

# 生産関数を適用した港湾空間特性モデルに関する研究

高橋 宏直<sup>1</sup>・山本 幸司<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 工修 運輸省 港湾技術研究所 計画設計基準部 (〒239 横須賀市長瀬3-1-1)

<sup>2</sup>正会員 工博 名古屋工業大学教授 社会開発工学科 (〒466 名古屋市昭和区御器所町)

本研究では種々の資本等により港湾空間の特性を明らかにするために、コブ・ダグラス型生産関数を適用した港湾空間特性モデルを提案するとともに、鹿島港を事例としたモデルの構築を行った。さらに、鹿島港に代表される公共事業等の総合的・集中的投資が実施された港湾でのモデル構築の妥当性を検証したうえで、成長率への寄与度分析、限界生産性に基づく特性分析を行った。

*Key Words* : social capital, public investment, port space, port space model

## 1. はじめに

ある特定の空間に関する各種の資本等により空間の特性を適切に説明できるモデルが構築されれば、今後の空間の資本形成の在り方、言い換えれば、整備の在り方を検討する際の有効な手段になると考えられる。

このため、高橋・山本<sup>1)</sup>は港湾を事例とし、港湾を一定の陸域及び水域からなる空間(港湾空間)としてとらえ、この港湾空間における、物流、産業、生活等の諸機能及び、港湾空間において形成される資本等からなる空間特性を表す要素に対して定量的な分析・予測を可能とするモデルを、港湾空間特性モデルと定義し、そのモデル構築手法を提案した。さらに、モデルによる整備課題の分析を行った。

具体的には、明治時代から本格的な整備が進められ、総合的な機能を有している名古屋港をケーススタディとし検討を行った。そして、こうしたケースの場合のモデル構築手法としては、次に示すような段階的な手法が有効であることを示した。

- ① 相対パワー寄与率分析等による要素の選定
- ② A I C最小化による近似モデルの設定
- ③ 多重共線性分析、寄与度分析による最終モデルの確定

しかしながら、この手法を適用する際の一つの課題は、要素選定に関して相対パワー寄与率の分析を行うために、要素データに定常時系列性が要求されることである。したがって、要素データが単調増加の時系列変動を示す様な場合には定常時系列性を十分に満足できないことから、このようなデータ特性

を有する港湾に対応する場合には、モデル構築が困難になる。

第二の課題として次の点が挙げられる。空間特性に影響を与える資本として、港湾整備事業等により形成される資本が想定されるが、道路整備事業等他の公共事業により形成される資本からも大きな影響を受けることが想定される。名古屋港を対象とする研究<sup>1)</sup>では、港湾空間内の道路の多くは港湾整備事業や港湾関連起債事業により整備されるなど、これらの事業により形成されるこの資本がその空間での資本形成の中核であったと考えられることから港湾資本での説明を妥当とした。しかしながら、港湾空間のみならず、その周辺関連地域をも含めて他の公共事業等により形成される資本に大きく影響されることが考えられる場合には、これに対応できるモデル構築の手法とはなっていない。例えば、戦後の国家的プロジェクトとして、港湾整備事業のみならず種々の公共事業等の総合的・集中的投資が実施された港湾においては、この2点を特性と有している。このため、こうした港湾に対する港湾空間特性モデルの構築を試みる場合には、先に提案した手法では対応が困難である。

したがって、本研究では、公共事業等の総合的・集中的投資が実施された港湾の代表である鹿島港を事例として、これらの課題に対応した港湾空間特性モデル構築手法を提案する。具体的な手法として、生産投入量と生産算出量の関係を関数化した生産関数を適用した空間特性モデルの適用を行う。このような生産関数の適用により、様々な資本を説明変数として、地域の生産関数をモデル化する試みは、Me

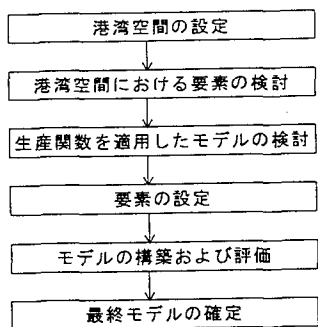


図-1 モデル構築のフロー

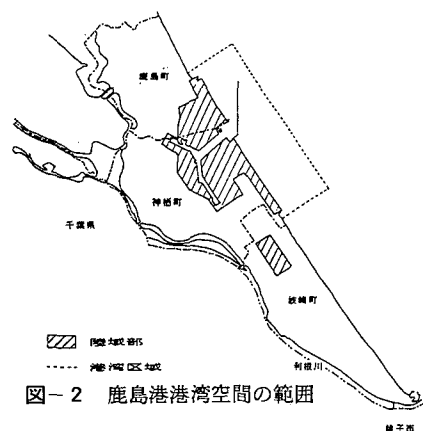


図-2 鹿島港港湾空間の範囲

ra<sup>2)</sup>, 中村<sup>3)</sup>, 岩本<sup>4)</sup>, 宮脇<sup>5)</sup>, 浅子<sup>6)</sup>, 吉野<sup>7)</sup>, 三井<sup>8)</sup>らにより試みられている。しかし、これらの研究では、日本全体、あるいは県域等広い地域を対象としており、今回対象とする鹿島港の港湾空間のような特定の小領域の空間を対象とした研究は今までに見られない。

以下、2.では鹿島港における港湾空間特性モデル構築の考え方を示し、3.において港湾空間特性モデルへのコブ・ダグラス型生産関数の適用を試みる。4.では、このモデルによる鹿島港の特性分析についての検討を行う。

なお、本論文で表現する価格は特別に明記した場合を除き平成2年価格で示す。

## 2. 鹿島港の港湾空間特性モデル構築の考え方

### (1) モデル構成の考え方

鹿島港の港湾空間特性モデルの考え方は高橋・山本が提案した考え方を踏まえ構築するものとし、そのフローを図-1に示す。

### (2) 港湾空間の設定

港湾空間は一定の陸域と水域とからなる空間として定義し、具体的な空間設定は高橋・山本<sup>1)</sup>の方法を基本として行う。水域部については港湾区域の範囲とする。陸域部については鹿島港港湾計画書の港湾計画図<sup>9)</sup>に示される範囲に加え、この空間と一体と想定される周辺の工業地帯を併せた範囲とする。これにより示される港湾空間を図-2に示す。

### (3) 要素の検討

#### a) 港湾空間における要素

港湾空間における要素として、高橋・山本<sup>1)</sup>は、物流、生産、生活のそれぞれの機能ごとに選定するとともに、港湾空間内の資本は、次の5種類から構

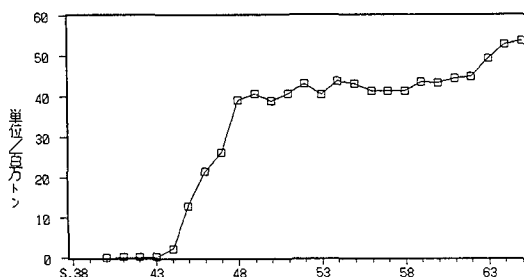


図-3 鹿島港港湾取扱量の推移

成されているとしている。

- ・事業資本
- ・空間資本
- ・労働力資本
- ・自然資本
- ・制度資本

この考え方を基に、鹿島港港湾空間の要素について検討した。その概要を以下に示す。

①物流機能の観点からは、港湾の物流特性を最も顕著にあらわすとともに、時系列データの整理が可能な港湾取扱貨物量が考えられる。この鹿島港の港湾取扱貨物量の推移を図-3に示す。

②生産機能の観点からは、鹿島臨海工業地帯の発達が顕著であることから製造品出荷額が考えられる。この鹿島臨海工業地帯の主要な工業団地は、鹿島港の背後の鹿島町、神栖町、波崎町において形成されていることからこの3町（以下 背後3町）の製造品出荷額を用いる。この背後3町の製造品出荷額の推移を図-4に示す。

③生活機能の観点から要素を設定することは重要ではあるが、鹿島港では他の2機能と比較して、生活機能が発展していないこと及び長期間の定量的なデータ取得が困難なため、今回の検討においては対象外とする。

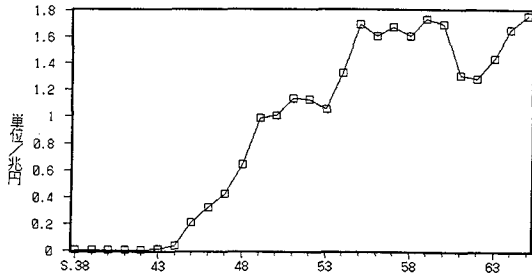


図-4 鹿島港背後3町の製造業出荷額の推移  
(平成2年価格 実質値)

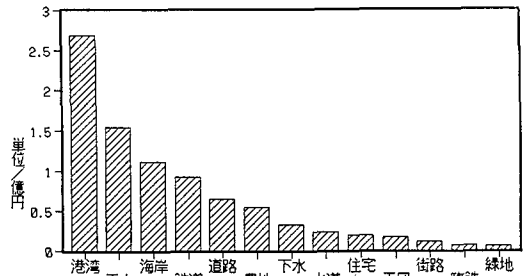


図-6 鹿島地域開発の事業種別累積額  
(昭和38年度から平成2年度までの累積)

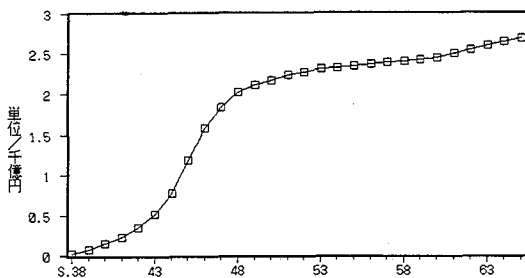


図-5 鹿島港港湾公共資本の推移

④事業資本については、高橋・山本<sup>1)</sup>が提案した公共事業、公的事業、民間事業により形成される港湾資本を考える。

具体的には、鹿島港港湾空間において港湾整備事業により形成される公共資本（以下 港湾公共資本）を、経済企画庁総合計画局編「日本の社会資本」の港湾部門等において用いられている、資本減耗を考慮しない粗資本ストックの算定方法の概念を適用した。次式により算定する。

$$M_t = M_{t-1} + I_t - I_t \cdot t_0 \quad (1)$$

ここに、

$M_t$  : 年次  $t$  の港湾公共資本

$I_t$  : 年次  $t$  の港湾整備事業費

$t_0$  : 港湾施設の耐用年数 50年

これによって算出した港湾公共資本の変遷を図-5に示す。ここで、平成2年度末では、2700億円と算定された。

しかしながら、鹿島港においては、港湾空間のみならず、その周辺空間に対しても、他の公共事業等も総合的・集中的投資が実施された。したがって、事業資本として、港湾公共資本のみを考えるのは不十分であり、港湾空間及び周辺関連地域（以下 鹿島地域）の公共・公的資本を含めた資本を考えるのが妥当であると考えられる。とくに、鹿島地域に関

しては、茨城県においてデータが十分整理されていたことから、この視点からの分析が可能となる。

昭和38年度から始められた鹿島地域の整備に係わる公共事業費及び公共性の高い関連事業（以下 公共関連事業）は、港湾整備事業を含む次の13事業に整理される。

- ・港湾整備事業
- ・海岸埋立事業
- ・道路整備事業
- ・街路整備事業
- ・工業団地造成事業（以下 工業団地事業）
- ・農地整備事業
- ・特定公共下水道事業（以下 下水道事業）
- ・鹿島水道事業（以下 水道事業）
- ・鹿島工業用水道事業（以下 工業用水事業）
- ・緩衝緑地整備事業（以下 緩衝緑地事業）
- ・住宅建設事業
- ・国鉄/JR鹿島線建設事業（以下 鉄道建設事業）
- ・鹿島臨海鉄道建設事業（以下 臨鉄建設事業）

この事業種類ごとの平成2年度までの事業費の累積値（以下 総事業費）を図-6に示す。この中で最も突出しているのが、港湾整備事業約2700億円で、以下工業用水道事業1500億円、海岸埋立事業1100億円と続く。

また、毎年度の公共関連事業費の名目値及び実質値（平成2年価格）の推移を図-7に示す。これより、鹿島地域においては、ピーク時には年間800億円を超える事業が推進されたことも明らかになる。この13種類の事業費に関して、式(1)と同様の手法により求めた鹿島地域における公共関連事業により形成される資本（以下 公共関連資本）の変遷を図-8に示す。ここで、平成2年度末における公共関連資本は8500億円と算定された。

一方、公共関連事業により基盤整備が進むなか、工場建設を主とする民間事業による資本形成も進展

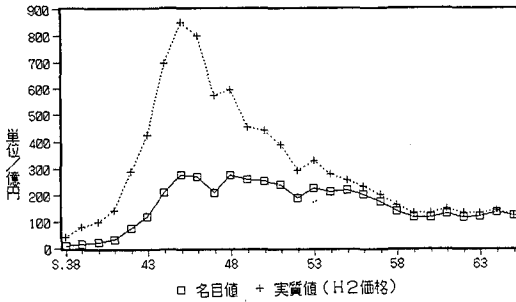


図-7 鹿島地域の公共関連事業費の推移  
(名目値及び実質値(平成2年価格))

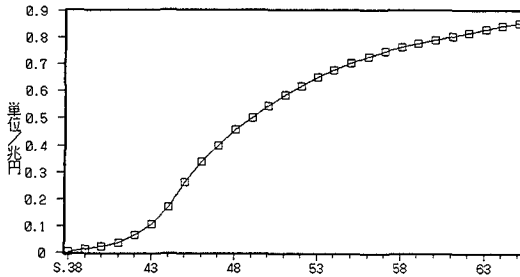


図-8 公共関連資本(13事業合計)の推移

した。昭和43年に住友金属工業と三菱油化による工場建設が最初に始まり、昭和44年には、住友金属工業と鹿島日本ステンレスの2工場が操業を開始した。これらの企業の毎年の整備事業費の把握は困難であるため高橋・山本<sup>1)</sup>が港湾資本の算定に用いた次式により、民間資本を算定する。なお、ここでは背後3町の主要工場の大半は鹿島港港湾空間の陸域部に立地していることから、この3町のデータで近似できるとした。

$$N_t = J_t \times U \quad (2)$$

ここに、

$N_t$ : 年次  $t$  の民間資本

$J_t$ : 年次  $t$  の工業統計に示される背後3町の有形固定資産(用地分は除く)

$U$ : 通産省の「工業統計ベース」を経済企画庁の「民間企業資本ストック」ベースに整合させるための修正係数

これにより算出した鹿島港の港湾空間の民間資本の変遷を図-9に示す。ただし、工業統計市町村編からは47年からのデータしか得られないためそれ以後の結果を表示した。ここで、平成2年度末における民間資本は2兆6900億円と算定された。

⑤空間資本については、鹿島港は掘り込み港湾として発展してきたこと及び港湾空間の陸域部のほとんどが工業用地であることから、工業用地面積(実際には工業団地面積)が考えられる。

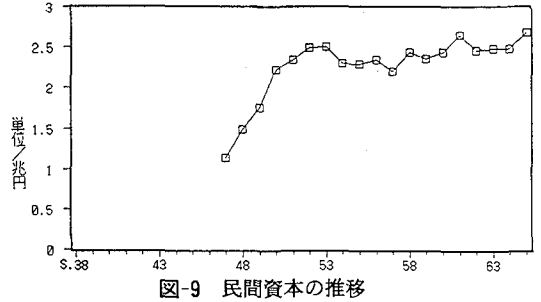


図-9 民間資本の推移

⑥労働力資本については、港湾空間内では製造業が顕著であることから、背後3町の第2次産業労働者数が考えられる。

⑦自然資本については、十分配慮すべき要素であるが、定量化が困難であることから今回の検討においては対象外とする。

⑧鹿島港を中核とする鹿島地域全体の開発における制度資本については、十分配慮すべき要素であるが、定量化が困難であることから今回の検討においては対象外とする。

#### b) 港湾資本以外の事業資本

これら港湾空間内の要素に影響を与える空間外の要素としては、経済・社会状況を表す代表的な指標として用いられることが多いGDP(国内総生産)が考えられる。

#### (4) モデル構築の検討

(3)において検討した要素の時系列変動に定常時系列性が期待される時には、高橋・山本<sup>1)</sup>が行ったように要素間の相対パワー寄与率を求めることにより、要素間の相関関係を解析することが可能になる。さらに、その結果のもとに、AIC最小化等により最適なモデルを構築することは有効な方法である。

しかしながら、鹿島港の港湾空間の場合には多くの要素が急激に増大しており、種々の手法による定常化の近似化を行ったものの、望ましい結果は得られなかった。

したがって、この場合の港湾空間特性モデルの構築手法として、ある一定期間中の生産要素投入量と生産物算出量との間の関係を関数として表す生産関数の適用を試みる。生産関数においては、1種類の生産量が  $n$  種類の生産要素  $X_1, X_2, \dots, X_n$  により生産されるとし、それぞれの要素投入量を  $x_1, x_2, \dots, x_n$  とした場合、それによって生産される生産量  $Q$  は次式により表される。

$$Q = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3)$$

通常、生産要素  $X_n$  には、労働投入量、機械設備などの資本の投入量、生産活動に要した土地面積な

どがあげられる。港湾空間特性モデルへの適用においては、これらの生産要素としては、港湾空間内の事業資本、空間資本、労働力資本等が対応すると考えられる。また、生産量 $Q$ には、港湾空間の物流、生産、生活機能の要素が対応すると考えられる。

港湾空間のような特定の小領域の空間に対しては、生産関数の適応はいまだ試みられてはいないものの、先に示したような既応の研究では日本全体を対象としてGDPを生産量とした研究や社会資本の地域間配分に関する分析が進められている。本研究ではこれらの結果を踏まえ、三井・井上<sup>8)</sup>らが用いた、民間部門の生産量を民間部門の労働力投入量、民間資本、社会資本等で説明するコブ・ダグラス型生産関数の適用を検討する。具体的な基本式を次に示す。

$$Y_t = F(L_t, K_t, Kgt) \\ = L_t^a \cdot K_t^b \cdot Kgt^c \cdot \exp(d) \quad (4)$$

ここに

- $Y_t$  : 年次 $t$ における民間部門の生産量
- $L_t$  : 年次 $t$ における民間部門の労働投入量
- $K_t$  : 年次 $t$ における民間資本
- $Kgt$  : 年次 $t$ における社会資本
- $a, b, c$  : 係数
- $d$  : 定数項

この式(4)と先に検討した要素と併せて考えることによりその適用の可能性は十分であると判断し、以下においてモデルの構築を進める。

また適用する生産関数としては、トランス・ログ型等よりレベルの高いモデルがあり、これを用いた研究<sup>7)</sup>も行われている。しかしながら、本研究においては、22年間のデータ(22個のデータ)のみに基づいて解析を行うため、より高次の項を含むため多くのデータを必要とするトランス・ログ型等の生産関数の適用は困難である。このため、その数学的操作の容易性及び解析結果の妥当性が評価され、多くの研究<sup>4), 5), 6), 8)</sup>においても用いられているコブ・ダグラス型生産関数を適用することとした。

なお、既応の研究では $a, b, c$ 間の制約条件としては、社会資本を「環境の創出(あるいは環境創造)」と想定する場合には $a+b=1.0$ 、また「対価のいらぬ生産要素(あるいは不払い要素)」と想定する場合には $a+b+c=1.0$ として、制約条件を与える考え方があられる。しかしながら、本研究では、対象とする13事業から形成される社会資本は、「環境の創出」及び「対価のいらぬ生産要素」の両方の特性を含むと考えられること、さらに、両者は一体となつてこそ社会資本として機能を発揮することから、 $a+b=1.0$ あるいは、 $a+b+c=1.0$ のどちらも制約条件として与えず、その結果をモデルの評価基準とした。

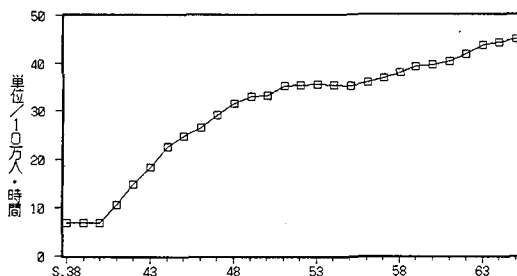


図-10 民間部門の労働投入量の推移  
(第2次産業労働者数×労働時間)

### 3. 港湾空間特性モデルへのコブ・ダグラス型生産関数の適用

#### (1) 要素の設定

コブ・ダグラス型の生産関数を適用に先立ち、2.での検討を踏まえ要素の設定を行う。なお、各要素の具体的な設定方法は、コブ・ダグラス型生産関数の適用において通常用いられる手法に順じる。

##### a) 民間部門の生産量 ( $Y_t$ )

民間部門の生産量に相当する要素としては、港湾取扱貨物量と背後3町の製造品出荷額が考えられるが、生産量の概念に近く、また、既応の研究成果との整合が容易な製造品出荷額(以下 生産量)を選択する。この経年的な変化は、既に図-4に示している。

##### b) 民間部門の労働投入量 ( $L_t$ )

民間部門の労働投入量(以下 労働量)としては、労働者数に労働時間を乗じた値とする。具体的には、2.で検討した労働力資本である背後3町の第2次産業労働者数に茨城県の製造業常用労働者労働時間(月平均時間)<sup>10)</sup>を乗じた値とした。この経年的な変化を図-10に示す。

##### c) 民間資本 ( $K_t$ )

ここでの民間資本としては、民間資本に稼働率を乗じた値とする。具体的には、先に求めた民間資本( $N_t$ )に製造工業稼働指数<sup>11)</sup>(昭和60年度=100)を乗じた値とした。なお、稼働指数を乗じる前の民間資本については、昭和47年度以前はデータが得られないため、工場建設が開始された43年の2年前に初期値を想定し、それ以降47年までを3次関数で補正することにより、データ設定を行った。この経年的な変化を図-11に示す。

##### d) 社会資本 ( $Kgt$ )

社会資本としては、先に求めた公共関連資本を用いる。社会資本においては、100%の稼働状態を想定していることから稼働指数に相当する指標は用

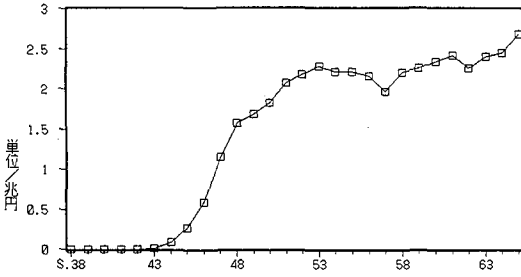


図-11 稼働率による修正後の民間資本の推移

いない。この公共関連資本を算定した鹿島地域は、鹿島港港湾空間よりも広い領域になっているが、その事業規模の大半が港湾空間になると想定されることから、港湾空間の概念に適合されるとした。なお、この判断の背景となる先の13事業の事業費の算定範囲を以下に整理する。この経年的な変化は、既に図-8に示している。

①港湾空間における事業

港湾整備事業、海岸埋立事業

②港湾空間内を主とするが空間外も含む事業

工業団地事業、工業用水事業、緩衝緑地事業

③鹿島町、神栖町及び波崎町一部を対象とした事業

道路整備事業、街路整備事業

④鹿島町、神栖町及び波崎町を対象とした事業

農地整備事業、下水道事業、水道事業、住宅建設事業

⑤鹿島町、神栖町及び波崎町を主とするもののそれ

以外を含む事業

鉄道建設事業（鹿島神宮駅～千葉県境）

臨鉄建設事業（北鹿島駅～波崎駅）

e) その他の要素

コブ・ダグラス型生産関数においては、説明変数としてこの3要素によりモデルが構築されていることから、これ以外の要素は設定しない。ただし、空間要素として考えた工場団地面積は、工業団地事業、工業用水事業、緩衝緑地事業による資本として公共関連資本に取り込まれ、また、空間外要素としてのGDPによる経済動向は、労働投入量算定における労働時間数及び民間資本算定における稼働指数として取り込まれると考えられることから、最終的に、2.で検討した要素全てが考慮されていると考えられる。

なお、被説明変数として、製造品出荷額を用いたことから、本来であれば説明変数として、中間投入財に相当する項が必要とされる。しかしながら、今回対象とした背後3町のレベルでのデータ整理が困難であったため、必ずしも適切ではないが、この項

を考慮しないこととした。

(2) 港湾空間特性モデルの構築及び評価

a) 関数の設定

式(4)の具体的な関数型を求めるため、両辺の対数化を行う。

$$\text{Log} Y_t = a \cdot \text{Log} L_t + b \cdot \text{Log} K_t + c \cdot \text{Log} K_{gt} + d$$

(5)

この関数の右辺に含まれる要素投入量は一面、企業の要素需要の結果であって、本来生産量と同時決定されるべき性質のものである。従って計量経済学的には、この生産関数に基づく利潤最大化の1階条件を求め、これを生産関数と連立して係数を推定することが広く行われている。しかしながら、この同時方程式体系に含まれる要素価格に関するデータ整備が容易ではないこと、統計的な厳密さが研究の目的ではないことから、単純に生産関数の対数線形式(5)に最小二乗法を適用して係数推定を行うことにする。

b) モデルの構築

モデルの構築は、

- ・各データの経年特性の比較分析
- ・比較検討を行うモデルケースの設定
- ・AICによる比較検討

という3段階により実施した。その結果を以下に示す。

①各データの経年特性の比較分析

先に選定した被説明変数である出荷額、説明変数である労働量、民間資本、社会資本の経年特性の比較を、平成2年度を100とする指数により行った。その結果を図-12に示す。この図から、他の変数と比較して、労働量のみが、昭和32年以前に高い初期値を有していることが明らかになる。また、生産量と資本形成との間に時差があることも明らかになる。

②比較検討を行うモデルケースの設定

労働量の初期値に関しては、労働量として背後3町の第2次産業労働者数としたため、社会資本形成に携わった建設労働者数の特性があらわれていると想定される。これらの労働量は、被説明変数とした製造品出荷額への寄与は低いと判断し、初期値補正を実施した。具体的には、昭和44年に工場が操業した事実を踏まえ、昭和43年にこの労働者数を約100人と仮定した。なお、この補正に伴うLtの表示は特に変更せず、これ以降のLtは、この補正後の労働量を示すものとする。

次に、生産量と資本形成の間に時差が生じているのは、資本形成の基となる投資が、その投資年次に

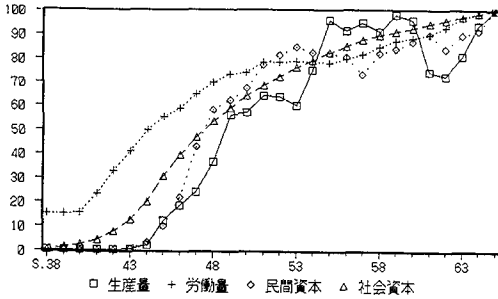


図-12 平成2年度値を100とする各要素推移

表-1 モデル検討のための設定ケースNo.

社会資本	民間資本		
	0年	-1年	-2年
0年	0 0	0 1	0 2
-1年	1 0	1 1	1 2
-2年	2 0	2 1	2 2
-3年	3 0	3 1	3 2
-4年	4 0	4 1	4 2
-5年	5 0	5 1	5 2

即時的に効果を発揮したのではなく、あるまじりかたで、初めて効果が生じるためと考えられる。例えば、港湾の岸壁であれば、船舶の接岸が可能な状況になるまで整備された後に初めて背後地の生産に寄与する。具体的な時差補正としては、民間資本では初期値設定を行った2年前までを対象として、0～-2年の3パターンを設定し、社会資本ではデータ整理が可能であった5年前までを対象として、0～-5年の6パターンを設定した。最終的にはその組み合わせの18パターンを設定した。その18ケースのNo.を表-1に示す。

### ③ AIC及び係数による比較検討

この18ケースについて、単純最小二乗法によりモデル化を行うとともにAIC及び各係数の値から最適モデルを選択することとした。まず、各ケースのAIC値を表-2に示す。これより、民間資本に関しては、1年前のケース(No.01～51)が他のケースと比較して有意といえる。このNo.01～51のケースからの選択については、単純にAIC値最小で行うのではなく、各係数値の評価を行う。具体的には、「環境の創出」の場合 $a+b=1.0$ 、「対価のいらぬ生産要素」の場合 $a+b+c=1.0$ それぞれの仮説検定を行い検討すべきであるが、ここでは $a+b+c$ の値が0.89～1.30になっていることに着目した。今回の解析における、社会資本としては、港湾、道路等「対価のいらぬ生産要素」が主体であるため、この値は概ね妥当な範囲と想定される。したがって、これによるケースの差別化は適切ではないと判断される。ところで、cの値は、社会資本の生産性の評価に大

表-2 各ケースにおけるAIC値

社会資本	民間資本		
	0年	-1年	-2年
0年	-9.68	-10.79	-2.69
-1年	-8.08	-9.61	-2.33
-2年	-6.19	-8.25	-0.95
-3年	-6.90	-8.51	-0.90
-4年	-6.39	-8.29	-0.52
-5年	-6.70	-8.60	-0.52

表-3 各ケースにおける各係数値等の結果

ケースNo.	a	b	c	a+b+c	d	R <sup>2</sup>
0 1	0.2335	0.4127	0.6527	1.2989	-0.4975	0.983
(t値)	(2.73)	(4.10)	(2.08)			
1 1	0.2666	0.4023	0.4890	1.1579	-0.6295	0.983
(t値)	(3.13)	(3.38)	(1.78)			
2 1	0.2816	0.4372	0.3038	1.0226	-0.7609	0.982
(t値)	(3.22)	(3.51)	(1.38)			
3 1	0.3030	0.4365	0.2333	0.9728	-0.8410	0.982
(t値)	(3.42)	(3.66)	(1.46)			
4 1	0.3034	0.4653	0.1577	0.9264	-0.8902	0.982
(t値)	(3.40)	(4.38)	(1.39)			
5 1	0.2886	0.4771	0.1276	0.8933	-0.8580	0.982
(t値)	(3.32)	(5.05)	(1.50)			

きく関連するため、あまりにも大きな値をとることは適当ではなく、既応の主な研究<sup>4), 5), 6), 7), 8),</sup>

<sup>12)</sup>では、0.4以下である。そこで、cの値が0.4を超えるNo.01, 11のケースについては不適当と判断する。以上のような検討に基づき、No.21～51のケースの中でAIC値が最小のケースを最適ケースと判断することとし、その結果、社会資本について-5年の時差を有するNo.51を選択する。

### c) モデルに対する評価

時差補正の視点から選択したケースNo.51のモデルに関して、さらに以下の点から評価した。その結果、これらも満足するため、このケースを最終的なモデルとして選定した。

#### ①係数a, b, cは正の値であること

これらの係数が負であることは、資本等の増大により生産量が減少することを意味するため、妥当とは想定されない。しかしながら、表-3にみられるように、ケースNo.51のa, b, cは全て正であり、これを満足する。

#### ②各変数が有意であること

ケースNo.51の決定係数は $R^2=0.982$ となっているものの、これだけでは各説明変数の有意性を示していない。このため、表-3の各係数値の下にt値を示した。ケースNo.51でのt値は、労働量：3.32、民間資本：5.05、社会資本：1.50となった。この中で、社会資本のt値に基づく係数の有意性は85%とやや低いものの、本研究の目的に関しては活用できるものと判断し、このケースを妥当とした。

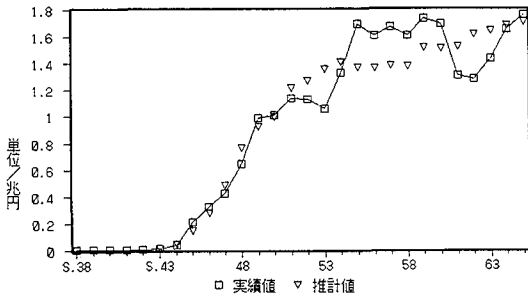


図-13 モデルによる推計値と実測値の比較

③推定方法が適当であること

今回のモデル推定方法として、単純最小二乗法を適用したが、誤差値に時系列相関がある場合には他の推計方法の適用が求められる、このためケース No. 51におけるダービン・ワトソン・テスト、いわゆるDW値での評価を行った。その結果、DW値は1.51となり、十分でないものの、単純最小二乗法の適用を否定するものではないと判断した。

(3) コブ・ダグラス型生産関数を適用した鹿島港の港湾空間特性モデル

鹿島港の港湾空間特性モデルの結果を以下に示す。  
 $Y_t = F(L_t, K_t, K_{gt})$   
 $= L_t^a \cdot K_t^{-1} \cdot K_{gt}^{-5} \cdot \exp(d)$  (6)  
 ここに、

$a = 0.289, b = 0.477, c = 0.128, d = -0.858$   
 なお、  
 $R^2 = 0.982, D.W. = 1.51$

モデルによる推計値と実測値とを比較した図-13からも再現性は高いと考えられる。したがって、鹿島港に対してはコブ・ダグラス型生産関数を適用した港湾空間特性モデルが適切に構築されたと判断する。

4. 港湾空間特性モデルによる鹿島港の分析

(1) 生産量伸び率に対する各要素の寄与度分析

式(6)をtで微分することにより次の式を得る。  
 $dY_t/dt = Y_t (a/L_t \cdot dL_t/dt + b/K_t^{-1} \cdot dK_t^{-1}/dt + c/K_{gt}^{-5} \cdot dK_{gt}^{-5}/dt)$  (7)  
 この式(7)においてdtを1年間とすることにより、式(8)とする。  
 $dY_t/Y_t = a \cdot dL_t/L_t + b \cdot dK_t^{-1}/K_t^{-1} + c \cdot dK_{gt}^{-5}/K_{gt}^{-5}$  (8)

この式(8)は、生産量の対前年の伸び率が、右辺の第1項の労働力による寄与、第2項の民間資本による寄与、第3項の社会資本による寄与から構成

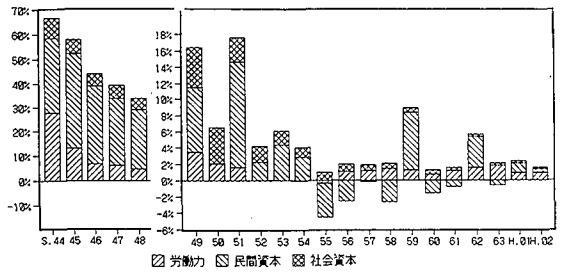


図-14 生産量の対前年伸率への各要素の寄与度分析

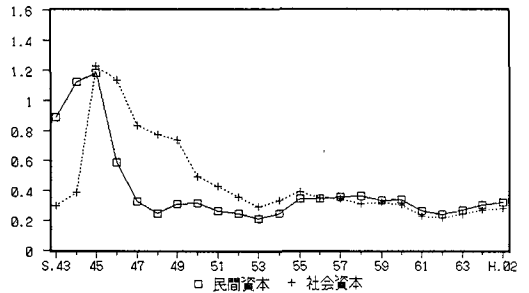


図-15 民間資本・社会資本の限界生産性の推移

されることを意味している。この式(8)により、モデル再現期間における生産量の伸び率への各要素の寄与度を求めた。その結果を示した図-14より、鹿島港の港湾空間における生産量の対前年の増加及び減少に対しては、民間資本の寄与度が高いことが明らかになる。

(2) 限界生産性に関する分析

コブ・ダグラス型生産関数は、偏導関数を有することから、限界力関数を求めることが可能となる。すなわち式(6)を民間資本及び社会資本の項で偏微分することにより、民間資本、社会資本に関する限界生産能力関数が以下のように求められる。

$$F_k = \partial Y_t / \partial K_t^{-1} = b \cdot Y_t / K_t^{-1} \quad (9)$$

$$F_{kg} = \partial Y_t / \partial K_{gt}^{-5} = c \cdot Y_t / K_{gt}^{-5} \quad (10)$$

ここに、

$F_k$  : 民間資本の限界生産能力関数

$F_{kg}$  : 社会資本の限界生産能力関数

この $F_k$ 及び $F_{kg}$ の算定結果を図-15に示す。この結果、空間が形成され始めた昭和43年以降、いわゆる第1次オイルショックにかけての期間は、民間資本及び社会資本ともに非常に高い生産性を示していたことが明らかになる。特に、港湾、道路等を主体として形成されたこの時期の社会資本は、民間資本と同様の生産性を示しており、文字通り「対価のいらぬ生産要素」としての機能を果たしていたこ



とが確認される。

なお、今回のモデルでは時差補正を行っていることから、例えばピークの45年における社会資本の高い生産性は、それ以前に形成された資本が、その時差の期間だけ遅れたこの時期に非常に高い効果を果たしていることを示している。

また、この45年から55年までの間、社会資本の方が民間資本よりも高い生産性を示していることも明らかになる。このことに関しては、三井・井上<sup>8)</sup>が、我が国全体として求めた結果においても、昭和30年代後半から50年代前半にかけて、定量的には低いもの同様に社会資本の方が高い生産性を示していること、さらに、鹿島地域はこの時期に国家的プロジェクトとして総合的・集中的に整備されたことから、我が国の平均的な値より高い値を示すことは妥当な結果であると判断される。

また、この三井・井上<sup>8)</sup>の結果により昭和60年代の我が国全体と鹿島港港湾空間との生産性の比較を行うと鹿島港港湾空間の方が高いことが明らかになる。このことは、鹿島港港湾空間への今後の投資は、我が国全体の平均以上の高い効果を生むものと想定される。

## 5. まとめ

本研究では、既に提案した港湾空間モデルの構築手法では対応できない特性を有する港湾空間に対して新たなモデル構築手法を提案した。

具体的には、総合的・集中的な整備が行われた鹿島港を対象として、コブ・ダグラス型生産関数を適用した港湾空間特性モデルの構築を行い、そのモデルの妥当性を踏まえた上で、各要素の寄与度に関する分析及び限界生産性に関する分析を行った。これらより、コブ・ダグラス型生産関数を適用した港湾空間特性モデル適用の可能性が示されたと考える。

しかしながら、今後の課題として、第一に、それぞれの公共関連資本に関する分析等、港湾空間の資本形成に関してさらに検討することが挙げられる。第二に、港湾取扱貨物量を被説明変数とした場合のモデル構築手法の確立が挙げられる。第三に、いままでの検討を進めてきた港湾空間とはさらに異なる

特性を有する港湾空間<sup>13)</sup>に対するモデルの構築手法の確立が挙げられる。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、生産関数に関して郵政省郵政研究所主席研究官付竹澤康子研究官（現神戸大学経済学部助教授）より貴重なご示唆を頂きました。記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 高橋宏直, 山本幸司: 港湾空間特性モデルの作成に関する基礎的研究, 土木学会論文集, No. 524, pp. 12-21, 1995. 10.
- 2) MERA, K.: Regional Production Functions and Social Overhead Capital: An Analysis of the JAPANESE CASE", *Regional & Urban Economics*, Vol.4, No.2, 1973.
- 3) 中村良平: 社会資本整備と地域生産性, 高速道路と自動車, 1987.
- 4) 岩本康志: 日本の公共投資政策の評価について, 経済研究41-3, 1990.
- 5) 宮沢淳, 飛田英子: 2000年度に向けて社会資本ストックのあり方, JAPAN RESEARCH REVIEW, 1991.
- 6) 浅子和美, 坂本和典: 政府資本の生産効果, 大蔵省財政金融研究所「フィナンシャルレビュー」, 1993.
- 7) 吉野直行, 中野英夫: 首都圏への公共投資政策, 八田達夫編「東京の一極集中の経済分析」, 1994.
- 8) 三井清, 太田清編著: 社会資本の生産性と公的金融, 郵政研究所研究叢書, 1995.
- 9) 鹿島港港湾管理者: 鹿島港港湾計画書, 1993.
- 10) 労働省: 毎月勤労統計調査.
- 11) 通商産業省: 生産・出荷・在庫指数確報.
- 12) Aschauer, D.A.: "Is Public Expenditure ductive?": *Jurnal of Money, Credit and Banking*, Vol.20, No.1.1989.
- 13) 高橋宏直, 山本幸司: 社会資本という視点からの港湾分類と今後の整備方向に関する研究, 日本地域学会第29回論稿集, 1992. 10.
- 14) 鹿島開発史編集委員会: 鹿島開発史, 資料集, 1990.
- 15) 運輸省第二港湾建設局鹿島港工事事務所, 鹿島港工事事務所30年史, 1993.

(1996. 7. 22 受付)

# STUDY A PORT SPACE MODEL TO EXPLAIN PORT CHARACTERISTICS BY PRODUCTION FUNCTION

Hironao TAKAHASHI and Koshi YAMAMOTO

The port space, which is composed of land area and water area, has produced various characteristics on goods-distribution, manufacturing industry, human living and waterfront recreation.

This paper proposes a port space model applied to production function to explain port characteristics by some factors related on various stocks to port space.

As case study, the space characteristics of Port of Kashima are discussed through this model. As the result of case study, the propriety of this model has been confirmed.