

令和7年度  
修士学位論文

Social Force Model を用いた歩道空間における  
空間構成要素が自転車走行挙動に及ぼす影響の  
定量分析

Analysis of the Effects of Spatial Components on Bicycle  
Riding Behavior in Sidewalk Using the Social Force  
Model

指導教員 西内 裕晶  
副指導教員 高木 方隆  
副審査員 杉浦 聡志

高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻  
社会システム工学コース

秋山 将太郎

## 論文要旨

### Social Force Model を用いた歩道空間における 空間構成要素が自転車走行挙動に及ぼす影響の定量分析

秋山 将太郎

近年、わが国における交通事故件数は長期的には減少傾向にあるものの、自転車が関与する事故は依然として一定数発生している。特に歩行者との錯綜やすれ違い、追い越しといったミクロな走行挙動に起因する事故リスクが指摘されている。自転車は軽車両として位置付けられ、歩道や路肩などの多様な空間を利用することから、その走行挙動は周囲の交通主体だけでなく、道路幅員や点字ブロック、縁石などの空間構成要素の影響受けると考えられる。しかし、既往研究においては歩行者や自転車を対象とした行動分析が中心であり、自転車の走行挙動の影響を対象としたミクロなモデル化や、空間構成要素との関係を定量的に扱った研究は十分とは言えない。

そこで本研究では、実際の歩道空間を撮影した映像データから自転車の走行軌跡を抽出し、Social Force Model に自転車走行挙動モデルの構築をする。加えて、歩道空間に存在する点字ブロックや縁石やマンホールといった空間を構成する要素が自転車の走行挙動に与える影響を分析することを目的とする。具体的には、実測軌跡とシミュレーション軌跡の再現性を指標としてモデルパラメータの最適化を行い、空間構成要素を考慮した Social Force Model を構築する。さらに実測軌跡との再現性に基づいてパラメータを推定することで、空間構成要素が自転車に与える影響を定量的に整理・考察する。

その結果、壁や縁石などの主要な空間構成要素に対応する。パラメータは全ての調査地点において統計的に有意となり、自転車走行挙動が歩道空間を構成する物理的要素の影響を強く受けていることが確認された。また、推定されたパラメータ分布を地点別に比較した結果、空間構成の違いに応じて影響の大きい空間構成要素が異なる傾向が見られ、自転車走行挙動が空間条件に応じて変化することが示された。さらに、反発力強度と作用距離を統合した影響指標に基づいて当該地点における最も支配的な空間構成要素を抽出した結果、地点ごとに特徴的な支配構造が存在することが明らかとなった。

本研究により、自転車走行挙動の定量的理解を深化させるとともに、歩道空間における自転車挙動の把握や、今後の歩道空間設計および交通安全に関する検討に向けた基礎的知見を提供することを目的とする。

キーワード : 自転車走行挙動, Social Force Model, 空間構成要素, 実測軌跡データ,  
パラメータ最適化

## **ABSTRACT**

### Analysis of the Effects of Spatial Components on Bicycle Riding Behavior in Sidewalk Using the Social Force Model

Shotaro Akiyama

Although the number of traffic accidents in Japan has shown a long-term declining trend, a certain number of accidents involving bicycles still occur. Accident risks arising from microscopic riding behaviors such as interactions, passing, and overtaking with pedestrians have been pointed out. Since bicycles are classified as light vehicles and utilize various types of spaces such as sidewalks and road shoulders, their riding behavior is strongly influenced not only by surrounding traffic participants but also by spatial components such as roadway width, tactile paving, and curbs. However, existing studies have mainly focused on behavioral analyses of pedestrians and cyclists, and there remain limited studies that quantitatively address microscopic modeling of bicycle riding behavior and its relationship with spatial components.

Therefore, this study aims to construct a bicycle riding behavior model based on the Social Force Model using bicycle trajectories extracted from video data recorded in real sidewalk environments, and to analyze the influence of spatial components such as tactile paving, curbs, and manholes on bicycle riding behavior. Specifically, model parameters are optimized using the reproducibility between observed trajectories and simulated trajectories as an evaluation metric. By estimating parameters based on the reproducibility with observed trajectories in a Social Force Model that incorporates spatial components, the influence of spatial components on bicycle riding behavior is quantitatively organized and discussed.

As a result, parameters corresponding to key spatial components such as walls and curbs were statistically significant at all survey locations, confirming that bicycle riding behavior is strongly influenced by the physical elements constituting sidewalk space. Furthermore, comparing the estimated parameter distributions across locations revealed a tendency for the most influential spatial components to vary depending on the spatial configuration differences, indicating that bicycle riding behavior changes according to spatial conditions. Additionally, extracting the most dominant spatial component at each location based on an influence index integrating rebound force intensity and effective distance revealed the existence of characteristic dominant structures specific to each location.

Through this study, the quantitative understanding of bicycle riding behavior is deepened, and fundamental insights are provided to support the understanding of bicycle behavior in sidewalk spaces and to contribute to future discussions on sidewalk space design and traffic safety.

Keywords : Bicycle riding behavior, Social Force Model, Spatial configuration elements,  
Actual trajectory data, Parameter Optimization