

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Multi-Objective Shelter Planning Under Earthquake-Induced Demand Uncertainty
Title(English)	Multi-Objective Shelter Planning Under Earthquake-Induced Demand Uncertainty
著者(和文)	TANGKai
Author(English)	Kai Tang
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第389号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:大佛 俊泰,藤井 晴行,斎尾 直子,鍵 直樹,沖 拓弥
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第389号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		Tang Kai	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	大佛俊泰		教授	審査員	沖 拓弥	准教授
	審査員	藤井晴行		教授			
		斎尾直子		教授			
		鍵 直樹		教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Multi-Objective Shelter Planning Under Earthquake-Induced Demand Uncertainty」と題し、全 6 章から構成されている。

第 1 章「Introduction」では、我が国における大地震発生時の被害の様相と避難行動との関係について整理し、地震災害管理における課題と本研究の目的について述べている。具体的には、避難施設計画モデル、避難時のリスク評価、災害時の不確実性に関する既往研究のレビューを行い、避難者を避難施設に割り当てる問題について検討した多くの既往研究では、地震発生直後の即時避難時におけるリスクと、中長期避難時における不確実性に関しては十分に考慮されていないことを指摘し、これら 2 つの課題を考慮した避難施設計画の最適化手法を構築するという本研究の目的について述べている。

第 2 章「Study Area and Data Processing」では、我が国における大地震時の避難行動と避難施設との関係についての基礎的情報を整理し、次章以降で試みる数値分析の対象地域として尾久エリア（東京都荒川区）を選定した理由について述べている。さらに、本研究で用いる具体的なデータソースについて述べるとともに、決定論的パラメーターと不確実性パラメーターを生成する方法について述べている。具体的には、地震シミュレーションモデル（建物倒壊モデル、道路閉塞モデル、火災延焼モデル）に基づき、大地震発生時における避難者数に関する不確実性を想定する手続きについて述べている。

第 3 章「Short-Term Shelter Planning Model: Distance-Based Single-Objective VS Risk-Based Multi-Objective Approach」では、避難過程で避難者が受けるリスクを最適化問題の目的関数に組み込み、リスクの最小化を図る最適化モデル（リスク軽減モデル:RRM）を提案している。尾久エリアにおける数値分析から、RRM によれば想定したほとんどの物的被害の状況下において、避難者の総移動距離を大幅に増やすことなく、避難者が受けるリスクを大幅に低減させることができ、避難過程における避難効率と成功率を改善できることを示している。この結果から、避難者の総移動距離のみの最小化を図る従来の最適化モデル（距離最小化モデル:DMM）よりも安全性の高い避難を達成できることを示している。

第 4 章「Medium- and Long-Term Shelter Planning Model: A Robust and Multi-Objective Approach」では、中長期避難時における避難者を避難施設に割り当てる従来の確率的またはロバスト最適化モデルでは、リスク軽減とコストのバランスをとることが難しいことを指摘し、これに代わる最適化モデル（多目的分布ロバスト最適化モデル:MODRO）を提案している。まず、地震シミュレーションモデルによって推定される避難者数の分布をもとに、避難者数に関する不確実性を表現する曖昧性集合を構成し、この曖昧性集合における最悪ケースの場合でも合理的に避難施設を配置し、避難者を割り当てる最適化モデル（分布ロバスト最適化モデル:DRO）を構成している。尾久エリアにおける数値分析から、DRO モデルによって得られる目的関数の値は、従来の確率的モデルよりは大きいものの、最悪ケースを想定したロバスト最適化モデルよりも小さくなることから、避難者数に関する不確実性に対処する方法としてバランスの取れたモデルであることを示している。

第 5 章「Extensions: Hierarchical Approach」では、前章までの提案モデルは日本に特有の条件（避難施設の種類を固定している点と避難施設間の移動パターンを固定している点）に基づくモデルであることから、これら 2 つの条件を緩和することでモデルの適用範囲の拡張を図っている。具体的には、避難施設の種類を完全に固定しない場合と部分的に固定しない場合についての数値分析をとおして、様々な条件を想定した避難施設計画に関して柔軟に対応することができることを示している。

第 6 章「Summary and Conclusions」では、主な研究成果を取りまとめ、本論文の結論と限界および今後の展望について述べている。

以上を要するに、本論文は大地震発生時の即時避難時における火災や道路閉塞のリスクを考慮した避難施設計画モデルと、中長期避難時における避難者数の不確実性を考慮した避難施設計画モデルを提案したものであり、建築・都市計画上および学術上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（学術）の学位論文として価値があると認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東京科学大学リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。