

# オフィス設計を支援するワーカーの行動シミュレータに関する基礎研究 マルチエージェントモデルを用いたマグネットスペースの配置計画支援

村橋 一平\*<sup>1</sup> ○中田 雄亮\*<sup>2</sup>  
松本 裕司\*<sup>3</sup> 仲 隆介\*<sup>4</sup>

キーワード：設計支援 配置計画 シミュレーション マグネットスペース

## 1. 研究の背景と目的

近年企業経営においては新しい価値を生み出す創造的業務が重要視されている。それに伴いオフィスの重要性は高まっており、ワーカーの生産性向上の空間的解決策の1つとしてマグネットスペース(以下マグネス)<sup>[1]</sup>が注目されている<sup>[1]</sup>。また情報技術が発達した現在ではこれまで設計の最終段階での利用が主であったシミュレーション技術が設計プロセスにおいて扱うことができるようになってきており、デザインの初期段階においてデザインの可能性を広げるツールとしてシミュレーション技術の期待は高まっている<sup>[2]</sup>。一方で、要件が複雑化しているオフィス設計においては設計を裏付けるプログラミング等の要件整理が重要視されているが、プランニング段階を支援するツールは数少ない<sup>[3]</sup>。

以上から本研究ではマグネスの設え及び配置計画に着目し、どのような設えが求められているかを明らかにするとともに、マグネスの配置計画を支援するワーカーの行動シミュレータを提案しそのプロトタイプがオフィス設計行為にどのような効果を示すかを確認することを目的とする。

## 2. F社オフィスにおけるヒアリングとトライアル

マグネスが実際のオフィスにおいて求められているのか、把握すべくF社オフィスにおいてヒアリングと家具レイアウトによるトライアルを行った。ヒアリングによる現状把握結果と設計当初の設計要件を比較したところ、活動がプロジェクトルームに限定されている現状から主にコミュニケーション支援と場所選択の多様性の項目に課題が見つかった。次にトライアルとして共用エリアに既存の家具をレイアウトして多様なマグネスを用意し、ワーカーの行動の変化を見るため観察調査を行った。

観察調査からマグネスを利用したコミュニケーション行動が確認された。例えば大テーブルに座っていた人がゲートキーパーの役割を果たし通行人との間に会話が生まれた。また窓側の眺望の良いエリアではハイチェアを利用して簡単なミーティングを行う姿などが確認でき、トライアルスペースがマグネスとして有効に機能する様子が観察された。



図1 用意したマグネス

以上ヒアリングとトライアルから実際のオフィスにおいてマグネスがコミュニケーション促進に役立ち得ることを確認した。

## 3. 写真を用いたアンケート調査

次にアンケート調査によるマグネスの設えに関する調査を行った。アンケートはマグネスの写真を36枚集め、その中からマグネスの構成要素として家具の種類に着目し、「ロー」「ノーマル」「ハイ」の3パターンと、それぞれに「人の有無」を合わせた計6パターンの画像を作成し、評価してもらった。



図2 用意したマグネス (左からロー、ノーマル、ハイ)

家具による比較を行ったところ、家具の種類によってマグネスの印象が変わり、人の行為に影響を及ぼす可能性が示唆された(図3)。

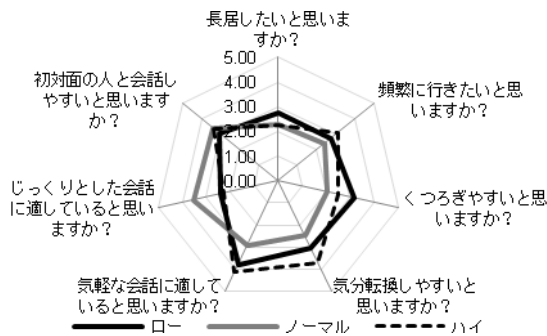


図3 家具による比較

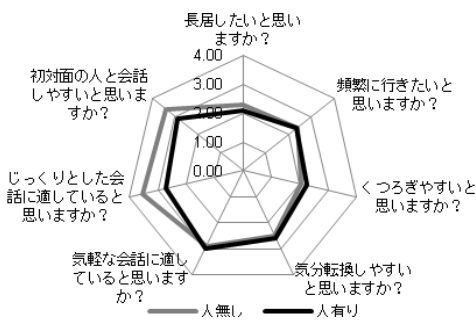


図4 ノーマル家具における人の有無による比較

図4の人の有無による比較ではどの家具においても「人がいない」場面で値が高い結果となった。以上アンケート調査から設えによってマグネスでの人間の行為に影響を与え得ることを確認した。また、マグネスの利用実態に関する調査から開発するシミュレータのパラメータ設定の基準となる値を取得しその一例を表1に示した。

表1 アンケート調査から算出したパラメータ

一回の休憩時間 (分)	平均	21.6
	平均(男)	19.8
	平均(女)	23.8
飲食を伴う休憩の頻度 (分/回)	平均	165.8
	平均(男)	150.8
	平均(女)	183.6
その他の休憩の頻度 (分/回)	平均	88.8
	平均(男)	92.1
	平均(女)	85.0
自席での在席時間 (時間)	平均	2.4
	平均(男)	2.3
	平均(女)	2.0

#### 4. シミュレータの開発

マグネスの配置を検討するためシミュレータの開発概要を示す。本研究で以下2つのシミュレータを開発した。

##### 1. Magnet Space Layout Trials (以下MSL Trials)

レイアウトの探索を行うソフトウェア

##### 2. Magnet Space Layout Visualization(以下MSL Visualizations)

ユーザーが配置したレイアウトにおいて行動シミュレーションと評価を行うソフトウェア

#### 4. 1 開発の指針とシステム概要

オフィス設計の特にプランニング段階を支援するシ

ステムの開発を行う上で以下の3つの指針を設定した。また、システムフローを図5に示す。

- ①単純な行動モデルとエージェント間の相互作用により全体の複雑な状況を量的に捉える
- ②レイアウトパターンに関して探索を行う
- ③ユーザーのレイアウトの試行錯誤と分析に使用するデータの作成を同時に行う

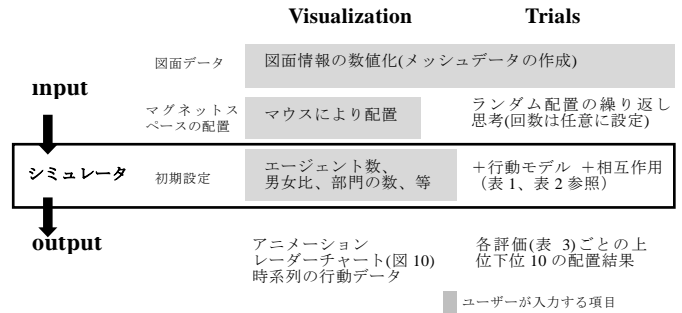


図5 システムフロー

本研究では開発環境として processing<sup>注2)</sup>、シミュレーション技術としてマルチエージェントモデル<sup>注3)</sup>をもとに開発を行った。マルチエージェントモデルはエージェントに特徴を設定し、それらエージェント同士の相互作用から全体をシミュレーションするモデルである。本研究ではオフィスでの執務行動という複雑な行動のシミュレーションを行うため、簡単な行動モデルから全体の複雑な事象をシミュレーションすることが可能なマルチエージェントモデルを採用した。

#### 4. 1. 1 基本的なパラメータの設定

行動シミュレータではエージェントに基本的な行動とエージェント間の相互作用を定義した。各パラメータと特徴的な行動については前述のアンケートより表2の通りに設定した。

表2 設定した行動のパラメータと相互作用

歩行スピード	1.5m/s	
	男性	女性
基本在席時間	92分	85分
基本休憩時間	20分	24分
MSの選択	自席とマグネスとの距離に応じた確率によって向かうマグネスを選択する。	
勧誘行動	自席から8近傍以内に存在するエージェントがMSに向かい、かつ基本在席時間の50%を超過している場合、81%の確率でマグネスに向かう	
混雑回避行動	マグネスにすでに10以上のエージェントが存在する場合、基本在席時間を超過していてもマグネスに向かわない。ただし、基本在席時間を10分超過するとマグネスに存在するエージェントの個数に関わらずマグネスへ向かう	
おしゃべり行動	マグネスにいる時間は基本休憩時間に対し、マグネスに存在する同属性の数×2分だけ延長し、異属性の数×2分だけ短縮する。	

#### 4. 1. 2 図面情報の数値化

対象とする空間の図面を、Excel を利用してエリアに数値を入力していく。メッシュはMSL Trials では探索を行う場合の数の問題から50cmグリッド、MSL Visualizations ではワーカーの動きの再現性のため、25cmグリッドを採用した。

#### 4. 2 MSL Trials の実行

MSL Trials では複数のマグネスを配置可能な場合において行動シミュレーションを行い、各評価項目の得点を出力する。

##### 4. 2. 1 評価項目の設定

マグネスの主な目的が、インフォーマルなコミュニケーションやアドホックな出会いの誘発であることを参考に評価項目を以下5指標に設定した。

表3 MSL Trials の評価項目

SUM	全マグネスでの総到着人数
Balance	マグネス到着人数の比
Diversity	部門別の到着人数の多様性
Congestion	時系列で見た到着人数のばらつき
Total	上4項目の総合点

##### 4. 2. 2 出力したデータの解析

MSL Trials では各評価項目での上位及び下位10データ(同率含む)を座標と各項目値とともにCSVデータで出力する。出力したデータをもとに図面上にプロットして考察を行う。

##### 4. 2. 3 マグネス1箇所配置の場合

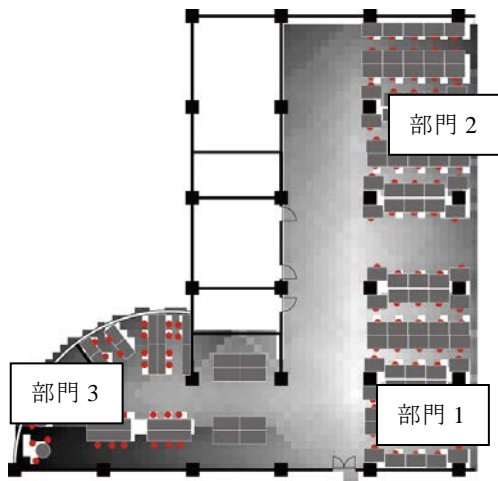


図6 マグネス1ヶ所でのシミュレーション試行

MSL Trials の試行として1箇所のマグネスの配置シミュレーションを行った。図6ではマグネスでの総休憩人数を多い場所を白く、少ない場所を黒く描画している。この図から利用率の高いマグネスを配置するには動線周辺が効果的であることが考察できる。図面は1、2、3回生が活動する京都工芸繊維大学1号館3階の演習室のものを、各学年の活動場所をオフィスの部門と見立てて検証を行った(以下も同じ)。

##### 4. 2. 4 マグネス2カ所配置の場合

1m間隔でマグネス2箇所を配置できるすべての場合の配置シミュレーションを行い、全40641通りのレイアウトパターンを出力した。評価項目ごとの上位と下位それぞれ10データを抽出した。例としてSUMとDiversityにおける上位と下位の比較を行う(マグネスの配置は点で表しており、1つの線で繋いだ赤い点がマグネス2箇所の配置を表している)。

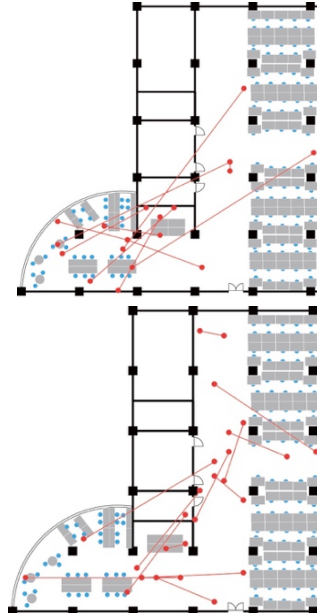


図7 SUMの比較(上:上位、下:下位)

下位に比べ上位では2点間の距離が大きく、部門をまたがって配置されていることが把握できる。

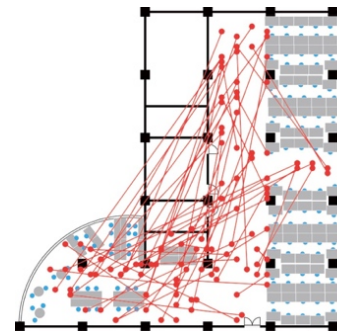


図8 Diversityの比較(上位)

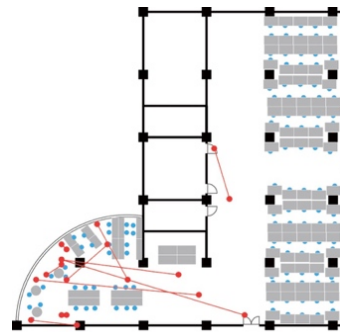


図9 Diversityの比較(下位)

下位に比べ上位では2点間距離が長く、また主動線上に位置していることがわかる。このようにプロット図から評価項目ごとの配置の特性を把握できた。

#### 4. 2. 5 最上位及び最下位のプロット

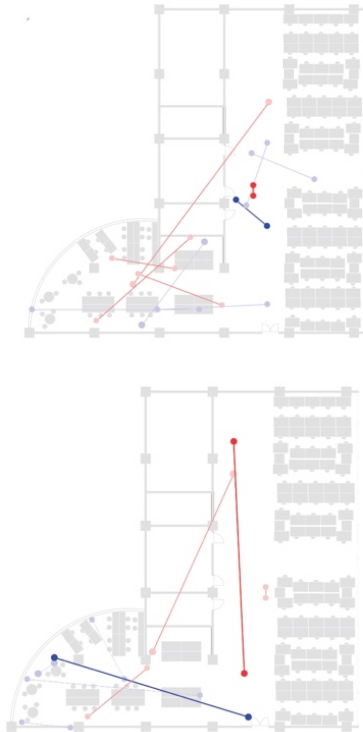


図 10 上: SUM, 下: Diversity における最上位及び最下位のプロット

図 10 に最上位と最下位のプロットを示す（濃赤：最上位、濃青：最下位）。SUM では最上位・最下位ともに近い位置に配置されていたが、Diversity においては遠い位置に配置された。対象エリアの小ささやエージェントに与えたパラメータのランダム性が影響しこのようなずれが生まれたと考えられる。一方 Diversity では上位はメイン動線上、下位は部門に偏って配置するという様に傾向が分かれた。

#### 4. 3 MSL Visualizations の実行

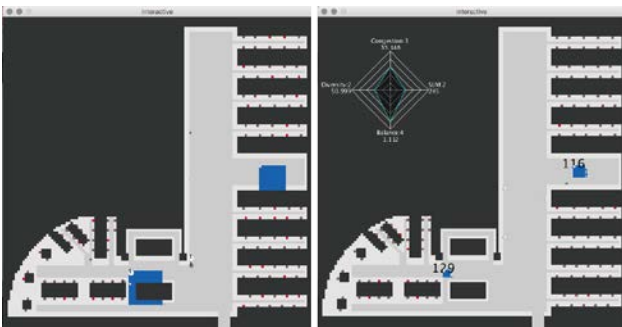


図 11 アニメーションによる表現（左）と終了時の評価の表示（右）

（赤：座席、青：マグネス、黒：立ち入り禁止エリア）

MSL Visualizations ではユーザーがマグネスの配置をマウスクリックにより任意に設定し、エージェントの行動をアニメーションで確認する。マグネスは到着人数に応じて表示サイズを変化させ相互作用を及ぼしていることを表現している（図 11 の青四角）。評価に関しては、シミュレーションの実行後レーダーチャート形式で表示される（図 11 右図）。

#### 4. 3. 1 時系列の行動データの出力

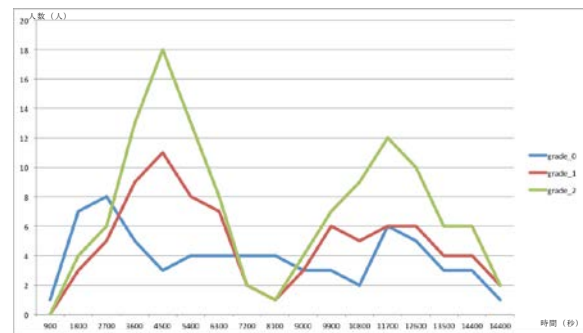
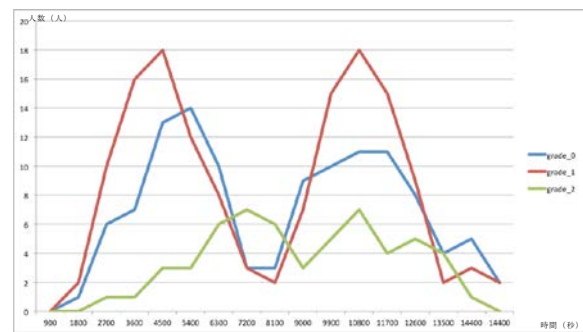


図 12 マグネス 2 箇所での部門別到着人数の時系列推移

MSL Visualizations でのシミュレーションが終わった段階で各マグネスでの時系列での到着人数を出力し、Excel のマクロによってグラフ化される。縦軸に到着人数、横軸に時間を表す。3 部門の到着人数の推移を色別に表示このグラフから、マグネスに到着した人の部門別の多様性や各マグネスの混み具合を時系列で把握することができる。また、図 12 の grade\_0,1,2 は部門 1,2,3 を表す。

#### 5. 評価実験

ユーザーによるシミュレータの利用及びシミュレーション結果の利用可能性を評価するにあたり、実験とアンケート調査による主観評価、インタビュー調査を行った。対象はオフィス設計を専攻している京都工芸繊維大学デザイン経営工学課程・専攻の学生 15 名で、まず、1 チーム 3～4 名ではじめに紙面の図面情報のみでマグネスの配置案を 1 チーム 2～3 案出してもらった。その後 MSL Visualizations を利用してもらい出力した評価と前述の Trials での結果をもとにチームで行った設計について議論を行った（図 13）。



図 13 実験の様子

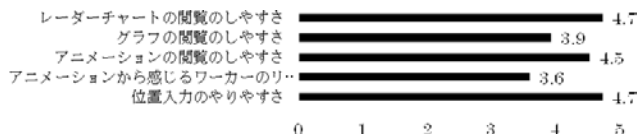


図 14 インターフェースに関して

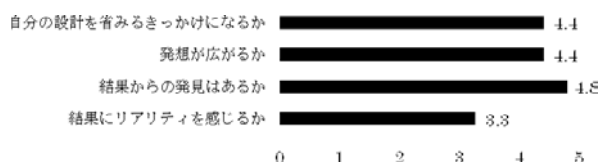


図 15 自身の設計と比較した上での気づきについて

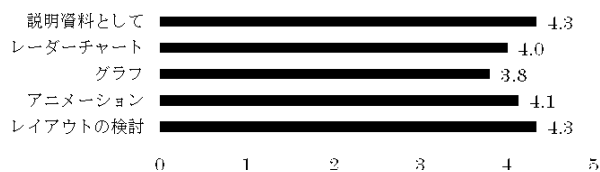


図 16 設計に役立つか

アンケートで得られたデータをもとに、それぞれの項目に対して得点を示すグラフを作成した。得点は項目ごとに小数点第2位までの平均とする。アンケートの結果から主な傾向として以下の事が挙げられた。

- 1) シミュレータは、レイアウトの良し悪しを判断するツールとして、また説明資料として有効であると考えられる
- 2) マウスクリックによる位置入力操作やレーダーチャートによるレイアウトの評価の表現はユーザーにとってわかりやすいインターフェースであり、オフィス設計を支援するにおいて有用性の高いものである
- 3) アニメーションによるワーカーの行動の表現は閲覧性こそ高いもののリアリティにかけると印象を与え、行動モデルに関してはブラッシュアップが必要である

## 6. まとめ

本研究ではオフィスにおけるマグネスの設えと配置に着目し、設えに関しての基礎調査を行った上で配置計画を支援する行動シミュレータを開発しそれが設計者の設計行為に影響を与えるかを見るため評価実験を行った。結果、行動シミュレータによってオフィス設計のレイアウトにおける試行錯誤の範囲の限定やレイアウト案の誘発に寄与していることが確認できた。そして本研究で提

案したシミュレータがオフィス設計のプランニング段階の支援するツールとしての可能性を示す成果を得た。一方今後の課題として行動モデルのリアリティの向上や評価実験に関して学生のみならず実際のオフィス設計者の参加を通してさらなる実用化を図ることを課題としたい。

## 補注

注1) リフレッシュスペースや喫煙所、コピー機や自販機など磁石のように人をひきつけ、社内でのインフォーマルなコミュニケーションやアドホックな出会い、部門を超えたコラボレーションの誘発などワーカーの交流活動を促す場である。

注2) 電子アートとビジュアルデザインのためのプログラミング言語であり、統合開発環境である。キャセイ・レアス (Casey Reas) とベンジャミン・フライ (Benjamin Fry) によるオープンソースプロジェクト。

注3) 各々の内部属性に関連付けられた独自の意思決定メカニズムと行動計画に基づき、自律的に行動する活動主体の事をエージェント、そしてそれらが相互関係をもつ集合体のことをマルチエージェントという。また共通のルール、及び独立したルールをもつ複数のエージェントが、相互作用を及ぼすことによってシステム全体に流れが生まれ、その流れによってエージェントの個々の動きが動的に変化し、決定される。この循環プロセスによってシステム全体の動きを表現するモデルのことをマルチエージェントモデルという。

注4) 設定した評価項目の算出式は以下の通り。

- $SUM = SUM(0) + SUM(1)$
- $Balance = \max(SUM(0), SUM(1)) / \min(SUM(0), SUM(1))$
- $Diversity = STDEVP(t(0), t(1), t(2))$
- $Congestion = STDEVP(N0(t), N1(t))$

SUM(0): マグネットスペース 0 での合計到着人数

SUM(1): マグネットスペース 1 での合計到着人数

t(0): 部門0がマグネットスペースで他の属性と共有した時間数

t(1): 部門1がマグネットスペースで他の属性と共有した時間数

t(2): 部門2がマグネットスペースで他の属性と共有した時間数

N0(t): マグネットスペース 0 での単位時間あたり到着人数

N1(t): マグネットスペース 1 での単位時間あたり到着人数

## 【参考文献】

- [1] 新田佳代、登張絵夢、上野淳、「オフィスにおけるリフレッシュスペースの在り方に関する研究」、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、pp189-190、2003
- [2] 東慎也、池田靖史、「行動シミュレーションを用いた環境デザインの研究：ケーススタディを通じて」、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp67-68、2013
- [3] 谷明勲「マルチエージェントシステムを用いたテナント配置の最適化」日本建築学会 第36回情報・システム・利用・技術シンポジウム報告集、pp.201-204、2013

\*1 日本アイ・ビー・エム株式会社

\*2 京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科 博士前期課程

\*3 京都工芸繊維大学 デザイン・建築学系 助教 博士(学術)

\*4 京都工芸繊維大学 デザイン・建築学系・新世代ワークプレイス研究センター 教授 博士(学術)

# A Fundamental Study of Activity Simulator for Assisting Workplace Design

## Supporting for layout planning of magnet space using multi agent model

Ippei MURAHASHI\*<sup>1</sup> ○Yusuke NAKATA\*<sup>2</sup>  
Yuji MATSUMOTO\*<sup>3</sup> Ryusuke NAKA\*<sup>4</sup>

Keywords : Supporting Design, Layout Planning, Simulation, Magnet Space

In recent years organizational structure and ways of working has been changing. The roles of workplace become important, and Magnet Space which provide a space for refreshment, amenity or people getting together has grabbed an attention to promote worker's creativity.

This paper, developed activity simulator supporting workplace design, focusing on the facility and layout of magnet space in office.

First, result of basic research on facility cleared relationship between furniture and worker's behavior at magnet space. Secondly, this study developed 2 simulators,

- 1) Magnet Space Layout Trials : The simulator that is used in searching layout pattern of magnet space, and
- 2) Magnet Space Layout Visualizations : The simulator that conduct try and error in layout planning by activity simulation and evaluation in the layout that the user has placed.

In the experiment to evaluate these simulators, the following things are showed.

First, these simulators help designer with his/her trial and error in layout planning. Furthermore, simulators provide more ideas of layout pattern to designers. In conclusion, the simulator proposed in this research has showed some potential in assisting designer in planning of workplace.

---

\*1 IBM Japan Ltd

\*2 Graduate Student, Kyoto Institute of Technology

\*3 Assistant Prof., Design and Architecture, Kyoto Institute of Technology, Ph.D.

\*4 Prof., Design and Architecture, Kyoto Institute of Technology, Ph.D