

Title	知識間距離のポートフォリオ：マルチエージェント・シミュレーションを通して
Author(s)	河村，竜幸；伊佐田，文彦
Citation	年次学術大会講演要旨集，29：268-273
Issue Date	2014-10-18
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12443
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

知識間距離のポートフォリオ —マルチエージェント・シミュレーションを通して—

○河村 竜幸（キヤノンマシナリー株式会社）、伊佐田 文彦（関西大学）

1. はじめに

本研究の目的は技術開発パフォーマンスに影響を与える組織間の知識獲得過程を分析することにある。その手段として、マルチエージェント・シミュレーションを用いる。本研究におけるマルチエージェントのモデル化は、知識の粘着性やエージェントの吸収能力を定式化することで構築させる。そしてこのモデルを用いて組織に所属する人と人との知識量の差（知識間距離）と関係組織のポートフォリオが具体的にどのような影響を与えるのかを分析する。そして分析結果から知識間距離に関しては、適度な距離感が知識獲得のパフォーマンスを最大化させるという結果が示しめされた。また関係組織のポートフォリオを適切に調整することで、単一組織との関係から得られる組織の成長よりも早い速度で組織が成長できる可能性があるという結果が示された。

高橋・桑嶋・玉田（2002）らはマルチエージェント・シミュレーションを用いて、ゲートキーパーの研究開発パフォーマンスを分析した。マルチエージェント・シミュレーションは、2000年初頭より人工知能や組織科学の分野で取り上げられた。マルチエージェント・シミュレーションでは、①抽象的なモデルを作って色々な洞察を引き出すアプローチと、②出来るだけ個別具体的なモデルを作り最適化を図るというアプローチに分類される。高橋らは①の抽象的アプローチを採用しながら、②の個別事例に戻る努力をしたとある。それに対し著者らは、知識の粘着性や吸収能力をシミュレーション上でモデル化しその特性を分析することを、本研究の中心課題とする。また一般的な研究方法では、a) 多くの企業に対しアンケート調査を実施し、その結果を統計解析にかけ、多くの企業が共通してもつ特性を抽出するアプローチと、b) 個別具体的な企業を対象としてケース的に特徴を抽出するアプローチがある。マルチエージェント・シミュレーションを実施する本研究等のアプローチは、モデル化と条件を変えて様々な角度から繰り返し検証が可能であることから、a) のアプローチと b) のアプローチの間に位置するものと考ええる。

水野・立見（2007）は、認知的近接性が大き過ぎると認知的ロックインをもたらシラディカルなイノベーションを妨げる結果となり、逆に認知的な距離が大きすぎれば、知識を受け取る側の吸収能力は大きく制約され、知識移転は困難になると説明している。認知的近接性を、本稿における知識間距離と置きかえれば、後述する知識モデルにおいても、知識間距離が近い相手から知識を獲得するのは容易であるが、知識差が少ないが故に多くの知識を獲得することができない。一方で、知識間距離が遠い相手からはその知識差から獲得できる知識の絶対量は大きいにも関わらず、知識獲得すること困難であるが故に多くの知識を獲得することができない。これらの関係性によって、先行研究と同様の結果が得られると考えられる。よって本研究における第一の仮説は以下の通りとなる。

仮説1：知識獲得の効果を最大化させるような組織間の最適な知識間距離が存在する

次に、関係する組織の構成について考える。ある知識の獲得を考える場合、それを単独組織から獲得するか、複数組織から獲得するかという選択肢がある。単独組織については先般の仮説で検証可能である。複数組織については、どのような組織間関係を持てば良いのであろうか。異なる組織間関係の効果が独立しているのか、それとも影響を与えあうのかで取り得る組織間関係を構築する戦略は変化する。また最適な知識間距離の組織と、より遠くの組織との組み合わせの影響はどのようなものか。影響の性質もまた組織間関係の戦略策定に影響を与える。よって本研究における第二の仮説は以下の通りとなる。

仮説 2：知識間距離の異なる複数組織との適切な割合での交流により、単独組織との交流時よりも知識獲得の効果が向上する

本研究では、人と人との間で実施される知識の交換、組織間の知識獲得過程に着目し、それをマルチエージェント・シミュレーション上で表現する。この人間関係のネットワークを抽象化し、知識の獲得過程を一般化することで、本研究では企業組織の内部・外部を強く意識することなく、組織間関係の特性を分析することが可能である。例えば企業組織内の体制を分析すると同時に、オープンイノベーション等、外部組織との関係性を分析することで、組織間関係全体としてのあり方を問うことができる分析ツールの実現を目指す。本研究は、企業において組織の内外を問わず、組織間の関係をどのように考え構築してゆけば良いかという課題の解決を目指すものである。

2. 知識モデル

ここでは、組織間関係の基本モデルとして知識伝搬モデルを考える。最初に「知識」を定義する。「知識」とは、ある業務を遂行するために必要な業務知識およびその業務に従事した経験の両者を合わせたものを知識と定義する。次に、知識を獲得する「学習者」を、外部から新たな知識を獲得する側の人を学習者と定義する。知識を提供する「被学習者」を、学習者が知識を獲得する源がヒトである場合、そのヒトを被学習者と定義する。

知識の獲得経路は以下通り、「業務」、「自己学習」、「相互学習（内部）」、「相互学習（外部）」の存在を規定する。「業務」とは、学習者自身が担当する実業務に関する知識と経験を、その業務自身から獲得する。「自己学習」とは、学習者自身が、専門書、仕様書などの出版書籍や、作業標準、過去の設計資料などの社内資料、特許情報などを通して単独で知識を獲得する。「相互学習（内部）」とは、学習者自身が所属する業務チームの関係者同士で個々が持つ知識の交換を行うことでチーム内の知識の平準化を行う。チームにゲートキーパーが所属していれば、外部から獲得された知識がチーム内で共有されることを意味する。「相互学習（外部）」とは、学習者の所属する業務チーム以外からの知識獲得に相当する。外部の業務チームに所属する被学習者との交流によって知識を獲得する。ここで被学習者の所属する組織範囲は、学習者と同じ部署、企業であっても、同一グループ企業内であっても、その他の外部企業であっても特段の区別はないものとする。

次に学習者が知識を獲得する過程で知識の獲得効率に影響を与える特性を説明する。学習者がある業務に関する知識を獲得する時、3つの特性によって伝達される知識の伝達効率に変化すると考える。大きくは学習者自身の能力に関する特性「吸収能力 (absorb)」、学習者が所属における業務に関する特性「業務特性 (weight)」、そして獲得する知識そのものが持つ特性「粘着性 (stickiness)」の3つの特性に分類する。「吸収能力 (absorb)」とは、学習者がある業務に関する知識を獲得する、獲得のし易さを表わす。学習者ごとに業務に対する興味や得手不得手が異なる。また吸収能力が他よりも高い学習者は、他の学習者よりも早くまた多くの知識を獲得することになり、知識差が生じやすくなる。これが学習者自身の持つ能力を表わす。本研究において、ゲートキーパーの能力を論ずる時にも、優秀なゲートキーパーというのはこの吸収能力が高い学習者のことを指すものとする。「業務特性 (weight)」とは、企業に蓄積されたノウハウや、部署、チームごとに割り当てられる業務配分は異なる。また特化した知識の探求を重視するような組織体制もあれば、浅くても良いから幅広く知識と経験を必要とする組織体制が組まれることもある。この組織に従属する知識獲得のし易さに関するパラメータを業務特性と呼ぶ。「粘着性 (stickiness)」とは、学習者が知識獲得対象から知識を獲得する際に、その業務そのものが持つ概念的な知識や経験の獲得の困難さを意味する。ここではどのような知識獲得経路を選択したとしても、知識獲得の困難さは変化しない。つまりここでは粘着性が高い業務というのは業務を標準化したり文書化したりすることが困難なものを指す。内容そのものが他の業務と比較して格段に高度な理論を必要とする難解なものであるか、身体性からの経験の獲得が重要であり、業務品質を高めるためには非常に微細な身体制御が必要になるようなものが挙げられる。

知識の獲得は以下の3式によってあらわされる。最初に、各式で用いる変数の意味を説明する。シミュレーション上では離散化された時間の中での時刻をさす。ある時刻 t と次の時刻 $t+1$ との間隔が厳密でない、または本質ではないこともあり、各時刻を「世代」と表現する。 i は、全ての人エージェント集合の中での学習者となるエージェントをさす。 j は、全ての人エージェント集合の中での被学習者となるエージェントをさす。本稿では学習者と被学習者は同じとはならない。 x 知識を獲得する対象

をさす。 g 学習者が所属するグループをさす。

$Knowledge_{i,x}(t)$ … あるエージェント i が、知識 x について持つ t 世代目の知識量をさす。

$Stickness_x$ … 知識 x に関する「粘着性」をさす。

$Absorb_{i,x}$ … あるエージェント i の知識 x に対する「吸収能力」をさす。

$Weight_{g,x}$ … あるグループが、知識 x に対して割り当てるリソース（重み）をさす。「業務特性」における知識獲得時に関係する。

$Weight_{i,x}$ … あるエージェント i が、知識 x に対して割り当てるリソース（重み）をさす。「自己学習」における知識獲得時に関係する。

$\delta_{i,j}(x,t)$ … 学習者となるエージェント i と被学習者となるエージェント j との間の知識 x における知識差から計算される知識獲得に関する重み係数をさす。評価式は以下の通りとなる。

$$\delta_{i,j}(x,t) = \frac{1}{1 - \exp^{-a \times z(i,j,x,t)}} \quad \cdots (1)$$

a : ゲイン

式（１）はシグモイド関数の表現形式となる。本ノートではシグモイド関数の変数を以下式（２）によってエージェント i とエージェント j との知識間距離から求める。

$$z(i,j,x,t) = 2.0 \times \log_{10} \left(\frac{Knowledge_{i,x}(t)}{Knowledge_{j,x}(t)} \right) + 6.0 \times offset \quad \cdots (2)$$

ただし、式（２）は $Knowledge_{i,x}(t) < Knowledge_{j,x}(t)$ の関係式を満たす場合のみ適用される。

「業務」における知識伝搬では以下の式（３）を適用させる。

$$Knowledge_{i,x}(t+1) \leftarrow (1 + Stickness_x \times Absorb_{i,x} \times Weight_{g,x}) Knowledge_{i,x}(t) \quad \cdots (3)$$

「自己学習」における知識伝搬では以下の式（４）を適用させる。

$$Knowledge_{i,x}(t+1) \leftarrow (1 + Stickness_x \times Absorb_{i,x} \times Weight_{i,x}) Knowledge_{i,x}(t) \quad \cdots (4)$$

「相互学習（内部）」または「相互学習（外部）」では以下の式（５）を適用させる。

$$Knowledge_{i,x}(t+1) \leftarrow (1 + Stickness_x \times Absorb_{i,x} \times \delta_{i,j}(x)) Knowledge_{i,x}(t) \quad \cdots (5)$$

3. 知識間距離の影響に関する実験

[シミュレーション条件]

獲得すべき知識の業務は１通りとする。業務が持つ粘着性は低いと考え、0.0～1.0の内、1.0に近いほど低いとする時の0.8とした。モデル内では、自社と競合、協業の３社を想定した。協業は自社の業務特性値（0.2）が同じである１社を想定した。協業は業務特性を0.2から1.0までを変化させた。各企業には３エージェントずつ所属し、内２エージェントは商品の生産業務に従事するものとした。残る１エージェントをゲートキーパーとした。本調査では、自社のゲートキーパーと協業のゲートキーパーが関係を持つように設定した。商品の層に投入される商品は、自社から１エージェントとし、競合から１エージェントとした。シミュレーションは25,000世代までを実施した。また各商品の生産量は市場の需要よりも常に多くなるように設定した。全人エージェントの知識量の初期値は1.0とした。この条件下では、自社と協業との間でゲートキーパーを介して知識獲得が行われない場合に、市場における商品

のシェアは 50%となるように調整されている。各社のエージェント能力詳細は以下のようになる。

エージェント ＜自社＞	吸収能力	選択確率		
		業務	自己学習	相互学習（内部）
1（ゲートキーパー）	0.6	0.0	0.0	0.25
2	0.4	0.9	0.1	1.0
3	0.4	0.9	0.1	1.0

エージェント ＜競合＞	吸収能力	選択確率		
		業務	自己学習	相互学習（内部）
4（ゲートキーパー）	0.4	0.5	0.1	0.5
5	0.4	0.9	0.1	1.0
6	0.4	0.9	0.1	1.0

エージェント ＜協業＞	吸収能力	選択確率		
		業務	自己学習	相互学習（内部）
7（ゲートキーパー）	0.4	0.5	0.1	0.5
8	0.4	0.9	0.1	1.0
9	0.4	0.9	0.1	1.0

[シミュレーション結果]

シミュレーション結果を図 1 に示す。結果からわかる通り、自社の業務特性値である 0.20 から、協業の業務特性値を上昇させていった時に、単純凸型のピークを持つことがわかる。ここで最も重要な結論は、自社の知識獲得に対し影響が最も大きい企業は、相手企業の絶対的な知識量や能力よりも、自社との知識間距離であることがわかる。

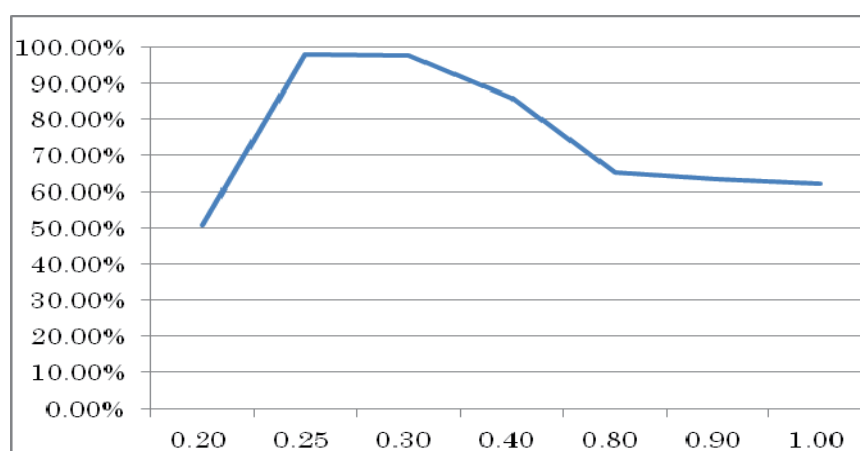


図 1：協業の業務特性 vs. 市場のシェア

4. 関係組織のポートフォリオに関する実験

[シミュレーション条件]

業務が持つ粘着性は粘着性が低い (0.8) 場合の 1 通りを考えた。自社のゲートキーパーの能力は 0.6 の 1 通りを考えた。モデル内では、自社と競合、協業の 3 種類を想定した。競合は自社の業務特性値 (0.2) が同じである 1 社を想定した。協業は業務特性値が自社よりも少し優れている企業 (0.3) と業務特性値が自社よりも非常に優れている企業 (0.6) の 2 社とした。各起業には 3 エージェントずつ所属し、内 2 エージェントは商品の生産業務に従事するものとした。残る 1 エージェントをゲートキーパーとした。本調査では、自社のゲートキーパーと協業のゲートキーパーが関係を持つように設定した。商品の層に投入される商品は、自社から 1 エージェントとした。競合からも 1 エージェントを設定した。シミ

ュレーションは 25,000 世代までを実施した。また各商品の生産量は市場の需要よりも常に多くなるように設定した。全エージェントの知識量の初期値は 1.0 とした。この条件下では、自社と協業との間でゲートキーパーを介して知識獲得が行われない場合に、市場における商品のシェアは 50% となるように調整されている。各社のエージェント能力詳細は以下のようになる。

エージェント ＜自社＞	吸収能力	選択確率		
		業務	自己学習	相互学習（内部）
1（ゲートキーパー）	0.6	0.0	0.0	0.25
2	0.4	0.9	0.1	1.0
3	0.4	0.9	0.1	1.0

エージェント ＜競合＞	吸収能力	選択確率		
		業務	自己学習	相互学習（内部）
4（ゲートキーパー）	0.4	0.5	0.1	0.5
5	0.4	0.9	0.1	1.0
6	0.4	0.9	0.1	1.0

エージェント ＜協業 1＞	吸収能力	選択確率		
		業務	自己学習	相互学習（内部）
7（ゲートキーパー）	0.4	0.5	0.1	0.5
8	0.4	0.9	0.1	1.0
9	0.4	0.9	0.1	1.0

エージェント ＜協業 2＞	吸収能力	選択確率		
		業務	自己学習	相互学習（内部）
10（ゲートキーパー）	0.4	0.5	0.1	0.5
11	0.4	0.9	0.1	1.0
12	0.4	0.9	0.1	1.0

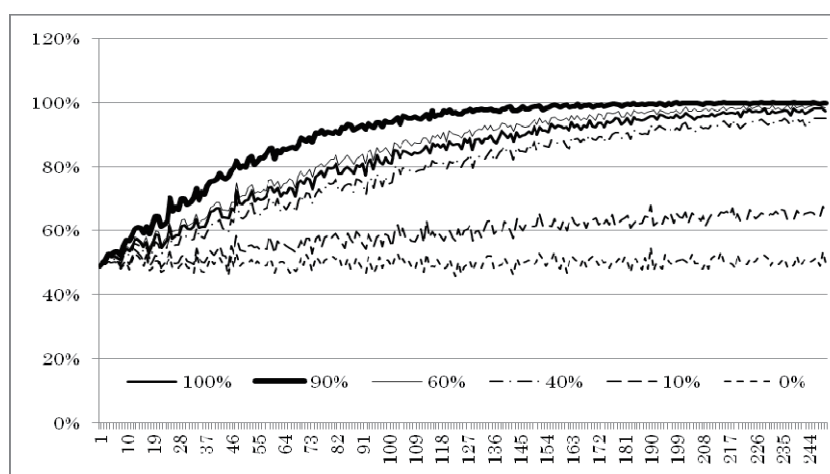


図 2：世代ごとのシェア変化

[シミュレーション結果]

結果を図 2 に示す。図の縦軸はシェアを表わす。図の横軸は世代を表わす。図では世代の 1/100 分で表示されている。線の 100% は業務特性値が 0.3 の企業との交流割合が 100% であることを示す。逆に、0% は業務特性値が 0.6 の企業との交流割合が 100% であることを示す。結果から、業務特性値が 0.3 の企業と密に交流（90%）しつつも、業務特性値が 0.6 の企業とも少し交流することが最も効率良くシェアを向上させている。一定割合までの混合はパフォーマンスの向上に寄与するが、一方で業務特性値の

高い企業との交流が過度となると、最終的なシェアが低下することがわかる。また、シェアが 80%に到達するまでの世代経過については、100%の場合は 8,200 世代かかるのに対して、95%の場合は 4,700 世代と 1.74 倍の差を示す。シェアが 90%に到達するまでの世代経過については、100%の場合は 13,900 世代かかるのに対して、7,500 世代と 1.85 倍の差を示す。この結果から、知識獲得のポートフォリオを考慮することの重要性は、知識量が異なる企業との協業の割合を適切にコントロールすることで、最終的なシェアに到達するまでの期間短縮に寄与することが期待できる点にある。

次に図 3 に、6,000 世代目の結果を切り出したものを示す。図の縦軸はシェアを表わす。図の横軸は、業務特性値が 0.3 の企業との連携割合を示す。結果から、異なる知識間距離の複数企業との連携は、適当な割合にコントロールすることで、単独の企業との協業時よりも短期間の内に高いパフォーマンスを示すことがわかる。また協業の割合は、多くを自社に近い企業と多くを占めることが良く、非常に能力が高い企業とはそれほど多くの時間を割く必要がないことを示している。

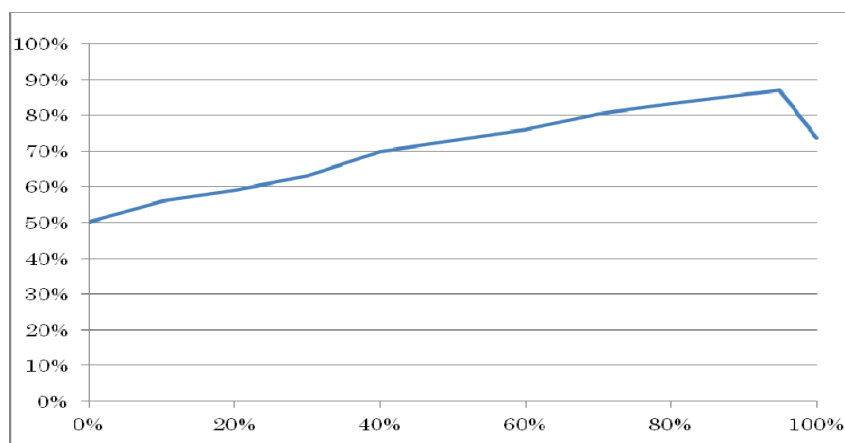


図 3：知識獲得の割合によるパフォーマンスへの影響

5. 考察

知識間距離の影響に関する実験では、距離が同じ組織でもなく、距離が遠い組織でもなく、適度な知識間距離を示す組織と関係を持ち、その組織から知識を獲得することが最も効率が良くなることがわかった。この結果は水野・立見（2007）の現象を的確に再現していると言える。また関係組織のポートフォリオに関する実験では、最適な知識間距離の組織との関係を持ちつつ、能力の高い組織ともたびたび交流を持つことで、知識獲得の速度が向上することがわかった。自社の獲得知識が底上げされることで、能力の高い組織ら獲得できる知識量が増加する。この獲得知識が、単独企業から得られる知識よりも少しでも多ければ、それが相互作用として知識の獲得速度に正の影響を与える。近年の事業や商品のライフサイクルが短くなる傾向においては、知識の獲得速度の最大化に注目することが重要であると考えられる。

6. おわりに

本稿では、技術開発パフォーマンスに影響を与える知識獲得過程をマルチエージェント・シミュレーション上でモデル化した。またその結果を分析し、①知識の距離感と②知識距離に基づいた交流のポートフォリオの自社パフォーマンスへの影響の基本特性を示した。今後の課題としては、基本特性がどの程度まで複雑なネットワークを持つ組織で有効性を示すことが必要である。その結果によって、実際の経営戦略における有用性が明らかになる。

参考文献

- [1] 水野真彦, 立見淳哉 (2007)「認知的近接性、イノベーション、産業集積の多様性」大阪市大「季刊経済研究」 Vol. 30 No. 3 December 2007, pp. 1-14.
- [2] 高橋伸夫, 桑島健一, 玉田正樹 (2002)「研究開発パフォーマンスとゲートキーパー」 CIRJE-J-67