

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：12601  
研究種目：若手研究  
研究期間：2021～2023  
課題番号：21K14261  
研究課題名（和文）Post-disaster Recovery Monitoring based on Multi-Source Remote Sensing Imagery and Deep Learning  
研究課題名（英文）Post-disaster Recovery Monitoring based on Multi-Source Remote Sensing Imagery and Deep Learning  
研究代表者  
郭 直霊（Guo, Zhiling）  
東京大学・空間情報科学研究センター・客員研究員  
研究者番号：40897716  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：災害後の復旧の監視の改善は重要であり、特に日本では自然災害が頻繁に大きな損失を引き起こしています。最近では、機械学習とリモートセンシングデータが災害リスク管理のさまざまな側面で成功裏に活用されています。しかし、復旧フェーズにおける監視は経験的な研究に十分な注目がされておらず、高性能な監視は依然として困難な課題です。この研究では、物理的な復旧の観点に焦点を当て、複数のリモートセンシング画像と深層学習の手法に基づいた正確で迅速かつ費用効果の高い災害後の復旧の監視を実現することを提案しています。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
この研究は、日本における災害後の復旧監視を向上させるため、多元なりモートセンシングとディープラーニングを応用して正確で迅速かつ費用効果の高い解決策を提供します。新しい3段階の手法を用いて、復旧フェーズに取り組み、災害復興計画と管理を改善します。

研究成果の概要（英文）：Improved monitoring of post-disaster recovery is important, especially in Japan where natural disasters cause heavy losses frequently. Recently, machine learning and remote sensing data have been successfully applied in different aspects of disaster risk management. However, the monitoring in the recovery phase has not been paid sufficient attention by empirical studies, and the high-performance monitoring remains a formidable challenge. Focusing on the perspective of physical recovery, this research proposed to achieve accurate, rapid, and cost-effective post-disaster recovery monitoring based on multi-source remote sensing imagery and deep learning methods. Three stages are composed in the proposed method: 1) weak supervision for multi-task urban mapping, 2) end-to-end change detection via data fusion, 3) transfer learning based recovery monitoring. The method of this research attempts to promote the capability of pre-disaster recovery planning, evaluation, and management.

研究分野：Remote Sensing

キーワード：Deep Learning Geoscience

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

自然災害の後にはしばしば広範な破壊が生じ、復旧プロセスの効果的な監視が必要とされます。機械学習とリモートセンシングデータは、災害リスク管理のさまざまな側面で活用されてきましたが、復旧フェーズの監視は依然として困難を伴います。

### 2. 研究の目的

本研究は、リモートセンシング画像とディープラーニング手法を統合した包括的な監視システムを提案することで、これらの課題に取り組むことを目指しています。具体的には、正確かつ迅速かつ費用効果の高い大規模かつ長期的な災害後の復旧監視システムの開発を目標としています。マルチソースのリモートセンシングデータと革新的なディープラーニング技術の活用により、マルチタスク都市マッピング、データフュージョンに基づく変化検出、および転移学習に基づく復旧監視の3つのステップを取り入れた手法を提案しています。本システムの実現可能性と効果は、地震、洪水、その他の災害を含むシナリオにおいて経験的な研究や実地テストによって検証されています。その結果、本システムは災害後の復旧計画、評価、および管理の向上の可能性を示しています。

### 3. 研究の方法

提案されたシステムは、次の3つの主要なステップで構成されていますが、それぞれのステップは災害後の復旧プロセスにおいて重要な役割を果たします。

#### 1) マルチタスク都市マッピング:

この初期段階では、マルチソースのリモートセンシング画像と高精度な地上真実データを活用して、都市の詳細マップを作成します。ディープラーニングモデルを用いてセマンティックセグメンテーション、物体検出、およびデジタル標高モデル (DEM) の生成を同時に行います。このプロセスでは、通常データセットの不完全さや不正確さに対応するために、弱い教師あり学習が採用されます。この技術は、不十分なラベル付けや不確実なデータソースでも効果的に機能し、都市の構造や地形の正確なマッピングを可能にします。

#### 2) データフュージョンに基づく変化検出:

次に、複数のデータソースを統合することで、変化検出の精度と効率を向上させます。このステップでは、セマンティックセグメンテーションの結果、物体の境界ボックス、DEM 情報を組み合わせて使用します。これにより、災害による変化を正確に特定し、災害後の状況分析に深い洞察を提供します。データフュージョンは、特に災害後の限られた地上情報や変化の不均一性に対処するために重要であり、より信頼性の高い復旧状況の評価を実現します。

#### 3) 転移学習に基づく復旧監視:

最終段階では、転移学習技術を用いて、モデルの汎用性と適応性を強化します。このアプローチにより、モデルは新たな災害データセットに迅速に適応し、異なるタイプの災害や様々な地理的環境に対しても有効です。長期的な監視と評価において、この技術はモデルを継続的に最適化し、復旧プロセスの各段階での精度と効率を保証します。

この3段階により、システムは災害後の復旧努力を支援し、都市のレジリエンスを向上させるための戦略的かつ実用的なツールを提供します。各ステップは互いに補完的であり、災害対応の効果を最大化するための統合的なアプローチを形成します。

### 4. 研究成果

広範な実験と評価により、提案されたモニタリングシステムの有効性を実証しました。マルチタスクの都市マッピングステップでは、限られたトレーニングデータでも、意味論的セグメンテーション、物体検出、DEM 一般化において非常に高い精度の結果を達成しました。データフュージョンに基づく変化検出手法は、従来の変化検出手法よりも優れた性能を発揮し、災害後の変化を効果的に捉え評価しました。最後に、転移学習に基づく復興モニタリング手法は、システムの適応性と堅牢性を示し、大規模かつ長期間にわたる信頼性のあるモニタリング結果を提供しました。

この研究では、遠隔センシング画像と深層学習手法に基づいた大規模かつ長期的な災害後の復興モニタリングシステムを成功裏に開発しました。このシステムは正確で迅速かつ経済的なモニタリング機能を提供し、復興計画、評価、管理における効果的な意思決定を支援します。マルチタスク学習、データフュージョンに基づく変化検出、転移学習など、提案された手法は、災害後の復興モニタリングの領域を向上させる潜在能力を示しました。

今後の研究の方向性としては、モニタリングシステムのさらなる最適化、異なる種類の災害や地域への適用範囲の拡大、効率的なデータ分析と可視化のためのユーザーフレンドリーなインタ

ーフェースの統合などが挙げられます。また、ソーシャルメディアやクラウドソーシング情報などの追加のデータソースを組み込むことで、システムのリアルタイムモニタリング能力を向上させることができます。全体として、この研究は災害後の復興モニタリングの進歩に貢献し、この分野における将来の研究の基盤を築いています。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Cheng Qianwei, Zaber Moinul, Rahman AKM Mahbubur, Zhang Haoran, Guo Zhiling, Okabe Akiko, Shibasaki Ryosuke	4. 巻 14
2. 論文標題 Understanding the Urban Environment from Satellite Images with New Classification Method: Focusing on Formality and Informality	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 4336 ~ 4336
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su14074336	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Liu Zhengguang, Guo Zhiling, Chen Qi, Song Chenchen, Shang Wenlong, Yuan Meng, Zhang Haoran	4. 巻 263
2. 論文標題 A review of data-driven smart building-integrated photovoltaic systems: Challenges and objectives	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Energy	6. 最初と最後の頁 126082 ~ 126082
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.energy.2022.126082	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Zhang Zhengjia, Wang Qingxiang, Liu Zhengguang, Chen Qi, Guo Zhiling, Zhang Haoran	4. 巻 329
2. 論文標題 Renew mineral resource-based cities: Assessment of PV potential in coal mining subsidence areas	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Energy	6. 最初と最後の頁 120296 ~ 120296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apenergy.2022.120296	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Chen Qi, Li Xinyuan, Zhang Zhengjia, Zhou Chao, Guo Zhiling, Liu Zhengguang, Zhang Haoran	4. 巻 333
2. 論文標題 Remote sensing of photovoltaic scenarios: Techniques, applications and future directions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Energy	6. 最初と最後の頁 120579 ~ 120579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apenergy.2022.120579	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Cheng Qianwei, Zaber Moinul, Rahman AKM Mahbubur, Zhang Haoran, Guo Zhiling, Okabe Akiko, Shibasaki Ryosuke	4. 巻 14
2. 論文標題 Understanding the Urban Environment from Satellite Images with New Classification Method?Focusing on Formality and Informality	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 4336 ~ 4336
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su14074336	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Li Peiran, Zhang Haoran, Guo Zhiling, Lyu Suxing, Chen Jinyu, Li Wenjing, Song Xuan, Shibasaki Ryosuke, Yan Jinyue	4. 巻 4
2. 論文標題 Understanding rooftop PV panel semantic segmentation of satellite and aerial images for better using machine learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Applied Energy	6. 最初と最後の頁 100057 ~ 100057
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.adapen.2021.100057	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Shang Wen-Long, Gao Ziyou, Daina Nicolo, Zhang Haoran, Long Yin, Guo Zhiling, Ochieng Washington Y.	4. 巻 1
2. 論文標題 Benchmark Analysis for Robustness of Multi-Scale Urban Road Networks Under Global Disruptions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	6. 最初と最後の頁 1 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TITS.2022.3149969	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yuan W., Yuan X., Fan Z., Guo Z., Shi X., Gong J., Shibasaki R.	4. 巻 XLIII-B3-2021
2. 論文標題 GRAPH NEURAL NETWORK BASED MULTI-FEATURE FUSION FOR BUILDING CHANGE DETECTION	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	6. 最初と最後の頁 377 ~ 382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2021-377-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会 Energy Transition, Energy Supply Chains and Carbon Neutrality	開催年 2022年～2022年
---	--------------------

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------