

地域間情報交流の経年的分析¹
Longitudinal Analysis on Inter-regional Information Interaction

塚井誠人²・奥村 誠³
Makoto TSUKAI and Makoto OKUMURA

1. はじめに

1985年の電気通信制度改革は、通信の価格競争を促し、コストの低下をもたらした。他方で技術革新による通信機器（FAXや携帯電話、パソコン上の電子メール等）の開発、低価格化は、それらを広く普及させることに成功した。このような通信メディアの急速な進歩は、短期的にはコミュニケーションのあり方に影響を及ぼし、対面型コミュニケーションが代替されたり、補完関係が強化される等の影響を与えることが予想される。より長期的には、情報伝達能力が高く、低コストな通信ネットワークを前提として、地域間の業務活動分担が再編される可能性がある。具体的には、規模や管轄範囲など支店機能の変更や支店立地そのものの変更が考えられ、いずれの場合も地域間の情報交流が質的に変化する影響が表れる。このような情報交流の質的な変化を評価するためには、交流メディア間の短期的な代替・補完関係を分析しておく必要がある。

本研究は、筆者らが提案した業務における地域間情報交流流量モデル¹⁾を多時点のデータに対して適用し、情報交流活動の経年的変化を分析する。

以下、2.では本研究で適用するモデルについて触れる。3.では、地域間の通信情報交流の分析に用いるデータの説明を行う。4.ではモデルの推定結果を示し、5.では結論と今後の課題についてまとめる。

2. 地域間情報交流モデル

(1) 複雑性に応じた情報交流メディアの決定

提案した地域間情報交流流量分担モデルの詳細は既稿¹⁾に譲り、概略を示す。ある地域間、つまりあるODペアの情報交流を必要とする業務上の課題には、単純なものから複雑なものまでが混在しており、課題の複雑性の程度に応じて情報交流メディアが選択されるとする。具体的に、ある複雑性をもつ課題が与えられた場合を想定する。情報交流を交通を介して行うとすると、お互いが対面した状態で臨機応変のやり取りを行うことができるので、1回の交渉で課題が解決される。しかし仮にこの情報交流

を通信を介して行うとすると、最初の通信で、受け手が判断や意思決定を求められ、次いで1度回答を保留して検討を加え、さらに結果としての判断が次回に改めて情報伝達される、というプロセスを何回か繰り返す必要がある。

つまり、ある業務上の課題の解決に必要なやりとりの複雑さ：複雑性は、その交流を通信に置き換えたときの通信回数に反映されると考えられる。これらを以下の3つの仮定にまとめることができる。

仮定1：業務上の情報伝達メディアは、業務上の課題とといったある情報交流のまとまりを単位として選択される。

仮定2：1回の通信では、複雑性の低い情報交流しか、行うことができない。

仮定3：対面型コミュニケーション（交通）では、双方向のやりとりが可能なので、複数回の通信でしか実現できないような、複雑性の高い情報交流を行うことができる²⁾。

さらにODペアを与件とすると、そのODペアでの1回あたりの交通コストが通信コストの何倍であるかの比： x_0 、を求めることができる。この値は、OD間において複数回の通信と1回の交通がコスト面で無差別となる値を示している。課題の達成に必要な通信回数が x_0 を越える複雑な課題に関する交流は、交通で行ったほうがコストが小さい。逆に通信回数が x_0 以下である複雑性の低い課題は、交通1回に相当する交流全体を通信で行ったほうがコストが小さい。すなわち、課題の複雑性の分布を所与とすれば、 x_0 以下の複雑性を持つ課題の情報交流は通信で、 x_0 以上の複雑性を持つ課題の情報交流は交通で行われることとなる。

(2) モデルの定式化

仮定1に基づいて、地域 ij 間でやりとりされる業務上の課題（情報交流のまとまり）の数を情報交流流量 I_{ij} と定義し、重力モデル型の式を用いて定式化する³⁾。なお、本社が支社に対して指示を出すために支社の担当者を集める場合などを考えると、情報の流れる向きと通信やトリッ

¹Key words：都市の中核性、国土計画、分布交通

²正員、工博、広島大学工学部（〒739-8527
東広島市鏡山1-4-1、TEL&FAX 0824-24-7849）

³正会員、工博、広島大学助教授 工学部建設系

プの向きは必ずしも一致しないので、地域間の交流量は
 予め向きを区別をなくした3角OD表を用いることを前
 提として、モデルを定式化する。

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

ただし、添字ijは、地域を表わし、kは時点を表わす。

I_{ij}^k : 情報交流量

$N_i^k N_j^k$: 従業人口の積

d_{ij} : 距離

$ttime_{ij}^k, tcost_{ij}^k, ccost_{ij}^k$: 交通所要時間, 交通コスト, 通信コスト

Z_{max}, Z_{min} : 両ノードの中枢性のうち、高い方と低い方の値³⁾

S_{ij} : 企業組織のつながりを表わす変数⁵⁾

$\alpha^k, \gamma^k, \lambda^k, \psi^k, v^k, \phi^k, \mu_1^k, \mu_2^k, A^k$: パラメータ

ここで中枢性とは、各地域の業務活動の質的な差異を表現する総合的指標である。参考文献3) に示した方法により、弁護士数、損害保険額、証券会社店舗数、県内総生産、大規模店舗数などの変数から、主成分分析によって求めることができる。

ODごとの情報交流の複雑さの分布について既往の知見は存在しないので、ここでは中程度の複雑さの情報が多く発生していると考え、本研究では、単峰性の分布形を持つ形状パラメータ $m=2$ のワイブル分布を仮定する。なおワイブル分布は、「情報交流の複雑性は交流を行う2地域の認識のずれの大きさに比例する」という仮定に基づいて理論的に導出される⁴⁾。

$$C_{ij}^k = I_{ij}^k \int_0^{x_0^k} x_{ij}^k f^k(x) dx + \epsilon_{ij,c}^k \quad (2)$$

$$T_{ij}^k = I_{ij}^k \int_{x_0^k}^{\infty} f^k(x) dx + \epsilon_{ij,t}^k \quad (3)$$

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

C_{ij}^k : 通信回数

T_{ij}^k : 交通量

x_{ij}^k : 交流の複雑さ

x : 通信と交通のコスト比 ($x_0^k = tcost_{ij}^k / ccost_{ij}^k$)

σ_{ij}^k : 分布の尺度パラメータ

$\epsilon_{ij,c}^k, \epsilon_{ij,t}^k$: 誤差項

尺度パラメータ σ_{ij}^k は、交流の平均的な複雑性を表し、ワイブル分布を導く一連の仮定と整合的に(5)式として定式化される⁴⁾。

$$\sigma_{ij}^k = \sqrt{\sigma_i^k{}^2 + \sigma_j^k{}^2} \quad (5)$$

σ_{ij}^k : 地域i, 地域j内の、認識のばらつき大きさ

さらに σ_{ij}^k を、地域の中枢性の関数と考えると、(6)式を仮定する。

$$\sigma_{ij}^k{}^2 = \exp(\theta_{max/min}^k Z_{max/min}^k) \quad (6)$$

$\theta_{max/min}^k$: パラメータ

$Z_{max/min}^k$: 両ノードの中枢性

以上のモデルにおいて I_{ij}^k は全ての情報交流を交通で行った場合の回数を表わしており、観測交通量 T_{ij}^k と観測通信量 C_{ij}^k の単純な和とはならない。

一連のモデルを経年のデータに適用する際には、基本的には同一の年次kに対して(2), (3)式左辺の通信回数、交通量のデータが両方とも必要となる。しかし、電話会社によって集計される通信回数は毎年のデータが得られるものの、純流動ベースの交通量調査は5年に1度しか行われないため、同一の期間では交通データが欠損した年次が多く現れる。

そこで以下、両データの存在する年次については、通信回数、交通量に対してそれぞれ(2)式,(3)式を適用し、交通データが欠損した年次については、(2)式のみを適用し、全体を連立方程式として求解する。ただし、時点間の先後関係を明確にして推定を容易にするために、尺度パラメータ σ_{ij}^k に含まれるパラメータ $\theta_{max/min}^k$ について、以下のような線形変化を仮定した。

$$\theta_{max/min}^k = R + Qk \quad (7)$$

$k=0, \dots, 9$: 時点インデックス

R, Q : パラメータ

3. 実証分析データ

業務旅客交通のODは、1990年と1995年の「幹線旅客純流動調査」から、2時点の都道府県間の業務交通量データを用いる。ただし、都道府県内々の交通量および3大都市圏内部の都道府県間の交通量は、調査対象から除かれている。通信ODは、NTTの加入電話のうち事務用回線から発信された、都道府県間の通信トラフィックについて、1989年~1998年の10時点のデータを用いる。ただしこの10年間は、NTT以外の地域間通信会社が大きくシェアを伸ばした時期に当たり、NTT事務回線からのデータのみでは、地域間の通信回数を過小評価する危険がある。そこで、各時点の都道府県間通話(事務+住宅)におけるNTTシェアが、事務回線データに対しても同様に当ては

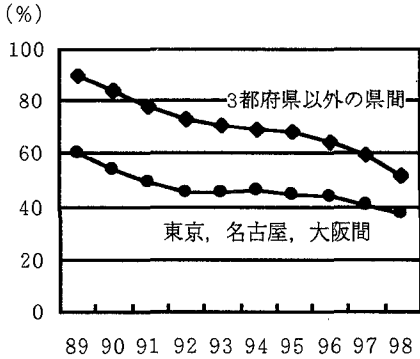


図-1 県間通話におけるNTTシェア (事務+住宅)

まると考えて、NTT以外の分を含めるように修正を行った(図-1)。ただし、3都府県間(東京、名古屋、大阪)のNTTシェアは、その他の地域間のシェアと比較して低いため、別途集計された値を用いて修正した。

以上の操作を行った通信データは、交通データとともに3角OD表化した。さらに交通データの集計単位に合わせて、沖縄県を除く46都道府県を単位とし、3大都市圏内々と極端に交流量の少ないODペアを除いた990のODペアに対して分析を行った。

4. 地域間情報交流モデルの推定結果と考察

交通データ2時点(1990年、1995年)、通信データ10時点(1989年~1998年)の計12本の連立方程式に対して非線形3段階最小二乗法を適用した推定結果を表-1に示す。モデルの適合度を表す重相関係数は、通信データに対して各年次とも0.8以上、また交通データに対しては、0.7程度の良好な値となった。なお、通信コストと交通時間のパラメータは年次によって符号が安定せず、説明力も弱いため、モデルから除外した。したがって地域間のネットワークサービス水準のうち、情報交流量の発生に有意な影響を及ぼすのは、交通コストのみである。交通コストパラメータは負で有意な値をとり、経年的に安定している。組織のつながりは正で有意な値を示し、安定している。地域の業務管轄構造が交流量の発生に与える影響は、この期間で大きく変化していない。距離パラメータも安定的で、ほぼ-1に近い値を示しており、交流量は距離の逆数に比例して減衰するという結果となった。従業人口積も1.2~1.3程度の値で安定しており、1に対して有意に大きいことから、交流量は人口規模に対して逡増的に発生することを示している。

パラメータ推定値のうち、経年的に安定していなかった中枢性パラメータ、定数項の推定値の変化について図-2に示す。情報交流量 I_{ij}^k に含まれる中枢性パラメータは、中枢性(大)、中枢性(小)ともに大きな変化を示した。

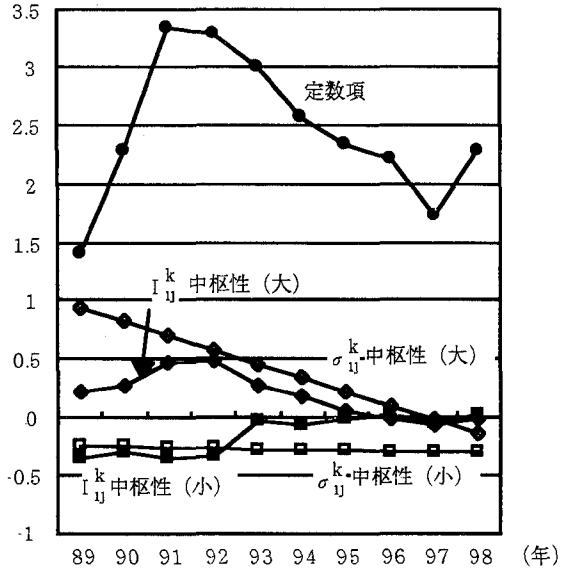


図-2 パラメータ推定値の経年変化

中枢性(大)の推定値は、1994年までは正で有意な値をとっていたものの、1995年以降はほぼ0に近い値となった。対照的に中枢性(小)の推定値は1992年まで負で有意な値をとっていたのに、1993年以降ほぼ0に近い値をとるようになった。前半の期間において、中枢性(大)が正、中枢性(小)が負であったことから、中枢性の差が大きい地域間ほど発生する交流量が多い。しかしこのような関係は1993~95年以降では見られなくなり、交流の発生は中枢性に依存しなくなったことを示している。なお定数項は、平均的な交流発生量を表わす。

交流の複雑性を表す尺度パラメータ σ_{ij}^k に含まれる中枢性パラメータのうち、中枢性(大)の推定値は、1989年の正の値から減少傾向を示し、1998年には0付近の値を示した。すなわち、ODの2都市に中枢性の高い都市を含む場合に、情報交流が複雑であるという傾向は経年的に弱まっている。一方、中枢性(小)の推定値は経年的に安定していて、負の値をとり続けた。これは2都市とも中枢性が高いほど(例:東京と大阪)、情報交流の複雑性はより低くなることを意味する。

以上のことから、90年代初頭では中枢性の差が大きいOD間ほどより複雑な情報交流が行われていたのに対して、90年代中盤以降はこの傾向が薄れ、中枢性の高い都市間の交流ほど、複雑性が低いことという傾向が見られる。

このような傾向の原因として、以下の2つの仮説が考えられる。ひとつは、地域間で業務の専門化が進み、中枢性の低い地方都市が中枢性の高い大都市との間で直接

表-1 地域間情報交流モデルの推定結果

説明変数	推定値 ※1									
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
交通コスト	-0.220 **	-0.187 **	-0.187 **	-0.207 **	-0.200 **	-0.254 **	-0.275 **	-0.272 **	-0.272 **	-0.274 **
	(-6.79)	(-5.72)	(-6.21)	(-6.86)	(-7.48)	(-10.45)	(-11.66)	(-11.60)	(-11.38)	(-10.51)
組織の つながり	1.362 **	1.350 **	1.320 **	1.313 **	1.324 **	1.319 **	1.287 **	1.312 **	1.322 **	1.357 **
	(10.13)	(10.06)	(10.07)	(9.92)	(10.05)	(10.02)	(9.92)	(10.07)	(10.07)	(10.15)
中枢性 (大)	0.214 **	0.279 **	0.474 **	0.487 **	0.271 **	0.178 **	0.060	-0.021	-0.065	-0.006
	(3.21)	(4.11)	(7.56)	(7.33)	(4.34)	(2.87)	(0.94)	(-0.32)	(-0.86)	(-0.06)
I_{ij}^k 中枢性 (小)	-0.351 **	-0.308 **	-0.356 **	-0.328 **	-0.023	-0.065	-0.019	0.016	-0.046	0.028
	(-4.94)	(-4.37)	(-5.54)	(-5.14)	(-0.37)	(-0.99)	(-0.28)	(0.22)	(-0.56)	(0.30)
距離	-0.927 **	-0.965 **	-1.024 **	-1.017 **	-0.955 **	-0.953 **	-0.923 **	-0.937 **	-0.949 **	-0.947 **
	(-26.45)	(-27.47)	(-30.79)	(-30.47)	(-30.30)	(-31.23)	(-30.54)	(-30.81)	(-30.78)	(-29.92)
従業人口積	1.262 **	1.215 **	1.187 **	1.205 **	1.233 **	1.252 **	1.244 **	1.247 **	1.257 **	1.261 **
	(68.96)	(66.78)	(67.67)	(68.18)	(70.80)	(72.22)	(72.83)	(72.88)	(73.10)	(72.34)
定数項	1.398 **	2.285 **	3.340 **	3.286 **	3.002 **	2.566 **	2.328 **	2.214 **	1.718 **	2.278 **
	(2.84)	(4.68)	(7.38)	(7.12)	(6.69)	(5.69)	(5.07)	(4.78)	(3.65)	(4.71)
σ_{ij}^k 中枢性 (大)				0.944 *	/	-0.121 **	: A/B ※2			
				(2.06)		(-2.68)				
σ_{ij}^k 中枢性 (小)				-0.248 **	/	-0.007				
				(-111.26)		(-1.89)				
重相関 (通信)	0.854	0.842	0.850	0.851	0.854	0.860	0.857	0.853	0.853	0.850
係数 (交通)		0.680				0.767				
サンプル数	990									

※1 () 内: t 値, *: 5%有意, **: 1%有意

※2 σ を説明するパラメータには、年次をk, パラメータ値を σ_k とした線形制約を加えた

$\sigma_k = P + Qk$, A: 切片パラメータ, B: 勾配パラメータ, $k=0, 1, \dots, 9$

やりとりしていた複雑性の高い情報が、中程度の中枢性を有する中枢都市を経由するようになり、中枢性の高い都市同士の情報交流が単純化されるようになったという仮説である。この仮説に従うと、もともと大都市が果たしていた複雑な情報を処理する機能の一部が中枢都市に移管されたと考えられる。すなわち中枢都市は、下位の地方都市とのやり取りの中で比較的複雑な情報を処理し、上位の大都市に対しては、規格化した比較的複雑性の低い情報を交流するという役割を果たすように変化しと考えられる。

もうひとつは、インターネットやe-mailなどの新しいメディアが、中～高位の複雑性を有する情報交流を肩代わりするようになったとの仮説である。これらのメディアは、通常、比較的中枢性の高い都市でより早く普及すると考えられる。この場合中枢性の高い都市同士の交流ほど量的に減少するとともに、見掛け上の複雑性が低くなると期待され、上述の結果と符合する。

5. 結論

分析の結果、交通コストや組織のつながり、距離、従業人口積等の説明変数は推定値が経年的に変化せず、地域間の情報交流の発生に安定的に影響を及ぼしていること

が明らかとなった。また、都市の中枢性が情報交流の発生量に与える影響は経年的に弱くなり、中枢性に依存しなくなる傾向が見られた。

さらに都市の中枢性が情報交流の複雑性に及ぼす影響に関して、2種の仮説が考えられるが、いずれの仮説が妥当するかについては、今後別種のデータを加えて精査する必要がある。

参考文献

- 1) 塚井誠人, 奥村誠 (1999): 情報交流の複雑性を考慮した地域間情報交流量の分担モデル, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp.483-486
- 2) Daft, R. and Lengel, R. (1986): Organizational Information Requirements, Media Richness and Structural Design, Management Science, vol.32 A, No.32, pp.554-571
- 3) 奥村誠, 端山裕章 (1996): 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
- 4) 谷村秀彦, 梶秀樹, 池田三郎, 腰塚武志 (1986): 都市計画数理, 朝倉書店
- 5) 阿部和俊 (1992): 日本の都市体系研究, 地人書房, pp.132-134, 1992