

# マルチエージェントシミュレーションを用いた駐車場の混雑緩和

2012SE183 野田昂希 2013SE145 西山賢

指導教員：佐々木美裕

## 1 はじめに

イベント会場などに併設される大規模な駐車場では、イベント終了後に駐車中の車が一齐に出庫することが多く、駐車場内では混雑が発生しやすい。例えば、名古屋ドームや日本ガイシホールにおいて、車で来ている来場者がコンサート等のイベント終演後に一齐に駐車場に向かい、ほぼすべての車が同時に出庫しようとする光景をよく目にする。そのため混雑緩和を抑えることは大変有意義であると考えた。本研究では、日本ガイシホールの駐車場を例として、駐車場が満車の状態で駐車中の車がほぼ同時に出庫する状況における混雑緩和について考える。

日本ガイシホールは1987年7月19日に開館し、正式名称は「名古屋市総合体育館」という。「日本ガイシホール」「日本ガイシアリーナ」「日本ガイシフォーラム」という3つの施設で構成されている。国内外の著名アーティストによるコンサート、商品展示会などの見本市などが開催されている収容人数約1万人の屋内総合体育施設である。所在地は名古屋市南区で、最寄り駅であるJR笠寺駅から徒歩5分ほどである。また駐車場は、2つの平面自走式駐車場を併設しており、収容台数はそれぞれ327台と1,385台である。

日本ガイシホールの駐車場が混雑している原因は、駐車場内の合流点に優先順位を設定してないことであると考え、駐車場内の通路に優先順位をつけることで駐車場の混雑を緩和できるかどうかをマルチエージェントシミュレーションソフト artisoc を用いて検証する。

## 2 artisoc について

artisoc は、日本で最も広く使われている複雑系シミュレーションプラットフォームである。マルチエージェントシミュレーションとは複数のエージェントに同時進行的に各々のルールのもと、お互いに干渉を受けながら実行させるシミュレーションである。また、エージェントや変数を配置する場所を空間といい、エージェントはシミュレーションの中で一定のルールに従って行動・相互作用する物体である。

## 3 マルチエージェントシミュレーションを用いた研究

稲吉ら [2] は、マルチエージェントモデルを用いた南山大学瀬戸キャンパス G 棟におけるシミュレーションを扱っている。大地震をはじめ、その他の非常事態に備えて、避難経路を見直すことで人的被害を最小限に抑えることを目的としている。この研究では、現状の建物の構造から考えられる避難方法と建物の構造を変えることを視野にいたした新たな避難方法の2点を比較検討し、複数の人間が避難する

様子をシミュレーションするため、マルチエージェントモデルを用いている。

## 4 問題のモデル化

artisoc で扱うことのできる空間は最大で 50x50 セルであるため、327 台を収容する日本ガイシホールの駐車場をそのまま再現することはできない。そこで、この駐車場を約半分の大きさで再現して駐車場内のすべての車が出庫に向かうシミュレーションを行う。以下の図1は、日本ガイシホールの駐車場を再現したものである。マルチエージェントシミュレーションを行う上で、車、駐車スペース、壁、駐車禁止エリアをエージェントとして配置する。ただし、壁、駐車禁止エリア、駐車スペースは動かないエージェントである。

図1において黒いセルは壁、駐車禁止エリア、水色のセルは駐車スペース、白色のセルは車が走行する通路を表している。また、通路と通路が交差するセルを合流点と呼び丸印(○)で示す。満車である駐車場から車が出庫する様子をシミュレーションするためにすべての駐車スペースに車を1台ずつ配置する。

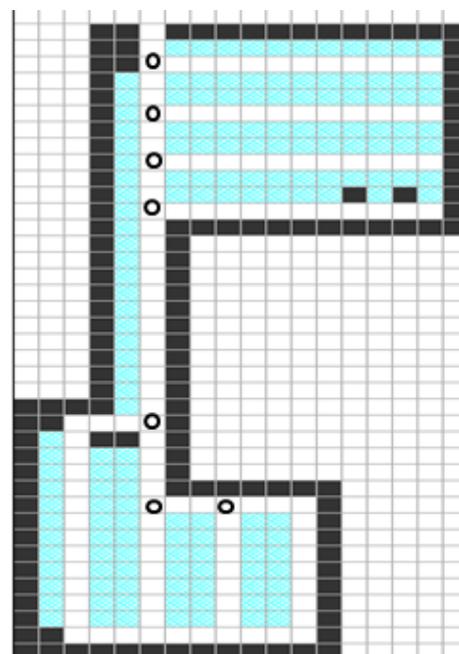


図1 駐車場

## 5 車エージェントのルールの設定

車エージェントには進行方向を設定する。図2においてA車の進行方向の一つ前のセルを前方、またその左右をそれぞれ左前右前と呼ぶ。1ステップに移動できるのは前方へ1セルとする。1つのセルには1台の車エージェントし

か入らない。すべての駐車スペースに1つずつ車エージェントを配置し、車エージェントは出口に向かうというルールに従う。車エージェントは壁、駐車禁止エリア、駐車エリア、駐車スペースを避けて通る。

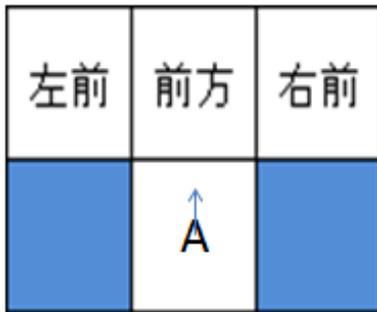


図2 基本ルール

## 6 優先通路の設定

図3は、A車とB車が同時に合流点手前のセルに位置する状況を表している。本モデルでは、優先通路を設定し、優先通路上に位置する車エージェントが優先的に合流点に侵入できるものとする。図3において、A車が走行している通路が優先通路である場合、A車が優先的に前進できる。また、B車が走行している通路が優先通路である場合、B車が優先的に前進できる。

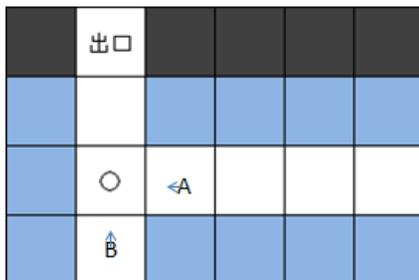


図3 優先通路

図4、図5ではそれぞれ赤い矢印のある通路を優先通路とする。図4は縦の通路を優先とする「縦優先」、図5は横の通路を優先とする「横優先」、またこの2つに加えて優先通路を設定しない「優先なし」、縦の通路と横の通路の優先通路を1ステップごとに切り替える「縦横優先切り替え」の4パターンについてシミュレーションを行う。

## 7 車エージェントの行動ルール

### 7.1 前方が合流点ではない場合

車は、前方に他の車がいなければ前進する。図6ではA車の前方に他の車がいなかったため前進することができる。図7ではA車の前方にB車が存在しているためA車は進むことができない。

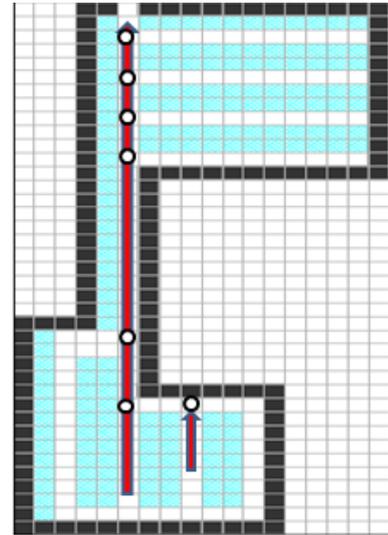


図4 縦優先

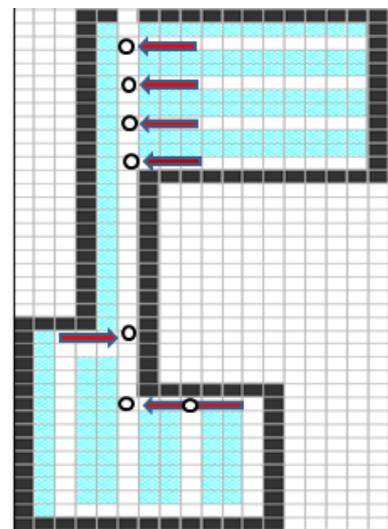


図5 横優先

### 7.2 前方が合流点である場合

車は、優先通路上であるなら前方に車がいなければ前進する。また、優先通路上ではない場合、左折するか右折するかにより行動ルールが異なる。図2においてA車は左折するときは前方と右前、右折するときは前方と左前に他の車がいるかどうかを確認し、いなければ前進する。4つの例を紹介する。A車はすべての図において優先通路上であると

する。図8において、A車が左折するとき黄色いセル（前方と右前）に他の車がいないので前進できる。図9において、A車が左折するとき黄色いセル（前方と右前）を確認し、右前にいるB車が前進しようとするためA車は前進できない。図10において、A車が右折するとき黄色いセル（前方と左前）に他の車がいないので前進できる。図11において、A車が右折するとき黄色いセル（前方と左前）を確認し、左前にいるB車が前進しようとするためA車は前進で

きない。



図6 行動ルール1

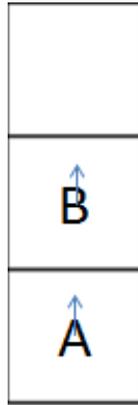


図7 行動ルール2

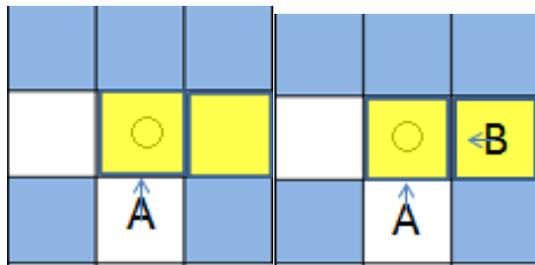


図8 Aが左折

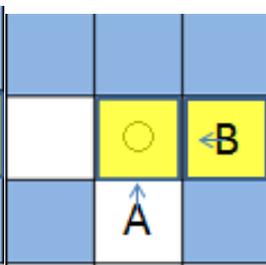


図9 Aが左折

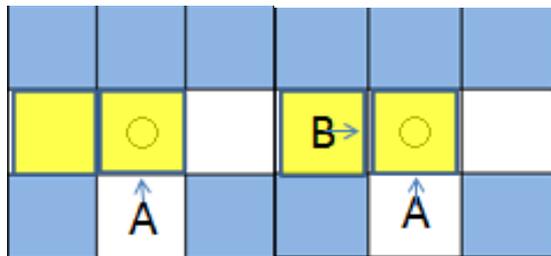


図10 Aが右折

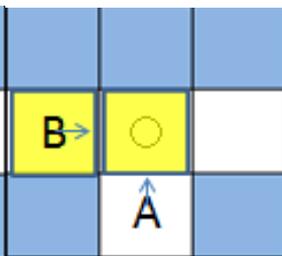


図11 Aが右折

### 7.3 シミュレーション実行結果

駐車中の車が一齐に出庫する場合と駐車中の車が徐々に  
出庫する2パターンでシミュレーションを行う。駐車中の  
車が徐々に出庫する順番はランダムとする。

一齐に出発した場合と徐々に出発した場合について、そ  
れぞれ縦優先、横優先、優先なし、縦横優先切り替えの4  
パターンを対象としたシミュレーションをそれぞれ10回  
行った。駐車場内に駐車してある車158台すべての車が出  
庫したときの、それぞれのパターンの平均ステップ数、最  
小ステップ数、最大ステップ数を表1、2に示す。

表1 シミュレーション結果(一齐出発)

ステップ数	平均	最小	最大
優先通路			
優先なし	329.7	326	341
縦優先	315.2	310	322
横優先	359.4	353	365
縦横優先切り替え	327.5	324	333

表2 シミュレーション結果(ランダム出発)

ステップ数	平均	最小	最大
優先通路			
優先なし	326.5	321	332
縦優先	315.5	308	322
横優先	346.2	341	354
縦横優先切り替え	323.1	316	328

## 8 優先通路の設定による結果の比較

### 8.1 優先なし

図12は優先なしの場合で、各車エージェントが出庫する  
のにかかったステップ数をプロットしたものである。青い  
点が優先なし、また赤い点は混雑がまったくしていないと  
きを表している。優先なしの場合を近似して混雑なし場合  
と比較すると、優先なしの場合は混雑がまったくしていな  
いときに比べ、各車の平均出庫時間はおよそ7倍であるこ  
とがわかる。

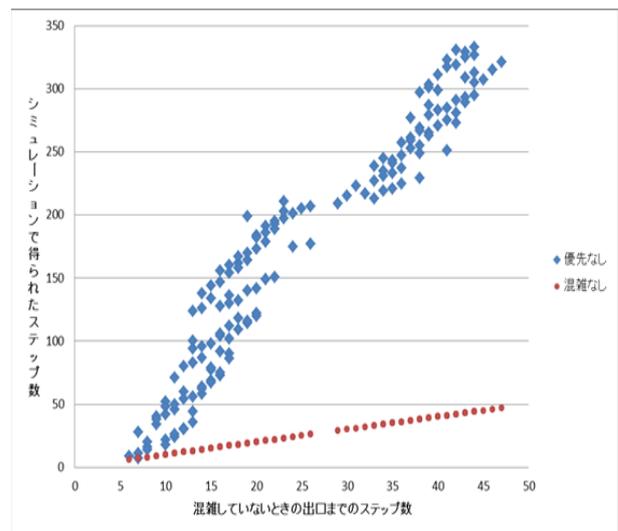


図12 優先なし

### 8.2 縦優先

図13は縦優先の場合で、各車エージェントが出庫するの  
にかかったステップ数をプロットしたものである。青い点

が縦優先を表している。出口から近い駐車スペースに車を止めている人が極端に出庫するまでに時間がかかっていることがわかる。

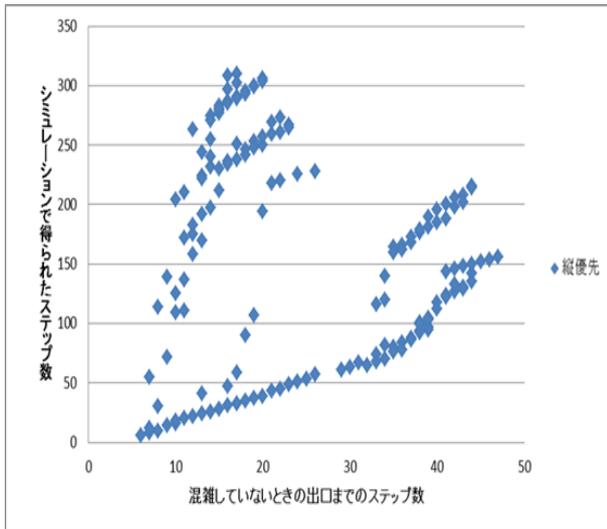


図 13 縦優先

### 8.3 横優先

図 14 は横優先の場合で、各車エージェントが出庫するのにかかったステップ数をプロットしたものである。青い点が横優先のときを表している。縦優先ほどではないが、出口から近い駐車スペースに車を止めている人が出庫するのに多少時間がかかっていることがわかる。

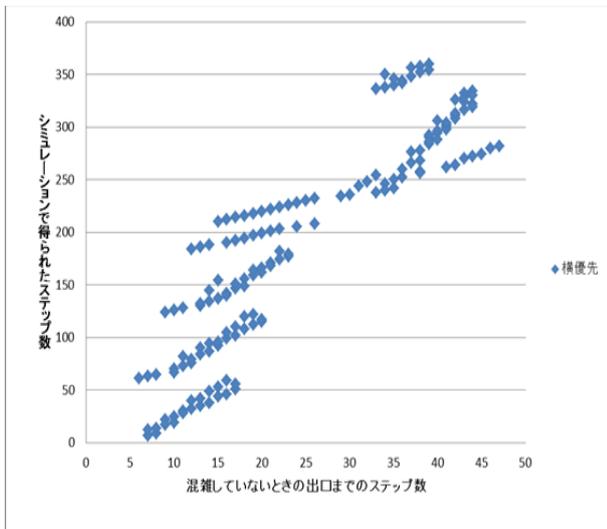


図 14 横優先

### 8.4 縦横優先切り替え

図 15 は縦横優先切り替えの場合で、各車エージェントが出庫するのにかかったステップ数をプロットしたものである。青い点が縦横優先切り替えのときを表している。

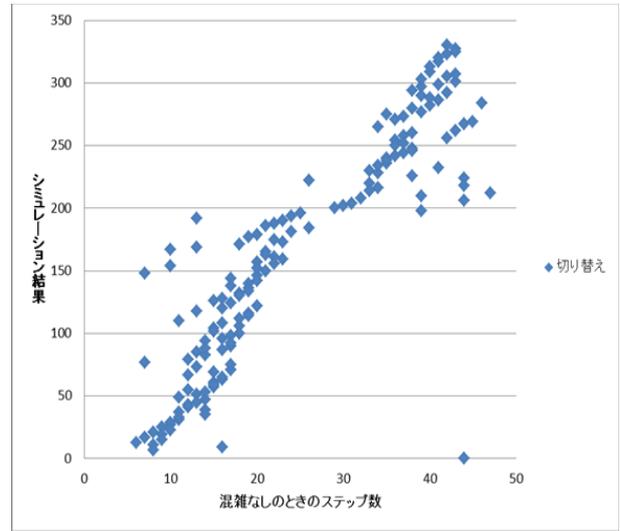


図 15 縦横優先切り替え

## 9 おわりに

本研究では、マルチエージェントモデルを用いて、日本ガイシホールの駐車場の混雑緩和のために駐車場から出庫する様子をシミュレーションした。

シミュレーション結果より、すべての車が出庫するまでのステップ数は縦優先のパターンが 4 つの中で一番少なかったが、個別の車の結果を見ると縦優先の場合混雑していないときに比べ極端に出庫するまでに時間がかかる車が多くいた。そこで個別の車の結果を見たとき「優先なし」と「縦横優先切り替え」が混雑なしのときと比べて極端に出庫するのに時間がかかる車がない。2 つの観点から見たとき「縦横優先切り替え」が最も混雑緩和に適している優先通路の設定方法であることがわかった。

今後は駐車場付近の道路の混雑や信号の影響を考慮したシミュレーションを行い、より現実近づけることが課題である。

## 参考文献

- [1] 『日本ガイシ スポーツプラザ ホームページ』  
<http://www.nespa.or.jp/hall/>
- [2] 稲吉敦子, 山内まり恵: 『マルチエージェントモデルを用いたシミュレーション 瀬戸キャンパス G 棟における避難問題』. 南山大学数理情報学部, 2010.
- [3] 兼田敏之: 『artiso で始める歩行者エージェントシミュレーション』. 構造計画研究所, 東京, 2010.
- [4] 『artiso ユーザマニュアル』.  
<http://mas.kke.co.jp/cabinet/1.0/manual-ja.pdf>