

Business Structure Modeling

複雑で多元的な経営・社会課題に迅速に応える

外 山 啄 之

Business Structure Modeling based on Extended Structure Matrix

Takayuki Toyama

キーワード: 構造マトリックス, ビジネス構造モデル, Business Structure Model,
マクロ・ミクロ, 原価構造, 連鎖構造, 縦積・横和

1. はじめに

昨今、企業幹部、あるいは企画者から次の様な例を挙げ、疑問を寄せられることが多い。

- ・昨今の計算能力の高いシミュレーター（例えば、地球シミュレーター、人工物構造計算、生体モデルなど）には目を見張るものがある。
- ・GPSを利用した地図情報では、まず全体を俯瞰し、全体感を持ちつつ部分に入れるようになっている。
- ・強力な検索機能は、これまで知り得なかった関連情報を手短に入手可能とした。

しかし、どうして、ビジネスや社会事象での業務処理で、もし、こうしたらどうなるか？（What-if）というシミュレーションは、これとは遠い実情にあるのか？

実際、グローバル化によるカバー域の増大、言語の壁、プログラム開発のアウト・ソーシング、プログラム遺産の蓄積増大等による混迷は否めない。システム部門は、開発された既存のプログラムの維持・更新のために大部分の勢力投入を余儀なくされ、統合の先行きは、かなり不透明と言わざるを得ない。期待される複雑で多元的要素のモデル化が求めるビジネス分野での What-if には別発想のアプローチが必要であろう。

筆者らは Business Structure Modeling（BSM）の名のもとに、**図1**の様な構成でアプローチしてきた。

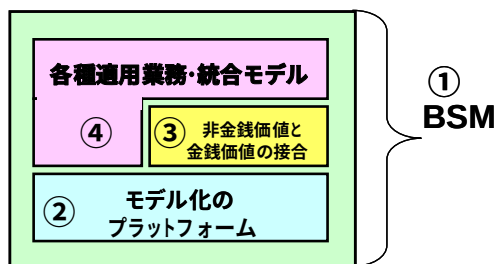


図1 BSM の構成

ユーザー視点からは、論理計算で繋がる世界の全体像は、① BSMとして把握されるが、この実現基盤は、② モデル化のプラットフォームが必要である。特に、原価が絡むと複雑なため、不透明なモデル化となることが多く、③ 非金銭価値と金銭価値を接合する新理論を②の基盤上で展開する仕組みが必要である。これらの仕組みの上で、④各種専門分野別あるいはその統合モデルの開発・統合・運用が容易となる。以下、複雑性について一つの考察をしてみよう。

2. 複雑性に関する考察

2.1 Link Oriented

従来は、Node（機能）Oriented に Block Diagram を記述し、その間を線で結び、これを基にプログラ

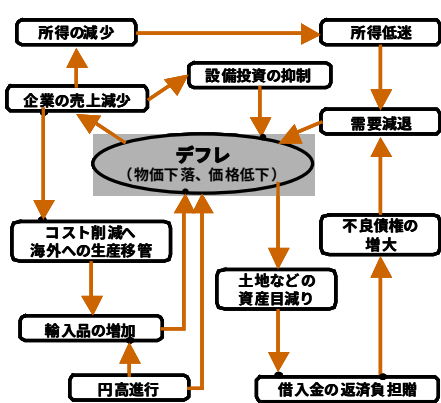
* アヴィクス株式会社

受付：2006年5月15日

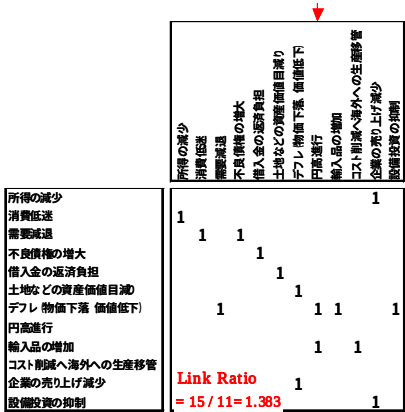
ミングを行ってきた。事象を機能中心に捉え、その間の結びつきは、やや等閑視してきたきらいがある。この方法では、Link 関係が激しいと、機能間の関係を最早把握できないスパゲティ状態に至る。簡単な

例で複雑な事象の複雑さの度合いを図2、図3の例で、Node に対する Link 線の数の比を新しいインデックス (Toyama Ratio)により検討しよう。

$$\text{Link Ratio} = \frac{\text{Number of Links}}{\text{Number of Blocks}} \dots\dots\dots (1)$$

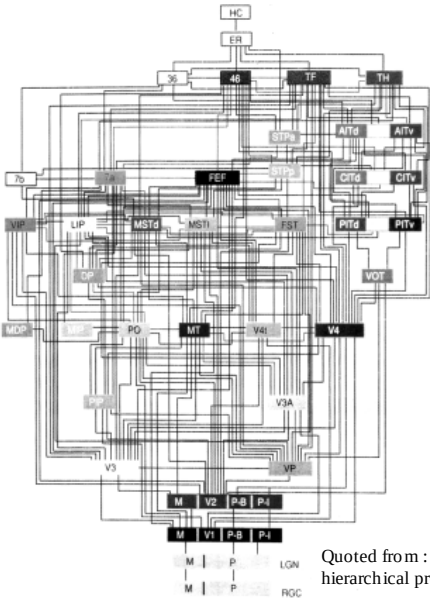


Node Oriented Expression

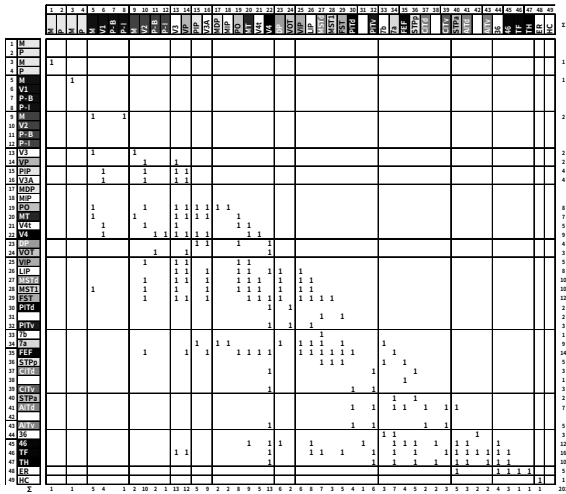


Link Oriented Expression

図2 デフレの悪循環モデル 出典：日本経済新聞 2002.08.19,17 面



Node Oriented Expression



Quoted from : Fellemann, D.J., and v. Essen, D.C.1991. Distributed hierarchical processing in the primate Cerebral cortex. Cereb. Cortex 1:1-47

Link Ratio = 201 / 49 = 4.10 Link Oriented Expression

図3 視覚に関する大脳皮質の階層構造

これらの図で左はNode指向、右はLink指向で表す。2図の程度では、ブロック・ダイアグラムの表示の方が分かり易いが、図3の左図は追いかけるのに、嫌悪感がする。数少ない考察では、Link Ratioが 2.5 付近を境に、従来のアプローチの限界を感じる。経

営管理のシステムは、統合的になるほど、この値が高く、Link Ratio = 8を超えられる。ちなみに人の脳は 10⁴に達すると言われる。

2.2. 求源性を確保するための方法(原理)

このような、Link Ratio が高い複雑なシステムに

おける例を考えてみよう。グローバルな製造業企業で、どの国でどの機種を生産するかを判断しようとすると、製品品種に関する集約された情報だけではなく、製造第一線の細かい情報にまで迫ることを要求される。一方、経営側からは、設定する為替レート、社内金利、各種調達コストなど、を順次伝搬するものを追うことを要求される(図4参照)。

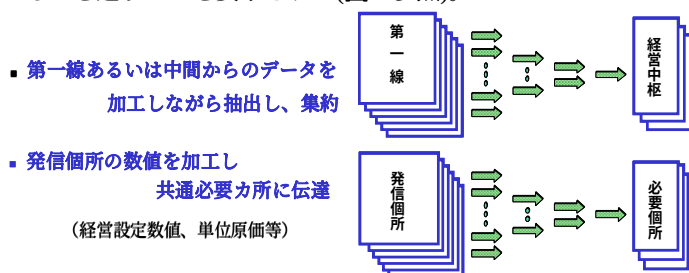


図4 経営管理に於ける求源性性(Causal Traceability)

特に、経営の数字は一度集約されると、その構成要因に遡って分解することは容易でない。このため、多元的な視点を確保しながら、数値の由来を辿る(求性)には、第一線の活動要素から、多元的に関係する要素を抽出し、集約し、さらに、共通の経営指標

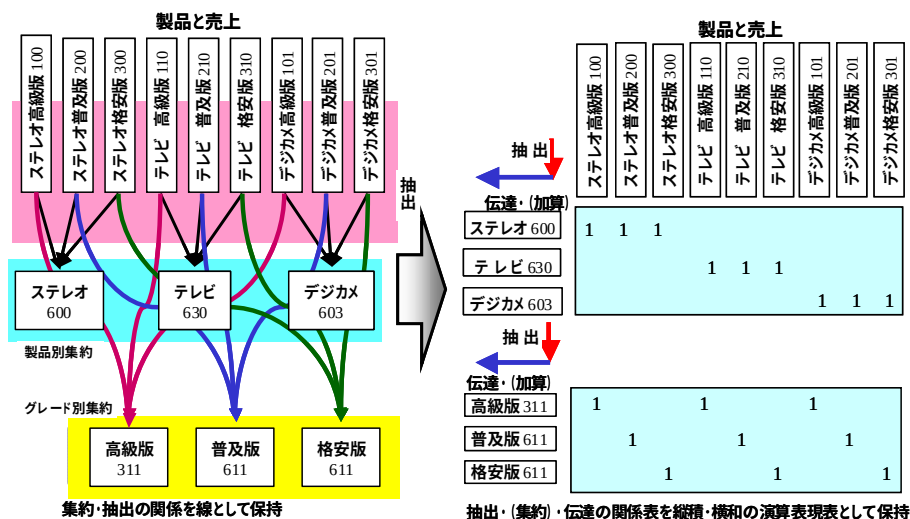


図5 リンク指向方法の原理 (複雑なリンク関係をモジュール化して保持)

3. モデル化の手段: 一プラットフォーム

現状では、第一線の情報が経営の中枢にリンクされるため、リンクのジャングル形成が避けられない。これを避けるには、リンクのモジュール化と階層化が不可欠である。しかも、変転激しい経営環境で、

源、取得コスト等を全体に広げるための関係を辿れるリンクの仕組みとその維持が必要である。

図5には、ステレオ、テレビ、カメラについて、それぞれ高級品、中級品、格安品を製造販売しているごく単純な例を示した。この場合、それぞれの関係を線で結ぶと左の通り18本の線となる。右図では、上辺項目の数値を集約する1および0で構成するテーブル(マトリクス)を製品別、グレード別に2個用意し、上辺とマトリクスの間で縦積・横和(1980年来、外山が、マトリクスの内積演算を文系の人々に分かりやすくするための表現として使用)し、左辺に結果を得ることを示した。

このように表を維持できれば、求源性が得られる。もちろん、このようなテーブル作成の手間はマッチング手法により簡単に自動化可能である。

詳細な予・実対比による要因の追求と現状に基づく近未来のWhat-Ifをたゆまず追求し、迅速かつ的確に応えなければ成らない。このため、Black Boxの形成を避け、次の2点を備えたコンピュータ手法になじむ画期的手法が求められる。

・透明性と求源性: Transparency and Causal Traceability

・迅速性と柔軟性：Speed with Flexibility

3.1. 基本の考え

その方法を、簡潔に理解するには、『レオンチェフの産業連関表の各要素が、各テーブルとなり、投入算出のみでなく計算で繋がる各種因果の関係を表すことにより、巨大な事象を、ステップ・バイ・ステップで明快に表し、その因果を計算し、かつ求源性を持つモデル化プラットフォーム』を想像頂きたい。

図6に、自動車生産の材料と材料費を算出する例により、プラットフォームの原理を示す。下の図は、必要材料量、材料費、総額を、求める計算過程を一つのフラットなテーブルに表したものである。基本の演算は、上辺部と中央部の数値の間で各々、縦積・

横和演算を行い左辺部に入れる。↓のブロックの数字から演算が進み、左辺と上辺で同じ代表名のブロックは同じ内容を共有する。これにより、一連の計算が時計回りに進行する。

実務では、品種や輸出先など経営管理に必要なデータは極めて多様になる。例えば、左の図で、100車種を扱い、そのブロック数が100個あったならば、横に10,000項目、縦に10,000項目近い数が対象と成る。このために、代表名で構成するマザー・テーブルと、この要素にモジュール化した子テーブル群をつなぎ、階層構造化する。これにより、巨大な仕組みの全体観を保ちつつ計算関係を保ち、変更も簡単かつ迅速に扱うことが可能となる。

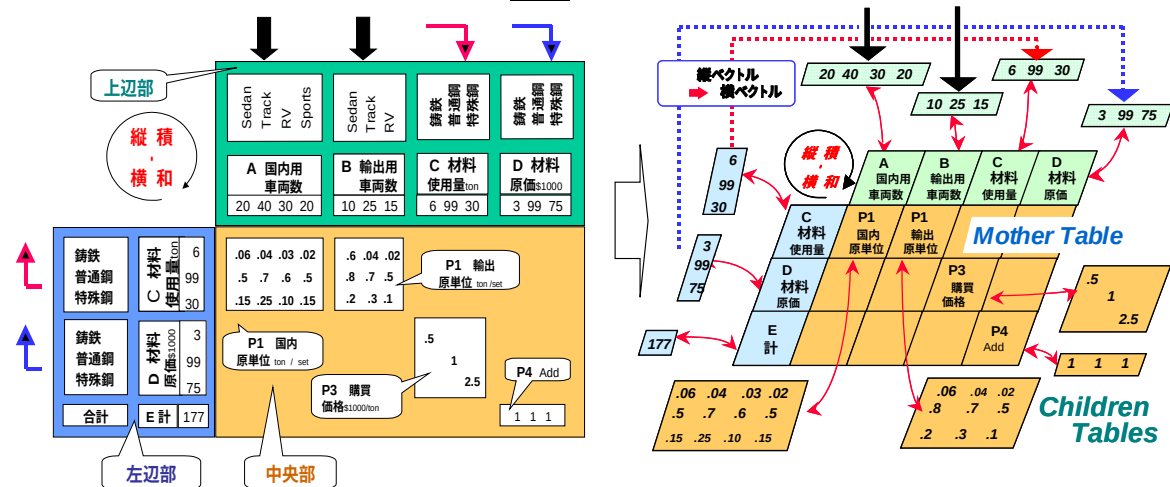


図6 フラットな表現から階層構造モデルへ

3.2 先決・中間・後決ブロックの仕組み

この平面に表すアイディアはドイツの O. Pichler が 1930 年代に提唱し、後に発展した原価モデルでは正方マトリクス表現が中心となった。1980 年代、専用ソフト開発に際し、外山は、異方マトリクスをベースにした（計算順序確立、計算量縮小、表示の縮小、連鎖の容易化等のため）。これを、因果を扱う表のルールとして次を設定した。

- ・ 上辺部は先決ブロック（図6の例では、A,B）と中間ブロック（左辺から回ってくる C, D）
- ・ 左辺部は中間ブロック（得られた結果の C, D）、後決ブロック（E）

これらマザー・テーブルの要素の記号をスカラーから、ベクトル、マトリックス（テーブル）等に拡張することにより計算シーケンスを表すテーブル化プラットフォームと成る。この発展系には全体のループ処理などがある。

(注)最近、複雑事象の表現、例えば、遺伝子の発現、通信ネットワーク、PCの機能設計（特に、Harvard Business School の教授連による“Design Rule”での表現は有名）、MIT の研究 DSM(Design Structure Matrix) 等の複雑事象の表現に使われ注目を浴びるようになってきている。このため、独特の計算構造を持つ構造マトリックスを区別する必要から外山型と称し扱う。

3.3 タイプ記号

プログラミング不要でモデリングする仕組みとして、タイプ記号（表1に実施例のセット表を略記）がある。

記号	意味
A	Add or Allの意味で数値"1"配置を代行
B	Bundle, Bit, Bool代数の意味
C	Conditionの意味で条件処理
D	Dummyの意味で計算順を制御
E	Each or Eigen (Unit Matrix)の意味
G	Groupに分配（縦に加えて1）の意味
H	HoHorizontalAddの意味
I	Interactive
M	lor2次元Matching意味；
P	ProductionRuleの意味
Q	Quota階層構造への割当ての意味
R	Reciprocal逆数の意味、
S	Standard Use通常使用の意味
T	テーブルのTranspose転置の意味
V	Turnテーブル回転の意味
X	Volute: Treeを含むNetwork展開
*	User Exitの意味でUser Moduleへ連係
/	上辺ブロック相互のMultiplyの意味
%	上辺ブロック相互のDivideの意味
%	Prorate割掛の意味
@	線形Loopの意味

表1 タイプ記号セットの一例

タイプ記号を用いれば、大部分の経営計算の論理を表現し、プログラムを意識することなく論理処理を表し演算を行い得る。これは、意外に思われるだろうが、経営計算の本質は、財務計算では主体は加減算中心であり、原価計算では積と割り算が必要であるが、縦積・横和の中に、含まれない割算も、タイプ記号の割り算記号"/"でソフト的に巧みな工夫で処理されている。この様な工夫で、大部分の経営計算の論理を表現し、項目などの変更時にも、プログラム論理の詳細展開に入ることなく対応可能である。

その一例は、図6の各右下部分を見て頂きたい。ここでは、実際に数値を設定する必要はなくモデリング時に Add の作用をする記号：A（タイプ記号）を画面で選択し設定可能である。

特記すべきは、タイプ記号"M"：Matchingで、通常、使用総数の80%を占めることである。これは、特定項目の数字を抽出し、関連項目に分配したり、集約したりする役目をしており、これが、複雑で多元的な経営をモデリングに強く役立っている。

3.4 構造マトリックスの連鎖

モデリング上は複数の構造マトリックスの連鎖に必要な要件をあげる。

- ・複数の構造モデルの自由な結合・組替・組外し
- ・予期しなかったモデルの連鎖
 - ・モデル間の任意の箇所間での大量データの簡潔な受渡し（例えば数万件のデータ）
 - ・専門・担当を異にする連鎖相手のモデル内容を詳しく知らなくても簡単に連鎖可能

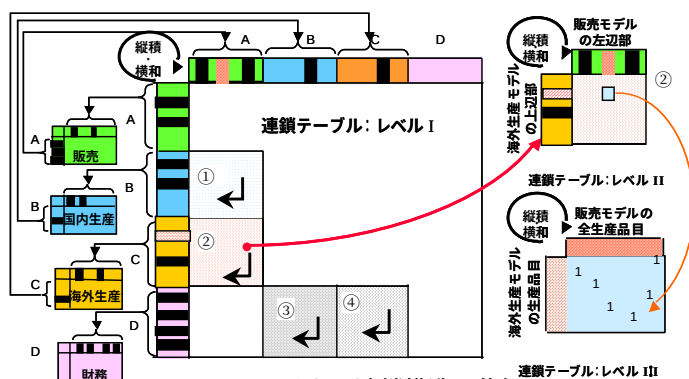


図7 連鎖構造の仕組み

このためには、変更に耐えうる自由度の高いタフな連鎖構造が必要であり、構造間→左辺ブロック→上辺ブロック間→項目間へと順次にリンク・テーブルを経て受け渡し、最後にデータ受け渡し実現している原理を図7に示した

4. 非金銭価値と金銭価値の接続

4.1 基本の原理

経営あるいは社会事象のモデルの構築にあたっては、次の2つの価値を密接に結ぼうとすると、複雑化し、システム化が困難となる場合が多い。

そのためには、広い意味の活動量（大部分は非金銭価値）の構造を把握し、その上で、その金銭価値との関係（材料費・加工費に対応）について、誰にも分かり易い（一般性を持った）モデル化が必要である。具体的には、次の2分野をせつごうすることである。

- ・企業の広い意味の非金銭価値で示される活動量の因果構造と各項目数値関係

例：製品別生産量、部品、材料、補助材料、エネ

ルギー、歩留、効率、稼働時間、労働時間などの関係等

- 上記活動量に対応した単位原価および総原価、

そこで、ドイツで格段に進歩した原価計算理論の根幹に逆上って考究し、その基本原理に到達した。これを上記プラットフォーム上に組み込めば、従来の原価論のスーパーセット理論として実務展開できることを確認してきた。

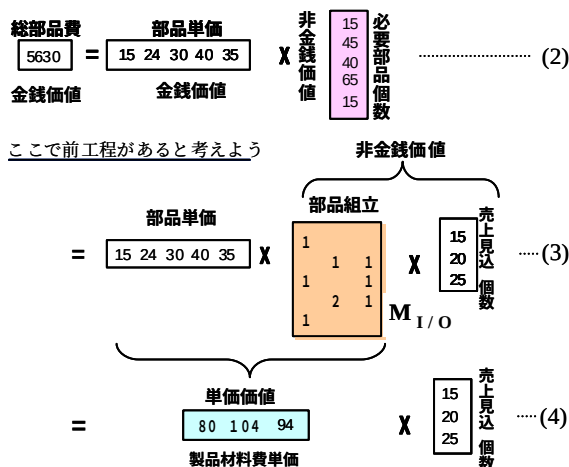


図8 非金銭価値と金銭価値の接合

経済社会において、誰でもが認める非金銭価値と金銭価値の関係の基本原則は、

総額 = 単価 x 数量 である。

これを、複数の製品に拡張すると、図8の式(2)の具体的な数字によるベクトル内積で示される。（なお、左辺はスカラー量であり、個々の総原価は右辺のいずれかのベクトル対角化で求まる）。

ここで、必要部品個数の数値が与えられた由来は、その前に、売上見込量(需要)が与えられ、部品組立マトリクス $M_{I/O}$ から与えられると考える(3)。これにより、(3)式が、さらに、(4)式に書ける。

ここで $M_{I/O}$ までを計算する(4)と売上見込個数に対する単価を算出できる。つまり $M_{I/O}$ を中心に前後で非金銭価値と金銭価値が与えられる（ $M_{I/O}$ を挟む双線型の関係）。これは、広い意味の活動量と原価の世界の写像を示す。

この例では材料に関する需要と投入価値の関係で示したが、(2)式の関係が需要である必要はなく、必

要部品数量に式で表せる因果関係であらわされれば良い。加工消費と加工費、固定消費と固定費に関しても、 $M_{I/O}$ を、あるいはこれに変わる算出式であれば対応付け可能であることを示している。さらに、廃棄製品の分解と最終廃棄物処理コストから製品の廃棄コストの関係をも表現可能である。この関係は、サービス産業を初め、労働の能率が強く問われる社会に於いて、意義が大きい。実際の現象は、活動量の範囲では、非線形の現象でも、(2)式の様に表示できれば、非線形の原価は計算も可能である。（実際は $M_{I/O}$ の要素表現に売上見込要素が関係している場合がある。）

4.2 具体的イメージ

この原理による、ギヤー・ボックスメーカーの売上見込み台数から出発して、部品量、加工作業量などの活動量、材料費、加工費などの単位原価・総原価、利益に至る簡単な例をフラットに表した例を付録に示す。順次追いかけて頂きたい。今後、ものづくりの基本として、活動量、単位原価、その各総額を三位一体での提供が求められるよう。

5. おわりに

本論文の最初に、企業幹部や企画者などの素朴な疑問を紹介した。紙数の関係で、ここに紹介したのは、ほんの入り口の説明にすぎないが、新たな仕組みの用意が必要なことは、理解して頂けたと思う。BSMは、構造マトリックスの発展系をベースに、活動量とコストの関係の理論を展開する部分を包含し、企業実体に迫りうるモデルを実現する。その上で現状の分析と将来の実施しうる施策を探るものであり、これらのお膳立ての上で実現しうると信じる。これにより、サイエンス・シミュレーションに伍してビジネス・シミュレーションの世界を拓き、さらには両者が連係するモデルも夢ではなからうと思う。

この方法は、製造、金融、公共などの諸産業の経営システムに広く適用範囲を広げてきた。今や環境・エネルギーなど多面的な価値を含む経営問題、社会・経済の分野で金銭価値尺度も包含するモデリングの仕組みをヴィジブルにするパラダイム・シフトによ

