



Title	公共資本の生産性に関する経済分析
Author(s)	西村, 巧; 吉田, 雅敏
Citation	経済学研究, 48(4), 75-85
Issue Date	1999-03
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/32145
Type	bulletin (article)
File Information	48(4)_P75-85.pdf



[Instructions for use](#)

公共資本の生産性に関する経済分析*

西村 巧 吉田 雅敏

1. はじめに

公共資本が生産性を向上させる効果について、1980年代後半から関心が高まってきている。この背景には、1970年代以降に先進工業諸国、特にアメリカの生産性上昇率が低下してきた理由をどのように説明するかという問題がある。既存研究では、生産性上昇率の低下の原因として次のような要因が検討されてきた。資本ストックへの投資が不適切であること、稼働率の低下、エネルギー価格の上昇、労働力構成の変化、研究開発費の減少、技術進歩率の低下、サービス産業化、生産量の測定が不適切であること（特にサービス産業）、労働力や資本ストックの質の向上の測定が不適切であることなどである。

関心が高まるきっかけとなったのは、Aschauer (1989) の論文である。彼は1949年から1985年までのアメリカの年データを用いて公共資本を含んだ生産関数を推定した結果、公共資本への投資不足が生産性低下の一因であると主張した。彼の推定結果では、公共資本を1%増加させると全要素生産性は0.39%上昇することになる。当初行われていた研究の多くは、生産関数の推定が中心であったが、その後、費用関数、利潤関数、時系列分析など様々なアプローチからの実証研究が行われている。また、推定に用いられるデータも国家レベル、地域、都市、

産業など様々であり、公共資本が生産性に与える影響については現在まで一致した結論は得られていない。

本稿は、Aschauer以降の公共資本の生産性に関する研究動向を概説し、今後の研究課題について検討することを目的とする¹⁾。本稿の構成は以下の通りである。第2節では、公共資本の生産性を計測する理論的枠組みについて、生産関数、利潤関数、費用関数を用いた3つのアプローチを“双対”理論の観点から整理する。第3節では、生産関数を推定することによって公共資本の生産に対する弾性を導出する生産関数アプローチについて、Aschauer (1989) の研究を中心に述べる。第4節では、企業の最適化行動に基づく費用関数・利潤関数を推定することで、公共資本が生産性に及ぼす影響を分析する費用関数・利潤関数アプローチについて、Morrison and Schwartz (1996)、Lynde and Richmond (1993) の研究を取り上げる。第5節では、生産関数アプローチ等とは異なり、事前に経済構造を想定する必要のないVARモデルによる研究について述べる。第6節では、日本での実証研究事例を紹介する。

2. 理論的枠組み

経済全体の生産関数を

*) 本稿への貴重な助言をいただいた東京大学 井堀利宏教授、財団法人 計量計画研究所 国久荘太郎理事に感謝いたします。

1) 公共資本の生産性に関する海外の研究事例に関しては、Sturm, Kuper and Haan (1996) が詳しい。本稿で取り上げなかった研究についても紹介されている。

$$Y = F(K, L, G) \quad (1)$$

とする。ここで、 Y は生産量、 K は民間資本、 L は労働、 G は公共資本である。関数 F が (K, L) に関して一次同次(収穫一定)であれば、公共資本は“環境創出型”と呼ばれ、また関数 F が (K, L, G) に関して収穫一定であれば、公共資本は“未払い要素型”と呼ばれる(Meade, 1952)。生産関数アプローチ(3節参照)では関数 F の各パラメータが直接推定され、公共資本の限界生産性 F_G が推定される。

民間部門は公共資本 G を所与として、 (K, L) に関して利潤を最大にする。その際、公共資本が“環境創出型”であれば、民間部門の利潤最大化の結果、生産物の価値は全く公共資本には帰属しないが、公共資本が“未払い要素型”であればそうではない。後者の場合に政府が公共資本の使用料を課せば、その分だけ民間資本の利潤が減少する。以下では、公共資本は無料で供給されていると想定しよう。利潤は、

$$\pi = pF(K, L, G) - rK - wL \quad (2)$$

で表される。ここで p は生産物価格、 r は利率、 w は賃金率である。利潤最大化の結果、長期利潤関数

$$\Pi = \Pi(p, r, w, G) \quad (3)$$

が得られる。包絡線定理より長期における生産物の供給関数、生産要素の需要関数

$$\Pi_p(p, r, w, G) = \pi_p = Y, \quad (4.1)$$

$$\Pi_r(p, r, w, G) = \pi_r = K, \quad (4.2)$$

$$\Pi_w(p, r, w, G) = \pi_w = L \quad (4.3)$$

が得られる。同様に、公共資本の長期利潤への限界効果

$$\Pi_G(p, r, w, G) = \pi_G = pF_G \quad (5)$$

が導かれる。かくして、利潤関数を推定すれば、この式から公共資本の限界生産性 F_G を推定することができる。利潤関数アプローチ(4節参

照)ではこの方法が用いられている。

これに対して、費用関数アプローチ(4節参照)と呼ばれる F_G のもう一つ別の推定方法を以下で説明しよう。費用最小化問題の結果として、短期及び長期費用関数

$$C^S = C^S(Y, w, G) + rK, \quad (6.1)$$

$$C^L = C^L(Y, r, w, G) = \min_K C^S \quad (6.2)$$

が得られる。以下では長期を考えよう。費用最小化問題のラグランジュ関数と最適化されたそれをそれぞれ

$$\phi(L, K; Y, r, w, G, \lambda), \quad (7.1)$$

$$\Phi(Y, r, w, G, \lambda), \quad (7.2)$$

というように表現すれば、包絡線定理より

$$C_Y^L = \Phi_Y = \phi_Y = \lambda, \quad (8.1)$$

$$C_r^L = \Phi_r = \phi_r = K, \quad (8.2)$$

$$C_w^L = \Phi_w = \phi_w = L \quad (8.3)$$

が導出される。ここで、 λ はラグランジュ乗数で、長期限界費用を意味する。また、同様に公共資本の長期費用への限界効果

$$C_G^L = \Phi_G = \phi_G = -\lambda F_G = -C_Y^L F_G \quad (9)$$

が導かれる。かくして、費用関数(6.2)式を推定すれば、この式から公共資本の限界生産性 F_G を

$$F_G = -\frac{C_G^L}{C_Y^L} \quad (10)$$

というように推定することができる。この方法が費用関数アプローチである。

ところで、長期費用関数を考慮すれば、長期利潤を

$$\pi = pY - C^L(Y, r, w, G) \quad (11)$$

というように表現することもできる。 Y に関する利潤最大化条件は、限界費用が価格に等しくなることである。すなわち、

$$C_Y^L = P \quad (12)$$

包絡線定理より、

$$\Pi_G(p, r, w, G) = -C_G^L \quad (13)$$

が導かれる。(9)式と(12)式を考慮すれば、(13)式は以下のように変形される。

$$\Pi_G(p, r, w, G) = -C_G^L = C_Y^L F_G = p F_G \quad (14)$$

これは、(5)式と同じである。このようにして、“双対”理論の観点からは費用関数による公共資本の限界生産性の推定アプローチは、利潤関数によるそれと結果は同一である。

3. 生産関数アプローチ

(1)Aschauerの研究

生産関数アプローチの代表的な研究はAschauer (1989)である。このアプローチでは、公共資本を含んだ生産関数を推定し、そのパラメータから公共資本が生産性に与える影響が計測される。既存研究の多くでは、生産関数は次式のコブダグラス型が用いられている。

$$Y_t = A_t L_t^{e_L} K_t^{e_K} G_t^{e_G} \quad (15)$$

ここで、 Y_t は生産量、 L_t は労働、 K_t は民間資本、 G_t は公共資本、 A_t は技術進歩である。また、 e_i は生産要素*i*の生産量に対する弾力性を示す。自然対数に変換すると次式を導ける。

$$y_t = a_t + e_L l_t + e_K k_t + e_G g_t \quad (16)$$

ここで、小文字は自然対数をとった変数を示す。

Aschauerは、生産関数の規模に関する収穫については、労働と民間資本に関して収穫一定の場合と、公共資本を含んだ全生産要素に関して収穫一定の場合の2種類を検討している。生産関数が民間部門の生産要素である労働と民間資本に対しては規模に関して収穫一定であるが、公共資本をも含めた全生産要素においては規模に関して収穫逓増と仮定する場合には、労働と民間資本の限界生産性に応じて生産物は全て民間部門に分配される。この場合には、(16)式は以

下のように書き換えられる。

$$y_t - k_t = a_t + e_N(l_t - k_t) + e_G g_t \quad (17)$$

一方、生産関数が公共資本を含んだ全生産要素について規模に関して収穫一定であると仮定すると、労働と民間資本の限界生産性に応じて生産物を分配すると、生産物は完全には分配されなくなる。この場合には、(16)式は次式のように表すことができる。

$$y_t - k_t = a_t + e_N(l_t - k_t) + e_G(g_t - k_t) \quad (18)$$

彼は、公共資本を含んだ全生産要素について規模に関して収穫一定の場合の(18)式を基本として、その妥当性を検討している。彼が推定した式は、景気循環の影響を除去するために(18)式の変数に稼働率を加えた式である。推定に用いられたデータはアメリカの1949年～1985年の年次データである。

推定結果から、規模に関する収穫の仮定については、公共資本を含んだ全ての生産要素について収穫一定の仮定が妥当であるとされており、公共資本の生産に対する弾力性は0.39、労働の弾力性は0.35、民間資本の弾力性は0.26が得られている。これは、労働と民間資本が一定のときに公共資本が1%増加すると、生産量は0.39%増加することを意味しており、公共資本が生産性に与える影響はたいへん大きい。推定期間を変えた場合でも、公共資本の弾力性は0.38～0.56であり、推定期間の変更に対して頑健である。また、全要素生産性を被説明変数とした場合でも公共資本の寄与は大きいと推定されている。

公共資本をいくつかの部門に分けて推定した場合には、中核的社會基盤(道路、空港、電気、ガス、輸送機関、水道等)の弾力性は0.24、病院は0.06、他の建築物(オフィスビル、警察、消防、裁判所等)は0.04である。軍事資本ストックは生産性を説明できない。

(2)生産関数アプローチの課題

Aschauer (1989) 以降の生産関数を用いた研究の多くは、公共資本が生産性に正の影響を与えているという結果を得ている。既存研究では、国家レベルの時系列データと地域レベルの時系列クロスセクション・データを用いて生産関数が推定されており、公共資本の弾力性は地域レベルで推定した場合の方が小さい。Munnell (1990) は、アメリカの48州の時系列クロスセクション・データを用いて、公共資本の弾力性を0.15、民間資本の弾力性を0.31と推定している。

クロスセクション・データの利点は、見かけ上の相関といった時系列データの問題を軽減できることである。一方、クロスセクション・データでは、各地域の立地条件や天候等の特性の違いを生産関数の推定に反映させる方法によって推定結果が異なる可能性がある。また、ある地域の公共資本は周辺の他地域の生産性に対しても影響を及ぼすことが考えられるが、クロスセクション・データを用いた研究ではこのようなスピルオーバー効果はあまり考慮されていない。Munnell (1992) は、このスピルオーバー効果が地域レベルのデータから推定された公共資本の弾力性が国家レベルの推定値より小さい理由として挙げている。

以上の生産関数アプローチには多くの課題が指摘されている。第1に、国家レベルのデータから推定された公共資本の弾力性は過大である可能性が高い。公共資本の限界生産力 MP_G は次式で定義される。

$$MP_G = e_G \frac{Y}{G} \quad (19)$$

Aschauer (1989) の推定した公共資本の弾力性から限界生産力は1以上と考えられ、公共資本の増加は、それ以上の生産量の増加を引き起こすことになる。さらに、彼の推定した公共資本の弾力性及び限界生産力は、民間資本のそれよりも大きいので妥当性に欠ける²⁾。

第2に、公共資本と生産性の関係は見かけ上にすぎない可能性がある。つまり、公共資本と生産性は共に、他の要因によって低下しているのかもしれない。既存研究の多くは、データの定常性あるいは共和分の関係にあるかどうかを検討していない。

第3に、公共資本と生産性の因果関係が明らかでない。生産関数の推定結果は、公共資本の増加によって生産性が上昇するという因果関係を表すものではなく、生産性の上昇によって公共資本への需要が増加していることを表しているのかもしれない。

第4に、生産関数アプローチでは労働、民間資本、公共資本等の生産要素は外生であるが、これらの生産要素は生産量と同時決定されるものであるため、推定値にはバイアスが生じる。

第5に、生産関数アプローチでは生産要素以外で生産性に影響を及ぼす要因を分析に取り入れることが難しいことである。70年代の石油危機のように、エネルギー価格は生産に影響を及ぼすと考えられるが、生産関数では十分に分析できない。

最後に、公共資本は労働や民間資本と同じような生産要素であるのかという問題がある。公共資本は生産要素として直接的に生産に貢献しているのではなく、技術進歩率を向上させることで間接的に影響しているのかもしれないが、生産関数では2種類の効果を区別して分析することは困難である。

4. 費用関数・利潤関数アプローチ

公共資本の生産性に関する研究は、当初は生産関数アプローチが中心であったが、前節で述べたような欠点があることから、費用関数あるいは利潤関数による研究が増えてきている。生産関数アプローチでは、生産要素と生産量の技術的な関係のみが分析されるが、生産要素の組み合わせや投入量と生産量は企業の費用最小化行動及び利潤最大化行動によって同時に決定さ

2) Gramlich (1994) を参照されたい。

れているものである。費用関数あるいは利潤関数を用いた研究では、公共資本が企業の最適化行動を通じて生産性に与える影響を分析することができる。

(1) Morrison and Schwartzの研究

費用関数を用いた研究としてMorrison and Schwartz (1996)の研究を取り上げる。企業の費用関数は、企業が公共資本の費用を負担しないならば(20・1)式、公共資本の費用を負担する場合は(20・2)式である。

$$C = VC + P_K K \quad (20\cdot1)$$

$$C = VC + P_K K + P_G G \quad (20\cdot2)$$

ここで、 C は総費用、 VC は可変費用、 K は民間資本、 G は公共資本、 P_K は民間資本の使用者費用、 P_G は公共資本の使用者費用である。また、可変費用 VC は民間資本、公共資本、価格、生産量、技術進歩(時間)の関数である。

可変費用を公共資本について偏微分すると、公共資本のシャドーバリュー Z_G が得られる。

$$Z_G = -\partial VC / \partial G \quad (21)$$

シャドーバリューは、公共資本の増加によって節約される企業の費用を示している。同様に、民間資本のシャドーバリューは $Z_K = -\partial VC / \partial K$ である。最適な公共資本ストック量は、公共資本のシャドーバリュー Z_G と使用者費用 P_G が等しい ($Z_G = P_G$) ときに達成される。

このシャドーバリューは、弾力性あるいはシャドーシェアとして表すことができる。公共資本のシャドーシェアは(22)式であり、公共資本が1%増加したときに、企業の費用が何%減少するかを示している。

$$S_G^* = \frac{Z_G G}{C} = -\frac{\partial \ln C}{\partial \ln G} \quad (22)$$

生産性の成長を費用の節減としてとらえ、費用の時間に対する弾力性を次式で表す。

$$-\varepsilon_{CY} = \varepsilon_{CY} \frac{\dot{Y}}{Y} - \sum_j S_j \frac{\dot{V}_j}{V_j} - S_G^* \frac{\dot{G}}{G} - S_K^* \frac{\dot{K}}{K} \quad (23)$$

ここで、 V_j は生産要素 j 、 S_j は総費用に占める生産要素 j のシェア、 Y は生産量、変数の上のドットは時間に関する微分である。 ε_{CY} は費用の生産量に対する短期の弾力性である。長期の弾力性を ε_{CY}^L とすると、短期の弾力性 ε_{CY} は次式で表すことができる。

$$\varepsilon_{CY} = \varepsilon_{CY}^L - \varepsilon_{CK} \varepsilon_{KY} - \varepsilon_{CG} \varepsilon_{GY} \quad (24)$$

弾力性 ε_{CY}^L が1ならば規模に関して収穫一定、1より小さければ収穫逓増、1より大きければ収穫逓減である。

(23)式と(24)式を用いると、生産性の成長 ε_{Yt} を次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} \varepsilon_{Yt} &= -\varepsilon_{CY} - (\varepsilon_{CY} - 1) \frac{\dot{Y}}{Y} - \varepsilon_{CK} \frac{\dot{K}}{K} + S_G^* \frac{\dot{G}}{G} \\ &= -\varepsilon_{CY} - (\varepsilon_{CY}^L - 1) \frac{\dot{Y}}{Y} + \varepsilon_{CK} \varepsilon_{KY} \frac{\dot{Y}}{Y} - \varepsilon_{CK} \frac{\dot{K}}{K} \\ &\quad + S_G^* \frac{\dot{G}}{G} - S_G^* \varepsilon_{GY} \frac{\dot{Y}}{Y} \end{aligned} \quad (25)$$

最後の式の右辺の第5項と第6項が、公共資本が生産性に及ぼす効果である。第5項はシャドーシェアを乗じた公共資本の成長率であり、公共資本が生産性に及ぼす直接的効果を表している。第6項は経済成長による間接的効果である。これより、公共資本の生産性に及ぼす効果が正であるためには、公共資本のシャドーシェアが正であることと公共資本の増加率が経済成長率よりも高いことが必要である。

Morrison and Schwartzは、費用関数、生産要素の需要関数、生産物の価格関数を同時推定し、その結果を用いて、(25)式の第5項と第6項の大きさを算出している。彼らが推定した費用関数は一般化レオンチェフ関数であり、この関数は生産要素の代替性に関して、コブダグラス型などと比較してよりフレキシブルであるという利点がある。推定に用いられたデータは、1970年～1987年の年次データであり、アメリカを4地域に分割し推定を行っている。

推定結果から得られた公共資本のシャドバリューは正であり、公共資本は企業にとって正の限界生産力をもつことが示されている。ただし、民間資本のシャドバリューよりは小さい。シャドバリューの大きさから、公共資本へ100万ドル投資すると、各地域では年間16万～18万ドルの費用が節減されると推計される。また、公共資本のシャドバリューと使用者費用を比較すると、シャドバリューは使用者費用を上回っており、最適な水準には達していない。ただし、これは使用者費用の推計方法にも依存する。

彼らの推計結果では、公共資本はアメリカ北東部の生産性の成長を0.15～0.25%高めている一方で、南西部では投資不足により0.8～1%低下させている。公共資本は、生産性に対して正の効果を持っているが、公共資本の増加率が低下していることによってその効果は年々低下している((25)式の第5項が小さくなる)。つまり、生産性の低下は経済成長と比較して公共資本への投資が不足していることが一因と考えられる((25)式の第5項と第6項の差が小さくなる)。

生産要素の価格が一定のときに、ある生産水準を生産するために必要な費用が低下することは生産性の向上を意味する。費用関数アプローチは、公共資本整備による費用節減から、生産性の改善を計測しようとするものである。Morrison and Schwartzでは、公共資本整備が生産性の改善をもたらすという結果が得られているが、その効果の大きさはAschauer(1989)などの生産関数アプローチによる結果と比較すると小さい。

(2) Lynde and Richmondの研究

利潤関数を用いた研究としてLynde and Richmond(1993)を取り上げる。生産関数は次式で表す。生産量 q は付加価値ではなく中間投入を含めた総産出としており、公共資本が中間財に及ぼす効果をとらえることができる。

$$q = F(K, L, G, M, t) \quad (26)$$

ここで、 M は中間財の投入を表す。 p, p_K, p_L, p_M をそれぞれ生産物、民間資本、労働及び中間財の価格とすると、名目付加価値 V は(27)式、実質付加価値は y (28)式で表すことができる。

$$V = pq - p_M M \quad (27)$$

$$y = q - \rho_M M \quad (28)$$

ここで、 $\rho_M = P_M / P$ であり中間財の実質価格を示す。要素市場が競争的であるならば、中間財の限界生産力は実質価格に等しい。

$$\frac{\partial F}{\partial M}(K, L, G, M, t) = \rho_M \quad (29)$$

(29)式を M について解くと、

$$M = \phi(K, L, G, \rho_M, t) \quad (30)$$

が得られ、実質付加価値は次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} y &= F(K, L, G, \phi(K, L, G, \rho_M, t), t) \\ &\quad - \rho_M \phi(K, L, G, \rho_M, t) \\ &= H(K, L, G, \rho_M, t) \end{aligned} \quad (31)$$

次に、この生産関数を用いて利潤最大化問題を(32)のように定式化する。

$$\begin{aligned} \max_{y, K, L} & [py - p_K K - p_L L] \\ \text{subject to } & y = H(K, L, G, \rho_M, t) \end{aligned} \quad (32)$$

この問題の解 y^*, K^*, L^* から次式の利潤関数が導出される。

$$\begin{aligned} \pi^* &= py^* - p_K K^* - p_L L^* \\ &= \Pi(p, p_K, p_L, G, \rho_M, t) \end{aligned} \quad (33)$$

この利潤関数を用いると、利潤シェアが以下のよう求められる。

$$\frac{\partial \ln \Pi}{\partial \ln p} = \frac{py^*}{\pi^*} = s_y^* \quad (34.1)$$

$$\frac{\partial \ln \Pi}{\partial \ln p_K} = -\frac{p_K K^*}{\pi^*} = -s_K^* \quad (34.2)$$

$$\frac{\partial \ln \Pi}{\partial \ln p_L} = -\frac{P_L L^*}{\pi^*} = -s_L^* \quad (34.3)$$

$$\frac{\partial \ln \Pi}{\partial \ln \rho_M} = -\frac{P_M M^*}{\pi^*} = -s_M^* \quad (34.4)$$

ここで、 $M^* = \phi(K^*, L^*, G, \rho_M, t)$ である。関数 F を K, L, G, M について λ の同次関数とすると次式が成り立つ。

$$\frac{\partial \ln \Pi}{\partial \ln G} = s_G^* = \lambda + (\lambda - 1)(S_K^* + S_L^* + S_M^*) \quad (35)$$

(35)式より、 $\lambda = 1$ (規模に対して収穫一定) とすると、利潤関数は(36)式のような特別な形をとる。

$$\pi^* = \Pi^*(p, p_K, p_L, \rho_M, t)G \quad (36)$$

競争状態で、規模に関して収穫一定の場合は次式が成り立つ。

$$p y^* = p_K K^* + p_L L^* + p \frac{\partial H}{\partial G} G \quad (37)$$

(37)式の右辺第3項は公共資本から生じる利潤を表している。

(31)式を時間 t で微分すると、生産性の成長を表す次式が導かれる。

$$\hat{y} = \frac{s_K^*}{s_y^*} \hat{K} + \frac{s_L^*}{s_y^*} \hat{L} + \frac{s_G^*}{s_y^*} \hat{G} - \frac{s_M^*}{s_y^*} \hat{\rho}_M + \frac{1}{y} \frac{\partial H}{\partial t} \quad (38)$$

ここで、 \hat{y} は \dot{y}/y を表し、 $\dot{\cdot}$ は時間による微分である。 $s_y^* = 1 + s_K^* + s_L^*$ と(35)式を用いて s_L^*, s_G^* を消去すると次式が導出される。

$$(\hat{y} - \hat{L}) - \frac{s_K^*}{s_y^*} (\hat{K} - \hat{L}) = \frac{1}{s_y^*} (\hat{G} - \hat{L}) + (\lambda - 1) \left(1 + \frac{s_M^*}{s_y^*}\right) \hat{G} - \left(\frac{s_M^*}{s_y^*}\right) \hat{\rho}_M + \frac{1}{y} \frac{\partial H}{\partial t} \quad (39)$$

(39)式の左辺は全要素生産性を表している。右辺は4つの要因、1) 公共資本/労働力比率の成長、2) 収穫一定ではないことの影響、3) 中間財価格が変化することの影響、4) 残差として表される技術進歩から構成される。

Lynde and Richmondは、利潤関数をトランスログ型関数と仮定し利潤シェアの推定を行っている。トランスログ型関数は、一般化レオンチェフ関数と同様に生産要素の代替性に関して

フレキシブルであるという利点がある。さらに、データには検定の結果、非正常性が見られたので、それを考慮した推定方法が用いられている。

利潤シェアの推定結果から(38)式を算出し、以下のような結果が得られている。

労働生産性の成長率は、1959年～1973年と1975年～1989年を比較すると1%低下している。そのうち、41%は公共資本/労働力比率の寄与の低下であり、残りの59%が2)～4)の影響であった。

公共資本の生産に対する弾力性は、推定期間中の平均で0.20であった。これはAschauerの推定結果0.39の半分である。

(3)費用関数・利潤関数アプローチの課題

費用関数あるいは利潤関数を用いた既存研究の多くは、公共資本が生産性に与える影響は正であるという結果を得ているが、その大きさは生産関数アプローチと比較すると小さい。また、推定に用いられているデータの種類や推定手法によって、公共資本の効果の大きさは様々である。公共資本の最適な水準については、多くの研究は公共資本の水準は過小であるとしている。

費用関数・利潤関数アプローチについては、次のような課題が指摘されている。第1に、生産関数アプローチでは生産要素が外生であるため、同時性のバイアスが生じるという欠点があったが、費用関数・利潤関数アプローチでは価格が外生として扱われている。生産要素は外生ではないが、依然として同時性の問題は残っている。

第2に、費用関数・利潤関数はトランスログ型関数や一般化レオンチェフ型関数として定式化されているが、これらの関数型は推定のために多くのデータが必要であり、また多重共線性が生じやすい。しかし、代替補完関係をほとんど制約しないフレキシブルな関数型であることは大きな利点である。

第3に、生産関数アプローチと同様に既存研究の多くは、データの時系列的な特性を十分に分析していないことである。時系列データが非定常性を示す場合には、回帰分析は見かけ上の回帰にすぎない可能性があり、意味のある推定を行うためにはエラー修正モデル等の時系列分析の手法を適用する必要がある。

費用関数・利潤関数アプローチは企業の最適化行動を分析に取り入れるという大きな利点があるが、以上のように生産関数アプローチの課題の多くは解決されずに残されている。

5. VARアプローチ

VAR(Vector Auto Regression)は、できるだけ経済的な制約を課さないことによって生産関数や費用関数・利潤関数アプローチで生じた課題を解決しようとするものである。(40)式に、2変量VARモデルの例を示す。

$$x_t = a_1 x_{t-1} + \dots + a_p x_{t-p} + b_1 z_{t-1} + \dots + b_p z_{t-p} + u_{1t} \quad (40.1)$$

$$z_t = c_1 x_{t-1} + \dots + c_p x_{t-p} + d_1 z_{t-1} + \dots + d_p z_{t-p} + u_{2t} \quad (40.2)$$

ある変数間の因果関係を検証する場合、グレインジャーの因果関係テストが行われる。ある変数 x をそのラグのみで予測する場合よりも、他の変数 z のラグも加えて予測した方が予測精度が改善するならば、 z はグレインジャーの意味で因果関係があると呼ばれる。次式では、(41.2)式の予測精度が(41.1)式を上回るならば、 $z \rightarrow x$ の因果関係がある。

$$x_t = a_1 x_{t-1} + \dots + a_p x_{t-1} + u_t \quad (41.1)$$

$$x_t = a_1 x_{t-1} + \dots + a_p x_{t-p} + b_1 z_{t-1} + \dots + b_p z_{t-p} + u_t \quad (41.2)$$

同様に変数間の因果関係を検証する分析として、インパルス応答分析がある。インパルス応答分析では、攪乱項のショックが時間的にどのよう波及びしていくかが分析される。攪乱項の

ショックが各変数に与える時間的影響は、VARモデルをVMA(Vector Moving Average)モデルに書き換えることで分析できる。VMAモデルは、(42)式のようにVARモデルを逐次代入することで得られる。

$$x_t = u_{1t} + \theta_1 u_{1t-1} + \theta_2 u_{1t-2} + \dots \quad (42)$$

VARモデルはいくつかのVMAモデルに対応するので、VMAモデルに変換する際に、何らかの経済構造を仮定するならば、VARモデルの大きな利点が失われてしまう。さらに、VARモデルをVMAモデルに変換するためにはVARモデルが安定的である必要があり、安定性の十分条件は変数が定常あるいは共和分することである。

VARモデルを生産関数、費用関数あるいは利潤関数アプローチと比較すると次のような違いがある。第1に、生産関数アプローチ等ではあらかじめ経済理論から因果関係を想定する必要がある。一方、VARモデルでは事前に因果関係を想定することなく分析する事ができる。

第2に、VARモデルでは公共資本が民間資本等を通じて生産性に影響を及ぼす間接的效果を分析することができる。費用関数アプローチでは、生産要素間の代替補完関係を分析することが可能であるが、生産関数アプローチでは困難である。

第3に、VARモデルの欠点は生産構造を明らかにできないので、弾力性の推定が難しいことである。インパルス応答分析からショックに対する長期的な効果としてのみ弾力性を推定することができる。

MacMillin and Smyth (1994) は、VARモデルと生産関数アプローチを比較するために、生産関数の変数である民間資本1単位当たりの生産物、民間資本1単位当たりの労働時間、民間資本1単位当たりの公共資本、エネルギーの相対価格、インフレ率を変数としてVARモデルを推定している。公共資本及び民間資本は稼働率で調整された値を用いている。インパルス応

答分析と分散分析の結果、民間資本1単位当たりの公共資本は生産物に大きな影響を与えないことが示されている。しかし、彼らはデータの定常性を検証していないので、見せかけの回帰になっている可能性がある。

Sturm, Jacobs and Groote (1995) は、オランダの1853年～1913年のデータを用いて、投資額と生産物に関するVARモデルの推定を行っている。ADFテスト(Augmented Dickey-Fuller test)によって機械投資、インフラ投資、生産物のデータの定常性を確認している。グレインジャーの因果関係テスト及びインパルス応答分析、分散分析の結果から、インフラ投資は生産物に大きな影響を与えることが示されている。しかし、インフラが機械投資を通じて生産物に影響する間接効果は認められなかった。

VARモデルを用いた公共資本の生産性に関する研究は、まだ事例も少なく、明確な結論は得られていない。

6. 日本での研究

海外で公共資本の生産性に関する研究が盛んに行われる一方で、最近、日本でも研究が活発になっている。日本での研究の多くは、生産関数アプローチによる分析である。

岩本(1990)は、1955年～1984年の全国データを用いてコブダグラス型生産関数を推定している。規模に関しては収穫一定が仮定されており、民間資本には稼働率を乗じた値が用いられている。誤差項に関して一階の系列相関を仮定した推定結果では、公共資本の弾力性は0.238である。

三井・井上(1992)ではCES型生産関数が推定されている。コブダグラス型生産関数とCES型生産関数との違いは、コブダグラス型では代替の弾力性が1と仮定されているのに対して、CES型では代替の弾力性が1に限らず一定な値であると仮定されていることである。岩本(1990)と同様に、規模に関しては収穫一定が

仮定されており、稼働率も説明変数に用いられている。1966年～1988年までの全国データで推定した公共資本の弾力性は0.14である。

浅子他(1994)は、1975年～1988年の都道府県のデータを用いてコブダグラス型生産関数を推定している。規模に関して収穫一定を仮定した場合の公共資本の弾力性は0.097～0.112であり、都道府県別ダミー変数を用いた場合には0.259と大きくなる。海外の研究事例では、地域レベルのクロスセクション・データを用いて推定した場合の公共資本の弾力性は、全国レベルのデータから推定した弾力性よりも小さい値が得られているが、浅子他でも同様の結果が得られている。クロスセクション・データでは推定値が小さくなる理由として、さまざまな地理的・地勢的環境下にある都道府県が同列に扱われ、生産技術の違いが十分考慮されない可能性があり、また、道路・港湾・空港から農業基盤、生活基盤へと公共資本にはさまざまな種類があり、その内容は都道府県別に異なることが指摘されている。

日本での研究では、公共資本のデータを研究者が推計している場合が多く、データによっても推定結果に違いが生じていると思われる。公共資本や民間資本に関する時系列地域別のデータの整備が望まれる。なお、日本における生産関数アプローチの研究は、公共資本全般に関しては三井・太田(1995)、道路資本に関してKunihisa and Kaiyama (1998)を参照されたい。

7. おわりに

本稿では、公共資本の生産性に関する研究動向について、その分析手法により生産関数アプローチ、費用関数・利潤関数アプローチ、VARアプローチに分類して概説した。

生産関数アプローチでは、公共資本が生産性を高めるという結果が得られているが、推定された公共資本の弾力性は過大であると指摘されている。さらに、公共資本と生産の因果関係が

明らかでないこと、関数形の特定化が制約的であること、時系列データの特性が十分考慮されていないために見かけ上の相関の可能性が有ることなどが課題とされている。

一方、利潤関数・費用関数アプローチは企業行動に基づくという利点があるが、生産関数アプローチで指摘された課題の多くは残されている。既存研究の多くでは、公共資本は企業の費用を節減し、利潤を増加させるという結論が得られている。しかし、その効果の大きさは生産関数アプローチによる効果よりも小さい。

VARアプローチは、先験的な因果関係を想定しないことで、生産関数アプローチ等で生じる課題を避けようとする手法である。しかし、研究例が少ないため公共資本の生産性については確かな結論は得られていない。

今後の研究としては、以下のような諸点が課題である。第1に、公共資本の混雑現象やスピルオーバー効果といった外部性を分析することが必要である。道路整備の場合にはネットワーク効果も重要である。

第2に、生産性に影響を及ぼす要因は公共資本だけではなく、エネルギー価格など多様な要因が考えられる。公共資本の生産性を詳細に検討するためには、多様な要因を取り込んだ構造方程式モデルによる分析も有用であろう。

第3に、公共資本には道路などの産業関連資本から生活関連資本まで多くの種類が含まれている。公共資本が生産性に与える影響は、その種類によって異なるであろう。さらに、生産性も公共資本から受ける影響は産業によって異なると考えられる。公共資本の種類や産業別の分析が重要である。

最後に、既存研究の多くはデータの時系列的な特性について注意を払っていないが、公共資本と生産性が長期的に安定的な関係にあるのかどうか検討する必要がある。

参考文献

- 1) Aschauer, D.A. (1989), "Is Public Expenditure Productive?", *Journal of Monetary Economics*, 23, 177-200.
- 2) Gramlich, E. (1994), "Infrastructure Investment: A Review Essay", *Journal of Economic Literature*, September, 1176-1196.
- 3) Kunihisa, S. and M. Kaiyama (1998), "The Economic Effect of Highway Construction: A Comparative Analysis for the U.K., Germany and Japan", *Review of Urban and Regional Development Studies*, 10, 28-41.
- 4) Lynde, C. and J. Richmond (1993), "Public Capital and Total Factor Productivity", *International Economic Review*, 34, 401-414.
- 5) McMillin, W.D. and D.J. Smyth (1994), "A Multivariate Time Series Analysis of the United States Aggregate Production Function", *Empirical Economics*, 19, 659-673.
- 6) Meade, J.E. (1952), "External Economies and Diseconomies in a Competitive Situation", *Economic Journal*, 62, 54-67.
- 7) Morrison, C.J. and A.E. Schwartz (1996), "State Infrastructure and Productive Performance", *American Economic Review*, 86, 1095-1111.
- 8) Munnell, A.H. (1990), "How Does Public Infrastructure Affect Regional Economic Performance?", *New England Economic Review*, Jan./Feb., 2-22.
- 9) Munnell, A.H. (1992), "Policy Watch. Infrastructure Investment and Economic Growth", *Journal of Economic Perspectives*, 6, 189-198.
- 10) Sturm, J.E., J.P.A.M. Jacobs and P. Groote (1995), "Productivity Impacts of Infrastructure Investment in the Netherlands 1853-1913", *SOM Research Report No. 95D30, Groningen*.
- 11) Sturm, J.E., G.H. Kuper and J.de Haan (1996), "Modelling Government Investment and Economic Growth on a Macro Level: A Review", *CCSO Series No. 29*.

- 12) 浅子和美・常木淳・福田慎一・照山博司・塚本隆・杉浦正典 (1994) 「社会資本の生産力効果と公共投資の経済厚生評価」, 『経済分析』, 第135号.
- 13) 岩本康志 (1990) 「日本の公共投資政策の評価について」, 『経済研究』, 第41巻第3号, 250-261.
- 14) 三井清・井上純 (1992) 「社会資本の生産性に関する研究」, 『郵政研究所ディスカッションペーパー』, No. 1992-04.
- 15) 三井清・太田清 (1995) 「社会資本の生産性と公的金融」日本評論社