

# 交通・通信トラフィックデータに基づく 業務ネットワークの経年比較

塚井誠人<sup>1</sup>・奥村 誠<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 正会員 博士 (工) 広島大学大学院工学研究科助手 社会環境システム専攻 (〒 739-8527 東広島市鏡山 1-4-1)

<sup>2</sup> 正会員 博士 (工) 広島大学大学院工学研究科助教授 社会環境システム専攻 (〒 739-8527 東広島市鏡山 1-4-1)

1990年代, わが国の地域間交通は高速鉄道と地方空港の充実によって時間距離が大きく短縮した。また同時に, IT化によって情報通信も大幅に進歩した。このような変化は情報交流費用の低下をもたらした, 企業の業務ネットワークの構成にも大きな影響を及ぼしたと考えられる。本研究は企業の業務ネットワーク上の情報交流が交通と通信に手段分担されることを考慮して, 地域間の交通・通信トラフィックデータから業務ネットワークの構成を推計する問題を定式化し, その推計手順を示した。1990年と2000年に手順を適用して企業の支社配置の変化と支社機能の変化を分析したところ, 全国企業の全体的に支社数は減少すると同時に, 支社における本社への伝達情報量の圧縮機能は低下していることが明らかとなった。

**Key Words** : *business network, branch office location, inter-regional information traffic data*

## 1. はじめに

地域間を結ぶ交通ネットワークは, 経済活動を支える基幹的なインフラと位置づけられ, 全国総合開発計画によって計画的に整備が進められてきた。戦後, 人口増と急激な経済成長が続いた時期は, 需要が集中しサービスの供給不足が著しい大都市間から順次整備を進めるという方針が採られた。後に経済成長が軌道に乗り, 大都市と主要都市間の交通需要も大きく伸びたため, その需要に対応する形で交通ネットワーク整備が進められた。これにより, ネットワーク整備による交通費用の低下によって企業活動が刺激され, 既存の業務ネットワーク上の交通需要が誘発される効果が現れていたと考えられる。

幹線交通ネットワーク整備が一段落した80年代後半から90年代には, 地方都市間を結ぶ整備新幹線や地方空港の整備が進められてきた。しかし, 企業活動が広域化し交通需要が安定期に入ったこの時期は, 新たな交通ネットワーク整備が需要を誘発する効果よりも, 「ストロー効果」によって需要が減少してしまうという現象が見られるようになった<sup>1)</sup>。これは, 次のような企業の拠点配置/業務ネットワーク形成のメカニズムが働いたためと考えられる。企業は, 交通利用の頻度や拠点配置コストを踏まえて, 経済活動に適した業務ネットワークを形成するように, 拠点配置を決定している。特に全国で業

務を展開している企業は, 一部の地域で業務展開している企業よりも拠点配置の自由度が高い。このような企業は, ある都市間の交通利便性が改善されてもそれらの都市に業務拠点を追加配置しないばかりか, 既に配置していた業務拠点を整理し, 集約することもあり得る。

また90年代は, IT化によって通信の整備が著しく進んだ時期でもある。企業においても通信環境が急速に改善されたため, 従来face to face交通が担っていた情報交流を通信によって行う新しいタイプの企業が登場し, 次第に既存の業務ネットワークの有利さが失われ, このようなストロー効果がより顕著に現れる可能性がある<sup>2),3)</sup>。しかしこのような通信技術の発達を踏まえつつ, 地域間交通ネットワーク整備が企業の業務ネットワークの形態にどのような影響を及ぼすかについて, 実証的な分析はほとんど行われていない<sup>4),5)</sup>。

本研究は, 企業の業務ネットワーク上の情報交流が交通と通信に手段分担されるメカニズムを考慮したモデルを用いて, 地域間の交通と通信のトラフィックデータから, その交流を生み出している企業の業務ネットワーク形態を逆推定する手法を提案する。得られた企業の業務ネットワークを経年比較することによって企業の支社配置と, 支社機能の経年的な変化を分析する。次節では企業の業務ネットワークとITによる地域間業務旅客トリップの代替・補完について整理し, 本研究の考え方を示す。

## (1) 企業の業務ネットワークと都市群システム

都市の拠点性は、後背地域の中で経済活動に適した地点が備える地理的なアドバンテージに起因すると考えられ、60年代から地理学・経済地理学の分野で中心地論と呼ばれる研究が活発化した。70年代半ばになると、他地域に対する比較優位性が着目され、都市群システムの中で各都市が占める拠点性を捉えようとするアプローチがとられるようになった。さらに、企業の業務ネットワークに見られる本社・支社などの階層性の異なる業務管理機能の配置の結果として、都市の拠点性の違い（都市の階層性）を理解しようとする考え方が生まれた。すなわち多くの企業が本社の業務管理機能が強い集権的な業務ネットワークを形成すると、都市群システムは最も拠点性の高い都市を頂点として強い階層性を示すChristaller型となり、反対に支社の業務管理機能が本社に匹敵する分権的な業務ネットワークをとる企業が多ければ、拠点性の高いいくつかの都市を中心に緩やかな階層性を示すPred型の都市群システムが形成されると言われている<sup>6,7)</sup>。

90年代はじめには、今後知識社会化が進み、本社からの管理統制の強い集権的な業務ネットワークに代わって、知識の創造や創発に有利な分権的な業務ネットワークに移行するため、都市群システムはPred型に近づくという予想が多くなされた<sup>8)-10)</sup>。

90年代前半の日本の都市の階層性について、阿部は県庁所在都市に立地する事業所と別の都市に立地する事業所との間の管轄・被管轄関係を調査し、東京を頂点とするChristaller型の都市群システムが卓越することを指摘した<sup>11)</sup>。また日野は、「支店経済のまち」という観点から地方都市に着目し、代表的な企業の支店配置に基づいて地方都市の拠点性を論じた<sup>12)</sup>。これらの実証研究では、業務ネットワーク／都市の階層性は、依然として東京を中心とした垂直統合型／Christaller型に近いことが報告されている。

秋山は企業組織が一定以上に大規模になると管理のための情報コストが増加するというパラドックスの存在を指摘した。90年代初めに製品別事業部制や地域別事業部制が大企業で盛んに採用されたものの、分権化によって急速な顧客ニーズの変化に対応できない等の問題が明らかとなり、90年代後半になってからは、逆に少数の地域に拠点が統合される傾向にあると報告している<sup>13)</sup>。ただし、90年代末には集権化の流れが再び見直され、「新たな再編成」が進行中であることを付け加えている。埴淵は、企業年鑑に記載されている業務拠点の配置都市を集計するという方法で80年、90年、2000年の3時点と比較し、企業組織の変化と都市群システムの動的な変化を分析した<sup>14)</sup>。その結果、90年代の地方都市では支社の撤退と新規立地が同時に進行し、都市規模が停滞

していることを明らかにした。その上で90年代として明確な変化傾向は見られず、引き続き再編が進行中であると結んでいる。

一方、都市経済学や地域経済学の分野ではMarshallの指摘した集積の経済（産業の特化による外部性）と都市化の経済（産業の多様化による外部性）に基づいて、都市形成に関して支配的な要因を解明することを目的とした研究や、数都市から成る仮想空間上の都市システムを対象とした研究が行われている<sup>15),16)</sup>。文は、2都市システムで企業と家計の2主体を考慮し、一般均衡分析を通じて通信と交通の情報交流コストと支社立地の関係を分析した<sup>17),18)</sup>。3都市システムでの同様の分析は、Gersbach&Schmutzlerによって行われている<sup>19)</sup>。また最近では、自己組織化メカニズムによって形成される都市群システムの特性に関する数値シミュレーション分析や、空間統計学的手法を適用して地域間の知識のスピルオーバーを考慮する分析が行われるようになった<sup>20),21)</sup>。

しかし現在のところ、実際の交通・通信ネットワーク上での情報交流コストを考慮した業務拠点配置の研究例は少ない。伊藤らは、他の産業と比較して立地場所を選ばない情報サービス業を例に、コミュニケーションコストと立地コストを考慮した簡便なシミュレーションを行い、中枢都市以外に拠点を立地したほうが総コストが低くなることを指摘した<sup>22)</sup>。須田は、全国を複数の業務拠点で管轄するときの交流費用・立地費用を考慮し、どのような業務拠点配置が現れるかを分析した<sup>23),24)</sup>。しかしこれらの分析は、ある1種類の企業が形成する業務ネットワークを対象にしており、実際の都市群システム上に特性の異なる企業がどのような割合で存在し、業務ネットワークを形成しているかについては、分析されていない。

## (2) ITによる地域間業務トリップの代替・補完

ITの急速な発達と普及により、業務上の情報交流の多くはITによって低コストで行うことができるようになった。Cairncrossは、パソコンを利用してあらゆる場所とコミュニケーションし、瞬時に情報を検索して獲得できる状態を「Death of Distance」と表現した<sup>25)</sup>。90年代初期には、ITがface to faceを代替すると共にコンピュータネットワーク上に経済活動が移行し、他地域との間の交通便利性の高い既存の中核都市に拠点を置く従来の業務ネットワークは見られなくなるという予測も現れた<sup>26)</sup>。したがって業務ネットワークの変化を考慮する際には、交通とITの間の代替・補完関係を無視することはできない。

代表的な実証研究として、東京大学社会情報研究所は1995年と2000年に「情報行動調査」を行い、コミュニケーション手段の利用頻度について調査した<sup>27)</sup>。その結

果、両時点とも「通信系コミュニケーション手段の利用回数と face to face の回数の相関は高い」と報告しており、補完的關係が示唆される。さらに今川は、地域間トラフィックデータから重力モデルを推定し、交通と通信の間に補完的關係を見出した<sup>28)</sup>。この補完的關係は通信コストが低下したことによって、より費用と移動時間がかかる「コストの高い」face to face を効率化し、確実に情報伝達するために高頻度で通信が用いられていることを示している。その他のコミュニケーション手段間の代替・補完に関する実証研究においても補完的關係が現れている<sup>29)~33)</sup>。

したがって、IT によって交通の多くが代替され、業務ネットワーク形成において交通便利性が意味をもたなくなる可能性は小さいが、コスト面で通信コストの影響を考慮する必要があることがわかる。

### (3) 本研究の考え方

企業は広範囲に存在する顧客などの取引先との交流を、歴史的な地域のつながりに沿った形で行ってきた。また都市間の交通ネットワークも、歴史的な地域のつながりを前提に進められてきた。したがって多くの企業、特に歴史的に形成された地域を単位として活動している企業（地域企業）は、地理的に安定した業務ネットワークを形成しており、その上で行われる情報交流パターンは重力モデルで安定的に表現できる。

一方全国で業務展開している企業（全国企業）は、数多くの都市の中から業務拠点の配置を決定することができるため、業務ネットワークを形成する場合の自由度が高い。全国企業にとっては、交通や通信の整備によって情報交流コストが低下すると、人員を整理して効率的に業務を行うために拠点を削減するインセンティブが生じる。交通ネットワークの整備が行われると、ある都市間から全国企業が張り巡らせた業務ネットワークが失われ、結果的にその都市間の交通需要が減少することもありえる。

本研究では全国企業が張り巡らせる業務ネットワークは、本社・支社と顧客の3階層で構成されると仮定する。本社・支社の配置都市には、知識集約的な情報交流にあたるホワイトカラーが配置される。本社・支社間、支社・顧客間の管轄/被管轄関係を情報伝達リンクと考え、業務ネットワークをグラフと見ることができる。企業が支社を配置する理由は、本社と顧客との距離が離れると直接コミュニケーションする費用が大きくなるため、一定規模（地域の）顧客ごとに支社を置いて間接的にコミュニケーションしたほうが情報交流コストが節約できるためである。すなわち支社は顧客から受け取った情報を整理し、量的に圧縮して本社に流すという機能を持つと考える。

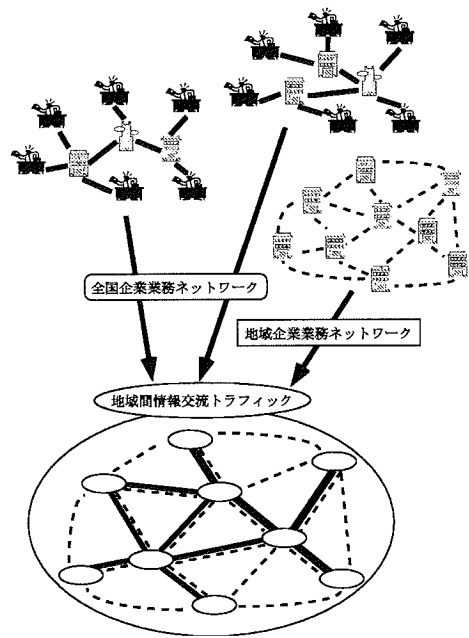


図-1 業務ネットワークの重ね合わせ

以上のような全国企業、地域企業の業務ネットワークを重ね合わせた結果として、地域間の情報交流トラフィックが観測されると考えられる（図-1）。

本研究は交通と通信の地域間情報交流トラフィックデータを用いて、地域企業の情報交流を考慮しつつ、全国企業が形成する業務ネットワークを推定し、経年比較を行う。以下で議論する企業および業務ネットワークは、特定企業や特定の業務ネットワークを指しているわけではなく、同じような構造を持つ企業群をまとめ、それらの業務ネットワークを一括して議論する。これにより、分社化や特定の部門全体のアウトソーシングによって企業の形態が変化したとしても、企業群の間で形成された実質的な業務ネットワークを、もとの業務ネットワークと比較して議論できるという利点がある。

企業の情報交流に着目するアプローチは、Predをはじめとする地理学者によって「業務拠点の連結関係が技術革新の伝達経路となっている」と指摘されて以来<sup>6),34)</sup>、ホワイトカラーの情報交流に関する実証分析や<sup>35)</sup>、特定業種の情報交流先の変化を調査した分析<sup>36)~38)</sup>が行われてきた。なお地域間のトラフィックデータを用いて業務ネットワークを推定するアプローチは塚井らによって始められているが、いずれも交通コストのみを取り上げており、通信コストの影響は考慮していない。本研究では既往研究<sup>39),40)</sup>を踏まえてこれらを統合したモデルを定式化する。さらに統合モデルの推計上の課題を整理した後、提案した推計手順をデータに適用する。

## 2. 統合モデルの定式化

本節では全国企業による情報交流量  $N_{ij}$  と、地域企業による情報交流量  $I_{ij}$  を重ね合わせた情報交流量  $TI_{ij}$  が、交通・通信間の情報交流分担のメカニズムを経て、地域間の交通および通信のトラフィックとして観測されるという考えのもとで統合モデルを定式化し、このモデルによって全国企業の業務ネットワークを逆推定する。

### (1) 全国企業の支社配置モデル<sup>39)</sup>

本研究の全国企業は、沖縄を除く全国 46 都道府県を、それぞれの県庁所在都市で代表させた 46 都市を管轄範囲とする、本社－複数支社－46 都市の顧客から成る業務ネットワークを展開していると考え、ただし、この全国企業は以下の 4 つの前提を満たすものとする；1) 46 都市の顧客をカバーするように支社を立地する、2) 本社・支社の 2 階層の業務ネットワークをとり、本社は支社を管轄し、支社は顧客を管轄する（本社は顧客を直接管轄することはできない）、3) 本社・支社間の交流は、各支社の管轄下にある顧客の交流量に比例して発生する、4) 本社・支社の立地に当たっては、それぞれ一定の固定費用が必要である。

前提 3) に基づき、本社支社間の交流量と支社顧客間の交流量の比を本社支社交流比  $R$ （交流比）と定義する。本社は、顧客から寄せられる情報の集約・処理機能を期待して支社を配置する。このとき本社支社間の交流量は支社顧客間より少なくなるので、交流比の変域は  $0 < R < 1$  と考えてよい。受け取った情報を大幅に圧縮して本社に流すような情報処理機能が高い支社の  $R$  は 0 に近く、受け取った情報をほぼそのまま本社に流すような情報処理機能が低い支社の  $R$  は 1 に近い。

交流費用と建設費用（本社・支社立地の固定費用）の和が最小になるように、離散空間上に複数個の施設を配置する問題は容量非制約施設配置問題と呼ばれ、OR の分野で研究が蓄積されている。この問題を拡張し、顧客からの情報が支社を経由して本社に流れるという階層性を考慮した支社配置モデルを定式化する。

本社立地都市を  $k$  として、0～1 の範囲で離散化した交流比  $R$  を  $R_1$  と表わす。支社配置モデルは、 $k, R_1$  を与件とする総コスト  $Z^{kl}$  の最小化問題として次のように定式化できる。

$$Z^{kl} = \min_{y_j^{kl}, x_{ij}^{kl}} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} C_{ij} W_i x_{ij}^{kl} + R_1 \sum_{j \in J} C_{jk} \sum_{i \in I} W_i x_{ij}^{kl} + \sum_{j \in J} F_j y_j^{kl} + D_k \quad (1)$$

$y_j^{kl}$  は支社配置候補都市  $j$  に支社配置されるときに 1 を、されないとき 0 をとる変数である。 $x_{ij}^{kl}$  は都市  $j$  に立地する支社が都市  $i$  を管轄するとき 1、管轄しないとき 0

をとる変数であり、都市  $ij$  間の管轄関係を表わす変数である。 $W_i$  は顧客都市  $i$  の顧客交流発生量であり、従業員人口に比例すると仮定する。 $C_{ij}$  は都市  $ij$  間の単位情報交流費用、 $F_j$  は都市  $j$  への支社立地費用、 $D_k$  は都市  $k$  への本社立地費用である。制約条件は以下のとおり。

$$\sum_{j \in J} x_{ij}^{kl} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$x_{ij}^{kl} \leq y_j^{kl} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3)$$

$$x_{ij}^{kl} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (4)$$

$$y_j^{kl} \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (5)$$

制約条件 (2) は前提 1) に対応し、全ての都市が支社に管轄されることを表わす。制約条件 (3) は、都市  $j$  に支社が立地していなければ都市  $i$  を管轄することができないという整合性を表わしており、制約条件 (4)、(5) は変数の整数条件である。

この問題は変数  $x_{ij}, y_j$  に関する整数計画問題である。制約条件 (4)、(5) を除いた線形計画問題（連続緩和問題）にシンプレックス法を適用すると計算負荷が大きくなり、必ずしも整数解が得られないなど、効率的ではない。そこで式 (1) に対する双対問題を考え、双対変数を順次上昇させることにより施設立地点を絞り込むという、Erlentotter の双対上昇法・双対調整法を適用する<sup>41)</sup>。

$R_1$  の離散化を 0.1 刻みとして 9 点設定する ( $R_1 = 0.1, \dots, 0.9 | = 1, \dots, 9$ )。本社立地都市  $k$  と交流比  $R_1$  を与え、式 (1) の目的関数  $Z^{kl}$  を最小化から得られる管轄関係  $x_{ij}^{kl}$ 、支社立地都市  $y_j^{kl}$  を、業務ネットワークパターンと呼ぶ。

次に全国企業による情報交流量  $N_{ij}$  は、本社や交流比  $R_1$  の異なる様々な企業が、それぞれ本社支社間、支社顧客間のネットワーク上で行う情報交流が重ねあわされたものであると考える。 $x_{ij}^{kl}$  から求められる本社支社間の情報交流量  $HB_{ij}^{kl} = R_1 \sum_g W_g x_{ij}^{kl}$  と、支社顧客間の情報交流量  $BC_{ij}^{kl} = W_i x_{ij}^{kl}$  を用いて、 $N_{ij}$  を以下のように表わす。

$$N_{ij} = \sum_k \sum_l \beta^{kl} (HB_{ij}^{kl} + BC_{ij}^{kl}) \quad (6)$$

$\beta^{kl} \geq 0$  は、本社立地都市  $k$ 、交流比  $R_1$  の全国企業の重みを表わすパラメータである。

### (2) 地域企業の重力モデル

先述したように  $I_{ij}$  は重力モデルに従うと考え、以下のように定式化する。

$$I_{ij} = A(P_i P_j)^\alpha (\text{time}_{ij})^\psi (\text{tcost}_{ij})^\nu (\text{ccost}_{ij})^\phi \quad (7)$$

$P_i, P_j$  は都市  $i, j$  の従業員人口の積、 $\text{time}_{ij}$ 、 $\text{tcost}_{ij}$ 、 $\text{ccost}_{ij}$  は、それぞれ都市  $ij$  間の交通所要時間、交通費用、通信費用、 $\alpha, \psi, \nu, \phi, A$  はパラメータである。

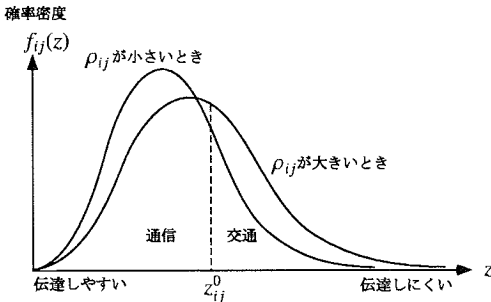


図-2  $\rho_{ij}$  と情報伝達難易度の密度関数  $f_{ij}(z)$

### (3) 情報流量分担モデル<sup>40)</sup>

情報流量  $TI_{ij}$  は、地域企業による情報交流  $I_{ij}$  と全国企業による情報交流  $N_{ij}$  を含んでおり、それらの和で表わされる。

$$TI_{ij} = I_{ij} + N_{ij} \quad (8)$$

交通／通信間の分担は、情報伝達手段としての特性の違いを考察した既往研究に基づいて以下のように考える。1回の face to face (交通) では、知識や技術などの通信と比較してより複雑で伝達が困難な知識や技術などが伝達できるので、複数回の通信と代替される。企業は、1件1件の情報交流を1回の face to face (交通) で行うか、その内容を伝達できる  $z$  回の通信で行うかの選択に直面する。都市  $ij$  間での通信と交通のコスト比を  $z_{ij}^0$  とすれば、 $z < z_{ij}^0$  のときは通信、 $z > z_{ij}^0$  のときは交通を選択したほうがコストが低い。

都市  $ij$  間の情報流量  $TI_{ij}$  は、1件1件、情報伝達難易度  $z$  の異なる情報交流で構成されている。そこで情報伝達難易度  $z$  に形状パラメータ 2 のワイブル分布を用いると、式 (9) ～ (11) を導くことができる。

$$TR_{ij} = TI_{ij} \int_{z_{ij}^0}^{\infty} f_{ij}(z) dz + \epsilon_{ijr} \quad (9)$$

$$TC_{ij} = TI_{ij} \int_0^{z_{ij}^0} z f_{ij}(z) dz + \epsilon_{ijc} \quad (10)$$

$$f_{ij}(z) = \frac{2z}{\rho_{ij}^2} \exp\left(-\left(\frac{z}{\rho_{ij}}\right)^2\right) \quad (11)$$

$TR_{ij}$ ,  $TC_{ij}$  は、それぞれ直接観測される交通量、通信量、 $f_{ij}(z)$  はワイブル分布の確率密度関数、 $\epsilon_{ijc}$ ,  $\epsilon_{ijr}$  は、それぞれ式 (9), (10) の誤差項である。 $z_{ij}^0$  は平均通信コストと一般化交通コストの比 ( $z_{ij}^0 = gcost_{ij}/ccost_{ij}$ ) によって定義する。なお仮定より1回の交通が複数回の通信と代替するとしているため、 $TI_{ij}$  は直接観測される交通量  $TR_{ij}$ 、通信量  $TC_{ij}$  の単純和にはならない。

都市  $ij$  間の情報伝達難易度の確率密度  $f_{ij}(z)$  と  $z_{ij}^0$  の関係を図-2に示す。式 (11) に含まれる  $\rho_{ij} > 0$  が大きいときは全体的に情報伝達難易度が高いので密度関数の頂点は右側に偏り、交通の分担領域が大きくなる。また

$\rho_{ij}$  は、都市  $ij$  間の情報伝達難易度の平均値  $E[z]$  に比例する ( $E[z] \approx 0.886 \rho_{ij}$ )。簡単のため、以下  $\rho_{ij}$  を情報伝達難易度と呼ぶ。

### (4) 全国企業が直面する情報交流費用

支社配置モデルを解くには、全国企業が直面する交通と通信を介した情報交流の単位費用  $C_{ij}$  を知る必要があるが、適切な事前情報を得ることは難しい。そこで何らかの方法で  $C_{ij}$  を設定、または推計する必要があるが、本研究では  $C_{ij}$  を情報交流量分担モデルから得られる分担比情報を用いて推計することとする。

具体的には全国企業と地域企業の間で情報伝達難易度  $\rho_{ij}$  が異なると仮定して、以下のように特定化する。

$$\rho_{ij} = \omega d_{ij}^{\gamma} + \theta r_{ij} \quad (12)$$

全国企業率  $r_{ij}$  は、都市  $ij$  間の情報流量  $TI_{ij}$  のうち  $N_{ij}$  が占める割合であり、 $r_{ij} = \sum_k \sum_l \beta^{kl} (HB_{ij}^{kl} + BC_{ij}^{kl}) / TI_{ij}$  である。 $d_{ij}$  は都市  $ij$  間の距離、 $\omega$ ,  $\gamma$ ,  $\theta$  はパラメータである。全国企業の情報交流に関する情報伝達難易度は、式 (12) において  $r_{ij} = 1$  とした場合に相当するので、この場合の通信量と交通量の推定値は、それぞれ  $\widehat{TC}_{ij}$ ,  $\widehat{TR}_{ij}$  となる。これらと都市  $ij$  間の情報流量の推定値  $\widehat{TI}_{ij}$  を用いると、全国企業が直面する単位情報交流費用  $C_{ij}$  は、式 (13) によって計算できる。

$$C_{ij} = \frac{ccost_{ij} \widehat{TC}_{ij} + gcost_{ij} \widehat{TR}_{ij}}{\widehat{TI}_{ij}} \quad (13)$$

ただし通信費用  $ccost_{ij}$  と、所要時間と費用を加味した一般化交通費用  $gcost_{ij}$  は外生変数である。

### (5) 統合モデルの性質

式 (1) ～ (5) で定義される支社配置問題は全国企業の最適化行動を記述している。一方、情報流量分担モデルのパラメータ推計問題は、交通量と通信量に対する誤差二乗和の最小化問題である。構造パラメータを推定しようとする分析者の立場から考えると、観測交通量と観測通信量に関するパラメータ推定問題は業務ネットワーク上の情報交流を含むが、その業務ネットワークは全国企業の最適支社配置の結果として実現するものである。すなわち支社配置モデルと情報流量分担モデルの統合モデルは、全国企業の最適支社配置問題と、分析者の観測誤差二乗和の最小化問題の連立最小化問題として定式化される。

簡単のため支社配置モデルについて、管轄関係ベクトルを  $\mathbf{X}$ 、情報交流の単位費用を  $\mathbf{C}$ 、さらにこれ以外のパラメータを  $\mathbf{\Lambda}$  として、目的関数を  $\mathbf{Z}$  とする。同様に情報交流量分担モデルについて、全国企業の業務ネットワーク  $\mathbf{X}$  の重みパラメータ  $\mathbf{\beta}$  を含む全ての構造パラメータ

を  $\Gamma$ ,  $X$  以外の観測交通量や通信量その他のデータを  $T$  として、目的関数である観測誤差二乗和を  $E$  とする。このとき統合モデルは、以下のように定式化できる（制約条件は省略）。

$$\begin{aligned} \text{find } \Gamma, X \\ \text{by } \min_{\Gamma} E(\Gamma, X, T) \\ \text{and } \min_X Z(X, C(\Gamma), \Lambda) \end{aligned} \quad (14)$$

式 (14) はパラメータ  $\Gamma$  に関して非線形であり、式 (9), (10) で表現されるように、潜在変量である情報交通量の構造パラメータと、その情報交通量を交通量と通信量に配分する構造パラメータを求める問題である。この問題は変数として  $Z(X, C, \Lambda)$  の最小化によって得られる  $x^{kl}$  を含むため、目的関数は大域的には凸ではない。式 (15) は整数計画問題であるため、目的関数は凸であるものの、連続関数の最適手法が適用できない。さらに、式 (8) に含まれる全国企業の業務ネットワーク  $X$  の重みパラメータ  $\beta$  を求める場合に、全ての本社位置  $k$  および  $R_l$  に対する業務ネットワークパターンに対するパラメータを同時推計すると値の近い  $R_l$  の間では業務ネットワークパターンの類似度が高いため、重共線性が強くなりすぎて計算が難しい。このため重みパラメータ  $\beta$  は過度の重共線性が発生しないように、 $X$  の要素  $x^{kl}$  を適切に組み合わせる推計しなくてはならない。

これらの性質を考慮すると、式 (14) と (15) のパラメータを同時推計することは難しい。そこで以下本研究では、2つの問題を交互に繰り返して解き、 $n$  回目と  $n+1$  回目の  $\Gamma$  が収束するまで計算を繰り返すこととする。この停止条件は、解  $\Gamma, X$  が式 (14), (15) を同時に満たすことをチェックするものである。

なお上記の問題は、観測交通量と観測通信量から全国企業の業務ネットワークを推定する逆問題とみなすことができる。逆問題に関しては、アダマールによって、1) 解の存在、2) 唯一解であるか否か、3) 入力誤差に対する解の安定性、の3つの適切性を満たすべきことが提案されている<sup>42)</sup>。統合モデルおよびその推計手順に関してこれらを確認すると、2つの問題はそれぞれ誤差二乗和の最小化問題と通常の施設配置問題であるため、 $\Gamma$  に関する  $E(\Gamma, X, T)$  の最小化は任意の  $X$  について行うことができ、また反対に  $X$  に関する  $Z(X, C(\Gamma), \Lambda)$  の最小化は任意の  $C(\Gamma)$  について行うことができることは明らかである。式 (14), (15) を同時に満たす解  $\hat{\Gamma}$ ,  $\hat{X}$  が存在するとき、以下の条件が成立していなくてはならない。

$$\hat{\Gamma} = \Gamma \mid \min_{\Gamma} E(\Gamma, \hat{X}, T) \quad (16)$$

$$\hat{X} = X \mid \min_X Z(X, C(\hat{\Gamma}), \Lambda) \quad (17)$$

この条件を満たす  $\hat{\Gamma}$ ,  $\hat{X}$  が存在するかどうかを解析的に

示すことはできない。ただし、 $\beta \geq 0$  の範囲で解を探索する推計手順は実行可能である。

解の唯一性に関しては、例えばある  $X$  に対して  $E(\Gamma, X, T)$  を最小化して  $\Gamma$  の推計値を得たとしても、式 (14) の目的関数は大域的には凸ではないため、停止条件を満たす解が複数得られる可能性がある。ただし  $E(\Gamma, X, T)$  は最適値のまわりでは局所的に凸であると考えられるので、 $X$  を所与として  $\Gamma$  の推計を行うことは可能である。また入力誤差に対する解の安定性は、保証できない。

このような適切性のない問題への対処法として、いくつかの方法が提案されている<sup>43)</sup>。ここでは、式 (14) の構造に関する先験的な情報を活用して、複数の初期値を与えて推計する。さらに、停止条件を満たす解が複数得られた場合、ここでは  $E(\Gamma, X, T)$  が最小、すなわち情報交通量分布に対する当てはまりが、最も良い解を採用することとする。

## (6) 統合モデルの計算手順

初期状態では、全国企業が直面する単位情報交流コストを与える式 (13) の計算に必要な情報交通量分担モデルの構造パラメータ  $\Gamma$ , および全国企業率  $r_{ij}$  が未知である。以下に示す手順 1)~9) は、これらの初期値を求める手順であり、式 (14), (15) の交互最小化は手順 10)~14) に相当する。

- 1) 全ての情報交流は地域企業によるものと仮定する。すなわち  $TI_{ij} = I_{ij}$  ( $\beta^{kl} = 0 \forall k, \forall l$ )、 $\rho_{ij} = \omega d_{ij}^{\theta}$  ( $\theta = 0$ ) と特定化して、 $\beta^{kl}$ ,  $\theta$  を除く情報交通量分担モデルの構造パラメータ  $\Gamma''$  を推定する。
- 2) 推計された  $\Gamma''$  を用いて、情報交通量、交通量、通信量の推定値  $\widehat{TI}_{ij}$ ,  $\widehat{TR}_{ij}$ ,  $\widehat{TC}_{ij}$  をそれぞれ計算し、式 (13) から単位情報交流費用  $\overline{C}_{ij}$  を求める。
- 3)  $\overline{C}_{ij}$  を式 (1) の支社配置モデルの入力変数  $C_{ij}$  とする。ただし本社  $k$  は宮城、東京、大阪、愛知、広島、福岡と設定し、本社ごと  $R_l$  ごとに式 (1) を最小化して業務ネットワークパターン  $x_{ij}^{kl}$  を求める。
- 4)  $x_{ij}^{kl}$  を用いて本社支社間交通量  $HB_{ij}^{kl}$  と支社顧客間交通量  $BC_{ij}^{kl}$  を求め、式 (6) から  $N_{ij}$  を特定化する。
- 5)  $N_{ij}$  (パラメータ  $\beta^{kl}$ ) を含むように  $TI_{ij}$  を変更し (式 (8))、 $\theta$  を除く情報交通量分担モデルの構造パラメータ  $\Gamma'$  を推定する。
- 6) 得られた  $\Gamma'$  から全国企業率  $r_{ij}$  を求める。
- 7)  $r_{ij}$  (パラメータ  $\theta$ ) を含むように  $\rho_{ij}$  を変更して (式 (12))、情報交通量分担モデルの全構造パラメータ  $\Gamma$  を推計する。

- 8)  $\Gamma$ を用いて全国企業率  $r_{ij}$  を求める ( $r_{ij}$ の初期値)。
- 9)  $\Gamma$ を用いて  $\widehat{TR}_{ij}$  を計算する。また  $r_{ij} = 1, \forall i, \forall j$  として  $\widehat{TR}_{ij}, \widehat{TC}_{ij}$  をそれぞれ計算し、式 (13) から単位情報交流費用  $\overline{C}_{ij}$  を求める ( $C_{ij}$ の初期値)。
- 10)  $C_{ij} = \overline{C}_{ij}$  として支社配置モデルに入力し、業務ネットワークパターン  $x_{ij}^l$  を求める。
- 11) 計算された  $x_{ij}^l$  を代入して  $N_{ij}$  を更新し、前回の計算で求めた  $r_{ij}$  を所与として情報交流量分担モデルの構造パラメータ  $\Gamma$  を推計する。
- 12)  $\Gamma$ を用いて全国企業率  $r_{ij}$  を求める。
- 13)  $\Gamma$ を用いて  $\widehat{TR}_{ij}$  を計算する。また  $r_{ij} = 1, \forall i, \forall j$  として  $\widehat{TR}_{ij}, \widehat{TC}_{ij}$  をそれぞれ計算し、式 (13) から単位情報交流費用  $\overline{C}_{ij}$  を求める。
- 14) 10) で支社配置モデルに代入した  $C_{ij}$  と、13) で再計算した  $\overline{C}_{ij}$  について、 $\sum_{i,j} |C_{ij} - \overline{C}_{ij}| / C_{ij} < \varepsilon$  であれば計算終了 (停止条件のチェック)。そうでなければ10)に戻る。

以上の手順のうち1), 5), 7), 11)の情報交流量分担モデルの構造パラメータ推計は、非線形の極限実行可能一般化最小自乗法 (FGLS) を用いて行う。また手順14)の停止条件を満たす解を求めるには、手順4)において  $x_{ij}^l$  の重共線性に注意しながら適切に業務ネットワークパターンの組み合わせを設定すると同時に、複数の初期値を与えてパラメータ  $\Gamma$  をする必要があるため、上記の手順は幾度かの試行錯誤を必要とする。また先述したように停止条件を満たす解が複数得られた場合は、情報交流量分布に対する決定係数が、最も高い解を採用する。統合モデルの構成を図-3にまとめる。

### 3. 推定結果と考察

#### (1) データ

全国を対象とする旅客の出発地と目的地に関する調査は、「全国幹線旅客純流動調査」として1990年に初めて実施され、その後は1995年と2000年に調査が行われている<sup>44)</sup>。以下の分析では、対象年次を「全国幹線旅客純流動調査」が利用できる1990年と2000年として、それぞれに提案したモデルを適用する。

交通量  $TR_{ij}$  は、上述した「全国幹線旅客純流動調査」から沖縄を除く46都道府県間の業務交通量データを用いる。通信量  $TC_{ij}$  は、NTT事務用回線から発信された都道府県間の通信トラフィックを、NTT以外の電話会社の通信量を含むように修正を行ったデータを用いる。また会議等で各地から参集するトリップや伝言を聞いてか

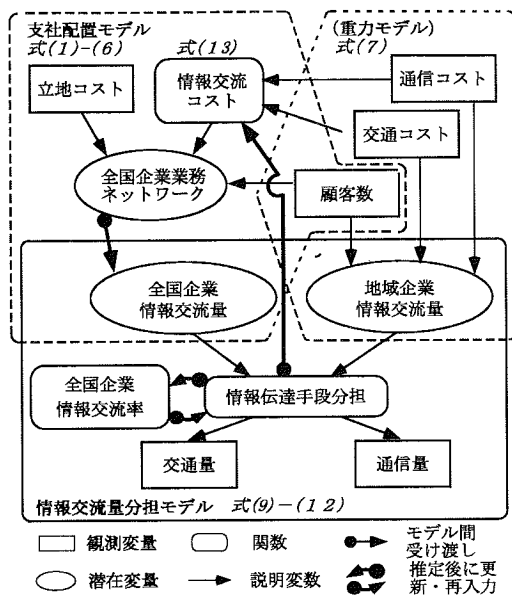


図-3 統合モデルの構成

け直す電話を考えると、情報の流れる向きとトリップや通信の向きは必ずしも一致していないため、以下の分析では、発着地を区別しない3角OD表を用いる。

交通コストは国土交通省の地域間交通費用システム (トラネット) から得られる値を用いた。一般化交通コスト  $gcost_{ij}$  は、時間価値を1990年は40円/分、2000年は50円/分として鉄道と航空それぞれの所要時間と運賃を加算し、純流動データから得られる鉄道・航空分担率を用いて加重平均して算出した。また通信コストは、電気通信事業者協会年報に掲載されている1990年・2000年の単位時間料金に、地域間の平均通話時間を乗じて得られる通話1回あたりの平均値を用いた<sup>45)</sup>。支社配置モデルの  $F_j, D_k$  は実勢オフィス賃料を参考に設定した<sup>46)</sup>。

#### (2) 統合モデルの推定結果

本社立地都市  $k$  を宮城、東京、愛知、大阪、広島、福岡と限定し、それぞれ9通りの本社支社交流比  $R_l$  を設定して得られる54通りの業務ネットワーク  $N_{ij}$  を考え、それらの組み合わせを試行錯誤して、情報交流量分布に対する決定係数の高い解を選んだ。それらの解は、1990年では5回、2000年では6回の繰り返し計算の後に停止条件 ( $\varepsilon = 0.001$ ) を満たした。これにより表-1に示す推定結果を得た。

地域企業情報交流量  $I_{ij}$  の重力モデルの抵抗要因は  $t$  値の大きな順に、交通費用、通信費用、交通時間となり、所要時間よりも交通費用・通信費用の影響が強い結果が得られた。1990年モデルの情報伝達難易度  $\rho_{ij}$  に含まれる距離定数、距離指数はいずれも正の推定値が得られ、有意となった。全国企業交流率  $\theta$  は正の推定値が得られ



図-4 1990年の業務ネットワーク (☆:本社, ○:支社)

たが有意ではなかった。これは地域企業と全国企業の情報伝達難易度に、有意な差がないことを表わしている。2000年モデルの情報伝達難易度  $\rho_{ij}$  に含まれる距離定数、距離指数は90年と同様に正で有意な推定値となった。全国企業交流率  $\theta$  は負の推定値が得られ、有意であった。これは全国企業が行う情報交流の方が、地域企業の情報交流よりも情報伝達難易度が有意に低いことを表わしている。

1990年の全国企業による情報交流量  $N_{ij}$  を構成する業務ネットワークとしては、図-4に示す6パターンが得られた。ここで推定された全国企業の各業務ネットワークパターン  $kl$  が全情報交流量に占める割合をパターン別寄与率  $PH^{kl}$ 、その和として全国企業の情報交流量が全情報交流量に占める割合を全国企業ネットワーク率  $PN$  として、次のように定義しておく。

$$PH^{kl} = \frac{\sum_{ij} \beta^{kl} (HB_{ij}^{kl} + BC_{ij}^{kl})}{\sum_{ij} TI_{ij}}$$

$$PN = \sum_{ij} r_{ij} = \frac{\sum_{ij} \sum_{kl} \beta^{kl} (HB_{ij}^{kl} + BC_{ij}^{kl})}{\sum_{ij} TI_{ij}}$$

1990年では  $PN = 9.64\%$  であった。パターン別寄与率

$PH^{kl}$  の大きな順に示すと、東京本社集権 (0.5:6.17%)、大阪本社 (0.8:1.11%)、福岡本社 (0.7:0.73%)、東京本社分権 (0.1:0.70%)、宮城本社 (0.3:0.51%)、広島本社 (0.5:0.43%) となり、東京本社分権以外の  $\beta^{kl}$  は有意な推定値が得られた (ただしカッコ内は、 $R_l:PH^{kl}$ )。東京本社集権 (0.5) に対する支社は北海道・宮城・東京・愛知・広島・福岡・熊本、大阪本社 (0.8) に対する支社は、東京・大阪となった。90年では東京本社集権 (0.5) と東京本社分権 (0.1) の2パターンのパターン別寄与率  $PH^{kl}$  の和は、1990年の全国企業ネットワーク率  $PN = 9.64\%$  の7割以上を占める。

2000年では  $PN = 10.14\%$  であり、 $N_{ij}$  として図-5に示す7パターンが得られた。すなわち、東京本社集権 (0.8:4.79%)、大阪本社 (0.3:1.93%)、愛知本社 (0.3:1.33%)、福岡本社 (0.7:0.91%)、宮城本社 (0.3:0.60%)、東京本社分権 (0.3:0.56%)、広島本社 (0.7:0.07%) であり、東京本社分権以外の  $\beta^{kl}$  は有意であった。東京本社集権 (0.8) に対する支社は東京のみ、大阪本社 (0.3) に対する支社は北海道・宮城・東京・長野・愛知・大阪・広島・熊本、愛知本社 (0.3) に対する支社は北海道・宮城・東京・長野・愛知・大阪・広島・福岡となった。2000



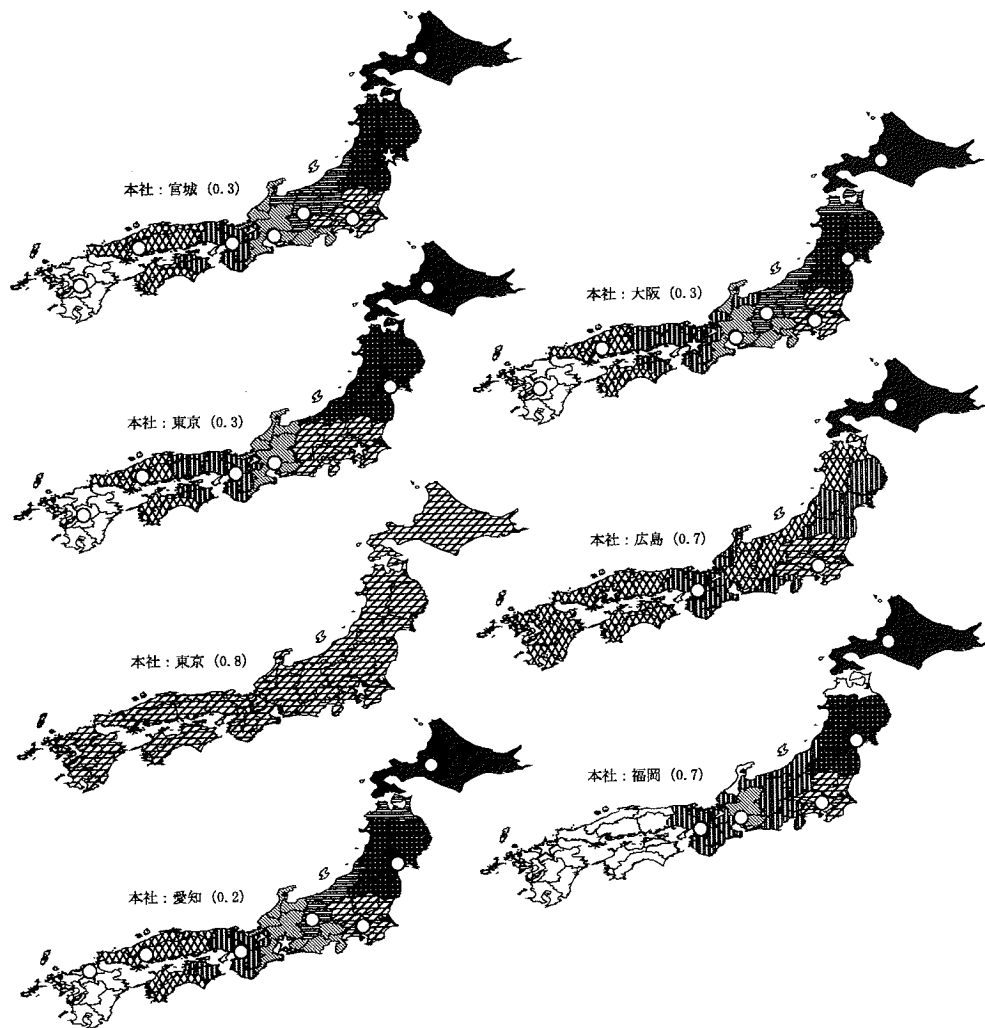


図-5 2000年の業務ネットワーク (☆:本社, ○:支社)

年では東京本社集権 (0.8)・大阪本社 (0.3)・愛知本社 (0.2) の3パターンのパターン別寄与率  $PH^{kl}$  を合計すると、95年の全国企業ネットワーク率  $PN = 10.20\%$  の8割を超える。

### (3) 時点間比較

1990年と2000年の結果を比較する。地域企業情報交流量の重力モデルについては、交通時間に関する弾力性がやや小さくなっているものの、交通費用、通信費用、および従業員人口に関する弾力性については大きな変化はなく、地域企業の情報交流分布に影響する構造パラメータは安定している。情報伝達難易度  $\rho_{ij}$  に含まれる距離定数は推定値が大きくなり、距離指数は推定値が小さくなっている。距離定数の上昇は平均的に情報伝達難易度が上がっていることを表わす一方で、距離指数の低下は、距離に対する情報伝達難易度の増進度が小さくなっていることを表している。また全国企業ネットワーク率  $PN$

は、9.64%から10.20%となり、約0.5ポイント上昇している。全国企業交流率  $\theta$  はほぼ0から負の推定値に変化した。これは、1990年では全国企業の平均的な情報伝達難易度は地域企業と同等であったが、2000年では全国企業の方が有意に低いことを表している。

図-4、図-5の支社管轄域を従来の地域区分(関東や関西など)と比較すると、本社地域に関係なく常にまとまっている地域は青森を除く東北、群馬を除く関東、関西であり、逆に本社地域が異なると管轄支社が入り替わる地域は甲信越と静岡、北陸、中国、四国である。後者の地域は明確な中心都市を持たない上に、甲信越と静岡は関東圏と中京圏の間、北陸は中京圏と関西圏の間、中国・四国は関西圏に隣接しているため、規模の大きな地域に「引きちぎられる」形の地域分断が起こりやすいと考えられる。

東京本社の業務ネットワークは、1990年では  $R_l = 0.5$  (7支社)、 $R_l = 0.1$  (10支社) が検出されていたが、95

表-1 統合モデルの推定結果

説明変数		1990年	2000年
地域企業情報 交流流量 $I_{ij}$	定数	$A$	-4.772 ** -(6.87)
	従業員人口和	$\alpha$	1.805 ** (50.64)
	交通時間	$\psi$	-0.439 ** -(6.07)
	交通費用	$\nu$	-1.136 ** -(23.54)
	通信費用	$\phi$	-0.320 ** -(7.24)
	宮城本社	0.3/0.3 <sup>‡</sup>	1.412 ** (3.97)
	東京本社 分権	0.1/0.3	2.608 (1.57)
	東京本社 集権	0.5/0.8	15.257 ** (4.44)
	愛知本社	-/0.3	3.631 * (2.30)
	大阪本社	0.8/0.3	2.073 ** (5.17)
全国企業 情報 交流流量 $N_{ij}^†$	広島本社	0.5/0.7	0.882 ** (3.00)
	福岡本社	0.7/0.7	1.630 ** (2.68)
	距離定数	$\omega$	0.207 ** (6.30)
	距離指数	$\gamma$	0.148 ** (27.15)
	全国企業 交流率	$\theta$	0.015 (0.77)
情報 伝達 難易度 $\rho_{ij}$	通信 $R^2$	0.907	0.904
	交通 $R^2$	0.822	0.823
	全国企業ネットワーク率 $PN$	9.64%	10.20%

\*\* : 1%有意, \* : 5%有意

† : 表中には, 各パターン<sup>†</sup>の重み係数  $\beta^{kl}$  を示している

‡ : 1990年  $R_l$  / 2000年  $R_l$

表-2 都市間全国企業ネットワーク率  $PN_{ij}$  の変化

$i$	$j$	1990年	2000年	変化*
北海	宮城	29.2%	31.7%	+2.5
北海	東京	60.6%	70.5%	+9.9
北海	愛知	0.0%	44.4%	+44.4
北海	大阪	45.2%	43.9%	-1.3
北海	広島	48.8%	15.5%	-33.2
北海	福岡	69.8%	65.0%	-4.8
宮城	東京	22.3%	32.4%	+10.1
宮城	愛知	32.1%	43.9%	+11.8
宮城	大阪	42.3%	41.4%	-0.9
宮城	広島	62.1%	57.1%	-5.0
宮城	福岡	66.4%	64.9%	-1.5
東京	愛知	34.3%	50.9%	+16.6
東京	大阪	57.1%	65.8%	+8.7
東京	広島	56.3%	57.8%	+1.6
東京	福岡	72.8%	73.8%	+2.5
愛知	大阪	8.7%	14.1%	+5.5
愛知	広島	20.0%	21.9%	+1.9
愛知	福岡	43.1%	52.9%	+9.8
大阪	広島	19.4%	13.1%	-6.3
大阪	福岡	52.6%	45.9%	-6.7
広島	福岡	39.5%	27.4%	-12.2

\* : 2000年-1990年

業業務ネットワークによる情報交流量の割合を都市間全国企業ネットワーク率  $PN_{ij}$  と定義する ( $PN_{ij} = \sum_{kl} \beta^{kl} (HB_{ij}^{kl} + BC_{ij}^{kl}) / TI_{ij}$ )。表-2に主要な都市間について求めた  $PN_{ij}$  を示す。  $PN_{ij}$  が50%を越える都市間は、1990年では北海道-東京、北海道-福岡、宮城-広島、宮城-福岡、東京-大阪、東京-広島、東京-福岡、大阪-福岡であった。2000年では以上の組み合わせから大阪-福岡がなくなり、代わって東京-愛知、愛知-福岡が加わる。  $PN_{ij}$  が高い都市間には東京が多く含まれており、この傾向に変化は見られない。さらに  $PN_{ij}$  の変化に着目すると、15ポイント以上上昇したのは北海道-愛知、東京-愛知であり、15ポイント以上低下したのは、北海道-広島である。  $PN_{ij}$  が低下したODペアには広島が多く含まれており、広島本社のパターン別寄与率の低下の影響が著しい。

これらの結果をまとめる。全国企業が配置する支社数は全体的に減少しており、支社の集約化が進んでいる。特に東京本社の業務ネットワークは支社数の少ない集権的なパターンに移行している。しかし東京本社の業務ネットワークが全体に占める割合は減少しており、各地から情報交流量が集中する本社都市は、広島を除く主要地方都市に分散する傾向が見られる。

業務ネットワークパターン<sup>†</sup>の  $R_l$  は大阪本社を除いて上昇する傾向にあり、各支社が顧客から寄せられる情報を量的に圧縮する機能は弱くなる傾向がみられた。全国企業の情報伝達難易度は、2000年では地域企業よりも低くなっていた。この理由としては、全国企業のほうが業務内容別の分業体制が確立しており、情報伝達難易度の低いルーティン化された情報伝達が多いことや、全国企業の方が通信インフラの導入が進んでいて、通信を利

年では  $R_l = 0.8$  (1支社)、  $R_l = 0.3$  (6支社) の2パターンが検出された。各年次で支社数の少ない集権型、支社数の多い分権型の両方ともそれぞれ支社数が減少しており、支社が集約化される傾向が見られる。東京本社のパターン別寄与率をそれぞれの年次で合計すると、71.5% (1990年) から51.5% (2000年) に低下しており、東京本社の業務ネットワークによる情報交流量は減少している。大阪本社の業務ネットワークは、1990年では  $R_l = 0.8$  (2支社)、2000年では  $R_l = 0.3$  (8支社) の各1パターンが検出されたが、そのパターン別寄与率は上昇している。愛知本社の業務ネットワークは、1990年では検出されなかったものの、2000年では新たに  $R_l = 0.2$  の1パターンが検出された。

このほか福岡を本社とする業務ネットワークのパターン別寄与率はやや大きくなっているが、  $R_l$  に変化はない。宮城を本社とする業務ネットワークのパターン別寄与率はわずかに大きくなっているが、  $R_l$  に変化はない。広島を本社とする業務ネットワークのパターン別寄与率は大きく低下する一方で、その  $R_l$  は上昇している。すなわち、支社の情報量圧縮機能は低下している。

都市  $ij$  間の全情報交流量  $TI_{ij}$  に着目して、全国企

用しやすい環境にあるためと考えられる。

#### 4. まとめと今後の課題

本研究では地域間情報交流トラフィックデータから全国企業の業務ネットワークを推定する方法を提案し、交通ネットワーク整備とIT化が同時に進化した1990年と2000年の間で比較分析を行った。

分析の結果、全国企業の業務ネットワーク上の情報交流の割合はやや増加する傾向にあることが明らかとなった。この増加は、広島を除く主要な地方都市を本社とする業務ネットワークの割合が増加したこと起因しており、東京を本社とする業務ネットワーク上の情報交流は、むしろ減少していることがわかった。支社が情報交流量を量的に圧縮する機能は、2000年では低くなっていた。さらに主に地理的に近接した都市との間で業務展開する地域企業と比較して、全国企業の業務ネットワークを流れる情報の伝達難易度は、2000年では有意に低くなっていた。すなわち全国企業は、支社を統合して数を減らすと同時に、平均的に伝達難易度の低い情報を通信を活用して伝達する傾向を強めていることが明らかとなった。したがって今後IT化によって情報交流コストが低下すると、全国企業は一層支社の統合を推進する可能性がある。

本社の地理的な配置については、東京に集中していた本社都市が減少し、主要な地方都市では本社が増加する「本社都市の分散傾向」が見られた。支社の配置については、管轄域が広くなると共に交通結節性の高い少数の都市に支社が集中する傾向が見られた。これは鉄道網の高速化や空港ネットワークの整備など、地方都市においても本社活動が容易になったためと考えられる。ただし支社に関しては、交通ネットワーク整備によって相対的に交通結節性の低い都市が結節性の高い都市と結びつけられると、結節性の低い都市から支社が流出し、結節性の高い都市に引き寄せられる「ストロー効果」が働いている可能性もある。

以上の結果を踏まえると、東京を除く地方都市にとって、従来の「支店経済」に依存する戦略は支社の流出の可能性が高いため得策ではなく、便利になった交通ネットワークを活用した、自立的な「本店経済」への移行が必要と考えられる。また、将来的にITによるface to face交通の代替が強くなれば、必ずしも交通ネットワーク結節性の高い都市に業務拠点が有利とは限らないため、ITインフラを積極的に導入して、知識集約的な活動に適した環境の整備をめざすことも重要である。

最後に本研究の課題をまとめる。分析手法に関する課題としては、提案した推計手順によって、式(14)、(15)

を同時に満たす業務ネットワークが推計できることは示された。しかし、統合モデルとして定式化した連立最小化問題の解の一意性や安定性については、本論文では十分に議論できていない。本問題の逆問題としての適切性を含めて検討する必要がある。さらに、その結果を踏まえて推計手順の改良が望まれる。

実証研究上の課題としては、ITによるface to face交通の代替効果が現れていないか確認する必要がある。この場合、専用回線によって伝達されるe-mailなど、本研究ではデータが入手できなかったトラフィックを考慮して分析を行うことが望ましい。さらに本研究では安定的であると仮定していた地域企業の業務ネットワークについても、IT化による影響を確認する必要がある。

謝辞：本論文を執筆するに当たり、査読者の方から適切かつ有益なコメントを多く頂きました。記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) Westlund, H. : An Interaction-cost perspective on networks and territory, *The Annals of Regional Science*, vol.33, pp.93-121, 1999.
- 2) 大平号声, 廣松毅: 情報経済のマクロ分析, 東洋経済新聞社, 1990.
- 3) 松石勝彦: 情報ネットワーク経済論, 青木書店, 1998.
- 4) 大平号声, 栗山規矩: 情報経済論入門, 福村出版, 1995.
- 5) 福田豊, 須藤修, 早見均: 情報経済論, 有斐閣アルマ, 1997.
- 6) Pred, A. : The Interurban Transmission of Growth in Advanced Economies : Empirical Findings Versus Regional Planning Assumptions, *Regional Studies*, vol.10, pp.151-171, 1976.
- 7) 箸本健二: 情報通信技術の革新と産業空間の再構築, 経済地理学年報, Vol.46, No.4, pp.15-29, 2000.
- 8) 佐藤俊雄: 経済空間の普遍性と固有性, 中央経済社, 1995.
- 9) Salomon, I. : Telecommunications, cities and technological opportunism, *Regional Science*, Vol.30, pp.75-90, 1996.
- 10) Shuler, R. : Transportation and Telecommunications Networks: Planning Urban Infrastructure for the 21st Century, *Urban Studies*, Vol.29, No.2, pp.297-310, 1992.
- 11) 阿部和俊: 日本の都市体系研究, 地人書房, pp.132-134, 1992.
- 12) 日野正輝: 都市発展と支店立地, 古今書院, 1999.
- 13) 秋山哲: 情報経済新論 D&N 革命を読む, ミネルヴァ書房, 2001.
- 14) 埴淵知哉: 企業の空間組織から見た日本の都市システム, *人文地理*, Vol.54, No.4, pp.71-86, 2002.
- 15) 佐々木公明, 文世一: 都市経済学の基礎, 有斐閣アルマ, 2000.
- 16) 山田浩之: 地域経済学入門, 有斐閣コンパクト, 2002.
- 17) 文世一: 都市間コミュニケーションとオフィス企業の支店立地, *応用都市学研究*, No.4, pp.77-88, 1999.
- 18) 文世一: 情報通信技術の進歩がオフィス企業の交通需要と立地分布および都市の規模に及ぼす影響, *土木計画学研究・論文集*, No.15, pp.111-118, 1992.
- 19) Gersbach, H. and Schmutzler, A. : Declining costs of communication and transportation : What are the effects on Agglomerations?, *European Economic Review*, vol.44, pp.1745-1761, 2000.

- 20) 藤田昌久, ポール・クルグマン, アンソニー・J・ペナブルズ: 空間経済学-都市・地域・国際貿易の新しい分析-, 東洋経済新報社, 2000.
- 21) Keilbach, M.: Spatial Knowledge Spillovers and the Dynamics of Agglomeration and Regional Growth, Physica-Verlag, 2000.
- 22) 伊藤滋, 光多長温, 日野康雄: ビット産業社会における情報化と都市の将来, 慶応大学出版会, 1999.
- 23) 須田昌弥: クリスタラー型都市システムの下での支店配置過程, 第9回応用都市学研究発表会, 1995.
- 24) 須田昌弥: 逐次型支店配置モデルの我が国への適用, 青山経済論集, vol.50, No.2, pp.31-48, 1998.
- 25) Cairncross, F.: The Death of Distance, Harvard Business School Press, 1997.
- 26) 田村大樹: 空間的情報流と地域構造, 大明堂, 2001.
- 27) 東京大学社会情報研究所編: 日本人の情報行動 2000, 東京大学出版会, 2001.
- 28) Imagawa, T.: Economic Analysis of Telecommunications, Technology, and Cities in Japan, Taga Shuppan, 2002.
- 29) Moore, A. and Jovanis, P.: Modelling Media Choices in Business Organizations: Implications for Analyzing Telecommunication - Transportation Interactions, *Transportation Research A*, Vol.22, No.4, pp.257-273, 1988.
- 30) 田北俊昭, 湯沢昭, 須田熙: 企業における業務交通と通信との代替性を考慮した情報メディア選択モデルの開発, 都市計画論文集, Vol.28, pp.403-408, 1993.
- 31) 田北俊昭, 湯沢昭, 須田熙: ニューメディアと交通の代替性を考慮した社内および社外間情報メディア選択モデル, 土木計画学研究・論文集, No.12, pp.93-99, 1995.
- 32) 馬場健司: 情報インフラ導入がオフィスコミュニケーション行動に及ぼす影響, 土木計画学研究・論文集, No.15, pp.121-126, 1998.
- 33) 土井健司, 高橋一樹, 森本信次: オフィス従業者のコミュニケーション手段選択と手段間の相互作用に関する分析, 土木計画学研究・論文集, No.15, pp.481-487, 1998.
- 34) Goddard, J., B.: Office Communication and Office Location: A Review of Current Research, *Regional Studies*, vol.5, pp.263-280, 1971.
- 35) 肥田野登: ホワイトカラーの行動と選択: コミュニケーション・企業組織・オフィス立地, 日本評論社, 1998.
- 36) 荒井良雄, 箸本健二ほか: 企業活動における情報技術利用の研究動向, 人文地理, Vol.50, No.6, pp.22-43, 1998.
- 37) Driver, S. and Girrespie, A.: Information and Communication Technologies and the Geography of Magazine Print Publishing, *Regional Studies*, vol.27, no.1, pp.53-64, 1993.
- 38) 川端基夫: 消費財卸売業における情報ネットワーク化と立地変容, 地理学評論, Vol.68A, pp.303-321, 1995.
- 39) 塚井誠人, 奥村誠: 本社支店配置の経年変化のモデル分析, 都市計画論文集, No.36, pp.349-354, 2001.
- 40) 塚井誠人, 奥村誠: 情報伝達の複雑性を考慮した通信と交通の情報交流量分担モデル, 土木学会論文集, No.667 / IV-50, pp.113-121, 2001.
- 41) Erlenkotter, D.: A Dual Based Procedure for Uncapacitated Facility Location, *Operations Research*, vol.26, No.6, pp.992-1009, 1978.
- 42) 堤正義: 逆問題の数学, 共立出版, 2000.
- 43) 土木学会編: 土木工学における逆問題入門, 丸善, 2000.
- 44) 国土交通省 HP (2003年12月現在): <http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/jyunryuudou/index.html>
- 45) (社)電気通信事業者協会: 電気通信事業者協会年報 ('96年版), 1996.
- 46) (株)オフィスジャパン社発行のOFFICE JAPAN ('90年秋号, '00年夏号)に掲載されている県庁所在都市の平均オフィス賃料を元に算出

(2003.1.16 受付)

## LONGITUDINAL ANALYSIS OF JAPAN'S BUSINESS NETWORK STRUCTURE BASED ON INTER-REGIONAL TRAFFIC OF PASSENGER TRIPS AND TELECOMMUNICATIONS

Makoto TSUKAI and Makoto OKUMURA

In 1990's, domestic transportation service and telecommunication service had been improved. Such improvement in communication technology would greatly influence on business network structure. In this study we formulated the problem that estimates Japan's business network structure based on inter-regional information traffic data. In order to clarify longitudinal changes in headquarter branch-office arrangement and branch-office function, the estimation procedure of business network structure model is applied for inter-regional traffic data. The results shows that a number of branch-office is decreased, and the branch-office function to decrease the amount of information sending to headquarter, is weakened.