

地球規模課題対応国際科学技術協力

(防災研究分野「開発途上国のニーズを踏まえた防災に関する研究」領域)

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

(相手国:インドネシア共和国)

平成 25 年度実施報告書

代表者: 井口正人

国立大学法人京都大学防災研究所・教授

<平成 25 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施概要

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を開発する。複合土砂災害対策意思決定支援システムは、土砂災害を誘発する基本量を把握するための総合観測システム、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。

平成25年の暫定契約期間中は、提案する最終システムの個別要素である4つのサブシステムの基本設計と基礎技術の改良のための検討を日本国内で開始した。総合観測システムについては観測点設置場所の検討と一部の観測点の現地調査を実施し、観測機器の技術的仕様について検討を完了した。過去の噴火の文献に基づいて噴火シナリオの検討をケルト火山とメラピ火山について開始した。統合 GIS 複合土砂災害シミュレータと複合土砂災害対策意思決定支援システムの構成と開発計画について検討した。また、火山灰拡散シミュレーションとレーダー観測による火山灰雲の検知について検討した。さらに、複合土砂災害対策意思決定支援システムを活用するためのコンソーシアムの構成について検討した。開発に向けてベースになる検討は終わっており、26年度以降の本計画を実施する段階にある。

2. 研究グループ別の実施内容

(1) グループ1 (総合観測システムの開発)

① 研究のねらい

グループ2、3、4がそれぞれ、研究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タ、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な観測システムを構築する。

② 研究実施方法

スメル、ケルト、メラピ、ガルンゲン、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。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、土石流センサー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う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

インドネシア国内における観測点設置場所の選定と一部の観測点の現地調査を実施し、観測機器の技術的仕様について検討を完了している。また、桜島周辺におけるXバンドMPレーダー観測の準備を完了し、電波使用許可待ちの状態にある。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

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、CVGHM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。

(2)グループ2(噴出率予測とリアルタイム評価)

①研究のねらい

スメル、ケルト、メラピ、ガルンゲン、グントールの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での実用化を目指す。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モデルとする。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。

②研究実施方法

噴火シナリオとして、事象分岐の判断材料と事象の確度が示された事象分岐図「イベントツリー」、噴火活動の歴史的変遷を示す噴火年代と噴出物積算量を示す「階段図」を当該火山ごとに作成する。具体的には、5火山ごとに、文献や古い噴火記録の調査に加えて、インドネシアの研究者と協同で現地における噴出物調査を実施し、さらに噴出物の年代測定を行うことによって、噴火時期・噴出量・継続時間・噴火様式とその変化、および、地震発生や地殻変動などの時間的变化を明らかにする。また、研究実施中に5火山で噴火発生した場合には、その噴火の推移を観測調査し、その火山の噴火シナリオの作成、特にイベントツリーの分岐判断の重要な材料として採用する。

噴出率の時間関数を予測できるマグマ放出の数値モデルを構築する。また、噴火が発生した際は総合観測システムから得られる地震動、地盤変動データに基づいて、リアルタイムに噴出率のリアルタイム評価を行う手法を開発する。

噴火の前兆期においては噴火シナリオと総合観測システムから得られるデータに基づいて、リアルタイムに火山活動を評価し、予想される噴火規模と噴出率の予測時間関数を表示し、また、噴火開始後は見積もられた噴出率に基づき、現在の噴火強度とその後の噴出率をリアルタイムで表示する火山噴火早期警戒システムを構築する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

ケルト火山について過去の文献と調査に基づき、予察的なイベントツリーおよび階段図(図1)を作成した。また、メラピ火山について文献調査を行い、イベントツリーと階段図の検討を行った。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2013 年9月から噴火を開始したシナブン火山について現地において、活動評価について意見交換した。また、2014 年 2 月のケルト火山噴火の噴出物堆積状況について情報交換を行った。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

平成 25 年度中にインドネシアにおいて本プロジェクト遂行において重要な噴火が 2 火山において発生した。1 つはスマトラ島のシナブン火山である。2010 年 8~9 月に発生した水蒸気爆発後の調査に基づき作成したイベントツリーのうちの 1 つの系統に沿って火山活動が推移した(図 2)。

もう 1 つはケルト火山で 2014 年 2 月 13 日に発生したプリニー式噴火である。この噴火に関してはすでに作成してあった階段図に基づいて活動評価を行った。

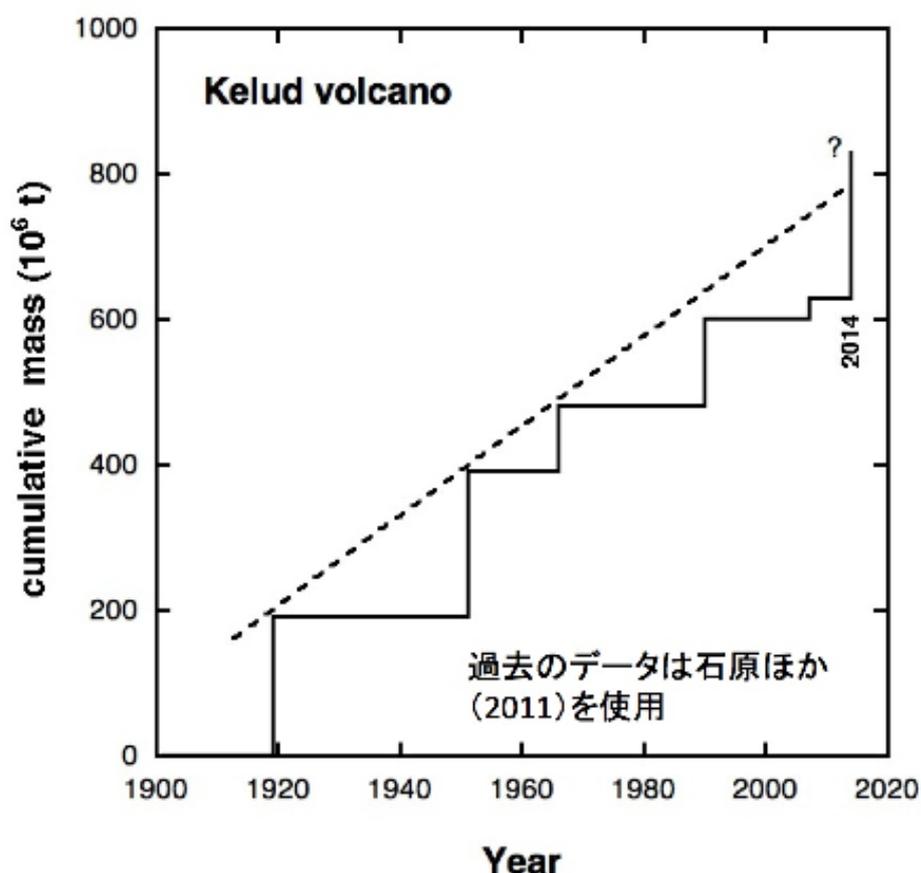


図 1 ケルト火山における積算噴出物重量と噴出時代の関係を示す階段図。大まかには階段に規則性が認められるが、過去の噴火の噴出量見積りについての算出法やデータを再検討し作成し直す必要がある。

シナブン火山の噴火シナリオ

(2011年の成果に加筆)

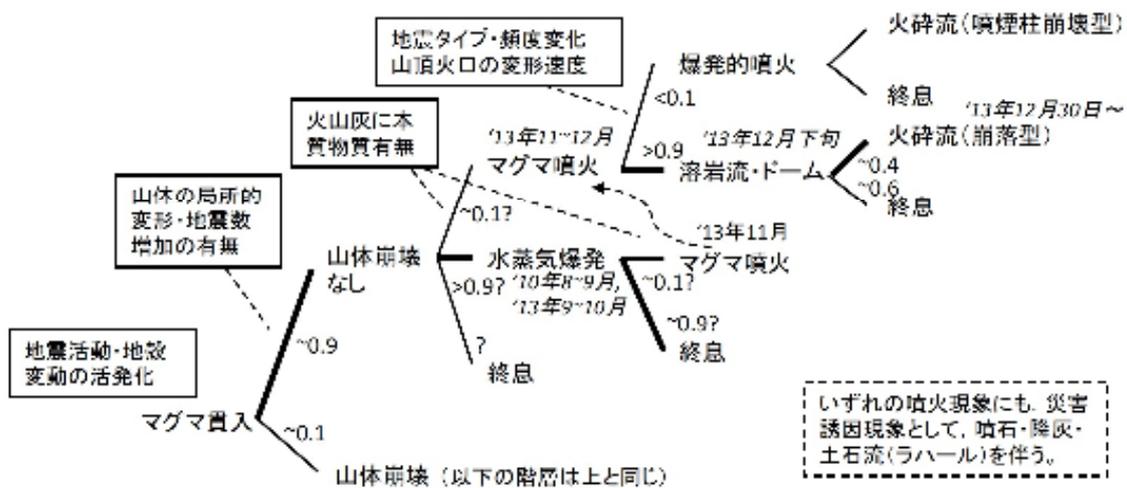


図2 北スマトラにあるシナブン火山の噴火シナリオ。2010年10月以降の地質調査に基づいて作成していた噴火シナリオに2013年9月以降の噴火の推移を加筆。

(3) グループ3 (土砂移動現象予測)

① 研究のねらい

火山噴火により生じる土砂移動現象には、火砕流、溶岩流、降下火山灰など噴出物そのものが火口からの直接的に移動するものと、降雨などによって二次的に引き起こされるラハール、地形変動、河床変動など様々な形態をとるが、これらの複合的な土砂移動現象を理解し、シミュレーションにより、移動を予測し、GISによりその土砂移動を機能的に表現する統合 GIS 複合土砂災害シミュレータを開発する。

② 研究実施方法

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をシミュレートするエンジンを個別に開発する。それぞれのシミュレーションエンジンは、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・噴出様式やグループ4から提供される降下火山灰量を入力条件とし、グループ1の総合観測システムから提供される水文およびレーダーデータをトリガー条件として稼働するよう開発を行う。また、現地調査等と照合することにより、シミュレーションエンジンの改良を行う。

火山活動推移予測モデルに基づき、個別の現象のシミュレータやインターフェースプログラムの組み合わせと順序を決定する「統合化エンジン」を開発することにより、統合化を進める。毎に試験を重ねることにより、統合 GIS 複合土砂災害シミュレータの開発を行う。統合 GIS 複合土砂災害シミュレータは GIS である GRASS と Google Earth を組み合わせてシステムを構築する。この組み合わせにより、OS に依存しないマルチプラットフォーム上で、またインターネットを介しての利用が可能である。このプラットフォームに地形・地質、地被条件、土地区分、河床材料、気象・水文データベースを構築し、この上で、マルチモード土砂移動現象シミュレータと統合化エンジンを実行し、複合土砂災害の予測を行う。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

統合 GIS 複合土砂災害シミュレータと複合土砂災害対策意思決定支援システムの構成とシミュレータおよびそれらの開発計画について検討した。

④ カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

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・情報共有を図った。

(4) グループ4(火山灰の航空機への影響予測)

① 研究のねらい

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。

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)に対する現在の進捗状況

火山灰拡散シミュレーションとレーダー観測による火山灰雲の検知について検討した。

④ カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

2013年2月13日にケルート火山においてプリニー式噴火が発生し、噴煙中はおおよそ20kmの高度まで達した。火山灰は上空の強い東風に流されて遠方まで到達し、ジャワ島内の7つの空港が閉鎖された。200km離れたジョグジャカルタのアジスチプト空港では約1cmの厚さの降灰があった。本グループでは気象庁のGPVを用いて、PUFFモデルに基づきケルート火山の火山灰拡散予測のサイトを立ち上げ、インドネシア側研究者とも情報共有を図った。

(5) グループ5 (システムの統合化)

① 研究のねらい

「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」のがプロジェクト目標であるので、そのための研究開発を行うとともに「意思決定支援システム」の利活用を促進するための研究を行う。

② 研究実施方法

グループ1～4の成果である「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」を統合した「複合土砂災害対策意思決定支援システム」を構築する。特に、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。

また、複合土砂災害対策意思決定支援システムの利用を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が参加する。複合土砂災害対策意思決定支援システムを火山活動のステージに適用させて運用する。(1) 静穏期：ハザードマップ作製、教育活動、(2) 噴火前兆期：噴火予測に基づく噴出物の堆積・拡散予測と避難域の提案、(3) 噴火開始後：火山活動評価、土砂移動現象の予測に基づく避難域の変更、(4) 噴火終了後：土砂移動現象に対する危機管理。コンソーシアムは年次的に火山土砂災害軽減と意思決定支援システムの役割に関するセミナーを開催する。研究活動は主にメラピ火山で行うが、他の4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。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

平成26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、複合土砂災害対策意思決定システムの役割と有用性、コンソーシアムの必要性について意見交換した。

④ カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

2014年2月のケルト火山の噴火により、噴火後の土砂災害に対する意思決定支援システムの設計について、ケルト火山をケーススタディとして実施することの必要性を議論した。

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 0 件、国際 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、国際 0 件)

(2) 特許出願

- ② 本年度特許出願内訳(国内 0 件、国際 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、国際 0 件)

4. プロジェクト実施体制

(1) グループ1(総合観測システムの開発)

- ① 研究者グループリーダー名: 中道 治久 (京都大学・准教授)
- ② 研究項目
 - 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
 - 1-2 土砂災害予測のための 観測システム開発
 - 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

(2) グループ2(噴出率予測とリアルタイム評価)

- ① 研究者グループリーダー名: 中田 節也 (東京大学・教授)
- ② 研究項目
 - 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
 - 2-2 火山灰噴出率予測モデルの構築

(3) グループ3(土砂移動現象予測)

- ① 研究者グループリーダー名: 宮本 邦明 (筑波大学・教授)
- ② 研究項目
 - 3-1 土砂移動現象のモデル化と予測
 - 3-2 統合 GIS 複合土砂災害シミュレータの開発

(4) グループ4(火山灰の航空機への影響予測)

- ① 研究者グループリーダー名: 吉谷 純一 (京都大学・特定教授)
- ② 研究項目
 - 4-1 火山灰移動モデルの高度化と予測
 - 4-2 火山灰早期警戒システムの開発

(5) グループ5(システムの統合化)

- ① 研究者グループリーダー名: 藤田 正治 (京都大学・教授)

②研究項目

- 5-1 サブシステム（コンポーネント1～4）の統合化
- 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

以上