

令和 3 年 5 月 23 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H04938

研究課題名(和文)社会環境と行為の共進化による自律分散的な都市・交通システム創発現象のモデル分析

研究課題名(英文)On the emergence of decentralized urban and transport systems through co-evolution of social environment and actions

研究代表者

力石 真(Chikaraishi, Makoto)

広島大学・先進理工系科学研究科(国)・准教授

研究者番号：90585845

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、スラム特有の都市秩序の形成、過疎地域における交通サービスの自発的供給といった、自律分散的に都市・交通システムが構築される現象の創発メカニズムを扱う一連の理論的・実証的研究を進めた。研究の結果、個人間の相互作用を扱う社会的相互作用モデルを基礎に、複数種類の主体の意思決定を明示的に反映した相互作用を扱うモデルに拡張可能することで創発メカニズムを一定程度記述できると、一方、創発現象そのものは、複数主体の意思決定だけでなく、それを取り巻く「立憲的選択ルール」、「集会的選択ルール」、「運用ルール」の束に影響を受け規定される可能性が高いこと等が明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

都市・交通システムは、公共主体が行う計画行為と、市場が価格を通じて行う需給調整に加え、住民や地域が自発的に行う種々のサービス供給に依存している。こういった自発的供給の重要性は、コミュニティのレジリエンス等の議論を通じて広く認識されつつあるものの、それを下支えする理論研究とその存在と影響を示す一連の実証分析が十分に行われてこなかった。このギャップを埋めるのが本研究の学術的・社会的意義と考える。

研究成果の概要(英文)：This research conducted a series of theoretical and empirical studies on the emergence of decentralized urban and transport systems through co-evolution of social environment and actions, such as the voluntary supply of transportation services in depopulated areas. As a result of research, we found that (1) social interaction models can be a strong basis for exploring the emergence of decentralized urban and transport systems. This is particularly true when the model is extended to deal with interactions that explicitly reflect decision making of multiple actors. On the other hand, the emergence of decentralized urban and transport systems may be influenced not only by actors' decisions but also by the bundle of "constitutional choice rules", "collective choice rules", and "operational rules" surrounding them.

研究分野：土木計画学

キーワード：社会的相互作用 自律分散システム 創発 コモンズ設計原理 両面市場 ライドシェア

1. 研究開始当初の背景

都市・交通システムは、これまで、特定の計画行為に基づく整備(例：市街地の道路整備)という外生要因と、需給メカニズムに基づく調整(例：産業集積)という内生要因の2つを軸に解釈・モデル化が進められてきた。一方、(計画行為や需給メカニズムではなく)住民自らが都市・交通システムを適応的に再構築する現象が広く観測されている。こういった適応的・自律分散的な行為として、例えば、途上国都市に見られるインフォーマルな交通手段の発展、スラム特有の都市秩序の形成、過疎地域における住民共同出資に基づく生活関連施設(商業施設や給油所)の維持・再開、自主運行バスの導入が挙げられる。

このような自律分散的に形成される都市・交通システムは、都市を形成する重要な要素となっている一方、これらの現象を理論立てて説明するための学術研究はほとんど行われていない状況にある。

2. 研究の目的

本研究では、スラム特有の都市秩序の形成、過疎地域における自主的な生活関連サービスの運用といった、自律分散的に都市・交通システムが構築される現象の創発メカニズムを理論的に解明した上で、創発現象を表現する実証モデルを構築することを目的に研究を進めた。創発現象を分析するため、以下の3つの観点から研究を進めた。

- (1) 正の社会的相互作用が生じる系においては複数均衡が生じうることを利用し、低位均衡/高位均衡の均衡選択問題として創発現象を解釈する分析を実施した。
- (2) 協調行動が誘発されるための諸条件を検証する研究を実施した。例えばスラムにおいて広くみられる(多くは違法な)医療/商業/銀行サービスの自発的供給は、一連の「立憲的選択ルール」、「集会的選択ルール」、「運用ルール」のもとでのみ生じるものと考えられ、このような制度原理を、オストロムの **IAD** フレームワーク、コモンズ設計原理を基礎に整理を進めた。
- (3) 中山間地域におけるライドシェアサービス、地方都市における地域通貨の導入可能性を例に、サービスの提供主体、利用主体の双方を明示的に考慮した一連の分析を実施した。

3. 研究の方法

2017年度は、まず文献レビューを進め、既存の社会的相互作用モデルを包括的に整理し、社会的相互作用モデルの枠組みで扱うことのできる問題のクラスを整理するとともに、いくつかの実証分析を行った。次に、インド・ムンバイ市のスラムエリアの現地調査及びアンケート調査の設計を進めた(図1)。最後に、社会的選好が高い場合に創発しうるボランタリーなライドシェアに着目し、中山間地域におけるモビリティ確保の手段としての成立可能性を構築したライドシェアマッチングの仕組みを用いたシミュレーション分析により検証した(図2)。

2018年度は、インド・ムンバイ市内のスラム及び **SRA**(スラム再生公社)住区を対象とした調査を実施した。また、中山間地域において収集した交通日誌データを活用し、**Recursive logit**モデルを援用した生活行動モデルについて検討した(図3)。

2019年度は、2018年度に構築した **Recursive logit** モデルを援用した生活行動モデルを改善し、社会的選好の影響を考慮したモデル構造に拡張した。併せて、集団が **Collective** に持つ社会的選好の形成過程を記述するモデルの構築を試みるため、地域の公共財（道の駅）への支払意思額を尋ねる調査を実施し、支払意思額に影響を及ぼす要因の分析を進めた。

2020年度は、自律分散的に協調行動が促され、その結果、都市・交通サービスが自動的に提供される現象を、オストロムの **IAD** フレームワーク、コモンズ設計原理を基礎に整理を進めた。また、自律分散的な都市サービス構築の事例として地域通貨を取り上げた分析を行った。具体的には、地域通貨取引を消費者と店舗の2つの主体が相互に影響を及ぼしあう両面市場と見なし、消費者と店舗に働く主体間相互作用と主体内相互作用を考慮した消費者換金行動モデル、店舗加盟行動モデルを構築し（図4）、広島県の4つの市を対象とした実証分析を通じて、各々の相互作用が消費者の換金行動と店舗の加盟行動に及ぼす影響を定量的に示した。



図1. スラム現地調査（ムンバイ市）

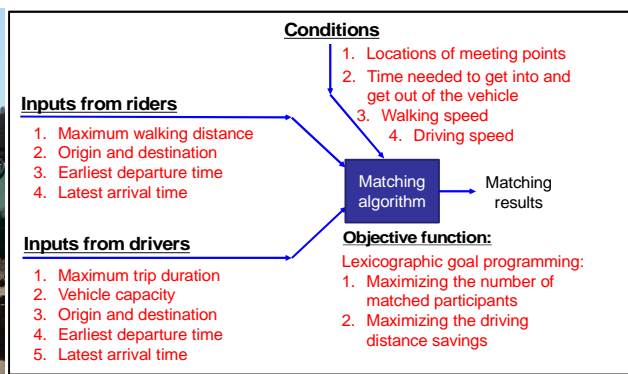


図2. 構築したライドシェアマッチングの仕組み

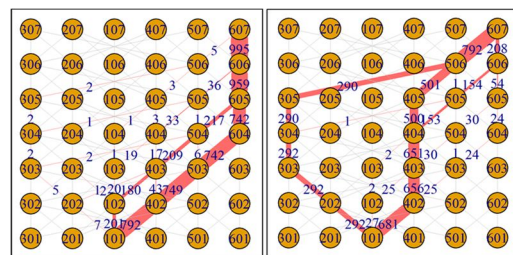
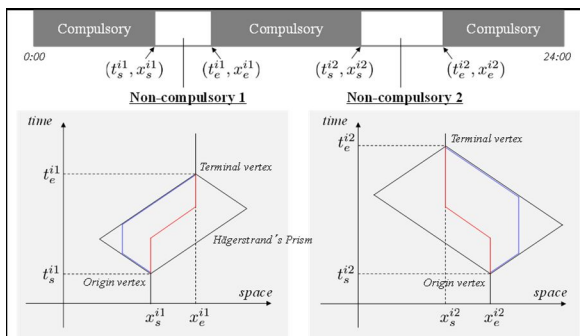


図3. モデル化の対象（左）と簡便なシミュレーション分析結果（右）



図4. 地域通貨取引の両面市場に働く相互作用（左）とシミュレーション設定（右）

4. 研究成果

以下では本研究の主要な成果として、「社会的相互作用に着目したエビデンスベース研究の展開と土木計画への応用可能性」、「中山間地域におけるライドシェアの成立可能性に関する数値シミュレーション」、「インフォーマル及びフォーマルな都市環境下における交通行動分析」、「地域通貨両面市場における消費者と店舗の相互作用に関する実証分析」の 4 つテーマに関する研究成果を整理する。

(1) 社会的相互作用に着目したエビデンスベース研究の展開と土木計画への応用可能性

2000 年代後半以降における社会的相互作用のミクロ計量経済分析と土木計画分野での応用研究の動向についてのレビューを行った。理論面のレビューより、従来からある大域的相互作用に加えて影響主体と被影響主体を明示的に考慮する局所的相互作用に着目した計量モデルの研究進展が進んでおり、対象とする社会ネットワーク構造に対応してモデル側も柔軟な特定化ができつつあることが明らかになった。このことは社会的相互作用の影響先/被影響先がもはや匿名ではないフェーストゥフェースでの相互依存性の実証分析をより厳密に行える可能性を示唆するものである。また行動モデルそのものについても、線形モデルに関するより詳細な理論展開が進んでいることや、パラメータ推定方法についても、構造推定アプローチやベイズアプローチなど、さらなる展開が進んでいることが確認できた。次に、以上の理論整理を行った上で、土木計画分野の研究動向をレビューし、従来から分析対象とされてきた領域に加えて、空間分析や社会ネットワークをより明示的に考慮した分析などが進展していることが確認した。

(2) 中山間地域におけるライドシェアの成立可能性に関する数値シミュレーション

人口の少ない中山間地域において有用と考えられる、(1) ドライバーが利用者をピックアップする地点(ミーティングポイント)を予め限定(空間的ミスマッチの緩和)、(2) 利用者とドライバー間の事前のスケジュール調整(時間的ミスマッチの緩和)、を前提としたライドシェアシステムを想定し、ライドシェアの成立可能性に関する数値シミュレーションを行った。その結果、集落がコンパクトにまとまっているかどうかはマッチング率に大きく影響すること、及び、高齢化の進行がマッチング率に及ぼす影響も小さくないことを確認した。

(3) インフォーマル及びフォーマルな都市環境下における生活行動分析

スラムにおいてみられる、(多くは違法な)医療/商業/銀行サービスの自発的供給を、スラム住民の生活実態からひも解くことを目的に、ベッカーの時間配分理論を理論的下敷きに仮説を導き、インド・ムンバイ市の現地調査およびアンケート調査をもとに実証分析を行った。主要な知見は、ケイパビリティが低い個人は、そうでない個人と比べ、余暇に配分する時間が限られており、移動の大半が、生産活動につながる「生産的消費」とならざるを得ないことを明らかにした。また、このような社会環境が、スラム内独自のサービスの自発的供給につながり得ることについて考察を加えた。

(4) 地域通貨両面市場における消費者と店舗の相互作用に関する実証分析

地域通貨取引を消費者と店舗の 2 つの主体が相互に影響を及ぼしあう両面市場と見なし、消

費者と店舗に働く主体間相互作用と主体内相互作用を考慮した消費者換金行動モデル、店舗加盟行動モデルを構築し、広島県の4つの市を対象とした実証分析を通じて、それぞれの相互作用が消費者の換金行動と店舗の加盟行動に及ぼす影響を定量的に示した。実証分析の結果、主体間相互作用が消費者の換金行動、店舗の加盟行動の両方に有意な影響を及ぼしていること、消費者に正の主体内相互作用の存在が確認されたこと、消費者の主体内相互作用の強度は消費者自身の地域愛着の程度に依存していることが示唆された。また、地域通貨事業の効率性を評価するシミュレーションを行った結果、運営主体は店舗へ一定額の補助金を出すことで地域通貨事業の効率性を大きく改善できることが示唆された(図5)。

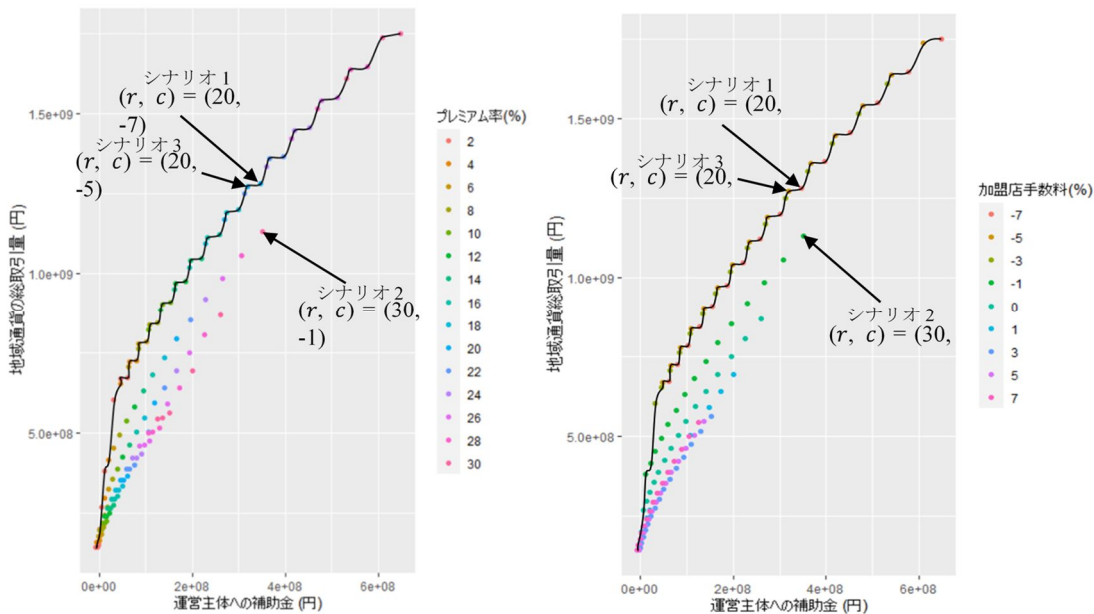


図5. 取引量と補助金の関係(左：プレミアム率で色分け；右：加盟店手数料で色分け)

以上の分析を総合してまとめると、個人間の相互作用を扱う社会的相互作用モデルを基礎に、複数種類の主体の意思決定を明示的に反映した相互作用を扱うモデルに拡張可能することで創発メカニズムを一定程度記述できること、一方、創発現象そのものは、複数主体の意思決定だけでなく、それを取り巻く「立憲的選択ルール」、「集成的選択ルール」、「運用ルール」の束に影響を受け規定される可能性が高いこと等が明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Safira, M., Chikaraishi, M.	4. 巻 13
2. 論文標題 Association Between Facility Location Agglomeration and Car Dependency: A Case of Japanese Cities	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies	6. 最初と最後の頁 1087-1098
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11175/easts.13.1087	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 力石真, 瀬谷創, 福田大輔	4. 巻 74
2. 論文標題 社会的相互作用に着目したエビデンスベース研究の展開と土木計画への応用可能性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3（土木計画学）	6. 最初と最後の頁 I_715～I_734
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejipm.74.I_715	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chikaraishi Makoto, Jana Arnab, Bardhan Ronita, Varghese Varun, Fujiwara Akimasa	4. 巻 65
2. 論文標題 A framework to analyze capability and travel in formal and informal urban settings: A case from Mumbai	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Transport Geography	6. 最初と最後の頁 101～110
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jtrangeo.2017.09.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件／うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Tigulo, A.A., Varghese, V., Chikaraishi, M.
2. 発表標題 Analysis of Life Satisfaction in Slum Rehabilitation Housing Projects: A Decision Tree Approach
3. 学会等名 The 13th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chikaraishi, M., Nakanishi, W., Seya, H.
2. 発表標題 A continuous representation of link in the recursive logit model: An application to modeling pedestrian behavior
3. 学会等名 International Choice Modelling Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makoto Chikaraishi
2. 発表標題 Empirical estimation of temporal utility profiles under time-space prism constraints
3. 学会等名 the 15th International Conference on Travel Behaviour Research (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Maya Safira, Makoto Chikaraishi
2. 発表標題 Do public facilities affect the spatial agglomeration of commercial facilities? An empirical study in Japan
3. 学会等名 the 58th European Congress of the Regional Science Associations (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森脇宇俊, 力石真, 藤原章正
2. 発表標題 中山間地域におけるライドシェアの成立可能性に関する数値シミュレーション
3. 学会等名 第57回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshioka, T., Chikaraishi, M., Fujiwara, A.
2. 発表標題 Empirical Models of Consumer and Merchant Behavior in the Two-Sided Market of Local Currency
3. 学会等名 The 14th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関