

## シリアスゲームによる経済・経営体感学習の試み (2) ～アクティブラーニングにおける講義内行動の定量的評価～

Study on Experience Based Learning of Economy and Management with  
Serious Game (2)

出 原 至 道\*  
Norimichi IDEHARA

**Abstract :** The purpose of this study is to evaluate the in-class activities of the students who play the business simulation game of economy, management and marketing. The system has been developed from scratch by the professors at Tama University and used as a tool for over 20 years. It is discovered that some students initiate economically irrational activities and it affects the evaluation of other students in the game. In this paper, we discuss a new class system and new index values.

**Keywords :** Serious Game, Experience Based Learning, Active Learning, Pagerank

### 1. 目的と位置づけ

本論文の目的は、1998年から多摩大学で作成・運用されているシリアスゲームシステムである「多摩大式経済・経営シミュレータ (TamaBG)」の最新の実装の報告と、学生のゲーム内行動の定量的な評価を行う指標の検討を行うことである。

多摩大学経営情報学部に入学者のほとんどは、経営や情報に興味を抱いてはいるが、商業系の高校の出身でない限り経営や会計の基本的な考え方には触れてきていない。一方で、多摩大学では「実索性」を重んじた教育方針を掲げており、実社会で活躍できる人材を送り出そうとしている。特に2年生から始まるホームゼミでは、それぞれの教員の専門分野にもとづいて、学生は知識の習得と実践的な活動を通じて成長するよう設計されている。この実践的活動を支えるために、企業の経営や会計の知識を基礎教育の段階で十分に理解させることは重要な意味があると考えられ、本システムはその中核として1996年から21年間に渡り継続的に開発・運用・改良されてきた。

本システムのように、ゲーム要素を含みつつ、その体験過程において何らかの学習効果をもたらすことを目的とするシステムは、「シリアスゲーム」と呼ばれる。これを藤本は、「教育をはじめとする社会の諸領域の問題解決のために利用されるデジタルゲーム」と定義した<sup>[1]</sup>。こ

---

\* 多摩大学経営情報学部 School of Management and Information Sciences, Tama University

れを本システムにあてはめれば、このシステムにおける「問題解決」とは、「一般の学生に馴染みが薄い経営・会計の考え方を実感として身につけさせること」であるといえることができる。

本システムによって、受講生は、損益分岐計算・目標利益を設定した価格設定の重要性・消費行動が大きな経済活動の枠組みの中にあること・財務諸表の基本的な読み方などを、シミュレータ上の経済システムで自分たちが主体的に考え、行動することによって自然に身につけることができる。中央教育審議会による、学士課程教育の能動的学修への質的転換の必要性の提言<sup>[2]</sup>が2012年であることを考慮すれば、1996年から運用されている本システムは、先進的な教育システムであると評価できる。能動的学修は、経営や会計の基礎的な知識の獲得の段階では効率的ではない。しかし、獲得した知識が、実践的な知となるためには、それらが実際の経済活動で持つ意味や意義を実感する必要がある、この点においてシミュレーションシステムを利用した能動的学修は有効であると考えられる。

本システムでは、受講者は2つの役割を同時に持つ。特性を指定して製品を生産し、市場動向をにらみながら価格を決定する「生産者」の役割と、市場の製品を比較して購入する「消費者」の役割である。ゲームプレーヤーである受講生の目的は、製品を購入することなどによって入手する「ポイント」を高めることにある。消費行動によって得られるポイントは消費者の「効用」を表現している。生産者としての受講生の評価は直接には行われず、利益をあげることで配当や賞与の形で消費者としての自分自身に現金を還流させ、より多くの消費を可能にすることで間接的にポイントに反映される。ポイントのランキングは常に更新され、画面上で確認できることから、受講生のインセンティブにつながっている。

他の経営シミュレーションシステムでは、合理的な消費市場の存在を前提とすることが多い。しかし、本システムでは、生産者と消費者を分離せず、一体の経済主体として行動させるために、消費市場もゲームプレーヤーによって構成されているという特徴がある。このため、非合理的な消費行動が発生することがある。この場合、受講者の獲得する「ポイント」に大きな影響がある。たとえば、妥当な価格よりもはるかに高額な商品を、よく考えずに購入してしまう受講者が毎年現れる。この場合、その受講者は、その後の消費行動に使える現金を失い最終的なポイントが低くなることで非合理的行動の懲罰をうけるが、販売した経営者（＝別の受講者）は、本来「売上が得られず在庫を抱えるはずの高額な値付けをする」という非合理的決定をしたにもかかわらず、多額の売上を手にして、最終的に多くのポイントを得ることができる。このように、「ポイント」の多寡が、必ずしも受講者の評価に繋がらないという課題があった。このため、(1) 受講生に対して経済合理的な行動を促進する手法、(2) 「ポイント」に依らないゲーム内行動の評価方法の2つを模索してきた。

本論文では、まず、既報のシミュレーションシステムの実装・運用の改良点と、その狙いについて説明する。次に、ゲーム内行動の合理性の改善・評価手法として、(1) 経済合理性の理解の促進を目的とした「お試し期間」設置の定量的評価、(2) 販売～購入行動を有向グラフと捉えたネットワーク分析によるゲーム内行動の学習効果の定量的評価を行う。

## 2. 講義の概要とお試し期間の導入

現在の講義の概要・ゲームシステムについては、基本的に、杉田らによる既報のとおりである<sup>[3]</sup>。講義は2コマ（180分）連続で行われ、経営・会計の基礎知識や数値指標の意味を学

ぶ「講義パート」と、実際のゲームプレイを行う「ゲームパート」に分かれる。当初のシステムでは、企業経営を4～7名のチームで行っていたが、チーム作業において手を動かさない「フリーライダー」を排除する目的で、現在は受講生1名で1企業を運営している。

システムは、オンラインウェブデータベースを基本に、週6日間24時間稼働する。1998年当時の旧システムの設定のなごりとして、1週間に24時間のダウンタイムが設けられており、この期間にデータのバックアップ・設定の調整・期の更新処理が行われている。2009年以前のシステムではダウンタイム中の更新処理に手動での長時間の操作が必須であった<sup>[4][5]</sup>が、2010年の全面的なシステムの再構築以降は、更新処理が安定化したことにより、期の更新処理を自動化してダウンタイムを短縮することが可能となった。

システムが安定化したことを利用して、2015年より、本番（Main Period）のシミュレーションゲームに入る前に、4週間の「お試し期間（Trial Period）」を設けることができた。お試し期間では、1時間程度で期を更新することにより、さまざまな意思決定の影響・適切な価格設定・在庫管理・合理的な消費者行動などを、実際にゲームをプレイすることで理解することができる。いきなり本番に入ると、一度の非合理的行動によって、取り返しのつかない損失を被ることがある。そのような失敗を、お試し期間のうちに体験して、本番では避けられるようにする目的がある。

ここで、実際のゲームルールの概要を説明する。各受講生は、通常、期の初めに製品を生産・市場投入する。製品の価格は、市場投入後、任意の時点で変更できる。競合相手の価格戦略や、消費者の動向、臨時の市場活性化ルールなどに柔軟に対応して、価格を決定することが求められている。製品投入後は、消費者として市場の製品を購入する。市場にある自社製品を購入すること（自社買い）もできるが、著しい低価格をつけた上で自社買いすることは、企業に損害を与える行為として監視対象になる。生産設備を増強することで生産量を増大させられるが、運転資金が減少し、減価償却の負担が増える。製品の生産時に販売管理費（製品改良費・広告宣伝費・研究開発費）を追加で投入している製品は、それぞれの費用に応じて製品特性が変化し、消費者により高いポイント（＝効用）をもたらすようになる。消費者が合理的であれば、このような製品は、より高い価格で販売することができる。また、消費者が最初に自分で決定する消費選好によって、製品特性の変化がもたらすポイントの増加割合が異なるため、消費者の選好の分布の推定・調査を行うマーケティング要素も含まれている。

このように、本システムでは多くの学習要素が組み込まれており、初めてゲームに触れる学生にとっては複雑で理解に時間がかかる。このため、単純化したゲームの開発が課題であるとされてきた<sup>[3]</sup>。しかし、単純化したゲームを繰り返しても本来のシミュレーションゲームの理解が深まるわけではない。したがって、2つの異なるルールのゲームを行うのではなく、お試し期間を通して、本番用のゲームを何度も試行した上で本番に臨むという現行の講義形式に落ち着いた。

### 3. システム

#### 3.1 システムの詳細

本システムは、Apache / MySQL / PHP を基本としたウェブデータベースアプリケーションとして構成される。システムは、標準的なライブラリを利用し、情報系の教員と経営系

の教員の連合チームによってフルスクラッチで開発されている。このシステムは、以下の特長を備える。

まず、すべての機能が必要に応じて改良可能である点が挙げられる。講義の位置づけや対象者、実施手順などの変更に伴い、適宜、新しい機能を提供したり、情報の提示方法を変更したりすることが容易である。システムを外注していると、些細な機能変更であっても費用が発生するため、教育効果の観点から必要性があったとしても、機能を追加・修正することがためられる。また、既存のゲームシステムを利用する場合には、そもそも機能の追加・修正はできない。これらに対し、本システムは、柔軟な運用が可能である。

次に、標準的なライブラリだけを使用することで、運用環境の継続性と互換性が保たれているという特長がある。特殊なライブラリに依存していると、その提供が停止されたり、そのライブラリが他のソフトウェアのバージョンアップに対応しなかったりすることで、運用が困難となる。使用するライブラリを古典的なものに限定することで、このような問題を避けることができ、長期の安定運用が可能となる。また、クロスプラットフォームでの開発でも、問題が発生しにくい。実際に、現行システムの2010年の運用開始以来、7年間の間に、MySQLのバージョンが5.1から5.7に上がり、開発系・バックアップ系のオペレーティングシステムではデータベースシステムがMySQLからMariaDBへ移行されたが、自動的なアップグレードで運用が継続できている。システム全体の互換性も高く、さまざまな環境で動作することが確認されている（表1）。

表1：システム開発・運用環境

システム	オペレーティングシステム	データベースシステム
運用	MacOS	MySQL
開発	Fedora (Linux)	MariaDB
バックアップ	Debian (Linux)	MariaDB
学生の開発研究用教材	Microsoft Windows	XAMPP (MariaDB)

さらに、システムが標準的なウェブアプリケーションとして動作することから、受講者の環境に依存しないことも特長である。本システムでは、ゲームの機能がサーバサイドで実装されており、クライアント側に特別なアプリケーションのインストールを必要としない。また、現行安定版（rev.350）では、クライアントサイドのウェブブラウザ上でもプログラムが実行されることがないため、高度な演算能力をクライアントに要求しない。したがって、ウェブブラウザの機能さえ用意されていれば、コンピュータ・タブレット・スマートフォンなど、機材を問わずゲームに参加できる。たとえば、コンピュータを持参し忘れた学生であっても、その場でスマートフォンや代替機を利用してゲームに参加できる。

### 3.2 新機能（ふくびきセール）

2016年度の講義では、「ふくびきセール」機能を実装した。この機能は、消費行動が低下する冬期休暇期間中の消費を喚起する目的で、期中の購買金額に応じて「ふくびき券」を発行し、休暇明けに抽選会を開催するものである。このために、データベースに2つのテーブルを追加し、30テーブルの構成となった（図1）。



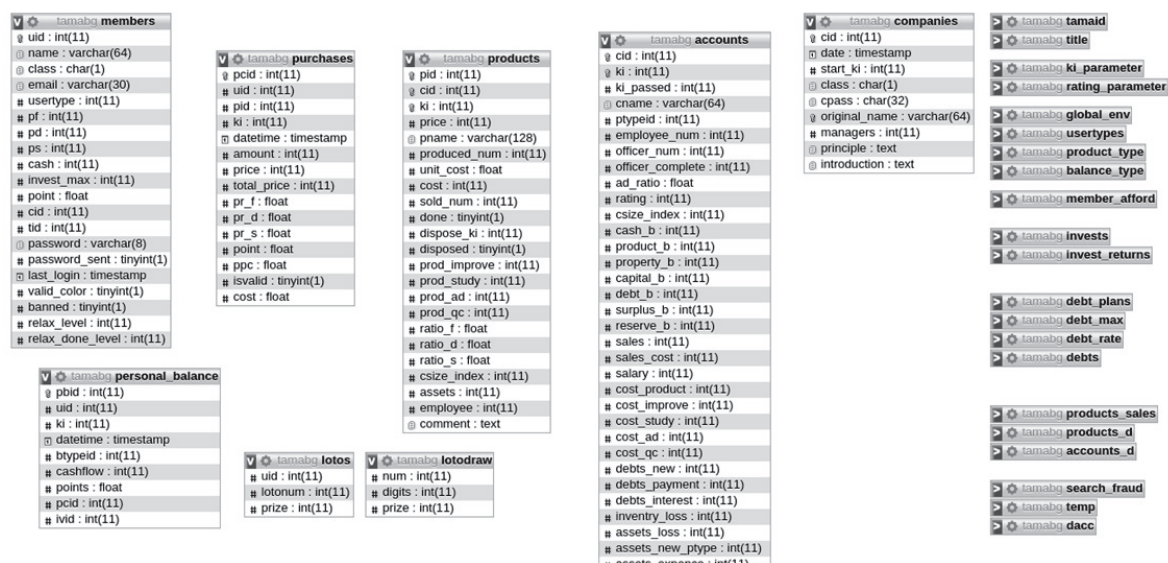


図 1 データベーステーブル構成

ふくびきセール実施期（第 8 期）の売買成立回数は 362 件となり、長期休暇にかからない第 7 期の 360 件と同等の水準を維持した。例年、期が進むにつれて消費意欲が低下していくことが観察されているため（表 2）、購買行動を推奨する効果はあったと考えられる。しかし、その内訳は講義時間内が 355 件（98%）を占め、休暇期間中の購買行動にはつながらなかった。講義時間外の自発的な行動を促す仕組みについて、今後も検討を進めていく。

表 2：年度別・期別 取引回数〔件〕（部分）

年度	第 7 期	第 8 期 (合計)	第 8 期 (うち講義外)
2015	384	308	0
2016	360	362	7

### 3.3 新機能（Smarty による注意喚起）

Smarty テンプレートエンジンとは、表示系の分離のために PHP で利用可能な仕組みである<sup>[6]</sup>。OSS によるウェブアプリケーションの 3 層モデルでは、ウェブシステムを、プレゼンテーション層、アプリケーション層、データ層に分離する。Smarty を用いることにより、アプリケーション層を記述する PHP のプログラムから、プレゼンテーション層を分離して管理することが可能となり、保守性が向上する。

これを利用して、新機能として、ゲーム終了後のレポート記述の期間に「当期利益のマイナス」と「不適切な利益処分」に対して財務諸表上で背景色の反転表示を行うよう修正した（図 2）。これによって、受講者は、財務諸表内で特に注意すべき項目を簡単に識別できるようになる。この機能の実装に当たっては、Smarty によるプレゼンテーション層の分離の効果によって、PHP のプログラム本体を更新する必要がなかった。現在は、テンプレートファイルの記述にスタイルシートを使用していないが、今後、物理要素をスタイルシートで記述することにより、さらに保守性を高める。

```
<tr><th>当期利益</th> .....
<td {if $profit<0}bgcolor=#f22{if}>{$profit|number format}</td>
```

図2 Smarty テンプレート例

### 3.4 セキュリティ対応 (mysqli への移行)

PHP から MySQL に接続するライブラリにおいて、セキュリティ上、mysql 系の関数のサポートが PHP7.0 から終了した。対応として、(1) mysqli 系の関数<sup>[7]</sup>を使用する・(2) PDO<sup>[8]</sup>を利用して MySQL への依存をなくすという2つの選択肢があった。当面 MySQL への依存を解消する必要がないと判断し、実装上の変更点が少ない mysqli 系の関数への書き換えを行った。今後、より一般的なライブラリである PDO への移行を検討する。

## 4. ゲーム内行動の評価

### 4.1 対象

現在のシステムでは、受講者は、消費行動によって獲得するポイントによってゲーム内行動を評価される。しかし、一部の受講者の非合理的な行動によって、獲得ポイントは影響を受ける。このため、(1) 適正価格でない製品の購入の抑制手法、(2) 非合理的な行動に影響を受けにくい評価指標の二点について、評価・検討を行った。対象には、2016年度の「経営基礎2」を受講しゲームに参加した学生の実データを用いた。

まず、運用の改善として適正価格でない製品の購入を抑制するために導入した「お試し期間」の評価を行う。お試し期間内に、生産者として、低すぎる価格設定が自社の利益に繋がらないこと、また、消費者として、高すぎる価格設定の商品を購入する必要がないことを理解させることを目的とした。

次に、ポイントに代わる評価指標の検討を行った。学習効果の被説明変数には、最終試験の得点を用いる。最終試験は、十分にコントロールされた環境下で、個人の能力だけで受験するため、学習効果が最もよく現れると考えた。

### 4.2 お試し期間の評価

お試し期間の評価を、Cost/Price (CPP) 指標、Point/Price (PPP) 指標によって行った。CPP 指標は、販売された製品の「販売価格に対する製造原価（変動費）の割合」であり、「販売時点での原価率」を表す。PPP 指標は、単位販売価格あたりの獲得ポイントを表す。

分析対象の取引数は、お試し期間8期で1281回、本番8期で2246回である。このうち、本番の第4期、第7期、第8期の中で、獲得ポイントが2～5倍となる「ポイントセール」を消費喚起のために一時的に行った。このため、PPP 指標の評価においては、この期間のデータを取り除いた1190回の取引を分析対象とした。

### 4.3 CPP 指標によるお試し期間設置の評価

販売価格がいつでも自由に変更できることから、同じ製品であっても、取引ごとに異なる CPP 指標を持つ可能性があるため、それぞれの取引で個別に CPP 指標を算出した。CPP が1

に近ければ、原価率が高いことを意味し、固定費を稼ぎ出すことができず「売り切り赤字」になる可能性が高い。逆に、CPP が0に近ければ、原価に対して高い価格が設定されているため、消費者にとって魅力的ではない。販売管理費や生産設備投資によって、それぞれの企業において特定の目標利益に対する原価率は多少異なってくるものの、市場で他者と競合することによって、適正な CPP の範囲は限定される。

お試し期間と本番の購買行動について、CPP の度数分布を図3、図4に示す。お試し期間の CPP の分散は、本番の CPP の分散に対して有意に大きいことが示された。すなわち、価格設定と購入行動において、原価にもとづいた適正な行動が増加し、非合理的な行動が抑制されたといえる。

#### 4.4 PPP 指標によるお試し期間設置の評価

PPP 指標は、「購入金額1単位に対する獲得ポイント」である。この値が小さいことは「消費者が獲得ポイントに対して高額な商品を購入してしまった」ことを表し、この値が大きいことは「生産者がもっと高い価格をつけられた＝機会損失を発生させた」ことを表す。

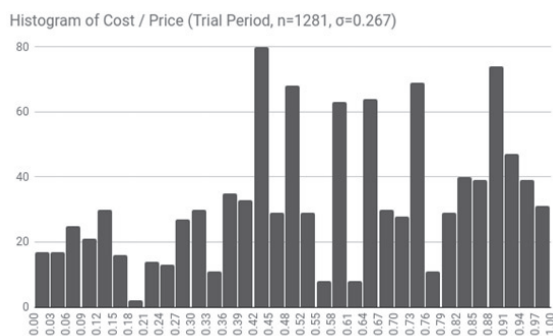


図3 CPP 指標度数分布（お試し期間）

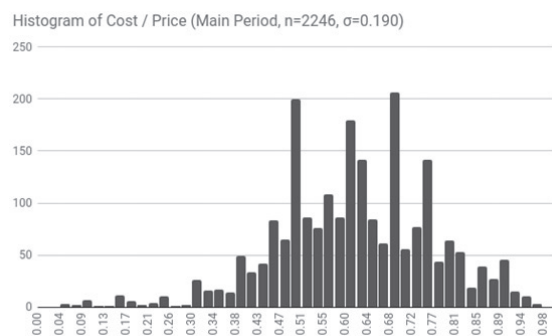


図4 CPP 指標度数分布（本番）

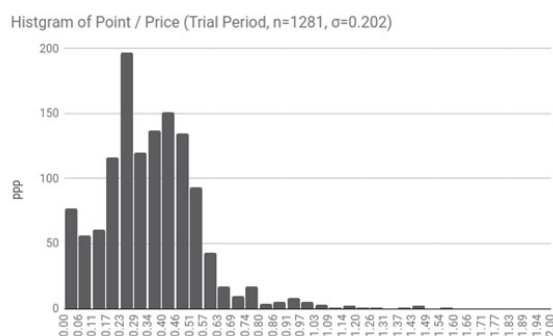


図5 PPP 指標度数分布（お試し期間）

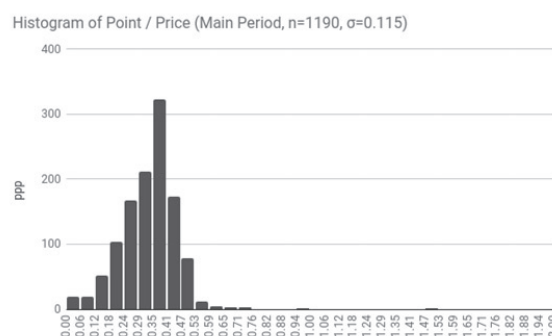


図6 PPP 指標度数分布（本番）

お試し期間と本番の購買行動について、PPP 指標の度数分布を図5、図6に示す。お試し期間の PPP の分散が、本番の PPP の分散に比べて有意に大きいことが示された。すなわち、商品によって獲得するポイントの評価において、非合理的な行動が抑制されたといえる。本番の度数分布において、ピークの左右が非対称であることが観察できる。ピークの右側は「企業の機会損失」を表しており、右側の急峻な落ち込みは、受講者が生産者として適切な価格設定に厳しく取り組んだことを表している。一方、ピークの左側は、「ポイントに対し

て割高な商品を購入する」行動を表している。左側がなだらかな理由として、「消費者としての獲得ポイントの追求が、生産者としての適正価格の追求よりも厳密ではなかった」「あえて高い価格設定をした上で自社買いすることによって自社に資金供給した」などの要因が考えられる。この内容の分析は、今後の課題である。

#### 4.5 新しいゲーム内行動指標の検討と評価

最終試験成績を学習効果指標とみなして被説明変数とし、これを説明するゲーム内行動指標を比較・検討する。これによって、単純な消費の積み上げによって算出されている現行の「ポイント」に代わる評価指標を提案したい。

説明変数（評価指標候補）には、単純統計量から「講義内試験得点合計」「総獲得ポイント」「総売上」を取り上げた。また、購買行動を「購買者から生産者への重みつき有向グラフ」ととらえ、ネットワークの分析手法である pagerank を評価指標として検討した。リンクの重みには、「購入金額」「提供ポイント」「売上利益」を採用して比較した。分析の対象は、非合理的行動が抑制されていると考えられる本番のデータとした。

pagerank とは、Google の検索結果の順位付けに用いられている「リンク構造に基づいた有向グラフのノードの重要度評価指標」である<sup>[9]</sup>。全てのノードについて流出するページランクと流入するページランクが等しくなるよう、それぞれのノードのページランクが反復計算される。ページランクの高いノードからリンクされたノードほど、流入するページランクが高くなり、そのノード自身のページランクも高くなる。つまり「評価の高いノードからリンクされているノードは評価が高い」という指標である。今回の分析では、python 上のライブラリ networkx<sup>[10]</sup> を用いて、リンクに重み付けを与えた weighted pagerank によって pagerank を算出した。

本システムでは、適切な市場分析に基づいた製品特性決定・価格設定によって他の人から購入行動を起こされた受講生の評価指標を高くしたい一方で、非合理的な行動をとる受講生から購入されたとしても、その購買行動から得られる評価指標は低くしたい。たとえば、著しい高価格で提供した製品が、思慮の浅い受講生から購入された場合がこれに当たる。ページランクを用いることで、「評価指標が高い（＝学習効果が上がっている）受講生から選択されるような製品を投入した受講生の評価は高い」という指標となることが期待される。

#### 4.6 単純統計量の評価

単純統計量である「総売上」「総獲得ポイント（現行指標）」「講義内試験得点合計」と、最終試験得点との相関を図7～図9に示す。

総売上と最終試験得点との間に、 $r^2 = 0.293$  の中程度の相関が見られた（図7）。これは、「売上をあげることができる」ためには、ゲーム内での合理的な価格設定や商品特性の決定が求められ、その基礎となる知識の獲得が必要であったことを意味している。ここで、非合理的な消費者がいれば、必ずしも生産者が合理的でなくても売上を得ることができるが、お試し期間の効果によって非合理的行動が抑制されていることから、そのような「幸運な」生産者は少なかったと考えられる。

現行指標の総獲得ポイントでは  $r^2 = 0.154$  となった（図8）。ポイントを上げるためには「お買い得であること」に対する敏感な反応が求められるが、そのために、生産者に求められる経



営に関する実践的な知は必ずしも必要とされない。この指標は、直接には「賢い消費者であること」を表しているだけであると考えられる。また、消費喚起のため、通常より多くのポイントを得ることができる「ポイントセール」のタイミングが、それまで積極的に購入行動をしていた意欲的な学生に対しては、手持ち現金が減少したところで実施されたことになり、不利に働いた可能性がある。

講義内で毎回、原価計算や利益計算などの試験を実施した。この講義内試験得点と最終試験得点との間では、 $r^2 = 0.097$  となり、ほとんど相関が見られなかった（図 9）。講義内の試験では、受講者の多くが正解を導けるよう、機械的な計算で解答可能なように出題が配慮されており、一部の学生にとって、その機械的な計算操作が演算の意味の理解に繋がっていないと考えられる。

この結果から、単純統計量のなかでは「総売上」が、講義が進行していく過程での学習成果の評価指標として妥当であると結論づけられた。また、予告なく「ポイントセール」などを実施することが意欲的な学生にとって不利にならないよう配慮が必要であると考えられる。

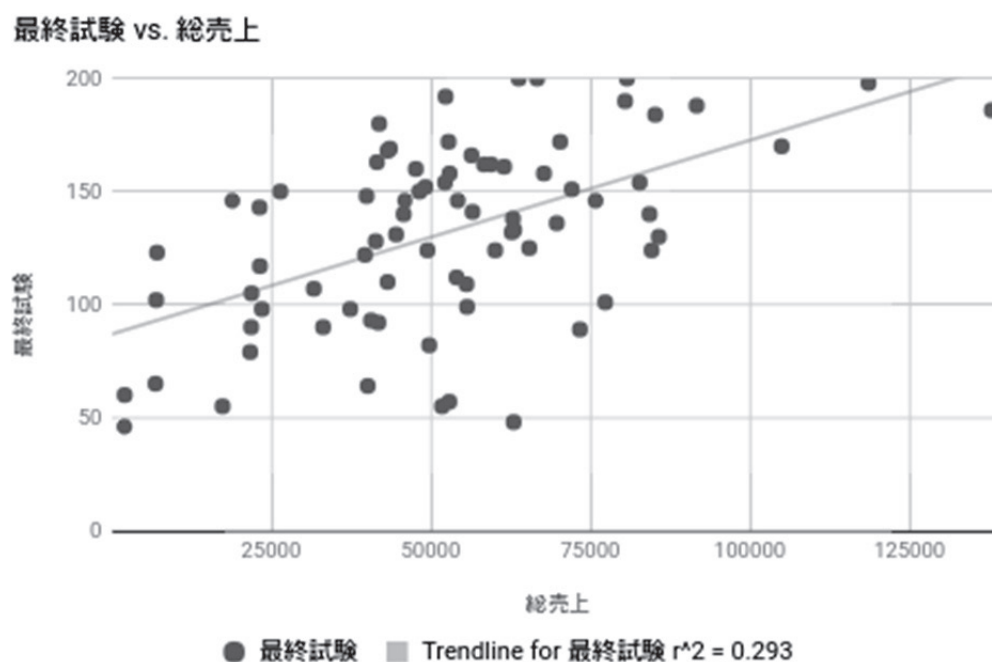


図 7 最終試験得点～総売上上の相関

### 最終試験 vs. 総獲得ポイント

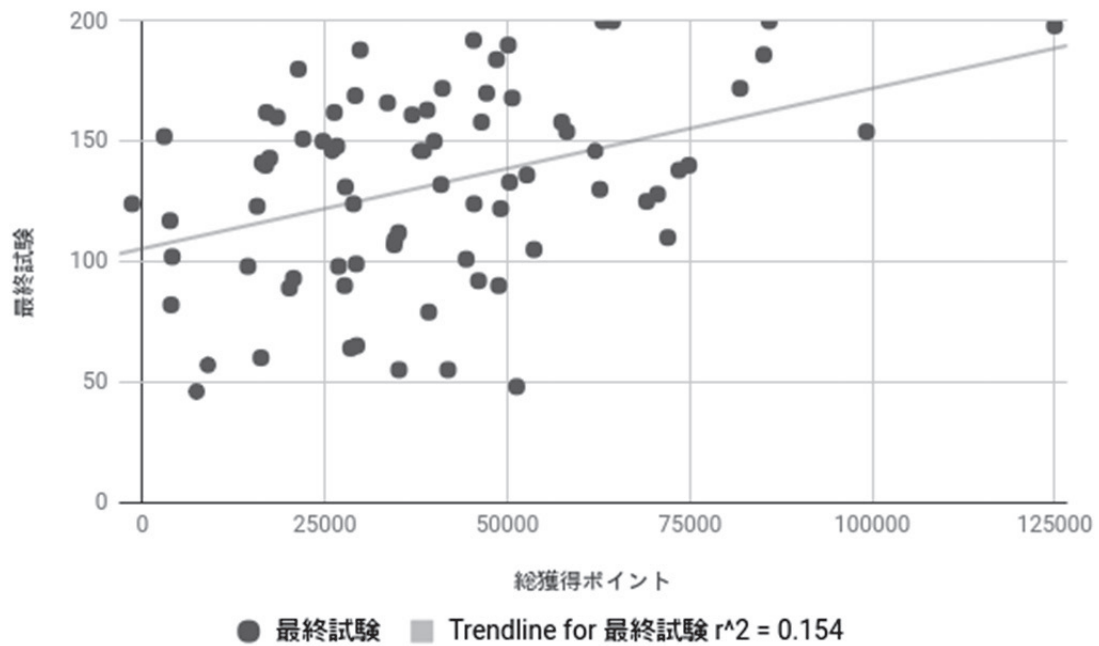


図 8 最終試験得点～総獲得ポイントの相関

### 最終試験 vs. 講義内試験

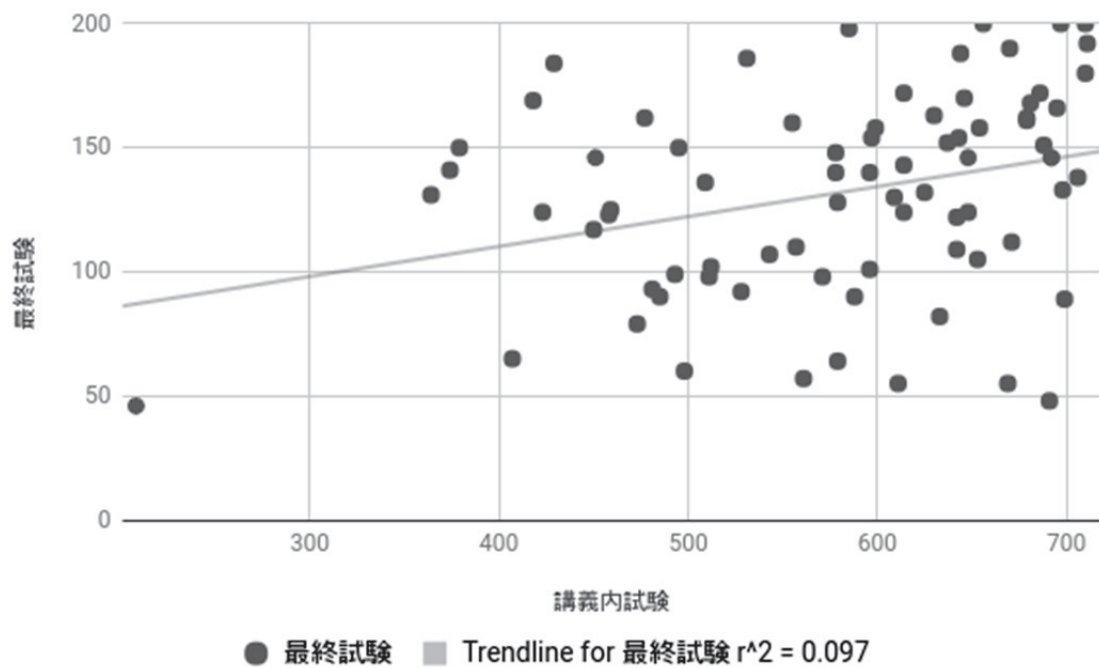


図 9 最終試験得点～講義内試験総得点の相関

#### 4.7 weighted pagerank 指標の評価

購入者から生産者に向かう有向グラフネットワークについて、各ノード（＝受講生）について、weighted pagerank を算出し、最終試験得点との相関を検証した。重みとして使用するパラメータには、当該取引における「売上」「提供ポイント」「売上利益」を取り上げた。

「売上」は、その取引で、生産者が消費者に対してより多くの現金を支払うことを決断させ支持を得たことを表す。「提供ポイント」は、生産者が消費者に対して多くのポイントを提供したこと、つまり、多くの効用を与えたことを表す。「売上利益」は、生産者が消費者に支持される製品を提供しながら利益を上げることに成功したことを表す。相関を図 10～図 12 に示す。また、相関係数の一覧を表 3 に示す。

この結果から、最終試験得点との相関の高い順に「売上」>「売上利益」>「提供ポイント」となった。単純統計量も含めると「総売上」>「ページランク（売上）」>「総獲得ポイント」>「ページランク（売上利益）」>「ページランク（提供ポイント）」>「講義内試験」の順である。この結果、講義内の行動を詳細に反映した 3 種のページランクが、いずれも単純統計量の「総売上」より相関が悪い。また、ページランクの中では、売上利益を評価するよりも、売上そのものを評価したほうが、相関が高いことがわかった。

適正価格を外れた高額商品を購入するという非合理的行動があれば、「総売上」指標と最終試験得点との相関に悪影響が出ると考えられる。しかし、本番データを用いて分析したため、すでに非合理的行動は抑制されていた。このため、単純な統計量である「総売上」が、学習効果の指標として利用可能となったと考えられる。また、ページランクの算出は「より評価の高いノードからのリンクを集めること」を高く評価する。しかし、このネットワークにおいて「評価が高い」ノードは、ゲーム内の経営を通して原価や利益計算を厳密に行うことができる受講生を表しており、そのような受講生は、同じように厳密な設定を追求している学生からではなく、「やや甘い」価格設定の学生から製品を購入すると考えられる。3つのパラメータの中で、売上利益や提供ポイントがより緻密な計算を必要とするのに対して、売上（＝支払金額）の計算は簡単である。売上がもっとも高い相関を示したことから、ページランク指標が、直接連結した高得点者ではなく、ゆるやかな中高得点者のネットワークを評価していると推定する。

受講生の中には、ゲームに熱心に取り組む一方で、数値計算などの理論にはあまり興味を示さないグループがいる。このグループを正しく評価するために、簡便に、「ページランク（売上）と講義内試験得点の積」を作成し、最終試験得点との相関を算出した。結果を図 13 に示す。相関係数  $r^2 = 0.255$  となり、もとした「ページランク（売上）」、「講義内試験得点」の相関係数よりも高い値を示した。特に、最終試験得点とほぼ無相関であるとされた「講義内試験得点」を使用して相関を上げることができたことは、「ページランク（売上）」と「講義内試験得点」がそれぞれ受講生の別の側面を正しく評価していることを表していると考えられる。

表 3：リンク重み付けパラメータ別の相関係数

パラメータ	$r^2$
売上	0.202
提供ポイント	0.138
売上利益	0.181

最終試験 vs. Pagerank (売上)

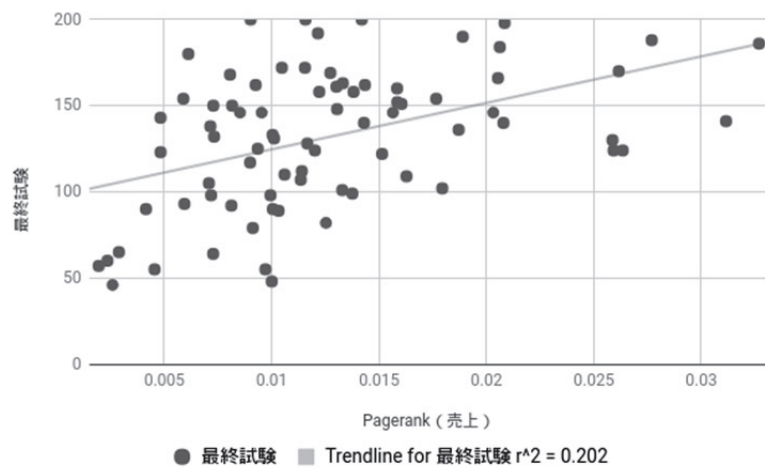


図 10 最終試験得点～ページランク（売上）の相関

最終試験 vs. Pagerank (提供ポイント)

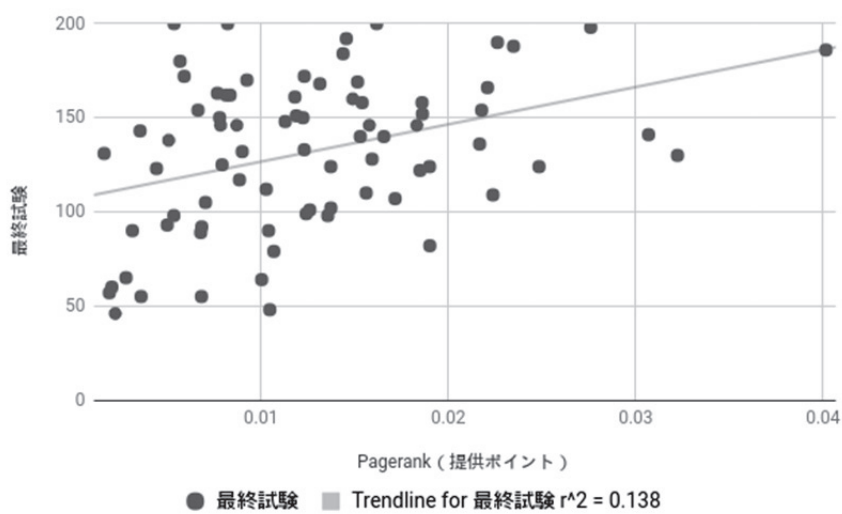


図 11 最終試験得点～ページランク（提供ポイント）の相関



最終試験 vs. Pagerank (売上利益)

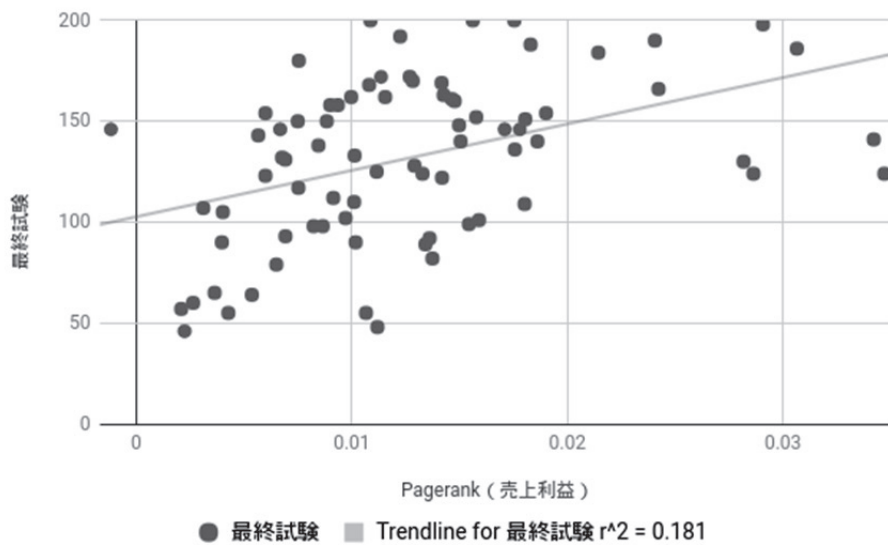


図 12 最終試験得点～ページランク (売上利益) の相関

最終試験 vs. Pagerank (売上) × 講義内試験

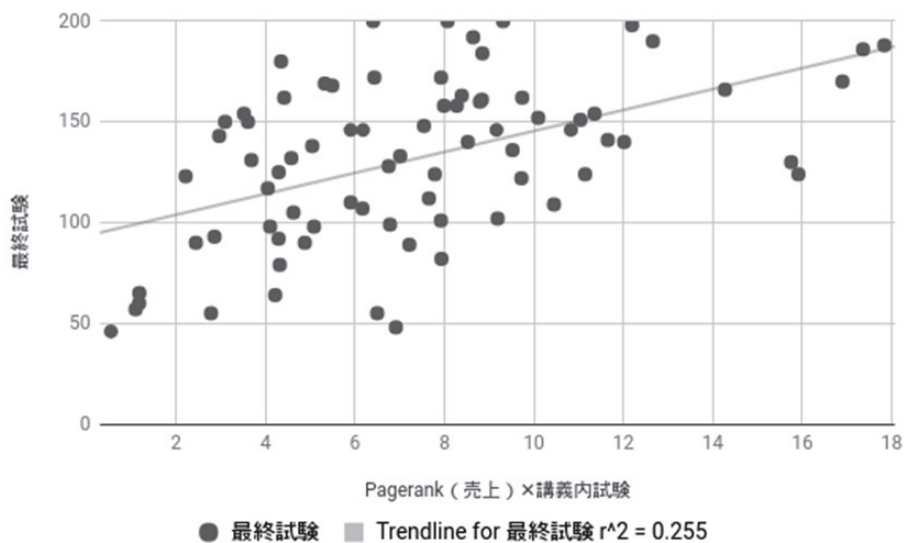


図 13 最終試験得点～(ページランク (売上) × 講義内試験総得点) の相関

## 5. 考察

### 5.1 お試し期間の評価

お試し期間と本番とを、CPP 指標・PPP 指標によって比較することにより、お試し期間に対して本番では、非合理的な行動が抑制されたことが明らかとなった。講義内では、損益分岐計算、目標利益を設定した価格設定などを「どのように計算するのか」という手法は示されるが、「何が適正な値か」については全く指示されない。にもかかわらず、お試し期間に対して、

本番で2つの指標の分散が減少した。これは、受講者が、シミュレーションの体験を通じて、生産者・消費者の双方の立場において「市場における適正価格」に対する意識を自発的に醸成したことを意味している。

この成果から、お試し期間内の期ごとにこれらの指標値の分散を算出することで、合理的行動の習得状況の観測が可能であると考えられる。これによって、現在8期行っているお試し期間を短縮し、講義を効率化することを検討する。

## 5.2 ゲーム内行動評価指標の評価

ゲーム内の行動を評価する指標として、現在は「獲得ポイント」を使用している。これは、受講生に活発な消費行動を誘発するためには有効であるが、このポイントそのものは最終試験得点とは強い相関を持たないことが分かった。一方で、単純統計量である「総売上」は受講生の学習効果指標として利用可能であることが分かった。また、pagerank を利用した評価指標は、「総売上」指標より相関が低く、有効でないことが判明した。

この結果から、現在の「ポイントランキング」に加えて「総売上ランキング」を受講生に示し、それをゲーム内行動評価指標とすることによって、学習効果を高めることができると考えられる。また、pagerank によってゲーム内行動が評価できること・これを講義内試験得点と組み合わせることによって、受講者のゲームへの参画度と理論面での学習効果が評価できることが示唆された。今後、さらにネットワーク構造の分析を進め、個々のゲーム内行動を反映した評価指標の演算手法を検討したい。

### 参考文献

- [1] 藤本徹, 「シリアスゲーム」, 東京電機大学出版会 (2007), p.19
- [2] 中央教育審議会, 新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて, (2012)
- [3] 杉田文章, 出原至道, シリアスゲームによる経済・経営体感学習の試み (1), 経営・情報研究 多摩大学研究紀要 (Tama University Journal of Management and Information Sciences) Vol.16, (2012), pp.49-60
- [4] 齋藤裕美 (SAITO, Hiromi), バーチャルマーケット上のビジネスゲームの構築: 多摩大式経済 経営シミュレータの基本構想, 経営・情報研究 多摩大学研究紀要 (Tama University Journal of Management and Information Sciences) Vol.3, (1999), pp.39- 49
- [5] IDEHARA Norimichi, Web based simulator for virtual company-market game, Proceedings of International Conference on Virtual Learning, (2008), pp.367-372
- [6] PHP Template Engine: Smarty, <https://www.smarty.net/>
- [7] MySQL Improved Extension, <http://php.net/manual/en/book.mysql.php>
- [8] PHP Data Object, <http://php.net/manual/en/book.pdo.php>
- [9] Brin, S. and Page, L. (1998) The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine. In: Seventh International World-Wide Web Conference (WWW 1998), April 14-18, 1998, Brisbane, Australia.
- [10] NetworkX, <https://networkx.github.io/>