

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

(防災分野「開発途上国のニーズを踏まえた防災に関する研究」領域)

マレーシアにおける地すべり災害および水害による被災低減に関する研究

(マレーシア)

国際共同研究期間*1

平成 23 年 6 月 1 日から平成 28 年 5 月 31 日まで

JST 側研究期間*2

平成 22 年 6 月 1 日から平成 28 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 23 年 8 月 1 日)

*1 R/D に記載の協力期間

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=R/D に記載の協力期間終了日又は当該年度末

平成 26 年度実施報告書

代表者：登坂 博行

所属・役職：東京大学大学院工学系研究科・教授

<平成 22 年度採択>

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) 国際共同研究の主なスケジュール(Project Flow-chart)

| 項目 | H22年度 (10ヶ月) | H23年度 | H24年度 | H25年度 | H26年度 | H27年度 |
|---|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. 地表環境解析 (RS/GISグループ) ・既存および2次的空間情報の収集、作成、整理（データ収集は全機関、整理は千葉大） ・各種空間情報を用いた災害危険度評価（千葉大） | | ←→ | | | | |
| 2. 洪水流出数値解析 (Floodグループ) ・広域洪水解析モデルの開発及びモデル精度向上（土木研究所） ・中、高解像度水循環モデル開発（東大） | | ←→ | | | | |
| 3. 地すべり危険度評価 (Landslideグループ) ・地すべりモニタリングステーションの設置（NIED） ・地すべり危険度評価モデルの開発（NIED） | | ←→ | | | | |
| 4. 統合データベース構築 (Data Centerグループ) ・データ集積、共有システムの構築（千葉大） ・洪水/地すべり/災害軽減対策に関する総合的災害情報データベースの構築（千葉大） | | ←→ | | | | |
| 5. 災害リスク管理 (EWSグループ) ・リスクコミュニケーション手法の提案（NIED） ・テストサイトにおけるEWS実証試験（NIED） | | ←→ | | | | |

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト

2.1 プロジェクト全体

本プロジェクトは、マレーシアの大学・研究機関と協力し、同国で多発するモンスーン季の洪水氾濫・地すべりの被害低減のために、最新の観測技術、解析技術、情報技術などによる検討を行うとともに、総合化したリスクマネジメント・早期警戒システムを提案することを目的としたものである。

本プロジェクトは平成 22 年に採択され、実際の開始は平成 23 年 6 月である。日本側の主要機関は、東京大学 (UT)、千葉大学・環境リモートセンシングセンター(CEReS)、土木研究所・ICHARM、防災科学技術研究所 (NIED)、(株)ビジョンテック (VTI) であり、他に京都大学、茨城大学、九州大学が参加している。マレーシア側は、Universiti Sains Malaysia(USM)、Universiti Tenaga Nasional (UNITEN)、MultiMedia Universiti (MMU) の 3 大学、および Department of Irrigation and Drainage Malaysia (DID)、Malaysian Public Works Department (PWD) (or Jabatan Kerja Raya *Malaysia* (*JKR*)) などの国立研究機関が参画している。

これらの機関が以下の 5 つのグループを構成し、研究を進めている。

グループ 1 : RS/GIS グループ (リーダー機関 : CEReS、UNITEN)

衛星・航空機による先進的なリモートセンシング技術の開発と地理情報システム (GIS) を利用した災害地域の自然環境情報の収集・解析、社会環境情報の解析・整備等を行う。

グループ 2 : 洪水氾濫解析グループ (リーダー機関 : UT、ICHARM、UNITEN)

洪水氾濫頻発地域の一つであるマレーシア北部 Kelantan 川流域全域を対象として、過去の水文観測記録を収集すると共に、地形・地質・植生・都市域などを反映した統合的かつ高度な洪水流出数値解析モデル (全領域モデルおよび高解像度モデル) を開発する。これにより、洪水氾濫予測、ハザードマップ作成、早期警戒システムへの組み込みを行う。

グループ 3 : 地すべり解析グループ (リーダー機関 : NIED、USM)

マレーシアの自然環境、降雨特性を考慮した地すべり災害リスク評価手法の開発および早期警戒情報に関する斜面モニタリング手法、解析手法、評価予測手法の開発を行う。また、衛星情報などを利用して、半島内の地すべり危険地域の俯瞰的な解析を行う。

グループ 4 : データセンターグループ (リーダー機関 : VTI、USM)

本プロジェクトで収集され、作成される多種のデータ管理、早期警戒システム運用のための統合データベースの構築を行う。

グループ 5 : 早期警報システム (EWS) グループ (リーダー機関 : NIED、MMU)

地方政府や住民が利用できることを目的にした地すべりおよび洪水災害に関するリスクマネジメント・早期警戒・避難支援に供する EWS システムの試行的構築・提案を行う。

最終段階では、すべてのグループの情報・個別技術を集約し、現地の研究・行政機関により継続活用されるような統合データベース・EWS の技術移転を図る。

2.2 リモートセンシング/GIS 技術開発【RS/GIS グループ (G1)】

①研究のねらい

既存衛星情報および地理情報システム (GIS) を用い、地表環境の経時変化および現況の解析を行うと共に、最新のリモートセンシング技術 (CP-SAR) の研究を行う。

②研究実施方法

②-1 既存および2次的空間情報の収集、作成、整理

・マレー半島全域の地すべり、水害の低減を目指し、Kelantan 川流域を始めとする数地域をテストサイトに設定し、過去の災害歴、災害状況、気象観測データ、地形図や土地利用図、地質図など現存する各種の地図データ、衛星データ (JERS-1、ALOS、ASTER、MODIS、LANDSAT など)、社会環境データ (インフラ、人口、経済など) などを収集・整理し、それらの空間情報を解析し、過去の地表環境変化を明らかにする。

②-2. 各種空間情報を用いた災害危険度評価

・収集した時系列空間情報から、洪水/地すべり災害危険域を抽出する方法を開発する。また、災害発生要因の重み付け評価を行い、メッシュ単位でリスク計算を行う。さらに、それらの計算結果を過去の災害履歴および他グループのシミュレーション結果と比較することで、災害危険域抽出方法の妥当性を評価する。

②-3. UAV/CP-SAR の開発

・地表環境情報を迅速・高精度・継続的に観測することが可能であり、近い将来に活用が期待される Unmanned Aerial Vehicle(UAV) 搭載型 CP-SAR 及び光学センサーによる観測の実施可能性を研究する。

③当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

③-1. 既存および2次的空間情報の収集、作成、整理

・以下の様々な空間情報を収集した。対象範囲はマレー半島全域あるいはケランタン州およびテレンガヌ州である。収集したデータは必要に応じて、レジストレーション (位置合わせ)、デジタル化 (ラスター→ベクター変換)、マレーシア語から英語への翻訳、凡例の統合・整理等の処理を行った。地形データ：等高線、DEM、斜面傾斜、斜面方位、地質、土壌、土地利用

気象データ：降水、風向・風速、湿度、気温

水文データ：地下水

社会データ：人口 (人種、年齢、宗教)

衛星データ：ALOS/PALSAR、JERS-A/SAR

災害データ：洪水、地すべり

・既存データを取り扱う際に、各研究者が独自に取得・編集したデータや、別予算で購入したデータの提供・共有に関して以前より問題があったが、全体ミーティング時のリーダーからの説得によるコンセンサスの熟成や、両国研究者の共同作業による信頼関係の向上等により、徐々に改善している。

③-2. 各種空間情報を用いた災害危険度評価

・East-West Highway および Cameron Highland を対象として、PS-InSAR 手法により地盤変動量を求めた。衛星データは ALOS/PALSAR を使用し、2008/8/15 および 2009/8/1 のデータを Master 画像、2007～

2010年の14～16シーンをSlave画像として解析した。特にHighway沿いおよび送電線沿いの斜面の変動量に注目したところ、沈下量の大きなポイントが集中している範囲が認められ、それらの場所は地すべりの危険性が高い場所と考えられる。

・現地の実地の状況を確認するために、マレーシア側研究者と共に現地調査を行い、landslideグループがモニタリング機材を設置している複数の斜面や、すでに大規模な地すべりが発生しており、現在も徐々に拡大していると考えられる斜面の状況を視察した。合わせて、小型UAVによる詳細な地形測量も実施した。

③-3 UAV/CP-SARの開発

・日本、マレーシア両国において、両国研究者が協力して、CP-SARの地上テストを実施した。CP-SAR機材一式を台車あるいは車に搭載し、数百メートル先に設置したコーナーリフレクターの計測を行い、システムの性能評価を実施した。

・小型UAVおよびSfM技術を用いた航空測量システムを開発した。マレーシア国内のLandslideグループのモニタリングサイト、および地すべりがすでに発生している山地斜面を対象としてUAV測量を実施し、従来のものよりはるかに高解像度なDSMの作成に成功した。

④カウンターパートへの技術移転の状況

・CP-SARの開発に関しては、システムの設計段階から組み上げ後の性能テストまで、両国研究者が共同して行っており、知識共有は十分にできている。また、マレーシアからの招聘者にSAR画像信号処理に関する指導を行っており、今後の相手国での自律的な運用・開発が期待できる。

・UAV測量手法に関しては、日本国内およびマレーシア野外調査時に、実演を含めて技術紹介・実技指導を行っており、機材の選定・運用・データ処理に至るまで技術移転を完了している。現在は相手国側で自主的に観測・運用できるようになっている。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

特に無し。

2.3 洪水氾濫解析【Floodグループ(G2)】

①研究のねらい

土木研究所(ICHARM)グループ:Kelantan川流域全域を対象とした洪水予測モデルを開発する。また、Dungun川流域において、IFASによる洪水解析を実施する。

東大グループ:Kelantan川流域全域を対象とした統合的な洪水流出数値解析モデル(全領域モデルおよび高解像度モデル)を開発する。

②研究実施方法

②-1. フィールド調査および水文観測記録の収集

研究対象流域を選定するとともに、相手国研究機関およびRS/GISグループと協力・調整しながら、モデル解析に必要な水文情報・地理情報の収集・整理を行う。また、相手国研究機関および他グループと協力・調整しながら、地上観測を行なうモニタリングステーションの設置場所の検討、調査、選

定と設置を行なう。

②-2. 統合洪水解析システム (IFAS) に基づく広域洪水解析モデルの構築 (ICHARM チーム)

IFAS (Integrated Flood Analysis System) を基盤としたモデルをマレーシアの対象河川に適用し、地上水文情報を複合活用しながら、熱帯モンスーン域での広域での洪水流出解析・予測への適用性と実用性を明らかにする。洪水流出計算に必要な雨量情報について、衛星雨量、レーダ雨量、地上雨量の比較分析を行うとともに、IFAS による流出解析への適用を通じて、最適な合成雨量プロダクト作成アルゴリズムを検討する。また、下記の中・高解像度水循環モデルと比較することで、両モデルの信頼性の向上を図る。

②-3. 統合型 3 次元水循環モデル GETFLOWS による中・高解像度モデル開発 (東大チーム)

統合 3 次元水循環モデル GETFLOWS (GEo-sphere Terrestrial FLOW simulation System) を利用し、地形情報、植生など土地利用情報、水文情報を入力し広域・局所の水の流れを追跡する 3 次元水循環モデルを構築し、洪水氾濫の再現・予測や地すべり解析に資する。モデルの精度向上を目的として、気象データ、地中データの長期モニタリングステーションからのデータによりキャリブレーションを行うと共に、他グループのモデルや災害危険度評価の結果と比較し、モデルの精度を向上させる。

③当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

③-1. IFAS による Kelantan 川流域洪水流出解析モデルの構築

Kelantan 川流域及び Dungun 川流域で IFAS モデルを構築したが、より再現性を高めるために、Kelantan 川流域の標高分布、土地被覆分布、土壌分布、地質分布情報を IFAS に取り込み、Kelantan 川流域のモデルの改良を行った。

Kelantan 川流域ではテレメータによる自動の雨量観測が 12 地点、手動によるオフラインの雨量観測が 99 地点で実施されているが、これらの地上観測雨量と人工衛星雨量、レーダ雨量を比較し、洪水予測に対する適用性を検証した。

2006 年 12 月に発生した洪水時の降雨量(地上雨量)は、テレメータの雨量計では 10 地点で観測され、マニュアルの雨量計では 29 地点で観測された。全ての雨量観測データを用いた場合とテレメータ観測のみの雨量観測データを用いた場合の IFAS による洪水流量再現結果を比較すると、どちらの降雨データを使った場合も概ね実測流量を再現できていることが確認された。なお、2007 年、2008 年、2010 年に発生した洪水に対しても同様の結果が得られた

次に、人工衛星雨量データである JAXA の GSMaP と NASA の 3B42RT の洪水時の流域平均値の精度を検証した。その結果、GSMaP は 2006 年と 2007 年の洪水では過小評価であり、2008 年と 2010 年の洪水ではばらつきが大きい。3B42RT は 2006 年と 2007 年の洪水では過小評価であり、2008 年と 2010 年の洪水では過大評価になった。

また、コタバルに設置されている S バンドレーダの洪水予測に対する適用性を検証した。校正係数 B 、 β は実測値から決定した。ただし、仰角が低い場合は地表面による遮蔽の影響が確認できた。2007 年洪水時の地上雨量計とレーダ雨量の流域平均雨量を比較すると、レーダ雨量は地上雨量に比べピーク雨量、総降雨量ともに少なく、全く観測できていない日もあった。2006 年、2008 年、2010 年の洪水時はレーダサイトの直近のエリアのみしか観測できておらず、流域全体としては全く観測できていなかった。レーダ雨量は地上雨量に比べ相当に小さな値になっているため洪水流量はほとんど計算できないことが

示された。したがって洪水予測のためには、レーダ雨量は地上での実測値による補正等や他のレーダとの合成などを行わない限り、信頼性に課題が残る。

以上を踏まえ、入力降雨データは、地上観測雨量が最も信頼性が高く、地上観測ネットワークの整備とともに、それらを入力データとして用いることがよいと考えられる。

マレー半島東部で大きな洪水被害をもたらした 2014 年 12 月洪水の Kelantan 川流域での検証を IFAS モデルで行った。用いた降雨データはテレメータによる地上観測雨量と人工衛星雨量である GSMaP である。流量のハイドログラフは 2 山になっており規模の大きな氾濫は 2 つ目の洪水で発生した。IFAS による結果は地上雨量データを用いた計算では 1 つ目の洪水波形は再現できたが、2 つ目の洪水波形は特に洪水到達のタイミングが大きすぎた。これは実際の流量の応答がこれまでの洪水に比べて非常に遅いことが原因であるが、上流域を含めた多くの場所で氾濫が発生し洪水流量が下流に流れるまでに時間を要したためであることが推察される。なお、GSMaP を用いた計算では 2014 年 12 月洪水でも大きく過大であることが確認された。

以上、平成 26 年度の検討により、今後現地へモデルを導入するにあたって考慮すべき観点を明らかにすることができた。

③-2. 統合型 3 次元水循環モデル GETFLOWS による中・高解像度モデル開発（東大チーム）

③-2-1 流域水文データの統計解析

Kelantan 流域には約 100 程度の降雨量観測ステーションがあり、古いものは 1950 年代からの観測値がある。また、10 点弱の流量観測点において年 1 回程度の流量観測が行われている。これらのデータから以下のような検討を行っている。

- ・降雨・水位応答：降雨と水位は直接観測量でテレメータを使ったものは 15 分おきに取得される。このデータの相関関係が明らかであれば、洪水早期予測の良い情報となることが期待される。
- ・年に 1 回程度の流量観測がここ 10 年程度行われており、そのデータをもとに日常の水位観測値との相関から、河川流量を導き出す検討を行った。流量観測値は同程度の水位でも観測時期の降雨状況、河床変化などによって変化が認められるため、流量のより良い推定値を見出すため、最小 2 乗推定などを行い、水位—流量関係を導いた。
- ・流域内降雨分布データの作成：十竜部、中流部、下流部に分け、入力可能なデータの作成を急いでいる。

③-2-2. Kelantan 流域モデル構築

前年度までに、流域全体の 3 次元モデルを作成し、ハイドログラフのマッチングを行った。使用する統合型水循環物理モデルでは、流域の地形・地質・植生・河川形状・都市域などを包括的にモデル化することができ、多数の試行錯誤を行わなくとも、全年度にわたり比較的良いマッチングが達成された。

しかし、2014 年 12 月 20 日前後の豪雨による Kelantan 川沿いの氾濫被害に対処するためには、より精細な地形や河川表現が必要となる。そこで、より細かな地形補正、河川補正（河川のつながりや河川幅、河床標高など）を行い、新たな流域モデルの開発を行った。

今後は、新たなモデルでのパラメータの調整を行い、全年度にわたって計算を実行する予定である。

③-2-3. Kelantan 流域精細モデルの構築

マレーシア側から、ケランタン川に沿う一部地域の精細 DEM を取得しており、Kuala Krai（河川の合流部の北に位置する都市）における高精度モデルの作成を予定し、平成 26 年度に必要な外注作業（精

細データの読み取り、基本格子設定、地表土地利用、地質情報などの大学では難しい作業)の仕様作成・外注先とのコンタクトを進めた。しかし、一旦ペンディングとした。

これは、精細解析を実施することに困難はないものの、どの地域を対象として行うか、何を解析の目的とするかが絞り込まれていないためであったが、おりしも2014年12月には、既往最大級の豪雨による洪水氾濫がケラントラン川沿いの多数の地域で起こり、全流域モデルの見直しも含め、精細モデルの目的を絞り込むべきと考えたからである。

前記した全域モデルの見直しは、全域を出来るだけ地形や河川の形状に即した形で離散化し、全域の水の流れをよりの確に捉えようとするもので、将来の減災につながる解析を目的とする。なお、特に早期予報を対象とする場合は、前記の統計的手法による予測やIFASによる予測を活用してもらいGETFLOWSによる全域モデルはより長い視点での利用に供することを考えている。

④カウンターパートへの技術移転の状況

2014年6月30日～7月3日にUNITENにてマレーシア研究者に対するIFASトレーニングを実施した。

2015年2月22日～28日に東京大学にてマレーシア研究者に対するGETFLOWSトレーニング、また、土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター(ICHARM)において、マレーシア研究者に対するIFASトレーニングを行った。

2014年12月のKelantan川流域の洪水被害状況に関し、2015年3月に現地視察を合同で実施した。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

当初は、Dungun川流域のモデル解析について含まれていなかったが、2012年のJCc会合でIFASによる解析を実施することとなった。現在、モデルは構築され、マレーシア側で試行されている。

マレーシアにおいては、2014年12月20日前後に既往最大クラスの集中豪雨(10日程度で最大1800mm程度を記録した地域もある)と、それによるKelantan川および周辺の洪水氾濫被害が多発した。これにより、マレーシア政府も本腰を入れた対策に取り組むことを表明し予算措置も取られた。本プロジェクトの目的は早期警戒システムの提案にあるが、今後はマレーシア側の本格的な減災に向けた取り組みをバックアップする方策についても検討の必要がある。

2.4 Landslide 解析【地すべりグループ (G3)】

①研究のねらい

マレーシアの自然環境、降雨特性を考慮した地すべり災害リスク評価手法の開発および早期警戒情報に関する斜面モニタリング手法の開発を行う。

②研究実施方法

- ・マレー半島における地すべり脆弱性の評価

過去の地すべり災害データや衛星データによる地表面情報を利用し、潜在的な地すべり危険域の抽出

- ・斜面モニタリング

地すべりに関するフィールドデータ収集、および新たなモニタリングステーションの選定・設置を行う。

- ・数値解析による地すべり危険度評価技術の開発

水文地質解析を用いて、2D/3D 物理モデルを作成し、地すべり発生予測手法を開発する。

③当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

③-1. マレー半島における地すべり脆弱性の評価

H25 年度までに収集した 53 地点の斜面災害履歴をデータベース化し、地質、気象を評価要因としたハザードマップを作成した。斜面災害危険度を 3 ランクに分類した結果、マレー半島北部において高い値を示し、当該プロジェクトのサイトはいずれも高い場所であることが示された。しかしながら、収集できた地点数が少なく、これによる評価の信頼度を上げるために更なる情報の追加が必要である。関連機関（茨城大学、USM、UNITEN、JKR）が共同で行い、データベース収録数を 1,294 件まで増加した。今後は位置情報および崩壊日の同定、および、マレーシア排水灌漑局(DID) 提供による降雨情報を用いて、斜面崩壊と地質、降雨の関係を統計的手法を用いて検討し、斜面災害の脆弱性を評価し、斜面災害ハザードマップの信頼度を向上させ、当該計画の目標を達成する。

③-2. 数値解析によるモニタリング結果の分析と対策検討への応用

—Gunung Pass 地すべりの数値解析をケーススタディとして—

道路(A181)沿いの地すべりモニタリング地点(Gunung Pass)は、2003～2005 年に大きく滑動した。その後、10 年間にわたって緩慢な移動を続けている。ボーリング調査や孔内傾斜計による観測は行われたことはなく、すべり面は把握されていない。しかし、トータルステーションによる監視が行われており、豊富な観測データが得られている。そこで、Gunung Pass をケーススタディとし、移動ベクトルの分析（降雨との相関や数値解析など）を行うことで概略のすべり面を推定する。これらの解析、調査・観測結果を総合的に整理して、観測方法、管理基準の設定や Early warning に役立てる。さらに本解析方法を他の現場に適用できるようモデル化方法の考え方を一般化する。

ステップ 1：観測結果を整理し変位ベクトルを作成するとともに降雨との相関性を求めた。その結果、移動している領域と降雨によって変位速度が増大する傾向を確認することができた。入力する地盤物性値は、既往の地質調査結果及び地盤・岩盤の分類法(GSI 等)に基づいて検討した。

ステップ 2：数値解析(すべり面または緩み域の推定)

上記の結果を踏まえて 2 次元解析断面を決定した。次に観測された変位を再現することで概略のすべり面または緩み域を推定する作業を進めている。解析ソフトとして個別要素法に分類される UDEC(大変形や不連続面をモデル化しやすい)を用いて予備解析を実施した。解析と観測から得られた変位ベクトルは調和的であるが相違点と原因を検討し、モデル改良を進める予定である。

③-3. モニタリングによる崩壊予測手法への検討

Site2 でのモニタリング結果、2014 年の 10 月から 12 月にかけては特に降雨が多かった。現地での雨量計でも観測ができている。特に 12 月 15 日くらいから 2 週間程度は強い雨が降り続いた。このサイトでの記録で、1250mm 超を記録している。今回のこの降雨時に地下水の上昇により変位が増大し、斜面が崩壊した。他の降雨イベント(9/30, 10/18, 11/18)では、降雨により地下水の上昇が見られたイベントもあったものの、大きな変形は見られなかった。ところが、12/16 の降雨では、大きな変位が 2 回に渡って計測され地盤が大きく変状を起こした。今回のケースのように、降雨と地下水、そして変位とすべてがきれい計測されるのは珍しい。今後、これらを分析し、マレーシアでの斜面災害の崩壊メカニズムを明らかに、その警報のしきい値を検討していく。

③-4. 大型模型実験による崩壊予測手法への検討

大型降雨実験施設を用いて降雨時の崩壊実験を行った。斜面を構成している土は、マサ土を用いた。マサ土は、マレーシアにおいても広く分布し、降雨時の崩壊を発生させる素因を形成している。今回の崩壊実験においては、マレーシアでモニタリングを行っている状況と同様に、センサーを設置して雨の浸透により崩壊まで至る状況を再現した。今後、崩壊時の降雨量、地下水、変位の関係を明らかにし、崩壊を予測するための指標を検討する。

④ カウンターパートへの技術移転の状況

プロジェクト初期にあたって、お互いの研究環境を理解するため、日本、マレーシアにおいて各大学間の研究状況および実験施設の視察等の技術情報交換は活発に行われた（H23年7月～H25年3月）。また、マレーシアでの国際会議に参加して論文発表、情報共有を行い、日本研究者の所属機関においても研究に関する講義や施設見学等の技術交流が行われた。

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

2.5 データベース構築【Data Center グループ (G4)】

①研究のねらい

衛星観測、洪水/地すべり災害、災害軽減対策に関するデータを含む総合的な災害情報データベースを構築する。

②研究実施方法

②-1. データ集積、共有システムの構築

研究者間の効率的かつ迅速な情報共有および学際的な共同研究を実現するために、ネットワーク上に共有データベースシステムを構築する。このシステムにより、日本-マレーシア間のデータ共有が容易になり、グループ間の最新研究成果の相互利用および融合が促進され、共同研究の推進が期待される。また、データの重複や更新の遅れ、情報の紛失といったリスクを軽減し、研究成果の安全かつ継続的な管理が実現される。

②-2. 洪水/地すべり/災害軽減対策に関する総合的な災害情報データベースの構築

各グループおよび相手国研究機関が収集した各種空間情報を、GISをプラットフォームとして位置情報をもとに整理・統合し、上記共有システムに集積する。また、本研究に係わる過去の研究事例や関連資料などを体系的に整理する。さらに、各グループの研究成果である地すべり災害情報システム、洪水ハザード情報システム、災害リスク管理・軽減・災害教育・危機対応に関する情報システムもデータベースに統合する。以上の情報統合により、総合的な災害情報データベースを構築する。この体系的なデータベースの構築により、プロジェクト終了後も研究成果が散逸することなく、プロジェクト終了後のマレーシア国における自立発展的な防災研究・対策においても、それらの研究成果が効率的かつ継続的に利用されることが期待される。

③当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

③-1. データ集積、共有システムの構築

- ・本プロジェクト予算で調達した機材を基に USM にデータベースシステムを構築した。グループ 1、2、3、5 はそれぞれ独自のサーバーマシンを持つ。また、landslide グループが地すべり斜面に設置した機材用に、リアルタイムモニタリングデータ管理用のサーバマシンを独立して一つ設置した。各グループで使用する解析用のソフトウェアは、個々のサーバーに導入する。また、各種 RAW データの保存、データの解析、解析途中の中間データ等の保存も各グループサーバーで行う。その後、解析結果を一般的なフォーマットに変換したものを、プロジェクト全体で共有するストレージサーバーに転送・保存する。
- ・ストレージサーバーに収集されたデータは、基本的にプロジェクト構成員であれば誰でも閲覧、ダウンロードできる状態にする。その際、膨大なデータ群の中から必要なデータを効率的に検索し、またデータ相互の空間的位置関係が明確になるように、データビューアーを独自に開発した。本ソフトウェアは、格納されたデータを地図上に重ねて表示することが可能であり、メタデータ（データの種類、範囲、作成年、凡例など）の確認や、NRF データ表示サイトへのリンク、衛星データリスト、各種最新気象データの表示、過去の災害報告書の閲覧、などが可能である。

③-2. 洪水/地すべり/災害軽減対策に関する総合的災害情報データベースの構築

- ・他グループが独自に収集したデータの一部は、すでにデータセンターグループに提供・共有されている。2014 年に全グループを対象としてデータベースに提供する（あるいはすでに提供した）データの状況（データタイプ、範囲、フォーマット、ファイルサイズなど）を調査したところ、調査時点では 350 GB の容量であった。今後も引き続き、最新の観測データや統計データの集積を継続する。また、プロジェクト終了に向けて各グループから災害危険度評価結果が出始めており、それらの最終成果データの収集も順次進めていく。
- ・データベースの情報を利用した洪水解析を行い、データ利用例として JCC において紹介した。対象とした災害は、2014 年末にマレーシア、ケランタン州で発生した大規模な洪水であり、最新の衛星である ALOS-2/PALSAR-2 データを使用した。洪水発生前後の衛星データから湛水域を抽出し、洪水による氾濫域を抽出し、さらに土地被覆データや過去の洪水氾濫域データとの重ね合わせにより、水田の分布との関係や、水害発生履歴との関係を示した。
- ・グループ 4 で収集したデータの一部は、EWS（グループ 5）で活用される。特にマレーシア側において、グループ 4 と 5 を兼任するメンバーが多く、両グループ間のデータ連携に関しては問題なく実現する見込みである。

④カウンターパートへの技術移転の状況

日本およびマレーシアにおいて担当者が直接打合せを行い、データセンター構築のコンセプトやデータ収集状況等の情報共有に努めている。これまでは作業効率の観点から暫定的に両国で独自にデータ収集、アプリケーション開発を行ってきたので、今後はプロジェクトの最終成果としてデータおよびシステムの統合・一元化を進めていく。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

一部衛星データの一次データや災害報告書等は、プロジェクトメンバー外への配布は利用規定に反す

るので、最終的なデータベースおよび EWS 構築の際に、利用規約の明確化およびアクセス制限等の処置により対応する必要がある。

2.6 早期警報システム開発【EWS グループ (G5)】

①研究のねらい

地方政府や住民が利用できることを目的にした地すべりおよび洪水災害に関するリスクマネジメントシステムの試行的構築を行う。

②研究実施方法

②-1. 早期警報システムの開発

- ・地域の特徴を考慮した物理モデルによる地すべり・洪水危険度評価システムによる早期警報システムの計画
- ・地すべり・洪水における現地モニタリングシステムの試行的な設置と利用
- ・地方政府と住民との防災意識の格差を減少させるためのリスクコミュニケーションツールを統合したシステムの提供
- ・洪水に関する危機管理システムの既存の運用手順の改良を目指した研究
- ・地すべりと洪水災害の統合型リスクマネジメントシステムの提案

②-2. マレーシア政府に関する最新の地すべり・洪水災害の危機管理システムの調査

③当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

③-1 リスク表示システムのマレーシアへの移行

e-com マップシステムをマレーシアのシステムに移した。現在環境設定中である。今回のマレーシア豪雨による土砂災害情報及び雨量情報を収集した。今後移行されたシステムに載せられるように情報を整理していく。また、来年度は、他のグループから情報を表示できるように調整していく。

③-2 原住民(Orang Asli)の防災教育に係る取り組み

原住民である Aboriginal people (Malaysia では Orang Asli と呼ばれる) の居住域は、必ずしも安全を確保できている状態にない。例えば部落(北方の Sungai Ruil)では 2011 年 9 月に土砂災害が発生し尊い人命が失われており、ハード対策だけでなく自助による減災対策の検討・導入が有効と考えられる。そこで、土砂災害軽減を目的とした防災コミュニケーションの促進、基礎的な啓蒙、簡易な監視方法の適用を目的に対象となる集落の有無や Orang Asli の防災に対する関心度に係る事前調査を 2014 年 9 月より始めた。現時点までは、神戸ロータリークラブによるボランティア活動として事前調査と防災に係るワークショップが計画されてきたが、SATREPS の G5 活動と密接な関係があり、また G5 の研究者が本活動に参加していることから、ここに概略を記載する。今後、この村(Sungai Ruil)における方法と活動結果を SATREPS の研究者と情報共有することで、G5 における効果的な啓蒙方法を検討の参考とし、他の村やコミュニティーに波及されることを狙いとする。

Orang Asli の生活保護や福祉に係る行政機関(JAKOA)の助言を得て Sungai Ruil という集落の Tok Batin (村長に相当する方を Tok Batin と呼ぶ)と防災教育の必要性と関心度について打合せを行った。その結果、Sungai Ruil の村民の防災に対する関心は高いことがわかった。そこで、集落の生活状況と

教育文化を踏まえ、災害軽減の啓蒙活動を目的としたワークショップをH27/4月下旬に開催予定である。

④カウンターパートへの技術移転の状況

すでに、e-com 及びリスクコミュニケーションツールを移転し、現地にあったアプリケーション開発を行っている。

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. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

開始後約4年を経て、両国研究者の交流が進み、研究体制もほぼ固まった状況である。マレーシア側も積極的に研究に参加しており、極めてよい状況にある。また、マレーシア側もマレーシア高等教育省（MOHE）の研究予算を獲得し、今後の研究活動の進展が期待できる状況である。最終年度に向け、特に日本側での目標設定の明確化、G4, G5 のまとめ方に関する検討を早めに行こととしたい。

最先端技術（観測技術、フィールドモニタリング技術、解析技術、情報・コミュニケーション技術）の個別応用と統合化により、信頼性の高い洪水・地すべり災害の予測、更新頻度の高い準リアルタイムハザードマップの作成、および実用的早期警報システムの技術移転が見込まれる。

おりしも、2014年12月に起こった既往最大クラスの豪雨による洪水氾濫、地すべり被害は、マレーシア政府のみならず、本プロジェクト研究者の目を覚ますものとなった。今後は、本プロジェクトの目的である早期警報システムのみならず、具体的な被災低減のための検討も視野に入れつつ検討を進めたい。

III. 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）

国際共同研究はスタート時には、目的に対する理解のずれ、データ等の理解の違い、共有の遅れなどがあるが、それを解消するためにも派遣や受入を通じた直接的な人的交流が重要であることは言うまでもない。

本プロジェクトでは、マレーシア側の研究者・研究所などの対応も極めてよく、マレーシア政府の予算も獲得するなど、良い雰囲気にある。

最終的に、移転された技術などが社会実装され長年利用されるためには、欧米との競合なども考え、人材の育成、相手国にあったハードウェア、ソフトウェアの移転、マレーシア既存システムとの整合性を図ることが重要と考えられる。

また、将来における新たなデータや技術の進歩を考えると、ここでの成果がそのまま長年利用できるわけでもないの、若いマレーシア研究者による自主的更新が可能な移転が必要であろう。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

現在、特記する事項はない。

(2) 社会実装に向けた取り組み

早期警報システムの社会実装に関しては、国の管理組織（DID や JKR）における既存システムとのすり合わせを考え、継続的・自主的運用につなげるシナリオが重要である。現在、両組織に説明し、意見交換を行っているところである。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

現時点での特記事項はない。

VI. 成果発表等（公開）

別添表参照。

VII. 投入実績（非公開）

VIII. その他（公開）

特になし。

VI(1)(公開)論文発表等

| | 国内 | 国際 |
|--------------------|----|----|
| 原著論文 本プロジェクト期間累積件数 | 0 | 0 |

①原著論文(相手側研究チームとの共著論文)

| 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 | 発表日 ・出版日 | 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。) |
|------------------------------------|--------|---------------|-------------|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

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

②原著論文(相手側研究チームとの共著でない論文)

| 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 | 発表日 ・出版日 | 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。) |
|------------------------------------|--------|---------------|-------------|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

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

| | 国内 | 国際 |
|-----------------------|----|----|
| その他の著作物 本プロジェクト期間累積件数 | 2 | 0 |

③その他の著作物(相手側研究チームとの共著のみ)(総説、書籍など)

| 著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年 | | 出版物の種類 | 発表日・出版日 | 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(相手側研究チームとの共著でないもの)(総説、書籍など)

| 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 | 発表日・出版日 | 特記事項 |
|------------------------------------|--|--------|---------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

著作物数 0 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

| 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 |
|------------------------------------|-----------------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

VI(3) (特許出願した発明件数のみを公開し、他は非公開) 特許出願

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※ |
|-------|-------------|----------|-------|-----|---------------|-------------------------|-----------------------------------|------------|------|----------------------|-------------------|
| 記載例 | 2012-123456 | 2012/4/1 | ○○○○ | | | | | | 戦略太郎 | ○○大学 ◎◎研究 科△△専 | PCT/JP2012/123456 |
| No.1 | | | | | | | | | | | |
| No.2 | | | | | | | | | | | |
| No.3 | | | | | | | | | | | |
| No.4 | | | | | | | | | | | |
| No.5 | | | | | | | | | | | |
| No.6 | | | | | | | | | | | |
| No.7 | | | | | | | | | | | |
| No.8 | | | | | | | | | | | |
| No.9 | | | | | | | | | | | |
| No.10 | | | | | | | | | | | |

※関連する外国出願があれば、その出願番号を記入ください。

国内特許出願数
公開すべきでない特許出願数

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※ |
|-------|-------------------|-----------|-------|-----|---------------|-------------------------|-----------------------------------|------------|------|----------------------|---------------|
| 記載例 | PCT/JP2012/123456 | 2012/9/20 | ○○○○ | | | | | | 戦略太郎 | ○○大学 ◎◎研究 科△△専 | 特願2010-123456 |
| No.1 | | | | | | | | | | | |
| No.2 | | | | | | | | | | | |
| No.3 | | | | | | | | | | | |
| No.4 | | | | | | | | | | | |
| No.5 | | | | | | | | | | | |
| No.6 | | | | | | | | | | | |
| No.7 | | | | | | | | | | | |
| No.8 | | | | | | | | | | | |
| No.9 | | | | | | | | | | | |
| No.10 | | | | | | | | | | | |

※関連する国内出願があれば、その出願番号を記入ください。

外国特許出願数
公開すべきでない特許出願数

VI(5) (公開)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

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

| 年月日 | 名称 | 場所 | 参加人数 | 概要 |
|-------------|---------------------------------|-------------------|---------|----------------------------|
| 2014/5/5 | CP-SAR開発の演習・講習 | 千葉大学(日本) | 3 | |
| 2014/6/12 | アウトリーチ | USM(マレーシア) | 日本1 | |
| 2014/6/21 | ワークショップ・アウトリーチ | UNITEN・JKR | 日本1 | |
| 2014/6/29 | セミナー・アウトリーチ | UNITEN・DID | 日本3 | |
| 2014/6/30 | IFASTトレーニング | UNITEN (マレーシア) | 20(日本3) | IFASによる流出解析 |
| 2014/7/3 | 防災科研→新潟大学 | 防災研・新潟大学 | 1 | |
| 2014/9/19 | CP-SAR開発の演習・講習 | USM・UNITEN | 日本3 | |
| 2014/10/19 | 国際会議「GIZ 2014 Medan, Indonesia」 | インドネシア | 日本1 | |
| 2014/10/25 | AgiソフトとArcGISの講義 | 千葉大学(日本) | 20(日本3) | |
| 2014/11/21 | 計測装置の確認・修理 | JKR・USM | 日本3 | |
| 2014/11/24 | 国際会議「ISTT 2014」 | マレーシア | 日本2 | |
| 2014/11/28 | 空撮と航空測量 | クアラルンプール | 日本1 | |
| 2014//12/26 | 全体会議 | USM・JKR・UNITEN | 日本1 | |
| 2015/1/21 | 国際会議「IGS-Chennai 2015」 | チェンナイ(インド) | 日本1 | |
| 2015/2/23 | IFASTトレーニング | ICHARM(日本) | 4(2) | IFASによる流出解析 |
| 2015/2/23 | GETFLOWSトレーニング | 東京大学(日本) | 5(2) | GETFLOWS入出力・流出解析 トレーニング |

②合同調整委員会開催記録(開催日、出席者、議題、協議概要等)

| 年月日 | 出席者 | 議題 | 概要 |
|----------|----------------|-----------------|--|
| 2015/3/5 | 日本14(マレーシア約25) | SATREPS 中間評価 | グループ毎、全体計画の進捗 状況、見直し・修正の必要性の 有無、今後の対策等 |
| | | | |

JST成果目標シート

| | |
|--------------------|---|
| 研究課題名 | マレーシアにおける地すべり災害および水害による被災低減に関する研究 |
| 研究代表者名 (所属機関) | 登坂博行 (東京大学 教授) |
| 研究期間 | H22採択(H23年6月2日～H28年6月1日) |
| 相手国名/主要 相手国研究機関 | マレーシア/マレーシアの大学(USM、 UNITEN、MMU)、研究機関(DID、JKR等) |

付随的成果

| | |
|-------------------------------|--|
| 日本の社会・産業への貢献 | 衛星情報等の高度活用、データ分析手法、数値解析技術の高度化による我が国水・土砂災害低減対策への適用 |
| 科学技術の発展 | 情報技術(リモートセンシング)・計算技術(洪水氾濫シミュレーション・斜面安定解析)・社会科学(リスクコミュニケーション)を組合せた災害リスク評価手法の開発 |
| 知財の獲得、国際標準化の推進 | 情報技術・調査技術・計算技術・社会科学の融合による災害リスク管理システムの標準化 |
| 世界で活躍できる日本人材育成 | 該当なし |
| 技術および人的ネットワークの構築 | 該当なし |
| 成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど) | <ul style="list-style-type: none"> 衛星データ取得・解析技術 洪水・氾濫数値モデリング手法 地すべり危険地域抽出技術 統合データベース リスクコミュニケーションとEWS |

JST上位目標

経済発展にともなう都市域の拡大および自然環境改変により自然災害リスク増加に直面する東南アジア諸国等への災害リスク管理システム・最新技術を拡大展開する。

プロジェクト目標

マレーシア国における災害管理プログラムを実現するために、地すべりおよび洪水災害に関する総合的なデータベースを含む、高度な災害リスク管理システムを、マレーシア国の関係政府機関に対して提案する。

