

# 組織デザインと社会シミュレーション

高橋 真吾

多様に変化する環境のもとでの組織デザインの問題に社会シミュレーションを利用するために、組織メンバーとしてのエージェントの自律性を情報処理の観点からとらえた情報処理パラダイムの考え方や、意思決定の相互作用からとらえた意思決定パラダイムの融合が不可欠である。それにより、組織の失敗に対処する組織学習に基づく組織デザインが可能となる。社会シミュレーションによる組織デザインの基本的考え方は、ビジネス複雑性という現代の経営を取り巻く状況においてマネージャへの行動指針を与えることである。

キーワード：組織デザイン、情報処理パラダイム、意思決定パラダイム、組織サイバネティクス、計算組織論、組織学習、ビジネス複雑性

## 1. はじめに

組織デザインは、多様に変化する環境のもとで企業の業績あるいは広義には組織に対するニーズを満たすように、戦略を策定し、人、制度、資源、文化といった組織を構成する諸要因を創造することである[1][2][4]。本稿では、組織デザインの問題に社会シミュレーションをいかにして活かすことができるのかという観点から、主として計算組織論と組織サイバネティクスの領域における社会シミュレーションの方法の特徴について述べる。

組織は複数の人々が協働してある目標を達成しようと意図して行動するシステムである。このようなシステム的な見方はバーナード (Bernard) [1]以来組織に対して一般的となっており、今日では主に組織行動と呼ばれる分野を形成している。組織に関する学問的領域は、経営学、社会学、心理学、経済学、工学を横断し幅広く学際的であり、扱う問題とアプローチも多種多様である。

組織行動へのシステム的な見方はサイバネティクスの考え方が基礎にあり、組織構成員の意思決定過程とその相互作用を組織の基本的特徴とする意思決定パラダイムとなっている。

組織行動のシミュレーション研究は古くから行われており、例えばゴミ箱モデル[3]もよく知られた組織内の意思決定モデルである。近年の情報技術の発展や

複雑系、人工社会といった潮流も合わさって、情報学分野からの組織行動研究が1990年ごろから活発に行われるようになった。対象が組織であることと、その手法自体の特徴もあり、経営学や経済学等の社会科学だけでなく、計算機科学、物理学なども背景にもった、これまでの組織研究以上に学際的な研究領域となっている。

組織に本質的に付随する不確実性には事前に予測困難でやってみなければわからないといった性格がある。組織行動を計算機上でモデル化しシミュレートしようという考え方は、その不確実性を何とか扱いたいという希望と密接に関係している。組織行動を計算モデルで扱う考え方は、組織構成員がそれぞれ自律的に情報処理をするという情報処理パラダイムに基づいている。

エージェントベースの社会シミュレーションは、エージェントの自律的意思決定の相互作用からシステムの行動を生成してシステムの性質を探るのであり、組織行動の社会シミュレーションでは、意思決定パラダイムと情報処理パラダイムの一方のみに準拠するというより、両者が融合した複合的な、ある意味で新しい考え方に基づくモデル構築を積極的に考える必要があるだろう。それにより、組織の失敗に対処する組織学習に基づく組織デザインが可能となる。社会シミュレーションによる組織デザインの基本的考え方は、ビジネス複雑性という現代の経営を取り巻く状況においてマネージャへの行動指針を与えることである。

本稿では両パラダイムの基本的考え方や組織行動への社会シミュレーションの現状と課題を俯瞰的に述べ、組織デザインの問題への社会シミュレーションの接近について考察することにする。

たかはし しんご  
早稲田大学 理工学術院創造理工学部  
〒169-8555 新宿区大久保3-4-1

## 2. 意思決定パラダイムと情報処理パラダイム

### 2.1 組織の特徴づけ

バーナードもシステム論者のアシュビー (Ashby) [2]に強く影響を受けていることからわかるように、意思決定パラダイムは、組織構成員の意思決定過程とその相互作用を組織の基本的特徴とする考え方で、ここでは組織は次のような概念で特徴づけられる[13].

- 1) オープンな社会-技術システム
- 2) 目標を達成するように設計された人工システム
- 3) 階層システム
- 4) 管理機能を持つシステム
- 5) 負のエントロピーを持ち、構造安定を図るシステム
- 6) 動的な均衡を図るシステム
- 7) フィードバック機能を持つシステム
- 8) 適応的自己維持機能を持つシステム
- 9) 内的な学習により成長、自己組織化するシステム

ビアー (Beer) [5]の生存可能システムモデル (viable system model) は、階層的な組織機能モデルとアシュビーの必要多様度の法則 (Law of requisite variety) を使って、組織の失敗の診断を行う。また、高原ら[13]は組織に対する数理的なモデルを展開し、オペレーショナルな活動の不確実な相互作用下での最適性のための組織の統合問題を扱っている。これらのモデルは数理的ではあるが、直接社会シミュレーションができるモデルにはなっていない。

一方計算組織論が主に依拠する情報処理パラダイムは次のような概念で特徴づけられる[14][15].

- 1) 限定合理性 (bounded rationality) : エージェントは限定合理的である。認知、計算、身体的な能力、学習能力、過去の経験、学習に関する知的履歴は各エージェントに依存し、エージェントの知識を構成している。
- 2) 情報遍在性 (information ubiquity) : 情報は組織のあらゆるところでさまざまな形態で存在し、かつ複数のエージェント間で共有されている。エージェントの持つ知識は必ずしも正しくない。
- 3) タスク処理志向 (task orientation) : 組織およびエージェントはタスク処理を行う。そのためにエージェントはエージェント間の情報交換、情報探索、および新しい情報の作成を行う。

4) 情報分散共有制約 (distributional constraints) : 組織パフォーマンスは、必要な情報をいつ誰が持っているか、またその情報をどのように探索することができるかに依存している。これらの情報が分散的に共有されている状態は組織の知識状態を表し、組織文化を形成している。情報の共有状態は、組織内での認知、内部モデル (あるいはメンタルモデル) の共有の重要な要因となり、組織における情報処理全体に影響を与える。

5) 不確実性 (uncertainty) : 環境やタスクの結果に関する不確実性だけでなく、どこにどのような情報があるのかに関する不確実性や、各エージェントの能力に関する不確実性等がある。情報の分散があるため、不確実性を縮減させるような情報を得るには、情報の探索、伝達、理解といったプロセスが必要であり、またエージェント間の調整も必要である。これらは必ずしも容易ではない。

6) 組織知能 (organizational intelligence) : 組織知能は複数のエージェント間の知的活動の相互作用のプロセスとその生産物から生じる。エージェントだけでなく機械知能との相互作用もある[18]。エージェントは可能な情報を利用して環境の認知を再構成し、組織の設計を行う組織学習のプロセスを通じて組織知能を改善する。

7) 経路依存性 (path dependence) : エージェントと組織の知能が学習によって不可逆的に再構成される。現在の組織パフォーマンスは学習の履歴の結果である。

8) コミュニケーションの必要性 (communication) : エージェント間の相互作用はコミュニケーションにより行われる。明示的なコミュニケーションとしてメッセージ交換があり、非明示的なコミュニケーションの典型として他者の行動の解釈がある。

このような特徴を持つ組織のエージェントモデルでは、エージェントはそれぞれが多様な知識とスキルを持ち、資源を用いて、一定の組織構造のもとでタスクを処理する。組織構造は、タスク間関係、タスクと資源間関係、タスクとエージェント間のリンク構造などを規定する。

社会シミュレーションのための組織のモデルは、ある受け入れられた形式のモデルによって事象の探求が

表1 主なエージェントベース組織モデルの特徴 (1990年代を中心[20])

|                                                     | エージェント |    | タスク |     |     | 資源  |   | 組織構造 |    |
|-----------------------------------------------------|--------|----|-----|-----|-----|-----|---|------|----|
|                                                     | 多様性    | 学習 | 多様性 | 再配置 | 再処理 | 多様性 | 量 | 多様性  | 動的 |
| ゴミ箱モデル<br>(Cohen, March and Olsen(1972))            | ○      |    |     |     |     |     | ◎ | ○    |    |
| Virtual Design Team (VDT)<br>(Jin and Levitt(1996)) | ○      |    |     | ○   | ◎   | ○   | ◎ |      |    |
| ORGAHEAD<br>(Carley and Svoboda(1996))              | ○      | ◎  |     | ◎   |     | ○   | ◎ | ◎    | ◎  |
| TEAMS<br>(Decker and Lesser(1993))                  | ◎      |    | ◎   |     |     | ◎   | ◎ | ○    |    |
| STEAM<br>(Tambe(1997))                              | ◎      | ○  | ○   |     |     | ○   | ◎ |      | ○  |
| COMIT<br>(Kaplan and Carley(1998))                  | ○      | ◎  | ○   | ○   |     | ◎   | ◎ |      |    |
| TacAir-Soar<br>(Tambe(1997))                        |        | ○  |     |     |     |     |   |      |    |

◎: よく考慮されてモデル化されている ○: 考慮されている なし: あまり考慮されていない

すすむというのではなく、問題や事象の特性ごとに個別にモデルが作られている。

表1は、計算組織論でよく言及される主に1990年代に開発されたモデルの特徴をまとめたものである。これらのモデルの多くはタスク処理を中心にモデル化し、組織構造はフラットであり、動的な環境への適応やエージェントの学習、組織構造の変化等については限定的である。現代の社会シミュレーションはこれらのモデルの次の世代として組織デザイン志向を目指している。

### 3. 組織の失敗と組織学習

エージェントベースの社会シミュレーションが必要とされ、かつ有効と考えられる組織課題の1つは、組織の失敗をいかに緩和するかである。組織の失敗は、サイバネティクスの観点から言えば、システムが外的、内的要因により、システム条件が満たせずシステムのあるべき理想状態に達していない状態である。組織サイバネティクスでは、組織の生存と成長のための組織学習の視点からの組織の失敗に着目している[5][6][7]。

組織学習は、組織が環境に適応して競争優位を獲得していくための適応能力の向上であり、さまざまな考え方の枠組みやアプローチがこれまで研究されており、その網羅的な紹介をすることは本稿の目的ではない。ここで重要なのは、組織学習の視点からの組織の失敗を克服するための組織デザインのための新しい枠組みを社会シミュレーションが示してくれることである。

組織学習を扱った研究にはいくつかの流派と考え方

がある[9]。社会シミュレーションで特に重要なのは、explorationとexploitationの考え方[10][11]と、アージリス(Argyris)らのループ学習の考え方である[7][8]。

explorationとexploitationは元来情報の合理的な選択行動の文脈で語られてきている。組織学習の流れでは、explorationは新しい技術や代替案の創出であり、旧来の技術を用いたエージェントのスキルを改善し、タスク処理の速度を速める。一方exploitationは現在の技術や手続きを改善し、新しい技術への挑戦には消極的である。組織学習では資源の両者へのバランスのとれた配分方法が問題となる。マーチ(March)[11]はスキルの知識の普及過程をシンプルなコード化により表現して、学習過程のプロトタイプモデルを提示している。

ループ学習は、シングルループ学習(single-loop learning)とダブルループ学習(double-loop learning)がある。アージリス自身が著書[8]の中で述べているように、それぞれアシュビー[2]の適応システム概念の一階の適応行動(first-order adaptive behavior)と二階の適応行動(second-order adaptive behavior)に基づいている。

シングルループ学習は、目標、制約条件、環境状況の認識(エージェントがその内部に持つ環境のモデルで内部モデルという)といったエージェントの置かれているコンテキストのもとで、過去の経験をもとに最適な行動を見いだす。サイバネティクスでは負のフィードバックによる学習に相当する。所与の行動位相空間内での適応行動である。ダブルループ学習は、エー

エージェントの置かれている状況やコンテキストの認知の修正を伴う学習で、組織においてはエージェントの内部モデルとしての状況認知が共有される学習である。システムの構造パラメータを変化させることによる、行動位相空間の変動を伴う適応行動である。

組織の失敗は組織学習の観点からは、学習が不完全なものとして考えることができる。エスペホ (Espejo) ら[6]は不完全学習として以下を挙げている：

#### シングルループ学習の阻害

個人が知識から行動に移さない (role-constrained learning), 組織が個人の行動に反応しない (audience learning), 行動に関する必要な概念やモデルが欠落して学習が阻害される (superstitious learning), 行動の結果の認知が正しくない (ambiguous learning)。

#### ダブルループ学習の阻害

個人の内部モデル学習の必要性が認知されず、内部モデルが学習で変化しない (superficial learning), 個人の学習が組織学習につながらない (fragmented learning), 組織内の現実に即応したチーム活動が組織で共有されている内部モデルと整合せず全体の学習を妨げる (opportunistic learning)。

社会シミュレーションにおいて組織学習の視点から組織デザインを扱う場合には、上述した組織の失敗の過程をシミュレーションにより把握し分析した上で、それに対する方策をモデルにおける操作変数として与えることができれば、環境変動に適応する組織デザインの指針を得ることができる。

組織サイバネティクスの考え方と組織学習の特にダブルループ学習による内部モデル (メンタルモデル) の修正と共有化の考え方を取り入れた社会シミュレーションの基本的枠組みは次のような特徴を持っている [16]。

- (1) 環境と意思決定者の間に相互作用が存在する。  
これはサイバネティクスにおけるオープンシステムの特徴である。
- (2) 意思決定者は自律的な行動主体で、各自のもつ意思決定原則に従って意思決定する。
- (3) 組織は機能的サブシステムをもつ多階層の形態に構造化されている。
- (4) 組織階層の各層においてエージェントのグループがあり、エージェント間だけでなく階層の異なるグループ間でも相互作用している。
- (5) 各エージェントは内部モデル (メンタルモデル)

をもち、エージェントを取り巻く状況を個別に記述している。(個別状況性)

- (6) 各エージェントは内部モデルを学習し、各エージェントのもつ内部モデル (メンタルモデル) をエージェント間で共有することで組織の学習が行われる。

## 4. ビジネス複雑性と社会シミュレーション

### 4.1 ビジネス複雑性の特徴

ビジネス複雑性は、当該企業等のシステムが含まれる社会システムにおけるコンポーネントの相互作用 (要素間, サブシステム間の両者) が複雑であることに起因する。その特徴は不確実性とそれへの対処である高次適応としての組織学習にある。

サイバネティックモデルの観点からはビジネス複雑性に関連する主な不確実性には次のような種類がある。

- (1) 環境からの入力の不確実性
- (2) プロセス内の相互作用, 因果連鎖の不確実性
- (3) 意思決定変数の効果の不確実性
- (4) プロセスの出力とその外部への効果の不確実性
- (5) システムを認識し, 意思決定をするための経験の限定性

組織のマネージャがビジネス複雑性に直面したときの困難性には、サイバネティックな観点に関連した不確実性の例として次のことがある [19]。

#### (1) 致命的失敗の危険

組織では常に新しい試みが行われるが、失敗したときに大きな非効率を被ったり、あるいは人事評価制度のように、失敗することが組織にとって致命的であったりすることがある。しかし、不確実性のために従来の合理的方法では事前に最適なシステムを完全に作ることはできない。

#### (2) 限定的な経験

コスト最小化と最適なオペレーションを求めたとしても、経験を越えた可能な事象を考慮することが必要である。

#### (3) 限定的なメンタルモデル

マネージャの意思決定や組織メンバーの行動にはそれぞれのメンタルモデル (内部モデル) が深く関与している。しかし、しばしば過去の延長線上で考えるいわゆる線形思考となったりして、構造の変化した新しい状況に内部モデルが対応できない。すなわち、内部モデルが限定的であることから、現象のすべてをモデ

ル内で解釈することができない。

#### (4) システム行動の予想の困難

モデルを用いたとしても、未来に生じるシステムの行動を予想することは困難である。“限定的な”能力しか持たないマネージャや組織メンバーの“経験”による推量が必要とされる。

### 4.2 ビジネス複雑性への社会シミュレーションの貢献

ここで述べている程度の表現の粒度からは、前節で挙げたビジネス複雑性の特徴やマネージャの抱える困難性と社会シミュレーションの特徴にはかなりの親和性のあることがわかる。しかしながら、実際にモデルを作り、シミュレーション実験を設計し、組織の失敗に対するシステム設計の観点からの有意義な知見を得る方法は現在発展途上にある。本稿もそのような流れの中での問題意識に基づいている。

組織のマネージャが直面するビジネス複雑性に関わる困難から期待されることに対し、組織サイバネティクス概念を融合したエージェントベースの社会シミュレーションが果たす役割を前節のビジネス複雑性の4つの困難にそれぞれ対応して考える。

#### (1) 新しい試みの事前的な検討

マネージャは、新しい試みのための仮想システムを作り、それをシミュレーションすることで、致命的な失敗の危険性を回避する。これは未来を予測するというのではなく、組織状況を論理的に反映したモデルにより、新しいシステムの破綻の箇所を探るものである。

#### (2) 代替的可能性の論理的な網羅的検討

シミュレーションにおけるパラメータ範囲の設定やエージェントの特徴設定、相互作用設定の可動域を論理的に網羅することで、経験的にイメージできるシステムの可能性以外の可能性を知ることができる。

#### (3) エージェントによる限定的メンタルモデルの検討

マネージャや組織メンバーの持つメンタルモデルは各人が限定的にかつ多様である。それをエージェントの内部モデルとしてモデル化し、エージェントの行動を生成することで、ボトムアップによる現象の影響を見ることができる。

#### (4) 将来に発生する事象の検討

マネージャはシステム行動を予想したいが、シミュレーションのみではそれは困難である。しかし、マネージャ自身の持つ経験的事実に基づいてシミュレーシ

ョンの挙動を決定するための推量を行うといった参加型のシミュレーションを行うことで、システム行動の将来のパスの分岐を考えることができる。

社会シミュレーションによるビジネス複雑性への貢献は、基本的にはマネージャ（意思決定者）に対する意思決定支援である。システム要素の相互作用に関して、主要変数はどこにあるのかの思考空間をシミュレーションは提供してくれる。

社会シミュレーションのこの使い方の目的は、「予測」をすることにあるのではない。社会シミュレーションが提供してくれるのは、未来の「予測」ではなく、可能な未来像の範囲である。現実の「未来」はそのうちの1つが実現することで生じるが、可能な範囲のどれが生じるかについては、社会シミュレーションでは解を与えない。示された可能な範囲を提示し、意思決定者の経験的知識から意思決定への洞察を得ることになる。

この可能な未来像の範囲を示すことによる意思決定支援は社会シミュレーションにおけるシナリオ分析の方法である。

## 5. シナリオ分析

シナリオ分析はシミュレーションだけでなく、リスク分析等のシナリオプランニングのように不確実性に対処するための基本的な方法である。社会シミュレーションにおいてもシナリオ概念による分析は普通に用いられる方法である。社会シミュレーションにおける「シナリオ」には2つの考え方がある[17]。1つは為替レートのように変動する変数により環境の不確実性を表現する。もう一つは、モデルに入力する意思決定変数の組み合わせである。すなわち、社会シミュレーションのシナリオは、将来のシステムの動きを支配するパラメータを与えている。ただし、出力結果の「パス」そのものをシナリオとして与えているわけではない。一般的に「パス」をシナリオと解することもよくあるが、社会シミュレーションではパスはシミュレーションにより生成されるものであり、それをシナリオとして所与とすることは論点先取の危険がある。したがって社会シミュレーションでは、パスを支配する本質的パラメータ群を考え、そこから生成されるパスと合わせてシナリオになる。この部分は通常のシナリオ分析と異なる点かもしれない。

社会シミュレーションでは、意思決定変数の組み合わせにより未来のパスが生成され、したがって意思決

定変数の組み合わせの範囲が可能な未来像の範囲を論理的に限定している。各シナリオにより発生するパスの解析とエージェント群の特性解析を進めることで、社会システムの特性と状況との関係性を知ることができる。

注意すべきことは、社会シミュレーションではどのシナリオ（未来）が作られるかを特定し、単純に未来を予測することは行わない。また、変数は一種のパラメータであるが、これも例えばデータフィッティングによって同定したりせずに、むしろ意思決定の支援や、同定が困難なパラメータ群の妥当性のために利用することができる。

このように、ビジネス複雑性への対処のためにエージェントベースの社会シミュレーションを利用するときには、上述したような意味でのシナリオ分析が有力な方法となり得る。

#### 参考文献

- [1] Bernard, C. I.: "The Functions of the Executive," Harvard University Press (1938) (山本安次郎他訳: "新訳経営者の役割," ダイヤモンド社 (1968)).
- [2] Ashby, W. R.: "Design for a Brain," John Wiley and Sons (1960).
- [3] Cohen, M. D., March, J. G. and Olsen, J. P.: "A Garbage Can Model of Organizational Choice", in *Administrative Sciences Quarterly*, Vol. 17, No. 1 (1972).
- [4] Roberts, D. J.: "The Modern Firm: Organizational Design for Performance and Growth," Oxford University Press (2004) (谷口和弘訳: "現代企業の組織デザイン: 戦略経営の経済学," NTT 出版 (2005)).
- [5] Beer, S.: "Brain of the Firm (2nd ed.)," John Wiley & Sons (1981).
- [6] Espejo, R., Werner, S., Markus, S. and Ubaldo, B.: "Organizational Transformation and Learning," John Wiley & Sons (1996).
- [7] Kim, D. H.: "The Link between Individual and Organizational Learning," *Sloan Management Review*, Vol. 35, Fall, pp. 37-50 (1993).
- [8] Argyris, C. and Schon, D. A.: "Organizational Learning II Theory, Method, and Practice," Addison-Wesley (1996).
- [9] 安藤史江: "組織学習と組織内地図," 白桃書房 (2001).
- [10] Axelrod, R. and Cohen, M. D.: "Harnessing Complexity," Free Press (1999) (寺野隆雄訳: "複雑系組織論," ダイヤモンド社 (2004)).
- [11] March, J. G.: "Exploration and Exploitation in Organizational Learning," *Organization Science*, Vol. 2, No. 1, pp. 71-87 (1991).
- [12] Carley, K. M.: "Computational and Mathematical Organization Theory: Perspective and Direction," *Computational and Organization Theory*, Vol. 1, No. 1, pp. 29-56 (1995).
- [13] Takahara, Y. and Mesarovic, M.: "Organization Structure-Cybernetic Systems Foundation," Kluwer Academic/Plenum Publishers (2003).
- [14] Weiss, G. (ed.): "Multiagent Systems," MIT Press (1999).
- [15] 高橋真吾: "システム学の基礎," 培風館 (2007).
- [16] 高橋真吾: "エージェントベース組織サイバネティクスによる組織学習問題への接近," *社会・経済システム*, No. 28, 9/15 (2007).
- [17] 高橋真吾: "社会シミュレーションの問題領域と課題," *経営情報学会社会・組織・経済へのエージェントベースアプローチ研究部会報告書*, 5/10 (2008).
- [18] 松田武彦: "組織知能と組織理論・組織工学," *経営情報学会 1993 年春季全国発表大会予稿集*, pp. 65-68 (1993).
- [19] North, M. J. and Macal, C. M.: "Managing Business Complexity," Oxford University Press (2007).
- [20] Kaplan, D. J.: "The STAR System: A Unified Multi-Agent Simulation Model of Structure, Task, Agent, and Resource," CASOS Working Paper (1999).