

社会・組織シミュレーションにおけるエージェントの自己資源配分・成長モデル

Agents' Resources Allocation and Growth Modeling for Social and Organizational Agent Simulations

國上真章¹ 奥村隆一¹ 菊地剛正² 坂田顕庸¹ 寺野隆雄³

Masaaki Kunigami¹, Ryuichi Okumura¹, Takamasa Kikuchi², Akinobu Sakata¹, and Takao Terano³

¹ 東京工業大学

¹ Tokyo Institute of Technology

² 慶應義塾大学

² Keio University

³ 千葉商科大学

³ Chiba University of Commerce

Abstract: In this study, we propose an archetype model that describes the self-resources allocation behavior of individual agents in social and organizational simulations, and examine the applications of the model. In social and organizational simulations, agents choose their actions according to their own objectives or preferences. However, the agent's objective or preference variables are not always consistent with the objective variables of the society or organization. The relationship between objectives and resources is also neither clear nor permanent. Then, for observing the long-term behavior of agents, it may be interesting to consider flexible relationships in the agent's objective and resource variables as well. In this paper, we propose an archetype model that consists of variables with different properties related to constraints and growth in the agent's self-resources. In this model, the agent's self-resource variables form a network of input-output relationships with each other, and change dynamically. We propose to apply this model into the simulation of human capital formation policies of a society or an organization and the behavioral changes of internal agents in response to these policies, or to the gaming simulation for understanding the behavioral preferences of customers in asset formation education.

1 はじめに

1.1 目的

社会・組織シミュレーションにおいてエージェントは、固有の目的・選好に従ってその行動を選択する。しかしエージェントの目的・選好は、社会や組織の目的変数と必ずしも整合的ではない[1]ばかりでなく、目的変数と資源変数間の関係は固定的でもない。そのため、エージェントの長期的な行動を観察する場合、エージェントの目的変数と資源変数の関係の流動的な変化を考慮したくなる場合がある。

本報告では、社会・組織シミュレーションにおける、個々のエージェントによる様々な活動への自己資源配分行動を記述するモデルのアーキタイプについて提案する。このモデルでは、エージェントの自

己資源変数が互いに入出力関係のネットワークを成し動的に変化する。

このモデルの適用先として、社会あるいは組織の人的資本形成施策とこれに対する内部エージェントの行動変容のシミュレーション、あるいは資産形成教育における顧客の行動選好把握のためのゲーミング・シミュレーションについて紹介する。

1.2 問題と背景

本研究における問題は、次の二つの構造を持つエージェントの自己資源の配分・成長モデルのアーキタイプを作成することである。一つは、エージェントが複数の活動に自身の資源変数を配分すること。今一つは、これらの活動を通じた資源変数の配分・成長の間に競争/強化関係のネットワーク構造が存在することである。

この問題の背景として、人的資本形成における自己教育行動における企業の施策に対する個人の選択の意図せざる変化、資産形成教育における教育側と顧客側の意識の不一致という背景を考えている。これについては、適用についての考察(3.2および3.3)であらためて触れることとする。

2 MATH モデル

本研究における問題に対して次のようなアプローチをとることとする。先ずアーキタイプモデルとして、エージェントの資源変数の典型的な性質を代表する少数の変数で構成する。次に変数間の競合/強化関係は視覚的に把握し易いモデルとする。

2.1 資源変数

まず、エージェントの資源変数が代表する典型的な性質を整理するため、ここでは示量性と示強性、上限の有無の二つの軸を用いることにする。

資源変数の示量性・示強性の軸について、本研究では示量性(extensive)は、加法的であり資源配分において競合的に配分される(ある目的に配分されると別の目的への配分が減少する)ことを意味するものとする。対して示強性(intensive)は、乗法的かつ非競合的に作用する(複数の目的を同じ様に強化すること)とする。また、上限については、保有・成長に上限がない(unbounded)資源と、一定以上成長・保有ができない上限のある(bounded)資源の違いを考慮に入れることとする。

本稿ではこれらの組み合わせ、エージェントの活動に影響を与える代表的な資源として、示量性で上限のない資源として金銭的資産(M: money)、示強性かつ上限のない資源として能力(A: ability)、示量性かつ上限のある資源として時間(T: time)、示強性で上限のある資源として健康・体力(H: health)の4変数を取り上げることとする。(図1)

	示量性	示強性
上限なし	金銭的資産(M)	能力(A)
上限有り	時間(T)	健康・体力(H)

図1. 性質の組合せと代表的資源変数

2.2 活動の N² 表現

次に資源変数間の競合/強化の相互関係を視覚的に把握するために、エージェントの資源変数と活動の関係を N² ダイアグラム[2]を援用して表現する。N² ダイアグラムはシステム・エンジニアリングにおいてシステムのコンポーネント間相互の入出力のネッ

トワーク関係を整理するために用いられる。N² ダイアグラムではコンポーネント(機能)を要素とする隣接行列としてシステム全体の機能を表現するが(図2左)、ここでは資源変数の配分に関心があるため、その双対表現(図2右)を用いてデータとしての資源変数間のつながりとして機能としてのエージェントの活動を表現することとする。

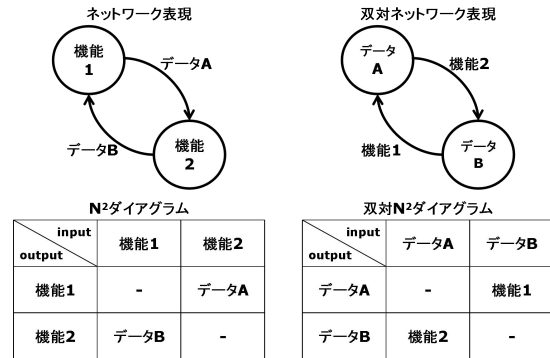


図2. N² ダイアグラムとその双対表現

2.3 エージェントの MATH モデル

エージェントの基本的な4つの資源変数である金銭的資産(M: money)、能力(A: ability)、時間(T: time)、健康・体力(H: health)を、N² ダイアグラム(双対)形式で記述し、各変数を入出力とするエージェントの活動を対応する行・列を跨ぐ領域をとって記述したロジカルモデルを、エージェントの MATH モデルと呼ぶこととする。(図3)

Input/Output	金銭的資産 Money	能力 Ability	時間 Time	健康・体力 Health
Money	投資	単純労役	雇用労働	
Ability	信託	起業・副業	学び	
Time	時間を買う	時間の節約	長生き	
Health	医療	トレーニング・健康増進		
資源変数の性質	競合的 上限無し	非競合的 上限有り	競合的 上限有り	非競合的 上限無し

図3. エージェントの MATH モデル

ここで例えば、図3左上にある活動「信託」は、エージェントが金銭的資産を配分しさえすれば、それだけで金銭的資産を出力することを示す。一方、「投資」活動には、金銭的資産の配分のほか、能力の高低が出力である金銭的資産の多寡に影響することを表す。同様に、「雇用労働」は時間の配分に加え能力と体力・健康を入力として必要とし、金銭的資産と能力の向上を出力する。これに対し「起業・

副業」は更に加え、自身の金銭的資産を入力として配分する必要があることを表す。他方、「単純労役」(所謂 GIG work を含む)については、能力の投入を要しない代わりに出力としての能力向上も得られない活動としてモデル化した。また、「学び」は能力の向上を専らとする活動として記述される。

一方、上限のある加算的資源としての時間の配分可能量を増加させることができる活動については、次のようなものが考えられる。例えば自身の活動に必要な時間に相当する活動を金銭でアウトソースすることで「時間を買う」、既存の時間と能力を入力として他に配分可能な時間を切り出す「時間の節約」、健康・体力を増加させて残り時間を増やす「長生き」という活動が考えられる。

また、健康・体力は低下するとこれを入力とする活動の出力レベルを減減させる因子として働くが、これを回復させる活動として、専ら金銭的資産を入力とする「医療」とそれ以外の資源変数を「トレーニング」を考えることができる。

これによって、エージェントの資源変数とエージェントの活動の間の競合/強化関係のネットワーク構造を視覚的に把握することができるようになる。

詳述は割愛するものの、これらの活動に基づく資源変数についての差分方程式系として内部状態を、資源変数の配分を決定変数とする、エージェントの内部モデルを構成することができる。

3 適用の構想

ここではエージェントの内部資源配分のモデルとしての MATH モデルを用いて、組織・社会の問題への適用に向けた構想について報告する。まず MATH モデルを用いた問題表現の基本形を示す。次いで、組織、社会における人的資本形成における問題への適用、さらに金融資産形成における問題への適用の構想について紹介する。

3.1 問題表現の基本形

エージェントの内部状態モデルとしての MATH モデルは、各資源変数自体がエージェントの活動の出力にもなっており、それら自体がエージェントにとっての複数の目的・選好変数となり得る。また、これらの一次結合あるいは関数をエージェントの効用関数とした多目的問題をエージェントの意志決定メカニズムとして組み込むことも可能であり、これによってさまざまな組織・社会の問題に適用することが考えられる。

そこで、組織、社会における問題表現の基本的な形として組織とエージェントの間の個別相互作用、そしてエージェント間のマイクロな相互作用と組織・

社会とエージェント集団との間におけるマクロな相互作用からなるマイクロ・マクロループの二つを示す。(図4)

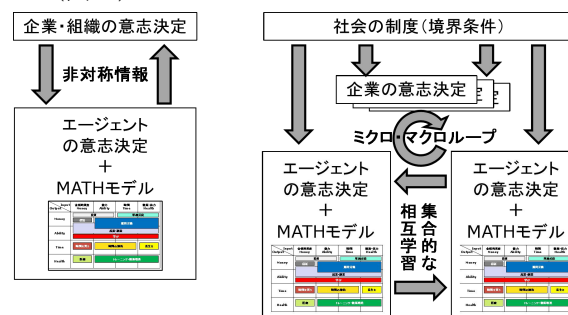


図4. エージェントの意志決定と組織、社会の問題記述の基本形

組織とエージェントの間の個別相互作用(図4左)は、例えば企業・組織とエージェントの間の非対称情報化での利得最大化ゲームとみなすことにより、プリンシパル・エージェント問題[3]の拡張問題となり得る。また、社会・組織の制度を境界条件としたマイクロ・マクロループ(図4右)では、エージェントの内部資源の集合的向上を制度的に誘導する問題が考えられる。この問題についてはエージェント間のランダムな相互学習における期待効用をもとにした社会学習動学モデル[4]の拡張、あるいはより詳細なエージェント・シミュレーションによるアプローチが考えられる。

3.2 組織・社会における人的資本形成

企業組織における人的資本形成については、日本企業においても従来の内部特化した技能付与から、勤労者による主体的な自己啓発によるキャリア自律[5]と副業・兼業[6]の促進が進んでいる。この流れの中でどのようなタイプの勤労者の人的資本がどのように形成されるかは重要な課題であり、実証的な研究[7][8]も進み始めている。

このような課題について、企業・組織がどのようなインセンティブによれば組織内の個人とがそれぞれ望ましい効用を実現していけるかは興味深い課題である。MATH モデルは金銭的資産以外への資金配分を含むことから、従来のエージェント理論からの自然な拡張(図4左)となっている。

また MATH モデルのマイクロ・マクロループ型の問題記述(図4右)では、社会の制度的変化が、企業の利益最大化行動と勤労者の集合的な資源配分行動を通じて、社会全体の人的資本にどのような変化をもたらすかのシミュレーションが可能になると考えられる。

3.3 金融資産教育における顧客選好の把握

退職世代の金融資産形成については、大規模な実証データに基づいたシミュレーションによって個人の資産枯渇の可能性を様々な条件の下で予測できる[9][10]ようになってきている。しかしながら、その結果を顧客の金融資産形成教育に活用できるとは限らない。なぜならば、金融資産形成教育が必要な顧客層ほど、MATHモデル的な視点からは、金銭的な資産の蓄積に対する選好が低い「お金だけが人生ではない」エージェントである可能性が高いからである。

そこで、金融資産形成教育をデザインする側が、教育対象となる顧客層の自己資源配分についての金融資産のみならずそれ以外の資源に対する選好をも把握する必要がある。このために、MATHモデルにおける組織とエージェントの間の個別相互作用(図4左)をベースとした、ゲーミング・シミュレーション[11]を活用することが考えられる。これを用いれば、金融資産形成教育のデザインする側・教育に携わる側が、個々の顧客がどの程度「お金が問題ではない」のかを知ることができると期待される。

またこのような、資産形成教育を実施することによってマイクロな選好の実証データを蓄積することができる。このようなマイクロな選好の実証データの蓄積は、先述のマクロな実証データと組み合わせることによって、社会全体の金融資産形成についてのマイクロ・マクロ両面からの実証型シミュレーションを可能にする。さらに、マイクロ・マクロループ型の問題(図4右)として、金融施策の長期的インパクトの推定にも活用可能と考えられる。

4 まとめ

本稿では、エージェントが有する自己資源変数が、互いに入出力関係のネットワークを成し、動的に変化するアーキタイプモデルとしてMATHモデルを提案した。またこのモデルの適用先として、社会あるいは組織の人的資本形成施策とこれに対する内部エージェントの行動変容のシミュレーション、あるいは資産形成教育における顧客の行動選好把握のためのゲーミング・シミュレーションが可能になると構想している。

参考文献：

- [1] Kobayashi T., Takahashi S., Kunigami M., Yoshikawa A., and Terano T.: Analyzing Organisational Innovation and Deviation Phenomena by Agent Based Simulation and Case Design, Proc. 9th Int. Conf. Innovation & Management, 778 (2012)
- [2] NASA: 4.3.2.2 Functional Analysis Techniques, in NASA System Engineering Handbook, NASA/SP-2007-6105,

Rev 1, pp.51-54, (2007)

- [3] サラニエ, ベルナル: 契約の経済学, 勁草書房, (2000)
- [4] 出口弘: エージェントベース社会システム科学の数理的基礎, 理論と方法, Vol.19, No.1 pp.67-86 (2004)
- [5] 厚生労働省: 誰もが主体的にキャリア形成できる社会の実現に向けて, 平成30年 労働経済白書 第4章, (2018)
- [6] 雨夜真規子: 副業・兼業と労働時間規制, 社会システム研究, Vol.23: pp.157-173, (2020)
- [7] 労働政策研究・研修機構: 日本企業における人材育成・能力開発・キャリア管理, 労働政策研究報告書, 第196号, (2017)
- [8] 奥村隆一, 出口博: 研究開発部門の正社員における自己学習の年収への影響分析, 経営情報学会誌 Vol. 28, No.3, pp.125-139, (2019)
- [9] 菊地剛正, 高橋大志: アンケートデータから生成した類型に基づく資産形成・取り崩しの施策シミュレーション, SSI2020 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2020 予稿集, pp.365-369, (2020)
- [10] 菊地剛正, 高橋大志: アンケートデータを用いた退職前後世代の資産状況・家計収支の分析, 人工知能学会 ビジネス・インフォマティクス研究会 16th SIG-BI, (2020)
- [11] Sakata A., Kikuchi T., Okumura R., Kunigami M., Yoshikawa A., Yamamura M., and Terano T.: Uncovering Users' Decisions through Serious Game Playing with A Formal Description Method, The 13th China-Japan International Workshop on Information Technology & Control Applications (ITCA2020), (2020).