

# ネットセントリック 戦略



## Netcentric Strategies

ネットセントリックとは、意思決定や活動の「中心」が、特定の一点ではなくネットワークそのものにあるとする新しい考え方である。情報テクノロジーの発達と密接な関係を持つこの概念は、軍事行動の様式から、企業や国家戦略再編の鍵を握るものとして各方面からの注目を集めている。本稿では、最先端のネットワーク研究の成果を交えつつネットセントリック戦略のコンセプトを紹介するとともに、従来の製品(兵器)に与える影響を考え、その現代的意義や、経営戦略を含む幅広いインプリケーションを論じる。

西口敏宏

Nishiguchi Toshihiro

(一橋大学イノベーション研究センター教授)

1998年に米海軍中将セブrouスキーが打ち出した「ネットセントリック戦争」の概念が、今、軍の世界を超えて広く社会にインパクトを与えている (Cebrowski and Garstka, 1998)。ネットセントリック (netcentric) とは、ネットワークセントリック (network-centric) の略で、意思決定や活動の「中心」が特定の一点ではなく、ネットワークそのものにあるとする新しい考え方だ。本来、パワーが分散しており中心部がないのがネットワークであるはずなのに、そのような分散構造にこそ中心があるとする、一見、形容矛盾するこの考え方は、今、各界から注目を浴びている。というのも、これが現代の戦争様式、ひいては企業や国家戦略再編の鍵を握ると考えられるからだ。

ネットセントリック戦争とは、環境のランダムな変化に対して、ノード (node、結節点) 間での、リアルタイムの情報共有とリワイヤリング (rewiring、伝達経路のつなぎ直し) を通して、絶えず適応していく戦争様式のことである。ここでいうノードは、戦場の個々の兵士から中央指令軍に至る、数多くの情報や命令伝達の結節点だと考えればよい。このコンセプトは、根底ではグラフセオリー (graph theory) に裏打ちされた最新のネットワーク理論と深く関わっている。グラフセオリーとは、平たくいえば森羅万象のあらゆる関係性を、すべて、点 (nodes) と線 (links) の関係性だけで表現しようとする数学の一分野だ。後述のように、この観点からネットセントリック戦争を検討してみると、実は、その背後にある「戦略」には軍隊ばかりでなく、広く企業や国家などにも通じる普遍性が見てとれる。

具体的には、2003年のイラク戦争をイメージするとわかりやすい。通信衛星、無人偵察機、指令機、空中警戒機、陸海空3軍の兵器や部隊など、戦場のあらゆるところに張り巡らされたセンサーから得られる情報を、前線の兵士からフロリダ州タンパの中央指令軍高官まで全員がリアルタイムで共有し、刻一刻変わる情勢に応じて最適な攻撃主体が柔軟に作戦を遂行し、的確な効果をあげようとするアプローチである。

このような新しい考え方に基づく戦略の発展は、情報テクノロジー (information technology: IT) の発達と密接に関わっている。というのも、ITネットワーク化によって、現場と中央の距離が一挙に縮まり、伝統的な階層を超えて、迅速に、最適な戦果をもたらす、新しい戦争様式の進展を助けるからである。ただし、ITは手段であり、それ自体が目的ではない。

わずか十数年前、1991年の湾岸戦争の頃は、それでも、現場の情報が階層を経て、フロリダの中央指令軍に到達し、攻撃命令が現場に届くまでに丸2日かかっていた。これでは、逐一変わる戦闘情勢についていけない。その後、2001年のアフガン戦争、2003年のイラク戦争を通じて、指揮系統が簡素化され、現場の判断が重んじられるようになった結果、情報伝達のリードタイムが、数時間から早ければ30分で攻撃が仕掛けられるようにまで短縮され、大いに戦果があがった。

本論文ではこのようなネットセントリック戦略のコンセプトや米国最先端のネットワーク研究の成果を紹介しながら、この新しい考え方が、いかに従来の製品 (兵器) カテゴリーを変え、具体的にどのようなインパクトを製品 (兵器) 開発に与えているかについて、新発掘のケースを通して考察する。そして「ネットセントリック戦略」の持つ現代的な意義と経営戦略を含む幅広いインプリケーションを、わかりやすく論じてみたい。

## 1 ネットワークの社会学

最新のネットワーク理論を理解するのに、高邁な哲学は必要ない。万人が持っている日常体験で十分なのだ。

例えば、ある取引先のパーティーに呼ばれて都心のホテル会場に行ったとしよう。主催者側の何人かとは以前から面識があるが、ほかの客は全然知らない。数百人の立食パーティー形式なので、ぎこちない思いがする。と

## 特集論文 デジタル・コンペティション

りあえず入り口でドリンクを取り、主催者側に挨拶した後、行く当てもないので寿司の列に並ぶ。混み合っており、すぐ前にいる仕立ての良いスーツを着た紳士とぶつかってしまった。互いに軽く会釈し合い、会話が始まる。

「混んでいますね」「いやあ、そうですねえ」。互いに、知人の少なさを紛らわせるかのように自己紹介を兼ねた軽い会話が続く。数分後、会話の相手が、実は同じ高校の同窓生で、しかも自分の妻の知人の夫であったことが知れる。酒の勢いもあり、興に乗って、思いがけずそのまま一晩中話し込んでしまった。そのうえ、こちらが転職先を探していることを知ると、彼は、その後、色々と聞き回ってくれたようで、数カ月後、この紳士の紹介で、彼の親友の姉の夫が開設したばかりのコンサルティング会社にパートナーとして迎え入れられるという、めでたい土産話まで飛び込んできた。

このような事例に出会うと、「いやあ、世界は狭いですね」「悪いことは、できないですね」と日本人はよく言う。英語圏でも「小さな世界ですね」(It's a small world, isn't it?) という慣用語がある。「スモール・ワールド現象」(small-world phenomenon) という成句もあり、専門的には「シックス・ディグリーズ・オブ・セパレーション」(six degrees of separation)、「6度の分離」現象として知られる。これは、例えば、転職のような人生の重大情報は、伝手を6回ほどたどっていくと、もたらされる場合が多いという経験則を表している。

上の例で見れば、私と妻とは、むろん嫌というほど面識があるから、2人間の分離はワン・ディグリー、つまり1度である。そして、妻の知人と私は、妻という結節点(ノード)を介してトゥー・ディグリーズ・オブ・セパレーション、すなわち2度の分離でつながっている。同様に、妻の知人の夫、つまりパーティーの紳士と私は、妻と、その知人という2つの結節点を介して、仮に以前に面識がなかったとしてもスリー・ディグリーズ・オブ・セパレーション、3度の分離でつながっている、といった具合だ。さらに上のケースでは、パーティーで出会った紳士の親友(4度)の姉(5度)の夫(6度)が

開設したコンサルティング会社に、結局「6度の分離」を経て紹介され、パートナーとして就任させてもらうという、オイシイ話が待っていた。

日常よく見聞きする、このような「知人の知人の知人」現象には、一見、厳密な法則性はないように見えるかもしれない。だが、果たして本当にそうなのだろうか。

この問いに対して、ハーバード大学の社会心理学者ミルグラムが1960年代に大量サンプル実験を行い、当時そのような言葉を使わなかったとはいえ、確かに「6度の分離」現象が存在することを実証している。

ミルグラムは、ランダムに選ばれた、中西部ネブラスカ州オマハとボストンの数百名の被験者たちに、彼らが直接知らない、ボストン勤務の1人の株式仲買人(ターゲット・パーソン)に対して、最終的に手紙が行き着くように、自分よりは、ターゲット・パーソンをよく知っていきそうな知人(ファースト・ネームで呼び合える仲の、1度の分離を介した人)にまず手紙を出し、その知人に、さらによく知っていきそうな別の知人(2度の分離)に手紙を出してもらい、といった作業を繰り返すよう依頼した。そのような手紙の連鎖を通じて、結果的に何度の分離を経て最終ターゲットに行き着くかを測定したのである。驚くべきことに、その結果は、英語圏で言い伝えられてきた、「6度の分離」経験則に合致するものであった。平均すると、ほぼ6回の手紙を出す作業を経て、オマハとボストンの被験者たちは、ボストン勤務のターゲット・パーソンに行き着いたのである(Milgram, 1967; Watts, 2003)。

ということは、裏を返せば、ターゲット・パーソンは誰でもよく、たとえ米国大統領であっても、「6度の分離」で行き着いてもおかしくはないのである。しかも今日、インターネットを通じて、ミルグラムのような実験は、はるかに効率よく、大量サンプルで行える。ITの威力だ。

このような知見は、1970年代に入ると、当時ハーバード大学で社会学の博士論文を書いていた、グラノヴェッターによる転職に関する有名な研究によって、さらに強化

されることになった。

彼は、ボストン近郊に住むマネージャー数十名にインタビューし、そのなかで、誰の情報提供によって現在の職を得たのかを尋ねた。そして「親しさの程度」の違いで就職情報の提供者を区分した結果、それまでのネットワーク理論で通説とされていた「親しい友人」ではなく、大多数の被験者において、比較的コンタクトの少なかった「遠い知人」が、現職を得るにあたって決定的に重要な情報を提供していたことを発見したのである。グラノヴェッターのこの発見は、転職という我々の人生の重要な局面において、直近の友人ネットワークではなく、その周辺にあり、通常はあまり意識されない「周辺のネットワーク」こそがしばしば決定的な役割を果たすという事実を、再認識させる結果となった。

というのも、「親しい友人」の生活圏は「私」と大して変わらず、そこからもたらされる情報も著しく似通っているのに対して、「遠い知人」が属する社会は「私」や「親しい友人」の住む世界からは隔たっており、そこからもたらされる情報は、「構造的に」オーバーラップやリダンダンシー（冗長性、重複）が少なく、異質で豊かである。したがって、転職のような人生のジャンプに関わる一区切りには大いに有用であるからなのである。「緩いつながりの強み」(“The Strength of Weak Ties”)と題され、米社会学界を代表する『アメリカン・ジャーナル・オブ・ソシオロジー』(American Journal of Sociology) 誌に掲載された彼の初論文は、その優れた功績により、ネットワーク研究の古典として今日も読み継がれている (Granovetter, 1973)。

このような「緩いネットワークの強み」のメカニズムが明らかになるにつれ、その構造特性にこそ積極的に戦略的な価値を見出そうとする論者が現れた。

例えば、シカゴ大学の社会学者バートは、日常的で頻繁なコンタクト先との対応にとらわれて、局所的な交際範囲に埋没している多くの個人や組織が見逃している、複数のネットワーク間の構造的な可能性に着目した。そして彼は、現在はつながっておらず、互いに周辺の存

在として離ればなれになっているか、もしくは接触頻度の少なから同様の状態にある複数のネットワークの間に、「構造的な穴」(structural holes)があると主張した。

重要なのは、まず他人より早くその構造的な穴を見出すことである。そのためには、穴をよく見渡せるロケーション（位置取り）が大切である。そして、構造的な穴にブリッジ（橋）を架けることによって、それまで両側に局所的に滞っていた情報やノウハウが、橋のたもと、すなわち、つながったばかりのネットワークの結節点を通して一挙に流れ、結節点を占める個人や組織がその利得を一手に独占し、繁栄するであろうと説いた。要するに、大切なのは、1にロケーション（位置取り）、2にブリッジング（橋渡し、架橋）だということである (Burt, 1992)。

## 2 「スモール・ワールド」 ネットワーク

先のパーティーのような席で知り合った赤の他人だと思っていた人が、複数の知人ルートをたどってみて、思いがけずも、ごく親しい人の友人だったことがわかった、互いに気がなごむものだ。まさに世間は狭く、“It's a small world”なのである。

1990年代以降、マイクロチップの革新的な発達によって、このような経験則、「スモール・ワールド」現象のシミュレーションを、パソコンで手軽に行えるようになり、特に米国でネットワーク研究の著しい進展を見た。主に20代、30代の若手応用数学者や物理学者がその専門的な数理能力を駆使し、グラフセオリーを用いてネットワーク理論に新しい地平を開いている。

例えば、1967年生まれの物理学者バラバシ (Barabasi, 2002) が有名であるが、本論文では、ある意味でそれ以上の衝撃を与えている1971年生まれの応用数学者、転じ

## 特集論文 デジタル・コンペティション

て社会学者となった、コロンビア大学のダンカン・ワッツ (Watts, 1999, 2003; Watts and Strogatz, 1998) のネットワーク理論を紹介しておこう。<sup>1)</sup>

グラフセオリーを駆使するワッツのネットワーク理論は、彼の指導教官ストローガッツと考案した図1のネットワークの「スモール・ワールド」化に集約される。ここには3つのネットワークが描かれており、各ネットワークにおけるノード (結節点) 同士のつながり方は、左から右へ行くに従って、そのランダム性が増す。

左のネットワーク (レギュラー) では、円周上に並ぶ20のノードのつながり方が規則的であり、互いに隣同士、さらに、この図では円の内側方向にすぐ隣を飛び越えて、その次の、つまり隣の隣のノードに直接リンクする方式のみである。このつながり方で、左右、両方向に伸びる。したがって、ある1つのノードは、計4つの近隣ノードと、そしてそれらのみと、結びつくことになる。なお、ここでは仮にノード数を20としてあるが、これが200でも200万でも基本は同じだ。

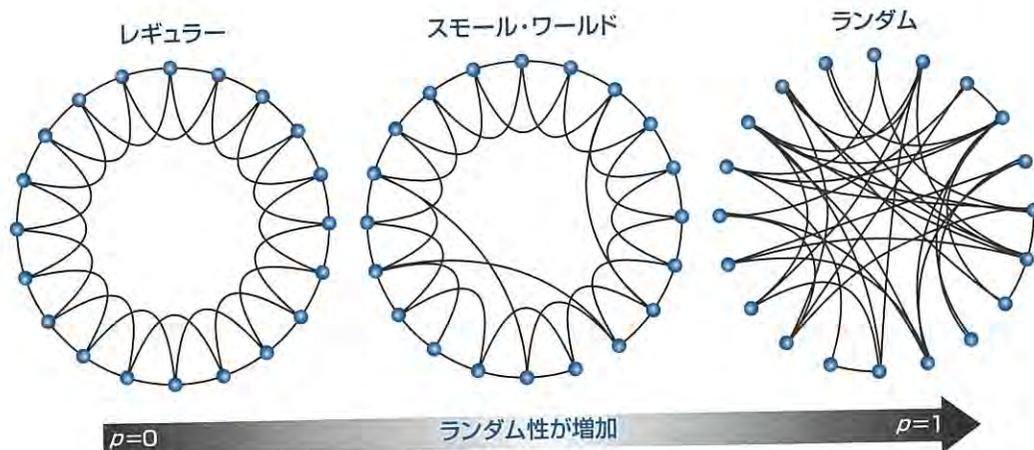
中央のネットワーク (スモール・ワールド) では、左の規則的なつながり方とほぼ同じであるが、一部分で、

ランダムなつながり方、すなわちリワイヤリング (伝達経路のつながり直し) が生じている。とりあえず、新しくつながり直す先は任意でよい。このことによって、それまで短い経路 (short path lengths) だけで成り立っていたネットワークの一部に、長い経路 (long path lengths) が混在することになる。どうせつながり直すのだったら、遠くへ飛ばしたほうがおもしろい。

右のネットワーク (ランダム) になると、つながり方に規則性がなくなり、全くのデタラメである。すなわち、完全にランダムなコネクション特性を持つネットワークが、ここに出現している。

ワッツのシミュレーションによれば、これら3つのタイプのネットワークは、それぞれ特有の振る舞いのパターンを示すことがわかった。左の規則的なネットワークは、一見、秩序立って見えるが、あるノードから円周上の遠くのノードに情報伝達しようとする時、ステップ数が著しく増加し、つまり「分離の度数」が多すぎて、情報伝達に時間がかかるばかりでなく、ノード数の増加とともに情報が不完全にしか届かなかつたり、途中で失われたりする可能性が増す。この伝達遅延、未達、もしくは

図1 ネットワークの「スモール・ワールド」化



(出所) Watts and Strogatz (1998).

は逸失現象は、ノード数の増加とともに顕著となる。他方、右のランダム・ネットワークでは、伝達特性が予測できず、振る舞いにも一貫性がなく、使い物にならない。

ところが、中央の「スモール・ワールド」ネットワークでは、基本的にノード間のコネクションに規則性が維持されており、ネットワーク全体の振る舞いの予見性が高い一方、一部分のランダムな遠いつながりによる「遠距離交際」によって、通常流れにくい情報が、直接結びついたノード間に一挙に流れる。しかも、それらの隔たったノードのそれぞれの近隣ノードにも、遠方からの新しい情報が効果的に伝わるといふ「近隣効果」(neighborhood effects)が生じ、ネットワーク全体の情報伝達特性が、著しく活性化することがわかったのである。グラフセオリーでは、この現象を「全体経路の短縮」あるいは「短い全体経路」(short global path lengths)と呼び、ネットワーク全体の「スモール・ワールド」化に一役買っている。

これらの3タイプのネットワークの間には、無限の中間体の領域が存在すると想定され、それぞれの差違は連続的(グラデーショナル)であるため、「短い全体経路」の効率的な伝達特性を持つネットワークの帯域をどこでカット・オフするかによって、「スモール・ワールド」ネットワークの該当領域も特定される。

このようなワッツ=ストローガッツ・モデルのシミュレーション結果が示唆するところは、図1中央の「スモール・ワールド」ネットワークが、新しい機会の探索能力から見ても全体の情報伝達特性から見ても、左のギチギチ、あるいは右のデタラメなコネクションを持つネットワークに比べて、格段に優れていそうだということである。先に見た、転職先の探索に有利なのは、おそらくこのタイプのネットワークであろう。また、左の硬直的なネットワークの真中にポッカーと開いた、バートのいう「構造的な穴」に効果的に架橋し、何らかの付加価値を生み出すのも、やはり「スモール・ワールド」のトポロジー(構造、形態)を持つネットワークであろう。

## 3

### トポロジーが重要

この「スモール・ワールド」ネットワーク・モデルの重要なインプリケーションは3つある。第1に、トポロジーが重要であるということ(Topology matters)。第2に、トポロジーは変えられるということ。第3に、このモデルの幅広い応用可能性である。

第1に、トポロジーの重要性を考えてみよう。トポロジーとは、わかりやすくいえば、外部からある効力が加わり、あるシステムがたとえ一時的にたわんだり可塑的に変形(elastic deformation)したりしても、その基本的なフォームに戻る弾力性や耐性を持ったシステムの形状特性のことである。類義語の「構造」や「形態」が、どちらかという堅固な物理特性を持った、物質的な実態を指し示すニュアンスがあるのに対して、より抽象的もしくは非可視的で諸力の相互関係からなるシステム全般を記述するために、グラフセオリーなどでも最近よく用いられるコンセプトである。例えば、物理学では、「分子のトポロジー」「磁場のトポロジー」といった言い方をする。転じて、自然科学のような厳密さはないが、組織のトポロジー、政治体制のトポロジーといった用法が可能である。

ここに2人の非常に似通った人がいるとしよう。仮に個人の意欲や能力が同じでも、各人の属する社会Aと社会Bが違ったトポロジーを持っていれば、月とスッポンほど異なった結果が生じることがある。

例えば、図1の3つのネットワークを、それぞれ会社組織における、異なった情報伝達システムのモデルだと考えてみよう。円周上の同じ位置を占める個人(ノード)であっても、どのようなタイプのトポロジーを持った会社組織に属するかによって、全く違った働きぶりや成果が出てくるであろうことは想像に難くない。また、等しく

## 特集論文 デジタル・コンペティション

有能な2人の将軍も、民主主義とファシズムというそれぞれ異なった政体のトポロジーの下でどのように運命が分かれるかは、第2次世界大戦のノルマンディー上陸作戦を指揮した英雄で後に米国大統領になったアイゼンハワー将軍と、数々の輝かしい軍功にもかかわらずついにはヒットラーに強要され、服毒自殺という悲惨な最期を遂げたロンメル将軍とを見比べれば一目瞭然であろう。このように、あるシステムのトポロジーは、その振る舞いや成果の決定要因として、重要な役割を果たすのである。

第2に、その一方で、トポロジーは可変的である。グラフセオリー的に表現すると、ノードのつながり方を一部分変える、つまりリワイヤリングするだけで、システムの全体経路が短縮され、その振る舞いのパターンがガラリと変わる。そのことによって、システムに属する個人や組織の運命は著しく変化する。

行き詰まった企業が、新しいリーダーの下で組織改革を行い、業績を回復するときには、システムの全体経路に、必ずこのリワイヤリングが大胆に起こっている。また戦争に負け、すべてを失い、瓦礫と荒廃のなかから国民が立ち上がり、短期間で経済復興と高度成長を成し遂げるとき、国家システムのトポロジーは劇的に変わっている。さらに補助金漬け行政や財政危機でにっちもさっちも行かなくなった政府が、新しい強力な国家指導者の下で大なたを振るい、大改革を断行して急速に生気を取り戻すときも、大きなリワイヤリングが必ず起こっているものである。

さらにまた、国家主権のあり方がファシズムから民主主義へ移行するほどの大変革を遂げるとき、国家システム全体のトポロジカルな変化は画期的でさえある。なぜなら、独裁者一点に集中していた権力システムのトポロジーが一挙に崩れ、リワイヤリングによって広く分散するからである。この結果、例えば戦後民主化したドイツや日本における諸個人の運命や生き方は、戦前のファシズム体制下とは似ても似つかなくなったのである。

第3に「スモール・ワールド」ネットワーク・モデル

の特徴は、その適用範囲が社会的ネットワークに限られないことである。ワッツが彼のコーネル大学の指導教官ストローガッツとの共著で、1998年に英国の科学誌『ネイチャー (Nature)』に、先の図1を含む、わずか2ページ半のレターを発表したとき、彼らの想像をはるかに超える大反響を呼んだ。

その反響は、ニューラル (神経系)・ネットワークや脳の研究者から、送電線網の振る舞いを研究する物理学者、複雑系の科学者、非線形の経済現象を分析する経済学者、言葉のアソシエーションを研究する言語学者、マイクロチップの設計技師、ソフトウェア開発者など、驚くほど広い範囲に及んだ。<sup>2)</sup> そして、これらの広範な領域における世界の第一級の専門家たちが、異口同音にワッツ=ストローガッツ・モデルの普遍性を認め、その適応可能性を各分野で熱心に探求し始めたのである。この1998年のワッツ=ストローガッツ論文の貢献を、1953年に同じ『ネイチャー』誌に掲載された、DNA構造を解明したクリック=ワトソン論文のそれに比肩しうるとする論者や、その知見はノーベル物理学賞と経済学賞の両方に値するほど根元的であるとする論評まで出現し、賑やかである。

## 4

### ネットセントリック戦略

「スモール・ワールド」ネットワーク理論は、我々の身近に起こる事象の背後にあるトポロジカルな決定要因に対する理解を深めてくれる。一方、ほぼ同時期に戦闘様式の進化から起こった「ネットセントリック戦略」の考え方は、どのようなビジネス・システム (戦闘システム) や製品 (兵器) にコンセプトを落とし込んでいったらよいかについて、有益な示唆を与えてくれる。この新しいアプローチは、伝統的な意思決定システムや組織管理の階層構造に関する通念を一変させてしまう可能性が

ある。

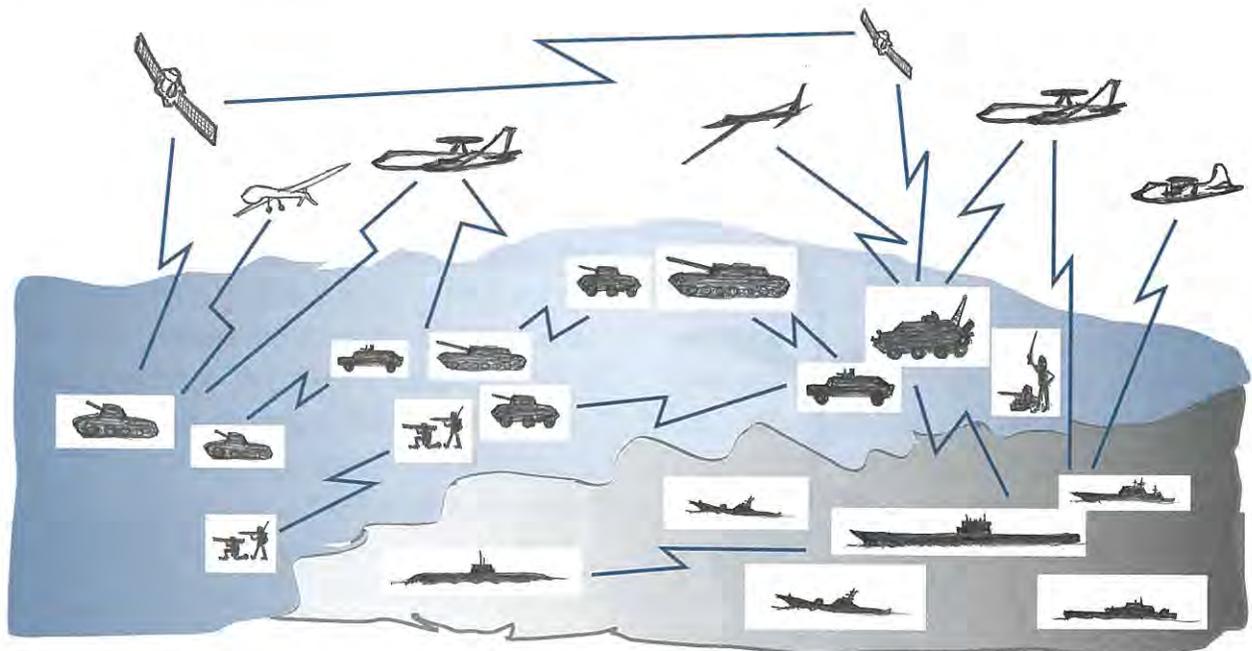
図2は、ネットセントリック戦略の概念図を示している。戦場の上空には、通常の戦闘・攻撃・爆撃編隊（図では省略）のほかに、偵察機、指令機、無人偵察・攻撃機（unmanned aerial vehicle: UAV）などが飛び交い、大気圏外の偵察衛星から、地上の機甲師団や個々の兵士に至るまで、すべてのノード（結節点）が、ITを介して「センサー」としてリンクし合っている。一方、海上ではイージス艦、空母を中心として、フリゲート艦、護衛艦などからなる艦隊が待機し、上空を飛ぶ対潜哨戒機や海面下の潜水艦などとやはりリンクし合い、地上軍や空軍ともリアルタイムで連携しながら全体として1つの「ネットワーク軍」あるいは「ネットセントリック軍」（netcentric forces）を構成している。これが「システムのシステム」（systems of systems）といわれるゆえんである。

いうまでもなく、部隊や兵器や艦隊は移動し、敵味方の攻撃によって損害が生じ、補給や新規投入がなされ、といった具合に、戦況は刻一刻と変化する。そのような状況のなかで指揮系統や情報網が分断され、兵士であろうが部隊であろうが、今まであったノード間のリンクが切れてしまう。その結果、実は友軍に囲まれているのに四面楚歌だと錯覚したり、逆に周囲は敵だらけなのに味方だと思いこんで行動し、大きな損失を被ったりすることが頻繁に起こる。まさに戦場は、リアルタイムで揺れ動くカオス（混沌）なのだ。

図2のような、IT情報システムによって結ばれた、現代の「ネットセントリック軍」は、ノード間で、常にリアルタイムの情報共有とワイヤリング（伝達経路のつなぎ直し）をすることによって損失を最小限にとどめ、無駄の少ない資源投入と攻撃を可能にする。

2003年イラク戦争時の米軍は、敵イラク軍の地上部隊

図2 ネットセントリック戦略



©Nishiguchi 2004

## 特集論文 デジタル・コンペティション

の動きをその戦車や装甲車の一両一両に至るまでリアルタイムで捉え、敵味方のコマの動きを戦場全体にわたって詳細に把握していたため、ピンポイントで攻撃を仕掛け、短期間に勝利することができた。その諜報力はあまりにも正確であったため、イラクが自国軍の動きを捉える能力をも凌いだといわれる。このようにして、従来の陸海空3軍の垣根を打破した「ネットセントリック軍」は、システム全体の情報伝達能力を高度に保ちながら、ランダムな環境異変にも素早く対応し、最小のロスで迅速に戦争目的を遂行することができた。

このような「ネットセントリック戦略」のアプローチと、先の「スモール・ワールド」ネットワーク・モデルの知見から、次のような帰結が一再ならず得られる。それは、あるネットワーク・システムが有効に機能するためには、そのノード間の結びつきの全体経路を定義づけるトポロジーこそが重要であるということだ。そして、ロバスト（頑健）なトポロジーを持つシステムの典型は、完全に規則的でもランダムでもない結びつき方のノードを持つネットワークであり、より厳密にいうと、大多数のノードはレギュラーなつながり方をしているが、一部のコネクションにはランダム性を残した複合的なネットワークであろうということである。そして、ネットワークの生存力と成育性を握る鍵は、環境変化に合わせて

柔軟にトポロジーを変化させていくための、リアルタイムのリワイヤリングなのである。

## 5 ネットセントリックなシステム開発

このような知見は、グローバル（大域的）なシステム全体を考える場合ばかりでなく、「システムの中のシステム」、すなわち、そこに含まれる「小システム」のデザインを考える際にも大いに役立つ。そして、ネットセントリックなこと、つまりネットセントリシティ（net-centricity）の概念は、「システム内システム」の一環をなす具体的なシステム製品（兵器）の設計と開発においても、従来の区分を大きく変えるのである。

例えば、地上に置く地雷と、空から落とす爆弾を考えてみよう。地雷は兵士が地中に埋め、敵兵が、時には味方兵が、そして場合によっては、一般通行人までもが、それを踏むと爆発する無差別の非人道的な兵器だ。一方、通常爆弾は、風向きを見計らって上空から大まかなねらいをつけ、そのあたりに落とすやはり無差別の弾薬だ。



両方とも誰に当たるかわからない。当たって誰かを殺傷させても、それが本当に戦争目的に適うのかもよくわからない。

ITを含む最新テクノロジーの発展とネットセントリックな考え方は、このように原初的な弾薬の概念と使用法を一変させ、従来の「陸海空」という縦割り組織や、「地雷」と「爆弾」といった区分けをも無効にしつつある。そして、代わりに「広域制圧弾薬」(wide area munition: WAM、ワム)という新しい兵器ジャンルを創出したのである。この「ワム」の名の下に、米軍は、通常地雷ではなく「知能地雷」(別名「スマート・マイン」、smart mine)を、通常爆弾でなく「目標検知信管付き兵器」(別名「スマート爆弾」、smart bomb、専門的には“sensor fused weapon: SFW”や“joint direct attack munition: JDAM”)を開発し、アフガン戦争、イラク戦争などの実戦で使用し始めている。知能地雷は地上で作動させ、スマート爆弾は空から落とすといった違いはあるが、それ以外は、基本的に同じカテゴリーの兵器と見なされる。それらは、受動的でなく、自らアクティブに目標を探索・検知して、ピンポイントで攻撃することを特徴としている。

なかでも、ボーイング社が開発したスマート爆弾 JDAM (ジェイダムと発音)は、正確には通常爆弾に目標検知信管を「レトロフィット」(後付け)して、安上がりにスマート爆弾化する補助装置である。この開発事例は、米国の防衛装備品としては例外的に、納期より早く、予定価格よりも安く完成したベストプラクティスの典型として、米国防省ばかりでなく、全米の公共政策、公共経営学部やビジネススクールでも教材として教えられている。しかしながら本論文では、今回新たに発掘したもう1つの新製品、知能地雷のケースを検討することによって、ネットセントリックな「システム内システム」開発の意義を探ってみよう。



## リワイヤリング能力を持つシステム

知能地雷を、従来のあらゆる地雷と差別化する特徴、それは、兵士が単体を持ち運んで設置したあと、遠隔操作やプログラムによって作動させるばかりでなく、地雷同士の対話を通じて、グループ全体の自律的な「リワイヤリング能力」を持つことである。すなわち、地上に置かれた複数の知能地雷(ノード、結節)は、互いにコミュニケーション能力と、状況変化に応じて情報伝達経路のリワイヤリング能力を持つ、いわば兵士抜きの「知能地雷部隊」を構成する。そして、各単体に装着された音響・振動・赤外線の種類3のセンサーを作動させて、刻一刻、変化する敵味方の位置情報、戦闘状況を把握し情報を交換し合う。さらに、ある時点で最短距離まで近づいてきた攻撃目標に対して、最適な攻撃位置にある知能地雷が、最大100メートルの射程距離まで子機弾薬を飛ばしてピンポイントで爆破するのである。

敵部隊の動きに対して、その熱、振動、重量情報を収集し、反応するプログラミングを変えることによって、攻撃対象を戦車などの重火器車両に限るのか、軽装甲車、ジープなどの軽車両を含めるのか、あるいは、兵士などヒトの部隊に特定するのかが、用途に応じて柔軟に決められる。また、もちろん従来の地雷のように、誰かが踏みつけることによってのみ爆発させるような設定もできるし、地雷としてではなく、情報収集専用のポータブルな偵察装置として展開することも可能である。

さらに重要なのは、敵の攻撃によって、この「知能地雷部隊」の一部が破壊されたり、子機弾薬を飛ばしてしまったりしてもはや「地雷」としては使えなくなってしまった仲間が増えても、この「無人ネットワーク部隊」はリアルタイムで自分たちのコミュニケーション経路を

## 特集論文 デジタル・コンペティション

「リワイヤリング」し、グループ全体の攻撃能力を戦況に合わせて常に最適化するように努めることができるのである。これこそがネットセントリック戦略の真骨頂である。

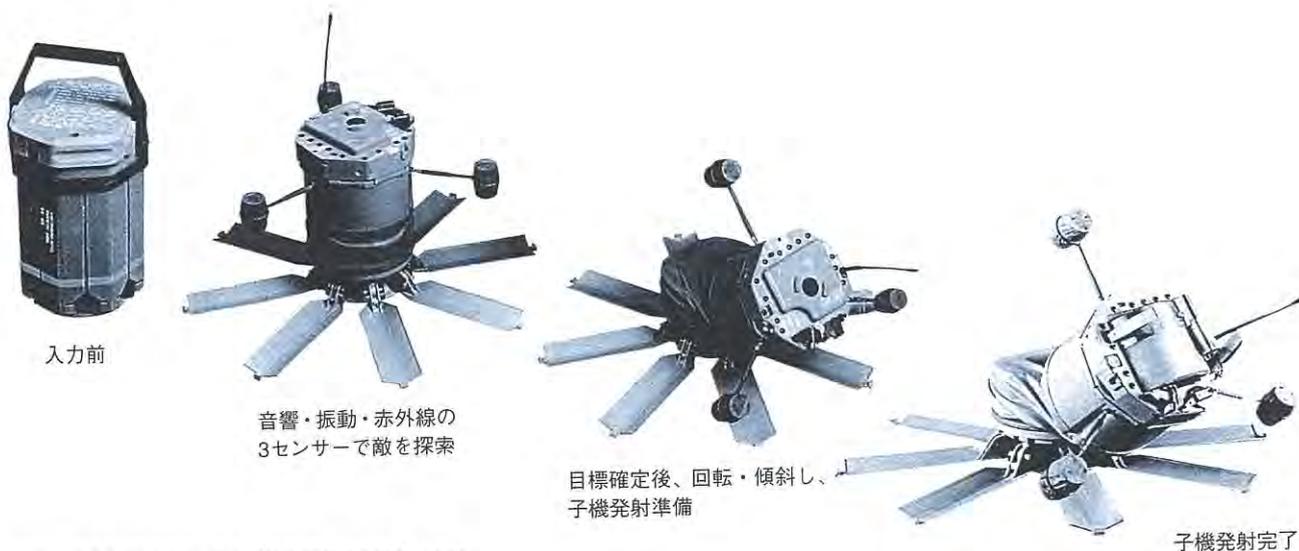
図3の知能地雷（テキストロン・システムズ社のホーネット）で、具体的に見てみよう。現在この兵器を扱う唯一の部隊である米国第82空挺部隊の戦闘要員は、図の一番左の入力前の知能地雷を携行して敵地に降り立ち、適宜間隔を保って地上に置いていく。知能地雷1個の大きさは、やや大きめの果物の缶詰ほどしかないので、簡単に持ち運びができる。敷設し終えると戦闘要員はその場を離れ、遠隔操作でスイッチを入れ、プログラミングによって攻撃目標を設定する。もちろん、設定はいつでも変更可能だ。

図を右へたどろう。入力後は、まず外ワクを八方に開いて姿勢を安定させ、音響・振動・赤外線 of 3センサーを用いて周辺情報を収集し、敵を探索する。そして、同じ「知能地雷部隊」の他の個体と情報交換し、対話しな

がら、仲間同士でどの個体が敵攻撃の最適位置にいるかをリアルタイムで決定する。攻撃主体の命を受けた知能地雷は、自ら上体を回転させ、攻撃目標に向かって傾斜させる。これで弾薬を積んだ子機の発射準備が完了する。一番右の写真は、子機を発射し終え、裸になった後の姿である。<sup>3)</sup>

要するに、ネットワークの対話能力によって、知能地雷の部隊全体が「マルチエージェント・システム」として機能するから、戦闘状態の進展のなかで、個体がランダムに引き抜かれたり状況が変わったりしても、随時ネットワークの全体経路をつなぎ直し、自己組織化して、戦闘状態を立て直すことができるのである。将来的には、知能地雷をさらに進化させ、個体に自走装置を付けて、飛行弾薬付きの移動型の自律ロボット部隊を作り出すことも可能となろう。なお国土の広いオーストラリアでは、現行の知能地雷から地雷機能のみを抜いた個体を人気がない奥地に点在させて、州境の監視や情報収集に用いている。

図3 知能地雷



(出所) テクストロン・システムズ社の製品カタログ, 2002.

## 7 要約

本論文で検討した、ネットワークの社会学、ワッツの「スモール・ワールド」ネットワーク、セプロウスキーの考え方に基づく「ネットセントリック戦略」、さらにリワイヤリング能力を持つシステム開発などから得られた知見を要約しておこう。

第1に、良いニュースはしばしば「遠い知人」がもたらすということだ。日常頻繁に付き合う仲間とは、情報圏のリダンダンシーが多すぎて、得られる情報が淀みがちである。転職など人生の大事には、思いがけなくも、遠くの情報源から決定的なチャンスがもたらされることが多い。そして、意外にもそのようなチャンスを与えてくれる人には「6度の分離」程度で、つまり、知人の知人の知人といったふうに6回ほどたどっていくと行き着くことがよくある。日常の決まり切った相手との付き合いだけに埋没することなく、遠い知人にも目を向け、「緩いネットワークの強み」をもっと大切にすべきである。

第2に、周辺的なネットワークとの間に「構造的な穴」を見つけ、そこに架橋することによって、新たにリンクされたノード（結節点）を占める個人や組織が利得を手にすることができる。そして、特に意図的な情報遮断が行われない限り、「近隣効果」によって、結節点の周辺の個人や組織にも架橋による新しい情報が流れ込み、その恩恵を同様に受けることが多い。そのことによって、ネットワーク全体の情報伝達特性が向上し、活性化する。日頃から「構造的な穴」を、より早く見出し、利用する能力を涵養することが大切だ。「スモール・ワールド」ネットワーク化とは、日常と非日常との架橋にほかならない。

第3に、トポロジーが重要である。ノード同士のつな

がり方が完全にギチギチ（規則的）でもランダムでもないネットワーク、規則性のなかにも一部分にランダム性を残し、リアルタイムの情報共有とリワイヤリングが容易なネットワークは、そうでないものに比べて環境異変への耐性が強く、ロバストである。次々と周辺に起こる事象の背後にあるトポロジカルな決定要因に対する理解を深めるとともに、問題解決には、皮相的でなく、トポロジカルなレベルで対処する必要がある。さもないと、現象面だけの対応に終始し、真の問題解決には至らない。ネットワークのまずいトポロジーを変える有効な手段こそが、「リワイヤリング」である。

第4に、我々の未来は「リワイヤリング能力を持つシステム」の開発にある。本論文では、「知能地雷」という最先端兵器の事例を見たが、ネットセントリック時代のシステム開発は、何も知能地雷や無人偵察攻撃機といった戦闘目的のものだけに限らない。現代人が、デジタル・カメラ付きの携帯電話1台で無数の人々とリアルタイムで結びつく今日、さらにフランシス・フクヤマが主張するように民主国家間の戦争がペイしなくなり、戦争という古めかしい問題解決様式そのものの意義が問われ始めている今日、新製品開発の方向は、日増しに、平時の日常生活を便利に豊かにしてくれる「システム内システム」へと向かうであろう。戦場において、「ネットセントリック軍」（大システム）を助ける「知能地雷部隊」（小システム）のように、日常生活において、自律的な「リワイヤリング能力を持つシステム」への需要は、今後一層、増すように思われる。

最後に、ネットワークの「スモール・ワールド化」と「ネットセントリック戦略」の促進にとって、IT（情報技術）は、便利な手段ではあるが、それ自体が目的ではないことに注意すべきである。通常の情報処理に加えて、「緩いネットワークの強み」を活かし、「構造的な穴」を埋め、「トポロジーを変えるリワイヤリング」を行い、「リワイヤリング能力を持つシステム開発」をする際、ITは確かに効率的な助けとなる。ただし、それ以上でも以下でもない。道具は、あくまで道具にすぎない。必然

## 特集論文 デジタル・コンペティション

性のない状況で、やみくもにITに投資するのは意味がない。

理論上、あらゆる音の波形を模倣し、また自然界には存在しない波形を創出できるはずのシンセサイザーが、結局、生身のオーケストラに取って代わることができなかったように、ITは、濃密な対面接触のコミュニケーションそのものを代替するものではなく、それを効率よく補完し、拡張する手段として有効なのである。この点を取り違えてはならない。

### 8 インプリケーション

最後に、本論文の、より幅広いインプリケーションを、3つ挙げておく。

第1は、ロバストネス（頑健さ）の強いシステムは、往々にしてネットセントリックである場合が多いということだ。プレーキ部品工場の壊滅的な火災事故から、わずか10日間で原状に復した、トヨタ自動車のサプライチェーンや、圧倒的多数のノーベル賞学者、科学者、知識人を生み続ける米国のアカデミア（学界）などは、その好例である。これらのシステムは、どこか一点に中枢があり、その指令ですべてが動いているのではなく、ノード（結節）間に多面的なリンクが無数に延び、そのつながり方が完全に固定的でもランダムでもなく、リアルタイムの情報共有とリワイヤリングが常になされ、全体の情報伝達特性に優れ、環境異変にも柔軟に対応できるトポロジーを持つという意味において、まさにネットセントリックなのである。

第2は、トポロジーの悪いシステムの下では、個人がいかに努力しても、その結果は知れているということだ。例えば、独裁体制下の個人がそうである。米経済学者ニスカネンは、マクロ経済データを用いてシミュレーションを行い、今日の米国のような民主国家やその進化形態

の国家モデルでは、比較的国民の税負担が少なく個人の自由な意思や企業家精神が発揮しやすいマクロ環境があるのに対して、独裁国家（autocratic）モデルでは、個人収入の約3分の1が国家に一方的に召し上げられ、しかもたった1人の独裁者のために、途方もなく豪華な宮殿や場違いな巨大偶像や「悦び組」などに消えていき、国民1人ひとりの自由な発意や企業家精神などまるで犯罪行為でもあるかのように抹殺されてしまう傾向があると論じた（Niskanen, 2003）。

千年以上も維持された、中国の科举制度もまた好例である。出自にかかわらず、有能な若者を試験で客観的に評価し、政官界の要職に登用しようとした本来の精神は、清王朝末期には著しく減退し、登用はおろか、政争の具と化してしまった。それにもかかわらず、能力ある官僚たちは、自らのわずかばかりの立身出世だけを夢見て、ひたすら身辺の局所最適に走り、結局、国や政府の全体最適から大きく逸脱して、清王朝とともに制度もろとも潰れてしまったのである。この事象も、ネットワーク理論の観点から見ると、トポロジーの悪化と捉えることができる。果たして、現在の日本の官僚制度はどうだろうか。

第3は、人の認知限界や諸資源の制約を超える繁栄の秘訣は、ネットワークの「スモール・ワールド」化にあるということである。サイモンの「限定合理性」（bounded rationality）を持ち出すまでもなく、個人、グループ、企業組織など、特定境界を持つシステムの内的複雑性は、その外的環境の圧倒的な複雑性にはとてもかなわない。本稿が論じた「スモール・ワールド」ネットワーク・モデルは、このような複雑性（情報量）の非対称性を克服するヒントを与える。通常、結びつかないノードを求めて、ランダムでいいから、長い経路（long path lengths）のリワイヤリングを、日常的境界のはるか遠くに仕掛けることによって、所与の認知や資源の制約を超えたところにある市場が顕在化し、好機が訪れる可能性が開かれる。もし駄目だったら、再度リワイヤリングすればよい。



中国浙江省の温州は、かつて同国でも最貧地域の1つにある港町だった。ところが1978年の「改革開放」以降、民間企業がこの地で急成長したばかりでなく、30万人もの温州人が全世界に飛び出し、うち20万人が欧州に在住して、レストラン業や皮革業、服飾業を中心に世界的なネットワークを築き上げ、繁栄を謳歌している。人、物、金が、彼ら「外出人（温州の外へ出ている温州人）」と故郷の間を行き交い、また中国内でも、温州人がボタンやバッジなどの小物を扱う行商人として地方を巡り、次々と発見される「構造的な穴」を商業的に埋めたのだ。その結果、商売経済成長率、住民1人当たりの総生産、純収入、可処分所得、さらに地域の社会固定資産投資額、財政収入など、いかなる指標をとってみても、温州の成長は飛躍的であり、全国平均をはるかに超えるまでになった（加藤、2003）。

我々が2004年3月に行った最新の現地調査によると、その社会的ネットワークのメカニズムはこうだ。温州のある村から、1人の皮革職人が、欧州に出掛けていく。数日後、伝手を頼って彼はミラノに落ち着き、とりあえず何でもいから、安い賃金で職を得る。結構良い技術を持っているので、注文が増える。手が足りなくなり、彼は、温州の故郷の村から親戚の青年を呼び寄せて、仕事を手伝わせる。さらに販路が増し、もう1人、故郷の村から知人の息子呼び寄せる。商売の規模がいっそう大きくなり、今度は、知人を頼って、欧州のほかの都市で働いていた同郷の革職人をミラノに引き抜き、より良い給料と条件で働いてもらう。1年後には、職人が10人規模となり、2年後には、のれん分けを含めて、5、6

軒の同業者が、同じ通りに店を構える。そして、3年後には、街中に数十軒もの温州人同業者が軒を連ねている、といった具合だ。

このようにして、皮革業や服飾業では、イタリアを中心に温州出身の「外出人」ネットワークが急速に広がり、ファッションの発信地ミラノでは、高級ブティックから街頭の土産物店まで、今日この街で売られている革製品の多くは、温州出身の革職人の手で作られているという。そして、現地で経験を積み、欧州最高の技術、ファッション感覚、経営管理、マーケティング技法を習得した若者の多くは、温州に戻って自分の工場を立ち上げ、高品質の皮革製品、ファッション製品を安い労賃で大量生産し、国内外で大量に売りさばき、急速な資本蓄積を行っている。かくて欧州の主要マーケットと温州の間には、無数の温州人ネットワークが張り巡らされ、大量の金と物と人が行き交っているのである。

温州からの「外出人」の多くは、MBAを持っているわけでもなく、マーケティングを専門に学んだわけでもない。特に語学に堪能でもなく、財務のエキスパートだったわけでもない。むしろ『温州市志(上)』（温州市志編纂委員会編、章志誠主編、1998、p. 407）は、彼らの学歴が、おおむね中卒程度であり、決して高水準ではなかったことを伝えている。ただし、良い技術を持っていたにもかかわらず、国内では好機に恵まれなかったため、機会を求めて海外に出掛けていく勇気と必要性だけは、ふんだんに持ち合わせていたということなのだ。

だが、1つだけ違っていたこと、それは、彼らが意識しようとしまいと、温州「外出人」の行動パターンが、

## 特集論文 デジタル・コンペティション

「スモール・ワールド」ネットワーク・モデルの教えに忠実に従っていたということである。

そして、彼らの「スモール・ワールド」ネットワーク化によってもたらされた、おびただしい情報とコネクション、個人の認知限界や諸資源の制約をはるかに超えた繁栄の好機を、彼らは決して見逃さなかった。政府が先を見越して、温州人を意図的に海外へ移住させたというわけでもなく、誰か戦略家がいる、欧州と温州のネットワーク化を画策したという証拠もない。ノード間関係のいかなる一点にも、ピンポイントで中枢を特定することのできない分散したトポロジーを持つ、「ネットセントリック」な温州「外出人」ネットワークは、歴史の偶発性のなかで「創発した」のである。

### 西口敏宏 (にしぐち・としひろ)

1952年生まれ。早稲田大学政治経済学部卒業。ロンドン大学社会学修士 (M.Sc.)、オックスフォード大学社会学博士 (D.Phil.)、MIT 研究員、インシアード博士後研究員、ペンシルベニア大学ウォートン・スクール助教授を経て、現職。政府調達や民間サプライチェーン・マネジメントなど、組織間関係論を実証的・理論的に研究。経済産業省、国土交通省、防衛庁、連合など、政府や労組の委員を歴任。ケンブリッジ大学客員研究員、メリーランド大学客員上級研究員。主な著作：『中小企業ネットワーク』(編著、有斐閣)、『戦略的アウトソーシングの進化』(東京大学出版会)、『場のダイナミズムと企業』(共編著、東洋経済新報社)、『サプライヤー・システム』(共編著、有斐閣)、『*Knowledge Emergence*』(共編著、Oxford University Press)、『*Knowledge Creation*』(共編著、Macmillan)、『*Managing Product Development*』(Oxford University Press、米国シンゴウ製造業研究優秀賞)、『*Strategic Industrial Sourcing*』(Oxford University Press、米国シンゴウ製造業研究優秀賞・日経経済図書文化賞)

### 注

1 コロンビア大学のダンカン・ワッツ準教授が一般向けに書き下ろし、2003年2月に出版された『シックス・ディグリーズ』(*Six Degrees*) が、発売直後から、米出版界で話題を呼んでいる。この種の科学書としては珍しく、初版1万部をあっという間に売りつくし、増刷を繰り返している。シックス・ディグリーズとは、本文で述べたように、今日のネットワーク社会において、あなたの知人の知人の、また知人というように、6回たどっていくと米大統領にさえ行き着くという、“six degrees of separation”の原理を表している。

ワッツの『シックス・ディグリーズ』は、ネットワークのニューサイエンスを謳った好著で、「スモール・ワールド」、グラフセオリー、複雑系などのコンセプトを駆使しながら、送電線網や友人関係やサプライチェーンなど、一見、何の関係もないように見える多様な現象の背後に潜む普遍的な創発パターン、つまりローカル(局所的)な相互作用が、中央コントロールなしに、グローバル(大域的)な秩序を生み出す現象を、やさしい言葉で見事に論じており、是非おすすぬめしたい1冊だ。

サプライチェーンを説明するくだりでは、我々のアイシン精機火災のケース(西口・ボーデ、2000; Nishiguchi and Beaudet, 2000)を、彼のネットワーク理論の立場から、7ページにわたって詳細に論じている。彼との直接コミュニケーション(2003年6月3日、ワシントンD.C.における筆者面談)でも、トヨタ自動車のサプライチェーンにおけるブレーキ部品工場火災事故からの驚異的な回復力は、我々が論文で論じたように、サプライヤー間の多面的(multilateral)なネットワーク能力を考慮に入れば十分説明できないことに、彼も同意見であることが再確認された。

着任からわずか3年でコロンビア大学社会学部の終身資格を取

得てしまった、この1971年オーストラリア生まれのシンデレラ・ボーイの出現に、偉大な社会学者、故ロバート・マートンも、ノーベル賞物理学者、マレー・ゲルマンも、組織論の権威、チャールズ・ペローも、『転職』で有名なマーク・グラノヴェッターも、皆、口を極めて絶賛している。ワッツの出現によって、ネットワーク研究は、新しい時代に突入したとされる。

筆者の知る限り、ワッツ(Watts, 2003)の邦訳はまだ出ていないが、バラバシ(Barabasi, 2002)の邦訳は出版されている(アルパート=ラズロ・バラバシ著『新ネットワーク思考——世界のしくみを読み解く』青木薫訳、NHK出版、2002年; 筆者が参照したのは原著が2002年4月第1刷、訳書は2003年3月5日付第2刷)。ただし、この訳書には推敲の跡がほとんど見られず、原文と読み比べてみると、重要なセンテンスや、ところによっては肝心の1ページ分がゴッソリ抜けており、訳出されていないことが判明する。

例えば、原著のp. 52半ばからp. 53半ばまで、著者バラバシが、ネットワークを「スモール・ワールド」化するためには、数本の長い経路のリンク(some long-range links)さえ付け加えれば、十分であることを論じた重要な箇所がある。この丸1ページ分、3つのパラグラフが、訳書では、p. 78半ばの「…ワッツとストログッツのモデルが予言する0.5という値は非常に大きい。」のあと、完全に訳から抜け落ちている。これでは尻切れトンボで意味が通らず、読者に対しても原著者に対しても気の毒である。

ほかにも、Eötvös Universityを数学者の名と混同してエルデシュ大学と訳したり(訳書p. 73、原著p. 48)、訳書p. 100、2行目「…を知ることができる。」のあと、原著p. 68(5行目)の“*As in networks the power law describes the degree distribution: the exponent is often called the degree exponent.*”という、決

定的に重要なセンテンスを訳すのを忘れてしまっていたりする。また、図6-1 (訳書p. 103, 原著p. 71) の、異なったカーブを示す2つのグラフのタイトルが、原著ではBell Curve (ベル・カーブ)、Power Law Distribution (パワー・ロー・ディストリビューション、べき法則分布) となっているのに対して、訳書では、それぞれランダム・ネットワーク、スケールフリー・ネットワークと置き換えるなど、脱線が目立つ。

誤解のないように言うておくが、筆者はここで訳者の能力を疑っているのではない。ただ、推敲の跡が見られず、出版社もこれをチェックせず、ほとんど素訳の第1稿というべきものをそのまま印刷に付し、書店に並べてしまった、その出版体制自体に問題があると指摘しているのだ。換言すれば、特定の責任よりも、構造的な「原因」を追及しているのであり、そのことによって、同じ過ちを二度と繰り返さないための処方箋を示唆しているのである。

- 2 筆者の知る限り、今までそのような指摘はないが、筆者は「夢の機能」もフロイト的なリビドの解放というよりは、むしろ覚醒時の比較的レギュラーな脳細胞間のつながり方を解放し、ランダムに「スモール・ワールド」ネットワーク化を図ることによって昼間の疲労を癒し、睡眠時に脳全体の情報伝達特性を回復する「放電効果」のようなものであると考えている。もしそうだとすると、時系列とアリストテレス的理論性を軽やかに飛び越え、矛盾を矛盾と思わせないで、毎夜楽しませ (あるいは苦しませ) てくれる夢の作用は、健全な日常生活を送るための「精神的な基礎代謝」であると考えうる。
- 3 現行の知能地雷は、まだ生産量が少なく、実験段階にあり、コストと信頼性の面でさらなる改善が行われつつある (2002年8月6日テキストロン・システムズ社、社長1名、副社長3名ほか、計6名の筆者インタビューに基づく)。

## 参考文献

- Barabasi, Albert-Laszlo.  
2002. *Linked: The New Science of Networks*. Cambridge, MA: Perseus (アルバート=ラズロ・バラバシ『新ネットワーク思考——世界のしくみを読み解く』青木薫訳、NHK出版、2002年)。
- Burt, Ronald S.  
1992. *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Cambridge, MA and London: Harvard University Press.
- Cebrowski, Vadm Arthur K., US Navy, and John J. Garstka.  
1998. "Netcentric Warfare: Its Origin and Future." *Proceedings of the Naval Institute* 124(1) Jan.: 28-35.
- Granovetter, Mark S.  
1973. "The Strength of Weak Ties." *American Journal of Sociology* 78 (6) : 1360-1380.
- 加藤健太郎  
2003. 「中国の市場経済化と内発的發展——温州の経済発展と産業集積」『世界経済評論』47(9) : 47-57.
- Milgram, Stanley.  
1967. "The Small World Problem." *Psychology Today* 2: 60-67.
- 西口敏宏/アレクサンダ・ポーデ  
2000. 「場と自己組織化——アイシン精機火災とトヨタ・グループの対応」伊丹敬之・西口敏宏・野中郁次郎編著『場のダイナミズムと企業』東洋経済新報社、pp. 97-124.
- Nishiguchi, Toshihiro, and Alexandre Beaudet.  
2000. "Fractal Design: Self-organizing Links in Supply Chain Management." In Von Krogh, Georg, Ikujiro Nonaka, and Toshihiro Nishiguchi, eds., *Knowledge Creation: A Source of Value*. London: Macmillan, pp. 199-230.
- Niskanen, William A.  
2003. *Autocratic, Democratic, and Optimal Government: Fiscal Choices and Economic Outcomes*. Northampton, MA: Edward Elgar.
- 温州市志編纂委員会編、章志誠主編  
1998. 『温州市志 (上)』中華書局出版。
- Watts, Duncan J.  
1999. *Small Worlds: The Dynamics of Networks between Order and Randomness*. Princeton, NJ: Princeton University Press.  
2003. *Six Degrees: The Science of a Connected Age*. New York, NY: Norton.  
———, and Steven H. Strogatz.  
1998. "Collective Dynamics of 'Small-world' Networks." *Nature* 393(4 June): 440-442.