

生産コスト・  
シミュレーションゲームの開発

長 坂 悦 敬

甲南経営研究 第51巻 第3号 抜刷

平成 23 年 2 月

# 生産コスト・ シミュレーションゲームの開発

長 坂 悦 敬

## Ⅰ は じ め に

原価計算 (cost accounting) は、企業を合理的かつ効率的に経営するために用いられる会計技法であり、各大学経営学部のカリキュラムに組み入れられる他、簿記検定試験や公認会計士試験でも必須科目とされ、一般に講義形式で教育が行われている (長坂悦敬, 2007)。しかし、講義だけでは、各論がそれぞれどのように関係し、企業経営に具体的にどのような関わるのかを理解することが困難であるという問題がある。

一方、e-Learning やシミュレーション、ゲームを教育へ取り込む試みが数多く行われている。当初、各大学や研究機関等では個別に開発が進み、研究成果も三々五々報告されるようになってきたが、日本では、1989年8月に教育システム情報学会、1989年1月に日本シミュレーション&ゲーミング学会が立ち上がり、2003年5月に日本 e-Learning、2005年12月には e-Learning 教育学会が発足している。

会計分野では、会計教育における Web Base Training に関する研究 (高松正明, 2001) や簿記検定試験のための添削指導システムについての研究成果が報告されている (宇尾欣久他, 2005)。著者らも IT を活用した管理会計・原価計算教育の取り組みを開始し、Web 教材などの開発を行った (長坂悦

生産コスト・シミュレーションゲームの開発（長坂悦敬）

敬，上埜進，2003）。

2005年には、e-Learning 導入時に問題となる“技術・コスト・教育効果”等について、東京大学、玉川大学、青山学院大学、佐賀大学、東北大学の事例を取り上げて検証した著書が出版されている（吉田文他，2005）。その後、業者等による学習教材としての開発・販売も進み、2010年現在、例えば、Newton 社から、TLT ソフトという名称で、合格点が取れる実力がついたという証を示す機能をもった日商簿記 2・3 級用の e-Learning プログラムが販売されている等、いくつかの市販教材も普及してきた。

シミュレーションとゲーミングをビジネス教育に用いる取り組みはインターネット出現の前から行われている。R. C. Henshaw and J. R. Jackson は、著書“The executive game, and the finance game”（1972）において、ゲームの利用目的が、専門教育に入る前に専門科目の関連性を認識させたり、専門科目への問題意識の育成を図ることであることを示している。一方、辻正重は、ゲームは専門科目の終了後総合的な復習を目的として行われる場合もあることを指摘し、統一体としての企業全体の運営に重きをおいたゲームと原価低減ゲームや環境適応ゲームのようにある専門領域に焦点を絞ったゲームがあると述べている。その上で、経済環境から会計学、原価計算に至る広い領域を含んだ一般的なモデルの開発を試み、教育の目的、領域、進度に応じて要求される種々のモデルを選択することができるように工夫している（辻正重，1983）。しかしながら、当時のような大型計算機を TSS（Time Sharing System）で利用するような時代においては、まだ一般的にゲームを教育に利用できる状況ではなかった。

その後、マルチメディア対応 PC（パソコン）のコストパフォーマンスが格段に向上し、また、インターネットが広く普及した。これに対応して、例えば、白井宏明らは、プログラミングに関する知識や経験が乏しい人々でも容易に WWW を利用して、独自のビジネス・モデルをゲーム化できるビジ

ネス・モデル開発ツールを提案している (白井宏明他, 2000), (H. Shirai, 2003)。

ビジネスゲームのパッケージソフトウェアもいくつか市販されるに至り (例えば, 彌島康朗, 2006), ビジネスゲーム開発プロセスの改善の提案 (越山修ら, 2009) や, 仮想現実 (ヴァーチャル・リアリティ) をビジネスゲームに取り入れる試みも報告されている (R. Fortmüller, 2009)

しかし, 原価計算分野については, 実務用の製造原価計算システムにシミュレーション機能を付加したもの (奥田崇博ら, 2010) や企業経営ゲームの一要素として原価を捉えたものに限られ, シミュレーションやゲームを用いた原価計算教育システムを実際の授業等に適用した例は未だ見あたらない (加登豊, 2001), (杉山善浩, 2006) (上埜進他, 2006)。

以上の背景から, 本研究では, 仮想現実 (ヴァーチャル・リアリティ) を用いて工場設計を行うとともに, 過去の売上実績から需要予測を行い, 予定製造原価を見積もって生産計画を立案する, さらには, 実績での差異分析から各期の生産計画を修正して, 最終的に製造原価を最小化することを競いあうシミュレーションゲームの開発を行った。さらに, 実際の教育に適用し, その効果を検証した。

## II 生産コスト・シミュレーションゲームの概要

ここで開発した生産コスト・シミュレーションゲームは, 仮想空間 (パソコン画面上) に工場をつくり, 組立工程によるものづくりを擬似体験するものである。その中で, 品質確保と生産コスト最小化という二律背反問題を熟考して工場経営を行い, ゲーム参加者の間で利益を競う。このシミュレーションゲームの重要な点として以下の3つがある。

- ① 需要量の予測精度を上げ, 作り過ぎや欠品がないように最適な生産計画を立てる。

## 生産コスト・シミュレーションゲームの開発（長坂悦敬）

- ② 必要な生産量と品質（不良を出し過ぎない）を確保しながら、できるだけ低コストで材料や部品の調達を行う。
- ③ できるだけ不良が出ないように、また、人件費が少なくなるように正社員（熟練工，新人），パートタイム等の人員配置を的確に行う。

このためには、生産管理，原価計算，在庫管理，需要予測などについて基本的な知識が必要になり、また、それら各論の関連性を理解しなければならない。工場経営を模擬的に実践することで、各論の理解を深めることができる。

### （１）需要予測

過去の実績データと市場状況に関する情報をもとに統計的処理によって需要予測を行う。予測手法には、判断予測法，定量的予測法，技術予測法等があるが、ここでは、図表１のような過去の毎週の売上数（実績データ）をもとに、季節変動を読みとり、平均値と標準偏差を把握した後、景気動向指数を加味して、モンテカルロ・シミュレーションを用いて起こりうる需要を模擬的に再現予測することにした。

モンテカルロ・シミュレーションとは、確率的変動要素が含まれている時に乱数を用いてシミュレーションを行う手法で、サンプルで有名な、モナコの Monte Carlo より名付けられたと言われている（多田実他，2003）。ここでは、Ms-Excel を用いて（図表２）で次のように正規乱数を発生させて、需要数を擬似的に生成する。

- ① 需要実績データから基準とする平均値  $\mu$ ，分散  $\sigma^2$  を決定する。
- ② 景気係数  $\alpha$  を設定し、景気変動を加味した基準となる平均値  $\mu' = \mu \times \alpha$  を算出する。
- ② 正規乱数（平均  $\mu'$ ，分散  $\sigma^2$  の正規分布  $N(\mu', \sigma^2)$ ）に従う乱数を生成する。そのためには、まず、Ms-Excel の関数 round() を用いて一様乱数

図表1 4半期ごとの各週の需要実績データ

実績データ 1-3月			4-6月			7-9月			10-12月		
月	週	需要量	月	週	需要量	月	週	需要量	月	週	需要量
1月	第1週	180	4月	第1週	233	7月	第1週	590	10月	第1週	141
1月	第2週	130	4月	第2週	252	7月	第2週	560	10月	第2週	280
1月	第3週	180	4月	第3週	294	7月	第3週	604	10月	第3週	168
1月	第4週	140	4月	第4週	371	7月	第4週	688	10月	第4週	245
2月	第1週	148	5月	第1週	434	8月	第1週	680	11月	第1週	186
2月	第2週	168	5月	第2週	408	8月	第2週	735	11月	第2週	179
2月	第3週	230	5月	第3週	364	8月	第3週	740	11月	第3週	145
2月	第4週	231	5月	第4週	368	8月	第4週	690	11月	第4週	208
3月	第1週	260	6月	第1週	258	9月	第1週	581	12月	第1週	180
3月	第2週	280	6月	第2週	455	9月	第2週	480	12月	第2週	206
3月	第3週	290	6月	第3週	315	9月	第3週	518	12月	第3週	206
3月	第4週	285	6月	第4週	458	9月	第4週	512	12月	第4週	234
	合計	2,522		合計	4,210		合計	7,378		合計	2,377
	平均	210.2		平均	350.8		平均	614.8		平均	198.1
	標準偏差	57.0		標準偏差	79.9		標準偏差	89.6		標準偏差	40.7

を生成する。次に、 $N(0, 1)$  に従う正規乱数をボックス・ミュラー (Box-Muller) 法によって生成する。すなわち、2つの一様乱数  $U_1, U_2$  から、

$$Z_1 = \sqrt{-2\ln(U_1)} \cos(2\pi U_2), \quad Z_2 = \sqrt{-2\ln(U_1)} \sin(2\pi U_2)$$

により2個の独立な標準正規乱数を生成する。さらに、標準正規乱数を(1)で求めた  $\mu, \sigma$  となるように変換して、最終的に  $N(\mu', \sigma^2)$  の乱数を生成する(つまり、 $x = \sigma \times Z + \mu'$  を求める)。ここでは、関数 round ( $x$ , 小数点以下の桁数) を使い、整数になるように四捨五入している。

図表2では、シミュレーション・ボタンをクリックする度に、乱数が発生し、平均値  $\mu'$  と標準偏差  $\sigma$  を実現するような第1週～第12週の需要量が生成される。ゲーム参加者は、数回のシミュレーションによって、平均値・上限値・下限値を見極め、どの需要量をもとに生産計画や予算を組むべきかについて意思決定することになる。

ただし、ゲーム参加者には、景気係数の具体的な数値は開示せず、前年度比で「景気が悪くなる、やや悪くなる、同程度、やや良くなる、良くなる」という5段階の定性的な表現を示すにとどめる。需要を生成する立場におい

図表2 モンテカルロ・シミュレーションの画面

シミュレーション											
景気係数を入力してからシミュレーションを実行し、需要生成する。											
景気係数 0.85 1-3月			景気係数 0.9 4-6月			景気係数 0.95 7-9月			景気係数 1.05		
台数/週	基準とする値	乱数から得られた値	台数/週	基準とする値	乱数から得られた値	台数/週	基準とする値	乱数から得られた値	台数/週	基準とする値	
平均 $\mu$	178.6	<b>183.3</b>	平均 $\mu$	315.8	<b>311.8</b>	平均 $\mu$	584.1	<b>583.3</b>	平均 $\mu$	208.0	
標準偏差 $\sigma$	57.0	69.3	標準偏差 $\sigma$	79.9	86.4	標準偏差 $\sigma$	89.6	95.7	標準偏差 $\sigma$	40.7	
	[0, 1] の一様乱数	$N(0, 1)$ の正規乱数	$N(\mu, \sigma^2)$		[0, 1] の一様乱数	$N(0, 1)$ の正規乱数	$N(\mu, \sigma^2)$		[0, 1] の一様乱数	$N(0, 1)$ の正規乱数	
第1週	0.483281	-1.005	121	0.153781	0.3437	343	0.71218	-0.674	524	0.284616	1.5818
第2週	0.593107	-0.666	141	0.778416	-1.904	164	0.597568	-0.474	542	0.989387	-0.106
第3週	0.589977	0.9926	235	0.369997	0.7589	376	0.681811	0.4406	624	0.199802	-1.779
第4週	0.041455	0.2646	194	0.840439	-1.189	221	0.166044	0.7562	652	0.521182	-0.238
第1週	0.040458	2.5213	322	0.248523	-1.394	204	0.755415	-0.444	544	0.735945	0.7687
第2週	0.015151	0.2407	192	0.40737	0.9173	389	0.351011	0.6031	638	0.030543	0.1494
第3週	0.938869	0.2782	194	0.962147	0.2564	336	0.54306	-0.273	560	0.866327	0.4553
第4週	0.893239	-0.221	166	0.937166	-0.107	307	0.289754	1.0707	680	0.088303	0.2822
第1週	0.042181	-0.343	159	0.269987	1.0919	403	0.05702	-2.392	370	0.061711	2.2067
第2週	0.728235	-2.493	37	0.867871	-1.194	220	0.506026	-0.091	576	0.942284	-0.837
第3週	0.598092	0.8322	226	0.427251	0.8423	383	0.163775	-0.479	541	0.433639	-0.176
第4週	0.096781	0.5793	212	0.138247	0.9956	395	0.290489	1.841	749	0.271778	1.2806
需要予測	合計	2,199	需要予測	合計	3,741	需要予測	合計	7,000	需要予測	合計	
過去実績	合計	2,522	過去実績	合計	4,210	過去実績	合計	7,378	過去実績	合計	
差異		-323	差異		-469	差異		-378	差異		
		87%			89%			95%			

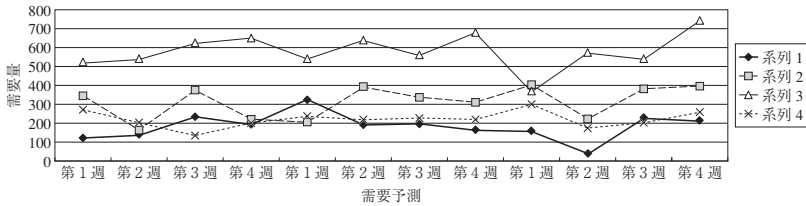
では、生成した  $N(\mu, \sigma^2)$  乱数の平均値と標準偏差を求め、基準とした元の値と比較したり、ヒストグラムに表示したりして、乱数の状態を確認しておく必要がある（図表3、4）。

(2) 予算

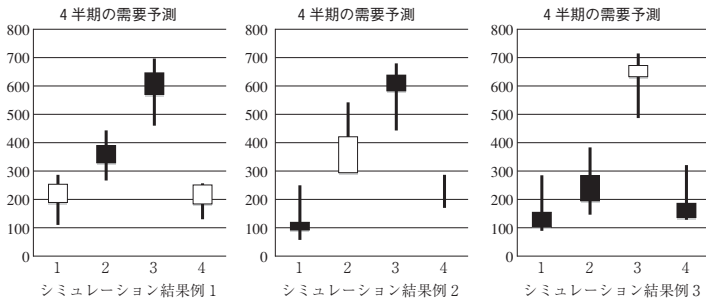
工場経営では予算を立てる必要がある。予算とは、一定期間における各業務分野の具体的な計画を貨幣的に表し、これを総合的に編成したものをいう。具体的には、1年とか1ヶ月とかいった予算期間を設定し、部門別・プロジェクト別や費目別にその期間に予定される費用を予算書に表す。

予算管理は、予算をもとにした目標管理のことで、予算の編成、予算の執

図表3 四半期各週の需要を示すグラフ (図表2のグラフ表示)



図表4 四半期の需要量子測例



行、および、予算による統制という3つのフェーズで進められる。例えば、製品組合せの決定、部品を自製するか外注するか決定なども予算編成の重要な要素となる。原価を知らなければ予算編成の精度を上げることはできない。

販売予算は、目標利益を得るための売上高、売上原価、販売費等を予算化し、構成される。また、製造予算は、製造高、製造原価、在庫費用等を予算化し、構成される。これらの売上原価予算、製造原価予算は、過去の実績および販売予測、生産計画から推計され、予算編成での重要なポイントとなる。

図表5に販売予算書の例を示す。全社戦略、新製品の投入状況、市場の動向、販売促進効果の把握などから過去の実績や競合他社の動向などをもとに販売予測を立て、毎月の売上高を計画すると同時に、売上原価を推計する。この売上原価の推計には予定原価計算が不可欠である。これらをもとに目標



生産コスト・シミュレーションゲームの開発（長坂悦敬）

図表 5 販売予算書の例

当期計画（予算）

年/月	2009/01	2009/02	2009/03	2009/04	2009/05	2009/06	2009/07	2009/08	2009/09	2009/10	2009/11	2009/12	年計
生産台数	1000台	1000台	1000台	1400台	1400台	1400台	2800台	2800台	2800台	800台	800台	800台	18000台
売上台数	960台	960台	960台	1360台	1360台	1360台	2760台	2760台	2760台	760台	760台	760台	17520台
売上高	¥192,000	¥192,000	¥192,000	¥272,000	¥272,000	¥272,000	¥552,000	¥552,000	¥552,000	¥152,000	¥152,000	¥152,000	¥3,504,000
売上原価	¥93,254	¥93,254	¥93,254	¥127,704	¥127,704	¥127,704	¥240,061	¥240,061	¥240,061	¥70,623	¥70,623	¥70,623	¥1,594,927
粗利	¥98,746	¥98,746	¥98,746	¥144,296	¥144,296	¥144,296	¥311,939	¥311,939	¥311,939	¥81,377	¥81,377	¥81,377	¥1,909,073
粗利率	51.4%	51.4%	51.4%	53.1%	53.1%	53.1%	56.5%	56.5%	56.5%	53.5%	53.5%	53.5%	54.5%
販管費	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥3,600
営業利益	¥98,446	¥98,446	¥98,446	¥143,996	¥143,996	¥143,996	¥311,639	¥311,639	¥311,639	¥81,077	¥81,077	¥81,077	¥1,905,473

管理を実施することになる。

ここでは、講義で学習した予算の意義や概念や手法をもとにして予算を立て、実績との差異を把握しながら生産計画を修正していく業務を擬似経験する。具体的には、需要予測に基づき、売上高を予想し、工場経営に必要な予算を立てる。そして、四半期ごとに予算と実際の差異を分析する。

### (3) 生産計画

売上原価を推計するためには、生産計画が必要である。生産計画は、どの時期にどの製品をどれだけ生産するのか、その数量を計画する。実際には、在庫計画、日程計画、生産能力計画なども含まれる。品質・納期を確保して顧客ニーズに対応しながら、最小のコストで最大の利益をあげることが生産計画の目標である。

ここでは、4半期ごとの需要量予測から、安全在庫を考慮しつつ各期での生産目標数を計画する。それにともない、部品調達先の選定、調達コストを推計する。さらに、組立ラインのレイアウト、作業手順（内容）、必要な作業員構成、人数を明確にする。工程計画にあたって、複数の作業員が連続作業を行う場合には、手待ちが発生しないように作業の平準化を行う必要がある。また、作業員の安全を十分に確保しつつ、動線や作業負荷を最小にしなければならない。

当然のことながら、部品供給が滞れば、組立作業は出来なくなるので、タイムリーに必要な部品が供給されなければならない。一方、部品の過剰在庫は金利負担、管理費の増大をまねくので、必要量のみでの調達が望ましい（いわゆる JIT (Just in time) の実現が望まれる）。部品調達と出荷の物流、ロジスティクスも重要である。さらに、部品の不良率、作業者のミス確率を考え、製品検査を徹底すること、さらには、出荷後の顧客からのクレームにも備えなければならない。

ここでは、欠品が生じた場合には、機会ロスに相当するペナルティコストが発生する。さらに、在庫がある場合には在庫コストが発生するというモデルを入れることで、在庫はリスクであることを認識できるようにした。

工場の建家、設備を確保するということは、固定費が発生するということであり、需要量に見合う基準操業度になるような初期設計が重要である。また、作業者も固定費を発生させることになる。一方で、伝承すべきノウハウの維持のためには、人材育成は重要なテーマである。環境問題にも配慮した 3R (reduce, recycle, reuse)、ゼロエミッションの実現、CO2 排出量を下げる工夫も必要になる。

#### (4) 仮想現実を用いた工場レイアウト設計

仮想現実 (Virtual reality) を用いた工場レイアウト設計、組立シミュレーション技術の開発・実用化が進んでいる。例えば、Dassault Systems 社の“DELMIA (デルミア) デジタルマニファクチャリング”は、こうした環境を提供するソフトウェアとして普及しつつある。日本国内では、生産計画を立案する視点から開発されたレクサー・リサーチ社の“GP4”がリリースされ、各社で使い始められている。

ここでは、レクサー・リサーチ社との共同研究から、仮想現実によるヒューマンインターフェース技術 (中村昌弘, 2010) とコストモデリングを組み

## 生産コスト・シミュレーションゲームの開発（長坂悦敬）

合わせ、生産計画時に詳細な原価推計が行えるプラットフォームの開発を行った。

仮想生産環境の検討，バーチャルヒューマンによる作業性検討，組立手順シミュレーションは“GP4”によって行う。この技術によって，仮想3次元空間で生産作業の状態を視たままに確認でき，量産に入る前の生産準備段階で生産ライン，段取り，手順などの最適化を行うことができる。その機能は，以下のようにまとめられる（図表6参照）。

- ①工場内の設備，ライン，治具，ツール，モノ，人をバーチャルに定義，表現できる。
- ②製品の組み立て手順や，工程割を定義，編集し，仮想作業者に作業させて可視化できる。
- ③作業の山積グラフや動線，作業姿勢を表示し，作業場レイアウトを編集しながら生産性，作業性の検討ができる。
- ④工程設計書，作業指示書などの帳票として出力できる。

図表6 ヒューマンインターフェース技術（GP4の例）



### （5）製品原価計算

企業は，決算時に，貸借対照表，損益計算書，キャッシュ・フロー計算書等の財務諸表を作成しなければならない。その損益計算書の中に含まれる売

上原価を知るためには、当期製品製造原価を計算する必要がある。売上原価は、以下の式で求められる。

$$\text{売上原価} = \text{製品期首棚卸高} + \text{当期製品製造原価} + \text{当期買入製品受入高} \\ - \text{他勘定振替高} - \text{製品期末棚卸高}$$

また、当期製品製造原価は以下のように求められる。

$$\text{当期製品製造原価} = \text{期首仕掛品棚卸高} + \text{当期総製造費用} \\ - \text{期末仕掛品棚卸高}$$

上式の当期総製造費用は、当期の材料費、労務費、経費の計算結果を足し合わせたものとして求められる。

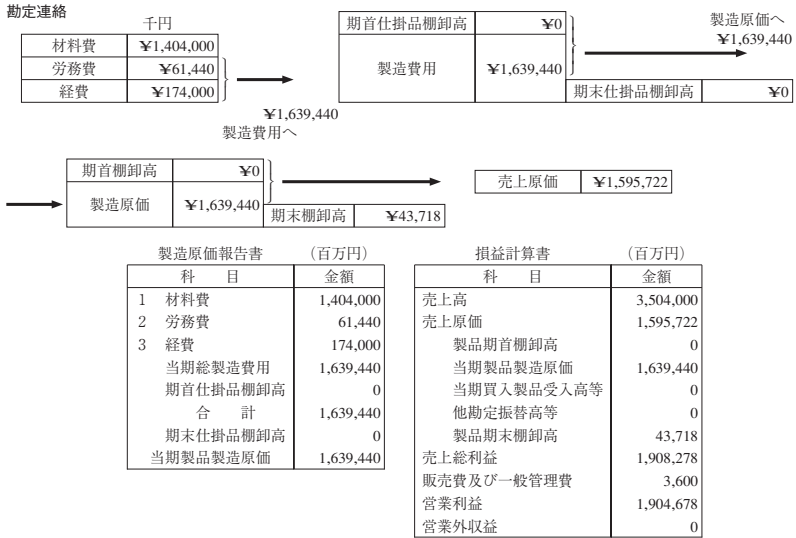
以上が制度としての原価計算であり、この目的のため、すなわち、製造原価報告書の作成のためには、材料費、労務費、経費について各取引を記帳し、集計すればよい。このための原価計算システムは、一般に経理システムの中に組み込まれ、仕訳と同時に、仕訳帳から総勘定元帳に科目別に記録・集計され、また、主要科目の内訳記録である補助元帳に転記される。なお、原価計算の計算結果である原価記録は補助元帳である原価元帳に記入される

各期で製造原価報告書を作成しているという点からは、すべての製造業で原価計算が実施されているともいえる。しかし、個別の製品原価計算を実施している企業は限られる。販売価格の計算に必要な原価情報を得る、また、原価管理に必要な原価情報を提供するためには、製品別原価計算が必要で、製品ごとに収益を把握しなければならない。さらに、予定原価、標準原価、実際原価の把握から差異分析を行い、コストダウン活動の指針を立てられるようにしなければならない。そのためには、やはり製品別原価計算が必要である。また、固定費と変動費の把握からCVP分析を実施、固定費の管理を実施できる原価計算システムも必要である。

ここでは、ゲーム遂行の中で、実績原価を計算した後に、図表7のような勘定連絡図、製造原価報告書、損益計算書が作成できるスプレッドシートを

生産コスト・シミュレーションゲームの開発（長坂悦敬）

図表7 勘定連絡と製造原価報告書，損益計算書スプレッドシート



用意した。

(6) 在庫のコスト

在庫とは、生産や販売などのために複数個保有されている物品（商品、中間製品、材料など）のことを指す。品切れを起こさないようにある程度の在庫をもたなければならないが、一方、在庫が多すぎると広い保管スペースが必要となるばかりか、売れ残りが発生し、最後は廃却しなければならず損失が発生する。

もし、いつも実際の需要量に等しい数量の商品が店頭があれば、売れ残りも品切れも発生せず、最大の利益をあげることができる。これは理想的な状態である。この理想状態の利益から実際の利益を引いた差額は機会損失額と呼ばれる。この機会損失額ができるだけ少なくなるように在庫管理を行わ

ければならない。

また、製造工場では、通常、いくつかの工程を経て一つの製品を完成させる。各工程では、何種類もの原材料や部品を使用することになるが、それら一つでも欠けるとその工程はストップし、他の工程に進むことができない。必要な原材料や部品が不足したために生産が滞ることがあってはならないので、ある程度多めに準備しておかなければならない。この準備のための原材料や部品も在庫であり、在庫を減らすことは製品原価の低減のために重要である。

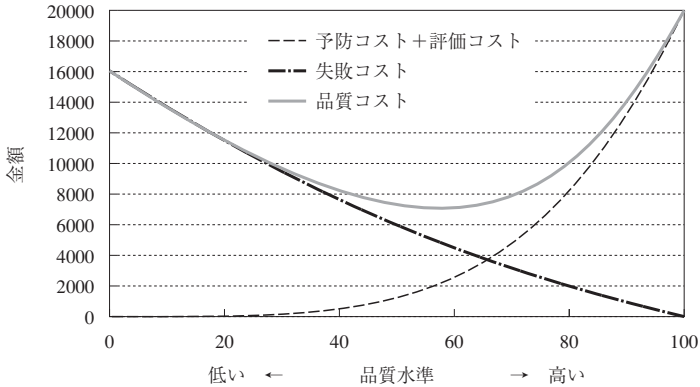
ここでは、在庫の管理費、金利負担、減耗費などを考慮し、製品製造原価に対して一定率を掛け合わせた在庫費用が発生するモデルを組み込んだ。

#### (6) 品質コスト・マネジメント

品質コストは、製品の規格に一致させるために発生する品質適合コストと、製品の規格に一致させること失敗したために発生する品質不適合コストから構成される。品質コストの収集および分類には一般に PAF アプローチ (prevention-appraisal-failure approach) が用いられる (伊藤嘉博, 2005)。これによれば、品質コストは予防コスト、評価コスト、内部失敗コスト、外部失敗コストの各コストに区分され認識される。予防コストは、製品の規格に一致しない生産を減らすための費用であり、評価コストは規格に一致しない製品を発見するための費用である。また、失敗コストは、出荷前に不良品を処理する内部失敗コストと不良品を販売してしまったことで発生する外部失敗コストに分けて考えることができる。

PAF アプローチは、一種の投資である予防コストと評価コストを算定し、その結果として発生する失敗コストを測定して、品質と原価を管理しようとするものである。図表8のようにトレードオフの関係にある「予防コスト+評価コスト」と「失敗コスト」の和を最小にする経済的に最適な品質の原価

図表8 「予防コスト+評価コスト」と「失敗コスト」の関係



を見極めることが必要である。そのときの品質水準を経済的最適品質水準と呼ぶ。一般に、予防コストをかければかけるほど品質水準があがり、少ない失敗コストで済む。しかし、失敗コストをゼロにするには、膨大な予防コストと評価コストを費やすことになる。

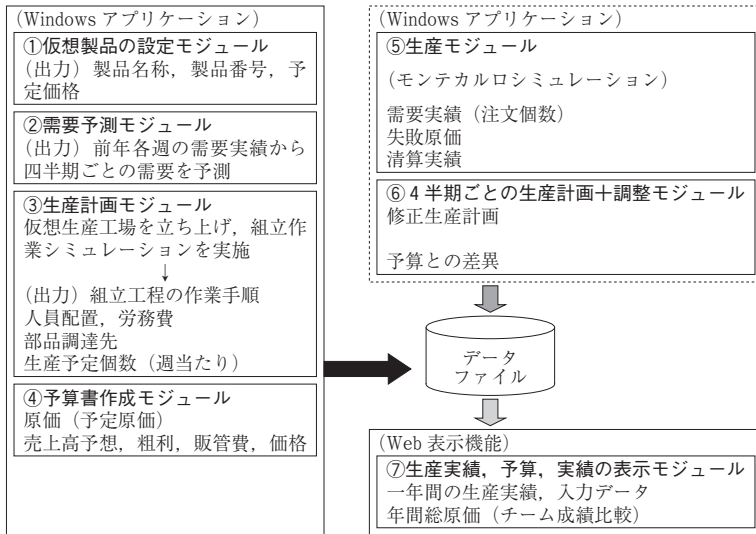
製造業では不良品を市場に出さないことが至上命題になりつつある中で、品質コストをしっかりと把握することは重要である。ここでは、部品調達コストを下げる程部品不良確率が上がり、さらに、経験の少ない作業員である程作業ミスによる完成品不良確率が上がり、最終的に失敗コストが増加するというモデルを組み込んでいる。

### III 生産コスト・シミュレーションゲームの仕様と手順

開発した生産コスト・シミュレーションゲームは、1台の教卓PC、36台の学生用クライアントPCを用いて、最大6チームでの対戦を想定している。

教卓、クライアントはOSとしてWindows Vista Home Edition以上、WebブラウザはMicrosoft IEを利用する。各モジュールの概要を図表9、システム全体の概要を図表10に示す。

図表9 各モジュールの概要



生産計画モジュールは6セットを各チームのクライアントにインストール済の状態から使用する。下記①, ②, ④, ⑤, ⑥のモジュールはサーバーからダウンロードし, 利用できるようにする。モジュール①~⑥は Windows アプリケーション (Ms-Excel のアドオン), モジュール⑦は Web 閲覧可能なソフトウェアである。

シミュレーションゲームの手順は以下のとおりである。まず, 生産コスト・シミュレーションゲームのホームページを開くと, 図表11のようなログイン画面が表示される。

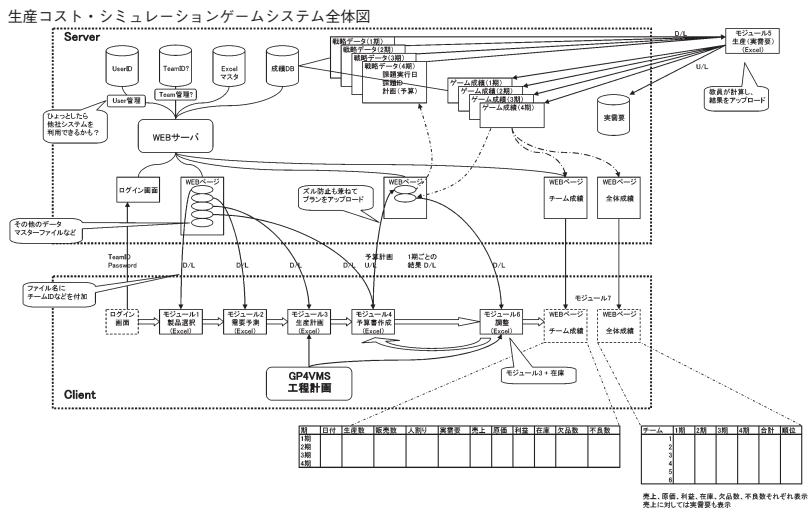
ID とパスワードを入力すると図表12のようなメインメニューが現れる。  
ステップ1: 製品の選択 (対象とする製品を選ぶ。図表13はエアコン組み立て工場を対象にした製品選択画面例である。)

ステップ2: 過去の実績と景気予報から需要予測 (5段階の定性的な景気予



生産コスト・シミュレーションゲームの開発（長坂悦敬）

図表10 全体システムの概要



図表11 ログイン画面

甲南大学 生産コスト・シミュレーションゲーム

甲南大学 生産コスト・シミュレーションゲームへの接続

ログイン名

パスワード

All Rights Reserved by Kansai University

報を受けて、四半期ごとの月当たり売上台数を予測し、安全在庫を考慮して月当たり生産台数を決定する。図表14参照。）

ステップ3：生産計画（仮想生産工場を立ち上げ、作業員を配置して、作業シミュレーションから、月当たりの目標生産量がつくれるのか、コストはいくらになるのか確かめる。図表15参照。）

図表12 初期メニュー



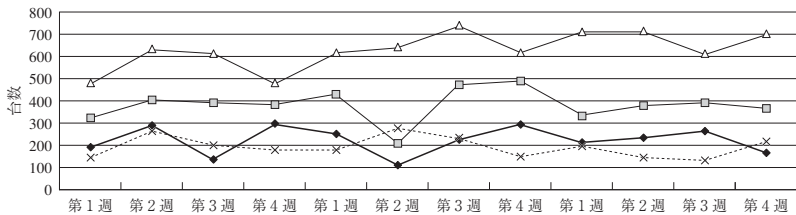
図表13 製品選択画面

製品設定				
No.	名称	製品番号	販売予定価格	概観
1	エコエア6	E09006	¥150,000	
2	エコエア12	E09012	¥200,000	
3	エコエア16	E09016	¥280,000	

製品選択

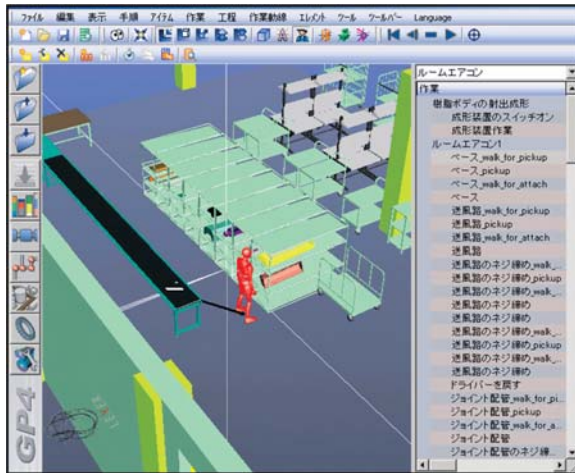
エコエア6

図表14 需要予測グラフ



生産コスト・シミュレーションゲームの開発（長坂悦敬）

図表15 工場レイアウト，作業シミュレーション



工程ごとに作業者の種類を設定し、「生産計画」ファイルに作業者の種類と生産計画台数を出力する（図表16参照）。

図表16 作業シミュレーションからの出力

工程名	作業者	習熟度	基本時間(s)	実時間(s)
ルームエアコン1	作業者(熟練者)	1.00	219.3	219.3
ルームエアコン2	作業者(熟練者)	1.00	209.0	209.0
ルームエアコン3	作業者(熟練者)	1.00	192.1	192.1
ルームエアコン4	作業者(熟練者)	1.00	186.9	186.9
ルームエアコン5	作業者(熟練者)	1.00	218.6	218.6

リードタイム(秒/台)	219.3	作業者の設定
生産能力(台/日)	131	<input checked="" type="checkbox"/> 最初の工程を出力しない
生産能力(台/週)	655	Excelに出力
生産能力(台/月)	2620	生産時期 1-3月
		出力
		閉じる

「計画のアップロード」でアップロードするためのプラン CSV ファイルを作成する（図表17参照）。

図表17 生産計画 CSV ファイル

生産計画						
項目	単位		1-3月	4-6月	7-9月	10-12月
生産計画	生産台数/週		250台	350台	700台	200台
	生産台数/日		50台	70台	140台	40台
	生産台数/月		1000台	1400台	2800台	800台
販売計画	売上台数/日		48台	68台	138台	38台
	売上台数/月		960台	1360台	2760台	760台

項目	内訳	単価	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月
調達計画	内装部品発注数量/週	46000円/セット	250セット	350セット	700セット	200セット
	樹脂ボディ発注ロット数/週100セット/ロット・週	3000000円/ロット	3ロット	4ロット	7ロット	2ロット
部品調達業者	(株)兵庫 KK					

人員計画	熟練工	4000円/時間	5人	5人	5人	5人
	新人	3000円/時間	2人	3人	3人	2人
	人員計画	1500円/時間	2人	3人	3人	2人

ステップ4, 5：予算書の作成（計画を決定し、図表18のスプレッドシートに予算書を作成する。その後、計画値をサーバーにアップロードする。これは、実際の生産に入ることを意味する。）

ステップ6：結果の取得（実需要に対して、工場の実績が計算されて、その結果がクライアント PC にダウンロード、確認される。すなわち、在庫量、不良率、欠品数、材料費、経費、労務費などが実績として出力される。なお、実需要の計算は、教卓 PC のモンテカルロ・シミュレーションにより行われる。）

ステップ7：生産計画の見直し（ステップ6の結果を受けて、次期の生産計画を立て直す。在庫量が多い場合は、生産を控えめにする。不良が多い場合には、人員配置や調達先を見直す）。各チーム（競合している各工場）の途中経過（4半期ごとの実績）が、図表19のように Web 画面で比較できるの

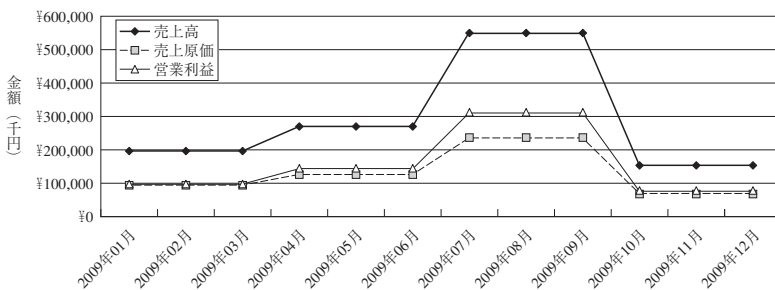
生産コスト・シミュレーションゲームの開発（長坂悦敬）

図表18 予算書とグラフ

予算書

当期計画（予算）

年/月	2009/01	2009/02	2009/03	2009/04	2009/05	2009/06	2009/07	2009/08	2009/09	2009/10	2009/11	2009/12	年計
生産台数	1000台	1000台	1000台	1400台	1400台	1400台	2800台	2800台	2800台	800台	800台	800台	18000台
売上台数	960台	960台	960台	1360台	1360台	1360台	2760台	2760台	2760台	760台	760台	760台	17520台
売上高	¥192,000	¥192,000	¥192,000	¥272,000	¥272,000	¥272,000	¥552,000	¥552,000	¥552,000	¥152,000	¥152,000	¥152,000	¥3,504,000
売上原価	¥93,254	¥93,254	¥93,254	¥127,704	¥127,704	¥127,704	¥240,061	¥240,061	¥240,061	¥70,623	¥70,623	¥70,623	¥1,594,927
粗利	¥98,746	¥98,746	¥98,746	¥144,296	¥144,296	¥144,296	¥311,939	¥311,939	¥311,939	¥81,377	¥81,377	¥81,377	¥1,909,073
粗利率	51.4%	51.4%	51.4%	53.1%	53.1%	53.1%	56.5%	56.5%	56.5%	53.5%	53.5%	53.5%	54.5%
販管費	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥300	¥3,600
営業利益	¥98,446	¥98,446	¥98,446	¥143,996	¥143,996	¥143,996	¥311,639	¥311,639	¥311,639	¥81,077	¥81,077	¥81,077	¥1,906,473



図表19 各チームの結果表示例

甲南大学 生産コストシミュレーションゲーム

課群: Test Project

総合レポート

実績結果も項目ごとに表示しています。数値の欄は計が下の欄が表示されます。

生産台数 (台)						
チーム名	1期	2期	3期	4期	合計	順位
t1	3120	2400	7005	2400	14925	1
t2	2640	2400	6960	2400	14400	6
t3	2520	2436	7200	2436	14592	4
t4	2460	2400	7440	2400	14700	3
t5	3312	2100	7368	2100	14880	2
t6	3200	1952	6800	2500	14452	5

売上台数 (台)						
チーム名	1期	2期	3期	4期	合計	順位
t1	2167	2466	7133	2466	14252	5
t2	2167	2466	7133	2466	14252	1
t3	2167	2466	7133	2466	14252	1

で、他チームの結果を見ながら、より安全で慎重な経営を続けるか、利益拡大に向けてリスクをとる経営を試みるか等の意思決定を行うことが可能である。四半期を終えて、利益が多いチーム（工場）が上位になる。

ステップ8：考察より健全な工場経営を実現するために、利益が確保できなかった原因を考察し（欠品が出た→機会損失大、在庫が多い→在庫管理コスト・廃棄ロス大、不良が多い→仕損費・クレーム費大、等）、需要予測および生産計画の見直し、調達先および調達量計画の変更、作業者配置や工場レイアウトの改善を検討する。

#### Ⅳ 生産コスト・シミュレーションゲームの実施例

生産コスト・シミュレーションゲームを用いた実験講義を10:00～16:00の集中講義形式で2回（受講者は各回で異なる）実施した。各回とも2～3名が1チームで、5チームを構成した。4半期ごとに在庫量，総費用，売上，営業利益を公表しながらゲームを進め，1回目では図表20のような最終結果になった。

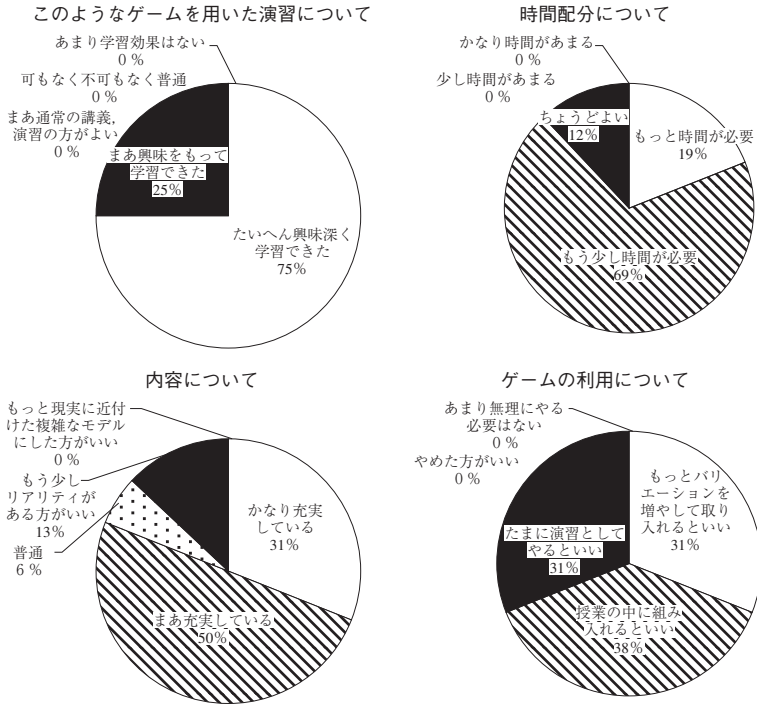
図表20 チーム対戦結果の例

GR	1gr	2gr	3gr	4gr	5gr
総費用	¥1,414,226,115	¥1,468,538,681	¥1,434,495,727	¥1,481,583,940	¥1,713,124,447
売上	¥3,100,400,000	¥3,100,800,000	¥3,100,800,000	¥3,083,600,000	¥3,100,800,000
営業利益	¥1,686,173,885	¥1,632,261,319	¥1,666,304,273	¥1,602,016,060	¥1,387,675,553
順位	1	3	2	4	5

2回にわたる実験授業でのアンケート結果（受講者16名）を図表21に示す。アンケートにおける自由意見欄に，下記のコメントがあった。

- ・実際に演習をすることで，知識が身に付くと思いますので，今回の授業は非常に興味深く勉強することが出来ました。
- ・生産コスト・シミュレーションゲームは，大変興味深く行うことができました。むしろ楽しかったです。そのため，時間が過ぎるのが早く感じたの

図表21 実験講義後のアンケート結果



かもしれません。最後の講義でも言わせて頂いたのですが、もっとバリエーションが増えると更に良くなると思われます。ゲームという名が学生の気を楽しませる最大の要因なのかもしれません。

- ・シミュレーションゲームを使った生産計画の体験は非常に面白かった。固定費と変動費の関係や在庫が出た時の考え方などが良く身に付いたと思う。人員配置を賃金と効率、不良率だけでなく、技術の伝承や雇用の問題も考慮するようにし、より長期間について行なうと影響が出るようにするとより面白いと思う。
- ・最初は難しく感じましたが、だんだん分かってきて楽しくできました。最

初は多くの在庫を抱えてしまいましたが、最終的には欠品も出さずに終わらせられて良かったです。こういうゲームは今後も取り入れていく方が学びやすいと思います。

- ・自分の理解力分析力が低いことを改めて思いました。
- ・ゲームをする前により楽しくなり、より分かるようになるために計算方法や考え方の説明の時間が欲しかった。考えすぎて疲れた。
- ・いろんな条件を考えながら纏めていく事の大切さが良く理解できました。
- ・授業で話しを聞くだけでなく、実際にゲームを用いたゲームをすることでより、理解することが出来たと思う。また、お互いに競い合う事で効率も良かった。計算の大切さを学べた。
- ・初めは全くわからなかったが、期が進むごとに、理解でき、どこをどういじったらよいかということがわかった。
- ・卓上で説明を受けるよりも実際経験する事により理解が深まってよかった。また、意見を競わせる事ができ、白熱し俄然やる気も出たことが良かった。
- ・もう少し時間があればもっと考えぬくことが出来たと思う。時間が短かったことが残念だ。
- ・実際に体験しながら楽しめるため、大変良い学習方法であると感じた。
- ・もうすこし時間をかけて調べながら演習を行なえたら、さらに詳しく分析ができたと思う。その方が、もっと面白く作業に取り組めたと思う。しかし、座学で行なう授業よりも遥かに理解できたので面白かった。
- ・計算する箇所が多すぎることで、どこがポイントなのかわからなくなった。しかし、楽しめながら学べる良い授業だった。

## V お わ り に

本研究では、原価計算教育ヘシミュレーションゲームの利用を実現した。すなわち、仮想現実（ヴァーチャル・リアリティ）を用いて工場設計を行う



生産コスト・シミュレーションゲームの開発（長坂悦敬）

ツールを利用しつつ、Web サーバーと Windows アプリケーション間のファイル転送から、複数のチームでの四半期ごとの実績を開示・比較しながら最終的に製造原価を最小化することを競い合うシミュレーションゲームを開発し、実際の授業に適用した。授業後のアンケート結果からは、このような教材を支持する意見が多数を占めた。

過去の売上実績から需要予測を行い、予定製造原価を見積もって生産計画を立案する、さらには、実績での差異分析から各期の生産計画を修正していく過程で工場経営を模擬体験でき、原価計算に関する各論を組み合わせる力を醸成できるものと期待できる。

今後、シミュレーションゲームのコンテンツを充実させていくことで、更に原価計算教育への貢献が図れるものと考ええる。

なお、本研究は、文部科学省平成19年度「現代的教育ニーズ取組支援プログラム（現代 GP）」の『実践的経営シミュレーション演習プログラム』、および、平成22年度科学研究費補助金基盤研究（B）（課題番号：2133011）の支援を受けたものであり、ここに感謝致します。

#### 参考文献

- DELMIA デジタル マニュファクチャリング&プロダクション, Dassault Systèmes, <http://www.3ds.com/jp/products/delmia/welcome/>, (2010)
- H. Shirai, M. Tanabu, T. Terano, Y. Kuno, H. Suzuki and K. Tsuda, “Game development toolkit for business people in Japan” jointly worked”, International Journal of Simulation and Gaming, Vol. 34, No. 3, (2003), pp. 437-446
- Newton 社, “TLT ソフト, 日商簿記 2・3 級”, <http://nba.newton-e-learning.com/>
- Richard C. Henshaw and James R. Jackson, “The executive game, and the finance game”, R. D. Irwin (Homewood, Ill), (1972)
- Richard Fortmüller, “Learning Through Business Games: Acquiring Competences Within Virtual Realities”, Simulation Gaming, vol. 40 no. 1, 2009, pp. 68-83
- 上埜進, 長坂悦敬, 杉山善浩, 椎葉淳, “学部・大学院の会計教育の現況：国際的視点からの分析”, 日本原価計算研究学会第32回全国大会, 明治大学, (2006)
- 宇尾欣久, 古園祐樹, 桑原知之, 村越英樹, “簿記検定試験のための添削指導システムの試作とその評価”, 日本 e-Learning 学会誌, Vol. 7, (2005-8), pp. 45-51

- 越山修, 鈴木久敏, 吉川厚, 寺野隆雄, “ビジネスゲーム開発プロセスの改善——フレームワークと評価方法の提案——”, シミュレーション&ゲーミング, Vol. 12 No. 2 (2009-12), pp. 145-156
- 伊藤嘉博, 『品質コストマネジメントシステムの構築と戦略的運用』, 日科技連出版社, (2005)
- 奥田崇博, 山口勇, 西嶋寛之, 伊藤誠, 松岡健二, “グループ経営を支えるシェアードソリューション——GEMPLANET ファミリー——”, 日立論文誌「日立評論」, (2010-9), pp. 46-50
- 加登豊, “日本の管理会計に関する研究と教育の現状と課題”, 原価計算研究, Vol. 21, No. 1, (1997), pp. 12-26
- 杉山善浩, “わが国の大学における会計教授法の現状と課題”, 甲南経営研究, (2006), pp. 53-77
- 白井宏明, 藤森洋志, 久野靖, 鈴木久敏, 寺野隆雄, 津田和彦, “WWW 環境を利用したビジネスゲーム開発ツール”, 教育システム情報学会誌 Vol. 17, No. 3, (2000), pp. 339-348
- 高松正明, “会計教育における Web Base Training の利用”, 明治学院大学産業経済研究所年報, 第18号, (2001), pp. 21-35
- 多田実, 大西正和, 平川理絵子, 長坂悦敬, 『Excel で学ぶ経営科学』, オーム社, (2003), p. 203
- 辻正重, “教育用経営シミュレータの開発”, 日本経営工学会誌 34(4), (1983), pp. 241-249
- 中村昌弘, 『生産エンジニアリングの「革新力」』, ジェイアイピーエムソリューション, (2010)
- 中村昌弘, “仮想空間上で効果を事前に検証し新たな改善のアプローチを可能にする生産準備支援ソフト GP4”, 工場管理, (2009-7), pp. 66-71
- 長坂悦敬, “原価計算教育における実態と IT 利用”, 甲南経営研究, 第47巻, 第3号 (2007.2), pp. 49-71
- 長坂悦敬, 上埜進, “IT を活用した管理会計・原価計算教育”, 日本会計研究学会第62年全国大会自由論題, 近畿大学, (2003)
- 長坂悦敬, 中村昌弘, “ビジネスプロセスマネジメントと IT——生産準備業務におけるヒューマンインターフェース技術の適用”, 日本情報経営学会2007春期全国大会予稿集, (2007)
- 彌島康朗, “経営シミュレーションの活用事例&キャリア教育へのアプローチ”, 平成17年度Eスクエア・エポリユーション成果発表会, 分科会 E1, (2006.3)
- 吉田文, 田口真奈, 中原淳編著, 『大学 e ラーニングの経営戦略——成功の条件』, 東京電機大学出版局, (2005)