調査研究論文

大阪大学大学院国際公共政策研究科助教授 郵政研究所客員研究官 今川 拓郎

- ① IT (情報通信技術)の進展に伴い、IT が交通や都市に与える影響についての関心が 高まりつつある。
- ② 通信には、交通と代替的な利用形態のみならず補完的な利用形態も存在すると考えられ、 その双方の多寡によって通信技術の交通へのインパクトが決まってくる。
- ③ 我が国のデータを使って実証分析を行うと、代替的な通信利用は二地点間の距離が長くなるほどその比率が高まるが、補完的な通信利用が常に代替的な通信利用を凌駕し、全体としては通信と交通は補完財となる。
- ④ 距離や場所の制約を解き放つITが普及する中で、逆に人口や経済活動の都市への集積が加速するという、ITと都市に関する「集積のパラドックス」が観察されている。交通と通信が補完的であれば、ITとフェース・ツー・フェースの双方のコミュニケーション基盤となる都市の魅力は衰えず、今後も存在感を発揮し続ける可能性がある。

1 イントロダクション

他人との交流は、人間の行動の本質的な要素である。我々は、通信か交通か、いずれかの手段を用いて他人との接触を図り、知識を授かり蓄積していく。20世紀において、我々は劇的なIT(情報通信技術)の進展を体験し、電話、ファックス、ポケベル、携帯電話、PHS、電子メール、ホームページ等々、技術革新が次々と新しい通信手段をもたらした。これらの新しい技術は、より大容量の情報をより便利かつ安価に伝達することを実現する。このようなイノベーションは、情報通信

によるコミュニケーションとフェース・ツー・フェース(以下、FTFという。)によるコミュニケーションとの相互関係に対する関心を呼び起こし、様々な分野における研究を促しつつあるが、それらの研究内容は二種類の仮説、即ち「代替性」と「補完性」を論ずるものに分類できよう¹)。

より伝統的かつポピュラーなのは、「代替性」 仮説である²⁾。これは、人々が電子的な通信手段 を利用することで、より平易かつ効率的にコミュ ニケーションを行えるため、FTFが必要なくな るというものである。 IT が高度に発達すると、

¹⁾ 各分野における文献のリビューは、例えば Salomon (1986) や Giaoutzi and Nijikamp (1988) を参照されたい。

²⁾ 例えば Pascal (1987) を参照。

人々はサイバー空間上でいつでもどこでも誰とでもネットワークに接続可能なため、場所の制約が無くなる。その結果、ITの進展と共に移動の必要が薄れ、交通需要が減少していく。この仮説は、非常に直感的かつアピール力があり、多くの「未来学者」に支持されてきた³⁾。また、通信による交通の代替が混雑や公害を減らし、エネルギーや余暇時間の確保を促す可能性をもたらすため、政策立案者にとっても魅力的である。近年のITの隆盛は、「テレワーク」や「テレショッピング」、「テレバンキング」等の言葉に代表されるように、この「代替性」の見方や期待と相通ずる部分が少なくない。

一方の「補完性」仮説は、この伝統的な「代替性」仮説に挑戦するものである⁴⁾。これは、電子的な通信手段が幾ら発達しても決してFTFを消滅させることはなく、様々なタイプのインタラクションは常に一定の対面接触を必要とするという信念に基づくものである。さらに、この「補完性」仮説の賛同者は、通信と交通は実際には補完財であるとも論ずる。例えば、電話によるコンタクトはFTFが必要となる確率を引き上げ、その結果通信無しには生じなかったであろう新たな交通需要を発生させるという論理展開である。また一方で、通信技術の導入によって、価格低下や品質向上といった交通サービスの改善が進み、交通需要の呼び起こしに繋がるという側面もある。

この二つの異なる仮説は、都市の将来について 正反対の予測をもたらす。通信と交通が代替財で あれば、人々はITの進展に伴って、FTFを電 子的通信手段でより多く代替するようになる。 人々は遠隔通勤・通学し、遠隔ショッピングし、 バーチャルリアリティを通じて都会の環境さえ遠 隔体験できるようになる。その結果、人々は都会 を離れ、都市は衰退して存在意義を失っていく。 一方、通信と交通が補完財であれば、通信の進歩 が更なるFTFを生みだし、移動コストをかけず に多様な情報を入手できる都市に住むメリットは 大きい。その結果、高度情報通信社会が進展する に従って都市は益々魅力を増していく。米国では、 edge cityとも呼ばれる急速な郊外化に直面し、中 心都市と周辺都市の関係に関する論争がメディア や学界を中心に湧き起こった。Ihlanfeldt (1995) はその議論を概観し、「代替性」仮説が都市の衰 退を議論するための主要な役割を担うと指摘して いる。これに対して、New Regional Economics とも呼ばれる一連の研究は、都市の情報的役割の 解明を試みている。都市は安価なFTFを提供し、 アイデアの交換を促す物理的な中心であり、バラエ ティに富んだ情報フローは集積経済の源泉として外 部効果を発揮し、ヒューマンキャピタルの効果的 な蓄積や地域の経済成長に結びつくと主張する。 この論争には決着がついていないが、通信とFT Fの相互依存関係は、ITや都市の将来を考える 上で重要な要素となるだろう。

「代替性」と「補完性」の両仮説を踏まえた理論モデルは、既に幾つか提示されている。例えば、Ota and Fujita (1993)は、互いに通信しあう企業を考慮した一般均衡モデルを用い、通信技術の進展が雇用の郊外化を促進すると論じている。Henderson and Mitra (1996)も異なるモデルを提示し、通信技術がダウンタウンとその周辺の間のより良いコミュニケーションを可能とするにつれ、edge cityが重要性を増すという同様の見解を示した。一方、Gasper and Glaeser (1998)

³⁾ 例えば、Naisbitt (1995), Negroponte (1995), Knoke (1996) などである。

⁴⁾ 例えば、Mills (1992) を参照。

は、通信が相手との最適なコンタクトのレベルを 決定するための最初の連絡手段として用いられる 場合には、通信技術の発達がFTFによるインタ ラクションを増やし、都市の規模を拡大する場合 もあり得ることを示した。

一方、実証的な研究については、このテーマに 関する膨大な文献の存在にもかかわらず、信頼に 足る分析結果がほとんど得られていない。 Ihlanfeldt (1995) は次のように述べている。

Although many authors have speculated on the impacts of telecommunications on urban form... empirical evidence is virtually nonexistent.

交通やオフィスのロケーションに与える通信の インパクトに関しては、多くの逸話やケーススタ ディは存在するが、統計的な検証としては限界が ある。この実証研究の不足は、通信やFTFの信 頼できる指標を得るのが困難なことに由来するも のだろう。その中で、情報フローの空間的な特徴 を計測した興味深い論文を二点指摘しておきたい。 まず、Jaffe, Trajtenberg and Henderson (1993) は特許の引用データを活用し、高度な技術情報の 分布が地理的に集中し、地域を超えてはスピルオ ーバーしにくいことを示した。また、Imagawa (1997a) は郵便や電話や面談といった双方向的な コミュニケーションに着目し、それらのフローが 都市部に集中していることを示した。このような 証左は通信と交通の相互依存関係に直接の答えを 出すものではないが、少なくとも「代替性」仮説

と整合的でないことは確かだ。

本稿では、この通信と交通の相互依存関係を直接の分析対象とする。まず、通信の利用は通常はFTFを代替する効果を持つとされるが、補完的な機能も持つと仮定し、効用最大化の単純なモデルを展開する。その結果、経済全体における通信の代替的な利用と補完的な利用の多寡により、通信技術の交通に対するインパクトは全体では正にも負にもなり得ることが示される。交通コストは二地点間の距離が増すにつれ相対的に高くなるため、代替的(補完的)な利用は距離に応じて増加(減少)する。従って、通信と交通は近距離間で補完財に、長距離間では代替財になる傾向がある。

次に、電話と交通の利用に関する日本のデータを用いて実証分析を実施する。補完的な利用に対する代替的な利用の比率は距離に応じて単調的に増加するものの、補完的な効果が代替的な効果を常に上回り、全体では電話と交通は補完財になることが示される。これらの結果は、FTFの基盤である都市に対して通信が補完的な役割を担うことを意味し、ITの進展が都市における物理的及び電子的な双方のコンタクトを促進し、情報の集積する都市の魅力が益々高まる可能性を示唆している。

本稿は次のように構成される。本章のイントロダクションに続き、次章は簡単なモデルの展開及び比較静学を提示する。第3章では計量分析による実証結果を論ずる。第4章は結論及び考察である。

2 モデル

第2章では通信と交通の相互依存関係を分析するための簡単なモデルを提示する。また、比較静学により、通信が交通の代替財とも補完財ともなり得ることを示す。

2.1 通信とFTFによる情報消費モデル

通信と交通の両ネットワークへのアクセスを有する代表的なエージェントを仮定する。このエージェントは他人に電話をかけるか、訪問(FTF)することによって得る情報を消費する。効用関数が次のCESの形で表されるとする。

$$U(I_T,I_F) = [I_T + I_T]^{1/},$$
 (1)

ここで、U はこのエージェントの効用 5)、 I_T 及び I_F はそれぞれ通信及び FTF によって得られる情報の量である。また、 = 1-1/ , > 1 は I_T 及び I_F の代替弾力性である。

本モデルでは通信利用に関する次の2つの仮定 を導入する。第一に、

仮定1:通信には二つの明確に異なる利用形態、 即ちFTFと代替的な形態及び補完的な 形態が存在する。

代替的な形態は必要な情報を獲得する目的で利用される。即ち、必要なコミュニケーションの作業を行うために、訪問に代わる手段として電子的な手段を用いる場合である。一方、補完的な形態はFTFを補完する目的で利用される。というのはFTFによる面談を開始又は完結するために通信

を利用する必要があるからだ。例えば、前もって アポをとるために、又は後ほど礼を述べるために、 特段の情報入手の意図を持たずとも面談相手に連 絡する必要があるだろう。この場合、主たる情報 入手はあくまでFTFを通じて行われるのである。

第二の仮定は、

<u>仮定2:通信ではコミュニケーションロスが発生</u> するが、FTFでは発生しない。

FTFは次の二つの理由から最も効率的な通信手段である。まず、図、ビデオ、表情、ジェスチャー、身体的な接触、雰囲気や匂い等々、五感に訴えるあらゆる手段を補足的に使えることである。これらの全てはFTFの一部であり、既存の通信技術ではこのような形の非言語的なインタラクションは再現できない。次に、ビジネス上のコミュニケーションは、効力を発するために相手の同席を要求する行動(署名や握手など)を伴う場合が多いことである。本稿の実証分析で使用する通信量データは電話のトラヒックであり、基本的に音声とテキスト送信に限られるためこの仮定は合理的といえよう。

多くの研究者は仮定 2 に掲げた考え方を共有している。例えば、Mills (1992)はunambiguousとambiguousな情報との区別を導入し、後者の伝達は常にFTFを要求するとしている。Gasper and Glaeser (1998)は電話とFTFによるコンタクトを明確にモデル化した。彼らは先生と生徒の関係を数式化し、情報内容が複雑な場合は電話が効率的な伝達手段とならないことを示した。FTFは、生徒が先生の教えを理解できない確率が高く、習得するための反復回数が大きい場合等により適し

⁵⁾このエージェントが、合成財と情報財を消費するとした時、全体の効用関数がそれぞれの財について分離可能と仮定すれば、 *U* は情報財から得られる部分効用として、独立に最大化することができる。

ている。彼らの結果は、伝達する情報内容が複雑な場合には電話によるコンタクトに大きな通信ロスが発生することを支持するものである。

以上の二つの仮定を元に、エージェントは以下 の制約式のもとで、(1)を最大化する。

$$T = T_S + T_C, (2)$$

$$T_c = F, \quad 0 < < 1,$$
 (3)

$$I_T = T_S, \quad 0 < < 1,$$
 (4)

$$I_F = F, (5)$$

$$fF + tT = Y. (6)$$

(2)式は仮定1に従い、通信利用 Tが代替的な利 用 T_s と補完的な利用 T_c に区別されることを示す。 補完的な利用はFTFによるコンタクトFを行う ために比例的に必須のものであり、(3)式の定数 でその比率が表されている。(4)式は仮定2に従い、 通信による情報伝達にice-bergパラメータの < 1 が導入されている。通信が代替的利用の場合には 1 - のコミュニケーションロスを伴い情報伝 達が行われるが、補完的利用の場合には効用関数 に入る程の意味ある情報伝達は行われない。これ はアポ取りのような補完的利用が、本稿における 情報消費の観点からは特に意味を持たないためで ある。一方、FTFにおいては(5)式のように情報 伝達はロスなく行われる。最後の(6)式は通常の予 算制約式であり、f、t はそれぞれ情報 1 単位あた りの交通コスト、通信コスト、Yは情報入手のた めの総予算額である。一次の条件により、以下の

$$F = \frac{(f/t +)^{(-1)} (-1)Y/t}{1 + (f/t +)^{(-1)} (-1)},$$

$$T = \frac{1 + (f/t +)^{(-1)} (-1)Y/t}{1 + (f/t +)^{(-1)} (-1)},$$

$$T_{S} = \frac{Y/t}{1 + (f/t +)^{(-1)}},$$

$$T_{C} = \frac{(f/t+)^{(-1)}(-1)Y/t}{1+(f/t+)^{(-1)}(-1)}, \quad (7)$$

均衡解が得られる。

2.2 比較静学

補完財か代替財か

表1は主要な変数の比較静学を示している。最 初の2列が主要な結果を示している。第1列は通 信利用の総量が交通コストの多寡によってFTF と補完財にも代替財にもなることを示している 6)。 交通が相対的に安い場合には、人々はそれが効率 的な情報伝達手段であるからだけでなく、費用負 担がしやすいことからも、FTFを選好する。補 完的な通信利用は交通需要と共に増加し、代替的 な通信利用を凌駕する。一方、交通コストが相対 的に高い場合には、人々はFTFを通信で代替し、 高額な移動費用を払う代わりに、多少のコミュニ ケーションロスがあっても通信で我慢する。従っ て、代替的利用が増加し、補完的利用を凌駕する。 このように、通信の交通への影響は、代替的利用 と補完的利用の多寡に依存し、全体では正にも負 にもなりうる。図1は、特定のパラメータのもと での交通コストの変化に対するシミュレーション

⁶⁾第2列は逆に、通信コストの多寡により、交通が代替財にも補完財にもなることを示している。

結果である。太い実線と破線が通信と交通の相互 依存関係を示し、交通コストの低い近距離間では 相互に補完的、交通コストの高い長距離間では相 互に代替的となっている。

実際には、交通も通信もそのコストは距離の関数となっている。交通費用は、鉄道や自動車に象徴されるように二地点間の距離に応じてほぼ線形に増加する構造となっているのに対し、通信費用は電話料金に象徴されるように距離に対して比較的フラットであり、せいぜい段階的に緩やかに上昇するのみである。従って、通信コストに対する交通コストの相対価格は、距離が大きくなるにつれ上昇する⁷)。これと比較静学による結果を併せ

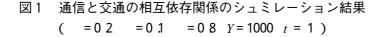
て考察すれば、次の仮説が得られる。「代替的 (補完的)な通信利用は、距離に応じて増加(減少)し、その結果近距離間においては通信と交通 は補完財となり、長距離間においては代替財となる傾向がある。」次章の実証研究では、この仮説を日本のデータを用いて検証することとなる。

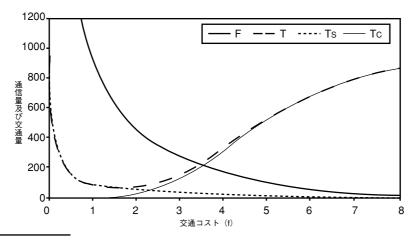
表1の第3列は、FTFに必要な補完的な通信利用の比率に関する比較静学が示されている。 の増加はFTFのコスト増と捉えることができる。補完的な利用は と共に増加するが、結局FTFの減少に伴い低下する。通信の総量は全ての範囲にわたり、 と共に増加する。第4列の所得効果は単純なものであり、全ての変数に対して同様に機能する。

		パラメータ				
		交通価格	通信価格	補完的通信 利用の比率	総通信予算	通信技術の 効 率
变 数		f	t		Y	
通 信	T	- +	-	+	+	+
代替的通信利用	Ts	+		+	+	+
補完的通信利用	Tc	-	+ -	+ -	+	-
交 通	F	-	+ -	-	+	-

表1 モデルの比較静学

(注)正負の別は各パラメータの限界的増加に対応するもの。





7) 二地点間の移動時間及び機会費用を考慮すれば、この関係はより強固なものとなる。

情報通信技術

情報通信技術の改善は、通常は交通需要に対してネガティブなインパクトを与えると考えられているだろう。しかし、「補完仮説」を進化させれば、技術進歩が通信量を増加させ、その結果社会全体がよりインタラクティブになり、交通需要を喚起することさえ考えられるだろう。例えば、筆者のホームページを見た誰かが筆者にメールを送り、その結果研究プロジェクトを立ち上げることとなり、多くのFTFを発生させる。このようなチャネルはインターネットの技術無しには考えられないものである。

技術革新を議論する際には、プロセスイノベーションとプロダクトイノベーションに分類することが多い。プロセスイノベーションは既存の製品のコスト削減に寄与する革新であり、プロダクトイノベーションは新しい財やサービスを生み出す革新である。同様に、通信技術も次の2つの革新に分類することができよう。1)通信コストtの低下、及び2)通信効率パラメータ の上昇(コミュニケーションロスの減少)である。前者は、より安価な通信を実現する技術であり、省力化により電話料金の低下をもたらす交換機の技術などである。一方、後者はテレビ電話に代表されるような、動画や立体画像、音響効果などにより新しい通信サービスをもたらし、伝達効率を改善するような通信技術であろう。

比較静学は t と が異なる影響を交通に与えることを示している。まず、 の上昇は常に交通を減少させる。これは、技術革新が通信に対する人々の評価を上昇させ、より多くの FTF が通信で代替されるようになるためである。一方、t

の低下は交通を増加させる場合も減少させる場合もある。通信と交通が補完財である範囲においては、即ち通信価格が相対的に高い場合、費用削減的な通信技術革新は交通を増加させる。これは、トータルでのFTFのコスト(補完的な通信利用分も含む)が、通信価格の低下によって節約できるからである。このような理解によって、通信技術の革新が交通需要を増加させる可能性があることを、単純なモデルで示すことが可能だ。従って、今後の情報通信技術の動向が交通に与える影響については、技術の中身が上述のどちらのタイプであるかに注視する必要がある。バーチャルリアリティのような技術であれば交通を減退させるであるうが、価格低下的な技術であれば交通にプラスの影響も起こりうる。

本稿では、残念ながら以上の仮説を実証するためのデータは入手できなかった。費用削減的な技術は、通信価格をみることで把握可能だが、コミュニケーションロスを削減するような技術は定量化することが困難だ。本稿で使用する電話のデータでは通話料金はコンスタントに低下しているが、通信効率については通話自体に大きな技術革新がなく、単純に音声とテキストを使用しているため、基本的に変化がないと言える。従って、本稿の実証研究においては、 の変化による影響は特に考慮しないこととする。

3 実証分析

3.1 データ

表 2 は本稿で使用する主要な都道府県データの リストである。通信データ(固定電話及び携帯電 話)及び交通データは、いずれも47の都道府県間 のOD(発着)行列に基づくものである⁸⁾。通信

⁸⁾より詳しいデータの説明については、Imagawa (1997b)を参照。

データは固定電話及び携帯電話の通信回数及び通信時間によるトラヒックであり、交通データは鉄道、自動車、船舶、航空により輸送された年間の国内乗客数である。本稿では、この乗客数を訪問数、即ちFTFによるコンタクトの大まかな代理変数として使用する。OD行列の全てのセルを独立の観測データとすれば、都道府県間の47×47のトラヒックデータを通信及び交通について得ることができる。なお、本稿では、1988年から1994年の間の入手可能なデータの平均値を使用する。

布を報告したものである。サンプル期間の平均で、固定電話及び携帯電話の通話量の約8割、交通の約9割が同一県内にとどまり、県境を超えていない結果となっている。通信は一般的に地理的な近接性を不要にすると考えられているが、乗客数に見るFTFのコンタクトと比較しても、距離による制約は小さくないと言えよう。県間のコンタクトは通話の約2割、訪問の約1割しか占めておらず、県間の距離が大きくなるにつれそのシェアは低下する。特にFTFの比率は長距離間では激減するが、通話による代替が生じていると考えれば、前述のモデルと整合的である。

距離別の分布

表3は、都道府県間距離の段階別に各変数の分

表 2 実証分析に使用する主要な変数

変 数	記述
通信変数	
(1)固定電話	
通信回数	県iから県jへの年間総通話回数 (1988-94の平均値、出所:郵政省)
通信時間	県iから県jへの年間総通話時間(1988-94の平均値、出所:郵政省)
(2)携帯電話	
通信回数	県iから県jへの年間総通話回数 (1992-93の平均値、出所:郵政省)
通信時間	県iから県jへの年間総通話時間 (1992-93の平均値、出所:郵政省)
交通変数	
(3)訪問数(FTF)	
乗客数	県iから県jへ鉄道、自動車、船舶及び航空により運送された年間総乗客数(1988-94の平
	均値、出所:運輸省)
各県の特徴変数	
人口	住民基本台帳人口(1988-94の平均値、出所:自治省)
一人当たり所得	一人当たり県民分配所得/GDPデフレータ
	(1988-94の平均値、出所:経済企画庁)
ビジネス活動比率	事務用加入電話契約数の比率(1988-94の平均値、出所:郵政省)

表 3 通信変数・交通変数の距離別分布

				~~~~					
	パラメータ								
変数	県 内	-50km	50 · 100km	100 - 200km	200 · 400km	400 - 700km	700km ·		
通信変数									
(1)固定電話									
通話回数	81.6%	88.9% ( 7.3% )	91.5% ( 2.5% )	94.4% ( 2.9% )	97.1% ( 2.7% )	99.0% ( 2.0% )	100.0%( 1.0% )		
通話時間	76.5%	86.1% ( 9.6% )	89.0% ( 2.9% )	92.5% ( 3.5% )	95.9% ( 3.4% )	98.5% ( 2.6% )	100.0%( 1.5% )		
(2)携帯電話									
通話回数	78.9%	90.4%( 11.5% )	93.7% ( 3.3% )	96.5% ( 2.8% )	98.2% ( 1.8% )	99.4% ( 1.2% )	100.0%( 0.6% )		
通話時間	72.2%	86.5%( 14.3% )	90.7% ( 4.2% )	94.4% ( 3.7% )	97.1% ( 2.7% )	98.9% ( 1.9% )	100.0%( 1.1% )		
交通変数									
(3) <b>訪問数(FTF)</b>									
乗客数	90.8%	97.4% ( 6.6% )	98.7% ( 1.3% )	99.6% ( 0.9% )	99.8% ( 0.3% )	99.9% ( 0.1% )	100.0%( 0.1% )		
県のペアの数1	47	38	100	282	558	628	556		

⁽注)表中の数字は、累積比率(各距離区分毎の比率は括弧内)。

¹ 県のペアについては、(i,j) と (j,i) はそれぞれ別々にカウントされており、総数は2209 (47x47) となる。

#### 平均通話時間

本稿では、通話トラヒックとして通話回数と通 話時間の両方が把握できるため、平均通話時間の データを分析することが可能となる。平均通話時 間は通話とFTFの相互依存関係を分析するため には非常に有用な情報である。仮に訪問による FTFを電話で代替する際には、目的とする情報 入手を完了させるために比較的長時間にわたって 通話する必要があろう。例えば、筆者が著名なエ コノミストに対し電話でインタビューするとすれ ば1時間程度必要とするかもしれないが、いった ん訪問すると決めたならば、アポを取るための数 分間の電話で事が足りるであろう。言い換えれば、 長時間(短時間)通話は、訪問に対して代替的 (補完的)である。前述のモデルで言えば、代替 的な電話利用の平均通話時間は、補完的な電話利 用に比べ長くなる。ここで、代替的な電話利用Tsの補完的な電話利用Tcに対する比率は、次式で 与えられる。

$$T_S/T_C = {}^{-}(f/t + )^{(1-)}$$
 (8)

(8)式は交通の相対価格 f/t について単調増加であることが確認できる。交通の相対価格は距離に応じて増加するため、Ts/Tcも距離に応じて増加し、その結果平均通話時間は距離に応じて単調増加することが示唆される。また、FTF の比率が距離と共に減少するため、全体の距離区分にわたって平均通話時間と一人当たり訪問数が負の相関関係となることも予測できる。

この予測は、データで実際に確認することができる。表4は固定電話と携帯電話の距離区分毎の平均通話時間を示している。平均通話時間は、2つの県のペアの各々について、通話時間を通話回数で割って得られる平均通話時間を、各距離区分毎に平均化したデータである。平均通話時間は、長距離通話になるほど通話料金が高くなるにも関わらず、距離と共に増加する傾向が明確となっている。表4の最終列は平均通話時間と一人当たりFTFの負の相関が有意であることを示している。以上の結果から、お互いに訪問する回数が少ないコミュニケーションパートナーほど、通話時間が長くなることがわかる。

	県間距離段階別 総計 -人当たりFTFとの欄 ¹							
			総計	一人当たり FTF との相関 ¹				
変数	県内	-100km	100 · 200km	200 · 400km	400 · 700km	700km ·		
通信変数								
(1)固定電話								
平均通話時間(秒)	152.7	215.2	228.1	245.7	262.2	272.2	250.9	- 0.510
	( 157.5 )	( 212.6 )	( 200.4 )	(217.4)	( 220.9 )	( 258.4 )	(168.1)	[0.000]
(2)携帯電話								
平均通話時間(秒)	70.1	113.9	122.7	138.6	161.2	221.0	160.7	-0.474
	(77.8)	(105.4)	(113.8)	(132.3)	(136.4)	(151.4)	(85.0)	[0.000]
県のペア ²	47	138	282	558	628	556	2209	2209

表 4 距離段階別の平均通話時間

⁽注)表中の数字は、全ての県のペアの単純平均値(トラヒックによるウェイトを考慮した平均値は括弧内)。

¹ log (平均通話時間) と log (総訪問数/発側の県の総人口) との相関係数。鍵括弧内は P値。

² 県のペアについては、(i,j) と (j,i) は別々にカウントされている。

#### 3.2 電話と訪問の補完性に関する計量分析

電話とFTFの相互依存関係を検証するために、OD行列における2地点間交流の推定に頻繁に用いられる「重力モデル」を応用した推定式を使用する。被説明変数には通話トラヒックを、そして

説明変数には重力モデルに良く使用される変数に加えて、距離段階別のFTFを導入する。その結果、推定式の形は、次の双方向変量効果モデルとなる。

$$\ln T_{ij} = + \sum_{k} S_k \ln F_{ij} + \sum_{1} \ln d_{ij} + \sum_{2} \ln t_{ij} + D + \sum_{l=i,j} X_{l-l} + \sum_{i} + \mu_{j} + \sum_{ij}.$$
(9)

ここで、 $T_{ij}$  は一対の県(i,j)の間の通話トラヒッ ク、 $d_{ij}$ は県間の距離、 $t_{ij}$ は県間の通話料金、 Dは県内通話のためのダミー変数、 $X_i$ は県lの特 徴を表す変数のベクトル、 $_{i}$ 及び $\mu_{i}$ はそれぞれ 発信側及び受信側の県の変量効果、 iiは平均が ゼロとなる誤差項である。観察可能な $X_i$ の変数 のセットとして、重力モデルに最も一般的な人口 と一人当たり所得を使用した。その他の各県の特 徴は、全て ,及び µ, に捕捉されるものと仮定 する。双方向変量効果モデルの推定方法は、 Fuller and Battese (1974) によるfeasible GLS の推定方法に準じてプログラムを開発したもので ある⁹⁾。ここで、モデルにおいて示唆されたよう に、二地点間の距離が大きくなるにつれ、補完的 効果が薄れ代替的効果が強まることが予測される ため、距離段階別に分解したFTFを導入するこ ととした。即ち、上式において、 $S_k$  ( k=1,...,6 ) は、 k 番目の距離区分に対して 1 の値をとるダミ -変数である。6つの距離区分は、それぞれ 100km以内(*k*=1), 100~200km(*k*=2), 200  $\sim 400 \text{km}$  ( k = 3 ),  $400 \sim 700 \text{km}$  ( k = 4 ),  $700 \sim$ 1,000km ( k = 5 ) 1,000km以上 ( k = 6 ) である。 補完効果が距離に応じて減少する場合、 k が大き くなるにつれ、が小さくなることが期待され、 仮に _{*}が負の値をとれば電話とFTFが全体と して代替的な関係となる。

なお、通話とFTFの相互依存関係を考察しているため、内生性を考慮することが不可欠である。また、FTFの指標に大まかな代理変数を用いていることによる測定誤差や本来必要な変数の欠如の問題もあるかもしれない。そこで、①鉄道料金、②二地点間の航空路線の有無、及び③お互いに隣接県である場合に1の値をとるダミー変数の3つを操作変数に使用し、それぞれの操作変数が鉄道、航空、自動車等によるFTFの需要に外生的に影響を与え、この影響を通じてのみ通話トラヒックを左右するという仮説のもと、推定を行うものとする。

表 5 は以上の推定結果を示すものである。それぞれの推定式は、通常の GLS と操作変数を使用した GLS (IV/GLS)の二種類から成っている。固定電話と携帯電話に関する  $_k$ の GLS 推定値は有意に正で、k が上昇するにつれ減少する結果となっており、県間距離の増加に伴う通話の補完効果の減少を支持している。 IV/GLS の推定結果は GLS に比べるとその傾向が弱まっているが、いずれにしても全ての  $_k$  の推定値は有意に正の値をとっており、これは、最も長距離の区分においてさえ、電話と FTF が総体としては補完的な関係にあることを示すものである。

⁹⁾詳細は、今川(1997b)を参照。

				被説明変数=	舌トラヒック )					
		固定電話				携帯電話				
通話回			回数	回数 通話時間		通話	回数	通話時間		
説明	変数	(1) GLS	(2) IV/GLS	(3) GLS	(4) IV/GLS	(5) GLS	(6) IV/GLS	(7) GLS	(8) IV/GLS	
イン	タラクション項									
	(1) -100km	0.251**	0.339**	0.211**	0.272**	0.274**	0.375**	0.256**	0.320**	
F		(0.014)	(0.048)	(0.014)	(0.046)	(0.013)	(0.049)	(0.012)	(0.042)	
Τ	(0) 100 0001	0.249**	0.383**	0.218**	0.321**	0.266**	0.360**	0.242**	0.302**	
F	(2) 100 · 200km	(0.010)	(0.043)	(0.010)	(0.041)	(0.011)	(0.044)	(0.010)	(0.038)	
Х	(2) 200 4001	0.197**	0.375**	0.179**	0.317**	0.209**	0.336**	0.184**	0.272**	
距	(3) <b>200 · 400km</b>	(0.009)	(0.043)	(0.009)	(0.041)	(0.010)	(0.041)	(0.009)	(0.035)	
配	(4) 400 7001	0.179**	0.370**	0.167**	0.324**	0.182**	0.325**	0.159**	0.262**	
距離段階ダミー	(4) 400 · 700km	(0.009)	(0.035)	(0.009)	(0.034)	(0.009)	(0.034)	( 0.008 )	(0.029)	
ダ	(E) 700 4 000l	0.157**	0.369**	0.150**	0.343**	0.152**	0.339**	0.131**	0.272**	
<del>-</del>	(5) <b>700 - 1,000km</b>	(0.010)	(0.027)	(0.010)	(0.026)	(0.010)	(0.026)	(0.009)	(0.022)	
	(6) 1000km-	0.105**	0.306**	0.099**	0.277**	0.078**	0.234**	0.070**	0.197**	
		(0.013)	(0.033)	(0.013)	(0.032)	(0.014)	(0.032)	(0.012)	(0,027)	
旧即	距離	-0.741**	-0.133	-0.742**	-0.268*	-0.750**	-0.404**	· 0.655**	-0.425**	
<b>木</b> 间	1年 四年	(0.043)	(0.158)	(0.043)	(0.152)	(0.041)	(0.147)	(0.036)	(0.126)	
通託	料金	0.137	-0.594**	0.130	-0.574**	-0.155	- 0.808**	-0.116	-0.705**	
吧叫	171 <del>11</del>	(0.120)	(0.158)	(0.119)	(0.152)	(0.260)	(0.329)	(0.229)	(0.283)	
旦山	ダミー	2.600**	1.220**	2.256**	1.045**	1.132**	1.258**	0.954**	1.055**	
7573		(0.213)	(0.269)	(0.212)	(0.259)	(0.105)	(0.119)	(0.093)	(0.103)	
	   発信側の県	1.097**	0.843**	1.150**	0.940**	0.949**	0.764**	0.935**	0.803**	
人	元旧則の未	(0.171)	(0.206)	(0.170)	(0.199)	(0.176)	(0.201)	(0.151)	(0.169)	
	   受信側の県	1.070**	0.817**	1.168**	0.960**	1.027**	0.843**	1.030**	0.900**	
	文にはいい	(0.172)	(0.207)	(0.173)	(0.202)	(0.187)	(0.213)	(0.169)	(0.188)	
_	 発信側の県	-0.428	-0.717	- 0.549	-0.807	0.011	-0.291	0.680	0.445	
得 得 り所	プロロボンシンド	(0.857)	(1.004)	( 0.853 )	(0.967)	( 0.881 )	(0.979)	(0.759)	(0.823)	
ازا	受信側の県	-0.442	-0.755	-0.971	-1.247	-0.467	-0.784	-0.679	-0.925	
		(0.861)	(1.009)	(0.866)	(0.983)	(0.938)	(1.042)	(0.848)	(0.919)	
自由	度修正済決定係数	0.9053	0.8700	0.8937	0.8634	0.9101	0.8890	0.9139	0.8989	
観測	数	2209	2209	2209	2209	2209	2209	2209	2209	

表 5 電話と FTF に関する距離段階別の補完性

(注)推定値は双方向変量効果モデルによるGLS推計に基づくもの。比率及びダミー以外の変数は全て自然対数を使用。 定数項は省略。括弧内は標準偏差。*は10%で有意、**は5%で有意。 IV/GLSについてはFTFを内生変数として扱っている。操作変数は、鉄道料金、航空路線ダミー、隣接県ダミーの3つであ

## 3.3 平均通話時間に関する計量分析

3.1で見たように、平均通話時間は訪問する 頻度が減るにつれ長くなる傾向にあることが予測 される。ここでは、この負の相関関係が、平均通 話時間に影響するであろう様々な要因を考慮した 後にも残存するかどうかを検証することとしたい。

仮にこの負の相関が頑健なものであれば、FTF の通話による代替が長距離間ほど増えることの証 左となろう。

> 一対の県の間の平均通話時間は、次式で表され るものとする。

$$\ln MD_{ij} = + \ln (F_{ij}/POP_i) + \ln (t_{ij}/f_{ij}) + D + X_{l=i,j} + i_l + \mu_j + i_j,$$
(10)

たりの  $\mathsf{FTF} \setminus t_{ij}/f_{ij}$  は交通コストに対する通話 変量効果、  $_{ij}$  は平均ゼロの誤差項である。観察

ここで、 $F_{ij}/POP_i$ は発信側の県における一人当 県lの特徴変数のベクトル、 $_i$ 及び  $\mu_i$ は各県の コストの相対価格、Dは県内通話ダミー、 $X_i$ は 可能な $X_i$ の変数のセットとしては、重力モデル に一般的な人口と一人当たり所得に加え、ビジネス活動比率等を使用した。これは、一般に事務用通話と住宅用通話では、平均通話時間に明確な差異が見られるためである。その他の各県の特徴は、全て $_i$ 及び $_i$ 人に捕捉されるものと仮定する。双方向変量効果モデルの推定方法は、前節と同様である。なお、通話料金が時間課金であるため、平均通話時間の推定には通話単価を説明変数に加えることが必須であるが、ここで必要とされるのは交通コストに対する相対価格であることに留意されたい $_i$ 000。

ここでは平均通話時間とFTFの相互依存関係を 考察しているため、内生性の問題を扱うことが不 可欠である。例えば、長電話が好きな人はもともと訪問することを好まない傾向を持つかもしれない。また内生性の問題に加え、測定誤差や変数欠如の問題もあるかもしれない。そこで、①二地点間の距離、及び③二地点間の航空路線の有無に関するダミー変数の二つを操作変数に使用し、これらの外生変数がFTFに与える影響を通じてのみ平均通話時間を左右するという仮説のもと、操作変数法による推定も行った。

表6は以上の推定結果を表すものである。(1)と(3)がGLS推定値である。FTFの係数は有意に負の値となり、訪問数が減るほど平均通話時間が長くなる関係が確認される。しかしながらこの効果

表 6	平均通話時間と	FTF
-----	---------	-----

	被説明変数= log(平均通話時間)					
	固定	電話	携帯電話			
説明変数	(1) <b>GLS</b>	(2) IV/GLS	(3) GLS	(4) IV/GLS		
一人当たり FTF	-0.014**	-0.015**	· 0.023**	-0.031**		
	(0.002)	( 0.004 )	(0.004)	(0.014)		
通話の相対価格	-0.071**	-0.069**	· 0.107**	- 0.078		
	(0.010)	(0.023)	(0.017)	(0.056)		
県内ダミー	-0.295**	-0.292**	-0.083	-0.106		
	(0.020)	(0.035)	(0.053)	( 0.068 )		
一人当たり所得						
発信側の県	0.190	0.191	0.838*	0.86*		
	(0.221)	(0.221)	(0.491)	( 0.494 )		
受信側の県	0.092	0.096	- 0.166	-0.107		
	(0.207)	(0.210)	(0.465)	( 0.478 )		
ビジネス活動比率						
発信側の県	-0.020**	-0.020**	-0.003	- 0.003		
	(0.006)	( 0.006 )	(0.014)	(0.014)		
受信側の県	-0.025**	-0.025**	-0.001	-0.001		
	(0.006)	( 0.006 )	( 0.014 )	(0.014)		
自由度修正済決定係数	0.4446	0.4446	0.2568	0.2554		
観測数	2209	2209	2209	2209		

⁽注)推定値は双方向変量効果モデルによるGLS推計に基づくもの。比率及びダミー以外の変数は全て自然対数を使用。定数項は省略。説明変数に発信側・受信側の人口密度も使用したが、特に有意でないため省略(推定結果にほとんど影響しない)。 括弧内は標準偏差。*は10%で有意、**は5%で有意。

⁽²⁾及び(4)については、一人当たりFTFを内生変数として扱っている。操作変数は、 $\log$ (県間距離)及び航空路線の有無

¹⁰⁾  $t_{ij}$ としては通話料金を、 $f_{ij}$ としては鉄道料金を使用している。

は比較的弱い。この結果は、通話の代替効果が距離と共に上昇するものの、補完効果を凌駕するほどには強力でないという意味で、前節の結果と整合的である。その他の主な結果を概観すると、発信側の所得効果は携帯電話において有意に正となっており、またビジネス間の事務用通話は短時間となる傾向にある。県内通話に関するダミーは有意に負となっており、近接な関係における通話時間は特に短く、FTFに対して補完的な電話利用であることが示唆される。

(2)と(4)は、操作変数を使用したGLS (IV / GLS) の推定である。FTF に関する係数は依然として有意に負となっており、その絶対値は上昇するものの効果は相対的に小さいままである。一人当たりの訪問数が1%増えても、固定電話(携帯電話)の平均通話時間は0015%(0031%)しか長くならない。従って、内生性を考慮した場合にも、推計結果に大きな変化は生じないと言える。

#### 4 結論

通信やデータ処理の都市に与える影響について、 Chinitz (1984) は次のように述べている。

CDP [communications and data processing] advances results in dramatic expansions of the functions which they facilitate, namely, the acquisition and dissemination of information. Companies spend more time and money on both. How these incremental expenditures get translated into greater profitability is not an easy question to answer. But this has been the history of most technological advances in both transportation and communication. Airplanes did not just substitute for train or auto travel. They encouraged a lot more travel. Xerox did not

just substitute for mimeograph machine, it encouraged a lot more copying. The telephone did not just substitute for mail, telegrams, or personal visits. It encouraged a lot more communication. And the computer...

通信手段の多様性は増える一方である。非常に 似通った通信手段の間でさえ、「代替」は歴史の 中心とはなっていない。ファックスは郵便を、携 帯電話は固定電話を駆逐するには至っておらず、 インターネット上の広告もテレビや新聞における 広告を意味の無いものとした訳ではない。企業は あらゆる通信手段を活用し、個人は自分のニーズ に合致した通信手段をその場その場で使い分けて いる。我々は、「特化」ではなく、「多様性」から 利益を享受しており、異なる通信手段の登場が競 合する通信手段の需要を喚起することもあながち 不思議ではない。

本稿では、以上のような観点から通信と交通の 相互依存関係を分析した。簡単なモデルから得られ た結論は、通信技術の交通需要に与える影響は、通 信の代替的利用と補完的利用の多寡によって、プラ スにもマイナスにも成りうるということであった。 一方、我が国のデータを計量分析した結果は、交 通に対する通信の代替効果は、二地点間の距離が 増すにつれ強まるものの、補完効果が常に代替効 果を上回り、通信と交通は全体としては補完財に なるというものであった。

以上の結果は、IT革命が進展する中での都市の将来像を描くうえで、非常に有意義な議論となるう。テレワークや e コマースなどによって、ITが距離や場所の制約を解き放ち、所在地を意識しないユビキタスな世界を実現することが期待されている一方、我が国のデータは1990年代にお

ける人口や経済活動の大都市への集積加速の状況を明らかにしつつある¹¹。 IT企業は渋谷や秋葉原、新大阪など都心のターミナル駅付近に集中し、高層マンションの建設や大学・大学院の開設は都心に回帰するのがトレンドとなっている。これはITと都市に関する「集積のパラドックス」とでも呼ぶべき現象であろう。

ITが普及するからといって、場を共有し、膝をつき合わせるリアルな関係の優位性が一気に崩れるとは考えにくい。むしろ、ITによる電子的なコミュニケーションは、FTFを不要にするものではなく、これを誘発し、補完し、強化する役

割を担うと認識すべきではなかろうか。だとすれば、ITは都市と補完的な関係にあり、IT革命が進展しても、FTFを提供する基盤である都市の魅力は衰えず、ITとFTFの双方を通じてより豊かな情報交換が促されるセンターとして存在感を発揮し続けるということになろう。

以上、考察を進めてきたが、この分野における 実証分析の蓄積は進んでいるとは言い難く、また 本稿の実証分析も改善すべき点が多く残っている。 今後、経済学に限らず、都市工学や社会学など 様々な分野における研究が進展し、議論が深めら れることを願ってやまない。

#### 参考文献

- Chinitz, B. (1984), "The Influence of Communications and Data processing Technology on Urban Form," in R.D. Ebel and J.V. Henderson (eds.), The Changing Economics and Fiscal Structure, Research in Urban Economics (4), Connecticut: JAI Press.
- Fuller, W., G. Battesse (1974), "The Estimation of Linear Models with Crossed-Error Structure," Journal of Econometrics, 2,67.78.
- Gasper, J., E.L. Glaeser (1998), "Information Technology and The Future of Cities," Journal of Urban Economics, 43, 136-56.
- Giaoutzi, M., P. Nijikamp, eds. (1988), Informatics and Regional Development, Brookfield, Vermont: Avebury.
- Henderson, V., A. Mitra (1996), "The New Urban Lnadscape: Developers and Edge Cities," Regional Science and Urban Economics, 26, 613-43.
- Ihlanfeldt, K. R. (1995), "The Importance of the Central City to the Regional and National Economy: A Review of the Arguments and Empirical Evidence," Cityscape, 1, 125.50.
- 今川拓郎 (2001), "IT化、都市の集中加速," 2001年3月21日付日本経済新聞経済教室.
- Imagawa, T. (1997a), "Communication Technology and Cities: Evidence from Japan," mimeo, Harvard University.
- Imagawa, T. (1997b), "Are Telecommunications and Transportation Substitute? Evidence from Japan," mimeo, Harvard University.
- Jaffe, A., M. Trajtenberg, R. Henderson (1993), "Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations," Quarterly Journal of Economics, 108, 577 · 98.

¹¹⁾ 今川 (2001) を参照。

- Knoke, K. (1996), Bold New World: The Essential Road Map to the Twenty-First Century, New York: Kodansha.
- Mills, E.S. (1992), "Sectoral Clustering and Metropolitan Development," in E.S. Mills and J.F. McDonald (eds.), Sources of Metropolitan Growth, New Brunswick: Rutgers University Center for Urban Policy Research.
- Naisbitt, R. (1995), The Global Paradox, New York: Avon Books.
- Negroponte, N. (1995), Being Digital, New York: Vintage Books.
- Ota, M., M. Fujita (1993), "Communication Technologies and Spatial Organization of Multi-unit Firms in Metropolitan Areas," Regional Science and Urban Economics, 23(6), 695 · 729.
- Pascal, A. (1987), "The Vanishing City," Urban Studies, 24, 597-603.
- Salomon, I. (1986), "Telecommunication and Travel Relationships: A Review," Transportation Research. Part A., 20A(3) 223·38.