

## 知識の生態系のエージェントベースシミュレーション

日大生産工(院) ○本間 雅都

日大生産工 齋藤 敏雄

### 1. はじめに

本研究では、組織が継続的な知識創造を生み出すプロセスを、自然界での生態系とのアナロジーで捉えることを基本的なアイデアとする。本稿の目的は、知識を創造する専門家集団を、知識の進化と多様性を内包する一つの生態系としてモデル化し、個々の専門家の特性と専門家集団の相互関係が、多様性の維持や知識創造に及ぼす効果をエージェントベースシミュレーションによって説明することである。

### 2. 知識の生態系

地球上の生態系は、ある地域に生息するすべての生物とそれを取り巻く環境が相互に関係しあって、新しい生命の循環を作りだしているシステムである。生態系では生産者、消費者、分解者による物質循環がみられ、例えば、植物は無機物から有機物を生産、植物を食べる動物は有機物を消費して活動し、動物の排泄物および死骸は菌類が分解して無機物へと還元する。

他方、継続的な知識創造が行われる組織のなかでは、様々な知識を組み合わせることで新たな知識を生み出ている。それは、もともと組織が所有している知識を組み合わせることで生まれることや、ときには外部の知識を取り込むことによって新たな知識が誕生することもある。また、知識が陳腐化することを知識の消滅とも捉えることができる。このように、組織内の知識は常に生成、陳腐化という循環変動が起きていると考えられる。

このような考えを基に生態系のシステムという視点で組織内部の知識の循環変動を捉えたものが知識の生態系である。すなわち、知識の生態系とは、組織を取り巻く環境の変化に適応して、組織

内の知識の担い手である専門家集団が、専門家同士および専門家と外部環境との相互作用によって新陳代謝（既存集団の消滅と新規集団の発生）を繰り返している状態のことを指す。

### 3. モデルの概要

#### 3.1 基本的考え方

本稿では、組織の研究開発部門に所属し活動している専門家集団を議論の対象とする。専門家集団の変動を知識の盛衰と捉え、そのダイナミクスを一つの生態系として表現することが、本研究の基本的なアイデアである。そこで、知識の保有者であり、また、知識の獲得や創造を担う主体である個々の専門家を生物の個体として捉え、さらに専門家集団を2次元の平面に散在して存在する複数の個体からなる生物集団とみなす。

したがって、本稿の枠組みでは、新入りの専門家が専門家集団に加入すること、およびベテランの専門家が定年を迎えて集団を離れることは、それぞれ、集団内における個体の生成と消滅に対応する。専門家同士の対話による知識の獲得や新知識の創造は、個体同士の出会いによって生じるものとする。時間の経過に伴い、新陳代謝によって、専門家集団の内部特性、および外部から見た特性も変化し続ける。これらの変化のダイナミクスを、エージェントベースシミュレーションによって表現する。

個体と見なした各専門家をエージェントとして定義する。エージェントが存在する空間は一定の広さの2次元平面とする。時間はステップ単位で推移し、1ステップを4半期と見なし、4ステップで1年が経過したとする。また、各エージェントはステップ単位で行動し変化する。

### 3.2 エージェントの属性と行動

#### (1) 年齢

毎年、一定数のエージェントが集団に加入するものとする。新入りのエージェントの年齢を0歳とし、1年経過することに1歳加算される。退職の年齢は、すべてのエージェント共通で、29歳とする。退職したエージェントは、集団から削除され消滅する。

#### (2) 知識

エージェントは知識を所有する。知識の内部表現の詳細は、次節で説明する。

#### (3) 行動特性

行動的と非行動的の2タイプの特性を設定する。各エージェントは必ずどちらかの特性を持つとする。行動的なエージェントは、存在する平面上で高い移動能力を持つ、すなわち各ステップで広範囲に動きまわることが可能である。他方、非行動的なエージェントは、移動能力が低く、あまり動かない。

#### (4) 知識欲

知識欲は、高いか低いかの2つを設定する。知識欲は本来、行動特性とは独立した特性であるが、本稿では、知識欲は行動特性と強く相関するものと仮定し、行動的なエージェントは知識欲が旺盛で、非行動的なエージェントは知識欲が低いとする。次節で見ると、知識欲の高低は、エージェント同士の出会いの際の対話と知識の獲得に深く関係する。

### 3.3 知識の表現

エージェントが属性として持つ知識は、複数のカテゴリの集まりとする(図1)。それぞれのカテゴリは、専門分野を表すとする。各カテゴリは、5ビットのビット列で表現され、各ビットは基本知識、応用知識、基本手法などを表すものとする。1は知識の修得と活用能力を示し、0は未修得を示す。新入りの専門家の知識保有状態は、すべてのカテゴリでビット列が0であるとする。その後、集団内部でエージェント同士の対話が重ねられて知識の獲得と創造が促進されるので、一

般には、在職年数が増えてベテランになるほど、各カテゴリのビット列は1で埋まることになる。

1の総和を知識量と定義する。各カテゴリの知識量と全体の知識量とは区別される。

	カテゴリ1					カテゴリ2					
エージェントA	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	...
エージェントB	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	...

図1 知識の表現例

### 3.4 エージェントの相互作用

エージェントは、毎ステップ、平面上を移動する。もし、他のエージェントと出会った場合、すなわち、平面上の同じセルに移動した場合には、対話の可能性が生まれる。対話は、双方の行動特性に応じて、実現の確率が変化するものとする。対話が実現した場合には、エージェントの特性と知識の状態に応じて、以下の条件で双方の知識保有状態に変化が生じる。ただし、知識量はカテゴリのそれを意味する。

#### (1) 双方が行動的である場合

① 一方の知識量が他方の知識量を大きく上回っているときは、小さい方が大きい方から知識を獲得できる。大きい方は変化なし。

② 双方がともに知識量大のときは、双方とも新分野の知識創造の可能性が高まる。その場合、カテゴリが新設される。

③ 双方がともに知識量小のときは、ともに変化なし。

#### (2) 一方が行動的で、他方が非行動的である場合

① 行動的なエージェントが、他方の非行動的なエージェントの知識量を大きく上回っているとき、小さい方が大きい方から知識を獲得できる。大きい方は変化なし。

② それ以外はともに変化なし。

#### (3) 双方が非行動的な場合

ともに変化なし。

### 2.5 知識のカテゴリによるエージェント集団のグループ化

カテゴリ毎に、カテゴリ知識量のある一定以上有するエージェントの集まりを一つのグルー

プとして捉えることができる。例えば、カテゴリー1の知識量が3以上を保有するエージェントの集まりをカテゴリー1グループと捉える。一般に、カテゴリーの数だけグループが生成される。どのカテゴリーにおいても知識量が大のエージェントは、すべてのグループに所属することになり、また、すべてのカテゴリーで知識量が一定量を超えないエージェントは、どのグループにも所属していないことになる。所属するエージェントの数が他のグループに比べて相対的に多いグループは、その時点で主流なグループであり、組織にとって重要な専門分野を担っていると見なすことができる。

## 4. 実験

### 4.1 実験条件

20×20の全体で400のセルからなる格子状の平面をエージェントの活動の場とする。はじめに同一セルにエージェントが2つ以上入らないようにしてランダムに120配置した。1ステップを4半期とみなし、4ステップを1期間（1年）とする。

### 4.2 エージェントの初期値

- (1) 年齢：年齢は1から29とし、ランダムに設定する。したがって、各年齢のエージェント数の期待値は、ほぼ4になる。1期間経過する毎に1歳増える。每期、新入りエージェントが4加わり、空いているセルにランダムに配置される。また、年齢が30になったエージェントは退出する。
- (2) 知識：カテゴリー1とカテゴリー2の最左端のビットを基本知識とし、ともに1に設定する。残りの4ビットについては、どちらのカテゴリーでも0か1を確率2分の1で設定する。
- (3) 行動特性：2分の1の確率で行動的あるいは非行動的とする。エージェントは図1のように8つの方向に移動できるとする。行動的なエージェントの移動能力は4とする。これは1ステップ毎に視野4の範囲内のセルであればどの方向にも自由に移動できることを意味する。他方、非行動的なエージェントの移動能力は2とする。

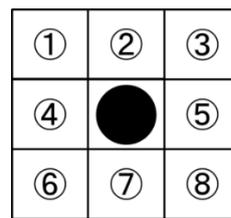


図2 移動方向

### (4) 新入りエージェント

新入りの年齢は全て0歳とする。新入りエージェントの保有知識はゼロとし、全てのカテゴリーの各ビットを全て0とする。既存のエージェントと同様に、2分の1の確率で、行動的あるいは非行動的とする。

### 4.3 エージェントの相互作用の条件

移動の結果、視野1の範囲に他のエージェントが存在する場合、出会いが生じたとする。もし複数存在する場合はその中から1つランダムに選び、選んだエージェントと対話する。対話が生起する確率は次のように設定する。双方が行動的である場合、確率1、一方が行動的で他方が非行動的である場合、確率2分の1、そして双方とも非行動的な場合、確率0。

対話が実現した場合に生じる双方のエージェントの保有知識の変化は、次のように設定する。

#### ① A、B双方が行動的である場合

- ・AがBより総知識量が2以上上回っているときは、BがAから知識を1ビット分習得する。Aは変化なし。知識伝授の方法は後述する。
- ・A、Bともに総知識量8以上でかつ、Aの一つのカテゴリー知識量が5で、BがAと異なるもう一つのカテゴリー知識量が5であるとき、10分の1の確率で新たなカテゴリーの知識が生成される。このときA、Bはともに、新たなカテゴリーのすべてのビットを1とする。
- ・A、Bともに総知識量3以下のときは、ともに変化なし。

#### ② Aが行動的で、Bが非行動的である場合

- ・AがBの総知識量を2以上上回っていると

き、AがBに知識を伝授するとし、BはAから知識を1ビット分習得する。Aは変化なし。  
 ・BがAの総知識量を上回っているとき、ともに変化なし。

### ③ 知識伝授の方法

AとBともに行動的とし、保有知識を図2とする。Aの総知識量は8、Bの総知識量は5であるから、BはAから知識を習得できる。習得できる知識は1ビットのみとする。どのカテゴリーの知識を習得するかは、知識を渡すエージェントAの総知識量に対する各カテゴリー知識量の割合の大きい方とする。この例では、Aのカテゴリー1の知識量は5、カテゴリー2の知識量は3なので、総知識量に対する割合はそれぞれ、8分の5と8分の3になる。カテゴリー1の知識が伝授され、Bが未習得のビットのうちからランダムに一つ選ばれる。

	カテゴリー1					カテゴリー2					
エージェントA	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	...
エージェントB	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	...
Bの変化後	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	...

図3 知識の習得例

## 4.4 結果・考察

以上の条件を踏まえて、実行した結果が図4になる。縦軸は各カテゴリーグループに所属しているエージェント数を、横軸はステップ数を表している。カテゴリー1とカテゴリー2はもともとその組織にあった知識であり、カテゴリー3は新しく発生した知識である。新規知識は発生し、組織内で知識が広まっていることがわかるが、元から組織に存在する知識の勢力を壊すには至らず、定常状態になっている。このため、新たな知識が発生しても、組織内の勢力が変化しないため、活用されないまま陳腐化して消えてしまうという恐れがある。これは、行動特性の比率を変化させても同様の結果を示した。

次に、前の結果を踏まえて、ある一定の確率で新規知識を優先的に広めるエージェントを発生し

た(図5)。結果より、新規カテゴリーの知識が勢力を伸ばし、元から組織に存在したものは勢力を失いつつある。

これらのことから、組織において、ただ知識を受け渡す関係のエージェントのみだけでは知識自体は広まるが、知識が進化し新しいものがコアな技術になっていくことは難しいことが考えられる。また、直感的にもわかることだが、少ない確率でも、一人でも影響力の強い、今回でいう新しい知識を優先的に広める役割を持つものがいると、組織内で知識の循環が起きる可能性があると言える。



図4 モデルの実行結果

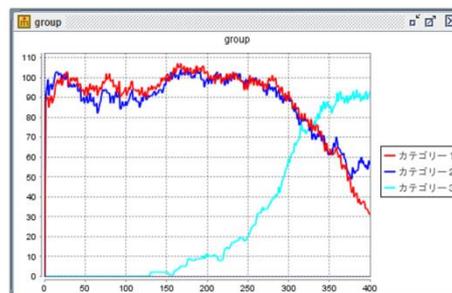


図5 優先エージェントを発生させた場合

## 5. おわりに

本稿では、知識の生態系の概念をもとにモデルを提案し、そのモデルを用いてシミュレーションを行い、個々の専門家の特性と専門家集団の相互関係が、知識創造に及ぼす効果を検討した。

### 参考文献

- 1) 野中郁次郎, 遠山亮子, 平田透, 流れを経営する 持続的イノベーション企業の動態理論, 東洋経済新報社, 2010
- 2) 山影進, 人工社会構築指南, 書籍工房早山, 2007