

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：12601
研究種目：若手研究
研究期間：2019～2021
課題番号：19K15260
研究課題名（和文）A real-time optimization for disaster-relief distribution in heterogeneous crowdsourcing
研究課題名（英文）A real-time optimization for disaster-relief distribution in heterogeneous crowdsourcing
研究代表者
張 浩然（Zhang, Haoran）
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：40837457
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：この研究では、マルチソースのクラウドソーシングデータセットを統合し、検出、予測、および最適化アルゴリズムを調査することにより、ハイブリッドレリーフ分布最適化手法を概念化および開発しようとしています。膨大な量の異種の非構造化データセットに基づいて、このメソッドは救援需要を検出および予測し、救援配布計画をリアルタイムで最適化することができます。さらに、このプロジェクトの支援を受けて、最新のビッグデータ、人工知能、通信技術を活用して自然および社会の変化を感知、理解、予測するためのSmallWorldAIを開発しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義
データ収集、ネットワーク伝送、およびコラボレーションテクノロジーが洗練されたことで、現実世界のシナリオを推定、予測、およびデジタル複製する必要性がかつてないほど高まっています。特に災害対応では、デジタルの世界により、人々と政府は災害の影響をすばやく理解し、複雑で変化する環境での緊急対応の有効性、柔軟性、包括性を維持できます。そのため、このプロジェクトの支援を受けて、SmallWorldAIシステムを開発しました。SmallWorldAIは、災害対応の脅威と影響を推定する上で重要な役割を果たし、意思決定をさらに支援してきました。

研究成果の概要（英文）：This research has sought to conceptualize and develop a hybrid relief distribution optimization method by integrating the multi-source crowdsourcing datasets and exploring detection, prediction, and optimization algorithms. Based on the huge volumes of heterogeneous and unstructured datasets, the method is able to detect and predict the relief demand, and then real-time optimize the relief distribution plan. Additionally, under the support of this project, we developed the Small World AI to leverage the latest big data, artificial intelligence and communications technologies to help us sense, understand and predict natural and social change.

研究分野：スマートシティ

キーワード：インテリジェントエマージェンシーマネジメント 都市のためのビッグデータ

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

世界各国では、過去数十年の間に、災害の頻度、強さ、影響が著しく増加しています。2005年から2014年まで、日本は最も災害の多い国のひとつであり、62の災害により約2,390億ドルの損失を被りました。また、2011年の東日本大震災では、帰宅困難者や避難所の確保にソーシャルメディアが活用されるなど、コミュニケーションの経路も変化しています。このようなサイバー情報をリアルタイムに活用し、物理システムとして最適な救援物資の配給計画を立てることは、災害救援においてますます重要な役割を果たすと考えられます。このようなサイバーフィジカル最適化システムは、国家レベルの優先課題として、インフラ、財産、人命などの膨大な物理的破壊を先端技術を駆使して軽減しようとするものである。

しかし、信頼性が高く実用的な救援物資の分配最適化は、2つの厳しい技術的要件を備えた複雑なアーキテクチャである。すなわち、救援物資の需要とその不確実性を正確に把握すること、そして、大規模なクラウドソーシングに対応したリアルタイムの分配最適化アプローチです。これまでの分配最適化に関する研究は、製造業、化学、エネルギーなどの実用的な分野が中心でした。しかし、救援物資の分配に関する研究はほとんどなく、しかもその多くは救援物資の需要情報に関して多くの仮定を置いた上で行われている。救援需要の検出、予測、分配計画を組み合わせたリアルタイムかつハイブリッドな最適化手法は、実用的かつ応用的であり、救援の意思決定者に直接有益な指針を与えることができますが、既存の研究ではほとんど言及されていません。ビッグデータと人工知能技術の発展は、これらのボトルネックを克服するためのブレイクスルーの可能性を提供しますが、まだ困難な状況にあります。

2. 研究の目的

本研究の主な目的は、重要かつ異質な情報を選別し、救援需要を検出・予測し、管理者が救援物資配布計画のために効果的な決定を下すのに役立つ効果的な方法論と持続可能なソリューションを探求し、それらを統合してリアルタイムかつハイブリッドなクラウドソーシング救援物資配布最適化法（CRDOM）を構築することである。

この研究を実施するには、いくつかの重要な科学的疑問があります。

- (A) 検証されていない、ノイズの多い、時には不完全な情報の「大洪水」から潜在的な価値を選別し、処理し、救援需要を検出・予測すること。
- (B) 生データとの同期性と情報の不確実性を考慮した、救援物資分配のための動的レイアウト最適化モデルの開発。
- (C) 処理された異種データセットに基づき、この大規模、高次元、複雑な論理的制約のあるクラウドソーシング最適化モデルを解くためのリアルタイム最適化アルゴリズムを設計する。

3. 研究の方法

この研究は主に3つのサブテーマから構成されています。(A) 救援需要検出・予測（RDDP）、(B) 救援物資分配レイアウトの最適化（ORDL）、(C) 自己学習型加速アルゴリズム（SAA）である。本研究では、地震と台風という2種類の典型的な災害現象を分析・モデル化の対象としています。2011年の東日本大震災における東京と2017年のハリケーンハービーにおけるテキサスの2つの都市災害事例を主に踏襲し、救援需要検出・予測の誤差定量化のためのグランドトゥルース分析と最適化手法の実用性検証をサポートします。

4. 研究成果

私は、マルチソースのクラウドソーシングデータセットを統合し、検出、予測、最適化アルゴリズムを探求することで、ハイブリッドな救援物資配布最適化手法を開発しました。異種かつ非構造の膨大なデータセットに基づき、救援需要を検知・予測し、救援物資の分配計画をリアルタイムに最適化することができる。さらに、本プロジェクトの支援のもと、最新のビッグデータ、人工知能、通信技術を活用し、自然や社会の変化を感知・理解・予測するための「Small World AI」を開発しました。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Song Xuan, Zhang Haoran, Akerkar Rajendra A., Huang Huawei, Guo Song, Zhong Lei, Ji Yusheng, Opdahl Andreas Lothe, Purohit Hemant, Skupin Andre, Pottathil Akshay, Culotta Aron	4. 巻 -
2. 論文標題 Big Data and Emergency Management: Concepts, Methodologies, and Applications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Big Data	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TBDATA.2020.2972871	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 Xia Tianqi, Jatowt Adam, Wang Zhaonan, Si Ruochen, Zhang Haoran, Liu Xin, Shibasaki Ryosuke, Song Xuan, Kim Kyoung-sook	4. 巻 -
2. 論文標題 CoolPath: An Application for Recommending Pedestrian Routes with Reduced Heatstroke Risk	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems	6. 最初と最後の頁 14~23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-60952-8_2	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 Zhou Xingyuan, van Gelder P.H.A.J.M., Liang Yongtu, Zhang Haoran	4. 巻 204
2. 論文標題 An integrated methodology for the supply reliability analysis of multi-product pipeline systems under pumps failure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Reliability Engineering & System Safety	6. 最初と最後の頁 107185~107185
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.res.2020.107185	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 Xu Ning, Zhang Qiong, Zhang Haoran, Hong Minsung, Akerkar Rajendra, Liang Yongtu	4. 巻 51
2. 論文標題 Global optimization for multi-stage construction of rescue units in disaster response	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sustainable Cities and Society	6. 最初と最後の頁 101768~101768
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.scs.2019.101768	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 Timothy Schempp, Haoran Zhang, Alexander Schmidt, Minsung Hong, Rajendra Akerkar	4. 巻 39
2. 論文標題 A framework to integrate social media and authoritative data for disaster relief detection and distribution optimization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Disaster Risk Reduction	6. 最初と最後の頁 101143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijdr.2019.101143	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 Li Zhengbing, Liao Qi, Zhang Haoran, Liang Yongtu, Zheng Jianqin, Qiu Rui, Shi Xiaodan	4. 巻 7
2. 論文標題 Robust Optimization for Emergency Scheduling of Oil Products After Disaster	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 110794 ~ 110811
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2019.2934046	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 Zhang Haoran, Song Xuan, Song Xiaoya, Huang Dou, Xu Ning, Shibasaki Ryosuke, Liang Yongtu	4. 巻 14
2. 論文標題 Ex-ante online risk assessment for building emergency evacuation through multimedia data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0215149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0215149	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1件

1. 著者名 Big Data and Mobility as a Service	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 306
3. 書名 Big Data and Mobility as a Service	

〔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 International Conference on Applied Energy	開催年 2019年～2019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
---------	---------