

# イノベーション促進のためのネットワーク最適化の考察

Network Optimization to Promote Innovation

吉村 真弥

**要約** イノベーションの形は社会環境によって変化する。20世紀の終わりには、従来のクローズドイノベーションが効率的・効果的ではなくなり、現在はオープンイノベーションが掲げられる時代となった。この原因は情報化社会というパラダイムシフトによってイノベーションのスキームとプロセスが変化したことにある。その根幹としてネットワークの変化に着目したとき、情報量の増加と情報伝達コストの低減によって、あらゆるネットワークが広く分散したものを結び付け、同時に知識独占の時代から知識結合の時代となったことがわかる。この社会的条件の中でグラフ理論から発展した社会（あるいは複雑）ネットワーク解析とよばれる描像が注目を集めている。これらを総合してイノベーションを調べると、イノベーションとネットワークの間には強い関連性が認められる。本稿ではイノベーションを支えるネットワークの存在を考察し、その最適化がイノベーションを促進すると主張するとともに、このネットワークの操作が次世代のICT（情報通信技術）の応用分野であり、新しいMOT（技術経営）の役割であると提言する。

**Abstract** Innovation has changed its form as the social environment evolves. At the end of the 20th century, traditional "Closed innovation" became inefficient and "Open innovation" is on the rise. This is caused by the paradigm shift to information oriented society, which transformed the scheme and process of innovation. As the root cause of the paradigm shift, we look into the change in the network, and find that widely distributed subjects and objects are tied together by various networks as a result of increasing amount of information and decreasing cost of information coordination, and that monopoly of knowledge is being displaced by sharing and linking of knowledge. A new theory called "Complex Network" attracts attention in this social environment, which develops from the graph theory. When we combine these observation and analyze innovation, we recognize a strong relationship between innovation and network. In this article, we propose that the optimization of the network to support innovation is essential to promote innovation, and that such optimization would be new application of next generation ICT (information and communications technology) as well as new role of MOT (management of technology).

## 1. はじめに

すべての社会経済的変化の根底には社会的、技術的な意味でのネットワークの変化が存在する。クローズドイノベーションと呼ばれる垂直型・知識独占型の企業による技術革新が情報化社会において最適とはならなくなってきている一方、近年の欧米では、Intelを代表とするオープンイノベーション<sup>1)</sup>と呼ばれる水平型・知識結合型企業による技術革新の成功が顕著である。しかしながら日本においては、それが適しているかどうかは不明である。少なくとも、この成功要因として情報化社会の発展と優秀な労働力の流動性が必要であり、かつ、技術に詳しく、分散投資に長けたベンチャーキャピタルの活躍が前提となる。とはいえ国内でもe JAPAN戦略からIT新改革戦略等々の動きがあり、最近では日本経団連にて変革を促す「イノベート・

ニッポン」が掲げられたように、これらの環境づくりに向けて活発な動きは見る事ができる。

このような情勢の中、社会経営学の研究では、階層型組織に代わる次世代の組織としての自律的な水平連携型組織が提唱<sup>[213]</sup>されており、情報化社会における各コストが低減したという社会条件も加担して、集中化した組織は分散化に向かうと言われている。

一方、社会ネットワーク解析、あるいは複雑ネットワークという研究分野が近年注目されている。この研究分野の最も身近で有効な実フィールドはインターネットである。例えば、この分野で最も成功したとされる Google はリンク構造による検索エンジン<sup>[4]</sup>を始めとして数々の画期的なサービスを提供し、依然として圧倒的な先行優位性を保持している。代表的な研究成果としてスケールフリー<sup>[516]</sup>やスモールワールド<sup>[718]</sup>といった法則が明らかとなり、生成規則や成長過程の数理モデルなど盛んに研究が行われている。しかしながら、現状では理論面が先行する形であり、潜在的な可能性は高いと思われるが、爆発的にヒットした Mixi や GREE とよばれるソーシャル・ネットワークング・サービス (SNS) のような有益なサービスは未だ少ない。

このような状況認識のもと、研究活動とその実フィールド適用として個人での SNS の企画運用経験を踏まえて、社会経営学と複雑ネットワークの橋渡しを行いたいと著者は考えている。そのためにイノベーションとネットワークの関係を調査し、その関係から得られた ICT の新たな応用先、そして技術経営 (MOT) の新たな役割を提言する。

2章ではクローズドイノベーションとオープンイノベーションについて概観し、成立する社会的条件等を考察する。次に3章では、社会経営学からコーディネーション理論を紹介し、ネットワークの存在の重要性を示す。そして4章では複雑ネットワークを紹介し、その知見からイノベーションへの適用可能性を検討する。5章ではこれらを組み合わせることでネットワークとイノベーションの関係を仮説化し、新たな ICT 応用先と MOT の役割を提言する。そして6章で新たな応用例と今後の研究の方向性を述べる。

## 2. クローズドイノベーションとオープンイノベーション

Henry Chesbrough らが述べているクローズドイノベーションからオープンイノベーションへの転換は、簡単に言えば知の創造プロセスの変化である。発明をマーケットに出すことで経済的な成功を獲得しようとする行為がイノベーションならば、技術の新規性は確認できても、イノベーションが社会に与える影響を予想することは難しい。それゆえ客観的な投資判断も困難であり、そこに大きな溝ができてしまうことがある。これはリスクを減らした合理的な判断に基づいて行動している従来の組織では対応できないイノベーションがあることを示しており、それらは Christensen によれば破壊的イノベーションと呼ばれる。つまり既存技術に立脚する市場セグメントを代替・破壊するほどのインパクトを持っているが、初期段階では性能の低下が起きたりする技術を指す。その例は携帯電話、デジタル写真、ネットショッピングなどである。最初は既存技術より見劣りがし、また市場にまだ新技術を受け入れる体制が整っていないため不便そうに見えるが、後に実用性が認められ受入体制も整って既存技術の需要を凌駕する。そのとき既存技術に立脚する企業ほど合理的で安全な選択をするので、いずれは新技術に立脚する新興企業に追いつかれてしまう。このように新技術が社会に与える影響を予測することは困難であるが、中には利用シーンが事前に予想できないものの、新市場セグメントを創造するような新技術もあるため、それらを準備しておく土壌が求められる。このような不確実

性の高い状況の中でクローズドイノベーションの限界が露呈し、オープンイノベーションというものが勃興してきたといえる。

## 2.1 クローズドイノベーション

クローズドイノベーションは限界に直面するとともに、人材やアイデアの流出によって基盤を崩された。クローズドイノベーションの限界とは、現行技術・現行事業が暗黙の前提となることに起因する。現行技術・現行事業の枠をはみ出すアイデアやプロジェクトは、スクリーニングにより、陽の目を見ないことが多い。一方、現行技術・現行事業の延長線上のプロジェクトは競合他社と重複する傾向もまた高く、競争が激化する傾向がある。また Christensen が指摘するように、現行事業の最良顧客の要求に合わせて現行技術を改良すると、大多数の顧客には過剰機能・過剰品質となり、投資に見合った収益が得られなくなる。

他方で、科学者やエンジニアは起業するという選択肢を選べるようになってきた。所属する企業で商品化できないのなら、自らがベンチャー企業を立ち上げて商品化することが可能な環境が整備されてきている。その要因として熟練労働者の流動性が高まったことに加え、教育の高度化によってほとんどの産業で企業の規模に限らず知識レベルが向上したことが大きい。それに加えてベンチャーキャピタルの発展が彼らを促進し、自社他社に関わらず研究を商品化するベンチャー企業が出現している。そのほとんどは失敗するが、生き残った中には、多額の研究開発を行ってきた大企業をも恐れさせる圧倒的成果を挙げている例も存在する。このように人材やアイデアの流出によってクローズドイノベーションは半ば強制的に変革を迫られた部分もある。

## 2.2 オープンイノベーション

クローズドイノベーションが閉じたネットワークによる知識独占型だとするならば、オープンイノベーションは開かれたネットワークを駆使した知識結合型である。その基本的な考えは、技術革新を続けるべく、企業内部と外部（他社や大学、研究機関）のアイデアを用いて、技術を開発し、商品化を行い、価値を創造することである。この多様化に伴って、「分析できる市場へのプロダクトアウト」から「分析できない市場へのマーケットイン」へ発想を転換する必要がある。

オープンイノベーションの課題の一つは、知識結合の機会とリスクとのバランスをどう取るかである。社内外への流動性が高まることで、研究者が外部で起業したり、引き抜かれたりすることもあるが、逆に外部のアイデアを獲得することもある。そのために知識結合できるかどうか大きな焦点になるだろう。もう一つの課題は、ステークホルダの増加に伴うリスクとベネフィットの適切なシェアリングである。クローズドイノベーションよりも間接コストが増大することも明らかになっており、投資金額をどう回収するかということ、価格決定権や利益供与等々の間接取引にまつわる課題も多く残されている。

このような課題にも関わらず、変化の激しいITサービス業界はオープンイノベーションの影響を色濃く受けており、技術開発の水平連携や、注力技術領域の上位シフト、オープンなテクノロジーへの協力などが盛んである。それらを見る限り、技術から直接収益を得るのではなく技術を顧客へ適用することで収益を得るパターンが一般的となりつつある。

クローズドイノベーションがふさわしくなくなってきた背景としては、労働市場の流動性に

加えて情報化社会の進展が挙げられる。上述のような外部への意識の高まりは、研究開発に限ることではなく情報化社会の特徴である。世界中の優秀な人が自社で働いているわけではないし、知財を駆使したところで知識の独占もやはり不可能である。このように外部（研究開発、組織、人材）の有用性が高まっている一方、その際に必要な外部連携コストも情報技術の発達により低下した。つまりネットワークとして外に出る意識の高まりと、外へ出ることのコストの低減が契機となっている。

しかしすべてがオープンイノベーションに向かう訳では決してない。閉じたスケールメリットが重要視される産業も存在する。クローズドイノベーションとオープンイノベーションの比較を表1に示す。

表1 クローズドイノベーションとオープンイノベーションの比較<sup>1)</sup>

クローズドイノベーション	オープンイノベーション
最も優秀な人材を雇う	社内に限らず社外の優秀な人材と共同して働く
研究開発から利益を得るために独力で商品化する	外部の研究開発によっても大きな価値が創造できるが、社内の研究開発も価値の確保に必要である
独力で一番先にマーケットに出す	必ずしも基礎から研究を行う必要はない
最初にマーケットに出すことが重要	優れたビジネスモデルの開発が重要
業界ベストのアイデアで勝つ	社内と社外のアイデアを有効に活用して勝つ
知的財産権をコントロールして他社を排除	他社に知財を利用してもらい利益を得る 知財を購入してビジネスモデルを発展させる
産業の例 原子炉, 製鉄	産業の例 パソコン, コンテンツ
ベンチャー企業が少ない	ベンチャー企業が多い

こうして見ると、原子炉など産業の特異性が高い場合はクローズドで良い。現時点でオープンイノベーションがIT分野に多いのは、オープン化の流れによって産業の特異性が低くなっていること、そして社外の価値の重要性が高いことにあるだろう。それだけ領域が広大かつ細分化しているとも言える。その逆にバイオ産業などは特異性が高いため、社外の有用性は認めつつも、合併（集中）傾向にある。

変化の波が少ない基幹インフラ産業の根幹をなす事業・業務においてはクローズドイノベーションのほうが適している。社外の有用性が低いため連携する必要もない。反対に生産に複数の特許を要する、あるいは高度で広範な分野の知識を要求する複雑な事業・業務の場合、また優れた技術であってもマーケットが読めない場合などはオープンイノベーションが適している可能性が高い。

オープンイノベーションでは、社外の有用性を認める前提により、研究開発の初期段階から連携を拡大する必要がある。またアイデアを別な形で商品化するために企業内起業制度やベンチャーとの連携等、事業化や商品化の連携も広く拡大する。すなわち、結果的に仮想的な組織

の拡大が発生することになる。つまりオープンイノベーションではネットワークの変化が求められる。これを社会経営学の観点から見たのが次のコーディネーション理論である。

### 3. コーディネーション理論

Thomas. W. Malone が提唱しているコーディネーション理論<sup>9)</sup>とは簡潔に言うならば、組織の分散と集中は情報伝達コスト（コーディネーションコスト）の一点でほぼ決定されるというものである。例えば、文書単位に一定のコストと時間がかかる郵便から、時間はゼロに近いが電話代と紙代がかかる FAX、時間も費用もほぼゼロに近づいた電子メールと変化するに連れ、送り先は増加し、分散化していくことがわかる。逆にコストが高ければ集中化する。集中化した組織では情報伝達はさほど重要ではない。なぜならほとんどの場合、情報はピラミッドの頂点に位置する決定者、ただ一名に伝わって指示が発せられれば良いためである。一方、分散化されたシステムでは各自が決定を下すため、情報は全員が必要とする。ICT の進化によって情報は安く簡単に多く、かつ瞬時に歪曲されることなしに受け取れる。例えばある業務を外部委託する場合、ICT を活用せずに移動して顔を合わせたり、書類を郵送したりというのは大変な時間と金額がかかってしまう。しかし、これらが安く行えたなら外部委託が一般的になるだろう。したがって ICT を活用する企業は労働量が変わらなければ、規模を小さくすることができる。その分、情報伝達コストの低下によって分散化した組織あるいは個人は自由度が増加する<sup>\*1</sup>。

#### 3.1 社会とビジネスの基本パターン

コーディネーション理論によれば社会とビジネスの両方の観測から得られる三段階の基本パターンが存在する<sup>[10]</sup>。第一段階では孤立した小集団、第二段階ではより大きな集団が形成され意思決定が集中化される、そして第三段階では大集団は残るが意思決定が分散化するというものである（図 1）。集中化の利点は大規模化の利点（スケールメリット）であって集中化そのものの利点ではないことが多い。Malone の予測によれば、組織が小さいことの利益が重視される（ただしスケールメリットほど重視しない）場合、スケールメリットが得られるまで集中化が進行する。ついで、コストの低下が分散化の進行を促す。つまり最初に集中化が増進され、次に集中化が減衰するというものである。この現象はビジネスで広く見られる。さらに ICT の進化によって常に情報伝達コストが下がっていくため、組織が小さいことの利益（モチベーション、創造性）を重視するビジネスではさらに分散化するかもしれない。ただし、すべてが分散化していくわけでは決してない。物販のようにスケールメリットが大きく関与する場合などでは集中化は意味がある。この各意思決定構造の相対的長所と短所を表 2 にまとめる。なおマーケットは市場原理という最大級の民主制という意味で追加している。

この比較はあくまで一般論であり、個々の状況で適否や結果は異なる。例えば情報伝達コストは集中化しているときに最も安くなる。メールだけではなく直接会うことのコストも下がるためである。また階層制は権限の優劣が確定しているので、最も紛争解決能力が高い。従業員のモチベーションを高めたいか、多くの頭脳を投入したいときはマーケットを利用することが最も適しているだろう。すべての特性を比較的に高めたいときに民主制が重要になってくる。

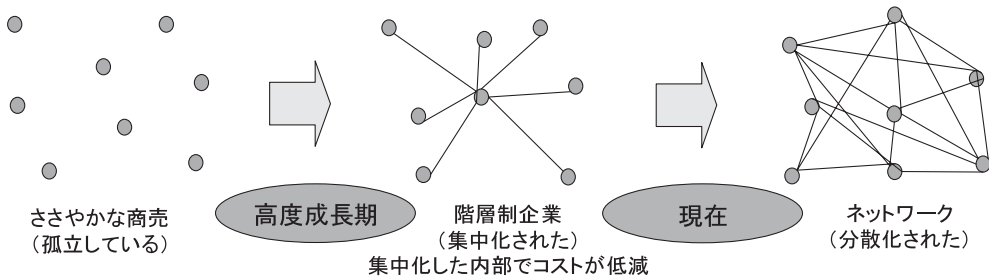


図1 三段階の基本パターン

表2 各集団構造の相対的長所と短所

意思決定構造	情報伝達コスト	個性化と集団意思	紛争解決能力	自主性, 創造性
集中化(階層制)	○	×	○	×
分散化(民主制)	△	△	△	△
マーケット	×	○	×	○

○…優れている ×…劣っている △…普通

### 3.2 意思決定における構造

民主制などの意思決定方法には様々な要因が存在するが、ここでは二種類のみ取り上げる。すなわち遠隔情報の潜在価値と情報伝達コストである。この二軸を取って表したものが図2である。

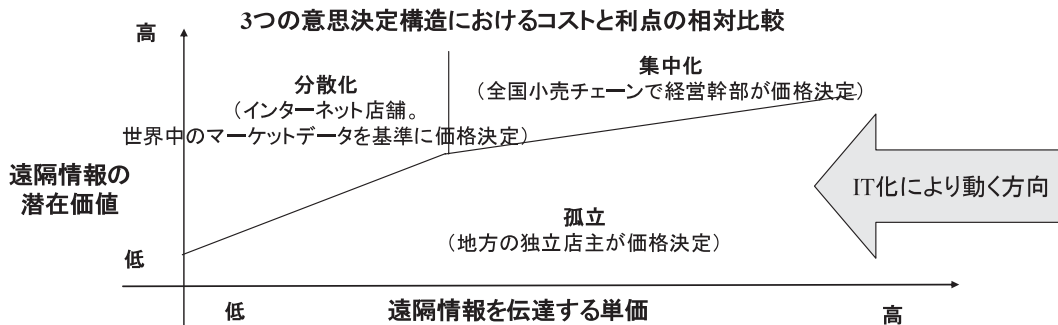


図2 三つの意思決定構造におけるコストと利点の相対比較

例えば意思決定において遠隔情報の潜在価値に比べて情報伝達コストが高い場合には右下に位置することになる。逆にインターネットを活用した調査であれば左上に位置することになる。遠隔情報の潜在価値が高くても、情報伝達コストも高い場合には小売チェーンのように集中化したほうが良く、情報伝達コストが低くて遠隔情報の価値が高い場合には世界中よりデータを得て様々な基準で決定できる。また遠隔情報に価値がない場合、あるいは情報伝達コストが圧倒的に高い場合は孤立するだろう。ここで興味深いのはICTの重要な効果として情報伝達コストを下げるのだという主張である。交点の座標はICTによって次第に左側へと動いていく。そのために価格決定では最初に集中化の過程を辿った上で分散化の意思決定構造へと移行

するだろう。BtoC サイトのように単価は安くて遠隔情報の価値が高くなった場合は集中化を  
 経ることなく分散化へと移行することになる。インターネットをはじめとする遠隔情報を得る  
 ことで地方（中央から見れば遠隔）の決定力が格段に向上したことは間違いない。

#### 4. 複雑ネットワーク

社会経営学とはまったく別の議論として、複雑ネットワークと呼ばれる研究分野が、複雑な  
 関係を読み解く新たなアプローチとして注目されている。ネットワークという言葉はコンピュ  
 ータネットワークの意味で最も広く使われているが、人脈が織り成す社会ネットワークなど、  
 それ以外にも使われる。ネットとは網であり、ワークは作品である。したがってネットワーク  
 とは網の織り成す作品（表現）を指す。それは規則性のある単純な形から、複雑に絡まり規則  
 性もないものまで様々である。この複雑ネットワーク(Complex Networks)は、複雑系(Com-  
 plex System)の研究とグラフ理論の研究から派生したものであり、そのためマクロ的な挙動  
 の観測や成長をシミュレートする数理モデルの研究が多い。実アプリケーションの例としては、  
 国内ではユーザ数が400万人を突破したMixiやGREEなどのソーシャル・ネットワーキン  
 グ・サービスが有名になった。「世間は狭いですね」や「世界中は6人を介して繋がっている」  
 という表現などは、この複雑ネットワーク系からの知見によるものである。しかし実際のところ  
 は、SNSで自分の友人の友人が何百人いたとしても、彼らとはやはり面識がないのが普通  
 で、それらの知見は体感しにくい。そこで、その中でも分野を開拓したとされる有名な二つの  
 知見としてスモールワールドとスケールフリーを紹介した上で、イノベーションとネットワー  
 クの関係について考えていく。

##### 4.1 スモールワールド

スモールワールドは日常会話における「It's a small world (世間は狭いですね)」がどうい  
 うことなのかをネットワーク的に突き詰めたものである。Stanley Milgramは、任意の2人に  
 手紙を何回中継すれば届くかという実験を行った結果、平均6回であった。そして世界の狭さを  
 示す「6次の隔たり」という言葉が生まれた。全世界であっても6人を介して繋がっている。  
 これは世間の狭さを実証したという意味で画期的である。これを後年になってDuncan  
 J. WattsとSteven H. Strogatzが定式化したものがスモールワールドである。

また、目的にたどり着くには、同じ仲間同士で中継しあってもループするだけで効率が悪い。  
 そこでGranovetterは「弱い紐帯」という概念を提出した。就職活動中の大学生を調べた結果、  
 有益な就職情報は仲間内ではなく環境の異なる人を通じて入ってきやすいということを見つけ  
 たのである。これは情報を素早く伝えるために距離や職場を問わず、多様な知り合いの存在が  
 重要だということであり、知り合いよりも普段は疎遠な彼らからのほうが意外な発見や情報に  
 出会えるということである。SNSの楽しさも案外、ホモフィリー（似たもの同士の集まり）  
 だけではなくヘテロフィリー（違うものの集まり）にあるのかもしれない。スモールワールド  
 の示す世間の狭さの変化を図3に示す。

ここで $p$ はネットワーク全体の变化率（ネットワークを1本ずつ繋ぎかえる操作/全体のネ  
 ットワーク）である。 $L$ は最初のネットワークでの任意の2点同士の最短距離。 $C$ はクラスタ  
 係数と呼ばれ、ある1点から隣接する2点間が接続されている確率（つまり自分の二人の知り  
 合い同士も知り合いである確率）。したがって $L(0)$ と $C(0)$ は最初の任意のネットワークでの

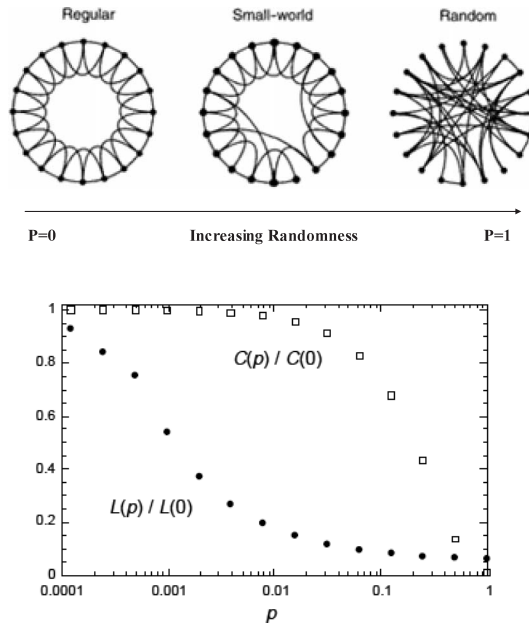


図3 スモールワールドによる特性の変化<sup>8)</sup>

値、 $L(p)$ と $C(p)$ は変化率 $p$ 時点での最短距離とクラスタ係数である。ここで大事なことは最短距離であり、横軸の対数軸を見るとおり、わずかな接続の変化が任意の2点の距離を劇的に縮めていることがわかる。逆にクラスタ係数は既存の関係の崩壊とともに緩やかに減少していく。重要なことは、ほんのわずかな動きでネットワークは緊密化するということであり、それは「知り合いの知り合いに知り合える」可能性を増強することに繋がるのである。このようにネットワークから見ればわずかな動きによって世界は劇的に変化するため、規模による優位は少ない。つまり少しでもヘテロフィリーに行動することで常に機会を獲得することができる。

#### 4.2 スケールフリー

Albert Laszlo Barabasi はインターネットのデータ解析などによって、多くのネットワークの次数分布がベキ乗則になることを発見した。この表現には指数関数的（対数軸）でのプロットをする必要があるためスケールフリーと呼ばれる。これは有名な検索エンジンなどの圧倒的なリンクを持つ Web サイト（ハブ）が極少数のみ存在し、残りのほぼ全てはリンクをほとんど持っていない人気のない Web サイトであるということである。この事実を Google などの検索エンジンはランク付けの判断指標として有効に活用している<sup>[4]</sup>。本の購入や Web サーフィンを例にとっても、スケールフリーのハブ（例えば検索エンジン）を使って目的に辿りつき、スモールワールドのように世間の狭さを体感するということは往々にしてあるだろう。このベキ乗則は Web のハイパーリンク関係のみならず、P2P ネットワークの中継、SNS のフレンド関係、映画俳優の共演ネットワーク、航空網の就航便、たんぱく質の化学反応ネットワークなど、あらゆるところで観測されている<sup>[6]</sup>。

#### 4.3 複雑ネットワークから見る現実のネットワークの成長規則

ところでスケールフリー構造をシミュレートする数理モデルで有名なものに BA (Barabasi



Albert) モデル<sup>[6]</sup>がある。従来のスモールワールドやグラフ理論は静的な観測を主体としていたが、BA モデルは初めて成長という動的な視点を導入し、さらにもう一つ大事な優先的選択(先行優位性)というルールを持っている。つまりネットワークの成長において、古いものほど新たなリンクを獲得しやすいというルールである。このモデルが教えてくれるのは「富める者はますます富み、貧しい者はますます貧しく」または「勝者がすべてを得る」という不平等の法則である。これが世俗的には 80 対 20 の法則であり、スケールフリーのベキ乗則と収穫逓増を表している。しかしながらネットワークに動的に作用するのは成長と優先的選択だけではない。BA モデル上の扱いでは古いものであっても、実際は古いものではなく有効なものが新たなリンクを獲得しやすい。したがって優先的選択を自らに振り向かせるには、より良い価値の提供が求められるが、先行優位性を打破するのは至難ということも気づかせてくれる。このようなネットワークの成長規則を踏まえると、優位性確立に結び付く有利な位置をとる方策としては以下のようなものが考えられる。

- ・ 価値を高めて中心的なハブとなる (例 業界 NO1)
- ・ 自らがクラスタ化を促進する存在となる (例 検索エンジン)
- ・ ネットワークにおけるギャップを解消する存在になる (例 ネットオークションにおけるエスクローサービス)
- ・ フローの中で始点となる (例 投資家、コンサルティング)
- ・ フローの中で終点となる (例 コンビニエンスストア、ネット物販)

## 5. イノベーションネットワーク解析

複雑ネットワークのような現象が実社会で起きるときはどのような条件が関与しているのだろうか。コーディネーション理論ではネットワーク構造に対する踏み込んだ議論がなく、複雑ネットワークでは構造を見ることができても、なぜそうなるのかという問いに弱い。しかし複雑ネットワークと社会経営学のコーディネーション理論を組み合わせることで、これらは理解可能である。情報伝達コストが極限まで低いときに起きるのがスケールフリー現象であり、これを有効に活用した伝達がスモールワールドであるという仮説が成り立つ。これは株式の変動を見ても明らかである。一般的に非常にたくさんの人が株式投資を行った場合、リターンをある幅で分類してリターンの頻度を取ると釣鐘状の正規分布になることが知られている。テストの点数が平均点を中心に正規分布になることと同じである。しかし見方を変えたとき、不規則なネットワークもまた釣鐘状の分布となることがわかっている。これを図 4 に示す。

図 4 の左側の地図は鉄道網のネットワーク、右側は空港網のネットワークである。グラフを見れば明らかとなっており、鉄道網ではノード数(駅)とリンク数(駅からの路線数)が釣鐘状の正規分布によく似た構造になっている。それに対して空港網ではノード(空港)とリンク数(空港からの路線数)がベキ乗則に従っており、対数軸で右下がりの直線となっている。それだけ利用される空港の数は少ないが路線は集中していることがわかる。これは飛行機が地理的特性の影響を受けないこと、地形コストの影響が低いためであると考えられる。

ここでもう一度、株式投資の話に戻って考えてみると、株式銘柄の価値が限りなく高く、一見際限なく値上がりすると思われる銘柄があり、かつ購入制限がなかったとしたら、容易に株式市場もスケールフリーになると予想できる。もちろん現実世界にはそんな前提はありえない。

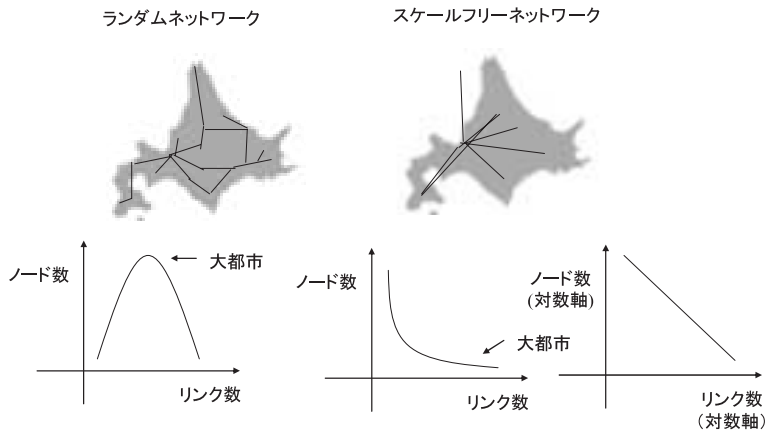


図4 ランダムネットワークとスケールフリーネットワーク

株価が際限なく値上がりすることも、無限に購入できることもない。その理想から現実を遠ざけるのはコストである。インターネットの世界でスケールフリーが確認できるのは情報伝達コストが限りなく低いからだと推測できる。

SNSでフレンドのネットワークがスモールワールドであるのも、フレンドとしての情報伝達コストが低いからである。社内に圧倒的に優秀な人材が一人いたとしよう。本来ならその人材が全てを行うのが最適である。しかし人間である以上、フル稼働しても、ある一定の仕事量しかこなすことができないため、最適ではなくとも他の人間に仕事をしてもらう必要がある。このときは釣鐘状の正規分布と似た形となる。しかし仕事に対して本人の性能が高く、仕事を無尽蔵にこなせる場合はベキ乗則が現れる。コーディネーション理論が示すようにICTの進歩が情報伝達コストを下げるのならば、これが不平等の正体であろう。情報伝達コストの低下によって性能が見えるからこそ不平等が生まれる可能性があり、圧倒的な性能を持っているからこそ不平等が実現できる。インターネットを始めとするオープンイノベーションの本質はそこにあるといえる。完全に理想的な市場になったときにはネットワーク上では不平等が起きるのである。情報伝達コストが低下し、遠隔情報の有用性が高まるということは社外にも最適解を見つけられると同時に、企業の格差をより助長していくことに等しい。したがって今後の企業はオープンイノベーションを避けることが非常に難しいという仮説が立てられる。

### 5.1 イノベーションとネットワークの関係

この情報伝達コストの低減によるスケールフリーの発生などのネットワークの広がりが、イノベーションに対してどのような関係を持つのか。これは非常に広範囲に渡る研究領域であり、それを示す研究はまだ存在しない。しかし代わりに、チームのメンバーが多様なバックグラウンドから構成される場合にイノベーションにおけるブレークスルー（革新的な進歩、卓抜したアイデアで現状を打破すること）を達成する可能性が高いことを示す研究が存在する。現段階においては、そこからイノベーションとネットワークの関係を類推することが可能である。

Lee Flemingの研究<sup>[11][12]</sup>によれば、保有スキルや職場環境などが同じような人達によって創造的チームが構成された場合のイノベーションは、持続的イノベーションとして平均経済価値は高いが、ブレークスルーに達するような破壊的イノベーションはほとんどないことを示している。他方、異なる人達で構成されたイノベーションは失敗も多いが、ブレークスルーに達す

る可能性がより高いことを示した．これを図 5 に示す．

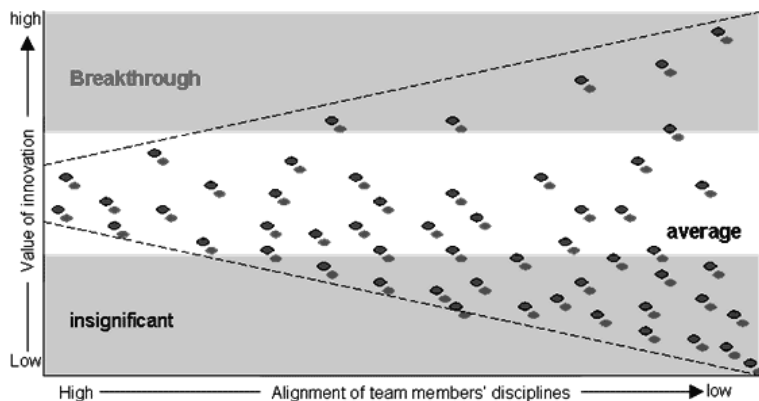


図 5 多様性がイノベーションに与えるインパクト<sup>[11]</sup>

縦軸がイノベーションの経済的価値であり，横軸がチームメンバーの規律属性である．横軸の規律属性が高いということは，複雑ネットワークでいうところのホモフィリー（似たもの同士）が高いことを示しており，反対に低いとヘテロフィリー（違うもの同士）を指す．図 5 のように多様性を高く，すなわちネットワークをヘテロフィリーに広げた場合，イノベーションの結果もまた広く分散することがわかる．つまりネットワークを広げれば大成功もあるが失敗も多くなるのである．また注意すべきことに価値の平均も若干下がっている．この結果からネットワークを分散することでイノベーションの結果も分散することが推測できる．もちろん，多様性とネットワークの持つ意味をより正確に定義づける研究が必要であり，加えて多様性の定義は保有スキルや職場，職業だけとは限らない．ただ少なくとも同じ専門領域を持つ者同士では成功確率とブレイクスルーに達する可能性のトレードオフが存在するため，通常では圧倒的に価値の高いイノベーションも生まれず，新市場を創造できないことがわかる．飽和し競争が激化している市場にいる企業は遅かれ早かれ新市場を模索する必要がある以上，こうした知見は非常に重要であろう．

## 5.2 新たな ICT の応用分野と MOT の役割

この研究結果から，どのようにネットワークを組めばよいのかは概ね明らかである．企業の求めるイノベーションの戦略によってネットワークの形を定義することになる．乱暴に言えば大当たりを望むのなら積極的な外部連携をすべきであるし，安全を望むのならば内部で確実に進むべきである．有効な指標はまだ明確ではないが，おそらくそれは ICT そのものを指しているだろう．ICT はこれらネットワークを操作する力を持っている．

計測中ではあるが，著者らの運営する SNS では通常の SNS 上のネットワークのクラスタ化よりもおそらく速い速度でクラスタ化が起きている．その鍵は SNS 上での AJAX チャット機能の提供であった．このチャットによってリアルタイム性が生まれ，フレンドの更なるクラスタ化が促進されたと思われる．最初は孤立した存在であったユーザ達だが後にチャットの利用時間によって大きく三つにクラスタ化が促進された．その三つは朝昼の主婦（子育て）層，夜の青年（一般労働）層，深夜の大人（個人クリエイター）層である．この組織化の促進過程は興

味深い。

これは小さな例に過ぎないが、クラスタ化の促進速度と限界という観点から見たとき、ICTのテクノロジーは一つの指標で表すことができるだろう。郵便から電話、FAX、メールやウェブ、そして携帯電話、GIS(地理情報システム)等々、ビジネスと社会の変動は明らかにICTの進化による情報伝達コストの低下によって形作られてきた。ならばICTが織り成すネットワークからICTのネットワークインパクトが計測できるはずである。そしてテクノロジーを組み合わせることでネットワークは次々に変化する。例えば企業にテレワークを導入した場合、つまりワーカーから場所と時間を解放したときに発生するネットワークは、従来の階層型組織とは明らかに違うはずである。これを計測したときテレワークのネットワークインパクトが検出できるだろう。このように要素技術だけでなく労働生産性を向上させるような施策などICTにまつわる全般を同一軸で見ることができると思われる。

### 5.2.1 ICTの新たな応用分野～ネットワークの関係性の最適化と情報流通リスクとリターンの最適化

つまりICTの新たな応用分野はこのようなネットワークの関係性の操作であり、情報を得ることによるリターンとリスクの操作であろう。なぜならICTはスケールメリットを犠牲にせず、ネットワークを変更できるからである。リスクを減じるためのセキュリティ意識は重要だが、リスクを増加させることで新たな知見を得るシステムがあっても良い。ここで言うリスクを増やすという行為は、これまで見てきたとおり、ネットワークの構造がイノベーションに影響を与えることに関係している。それは単なるコラボレーションのみならず、可能性の獲得を示唆している。知り合いの知り合いは、知り合いではないが、自らの行動によって知り合いが引き出してくれるかもしれないという可能性である。高度に複雑化して行く世の中では個人で対処しきれないことも多く、何かのイベントが発生したとき、多くの可能性を持っていることが新たな強みとなるであろう。異業種人脈などヘテロフィリーなネットワークの本来の強みはそこにある。反対にホモフィリーなネットワークではリスクを取れない以上、これからの可能性に乏しく対応が遅れるかもしれない。次世代の情報共有でも、一見必要でない情報からでも有益な情報を得ることができるようになるだろう。それは情報検索というよりは情報推奨の概念であり、ヘテロフィリーで有益な情報提供が今後は求められる。

### 5.2.2 MOTの新たな役割～イノベーションの活性化に向けたネットワークの構築と最適化

またこの考えはMOT(Management Of Technology 技術経営)の考え方をより拡張することができる。MOTは研究から事業化まで不確定な中で、技術を商品まで移行させることを大きな目的としている。しかし研究から開発、開発から事業化など、その不連続な行為の中で個別に議論、あるいは学習しても効果は薄いかもしれない。この不連続な部分を指す「魔の川(研究から開発)」「死の谷(開発から事業化)」「ダーウィンの海(事業化から産業化)」という否定的な言葉が示すとおり、有効な解決指針はいまだに少ない。そのアプローチでは得られる知見も個別のブロック単位になってしまうからである。そこでMOTの全体の流れの根底にあるネットワークの存在を知覚したらどうであろうか。最も有効なネットワーク(つまり可能性)を視覚化し、選択することでこの問題を回避する可能性が増えるのではないか。別な言葉で置

き換えれば、MOTの役割は技術と経営を理解するというよりも、このネットワークの最適化を行うことである。研究員が知識創造者（シーズ ニーズ）だとするならば、MOTは知識ブローカー（ニーズ シーズ）ではなく、イノベーションネットワークの構築者であり操作者になるべきだと考えている。単なる人材紹介や渉外ではなくネットワークの基盤を自らが作り、イノベーションの根幹を支えることであろう。

## 6. おわりに

本稿ではイノベーションとネットワークの関係の存在を探っている。最近のネットワーク理論とイノベーションは密接に関連しており、これらが新たなイノベーションの鍵の一つとなるだろう。もちろん、あらゆる科学理論同様、ほかの説明が存在する可能性はあるが、ここではオープンイノベーションという社会背景、コーディネーション理論、複雑ネットワークの三つの知見を組み合わせることで、それを描き出している。またイノベーションとネットワークの関係を推察し、ネットワークとイノベーションの橋渡しを行っている。それは既知の経営学から解析の指針を与え、同時に無機的な数理モデルから意味を求めて、両者を補完するという意味で前進したと言える。ただし、この実証は非常に広範囲に渡り、かつ単独で調査することが困難であるため、関係各位の協力を求めつつ、自らの行動によっても実証して行きたいと思っている。そしてイノベーションを促進するネットワークの実システムの応用先は多岐に渡ると考えられ、意図的にネットワークを操作できるのならば、テレワークや、行動ファイナンス、コミュニティの成長促進と崩壊防止、崩壊に強いICTシステムの構造と最適な費用対効果などに適用できるだろう。また検索エンジンの上位に位置する情報推奨エンジンとしても新たな知識統合やナレッジ発見を提供できるはずである。さらにスケールフリーネットワークの中で、どのような位置を占めるべきかは、R&D戦略の重要要素となる可能性がある。このようにネットワークの保持と操作、今後はそれ自体が価値（イノベーション）を生み出す時代である。

- 
- \* 1 その結果、経済的な利益と経済に寄らない利益がもたらされる。仕事の手法や時間配分を自由に決められるとき、人はより多くのエネルギーで努力、工夫を行い、創造性を発揮する。時間と場所に縛られない概念であるテレワークの調査でも自分の仕事を自分でコントロールしているとき、より革新的になることがわかっている。対照的に厳しく管理されていると感じた場合、モチベーションの低下と創造性が失われる。これは複雑な規制や手間のかかる手続きなども同様である。柔軟性としても、多くの方法を試すことができ、決定事項を遠くの本社通達ではなく現場の状況に即して決めることができる。地域で下される意思決定は優位性を持っており、例えば現在ならば製造原価のデータベースを利用しながら、客の顔色を見て値段を決定することができるだろう。経済に寄らない利益としても個人の満足も与えられる。選択の自由を好む者に限るが、人生に必須なイベントや要求に対して柔軟に処理できることは大きなメリットである。子供の世話、老人の介護、自学自習、地域コミュニティの参加などが可能になる。

- 参考文献** [ 1 ] Henry W. Chesbrough, Open Innovation, Harvard Business School Press, 2003  
 [ 2 ] Toffler. A, 徳山二郎 鈴木健次 桜井元雄, The Third Wave, 日本放送出版教会, 1980  
 [ 3 ] Haeckel. S. H, 坂田哲也 八幡和彦, 適応力のマネジメント, ダイヤモンド社, 2001  
 [ 4 ] S. Brin, L. Page, The Anatomy of a Large Scale Hypertextual Web Search Engine, Proceedings of the seventh international conference on World Wide Web, Elsevier Science Publishers B. V., 1998, 7, P 107 117  
 [ 5 ] R. Albert H. Jeong and A. L. Barabasi, Diameter of the World Wide Web, Nature,

1999, 401, P 130 131

- [ 6 ] R. Albert and A. L. Barabasi, Emergence of scaling in random networks, Science, 1999, 286, P 509 512
- [ 7 ] J. J. Collins and C. C. Chow, It's a small world, Nature, 1998, 393, P 409 410
- [ 8 ] D. Watts and S. Strogatz, Collective Dynamics of " Small World " Networks, Nature, 1998, 393, P 440 442
- [ 9 ] Gary M. Olson Thomas W. Malone and John B. Smith, Coordination Theory and Collaboration Technology, LEA Inc, 2001
- [ 10 ] Thomas Malone, The Future of Work, Harvard Business School Press, 2004
- [ 11 ] Sorenson Olav and Lee Fleming, Science and the Diffusion of Knowledge, Research Policy, 2004, 33 no. 10, P 1615 1634.
- [ 12 ] Fleming, Lee, Perfecting Cross Pollination, Harvard Business Review, 2004, 82 no.9, P 22 24.

**執筆者紹介** 吉村真弥 (Shinya Yoshimura)

1998年日本ユニシス(株)入社。主にメール、ターミナルサービス、WEBにおける業務システムを中心としたインフラ全般のシステム設計構築と技術支援を手がける。執筆 (Impress, 日経BP他)等。Microsoft 認定 (MCSE, MCSD, MCDBA, MCAD, MCSA), Citrix 認定技術者。北海道大学情報科学研究科研究生を経て、東京工業大学イノベーションマネジメント研究科 (技術経営専攻) に在学中。