

# 複雑系モデルに基づくアカデミック・ソサエティの盛衰予測に関する研究 大学における研究組織と効率に関する考察

谷本潤, 藤井晴行\*

## 1. 緒言

筆者らは、アカデミックソサエティの健全性を阻害する、あるいは助長する環境素因を明らかにすべく、複雑系科学の手法を援用して、大学-学会モデルの構築を行っている。本稿は、大学における組織構成の違いが、研究効率に如何なる影響を及ぼすかについて検討した結果について報告するものである。

## 2. モデル

### 2-1 人工社会

本人工社会は研究フィールド、資金フィールドより構成される。両フィールドは  $50 \times 50$  のトラス 2 次元平面を構成し、それぞれには、研究ネタ、研究資金が散布している。エージェントは、両フィールドを同時に移動し、両資源を掘削により獲得する行為を各ステップ毎に繰り返す。シミュレーションにおける 1 ステップは現実社会における 1 ヶ月に相当する。

### 2-2 エージェント

一匹狼、教授、助手の 3 種よりなる。一匹狼は、研究グループに属さず、自前で研究ネタ、研究資金の獲得を行う。各エージェントが獲得した両資源の収支をそれぞれ研究成果、資金レベルと云う。研究成果と資金レベルは等価交換が可能である。教授は、研究グループを主宰し、研究グループには複数の助手が所属している。教授と助手は研究グループ内で、研究資金獲得行為と研究行為を分掌することで協調している。各エージェントは、年齢、職位（一匹狼、教授 or 助手）、研究成果、資金レベル、研究能力、資金獲得能力や後述する行動戦略に関する変数などの属性値を持つ。移動には、研究成果、資金レベルの両収支にマイナスに作用するコストが伴う。また、研究ネタ掘削には資金レベル収支のマイナス、研究資金掘削には研究成果収支へマイナスに作用するコストが発生する。全てのエージェントは 60 歳に達すると定年退官する。

### 2-3 エージェントの生存条件

全てのエージェントは、研究成果、資金レベルの両収支に各々設定されたクライテリアを両方ともに同時に満たさなければならない。これを生存クライテリアと云う。それに抵触したエージェントは、直ちに研究者生命を絶たれる。これをパージと云う。

### 2-4 世代交代

定年退官もしくはパージが発生すると、新たな一匹狼エージェントが発生する。定年退官もしくはパージされたエージェントが教授の場合、直ちに当該研究グループ内で研究成果最大の助手が後任教授に選任される。

### 2-5 行動戦略の学習プロセス

全てのエージェントは、属性値として行動戦略に関する意志  $Str.n$  を持つ。 $Str.n$  は 4 要素からなるベクトルである。 $Str.1$  は、次ステップの移動の際に、研究ネタフィールド上の自己の研究ネタ移動能力範囲内で、研究ネタから移動距離に応じたコストを差し引いた獲得期待研究成果が最大となる位置に移動する確率、すなわち研究ネタ志向強度を示す。 $Str.2$  は、助手公募があった際に、それに応募する意志強度を表す。 $Str.3$  は、助手として上司の教授に対して不満を表明する強度を表す。 $Str.4$  は、逆に教授として配下の助手の突き上げをどれだけ許容するかの意志を表す。全てのエージェントは、研究成果の時間変化率を最大にすべく、3 ヶ月毎に  $Str.n$  の各 4 要素の値を調整する。この動的最適化プロセスは、各エージェントが彼の研究者人生の中で、周囲環境に応じて自己の行動戦略を変化させていく過程に相当し、いわば学習プロセスであると云える。実際の最適化計算には、逐次シンプレックス法を適用した。

### 2-6 移動ロジック

一匹狼エージェント、教授エージェントは、 $Str.1$  により研究フィールド、資金フィールド上の移動方針を定める。助手は、上司である同研究グループを主宰する教授に盲従して移動する。

### 2-7 教授と助手の協調

教授は資金獲得に、助手は研究活動に専従する。ただし、生存クライテリアを満たすため、それぞれが獲得した資源をグループ内で share する。教授は、配下の助手たちが新規に獲得した

研究成果に対して、収奪率に応じて研究成果のオーバーヘッドを徴収する。一方、教授は、助手に対して、配分率に応じて自らが新規獲得した資金レベルを配布する。

### 2-8 研究グループの生成

研究グループは、各エージェントの利害に応じて自然発生するダイナミックな組織である。グループの生成は以下の 4 段階のルールによる。

- ・一匹狼もしくは教授で、自分の研究成果収支より資金レベル収支の方が良好な者は、助手の公募を行う。
- ・全ての一匹狼のうち、自らの資金レベル収支より研究成果収支が良好で、かつ助手の願望強度が高い者は、助手公募にアプライする。
- ・複数の一匹狼から応募があった場合は、研究能力に最も優れた者が選ばれる。
- ・教授と新規採用助手は、教授の言い値の収奪率、配分率で、契約を結ぶ。この収奪率、配分率は、教授の属性変数として、エージェント新規発生時にランダムに定められたものである。

### 2-9 春闘および研究グループの崩壊

助手は毎年度末、過去 1 年を振り返り、教授との被雇用関係が適正であったか否かを内省する。過去 1 年で収奪された研究成果の方が、配分された研究資金よりも多く、かつ不満表明強度が高い者は、教授に対して春闘交渉を求める。助手の  $Str.3$  と教授の  $Str.4$  に応じて定まる春闘交渉の結果、収奪率の低減か、配分率の引き上げかをもって妥結する。

もし、既に当該助手の収奪率が 0、配分率が 1 である場合には、両者に妥協の余地は存在しないので、その助手は当該研究グループを離脱して、一匹狼に職位変更する。全ての助手が逃散してしまった研究グループは、組織崩壊したものと看做し、教授は一匹狼に降格される。

### 2-10 教授の逆春闘

オプションとして教授逆春闘を定義する。オプションとは、シミュレーションの際にそのルールを入れる、入れないのスイッチをパラメータにするとの意味である。教授は、過去累算の配分研究資金より、過去累算の収奪研究成果の方が少ない場合には、いわば研究グループを維持運営しているメリットがないことになるから、直ちに配下の助手の一人を誅首する。

### 2-11 Winner Takes All 条項 (WTA 条項)

このルールもオプションとして定義する。全エージェント平均の一人当たり研究成果と研究グループを主宰する教授の研究成果を比較して、後者が前者の  $n$  倍以上であれば、それに応じて当該教授の研究資金掘削能力に能力増大が生じるとする。

## 3. 数値実験

シミュレーションの 1 試行、すなわち 1 エピソードは 900 ステップとする。これは、75 年間に相当するが、あくまで名目的なものである。エージェント数は 50 とする。

### 3-1 実験条件

実験条件をまとめて表 1 に示す。Case1 は標準ケース、Case2 は組織化せずに一匹狼だけ、Case3 は生存条件を緩和した場合、Case4 は教授逆春闘、Case5 は加えて WTA 条項を入れた場合の影響を各々みようとの意図である。各 Case は 10 エピソードの繰り返し試行とし、統計的処理には 10 試行のアンサンブル平均をもってする。

### 3-2 Case1 の結果

紙面の都合で省略。

### 3-3 Case1 のパーソナルエピソード

以下では Case1 の内、興味深いパーソナルエピソードをみてる。

表 1 数値実験条件

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
研究グループあり		x			
生存クライテリア	0	0	-500	0	1
教授逆春闘あり	x	x	x		
WTA 条項あり	x	x	x	x	

\* 九州大学大学院総合理工学研究院・助教授・工博

Associate Prof., Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ., Dr.Eng.

\*\* 東京工業大学大学院理工学研究所・助教授・工博

Associate Prof., Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology., Dr.Eng.

図1は、収奪に長けた教授の例である。"収奪に長けた"と云ったのは、過去累積の配分資金レベルよりも、過去累積の収奪研究成果の方が大きいからである。この教授は、最大時4名の助手を雇用し、自らの研究成果も良好である。Str.1(研究ネタ指向強度)とStr.4(春闘妥結許容度)の推移を見え、50歳を過ぎる頃から、学習の結果、自らの処世術を確立していることがわかる。つまり、比較的高い研究ネタ指向強度と春闘妥結許容度の組み合わせで処すると云うもので、これにより、配下の助手に存分に研究させ、収奪するが、突き上げを喰った際には、甘い対応をし、収奪率の低減、配分率の引き上げを認めてしまふと云うやり方である。

他例は略したが、個々のパーソナルエピソードを子細にみると、各エージェントは個別事情や周囲環境に応じて、それぞれ合理的に振る舞っていることが確認された。前節の結果は略したけれど、これとは逆に社会全体で単純化した俯瞰法で何かを説明しようとする、ばらつきが大きくなる。複雑系たる所以である。

### 3-4 数値実験結果

数値実験の結果を表2に示す。表中の数字は10試行のアンサンブル平均、±は標準偏差を示す。研究ネタ残量が、各Caseにおける社会全体の研究進行状態を示し、この値が小さいほど研究効率が高いことを表す。

標準ケースであるCase1との対比でみると、生存条件を緩和すると社会に弛緩状況が蔓延して研究効率落ち(Case3)、教授に助手の解雇権を付与すると、この弛緩状況を抑止する側に働くことがわかる(Case4)。Case2をみると、組織化せず一匹狼で全研究者が活動する方が研究効率は高くなるとう結果になっている。ただし、エージェントの平均寿命やパージ数をみてもわかるように、Case2は適応能力のない者は容赦なく切り捨てられる過酷な社会である。組織化を許容し、かつWTA条項的な状況が加味されると、Case2ほどの過酷さはなしに、より研究効率の高い社会が実現されるとのCase5の結果はきわめて示唆的である。

### 4. 結論

大学における研究組織形態が研究効率に及ぼす影響を把握するため、マルチエージェントシミュレーションモデルを構築した。モデルの主な特徴は、組織の発生、拡大、崩壊のメカニズムを各エージェントの利害に基づく創発的仕組みとして組み込んだ点と各エージェントは学習プロセスに基づき自己の行動戦略を刻々に変化させていく点である。数値実験において、各エージェントベースでは合理的行動として観察される特質が、社会全体で現象を俯瞰すると包括的説明がしにくい典型的な複雑系の様相を呈することが確認された。

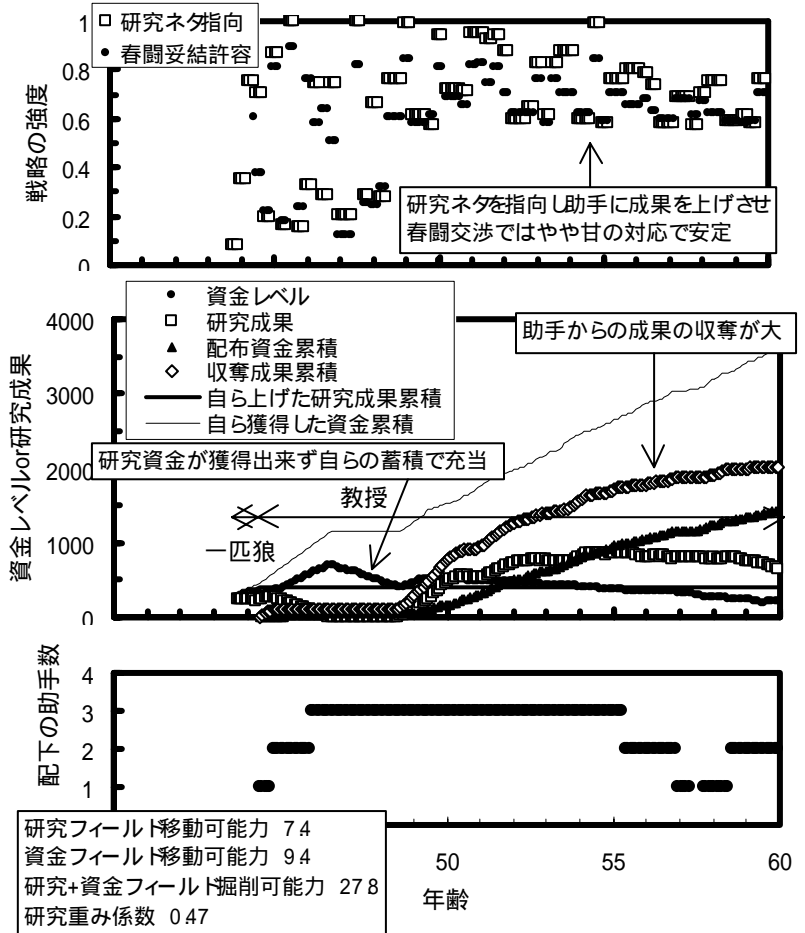


図10 収奪に長けた教授のパーソナルエピソード例

表2 数値実験結果

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
研究資金残存率	74.5±1.34	61.7±1.10	85.3±1.33	69.9±1.31	56.1±1.90
研究ネタ残存率	70.0±2.37	62.3±0.81	85.1±1.37	66.0±1.25	60.5±1.06
一匹狼の資金レベル平均	182±85.9	520±112.3	180±119.2	485±179.0	514±183.6
一匹狼の研究成果平均	104±47.4	517±103.0	-34±54.8	207±76.5	246±73.7
助手の資金レベル平均	758±499.8	-	248±224.8	364±326.6	345±156.8
助手の研究成果平均	721±238.7	-	235±157.3	598±145.8	781±217.9
教授の資金レベル平均	1031±262.7	-	570±246.1	1060±346.9	1413±563.8
教授の研究成果平均	642±406.1	-	154±188.4	1000±864.5	234±130.5
一匹狼の停年退官数	2.8±1.03	56.2±5.81	28.5±5.50	16.7±3.13	26.6±4.35
助手の停年退官数	34.5±4.84	-	29.7±7.72	25.7±3.16	17.9±3.00
教授の停年退官数	32.7±4.11	-	31.2±4.66	22.6±5.51	12.1±3.93
一匹狼のパージ数	350.5±47.27	660.6±70.66	44.2±10.71	362.2±42.8	461.0±30.27
助手のパージ数	64.6±12.60	-	49.1±9.47	481±16.31	84.9±14.52
教授のパージ数	36.2±7.02	-	27.9±6.49	67.4±10.12	75.5±9.92
一匹狼の人数	18.2±4.28	50	23.8±4.28	25.47±5.07	31.79±4.42
助手の人数	21.3±3.67	-	16.2±3.23	16.01±3.85	10.64±2.93
教授の人数	10.5±1.95	-	10.0±1.73	8.52±2.27	7.57±1.89
教授による解雇者	-	-	-	1.29±1.28	0.93±0.94
一匹狼の平均年齢	39.0±1.76	43.1±1.16	44.3±1.88	41.46±1.17	41.77±1.47
助手の平均年齢	46.1±1.80	-	46.5±2.04	46.24±2.17	45.80±2.72
教授の平均年齢	49.0±2.25	-	49.2±2.31	47.55±2.72	45.62±2.96

900ステップ時の10試行アンサンブル平均

それ以外は240-900ステップの時間平均を10試行アンサンブル平均