

# 産業インフラの供給と居住環境

内 藤 徹\*

## 1 はじめに

都市内に存在する産業部門の生産性を向上させるため、都市には物流センターや工業団地などの産業インフラストラクチャ（以降、産業インフラ）がしばしば供給される。このような産業インフラの供給によって産業部門の生産性は向上する反面、その供給によって都市環境が損なわれることもすくなくない。例えば、物流センターの整備によって、産業部門は刺激され生産性は向上するであろう。しかしながら、物流センターの建設によって都市内に流入する物流量は増大し、騒音や大気汚染など都市環境、特に都市に居住する家計の生活環境を同時に悪化させている。平成11年版「首都圏白書」によれば、首都圏における自動車の排ガスによってもたらされる二酸化窒素の濃度は、全国に比較して環境基準を上回り、大気汚染が顕著であることがわかっている。また、自動車交通騒音の状況については、東京及び近隣三県では自動車交通騒音の環境水準を達成している観測局の割合が全国に比較して低く、自動車交通騒音の厳しい状況が首都圏全体に見受けられる。したがって、今日ではもはや生産活動の活性に伴う生活環境の悪化を無視することができなくなっている。

これまで、多くの都市経済の研究者によってインフラの供給と都市システムに関する研究がなされてきた。Abdel-Rahman (1997) は、形成される都市構造が都市内に供給されるインフラの供給水準に依存することを示している。また、Holtz-Eakin and Lovely (1996) では、インフラの供給が都市内の産業部門の生産性に与える影響ならびに企業数に与える影響を分析し、さらにはこれらの点に関する実証分析を行っている。

国際経済学の分野でも、インフラに関連する文献が多く存在する。Martin and Rogers (1995) は、地域外との取引に影響を与える国際交通インフラと国内の財の移動に影響を与える国内交通インフラという2種類の交通インフラを想定し、財を生産する企業の立地選択につい

て検討している。彼らの分析のよって、国際交通インフラの改善は、当該国の企業が当該国から他地域へ立地を変更する誘因を与えることを示し、その理論的な結論を裏付けるための実証分析を行ってモデルの整合性を示している。Seitz (2000) は、独占的競争市場に直面する生産部門を設定し、インフラが独占的競争市場の生産部門に影響を与えるモデルで分析した。

日本の高度経済成長期には多くのインフラの建設プロジェクトが進められた。1960年代後半、モータリゼーションにより自動車の普及率が大幅に増加し、それに伴い各種の交通インフラは道路5ヵ年計画によって整備された。しかしながら、政府はインフラの整備による産業の充実を優先とし、環境への配慮を軽視したプロジェクトの遂行がなされた。その結果、インフラの供給による環境破壊がなされ、今日様々な問題として表面化している。近年、環境保護は深刻な問題のひとつとなってきたが、依然として環境アセスメントを十分に行わないインフラの供給プロジェクトは進められている。

環境経済学の分野では、多くの研究者が生産部門によって排出された環境汚染が家計や他の産業部門に外部性として影響を与えるモデルを構築し分析している。Copeland and Taylor (1999) は、2国2財モデルの貿易モデルに、環境による他部門への生産性への影響を考慮し、2国の産業構造に影響を与えることを示した。これに対して、交通量に依存した環境水準が家計の効用関数に入り、単一中心の都市経済モデルでの分析を行ったものに Thorpe (1999) がある。Thorpe (1999) は分析の中で、環境への影響に対する政策として、ガソリン税やエリアライセンスを想定し、それらの規制の効果を分析している。Thorpe (1999) のモデルは、都市内で発生する汚染による環境の悪化が各家計に及ぼす影響が、CBDからの立地に関わらず、すべての家計にとって同一であるように設定されていた。しかしながら、Verhoef and Nijkamp (2000) では、効用関数に環境水準が影響するという設定は維持しつつも、CBDで発生する環境へのダメージは、CBDから距離に依存し、そのダメージが距離に関して逓減するモデルを構築し分析をしている。しかしながら、彼らの分析において、環境へのダメージと生産部門の活動とは関係しておらず、環境へのダメージがどのように発生するかに関しては明示的にモデル化されていない。

本章の目的は、物流センターなどの産業インフラの供給が都市内の環境水準、さらには都市内に居住する家計への影響を考察することである。本章で構築するモデルは、Holtz-Eakin and Lovely (1996) や Abdel-Rahman (1997) のモデルに、環境の側面をモデルに組み込むことでモデルの拡張を行う。さらに、構築したモデルにおいてインフラの供給水準について分析を行う。本章の構成は以下の通りである。まず、次節では基本モデルを設定し、家計の行動、土地市場、環境水準について分析する。第3節では生産部門の考察を行い、第4節で環境への影響を考慮したインフラの供給水準を考える。

## 2 モデルの設定

### 2.1 家計

本説で考察する経済は、単一中心都市を考える。都市は地点 0 に中心業務地区（以降 CBD）を持つ線形都市を仮定する。すべての雇用機会は CBD に存在し、都市内に居住する家計はすべて自己の居住地から CBD に通勤することによって職を得、賃金を得るものものとする。都市内では価格 1 の合成財が生産され、供給されている。また、都市内の各地点における土地の供給量は 1 単位とし、その土地は不在地主によって所有されるものとする。ここで農業地代は  $R_a$  とする。各家計は同一の選好をもつ、すなわち、家計の効用関数はすべて共通であると仮定する。家計の効用関数は、合成財の消費量、敷地規模、ならびに環境水準に依存し、都市内の環境水準は、Thorpe (1999) と同様、都市内に居住するすべての家計に対して同一に影響を与えると仮定する。この環境水準は、CBD で行われる生産活動、すなわち、都市内に供給されるインフラの規模に依存して生じるものであり、家計はこれを所与として扱う。いま、家計の効用を  $U$  で表記するならば、効用関数は以下のとおりにあらわすことができる。

$$U = U(C_x, C_s, E) \quad (1)$$

ここで、効用関数を以下のとおりに特定化することにする。

$$U = C_x^\alpha C_s^\beta E^\gamma \quad (\alpha + \beta = 1, \gamma > 0) \quad (2)$$

距離単位あたりの交通費用、CBD から距離  $r$  での地代、1 家計あたりの賃金率、課税率をそれぞれ、 $t, R(r), w, \tau$  で表すならば、都市の CBD から  $r$  の距離に居住する家計が直面する予算制約式は以下の形で表すことができる<sup>1)</sup>。

$$(1 - \tau)w = C_x + R(r)C_s + tr, \quad (3)$$

したがって、家計はこの予算制約のもとで効用を最大化するので、家計の効用最大化問題は以下で与えられる。

$$\max_{C_x, C_s} C_x^\alpha C_s^\beta E^\gamma \quad s.t. \quad (1 - \tau)w = C_x + R(r)C_s + tr \quad (4)$$

(4) の最大化問題を解くと、CBD から  $r$  の距離に居住する家計の合成財消費量  $C_x$  ならびに敷地規模  $C_s$  が導出される、すなわち、

$$C_x = \alpha[(1 - \tau)w - tr] \quad (5)$$

$$C_s = \frac{\beta[(1 - \tau)w - tr]}{R(r)} \quad (6)$$

いうまでもなく、ここで土地の地代  $R(r)$  を所与として扱っている。この地代  $R(r)$  は土地市場の均衡によって決定される。次節では、これまでの家計の行動の結果を踏まえて土地市場の均衡を検討する。

## 2.2 土地利用

前節の家計の効用最大化問題において、家計は CBD から  $r$  の距離の地代を所与として行動した。しかし、この都市内の地代は土地市場均衡から決定されるものである。本節では先の結果をもとに土地市場の均衡を導出する。本稿で考察する都市モデルは、不在地主のもとでの閉鎖都市モデルを仮定する。不在地主のもとでの閉鎖都市モデルでは、人口（家計の総数）は外生的に与えられ、家計の効用水準が内生的に決定される。また、都市内の土地の所有形態については不在地主が所有すると仮定しているため、都市内の各家計が支払う地代の総額は、都市には居住していない不在地主の収入になる<sup>2)</sup>。いま都市には  $\bar{L}$  の人口（家計の総数）が居住しているものとする。(4) の効用最大化問題を解くと、各家計の合成財消費量  $C_x$  ならびに敷地規模  $C_s$  が (5), (6) によってそれぞれ導出される。均衡地代を求めるため、(5), (6) で求められた  $C_x$  ならびに  $C_s$  を効用関数 (2) に代入すると間接効用関数  $v$  が導出される。さらに両辺の対数をとると、以下の関係が得られる。

$$\ln v = \alpha \ln \alpha + \beta \ln \beta + \ln[(1-\tau)w - tr] + \gamma \ln E(G) - \beta \ln R(r) \quad (7)$$

都市内の家計はすべて同一の選好を保持しており、都市内の居住地の選択は瞬時にコストレスで行うことができるとするならば、均衡ではすべての家計が CBD からの距離  $r$  に関わらず同一の効用水準を享受していなければならない。したがって、(7) で与えられた間接効用関数の両辺を  $r$  で微分し、変形すると以下の微分方程式が導出される。

$$\beta \frac{R'(r)}{R(r)} = \frac{-t}{(1-\tau)w - tr} \quad (8)$$

(8) を積分すると、

$$\beta \ln R(r) = \ln[(1-\tau)w - tr] + const, \quad (9)$$

ただし、ここで  $const$  は積分定数を表す。我々は農業地代を  $R_a$  と仮定していたので、都市の境界を  $r_f$  で表記するならば、均衡では都市の境界における地代は農業地代に等しくなる。すなわち、 $R(r_f) = R_a$  が満たされる。いま、この都市境界の地代と農業地代が等しくなるため、 $R(r_f) = R_a$  を上の微分方程式の初期値に用いることで均衡地代が導出される。

$$R(r) = R_a \left( \frac{(1-\tau)w - tr}{(1-\tau)w - tr_f} \right)^{1/\beta} \quad (10)$$

(10) より均衡地代は環境水準に依存しないことが分かる。また、地代は CBD からの距離が大きくなるほどさがることが分かる<sup>3)</sup>。つぎに (10) の結果をもとに均衡都市境界を決定する。いま、線形都市を想定し都市内の各地点での土地供給量は 1 単位と仮定していた。さらに、閉鎖都市モデルの設定から都市内の人口は外生的に  $\bar{L}$  で与えられているので、効用最大化問題の解である敷地規模  $C_x$  と均衡地代曲線  $R(r)$  を考慮するならば、人口制約は以下の式で表される。

$$\bar{L} = \int_0^{r_f} \left( \frac{Ra}{\beta} \right) \left[ \frac{[(1-\tau)w - tr]^{1/\beta-1}}{[(1-\tau)w - tr_f]^{1/\beta}} \right] dr, \quad (11)$$

閉鎖都市モデルでは、 $\bar{L}$  が外生的に与えられるので、上の人口制約式を都市境界  $r_f$  に関して解くと均衡都市境界  $r_f^*$  が導出される、すなわち、

$$r_f^* = \frac{(1-\tau)w}{t} \left( 1 - \left[ \frac{Ra}{t} - \bar{L} \right]^{-\beta} \right) \quad (12)$$

(12) より、均衡都市境界については以下のことが考察される。農業地代  $R_a$  が上昇すると均衡土地境界は小さくなり、都市の規模は縮小することが分かる。一方、賃金率  $w$  ならびに都市内の人口  $\bar{L}$  が増加するなら都市の規模は拡大することが分かる。

### 2.3 環境水準

本節では、都市内の家計の効用に影響を与える環境水準を考える。環境水準は家計の効用関数に含まれてはいるが、家計はこれを外生的に扱うため、家計はこの水準を選択することは出来ない。本稿で考察する環境水準は、インフラの供給量に依存するものとする。すなわち、インフラの供給は高水準になると都市内の環境水準は悪化するものとする。いま生産活動は CBD でなされており、居住環境は本来  $E(G, r)$  というインフラの供給水準と CBD からの距離の関数として表すことができる。しかしながら、本章では Thorpe (1999) に従い、都市内の環境水準は CBD からの距離  $r$  に依存せず同一であるとする。特に、都市内の環境水準  $E(G)$  を以下のとおり特定化する。

$$E(G) = \frac{\theta}{G}, \quad (\theta > 0) \quad (13)$$

ただし、 $\theta$  はインフラ供給が環境水準へのダメージの度合いを示すパラメータを表すものとする。関数  $E(G)$  はインフラの供給水準  $G$  に関して減少関数である。つまり、都市内の環境水準はインフラの供給量が多くなるほど悪化することになる。例えば、都市内に物流センターのようなインフラが整備されるとするならば、インフラの整備により生産部門の生産性は向上するであろう。しかしながら、そうしたインフラの整備は都市内に多くの交通をまねき、排ガスの量も増加し、結果的に都市環境を悪化させるであろう。これまで都市内に供給されるインフラに関しては生産面への正の影響のみを取り扱い、環境への影響までを考慮した分析がなされ

てこなかった。しかし、こうしたインフラの整備によって各地の環境水準が悪化していることは今日無視できない状況になってきている。ゆえに、こうした負の影響を考慮してインフラの供給水準の決定を行うことが必要となる。次節以降ではインフラの供給が生産部門に与える影響を分析し、さらに環境への影響を考慮した供給水準を考察する。

### 3 生産部門

都市内で生産される合成財は CBD においてその生産が行われる。合成財は差別化された中間財の投入によって生産されるものとし、合成財の生産に用いられる中間財は労働を唯一の生産要素とする。各家計は 1 単位の労働力を保有し、CBD に通勤し非弾力的に労働を供給するものとする。また、中間財に投入される労働うち固定的な労働投入は供給されるインフラの水準に依存し、そのインフラは労働によって生産されると仮定する。したがって、各家計によって非弾力的に供給される労働はインフラの生産、もしくは中間財の生産に投入されることになる。

#### 3.1 インフラ供給部門

合成財の生産に用いられる中間財は労働投入のみと仮定した。中間財の生産に必要な労働には可変的な労働投入と固定的な労働投入を必要とする。ただし、固定的な労働投入はインフラの供給水準に依存するものとする。いま、インフラの生産には労働のみが使用されると仮定とし、その生産関数を以下の形に特定化する。

$$G = \varphi l_g \quad (14)$$

この生産関数より、インフラは  $l_g$  の労働投入によって、 $\varphi l_g$  だけ生産される。ここで、 $\varphi$  は生産に関するパラメータを表す定数であり、 $l_g$  はインフラの生産に投入される労働量を表す。したがって、 $G$  単位のインフラを生産するためには  $G/\varphi$  の労働投入が必要となる<sup>4)</sup>。

#### 3.2 中間財部門

合成財の生産には、差別化された中間財が用いられる。中間財の唯一の生産要素は労働であると仮定し、本稿ではこの差別化された中間財市場は独占的競争市場に直面しているものとし、その市場は Dixit and Stiglitz (1977) による定式化を用いることにする。Seitz (2000) は、この独占的競争モデルに生産要素としてのインフラを導入し分析している。都市内に供給されるインフラは中間財の固定的な労働投入に影響を与える。すなわち、インフラの供給水準が高いほど固定的な労働投入量は逓減する<sup>5)</sup>。各企業はこれによって決定された固定的な労働投入を

所与として自企業の生産活動を行う。中間財が合成財の生産に投入されるとき、合成財の生産関数を以下のとおり設定する。

$$X = \left[ \sum_{i=1}^n s_i^\delta \right]^{\frac{1}{\delta}} \quad (15)$$

まず合成財の生産量を所与とし、各中間財に対する派生需要を導出する。いま、合成財の生産量を  $X$  とするとき、合成財を生産する企業の費用最小化問題が与えられる。

$$\min_{s_1, \dots, s_n} \sum_{i=1}^n p_i s_i \quad s.t. \quad X = \left[ \sum_{i=1}^n s_i^\delta \right]^{\frac{1}{\delta}} \quad (16)$$

制約付費用最小化問題 (16) を解くことで、合成財の生産量が  $X$  のときの各中間財に対する派生需要が以下のとおり導出される。

$$s_i = \left( \frac{p_i}{M} \right)^{\frac{1}{\delta-1}} X \quad (i=1, \dots, n), \quad (17)$$

ただし、ここで  $M$  は中間財市場の価格指標を表す、すなわち、

$$M \equiv \left[ \sum_{i=1}^n p_i^{\frac{\delta}{\delta-1}} \right]^{\frac{\delta-1}{\delta}} \quad (18)$$

(17) で中間財の派生需要が求められたので、次に供給量を考える。いま、中間財企業は独占的競争市場に直面しており、中間財の唯一の生産要素は労働のみを仮定していた。中間財の生産には限界的な労働投入ならびに固定的な労働投入が必要である。ただし、固定的な労働投入量は都市内に供給されるインフラの水準に依存する。独占的競争市場では各企業は独占的に供給する。いま、中間財の生産に必要な労働量を  $l_{si}$  で表す、すなわち、

$$l_{si} = a s_i + \frac{b}{G}, \quad (19)$$

$l_{si}$  より、インフラの供給水準  $G$  が上昇するならば、固定的な労働投入は減少することになる。 $G$  は都市を管轄する政府が決定するとするならば、中間財を生産する各企業はこの水準を所与として行動することになる。いま、都市内の家計の賃金率を  $w$  で表すならば、 $i$  番目の中間財企業の利潤関数は次の通り与えられる。

$$\pi_i = p_i(s_i) s_i - w \left( a s_i + \frac{b}{G} \right) \quad (i=1, \dots, n) \quad (20)$$

利潤関数 (20) を  $s_i$  で微分すると、利潤最大化の1階条件が与えられる。

$$p_i \left( 1 - \frac{1}{\epsilon} \right) - w a = 0 \quad (i=1, \dots, n) \quad (21)$$

中間財市場の企業が多数存在するとき、各企業の行動は中間財の価格指標に影響を与えない<sup>6)</sup>。したがって、各中間財の価格弾力性は代替の弾力性  $\frac{1}{1-\delta}$  に近似することができる。このことを考慮すると、利潤最大化の1階条件から  $i$  番目の企業の中間財の価格  $p_i$  が導出される。

$$p_i = \frac{aw}{\delta} \quad (i=1, \dots, n) \quad (22)$$

中間財の価格  $p_i$  は限界費用にマークアップされたものとして表され、インフラの供給水準は中間財の価格には影響を与えないことが分かる。いま、中間財市場への参入ならびに退出の自由を仮定するならば、以下のゼロ利潤条件が与えられる。

$$\frac{aw}{\delta} s_i - w \left( a s_i + \frac{b}{G} \right) = 0 \quad (23)$$

ゼロ利潤条件 (23) に中間財の価格 (22) を代入すると、 $i$  番目の中間財企業の均衡生産量  $s_i$  が導出される。

$$s_i^* = \left( \frac{b\delta}{a(1-\delta)G} \right) \quad (24)$$

(24) より、 $i$  番目の均衡生産量はインフラならびに限界費用が増加するにつれて、減少することがわかる。また、固定的な労働量の程度を表すパラメータ  $b$  が増加すると、均衡生産量は逡減する。これは  $G$  の水準が高ければ固定的な労働投入  $b/G$  は小さくなる。固定費用が小さくなるならば、規模の経済性の作用する度合いが小さくなるため生産量を増大する誘因は相対的に小さくなるためである。以上の結果を踏まえて中間財の均衡生産量に関して以下の補題が与えられる。

**補題 1.** インフラの供給水準の増大は、中間財企業の均衡生産量を逡減させる。しかしながら、この供給水準は均衡価格には影響を与えない。

ここで、中間財部門の生産の対称性を仮定するならば、すべての中間財企業は同一の生産技術を有することになる。したがって、均衡価格ならびに均衡生産量はすべての企業において同一となるので、均衡生産量ならびに均衡価格を  $s^*$ 、 $p^*$  で表すならば、以下の関係が成立する。

$$s^* \equiv s_1^* = \dots = s_n^* \quad (i=1, \dots, n) \quad (25)$$

$$p^* \equiv p_1 = \dots = p_n \quad (i=1, \dots, n) \quad (26)$$

つぎに、中間財の企業数を検討する。いま不在地主の下での閉鎖都市モデルを想定しているため、都市内に居住する家計の数は外生的に  $\bar{L}$  で与えられていた。都市内の家計はインフラ生産部門もしくは中間財部門のいずれかに労働を非弾力的に供給する完全雇用を仮定していたので、完全雇用条件としてつぎの関係が成立していなければならない<sup>7)</sup>。

$$\frac{G}{\varphi} + n \frac{b}{G} \frac{1}{1-\delta} = \bar{L} \quad (27)$$



これを  $n$  について解くと、 $G$  の関数としての企業数が与えられる。

$$n = \left[ \frac{G(1-\delta)}{b} \right] \left( \bar{L} - \frac{G}{\varphi} \right). \quad (28)$$

(28) から、中間財の企業数について以下のことが考察できる。すなわち、中間財の代替の弾力性が低くなるほど企業数は増加し、都市内の家計の数が多くなるにつれ企業数は増大する。また、インフラの生産性が上昇するならばやはり企業数は増大する。しかしながら、 $G$  に関してはその増大が中間財の企業数の増加につながるか否かは明確ではない。インフラの供給水準の増加は、中間財部門の固定的な労働投入量を減少させることで企業数を増加させる効果を与える。一方、インフラの供給水準の増加はその生産のための労働投入をより多く必要となるため、中間財部門への労働供給を減少させてしまい企業数を減少させる効果をもつ。ゆえに、 $G$  の増加による中間財の企業数への効果はこれら 2 つの効果のうちいずれが強く働くかに依存することになる。そこで (28) を  $G$  で微分することで  $G$  の変化が企業数に与える影響を考える。(28) を  $G$  で微分すると、以下の導関数が与えられる。

$$\frac{dn}{dG} = \frac{1-\delta}{b} \left( \bar{L} - \frac{2}{\varphi} G \right) \quad (29)$$

上の導関数から、インフラの供給水準  $G$  と中間財の企業数に関して次の補題が得られる<sup>8)</sup>。

**補題 2.** インフラの供給水準  $G$  が  $G = \frac{\varphi}{2} \bar{L}$  を満たすとき、中間財部門の企業数は最大になる。

### 3.3 最終財部門

前節において、最終財部門の生産量を所与として、中間財部門の企業行動を分析してきた。前節では中間財市場での均衡価格ならびに均衡生産量、そしてインフラの供給水準が中間財部門に与える影響を検討した。本節では前節で所与として扱っていた最終財の生産量を、先に得られた中間財市場の結果を利用して考えることにする。合成財の費用関数  $C(X)$  は (17) で合成財の生産量が  $X$  の時の派生需要が導出されたものを利用すると、以下のとおり表される。

$$C(X) = \sum_i^n p_i s_i = \left( \frac{a}{\delta} \right) w \left\{ \left[ \frac{G(1-\delta)}{b} \right] \left( \bar{L} - \frac{G}{\varphi} \right) \right\}^{\frac{\delta-1}{\delta}} X, \quad (30)$$

(30) を  $X$  で微分するならば、合成財部門の限界費用  $C'(X)$  が導出される。

$$C'(X) = \left( \frac{a}{\delta} \right) w \left\{ \left[ \frac{G(1-\delta)}{b} \right] \left( \bar{L} - \frac{G}{\varphi} \right) \right\}^{\frac{\delta-1}{\delta}}, \quad (31)$$

(31) より、合成財を生産する企業はその生産にインフラを直接投入しないが、企業の費用関数にはインフラの供給水準が影響することが分かる。 $\delta \in (0,1)$  より、中間財市場の企業数が多い程、合成財生産企業の限界費用は逓減することが分かる。したがって、中間財市場の企業数が

最大になるとき、合成財部門の限界費用は最低になる。合成財の価格を1と設定しているため、合成財の生産企業の利潤関数  $\Pi$  が以下のとおり与えられる。

$$\Pi = X - C(X) \quad (32)$$

ここで限界費用が限界収入、すなわち1より小さければ合成財部門は生産を増やすことにより利潤を増加することが出来る。生産を増やすためには中間財投入を増加させなければならないが、中間財投入の増加は中間財の生産要素である労働需要の増加をまねくため、相対的に労働供給が不足し、賃金の増加を招き合成財部門の限界費用を高めることになる。一方、限界費用が限界収入1より大きければ、生産量を増加すればするほど損益が増大するので、企業は生産を行わない。企業が生産を行わなければ中間財投入がなくなるため、中間財の生産要素である労働需要も減少し賃金率は下がる。結果、合成財部門の限界費用を低下させる。このプロセスの結果、最終財部門の限界費用は限界収入に等しくなる、すなわち、

$$1 = \frac{a}{\delta} w \left\{ \left[ \frac{G(1-\delta)}{b} \right] \left( \bar{L} - \frac{G}{\varphi} \right) \right\}^{\frac{\delta-1}{\delta}}, \quad (33)$$

で与えられる。

$$w = \frac{\delta}{a} w \left\{ \left[ \frac{G(1-\delta)}{b} \right] \left( \bar{L} - \frac{G}{\varphi} \right) \right\}^{\frac{1-\delta}{\delta}} \quad (34)$$

都市内の家計が直面する賃金率  $w$  は中間財市場の企業数が大きくなるほど上昇することが分かる。中間財市場の企業数を最大にする  $G$  の水準を  $\hat{G}$  で表すと補題2より、 $G = \frac{\varphi \bar{L}}{2}$  のとき、企業数が最大になるので、この範囲を考慮することで次の命題をあたえることが出来る。

**命題1.** が  $0 < G < \frac{\varphi \bar{L}}{2}$  の範囲にあるとき、インフラの供給増加は都市内の家計の賃金率の上昇をもたらすが、 $\frac{\varphi \bar{L}}{2} < G < \bar{L}$  の範囲ではインフラの供給水準の増加は賃金率の低下をもたらす。

この中間財市場の企業数を最大にする  $\hat{G}$  は都市内の人口ならびにインフラ生産部門の生産性に関して増加関数となる。

#### 4 居住環境とインフラ供給

前節まで、家計、土地利用、環境水準、ならびに生産部門の行動を分析してきた。しかしながら、いずれもインフラの供給水準  $G$  は所与のものとして取り扱ってきた。インフラの供給水準の増加は居住環境の水準を低下させる反面、中間財部門の固定的な必要投入を減少させた。したがって、いま政府が都市内のインフラの供給水準を決定すると仮定するならば、政府はこれらの各部門への影響を考慮してその供給水準を決定しなければならない。本節では、このイン

フラの供給水準を決定する政府の行動を検討することにする。

インフラの供給にかかる費用は、その生産にかかる費用のみとする。インフラの生産に必要な要素は労働のみであったことを考慮するならば、この人件費が供給費用と考えることができる。いま、家計が自由に職を選択、すなわち、インフラの生産に携わるか、あるいは中間財部門に携わるかを自由に選択できるとするならば、都市内の家計が直面する賃金率は (34) で与えられる。政府のインフラの供給に必要な費用を都市内に居住する家計への課税によってまかなうならば、家計への課税率を  $\tau$  で表していたので、税収の総額は  $\bar{L}(\tau w)$  で与えられることになる。(14) より、 $G$  だけ、供給したとき必要とされる労働投入量は  $G/\varphi$  であるので、供給費用は  $Gw/\varphi$  で表現できる。これらを考慮するならば、政府の直面する予算制約は以下のとおり与えられる。

$$\left(\frac{G}{\varphi}\right)w = \bar{L}(\tau w) \quad (35)$$

これを  $\tau$  について解くと、1家計あたりの課税率が導出される。すなわち、

$$\tau = \frac{G}{\bar{L}\varphi} \quad (36)$$

つぎにインフラの供給水準が均衡効用水準にあたる影響を調べるため家計の間接効用関数  $V^*$  を考える。政府は住民の効用が最大になるようにインフラの供給水準を決定するものとする。均衡では都市内の家計はその居住地に関わらず同一の効用水準を得ていないければならない。ゆえに、ここで都市内の家計の均衡効用水準を都市の境界 ( $r=r_f$ ) に居住する家計の効用水準で評価することにする。都市境界  $r_f$  ならびに1家計あたりの課税率は (12) ならびに (36) で導出されていたのでこれを代入すると、以下の式が与えられる。

$$V^* = \left(\frac{\alpha^\alpha \beta^\beta}{R_A^\beta}\right) \left[\frac{R_A}{t} - \bar{L}\right]^{-\beta} \left[(1-\tau)w\left(\frac{\theta}{G}\right)^\gamma\right] \quad (37)$$

さらに (34) で導出された家計の賃金率  $w$  を代入すると、上の均衡効用水準  $V^*$  は以下のとおり書き直される。

$$V^* = \left(\frac{\alpha^\alpha \beta^\beta}{R_A^\beta}\right) \left[\frac{R_A}{t} - \bar{L}\right]^{-\beta} \left(\frac{\theta^\gamma}{L}\right) \left[G^{-\gamma} \left(\frac{G(1-\delta)}{b}\right)^{1-\delta} \left(\bar{L} - \frac{G}{\varphi}\right)\right]^{\frac{1}{\delta}} \quad (38)$$

これを  $G$  に関して微分すると、家計の効用を最大化する  $G$  の水準が以下のとおり導出される。

$$G^* = \frac{[1-\gamma-\delta]\varphi\bar{L}}{2-\gamma-\delta} \quad (39)$$

$G^*$  に関して比較静学すると、都市の家計にとって効用を最大化するような産業インフラの供給水準  $G^*$  に関して以下のことが言える。 $G^*$  は都市内の家計数とインフラ生産部門の生産性の増加関数であり、 $\gamma$  と  $\delta$  に関して減少関数であることが分かる。中間財市場の企業数が最大になるようなインフラ  $G$  の水準は補題2によって与えられていたことを考慮するならば、都市内の

家計の効用を最大化するようなインフラの供給水準と必ずしも一致しないことが分かる。したがって、 $G^*$  と  $\hat{G}$  の大小関係を比較することで以下の命題が与えられる<sup>9)</sup>。

**命題2.**  $1 - \frac{1}{\sigma} < \gamma < \frac{1}{\sigma}$  を満たすとき、中間財市場の企業数を最大にする（合成財企業の限界費用を最小にするような） $\hat{G}$  は都市内の家計の効用を最大化する  $G^*$  よりも過大になる。

この命題は次のように解釈することができる。中間財部門の代替の弾力性  $\sigma$  は大きくなると、 $G^* < \hat{G}$  なる  $\gamma$  の範囲は小さくなる。一方、 $\sigma$  が小さくなると  $G^* < \hat{G}$  なる  $\gamma$  の範囲は大きくなる。 $\gamma = 1 - \frac{1}{\sigma}$  を満たすときのみ、企業数を最大にする産業インフラの供給水準  $\hat{G}$  と都市に居住する家計の効用を最大化する産業インフラの供給水準  $G^*$  は一致する。

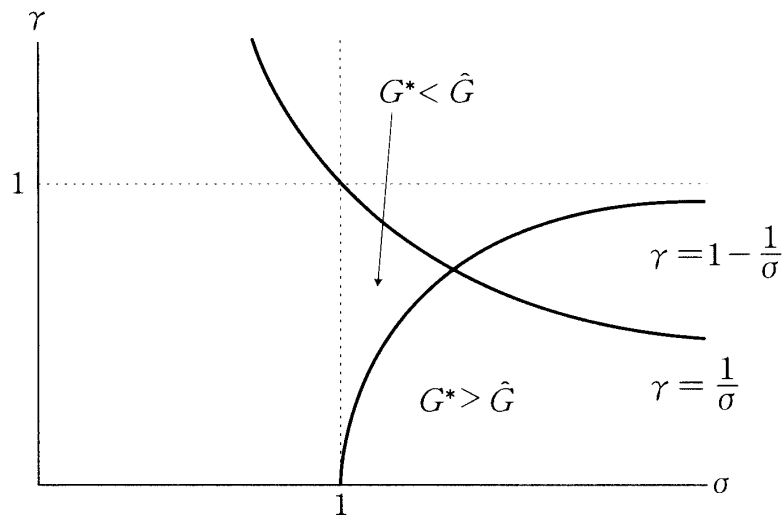


Fig. 1

## 5 おわりに

本稿では都市の環境に影響をあたえるような産業インフラを想定し、その供給水準に関する分析を行った。本稿の分析の結果、環境への影響が、中間財市場の企業数を増大し、合成財部門の限界費用を逡減させる効果をもつことを示す、中間財の代替の弾力性よりも相対的に低い場合には都市内の家計の効用を最大化する供給水準よりも過大になることを示した。これは今日の環境に対する影響を低く評価し、産業を優先し行われたインフラの供給の現状を示している。

本稿で設定したモデルではその分析の単純化のため、いくつかの点を簡単化している。まず、インフラの供給に影響される環境水準は都市内の家計の立地点に関わらずすべて同一であると

いう仮定である。大気汚染などの場合はこの設定で分析可能だが、騒音などの場合、CBDに近い個所と都市の境界ではその影響は必ずしも同一とは言えないであろう。本稿では Seitz(2000)の設定に従ったが、こうした点を考慮するならば、Verhoef and Nijkamp (2000) で設定されているように距離に応じてその影響が異なるモデルを分析する必要がある。

また、本モデルではインフラの費用の負担者については、家計への課税によってまかなわれるものとして分析しているが、本来このような産業インフラの場合、便益を受ける企業に負担させることも考えられる。したがって、こうした負担ルールについても今後分析に必要となるであろう。

さらなる拡張としては、本稿では1都市モデルで考えているが、これを2都市モデルに拡張し、人口移動を考慮した供給水準の決定を考えることも興味深い。こうした問題は今後の課題として残される。

#### 参考文献

- [1] Abdel-Rahman, H. M., "Product differentiation, monopolistic competition and city size," *Regional Science and Urban Economics*, 18, 69-86, (1988).
- [2] Abdel-Rahman, H. M., and M. Fujita, "Product variety, Marshallian externalities and city size," *Journal of Regional Science*, 30, 165-183, (1990).
- [3] Abdel-Rahman, H. M., "Economies of scope in intermediate Goods and a system of cities," *Regional Science and Urban Economics*, 24, 497-524, (1994).
- [4] Abdel-Rahman, H. M., "Multi-firm city versus company town: A micro foundation model of localization economies," *mimeo*, (1997).
- [5] Anwar, S., "Government spending on public infrastructure, prices, production and international trade," *Quarterly Review of Economics and Finance* 41, 19-31 (2001)
- [6] Copeland, B. R and M. S. Taylor "Trade, spatial separation, and the environment," *Journal of International Economics*, 47, 137-168, (1999).
- [7] Dixit, A. K. and J. E. Stiglitz, "Monopolistic competition and optimum product diversity," *American Economic Review*, 67, 297-308, (1977).
- [8] Dobkins, H. L., "Location innovation and trade : The role of localization and nation-based externalities," *Regional Science and Urban Economics*, 26, 591-612, (1996).
- [9] Fujita, M., *Urban economic theory*, Cambridge University Press, (1989)
- [10] Hobson, A. P., "Optimum product variety in urban areas," *Journal of Urban Economics*, 22, 190-197, (1987).
- [11] Holtz-Eakin, D. and Lovely E. M., "Scale economies, returns to variety, and the productivity of public infrastructure," *Regional Science and Urban Economics*, 26, 105-123, (1996).
- [12] Krugman, P., "Increasing returns and economic geography," *Journal of Political Economy*, 99, 483-499, (1991).
- [13] Krugman, P. and A.J. Venables., "Globalization and the inequality of nations," *Quarterly Journal*

- of *Economics*, 4, 857-880, (1995).
- [14] Martin, P. and C. A. Rogers., "Industrial location and public infrastructure," *Regional Science and Urban Economics*, 39, 335-351, (1995).
- [15] Seitz, H., "Infrastructure, industrial development, and employment in cities: Theoretical aspects and empirical evidence," *International Regional Science Review*, 23, (2000)
- [16] Tabuchi, T., "Urban agglomeration and dispersion: A synthesis of Alonso and Krugman," *Journal of Urban Economics*, (1998).
- [17] Thorpe G. S., "Automobile-related environmental policies in a spatial model," *Regional Analysis and Policy*, 29, 56-73, (1999).
- [18] Verhoef, T. E. and P. Nijkamp "Externalities in urban sustainability," Tinbergen Institute Discussion Paper TI 2000-077/3, (2000)

### 注

\* 本稿は2001年12月3日に札幌学院大学において開催された応用地域学会年次大会にて報告したものを一部加筆・修正したものです。討論者である多々納裕一先生(京都大学)には有益なコメントを頂きました。また、上田孝行先生(東京工業大学)ならびに佐々木公明先生(東北大学)にも有益なコメントを頂きました。また、言うまでもなくあり得べき誤謬はすべて筆者の責任であります。

- 1) この課税率  $\tau$  による税収は、都市内のインフラの供給にのみ用いられるものとする。
- 2) 基本的な都市空間モデルにおいて、開放都市モデルであれば、都市内の家計の効用水準が外生的に与えられ、都市の人口、すなわち、家計の総数が内生的に決定される。また、土地の所有形態が公的所有であるならば、各家計が支払った地代収入の総額は、家計の数だけ頭割りされ各家計に再分配されることになる。
- 3) ここで均衡地代が環境水準に依存しないことは、インフラの供給水準が均衡地代に影響を与えないことを意味しない。インフラの供給水準は都市内に居住する家計の賃金率に影響を与えるためである。家計に効用関数に影響を与えるこの環境水準がCBDからの距離に依存するのであれば、当然のことながら、均衡地代はCBDからの距離に単調に逓減するとは限らない。インフラが都市内の賃金率に与える影響は次節を参照されたし。
- 4) ここで中間財の生産には必ず固定的な労働投入を必要とする。また、インフラ供給に用いられなかった労働が存在することを仮定する。すなわち、 $\bar{L} - G/\varphi > 0$  を仮定する。
- 5) Seitz(2000)では、インフラの水準が限界的な労働投入と固定的な労働投入のいずれにも影響を与えるようにモデルが設定されているが、本稿では固定的な労働投入にのみ影響を与える。
- 6) 独占的競争市場の詳細な定式化についてはDixit and Stiglitz(1977)を参照されたし。中間財企業数は中間財部門に就労する労働量に依存する。企業数が多数存在しているときのみ中間財の価格弾力性と代替の弾力性は近似できるため、この労働量  $\bar{L} - G/\varphi$  は十分に大きいものとする。
- 7) ここで最終財部門では生産要素として労働は投入されない。
- 8) 2階の条件は  $\frac{d^2 n}{dG^2} = \frac{1-\delta}{b} \left(-\frac{2}{\varphi}\right) < 0$  となるので満足していることが確認できる。
- 9) 中間財部門における代替の弾力性を  $\sigma$  で表すならば、 $\sigma = 1/(1-\delta)$  となるので、 $\delta = (\sigma - 1)/\sigma$  が成立する。