

# 屋内公共空間における歩行者流動情報を利用した

## マルチエージェントシミュレーション

都野井 剛<sup>†</sup> 井上 豊<sup>‡</sup> 幸島 明男<sup>‡</sup> 諏訪 敬祐<sup>†</sup> 車谷 浩一<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>武蔵工業大学 環境情報学部 情報メディア学科

<sup>‡</sup>産業技術総合研究所 情報技術研究部門, JST, CREST

### 1. はじめに

近年、位置情報取得技術の進歩に伴い、歩行者ナビゲーション技術が向上し、携帯電話や携帯端末で簡単に利用できるナビゲーションシステムの研究開発が積極的に行われている。GPS (Global Positioning System) に代表される衛星測位システムを利用したカーナビゲーションシステムでは、現在地周辺の道路状況や進行ルート上の渋滞情報などを把握することができ、それらの情報をルート探索時に反映することが可能である。

一方、歩行者を対象としたナビゲーションの場合、人間が通行可能なすべての通路に関して、混雑の状況を管理することは難しく、VICS のような渋滞情報管理システムを構築することは現実的ではない。そのため歩行者ナビゲーションでは、各地点間の単純な経路誘導機能が一般的に提供されることが多い。しかし、歩行者のナビゲーションを屋内に限定して考えた場合、施設内の混雑を避けて目的地まで案内した方が効率的であると思われる。

そこで本研究では、マルチエージェントモデルによる屋内公共空間における歩行者流動を再現し、シミュレーションにより歩行者の混雑状況の把握を試みる。シミュレーションでは、商業施設にて実際に計測した歩行者の流入情報を用いて実験を行う。この実験では、時間帯ごとに歩行者流動の予測シミュレーションを行い、その実験結果についての考察を示す。

### 2. マルチエージェントシミュレーション

マルチエージェントシミュレーションとは、主体性を持った複数の要素 (エージェント) の相互作用によって形成される、人工的な社会モデルを用いてシミュレーションを行うことを指す。マルチエージェントシミュレーションでは、エージェント同士の相互作用の表現により、従来の手法では難しかった人間行動や社会現象等を扱うことが可能である。

本研究では、(株) 構造計画研究所<sup>1</sup>が開発したマルチエージェント型シミュレータ作成ツールである「KK-MAS」を用いて、シミュレーションモデルを作成した。

### 3. 屋内公共空間における人流モデル

屋内公共空間における人の流れをシミュレーションするために、対象となる商業施設において事前に歩行者流動について調査を行った。特に特徴的な歩行者の流動が観察された時間帯は、平日の朝 8 時頃と夕方の 5 時頃である。この時間帯は、通勤あるいは帰宅のために館内を通過する歩行者が多く通行しており、各所で微少な混雑が見られた。

前述のような時間帯ごとの歩行者の移動特性などを考

慮し、各時間帯の歩行者の移動先、歩行速度および各出入口からの流入数をシミュレータのパラメータとして定義した。これらのパラメータは、事前の現地調査結果より設定した。ただし、流入数は実験ごとに設定することが可能である。したがって、流入数を変更することによって、各時間帯における来客数ごとの人流予測シミュレーションなどを行うことができる。

シミュレーションモデルの構築には、エージェントが移動する空間のモデル化が必要である。本シミュレーションでは、図 1 に示すように格子型で空間モデルを定義し、対象の商業施設フロアマップを作成した。このフロアマップは横 100×縦 50 のセルで形成されており、各セルの一边を約 2[m]と仮定した。つまり、このフロアマップは 200[m]×100[m]の広さに相当する。

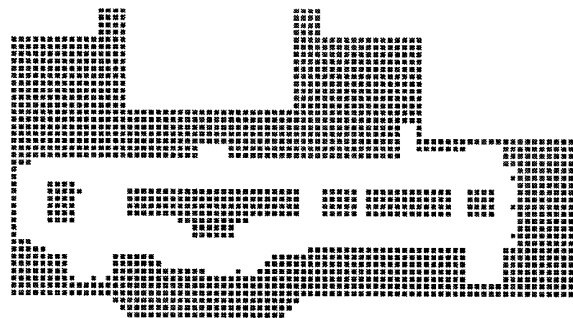


図 1 商業施設のフロアマップ

本研究で用いるエージェントについて、以下に説明する。

#### ・ WORLD エージェント

現地実験で得られた情報を元に、各出入口において一定の確率で流入する通行者エージェントを生成する。また、一定ステップごとに各出入口の流入出者数のファイル出力を行う。

#### ・ 通行者エージェント

定められたルールに基づき動作し、人流を形成する。目標出入口を変数に持ち、通行者エージェント生成時に自身が生成された箇所以外の出入口の中から目標出入口を決定、これに向かい MAP 内移動可能エリアを通行する。目標出入口到着と同時に MAP 内から削除され、同出入口

Multi-Agent Simulation in indoor facilities based on Inflow/Outflow Information

<sup>†</sup>Takeshi TANAKA <sup>‡</sup>Yutaka INOUE <sup>‡</sup>Akio SASHIMA <sup>†</sup>Keisuke SUWA <sup>‡</sup>Koichi KURUMATANI

<sup>†</sup>Department of Information Ecology Studies, Musashi Institute of Technology

<sup>‡</sup>Advanced Institute of Science Technology, JST, CREST.

<sup>1</sup> (株) 構造計画研究所: <http://www.kke.co.jp/>

における退場者としてカウントされる。

#### ・ 出入口・エスカレータエージェント

事前に設定した位置に配置されており、通行者エージェントの移動目標となる。出入口・エスカレータエージェント自身は他エージェントに影響を及ぼすような動作規則は持たない。

#### 4. シミュレーション

屋内商業施設において、全ての時間帯における通行量を把握するためには、カメラセンサなどを用いた複雑なシステムを構築する必要がある。また、未来の混雑状況を知ることは一般的に困難と考えられる。

そこで、屋内複合施設をモデルとしたシミュレーションモデルを作成し、出入口からの流入を変化させた際、流出量の変化を観察することによって時間帯ごとの歩行者流動の予測を試みる。この予測シミュレーションを行うために、いくつかの実験を行う。

シミュレーションを行う際の条件を以下に記す。

- ・ 初期状態でフロアマップ上に通行者エージェントは存在せず、シミュレーション開始と共に各出入口において同エージェントが生成される。
- ・ 通行者エージェントは各出入口において、現地調査より得られた情報をもとにした発生率で生成される。
- ・ 各エージェントの移動先は、現地調査によって得た情報をもとに確率的に決定する。またこの確率は時間帯によって変動させる。
- ・ 通行者の歩行速度は、一般的な歩行速度とされる4km/hourで定義され、1ステップで約2m進むものとする。ただし、時間帯やエージェントによって変動させる。
- ・ シミュレーション時間を1時間(2,000ステップ)とし、時間内に生成・退出した通行者エージェントをカウントする。
- ・ シミュレーション終了時点でフロア上に残存している通行者はカウントしない。
- ・ 33ステップ(約1分に相当)ごとに、各出入口における入退場者数の、同ステップ内の合計値をファイルに出力する。

#### 5. シミュレーション結果と考察

現地での人流計測調査結果およびシミュレーションにおける各出入口における各出入口入退場者数の合計を表1に示す。以下は、平日の朝(8:00-9:00)および夕方(17:00-18:00)のデータである

表1 各出入口における入退場者数の合計

|             |    |      | 桜木町方面 | スカイガーデン通路 | クイーンズ方面 | みなとみらい大通り方面 |
|-------------|----|------|-------|-----------|---------|-------------|
| 8:00-9:00   | 流入 | 調査結果 | 1579  | 1935      | 157     | 68          |
|             |    | 実験結果 | 1605  | 1964      | 165     | 75          |
|             | 流出 | 調査結果 | 169   | 78        | 1679    | 267         |
|             |    | 実験結果 | 38    | 248       | 3191    | 207         |
| 17:00-18:00 | 流入 | 調査結果 | 754   | 355       | 1589    | 287         |
|             |    | 実験結果 | 802   | 409       | 1606    | 293         |
|             | 流出 | 調査結果 | 1796  | 914       | 838     | 326         |
|             |    | 実験結果 | 1394  | 666       | 553     | 397         |

本シミュレーションでの各出入口における各時間帯の流入者は、現地での計測値を利用して擬似的に生成しているため、調査結果と実験結果共に同じような値となっている。ただし、シミュレーション内における通行者エージェントの発生タイミングは、シミュレーションモデルに従うため、実際の流入者データと同じタイミングで

発生するわけではない。

シミュレーションより得た流出者の合計は、図3の朝のクイーンズ方面出入口、夕方の桜木町方面出入口のように、特徴的なデータに関しては、およそ再現することができた。これは、現地での調査結果を基に作成した時間帯ごとのエージェントの歩行速度や移動先の変動確率が有効であったことを意味していると考えられる。

図2(a)(b)に示す朝の流出量において、前半30分の結果に差異が見られる。これは、シミュレーションにおける流入者の発生確率は1時間ごとで設定していることに起因していると思われる。図2(c)(d)に示される夕方のシミュレーションでは、各出入口の流出の比率が同程度であり、本シミュレーションシステムの再現性のある程度確認することができた。

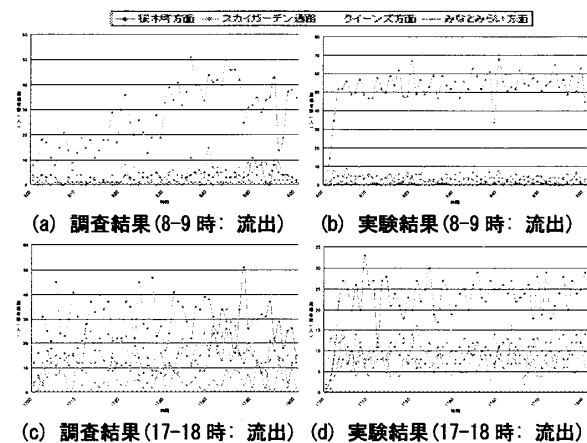


図2 シミュレーション結果

#### 6. おわりに

本研究では、屋内公共空間における歩行者の混雑状況を把握し、歩行者流動の予測を行うためにマルチエージェントモデルによるシミュレーションを行った。その結果、シミュレーションモデルに実際の流入者の計測情報を利用することで、ある程度の精度を持つ流出者数を予測することができた。このシミュレーションにより施設内における各地点の混雑度を算出することも可能である。より詳細かつ精度の高い結果を得るためには、シミュレーションの各パラメータを時間ごとにリアルタイムに変更するなどの仕組みを検討する必要がある。

本研究では、現地での事前調査において特徴的な人流発生が観測された時間帯のみ実験を行ったが、今後は、それ以外の時間帯についても実験したいと考えている。また館内の通行者は、通勤のための歩行者だけでなくショッピングのために来場した歩行者も多く存在する。このような通勤客と購買客の比率が人流に及ぼす影響などをマルチエージェントシミュレーションにより調査したい。

#### 参考文献

- [1] 服部正太, 山影進, 「コンピュータのなかの人工社会」-マルチエージェントシミュレーションモデルと複雑系-, 共立出版(2002)
- [2] 山田健司, 「マルチエージェントを用いた店舗内人流シミュレーション」, 平成16年度 金沢工業大学工学部経営情報工学科 工学設計III研究論文