

## 共同研究開発の過程理解に向けた特許の ネットワーク分析とモデル構築

井上 寛 康<sup>†1</sup> 相馬 亘<sup>†2,†3</sup> 玉田 俊平<sup>†4</sup>

組織間の共同研究開発のダイナミクスをとらえるため、共同出願特許に基づくネットワークを分析し、そのネットワークを再現するモデルを検証した。この共同出願ネットワークは、1993年から2002年の10年間の国内特許に基づいており、組織をノード、共同出願特許をリンクとしている。ネットワークを分析した結果、次のことが分かった。ネットワークの次数および区域あたりのノード数はべき分布であった。また、リンクの距離の確率分布は、距離に反比例した。これら分析結果は、ノード間の距離を考慮するように改善した優先的選択型成長モデルによって再現できることが分かった。

### Analysis and Modeling of a Network Based on Joint Patent Applications to Understand the Dynamics of Cooperative Research and Development

HIROYASU INOUE,<sup>†1</sup> WATARU SOUMA<sup>†2,†3</sup>  
and SCHUMPETER TAMADA<sup>†4</sup>

We investigated a network based on joint patent applications and modeled it to reveal the dynamics of cooperative research and development among institutions. The network uses nodes to represent the institutions, and uses links to represent joint patent applications. We used about five million Japanese patents issued between 1993 and 2002. The results are summarized as follows. (1) The distribution of degree and the distribution of node-density follow power laws. (2) The probabilistic distribution of link distance is inversely related to link distance. (3) We found a model which can generate a network consistent with the above results. The model is a revised preferential attachment model which takes into account the distance between nodes.

### 1. はじめに

イノベーションが集中的に起きる地域は産業クラスタと呼ばれ、経済成長に重要であるとして政策面からもサポートされている。このような産業クラスタには、それを構成する組織<sup>\*1</sup>、道路をはじめとする社会インフラ、そして組織間のつながり（ネットワーク<sup>\*2</sup>）が必要とされている。この組織間のネットワークには、取引、株所有、役員派遣などのさまざまなネットワークがある<sup>1),2)</sup>。この組織間のネットワークにおいて、イノベーションに関するものはオープンイノベーション<sup>3)</sup>と関わりが深い。本論文はこのオープンイノベーションに属する組織間の協力のうち、最も重要と考えられる組織間の共同研究開発に焦点をあてる。

本論文では、組織間の共同研究開発から構成されるネットワークがどのような構造を持ち、どのように成長してきたかを物理学的モデルを通じて検証する。これを可能とするためには、共同研究開発の長期間、大規模なデータが必要である。本論文ではそのようなデータとして、共同出願特許のデータを用いる。国内の共同出願特許を網羅するようなネットワークの研究はこれまでにない。

共同出願特許は組織間の共同研究開発のうちの結果の一部にすぎないが、本論文の主眼は、各組織間の厳密な共同研究開発活動について調べるのではなく、それが構成するネットワークの構造の把握にある。その共同研究開発のネットワークの構造は、共同出願ネットワークの構造から十分推測できると考える。

多くの先行研究では組織間ネットワークの構造がスモールワールド<sup>4)</sup> やスケールフリー<sup>5)</sup> であると良いという議論がなされている<sup>6)</sup> が、ネットワークの構造が個別組織やそれらの集団にどのような影響を与えるのかについては、議論が限定的にならざるをえず、明らかとはいえない。そのため本論文は、ネットワークの構造がいかに組織の活動に影響するのか、という議論は行わない。本論文は、ネットワークの構造の分析とそれを再現する物理学的な

<sup>†1</sup> 同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター

Institute for Technology, Enterprise and Competitiveness, Doshisha university

<sup>†2</sup> 独立行政法人情報通信研究機構

National Institute of Information and Communications Technology

<sup>†3</sup> ATR 認知情報学研究所

ATR Cognitive Information Science Laboratories

<sup>†4</sup> 関西学院大学経営戦略研究科

Institute of Business and Accounting, Kwansai Gakuin University

\*1 本論文で組織とは、法人格を持つものとする。

\*2 ここでネットワークとは、結節点（ノード）とそれらの間のつながり（リンク）から構成されるものとする。

モデルの検証を目的とする。

以上をまとめると本論文の目的は、共同研究開発ネットワークの分析とその構造を再現する成長モデルの検証である。そして、共同研究開発ネットワークの構造は特許の共同出願ネットワークから知ることができると仮定する。本論文は以下のように構成される。2章では、本論文で作成した共同出願ネットワークについて述べる。3章ではそのネットワークを分析し、4章ではそのネットワークの構造を再現するモデルについて議論する。5章では分析結果を受けた議論を展開し、最後に6章で結論を述べる。

## 2. 共同出願ネットワーク

### 2.1 特許データ

本論文では特許をもとにネットワークを構築し、その分析とモデルの検証を行う。このネットワーク構築の元となるデータは、日本の公開特許公報および特許公報において1993年1月から2002年12月の10年間に記載された4,998,464件の特許である。

特許には、出願人や発明者の氏名・名称や住所、特許の内容となる請求項など、いくつかの項目がある。それらのうち、出願人の名称や住所は変更されるたびに、過去の特許をさかのぼって更新する必要がある。このように変更に従えば、別の出願人と判断されるため、ある出願人に関する特許を正確に数えることができない。

本論文では未加工の特許データではなく、上述のような変更の追従をしたデータベース (TamadaDatabase<sup>7)</sup>) を利用する。後述の2.2節のネットワークの作成の方法に現れる特許上の項目は、出願人の名称 (正確には‘氏名または名称’) と住所 (正確には‘住所または居所’), および発明者の住所 (同上) である。

### 2.2 共同出願ネットワークの作成方法

本論文で分析を行う共同出願ネットワークの作成方法について説明する。ノードは組織の拠点ごとに作る。その識別子は組織名と住所の組合せである。リンクは上記のノードの間で共同出願が1つでもあるとき生成される。リンクの重複は無視される<sup>\*1</sup>。

ほとんどの特許において、出願人は組織であり、出願人名は組織名を含んでいる。そしてその住所は本社を指している。実際の発明が行われた拠点を求めるためには、発明者の住所を用いる必要がある。

上記に基づいた具体的な作成方法を以下に述べる。

### アルゴリズム

すべての特許について以下を実行する。

#### 1 ノードを作成する。

1.1 出願人名にフィルタ<sup>\*2</sup>を用いて組織名を得る。出願人名が個人<sup>\*3</sup>の場合はその出願人を無視する。出願人名すべてが個人のとき、何もせず次の特許に移る。組織名と対応する住所の組をノードの識別子 (複数組ありうる) とし、これらをノードの候補にする。

1.2 発明者の住所を用いて組織の他の住所 (拠点) を得る。住所に1.1で得た組織名のいずれかを含んでいる場合は、該当する組織名と町丁目までに縮めた住所をノードの識別子とし、それをノードの候補に追加する。このような処理が必要なのは、特許中に発明者がどの組織に属するか陽には示されていないためである。このとき重複は無視する。

1.3 特に1.1で作成された各々のノードの候補は次の条件を満たすときに削除される。

- すべての発明者は住所に組織名を持っている。
- いずれの発明者もそのノードの候補の住所を持っていない。

これはつまり、すべての発明者が組織の本社としての拠点ではなく、支社などの拠点にいることが判明しているときには、本社としての拠点はこの発明に関係していないとしてノードの候補からははずすことを意味する。

#### 2 リンクを作成する。

1により作成されたノードの候補を新たなノードとし、それらの間に完全グラフの形でリンクを張る。ただし、この特許以前に生成されたノードと識別子が一致する場合は、ノードを新たに生成せず、その既存のノードを用いる。

ある1つの特許により、どのようにしてリンクが形成されるかの例を図1に示す。図1の左から1番目はアルゴリズム1.1に対応しており、出願人と住所の組が識別子となった2つのノードの候補がある。図1の左から2番目はアルゴリズム1.2に対応する。発明者の住所に $n_2$ の組織名が入っており、 $n_2$ の組織に別の拠点が存在すると判明したため、 $n_2$ ,  $a_3$ を組とするノードの候補を追加している。図1の左から3番目はアルゴリズム1.3に対応する。この特許において、すべての発明者は住所に組織名を持っていたが、 $a_2$ という住所

\*2 以下の法人格を表す文字列を除く (これらは特許に出現したものであり、法人格を表す文字列のすべてではない)。それらの文字列は株式会社、有限会社、特定非営利活動法人、財団法人、学校法人、独立行政法人、国立大学法人、医療法人、社団法人、医療法人社団である。これらの文字列がなければ法人格ではないとする。

\*3 上述のフィルタにより法人格でないとしたもの。

\*1 共同出願1つでリンクとするかはアドホックな面がある。複数の共同出願によってリンクとする場合などは今後の課題である。

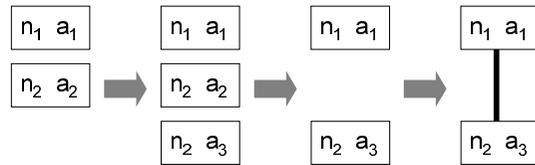


図 1 リンクの張り方の例  
Fig. 1 An example of creating links.

の者はいなかったため、 $n_2, a_2$  を組とするノードの候補は削除されている。図 1 の左から 4 番目はアルゴリズム 2 に対応する。この例では 2 組しか残っていないが、これらの中で完全グラフを形成するようにリンクが張られる。

### 3. ネットワークの分析

作成された共同出願ネットワークを分析する。表 1 は、共同出願ネットワークのノード数とリンク数の基礎データを示している。本論文では、出願人を拠点の数で分離したが、分離しなかった場合についても示してある。分離によってノード数は 2.2 倍、リンク数は 1.5 倍になっている。分離しなかった場合でも、ネットワーク構造に差異がないこともありうるが、本論文の分析では、発明が実際に起きた場所に関心があるため、拠点の分離により発明の起きた場所に近づけている。

図 2 はネットワークに関する各分布について示したものである。まず、図 2 の左上は度数分布を示している。度数とはノードに接続されているリンクの数である。ある度数を持つノードの分布をプロットしたのがこの度数分布である。この図において、横軸は度数、縦軸は順位であり、両対数である。

順位は累積確率と同様の意味合いがあるため、順位について説明する前に、先に累積確率について説明する。累積確率分布とは、 $k$  以上の度数を持つノードが出現する確率である。多くの文献では、累積確率分布ではなく確率密度関数 ( $p(k)$ ) を用いて度数分布を議論しているが、確率密度関数と累積確率分布の関係は、度数の連続性を仮定すると

$$P(k) = \int_k^{\infty} dk p(k)$$

である。したがって、もし  $p(k)$  がべき分布、すなわち

$$p(k) \propto k^{-\gamma}$$

ならば、

表 1 ネットワーク基礎データ  
Table 1 Basic data of networks.

拠点による分離	あり	なし
ノード数	54,197	24,767
リンク数	154,205	105,088

$$P(k) \propto k^{-(\gamma-1)}$$

である。

次に順位と累積確率の関係について述べる。同じ値のデータに同じ順位を与えるが、そのときの順位は一般的に (1 つ前の順位+1) である。しかしここでは (1 つ前の順位+その値のデータの数) とする。この定義ならば各順位を全体のデータの数で割ったときに、累積確率と一致する。本論文では、累積確率で表現できる場所は、すべて順位で統一してある。この理由は (本論文なら距離などの) 連続的な値に対して確率を求めるときに (たとえば 10 km 以上 20 km 未満などの) そのデータの区間を設定する必要がある。この区間を任意に変えることで、べき分布をはじめとする関係性が存在するように設定できてしまう。本論文はこのような不明瞭さを避け、より厳密な累積確率が議論できるように順位で統一している。

さて、図 2 の左上の図の度数分布においては、累積確率が直線でフィットできることを示している。すなわちべき分布である。直線で近似することで得られた傾きは  $-1.33$  であった。このことからスケールフリーネットワークの 1 つであるということが出来る。また傾き  $(-\gamma + 1)$  は一般的に  $-2 < (-\gamma + 1) < -1$  である<sup>5)</sup> が、この範囲内にある。

次に図 2 の右上の図も左上の図と同様に度数分布であるが、この図には 5 種のプロットがある。これらは、1993 年から該当年までの特許データでネットワークを作った場合の度数分布を示している。本論文で共同出願ネットワークというと 2002 年までの累積データに基づくネットワークのことを示すが、ここでは経年変化を知るために、2 年ごとの度数分布を示している。2 年ごとのデータは傾きを保ったまま上昇していることが分かる。

また図 2 の左下の図は、1 平方 km あたりのノード数を密度とし、その分布をプロットしている。横軸は密度、縦軸は順位であり、両対数である。このプロットは直線に近い形であるため、べき分布と思われる。

さらに、図 2 の右下の図は、リンクの距離の分布をプロットしている。横軸はリンクの距離、縦軸は順位であり、横軸を対数とする片対数である。ただし 1 km 以下は省略してあ

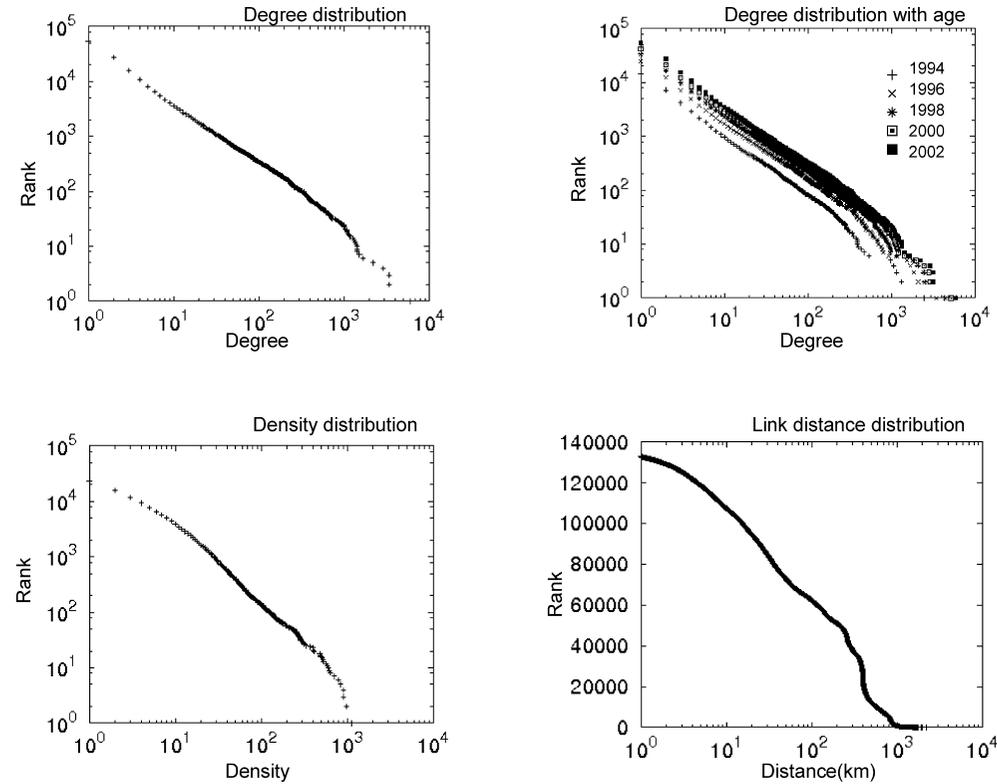


図2 各分布のデータ  
 Fig.2 Data of distributions.

る．直線に近い形であることから，リンクの距離の対数に対して累積確率が比例していると推測される．すなわち，リンクの距離の確率分布は距離に反比例すると推測される．

図2の右上の図において，2年ごとのデータは傾きを保ったまま上昇していることから，新たに追加されるデータとそれまでのデータの間で特徴に差がないと思われる．また，本論文では触れないが，図2の左下，右下の図で示した面積あたりのノード数やリンクの距離の分布についても，同様に経年で特徴に変化がないという結果が得られている．本論文は1993年から2002年までのデータを用いているが，上記の結果から，本論文の結果および議論は，これら期間を越えた長期にわたって成立する一般性の高いものであると思われる．

共同研究開発などを通じた科学的知見の交流には，地理的的近接性が重要であるという研究が，Jaffe などをはじめとしてこれまで多く行われてきた<sup>8)</sup>が，個別の共同研究開発の距離は確認されていなかった．一方で，本論文では図2の右下の図のように，はっきりと各共同研究開発でのリンクの距離がプロットされ，距離に対する減衰性が分かったことは意義がある．

#### 4. ネットワーク成長モデルの検証

ここでは3章で明らかになった共同出願ネットワークの特性を再現するようなネットワー

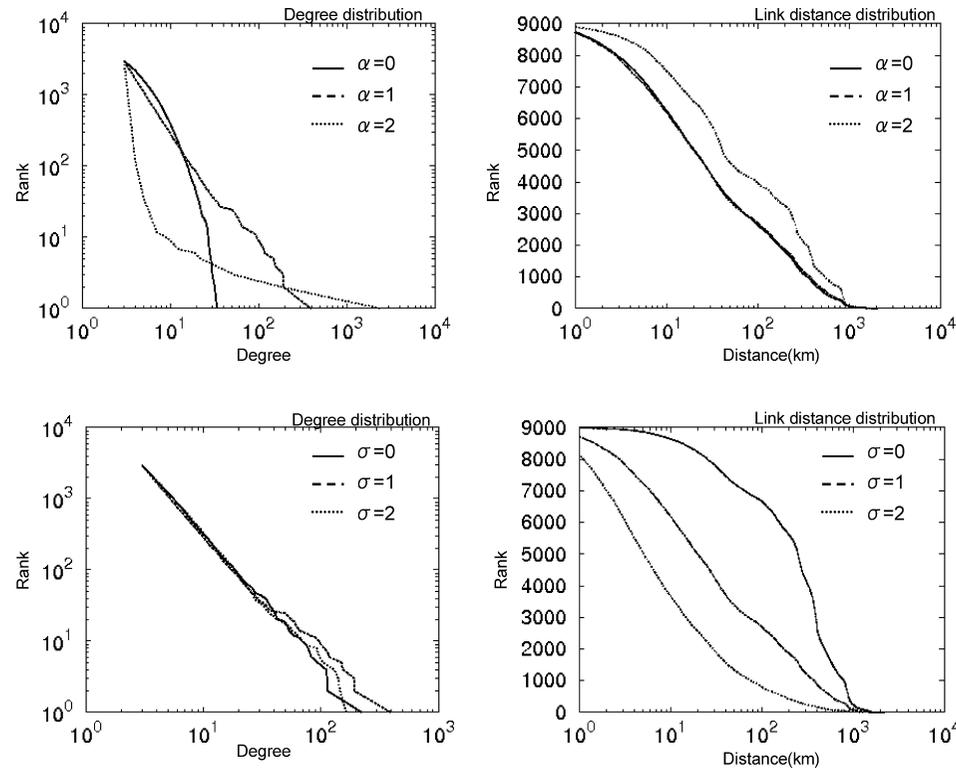


図3 モデルにより再現されたネットワークのデータ  
 Fig. 3 Data of networks generated by a model.

ク成長モデルについて検証する。

優先的選択型成長モデル<sup>9)</sup>は、スケールフリーネットワーク、すなわち次数のべき分布を再現するための方法として広く知られている。初期設定を含む細かな部分は割愛するが、そのモデルでは、新しいノードが加えられ、新たなリンクを張るといとき、そのリンクがノード  $i$  と張られる確率は  $\Pi(k_i) = k_i / \sum_i k_i$  となる。ただし、 $k$  は次数である。このとき次数分布は  $p(k) \propto k^{-3}$  となる。より一般的な形として  $\Pi(k_i) \propto k_i^\alpha$  があり、べき分布の指数を変化させることができる。しかしながら、このモデルにおいては距離が考慮されていない。距離の影響について検討するためには、モデルの中に距離を含める必要がある。

本論文では優先的選択型成長モデルを、距離を考慮する形で発展させたモデル<sup>10)</sup>を扱う。先行研究のモデルは初期設定など細かなところが明らかでないので、それらを含めて以下で明らかにする。

成長ルール

- (1)  $m_0$  個のノードからなる完全グラフから始める。
- (2) ノードを新たに1つ増やす。3章で分析した共同出願ネットワークにおいて、実在するノードの住所を、新たなノードの住所としてランダムに与える。
- (3) 新たに増やしたノードから  $m$  本のリンクを生成する。このとき重複を許さない。新

たなノードを  $i$  とし、リンクが張られる先のノード  $j$  は次の確率で選ばれる。

$$\Pi(k_j, d_{ij}) \propto k_j^\alpha / d_{ij}^\sigma$$

ただし、 $k_j$  は  $j$  の次数、 $d_{ij}$  はノード  $i$  と  $j$  の間の距離である。また  $\alpha$  と  $\sigma$  は定数である。

(4) 指定された回数 (2) と (3) を繰り返す。

スケールフリーネットワークを再現できるモデルには、ほかに広く知られているものとして閾値モデル<sup>11)</sup>がある。これはある任意の2つのノード ( $i, j$ ) が重み  $w_i, w_j$  を持ち、2つのノードの間に  $w_i + w_j > \theta$  ( $\theta$  は定数) が成り立つならばリンクを張るというモデルである。このモデルでは何らかの条件でノードに重みを決める必要があるが、リンクの次数とノード間の距離だけを用いる優先的選択型成長モデルは導入しやすいため、本論文ではこちらを選択する。

以下では3章で得られた結果を、上述の成長モデルで再現できるかを検討する。そのために、成長モデル中に現れた定数  $\alpha, \sigma$  を変化させ、次数分布とリンクの距離の分布において比較する。図3は数値解析的に求めたネットワークのデータである。定数  $\alpha, \sigma$  以外の設定として、 $m_0 = 3, m = 3$ 、最終のノード数は3,000個とした。

図3の上の2つの図は  $\alpha$  の値、すなわちリンクの生成確率において、次数に対する指数を変化させたものである。このとき  $\sigma = 1$  とした。図3の左上は次数分布を表している。横軸は次数、縦軸は順位であり、両対数である。 $\alpha = 0, 1, 2$  のうち、元のデータのべき分布 (図2の右上) に近いのは  $\alpha = 1$  である。 $\alpha = 0$  はおそらく指数分布である。 $\alpha = 2$  はごく少数のノードのみが高い次数になっている。図3の右上はリンクの距離の分布を表している。横軸は距離、縦軸は順位であり、横軸が対数の片対数である。ただし1km以下は省略してある。 $\alpha = 0, 1, 2$  のうち、元のデータの線形関係 (図2の右下) に近いのは  $\alpha = 0, 1$  である。 $\alpha = 2$  はごく少数のノードが高い次数になり、距離を無視してリンクを張るため、このような分布となる。

図3の下の2つの図は  $\sigma$  の値、すなわちリンクの生成確率において、距離に対する指数を変化させたものである。このとき  $\alpha = 1$  とした。図3の左下は次数分布を表している。図の意味は左上と同じである。 $\sigma = 0, 1, 2$  はいずれも元のデータのべき分布に近い。これは  $\sigma$  の次数分布に対する影響は非常に小さいことを示す。図3の右下はリンクの距離の分布を表している。図の意味は右上と同じである。 $\sigma = 0, 1, 2$  が変化することで、距離の分布が大きく変わることが分かる。元のデータの線形関係に近いのは、 $\sigma = 1$  である。 $\sigma = 0$  は距離を無視してリンクを張った結果、累積確率が距離の大きいうちに線形よりも大きく立ち上がっていると思われる。 $\sigma = 2$  は逆であり、距離が小さくなるまで累積確率が立ち上が

らない。 $\sigma = 0$  は優先的選択型成長モデルと同じであるが、これではリンクの距離の分布が再現できないことが分かる。

これらの結果から、 $\alpha, \sigma$  のいずれもネットワークの構造に大きな影響を与えることが分かった。しかしながら、 $\alpha, \sigma$  の間の細かな関係性についてはまだあまり明らかではない。リンクの距離の分布は  $\alpha$  に対して、次数分布は  $\sigma$  に対して、比較的穏やかに反応するようであるが、これらは  $\alpha = 1$  と  $\sigma = 1$  でそれぞれ固定した結果である。

## 5. 議 論

本論文では、共同出願ネットワークの分析において、次数分布、ノードの密度の分布、リンクの距離の分布のみを扱った。そしてまた、その再現モデルにおいては、ノードの地理的分布のうえで、次数分布とリンクの距離の分布の再現性のみを示した。ネットワーク分析においてはほかに多くの指標 (クラスタリング係数、次数相関、媒介中心性など) が存在する。これらの指標を、本再現モデルで正しく再現できるとは限らないため、注意が必要である。改めて述べるまでもないが、企業や大学、公的研究機関の共同研究開発は、技術分野の一致をはじめとする複雑な条件の上で成り立っており、それらを次数と距離のみに基づくモデルで再現できるとは限らない。

また本モデルの限界として、「リンクがどの拠点間でしやすいのか」という問いには答えるが、「ネットワーク全体のリンクの量を増やすにはどうすればよいのか」といった問いには答えられないことがあげられる。これは今後検討する必要がある。

一方で次数分布は、さまざまな規模のハブの存在を示す最も基本的なネットワークの統計量であり、かつまたリンクの距離の分布は、産業クラスタ計画が産学の地理的な集積を指向していることから、重要な分布である。そして、一般的に知りえない大域的なネットワークの情報ではなく、2つのノード間という局所的な (知りうる) 情報に基づくモデルで、これら2つの分布を再現できたことに本論文の意義がある。加えて、モデルの分析でも明らかになったように、これら2つの分布を再現するためには、リンク生成確率において次数と距離のバランスが必要であり、独立に議論できない。

ここで経営学的な視点で本論文の結果を解釈する。成長モデルによると、あるノードは次数が大きいほど、リンクを獲得する確率が高まることが分かる。これは、組織 (特に企業) が技術吸収力 (大学や他の企業などの外部の科学的知識を取り込む能力) を持っていることが、さらに技術吸収力向上の機会を得る正のフィードバックを示していると思われる。また、同じく成長モデルによると、その研究開発拠点の位置も重要である。研究開発拠点を共

同研究開発が活発な地域に配置することは、その拠点の技術吸収力向上に良い効果があることが裏付けられた。さらに、モデル中の確率において次数と距離の指数は1が適切であったことから、どちらかが極端に影響しないことが分かる。したがって、次数という資源のまだない中小企業は、企業が平等に利用可能な距離の利点を活かすことで、次数の少なさを補える可能性がある。上述の議論は、大学を中心とした地域的集積による日本の産業クラスター計画を支持すると解釈できる。しかしながら、米国などは大学が産学連携に熱心であり、すでにハブ化しているために企業が集まってくるが、日本のように大学がまだハブになっておらず、制度変更にもともなう成長過程にあるような段階<sup>12)</sup>で産学連携の中心として据えることは、上述の次数の議論から再考の余地がある。

本研究で構築した共同出願ネットワークを用いてさまざまな研究を展開することができる。たとえば、あるノードで起きた大きな発明は、既存のリンクでつながった他のノードの発明を、どのようにに刺激するかという分析などが可能である。このような方向の研究は、上述したような産業クラスター計画など、政策の議論にとってきわめて重要といえる。

## 6. ま と め

本論文では、共同出願ネットワークの分析とその構造を再現する成長モデルの検証を行った。そのとき、共同研究開発ネットワークの構造は特許の共同出願ネットワークから知ることができると仮定した。

共同出願ネットワークの次数と1平方kmあたりのノード数はべき分布であった。リンクの距離の確率分布は、距離に反比例していた。これまで経験的に距離が近いほど共同研究開発が行われやすいとされていたが、本論文でそれが実証された。

共同出願ネットワークを再現できるモデルを検証した。そのモデルでは、あるノードが新たなリンクを生成する確率が、次数と距離で表現できるとした。検証の結果、次数を距離で割ったものに比例するようなリンク生成確率のモデルが最も実際のネットワークを再現していた。次数と距離の重み付けを変えることはネットワークの構造を大きく変化させるが、それら重み付けの間の関係性についてはまだ多くが明らかでない。

謝辞 本論文に建設的なコメントをいただいた査読者に感謝の意を表す。本研究は、文部科学省21世紀COEプログラム「技術・企業・国際競争力の総合研究」プロジェクトの研究成果である。

## 参 考 文 献

- 1) Souma, W.: 経済における複雑ネットワーク—日本の経済ネットワークは特殊か?, 人工知能学会, Vol.20, No.3, pp.289–295 (2005).
- 2) 相馬 亘: 株所有ネットワークのシンプルなモデル, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.3, pp.850–856 (2006).
- 3) Chesbrough, H.: *Open innovation*, Harvard Business School (2003).
- 4) Watts, D. and Strogatz, S.: Collective dynamics of ‘small-world’ networks, *Nature*, Vol.393, pp.440–442 (1998).
- 5) Barabási, A. and Oltvai, Z.: Network Biology: Understanding the Cell’s Functional Organization, *Nature Reviews Genetics*, Vol.5, pp.101–113 (2004).
- 6) 坂田一郎, 柴田尚樹, 小島拓也, 梶川裕矢, 松島克守: 地域経済圏の成長にとって最適な地域ネットワークとは—スモールワールド・ネットワークの視点による4地域クラスターの比較分析, 一橋ビジネスレビュー, Vol.53, No.3, pp.181–195 (2005).
- 7) Tamada, S., Naitou, Y., Kodama, F., Gemba, K. and Suzuki, J.: Significant Difference of Dependence upon Scientific Knowledge among Different Technologies, *Scientometrics*, Vol.68, No.2, pp.289–302 (2006).
- 8) Ponds, R., van Oort, F. and Frenken, K.: The Geographical and Institutional Proximity of Scientific Collaboration Networks, *Regional Science*, Vol.86, No.3, pp.423–444 (2007).
- 9) Barabási, A. and Albert, R.: Emergence of scaling in random networks, *Science*, Vol.286, pp.509–512 (1999).
- 10) Yook, S., Jeong, H. and Barabási, A.: Modeling the Internet’s large-scale topology, *Proc. National Academy of Sciences*, Vol.99, No.21, pp.13382–13386 (2002).
- 11) Caldarelli, G., Capocci, A., Rios, P.D.L. and Muñoz, M.: Scale-free networks from varying vertex intrinsic fitness, *Physical Review Letters*, Vol.89, No.25, p.258702 (2002).
- 12) 馬場靖憲, 後藤 晃: 産学連携の実証研究, 東京大学出版会 (2007).

(平成19年6月30日受付)

(平成20年1月8日採録)



井上 寛康 (正会員)

2000年京都大学大学院情報学研究科修士課程修了。2000年から2002年(株)日立製作所にてソフトウェア開発に従事。2002年京都大学大学院情報学研究科博士後期課程に復学。同年からATRにて研修研究員。2005年京都大学大学院情報学研究科博士後期課程研究指導認定退学。同年からATRにて研究員。2006年から同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター特別研究員。人工知能学会等の会員。



相馬 亘 (正会員)

1965年生。1996年金沢大学大学院自然科学研究科物質科学専攻博士課程修了。素粒子論の研究に従事。理学博士。現在、ATR 認知情報科学研究所主任研究員(独)情報通信研究機構専門研究員を兼務。経済物理学、ネットワーク科学の研究に従事。著書に『パレート・ファームズ』、『ネットワーク科学の工具箱』。日本物理学会、日本シミュレーション学会各会員。



玉田俊平太

関西学院大学経営戦略研究科准教授。経済産業研究所ファカルティ・フェローを兼務。ハーバード大学修士、東京大学博士(学術)。専門はイノベーションのマネジメントおよび科学技術政策。研究・技術計画学会評議員。プロジェクトマネジメント学会、日本経済学会、International J. A. Schumpeter Society 等の各会員。