

日本—ロシア・タイ e-ASIA 共同研究プログラム「防災」 2020 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	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
研究課題名（英文）	Informational system for management of flood and land slide disaster areas using a distributed heterogeneous robotic team
日本側研究代表者氏名	松野文俊
所属・役職	京都大学・教授
研究期間	2019 年 4 月 1 日～ 2022 年 3 月 31 日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
Svinin Mikhail (シビニン ミハイル)	立命館大学 情報理工学部 教授	マイクロシミュレータの開発
畑山満則	京都大学 防災研究所 教授	洪水シミュレーションの実装
中西弘明	京都大学 工学研究科 講師	UAV の開発
遠藤孝浩	京都大学 工学研究科 准教授	群制御の開発
松野文俊	京都大学 工学研究科 教授	研究統括、UUV の開発

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

開発する Gazebo を用いたシミュレータと洪水シミュレータの統合化の手法を確立させる。設計した各国のロボットに共通のプロトコルに基づいて、通信システムやロボットシステムの実装を行う。各ロボットの動的モデルに基づいて制御系を設計するとともに群制御アルゴリズムの開発を実施する。センサデータ統合化システム・ロボットの遠隔操作システム・ロボットによる収集データをハンドリングするための情報システムの実装を行う。

3. 日本側研究チームの実施概要

3.1. シミュレータの開発

Linux (Ubuntu 20.04) , ROS Noetic, Gazebo 9.11 をベースに洪水のシミュレータを構築した。動的に変化する洪水の様子を UAV 群で監視するために、動的に変化する領域のボロノイ分割手法と群制御則を提案し、シミュレーションによる有効性の検証を行った。また、UGV と UAV で構成される異種の群れによる、指定された領域の最適情報収集戦略を提案した。UAV はバッテリーの制約があり UGV に着陸して充電が可能といった問題設定の下、UGV と UAV の協調戦略を GA を用いて最適化し、シミュレーションにより有効性を検証した。

3.2. プロトコル設計と通信

ロシアの研究チームと日本側研究チームが想定しているシステムとの親和性について引き続き議論した。ロシアで開発しているシステムは OSI 参照モデルでいう、第一・二層（物理層とデータリンク層）におけるハイブリッド化による高信頼度化を指向しているものであり、ライブラリや SDK という形で提供される見込みである。日本側研究チームではそれらが公開された後、それらの利用を開始する予定である。

3.3. ロボットのモデリングと制御

UUV: 2 リンク 1 関節の水中ねじ推進ヘビ型ロボットの流体抗力を考慮した動力学モデルを導出し、外乱に対してロバストな軌道追従制御系を設計した。水槽を用いた物理パラメータの同定実験を実施し、シミュレーションにより、提案制御系の有効性を検証した。

UAV: 天井壁効果については、運動量理論を適用することにより、誘起速度・推力・必要パワーの変化をモデルした。そのモデルでパワー一定としたときの推力変動を実験値と比較したところよく一致することが確認できた。垂直壁効果では、ブレード翼素理論を適用し、ブレード全体の空力特性変化モデルを導出した。実験により明らかになった特性変化より、垂直壁に接近するときには、ロータ面における誘起速度が非一様化し、それが垂直壁効果の原因の一つであると考えられた。これを明らかにするために、PIV によりロータ面上誘起速度の計測を試みた。

群制御: 3次元空間を運動するロボット群を、1体のリーダーロボットにより誘導する分散誘導制御手法を提案し、理論的に全域木が構築・維持され、1体のリーダーによるロボット群の誘導が可能であることを示した。またシミュレーションにより、提案制御手法の有効性を検証した。なお、次年度の目標である実ロボットによる制御手法の検証に向けて、一部の実験環境の構築を図った。

3.4. システムインテグレーション

位相構造を明示的には持たないデータ構造を持つ GIS で、現実の時空間を管理する手法に対し、シミュレーションなどの予測データを統合管理することを可能とするデータベース管理システムのプロトタイプを開発した。また、洪水リスクの高い実証候補地として、滋賀県湖北地域を選定し、同地域を流れる姉川・高時川の浸水シミュレーションデータを上記のプロトタイプシステムに登録するとともに他のワークパッケージへの提供を行った。さらに、土砂災害リスクの高い実証候補地として、京都市山科区安朱学区を選定し（新型コロナウイルス感染拡大の影響を考慮し、当初予定していた高知県四万十町より変更）、地域の土砂災害リスクについて調査した。土石流の危険性が指摘される場所でのドローン撮影を実施し、環境情報を他のワークグループに提供するとともに、土石流シミュレーション実施のためのデータ収集を行った。