

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：32660

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14744

研究課題名(和文)大規模駅空間を対象としたマルチスケール型動的歩行者挙動シミュレーションの構築

研究課題名(英文)Multi-scale dynamic pedestrian simulation system for walking behavior analysis in the large station

研究代表者

柳沼 秀樹 (YAGINUMA, HIDEKI)

東京理科大学・理工学部土木工学科・講師

研究者番号：70709485

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、空間計画の評価を念頭に歩行者の交通行動を精緻に記述するモデルならびにそれらを実装したシミュレーションシステムの構築を試みるものである。これにより、大規模ターミナル駅などの歩行空間を対象としたリノベーション計画の事前評価や設計へのフィードバック、安全性の検討等に資することが期待される。

本研究の成果は大きく以下の3点である。1) Wi-Fiパケットセンサを活用した屋内外歩行空間における歩行者行動データの観測・収集方法の構築。2) 観測データと離散選択モデルを統合したマクロ・ミクロ歩行者行動モデルの構築。3) 高速なシミュレーションシステムの実装と実空間への適用。

研究成果の学術的意義や社会的意義

都市内における歩行空間計画は、歩行者の処理性能を基本とした画一的な設計と実施が行われてきたが、昨今の多様化する都市空間のあり方を議論することは難しい状況にあった。本研究では、歩行者行動の観点からWi-Fi観測によるデータ取得からモデリング、シミュレーションまでを一体的に扱えるフレームワークを構築した。学術的意義としては、歩行空間を軸とした体系的な枠組みの提示、離散選択モデルを援用したマクロ・ミクロな歩行者モデリングに新規性がある。また、社会的意義としては、これまで困難であった歩行者流動計測手法の確立と実務的レベルでの適用を念頭に置いたシミュレーションシステムの実装に有用性がある。

研究成果の概要(英文)：In this research, we develop a pedestrian behaviour model and implements simulation system for the evaluation of spatial planning. It is expected to contribute to the evaluation of the spatial renovation plan, feedback to the design and consideration of safety. The main results of this research are the following three points: 1) develop an observation/collection method of pedestrian behavior data in indoor/outdoor walking space using Wi-Fi packet sensor. 2) develop macro/micro pedestrian behavior model that Integration of observation data and discrete choice model, 3) implementation of high-speed simulation system using our proposed macro/micro pedestrian behaviour model and apply to the real pedestrian space.

研究分野：交通行動分析

キーワード：歩行者モデル 離散選択モデル Wi-Fiパケットセンサ マルチスケール 構造推定 HPC シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

我が国の首都圏鉄道ネットワークは、経済活動を支える最も重要なインフラの1つであり、世界的に見ても大規模かつ高密度であり、さらに高頻度運転を安定的に実現している。しかしながら、60年代から顕在化した混雑問題は未だ解決すべき政策課題であり、さらに2020年開催予定の東京オリンピックや今後発生が懸念される首都直下地震がもたらす非日常的な混雑についても十分な検討が必要である。近年では、駅空間内における歩行移動に起因する混雑現象が顕在化しており、乗換時間の増加や歩行者間での接触事故など駅空間における利便性低下が問題視されている。運輸政策答申18号(2000年)では、ターミナル混雑に対する施策の必要性が示されており、これまでにエスカレータやエレベータ等の設備配置、改札や階段、通路などの改良工事が積極的に進められてきた。これらの空間設計やその有効性を適切に評価するためには、時々刻々と変化する歩行者挙動を踏まえた検討が必須となる。しかしながら、歩行者挙動に関する学術的・実務的な蓄積は十分とはいえない状況にあり、最適な空間設計に資する定量的評価手法の速やかな開発が望まれる。

2. 研究の目的

大規模なターミナル駅周辺などの交通拠点を中心とする歩行空間での利用を想定した最適な空間設計評価に資する歩行者挙動シミュレーション手法の確立を目的とする。本目的を達成するために、以下の具体的な課題に取り組む。

- (1) 歩行者の行動を“マクロ的な利用経路選択”と“ミクロ的な歩行挙動”の異なる尺度でモデリングし、かつ両者を統合したマルチスケールモデルを構築する。
- (2) 首都圏の大規模ターミナル駅を対象に、旅客の駅内ODや利用経路、詳細な歩行挙動データを収集し、(1)および(2)の検討事項を踏まえた基礎分析やモデル同定を行う。
- (3) 構築したマルチスケールモデルの実務利用を念頭に、高速演算処理を可能とするハイブリッド並列に基づく歩行者シミュレーションシステムの実装を行う。
- (4) 上記で検討した内容を踏まえて、実適用を行い、提案手法の妥当性を確認する。

3. 研究の方法

本研究は、新たな歩行者シミュレーションシステムとして、マクロ的経路選択とミクロ的歩行者挙動モデルを統合したマルチスケールモデルを構築し、実務利用を念頭に置いた高速演算をハイブリッド並列により実現するシミュレーションシステムを実装する。

- (1) 様々なセンサを用いた歩行者行動データの取得手法を構築する。スマートフォン等による移動体計測やWi-Fi等による固定計測を中心とした観測を行い、モデルの入力およびシミュレーションの検証用データを獲得する。
- (2) 確率的利用者均衡を援用した歩行経路配分モデル(マクロモデル)を構築する。歩行者のリンクフロー(すなわち混雑)を介した確率的利用者均衡配分手法を構築する。その際、IIA緩和型の離散選択モデルを適用し、さらに経路重複やパラメータ分布を考慮することで、記述能力の向上を図る。
- (3) 目的地選択を内生化した離散選択モデルを援用した歩行者挙動モデル(ミクロモデル)を構築する。我々がこれまでに取り組んでいる離散選択モデルに基づく歩行者挙動モデルの改良を行う。具体的には、歩行者の短期的な目的地の考慮、他の歩行者や歩行環境との相互作用を考慮する。
- (4) 上記のマクロ・ミクロモデルを統合したマルチスケール歩行者挙動モデルについて、ハイブリッド並列を導入したシミュレーションシステムを実装する。計算環境としては、実務でも十分に準備可能な複数のCPUとGPUを有する環境を想定した。

4. 研究成果

- (1) 歩行者のデータ取得手法として、Wi-Fiパケットセンサに歩行者経路とスマートフォンセンサによる歩行者移動軌跡の2つの手法を構築した。
歩行者経路データの収集方法として、Wi-Fiパケットセンサを活用した取得手法を確立した。Wi-Fiパケットセンサは、歩行者が所有するスマートフォンのプローブクエスト要求を収集し、調査エリアに配置した複数のセンサから個人の経路選択を特定する固定観測手法である。本検討では、センサの設計から実装、データのクリーニング手法について検討を行い、渋谷駅周辺の再開発エリアや新宿地下街、地方の観光エリアでの調査・検証を行い、有効性を確認した。これにより、時間的・空間的に大量の歩行者経路データが取得可能となり、これまでの観測員による手作業でのカウント調査から飛躍的にデータの高精度化、低コスト化が可能となった。
歩行者挙動データの収集方法として、スマートフォン内の各種センサを活用した取得方法を確立した。これはスマートフォンに内蔵されている加速度、ジャイロ、気圧などの各種センサと自律航法を組み合わせた歩行者の移動軌跡を生成する移動体観測手法である。本検討では、深層学習などの機械学習理論等と組み合わせて移動軌跡の生成を行い、関東某駅に適用した結果、総移動距離に対して誤差は1%程度となり、高い精度で歩行者移動軌跡を再現することを実現した。これまでに取得コストが高かった歩行者の移動軌跡を簡単に取得可能とした。

- (2) 空間内における歩行者の行動をマクロな歩行経路選択とミクロな歩行挙動選択を統合したマルチスケール型歩行者行動モデルを構築した。
マクロな歩行者経路選択については、上記の Wi-Fi センサから得られた経路選択データと離散選択型の経路選択モデルを統合した枠組みを構築した。渋谷駅周辺の歩行空間に適用した結果、経路所要時間にくわえて、階段数やエレベータ、エスカレータが経路選択に与える影響を把握した。さらに、構築した経路選択モデルを用いて確率的利用者均衡配分による経路交通量配分を行うことで、歩行経路レベルでの混雑把握を可能とした。
ミクロな歩行者挙動選択については、上記のスマートフォンセンサと既往研究における駅内での観測データを用いて、目的地選択と歩行挙動選択を同時に扱う選択モデルを構築した。ここでは、目的地選択には個人によるバラツキが存在すると仮定したランダム係数型の Mixed logit モデルを適用し、歩行挙動選択には近接する歩行選択肢空間の相関性を考慮した Cross nested logit モデルを適用して両者を統合した。パラメータ推定の結果、既往研究よりも高い適合度が得られ、モデルの有効性が示された。
- (3) ハイブリッド並列によるシミュレーションシステムの実装と実空間への適用を行い、本提案手法の有効性を検証した。
実装したシミュレーションは、CPU の並列と GPU の並列を組み合わせたものであり、前者は同時に複数の歩行者をシミュレートすることで高速化し、後者は内部の行列演算を高速化することで全体での計算速度を向上させた。これを渋谷駅周辺に適用し、開発による OD 交通量が増加するケース、それにとまなうリンクの遅れ時間を計測し、歩行経路上の幅員改良による遅れ時間の減少効果をシミュレートした。これにより、様々な開発シナリオや交通量変化シナリオにおける改善効果が算出可能となり、これらを設計に反映させることで、より効果的な歩行空間の提案に資すると思われる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----