



次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

次世代火山研究推進事業 課題B2-1:
火山観測に必要な新たな観測技術の開発

参考資料 3-3
科学技術・学術審議会 測地学分科会
火山研究推進委員会 (第4回)
R3. 7. 14

空中マイクロ波送電技術を用いた 火山観測・監視装置の開発

課題責任者

九州大学 地震火山観測研究センター 松島 健

分担者

九州大学 地震火山観測研究センター 清水 洋

京都大学 生存圏研究所 篠原 真毅

京都大学 防災研究所 井口 正人

(株)翔エンジニアリング 藤原 暉雄



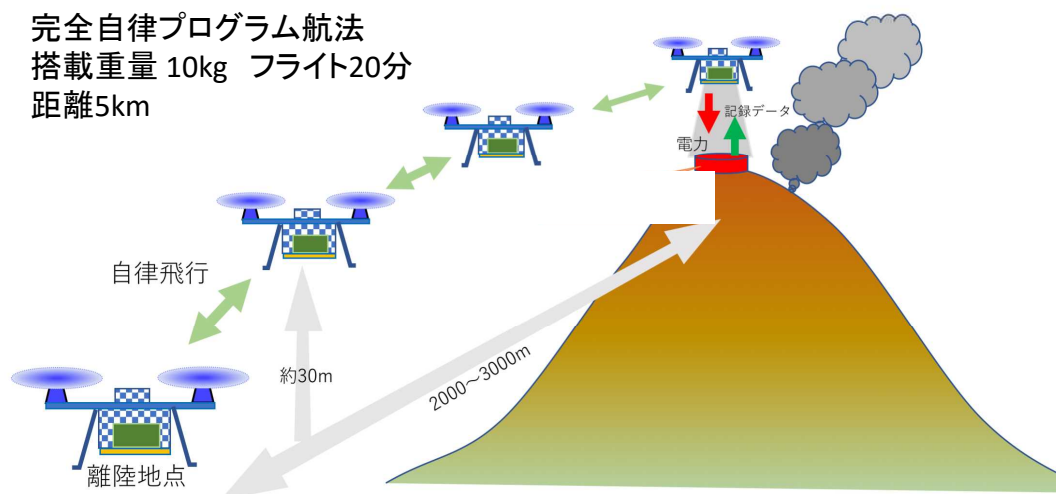
次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

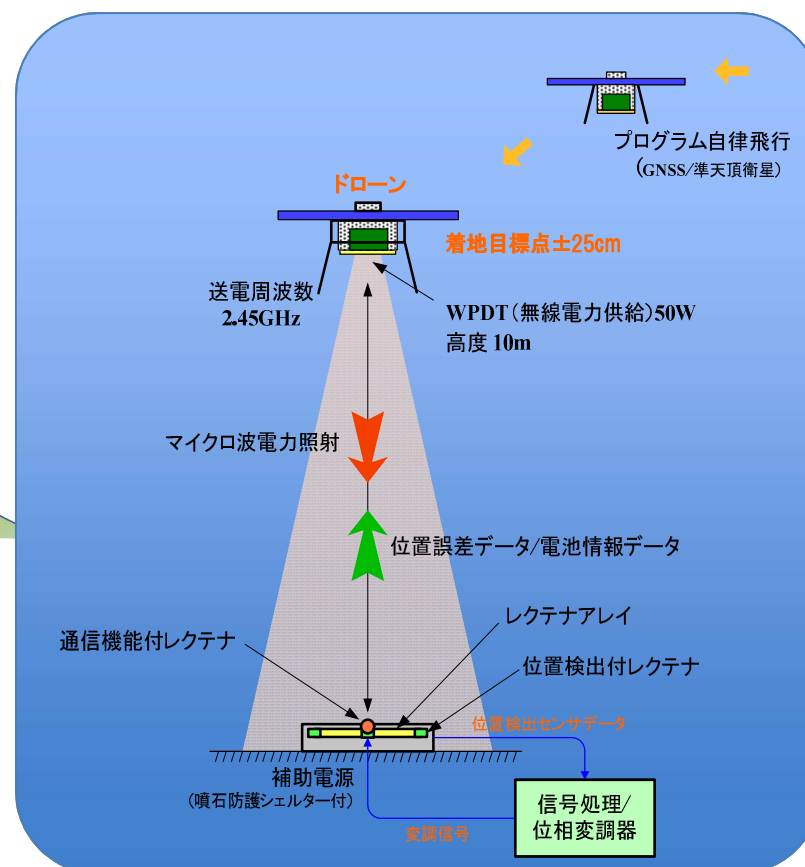
開発コンセプト

近年急速に技術革新が進んでいる無人航空機（ドローン）技術と、実用化に向けて実験が進んでいるマイクロ波送電技術を組み合わせて、活火山の等の到達不可能地域における観測・監視装置への給電・データ回収を効率的に行う（効率目標 10%）

完全自律プログラム航法
搭載重量 10kg フライト20分
距離5km



ソーラパネル等が噴火で破損した場合でも、
噴火時の貴重なデータを安全に回収する。





次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

本課題の成果の活用・展望

- 火山観測における電源供給は、長きに亘っての懸案事項
- 活火山の火口近傍や、カルデラ火口内における火山データ取得に大きく貢献
- 地震や地殻変動観測機器をセンサーとして想定して開発しているが、そのほか火山ガス等の化学観測データ、地温や地磁気などのデータ、画像データなどの観測・回収にもデータフォーマットを統一化することでたやすく対応可能
- ユーザーターゲットとして、火山研究機関の研究者や気象庁などの防災関係機関、手軽に・安全に火山観測が可能となる

さらに

- マイクロ波送電技術は、空中からの給電のほか、地上対地上の送電、無人走行ロボットへの給電、空中係留型観測装置への給電などへの応用も可能
- 本課題で開発したマイクロ波送電技術は、火山観測のみならず地球規模の観測技術への波及効果が期待できる



次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

課題実施体制



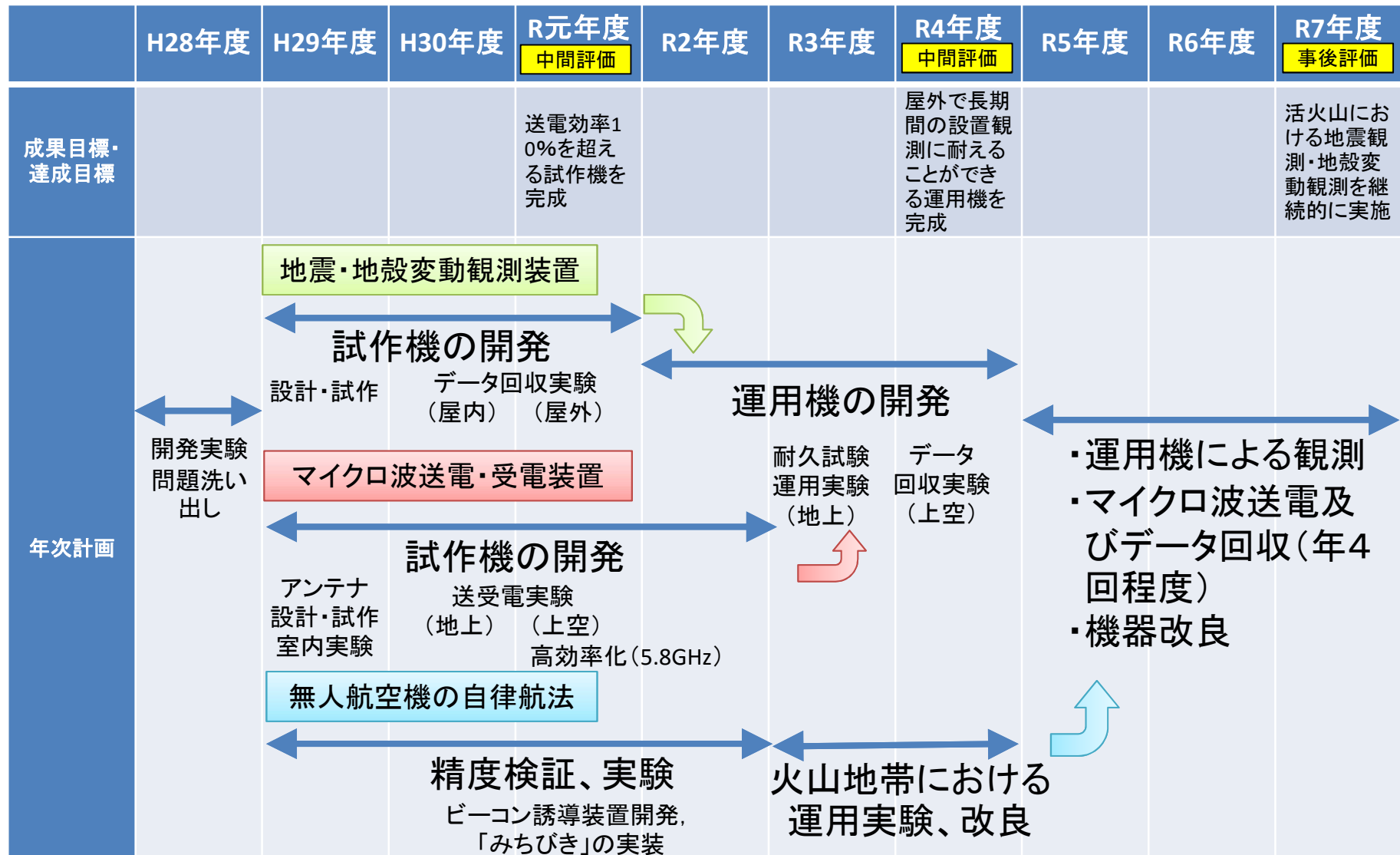
担当	担当研究者	研究協力者
空中マイクロ波送電技術の確立	京都大学・生存圏研 教授 篠原 真毅	(株)翔エンジニアリング
火山観測に適した大型マルチコプターの開発	(株)翔エンジニアリング 代表取締役 藤原暉雄	(株)自立制御システム 研究所
小型低消費電力火山観測デバイスの開発	九大・地震火山センター 教授 清水 洋 京都大学・防災研究所 教授 井口 正人	シモレックス(株)
総括・実験指揮 許可申請	九大・地震火山センター 准教授 松島 健	

- 本研究課題で使用する技術は、日本が世界をリードする技術としてすでに多くの成果が発表されている。
 - 本研究組織にはそのリーダーとなって開発を進めている研究者が含まれていると同時に、それぞれの技術を用いた製品開発に実際に携わっている企業からの研究協力者も含まれている
 - →世界に先んじて空中マイクロ波送電技術を用いた火山観測・監視装置の開発が可能
- 平成28～30年度：文部科学省革新的イノベーション創出プログラム(COI STREAM)拠点名「活力ある生涯のためのLast 5Xイノベーション拠点」(中核機関：京都大学)との共同研究

次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

成果目標と研究計画





次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

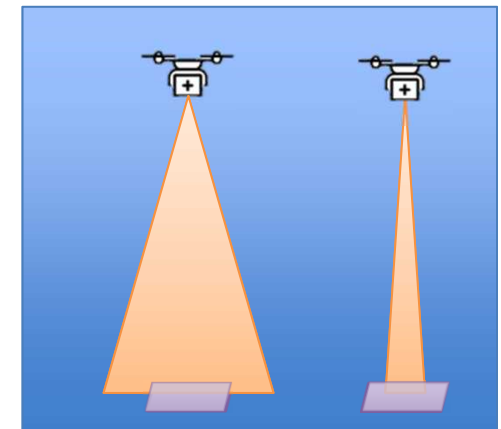
課題進捗状況

平成28(2016)年度

- ◆ 屋外におけるUAVからの空中マイクロ波送電実験に日本で初めて成功(@伊豆大島)
- ◆ 地上に設置されている温度センサーに電力を送り, 温度を計測してデータをUAVに送信することに成功.
- ◆ 広域照射用のアンテナを使用したため, エネルギーの伝送効率は0.1%以下

平成29(2017)年度

- ◆ 2.45GHz 狭ビームの送電アンテナの設計・作成・屋内実験. アンテナ間距離 3m において, 9.8~9.9%の効率
- ◆ 地震波形やGNSSデータを上空に飛来したUAVに送信するデータ送信装置の開発.
- ◆ 効率のよい送電のために, UAVの飛行精度の検証





次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

課題進捗状況

平成30(2018)年度

- マイクロ波送受電アンテナの効率改良作業(4月～)実験(11月・2月・3月)
- 屋外実験のための免許申請(7月～)
- マイクロ波送電(2.45GHz)の干渉実験(6月)
 - GNSS測位には影響はない.
 - 無線LANには想定以上に干渉大. 送電とデータ回収の並行作業不可.
- 地上観測装置の改良(10月～) GNSSデータ位相データの蓄積
- UAVの飛行精度の向上
 - みちびき導入 UAVメーカーにて検討中. みちびきサービスインの遅延あり
 - ビーコン誘導 誘導信号を地上装置から出して精度の高いホバリング
 - 大型暗室内での飛翔実験



次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

令和元年(2019年度)実施計画

●マイクロ波送電の効率化

現時点で9.9%@高度3mの伝送総合効率

➤ 送受信アンテナのフラットビーム化

2.4GHzのアンテナの改良

➤ 無人航空機の自律プログラム飛行精度の向上 (ビーコン誘導装置の実用化)

低高度でのマイクロ波給電が可能



マイクロ波送受電効率 10%クリア

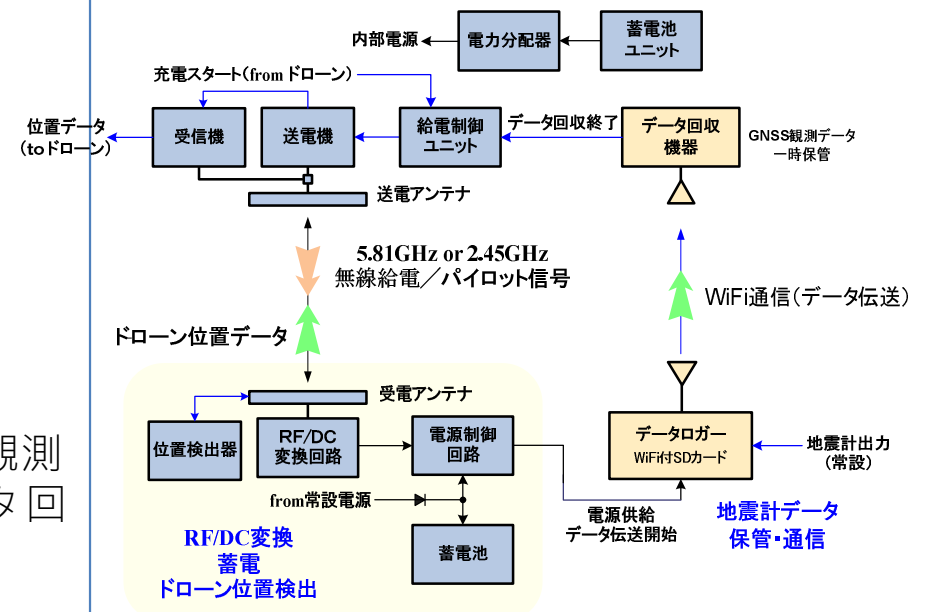
●地上観測装置の運用機の開発

●屋外実験 2020年2月第2週

桜島黒神地区において、試作機を使って屋外火山観測や無人航空機によるマイクロ波給電およびデータ回収実験を実施する

送電距離(m)	送電電力(w)	受電電力(w)	空間伝達率	総合効率
3	57.3	12.2	0.213	0.099
1.2	57.6	26.2	0.455	0.212
1	51.2	30.0	0.586	0.273

【補助火山観測システム/UAV搭載機器】



【補助火山観測システム/地上配置機器】



次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

課題進捗状況

地上観測装置・データ回収装置

現在接続できる装置
(RS232C接続)

地震データ
白山工業 LS8800
GNSSデータ
セプテントリオ社製
GNSS受信機



ScAirBackup クライアント

2.4GHz無線LAN



ScAirBackup ホスト



次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

屋外実験(桜島 黒神地獄河原)

桜島において、大型ドローンからのマイクロ波送電実験・
データ回収実験をおこなう

無線免許申請

事前申請

2019年9月～

予備免許申請

2020年1月7日

予備免許通知

1月27日

落成検査

2月14日

本免許申請

2月19日

免許通知

3月2日

免許期間

～6月30日

2020年2月11日の桜島実験では、
送電電波を出すことができず、
フライトおよびデータ回収実験のみ実施



次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

2020年2月11日の桜島実験

大型無人航空機



ACSL社製
MINORI Double
(京大生存圏研所有)

ペイロード 10kg

フライト時間 約10分



次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

2020年2月11日の桜島実験

地上装置





次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

2020年2月11日の桜島実験

実験風景





次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

2020年2月11日の桜島実験

実験風景



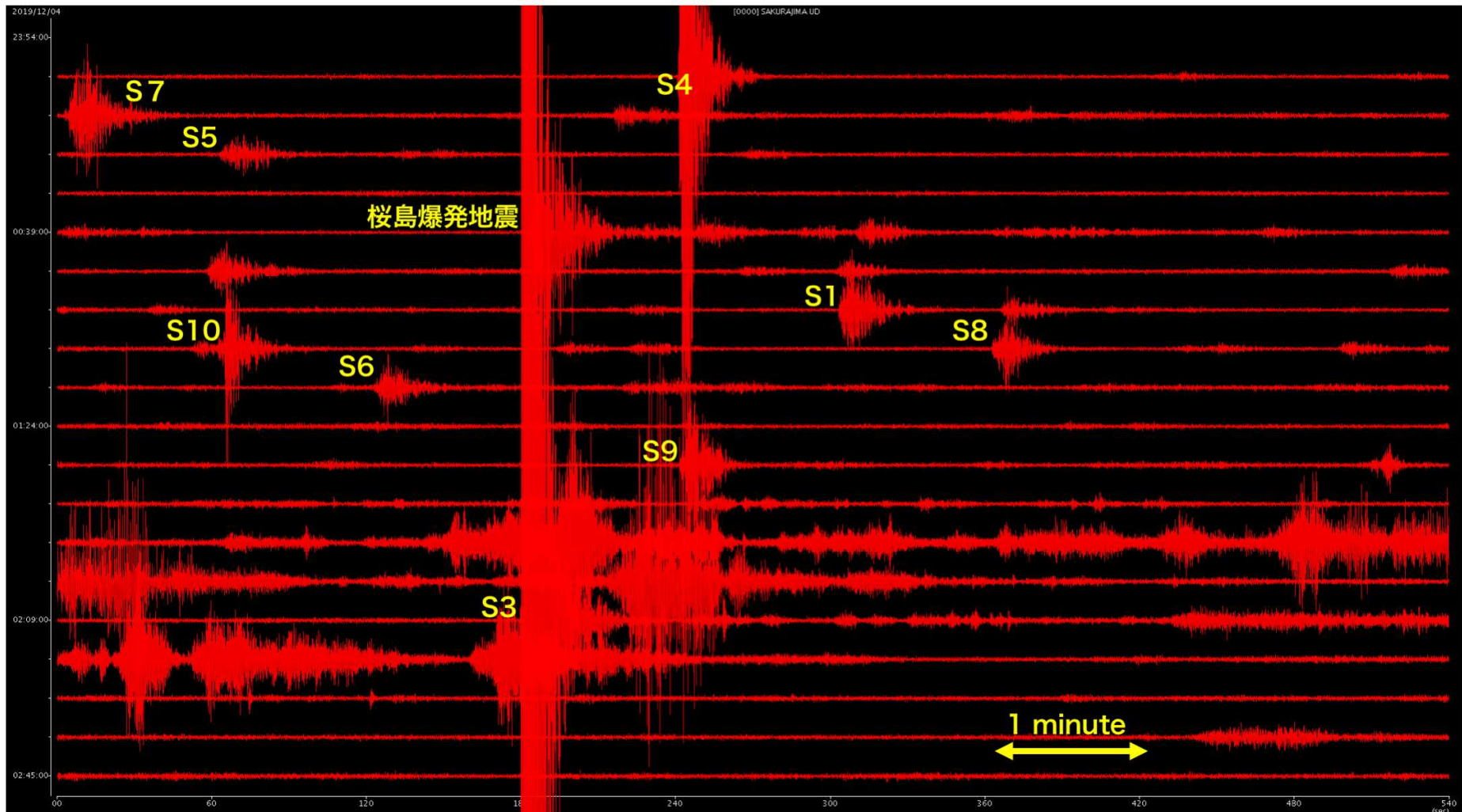


次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

回収波形

2019年12月5日桜島人工地震実験の際に記録したデータ





次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

屋外実験(自力資金)

2020年4月22日・23日を予定

場所:桜島 黒神地獄河原

無人航空機からのマイクロ波送電実験

受電した電力で、地上機器を起動し、蓄積データを
無人航空機側に送信.

データ受信完了後、無人航空機の帰還

COVID-19 拡大により中止



次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

2020(R2)年度以降経費

現課題の経費: 500万円 × 10年間

担当	担当研究者	研究協力者
空中マイクロ波送電技術の確立	京都大学・生存圏研 教授 篠原 真毅	(株)翔エンジニアリング
火山観測に適した大型マルチコプターの開発	(株)翔エンジニアリング 代表取締役 藤原暉雄	(株)自立制御システム 研究所
小型低消費電力火山観測デバイスの開発	九大・地震火山センター 教授 清水 洋 京都大学・防災研究所 教授 井口 正人	シモレックス(株)
総括・実験指揮 許可申請	九大・地震火山センター 准教授 松島 健	

平成25～34年度: 文部科学省革
新的イノベーション創出プログラ
ム(COI STREAM)
「**活**力ある生涯のためのLast 5X
イノベーション拠点」(中核機関:
京都大学) 分野3 **災害インフ**
ラ
約1500万円/年

Last 5Xとは・・・

人、情報、エネルギー、健康、環境の5つを同
時につなぎ合わせる5つの技術(送電・通信・
センシング・デバイス・ICT)を用いて、家庭で
の壁からの5mのコードレス化、屋外における
50mから5kmの見守り、遠く500km離れて暮ら
す家族・仲間との日常の共有を可能にする。

中間評価の結果は悪くなかったが、
課題集約のため、平成30年度で打ち
切り

今後さらに必要となる経費

- 小型軽量化のための 5.8GHz マイクロ波送受電アンテナの設計・製作
- 送受電装置の小型化・送受電効率の高度化
- 無人航空機の運用経費
- 準天頂衛星(みちびき)のセンチメートル級測位補強機能のサービスの実装



次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

2020(R2)年度(5年目)計画

課題B2-1の廃止

空中マイクロ波送電装置については、COI経費を利用し開発を行ってきたが、平成30年度で打ち切りとなり送電装置の開発継続が困難となった。現在の送電装置では目標としている伝送効率10%を達成することは難しく、ドローンの誘導技術の開発や実用的な送電装置の作成についても困難となったことなどから、課題の目標を達成できる見込みは少ないと考えられる。こうした状況を踏まえ、課題B2-1を廃止する

なお、データ回収技術については実証段階に入っているため、他の課題の中で利用していくことが期待される。

令和2年度業務計画 課題B4

(2)観測データ遠隔回収手法の実証試験

活発な火山活動により研究者が観測地点への立ち入りが安全上制限される場合には、現地に設置した観測機器からのデータ回収が大きな問題になる。これまで、課題B2-1「空中マイクロ波送電技術を用いた火山観測・監視装置の開発」において、GNSS等の観測装置からドローン等を用いてデータ回収するシステムを開発してきて、ほぼ完成の域に達しているが、その実証試験を行う必要がある。霧島硫黄山または草津白根山で実証試験を行う。

→実証試験の用地使用許可の手続きが遅れているため、雲仙岳での実証実験に切り替え



次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

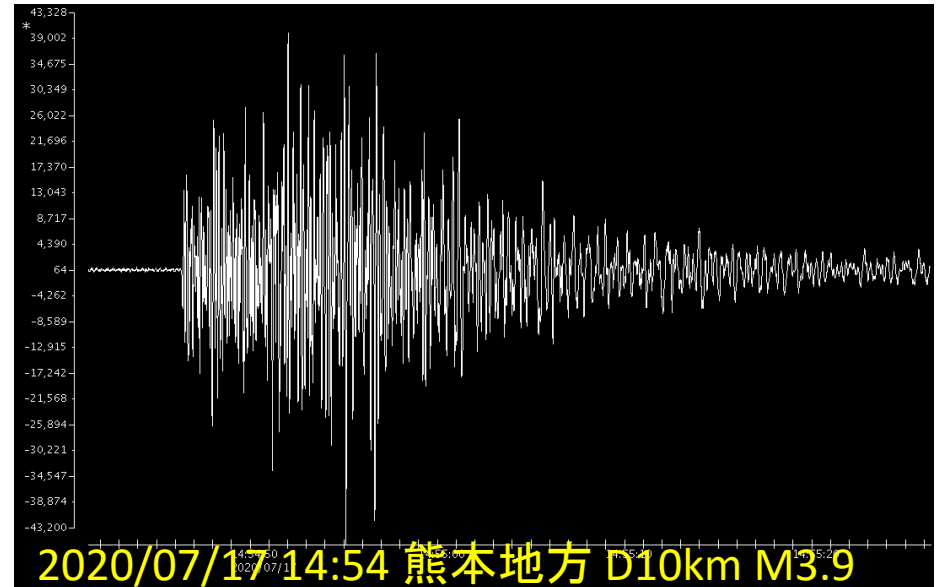
2020(R2) 年度実験

1. 地上装置の安定性の試験@雲仙

30Wソーラパネルを電源として4ヶ月動作させているが、問題なく収録されている

2. 霧島硫黄山での小型ドローンでのデータ回収実験

2.4GHz帯無線LANの干渉があり、3m程度まで近づく必要があるが、データの回収が可能となっている。





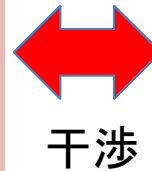
次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

無線の干渉について

産業用ドローン 操縦 920MHz・2.4GHz
(映像 2.4GHz)

コンシューマードローン 操縦 2.4GHz
映像 2.4GHz
(海外では 5.8 GHz の映像伝送が一般的)



干渉

空中の無線LAN(日本国内)

2.4GHzのみ許可
5GHz帯は ETC等との混信のため禁止

産業用ドローン(920MHz)を使うと、30m離れていても
データ回収可能であるが、コンシューマードローンを使う場合には
直上3m程度まで近づける必要がある。
(ドローンのアンテナは水平方向に指向性を高めてある)

対策: データ回収クライアントをつり下げる?
→ドローンの飛行が不安定. 危険性高くなる.
2.4GHz 無線LANを使わない回収方法を考える?
→データ回収装置が高額になる.