

二国間交流事業 共同研究報告書

平成 23年 4月 5日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者所属・部局 東北大学大学院理学研究科

職・氏名 (ふりがな) 教授・佐藤 春夫
きょうじゅ さとう はるお

1. 事業名 相手国 (フランス) との共同研究 振興会対応機関 (CNRS)

2. 研究課題名 多重散乱派を用いた地球内部の不均質構造の時空間変化に関する研究

3. 全採用期間

平成 21年 4月 1日 ~ 平成 23年 3月 31日 (2年 0ヶ月)

4. 研究経費総額

(1) 本事業により交付された研究経費総額 5,000 千円

初年度経費 2,500 千円、 2年度経費 2,500 千円、 3年度経費 千円

(2) 本事業による経費以外の国内研究経費総額 千円

5. 研究組織

(1) 日本側参加者

氏名 (ふりがな)	所属・職名	研究協力テーマ
佐藤 春夫 中原 恒 山本 希 Titi Anggono	東北大学大学院理学研究科・教授 東北大学大学院理学研究科・助教 東北大学大学院理学研究科・助教 東北大学大学院理学研究科・大学院 院生 (D3)	総括, 不均質媒質中の地震波伝播 地下構造の時間変化の検出 火山周辺の短波長不均質構造の推定 火山体構造の時間変化の検出
江本 賢太郎	東北大学大学院理学研究科・大学 院生 (D2)	不均質媒質中の地震波伝播

(2) 相手国側研究代表者

所属・職名・氏名 ジョセフ・フーリエ大学・教授・Michel Campillo

(3) 相手国参加者 (代表者の氏名の前に○印を付すこと)

氏名	所属・職名 (国名)	研究協力テーマ
○Michel Campillo	フーリエ大学, 教授 (フランス)	総括, 地下構造の時間変化の研究
Ludovic Margerin	サバティエ大学, CNRS 研究員 (フ ランス)	不均質媒質中の地震波伝播
Eric Larose	フーリエ大学, CNRS 研究員 (フ ランス)	地下構造の時間変化の実験的研究
Celine Hadziioannou	フーリエ大学, 大学院生 (フラン ス)	地下構造の時間変化の研究

6. 研究概要（研究の目的・内容・成果等の概要を簡潔に記載してください。）

研究の目的 従来の地震学においては、直達波や反射波などの走時解析にもとづく地球内部の長波長（大規模）構造の推定に重点がおかれ、短波長構造により生成される散乱波は「ノイズ」としてフィルターアウトされることが多かった。しかし近年、散乱波は「ノイズ」ではなく、地球内部の短波長不均質構造に関する豊かな情報を有する「信号」であることが理解されつつある。本研究もそのような考えに立脚し、多重散乱波に関する理解を深めつつ、それをを用いて地殻や火山における不均質構造の時空間変化をとらえるための手法開発とデータ解析をすすめる。

研究内容と成果 以下、研究内容を3つに大別し、それらの成果を列挙する。

（1）散乱波の解析に基づく不均質構造の空間変化の研究

・Carcole and Sato [2010, GJI]は、微小地震の短周期S波の全波形エンベロープを解析し、散乱減衰と内部減衰の全日本における分布図を初めて作成した。

・Yamamoto and Sato [2010, JGR]は、2006年浅間山構造探査稠密観測によってとらえられたエネルギー伝播の時空間分布を用いてP/S波のモード変換・多重散乱による地震波伝播過程の様相を明らかにし、浅間山浅部の散乱パラメータの定量化を行った。さらに山本は、ランダム媒質におけるエネルギー分配の数値計算を行い、桜島におけるアレイ観測結果の説明に成功した。

（2）散乱波の解析に基づく不均質構造の時間変化の研究

・中原は、震源域で記録された微動の連続データに地震波干渉法を適用した。2004年新潟県中越地震の場合には、本震発生に伴い最大で0.5%程度の地震波速度低下、2005年福岡県西方沖地震の場合には最大で約1.5%の低下が観測された。強震動による浅部地盤の損傷や断層運動による周囲の破碎などが要因と考えられる。

・山本は、岩手山周辺の定常地震観測網の約10年分のデータに地震波干渉法を適用し、1998～99年の活動期における速度構造の時間変化（最大約0.5%の速度減少）とその後の回復過程の長期的変化を明らかにした。

・Titiは、三宅島にある防災科研の5観測点の連続記録に地震波干渉法を適用し、2000年噴火活動に伴い地震波速度が最大3%程度増減していたことを発見した。地震波速度増加は、地殻変動による静的応力変化、地震波速度減少はカルデラ崩壊に伴う地形変化による表面波の回折で説明できる。

（3）不均質媒質を伝播する地震波の基礎研究

・Emoto et al. [2010, JGR]は、自由表面におけるベクトル波エンベロープの導出に初めて成功した。独立な数値計算からもその妥当性が確認された。さらにEmoto et al. [2011]は、層構造を持つ非等方ランダム媒質におけるベクトル波エンベロープの数理的導出に成功し、その近似限界を数値計算に基づき明確にした。

・東北地方で観測される浅い地震のS波主要動の継続時間を解析し、火山フロントの東西で顕著な違いがあることを明確にした [Tripathi et al. 2010, GJI]。見かけの継続時間は不均質と減衰の強さに支配される。

・Sato [2010]は、雑微動の相互相関解析から散乱媒質におけるグリーン関数を抽出することができることを、一次散乱近似に基づいて証明した。Margerin and Sato [2011]はこれを拡張し、すべての高次散乱を考慮し、光学定理を適用すれば、グリーン関数を抽出することができることを証明した。これらは、雑微動の相互相関解析からコーダを持つ散乱媒質のグリーン関数抽出に数理的な保証を与える。

・Nakahara and Margerin [2011]は、近地地震の波形を用いて粒子軌跡の安定化現象を調べた。直達S波走時の約1.5倍の経過時間から粒子軌跡の安定化が見られ、粒子軌跡は水平成層構造における実体波・表面波まで含めたエネルギー等分配を仮定した理論計算によって定量的に説明できることを示した。

・Nakahara and Carcole [2010]は地震波エンベロープの統計的ゆらぎの特徴が仲上m分布で表わされることを利用して、仲上のm値と地震コーダ波の減衰を特徴づけるコーダQとを最尤法で推定する手法を考案した。