

ハイテクイノベーションにおけるブラックスワンの マルチ・エージェント・シミュレーション

Multi-agent simulation of Black Swan on high-tech innovation

野間口 隆郎¹

Takao Nomakuchi¹

¹和歌山大学経済学部ビジネスマネジメント学科

¹Wakayama University Faculty of Economics Department of Business Management

Abstract: This paper reports the experiment of multi-agent simulation of the "Black Swan" appeared in the high-tech industry. The event does not occur only in rare case, event leading to catastrophic damage is called "Black Swan Events". And, the mutation that causes a "Black Swan event" is "Black Swan". Such "Black Swan" exists as a disruptive innovation in the high-tech industry. With the emergence of the Black Swan, there are cases where high-tech industry collapsed. Therefore, whether there is a countermeasure high-tech industry can take to the emergence of Black Swan. Based on the problem consciousness of them, has been developed (MAS) simple multi-agent simulation of this paper. The suggestions obtained from the simulation experiments are reported.

1. はじめに

ブラック・スワンとは、オセアニアで発見された黒い白鳥のことで、それまで黒い白鳥は存在しないとされていた学説が、その発見によって覆されました。ブラック・スワンが象徴するのは、理論というものを「検証」することは非常に難しく、「反証」することは非常にたやすい、ということです。我々は常にブラック・スワンを発見してからしか、ブラック・スワンを含む理論を作れないのです。その例がサブプライム問題に端を発した世界金融危機において、誰もが疑問を持ちました。アメリカの金融工学は最先端で、徹底したリスク管理ができてはいるはずなのに、その予想が大きくはずれ破綻が起きたことである。Taleb (2010)[1]は、現代社会における不確実性の増大を説明するための複雑ネットワーク理論、ギリシャ哲学における経験主義、行動経済学からフラクタル数学の広範囲な領域で説明している。そして、彼は複雑化する社会においては、人間の認知と思考の限界には限界があると主張する。我々は常にブラック・スワンを発見してからしか、ブラック・スワンを含む理論を作れない。リスクをコントロールする戦略が不可能ならば、不確実性を積極的に活用するしかない、とタレブはいう。彼の専門であるトレーディングの例としては、ポートフォリオの大部分はアメリカ短期国債のような超安全な資産に投資しつつ、残りの10~15%を最大限のレバレッジを

効かせたハイリスクな資産に投資するという「バベル」戦略を提案している。こうすることで、悪いブラック・スワンによる破綻のリスクを避けながら、良いブラック・スワンを引いたときには大きく資産を増やすことができる、という考え方である。毎日たんまり餌をもらって暮らしていた経験主義的な七面鳥は「世界は気前よく餌をくれる人間でいっぱいだ」という世界観を抱くだろう。ただし、その経験主義的な七面鳥の世界観は感謝祭の前日に崩壊する。限定された経験から安易に結論を導き出すことへの警鐘である。

日本の携帯電話産業は感謝祭の「七面鳥」のように崩壊した。2014年9月17日にソニーは今季の赤字が2300億円を上回ると発表した、その大半が携帯電話事業によるものである。2001年に11社あった日本の携帯電話メーカーは、2011年にはソニー、富士通、京セラ、シャープの4社となり日本の携帯電話産業は崩壊したと言われている。

表1のように2011年の世界のスマートフォン市場シェアのTOP10には日本の携帯電話メーカーはソニーしか入っていない。そのソニーが大きな赤字決算であることが日本の携帯電話産業の崩壊を表している。それでは、日本の携帯電話産業を崩壊させたブラック・スワンは何かというと、iPhoneに代表されるスマートフォンメーカーAppleであったと言える。日本の携帯電話産業はブラック・スワンであるiPhoneの登場で崩壊したと言えるが、それは必然であった

のかどうかを考えなければならない。本論文の問題意識はそこにある。

表1 2014年 スマートホン世界シェア

Maker	2014 Q2 出荷量	2014 Q2 シェア
Samsung	7430 万	25.20%
Apple	3510 万	11.90%
Huawei	2030 万	6.90%
Lenovo	1580 万	5.40%
LG	1450 万	4.90%
Other	13530 万	45.80%
Total	29530 万	100%

[2]より作成

そのため、本研究ではハイテクマーケティングにおけるイノベーションの普及理論をベースにマルチ・エージェント・シミュレーションを開発しそこにブラック・スワンを登場させることにを試みる。本論文目的は、ハイテク産業においてどのような戦略的行動によりブラック・スワンの登場に対して業界が壊滅を避けられるかという示唆を得ることである。

2. 先行研究

ハイテク業界において新製品・新技術を市場に浸透させていくイノベーションの普及には、初期市場から主要市場への移行を阻害する深い溝(キャズム)があるという。その「キャズム」概念はMoor(1991)[3]が提唱したものである。そして、そのキャズムの概念から「キャズム」を乗り越える戦略が、「キャズム理論」である。その基礎となるRogers(1962)[4]のイノベーション普及モデルでは、顧客は「イノベーター」、「アーリーアダプター」、「アーリーマジョリティ」、「レイトマジョリティ」、「ラガード」の5つの採用者タイプに区分される。この理論ではイノベーターとアーリーアダプターを合わせた層に普及した段階(普及率16%超)で、新技術や新流行は急激に広がっていくとする。そこで、イノベーターとアーリーアダプターにアピールすることが新製品普及の鍵であるとされている。

そして、これに対してMoor(1991)[3]は、利用者の行動様式に変革を強いるハイテク製品においては、5つの採用者区分の間にクラック(断絶)があると主張した。その中でも特にアーリーアダプターとアーリーマジョリティの間には「深く大きな溝」があるとし、これをキャズムと呼んだ。図1の矢印がキャズムを表している。アーリーアダプター層が積極的に新しい技術を採用するのに対して、アーリーマ

ジョリティ層は安定や安心を重視する傾向がある。そのため市場の一部に過ぎないアーリーアダプター層が採用したところで、アーリーマジョリティ層の不安は解消しない。つまり両者の要求が根本的に異なっており、キャズムを超えて初期市場から主要市場に移行するためには自社製品の普及段階に応じて、マーケティングのアプローチを変える必要があるとする。そして、アーリーアダプターが製品を購入しようとするのは“変革の手段”としてであり、競合他社に先んじて新技術を採用することで差別化戦略の行動を狙いとしている。彼らは差別化による競争優位を得るために自身でリスクを引き受ける覚悟で新技術を導入するが、ベンダーに対して過大な要求を突きつける場合もあるとした。一方、アーリーマジョリティ(実利主義者)は“業務効率改善の手段”として製品を位置付けている。未熟な技術によって自身が試行錯誤を行うことになる事態を回避し、同業他社などの使いこなしの事例を模倣する同質化戦略の行動をとりたがる。しかし、導入した製品や技術を社内標準に指定する機会が多いため、ベンダーにとっては高い利益率が見込めるため、重要な顧客である。そのため、キャズム理論ではアーリーアダプターとアーリーマジョリティでは要求が異なっており、キャズムを超えて主流市場に移行するためには自社製品の普及段階に応じて、アプローチを変えていくことが必要だと説いている。これらの5つの採用者の違いは、Leibenstein(1950)[5]、Porter(1996)[6]、Porter, et al(2000)[7]、浅羽(2002)[8]の戦略的行動研究にあるように、差別化戦略行動(スノップ効果による行動)と同質化戦略行動(バンドワゴン効果による行動)という経営戦略論における戦略行動原理からくる違いであると考えられるべきであろう。そのため本論文ではエージェントの行動として差別化と同質化の2つの戦略的行動をもとに検討する。

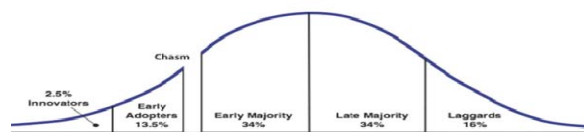


図1 Moor(1991)[3] キャズム

このキャズムを越えるために、ムーアが主張する基本戦略は、主流市場の最初の顧客層であるアーリーマジョリティ(初期多数派)の実利主義に応えることである。ただし、アーリーマジョリティ全員に製品を提供しようとしてはいけないとする。キャズムを越える最も安全な方法は、全力を1カ所に集中することだとする。ある特定の顧客層に向けてホールプロダクト(完全な製品)を素早く作り上げるこ

とが重要だとする。

またキャズムを超えられなかった技術として、ビデオ会議、AI、ペン・コンピュータ等が挙げられる。音楽のメディアにおいてキャズムを超えたのはCDやDVDであり、超えられなかったのはレーザーディスクやMDだとしている。

このキャズムを越えるために、ムーアが主張する基本戦略は、主流市場の最初の顧客層であるアーリーマジョリティ（初期多数派）の実利主義に応えることである。ただし、アーリーマジョリティ全員に製品を提供しようとしてはいけないとする。キャズムを越える最も安全な方法は、全力を1カ所に集中することだとする。ある特定の顧客層に向けてホールプロダクト（完全な製品）を素早く作り上げることが重要だとする。市場全体を相手にしてはいけない最大の理由は、実利主義者であるアーリーマジョリティがほしがるのは百パーセントの解決策だからである。その前の初期市場を構成するアーリーアダプター（初期採用者）が「将来的に有用になる」ことを予想して製品に夢を抱いてくれるのとは違いがあることを認識すべきだとする。このアプローチは、ボウリング場のレーンになぞらえて説明される。そして各顧客層は、ボウリングのピンに相当するとする。1つのピンを倒すことで、他のピンも倒していくとする。つまり、1つの顧客層での成功をバネにして、新たな顧客層、つまり次のボウリングピンを倒す。最終的には「ストライク」を出し、急速な成長を巻き起こすことができるとされる。そのため、キャズムを超えるためのアプローチは、以下の3つのステップとなる。

1. 小さいながらも確実な足がかりを、主流市場のどこか1カ所にできるだけ早く築く。
2. メーンストリーム市場が開花したら、市場全体を意識した戦略を推し進めて、標準品として広く普及させる。
3. 再び顧客中心のアプローチに戻り、マスカスタマイゼーション（個別仕様の製品を大量につくる）を通じて、製品に付加価値を加える。

また、Markides & Geroski(2004)[9]は、Fast Secondと呼ばれる二番手でなければ、「急進的なイノベーション」を引き起こすことができないとする。その理由は、一部のイノベーターに訴求することと、市場として大衆に受け入れられることとの間には「キャズム」と呼ばれる大きな断絶があり、それを越すには二番手の方が有利だからだとした。そのケースとして、携帯電話やオンライン書店といった、顧客の慣習と既存の企業の存在を揺るがすようなビジネスは、二番手が市場を拡大させてきたことをあげている。これについても、同質的行動と差別化行動とい

う戦略的行動により、二番手が有利にイノベーションを取り込んでいることを示しているといえる。

そして、イノベーション普及のシミュレーションとしてはつぎのような研究がある。鷺田(2008) [10]、鷺田ら(2008) [11]、松香ら(2013) [12]は、Rogers(1986) [3]のイノベーションの普及、Moor(1991) [2]のキャズム、Watts(1998)[13]のsmall-world network 構造と Barabasi(1999) [14]のscale-free network 構造を参考にして、イノベーション普及過程におけるイノベーションの創発のマルチ・エージェント・シミュレーションを開発している。small-world network 構造とは、スモール・ワールド的性格が自然のあるいは人工的なネットワーク（神経系や送電網）のどちらにも出現するネットワーク構造である。また、インターネットのリンクが「ベキ（冪）乗分布」に従うように、「ベキ乗分布」は特定な典型値を持たないネットワーク構造のことである。彼らは、イノベーションとは必ずしも供給者の技術の開発・発展によるものではなく、消費者の価値転換現象によって創発されるイノベーションの数多く実在することをマルチ・エージェント・シミュレーションで再現することをこころみている。彼らは、このような価値転換現象によるイノベーション生成についてネットワークを使ったマルチ・エージェント・モデルを探索的に開発している。その開発したマルチ・エージェント・モデルは、通話主体からメールや着メロ利用主体への転換をした携帯電話の場合や、ニッチ需要向け特殊車両からセダンを上回る主流車種へと転換したワゴン型乗用車の場合を再現しているとする。

また、北中(2007)[15]は、MASにより、メーカー、卸売、小売店、消費者、の4種類のエージェントを設定し、それぞれのエージェント間に3つの普及経路ネットワークを張った。それらは、流通チャネル・ネットワーク、宣伝広告ネットワーク、ロコミ・ネットワークである。流通チャネル・ネットワークはツリー構造、宣伝広告ルートについては放射型ネットワーク構造、ロコミ・ネットワークについてはスケールフリー・ネットワークとしている。流通チャネル・ネットワークと宣伝広告ネットワークは投下資源量に応じて消費者エージェントにイノベーションを普及する。ロコミ・ネットワークでは、リンク数によりハブと認定された消費者エージェントがイノベーションを普及するように設定している。そして、実験によりロコミ・ネットワークの活性度合の違い（ハブ消費者エージェントの数）によってイノベーションの普及に差が出ることを再現している。そして、森岡(2009)[16]は、バンドワゴン効果（同質的行動をとらせる効果）とスノッブ効果（差別化行

動をとらせる効果)のどちらかを取らせるコミュニケーションを、市場シェア情報のコミュニケーションと設定し、その結果としての市場シェアの変容をMASで再現している。それによると、バンドワゴン効果を取らせる市場シェアの閾値が高いほど、市場シェアが高くなるが、市場シェアは一定の値で均衡することを確認している。

先行研究から本研究への示唆として、ハイテクマーケティングにおけるイノベーションの普及をベースにしたマルチ・エージェント・シミュレーションを作成することで、そのマーケットが飽和状態になり成熟した段階にブラック・スワンを登場させることができると考える。そのブラック・スワンのマルチ・エージェント・シミュレーションで実験を行い、ブラック・スワンに対するハイテク産業の戦略的行動についての示唆を得ることができると考えられる。

3. 先行研究

本論文では MAS のシミュレーターとして、構造計画研究所の Artisoc3.0 を利用した。また、イノベーションの普及には、ある産業の企業群を対象とする場合と、商品が消費者市場を対象とする場合があるが、ここではある産業にイノベーションが普及する場合を想定した。その設定は以下となる。

- Universe に空間 Industry(設定はデフォルト)を追加した。
- 空間 Industry に、ホワイトスワンによるイノベーションを表す High Tech1 を追加した、同様に企業をあらわすエージェントとして、Innovator、Early adopter、Early majority、Late majority、Laggard を追加した。企業をあらわす各エージェントの数はコントロールパネルにより 0~200 に設定できるようにした。
- ブラック・スワンを表すエージェントとして High Tech2 を、突然変異の破壊的イノベーションとして、シミュレーションの途中で追加できるように設定した。
- Universe に各エージェントの普及率を表す実数型変数を追加した。Innovator には INDiffusion、Early adopter には EADiffusion、Early majority には EMDiffusion、Late majority には LMDiffusion、Laggard には LADiffusion を追加した。その上で、出力設定として、全体の普及率を表す実数型変数 Diffusion を追加した。
- 各企業エージェントに飛ぶ速さを指定する実数型変数 speed を追加した。
- 各企業エージェントに産業内他社の動きを観察する視界の広さを指定する実数型変数 SHIYA を追加した。

- 各企業エージェントにバンドワゴン効果による同質的行動をとる条件として観察する他者数を指定する実数型変数 NAKAMA を追加した。
- 各企業エージェントにスノップ効果により差別化行動をとる条件として視野内にある競合数を指定する実数型変数 KYOGO を追加した。
- 空間 Industry をマップ出力するように設定し、マップ上に各企業エージェントを要素として追加した。
- HighTech1 エージェントから各種別企業エージェントの普及については以下のように設定した。
- エージェント High Tech1 と同じ方向、0 度に向けて進む状況を普及とみなすアナロジーとした。
- エージェント High Tech1 は 0 度の方向に行動し、視野 15 以内の Innovator にイノベーションを伝達する機能として、0 度にする機能を追加した。視野はイノベーターは新しい技術を活発に採用するという想定から設定している。
- エージェント Innovator は視野 3 以内の Early adopter にイノベーションを伝達する機能として、0 度にする機能を追加した。
- エージェント Early adopter は視野 1 以内の Early majority にイノベーションを伝達する機能として、0 度にする機能を追加した。
- エージェント Early majority は視野 1 以内の Late majority にイノベーションを伝達する機能として、0 度にする機能を追加した。
- エージェント Late majority は視野 1 以内の Laggard にイノベーションを伝達する機能として、0 度にする機能を追加した。

イノベーションの普及を図示すると、以下の図 3 となる。

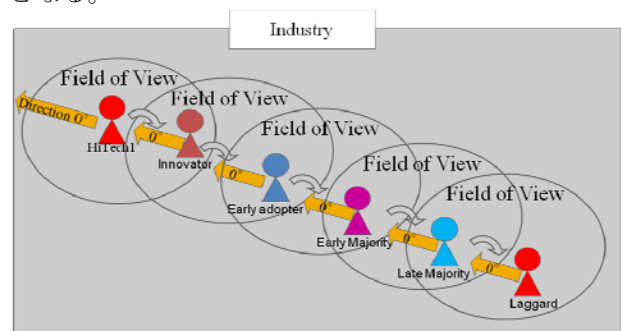


図 2 イノベーションの普及イメージ

同質的行動と差別化行動のどちらをとるかは以下のように設定した。

- バンドワゴン効果による同質的行動をとるアナロジーとして、各エージェント毎に設定した視野内の同種類の企業エージェントが NAKAMA

数以上の場合に、同種類の企業エージェントと同じ方向に同じ速さで進むようにした。

- 同じ方向を向いて進む同種類のエージェントが多い場合にはスノップ効果により差別化行動をとるアナロジーとして、各エージェント毎に設定した視野内の同種類のエージェントが KYOGO 数を超える場合には両側 15 度の範囲で異なる方向に進むようにした。

上記の設定のイメージ図は以下の図 3 となる。

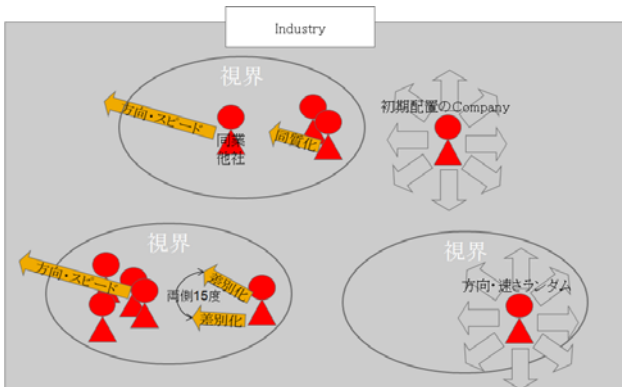


図 3 同質化行動と差別化行動

そして、各種類の企業エージェントのフローは以下になる。

1. 最初は、ランダムな位置・方角・速さにする。
2. 周り(視野の広さ)にいる同種類のエージェントが一定数(数は変数 NAKAMA) 以上の場合、バンドワゴン効果により相手と同じ方向、スピードをとり同質化する。
3. 同質化相手(数は変数 NAKAMA) のうちの 1 社の方向と速さに自社の方向と速さを合わせる
4. 周り(視野の広さ変数 SHIYA)にいる同種類のエージェントが一定する(数は変数 KYOGO) 以上の場合、スノップ効果から、差別化する相手の他社だと見なす。
5. 差別化相手(数は変数 KYOGO) のうちの 1 社の方向に両側 15 度の方向に向きを変え、速さは自社のままとする。
6. 同質化相手や差別化相手がいなければ、方向や速さを適当に変える

また、シミュレーション全体のフロー図は以下の図 4 のようになる。

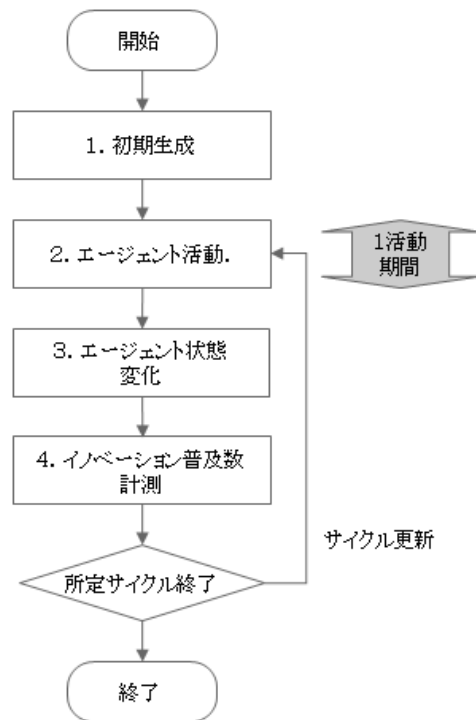


図 4 シミュレーション全体フロー

そして、エージェントの 1 活動期間における活動のフローは以下の図 5 のようになる。

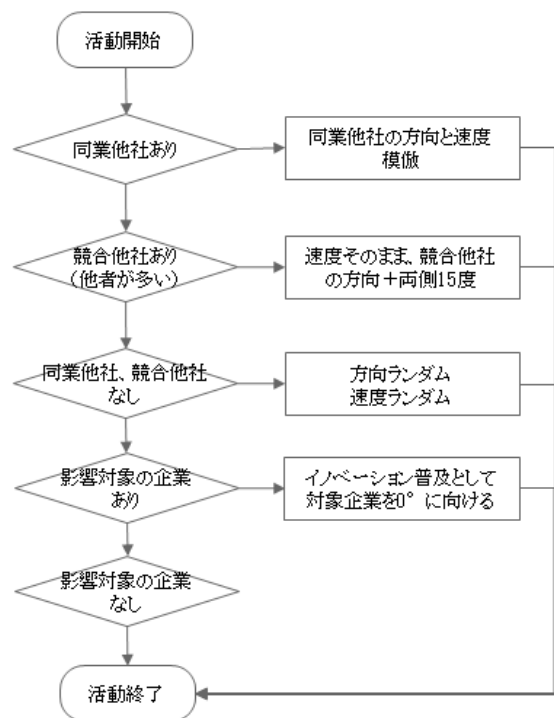


図 5 Company エージェントのフロー

4. 実験

企業数を 200 社として、各エージェントの数は Moor(1991)[3], の言う割合に発生させた。また各エージェントのが同質的行動をとるか差別化行動をとるかを判断するための視野, 競合他社 (変数名 KYOGO)、同業他社 (変数名 NAKAMA) の各変数を次の表 2 のように設定した。

表 2 実験の条件

	Innovator	Early Adopter	Early Majority	Late Majority	Laggard	Sum Total
SHIYA	2	2	2	2	2	
NAKAMA	1	1	2	3	3	
KYOGO	10	10	10	10	10	
Existing ratio	0.025	0.135	0.340	0.340	0.160	1.000
Number of existence	5	27	68	68	32	200

その上で、各変数の条件毎に 1 万ステップを 10 回行った。例えば図 6 のグラフの中で一番上の線がイノベーションの普及の合計となる。10 回の試行の中で、図 7 のように初期の段階の Early adopter への普及から Early majority への普及に切り替わるところで、キャズムが観察から見て取れるものは楕円の枠で囲んだところであり、7 回であった。キャズムが観察されない 3 回でも、2 回は後半に溝が確認された。これらについては四角の枠で囲んでいる。そして、溝が確認されなかったのは 1 回である。

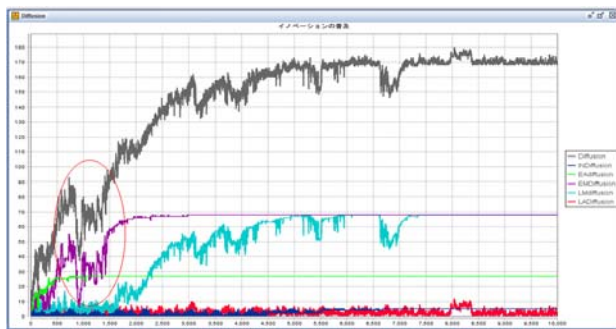


図 6 キャズムの出現例

次に、1 万ステップ目にブラックスワン (Hitech2) を投入することにした。ハイテクの採用者の戦略的行動の一つある差別化行動の有る無しを変数にして

合計 2 万ステップを 10 回行う。差別化行動の有る場合は、表 2 の条件であり、差別化行動の無い場合は以下の表 3 の条件である。

表 3 実験の条件 (差別化行動なし)

	Innovator	Early Adopter	Early Majority	Late Majority	Laggard	Sum Total
SHIYA	2	2	2	2	2	
NAKAMA	1	1	2	3	3	
KYOGO	10	10	10	10	10	
Existing ratio	0.025	0.135	0.340	0.340	0.160	1.000
Number of existence	5	27	68	68	32	200

以下の図 7 はイノベーションの採用者エージェントに差別化行動がある場合のシミュレーション結果になる。

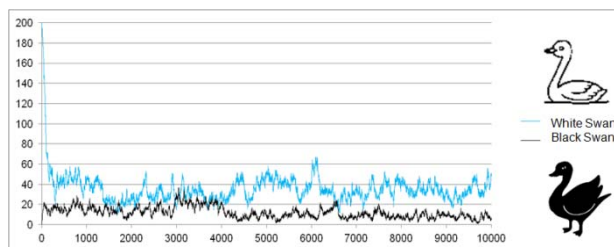


図 7 シミュレーション結果 (差別化行動あり)

そして、以下の図 8 はイノベーションの採用者エージェントに差別化行動がない場合のシミュレーション結果になる。

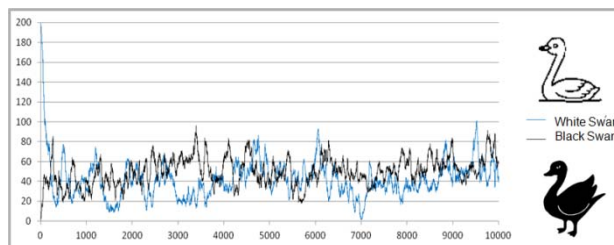


図 8 シミュレーション結果 (差別化行動なし)

ブラックスワン (Hitech2) を投入した場合、ホワイトスワン (Hitech1) の普及率は大きく低下する。ハイテクの採用者らに差別化行動が有る場合と無い

場合では普及率の低下の仕方に違いがある。差別化行動が有る場合には、先行するハイテクとしての優位性が残る。逆に差別化行動がない場合には、優位性は残らなく、普及率が安定しない。

5. まとめ

本論文ではハイテクマーケティングにおけるイノベーションの普及をベースにしたマルチ・エージェント・シミュレーションを開発し、そのマーケットが飽和状態になり成熟した段階にブラック・スワンを登場させ実験をおこなった。そのブラック・スワンのマルチ・エージェント・シミュレーションで実験を行い、ブラック・スワンに対するハイテク産業の戦略的行動についての示唆を得ることができた。ハイテクマーケティングのシミュレーションにおいてブラック・スワンを投入した場合、採用者に差別化行動が有る場合には、先行するハイテクの優位性が残り、普及率が安定する可能性が示唆された。これは Taleb(2010)[1]が言う 15%~20%だけはレバレッジを効かせたリスク高い投資を行うべきという示唆と通じるものがあると言えるかもしれない。今後の課題は、日本の携帯電話メーカーのように 11 社が 4 社に激減するようなシミュレーションを開発することである。そのためには、携帯電話メーカーが市場から撤退する条件を再現する必要があると考える。

謝辞

本研究は和歌山大学経済学部地域研究助成によりおこなった。

参考文献

- [1] Nassim Nicholas Taleb, :The Black Swan: Second Edition, New York: Random House, (2010)
- [2] ITpro 情報研レポート：欧米でも新興国でも苦境、ソニーのスマホ事業に残された選択肢,2014年9月24日。
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/atcl/column/14/278383/092100009/?ST=smartphone&P=1>(accessed on October 22th, 2014)
- [3] G. Moore: Crossing the Chasm: Marketing and Selling Disruptive Products to Mainstream Customers,” Collins Business Essentials, Harper Business, (1991)
- [4] E. M. Rogers: Diffusion of Innovations, Glencoe: Free Press., (1962)
- [5] H. Leibenstein: Bandwagon, Snob, and Veblen Effects in the Theory of Consumers' Demand, The Quarterly Journal of Economics vol. 64, no. 2, pp. 183-207, (1950)
- [6] M. E. Porter: What is Strategy, Harvard Business Review, November-December, pp. 61-78, (1996)
- [7] M. E. Porter, H. Takeuchi, and M. Sakakibara: Can Japan Compete?, Basingstoke Macmillan, (2000)
- [8] 浅羽茂: 日本企業の競争原理～同質的行動の実証分析～, 東洋経済新報社, (2002)
- [9] Markides, Constantinos C. and Geroski Paul A. : Fast Second: How Smart Companies Bypass Radical Innovation to Enter and Dominate New Markets, Jossey-Bass, (2007)
- [10] 鷲田祐一: 普及過程における情報伝播ネットワークの不均衡性と価値転換現象の構造分析: 需要側が牽引するイノベーションの可能性, The University of Tokyo doctoral dissertation, (2008)
- [11] 鷲田祐一, 上田博一: イノベーション・アイデアを発生させる需要側ネットワーク伝播構造の研究情報処理学会論文誌 論文誌ジャーナル, vol. 49, pp. 1515-1526, (2008)
- [12] 松香敏彦, 本田秀仁, 鷲田祐一, 上田博一: 社会構造とイノベーションの創発の関する探索的マルチエージェントモデリング, 人工知能学会第 27 回全国大会, 4F1-4, (2013)
- [13] D. J. Watts and S. H. Strogatz: Collective Dynamics of Small-World Network, Nature, vol. 393, pp. 440-442, (1998)
- [14] A. L.Barabasi and R. Albert: Emergence of Scaling in Random,” Network Science, Vol. 286, p509-512, (1999)
- [15] 北中英明: イノベーションの普及と社会ネットワーク構造に関するエージェント・ベース・アプローチによる考察, 拓殖大学経営管理研究, 81, pp.27-63,(2007)
- [16] 森岡耕作: ブランド価値生成・変容と市場シェアのダイナミクス: 社会システム理論に基づく説明とマルチエージェント・シミュレーションによる理解, 三田商学, vol. 52, no. 1, pp. 87-110, (2009)