

地球惑星科学・諸科学・社会とのミュオグラフィ連携研究基盤構築

① 計画の概要

本提案は我が国が世界をリードする、素粒子ミュオンを用いた巨大物体の透視技術（ミュオグラフィ）の適用サイズや時間分解能の限界を乗り越え、人口密集地帯に位置する活動的火山のマグマ動態や微生物起源天然ガスの貯留層といった地球内部の人間活動圏を高精細かつ実時間で可視化させることにより、レジリエントな社会や低炭素社会を実現するために人類が今直面している課題を解決するための新たな地球内部探査技術学理を探索することを目的としている。我が国主導で始まったミュオグラフィはマグマ監視、原発メルトダウン調査、ピラミッド内部調査などに大きな成果を上げてきており、世界では SDGs を活用したミュオグラフィ産業の創成が活発化している。我が国はミュオグラフィの創始者としてミュオグラフィを先導する責務があり、我が国がそれに対して重要な貢献をする必要がある。本計画は世界最大口径のミュオグラフィ観測を可能とする研究基盤を整備することで、我が国で唯一都市圏内に位置する世界有数の活動的火山である桜島のマグマ動態の撮影や関東平野の地下に示唆されている生物起源の天然ガス貯留層のイメージングを通して、従来の地球物理学観測の限界を克服する新たな技術学理を探索し、それをインターセクトラルにシェアしていくことで、課題解決の現場へと実装していく仕組みを作り、世界に向かって発信する。本計画によりミュオグラフィの技術体系は大成され、高速道路、鉄道、地下ライフラインなどの社会基盤監視、古墳などの文化遺産への技術的波及は必至と考えられており、地球惑星科学以外の分野からも本計画に対する期待が大きい。

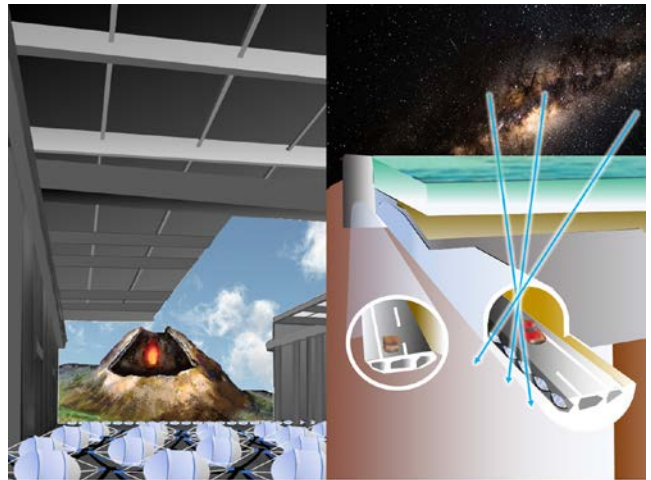


図1 本計画で整備するMulti-Aspect Geo-Muographic Array (MAGMA)システム

② 学術的な意義

80 年前にミュオンが宇宙線の中に発見されて以来、その粒子が持つ強い透過性はノーベル賞物理学者をはじめとする第一線の研究者達を魅了し、過去半世紀以上様々な巨大物体の透視が試みられて来た。このミュオンを用いてどこまで地下深く透視できるかを探索することは近未来の地球内部探査の技術体系を大成するための根源的テーマである。今、人類はプラネタリーバウンダリーに直面し、住み続けられる街づくりや気候変動に具体的対策を求められている。そのためには大気、海洋だけではなく地球内部、特に人類の活動圏に対する理解が今まで以上に必要になってきている。例えば、火山は人類を、ある時は巨大災害ゆえに恐れさせ、また、ある時はその神秘的な美しさで魅了してきた人間活動と切り離せない現象であるがその実態はよく分かっていない。また、人類は 100 年以上続いた石油、石炭の歴史の脱却を余儀なくされている。風力、太陽光などの代替エネルギーが提案される中、どれもベースロード電源としての利用は難しく、微生物起源天然ガスは大きなポテンシャルを持つ。実際、地球物理学的手法によって、我が国の地下浅部には微生物起源天然ガスが広く分布していることが示唆されているが、その濃集レベルを詳細に把握するには至っていない。これら未解明の諸問題の根幹には、地球内部の構造やその動きを、詳細にかつ、直接的に捉えることができなかったことがある。本計画は 21 世紀の超革新的技術の要となる学理を与え、本計画で得られる学術基盤はミュオグラフィの革新的応用技術を加速し、地球内部に関する未解明の諸問題に直接的な解答を与えることを可能とする。また、これら以外にも地下ライフライン、古墳など様々な社会基盤、文化遺産への応用へと展開され大きな波及効果を持っている。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

我が国が世界に先駆けて実証した素粒子ミュオンを用いた巨大物体の透視技術「ミュオグラフィ」は、地震火山、ピラミッド、福島原発などの透視がきっかけとなり次世代透視技術として、瞬く間に世界へ波及し、社会実装が国外で急速に進んでいる。既に米、英、仏、西、フィンランド、イスラエルではここ数年の間に持続可能な目標(SDGs)を活用したベンチャー企業が次々と立ち上がり、2019 年現在 8 社のミュオグラフィベンチャーが年数十～百億円規模の資金を運用している。一方で、我が国において同技術の社会実装を可能とするインキュベーションの仕組みは現在存在しないため、ミュオグラフィベンチャー数はゼロである。今、このタイミングで本研究連携基盤整備を行うことは、世界のミュオグラフィ産業にミュオグラフィ分野における我が国の技術的卓越性と実績を示すこととなる。再びリーダーシップをとり、世界のミュオグラフィベンチャーやそれらのインキュベーターと共に地球規模課題を解決していく事を可能とする本研究連携基盤を整備することは極めて重要である。

④ 実施機関と実施体制

実施主体となる機関は東京大学国際ミュオグラフィ連携研究機構であり、同機構が本研究計画の推進にあたる。同機構は東

京大震研、同工学系研究科、同理学系研究科、同医学部附属病院が連携部局として参加する研究機構であり、国際・学際的な視野で多様な知を結びつけるだけでなく、産学有識者会議/実務経験者会議などインターセクトラルな連携を強く推進する仕組みを有するため、ミュオグラフィ技術を多方面に展開・実装することを可能とする。特に主幹部局である地震研究所は、「地震・火山科学の共同利用・共同研究拠点」として、文部科学大臣の認定を受けていることから、その機能を活用して、全国共同研究を円滑に実施する体制が整っている。また、各連携部局に設置されている国際研究推進室あるいはこれと類似する推進室は、平時から多数の外国人研究者の受け入れや学術交流協定の締結等の業務に携わっており、国際共同研究を実施するうえでも問題はない。桜島火山観測や関東平野地下観測については、これまでに火山のミュオグラフィ共同研究を実施してきた京都大学、防災科学技術研究所、関係事業者と連携してすすめるが、研究基盤の整備については基幹部局の共同利用機能を活用して、放射線の安全利用を目指す研究者が広く参加する。研究遂行上生じる膨大な事務は、連携部局の事務部（正規職員）と、研究事務支援室（専門知識を持つ管理者が、組織化された有期雇用職員を統括する組織）を強化することで対応する。広報アウトリーチ活動は、既に機構が実施している活動（ニュースレター）を拡充する。

⑤ 所要経費

総額 117 億円

【建設費】96 億円

大量生産に向けた動向研究 2 億円

小型ミュオン検出器モジュール 80 億円 (80 万円×10000 個)

観測所増築 3 億円

圧力容器 10 億円

データ通信ストレージ環境整備 1 億円

【運営費】21 億円

(試験ボーリング費：2 億円×5 本、移動設置費：1 億円、挿入費：1 億円×5 回、光熱通信データ管理費：5000 万円×10 年)

⑥ 年次計画

研究継続期間：10 年間

【初年度から4年間】

○基盤設備の建設。

- ・大量生産に向けた小型ミュオン検出器モジュールの評価（初年-2年目）。（所要額 2 億円）
- ・桜島ミュオグラフィ観測所の増築（初年-2年目）（所要額 1 億円）
- ・データ通信ストレージ環境整備（初年-2年目）（所要額 1 億円）
- ・小型ミュオン検出器モジュールの生産（3-4年目）（所要額 80 億円）
- ・桜島ミュオグラフィ観測所へのモジュールの実装（4年目）（所要額 5000 万円×2回）
- ・関東平野試験ボーリング（4年目）（2億円×5本）

【5年目から4年間】

○基盤設備の運用。

- ・桜島の観測開始（5年目-）（所要額 5000 万円×5年）
- ・関東平野地下の観測開始（5年目-）（所要額 1 億円×5本+5000 万円×5年）

○基盤設備の展開

- ・石油・天然ガス資源開発分野における社会への実装（11年目）
- ・ミュオグラフィアレイの全国共同利用設備としての運用開始（11年目）

研究期間を通して、素粒子、地球科学の広範な知識と専門性、研究成果を社会へ還元する力を有する次世代ミュオグラフィ研究者を育成する。

⑦ 社会的価値

ノーベル賞受賞などわが国で多くの成果を上げてきた素粒子物理学分野と、人口密集地に隣接する火山活動や他国と比べて天然資源に乏しい我が国の地球科学的特徴を組み合わせた新しい学術融合分野を国連の持続可能な開発目標につなげる本計画は、我が国に世界最大規模のミュオグラフィ研究インフラを創成し、世界に向かって発信する役割を担うものであり、従って、世界のミュオグラフィ分野の研究者を強力にけん引する力となるため、世界で続々と立ち上がるミュオグラフィ産業とともに、我が国から地球規模の課題解決へとつなげることが可能である。また、本研究基盤は産業用プラント、高速道路などの社会基盤あるいは古墳などの文化遺産の監視・保全に即展開できる。実際、地方自治体や博物館からは「ミュオグラフィは文化財の調査研究やその普及啓発においても新たな可能性をもたらす先端技術であると注目しています。＜中略＞我が国を代表する歴史遺産の一層の解明に資する可能性に一層夢が膨らみます」などの公文書が発出されており、古代、近世から現在に至るまで持続してきた街を未来へとつなげるレジリエントな社会づくりへの貢献を強く期待されている。

⑧ 本計画に関する連絡先

田中 宏幸（東京大学国際ミュオグラフィ連携研究機構）



図2 MAGMAモジュールプロトタイプ