

都市間情報交流と本社・支社立地の統合分析*
Integrated Analysis of Business Information Interaction with Headquarter and
Branch Office Location

塚井 誠人†・奥村 誠‡・中嶋将治§

Makoto TSUKAI, Makoto OKUMURA and Masaharu NAKAJIMA

1. はじめに

日本全国を対象として業務を展開している企業は、大都市に本社を置き主要都市に支社を置いた階層的な業務ネットワークを形成し、本社・支社間や支社・顧客間で情報交流を行っている。都市間の交通ネットワークや通信ネットワークの整備が進むと、所要時間や移動（通信）費用といった情報交流コストが低下し、短期的には交通・通信間の情報交流手段分担が変化する。さらに中期的には、そのリンクを介する都市間の情報交流コストの低下により、支社の整理統合や本社の移転といった企業立地の再編が起こる可能性がある¹⁾。

現在構想されている情報網の整備が企業立地に与える影響は、ODごとに交通と通信の間の手段分担が異なるため一様ではないが、国土計画上これらがある程度定量的に把握することが不可欠である。しかし、通信と交通の分担と企業立地との関係を扱った研究は少ない。伊藤らは情報サービス業を例にコミュニケーションのコストと立地コストを考慮してシミュレーションを行い、中枢都市以外にオフィスを立てたほうが総コストが低くなることを指摘した²⁾。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³⁾。しかし、多都市のシステムでは本支社立地の固定費用が管轄域内でシェアされるため、2都市システムで得られる研究の知見をそのまま適用することはできない。むしろ、日野や須田のように一定の地域（国土）をいく

つかの立地点でカバーする際の費用に基づいて立地を説明する必要がある⁴⁾⁵⁾。

本研究は、本社・支社間と支社・顧客間では交流の複雑性が異なることを考慮して、著者らの都市間情報交流量分担モデル⁶⁾を2つの部分に分割して拡張したうえで、本社・支社最適立地モデルと統合したモデルシステムを提案し、分析を行う。以下2章において統合モデルの定式化と計算手順を示し、3章では統合モデルを適用した結果を示す。4章では、得られた成果についてまとめる。

2. 統合モデルの定式化

(1) 都市間情報交流量推定モデル

本研究では、沖縄を除く46都道府県を各1都市で代表させた46都市のシステムを考える。情報の流れる向きと通信やトリップの向きは必ずしも一致しないことを考慮して、向きを区別しない3角OD表を用いて分析を行う。まず、都市 ij 間で通信と交通を介して伝達される情報交流量全体 I_{ij} は、次のような重力モデルで表わされるものとする。

$$I_{ij} = A^k (N_i N_j)^{\alpha} d_{ij}^{\gamma} (ttime_{ij})^{\psi} (tcost_{ij})^{\nu} (ccost_{ij})^{\phi} Z_{max}^{\mu_1} Z_{min}^{\mu_2} \quad (1)$$

ここで $N_i N_j$ は都市 ij それぞれの従業人口の積を、 d_{ij} は都市間距離を、 $ttime_{ij}$ 、 $tcost_{ij}$ 、 $ccost_{ij}$ はそれぞれ交通所要時間、交通費用、通信費用を、 Z_i 、 Z_j は両都市の中枢性を表わす合成変数である⁷⁾。 $\alpha, \gamma, \psi, \nu, \phi, \mu_1, \mu_2, A$ はパラメータである。

ただし左辺の I_{ij} は潜在変数であり、直接観測される交通量 TR_{ij} 、通信量 TC_{ij} の単純な和とはならない。1回のface to face（交通）は通信より複雑な情報

*Key words: 分布交通, 産業立地, 国土計画

†正会員, 工修, 広島大学大学院工学研究科 助手

‡正会員, 工博, 広島大学大学院工学研究科 助教授

§学生員, 広島大学大学院工学研究科

(〒739-8527 広島市鏡山 1-4-1, TEL&FAX 0824-24-7849)

伝達が可能であるため複数回の通信と代替すると考えると、式 (2) ~ (5) が成立する。

$$TR_{ij} = I_{ij} \int_{x_0}^{\infty} f(x) dx + \epsilon_{ijt} \quad (2)$$

$$TC_{ij} = I_{ij} \int_0^{x_0} x f(x) dx + \epsilon_{ijc} \quad (3)$$

$$f(x) = \frac{2x}{\rho_{ij}^2} \exp\left(-\left(\frac{x}{\rho_{ij}}\right)^2\right) \quad (4)$$

$$\rho_{ij} = \sqrt{\theta_i Z_i^2 + \theta_j Z_j^2} \quad (5)$$

ここで x_0 は通信と交通のコスト比 ($x_0 = tcost_{ij}/ccost_{ij}$) を表す。 ϵ_{ije} , ϵ_{ijt} は、それぞれ式 (2), (3) の誤差項である。 $f(x)$ は、情報交流の複雑性の分布を表わし、式 (4) のワイブル分布に従うとする。その分布パラメータ ρ_{ij} は情報交流の複雑性を表わし、式 (5) に示すような都市 ij の中枢性の関数と考える。このモデルのパラメータ θ_i , θ_j と α , γ , ψ , v , ϕ , μ_1 , μ_2 , A を非線形 GLS を用いて同時推定することにより、情報交流量 I_{ij} , TR_{ij} , TC_{ij} の推定値を得る。これらを用いて情報交流の複雑性を考慮した平均交流コスト $\widehat{C}_{ij}$ を得る。

$$\widehat{C}_{ij} = \frac{ccost_{ij} \widehat{TC}_{ij} + tcost_{ij}^* \widehat{TR}_{ij}}{\widehat{I}_{ij}} \quad (6)$$

ただし、 $tcost_{ij}^*$ は交通費用と所要時間を加重した一般化交通コストを用いる。

(2) 階層的本社・支社立地モデル

本モデルで対象とする企業は、以下の4つの前提を満たすものとする；1) 46都市全て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が、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、支社・顧客間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（顧客からのリクエスト）の比を本社支社交流比 R_l （交流比）と定義する。支社は顧客からの情報の集約・処理機能を持つことから考えて、 $0 \leq R_l \leq 1$ であるが、実証分析では R_l を 0.05 刻みで離散化し、20点 (0, ..., l , ..., 20) 設定する。

空間上の施設配置に関しては、OR の分野で研究が蓄積されている。移動費用と建設費用（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配置を決定する問題は、容量非制約施設配置問題と呼ばれる。本研究ではこの問題を拡張し、階層性を考慮した本社・支社立地モデルを定式化する。

ここで、本社立地都市を k とし、候補地点 j への支社配置と、 j 支社の管轄域を表わす 0-1 変数をそれぞれ y_j , x_{ij} とすると、階層的本社・支社立地モデルは、 k , R_l を与えた下で総コスト Z^{kl} の最小化問題として、次のように定式化される。

$$Z^{kl} = \min \sum_{i \in I} W_i \sum_{j \in J} C_{ij}^{BC} x_{ij}^{kl} + R_l \sum_{j \in J} C_{jk}^{HB} \sum_{i \in I} W_i x_{ij}^{kl} + \sum_{j \in J} F_j y_j^{kl} + D_k \quad (7)$$

ただし、 W_i は都市 i の顧客交流発生量、 C_{ij}^{BC} は都市 ij 間の支社-顧客間単位交流費用、 C_{jk}^{HB} は都市 jk 間の本社-支社間単位交流費用、 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。

$$\sum_{i \in I} x_{ij}^{kl} = 1 \quad \forall i \in I \quad (8)$$

$$x_{ij}^{kl} \leq y_j^{kl} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (9)$$

$$x_{ij}^{kl} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (10)$$

$$y_j^{kl} \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (11)$$

制約条件 (8) は前提1) に対応し、全ての都市が必ずどこかの都市の支社に管轄されることを表わす。制約条件 (9) 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に関する制約であり、制約条件 (10), (11) 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が、式 (7) 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、効率的に施設立地点を絞り込む Erlenkotter の双対上昇法を適用して、効率的に解くことを試みる⁸⁾。このモデルからは x_{ij}^{kl} , y_j^{kl} が得られる。また R_l の下で総コスト Z_{kl} が最小となる本社位置 k を $\delta_{kl} = 1$ で表わす。

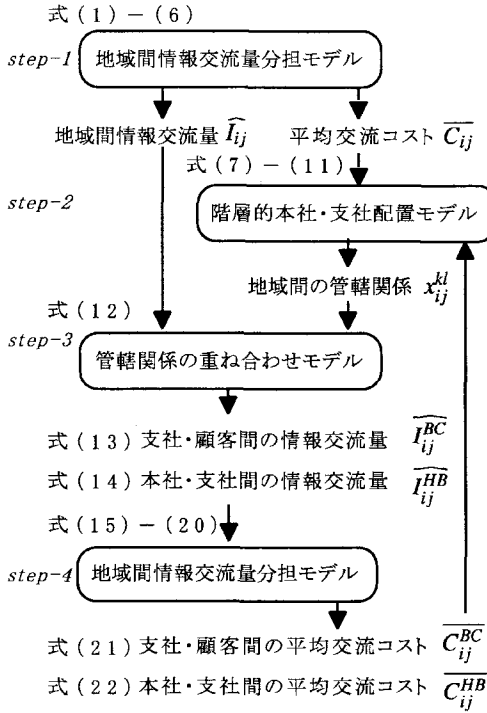


図 - 1 モデル間の変数の入出力関係

(3) 情報交流-立地統合モデル

式 (6) から $\overline{C}_{ij}$ を得て (step-1), これを階層的
本社・支社立地モデルのパラメータ C_{ij}^{BC} , C_{ij}^{HB} とし
て式 (7) を解き, R_l ごとの最適本社位置 δ_{kl} , 支社位
置 y_j^{kl} , 業務上のつながり x_{ij}^{kl} を得る (step-2) .

業務上のつながりがある都市間 ($x_{ij} = 1$) のみで
情報交流が行われると考えると, 情報交通量 $\widehat{I}_{ij}$ は,
 R_l ごとの x_{ij} の重ね合わせで表現できる.

$$\widehat{I}_{ij} = \sum_l \beta^l \left(\delta^{kl} W_i x_{ij}^{kl} + \delta^{jl} R_l \sum_{g \in l} W_g x_{gi}^{jl} \right) \quad (12)$$

右辺カッコ内の第1項は, ij 間の支社・顧客間の情
報交通量 I_{ij}^{BC} を表わし, 第2項は本社・支社間の情
報交通量 I_{ij}^{HB} を表わす. 制約付最小二乗法を用いて
式 (12) のパラメータ $\beta^l (\geq 0)$ の推定を行う. さらに
 β^l の推定値より, 以下の式を用いて I_{ij}^{BC} , I_{ij}^{HB} の推定

値を得る.

$$\widehat{I}_{ij}^{BC} = \sum_l \hat{\beta}^l \delta^{kl} W_i x_{ij}^{kl} \quad (13)$$

$$\widehat{I}_{ij}^{HB} = \sum_l \hat{\beta}^l \delta^{jl} R_l \sum_{g \in l} W_g x_{gi}^{jl} \quad (14)$$

支社・顧客間 (BC) と本社・支社間 (HB) では情報交
流の複雑さ ρ_{ij}^{BC} , ρ_{ij}^{HB} が異なると考えられる. そこ
で, 著者らの都市間情報交通量分担モデルを2つに
分けて以下のように考える.

$$TR_{ij} = \widehat{I}_{ij}^{BC} \int_{x_0}^{\infty} f^{BC}(x) dx + \widehat{I}_{ij}^{HB} \int_{x_0}^{\infty} f^{HB}(x) dx + \epsilon_{ijt} \quad (15)$$

$$TC_{ij} = \widehat{I}_{ij}^{BC} \int_0^{x_0} x f^{BC}(x) dx + \widehat{I}_{ij}^{HB} \int_0^{x_0} x f^{HB}(x) dx + \epsilon_{ijc} \quad (16)$$

$$f^{BC}(x) = \frac{2x}{(\rho_{ij}^{BC})^2} \exp \left(- \left(\frac{x}{\rho_{ij}^{BC}} \right)^2 \right) \quad (17)$$

$$f^{HB}(x) = \frac{2x}{(\rho_{ij}^{HB})^2} \exp \left(- \left(\frac{x}{\rho_{ij}^{HB}} \right)^2 \right) \quad (18)$$

$$\rho_{ij}^{BC} = \sqrt{\theta_{\max}^{BC} (Z_{\max})^2 + \theta_{\min}^{BC} (Z_{\min})^2} \quad (19)$$

$$\rho_{ij}^{HB} = \sqrt{\theta_{\max}^{HB} (Z_{\max})^2 + \theta_{\min}^{HB} (Z_{\min})^2} \quad (20)$$

$$\overline{C}_{ij}^{BC} = \frac{ccost_{ij} \widehat{I}_{ij}^{BC} + tcost_{ij} TR_{ij}^{BC}}{\widehat{I}_{ij}^{BC}} \quad (21)$$

$$\overline{C}_{ij}^{HB} = \frac{ccost_{ij} \widehat{I}_{ij}^{HB} + tcost_{ij} TR_{ij}^{HB}}{\widehat{I}_{ij}^{HB}} \quad (22)$$

TR_{ij} , TC_{ij} の実測値および $\widehat{I}_{ij}^{BC}$, $\widehat{I}_{ij}^{HB}$ を用いてパラメー
タ $\theta_{\max}^{BC}$, $\theta_{\min}^{BC}$, $\theta_{\max}^{HB}$, $\theta_{\min}^{HB}$ の推定を行う. さらに式 (21),
(22) より $\overline{C}_{ij}^{BC}$, $\overline{C}_{ij}^{HB}$ を得て (step-4), 再び階層的
本社・支社配置モデルに入力する.

step-2 から step-4 までを平均交流コストの推定
値 $\overline{C}_{ij}^{BC}$, $\overline{C}_{ij}^{HB}$ が収束するまで繰り返し, 得られた結
果をモデルシステムのアウトプットとする. 以上の
手順を図式化すると図-1 のようになる.

3. モデルの推定結果

交通量 TR_{ij} として, 1995 年の「幹線旅客純流動調
査」から沖縄を除く 46 都道府都市間の業務交通量

表-1 東京-他地域間の平均交流コスト $\overline{C_{ij}}$ と交通分担率

	$\overline{C_{ij}}$	交通分担率		$\overline{C_{ij}}$	交通分担率
1 神奈	416	1.61%	11 新潟	1572	9.96%
2 埼玉	465	1.72%	12 北海	1704	5.60%
3 千葉	494	1.76%	13 長野	1749	12.36%
4 栃木	683	9.30%	14 山形	2102	11.61%
5 群馬	769	9.00%	15 岩手	2103	9.00%
6 茨城	774	9.88%	16 青森	2150	7.40%
7 静岡	1032	11.17%	17 秋田	2437	9.35%
8 山梨	1336	14.93%	18 愛知	3430	22.29%
9 宮城	1505	9.60%	19 大阪	3904	18.96%
10 福島	1534	11.84%	20 岐阜	4014	23.65%

表-2 主な都道府県の本社・支社・管轄域

R_i	支社									
	本社	北海	宮城	東京	新潟	静岡	愛知	大阪	広島	福岡
0	鳥取	北海	宮城	東京	新潟	静岡	愛知	大阪	広島	福岡
0.1	東京	北海	宮城	東京	新潟	静岡	愛知	大阪	広島	福岡
0.2	東京	北海	宮城	東京	新潟	静岡	愛知	大阪	広島	福岡
0.3	東京	北海	宮城	東京	新潟	静岡	愛知	大阪	広島	福岡
0.4	東京	北海	宮城	東京	新潟	静岡	静岡	大阪	広島	福岡
0.5	東京	北海	宮城	東京	新潟	静岡	静岡	大阪	大阪	福岡
0.6	東京	北海	東京	東京	新潟	静岡	静岡	大阪	大阪	福岡
0.7	東京	北海	東京	東京	新潟	静岡	静岡	大阪	大阪	福岡
0.8	東京	東京	東京	東京	新潟	静岡	静岡	大阪	大阪	福岡
0.9	東京	東京	東京	東京	新潟	静岡	静岡	大阪	大阪	福岡

データを用いる。通信量 TC_{ij} としては、NTTの加入電話のうち事務用回線から発信された都道府都市間の通信トラフィックを、NTT以外の通信量を含めるように修正を行ったデータを用いる。step-1で用いる都道府県間交通・通信費用はいずれも1995年の値を用い、 $\overline{C_{ij}}$ の算出に用いる交通コスト $tcost_{ij}^*$ は、時間価値を40円/分として算出した。収束計算第1回目の計算結果を示す。

表-1に、step-1の情報交流量分担モデルから得られる東京とその他の道府県の $\overline{C_{ij}}$ 、および交通分担率 $\hat{c}_{ij}/\hat{f}_{ij}$ について、平均交流コストの小さい順に20道府県分の結果を示す。 $\overline{C_{ij}}$ は、ほぼ地理的近接の順に並んでいる。交通分担率は、 $\overline{C_{ij}}$ の順番と一

意には対応しておらず、関東周辺や東北地方の道県との間では比較的低い傾向が見られる。

$\overline{C_{ij}}$ をstep-2のモデルに入力した結果の本社・支社・管轄域について、表-2に示す。左端から R_i 、本社位置を示しており、3列目以降は、支社として1行目に示した都道府県が管轄される支社位置を示している。

これらの本社・支社・管轄域は、静岡を除いてほぼ現実的な配置となった。さらに、得られた管轄関係 x_{ij}^{kl} とstep-1で得られる $\hat{f}_{ij}$ からstep-3の回帰モデルを推定したところ、都道府県間の $\hat{f}_{ij}$ に対する $\overline{R^2}$ は0.5程度の値しか得られなかった。

4. おわりに

step-3の回帰モデルの適合度の低い理由は、step-2の階層的本社・支社立地モデルにおいて、支社立地費用 F_j と本社立地費用 D_k の人員規模を一律に仮定したため（支社30人/本社60人と仮定）、人員規模の違いによる業務ネットワークの違いを反映できていないためと考えられる。今後は、人員規模の違いで階層的本社・支社立地モデルを求解し、多様な地域間の管轄関係を入力してstep-3の回帰モデルを推定した結果に基づいてシミュレーションを行う必要がある。

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) 伊藤滋, 光多長温, 日端康雄: 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.
- 3) 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.
- 4) 日野正輝: 都市発展と支店立地, 古今書院, 1996.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 奥村誠, 端山裕章: 企業の生産活動を考慮した都市間業務旅客流動モデル, 応用地域学研究2, pp.169-178, 1996.
- 8) Erlenkotter, D. : A dual based procedure for uncapacitated facility location, Operations Research, vol.26, No.6, pp.992-1009, 1978.