

企業間のコンタクトを内生化したオフィス立地モデル

文 世一*・吉川和広**・中村健一***

オフィスの立地選択行動に事業所間のフェイス・トゥ・フェイス・コンタクトの役割を明示的に扱ったオフィス立地モデルを開発した。モデルでは、コンタクトの頻度は内生的に決定され、また、コンタクトと日常的活動とのトレードオフを考慮している。数値シミュレーションにより、オフィスの空間分布の特性を調べた。さらに、道路ネットワーク上の交通混雑を考慮することにより、副都心の形成など多様な立地分布が説明された。

Keywords : office location, spatial agglomeration, face-to-face contacts

1. はじめに

大都市の中心部に高層のオフィスビルが建ち並ぶ様子は現代都市の最も特徴的な景観といえる。このような場所に立地するオフィスは、製造業などの本社機能、金融・保険業、あるいはこれらのオフィスに対するサービス業、等である。これらはいずれも物的財を生産するのではなく情報、サービスなど無形の財を取り扱うという共通の性格を持つ。

これらのオフィス活動においては、情報交換、取引、サービスの提供などのため、他の企業とのコミュニケーションが必要である。このようなコミュニケーションは、主に face-to-face コンタクトにより行われている。face-to-face コンタクトを行うためには、都市内を移動するための費用と時間を要するので、これを節約するため、各企業は互いに近接して立地することを求めるであろう。このことが都心部にオフィスが集中して立地することの大きな要因であることは広く認められているところである。すなわち、ここには集積の経済効果が存在し、その効果がオフィス立地における主要な要因となることを意味する。

従来より、都市活動の立地に関しては様々な研究が行われ、多くの都市モデルも提案されているが、後に詳しく述べるように、オフィス活動に関しては、住宅、商業などの他の諸活動に比べて、研究の蓄積はきわめて不十分であるといわざるを得ない。近年、情報社会の到来がしばしば論じられるが、まさにその情報を取り扱っているオフィス活動が都市活動に占める役割は、今後とも増大することが予想され、その立地メカニズムを解明する

ことの意義の大きいものと考えられる。

以上の問題意識のもとに、本研究ではオフィス活動の重要な要素である企業間の face-to-face コンタクトの水準と立地選択を同時決定するオフィス立地モデルを開発することを目的とする。

2. オフィス活動と企業間のコンタクト

オフィスの活動は、資料の作成や保管・検索、あるいは会計事務や顧客情報の管理のように、主として事業所内部で行う日常的活動と、他の企業とコミュニケーションを行うことによって情報の収集・交換や各種の取引などを行う活動に分けることができる。事業所内部で行う日常的活動の内容は定型的である一方、他の企業とのコミュニケーションで取り扱われる内容は非定型的であるため、主として企業の幹部職員によって行われる場合が多い。オフィスでは、他の企業とのコミュニケーションと、日常的活動を組み合わせることにより、情報、サービスの生産が行われると考えることができる。

企業間のコミュニケーションは、face-to-face コンタクトばかりでなく、電話などの通信手段によっても行われる。近年、急速に進みつつある新たな情報・通信技術の開発と普及はデータの受渡しや事務処理を簡略化し、企業内外とのコミュニケーションを円滑化した。このような背景の下で、しばしばオフィス活動における face-to-face コンタクトがすべて情報・通信機器によるものに置き換えられ、将来にはオフィスが都心に立地する理由がなくなるのではないかとの主張がなされることがある。しかし Evans¹⁾ も述べるように、face-to-face コンタクトと情報・通信機器とは、それぞれ取り扱われる情報の質が異なるため、前者の重要性に変化はなく、オフィスにとっては、依然として都心に立地する必要がある。すなわち、face-to-face コンタクトでは、複雑で高度の内容が取り扱われるが、一方、情報機器の開発

* 正会員 工博 東北大学助手 応用情報学研究センター (〒980 仙台市片平2丁目1-1)

** 正会員 工博 京都大学教授 工学部土木工学科

*** 正会員 工修 建設省北陸地建 新潟国道工事事務所

はむしろ資料の整理や保管、あるいは移転などといった定型的活動の効率化に大きく貢献するものと考えられる。また、face-to-faceの交流を重ねることによって形成される信頼関係は、交換される情報における内容の深さ、あるいは取引の成否に大きな影響を及ぼすことも十分に考えられる。

以上述べたことは、情報機器に関するさらなる技術革新が立地選択やコンタクト活動に影響を及ぼすことを否定するものではない。ただ、製造業における自動化が無人生産を目指したことは根本的に異なり、オフィス活動における情報化は人間の行う創造的活動を支援するための補助的手段であることを強調するものである。したがって、都市における社会経済活動が今日のようにますます多様化、複雑化、高度化するようになると、高次の情報を取り扱うface-to-faceコンタクトはオフィス活動においてますます重要性を増すものと考えられる。以上のことから、オフィスが集積の経済を求めて互いに近接して立地するという傾向に基本的な変化はないと考える方が妥当である。

このように都心におけるオフィス立地需要が増大すると、オフィス床の賃料（レント）が上昇するとともに、過度の集積は道路混雑などの集積の不経済をも同時に発生させ、これらの不経済はオフィスを分散させる力として作用する。このため、都心に立地する必要の小さい、すなわちコンタクトを行う必要の小さい事業所はレントの安い郊外へ移転し、コンタクトによる情報交換に大きく依存する企業が都心により多く立地することになる。同じことが企業内の機能の配置についても言え、コンタクトを必要とする経営や営業の機能を都心に残して、コンタクトに関係しない日常的な機能（例えば、電算機センターなど）が郊外に分離・移転される。情報・通信機器の発達は、このように分離した管理機能と日常的活動間の情報のやりとりを容易にするという効果もある。こうして都心では、コンタクト活動がますます活発に行われる。このことより、オフィスの立地する場所によって、日常的活動とコンタクト水準の相対的重みが異なることがわかる。すなわち、それぞれの活動の水準と立地選択との間に強い関連があることを意味する。

3. オフィス立地に関する既存の研究

都市におけるオフィス立地について従来より比較的多く行われている研究は、アンケート調査などにより、事業所間のコンタクトの実態と、立地行動との関わりについて調べたものである（たとえばGoddard²⁾、Daniels³⁾など）。

一方、都市経済学の分野においてはSpatial agglomerationに関する研究が発展しているが、そこでは従来の都市モデルのように都心の位置を先決するのではな

く、活動間の相互作用により、都心が生成するメカニズムをモデル化している^{4)~14)}。これらの研究では種々の都市活動が取り扱われているが、オフィス立地行動を対象としたものもいくつか見られる。たとえばO'Hara⁴⁾は、正方形の都市で東西あるいは南北方向のトリップのみが許されている（このことは格子状のネットワークと同様の意味を持っている）CBDを想定し、各事業所がCBD内の全ての事業所とそれぞれ同数のコンタクトを行うという想定のもとでのオフィス立地モデルを展開している。Fujita and Ogawa⁶⁾は非単一中心都市モデルを提案しているが、そこではオフィス間の相互作用を立地ポテンシャル関数を用いて表現している。このポテンシャル関数は企業間のコンタクトがオフィスの立地行動に及ぼす影響を間接的に表現したものとなっている。このモデルは、簡単な構造でありながらきわめて多様な都市現象の説明を可能としており、後の研究に大きな影響を与えている。最近、これを発展させた研究もいくつか発表されている（Liu¹²⁾、Grimaud¹³⁾、Ogawa and Fujita¹⁴⁾）。一方、Tauchen and Witte^{7),8)}はO'Haraと同様な空間設定で、都市内の各地点間のコンタクト数を内生的に決定するモデルを開発しており、社会的便益を最大化する立地パターンとの比較も行っている。さらにTabuchi¹⁰⁾は線形都市を対象にFujita and Ogawaと同様なアクセシビリティ関数を用いて都市サイズに関する分析を行っている。

以上紹介した各モデルは空間の取り扱い（線形、正方形）、事業所間の相互作用のタイプ（アクセシビリティ関数、コンタクト数一定、コンタクト数の内生性）などについてそれぞれ異なった仮定を置いているものの、オフィス立地の基本的な特性について共通の結論がいくつか得られている。これらの結果で特に興味深いことは、オフィスの立地密度、地代、床の賃貸料の空間分布の形が、住宅や工業に関する都市経済モデルにより得られるような凸型ではなく凹となっていることである。

ところでオフィス立地を直接対象としたものではないが、小林・朴・吉川¹⁵⁾は、知識生産活動の立地均衡モデルを開発している。ここでは、知識消費の生産関数、知識創造の生産関数といった新しい概念を提示しており、また数値解析により多様な活動分布パターンを記述している。ここではミーティングの知識生産に果たす役割に着目しているが、ミーティングに出席するためのトリップは内生的に決定されず、アクセシビリティ指標を用いて間接的に表わされている。

以上の理論的研究によってオフィス立地の空間分布に関する基本的な特性は明らかとなったが、いずれも単純なモデルなので、より現実的な都市構造の分析を行うには種々の改良が必要である。たとえば大都市の中心部における日中の交通混雑は主としてオフィスから発生する

業務トリップによるものであるが、従来の研究では、正の集積経済にのみ着目しており、混雑などの集積の不経済効果は考慮されていない。また、2. で述べたように、コンタクトの水準と立地選択の間には、密接な関連があるが、このことを考慮した研究は少ない。日常的活動とコンタクト活動との間の代替を考慮することにより、立地場所によりコンタクト活動の水準が異なるという現象を説明することができる。

4. モデル

I 個の等質なゾーン ($i=1, 2, \dots, I$) に分割された都市を考える。都市に立地する各事業所は等しい規模をもち、立地行動においても等質であると仮定する。各企業は face-to-face コンタクトと日常的活動を組み合わせてある種の情報、サービスを生産するものとする。

このモデルが前章で述べた従来のオフィス立地モデルと異なる点は、face-to-face コンタクトと日常的活動を独立に扱うのではなく、両者間のトレードオフを考慮していることである。また離散空間を対象にモデル化を行うことによって交通ネットワーク形状とオフィス立地との関係、あるいは混雑の影響など種々の分析を行うことができる。

(1) 企業の行動

オフィスにおける生産は face-to-face コンタクトの回数 O_i 、日常的な業務のための労働量 RE_i の関数 $F(O_i, RE_i)$ として表わされると仮定する。なお、生産関数 F は O_i, RE_i それぞれについて増加関数である。コンタクトの空間的分布は、 i ゾーンに立地する企業が、 j ゾーンの企業と取引関係を持つ割合 P_{ij} として表わされる。各企業の利潤は、次の式のように定義する。

$$\pi_i = qF(O_i, RE_i) - wE - r_i G_i - O_i \sum_j P_{ij} c_{ij} \dots (1)$$

ここに、 E は各事業所の従業者数であり、上述のように定数として与えられる。 G_i, r_i はそれぞれオフィスの床面積、単位床面積あたりレントである。 q, w, c_{ij} は、それぞれ、オフィスにおいて生産される情報、サービスなどの価格、従業者へ支払う賃金率、そして i ゾーンから j ゾーンへ移動するための費用である。この時 O_i と RE_i の選択にあたっては次式のような時間制約を受けるものとする。

$$O_i \sum_j P_{ij} t_{ij} + hRE_i = hE \dots (2)$$

ここに t_{ij} は i ゾーンから j ゾーンへの移動に要する時間であり、 h は単位期間中の一人あたり勤務時間である。上式の左辺第 1 項は face-to-face コンタクトのため要する時間であり、第 2 項はオフィス内での日常的業務に従事している時間である。上式では、全従業者の就労時間の合計が与えられるので、face-to-face コンタクトと日常的業務の間のトレードオフを表わしている。各事業

所は式(2)に示した時間制約のもとで式(1)で定義した利潤が最大になるように生産要素 O_i と RE_i 、および立地点の組合せを選択するものとする。

問題(1), (2)を明示的に解くため、以下のような追加的仮定を行う。まず、 F の関数形を次のように特定化する。

$$F(O_i, RE_i) = O_i^a RE_i^b, \quad a+b < 1, \quad a, b > 0 \dots (3)$$

ここに a, b は定数である。上式において $a+b < 1$ を仮定しているのは、生産要素としてオフィス床の広さを陽表的に考慮していないことによる。

次に、face-to-face コンタクトのトリップパターン P_{ij} は次のグラビティモデルであらわされるものとする。

$$P_{ij} = \frac{N_i t_{ij}^d}{\sum_m N_m t_{im}^d}, \quad d > 0 \dots (4)$$

ここに N_i は各ゾーンに立地する企業の数であり、 d は定数である。

さらに、各事業所の使用する床面積と face-to-face コンタクトに要する費用が、それぞれ従業員数とトリップ所要時間とに比例すると仮定する。

$$G_i = uE \dots (5)$$

$$c_{ij} = e t_{ij} \dots (6)$$

ここに u, e は定数である。

式(2)から式(6)を式(1)に代入すると、以下の式を得る。

$$\pi_i = qO_i^a \left(E - \frac{1}{h} O_i \sum_j P_{ij} t_{ij} \right)^b - (w + ur_i) E - eO_i \sum_j P_{ij} t_{ij} \dots (7)$$

上式で定義された利潤を最大にする O_i は、次に示す 1 階の条件式を解くことにより得られる。

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial O_i} = qO_i^{a-1} \left(E - \frac{1}{h} O_i \sum_j P_{ij} t_{ij} \right)^{b-1} \left(aE - \frac{a+b}{h} O_i \sum_j P_{ij} t_{ij} \right) - e \sum_j P_{ij} t_{ij} = 0 \dots (8)$$

なお、ここでは $O_i > 0$ を仮定している。

この式を解いて得られる解を O_i^* とすると、日常的活動の最適な水準 RE_i^* は次式により求められる。

$$RE_i^* = E - \frac{1}{h} O_i^* \sum_j P_{ij} t_{ij} \dots (9)$$

(2) オフィス床の供給

本研究では、O'Hara (1977), Tauchen and Witte (1983, 1984), あるいは Tabuchi (1986) らと同様、デベロッパーの行動を考慮している。ここでは、都市内に多数のデベロッパーが存在するものと仮定する。このとき、デベロッパーが得る単位敷地面積当りの利潤は、

$$\phi_i = r_i I_i - cI_i^\beta - LR_i \dots (10)$$

ここに、 c は単位床面積当り建築費用であり、 β は、建設技術を表わすパラメータである。ここで、上式の最大化のため、 $\beta > 1$ が仮定される。 I_i は容積率であり、 LR_i

は、単位土地面積当り地代である。デベロッパーは利潤が最大となるように容積率 I_i を選択するものと考えたと式(10)の I_i に関する一階の条件式は次の通り

$$r_i - \beta c I_i^{\beta-1} = 0 \dots\dots\dots(11)$$

ここで I_i は、容積率の定義より

$$I_i = GS_i / LA_i \dots\dots\dots(12)$$

と書ける。ここに GS_i は i ゾーン内に建設されるオフィスの床面積、また、 LA_i は i ゾーンにおいてオフィス用途に利用される土地の面積である。従って、オフィス床の供給関数は次式により求められる。

$$r_i = \beta c (GS_i / LA_i)^{\beta-1} \dots\dots\dots(13)$$

(3) オフィス立地均衡

さて、本研究では都市における企業の総数が TN とし与えられたもとでの、均衡立地分布を考える。すなわち、閉鎖都市を仮定する。各企業の立地均衡は次のように定義される。すべての企業は等質なので、均衡状態において各企業は等しい利潤を得るはずである。またこれより低い利潤しか得られないゾーンにはどの企業も立地しない。さらに、立地均衡のもとでは、オフィス床に關する需要と供給が一致する。

いま均衡利潤の値を π^* 、均衡状態での企業の立地分布を $\{N_1^*, N_2^*, \dots, N_I^*\}$ とすると、立地均衡の条件は次の通りである。

$$\left. \begin{aligned} \pi^* &= \pi(r_i^*, \{P_{ij}^*\} | O_i^*, RE_i^*), \text{ if } N_i^* > 0 \\ \pi^* &> \pi(r_i^*, \{P_{ij}^*\} | O_i^*, RE_i^*), \text{ if } N_i^* = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(14)$$

$$GS_i = u N_i^* E \dots\dots\dots(15)$$

$$\sum_i N_i^* = TN \dots\dots\dots(16)$$

$$N_i \geq 0, i=1, 2, \dots, I \dots\dots\dots(17)$$

ここに

$$\begin{aligned} \pi(r_i^*, \{P_{ij}^*\} | O_i^*, RE_i^*) \\ = q O_i^{*a} RE_i^{*b} - (w + u r_i^*) E - e O_i^* \sum_j P_{ij}^* t_{ij} \dots\dots\dots(18) \end{aligned}$$

$$r_i^* = \beta c (u N_i^* E / LA_i)^{\beta-1} \dots\dots\dots(19)$$

$$P_{ij}^* = \frac{N_j^* t_{ij}^d}{\sum_m N_m^* t_{im}^d}, d > 0 \dots\dots\dots(20)$$

式(14)は、等利潤条件を示しており、式(15)は、床市場の清算条件を表している。なお、式(19)は、均衡時の床レント r_i^* を求める式であるが、これは式(13)に(15)を考慮することにより導出されたものである。また、多数のデベロッパーの存在を仮定したので、彼らの利潤はゼロになる。このことから、地代 LR_i は、式(10)および、式(15)、(19)を用いて、次式のように計算される。

$$LR_i = (\beta - 1) c (u N_i^* E / LA_i)^{\beta-1} \dots\dots\dots(21)$$

(4) オフィス立地均衡の計算法

式(14)~(17)によって定義される立地均衡に対応するオフィス企業の分布は、以下に示すような手順で求め

られる。この方法は、交通量配分にしばしば適用されるIA法の考え方を応用したものである。

Step 1: 都市における総企業数 TN を M 個の小さな単位に分割し、繰り返し番号 $k=1$ と置く。そして、 TN/M を適当なゾーン h に立地させる。すなわち $N_k^k = TN/M, N_i^k = 0, \text{ for all } i \neq h$.

Step 2: $k=k+1$ とし、 $i=1$ から計算を始める。

Step 3: 式(4)により $P_{ij}^k, j=1, \dots, I$ を計算する。

Step 4: i に一単位立地させる。すなわち $N_i^k = N_i^{k-1} + TN/M$ 。そして他のゾーン $j \neq i$ については、 $N_j^k = N_j^{k-1}$ と置く。

Step 5: $N_i^k, P_{ij}^k, j=1, \dots, I$ のもとで、式(8)を解き、 O_i を求める。さらに式(9)、(19)により RE_i, r_i をそれぞれ求める。

Step 6: 式(18)により利潤 π_i を計算する。

Step 7: $i=I$ なら Step 8 へ。

$i < I$ なら、 $N_i^k = N_i^k - TN/M$ とし、次のゾーンへ進む。すなわち $i=i+1$ と置き、Step 3からの計算を繰り返す。

Step 8: $\pi_h = \max\{\pi_i, i=1, \dots, I\}$ となるようなゾーン h を探索する。

Step 9: $N_h^k = N_h^k + TN/M$

Step 10: $k < M$ なら Step 2 へ。 $k \geq M$ なら、均衡条件、式(14)のチェックを行う。すなわち $N_i^k > 0$ なるすべての i について

$\max_h \pi_h - \pi_i \leq \epsilon$ なら、均衡が達成されたとみなし計算を終了。ここで ϵ は十分小さな数である。

このとき、 $\{N_i^k, i=1, \dots, I\}$ が均衡解となる。上式が満たされないときは Step 11 へ。

Step 11: すべての i について、 $N_i^k = (1 - \delta) N_i^k$ とおいて Step 2 へ戻り、計算を繰り返す。ここに $\delta = 1/M$ 。

5. オフィス立地と都市の空間構造

(1) オフィス立地分布の基本的特性

本節では、前節で定式化したオフィス立地モデルを仮定の都市に適用し、モデルの挙動を調べる。本モデルには、種々のパラメータが含まれており、また外生変数として都市における総従業員数が与えられる。そこでパラメータ、総従業員数、交通網の形態の変化に対してモデルにより得られるオフィス立地がどのように変化するかを数値シミュレーションにより調べることにする。

ここではまずゾーン間の所要時間が直線距離に比例すると仮定した最も単純な場合を想定し、モデルによるオフィス立地分布の基本的な特性を調べる。本研究では図1に示すように121個のゾーンに分割された正方形の都市を対象に分析を行う。ゾーン間の所要時間は直線距離に比例するものとし、混雑の影響は考えない。

まず、4.で示したモデルに表1に示すパラメータ値

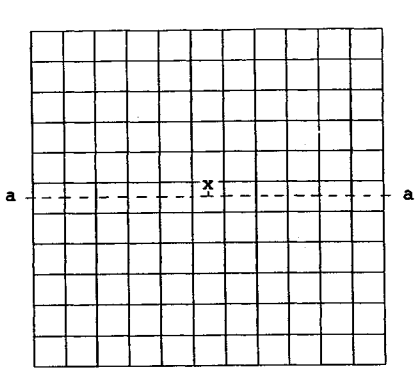
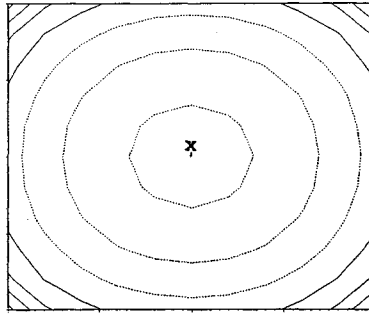
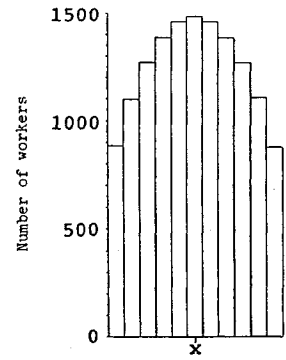


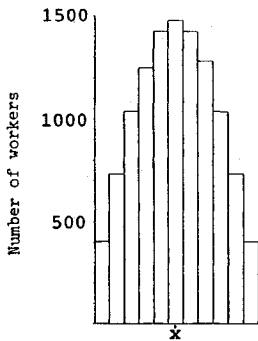
図-1 モデル分析の対象とする仮想都市



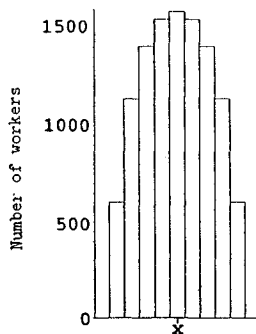
(a) コンター図



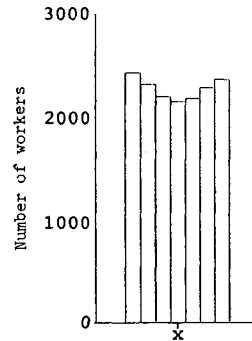
(b) a-a断面の立地分布



(a) $d = 0.1$



(b) $d = 1.0$



(c) $d = 2.0$

図-4 d の変化によるオフィス立地分布の変化 (a-a断面)

表-1 モデル分析に用いるパラメーター一覧

$a = 0.4$	$b = 0.4$	$q = 6.0$
$w = 24.0$	$e = 2.0$	$h = 200.0$
$u = 17.5$	$d = 0.5$	$\beta = 3.0$
$c = 0.6$	$LA_1 = 1.0$	$TN = 121000$

を与えて解き、オフィス立地量の分布を求めた。結果は図-2に示す通りであるが、図-2(a)のコンター図より、都市の中央部(点X)で最も立地量が多く、周辺ほど少なくなることがわかる。すなわち、都心の形成を叙述している。また、図-2(b)は、図-1におけるa-a断面の立地分布を示しているが、これより、オフィス立地密度の空間分布は凹型である。このような立地分布は3.で述べた従来のオフィス立地モデルの解と共通の性質である。

図-3は、都市の中央(点X)を原点と定め、その点からの距離と、一企業あたりのコンタクトの頻度(O_i)との関係を示している。これより、中央に近いほど企業間のコンタクトが活発に行われていることがわかる。従来の交通需要予測において多く用いられる手法は、重回帰モデルや原単位法であるが、このような方法では事業所あたりのトリップ発生数は立地場所に拘らず一定にな

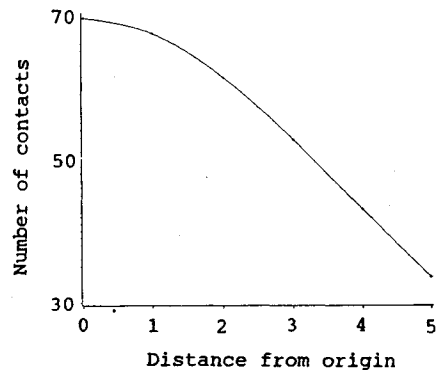


図-3 一事業所あたりコンタクト頻度の空間分布

る。これに対して、本モデルは立地する場所によってトリップの頻度に変化するという状況を説明している。

(2) パラメータ変化の影響

図-4は、face-to-faceコンタクトの目的地選択確率を表す式(4)のグラビティモデルに含まれる距離抵抗パラメータ d の種々の値に対する立地分布の変化を示している。なお、図の読み方は図-2(b)と同様である。図より、 d の増加にしたがって、業務地区の広さが小さくなることから、全体として企業の集中が進むことがわ

かる。しかし立地分布パターンは、 $d=2.0$ において、業務地区の外縁部の立地密度が中央部のそれよりも高いという全く逆の分布が出現した。 d の値が大きくなると、各事業所は近隣のゾーンへのみトリップを行う傾向があるが、そのとき各企業は、短い距離でより多くの企業とコンタクトすることを求める。その結果、中央部で1カ所に集積するよりも、多数の地点で集積を形成するようになる。なお、交通混雑のないという設定のもとで、図4(c)のような多中心構造が実現するのは d の変化した場合に限られ、他のパラメータを変化させても生じない。

他のパラメータに関しては、紙数の制約を考慮して、以下に結果のみを記す。

- ① 式(3)に示した生産関数のパラメータ a, b については、 a の値が大きくなるほど各企業はコンタクトをより多く求め、結果として中央部への集中が進む。
- ② 式(10)に含まれるパラメータ β は建設技術を表しているが、技術の変化により β の値が低下すると、ビルの高層化が容易となるため、中央部への集中が促進される。
- ③ 都市に立地する企業の総数 TN が増加すると、中央部における立地量が減少し、周辺部の立地量が増加する。すなわち分散化が進む。

6. 交通混雑、ネットワークとオフィス立地分布

(1) 交通混雑を考慮したオフィス立地モデル

前節では、ゾーン間の所要時間が直線距離に比例し、混雑は生じないという仮定を置いていた。しかし、実際の都市における交通はネットワークを経由してなされるものである。またオフィスの集積が進むと、企業間コンタクトのためのトリップが増大し、交通ネットワーク上に混雑が生じる。その場合、各企業は、近接性という集積の経済と、混雑のような集積の不経済を同時に考慮して立地選択を行うものと考えられる。そこで本節では、上述の現象を考慮できるようモデルを拡張し、種々のネットワークパターンがオフィス立地に与える影響を分析する。なお、本分析ではface-to-faceコンタクトのためのトリップが、すべて自動車を利用するものと仮定している。

交通混雑が存在する場合、face-to-faceコンタクトのためのトリップがネットワーク上のあるリンク a を通過する時間は、リンク交通量 V_a 、および交通容量 K_a の関数、 $S_a(V_a, K_a)$ と表わされる。ここに S_a は V_a について増加関数、 K_a について減少関数である。具体的には、次のように関数形を特定化する。

$$S_a(V_a, K_a) = S_a^0 \{1 + 2.62(V_a/K_a)^3\} \dots\dots\dots (22)$$

ここに S_a^0 は自由走行状態でリンク a を通過するのに要する時間である。また V_a は

$$V_a = \sum_i \sum_j \sum_m \delta_{amij} h_{mij} \dots\dots\dots (23)$$

により求められる。ここに δ_{amij} は i から j へ向かう m 番目の経路がリンク a を通過するとき1の値を持つ0-1変数である。また h_{mij} は、 ij 間の m 番目の経路を通る交通量であり、次の関係式を満たす。

$$\sum_m h_{mij} = N_i O_j P_{ij} \dots\dots\dots (24)$$

ネットワーク上の交通量が均衡状態にあるとき、各リンクおよび経路の交通量が満たすべき条件は、周知のように、

$$\left. \begin{aligned} t_{ij} &= \sum_a \delta_{amij} S_a(V_a, K_a), \text{ if } h_{mij} > 0 \\ t_{ij} &< \sum_a \delta_{amij} S_a(V_a, K_a), \text{ if } h_{mij} = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (25)$$

$$h_{mij} \geq 0, \quad i, j = 1, 2, \dots, I \text{ and } m \in M_{ij} \dots\dots\dots (26)$$

および式(23)、(24)である。

ここに、 M_{ij} は ij 間で利用可能な経路の集合である。そして、 t_{ij} は、ゾーン ij 間の所要時間である。

上で求められるゾーン間所要時間は、式(23)、(24)、(25)から明らかのように、オフィス立地分布に依存しており、一方、オフィス企業の立地選択はゾーン間所要時間に依存する。したがって交通混雑を考慮したオフィス立地均衡を求めるためには、立地均衡条件式(14)~(17)と、上のネットワーク均衡条件式(23)~(26)を同時に満たすような立地分布 $\{N_i, i=1, \dots, I\}$ およびゾーン間所要時間 $\{t_{ij}, i, j=1, \dots, I\}$ の組合せが求められなければならない。

このような均衡解を計算する方法を以下に示す。

Step A: 繰り返し回数 $n=1$ と置き、ゾーン間所要時間の初期値 t_{ij}^0 を設定する。

Step B: 4.(4)で示したStep 1-11の計算を実行し、得られた立地分布を $N_1^n, N_2^n, \dots, N_I^n$ とする。

Step C: 次の最適化問題を解く。

$$\text{Min } \sum_a \int_0^{V_a} S_a(Y, K_a) dY \dots\dots\dots (27)$$

s. t. 式(23)、(24)、(26)

この問題の最適条件はネットワーク均衡条件式(23)~(26)と等価である。均衡下のゾーン間所要時間は、均衡条件式(25)の右辺によって計算される。これを t_{ij}^n と置く。

Step D: $|t_{ij}^n - t_{ij}^{n-1}| \leq \epsilon$ なら計算終了。そうでないときは $n=n+1$ と置き、次式により t_{ij}^n を求めた後、Step Eへ進む。

$$t_{ij}^n = \frac{1}{n-1} \sum_{l=1}^{n-1} t_{ij}^l$$

Step E: 4.(4)におけるStep 11以降の計算を行い、 $\{N_1^n, N_2^n, \dots, N_I^n\}$ を求める。Step Cへ戻り、計算を続ける。

(2) 交通ネットワーク形状とオフィス立地分布

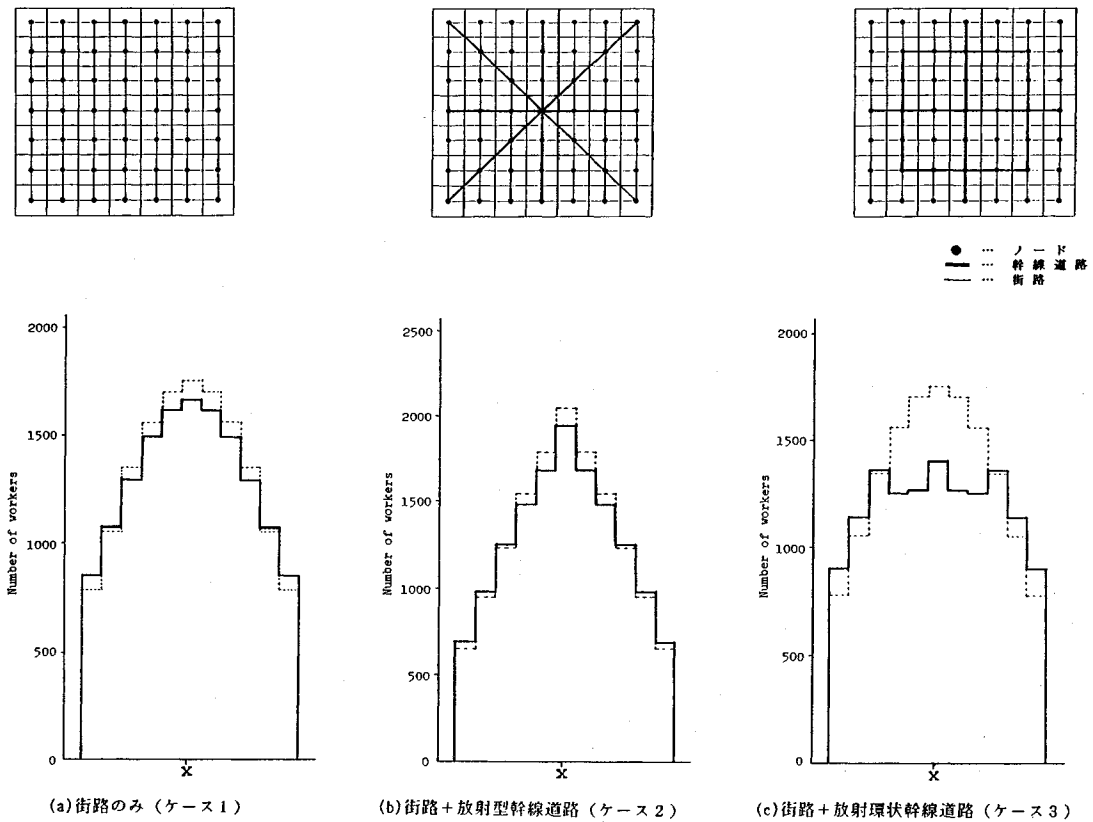


図-5 交通ネットワーク形状とオフィス立地分布 (a-a断面)

分析の対象とする都市の交通システムは、全てのゾーンを基盤状に結んだ街路網と、幹線道路網により成るものと仮定する。そして幹線道路は街路の4倍の交通容量を有する。本分析では、街路網の形状は変えずに、幹線道路のネットワークパターンを複数ケース設定し、それぞれに対するオフィス立地特性を比較することとする。ここでは、まず幹線道路はなく基盤状の街路網のみの場合(ケース1)、次に幹線道路網が図-5(b)に示す放射型(ケース2)、そして図-5(c)に示す放射環状型(ケース3)、という3ケースについて分析する。各ケースに対応するオフィス立地分布は図-5(a)~(c)に示している。また図には、比較のため、交通混雑の生じない状況での立地分布を破線で重ねて描いている。ケース1は、O'Hara(1977)、および Tauchen and Witte (1983, 1984)の想定した都市と同様であるが、ここでは交通混雑を考慮した点が異なっている。このケースでは、混雑の影響により、中央部の立地量が減少し、周辺部の立地量が増加した。次に、放射状ネットワークでは、中央部への一点集中型の分布であった。これに対し、放射環状型ネットワークでは、図に示すように、中央部に企業集積が形成されたが、環状線と放射線との結節点にも集積が形成された。これは、副都心の形成を説明するものといえる。

同じ図において混雑を考慮しない場合は、そのような副都心は生じていない。

次に、放射環状型ネットワークのケースについて、都市の総企業数 TN を変化させて立地分布を調べた。その結果を示す図-6によると、総企業数 TN が増加するにしたがって、混雑の影響により、立地分布は単一中心型から多中心型へと変化している。

本モデルは、他にも様々なオフィス立地パターンを表現できる。たとえば図-7には、街路のみというネットワークケースのもとで総企業数を増加させたとき、都市中央部の集積が消滅して、周辺部と中央部の中間付近に新たな集積が生じた状況を示している。これは、企業数とともに増加したトリップによる混雑が、都心への一点集中を維持できない程の水準になったためと思われる。

(3) 交通ネットワーク形状の評価

上の分析において、道路の都市内総容量は、各ケースで一定となるようにしている。すなわち、用地費を無視すれば道路建設に要する費用は、各ケース間で差がない。このとき、各ネットワークケースのもとで厚生水準は、式(15)で定義した均衡利潤の水準 π^* によって測られる。図-8には、各ネットワークケースごとに、総企業数を変化させ、それぞれの組合わせについて、均衡利潤

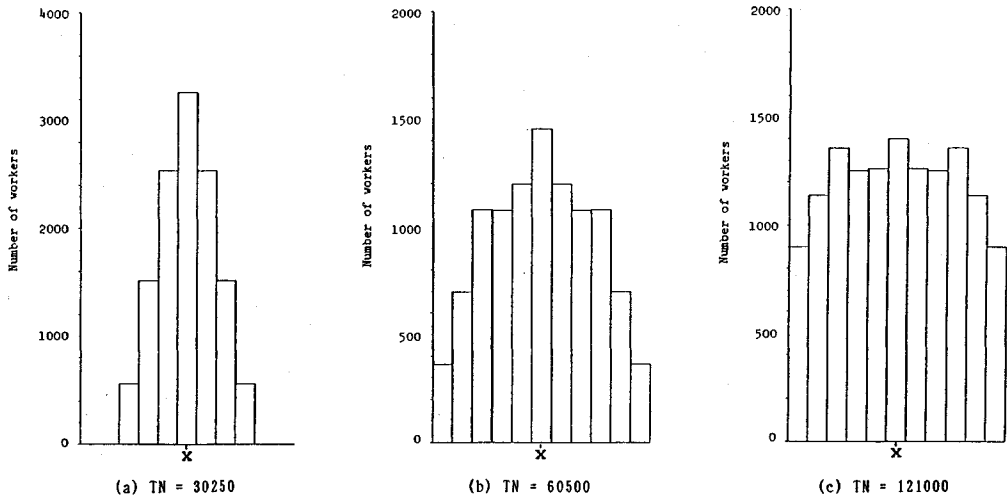


図-6 企業数の変化とオフィス立地分布(街路+放射環状道路)

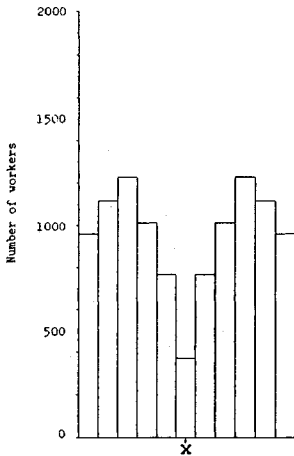


図-7 混雑の影響による都心の消滅 (a-a 断面)

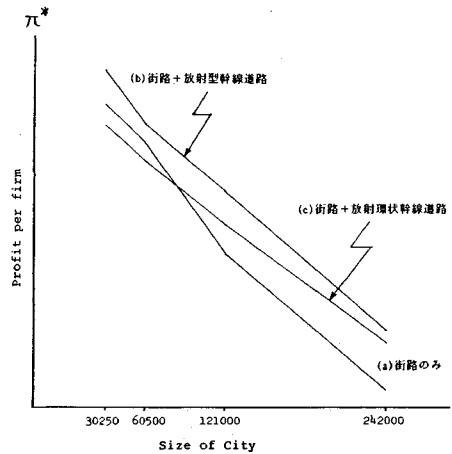


図-8 交通ネットワークと均衡利潤値との関係

を示したものである。図より、放射型ネットワークのもとの利潤水準が、他に比べて高いことがわかる。しかし、総企業数が増加するとともに放射型と放射環状型のもとの利潤の差は縮まっている。上で分析したように、放射環状型ネットワークにおいては企業数が増えると、多中心の都市構造に変化して交通混雑の影響を緩和しているが、一方の放射型ネットワークではそのような現象は生じない。このことから、企業数が増えるほど、放射型ネットワークの相対的な有利性が減少したものと考えられる。次に均衡利潤は、総企業数の増加とともに減少している。この原因としては、オフィス床の賃料の上昇や、混雑による交通費用の増加などがあげられる。

ここでのネットワークの評価は、企業活動の効率性のみに基づくものなので、全体的な評価を行うためには、世帯の厚生を同時に考慮する必要がある。

7. おわりに

本研究は、オフィス立地における主要な要因として企業間の face-to-face コンタクトに着目し、コンタクト回数を内生化したオフィス立地モデルを開発したものである。このモデルの特徴は次の通りである。

(1) face-to-face トリップの発生メカニズムを内生化することにより従来の回帰モデルや原単位モデルよりも合理的な業務交通量予測ができる。またトリップに変換することができるので、混雑の影響も分析できる。

(2) コンタクト活動と、オフィス内での日常的機能とのトレードオフを考慮することにより、立地選択とコンタクト活動の水準との関係を説明できる。

次に、オフィス立地モデルを仮想都市に適用し、各種パラメータと交通ネットワークの形態がオフィスの立地分布に及ぼす影響を分析した。ここで得られた主要な結

果は次の通りである。

(1) モデルによる計算の結果求められるオフィス立地分布は多くの場合、中央部で企業の集積が最も多く、また分布の形状は凹型である。しかし、下に述べるように他のパターンもありうる。

(2) トリップの目的地選択を表わすグラビティモデルの距離抵抗パラメータ d の値の範囲によっては、都心集中型ばかりでなく、周辺部に複数の集積地点が出現するような立地分布となる場合もあることが確かめられた。

(3) 交通混雑の影響を考慮できるよう、モデルを拡張し、三通りのネットワークについてオフィス立地分布を求めたところ、都心部への一点集中型ばかりでなく、ネットワークの結節点における副都心の形成など、多様な都市構造が表現できた。

(4) 企業活動の効率性という視点からは、放射型ネットワークが、放射環状型ネットワークよりも望ましいことがわかった。

本研究では、以上述べたような成果を得たが、今後、研究を進めることにより解決すべき課題も残されている。それらは以下の通りである。

(1) 2. でも少し考察したが、企業間のコミュニケーションは、face-to-face コンタクトばかりでなく、電話、ファクシミリ、コンピュータ通信などの電気通信手段によっても行われる。この分野の技術革新がさらに進んだとしても、face-to-face コンタクトの意義が失われることはあり得ないと考えられるが、これら電気通信機器によるコミュニケーションの比率が高まることは確かであろう。そのとき、代替によってface-to-face コンタクトの回数が減少するのか、それともコミュニケーション活動そのものが活発となって回数が増加するのか、また都市構造はどうなるか、などを分析することは興味深い。

(2) 都市における業務トリップの特徴として、トリップチェーンを形成することが従来より観察されている。したがってコンタクトの目的地選択に新たな工夫をすることによってトリップチェーンを考慮できるよう、モデルを拡張する必要がある。

(3) 本稿で展開したモデルは、各企業が行うコンタクトの頻度のみを内生化し、コンタクトの空間的パターンはグラビティモデルによって特定化した。これに代わって、Tauchen and Witte が行ったようにコンタクトの空間的パターンまで内生的に決定することも可能である。筆者らは、ある特定の生産関数形を仮定することにより、内生的に決定されるコンタクトパターンがグラビティモデルと同じ形になることを明らかにしているが¹⁶⁾、その内容については別の機会に発表することとする。

(4) 本モデルは業種を考慮せず一種類の企業の立地

のみを対象としたが、実際の都市には活動内容の異なる複数の業種が存在し、各業種間での相互依存関係も異なっている。従って、本モデルを複数の業種を考慮できるように拡張することによって、より現実的な都市現象が説明可能となるものと思われる。

本論文の旧稿^{17), 18)}に対して、東北大学の佐々木公明助教授よりいくつかのご指摘をいただいたが、これらは、本稿をとりまとめる上で有益であった。また鳥取大学の小林潔司助教授にも種々のコメントもいただいた。さらに京都大学大学院の塩本知久氏には、数値計算作業にご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) Evans, A. W. : Urban Economics ; An Introduction, Basil Blackwell, 1985.
- 2) Goddard, J. B. : Office Linkages and Location, Progress in Planning, Vol.2, Part 2, Pergamon Press, 1973.
- 3) Daniels, P. W. (ed.) : Spatial Patterns of Office Growth and Location, John Wiley & Sons, 1979.
- 4) O'Hara, D. J. : Location of firms within a square central business district, Journal of Political Economy, Vol.85, pp.1189-1207, 1977.
- 5) Andersson, Å.E. and Ferraro, G.V.G. : Accessibility and density distributions in metropolitan areas ; theory and empirical studies, Papers of Regional Science Association, Vol.52, pp.141-158, 1983.
- 6) Fujita, M. and Ogawa, H. : Multiple equilibria and structural transition of non-monocentric urban configurations, Regional Science and Urban Economics, Vol.12, pp.161-196, 1982.
- 7) Tauchen, H. and Witte, A.D. : An equilibrium model of office location and contact patterns, Environment and Planning A, Vol.15, pp.1311-1326, 1983.
- 8) Tauchen, H. and Witte, A.D. : Socially optimal and equilibrium distribution of office activity ; models with exogenous and endogenous contacts, Journal of Urban Economics, Vol.15, pp.66-86, 1984.
- 9) Papageorgiou, Y.Y. and Thisse, J.F. : Agglomeration as spatial interdependence between firms and households, Journal of Economic Theory, Vol.37, pp.19-31, 1985.
- 10) Tabuchi, T. : Urban agglomeration economics in a linear city, Regional Science and Urban Economics, Vol.16, pp.421-436, 1986.
- 11) Fujita, M. : A monopolistic competition model of spatial agglomeration ; differentiated product approach, Regional Science and Urban Economics, Vol.18, pp.87-124, 1988.
- 12) Liu, H-L. : Two-sector nonmonocentric urban land-use model with variable density, Environment and Planning A, Vol.20, pp.477-488, 1988.
- 13) Grimaud, A. : Agglomeration economics and building height, Journal of Urban Economics, Vol.25, pp.17-31, 1989.
- 14) Ogawa, H. and Fujita, M. : Nonmonocentric urban configurations in a two-dimensional space, Environment

- and Planning A, Vol.21, pp.363~374, 1989.
- 15) 小林潔司・朴性辰・吉川和広：ミーティング施設の役割と知識生産活動の立地均衡に関する研究，土木学会論文集，第407号／IV-11，1989.
- 16) Mun, Seil : A model of office location, Transport Group Seminar, University of Waterloo, 1988.
- 17) Mun, Seil : Communication among firms and office agglomeration, Paper for presentation at Japan-Sweden Workshop on Infrastructure of C-Region, Tottori, Japan, 1989.
- 18) 文 世一・吉川和広・中村健一・事業所間のコンタクトを内生化したオフィス立地モデル，土木計画学研究・講演集12，pp.627~634，1989.
- (1990.8.6 受付)

A MODEL OF OFFICE LOCATION WITH ENDOGENOUS INTER-FIRM CONTACTS

Se-il MUN, Kazuhiro YOSHIKAWA and Ken-ichi NAKAMURA

In this paper, we propose a model of office location which deals explicitly with the role of face-to-face contacts among firms in location choice. In the model, frequency of contacts with other firms are endogenously determined. And trade-off between communication activity and routine work is described by introducing time constraint on working hours. Through numerical simulations, properties of office location are demonstrated. First, the impacts of changes in model parameters on spatial distribution of office firms are analyzed. Furthermore, by taking account of traffic congestion on road network as an agglomeration diseconomy, various patterns of office distributions, such as generation of subcenters, are described.
