

# artisoc を用いた学内の違反駐輪研究

土方孝将\* 入江俊希\* 宮下剛秀\* 安保大樹\* 大元垂有理\* 大原光代\*

越川知紘\* 小宮賢祐\* 香川涼亮\*\*

\*筑波大学理工学群社会工学類 \*\*筑波大学大学院システム情報工学研究科

違反駐輪は我々の生活空間で広く見受けられる。本研究では、違反駐輪と駐輪時間の関係に着目し、artisoc を用いたマルチエージェント・シミュレーション(MAS)分析をおこなった。他者の駐輪行動に関わらず各個人は違反駐輪をすることで目的地により速くたどり着くことができる。しかし違反駐輪が増加することで、より多くの個人が所定の場所に駐輪する場合に比べて、全体の駐輪完了時間が長くなってしまったことを見出した。これは、ゲーム理論における「囚人のジレンマ」に似た利得構造が違反駐輪問題に内在していることを意味している。

キーワード：artisoc, MAS 分析, 違反駐輪

## 1. はじめに

通学および大学周辺施設への移動手段として、筑波大生が最も多く利用しているのは自転車であり、大学内の駐輪場には毎日多くの自転車が駐輪されている。多くの自転車は所定の場所に整然と駐輪されているが、点字ブロック上への駐輪や通路を塞ぐような違反駐輪が少なからず見受けられる(図1)。このような学内の違反駐輪によって不利益を被っているのは、自転車を生活必需品として利用している学生自身に他ならない。



図1 筑波大学構内駐輪状況(写真)

内田ほか(2002)は違反駐輪について考察し、それは目的地までの距離が近い場所ほど発生しやすく、さらに10代と20代の人は、他の年代に比べ違法駐輪に対する抵抗感が低いとしたり。しかし、これらの要因を理解するだけでは違反駐輪問題を解決するには至らない。本稿では、マルチエージェント・シミュレーション(MAS)を用いて、違反駐輪によって発生する個人と学生全体の不利益の構造を明らかにする。

主要な結果は次の通りである。他者の駐輪行動に関わらず各個人は違反駐輪をすることで目的地により速くたどり着くことができる。しかし違反駐輪が増加することで、より多くの個人が所定の場所に駐輪する場合に比べて、全体の駐輪完了時間が長くなってしまったことを見出した。これは、ゲーム理論における「囚人のジレンマ」に似た利得構造が違反駐輪問題に内在していることを意味している。

違反駐輪問題は学内にとどまらず、我々の生活空間において広く見受けられる。そのため、

本稿はさらなる一般的考察に発展させるための第一歩と位置づけられる。

以下の構成は次のとおりである。2章では、学内違反駐輪に関するヒアリング調査の結果を示し、シミュレーションにおいて考慮すべき事項を整理する。研究仮説はそれに基づいて設定される。3章ではシミュレーションの詳細を説明し、4章でその結果について述べる。5章では今後の課題に言及し、本稿を締めくくる。

## 2. 学内違反駐輪の現状

### 2.1 ヒアリング調査

現状に関して、筑波大学学生生活課にヒアリング調査を行った。(表1)

ヒアリング調査によって、大学としても点字ブロック上への駐輪や通路を塞ぐ駐輪など、違反駐輪について強く問題視しており、自転車へのICタグの取り付け義務化や駐輪可能スペースの拡大など、違反駐輪への対策を講じている。しかしながら、現状は違反駐輪が多い状況にあり、改善されていない。

表1 ヒアリング調査結果

ヒアリング調査概要	
日時	2013年11月21日(木)10:00~11:00
対象者	筑波大学学生生活課 土子昇様
ヒアリング調査結果	
質問	学内の駐輪について、現状の問題点
回答	・ 自転車の列の後ろに自転車が並ぶことで前の列が取り出せない。 ・ 点字ブロックの上への駐輪 ・ 枠をはみ出た駐輪によって通路を塞いでいる。
質問	これら現状に対し、どのような対策を行っているか。
回答	・ 自転車ICタグの導入による学内駐輪可能自転車の把握。 ・ 駐輪スペースの拡大。

## 2.2 研究仮説

本研究では、駐輪完了までの時間に着目し、次の仮説をたてた。

<仮説>

- ・ 違反駐輪が多くなれば多くなるほど、通路を塞ぐなど障害物となり、後続の人の駐輪が妨げられ全体としての駐輪完了時間が長くなる。

この仮説を基とし、artiscによるMAS分析を行う<sup>2)</sup>。

## 3. 研究方法

### 3.1 人工社会上の空間構築

artiscによる分析に先立ち、人工社会上の空間を構成する。筑波大学内の講義棟およびその周辺にある7箇所の駐輪場を対象とした。(図2) 駐輪可能台数は1箇所ずつ異なり、これには筑波大学が設定する可能台数と同数を設定した。なお7箇所の駐輪場の合計可能駐輪台数は600台である。

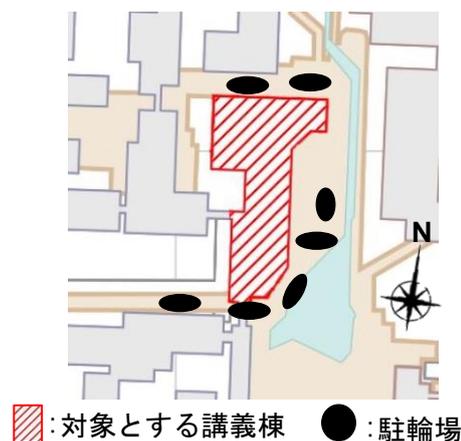


図2 筑波大学構内図

空間の構成には、ArcGISを用いて建物、駐輪場の空間的座標をとり、実際の筑波大学構内と同じ配置となるように人工社会上の空間を構築した。(図3) 駐輪場は半径5の円とした。

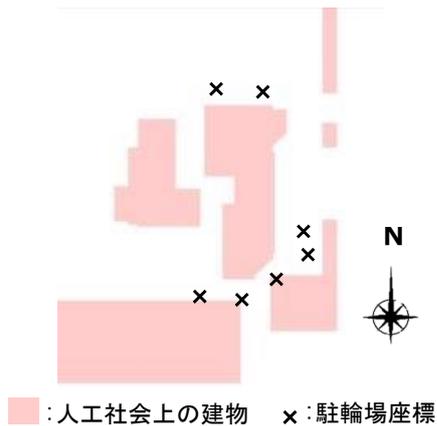


図3 人工社会上の空間

ここで、対象となる講義棟に対し、西側および南側の建物、東側の池が、駐輪場に向かう通行に影響を及ぼすと考えられる事から、人工社会上に障壁を構築した。その他の建物は本研究では考慮しない。

### 3.2 エージェントの構築

本研究におけるエージェント数は、600人とする。これは、対象とした講義棟を主に利用する、筑波大学旧第3学群に在籍する2013年度の1学年が600人であることから設定した。これらのエージェントに、違反駐輪確率パラメータを与え、一定値になることで違反駐輪を行う。ここで、前節より、駐輪可能台数とエージェント数は同数であるため、駐輪場が満杯になることによって違反駐輪をせざるを得ないエージェントは発生しない。

エージェントの構築には、山影(2008)所収のトリの飛行モデル<sup>2)</sup>に従い、壁やほかのエージェントを回避しながら駐輪場に向かって進行する。エージェントは常に、空間内のすべての駐輪場の駐輪可能状況(空車または満車)を把握している。

エージェントには以下の状態を設定する。適切駐輪エージェントは、空車の駐輪場の中から、現在地点から最も近い駐輪場を目的として進行する。進行中に満車となった場合はその時点で進行方向を変え、別の駐輪場を目指すこととなる。違反駐輪エージェントは、駐輪状況に

関わらず最も近い駐輪場に向かい、到達した駐輪場に満車であっても駐輪する。

学生は時間に余裕があるほど適切に駐輪し、授業開始が近づくなど時間に余裕が無くなると次第に違反駐輪をしやすくなると考えられる。この性質をMASで考慮に入れるため、次のような設定とした。シミュレーション開始時は全員が適切駐輪エージェントである。「各ステップ開始時に違反駐輪エージェントに変化する確率」をロジスティック関数

違反駐輪確率

$$= \frac{k}{1 + 150 \exp\{-0.05(\text{stepcount} - 100)\}}$$

( $k$ は違反駐輪係数,  $k < 0.01$ )

で与え、ステップ経過につれて違反駐輪エージェントに変化しやすくした。一度違反駐輪に変化したエージェントは、適切駐輪に戻ることはない。ここで $k < 0.01$ とは、 $k = 0.01$ のとき、200ステップを越えると違反確率が100%となることを考慮したためである。

### 4. artisoc を用いた MAS 分析

エージェント(学生)が、対象とした講義棟に自転車通学するとして、与えられた学生の心理属性(駐輪違反確率)に関するパラメータを変化させながら、全ての駐輪が完了するまでにかかる時間(ステップ数)を計測した。

学生が駐輪場に向かう経路は、講義棟に対し東西南北方向からの4つがある。これは、実際に筑波大学生が利用する経路である。各経路を通る学生数は、北側および西側を60ずつ、東側を180、南側を300とした。これは、筑波大学生の実際の居住地と通学路を考慮したものであり、学生は4つの経路から順番に学内に入ってくるとした。分析のフローチャートは次の図4の通り。

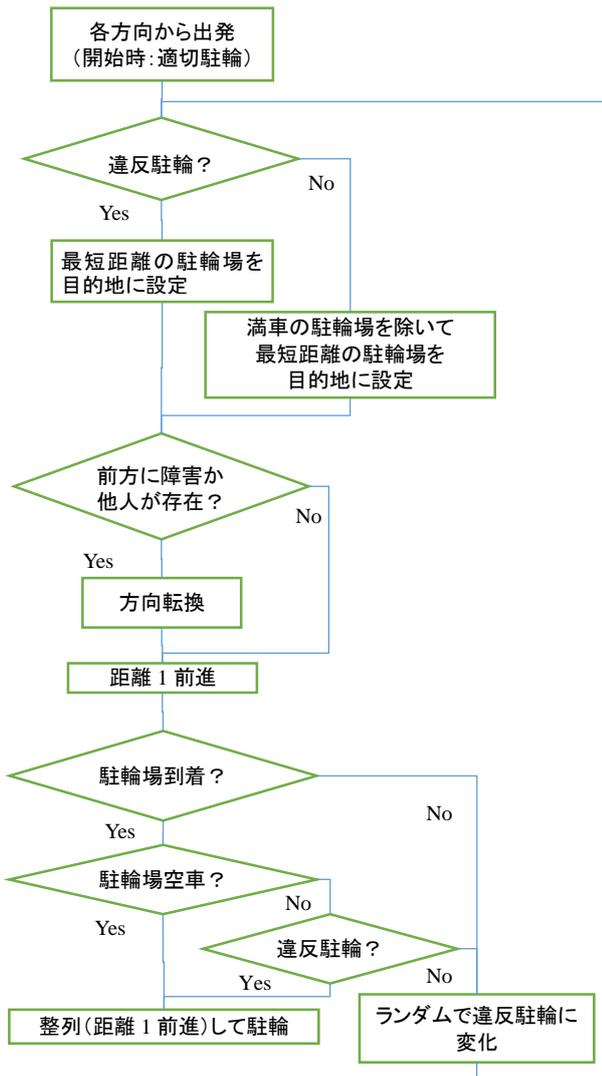


図4 分析のフローチャート

## 5. 結果

### 5.1 違反駐輪確率変化と駐輪完了時間の関係①

MASモデル上でエージェントが駐輪場に向かって移動する様子と、1試行終了時点の駐輪状況を図5, 6, 7で示す。

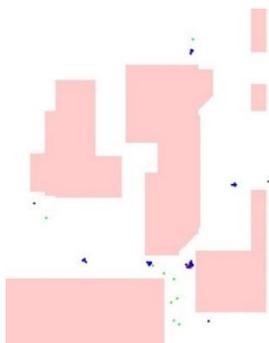


図5 駐輪場へ向かうエージェント

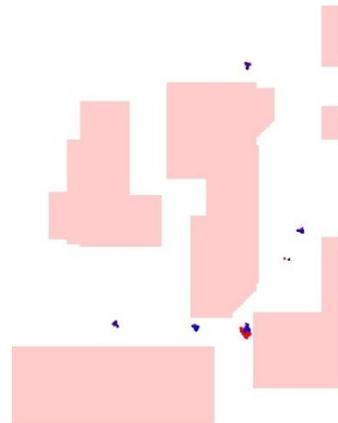


図6 終了時点の駐輪状況 (違反係数低)

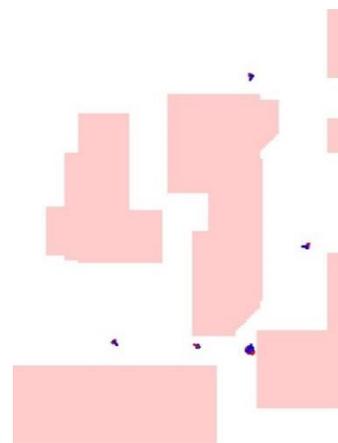


図7 終了時点の駐輪状況 (違反係数高)

違反係数が高い場合、違反駐輪が時間とともに増加し、後続の人の駐輪が妨げられる状況を再現できた。

次の図8は違反係数と全体の駐輪完了時間(総ステップ数)の関係を示したものである。

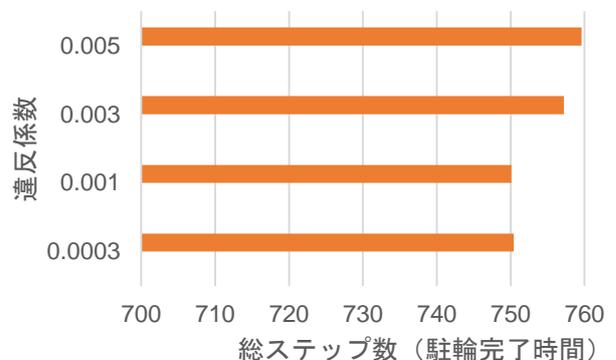


図8 違反係数と駐輪完了時間の関係①

※値は各10回のシミュレーション平均

違反係数が高くなると、駐輪完了時間が短くなる傾向がみられた。違反駐輪をする場合、他者の駐輪行動に関わらず各個人は違反駐輪をすることで、個人の駐輪完了時間は短くなる。しかし違反駐輪が増加することで、より多くの個人が所定の場所に駐輪する場合に比べて、全体の駐輪完了時間が長くなってしまいうことを見出した。これは、違反駐輪問題における利得構造は、「囚人のジレンマ」ゲームにおけるそれと似た構造が内在することを意味している。

ここで、違反係数を0に近づけた場合に、駐輪場は満車にはなっていないにも関わらず、違反駐輪が発生する現象がみられた。さらに、ステップ終了時にも、満車になっていない駐輪場が存在していた。ここには、エージェントから遠い駐輪場が使われにくいということが要因の一つとして挙げられる。従って、全駐輪場を探すというのは非現実的であると推測した。

## 5.2 違反駐輪確率変化と駐輪完了時間の関係②

前節では、7つの駐輪場すべてを探すというシミュレーションの結果であったが、すべての駐輪場を探し空車を見つけるというのは、非現実的である。そこで、全駐輪場を探すのではなく、6つの駐輪場を探すモデルを作成した。つまり、7つの駐輪場のうち、6つが満車になっていた場合、最後の1つの駐輪場を探すのを諦め、違反駐輪モードになり、近くの駐輪場へ違反駐輪を行う。違反係数と全体の駐輪完了時間の結果は図9。

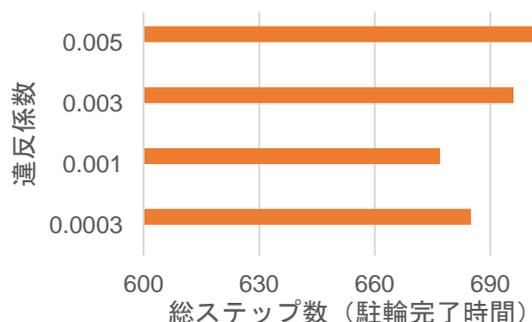


図9 違反係数と駐輪完了時間の関係②  
※値は各10回のシミュレーション平均

全駐輪場を探した場合と同様に、小さい場合に比べ、違反係数の大きいほうが、全体の駐輪時間は長くなる傾向を見ることができた。

## 6. 課題

本研究の課題として以下にまとめる。各入構経路からの人数は、筑波大学生の実際の居住地を考慮したが、その人数を様々に変化させた時にも同様の結果が得られるかどうかは、将来の課題として残されている。また、エージェントの心理的屬性に関するパラメータは複数用意していたが、それらを変化させた影響の分析はまだ完了していない。

違反駐輪問題には、囚人のジレンマゲームと同様の利得構造がみられたが、様々な違反係数を用いて、より詳細な分析をする必要がある。違反係数を0に近づけた場合に、駐輪場は満車にはなっていないにも関わらず、違反駐輪が発生する現象について、エージェントから遠い駐輪場の存在が推測されたため、本研究を用いて駐輪場の配置等を検討する必要性がある。これらの課題を踏まえ、今後の更なるシミュレーション結果の分析が期待される。

## 謝辞

本研究は筑波大学理工学群社会学類で2013年秋学期に開講された「社会学における戦略的思考：理論、実験および演習」での実習内容に基づいている。ご指導いただいた渡邊直樹氏と秋山英三氏、有益なコメントを頂戴した岩田学氏と米納弘渡氏に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 内田武史, 細見昭, 黒川洸 (2002)「違法駐輪に関する意識を考慮した自転車利用者の駐輪

場所選択行動特性分析」土木計画学研究・論文集 Vol. 19-3, 409-414.

- 2) 山影進 (2008)『人工社会構築指南：artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門』改訂新版 281-288, 書籍工房早山.