

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）光技術を用いた地下深部・火山近傍における地殻活動の観測

（英文） Observation of crustal activity deep underground and near volcanoes using optical technology

(3) 関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(3) 地震発生過程の解明とモデル化

(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

ウ. 地震・火山現象のデータ流通

エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

(5) 本課題の5か年の到達目標：

断層すべりや応力場など地殻内で起こっている現象を定量的に理解するためには、地下深部において複数のセンサによる観測網の展開が必要である。また、火山観測においては火山体を取り囲むようにセンサを配置し観測することが地下監視のために有効である。特に重力観測は地下流体の移動等に伴う密度変化に感度を持ち、断層運動と間隙流体移動との関連性や火山噴火とマグマ移動との関連性を解明する上で重要である。本研究では、地下深部の極限的な環境や火山近傍のインフラの乏しい環境で動作できる地震波・重力場の観測技術として、光学式地震計および小型絶対重力計を光ファイバで接続し、それら複数のセンサの信号を同一の光ファイバで伝送する多重化技術を適用し、これまで困難であった地下深部や火山近傍における地震・重力の観測データを取得・配信し、地震・火山現象の解明のための新たなデータを提供することをめざす。

5年間の研究期間の前半に、複数のセンサを光ファイバで接続した状態での信号取得や長距離伝送の検証と精度評価を行なうとともに、これまで実施してきたセンサ単体での火山観測を継続する。後半の期間に同システムを火山帯のテストサイトに設置し、地震・地殻変動・火山活動の観測を実施する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

5年間の研究期間において、これまで開発してきた光技術を用いた地震計・重力計のセンサを光ファイバで接続し、テストサイトにおいて地震活動や火山活動の観測を行い、手法の有効性を検証する。計画前半では、光通信分野の研究機関やメーカーと連携し、複数のセンサを光ファイバで接続した状態で信号取得や長距離伝送、精度評価を行なう。並行して、これまで実施してきたセンサ単体での火山観測を継続する。計画後半に同システムをテストサイトに設置し、地震・地殻変動・火山活動の観測を実施する。

令和6年度においては、地震計・小型絶対重力計のセンサに関して、光通信分野の研究機関やメーカー

と連携して、複数のセンサを光ファイバで接続し、信号取得を行なう。また、センサ単体での火山観測を実施する。

令和7年度は、前年度の構成において精度評価を実施する。また、センサ単体での火山観測を継続する。

令和8～10年度には、地震・地殻変動あるいは火山活動が予想されるテストサイトにおいて観測を実施し、その結果から本手法の有効性を検証し研究の総括を行う。

#### (7) 令和7年度の成果の概要：

##### ・今年度の成果の概要

令和7年度においては、光干渉式の地震計および小型絶対重力計のセンサに関して精度評価を実施した。

地震計に関しては、レーザー干渉計測により高精度に地面振動を測定する光干渉式広帯域地震計の精度評価を行った。前年度の小型振り子に替え、固有振動数が1.4Hzの短周期地震計の振り子に鏡を取り付け、おもりの動きをレーザー干渉計で高精度に検出する(図1)。10mHz程度までの低周波の地震波を捉えるために、おもりに高周波と低周波の2重の制御をかけ広帯域地震計の特性を持たせた。地震研究所鋸山観測所の地下坑道においてSTS-1型地震計との比較観測を行った結果、ほぼ同等の信号が得られ、高精度に地動が検出できることが示された。一方、脈動周波数帯より低周波でSTS-1より背景ノイズが大きい領域があり、1.4Hz振り子の熱雑音による検出限界と見積もられた。今後熱雑音の寄与が少ない長周期振り子で背景ノイズが低減するか確認する。

小型絶対重力計に関しては、複数の絶対重力計を光ファイバで面的に接続し連続観測を行うことで、火山活動に伴う流体移動や地震に伴う地下密度変化の検知などを旨とした開発を継続した。本研究で開発している小型絶対重力計TAG-1、TAG-2に同一光源から分岐したレーザー光を光ファイバで導入し、2台の重力計により同時重力計測を行った(図2)。前年度に特性評価を行った小型の干渉信号収録装置を接続し、データの欠落が無くメモリカードに記録されていることが確認された。

複数のセンサを光ファイバで接続し信号取得を行なう多重化については、前年度検討した方法として、レーザー光源からパルス光を出力し、複数の出力信号に一定の遅延を持たせ時間分割して1本の光ファイバで出力信号を集約し伝送する方法で試験的なデータを取得した。現状では1台の重力計で使用される3本の光ファイバを1本に集約できることを確認した。今後は2台の重力計で同様に時間分割する方法、あるいは光を一定周波数シフトさせ同一ファイバに導入する方法などを試行し精度等を評価する予定である。

センサ単体での火山観測に関しては、前年度から行っているレーザー光源の修理に時間を要したため、当初計画から変更し、今年度の実施は見送った。

##### ・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究に関連する建議の項目「6.(1)イ.観測・解析技術の開発」、「1.(3)地震発生過程の解明とモデル化」、「1.(4)火山活動・噴火機構の解明とモデル化」に関して、地下深部や火山体への観測網の展開に向けた光干渉計測による広帯域地震計および小型絶対重力計の開発を進めた。光計測をベースとした地震計・重力計による試験観測と性能評価を実施し、これは各センサの野外における観測性能と実用性の向上につながる。「災害の軽減に貢献する」という目標に対して、今後複数のセンサを光ファイバで接続した状態での信号取得や長距離伝送の検証と精度評価を行なうとともに、センサをテストサイトに設置し、地震・地殻変動・火山活動の観測を実施し、従来観測が困難な地下深部や火山近傍における新たな観測データを提供することをめざす。

#### (8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：

##### ・論文・報告書等

##### ・学会・シンポジウム等での発表

新谷昌人, 小野寺圭祐, 川村太一, 辻健, 田中智, 2025, 極端環境における地震観測をめざしたレーザー干渉式広帯域地震計の開発, 日本地球惑星科学連合2025年大会, STT41-05

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

令和8年度は、地震計・小型絶対重力計のセンサに関して、精度評価を継続するとともに、センサ単体での火山観測、および地震・地殻変動あるいは火山活動が予想されるテストサイトにおいて観測を実施する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

新谷昌人（東京大学地震研究所）、高森昭光（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

葛西恵介（東北大学電気通信研究所）、吉田真人（東北大学電気通信研究所）

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所

電話：03-5841-5821

e-mail：araya@eri.u-tokyo.ac.jp

URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/araya

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：新谷 昌人

所属：東京大学地震研究所

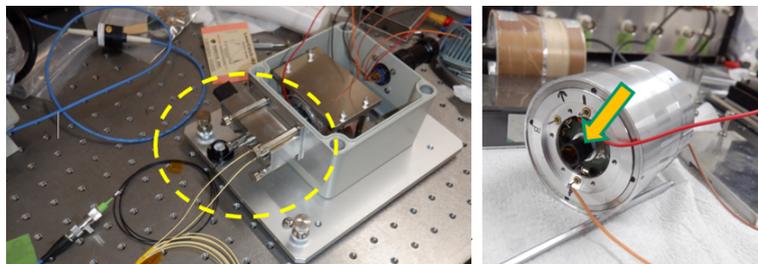


図1 レーザー干渉式広帯域地震計（左）および鏡を取り付けた1.4Hzの振り子（右）

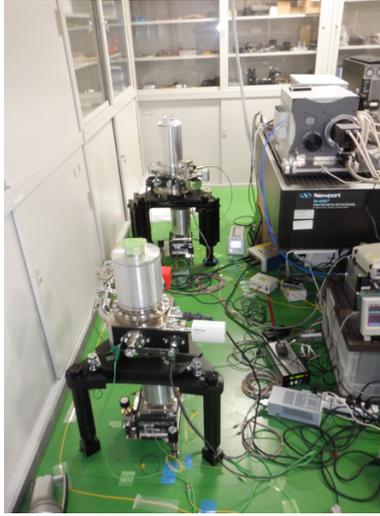


図2 同一光源から分岐したレーザー光を用いた、2台の重力計による同時重力計測