

MMRC-J-218

## ネットワーク特性と製品開発パフォーマンス

東京大学大学院経済学研究科博士課程

貴志 奈央子

2008年3月



東京大学21世紀COE [製造]   
 ものづくり経営研究センター



# ネットワーク特性と製品開発パフォーマンス

東京大学大学院経済学研究科博士課程

貴志 奈央子

2008年3月

## 要約：

本稿では、紐帯の強さ・直接結合・レンジ・密度・ステータスという五つのネットワーク特性と製品開発パフォーマンスの関係について既存研究の整理を行い、次の二つの結論に至った。第一に、従属変数となる製品開発パフォーマンスによってさまざまなネットワーク構造の特性に着目しており、研究によって論者の観点が異なっていること。第二に、Burt(1992)の支持する構造的空隙と Coleman(1988)の支持するクローズド・ネットワークの議論が、ネットワーク特性の定義の曖昧性に起因している可能性があること。

キーワード：ネットワーク分析・製品開発パフォーマンス

## 1. はじめに

経営学におけるイノベーション研究は包括的な成功要因を探る「グランド・アプローチ」を経て、1970年代後半以降はAllen (1977)を嚆矢としたコミュニケーション研究に見られるように、イノベーションの特定の側面に焦点を絞った「フォーカス・アプローチ」を中心として展開されてきた(桑嶋, 2002; 高橋・桑嶋・玉田, 2006)。Brown and Eisenhardt (1995)は、イノベーション研究の一分野として位置づけられる製品開発研究の潮流として合理的計画、コミュニケーション・ウェブ、統制された問題解決という三つの分類を提示している。このうちコミュニケーション・ウェブに関する研究では、Allen に代表されるように、複数の研究所におけるエンジニアのネットワークを実際に図として描き、ネットワークにおいて中心的な位置にいる「ゲートキーパー」と呼ばれるエンジニアの存在とその役割を明らかにしてきた。

本来、こうした分析は社会ネットワーク分析との親和性が高いと考えられるが、製品開発論においては、近年に至るまで、パフォーマンスに影響を与えるネットワーク構造そのものが分析されることはなかった。しかし1990年代に入り、社会ネットワーク研究においてネットワーク特性と製品開発パフォーマンスの関係を分析対象とした研究が出現し始めた。こうした研究では製品開発パフォーマンスに影響を与えるネットワーク特性として、次のように定義される①紐帯の強さ、②直接結合、③レンジ、④密度、⑤ステータスに焦点をあてた分析が行われている。

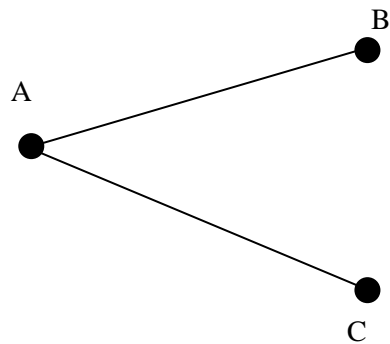
- ① 紐帯の強さ……ネットワークは「ノード」と呼ばれる点とノード間をつなぐ「紐帯」と呼ばれるパスによって描かれる。紐帯の強度とはノード間の結びつきの強さを示す。
- ② 直接結合……二つのノードが紐帯によって直接結ばれている状態を直接結合と呼ぶ。図1に示されている三者間の関係では、ノードAとB、ノードAとCが直接結合の関係にある。
- ③ レンジ……ネットワークにおける知識の多様性をあらわす(Marsden, 1990)。
- ④ 密度……ネットワークの密度とは、ネットワークにおける実際の紐帯数を形成可能な紐帯の総数で除することによって算出される。ノード間の連結性の平均的な強さを表すものと考えられている(Marsden, 1990)。また、構造的空隙の代理変数として使用される場合がある。
- ⑤ ステータス……ステータスは行為者の重要性を示す指標の一つであり、過去の交換関係から定義される。ある行為者と紐帯を形成するかどうかについて意思決定を行う際に当該行為者と実際に紐帯を形成した経験がなく、有益な情報を得られない場合、ステータ

## ネットワーク特性と製品開発パフォーマンス

スが意思決定の不確実性を補完する指標となる(Podolny, 1993)。製品開発の分野では技術のネットワークにおけるステータスも研究対象とされるが、本稿で取り上げる半導体産業の技術ネットワークにおける定義は、特異性があるため後述する。

社会ネットワーク論者はこうしたネットワーク特性に着目し、人をノードとしたコミュニケーション・ネットワークだけでなく特許の参照関係から特定した技術をノードとしたネットワークまで含めて、製品開発のパフォーマンスに影響を与えるネットワーク構造を明らかにしようとしてきた。本稿では Allen (1977)に対するネットワーク分析の適用可能性の検討と、上記のネットワーク特性に関する既存研究の整理を行う。

図 1. 三者間の関係



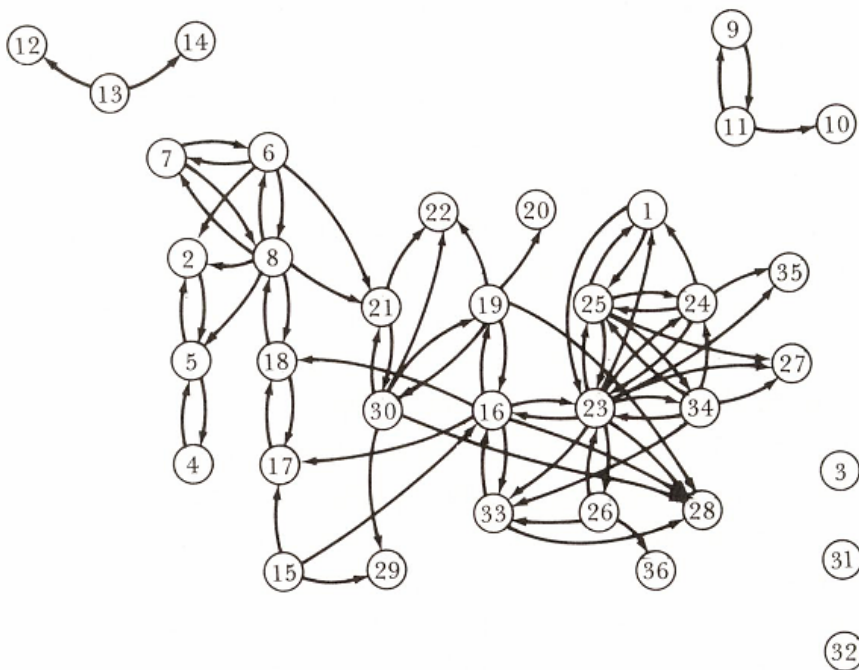
## 2. コミュニケーション研究とネットワーク分析

製品開発論のコミュニケーション研究において、Allen は研究開発に携わるエンジニアどうしの関係性に着目し、組織内外の他のエンジニアと特徴的な関係性を構築していた人物の存在を明らかにしている。組織の外部から最先端技術の情報を入手することは研究開発において不可欠だが、外部情報の入手方法として文献、外部者との直接的なコンタクト、新規採用に加えて、Allen は研究所におけるコミュニケーション・ネットワークの構造を測定した。Allen は対人間のネットワーク構造を把握するために、技術的な問題について頻繁に議論した相手の名前を記述してもらうという方法を採用している。こうした調査結果の一つとして、図 2 に示されているような 36 人の専門家から構成されるネットワークが明らかとなった。矢印の方向は、情報の流れを示している。Allen はこうしたネットワークにおいてより多くの人とコミュニケーションを行っている専門家を「スター」と呼び、図 2 のネットワークではたとえば 19・23・33 番などがスターにあたりと指摘している。さらに、Allen はスターによる情報収集の方法に着目し、専門誌の講読量と組織外部者とのコンタクトの多さに特徴が

あることを突き止めた。また、こうした特性を持つ人物は外部情報を組織内部へ効率的に取り込むための門番のような役目を果たすことから「ゲートキーパー」と呼ばれることとなった。

Allen がネットワーク構造の特定に用いた方法は、社会ネットワーク分析においても使用される手法であり、図2に示されるネットワークに対し社会ネットワーク分析のアプローチを適用することができる。たとえば、当該ネットワークにおいてノードが有する紐帯の数をカウントしてみると、紐帯数の多い順に上位15位までは表1のような並びとなる。ここで、出次とはノードが矢印の出発点となっていること、入次とはノードが矢印の到着点となっていることを示す。つまり、出次と入次は情報の流れを表すと考えられる。出次数と入次数の合計値で見た場合、Allen によってスターとして例示された「19・23・33」にあたるノードは36人中上位10位以内に入っている。Allen によるスターの定義は「組織においてほぼすべての他者といくらかの接触を持っている人」であり、紐帯数の多さによってスターを認識することも可能と思われる。ゲートキーパーの特定にはネットワーク構造以外のデータが必要とされるため特定不可能だが、スターの存在は紐帯数という変数で測定することができ、Allen の分析アプローチは社会ネットワーク分析によって代替可能な部分があると言える。

図2. 小規模な研究所にける典型的なコミュニケーション・ネットワーク(1)



出典：Allen (1977), p.144 より抜粋。

## ネットワーク特性と製品開発パフォーマンス

表 1. 小規模な研究所にける典型的なコミュニケーション・ネットワーク(2)

順位	ノード番号	出次数	入次数	合計
1	23	10	6	16
2	16	6	4	10
3	8	6	3	9
4	25	5	4	9
5	19	5	2	7
6	24	4	3	7
7	30	5	2	7
8	34	5	2	7
9	6	4	2	6
10	33	2	4	6
11	1	2	3	5
12	5	2	3	5
13	18	2	3	5
14	21	2	3	5
15	28	0	5	5

### 3. ネットワーク構造と製品開発パフォーマンス

社会ネットワーク論ではイノベーションの達成に最適なネットワーク構造について、Burt(1992)によって指摘された構造的空隙のベネフィットと Coleman (1988)によって指摘されたクローズド・ネットワークのベネフィットを支持する論理の間で見解が分かれている。構造的空隙を多数有するネットワークでは、情報の冗長性が低下するため斬新なアイデアや解決策が創出される確率は高まる(Burt, 1992)。これに対し行為者間の密度が高いネットワークでは関係者の行動を調整することが容易であるため、イノベーションの達成に至るプロセスの障壁が緩和されることになる(Obstfeld, 2005)。それぞれの見解を支持する後続の研究では、紐帯の強度およびネットワークの密度やレンジといった変数を追加して検証が行われて

きた。また、構造的空隙とクローズド・ネットワークの議論とは距離を置いてイノベーションに影響を与えるネットワーク特性を分析した研究として、ネットワーク・ステータスに着目した Podolny and Stuart (1995)の研究を取り上げる。

### 3-1. 紐帯の強度と製品開発期間 (Hansen, 1999)

組織におけるサブユニット間で知識を共有できる場合とできない場合があるのはなぜか。こうした問いにたいし Hansen (1999)は、製品開発プロジェクトを対象としてサブユニット間の紐帯の強度と共有される知識の複雑性に焦点をあてて検証を行っている。

Hansen の論理は、他のサブユニットとの直接的な関係の維持にはコストがかかること (Burt, 1992)、および弱い紐帯の場合は冗長性のない情報を提供する可能性が高いことを前提として展開されている (Granovetter, 1973)。したがって、強い紐帯に比べて弱い紐帯はコスト効率に優れ新鮮な情報を提供してくれる可能性が高いことになる。また、他の実体と弱い連結しか有していない組織的な実体（ここではサブユニットおよびプロジェクトチーム）は、組織システムから受ける制約が小さい。これに対し強い紐帯の場合、互恵的な調整が必要となること、および組織的慣性が働き、強い紐帯を形成した相手以外から知識を得ようとしなくなることから制約が生じる。一方、紐帯を通じて共有される知識の複雑性について、知識を形式化できるかどうか、および知識が独立しているか、あるいは相互依存的な構成要素の一部であり状況に左右されるかどうかという二つの観点を提示している。

以上から、サブユニット間の紐帯が強い場合と弱い場合、および知識が独立・形式化できる場合と依存・暗黙的な場合という 2×2 の関係がマトリックスにおいて整理される（図 3 参照）。当該マトリックスに基づき、Hansen は、「サブユニット間の紐帯が弱いほど、移転される知識が高度に形式化され独立していれば製品開発の期間は短くなる」・「サブユニット間の紐帯が弱いほど、移転される知識がまったく形式化されず状況依存的であれば製品開発の期間は長くなる」という二つの仮説を提示している。二番目の仮説については、弱い紐帯であってもサブユニット間の紐帯が一時的に強くなれば製品開発の期間を短縮できる可能性はあるが、強い紐帯を形成するには時間を要するため結局長期化してしまうことになる。

### ネットワーク構造

ネットワーク特性としては、ユニット間の紐帯の弱さを独立変数として投入する。Hansen の分析におけるユニット間の関係とは、組織において機能しているさまざまなユニット出身の人々からなるグループ間で定期的に生じる関係性と定義される。また、ユニットとは部門 (division)のような単位を指す。ただし、機能部門のことは意味しない。ユニット間のインフ



## ネットワーク特性と製品開発パフォーマンス

オーマルな関係は、プロジェクトチームのメンバーによるユニットを超えた知識の探索や移転を容易にし、新製品開発に要する期間に影響を与える(Hansen, 1999)。

図 3. 知識の複雑性・紐帯の強度と関連した探索と移転の効果

知識		紐帯の強度	
		強い	弱い
暗黙的 依存		低い探索によるベネフィット 中程度の移転による問題	探索によるベネフィット 厳しい移転による問題
		低い探索によるベネフィット 移転による問題ほぼなし	探索によるベネフィット 移転による問題ほぼなし
形式的 独立		低い探索によるベネフィット 中程度の移転による問題	探索によるベネフィット 厳しい移転による問題
		低い探索によるベネフィット 移転による問題ほぼなし	探索によるベネフィット 移転による問題ほぼなし

出所：Hansen (1999), p.89 より抜粋。

### 製品開発パフォーマンス

分析では、月数でカウントした製品開発期間を従属変数として投入する。

### 分析方法

サンプルは 120 の製品開発プロジェクトであり、このうち 24 のプロジェクトが回答を得た時点ではまだ進行中であった。サンプル期間は調査当時から見て直近の 1993~95 年とされ、調査票の回答はプロジェクト・マネジャーによって行われた。ただし、ネットワークデータについては 41 の部門に所属する R&D マネジャーから回答を得ている。

従属変数は製品開発期間、独立変数としてはユニット間の紐帯の弱さ・知識の形式化の程度・知識が他の構成要素に依存する程度・コンタクトの冗長性・ユニット間の互惠性を投入し、プロジェクトに関する制御変数として予算・分析対象となっている部門における既存のソフト/ハードウェアのうち再利用可能なものの割合・プロジェクトに関連した特許が申請

されたかどうか・開発されたのは製品かシステムかという四変数を用いた。また、部門とネットワークに関する制御変数として組織外部の知識に関する活用状況・部門の売上・分析対象となっている部門をアドバイスのソースとして推薦する他部門の数・分析対象となっている部門が他部門との間に有する直接的な関係の数を投入した。さらに、他部門からの知識移転に関する制御変数として、他部門から提供されたソフト/ハードウェアについて、分析対象となるプロジェクト向けに新たに開発されたものと再利用されたもののパーセンテージを投入した。サンプルには進行中であるプロジェクトが含まれており、従属変数とする製品開発期間について打ち切りのケースが存在するため、検証は比例ハザードモデルによって行われている。

### 分析結果

分析の結果、二つの仮説はともに支持された。移転される知識が複雑ではない場合、弱い紐帯は製品開発期間の短縮に貢献したが、移転される知識が複雑な場合、弱い紐帯は製品開発期間を長期化させていた。一方、知識の複雑性を投入しないモデルにおいて、紐帯の強度は有意水準を達成していないことから、紐帯の強弱と製品開発期間だけでは双方の関係性を見出せないことが明らかとなった。Hansen は分析結果に基づき、社会ネットワークの研究において紐帯の役割を検討する際に、伝達される知識の形態に加えて、知識の探索や移転についても考慮すべきであること、および製品イノベーションに関するクロスファンクショナルな統合や知識移転の研究において知識共有を検討する場合、サブユニット間の直接的な関係に加えてより大きな探索プロセスを考慮すべきであることを示唆している。

### **3-2. 直接結合とイノベーション (Ahuja, 2000)**

Burt (1992)によると行為者がネットワークの規模のベネフィットを享受する有効な方法は、直接的紐帯とは異なり維持コストのかからない間接的紐帯を多数抱えたネットワークが構築される場合である。しかし Ahuja によると、直接的紐帯と間接的紐帯の相対価値は、両紐帯によって提供されるベネフィットが重要性と内容においてどの程度類似しているかに依存する可能性がある。

### ネットワーク構造

上記の問題に対し Ahuja は企業間の協力的なリンケージからなる化学産業のネットワークにおいて、直接的紐帯・間接的紐帯・構造的空隙から特定される企業のネットワーク・ポジションとイノベーションの関係を検証している。企業間の協力的なリンケージとは、独立し

## ネットワーク特性と製品開発パフォーマンス

た組織どうしが資源を共有するために自発的に行う調整を意味している。こうしたリンクエッジは知識・スキル・物理的資産の結合を可能にする資源の共有、および技術的なブレークスルーや問題点に対する新しい洞察といった流出した知識へのアクセスという二つの便益をもたらす。

Ahuja は分析において特に水平的かつ技術的なリンクエッジに焦点をあて、次のような仮説を構築している。まず、直接的紐帯は知識共有、および補完的なスキルの獲得を可能にする。したがって、直接的紐帯の増加は、資源における規模の経済性を通じてイノベーションを促進する。一方、間接的紐帯は情報収集のデバイスとして機能する。さらに、ネットワークが収集された情報の処理やスクリーニングの機能を果たすため、間接的紐帯の増加もイノベーションを促進する。ただし、間接的紐帯がイノベーションに与えるこうした便益は、直接的紐帯の増加とともに低下していく。これは、直接的紐帯を多数有していれば、間接的紐帯によって情報にアクセスする必要はなく、間接的紐帯から得られる情報に対応する能力が低下していくためである。また、構造的空隙の影響については、エゴ・ネットワークにおける多数の構造的空隙が多様な情報へのアクセスを可能にしてイノベーションを増加させる場合と、ネットワーク・メンバー間の信頼関係の育成を阻み機会主義行動を増加させ、イノベーションを減少させる場合が想定される。

### 製品開発パフォーマンス

サンプル企業が 1982-92 年の各年に取得した米国特許の数をイノベーションの代理変数として使用する。

### 分析方法

分析対象は化学産業とする。従属変数は各社のイノベーションとし、1982-92 年にかけて取得された米国特許の数によって測定する。独立変数としては直接的紐帯と間接的紐帯の数、両紐帯の交互作用、構造的空隙を投入する。直接的紐帯と間接的紐帯については、二次データから 1981-91 年にかけて形成された 268 のジョイントベンチャーと 152 の共同研究・技術共有の協定を取り上げ、それぞれ企業別にカウントした値を使用している。さらに、間接的紐帯についてはノード間の距離を両者の間に存在する紐帯の数によって表したパス長で重みづけした変数、および当該変数と企業が申請した年度別特許数の乗数を投入している。また、構造的空隙については、ある企業の冗長性のないコンタクトの数を当該企業のコンタクトの総数で除した値を使用している (Burt, 1992)。一方、制御変数としては研究開発費の自然対数、従業員数の自然対数で測定した企業規模、多角化の程度、特許数に技術分野による重

みづけを行った技術機会、ハーフィンダール指数を用いて特許発明者の在住国から研究における地域的な集中度を算出した国際的な研究のプレゼンス、パートナー間の技術的な距離、ROA、流動比率、各社の国籍を投入した。分析には、パネルデータに対するポワソン回帰を用いている。

## 分析結果

分析の結果、直接的紐帯および間接的紐帯の増加はイノベーションを増加させるが、直接的紐帯の増加に伴い間接的紐帯の機能は低下していくことが立証された。また、構造的空隙の増加はイノベーションを減少させていた。Ahuja は多数の間接的紐帯を有するネットワークを構築すると、直接的紐帯の維持コストを支払わずにネットワーク規模に応じた便益を得られるという論理に対する疑問(Burt, 1992)、およびクローズド・ネットワークとオープン・ネットワークが理想的である条件について検証を行い、次の点を明らかにしている。まず、直接的紐帯は資源の共有と情報の波及というベネフィットを提供するが、間接的紐帯からは情報の波及というベネフィットしか提供されず、間接的紐帯から提供されるベネフィットは直接的紐帯よりも弱いということ。また、間接的紐帯の価値は企業の有する直接的紐帯の数にも依存していること。さらにイノベーションに適したネットワーク構造について、分析からは Coleman (1988)を支持する結果を得たが、最適な社会的資本は何を達成したいかに依存するとしている。

### 3-3. 直接結合・レンジと知識移転の容易性 (Reagans and McEvily, 2003)

Reagans and McEvily (2003)は、インフォーマルなネットワーク構造が知識移転に与える影響について、社会的な直接結合とネットワーク・レンジという概念を用いて検証を行っている。Reagans and McEvily によると関係性を取り巻く社会的な直接結合は、個人が他者との情報共有に時間・エネルギー・努力を投入するモチベーションに影響を与える。また、さまざまな知識プールとの結びつきを意味するネットワーク・レンジの拡大は、異質な人々に複雑なアイデアを伝える個人の能力を向上させる。

## ネットワーク構造

紐帯の強度と知識移転の関係について見た場合、強い紐帯と直接結合は同時に発生する傾向にあるため、紐帯の強度自体を検証することは社会的な直接結合による知識移転への影響を観測している可能性を持つ(Reagans and McEvily, 2003)。こうした懸念に対し、Reagans and McEvily は社会的な直接結合と紐帯の強度を同時に変数として投入した分析を行っている。

## ネットワーク特性と製品開発パフォーマンス

また、ネットワーク構造が知識移転に与える影響を検証することから、直接結合とレンジには本来の意味に加えて次のような定義がなされている。まず直接結合とは、ある関係が第三者との強い連結によって結び付けられている程度であると捉えている。知識移転は受け手にメリットがあるものの、送り手にとってはコストとなる。知識移転が行われる二つのノード間の紐帯が共通の第三者との強い関係によって囲まれているほど、移転のコストにもかかわらず知識移転に対する送り手のモチベーションは高まる(Coleman, 1988)。そしてネットワーク・レンジは、ネットワークの連結が制度的・組織的・社会的境界を越えている程度を意味し、多様なコミュニティとの相互作用に慣れ、複雑なアイデアを伝達する方法について学習する機会を個人に提供し、知識移転を促進するとしている(Reagans and McEvily, 2003)。

### 製品開発パフォーマンス

分析において使用されるパフォーマンスの変数は、知識移転の容易性である。知識移転は知識を伝達する側に時間や労力などのコストを発生させるため、知識移転の容易性は移転が行われる個人間の関係によって説明されると捉える。しかし、知識の受け手が移転の発生を適切に認識しているとは限らない。また、知識移転の容易性に焦点をあてることで、パフォーマンスから知識移転を推測する場合には除外されてしまう実現に至らなかった移転も把握することができる。実際の分析には、知識移転の容易性に関する五つの設問について7点尺度で得た回答の平均値が使用されている。

### 分析方法

Reagans and McEvily は米国中西部の中規模都市にある R&D 請負企業をサンプルとして調査を行った。従属変数は知識移転の容易性、独立変数は知識の形式性、人口動態変数と学歴によって測定した共通の知識、専門性の重複、職能分野が同じかどうかを表すダミー変数を投入した。また、サンプル企業に所属するメンバーから構成されるネットワークのデータとしては、紐帯の強度、第三者による間接的な構造上の制約を測定した社会的な直接結合、ネットワークの多様性によって測定したネットワーク・レンジを投入した。また、制御変数として感情的な近接性を測定したフレンドシップダミーとコミュニケーションの頻度を測定したアドバイスダミーを投入した。分析手法としては最小二乗法による回帰分析を用いている。

### 分析結果

分析の結果、紐帯の強度については強度が高まると知識移転の容易性は増すこと、および

移転される知識の形式性が低下すると紐帯の強度と知識移転の容易性の関係は強化されることが明らかとなった。また、社会的な直接結合の強化、およびネットワーク・レンジの拡大によっても知識移転の容易性は高まることが明らかとなった。問題意識に挙げられた紐帯の強さと直接結合の比較について見ると、直接結合の方が知識移転の容易性により強い影響を与えていることも明らかとなっている。

### 3-4. レンジ・密度と製品開発期間 (Reagans, Zuckerman, and McEvily, 2004)

Reagans, Zuckerman, and McEvily (2004)によると、マネジャーにとってプロジェクトチームの人選をするさい最も困難なことは、パフォーマンスの向上に貢献しうる潜在性を評価することである。その評価基準として考えられるのが、デモグラフィック特性と社会的ネットワークである。ただし、マネジャーはチームにおけるデモグラフィックスの構成を自由に決定できるわけではないため、当該変数による評価には限界が生じる。

#### ネットワーク構造

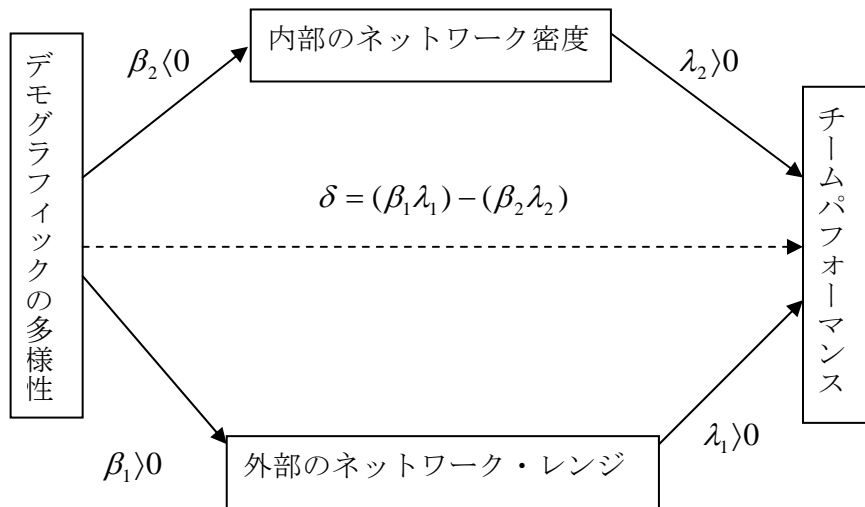
異なる特性を持つ人や異なるネットワークに属する人をプロジェクトメンバーに選出すると、学習能力が高まり創造的な問題解決が可能となる。Reagans and Zuckerman (2001)は、デモグラフィックの多様性とネットワークに基づく社会的資本が組み合わさってチームのパフォーマンスを向上させると指摘した。しかし、多様性がパフォーマンスにどのような影響を与えるのかについては不明なままである。Reagans, Zuckerman, and McEvily はチームの潜在性を評価するためにチームメンバーのデモグラフィックス特性、およびネットワークのレンジと密度に焦点をあて、図4に示されている因果関係に基づく仮説を構築している。まず、ネットワークにおける密度の上昇とレンジの拡大は、チームのパフォーマンスを向上させる。一方、デモグラフィックスの多様性は密度を低下させレンジを拡大させるため、モグラフィックスが多様化しても純粹にパフォーマンスに影響を与えることはないと考えられる。

#### 製品開発パフォーマンス

分析においては製品開発のパフォーマンスとして、プロジェクトの開始から完了までを日数でカウントした製品開発期間を使用している。調査時点では1518のプロジェクトのうち、785が既に終了しているという状況であった。

## ネットワーク特性と製品開発パフォーマンス

図 4. デモグラフィックの多様性・ネットワーク変数・チームパフォーマンスの因果関係



出所：Reagans, Zuckerman, and McEvily (2004), p.103 より抜粋。

### 分析方法

米国中西部の中規模都市にある R&D 請負企業から、ネットワークとデモグラフィクスに関する 104 のデータを収集し、図 4 に示されている因果関係に従い次のような分析が行われた。まず、組織におけるデモグラフィクスについて、多様性の次元として機能とテニユアという二つの変数が特定され、当該次元の管理に対して、マネジャーはどの程度の自由度を有しているのかが検証された。次にデモグラフィクスの多様性の変化が、ネットワークの密度とレンジによって測定される社会資本にどのような影響を与えているのかが分析された。制御変数としてチームの規模、チームメンバーが前年まで経験を共有していた総時間、チームメンバーが現在経験を共有している平均時間が投入される。そして、チームの社会的資本、デモグラフィクスの多様性、制御変数、これまでに完了したプロジェクトの数、プロジェクトに費やされた累積労働時間がプロジェクト・パフォーマンスに与える影響が検証される。分析には、イベント・ヒストリー分析が用いられている。

### 分析結果

それぞれの分析からは次のような結果を得た。まず、モグラフィクスの多様性について、機能は固定的なためマネジャーによる操作が難しいとの結論に至った。しかし、テニユアに関しては機能に比べて操作の自由度が高い。次にデモグラフィクスの多様性についてみると、

機能とテニユアの多様化は密度を低下させ、レンジを拡大させていた。そして、プロジェクト・パフォーマンスへの影響について見ると、累積労働時間、現在の経験共有時間、機能とテニユアの多様性はすべてのモデルにおいて有意水準を達成しなかった。一方、密度が高くレンジが広い場合にプロジェクトの期間は短くなることが明らかとなった。デモグラフィクスを用いてチームのパフォーマンスを管理することは容易なように思えるが、ネットワーク構造を用いた方がより効果的と言える。

### 3-5. ステータスと特許の被参照数 (Podolny and Stuart, 1995)

ステータスとは行為者がネットワークにおいて占めるポジションの相対的な重要性を意味し、行為者の過去のパフォーマンスや交換のパターンによって定義される(Podolny 1993; 1994)。企業が市場から情報を得られなかったり、得られた情報が不確実であったりする場合、企業はステータスから潜在的なパートナーとの交換にどの程度の価値があるのかを推測することができる(Jensen, 2003)。Benjamin and Podolny (1999)によると、ステータスは行為者に対する他者の知覚に影響を与え、資本・資源・機会の入手可能性を左右する。たとえば、Podolny (1994)は投資銀行業界におけるステータスの影響を検証している。投資銀行は企業から証券を引き受けるにあたって複数の銀行から構成されるシンジケートを組織するが、Podolny (1994)の分析の結果、シンジケートのメンバーの選択は、社会的に構造化されたポジションであるネットワーク・ステータスに依存していることが明らかとなった。Podolny (1994)によると、行為者は過去の交換に基づいて潜在的なパートナーを評価するが、以前に交換したことのない相手の場合、ネットワーク・ステータスが意思決定の指標となる。Podolny and Stuart (1995)はこうした概念を技術的なネットワークに適用し、資源獲得競争に勝利し、後続開発の基盤となる技術にはどのような特性があるのかという問題提起に対しステータスの影響を明らかにした。

### ネットワーク構造

Podolny and Stuart は、技術的なネットワークにおけるステータスを技術知識の進歩に対する行為者のこれまでの貢献について知覚された重要性と定義している。行為者のこれまでのイノベーションが後続技術の基盤になっていると強く知覚されるほど、当該行為者のステータスは高くなる。また、Podolny and Stuart は個別のイノベーションを技術ニッチという概念を用いて捉え、ネットワークにおけるフォーカルなイノベーションの位置を技術的なニッチとし、ステータスの影響をニッチの集合体である行為者について検証している。Podolny and Stuart はフォーカル・イノベーションあるいはノン・フォーカル・イノベーションから連想



## ネットワーク特性と製品開発パフォーマンス

される行為者のステータスが高いほど、当該ニッチに対する新規参入の可能性は高まるという仮説を提示した。

### 製品開発パフォーマンス

ある特許が後続の特許に参照されるという事象を従属変数として用いる。後続の特許による参照は、参照された技術の業界における重要性を示唆するものと捉える。

### 分析方法

1976~91年の16年間に世界中のイノベーターとメーカーが取得した半導体デバイス関連の米国特許をデータとし、特許の参照関係に基づいて技術的なネットワークを特定している。データには1976~1991年のすべての半導体関連特許を含むとしたが、1976年以前の特許データが得られないため、分析対象とするフォーカル・イノベーションを取り出したのは1982~1991年の10年間とし、1976~1981年の特許はノンフォーカル・イノベーションだけを取り出している。データとして扱った特許総数は4048件となった。このうちフォーカル・イノベーションは2983件である。

分析にはCoxの比例ハザードモデルを用いている。従属変数は、後続特許による参照が行われたかどうかである。独立変数としてはフォーカルな特許が取得されてからの週数、フォーカルな特許を参照している特許の数、フォーカルな組織のステータスと売上、フォーカルな特許が参照している特許のステータスの平均、フォーカルな特許を参照している特許のステータスの平均、ノンフォーカルな組織の売上の平均、フォーカル・イノベーターである組織が自己の特許を参照した数、戦略的提携の数、間接的紐帯の数、フォーカルな特許が参照している特許の数を投入する。

### 分析結果

分析の結果、フォーカルな特許のステータスの影響・自己参照数・戦略的提携の数は一部のモデルにおいて有意水準を達成しなかった。一方、ノンフォーカルな特許のステータスとフォーカルな特許のエゴ・ネットワークにおける直接的紐帯は、後続特許によるフォーカルな特許の参照を誘引していた。また、フォーカルな特許のエゴ・ネットワークにおける間接的紐帯の増加は、後続特許によるフォーカルな特許の参照を阻害していた。Podolny and Stuartによると、社会学における技術へのアプローチには組織や市場の概念が欠落し、遡及的なアプローチが多いため選択的バイアスがかかっており、「厚い記述」を好むことから複雑な特徴を扱うが技術の変化率やその方向性について一般化できる議論が少ない。こうした欠点を

補うために行われた上記の分析結果から、技術変化のプロセスにおける組織の役割は、イノベーションが導入され発達する社会的かつ技術的なコンテキストに埋め込まれていると見ることができる(Podolny and Stuart, 1995)。

#### 4. ネットワークにおける構造以外の特性と定性的アプローチ

ネットワーク構造と製品開発パフォーマンスの直接的な関係を定量的に検証している上記の論文に対し、Stuart and Podolny (1996)によるネットワーク・ポジションを視覚化する手法の開発、Hargadon and Sutton (1997)によるブローカーの機能に関するケーススタディ、ノード自体の戦略的な志向(Obstfeld, 2005)、ハブ企業によるネットワークの戦略的なマネジメントといったネットワークにおける構造以外の特性への着目や(Dhanaraj and Pharke, 2006)、定性的なアプローチによる貢献も見られる。

Stuart and Podolny の研究は、企業の探索行動がローカルに行われている程度を視覚的また定量的に評価すること、および革新的能力の類似性に基づいて各企業をポジショニングし、グループ化することを目的としている。分析対象は日本の半導体産業における大手十社が1978~92年にかけて取得した米国の半導体特許、および形成した戦略的提携とした。サンプルとした特許の参照関係から企業間の技術的な距離を算出し、多次元尺度法によりサンプル企業を視覚的にポジショニングした結果、企業間の技術的な重複のパターンはきわめて安定的で、NEC・日立・東芝・富士通といった最先端技術を有するコア企業と、松下・ソニー・シャープ・三洋といった家電製品を扱う周辺企業に分かれることが明らかとなった。分析結果に基づき Stuart and Podolny は、半導体技術は累積的かつ複雑で、活用できる領域が限定されているため、ターゲットとする技術領域がはっきりと分かれることが多いこと。しかし、明確に区別された技術領域でパフォーマンスをあげる企業も戦略グループを形成していることを指摘した。

一方、Hargadon and Sutton は、技術に関するブローカーの機能に着目し米国最大の製品設計コンサルティング企業である IDEO の設計プロジェクトについて調査を行った。一般的に顧客は IDEO を雇用し、設計を手がける専門性を欠いている、あるいは専門性を有するスタッフのレベルが低い製品や部品の設計を任せる。IDEO は時間や製品設計に必要な材料に応じて顧客に支払いを求め、最終製品の売上や利益の一部を受け取る場合もある。調査の結果、IDEO は複数産業の顧客から仕事を請けることによって潜在的に有用な技術について学び、前提知識のない産業の新製品に当該技術の活用機会を見出していることが明らかとなってきた。つまり、IDEO は他の産業で価値が認められる既存技術の知識を獲得するためにネットワーク・ポジションを探索し、組織内で関連性の低い産業間の知識を技術ブローカーとし

## ネットワーク特性と製品開発パフォーマンス

て相互に活用することでイノベーションを生み出していた。

また、Obstfeld は社会ネットワークにおいて人々をつなげようとするノードの戦略的行動の志向について検証を行っている。当該研究において検証が行われた戦略的志向は *Tertius iungens* と呼ばれる。*Tertius iungens* とは紐帯のない個人どうしを結びつけたり、紐帯のある個人間の新たな調整を促進したりすることで、人々を関係づけようとする志向である。Obstfeld は、社会ネットワークの構造はイノベーションを生み出す調整された行動の源泉ではあるが唯一の源泉ではなく、厳格な構造主義者が個人的相違を重視していないと指摘し、革新的な行為がネットワークだけでなく行為に対するノードの戦略的な志向の関数でもあると捉えて、*Tertius iungens* の志向とイノベーションの関与について検証を行った。自動車メーカーのエンジニアリング部門における設計担当者を分析対象とした Obstfeld の分析によると、イノベーションへの関与が高まるとされるのは *Tertius iungens* の志向が強い・密な社会ネットワークのため構造的空隙が少ない・ネットワークに多様な社会知識が存在するという三つの条件が揃った場合である。

さらに、Dhanaraj and Parkhe はネットワーク構造と製品開発パフォーマンスの既存研究について、ハブ企業によるネットワークのマネジメントという観点から整理を行っている。Dhanaraj and Parkhe による研究の焦点は、ハブ企業がいかにイノベーション・ネットワークに対しオーケストレーションを行うかにあり、既存研究のレビューに基づきハブ企業が行うべきタスクを次の三つにまとめている。まず、ハブ企業はネットワークにおいて知識の吸収、ネットワーク・アイデンティティの明確化、組織間の社交性を高めることによって知識の流動性を高め、能力をてこ入れしなければならない。また、ハブ企業は価値を平等に配分するため、公平な手続きや共同の資産保有によって資産の占有を緩和しなければならない。さらにハブ企業は市場のリーダーシップとしての自己の評判を高め、将来性を示し、既存の関係性を多角的に捉えることによってネットワークの安定性を高めなければならない。既存研究ではネットワークにおけるポジションやその構造に焦点があてられてきたのに対し、Dhanaraj and Parkhe は高い中心性を享受する企業がいかにそのネットワークを保護・開拓・管理していくかに着目し、多数の提携を管理する実践的な方法を提供している。

## 5. 結論

表 2 は分析に独立変数として投入されたネットワーク構造の特性と従属変数として投入された製品開発パフォーマンスによって既存研究を分類したものである。製品開発パフォーマンスに影響を与えるネットワーク構造の特性については、いくつかのアプローチが展開されている。表 2 から異なる研究者の焦点が重複しているネットワーク特性は、紐帯の強度の

みであることがわかる。つまり、従属変数となる製品開発パフォーマンスによって、さまざまなネットワーク構造の特性に着目しており、研究によって論者の観点が異なっている。したがって、ネットワーク構造のある特性が、製品開発パフォーマンスに与える一貫した影響を体系的に把握する研究の蓄積が必要と考えられる。

また、Burt(1992)の支持する構造的空隙と Coleman の支持するクローズド・ネットワークに関する議論に対し、社会ネットワーク論では定量的なアプローチが続けられているが、意見の一致には至っていない。議論が平行線をたどる要因として、ネットワーク構造における定義の曖昧性を指摘できる。たとえば、Burt(1992)が支持する構造的空隙は「冗長性のないコンタクト間の分断」と定義されているが、冗長性の有無を判断する構造として挙げられている直接結合と構造同値による解釈も絶対的ではないとしている。さらに、分析単位について見ると、製品開発論と比較して社会ネットワーク論はよりマクロなアプローチを採用している。たとえば、Allen がプロジェクトごとにエンジニアどうしのネットワークを特定しているのに対し、Hansen はユニット間のネットワークを分析対象とし、Podolny and Stuart はステータスの算出基準を組織としている。製品開発パフォーマンスを従属変数とした社会ネットワーク分析に関しては、適切な分析単位を再考し、ネットワーク構造の定義を精緻化させていくことにより、構造的空隙とクローズド・ネットワークの議論をこれまでとは異なる角度から整理できる可能性があると思われる。

表 2. ネットワーク特性と製品開発パフォーマンスの対応表

		製品開発パフォーマンス (従属変数)			
		製品開発期間	知識移転の容易性	(イノベーション) 特許数	特許の被参照数
ネットワーク特性 (独立変数)	紐帯の強度	Hansen(1999)	Reagans & McEvily(2003)		
	直接結合			Ahuja(2000)	
	レンジ	Reagans, Zuckerman, & McEvily(2004)			
	密度				
	ステータス		18		Podolny & Stuart(1995)

<参考文献>

- Ahuja, Gautam (2000), "Collaboration Networks, Structural Holes, and Innovation: A Longitudinal Study," *Administrative Science Quarterly*, Vol.45, No.3, pp.425-455.
- Allen, Thomas. J. (1977) *Managing the flow of technology*, The MIT Press. (T.J.アレン著 中村信夫訳 (1984) 『"技術の流れ"管理法: 研究開発のコミュニケーション』 開発社。)
- Benjamin, Beth A. and Joel M. Podolny (1999), "Status, Quality, and Social Order in the California Wine Industry," *Administrative Science Quarterly*, Vol.44, No.3, pp.563-589.
- Brown, Shona L. and Kathleen M. Eisenhardt (1995), "Product Development: Past Research, Present Findings, and Future Directions," *Academy of Management Review*, Vol.20, No.2, pp.343-378.
- Burt, Ronald (1992), *Structural Holes: the Social Structure of Competition*, Harvard University Press, Cambridge: MA. (安田雪訳 [2006] 『競争の社会的構造: 構造的空隙の理論』 新耀社。)
- Coleman, James S. (1988), "Social Capital in the Creation of Human Capital," *The American Journal of Sociology*, Vol.94, Supplement, pp.S95-S120.
- Dhanaraj, Charles and Arvind Parkhe (2006), "Orchestrating Innovation Networks," *Academy of Management Review*, Vol.31, No.3, pp.659-669.
- Granovetter, Mark (1973), "The Strength of Weak Tie," *American Journal of Sociology*, Vol.78, No.6, pp.1360-1380.
- Hansen, Morten T. (1999), "The Search-Transfer Problem: The Role of Weak Ties in Sharing Knowledge across Organization Subunits," *Administrative Science Quarterly*, Vol.44, No.1, pp.82-111.
- Hargadon, Andrew and Robert I. Sutton (1997), "Technology Brokering and Innovation in a Product Development Firm," *Administrative Science Quarterly*, Vol.42, No.4, pp.716-749.
- Jensen, Michael (2003), "The Role of Network Resources in Market Entry: Commercial Banks' Entry into Investment Banking 1991-1997," *Administrative Science Quarterly*, Vol.48, No.3, pp.466-497.
- 桑嶋健一 (2003) 「新製品開発研究の変遷」赤門マネジメントレビュー 第1巻 第6号 463~495 ページ。
- Marsden, Peter V. (1990), "Network Data and Measurement," *Annual Review of Sociology*, Vol.60, pp.435-463.
- Obstfeld, David (2005), "Social Networks, the Tertius Iungens Orientation, and Involvement in Innovation," *Administrative Science Quarterly*, Vol.50, No.1, pp.100-130.
- Podolny, Joel M. (1993), "A Status-based Model of Market Competition," *American Journal of Sociology*, Vol.98, No.4, pp.829-872.
- Podolny, Joel M. (1994), "Market Uncertainty and the Social Character of Economic Exchange," *Administrative Science Quarterly*, Vol.39, No.3, 458-483.
- Podolny, Joel M. and Toby E. Stuart (1995), "A Role-Based Ecology of Technological Change," *American Journal of Sociology*, Vol.100, No.5, pp.1224-1260.
- Reagans, Ray and Ezra Zuckerman (2001), "Network, Diversity and Performance: the Social Capital of R&D Teams," *Organization Science*, Vol.12, No.4, pp.502-518.
- Reagans, Ray and Bill McEvily (2003), "Network Structure and Knowledge Transfer: the Effects of Cohesion and Range," *Administrative Science Quarterly*, Vol.48, No.2, pp.240-267.
- Reagans, Ray, Ezra Zuckerman, and Bill McEvily (2004), "How to Make the Team: Social Networks vs. Demography as Criteria for Designing Effective Teams," *Administrative Science Quarterly*, Vol.49, No.1, pp.101-133.
- Stuart, Toby E. and Joel M. Podolny (1996), "Local Search and the Evolution of Technological Capabilities," *Strategic Management Journal*, Vol.17, Special Issue Summer, pp.21-38.
- 高橋伸夫・桑嶋健一・玉田正樹 (2006) 「コミュニケーション競争モデルと合理性」『経済学論集』東京大学経済学会 Vol.72, No.3, pp.2-20。