

二部門部分均衡モデルによる情報関連及び交通関連社会資本の整備効率性の理論的検討¹

A Theoretical Efficiency Analysis of Implementation of Transportation and Information Infrastructure
by the Two-Sector Partial Equilibrium Model

森杉 雅史²

Masa Morisugi

1. はじめに

情報や交通社会資本は社会の潤滑油の動脈たる存在であり、その意味ではそれらの発達は更なる社会経済活動の発展を純粋に促すものと期待される。その一方で、情報関連型産業の躍進と投資規模の拡大と比して、OECD 諸国におけるデータ趨勢からの近年における GDP 成長率の結果は芳しくない。世界開発報告(1999)¹⁾によれば、80 年代後半から情報関連産業業績は年平均 10%以上を誇るに対して、90 年代 GDP 年平均成長率は日本で 1.4%、米で 2.5%、高所得国 (1997 年一人当たり GNP9655 米ドル以上) 累計の平均では 2.1%に止まっている。この結果を元に、即座に情報産業は先進国においては経済成長を誘因する先導産業となりえないと断を下すことは当然賢明ではないが、旅客交通と情報におけるサービスの類似性から考えるに、交通社会資本の整備実績累積と共に高度成長期から近年に至るまでの知識や情報・ビジネスチャンスの伝達高速化等の果たした役割と照らせば、その社会経済効果は期待された程ではないというのが大方の感かと思われる。また、研究サイドとしても交通に比べれば情報関連産業の分析は緒についたばかりであり、各々サービス間は代替ないし補完的な関係かという議論はあるが、概ね旅客交通との関係としては類似性(代替性)が成立し、その意味から両者の産業特性を鑑みて情報産業の台頭による交通あるいは経済全体に与える効果を整理した研究は然程多くはない。これらのことから本研究では、産業構造特性を織り込んだ 2 部門交通部分均衡モデルを用いて次善的最

適料金・投資を理論検討した Wheaton(1978)²⁾、Wilson(1983)³⁾、Arnott and Yan(2000)⁴⁾と同様な手法を用い、情報関連産業と交通産業の 2 部門に読み替えて分析を進める。

2. 一部門モデル

経済には消費部門、情報関連部門(産出量 x_1)、交通部門(x_2)にそれぞれ代表的主体のみ存在するとし、後者 2 部門の産出するサービスの消費量は消費主体の合理的行動の元で選択され、支出関数(B)は財の価格と間接効用水準 u で定義される。また補償原理成立の仮定の元で、支出関数の価格変分は消費者余剰の変化と定義できる。さらに、本論文では B の価格変化による変分は所得効果は無視した場合の等価的変差と考える。中間投入部門は消費部門の需要を既知として、それぞれインフラ投資量(w_i 、単位価格は固定で p_k)、及び料金(τ_i)を決定する。消費者価格(p_i)は生産平均費用(c_i)と料金の和で構成される(ただし、通常は交通サービスが生産者と消費者を主体が兼ねるという状況設定の特殊性に依拠するため設けられる平均費用価格形成であり、情報産業では一般にこの限りではない)。平均費用関数はサービス量とインフラ投資量の比によって説明され、 $c_i' \geq 0$ を仮定する。先ず本章では情報 1 部門のみを考え、この時、中央計画者による社会的最適のケースと、混雑や需要の外部性が生じている自由市場のケースをそれぞれ以下のように定式化する。

①社会的最適のケース

¹ Key Words: 2 部門モデル、外部経済 ² 正会員 経修 名古屋大学院環境学研究科 都市環境学専攻
名古屋市千種区不老町 Tel : 052-789-3839, Fax : 052-789-3837

$$\max_{p,w,\tau} B(p,\bar{u}) + x(p)\tau - p_k w \quad \text{s.t.} \quad p = c(x/w) + \tau$$

②自由市場のケース

$$\max_{p,w} B(p,\bar{u}) + x(p)\bar{\tau} - p_k w$$

$$\text{s.t.} \quad p = c(x/w) + \bar{\tau} \quad \bar{\tau} < \tau^*$$

(*は社会的最適解を示す) ①のケースでは、 w に関して1階条件より $(x/w)^2 c' = p_k$ が成立する。混雑の度合いを数値的に表現すると、平均費用と限界費用のギャップは xc'/w (以後 e と略す) これは①で最適料金と一致することは容易に証明できる。②に関しては情報産業主体に料金設定権に制限があり独立採算性基準での料金設定が義務化されている場合、あるいは消費者価格の内平均費用を上回る部分は産業主体にとっては認識不可であり消費者主体が直接被る社会的外部費用とみなす場合を想定する。この時、一階条件は

$$B'(p,\bar{u}) + x'(p)\bar{\tau} + \lambda(1 - x'c'/w) = 0$$

$$-p_k + \lambda xc'/w^2 = 0$$

上述の定義より、 $B'(p,\bar{u}) = -x(p)$ である。また、制約条件を w で微分し、均衡上での w の変化による消費量の変化をとると、 $-\frac{x'c'x/w^2}{1 - c'x'/w}$ が導ける。

これらから、上式よりラグランジュ乗数を消去すると、

$$p_k = \left(\frac{x - x'\bar{\tau}}{1 - x'c'/w} \right) \frac{xc'}{w^2} = \frac{x^2 c'}{w^2} - \frac{dx}{dw} (e - \bar{\tau}) \quad (1)$$

すなわち、インフラ整備量の最適水準は①の社会的最適投資ルールと比較すると、右辺第2項の分だけ食い違う。②のケースでは混雑を料金で内部化されていない分だけ価格の歪みが生じており、過剰消費のため死加重が発生する。上式ではインフラ整備による誘発消費量とそれに伴う死加重の増加があれば、これを負の限界的效果として考慮に入れ投資ルールを定める必要があることを示している。注目したいのは、外部経済が発生し、それを料金で内部化しないままインフラを拡張してもむしろ最適水準からより乖離する可能性があることである。上式の右辺はそのままインフラ投資の限界社会便益であるので、現時点の累積投資水

準からさらに投資を拡大することは料金政策を伴わない場合にはこれが負となり、当然インフラの限界投資費用に折り合わず、逆効果を与える。これは交通サービスにおいて顕著なパラドクスとして知られている。

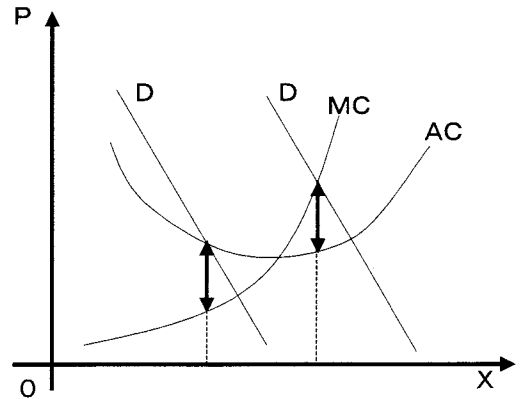


図1. 平均費用の勾配の差異による最適料金形成

一方で、ネットワークサービスを捉える場合、 $c_i' \geq 0$ の仮定は一般に広域で成立しない。鉄道等の自然独占の産業や幼稚産業には分析上の類似性があるのだが(図1参照、それぞれ平均費用の底点を境に対照的な最適料金形成)、この点については Arnott and Yan(2000)では述べられていない。林(1998)^⑤ではネットワーク需要の相互依存性について言及し、ネットワーク加入者の増加は通信先・情報元の増加を伴うことより、ネットワーク加入の限界効用が加入者数に対して増加することに触れている。そこで、ここでは x を情報産業サービスの質を織り込んだ生産量の指標と考え、その平均費用が需要に応じて低下するものと考えよう。 $c_i' \leq 0$ の時、(1)式から第1項は負、 $e \leq 0$ で正の外部経済が働く。広域的にこの仮定が成立する際には、 $p_k \geq 0$ のため社会的最適な累積投資水準は存在しなくなる。また、最適料金はむしろビッグ税的の内部化政策の意義からは補助金形態が望ましいが、現実的にはありえないだろう。従って $\bar{\tau} \geq 0$ であることを前提とし、②のケースを吟味する。この時には、インフラ投資による誘発需要を示す dx/dw が負の場合には、インフラ投資は常に社会厚生に対して低下を促す。すなわち、当初より正の外部経済が支配的な場で正の料金制のため

過少な消費インセンティブに対して、誘発需要の減退を促すようなインフラ投資は事態悪化にしか繋がない。対して dx/dw が正の場合には最適水準は存在しうる。ただし、これは元より料金が正のために外部経済による死加重が大きい分を誘発需要の増加分が相殺し、なおかつサービス生産平均費用がインフラ投資に限界通増的である損失分も補填できる場合のみに限られる。

総じて、単一部門での考察をまとめると表1のようになる。MSBはインフラ投資による社会的限界便益を示し、(1)の右辺に相当する。これが広域的に負でありえる場合は最適解が存在せず、また局所的には新たなインフラ投資がむしろ社会厚生水準の低下につながる可能性がある。長期的には平均費用関数は通減するものと思われるが、前述の交通産業における典型パラドクスと同様な理由から、インフラ投資の限界社会便益は負になる可能性がある。しかし、料金は正政策が有効ならば、それは解消しえる類の損失ではある。

			MSB
①	C'>0 (e>0)	dx/dw>0	+
		dx/dw<0	+
	C'<0 (e<0)	dx/dw>0	-
		dx/dw<0	-
②	C'>0 (e>0)	dx/dw>0	+, -, 0
		dx/dw<0	+
	C'<0 (e<0)	dx/dw>0	+, -, 0
		dx/dw<0	-

表1. 各ケースにおけるインフラ投資の社会的限界便益

3. 二部門モデル

ここでは前章のモデルを情報産業と交通産業の2部門に拡張して議論を進める。添え付きの1及び2はそれぞれ情報、交通部門を示す。先ず、社会的最適問題は以下のように示される。

$$\max_{p_1, p_2, w_1, w_2, \tau_1, \tau_2} B(p_1, p_2) + x_1(p_1, p_2) + x_2(p_1, p_2) - p_1^k w_1 - p_2^k w_2$$

$$s.t. \quad p_1 = c_1(x_1/w_1) + \tau_1 \quad p_2 = c_2(x_2/w_2) + \tau_2$$

同様に一階条件を求めると、以下が導かれる。

$$p_i^k = \frac{x_i^k c_2'}{w_i^2} \quad \tau_i = \frac{x_i c_2'}{w_i} \quad \text{for } i \in \{1, 2\}$$

社会的最適のケースでは単一部門での分析と変化はない。料金はそれぞれの部門の平均費用と限界費用のギャップに等しく設定される。インフラ投資の社会的限界便益も平均費用のインフラ投資による限界的な減少分で定義される。従って、表1に見るように、平均費用関数が通増的である場合に正、通減的である場合に負となる。

次に、Arnott and Yan(2000)ではDoi問題として挙げられていたケースの類似問題を分析する。また、ここでは最適料金決定問題と合わせてインフラ投資による社会的限界便益への効果を中心に議論する。この時、特に情報産業部門の平均費用関数形状によって結論が極端に変化することに注目されたい。

交通サービスの供給においては料金は固定的であり、混雑分程は満たしていないことを前提としよう。すなわち、 $\bar{\tau}_2 < \tau_2^*$ とする。

$$\max_{p_1, p_2, w_1, w_2, \tau_1} B(p_1, p_2) + x_1(p_1, p_2) + x_2(p_1, p_2) - p_1^k w_1 - p_2^k w_2$$

$$s.t. \quad p_1 = c_1(x_1/w_1) + \tau_1 \quad p_2 = c_2(x_2/w_2) + \bar{\tau}_2$$

一階条件より、

$$x_1 = \lambda_1$$

$$\frac{\partial x_1}{\partial p_1} \tau_1 + \frac{\partial x_2}{\partial p_1} \bar{\tau}_2 - x_1 \frac{c_1'}{w_1} \frac{\partial x_1}{\partial p_1} - \lambda_2 \frac{c_2'}{w_2} \frac{\partial x_2}{\partial p_1} = 0 \quad (2)$$

$$-x_2 + \frac{\partial x_1}{\partial p_2} \tau_1 + \frac{\partial x_2}{\partial p_2} \bar{\tau}_2 - x_1 \frac{c_1'}{w_1} \frac{\partial x_1}{\partial p_2} - \lambda_2 (1 - \frac{c_2'}{w_2} \frac{\partial x_2}{\partial p_1}) = 0 \quad (3)$$

$$p_i^k = \lambda_i \frac{c_i' x_i}{w_i^2} \quad \text{for } i \in \{1, 2\} \quad (4)$$

ここで、同様に xc'/w を e で置換し、ラグランジュ乗数を解くと、

$$\lambda_2 = x_2 + A(\tau_1 - e) / (\partial x_2 / \partial p_1) \quad (5)$$

$$A \equiv \frac{\partial x_1}{\partial p_1} \frac{\partial x_2}{\partial p_2} - \frac{\partial x_1}{\partial p_2} \frac{\partial x_2}{\partial p_1}$$

ここで A は B の支出関数における凹性を保証し、2階の条件を満たす場合には正となる。また A が大きい(小さい)時には、消費者の選好上で交通サービスと情報サービスの代替性が小さい(大き

い) ことを意味する。

これらを用いて再び(2)式に代入し、整理すると、

$$\left(\frac{\partial x_1}{\partial p_1} + A \frac{c_2'}{w_2} \right) (\tau_1 - e_1) + \frac{\partial x_2}{\partial p_1} (\bar{\tau}_2 - e_2) = 0 \quad (6)$$

定義より、 x は Hicks 需要関数であり、2財モデルでは自財（他財）価格による偏微分は負（正）となる。ここで $A c_2' / w_2$ は情報サービスの価格が変化し、2次的に交通サービスの需要が影響を受け、伴って交通サービスの平均費用、制約式から価格が変化し、再び情報サービスの需要が跳ね返りとして影響を受ける部分を意味する。この2次の効果は第1項の $\partial x_1 / \partial p_1$ と比較して十分に小さいものとみなして差し支えないだろう。また、当初は $c_1' \geq 0$ 、 $c_2' \geq 0$ を想定する。この時(6)式は、情報サービスの最適料金は $\tau_1 \leq e_1$ 、すなわち情報サービス市場で生じる外部性を完全に内部化するよりも小さい料金を課すことが望ましい。本論の設定では2つの部門は代替であり、一方の価格の上昇は他方の財需要の喚起となる。交通サービスでは料金が自己市場における混雑・外部性に比して過少であり、消費は社会的最適に比して過剰である。交通サービスの料金が固定的である場合、情報サービスの次善的最適料金の決定は交通サービス需要の縮小方向への調整も兼ねると以上のような結論になる。

この事は含意的であると思われる。本来交通サービスは混雑や環境負荷の外部効果を内部化しないまま発展してきた。代替的なコミュニケーション手段でありうる情報サービスは同様に混雑に比して料金を過少なまま拡大した。後者は前者に比して料金設定に自由度が高く、モデル設定は妥当性があると思われる。この時、双方に益が生じるように情報サービス料金を低く見積もることが次善となる。しかし、昨今の情報サービスの事情はやや異なると思われる。情報のネットワーク容量は絶対的な空間的制限をもつ交通と異なり、また技術開発も伴って混雑はより生じにくくなっている。もし情報サービスが前述の需要外部性が支配的であるならば、 $c_1' \leq 0$ 、伴って $e_1 \leq 0$ となり、(6)

式から正の料金は次善的最適解にはなりえない。むしろ補助金形態が望ましい。さらに、交通部門に情報サービスにおける知的所有権の確立が進めば進むほど、情報サービスの料金が不当に上がり、このジレンマに陥る可能性がある。勿論、交通サービスにおける外部経済の内部化（ $\bar{\tau}_2 = e_2$ ）が進めば、このジレンマは軽減する。

最後にインフラ投資の効果をみてみよう。(4)より、料金設定の自由度がある情報サービスに対しては $MSB_1 = c_1'(x/w_1)^2$ であるので、 c_1' の符号に完全に一致する。一方で交通部門に関しては(5)と(4)から、

$$MSB_2 = \frac{c_2' x_2}{w_2^2} [x_2 + A(\tau_1 - e)/(\partial x_2 / \partial p_1)]$$

前述より、一般的な交通サービスの設定及び $c_1' \geq 0$ のもとでは、次善最適料金で $\tau_1 \leq e_1$ が成立する。この時、交通インフラ投資はより自己市場に需要を間接的に呼び込む作用をするため、その分限界便益の効果が社会的最適と比して小さくなる（ τ_1 を解いた場合でも正となる）。

発表の段階では両部門の料金が固定的である場合において、それぞれのケースにおけるインフラ投資の効果を合わせて述べる。

[参考文献]

- (1)世界開発銀行、海外経済協力基金開発問題研究会：世界開発報告 1998/99、東洋経済新報社 1999
- (2)Wheaton, W.C. "Price-induced Distortions in Urban highway Investment", Bell Journal of Economics 9, pp.622-632, 1978
- (3)Wilson, J.D. "Optimal Road Capacity in the Presence of Unpriced Congestion", Journal of Urban Economics 13, pp.337-357, 1983
- (4)Arnott, R. and Yan, A. "The Two-Mode Problem: Second-Best Pricing and Capacity", Review of Urban & Regional Development Studies, Vol.12, No.3, pp.170-199, 2000.
- (5)林紘一郎：ネットワーキング情報社会の経済学、NTT出版、1998