

3. 2 位相シフト光干渉法による多チャンネル火山観測方式の検討と開発（白山工業）

(1) 業務の内容

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

課題 B2-2 火山観測に必要な新たな観測技術の開発

「位相シフト光干渉法による多チャンネル火山観測方式の検討と開発」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
白山工業株式会社 基盤開発部	部長 副部長	平山義治 池田敏晴 竹内敬二 安藤 浩	hirayama@hakusan.co.jp
白山工業株式会社 防災研究システムユニット			
秋田大学大学院国際資源学研究科	准教授	筒井智樹	tomoki@gipc.akita-u.ac.jp
東京工業大学大学院理工学研究科	准教授	水谷義弘	
東京大学地震研究所 火山噴火予知研究センター	教授	武尾 実	
	准教授・センター長	大湊隆雄	
東京大学地震研究所 技術部総合観測室	技術専門員	辻 浩	

(c) 業務の目的

平成 28 年度に実施した桜島の観測坑道内におけるフィージビリティスタディ、および平成 29 年度の浅間火山での屋外観測環境による検証を踏まえて、光センサシステムをより火山観測に適したシステムにすべく、固有振動数の低いセンサを開発し、3 成分センサとして 2 セット作成することを目的とする。平成 30 年度は屋外検証を行わず、室内検証を行う。

本委託業務で得られた成果は、光センサシステムを火山のモニタリングシステムとして実用的に使用できることになる。この光センサシステムの利点を考えれば、上記に示したように、海底火山のモニタリングへの展開が一番に考えられるし、また 200 °C 程度であれば、地中深部観測にも有効な展開ができると考えられる。このシステムが気象庁や火山研究機関などのユーザーに広く利用されるように、ニーズの調査を行い、要素技術の改良点の抽出・把握や必要に応じた改良及び転用技術の開発に向けた情報収集を行う。また、これらの機関の火山観測システムの次回更新時に導入されるように働きかけるとともに、導入する機関向けの開発研究を実施すべきか関係者と検討を行う。

(d) 10か年の年次実施計画

平成28年度：

現在活動中の桜島において、位相シフト光パルス干渉法を用いた観測装置(以下、「光センサシステム」という。)を投入して順調に火山観測を行い、火山性地震および火山性微動、構造探査人工地震のデータを取得した。本計画では光センサシステムを実際の火山観測に投入し、運用することを通してフィージビリティスタディを行い、光センサシステムを用いた火山観測の実用化に向けたノウハウを蓄積した。

光センサシステムは11月11日から12月8日までの26日間連続運用され、その間に70回の地震イベント(火山性地震および火山性微動を含む)と14回の人工地震を記録することができた。これらの記録はこれまで火山観測で用いられてきた地震観測システムと同等の質を示し、基礎的な火山学的解析にも用いることが可能であることが本事業で検証された。

平成29年度：

現在活動中の浅間山において、光センサシステムを投入して火山観測を行い、火山性地震および火山性微動、自然地震のデータを取得した。

光センサシステムで1か月以上のシステム安定性の検証と、昨年課題として現れた、耐雷性およびバイアス電圧ジャンプにともなう欠測現象の低減の検証のため、光センサシステムで2017年9月13日から2018年1月8日まで連続観測を行った。結果、観測期間中に計52回の火山性地震および火山性微動イベントを記録することができた。途中、雷サージ防止版の設置及びバイアスジャンプ対策のために10月12日にいったん会社に持ち帰り、社内動作確認後10月20日に再設置させた。雷サージ防止の効果については、浅間山の落雷シーズンを過ぎており、設置期間中に落雷現象は発生しなかったため、次年度以降引き続き検討を行うことにした。バイアスジャンプ対策については、平成28年度の桜島での観測時よりもドリフトの傾きは小さくなり、一定の効果があった。ただしこの現象は長期観測で問題となるため、引き続き調査、開発を進めていくこととした。

平成30年度：

課題責任機関は以下の項目を実施する。

- 1) 平成29年度に得られたデータのより精密な火山学的解析および検討
- 2) 光センサシステムの総合評価と総括
- 3) プロジェクト運営

共同実施機関は以下の項目を実施する。

- 4) 第一次分の増設センサの製作
 - 5) 光センサシステムへの増設チャンネルの試験実装
- 4)は新たに汎用のシングルモードファイバを使用した新センサの製作を行う。5)は

多点化のプロトタイプとしての増設チャンネルの試験実装を行い、室内実証試験を行う。プロジェクト運営会議等を通してユーザーニーズの把握に努める。

平成31年度：

課題責任機関は以下の項目を実施する。

- 1) 観測データの火山学的解析
- 2) 光センサシステムの総合評価と総括
- 3) 平成31年度光システム観測網の表層地震波速度調査
- 4) プロジェクト運営

共同実施機関は火山観測とその準備を行い、以下の項目を実施する。

- 5) 第二次分増設センサの製作
- 6) 長時間多点観測に関する要素技術の開発
- 7) 新しい光受信装置試作機の製作

5) は新しい方式でのセンサを平成30年度にひきつづき追加製作する。6) は汎用シングルモードファイバ伝送による火山観測を行う。7) では実証試作機を中心となる新しい光送受信装置を前倒しで作成し、JOGMECで作成したプロトタイプとの性能比較を実際の火山でアレイ観測を行うことにより、検証する。プロジェクト運営会議等を通してユーザーニーズの把握と集約に努める。

令和2年度：

課題責任機関は以下の項目を実施する。

- 1) 観測データの火山学的精密解析
- 2) 光センサシステムの総合評価と総括
- 3) プロジェクト運営

共同実施機関は以下の項目を実施し、室内検証を主に行う。令和2年度以降、平成31年度で作成した送受信装置を用いた試験、観測を行うとともにセンサの追加実装を順次おこない、火山観測に適した光センサシステムを構築する。

- 4) 第三次分増設センサ製作
- 5) シングルモードファイバによるセンサシステムの安定性の改善を行う。
- 6) 増設チャンネルの本格実装を行う。

平成31年度の観測結果および、課題Bをはじめとする実際に火山観測を行っている方々のニーズを踏まえて改良を行う。プロジェクト運営会議等を通して引き続きユーザーニーズの把握に努める。

令和3年度：

課題責任機関は以下の項目を実施する。

- 1) 観測データの火山学的解析
- 2) 光センサシステムの総合評価と総括
- 3) 令和3年度光センサシステム観測網の表層地震波速度調査
- 4) プロジェクト運営

共同実施機関は火山観測とその準備を行い、以下の項目を実施する。

- 5) 第四次分増設センサ製作
- 6) 18成分の多点火山観測の実施

6)はこれまでに製作した合計18成分での火山観測を火山地帯で行い、火山観測における総合的な対環境性の検証を行う。もし開発が早まれば、課題Bと連携し、可能な限り課題B-4の対象火山に投入して観測を行う。プロジェクト運営会議等を通して引き続きユーザーニーズの把握に努める。

令和4年度：

課題責任機関は以下の項目を実施する。

- 1) 観測データの火山学的精密解析
- 2) 光センサシステムの総合評価と総括
- 3) プロジェクト運営

共同実施機関は以下の項目を実施する。実証試験は室内で行う。

- 4) システムの多点化プロトタイプの改修、
- 5) 第五次分増設センサの製作を行う。

前年度の観測結果及び課題Bの方々の意見を踏まえた改良を行う。もし開発が早まれば、課題Bと連携し、可能な限り課題B-4の対象火山に投入して観測を行う。プロジェクト運営会議等を通してユーザーニーズの把握を継続し集約に努める。

令和5年度：

課題責任機関は以下の項目を実施する。

- 1) 観測データの火山学的解析
- 2) 光センサシステムの総合評価と総括
- 3) 令和5年度光システム観測網の表層地震波速度調査
- 4) プロジェクト運営

共同実施機関は火山観測とその準備を行い、以下の項目を実施する。

- 5) 多点プロトタイプシステムの検証と、火山運用実績の獲得

6) 合計 24 成分でのアレイ観測の火山地帯における実施

もし開発が順調に進んでいる場合、課題 B と連携し、可能な限り課題 B-4 の対象火山に投入して実証実験を行う。プロジェクト運営会議等を通してユーザーニーズの把握を継続する。

令和 6 年度：

課題責任機関は以下の項目を実施する。

- 1) 観測データの火山学的精密解析
- 2) 光センサシステムの総合評価と総括
- 3) プロジェクト運営

共同実施機関は以下の項目を実施し、室内検証を中心に行う。

- 4) 多点実用システムへの改装を行う。
- 5) 多点化実用システムの構築と室内検証

前年度の観測結果及び課題 B の方々の意見を踏まえた改良を行う。もし開発が想定以上に進捗した場合には、可能な限り課題 B-4 の対象火山に投入して観測運用を実施する。プロジェクト運営会議等を通してユーザーニーズの把握を継続する。

令和 7 年度：

課題責任機関は以下の項目を実施する。

- 1) 観測データの火山学的解析
- 2) 光センサシステムの総合評価と総括
- 3) 令和 7 年度光センサシステム観測網の表層地震波速度調査
- 4) プロジェクト運営

共同実施機関は火山観測とその準備を行い、下記の項目を実施する。

- 5) 光センサシステムを適用した火山観測システムとして最終評価を確定する。
- 6) 課題 B-4 で実施中の火山において、24 成分のアレイ観測を行い、多点化実用システムの火山運用実績の獲得を行う。

(e) 平成 30 年度業務目的

共同研究機関として、本業務を推進し遂行するための準備・観測機器の整備に関するノウハウのとりまとめ等を実施し、本業務を遂行するための準備、観測実施、データ解析を総括する課題責任機関（秋田大学）と連携して事業を行う。具体的には次のような内容である。

平成 28 年，平成 29 年度の評価で指摘のあった，火山観測に適した，固有振動数がより低いセンサを開発し，その固有振動数の確認および減衰定数の調整を行う．その後，3 成分センサユニットとして筐体を作成し，組み込む．

次年度以降の光センサシステムによる屋外観測実験を実施するために東京大学地震研究所浅間観測所とその周辺において予備調査を行う．主な準備内容は設置予定場所の下見を行うことともに，観測点配置計画の調整，既存の通信用光回線の確認等である．

また，次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトの次世代火山研究推進事業の課題A「各種観測のデータの一元化」と連携し，観測の結果について，オフラインデータを提供する．課題B「先端的な火山観測技術の開発」－サブテーマ4：「火山内部構造・状態把握技術の開発」と連携し，本課題で行う浅間山での地震観測結果を提供し，課題担当者との意見交換の機会をもち，ユーザーニーズを把握して今後の改良に反映させること，および後年度における課題Bの観測対象火山への投入によって，他課題と連携する．火山研究人材育成コンソーシアム構築事業との連携については，実施期間中にコンソーシアムの求めに応じて対応する．

(2) 平成30年度の成果

(a) 業務の要約

火山観測により適した，固有振動数が低い光センサを開発した．今まで観測に使用してきたセンサは固有振動数が 50Hz であった．今回作成したセンサは室内試験で確認及び調整を行い，最終的には固有振動数が 24Hz となり，固有振動数が今までよりも約半分にする事ができた．そのセンサを組み込んだ 3 成分センサセットを作成した．3 成分センサユニット筐体のサイズは，今までの 1 辺 20cm のサイコロ状，重さ約 3kg であったものが，12cm×15cm×9cm と小型化され，重さも約 1 kg と軽量化することができた．筐体に組み入れた 3 成分センサの性能検証は，次年度以降の屋外観測で行う．

次年度の屋外観測の選定については，東京大学地震研究所浅間火山観測所から防災科研 V-net 小浅間観測点間に光ケーブルが敷設され，データ送信がされているということから，小浅間観測点付近にセンサを展開し，可能であれば浅間火山観測所建屋内に光送受信装置を設置し，その間を既設の光ファイバの予備回線を使用することを考え，現地調査等をおこなった．小浅間観測点付近は傾斜があるものの，閑静であり，火山観測に適した環境であると判断される．ただし，浅間火山観測所と小浅間観測点間の光ケーブルの状況については，防災科研から提供された配線図および設置写真を検討したところ，使われている光ファイバは多芯の通信用であり，この光センサシステムのデータ伝送に使用可能であると判断できたが，浅間火山観測所から小浅間観測点までの光回線には予備回線が無く，その間の浅間山頂への光ケーブルへの分岐部分など 2 か所で光ファイバの融着をする必要があることが判明した．そのため，この光回線を使用することは難しいという結論になった．なお，来年度も浅間山で観測を行う予定であったが，来年度より課題責任機関が秋田大学から京都大学に変更されるこ

とに伴い、観測する活動的火山の対象を浅間山から桜島に変更することになった。

(b) 業務の実施方法

平成 30 年度は課題責任機関（秋田大学）と連携して以下の事業を行った。

まず浅間火山観測所の予備調査をするにあたり、長野県北佐久郡軽井沢町長倉 2125 東京大学地震研究所浅間火山観測所とその構内を協力機関の一つである東京大学地震研究所の共同利用の一環として使用した。

小浅間観測点内での光ファイバ調査は防災科研の協力のもとに行った。

センサの開発と検証は白山工業社内で事業を行った。

課題責任機関（秋田大学）と共同実施機関（白山工業株式会社）との分担のうち、共同実施機関は以下の事項を実施した。

①浅間観測所予備調査

前年度の浅間火山長期観測結果を踏まえ、次年度以降の光センサシステムによるデータ取得実験を実施するために東京大学地震研究所浅間観測所とその周辺において予備調査を行う。主な準備内容は設置予定場所の下見を行うことともに、観測点配置計画の調整等である。

②3 成分光センサの開発

a. 光センサの作成

センサはバネマス系の加速度センサを想定している。火山観測に適した固有振動数と減衰定数をもった 1 成分光センサを作成する。なお、火山研究運営委員会が出された意見も考慮して、センサ固有周期の長周期化の試みに取り組む。

b. 1 成分光センサの性能検証

光センサの性能を検証し、修正事項があれば修正する。

c. 3 成分光センサの作成と検証

光センサを 3 つと、振動子部分がない固定端のレファレンスの合計 4 つを組み合わせて格納するセンサユニットを作成し、光センサを組み込んで 3 成分光センサを作成する。その後、作成した光センサの性能を検証する。

d. 総括

新たに作成した光センサの総括を行う。

(c) 業務の成果

1) 浅間火山観測所予備調査

東京大学地震研究所浅間火山観測所（以下、AVO）は生活道路である国道 146 号や、白糸ハイランドウェイが隣接しており、自動車による人工振動が多い環境である。観測所より静穏な環境である、防災科研V-net小浅間観測点（以下、AMKV）付近でのアレイ観測が、屋外火山観測に適していると判断された。また、AVOとAMKV間は光ファイバによるデータ伝送が行われており、もし予備回線がある場合には、光送受信装置をAVOに、センサをAMKV付近に展開して、その間を既設の光ファイバで接続しての観測ができる可能性がある。これは、遠距離データ伝送、既存の通信用光ファイバでの利用など、光センサシステムの利点が確認できる良い環境になるであろうと予測された。そこで、平成 30 年 7 月 19 日にAVO構内の下見を行い、複数本の使用されていないファイバの端点が存在することを確認した。その後、防災科研と地震研に許可を取り、もしファイバが使用可能であれば観測に使用してもよいという許可を取ったうえで 2018 年 9 月 13 日にAMKV付近の現地調査を行った。その目的は、(1) AMKV付近における光センサ設置点の決定、および関係機関申請用の写真撮影、(2) AVO-AMKV間の既設光ケーブルの予備芯の通信テスト、である。

(1) AMKV付近の調査

AMKV周辺における光センサ予定・とAVOの位置関係を図 1 に示す。AMKVは浅間山とその西方に位置する小浅間山との鞍部に位置しており、AVOの西北西約 1.2kmの位置にある。AVOからAMKVまでは浅間山の登山道を経由してアクセスする。



図 1 AMKV位置図

AMKVとその周辺における現地調査の結果、図 2 のように 1 辺約 36mの三角形の各頂点に観測点を置くように計画した。その一つはAMKVの敷地内に置くことにした。

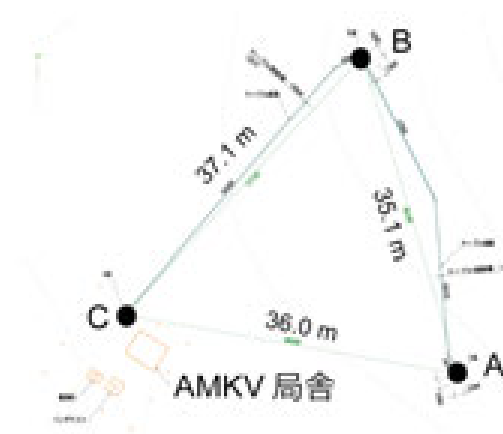


図2 AMKV光センサアレイ計画図

A～C点予定地の状況を写真3～5に示す。各予定地は浅間山および小浅間山から噴出した軽石を主体とする砂礫地で、灌木および草がまばらに生えている。センサ設置予定点はこれらの灌木もしくは草の生育に支障を来さない裸地を選んで設定された。



写真1 A点予定地。遠景はB点予定地。



写真2 B点予定地。遠景はAMKV局舎。



写真 3 C 点予定地. 防災科学技術研究所 AMKV 敷地内. 写真中央の杭が予定地点

当該地域は中部森林管理局東信森林管理署の管轄地域であると同時に、上信越高原国立公園草津・万座・浅間地域の特別保護地区に指定されている。そのためAMKVアレイ観測を実現するためには当該森林管理署および万座自然保護官事務所への申請が必要である。

(2) AVO-AMKV間の既設光ケーブルの調査

次にAVO-AMKV間の既設光ケーブル空き芯線の通信テストを次のように行った。調査メンバーを2つの班に分割し、1班をAVO室内の光ケーブル引込口に、もう1班をAMKV局舎内の光ケーブル引込口で作業を行った。人員配置が完了した後にAVO側からLED光を光ファイバケーブルの空き芯線に順次照射し、これをAMKV側の受光器で確認した。AVO側の作業風景を写真6に示す。



写真4 光ケーブル空き芯線の通信テスト

光ケーブルの空き芯線と接続の様子を図3に示す。

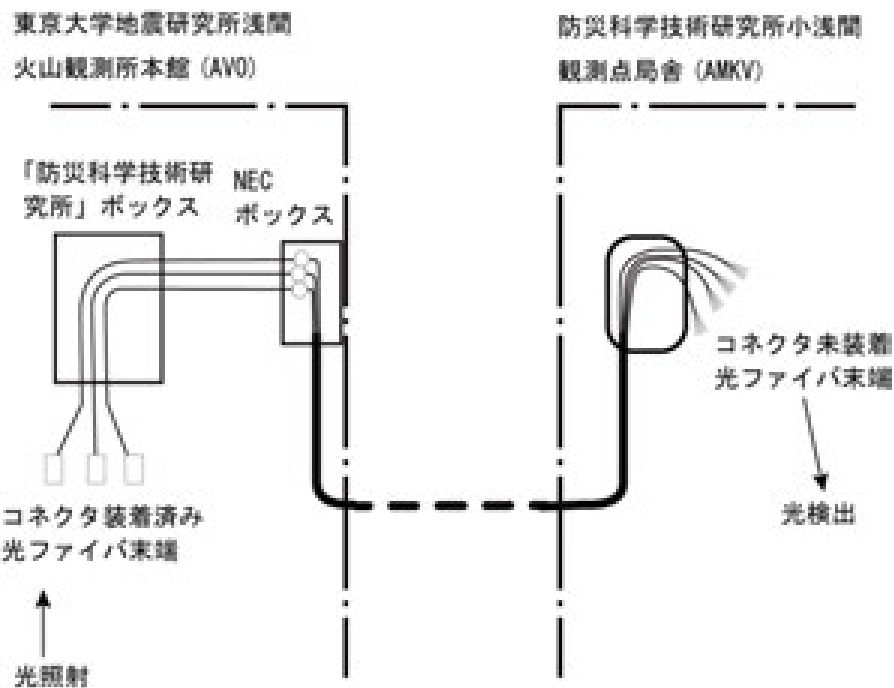


図3 光ケーブル通信テスト接続図

調査の結果、AMKVからSV0へレーザー光が届いていないことが確認されたことから、経路途中での断線の可能性、もしくは接続されていない可能性が考えられた。現地調査後に防災科学技術研究所の協力を仰ぎAMKV設置時の工事資料の提供をいただいて確認を行った結果、空き芯線の接続は行われておらず、両者からの光ケーブル接続点ではAMKV側からの空き芯線が完全に防水処理されていることが確認された。AVOおよびAMKVの双方に出されている空き芯線の接続利用には、あらためて光ケーブルの掘り起こしと接続工事が必要であることがわかった。

ここまで述べた調査結果を踏まえて9月の現地調査以降も平成31年度以降の野外観測の準備を進めていたが、平成30年度末に課題責任者に異動が発生するとともに、課題責任者の異動後の秋田大学では平成31年度以降本課題が実施できなくなることが判明した。これに伴い平成31年度以降の実施体制の変更とともに野外観測実施場所を変更することにした。

2) 3成分光センサの開発

a) 光センサの作成

センサは単純なバネ－質量－ダンパー系の加速度センサである。平成29年度までの試験観測で用いられたJOGMECのPhase1で作成したセンサの固有振動数は50Hzであった。これまでの一連の観測の成果をふまえて、新しいセンサの開発を行った。今回は、低い固有振動数、小

型化, 偏波保持ファイバではなく汎用の光ファイバを使用したところが従来と異なっている. 新センサの設計および製作にあたり, 従来の設計のスケール変更に加えてクリアされなければならない問題があった. 振動子の固有振動数を下げると, 振動時の質量部分のストロークが大きくなるため, 光ファイバから出たレーザー光が振動子に当たって反射し, 別の光ファイバの中に戻す機構が, より精密であることが要求される. また, 質量の稼働領域が大きくなることから, 振動子形状等にも制約が出てくることが懸念事項である. また, 小型化してかつ汎用光ファイバを使用する際には, 光ファイバの許容まげ曲率や光回路の構成に必要な部品などに制約がある.

製作した光センサの写真を写真5に示す.



写真5 光センサ

写真5の右側に出ている2本の円筒形状のものは光回路の一部で, ファラデーローテータミラーである. 左側の太い円筒内部に振動子があり, 遅延線が外に巻き付けてある. センサの大きさは, 直径約3cm, 高さ約4cmの円筒状(突起含まず)である.

b. 1成分光センサの性能検証

作成した光センサの性能を室内検証した.

振動台に光センサとレファレンスとしての日本航空電子製サーボ型加速度計JA-40GAを設置し, ランダム波設定で同時加振を行った(写真6).

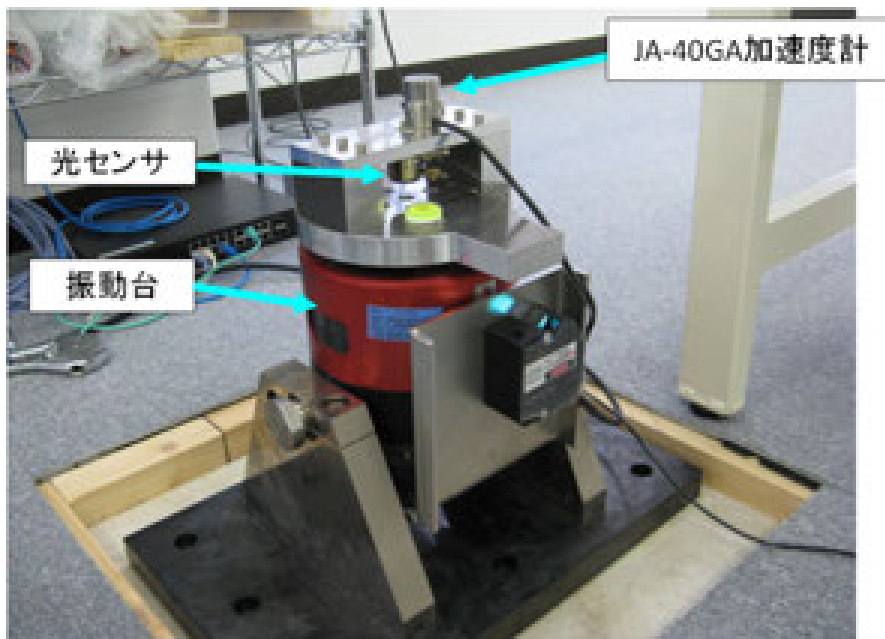
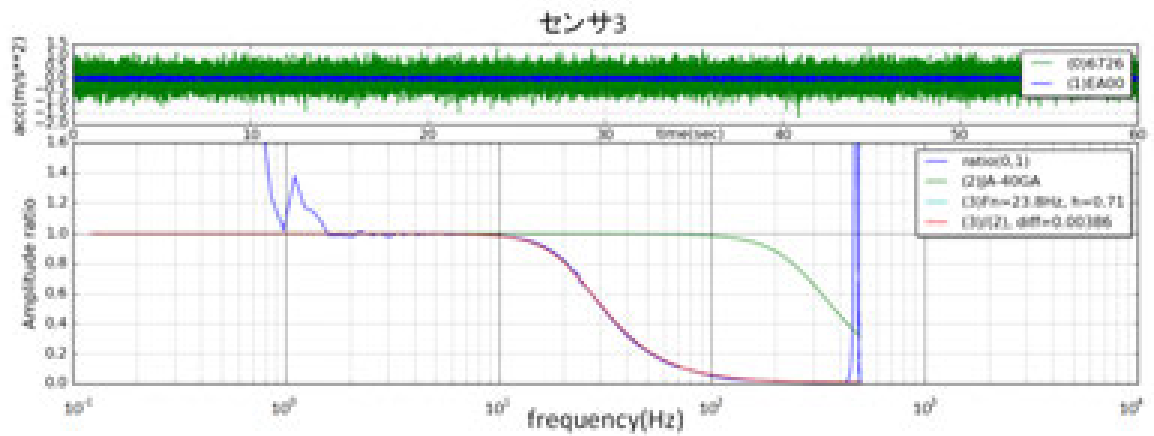
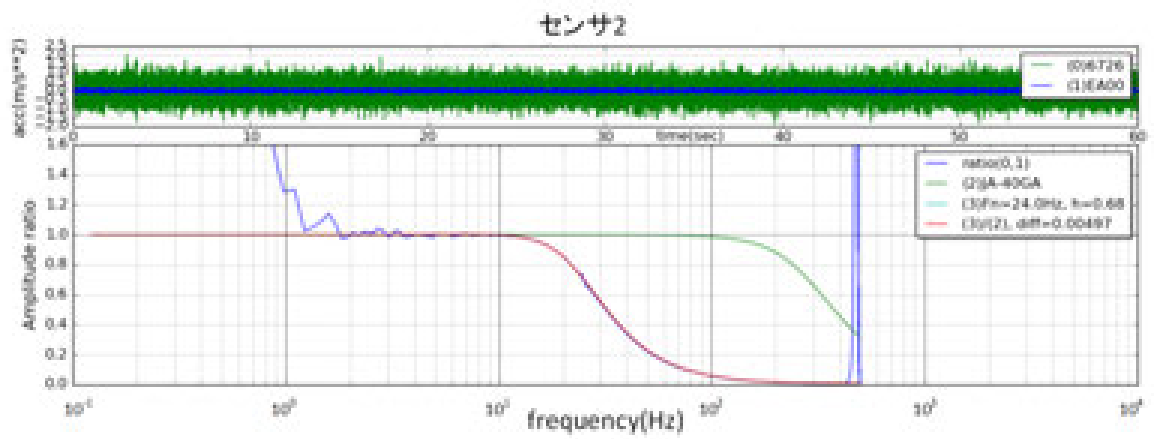
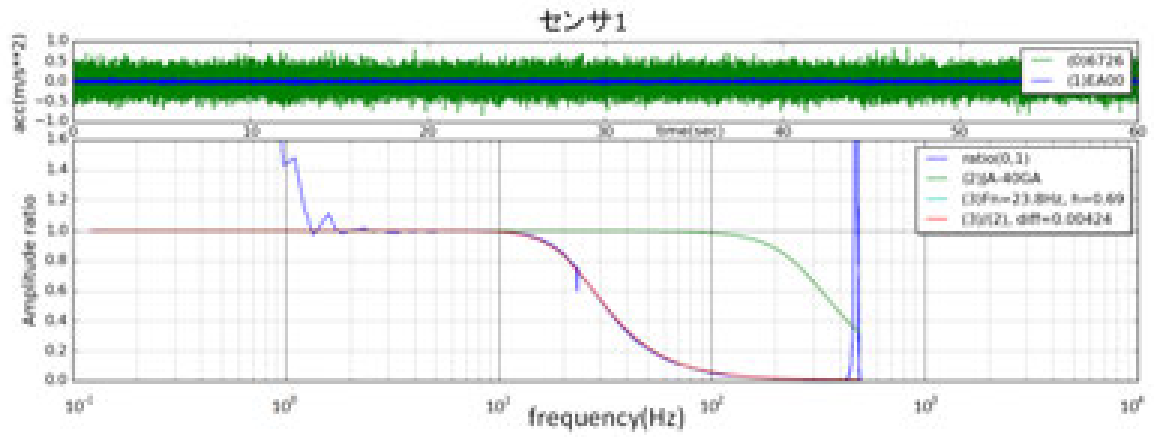


写真6 光センサの性能検証時の写真

センサは3成分2セットを作成するので、合計6個作成した。
各センサの検証結果のグラフを以下の図4に示す。

なおセンサの固有振動数および減衰定数は以下のように求めている。

- (1) 光センサの振幅との比較をおこなうにあたり、振動台によるランダム波入力信号は周波数によってレベルが異なるため、JA-40GAで取得されたデータ（図4 緑線）をレファレンスとして、光センサ振幅/JA-40GA振幅の振幅比を求め実測応答曲線とする。図4の青線がその振幅比である。
- (2) 実測応答曲線（青色線）とバネー質量ーダンパー系の理論応答曲線（水色線）を比較し、理論応答曲線における減衰定数および固有振動数をパラメタとして、（1）で求めた線にもっとも合うようにフィッティングする（水色線）減衰定数および固有振動数を決定する。いずれもフィッティングがうまくいっており、図4では赤線や青線に重なって水色がよく見えていない。
- (3) 念のため、緑線と理論応答曲線（水色線）の比を取って確認する（赤色線）。



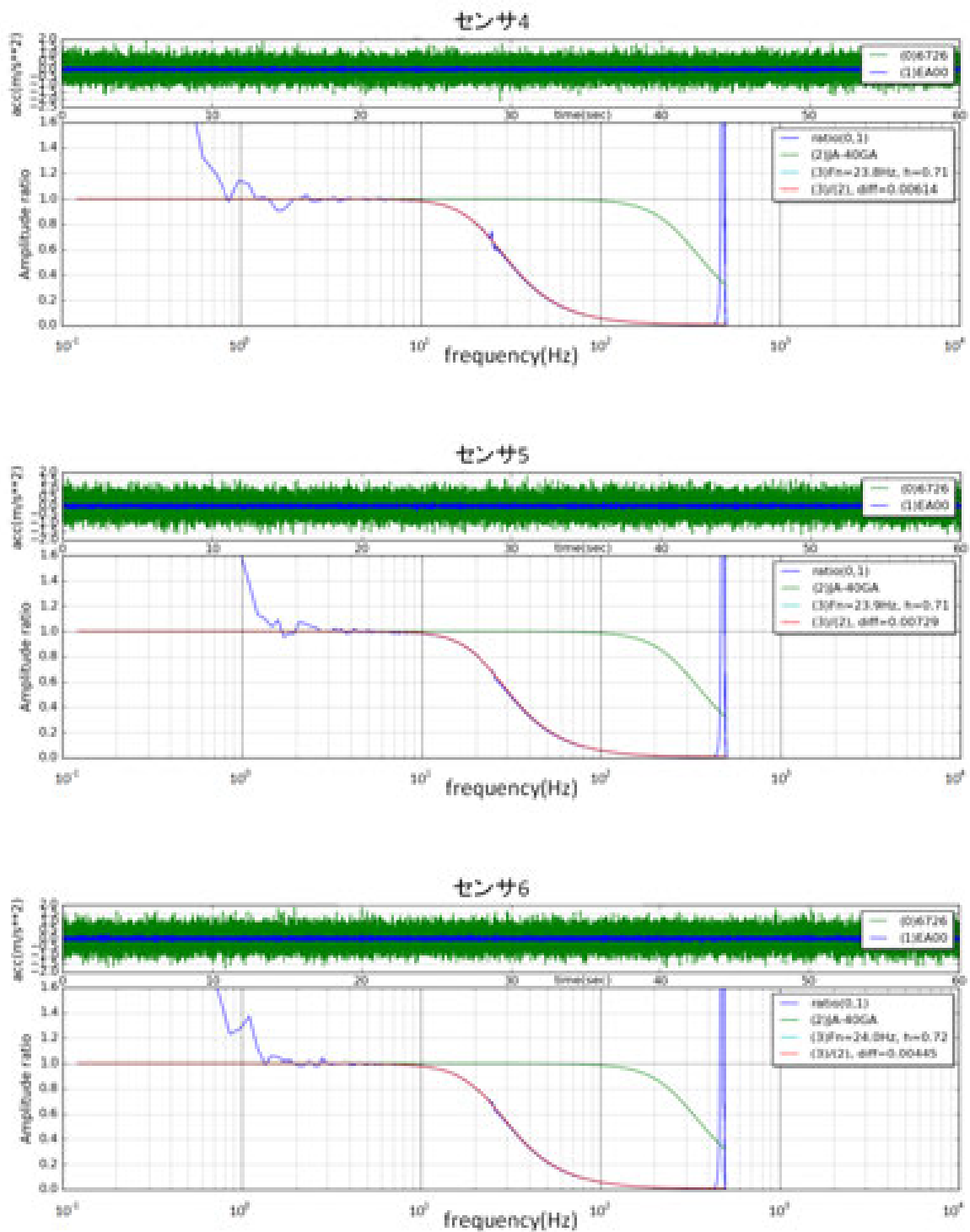


図 4 光センサの検証結果

これにより，作成したセンサとその固有振動数を表 1 に示す．

表 1 作成したセンサの固有振動数と減衰定数

センサ	固有振動数(Hz)	減衰定数(h)
センサ 1	23.8	0.69
センサ 2	24.0	0.68
センサ 3	23.8	0.71
センサ 4	23.8	0.71
センサ 5	23.9	0.71
センサ 6	24.0	0.72

おおむね固有振動数が 23.9Hz，減衰定数が 0.7 となった。

c. 3 成分光センサの作成と検証

新しく製作された光センサ素子を 3 つと，振動子部分がない固定端のレファレンス素子の合計 4 つの素子を一組として 3 成分光センサユニットを作成した。作成した 3 成分センサユニット筐体の外観図を写真 7 に示す。



写真 7 3 成分センサユニット格納筐体

3 成分光センサユニットの筐体の大きさは 12cm×15cm×9cm（突起含まず）である。また，調整脚により 3 点支持となっており，水準器で水平を調整することが可能である。

平成 28，29 年度に使用した JOGMEC Phase1 3 成分センサユニット筐体は 20cm×20cm×20cm であるので，かなりの小型化が達成された。

次に 3 成分センサユニット筐体内部の写真を写真 8 に示す。



写真8 3成分センサ格納筐体内部

センサは上下動1成分と水平動2成分の3つの素子であり、もう一つはレファレンスとして組み込んだ振動子部分がない固定端素子である。筐体底の対角線上で斜めになっている部品は光ファイバの遅延線などを巻く巻き枠である。

なお、素子を組み込んだあとの3成分センサユニット筐体は社内の振動台上にのらず室内試験で検証ができない大きさであるため、来年度屋外設置観測時に検証を行うことにした。

d. 総括

平成30年度は、今までよりも固有振動数が低い1成分光センサを6個作成し、その固有振動数と減衰定数を室内実験で求めた。その結果、それぞれのセンサ素子は、固有振動数が約23.9Hzであり、減衰定数は調整して0.7程度になっていることを確認した。

このセンサ素子を組み合わせて3成分センサユニットを構成するために筐体を作成し、固定端回路も含めた3成分センサユニット2式を作成した。

組み込んだ後の3成分センサユニット筐体に光ファイバを接続して、3成分の記録が取れることを確認したが、詳細性能は白山工業の室内での検証ができないため、来年度屋外観測時に検証を行う。

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 結論

後年度の課題実施のための観測候補地下見および調査では、東京大学地震研究所浅間火山観測所および防災科学技術研究所小浅間観測点を対象として現地調査を実施した。浅間火山の火山活動警戒レベルの発報にともなう立ち入り規制の実施と光ファイバケーブル回線の設置済みであることを考慮して、光送受信装置を東京大学浅間火山観測所本館に置き、光センサを防災科学技術研究所小浅間観測点およびその周辺に設置する構想を得た。東京大学浅間火山観測所は交通量の多い道路に面している一方、光送受信機の稼働に必要な電力の確保が可能である。防災科学技術研究所小浅間観測点は交通量の多い道路から1km以上離れた静閑

な場所に位置している。両者の間には光回線が接続され、観測データ通信に供されている。両施設を利用する構想の下で光回線の通信テストを実施したが、両施設にはそれぞれ未接続の光ファイバ端子が存在しているが、小浅間観測点のデータ通信に使用している系統以外の空き系統の接続のないことが判明した。さらに両者間の光ファイバの利用を希望するのであれば、敷設経路上での光ファイバの掘り起こしと融着作業が必要であった。

さらに調査実施後には課題責任者をめぐる情勢の急変により、観測候補地の変更の必要性に迫られた。しかしながら、光回線の確保に関連する調査に対する知見をえることができた。

センサについては、評価会等で指摘された、従来の固有振動数が 50Hz よりも低いセンサの作成に対して、固有振動数が 24Hz のセンサを作成し、減衰定数も 0.7 付近にすることができた。これらを組み込むために、3 成分管体を作成し、3 成分センサ及び光回路を組み込んだ 3 成分センサを作成した。管体の大きさは、今までの 20cm 立方の形をした管体よりも小型化を達成した。

3 成分センサ管体に光ケーブルを接続して、3 成分データが取れることを確認した。

2) 問題点と今後の課題

今年度は光送受信装置の作成は行っておらず、来年度早々に作成したものを使用し、新しく 3 成分センサ 1 式を作成してアレイ観測を行う予定である。

新しいセンサについては、来年度の屋外アレイ観測で課題が出てくる可能性があるため、適宜対応していきたい。また、雷への有効性の検証なども来年度以降の観測で明らかになると思われる。

(e) 謝辞

東京大学地震研究所には、浅間火山観測所付近の調査に関して様々な面でのご高配をいただきました。また、防災科学技術研究所には、小浅間観測点への調査及び光回線の資料の提供等をいただきました。

(f) 引用文献

なし

(g) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
平山義治, 筒井智樹, 池田敏晴, 竹内敬二, 安藤浩	位相シフト光干渉法振動観測システムによる浅間火山観測	平成 30 年日本火山学会秋季大会 (会場: 秋田大学)	平成 30 年 9 月 28 日

Tomoki Tsutsui, Yoshiharu Hirayama, Toshiharu Ikeda, Keiji Takeuchi, and Hiroshi Ando	A Feasibility study on multi-channeled seismometer system with using Phase-Shifted Optical Interferometry for volcanological observations	JDR	平成 30 年 11 月投稿, 平成 31 年 4 月受理
---	--	-----	----------------------------------

(h) 特許出願, ソフトウェア開発, 仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 31 年度の業務計画案

平成30年度までの課題責任者が平成31年度に移動することに伴い, 平成31年度は課題責任者を変更するとともに, 課題責任機関を京都大学に変更して業務を実施する. 共同実施機関(白山工業)は課題責任機関(京都大学)と連携して, 本業務を推進し遂行するための準備をするとともに, 平成30年度に作成したものと同様の3成分センサを1セット作成し, 平成30年度に作成した3成分センサユニット2式と合わせて, 日本で最も活発な活火山である桜島で三角形アレイを構築して火山観測を行う.

①3成分光センサの作成

光センサ3つと, 振動子部分がないレファレンスの合計4つを組み合わせて格納するセンサユニットを作成し, 昨年度と同様の光センサを1式作成する.

②新しい光センサによる活火山の観測

a. 3成分光センサによるアレイ観測

昨年度作成した3成分光センサ2式と合わせたセンサユニット3式を用いて, 活火山において展開して火山観測を行う.

b. 観測の総括を行う.