

# 情報遅れが企業業績にいかに関与するかの影響を与えるのか？ —リソース配分と販売価格の意思決定に関する企業モデル分析— How do the information delays influence corporate performance? -Corporate model about decision-making of resource allocation & sales price-

佐藤安弘 (Yasuhiro SATOH)

同志社大学大学院 総合政策科学研究科 技術・革新的経営専攻 博士課程  
kbj1001@mail3.doshisha.ac.jp

## Abstract :

The model of the corporate management including the manufacturing sector, the sales sector, and the R&D sector is developed. This model is possible to analyze “growth potential”, “profitability”, “efficiency”, and “safety”. It becomes clear the information delays of managerial decisions brought a big difference for long-term performance of the company. When information recognition delays increased, we can save it by shortening resource adjustment periods such as productive capacity or the ability for sale, but it increases the corporate management risks with the plant and equipment investment not only to be difficult to shorten with the employment and the education. Therefore, that it shortens delay itself of the information recognition is demanded. It is effective to cancel a delay of the most sensitive information for achievements improvement selectively so that ICT investment a great deal of expense is necessary if they will shorten all delays. This paper shows clearly that the optimal value of information cognitive delays for maximizing simultaneously growth possibility, profitability, efficiency, and safety exists for every difference in a market circumstances.

キーワード：システムダイナミクス、経営、情報遅れ、成長性、収益性、効率性、安全性

**要旨：**製造業の基本要素である生産・販売・研究開発を内在し、企業業績を成長性・収益性・効率性・安全性の観点から評価可能な企業経営モデルを開発した。このモデルを活用して分析した結果、経営判断に関する情報の認知遅れが企業の中長期的業績に大きな影響を与えることが判った。生産能力や販売能力などのリソース調整期間を短縮することで救うことも出来るが、雇用と教育を伴うため短縮が困難だけでなく、設備投資を伴うため企業経営リスクを増大させる。従って、情報認知の遅れそのものを短くすることが求められるが、全ての遅れを短縮しようとする IT 投資など多大な費用が必要となるため、業績改善に最も感度の高い情報の遅れを選択的に解消することが効果的である。本稿では、成長性・収益性・効率性・安全性を同時に高めるような情報認知遅れの最適値が、市場環境の別に応じて存在することを示す。

## 1. はじめに

### 1.1 背景と問題意識

我が国の戦後の高度経済成長は製造業の躍進によって遂げてきたことは言うまでもない。その中でも電機産業は顕著な貢献をしてきた業種の一つである。総務省統計局が毎年実施している科学技術研究調査によると、2007年度における全製造業の総売上高約 446 兆円の中で電機産業<sup>2</sup>が約 91 兆円と 20%以上を占めており、1970年代の電機産業の総売上高は、オイルショック等の不況期を除いて、年 10%~25%程度の成長を遂げている。

しかし 2000 年代は、比較的景気の良かった 2005 年~2007 年でも年 5%程度の成長に留まっている。

<sup>1</sup> 昭和 47 年 (1972 年) から昭和 58 年 (1983 年) までは総理府統計局、昭和 59 年 (1984 年) から平成 11 年 (1999 年) までは総務省統計局、平成 12 年 (2000 年) から平成 20 年 (2008 年) までは総務省統計局が毎年調査し発表している (参考文献[1])。この項で用いた数値は、各年度の報告書の第 3 表から、「研究を行っている会社」について会社数、総売上高、営業利益高、研究関係従事者数、社内使用研究開発費を筆者が集計した。

<sup>2</sup> この論文における「電機産業」とは、前掲書[1]において、昭和 47 年度から平成 14 年度までは「電気機械工業」に分類されている業種であり、平成 15 年度以降は「電気機械器具工業」「情報通信機械器具工業」「電子部品・デバイス工業」に分類されている業種である。

また、売上高営業利益率の低下も顕著である。第一次オイルショック直前の1970年～1973年は7～8%程度であったが、1990年以降はバブル崩壊後とITバブル崩壊後を除いても3～4%程度しかない。

一方で、1970年代には売上高に占める研究開発費が3%台であったのに、1990年代以降は5～7%となっている。すなわち、研究開発投資は増加傾向にあるのに企業業績は低下傾向であるということである。この原因については、企業間取引形態の変化や製品アーキテクチャの変化など様々な観点での分析がなされており<sup>3</sup>、企業経営者もこれを承知しているにも関わらず、これらの変化に対して十分に組織を対応させることが出来ていない。企業が技術開発の成果を業績に結びつけるためには、社内外の様々な変化をタイムリーに捉え、情報として認知し・意思決定し・施策を実行するというプロセスを合理的に速やかに行うことが重要であると考えられる。施策を実行し意図した状態に達するまでの遅れが存在するのは当然のことながら、それだけではなく、自社の受注状況や生産状況・競合価格などの情報を意思決定者が認知するまでの情報遅れも存在する。このような経営判断の遅れは、人間が全ての情報を知り得ないし、知り得たとしても偏った情報を採用してしまうなど、人間が完全合理的な意思決定が出来ないために生ずる<sup>4</sup>。そのような中で意思決定者は入手した情報に基づいて、在庫や出荷量を考慮した生産能力調整や販売リソース調整を実行し、コスト削減状況や競合製品との機能性能差を考慮した研究開発のリソース配分を決定し、さらに各部門で働く従業員の動機付け策などを総合的に決定していかねばならない。これらを合理的な決定に近づけるためには、情報認知のスピードを速める必要があるが、そのためには教育やIT投資などのコストがかかるため、やみくもに情報入手手段を高度化することも困難である。また意思決定者が情報過多に陥れば意思決定を困難にするという側面もあるため、必要な情報を選択的に早く認知できるようにする必要はあるが、情報認知スピードの最適値を求めることは容易ではない。

## 1. 2 本論文の位置づけと目的

前項において述べた問題意識に基づいて、企業内部の構造に着目し、研究開発投資に見合った企業業績に回復させるための経営施策、技術者の視点で換言すれば、技術者の頑張りが社会への貢献という形で成果に結びつきモチベーションが高まるような経営施策の提言を行うことが筆者の思いである。また、製造業全体の技術者55万人の約36%にあたる20万人が所属している電機産業に着目することは社会的にも意義が大きいと考える。

この論文では、その第一歩として、企業内部の情報認知の遅れに着目し、企業を取り巻く外部環境の変化に対応して、どの種の情報認知遅れを解消することが効果的なのかを明らかにする。また、2008年に経営破綻したリーマン・ブラザーズ・ホールディングス(Lehman Brothers Holdings Inc.)のように、高成長・高収益な企業が突然破綻する例も見られるから、企業業績を売上高や利益率といった成長性と収益性の軸だけで論じるのではなく、資産回転率などの効率性や財務レバレッジなどの安全性を含めて多面的に企業業績を論じられるようにする。

生産・販売・開発の3部門に単純化した製造業の情報の流れをモデル化し、成長性・収益性・効率性・安全性の観点で企業業績をシミュレーション可能な企業経営モデルを構築する。さらにこのモデルを活用して、様々な経営判断に関する情報遅れの内どの種の情報遅れを短縮すれば最も効果的なのか、それは競合製品や材料調達などの外部環境の違いによってどう変わるのかについて明らかにする。

なお、本稿で用いるシステムダイナミクスのソフトウェアは、Vensim® Professional Version 5.9cである。

## 1. 3 先行研究

情報の遅れを伴う企業モデルの先行研究について調査した。

John D. Sterman<sup>5</sup>は、受注から出荷までの時間(納期)が顧客の購買意欲に唯一影響を与えるというシンプルなモデルで企業システムを記述した。経営判断の種類としては、①前期の売上高による販売人員数調整、②納期による生産設備稼働率の短期的調整、③納期による生産設備投資の長期的調整の3つを定義し、納期や売上高実績の認知遅れが企業の成長に大きな影響を与えることを示した。また、部分シミュレーション(Partial Simulation)によって、各セクターの意思決定者はそれぞれ合理的であるにも関わらず、企業全体のシミュレーションにおいては、それぞれのセクターの意思決定者の足並み(Phase)が揃わず、周期的に危機を迎えることを示した。このモデルはForrester<sup>6</sup>とMorecroft<sup>7</sup>を元にしたもので、Forresterによれば、意図的に合理的な方針がどのように相互作用を起こして失敗につながりえるかを示すため、あえて製品の市場は無限であるとしている。

<sup>3</sup> 例えば、参考文献[2]小川(2009),3-36 ページ等を参照。

<sup>4</sup> 参考文献[3] Paul Milgrom & John Roberts (1997), 138 ページを参照。

<sup>5</sup> 参考文献[4] John D. Sterman(2000), pp. 597-629.を参照。

<sup>6</sup> 参考文献[5] Jay W. Forrester(1968).を参照。

<sup>7</sup> 参考文献[6] John D.W. Morecroft(1982).を参照。

Bent E. Bakken<sup>8</sup>は、①自社製品の可変費単価・②競合製品の価格・③需給バランスによって販売価格を決定するモデルを構築した。この3つのパラメータを意思決定者が認知するまでの遅れによって、自社の利益を最大化する価格に収束するまでに多大な時間がかかることを示した。

この他にも1980年代のマサチューセッツ工科大学システムダイナミクスグループのD-memosに企業の意思決定モデルの先行研究がいくつかあるが<sup>9</sup>、製造業の基本構成である生産・販売・開発を内包し、かつ成長性・収益性・効率性・安全性の4つの観点で企業業績を多面的にシミュレーションした先行研究は無さそうである。

## 2. リソース配分と販売価格の意思決定に関する企業経営モデル構築（電機産業）

### 2. 1 モデル構築の考え方と条件

1.3項にて述べた有益な先行研究を十分に踏まえながら、現在の日本の電機産業に適用できるように独自のモデルを構築する。構築の考え方は、個別企業特殊的な要素を排除し、複雑な企業システムを出来るだけ単純化する。しかし、将来的には今回構築するモデルに企業特殊な構造を付加することで企業経営において実用的にも使えるものにしていくため、リソース配分と販売価格の意思決定に関する基本的な要素は論点が複雑化しない限り組み込むこととする。とりわけ電機産業においては、研究開発が事業の成否を握っていることから、研究開発部門の構造について新規にモデル開発を行う。モデルの条件と範囲は以下の通りとする。

- \* 1種類の製品を扱い、生産・販売・開発の3部門のみで構成される企業を想定する。
- \* 流通や商習慣の違いなど地理的条件は考慮しない。
- \* 存在する競合企業は1社である。
- \* 製品の機能性能(Q)と価格(コスト)(C)、納期(D)が同じウエイトで顧客の購買意欲に効く。
- \* Forrester<sup>10</sup>の考え方を踏襲し、マーケットは飽和しないこととする。

また、売上や利益だけでなく成長性・収益性・効率性・安全性の観点から財務全体で企業のパフォーマンスを観測するために、Kaoru Yamaguchi<sup>11</sup>が提案した会計システムダイナミクス(Accounting System Dynamics)を参考に、財務諸表も構築することとする。

### 2. 2 情報遅れのモデリング

本稿で取り扱う情報の遅れと影響を受けるアクションは表1のとおりである。

情報の認知遅れを考える場合には「誰が認知するのか」が重要であるが、企業の事情によって意思決定ルールが異なるため、本稿で扱う企業経営モデルにおいては「誰」を特定しない。ここでは、表の右端の「アクション結果のストック」を変更する権限のある意思決定者であるとだけ定義する。例えばモチベーションの場合、人的資源施策(処遇制度・目標管理制度など)の変更権限を持つ人が想定される。

表1 認知対象情報と情報・アクションの遅れ

情報名	認知の遅れ	認知済み情報ストック	アクション1の遅れ	アクション2の遅れ	アクション結果のストック
年間受注量	報告年間受注量調整時間	報告年間受注量	受注残調整時間 在庫調整時間	生産能力調整時間	生産能力
可変費単価	報告可変費単価調整時間	報告可変費単価	目標販売価格 (遅れなし)	販売価格調整時間	販売価格
競合価格	認知競合価格の調整時間	認知競合価格			
売上高	報告売上高調整時間	報告売上高	営業人員数調整時間	→	営業人員数
モチベーション(営業)	認知モチベーション調整時間	認知モチベーション(営業)	モチベーション(営業)調整時間	→	モチベーション(営業)
モチベーション(技術者)		認知モチベーション(技術者)	モチベーション(技術者)調整時間	→	モチベーション(技術者)

#### 2. 2. 1 認知情報①「年間受注量」

図1は「年間受注量」を意思決定者が認知し施策実行するまでの遅れの構造である。在庫や受注残を調整するために、「年間受注量」を認知して「生産要求」という意思決定をする1段目のアクションと、「生産要求」を受けて生産能力を調整する2段目のアクションの順に情報が流れていくこととなる。

<sup>8</sup> 参考文献[7] Bent E. Bakken(1988).を参照。

<sup>9</sup> 参考文献[8] Morecroft(1979), [9]Forrester(1980), [10]Morecroft(1980)は、前掲書[7]のベースとなる先行研究である。他に、[11]Cleary & Morecroft(1984)が設備投資と減価償却を考慮してキャッシュフローを計算する試みをした他、[12]Graham(1986)は中間組立品の在庫を含む複雑な製造工程における在庫調整をモデル化した。

<sup>10</sup> 前掲書[5]を参照。

<sup>11</sup> 参考文献[13]Kaoru Yamaguchi(2003)を参照。

日常的に伝えられる受注の増減が、一時的なものか継続的傾向なのかを判断しながら1ヶ月程度かけて「年間受注量」として確信を得ていくと仮定し、調整時間 0.1(Year)の一次スージングによって遅れを設定した。

「年間受注量」を認知すれば「最適受注残」と「最適在庫」は瞬時に計算されるが、実際の調整行為である「受注残調整」と「在庫調整」は目標値への追従をあまり速く行くとリソースの増減が激しく振動するなどして、企業経営にとってはリスクをはらむため、一般的にある程度の期間をかけて目標値に到達するように運営するのが普通である。

本稿では受注残を調整時間を 0.5(Year)の一次スージングで調整していくこととした。短期的な売上上昇につられて急激に在庫を増やすと過剰在庫の危険をはらむため、在庫調整は受注残調整よりも長い調整時間 1.0(Year)の一次スージングで調整していくこととした。

「生産要求」は、要求される最適な生産量のこと、で、「報告年間受注量」に「受注残調整」を加算し「在庫調整」を減算することで求めた。「在庫」のインフローである「生産」は、生産能力が十分にある場合には「生産要求」と同値をとり、「生産能力」の方が「生産要求」より少ない場合には「生産能力」と同値をとることとした。

生産能力の調整は設備投資を伴うため数年に渉って償却費が発生する性質があることから、さらに慎重に調整を行うのが普通であり、ここでは調整期間 2.0(Year)の一次スージングで調整していくこととした。

### 2.2.2 認知情報②「可変費単価」および、認知情報③「競合価格」

図2に示すように、「可変費単価」と「競合価格」を価格決定者が認知し、自社製品の価格を決定する構造になっている。

「可変費単価」は、企業で一般的には変動費単価とも呼ばれることもある費用であり、材料使用量や部品点数を削減するような研究開発努力による影響や、材料を購入する市場の相場変動の影響を受ける。電機産業が扱うような製品の場合には原材料や購入部品の点数が多く、また必ずしも歩留まりや廃棄コストが一定でないため、意思決定者は情報を集めながら徐々に推定精度を高めていくことから、この遅れも一次スージングで定義し、調整期間 0.2(Year)と設定した。

「競合価格」の認知に関しては意思決定者に情報が届いたならば瞬時に認識を変えざるを得ない性質があるから固定的遅れ(Delay Fixed)を用いる。一般的に競合製品の価格調査は社内の数値収集に比べて困難と想定し、他の社内数値の認知遅れに比べて長めの設定とし、調整期間を 0.4(Year)と仮定した。「競合価格」の初期値は 10000(\$)で、「競合価格低下周期」と「競合価格低下額」に従ってステップ的に低下する。「競合価格低下周期」は 5.0(Year)、「競合価格低下額」は、0(\$)とし、競合価格は 10000(\$)で一定という状況を標準状態とした。後述の分析シナリオでは、これらの値を変えることで市場環境の変化を表現していく。

販売価格の調整は、商談中の案件など瞬時に価格改定が難しい受注が当面残るため、平均価格は1ヶ月程度で

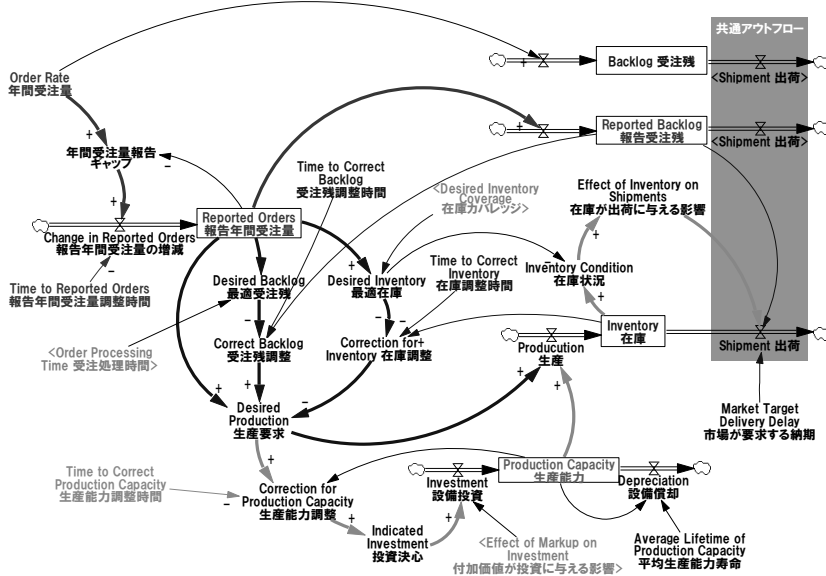


図1 「年間受注量」の認知と施策実行の流れ

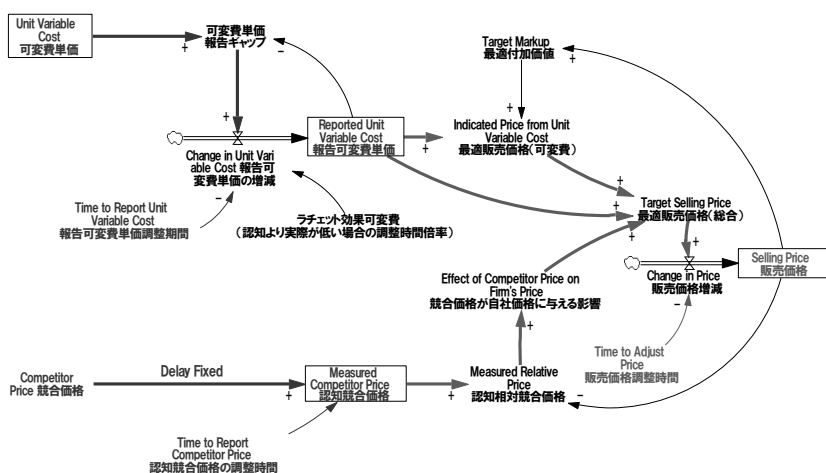


図2 「可変費単価」「競合価格」の認知と施策実行の流れ

目標価格に到達すると仮定し、調整期間 0.1(Year)の一次スムージングで遅れを定義した。

### 2. 2. 3 認知情報④「売上高」

図3は、人事部門などの採用権をもつ意思決定者が、「売上高」を認知し販売予算（営業部門に投じる費用）を計算し、「営業人員数目標値」を決定した上で、実際に「営業人員数」を調整するモデルである。年間売上高が確定するのは1年に1回だが、そのタイミングに至るまでも意思決定者は、月次売上報告や四半期報告または受注数量や販売価格の情報を元に徐々に推測を真値に近づけていけるので一次スムージングで定義し、平均して2ヶ月足らずで正確な売上高を推定していくと想定して、調整期間を 0.15(Year)とした。営業人員数については、雇用と教育を伴うので短期に調整することは難しい。従ってこの施策の遅れは調整期間 3.0(Year)の一次スムージングで定義した。

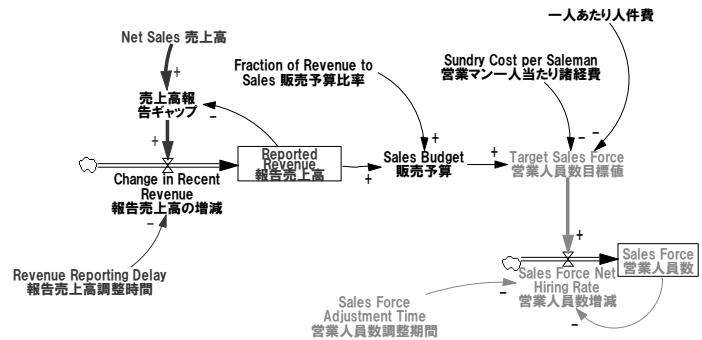


図3 「売上高」の認知と施策実行の流れ

### 2. 2. 4 認知情報⑤「モチベーション（営業）」および、認知情報⑥「モチベーション（技術者）」

図4と図5は営業マンと技術者のモチベーションの変動を意思決定者が認知し、何らかの人的資源施策を実行するモデルである。組織内の平均モチベーションは可視的なもので無く、徐々に認知を深めていく性質があるため、認知モチベーションは調整時間 0.5(Year)の一次スムージングで定義し、認知した情報に基づいて人的資源施策を実行しても徐々に効いていく性質があるため、動機付けは調整時間 2.0(Year)の一次スムージングで定義した。

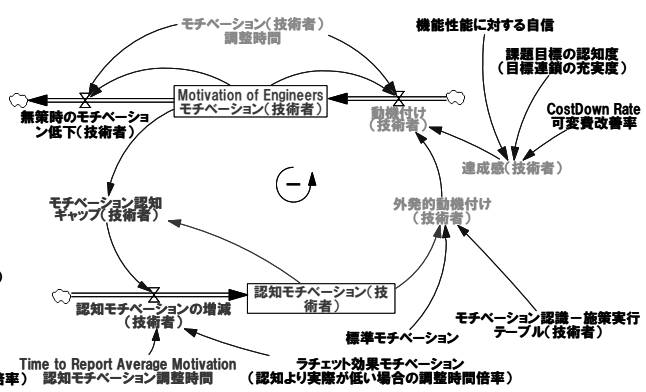
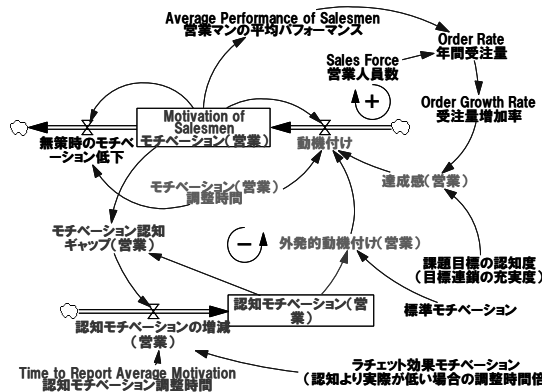


図4 「モチベーション（営業）」の認知と施策実行の流れ

図5 「モチベーション（技術者）」の認知と施策実行の流れ

## 2. 3 各セクターのモデリング

前項での情報遅れの構造を含む企業モデルを構築していく。①生産（在庫調整・生産能力調整）セクター・②営業（販売）セクター・③研究開発セクター・④価格決定セクター・⑤財務セクターの5つのセクターに分けてモデルを構築した。以下、各セクターの構造について述べる。

### 2. 3. 1 生産セクター

生産セクターは2.2.1項の図1をそのまま適用し、他のセクターと接続していくこととする。

### 2. 3. 2 営業（販売）セクター

図6は、営業（販売）セクターである。営業（販売）セクターには6個のストックが存在し、3つの主要な因果ループを持つ構造である。2.2.1項で述べた年間受注量の認知や、2.2.3項で述べた営業人員数調整もこのセクターに含まれる（ループS2）。ループS3は、2.2.4項で述べた営業マンのモチベーションと接続される。

ループS1は、受注増加により長納期となり顧客の購買意欲を低下させ受注が減少するバランスループである。

「年間受注量」は、顧客の購買意欲を表す「販売効果」と営業マンの平均パフォーマンスと営業人員数の積によって決定する。

「出荷」は、「受注残」を「市場が要求する納期」で除した値とすれば、顧客の希望納期が満たされ続けることとなるが、在庫が少なくなれば出荷を減らさざるを得ないから、「在庫が出荷に与える影響」という変数を用いて、在庫が目標在庫よりも少なくなるほど出荷が抑制される構造とした。

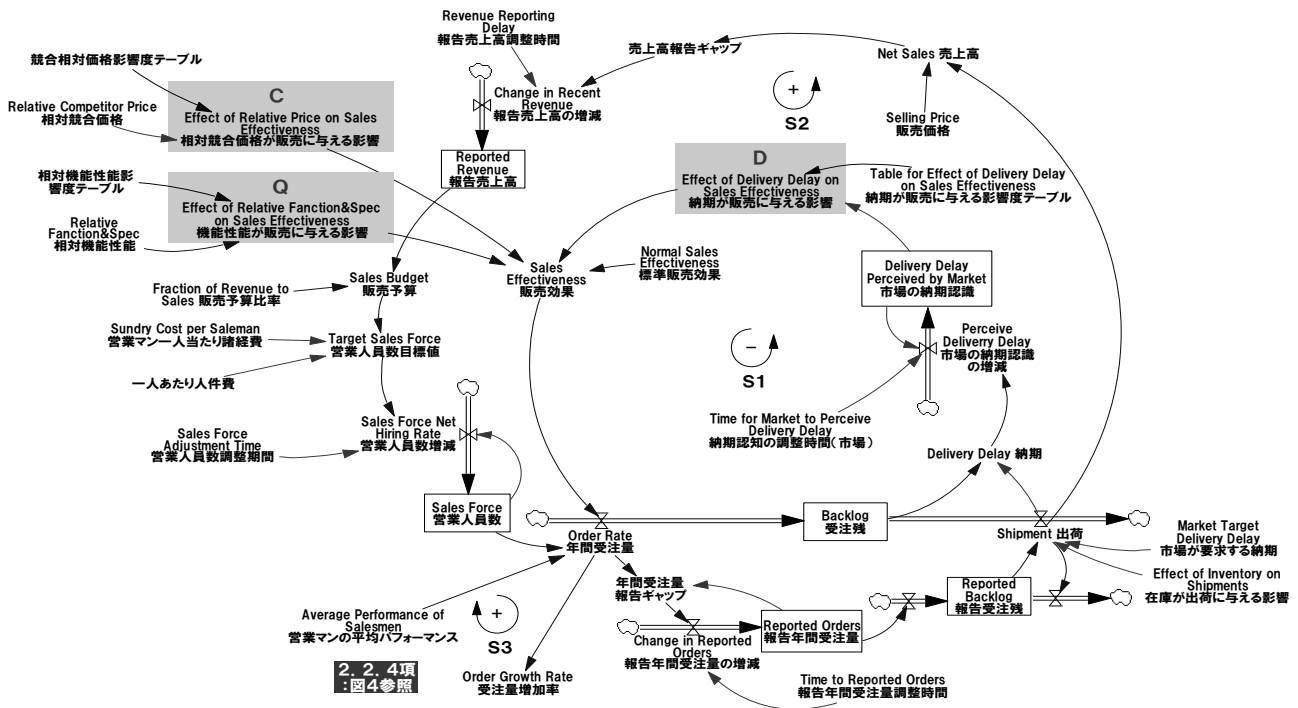


図6 営業（販売）セクター

図7は実際の在庫を最適在庫で除した値を横軸とした場合の「在庫が出荷量に与える影響」のルックアップテーブルである。最適在庫の4割の在庫があれば顧客要求納期を遵守して出荷し、4割を下回ると出荷を抑制し始め、在庫がゼロになった時点で出荷を止めてしまう設定とした。「市場の納期認識」は自社製品の納期を顧客がどう認識しているかを示す変数であり、実際の「納期」の変化に対して、調整時間 0.05(Year)の一次スムージングで顧客が認識していく構造とした。

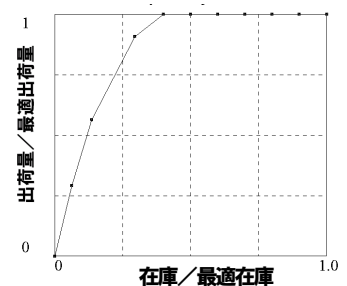


図7 在庫が出荷量に与える影響

### 2. 3. 3 研究開発セクター

研究開発セクターには図8に示すようにストックが4つ存在する。

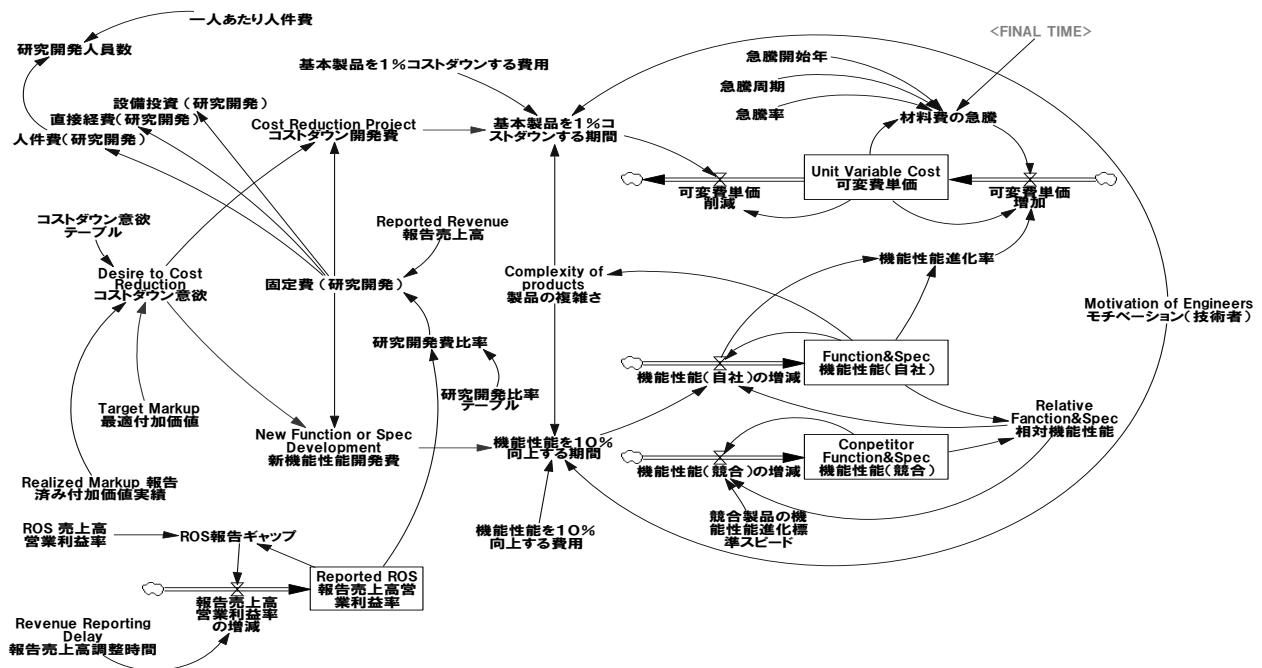


図8 研究開発セクター

まず、研究開発のインプットとして「固定費（研究開発）」を決めなければならないが、一般的に企業は売上高に占める比率で決定していることが多い。しかし、景気の変動などで十分な営業利益が得られない場合には最も削減されやすい費用でもある。そこで、営業利益の認知遅れをストックとフローによって構成し、「報告売上高営業利益率」というストックを設けた。営業利益は売上高と同様に損益計算書の勘定項目であるため、売上高の認知構造と全く同様とし、調整時間も「報告売上高調整期間」を用いることとした。

「可変費単価」は、製品 1 台あたりの材料費である。インフローの「可変費単価増加」は、製品の機能性能の進化率と同様の率で可変費単価を増加させ、また原材料相場の高騰によっても増加させる構造としている。原材料相場の高騰については、「急騰開始年」「急騰周期」「急騰率」を設定できるようにしており、「急騰率」は現在の可変費単価の何%をインフローに流し込むかを表す。これらは定数であり、それぞれ 2.5(Year)、5.0(Year)、0(Dimensionless)とし、急騰が全くない状況を標準値とした。後述の分析シナリオの中でこれらの値を変えて市場環境変化を表現していくこととなる。アウトフローの「可変費単価削減」は、コストダウン開発テーマへ投入する開発費と製品の複雑さおよび技術者のモチベーションによってコストダウンのスピード(1%コストダウンする期間)を決め、これを調整期間として可変費単価が減少していく構造である。

「機能性能（自社）」は自社製品の機能性能を示すストックであり、顧客の購買意欲を決定する変数の一つである。可変費単価の削減の場合と同様の構造であり、新機能性能開発に投じた金額と製品の複雑さおよび技術者のモチベーションによって開発スピード（機能性能を 10%向上させる期間）を決める。ただし、競合製品に比べて自社の製品が勝っている場合には、競合製品を参考に出来ないことから開発スピードが低下することを考慮して、求めた開発スピードに競合製品との相対的な機能性能を乗じて最終的な調整期間として機能性能が向上していく構造である。

「機能性能（競合）」は競合製品の機能性能を示すストックである。単純化のために基本的な進化のスピードは一定としたが、自社と競合との相対的な機能性能によって、開発スピードが変化する構造は「機能性能（自社）」と同様の構造とした。

### 2. 3. 4 価格決定セクター

価格決定のモデルは、2.2.2 項の図 2 をそのまま適用する。自社製品の可変費単価に基づいて最適な付加価値が確保できる価格を設定しようとするループと、競合製品の価格の認知に基づいて価格決定をしようとするループが存在する最も基本的な価格決定モデルである。競合製品の価格が低下すると自社製品の価格を引き下げなければならないが、自社の付加価値を圧迫することになるが、この際には研究開発セクターのコストダウン意欲を高める構造とした。

### 2. 3. 5 財務セクター

図 9 は財務セクターである。売上高や営業利益だけでは企業の効率性や安全性を論じることは出来ないため、Kaoru Yamaguchi<sup>12</sup>が提案した会計システムダイナミクスを参考に構築した。全体構成は貸借対照表の形態をベースにしているが、右端の円で囲った変数は損益計算書の要素となっており、左端においてはキャッシュフローも計算するように構成している。このセクターに含まれる変数を用いて、流動比率・当座比率・自己資本比率・財務レバレッジといった安全性に関わる指標や、固定資産回転率・売上債権回転率（日数）・棚卸資産回転率（日数）といった効率性に関わる指標も瞬時に把握できる。

財務セクターには 9 つのストックが存在する。このセクターは貸借対照表の形態をベースとしているため、財務会計の定義から、図の左半分（資産の部）のストックの合計と図の右半分（負債の部・純資産の部）のストックの合計が同額になる特徴がある。つまり、図の左半分でインフローとなっているものは、図の右半分でもインフローとなっていなければならない。

「売上債権」は企業が販売する財貨やサービスの販売代金の未回収分である。一般に口約束だけの場合には売掛金として取り扱われ、相手から手形を受け取った場合には受取手形として計上されるが<sup>13</sup>、ここでは、これらを合計した値のみをストックとして表現する。インフローは製品を販売して売上を計上すると売上債権が増加する構造となっており、純資産の部における「繰越剰余金」のストックのインフローと共通になっている。アウトフローは一定の期間（売上債権回収期間）の後に現金を回収して「売上債権」が減少する構造となっている。

「現金・預金」は企業が保有しているキャッシュである。このストックの増減がキャッシュフローと呼ばれる指標となる。インフローは、前述の「売上債権」のアウトフローを接続して売上債権を回収した額が流入するこ

<sup>12</sup> 前掲書[13]を参照。

<sup>13</sup> 参考文献[14] 桜井(2007),44-45 ページを参照。

となり、また、「営業外収益」、「株式発行」によっても増加することとなる。「売上債権回収」のフローは「売上債権」を減少させ「現金・預金」を増加させるので、資産の部全体としては増減しないから、図の右半分には対応するフローは存在しない。アウトフローには、まず企業の総資産から直接キャッシュアウトする「出金」が存在する。このフローは、営業や研究開発における人件費や経費等の他、買掛金の支払、借入金の返済、営業外費用、税金、株主への配当も含まれ、それぞれ図の右半分の複数のアウトフローと対応している。次に、「設備投資（研究開発）」と「設備投資（生産）」のアウトフローはキャッシュが設備に姿を変えて保有する資産となるため、それぞれ「設備額（研究開発）」「設備額（生産）」のインフローとするだけで、資産全体の増減は発生しないので、図の右半分には対応するフローがない。また、「人件費（製造）」もキャッシュアウトして在庫に姿を変えて保有するため同様である。

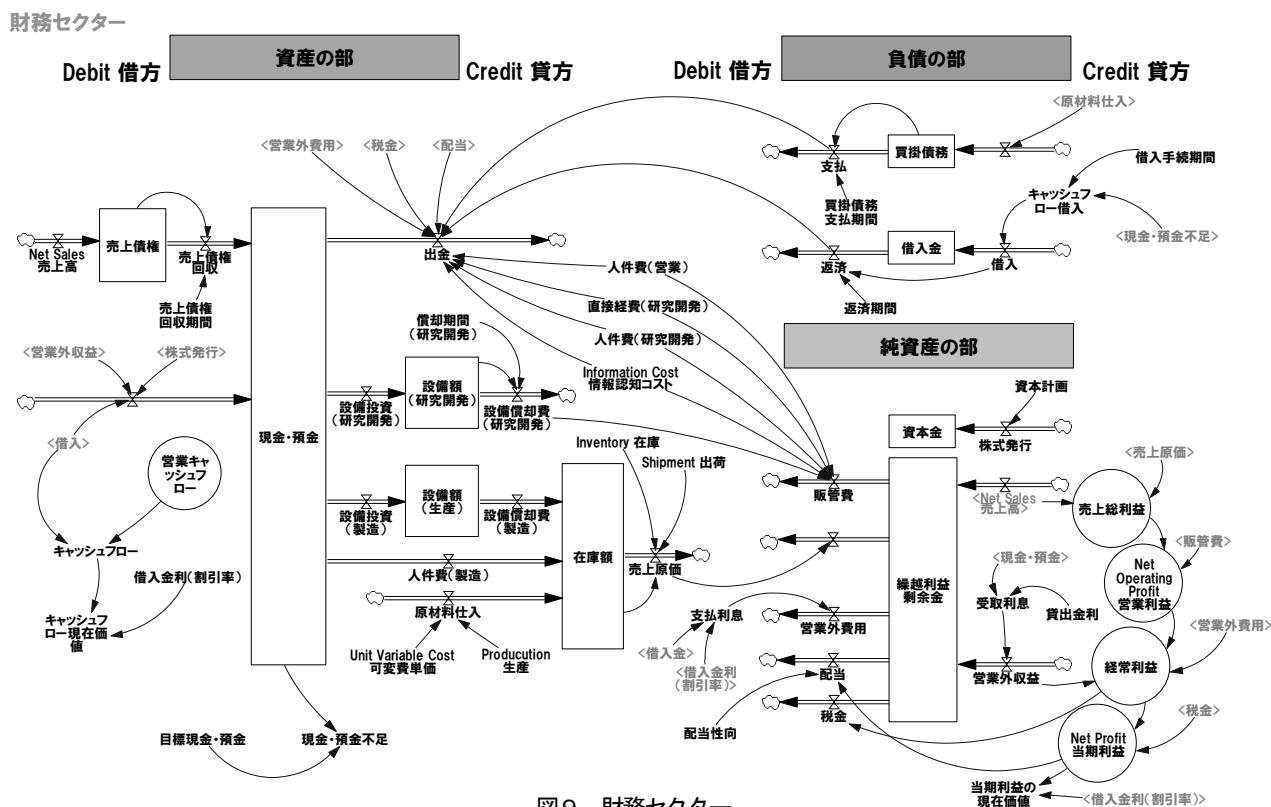


図9 財務セクター

「設備額（研究開発）」は研究開発用の設備資産である。設備投資によって増加し、一定の償却期間を経て、アウトフロー「設備償却（研究開発）」の分だけ減少する。図の右半分においては「販管費」の一部として「繰越剰余金」を減少させる。

「設備額（生産）」も同様である。ただし、アウトフロー「設備償却費（製造）」は、商品を販売して売上が計上されるまでは在庫として資産に残ることが一般的である。

「在庫額」は製品在庫資産である。インフローが3つあり、「設備償却費（製造）」と「人件費（製造）」および「原材料仕入」によって増加する。アウトフローは売上を計上した時の「売上原価」の分だけ在庫額が減少する。「売上原価」は、現在の在庫額を在庫数量で除した額を製品1台あたりの原価とし、これに出荷量を乗じて求めている。

「買掛債務」は、商品や原材料を仕入れに際して手形を渡したことによる手形の債務と、代金を後日支払うことを約束して商品や原材料を仕入れたことによる買掛金があるが<sup>14</sup>、このモデルではその区別は意味を持たないから買掛債務として合算したストックをモデル上に表現しておく。原材料を仕入れても一般的にすぐにはキャッシュを支払わないため、仕入れた分だけ増加するインフローを有し、一定の買掛金支払期間を経てキャッシュを支払うことでストックが減少する。

「借入金」は、借り入れると増加し、返済すると減少するという単純な構造である。図の左半分における「現金・預金」を一定の水準に保つように借入額を決める構造とした。

<sup>14</sup> 前掲書[14]の53ページを参照。



「資本金」は株主から預かった資金である。「株式発行」によって増加する。

「繰越利益剰余金」は、過年度からの繰越利益と当期に達成した当期純利益の合計額であり、企業が損益計算書上で利益を上げ税金を支払ってもなお残る内部留保の累計額である。従って、インフローは「売上高」と「営業外収益」が存在し、アウトフローには「売上原価」、「販管費」、「営業外費用」、「税金」、「配当」が存在する構造となる。

### 2.4 企業の業績評価

この項では、財務上の成長性・収益性・効率性・安全性を定義し、Vensim の Policy Optimization 機能を用いて、認知遅れ時間の最適値を求められるように、業績評価の構造を構築する。

図 10 では、成長性・収益性・効率性・安全性のそれぞれについて目標値を設定し、その達成度をそれぞれ求めた上で、どの指標を経営として重視するのかウエイトを設定し、総合指標を求める。

成長性は、売上成長率や営業利益成長率などで見るのが一般的であり、この論文においては売上成長率で評価することとする。売上成長率は年率 20%の成長を目標値とし、「目標値：売上成長率」を 0.2 とした。

収益性は資本利益率で分析するのが一般的であり<sup>15</sup>、この論文では自己資本当期利益率 (ROE) で評価することとする。自己資本当期利益率 (ROE) は 20%を目標値とし、「目標値：ROE」を 0.2 とした。

効率性は、総資産回転率、固定資産回転率、棚卸資産回転率、売上債権回転率など目的に応じて指標を使い分けるのが一般的だが、この論文では企業全体のパフォーマンスを表す総資産回転率を見ることとし、「目標値：総資産回転率」は 2.0 とした。

安全性は、財務レバレッジ、自己資本比率、流動比率、当座比率などで見るのが一般的であり、この論文では、比較的長期的な安全性を重視し、財務レバレッジで評価することとし、「目標値：財務レバレッジ」は 2.0 とした。

総合指標は、本論文におけるシミュレーションで目的変数とする変数である。式 1 に示すように、それぞれの指標にそれぞれの重視度を乗じたものを加算したものである。また、各指標の重視度は式 1 に示すように全て 1 である。次節以降では、このモデルを活用して分析を進めていくこととする。

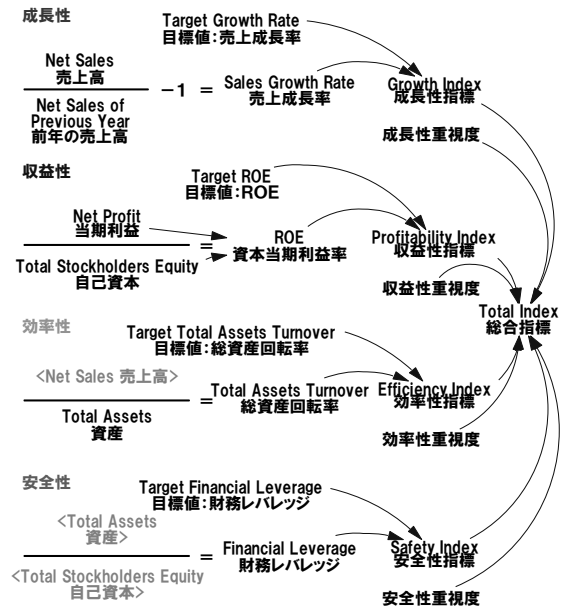


図 10 業績指標測定サブモデル

$$\text{総合指標 } I_T = I_G W_G + I_P W_P + I_E W_E + I_S W_S \quad (\text{式 1})$$

但し、

$$\text{成長性指標 } I_G = \frac{\text{売上成長率}}{\text{目標値：売上成長率}}$$

$$\text{収益性指標 } I_P = \frac{\text{ROE資本当期利益率}}{\text{目標値：ROE}}$$

$$\text{効率性指標 } I_E = \frac{\text{総資産回転率}}{\text{目標値：総資産回転率}}$$

$$\text{安全性指標 } I_S = \frac{\text{目標値：財務レバレッジ}}{\text{財務レバレッジ}}$$

$$\text{成長性重視度 } W_G = \text{収益性重視度 } W_P = \text{効率性重視度 } W_E = \text{安全性重視度 } W_S = 1$$

<sup>15</sup> 前掲書[14]の 141 ページを参照。

### 3. 分析：企業の外部環境変化の違いによってマネジメントをどう変えるか？

#### 3.1 分析シナリオ

電機産業が取り扱っている製品構成や市場は多様であり、全てのケースで同じマネジメントが通用するとは考えにくい。例えば金属材料の急激な高騰という状況においても、金属使用量の少ない製品の場合にはインパクトが少ないが、リレーやコネクタのような材料費に占める金属材料費の比率が高い製品ではインパクトが大きい。従って、外部環境の変化に伴う可変費単価の急激な上昇がある場合と無い場合との認知遅れ時間の最適値を比較することは非常に興味深い。また、家電のように価格競争の激しい製品と、産業用機器のように価格にあまり変動の無い製品との比較も同様に興味深い。今回のシミュレーションの条件は以下の通りである。

- ① 販売価格の初期値は自社製品も競合製品も 10000(\$)
- ② 可変費単価は製品の機能性能に比例して上昇（但しコストダウン開発で削減可能）
- ③ 原材料の高騰は、高騰時の可変費単価に高騰率(%)を乗じて可変費単価を増加させる。
- ④ 市場が要求する標準納期は2ヶ月とする。
- ⑤ 初年度は売上高ゼロ、自社製品と競合製品と機能性能は当初等しいとする。

原材料の高騰の有無、および競合製品価格の急激な低下の有無の2つを軸に、以下の4つのケースで分析する。

ケース1：30年間に涉り原材料の高騰は無く、競合製品単価も10000(\$)で一定の場合。

ケース2：原材料の高騰は無いが、当初10000(\$)だった競合製品価格が5年目を最初に5年周期でステップ的に500(\$)ずつ低下する場合。

ケース3：原材料価格が2.5年目を最初に5年周期でステップ的に20%高騰するが、競合製品価格は10000(\$)で一定の場合。

ケース4：原材料価格が2.5年目を最初に5年周期でステップ的に20%高騰し、当初10000(\$)だった競合製品価格が5年目を最初に5年周期でステップ的に500(\$)ずつ低下する場合。

#### 3.2 ケース1：原材料価格も競合製品価格も安定した製品の場合

最初のケースでは、競合価格が全く変化せず、原材料費の高騰によるインパクトも全く受けないケースを考える。参入企業が少ないニッチ市場のような価格低下しにくいケースや、コモディティ化した調達部品のみで構成される製品市場のように原材料費（可変費単価）の安定したケースが想定される。モデル構築の際に設定した5つの認知遅れ時間の標準値は図11の各変数の左側のバーであり、この条件を“Case1\_norm”と名付ける。

2.4項でモデル化した「総合指標」を目的変数として、Vensim®のPolicy Optimization機能を用いて、目的変数を最大化する5つの認知遅れ時間の条件を求めた。この条件を“Case1\_best”と呼ぶ。Case1\_bestにおける認知遅れ時間は図11の各変数の右側のバーである。

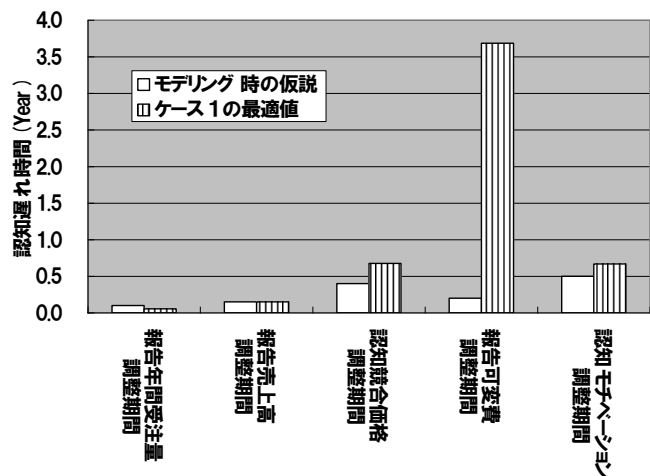


図11 認知遅れ時間：モデリング仮説とケース1最適値との比較

「報告売上高調整期間」はモデル構築時の設定とほぼ一致しており、企業における筆者の経験と一致する。「報告年間受注量調整期間」は理想的には仮説よりも早く認知すべきことが判る。「認知競合価格調整時間」と「報告可変費単価調整時間」は、当初の仮説に比べて大きな認知遅れがあっても良いという結果となった。この原因は、競合価格の変動が無く、原材料費の高騰も無いと想定しているため、結果的にタイムリーな情報認知の必要はなく、情報認知コスト削減のために認知スピードを下げるべき結果となったと推測される。

次に、成長性・収益性・効率性・安全性の各指標について、Case1\_normとCase1\_bestの2つの条件下でのふるまいを図12に示す。期間後半には全ての指標で初期値よりも改善していて、こうした外部環境の安定した市場においては、普通では考えられない成長性・収益性・効率性を得られることがわかる。安全性については期間前半には悪化するものの、当座比率は一般的に安全といわれる1.0を超えており、流動比率も一般的に安全と言われる2.0を超えていて問題はないレベルである。財務レバレッジも前半にワーストピークが見られるが危険な水準ではなく、また期間後半においては改善しており、一時的な安全性悪化を耐え抜けば長期的に見れば安全に成長できることを示している。こういうシミュレーション結果を示すことが出れば、一時的な安全性の低下を

危惧する投資家がいたとしても、継続投資を促す有効な説得材料になると考えられ、本論文に示すような手法を企業経営においても活用出来るようにすることは意義深いと考える。

ケース 1 における分析の問題点としては、このような安定した外部環境というのは、参入企業の少ないニッチな市場や市場成長率が低い飽和した市場であると思われる。こうしたケースに対応させるためには、市場が飽和する条件を追加する必要がある。競合企業も同様に市場の飽和にさらされるため、競合製品の機能進化を単純化した今回のモデルでは表現が難しい。ケース 1 のような市場に対応するためには、Vensim の subscript control 機能を用いるなどした高度なモデルへと発展させることで、このモデルの適用範囲を拡大させる必要がある。

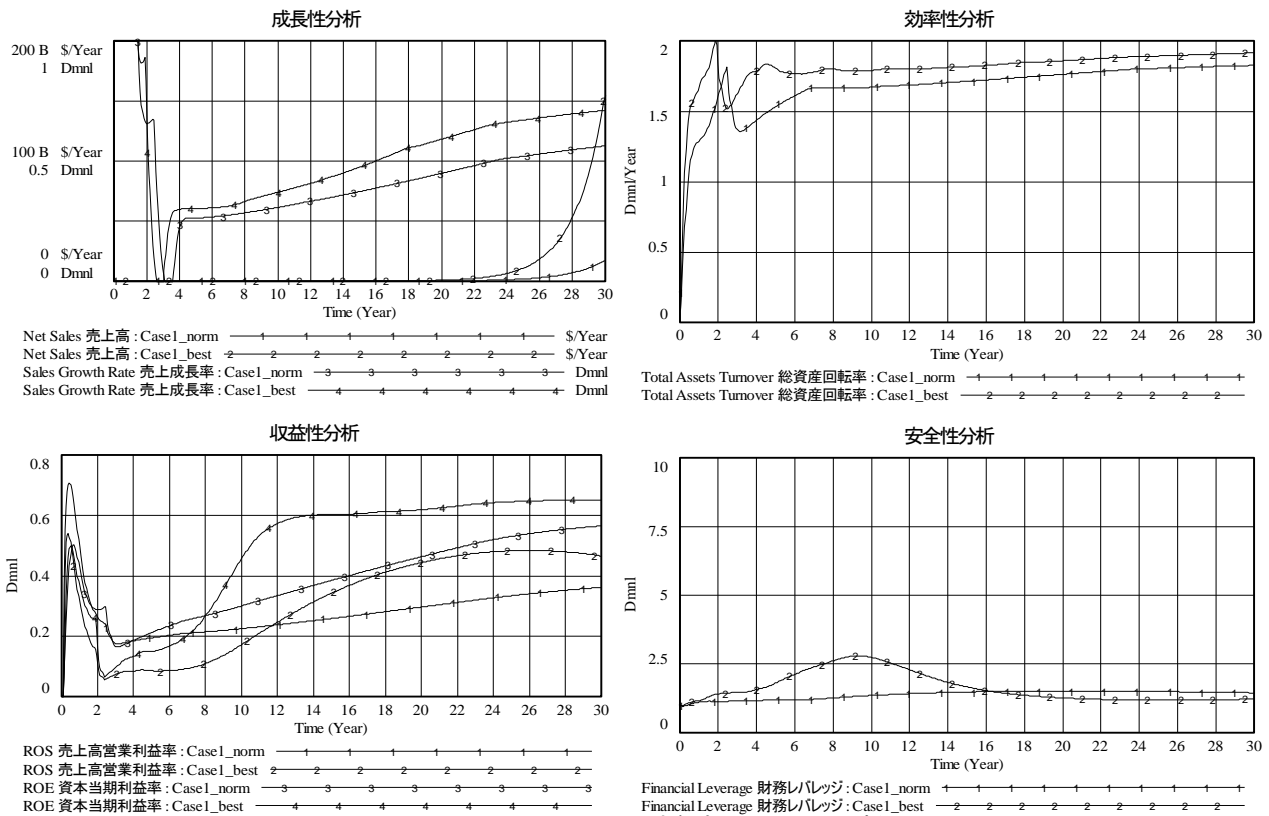


図 12 ケース 1 における財務パフォーマンス分析

### 3. 3 ケース 2: 競合製品の価格が急激に低下する場合

ケース 2 においては、ケース 1 の最適値にてマネジメントを行う企業が、原材料費の高騰は無いが、競合製品の急激な価格低下にさらされた場合を検討する。ここでは、当初 10000(\$/Unit)だった競合製品の価格が、5 年目から 5 年周期で 500(\$/Unit)ずつステップ的に下落するという設定とし、この時の条件を「Case2\_case1param」と名付ける。

ケース 1 と同様に、2.4 項でモデル化した「総合指標」を目的変数として、Vensim®の Policy Optimization 機能を用いて、目的変数を最大化する 5 つの認知遅れ時間の条件(Case2\_best)を求めた。

図 13 はケース 1 における最適値(Case1\_best)とケース 2 における最適値(Case2\_best)との認知遅れ時間の比較である。Case1\_best では「認知競合価格の調整時間」が 8 ヶ月程度だったが、ケース 2 においては半年以内に短縮すべき結果となり、競合価格が変動する市場においてはこの情報の重要性が高まったことが判る。コストリーダーシップ戦略をとるような競合メーカーが存在する市場では、競合価格情報をいち早く知ることが重要と言える。

また、原材料費の高騰が無い環境にも関わらず、「報告可変費単価調整時間」もケース 1 の値よりも若干速い認

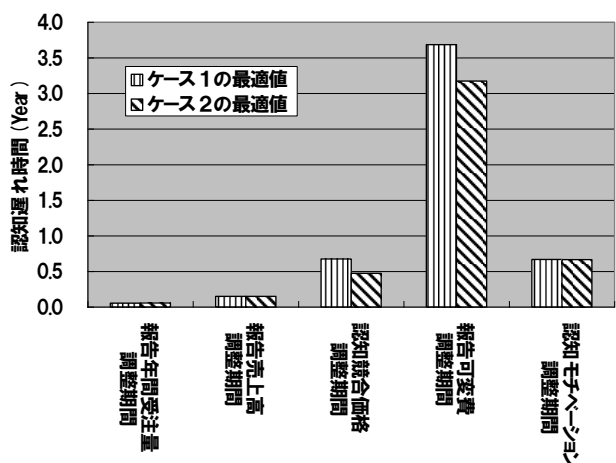


図 13 認知遅れ時間：ケース 1 とケース 2 最適値との比較

知スピードを要求されている。これは競合価格が激しく変動する環境にあつて、自社の販売価格を決定するためには、自社の可変費を正しく認識して適正付加価値を得るための施策を速く実施する必要があるためと思われる。この論文におけるモデルでは、自社製品の販売価格との可変費との差額を付加価値実績として捉え、競合価格の低下に応じて販売価格を引き下げた時に適正付加価値が得られない場合には、研究開発セクターに対してコストダウン開発を促す構造となっており、可変費単価を素早く掴みコストダウンを加速することが重要と言える。

このことから、急激に変化する情報の重要度が高まることに加えて、その情報に基づいて実行する施策決定（この場合は販売価格決定）に関連する他の情報も同時に重要度が高まること判った。

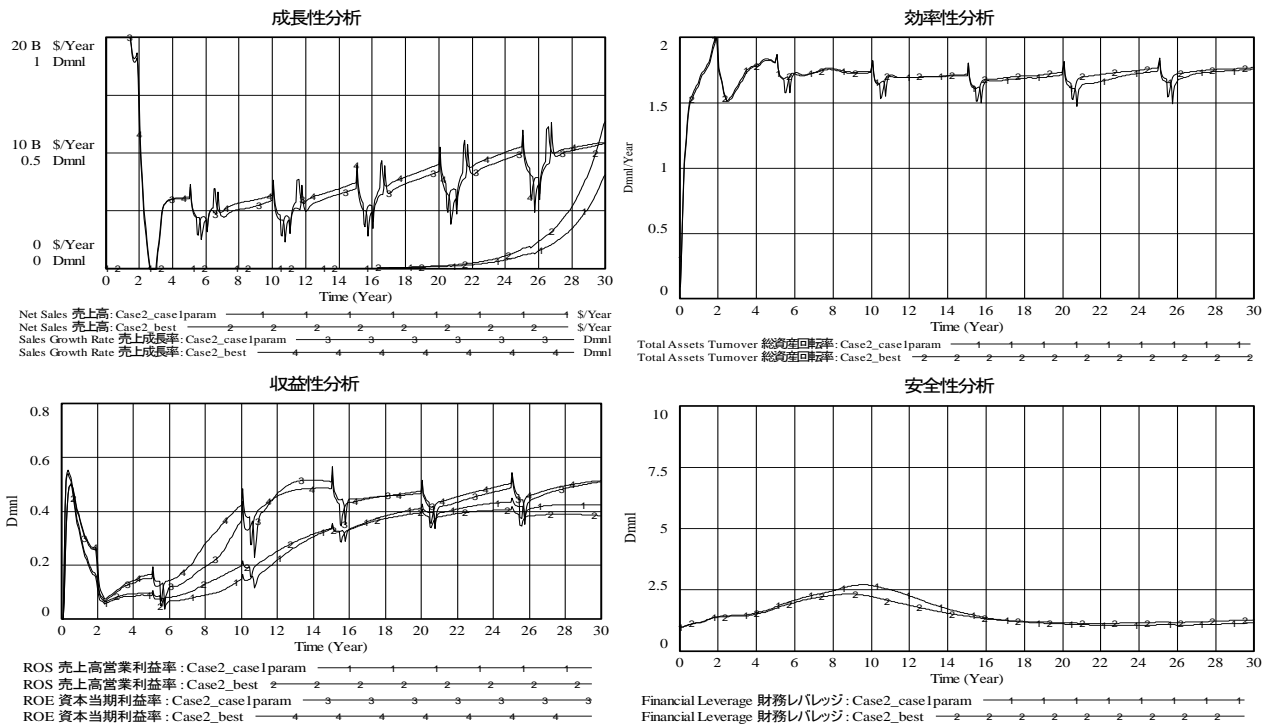


図 14 ケース 2 における財務パフォーマンス分析

次に、成長性・収益性・効率性・安全性の各指標について、Case2\_case1param と Case2\_best の 2 つの条件下でのふるまいを図 14 に示す。

Case1\_best の条件下において 30 年目におよそ 1549 億ドルの売上高を記録していたが、ケース 1 の最適値のままに原材料費の高騰は無いが競合製品の価格低下がある市場(Case2\_case1param)に参入すると、30 年目の売上高が約 82 億ドルまで低下する。認知遅れ時間を最適化(Case2\_best)すると、30 年目の売上高を約 128 億ドルまで改善できる。また期間後半の ROS は若干悪化するものの利益額も ROE も若干改善しており、安全性の面でも 9 年目から 10 年目頃に存在する財務レバレッジのワーストピークが抑制されていることが判る。このケースにおいても、市場環境に応じて認知遅れ時間を最適化すれば、大幅に業績改善できることが確認できた。

### 3. 4 ケース 3：原材料価格が急激に高騰する場合

ケース 3 においては、ケース 1 の最適値にてマネジメントを行う企業が、競合製品の価格下落は無いが、原材料費の急激な高騰にさらされた場合を検討する。ここでは、2.5 年目から 5 年周期で材料費がステップ的に上昇するという設定とし、上昇は 1 年間をかけて可変費単価が 20% 上昇する設定とした。この時の条件を”Case3\_case1param”と名付ける。

2.4 項でモデル化した変数「総合指標」を目的変数として、Vensim®の Policy Optimization 機能を用いて、目的変数を最大化する 5 つの認知遅れ時間の条件(Case3\_best)を求めた。ケース 1 における最適値

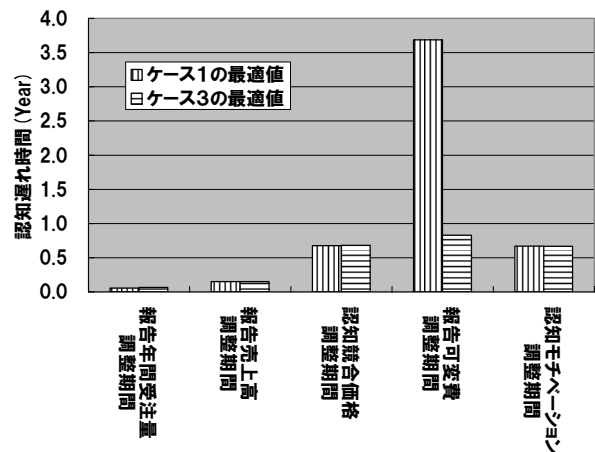


図 15 認知遅れ時間：ケース 1 とケース 3 との最適値の比較

(Case1\_best)とケース3における最適値(Case3\_best)との認知遅れ時間の比較を図15に示す。「報告可変費単価調整時間」が大幅に減少し、この情報の重要性が高まったことが判る。競合製品の価格が全く変動しない市場であるから、競合価格の認知遅れ時間はケース1と同程度となった。このケースにおける可変費単価情報に基づいた主たる実行施策は価格決定ではないことが判る。また、情報認知コストの増加を補うために「報告年間受注量調整期間」が若干長くなっている。

次に、成長性・収益性・効率性・安全性の各指標について、Case3\_case1param と Case3\_best の2つの条件下でのふるまいを図16に示す。

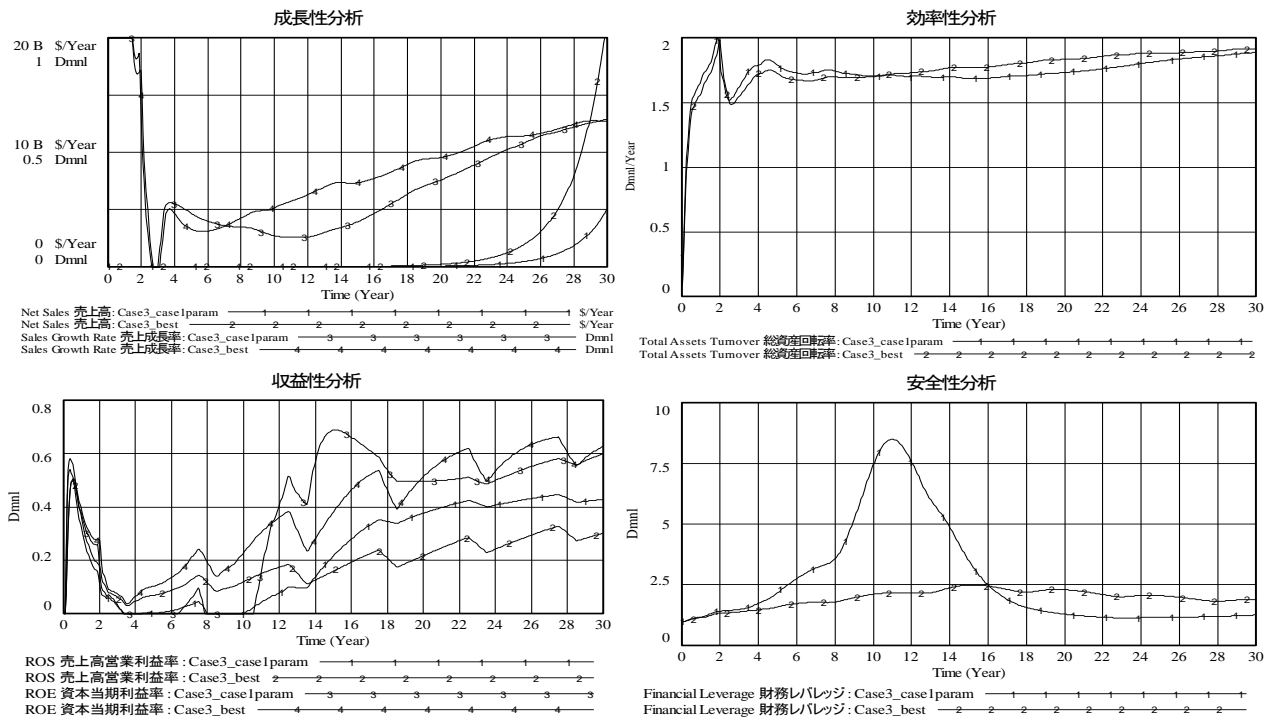


図16 ケース3における財務パフォーマンス分析

Case1\_bestにおいて30年目には1549億ドルだった売上高が、ケース1と同じマネジメントの元で材料費の高騰にさらされると30年目において49.9億ドルの売上高しか得ることができない。しかし、認知遅れ時間をこの市場において最適化し、主に「報告可変費単価調整時間」を短縮するだけで、驚くべきことに215億ドルまで改善できることが判る。また、収益性についても、ケース3の環境においてケース1において最適化されたマネジメントで運営していると、3年目と8年目から10年目の時期に一時的赤字を記録するが、これも認知遅れ時間を最適化することでROEもROSも救済できており、効率性の各指標も若干ではあるが改善傾向である。

Case3\_case1paramにおける安全性は非常に不安定である。10年目に財務レバレッジが8程度のピークが存在しており危険な状態を迎えるが、認知遅れ時間を最適化(Case3\_best)することで解消できている。

以上のような調達品の価格変動という環境変化に対しても、経営判断に関する情報の遅れを最適化することが極めて重要であることが確認できた。

### 3.5 ケース4: ケース2とケース3の双方が発生する場合

ケース4においては、ケース2やケース3の最適値にてマネジメントを行う企業が、競合製品価格の低下と原材料費の高騰との双方の外部環境にさらされた場合を検討する。2.5年目から5年周期で可変費単価が1年をかけて20%上昇し、当初10000(\$/Unit)だった競合製品の価格が、5年目から5年周期で500(\$/Unit)ずつステップ的に下落する。この時、ケース2の最適値でマネジメントしている企業のケースを”Case4\_case2param”、ケース3の最適値でマネジメントしている企業のケースを”Case4\_case3param”と名付ける。

他のケースと同様に、2.4項でモデル化した変数「総合指標」を目的変数として、Vensim®のPolicy Optimization機能を用いて、目的変数を最大化する5つの認知遅れ時間の条件(Case4\_best)を求めた。ケース2(Case2\_best)・ケース3(Case3\_best)・ケース4(Case4\_best)における認知遅れ時間の最適値の比較を図17に示す。Case4\_bestは、Case3\_bestの状態に比べて、「認知競合価格の調整時間」を短縮すべき結果となり、「報告可変費単価調整時間」は、Case2\_bestとCase3\_bestの双方に比べて短縮すべき結果となった。可変費単価の認知がCase3\_best

の場合よりも重要度が高まったのは、競合製品価格の低下によって競合製品価格情報の重要性が高まることに加え、自社製品の価格決定の要因となる関連情報の重要性も高まるためと考えられる。

次に、成長性・収益性・効率性・安全性の各指標の、Case4\_case2param、Case4\_case3param と Case4\_best の3つの条件下でのふるまいを図18に示す。ケース2の最適状態(Case2\_best)における30年目の売上高は約128億ドルであったものが、ケース4においてケース2と同じ認知遅れ時間でマネジメント(Case4\_case2param)すると、20年目で売上高が減少に転じ、30年目の売上高は約522万ドルまで低下する。収益も殆ど得られず、24年目に繰越利益剰余金のマイナスが資本金を上回り、自己資本が負の値となる。

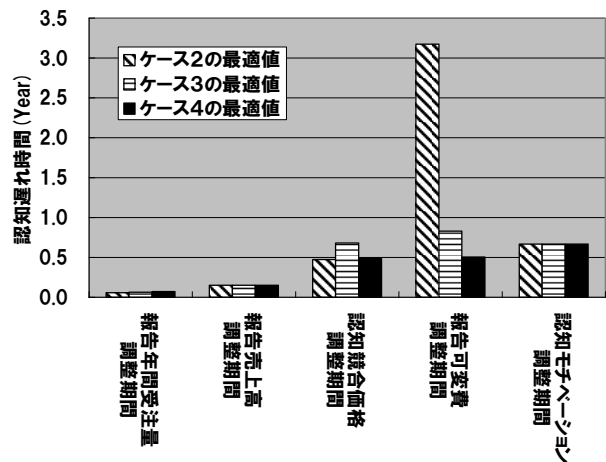


図17 認知遅れ時間：ケース2・3・4における最適値の比較

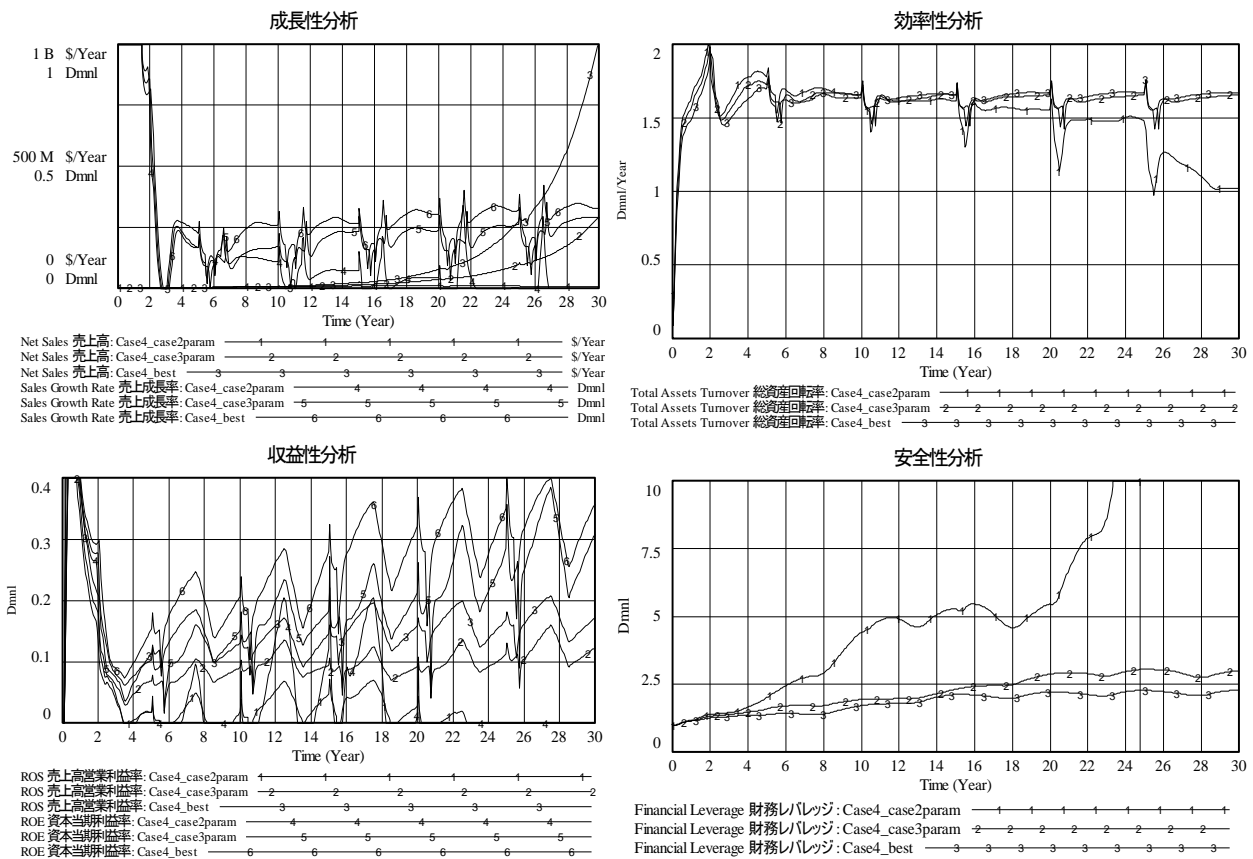


図18 ケース4における財務パフォーマンス分析

また、ケース3の最適状態(Case3\_best)における30年目の売上高は約215億ドルであったが、ケース4においてケース3と同じ認知遅れ時間でマネジメント(Case4\_case3param)すると、30年目の売上高は約2.91億ドルまで低下する。ここでも認知遅れ時間を最適化(Case4\_best)すると、約10.1億ドルまで改善し、認知遅れ時間を最適化するだけで、ケース3の最適値でマネジメントを行う企業に比べ成長率を3倍以上高めることができるし、ケース2の最適値でマネジメントを行う企業にとっては倒産の危機を救い、安定的に成長できる状況へ改善することができる。ROSもROEも大幅に改善しており、効率性や安全性も全ての指標で改善している。

このケースにおいても、情報認知遅れの時間を最適化することが企業業績にいかんにか重大な影響を与えるかが判った。加えて、成長性・収益性・効率性・安全性は、認知遅れ時間という観点では互いに相反する指標ではなく、製品を取り巻く調達市場や販売市場の特性に応じて全てを高める最適値が存在することが示唆された。

#### 4. 分析結果のまとめと考察：外部環境変化に対応したマネジメントの最適化がいかに重要か

リソース配分と販売価格の意思決定に関する範囲に限定して企業経営モデルを構築して分析を行ってきた。前節までの分析で、競合価格の変動や原材料費の変動の有無によって企業内部の情報認知スピードの最適値が異なることを明らかにした。この分析結果をまとめておく。図 19 は、各ケースにおいて情報認知遅れ時間を最適化した場合に、4 つの財務指標の 2 年目～30 年目までの平均値がどのように変化したかを図示したものである。

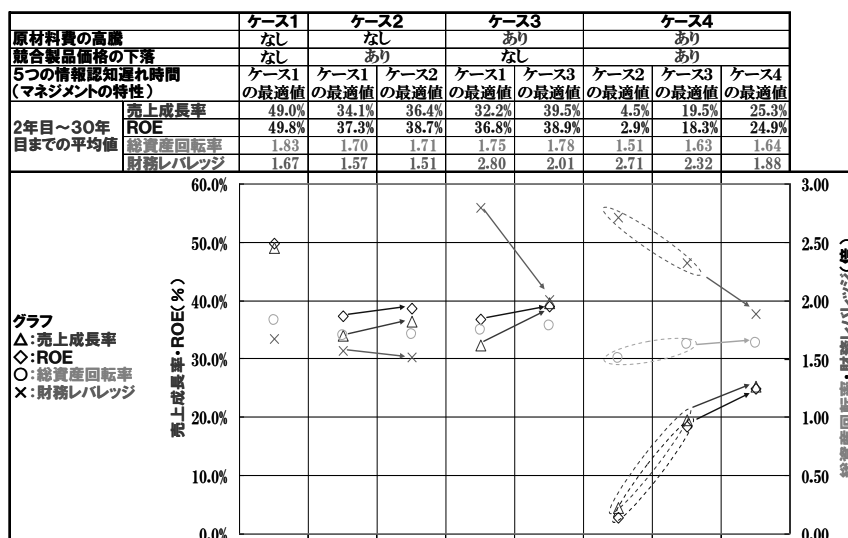


図 19 ケース 1・2・3・4における認知遅れ時間調整と業績との関係

ケース 1 は、原材料費の高騰も競合製品価格の下落もない場合であり、情報認知遅れ時間を最適化すると、平均売上成長率も ROE も約 50%を確保でき、平均総資産回転率 1.83、財務レバレッジ 1.67 と比較的安全性も高い経営となる。

ケース 2 の左列とケース 3 の左列は、それぞれケース 1 での情報認知遅れ時間最適値でマネジメントしている。外部環境の影響を受けて、成長率も ROE も落ち込み、ケース 3 においては、財務レバレッジが 2.8 と安全性も悪化する。ケースそれぞれの外部環境下で情報認知遅れを最適化すると、成長性や収益性は高まり、同時に財務レバレッジも引き下げて全ての指標で改善する。

また、ケース 4 においては、ケース 2 やケース 3 における最適値でマネジメントしている企業と比較して、ケース 4 の外部環境に合わせて最適化した企業は、売上成長率・ROE・総資産回転率が高く、財務レバレッジも抑制できており、全ての指標で改善が見られる。以上から、以下の二つの分析結果が得られる。

- ① 取り扱う製品の市場環境に合わせてマネジメントを最適化することが重要。
- ② 市場環境に応じて、成長性・収益性・効率性・安全性の全てを高める最適値が存在。

図 20 はケース 1 からケース 4 のそれぞれにおける情報認知遅れ時間の最適値である。

競合製品価格の下落にさらされるケース 2 においては「認知競合価格調整時間」が他のケースに比べて最も短く、原材料費の高騰に見舞われるケース 3 においては「報告可変費単価調整時間」をケース 1 や 2 に比べて大幅に短縮すべきことが判る。さらに、競合製品価格の低下と原材料費の高騰の双方に見舞われるケース 4 においては、「認知競合価格調整時間」も「報告可変費単価調整時間」も双方とも短時間で認知が要求される。急激に変化する情報をいち早く察知することが重要であることが判る。

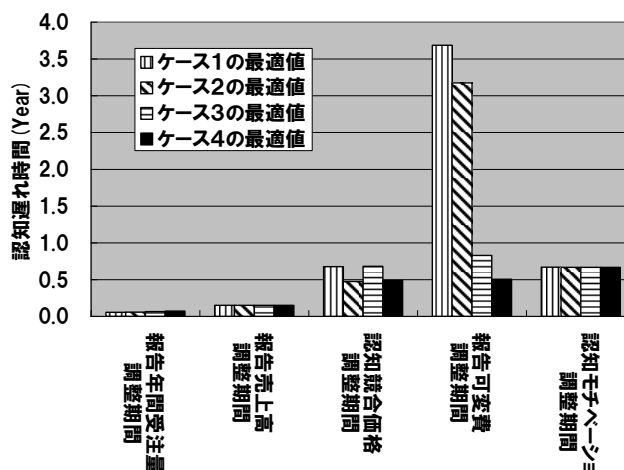


図 20 ケース 1・2・3・4における認知遅れ時間の最適値

また、「報告可変費調整時間」もケース 1 と比較してケース 2 の方が若干短縮されており、競合製品の価格が下落する市場において自社製品価格の決定を行う際には、競合製品価格という直接的な情報だけでなく、自社製品の可変費単価という関連情報も適正な付加価値を確保する観点で極めて重要であり、原材料費の高騰がなくとも認知遅れ時間を短縮すべき結果となった。

従って、急激に変化する情報に着目すれば良いだけでなく、その情報に基づいて行う施策（この場合には自社製品の価格決定）に関連する別の情報の認知も早める必要があることも判った。以上から以下の二つの分析結果が得られる。

- ③ 急激に変化するような情報をいち早く察知することが重要。
- ④ 急激な変化に対応した実行施策に必要な関連情報の認知も早める必要がある。

次に、今後の方向性を示すため、この研究を進めてきた過程において浮上してきた新たな課題をまとめておく。

今回構築したモデルは、企業内部のふるまいや業績を観察可能であり、実際の企業経営のツールとしても活用できる可能性がある。このモデルは、それぞれのセクターにおいては合理的な意思決定をしているにも関わらず、企業全体のシステムのふるまいが最適とはならないことを示すという目的に特化し、あえて市場は飽和しないという設定をしてきた。しかし、3.2 項で示したような競合製品価格が変動せず、かつ原材料費も高騰しない市場というのは、事業そのものが成熟期に入っており市場が飽和している場合が多いのではないかと考える。従って、このモデルの実際の経営におけるツールとしての活用範囲を広げるために、市場が飽和する構造を作り込んでケース 1 に想定される成熟市場にも対応していくことが、今後の課題の 1 つめである。飽和のメカニズムは、S 字型成長のモデルを適用することで可能である<sup>16</sup>。しかし、市場の飽和は自社だけでなく競合企業もさらされる脅威であり、今回のモデルのように競合企業のパラメータを一定の関数で単純化したままでは表現出来ない。Vensim® の Subscript 機能を用いるなどして、競合企業のふるまいを再構築した後、市場が飽和するメカニズムと接続し、この課題を克服していきたい。

さらに、営業や研究開発のセクターにおいて、従業員の動機付け要因を業績の向上と目標連鎖の充実度によって決定する単純な構造としたが、組織心理の先行研究との整合性が不十分であるとの指摘を頂いている。筆者の研究動機は従業員のモチベーションを伴った経営施策への提言を行うことであるので、この指摘は重要な意味を持つと考えている。今後は、組織心理や労働経済の分野の先行研究をサーベイして従業員の動機付けの構造を再構築し、従業員の働きがいの向上と同時に持続的に業績を向上させるような企業経営への提言を目指す。

## 参考文献

- [1] 総理府統計局『科学技術研究調査 昭和 47 年～昭和 58 年』1972-1983 年, 各第 3 表  
総務庁統計局『科学技術研究調査 昭和 59 年～平成 11 年』1984-1999 年, 各第 3 表  
総務省統計局『科学技術研究調査 平成 12 年～平成 20 年』2000-2008 年, 各第 3 表
- [2] 小川紘一『国際標準化と事業戦略—日本型イノベーションとしての標準化ビジネスモデル—』白桃書房, 2009 年, 3-36 ページ。
- [3] Paul Milgrom & John Roberts『組織の経済学』NTT 出版, 1997 年, 138 ページ。
- [4] John D. Sterman, *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw-Hill/Irwin, 2000, pp. 597-629 & pp. 295-347. (部分邦訳: 枝廣淳子・小田理一郎訳『システム思考—複雑な問題の解決技法』東洋経済新報社)
- [5] Jay W. Forrester, Market growth as influenced by capital investment, *Industrial Management Review* 9(2), 1968, pp. 83-105.
- [6] John D.W. Morecroft, System Dynamics: Portraying Bounded Rationality, Massachusetts Institute of Technology System Dynamics Group D-memos (D-3322-2), 1982.
- [7] Bent E. Bakken, An Introductory model of a firm's pricing policy using bounded rationality, Massachusetts Institute of Technology System Dynamics Group D-memos (D-4014), 1988.
- [8] John D.W. Morecroft, Introductory talk on industrial dynamics, Massachusetts Institute of Technology System Dynamics Group D-memos (D-3079), 1979.
- [9] Jay W. Forrester, Conceptualization of a model to study market growth, Massachusetts Institute of Technology System Dynamics Group D-memos (D-3221), 1980.
- [10] John D.W. Morecroft, Combined interaction with non-linear inventory coupling, Massachusetts Institute of Technology System Dynamics Group D-memos (D-3258-1), 1980.
- [11] James P. Cleary & John D.W. Morecroft, Foresight in business planning, Massachusetts Institute of Technology System Dynamics Group D-memos (D-3568-1), 1984.
- [12] George C. Graham, Behavioral modeling and simulation of production planning in an electronics components firm, Massachusetts Institute of Technology System Dynamics Group D-memos (D-3830), 1986.
- [13] Kaoru Yamaguchi, Principle of Accounting System Dynamics: Modeling Corporate Financial Statements, International System Dynamics Conference 2003, New York, 2003.
- [14] 桜井久勝『財務諸表分析 第 3 版』中央経済社, 2007 年, 44-45, 53, 59, 141 ページ。

<sup>16</sup> 前掲書[4], pp. 295-347. を参照。