

エージェントベースシミュレーションによる空港などの大型施設におけるサインシステムの評価

○島田英里子(早稲田大学) 大堀耕太郎(富士通研究所) 山根昇平(富士通研究所)

山田広明(富士通研究所) 高橋真吾(早稲田大学)

Agent-Based Simulation for Evaluation of Signage System in Airport Passenger Terminals and Other Large Facilities

* E. Shimada (Waseda University), K. Ohori (Fujitsu Laboratories LTD.), S. Yamane (Fujitsu Laboratories LTD.), A. Yamada (Fujitsu Laboratories LTD.) and S. Takahashi (Waseda University)

概要— 空港の旅客ターミナルや駅、ショッピングモールなどの大型公共施設では、施設利用者が快適に移動できるようにサインシステムが導入されている。従来のサインシステム評価では、サインシステムの計画要素である情報内容、表現様式、空間上の位置を網羅的に考慮することができていない。本研究では、歩行者が複数あるサインから表現様式を考慮して1つのサインを選択する行動に注目する。「誘目度」という指標を提案し、歩行者エージェントシミュレーションシステムの開発を行う。

キーワード: サインシステム, 表現様式, エージェントベースシミュレーション

1 研究背景

サインシステムは、空港などの大型施設において施設利用者が快適に過ごせるように設置されている。サインシステムは、特定の施設やエリア内である目的に沿った情報提供を行うサイン類全体と定義されており、サインの表示内容や表示方法に相関関係が与えられている¹⁾。

サインシステムの評価は、サインシステムを設計するにあたって非常に重要だが、従来のサインシステムの評価は、主にサインシステムの要件に基づいたチェックリスト等を用いた定性的な視点からの評価にとどまっている²⁾。定性的な視点からの評価では、個別の点検項目が良かったとしても、施設全体での総合的な評価として利用者の快適性の評価は十分には行えない。これらの定性的な原則に沿ったサインシステムの計画では、実際に運用してみて初めて問題が見つかることがある。また、一度設置されたサインシステムの改修は、物理的にも予算的にも困難なことが多い。サインの上から張り紙をして一時的な修正をしているものはよくみかける。

Florian et al.³⁾は、public display の評価方法の例を Asking Users, Ethnography, Lab Study, Field Study の4つに分類しているが、歩行者の流れを動的に評価するシミュレーションモデルはまだ開発されていないと述べていた。そこで、従来考慮されていなかった利用者が情報に基づいて行動するという動的視点から、サインシステムを導入前に定量的に評価できるシミュレーションシステムの開発が求められる。

Ohori et al.⁴⁾は、エージェントベースシミュレーションを用いたサインシステム評価を行った。しかし、歩行者エージェントの情報探索行動の特性を考慮したモデルが構築されていないため、サインシステムの設置方法によっては、行きたいところはあるが経路が分からない状況になることが増え、十分にサインシステムを評価できていない。そこで、Shimada et al.⁵⁾は、歩行者エージェントの情報探索行動と視野の関係を考慮し

たシミュレーションモデルを提案した。サインシステムの設置方法の効果の違いをより明らかに表現することが可能になった。

サインの整備や評価に際して重要となる要素として「情報内容」「表現様式」「空間上の位置」の3つがある⁶⁾。3つの要素を工夫することで、エージェントのタイプや事前の行動によって、サインへの反応度合い(“attention”や“interest”)を変化させることができる。例えば、日本語表記しかないサインシステムでは、海外からの観光客は情報を取得できなかったり、数分前に見たサインに書かれていたマークと同じマークがあれば、そのマークが書かれたサインを追っていくという行動が起きたりする。

サインシステムの表現様式には、単純性、明瞭性、統一性、連続性、システム性が存在する⁷⁾。単純性と明瞭性は、サインに記載されている情報の受け取りやすさや分かりやすさを表している。統一性と連続性、システム性は、サイン間の関係の分かりやすさやサインの存在の認識しやすさを表している。公共交通機関旅客施設のガイドライン⁸⁾では、サイン設置時の検討すべき項目として、ピクトグラムや多言語表記、デザイン、文字サイズ、照明などを挙げている。これらは、サインの表現様式の要素のうち単純性と明瞭性にしか着目できていない。NEXCO 東日本や荒巻ら⁹⁾は、空港利用者の属性を常用者、非常用者、高齢者、インバウンドなどに分類している。様々なタイプの利用者が存在する空港ターミナルでは、利用者によってほしい情報やわかりやすい情報は異なる。

Wayfinding は歩行者エージェントモデルで中心的な役割を担っている。Wayfinding は、目的地へ向かう前の経路選択と選択した経路に従って移動する行動に分けられる⁸⁾。経路選択行動(decision making)では a pedestrian's sensory attention と memory, navigational behaviors が重要である。Schrom-Feiertag Helmut et al.⁹⁾は、visual attention と navigation behavior, pedestrian movement からなる the Sense-Plan-Act パラダイムに従うエージェントを用いた wayfinding 行動のシミュレーション

ンをおこなった。また、Peter Michael Kielar et al.¹⁰⁾は、歩行者のある地点への興味によって目的地を選択するモデルを提案し、各地点の混雑度を予測するための歩行者行動のシミュレーションを行った。このように、歩行者行動において各歩行者が持っているサインへの反応度合い(“attention”や“interest”)はサインの選択行動と関係がある。大型施設の管理者が施設利用者のに基づいたサインシステムをデザインし、歩行者の利用ニーズの側面を組み入れてサインシステムを評価することは有効である。

2 研究目的

本研究の目的は、計画したサインシステムについて歩行者の動的視点から事前に定量的に評価し、サインシステム的设计、実装時の意思決定の支援することができるように、とくにサインの表現様式に着目して、サインの3つの要素すべてを用いたシミュレーションシステムを開発することである。これまでのサインシステムの評価^{4),5)}では、サインの要素のうち情報内容と空間上の位置しか考慮されていない。表現様式が不明瞭の場合、情報伝達性能が低下し、施設利用者へ情報を正確に伝えるにくくなるため、施設管理者は施設利用者へ情報が伝わりやすいように利用者のニーズに適した表現様式を設定する必要がある。

表現様式が考慮されていない場合、あるサインをみた全ての歩行者エージェントが取得できる情報に差がなく、サインに対する反応度合いにも違いが表れにくい。歩行者エージェントは歩行中に出会ったサイン全てから情報取得するため、情報の有用性には着目していない。空港内には多様な目的を持つ人が存在し、目的によって求める情報は異なるが、従来のサインシステムの評価モデル^{4),5)}では、歩行者エージェントの情報取得に関する違いは、視野の大きさのみで判断される。

本研究では、表現様式を考慮することで、歩行者エージェントのニーズを評価モデルに組み込むことができるようになる。ニーズとは、「あっちへ行きたい」「あれが好き」といった歩行者エージェントの内的な特性を表す。さらに、サインの情報内容や表現様式に応じて、歩行者エージェントが各サインに引きつけられる、能動的な情報取得行動を表現できるようになる。各エージェントの情報取得に関わる特性として、視野の大きさだけではなく、エージェントのタイプや、同一タイプ内の個体差も取り入れる。それにより、同じサインであっても歩行者エージェントがサインから取得する情報にバリエーションを持たせることができる。また、必要な情報が載っているサインであっても、情報を取得できるとは限らない行動も表現できる。

本研究では、表現様式をモデル化するために「誘目度」という概念を提案し、歩行者エージェントが複数あるサインから1つのサインを選択する行動を表現した「誘目度モデル」を構築する。また、構築されたモデルの有効性を評価するためのシナリオ分析を行う。シナリオ分析では、設置されているサインの表現様式をシナリオとし、4タイプの歩行者エージェントを発生させる。

3 モデル

本研究で利用するモデルは、空港ターミナルを想定した環境モデル(3.1節)、サインの特徴を示したサイン

モデル(3.2節)、サインの情報を取得しながら環境上を歩行する歩行者エージェントモデル(3.3節)から構成される。

3.1 環境モデル

環境モデルは、エージェントが移動する Cell, エージェントが移動する際に目的地となる Node, 進行可能な Node 同士をつないだ経路である Edge から構成される。歩行者エージェントは施設間を移動するために経路に従って歩行する(Fig.1, Table.1).

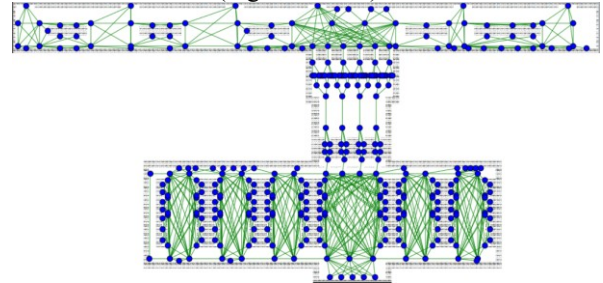


Fig. 1: 環境モデル: Node と Edge の関係

Table. 1: Cell が持つ Node の種類

Node の種類	Node の役割
Waypoint	エージェントが障害物を避けて移動するための経路上の通過点
手続き施設	環境モデルにおいてエージェントが必ず手続きを行う施設
商業施設	環境モデルにおいて各エージェントが目的に沿って利用する施設
最終目的地	エージェントの消失地点
入口	エージェントの出現地点

3.2 サインモデル

サインシステムはサインモデルの集合体として表現する。サインモデルは、設置される座標 $sign(x, y, floor)$, サイン番号 $signFid$, 表示面の向き $signDirectoin(sightx, sighty)$, エージェントに情報を受け渡せる角度 $signTheta$ と距離 $signR$, 表現様式に関する属性 $signPropertyset$, サインタイプ $signType$ で構成される。4つの変数 $sign(x, y, floor)$, $signDirectoin(sightx, sighty)$, $signTheta$, $signR$ でサインがエージェントに情報を受け渡すことができる範囲が決まる。サインタイプはエリア情報サイン $AreaSign$ と施設情報サイン $FacilitySign$ に分ける。各サインは情報内容を持っている。情報内容は以下の5つの特徴を持つ: カテゴリーの情報 $signCategory$, 各カテゴリーの施設があるエリアの情報 $signArea$, エージェントが取得した情報を記憶できる時間 $signTime$, 目的地までの経路 $signRouteinfo$, 施設の情報 $signFacility$.

3.3 歩行者エージェントモデル

本節では、歩行者エージェントモデルについて述べる。歩行者エージェントは3.3.1節に述べるような属性によって特徴づけられる。歩行者エージェントは4つのステップに従って生成され(3.3.2節)、視野(3.3.3節)と誘目度(3.3.4節)のモデルに従って情報を獲得し、またときに情報を忘却する(3.3.5節)。歩行者エージェントは得た情報に基づいて施設の選択を行い(3.3.6節)、サインから得られた経路情報に基づいてルートを決め、移動する(3.3.7節)。

3.3.1 歩行者エージェントモデルの属性

歩行者エージェントモデルは現在の座標 $agent(x, y, floor)$, 現在のエリア $agentCurarea$, 情報を取得できる角度 $agentTheta$ と距離 $agentR$, チェックインや出国審査, フライトなどの時刻と位置のリスト $agentSchedulelist$, 歩行者エージェントが各カテゴリーを目的地として想起する確率 $agentCategoryrecallset$, エージェントが搭乗までに行きたい施設のカテゴリーの集合 $agentCategoryset$ を持っている。

エージェントがサインから情報を取得し, 次の目的地である施設を選択するためには以下の 11 個の変数が必要である: 目的地となるカテゴリー $agentGoalcategory$, 表現様式に関わる属性に対する好みの度合い $agentProperties' weightset$, 各サインへの引きつけられやすさ $agentAttractivenesslist$, 記憶しているエリア情報 $agentAreainfo$, 目的地となるエリア $agentGoalarea$, 目的地となる商業施設 $agentFacilityinfo$, 利用したい施設かつ情報を取得できている施設 $agentFacilitylist$, 各施設に対する効用値 $agentFacilityutilityset$, 各施設に対する選好 $agentFacilitypreferenceset$, 目的地となる商業施設 $agentGoalfacility$, 目的地までの経路 $agentRouteinfo$.

3.3.2 歩行者エージェントモデルの生成

歩行者エージェントモデルの生成は 4 つのステップに分けられる。ステップ 1 ではエージェントがどの便で出発するのか決める。ステップ 2 では空港到着時間, チェックイン時間, 保安検査/出国検査へ向かう時間, フライト時間をスケジュールリストに登録する。ステップ 3 では各カテゴリーの想起確率に基づいて, フライト前に利用したいカテゴリーに登録する。ステップ 4 ではサインの持つ表現様式に関わる属性とそれに対するエージェントの好みの度合いから, 各サインの誘目度を計算しリストに登録する。

3.3.3 歩行者エージェントモデルの情報取得行動

歩行者エージェントがサインの情報受渡範囲内に存在し, かつ歩行者エージェントの視野内にサインがある場合(Fig.2), サインの誘目度に従って, 経路情報を取得しようとする。

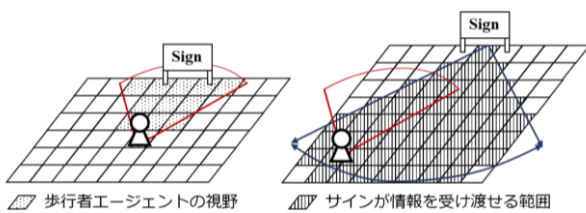


Fig. 2: 歩行者エージェントの視野と情報取得

3.3.4 誘目度

本研究の歩行者エージェントモデルでは, サインシステム評価に表現様式を考慮できるように, 「誘目度」という概念を導入する。誘目度とは, サインがそれぞれのエージェントを引きつける度合いを表す。従来, サインの表現様式と情報取得の関係性を評価しているものはない。誘目度モデルでは, 歩行者エージェントは自身の特性に応じてサインを選択し, 取得できる情報量や確率を自身の状況や特性によって変化させる。歩行者エージェントに複数の属性値を与え, 各属性値の組み合わせで多種多様なエージェントの特性を表す。サインの選択されやすさはデザインや形だけで決まる

ものではなく, 表現様式に関わる属性はいくつもあり, その属性間の関係の解釈は難しい。誘目度モデルでは, 施設管理者がサインを設置する目的に応じて複数の属性を選択できる。例えば, サインの表現様式を表す属性が 1 つの場合, ある表現様式の値を増加させると, 全てのエージェントに対して選ばれやすくなってしまふ。よって, 本研究では表現様式の属性が 3 つの場合を想定する。このように, 歩行者エージェントのタイプとサインの表現様式の関係から生じるエージェントの反応を「誘目度」という指標で算出する。誘目度の程度によって, 歩行者エージェントがサインに近づく行動が変化する。

誘目度を導入する目的は 2 つある。

1 つ目は, サインの構成要素の一つである表現様式を新たに表現するためである。従来の評価方法では空間上の位置と情報内容しか考慮することができていない。誘目度は表現様式の違いによって歩行者が受ける意思決定への影響の度合いを表現する。サインの表現様式は, 一般にデザインなどに関する複数の属性から構成されている。誘目度は, サインの表現様式に関する複数の属性とその属性間の関係から与えられる。この関係性により, 表現が変化してもその連続性が保たれて, エージェントは一貫した行動がとれる。例えば, 空港において国内線に乗り換えるときに赤いマークを追っていく場合, サインの設置状況によって, 文字サイズが小さくなることや, サインの明瞭性が低くなるといった色以外の他の表現様式が変化しても, サインの連続性が保たれているため, 歩行者は一貫した行動をとることができる。

2 つ目は, 表現様式に対する歩行者の特性に応じたサインの選択行動を表現するためである。現在のモデルでは, 歩行者エージェントは自身の視野内にサインがありサインの情報伝達範囲内に自身がいるときに情報を取得する。表現様式に対する歩行者が持つ特性の違いを考慮しない意思決定モデルの場合, 同じサインを見たエージェントは, 全員同じ情報を取得するため, サインの表現様式に対するエージェントの行動は同じになってしまう。歩行者の特性の違いを表現できる誘目度を入れることで, 特性に応じた歩行者行動を表現できる。たとえば多言語表記がないため情報を取得できない歩行者エージェントや, 1 回前に見たサインと形式が同じサインに近づこうとする歩行者エージェントの選択行動の違いを表現することが可能になる。

本研究では, 誘目度の考え方を表現する誘目度モデルを提案する。誘目度モデルにおいて, 誘目度は多項ロジットモデルを用いて, エージェントの行動の選択確率として算出される。誘目度を導入した場合のサイン選択行動は 2 つのステップからなる。はじめに, 式(1)を用いて各サインの表現様式の属性に関するサインパラメータ $(x_{ki}), k=1,2,3, \dots (k$ の値は評価したい表現様式の属性数)とそれに対するエージェントの選好パラメータ $(\beta_{kn}), k=1,2,3, \dots,$ により, 歩行者エージェント $agent_n$ のサイン $sign_i$ への効用 A_{in} を求める。

$$A_{in} = \beta_{1n}x_{1i} + \beta_{2n}x_{2i} + \beta_{3n}x_{3i} + \alpha_{in} \quad (1)$$

ただし, $k=3$ の場合で, α_{in} は誤差項を表している。

次に, 算出された効用に基づいて, 誘目度 P_{in} を歩行者エージェント $agent_n$ のサイン $sign_i$ の選択確率として求める(式(2)). J は歩行者エージェントが選択する可能性のあるサイン数を表している。

$$P_{in} = \frac{\exp(U_{in})}{\sum_{j=1}^J \exp(U_{jn})} \quad (2)$$

誘目度モデルを構成するためには、まず表現様式を表す属性から評価したい属性を選択する。これは施設管理者などがサインを設置する目的に応じて特定することになる。

3.3.5 歩行者エージェントの情報忘却

経路情報情報を取得/更新してから一定のステップ数が経過した場合、記憶していた経路情報を消去する。経路情報の忘却によって、大型施設において施設利用者が自身の位置を見失う行動を表現する。

3.3.6 歩行者エージェントの意思決定

商業施設の選択では、歩行者エージェントは多段階で意思決定をする(Fig. 3)

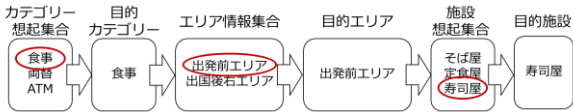


Fig. 3: 商業施設の選択

初めにカテゴリーの選択では、歩行者エージェントのカテゴリーの想起集合から、1つのカテゴリーをランダムで選択する。次にエリアの選択では、取得している各エリアまでの経路情報の中から、選択中のカテゴリーを満たすエリアをランダムで1つ選択する。最後に商業施設の選択について説明する。選択中のカテゴリーと選択中のエリアを満たす商業施設までの経路情報を持っている場合、その商業施設の中から、商業施設の利用にかかるステップ数と現在地からその商業施設までの移動見込みステップ数の合計が、スケジュールリストに登録されているステップ数までの残り時間を超えないという条件の下で、商業施設の想起集合に入れる。各商業施設に対する選好値と現在地から商業施設までの移動見込み時間を用いて式(3)より各商業施設に対する効用値 U を算出し、式(4)の多項ロジットモデルで確率的に目的地となる商業施設を選択する。

$$U(s) = \gamma_{ns} + \delta \cdot \text{time}_{ns} \quad (3)$$

ここで γ_{ns} は歩行者エージェント n の商業施設 s に対する選好、 time_{ns} はエージェント n の現在地から商業施設 s に移動するためにかかるステップ数、 δ は移動時間に対するウェイトを指している。

$$p(s) = \frac{\exp U(s)}{\sum_{t \in X} \exp U(t)} \quad (4)$$

ただし $X = \{t | \text{facility}_t \in \text{agentFacilitylist}_t\}$

3.3.7 歩行者エージェントモデルの歩行行動

経路情報の有無や目的施設の有無、現在位置の状況により、エージェントの歩行行動が変化する。歩行行動の種類によって目的 Node の決定方法が異なる。歩行行動には4つの種類がある：経路に従った歩行、情報探索歩行、ランダム歩行、目的なし歩行。歩行者エージェントは現在地の周囲 8Cell を探索し、その中で進入可能かつ目的 Node までの距離が最短となるセルへエージェントの座標を更新する。

4 シナリオ分析

4.1 実験状況

サインの配置位置は、羽田国際空港の国際線ターミナルにおけるサインの配置位置を参考にする(Fig. 4)。

環境モデルは、縦 255 セル×横 570 セル(1セルを 0.5m×0.5m と想定)の仮想的な空港ターミナルを想定し、ターミナルは出発前、出発フロア、保安検査/出国審査、出国後右、出国後左の5つのエリアに分かれている。今回の実験では、サインを出発前と出発フロアの2つのエリアに配置する。サイン1からサイン5はエリアに関する情報のみを持ち、各エリアの方向を指示するサイン、サイン6からサイン9はエリアに関する情報と施設に関する情報を持ち、目的施設までの経路を記載している。エージェントが想起する可能性がある商業施設のカテゴリーは、8種類(食事、携帯、両替、ATM、本屋、お土産、保険、ラウンジ)あり、環境にはそれらのカテゴリーを満たす施設が合計 18 店舗存在する。今回、評価のための歩行者エージェント数は 5000 とする。歩行者エージェントは、羽田空港国際ターミナルにおいてフライト数が多い午前 8:00 から 12:00 までのフライトスケジュールを参考にして発生させる。20000 ステップ(1step を 1 秒と想定し実時間として 5.5 時間に相当)のシミュレーションを行う。

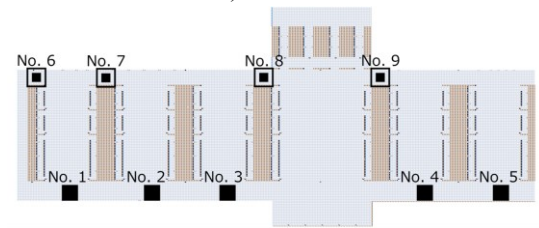


Fig. 4: サインの配置位置

4.2 誘目度の設定

本研究では誘目度モデルの有効性を検証するために、歩行者エージェントの効用を典型的なタイプに分類し、商業施設の利用目的に応じてサインシステムの表現様式の違いによる効果が評価できることを示す。以下の4つの効用のタイプを歩行者エージェントに設定する(Table. 2)。

Table. 2: 歩行者エージェントの表現様式に対する効用

	歩行者エージェントに設定した効用		
	β_1	β_2	β_3
TypeA	正規分布乱数 N(0.5, 0.2 ²)	正規分布乱数 N(0.75, 0.1 ²)	正規分布乱数 N(0.25, 0.1 ²)
TypeB	正規分布乱数 N(0.5, 0.2 ²)	正規分布乱数 N(0.25, 0.1 ²)	正規分布乱数 N(0.75, 0.1 ²)
TypeC	1	1	0
TypeD	0	0	1

誘目度による選択確率の違いが効用関数における反応の違いに基づいており、これら4つのタイプのエージェントタイプは典型的な一定の行動結果を与えると期待できる。各エージェントタイプの歩行者エージェントを 1000 エージェントずつ発生させる。また、上記の4つのエージェントタイプに加えて、一様乱数([0,1])で効用を設定した歩行者エージェントを 1000 エージェント発生させる。

4.3 サインの表現様式の違いによるシナリオ分析

歩行者エージェントを 5000 エージェント発生させ、サインの表現様式として4つのシナリオを検証する。表現様式を表す3つの属性の値を以下のように設定す

る(Table. 3).

シナリオ1では、空港内に設置された全てのサインの表現様式を統一する。施設管理者がターゲットとする歩行者エージェントのタイプを決めていない場合の効果を検証する。シナリオ2では、サインを認知させたいエージェントの特性に従って施設の左右でサインの表現様式の特徴を設定する。例えば、施設の左側に外国人利用者と仮定したタイプBの特性を考慮して、外国人利用者が好む免税に関する施設を多く配置したり、外国人利用者に利用してもらいたい日本らしい雰囲気を出しているエリアを設置したりする状況を想定する。エリアサインより施設サインの方が表現様式の属性数を多くしている。これは、方向を指示するだけのシンプルなエリアサインと、地図や写真などを用いて各施設の情報を提供する施設サインとでは表現様式が異なっている状況を表している。シナリオ3では、サインの表現様式の特徴が異なるサインを交互に設置する。最初に見たサインの表現様式に反応できずに情報を取得できなかったエージェントでも、現在地から次に近いサインからは情報を取得しやすくなる状況を想定する。シナリオ4では、想定するエージェントの特性に従って、施設の手前側に設置しているエリアサインと施設の奥側に設置している施設サインの表現様式の特徴を設定する。このシナリオでは、とくに表現様式の属性に対する効用に違の大きいエージェントタイプを持つエージェントが存在する場合を想定している。たとえば空港に一度は訪れたことのある日本人利用者を想定したタイプCのエージェントは、入口付近の大まかな情報をすぐに取得して速やかに目的施設へ向かい、一方外国人利用者を想定したタイプDのエージェントは、多言語表記がしてあり感覚的に情報を理解できる地図のようなサインから自身が理解できる情報のみを取得して施設内を歩行する状況などが想定できる。

Table. 3: シナリオ1~4の各属性の値

	Sign1			Sign2			Sign3		
	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
1	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
2	0	0	1	0	0	1	0	0	1
3	0	1	0	0	0	1	0	1	0
4	10	10	0	10	10	0	10	10	0
	Sign4			Sign5			Sign6		
	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
1	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
2	0	1	0	0	1	0	0.5	0	0.5
3	0	0	1	0	1	0	0.5	0.5	0
4	10	10	0	10	10	0	5	10	10
	Sign7			Sign8			Sign9		
	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
1	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
2	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0
3	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5
4	5	10	10	5	10	10	5	10	10

4.4 シナリオ分析結果

各シナリオを10施行実行した。各シナリオにおいて、各エージェントタイプに属する1000エージェントの情報取得量の合計とサインとの関係を考察する。各グラフにおける各点は1つの実行結果を表している。

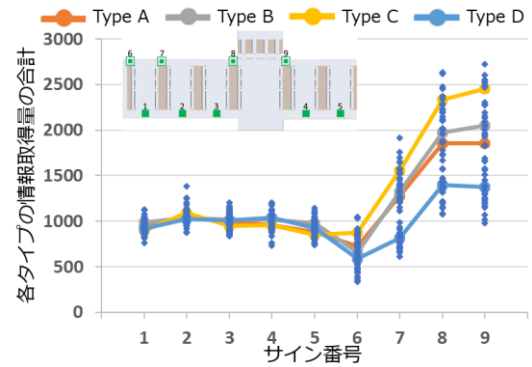


Fig. 5: シナリオ1の実験結果

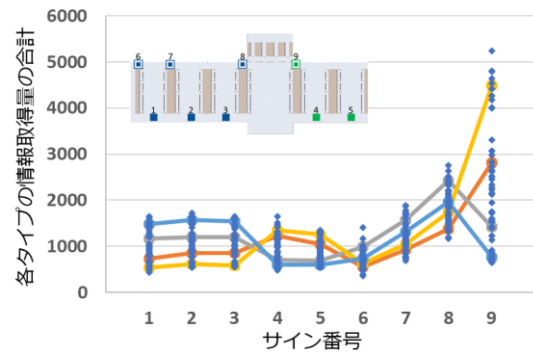


Fig. 6: シナリオ2の実験結果

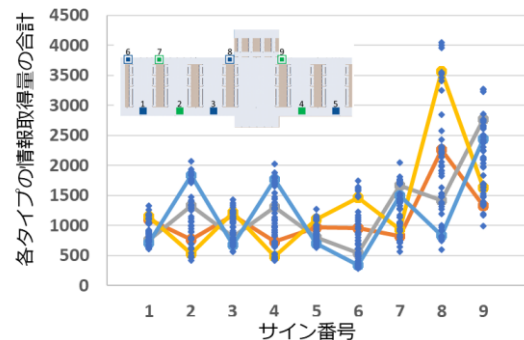


Fig. 7: シナリオ3の実験結果

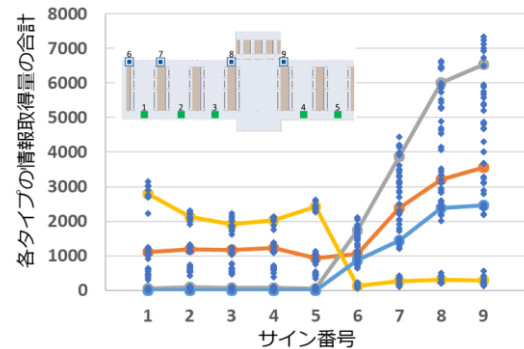


Fig. 8: シナリオ4の実験結果

サインの全属性の値を統一した場合(シナリオ 1), 全てのタイプのエージェント間で各サインの情報取得量の傾向が類似している。サイン 6 からサイン 9 において, 情報取得量の差が大きい。これは, サイン 6 からサイン 9 の施設情報サインでは, 誘目度により情報取得するかを決定し, その後サインに対しての効用値によって情報取得量が変化する誘目度モデルの特徴を表している。

空港ターミナルの左右でサインの属性の値を変えた場合(シナリオ 2), 施設の左側に設置されたサイン 1, サイン 2, サイン 3, サイン 6, サイン 7, サイン 8 からの情報取得量はタイプ B のエージェントが多く, それ以外の右側に設置されたサインからの情報取得量はタイプ A のエージェントが多くなった。エージェントは自身の誘目度が高いサインから情報を取得できていることが分かる。タイプ C とタイプ D のエージェントは, 空港ターミナルの左側奥に設置されたサインからの情報取得量にあまり差がなく, シナリオ 2 が意図している「エージェントタイプによる左右への引きつけ」に対応できていない。

属性の異なるサインを交互で設置した場合(シナリオ 3), タイプ A, タイプ B, タイプ C, タイプ D のエージェントは自身の特性に合わせて交互に情報取得量が多くなった。タイプ A とタイプ B よりサインの属性の選好の差が大きいタイプ C とタイプ D の方が情報取得量の各サイン間の差が大きい。

空港ターミナルの手前と奥でサインの属性の値を変えた場合(シナリオ 4), 属性の傾向に従って, タイプ C とタイプ A, タイプ B, タイプ D のエージェントで各サイン間の情報取得量の傾向が異なった。

エージェントの歩行経路を比較したところ, タイプ C とタイプ D では通行している経路が違うことも分かった。サイン 5 が設置されている右側の通路でタイプ C の場合のみ混雑が発生している。タイプ D のエージェントは, 情報を取得しやすいサインがこの通路の周りにないため, サインに引きつけられなかったことによる。このように同じサインの配置位置であっても, 表現様式を工夫することで誘目度が変わり, エージェントの通過経路を変えることができる。

4.5 エージェントの行動パターンの網羅性検証

シナリオ分析で用いた 5000 エージェントが歩行者エージェントの行動パターンを網羅しているか確認する。表現様式に対する効用を一様分布([0,1])の乱数で設定したエージェントタイプを 5000 タイプ用意し, 各タイプ 1000 エージェント発生させた。5000 タイプを 50 タイプずつ 100 個のグループに分け, シナリオ 4 を用いてシミュレーション実験を行った。各グループの実験結果を分散分析したところ, グループ間での実験結果に有意差がみられなかった。

今回のシナリオ分析では一様分布の乱数で効用を設定した歩行者エージェントを 1000 エージェント用いた。グループ間での有意差が見られなかったことから, 今回のシナリオ分析では歩行者エージェントの行動パターンを網羅しているといえる。これにより, シナリオ分析から誘目度モデルはエージェントの特性に対応したサインの表現様式を表現できていることが確認できた。

5 結論と今後の課題

本研究では, 計画したサインシステムについて動的視点から事前に定量的に評価し, サインシステムの設計, 実装時の意思決定の支援することができるよう, サインの表現様式を考慮したシミュレーションシステムを開発した。誘目度という指標を提案し, 仮想的な空港ターミナルを想定し, モデルの有効性を評価するシナリオ分析を行った。誘目度の導入によりサインの表現様式を考慮できるようになり, 歩行者自身の状況や特性に合った情報の取得を評価できるようになった。また, 目的地への快適な移動のためのサインという考え方だけではなく, 混雑緩和や特定地点への誘導といった効果もあることが分かった。

今後の課題として, シミュレーション結果におけるマクロなシステムの特徴を説明するためのエージェントの行動特性に関するマイクロダイナミクス分析を行い, シミュレーション結果が生じた原因を特定し, 仮説を生成することがある。また, 空港とは異なるサインシステムを持つ大型施設において, このシステムを利用し, サインシステムの効果を検証することも挙げられる。今回のシナリオ分析では, 仮想的な空港の旅客ターミナルを利用したが, 空港はショッピングモールや博物館といった大型施設と比べると見通しがよく, サインの効果が出やすい可能性がある。環境モデルは, 施設に応じたファイルの作成が必要であるため, ほかの大型施設のシミュレーションを行う際には, 再度作成する必要がある。歩行者エージェントモデルとサインモデルについては, 現在のモデルで対応できる。

今後の展開として, 本研究によりモデルの有効性が確認されたので, 実際の個別状況に対する評価を行うことがある。そのためには実際の個別状況において, 本モデルで使用した歩行者エージェントの選択行動データを収集し, 誘目度を与える各属性へのパラメータを推定することが必要となる。現在は具体的な選択行動データはないが, たとえば, IoT 技術や仮想的な状況を設定したゲーミングなどを用いることで計測が可能になると期待できる。

参考文献

- 1) 赤瀬達三：サインシステム計画学：公共空間と記号の体系，鹿島出版社(2013)
- 2) Centre for Excellence in Universal Design : Building for Everyone: A Universal Design Approach, Internal environment and services 4.
- 3) Florian Alt, Stefan Schneegeß, Albrecht Schmidt, Jörg Müller and Nemanja Memarovic : How to evaluate Public Displays, Proceedings of the 2012 International Symposium on Pervasive Displays, No. 17 (2012).
- 4) Kotaro Ohori, Shohei Yamane, Hirokazu Anai, Shintaro Utsumi and Shingo Takahashi : An Agent-Based Analysis of the Effectiveness of Signage System in a Large-Scale Facility, Proceedings of Social Simulation Conference (2016).
- 5) Eriko Shimada, Shohei Yamane, Kotaro Ohori, Hiroaki Yamada and Shingo Takahashi : Agent-based simulation for evaluating signage system in large public facility focusing on information message and location arrangement, New Frontiers in Artificial Intelligence, pp.67-82, Springer(2018).
- 6) 国土交通省：公共交通機関の旅客施設に関する移動等円滑化整備ガイドライン(2013)
- 7) 荒巻修司, 細野直恒, 三樹弘之：駅や空港における旅客の行動を反映した設計, 沖テクニカルレビュー, 第 199号, 9, Vol.71, No.3(2004)
- 8) Isabelle Tournierab, Aurélie Dommesb and Viola Cavallob : Review of safety and mobility issues among older pedestrians, Accident Analysis & Prevention, vol 91, pp24-35 (2016).
- 9) Schrom-Feiertag Helmut, Stubenschrott Martin, Regal Georg, Schrammel Johann and Settgest Volker : Using Cognitive Agent-based Simulation for the Evaluation of Indoor Way-finding Systems, Proceedings of the 13th International Conference on Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning (2016).
- 10) Peter Michael Kielar and André Borrmann : Modeling pedestrians' interest in locations: A concept to improve simulations of pedestrian destination choice, Simulation Modelling Practice and Theory, vol.61, pp.47-62 (2016).