

3. 研究報告

3. 1 新たな技術を活用した火山観測の高度化

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 先端的な火山観測技術の開発

サブテーマ1 新たな技術を活用した火山観測の高度化

(b) 担当者

| 所属機関 | 役職 | 氏名 | メールアドレス |
|--------------------------------|--------------|-----------------|-------------------------------------|
| 国立大学法人東京大学 地震研究所 | 教授 | 田中 宏幸 | ht@eri. u-tokyo. ac. jp |
| 国立大学法人東京大学医学部 附属病院 | 特任教授 | 林 直人 | naoto-tky@umin. ac. jp |
| 国立大学法人東京大学医学部 附属病院 | 特任准教授 | 吉川 健啓 | takeharu- yoshikawa@umin. ac. jp |
| ハンガリー科学アカデミー ウィグナー物理学研究センター | グループ リーダー | Varga, Dezso | Varga. Dezso@wigner. mta. hu |

(c) 業務の目的

我が国は世界に先駆けて素粒子ミュオンによる火山透視（ミュオグラフィ）を成功させ、これまでにない解像度で火山浅部の内部構造を画像化した。例えば、浅間山では固結した溶岩の下にマグマ流路の上端部と推定される密度異常域が可視化された。また、薩摩硫黄島ではマグマ柱上端部に発泡マグマに相当すると考えられる低密度域が可視化された。これらはすべて静止画像であるが、2009年の浅間山噴火前後の火口底の一部に固結していた溶岩の一部が吹き飛んだ様子が透視画像の時系列変化として初めて可視化された。さらに、最近では薩摩硫黄島においてマグマの上昇下降を示唆する透視映像が3日間の時間分解能で取得された。

これらの成果は、ミュオグラフィが火山浅部の動的な構造を把握し、噴火様式の前測や、噴火推移予測に情報を提供できる可能性を示している。しかし、現状ではミュオグラフィデータ解析に時間がかかり、仮に3日間の観測で十分な統計精度のミュオグラフィデータが得られたとしても、そのデータを即時に透視画像として提供する事が出来ていない。また、現状では全ての火山学者が透視画像にアクセス出来る状況になく、ミュオグラフィと実際の火山活動の比較が行われていない。これは、解析により生成された透視画像がミュオグラフィ研究者グループの計算機内でのみ保存されており、他の火山学者がそれを閲覧することができないからである。ミュオグラフィ研究者グループ外の研究者が画像を閲覧するためには論文出版等を待つ必要が有るが、それとて必ずしも火山研究者や火山活動の監視機関が要求する観測期間において生成された透視画像とは限らない。従って、論文出版のみでは、ユーザーとしての火山研究者等の要求に十分に对应されているとは言いがたい。上記のような理由より火山研究者等による透視画像の解釈がいつこうに進まず、火山活動とミュオグラフィ透視画像の関連や有効性について系統的に評価するまでに至っていない。

そこで、本委託業務では、ミュオグラフィデータを自動的に処理して即透視画像として提供できる自動処理ソフトウェアを開発し、その結果出力される火山体透視画像をオンラインデータベース化する事により、リアルタイムで火山学者が透視画像にアクセス出来る環境整備を行う。また、この自動処理ソフトウェアはユーザーが過去のデータも含めて、閲覧したい期間の画像を自由に取り出せるようにウェブベースのソフトウェアとして構築する事とし、効果的なオンラインデータベース構築する。さらにより詳細な火山体浅部の構造を把握するために、ミュオグラフィ観測装置の高解像度化を図る。従来の4倍を超える画素を提供する事で、より鮮明な火山透過像を提供できる。この2つの研究開発を組み合わせ、これまでのミュオグラフィ技術では難しかった噴火様式の予測や噴火推移予測に有用となる可能性がある情報を提供することを目指し、以下の研究を実施する。

①ミュオグラフィ技術の高度化に関わる研究開発

a. 新たな技術を活用した火山観測の高度化に関わる技術開発

新たな技術を活用したミュオグラフィ装置を既設の桜島観測点へ設置し、②と組み合わせる事でリアルタイム高解像度透視画像を一日一枚提供する。より詳細なミュオグラフィ画像の提供を目指して、軽量、高分解能ミュオン検出器の開発及び検出器のミュオグラフィ観測システム(MOS)へ実装する。

b. 技術検討会の実施

軽量、高解像度火山透過システム技術検討会を実施する。

②ミュオグラフィ観測のデータ処理の自動化に関わる研究開発

a. ミュオグラフィ観測のデータ処理の自動化に関わる研究開発

噴火現象を含む火山活動の推移に伴う火口近傍の変化を、リアルタイムに噴火予測や防災に対応するため、ミュオグラフィ観測のデータ処理の自動化を行う。ミュオグラフィ観測データの自動処理システム及び、システムのウェブサイトへの実装、すでにミュオグラフィ観測点が構築されており、現時点においてわが国で最も高い活動度を持つ火山でもある桜島観測で得られるミュオグラフィ連続観測結果へ適用し、リアルタイムで桜島浅部の透視画像(100 mの空間分解能)を一日一枚提供する。

b. 技術検討会の実施

軽量、高解像度火山透過システム技術検討会を実施する。

③本委託事業の推進

本委託業務では、素粒子物理学と火山学の学際・国際連携が必要不可欠であるため、イタリア国立原子核物理学研究所(INFN)、イタリア国立地球物理学火山学研究所(INGV)、ハンガリー科学アカデミーウィグナー物理学研究センター(ウィグナーRCP)が協力して推し進める。

なお、本委託業務の実施にあつては、本事業の他の課題、課題Bの他のサブテーマと連携して

実施するとともに、ミュオグラフィを用いた観測に関する正しい理解を促進する活動に取り組む。

(d) 10か年の年次実施計画

1) 平成28年度：

桜島に構築されているミュオグラフィ観測点に格納されているミュオン飛跡データを観測点から高速にかつ安定的に自動転送するシステムをレンタル共用サーバー上に構築したウェブサイト構築する。一方で平成32年度のミュオグラフィ観測システム(MOS)への実装を目指して超軽量、高解像度ミュオン検出器の開発に取り掛かる。

2) 平成29年度：

平成28年度に完成する高速自動データ転送するシステムに加えてミュオグラフィデータの連結プロセス(ミュオン飛跡のトラッキング)を自動化する。さらに、高速自動データ連結ソフトウェアを平成28年度に構築したウェブサイトを実装する。一方で平成32年度のミュオグラフィ観測システム(MOS)への実装を目指して超軽量、高解像度ミュオン検出器の開発を継続する。

3) 平成30年度：

連結されたミュオグラフィデータをユーザーが様々な組み合わせで集計できるシステム構築を目指して、ウェブサイト上でユーザーが入力するパラメータに応じてミュオグラフィデータをインタラクティブに集計できるソフトウェアを開発する。これにより、ユーザーが取り出したい期間、用いたい検出器の組み合わせ等に応じたデータの集計が可能となる。また、平成32年度のミュオグラフィ観測システム(MOS)への実装を目指して超軽量、高解像度ミュオン検出器の開発を継続する。

4) 平成31年度：

平成30年度までに構築されるインタラクティブ集計ソフトウェアの出力結果から自動で画像を生成し、データベースに順次格納していくソフトウェアの開発を行う。ウェブサイトには画像の検索機能も実装する。そして、1日1枚の火山透視画像の提供を開始する。また、ミュオグラフィ画像集計アプリケーションを提供を開始する。さらに、超軽量、高解像度ミュオン検出器の開発を完了する。

5) 平成32年度：

平成31年度までに開発が完了している超軽量、高解像度ミュオン検出器をミュオグラフィ観測システム(MOS)へ実装することで第三世代超高解像度ミュオグラフィ観測システム(G-MOS)の製作を完了する。G-MOSの総重量測定を行うことで軽量化の実証を行う。並行して第二世代MOSによる1日1枚の火山透視画像の提供を継続する。

6) 平成33年度：

平成32年度までに開発が完了している G-MOS を桜島へ投入し、試験観測を行うことで、第二世代 MOS と比べて解像度が向上していることを検証する。並行して第二世代 MOS による 1 日 1 枚の火山透視画像の提供を継続する。

7) 平成34年度：

平成33年度までに検証された G-MOS を用いて桜島での観測を開始する。得られる観測データに平成31年度までに完成している自動画像生成、データベース構築ソフトウェアの試験運用を行い、高解像度火山透視画像の自動生成に必要なソフトウェアの機能要件をまとめる。高解像度化によるデータ量の増大に対処するため、平成34年度からより高速のサーバーを利用する。1日1枚の第三世代高解像度火山透視画像の提供を開始する。

8) 平成35年度：

平成35年度は高解像度化に伴うデータ量の格段の増大に対応できる自動画像生成ソフトウェアを完成させ、桜島透視画像の生成において更なる安定化を図る。1日1枚の第三世代高解像度火山透視画像（画素数 3481）の提供を継続する。

9) 平成36年度：

平成36年度は医療現場で実用化されつつある機械学習による X 線レントゲン写真の自動診断技術を平成35年までに蓄積されている第2世代、第3世代の火山透視画像データベースに応用することで、ミュオグラフィ火山透視画像の自動診断技術を開発する。これにより、短い露光時間による画像のランダムな揺らぎの中から噴火や火口近傍の変化とミュオグラフィ画像の変化の相関を定量化できる。

10) 平成37年度：

平成36年度までに火口近傍の内部構造の変化に対して機械学習された自動診断技術の適用により、平成37年度以降、透視画像の自動診断結果をリアルタイムに提供する。桜島浅部構造の透視画像データベースの構築を完了する。

(e) 平成28年度業務目的

1) ミュオグラフィ技術の高度化に関わる研究開発

a) 新たな技術を活用した火山観測の高度化に関わる技術開発

平成32年度のミュオグラフィ観測システム(MOS)への実装を目指して超軽量高解像度ミュオン検出器の開発に取り掛かる。軽量、高解像度火山透過システムを試作する。

b) 技術検討会の実施

本事業の他の課題及び本委託業務のサブテーマと連携した、軽量、高解像度火山透過システム技術検討会を実施する。

2) ミュオグラフィ観測のデータ処理の自動化に関わる研究開発

a) ミュオグラフィ観測のデータ処理の自動化に関わる研究開発

桜島に構築されているミュオグラフィ観測点において稼働しているデータ収集システムに格納されているミュオン飛跡データについては、研究者がデータ収集システムにアクセスして一定期間まとまったデータをダウンロードしているのが現状である。この問題を解決するために、平成28年度の研究計画では、レンタル共用サーバー上に構築したウェブサイトからデータを観測点から高速かつ安定的に自動転送するシステムを構築することが目標である。そのためにミュオグラフィデータを観測点から高速かつ安定的に自動転送するシステムを試作する。

桜島観測点におけるミュオグラフィデータ収集システムの改造を行う。ミュオグラフィ観測データのウェブベース処理システム（シミュレーション部分）を試作する。

b) 技術検討会の実施

本事業の他の課題及び本委託業務のサブテーマと連携した、軽量、高解像度火山透過システム技術検討会を実施する。

3) 本委託業務の推進

ミュオグラフィを用いた観測に関する正しい理解と普及を促進するために、一般向けの講演会やワークショップの開催を始めとした外部への効果的な発信方法を検討する。

(2) 平成 28 年度の成果

(a) 業務の要約

より詳細な火山体浅部の構造を把握するために、ミュオグラフィ観測装置の高解像度化を図ることを目的として、平成 32 年度、ミュオグラフィ観測システム(MOS)への実装および、すでに桜島に構築されているミュオグラフィ観測点への投入を目指している。そのため、平成 28 年度は、超軽量、高解像度ミュオン検出器の開発に取り掛かった。具体的には、火山透過システム電源、プリアンプ、アノードアンプディスクリから成る軽量高解像度ミュオン検出器の試作を行い、基本的性能の試験を実施した。

また、同観測点において稼働しているデータ収集システムに格納されているミュオン飛跡データについては、現状では研究者がそのデータ収集システムに直接アクセスして一定期間まとまったデータをダウンロードしている。この状況では、ミュオグラフィ観測のデータ処理の自動化を行うことができない。平成 28 年度は、レンタル共用サーバー上に構築したウェブサイトにてデータを観測点から高速にかつ安定的に自動転送するシステムを構築し、ミュオグラフィ観測データのウェブベース処理システム（シミュレーション部分）の試作を完成した。

さらに、ミュオグラフィの正しい理解の普及を促進するための検討会を実施した。

(b) 業務の実施方法及び成果

1) ミュオグラフィ技術の高度化に関わる研究開発

a) 新たな技術を活用した火山観測の高度化に関わる技術開発

平成32年度のミュオグラフィ観測システム(MOS)への実装を目指し、超軽量高解像度ミュオン検出器の開発に取り掛かった。これにより将来、従来の4倍を超える画素を提供する事が可能になり、より鮮明な火山透過像を提供でき、これまでのミュオグラフィ技術では難しかった噴火様式の予測や噴火推移予測への貢献の可能性を検証することが可能になると思われる。平成28年度は平成32年度のミュオグラフィ観測システム(MOS)への実装を目指して開発に取り掛かった。そのためにもまず、本システムの動作に必要な不可欠な火山透過システム電源、プリアンプ、アノードアンプディスクリから成る軽量高解像度ミュオン検出器の試作を行った。試作の概要は下記に示す通りである。

- (1) プリアンプにデータ読み出し用シリアル入出力ポートの実装
- (2) 軽量高解像度火山透過システム（以下火山透過システム）には直流1700V程度のバイアス電圧をかけるために必要な3KVの高電圧電源の製作
- (3) 高電圧線（陽極：アノード）からデータ収集開始トリガーを発生するためアノード用プリアンプの製作
- (4) シールドカバー付きプリアンプ基板の製作
- (5) 軽量、高解像度火山透過システムの試験用小型機および実機のミュオン検出方法としてガス増幅タイプのMWPC（Multi Wire Proportional Chamber）の採用

(6) 試験用小型機については、カソード（陰極）プレーン部分約250mm×250mm。実機については、カソードプレーン部分約800mm×800mmとした。

具体的に行った開発は、以下のとおりである。

軽量高解像度火山透過システムに使用する検出器は、アノードから 10,000,000 個の電子を出力するため、非常に高ゲインのアンプが必要となる。アノード側の信号を取り出すために、前段に電荷積分型のアンプを実装しその信号をディスクリミネーターにより正極性の TTL 信号に変換する装置を開発した。またカソード側の信号は、非常に高ゲインな直流アンプを採用し、その信号を直接データ読み出し用シフトレジスタに入力できるプリアンプを開発した。開発した試作品の性能試験を行い、下記に示す結果を得た。

i) 軽量高解像度火山透過システムに使用する検出器から出力される想定電荷量の評価

【方法】

LeCroy 社製 Analog to Digital Converter (ADC) テスターを使用し、検出器から出力される想定電荷量をアンプに入力して性能を評価した。電荷量と出力波形を調べるために試験電荷は 1pC（ピコクーロン： 10^{-12} クーロン）、10pC、100pC とした。試験のための機器構成を図 1 に示す。

【結果】

アンプ出力波形を図 2 に示す。図中のます目は垂直方向 500mV、水平方向 400n 秒を表す。図 2 に示されるように実際のゲインは 1pC あたり 500mV であった。目標値の 1pC あたり 1V の増幅率は達成できなかったが、ミュオン検出用のトリガー回路を構成するために十分実用できる範囲の出力結果が得られた。また、10pC 以上の電荷では本アンプの上限容量を超えていることが判明した。

LeCroy社製 1967型 ADC TESTER

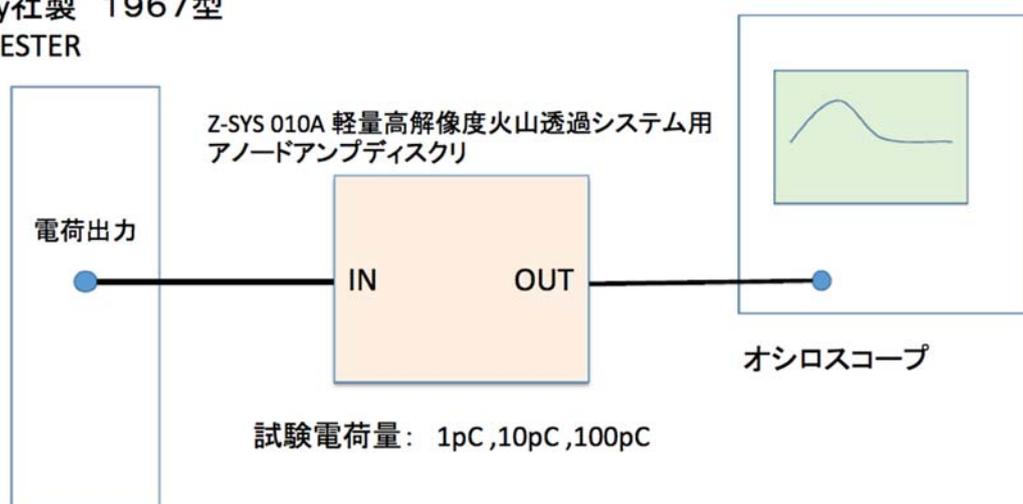


図 1 アノードアンプ疑似信号ブロック図

チャージコンデンサ容量

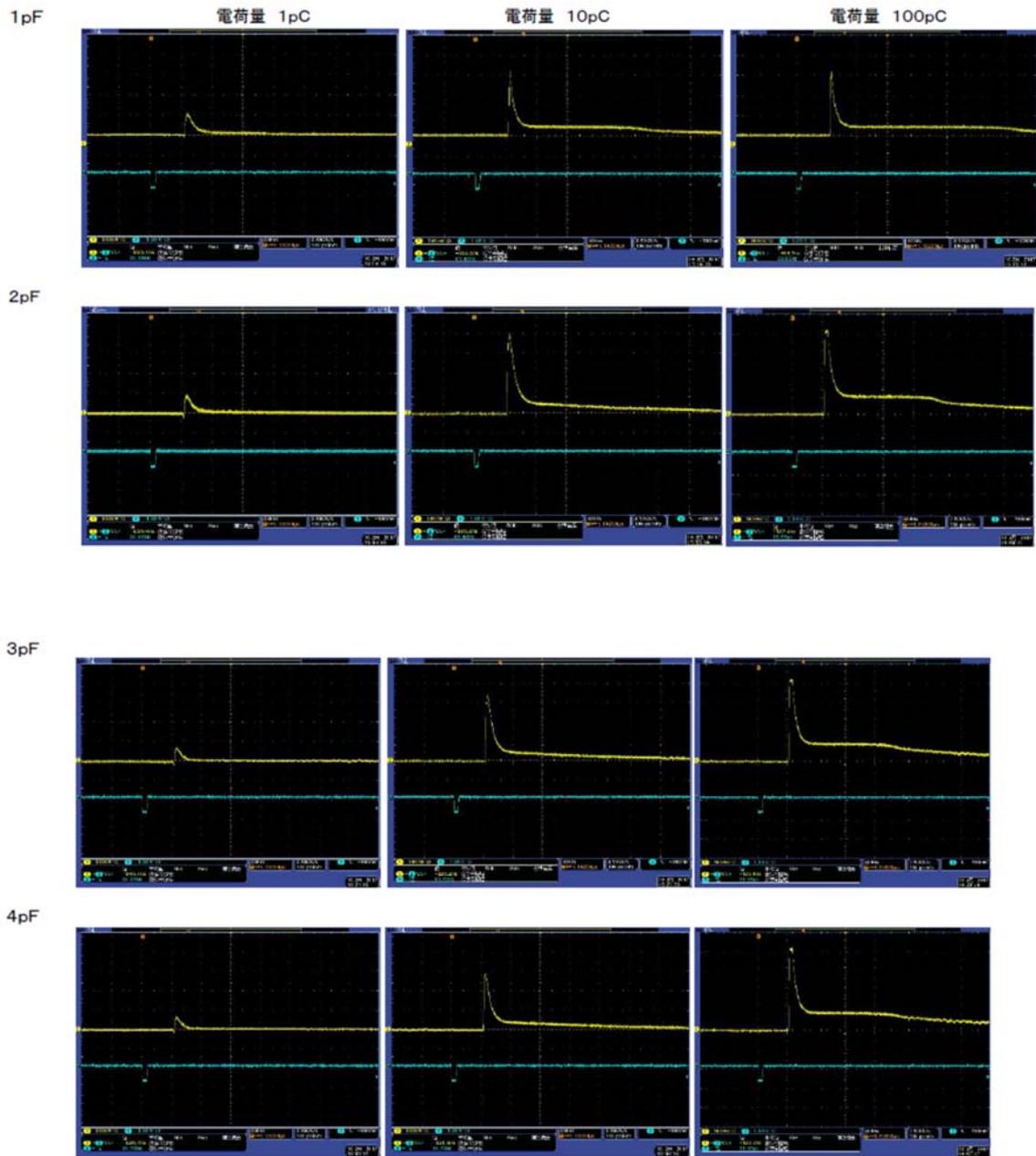


図2 アンプ出力波形。上記写真の上側（黄色ライン）がアンプ出力波形である。

ii) 簡易検出器を用いたミュオン検出試験

【方法】

簡易検出器を用いて検出試験を行った。各チャンネルの検出用ワイヤ（カソード）は直径 $100\mu\text{m}$ の銅線、アノード側は直径 $25\mu\text{m}$ の銅線を使用した。またバイアス電圧は今回製作したシステム電源を使用した。また増幅用不活性ガスにはアルゴン 80%、二酸化炭素 20%の混合ガスを使用した。本試験に用いた機器構成を図3に示す。

【結果】

今回試作したアンプ出力波形を図4に示す。黄色の線はリファレンスアンプの出力波形である。正常に機能している場合、両者から同時に波形が出力されることが期待される。今回試作した電荷積分型のアノードアンプは、リファレンスアンプとシグナルを同時に出力しているので、粒子検出用のトリガー生成回路として実際に利用できると結論づけられた。

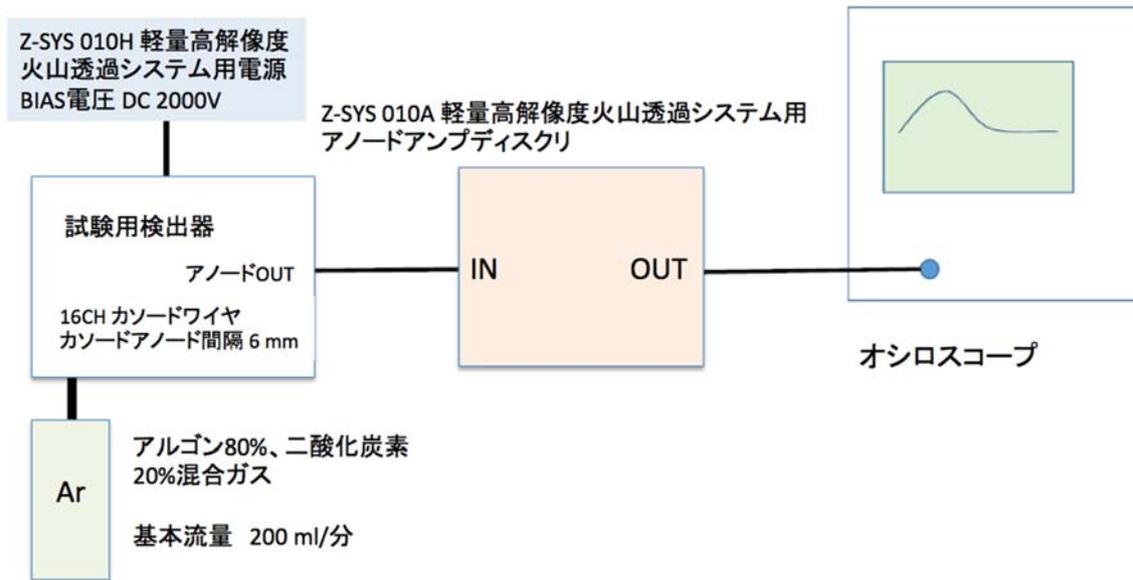


図3： アノードアンプ試験用検出器接続ブロック図

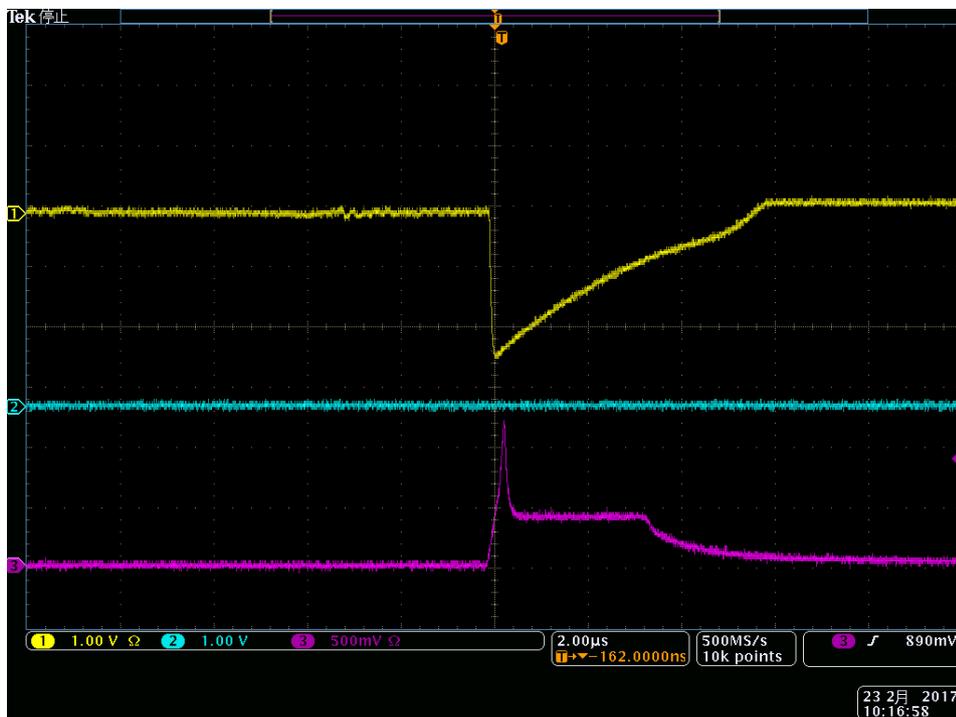


図4：今回試作したアンプ出力波形。紫色の線が今回試作したアンプ出力波形である。黄色の線はリファレンスアンプの出力波形を示している。

b) 技術検討会の実施

平成28年12月26日、東京大学地震研究所において、本課題で開発を目指す先端的な火山観測技術を効率的に推進するため、本課題の分担責任者会議を開催した。そこで、ミュオグラフィ観測のデータ処理の自動化に関わる研究開発状況に関する情報交換と協力体制の構築を行った。

本サブテーマの代表機関（東京大学地震研究所）、協力機関（東京大学医学部付属病院）が参加する「ミュオグラフィ観測のデータ処理」検討会を東京大学医学部付属病院で平成29年3月に開催し、具体的な実施内容を検討した。各種ツールの開発状況についての情報交換も行った。

2) ミュオグラフィ観測のデータ処理の自動化にかかわる研究開発

a) データを観測点から高速かつ安定的に自動転送するシステムの構築

桜島に構築されているミュオグラフィ観測点において稼働しているデータ収集システムに格納されているミュオン飛跡データについては、研究者がデータ収集システムにその都度アクセスして一定期間まとまったデータをダウンロードしているのが現状である。これを効率化するために、平成28年度は、レンタル共用サーバ上に構築したウェブサイト（表1）にデータを観測点から高速かつ安定的に自動転送するシステムを構築した。具体的には、桜島観測点におけるミュオグラフィデータ収集システムの改造を行うことで、以下の機能を持つインターネット・クラウド上で動作し、観測点に設置される検出器、リードアウトハードウェア、パーソナルコンピュータで構成される検出システムからインターネット経由でデータ登録を受け、データの管理および可視化を行うシステムを構築した。

このシステムの特徴は以下の通り。

- ①VPSの操作(起動・停止・再起動)と仮想サーバー情報の閲覧が可能。
- ②CPU稼働状況、ネットワークトラフィック、Disk I/Oを確認可能。
- ③VNC経由で仮想サーバーを操作可能。

【方法】

Virtual Private Service(以下：VPS)上に構築した、研究実験データを解析するためのシステム基盤の構築を行った。具体的な作業内容は下記に示すとおりである。

① Virtual Private Server の契約

② オペレーティング・システムのインストール

オペレーティング・システム(以下:OS)は、Canonical 社製 Ubuntu Linux 16.04LTS(Xenial Xerus) 64bit 版をインストールした。

③ Web サーバー、データベースサーバー、メールサーバー等のサーバーインストール、設定、ファイアウォールなどのセキュリティ設定

不要な設定の消去

サーバーの設定ファイル の修正

④ ドメインネームサービスの契約追加、設定変更

ドメインの管理は、GMO Internet 社製を使用。

ネームサーバの変更

DNS レコードの設定

ドメイン管理者情報の変更

⑤ 基本動作確認

下記の項目について基本動作確認を行った（表 2）。

【結果】

構築したシステムの機能構成を図 5 に示す。リードアウトから送信された圧縮データは、解凍後、データベースに保存され、データベースから実験毎にデータがバックグラウンドで処理された。

表 1 : ウェブベース処理システム（データ転送部分）システム概要

| 項目 | 概要 |
|----|--|
| 1 | インターネットクラウドサービス 仮想 6 コア 12GB 以上のメモリ 800GB のハードディスク容量 ※1, ※2 |
| 2 | オペレーティング・システム Ubuntu 16.0.4 64bit |
| 3 | Web サーバー Nginx 1.10.0 |
| 4 | データベースサーバー MariaDB 10.1.20 (MySQL 互換) |
| 5 | インメモリデータサーバー (キュー) Redis 2.3.0 |
| 6 | 分散タスクキューフレームワーク Celery 4.0.1 |
| 7 | 分散タスクキュー監視システム Flower 0.9.1 |
| 8 | Python version 3.5 および pip |

表 2 : システムの基本動作確認事項

| No | ソフトウェア | 種別 | 概要 | 合否 |
|----|---------------------|------------|---------------|----|
| 1 | linux-image-generic | Linux カーネル | オペレーティング・システム | OK |
| 2 | nginx | HTTPD サーバー | Web サービス | OK |
| 3 | mariadb | DB サーバー | データベース | OK |
| 4 | sqlite | DB ソフト | データベース | OK |
| 5 | postfix | SMTP サーバー | メール送信 | OK |
| 6 | dovecot | POP サーバー | メールクライアント対応 | OK |
| 7 | python | python | サービス用スクリプト言語 | OK |

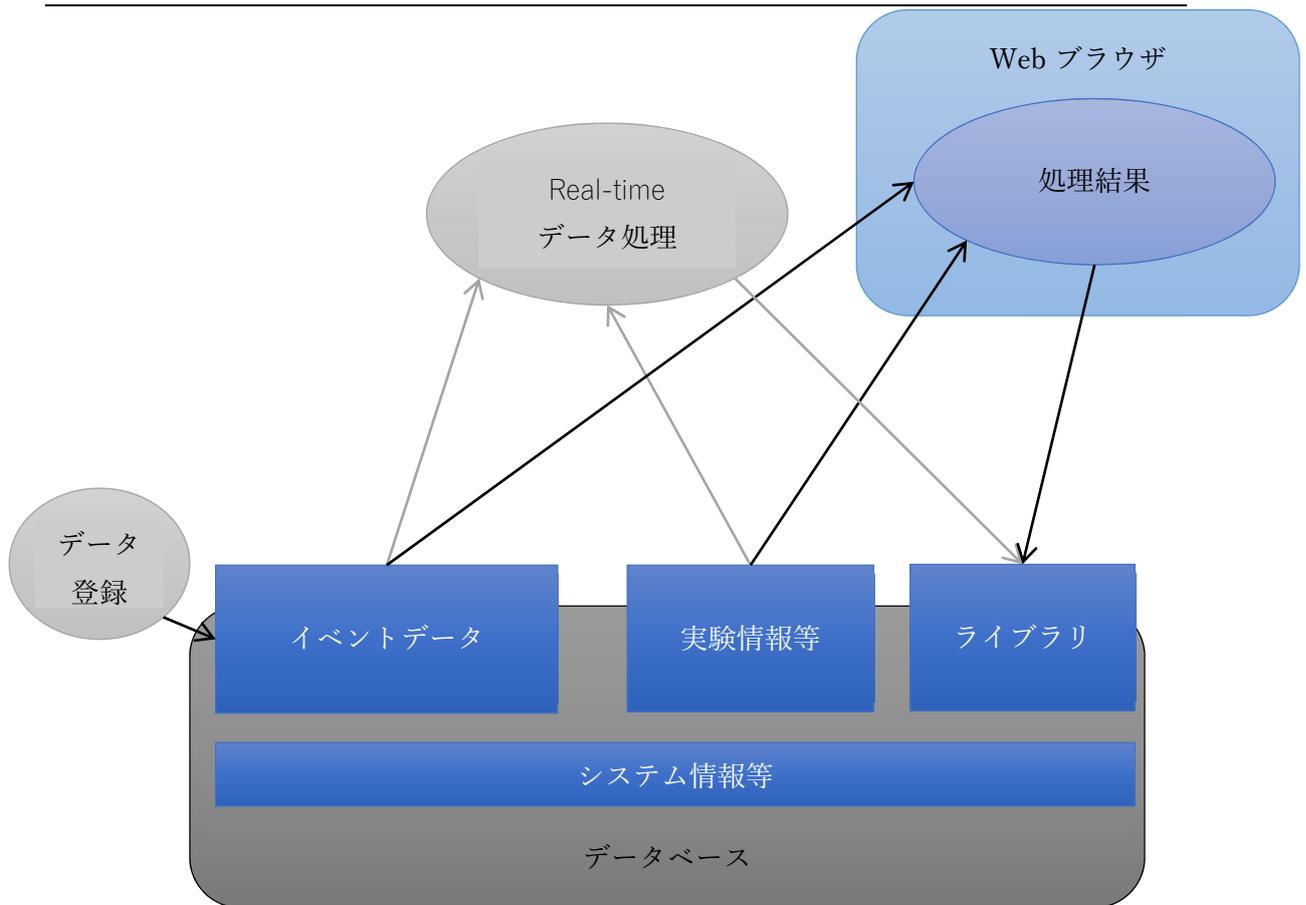


図5 ミュオンデータ自動転送システム機能概念図

b) ミュオグラフィ観測データのウェブベース処理システム（シミュレーション部分）の試作

ミュオグラフィ観測データのウェブベース処理システム（シミュレーション部分）を試作した。具体的には既存のミュオグラフィシミュレーションパッケージとリポジトリ管理システムであるGitLab、継続的インテグレーションプラットフォームであるGitLab CI (Continuous Integration)の組み合わせにより、シミュレーションプロジェクトをWeb上でビルド、実行するシステムを構築した。表3に構築したシステム概要を示す。

【方法】

研究実験用クラウド上に構築した、解析・シミュレーション環境を構築した。具体的な作業内容は下記に示すとおりである。

- ① GitLab の構築
- ② シミュレーターの構築

パッケージの追加

ライブラリの追加 (表 4)

③ Web サーバーの設定

Let's Encrypt の発行する SSL 証明書の取得

④ 基本動作確認

下記の項目について基本動作確認を行った (表 5)

【結果】

GitLabへ登録されたソースファイルを元に、GitLab-CIがビルドし、生成されたシミュレーションプログラムを実行できる。ユーザーは、Webブラウザから実行中のプログラムを表示・制御することが可能となった。図 6 にウェブベース処理システム (シミュレーション部分) の機能構成図を示す。

表 3 ウェブベース処理システム (シミュレーション部分) システム概要

| 項目 | 仕様 |
|--------------------|---|
| 1. インターネットクラウドサービス | 仮想 6 コア 12GB 以上のメモリ 800GB のハードディスク容量 ※1, ※2 |
| 2. オペレーティング・システム | Ubuntu Linux 16.0.4 64bit |
| 3. Web サーバー | Nginx 1.10.0 |
| 4. GitLab サーバー | Gitlab 8.15.5 |
| 5. GitLab 用 Runner | Gitlab-ci-multi-runner 1.10.3 |
| 6. Geant4 | 4.10.00.p4 |

表 4 : 追加ライブラリ一覧

| | ライブラリ | バージョン | 概要 |
|---|----------------|---------|----------------------------|
| 1 | cmake | 3.5.2 | ソースビルドコマンド |
| 2 | GraphicsMagick | 1.3.18 | 画像処理ツール |
| 3 | libicu | 52 | Unicode 用国際化コンポーネント開発用ファイル |
| 4 | boost | 1.54.0 | C++ライブラリ集 |
| 5 | Wt | 3.3.0 | Web ツールキット |
| 6 | pythia6 | 6.4.28 | 高エネルギー物理学用ライブラリ |
| 7 | clhep | 2.1.4.2 | 高エネルギー物理学用ライブラリ |
| 8 | hepmc | 2.6.9 | モンテカルロジェネレーター用ライブラリ |

表 5：基本動作確認

| | ソフトウェア | 概要 | 合否 |
|---|--------|-------------|----|
| 1 | GitLab | リポジトリ管理システム | OK |
| 2 | Geant4 | 粒子反応シミュレーター | OK |

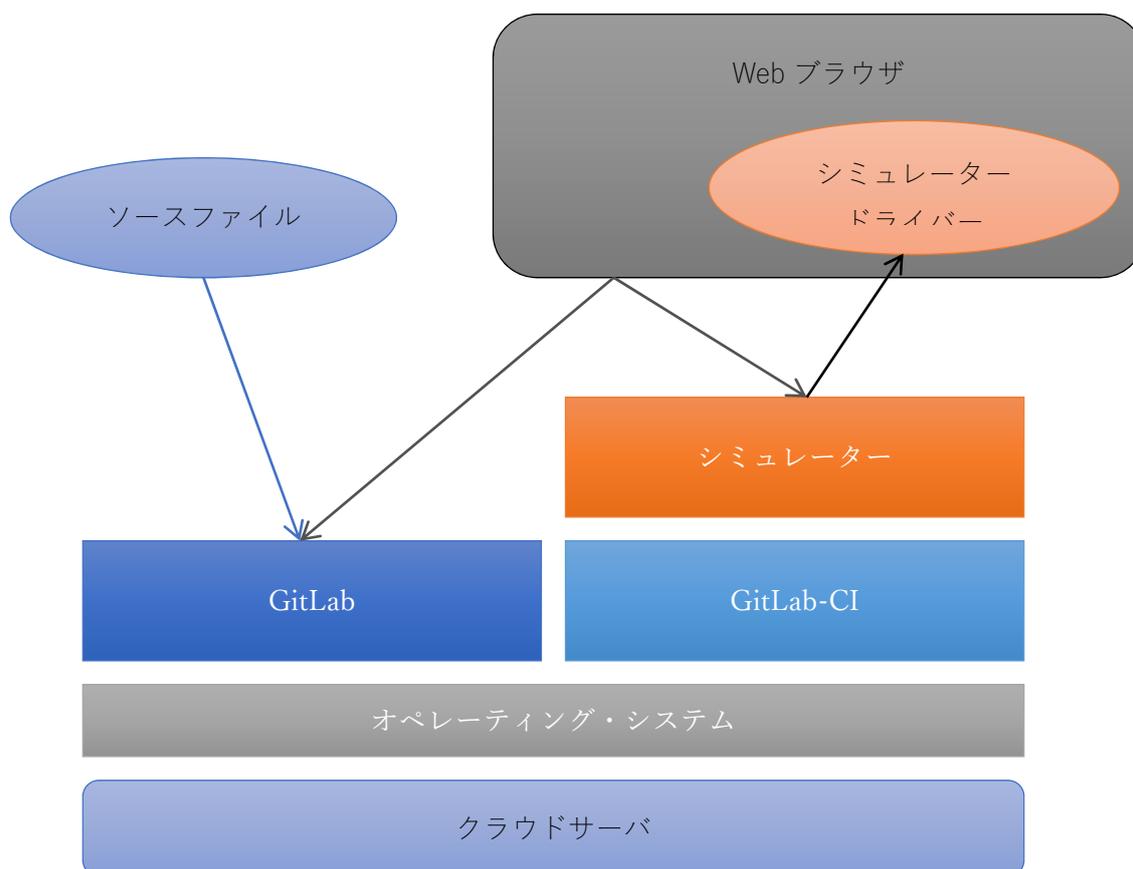


図6 ウェブベース処理システム機能構成図

3) 本委託業務の推進

ミュオグラフィを用いた観測に関する正しい理解と普及を促進するために、一般向けの講演会やワークショップの開催を始めとした社会への効果的な発信方法を検討することを目的として、「ミュオグラフィを正しく理解するためのプロジェクト」の進め方、社会への普及活動について、関西大学において、以下の要領で、意見交換会を実施した。

1. 日時：2017年3月11日（土）14：00－16：30
（会議後希望者のグランフロント北2Fの展示会場見学）

2. 場所：関西大学梅田キャンパス6階604号室

3. 参加者：東京大学：田中宏幸教授

関西ハンガリー交流協会：中島裕司

多摩美術大学美術館：淵田雄

関西大学：前田裕副学長

林武文教授

ノーマンD. クック教授

井浦崇准教授（欠席）

角谷賢二シニアUR A

舘正一 UR A

NHK大型企画センター：久泉巧

ピクストープ：郷原啓二（関西大学非常勤講師）

4. 議題：

(1) ミュオグラフィ概論とプロジェクト（20分程度）

東京大学 田中宏幸 教授

(2) 関西大学紹介－超高精細デジタル化&3Dの紹介、クックアート紹介、音響化紹介（30分程度）

関西大学 林武文 教授他

(3) ミュオグラフィ画の紹介－すでに電子データがあるものの紹介と今後の制作に向けて（15分）

関西ハンガリー交流協会 中島裕司 先生他

(4) 今回のプロジェクトの概要と2017年度の計画について（15分）

関西大学 角谷賢二シニアUR A

(5) 2018年度多摩美術大学で展示の可否について（5分）

多摩美術大学美術館 淵田雄 学芸員

(6) 今後の活動に関してのフリー討論（60分程度）

(c) 結論並びに今後の課題

平成32年度のミュオグラフィ観測システム(MOS)への実装に向けて、軽量高解像度ミュオン検出器の試作を行った。今後試作品をMOSに実装するための技術試験を継続的に実施していくことで、試作品の問題点を明らかにし、修正を加えていくことが課題である。そのようなことを積み重ね、ミュオン飛跡を精度よく記録できる装置を実現させていくことが目標である。

ミュオグラフィ観測のデータ処理の自動化に向けて、レンタル共用サーバー上に構築したウェブサイトにてデータを観測点から高速にかつ安定的に自動転送するシステムおよび、ミュオグラフ

観測データのウェブベース処理システム（シミュレーション部分）の試作を完成させた。試作品の試験によりデータ転送において基本的な機能を保持していることが確認されたが、表示の速度や機能の点で実用化にはまだ道のりがある。今後、機能を追加し、アルゴリズムの改良等を行っていくことで、実用的なデータ転送・表示システムを構築していくことが課題である。

さらに、ミュオグラフィの正しい理解の普及を促進するための検討会を実施した。29年度は検討会の結果をもとに、29年度は一般講演会や展示会などを通してミュオグラフィの正しい理解について社会に対する発信を実施していくことが課題である。

(d) 引用文献

なし

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

| 著者 | 題名 | 発表先 | 発表年月日 |
|----|----|-----|----------|
| なし | | | 平成 年 月 日 |

(f) 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

| 名称 | 機能 |
|----|----|
| なし | |

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成29年度業務計画案

(a) ミュオグラフィ技術の高度化に関わる研究開発

1) 新たな技術を活用した火山観測の高度化に関わる技術開発

平成32年度のミュオグラフィ観測システム(MOS)への実装を目指して超軽量高解像度ミュオン検出器の開発を継続する。平成29年度は天井クレーン設備付き高耐床荷重実験室を借用し、平成28年度に試作した軽量、高解像度火山透過システムの試験を行う。

2) 技術検討会の実施

本事業の他の課題及び本委託業務のサブテーマと連携した、軽量、高解像度火山透過システム技術検討会を実施する。

(b) ミュオグラフィ観測のデータ処理の自動化に関わる研究開発

1) ミュオグラフィ観測のデータ処理の自動化に関わる研究開発

桜島に構築されているミュオグラフィ観測点において稼働しているデータ収集システムに格納されているミュオン飛跡データについては、研究者がデータ収集システムにアクセスして一定期間まとまったデータをダウンロードしているのが現状である。この問題を解決するために、29年度は、28年度に構築したデータを観測点から高速かつ安定的に自動転送するシステムをベースにして、ナノ秒精度で取得されるミュオグラフィデータの連結プロセス(ミュオン飛跡のトラッキング)を自動化し、表示するシステムを構築する。これにより表示の高速化を図れる。そのためにWEBベースリアルタイム解析環境を試作する。環境をレンタルサーバ上に実装する。その際、28年度以前に取得されたミュオグラフィデータの内、整合性が取れないファイルを修復する。28年度に作成したミュオグラフィ観測データのウェブベース処理システム(シミュレーション部分)に可視化機能を加える。さらに、シミュレーション部のモデラー機能をグラフィカルユーザーインターフェース化する。

2) 技術検討会の実施

本事業の他の課題及び本委託業務のサブテーマと連携した、軽量、高解像度火山透過システム技術検討会を実施する。

(c) 本委託事業の推進

1) サブテーマ1「新たな技術を活用した火山観測の高度化」の推進

本サブテーマの代表機関、協力機関が参加する「新たな技術を活用した火山観測の高度化検討会」を開催し、具体的な実施内容を検討する。各種ツールの開発状況についての情報交換も行う。

2) ミュオグラフィの正しい理解の社会への普及活動

a) 展示事業

グランフロント大阪にてミュオグラフィの原理から観測限界までをシームレスに表現する

展示を9-10月の期間で実施する。視覚（CG、模型、映像、モデル画）や音響の組み合わせを、ヒューマンインタフェースとして用い、社会への透明度向上を図る。その後、東京丸の内のJPタワー内にある学術文化総合ミュージアム「インターメディアテク」にて巡回展覧会を実施する。

b) 講演事業

8月に関西大学梅田キャンパス KANDAI Me RISE ホールで公開講演会を実施する。