



High
-technology
Industry

ハイテク産業の 企業戦略 シミュレーション

● エージェントベースシミュレーション & ゲーミングによる分析

京都情報大学院大学 助教授
李 皓

1 はじめに

1.1 研究背景

現代の産業，特に競争の激しいハイテク産業では，R&D活動の成否が，企業の成否を決定しかねない。他の企業より優れた新技術の開発は企業の成功を意味し，技術開発の遅れは企業に深刻なダメージを与える。例えば，コンピュータソフト開発や製薬の業者にとって，優れた商品の開発は膨大な費用を必要とするが，研究開発の成功は企業に莫大な利益をもたらす。

しかしその一方，採算が合わず基礎的な研究開発を中止する企業も多くある。例えばアップルコンピュータ社は基礎研究所であるAdvanced Technology Groupを97年10月で閉鎖した。研究開発費を掛けて未来の技術を開発するのは重要だが，その分だけ現在の利益の減少に繋がる。赤字経営が長く続いている同社は膨大な研究開発費を負担することができなかった。

これらの事例から分かるように，企業の投資において，R&D投資への配分は企業の経営戦略にとっては重要な問題である。

1.2 研究の手法

コンピュータの計算能力が高まるにつれて，コンピュータシミュレーションの実用化が最近目立つようになってきた。社会科学においても，アクセルロッドはゲーム理論での囚人のジレンマのシミュレーションの公開実験を行った[アクセルロッド 1987]。また，ネルソン=ウィンターの技術革新に関するシミュレーション[Nelson et al. 1982]，ブライン・アーサーの株式市場のシミュレーションに関する研究[Arthur et al. 1997]など，さまざまな新しいタイプの研究が発表されている。

我々はエージェントベースシミュレーションを用いてゲーミングシミュレーションをハイブリッドする手法を開発した。この手法は日本国内のU-martプロジェクトにも使われる新しい手法である^(注1)。エージェントベースシミュレーションに，人間がプレイヤーとして参加する混合系を使うことによって，さまざまな制度設計のシナリオについて討議するためのコミュニケーション空間に新たな可能性を拓くことができる。

2 モデルの仮定

我々のハイブリッドゲーミングのモデルは，企業の市場競争を，企業のR&D投資と設備投資の間の配分問題に関する意思決定の観点からモデル化したものである。従来の企業戦略のゲーミングでは，マーケティングなどの市場戦略に関するものが主流であったが，ここでは投資戦略に関するゲーミングをモデル化している。

企業は研究開発活動によって製品の品質を高め，生産活動によ

って製品の量を増やすと仮定する。企業が意思決定するのはR&D活動と生産活動間の資源配分についてである。産業は寡占的であり、一企業の供給量が増えれば全体の市場価格は下がる。生産関数は収穫不変である。このモデルでは、エージェントとして企業プレイヤーだけが存在し、消費者は右肩下りの需要関数によってモデルの中で表現される。企業プレイヤーは、生産のための機械設備を設備投資する形で購入する。機械設備は時間とともに減価償却される。これに対してR&D投資は研究開発設備としては累積せず、R&Dの結果として知識資本が技術レベルという形で累積されると仮定する。また、我々が扱うのはプロダクトイノベーションである。ここでは生産技術の革新による労働生産性の上昇は扱わない。イノベーションの効果を商品の効用の増大として扱う。モデル上、消費者は経済学的な仮定に従ったシナリオとして扱われ、ゲーミングのプレイヤーとしては登場しない。

3 人工知能エージェントについて

我々は本研究で扱うモデルに対し、すでに人工知能エージェントのみによるマルチエージェントシミュレーションをいくつか行ってきた[李 他 2000, Lee et al. 2001, 李 他 2003]。本研究のモデルでは、企業として意思決定を行う人工知能エージェントは産業の中で技術や市場シェアや利益で競争する。自律的なエージェントは自分で意思決定を行い、強化学習システムを使って投資戦略の学習を行う。

人工知能企業エージェントは、利益指向、シェア指向、および技術レベル指向の三つのタイプに分類される。人工知能エージェントの実装は、我々の以前の研究と同じ方法を用いた[Lee et al.2001]。具体的には、学習型人工知能エージェントは強化学習で実装され、学習メカニズムにProfit Sharingを採用した。

4 ハイブリッドゲーミングの実施例

2002年度に静岡県立大学で経営情報学科及び国際関係学科の学部学生を対象にこのハイテク産業のハイブリッドゲーミングシミュレーションを実施した事例を報告する。

4.1 1回目の結果

図1が、1回目の最終結果である。縦軸の単位は、技術レベルは0.1、シェアでは0.1%である。

ここではシェア指向の企業が首位に立ち、少し差が開いて人間エージェント2人と利益指向の企業1つが寡占状態に近い産業構造

になった。シェア指向の企業は典型的なシェア指向企業の勝ちパターンを示した[李 他 2000, Lee et al. 2001, 李 他 2003]。シェア指向企業の勝ちパターンとは、最初から大量生産によって利益を上げ、得た資金を使って途中から技術レベル向上の研究開発を行うことによって商品の品質を保ちながら資金とシェア、そして技術レベルを伸ばしている。

失敗した人間プレイヤーhuman1のコメントを見ると、「R&Dに最初多めに投資していた。その後、周りとの資金差が出始め、技術力は確保していたので生産に投資したが、伸びず、そのまま沈んでしまった」。このコメントを見ると分かるように、このプレイヤーは最初に技術レベル指向企業の行動を取っていたが、資金力が弱められると目標をスイッチし利益を求めようとして失敗した、という例となっている。

失敗した企業の5つの中に、技術レベル指向企業は半数以上となっていた(人工知能エージェントに2つ、人間プレイヤーに1つ)。この産業構造では技術レベル指向の企業は比較的不利であることがわかる。

しかし、成功した技術指向の企業も存在している。teclv1の企業は資金の稼ぎは少なかったが、技術は業界2位をキープした。その企業は自分の企業目的を達成しているといえるだろう。

4.2 2回目の結果

1回目のハイブリッドゲーミングを終えて、人工知能エージェントは人間の行動パターンに対して僅かながら学習を行い、人間プレイヤーもゲーミングの産業に馴染みが出てきて、2回目のハイブリッドゲーミングは1回目より競争的な結果になった。

2回目のシミュレーションの最終結果を図2のように整理した。今回は人間プレイヤーのhuman3が産業のリーダーになり、中堅企業は人

図 1. 1回目のハイブリッドゲーミングの結果

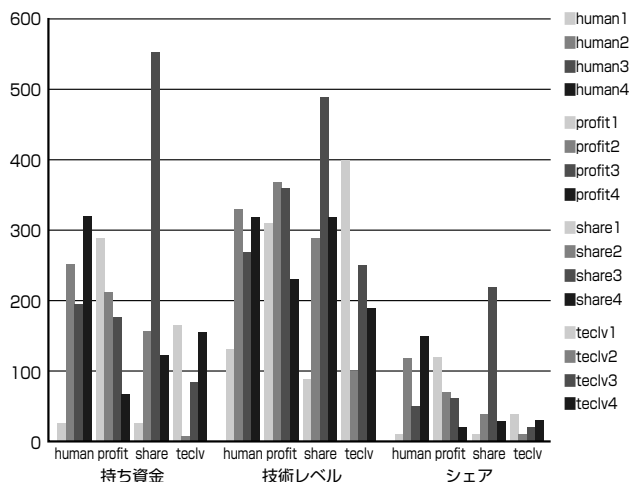
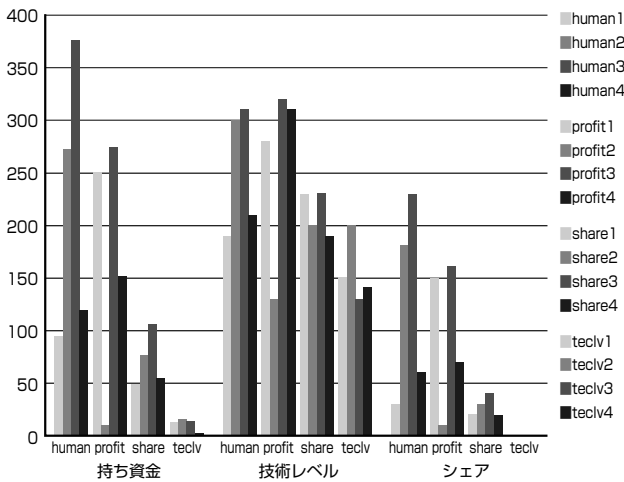


図 2. 2回目のハイブリッドゲーミングの結果



間プレイヤーhuman2, 利益指向型企業のprofit1とprofit3となった。

人間プレイヤーの中で、前回もつとも良い成績を出したhuman4はそれほど良い成績を出すことができなかった。コメントでは「前回の成功があって同じようにやろうと思ったが、うまくいかなかった」。このコメントから分かるように、成功経験を持つ企業が必ずしも同じやり方で成功するとは限らない。「昔それで成功したから、今でもこうすれば上手い」というような認識は失敗を招くことがある。成功したhuman2のコメントは「自社よりも上位の他社の優れているところを抜くように操作した」。human2のプレイヤーは意識的に他社の情報に注目しながら調整することで成功した。human3は「最初にシェアを獲得して、後に技術力を補完する、最後はR&D投資を40%ほどキ

ープする」とコメントした。human3はまずシェア指向型のように振る舞い、それから技術指向にスイッチし、最終的には両方のバランスを保つ利益指向型の行動をした。

5 おわりに

本研究では、人間プレイヤーと人工知能エージェントが混在するハイブリッドゲーミングシミュレーションを行った。

ハイブリッドゲーミングでは、実際にゲームに参加している人間プレイヤーにアンケートを取る形で「行動の理由」を検証することができる。それによって人工知能エージェントの行動パターン分類や有効性の検証が可能になる。そしてハイブリッドゲーミングにより、人工知能エージェント設計の妥当性を検証することができる。

より人間プレイヤーに近い人工知能エージェントを開発したことで、大規模のゲーミングを行う際に、一部のプレイヤーを人工知能エージェントで代替することができる可能性が拓かれた。それにより、人間プレイヤーを集めにくい時にこの問題を解消することができる。このようにハイブリッドなゲーミングのデザインはエージェントベースモデリングとゲーミング双方の発展のために極めて重要な手法となる。

人工知能エージェントのみのコンピュータシミュレーション、人間プレイヤーのみのゲーミング、両方が混ざったハイブリッドゲーミングシミュレーションの発展が今後のゲーミングとエージェントベースモデリングの双方の発展にとって重要なリサーチプログラムとなるだろう。

(注)

1. U-Martプロジェクトは株の仮想先物市場を作成するプロジェクトである。このプロジェクトは多数の社会科学研究者と工学研究者が同じプラットフォームの上で各々の研究を進めている。
<http://www.u-mart.econ.kyoto-u.ac.jp/>

李 皓 Hao Lee

(台湾) 国立中興大学経済学部卒
京都大学大学院博士課程修了(現代経済学専攻), 経済学博士
東京工業大学21世紀COE研究員
京都情報大学院大学助教授

参考文献

- ロバート・アクセルロッド(1987) 松田裕之訳, 『つきあい方の科学: バクテリアから国際関係まで』, CBS出版, 26-55.
- Nelson, R.R. and Winter, S.G. (1982) "An evolutionary theory of economic change", Cambridge, MA: Harvard University Press, 275-307.
- Arthur, W. et al. (1997) "Asset Pricing Under Endogenous Expectations in an Artificial Stock Market", in The Economy as an Evolving Complex Systems II, ed. by Arthur W., Addison-Wesley Publishing, 15-44.
- 李皓, 出口弘(2000)「ハイテク産業の技術進化」, 『進化経済学論集第4集』, 239-242.
- Hao Lee and Hiroshi Deguchi (2001) "Technological Innovation of High-Tech Industry and Patent Policy — Agent Based Simulation with Double Loop Learning —", in Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI), Vol.2132, ed. by Yuan, S. T., Yokoo, M., Tokyo, Springer-Verlag, 168-182.
- 李皓, 出口弘(2003)「ハイテク産業の技術競争と産業政策—エージェントベースシミュレーションによる分析」, 『経営情報学会誌 Vol.12 No.3』, 95-108.