【土木計画学研究・論文集 No.9 1991年11月】

輸出入コンテナ貨物の生産・消費モデルに関する研究

Demand Models for International Freight Container

渡辺 豊*
By Yutaka WATANABE

It is important for urban transportation planning to predict demand of international freight container. This paper explores to estimate models which evaluate the amount of it. In the modeling, however it is difficult to find the real form of model function and know the economic structure among industries which produce not only the freight (physical output) but also the price of freight (quality). It is useful for these kind of problems to apply the translog function and the hedonic function. The translog function has been widely used in cost and production studies since its first systematic interpretation by Christensen et al.(1973). It represents a second-order Taylor series approximation to an unknown underlying function. The hedonic function is convenient to treat effective output as a function of a generic measure of physical output and its qualities. The concept was pioneered by Friedlaender et al.(1978). This paper also present a possible use of these methodology.

1．はじめに

輸出入貨物のコンテナ輸送は、わずか２０年余りの間に急激に発達した物流現象であり、現在もそのシェアを拡大しつつある。この輸出入コンテナ貨物は、国外との流通において必ず港湾を経由するため、港湾周辺に多量の道路交通量を生じている。また、最近では、欧米を中心に国内ではまだ通行の認められていない、40ft以上の超大型コンテナが主流になりつつある。したがって、このような将来的な問題点に対処するためには、輸出入コンテナ貨物の需要（生産と消費）を把握することが最も基本的な課題である。これが本論文の第一の目的である。

しかし、輸出入コンテナ貨物の生産と消費は、変化の激しい社会現象であり、各地域における産業・経済の複雑な構造に依存していると考えられる。したがって、そのモデル化においては、あらかじめ仮説やモデルの関数形を仮定することが困難である。

このような問題に対しては、米国を中心に産業構造の経済分析の分野で、トランスログ関数及びヘドニック関数が効果をあげている。そこで、本論文では、この両者を輸出入コンテナ貨物の生産・消費モデルに適用し、その有効性も検証することにする。

＊ 正会員 東京商船大学商船学部 助教授
（〒135 東京都江東区越中島2-1-6）

２．輸出入コンテナ貨物輸送への計量経済学的アプローチ

２．１ 産業構造分析モデルの適用

（１）輸出入コンテナ貨物の需要特性

輸出入貨物のコンテナ輸送は、日本においては昭和４２年以前には存在していなかった。それが、現在では、欧米との製品・加工品系輸出入貨物のほとんどがコンテナ輸送されるようになった。また、オイルショック以降、国内貨物量は”ＧＮＰと貨物量

の乖離現象”が生じて伸び悩んだが、輸出入コンテナ貨物量はオイルショック以降も順調に伸び続けている[1]。最近では、ＮＩＥＳ諸国の活躍やグルメブーム等により、特に輸入コンテナ貨物量の伸びが顕著である。このように輸出入コンテナ貨物の需要は、わずか２０年余りのうちに急激に変化し、現在も成長し続けている。

輸出入コンテナ貨物の生産と消費は、基本的には国内諸地域における産業・経済活動の規模が基盤となっている。例えば、渡辺の研究[1]によれば、輸出入コンテナ貨物の生産と消費には、国内諸地域におけるGNPや人口との対応が示されている。しかし、渡辺，苦瀬，新谷[2]の研究によれば、輸出入コンテナ貨物の品目特性は地域によってかなり異なっており、それが輸送活動に影響を及ぼしていることも指摘されている。さらに、渡辺，苦瀬[3]の研究では、輸出入コンテナの国内流動分布特性に、地域間の相違が存在することも報告されている。したがって、輸出入コンテナ貨物の生産と消費は、地域における産業と経済の構造にも依存していると考えられる。

以上の事実から輸出入コンテナ貨物の需要特性は、

① コンテナ輸送システムの機能が独自に経済性を発揮して動的に変化している。

② 貨物の生産・消費地域における産業と経済の構造（質的な要素）が密接に関与している。

の２点が重要と考えられる。

（２）モデルの関数形

輸出入コンテナ貨物の生産と消費は、産業・経済がベースの活動であり、そのモデル化に必要な変数は、経済的諸変量の中から選ぶことができる[1]。しかし、上述した①の理由から、輸出入コンテナ貨物の需要は、動的な状態にある社会現象であり、あらかじめ適用するモデルの関数形を仮定することは困難である。例えば、盲目的に線形関数を仮定することが成り立つ保証はなにもない。

このような問題に対して米国では、産業構造分析の分野において積極的な試みがなされている。例えば、輸送産業への規制緩和に伴う経済的な影響を予測する場合、産業構造の変化を前提とするため、モデルの関数形をあらかじめ仮定できない。そこで、関連する変数のみを定めて関数形は未知のまま分析する方法の適用がなされている。これはトランスログ関数と呼ばれており、Christensenら[4](1973)により提案された。それ以後、多くの研究でその有効性が実証されている。例えば、Spadyら[5](1978)の研究では、規制下におけるトラック輸送産業の経済性分析に用いており、また、Daughetyら[6](1984)の例では、自動車輸送産業界のコストと生産の構造に関する経済性分析に適用している。その他、トランスログ関数の適用例は多数にのぼっている。

そこで、本論文においてもモデルの関数形の表現に、トランスログ関数の適用を考えることにする。

（３）産業構造の経済的連続性

上述した②の理由から、例えば、同じ物理的貨物量（トン数等）を生産・消費する地域があったとしても、各地域の産業構造が異なれば、それぞれの地域における貨物の生産・消費にかかわる経済性は同質ではない。

このような問題点の解決を、初めて試みたのが、Friedlaenderら[5](1978)の研究である。彼等は、トラック輸送産業の経済性評価において、過去から盲目的に用いられてきたトンマイル数が、各企業の持つ輸送技術の相違により、同質ではないことに注目した。そこで、個々の輸送技術を一つの関数で連続的に取り扱うとともに、トンマイル数による同次関数を導いて、トラック輸送産業の本質的な生産性を示すことに成功している。このような概念はヘドニック関数と呼ばれ、それ以後も様々な研究により、その有効性が確認されている。例えば、Chiangら[7](1984)の研究では、ヘドニック関数の考え方をネットワーク問題へ応用している。

以上により、本論文では、産業構造の経済的連続性に対して、ヘドニック関数の適用を考える。

２．２　トランスログ関数

（１）トランスログ関数の概念

将来の構造変化等を予測する場合には、あらかじめモデルの関数形を仮定することが困難な場合が多い。そこで、このような問題に対して、米国を中心に広く普及しているのがトランスログ関数である。この方法は、関連する変数のみを定めてその関数形は仮定せずに、テイラー展開の２次近似までを用いるというものである。近似という形で表現することになるが、実績値から未知のモデルのパラメータが得られるという点で、実用性が高い。また、２次形

式となる部分のパラメータから、現象の構造に対するより現実に近い解釈が可能となる。

（２）トランスログ関数の導出

例として２変数の場合を考える。ある目的変数Ｙに対して

$$Y = f(\phi_i, \omega_s) \quad \cdots(1)$$

Ｙ：目的変数

ｆ：未知関数

ϕ_i，ω_s：説明変数

ｉ：ϕの観測数(i=1,…,n)

ｓ：ωの観測数(s=1,…,m)

を考える。ここで、未知な関数ｆをϕ_i，ω_sによるベクトル関数として、定数a_iとb_sの近傍でテーラー展開し、２次近似まで求めると、

$$\begin{aligned} f(\phi_i, \omega_s) &= (f(a)+f(b)) \\ &+ \sum_i^n \frac{\partial f}{\partial \phi_i}(\phi_i - a_i) + \sum_s^m \frac{\partial f}{\partial \omega_s}(\omega_s - b_s) \\ &+ 1/2 \sum_i^n \sum_j^n \frac{\partial f^2}{\partial \phi_i \partial \phi_j}(\phi_i - a_i)(\phi_j - a_j) \\ &+ 1/2 \sum_s^m \sum_t^m \frac{\partial f^2}{\partial \omega_s \partial \omega_t}(\omega_s - b_s)(\omega_t - b_t) \\ &+ \sum_i^n \sum_s^m \frac{\partial f^2}{\partial \phi_i \partial \omega_s}(\phi_i - a_i)(\omega_s - b_s) \quad \cdots(2) \end{aligned}$$

ここで、

$$\alpha_0 = f(a)+f(b), \quad \alpha_i = \frac{\partial f}{\partial \phi_i},$$

$$\beta_s = \frac{\partial f}{\partial \omega_s}, \quad A_{ij} = 1/2 \frac{\partial f^2}{\partial \phi_i \partial \phi_j},$$

$$B_{st} = 1/2 \frac{\partial f^2}{\partial \omega_s \partial \omega_t}, \quad C_{is} = \frac{\partial f^2}{\partial \phi_i \partial \omega_s}$$

と置けば、式(2)は

$$\begin{aligned} f(\phi_i, \omega_s) = \; & \alpha_0 + \sum_i^n \alpha_i(\phi_i - a_i) + \sum_s^m \beta_s(\omega_s - b_s) \\ &+ \sum_i^n \sum_j^n A_{ij}(\phi_i - a_i)(\phi_j - a_j) \\ &+ \sum_s^m \sum_t^m B_{st}(\omega_s - b_s)(\omega_t - b_t) \\ &+ \sum_i^n \sum_s^m C_{is}(\phi_i - a_i)(\omega_s - b_s) \quad \cdots(3) \end{aligned}$$

という形に表記できる。また、ここで関数ｆを対数化し、説明変数を指数表記すると

$$\begin{aligned} \ln f(\phi, \omega) &= \ln f(e^{\ln\phi}, e^{\ln\omega}) \\ &= g(\ln\phi, \ln\omega) \end{aligned}$$

となる。よって、関数ｆに対応する、説明変数を$\ln\phi$, $\ln\omega$とした新たな関数ｇを考えることができる。これより、関数ｇに式(3)と同様な展開を考え、さらに、ϕとωの平均（$\overline{\phi}$と$\overline{\omega}$）の近傍で議論を行うとすれば、最終的に

$$\begin{aligned} \ln f(\phi_i, \omega_s) = \; & \alpha_0 + \sum_i^n \alpha_i(\ln\phi_i - \ln\overline{\phi}_i) + \sum_s^m \beta_s(\ln\omega_s - \ln\overline{\omega}_s) \\ &+ \sum_i^n \sum_j^n A_{ij}(\ln\phi_i - \ln\overline{\phi}_i)(\ln\phi_j - \ln\overline{\phi}_j) \\ &+ \sum_s^m \sum_t^m B_{st}(\ln\omega_s - \ln\overline{\omega}_s)(\ln\omega_t - \ln\overline{\omega}_t) \\ &+ \sum_i^n \sum_s^m C_{is}(\ln\phi_i - \ln\overline{\phi}_i)(\ln\omega_s - \ln\overline{\omega}_s) \quad \cdots(4) \end{aligned}$$

を得る。これがトランスログ関数である。説明変数が３変数以上の場合も、上記と同様な展開により導出することができる。

米国においては、この式(4)にコスト関数を適用して、各種輸送産業の構造や経済性を分析した事例が数多く報告されている。トランスログ関数は、２次形式となっている部分（式(4)における第４項以下）を省略すると、それはちょうど古典的なコブダグラス型のコスト関数と同形となる[6]。コスト関数にトランスログ関数が適用されるもう一つの利点はこのような理由による。

２．３　ヘドニック関数

（１）ヘドニック関数の概念

貨物輸送分析に用いられる実績値の中には、盲目的に集計されたデータの場合、その数値が同じでも個々の主体においてはその実態が異なる場合（例えば、トラック輸送会社のトンキロ）や、非集計に集められたデータにおいても、その非集計単位が理論的裏付けのないもの（例えば、過去の慣例に基づく品目分類）などが存在する。そこで、このような分析データに存在する矛盾や限界を、より現実に即した形に表現しようとするのがヘドニック関数の概念である。この考え方は、集計と非集計の中間的な立場であり、離散的に観測されるデータを用いて連続的である現実を表現する場合に適している。

（２）ヘドニック関数の導出

ヘドニック関数は、米国M.I.T.におけるFriedlaenderを中心とする研究グループ[5)7)]により考案された。彼等は、トラック輸送産業の経済分析におけるコスト関数に、ヘドニック関数を適用している。彼等の研究を例に、ヘドニック関数を説明すると以下のようになる。

米国におけるトラック輸送産業の出力としては、伝統的にトンマイル数が用いられてきた。しかし、同じトンマイル数を示す輸送会社においても、取扱品目，車両のサイズ，労働力，資本規模…etc.などが個々の企業ごとに異なっている。したがって、その経済性も同じとは限らない。このように個々の企業の経済性は、トンマイルといった物理的な出力のみならず、保持する輸送技術の質的な要素をともに評価する必要が生じる。

そこで、輸送企業の本質的な出力は、物理的出力と輸送技術の質的な要素の双方によって連続的に表現されると仮定すれば、

$$Q=\psi(y,q) \quad \cdots(5)$$

Q：輸送企業の本質的な出力

ψ：関数

y：輸送企業の物理的な出力

q：輸送技術の質的な要素

と表現できる。ここで、yが同じでqがそれぞれ異なるような場合を考えると、Qはyを定数とした変数qで説明される。さらに、ψがyのk次同次関数と仮定できれば(Friedlaenderの例ではk=1と仮定している)、式(5)は、

$$Q=y^k\phi(q_1,\cdots,q_r) \quad \cdots(6)$$

r：qの要素数

となる。上式において、特に$\phi(q_1,\cdots,q_r)$をヘドニック関数と呼んでいる。ここで$\phi(q_1,\cdots,q_r)=1$とすれば、それは、輸送企業の本質的な出力を輸送企業の物理的出力のみで表わすことを意味する。したがって、この$\phi(q_1,\cdots,q_r)$の存在を議論することがヘドニック関数の基本的な考え方である。

一般に、$\phi(q_1,\cdots,q_r)$の関数形は未知であるので前述したトランスログ関数を用いて表現する。ここで、式(6)の両辺を対数化すると、

$$\ln Q=k\ln y+\ln\phi(q_1,\cdots,q_r) \quad \cdots(7)$$

となる。上式第２項に式(4)と同様な展開を適用して実際の分析に用いている。

Friedlaenderの例では、ヘドニック関数は輸送技術の連続性を表わすものとして用いられているが、このような考え方は、その他多くの社会現象に適用が可能と考えられる。

３．輸出入コンテナ貨物の生産・消費モデル

３．１　モデル化における条件

本論文が、最終的に目標とするものは、港湾周辺の道路交通量に影響を及ぼす結果となる、物理的な輸出入コンテナ貨物量である。しかし、輸出入コンテナ貨物量の生産・消費活動のモデル化には、以下のような条件が存在する（2.1節参照）。

① 計量経済学的にアプローチ

② モデルの未知な関数形を定式化

③ 産業構造の経済的連続性を反映

よって、本論文においては、このような条件を考慮するために、次に示す２段階のモデル化による推定を行うことにする。

３．２　モデルの定式化

（１）産業品目別貨物価格モデル

上述した条件①から、まず、目的変数，説明変数の双方を価格ベースとした、産業品目別貨物価格モデルを作成する。ある地域において

$$q_i=f(p^i{}_1,\cdots,p^i{}_l,\cdots,p^i{}_m) \quad \cdots(8)$$

ここで、

q_i：産業品目別貨物の生産・消費価格

i：各品目（$i=1,\cdots,n$）

$p^i{}_l$：輸出入コンテナ貨物の生産・消費にかかわる経済的諸変数(価格ﾍﾞｰｽ)

l：各変数（$l=1,\cdots,m$）

とおく。ただし、各pの観測数は１とする。次に条件②から、関数fをトランスログ関数で表現する。この場合、もし２次形式の項を考えなければ、古典的なグラビィティタイプの集計モデルに一致する。

（２）価格貨物量変換モデル

式(8)により推定された貨物価格を、物理的な貨物量に変換するとともに、条件③をヘドニック関数により表現する。ここで、ある地域における品目iの物理的貨物量は、その産業の活動と他の産業の状態の双方により、連続的に表現されると考えれば、

$$Q_i=\phi(q_1,\cdots,q_i,\cdots,q_n) \quad \cdots(9)$$

ここで、Q_iは品目iの物理的貨物量である。また、式(9)において異なる地域間でq_iが等しくその他のqがそれぞれ異なっているような場合を考えると、Q_iは、q_iを定数とし、その他のqを変数とした関数で説明される。さらに、ϕをq_iのk次同次関数と仮定すると、

$$Q_i = q_i{}^k \phi\,(q'_1, \cdots, q'_j, \cdots, q'_n) \quad \cdots(10)$$

$$q'_j = q_j / q_i$$

となる。上式の両辺を対数化すれば、

$$\ln Q_i = k \ln q_i + \ln \phi(q'_1, \cdots, q'_n) \quad \cdots(11)$$

となる。よって、関数ϕにはトランスログ関数の適用が可能となる。

式(10)において、ϕの値には他産業の影響が示され、kの値には貨物の価格と物理的貨物量の経済的特性が示されることになる。

4．パラメータの推定

4．1　適用データと推定方法

分析には昭和61年実績値[8]を用い、分析単位として地域別港湾別産業品目別サンプルを考える(表1)。また、輸出入コンテナ貨物の生産と消費に係わる基本的要因として、工業製品出荷付加価値額[9](輸出)と卸売業販売額[10](輸入)を考え、さらに、貨物輸送の利便性を考慮して、利用する港湾の規模及びその港湾までの輸送費用も変数とした[11)12)](表1)。

パラメータの推定には、ヘドニック関数の有意性を尤度比検定により確認する目的から、最尤推定法[13]を適用した。分析は、まず、変数間の相関分析により相互に相関の低い変数を選んでパラメータの推定を行ない、t値の有意性及び係数の大きさから変数を絞って推定を繰り返し、最終的に有意なモデルを導いた。

4．2　推定結果

（１）産業品目別貨物価格モデルの推定パラメータ

式(8)にトランスログ関数を適用した、産業品目別価格モデルの推定パラメータを表2に示す。分析の結果、ほとんどのモデルにおいて、2次形式となっている変数(2次項の変数)の有意性が確認された。また、各モデルの2次項の変数の組み合わせはそれぞれ異なっており、産業間の経済構造の違いがトランスログ関数により効果的に表現されていると考えられる。

さて、表2における2次項の変数の中では、工業製品出荷付加価値額及び卸売業販売額自身による組み合わせ($\alpha \times \alpha$)の符号が負であり、また、港湾の規模と輸送費用の組み合わせ($\beta \times \gamma$)の符号は輸出と輸入で異なっている。これは、次のように解釈することができる。まず、地域における工業製品出荷付加価値額や卸売業販売額は、国内貨物需要にも対応している。これらは、輸出入コンテナ貨物の生産と消費にとってはマイナスな要因であり、$\alpha \times \alpha$はこれに対応する要素と考えられる。また、輸出貨物は一般に製品を主体とした高付加価値品であり[1]、比較的輸送の運賃負担力が高い。したがって、輸送サービスの行き届いた大規模な港湾の周辺では、輸送費用の影響は輸出と輸入で異なると考えられる。

（２）価格貨物量変換モデルの推定パラメータ

表2のパラメータを用いて推定した産業品目別貨物価格により、式(11)による価格貨物量変換モデルのパラメータを推定すると、表3となる。分析の結果、各モデルの最終的な説明力は良好であり、さらに、すべてのモデルにおいてヘドニック関数の変数が有意となっている。また、ほとんどのモデルにお

表1　適用データ

			輸出貨物生産モデル	輸入貨物消費モデル
目的変数[8]		貨物量	輸出貨物量(単位：トン)	輸入貨物量(単位：トン)
		価　格	輸出貨物価格(単位：百万円)	輸入貨物価格(単位：百万円)
説明変数	貨物の生産・消費に係わる基本的要因		都道府県別産業品目別 工業製品出荷付加価値額[9] (単位：百万円)	都道府県別産業品目別 卸売業販売額[10] (単位：百万円)
	輸送の利便性	正要因	利用する港湾の規模[8](品目別総取扱貨物価格,単位:百万円)	
		負要因	利用港湾までの輸送費用[11)12)](40ftコンテナ運賃,単位:百万円)	
分析単位	O	地　域	47都道府県	
	D	港　湾	東京,横浜,清水,名古屋,四日市,大阪,神戸,北九州,博多港	
	産業品目[8)9)10)]		輸出7品目：①食料品 ②繊維及び同製品 ③化学製品 ④非金属鉱物製品 ⑤金属及び同製品 ⑥機械機器 ⑦その他	輸入6品目：①食料品 ②原料品 ③化学製品 ④鉱物性燃料 ⑤機械機器 ⑥その他
総サンプル			2961	2538

いて、ヘドニック関数に２次形式の変数が存在しており、ここでも、トランスログ関数がヘドニック関数を効果的に表現していると考えられる。

本論文では、輸出入コンテナ貨物の生産と消費には、産業構造の経済的連続性が存在すると仮定して、ヘドニック関数を適用した。したがって、この分析結果に基づくとすれば、その存在の可能性は十分に考えられる。

表３に示されたパラメータには、もう一つ注目すべき点が存在する。貨物価格のパラメータである価格次数（ｋ）は、貨物価格と物理的貨物量の経済的関係を示す重要な要素である。もし、ｋ＝１ならば貨物量と価格は一対一に対応するが、今回の分析結果では、ｋの値は品目によって様々である。特に、ｋ＞１のような品目は、経済活動が活発化すれば、物理的貨物量はそれ以上に伸びることを意味する。

表２　産業品目別貨物価格モデルの推定パラメータ

輸出貨物生産価格モデル

品目	次数		説明変数	推定パラメータ	t値
①食料品	1次項	変数名	工業製品出荷付加価値額(α)	0.36221	1.7362
			港湾の規模(β)	0.93320	6.8615**
			輸送費用 (γ)	-1.28686	-4.6477**
	2次項	変数組	α×β	0.37125	2.3878*
	定数項			4.37920	26.9043**
②繊維及び同製品	1次項	変数名	工業製品出荷付加価値額(α)	0.84736	3.6088**
			港湾の規模(β)	0.78999	7.9377**
			輸送費用 (γ)	-0.99158	-2.9498**
	2次項	変数組	α×β	0.19923	1.7248
	定数項			5.83482	30.4668**
③化学製品	1次項	変数名	工業製品出荷付加価値額(α)	-	-
			港湾の規模(β)	1.16703	9.0609**
			輸送費用 (γ)	-1.08082	-3.7963**
	2次項	変数組	α×α	-0.52961	-6.7307**
			α×β	0.47660	4.8229**
			α×γ	-1.16123	-4.1082**
			β×γ	0.21021	1.6585
	定数項			6.29586	37.6627**
④非金属鉱物製品	1次項	変数名	工業製品出荷付加価値額(α)	1.46257	8.1783**
			港湾の規模(β)	0.63669	7.2859**
			輸送費用 (γ)	-1.13993	-4.1485**
	2次項	変数組	α×β	0.44365	3.2112**
	定数項			4.80558	33.0796**
⑤金属及び同製品	1次項	変数名	工業製品出荷付加価値額(α)	0.43997	2.9145**
			港湾の規模(β)	0.65964	6.6757**
			輸送費用 (γ)	-1.41861	-4.5875**
	2次項	変数組	α×γ	-0.46984	-1.7647
	定数項			5.57360	34.2797**
⑥機械機器	1次項	変数名	工業製品出荷付加価値額(α)	0.34460	2.0443*
			港湾の規模(β)	1.00002	9.8967**
			輸送費用 (γ)	-1.74609	-5.5185**
	2次項			-	-
	定数項			8.45979	49.3949**
⑦その他	1次項	変数名	工業製品出荷付加価値額(α)	-	-
			港湾の規模(β)	1.11373	6.7044**
			輸送費用 (γ)	-1.19090	-4.3244**
	2次項	変数組	α×α	-0.62965	-4.3344**
			α×β	0.35549	2.7605**
			α×γ	-1.36563	-4.8103**
			β×γ	0.33659	1.8983
	定数項			6.92259	35.2838**

輸入貨物消費価格モデル

品目	次数		説明変数	推定パラメータ	t値
①食料品	1次項	変数名	卸売業販売額(α)	0.36034	2.6291**
			港湾の規模(β)	0.64370	10.6823**
			輸送費用 (γ)	-1.82846	-8.1706**
	2次項	変数組	α×γ	-0.77365	-3.1793**
	定数項			5.69176	38.0305**
②原料品	1次項	変数名	卸売業販売額(α)	0.28683	2.3121*
			港湾の規模(β)	0.84011	7.7584**
			輸送費用 (γ)	-2.24277	-8.8032**
	2次項	変数組	α×γ	-0.43105	-2.0377*
	定数項			5.83345	39.0344**
③化学製品	1次項	変数名	卸売業販売額(α)	0.46118	3.3935**
			港湾の規模(β)	-	-
			輸送費用 (γ)	-1.53177	-4.5105**
	2次項	変数組	β×γ	-0.57263	-2.3221*
	定数項			1.98068	8.7107**
④鉱物性燃料	1次項	変数名	卸売業販売額(α)	0.31151	2.1265*
			港湾の規模(β)	0.82345	8.1821**
			輸送費用 (γ)	-2.36886	-6.0933**
	2次項			-	-
	定数項			5.78901	23.6783**
⑤機械機器	1次項	変数名	卸売業販売額(α)	0.28215	1.9750*
			港湾の規模(β)	0.85827	9.1958**
			輸送費用 (γ)	-2.20009	-6.8679**
	2次項	変数組	α×α	-0.13399	-1.7916
	定数項			5.65969	24.7581**
⑥その他	1次項	変数名	卸売業販売額(α)	0.40446	3.3821**
			港湾の規模(β)	0.81887	10.9837**
			輸送費用 (γ)	-2.13132	-8.6626**
	2次項	変数組	α×α	-0.10030	-1.8162
	定数項			6.79428	37.7444**

自由度調整済み決定係数 R^2

輸出貨物生産価格モデル		輸入貨物消費価格モデル	
①食料品	$R^2=0.494$	①食料品	$R^2=0.741$
②繊維及び同製品	$R^2=0.555$	②原料品	$R^2=0.650$
③化学製品	$R^2=0.724$	③化学製品	$R^2=0.619$
④非金属鉱物製品	$R^2=0.692$	④鉱物性燃料	$R^2=0.587$
⑤金属及び同製品	$R^2=0.547$	⑤機械機器	$R^2=0.672$
⑥機械機器	$R^2=0.689$	⑥その他	$R^2=0.760$
⑦その他	$R^2=0.666$		

＊＊：１％有意，＊：５％有意，無印：１０％有意

4．3　トランスログ関数・ヘドニック関数の有効性

ここで、本論文で適用したトランスログ関数とヘドニック関数の有効性を、モデルの説明力及び分布適合度の両面から検証する。

まず、①4.2節で推定したトランスログ関数とヘドニック関数の双方を仮定したモデル（表２，３）に対して、②ヘドニック関数を仮定せずに式(8)におけるq_iを直接Q_iとおいてトランスログ関数のみを仮定したモデル、さらに、③両者とも仮定せずに

表3　価格貨物量変換モデルの推定パラメータ

輸出価格貨物量変換モデル

品目	説明変数			推定パラメータ	t値
①食料品	価格次数（k）			1.34898	40.2268**
	ヘドニック	1次項		-	-
		2次項	機械機器×その他	0.30027	4.7469**
	定数項			-	-
	R²＝0．564，対数尤度：－114．655				
②繊維及び同製品	価格次数（k）			1.15724	28.9434**
	ヘドニック	1次項	化学製品	0.43304	2.6986**
		2次項	機械機器×機械機器	0.15910	4.3183**
			化学製品×非金属鉱物製品	-0.09703	-1.6776
	定数項			-	-
	R²＝0．634，対数尤度：－121．271				
③化学製品	価格次数（k）			0.90656	13.9074**
	ヘドニック	1次項		-	-
		2次項	非金属鉱物製品×機械機器	0.19638	3.3570**
	定数項			1.42046	3.9253**
	R²＝0．776，対数尤度：－107．331				
④非金属鉱物製品	価格次数（k）			1.02264	10.0466**
	ヘドニック	1次項		-	-
		2次項	金属及び同製品×金属及び同製品	0.14021	2.5719*
	定数項			1.23049	2.7849**
	R²＝0．700，対数尤度：－107．504				
⑤金属及び同製品	価格次数（k）			1.29501	33.7088**
	ヘドニック	1次項	食料品	0.54485	3.2658**
		2次項	化学製品×非金属鉱物製品	-0.19985	-2.7257**
	定数項			-	-
	R²＝0．559，対数尤度：－115．949				
⑥機械機器	価格次数（k）			1.13948	37.8141**
	ヘドニック	1次項	その他	0.43252	2.5073*
		2次項		-	-
	定数項			-	-
	R²＝0．643，対数尤度：－141．852				
⑦その他	価格次数（k）			0.85370	10.0638**
	ヘドニック	1次項		-	-
		2次項	機械機器×機械機器	0.16603	3.1139**
	定数項			2.13286	3.6929**
	R²＝0．558，対数尤度：－124．041				

輸入価格貨物量変換モデル

品目	説明変数			推定パラメータ	t値
①食料品	価格次数（k）			0.98192	11.5652**
	ヘドニック	1次項		-	-
		2次項	化学製品×その他	-0.35260	-2.2100*
	定数項			1.95134	3.9295**
	R²＝0．677，対数尤度：－84．881				
②原料品	価格次数（k）			1.07633	10.5997**
	ヘドニック	1次項		-	-
		2次項	化学製品×機械機器	-0.28170	-2.6872**
	定数項			1.44199	2.3538*
	R²＝0．625，対数尤度：－94．434				
③化学製品	価格次数（k）			0.86557	5.3849**
	ヘドニック	1次項	原料品	0.58462	1.6636
		2次項		-	-
	定数項			2.40260	6.1819**
	R²＝0．456，対数尤度：－53．601				
④鉱物性燃料	価格次数（k）			1.23159	29.0856**
	ヘドニック	1次項		-	-
		2次項	化学製品×化学製品	-0.36852	-2.5726*
	定数項			-	-
	R²＝0．554，対数尤度：－106．181				
⑤機械機器	価格次数（k）			1.14506	24.5441**
	ヘドニック	1次項		-	-
		2次項	食料品×鉱物性燃料	-0.53132	-2.8231**
	定数項			-	-
	R²＝0．626，対数尤度：－114．340				
⑥その他	価格次数（k）			0.96368	11.8619**
	ヘドニック	1次項		-	-
		2次項	化学製品×化学製品	-0.38493	-4.1126**
			食料品×化学製品	0.63884	3.4020**
	定数項			1.66526	3.2242**
	R²＝0．821，対数尤度：－77．743				

R²：自由度調整済み決定係数

＊＊：１％有意，＊：５％有意，無印：１０％有意

注）　ヘドニック関数における変数は、式(10)に基づき、

$$\frac{(\text{他品目価格})}{(\text{当品目価格})}$$

を意味し、表中では代表として、それぞれの他品目名を用いて記す。２次項の×印は、変数の組み合わせを意味している。

式(8)におけるq_iを直接Q_iとおき対数線形としたモデル、をそれぞれ推定し、この三者のR^2を比較すると表4となる。これを見ると、全般的にモデルの説明力は、③→②→①の順に向上している。特に、ほとんどの品目において、ヘドニック関数を仮定するか否かによって、モデルの説明力は異なっている。

次に式(10)において、ヘドニック関数を仮定した場合(表3)とそうでない場合($\phi=1$として推定)の分布適合度を、尤度比検定により調べると、表5となる。これによれば、今回推定したすべてのモデルにおいて、ヘドニック関数を適用する有意性が示された。

表5　ヘドニック関数の尤度比検定結果

品目別モデル		対数尤度 非ﾍﾄﾞﾆｯｸ (LN)	対数尤度 ﾍﾄﾞﾆｯｸ (LH)	尤度比 -2(LN-LH)	χ^2値 1％	χ^2値 5％	自由度
輸出モデル	食料品	-124.701	-114.655	20.092**	9.210	5.991	2
	繊維及び同製品	-133.881	-121.271	25.220**	11.345	7.814	3
	化学製品	-118.232	-107.331	21.802**	9.210	5.991	2
	非金属鉱物製品	-113.544	-107.504	12.080**	9.210	5.991	2
	金属及び同製品	-124.244	-115.949	16.590**	9.210	5.991	2
	機械機器	-144.953	-141.852	6.202*	6.635	3.841	1
	その他	-141.745	-124.041	35.408**	9.210	5.991	2
輸入モデル	食料品	-94.694	-84.881	19.626**	9.210	5.991	2
	原料品	-103.259	-94.434	17.650**	9.210	5.991	2
	化学製品	-67.740	-53.601	28.278**	9.210	5.991	2
	鉱物性燃料	-109.425	-106.181	6.488*	9.210	5.991	2
	機械機器	-118.214	-114.340	7.748**	6.635	3.841	1
	その他	-88.187	-77.743	20.888**	11.345	7.814	3

注1)　LN:ﾍﾄﾞﾆｯｸ関数を仮定しないﾓﾃﾞﾙ,　LH:ﾍﾄﾞﾆｯｸ関数を仮定するﾓﾃﾞﾙ
注2)　**:1%有意,　*:5%有意

5．おわりに

本論文は、港湾周辺の道路交通量に影響を及ぼす、輸出入コンテナ貨物の需要を把握することが第一の目的であった。分析では、輸出入コンテナ貨物の生産と消費が、地域における産業と経済の活動に関連性を持つことから、計量経済学的な観点からのモデル化を行なった。その結果、

① 貨物の需要は地域における諸活動の規模に加えて、産業間の経済的連続性に依存している。

② 貨物の価格と物理的な貨物量の関係は、一定ではない（価格次数：$k\neq1$）。

の2点が明らかになった。この結論の導きは、トランスログ関数とヘドニック関数の適用により可能となった。これらの理論は、米国における計量経済学の分野で普及しているが、その考え方は様々な分野への応用が可能であり、今後の活用が期待される。

表4　モデルの説明力の相違

品目別モデル		自由度調整済み決定係数 (R^2) ①ﾍﾄﾞﾆｯｸ関数とﾄﾗﾝｽﾛｸﾞ関数の双方を仮定	②ﾄﾗﾝｽﾛｸﾞ関数のみを仮定	③対数線形形式を仮定
輸出モデル	食料品	0．564	0．507	0．445
	繊維及び同製品	0．634	0．501	0．479
	化学製品	0．776	0．730	0．588
	非金属鉱物製品	0．700	0．683	0．654
	金属及び同製品	0．559	0．472	0．455
	機械機器	0．643	0．628	0．628
	その他	0．558	0．455	0．399
輸入モデル	食料品	0．677	0．642	0．612
	原料品	0．625	0．592	0．563
	化学製品	0．456	0．435	0．435
	鉱物性燃料	0．554	0．538	0．538
	機械機器	0．626	0．601	0．571
	その他	0．821	0．698	0．698

謝辞

今回の研究にあたり、成城大学経済学部岡田清教授、日本大学理工学部土木工学科新谷洋二教授、東京大学工学部都市工学科太田勝敏教授よりご指導をいただいたことに感謝の意を表します。

参 考 文 献

1)渡辺,「都市交通における輸出入コンテナ陸上輸送に関する諸問題」,(財)経済調査会,道路交通経済,No51,p.64～p.71,1990年4月
2)渡辺,苦瀬,新谷,「輸出入コンテナ貨物の陸上輸送における一貫輸送と積み替え輸送の選択に関する研究」,土木計画学研究・講演集,No12,p.473～p.480,1989年12月
3)渡辺,苦瀬,「海上輸出入コンテナの国内流動分布に関する研究」,土木計画学研究・講演集,No11,p.141～p.148,1988年11月
4)Christensen,L.,D.Jorgenson,and L.Lau(1973). "Transcendental Logarithmic Production Functions." The Review of Economics and Statistics,55,February:pp.28-45
5)Spady,R.H.,and A.F.Friedlaender(1978). "Hedonic Cost Function for the Regulated Trucking Industry." The Bell Journal of Economics,9,no.1,Spring:pp.159-179.
6)Daughety,A.F.,Nelson,F.D.,and Vigdor,W.R.(1985)."An Econometric Analysis of the Cost and Production Structure of the Trucking Industry." Analytical Studies in Transport Economics ,Cambridge Univ.Press:pp.65-95
7)Wang Chiang,S.J.,and A.F.Friedlaender(1984) "Output Aggregation,Network Effects,and the Measurement of Trucking Technology." The Review of Economics and Statistics,66,no.2, May:pp.267-276
8)運輸省港湾局,「全国輸出入コンテナ貨物流動実態調査報告書」,p.251～p.333,1987年3月
9)通商産業大臣官房調査統計部,「昭和61年工業統計表」,p.2～p.25,1988年3月
10)通商産業大臣官房調査統計部,「昭和60年商業統計表」,p.24～p.209,1986年9月
11)交通日本の社,「貨物運賃と各種料金表」,自動車の部p.1～p.71,1985年
12)日本海上コンテナ協会,「国際大型コンテナ流動実態調査報告書」,p.93～p.138,1987年3月
13)Judge,G.G.,W.E.Griffiths,R.C.Hill,and T.Lee(1980). "The Theory and Practice of Econometrics." John Wiley & Sons :pp.11-53