

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）

研究領域「防災分野」

研究課題名「火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合的研究」

採択年度：平成25年度/研究期間：5年/相手国名：インドネシア

終了報告書

国際共同研究期間*1

平成26年 4月20日から平成31年 4月19日まで

JST側研究期間*2

平成25年 5月20日から平成31年 3月31日まで
(正式契約移行日 平成26年 4月 1日)

*1 R/Dに基づいた協力期間（JICAナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた該年度末

研究代表者： 井口正人
京都大学防災研究所・教授

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール(実績)

項目	H25年度 (1ヶ月)	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度 (11ヶ月)
1. 総合観測システムの開発（京大グループ）						
1-1火山噴火予測とリアルタイム評価のための観測システム開発	←	設計・設置		→	運用	→
1-2土砂災害予測のための観測システム開発	←	設計・設置		→	運用	→
1-3雨雲・火山灰雲検知のためのレーダー観測システム開発	←	設計・設置		→	運用	→
2. 噴出率予測とリアルタイム評価（東大グループ）						
2-1データベース構築に基づく火山活動推移モデルの構築			現地調査・データ収集・データベース構築			モデル化
2-2火山灰噴出率予測モデルの構築	←	モデル開発・設置		改良	警戒システム開発	→
3. 土砂移動現象予測（筑波大グループ）						
3-1土砂移動現象のモデル化と予測	←	シミュレーション・エンジンの開発		シミュレーション・エンジンの改良		→
3-2統合GIS複合土砂災害シミュレータの開発	←	設計・開発		立ちあげ	運用と改良	→
4. 火山灰の航空機への影響予測（京大グループ）						
4-1火山灰移動モデルの高度化と予測	←		設計・改良と高度化			→
4-2火山灰早期警戒システムの開発	←	設計		運用開始	運用と改良	→
5. 複合土砂災害対策意思決定支援システムへの統合（京大グループ）						
5-1サブシステム（コンポーネント1～4）の統合化	←	設計		運用開始	運用と改良	→
5-2複合土砂災害対策意思決定支援システムの利活用推進活動	←	コンソーシアム設立準備	運用検討	試験運用	運用改良	本格運用
				年次セミナー		

(2) 中間評価での指摘事項への対応

指摘事項：若手研究者の育成

対応：日本人の若手研究者については、ポスドクで雇用することにより、インドネシアに派遣した。滞在日数は最長 1 ケ月までしか確保できなかったが、渡航頻度を 2016 年度以降、大幅に増やした。また、渡航したポスドク研究員がセミナー等を主催して、相手国の研究者の育成に関わった。

指摘事項：シミュレーション能力の向上

対応：これまでに発生したメラピ火山の火砕流やシナブン火山の火砕流を対象としてシミュレーションを行わせることにより、相手国研究者もシミュレータの操作に習熟してきた。シミュレーションをした結果は、国際誌に投稿できるレベルに達した。投稿論文は 2 編あり、1 編は国際誌に発表済みで、もう 1 編は現在査読中である。

指摘事項：多様な噴火シナリオへの対応

対応：過去の噴火履歴から、複数の噴火シナリオを抽出し、それを噴火事象系統樹として整理したのが、本プロジェクトの成果の 1 つである。一方で、過去の噴火履歴は比較的大規模な噴火に限定される。2018 年 5 月にはメラピ火山において水蒸気噴火が頻発したが、同火山における過去の代表的な噴火様式は、溶岩ドームの形成と崩壊による火砕流、および爆発的なプリニー式噴火であり、行政機関・住民が小規模な水蒸気噴火になれておらず混乱が生じた。これを踏まえて、水蒸気噴火のシナリオも確立させ、また、モニタリングにおいて水蒸気噴火の前兆現象を把握するための机上計画が立案された。

指摘事項：今後の体制づくり

対応：複合土砂災害対策意思決定支援システム（SSDM）についてはすでに、日本の民間のコンサルタント会社からハザードマップの作成等に利用したいという申し出があり、活用され始めている。インドネシアにおいて本プロジェクトの成果を根付かせるために、火山地質災害軽減センター（PVMBG）から JICA の技術協力プロジェクトに申請したいとの要望があり、日本のコンサルタント会社を中心となって準備を進め、要望書が JICA に提出された。技術協力プロジェクトの骨子は、火山災害軽減の最も基盤となるのは各観測所において得られる火山観測データであり、火山観測データから火砕流、降灰等の影響範囲と規模を観測所に勤務するオブザーバーが災害予測の技術を身に付けることにある。本プロジェクトでは組織としての PVMBG は SSDM の出力を参照できることを目標としたが、技術協力プロジェクトではそれを現場の実務者まで拡張することを目指す。

指摘事項：自治体レベルにおける SSDM の活用

対応：SSDM を県レベルの自治体が活用できるまでに進めるためにコンソーシアム・メラピを立ち上げ、セミナーを頻繁に開催した。SSDM は、モニタリングデータをもとに火山災害予測を行うものであるが、現行のシステムがかなり大きい規模の噴火（火山爆発強度指標 2 以上）を想定して設計されており、水蒸気噴火のような小規模噴火については検知能力外である。これを解決するためには桜島並みの観測坑道を用いた高感度観測が必要となるが、その予算規模は SATREPS の範疇を超える。

指摘事項：国家防災庁（BNPB）との連携

2017 年 9 月下旬から始まったバリ島のアグン火山の火山活動が高まり、警報は最高レベルの 4 まで引き上げられ、多くの住民が避難した。アグン火山は本プロジェクトの研究対象火山ではないが、BNPB 付きの JICA 専門家を通じて、火山活動の評価や防災対策の助言を行った。また、12 月にメダンで開催されたセミナーでもシナブン火山の火山活動と対策について、北スマトラ州政府を含めた意見交換を行うとともに、3 月には BNPB 本庁において SATREPS の成果の実装に関しての議論を行った。2018 年 10 月に開催される BNPB がメダンにおいて主催する月間防災イベントに出席し、本プロジェクトの成果を発表した。

(3) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)
なし

2. プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト（公開）

(1) プロジェクト全体

火山噴火はいったん発生すれば、その噴出物である火砕流、火山灰の堆積、溶岩流などによって堆積域を壊滅的に破壊し、多くの犠牲者を出すだけでなく、大気中を浮遊する火山灰は国境を越えて拡散し、多額の経済的損失をもたらす。127 の活火山があるインドネシアは、国土が火山噴出物とその侵食による土砂で覆われており、火山噴火による火砕流や土石流、斜面崩壊などが同時に起こる複合的な土砂災害の危険性が特に高い。本プロジェクトでは、火山観測データから見積もられる火山灰等の噴出速度と気象や河川流域観測データに基づいて、複雑な土砂の移動を統合的にシミュレーションする技術を開発する。また、航空機の安全運航のために大気中の火山灰密度を評価・予測する。これらの技術を統合した災害対策のための支援システムを構築し、既存の警戒避難システムや土砂災害対策システムへ地理情報システムを介して複合土砂災害対策意思決定支援システム（SSDM）を開発する。プロジェクトの目標は、総合観測システム、火山噴火早期警戒システム、統合 GIS 複合土砂災害シミュレータ、航空機の運航の安全確保を目的とする浮遊火山灰警戒システムから構成される SSDM が、統合して動作し、業務官庁等に対して情報提供できる状態にあることである。

本研究プロジェクトは 5 つのグループにより実施される。グループ 1 が総合観測システム、グループ 2 が火山噴火早期警戒システム、グループ 3 が統合 GIS 複合土砂災害シミュレータ、グループ 4 が浮遊火山灰警戒システムの構築を担当し、プロジェクト全体を取り扱うものとして、SSDM への統合化をグループ 5-1 が、その利活用をグループ 5-2 が促進する活動を行う。グループ 1 は京都大学を中心とする研究者で構成され、グループ 2、3、4 はそれぞれ、東京大学、筑波大学、神戸大学を中心とするメンバーが研究を遂行した。グループ 5 は筑波大学と京都大学が中心となった。インドネシア側は、代表機関の PVMBG がグループ 1 および 2 を、ガジャマダ大学（UGM）と公共事業省砂防研究所（Balai Sabo）がグループ 3、気象気候地球物理庁（BMKG）がグループ 4、UGM がグループ 5 を担当した。

本プロジェクトにおける大まかなデータと情報の流れを図 1-1 に示す。地質調査等に基づいて過去の噴火活動を明らかにし、噴火活動を噴火事象系統樹として整理する。噴火事象系統樹は本プロジェクトにおいて対象火山とするグントール、ガルングン、メラピ、ケルト、スメル、シナブンの 6 火山において作成を完了している。噴火事象系統樹として整理されたもののうちから想定される噴火シナリオを火山性地震や地盤変動等の火山観測データに基づき、選択する。火山観測網の設置は、先の 6 火山において完了している。ここで最も重要なことは噴火発生前においては、噴出物量を予測することであり、噴火中は噴出率をリアルタイムで評価することである。GNSS 等の地盤変動観測機器により火山体の膨張を捉えた場合、圧力源の体積変化量から噴出物量を予測することが可能であるが、本プロジェクトではそれに加え、噴火に先行する火山性地震のエネルギーから噴出物量を予測する経験式を提案した。また、噴出率のリアルタイム評価においては、桜島において火山性微動の振幅と地盤変動量の線形結合から噴出率を求める評価式を考案し、インドネシアの火山に実装した。噴出物量の予測値に基づいて、シミュレーションを行うことにより、火砕流等の噴出物の流下範囲を予測することができる。また、モニタリングによる火山観測データを用いて噴出物量を評価しているので、時々刻々と変わる火山活動状況に対応することができる。また、ラハール予測シミュレータも実装しており、堆積した噴出物量と、レーダー等による雨量観測データを加えることによってラハールの流下範囲と流動深を予測できる。さらに、大気中の火山灰の拡散予測については、モニタリングデータに基づき、火山灰噴出率をリアルタイムで評価し、気象庁等の発表するグローバルな風ベクトルを取り込むことにより、火山灰の拡散を予測できる体制を構築した。本プロジェクトで設置したレーダーはインドネシアで初めて火山灰雲をシナブン火山及びメラピ火山噴火による火山灰雲を捕捉することに成功しており、レーダーの反射強度データを用いて火山灰量とすることにより、火山灰拡散シミュレーションの初期値とすることも可能である。

以上のように、政府の警報発表・情報提供機関が本プロジェクトの最終成果物である SSDM の出力を参照できるシステムは構築された。

なお、シミュレーションは逐次実施するのではなく、様々な場合について事前にシミュレーションしておき、結果をプレアナリシスデータベースとして蓄積する。シミュレーションの想定事例を増やすことにより、プレアナリシスデータベースの充実を図っている。

本プロジェクトにおいては、インドネシア側の人材育成を進めるために、セミナーやワークショップを頻繁に開催して技術移転に努めた。我が国への招聘としては、長期研修生1名を京都大学の博士課程に入学させて大学院教育を行った。これまでに、国費留学生を含めて、2名のインドネシアからの留学生が京都大学及び神戸大学において博士学位を取得し、1名の SATREPS 枠の国費留学生が博士課程に在学中である。2014 年度から 2018 年度までに 18 名の短期研修生に対して SSDM の基礎的な利活用技術やレーダーデータの解析技術を習得させた。

さらに、日本人の若手については、インドネシアの火山において、シミュレーションシステムの実装やフィールド調査を行わせるなどの訓練を行った。また、セミナー等を開催して、相手国の研究者の育成に関わった。

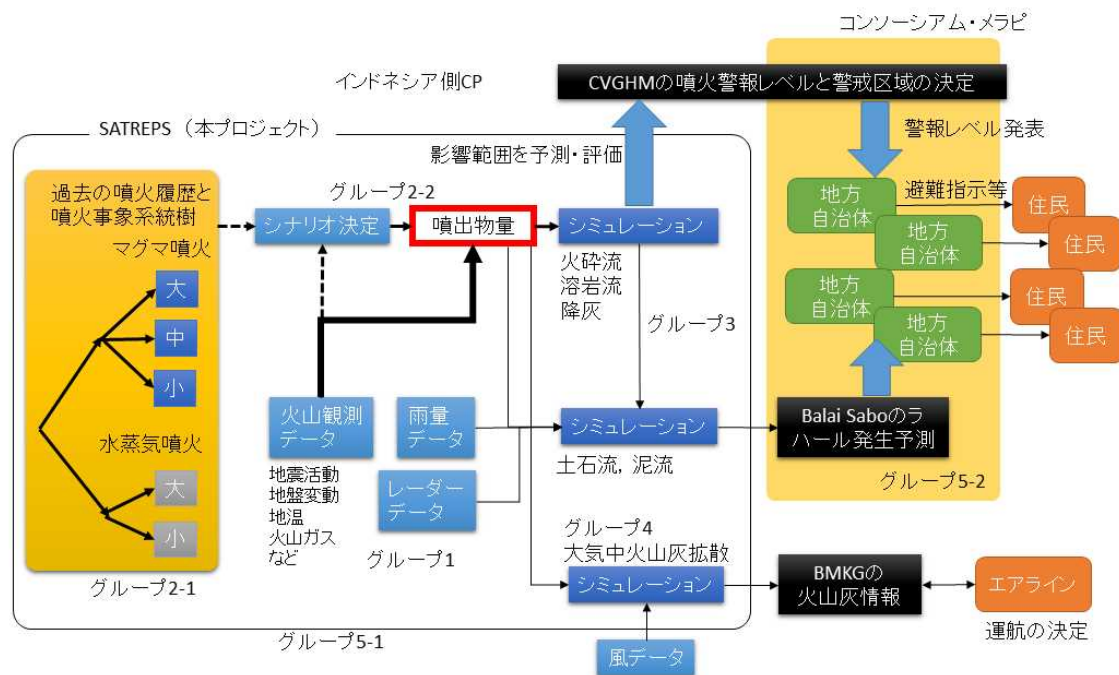


図 1-1 本プロジェクトにおけるデータの流れ

(2) 研究題目 1 総合観測システムの開発

①研究のねらい

研究グループ 1-1 火山噴火予測とリアルタイム評価のための観測システムの開発

研究グループ 1-2 土砂災害予測のための観測システム開発

研究グループ 1-3 雨雲・火山灰雲検知のためのレーダー観測システムの開発

グループ 1 はグループ 2、3、4 がそれぞれ構築する火山噴火早期警戒システム、統合 GIS 複合土砂災害シミュレーション、浮遊火山灰警戒システムの開発と運用に必要な火山活動、水文、レーダーデータを提供するための総合的観測システムを構築する。

グループ 1-1

火山噴出物の放出率を予測できる、あるいはリアルタイムに評価できる地震・地盤変動観測網を構築する。観測データは火山噴火早期警戒システムおよび SSDM へ転送され、避難等の防災対策に活用される。

グループ 1-2

土砂移動シミュレーションに必要なパラメータを決定するため、出水量や土砂移動量を観測する。データは統合 GIS 複合土砂災害シミュレータおよび SSDM へ転送され、避難等の防災対策に活用される。

グループ 1-3

インドネシアの局所的集中豪雨に対応するため、時空間的に高解像度を有する降雨データが取得できる X バンド MP レーダーを火山の麓に設置し、降雨観測をする。また火山灰の検知に活用し、グループ 2-2 において噴出物量の放出率評価に用いるとともに、火山灰拡散シミュレータの入力データとして用いることで、火山灰の拡散範囲をリアルタイムで把握できる技術開発を行う。レーダーデータは、統合 GIS 複合土砂シミュレータ、浮遊火山灰警戒システム、SSDM へ転送され、避難等の防災対策に活用される。

②研究実施方法

スメル、ケルト、メラピ、ガルングン、グントールの 5 火山に地震計、GNSS、傾斜計からなる観測点を設置し、火山活動の評価、噴火発生の予測および噴出物の放出率のリアルタイムの把握が可能となる観測網を構築する。また、2017 年度に対象火山となったシナブンにおいて、地震、GNSS、傾斜観測を実施する。統合 GIS 複合土砂災害シミュレータに含まれるパラメータを決定するのに必要な出水量や土砂移動量を把握するため、雨量計、水位計、流砂量計（ハイドロフォン）、土石流監視カメラなどからなる観測点をメラピ火山の南～南西側河川域およびケルトおよびスメル火山から発生する土砂が流入するブランタス川に設置する。X バンド MP レーダーをメラピおよびケルト火山に設置し、雨雲と火山灰雲の検知のための基礎技術開発を行い、噴火が継続しているシナブン火山にケルト火山に設置していたレーダーを移設設置して、噴煙を観測する。

グループ 1-1

無線 LAN 網を対象 5 火山に構築して、GNSS を設置する。また、地上設置型傾斜計をメラピ、ガルングン、グントール火山に設置し、短周期地震計をガルングン、メラピおよびスメル火山に設置する。メラピ火山については火山観測技術開発センター（BPPTKG）にてデータを集約し、その他の火山については各火山観測所にてデータを集約する。各データ集約拠点にて GNSS データの自動基線解析システム、地震自動解析システムにて、地震データをリアルタイム処理する。このシステムで、火山灰放出に伴う振動を検知し、噴出物の放出率をリアルタイムで計算する。傾斜計データは地盤変動自動解析システムにて、力源の体積変化量を算出して、力源の体積変化率から噴出物の放出率の見積をする。そして、解

析結果を BPPTKG および PVMBG に設置した SSDM に伝送する。

グループ 1-2

統合 GIS 複合土砂災害シミュレータに含まれるパラメータを決定するのに必要な出水量や土砂移動量を把握するための観測を行う。雨量計、水位計、流砂量計（ハイドロフォン）、土石流監視カメラなどからなる観測ステーションをメラピ火山の Woro 川、Gendol（Opak）川、Kuning 川、Boyong 川、Code 川、Putih 川、Pabaran 川に設置する。また、同様の観測ステーションをケルトおよびスメル火山から土砂が流出する Brantas 川に設置する。これらのデータは統合 GIS 複合土砂災害シミュレータおよび SSDM へ転送され、避難等の防災対策に活用される。また、観測されたデータを解析し、観測機器の設置方法、設置場所、データの転送方法の妥当性を検証する。さらに、観測装置運用とデータ解析についてカウンターパートへ技術的指導を行う。

グループ 1-3

インドネシアの局所的集中豪雨に対応するため、時空間的に高解像度を有する降雨データが取得できる X バンド MP レーダーをメラピ火山南山麓の火山博物館とケルト火山北東部のダム施設に設置し、河川流域の降雨を観測する。また、2017 年にケルト火山北東山麓のレーダーをシナブン火山山麓に移設して、頻発している噴火による火山灰雲の検知を行う。X バンド MP レーダーのシステム運用とデータ解析について技術的指導を行うとともに、システムのメンテナンスを行う。レーダー画像は、プロジェクトを遂行する機関からの閲覧を可能とする。なお、頻繁に噴火が発生する桜島に設置した X バンド MP レーダーを基礎技術開発に利用し、インドネシアに設置したレーダーによる検知技術に反映させる。

③当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

グループ 1-1

2015 年 1 月にグントール火山、同 3 月にケルトとメラピ火山、同 4 月にガルンゲン火山、同 9 月にスメル火山において無線 LAN 網と GNSS と地震計と傾斜計の設置が完了した。その結果、観測点から各火山観測所までデータが伝送され、観測所にて集約されるようになった（図 2-1）。これにより、火山灰放出にともなう振動検知における飽和の問題が解決され、規模の比較的大きな噴火においても噴出物放出率推定が可能なデータ取得が開始さ

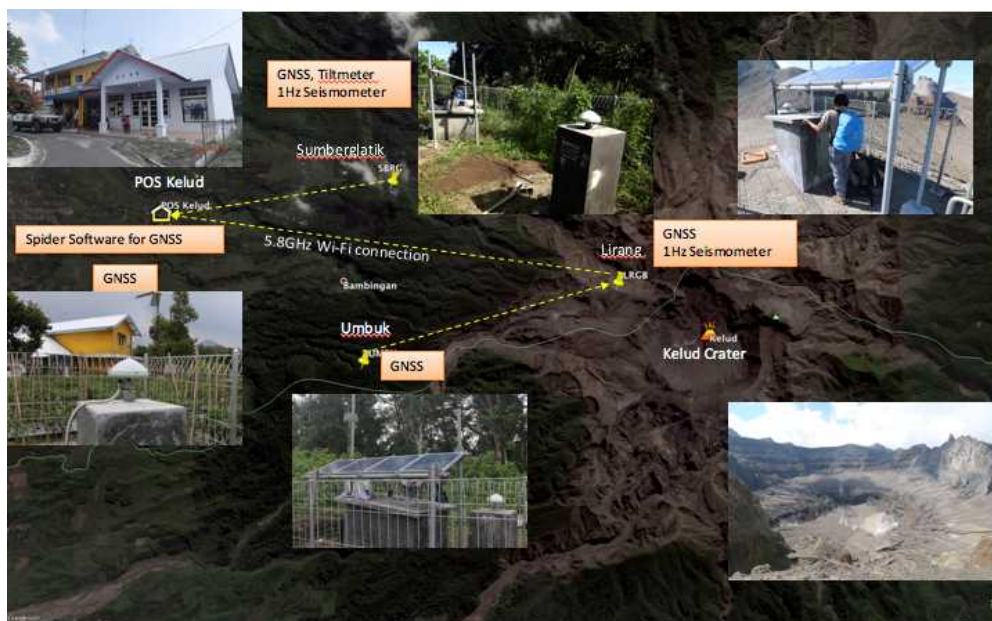


図 2-1 ケルト火山に新設した火山観測網（背景写真データ：Google Earth）。

れた。なお、ケルト火山は後述の通り 2014 年 2 月の噴火により既存観測点が破壊されたので、恒久的に観測点として使える建物を本プロジェクトにて新たに構築した（図 2-1）。GNSS データ解析については観測点設置時から行っており、グントール火山とガルングン火山についてはグントール火山観測所に設置の PC にて自動解析をおこない、メラピ火山については BPPTKG にて、ケルト火山とスメル火山については各火山観測所に設置した PC にて GNSS データの自動解析を行っている。

2015 年に桜島火山において運用されている地盤変動・地震解析自動システムを基にして、Windows PC にて稼働するシステムを開発し、2015 年と 2016 年に各火山観測所に設置した PC に導入した。このシステムにて短周期地震計と傾斜計データの自動解析を行い、地震振幅および地盤変動変化から火山灰放出率をリアルタイムに算出している。これにより、対象全 5 火山について地盤変動・地震自動解析システムにて噴出物放出量のリアルタイム推定が実施されている。2016 年には地震エネルギー変化から噴火発生時刻を逐次算出する噴火切迫度評価装置を開発して、対象火山への導入をおこなった。また、対象火山ではないが、2016 年に 5 年ぶりに噴火が発生した東ジャワのブロモ火山においてリアルタイム処理装置の導入をおこなった。さらに、噴火が継続しているシナブン火山においては降灰等により既設の GNSS が障害を受けたので代替え機を設置した。

スメル火山山頂の観測点は落雷により観測不能となっていたが、2017 年 11 月に復旧作業と新たにボアホール傾斜計と広帯域地震計を設置した。OS に依存しない地震データ伝送収録システムを Java にて開発し、2017 年 12 月に BPPTKG に導入した。これにより、より安定して地震データの収録と伝送が行えるようになった。また、2018 年 3 月にシナブン火山に傾斜計を導入してデータ収録を開始した。

2018 年には、地盤変動・地震解析自動システムによる解析結果を後述の SSDM に自動転送する仕組みが完成した。

グループ 1-2

メラピ火山を源流とする 9 河川における上流、中流、下流域のうち、Kuning 川に雨量計、水位計、流砂量計、IP カメラの設置作業を 2014 年度に実施した。2015 年度に 7 河川 (Woro、Gendol (Opak)、Kuning、Boyong、Code、Putih、Pabern) のうち 3 河川において上流、中流、下流域に雨量計、水位計、流砂量計（濁度計・ハイドロフォン）、IP カメラ（土石流監視カメラ）から構成される観測点を設置した。また、カウンターパートがこれまでに設置した観測機器を活用して、グループ 3-1 のシミュレータに必要なパラメータを決定するのに必要な出水量や土砂移動量を把握し、そして土砂災害警戒情報に活用することを目的として、

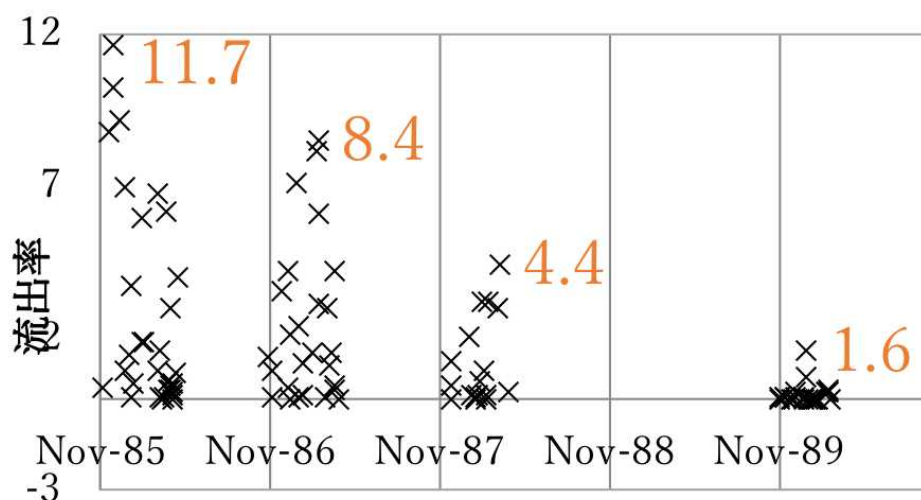


図 2-2 1984 年メラピ火山噴火後の Putih 川における流出率の経年変化。

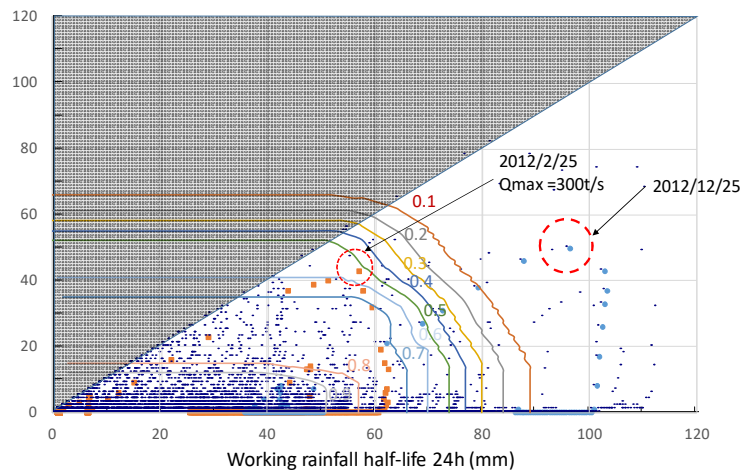


図 2-3 Putih 川の等 RBFN 曲線。

Putih 川の Balai Sabo の水文観測データを利用してメラピ火山の 1984 年噴火後の降雨-流出特性の解析を 2015 年度に実施した。Putih 川上流の雨量計とそれより下流の水位計の 1985 年～1989 年の雨季 (11 月～4 月) のデータ解析から出水規模、流出率を明らかにした。出水規模、流出率ともに経年変化が顕著で、出水規模は噴火直後の 1985 年は 733 万立方メートルだったのが、1987 年には 390 万立方メートルに減少し、噴火から 5 年経過後の 1989 年には出水が観測されなかった。流出率は 1985 年から一定比率で減少し、1989 年は 1985 年の 9 分の 1 であることが分かった (図 2-2)。

グループ 5-1 のスネークラインを用いた豪雨による土砂災害危険度情報を作成するために必要な土砂災害発生危険基準線 (以下 CL, Critical Line) を設定することを目的に、Balai Sabo が運用する、Putih 川流域上流 Gunung Maron 観測点の 2010 年以降の降雨観測データを用いた RBFN (Radial Basis Function Network) 解析を 2016 年度に実施した。算出された等 RBFN 曲線と、2012 年 2 月 25 日および 12 月 25 日に発生した土石流のスネークラインを比較した結果、2 つの土石流の発生イベントを 100% 捕捉しつつ、非発生降雨超過率 (空振り率) が最小となる、RBFN 値=0.6 の曲線が土石流の CL として適当であることが分かった (図 2-3)。

シナブン火山における土石流モニタリングのためにタイムラプスカメラを、2017 年 8 月に Borus 川沿いの 4 地点 (上流側から Sukanalu, Lau Borus, Gamber, Gurukinayan) に設置した。火砕流の流下範囲にあたる Lau Borus, Gamber の 2 地点は、立ち入りが制限されるため、間欠的にしかデータが取得出来ていないが、Sukanalu, Gurukinayan の 2 地点では連続的にデータが取得出来ている。Sukanalu, Gurukinayan とともに、2018 年 2 月 19 日の噴火後に比較的大きな規模の土石流が頻発し、河床が上昇した。特に天然ダムの上流側に位置する Sukanalu では、2018 年 3 月 1 日の土石流の発生後に天然ダムの背水の影響で土砂が著しく堆積し、翌 3 月 2 日にはこの地点のカメラが水没した。このため、カメラの設置位置を変更した。2017 年夏からの 1 年間で、24 回の土石流が観測された。

2017 年 8 月から 2018 年 10 月の 15 ヶ月で、29 回の土石流が観測された。規模の大きな土石流が発生した 4 月 22 日、5 月 6 日について、X バンド MP レーダーで計測したデータを解析したところ、シナブン火山の南斜面で 50mm/hr を越える強度の降雨が 1 時間以上継続していたことがわかった。

グループ 1-3

2014 年秋にメラピ火山の南山麓とケルト火山の北東山麓における X バンド MP レーダーの設置が完了した (図 2-4)。そして、メラピ火山の南山麓とケルト火山の北東山麓における X バンド MP レーダーによる観測を 2015 年 6 月より開始した。

メラピ火山の南山麓とケルット火山の北東山麓で稼働している X バンド MP レーダーのデータを SSDM にリアルタイム転送し、測定される降雨状況を地上雨量計と比較し（図 2-6）、減衰がない位置では適切な雨量の計測ができていることを確認した。

X バンド MP レーダーを 2017 年 9 月にケルット火山からシナブン火山に移設した（図 2-4）。そして、2018 年 2 月 19 日の噴火では火口上 9km 付近まで上昇する噴煙を検知することに成功した（図 2-5）。これは、インドネシアにおいて X バンド MP レーダーによって初めて検知された噴煙となった。このデータは火山灰の噴煙のみならず、斜面を下る火砕流の様子も克明に記録している貴重なデータとなった。



図 2-4 X バンド MP レーダー設置状況。メラピ火山南麓（左上）、ケルット火山北東麓（右上）、シナブン火山観測所の屋上（下）。

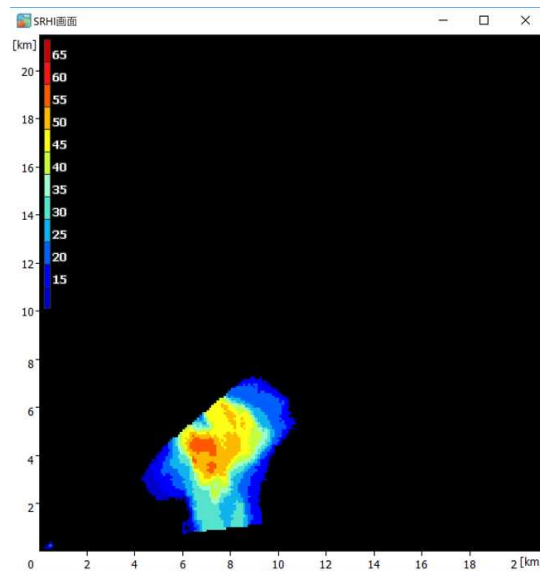


図2-5 レーダーが捉えた2018年2月のシナブン火山噴火により放出された噴煙。

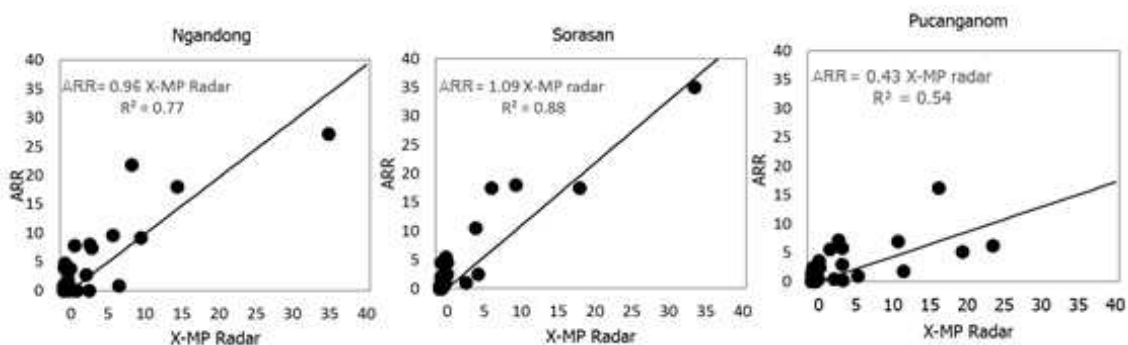


図 2-6 X-MP レーダーによる降雨強度と地上雨量計の降雨強度の比較。右端は減衰が強い事例を表している。減衰がない場所では適切な雨量の計測ができています。

④研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

グループ 1-1

2015 年までに設置した機器については、カウンターパートの火山地質災害軽減センターへ技術移転は完了しており、注意点のみを指導した。そして、カウンターパートは機器の取り扱いについて熟練してきており、日本側から細かな指示をしなくても、彼らが主体的に観測機器の調整やメンテナンスが行えるようになった。また、2014 年 12 月から 2015 年 1 月に火山地質災害軽減センターの研究者を短期研修員として京都大学に招へいし、地震計の取り扱い、スペクトル解析、解析に基づく噴火規模の推定について研修を行った。さらに、火山地質災害軽減センターの BPPTKG の研究者 1 名が京都大学の博士後期課程の院生として 2015 年 4 月に入学し、GNSS データの処理や地盤変動解析手法を習得した上で、メラピ火山において 2006 年と 2010 年噴火に先行する地盤変動量から噴出物量を予測する研究を行い、研究成果が 2018 年 5 月に国際誌に公表された。そして 2018 年 9 月に博士学位を取得した。また、2016 年 11 月から同年 12 月に BPPTKG の研究者 1 名を短期研修員として京都大学に招へいし、地震データに基づいて火山噴火を早期警戒して噴出物量予測をする手法についての研修をおこなった。

グループ 1-2

設置した観測機器については、カウンターパートである UGM への技術移転は完了しており、カウンターパートは、主体的に観測機器のメンテナンスを行えている。2015 年度に、カウンターパート 2 名をそれぞれ京都大学と筑波大学に招へいして 40 日間のトレーニングを実施した。2016 年度に観測された水文データから、スネークラインを用いた豪雨による土砂災害危険度情報を作成するために必要な土石流発生基準雨量線を設定する手法について、現地でワークショップを開催し指導した。2017 年度に、UGM と Balai Sabo の研究者各 1 名が、RBFN 解析により観測データから土石流の発生基準雨量線 (CL 線) を設定する手法を習得し、SDIS (Sediment Disaster Information System) で使用する CL 線を策定した。

グループ 1-3

2014 年度に共同研究者が客員教員として日本に長期滞在して X バンドレーダーの使い方およびデータの扱いに習熟した後に帰国し、本プロジェクトにて実施した X バンドレーダー設置に立ち会った。その後、現地の研究者や技術者の指導を行い、レーダーの維持ならびにデータ処理などに貢献してきた。メラピレーダーとケルトレーダーの管理をガジャマダ大学、マラン工科大学とともに実施してきた。2015 年 4 月に、インドネシアからの留学生が神戸大学の博士後期課程へ入学し、レーダーデータ解析手法を習得し、2018 年 3 月には博士学位を取得した。X バンド偏波レーダーについては、データ自体の取り扱いの難しさ、電源などの問題がある。データの取扱いについては学位を取得したインドネシアからの留学生が本プロジェクトの特定研究員となり、また 2017 年 10 月から博士課程に入学した学生を中心に技術移転を進めている。グループ 4 で開発した解析ソフトウェア ANT3D を使ってその他のインドネシア技術者も解析を行うことができるようにマニュアルの作成を急いでいる。また、グループ 1-3 の成果は、神戸大学、ガジャマダ大学、マラン工科大学、京都大学の共著で国際共著論文として公表した。

⑤研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

2014 年 2 月 13 日にケルト火山において発生したプリニー式噴火により、PVMBG が同火山に設置している 6 観測点のうち、5 観測点が破壊された。噴火に先行する火山性地震と地盤変動は捉えられたが、噴火に伴う記録を得ることができなかった。噴火発生後に、地震計 2 点と傾斜計 1 点を緊急的に投入し、観測を復旧させた。

2014 年 1 月以降、北スマトラのシナブン火山の噴火活動が活発化した。2013 年 9 月に実施した詳細計画策定調査実施時期においては、シナブン火山は水蒸気噴火を始めていたが、この段階では、マグマ性噴火に移行していなかったため、本プロジェクトの対象火山としなかった。2014 年 1 月以降の噴火活動の活発化に対応し、2008 年から 2012 年までに実施した先行 SATREPS で導入した GNSS によって得られたデータを活用し、地盤変動のモニタリングをつづけた。2016 年の中間評価後に、シナブン火山を正式に本プロジェクトの対象火山とすることに決定したので、グループ 1-1 は対象とする地震及び傾斜計の記録のデジタル化を行った。グループ 1-2 はシナブン火山の東から南東を経由して西へ流下する Borus 川沿いに、4 点の土石流モニタリング用タイムラプスカメラを設置した。さらに、グループ 1-3 は X バンド MP レーダーをケルト火山からシナブン火山に移設した。

プロジェクトで対象とする 5 火山に入っていないが、2015 年 12 月からジャワ島東部のプロモ火山が噴火し、火山灰の放出により、バリ島を離発着する航空機の欠航がしばしば起こった。グループ 1-1 では、観測装置ならびにリアルタイム処理装置を設置し、火山灰放出に伴う火山性微動の観測を行い、微動振幅と火山灰放出率の関係を検討した。グループ 1-2 において実施したメラピ火山の 1984 年噴火後の降雨一流出特性において新たに分かった課題として、地上雨量計データによる降雨量のピークよりも先行して流出率がピークとなる事例が複数あり、降雨と流出の因果関係からは説明が困難である。そのため、地上雨量計を用いた観測の限界が原因として挙げられ、グループ 1-3 の X バンドレーダーによる雨量観測データと合わせた検証をしていくことが今後の課題であることが分かった。グループ 1-3 においては、2015 年に X バンドレーダーのデータ収録パソコンに不具合が見つ

かり、修復に当たったが年度内に修復完了が出来ず、2016 年に修復を完了させた。グループ 1-2 では、2015 年度の地上雨量計のデータのみを用いて土石流の発生を捕捉することの限界が示されたことを受けて、2016 年度にスネークラインを用いた豪雨による土砂災害危険度情報作成において、X バンドレーダーの雨量観測データを利用する方法を検討した。

グループ 1-1 においては、2017 年に落雷によりケルート火山観測所の地震データ収録 PC がディスク障害を起こし、GNSS データ収録 PC のネットワークポートが破損した。仮復旧したが 2019 年に新しい PC にリプレイスする予定である。

(3) 研究題目 2 噴出率予測とリアルタイム評価

①研究のねらい

研究グループ 2-1 データベース構築に基づく火山活動推移モデルの構築

研究グループ 2-2 火山灰噴出率予測モデルの構築

メラピ、ケルート、グントール、スメル、ガルングンの 5 火山について噴火シナリオを作成し、将来の噴火発生と推移予測の実用化を目指す。また、噴出率の時間関数を予測可能なモデルと現状をリアルタイムで把握できる手法を開発し、噴火シナリオと合わせて火山活動推移予測をモデル化する。現在および火山活動推移予測モデルに基づき予測される噴火強度・様式を表示する火山噴火早期警戒システムを構築する。なお、2014 年 1 月以降、噴火活動が活発化したシナブン火山については、本課題の成果や開発する技術を応用するのに最適な火山であることから、2016 年度から対象火山とした。

②研究実施方法

グループ 2-1

メラピ、ケルート、グントール、スメル、ガルングンの 5 火山において現地地質調査を実施し、文献でこれまでに報告されている噴火履歴に新たに調査結果を加えて、中長期的な噴火シナリオ（ここでは噴火事象系統樹 event tree を指す）を作成した。また、噴出時期と積算噴出量が推定できる火山では階段図を作成し、長期予測に活用した。

このうちケルート火山については、本プロジェクトの暫定契約期間中の 2014 年 2 月 13 日に規模の大きな噴火が起こったので、その堆積物の現地調査および噴出物の分析に基づき、この噴火の噴火推移を明らかにした。

さらに、メラピ火山については、これまでに数多くの研究者が研究対象としており、噴火史や噴火シナリオに関する研究成果がすでに公開されている。本研究では、短期間の調査でこれまでの公開結果を上回る成果を出しにくいと考えたため、最新の噴火（2010 年噴火）の堆積物を現地で調査し、公開されたデータや被害状況の確認を行った。そこでメラピ火山では、これまでのデータを活用し、噴出率の変化という視点から噴火シナリオを改訂する作業を行った。

グントール火山については、2015 年度に現地調査を実施し、採取した炭化木片試料の年代測定を行った。ここでは、これまで未確認の火砕流・ラハール堆積物の存在や噴火年代が明らかになった。ガルングン火山については、2015 年度に現地調査を実施し、採取した炭化木片試料の年代測定を行った。ここではできるだけ多くの過去噴火の噴火推移を明らかにしようと試みたが、1982 年と 1822 年堆積物以外は確認できなかった。

ケルート火山の地質調査は 2014 年 2 月の噴火直後に引き続き、2014 年度に実施した。そのため、これまでに提案されている階段ダイアグラムの評価を行うとともに、その問題点を洗い出し、改訂版の階段ダイアグラムを作成した。

スメル火山の地質調査は 2016、2017 年度に実施した。これまでは新しい噴出物が分布する、南東～東麓の地質調査結果が報告されており、本研究ではそれらの結果の確認を行うとともに、それ以外の地域の現地調査および採取試料の年代測定を行った、その結果、南西麓や北麓ではこれまでに知られていなかった活動があることが明らかになった。また、ドローンを用いて山頂溶岩ドームの大きさを計測した。メラピ火山については本プロジェクト開始前（2012 年度）までに、2010 年噴火の堆積物の現地調査を実施していたが、噴火シナリオについては、噴出率の増減という観点から作成し直した。

シナブン火山については、2010 年 8 月末に有史初めての噴火が発生し、本課題実施研究チームによって地質調査され、噴火シナリオもすでに作成されていた。シナブン火山は、その後（本プロジェクト開始直前から）本格的な溶岩ドーム（溶岩流）噴火を開始し、溶岩崩落によって発生した火砕流によって 20 名以上の犠牲者が出るとともに、多くの住民が長期間避難生活を余儀なくされた。そのため、溶岩噴出率の変化が噴火推移にどう反映されるかを把握するために、数ヶ月から半年に一度の頻度で地質調査を行い、PVMBG が行って

いる地球物理観測結果とつき合わせて、噴火推移を総合的に理解することを試みた。

グループ 2-2

火山灰噴出率予測モデルの構築に関しては、桜島火山とスメル火山において、繰り返すブルカノ式噴火の前後に観測された地震と傾斜計などのデータに基づき、山体膨張・収縮の量や速度と、爆発の地震エネルギー、噴出量、噴煙柱高度などの関係について因果関係とそのメカニズムについて検討した。

③当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

グループ 2-1

以下に現地調査や解析から得られた成果について具体的に列挙する。

a) グントール火山については、グントール火山の現地調査及び炭化木片の年代測定の結果、これまでに認められていなかった溶岩流や火砕流・ラハール堆積物の存在やそれらの噴火年代が明らかになった（図 3-1）。お互いによく似た組成の玄武岩溶岩が、現在のスコリアコーンの南斜面や南東斜面を流れ下り、溶岩の流下毎に崩落型の火砕流が発生していたことが明らかになった。噴火シナリオについてはまとめて後述する。

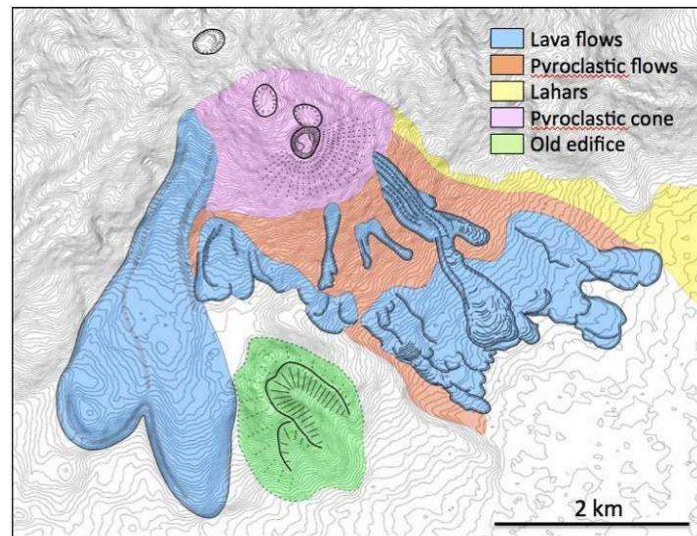


図3-1 グントール火山の地形分類図。Surmayadi et al. (1998) 及び、現地調査、衛星画像解析に基づいて作成。

b) スメル火山でも、これまでに噴火記録や地質図では明確でなかった噴出物が認められ、年代測定結果と広域テフラとの関係から、新たな噴火履歴が明らかになった（図 3-2）。スメル火山は活動的でありながら、山体が巨大なために地質学的解析が不十分であったが紀元前数千年前からの火山発達史が明らかになった。スメル火山では、少なくとも紀元前約 3 千年以上前から紀元前 3 世紀までは、現在の山頂からの安山質マグマと山麓からの玄武岩質マグマの噴火が発生していた。その後、11 世紀頃までは、玄武岩質マグマの山麓噴火のステージが続き、さらにその後、現在の山頂や南東側山麓からの安山岩質マグマの噴火が起こった（図 3-3）。このことから今後も、安山岩質マグマの爆発的な噴火が山頂部で起こる可能性が高いことが分かる。また、ドローンによる解析（DEM 解析）した山頂溶岩ドームの体積から、その崩落によって起こりうる噴火の最大規模が火山爆発強度指標（VEI）3 と考えられた。

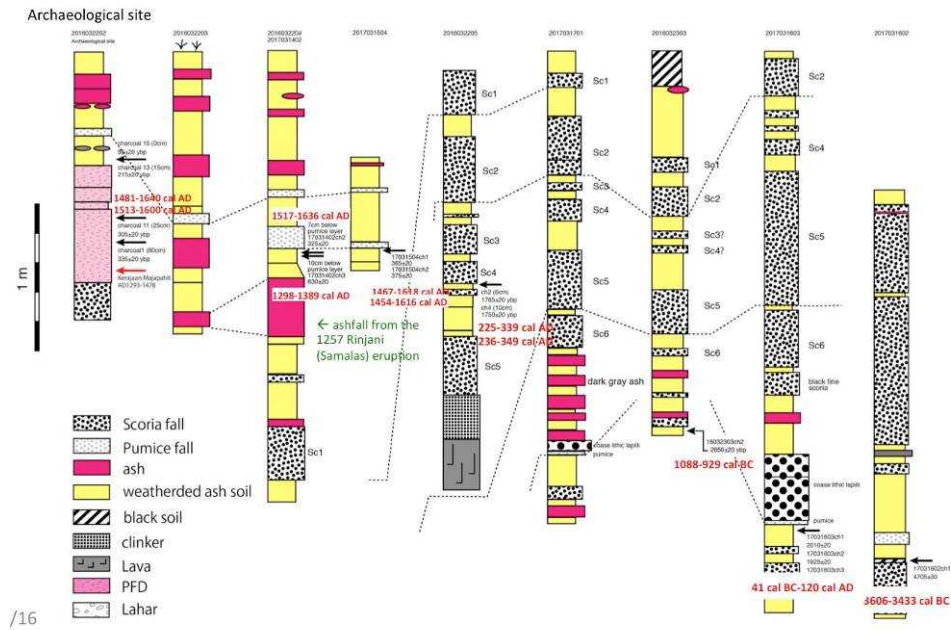


図 3-2 スメル火山の南西から南東山麓において得られた地質柱状図。

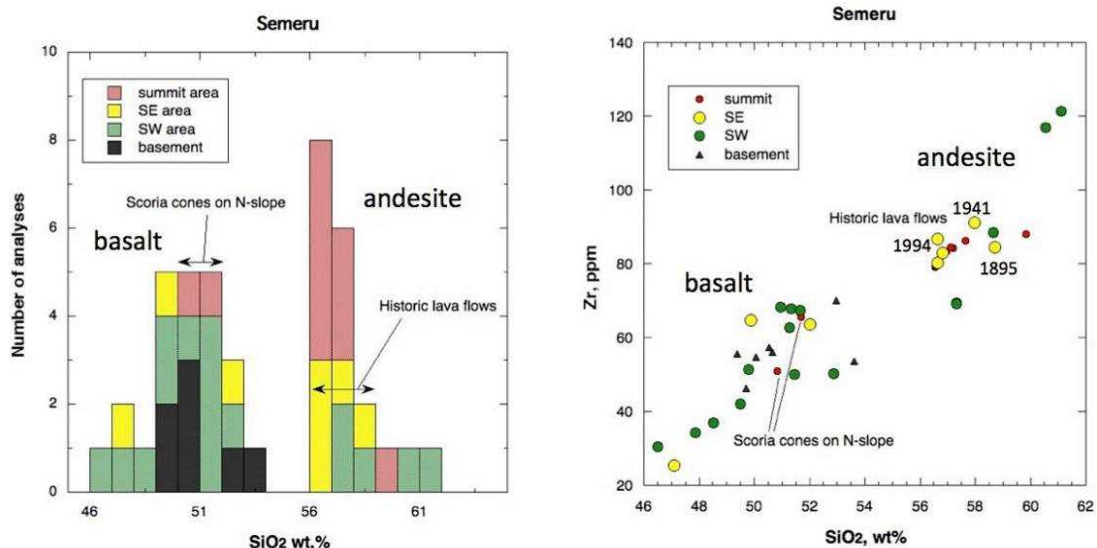


図 3-3 スメル火山岩類の化学組成。左) SiO_2 ヒストグラム。右) $\text{Zr}-\text{SiO}_2$ 変化図。

c) ケルト火山の 2014 年 2 月 13 日噴火は火山灰噴煙を上空約 25km 以上噴きあげる VEI 4 のプリニー式噴火であり、その時に立ち上った噴煙柱の崩壊によって四方に火砕流が流れ下った。このプリニー式噴火開始直前には、2007～2008 年に火口を埋めた溶岩ドームを最初に噴き飛ばすブルカノ式噴火が発生し、指向性を持った火砕サージが発生していたことが堆積物の調査や目撃証言から明らかになった。これは火口の状態によって噴火開始時の噴火様式が異なることを示した。また、溶岩組成は 2007-08 年ドーム溶岩と 2013 年軽石とはほぼ同じであったが、溶岩の噴出率が両者で大きく異なったことが噴火の違いであり、このことは噴火に先行した地震エネルギーの放出率の違いにも反映されている。2014 年噴火の噴出量は溶岩換算で 0.30-0.49 km^3 と見積もられ、さらに噴出率は約 $10^4 \text{ m}^3/\text{s}$ と推定された。さらに、最近の噴火の規則性を理解するために、PVMBG に保管されていた過去の地質調査データを見直し、今回の噴出物量見積もりと同手法で当時の噴出物量を再見積もりし、階段ダイアグラムを作成して規則性を検討した (図 3-5)。

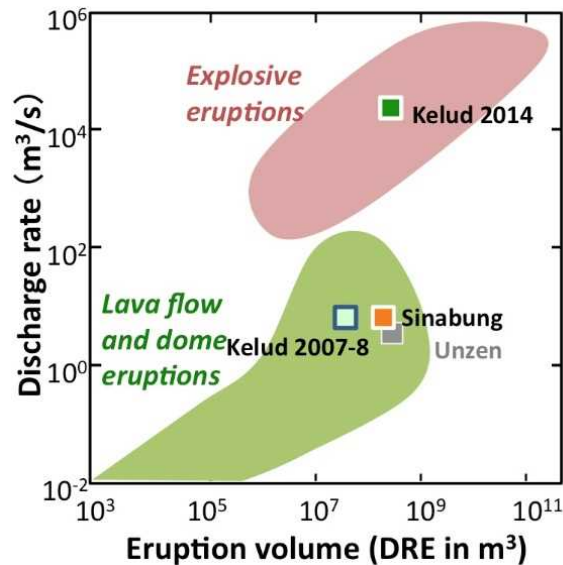


図 3-4 ケルート火山の最近 2 噴火とシナブン火山の溶岩放出率と総体積の関係。噴火様式が酷似した雲仙普賢岳とシナブン山はよく似た場所に落ちる。それぞれの領域は世界の噴火をコンパイルしたもの (Kozono et al., 2013 のまとめ)。

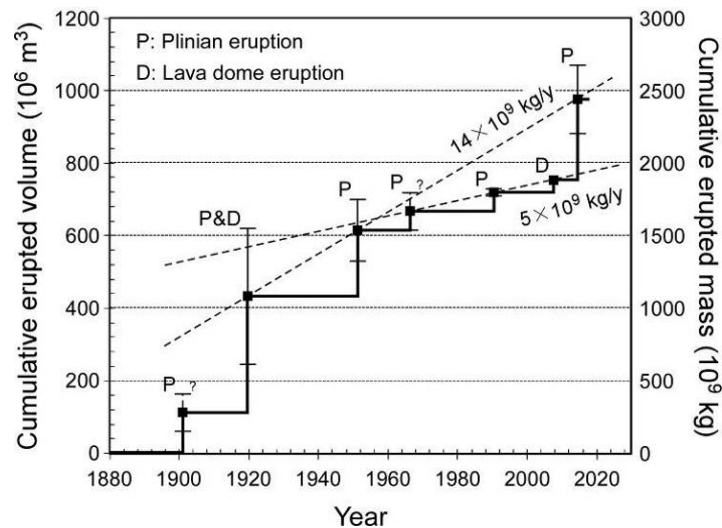


図 3-5 ケルート火山の階段ダイアグラム (噴火の時期と積算噴出量 (溶岩換算量))。P と D はそれぞれプリニー式噴火と溶岩ドーム噴火を示す。石原・他 (2011) で見積もられていた噴出率 (5×10^9 kg/y) を比較のために示した。

d) シナブン火山では、溶岩供給率が 2014 年当初の山頂に溶岩が出現開始以降、時間とともに減少してきていることが明らかになった (図 3-6)。この噴火は噴出率が時間とともに減少する点では、1991 年から 95 年まで継続した雲仙普賢岳噴火に類似していたが、噴火様式の時間変化という点では異なっていた。シナブン火山は、2015 年夏から、噴出率は低いままでありながら (図 3-6) 連日のように小規模な爆発的噴火を繰り返すようになった。そのような繰り返す噴火は溶岩ドーム噴火としては、グアテマラのサンチャギート火山やスメル火山で連日繰り返されているものと類似している。シナブンでは、マグマの組成が変化していないことから、本来噴出した溶岩が高く積み上がって、溶岩荷重と火道上部にあるマグマの過剰圧とバランスするのが溶岩ドーム噴火であるが、シナブンでは溶岩ドームが山頂部の鋭利な状態を反映して高くなれないことが原因と考えられた。すなわち、噴出率が低下しても山頂部の溶岩崩落が継続するため爆発的噴火が継続したと推定される。

噴出率が約 $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度までに低下していた 2018 年 2 月 19 日には、シナブン山で最大の爆発的噴火が発生した。噴火の後には山頂部の溶岩が欠損していたことから、山頂溶岩ドームの崩落による火道上部マグマの急減圧がこの噴火の理由だと考えられる。本研究で得られる成果が、溶岩ドーム噴火の多様性を理解する上で重要であると考えられる。

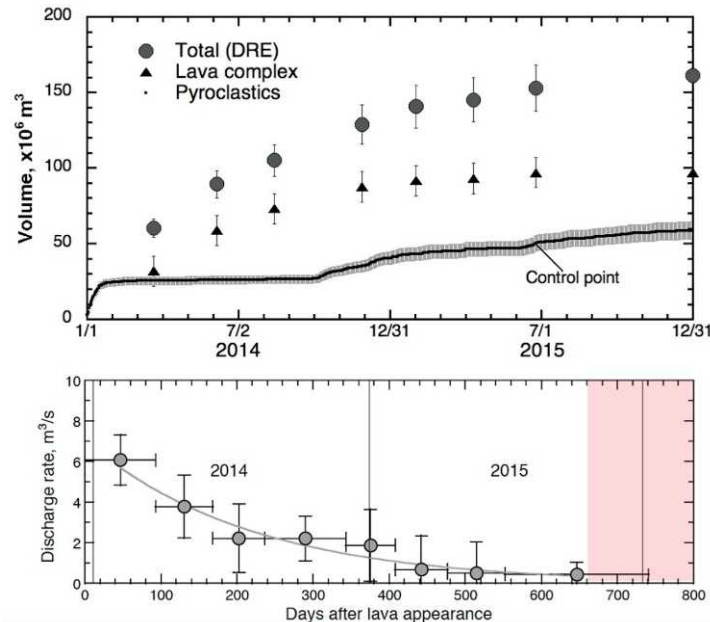


図 3-6 シナブン火山における溶岩噴出量および噴出率の時間変化。660 日頃から始まるピンク色に示した時期は爆発期を示している。噴出率が十分に減衰してから爆発期に入ったことがわかる。

本研究で得られた噴火シナリオを図 3-7～図 3-12 に噴火事象系統樹としてまとめた。

Event tree of Sinabung

The basic model was in 2011.

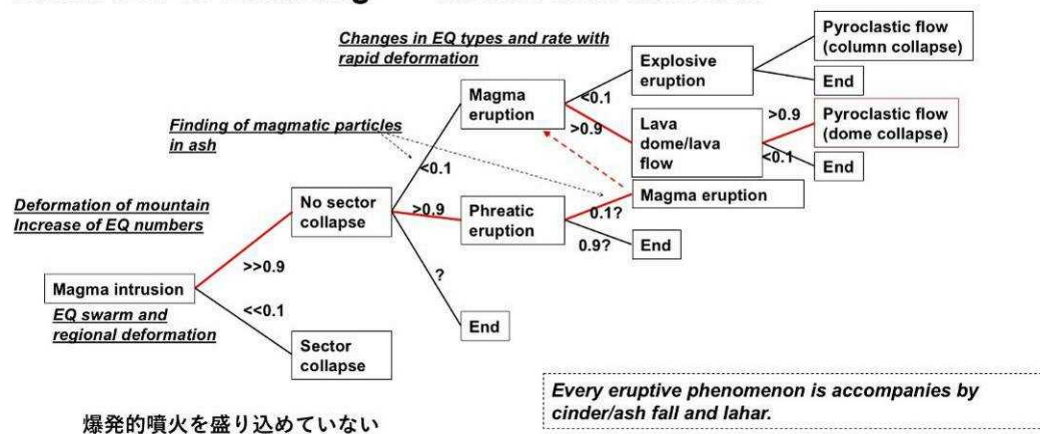


図 3-7 シナブン火山の噴火シナリオ。2010 年噴火の後に作成したものを改定した。ここでは 2015 年夏から始まった爆発期を含めきれていない。後で示すように噴出率変化の概念を導入することが望ましい。

Event tree of Guntur

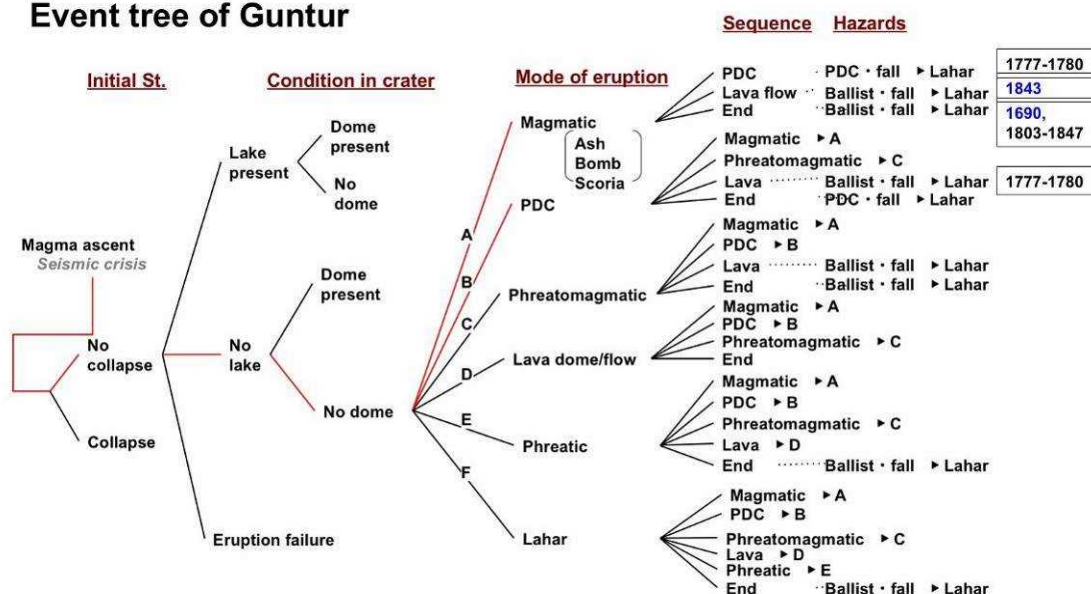


図 3-8 グントール火山の噴火シナリオ。3 つ目の分岐に火口に溶岩ドームの有無を考慮した。

Event tree of Galunggung

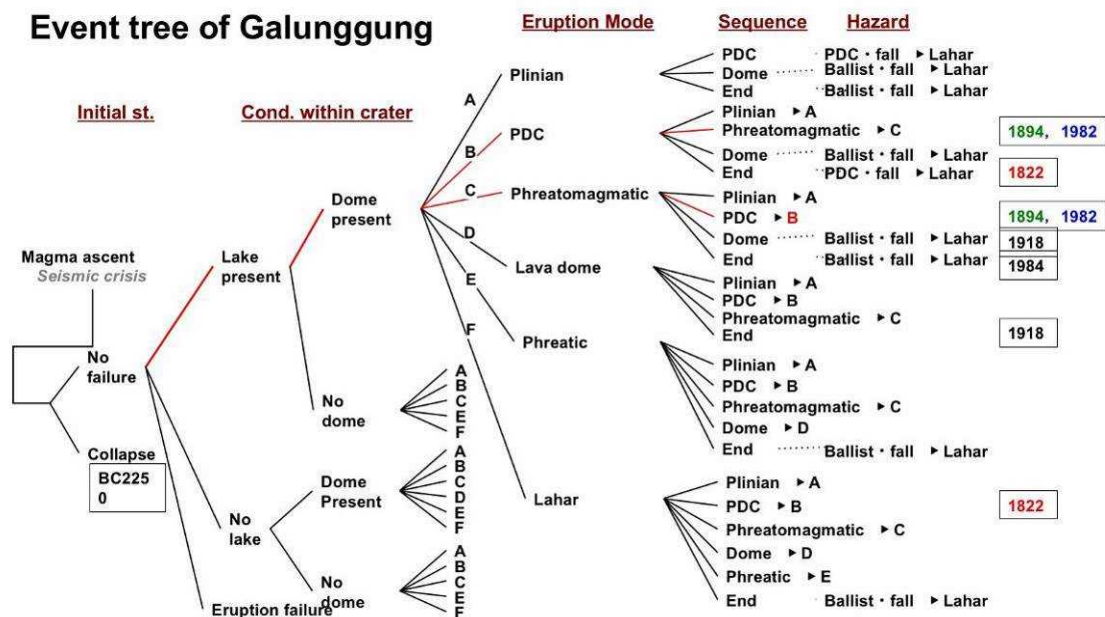


図 3-9 ガルンゲン火山の噴火シナリオ。3 つ目の分岐において火口での溶岩ドームの有無を考慮した。4 つ目の分岐においてプリニー式噴火 (A)、火砕流 (B)、水蒸気マグマ噴火 (C)、溶岩ドーム形成 (D)、水蒸気噴火 (E)、ラハール (F) の 6 つの分岐先を考えた。3 番目の分岐において「溶岩ドームがない」場合、4 番目の分岐では溶岩ドーム形成 (D) を考慮していない。

Event tree of Kelud and course of the 2014 eruption

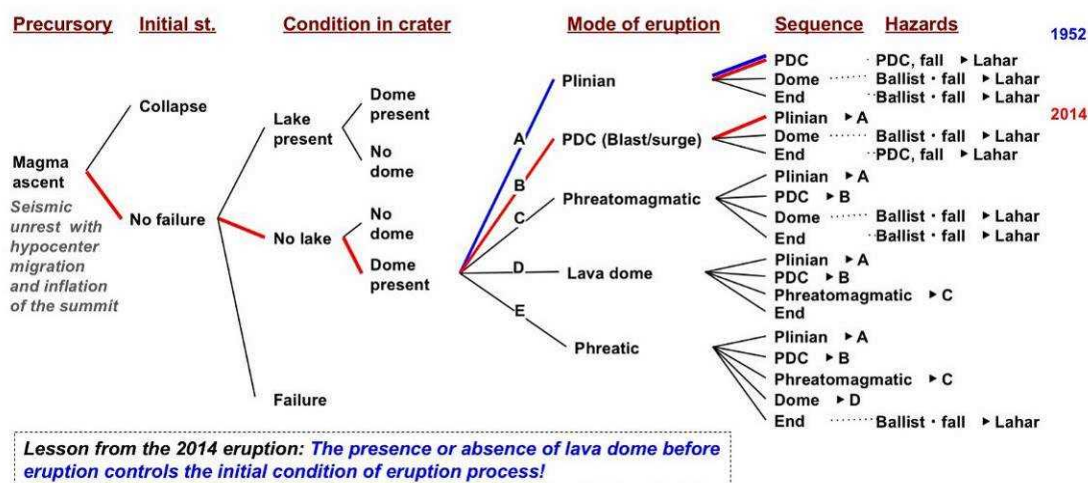


図 3-10 ケルト火山の噴火シナリオ。3 つ目の分岐に火口に溶岩ドームの有無を考慮した。

Event tree of Semeru

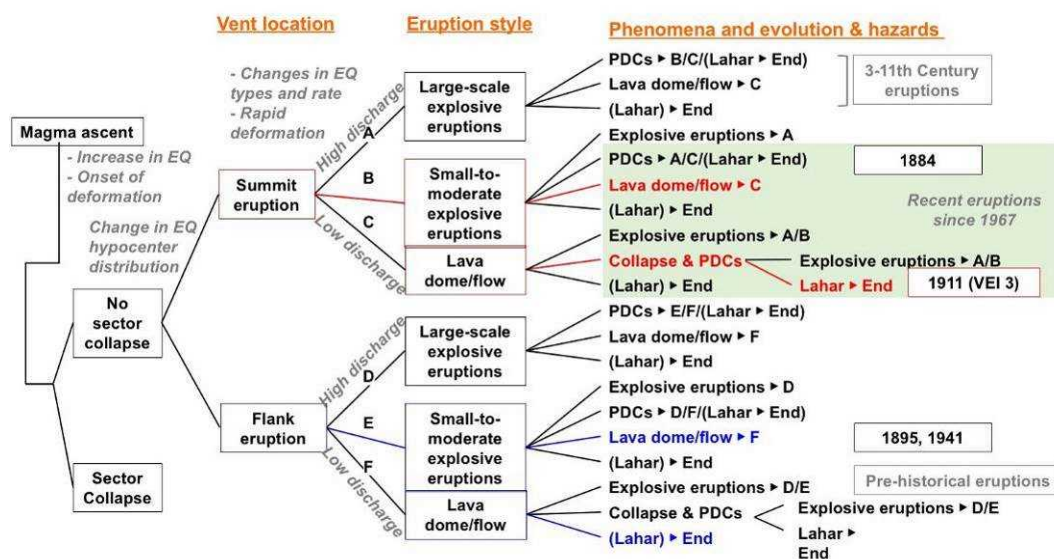


図 3-11 スメル火山の噴火シナリオ。噴火口位置（vent location）の分岐の後に噴出速度の大小によって A～C 及び D～F の分岐で規模の大きさが決まる。薄緑で示した部分は、最近 50 年間に起こっている噴火事象やハザードである。

な噴火の噴出物量と前駆地震のエネルギーの関係を示す。前駆地震エネルギーからみて、噴出物量には上限があるが、1997 年以降のメラピ火山噴火の噴出物量と前駆エネルギーはほぼ、上限を示す関係式上にある。当面、メラピ火山噴火に限定されるが、前駆地震エネルギーの総和から噴出物量を推定可能な経験式が世界で初めて示された。前駆地震エネルギーの総和は地震活動の活発化とともに増え続けるが、同時に推定噴出物量も増え続ける。日々変わる推定噴出物量を火砕流等のシミュレーションの初期条件とすることにより、日々、ハザードマップを改訂することができる。

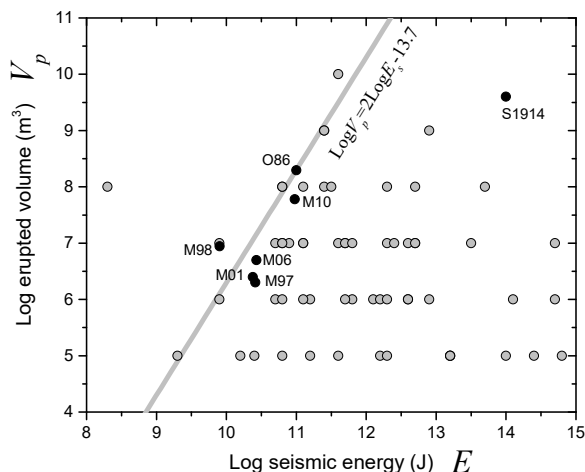


図 3-14 世界の代表的な噴火の噴出物量と前駆地震のエネルギーの関係。M97、M98、M01、M06、M10 はメラピ火山の 1997 年、1998 年、2001 年、2006 年、2010 年噴火。S1914 : 1914 年桜島噴火、086 : 1986 年伊豆大島噴火。

一方、噴火開始後は、火山灰等の噴出率をリアルタイムで把握し、噴出率を初期条件としてシミュレーションを行い、噴出物の到達範囲を予測することが重要である。世界で唯一火山灰量が定常的に観測されている桜島を対象に火山灰量と、噴火に伴う圧力源の収縮量及び火山性微動の振幅の関係を検討し、放出火山灰量は経験的に圧力源の収縮量と火山性微動の振幅の線形結合により表されることが示された（図 3-15）。収縮量と火山性微動の振幅はリアルタイムで観測できる量であるので、放出火山灰量もリアルタイムで見積もることが可能となった。インドネシアでは高感度の地盤変動観測ができていないが、火山性微動振幅のみを考慮した方式をインドネシアのシナブン火山等の観測に実装し、火山灰量の見積もりに役立てている。

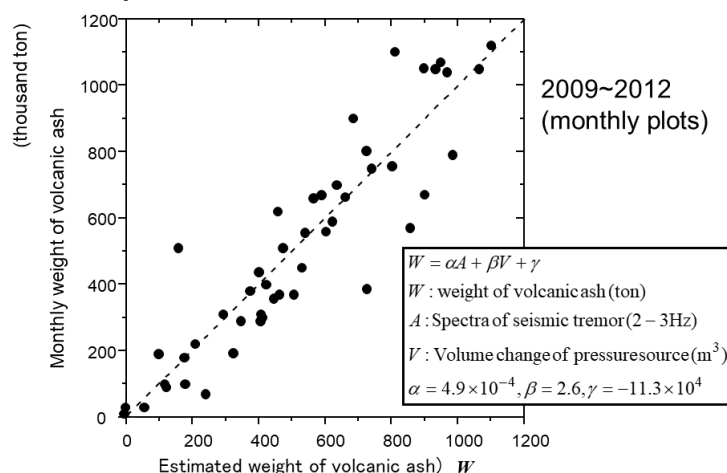


図 3-15 圧力源の収縮量と火山性微動の振幅の線形結合から評価した火山灰放出量と桜島周辺 58 点における降灰量から推定した火山灰放出量の関係。1 か月 ごとにのデータを示す。

GNSS により観測される地盤変動から推定される圧力源の体積変化は、噴出物の体積変化とよく一致することが示された。シナブン火山では、測量により溶岩噴出量および噴出率の時間変化がよく把握されている（図 3-6）。シナブン火山に設置した GNSS により溶岩等の噴出が大きい時期には東麓に圧力源が求められているが、その体積収縮量及び収縮率は溶岩噴出量および噴出率と整合的である。（図 3-16）。このことも、モニタリングにより噴出状況の把握が可能であることを示す事例である。

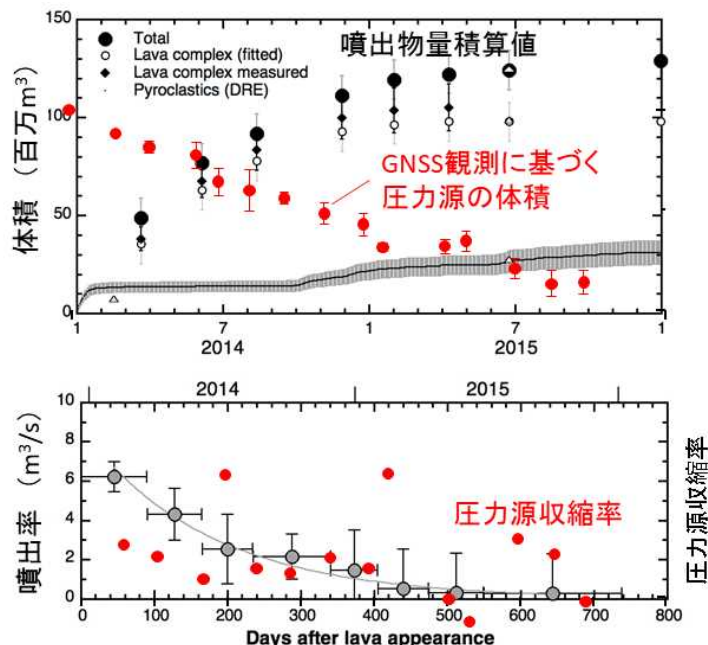


図 3-16 GNSS 観測から求めた圧力源の体積収縮量と溶岩噴出量の関係（上）。圧力源の体積収縮率と溶岩噴出率の関係（下）。

シナブン火山では圧力源の体積変化速度は本格的なマグマ噴火が開始した直後が最も速く、その後、速度が低下した。体積変化は図 3-17 に示すように指数関数により近似することが可能である。さらに、降伏応力を考慮したビンガム流体とマグマをみなすことにより、溶岩噴出の停止時期を予測する手法を提示した。

さらに、桜島火山におけるブルカノ式噴火で観測される噴煙高度と、噴火時に現れる急速な傾斜変動の振幅を比べた（図 3-18）。噴煙高度は、対数スケールで 1/4 の傾きで、傾斜変動量におおよそ比例している。傾斜変動量は地下マグマの噴出物量に比例することから、ブルカノ式噴火の理論予測との一致がよいことが明らかになった。以上のことから、噴火

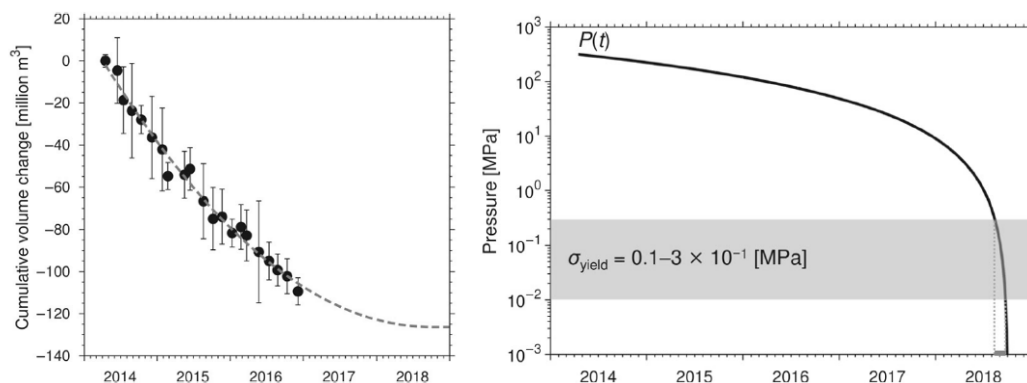


図 3-17 シナブン火山における圧力源の体積変化（左）。推定される火道内の圧力変化とビンガム流体の降伏応力との関係（右）

を繰り返す火山においては、傾斜変動量のリアルタイム変化を用いて、噴火のステージ識別や噴火の規模把握をすることが可能となると考えられる。

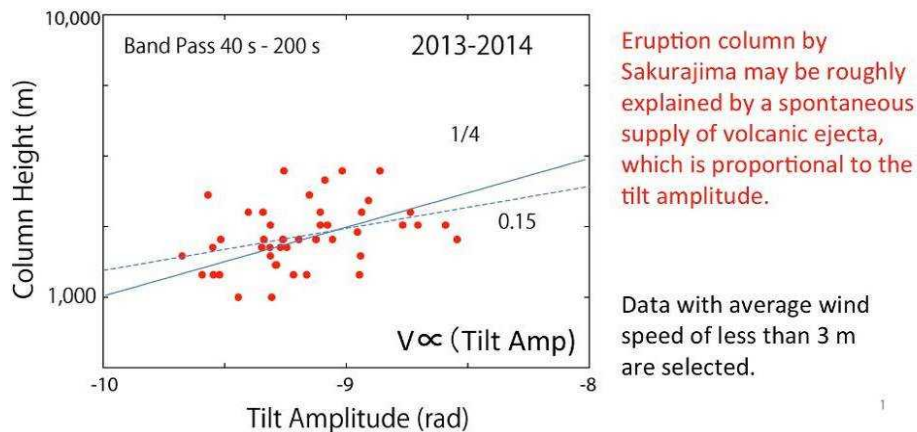


図 3-18 桜島火山における爆発的噴火の噴煙高度と傾斜振幅の関係。

④カウンターパートへの技術移転の状況

すべての現地調査はインドネシア側のカウンターパートと共同で行われ、露頭観察、地形測量法、及び、年代測定試料の採取の仕方について、さらには、化学分析値や得られた噴出率のデータから活動の評価や噴火シナリオの作成法について、意見交換による技術移転が行われた。また、本研究で得られた化学分析値や年代測定値を、インドネシアの研究者が今後活用できるように、インドネシアの国際誌にデータ集として残すことを申し合わせた。この申し合わせで、これまでの現地調査や、日本における採取試料の化学分析や年代測定結果をアーカイブ化することによって、本研究で対象にしている火山の地質発達に関する検討をインドネシア側が今後も実施することとした。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

シナブン火山では、日本などの溶岩ドーム噴火の経験から、噴出率の低下が続くと噴火停止が起こると推定されたが、低い噴出率ながら、2015 年夏ごろから爆発的な噴火が継続した。これによって、非爆発的噴火であっても、溶岩による荷重が不十分であれば爆発的な噴火が起こりうることや、崩落による急減圧によって大きな爆発が起こる可能性が示され、噴火シナリオを検討する上で噴出率変化だけを分岐判断をするのではなく、地形変化やそれによる溶岩荷重圧も考慮した分岐判断をすることが重要であることが示された。

(4) 研究題目 3 土砂移動現象予測

①研究のねらい

研究グループ 3-1 土砂移動現象のモデル化と予測

研究グループ 3-2 統合 GIS 複合土砂災害シミュレータの開発

グループ 3-1

火山噴火により直接的に放出される火砕流、溶岩流、降下火山灰や、降雨によって引き起こされるラハール、地形変動、河床変動など様々な土砂移動現象のシミュレーション・エンジン群の開発を行う。

グループ 3-2

土砂移動現象シミュレーション・エンジンを統合化し、噴火様式と噴出率などを初期値として動作する「統合 GIS 複合土砂災害シミュレータ」の開発を行う。

②研究実施方法

研究グループ 3 は研究グループ 5-1 と密接な連携をとりつつ、研究を実施する。とりわけ、研究グループ 3-2 の研究内容は、観測に基づいてリアルタイムにハザード情報を提供するシステム開発の要となるものである。基本的な実施方針は、2016 年度までにシステムのコアとなる部分の設計、開発を終え、現地に導入（インストール）し、2017 年度、2018 年度にシステムを試験的に運用しながら改良を行う、というものである。

グループ 3-1

火山噴火により直接的に放出される火砕流、溶岩流、降下火山灰や、降雨によって引き起こされるラハールとそれらに伴う地形変動、河床変動などの様々な土砂移動をシミュレート／予測するため、個々の現象のモデル化を行い、個々の現象モデルを基礎とするシミュレーション・エンジンを開発する。

2013 年度の暫定契約期間は、モデルとシミュレータの開発計画を作成。開発の具体的な対象として、本プロジェクトの対象火山で共通して生じ、かつ地域防災上重要な現象である、火砕流と火砕流堆積物の降雨による 2 次移動現象であるラハールを中心に、溶岩流、降雨流出のモデル化とシミュレーションプログラムの開発を行う。また、開発したプログラムは、過去、あるいはプロジェクト期間中に生じた現象の再現計算を実施し、現地調査等と照合することによりその改良を行う。シミュレータのプログラミング言語としては Fortran、C を用いる。

2014 年度は、火山噴火およびその後の主要な土砂移動現象である、火砕流、ラハール、河床変動、洪水氾濫のシミュレーション・エンジンの開発を行った。そのパフォーマンスを確認するため、火砕流についてはメラピ火山およびスメル火山において、ラハールについてはメラピ火山およびよりデータがそろっている我が国の伊豆大島、阿蘇山、広島における事例を対象にシミュレーションを実施した。また、火山地帯で発生するラハール、土石流は、細粒分に富むことが多く、結果的に高い土砂濃度を維持したまま流下する傾向がある。細粒分の流れに及ぼす効果については未解決の状態にあり検討が必要である。そこで、細粒土砂に富むケースとそうでないケースについて実験を行い、この効果について確認を行った。その結果、水と微細砂からなる泥水を液相として取り扱うことにより、液相の見かけの密度を増加させるとともに固相の濃度を減少させることにより現象を説明することが示された。

2015 年度は、前年度実施したシミュレーション結果と実際の現象との比較からシミュレーションプログラムの修正とチューニングを行った。さらに、火砕流については、到達時間、流動深、流動厚に加えて、せん断応力や過剰圧力等の災害を評価するのに必要な、時空間的な災害情報を地理情報と組み合わせて出力できるようシミュレーション・エンジンを改良した。改良したエンジンを用いて、スメル火山における火砕流シミュレーションを

実施した。ラハールについては、昨年度の結果を受けて、阿蘇山で発生した土石流のシミュレーションを、液相密度を変化させて行い、最適な条件を求めた。また、前年度に加え、追加流砂実験を実施し、液相密度に関する経験則を導きシミュレーション・エンジンに反映させた。

2016 年度は前年度に引き続き、ラハールや土石流に及ぼす微細粒子の影響を、シミュレーションを実施することにより検討した。また、ラハール、土石流のシミュレーション・エンジンに砂防施設の効果を組み込んだ。加えて、溶岩流、降雨流出のプログラムを開発した。

2017 年度は、微細粒子の影響や砂防施設の影響評価を組み込むことにより、ラハール、土石流シミュレーション・エンジンを改良した。また、溶岩流、降雨流出のシミュレーション・エンジンを、シミュレーションを実行しながら改良した。

2018 年度は、開発した各プログラムの更なるチューニングとプログラムコードの整理を行い、マニュアルの作成に必要な各プログラムに関する情報の整理を行い、各プログラムへの習熟と集大成ともいえるマニュアル作成のため集中的なセミナー、研修、ワークショップを開催した。

グループ 3-2

火山活動推移予測モデルに基づき複合的な土砂災害をシミュレートするため、予想される諸現象とその推移を表現する「統合化エンジン」を開発する。そのため、現象の推移（現象の組み合わせと順序）に関する情報と予測結果の情報を格納するデータベースの構築と、データベースと現象のシミュレータとの間のインターフェースプログラムの開発を行う。

2013 年度は、統合 GIS 複合土砂災害シミュレータはオープンソースで構築した。OS としては拡張性、移植性、スケーラビリティが高い UNIX-OS (Ubuntu) を用いる。GIS は GRASS、Q-GIS、Google Earth などをはじめとするオープンソース GIS を組み合わせる。この組み合わせによるシステムをサーバーとして利用することにより、マルチプラットフォームとして、OS に依存しないクライアントによる利用が可能である。これらはインターネットを介して構築することも可能である。このプラットフォーム上に地形・地質、地被条件、土地区分、河床材料、気象・水文などに関するデータベースを構築し、この上で、複合土砂移動現象シミュレータを実行、複合土砂災害の予測を行う。

2014 年度は、グループ 3-1 で開発したシミュレーション群の統合のため、個々のシミュレーションプログラムの入出力ルーチンを解析し、入力データ、出力データをカテゴリ区分し、それらを効率的に格納するデータベースの構造について検討し、基本設計を行った。加えて、シミュレーションプログラムとデータベースを結ぶインターフェースの基本設計を行った。これらの成果のもと、開発用システムを構築し、データベースの最も重要な基礎データのひとつである DEM を整備し、システム開発の準備を整えた。

2015 年度は、前年度のシミュレーション・エンジン群とデータ群を統合するプログラム間入出力インターフェース、およびデータベースの基本設計に基づき、国内の開発環境を用いて、プログラム間入出力インターフェースプログラム群の開発、およびデータベースの骨格を成すファイルシステムの構築を行った。データベースは、あるシミュレーション・エンジンにより出力された結果がそれに続くシミュレーション・エンジンの入力条件として用いられるよう設計、開発されている。これらの開発・改良した複合土砂災害シミュレータを、PVMBG（パンドン）および BPPTKG（ジョクジャカルタ）の現地シミュレータ（ハードウェアシステム）に実装した。

2016 年度および 2017 年度は、システムの試験運用を実施しながら、複合土砂災害シミュレータに実装されている火砕流、ラハール、土石流のシミュレーション・エンジンの入出力インターフェースを改良した。具体的には、計算領域の指定、流入点位置の指定、地理座標系の変換等の一連の処理を、GIS ソフトを活用して地形データを元にグラフィック端末からも実行可能なように改良した。また、シナリオベースのイベントチェーン・シミュレーション結果データベース作成のため、イベントチェーン作成プログラムとシミュレー

ョンジョブのコントロールプログラムを開発し、試験運用を開始した。また、インドネシアにおいてシステム利用のための短期集中セミナーを年 3 回開催するとともに日本において 40 日間の研修を行った。

2018 年度はデータベースとデータベース検索・操作エンジン、プログラム間インターフェースの最適化を行い、システムのマニュアル作成の元となるシステム情報の整理を行うとともに、システムに対する更なる習熟と、集大成ともいえるマニュアル作成のため、集中的なセミナー・ワークショップや研修を実施した。

③当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

研究題目 3 の成果目標は、火砕流、溶岩流、ラハールなどの個別のシミュレーション・エンジンの開発とそれらの単一の複合土砂災害シミュレータへの統合、シミュレーション結果のデータベース化である。そのため、個別のシミュレーション・エンジンの開発と統合化を 2015 年度までの間で行い、2016 年度には複合土砂災害シミュレータを立ち上げ、運用しながら個々のシミュレーション・エンジンと複合土砂災害シミュレータの改良を行うこととしている。

これら成果目標と計画に対して、後述するように、計画通りに目標を達成した。さらに、1 年前倒して複合土砂災害シミュレータのプロトタイプを 2015 年度末に立ち上げ、翌年度から試験運用とシステムの改良に着手した。活動からわかるように、個々のエンジンの開発と複合土砂災害シミュレータの開発は密接な関係にある。

構築した複合土砂災害シミュレータは、時系列的に生起する多様で様々な可能性をもつ諸現象とそれに伴う環境変化をあらかじめ時系列的にシミュレーション・エンジンを用いて評価し、データベース化しておくことが可能である。その一方で、観測結果に基づいて検索インデックスを評価し、このデータベースに問い合わせることにより、リアルタイムのハザード情報を得ることができる。この基礎となる多様な可能性がある複合土砂災害の予測・評価のためのデータベースを構築する複合土砂災害シミュレータは世界に類がなく、世界初で唯一のシステムである。

グループ 3-1

暫定契約期間の 2013 年度は、火砕流、ラハール、土石流、溶岩流、降雨流出など、個別のエンジンの開発計画を作成し、火山噴火による災害で最も重要で時系列的に関連する火砕流とラハール、土石流のシミュレーション・エンジンの開発に着手した。

2014 年度は、火砕流のシミュレーション・エンジンのプログラムを作成し、近々火砕流の発生が懸念されているスメル火山に適用した。また、火山地帯でのラハール、土石流では含まれる土砂の特性として細粒分に富む特徴をもち、そのことにより、異なった流動特性を示すため、そのような条件下での水路実験を用いた流動特性の把握とメラピ火山 Putih 川を対象としたシミュレーションを実施した。

火砕流の模式図を図 4-1 に示すが、開発した火砕流シミュレーションは火砕流の流下・氾濫特性を支配している本体（下層部）の運動をシミュレートする。スメル火山を対象に適用した結果を図 4-2 に示す。スメル火山では溶岩ドームが大きく発達し、加えて近い将来に噴火活動が想定され、火砕流の発生が懸念されていた。また、スメル火山を対象とした火砕流シミュレーションはこれまで行われておらず初めての試みでもあった。シミュレーションを行った火砕流の規模は、過去の火砕流の履歴と類似しているメラピ火山での噴火と火砕流規模を参考に、 $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、 $10 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、 $20 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、 $40 \times 10^6 \text{ m}^3$ の 4 ケース、火砕流の継続時間はいずれも 5 分間としている。なお、シミュレーションによれば、火砕流はいずれも発生から 10～15 分程度で山麓まで到達し、20～30 分程度でほぼ終了する。

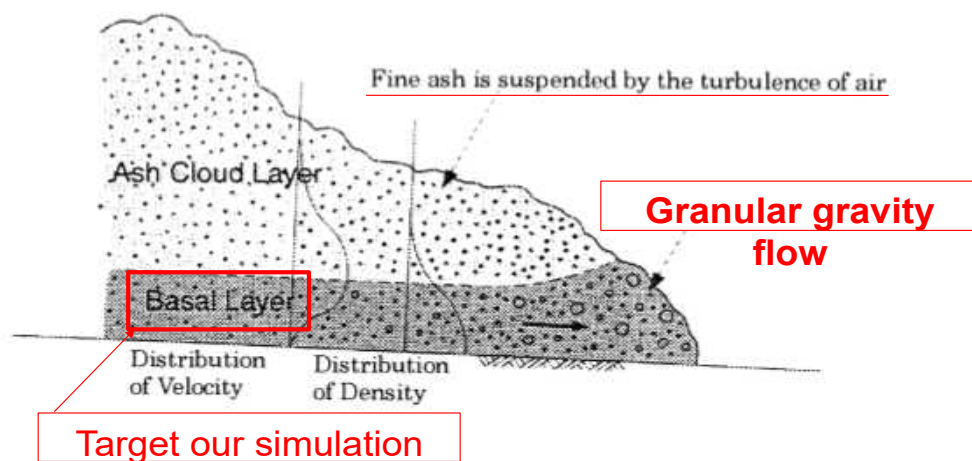


図 4-1 火砕流の模式図

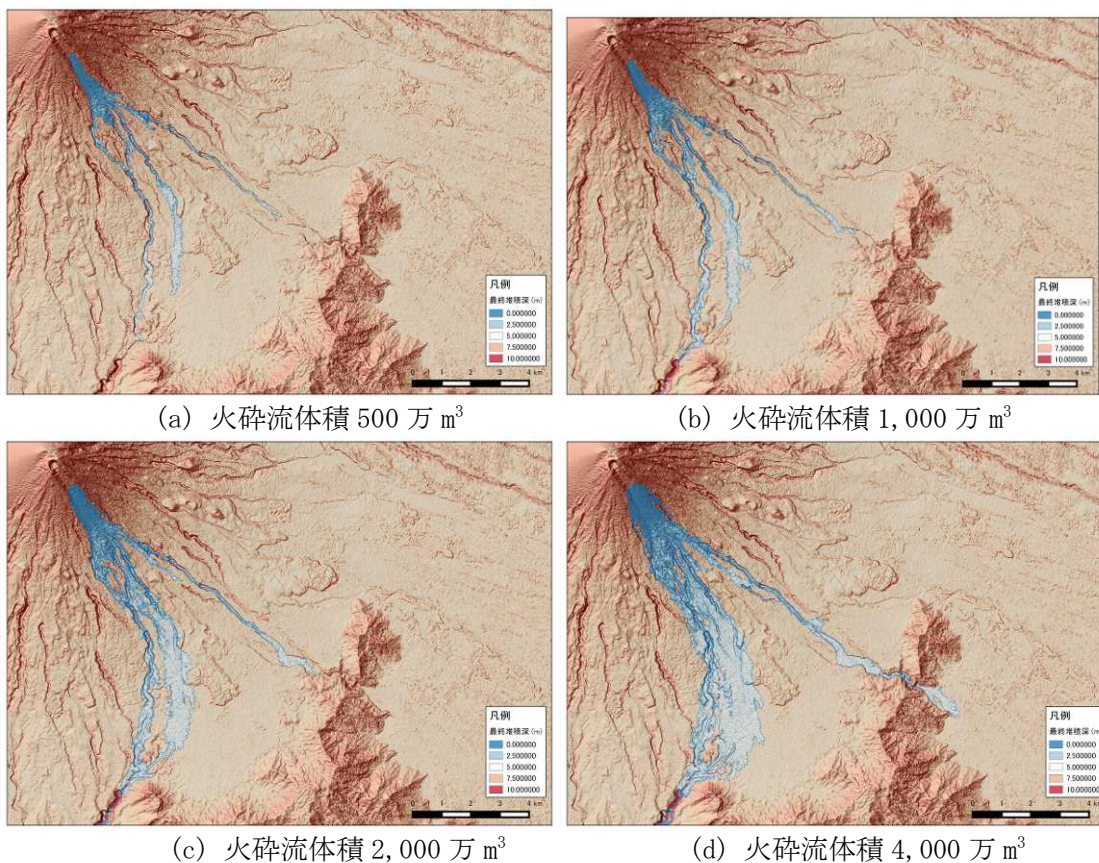


図 4-2 スメル火山を対象とした火砕流シミュレーション結果（最終堆積厚）

微細土砂に富むラハール、土石流の流動特性に関する水路実験結果を以下に示す。実験には勾配が可変（ $5 \sim 15^\circ$ ）の水路を使用した。実験に使用した土砂は、細粒分を全く含まないものをコントロールとして、細粒分の割合を4通り変化させた計5通りの土砂を用いた。実験に用いた土砂の粒度分布を図 4-3 に示す。微細砂の輸送可能土砂濃度に及ぼす影響について実験結果を整理し、図 4-4 に示す。

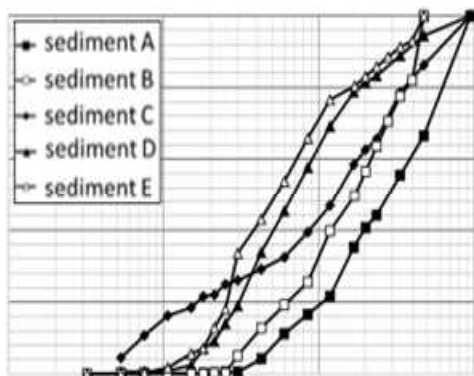


図 4-3 実験に用いた 5 種類の土砂の粒度分布

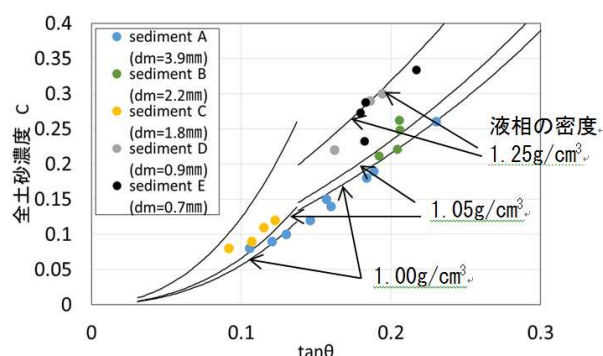


図 4-4 ラハールが輸送する土砂濃度の違い

とともに、固相の濃度を減少させることによるものとして取り扱うことが可能であることが示された。この効果を検証するため、メラピ火山西麓を流れる Putih 川を対象にラハールのシミュレーションを行った。液相が水の場合（比重 1.0）と比重 1.2 の泥水の場合の結果を図 4-5 に示す。両者のシミュレーションから得られた氾濫範囲は大きく異なっており、泥水の場合、水の場合に比べより広い範囲に氾濫していることが分かる。

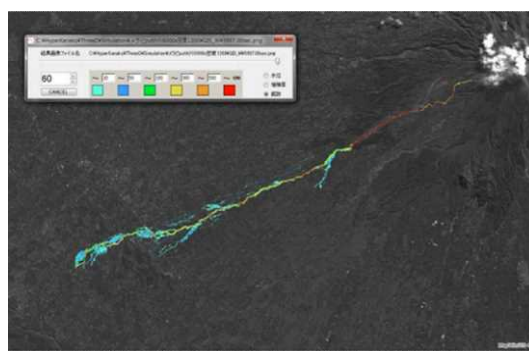
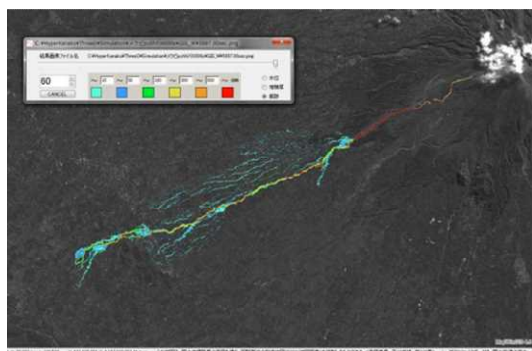


図 4-5 Putih 川のラハール・シミュレーション結果。左：液相比重 1.2（泥水）の場合の氾濫痕跡 右：液相比重 1.0（水）の場合の氾濫痕跡

2015 年度は新たに入手したスメル火山周辺の DEM を用いることにより、火砕流シミュレーションの高精度化を図った。DEM の空間分解能は 5m×5 m である。火砕流の規模は 2014 年度と同様、4 ケースを想定した。この計算結果を用いて、種々のハザード情報を作成し、複合土砂災害シミュレータからの出力の種類について検討した。

火砕流流下開始からの経過時間ごとの到達範囲を図 4-6 に示す。火砕流規模 $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ の場合、スメル火山中腹から南方向にのびる Bang 川に沿って流下した火砕流が、山頂から南 12 km 地点にある国道 3 号線付近まで火砕流発生から 20 分程度で到達する結果となっている。国道 3 号線は、ジャワ島を東西に横断する重要な幹線道路である。火砕流規模 $10 \times 10^6 \text{ m}^3$ の場合は、国道 3 号を超えてさらに 2 km 程度下流まで火砕流が流下する。火砕流規模 $40 \times 10^6 \text{ m}^3$ の場合は、山頂中部で Bang 川と Koboan 川それぞれに沿って分岐した火砕流がそれぞれの河川と国道 3 号の交差点に 20 分程度で到達し、国道が寸断される可能性があること、南東側山麓の住民が孤立する懸念が示された。火砕流規模 $50 \times 10^6 \text{ m}^3$ のケースでの地表面せん断応力と過剰圧力の分布を図 4-7 に示す。火砕流が及ぼす圧力やせん断力による構造物や施設の安全性評価、経済損失評価等に重要な情報が提供可能となる。

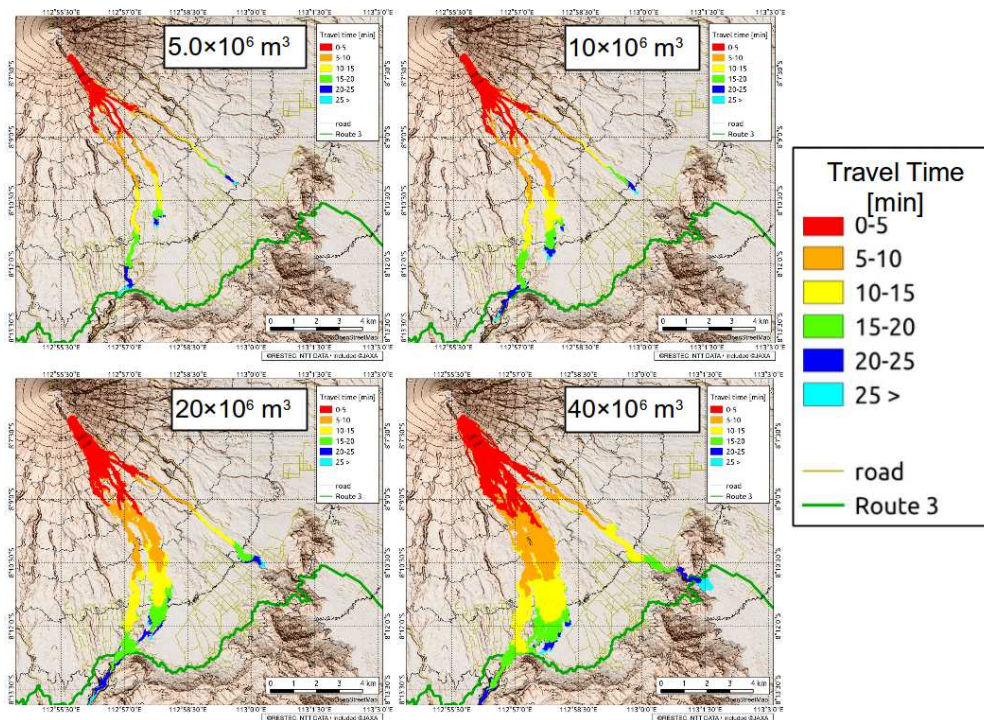


図 4-6 火砕流の到達時間

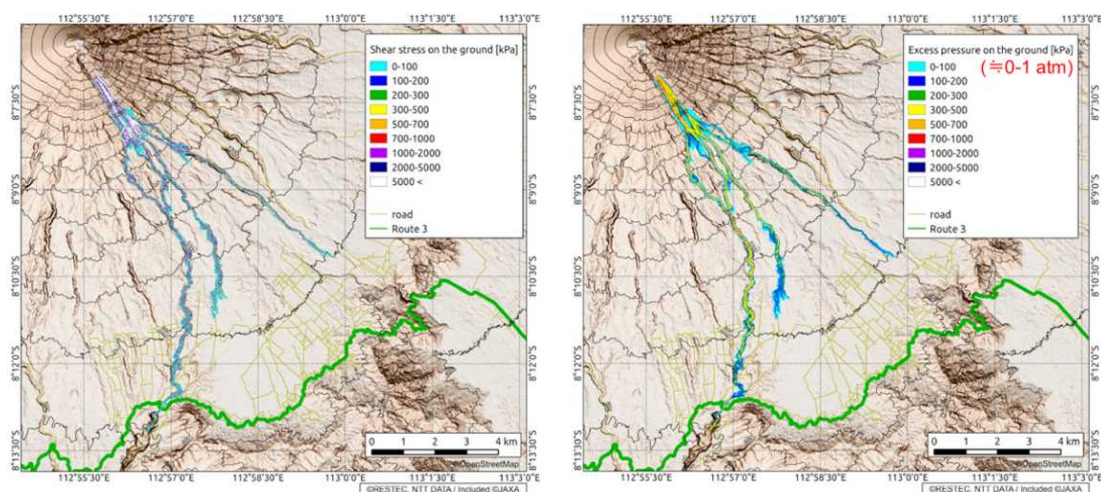


図 4-7 地表面せん断応力(左)と圧力(右)

ラハール、土石流シミュレーションにおける微細砂の取り扱いについて検討すべく、2012年九州北部豪雨時に熊本県阿蘇市土井川で発生した細粒分に富む土石流の再現計算を試みた。この土石流では比較的勾配の緩い下流にまで土砂が到達したことが報告されている。液相密度 1.0(水)と 1.2(泥水)で行った土石流シミュレーションの比較結果を図 4-8 に示す。得られた計算結果の堆積範囲は異なっており、液相の密度の高い計算結果が、より下流まで土砂を流送し、下流側の堆積厚が大きく、堆積範囲も拡大、実際の堆積範囲や被害の大きい家屋位置との対応も良くなっている。

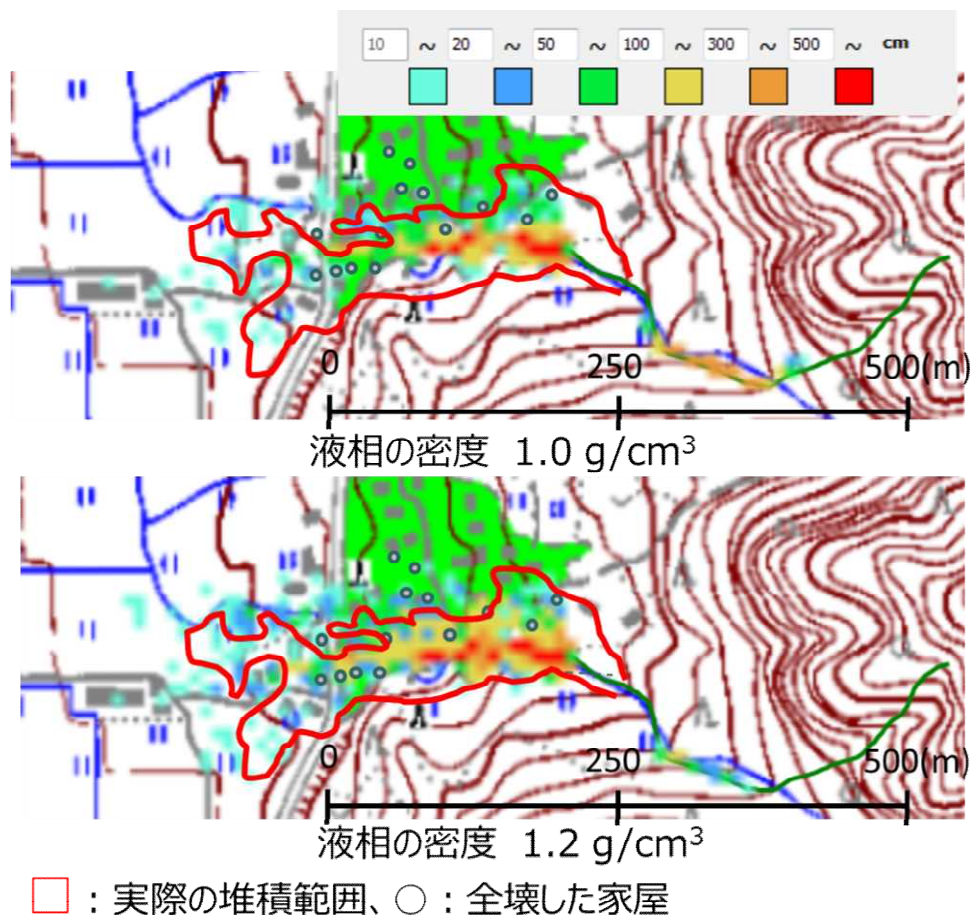


図 4-8 液相密度を変えた土石流数値シミュレーション結果の比較（地図データ 国土地理院）

この結果は、細粒土砂に富むラハールや土石流のシミュレーションでは液相密度を上げる手法が影響範囲の検討に有効であることを示す。しかし、液相の質量密度を適切に設定する定量的な推定手法はない。そこで、細粒砂の粒径と割合を系統的に変化させた水路実験を実施することにより、液相密度の推定法を検討した。実験は勾配可変の水路を用い、細粒土砂とし 3 種類の細粒砂（5 号砂：平均粒径 0.51mm、6 号砂：平均粒径 0.29mm、7 号砂：平均粒径 0.13mm）と粗粒土砂（2 号砂：平均粒径 2.81mm）を用意し、水、細粒土砂、水路上流から粗粒土砂を定常的に供給して、水路下流末端には仕切り板を設置し、下流末端部で堆積した土砂の堆砂高さを超音波センサーで計測して、河床勾配と土砂濃度の関係を求めた。実験に用いた土砂の粒度分布を図 4-9 に示す。

実験から得られた粗粒砂の濃度と勾配の関係を図 4-10 に示す。細粒砂の粒径が小さい 7 号砂や 6 号砂で、5 号砂の場合よりも固相の土砂濃度が高くなり流動性が高くなっている。また、固相の濃度に関する理論と比較すると、7 号砂や 6 号砂は 5 号砂より液相に取り込まれやすく液相の質量密度が高くなる。

細粒土砂の中で液相に取り込まれた割合 (C_f''/C_f)、液相の密度 ρ と摩擦速度と沈降速度 u_*'/w_0 で整理した。細粒土砂の中で液相に取り込まれる割合は粒径が小さいほど増加する一方、細粒土砂の割合が多ければ多いほど増える訳でもない。7 号砂の結果では、細粒土砂だけでなく粗粒土砂の一部も液相化した結果となっている。液相密度についても、上限がありそうであることや、粗粒の一部までも液相として振る舞うような場合についての検証が引き続き必要である。

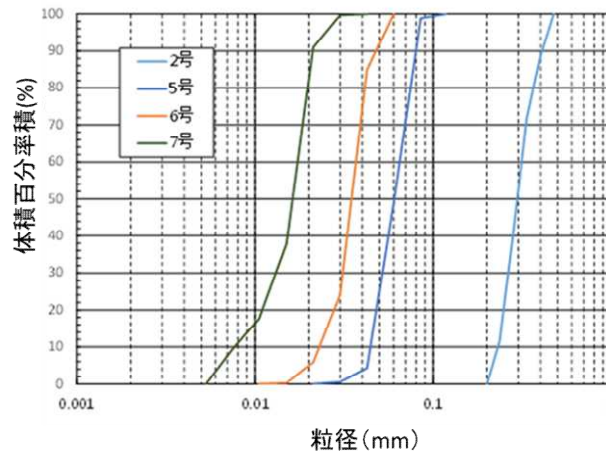


図 4-9 実験に用いた 4 種類の土砂の粒度分布

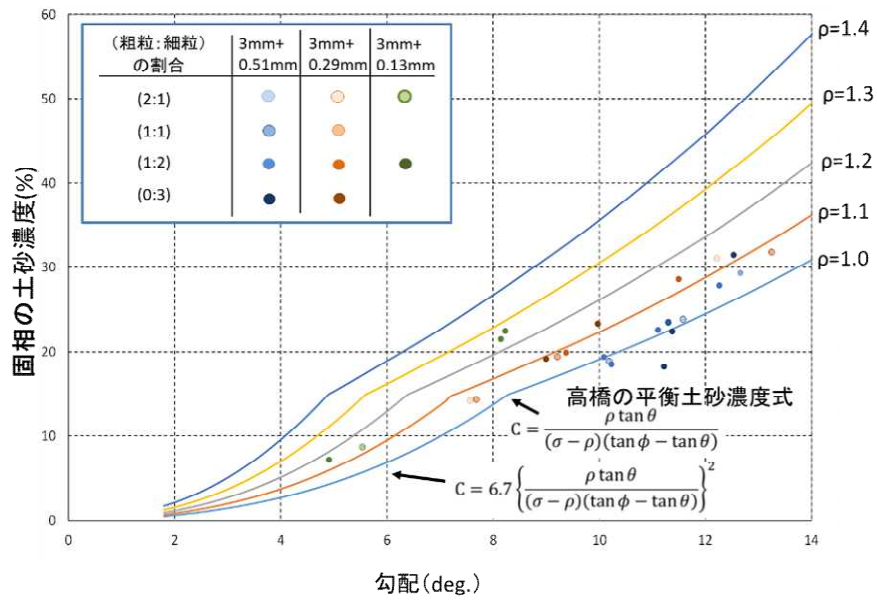


図 4-10 勾配と固相の土砂濃度の関係（プロットが実験結果）

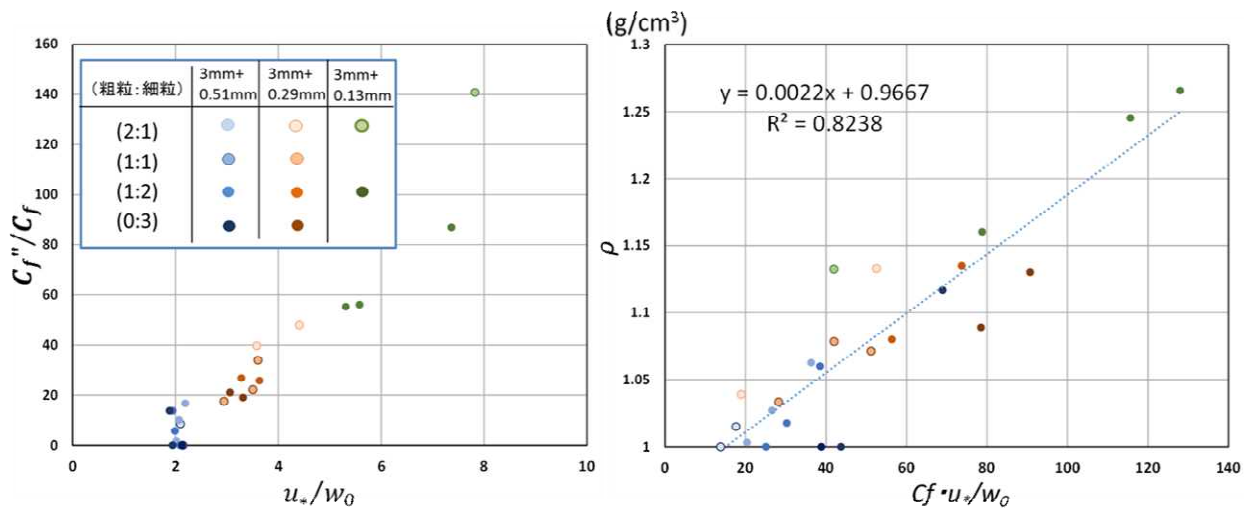


図 4-11 液相に取り込まれた細粒土砂の割合 (C_f''/C_f) と摩擦速度と沈降速度の比 u_*'/w_0 (左)

と液相密度の関係（右）

スメル火山と異なりメラピ火山における過去の噴火の火砕流の流下方向は一定ではない。1994 年の火砕流は南に流下したが、1997 年には南西、1998 年、2001 年には西へ流下した。2006 年以降は再び南へ流下している。このように、火砕流は山体の南～西斜面の広い領域に流下し、堆積している。したがって、シミュレーションも、規模のみならず、流出開始地点、流下方向を与える必要がある。そこで、2016 年度には、流出開始地点と流下方向を 10 ケース、規模 4 ケースの計 40 ケースを想定したシミュレーションを行った。40 ケースの氾濫、堆積範囲を重ね合わせた範囲は、図 4-12 に示すように、過去の火砕流堆積範囲をよく説明している。また、40 ケースのシミュレーション結果の中に 2010 年 11 月の火砕流の流下・氾濫範囲をよく説明するケースも含まれている。

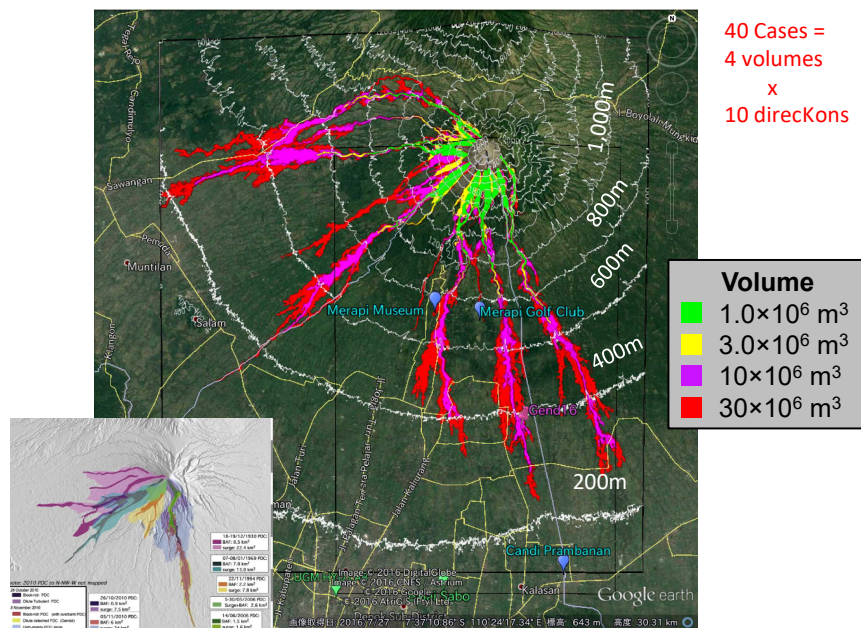


図 4-12 40 ケースの火砕流シミュレーション結果（地図データ：Google Earth）

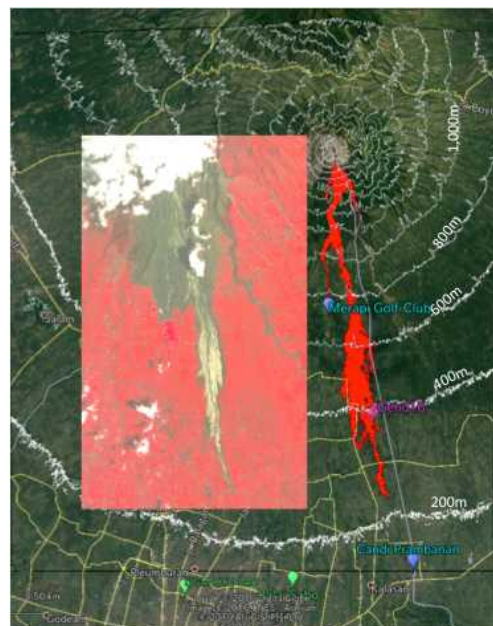


図 4-13 シミュレーション結果の一例と 2010 年 11 月火砕流の比較（地図データ：Google

Earth)

これまで検討してきた細粒分を多く含むラハール、土石流の、シミュレーション手法を2016 年熊本地震後に発生した阿蘇の中松地区、山王谷地区に対して実施し、その有効性を検討した。中松地区については液相密度の大小と存在する堰堤の有無で条件を変えてシミュレーションを行った。図 4-14 に結果を示すが、堰堤の有無にかかわらず、流体相密度が大きい方が下流への流出土砂が多く、堰堤の土砂捕捉状況については液相の密度が小さいケースが最も実現に近い。堰堤有りのケースで、流出土砂量に差が生じたのは、堰堤上流側の堆砂勾配が $\rho = 1.4$ の方が $\rho = 1.0$ よりも緩くなったことによる。

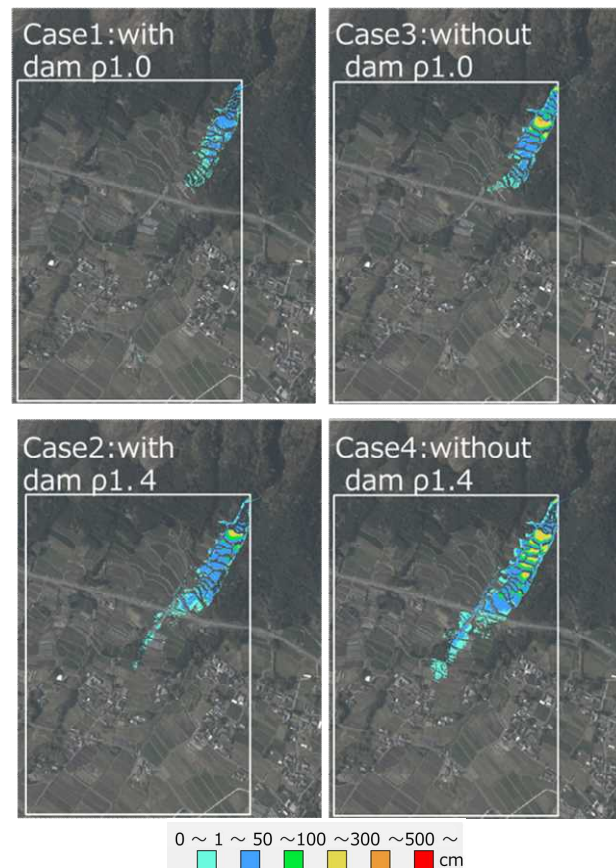


図4-14 中松地区における土石流シミュレーションによる堆積厚計算結果
(地図データ：Google Earth)

また、新たに、溶岩流及び降雨流出に関するシミュレーション・エンジンを開発した。

2017 年度には本プロジェクトの対象火山に新たにシナブン火山が加わった。シナブン火山では火砕流が長期間にわたって頻発し、また、天然ダムが形成された。これまでシミュレーションを実施してきたスメル火山もメラピ火山も火砕流の発生は短期間のうちに終了し、それも1回の火砕流で代表されるようなイベントが多い。したがって、多くの火砕流が継続的に生じるような場合の火砕流のシミュレーション手法について検討しておく必要がある。また、形成された天然ダムの侵食や決壊により形成されるラハール、土石流は、下流に急激な洪水や地形変化をもたらすことが多い。しかも、天然ダムが微細砂に富む材料から構成される場合の微細砂が下流でのラハールや土石流に及ぼす影響については検討されておらず、シミュレーション手法も確立されていない。そこで、天然ダムの侵食により形成されるラハール、土石流と流下、堆積特性をシミュレーションで評価する。

シナブン火山では2010年以降噴火活動が継続し、頻繁に火砕流が発生した。例えば、2016年5月には1ヶ月間に計30回、総量推定 $5.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ の火砕流が観測されている（PVMBG）。この内、5月21日には総量 $1 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定されている火砕流により近隣の村で死者を出している。断続的に発生する火砕流では、1つの長時間イベントとしてシミュレーションを行うか、複数のサブイベントの重ね合わせとしてシミュレーションを行うかを検討する必要がある、これは、火砕流の堆積による地形変化の取り扱いの問題でもある。そこで、2016年5月の30回の火砕流に対して、次の4通りの方法（4ケース）でシミュレーションを実施し、結果を比較した。

Case1-A：30の個別の火砕流イベントとしてイベントチェーンを作成

Case1-B：30の火砕流を30分の時間インターバルで1つのイベントとして扱うケース

Case2：30の火砕流を時間インターバルなしで1つのイベントに圧縮して扱うケース

Case3：30の火砕流の流量を平均して1つのイベントとして扱うケース

なお、各火砕流の規模には、PVMBGが火砕流の到達距離と火砕流の規模の相関から推定して求めたものを用いている。なお、シミュレーションに使われたDEMは2010年から2017年までの複数のステレオペアから作成され、複数データが得られる地点ではそれらの平均値で与えられている。

図4-15は各ケースの最終の火砕物の堆積厚分布を比較したものである。堆積範囲の外縁部は最大到達範囲に対応する。結果より総量は同じでも火砕流の取り扱い方（ケース）によって最終的な到達範囲が大きく異なる。これは、イベントチェーンを作成・運用する際、火砕流の単位イベントの設定法に直接関わる問題でもある。PVMBGにより記録された火砕流到達範囲（図4-15の黒枠線）に近いものはCase1-B、Case2である。Case1-Aで到達距離が実績より短い、これは到達距離が短い火砕流の規模と到達距離の相関から長距離を流下した火砕流の規模を外挿して求めているため、地表の勾配や地形などの大きな変化の影響が

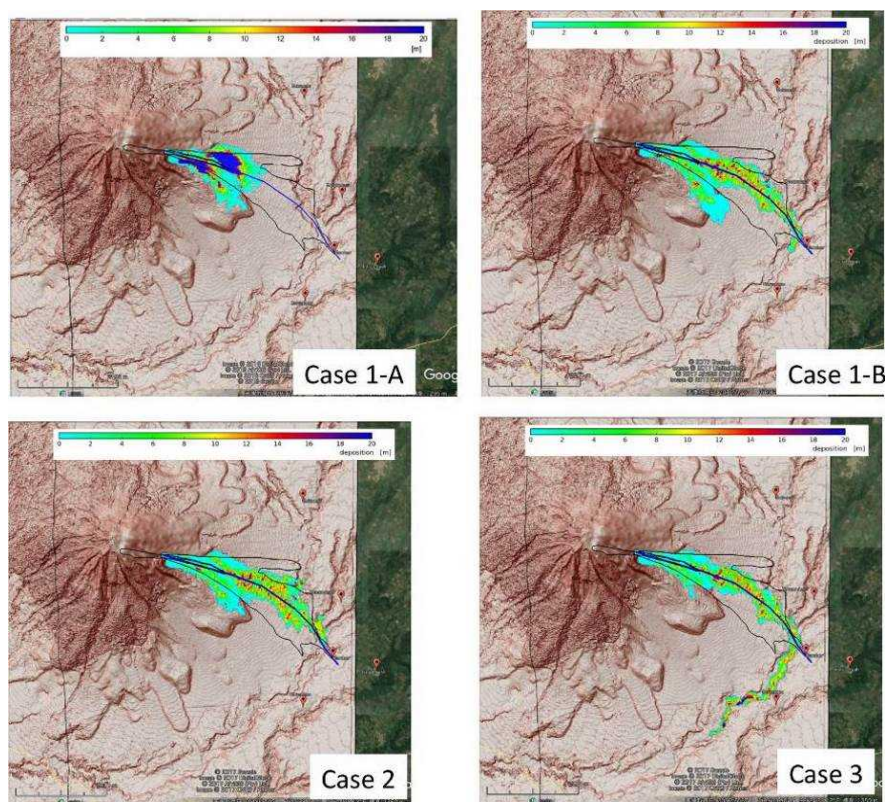


図4-15 シナブン火山における火砕流シミュレーションによる最終堆積厚分布。図中の黒枠線はPVMBGにより記録された火砕流到達範囲。（地図データ：Google Earth）

必ずしも反映されておらず、長距離を流下した火砕流については規模を過小評価している可能性もある。流下方向に対して幅方向の氾濫域の違いについては、シミュレーションに用いた DEM の地形が、2016 年 5 月 1 日時点の地形と一致しないことによる可能性もある。

天然ダムの侵食、決壊によるラハール、土石流の下流への影響予測シミュレーションをするには、天然ダムの侵食、決壊により形成されるラハール、土石流の特性を把握する必要がある。そこで天然ダムの侵食・決壊過程のシミュレーションを実施し、形成されるラハール・土石流の特性を評価し、その結果をラハール、土石流シミュレーションに用いる。

図 4-16 にシナブン火山、Borus 川と天然ダムの位置、およびラハール、土石流のシミュレーション対象区間を X-Y で示す。図に示すように、ラハール、土石流のシミュレーション区間の上流端は天然ダム直下に設定している。計算に用いた地形データは 2017 年 6 月に取得された 2m 解像度の DEM から作成した。一方、天然ダムの侵食、決壊シミュレーションには、天然ダムが DEM に反映されていなかったため現地調査を行い図 4-17 の地形を用いた。



図 4-16 Borus 川と天然ダム位置、計算対象区間（地図データ：Google Earth）。

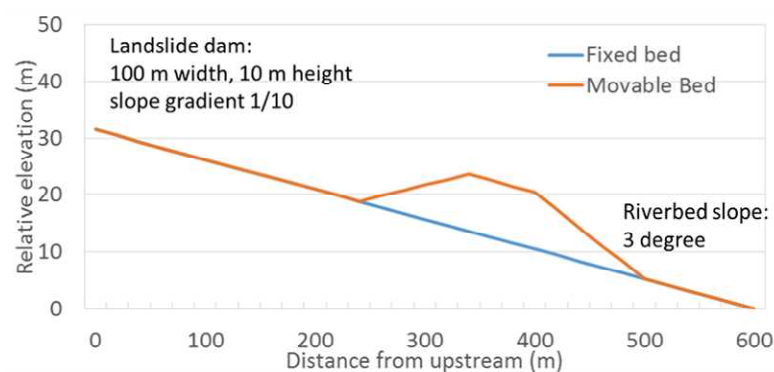


図 4-17 天然ダムの越流決壊シミュレーション (Simulation1) で用いた天然ダムの形状。

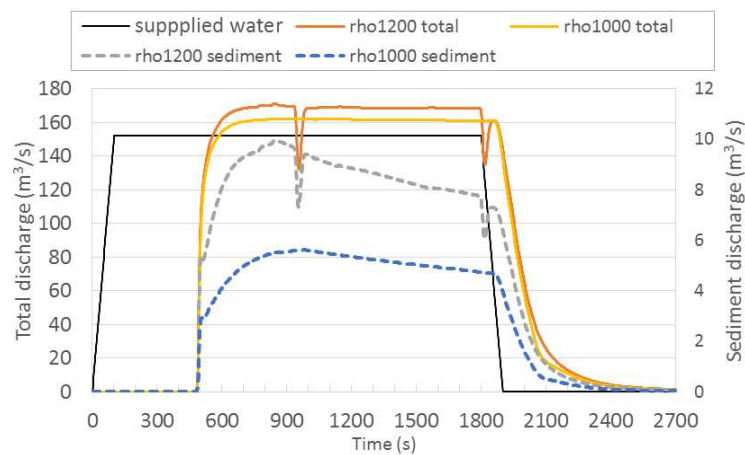


図 4-18 天然ダムの侵食、決壊シミュレーション結果。

2 ケースのハイドログラフ、土砂量をラハール、土石流シミュレーションの条件として与え、河道での侵食、堆積を調べた。なお、現地調査から河道上には数 m~10 m 程度の土砂の堆積が確認される箇所が多くみられたため、土砂が存在しない場合（固定床）に加え、河床に侵食可能厚 3m の土砂が存在する場合の 2 ケースの条件を設定した。また計算に必要な河道幅は、現地調査から 25m とした。図 4-19 にシミュレーション結果として堆積、侵食に縦断分布を示す。固定床条件では、流体密度に関わらず移動床 3m と比較して堆積範囲は上流側のみに見られ、 $\rho=1,000\text{kg/m}^3$ のケースの方が上流側で堆積深が大きい。これは、 $\rho=1,200\text{kg/m}^3$ のケースでは土砂の輸送能が高く、土砂をさらに下流まで流送したことを示す。移動床 3m のケースでは、天然ダム直下の顕著な堆積は固定床と同様に見られるが、下流側でも最大 1m 程度の堆積が見られ、下流側の堆積深は $\rho=1,200\text{ kg/m}^3$ の方が $\rho=1,000\text{ kg/m}^3$ よりも大きい。また、両方の流体密度のケースで侵食が発生する範囲は共通するが、 $\rho=1,200\text{ kg/m}^3$ の方が侵食深が大きく生じ、河床変動による影響は $\rho=1,200\text{ kg/m}^3$ の方が大

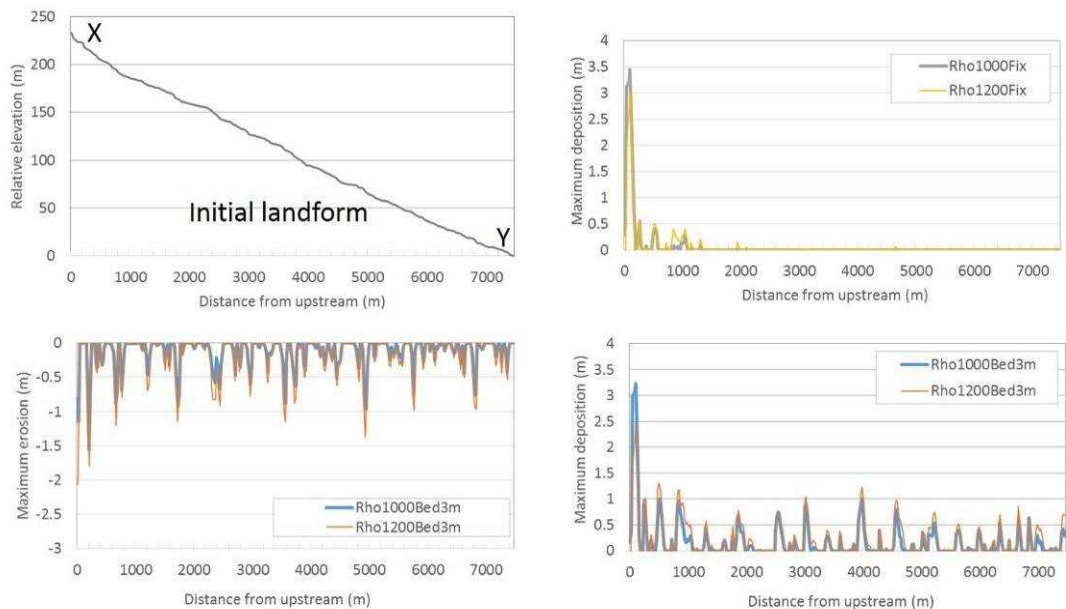


図 4-19 縦断形状（左上）、計算結果の最大堆積深（固定床：右上、移動床：右下）、計算結果の最大侵食深（移動床：左下）。

きいことが確認された。

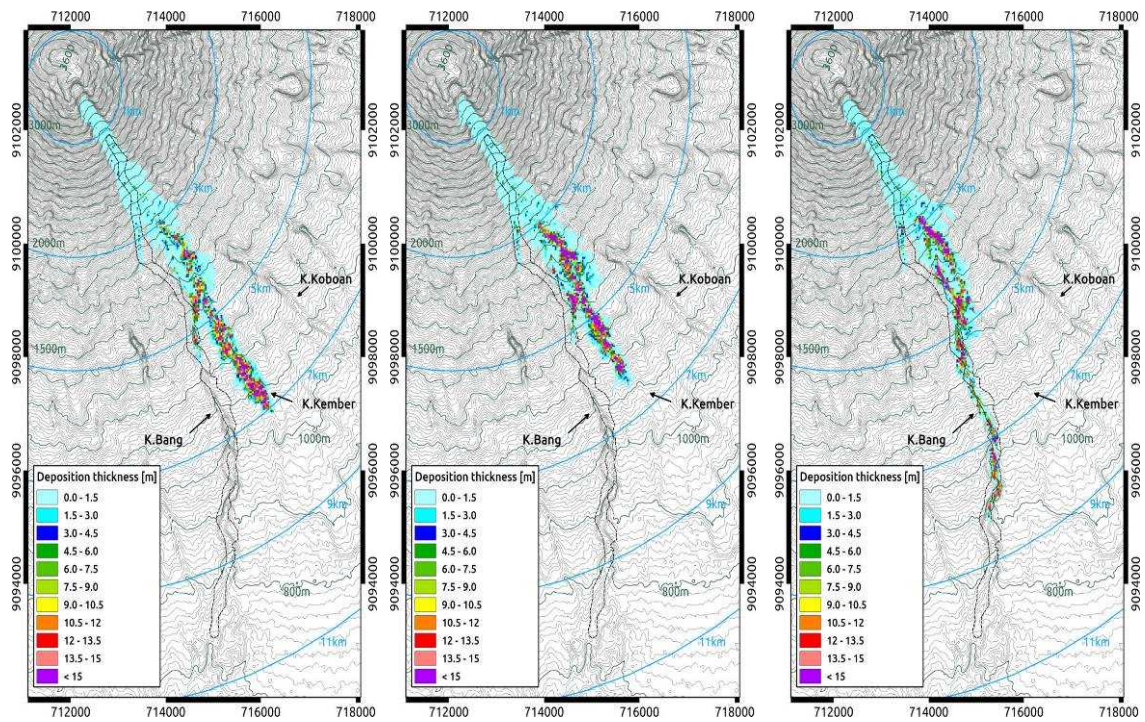
2018 年度は、前年度に引き続きシナブン火山で生じたような、複数の火砕流が繰り返される場合の火砕流シミュレーションの方法について検討した。

過去の火砕流事例の調査からスメル火山においても 2002 年末から 2003 年 1 月にかけて多数の火砕流が繰り返し発生するイベントがあることがわかった。ここでは、この火砕流イベントを対象としてシミュレーションを実施した。

一連の火砕流の総量は $5.45 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定されている。一連の火砕流のなかで最大規模の火砕流が 2002 年 12 月 29 日に生じた。その火砕流の規模は $3.25 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定されており、Bang 川に沿って火口から 9-11km 付近まで到達したと報告されている。この火砕流以前は、到達距離 0.8-2.5 km の小規模な火砕流が Kember 川沿いにのみ流下したと報告されている。そこで、まずは、単一の火砕流イベントとして $3.5 \sim 5.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ の規模の火砕流シミュレーションを実施した。その結果、その他の、継続時間や粒子間摩擦角といった条件を現実的な範囲で変えても、火砕流は、ほとんど Kember 川にとどまり、Bang 川にはほとんど流下せず、流下範囲は報告されているものと大きく異なり再現に至らなかった。

そこで、12 月 29 日の火砕流に先立つ小規模な火砕流を別イベントとして設定し、小規模な火砕流の影響を検討すべく、火砕流のイベントチェーンを 2 ケース作成した。12 月 29 日の火砕流までの火砕流総量を $5.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ と等しくし、その総量に対して、(a) $5.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ の 1 イベントの火砕流、(b) $2.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ の火砕流とそれに続く $3.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ の火砕流の 2 イベントのチェーン、(c) $0.25 \times 10^6 \text{ m}^3$ の火砕流が 4 回、それに続いて $1.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ の火砕流と $3.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ の火砕流の 6 つのイベントからなるイベントチェーンの 3 つのシナリオに基づくシミュレーションを実施した。なお、シミュレーションに用いた DEM は、対象とするイベント前の 2000 年 2 月の SRTM-1 (約 $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$) である。図 4-20 に 3 つのシナリオのシミュレーション結果を示す。シナリオ(a)、(b)では火砕流は Bang 川にほとんど流入していない。しかしながら、両者を比較すると、シナリオ(a)では主な堆積場所は、Kember 川沿いに 5 km より遠方だが、シナリオ(b)では堆積域がより上流側に現れており、到達距離も短くなっている。また、両者の幅方向の広がりを見ると、堆積域で(b)が(a)より広がっており、堆積が流れに影響しているのが見て取れる。シナリオ(c)では、先行する $0.25 \times 10^6 \text{ m}^3$ の 4 回火砕流と $1 \times 10^6 \text{ m}^3$ 火砕流が Kember 川沿い 3 km 付近において堆積した結果、最後の $3.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ の火砕流の流路が Bang 川へ変更させられた。すなわち、Kember 川沿い 3 km 付近に堆積を生じさせるに十分な数の小規模な火砕流が $3.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ の規模の火砕流の前に生じていることが、当該火砕流が Bang 川へ流下して行くのに必要であることが示された。さらに、Bang 川が深く狭い河道が続いていることから、大きな火砕流の流動深が維持され、流速も早いことでより遠くまで到達したことが理解される。また、2003 年以降の DEM、たとえば ALOS-AW3D(2006-2011 のコンボジット／平均)では、単一イベントシナリオ、イベントチェーンシナリオともに Bang 川への流下を再現できなかった。

火砕流シミュレーション・エンジン、土石流とラハールシミュレーション・エンジン、溶岩流、降雨流出のシミュレーション・エンジンのシミュレーションコードの整理、チューニングを行い、土石流・ラハールのシミュレーションについては微細砂や砂防施設の取り扱い方法については整理し、成果をマニュアルとしてとりまとめている。



Dashed area: deposits of pyroclastic flow, surge and lahar in 2002 eruption obtained by Solikhin et al. (2012)

図4-20 イベントチェーン型の火砕流の最終堆積厚の比較。(a) 5.5M m³を1回のイベントとしたケース (左)、(b) 2M m³と3.5M m³のイベントチェーン (中)、(c) 0.25Mm³ 4回に続いて1M m³ が1回、最後に3.5M m³ のイベントチェーン (右)

グループ 3-2

個々のシミュレーション・エンジンの複合土砂災害シミュレータへの統合化にあたり、暫定契約期間中の 2013 年度は、複合土砂災害シミュレータの構成要素とそれらの関係、システムアップの方針と開発計画について検討した。

複合土砂災害シミュレータでは個々のシミュレーション・エンジンを統合化する。また、時系列的に複合的に生起する現象に対して異なる現象を連続的にシミュレーションするには、計算条件を有機的に運用することができるようシステムを組む必要がある。また、それぞれのシミュレーション結果も時系列的に前後の関連性を持たせて格納・データベース化し検索可能にしておく必要がある。そのため、複合土砂災害シミュレータを、シミュレーション・エンジン／プログラム群と、シミュレーションの入力条件を設定するインターフェース群で構成する。シミュレーションの入力条件は規模や物理定数など現象に固有の条件と、イベントにより変化する地形などの条件に分けられる。前者はあらかじめ項目ごとにデータベースを作成する。後者については、シミュレーション結果を次のシミュレーションの条件として用いるが、シミュレーション結果はデータベース、「複合土砂災害データベース」に格納する。個々のイベントに対応するシミュレーション条件は両データベースのデータを用いて作成される。入力条件を設定するインターフェースは、現象に固有の条件をデータベース化するもの、両データベースからシミュレーションの入力条件を構築するインターフェースからなる。

図 4-21 に複合土砂災害シミュレータを含むシステムの構成を示す。

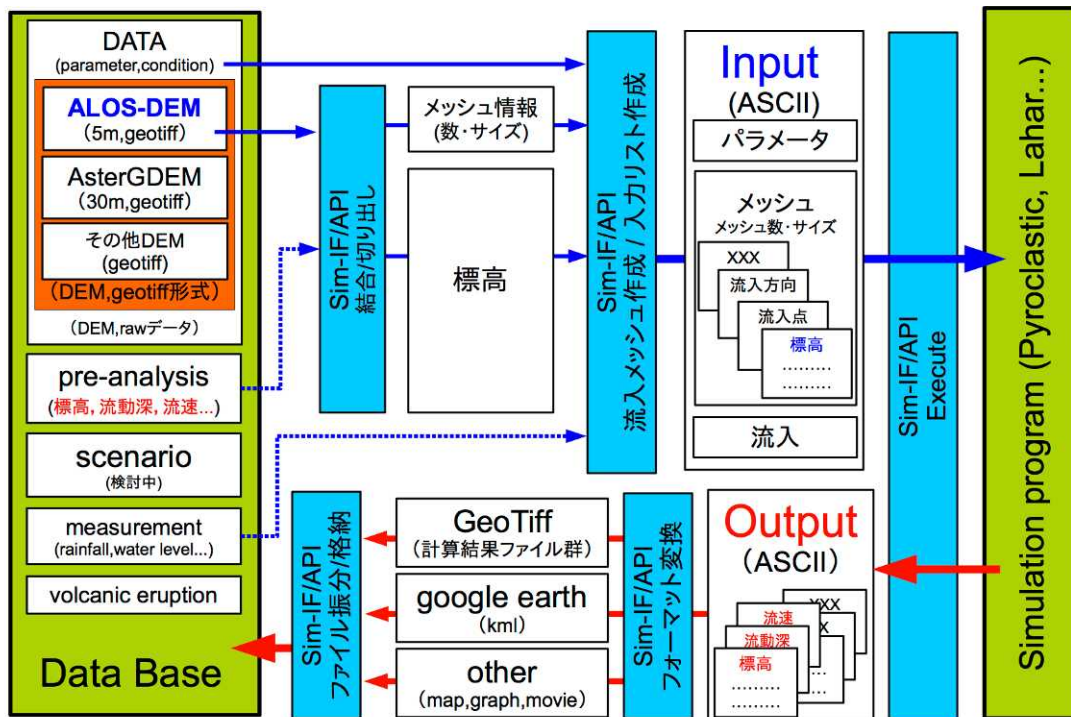


図 4-21 シミュレーションとデータベース間のインターフェース

図の右端のシミュレーション・エンジン群と中央の青で示されるインターフェースが複合土砂災害シミュレータを構築する。

複合土砂災害シミュレータからの出力は、時系列的に関連付けられたイベントのチェーンとして複合土砂災害データベース(図では pre-analysis data base)に格納される。図 4-22 は、イベント／シミュレーション・チェーンとデータベースへの入出力を、標高データを例として模式的に示したものである。標高データはイベントによる地形変化を表すから、最も重要なシミュレータからの出力の一つである。

複合土砂災害シミュレータのハードウェア構成は、その構造と利用を反映するように組まれる必要がある。複合土砂災害シミュレータは、データベースと合わせて、3つの構成要素、シミュレーション・エンジン、データベース、インターフェースからなるシステムを構成する。2014年度は、ハードウェア構成も、それを反映して3つの構成要素を持つように設計を行い、図4-23に示す複合土砂災害シミュレータ開発用システムを構築した。加えて、データベースの基礎データのひとつであるDEMのデータベース化を行った。システムの基本設計は、システムのスケールやデータ通信環境になるべく依存しないよう、スケーラビリティとポータビリティに富むように行った。

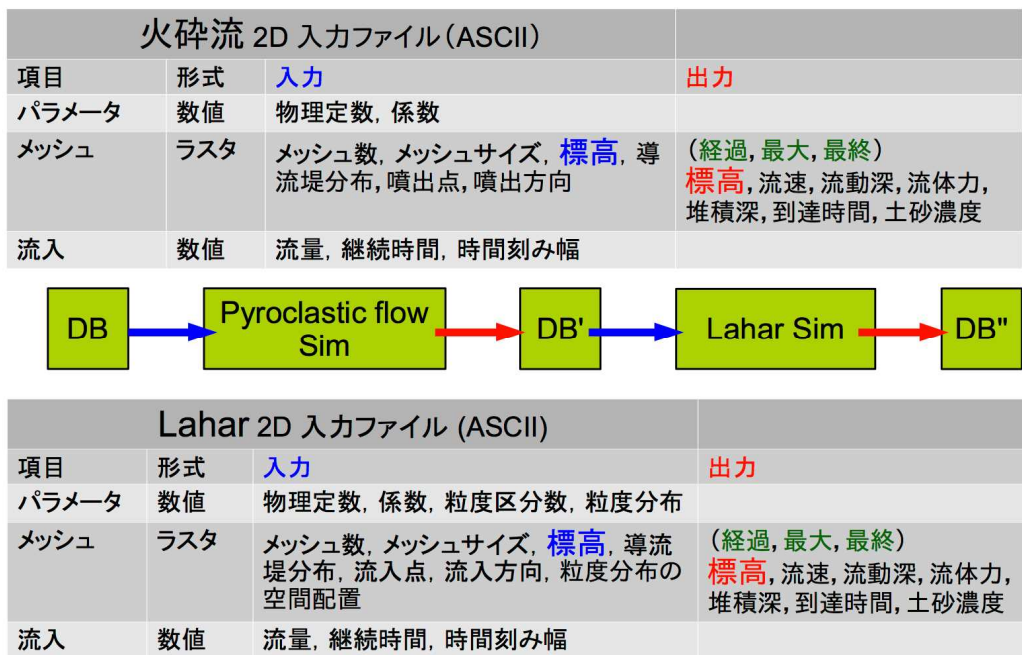


図 4-22 統合化におけるシミュレーション・チェーンとデータベースへの入出力の模式図

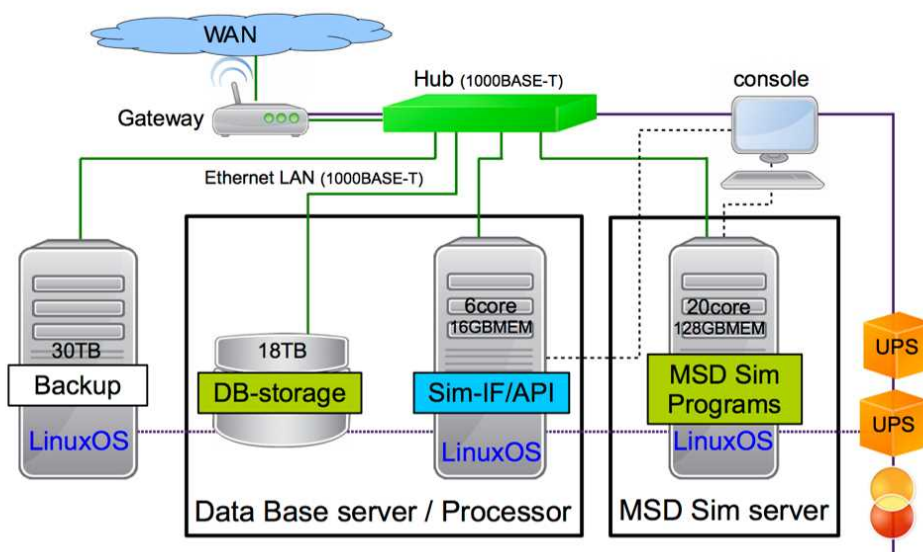


図 4-23 統合化 GIS-MSD シミュレータの開発環境

2015年度は、図4-21に基づき、土砂移動現象におけるそれぞれのシミュレーション・エンジンが必要とする初期条件、境界条件、物理定数、係数などの条件をデータベースから取得し、シミュレーション・エンジンが必要とする計算条件データファイルを作成するインターフェースを開発した。また、DEMからシミュレーション範囲の地形データの切り出し、流入点位置を指定し、地理座標系の変換、フォーマットの変換、シミュレーション・エンジンが必要とする入力データに整形、データをデータベースに転送/格納する一連の処理を自動化した。シミュレーション・エンジンからの地形変化に関する出力結果は、イベントチェーンとして次のシミュレーションの入力(初期)条件となることから、出力結果の格納フォーマットはシミュレーションの初期条件のフォーマットと合わせる必要があることから、地形データの汎用フォーマットである geotiff 形式と整合させ、再利用性を向上させた。また、結果を簡単に確認できるよう、地理情報を付加し画像化した png 形式や KMZ 形式もデータベースへ格納することとした。

ここで開発した入出力インターフェースにより、あるイベントに対する複数ケースの計算は勿論、図4-24に示すような時系列的に連続するイベントのシミュレーションが容易に実行できるようになった。シミュレーションの実行にあたっては、時系列的な制約を持つ極めて多くの数のチェーン・イベントのシミュレーションを効率的に処理するため、マルチコア・マルチノード対応可能なインターフェースプログラムを開発した。図4-24はイベントチェーン計算の1例として、3回の火砕流に引き続いてラハールが生じるイベントチェーンのシミュレーション結果を示している。

これらのインターフェースプログラム群は、オープンソースのスクリプト言語、地理空間演算ライブラリ、GISライブラリを用いて作成されている。

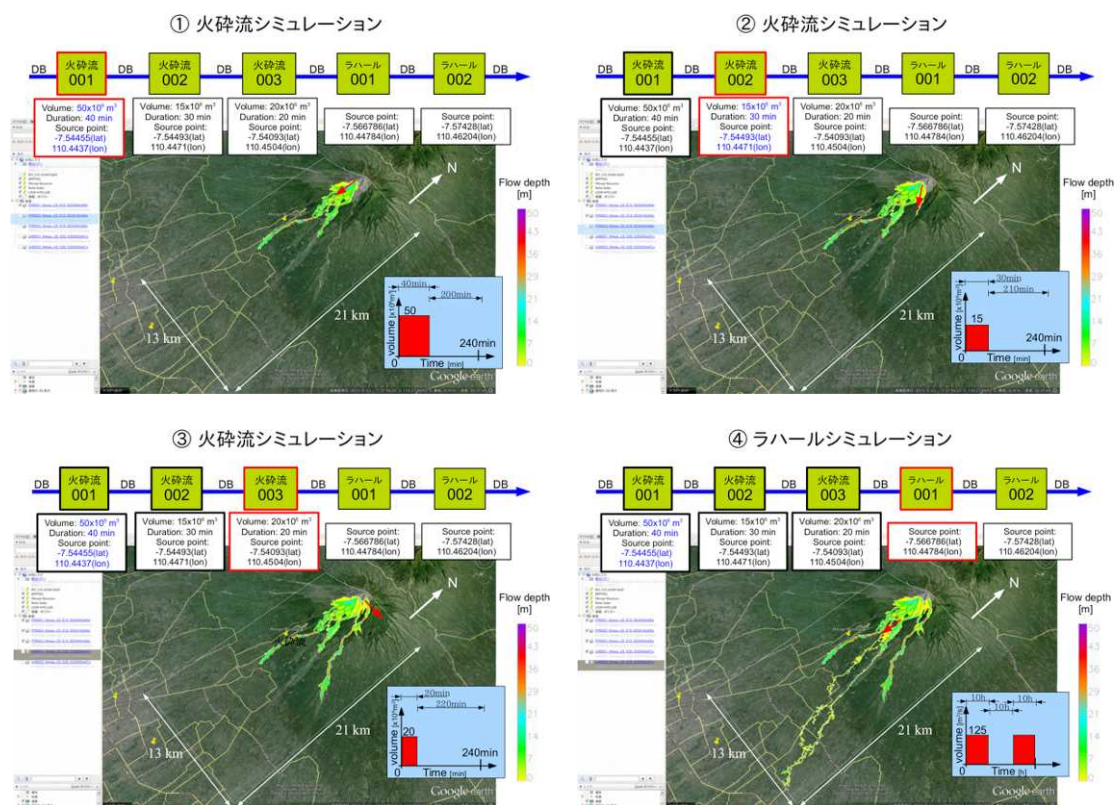


図4-24 火砕流・ラハールのイベントのシミュレーション例 (地図データ:Google Earth)

開発環境を用いて開発してきたシステムを、予定を前倒してバンドンの火山地質災害軽減センター (PVMBG) とジョグジャカルタの同組織のメラピ火山観測センター (BPPTKG)

の2か所に設置した。図4-25にBPPTKGに設置したシステム図を示す。

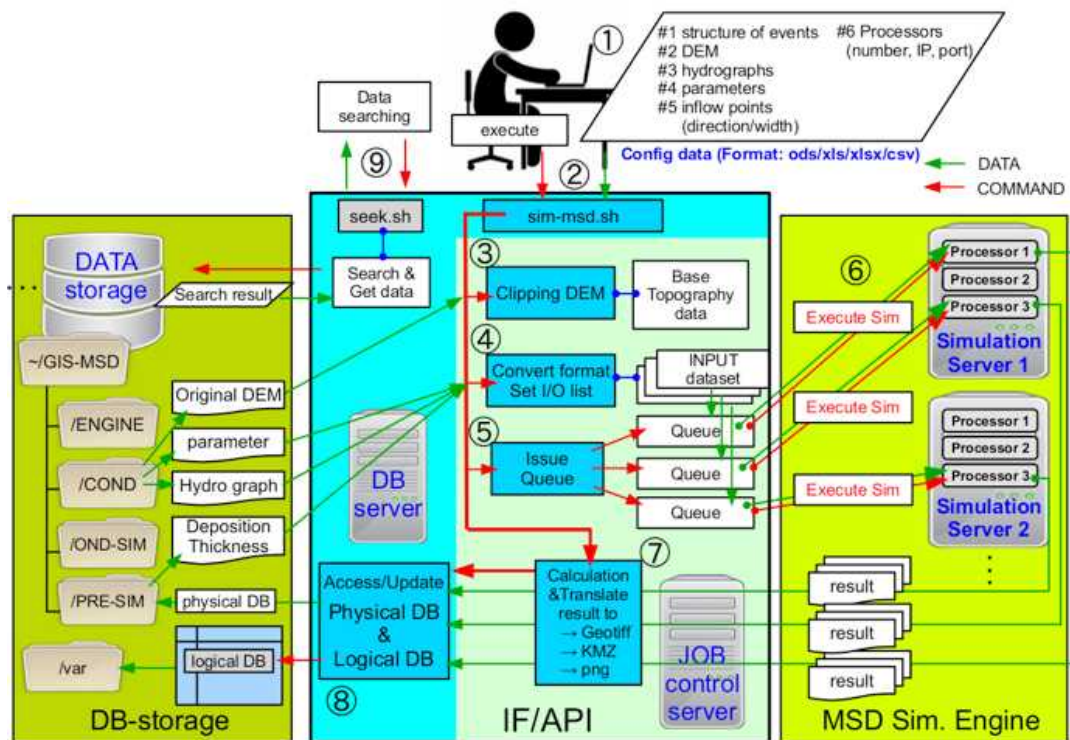
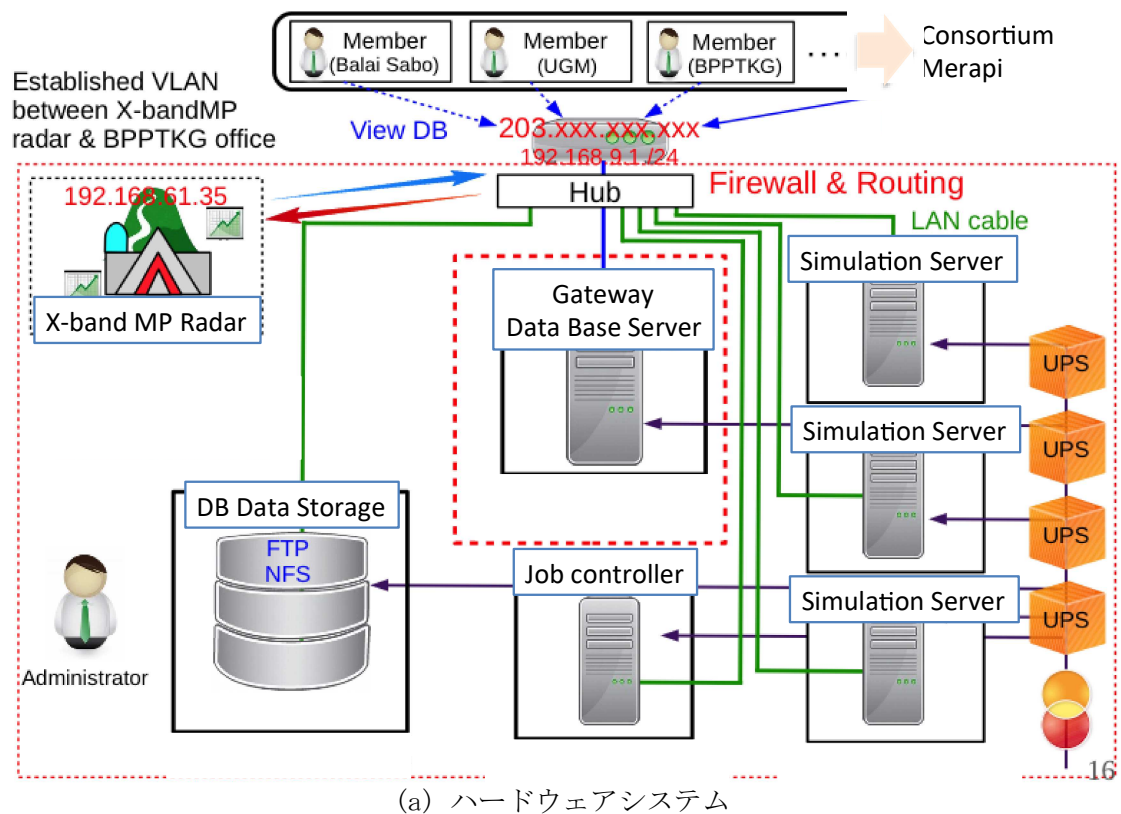


図4-25 BPPTKGに導入した複合土砂災害シミュレータのシステム図

データベースは、数多くの時系列イベントチェーンをディレクトリの階層で表現する。すなわち、シミュレーション結果の時系列をディレクトリのツリー構造に対応させる。このディレクトリ構造を物理データベースと呼ぶ。このようにして構築された物理データベースのディレクトリ構造の情報（時系列情報）に検索インデックスを加えた論理データベースを構築した。シミュレーション結果のデータベース、複合土砂災害データベースは、物理・論理、両データベースの組み合わせで構築されている。加えて、シミュレーション結果を物理データベースに格納し論理データベースのデータを作成するインターフェース（IF/API）の開発を行った。

図 4-26 に物理データベースの模式図を示す。メラピ火山を対象にデモンストレーションとして実施した 40 ケースの火砕流シミュレーション、図 4-12 は、この模式図では、噴火による最初のイベントに対応し、発生のある火砕流のバリエーション（例えば、ディレクトリ PYR001～PYR040）として位置付けられる。それぞれの可能性のある火砕流ごとに、様々な規模の降雨によるラハール、土石流が想定され、それらは降水量に依存するため、それらも時系列的な降雨イベントに対応した時系列的現象として、データベースの最初のそれぞれの発生の可能性のある火砕流イベントのディレクトリの下の子ディレクトリに順次格納されていく。

このようにして、可能性のある個々のイベントを定義し、それらのすべての可能な時系列的組み合わせ（チェーン）を網羅的に作成、シミュレートすれば、複合災害がたどる可能性のある時系列を予め知る（データベース化）ことが可能となる。

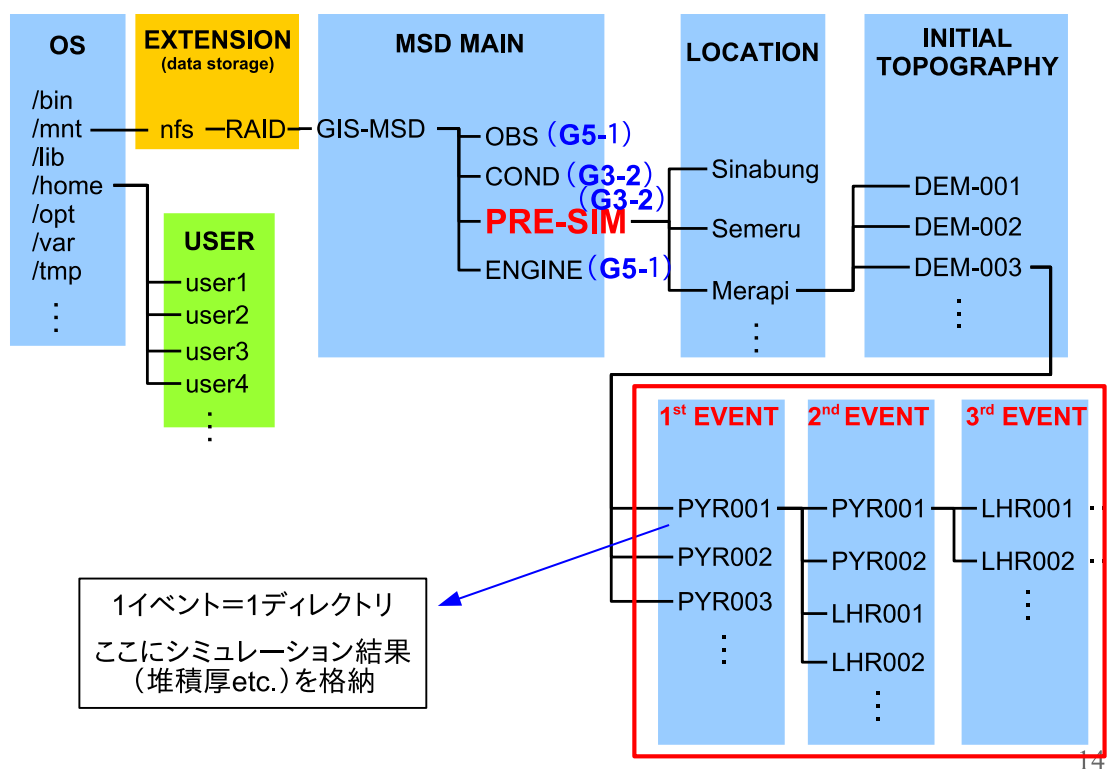


図 4-26 複合土砂災害シミュレータ、物理データベースの模式図

物理・論理データベースにデータを埋め込むため、シミュレーションの入力条件を作成する IF/API と整合するよう、入力データ作成のインターフェースを改良した。

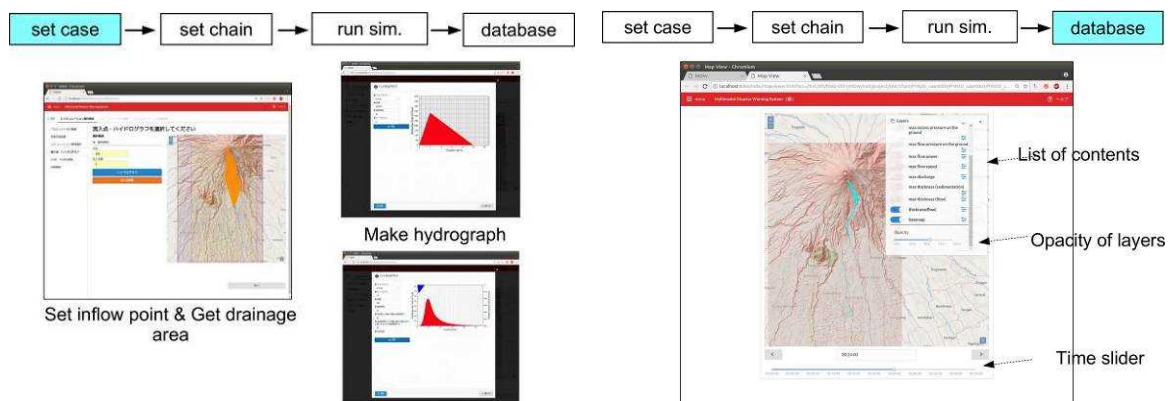


図 4-27 シミュレーション入力条件の作成、チェーンの組み立て、シミュレーション実行、結果の検索と表示を行う WEB-UI。

また、具体的な事例として、グループ 3-1 が実施した、メラピ火山を対象とした 40 ケースの火砕流シミュレーションを、「複合土砂災害データベース」に登録した。

また、地形情報を扱う入力 IF/API として、ユーザーがより直感的に DEM の切り出しや流入点位置の指定に加えて、流入点幅と方向も設定可能な、地形情報を扱うグラフィックユーザーインターフェース(GUI)を開発・実装した。さらに、降雨流出シミュレーションに必要な流域界を自動探索する IF/API を整備した。流域界の自動探索 IF/API の開発に併せて、探索・抽出した流域ごとの雨量データを自動集計する API の開発を行った。

加えて、新たに開発した、溶岩流および降雨流出シミュレーション・エンジンを複合土砂災害シミュレータに組み込んだ。

2017 年度は、前年度開発した複合土砂災害シミュレータのシミュレーション結果を格納するデータベースと整合性をもたせたシミュレーション・エンジンの入力条件設定を支援するグラフィックインターフェースを、WEB ブラウザで行えるように改良した。これによって、DEM の切り出しや流入位置と流下方向の指定、流域面積の取得やハイドログラフの作成が WEB ブラウザ上で行えるようになった。また、こうすることにより、チェーンの組み立てからシミュレーションの実行、結果の複合土砂災害データベースへの格納、論理データベースへの登録も WEB から実行可能になった。シミュレーション結果の検索と表示についても、火砕流総量・総降雨量でチェーンを検索するインターフェース、並びに WEB-GIS 上で OpenStreetMap や DEM の陰影図を重ねて表示するインターフェースを開発した。図 4-27 に開発した WEB-UI の画面のスナップショットを示す。

これらの WEB-UI の開発によって、ユーザーが、より直感的にシステムを操作しやすくなるとともに、システムの拡張性と汎用性が大きく向上した。また、複合土砂災害データベースを効率的に作成するためのマルチ CPU 処理を制御するジョブコントロールプログラムを開発した。

複合土砂災害シミュレータを用いて、メラピ火山の火砕流を対象とした「複合土砂災害データベース」のうち 2010 年のメラピ火山の火砕流と最も近い火砕流シミュレーション結果をもとに、それに続くラハールについてイベントチェーン・シミュレーションを実施した。同様のシミュレーションを、すべての火砕流シミュレーション結果に対応させて行うことにより、メラピ火山における、火砕流-ラハールの時系列的なイベントチェーンに基づく「複合土砂災害データベース」が完成する。防災情報として重要となる火砕流・ラハールの到達範囲を複数ケースのコンポジットとしてマップ上に投影した例を図 4-28 に示す。

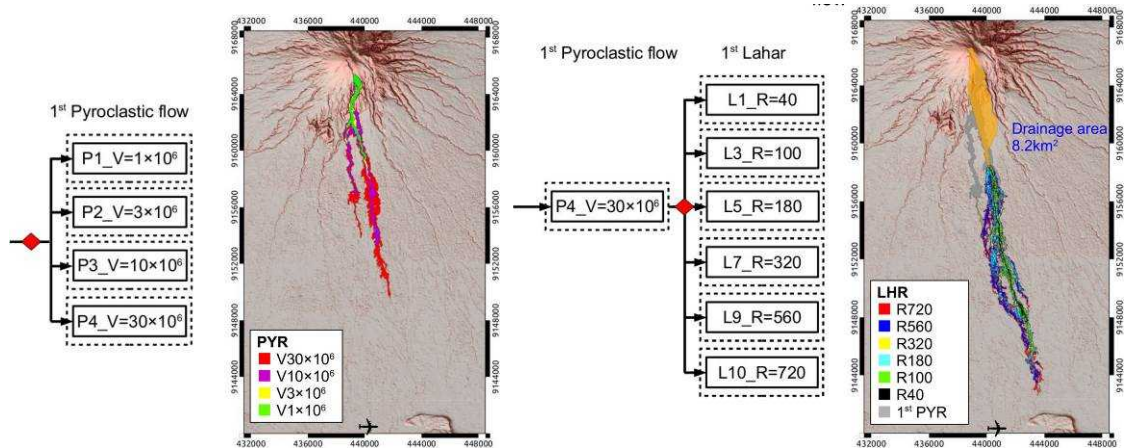


図4-28 火砕流からラハールへのイベントチェーンを考慮したシミュレーション結果。
左：火砕流のシミュレーション、右：ラハールのシミュレーション。

2018年度は、開発した複合土砂災害データベースを検索する IF/API と WEB-UI の改良に加え、複数のケースを統合的にコンポジットとして表示する IF/API を開発した。加えて、流下氾濫範囲に関する情報の中で最も重要な到達距離情報をイベント規模に対応させて表示する WEB-UI を開発した。図 4-29 は桜島を対象に作成したプロトタイプの実表示例である。

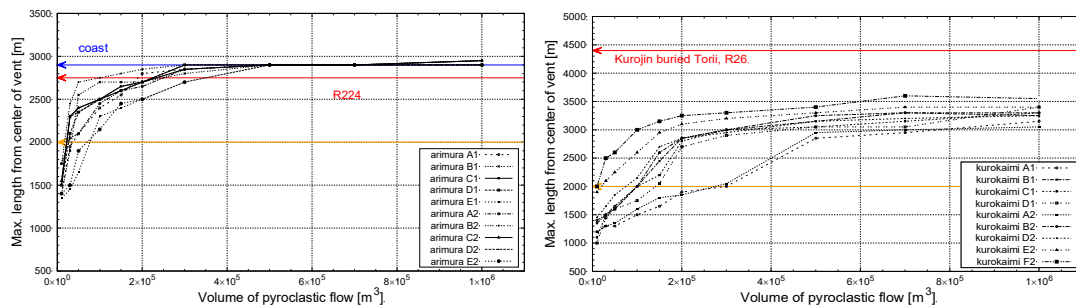


図 4-29 複合土砂災害データベースのシミュレーション結果を到達距離で整理した図
(左図：桜島有村川流域の火砕流到達距離、右図：桜島黒神川流域の火砕流到達距離)

開発したシステムのチューニングと整理を行い、情報を整理してシステムのマニュアルを作成した。また、本プロジェクトの対象 6 火山の火砕流、ラハールといった今後起こりうる災害現象について検討し、それを時系列に整理したイベントチェーンを作成、複合土砂災害シミュレータでシミュレーションを行い、複合土砂災害データベースを構築した。

④カウンターパートへの技術移転の状況

②の研究の進捗にあわせてカウンターパートへの技術移転を行った。グループ 3-1、3-2 の内容は互いに密接に関連し、グループ 5-1 の内容とも関わっているため、技術移転は、グループ 3-1、3-2、5-1 の合同で行った。具体的には、主に、セミナーやワークショップの開催によって行っている。2016 年度からは、技術移転に PVMBG (バンドン)、BPPTKG (ジョクジャカルタ) に導入した複合土砂災害シミュレータを活用している。また、常時からメールによる質問などを受け入れることによって技術移転に努めた。

2014 年度は、ガジャマダ大学の Dr. Adam をはじめ水理実験所のスタッフ、ならびに砂防技術センター(Balai Sabo)の Ayu 技師ほかスタッフに対して、火砕流、ラハールのシミュレーション・エンジンの基本事項に関する技術移転を、セミナー、ワークショップを計 3

回開催することにより行った。加えて、筑波大学に開発・導入した複合土砂災害シミュレータを用いたシミュレーションの入力データセットの作成と実行に関するカウンターパート研修を、2015 年 1 月 14 日から 2 月 12 日の間、砂防技術センターAyu 技師を対象に実施した。

2015 年度は、Cholik 技師ほか BPPTKG のスタッフ、Akhyar 技師ほか Balai Sabo のスタッフ、Dr. Adam ほか UGM のスタッフを対象に、計 5 回のワークショップ、セミナーを開催し、複合土砂災害シミュレータの基本的な考え方と構造などの基礎事項、シミュレーション・エンジンの使い方（実行に必要な入力条件の作り方、実行方法、結果の解釈）に関する技術移転を行った。Balai Sabo の Akhyar Mushtofa 技師、PVMBG の David Adriansyah 技師には 40 日間のカウンターパート研修を実施し、筑波大学に導入した複合土砂災害シミュレータの開発システムを用いて、シミュレーション・エンジンの基礎理論や複合土砂災害シミュレータの構成、動作原理について指導した。Akhyar 技師は短期研修を経てインドネシア側のシミュレータ利用グループで中心的な役割を担っている。

2016 年度は、前年度に PVMBG（バンドン）と BPPTKG（ジョクジャカルタ）に複合土砂災害シミュレータが導入されたのを契機に、このシステムを用いた実践的な技術移転が現地でシステムティックに実施できる態勢を整えた。たとえば、BPPTKG、UGM、Balai Sabo からそれぞれ数名ずつをメンバーとして選び、彼らを対象に、BPPTKG に導入したシステムを使った各シミュレーション・エンジンの入力データの作成（たとえば、地形情報や流域界の抽出・取得）、シミュレーションの実行、複合土砂災害データベースの閲覧、データのダウンロード・アップロードなど研修を計 12 回のセミナーやワークショップを開催した。

2017 年度は、前年度に引き続き、PVMBG、BPPTKG に設置されている複合土砂災害シミュレータを用いたセミナーやワークショップを計 5 回開催した。結果として、各機関が得意とする現象、例えば PVMBG と BPPTKG では火砕流シミュレーション、Balai Sabo と UGM ではラハール・シミュレーションの計算条件を設定し実行できるようになってきている。

2018 度も引き続き、PVMBG、BPPTKG に設置されている複合土砂災害シミュレータを用いたセミナーやワークショップを計 5 回開催した。これまでの積み重ねの結果、カウンターパートのスタッフの多く、特に若手がシミュレータを活用した成果をもとに論文執筆ができるようになった。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

2013 年 2 月 13 日にケルト火山において発生したプリニー式噴火により多量の軽石と火山灰が放出され、山麓に多量に堆積した。プリニー式噴火は数時間程度で終息したが、雨季であったため、その後、ラハールが発生するようになったので、インドネシア側研究者とともに現地調査と情報収集を行い、意見交換・情報共有をはかった。

スメル火山の馬蹄形火口内には 2011 年から溶岩ドームが成長を続けていたが、2014 年には崩壊すれば火砕流が発生する可能性が高いと推定された。これを受け、同火山を対象とした火砕流のシミュレーションも実施した。これは、火砕流に関するシミュレーション・エンジンの開発の一部として急遽加えたものである。それに併せて、スメル火山近傍の DEM の整備も行った。

2017 年度には、本プロジェクトの対象火山としてシナブン火山が新たに加わった。シナブン火山では、他の対象火山にはない、長期に継続して発生する火砕流、天然ダムの形成という特徴を持つ。そこで、シナブン火山を事例に火砕流のみで構成されるイベントチェーンの作成の際に不可欠の 1 つの火砕流イベントの考え方、抽出法について検討し、イベントチェーンで地形変化、流下氾濫区域を評価・予測することの重要性を実現象の再現を行うことにより示した。また、天然ダムの侵食・決壊による下流への影響の現れ方を、同じくシミュレーションを行うことにより示した。

研究題目 4 火山灰の航空機への影響予測

①研究のねらい

研究グループ 4-1 火山灰移動モデルの高度化と予測

研究グループ 4-2 火山灰早期警戒システムの開発

航空機の運航可否の判断にされるのは、大気中の火山灰重量濃度であり、相対密度の時空間分布しか得られないシミュレーションでは航空機の運航可否の資料として用いるのは限界がある。本グループでは大気中の火山灰の重量濃度の時空間分布をシミュレートする手法を開発し、浮遊火山灰警戒システムにより、航空機の運航可否の判断材料を提供する。

②研究実施方法

大気中での火山灰粒子の移流・拡散を追跡し、火山灰粒子密度の時空間分布を予測するための手法を開発する。火山灰の移流・拡散シミュレーションには実績のある PUFF モデルを用いるが、インドネシアにおいて利用可能な風向・風速のデータについて検討しつつ、グループ 2 の火山活動推移予測モデルから提供される噴出率の予測およびリアルタイム評価値に基づいて予測するよう改良する。また、グループ 1 の総合観測システムで得られる X バンド MP レーダーの画像は噴煙の高度、広がり等のシミュレーションの初期値として用いることも検討する。また、レーダー画像から火山灰粒子密度分布評価の可能性について検討する。

X バンド MP レーダーは火山灰の検知に活用し、噴出物量の放出率評価に用いるとともに、火山灰拡散シミュレータの入力データとして用いることで、火山灰の拡散範囲のリアルタイムで把握できる技術開発を行う。

シミュレーションやレーダー画像から推測される結果については、桜島における大気中火山灰粒子密度の大気中その場測定や地上観測データと照合することにより、その意味と妥当性を検証する。インドネシアの研究対象火山において地上観測を実施するとともに、大気中その場観測の可能性を探る。

③当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

大気中での火山灰移流・拡散予測モデルとして実績のある PUFF モデルを、桜島、グントール、ガルングン、メラピ、ケルト、スメル の 6 火山の噴火時に適用し、気象庁 GPV 情

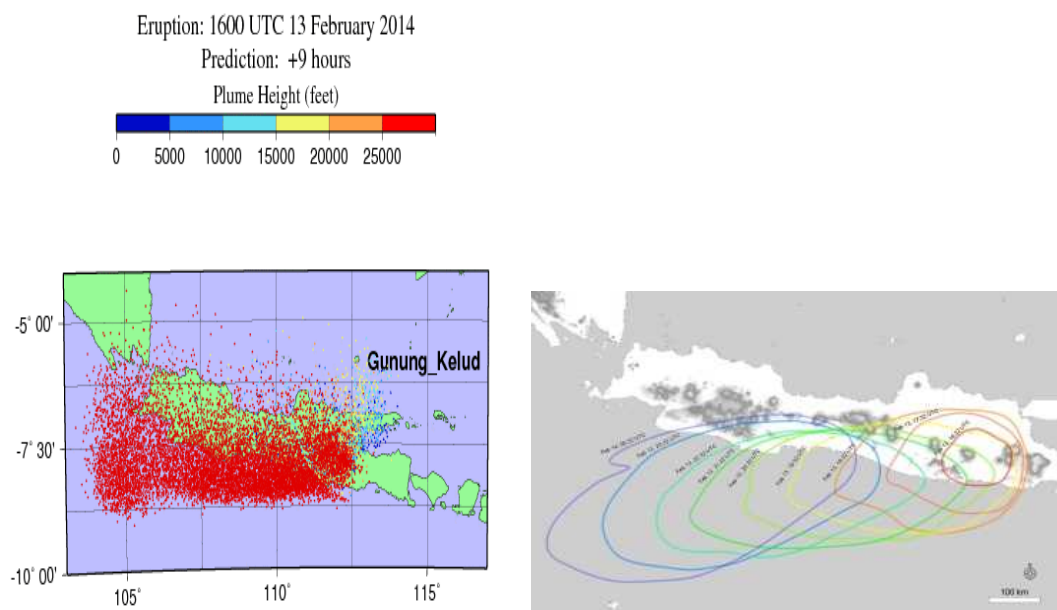


図 5-1 PUFF モデルによる火山灰拡散予測（左）と衛星情報による火山灰拡散（右）

報を用いたリアルタイムの火山灰拡散予測を可能にした

(<http://gpv.jma.ccs.hpcc.jp/~tanaka/webpuff/satreps.html>)。

初期条件となる火山灰放出率は、桜島についてはグループ 2-2 がリアルタイムで推定する放出率推定値とし、インドネシア各火山については 10km の噴煙高度を仮定した。2014 年 2 月のメラピ火山噴火について、図 5-1 に示すとおり、グループ 2-1 による降灰量・分布現地調査結果や衛星画像解析結果を PUFF モデルによる降灰範囲予測と比較するとともに、傘雲を考慮した火山灰移流拡散予測も行った。

これらを技術移転するために 2016 年度には BMKG のスタッフ 2 名の技術指導を行った。その上で入力気象データを学術利用に制限される気象庁データから、制限がない NOAA/NCDC (米国海洋大洋局/米国国立気象局) の発表するデータに変更して実務利用を可能にした。

グループ 1-3 の実施するレーダー観測から、火山灰拡散予測に必要な噴煙高度等のモニターの研究が行われた。図 5-2 に示すとおり、桜島黒神に設置された Ka バンドレーダーデータ解析から、時々刻々大きくなる噴煙柱の外形を把握できることが確認された。また、豪雨モニター用に運用されている X バンド MP レーダーデータを用いた噴煙柱解析のためのデータベースも整備された。火山礫粒子が降灰する様子を直接観測できるビデオゾンデを用いて、ビデオゾンデから得られた仮想のレーダー偏波情報と実際のレーダーデータとの比較を行い、火山礫粒子電波散乱特性の調査を行った。また、ビデオゾンデから得られた粒径分布 (図 5-3) でレーダーデータのキャリブレーションを行い、降灰量を推定した。偏波パラメータと堆積量を比較した。

X バンド MP レーダーを用いて、噴火の自動検出 (1 分毎の監視、降雨時の噴火検出)、定量的降灰量推定 (地上降灰量との比較に基づく工学的手法、粒径分布に基づく物理学的手法)、噴煙柱の構造把握 (高度、噴出率、3 次元構造) を行い、図 5-4 に示すように実現した。これにかかる労力を減らすためレーダーデータ 3 次元解析ツールを ANT3D として完成した。これによって 2015 年 4 月の桜島噴火の噴煙を解析し、図 5-5 に示すようにその 3 次元構造や降灰量分布を算出できるようにした。

1 点の粒径分布計測とレーダーによる断面計測によって空中にある火山灰の粒径分布を推定して、それが風で運ばれて分級しながら堆積する様子をモデル化 (図 5-6) した SRHI モデルを開発した。開発にあたっては DNS による火山灰分布を理想化実験に利用した。

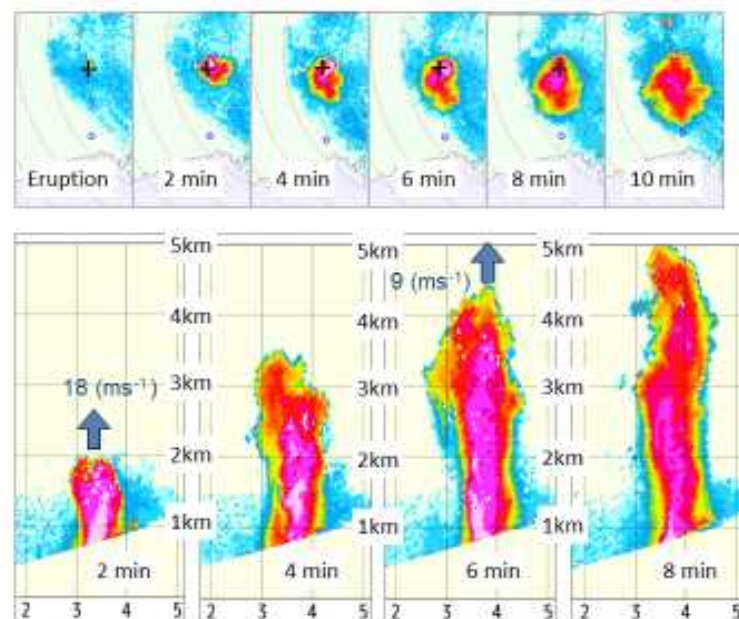


図 5-2 桜島に設置された Ka バンドレーダーデータ解析から得られた噴煙柱 (2014 年 5 月 10 日)

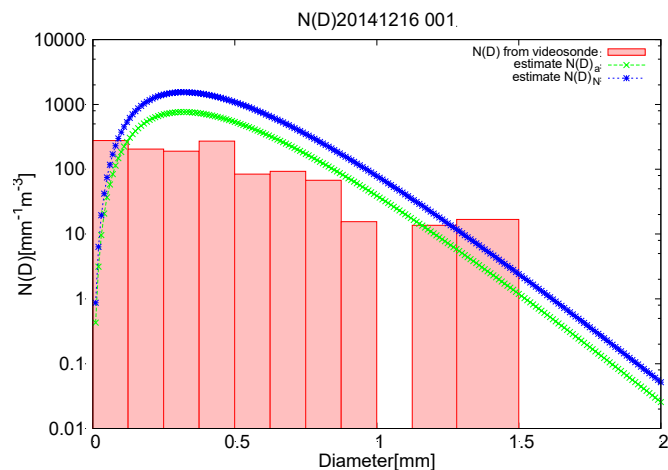


図 5-3 ビデオゾンデデータから算出した離散型粒径分布と連続型粒径分布の例。採取した火山礫から総質量を制約条件として粒径分布推定している。

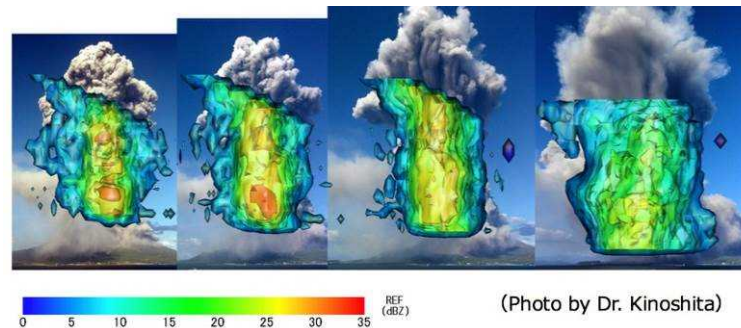


図 5-4 レーダー画像から得られた 2013 年 8 月の桜島噴火による噴煙柱の 3 次元構造

民間航空会社のセスナ機にデジタル粉塵計、GPS ロガー等を搭載し、噴煙中あるいはその近辺を飛行しながら大気中の火山灰濃度を原位置で観測できる一連のシステムを開発し、これを桜島からの噴煙観測に適用し、航路に沿った火山灰濃度を地図上に表示できるようにした。2013 年 7 月 27 日に実施した空中火山灰濃度観測結果図化の例を図 5-7 に示す。なお、火山灰濃度 $4\text{mg}/\text{m}^3$ 以上は全面飛行禁止区域に該当する。

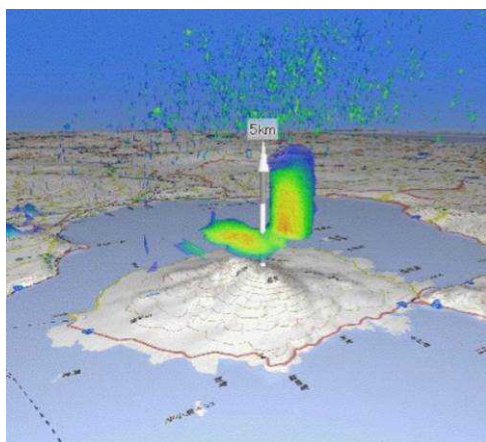


図 5-5 ANT3Dによる桜島の噴煙の3次元構造と火山灰分布

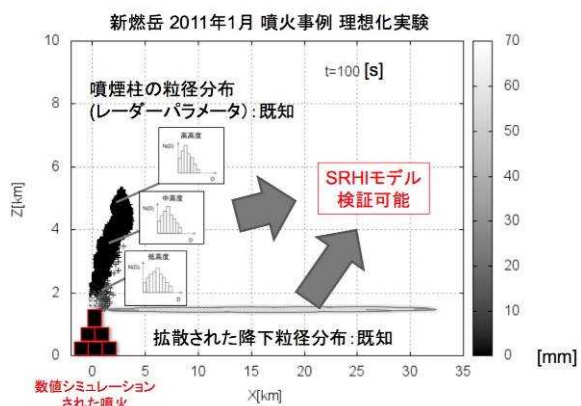


図 5-6 SRHIモデルによる分級しながら堆積する火山灰量の推定図。噴煙は鈴木ら (2013) により再現されたもの。

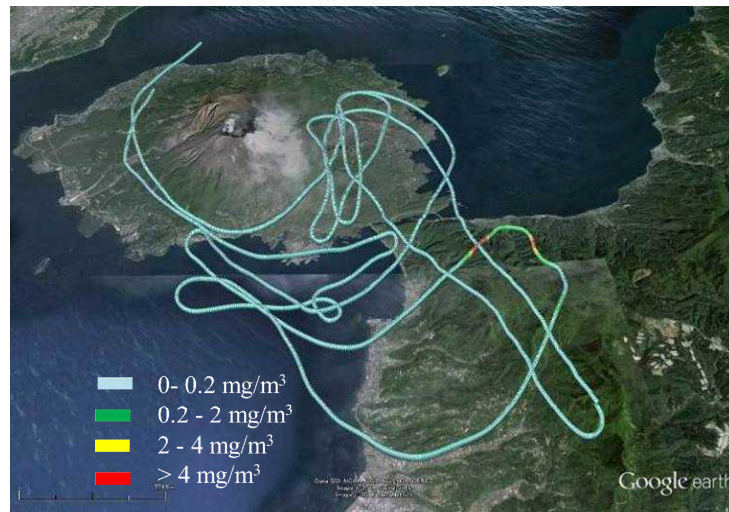


図 5-7 航空機による空中火山灰濃度原位置観測の例。2013 年 7 月 27 日実施。(地図データ：Google Earth)

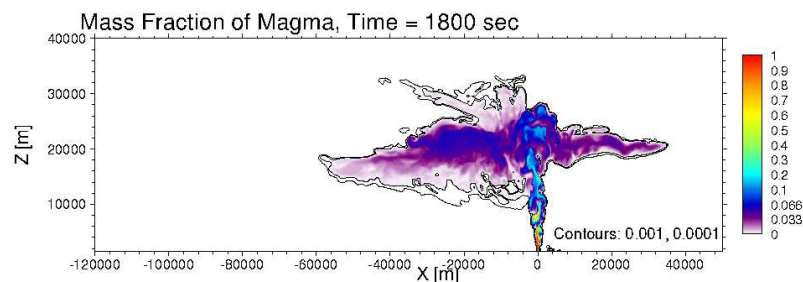


図 5-8 シミュレーションによって再現された 2014 年ケルート火山噴火の噴煙 (断面図)

スーパーコンピュータを使った Direct Numerical Simulation(DNS)によって 2014 年のケルート火山の噴火を再現し (図 5-8、図 5-9)、傘雲の生起状況から噴出率を逆算する方法を考案した。また、カルデラ噴火の噴煙の動態を再計算して再現し、ブルカノ式噴火の噴煙動態シミュレーションの実験を行った (図 5-10)。

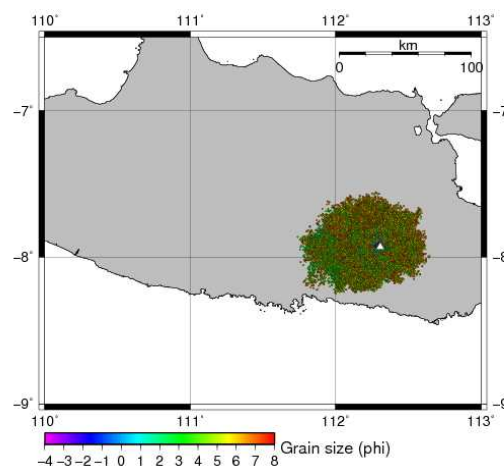


図 5-9 シミュレーションによって再現された 2014 年ケルート火山噴火の噴煙 (平面図)

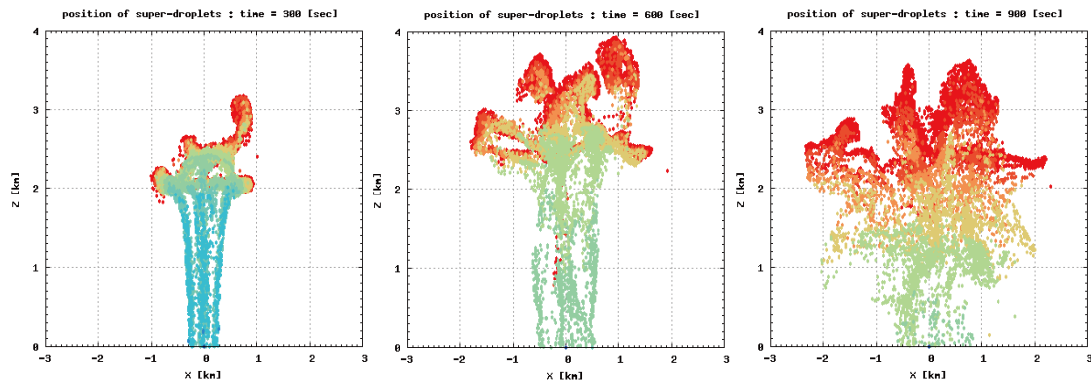


図5-10 ブルカノ式噴火による噴煙のシミュレーション。

④カウンターパートへの技術移転の状況

気象気候地球物理庁 (BMKG) を訪問し、航空気象現業部門を対象に、サーバーに簡易版 PUFF モデルと桜島 PUFF モデルのプログラムをコピーし、シミュレーションの流れと使い方を説明した。また、気候部門を対象に、PUFF モデルのプログラムを渡し、シナブン火山を対象に PUFF モデルを設定し予測を見せる等、その内容に関して詳しく説明を行った。

インドネシアからの留学生（プロジェクト期間中にポスドクに採用、現在帰国）に対して ANT3D の技術移転をした。留学生は ANT3D を用いて、2018 年 2 月のシナブン火山の噴煙を解析した。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

2018 年 2 月 19 日にシナブン火山において噴火が発生した。研究グループでは 2017 年 10 月までにレーダーをケルト火山からシナブン火山に移設して SRHI モードで観測していた。このレーダーは約 8km の近距離から噴煙による反射を捉えた（図 2-5）。X バンド MP レーダーによる火山灰雲検知はインドネシアでは初の試みであり、実証は成功した。データの解析や利用は国際共同研究の枠組みで双方の研究者の参加のうえで主としてインドネシア人研究者が主体になって実施している。あわせて 2018 年 2 月 19 日のシナブン火山の噴火を事例にした DNS を使った噴火シミュレーションの準備を始めた。その後、2018 年 5 月からメラピ火山でも水蒸気噴火が発生するようになり、同様にレーダーによって火山灰雲の移流・拡散を捕捉することができた。

(5) 研究題目 5 複合土砂災害対策意思決定支援システムへの統合

①研究のねらい

研究グループ 5-1 サブシステム（コンポーネント 1～4）の統合化

研究グループ 5-2 複合土砂災害対策意思決定支援システムの利活用推進活動

「総合観測システム、火山噴火早期警戒システム、複合土砂災害シミュレータ、浮遊火山灰警戒システムが SSDM として統合して動作し、業務官庁等に対して情報提供できる状態にする」ことがプロジェクト目標である。研究題目 5 のねらいは、サブシステムを統合して SSDM を構築すること、また、SSDM を維持管理しながら有効に利活用するために、地域の関係者からなるコンソーシアムを設立し、機能させることである。

グループ 5-1

研究グループ 5-1 では研究グループ 1～4 の成果である「総合観測システム」「噴出率予測システム」「統合 GIS 複合土砂災害シミュレータ」「火山灰予報システム」を統合して SSDM として構築する。SSDM システムからは、火山活動監視（観測）に基づく火山噴火危険度に関する情報、レーダーによる噴出火山灰情報、シミュレーションに基づく火山灰拡散情報、スネークラインを用いた豪雨による土砂災害危険度情報、噴火に伴う噴出土砂量や豪雨の予測結果をもとに、複合土砂災害データベースを検索して得られるリアルタイム災害予測情報が得られる。

グループ 5-2

メラピ火山地域に容易に本成果を実装するために、プロジェクトメンバー機関と地域防災局、NGO の担当者からなるコンソーシアムを設立し、地域防災局などの行政機関が行う意思決定過程において、研究グループ 5-1 で作成される情報が有効に活用されるようにすることを旨とする。

②研究実施方法

研究計画では、研究グループ 5 の主要なアウトプットの一つである SSDM は 2015 年度末に現地に設置することとしている。そのため、SSDM のシステム要件、データベース構造、システムアップに必要な各サブシステムをつなぐインターフェース (IF/API) 群、データマネジメントエンジンの設計とコアとなるファイルシステムなど、それまでに開発を終えシステムにインストールする。コンソーシアムも、それに並行して設立準備を進めるための準備会を設ける。SSDM の現地導入後は、システムを用いた試験運用と、運用の結果得られる、さらに必要なインターフェース (IF/API) の開発を行う。また、コンソーシアム準備会では試験運用の経験を通して 2016 年度にはコンソーシアムを設立することとし、2017 年度、2018 年度と本格運用にむけて活動を行う。

グループ 5-1

研究グループ 3 が開発する複合土砂災害データベース、各研究グループの成果のデータベースを統合するインターフェースを作成し、火山災害、土砂災害に関する防災情報が出力できるようにする。この一連のデータを処理するシステムが SSDM である。出力される情報は、火山活動監視に基づく火山噴火危険度情報、レーダーによる火山灰噴出量の監視とシミュレーションに基づく火山灰拡散情報、スネークラインを用いた豪雨による土砂災害危険度情報、火砕流・土石流情報である。火砕流・土石流情報は、観測結果に基づいて、予想される条件に対応したシミュレーション結果を複合土砂災害データベースから取り出して得られる。研究の実施方針としては、2015 年度までに、SSDM システムのコアの部分の設計、開発を終了し、2016 年度に現地 (バンドンの PVMBG とジョクジャカルタの BPPTKG) に導入、試験的な運用を開始し、システムの修正を加えて行く。

暫定契約期間の 2013 年度は、グループ 1～4 の成果として得られる「総合観測システム」、

「火山噴火早期警戒システム」、「統合 GIS 複合土砂災害シミュレータ」、「浮遊火山灰警戒システム」をサブシステムとし、それらを統合し、SSDM として構築する際に重要となるサブシステム間および外部とのインターフェースについて検討する。

2014 年度は、SSDM として統合化されるサブシステム、グループ 1~4 の「総合観測システム」、「火山噴火早期警戒システム」、「複合土砂災害シミュレータ」、「浮遊火山灰警戒システム」間のインターフェース、データマネジメントシステム（データベース）、災害情報を提供するためのユーザーインターフェースに必要な要件を整理し基本的な SSDM システムの構造設計を行う。

2015 年度は、SSDM の構造設計に基づき、各研究グループのサブシステムを統合するためのシステム間入出力インターフェース(IF/API)を開発する。当初計画では次年度に SSDM のハードウェアを現地に設置する予定であったが、「複合土砂災害シミュレータ」の現地導入・設置にあわせて SSDM のハードウェアを同時に導入・整備し、各システムの統合準備を進める。開発と試験運用にあわせてシステム全体の調整・改良を行う。

2016 年度は、グループ 1、2 で実施している観測と観測データの解析結果、グループ 3 で開発している「複合土砂災害データベース」を結びつけ、リアルタイムでハザード情報が得られるよう、観測解析結果に基づいて「複合土砂災害データベース」から最適なシミュレーション結果を検索・抽出するデータマネジメントエンジンとインターフェース(IF/API)の開発を行う。開発にあわせてシステム全体の調整・改良を行う。

2017 年度は、各グループで実施している研究から得られる様々なデータの集約化（データベース化）を図る。特に、火山噴火に伴う災害予測情報に加え、噴火後の降雨による土砂流出や、大気中火山灰拡散に伴うハザード予測情報の集約について検討する。集約化に合わせてシステム全体の調整・改良を行う。

2018 年度は、試験運用に基づきシステム全体の調整とチューニングを実施する。

グループ 5-2

SSDM の運用と活用を効果的、継続的に実施できるようにするために、関係者の間で情報共有する場として、BPPTKG、Balai Sabo、ガジャマダ大学、スレマン県、クラテン県、マダララン県、ボヨラリ県の各地域防災局からなるコンソーシアムを設立する。このコンソーシアム主催のワークショップ、セミナー等通して、SSDM に関する情報共有、地域防災における利活用、維持管理などについて意見交換し、コンソーシアムを実効性のある強固なものにする。また、この SSDM の内容を国内外に幅広く広報する。研究活動は主にメラピ火山で行うが、他の 5 火山においてもセミナー開催をとおしてフレームワークを作っていく。

2013 年度は、コンソーシアムの構成メンバー、役割と運用について検討する。

2014 年度及び 2015 年度は、コンソーシアムの準備会を立ち上げ、コンソーシアム設立の意義、目的、機能、構成員などの要件を整理する。また、その傍ら、セミナーを開催し、SSDM の機能、提供される情報などについて理解の共有を図る。

2016 年度は、プロジェクトメンバーと地域防災局の担当者の合同のワークショップを行い、グループ 5-1 で開発している統合システムによって提供される情報について理解を深め、またコンソーシアムを設立する。

2017 年度及び 2018 年度は、コンソーシアムを実効性のある強固なものとするため、SSDM に関する情報共有、地域防災における利活用、維持管理などについて意見交換のため、コンソーシアム主催のセミナーを開催する。

③当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

グループ 5-1

2013 年度及び 2014 年度には、SSDM の全体設計を行った。SSDM は、図 6-1 に示すように、グループ 1~4 のアウトプットを情報（データ）として統合するよう、火山活動、気象・水文などに関する観測データベース、地形(DEM)などのデータベース、複合土砂災害シミュレータ、複合土砂災害データベース、火山灰移動予測システムなどのサブシステムで構成す

る。なお、SSDM の開発は、グループ 3-2 で開発した「複合土砂災害シミュレータ」システムの上に構築するよう行う。このことにより、「複合土砂災害データベース」システムと親和性の高いシステム開発が可能となる。

1. Physical based DB (File system)
2. Logical based DB (SQL)

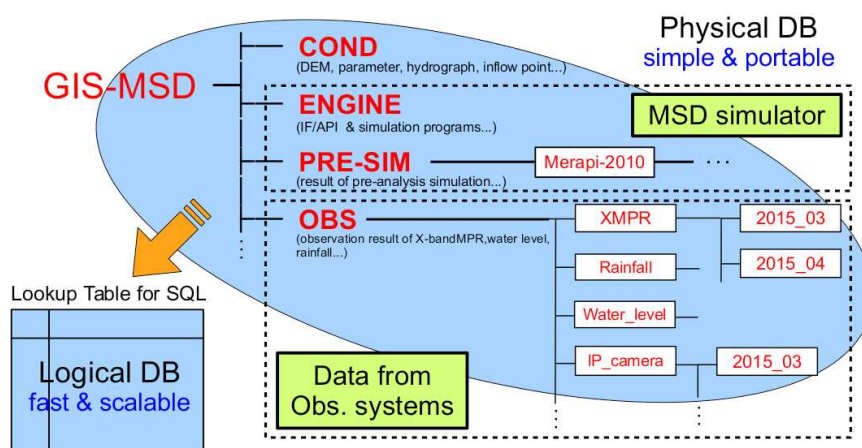


図 6-1 SSDM のデータベース構造

2015 年度は、SSDM の基本設計に基づき、国内の開発環境を用いてシステム開発を行った。各研究グループが開発するサブシステムからのデータを統合する SSDM でのデータの流は図 6-2 のように表され、黒矢印で示したシステム間入出力インターフェースを介して各研究グループが開発するサブシステムからの出力データは SSDM のデータベースへ統合される。SSDM のうち、データを統合（データベース化）し、ハザード情報として整理するサブシステムを統合システムと呼ぶ。

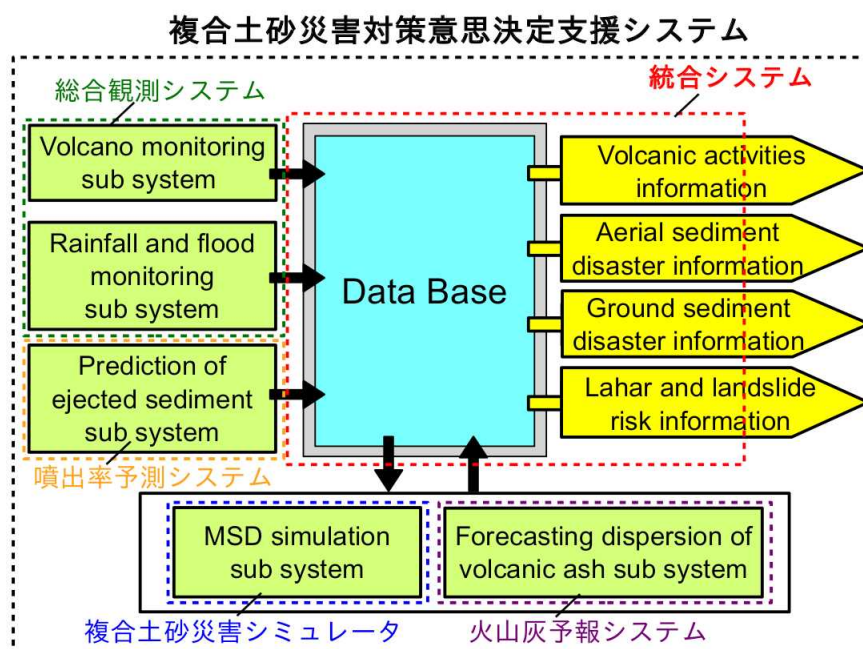


図 6-2 SSDM におけるサブシステムとのデータ通信

統合システムのデータベースには、グループ 1 の総合観測システムの出力として火山

観測、レーダー雨量、地上水文観測の時系列データ、グループ 2 の噴出率予測システムの出力として火山噴出率、噴火シナリオデータ、グループ 3 の複合土砂災害データベースが、グループ 4 の火山灰拡散シミュレータからはリアルタイムの火山灰拡散予測結果が格納される。これらのデータは、前述（図 6-1）のように、データの性質と構造に合致するディレクトリ構造に基づいて格納する。このディレクトリ構造を持ったデータベースを物理データベースと呼ぶ。物理データベースのみではデータ検索などデータマネジメントが容易におこなえない。そこで、効率的に検索するためファイル構成を SQL 型のデータベースに埋め込んだ論理データベースを作成した。データが格納されているファイルの検索は論理データベースを用いて行い、ターゲットとなる物理データベース上のファイルを特定し、ファイルに格納されているデータを得る。このように、データベースは物理・論理両データベースからなるハイブリッド構成とした。観測結果の時系列データは、項目、期間でディレクトリ階層を整理する。物理データベースは、複合災害を特徴づける複雑な現象や条件間の関連性、時間発展性を直感的に捉えることができるよう構築する。これは論理データベースの構築と検索など情報マネージメントエンジンの設計、開発の効率を上げることに役立っている。

SSDM 内のデータ通信インターフェースは、データベースの構造、とりわけ物理データベースの構造に依存する。複合土砂災害データベースの構造についてはグループ 3 において議論されているのでそれを基に適用する。

観測データの入出力インターフェースについては、観測点の場所が一般的には「統合システム」が置かれているところとは異なる場所であるため、データ通信は観測点と「統合システム」のある場所との間で行うことになり、「統合システム」から見ると、統合システムがあるネットワークの外の「システム」との通信を確立することを前提とする必要がある。かつ、取得対象データを自動的にデータベース化することが要求される。通信インターフェースは以上の要求を満たすように設計・開発した。図 6-3 に観測データと統合システムとのデータ通信インターフェースのロジック・ブロックを図示する。BPPTKG に導入したシステムでは、X-band MP レーダー 1 機、地上雨量計 11 台、水位計 17 台、IP カメラ 11 台のデータを取り込むインターフェースを開発した。

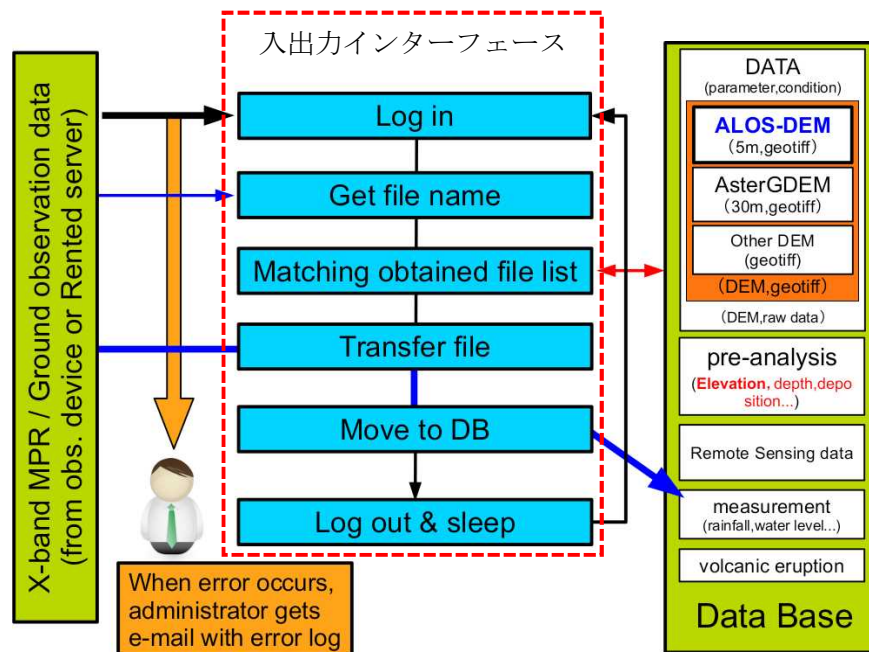


図 6-3 観測データ入出力インターフェース

統合システムは大規模データ、マルチユーザー、マルチタスクに対応する必要がある。

このような要件を満たすため、システムのプラットフォームとして UNIX を選定した。

開発したデータベース、システム間入出力インターフェースを UNIX 上に実装し、開発用システム上に統合システムのプロトタイプを構築、動作を確認の上、現地システム用に、図 6-4 に示すハードウェアシステムを組み、統合システムを移植、バンドンの火山地質災害軽減センター (PVMBG) とジョグジャカルタの同組織のメラピ火山観測センター (BPPTKG) の 2 か所に設置した。グループ 3-2 で開発している複合土砂災害シミュレータは図 6-4 の黄色の領域で示された範囲で、計算機サーバー群とジョブ管理サーバーから構成される。また、「複合土砂災害データベース」は、水色の領域で示されるストレージとデータベース管理サーバーから構成される「統合システム」のデータベースシステムの一部として構築した。「統合システム」から見ると、観測システムはネットワーク外にあり、データはシステム間入出力インターフェースによりネットワークを介してデータベースシステムに収集される。

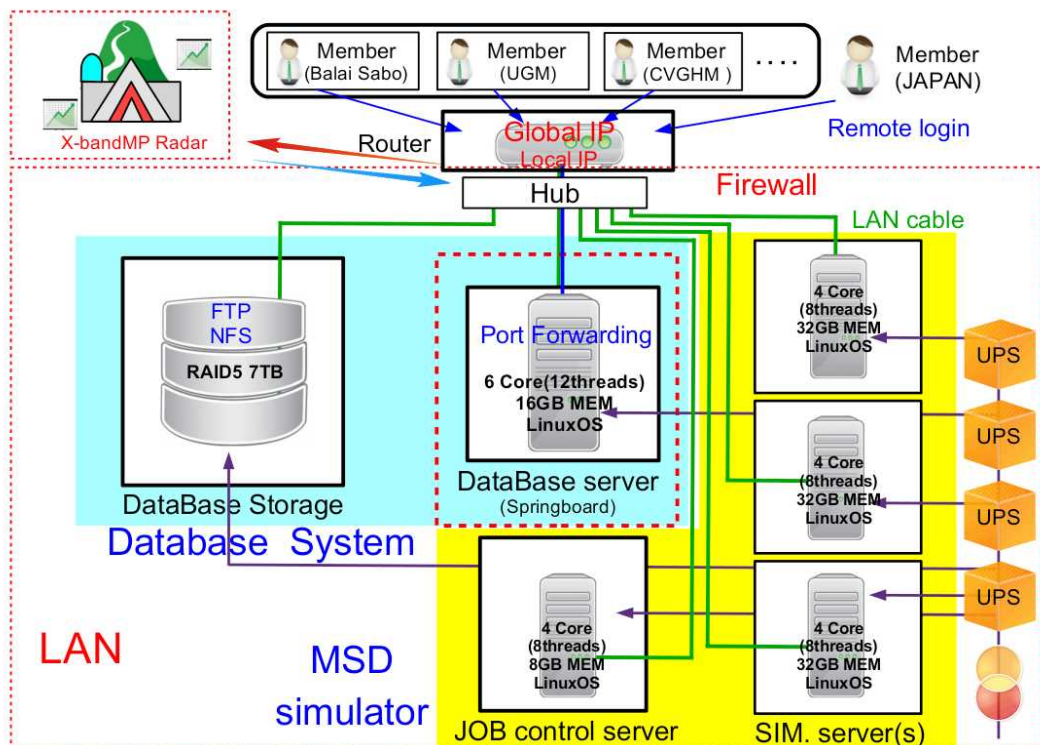


図 6-4 BPPTKG に導入した「統合システム」と「複合土砂災害シミュレータ (黄色)」

2016 年度には、引き続き、サブシステムとのインターフェース (IF/API) を開発・実装し、サブシステムの統合化とシステム利用のための機能追加を進めた。特に、グループ 1、2 による地震観測データの解析から噴火規模を推定する手法と開発を受け、複合土砂災害データベースと結びつける、すなわち、地震観測から推定される噴火規模に基づき複合土砂災害データベースからその規模に対応する火砕流シミュレーション結果を検索・抽出し表示するインターフェースと情報マネージメントエンジンの開発を行った。この新たに追加された機能を用いると、SSDM が 2010 年のメラピ火山噴火に対してどのように機能するか、どのような情報を提供できるのかについて具体的に示した。

グループ 3-2 により作成されたメラピ火山での火砕流に対する 40 ケースの火砕流シミュレーションデータベースと、グループ 1、グループ 2 から得られた地震観測解析データ (1 年間積算地震エネルギー) を用いた推定規模により、リアルタイム火砕流ハザード情報を作成した。当時、火砕流の流下方向は推定されており、データベースに格納されているその方向への火砕流は、4 ケースの規模であり、時期的には推定規模がその火砕流規模に等しく

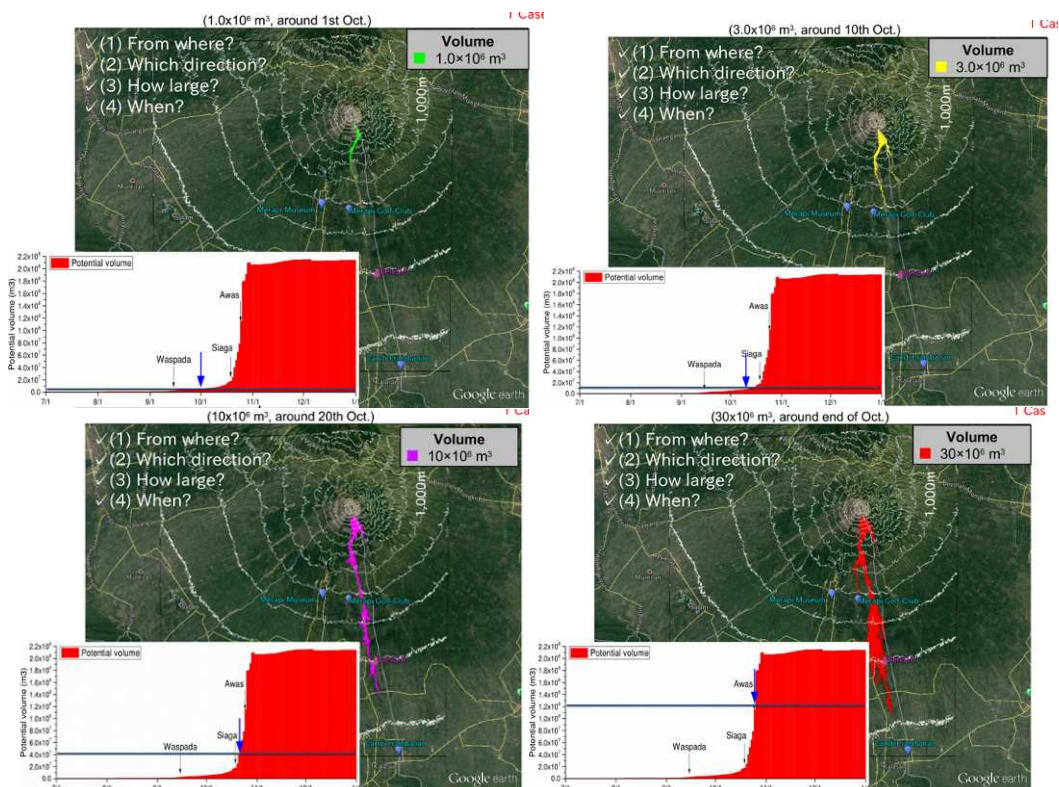


図 6-5 火山観測とシミュレーションを統合したリアルタイム・ハザードマップ。左下は火山性地震エネルギーから算出される火砕流ポテンシャル量の日変化（地図データ：Google Earth）。

なる日が、図 6-5 に示すように、10 月 1 日、10 日、20 日、25 日の 4 時期として抽出されている。規模に関するケース数を増やせば、より細かく時期を抽出できる。結果として、10 月 26 日の火砕流に対しては 10 月 10 日に、11 月 5 日の最大火砕流に対しては 10 月 25 日あるいはその少し後に火砕流の想定到達範囲を示すことができたことになる。

その他、早期警戒情報の閲覧のために、レーダー雨量データを監視する WEB インターフェースを試作した。また、火山噴火・降雨による土砂災害と大気中火山灰拡散の早期警戒情報とのインターフェースについて、各担当グループと検討した。

2017 年度には、研究グループ 1 の火山水文レーダー観測データ、グループ 3 のシミュレータ出力と物理／論理データベースとのインターフェースについて引き続き改良を行った。研究グループ 2 の階段図とイベントツリーに関しては適切なデータベース構造とそのインターフェースを検討している。地震観測結果に基づく火山灰噴出率に関するインターフェースはすでに統合システムに取り込まれている。このデータの研究グループ 4 の大気中火山灰拡散予測システムへの引き渡し、ならびに予測結果の統合システムへの取り込み部のインターフェースについて、PVMBG 並びに BMKG と協同して検討した。

SSDM の一部として、リアルタイムレーダー雨量データを用いて、ラハール発生の危険性をモニタリングする情報提供ツールを構築した。このシステムは、図 6-6 に示すスレマン県、クラテン県、マグラン県、ボヨラリ県内の河川流域に対して運用される。ラハールの発生は、時間雨量と実効雨量を二つの軸とする図 6-7 に示す平面上に、ラハール発生の基準線（CL と呼ぶ）をあらかじめ引いておき、時々刻々入手されるレーダー雨量データから時間雨量と実効雨量を瞬時に計算し、それを連ねた線（スネークラインと呼ぶ）をリアルタイムで表示する。このスネークラインが CL を超えたときラハールの発生危険性が高いと判定される。CL は過去の地上流量データとラハール発生時の降雨条件から求められるが、これについて Balai Sabo がリーダーシップをとって検討した。今後、レーダー雨量データ

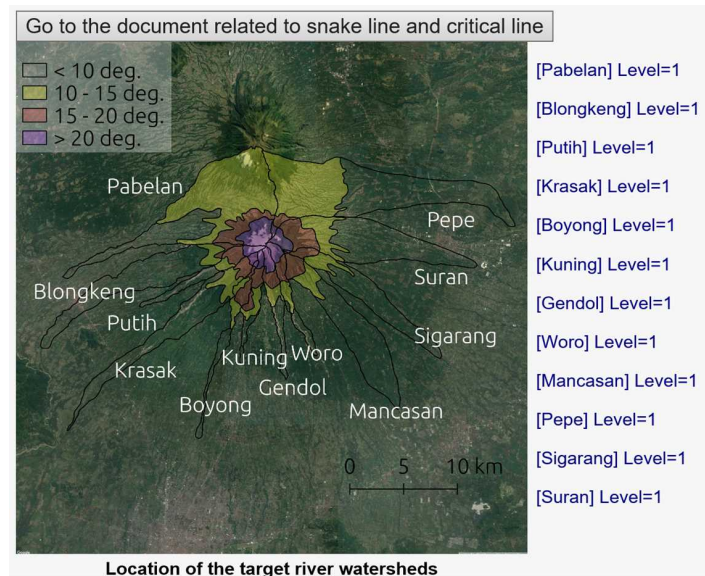


図 6-6 ラハール発生リスク情報システムの対象流域（地図データ：Google Earth）。

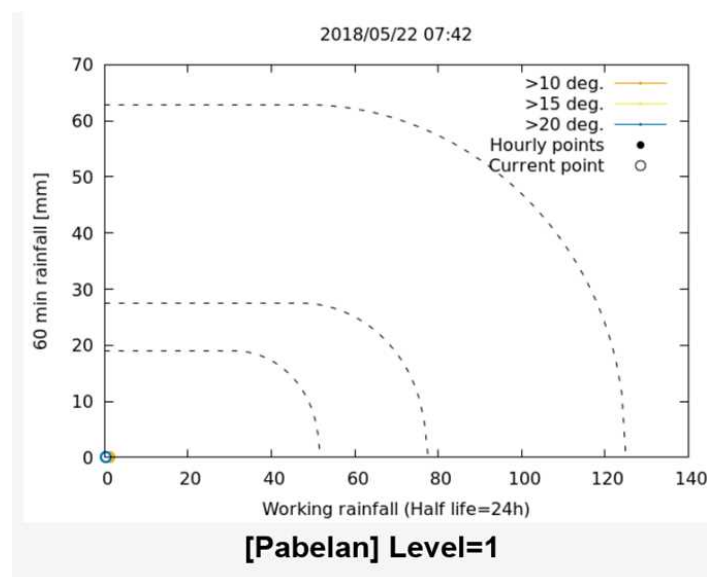


図 6-7 ラハール発生基準線。

とラハールの発生降雨条件データの蓄積により、CL の改訂を適切な時期に行う必要がある。

統合システムを適切に管理運用するためユーザーマニュアルの作成を始めた。このマニュアルはシステムのコアユーザーである PVMBG、BPPTKG、Balai Sabo、UGM と協同しインドネシア語版と英語版で整備する。

2018 年度には、当初計画の達成目標である、研究グループ 1～4 のそれぞれのサブシステムと統合システムとのシステム間通信インターフェースの構築、SSDM として統合・構築を完了した。

同時に、グループ 3-2 で構築した対象 6 火山の複合土砂災害データベースを統合システムに登録し、観測解析データとのリンクを可能とした。

また、BMKG が運用する研究グループ 4 の火山灰拡散シミュレータと PVMBG に設置している SSDM との相互通信により火山噴出率を初期値とする火山灰拡散シミュレーションの実行とその結果を考慮したラハール・シミュレーションも実行できるようになった。

加えて、SSDM からのハザード情報を、地図やシンプルなグラフといった視覚的に表現し、

かつ、それらを WEB インターフェースに統合することにより WEB 上で利用できるようにした。これにより、コンソーシアムメンバーなどにほぼリアルタイムで防災情報を提供する環境が整備された。

マニュアルの作成については、WEB 画面操作に関する項目を追加し、これまで試験運用をしていく中で教訓やカウンターパートへのアンケートなどをもとにした FAQ(Q&A)を追加した。FAQ の追加、拡充によって、ユーザーのシステムに対する理解が深まることが期待され、システムの適切で安定的な運用を行う上で極めて重要な項目である。

グループ 5-2

2014 年 1 月にジョクジャカルタのガジャマダ大学において、土木工学や火山学の研究者、気象や砂防に関する行政組織の技術者が集まり、火山噴火による土砂災害の実態、望ましい対策、SSDM の役割と有用性、コンソーシアムの必要性について意見交換した。その結果、以下のような合意と活動方針が得られた。

SSDM を社会実装するための取り組みを展開・促進するためにコンソーシアムを設立する。コンソーシアムには本研究グループを構成する政府機関と大学の研究者に加え、自治体の防災担当者、本研究グループ外の大学の研究者、地域コミュニティの代表などが参加する。

コンソーシアムの役割は、SSDM を火山活動のステージに応じて運用することで、(1) 静穏期ではハザードマップ作製、高精度化など、将来をみすえた教育活動、(2) 噴火前兆期では、噴火の様式、規模予測に基づく噴出物の堆積・拡散予測と避難域の提案、(3) 噴火発生後、システムによる火山活動評価、土砂移動現象の予測、避難域の提案、避難域の拡張、縮小、(4) 噴火終了後、土砂移動現象に対する危機管理などである。

コンソーシアム設立のため、設立準備会を設け、コンソーシアムによる上記の活動が行えるように、コンソーシアムの構成や構造、機能などを検討する。そのための火山土砂災害軽減の考え方や SSDM に関するセミナーやワークショップを開催することとした。

2015 年 1 月 27 日にメラピ火山南山麓の火山博物館でセミナーを主催した。日本側 8 名を含む 74 名の参加があった。本プロジェクトで設置した X バンド MP レーダーの性能や利活用、各行政レベルでの警戒避難に関する取組などが紹介され、本プロジェクトのインドネシア側研究者と自治体の防災担当者、NGO などの間で情報共有された。また、2014 年 9 月にはメラピ火山の南 3km のジョグジャカルタで開催される第 8 回国際火山都市会議においてセッションを開催し、火山都市会議に出席されると予想される政府機関と大学の研究者に加え、自治体の防災担当者、本研究グループ外の大学の研究者、地域コミュニティの代表との SSDM の概念の共有を図った。

2015 年 6 月 8 日の合同調整会議において、ガジャマダ大学の Djoko Legono 教授をリーダーとしたコンソーシアム・メラピの設立調整会議の設置が報告され、その後、7 月 3 日に調整会議のキックオフミーティング、8 月 14 日に第 1 回ワークショップ、9 月 2 日に第 2 回ワークショップ、10 月 12 日に第 3 回ワークショップが開かれ、提供できる具体的な災害情報を紹介しながら、事業内容に関して情報共有して理解を深めた。その後、11 月 11 日には、予定を繰り上げ、コンソーシアム・メラピを設立した。同日開催の設立式において設立の MOU への署名が行われた。大学から UGM、ジョクジャカルタ・ムハマディア大学、政府機関からは BPPTKG 及び Balai Sabo、さらに 4 つの県（スレマン県、ボラヨリ県、クラテン県、マゲラン県）の地域防災局 (BPBD) と 3 つの NGO (Jalin Merapi、Combine Resource Institution、Pasag Merapi) の担当者が署名した。

本プロジェクトで一定の成果が得られ始めてきていることから、本事業のインドネシアの他の地域への波及活動も始めた。2016 年 1 月 27 日にはマランにおいてセミナーを開催した。また、我が国における波及効果をねらって、2016 年 3 月 7 から 9 日にかけて、筑波大学でワークショップやセミナーを開催した。

2016 年度には、5 回のワークショップがコンソーシアム・メラピにより開催され、本事業で開発する SSDM が 2010 年のメラピ火山噴火時に運用されていればどのような情報を提供できるかについて具体的に紹介し、警戒避難における本事業の有用性を情報利用者であ

る地方防災局や NGO のメンバーに示した。本事業の有効性を具体的に情報共有することにより、社会実装に向けたコンソーシアムの役割についてメンバー間で十分理解することができた。

前年度に引き続き、本事業のインドネシアの他の地域への波及活動として、4月14日に、スマランにおいてセミナーを開催し、本事業の概要について説明し、意見交換を行った。

2017年度は、BPPTKGがコンソーシアムの幹事となりインドネシア側が主体となり運営を開始した。

コンソーシアム・メラピのメンバーである BPPTKG、Balai Sabo、BPBD に SSDM の信頼性、有効性、操作性、利便性についてアンケート調査を行い、信頼性、有効性についてまだ十分なレベルに達しておらず、この点を向上させることが 2018 年度の課題であることがわかった。また、4 県の BPBD と会合を持ち、SSDM の活用について意見交換するとともに、2018 年度の SSDM に関するセミナーの実施について話し合った。

最終年度は、スレマン県地域防災局で SSDM に関する総括的なセミナーを行った。9 月にはコンソーシアムの将来、来年度以降の SSDM の維持管理に関する会議を行い、12 月には本事業の災害情報作成側の BPPTKG と BALAI SABO が関係する地域防災局に成果報告を行い、SSDM の利活用についての総括を行った。

④カウンターパートへの技術移転の状況

2014 年度には、ガジヤマダ大学の Dr. Adam をはじめ水理実験所のスタッフ、ならびに砂防技術センター(Balai Sabo)の Ayu 技師ほかスタッフを対象に、グループ 3 と連携して 3 回のワークショップ／セミナーを中心に、SSDM の概略と開発環境（システム）について技術移転を行った。

2015 年度には、SSDM の開発に関連して、グループ 3 と連携して開催した 5 回のセミナーを柱に、PVMBG、BPPTKG、BALAI SABO、UGM らのスタッフに対し、統合システムのセットアップ、維持管理・運用・利用方法について技術移転を行った。具体的には、統合システムの運用のために管理体制の確立が不可欠であることから、ユーザーを管理する Management グループ、システムを管理する Administration グループ、システムを使って防災情報を作成する User グループを組織し、それぞれに対して管理方法、作業方法、利用方法の技術移転を行った。また、ユーザーの PC からネットワークを介して統合システムを利用する方法について技術移転した。

2016 年度には、グループ 3 と連携して 12 回のセミナー/ワークショップを開催し、火砕流とラハールのシナリオ作成や SSDM の利用に関する技術移転を実施した。また、本事業のカウンターパートでありコンソーシアム・メラピの、そして SSDM のコアユーザーでもある BPPTKG、UGM、Balai Sabo の関係スタッフに対しシステムを適切に管理運営できるように精力的に技術移転を行った。同様に、バンドンの PVMBG に対しても同様の技術移転に努めた。これにより、トレーニングを受けたスタッフがそれぞれの機関からシステムにアクセスし、システム上で火砕流シミュレーションを行うことができる段階に達し、少しずつではあるが、着実にシステムへの理解を深め操作できるようになっている。

また、Balai SABO の Ardian Alfianto、UGM の Hanggar Mawandha を対象に、X-band MP レーダーを用いたハザード情報の作成と検索、土砂移動予測技術の習得を目的として約 5 週間のカウンターパート研修を筑波大学、神戸大学で行った。

2017 年度には、グループ 3 と協同し、5 回のセミナー、ワークショップを開催し、統合システムを用いたイベントチェーン・シミュレーション結果データベースの検索、表示法や統合システムのユーザーマニュアルの試作に関する技術移転を行った。また、BMKG に構築した大気中火山灰拡散予測システムと PVMBG に構築した統合システム間のデータ通信について双方のコミュニケーションが不足しており、この問題に関しては日本側が仲介し、データ共有の目的・データ仕様・通信インターフェース構築手順等について助言し、双方で共通の理解を得られるようサポート、技術移転に努めた。

また、PVMBG の Mardian, BPPTKG の Raditya Putra, Bakai Sabo の Ragil Andika, UGM の

Roby Hambali を対象に SSDM の構造と運用、統合システムとサブシステム間通信、観測に基づくハザード情報の検索、システムのマニュアルの構成、一部試作について 6 週間のカウンターパート研修を行った。

最終年度も引き続きグループ 3 と連携して PVMBG、BPPTKG に設置されている SSDM を用いたセミナーやワークショップを計 8 回開催した。これら技術移転の集大成としてインドネシアカウンターパートにより SSDM のインドネシア語でのマニュアルも FAQ を含め第 1 版を作成するまでになった。また、カウンターパートのスタッフの多く、特に若手がシミュレータを活用した成果をもとに論文執筆ができるようになった。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開
特になし。

Ⅱ．国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

プロジェクト全体の課題として、日本側とインドネシア側でグループ1を除くすべての研究グループにおいて知識と技術力に格差が大きい。システムおよび解析の技術開発はほとんど日本で実施しているため、インドネシア側の研究者に知見と技術力をどう理解してもらい、自立発展につなげていくかが課題であり、これは中間評価でも指摘されていることである。2017年度以降に日本へ11名を招聘して短期研修を行った。また、インドネシアにおいては頻繁にセミナーを開催した。また、10月にはジョグジャカルタ市においてワークショップを開催し、アブストラクトの事前提出を必須とするなど、研究発表準備を進めさせた。さらに、学術誌に研究成果を発表するために論文題目を募集したところ、インドネシア側からは12件の応募があり、2018年8月の段階で、8件の投稿があった。本研究に参画したインドネシアの学生が2018年3月に神戸大学の博士学位を取得することができた。また、長期研修で京都大学の博士後期課程に編入学した学生も、2018年9月に学位を取得した。このように、日本における教育によって、知識と技術力の格差は徐々に解消されつつある。

インドネシア側での研究機関を超えた連携に関する取り組みが平時において不十分と感じているが、2016年度に引き続き、2017年度も集団で日本に滞在した際に、長時間を共有した。特に、2017年度には、自治体の防災担当者も同時に日本に招聘することにより、わが国で発足した火山防災協議会における機関同士の連携を進めている実情を視察した。実際に視察した桜島における防災協議会は、県及び市の自治体、火山監視を担当する気象庁鹿児島地方気象台、砂防対策を担当する九州地方整備局大隅河川国道事務所、火山研究を進める京都大学防災研究所が構成機関であり、コンソーシアム・メラピと同様のメンバー構成であり、連携のあり方に参考となることが期待される。

(2) 研究題目1 総合観測システムの開発

火山観測機器は火山地質災害軽減センターの既設観測点の多項目化およびデジタル化によるデータの高精度化であるので、維持管理はこれまでの守備範囲にとどまるが、水文観測機器とXバンドMPレーダーは増設および新設であり、維持管理が課題である。2015年11月に立ち上がったメラピ火山周辺の関係組織によるコンソーシアムを活用してインドネシア側研究機関の連携を強化するとともに、研究組織外の組織を活用して維持管理に引き続き努めたい。

Wi-Fiを用いた無線伝送は電波使用の許認可の必要がなく、高速通信が可能であるため、オンライン観測システムの構築に極めて有用であるが、設置当初ガルングン火山で伝送がうまくできなかったのは基礎調査が十分できていないことが原因である。基礎調査に時間をかけるべきであった。Wi-Fiの使用がスタンダードになるにつれ、使用者が増加し、期待される通信速度が得られないなどの問題が生じている。実例として、ジョグジャカルタの近くにあるメラピ火山におけるデータ伝送の途絶が頻発している問題が挙げられ、大都市に近い火山観測においては有線回線の利用などを検討していく必要がある。

レーダーを運用するための電波使用許可申請と認可までに時間を要した。申請手続きに関する調査が不十分であったことに加え、申請に慣れていないこと、インドネシア側で書類が留め置かれていたことが原因であるが、外国における許認可は十分な時間的余裕を持って行いたい。インドネシアでもレーダーの利用のためには、電波発信装置の確認書および電波発信無線局免許が必要であるが、省庁担当者によって申請方法が変化することに、柔軟に対応できなくてはならない。申請書類などは全てインドネシア語であり、申請の問合せについてもインドネシア語で行われるので、仕事を最後まで完遂してくれるインドネシア側研究者との密なコミュニケーションが必要である。

レーダーを設置する場所の交渉、場所に応じた設置形態（メラピ博物館の屋上とJasa Tirta 公団敷地内のコンテナ）について、相当な時間や労力を要した。海外ではコンテナを

利用するのが効率的と考えられるが、コンテナを利用する場合、湿度や高温の問題が生じるので、設置前に電源を確保してコンテナ内の空気を安定させてから設置することが重要である。

供与機材にて数年以上の比較的長期の野外観測を、複数機関をカウンターパートとして行う場合は、日本側との協力関係が以前からあり、かつ相手国側の中心となりうる機関を中核にしてリーダーシップを取って貰うようにすべきである。また、プロジェクト終了後の供与機材の利活用は維持管理が鍵となるが、長期的に予算と人材が確保できる政府機関などを相手国側の代表機関に据えるのが望ましい。これらのことは、プロジェクト提案前に十分に考慮しておくべきであり、プロジェクトが動けばなんとか成るだろうという楽観主義は排すべきである。

(3) 研究題目 2 噴出率予測とリアルタイム評価

グループ 2-1 については噴出物の合同野外調査を基本として共同研究を進めた。本研究課題を担当するインドネシア側の若手地質研究者の参加がまだ不十分であり、露頭の調査法や解釈に関する知識が不十分であるため、できるだけ野外に同行させ地質調査の仕方や考え方を教示する機会を設けるようにしたが、すでに退職した研究者 1 名を除いては、カウンターパートの継続的な同行が必ずしも上手くいっておらず、技術移転に問題があった。また、ガジャマダ大学の教員や学生が参加できるようにも呼びかけた。2016 度後半からは、同行する研究者の構成と責任者が見直されたものの不十分な状態のままであった。カウンターパートとの間で、本研究中に主とした年代測定値、化学分析値、などの情報をアーカイブとして残すことを決めていたので、本計画が終了後もカウンターパートが自ら研究を展開できると考えられる。彼らがこれらのデータにさらに独自データを加えて噴火シナリオをリバイズできるようになれば、本プロジェクトで設置する火山噴火早期警戒システムに導入できると期待される。インドネシアにおける分析機器装置が少ないことやその使用には問題があるため、年代測定や化学分析が十分できておらず、すべて日本で測定・分析を行った。

グループ 2-2 は既存データの解析と理論の構築であり、日本側主体で進めた。研修や留学生を受け入れるなど、基礎学力の底上げの必要がある。2015 年度から長期研修を京都大学で行った。

(4) 研究題目 3 土砂移動現象予測

個別のシミュレーション・エンジンの開発や統合システムの設計は日本側主導で行った。インドネシア側カウンターパートの当該領域における力量不足をカウンターパート研修やインドネシアにおけるセミナー、ワークショップによって克服し、少なくとも、システムのオペレーションとハザード情報の作成をインドネシア側でできるよう能力開発を行う必要があった。

そのため、SSDM を、予定を前倒しして導入し、実機を用いた実践的な技術移転を行うこととした。特に、実機を用いたシミュレーションの入力条件の作成、シミュレーションの実行、その結果の解釈・討議、イベントチェーンの作成など、ステージに応じた実践的な技術移転を実施した。加えて、自立してシステムの運用ができるよう、ユーザーグループの導入やそれを前提としたシステム管理やユーザー管理の方法などについて、個別の課題ごとに、その設定と技術移転を実施した。

一方、ワークショップ、セミナーでは、当日の資料だけでなく議事録やメモについても毎回日本側で用意しインドネシア側に配布しているものの、配布資料の紛失、システムの利用方法やシステムの個人パスワードを忘れてしまう、内容を理解できていないまま放置してしまう、など技術や知識の定着と言う点でも課題がある。そこで、質問やフォローアップの時間を多めに設ける一方、メモを残す習慣や、インドネシア側で内輪の勉強会の実施など技術移転の工夫を行った。

もう一点、難しいのは、インドネシア側で何かイベント（火山噴火、地震などの災害現

象のみならず研修や会議も）があると、準備してきたセミナーやワークショップが流れ、技術移転が度々中断し、再スタートに大きなエネルギーを必要とした。特に、2016 年以降、アグン火山の噴火、メラピ火山での水蒸気噴火、ロンボク島での地震とイベントが続いており、技術移転の速度が遅くなった。

また、複合土砂災害シミュレータやデータベースの真価は、その設計思想を理解し運用することにより発揮されるが、組織的にシステムの運用を検討するまでには至っていない。したがって、組織間で複合土砂災害シミュレータを共同運用する状況を作り出すことが極めて難しい。これは、システムの理解が不十分で、利活用に関する基本的な技術力も十分ではないことにもよるが、組織のガバナンスや、組織間の政策の違いも関連しているようで、これら阻害要因の克服は依然として課題である。前述のように、彼らが知識やスキルの蓄積にあまり頓着しない習慣も、原因のひとつである。このように、技術移転の効率は総じて悪かった。

とはいえ、結果的に、実務レベルでの技術移転は進んでおり、実際に複合土砂災害シミュレータを使って、イベントチェーン・シミュレーションの実行や、得られた結果の解釈など、実践的な研修により理解はかなり進んだ。事実、組織を超えてシステムのマニュアルの必要性を認識し、彼らの手により協力してマニュアルを作成した。このようなマニュアルの作成は、彼らの習慣の改善も含め、積み上げることの重要性の理解、組織を超えた共同の経験とシステムの共同利用に貢献したものと考えている。

(5) 研究題目 4 火山灰の航空機への影響予測

PUFF モデルを BMKG の計算機に導入した上で、現地から技術者を招いてモデルの利用方法についてトレーニングを行ってきた。それらの技術移転はセミナー開催などによって順調に進めてきた。今後は、学習者が周りの人に技術を伝授するような自己発展型の展開が望まれる。それについては、日本側が主体にならなければならないところが課題であろう。

X バンド偏波レーダーと ANT3D を用いた解析は日本側が主体になっているが、2 名の留学生（1 名は国費留学生 SATREPS 枠）が取り組み、シナブン火山のデータをもとに技術の習得とマニュアルの整備を始めた。インドネシア語によるマニュアル化も望まれるところである。

(6) 研究題目 5 複合土砂災害対策意思決定支援システムへの統合

SSDM のデータベースやインターフェースの開発は日本側主導で、ハードウェアのメンテナンスやシステム利用ユーザーのマネージメントは日伊協同で行った。インドネシア側が主体的にシステムとユーザーを適切にマネージメントできるよう、効率的な管理方法の構築やマニュアルの整備などサポートを行った。グループ 3 と共同実施したシステム利用や運用に関するセミナー、ワークショップでは、観測サブシステム、複合土砂災害シミュレータ、それらから得られる様々な意思決定支援情報がどのようにリンクしているかを理解できるように努めた。

技術移転は、前述のように多数のワークショップやセミナーによって、またカウンターパート研修を柱に行ってきたが、カウンターパートの多くが政府機関であり、職員の異動に伴って技術の伝承ができるかも課題である。プロジェクト期間中は、組織のリーダーやプロジェクトのコアパーソンの頻繁な異動に対し、その都度、プロジェクトの目的や経緯について説明と連携への理解を得るよう粘り強く対応してきた。そのような努力が自律的に可能かが課題である。このような問題は、プロジェクト全体に共通の課題ともいえる。グループ 5 では、グループ 3 と連携して、そのような役割を大学が担えるように、政府機関と大学の連携を念頭に置いて、シミュレーション手法などの基本的な知識を大学の若手研究者に移転するよう、現地でのセミナー、日本でのカウンターパート研修などを通して行った。

さらにいえば、グループ 3 の課題にも挙げられているが、SSDM の真価は、その設計思想を理解し運用することにより発揮される。しかしながら、組織としてシステム運用を検討

するまでには至っておらず、ましてや組織をまたいだ運用を、それぞれの組織の共同として実施するまでには至っていない。これは、組織のガバナンスや、組織間の政策の違いといった組織間の問題のようである。この課題をどう克服するかは今後いよいよ重要となると思われる。システムの適切な運用にはこの課題の解決が不可欠であり、プロジェクト期間中は共通の理解を構築し行動できるよう各組織のリーダーらと連携について話し合いを進めてきたが、人材の交代に伴う持続性の問題も含め、今後、継続的に議論を続けることが重要である。このような課題の解決の場としてコンソーシアム・メラピが貢献することが期待される。

Ⅲ. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

2013 年に水蒸気噴火からマグマ性噴火に移行し、2014 年以降は溶岩流出と火砕流を繰り返しているシナブン火山では、周辺住民の避難が長期化している。PVMBG の上部機関であるエネルギー・鉱物資源省地質庁は噴火活動の今後の見込みについての意見を政府から求められており、活動予測について、インドネシア、日本、米国の 3 者で会合をもった。本プロジェクトで得られた噴出率の現象及び地盤変動率現象曲線から噴火活動終息までの期間の予測を行い、地質庁にレポートを提出した。

SSDM の構成要素である統合 GIS 複合土砂災害シミュレータを民間コンサルタントから導入したいとの申し出があった。我が国では、2016 年度から火山ハザードマップが再整備されつつあり、シミュレータの今後の活用が期待される。

(2) 社会実装に向けた取り組み

SSDM の利活用を促進するためのコンソーシアムの設立に向けたセミナーを 2015 年 1 月 27 日にジョグジャカルタで開催し、インドネシア側の共同研究者だけでなく、メラピ火山周辺のスレマン県、クラテン県、マグラン県などの自治体や NGO、メディアなどの参加があった。特に、スレマン県知事のスリ・プルノモ氏からの挨拶は地域における火山防災を進めるうえで重要であった。

本プロジェクトのインドネシア側の参加機関は政府機関であり（UGM を除く）、当初より、プロジェクトの成果を国の政策に反映させることを意識したものである。一方、避難等は日本と同様に地方自治体によって意思決定されるので、メラピ火山周辺の 4 つの地方防災局（スレマン県、クラテン県、マグラン県、ボヨラリ県）の担当者や NGO が本課題のカウンターパートとともに参加する FKM（フォーマチュアーコンソーシアム・メラピ、準備会）を立ち上げ、ワークショップを頻繁に開催することにより、SSDM の地方自治体レベルでの活用促進のため技術の紹介と議論を重ねた。2016 年 11 月 16 日に、FKM の役割は終了した。次のステップとして、災害情報を作成し提供する側である BPPTKG、Balai Sabo、UGM からなるコアグループと情報を利用し意思決定する側（地方防災局）にコンソーシアムをわけた上でそれぞれの課題を整理し、本格的な社会実装に向けた技術的課題と社会実装上の問題を両者によって議論する方針をとることを確認した。

インドネシアにおいて本プロジェクトの成果を根付かせるために、PVMBG から JICA の技術協力プロジェクトに申請したいとの要望があり、日本のコンサルタント会社为中心となって準備を進め、2018 年 8 月には要望書が JICA に提出される予定である。技術協力プロジェクトの骨子は、火山災害軽減の最も基盤となるのは各観測所において得られる火山観測データであり、火山観測データから火砕流、降灰等の影響範囲と規模を観測所に勤務するオブザーバーが災害予測の技術を身に付けることにある。本プロジェクトでは組織としての PVMBG は SSDM の出力を参照できることを目標としたが、技術協力プロジェクトではそれを現場の実務者まで拡張することを目指す。

なお、本研究成果によるリアルタイムの情報をインターネットで公開し、一般に提供している。

メラピ火山の地上降雨量、河川の水位など水文データについては以下の URL にある。

<http://data.hydraulic.lab.cee-ugm.ac.id/>

メラピ火山のレーダー降雨量と CL については以下の URL にある。

http://202.173.16.247/test_sdis/monitorcurrent_all.php?types=rainfall_data

火山灰の拡散については以下の URL にある。

<http://gpvjma.ccs.hpcc.jp/~tanaka/webpuff/satreps.html>

Ⅳ. 日本のプレゼンスの向上（公開）

2014 年 9 月 9 日から 13 日までインドネシアのジョグジャカルタで第 8 回国際火山都市会議が開催された。この会議に日本人は 61 名参加したが、海外からの参加国では最も多かった。本プロジェクトとしてセッションを提案し、日本人 61 名のうち、本プロジェクトから

は 17 名が参加し、研究発表を多数行った。研究代表者の井口教授が本国際会議のサイエンスコミッティーに参画し、グループリーダーの中田教授が基調講演を行うなど、プレゼンスを示した。

2016 年 3 月にアジア諸国の研究者を招聘して、筑波大学において Workshop on Multimodal Sediment Disasters を開催した。本プロジェクトで開発する SSDM について発表し、アジア諸国の研究者から好評を得た。

2017 年 6 月及び 7 月にメラピ火山南麓のスレマン県を表敬訪問した。Sri Purnomo スレマン県知事から本プロジェクトにより、観測設備が充実し、情報提供が進んだことについて謝意があった。

V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VI. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1)論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2014	Yutaka GONDA, Djoko LEGONO, Bambang SUKATJA, Untung Budi SANTOSA, Debris flows and flash floods in the Putih River after the 2010 eruption of Mt. Merapi, Indonesia, Internatinal Journal of Erosion Control Engineering, 2014, vol.7, no.2,63-68	dx.doi.org/10.13101/ijece.7.63	国際誌	発表済	
2015	Nakada, S., Zaennudin, A., Maeno, F., Yoshimoto, M., Hokanishi, N., Credibility of Volcanic Ash Thicknesses Reported by the Media and Local Residents Following the 2014 Eruption of Kelud Volcano, Indonesia. Journal of Disaster Research, 2016, 11, 53-59	doi: 10.20965/jdr.2016.p0053	国際誌	発表済	
2015	Leslie Jamie Cobar, Djoko Legono and Kuniaki Miyamoto, Modeling of Information Flow for Early Warning in Mount Merapi Area, Indonesia, Journal of Disaster Research, 2016, Vol. 11 No. 1, 60-71	doi: 10.20965/jdr.2016.p0060	国際誌	発表済	
2015	Satoru Oishi, Masahiro Iida, Masahide Muranishi, Mariko Ogawa, Ratih Indri Hapsari and Masato Iguchi, Mechanism of Volcanic Tephra Falling Detected by X-Band Multi-Parameter Radar, Journal of Disaster Research, Journal of Disaster Research, 2016, Vol.11, No.1, 43-52	doi: 10.20965/jdr.2016.p0043	国際誌	発表済	
2015	Magfira SYARIFUDDIN, Satoru OISHI and Djoko LEGONO, LAHAR FLOW SIMULATION IN MERAPI VOLCANIC AREA BY HyperKANAKO MODEL, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1(Hydraulic Engineering), 2016, Vol.72, No.4, 1,865-1,870		国内誌	発表済	
2016	Nishimura, T., Iguchi, M., Hendrasto, M., Aoyama, H., Yamada, T., Ripepe, M., Genco, R., Magnitude-frequency distribution of volcanic explosion earthquakes. Earth, Planets and Space, 68:125,	DOI: 10.1186/s40623-016-0505	国際誌	発表済	
2016	Yamada, T., Aoyama, H., Nishimura, T., Iguchi, M., Hendrasto, M., Volcanic eruption volume flux estimations from very-long period infrasound signals, Geophys., Res., Lett., 44, 143-151	10.1002/2016GL071047	国際誌	発表済	
2016	Yamada, T., Aoyama, H., Nishimura, T., Yakiwara, H., Nakamichi, H., Oikawa, J., Iguchi, M., Hendrasto, M., Suparman, Y., Initial phases of explosion earthquakes accompanying Vulcanian eruptions at Lokon-Empung volcano, Indonesia, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 327, 310-321.	10.1016/j.jvolgeo res.2016.08.011	国際誌	発表済	
2016	Yujiro J. Suzuki, Antonio Costa, Takehiro Koyaguchi, On the relationship between eruption intensity and volcanic plume height: Insights from three-dimensional numerical simulations, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2016, 326, 120-126	doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2016.04.016	国際誌	発表済	
2017	Maeno, F., Nakada, S., Yoshimoto, M., Shimano, T., Hokanishi, N., Zaennudin, A. and Iguchi, M., A sequence of a plinian eruption preceded by dome destruction at Kelud volcano, Indonesia, on February 13, 2014, revealed from tephra fallout and pyroclastic density current deposits. Journal of Volcanology and Geothermal Research	doi: 10.1016/j.jvolgeo res.2017.03.002, 2017.	国際誌	発表済	

2017	Magfira Syarifuddin, Satoru Oishi, Ratih Indri Hapsari, Djoko Legono, EMPIRICAL MODEL FOR REMOTE MONITORING OF RAIN-TRIGGERED LAHAR IN MOUNT MERAPI, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1(Hydraulic Engineering), 2018, Vol.74, No.4,, 1_1483-1_1488		国内誌	発表済	
2017	Magfira Syarifuddin, Satoru Oishi, Djoko Legono, Ratih Indri Hapsari, Masato Iguchi, Integrating X-MP radar data to estimate rainfall induced debris flow in the Merapi volcanic area, Advances in Water Resources 110 (2017) 249–262	doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.10.017	国際誌	発表済	
2017	Hotta, K., Iguchi, M., Ohkura, T., Hendrasto, M., Gunawan, H., Rosadi, U., Kriswati, E. Magma intrusion and effusion at Sinabung volcano, Indonesia, from 2013 to 2016, as revealed by continuous GPS observation, Journal of Volcanology and Geothermal Research	doi: 10.1016/j.jvolgeo res.2017.12.015.	国際誌	発表済	
2017	Gunawan, H., Surono., Budianto, A., Kristianto., Prambada, O., Causland, M. W., Pallister, J., Iguchi, M. Overview of the eruptions of Sinabung eruption, 2010 and 2013–present and details of the 2013 phreatomagmatic phase, Journal of Volcanogy and Geothermal Research	doi: 10.1016/j.jvolgeo res.2017.08.005	国際誌	発表済	
2017	Nakada, S., Zaennudin, A., Yoshimoto, M., Maeno, F., Suzuki, Y., Hokanishi, H., Sasaki, H., Iguchi, M., Ohkura, T., Gunawan, H., and Triastuty, H., Growth process of the lava dome/flow complex at Sinabung Volcano during 2013–2016. Journal of Volcanology and Geothermal Research	doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.06.012	国際誌	発表済	
2017	Nakamichi, H., Iguchi, M., Triastuty, H., Hendrasto, M., Mulyana. I., Differences of precursory seismic energy release for the 2007 effusive dome-forming and 2014 Plinian eruptions at Kelud volcano, Indonesia, Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeo res.2017.08.004.	国際誌	発表済	
2018	Hairani, A., Rahardjo, A.P., Legono, D., Istiarto, Miyata, S.: Spatially distributed evaluation of initiation of mass erosion, Proceedings of 21th IAHR-APD Congress, 1139–1144, 2018.		国際誌	発表済	
2018	Gonda, Y., Miyata, S., Fujita, M., Legono, D., Tsutsumi, D.: Temporal changes of rainfall-runoff relationship after the 1984 eruption of Mt. Merapi, Indonesia, Proceedings of 21th IAHR-APD Congress, 1277–1283, 2018.		国際誌	発表済	
2018	Fujita, M., Yamanoi, K., Miyata, S., Hairani, A. Legono, D.: A method for predicting debris flow occurrence in volcanic ash deposition areas, Proceedings of 21th IAHR-APD Congress, 1303–1309, 2018.		国際誌	発表済	
2018	Haruhisa Nakamichi, Masato Iguchi, Hetty Triastuty, Hery Kuswandarto, Iyan Mulyana, Umar Rosadi, Hendra Gunawan, Gude Suantika, Nurnaning Aisyah, Agus Budi-Santoso, and I Gusti Made Agung Nandaka, A Newly Installed Seismic and Geodetic Observational System at Five Indonesian Volcanoes as Part of the SATREPS Project, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 6–17	10.20965/jdr.2019.p0006	国際誌	発表済	

2018	Fukashi Maeno, Setsuya Nakada, Mitsuhiro Yoshimoto, Taketo Shimano, Natsumi Hokanishi, Akhmad Zaennudin, and Masato Iguchi, Eruption Pattern and a Long-Term Magma Discharge Rate over the Past 100 Years at Kelud Volcano, Indonesia, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 27–39.	10.20965/jdr.2019.p0027	国際誌	発表済	
2018	Setsuya Nakada, Fukashi Maeno, Mitsuhiro Yoshimoto, Natsumi Hokanishi, Taketo Shimano, Akhmad Zaennudin, and Masato Iguchi, Eruption Scenarios of Active Volcanoes in Indonesia, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 40–50.	10.20965/jdr.2019.p0040	国際誌	発表済	
2018	Masato Iguchi, Haruhisa Nakamichi, Kuniaki Miyamoto, Makoto Shimomura, I Gusti Made Agung Nandaka, Agus Budi-Santoso, Sulistiyani, and Nurnaning Aisyah, Forecast of the Pyroclastic Volume by Precursory Seismicity of Merapi Volcano, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 51–60.	10.20965/jdr.2019.p0051	国際誌	発表済	
2018	Yutaka Gonda, Shusuke Miyata, Masaharu Fujita, Djoko Legono, and Daizo Tsutsumi, Temporal Changes in Runoff Characteristics of Lahars After the 1984 Eruption of Mt. Merapi, Indonesia, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 61–68.	10.20965/jdr.2019.p0061	国際誌	発表済	
2018	Roby Hambali, Djoko Legono, Rachmad Jayadi, and Satoru Oishi, Improving Spatial Rainfall Estimates at Mt. Merapi Area Using Radar–Rain Gauge Conditional Merging, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 69–79.	10.20965/jdr.2019.p0069	国際誌	発表済	
2018	Santosa Sandy Putra, Banata Wachid Ridwan, Kazuki Yamanoi, Makoto Shimomura, Sulistiyani, and Dicky Hadiyuwono, Point-Based Rainfall Intensity Information System in Mt. Merapi Area by X-Band Radar, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 80–89.	10.20965/jdr.2019.p0080	国際誌	発表済	
2018	Niken Angga Rukmini, Sulistiyani, and Makoto Shimomura, Numerical Simulation of Historical Pyroclastic Flows of Merapi (1994, 2001, and 2006 Eruptions), Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 90–104.	10.20965/jdr.2019.p0090	国際誌	発表済	
2018	Makoto Shimomura, Raditya Putra, Niken Angga Rukmini, and Sulistiyani, Numerical Simulation of Mt. Merapi Pyroclastic Flow in 2010, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 105–115.	10.20965/jdr.2019.p0105	国際誌	発表済	
2018	Makoto Shimomura, Wilfridus F. S. Banggur, and Agoes Loeqman, Numerical Simulation of Pyroclastic Flow at Mt. Semeru in 2002, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 116–125.	10.20965/jdr.2019.p0116	国際誌	発表済	
2018	Magfira Syarifuddin, Satoru Oishi, Ratih Indri Hapsari, Jiro Shiokawa, Hanggar Ganara Mawandha, and Masato Iguchi, Estimating the Volcanic Ash Fall Rate from the Mount Sinabung Eruption on February 19, 2018 Using Weather Radar, Jour. Disast. Res., 14, 1, 135–150.	10.20965/jdr.2019.p0135	国際誌	発表済	

2018	Ratih Indri Hapsari, Masahiro Iida, Masahide Muranishi, Mariko Ogawa, Magfira Syarifuddin, Masato Iguchi, and Satoru Oishi, Ground Observation of Tephra Particles: On the Use of Weather Radar for Estimating Volcanic Ash Distribution, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 151-159.	10.20965/jdr.2019.p0151	国際誌	発表済	
------	---	-------------------------	-----	-----	--

論文数 31 件
うち国内誌 2 件
うち国際誌 29 件
公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ—おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2014	権田豊, 2010年インドネシアメラピ火山噴火に伴う土砂災害, 新潟応用地質研究会誌, 2014, 第83号, 7-20		国内誌	発表済	
2014	Jonas Eliasson, Junichi Yoshitani, Konradin Weber, Nario Yasuda, Masato Iguchi and Andreas Vogel, Airborne Measurement in the Ash Plume from Mount Sakurajima: Analysis of Gravitational Effects on Dispersion and Fallout, International Journal of Atmospheric Sciences, 2014, vol.2014, Article ID 372135, 1-6.	10.1155/2014/372135	国際誌	発表済	
2014	Chen-Yu CHEN, Masaharu FUJITA, Simulation of Sediment Disasters Due to Slope Failures and the Following Sediment Runoff, International Journal of Erosion Control engineering, 2014, Vol.7, No.1, 19-31		国際誌	発表済	
2014	山野井一輝, 藤田正治, 大規模な土砂生産および洪水後の土砂管理, 第59回水工学論文集, 2014, 161		国内誌	発表済	
2014	Miyata, S., Fujita, M., Teratani, T., Tsujimoto, H., Flash flood due to local and intensive rainfall in an alpine catchment, Proceedings of the INTERPRAEVENT2014 in the Pacific Rim, O-33, 1-8		国際誌	発表済	
2014	Hiroshi KISA, Takao YAMAKOSHI and Tadanori ISHIZUKA, Impact of Short-term Temporal Changes in Volcanic Ash Fall on Rainfall Threshold for Debris Flow Occurrence in Sakurajima, Japan, International Journal of Erosion Control Engineering, 2014, Vol. 7, No. 3, 75-84		国際誌	発表済	
2014	吉谷純一・Jonas Eliasson・味喜大介・安田成夫・桃谷辰也, “桜島での火山噴煙濃度航空機観測”, 京都大学防災研究所年報, 2014, 57B, 106-115		国内誌	発表済	
2014	味喜大介・吉谷純一・Jonas Eliasson・井口正人, “桜島における粒子状物質連続地上観測”, 京都大学防災研究所年報, 57B, pp.150-153.		国内誌	発表済	
2015	Masato Iguchi, Method for real-time evaluation of discharge rate of volcanic ash – case study on intermittent eruptions at the Sakurajima volcano, Japan -, Journal of Disaster Research, 2016, 11, 1, 4-14	doi: 10.20965/jdr.2016.p0004	国際誌	発表済	

2015	Masayuki Maki, Masato Iguchi, Takeshi Maesaka, Takahiro Miwa, Tashikazu Tanada, Tomofumi Kozono, Tatsuya Momotani, Akihiko Yamaji, and Ikuya Kakimoto (2016) Preliminary Results of Weather Radar Observations of Sakurajima Volcanic Smoke, Journal of Disaster Research, 2016, 11, 1, 15–30	doi: 10.20965/jdr.2016.p0015	国際誌	発表済	
2015	Jonas Elfasson, Konradin Weber, Andreas Vogel, Thorgeir Pálsson, Junichi Yoshitani and Daisuke Miki, “Investigation and Separation of Turbulent Fluctuations in Airborne Measurements of Volcanic Ash with Optical Particle Counters”, Journal of Disaster Research, 2016, 11, 1, 72–84	doi: 10.20965/jdr.2016.p0072	国際誌	発表済	
2015	Jonas Elfasson, Junichi Yoshitani, Daisuke Miki, Konradin Weber, Christoph Bölke, and Emad Scharifi, “Measurements of Particle Distribution and Ash Fluxes in the Plume of Sakurajima Volcano with Optical Particle Counter”, Journal of Disaster Research, 2016, 11, 1, 85–95	doi: 10.20965/jdr.2016.p0085	国際誌	発表済	
2015	Maeno, F., Nakada, S., Kaneko, T., Morphological evolution of a new volcanic islet sustained by compound lava flows. Geology, 2016, 44 (4), 259–262	10.1130/G37461.1	国際誌	発表済	
2015	江頭進治・宮本邦明・竹林洋史：崩壊に伴う土石流・泥流の形成と規模の決定機構，砂防学会誌，2016，Vol.68，No.5，pp.38–42		国内誌	発表済	
2015	小池雄大・大石哲・小川まり子，雷雲中の降水粒子分布測定に基づく電荷量と電場の推定手法に関する研究，土木学会論文集B1（水工学），2016，Vol.72，No.4，I_1247–I_1252		国内誌	発表済	
2015	小園誠史・三輪学央・真木雅之・前坂剛・味喜大介・井口正人，桜島火山におけるパーシベルによる降下火山灰の観測，京都大学防災研究所年報，2015，58，B，86–90		国内誌	発表済	
2015	真木雅之・井口正人・藤田英輔・三輪学央・前坂剛・出世ゆかり・小園誠史・桃谷哲也・山路昭彦，気象レーダによる桜島火山噴煙の観測，京都大学防災研究所年報，2015，58B，76–85		国内誌	発表済	
2015	三輪学央・真木雅之・小園誠史・藤田英輔・棚田俊収・井口正人，パーシベルを用いた桜島火山噴出物の落下速度に関する実験的測定，京都大学防災研究所年報，2015，58B，91–94.		国内誌	発表済	
2015	Tomohiro MIZUMOTO, Yutaka GONDA, The Effect of Calculation Conditions on the Results of the Two-Dimensional Lahar Simulation, Journal of the Taiwan Disaster Prevention Society, 2015, 7, 143–50		国際誌	発表済	
2015	山野井一輝，藤田正治：土砂災害警戒避難に影響を及ぼすハザード群に関する研究，京都大学防災研年報，2015，58B，358–364		国内誌	発表済	
2015	山野井一輝，藤田正治：豪雨時の水・土砂災害に関わるハザード群の発生リスク評価，土木学会論文集B1（水工学），2016，Vol.72，No.4，I_1291–I_1296		国内誌	発表済	
2016	中田節也，噴火シナリオと確率論的予測．火山，61，199–209		国内誌	発表済	

2016	Tanaka, H.L., M. Iguchi, and S. Nakada, Numerical simulations of volcanic ash plume dispersal from Kelud volcano in Indonesia on 13 February 2014. J. Disaster Res. 11, 31–42. 2016.		国際誌	発表済	
2016	Tanaka, H.L., and M. Iguchi, Numerical Simulation of Volcanic Ash Plume Dispersal from Kuchinoerabujima., 37, 2,79–90. 2016		国際誌	発表済	
2017	山野井一輝, 藤田正治: 複合土砂災害シミュレータSiMHISを用いた山間地域における土砂災害の警戒避難情報の提供に関する一考察, 砂防学会誌, Vol.69, No.6, 2017		国内誌	発表済	
2017	Suzuki, Y.J., M. Iguchi, Determination of the mass eruption rate for the 2014 Mount Kelud eruption using three-dimensional numerical simulations of volcanic plumes, J. Volcanol. Geotherm. Res.	10.1016/j.jvolgeo res.2017.06.011	国際誌	発表済	
2017	Costa, A., Y.J. Suzuki, T. Koyaguchi, Understanding the plume dynamics of explosive super-eruptions, Nature Communications, 9:654, 2018	10.1038/s41467- 018-02901-0	国際誌	発表済	
2017	Nishimura, T., Triggering volcanic eruptions by large earthquakes, Geophys. Res. Lett., 44, 7750–7756.	DOI:10.1002/201 7GL074579.	国際誌	発表済	
2017	Yuki Suzuki, Fukashi Maeno, Masashi Nagai, Hitomi Shibutani, Syouhei Shimizu and Setsuya Nakada, " Conduit processes during the climactic phase of the Shinmoe-dake 2011 eruption (Japan): Insights into intermittent explosive activity and transition in eruption style of andesitic magma" JVGR	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jvolgeor
es.2018.02.008">https://doi.org/10.1016/j.jvolgeor es.2018.02.008	国際誌	発表済	
2017	長谷川祐治, 宮田秀介, 今泉文寿, 中谷加奈, 堤 大三: 流砂の衝突回数を考慮したハイドロフォンデータによる解析手法の提案と現地への適用, 土木学会論文集B1(水工学), 61, 1, 523–528		国内誌	発表済	
2017	Ito, T., Nagayama, T., Utsunomiya, R., Fujita, M., Tsutsumi, D., Miyata, S., Mizuyama, T., Development of new sensor systems for continuous bedload monitoring using a submerged load cells systems (SLS), Earth Surface Processes and Landforms, 43(8), 1689–1700, 2017	doi: org/10.1002/esp. 4329	国際誌	発表済	
2017	Miyata, S. and Fujita, M.: Laboratory based continuous bedload monitoring in a model retention basin: Application of time domain reflectometry, Earth Surface Processes and Landforms, 43(9), 2022–2030, 2018	doi: org/10.1002/esp. 4358	国際誌	発表済	
2018	平川泰之, 岡野和行, 植野利康, 堤大三, 宮田秀介, 里深好文: 雲仙岳の噴火後20年を経過した火砕流堆積斜面における土石流発生場の地形・地質, 砂防学会誌, 71(3), 12–20, 2018		国内誌	発表済	
2018	中谷加奈, 古谷智彦, 長谷川祐治, 小杉賢一郎, 里深好文: 細粒土砂の液相化が土石流挙動に及ぼす影響とその要因に関する検討, 砂防学会誌, Vol.70, No.6, pp.3–11, 2018	doi.org/10.11475 /sabo.70.6_3	国内誌	発表済	
2018	Nakatani, K., Yamanoi, K., Hasegawa, Y., Hayashi, S., Miyata, S., Fujita, M.: Advanced Hazard Information and Methods for Appropriate Evacuation during Sediment Disasters, Proceedings of INTERPRAEVENT2018 in the Pacific Rim, 327–335, 2018.		国際誌	発表済	

2018	内藤秀弥, 宮田秀介, 岸本昌之, 服部浩二, 石塚忠範, 永田葉子, 小菅尉多, 藤田正治: TDRによる土砂濃度計測を用いた山地河川での浮遊砂鉛直分布の観測, 砂防学会誌, 71(4), 3-12, 2018.		国内誌	発表済	
2018	井口正人・中道治久・中田節也・宮本邦明・大石 哲・藤田正治, 火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合的研究, 京都大学防災研究所年報, 61A, 5-23, 2018.		国内誌	発表済	
2018	山口翔大, 宮田秀介, 堤 大三, 村重慧輝, 藤田正治: 数値解析による積雪条件の異なる融雪型火山泥流予測, 砂防学会誌, 71(6), 3-13, 2019.		国内誌	発表済	
2018	I Gusti Made Agung Nandaka, Sulistiyani, Yosef Suharna, and Raditya Putra, Overview of Merapi Volcanic Activities from Monitoring Data 1992-2011 Periods, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 18-26.	10.20965/jdr.2019.p0018	国際誌	発表済	
2018	Masato Iguchi, Proposal of Estimation Method for Debris Flow Potential Considering Eruptive Activity, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 126-134.	10.20965/jdr.2019.p0126	国際誌	発表済	
2018	Hiroshi L. Tanaka and Masato Iguchi, Numerical Simulations of Volcanic Ash Plume Dispersal for Sakura-Jima Using Real-Time Emission Rate Estimation, Jour. Disast. Res., 2019, 14, 1, 160-172.	10.20965/jdr.2019.p0160	国際誌	発表済	

論文数	41	件
うち国内誌	19	件
うち国際誌	22	件
公開すべきでない論文	0	件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ—おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2015	真木雅之, 気象レーダによる火山灰雲の三次元監視に関する研究, 鹿児島大学平成27年度事業報告書, 2015, pp30.		報告書	発表済	
2015	中道治久, 青木陽介, 市原美恵, 伊藤英之, 上田英樹, 大湊隆雄, 佐藤泉, 杉本伸一, 鈴木由希, 宝田晋治, 土志田潔, 並木敦子, 前野深, 松島健, 萬年一剛, 吉本充宏, 山田大志, 井口正人, 第8回火山都市国際会議参加報告, 火山, 2015, 60, 1, 47-62.		国内誌・解説	発表済	
2015	中道治久・青山裕, 地球物理学的多項目観測からみた噴火過程. 火山, 2016, 61, 1, 119-154.		国内誌・総説	発表済	
2017	今泉文寿・堤大三・中谷加奈・権田豊・逢坂興宏・福山泰治郎・宮田秀介・篠原慶規・水野秀明・原田紹臣・水野正樹: 大規模土砂移動に伴う災害の特徴整理と影響範囲の予測および対策に向けた課題, 砂防学会誌, 2017, 70(1), 20-30		国内誌・総説	発表済	

著作物数 4 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2015	リアルタイム火山灰追跡モデルPUFF運用教習会、修了者2名(BMKG)	PUFF Model Operation Guide 86 pp.	PUFFモデルをBMKGに移植する際のガイド
2017	統合GIS複合土砂災害シミュレータの利活用に関する講習, 対象:システム管理者/システムユーザー (CVGHM/BPPTKG/BalaiSabo/UGM), 修了者4名	OPERATING MANUAL OF IGIS-MSD SIMULATOR/MANUAL PENGOPERASIAN SIMULATOR IGIS-MSD	英語版とインドネシア語(Bahasa Indonesia)版を整備
2018	統合GIS複合土砂災害シミュレータの利活用に関するトレーニングとマニュアルの作成, 対象:システム管理者/システムユーザー (CVGHM/BPPTKG/BalaiSabo/UGM)		昨年度試作した英語版とインドネシア語(Bahasa Indonesia)版のマニュアル、OPERATING MANUAL OF IGIS-MSD SIMULATOR/MANUAL PENGOPERASIAN SIMULATOR IGIS-MSD、を改訂

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2014	国内学会	山田大志・青山裕・西村太志(東北大学)・八木原寛・中道治久(京都大学)・及川純・井口正人(京都大学)・ムハンマドヘンドラスト(CVGHM)・ヤサスパルマン(CVGHM), ロコン火山における爆発地震の初動部分の解析, 日本地球惑星科学連合大会, 横浜市, 2014.4.29	ポスター発表
2014	国内学会	西村太志(東北大学)・井口正人(京都大学)・Muhamad Hendrasto(CVGHM)・青山裕, 繰返し式噴火の規模別頻度分布, 日本地球惑星科学連合大会, 横浜市, 2014.4.29	口頭発表
2014	国内学会	吉本充宏(富士山研), 中田節也(東大地震研), A. Zaennuding・O.Prambada (CVGHM), 外西奈津美・高木菜都子(東大地震研), M. Hendrasto (CVGHM), 井口正人(京大防災研)インドネシア, シナブン火山の活動履歴と噴火シナリオ SVC54-1. 地球惑星科学連合, 千葉, 2014.5.1	ポスター発表
2014	国内学会	中田節也(東大地震研), 吉本充宏(富士山研), A. Zaennuding (CVGHM), 鈴木由希・外西奈津美・高木菜都子(東大地震研), M. Hendrasto (CVGHM), 井口正人(京大防災研), 大倉敬宏(京大理)インドネシア, シナブン火山の最近の噴火活動. S-VC55-P34_PG. 2014.5.1	招待講演
2014	国際学会	Iguchi, M.(京都大学), Nakada, S.(東京大学), Nishimura, T.(東北大学), Ohkura, T.(京都大学), Yoshimoto, M.(富士山研), Hendrasto, M.(CVGHM), Collaboration on Early Warning of Volcanic Eruptions and Hazards between Japan and Indonesia, AOGS, 札幌市, 2014.8.1	招待講演
2014	国際学会	中田節也(東大地震研), 吉本充宏(富士山研), 鈴木由希(早稲田大), 前野 深・外西奈津美・高木菜都子(東大地震研), A. Zaennuding・M. Hendrasto (CVGHM) Geological and petrological monitoring of the 2010-14 eruption at Sinabung Volcano, Northern Sumatra, Indonesia. AOGS, 札幌市, 2014.8.1	口頭発表
2014	国際学会	Nakamichi, H.(京都大学), Iguchi, M.(京都大学), Triastuty, H.(CVGHM), Hendrasto, M.(CVGHM), Mulyana, I.(CVGHM), Seismic activity prior the 2014 eruption of Kelud volcano, east Java, Indonesia comparison with the 2007 eruption, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 10, 2014	口頭発表
2014	国際学会	中田節也(東大地震研), 吉本充宏(富士山研), A. Zaennuding (CVGHM), 鈴木由希・外西奈津美・高木菜都子(東大地震研), M. Hendrasto (CVGHM), 井口正人(京大防災研), 大倉敬宏(京大理) Geological and petrological monitoring of the 2010-14 eruption at Sinabung Volcano, Northern Sumatra, Indonesia. Cities on Volcanoes 8 Conference, Yogyakarta, Indonesia. 2014.9.11	口頭発表
2014	国際学会	Gonda, Y.(新潟大学), Miyata, S.(京都大学), Numamoto, S., Hotta, N., Yamada, T.(三重大学), Legono, D.(UGM), Sukatja, B., Budi-Santosa, U., Temporal change of characteristics of debris flows and flash floods in the Putih River after the eruptions of Mt. Merapi, Indonesia, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 10, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Yamada, T., Aoyama, H., Nishimura, T.(東北大学), Yakiwara, H., Nakamichi, H.(京都大学), Oikawa, J., Iguchi, M.(京都大学), Hendrasto, M.(CVGHM), Suparman, Y.(CVGHM), Waveform analysis of explosion earthquake at Lokon-Empung volcano and comparative study of dilatational phase of Vulcanian eruption, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 10, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Indri Hapsari(マランエ科大), R., Oishi, S.(神戸大学), Ogawa, M., Iida, M., Legono, D.(UGM), Iguchi, M.(京都大学), Application of X-band polarimetric weather radar to estimate volcanic ash amount, cov8-abs-201., Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 10, 2014	ポスター発表
2014	国際学会	Nishimura, T., Iguchi, M., Hendrasto, M., Aoyama, H., Characteristics of magnitude-frequency distributions of eruption earthquakes associated with Vulcanian and Strombolian explosions, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14	ポスター発表
2014	国際学会	Yoshimoto, M., Nakada, S., Maeno, F., Hokanishi, N., Takagi, N., Zaennudin, A., Prambada, O., Iguchi, M., Hendrasto, M., Eruption history and verified scenario of Sinabung volcano, north Sumatra, Indonesia, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14	ポスター発表
2014	国際学会	Maeno, F., Nakada, S., Yoshimoto, M., Hokanishi, N., Zaennudin, A., Iguchi, M., Tephra dispersal process of Plinian eruption in 2014 at Kelud volcano, Indonesia, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14	ポスター発表

2014	国際学会	Ohkura, T., Iguchi, M., Hendrasto, M., Rosadi, U., Basuki, A., Aisyah, N., Evaluation of volcanic activity in Indonesia through continuous GPS observation, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9–14	口頭発表
2014	国内学会	中道治久・井口正人・ヘティトリアスティ(CVGHM)・ムハンマドヘンドラスト(CVGHM)・イアンムルヤナ(CVGHM), 2014年ケルト火山噴火に先行した地震のエネルギー放出量, 日本火山学会秋季大会, 福岡大学, 博多市, 11月2日–4日	口頭発表
2014	国際学会	Beauducel, F., Nurnaning, A.(CVGHM), Iguchi, M.(京都大学), Fahmi, A., Nandaka, M.A.(CVGHM), Sumarti, S.(CVGHM), Subandriyo(CVGHM), J., Santoso, A. B.(CVGHM), Metaxian, J-P and BPPTKG team (CVGHM), Real-time source deformation modeling through GNSS permanent stations at Merapi volcano (Indonesia), American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, CA, December 15, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Nakada, S.(東京大学), Yoshimoto, M.(富士山研), Maeno, F.(東京大学), Iguchi, M.(京都大学), Zaennudin, A. (CVGHM) and Hendrasto, M.(CVGHM), Recent Two Distinct Eruptions at Sinabung and Kelud, Indonesia, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, CA, December 15, 2014	招待講演
2015	国内学会	前野 深, 中田 節也(東大地震研), 吉本 充宏(富士山研), 嶋野岳人(常葉大), 外西 奈津美(東大地震研), Akhmad Zaennudin(CVGHM), 井口 正人(京大防災研), 溶岩ドーム破壊で始まったケルト火山2014年のプリニー式噴火 SVC46-08, 地球惑星科学連合, 千葉, 2015.5.25	口頭発表
2015	国内学会	Aisyah Nurnaning (CVGHM), メラピ火山の2011 年から2013 年までの地盤変動と複合モデル化, 地球惑星科学連合大会, 千葉, 2015.5.25	口頭発表
2016	国内学会	前野深・中田節也・吉本充宏・嶋野岳人・外西奈津美・Zaennudin, A. ・井口正人, インドネシア・ケルト火山における2014年プリニー式噴火の推移・物理量と中長期的マグマ噴出率, 日本火山学会2016年秋季大会, 山梨・富士吉田, 10月15日, 2016.	口頭発表
2016	国際学会	Maeno, F., Nakada, S., Yoshimoto, M., Shimano, T., Hokanishi, N., Zaennudin, A. and Iguchi, M., A sequence of the 2014 Plinian event and a long-term magma discharge rate at Kelud volcano, Indonesia. Cities on Volcanoes 9, Puerto Varas, Chile, 11月22日, 2016.	口頭発表
2016	国際学会	Shimano, T., Nakada, S., Suzuki, Y., Maeno, F., Yoshimoto, M., Hokanishi, N., Zaennudin, A., Iguchi, M. (2016) Quantitative color spectroscopy of ashfall samples as an indicator of eruption styles: Comparison of vulcanian and strombolian eruptions in Indonesia and in Japan. Cities on Volcano 9, Puerto Varas, Chile.	口頭発表
2016	国内学会	堀田耕平(京都大学), 井口正人(京都大学), 大倉敬宏(京都大学), Muhamad H(CVGHM), Hendra, G(CVGHM), Umar R. (CVGHM) Estu K. (CVGHM)GNSS連続観測データから明らかにした2013~2016年のシナブン火山におけるマグマ貫入・放出過程, 日本火山学会, 富士吉田市, B3-28.	口頭発表
2016	国内学会	Nurnaning Aishyah(京都大学, CVGHM)井口正人(京都大学)Combination model of spherical source and block movemnet fro asymmetric ground deformation prior to the eruptions in 2006 and 2010 at Merapi volcano日本火山学会, 富士吉田市, B2-30.	口頭発表
2016	国内学会	井口正人(京都大学), 中道治久(京都大学), 宮本邦明(筑波大学), 下村誠(筑波大学), I Gusti Made Agung Nandaka (CVGHM), Agus Budi Santoso (CVGHM), Sulistiyani (CVGHM), Nurnaning Aishyah(京都大学, CVGHM)メラピ火山の地震活動から予測する火砕流の規模, 日本火山学会, 富士吉田市, B2-07.	口頭発表
2016	国際学会	Syarifuddin, M., Oishi, S., Legono, D., Hapsari, R.I.: Integrating X-MP Radar Data to Estimate Rainfall Induced Debris Flow in The Merapi Volcanic Area, Third Symposium on Two-Phase Modelling for Sediment Dynamics in Geophysical Flow, Chuo University, 2016.9.12	ポスター発表
2016	国際学会	Syarifuddin, M., Oishi, S., Muranishi, M., Ogawa, M., Hapsari, R.I., Legono, D., Iguchi, M.: X-Band Multi Parameter (X-MP) Radar for Volcanic Debris Flow Forecasting in The Merapi Volcanic Area, nual Network on Debris Flow, 2016.11.29	口頭発表
2017	国際学会	Shimomura, M., Iguchi, M., Sulistiyani, Agus Budi Santoso, I Gusti Made Agung Nandaka, Miyamoto, K., Quasi-real time pyroclastic flow hazard mapping system at Mt. Merapi,EGU General Assembly, Vienna, 2017.4.23-28	ポスター発表
2017	国内学会	Syarifuddin, M., Oishi, S., Hapsari, R.I., Legono, D., Muranishi, M., Ogawa, M., Iguchi, M., Rainfall-Runoff-Inundation Model Application for Volcanic Debris Flow Assessment in Mount Merapi, Japan Geoscience Union(JpGU)-American Geophysical Union(AGU) Joint Meeting 2017, 2017.5.20-25	口頭発表

2017	国際学会	Syarifuddin, M., Oishi, S., Hapsari, R.I., Ito, Y., Legono, D., Short-Term Rainfall Forecasting for Lahar Early Warning System in Merapi, Indonesia, The 37th International Association for Hydro-Environment Engineering and Research(IAHR) World Congress, 2017.8.13-18	口頭発表
2017	国際学会	Syarifuddin, M., Oishi, S., Hapsari, R.I., Legono, D., Remote Monitoring of Hydrometeorology Condition in Mount Merapi of Indonesia for Lahar Flow Assessment, Annual Conference of Japan Society of Hydrology and Water Resources in 2017	口頭発表
2017	国内学会	Maeno, F., Nakada, S., Yoshimoto, M., Shimano, T., Hokanishi, N., Zaennudin, A. and Iguchi, M., A sequence of plinian eruption preceded by dome destruction at Kelud volcano, Indonesia, on February 13, 2014: insights from tephra fallout and pyroclastic density current deposits, 日本地球惑星科学連合2017 年大会, 幕張, 5月24日	ポスター発表
2017	国際学会	Nakada, S., A. Zaennudin, M. Yoshimoto, F. Maeno, Y. Suzuki, N. Hokanishi, H. Sasaki, M. Iguchi, Growth process of the lava dome/flow complex during 2013-2016 at Sinabung Volcano, Indonesia. Science Assembly of International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI), Portland, 8月15日	口頭発表
2017	国際学会	Taketo Shimano, Masato Iguchi, Setsuya Nakada, Yuki Suzuki, Fukashi Maeno, Mitsuhiro Yoshimoto, Akhmad Zaennudin, Natsumi Hokanishi, Atsushi Yasuda. Detection of transition in eruption style by spectrophotometric colorimetry of time-series ash samples during long-lasting eruptions, Science Assembly of International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI), Portland, 8月14日	ポスター発表
2017	国内学会	Hasib, M. and Nishimura, T., Seismic analyses of Vulcanian eruption at Sakurajima volcano: spectral ratio analyses of exollosion and volcano-tectonic earthquakes. 日本地球惑星科学連合2017年大会, 幕張, 5月24日	ポスター発表
2017	国内学会	Hasib, M., Nishimura, T. and Nakahara, H., Source characteristics of explosion earthquakes at Sakurajima volcano using spectral ratio method. 日本火山学会2017 年秋季大会, 熊本市, 9月22日	ポスター発表
2018	国内学会	中田節也・Zaennudin, A., 前野深、外西奈津美、吉本充宏、嶋野岳人、井口正人、爆発的噴火を繰り返すシナブン火山の最近の活動. 地球惑星科学連合大会2018年大会、幕張、5月21日	口頭発表
2018	国内学会	前野深・中田節也・吉本充宏・嶋野岳人・Akhmad Zaennudin, Prambada Oktory, インドネシア・スメル火山の噴火履歴と事象系統樹, 日本地球惑星科学連合2018年大会, 幕張, 5月21日.	口頭発表
2018	国内学会	井口正人・中道治久・為栗健・下村誠・Magfira Syarifuddin, Kristianto, Hetty Triastuty, Hanik Humaida, I.G.M. Agung nandaka Nurnaning Aisyah, Sulistiani, 2018年のシナブンおよびメラピ火山噴火, 日本火山学会2018年秋季大会, 秋田市, 9月26日～28日	口頭発表
2018	国内学会	中道治久・井口正人, H. Triastuty, H. Kuswandrato, I. Mulyana, U. Rosadi, H. Gunawan, G. Suantika, N. Aisyah, A. Budi-Santoso, I.G.M. Agung Nandaka, SATREPSによるインドネシアでの火山観測網の構築と運用, 日本火山学会2018年秋季大会, 秋田市, 9月26日～28日	ポスター発表
2018	国内学会	前野深・中田節也・吉本充宏・嶋野岳人・外西奈津美・Akhmad Zaennudin・井口正人, インドネシア・ケルート火山におけるプリニー式噴火の推移・物理量の変遷と噴火事象系統樹, 日本火山学会, 秋田, 9月26日.	ポスター発表
2018	国際学会	Fukashi Maeno, Setsuya Nakada, Mitsuhiro Yoshimoto, Shimano Taketo, Akhmad Zaennudin, Prambada Oktory, Eruption history and event tree of Semeru volcano, Indonesia. Cities on Volcanoes 10, Naples, Italy, 2018/9/4	ポスター発表
2018	国際学会	Nakada, S., Zaennudin, A., Yoshimoto, M., Maeno, F., Holanishi, N., Iguchi, M. Comparative study of lava dome eruptions at Sinabung and Unzen. Cities on Volcanoes 10, Naples, Italy, September 4, 2018	ポスター発表
2018	国際学会	Masaharu Fujita, Kazuki Yamanoi, Shusuke Miyata, Ani Hariani, Djoko Legono :A Method for Predicting Debris Flow Occurrence in Volcanic Ash Deposition Areas, APD-IAHR Congress, 2018.9.2-5, Yogyakarta	口頭発表
2018	国際学会	Yutaka Gonda, Shusuke Miyata, Masaharu Fujita, Djoko Legono, Daizo Tsutsumi:Temporal changes of rainfall-runoff relationship after the 1984 eruption of Mt. merapi, APD-IAHR Congress, 2018.9.2-5, Yogyakarta	口頭発表

2018	国際学会	Santosa Sandy Putra, Ani Hairani, Akhyar Musthofa, Indragiri Murti, Yutaka Gonda:Flood early warning system in Mt. Merapi area based on radial basis function network generated critical line, APD-IAHR Congress, 2018.9.2-5, Yogyakarta	ポスター発表
			招待講演 3 件
			口頭発表 27 件
			ポスター発表 17 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2014	国内学会	真木雅之(鹿児島大学)・井口正人(京都大学)・藤田英輔・前坂剛・出世ゆかり・小園誠史・桃谷辰也・山路昭彦, 気象レーダによる噴煙の実態解明と火山防災, 日本地球惑星科学連合大会, パシフィコ横浜, 横浜市, 4月28日-5月2日	口頭発表
2014	国内学会	水本智博・権田豊(新潟大学)・川邊洋,火山噴火に伴う土砂災害の被害予測に必要な情報の種類とその精度の検討, 平成26年度 砂防学会研究発表会、新潟市、5/28-29、2014	ポスター発表
2014	国際学会	中田節也(東大地震研)Recent eruptions in Japan and Indonesia and related research, Cities on Volcanoes 8 Conference, Yogyakarta, Indonesia, 2014.9.9	招待講演
2014	国際学会	Iguchi, M (Kyoto Univ.), Real-time estimation of discharge rate of volcanic ash, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Tanaka, H., Yoshitani, J., Iguchi, M., Simulation of Airborne Ash Dispersal from Kelud Volcano in Indonesia in February 2014, using a Real-time Volcanic Ash Dispersion Model PUFF Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14	口頭発表
2014	国際学会	Yoshitani, J., Miki, D., Eliasson, J., Yasuda, N., Simulation of Airborne Ash Dispersal from Kelud Volcano in Indonesia in February 2014, using a Real-time Volcanic Ash Dispersion Model PUFF, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14	口頭発表
2014	国際学会	Nakatani, K., Imaizumi, F., Satofuka, Y., Mizuyama, T., Characteristics of debris flows on volcanic island Izu Oshima, Tokyo, Japan, caused by Typhoon No. 26 in October 2013, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indsia, September 9-14	口頭発表
2014	国際学会	Miyata, S., Fujita, M., Tsujimoto, H., Teratani, T., Simulation of flash floods in steep watersheds covered by volcanic ash, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14	口頭発表
2014	国際学会	Fujita, M., Yamanoi, K., Miyata, S., Tsutsumi, D., An idea of early warning and evacuation system for multimodal sediment disastersCities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14	口頭発表
2014	国際学会	Shimano, T., Iguchi, M., Miki, D., Nishimura, T., Characteristics of time-series ash samples at Sakurajima and comparison with other volcanoes, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14	ポスター発表
2014	国際学会	Tagata, S., Itoh, T., Ishizuka, T., Miyamoto, K., Reduction of permeability after the volcanic ash fall in 2000 at Mt. Miyake, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14	ポスター発表
2014	国際学会	Ishizuka, T., Fujimura, N., Seto, S., Yamada, T., Fujita, M., Emergency hazard mitigation measures plan against sediment related disaster induced by volcanic eruption, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14	ポスター発表
2014	国際学会	Yamada, T., House Damage due to hot ash clouds from pyroclastic flow main body occurred at the Cangkringan district of Kuning river basin, Mount Merapi Volcano in 2010, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14	ポスター発表
2014	国際学会	Maki, M., Iguchi, M., Maesaka, T., Tanada, T., Kozono, T., Momotani, T., Weather radar investigation of volcanic smoke for disaster-prevention, Cities on Volcanoes 8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, September 9-14	ポスター発表

2014	国内学会	飯田昌宏・大石哲(神戸大学), Xバンドレーダによる火山灰噴出量・降灰量の推定に関する研究, 水文・水資源学会2014年度総会研究発表会, 宮崎市, 2014年9月25日	ポスター発表
2014	国際学会	Yutaka GONDA(Niigata Univ.), Tomohiro MIZUMOTO, The Effect of Initial Condition on the Results of the Two-dimensional Lahar Simulation, The 2014 International Debris-Flow Workshop, Tainan, Taiwan, 10/2-3, 2014	口頭発表
2014	国内学会	真木雅之・井口正人・藤田英輔・前坂 剛 出世ゆかり・小園誠史・桃谷辰也・山路昭彦, 気象レーダによる桜島火山噴煙の観測, 日本火山学会秋季大会, 福岡大学, 博多市, 11月2日―4日	口頭発表
2014	国内学会	嶋野岳人(常葉大)・井口正人(京大防災研)・横尾亮彦(京大理), プルカノ式噴火における降灰試料の短時間間隔連続採取, 日本火山学会2014年秋季大会, 2014.10	ポスター発表
2014	国際学会	Y. J. Suzuki, M. Iguchi, F. Maeno, S. Nakada, A. Hashimoto, T. Shimbori, K. Ishii, 3D numerical simulations of volcanic plume and tephra dispersal: Reconstruction of the 2014 Kelud eruption, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, CA, December 15-19	口頭発表
2014	国内学会	藤田正治・宮田秀介・辻本浩史・寺谷拓治, 降雨の空間分布を考慮した桜島における土石流の発生に関するシミュレーション, 平成26年度砂防学会研究発表会, 朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター, 新潟市, 5月28―29日	ポスター発表
2014	国内学会	山野井一輝(京都大学大学院)・藤田正治(京都大学), 山地流域の土砂生産・供給・輸送過程を考慮した土砂流出モデル, 第26年度砂防学会研究発表会, 新潟市朱鷺メッセ, 5月29日	口頭発表
2014	国内学会	Chen-Yu Chen, Masaharu Fujita, A prediction model of landslide occurrence and its scale using numerical-regression equations, 第26年度砂防学会研究発表会, 新潟市朱鷺メッセ, 5月29日	ポスター発表
2014	国際学会	Yoshitani, J., Miki, D., Eliasson, J., Yasuda, N., Airborne measurement of volcanic ash concentration with optical particle counters towards better forecasts for air traffic control, Cities on Volcanoes 8 (Yogyakarta, Indonesia, September 2014)	口頭発表
2015	国内学会	嶋野岳人(常葉大)・井口正人(京都大), 降灰試料長期連続採取と日毎降灰率の迅速見積, 日本火山学会秋季大会, 富山大, 9月28-29日	ポスター発表
2015	国内学会	中田節也(東大地震研)・吉本充宏(富士山研)・前野 深(東大地震研)・鈴木由希(早稲田大)・外西奈津美(東大地震研)・井口正人(京大防災研), インドネシアのシナブン火山で継続する溶岩ドーム/ 流噴火, 日本火山学会, 富山, 2015. 9. 28	口頭発表
2015	国内学会	小園誠史・三輪学央・真木雅之・前坂 剛・味喜大介・井口正人, 桜島火山におけるパーシベルによる降下火山灰の観測, 日本火山学会秋季大会, 富山, 9月	口頭発表
2015	国内学会	田中博・井口正人・吉谷純一, PUFF モデルを用いた桜島火山灰の空中濃度推定, 地球惑星科学連合大会, 千葉, 2015. 5.25	口頭発表
2015	国内学会	高橋 忍・真木雅之・井口正人(2015) 火山灰雲のレーダデータ3 次元解析, 火山学会, 富山, 2015. 9.28	口頭発表
2015	国内学会	真木雅之・鈴木郁子・井口正人・Yura KIM・Dong-In LEE, 火山噴煙のレーダデータ三次元可視化, 京都大学防災研究所研究発表講演会, 宇治, 2016. 2.24	口頭発表
2015	国内学会	高橋忍・真木雅之・井口正人, 気象レーダによる定量的降灰量推定, 京都大学防災研究所研究発表講演会, 宇治, 2016. 2.24	ポスター発表
2015	国内学会	小池雄大, 大石哲, 小川まり子, 雷探知装置とMPLレーダーによる雷機構解明に向けた事例解析, 水文・水資源学会2015年度総会研究発表会, 水文・水資源学会2015年度総会研究発表会, 2015.9.9	ポスター発表
2015	国内学会	小池雄大, 大石哲, MPLレーダーを用いた霰の電荷量と電場の推定, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015.10.28	ポスター発表
2015	国内学会	小池雄大, 大石哲, 小川まり子, 雷雲中の降水粒子分布測定に基づく電荷量と電場の推定手法に関する研究, 第60回水工学講演会, 2016.3.16	口頭発表
2015	国内学会	村西将英, 大石哲, 小川まり子, 桜島における火山灰粒径分布測定に基づいた気象レーダーによる火山灰堆積量推定手法の開発に関する研究, 水文・水資源学会2015年度総会研究発表会, 2015.9.10	ポスター発表
2015	国内学会	権田豊(新潟大学), インドネシア共和国・ガジャマダ大学, 公 共事業省 BALAI SABO との共同研究の実際 と課題, 砂防学会研究発表会, 栃木市, 5/20-21, 2015	口頭発表

2015	国内学会	水本智博(新潟大学)、権田 豊(新潟大学)、沼本晋也(三重大学)、山田 孝(三重大学)、宮田秀介(京都大学)、堀田紀文(筑波大学)、メラピ火山噴火後の PUTIH 川と GENDOL 川の地形変化,平成27年度砂防学会研究発表会, 栃木市, 5/20-21, 2015	ポスター発表
2015	国際学会	Tomohiro MIZUMOTO(新潟大学), Yutaka GONDA(新潟大学), Study on Minimum Data Set required for Debris-flow and Flood Hazards Assessment after a Volcanic Eruption using Numerical Simulation, 6th international conference on debris flow hazards mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment, Tsukuba, 6/22-6/25, 2015	ポスター発表
2015	国際学会	Yutaka GONDA(新潟大学), Hydrological monitoring in the southeastern and southern flank of Mt. Merapi, Workshop “Integrated Study on Mitigation of Multimodal Disasters Caused by Ejection of Volcanic Products” SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development), 11/9-11/10, 2015	口頭発表
2015	国際学会	Saki SHIMBO(新潟大学),Yutaka GONDA(新潟大学),Rainfall characteristics on the southwest slope of Mt. Merapi in Indonesia, Seminar on SATREPS Program, Integrated study on mitigation of multimodal disasters caused by ejection of volcanic products’ and MSD workshop,3/7-3/8, 2016	口頭発表
2015	国際学会	Yutaka GONDA(新潟大学),Hydrological Monitoring in the Merapi area, Seminar on SATREPS Program, Integrated study on mitigation of multimodal disasters caused by ejection of volcanic products’ and MSD workshop,3/7-3/8, 2016	口頭発表
2015	国際学会	西村太志、傾斜記録から推定される小規模爆発過程－新燃岳、口永良島、御嶽山－、地球惑星科学連合大会, 千葉, 2015. 5.26	口頭発表
2015	国内学会	山野井一輝, 藤田正治:土砂災害時のハザード群発生プロセスの解析, 砂防学会研究発表会, 栃木, 2015.5.21	口頭発表
2015	国内学会	山野井一輝, 藤田正治:水・土砂災害時におけるハザード群の発生に関する土砂災害シミュレーション, 京都大学防災研究所研究発表講演会, 宇治, 2016.2.23	口頭発表
2015	国内学会	山野井一輝, 藤田正治:豪雨時の水・土砂災害に関わるハザード群の発生リスク評価, 第60回水工学講演会, 2016.3.16	口頭発表
2016	国内学会	中田節也, 溶岩ドーム噴火:シナブン(インドネシア)vs.雲仙普賢岳. 日本地球惑星科学連合2016.5.24	招待講演
2016	国際学会	Maeno, F., Pyroclastic density current emplacement –phenomena and deposits–, Workshop on Volcanic Hazard Assessments, Garut, Indonesia, 8月29日, 2016	口頭発表
2016	国際学会	Maeno, F., Eruption columns, tephra fall and dispersal –key physical processes–, Workshop on Volcanic Hazard Assessments, Garut, Indonesia, 8月29日, 2016.	口頭発表
2016	国内学会	権田豊・五十嵐花奈恵(新潟大)・宮田秀介(京都大)・沼本晋也・山田孝(三重大)・堀田紀文(筑波大), インドネシア・メラピ火山噴火後の Putih 川における流出特性の経年変化, 平成28年度砂防学会研究発表会、富山市、5/18-19、2016	ポスター発表
2016	国内学会	水本智博・権田豊(新潟大), 火山噴火後に降雨を起因として発生するラハールの被害予測手法に関する研究, 平成28年度 砂防学会研究発表会、富山市、5/18-19、2016	ポスター発表
2016	国際学会	Yutaka GONDA(Niigata Univ.), Shusuke Miyata, Masaharu Fujita, Daizo Tsutsumi(Kyoto Univ.), Rainfall characteristics on the southern flank of Mt.Merapi in Indonesia, Satreps Workshop in Kyoto of Integrated study on Mitigation of Multimodal Disasters Caused by Ejection of Volcanic Products, Oct.24-25, 2016	口頭発表
2016	国際学会	Yutaka GONDA(Niigata Univ.), Shusuke Miyata, Masaharu Fujita, Daizo Tsutsumi(Kyoto Univ.), Temporal change of runoff characteristics of lahar in the Putih River after the 1984 eruptions of Mt. Merapi, Indonesia, Joint Workshop of 2016 International Debris-Flow Workshop and 6th International Workshop of Multimodal Sediment Disasters, Nov.29-Dec.2, 2016	口頭発表
2016	国際学会	Yujiro J. Suzuki, Antonio Costa, Takehiro Koyaguchi, On the relationship between eruption intensity and volcanic plume height: insights from three-dimensional numerical simulations, European Geoscience Union Genera Assembly, 2016.4.20	ポスター発表
2016	国内学会	村西将英・大石哲(神戸大):気象レーダーを用いた火山噴出物の堆積量推定に関する研究, 日本火山学会秋季大会2016, 富士吉田市民会館・ふじさんホール(山梨県), 2016.10.13	口頭発表

2016	国内学会	中谷加奈・古谷智彦(京都大学)・里深好文(立命館大学)・水山高久(政策研究大学院大学)、格子法を用いた火山地域における土石流の影響範囲の推定手法、砂防学会、富山県民会館、5月18日	口頭発表
2016	国際学会	Nakatani, K., Arakawa, Y., Fujita, M.(京都大学), Satofuka, Y.(立命館大学)、Study on debris flow influence area considering material and structures in residential area, 6th International Workshop of Multimodal Sediment Disasters, Joint workshop of 2016 international debris-flow workshop and 6th International Workshop of Multimodal Sediment Disasters, Kyoto University, 29 November–1 December, 2016	口頭発表
2016	国際学会	Shimomura, M., Takahashi, Y., Miyamoto(筑波大), K., Pyroclastic flow at Mt. Semeru, AOGS, Beijing, 31 July – 5 August, 2016	ポスター発表
2016	国際学会	Miyamoto, K.(筑波大), Hazard mapping using Numerical Simulation, Workshop on Volcanic Hazard Assessments, Garut, Java, Indonesia, 29th Aug. – 7th Sep., 2016	口頭発表
2016	国際学会	Shimomura, M. and Miyamoto, K.(筑波大), Development of the system to analyze multimodal sediment disaster chains, 4th Regional Conference On Natural Disaster, Kuala Lumpur, 6–7 September, 2016	口頭発表
2016	国際学会	Miyamoto, K.(筑波大), An attempt of pyroclastic flow hazard mapping by using a data base of numerical simulation results, Joint workshop of 2016 international debris-flow workshop and 6th International Workshop of Multimodal Sediment Disasters, Kyoto University, 29 November–1 December, 2016	招待講演
2016	国際学会	Shimomura, M. and Miyamoto, K., Development of the system to analyze multimodal disaster chains, Joint workshop of 2016 international debris-flow workshop and 6th International Workshop of Multimodal Sediment Disasters, Kyoto University, 29 November–1 December, 2016	口頭発表
2017	国際学会	Shimomura, M., Miyamoto, K., Demonstration of Quasi-Real Time Hazard Mapping of Pyroclastic flow and Lahar at Mt. Merapi, 7 th International Workshop on Multimodal Sediment Disasters, Kathmandu, 2017.11.29–30	口頭発表
2017	国内学会	中谷加奈、小杉賢一朗、堤大三、里深好文、火山地域の細粒土砂を多く含む土石流の数値シミュレーション、平成29年度(公社)砂防学会研究発表会、奈良、5/24–25	ポスター発表
2017	国内学会	佐藤卓弥・小川まり子・大石哲、二波長の偏波レーダーを想定した雨雲内氷粒子の粒径分布推定手法に関する研究、日本気象学会2017年度秋季大会	ポスター発表
2017	国際学会	Suzuki Y.J.(Univ. Tokyo), M. Iguchi (Kyoto Univ.), Determination of the mass eruption rate for the 2014 Mount Kelud eruption using three-dimensional numerical simulations of volcanic plumes, IAVCEI 2017, Portland USA, 2017/8/17	ポスター発表
2017	国内学会	Suzuki Y.J.(Univ. Tokyo), A. Costa (INGV), T. Koyaguchi, Fluid dynamics of very large plumes generated by explosive super-eruptions, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 幕張, 2017/5/23	ポスター発表
2017	国内学会	権田豊(新潟大)・宮田秀介・藤田正治・堤大三(京都大):2010メラピ火山噴火後の植生の変化とラハール発生頻度の関係、H29年度砂防学会、奈良市、2017/5/24–25	ポスター発表
2017	国際学会	Yutaka Gonda(新潟大), Shusuke Miyata, Masaharu Fujita(京都大), Djoko Legono, Daizo Tsutsumi(京都大): Temporal Response of NDVI in the Upper Reach of a River to Frequency of Lahar Occurrence after 2010 Eruption of Mt. Merapi, 7th International Workshop on Multimodal Sediment Disasters, Kathmandu, Nepal,2017/10/29,30	口頭発表
2017	国際学会	Yutaka Gonda(新潟大), Shusuke Miyata, Masaharu Fujita(京都大), Djoko Legono, Daizo Tsutsumi(京都大): Temporal response of NDVI in the Upper Reach of Putih River and Gendol River to Frequency of Lahar Occurrence after 2010 Eruption of Mt. Merapi, Workshop in Yogyakarta of Integrated study on Mitigation of Multimodal Disasters Caused by Ejection of Volcanic Products, Yogyakarta, 2017/10/17,18	口頭発表
2017	国際学会	Yutaka GONDA(新潟大):Toward estimation of potential areas affected by large-scale sediment movements and disaster mitigations for the large-scale sediment movements,2017 International Workshop on Disaster Prevention and Mitigation Technology for Large-Scale Landslide, Tainan, Taiwan,2017/9/27	招待講演

2017	国際学会	Santosa Sandy Putra, Ani Hairani, Akhyar Musthofa, Indragiri Murti and Yutaka Gonda(新潟大): Flood early warning system in Mt. Merapi area based on radial basis function network generated critical line, Workshop in Yogyakarta of Integrated study on Mitigation of Multimodal Disasters Caused by Ejection of Volcanic Products, Yogyakarta, 2017/10/17,18	口頭発表
2017	国内学会	前野深・吉本充宏・中道治久, 噴火堆積物にもとづく噴出量・噴出率推定手法の進展, 日本火山学会2017年秋季大会, 熊本市, 9月22日	口頭発表
2017	国内学会	嶋野岳人・安田敦・井口正人, 桜島火山の火山灰モニタリングにおける測色値と粒径の関係, 日本火山学会2017年秋季大会, 9月22日	ポスター発表
2017	国内学会	久保田聡・鈴木由希・中田節也、インドネシア・シナブン火山2014-2015年噴火の火山灰の石基マイクロライト組織, 日本火山学会2017年秋季大会, 熊本市, 9月21日	ポスター発表
2017	国内学会	中田節也, 噴火事象系統樹の課題, 日本火山学会2017年秋季大会、熊本市、9月23日	口頭発表
2017	国内学会	廣瀬 郁・中原 恒・西村 太志, Detection of spatio-temporal changes of seismic scattering properties with seismic interferometry: Dike intrusion event on 15 August 2015 at Sakurajima volcano, 日本地球惑星科学連合2017年大会, 幕張, 5月24日.	口頭発表
2017	国内学会	井口正人, 火山観測機器を用いた土石流の量的検出, SVC49-01, 日本地球惑星科学連合2017年大会, 幕張, 5月22日.	口頭発表
2017	国内学会	田中博・井口正人, 火山灰追跡モデルPUFFの開発と空中濃度推定, MIS02-01, 日本地球惑星科学連合2017年大会, 幕張, 5月22日.	口頭発表
2017	国内学会	宮田秀介、Heba Ahmed Mohamed Ahmed、寺谷拓治、内田良始、藤田正治: 桜島における火山灰の堆積と浸透特性の経時変化による流出への影響, Pb-16, 平成29年度(公社)砂防学会研究発表会, 奈良県奈良春日野国際フォーラム 薈 I・RA・KA, 2017.5.24-25(ポスター: 審査なし)	ポスター発表
2017	国内学会	権田豊、宮田秀介、藤田正治、堤大三: 2010メラピ火山噴火後の植生の変化とラハール発生頻度の関係, Pa-95, 平成29年度(公社)砂防学会研究発表会, 奈良県奈良春日野国際フォーラム 薈 I・RA・KA, 2017.5.24-25	ポスター発表
2017	国内学会	山口翔大、宮田秀介、堤大三、藤田正治: 鉛直一次元実験に基づいた融雪型火山泥流の予測, Pa-94, 平成29年度(公社)砂防学会研究発表会, 奈良県奈良春日野国際フォーラム 薈 I・RA・KA, 2017.5.24-25	ポスター発表
2017	国内学会	山野井一輝、藤田正治: 土砂災害マルチハザードシミュレータを用いた警戒避難情報の発令手法に関する研究, Pb-75, 平成29年度(公社)砂防学会研究発表会, 奈良県奈良春日野国際フォーラム 薈 I・RA・KA, 2017.5.24-25	ポスター発表
2017	国内学会	孝子綸図、堤大三、山野井一輝、和田孝志、藤田正治: 等高線に基づく地形分割手法による表層崩壊から土石流までの連続解析, R1-30, 平成29年度(公社)砂防学会研究発表会, 奈良県奈良春日野国際フォーラム 薈 I・RA・KA, 2017.5.24-25	口頭発表
2017	国際学会	Miyata, S., Mizugaki, S., Naito, S., Fujita, M.: Assessment of Sediment Runoff during an Extreme Storm Event using a Novel Monitoring Approach, 14th Annual Meeting of Asia Oceania Geosciences Society, HS18-A003, SUNTEC Singapore, 2017.8.6-11	口頭発表
2017	国際学会	Miyata, S.(京都大学), Naito, S.(京都大学), Mizugaki, S.(寒地土木研究所), Fujita, S.(京都大学): A Novel Approach of Sediment Runoff Monitoring and its Application during a Storm Event, 7th International Workshop on Multimodal Sediment Disasters, Katmandu, Nepal, 2017.10.29-30	口頭発表
2018	国際学会	Yujiro J. Suzuki and Masato Iguchi, Numerical simulations of short-term eruption, European Geophysical Union General Assembly 2018, EGU2018-11210, Vienna Austria, 2018/4/12.	招待講演
2018	国内学会	中谷加奈・山野井一輝・長谷川祐治・宮田秀介・藤田正治: 適切な避難のための土砂災害情報の高度化並びに提供方法の検討, P34, 平成29年度京都大学防災研究所研究発表講演会, 宇治市, 2018.2.20-21	口頭発表

2018	国内学会	山野井一輝, 鈴木豪太, 藤田正治: 朝倉市赤谷川流域を対象とした平成 29 年九州北部豪雨における斜面崩壊と洪水の統合解析, 京都大学防災研究所研究発表講演会, 宇治市, 2018.2.20-21	口頭発表
2018	国内学会	嶋野岳人・安田敦, 火山灰粒子の分光測色による構成比推定による噴火様式推移の判定, 日本地球惑星科学連合2018年大会, 幕張, 5月22日	口頭発表
2018	国内学会	鈴木雄治郎・小屋口剛博, 火砕物降下と噴煙ダイナミクスのカップリング計算: ピナツボ1991年噴火シミュレーション, 日本地球惑星科学連合2018年大会, SVC44-10, 幕張, 2018/5/24	口頭発表
2018	国内学会	権田豊・野瀬田和明・宮田秀介・藤田正治・堤大三・AkhyarMushthofa・SantosaSandy, 1984年インドネシア・メラピ火山噴火後の出水発生基準雨量の検討, H30年度砂防学会, 米子市, 5月16~17日	ポスター発表
2018	国内学会	宮田秀介, 藤田正治: TDRを用いた土砂流出計測手法の開発, T3-01, 平成30年度(公社)砂防学会研究発表会, 米子コンベンションセンター, 2018.5.16-17(口頭: 審査なし)	口頭発表
2018	国内学会	権田豊, 宮田秀介, 長谷川祐治, 堤大三, 中谷加奈, 今泉文寿: Step-Poolの存在する溪流における流砂量式の検討, T3-05, 平成30年度(公社)砂防学会研究発表会, 米子コンベンションセンター, 2018.5.16-17	口頭発表
2018	国内学会	山口翔大, 宮田秀介, 堤大三, 藤田正治: 融雪型火山泥流発生過程に関する融雪実験と数値解析シミュレーション, P-207, 平成30年度(公社)砂防学会研究発表会, 米子コンベンションセンター, 2018.5.16-17	ポスター発表
2018	国内学会	鈴木豪太, 山野井一輝, 藤田正治: 土砂動態モデルを用いた平成29年7月九州北部豪雨での赤谷川流域におけるハザード群発生の解析, P-059, 平成30年度(公社)砂防学会研究発表会, 米子コンベンションセンター, 2018.5.16-17	ポスター発表
2018	国内学会	山野井一輝, Myo Thandar, 藤田正治: 人工衛星観測雨量データを用いたミャンマーAyeyarwady川上流域における土砂動態解析, V-065, 平成30年度(公社)砂防学会研究発表会, 米子コンベンションセンター, 2018.5.16-17	口頭発表
2018	国際学会	Nakada, S., Volcanic hazards: Improving the science and communication to the public. AOGS, Honolulu, USA, June 5, 2018	招待講演
2018	国際学会	Suzuki, Y., Kubota, S., Kitsuda, R., Nakada, S., Groundmass microlite textures of 2014-2015 eruptive products at Sinabung volcano, Indonesia, Cities on Volcanoes 10 (Napoli, Italy, September 6, 2018)	ポスター発表
2018	国際学会	Taketo Shimano, Atsushi Yasuda, Setsuya Nakada, Masato Iguchi, Spectroscopic colorimetry of volcanic ash for monitoring and reconstructing eruption style. Cities on Volcanoes 10, Naple, Italy, 2018/9/4	口頭発表
2018	国際学会	Kana Nakatani, Yoshifumi Satofuka, Yutaka Gonda, Kuniaki Miyamoto: Debris flow simulations occurring from landslide dam outburst at Mt.Sinabung, APD-IAHR Congress, 2018.9.2-5, Yogyakarta	口頭発表
2018	国際学会	Shimomura, M., Miyamoto, K., Event chains simulation of pyroclastic flow amnd lahar for quasi-real time hazard mapping, APD-IAHR Congress, 2018.9.2-5, Yogyakarta	口頭発表

招待講演	6 件
口頭発表	58 件
ポスター発表	36 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願 ※
No.1											
No.2											
No.3											

国内特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する国内出願 ※
No.1											
No.2											
No.3											

外国特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 （「〇〇の開発」など）	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 （選択）	特記事項
2015	2015/9/10	水文・水資源学会2015年 総会・研究発表会優秀ポ スター賞	雷探知装置とMPLレーダーに よる雷機構解明に向けた事 例解析	小池雄大・ 大石哲	水文・水資 源学会	3.一部当課題研究の成果 が含まれる	
2017	2018/3/5	Best International Paper Award	Empirical model for remote monitoring of rain-triggered lahar in Mount Merapi	Magfira Syarifuddin	土木学会水 工学委員会	1.当課題研究の成果である	
2018	2018/5/22	日本火山学会研究奨励 賞	複合地盤変動データに基づく 桜島火山におけるマグマ蓄 積移動過程の研究	堀田耕平	日本火山学 会	3.一部当課題研究の成果 が含まれる	

3 件

② マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 （選択）	特記事項

0 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	概要
2014	2014/4/18	全体会合	京都大学防災研究所(宇治市)	井口正人(代表者)・中道治久・中田節也・宮本邦明・吉谷純一(グループリーダー), 他20名	プロジェクト全体およびグループごとの研究の進め方を議論した
2014	2014/6/30	G-1, G-3, G-5砂防関連会議	京都大学 東京オフィス(東京都)	藤田正治, 山田孝, 中谷加奈, 大石哲, 権田豊, 宮田秀介, 里深好文, 石塚忠範, 桃谷辰也, 堤大三10名	G-1, G-3, G-5のうち砂防関連グループの今年度計画を議論した
2014	2014/8/8	キックオフワークショップ	地質庁講堂(バンドン市)	80名	プロジェクトを推進するに当たり, これまでの成果を総括するとともに, プロジェクトへの戦略をグループごとに発表した。
2014	2014/9/10	日伊合同プロジェクト会議	ガジャマダ大学(ジョグジャカルタ市)	井口正人・中道治久・中田節也・宮本邦明・吉谷純一・藤田正治 M. Hendrasto, H. Gunawan, A. Budiyo, Adam Pamudji Rabardjo, M. Addip Novianto, Djoko Legono13名	プロジェクトの進捗状況についての打合せ
2014	2014/10/5	特別講義	ムハマディヤ大学, ジョグジャカルタ市	30(30)	水文観測に関する講義(学部生)
2014	2014/10/20	ケルート火山噴火の火山灰	東京大学地震研究所(東京都)	井口正人・吉谷純一・田中博・前野深・鈴木雄治郎 5名	ケルート火山噴火の噴出物の堆積域について現地調査および2種類の火山灰拡散シミュレーションにより検討を行った。
2014	2014/10/21	特別講義	ガジャマダ大学(ジョグジャカルタ市)	25(25)	日本における土砂災害対策
2014	2014/12/3	Knowledge Sharing Activity	水資源公団(マラン市)	100(100)	降雨量見積りと火山灰検知のためのXバンドMPLレーダーの利用
2014	2014/12/9	グループリーダー会議	京都大学防災研究所(宇治市)	井口正人・中田節也・宮本邦明・吉谷純一・大石哲, 5(0)	平成26年度の研究進捗状況の確認と27年度予算の議論
2014	2014/12/21	G-1, G-3, G-5砂防関連会議	京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリー(京都市)	藤田正治, 山田孝, 中谷加奈, 笹原克夫, 権田豊, 宮田秀介, 石塚忠範, 堤大三, 8(0)	G-1, G-3, G-5のうち砂防関連グループの今年度の進捗状況報告と今後の活動方針
2014	2014/12/23-25	G-3, G5-1の合同ワークショップ	ガジャマダ大学(ジョグジャカルタ市)	宮本邦明、Leslie(筑波大学)、Adam、Djoko(UGM)、10(9)	G3-1、G3-2、G5-1の今年度の研究進捗の確認と課題の確認
2014	2015/1/27	第一回SATREPSメラピセミナー	メラピ火山博物館(スレマン市)	75(75)	XバンドMPLレーダーの性能と応用に関する講演とメラピ火山地域における様々な行政レベルでの噴火・土砂災害警戒避難システムの現状についての話題提供が行われた。この事業を通じたXバンドMPLレーダーの活用、警戒避難システムの問題点などの情報交換がなされた。
2014	2015/2/14	G4グループ会議	京都大学防災研究所火山活動研究センター(鹿児島市)	井口正人, 吉谷純一, 大石哲, 真木雅之, 鈴木雄治郎, 5(0)	G-4の今年度の進捗状況報告と来年度の研究計画を議論した
2014	2015/2/25	SATREPS全体研究集会	京都大学おうばくプラザ(宇治市)	20(3)	平成26年度の研究成果の発表
2014	2015/2/26	全体会合	京都大学おうばくプラザ(宇治市)	井口正人(代表者)・中道治久・中田節也・藤田正治・吉谷純一(各グループリーダー), 他20名	平成27年度の研究の進め方についての議論

2014	2015/3/17-18	スメル火山火砕流シミュレーションに関するセミナー	BPBDルマジャン、スメル火山観測所(ルマジャン市)	宮本邦明、他Balai Sabo、BPBDルマジャン、スメル火山観測所、スラバヤ工大、計約20名	スメル火山を対象とした火砕流シミュレーション結果の説明
2015	2015/7/3	コンソーシアムメラピフォーマチュア(FKM)キックオフ会議	ガジャマダ大学(インドネシア)	15(20)	コンソーシアムメラピフォーマチュアのキックオフ会議
2015	2015/8/3	Seminar Teknosabo 2015	バライ砂防、ジョグジャカルタ市	14名	Utilizing radar rainfall data on catchment runoff predictions
2015	2015/8/12	複合土砂災害シミュレーターに関するセミナー	ガジャマダ大学(ジョグジャカルタ市)	宮本邦明、下村誠、他UGM、BPPTKG、Balai Sabo、約15名	複合土砂災害シミュレーターの概念と構造
2015	2015/8/14	FKM会議	ガジャマダ大学(インドネシア)	藤田正治 16(15)	コンソーシアムメラピ設立のためのワークショップ、会議
2015	2015/9/2	FKM会議	ガジャマダ大学(インドネシア)	藤田正治 11(10)	コンソーシアムメラピ設立のためのワークショップ、会議
2015	2015/9/15-16	複合土砂災害シミュレーターの導入に関するワークショップ	BPPTKG(ジョグジャカルタ市)、PVMBG(バンドン市)	宮本邦明、下村誠、他BPPTKG、PVMBG、計10名	複合土砂災害シミュレーターのBPPTKG、PVMBGへの導入にあたってのシステムアップ
2015	2015/10/12	FKM会議	ガジャマダ大学(インドネシア)	藤田正治 16(15)	コンソーシアムメラピ設立のためのワークショップ、会議
2015	2015/11/9-10	Workshop 2015	インナ・ガルーダホテル(インドネシア)	井口正人(代表者)・中道治久・中田節也・宮本邦明・大石哲・藤田正治・(各グループリーダー)、他8名(40)	これまでの成果を発表し、議論し、今後のプロジェクトの方向を議論した。
2015	2015/11/11	コンソーシアムメラピ設立式	ガジャマダ大学(インドネシア)	井口正人、藤田正治、宮本邦明 30(27)	コンソーシアムメラピの設立式
2015	2015/11/13	Seminar Teknosabo 2015	バライ砂防、ジョグジャカルタ市	50(50)	Introduction of determination process of CL with Radial Basis Function Network,
2015	2016/1/4-6	MSD統合シミュレーションシステムの運用に関するセミナー	インドネシア	17人/日、述べ51人(51)	システムの管理手法及びアクセス法に関する指導
2015	2016/1/27	SATREPSセミナーinマラン	Selorejo Hotel and Resort(インドネシア)	井口正人、藤田正治、宮本邦明 40(37)	東ジャワのクルー火山地域の防災担当者へのSATREPSプロジェクトのセミナー
2015	2016/2/18	SATREPS全体研究集会	京都大学おうばくプラザ(宇治市)	20(3)	平成27年度の研究成果の発表
2015	2016/2/19	全体会合	京都大学おうばくプラザ(宇治市)	井口正人(代表者)・中道治久・宮本邦明・藤田正治・大石哲(各グループリーダー)、他20名(2)	平成28年度の研究の進め方についての議論
2015	2016/3/7	Workshop on Multimodal Sediment Disasters	筑波大学(つくば市)	藤田正治、宮本邦明、大石哲、里深好文、水野秀明、堤大三、権田豊、宮田秀介、中谷加奈80(9)	アジア地域の土砂災害研究者ネットワークのSATREPSプロジェクトのセミナー
2015	2016/3/8	Seminar on Integrated study on mitigation of multimodal disasters caused by ejection of volcanic products	筑波大学(つくば市)	井口正人、藤田正治、宮本邦明、大石哲、里深好文、水野秀明、堤大三、権田豊、宮田秀介、中谷加奈80(9)	アジア地域の土砂災害研究者ネットワークおよび日本の土砂災害、火山災害に関する研究者、技術者へのSATREPSプロジェクトのセミナー
2015	2016/3/9	SATREPSセミナーinつくば	筑波大学(つくば市)	井口正人、藤田正治、宮本邦明、大石哲、里深好文、水野秀明、堤大三、権田豊、宮田秀介、中谷加奈80(9)	日本の土砂災害、火山災害に関する研究者、技術者へのSATREPSプロジェクトのセミナー
2015	2016/3/20-24	複合土砂災害シミュレーターの運用に関するセミナー	BPPTKG(ジョグジャカルタ市)	宮本、下村、他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計約15~20人/日	システムとアクセス権の管理手法と体制
2016	2016/4/13	FKM会議	ガジャマダ大学(インドネシア)	20(19)	2016年度のFKMの活動方針の打ち合わせ
2016	2016/4/14	FKMワークショップ	スマラン大学(インドネシア)	20(19)	意思決定支援システムの活用について2010年のメラピ火山噴火に立ち返り議論した。

2016	2016/5/23-25	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	BPPTKG、メラピ博物館(ジョグジャカルタ市)	下村誠、他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計3〜7名/日	ユーザーマネジメントグループとのシステム利用申請についての検討、システム管理グループとX-bandレーダーユーザーへのシステムに関する技術指導
2016	2016/5/26-27	複合土砂災害シミュレーターの運用に関するセミナー	バライ砂防、BPPTKG(ジョグジャカルタ市)	宮本邦明、井口正人、下村誠 他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計10、15名	火山・ラハール災害シナリオ検討に関する指導
2016	2016/7/19	FKMワークショップ	ガジャマダ大学(インドネシア)	15(14)	意思決定支援システムの活用について2010年のメラピ火山噴火に立ち返り議論した。
2016	2016/7/19-20	複合土砂災害シミュレーターの運用に関するセミナー	BPPTKG(ジョグジャカルタ市)	宮本邦明、下村誠、他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計9、8名	システムが提供するGISツールの活用方法の指導
2016	2016/8/9-10	複合土砂災害シミュレーターの運用に関するセミナー	ガジャマダ大学(ジョグジャカルタ市)	宮本邦明、里深好文、中谷加奈、下村誠、他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計21名	システムが提供するラハール・土石流シミュレーションの活用方法に関する指導
2016	2016/8/11	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	メラピ博物館(ジョグジャカルタ市)	下村誠、他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計5名	システム管理グループ、X-bandレーダーユーザーへのシステムに関する技術指導
2016	2016/8/29-9/9	Workshop on Volcanic Hazard Assessments	ガルート市(インドネシア)	宮本邦明、前野深20(18)	ハザードマップ作成の技術指導
2016	2016/9/21	FKMワークショップ	ガジャマダ大学(インドネシア)	15(14)	意思決定支援システムの活用について2010年のメラピ火山噴火に立ち返り議論した。
2016	2016/10/6-7	複合土砂災害シミュレーターの運用に関するセミナー	BPPTKG、ガジャマダ大学(インドネシア)	宮本邦明、井口正人、下村誠、他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計17、16名	火山・ラハール災害シナリオ検討に関する指導
2016	2016/10/8	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	メラピ博物館(インドネシア)	下村誠、他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計4名	システム管理グループ、X-bandレーダーユーザーへのシステムに関する技術指導
2016	2016/11/16	FKMワークショップ	ガジャマダ大学(インドネシア)	30(29)	FKMの活動を総括し、コンソーシアムの初動活動としてのFKMの役割は終了し、今後KMとして活動をすることを確認した。
2016	2016/12/20-23	複合土砂災害シミュレーターの運用に関するセミナー	BPPTKG、ガジャマダ大学(インドネシア)	宮本邦明、下村誠、他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計16、17、18、19名	火山・ラハール災害シナリオ検討とシミュレータ・システムAPIの活用方法に関する指導
2016	2016/12/26-27,30	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	PVMBG(インドネシア)	下村誠、PVMBG、計2人	システム管理グループへのシステムに関する技術指導
2016	2016/12/28-29	複合土砂災害シミュレーターの運用に関するセミナー	PVMBG(インドネシア)	宮本邦明、井口正人、下村誠 PVMBG、計15、9名	火山・ラハール災害シナリオ検討とシミュレータ・システムAPIの活用方法に関する指導
2016	2017/1/25	Workshop on sediment disaster information	バライ砂防(インドネシア)	藤田正治、権田豊 25(23)	プロジェクトで導入した雨量計、水位計、X-bandレーダを活用した土砂災害警戒システムについて
2016	2017/1/26	FKM会議	ガジャマダ大学(インドネシア)	15(14)	コンソーシアムメラピの今後の活動方針の打ち合わせ
2016	2017/3/13-15	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	ガジャマダ大学(インドネシア)	下村誠 16(15)/9(8)/9(8)	システムの活用方法のための設計・実装に関する技術指導とマニュアル作成支援
2016	2017/3/16-17	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	ガジャマダ大学(インドネシア)	宮本邦明、下村誠 14(12)/13(11),	H29年度活動に関する議論、システムの活用方法のための設計・実装に関する技術指導とマニュアル作成支援
2017	2017/4/9	ラハール警戒システムのCL設定に関するワークショップ	ガジャマダ大学/バライ砂防(インドネシア)	藤田正治、権田豊、10(8)	Satrepsで導入した雨量計、水位計、X-bandレーダを活用した土砂災害警戒システムのためのCL設定に関する進捗状況の報告と今後の方針の打ち合わせ
2017	2017/5/31	ラハール警戒システムのCL設定に関するワークショップ	ガジャマダ大学/バライ砂防(インドネシア)	権田豊、3(2)	Satrepsで導入した雨量計、水位計、X-bandレーダを活用した土砂災害警戒システムのためのCL設定に関する技術指導

2017	2017/7/5-13	複合土砂災害シミュレーションに関するワークショップ	BPPTKG、ガジャマダ大学、パライ砂防(インドネシア)	下村誠、宮本邦明、他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計 約13名/日	数値シミュレーションの基礎講習、並びに火砕流/ラハールのイベントチェーン・シミュレーション実施のための技術指導
2017	2017/7/8	ラハール警戒システムのCL設定に関するワークショップ	ガジャマダ大学/パライ砂防(インドネシア)	権田豊、4(3)	Satrepsで導入した雨量計、水位計、X-bandレーダを活用した土砂災害警戒システムのためのCL設定に関する技術指導
2017	2017/8/15-28	複合土砂災害シミュレーションに関するワークショップ	BPPTKG、ガジャマダ大学、パライ砂防(インドネシア)	下村誠、他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計 約10名/日	観測データを用いたイベントチェーン・シミュレーションの計算条件の設定とチェーンの組み立て方、システム利活用に関する技術指導
2017	2017/8/23	ラハール警戒システムのCL設定に関するワークショップ	ガジャマダ大学/パライ砂防(インドネシア)	権田豊、4(3)	Satrepsで導入した雨量計、水位計、X-bandレーダを活用した土砂災害警戒システムのためのCL設定に関する技術指導
2017	2017/10/19-20	複合土砂災害シミュレーションに関するワークショップ	メラピ火山観測所/パライ砂防(インドネシア)	下村誠、他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計 9、8名	イベントチェーン・シミュレーションの計算条件設定に関する技術指導
2017	2018/1/15-19	複合土砂災害シミュレーションに関するワークショップ	PVMBG(インドネシア)	下村誠、他PVMBG、計7名	観測データを用いたイベントチェーン・シミュレーションの計算条件の設定とチェーンの組み立て方、システム利活用に関する技術指導
2017	2018/1/16	ラハール警戒システムのCL設定に関するワークショップ	ガジャマダ大学/パライ砂防(インドネシア)	権田豊、藤田正治 12(10)	Satrepsで導入した雨量計、水位計、X-bandレーダを活用した土砂災害警戒システムの現状の確認と、噴火直後のCLの設定について
2017	2018/3/5-8	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	BPPTKG(インドネシア)	下村誠、宮本邦明、他BPPTKG、UGM、Balai Sabo、計 8名	イベントチェーン・データベースの作成方法とデータベースを活用したハザード情報出力に関する技術指導
2018	2018/4/3	意思決定支援システム(ラハール情報)の運用に関するセミナー	スレマン県BPBD(インドネシア)	50(46)	BALAI SABOによるラハール情報システムの運用に関するセミナー
2018	2018/4/17	意思決定支援システム(火砕流情報)の運用に関するセミナー	スレマン県BPBD(インドネシア)	50(46)	BPPTKGによる火砕流情報システムの運用に関するセミナー
2018	2018/4/18	スレマン地方防災局との意思決定支援システムの利活用に関するセミナー	スレマン地方防災局(インドネシア)	藤田正治、宮本邦明、下村誠43(40)	SSDMの利活用に関するBPPTKGから地方防災局への説明と運用に関する議論
2018	2018/4/19-20	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	ガジャマダ大学(インドネシア)	下村誠 3(2)	マゲラン市を例としたSSDMIによるハザード情報の作成
2018	2018/4/24	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	PVMBG(インドネシア)	下村誠 2(1)	イベントチェーン・シミュレーションの計算条件設定IF/API
2018	2018/5/9	マゲラン地方防災局との意思決定支援システムの利活用に関するセミナー	マゲラン地方防災局(インドネシア)	下村誠 36(35)	SSDMの利活用に関するBPPTKGから地方防災局への説明と運用に関する議論
2018	2018/5/14-16	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	PVMBG(インドネシア)	下村誠 3(2)	イベントチェーン・シミュレーションの計算条件の設定とチェーンの組み立て方
2018	2018/7/25	意思決定支援システムの運用に関するボヨラリ県およびクラテン県のBPBDとの合同会議	クラテン県内施設(インドネシア)	10(9)	意思決定支援システムの運用に関する意見交換
2018	2018/9/24-27	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	CVGHM(インドネシア)	下村誠 3(2)	火砕流シミュレーションの復習とイベントチェーン・データベースの作成
2018	2018/10/2-5	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	BPPTKG(インドネシア)	下村誠 5(4)	SSDMIによる準リアルタイムハザード情報の作成とWEB出力方法に関する説明・技術指導・議論
2018	2018/10/18-19	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	CVGHM(インドネシア)	下村誠 6(5)	SSDMのユーザーマネジメントに関する議論とシステムメンテナンス方法の指導

2018	2018/10/24	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	マゲラン県GrandAtrosHotel(インドネシア)	下村誠 15(14)	SSDMIによる準リアルタイムハザード情報の作成・出力・利活用方法、並びにプロジェクト後の運用体制に関する議論
2018	2018/12/18	マゲラン、スレマン・ポヨラリ地方防災局との意思決定支援システムの利活用に関するセミナー	バライ砂防(インドネシア)	藤田正治、宮本邦明、下村誠 22(19)	SSDM利活用に関するBPPTKG、バライ砂防からのマゲラン県、スレマン県、ポヨラリ県の地方防災局らへの説明と運用に関する議論
2018	2018/12/22、26-28、2019/1/2-4	意思決定支援システムの運用に関するワークショップ	CVGHM(インドネシア)	下村誠 3(2)	SSDMIによる準リアルタイムハザード情報の作成とWEB出力に関する説明・技術指導・議論
2018	2019/1/24	SSDMシステムのシステムソフトの維持管理とさらなる開発と体制に関するワークショップ	UGM(インドネシア)	宮本邦明8(7)	SSDMシステムのシステムソフト、データベースプログラム、シミュレーションプログラムの維持管理と改良・開発の必要性と体制、今後の共同・協力体制

79 件

②合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、出席者、議題、協議概要等)

年度	開催日	出席者	議題	概要
2014	2014/8/7	井口正人、中道治久、中田節也、宮本邦明、吉谷純一、Muhamad Hendrasto他インドネシア側25名	プロジェクトの実施	プロジェクトの実施概要についての確認
2015	2015/6/8	井口正人、中道治久、中田節也、宮本邦明、吉谷純一、Edy Prasajo他インドネシア側13名	研究計画の進捗状況及び計画	26年度の実施報告、27年度の研究計画、メラピコンソーシアム設置
2016	2016/4/12	井口正人、中道治久、中田節也、宮本邦明、大石哲、Edy Prasajo他インドネシア側14名	研究計画の進捗状況及び計画	27年度の実施報告、28年度の研究計画
2016	2016/9/20	井口正人、中道治久、中田節也、宮本邦明、大石哲、Kasbani他インドネシア側14名	中間評価と今後の計画の検討	JICAの中間評価について議論し案を承認した。それを踏まえて、シナブン火山における観測、調査について議論した。
2017	2017/4/13	井口正人、中道治久、中田節也、宮本邦明、大石哲、Kasbani他インドネシア側20名	研究計画の進捗状況及び計画	28年度の実施報告、29年度の研究計画
2018	2018/4/16	井口正人、中道治久、中田節也、宮本邦明、大石哲、Kasbani他インドネシア側20名	研究計画の進捗状況及び計画	29年度の実施報告、30年度の研究計画
2018	2018/10/22	井口正人、中道治久、中田節也、宮本邦明、大石哲、Kasbani他インドネシア側20名	終了時評価の検討	JICAの終了時評価報告書を承認した。
2019	2019/3/5	井口正人、中道治久、中田節也、宮本邦明、大石哲、Kasbani他インドネシア側20名	投入機材のハンドオーバー及びプロジェクト終了の確認	

8 件

研究課題名	火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合的研究
研究代表者名 (所属機関)	井口 正人 (京都大学防災研究所 教授)
研究期間	H25採択(平成25年5月1日～平成31年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	インドネシア共和国／エネルギー鉱物資源省地質庁火山地質災害軽減センター、ガジャマダ大学、公共事業省砂防技術センター、気象地球物理学庁

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	火山噴火早期警戒、土砂災害対策、航空機火山灰回避手法の確立に貢献。
科学技術の発展	・火山噴火機構の解明 ・土砂移動メカニズムの解明 ・レーダー観測技術の火山監視分野への拡張
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	該当なし
世界で活躍できる日本人人材の育成	国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議セッション提案、査読付雑誌への論文掲載)
技術及び人的ネットワークの構築	火山噴火・土砂災害対策のためのコンソーシアムの設立
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・個別事象の警戒システム(プログラム、マニュアル) ・火山活動データベースと予測シナリオ

SATREPS

上位目標

降灰予報、土砂災害警報などが国民にリアルタイムで公表される。諸外国でも本システムが利用される。

科学技術的根拠に基づいて開発された本システムが政策に反映され、官庁の業務と地方自治体の防災対策に利用され始める。

プロジェクト目標

火山噴火早期警戒システム、統合GIS複合土砂災害シミュレータ、浮遊火山灰警戒システムが意思決定支援システムとして統合して動作し、業務官庁等に対して情報提供できる状態にある

