

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 27 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560715

研究課題名(和文) ネットワークとマルチエージェントシステムを用いた街路構造と歩行者流動に関する研究

研究課題名(英文) A Study on Street and Pedestrian Flows using Network Theory and Multi-Agent System

研究代表者

藤井 明 (FUJII, Akira)

東京大学・生産技術研究所・名誉教授

研究者番号：20126155

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円、(間接経費) 720,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、都市街路の物理的な形態と構造、歩行者と街路沿いの施設との社会的・経済的な相互作用という二つの要因を織り込んだ歩行体験シミュレーションモデルを作成し、より実態に近い形で街路空間と歩行者流動の関係を考察するものである。都市空間を簡略に表現するものとしてネットワーク構造を用い、また、そこでの歩行者の挙動をマルチエージェントモデルで再現している。これらふたつの手法を補完的に組み合わせることにより、よりミクロなレベルでの歩行者流動を想定し、よりリアルな形で歩行者の挙動や行動様式をモデル化している。こうしたモデルは、街作りに際して、安価で操作が容易なシミュレーションモデルとして有用である。

研究成果の概要(英文)：This study aims to make a simulation model which combines morphology of urban street and pedestrian's behavior which is brought by social and economic interaction. Network structure is used to show the physical features of street and multi-agent system represents the behavior of pedestrians. To make a simulation model using network structure and multi-agent system can reveal more accurate behavior pattern of pedestrian who is influenced by the roadside settings. This model will be useful in the search of the effect of urban street renewal and the estimation of flow on a new-made street.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学、都市計画・建築計画

キーワード：歩行者流動 ネットワーク構造 マルチエージェントモデル シミュレーションモデル

科学研究費助成事業 研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

ネットワーク分析の基礎となるグラフ理論は、1736年のオイラーの論文(ケーニッヒスベルグの7つの橋)に始まり、永い歴史を有するが、ノードとエッジの位相的な関係性のみを分析対象とする数学理論で、これを現実の事象に適用しようとする、極度の抽象化に伴い欠落している事象が多すぎて、有益な成果が得られない場合が多い。

グラフ理論はノードとエッジとそれらの隣接関係を基に組み上げられているが、現実世界では、ノードには大きさや重さ、重要度といった属性が付随しているし、エッジにも太さや容量と言った制約事項があり、全ての要素が等価という前提は現実的でない。また、隣接関係に関しても、そこには当然ながら距離や関係性の強さなどのさまざまな力学が働いていて、その強度は一定ではない。加えて、有向、無向というふたつの方向性が想定されているが、片方向あるいは双方向という単純な方向性だけではなく、時間や状況によって方向性が変化したり、混在したりする場合があるし、そこを流れる量や質に制限が設けられている場合もある。現実の計画に適用するには、よりリアルな状況を反映した実効性のあるモデルを作成する必要がある。

研究代表者の藤井は、2008年度~2010年度科学研究費補助金基盤研究(C)『属性を付与された要素から成るネットワークモデルに関する研究』で、ノードとエッジがそれぞれに重みを持ち、それらが時間的に変化するネットワークモデルを作成している。これは、ネットワーク分析に複雑系の発想を持ち込んだもので、このモデルの発展系として、マルチエージェントシステムをネットワーク分析に導入して、実際の人流や物流をシミュレートしようというのが今回の課題である。

2. 研究の目的

都市における街路の物理的な形態と構造、あるいは、歩行者と周辺施設の社会的・経済的な相互作用のどちらか一方に着目した研究はこれまでも数多く行われている。しかし、両者を同時に考慮した関係性の把握はあまり行われていない。その理由は、静的な特性を持つ街路の構造が、動的な特性を持つ歩行者流動にどのような影響を与えるのかを十分に把握する方法論が存在しなかったからである。

ネットワーク分析は静的な関係性の分析を得意としているのに対し、マルチエージェントシステムは動的な関係性の分析に優れている。両者をうまく結び付けて、ネットワーク上を移動するエージェントを想定すると、時間軸に沿って変容する状況を再現したり、予測したりすることが可能になる。

本研究では、歩行者を誘発する物理的な状況と社会的な状況という二つの要因が歩行者に与える影響を分析するが、都市要素を簡略に構成する基本構造はネットワーク理論で、動的な変容はエージェントモデルで表現し、両手法のそれぞれに特性を補完的に組み合わせることにより、新たな知見を得ようとするものである。物理的な構造とそこに付与されたさまざまな属性が移動するエージェントに対してどのような刺激を与えるのか、あるいは、それらの刺激に対してエージェントがどのように反応するのかということをもデル化するのが最終目標である。

歩行者が移動するプロセスに伴う関係性を把握することにより、よりマイクロなレベルでの歩行者流動が再現でき、よりリアルな行動様式が把握される。歩行者流動に関しては実態調査が実施されていて容易に実データを入手できるが、それらと対照することにより、モデルの有効性を検証することができる。こうしたモデルは、街の構成を改変したときの影響や、将来的な街作りに対して、容易にシミュレーションを行うことができ、その実用性は極めて高い。

3. 研究の方法

現実の街路空間を調査し、街路空間をネットワークとして写像するのに最適な要件を探し、モデル化する。また、歩行者の行動から、エージェントの属性と行動ルール、周辺環境や他のエージェントとの相互作用のルールを記述する。ネットワーク構造とマルチエージェントシステムを組み合わせたモデルを作成し、実際の街路に対して歩行者流動をシミュレートする。東京近郊の駅前商店街を対象にするが、モデルの適合性は、断面交通量などの実測データによって検証する。可能ならば、新規に大規模店舗の出店が行われる地域を選び、その歩行者流動に対する影響などを实地に調査して、シミュレーションモデルの適合性や整合性について検証する。

本研究の独創的な点としては、静的・動的なふたつの分析手法を融合したものであることが挙げられる。ネットワーク分析とエージェントの組み合わせによる分析には先行研究があるが、避難行動や通勤のように目的が明らかな事象で、エージェントは最短路で行動することが仮定されている。実際の都市における歩行者のような複雑な行動を記述するものではない。気まぐれな行動をふくむエージェントと環境(街路)との相互作用を通して、創発するパターン(歩行者流動)をとらえるものではない。

地域の実情に応じたパラメータの調整が必要であるが、ひとつのモデルで複数の街路空間をシミュレートできれば、再開発計画な

どに伴う街路計画の事前評価において、さまざまな条件下での予測が可能になる。従来の再開発計画では、こうした手法が未整備であったために、事前評価は過度に楽観的であったり、また逆に、過度に悲観的であったりして精度の低いものであった。街の定性的な変化が、歩行者流動に対してどのように定量的な影響を及ぼすかについてのシミュレーションモデルを提供することは、どのような街路空間をつくり、どのような施設をどこに配置すればよいかの指針が得られ、多くの人々を街に呼び込み、地域のにぎわいを創出することが可能になり、地域計画に寄与するところが大きい。

4. 研究成果

(1) 2011年度

街路空間をネットワークに移し換える手法について検討した。街路には一方通行や歩行者天国など、一般道とは異なる性質が付与されている場合が多いが、こうした条件を統合的に反映できるネットワークモデルを江安した。また、現実の街路空間における歩行者の挙動を観察することにより、環境が有する属性の種類とそれらに対するエージェントの反応をルール化した。これらをシミュレーションモデルとして電算機に実装したが、将来的な拡張性についても考慮し、特に属性が増えた場合でも統合的に対処できるようにプログラミングした。

(2) 2012年度

既存のデータを用いて予備的なケーススタディを行なった。シミュレートモデルを実在する街路空間と歩行者流動に適用して、パラメータやルールの調整を行いつつ、モデルの有効性や限界性を確かめた。街路空間は場所や曜日、時間帯等によってさまざまな様相を呈する。実際の現象と対比して再現性を確認する作業は不可欠であるが、そのための下調べを行った。現象とモデルとの間で、緊密なフィードバックを行い、プログラムを少しずつ改良した。また、こうしたモデルでは結果をわかりやすい形で視覚的に表現することが重要であるが、グラフィックスとしての表現にも留意し、わかりやすいプレゼンテーション用のメニューをいくつか用意した。

(3) 2013年度

東京近郊の私鉄駅前商店街を対象に、駅を出発点にして商店街を巡り、最終的に駅に戻ってくるサイクル路を設定して、歩行者がそれぞれの経路を移動する際にどのような事象と出会うかについて定量的に調べた。中規模の商店街でも、駅から駅へのサイクル路は数百万通りになるが、所要時間や歩行距離に制限を付けて経路の絞り込みを行っている。

街路に付与する属性としては、商店の種類や店の間口、営業時間、対象年齢層等を選んだ。物理的な環境が歩行者に与える影響として情報量（店舗構成の意外性を示す指標）と店舗影響量（歩行者と街路属性との距離と角度により決まる影響量の指標）のふたつの指標を作成し、移動に伴いこれらの量がどのように変化するかを測定し、街路毎の特性を調べて分析を行った。本シミュレーションモデルにより、街路の物理的な設定が歩行者に与えるインパクトとその反応という形で商店街の賑わいを再現できたと考えている。歩行者流動には様々なパターンがあるが、そうしたパターンを創発させるパラメータやルールの範囲や組み合わせを洗い出し、賑わいが感じられるような望ましいパターンはどのようなものか等について整理し、地域計画学的に有用な知見が得られた。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計3件)

新井崇俊、藤井明 マルチエージェントシステムを用いた商業集積地の発展と規模分布に関する研究 - 地価変動が商業集積地の発展と分布に与える影響 - 都市計画論文集 査読有 第47-3号 pp.289-294 日本都市計画学会 2012年

新井崇俊、藤井明、今井公太郎、櫻井雄大 中心性に着目したネットワーク上の協調行動に関する基礎的研究 日本建築学会大会 学術講演梗概集 査読無 pp.1105-1106 2012年8月

櫻井雄大、宮崎慎也、藤井明 多項口ジットモデルを用いた商業集積地に対する選択行動モデルの構築と商圈の分析 都市計画論文集 査読有 第46-3号 pp.427-432 日本都市計画学会 2011年

〔学会発表〕(計 件)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6．研究組織

(1)研究代表者

藤井 明 (FUJII Akira)

東京大学・生産技術研究所・名誉教授

研究者番号：20126155

(2)研究分担者

該当なし

(3)連携研究者

及川清昭 (OIKAWA Kiyooki)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：00168840

今井公太郎 (IMAI Koutaro)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：20262123

橋本憲一郎 (HASHIMOTO Kenichirou)

跡見学園女子大学・非常勤講師

研究者番号：40361646