

## 市場と組織の共振に関する研究

～非線形力学を用いた組織モデルと、電気・化学・食品業界企業データとの整合～

三浦吉孝

### **A Study of Resonance between Market and Business Organization — Agreeability of Nonlinear Dynamical Organization Model with Data of Electric, Chemical and Food Industries —**

Yoshitaka Miura

市場と組織の関連性のなかで共振現象に着目し、市場速度と組織速度が一致するときに、共振現象が発生し売上高が伸びるとする、非線形力学を用いた組織モデルを構築した。

本モデルでは、組織速度を、投資とその回収からなる周期運動の速さとし、研究開発費と設備投資の和を売上高で除したものと定義とした。また、市場速度は、市場への新商品の投入間隔の逆数とし、これは業界各社の研究開発費と設備投資に比例することから、業界各企業の組織速度の平均で代用した。

次に、本モデルと実際との整合を確認するため、電気、化学、食品業界の各社企業データを分析した。その結果、市場と組織の共振現象や、利益拠出による共振の抑制など、本モデルの計算結果と企業データとの類似性を明らかにした。最後に、任意の企業が市場と共振する為の組織デザインの方向を考察した。

**With attention paid to resonance phenomena in the relation between market and business organizations, and by using nonlinear dynamics, I worked out a business organization model which indicates that a resonance phenomenon occurs and a business organization increases its sales when the natural frequency of organization coincides with the market frequency.**

**This model assumes that the natural frequency of organization is the speed of periodic motion that consist of preceding investment and return phase. Based on these assumptions, the natural frequency of organization is defined as a quotient given by dividing R&D expenses and Plant equipment investment by Net sales. The market frequency is defined as an inverse of interval that newly developed goods go into the market.**

**For the purpose of verifying the agreeability of this model with actual data, I analyzed data of business organizations in the electric, chemical and food industries. As a result, the existence of resonance between market and organizations and the suppression of resonance by profit expenditure were found to have similarity to the calculation results obtained from this model. Finally, I studied on the possible direction of organizational design in which an organization may effectively resonate with its market.**

市場と組織、 組織モデル、 共鳴・共振、 非線形力学、 電気・化学・食品業界

Market and organization, Organization model, Resonance, Nonlinear dynamics, Electricity / Chemistry / Food industries

(原稿受領日 1999.10.9)

## はじめに

本論における問題意識は以下の2つである。ひとつは、市場と組織の関係性を、適応や従属のようなものでなく、双方が固有の速度が保有しそれらが一致したときに共鳴・共振する、と考えることの有効性を示すことである。もうひとつは、市場と組織の関連性を、定量的に記述し、組織デザインに対して明快な方法論を提供することである。

市場と組織の関係性における従来の研究には、市場環境への適応からのアプローチとして、1970年代にはローシュ<sup>(1)</sup>、ガルブレイスらによるコンティンジェンシー理論があり、タスクフォースやマトリックス組織が提案された。また、野中<sup>(2)</sup>は複数のインジケータを設定することで概念の操作化を図った。1980年代では今井・金子<sup>(3)</sup>が市場と組織をネットワーク組織と捉え相互関係性を論じた。これらは市場と組織のある側面を深い洞察力で論じているが、本論では、市場と組織を対等の存在とし、それらが共振すると考える立場をとる。この立場に近いものには、織畑<sup>(4)</sup>の相互触媒作用の概念がある。

本論では、企業における組織を対象とし、組織を閉じた保存系として捉えるのではなく、外部からエネルギーが流れ込み、またエネルギーを消費あるいは流出する散逸系として捉える。さらに、初期条件によって将来の状態が確定する線形系ではなく、複雑性や不確定性の記述を前提とし、定量的記述を期すことから、プリゴジン<sup>(5)</sup>の主張にある非線形力学を採用することとする。

## 組織モデルの考え方

複雑な組織の挙動を、共振現象に置きかえ定量モデルにする準備として、周期性、組織速度、

市場速度、非線形性の考え方を明確化する必要がある。また、組織の入出力の定義も行う。

### 2.1 周期性

本論では、組織をひとつの系として捉え、入力や出力があり、準周期的な運動をするものとする。組織には周期性がほとんどない領域もあるが、市場と組織の共振を議論するためには、新商品開発や市場投入などの周期性が顕在している領域を詳しく観察しなくてはならない。

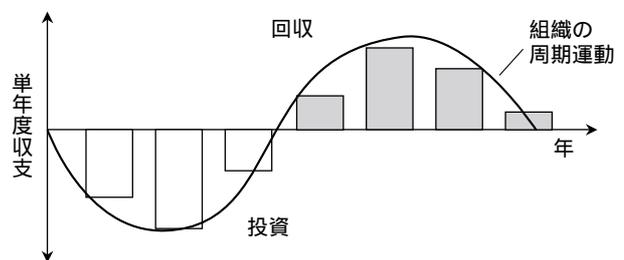


図1 組織の周期性

投資後の回収が始まるまでの間では、単年度収支はマイナスであるが、回収が始まってから、投資のマイナスは相殺される

図1は、投資と回収の周期運動を表現したものである。投資をした後の回収が始まるまでの間では、単年度収支はマイナスであるが、回収が始まってから投資のマイナスは相殺され、また、ある期間を過ぎると回収も低減していく。このようなサイクルは、新商品の企画・研究開発・生産・販売からなるサイクルに相当する。

たとえば、投資として位置付けられる新技術開発なども、現在の売上には直結しないが、将来の売上に貢献すると考えられる。つまり、新技術は、将来のある時点で商品化され、市場と共振し売上に貢献することで、投資に対する回収が行われる。

次節以降では、この投資とその回収過程からなるサイクルを、サイクルの速度と、入出力倍率の2つパラメータによって記述するための準備を行っていく。

## 2.2 組織速度

この周期運動の速度は、投資とその回収過程からなるサイクルの速さである。それぞれの組織には固有の速度が存在する。一方、任意のタスク（たとえばある家電製品の開発生産販売）も、ある速度で遂行されることが求められる。これらの速度が一致すると非常に大きな力を発揮する。組織からタスクを見ると、組織の固有速度に一致したタスクが、その組織のコアコンピタンスであると言える。それぞれの組織にとって、主力商品の開発サイクルが、固有の組織速度に相当する。

新商品開発は、その商品に関係する人、物、金、情報、時間、市場の体系的な意思決定である。同時に複数の商品開発サイクルが流れると、サイクルの節目毎の意思決定は頻繁になり、意思決定量が増大し、組織は多くの行動を遂行することになる。

また、経営者の意思決定の多くは、現在の事業の進捗把握以上に将来の事業の立案や承認であり、投資の領域である。投資が大きくなると経営者の意思決定量が大きくなり、やはり組織速度が速くなる。

したがって、投資が新商品開発や設備投資であると考え、組織速度は一定期間の先行投資の大きさで定義することができる。売上高に応じた先行投資の増減や単位の整合から、組織速度を(1)式で定義する。<sup>[1]</sup>

$$\text{組織速度} = \left\{ \frac{\text{研究開発費} + \text{設備投資}}{\text{売上高}} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

## 2.3 市場速度

新商品に対する顧客需要に応じて、組織は市場に対して新商品を提供する。パソコン市場のように、年間に多くの新商品が提供される市場がある一方で、数年間に渡って新商品が提供さ

れない市場もある。

一定期間に多くの新商品が投入されると、投入間隔が短くなり、商品の変化が激しくなるので、市場速度が速いと考えられる。したがって、市場速度は、新商品の投入間隔の逆数である。これは、企業組織から見れば、研究開発費や設備投資に比例するから、市場速度は、業界各社の組織速度の平均値と定義する。

$$\begin{aligned} \text{市場速度 } \rho &= 1 / \text{新商品の投入間隔} \\ &= \text{新商品の投入回数} / \text{期間の長さ} \\ &= (\text{研究開発費} + \text{設備投資}) / \text{業界} \\ &= \text{組織速度の業界平均} \quad (2) \end{aligned}$$

なお、共振が、市場速度とずれたところにある場合は、共振速度として区別する。

## 2.4 研究開発の非線形性

研究開発費が大規模になると、技術が多様化し、技術領域の過半を外部に依存するようになる。そのため商品の最適でなく技術の最適となりやすく、新商品への反映が抑制され、投資の回収が悪化する。また、技術指向の強い企業組織では、期待したような研究開発成果が出せない場合でも、技術そのものに価値を置くため、投

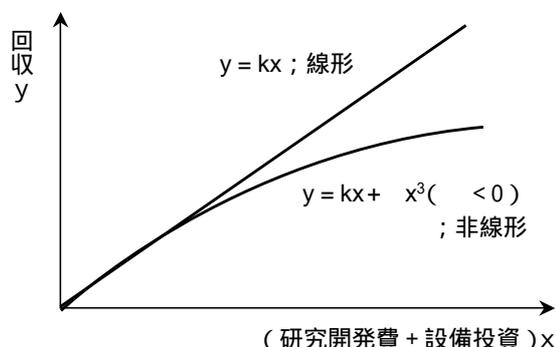


図2 研究開発の非線形性

研究開発費および設備投資が小規模の段階ではほぼ比例関係(線形)であるが、大規模になると回収が悪化し非線形となる。

資に対する回収の低い研究開発が続けられることがある。短期的な範囲での調査では、研究開発費と技術的成果が反比例の傾向があることも報告されている<sup>(6)</sup>。

これらは投資と回収の比例(線形)関係が、あるところから回収が悪化し非線形になることに相当する(図2)。したがって、売上高研究開発費の高い業界では非線形性が強まるとの仮説が成り立つ。

## 2.5 組織の入出力

市場と組織の共振が発生すると、多くの顧客が購買するため量的にも増加する。そのため、共振現象を表すうえで、「売上高」を出力とするのが適当である。また、少ない元金から多くの売上を生むことは付加価値やマージンが大きいことを意味するから、「前年の営業利益」を入力と考えることにする。以上から、組織の入出力を以下のように定義する。

$$\begin{aligned} \text{組織の入出力} &= \text{入出力倍率} \\ &= \frac{\text{売上高}}{\text{前年の営業利益}} \end{aligned} \quad (3)$$

この入出力は、図1に示すような周期運動の振幅として考える必要がある。つまり、入力、前年の営業利益という振幅で、市場速度の周期を持つ。また、出力は、売上高という振幅で、組織速度の周期を持つと考える。

それぞれの周期運動の振幅の比が(3)式に示す入出力であり、以下、入出力倍率と呼ぶ。また、本モデルではエネルギーの流入や流出として、これ以外に資金調達や利益抛出も取り上げることにする。

## 組織モデルの構築

以上の考え方をもとに細部の議論を進め、組織モデルを検討する。はじめに、非常に単純な組織のモデルを想定し、そこから検討すべき要素を追加してモデルを作り上げていく。

### 3.1 資産・先行投資モデル

非常に単純化したモデルとして、以下のモデルを考える。すなわち、(i)資金調達;ゼロ、(ii)利益抛出;ゼロ、(iii)営業利益;ゼロ、(iv)投資回収;線形、である。

この条件で投資するには、資産を減少する必要がある。その後、投資の回収に際しては資産を増加しなければならない。したがって、投資と資産の増減が釣り合ったサイクルが発生する(4)式。これに対応する力学モデルは(5)式で表現される。<sup>(7)</sup> なお、記号 $x$ 、 $\dot{x}$ は、 $x(t)$ の時間 $t$ についての導関数 $dx/dt$ 、 $d^2x/dt^2$ を表す。

$$\text{資産増減} + \text{投資} = 0 \quad (4)$$

$$m\dot{x} + kx = 0 \quad (5)$$

### 3.2 資金調達・利益抛出 追加モデル

次に、資金調達および利益抛出を追加したモデルを考える。すなわち、(i)資金調達;非ゼロ、(ii)利益抛出;非ゼロ、(iii)営業利益;ゼロ、(iv)投資回収;線形、である。

組織から見ると、資金調達はエネルギーの流入(負値とする)であるが、利益抛出はエネルギーの減衰(正値をとる)に相当する。サイクルの過程では、次式のような釣り合いになる。

$$\text{資産増減} + (-\text{資金調達} + \text{利益抛出}) + \text{投資} = 0 \quad (6)$$

$$m\dot{x} + c x + k x = 0 \quad (7)$$

### 3.3 営業利益 追加モデル

次いで、前年営業利益を追加し非ゼロにする。すなわち、(i) 資金調達；非ゼロ、(ii) 利益抛出；非ゼロ、(iii) 営業利益；非ゼロ、(iv) 投資回収；線形、である。

営業利益は、市場からの入力として捉えられ、前年の営業利益という振幅と、市場速度という周期を持つ。この市場速度と、組織速度とが一致すると共振になる。したがって、このモデル以降では共振の議論が可能となる。サイクルの過程での釣り合いは次式のようなになる。

$$\text{資産増減} + (- \text{資金調達} + \text{利益抛出}) + \text{投資} = \text{前年営業利益} \quad (8)$$

$$m \times \quad + \quad c \times \quad + \quad k \times \quad = F_0 \sin \omega t \quad (9)$$

### 3.4 投資の非線形 追加モデル

さらに、投資に非線形成分を追加する。追加すべき要素はこれで揃ったことになる。すなわち、(i) 資金調達；非ゼロ、(ii) 利益抛出；非ゼロ、(iii) 営業利益；非ゼロ、(iv) 投資回収；非線形、である。

投資 (= 研究開発費 + 設備投資) が小規模の場合では、商品化を前提とした研究開発に限定するため投資回収が一定 (線形) である。しかし、大規模になると基礎研究を含め直接商品化に結びつかない研究も実施されるため投資に対する回収が悪化 (非線形) する。モデルとしては、投資の項に非線形成分が追加され次式のようなになる。

$$\text{資産増減} + (- \text{資金調達} + \text{利益抛出}) + (\text{投資} + \text{非線形成分}) = \text{前年営業利益} \quad (10)$$

$$m \times \quad + \quad c \times \quad + \quad k \times \quad + \quad x^3 = F_0 \sin \omega t \quad (< 0) \quad (11)$$

### 3.5 財務データ修正モデル

3.1 から 3.4 のモデルによって、構成要素とその経営的意味を明らかにしたが、データ分析するためには、財務データを代入するための修正が必要である。

損益計算書での当期利益の算出手順から (12) 式が与えられる。

$$\begin{aligned} & - \text{特別損益} + (- \text{営業外損益} + \text{当期利益}) \\ & = \text{営業利益} \quad (12) \end{aligned}$$

(11) 式と対応させるため、両辺に (研究開発費 + 設備投資) を加えて、(13) 式を得る。

$$\begin{aligned} & - \text{特別損益} + (- \text{営業外損益} + \text{当期利益}) \\ & + (\text{研究開発費} + \text{設備投資}) \\ & = \text{営業利益} + (\text{研究開発費} + \text{設備投資}) \quad (13) \end{aligned}$$

以上の修正により、(10) 式、(11) 式、および、(13) 式は等価である。また、(10) 式の右辺にある営業利益の項に、(13) 式では研究開発費が加えられたが、研究開発費が営業利益の内数から外数になったと解釈できる。

### 3.6 組織モデルの振る舞い

検討してきた組織モデルが、どのように振る舞うかを検討する。図 3 は、横軸に市場速度と組織速度の比をとり、縦軸に営業利益と売上高の倍率を計算した図であり、(11) 式から求めた。<sup>(8)</sup>

市場速度と組織速度が一致すると共振が発生し、入出力倍率が大きくなる。売上高に対して、投資である (研究開発費 + 設備投資) を増額すると組織速度が速まり、右の側に移動する。非線形成分の影響で、入出力倍率が大きいと共振が左側の低周波側にずれる。また、減衰に相当する利益抛出率  $\gamma$  が大きくなると同倍率が抑えられることがわかる。

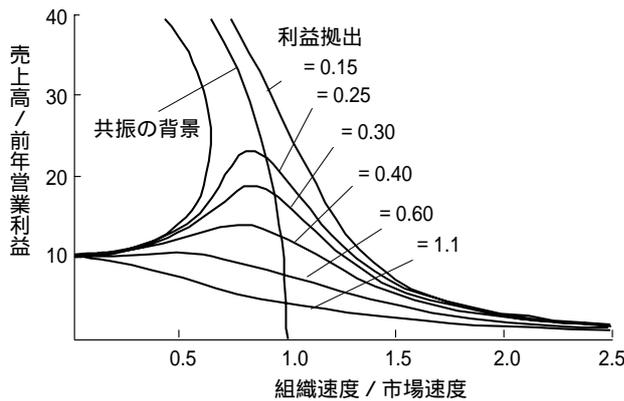


図3 市場と組織の共振

市場速度と組織速度が一致すると共振が発生し、入出力倍率が大きくなる。また、減衰に相当する利益抛出率が大きくなると同倍率が抑えられる。

### 企業データとモデル計算結果との類似性

市場には供給と消費の両面があり、その供給面は、企業の集合である業界によって表せる。したがって、市場と組織は、業界と組織の関係性を調査することでもある。この章では、業界の企業データの分析結果と、本組織モデルの計算結果との類似性を検討する。

#### 4.1 分析の考え方

企業データの分析結果から、ある企業の共振特性の変化予測をするための準備を行う。

分布図上の各社の点を、将来自社が成り得る点、あるいは、組織デザイン後の予測点と考えるため、以下の前提を採用する。

<前提> 任意の組織は、過去の長さや経緯に無関係に、現在のみの変数によって記述できる。つまり、時間的に可逆である。

また、市場速度と組織速度の比をとることで、市場の変化と組織の変化を等価に扱うことができる。つまり、速度比が同じならば、市場を固定し組織を可変にすることと、市場を可変し組織を固定にすることは同じである。

これらから、実際の企業データの分布図は2つの解釈ができる。まず直接的な見方として、共振している企業と自社の組織速度の差異から、市場と自社組織の共振を調べる見方である。もうひとつの見方は、自社組織が組織デザインを変更した後に、市場との共振関係がどのようになるかの予測をする見方である。

#### 4.2 分析結果

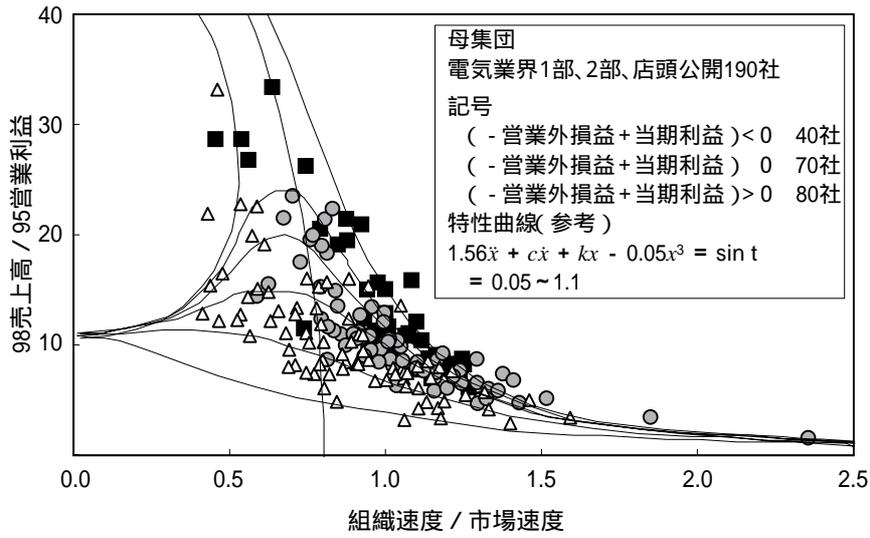
電気、化学、食品3業界について、企業データ<sup>9)(10)</sup>をもとに、横軸に市場速度(業界平均)と組織速度の比をとり、縦軸に営業利益と売上高の倍率をプロットしたものが、図4、図5、図6である。ここでは、資金調達と利益抛出に相当するを次式のように定義し、層別化も試みた<sup>1)</sup>。

$$\text{利益抛出率} = \frac{(-\text{営業外損益} + \text{当期利益})}{(\text{総資産} \times \text{組織速度})} \quad (11)$$

また、企業データとモデル計算結果の類似性を確認するために、図3で求めた共振曲線を併記した。

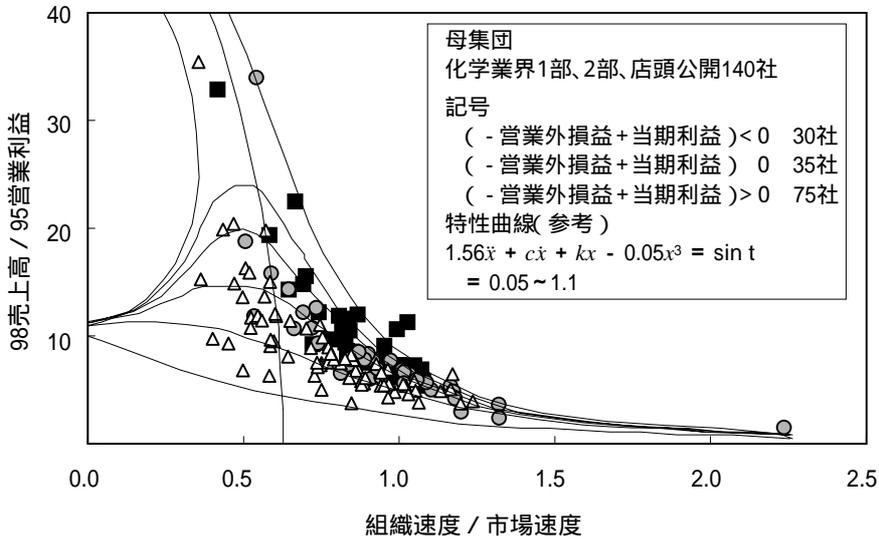
これらの分析から、以下の結果を得た。すなわち、

- (1) 電気、化学、食品の3業界とも、特定の組織速度で入出力倍率が高まっており、市場との共振が認められる。共振は図中0.8~0.7付近で発生しており、市場速度(業界の組織速度の平均値)の1.0より遅いところに、共振速度がある。また、速度比ゼロ時の倍率から、これらの業界では入出力倍率が10倍付近の状態が、入力と出力が等価の状態であることがわかる。
- (2) 資金調達と利益抛出に相当する  $= (-\text{営業外損益} + \text{当期利益}) / (\text{総資産} \times \text{組織速度})$  が大きい層ほど入出力倍率が抑えられる傾向があり、利益抛出が共振を抑制する方向であることがわかる。

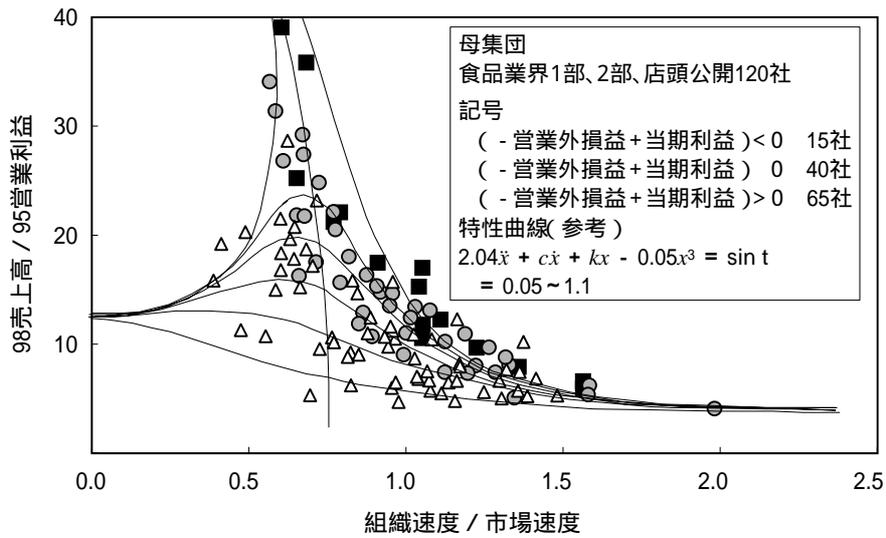


**図4 電気業界での市場と組織の共振**

市場速度( =組織速度の業界平均)より遅い0.8~0.7付近で、共振が発生している。資金調達と利益抛出に相当する  $\omega$  が大きい層ほど、共振が抑制されている。

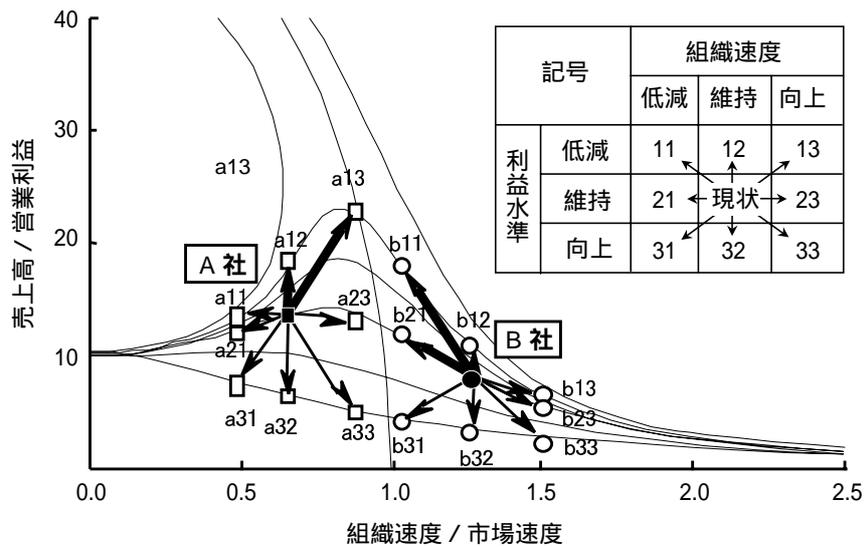


**図5 化学業界での市場と組織の共振**



**図6 食品業界での市場と組織の共振**

食品業界の共振の背骨の傾きが、電気業界および化学業界に比べ強いことは、大規模な研究開発では投資に対する回収が悪化するとした非線形現象の仮説を支持している。



**図7 組織デザインの方向**

組織デザインは、組織速度と利益水準によって可能である。なお、図中の点を右側に移すには、研究開発や設備投資の増加が必要であり、上側に移すには、利益水準を下げる(価格を引き下げる)ことを意味する。

(3) 電気業界および化学業界における共振の背骨の傾きが、食品業界に比べ強いことは、大規模な研究開発では投資に対する回収が悪化するとした非線形現象の仮説を支持している。

以上より、企業データと本組織モデルとの類似性が確認された。

## ・組織デザインの考察

本モデルから得られる組織デザインの方向性について、組織速度が異なる2つの組織(図7、a社、b社)を例に考察する。

a社、b社それぞれの現在位置から、組織速度と利益水準によって図中a11~a33、b11~b33のように組織デザインによる変更が可能である。なお、図中の点を位置に右側に移すことは、研究開発費や設備投資の増加が必要であり、上側に移すには、利益水準を下げる(価格を引き下げる)ことを意味する。

技術革新度が低く利益水準が良好なa社が、市場と共振する方向は、価格引き下げ(a12)、および、価格引き下げと業界技術水準での商品開発を合せた方向(a13)に限定される。利益水準を上昇するため価格を引き上げると売上高が大幅に落ちる(a31, a32, a33)ことがわかる。このための方策は、研究開発費や設備投資の増額と、価格引き下げであるが、その原資の確保のため、損益計算書(P/L)領域では、売上原価の低減、一般管理費の削減がある。また、必要に応じて、営業外収益の向上、資産売却などがあり、貸借対照表(B/S)領域では、新規設備投資に備えた、負債や資産の圧縮などの方策が必要となる。

技術革新度が高く利益水準が良好なb社が、市場と共振する方向は、顧客ニーズ商品の開発(b21)、顧客ニーズ商品と価格引き下げを合せた方向(b11)である。これ以上の研究開発は売上高に結びつかない(b13, b23, b33)ことがわかる。このための方策は、損益計算書(P/L)領域では、研究開発費や設備投資の減額を価格引き下げに充てること、あるいは、売上原価の低減、一般管理費の削減がある。研究開発部門では人員構成の見直しも必要となる。

## 結 論

- (1) 市場と組織の関係性のなかで共鳴・共振に着目し、非線形力学を用いた企業を対象とする組織モデルを提案した。
- (2) 電気、化学、食品業界の企業データと本モデル計算結果とを比較し、市場と組織の共振、および、利益抛出による共振の抑制の点で、類似性が認められた。
- (3) 任意の企業の組織デザインにおいて、共振への方向性を検討し、本モデルの有用性を示した。

## 謝 辞

本稿をまとめるにあたり、多摩大学大学院経営情報学研究科の鈴木雪夫先生、織畑基一先生、春田尚徳先生に貴重な助言や励ましを頂きました。ここに心から感謝の意を表します。

## 注

[1] 経営モデルに力学モデルを置き換える準備として単位の整合がある。力学ではSI単位系により[長さM]、[質量Kg]、[時間S]が基本単位である。本モデルでは、[金ca]、[人数nu]、[時間dy]を基本単位とし、力学と同様の組み合わせ単位を設定する。力学モデルでは、固有速度は  $v = (k/m)$  で表される。ばね力  $k \cdot x$  の単位は  $[M \cdot Kg/S^2]$  であるから、 $k$  の単位は  $[Kg/S^2]$  であり、 $(k/m)$  の単位は  $[1/S^2]^{(1/2)}$  で、 $[(M/S)/(M \cdot S)]^{(1/2)}$  と書き換えられる。一定期間であれば  $S=1$  で見かけ上消去され、速度  $v$  は長さ  $1 [M/S]$  を長さ  $l_0 [M \cdot S]$  で割った値の平方根となる。

単位では[長さM]は[金ca]であり、また本文より、金1は(研究開発費+設備投資)に相当し、金 $l_0$ に売上高を採用することで、組織速度  $v = ((研究開発費 + 設備投資) / 売上高)^{(1/2)}$  が導かれる。

[2] 減衰項  $c \cdot x$  による周期運動の変化は、一般に無次元化した減衰比率  $= c/c_0$  { 限界減衰係数  $c_0 = 2(m \cdot k)$  } で表すことが多い。したがって、資金調達と利益抛出についても、利益抛出率  $\mu$  を定義する。

減衰力  $c \cdot x$  の単位は  $[M \cdot Kg/S^2]$  であるから、 $c$  の

単位は  $[(M \cdot Kg/S^2)/(M/S)]$  である。  $c_0 = 2 (m \cdot k) = 2m$  であり、単位は  $[Kg/S]$  である。したがって、  
 $= c / c_0 = c/2m$  は  $[(M \cdot Kg/S^2)/(M/S)/(Kg/S)]$  となり、 $[Kg]$  と  $[S]$  が消去され、 $[(M/S)/M/(1/S)]$  を得る。

単位では  $[長さ M]$  は  $[金 ca]$  に対応し、また本文より、 $金 h [M/S]$  は  $(- 営業外損益 + 当期利益)$  に相当し、 $金 h_0 [M]$  は資産  $[M/S]$  の積分形から総資産に、 $[1/S]$  は組織速度に置き換えられる。したがって、利益拋出率は、 $= (- 営業外損益 + 当期利益) / (総資産 \times 組織速度)$  によって定義できる。

### 引用文献

- (1) Lorsh, J. W. and P. R. Lawrence 清水勤訳 「変化適応の組織」、産業能率短期大学出版部、(1973)
- (2) 野中郁次郎 「組織と市場」、千倉書房、(1974)
- (3) 今井賢一、金子郁容 「ネットワーク組織論」、岩波書店、(1988)
- (4) 織畑基一 “近年の日本企業における組織進化の考察：自己組織化の視点から”、経営・情報研究 多摩大学研究紀要、pp.13 - 26、No. 2、(1998)
- (5) Prigogine, I and Nicolis, G 安孫子誠也訳 「複雑性の探求」、みすず書房、(1993)
- (6) Grave, S. B. and Langowitz, N. S. “R&D Productivity: A Global Multi-Industry Comparison” Technological Forecasting and Social Change Vol. 53, pp.125-137, (1996)
- (7) 入江敏博 「機械振動学通論」、朝倉書店、(1969)
- (8) 末松淳男 “非線形振動解析法の基礎”、日本機械学会資料 No.910 - 18、pp.35 - 50 (1991)
- (9) 「日経会社情報 95-IV」、日本経済新聞社、(1995)
- (10) 「日経会社情報 98-III」、日本経済新聞社、(1998)

#### 著者プロフィール

三浦 吉孝 (みうらよしたか)  
 北海道出身。北海道大学工学部精密工学科卒。  
 日産自動車(株)技術開発センター。  
 多摩大学院博士課程。