

# Measurement and numerical modeling of pedestrian flows

|          |   |
|----------|---|
| その他のタイトル | 人流の計測と数値モデリング   |
| 著者       | FELICIANI CLAUDIO   |
| 学位授与年月日  | 2017-09-15  |
| URL      | <a href="http://doi.org/10.15083/00077621">http://doi.org/10.15083/00077621</a> |

## 審査の結果の要旨

氏名 フェリチャーニ クラウディオ

近年は大都市における人口集中が問題となっており、歩行者交通は生活の質を考える上で重要な要素となっている。そして交通施設や公共施設は歩行者の快適さと安全のために適切な設計になっている必要がある。これに対して学位申請者は歩行者の動き方を詳細にデータ分析し、混雑度合いを客観的に測る指標を開発した。そして様々な条件で実験を行い、人の軌跡を分析してその提案指標の妥当性を示した。特に注目したのは様々な施設に一般的に見られる狭い通路での対向流である。この流れは廊下や歩道、そして横断歩道などでも見られており、横断歩道では歩行者と車の相互作用も存在する。学位申請者は、こうした状況下において、歩行者集団の動きを予測できるシミュレーションモデルも開発することに成功した。これらの結果をまとめた学位論文「人流の計測と数値モデリング」は以下の五章からなっている。

第一章では、これまでの関連する歩行者行動研究の全体像を紹介し、歩行者集団に特徴的に見られる力学や創発現象を解説している。その後、歩行者の挙動に関する重要な課題を紹介し、特に基本図といわれる人の交通量と密度の関係について実測データとともに詳しく述べられている。また数理モデルでもこの基本図を再現できることを述べ、特に非対称単純排他過程 (ASEP) というモデルの解析方法が紹介されており、単純なルールでもある程度歩行者の動きを再現できることが示されている。さらに、より歩行者らしい性質を組み込んだ複雑なモデルについても解説し、特に本論文で使用しているフローフィールドモデルを詳細に説明し、最後に論文の目的やモチベーションがまとめられている。

第二章では、狭い通路での対向流について詳細に述べている。まず、実験や理論、そして数理解析のアプローチについて、過去の研究をレビューしている。特に、過去の対向流の研究では、ほとんどが1次元的な流れをベースに研究されていることを強調し、これは対向流の2次元的な本質をきちんと説明できないことを指摘している。その後、東京の表参道駅で実際に行われた観察結果を紹介している。そこで得られた人流の時系列を分析し、3つのタイプの流れが存在していることを見出している。それは自由流と秩序だった流れと混雑流という

ものであり、混雑流の場合には時系列データに特徴的なサインが出ることを発見した。そしてさらに詳細な分析をするため、制御された状況での歩行者の対向流実験も行い、歩行者の横方向の2次元的な動きが流れのタイプの分類に重要な役目を果たしていることを見出した。更に回転量という指標を開発し、その量を用いて流れの中に秩序だったレーンが生じる瞬間や崩壊する瞬間を検出することに成功した。また秩序だったレーンができると交通容量が増加することも理論モデルで示すことができた。

第三章では、ボトルネックからの退出など、より複雑な状況における流れを検討している。そして回転量から派生した混雑度という測定方法を考案し、これが群集中の最大混雑箇所を特定できることを示した。そしてこの混雑度を用いて対向流でのレーン形成などのパターンも検出できることを明らかにした。そしてタブレットやスマートフォンなどに搭載されている加速度センサーも混雑判定に有用であることも見出している。

第四章では、横断歩道を歩行者が横切る場合の研究がまとめられている。実際の状況を観察し、歩行者と車の相互作用を分析した結果からシミュレーションモデルを提案している。またそのモデルの数値計算により、人や車の待ち時間等を予測している。さらに車と歩行者の衝突確率についても研究し、モデルより道路設計次第で交通事故を削減することができる可能を述べている。

最後に第五章では、全体の結論と今後の課題を述べている。特に開発された混雑度のさらなる検証のための観察データを収集する必要性を指摘している。

以上、本論文は歩行者行動の研究において新しく混雑度という指標やその分析方法を提案し、それを実験や理論によって検討することで高い有用性を示すなど、今後幅広い応用も期待される成果を得ている。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。