

# 人工社会シミュレーションを用いた 生産性向上のための組織形成モデルの研究

## Research on Organization Formation Model for Productivity Improvement Using Artificial Society Simulation

矢田 昇平<sup>1</sup> 倉橋 節也<sup>1</sup>

Shohei Yada<sup>1</sup> Setsuya Kurahashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学大学院ビジネス科学研究科経営システム科学専攻

<sup>1</sup>University of Tsukuba

**Abstract:** In Japan which faces population decline and labor shortage, it is obvious that low productivity is an essential social issue that cannot be avoided.

On the other hand, it is also true that Japanese technology is highly evaluated from a micro perspective.

Based on these, low productivity in Japan can be said to be an organizational management issue.

From the above, in this study, we identify an organization formation model that maximizes the productivity of organization by analysing how individual productivity and behavior patterns affect the productivity of organization.

In addition, these productivity of organization is generated by complex social systems such as individual interactions, so we try to demonstrate the macro social order generatively using Agent-based model (ABM).

### 1. 研究の背景

日本にとって少子化や人口減少に伴う労働力不足が深刻な社会課題であることは自明であろう。[1]加えて、就業時間あたりの労働生産性も著しく低く、OECDの発表によると日本は主要先進7カ国の中で1970年以降常に最下位となっており、このことから日本の経済は「量」「質」共に危機的状況にある。[2]

このような課題は実際の企業においても同様だといえるであろう。私が所属する企業においては従業員の約半数程度がエンジニアであり、その中には高い技術力を持った様々な分野のプロフェッショナルが多く在籍している。しかしそのような従業員の全てが主体性をもって本来の技術力を存分に発揮できているかという点、そうではないのである。そしてその理由が、本来個人が持っている技術力以外の、例えばコミュニケーション上の課題や、評価制度、組織マネジメント等といった組織的要因があるのであれば、日本の生産性の低さは組織的な経営課題であるとも言えるであろう。

こうしたことから本研究では、組織の生産性を最大化するような組織形成モデルをエージェントベースモデル（以降、ABM）によって生成的に実証する

ことで、企業の組織マネジメント上の課題を解決する一助となることを期待する。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、「個人の行動特性がいかに関係と組織の生産性を高めるかを特定し、再現性のあるモデルを検証し、示唆を得ること」である。ここでは、ミクロな観点からは個人の自律的な行動を前提とし、マクロな観点からは、それら個人の行動がシステムとしての組織の特性を創発する可能性を検証する。

そのための手法として、ABMを用いることで、ミクロ・マクロリンクの形成と互いに影響を及ぼしあうシステムの状態変化をシミュレーションする。[3]この過程で特に考慮したい点は以下の2点である。

#### 2.1. 従業員間の物理的な位置関係

近年、働き方改革によりフレックスタイム制やリモートワークといった新しいワークスタイルが注目されているが、冒頭の通り労働力が不足する日本においてこれらの働き方改革は、単なる従業員満足のため

めだけではなく、労働資源の最適配分の観点からも重要になっていくであろう。

そこで本研究では、従業員がオフィス空間の中のどこで執務しているか、またはオフィスを離れて遠隔で執務しているかを考慮する（執務場所という）。

従業員間の物理的な位置関係については「上司と部下」、「同じ部門内の同僚間」、「異なる部門の従業員間」の3パターンを考慮し、その従業員間の物理的距離が、すぐに対面で会話できる距離にあるのか否かを考慮する。

これは、フリーアドレス制やリモートワークにより同じ部門の従業員や上司部下が必ずしも近くの固定席で執務をしなければいけないという前提が崩れてきていることを想定しており、それぞれの物理的位置関係が、組織の生産性の総和に及ぼす影響を検証する。

## 2.2. 従業員の心理的な組織帰属意識

フリーアドレスにおいて「上司と部下」「同じ部門内の同僚」が物理的に近い位置関係で執務をしない理由には、ポジティブなものとネガティブなものと考えられる。

ポジティブな理由は、例えば異なる部門の従業員との有機的な位置関係で執務している場合や、本当はオンサイトで執務をしたいが、様々な環境・理由によりリモートワークを余儀なくしている場合等である。

一方のネガティブな理由は、例えば上司や自組織に対する帰属意識が低い、または確執があったりで意図的に離れた位置で執務をしている場合等である。

こういった状況も考慮するために、物理的な位置関係だけではなく、上司や自組織への心理的な組織帰属意識も考慮することで、個人の物理的・心理的といった両側面から組織の生産性の関係を検証する。

## 3. 先行研究

個人の物理的・心理的な要因が、組織の生産性に与える影響についての実証的な先行研究として「Satomi Tsuji, Nobuo Sato, Kazuo Yaho, et al. (2019)」がある。[4]

この研究では、職場での対面コミュニケーションを首から下げた名刺型のウェアラブルセンサーデバイスを用いて相互の位置情報をもとに検出し、それらのコミュニケーションが、従業員の幸福度とどのように関連しているかを調査しているが、この先行研究で重視している点は2つあると考える。

### 3.1. 対面コミュニケーションを重視

コミュニケーションの特性を「合計時間」「多様性」「頻度」「対話制」に分類している点である。

### 3.2. 幸福度（Psychological Capital）を重視

Psychological Capital（以降、PsyCap）という幸福度を表すインデックスとして採用しており、自らの知覚を表す「Personal PsyCap」と、自分自身を含むチームの知覚を表す「Collective PsyCap」の2つに分類し、それぞれに、Hope（希望）、Efficacy（有効性）、Resilience（回復力）、Optimism（楽観主義）の項目を持っている。[5]

## 4. 本研究の特徴

前述の通り、先行研究において統計的なアプローチからの実証研究が進んでいるが、本研究においては、異なる角度からそれを発展させることを目的としており、その特徴は以下の通り3点ある。

### 4.1. 執務場所の相対的な位置関係

先行研究においては、センサーデバイスが3メートルの距離で向かい合っているときに赤外線通信することで対面コミュニケーションを検出しており、対面していない時間や、オフライン通信時の効果についてはfuture workとしている。

一方で、本研究では2.1で述べた通り「従業員間の物理的な位置関係」を考慮しており、オフィス内における個人の自由な執務場所や、リモートワークのようにオフィス空間外での執務と生産性の関係についても考慮する。

### 4.2. 行動特性と生産性の関係

先行研究においては、PsyCapが従業員のパフォーマンスと幸福度の向上に関連していることという別の研究結果を引用[5]し「職場での対面コミュニケーションが従業員の幸福度にどのように関連しているか」を調査の目的としている。

一方で、本研究では「幸福度」という因子を挟まずに、執務場所の位置関係と組織への帰属意識を中心とした行動特性が、個人と組織の生産性にどのように関係するかを、直接的に調査する。

### 4.3. ABM によるシミュレーション

先行研究においては、センサーデバイスによって取得したデータの統計的分析を行っている。

一方で、本研究では物理的な位置情報データから得る「執務場所」と、自組織に対する「帰属意識」といった実際の取得データを、ABM においてエージェントが個々に持つ自律的なパラメータとして利用し、それらエージェントの相互作用として生成される組織の生産性を仮想空間にシミュレーションする。

その創発された生産性もまた実際に取得した「生産性」と照らし合わせて検証する。

## 5. 研究の進め方

本研究は以下の通り 3 つの段階的な進め方をとる。

### 5.1. 仮説の設計

従業員同士の関係性を以下 3 つのパターンに分類し、それぞれ関係性の強弱により「執務場所 (物理的)」と「帰属意識 (心理的)」と「生産性 (結果的)」にプラスやマイナスの影響を与えることを仮定する。

- ① 縦の関係：上司と部下の関係である。上司との関係性が強い部下は指示系統や意思疎通の影響から「生産性が上がる」また、フリーアドレスにおいても「孤立した執務場所を選ばない」傾向にあると仮定する。
- ② 横の関係：同じ部門内の同僚間の関係である。同僚間の関係性が強い従業員は「孤立した執務場所を選ばない」傾向にあるが、一方でこれが強いが上司との関係性が弱い部下は、反発心から同僚を誘き入れてチーム全体の「生産性を下げる」と仮定する。
- ③ 斜めの関係：異なる部門の従業員との関係である。異なる部門の従業員と関係性が強い従業員は、組織横断的で円滑な情報交流により「生産性が上がる」一方で上司や同じ部門の従業員との「距離は広がる」と仮定する。

### 5.2. 仮説の検証

上記仮説を検証するために、実データの取得とシミュレーションモデルによる検証を行うが、進め方は以下の通りである。

- i. 実データの取得：「執務場所データ」「帰属意識データ」「生産性データ」を取得する。
- ii. モデル作成：取得した実データからネットワ

- iii. ークモデル (ネットワーク図) を作成する。
- iv. パラメーター作成：ネットワークモデルの主要な変数を回帰分析・因子分析してパラメータを作成する。
- v. シミュレーション：ABM にパラメータを組み込み、シミュレーションを実行する。
- vi. 仮説の検証：シミュレーションにより創発されたシステム (組織) の特性や生産性への影響が、設計した仮説を説明できるか検証する。

### 5.3. ABM による発展

上記 5.2 で見た通り、本研究は一義的には「仮説検証型」の研究である。しかし ABM を利用することで「仮説生成型」にも「仮説探索型」にも発展することが可能であり、それぞれの発展について以下に記す。

<仮説生成型研究への発展>

シミュレーションの実行により、当初設計していた仮説とは異なる組織の特徴を創発的に発見する。例えば、リモートワークを実施する従業員が多い部門は、物理的に近くで固まって執務する部門よりも個人の自由裁量度が高いため、結果的に生産性の総和が高い傾向が見える等の新たな発見である。

<仮説探索型研究への発展>

シミュレーションの条件変更により、より良い組織ネットワークが創発するパターンを発見する。例えば、オフィスのレイアウトの中に軽食を提供する休憩スペースを作ることで、異なる部門の従業員の関係 (斜めの関係) が有機的に発生し、結果的に生産性を高めたり、二つの部門の上司の執務場所を近くに固定することで、異なる部門間の関係性が高まり生産性を高めたりというような新たな発見である。

## 6. ABM のモデル設計

本研究では、ABM というエージェントシミュレーションを用いるが、これは「寺野 (2010)」を引用すると、エージェントと呼ぶ内部状態と意思決定・問題解決能力を備えた複数の主体によるボトムアップなモデル化を試みるものであり、このエージェントのインタラクションに基づく創発的な現象やシナリオを分析しようとする手法である。そこでは、ミクロ的な観点においてエージェントが個別の内部状態を保ち、自律的に行動・適応し、情報交換と問題解決に携わる。その結果として対象システムのマクロ的な性質が創発するとしている。[3]

5.1 の仮説設計で述べたように、本研究における

ABM では、オフィス内外の物理的な従業員の位置関係や、従業員間での関係性のモデリングが必要である。そのため、以下3つの執務場所 (patch) を自由に行き来できるモデルを実装する。

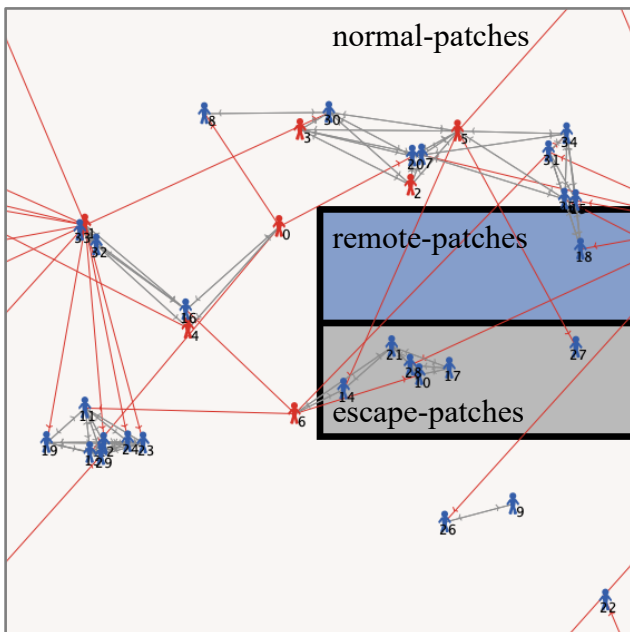
- normal-patches ;; オフィス内の通常執務エリア
- remote-patches ;; オフィス外の遠隔執務エリア
- escape-patches ;; オフィス内の孤立執務エリア

これにより、通常執務エリアにおいては対面で会話が可能な半径範囲 (radius) を設定して生産性への影響を加味したり、リモートワークや、オフィスにはいるが上司や同僚との執務場所の距離が遠かったりという実態に起こり得る執務状況も表現が可能になる。

加えて、従業員間の関係を分析するため、以下の3つの関係性 (link) を実装し、これらは5.1の仮説にある3つの関係性に対応する。

- vertical-link ;; 上司と部下のエージェント間における関係性を考慮した有向リンク。①の縦の関係に対応
- horizontal-link ;; 同じ部門内の同僚エージェントとの関係性を考慮した無向リンク。②の横の関係に対応
- diagonal-link ;; 異なる部門の従業員との関係性を考慮した無向リンク。③の斜めの関係に対応

これらを反映させたシミュレーションモデルを Netlogo を使って以下のような仮想空間に表現する。



なお、この Netlogo のシミュレーションモデルは、Ivan, Smarzhevskiy (2019, July 31)によるモデル[6]をベースとして拡張している。

## 7. 期待される成果

働き方の多様性を受け入れながらも、組織レベルでの生産性を高めていかなければならない現代において、組織マネジメントのアプローチはまだ経験・勘・慣習によって強引に設計されることがある。

そうした中で OR のような数理最適化のアプローチとはまた異なり、ABM では個々人の物理的・心理的な相対位置関係と生産性といった、より複雑性の高い組織経営としての課題に体系的なアプローチをすることになるだろう。

そしてこれは、一企業の課題に留まらず日本の社会課題でもあることから、日本の労働生産性や、国際的な競争力にも寄与する小さな一歩となることを望んでいる。

## 8. 参考文献

- [1] 内閣府: 平成 30 年版 高齢社会白書, 第 1 章 第 1 節 生産年齢人口の将来推計
- [2] 公益財団法人 日本生産性本部: 労働生産性の国際比較 2019
- [3] 寺野 隆雄: なぜ社会システム分析にエージェント・ベース・モデリングが必要か, J-STAGE 横幹, 4 巻 2 号, p. 56-62 (2010 年)
- [4] Satomi Tsuji, Nobuo Sato, Kazuo Yaho, et al.; Employees' Wearable Measure of Face-to-Face Communication Relates to Their Positive Psychological Capital, Well-Being
- [5] F. Luthans, C. M. Yousef-Morgan and B. J. Avolio (2015). "Psychological Capital and Beyond", Oxford University Press., ACM international conference on Web Intelligence, October 2019, p14-20 (2019)
- [6] Ivan, Smarzhevskiy (2019, July 31). "Organizational behavior in the hierarchy model" (Version 1.1.0). Wilensky, U. (1997). NetLogo Party model. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Party>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.