

地域間交通と通信パターンの経年的分析

広島大学工学部 学生員 ○中嶋 将治
 広島大学工学部 正会員 奥村 誠
 広島大学工学部 正会員 塚井 誠人

1. はじめに

近年、新しい通信技術（インターネットなど）の導入が進み、コミュニケーション手段が多様化してきた。

実際の企業間の情報交流では、交通を介して行われる face to face の面談を含めて、情報の内容によりメディアを使い分けられていると考えられる。情報ネットワークの整備のために、通信、交通の分担について分析を行い、経年的な情報交流の変化を捉える必要がある。

本研究では、情報交流手段分担のメカニズムを仮説に基づいて定式化し、多時点のデータに対してモデルを適用することで、情報交流の経年的変化を実証分析すること、仮定の検証を行うことを目的とする。

2. 業務における情報交流行動の仮定

実際の業務において、「合意形成」を含む交流はやりとりの複雑さが高いため、主に face to face の面談によって情報交流が行われている。仮にこの交流全体を通信で代替すると、多くの通信回数が必要となり、やりとりが複雑になるとさらに通信回数が増すと考えられる。

以上のことをまとめ、企業のコスト最小化行動に基づく情報交流行動の仮定を述べる。

仮定①地域 i, j 間で発生する情報交流には、やりとりが簡単な内容のものから複雑な内容のものまで含まれ、中程度の複雑さの交流が多い。

仮定②1回の交通による情報交流では、1回の通信による情報交流よりも、複雑さの高い情報交流を行うことができる。

仮定③ある業務における交流の複雑さは、その交流をすべて通信で行った時に必要な通信回数（ x 回）で表される。

コスト最小化により交流手段は、地域 i, j 間のコスト比 x_0 （1回の交通コスト＝ x_0 回の通信コスト）に基づいて分担される。

例えば、情報交流の複雑さ x が x_0 未満であれば通信による交流の方がコストが低く、通信が選ばれる。反対に、 x がコスト比 x_0 以上であれば交通による交流の方がコストが低くなるため交通が選ばれる。

3. 地域間情報交流量モデルの定式化

（1）地域間情報交流量分布モデルの定式化

地域 i, j 間の情報交流量分布モデルを次のような重力モデルで定式化する。

$$I_{ij} = A \cdot (N_i \cdot N_j)^{\alpha} \cdot (d_{ij})^{\beta} \cdot \text{time}_{ij}^{\gamma} \cdot \text{tcost}_{ij}^{\psi} \cdot \text{ccost}_{ij}^{\phi} \cdot \exp(\lambda \cdot S_{ij}) \cdot Z_{\max}^{\eta_1} \cdot Z_{\min}^{\eta_2} \quad (1)$$

I_{ij} ：地域 i, j 間の情報交流量、 N_i, N_j ：地域 i と地域 j の従業人口の積、 d_{ij} ：地域 i, j 間の距離、 time_{ij} ：地域 i, j 間の交通所要時間、 tcost_{ij} ：地域 i, j 間の交通コスト、 ccost_{ij} ：地域 i, j 間の通信コスト、 $Z_{\max}$ ：地域 i, j のうち中枢性の高い地域の中枢性、 $Z_{\min}$ ：地域 i, j のうち中枢性の低い地域の中枢性、 S_{ij} ：地域 i, j 間の企業組織のつながり、 $\alpha, \beta, \gamma, \psi, \phi, \eta_1, \eta_2$ ：パラメータ

（2）地域間情報交流量分担モデルの定式化

中程度の複雑性の交流が多いこと（仮定①）を表すために、ある地域 i, j 間の交流において、情報交流の複雑性の分布は、(2)式の確率密度関数に従い、図1のような形のワイブル分布と仮定する。

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

(2)式の ρ_{ij} は、分布の形状を左右するパラメータであり、(3)式のように定式化する。

$$\rho_{ij} = \exp\left(\sum_k \theta_k \cdot v_{ijk}\right) \quad (3)$$

θ_k ：パラメータ v_{ijk} ：説明変数

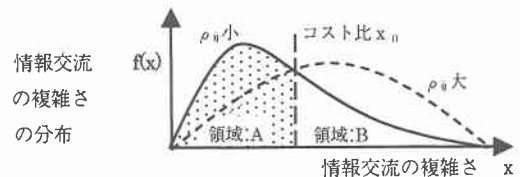


図1 情報交流の複雑性の分布

図1において、領域Aは、通信による交流分を表し、観測される通信回数 C_{ij} は領域Aの1次モーメント（複雑性の平均）と交流量 I_{ij} を乗じたものに等しい。領域B

は、交通による交流分を表し、観測される交通回数 T_{ij} は領域 B の 0 次モーメント(面積)と交流量 I_{ij} を乗じた形となる。すなわち、次の(4)(5)式が成り立つ。

$$C_{ij} = I_{ij} \cdot \int_0^{x_0} x \cdot f(x) dx + \varepsilon_{C_{ij}} \quad (4)$$

$$T_{ij} = I_{ij} \cdot \int_0^{x_0} f(x) dx + \varepsilon_{T_{ij}} \quad (5)$$

I_{ij} : 地域 ij 間の情報交流量, C_{ij} : 地域 ij 間の通信回数, T_{ij} : 地域 ij 間の交通回数, x : 情報交流の複雑さ, x_0 : 通信と交通のコスト比, $\varepsilon_{C_{ij}}$, $\varepsilon_{T_{ij}}$: 誤差項

直接観測される通信回数: C_{ij} と交通回数 T_{ij} を用いて、(4)(5)式の誤差項の二乗和を最小とするように(1)(3)式に含まれるパラメータを推定する。

4. 多時点データによるモデルの推定方法と結果

交通回数: T_{ij} は 1990 年, 1995 年の「幹線旅客純流動調査」のデータを用いる。通信回数: C_{ij} として、NTT「事務用」回線から発着信している都道府県間における通話回数のデータ(1989 年-1998 年)を用いる。

(1) 推定方法

(4)(5)式に(1)(2)式を代入して整理する。これらの式をデータ(通信回数: 10 時点, 交通回数: 2 時点)に適用して、12 本の方程式を得る。これらの連立方程式に推定の容易さを考慮して各年次のパラメータが線形変化するという制約を加え、非線形三段階最小二乗法によるパラメータの同時推定を行う。

(2) 推定結果

表 1 より、モデルの重相関係数は高い値を示している。表 2 よりパラメータは、ほぼ有意であった。

情報交流量に対して、距離、都市の中枢性の影響が少なくなり、交通コスト、定数項の影響が大きくなった。変化率が有意とならず安定して影響しているのは従業人口、通信コスト、組織上のつながりである。

情報交流の複雑性に対して、定数項の影響が大きくなった。変化率が有意とならず安定して影響しているのは組織上のつながり、都市の中枢性である。

(3) 考察

情報交流量に対する交通コスト、距離の経年変化

より、情報交流は、従来距離の制約を受けていたが、交通のサービス水準による影響を受けるようになったと考えられる。

情報交流量に対する都市の中枢性の経年変化より、情報交流が集積の高い都市に集中する傾向が弱まったと考えられる。

情報交流の複雑性に対する定数項の経年変化より交流の複雑性は高まっているが、10 年間で NTT「事務用」回線と業務交通を介した情報交流が複雑になったとは考えにくい。したがって、今回のデータに含まれない E-mail、携帯電話などにより、比較的単純な情報交流が行われるようになったことを反映していると考えられる。

表 1 重相関係数(適合度)

	1989 年	1990 年	1991 年	1992 年	1993 年
通信回数モデル	0.876	0.865	0.867	0.869	0.878
交通回数モデル	-	0.696	-	-	-

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年
通信回数モデル	0.879	0.879	0.878	0.877	0.879
交通回数モデル	-	0.783	-	-	-

表 2 多時点地域間情報交流量モデルの推定結果

	説明変数	1989 年の推定値	変化率 (傾き)
情報交流量 I_{ij}	交通コスト	-0.197 **	-0.012 **
	通信コスト	-0.225 **	-0.003
	中枢性 (高)	0.268 **	-0.034 **
	中枢性 (低)	-0.550 **	0.071 **
	距離	-0.959 **	-0.016 **
	従業人口	1.189 **	-0.0001
	定数項	2.092 **	0.074 *
情報交流の複雑性 ρ_{ij}	組織上のつながり	1.485 **	-
	定数項	0.755 *	0.048 **
	中枢性 (高)	0.385 **	-
	中枢性 (低)	-0.558 **	-
	組織上のつながり	-0.369 **	-

サンプル数 990, * 5%有意, ** 1%有意

5. 結論

業務上の情報交流の経年的分析より、地域間の結びつきは「距離」の近さに代わって、「交通利便性」の高さの影響を強く受けるようになった。一方で集積の高い都市に情報が集中する傾向は弱まっており全体として並列的分散の傾向が見られる。

今回データの得られなかった E-mail、携帯電話は、比較的簡単な交流を担っていると考えられる。