

# 株主の取引行動が企業運営に与える影響の分析

## 株式市場と財市場が併存する

### エージェントベースシミュレーション

李 皓 ibuki@v007.vaio.ne.jp

京都情報大学院大学 応用情報技術研究科

The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics

## 1 はじめに

人工市場に関する研究は社会シミュレーションの一つのカテゴリとして、脚光を浴びている。例えば経済学のロボカップを目指し、経済学者と工学者の共通のテストベッドとして設立されたU-Martプロジェクト<sup>1</sup>では、市場の動きと市場における経済行動を解明するために、模擬市場を設計し、株価指数を取り引きする仮想先物市場シミュレーターを開発した。その他、アメリカのサンタフェ研究所では、金利と配当を元に株価の理論値を計算する人工株式市場モデルを構築するアプローチで研究を進めた[Arthur et.al 1997]や台湾国立政治大学のAI-ECONリサーチセンターでは、遺伝的プログラミングによる株価の解析及び取引戦略の検証を行ってきた[Chen et.al 1996]。これらの研究は主に株式市場の「中」の取引を注目しているが、株式市場の「外」の部分、例えば取引される株を発行している企業の価値についてはほとんど触れていない。

本研究では、企業エージェントと投資家エージェントによるマルチエージェントシステムを設計し、株式市場だけではなく、財市場との人工市場も構築する。我々は人工知能エージェントが会社経営を行うバーチャル企業の諸活動（調達、生産、販売、物流など）の再現により、財務会計や管理会計をベースに各種財務諸表を生成することを前提に、ファンダメンタルズ分析も含む投資戦略を行う人工知能エージェントがバーチャル企業の株式投資を行うモデルを設計する。

本研究のモデルでは、三種類のエージェントと二種類の市場が構築される。三種類のエージェントのうち、一つは学習型エージェントである。このエージェントは、企業の利益獲得のために、商品を販売する企業経営エージェントである。残りの二種類の非学習型エージェントは、利得を得ることを前提に、さまざまな投資尺度を用いて投資判断を行う投資家エージェントと、企業が生産する財を適正な価格を調整しながら購入する消費者エージェントである。

本研究では、投資家の投資行動を分析し、それらの戦略によって、企業にどのような影響をもたらすかを明らかにしたい。

## 2 モデル

本研究では、学習型の企業エージェントは企業経営に係る意思決定を行う。原料、機械設備、製品とも一種類のみで成り立ちえることから、企業エージェントはお茶を製造する製造業メーカーを想定した。お茶を製造するメーカーは、原資を金融・資本市場から調達する。原料のお茶の葉を市場から購入し、生産・販売・管理の人材を雇用し、更にお茶を生産するための機械設備で

ある製茶器も購入する。企業エージェントはこれらの経営資源を利用し、お茶を生産・販売することによって利益を得られる。企業エージェントは重視する経営指標により、利益（当期純利益）志向、シェア（売上）志向、株価志向の三種類を想定する。

商品市場であるお茶市場の消費者はシンプルな自律的なエージェントで表現する。この他の原料市場・労働市場・金融市場は完全競争市場と仮定し、企業エージェントの購入・雇用・融資活動による価格・労賃・利子率の変化が生じない。

本研究では志向が異なる複数の投資家が存在する株式市場を構築した。投資家の投資尺度に関して、ファンダメンタルズ分析やテクニカル分析などがある。企業エージェントの諸活動と会計システムへの影響は、先行研究[李 2008]及び[Lee 2013]を援用した上で、一部改良した。

### 3 シミュレーションモデル

本研究はシミュレーションエンジンとして SOARS (Spot Oriented Agent Role Simulator)<sup>2</sup>を採用した。SORAS はスクリプト型の社会シミュレーション専用のシミュレーターである。代数系の交換代数をサポートしているため、本研究のような財務諸表の計算に基づくモデル構築との親和性も高い。本研究では、著者が今まで製作した強化学習のための JAVA クラスを導入し、企業エージェントの意思決定エンジンとして活用した。強化学習の詳細については[2003 李 出口]で詳しく述べられている。

#### 3.1 ゲーミングシミュレーションによるモデル検証

モデルとパラメータの妥当性を検証するために、本研究のモデルに基づき、Excel で人間参加型のゲーミングツールを開発した。ゲーミングシミュレーションによるモデル検証の有効性については[李 出口 2005]と[Lee et.al 2006]に詳しく述べられている。

#### 3.2 投資エージェントの投資尺度

各投資エージェントは表 1 のような投資尺度で各企業の順位付けを行う。

表 1 投資尺度

タイプ	尺度	Trend	u-mart の TrendStrategy と同じアルゴリズム
PBR	「株価/総資産」の低い順	Random	SOARS のランダム移動アルゴリズムを利用
PER	「株価/当期総利益」の低い順		
RSI	u-mart の RSIStrategy と同じアルゴリズム、14 ステップで計算する		

### 4 シミュレーション設計と結果

シミュレーションの 1 ラウンドの期数を 10 期とし、1 期を 1 年と想定した。各期の中に、投資家 12 回投資機会があり、消費者は 6 回購入機会がある。本モデルでは、企業エージェントは強化学習エージェントであり、利益志向、シェア志向、株価志向の 3 タイプがある。投資エージェントは表 1 の投資尺度に基づく 5 種類がある。そして価格調整型の消費者エージェント 1 種類の計 9 種類のエージェントが存在している。消費者は想定した予算で購買行動を決める。予算は前期の購買の難易度によって増減する。消費者エージェントは購買する際、50%の確率で財 1 つ、

25%の確率で2つ、25%の確率で3つの財を購入する。

シミュレーションデータは、株価の推移例以外の何れも10回実施した結果である。

#### 4.1 基本セット

シミュレーションの基本セットは、企業エージェントは各タイプ1社計3社、そして投資家エージェントは各タイプ30人ずつ計150人、消費者は100人ずつである。企業エージェント及び投資家エージェントの数は変わらないが、消費者エージェントは期毎に10%ずつ（端数切り上げ）増加し、最終的に240人になる。

シミュレーション結果は口頭にて発表する。

#### 4.2 投資家の比率が非均等の場合

次に、特定の投資家が市場を支配的な立場になるケースを想定する。基本セットでは30ずつだったが、ここでは特定の一種類の投資家は90人、その他の投資家は15ずつの設定でシミュレーションを行った。結果は表2でまとめた。

表 2 当期純利益

企業 投資家		利益	シェア	株価	全体
		志向	志向	志向	
均等	AVG	591.2	468.8	304.3	454.8
	STDEV	366.2	312.2	224.9	305.9
PBR	AVG	485.9	427.6	555.4	489.6
	STDEV	274.5	241.2	178.2	222.1
PER	AVG	395.5	544.1	576.1	505.2

  

		STDEV	239.3	602.2	364.3	402.3
RSI	AVG	546.5	597.7	0	381.4	
	STDEV	253.3	259.2	0	335.3	
トレ ンド	AVG	717.1	626.7	597.4	647.1	
	STDEV	383.9	427.6	396.8	373.9	
ラン ダム	AVG	747.4	635.2	327.8	570.1	
	STDEV	303.4	325.2	616.7	441.6	

表 18 では、全体的にトレンド環境では何れのタイプの企業も利益を上げる事ができた。その他では、ランダム環境の他、概ねファンダメンタルズ分析環境のパフォーマンスが良い。

個別的に、利益志向の企業は PER 多数以外の環境では、相対的に良い利益を挙げた。PER の計算は当期純利益に直結しているため、利益志向の企業が有利と思われるが、逆の結果になった。利益志向の企業と PER 環境で良い利益を挙げられなかった理由として、株価志向の企業は株価に直結する PER という明快な目標が定められているため、株価及び当期純利益両方のバランスを保つことが出来、利益志向の企業が相対的に不利に成ったなどの理由が考えられる。

シェア志向の企業は全体的にそつなく利益を挙げられた。そして株価志向の企業は PBR や PER などのファンダメンタルズ分析の投資家が多い環境では利益を獲得できるが、業績を注視しないテクニカル分析の投資家が存在する環境では概ねパフォーマンスが悪い、特に RSI 環境では、全く利益を生み出すことが出来なかった。

その他のシミュレーション結果については、口頭で発表する。

## 5 おわりに

本研究では、投資者の投資尺度が企業活動に対する影響を着眼し、最小限の財務諸表を構成できる企業モデルを構築し、エージェントベースシミュレーションによって検証した。アクセルロッドの KISS の法

則[Axelrod 1997]よりもやや複雑なモデルになったが、ファンダメンタルズ分析を行う前提に、これ以上モデルの抽象化を図ることは分析の幅を狭まる。

シミュレーションの結果により、本研究で行われた合理的な仮定では、投資家の投資尺度は間接的に企業の経営に大きな影響をもたらすことが分かった。全体的に、企業経営に最も良い影響を与えたのはトレンド環境とランダム環境である。キーワードは株価の安定さ、あるいは株価の予見可能性が考えられる。株価が乱高下するような環境では、企業も落ち着いた経営が出来ないであろう。

これからの方向として、さらに投資者エージェント及び企業エージェントのバリエーションの増やし、それらの比率によって、企業の株価及び実績にどのように影響するかを更に精査したい。

本研究の全体的な問題点として、得られた結果の標準偏差は何れも大きい。これからは施行回数を増やし、より説得力の高いデータの獲得を目指したい。

本研究は科学研究費助成事業の若手研究(課題番号: 23730390)の助成を受けたものである。

## 参考文献

1. [Arthur et.al 1997] W. Arthur and J. Holland et.al. Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stockmarket et. In W.B. Arthur et.al. editor, *The Economy as an Evolving Complex Systems II*, pp. 15–44. Addison-Wesley Publishing, 1997.
2. [Axelrod 1997] Axelrod, Robert, *The Complexity of Cooperation*, Princeton, N.J.: Princeton University Press.
3. [Chen et.al 1996] S.-H. Chen and C.-H. Yeh. Genetic programming and the efficient market hypothesis. In J.R. Koza, D.E. Goldberg, and D.B. Fogel, editors, *Genetic Programming: Proceedings of the 1st Annual Conference*, pp.45–53. the MIT Press, 1996.
4. [李 出口 2003] 李皓、出口弘。“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,pp.95-108,2003
5. [李 出口 2005]李皓,出口弘,"ハイテク産業の企業戦略のエージェントベースシミュレーション&ゲーミング・ヒューマンエージェントと人口知能エージェントが混在するハイブリッドシミュレーションモデル-",*シミュレーション&ゲーミング学会誌*,Vol.15,No.1,2005
6. [Lee et.al 2006] H.Lee, H.Deguchi, "The Gaming of Firm Strategy in High-Tech Industry: Human agents and Artificial Intelligence Agents Intermingled in a Simulation Model", *Agent-Based Modeling Meets Gaming Simulation*,Springer-Verlag,pp.31-38,2006
7. [李 2008] 投資家の投資尺度と株式会社の継続的成長の関連性-仮想市場によるシミュレーション分析-,*進化経済論集第12集*
8. [Lee 2013] “Does Stock Market Contribute to the Growth of Company? -An Agent-Based Simulation of Industrial Model in which Stock Markets and Goods Markets Exist-“, *The 8th International Workshop on Agent-based Approach in Economic and Social Complex Systems(AESCS2013)*, 2013

<sup>1</sup> <http://www.u-mart.org/html/index-j.html>

<sup>2</sup> <http://www.soars.jp/index.php>