

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  
A transportation - communication media split model in regional interaction  
considering complexity of knowledge exchange \*

塚井 誠人\*\*, 奥村 誠\*\*\*  
Makoto TSUKAI and Makoto OKUMURA

1. はじめに

我が国では分散型の国土構造が提唱されており、通信や交通のネットワークを適切に整備する必要がある。

本研究は、地域間の情報交流のうち業務目的のものを取り上げ、通信・交通ネットワークを介した交流量をモデル化して、その定量的な分析を試みる。

2. では情報交流における交通と通信の役割に関する既存の研究を整理し、その分担が決定されるメカニズムを考察する。これをもとに3. では情報交流量分担モデルを定式化する。4. ではモデルの推定結果を示し、5. では結論とともに、今後の課題を述べる。

2. 業務における情報交流

(1) 通信と交通の代替性・補完性と情報の質

通信と交通の間の代替性、補完性に関して多くの研究が行われてきた。最近の研究によれば、伝達コストだけではなく、そこで伝えられている情報の質や複雑さが両者の分担に影響していることが指摘されている。

文<sup>1)</sup>は、都市内に立地する企業間の情報伝達について、その内容を伝えるために必要な時間によって交流の複雑性を定義し、ある質的レベルqのコミュニケーションを行う頻度が密度関数n(q)に従うと仮定して、通信費用の変化に伴う企業のメディア選択と立地行動の変化について分析を行った。しかしこの研究では、データによる実証分析は行われていない。

(2) 交流手段と交流の複雑性

Olanian<sup>2)</sup>は、複数のグループに課題を与え、一方には通信を、他方にはface to face meetingを介した解決策の提案を行わせた後、各々の交流手段の満足度についてアンケートを行った。その結果、face to face meetingは「議論の深まり」に関する評価が高く、通信ではそ

の評価は低かったと述べている。このことから、課題の解決を図るといった複雑性の高い交流が要求される場合、繰り返し通信を行っても、議論を深めることは難しいと考えられる。

本研究で取り上げる業務上の情報交流にも、課題の解決や議論が含まれることが多い。このとき、課題解決が1回の情報伝達で行われるとは考えにくい。なぜなら、情報の受け手がその情報に対する判断や意思決定を求められると、多くの場合、一度回答を保留して検討を加え、その結果としての判断が改めて情報伝達されるからである。業務プロジェクトはこの繰り返しによって推進されると考えられる(図1)。

したがって業務上の情報伝達メディアは、個々の情報伝達を単位に選択されるのではなく、あるプロジェクト(業務上の課題)を単位として選択されると考えられる。コストが低下し、1回あたりの通信時間を長くしたり、送信できる文書の量(bit数)を増加させることができたとしても、複雑な業務の場合、1回の情報伝達では目的は達成できない。

一方face to face meetingは、相手の反応を見ながら臨機応変に判断を行うことができ、次の伝達情報を変えられることができる。また、1対多あるいは多対多の個人間での情報交換が可能であり、その場で議論、検討を深めて、意思決定や合意を行うことができる。

そこで本研究では、以下「複雑性」という用語を、

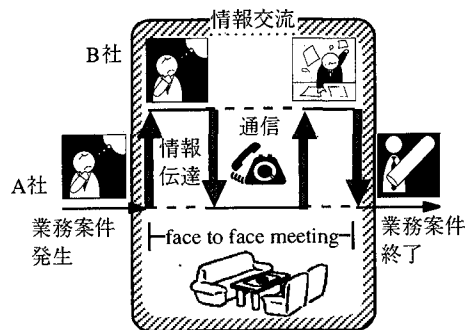


図1 複数の情報伝達を含む交流の例

\* Key words : 交流の複雑性, 分布交通, 国土計画

\*\* 正員, 工修, 広島大学工学部  
(東広島市鏡山 1-4-1, TEL&FAX 0824-24-7849)

\*\*\* 正員, 工博, 広島大学工学部  
(東広島市鏡山 1-4-1, TEL&FAX 0824-24-7828)

「1回の face to face meeting で行われる情報交流に含まれる、意思決定に必要なやりとりの複雑さ」と定義し、何回の情報伝達により業務上の目的が達成できるかによって、計測されるものとする。

つまり、1回の face to face meeting (交通) を通信によって代替する場合に、交流の複雑性に応じた複数回の通信が必要となるとして、モデルの定式化を行う。

### 3. 地域間情報交流量モデル

#### (1) 情報交流量発生モデルの定式化

奥村・端山<sup>3)</sup>は、知識や情報の投入を考慮して、企業の都市間の業務交流量の重力モデルを誘導し、1990年の都道府県間の業務トリップに当てはめて良好な結果を得ている。本研究も、情報交流量の発生に関してはこの定式化を踏襲する。なお、情報の流れる向きとトリッ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の区別をなくした3角OD表の形にしたうえで、モデルを適用する。

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

$I_{ij}$ : 地域  $ij$  間の交流量

$N_i, N_j$ : 地域  $ij$  の従業人口の積

$d_{ij}$ : 地域  $ij$  間の距離

$t_{time\ ij}$ ,  $t_{cost\ ij}$ ,  $ccost_{ij}$ :  $ij$  間の交通所要時間, 交通コスト, 通信コスト (3分間)

$Z_{max}$ ,  $Z_{min}$ : 地域の中樞性

$S_{ij}$ : 企業組織のつながりを表わすダミー変数<sup>4)</sup>

$A, \alpha, \beta, \gamma, \lambda, \psi, \phi, \eta_1, \eta_2$ : パラメータ

#### (2) 情報交流量分担モデルの定式化

ここでは文によって提案された、交流の質が密度関数に従って分布するという考え方をを用いる。あるODペア間で発生する情報交流には複雑性の低いものから高いものまでが混在していると仮定する。このとき、複雑性の高い情報の交換には複数回の通信が必要である。1回あたりの交通コストが通信コストの  $x$  倍であるとき、複雑性が  $x$  を越えると、複数回の通信よりも1回の交通が効率的となる。

ODごとの情報交流の複雑さの分布についてア・プリアリな知見は存在しないが、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、推定の容易さも考慮して単峰性の分布形を持つ形状パラメータ=2のワ

イブル分布を仮定する。以上の考え方を図2に示す。

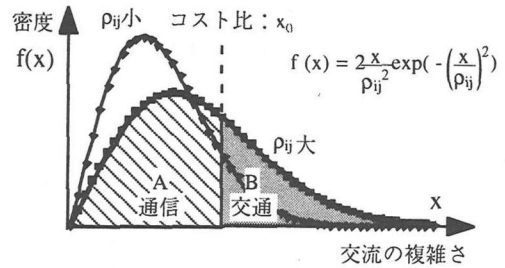


図2 交流の複雑さと通信・交通の分担関係

$$C_{ij} = I_{ij} \int_0^{x_0} x \cdot f(x) dx \quad (2)$$

$$T_{ij} = I_{ij} \int_{x_0}^{\infty} f(x) dx \quad (3)$$

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

$C_{ij}$ : 地域  $ij$  間の通信回数

$T_{ij}$ : 地域  $ij$  間の交通回数

$x$ : 交流の複雑さ

$x_0$ : 通信と交通のコスト比

$\rho_{ij}$ : 地域  $ij$  間の尺度パラメータ

図2のAは、全交流量の中で通信によって分担される領域を表している。このとき、観測される通信回数は(2)式のように、交流の複雑さの密度関数:  $f(x)$  の1次モーメントを、 $0 \rightarrow x_0$  の範囲で積分した値と、交流量 ( $I_{ij}$ ) の積によって表わされる。

また図2のBは全交流量の中で交通によって分担される領域を表す。こちらは(3)式のように、Bの領域 ( $x_0 \rightarrow \infty$ ) の面積と交流量 ( $I_{ij}$ ) の積が、そのまま交通回数 (トリップ数) として観測される。

なお、分布の尺度パラメータ ( $\rho_{ij}$ ) は交流の複雑さを表わし、地域  $ij$  間の関係によって異なると考えられるため、ODペアごとに異なる変数として設定した。

$$\rho_{ij} = \exp\left(\sum_k \theta_k v_{ijk}\right) \quad (5)$$

$\theta_k$ : パラメータ  $v_{ijk}$ : 説明変数

以上のモデルにおいて  $I_{ij}$  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、交通量  $T_{ij}$  と通信量  $C_{ij}$  の単純な和とならないため、直接観測されないことに注意する必要がある。

#### 4. モデルの推定結果と考察

##### (1) データ

業務旅客交通のODは、1995年の「幹線旅客純流動調査」から、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。一方通信ODはNTTの調査から、加入電話のうち事務用回線で発着した、都道府県間の通信回数(1995年)を用いる。交通データの集計単位に合わせて、以下、沖縄県を除く46都道府県を単位として分析を行う。

地域の中枢性を表わす変数である  $Z_{ij}$  は、地域の労働力や都市機能の質的な違いを反映した潜在変数である。本研究では、奥村・端山ら<sup>3)</sup>の研究において提案された方法に従い、SPSSのLISREL7を用いて、1人当たりの弁護士数、損害保険額、証券店舗数、県内店舗数、大規模店舗数を観測変数として1995年の値を推定した。

着地アクセス ( $H_j$ ) はノード周辺の中枢性の高さを示しており、地図上におけるノードの隣接関係(地図パターン)の影響を表わす。これは次式で定義される。

$$H_j = \sum_{k \neq j} \frac{Z_k}{D_{kj}} \quad (6)$$

$D_{kj}$ : ゾーンkj間の距離

さらに企業の組織上の繋がりを表わすため、阿部の企業組織の管轄地区分に関する研究成果<sup>4)</sup>に基づき、組織のつながりを表わすダミー変数を用いた。

##### (2) 推定結果

(1) ~ (4) 式のパラメータは、連立方程式に対する非線形一般化最小二乗法(3SLS)を用いて同時推定した。外生変数は、(2)、(3)式左辺の地域ij間の通信フロー:  $C_{ij}$  と交通フロー:  $T_{ij}$  であり、これらの式を対数化して推定を行った。交通と通信のフローの間の分散異質性と誤差相関は、残差の共分散行列を重み行列として用いることで、直交化される。推定には統計パッケージソフトTSPver.4.2を用いた。

推定結果を表1に示す。モデルの適合度を表わす重相関係数は、通信量、交通量とも高い値を示しており、現況をよく再現している(図3)。

設定したパラメータの符号に論理矛盾はなく、 $p_{ij}$  に対する中枢性以外のパラメータは、有意なt値が得られた。なお、交通量( $I_{ij}$ )に対する通信コストのパラメータは符号条件を満足せず、t値が非常に低かったためモデルから除外した。

表1 地域間情報交流モデルの推定結果

説明変数	推定値	t 値
Iij	交通コスト	-0.522** (7.28)
	交通時間	-0.207** (4.11)
	中枢性(大)	0.332* (2.43)
	中枢性(小)	-0.547** (3.70)
	組織のつながり	1.400** (9.88)
	距離	-0.777** (12.94)
	従業人口積	1.178** (52.08)
	定数項	2.663* (2.54)
p <sub>ij</sub>	組織のつながり	-0.408** (7.70)
	着地アクセス	-0.181** (3.24)
	中枢性(大)	0.097 (1.25)
	中枢性(小)	-0.021 (0.22)
	定数項	0.841 (1.86)
通信量モデルR <sup>2</sup>	0.886	
交通量モデルR <sup>2</sup>	0.769	
サンプル数	990	

\*: 5%有意, \*\*: 1%有意

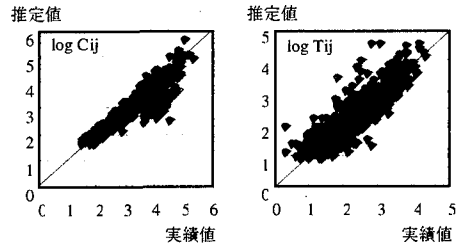


図3 モデルの再現結果

交通量  $I_{ij}$  に影響するパラメータはほぼ全てが1%有意となった。都市の中枢性のパラメータは、両都市の中枢性に開きが大きいほど、多くの情報交流が発生することを示している。交通コストや交通時間、距離等は、交通量の減衰要因として働く。また組織のつながりのあるODペアは、交通量が増加する。従業人口積のパラメータは、t検定を行ったところ1に対して有意に大きい結果が得られ、従業人口に対して交通量は相乗的に増加する結果となった。

分布のパラメータ  $p_{ij}$  に影響する変数では、組織のつながりのパラメータが負で有意となり、より単純な案件が多くなることを示している。着地アクセスパラメータは負で有意となり、地図パターンの影響が見られる。

モデルを用いた現況再現の一例として、表2に各都道府県の東京に対する情報交流の特性を示す。「通信複雑性:  $f_{cj}$ 」は(7)式で定義され、そのODペアで行われている通信交流の平均の複雑性を表わしている。

「通信分担:  $rc_{ij}$ 」は(8)式で定義され、全交通量に占める通信の分担率を表わす。前述した尺度パラメー

タの「 $\rho_{ij}$ 」は、あるODペアの全交通量の複雑性を表わしており、値が大きいほど複雑性が高い。

$$fc_{ij} = \frac{\int_0^{x_0} x \cdot f(x) dx}{\int_0^{x_0} f(x) dx} = \frac{C_{ij}}{I_{ij} - T_{ij}} \quad (7)$$

$$rc_{ij} = \int_0^{x_0} f(x) dx = \frac{I_{ij} - T_{ij}}{I_{ij}} \quad (8)$$

この結果から、通信を介して行われる交流は東京から大きく離れた地域で複雑性が高く、交流全体の複雑性にも同様の傾向が見られることがわかる。新潟県、静岡県、長野県は、1) 通信の分担率が高い、2) 東京との交通量が大きい、3) 通信の複雑性が低い、4) 交流全体の複雑性も低い、という共通の傾向が見られる。これらの地域の企業は、東京の中核機能に依存しているため、規格化の可能な単純な情報交流が多く含まれていると考えられる。ただし、茨城や福島といった県は、通信の分担率も低く、比較的複雑な情報が交通を介して交流されている。交流の複雑性は東京からの距離に依存するというよりも、交通ネットワークの違いや、企業の業務ネットワーク上の、東京との機能分担の違いを表わしていると考えられる。

### (3) シミュレーション

モデルを用いて、交流のコストが変化した場合のシミュレーション結果を表3に示す。交通、通信のそれぞれについて、全ODのコストが一律に5%低下したと仮定して計算を行った。

通信コストの変化は分担の変化にのみ影響するのに対して、交通コストの低下は分担の変化と交通量： $I_{ij}$ の誘発をもたらす。交通コストの変化は、主として遠隔地との交流に影響を及ぼす。表2との比較から、熊本や長崎は、もともと複雑性の高い情報まで通信を介して交換されていたため、東京に対しては潜在的な交通需要の高い地域であると考えられる。通信コストの変化による影響を大きく受けるのは、新潟や静岡や長野である。現況でも通信の分担率は高いが、潜在的な通信需要も高い地域であると考えられる。

反対に北関東や東北地方の南側の諸県は、情報交流の価格弾力性が低い。これらの地域は東京との距離が近く、5%に相当するコストの変化量の絶対値が小さいこと、東京との中枢性の差がきわめて大きいため、業

表2 現況の東京に対する情報交流

順位		通信複雑性	通信分担	$\rho_{ij}$	$I_{ij}$
1	熊本県	47.88	79%	5.70	2027
2	長崎県	37.27	71%	5.77	2101
3	北海道	36.97	68%	5.95	14867
40	静岡県	15.33	86%	3.72	314965
41	長野県	14.24	84%	3.71	111766
42	山梨県	12.90	81%	3.67	76057
1	新潟県	16.90	88%	3.78	84835
2	静岡県	15.33	86%	3.72	314965
3	長野県	14.24	84%	3.71	111766
40	茨城県	22.60	60%	5.61	89363
41	山形県	22.39	59%	5.69	7979
42	福島県	20.86	56%	5.72	21781
1	北海道	36.97	68%	5.95	14867
2	青森県	32.90	66%	5.89	3998
3	岩手県	29.15	64%	5.84	5562
40	静岡県	15.33	86%	3.72	314965
41	長野県	14.24	84%	3.71	111766
42	山梨県	12.90	81%	3.67	76057
全国平均		29.39	69%	5.50	2902

表3 東京に対する交流コストの変化の影響

順位	交通コスト5%低下		通信コスト5%低下			
	交通量	通信量	交通量	通信量		
1 熊本県	20.7%	17.3%	新潟県	-3.9%	0.8%	
2 長崎県	18.3%	15.1%	静岡県	-3.8%	0.8%	
3 鹿児島県	18.2%	15.1%	長野県	-3.7%	0.9%	
40 群馬県	12.6%	9.5%	茨城県	-1.7%	1.0%	
41 栃木県	12.6%	9.5%	山形県	-1.7%	1.1%	
42 茨城県	12.1%	9.0%	福島県	-1.6%	1.1%	
全国平均		16.7%	13.4%	全国平均	-2.0%	0.9%

務ネットワーク上東京と交通を介した固定的な交流を行う必要があることを反映していると考えられる。

### 5. おわりに

本研究は、業務における地域間の情報交流について、交流の複雑性を定義して、これを考慮した情報交通量の分担モデルの推定を行った。

今後は、情報交流の時系列的な変化について分析を加える必要がある。

### 参考文献

- 1) 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，10，1992
- 2) Olanian B. A：A model of group satisfaction in computer-mediated communication and face to face meetings，Behavior and Information Technology，15-1，1996
- 3) 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2，1996
- 4) 阿部和俊：日本の都市体系研究，地人書房，1992