コミュニケーションとタスクの実態調査の分析と インフォーマルコミュニケーションを予測する行動シミュレーションへの応用

知的生産性向上を目指した執務空間における

コミュニケーションおよび環境要素に関する実態調査(その2)

APPLICATION TO HUMAN BEHAVIOR SIMULATION TO MAKE PREDICTION OF INFORMAL
COMMUNICATION BASED ON ANALYSIS OF SURVEY OF COMMUNICATION AND TASK

Field survey on communication and workplace environment in an office
which is aimed at improving workplace productivity (Part2)

沼 中 秀 一*, 高 橋 祐 樹*, 杉 崎 奈 緒 子***, 菊 池 卓 郎*,
加 藤 信 介**, 天 野 健 太 郎*, 谷 英 明*, 高 橋 幹 雄*

*Shuichi NUMANAKA, Hiroki TAKAHASHI, Naoko SUGISAKI,
Takuro KIKUCHI, Shinsuke KATO, Kentaro AMANO,
Hideaki TANI and Mikio TAKAHASHI*

The purpose of this study is to obtain a knowledge contributing to the study of the workplace productivity improvement by using analysis of survey and human behavior simulation. This study was obtained the following knowledge.

1. The largest amount of informal communication was between sitter and migrant by survey analysis.
2. The amount of informal communication of per person per day between sitter and migrant and between migrant and migrant was 0.75h.
3. The number of occurrences of informal communication was greater in the case of a galleried corridor type as the simulation results.

Keywords : *Workplace productivity, Human behavior simulation, Multi-agent-system, Informal communication*

知的生産性, 行動シミュレーション, マルチエージェントシステム, インフォーマルコミュニケーション

1. 序

1.1 研究の背景

IT 機器や通信ネットワークの発達により社内での一般的な業務や情報伝達はパソコン画面上で対応することが通常になっている。ホームオフィスやサテライトオフィスといった業務形態も業種によっては進んでいる。そのため物理的なオフィス空間では、フェイストゥフェイスでのコミュニケーション機能が求められる。具体的にはアイデア出しのブレインストーミング、方針決定、戦略構築、合意形成、利害調整、交渉などである。これらの機能を効果的にすすめるためには、日常的な素地として、また潤滑油的な役割として、休憩時や空間内移動時のインフォーマルコミュニケーションが重要な役割を占めることとなる。

インフォーマルコミュニケーションの重要性については、前報¹⁾で詳述している。国土交通省の知的生産性研究委員会報告書²⁾の「建築空間と知的活動の階層モデル」での7つの Behavior^{注1)}の内の1つとしてのインフォーマルコミュニケーション(偶発的な雑談や打合せ)、岡本³⁾による偶発的なコミュニケーションを誘発すること

での組織の枠を超えた知識変換促進、緑川ら⁴⁾のコミュニケーションの満足度が高まることによるスムーズな情報の伝達などである。

筆者らは、インフォーマルコミュニケーションを調査し知見を積み上げることで、知的生産性向上を目指した執務空間の設計に役立てることを目的とした研究を行なっている。前報¹⁾では実際の建物において組織の移転等による統合前後でコミュニケーション行動に関して主観的評価と客観的評価の両面についての実態調査を行なった。具体的には、執務者へのアンケートによる主観的評価とインターバルカメラによる客観的評価の両方を評価手法として用い、統合前後でのコミュニケーションの状況を比較した。また分散した執務空間を統合したことにより、統合や環境の変化がコミュニケーションを含む働き方・働きやすさに与える影響を把握した。本報では、偶発的な出会いによるインフォーマルコミュニケーションの発生量や場所を設計段階において評価することを目的としてモデリングされた行動シミュレーションの有効性を検証し、感度解析を行なう。

1.2 行動シミュレーションに関する既往の研究と本研究の目的および方法

* (株)竹中工務店
** 東京大学生産技術研究所 教授・工博
*** (株)SUEP.(当時、東京大学大学院修士課程)

Takenaka Corporation
Prof. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Dr.Eng.
SUEP. Co., Ltd./Former Master Course Student, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

知的生産性の向上を検証する手法としては、上記のアンケートや撮影による実態調査とは別に、設計段階での建築主とのコミュニケーションツールとして、マルチエージェントモデルを用いた行動シミュレーションが有効であると考えられる。マルチエージェントシミュレーションについては過去に避難時等の群集歩行に関する研究が多くなされてきた。谷本ら⁹⁾は、避難口のボトルネック効果に関して検討し、衝突により人のアーチが形成される現実的状况下では避難口前の空間に障害物を設置することにより人の流れを整流することで避難口の流動効率を改善できることを演繹的に示した。藤岡ら¹⁰⁾は、津波避難の対策として、予想される避難猶予時間に応じて避難誘導システムを変更する方がより多くの人命安全が期待できることを示した。佐野ら¹¹⁾は、「人間行動シミュレーション及び人間行動モデル構築の基礎となる行動研究」に関係する研究成果をデジタルアーカイブとして集積した。その結果、実際のプロジェクトへの適用は火災避難分野に関するものが多く、日常時の群集流動シミュレーションを用いた評価については、実プロジェクトに計画段階から取り入れられる例が少ない点を指摘した。また実際の行動をモデル化しシミュレーションした事例としては次のような研究がある。織田ら¹²⁾は、現実に近いボトムアップな人間行動シミュレータをめざし、連続的空間とエージェントシステム概念を応用したプリミティブな人間行動シミュレータを提案した。具体的な対象空間として学生食堂にて試行し、テーブルの配置パターンにより空間の混雑度が異なること等の知見を得た。加藤ら^{9)・10)}は、大学キャンパスの食堂を対象にシミュレーション上で概ね実際の座席選択と同様の傾向を持つ座席選択パターンを再現した。それをふまえ座席数を減らしたレイアウト変更案を提示した。木曾ら^{11)・13)}は、大学構内における滞留場所でのビデオカメラによる実測をふまえた行動シミュレーションをおこなった。広場内における滞留などの人間行動の環境に対する感度について分析した。秋元ら^{14)・17)}は、オフィス空間における時間利用者数やエージェント同士の遭遇位置と回数について実測調査（目視調査とアンケート調査を併用）と比較し、執務者活動を再現することに成功した。

次にインフォーマルコミュニケーションが発生する場所について既往研究をみると、前述の緑川⁴⁾らのアンケート調査によれば、知識創造職務は情報・知識処理職務に比べ、コミュニケーションを重要視する傾向がみられ、勤務中に利用する空間も会議室や共有空間、外構空間の利用の割合が高かった。また割田¹⁸⁾らは、インフォーマルコミュニケーションに高い影響を与える建築空間として、打合せスペース、ライブラリー、リフレッシュスペースがあることを執務者アンケートにより見出した。宗方¹⁹⁾らは、情報交換の場として、休憩空間（食堂、休憩室、給湯室等）、移動空間（階段、廊下、エントランス等）といった本来生産の場として想定されていない空間が知的生産性に寄与していることをアンケートにより確認した。金子²⁰⁾は、レーザーセンサーを利用した行動モニタリング手法により、コピー機、庶務席周辺等の交通量が多い場所で偶発的な立ち話が多いことを確認した。流田²¹⁾らは、目視調査により、ミーティングスペースだけでなく、自席や通路、マグネットスペース（什器や給湯がある場所）等でコミュニケーションが多く発生していることを確認した。藤田²²⁾らは、オフィス内での観察調査によりワーカーの交流分析を行ない、会話の起こりやすい場所は喫煙

スペース、OA コーナー等の共用スペースであり、移動の途中での偶発的な発生が多いことを確認した。特に会話発生状況として部門間の会話は経路の途中で偶発的に起こる会話が最も多かった。さらに座席位置と共用スペース等の頻繁に使うゾーンの距離が長くなれば偶発的な会話が増える点を示唆した。

以上の既往の研究をふまえると、オフィスを構成する建築空間の要素やそのレイアウトがインフォーマルコミュニケーションに影響していることが示唆されたが、知的生産性向上の観点から、オフィスレイアウトを決定するために効果的な要素となるものを見出すことに取り組んでいるものが少ない。マルチエージェントモデルを用いてオフィスにおける知的生産性向上を検討する方法の一つとして、インフォーマルコミュニケーションに関する感度解析が不足しているものと考えられる。そこで本研究では、知的生産性向上（インフォーマルコミュニケーション量の向上）を評価指標とした場合の建築主との合意形成ツールとしての実用化を目指したマルチエージェントシステムを用いた行動シミュレーション²³⁾を使い、執務室の標準モデルにおいて、コピー機や机のレイアウトの違いなどに関する感度解析を行なった。前述のようにインフォーマルコミュニケーションは様々な場所で行われるが、今回はオフィスにおいてコピー機や会議室の位置、机のレイアウト等による動線の制約がもたらすインフォーマルコミュニケーションの違いに焦点をしばらく検討した。シミュレーションのためのエージェントの業務内容（タスクと称す）には、前報¹⁾の執務者へのアンケートに基づく実態調査の分析結果を用いた。またシミュレーションでは着席者同士のインフォーマルコミュニケーション量が算出されないため、前報のインターバルカメラ調査結果について着席者や離席者のコミュニケーションのバリエーションを分析した。

本研究の目的は2つある。一つ目は執務空間のインフォーマルコミュニケーションに関する前報の実態調査を分析して行動シミュレーションモデルに応用し、そのシミュレーションの有効性を検証することである。二つ目はその行動シミュレーションを標準モデルのオフィスに用いて感度解析を行なうことにより、知的生産性向上の検討に寄与する知見を得ることである。

2. 解析手法

本研究では、執務空間を対象としたワーカーの行動をシミュレートする解析ツールとして、**artisoc**²⁴⁾ 注1)をベースにして構築したシミュレーションツールを使用した。以下、本研究において入力条件となる空間モデルと人間のモデルおよびタスク等について述べる。

2.1 空間モデル

空間は二次元平面上に表現される。空間表現の基本要素は、エージェントが移動可能なオブジェクト（床）と、移動不可能なオブジェクト（壁）、移動できないが視線は通るためにインフォーマルコミュニケーションが生じるオブジェクト（家具）の3つから成る。

2.2 人間モデル

- (1) エージェントの歩行速度は1.3m/sとし、目的地までの最短経路を選択する。
- (2) エージェントの出勤時刻と退社時刻は定時を中心とした正規分布とした。
- (3) 在席人数は、人数（データ個数）と外出率から計算される。

2.3 エージェントのタスク

一日のスケジュールはタスクに割り付けられる。タスクには個別タスクと会議タスクがある。会議タスクのみ、複数のエージェントが同時に行なう必要があるため、個別タスクと会議タスクは別々のアルゴリズムで成り立っている。

一日のスケジュールを設定するには、まず「会議タスク」を複数のエージェントについて調整して事前に設定する。

次に個別タスクを設定する。会議時間を出社時刻から退社時刻の間で割り付けた残りの時間のなかで割り付けることとなる。具体的な個別タスクとしては、デスクワーク、コピー、休憩（執務室外）、電話対応、トイレ、外出がある。タスクは内容と発生確率と継続時間の3つの要素で構成される。これらのタスクは確率分布に従う乱数によって設定し、タスク終了時には次のタスクが会議タスクでない場合には、あらためて乱数によりタスクが設定される。あるタスクの開始時間となった時、エージェントはタスク実行エリアまで移動し、そこで定められている継続時間分を過ごす。またデスクワークタスクは、スケジュールを生成する際に全員に自席が割り当てられ、そこで実行される。しかしコピータスク等の自席とは別の場所で行なわれるタスクで、タスク実行エリアが他のエージェントに占められている場合は、そのタスクはキャンセルされて自席に戻るものとなる。タスクの実行時間は継続時間の0.5～1.5倍の範囲で調整されるものとしている。なおこのタスクの発生確率と継続時間は後述の実態調査の分析により設定値を決定している。

2.4 コミュニケーションの扱いについて

コミュニケーションには、フォーマルコミュニケーションとインフォーマルコミュニケーションの2種類がある^{注2)}。フォーマルコミュニケーションは予定されている会議であり、インフォーマルコミュニケーションは偶発的に発生するものである。フォーマルコミュニケーションは前述の会議タスクでありエージェントの一日のスケジュールの中に事前に設定しておく。インフォーマルコミュニケーションはそれぞれのタスクを実行するために移動しているエージェントに発生するものとする。インフォーマルコミュニケーションは1対1で行われるものとし、どちらかのエージェントが移動しているときに発生する。エドワード・ホール²⁵⁾の社会距離^{注3)}を参考に、2人のエージェントの距離が3.0m以内になった場合に設定した発生確率3%に基づいて話しかけるものとし、話しかけられたエージェントは100%応対することとする。すなわち、インフォーマルコミュニケーション発生確率については、実測結果も勘案し、本研究では3%と仮定する。移動中のエージェントが話しかけるのは、同じく移動中のエージェントもしくはデスクワークタスクを実行しているエージェントである。複数のエージェントがコミュニケーションを行なう場合には、2エージェント間のコミュニケーションが複数あるものとする。インフォーマルコミュニケーションの継続時間は五十嵐らの研究²⁶⁾を参考に継続時間とその確率を算出し、図1に示すステップ関数として取り扱う。

インフォーマルコミュニケーション発生確率の設定条件は、インフォーマルコミュニケーション量の絶対量に大きく影響する。図4にて後述するが、コミュニケーション発生確率の違いによるコミュニケーション量をみると、1%～5%の間では線形に変化するといえる。本シミュレーションは前述の通りインフォーマルコミュニケー

ション量の向上を評価指標とした建築主との合意形成ツールである。具体的には複数のレイアウト案に対するインフォーマルコミュニケーション量を相対的に比較するツールとしての利用が見込まれるため、この線形に変化する範囲内では、どの発生確率を用いてもレイアウト案同士の相対的なコミュニケーションの関係を把握するには決定的な計算条件ではないものと考えられる。

図1 インフォーマルコミュニケーションの継続時間

2.5 シミュレーションアウトプットとしてのインフォーマルコミュニケーション

上記の設定により発生したインフォーマルコミュニケーションのログをシミュレーションのアウトプットとする。具体的なログは、開始時間、継続時間、場所 (x, y)、インフォーマルコミュニケーションを行なったエージェントのID (2名) である。

3. シミュレーションにおける条件設定のためのタスクに関する実態調査結果の分析

3.1 執務者へのアンケート調査概要

前報における実際の建物^{注4)}においてシミュレーションの条件設定のための調査をおこなった。給湯器メーカーの研究開発施設である。デスクスペースはワンフロアであり、床面積は1,372.99 m²である。執務者は140名である。調査は2013年夏のコミュニケーションに関するアンケート調査の際に行なった。タスクに関する1回の継続時間と発生確率について調査した。調査方法はアンケート用紙に以下の点を記載してもらった形とした。アンケート対象期間は2週間とした。

- ①勤務時間内において外出している時間の割合 (%)
- ②外出のない一日の勤務時間 (時間)
- ③外出のない一日の業務の1回あたりの継続時間(分)と回数(回)
- ④業務の種類は以下とした。
 - a) 執務室での打合せ
 - b) 休憩 (自席で行なう休憩は除く)
 - c) トイレ
 - d) コピー・プリンタの利用
 - e) 電話対応時の離席
 - f) 執務室以外 (5ヶ所) での作業や打合せ

3.2 調査結果に基づく入力条件の決定

3.2.1 タスクの1回の継続時間

表1にタスクの1回の継続時間の入力条件 (min) について示す。

あわせて各課の人数と外出率も記載する。デスクワークは回答しにくいものと考え、60分と仮定した。

表1 タスクの1回の継続時間の入力条件 (min)

課名	管理職	一般職	休憩※	トイレ	コピー・プリンタの利用	電話応対時の離席	デスクワーク	ミーティング	他室1での作業・打合	他室2での作業・打合	他室3での作業・打合	他室4での作業・打合	他室5での作業・打合	人数	外出率
A課	○			1	4	2	2	60	53	5	17	0	1	5	4 14%
A課	○	○		2	4	15	3	60	21	115	32	0	18	0	5 14%
B課	○			3	3	7	2	60	29	44	12	1	1	4	26 13%
B課	○	○		7	4	3	1	60	26	187	53	0	2	1	34 5%
C課	○			3	3	2	2	60	65	2	1	0	10	0	17 7%
C課	○	○		5	4	2	1	60	47	5	16	0	0	6	39 5%
D課	○			2	5	3	3	60	3	203	57	0	0	0	2 13%
D課	○	○		10	5	1	5	60	10	0	0	0	0	0	3 0%
E課	○			0	5	1	5	60	5	0	0	0	10	0	1 5%
F課	○			0	6	3	5	60	30	0	0	0	0	0	2 10%
G課	○			5	4	2	4	60	56	13	4	0	0	6	5 23%

※) 自席で行う休憩は除く

3.2.2 タスクの発生確率

表2にタスクの発生確率の入力条件について示す。外出のない一日の業務の回数から比率を求めた。

表2 タスクの発生確率の入力条件

課名	管理職	一般職	休憩※	トイレ	コピー・プリンタの利用	電話応対時の離席	デスクワーク	ミーティング	他室1での作業・打合	他室2での作業・打合	他室3での作業・打合	他室4での作業・打合	他室5での作業・打合
A課	○		0.0%	11.5%	26.9%	11.5%	30.8%	11.5%	1.7%	6.0%	0.0%	0.0%	0.0%
A課	○	○	0.0%	12.5%	18.8%	6.3%	31.3%	12.5%	14.6%	4.1%	0.0%	0.0%	0.0%
B課	○		4.5%	18.2%	22.7%	4.5%	27.3%	13.6%	7.1%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%
B課	○	○	7.1%	21.4%	21.4%	7.1%	21.4%	7.1%	11.1%	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%
C課	○		0.0%	17.6%	23.5%	5.9%	41.2%	11.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
C課	○	○	5.3%	21.0%	21.0%	11.0%	36.8%	5.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
D課	○		5.6%	27.8%	11.1%	11.1%	22.2%	16.7%	4.3%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%
D課	○	○	5.6%	27.8%	5.6%	16.7%	38.9%	5.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
E課	○		0.0%	17.4%	21.7%	4.3%	39.1%	8.7%	0.0%	0.0%	0.0%	8.7%	0.0%
F課	○		0.0%	25.0%	25.0%	5.0%	30.0%	15.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
G課	○		0.0%	14.3%	23.8%	14.3%	28.6%	9.5%	3.7%	1.0%	0.0%	0.0%	4.8%

※) 自席で行う休憩は除く

4. 着席および離席の状況によるインフォーマルコミュニケーションの実態調査結果の分析 (行動シミュレーションで対象となるコミュニケーション量の分析)

4.1 調査概要

前述のように研究対象である行動シミュレーションでは着席者と離席者もしくは離席者同士 (歩行者同士) のインフォーマルコミュニケーションを対象としており、着席者同士のインフォーマルコミュニケーションは対象外である。そのため前報でのインフォーマルコミュニケーション調査結果を分析し、着席および離席の状況により分類した。2013/7/22(月)~26(金)の5日間についての調査である。

4.2 調査結果

図2に分類結果を示す。

図2 インフォーマルコミュニケーション量の着席・離席状況による分類

5 日間の平均値を見ると、インフォーマルコミュニケーションの中での割合は、着席者同士が 22.8%、着席者+離席者が 63.5%、歩行者同士が 13.7%であり、着席者と離席者によるインフォーマルコミュニケーションが一番多かった。行動シミュレーションの解析対象となる着席者+離席者、および歩行者同士によるインフォーマルコミュニケーションの全体に占める割合は 77.2%であった。前報では、個人席周辺のコミュニケーション量が 0.98h/人日であったことから、着席者+離席者、および歩行者同士によるコミュニケーション量は、0.76h/人日である。

5. 実態調査分析結果の行動シミュレーションへの応用

5.1 計算条件

実態調査を行なった建物において行動シミュレーションを実施した。計算対象建物は、三角形の平面形態を有効に活用すべく中庭を内包するプランとし、中庭に面したデスク脇のオープンスペースを通路として活用することでインフォーマルコミュニケーションが増えることをねらいとしたものである。人が並んで歩くことができるため物理的な対人距離を縮めることができ、着席した人と通路歩行者が出会う頻度も増加する。今回は、レイアウト変更案についてもあわせて計算した。図3に計算をおこなったレイアウトを示す。次

図3 実際の建物でのレイアウトの検討プラン

の3つのレイアウトの違いによるインフォーマルコミュニケーション量の比較を行なった。まず実際の建物でのレイアウト(図3(a))はコピー機を分散設置し、一部の部署の管理職と一般職を分離したものである。それに対し、レイアウト変更案1(図3(b))は打合スペースを集約し、かつ部署内コミュニケーション頻度の向上をねらったもの、レイアウト変更案2(図3(c))はコピー機を北側と南側の島の中央に集めてコピー機利用者と歩行者のインフォーマルコミュニケーションの誘発をねらったものである。なお前述の表1および2のA課からG課がグループに分かれて編成されている。

5.2 計算結果および考察

図4にコミュニケーション発生確率の違いによるコミュニケーション量の比較を示す。図3(a)の実際の建物でのレイアウトにおいて、発生確率を1%、3%、5%で比較した。インフォーマルコミュニケーション量(h/人日)は、1%で0.18、3%で0.55、5%で0.92であった。本シミュレーションにおいては、コミュニケーション発生確率を変更することによって、インフォーマルコミュニケーション量は線形に変化するものといえる。前述の実態調査(図2)によるインフォーマルコミュニケーション量が0.76であったことから、3%で計算した時の0.55とは大きな誤差はなく、インフォーマルコミュニケーション発生確率を1%~5%の間に設定することの妥当性を確認できた。

図4 コミュニケーションの発生確率の違いによるコミュニケーション量の比較(図3(a)の場合)

次に上記のレイアウトの違いによるインフォーマルコミュニケーションの計算結果としての一人あたりの一日のコミュニケーション量(h/人日)を図5に示す。実際の建物レイアウトでは0.55、レイアウト変更案1では0.52、レイアウト変更案2も0.52であった。

図5 インフォーマルコミュニケーション計算結果

これら3つのレイアウトの違いでは、インフォーマルコミュニケ

ーション回数には大きな差が見られなかった。その原因として回廊型のオフィスであることがインフォーマルコミュニケーションの回数を増やすことに大きく貢献している可能性が考えられる。そのため後述の標準モデルプランにおける感度解析では回廊型の感度も検討対象とする。

6. 標準モデルプランにおける感度解析

6.1 計算モデル

文献1の建物のプランでは特殊性がある可能性をふまえ、標準モデルプランに設定した執務室は基準階オフィスビル^{注5)}とした。

建築設計資料集成³⁰⁾のデスクレイアウトを参考に机サイズと通路幅を設定した。具体的には、机のサイズを1台あたり幅1,200mm×奥行900mm、通路幅を1,200mm以上とした。机以外の家具什器類として、コピー機を2台、4種類の書架(幅2,700mm、3,000mm、3,600mm、4,200mm、奥行はいずれも600mm)を机のレイアウト状況に応じて設置した。またフォーマルコミュニケーションを行なうための会議室に該当するものとしての打合スペースについては4席1組(1テーブルが幅1,200mm×奥行900mmを4つ組み合わせたもの)を2ヶ所とした。これらにより在席人数は56人、在席人数の原単位は0.14人/m²となった。

6.2 タスクの設定

前述の実態調査を参考にしてタスクを設定した。設定内容は表3に示す。実態調査と異なる点として、以下の4点がある。

- (1)電話対応のタスクが自席タスクとなった。
- (2)執務室外(5ヶ所)での作業や打合せの内、アンケート結果での発生確率が概ねゼロであった他室は除いた。
- (3)1Fでの作業・打合せのタスクについては、標準モデルではフロアの区別がないため外出タスクに変更した。
- (4)出社時刻は8時30分、退社時刻は20時とし、いずれもそれらを中心とした正規分布とした。

表3 タスクの発生確率と継続時間

タスク	名称	デスクワーク	会議	コピー	休憩	電話対応	WC	他1	他2
発生場所		自席	会議室	コピー機	執務室外	自席	トイレ	執務室外	執務室外
発生確率(%)		31	9	22	4	8	20	5	1
継続時間(min)		60.00	38.51	3.42	4.57	2.00	3.97	63.57	22.62

6.3 解析ケース

藤田²²⁾らの既往の研究もふまえて、オフィス内での移動距離が長くなることで、偶発的の出会いが増えるものと想定し、その影響が出ると考えられる要素を感度解析の対象とした。具体的には、コピー機の位置(分散と集約)、机の島の雁行の有無、机の向き(南北軸と東西軸)、会議室の位置(集約と分散)、パーティションの有無、通路の場所である。執務環境内での執務者の歩行が生じることとなるコピー機や会議室の位置を変化させることで、移動経路を変化させた。また移動距離を変えるために机のレイアウトを雁行や向きに

よって変化させた。さらにパーティションによって通路の位置を変化させた。これらにより図 6 に示す 24 ケースでの比較をおこなった。コピー機は 2 台を南北に分散した場合と室中央に集約した場合を比較した。雁行については机の島の組み合わせを変更し通路を雁行させた。机の向きは 8 人で 1 島を形成することを基本として、その島の向きを南北軸とするか東西軸にするかについて比較した。会議室の位置は集約と分散での比較を行った。パーティション（間仕切壁）は視線だけでなく動線をふさぐものとし、有無の比較と有りの場合には設置場所によって主動線を変更した。外側に立てて主動線を室中央に集めたものと、内側に立てて主導線を室外周部（回廊

型）にしたものである。なおサンプル数は杉崎ら³¹⁾の研究により 15 回とした。

6.4 計算結果および考察

6.4.1 各ケースにおけるインフォーマルコミュニケーションの発生回数の比較

図 7 に各ケースにおけるインフォーマルコミュニケーションの発生回数を示す。発生回数の多かった上位 3 ケースは、case23（コピー機：分散、雁行なし、机の向き：東西、会議室：集約、パーティションあり（回廊型））（平均値 257num./day）、case20（コピー機：集約、雁行なし、机の向き：南北、会議室：集約、パーティション

図 6 標準モデルでの解析ケース

図 7 各ケースにおけるインフォーマルコミュニケーションの発生回数

あり（回廊型）（平均値 249num./day）、case24（コピー機：集約、雁行なし、机の向き：東西、会議室：集約、パーティションあり（回廊型））（平均値 244num./day）であった。いずれもパーティションあり（回廊型）であった。一方発生回数の少なかった3ケースは、case12（コピー機：集約、雁行なし、机の向き：東西、会議室：分散、パーティションなし）（平均値 156num./day）、case6（コピー機：集約、雁行なし、机の向き：東西、会議室：集約、パーティションなし）（平均値 158num./day）、case18（コピー機：集約、雁行なし、机の向き：南北、会議室：集約、パーティションあり（主動線室中央））（平均値 174num./day）であった。いずれもコピー機を集約した場合であった。

以下に各変数についての結果と考察を記す。それぞれの変数内のバリエーションでの比較を行なった。その際、各ケースの平均値の差について t 検定（有意水準 5%以下）を行なった。

6.4.2 コピー機の位置（分散と集約）（表4）

コピー機の位置は、中央に集約するよりも、南北に分散させるほうが、インフォーマルコミュニケーション発生回数が多く有意な差がみられた。

コピー機を分散することによりエージェントの移動量が増加したのと考えられる。この点は藤田²⁹⁾らが示唆した、座席位置と共用スペース等の頻繁に使うゾーンの距離が長くなれば偶発的会話が増える点について、今回検討した動線の範囲では整合する結果となったのと考えられる。

6.4.3 机の島の雁行の有無（表5）

雁行の有無は、ケースによってインフォーマルコミュニケーション発生回数の増減の両方があった。有意差はみられなかった。

このプランでの雁行は変化を生むほどの大きな差とはいえないものと考えられる。

6.4.4 机の向き（南北軸と東西軸）（表6）

有意な差があるものだけについてみると、パーティションがない場合には南北軸、パーティションがある場合には、東西軸であった。

1vs5 と 17vs21 を比較すると、プラン上は家具什器類のレイアウトは同じであるがパーティションの有無だけが異なる。すなわち 1vs5 ではパーティションがないが、17vs21 ではパーティションが存在する。ここでエージェントの動線と在席者の背面の関係をみると、1vs5 では背面を通過する距離を長く確保できる case1 の方が多くなる。パーティションがない場合には最短距離を歩くことになるため、長手方向に沿って机が並ぶため移動者が在席者と出会う機会が増えるものと考えられる。一方パーティションのある 17vs21 では 21 の方が背面を通過する距離が長くなり、インフォーマルコミュニケーション回数も増加している。これはパーティションがあることにより動線が限定され、2 箇所の出入り口までの動線で出会う在席者は東西軸で増えることが影響している。

6.4.5 会議室の位置（集約と分散）（表7）

会議室（打合スペース）の配置は、ケースによってインフォーマルコミュニケーション発生回数の増減の両方があったが、集約のほうが多い傾向にあった。有意差はみられなかった。

6.4.6 パーティションの有無（表8）

有意差がみられたのはパーティションがある方が大きかった場合のみであった。

前述の図6のすべてのケースの比較における上位3ケースのいずれもがパーティションあり（回廊型）であったことと同様にパーティションの影響度が高いものと考えられる。

6.4.7 主動線（通路の場所）（表9）

いずれも回廊型の方が多く、かつ有意な差がみられた。

主動線については室中央にまとめるよりも回廊型にする方が出入り口までの距離が長くなり、その分で偶発的な出合いを増やすこととなるものと考えられる。回廊型とすることがインフォーマルコミュニケーション回数を増加させる重要な感度となると考えると、実態調査のプランにおけるレイアウト変更の検討のシミュレーションにおいては感度の高い回廊型の中だけでの比較をしていたということであり、他の要素の変化が感度として現れにくかったものと考えられる。

7. まとめ

本研究の目的は執務空間のインフォーマルコミュニケーションに関する実態調査の分析結果を行動シミュレーションモデルに適用し、さらに行動シミュレーションを用いて知的生産性向上の検討に寄与する知見を得ることである。本報では以下の知見を得た。

- (1) インフォーマルコミュニケーションの割合は、実態調査では着席者同士が 22.8%、着席者と離席者が 63.5%、歩行者同士が 13.7%であり、着席者と離席者によるインフォーマルコミュニケーションが一番多かった。
- (2) 実態調査から、着席者+離席者、および歩行者同士によるコミュニケーション量は、0.76h/人日であった。
- (3) インフォーマルコミュニケーションの発生回数の多かった上位3ケースはいずれもパーティションあり（回廊型）であった。
- (4) 一方、インフォーマルコミュニケーションの発生回数の少なかった3ケースはいずれもコピー機を集約した場合であった。
- (5) コピー機の位置は、中央に集約するよりも、南北に分散させるほうが、インフォーマルコミュニケーション発生回数が多く有意な差がみられた。
- (6) エージェントの移動量（歩行距離）が増加することが、インフォーマルコミュニケーション量の増加に貢献する点が示唆された。

謝辞

本研究の計画と実測調査に関し、研究対象建物の建築主であるパース株式会社の方々の全面的なご協力をいただいたことに心から厚く感謝申し上げます。

注

注 1) artisoc はマルチエージェント・シミュレーション (MAS) における実行順序制御機構をベースとしグラフィカルユーザインタフェース (GUI) を含めた MAS モデル構築の支援機能を持つ MAS エンジンのオープンソースである。MAS とは自律的に振る舞うエージェントを定義しあるシステム内における多数のエージェントの振る舞いをシミュレートすることでシステム全体の振る舞いを観察・解析するボトムアップ的なアプローチである。MAS ではエージェントの個性を属性として定義するとともに周囲のエージェントとの相互作用や環境・状況に応じて行動を変化させる法則を行動ルールとして定義する。この属性や行動ルールを分析対象に応じて設定することにより、個人内でも様々な要因に応じて行動が変わる多様性や多くの人や物が場合によっては局所的に影響を及ぼしあう相

表 4 コピー機の位置（分散と集約）の感度解析結果

case 比較	コピー	雁行	机向き	会議室	パーティション	主動線	有意差	インフォーマルコミュニケーション回数が多かった方
1vs2	分散 VS 集約(中)	なし	南北	集約	なし	—	有 p=0.003	分散
3vs4	分散 VS 集約(中)	あり	南北	集約	なし	—	有 p<0.001	分散
5vs6	分散 VS 集約(中)	—	東西	集約	なし	—	有 p=0.020	分散
7vs8	分散 VS 集約(中)	あり	南北	分散	なし	—	有 p=0.001	分散
9vs10	分散 VS 集約(中)	あり	南北	分散	なし	—	有 p=0.047	分散
11vs12	分散 VS 集約(中)	—	東西	分散	なし	—	有 p<0.001	分散
13vs14	集約(北) VS 集約(南)	なし	南北	集約	なし	—	—	集約(南)
15vs16	集約(北) VS 集約(南)	—	東西	集約	なし	—	有 p=0.011	集約(北)
17vs18	分散 VS 集約(中)	なし	南北	集約	あり	室中央	有 p=0.001	分散
19vs20	分散 VS 集約(中)	なし	南北	集約	あり	回廊型	—	集約(中)
21vs22	分散 VS 集約(中)	—	東西	集約	あり	室中央	有 p=0.010	分散
23vs24	分散 VS 集約(中)	—	東西	集約	あり	回廊型	—	分散

表 5 机の島の雁行の有無の感度解析結果

case 比較	コピー	雁行	机向き	会議室	パーティション	主動線	有意差	インフォーマルコミュニケーション回数が多かった方
1vs3	分散	なし VS あり	南北	集約	なし	—	—	あり
2vs4	集約(中)	なし VS あり	南北	集約	なし	—	—	なし
7vs9	分散	なし VS あり	南北	分散	なし	—	—	なし
8vs10	集約(中)	なし VS あり	南北	分散	なし	—	—	あり

表 6 机の向き（南北軸と東西軸）の感度解析結果

case 比較	コピー	雁行	机向き	会議室	パーティション	主動線	有意差	インフォーマルコミュニケーション回数が多かった方
1vs5	分散	なし	南北 VS 東西	集約	なし	—	有 p=0.036	南北
2vs6	集約(中)	なし	南北 VS 東西	集約	なし	—	有 p<0.001	南北
7vs11	分散	なし	南北 VS 東西	分散	なし	—	—	南北
8vs12	集約(中)	なし	南北 VS 東西	分散	なし	—	有 p=0.002	南北
13vs15	集約(北)	なし	南北 VS 東西	集約	なし	—	—	東西
14vs16	集約(南)	なし	南北 VS 東西	集約	なし	—	有 p=0.001	南北
17vs21	分散	なし	南北 VS 東西	集約	あり	室中央	有 p<0.001	東西
18vs22	集約(中)	なし	南北 VS 東西	集約	あり	室中央	有 p<0.001	東西
19vs23	分散	なし	南北 VS 東西	集約	あり	回廊型	有 p=0.034	東西
20vs24	集約(中)	なし	南北 VS 東西	集約	あり	回廊型	—	南北

表 7 会議室の位置（集約と分散）の感度解析結果

case 比較	コピー	雁行	机向き	会議室	パーティション	主動線	有意差	インフォーマルコミュニケーション回数が多かった方
1vs7	分散	なし	南北	集約 VS 分散	なし	—	—	集約
2vs8	集約(中)	なし	南北	集約 VS 分散	なし	—	—	集約
3vs9	分散	あり	南北	集約 VS 分散	なし	—	—	集約
4vs10	集約(中)	あり	南北	集約 VS 分散	なし	—	—	同じ
5vs11	分散	—	東西	集約 VS 分散	なし	—	—	分散
6vs12	集約(中)	—	東西	集約 VS 分散	なし	—	—	集約

表 8 パーティションの有無の感度解析結果

case 比較	コピー	雁行	机向き	会議室	パーティション	主動線	有意差	インフォーマルコミュニケーション回数が多かった方
1vs17	分散	なし	南北	集約	なし VS あり(室中央)	—	—	なし
1vs19	分散	なし	南北	集約	なし VS あり(回廊型)	—	有 p<0.001	あり(回廊型)
2vs18	集約(中)	なし	南北	集約	なし VS あり(室中央)	—	—	なし
2vs20	集約(中)	なし	南北	集約	なし VS あり(回廊型)	—	有 p<0.001	あり(回廊型)
5vs21	分散	—	東西	集約	なし VS あり(室中央)	—	有 p<0.001	あり(室中央)
6vs22	集約(中)	—	東西	集約	なし VS あり(室中央)	—	有 p<0.001	あり(室中央)
5vs23	分散	—	東西	集約	なし VS あり(回廊型)	—	有 p<0.001	あり(回廊型)
6vs24	集約(中)	—	東西	集約	なし VS あり(回廊型)	—	有 p<0.001	あり(回廊型)

表 9 主動線（通路の場所）の感度解析結果

case 比較	コピー	雁行	机向き	会議室	パーティション	主動線	有意差	インフォーマルコミュニケーション回数が多かった方
17vs19	分散	なし	南北	集約	あり	室中央 VS 回廊型	有 p<0.001	回廊型
18vs20	集約(中)	なし	南北	集約	あり	室中央 VS 回廊型	有 p<0.001	回廊型
21vs23	分散	—	東西	集約	あり	室中央 VS 回廊型	有 p<0.001	回廊型
22vs24	集約(中)	—	東西	集約	あり	室中央 VS 回廊型	有 p<0.001	回廊型

相互作用を表現することが可能である。本研究では、artisoc をベースとして、空間についてはプラン、人については歩行速度、タスクについては継続時間と発生確率、コミュニケーションについては発生確率を入力条件としている。なお1試行分のフローは次の通り。①出勤時刻を正規分布により決定する。②複数のエージェントで行なうミーティングのスケジュールをランダムに決定する。③ミーティング以外のスケジュールをランダムに決定する。④タスクの場所が複数ある場合にはランダムに決定する。これらのランダムに決定するものは、1試行ごとに乱数により生成する。この試行を15回繰り返し、その結果の平均を算出する。

注2) 7つの Behavior とは、「情報処理」、「収束的思考」、「拡散的思考」、「リラクセス (休息)」、「リフレッシュ (切替)」、「フォーマルコミュニケーション (予定されていた会議や打合せ)」、「インフォーマルコミュニケーション (偶発的な雑談や打合せ)」である。

注3) 密接距離：6～18 インチ (約 15～45cm)、個体距離：1.5～4.0 フィート (約 45～120cm)、社会距離：4.0～12.0 フィート (約 120～360cm)、公衆距離：12.0 フィート以上 (約 360cm 以上)

注4) 調査対象建物は、一日周期の外部の物理的周期 (サーカディアン条件) と人間の生理的な周期が同期していることが自然であり知的生産性にもよいと考え設計し運用している建物であり、外部の自然環境の導入効果に関する実態調査結果は文献 27 に詳しい。

注5) 日本建築学会熱シンポジウム (1985) において提案されたオフィス標準問題²⁸⁾。コアの東西にオフィスがあるため西側フロア (302.58 m² (12.3m × 24.6m)) を対象とした。後述の解析ケース (コピー機や会議室の位置、机のレイアウト等) での感度解析を行なうため、オフィスの建築平面としてはできるだけシンプルな四角形のものを採用した。本オフィスモデルは温熱環境の検討だけでなく、吉澤²⁹⁾らの光環境などにも用いられているため、汎用性のあるプランと考え、標準モデルプランに採用した。

参考文献

- 沼中秀一・高橋祐樹・天野健太郎・加藤信介・高橋幹雄・菊池卓郎：知的生産性向上を目指した執務空間におけるコミュニケーションおよび環境要素に関する実態調査, 日本建築学会環境系論文集 第 80 巻 第 713 号, pp. 609 ～619, 2015. 7
- 国土交通省: 知的生産性研究委員会報告書 (平成 24 年度), 2013. 3
- 岡本章樹: コミュニケーションマネジメントによる知的生産性の向上, 知的資産創造, 第 7 巻第 1 号, pp. 93～101, 1999.
- 緑川ゆり・伊香賀俊治・佐藤啓明・割田知裕: オフィスの建築空間とコミュニケーションが知的生産性に与える影響, 2010 年度日本建築学会関東支部研究報告集, pp. 149～152, 2011. 3
- 谷本潤・萩島理・田中尉貴: 避難口のボトルネック効果に関するマルチエージェントシミュレーションと平均場近似に基づく解析, 日本建築学会環境系論文集 第 74 巻 第 640 号, pp. 753-757, 2009. 6
- 藤岡正樹・石橋健一・梶秀樹・塚越功: 津波避難対策のマルチエージェントモデルによる評価, 日本建築学会計画系論文集 第 562 号, pp. 231-236, 2002. 12
- 佐野友紀・高柳英明・木村謙・渡辺俊・林田和人・川口和英・池田浩敬・位寄和久・渡辺仁史: 人間行動シミュレーションのための行動データ体系化, 2003 年度日本建築学会関東支部研究報告集
- 織田瑞夫・滝澤重志・河村廣・谷明勲: エージェントモデルによる連続的空間における人間行動シミュレータの構築, 日本建築学会計画系論文集 第 558 号, pp. 315-322, 2002. 8
- 北上靖大・加藤彰一・谷脇義隆: マルチエージェントシミュレーションを用いた学生食堂における環境認識・行動に関する研究, 日本建築学会東海支部研究報告書 第 45 号, pp. 529～532, 2007. 2
- 柴田洋希・加藤彰一: マルチエージェントシミュレーションを用いた学生食堂のレイアウトに関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp. 575～576, 2007. 8
- 木曾久美子・門内輝行: 建築・都市空間における人間行動のモデル化とシミュレーション, 日本建築学会計画系論文集 第 76 巻 第 668 号, pp. 1819-1828, 2011. 10
- 木曾久美子・門内輝行: 人間行動の記号過程の確率ネットワークモデルとそれに基づくシミュレーション 建築・都市空間が誘発する人間行動の記号過程に関する研究, その 2, 日本建築学会計画系論文集 第 77 巻 第

- 680 号, pp. 2329-2338, 2012. 10
- 木曾久美子・門内輝行: 発話分析に基づく人間行動の記号過程の解読とシミュレーション 建築・都市空間が誘発する人間行動の記号過程に関する研究, その 3, 日本建築学会計画系論文集 第 78 巻 第 687 号, pp. 1003-1012, 2013. 5
- 吉井隆・秋元孝之・酒井憲司・富田正裕: 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, D-1, pp. 13-14, 2010. 9
- 富田正裕・秋元孝之・吉井隆・酒井憲司: 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率, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, pp. 15-16, 2010. 9
- 吉井隆・秋元孝之・松浦健太・綿貫安伸・酒井憲司: 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, D-2, pp. 1137-1138, 2011. 8
- 松浦健太・秋元孝之・綿貫安伸・吉井隆・酒井憲司: 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, D-2, pp. 1139-1140, 2011. 8
- 割田智裕・伊香賀俊治・林立也・佐藤啓明: 知的生産性に関する研究, その 6, CASBEE と連携した知的生産性の経済性評価システムの改良, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 I, pp. 97～100, 2011. 7
- 宗方淳・川瀬貴晴・小島隆矢・佐久間哲哉・高橋正樹・橋本哲・原田昌幸・吉井隆: オフィスビル全体を対象とした知的生産性評価システムに関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 I, pp. 97～100, 2012. 9
- 金子弘幸: レーザーセンサーを用いた行動モニタリング調査 その 1 オフィス内のワーカーの活動量比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 建築計画, pp. 727～728, 2012. 9
- 流田麻美・樋口美和・伊藤光太郎・西原直枝・田辺新一・伊藤剛・和田克明・吉野攝津子・間瀬亮平: 低炭素化と知的生産性に配慮した最先端オフィスの調査研究, その 25, 移転前後オフィスにおける夏季のアンケート調査およびコミュニケーション調査結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 II, pp. 1391～1392, 2012. 9
- 藤田敏郎・谷口元・恒川和久・榎山明久: オフィスレイアウトの変更によるワーカーの行動変化に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 建築計画 I, pp. 191～192, 2003. 7
- 野崎尚子・石川敦雄・樋口祥明: 人にやさしい空間 執務空間におけるワーカーの行動シミュレーションに関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 II, pp. 1233～1234, 2012. 9
- 株式会社構造計画研究所ホームページ: <http://www.kke.co.jp/> (2015. 10. 25 参照)
- エドワード・ホール著, 日高敏隆・佐藤信行訳: かくれた次元, みすず書房, 1970.
- 五十嵐貴子・水野里美・松本裕司・仲隆介・山口重之: ワークプレイスにおけるコミュニケーションに関する研究, その 1, 量的な視点からの活動把握, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp. 557-558, 2007. 8
- 沼中秀一・天野健太郎・高橋祐樹・加藤信介・高橋幹雄: 知的生産性向上を目指した執務空間における外部の自然環境の導入効果に関する実態調査, 空気調和衛生工学会論文集 No. 219, pp. 11～22, 2015. 6
- 滝沢博: 標準問題の提案 (オフィス用標準問題), 日本建築学会環境工学委員会熱分科会, 第 1 5 回熱シンポジウムテキスト, pp. 35-42, 1985.
- 吉澤望・小林紘一・稻沼 實・武田 仁: 東京圏における昼光照度基準標準年気象データ TWD9302/L の昼光照明シミュレーションへの応用, 日本建築学会環境系論文集 第 598 号, pp. 23 ～29, 2005. 12
- 日本建築学会編: 第 3 版コンパクト建築設計資料集成, p. 291, 丸善, 2005.
- 杉崎 奈緒子・加藤信介・高橋幹雄・沼中秀一・天野健太郎・菊池卓郎・谷英明・高橋祐樹: インフォーマルコミュニケーションを評価指標とした行動シミュレーションの感度解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 I, pp. 117～118, 2015. 9

APPLICATION TO HUMAN BEHAVIOR SIMULATION TO MAKE PREDICTION OF INFORMAL COMMUNICATION BASED ON ANALYSIS OF SURVEY OF COMMUNICATION AND TASK

Field survey on communication and workplace environment in an office
which is aimed at improving workplace productivity (Part2)

Shuichi NUMANAKA^{}, Hiroki TAKAHASHI^{*}, Naoko SUGISAKI^{***},
Takuro KIKUCHI^{*}, Shinsuke KATO^{**}, Kentaro AMANO^{*},
Hideaki TANI^{*} and Mikio TAKAHASHI^{*}*

^{*} Takenaka Corporation

^{**} Prof., Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Dr.Eng.

^{***} SUEP. Co., Ltd./Former Master Course Student, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

As a technique for verifying the improvement of workplace productivity, behavioral simulation using the multi-agent model is considered to be effective. The purpose of this study is to obtain a contributing knowledge to the study of the workplace productivity improvement by using human behavior simulation. Performing a sensitivity analysis about informal communication can be considered to be meaningful. In this study, analysis tool that simulates the behavior of workers intended for office space has been constructed using artisoc was used. Preliminary calculations were made by the office layout in the actual building. Survey of this building was analysed. The largest amount of informal communication was between sitter and migrant by survey analysis. The amount of informal communication of per person per day between sitter and migrant and between migrant and migrant was 0.75h. Office layout in this actual building was a galleried corridor type. Sensitivity analysis in the standard model plan has been made. Sensitivity analysis target is as follows. Position of the copy machine, the orientation of the desk, the location of the meeting room, the presence or absence of the partition, such as the corridor type of sensitivity.

This study was obtained the following knowledge. The number of occurrences of informal communication was greater in the case of a galleried corridor type. The cases that copy machine are aggregated in the office floor, it was less the number of occurrences of informal communication. The location of two copy machines were compared aggregate position with segregate, therefore informal communication amount of the segregate position were more often than that of the aggregate. If the movement amount of the agent is increased, it will be suggested to contribute to an increase in informal communication amount.

(2015 年 10 月 31 日原稿受理, 2016 年 3 月 23 日採用決定)