

## **SICORP e-ASIA共同研究プログラム**

### **「防災」分野 事後評価報告書**

#### **1 共同研究課題名**

「洪水と地すべり災害における分散的異種ロボット群を用いた情報システム」

#### **2 日本ー相手国研究代表者名（研究機関名・職名は研究期間終了時点）：**

日本側研究代表者

京都大学 大学院工学研究科 教授 松野 文俊

ロシア側研究代表者

カザン連邦大学 情報知能システム部 教授 イブギニ・マギド

タイ側研究代表者

マヒドン大学 医用工学部 教授 ジャクリット・スサコン

#### **3 研究概要及び達成目標**

アジアでの豪雨や洪水や地すべりなどの災害による被害は甚大である。最先端のセンシング技術・ロボット技術・シミュレーション技術を駆使し、迅速に収集した最新の災害情報に基づいてシミュレータを用いて最適な災害対応戦略を検討することは減災にとって非常に重要である。本研究の目的は、日本・ロシア・タイの3か国が協力して、洪水や地すべりなどの災害時における陸海空の群ロボットを用いた情報収集システムを構築し、各国の自治体との連携による実証実験を通して、その有効性を検証し、実用化に貢献することである。

具体的には、陸(UGV: Unmanned Ground Vehicles)・海(UUV: Unmanned Underwater Vehicles, USV : Unmanned Surface Vehicles)・空(UAV: Unmanned Aerial Vehicles)のロボットを開発し、これらのロボット群を自在に操るスケラブルな自律分散制御システムの構築およびロボットを容易に操作可能なユーザーインタフェース(GUI: Graphical User Interface)を開発した。また、ロボット群により収集された膨大な災害情報を柔軟に管理できる地理情報システム(GIS: Geographic Information System)およびこれらの情報に基づいて災害の被害を予想する大域的なシミュレータを開発した。また、仮想空間で局所的なシミュレータを用いたロボットオペレータの訓練システムを構築し、平時での操作練習が可能となり、オペレータの養成にも貢献できるシステムを構築した。さらに、洪水や地すべりが予想される地域でのロボットを用いた実証実験を実施し、開発したシステムの有効性を検証した。

各国の主な貢献は以下である。日本側研究チームはロボットの群制御技術とユーザーインタフェース(GUI: Graphical User Interface)の開発と収集した情報を柔軟にハンドリングできる地理情報システム(GIS: Geographic Information System)および大域的なシミュレータを開発した。ロシア側研究チームはプロト

コル設計と通信システムとロボットの自己位置推定(SLAM)技術と環境情報収集システムおよび局所的なシミュレータの開発を、タイ側研究チームはロボット(UGV, USV)と遠隔操作システムおよびロボット評価テストフィールドを開発した。

## 4 事後評価結果

### 4.1 研究成果の評価について

#### 4.1.1 研究成果と達成状況

##### 1) 科学技術の観点

洪水や地すべり等の広域災害の迅速かつ詳細な情報把握に異種のロボット群の組み合わせを活用するシステムの開発のため、国際標準化を目指した制御技術の開発や統合型シミュレーションを組み入れた情報管理システムの開発を行った。要素技術として、運用に必要なロボット制御と災害予測の統合型シミュレータ、空間情報処理システム、ロボットの制御技術等の開発、ロボット群の通信プロトコルの国際標準化等の先端的研究であり、現状からの技術革新につながる高い科学技術レベルの成果が認められる。

4つのワークパッケージ(WP)について、当初計画時に設定したそれぞれのマイルストーンをクリアしつつ計画を進捗したことを認める。COVID-19の影響により対面での共同作業部分に制限を受けた面も一部にあったが、代替調査地の設定やオンラインの活用等の工夫を行い、マイルストーンをクリアしている。

各論としては、WP1-3において、ロボットの各チームのUGV・UUV・UAV技術における情報システム、遠隔操作システムを開発できており、目標通りの成果といえる。通信技術に関しては、国ごとの通信レグレーションの違いが吸収されたという点で評価できる。日本側独自の成果については、アニメーション技術、ロボットのモデリング及び制御など、多岐にわたる。具体的研究成果が進んでいる分野ではかなりの効果が期待されるため、さらなる具体的波及効果に向けた活動を期待したい。

しかしながら、新規性の高いWP4のシステムインテグレーションについては、COVID-19 感染拡大の影響を受け、各国共通のシステムを構築できていないことは残念である。各種システムの統合については、特定の地域でテストがおこなわれたものの、現時点では断片的成果に留まっている感があり、依然として試験段階にあり、今後の進展に期待したい。

また、洪水、土石流などを把握する地理的空間データの作成とその利用、及び土石流シミュレーション結果などを用いた災害後の救助、救援、復旧活動などについても適切な成果をあげているものの、浸水シミュレーションは我が国のいろいろな地域で行われているものと同様であり、特筆するほどの新規性があるとは言えない。また、これらマクロシミュレータとロボットの動きをシミュレートするミクロシミュレータとの統合で、どのような新たな成果が得られたのか明確に読み取れなかった。

総じては、国際共同研究により洪水や地すべり等の広域災害の被害軽減に向けた情報管理システムに必要な要素技術や統合化などの開発ができたことで当

初の目的を達成したと認められる。日本側の研究技術が高度化されていることは理解できるが、3か国の研究者の相互協力と各々の得意とする研究分野の相乗効果については今後の成果が待たれる。

## 2) 協力体制、計画、管理運営の観点

ロシア側はロボット制御のシミュレーションや通信技術、タイ側はハードウェアの技術開発や性能評価技術、日本側は制御系技術の開発や災害シミュレーションの開発など防災情報システムの開発に必要な要素技術のそれぞれ得意分野を分担し、それらを統合化してシステムの開発を行っている。また各ワークパッケージ単位の中でも各国の協力を図りつつ研究を進めていることから、役割や協力のバランスを取ることで目標に到達したと認められる。

各ワークパッケージ単位で研究管理を進めて、更にワークパッケージ全体を管理運営していると読み取ることができる。COVID-19による渡航制限等で対面での共同作業ができなかった災害リスクの高い地域での試験については、代替地での日本側の単独試験とし、それを各国パートナーにオンライン等で情報共有に切り替えるなど生じた問題に対して適切に対処できた。これらのことからプロジェクトの管理運営は適切に行われていると認める。

### 4.1.2 国際共同研究による相乗効果

#### 1) 国際共同による付加価値の観点

国際共同研究として実施することで、各国の得意技術の統合化を図ることができると共に、技術の国際化に向けて課題となる、国・地域毎のレギュレーションの違いや自然災害の形態の違い等を意識して進めており、それら国毎の違いを吸収、あるいは統合できるシステムの開発を行った。これらの成果は国際標準化に向けて重要な成果であり、特に群ロボットの通信プロトコルの国際標準化はそれに先行して進めていることを認める。

各論としては、ロシアおよびタイとの研究上のパートナーシップについては各々が日本の研究体制とどのように寄与しているのか、協力体制を取っているのかについては具体性が十分ではなく、物足りなさを感じられる。日本側の研究体制、プロジェクト運営は良好であるが、3か国を取りまとめるプロジェクト運営については今後検討の余地がある。

国際共同研究としてプロジェクトの管理運営は適切に行われており、各国パートナーの役割や寄与は明確であるものの、論文発表に関してはタイ研究者との共著が少ない。タイチームの担当がUAVに特化している感があるが、現状ではやむをえないところかもしれない。また、各国の自治体と連携した実証実験の実施が中止となり、システムインテグレーションに関わる連携が十分に行えなかったのは残念であった。

#### 2) 国際交流の観点

プロジェクトメンバーが主催するセミナー等を毎年開き、期間中合計22回の開催であった。いずれも参加人数が3桁になる規模のものであった。ワークショップ

ップ、セミナー、シンポジウム等の開催件数が非常に多く、研究者陣の活発な活動が高く評価される。

海外出張に関しては初年度に実績があるが、2年目以降は、COVID-19による海外渡航制限の影響のため、海外出張はほとんどできなかった。そのやむを得ない事情の代替措置としてオンラインでの交流に積極的に取り組み、実質的な交流は支障無く進められたことが終了報告書から読み取れる。渡航制限によりプロジェクト期間中に実施できなかった海外出張に関しては、プロジェクト期間終了後に自主的に費用を用意して、海外出張を計画するなどの取り組みも見られるなど積極的に取り組んでおり、当初の目的は達せられたと言える。

#### 4.1.3 研究成果が与える社会へのインパクト、我が国の科学技術協力強化への貢献

##### 1) プロジェクトの価値や発展性等

課題期間中に渡航制限で実施できなかった対面での共同研究を、課題終了後に独自予算で実施する計画があることや、相手国が実行委員長を務めるRoboCup世界大会への参加を計画する等、課題終了後も協働の継続を進める予定である。社会的インパクトに関しては、日本としてロボット技術の開発や防災技術の開発に重点的に取り組んでおり、両者を跨ぐ分野の本課題の成果は将来的に社会的インパクトを持つ技術につながる。実用化に向けてはまだ課題が残されているがその発展性には期待できる。また要素技術として通信技術等の国際標準化の取り組みを行っており、実現すると社会的インパクトを持つものと期待できる。

国内外で気候変動に伴う様々なタイプの大規模かつ重大な自然災害が発生しており、防災技術の取り組みが国際的な共通課題となっている。これに対して日本の科学技術政策上、重点的な取り組みを行っているロボット技術を活用し、異種ロボット群を用いた早期災害状況把握の情報システムのプラットフォームの開発は、多国間の協働による開発により、事情の異なる多国間で活用が可能な柔軟性を持った技術として開発が行われており、国際的な共通課題への対応として貢献できるものに発展することが期待できる。

シミュレータの開発、プロトコル設計と通信、ロボットのモデリングと制御、などの要素技術は、今後システムの統合化により、将来的に防災に関わる国際共通課題の解決に貢献できる可能性がある。ただ、要素技術の開発のみでは、今後の課題も多く国際共通的な課題の解決に直結するものではない。COVID-19感染拡大の影響で、各国の自治体と連携した実証実験の実施が中止となったのは残念である

また、この研究プロジェクトにおいて得られた洪水および土石流などのデータについて、ロボットを使用して防災に組み込むことができていることについては、社会的なインパクトが期待できる。コロナ禍でもあり、国際共通課題は必ずしも解決できてはいないものの、本研究の成果をもとにして、3か国以外の国との防災技術提携を行うことで、効果的な防災技術の普及を日本の科学技術力強化につなげていける可能性を秘めている。

## 2) 成果の公表

論文は相手国との共著で**39**、単独を含めると**105**、その他の著作物が**6**である。学会発表は相手国との連名が**43**、単独を含めると**122**であり、招待講演も含まれる。特許出願は無いが学術的成果は数多く創出しており、積極的に公表を行ったことを認める。また開発したシミュレーション・アニメーション技術の成果のソースコードを公開し、インターネットを通じて全世界の研究者が利用できるようにした。相手国との共著論文や連名の学会発表の数から、多数の共同研究成果の公表を認めるとともに、各種報道にも多く取り上げられ、社会への発信が十分に行えていることがわかる。

## 3) 受賞、アウトリーチ活動等

**RoboCup** 世界大会 においてもレスキューロボット部門で**1位**となっているなどの好成績や、国内外の学会発表の優秀賞の受賞など、課題全体で**64**件の受賞数があることは学術分野での高い評価を反映している。また国内外のマスコミ等で注目すべきトピックスとして合計**29**にも及ぶほど取り上げられ注目されている。

### 4.3 その他（総評）

陸海空の異種ロボット群を用いた災害情報システムの開発という高い設定目標に対して、多数の原著論文が発表されているなどそれぞれの要素技術や統合化に関わる研究開発に取り組み着実に成果を上げて、目標に到達したと判断できる。更なるその成果は多国間協働による利点として、ユニバーサル仕様や将来の新シミュレーション技術の取り込みも可能とした柔軟性の高いものであること、通信技術は国際標準化を指向したものであるなど注目すべき成果を創出したと評価できる。

その一方で**COVID-19**の行動制限等の影響もありやむを得なかった状況ではあるが、開発したシステムを用い自治体等とも連携した災害予測・把握の実施が不十分となったことがやや残念である。また日本では利用が進みつつある**UAV**は先行しているが、**UGV**や**USV**など他種のロボット群の活用の部分で研究の推進が待たれる。特に自然災害の形態や要因は多種であり、複数の異種ロボット群の平行した連携や組み合わせが実用化できれば、多層的に災害状況の把握が進み、災害軽減技術の更なる進化が期待できる。今後、実用化に向けて研究を進化させる中で、ロボット技術の出口として防災技術によりフィットさせるためには、防災側が求める情報の種類や利用の仕方に対する理解が必要であり、それに基づいてシステムの運用についても踏み込んだ検討があると良いと考える。そのためにも様々な分野の防災分野の研究者らとの連携も進めることを期待する。また、ロボットにおける通信プロトコルは今後非常に重要な分野になると予想され、国際統一規格の制定へリードしていくことを期待したい。

本プロジェクトの成果を利用して、さらに社会にその技術の恵みを還元して

いくためには、今回のプロジェクトの研究メンバーに加えて社会科学、人文科学の研究者に協力を仰ぐことも必要となるであろう。

以上