

マルチエージェントシステムによるオフィス計画支援の適用性検証
A study on applicability of multi-agent system for office planning

林 祐光^{*1} 近藤 潤^{*1} 村上 裕樹^{*1} 吉井 隆^{*2}
Yuko Hayashi Jun Kondo Hiroki Murakami Takashi Yoshii

^{*1} 株式会社NTTファシリティーズ ^{*2} 西日本電信電話株式会社
NTT FACILITIES, INC. NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST CORPORATION

To meet the increasing demand for ‘work style reform’, an office has been required to improve. However, general office planning methods have not been established because customer needs of layout changes depend on the industry and the business type. In this paper, we verify applicability of multi-agent system that can compare and evaluate the layout plans by simulation based on behavioral survey of office workers.

1. はじめに

「働き方改革」が国を挙げて叫ばれる中、制度や運用面での改革に加え、働く場であるオフィスの変革もまた必要とされている。しかし、オフィスの使い方や働き方、レイアウトや面積等の諸条件は業種や業態によっても大きく異なるため、汎用的に利用できるオフィス計画手法は確立されておらず、オフィスの計画は経験と勘に頼っていると言える。また、新たなオフィスの企画・検討や計画実施後の評価においても、オフィス空間そのものの変化による効果は、多くの場合は制度面での変革や運用面での工夫などと渾然一体となって評価されているため、単独での効果を見極めることは困難であった。

本稿は、オフィス空間における知識創造の研究^[吉井 10, など]にて示された、オフィスワーカーの行動調査に基づくマルチエージェントシステム(以下 MAS)を用いたオフィスのシミュレーション手法を発展させ、新たなオフィスを計画する際のレイアウト案の比較や評価が可能となるようなオフィス計画支援の適用性を検証するものである。

2. オフィス計画支援の概要

2.1 オフィスのシーン定義

オフィス環境は、執務のための場所だけでなく、打合せや、収納など様々な要素で構成される。本検証では、オフィス内における様々な機能・性質を持ったスペースを、ワーカーの行動の差異に着目した7つのシーン及び外出で定義して取り扱う(表 1)。これらのシーンを平面上に配置し、各シーンにおけるワーカーの滞在、移動、他者との遭遇といった行動に着目する。

2.2 オフィス計画支援の手順

本検証における MAS は、新たに計画されたオフィスレイアウトの評価ツールとして位置づけられ、実際のワーカーの動きに基づいたスペース過不足のリスク把握や、ワーカー間のコミュニケーションの分析を可能としている。オフィス計画支援におけるデータ利用概要図を図1に示す。

客観調査である「行動ログ」は、新たなオフィスを計画しようとする組織の現状のオフィスにおいて、ワーカーに IC タグ等を装着した行動モニタリングにより取得する。行動ログから、オフィス

表 1 7つのシーンの概要

シーン名	概要
ステーション	一般執務席, 作業全般, 軽度コミュニケーション
シンク	個人のアイデア創出, 集中作業
コミュニティ	小規模ミーティング
レビュー	審議, 意思決定
アカデミー	蓄積された情報の収集
レセプション	社内外の接点
ブレイク	フランクなコミュニケーションや共同作業, 情報交換

内の各スペースの使われ方や部門等組織間の業務上の近接度、各ワーカーの業務時間の過ごし方を示す行動特性を得ることができる。主観調査であるアンケートは、従業員や経営層を対象とした簡易的なアンケート調査を実施することにより、既存のオフィスにおける満足度や改善点、要望などを収集する。この調査結果に基づき、行動ログから得られたシーン毎の利用人数と合わせて、各シーンの適正面積を算出するほか、新たなオフィスでどのような働き方を実現したいのかアンケート結果から検討してレイアウト案を作成する。新たなレイアウト案において、実際のワーカーのオフィスの利用状況をシミュレーションすることで、オフィスの使われ方やコミュニケーションの発生度合いの変化を予測・評価し、オフィス計画の支援を行う。

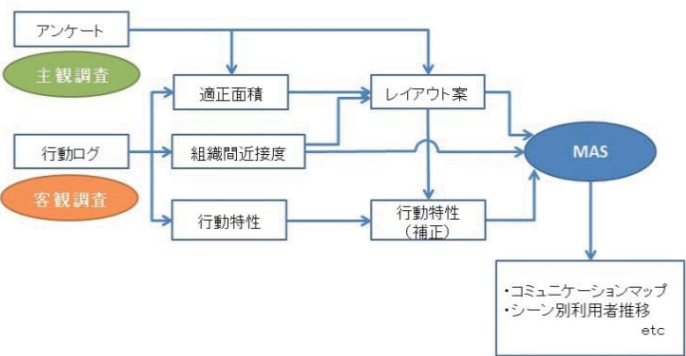


図1 データ利用概要図

連絡先: 林祐光, NTTファシリティーズ研究開発部, 東京都江東区新大橋 1-1-8, 03-5669-0834, hayash2a@ntt-f.co.jp

3. モデル概要

3.1 エージェントの設定

オフィスワーカーをモデル化したエージェントの設定方法を以下に示す。

エージェントをより現実的に即した行動とするために、現状のワーカーの行動ログから、行動特性関数 f 、組織間近接度関数 g を得てシミュレーションに利用する。行動特性関数 f を用いて次のようにシーン間の移動確率を求めることができる。

$$f(s, t) = r_{st} \quad (1)$$

$$\sum_t f(s, t) = 1 \quad (2)$$

ここで s は現在シーン、 t は移動先シーン、 r_{st} は s から t の移動確率であり、 s, t はそれぞれ現在シーン集合 S と移動先シーン集合 T の要素である。現在シーン集合 S は勤務中に取り得る現在シーンのほか、出勤時や昼食開始時等の時間帯によるトリガを含む。

行動特性関数 f は新たに計画されるレイアウトに基づいて適宜補正し、次のように補正行動特性関数 f^* を得る。

$$f(s, t) + h_{st} = f^*(s, t) \quad (3)$$

$$\sum_t f^*(s, t) = 1 \quad (4)$$

ここで h_{st} は r_{st} を補正する値である。 h_{st} の設定方法の例として、

- ・レイアウト変更前後のシーンの面積配分の違いを利用
- ・レイアウト変更前後のシーン間の平均移動距離の違いを利用
- ・レイアウト変更前後のワークスタイルの違いを利用

等が挙げられる。行動特性関数は、管理職や営業職、技術職等といった職種のほか、役職など様々に設定することができる。

組織間近接度関数 g は、ワーカー同士が同じスペースで過ごした合計時間数から求められ、エージェントの所属組織 m 、相対組織 n 、 m と n の近接度 q_{mn} で次のように表される。

$$g(m, n) = q_{mn} \quad (5)$$

$$\sum_n g(m, n) = 1 \quad (6)$$

エージェントの主な行動決定ロジックを以下に示す。

■シーン決定

エージェントが所属するエージェントグループの補正行動特性関数 f^* より導かれる確率分布に従う疑似乱数によりシーン決定する。

■人数決定

シーンに設定された最大利用人数の半数から最大値の一樣分布に従う疑似乱数により決定する。複数人が決定された場合は条件の合う他のエージェントを共連れる。

■滞在時間決定

各シーンに設定された滞在時間を平均値とし、平均値に係数を乗じた値を標準偏差とする標準ガウス分布に従う疑似乱数により決定する。

■共連れエージェント決定

組織間近接度関数 g により導かれる近接度の分布に従う疑似乱数を生成し共連れ対象組織を選択し、その中から以下の条件に合うエージェントを、上記決定した人数に到達するまで一様分布に従う疑似乱数により決定する。

- ・現在共連れされていない
- ・業務終了していない

■スペース・経路決定

エージェントは決定したシーン及び人数を充足する全てのスペースを列挙し、各スペースまでの移動経路を算出する。移動経路は、500mm グリッド状のネットワークからダイクストラ法により算出する。ネットワーク上において壁や什器等の歩行ができないエリアを不可侵部分とし、上下フロアの移動については階段またはエレベーターがネットワークのノードとして定義される。各スペースまでの移動経路の中から最も短い距離で到達できるスペースを決定し、条件の合致するスペースがない場合は、再度シーンの決定を行う。

■移動

エージェントは決定した経路を各エージェントに設定された歩行速度で移動する。対象のスペースが他のエージェントによって利用中等で利用不可の場合は、スペース・経路決定をやり直す。条件の合致するすべてのスペースが利用不可の場合は、シーン決定をやり直す。

■作業

エージェントがスペースに到着すると作業を開始する。共連れの条件に合致し、他のエージェントに共連れされた場合は作業を止め移動を行う。時間帯によるトリガが発動された場合は、シーンの決定を行う。

■業務終了判定

式(7)の条件を満たした場合に業務終了し、満たさない場合は再度シーン決定を行う。

$$\sum v + \sum w \geq m + n \quad (7)$$

ここで v は移動時間、 w は作業時間、 m は定時勤務時間、 n は残業時間である。

3.2 コミュニケーションの定量化










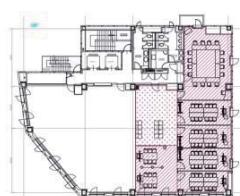
各シーンへ移動するエージェント同士が、隣接したネットワークのリンク上を通過する事象を「接触機会」と定義する。シミュレーション期間中に生じた接触機会回数を日単位で集計し、オフィス全体の合計を算出する。また、接触機会回数を図面上にヒートマップとして可視化したものをコミュニケーションマップとして出力する。接触機会の活用方法は主に二点想定している。一点目は、異なるレイアウトの全体の接触機会の合計の比較を行うことにより、全体としてコミュニケーションが生まれやすい、活性化したオフィスとなるレイアウトを探索すること。二点目は、接触機会が可視化されたコミュニケーションマップやスペース利用率から、オフィスの活動状況を読み取り、それに基づいてレイアウトの調整を行うことである。本稿では主に接触機会に注目しMAS によるオフィス計画支援への適用性検証を行う。

4. 実験

研究開発組織が入居する都内のテナントビルにおいて、前述したオフィス計画支援の手順に則ったシミュレーションを実施し、結果の考察を行う。シミュレーション条件は以下とする。

- ・フロア数:5フロア(4階～8階)
- ・エージェント人数:104人
- ・エージェント種別:2種類(管理職 20人, 技術職 84人)
- ・シミュレーション日数:3日間

表2 既存レイアウトと新レイアウト

階	既存レイアウト	新レイアウト案
8		
7		
6		
5		
4		
凡例	<div><div>ステーション</div><div>レセプション(個人収納等)</div><div>シンク</div><div>レセプション(来客用会議・応接室)</div><div>コミュニティ</div><div>レセプション(ホワイエ)</div><div>コミュニティ(収納)</div><div>ブレイク</div><div>レビュー</div><div>実験室</div><div>アカデミー</div></div> <div>※可視性を高めるため新レイアウト案のステーションは着色していない。</div>	

4.1 新レイアウトの有効性確認

既存レイアウト及び新レイアウト案を表2に示す。新レイアウト案は各シーンの適正面積及び組織間近接度を元に計画される。適正面積に基づくことで、4階の約半分のエリアを縮小し、賃借コストの低減を実現している。また、各シーンの面積が過不足ないように調整されているため、ワーカーはよどみなく移動することができる。さらに、組織間近接度に基づいて近接度の高い組織同士が近くに配置されることによって、共通の対象となるエージェント同士が近接し、全体の接触機会が増加していることが見込まれる。シミュレーションの検証結果を表3に示す。新レイアウト案の接触機会が既存レイアウトから全体で約 20%増加しており、新レイアウト案の有効性がシミュレーション上で確認された。

表3 接触機会回数の比較(3日間平均)

階	既存レイアウト	新レイアウト案
8	1,633 回	4,536 回
7	3,448 回	1,993 回
6	3,292 回	1,666 回
5	2,290 回	4,209 回
4	3,339 回	4,449 回
合計	14,002 回	16,853 回

4.2 レイアウトの調整

次に新レイアウト案のコミュニケーションマップからオフィスの活動状況を読み取り、レイアウトの調整を行う。表4に示した新レイアウト案 6 階のコミュニケーションマップから以下のことが確認できる。

- ・階段室周辺の上下フロア間動線の接触機会が多い
- ・共用部からレビューへの動線の接触機会が多い
- ・フロア全体の接触機会が局所的である

6 階全体の接触機会を増やすために、新レイアウト案のシミュレーションから得られた上記知見に基づいて、レイアウト案の調整を行う。共用部からレビューへの動線の接触機会が多いことから、レビューの配置を変更し、他フロアから 6 階へレビューに来ているワーカーの往來の動線を執務エリア内に取り込むことにより、フロア全体の接触機会が増加するという仮説を立てることができる。

レビューの配置を変更したレイアウト案の調整内容を表5に示す。レビューに来ているワーカーの接触機会を執務エリア内に取り込むために、入口近くに設置されていたレビューを、フロアの奥へ変更した。新レイアウト案(調整後)について新レイアウト案(調整前)と同様の条件下でシミュレーションを行い、その結果が出力されたコミュニケーションマップを表6に示す。新レイアウト案(調整後)のコミュニケーションマップから、レビューがフロアの奥に配置されることにより、フロア全体の接触機会が分散したことを確認できた。また接触機会回数についても、新レイアウト案(調整前)の 3 日間平均値 1,666 回から新レイアウト案(調整後)の 3 日間平均値 2,329 回へと約 40%増加した。これらの結果により、6 階のレイアウト調整によりフロア全体の接触機会を増加することができるという仮説を MAS で確認することができた。

表4 新レイアウト案 6階のコミュニケーションマップ


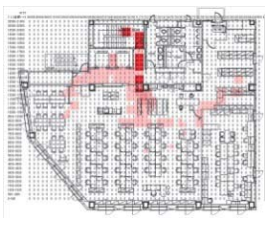



レイアウト		接触機会 (3日間平均) 1,666 回
1 日目		接触機会 1,766 回
2 日目		接触機会 1,518 回
3 日目		接触機会 1,715 回
凡例	少 接触機会 多 	

表6 新レイアウト案(調整後)6階コミュニケーションマップ


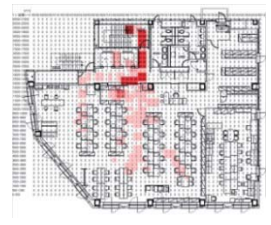




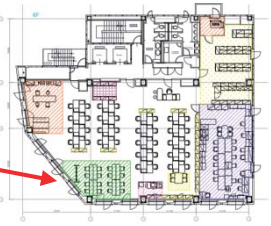
レイアウト		接触機会 (3日間平均) 2,329 回
1 日目		接触機会 2,388 回
2 日目		接触機会 2,136 回
3 日目		接触機会 2,462 回
凡例	少 接触機会 多 	

表5 レイアウト調整内容

新レイアウト案(調整前)	新レイアウト案(調整後)
	

5. まとめ

本稿では、MAS を利用したオフィスワーカーの行動シミュレーションによって、オフィスレイアウトの変更とコミュニケーションの変化の関係について論じ、オフィス計画における MAS の適用性を示した。シミュレーションが示した結果と実際のオフィスワーカーの行動との差異の検証や、より多様な業種、業態におけるコミュニケーションの定義や細分化については今後の課題としたい。

参考文献

[吉井 10] 吉井隆ほか: オフィス空間における知識創造の研究 その 1 オフィス空間における執務者行動に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 日本建築学会, 2010.

[富田 10] 富田正裕ほか: オフィス空間における知識創造の研究 その 2 レイアウト変更による執務者への影響に関する研究手法の確立, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 日本建築学会, 2010.

[吉井 11] 吉井隆ほか: オフィス空間における知識創造の研究 その 3 オフィス空間における執務者の行動調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 日本建築学会, 2011.

[松浦 11] 松浦健太ほか: オフィス空間における知識創造の研究 その 4 シミュレーションツールの整合性評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 日本建築学会, 2011.