

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2006～2009

課題番号：18204039

研究課題名（和文） 量子標準に基づいた次世代長期地殻変動観測手法の開発

研究課題名（英文） Development of new methods for monitoring crustal deformation based on quantum standard

研究代表者 新谷 昌人（ARAYA AKITO）

東京大学・地震研究所・准教授

研究者番号：30272503

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：地殻変動、地震、測地、レーザ、計測工学

### 1. 研究計画の概要

本研究では、従来の二つの主要な地殻変動観測のスケール、すなわち横坑に設置された伸縮計による 10m～100m のスケールの観測、および GPS による 10km～100km 基線での観測、の中間のスケール（数百 m～数 km）の地殻変動を観測する手法を開発する。具体的には、2 光波干渉計をベースに「量子標準」を測定基準としたシステムを開発する。その結果、高分解能と長期安定性をともに有する観測が可能となり、テクトニック変動をリアルタイム観測できる長期地殻変動観測手法の確立をめざす。

### 2. 研究の進捗状況

神岡 100m レーザ伸縮計による連続観測により地震にともなうひずみステップを解析した。能登半島沖地震や宮城岩手内陸地震など M6-M7 クラスの 10 のイベントを解析し、 $10^{-8}$ ～ $10^{-10}$  程度のひずみステップを検知した。地震波解析からもとめられた震源断層とこれら高精度な測地学的観測結果は整合し、逆に本装置のような高精度ひずみ計を用いた far-field での測地学的観測により震源断層パラメータや地盤の剛性率について制約を与えることができることを示した。従来の GPS や SAR による近地での測地学的観測と相補的な制約を与えることができる。

2 光波干渉計の開発については、産業技術総合研究所の光学トンネル内に建設した基線長約 80m のプロトタイプを用いて試験観測を実施した。その結果、1 光波に気圧・気温補正を行った場合と 2 光波単独の場合にはほぼ整合した結果が得られ、 $10^{-9}$  台の観測精度が得られた。地震波形については干渉縞の欠

落なく高い精度で記録できることを示した。この装置は神岡地下サイトに移設され、レーザー伸縮計との並行観測を行っている。神岡では原子時計に同期したパルス波を用いた弾性波応力計の設置も完了し、当初計画に則した複数の量子標準観測装置による並行観測を行っている。

名古屋大学犬山観測所では、石英管伸縮計と並行させた 30m レーザ伸縮計の設置作業が完了し、従来型地殻変動観測装置との比較観測を行っている。

### 3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している

（理由）

2 光波干渉計や犬山レーザー伸縮計については、観測開始が計画よりも若干遅れている。しかしそれは、開発時の性能評価を着実に進めてきた結果であり、当初の期待以上の性能が得られている。たとえば、2 光波干渉計は分解能が  $10^{-9}$  台に達し、懸念された地震時の干渉縞の欠落も見られなかった。また、犬山レーザー伸縮計は移設以前と比べて安定性が格段に向上し、観測中に制御が外れて中断する問題を自動制御回路により解決し、長期間の連続運転を可能にした。

### 4. 今後の研究の推進方策

残り 1 年の研究期間で、並行観測によって得られたデータをまとめる。

（1）神岡の 4 つの観測装置（レーザー伸縮計、絶対長干渉計、2 光波干渉計、弾性波応力計）の長期・短期データの相関を調べ、温度・気圧・地下水位等の環境依存性とノイズレベルの評価を行う。

(2) 犬山のレーザー伸縮計と従来型石英管伸縮計の比較観測の結果から、両者の相関を評価し、過去の石英管データの補正を試みる。  
(3) 以上の結果から、近い将来に実施すべき長期地殻変動観測手法についての見通し・提案をまとめる。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 7 件)

Hori, T., A. Araya, S. Moriwaki and N. Mio, Formulation of frequency stability limited by laser intrinsic noise in feedback systems, Applied Optics, 査読有, 48, 2009, 429-435

Araya, A., W. Morii, H. Hayakawa, A. Takamori, et al., Broadband observation with laser strainmeters and a strategy for high resolution long-term strain observation based on quantum standard, J. Geod. Soc. Japan, 査読有, 53, 2007, 81-97

Hori, T., A. Araya, S. Moriwaki and N. Mio, Development of a wavelength-stabilized distributed Bragg reflector laser diode to the Cs-D2 line for field use in accurate geophysical measurements, Rev. Sci. Instrum., 査読有, 78, 2007, 026105

佐野 修・中山芳樹・横山幸也・平田篤夫, 神岡鉱山跡津川坑内における地殻応力測定結果について, 東濃地震科学研究所報告, 査読無, 21, 2007, 143-149

[学会発表](計 5 件)

Akito Araya, Broadband observation with a laser strainmeter in Kamioka Mine and analyses of low-frequency background noise, 7th General Assembly of Asian Seismological Commission, 2008年11月26日、茨城県つくば市

新谷 昌人, 超伝導重力計・広帯域地震計との比較観測によるレーザー地震計の絶対校正精度の評価、日本地球惑星科学連合2007年大会、2007年5月21日、千葉市(幕張)