地震予知連絡会重点検討課題「地震波干渉法」概要 Summary of intensive discussion subject for “Seismic interferometry”.

山岡耕春 (名古屋大学環境学研究科)

Koshun Yamaoka (Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University)

### 1. はじめに

第 3 回の重点検討課題として、「地震波干渉法」をとりあげた。この手法は、地下の地震波速度構造およびその時間変化を捉えるための方法として、近年注目を集めてきた手法である。地震波干渉法とは、今回の検討課題報告の渡辺の解説に従えば、「波動場を異なる 2 地点で同時に観測した場合、それらの地震波形の相互相関処理を行うことにより、一方を震源、他方を受振点とした場合に観測される波形を合成することができる。この手法を地震波干渉法(相互相関解析, 仮想震源法)と呼ぶ。」である。つまり、地震観測点さえあれば、任意の 2 地点で常時観測されている地面の震動(常時微動)を処理することにより、一方を震源として他方を観測点とする波形(伝達関数, あるいは応答関数・グリーン関数とも呼ぶ)が得られるという手法である。

従来 2 地点間の伝達関数は、主に人工的な震源による波形を観測することによって得ていた。そのために、ダイナマイトなどのインパルスな信号を出す震源やバイブロサイスなどの連続的波形を出す震源が用いられることが多く、いずれも震源の設置や運用に多大な労力を必要としてきた。それに対して地震波干渉法は、地震計を設置するだけで同様の効果が得られる可能性を持つ手法であり、場所の自由度やコストの点でも有利である。また連続して伝達関数を得ることができるため、時間変動を得るための手法としても注目されている。

地震波干渉法の原理は 1968 年には既に考案されていたのであるが、ここ数年非常な勢いで世界中の研究者によって用いられるようになった。それは 1990 年代から急速に観測地震学の世界に及んだデジタル革命によるところが大きく、デジタイザの進歩による地震計の信号の高精度化、通信と記憶装置の大容量化による地震波デジタル記録の連続化、web 技術の発達によるデータ取得の利便性向上、計算機の飛躍的高性能化による信号処理性能の向上が挙げられる。このような周辺技術の進歩により地震波干渉法という大量のデジタルデータを利用する解析法が多くの研究者にとって苦勞せず扱うことのできる技術となった。

地震波干渉法では、時間的に連続して伝達関数を得ることができるため、原理的には地震波の伝達特性の時間変化を得ることができる。これは地震予知研究にとっては地下の状態の時間変化を得ることに対応し、応力変化などに対応した変動を知ることにつながる。このようなことから、今回の重点検討課題では地震波干渉法を取り上げることにした。

### 2. 議論の概要

地震波干渉法は、多くの地震研究者にとってはまだなじみの薄い技術であるため、まず手法の概要を名古屋大学の渡辺俊樹さんに説明をお願いし、さらに従来我が国で伝統的に行われてきた微動探査法との関係の解説を建築研究所の横井俊明さんをお願いした。さらに地盤構造などの物理探査への応用例として、横浜市立大学の吉本和生さんに関東平野の地盤構造解析について紹介してもらった。その後、地下構造探査における地震波干渉法の利用例、および地震は伝搬特性の時間変化における利用例について各機関から紹介してもらった。

### 2-1. 地震波干渉法の原理と概要

名古屋大学の渡辺俊樹さんから、地震波干渉法の歴史や原理、および手法の応用に関する留意点について解説を受けた。Claerbout(1968)により1次元成層構造で定式化された手法がWapenaar(2003), Wapenaar et al. (2004)により3次元に拡張され、現在の利用に至っていることが示された。また地震波干渉法が成立するためには、波の到来方向が均一であることが重要であることが示され、波の到来に偏りがあると見かけ上の時間変化が現れることも留意点とされた。

### 2-2. 微動アレイ探査法と地震波干渉法

建築研究所の横井俊明さんから、従来地盤構造の探査法として用いられてきた微動アレイ探査法と地震波干渉法との関係について解説を受けた。また微動アレイ探査法として従来から用いられているSPAC法に加え、最近開発されたCCA法についても解説を受けた。

### 2-3. 地盤・地震基盤構造調査への応用

横浜市立大学の吉本和生さんから、地震波干渉法を用いた関東平野の地盤・地震基盤構造探査への応用結果について報告を受けた。首都圏地震観測網(MeSO-net)と首都圏強震動総合ネットワーク(SK-net)の地震観測点において、観測された近地地震S波波形を使用し、伝達関数から関東平野の基盤構造を得たことが示された。

### 2-4. 北海道大学・防災科学技術研究所

北海道のHi-net観測点で観測された常時微動の地震波干渉法解析から、表面波速度の地域性を得ることができ、その結果は北海道の大局的な地質構造と整合的であることが示された。

### 2-5. 気象研究所

人工震源による伝達関数のモニタリングは地震波干渉法のレファレンスとしても有効と考えられるため、気象研究所から、定常的な人工震源(ACROSS)の研究成果について紹介があった。静岡県の掛川から瑞浪にかけての地下構造の伝達関数をテンソルとして得られたことが紹介された。

### 2-6. 東北大学

東北大学における地震波干渉法の研究の現状について紹介を受けた。そのうち特に2005年福岡県西方沖の地震の前後における伝達関数の変化を捉えた例が紹介された。この場合伝達関数は一つの観測点の自己相関関数として得られ、その変化は強震動による浅部地盤の破壊によるものと解釈できることが示された。

### 2-7. 京都大学防災研究所

地震波伝播特性の時間変化の検出例として、2007年能登半島地震前後における、自己相関関数の時間変化の解析例が紹介された。またこの解析は自動化されており、多くの観測点で自動的に解析が可能であることが示された。

### 2-8. 防災科学技術研究所

一つの観測点で観測される常時微動の自己相関関数を用いた、地震波伝播特性の時間変化検出例

として、2007年に発生した大分県中部の群発地震に伴う時間変化の解析例が紹介された。結果は観測点からやや離れた場所で1%の速度低下があった可能性を示している。

#### 2-9. 東京大学地震研究所

地震研究所で行われている、グローバルスケールから火山のスケールまでの、地震波干渉法に関する多種の研究が紹介された。特に将来的な時間変動の検出に向けて、日本列島の3次元S波速度構造の解析結果が紹介された。

#### 3. まとめ

地震波干渉法は、近年広く用いられるようになった。またモニタリングの手段としての地震波伝播特性の時間変動についても、ある種の変化が捉えられることは明らかになりつつある。今後は、地震波伝播特性の時間変化に関する観測研究が広く展開されるとともに、その原因を特定する研究が進むことが期待される。