

2. 研究成果の説明

2. 1 サブテーマ1

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

課題D：火山災害対策技術の開発 サブテーマ1：「無人機（ドローン等）による火山災害のリアルタイム把握手法の開発」

(b) 担当者

所属機関	機関種別	役職	氏名
アジア航測株式会社	分担機関	先端技術研究所 室長	千葉達朗
		国土保全技術部 課長	佐々木寿
		システム開発部 課長	野中秀樹
		国土保全技術部	成毛志乃
		国土保全技術部	田中利昌
		国土保全技術部	江川 香
		国土保全技術部	杉下七海
		システム開発部	森 貴章
		システム開発部	小森惇也

(c) 業務の目的

本サブテーマでは、噴火時における無人機（ドローン等）及び航空機による火口周辺や火口周辺から離れた空域から撮影した可視画像・赤外画像等を用いて、噴石の飛散状況、溶岩流や火砕流の発生状況やその到達範囲等の火山噴火の状況を迅速に把握するためのシステムを開発することを目的とする。

写真測量解析においては、解析処理に時間を要していた課題を解決するために、低解像度の解析をリアルタイムで出力し、時間と共に解像度を上げていく一連の写真測量処理システムを構築する。また、夜間や噴煙等により視界不良の場合でも、取得した画像から定点を自動的に抽出して、写真測量処理を自動的に行うシステムを開発する。処理された可視画像や赤外画像から、噴石の飛散状況、溶岩流や火砕流の到達範囲をマッピングして位置情報を自動的に取得し、直面する火山災害への対応への支援を念頭に、噴火の推移と災害の発生状況をリアルタイムで把握するシステムを開発する。

なお、実施期間中に噴火が起きた場合には、検討中の内容を反映して無人機（ドローン）等で取得した空域からの可視画像（サブテーマ内で取得したものに限らない）をもとに、3Dモデルを作成するなどして、ホームページで公開できるよう資料を作成することとする。地形の3Dモデルを作成した場合には、A、C-3へデータ提供した上で、D-3で情報共有される計画とする。また、最新の現地概略情報を取得できた場合には、被災自治体等へ画像等を提供するとともに、要望をふまえて改めて現地情報を取得、提供することを想定する。

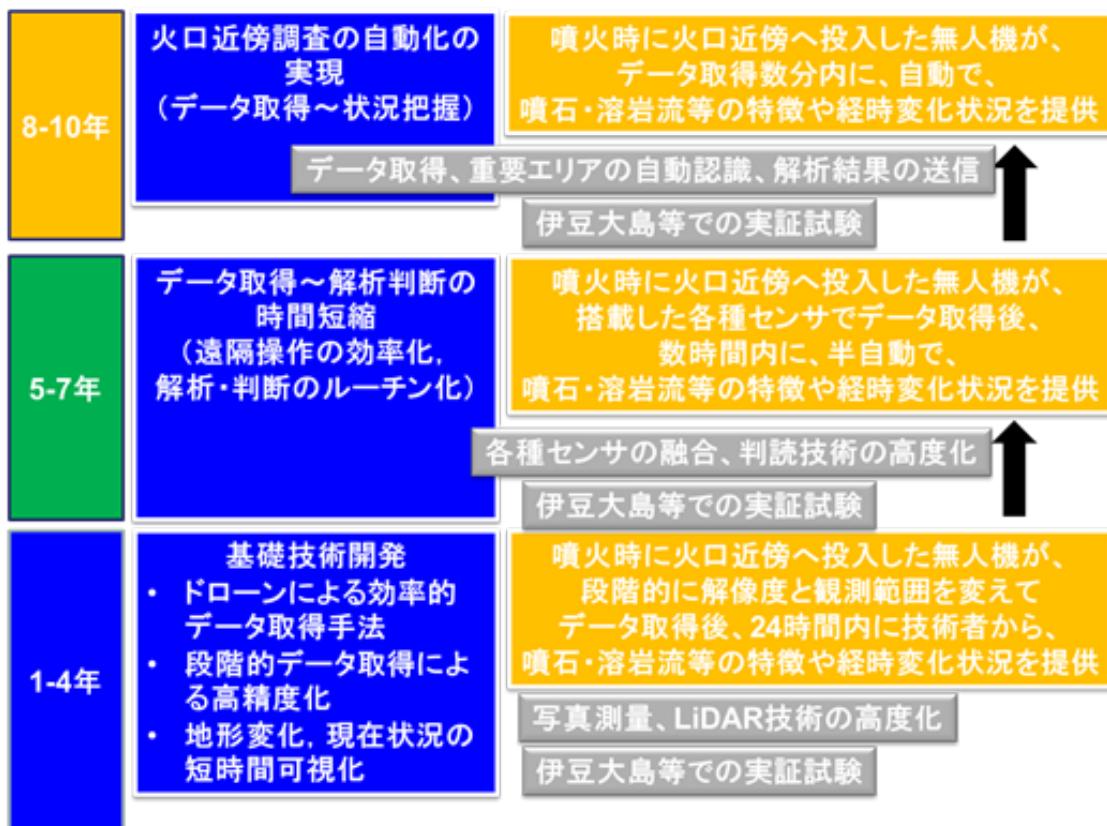


図1 本業務の全体計画

(d) 10か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成28年度：

「無人機を使った火山災害把握手法」の現状把握と、状況把握のために必要な無人機等の機能・仕様等を明らかにした。また、火山噴火時に想定される各種制約条件をふまえて、実証実験計画を立案した。

2) 平成29年度：

無人機（ドローン等）を用いて、写真測量技術、SfM技術、UAV搭載LiDARの活用等による火山災害状況把握に掛る時間と抽出変化の内容・解像度の違いについて、実証試験を通じてとりまとめた。

3) 平成30年度：

災害誘因現象の発生から初期状況把握までの総時間短縮のための、無人機（ドローン等）観測からデータ解析、結果提供までの課題を抽出し、災害シナリオやタイムラインにそった、時点最適なルーチンを開発した。

4) 平成31年度（令和元年度）：

前年度までに開発したルーチンをモデル火山において実証試験し、中間成果をとりまとめるとともに、次段階の課題を設定した。

5) 令和 2 年度 :

前年度までに開発したルーチンで取得したデータをもとに、変化を抽出・判断するための課題と事例を収集整理した。自動標定技術や夜間や天候不順時の代替手段等について技術開発の方向性を設定した。

6) 令和 3 年度 :

無人機（ドローン等）に搭載する機器を利用したモデル火山における実証試験と、画像解析・データ処理技術により、経時変化抽出のための課題と解決策をとりまとめた。

7) 令和 4 年度 :

無人機（ドローン等）に搭載する機器の改良案の提示と、火山防災・対策に資する画像解析・データ処理技術の高度化により、噴火前データが存在しない場所での変化抽出方法を開発する。

8) 令和 5 年度 :

前年度までに開発したルーチン、搭載機器仕様をもとに、災害状況把握技術を遠隔自動化および時短化するための課題を整理し、必要機能・改良点等をとりまとめる。

9) 令和 6 年度 :

トレーサを用いた変化把握や噴出物の自動追尾計測・解析処理機能を開発して、実証試験を行う。

10) 令和 7 年度 :

高度化した無人機（ドローン等）と必要機能を組み込み改良した各種センサを利用して、噴出物（噴石・溶岩流・火碎流など）の発生状況や到達範囲の経時変化などをリアルタイムで取得し、火山防災・対策情報に資するデータを提供する。

(e) 令和 3 年度における成果の目標及び業務の方法

1) プロジェクトの総合推進

- 現地実証実験等を通して、同一課題内での連携を推進する。
- サブテーマ 2 との連携：ドローンを活用した地形変化抽出を行い、予測降灰量と照合することを目的として、数値地形モデルの迅速な作成についての実証実験を計画して実施する。
- サブテーマ 3 との連携：各種コンテンツのインプットデータとして利用するため、ドローンで取得した画像から地図と重ねられる「オルソ画像」を迅速に作成する手法に関する実証実験を計画して実施する。オルソ画像の必要分解能、体裁等について連携して進める。
- テーマ A、C との連携：災害状況把握のためにドローン等による空域からの画像、画像から作成されるオルソ画像および数値標高モデルのフォーマットや分解能、

受け渡し方法について連携して研究する。また、数値シミュレーション用データとして使用される数値標高モデルの分解能、品質、受け渡しのフォーマットについて連携して研究する。

- 火山研究人材育成コンソーシアム構築事業との連携・融合の一環として、現地で取得した画像から3D地形モデルを作成する技術の体験、民間企業における火山調査関連技術や火山防災業務の紹介等のプログラムを計画・準備した上で、開催案内と参加者募集を行う。
- 東京都大島町において説明会を開催し、取得データに関する自治体等からのニーズを把握する。

2) RTK-GNSS搭載UAVの導入による計測精度向上と高速化

- 2020年度は、最新のRTK-GNSS搭載型のUAVを導入し、現地でのGCPの設置と同時計測を省いた、高精度現状把握手法の開発を計画した。計測対象エリア近傍から計測を行い精度向上の検討を行った。
- 2021年度は、実際の噴火を想定して、立入規制区域外からの飛行による高精度現状把握手法の開発を計画する。噴火によって、火口付近の立ち入りが不可能な場合はもちろん、火口周辺の地形が大きく変化し、既往のGCPが失われたようなケースでも、位置やゆがみの補正をすることなく、迅速に差分計算し、噴出量などを求めることも想定して研究を進める。

3) 夜間飛行および遠望撮影による計測手法の開発

- これまで火口などの地形を高精度に把握する手法を検討するため、計測対象エリア近傍から計測を行い精度向上の検討を行ってきた。しかし、実際の噴火では計測は立入規制区域外からの撮影となり、火口上空を飛行することができないことも想定される。また、日中だけではなく夜間のデータ取得などが求められる可能性がある。
- 2021年度は、実際の噴火を想定して、立入規制区域外からの夜間飛行による撮影を実施し、夜間における高精度現状把握手法の開発を計画する。
- また、火口上空を飛行できないことも考え、日中に火口内を斜め撮影し、取得画像から写真測量技術を用いて解析する手法を開発する。

4) SfM/MVS 計算時間の短縮

- 2020年度は高精度の3D地形モデルを短時間で作成するために、SfM/MVS計算に特化した専用の機器を使用した研究を行った。
- 2021年度はRTK-GNSS搭載UAVを用いてリアルタイムにデータ処理を行うソフトウェアを購入し、高精度の3D地形モデルをさらに短時間で作成する手法について研究する。

(2) 令和3年度の成果

(a) 業務の要約

- 伊豆大島で実証実験を実施した。実際の噴火を想定して、立入規制区域外からの夜間飛行による撮影を実施した。また、火口上空を飛行できないことも考え、日中に火口内を斜め撮影した。
- 取得した斜め写真画像から写真測量技術を用いて解析する手法検討した。
- RTK-GNSS 搭載 UAV で取得したデータを用いた計測精度向上と高速化について研究した。また、リアルタイムにデータ処理を行うソフトウェアを購入し、高精度の 3D 地形モデルをさらに短時間で作成する手法について研究した。

(b) 業務の成果

1) プロジェクトの総合推進

現地実証実験等を通して、同一課題内の連携を推進した。

a) サブテーマ 2 の連携

大量降灰時にドローンを活用した地形変化抽出を行い予測降灰量と照合することが考えられる。今回、伊豆大島において RTK-GNSS 搭載 UAV を用いた実証実験を行い、計測精度向上について検証した。

従来の UAV (Matrice210) と RTK-GNSS 搭載 UAV (Phantom4-RTK) の取得画像から作成した DSM を用いた断面図を比較すると、図に示すように、おおむね一致することが確認できた。昨年度実施した際は 40~50cm 程度のずれが生じたが、今年度は設定パラメータ等を精査して設定することで、GCP がある場合と同様の結果が得られた。

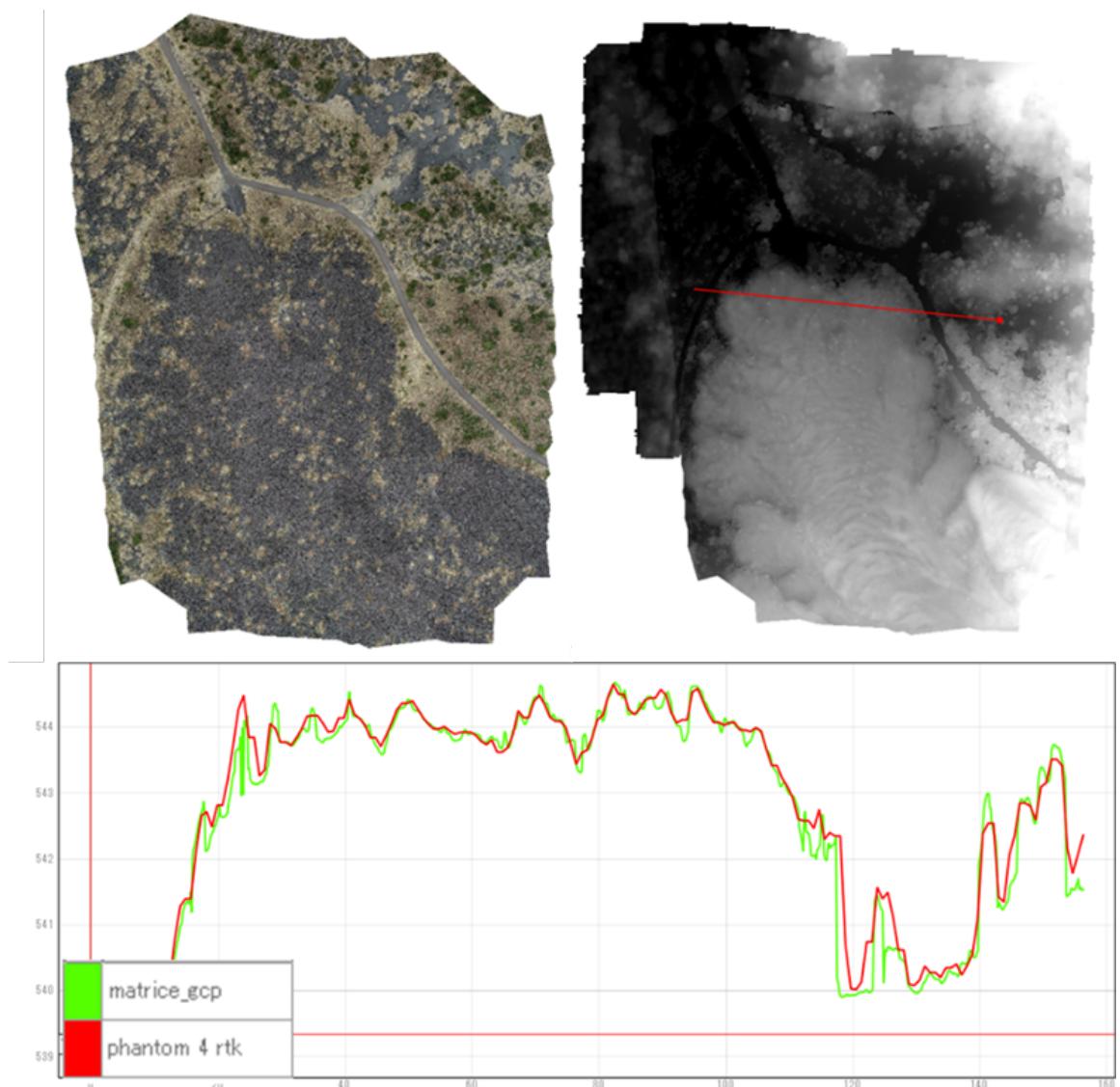


図2 従来の UAV (Matrice210) と RTK-GNSS 搭載 UAV (Phantom4-RTK) の断面比較

b) サブテーマ3との連携の検討

各種コンテンツのインプットデータとして利用するため、ドローンで取得した画像から地図と重ねられる「オルソ画像」を迅速に作成する手法について検討した。

後述する自治体へのヒアリングから、オルソ画像の体裁等は一般的なもので良いという結果を踏まえ、国土基本図（東西方向 2km、南北方向 1.5km）と同様のメッシュで分割し、画像の分解能は数 10cm、画像ファイルは TIFF 形式、位置情報ファイルは TFW として問題ないと考えらえる。

また、自治体ヒアリングから、三次元データへの期待があったため、容易に閲覧できる方法を検討した。三次元データを専用ソフトではなく、Web ブラウザで閲覧できればソフトのインストールも不要で扱いやすいと考えられる。図は三次元データを Web ブラウザで表示した事例である。Web ブラウザ上に 3D データを可視化するオープンソースである Cesium を利用することで、三次元データを Web ブラウザで表示し、拡大・縮小・回転などが容易に行うことができる。オルソ画像に加え、閲覧容易な三次元データの公表も可能である。

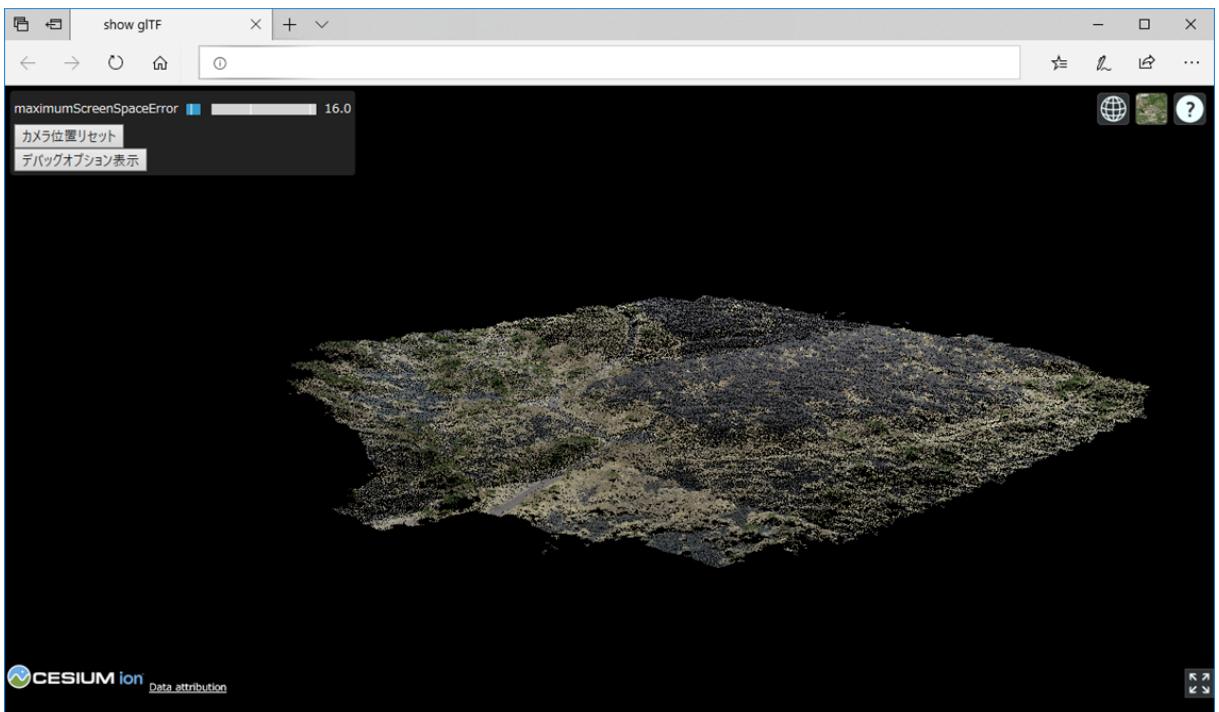


図3 三次元データを Cesium に搭載した例（Web ブラウザでの閲覧）

c) テーマ A、C とのデータ連携の検討

i) データ連携とフォーマット

令和 2 年度の検討でデータ連携方法を整理した。今年度は、現地で取得・処理したデータをテーマ A に集約することを目的として検討を行った。

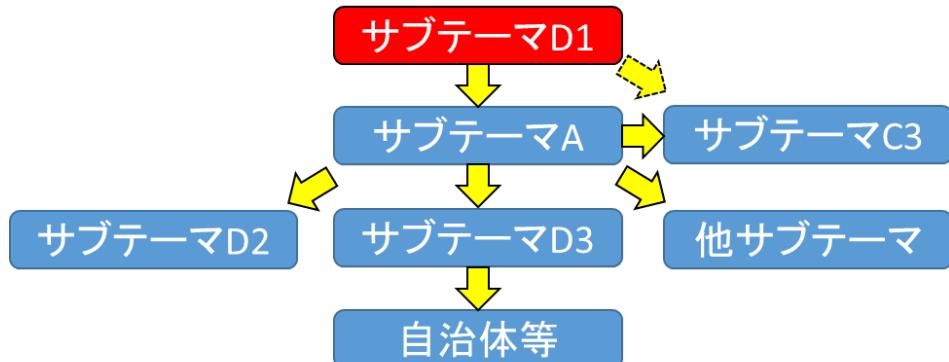


図 4 他サブテーマとのデータ連携イメージ

表 1 サブテーマ A に格納するデータ例

データ種別	フォーマット	備考
UAV で取得した画像	Jpg 形式	撮影後の生データ
UAV で取得した動画	MP4 形式	撮影後の生データ
オルソ画像	Geotiff 形式	
3D モデル	Obj 形式	
数値標高モデル	Esri ASCII ラスター形式	UTM 座標
判読結果等	KML 形式	

表 2 サブテーマ C3 に提供するデータの一覧

データ種別	フォーマット	備考
オルソ画像	Geotiff 形式	
数値標高モデル	Esri ASCII ラスター形式	10m メッシュ

ii) テーマ A (JVDN) への集約の検討

現地で取得・処理した数値標高モデルを、現地から携帯電話回線(4G)を用いて、JVDN へアップロードする検証を行った。今回作成したオリジナルデータは 81MB であるが JVDN はアップロードできるファイルサイズの上限が 10MB のため、作成した数値標高モデルを 1m メッシュ(260KB)のファイルとして、転送時間を検証したがファイルサイズが小さいため、携帯電話回線および自社の LAN 回線ともに転送時間は約 1 秒であった(表)。

オリジナルデータ(81MB)を現地から共有することも考え、アジア航測のサーバーに転送して検証を行った。転送時間は、携帯電話回線では約 8 分 16 秒、自社の LAN 回線では約 10 秒であった(表)。

計測面積や計測回数が増加すると、オリジナルデータのデータサイズも大きくなることが予想されるため、今後は、5G回線などを用いて現地からのアップロード時間の短縮などの検討が必要となる。

表3 データのアップロード時間

アップロード先	サイズ	4G回線	LAN回線
JVDN	0.26MB	約1秒	約1秒
アジア航測サーバー	81MB	約8分16秒	約10秒

d) 火山研究人材育成コンソーシアム構築事業との連携

火山研究人材育成コンソーシアム構築事業との連携として現地実証実験への参加者募集を行う予定であった、新型コロナウィルスの影響で他のカリキュラムとの日程調整が困難となり、実施が出来なかった。

e) 取得データに関する自治体等からのニーズの把握

実証実験を行った伊豆大島の大島町においてヒアリングを行い、取得データに関するニーズを把握した。ヒアリングの中で出てきた意見としては、下記の内容があった。

- ・ 火山防災マップに「溶岩の予想区域」を示しているため、どの地点に火口ができたか、どのコースを溶岩が流下するかという情報が欲しい。
- ・ 火口の位置情報は正確である必要はなく、ざっくりと島のどのあたりかがわかれれば十分である。
- ・ オルソ画像は一般的なフォーマットなら問題ないだろう。しかし、噴火の対応中は、高解像度のオルソ画像をもらっても、GIS等で扱う時間は取れないと考えられる。
- ・ 三次元データは、噴火の状況を理解するのに有効かもしれないが、噴火時に三次元データを利用する時間はないと考えられるため、代表的な画像をパワーポイント等に貼った状態で提供してもらった方が助かる。
- ・ 高解像度のオルソ画像は、噴火初期に使う場面は少なく、どちらかというと復旧・復興の段階で使用するデータになるかもしれない。

2) RTK-GNSS 搭載 UAV の導入による計測精度向上と高速化

a) PhantomRTK を用いた計測

2022 年 1 月 17 日～1 月 19 日に伊豆大島の三原山山麓を対象に実証実験を実施した。使用した UAV は DJI Phantom4-RTK である。

Phantom4-RTK は、高精度 GNSS レシーバーの D-RTK 2 モバイルステーションと併せて使用することで、RTK-GNSS 測位を行うことができる。「RTK」とは「Real Time Kinematic (リアルタイムキネマティック)」の略で、地上に設置した「基準局」からの位置情報データによって、高い精度の測位を実現する。これに、GPS・GLONASS・Galileo といった衛星を用いた測位『GNSS 測位システム』を組み合わせることで、センチメートルレベルの高い精度で測量データを取得することが可能となり、GCP を使用することなく高精度なモデルデータを作成することができる。



図 5 Phantom4-RTK

表 4 Phantom4-RTK 機体スペック

機体情報	詳細内容
機体重量	1391g
対角寸法	350mm
最大飛行速度	50～58km/h
最大飛行時間	約 30 分



図 6 Phantom4-RTK 飛行風景

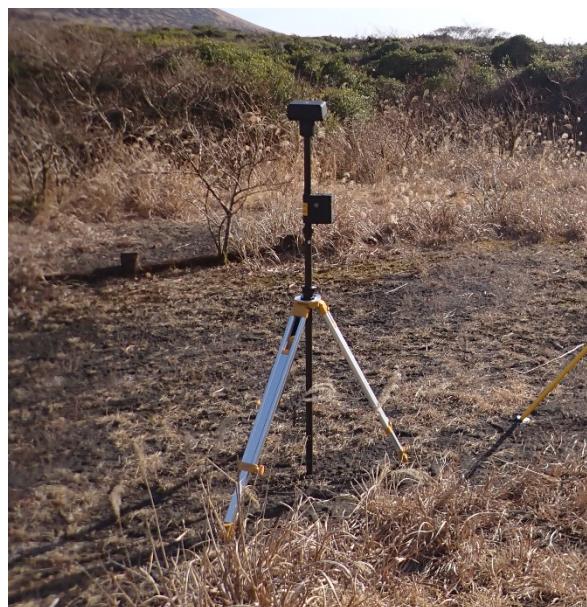


図 7 高精度 GNSS レシーバー D-RTK2 モバイルステーション

b) 計測範囲（飛行ルート作成）

DJI Terra のミッション（飛行ルート）作成により計測コース設計した。

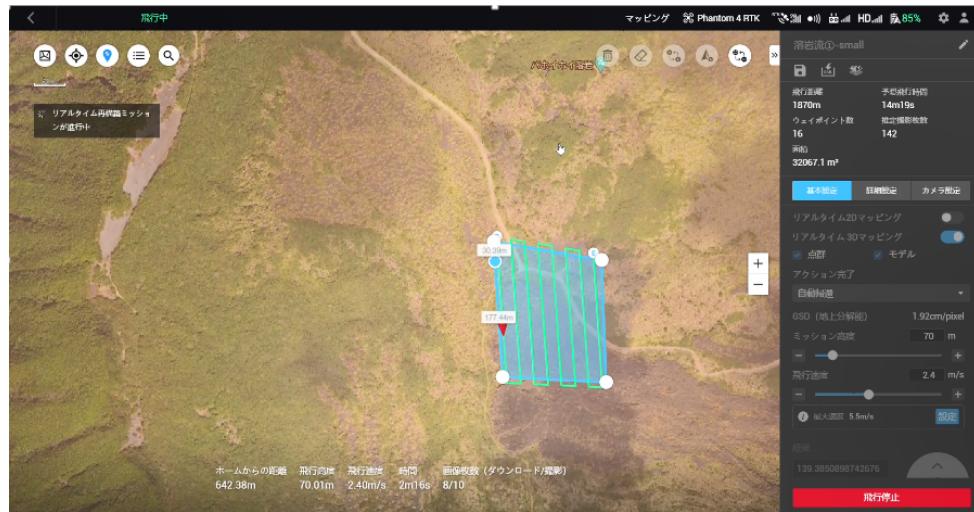


図8 DJI Terra 飛行ルート

c) 溶岩流付近(三原山)でのモデル・DSM 作成

1986年噴火時の溶岩流付近において RTK-GNSS 搭載 UAV の Phantom4-RTK で撮影を行った。撮影した画像の枚数は、135枚（解像度：5472×3648）である。撮影した画像から DJI Terra により地形モデルと DSM を作成した。135枚の画像を DJI Terra で処理した際の処理時間は、高解像度モード（フル：取得した画像の解像度のまま処理）の場合で約5分であった。他ソフトウェアに比べ、操作手順も少なく、処理時間も短いため、高速化の面で DJI Terra を用いることは有効であることがわかった。



図9 Phantom4-RTK 撮影データ作成モデル

d) 精度検証

GCP を使用せず RTK-GNSS 搭載 UAV の Phantom4-RTK で作成した地形モデルと、2020 年に Matrice210 で撮影し後処理で基準点補正を行い作成した地形モデルの差分解析を行った。

機材や撮影条件などの違いはあるが、DJI Phantom4-RTK と D-RTK2 を組み合わせることで、GCP ありと比べて、精度の差は小さく、十分な精度の地形モデルが作成できることが確認できた。

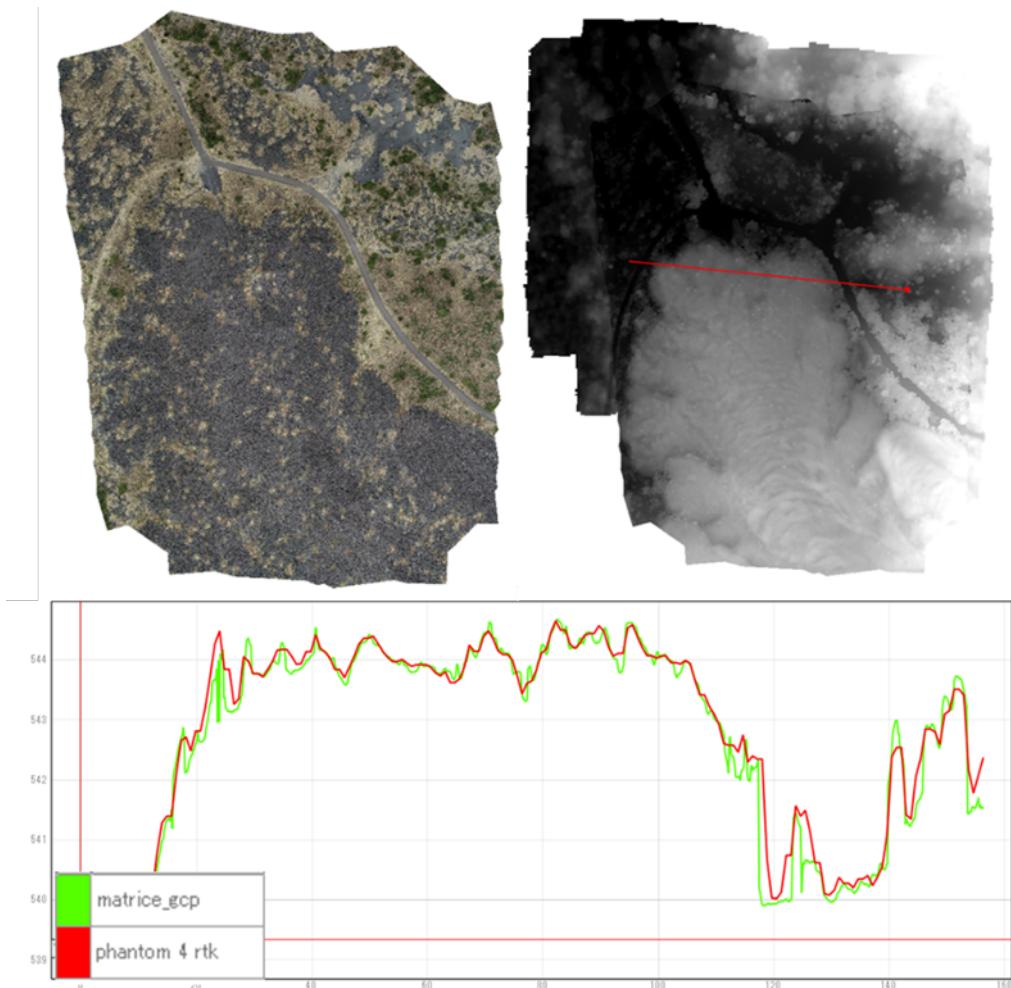


図 6 モデルの差分比較

e) GCP の取得

D-RTK 2 モバイルステーションを用いた RTK-GNSS 測位を行うためには、D-RTK 2 モバイルステーション設置位置の座標情報が必要となる。噴火によって、火口付近の立ち入りが不可能な場合や火口周辺の地形が大きく変化し、既往の GCP が失われるようなケースを想定し、噴火の影響を受けないと考えられる複数地点で GCP（座標情報）の取得を実施した。



地点 1



地点 2



地点 3



地点 4

図 7 GCP（座標情報）の取得

3) 夜間飛行および遠望撮影による計測手法の開発

これまで火口などの地形を高精度に把握する手法を検討するため、計測対象エリア近傍から計測を行い精度向上の検討を行ってきた。しかし、実際の噴火では計測は立入規制区域外からの撮影となり、火口上空を飛行することができないことも想定される。また、日中だけではなく夜間のデータ取得などが求められる可能性がある。

2021年度は、実際の噴火を想定して、立入規制区域外からの夜間飛行による撮影を実施し、夜間における高精度現状把握手法の開発を計画した。また、火口上空を飛行できないことも考え、日中に火口内を斜め撮影し、取得画像から写真測量技術を用いて解析する手法を開発した。

a) 夜間飛行の実施

Matrice210 を使用して、夜間飛行による撮影を実施した。飛行は日没後（17:30～）に実施し、噴火時の状況を想定して立入規制区域外である御神火茶屋展望台から三原山火口上空までの約 1.7km を飛行して撮影を行った。夜間には可視画像による状況把握は困難であるため、取得データは熱赤外画像とし、三原山火口内部を撮影した。これにより、夜間でも立入規制区域外から溶岩流の位置等のデータ取得が可能であることを確認できた。



図 8 夜間飛行の実施状況

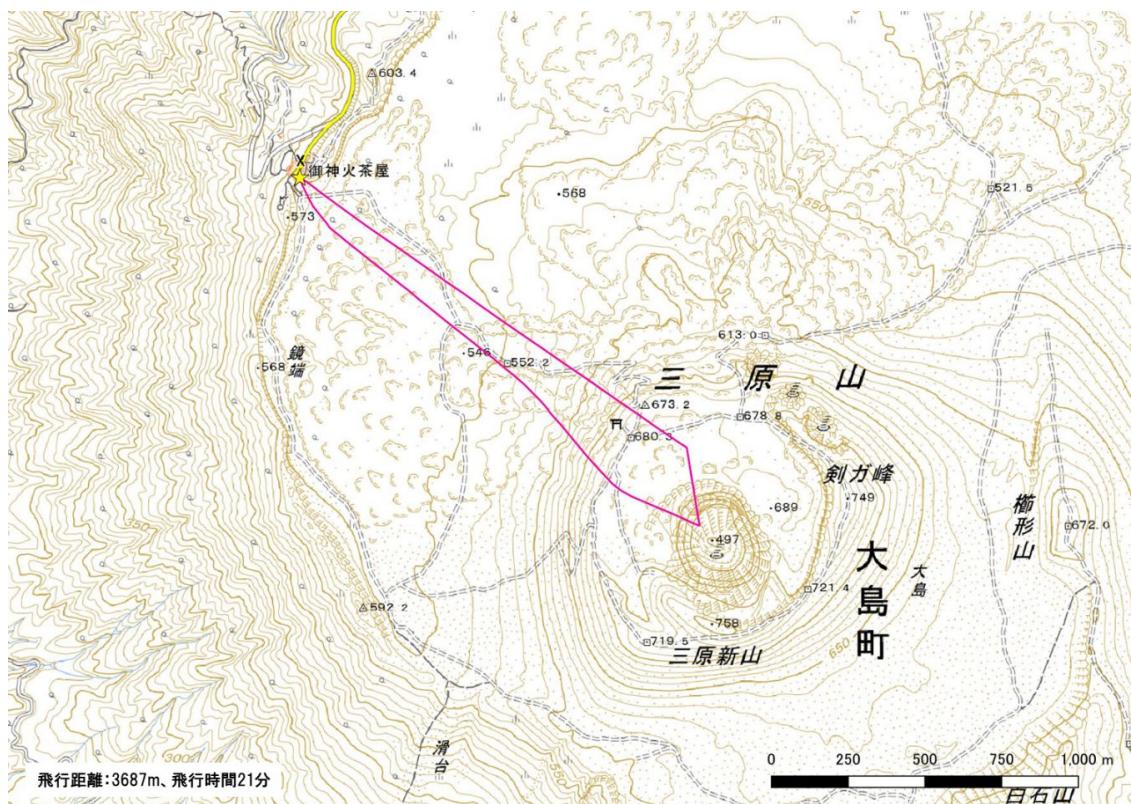


図 9 飛行ルート図（夜間飛行）

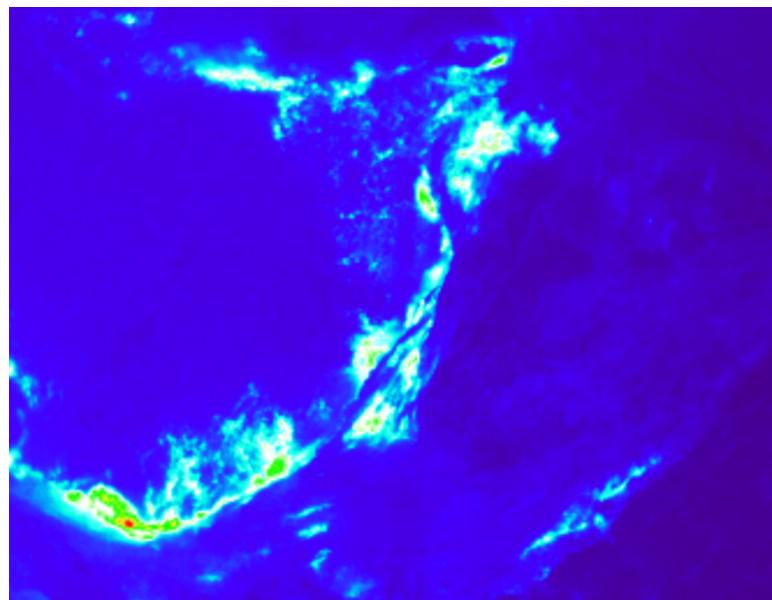


図 10 夜間飛行で取得した熱赤外画像（例）

b) 遠望撮影の実施

実際の噴火を想定し、Matrice210 を使用して立入規制区域外からの飛行による遠望撮影を実施した。離陸地点は噴火警戒レベル 3-①「カルデラ内および山頂火口から約 2km までの範囲への立入規制」の規制地点である御神火茶屋付近とし、i) 火口上空、ii) カルデラ内上空の 2 ルートについて飛行を行った。なお、取得画像は可視画像（動画）とした。飛行の結果、いずれのルートでも機体との接続が切れることなく、噴火発生時にも規制範囲外から撮影が可能であることが確認できた。

i) 御神火茶屋付近～三原山火口の飛行

御神火茶屋付近を離陸地点とし、三原山火口内を可視画像（動画および静止画）で斜め撮影した。昨年度は同様の区間について、事前に設定したルートを自動航行させて画像を取得したが、今年度はマニュアル操作での飛行を実現した。このことから、噴火時にも火口の状況をリアルタイムで確認しながら斜め撮影を行うことが可能であると考えられる。

ii) 御神火茶屋付近～カルデラ内上空の飛行

御神火茶屋付近を離陸地点とし、カルデラ内について可視画像（動画）で斜め撮影を行い、1986 年噴火の溶岩、B 火口列等の状況を上空から確認した。本ルートでの離陸地点からの総飛行距離は約 8km（直線距離 2.7km）であり、Matrice210 を使用した場合、4km を超える距離までの飛行が可能であることが確認できた。

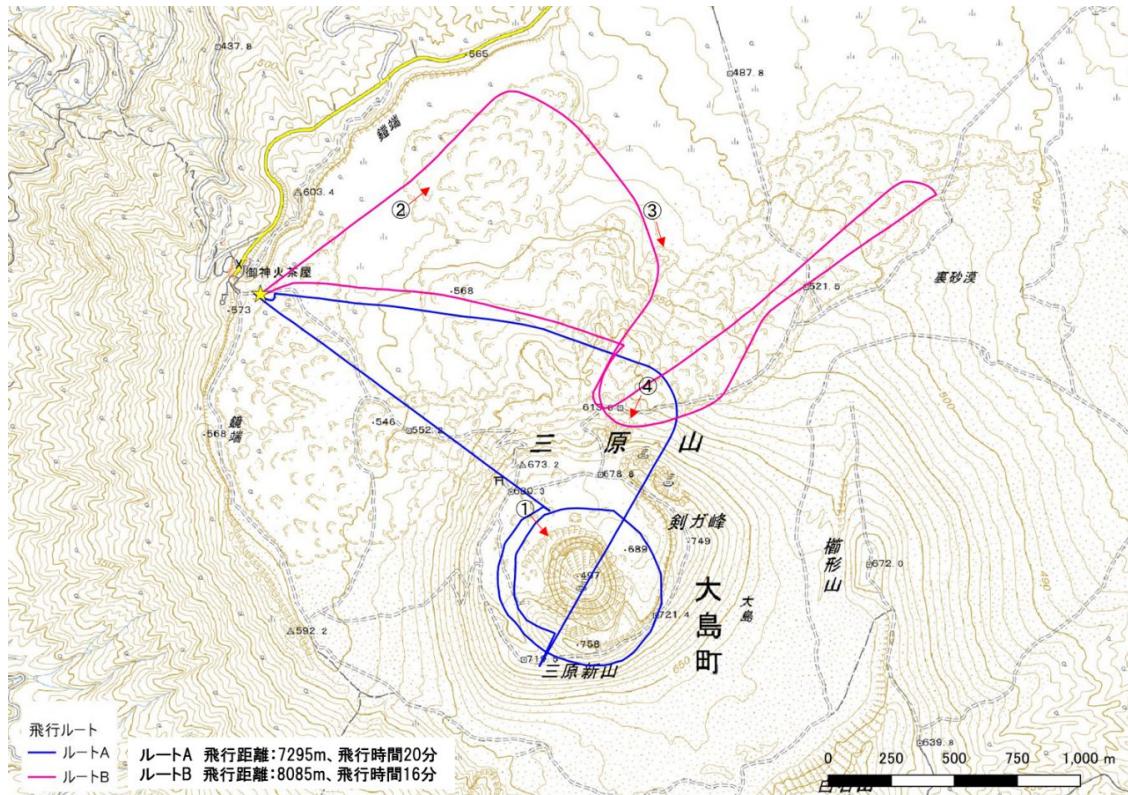


図 11 飛行ルート図（遠望撮影）

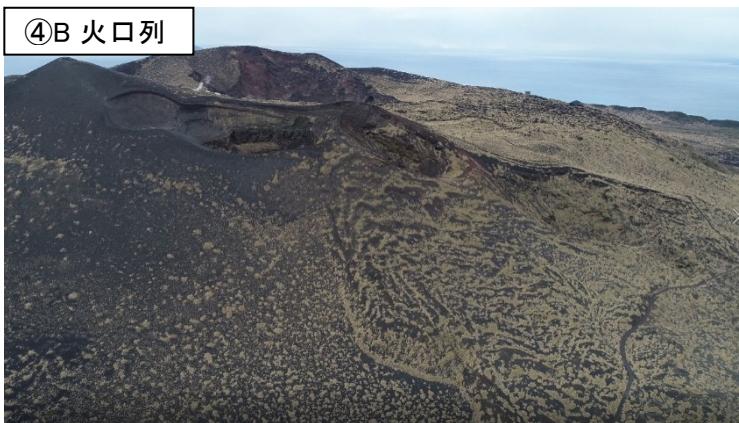
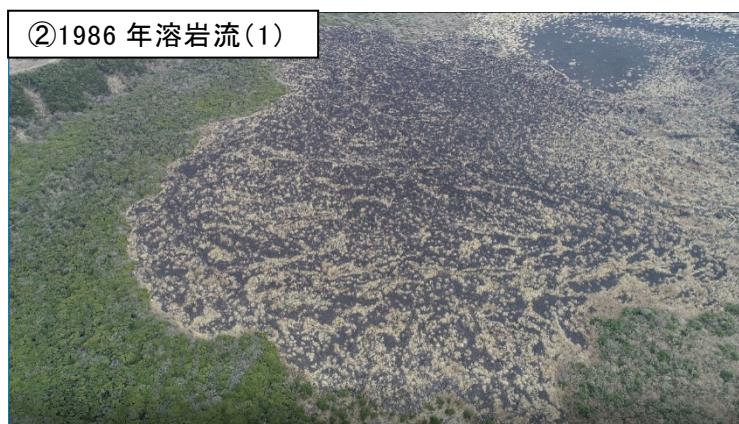
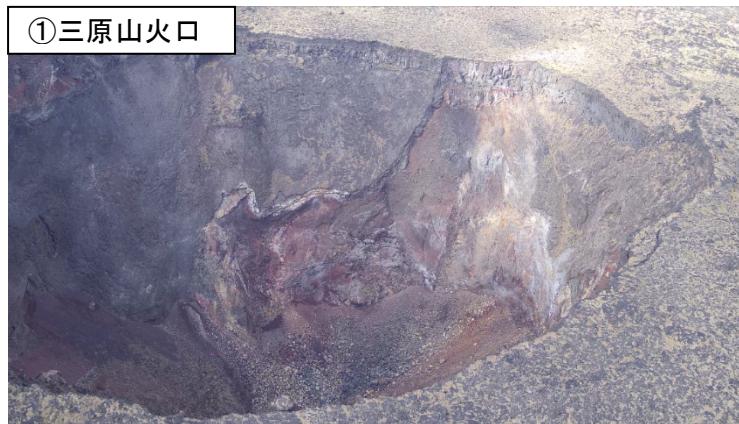


図 12 取得画像の例

c) 取得画像を用いた解析

可視画像および熱赤外画像と既存の DSM から斜め写真測量システム Landviewer PG を用いて、熱赤外画像上での簡易計測を実施した。熱赤外画像データのシステムへの搭載～単写真標定～計測を 30 分以内で実施することができた（図 13）。使用した DSM は UAV から撮影した画像を用いて作成しているため、航空機を用いたレーザ測量よりも分解能が高いことから、単写真標定の精度も向上している。

システム上では、斜め写真の高温領域などの任意地点を囲むと、平面図上へ表示される（図 14）。位置座標の取得および位置の GIS データの作成も可能である。

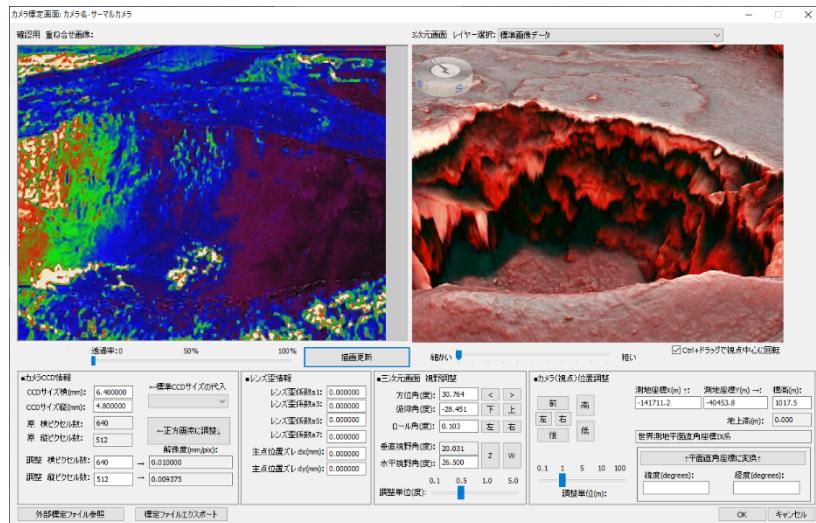


図 13 热赤外画像および UAV から取得した情報を利用した単写真標定

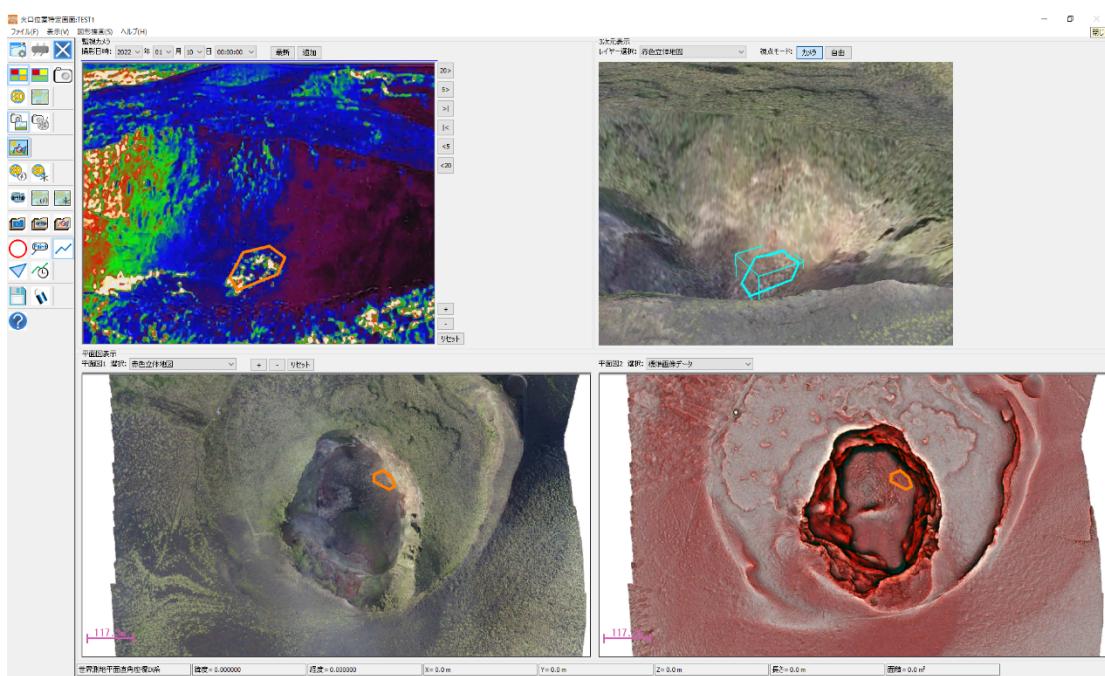


図 14 热赤外画像と既存の DEM を用いた簡易計測

4) SfM/MVS 計算時間の短縮

a) 検証データ

DJI Terra（地形モデル作成ソフトウェア）を新規導入した。DJI Terra を用いて 3D 地形モデル作成の時間短縮を検討した。2020 年度に Phantom4-RTK で撮影した三原山火口付近の計測データを使用し、3D 地形モデル作成までの処理時間を計測した。処理に使用した画像枚数は 405 枚、画像解像度は 5472x3648pixel である。

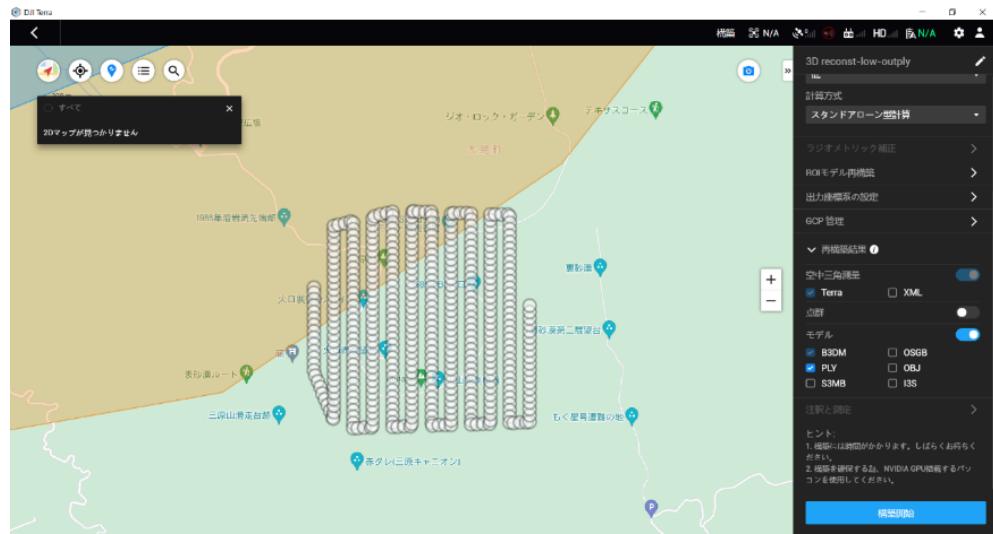


図 15 2020 年度の火口付近の計測データ (405 枚)

b) 処理時間の検証

DJI Terra では、3D 地形モデルの構築解像度を「低」「中」「高」の 3 段階でパラメータ設定が可能である。解像度による処理速度の比較を行った。「高」は入力画像の解像度、「中」は入力画像の解像度を縦横 1/2、「低」は入力画像の解像度を縦横 1/8 に縮小して処理される。なお、昨年度、市販ソフトウェア Metashape で作成した 3D モデルと比較した。

各設定解像度の比較結果として、処理時間は比例的に増えることが確認できた。最も高い解像度でも 1 時間程度での処理が可能であった。Metashape の 1/8 倍程度の時間で同程度解像度の 3D モデルを作成することを確認した。

表 5 3D 地形モデル作成までの処理時間

構築解像度 (パラメータ)	処理時間	処理時間/枚
低	約 5 分	約 0.74 秒
中	約 17 分	約 2.52 秒
高	約 60 分	約 8.89 秒
Metashape	約 8 時間	約 71.11 秒

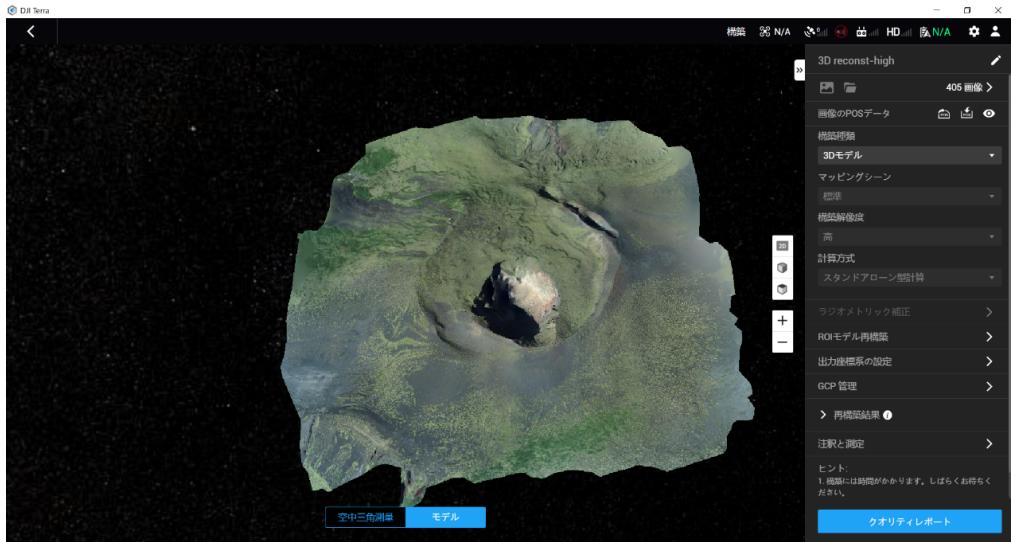


図 16 3D 作成モデル（構築解像度高）

c) リアルタイム 3D マッピングの実施

DJI Terra には、飛行中（撮影中）に地形モデルを作成するリアルタイムマッピング機能がついている。リアルタイムマッピングでは、画像解像度を下げ、UAV から DJI Terra が入った PC にデータを転送することで、処理速度を優先し、地形モデルを作成している。

離陸位置から約 600m 離れた溶岩流を撮影し、飛行中にデータが転送された箇所から地形モデルがリアルタイムで作成されることを確認した。画像解像度を 5472×3648 から 960×640 に下げ、地形モデルが作成されていた。135 枚の画像が飛行時間約 16 分の間に、地形モデルの作成まで完了していた。

リアルタイムマッピングでは、画像解像度は下がるが、飛行後に UAV からデータを抜き出し処理用 PC にデータを移す時間を短縮し、3D 地形モデルを作成できることが確認できた。

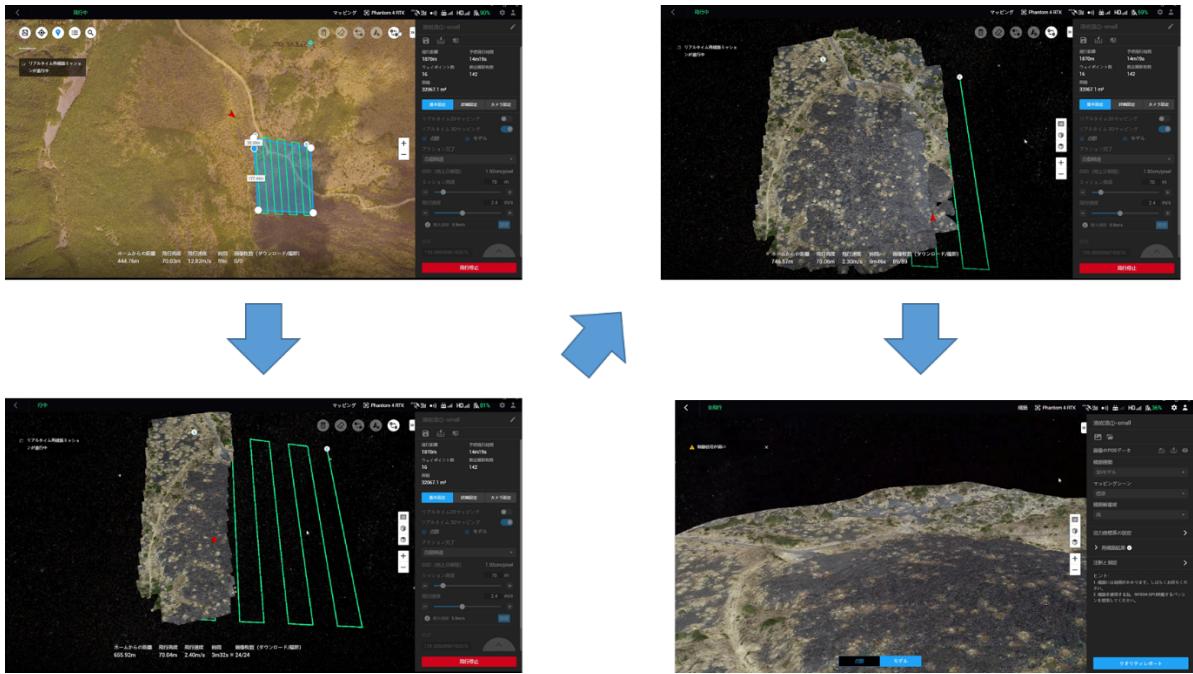


図 17 リアルタイム 3D マッピングの例

(c) 結論

伊豆大島において、RTK-GNSS 搭載 UAV を用いた撮影を行い、基準点 (GCP) を設置せずに三次元モデルを作成する方法を研究した。「RTK-GNSS 搭載 UAV」の Phantom4-RTK と「未搭載 UAV」の Matrice210(昨年度実施)で同一エリアの撮影を行い、比較検証を行った。GCP 補正した Matrice210 と Phantom4-RTK の DSM を比較すると、若干の差はあるものの全体的な傾向としては概ね一致した。RTK-GNSS 搭載 UAV を用いることで基準点 (GCP) を設置せずに三次元モデルを作成することが可能となる。

伊豆大島の噴火時には立入規制となるため、噴火時に離れた地点からの飛行・撮影が可能であるかの検証を行った。御神火茶屋付近から三原山火口付近までの約 2km の長距離飛行を行い、可視光と熱赤外の画像を取得した。取得した画像は斜め写真測量システムを用いることで、高温領域などの任意地点の位置情報を取得することが可能である。

高精度な三次元モデルを短時間で作成するために、UAV の飛行と同時に三次元処理する市販ソフトウェア DJI Terra を導入した。これまで使用してきた Metashape の 1/8 倍程度の時間で同程度解像度の 3D モデルを作成することを確認した。また、飛行中に地形モデルを作成するリアルタイムマッピングは分解能が下がるもの、迅速なデータ取得が要求される場合には有効な手段と考えられる。

今後の課題として、RTK-GNSS 搭載 UAV を用いて、安全を確保しつつ、3D モデルの精度を向上させる技術開発が必要である。また、5~7 年目の目標である数時間以内のデータ処理完了のためには、SfM/MVS 計算時間の短縮、データ共有の短縮が求められる。取得したデータの共有について、自治体等にヒアリングを行い具体的な連携方法の検討を進める必要がある。

(d) 引用文献

なし

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

別添「学会等発表実績」のとおり。

(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

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 令和4年度の業務計画案

(a) プロジェクトの総合推進

- 現地実証実験等を通して、同一課題内の連携を推進する。
- サブテーマ2との連携：ドローンを活用した地形変化抽出を行い、予測降灰量と照合することを目的として、数値地形モデルの迅速な作成についての実証実験を計画して実施する。
- サブテーマ3との連携：各種コンテンツのインプットデータとして利用するため、ドローンで取得した画像から地図と重ねられる「オルソ画像」および「三次元表示」を迅速に作成する手法に関する実証実験を計画して実施する。
- テーマA、B4、Cとの連携：UAVで得られたデータの受け渡し方法について連携して研究する。現地からの迅速なデータ転送手段として5G回線を利用し、通信速度向上の研究を行う。
- 火山研究人材育成コンソーシアム構築事業との連携・融合の一環として、現地で取得した画像から3D地形モデルを作成する技術の体験、民間企業における火山調査関連技術や火山防災業務の紹介等のプログラムを計画・準備した上で、開催案内と参加者募集を行う。
- 熊本県阿蘇市においてヒアリングを実施し、取得データに関する自治体等からのニーズを把握する。

(b) RTK-GNSS搭載UAVの導入による計測精度向上と高速化

- 2021年度は、伊豆大島において、実際の噴火を想定して、立入規制区域外からの飛行による高精度現状把握手法の開発を実施した。
- 2022年度は、阿蘇山において立入規制区域外からの飛行による高精度現状把握手法の開発を計画する。噴火によって、火口付近の立ち入りが不可能な場合はもちろん、

火口周辺の地形が大きく変化し、既往の GCP が失われたようなケースでも、位置やゆがみの補正をすることなく、迅速に差分計算し、噴出量などを求めることも想定して研究を進める。2021 年度に使用した RTK-GNSS 搭載 UAV は飛行時間が短い機体であったため、2022 年度は飛行時間が長い GNSS 搭載 UAV を導入し、飛行距離・飛行範囲をさらに拡大した研究を行う。

(c) 夜間飛行および遠望撮影による計測手法の開発

- 2021 年度は、伊豆大島において、実際の噴火を想定して、立入規制区域外からの夜間飛行による撮影および日中の遠望撮影を実施した。
- 2022 年度は、阿蘇山において、実際の噴火を想定して、立入規制区域外からの夜間飛行による撮影を実施し、夜間における高精度現状把握手法の開発を計画する。また、日中に火口内を斜め撮影し、取得画像から斜め写真測量技術を用いて解析する手法を開発する。

(d) SfM/MVS 計算時間の短縮

- 2021 年度は RTK-GNSS 搭載 UAV を用いてリアルタイムにデータ処理を行うソフトウェアを導入し、高精度の 3D 地形モデルをさらに短時間で作成する手法について研究した。
- 2022 年度も同様に RTK-GNSS 搭載 UAV による垂直写真を用いてリアルタイムにデータ処理を行うソフトウェアを導入し、高精度の 3D 地形モデルをさらに短時間で作成する手法について研究する。2021 年度は日中の可視画像のみを対象としたが、2022 年度は夜間の熱画像も用いた研究を行う。