

組織の科学にむけて

水 谷 正 大

1 はじめに

マイクロプロセッサの雄である Intel 社は、猛追する Advanced Micro Devices (AMD) 社との競争に備えて一層の効率化と競争力の強化を目指すために、2006年7月にその上級管理職の徹底の変革を行うとの報道が伝えられている¹⁾。Intelはこの改革によって、組織構造を中央に集中させ、意思決定の整合性を高めて決定を下す人数を少なくすることを目指すとしている。また、Intelは併せて大規模な人員削減も計画しているという²⁾。Intelは世界中に約10万人の従業員を抱えており、2007年中期までにその一割におよぶ約1万人を削減する計画があるようだ。

世界企業、とくに製造業では多くの社員を擁している。たとえば、GEの従業員数は2005年には米国内で16万人、米国外で15万人と併せて31万人以上にも及ぶ³⁾。また、トヨタ自動車は26万人、松下電器産業は33万人（いずれも連結）となっている。こうした巨大企業だけでなく全ての企業において、組織形態、人員配置のデザインは経営における基本問題となっており、組織の改編や効率化などの取り組みは、今日多くの企業が共通に直面している経営課題の1つである。経営体の効率化やスピード化は、単なる人員削減や組織の枝刈りによって達成されるわけではなく、各企業個別の特殊性を勘案した入念な経営分析と将来展望に基づいて慎重に設計されねばならないことは言うまでもない。

多くの経営組織理論は、目的とするビジネスにふさわしい組織をどのように構築するのかの解明に向けて研究されている⁴⁾。そこでは多くの議論がなされてきており、経営が良好な企業に対しては何故うまくいっているのか、経営に問題がある企業についてはどうして問題が生じたのかについて説明されている。しかしながら、それらの説明を全体に渡って注意深く検討すると、説明論理は互いに矛盾している場合が少なくない。成功事例に関する説明根拠が、一方で失敗事例の説明根拠として取り上げられるのである。言い換えると、従来の経営組織論は、組織体を分析するための首尾一貫した内的論理を持っていないために、結果説明（事後説明）として経営現象を捉えてしまうという隘路に陥りやすいのである。

本論文では、組織体を分析評価するための数理的方法を探求するための準備的論考を行うことを目的としている。求める組織のための数理は、つぎのような課題に応えるものだと想定している。

- どうして企業は組織規模に応じて組織形態を見直す必要があるのか。
- 創業間もない小さな規模の企業が成長し一定の規模を越えていくと、今まで成功してきた組織構造や企業運営ではうまく運ばなくなるのは何故か。
- 企業経営（マネジメント）は組織形態という構造から自由である得るのか。マネジメントにおける制御可能な外的な環境として組織形態の探求が可能なのか。

これらの課題に挑む組織数理の意義は、経営結果という事後情報に左右されることなく、組織体を直接に分析評価するための枠組みを提供することにある。

ここでは、組織形態を様々な内部状態と外部環境のもとで最適な構造として定めるという組織構造の最適化問題を提案する。第2節では、組織構造を数理として議論するための定式化と序列構造としての組織を述べる。第3節では、組織構造が組織目的に合致するように最適配置されているべきだという観点に立って、幾つかの不自然な組織構造の例をあげる。第4節では、組織の指示・報告プロセスにおけるコストに着目し、組織構造の最適問題の可能性に向けた議論を行う。

2 組織の序列構造

経営組織を以下のように形式的に記述してみよう。 N 人からなる経営組織 G は、その構成員である各要素を頂点集合 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$, $N = |V|$ とするネットワークと見なすことができる（記法 $|\cdot|$ は集合の要素数を表すとす）。組織内において直接的関係を有する構成員 v_i と v_j はネットワークにおける辺（リンク）をなし、頂点集合 V と非順序対からなる辺 $\{v_i, v_j\}$ または順序対からなる有向辺 (v_i, v_j) からなる辺集合 E によって、このネットワーク $G = (V, E)$ が定まる。組織構成要素間にある隣接関係（辺）とは、組織目的を達成するための機能関係としての結びつきであり、組織内のメッセージはこれらの辺に沿って伝搬する。たとえば、組織内の情報伝達に方向性があり、辺で隣接する要素 v_i から v_j にメッセージが伝わる場合には、情報は向きづけられた辺である順序対 (v_i, v_j) 上を v_i から v_j に向かって流れるとする有向ネットワークを考えることになる。

さて、組織体の構造的特徴とはなんだろうか。次の考察は目新しいものではなく、従来の組織論の枠を越える議論ではない。組織においては、各構成要素は組織目標達成における一定の機能・役割を担っており、それらが組み合わされて組織としての活動が行われている。ネットワークの各要素に機能・役割が割り当てられていることが組織の最大の特徴であり、他の多くのネットワーク事例と組織体とが線引きされる。組織における各要素の機能関係によって定まる順序関係を \succ で表し、これを序列と呼ぶことにする。組織要素の序列化とは、組織運営におけるその指揮系統の上下関係に対する格付け制度であり、軍隊における階級に相当する。組織は、特にその規模が大きくなった場合、組織目的を実現するために構成員を機能単位にグループ化し、これらを階層的に序列化して組織運営を行っている。組織構成の序列化は、一般的には、組織構成員の役職や階級上の上下関係だけでなく、組織機能単位としての部門・グループ間や指示命令系統

上の上下関係が組み合わさり、一般には複雑な形態となる。本稿では、簡単のために経営組織を抽象化して、グループであってもをそれを1つの単位と見なした組織形態を考えることにする。

組織の要素 v と u の間で $u \succ v$ であるとは、機能関係において u は v の上位に、 v は u より下位の関係にあることである。組織内の序列順序は、たとえば軍隊における階級の場合には、元帥大将 \succ 中将 \succ 少将大佐 \succ 中佐 \succ 少佐 \succ 大尉 \succ 中尉 \succ 少尉 \succ 曹長 \succ 軍曹 \succ 伍長 \succ 兵長 \succ 上等兵 \succ 一等兵 \succ 二等兵のようになる。組織の序列は半順序関係であって、任意の構成要素 u, v に対して常に $u \succ v$ または $v \succ u$ が成立しているわけではない（たとえば、軍隊では同じ階級を持っている兵士は複数存在している）。

軍隊内の‘命令’メッセージの流れは序列 \succ に従って上位から下位に流れるが、メッセージが序列の向きとは逆に流れる場合（‘報告’）もある。一般に組織内におけるメッセージの流れは、組織内における序列構造とは無関係に伝搬させることが可能であり、組織内における序列構造とメッセージ伝達を考慮した情報ネットワーク構造とは元来別に考える必要があることを注意しておく。

序列は組織体を特徴づける最大の特性である。序列に関する以下の定式化を行っておこう。組織の代表者（企業の社長や軍隊の指揮官などの統括責任者） v_R (root) は他の全ての要素 v に対して $v_R \succ v$ である。ネットワーク組織 G の頂点集合の要素 $v \in V$ に直目したとき、序列関係 \succ によって v に直接辺で隣接する要素群 $\{w \mid v \succ w\}$ が存在するとき、これらを v の‘部下’ (successor) という。 v は序列 \succ でのその直属の部下 w と辺で隣接しており、その辺を順序対 $(v, w) \succ$ で表す。一方、序列組織では部下を持たない頂点集合 S が存在し、これを組織の末端 (leaves) と呼ぶ。このとき、部下を持つ要素 v から、次々と部下をたどって部下を持たない末端群まで隣接する辺の連なりの集合 $v \xrightarrow{*} w_\ell = \{(v, w_1) \succ, (w_1, w_2) \succ, \dots, (w_{\ell-1}, w_\ell) \succ \mid w_\ell \in S\}$ を考えることができる。 v の部下の連なりにおける辺数の最大値 $\text{depth}(v) = \max_{w_\ell \in S} |v \xrightarrow{*} w_\ell|$ を頂点 v が持つ**部下の深さ**と呼ぶ。特に、組織 G の統轄責任者 v_R に対する部下の深さ $\text{depth}(v_R)$ を**組織の深さ**という。序列組織内の任意の2要素 u, v は、共通の上司 (predecessor) である要素 t が存在し、 t から u および v までそれぞれ $t \xrightarrow{*} u$ および $t \xrightarrow{*} v$ なる序列でつながっている。要素 u, v に最近接の上司間との隔たりの和 $\text{dist}(u, v) = \min_t |t \xrightarrow{*} u| + |t \xrightarrow{*} v|$ を u, v 間の**距離**という。したがって、組織内の任意の要素間の距離は高々 $2 \text{depth}(v_R)$ である。

規模が10万人を超えるような企業や軍隊のような組織では、その構造の特徴として次の2点が挙げられる。

- 高い効率化を目指して、組織構造は木構造を原則としている。
- 規模に比べて、組織の深さが小さい。

組織構造が木であるとき、組織要素間を結ぶ序列経路は唯一に定まり、指揮命令系統に矛盾が生じない（たとえば、同時に複数の指令が届かない）という意味で都合がよい。ただし、メッセージの伝搬において全ての要素間の接続関係が保たれている必要があり、どこかで接続が切れた場合、その先の下位要素にはメッセージが届かなくなる。このために、組織の序列がたとえ木構造

であったとしても、情報ネットワークとして頑強であるように通信路として序列関係以外の冗長回線を用意しておくことが望ましい。また、木構造には閉路がないために、集団としての凝集性に関わる**ネットワーク推移度** (transitivity)^{5,6)}は極めて低くなる(厳密には零)。したがって、木構造序列を持つ組織では、それをコミュニティと見なした場合には十分な交流は保証されない。大規模組織が立ち向かうべき問題はこの性質に起源を持つ場合が多い。組織 G の規模を $N = |V|$ 、組織責任者からの序列の深さを d としたとき、 d_i 番目の序列における部下の数が仮にすべて等しく m_i であるとき、組織の深さは $\log N$ 程度に小さいことがわかる。実際、各序列レベルに属する要素数の総和が全要素数 N であることに注意すると次式が成立する。

$$1 + m_1 + m_1 m_2 + \dots + m_1 m_2 \dots m_d = N.$$

多くの社会ネットワークで観察されるように、高いネットワーク推移性と小さな平均距離を有するネットワークの持つ性質を**スモールワールド**という^{7,8)}。高いネットワーク推移性と大きな平均距離を持つ格子ネットワークに近道をランダムに僅かなだけ付与するとスモールワールド性が得られることは Watts & Strogatz が示している⁷⁾。低いネットワーク推移性と小さな平均距離を持つ序列組織に対しても、同様に近道をランダムに僅かなだけ付与してスモールワールド性を実現させることは困難なことではないだろう。しかしながら、そうした操作が組織体にどのような経営組織としての効果をもたらすかについては、依然未解決である。

3 組織構造の最適配置

人々がただ集まって勝手に組織が生まれるわけではない。組織体はなぜ‘現在’の組織構造を取るように至ったのだろうか。実際には、人々がある目的を持って活動していくと何かしらの組織構造が生まれる、さらには規模が大きくなるにつれて組織は構造体として一層強固にある形を形成していく。このような組織形成に関する合理的説明が可能かどうかは組織の数理が果たすべき当面の課題である。

系の変化や形状は内部状態や外部環境に応じて最適化された上で実現されることが多い。数学的にはこれを変分問題として表すことができる⁹⁾。変分問題とは、関数または汎関数 $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ が k 個の条件 $g_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \dots, g_k(x_1, x_2, \dots, x_n)$ によって拘束されているとき、変分 $\{x_i \rightarrow x_i + \delta x_i\}$ のもとで $\delta F(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$ 、つまり $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ が極値となるための条件を見いだす問題である。組織の数理を追求する1つの方向として、組織構造を変分問題として定式化し、様々な内部状態と外部環境のもとで、組織構造が最適な配置で実現される様子を合理的に決定する問題があり得るだろう。以下に、この観点から組織構造を検討してみよう。

図1は、組織の全員が一人ずつの部下を持つ序列組織を表している。組織行動とは、組織の外界への作用(たとえば、顧客への営業活動や製品生産など)として現れる組織内活動であって、組織の末端あるいは末端に近い序列要素が組織の外部である現場(field)と接触して、組織目的

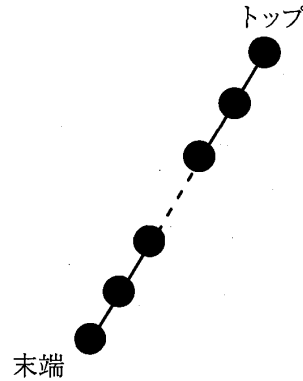


図1 組織の全員が一人ずつの部下を持つ組織

の実現を試みている様子であると考えることができる。

組織の末端集合 S とすると、末端から上位方向に f 位だけ序列を遡った要素集合を $R_f = \{v \mid \text{dist}(v, w) = f, w \in S\}$ とすると、末端から上位 f 位までにある上司集合は $S_f = \bigcup_{i=1}^f R_i$ で与えられる。集合 S_f を組織の f -次の表面 (surface) と呼ぼう。0-次の表面 S_0 は組織の末端集合 S である。

現場に接触して行動する組織要素群は小さな f -値を持つ S_f であり、他の要素は現場で行動する S_f を支援または監督・調整するマネジメント要員であると見なすことができる。図1の組織は、組織規模が N 人であっても末端が1人だけで、トップから (への) メッセージ伝達は途中の $N-2$ 人が上下にそのまま中継するだけの最も‘効率’が悪い組織体である。組織の効率 (efficiency) とは、多くの経営組織理論に登場するが、実は未定義用語であり、求める組織数理において定義されるべき概念である。しかし、図1のような組織では、その‘効率’の悪さは次のように理解することができる。 f を固定したとき、組織の f -次の表面集合の要素数 $|S_f|$ を考えると、組織規模数 N を大きくしていくと表面集合の割合は $\frac{|S_f|}{N} \rightarrow 0 (N \rightarrow \infty)$ といくらでも小さくなっていく。図1のような組織では、組織規模に比べて現場との接触が無くなり管理機構だけが肥大化していると考えることができる。組織の数理は、図1のような組織構造を非最適だとして排除するものでなければならない。

図2は、経営トップと他の組織要素とが直接に結びついた最も平坦 (flat) な構造を持つ組織を表している。規模が大きくなって組織管理が複雑になってしまった経営組織の場合、組織の平

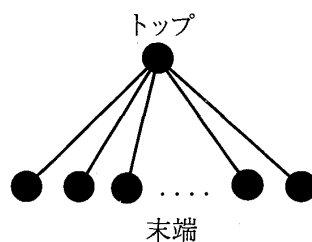


図2 組織要素は組織代表者に直接につながっている平坦な組織

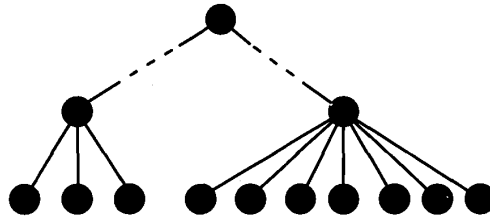


図3 同じ序列にあって直属部下の数に極端な偏りがある組織

平坦化を目標とすることがある。情報伝達に着目するだけであれば、いかに巨大で複雑な企業組織であるとしても、電子メールなどの ICT (Information and Communication Technology) を援用すれば情報伝達の平坦化は容易で、誰とでもメッセージを交換できる情報交換ネットワークを構築することは理論的に常に可能である。組織体の規模が小さいとき（特に創業時など）では、平坦な組織であることが有効性を持つだろうことを指摘することはたやすい。一方で、組織体の規模が一定限度を超え始めると、逆に平坦な組織だけでは組織目標の達成は困難になるだろうことも予想可能である。しかしながら、従来からのこうした定性的な説明では事後説明の罨に陥りやすい。組織の数理は、組織の規模や内部状態と外部環境のもとで、組織の‘効率’をどのように向上させるかに応えるものでなければならない。

図3は、組織内において同じ序列レベルにある要素について、その直属部下である要素数に大きな偏りのある組織を表している。組織内の部門や役割・機能および資源に応じた適切な組織構造を配置するためにはどうすればよいのか、組織の数理は部門・分野編成に対する一貫した根拠を与えるものでなければならない。

図4は、組織内において同じ序列レベルにある要素について、その部下の深さに大きな偏りのある組織を表している。部下の深さは、組織内における部門の規模に関係すると同時に、序列の公平性 (pay grade) に影響がある。

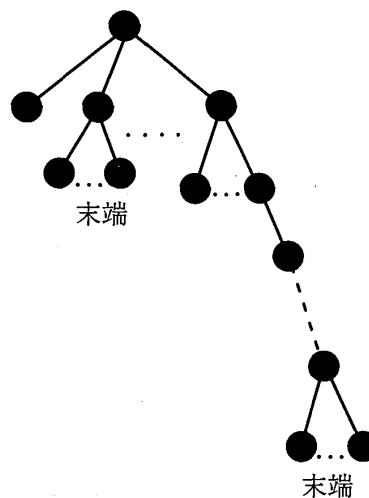


図4 同じ序列レベルから計った部下の深さに極端な偏りがある組織

組織配置に問題が存在しない組織体は、組織の内部状況や資源と外部環境との交渉を通じて、以上のような極端な構造とならず、何らかのバランスの結果として適切な構造を取るに至っている。組織数理における最適配置の問題とは、このような課題に対する定式化と問題解決の方法である。この問題の難しさは、まず組織構造を決定する要因（変数）と諸条件の関数形の設定にある。また、組織のネットワーク構造という離散的対象の考察であることから、変分に関わる関数が必ずしも連続関数であるとは限らず、そもそも‘変分’という操作概念についても検討が迫られるはずである。

4 組織機能とコスト

組織の最適配置という変分問題に向けた考え方として**組織コスト** (cost) を提案する。組織は、組織目的を実現するための機能を有し、多くの組織要素を抱えながら各要素にそれらの機能を実現する役割を付与することによって組織構造を形成している。組織コストとは、組織要素が与えられた機能を発揮するために必要な手間である。

簡単のために、組織行動を単純化して、組織の指示・報告行動を考えよう。情報通信システムでは、通信システムの全ての要素間で正確に情報を交換することを主目的としており、伝送される情報の欠損や重複は許されない。一方、組織の指示・報告行動では、情報通信システムとは異なり、情報をそのまま正確に伝達するわけではない。組織における**指示** (edict) とは、組織トップから組織目的を達成するための指令が下位に向けて発せられてから、組織の末端が命じられた活動を行うまでのプロセスである。組織における**報告** (report) とは、組織の末端（あるいは f -次の表面 S_f ）がセンサーとなって現場と接触し、その結果を上位に向けて伝えていくプロセスである。実際の企業活動に即して言うと、トップからの企業目的を受けて、指示をそれぞれの序列レベルで具現化しながら下位に指示を出し、最終的に末端が現場での行動指針として受けとってその結果として組織目的を実現するプロセスが指示である。また、末端が現場結果を知らせ、それぞれの序列レベルで受け取ったレポートを分析して上に上げてトップにまで伝えるプロセスが報告である。組織における各要素は、このような指示および報告という機能を担って活動している。

各組織要素が扱うことができる情報量には最大値がある。最大1だけの情報量を扱うことができるとした場合、序列要素が m 個の部下たちへ指示する際には

$$1 \xrightarrow{\text{指示}} \underbrace{1 + 1 + \cdots + 1}_m$$

であるように、序列要素は指示情報を具体化する作業をしなければならない。また、序列要素が m 個の部下から受け取ったレポートを上位に報告する際には

$$\underbrace{1 + 1 + \cdots + 1}_m \xrightarrow{\text{報告}} 1$$

であるように、序列要素はレポート情報を縮約して抽象化する作業をしなければならない。この

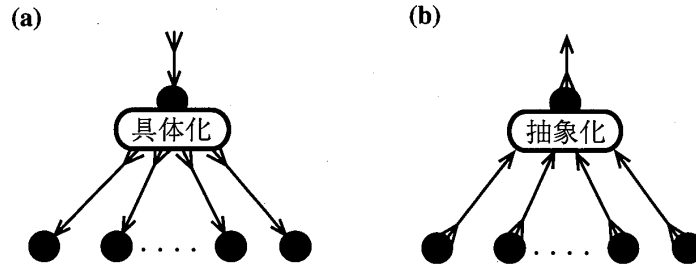


図5 組織機能を実現するコスト

(a) 指示：指令がトップダウンに上位から下位に届けられる場合。指令内容を具体化して直属の部下に指示を与える。(b) 報告：レポートがボトムアップに下位から上位に届けられる場合。直属の部下からの集まったレポート内容を縮約・抽象化して上位に届ける。

ように、指示プロセスや報告プロセスで情報の具体化や抽象化のために必要な手間が組織コストである。

組織における指示・報告という伝達プロセスは、このように単なる情報のコピーではなく、渡された情報をその都度手間をかけて改変・創出して上位または下位に流している。図5はこうした組織コストの様子を表している。図5(a)は指示プロセスのある段階を示しており、上位から指示を受け取った序列要素は、直属の部下のそれぞれに指示を具体的な行動プランに変換して渡している。図5(b)は報告プロセスのある段階を示しており、下位からレポートを受け取った序列要素はそれらを統合要約して上位に報告している。

図2のような平坦な組織では、平坦化による指示・報告プロセスの簡素化という‘効率’性は規模が大きくなると指示・報告のための組織コストの増大を招き、かえって非‘効率’な組織となってしまうはずである。単に組織を平坦化するだけでは組織の効率化は達成できず、組織規模 $N = |V|$ に応じた適切な組織の深さ d が必要となる。しかしながら、組織構造の適切さをこのような定性的な説明に根拠を求めるだけでは結果説明の隘路に陥り、組織理論としては不十分である。

組織構造を構造配置の最適化問題として記述するためには、組織コストと組織形態との関係を定式化したうえで、コスト関数を具体的に定める必要がある。組織数理のための次なる段階は、図1、図3、図4のような組織構造が不合理であることを議論し、また組織の内部状態と外部環境に応じて図2のような組織の適切性を判断できる理論的枠組みを提案することである。

参考文献

- 1) CNET News, *Intel launches major reorganization* (July 19, 2006), http://news.com.com/2100-1006_3-6096207.html.
- 2) CNET News, *Intel lowers the boom on marketing, IT departments* (September 5, 2006), http://news.com.com/2100-1014_3-6112412.html.
- 3) GE's workforce information, <http://www.ge.com/en/citizenship/employees/workforce.htm>.

- 4) ダフト R.L., 組織の経営学—戦略と意思決定を支える, ダイヤモンド社 (2002).
- 5) Carrington, P. J., Scott, J. and Wasserman, S.(eds), *Models and Methods in Social Network Analysis*, Cambridge University Press (2005).
- 6) Wasserman, S. and Faust, K. *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge University Press (1994).
- 7) Watts, D., *Small Worlds: The Dynamics of Networks Between Order and Randomnes*, Princeton University Press(2004).
- 8) Watts D.J., Newman, M., and Barabási, A-L., *The Structure And Dynamics of Networks*, Princeton University Press (2006).
- 9) Courant R. and Hilbert, D., *Methods of Mathematical Physics*, Wiley-Interscience; Reprint (1989).