

SSS027-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

Shortest path method における異方性媒体での群速度の近似計算方法 Approximate calculation of group velocity of anisotropic media in the shortest path method

関口 渉次^{1*}

Shoji Sekiguchi^{1*}

¹ 防災科研

¹ NIED

Shortest path method は対象領域に node を分布させ、それらを互いに結びつける経路を設定し、震源から観測点までの波の伝播時間を、その間の最短時間経路を探索することにより計算する手法である。この手法を異方性媒質に適用するには、node 間の群速度が計算できればよい。等方性媒質であれば位相速度と群速度は同じなので、別途群速度を計算する必要はない。異方性媒質では大きさ方向とも異なる。異方性が弱い場合はこの違いによる波線経路の違いは小さいとして無視するケースが多いが、ここでは、波線経路の違いも考慮できるようにする。具体的には以下のように計算するようにした。

まず、媒質パラメータを保持する node 毎に、node を覆う6つの平面を想定し、各面には方向 vector の2成分を座標にした格子点を配置する。各 node でいろいろな方向に対して Christoffel equation を解いて群速度 vector を計算する。群速度 vector をもとに方向 vector を出し、各平面上に群速度を与える。これらを spline 関数で平滑化し、spline 関数の内挿により各格子点での群速度を計算し値を保存する。保存した値から任意の方向での群速度を格子間の線型補間によって得る。なお、異方性が非常に強いと平滑化に失敗するので、その場合は使用できない。

今回開発した手法を用い、PREM モデルの LVZ の異方性地震波速度を使って、波線計算を実施した。到着時刻は垂直方向と水平方向とで予想通り違った値となった。経路の違いも確認でき、その違いは非常に小さかった。今回使用した速度構造の異方性が数%と小さいためだと思われる。

キーワード: 最短経路法, 異方性, 群速度

Keywords: shortest path method, anisotropy, group velocity

P-S, S-P 変換波の混入による見かけ上の S 波速度異方性 Seismic anisotropy apparently caused by contamination of P-S or S-P converted wave

東野 陽子^{1*}, 深尾 良夫¹, 坪井 誠司¹
Yoko Tono^{1*}, Yoshio Fukao¹, Seiji Tsuboi¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

S 波速度異方性は、地震波の振動方向によって地震波の速度が異なる偏向異方性により二つの直交する波が分離して伝播する現象である。その検出には水平 2 成分を回転させて S 波が相似波形に分離する方位を求め、二つの相似波形が一致する時刻差を求める波形相関法が広く用いられている。

検出と解析法が単純なだけに、我々はこの S 波速度異方性についての解析する場合、他の波からの影響を注意深く考えなければならない。P 波からの変換 SV 波の到来や、P 波の radial 成分も地震計の水平 2 成分には観測されることも考えると、解析対象となる S 波とほぼ同じ到来時刻をもつ P 波的な変換波、CMB やマントル不連続面などで生じる変換波の存在も見逃してはならない。本研究では、理論走時では直達 S、ScS、ScS2 波に重なる sP(SP)、ScP、ScSScP 波があることを踏まえ、理論波形を用いてそれらの波が実際に異方性解析に影響のある振幅で観測されるのか、また観測されたとしても S との分離は可能なのかを調べた。

理論波形計算には、Direct Solution Method [Takeuchi et al., 1996] を用いた。速度構造モデルは PREM で、サンプリング周期 5 秒までの計算を行ったので、10 秒までの信頼性を持つ。Vertical dip slip の点震源を用いて radiation pattern の単純な震源を深さ 25、100、300、400、450、500、550、600km に設定し、azimuth 45、60、80 度方向に 1 度ずつ震央距離 50 度まで 150 点の観測点に対して計算した。

100km の深さに対する計算結果に見られた特徴を例として詳しく述べると、約 5 度までの震央距離では、s 波の到達に sP とレイリー波が近く到来する。特にレイリー波による波形のゆがみが大きい。約 20 度以上に到達する S 波には SP が混入する。その他の深さについても、少なくとも 10 秒以上の長周期では sP、SP や表面波の混入により radial 成分の S 波のゆがみがない震央距離は非常に限られる。直達 S 波を用いて異方性解析を行う場合、近距離で観測される s 波は表面波の影響がない短周期帯を用いる必要があり、約 5?10 度以上で観測される s、S 波については理論波形か上下動成分を用いて sP、SP 波の到達が非常に弱いか分離できる時刻であることを確認すべきである。

ScS、ScS2 については、深さ 450~600km において、ScP、ScSScP が混入する。しかし、震央距離 20 度以下においては ScP、ScSScP の振幅が非常に小さく radial 成分の ScS、ScS2 波形をゆがませるほどではない。実際に、波形相関法を用いて見かけ上の異方性が求まってしまうかを確かめたところ約 20 度以下では影響は殆どなかった。しかし、この震央距離も SV と SH の振幅差によって変化するため、ScS、ScS2 を用いた異方性解析についても実際の震源と同じ radiation pattern を用いて理論波形を計算し、変換波の影響を詳しく見積もる必要がある。

以上の結果から、異方性解析を行う際には大量のデータを用いることが多いが波形のチェックのないシステムティックな解析は非常に危険であることがわかる。特に長周期での解析では不連続面から生じた変換波の混入により位相ずれを生じているのか、本当に異方性によるスプリッティングなのかどうかの見分けは非常に難いため、解析する震源と周波数帯に合わせた理論波形による確認が必要である。

キーワード: S 波速度異方性

Keywords: anisotropy, Shear wave splitting

放射境界条件の地震音波の励起と伝播

Excitation and propagations of seismo-acoustic waves with an open boundary condition

小林 直樹^{1*}

Naoki Kobayashi^{1*}

¹ 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

¹ ISAS/JAXA

我々は非弾性や放射境界条件を持った散逸系の重力弾性球の固有振動の効率の良いモード計算法を開発した (Kobayashi 2007 GJI). この方法によって固体モードを大気を含めて計算することも大気モードを固体地球を含めて計算することも容易となった. その手法のパフォーマンスを示すために我々は百万個の大気モード計算を行い, 2008年の宮城内陸地震の際に発生した長周期音波波形を固体地球から熱圏まで含めて計算することに成功した (Nagao et al. 2008 AGU). また, 最近では帯状風の長周期音波の伝播への影響も考察している (Kobayashi 2009 AGU, 2010 JpGU).

そうした系ではエネルギーが散逸するため, 固有振動モードの固有周波数は複素数となる. また, 完全弾性球の場合の直交性も厳密には成立しない. 固体地球を考える場合にはモードのQ値は概ね120以上であるので, その近似の範囲内では完全弾性球近似でモードの励起を扱うことができる. 一方, 音波モードでは大気上端からの弾性波の放射によってQ値が10以下になることも希ではない. 2010年地震学会秋季大会ではそうした場合を想定したモードの励起問題を1次元音波問題に関して議論した. 本講演では固体地球と現実的な大気モデルを取り入れ放射境界条件の場合の音波モードの励起を計算し, 地震や火山爆発によって励起される大気音波の伝播への影響を報告する.

キーワード: 地震音波, 励起, 波動伝播, カップリング, 放射境界条件, 帯状風

Keywords: seismoacoustic waves, excitation, wave propagation, coupling, open boundary, zonal winds

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS027-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

神岡 100 メートルレーザー伸縮計で記録された常時地球自由振動 The Earth's background free oscillation recorded by the laser strain meter being in operation at the Kamioka Mine

森井 互^{1*}, 新谷 昌人², 高森 昭光², 加納 靖之¹, 早河 秀章³, 竹本 修三⁴

Wataru Morii^{1*}, Akito Araya², Akiteru Takamori², Yasuyuki Kano¹, Hideaki Hayakawa³, Shuzo Takemoto⁴

¹ 京都大学防災研究所, ² 東京大学地震研究所, ³ 国立極地研究所, ⁴ 国際高等研究所

¹DPRI, Kyoto Univ., ²ERI, Univ. Tokyo, ³NIPR, ⁴IIAS

岐阜県飛騨市の神岡鉱山内に設置した基線長 100 メートル直交 2 成分のレーザー歪計を使用した観測を 2003 年以来現在まで継続中である。この観測によって得られた歪記録と気圧計記録を解析して、常時地球自由振動の特性を調べた。常時地球自由振動の信号強度と大気圧変動の関係について報告する。

キーワード: レーザー伸縮計, 常時地球自由振動, 気圧変動

Keywords: laser strain meter, Earth's background free oscillation, atmospheric pressure change

自由振動コアモードの周波数の緯度・経度依存性

Latitude and longitude dependencies of the eigen frequency in core modes of the earth's free oscillation

清水 宏信^{1*}, 平松 良浩², 川崎 一朗³

Hironobu Shimizu^{1*}, Yoshihiro Hiramatsu², Ichiro Kawasaki³

¹ 金沢大学自然科学研究科, ² 金沢大学自然システム学系, ³ 立命館大学歴史都市研究センター

¹Natural Sci and Tec., Kanazawa Univ., ²Natural System Kanazawa Univ., ³Reserach Center for DMUCH

自由振動は地球の内部構造を反映しており、核の構造に敏感なモードをコアモードと呼ぶ。内核は軸対称な異方性を持つことが知られており (Morelli et al., 1986; Woodhouse et al., 1986)、そのような異方性が存在した時、緯度によってコアモードの固有振動数が異なることが最近になって報告された (Kawasaki, 2009)。本研究では、コアモードの固有振動数の緯度依存性を検出することに加え、経度依存性についても検出し議論することを目的とした。コアモードの固有振動数の緯度・経度依存性を検出することは、内核の地震波速度異方性に対して新たな拘束条件を与えることが期待される。

本研究では、2004年12月26日に発生したスマトラ - アングマン地震によって励起された300秒よりも周期が長い自由振動を研究対象とした。データは超伝導重力計 (GGP, Global Geodynamics Project より)、STS-1 地震計 (IRIS, Incorporated Research Institutions for Seismology より) の本震が発生してから6時間後以降に記録された11日間、37日間の連続データを使用した。これらのデータを離散フーリエ変換 (DFT) することでパワースペクトルを計算し、励起されたコアモードを特定したのちピーク周波数を求めた。また求めたピーク周波数が振動の減衰による影響を受ける可能性もあるため、励起されたコアモードに対して、減衰係数とともに固有振動数を決定する存否法による解析も合わせて行った。存否法やフーリエ変換による解析を行う前に、超伝導重力計のデータについては、理論潮汐解析プログラム BAYTAP-G (Ishiguro et al., 1981; Tamura et al., 1991) より推定した理論潮汐の値を観測データから除去し、STS-1 地震計については、地震計の特性を補正した。また、両方のデータに関して 0.5mHz~10mHz のバンドパスフィルターをかけ、線形トレンドを除去し、ハニングテーパーを施した。

求めたパワースペクトルから励起されたコアモードとして ${}_0S_0$ 、 ${}_1S_0$ 、 ${}_3S_2$ を特定した。フーリエ変換による解析から ${}_1S_0$ のピーク周波数は小さな緯度・経度依存性、 ${}_3S_2$ のピーク周波数は緯度・経度依存性を持つことを示したが、 ${}_0S_0$ のピーク周波数は緯度・経度依存性を示さなかった。また存否法とフーリエ変換より求めたコアモードの固有振動数を比較した結果、両者に大きな違いはなく、モードの減衰が固有振動数の推定に及ぼす影響は小さいと考えられる。

${}_0S_0$ に関しては、今回の解析からピーク周波数の緯度・経度依存性を見ることができなかった。これは、このモードがあまり異方性に対して敏感ではないためと考えられる。 ${}_3S_2$ のピーク周波数が緯度・経度依存性を示した原因としては、内核境界付近の領域にあると考えられる。またピーク周波数が非常に小さな変化を示した ${}_1S_0$ は、主に外核に敏感である。しかし、外核のような流体中で 10^{-5} よりも大きな密度の水平方向変動があると説明することは難しいため (Stevenson, 1987)、外核に異方性があるとは考えにくい。従って、緯度・経度依存性を示した原因は、核マントル境界もしくは内核の領域であると考えられる。

謝辞：本研究では GGP より超伝導重力計のデータや理論潮汐解析プログラム BAYTAP-G を、IRIS より STS-1 地震計のデータを提供して頂きました。記して感謝致します。

キーワード: 自由振動, スペクトル解析, 内核, 異方性

Keywords: the earth's free oscillation, spectral analysis, the inner core, anisotropy

SSS027-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

Waveform effects of the thinning or tearing of the subducting Pacific plate beneath Japan Waveform effects of the thinning or tearing of the subducting Pacific plate beneath Japan

simanchal padhy^{1*}, Takashi Furumura¹, Takuto Maeda¹
simanchal padhy^{1*}, Takashi Furumura¹, Takuto Maeda¹

¹CIDIR, ²ERI, University of Tokyo, ³NGRI, Hyderabad

¹CIDIR, ²ERI, University of Tokyo, ³NGRI, Hyderabad

We studied the detailed distorted structure of the subducting Pacific plate near Honshu in the Kanto district by the use of waveforms from deep earthquakes recorded at fore-arc Hi-net and F-net stations in Japan. Such waveforms confirm most of the earlier observations like dominance of low-frequency onset and following high-frequency energy due to the stochastic waveguide effect of the subducting plate, proposed earlier by Furumura and Kennett (2005). However, new observations for most of the source-receiver paths show the distortion of body waves, when signals traverse the Pacific slab at depths more than 350 km. They include the loss of high frequency energy in P-coda, loss of low-frequency precursor and presence of converted phases in P-coda. Such complexities in the observed waveforms are difficult to explain by existing slab model, indicating sudden lateral change in the wave guiding properties of the subducting slab such as caused by the thinning or tearing of the slab in deeper part.

To explain the observations, we employ two-dimensional finite-difference method (FDM) simulations of complete high-frequency P-SV wave propagation taking thinning of Pacific slab into account. We expect that the observed guided wave energy must decouple from waveguide where the slab is deformed or thin. Low frequency energy leaks out of the slab and travels to the receivers along paths in the low velocity mantle surrounding the slab. Taking into account the tomographic evidence of weak velocity anomaly of the Pacific slab beneath Honshu and the observations of slab tear in the Pacific plate (Obayashi et al., 2009; Kennet and Furumura, 2010), we expect a local velocity anomaly or thinning in the oceanic lithosphere along the Izu-Bonin arc that would be compatible with the observations. The preliminary results, which suggest that the Pacific slab is strongly deformed beneath Honsu, is the cause of the complicated waves from deep events with strong source location dependencies. These effects need to be tested further with a 3-D FDM simulation employing high-performance computers with a variety of possible slab geometries.

キーワード: slab tears, subducting plate, waveguide, wave propagation

Keywords: slab tears, subducting plate, waveguide, wave propagation

SSS027-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

波形記録から見た2008年岩手・宮城内陸地震に先行する地震活動の特徴 Waveforms of seismic events followed by the 2008 Iwate-Miyagi Inland Earthquake

土井 一生^{1*}, 川方 裕則¹
Issei Doi^{1*}, Hironori Kawakata¹

¹ 立命館大学理工学部

¹Ritsumeikan Univ.

2008年岩手・宮城内陸地震(Mj 7.2)は本震発生(6月14日8時43分)の約40分前から前震活動が見られたことが報告されている(2008年地震予知連絡会)。気象庁一元化カタログにも8時1分と8時11分にそれぞれマグニチュード0.6と1.3の前震が本震震央から1km以内の領域で発生したこと記載されている。本研究では、本震の震央に最も近いHi-net観測点一関西(震央距離約3km)の連続波形記録を用いて、さらに前震活動について精査した。

解析には6月14日7時45分から1時間の一関西における上下動記録を用いた。目視で波形を読み取りおおむねノイズレベルの5倍を超え、初動が明瞭に読み取れるものを切り出した結果、13個のイベントを抽出することができた。それぞれのイベントにおいて、P波走時から1.5秒間におけるS波(P波到達の約0.8秒後)や地上反射波などのフェイズはP波到達時刻を基準としておおむね同時刻に到来しており、前震の発生位置がほぼ同じであったことが推定される。また、各波形をP波初動振幅で正規化した後続フェイズの振幅値の大小からおおむね2グループに分類することができた。後続フェイズの走時がほぼ同じであることから、波線は地震によらず同一であると考えられるため、震源メカニズムの違いが振幅値に反映されたものと示唆される。こうした波形の特徴から、前震はほぼ同じ場所に存在する複数の断層面で発生したことがわかった。今後、地震ごとの波形記録の違いを不均質構造や震源の違いによって説明を行う。

キーワード: 2008年岩手・宮城内陸地震, 前震, 震源メカニズム, 後続フェイズ

Keywords: 2008 Iwate-Miyagi Inland Earthquake, foreshock, focal mechanism, later phases

反射波を用いた豊後水道下における不均質構造の検出の試み An attempt to detect the inhomogeneous structure beneath the Bungo channel using re- flected waves

宮崎 真大^{1*}, 松本 聡², 清水 洋², 植平 賢司²

Masahiro Miyazaki^{1*}, Satoshi Matsumoto², Hiroshi Shimizu², Kenji Uehira²

¹ 九大・理, ² 九大・地震火山センター

¹Grad. Sch. Sci., Kyushu Univ., ²SEVO, Kyushu Univ.

豊後水道で発生した地震の観測波形には、不均質構造に起因すると考えられる顕著な後続波が観測される。これまでの研究では、スラブ内で発生した地震の後続波の解析から、豊後水道下に沈み込むフィリピン海プレートの形状や地殻構造を推定することが行われている (Oda et al., 1990; Ohkura, 2000; 三好・石橋, 2007 など)。そこで、本研究では、スラブ内地震ではなく、深さ 10km 程度の地殻浅部で発生した地震クラスターを用い、豊後水道における不均質構造の検出を試みた。

本研究では、問題を簡略化するために、反射面が水平であるという仮定を用いて解析を行った。走時解析から、観測された後続波を反射面の深さに変換し、震源と観測点の分布から、反射面の分布を推定した。ただし、震源分布の誤差をできるだけ少なくするために、相対震源決定 (Ito, 1985) を行い、再決定した震源を用いた。解析には、震央距離 80km 以内で、直達 S 波が明瞭である定常観測点 17 点と、臨時に設置した観測点 1 点の計 18 点のデータを使用した。

解析の結果、ほとんどの観測点において、深さ 15km から 20km に渡る領域からの反射波が見られた。また、いくつかの観測点では、30km より深い反射面からの反射波も見ることができた。

豊後水道では、フィリピン海プレートの沈み込みに伴い、長期的スロースリップ (Hirose et al., 1999; Ozawa et al., 2004) や深部低周波微動 (Obara, 2002) といった、いわゆるスロー地震が発生している。仮定する状況の違いから一概に比較することはできないものの、本研究で確認できた反射面が、これらスロー地震と関連する可能性がある。不均質構造とスロー地震の関連性が明らかになれば、スロー地震の発生機構の解明に役立つと考えられるため、今後、より詳細な検討が必要である。

謝辞

本研究では、九州大学の定常観測点・臨時観測点のデータに加え、気象庁・防災科学技術研究所・京都大学の定常観測点のデータを使用しました。記して感謝いたします。

キーワード: 反射波, 豊後水道

Keywords: reflect waves, the Bungo channel

雑微動の相関解析による西南日本における地殻内・地殻下からの反射信号の検出 Detecting Subsurface Reflections in Southwestern Japan, Using Ambient Seismic Noise

大見 士朗^{1*}, 平原 和朗²
Shiro Ohmi^{1*}, Kazuro Hirahara²

¹ 京都大学防災研究所, ² 京都大学大学院理学研究科
¹DPRI, Kyoto Univ., ²Graduate School of Science, Kyoto Univ.

§はじめに: 既往研究によれば、近畿地方を中心とする西南日本地域には、モホ面を始めとして、いくつかの地殻内・地殻下反射面の存在が報告されている。ここでは、地動信号の雑微動部分の相関解析により、これらの反射面からの信号の検出を試みた結果を報告する。

§データと解析手法: 解析には、Hi-net、気象庁、大学等の短周期微小地震観測点の上下動成分連続記録データを用いた。データは1時間ごとのセグメントに分割し、Bensen et al. (2007) の'Running Absolute Mean Normalization' 法による前処理と、0.5Hz~1Hz のバンドパスフィルタをかけたのち、観測点間の相互相関関数 (CCF) を求めた。その後、各観測点ペアにつき、最低 15 カ月程度の相互相関関数をスタックして結果とした。

§結果と議論: 主として Hi-net のボアホール観測点と他の観測点間の CCF には、Rayleigh 波の基本モード以外の信号 (以下、X フェイズという) が認められることがある。近畿地方には 1000m を超える深さのボアホール観測点が 3 点あるが、これらの点と他の観測点の間の CCF には、Rayleigh 波の振幅が深さとともに減衰することによると思われる、基本モード以外の、特に明瞭な信号が認められた。ここでは、近畿地方で行われた物理探査実験の結果 (廣瀬・伊藤、2007) 等に基づく一次元構造を仮定し、モホ面およびいくつかの地殻内反射面からの反射波、さらには Rayleigh 波の理論走時と振幅の深さ分布を求めた。その結果、X フェイズの走時は、概してモホ面や地殻内反射面からの信号として解釈可能であることがわかった。2000m 超の深度のボアホール観測点 (Hi-net の N.KNHH 観測点) と観測点間距離 100km 程度までの CCF には、モホ面からの反射信号と思われる明瞭な信号が認められる。観測点間距離が 100km を超えると、今度は Rayleigh 波の 1 次モードと考えると走時を説明可能な X フェイズが卓越してくる。しかしながら、このフェイズは理論計算から期待される Rayleigh 波の 1 次モードの振幅よりもはるかに大きな振幅をもっており、今後の検討が必要である。

§謝辞: 表面波の分散曲線等の計算については、川崎一朗博士の御指導をうけた。また、解析には、Hi-net、気象庁などの微小地震観測波形データを使用した。記して感謝申し上げる。

キーワード: 雑微動, 相関解析, 地震波干渉法, 反射面, モホ面

Keywords: Ambient Seismic Noise, Seismic Interferometry, Subcrustal Reflector, Moho discontinuity

SSS027-P10

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

ACROSSを用いた野島断層構造のモニタリング Monitoring of the Nojima Fault structure using ACROSS

小林 由実², 渡辺 俊樹^{1*}, 山岡 耕春¹, 生田 領野³, 西上 欽也⁴

Yoshimi KOBAYASHI², Toshiki Watanabe^{1*}, Koshun Yamaoka¹, Ryoya Ikuta³, Kin'ya Nishigami⁴

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科, ² 中央復建コンサルタント (株), ³ 静岡大学理学部, ⁴ 京都大学防災研究所

¹Nagoya University, ²Chuo Fukken Consultant Co.,Ltd., ³Faculty of Science, Shizuoka University, ⁴DPRI, Kyoto University

1995年兵庫県南部地震 (Mw 6.9) の震源断層である野島断層の南西端では、断層解剖計画によってボアホール孔が掘削された。断層構造や断層回復過程を調べることを目的の1つとし、ボアホール孔内には地震計等の計測機器が設置され、連続観測が行われている。また、地表には精密制御定常震源装置 (ACROSS) が設置され、断層構造の時間変化を計測するために2000年から繰り返し実験が行われている。

本研究では、ACROSSを用いて、主に伝達関数の走時や振幅の変化、さらに断層破砕帯周辺の異方性の変化について調べた。P波およびS波の走時変化は、2000年以降2ms早まる結果が得られた。この変動は断層周辺のクラックの固着回復過程と一致すると考えられるが、有意な変化かどうかさらに調べる必要がある。一方、振幅は多少ばらつくものの一定の経年変化は見られなかった。異方性に関しては、S波スプリッティングを用いて推定した。その結果、2000年以降異方性に変化がないことが分かった。速いS波の振動方向 (LSPD) は、浅い領域のクラックが分岐断層の走向に平行な方向に選択配向していることを示した。これは、この地域の水平圧縮応力方向 (E-W) とは異なる方向である。また、深い領域の異方性は、浅い領域に比べて小さく、深い領域ではクラックが閉じているおよび/または選択配向していないことが示唆された。

キーワード: ACROSS, モニタリング, 野島断層, S波スプリッティング

Keywords: ACROSS, monitoring, Nojima fault, S-wave splitting

SSS027-P11

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

伊豆半島東部における雑微動の自己相関関数の時間変化と地殻変動 Temporal changes of auto-correlation functions accompanied by crustal deformation for the eastern off-Izu seismic swarms

上野 友岳^{1*}, 齊藤 竜彦¹, 汐見 勝彦¹, Enescu Bogdan¹, 廣瀬 仁¹
Tomotake Ueno^{1*}, Tatsuhiko Saito¹, Katsuhiko Shiommi¹, Bogdan Enescu¹, Hitoshi Hirose¹

¹ 防災科研

¹ NIED

伊豆半島東方沖では群発地震活動が繰り返し発生しており、地震活動に前後して地殻変動が生じることが知られている。近年においても2006年、2009年の群発地震活動に前後して、防災科研 Hi-net 等の観測点で傾斜変化が観測された。このような一連の地殻変動記録から、当該地域では、浅部にマグマが貫入するダイクモデルが提案されており [例えば Okada et al., 2000]、群発地震活動は、このマグマが地震発生層に到達した際に発生すると考えられている。マグマの貫入は地殻の状態を著しく変化させると考えられるため、雑微動の自己相関関数にも顕著な変化が生じることが期待される。そこで我々は、伊豆半島東方沖の群発地震活動域に近接する Hi-net 観測点における雑微動の自己相関関数と地震活動、傾斜変動、および GPS 測定の時間変化の関連性を調査した。

使用するデータは、防災科学技術研究所関東東海地殻活動観測網 / Hi-net 観測点における連続地震波形データおよび傾斜データ、国土地理院による GPS 変位データおよび気象庁一元化震源カタログである。連続地震波形データに 1-3Hz のバンドパスフィルター処理を施すとともに、すべての期間にわたってデータの重みを等しくするために振幅値を 1bit に規格化した記録を用いて、雑微動の自己相関関数を作成した。より安定した自己相関関数を得るために、1週間分のデータについてスタックを行った。このようにして得られた自己相関関数に対し、時間遅れ 4 - 15 秒に見られる波群の変化が観測点周辺の数値構造の微小な変化によるものと仮定して、その速度の変化量を求めた [例えば Wegler et al., 2009]。また、より正確にマグマ貫入による傾斜変動を自己相関関数の時間変化と比較するため、BAYTAP-G [Tamura et al., 1991] を使って傾斜記録から潮汐成分を除去した。

2009年12月に発生した群発地震活動域に最も近い伊東観測点の自己相関関数を求めたところ、ノイズレベルを超える 0.5% 程度の大きな速度低下が発生した。そして、この速度低下は地震活動の収束後、徐々に解消される傾向がある。このような速度変化は、群発地震活動域の南側に位置する吉田観測点においても角にすることができた。一方、群発域の西側に位置する岡観測点、伊東中観測点では、群発地震時の速度低下を確認することができなかった。伊東および吉田観測点の自己相関関数は2006年の群発地震活動の際にも同様な変化をした。このことから、伊豆半島東方沖の群発地震活動による自己相関関数の時間変化は速度低下を示し、その後徐々に解消されることが繰り返されていると分かった。群発地震活動の初期段階において、伊東観測点の自己相関関数の時間変化は、傾斜記録や GPS 変位記録の変動とおおよそ一致している。しかし、傾斜記録や地震活動、平均的なノイズレベルは数ヶ月程度で群発地震活動前の元の状態に戻るのに対し、自己相関関数から求められた速度低下の解消には数年の期間を必要とする。このような変化は、マグマの貫入によって著しく変化した地殻状態、例えばマグマがゆっくりと冷え固まる過程などの状態を示しているのかもしれない。

キーワード: 自己相関関数, 時間変化, 伊豆半島, 群発地震, 地殻変動

Keywords: Auto-correlation function, temporal change, Izu Peninsula, seismic swarms, crustal deformation

海底地震計記録を用いた地震波干渉法による2005年宮城県沖の地震(Mj7.2)に伴う地震波速度変化の検出

Detection of seismic velocity changes associated with the 2005 M7.2 Miyagi-Oki Earthquake, NE Japan revealed from seism

中条 恒太^{1*}, 伊藤 喜宏¹, 中原 恒¹, 日野 亮太¹, 山田 知朗², 篠原 雅尚², 金沢 敏彦²

Kota Chujo^{1*}, Yoshihiro Ito¹, Hisashi Nakahara¹, Ryota Hino¹, Tomoaki Yamada², Masanao Shinohara², Toshihiko Kanazawa²

¹ 東北大学理学研究科, ² 東京大学地震研究所

¹Tohoku University, ²The University of Tokyo

近年, 地震波干渉法を用いた地下探査が注目されている. この手法では, 波動場を1点あるいは2点で観測し, 自己あるいは相互相関処理を行い足し合わせるにより, 観測点付近の構造に対するグリーン関数を推定する(例えば, Campillo and Paul, 2003). さらに常時微動の相互相関と自己相関が周辺での大・中地震の発生に伴い変化していることも指摘されている(例えば, Wegler et al., 2009). 本研究では, 宮城県沖に設置した海底地震計で得られた連続波形記録に対して自己相関関数を計算し, 2005年8月16日の宮城県沖で発生した地震(Mj7.2)の前後で自己相関関数に変化が見られるかを調べるにより, 地下構造の時間変化を捉えることを試みる. これまでに海底地震計を用いた地震波干渉法による地下構造の推定については報告例(たとえば Harmon et al., 2007)があるが, 構造の時間変化についての報告例は知らない.

データとしては宮城県沖に設置した5点の自己浮上式の長期型海底地震計で得られた3成分の連続波形記録を用いた. 各観測点の連続波形記録に対してバンドパスフィルタ処理(0.5-2Hz)を施した後, 振幅の1bit化を行い120秒間の自己相関関数を求めた. さらに得られた自己相関関数に対して1日間の重合処理を行い, 1日の平均自己相関記録とした. 解析期間は本震を挟む2005年6月から2006年2月までの約270日とした. 得られた平均自己相関記録には振幅が大きい位相がいくつか見られた. これらの位相は解析期間を通して安定して見られることから, 観測点直下の地下構造に起因するものである可能性が高い.

2005年の宮城県沖の地震の前後に注目すると, いくつかの点の上下動成分でラグタイム10-15秒付近の位相について最大0.1秒の遅れが見られた. 位相の変化は上下動成分で顕著であるが, 水平動成分ではほとんど変化が見られない. またラグタイム15秒付近の位相遅れは地震後徐々に地震前の状態に回復していくことが分かった. 観測点周辺で空間一様な地震波速度変化が発生したと仮定してその変化率を計算すると, 上下動成分で観測されたラグタイム10秒の位相の0.1秒程度の遅れは, およそ1%の速度変化となる. この大きさは, 中原・他(2007)が2005年福岡県西南沖地震(Mj7.0)の前後に陸上観測点で検出した1.5%程度の低下と同程度である.

キーワード: 地震波干渉法, 海底地震計, 自己相関関数, 2005年宮城県沖地震

Keywords: seismic interferometry, OBS, ACF, the 2005 M7.2 Miyagi-Oki Earthquake

「地震波干渉法による 2009-2010 年豊後水道スロースリップイベントに伴う地震波速度構造変化検出の試み」 Search for seismic velocity changes due to the 2009-2010 Bungo-Channel slow slip event with seismic interferometry

矢田 大樹^{1*}, 大見 士朗², 平原 和朗¹
Daiki Yada^{1*}, Shiro Ohmi², Kazuro Hirahara¹

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学防災研究所地震防災研究部門
¹Graduate School of Sciences, Kyoto Unive, ²DPRI, Kyoto University

1) はじめに

最近、2観測点での雑微動の相互相関をとることにより2点間のグリーン関数を得る地震波干渉法により、地震波速度構造およびその時間変化の推定が行われている。Rivet et al(2010) はメキシコの Guerrero で発生した 2006 年スロースリップイベントの前後で最大で 0.3 % 程度の表面波伝播速度の遅れを報告している。我々は、地震波干渉法を用いて 2009 年 - 2010 年豊後水道スロースリップに伴う地震波速度構造変化の検出を試みた。

2) データおよび解析

2009 年 1 月 - 2010 年 6 月の期間の四国における Hi-net 観測点 28 点で得られた上下動成分データを用いた。0.1 - 0.5Hz のバンドパスをかけ、Bensen et al.(2007) による標準化を行い、まず、各観測点間における相互相関関数 (CCF) を 1 日間スタックしてデータとした。各観測点ペアで 1 日毎の CCF の形そのものは似ているが振幅に大きな差があるため、更に 1 か月分のデータをスタックして比較した。また、全ての観測点ペアの CCF を全期間スタックし、距離順に並べたところ、この地域ではおよそ 2.5km/s の群速度でレーリー波が伝播しているのが見て取れた。従って、各観測点ペアでの全期間スタック CCF と 1 か月スタック CCF のこのフェイズ部分の相互相関をとって、1 か月スタック CCF に現れるこのフェイズの到達時刻の時間変化を調べた。

3) 解析結果と考察

例えば、四国西部の 2 観測点 (N.OOTH - N.MISH) での CCF は、比較的安定しているが、この組み合わせでも CCF に時間軸に対して非対称性が現れ、12 - 2 月頃にかけて正負入れ替わった向きにレーリー波が卓越してくる。要因としては用いたノイズソース分布が一様でなく季節変化しているためと思われる。次に同様の作業を西四国の全観測点と東四国の一部の観測点で行ったところ、上記の季節変化が顕著に見られたのは西四国と東四国を結ぶ東西基線観測点ペアで、夏季と冬季で平均的な到達時刻で約 1 % の違いが出た。西四国の観測点を基点にしたときに冬季は到達時刻が遅れる。この現象は南北基線観測点ペアで比較すると見られなかった。また南北基線観測点ペアの中で、2010 年の 1 月ごろに 0.3 - 0.5 % 程度到達時刻が急速に遅れる観測点ペアがいくつか見られた。これらの観測点ペアのパスは、2009 年から 2010 年にかけての豊後水道スロースリップの動きがあった地域をサンプルしており、時間変化量も先行研究と同程度である。従って、更なる時間変化の詳細の検討を要し、また季節変動との分離や解析する周波数を変える必要性とが問題は残されているが、目的とするスロースリップによる地震波速度変化を捉えている可能性がある。

講演では、九州の大大分・宮崎県の Hi-net 観測点データも含め、豊後水道を横断し、スロースリップ震源域を直接サンプルするパスを含む解析結果の報告を行う予定である。

最後にこの研究のデータを Hi-net から提供いただいたことを記すとともに、提供していただいた方々にお礼申し上げます。

キーワード: 地震波干渉法, 雑微動, 相互相関関数, 豊後水道スロースリップイベント

Keywords: Seismic interferometry, ambient noise, cross-correlation, Bungo-Channel slow slip event