

国土交通政策研究 第40号

政策効果の分析システムに関する研究Ⅱ  
— 港湾投資の効果計測に関する分析 —

2004年12月

国土交通省 国土交通政策研究所  
研究調整官 水谷 誠  
研究官 太田 隆史

## はじめに

港湾投資の最も典型的な経済効果は、輸送に係るコストの縮減である。特に、国際海上コンテナ輸送市場においては、大水深のコンテナターミナルの整備と連動し、コンテナ船を大型化して単位貨物あたりの輸送コストを削減する行動が盛んであり、港湾投資の経済効果が顕著に出現している。

港湾投資の経済効果については、これまで主として個別の港湾整備プロジェクトの経済効果を、港湾投資の事前評価あるいは再評価の一環で推計してきた。しかしながら、港湾投資がもたらした経済効果を、市場の変化の実測値を用いて事後的に分析した研究事例は少ない。

そこで、本研究では、国際海上コンテナ輸送市場を対象とし、我が国の港湾投資政策による経済効果を定量的に把握するモデルを構築した。また、構築したモデルを用いて、過去の港湾投資の経済効果、及び将来の港湾投資政策による経済効果を試算した。

本研究は、国土交通政策研究所が平成14年度より実施している「政策効果の分析システムに関する研究」の一環であり、国内航空分野における規制緩和及び航空ネットワーク拡充を対象とした政策効果分析(国土交通政策研究第13号2002年12月)に引き続く港湾・海事分野の政策効果分析研究である。研究の実施にあたっては、「政策効果分析システムに関する研究会ワーキンググループ」を設置し、ワーキンググループでの議論を踏まえ、研究成果をとりまとめた。とりまとめにあたっては、研究会の座長である森杉壽芳東北大学大学院教授、ワーキンググループの座長である上田孝行東京工業大学助教授をはじめ、ワーキンググループに参加された学識経験者や国土交通省の関係者の方々等から貴重なご意見をいただいた。また、調査・分析作業について(株)三菱総合研究所に御協力いただいた。ここに深く感謝の意を表す。

2004年12月

国土交通省 国土交通政策研究所 研究調整官 水谷 誠  
研究官 太田 隆史

「政策効果分析システムに関する研究会」ワーキンググループ（平成16年度）

（学識経験者）

森杉 壽芳	東北大学大学院情報科学研究科教授
上田 孝行	東京工業大学大学院理工学研究科助教授（座長）
石川 良文	南山大学総合政策学部助教授
小池 淳司	鳥取大学工学部助教授
大橋 忠宏	弘前大学人文学部助教授
宅間 文夫	明海大学不動産学部講師
石黒 一彦	神戸大学海事科学部講師

（国土交通省関係者）

角野 隆	国土交通省国土技術政策総合研究所港湾システム研究室長
柴崎 隆一	国土交通省国土技術政策総合研究所港湾システム研究室研究官
石倉 智樹	国土交通省国土技術政策総合研究所空港計画研究室研究官

（事務局）

（足利 香聖	前国土交通省国土交通政策研究所長）
上田 信一	国土交通省国土交通政策研究所副所長
河田 守弘	国土交通省国土交通政策研究所総括主任研究官
（掛江 浩一郎	前国土交通省国土交通政策研究所総括主任研究官）
水谷 誠	国土交通省国土交通政策研究所研究調整官
太田 隆史	国土交通省国土交通政策研究所研究官
（小池 剛史	前国土交通省国土交通政策研究所研究官）
由利 昌平	（株）三菱総合研究所社会システム研究本部主席研究員
蜂谷 和仁	（株）三菱総合研究所社会システム研究本部主任研究員
東 暁子	（株）三菱総合研究所海外開発事業部研究員
磯野 文暁	（株）三菱総合研究所社会システム研究本部研究員
土谷 和之	（株）三菱総合研究所社会システム研究本部研究員
牧 浩太郎	（株）三菱総合研究所社会システム研究本部所員

注）（ ）内は平成15年度のメンバー

# 概 要

# 概要

## 1. 研究の目的と方法

本研究では、我が国の港湾投資政策による経済効果を定量的に把握するモデルを構築し、より汎用的な政策効果分析システム確立に向けた一助とすることを目的とする。さらに、構築したモデルを用いて、過去の港湾投資の経済効果、及び将来の港湾投資政策による経済効果を試算し、分析を試みる。

まず、港湾ストック額を説明変数として導入した「部分均衡モデル」（輸送市場のみに着目したモデル）を構築し、港湾投資の経済効果を計測する。次に、輸送市場における外的な変化が国際貿易や各地域内での財の取引を通じて波及していく過程を表現した「空間的応用一般均衡モデル」（Spatial Computable General Equilibrium Model、以下 SCGE モデル）を構築し、港湾投資の波及効果を計測する。さらに、構築したモデルを用いて、過去の港湾投資の経済効果を計算し、港湾投資額との比較を試みる。最後に、将来の港湾投資に関するシナリオを想定し、港湾投資額の変化に応じた経済効果の差異を試算する。

## 2. 対象市場

本研究では、日本に寄港する基幹航路（北米太平洋航路、北米東岸航路、及び欧州航路）の国際海上コンテナ輸送市場を、経済効果を計測する輸送市場として選定した。その他の輸送市場、例えば、近距離の国際海上コンテナ輸送市場、バルク貨物輸送市場、フェリーや RoRo 船による輸送市場等については、市場の失敗や実勢データの制約等から、経済効果を信頼できる精度で計測することが困難であり、本研究では対象市場から除外した。したがって、本研究で計測した経済効果は、全国の港湾投資によって発生する様々な経済効果のうち、計測可能な一部の効果であることに留意する必要がある。

## 3. 部分均衡モデルによる港湾投資の社会的便益の計測

港湾投資は、港湾の容量の拡大、港湾施設の大型化を通じて、海運市場の供給者（海運事業者）の輸送コストを低減させる効果がある。輸送コストの低減は、競争市場の下では輸送運賃の低下をもたらし、消費者余剰の増加（すなわち、荷主の利用者便益）および生産者余剰の増加（すなわち、海運事業者の供給者便益）を生じさせる。競争の激しい基幹航路の国際海上コンテナ輸送市場では、こうした連鎖が競争的な市場メカニズムを通じて適切に生起すると想定できるため、得られる利用者便益と供給者便益の和（すなわち、余剰の合計）を港湾投資の経済効果として計測する。具体的には、供給関数の説明変数の一つを全国の港湾ストック額（全国の港湾投資額の累計）とし、港湾投資を実施する場合（with case）と実施しない場合（without case）における供給関数の差異に基づく余剰を計測する。（図 1 参照）

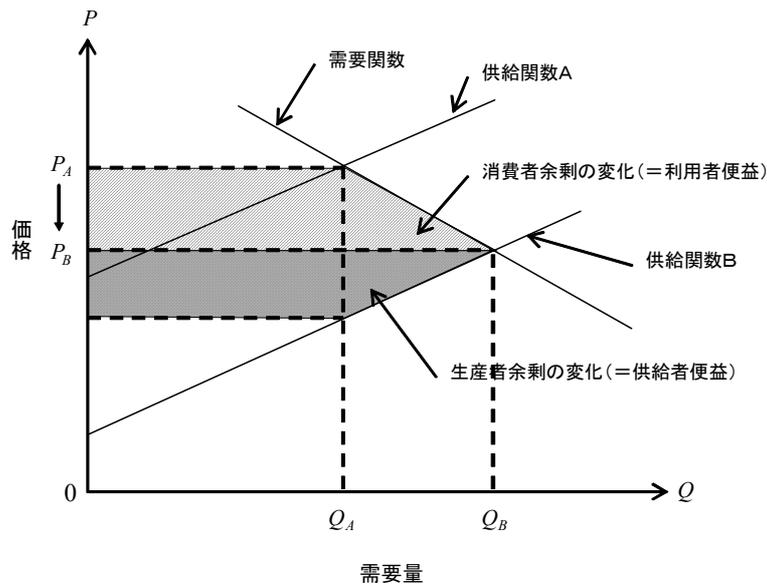


図 1 部分均衡モデルによる便益計測のイメージ

部分均衡モデルの需要関数は、荷主の輸送需要を需要側の要因から表現した関数であり、以下の説明変数を用いた。

$$\text{需要関数: (輸送量)} = f(\text{運賃、輸入国の国内総生産(GDP)、為替相場})$$

また、供給関数は、海運事業者の供給コスト（競争市場を想定し、運賃に一致）を、供給側の要因から表現する関数であり、以下の説明変数を用いた。

$$\text{供給関数: (運賃)} = g(\text{輸送量、港湾ストック額、船舶の燃料価格、プラザ合意ダミー})$$

需要関数及び供給関数としてコブ・ダグラス型関数を設定し、説明変数、被説明変数に 1998 年以降の実勢データを入力して各係数を算出し、関数形を推定した。推定した関数に対しては、係数の符号条件、t 値、自由度修正済決定係数、各種係数(弾力性)の数値の妥当性、運賃と輸送量の現況再現性から、その妥当性を検討し、概ね良好な結果が得られた。例として、北米太平洋航路（輸入）の運賃及び輸送量の現況再現性を以下に示す。

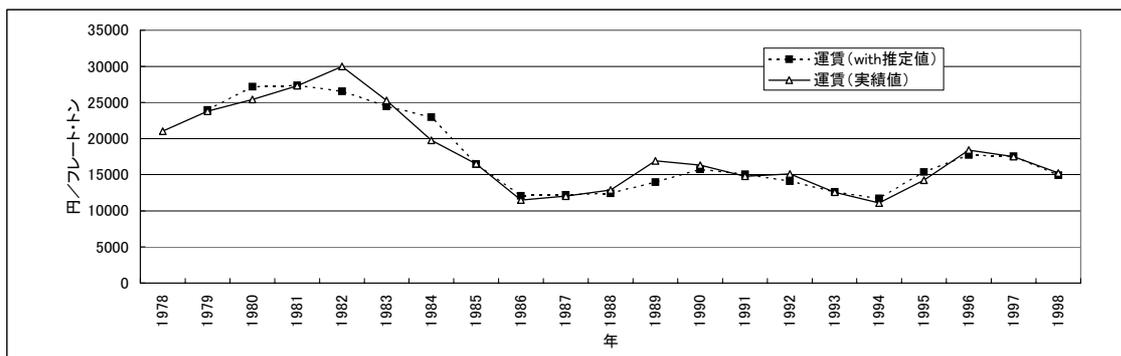


図 2 運賃の現況再現性（北米太平洋輸入港路）

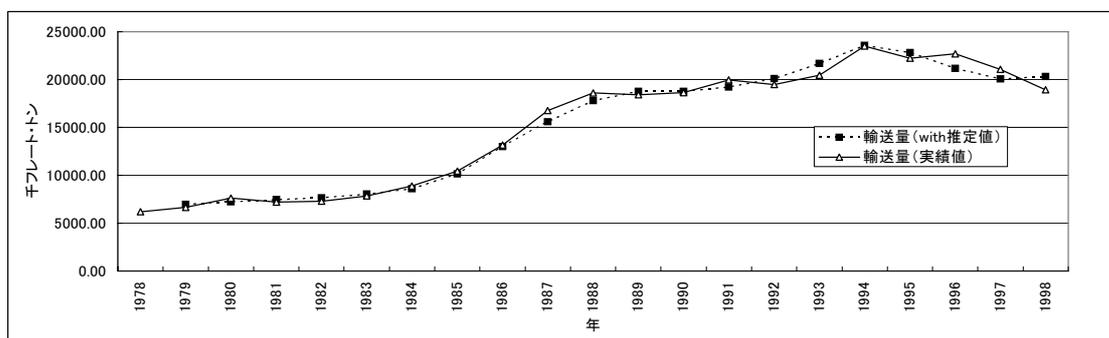


図 3 輸送量の現況再現性（北米太平洋輸入港路）

港湾投資の経済効果は、1984年以降の全国の港湾投資を対象として航路別に計測した。ここで、1984年以降の全国の港湾投資を対象としたのは、基幹航路の国際海上コンテナ輸送市場においてコンテナ船の大型化が進み、我が国でも水深-14mのコンテナターミナルの整備が開始されたのがこの時期<sup>1</sup>であるからである。具体的には、

with case:実績どおりに港湾投資が行われた場合  
 without case:1983年以降、特定の年まで港湾投資が行われなかったと仮定した場合

と設定した上で、各年の社会的便益を計測した。なお、この便益は、1983年以降特定の年まで港湾投資が行われなかった場合に、船舶の大型化による輸送コスト削減のメリットを享受できなくなる等により失われたであろう社会的損失と等価であると解釈できる。

便益の推計結果を図4に示す。図4より、例えば、港湾投資が1983年から1998年まで行われなかったと仮定した場合、行われた場合と比較して、1998年において約1兆2,400億円/年の社会的便益が発生することがわかった。これは、1998年において、仮に港湾整備水準が1983年と同一だった場合、約1兆2,400億円の社会的損失を被っていたであろうことを示す。

<sup>1</sup> 日本における-14mコンテナターミナルは神戸港で初めて整備されたが、これらのバースは1つが1982年、残る2つが1984年に着工している。

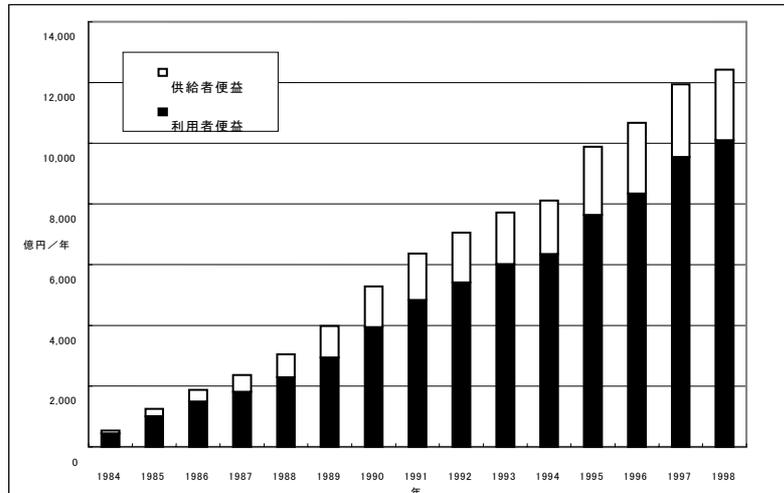


図 4 港湾投資の社会的便益(1995年価格)

#### 4. 空間的応用一般均衡モデル(SCGE モデル)による港湾投資の波及効果の計測

港湾投資の波及効果は、SCGE モデルを構築して計測する。本研究で構築した SCGE モデルの構造は以下の通りである。また、そのイメージを図 5 に示す。

- 日本、米国、欧州（英国、仏国、独国の3か国を統合）、アジア（インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、中国、台湾、韓国の8か国・地域を統合）の4地域からなる世界を考える。それ以外の世界と4地域との間の貿易は考慮しない。
- 経済主体は各地域で企業、世帯の2主体より構成されており、各々の経済主体が各地域に1つ存在する。また、海運事業者は地域間の財・サービス輸送を行う。簡便のため財・サービスの種類は1種類と仮定する。
- 企業は中間投入財と資本・労働を生産要素として生産を行う。また、その行動は利潤最大化行動にしたがう。企業の生産関数はレオンチェフ型およびコブ・ダグラス型関数を仮定する。
- 世帯は企業に資本・労働を提供し、対価を受け取る。これらの所得から対外純投資分を除いたものを用いて自地域・他地域で生産された財・サービスを消費し、効用を最大化する。世帯の効用関数はコブ・ダグラス型関数を仮定する。
- 海運事業者は、企業の間投入財需要および世帯の最終需要にともなう地域間の財輸送サービスを生産する。
- 地域間の労働・資本の移動はない。
- 所得税・消費税等は公的支出を通じてすべて世帯に労働の対価として還元されると仮定する。また、関税は輸送マージンの中に含まれるものとする。
- 社会は長期的均衡状態にあるとする。

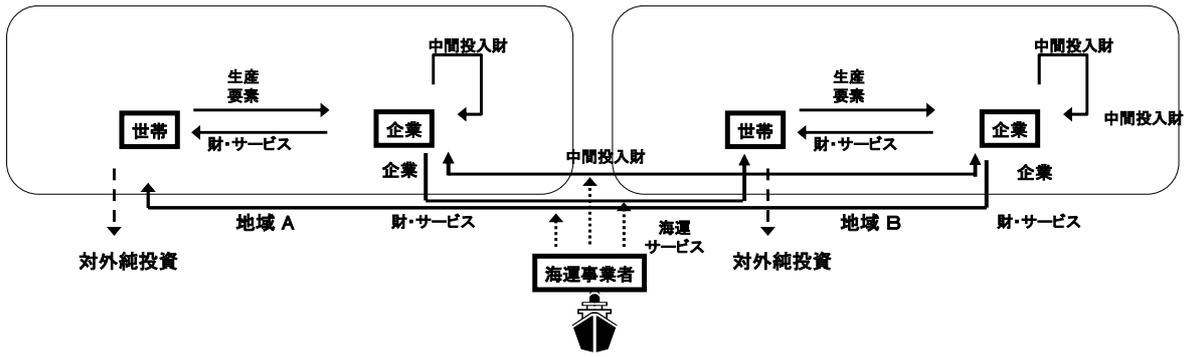


図 5 SCGE モデルの構造(簡便のため世界を2地域で表現)

波及効果の計測にあたっては、図 6 に示す通り、部分均衡モデルより得られた港湾投資の社会的便益を SCGE モデルにおける輸送コストの低下として入力し、財・サービス価格の変化、賃金率・資本価格の変化を通じて、各市場の均衡状態を変化させながら、最終的に各地域の世帯に波及するメカニズムを計算する。モデル中の各関数の係数は、世界産業連関表から推定した。また、推定した関数に対しては、中間投入額、付加価値額、総生産額、最終需要額の現況再現性を検討し、良好な結果を得た。

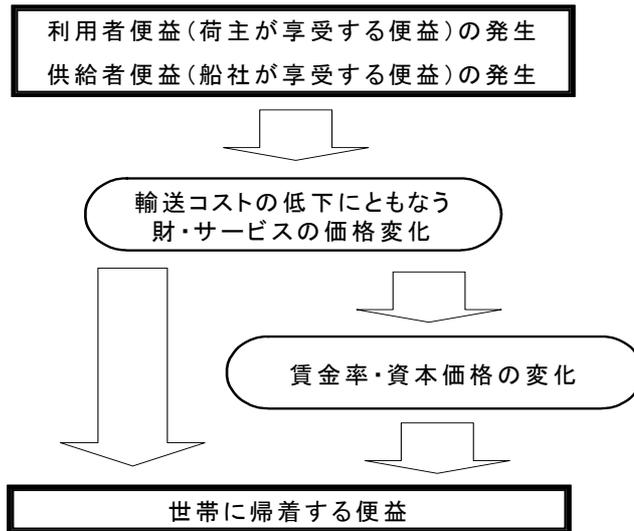


図 6 利用者便益・供給者便益の世帯への波及フロー

波及効果の計測結果を図 7 に示す。国際貿易を通じて港湾投資の社会的便益が世界的に波及した結果、例えば、1998 年において、420 億円の波及効果が生じる結果となった。これは、部分均衡モデルで計測した社会的便益 (約 1 兆 2,400 億円) の 3.4% に相当する。

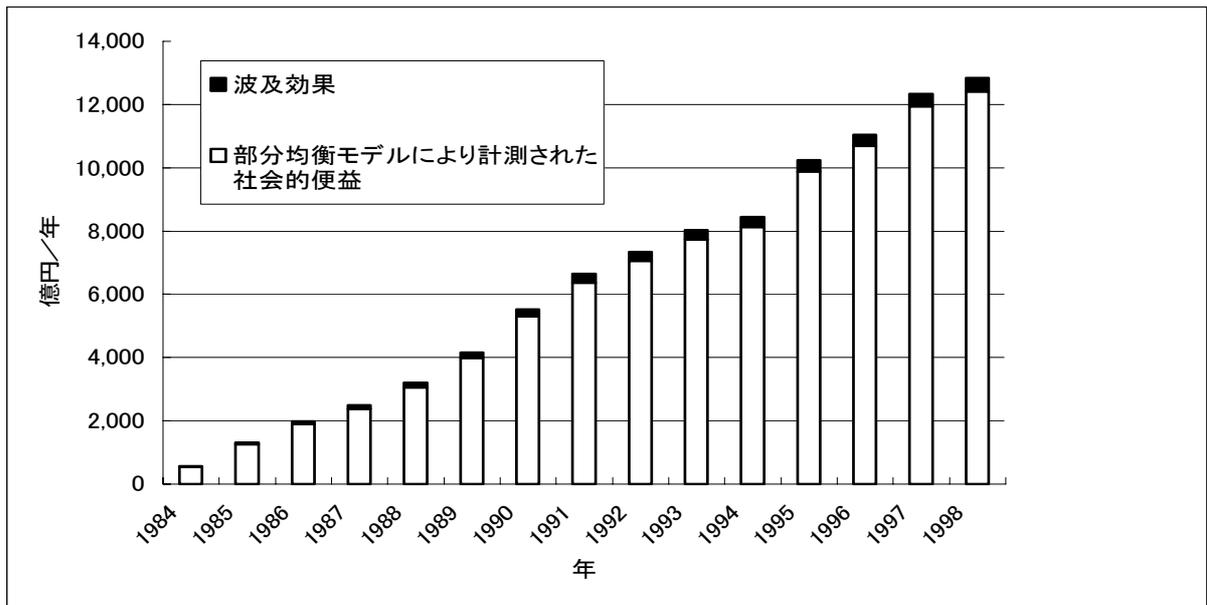


図 7 波及効果を含む港湾投資の社会的便益

## 5. 過去の港湾投資と社会的便益の比較検討

上記で計測された、基幹航路の国際海上コンテナ輸送市場から得られた波及効果を含む社会的便益を、過去の全国の港湾投資額と比較分析する。比較にあたっては、個々の港湾整備プロジェクトを対象とした費用便益分析の方法を援用する。すなわち、便益の継続期間を 50 年とし、現在価値算定のための割引率を 4% として、費用便益比を計算する。

費用便益比の結果を表 1 に示す。表 1 より、例えば、1983 年から 1998 年まで港湾投資を行った場合、波及効果を含む社会的便益は、50 年累積値で約 21 兆 6,400 億円となった。一方、この間の港湾投資額は約 11 兆 6,300 億円で、その比は 1.86 となった。社会的便益を、基幹航路の国際海上コンテナ輸送市場における便益のみに限定し、港湾投資額を全国の港湾投資額の合計値として費用便益比を計算しても、各年において費用便益比は 1.6～2.1 程度になったことになり、過去の港湾投資が高い経済効率を有していたことが示唆された。

表1 過去の港湾投資額と社会的便益の比較

年	①波及効果を含む 社会的便益 (50年累積、億円/年) (1984年現在価値換算値)	②港湾投資額 (累積、億円/年) (1984年現在価値換算値)	③便益/投資 (=①/②)
1984	12,657	8,037	1.575
1985	28,708	15,838	1.813
1986	42,401	23,692	1.790
1987	52,526	32,055	1.639
1988	66,032	39,874	1.656
1989	83,752	47,174	1.775
1990	107,781	54,608	1.974
1991	126,823	61,670	2.056
1992	138,297	69,721	1.984
1993	149,133	79,551	1.875
1994	155,229	87,657	1.771
1995	181,394	96,512	1.879
1996	192,560	103,291	1.864
1997	209,943	109,116	1.924
1998	216,407	116,254	1.862

## 6. 将来の港湾投資シナリオに基づく社会的便益と港湾投資額の比較検討

現在、国際海上コンテナ輸送市場は年率9%で拡大を続けており、今後も引き続き高い成長が続くと考えられている。また、8,000TEU積の超大型コンテナ船も世界で78隻発注されており、コンテナ船の大型化もまだまだ続くと見込まれている。これに対応して、世界中の港湾で、大水深のコンテナターミナルへの投資が精力的に行われている。こうした中、我が国においては、厳しい財政事情の中、港湾投資額が平成10年度より年々減少を続けており、港湾整備の遅れから、国際海上コンテナ輸送市場における相対的な輸送コスト増が懸念されている。

そこで、将来とも港湾投資が減少していくシナリオを想定し、港湾投資額の削減により失われる社会的便益と、節約される投資額とを比較分析する。将来の社会的便益の推計にあたっては、上記で構築したモデルに将来の経済シナリオを想定して入力する。また、投資額との比較分析にあたっては、個々の港湾整備プロジェクトを対象とした費用便益分析の方法を援用する。将来の港湾投資シナリオについては、2004年以降も2003年と同額の港湾投資が行われるシナリオを基本シナリオ(with case)とし、2004年以降港湾投資が毎年3%ずつ減少するシナリオ(without case)と比較する。

with case: 2004年以降も2003年と同額の港湾投資が行われる場合  
without case: 2004年以降港湾投資が毎年3%ずつ減少する場合

費用便益比の結果を、表2に示す。表2より、毎年同額の港湾投資が行われる場合、2004年から毎年3%ずつ港湾投資が減少する場合と比べて、波及効果を含む社会的便益は、例えば2015年時点における50年累積値で約1兆9,400億円となった。

一方、この間の港湾投資額の差は約1兆1,400億円であり、その比は1.70となった。これは、毎年3%ずつ港湾投資が減少することによって失われる社会的便益が、港湾投資の節約額の1.7倍に相当することを意味する。また、表2より、社会的便益を基幹航路の国際海上コンテナ輸送市場における便益のみに限定し、港湾投資額を全国の港湾投資額の合計値として費用便益比を計算しても、費用便益比は年々大きくなり、10年後には1.6を超えることになることがわかる。今後、港湾投資額が削減され続けると、その削減分を上回る大きな社会的機会損失が発生する可能性があることが示唆された。

表2 港湾投資が減少していく場合の社会的便益と港湾投資額の比較

年	①波及効果を含む 社会的便益の差 (=港湾投資の減少による 社会的損失)  (50年累積、億円/年) (2004年現在価値換算値)	②港湾投資額の差 (=港湾投資の節減額)  (累積、億円/年) (2004年現在価値換算値)	③便益/投資 (=①/②)
2004	165	215	0.768
2005	573	623	0.919
2006	1,255	1,202	1.043
2007	2,214	1,934	1.145
2008	3,454	2,801	1.233
2009	4,988	3,786	1.318
2010	6,814	4,875	1.398
2011	8,867	6,054	1.465
2012	11,134	7,311	1.523
2013	13,602	8,635	1.575
2014	16,275	10,015	1.625
2015	19,137	11,442	1.673

## 7. 研究の成果

本研究により、以下の成果が得られた。

- ① 我が国全体の港湾投資の経済効果を計測する部分均衡モデルおよび SCGE モデルを構築した。各モデルともに現況再現性に優れ、我が国全体の港湾投資の効果を、海運市場以外への波及効果まで含めて概括的に把握可能なモデルを構築することができた。
- ② 構築したモデルを用いて、基幹航路の国際海上コンテナ輸送市場を対象とし、波及効果を含めて過去の港湾投資の経済効果を計算した結果、我が国の港湾投資は投資額と比較して1.5～2.1倍の社会的便益を生み出してきたことがわかった。なお、これは基幹航路の国際海上コンテナ輸送市場のみを対象とした推計結果であるため、他の輸送市場まで含めればその効果はさらに大きいものと推察される。

- ③ さらに、構築したモデルを用いて、将来の港湾投資シナリオに基づく経済効果を計算した。港湾投資が2004年以降3%ずつ減少していくシナリオを想定すると、それによって節減される投資額以上に社会的な機会損失が発生する可能性があることが示唆された。

## 目 次

第1章	海上コンテナ輸送をめぐる近年の動向.....	1
1. 1.	海上コンテナ輸送市場の世界的な拡大.....	1
1. 2.	コンテナターミナルの整備の進展.....	5
1. 3.	わが国をめぐる長距離国際海上コンテナ輸送市場の特徴.....	9
第2章	部分均衡モデルおよび空間的応用一般均衡モデル（SCGEモデル）の概要.....	13
2. 1.	社会資本整備の効果分類.....	13
2. 2.	ストック効果の便益計測手法の分類.....	14
2. 3.	部分均衡モデルの概要.....	16
2. 4.	空間的応用一般均衡モデル（SCGEモデル）の概要.....	17
第3章	部分均衡モデルによる港湾投資の経済効果の計測.....	23
3. 1.	国際海上コンテナ輸送市場の部分均衡モデル.....	23
3. 2.	部分均衡モデルによる経済効果の計測.....	34
第4章	SCGEモデルによる港湾投資の波及効果の計測.....	71
4. 1.	SCGEモデルによる港湾投資の波及効果の計測.....	71
4. 2.	SCGEモデルによる波及効果の計測.....	83
第5章	わが国の港湾投資の経済効果の分析.....	99
5. 1.	港湾投資と社会的便益の比較分析.....	99
5. 2.	将来の港湾投資シナリオに基づく社会的便益の推計.....	103
第6章	結論.....	111
参考資料		

## 第1章

### 海上コンテナ輸送をめぐる近年の動向

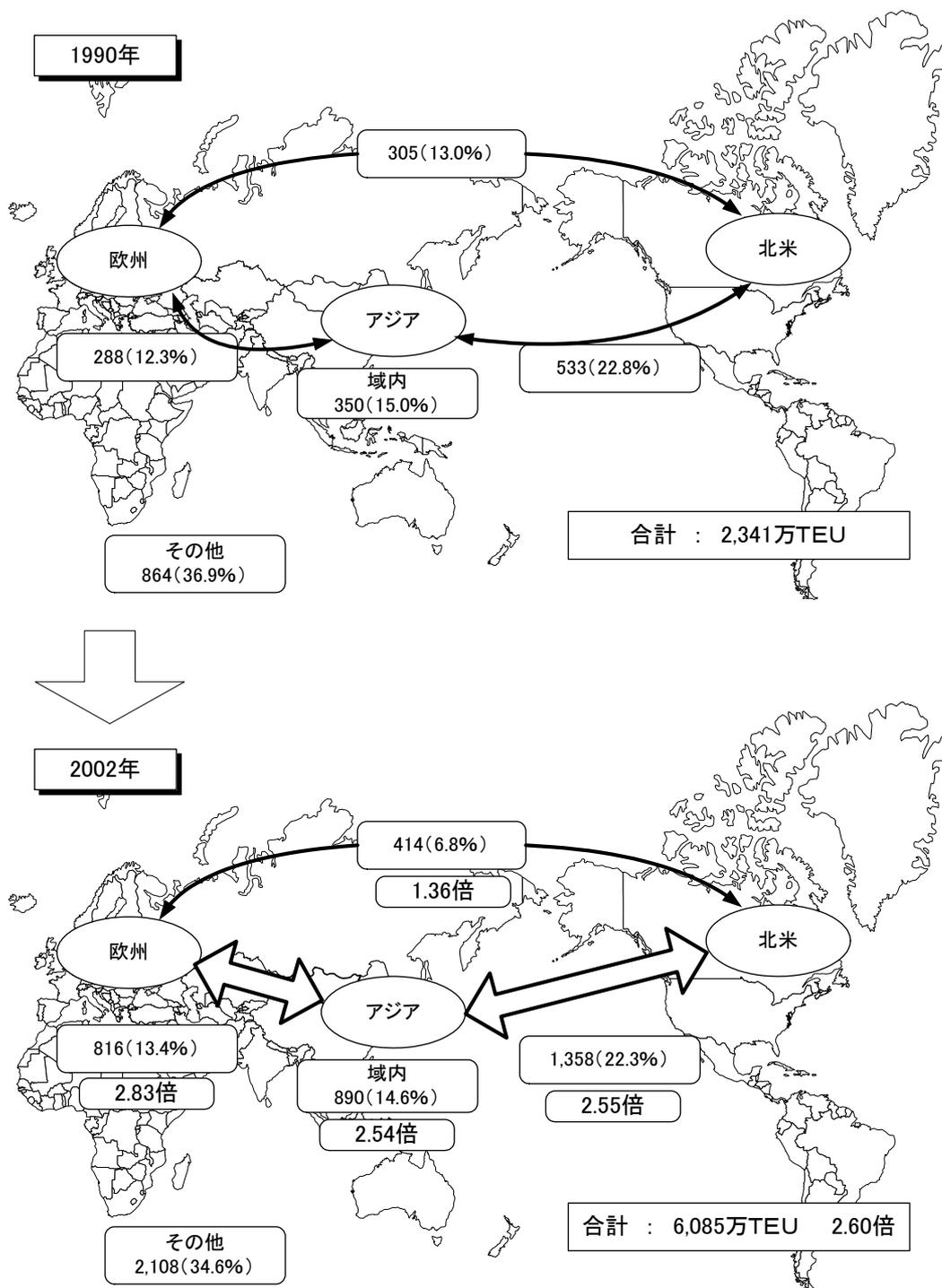
## 第1章 海上コンテナ輸送をめぐる近年の動向

### 1. 1. 海上コンテナ輸送市場の世界的な拡大

#### (1) 成長する海上コンテナ輸送市場

近年、アジア諸国を牽引力とする世界経済の成長や、国際貿易の伸展等を背景として、海上コンテナ輸送市場が目覚ましい勢いで成長している。1990年に2,341万TEUであった世界の海上コンテナ輸送量は、12年後の2002年には6,085万TEUと、2.6倍になった。これは、年率9%に相当する驚異的な成長市場である。

我が国をめぐる海上コンテナ輸送量も年々増加を続け、近年10年間(91~01年)の年平均伸び率は4.2%である。この間の我が国のGDP成長率が年平均1.2%であることと比較すれば、海上コンテナ輸送量は、経済成長をはるかに上まわって増加している。これは、アジア諸国との水平分業の進展による部品や製品の輸出入の増加、海上輸送におけるコンテナ化の進展等がその要因であると考えられる。



単位：万TEU、( )はシェア 倍数は1990年比を示す  
 (日本郵船、商船三井営業調査部調べ)

図 1-1 アジアを中心とした世界の海上輸送量の増大

資料) 国土交通省資料より作成

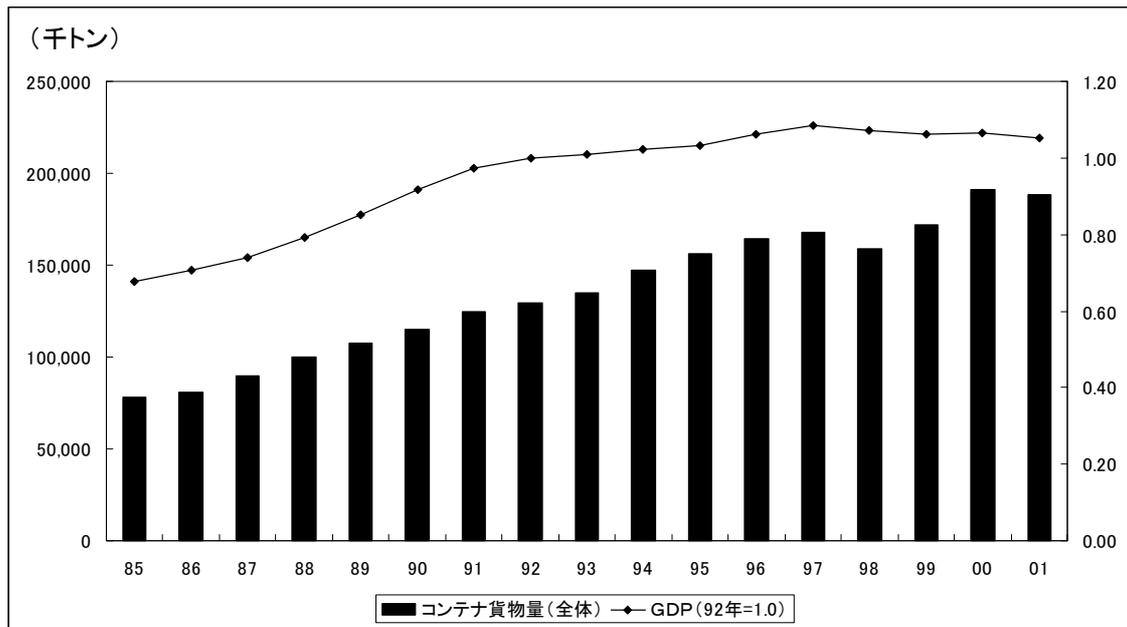


図 1-2 日本におけるコンテナ取扱貨物量と日本のGDPの推移

資料) 国土交通省港湾局資料、内閣府資料より作成

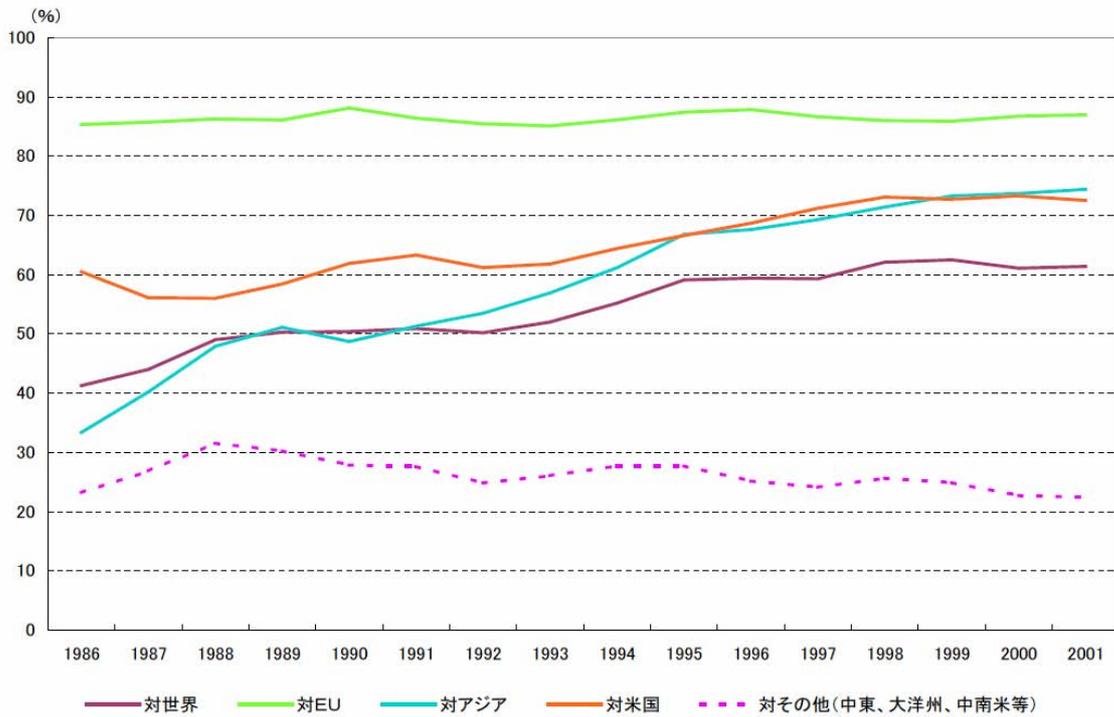


図 1-3 日本の輸入品に占める製品輸入の比率(金額ベース)

注) 製品とは化学製品、原料別製品、機械類及び輸送用機器類、一般機械、雑製品、特殊取扱品。

資料) 円の国際化の推進「円の国際化推進研究会」座長とりまとめ(財務省):貿易統計(財務省)より作成

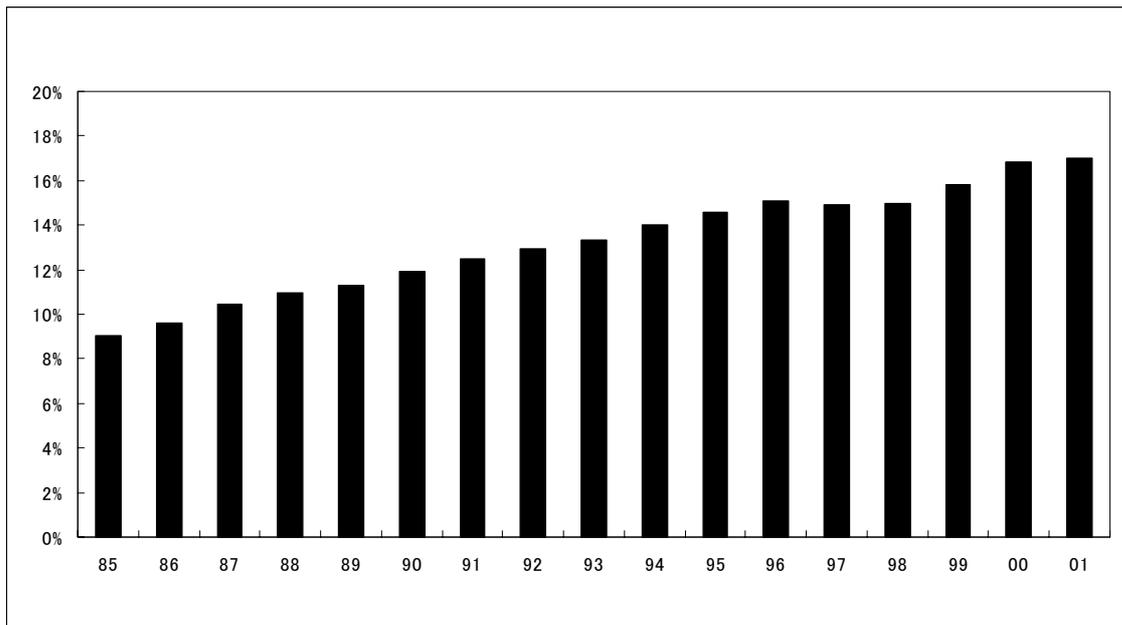


図1-4 日本のコンテナ化率の推移

注) コンテナ化率とは、外貿貨物全量に占めるコンテナ貨物量の比率。

資料) 国土交通省資料より作成

## (2)大型化するコンテナ船

国際海上コンテナ輸送市場の拡大に伴い、輸送コストの削減を目指してコンテナ船の大型化も急速に進展している。1970年代には積載量2,000TEUクラス(パナマックスサイズ)のコンテナ船が長距離コンテナ輸送の主力であったが、1980年代後半以降は4,000TEUクラス(パナマックスサイズ)～6,000TEUクラス(オーバーパナマックスサイズ)が出現し、さらに2000年代になると、8,000TEUクラスが出現した。2003年12月現在、8,000TEUクラスの超大型コンテナ船はマースクシーランド社を中心に北米西岸航路で13隻、欧州航路で25隻配船されている。また、2003年における8,000TEUクラス以上の新規発注船腹量は世界で78隻(うち、4隻は9,000TEUクラス以上)あり、コンテナ船の大型化はとどまるところを知らない。

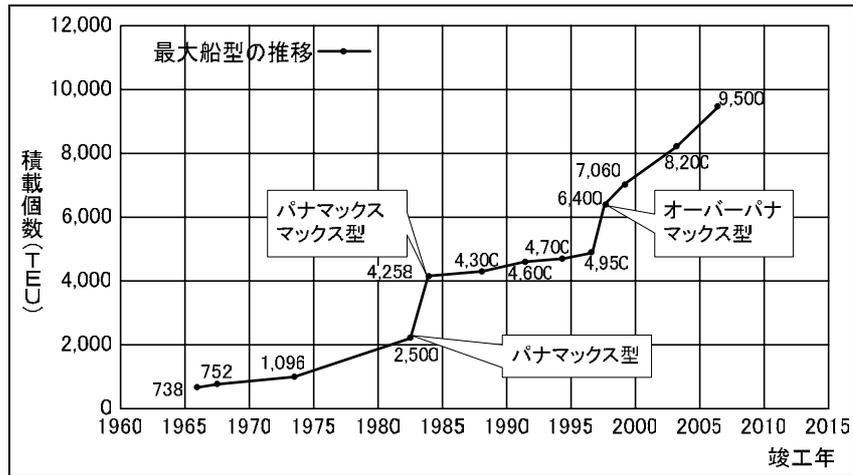


図 1-5 世界のコンテナ船の大型化の推移

資料) 国土交通省資料より作成

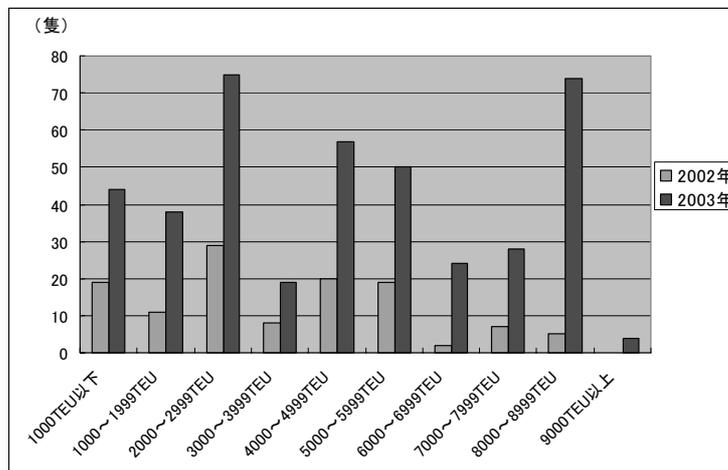


図 1-6 コンテナ船の船型別新規発注隻数(2002~2003年)

注) 世界のフルコンテナ船を対象

資料) 世界のコンテナ船隊および就航状況 2004年版

## 1.2. コンテナターミナルの整備の進展

### (1) 激増するコンテナターミナルの数

海上コンテナ輸送量の増加と歩調を合わせ、1980年代より、世界中の港湾で、コンテナターミナルの整備が急ピッチで進んでいる。下図は、世界の主要9港湾におけるコンテナターミナルのバース数の推移である。これらの港湾の合計で見ると、1980年に64バースであったコンテナターミナルが、1990年には115バース、さらに2000年には196バースにまで増加したことがわかる。わずか20年で約3倍にも増加しており、世界の主要港湾で大規模な港湾投資が行われていることがわかる。

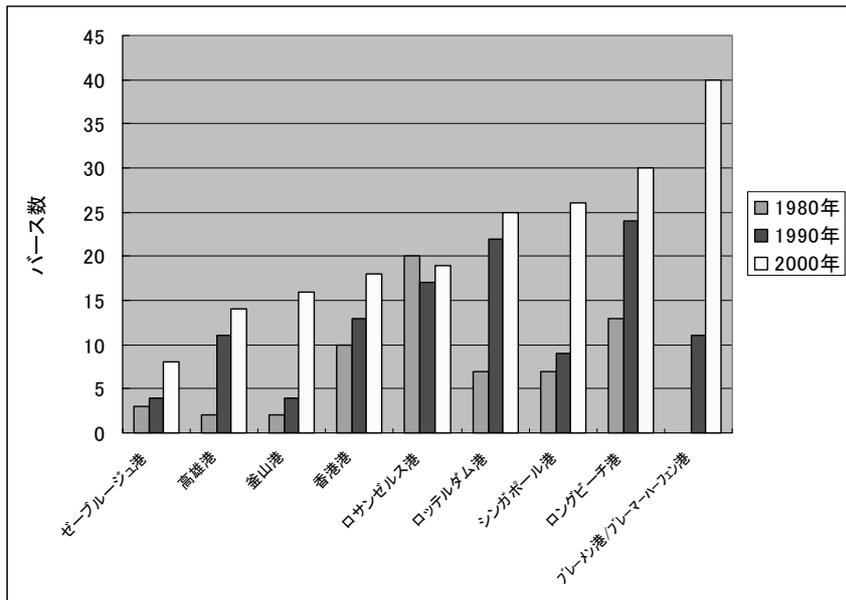


図 1-7 世界の主要港のコンテナバース数の推移

資料) Containerisation Yearbook International より作成

## (2) 世界中で進むコンテナターミナルの大水深化

コンテナ船の大型化に併せ、コンテナターミナルの大規模化も進んでいる。特に、コンテナターミナルの水深は、大型コンテナ船の寄港地選択の重要な判断基準になるため、各港湾とも、岸壁の大水深化を積極的に進めている。下図は、世界の主要9港湾（シンガポール港、香港港、釜山港、高雄港、ロサンゼルス港、ロングビーチ港、ロッテルダム港、ブレーメン/ブレーマーハーフェン港、ゼーブルージュ港）における-14m以深のコンテナバース延長合計の推移である。

また、将来の大型コンテナ船の寄港のためには、コンテナターミナルの水深は-15～-16mが必要といわれている。このため、コンテナ貨物取扱量の伸びが著しい中国や韓国等では新規の大水深コンテナターミナルの整備が急速かつ大規模に進められている。例えば、上海港の洋山ターミナルでは2020年までに水深-15.5mの岸壁50バース（20,000m）を整備する予定であり、韓国の光陽港では2011年までに水深-15m以深の岸壁33バース（11,050m）を整備予定としている。

我が国においても、3大湾を中心として、世界の主要港湾に若干遅れをとりつつも、着々と大水深化が進んできた。特に1995年以降は、船舶の大型化が急速に進み、大水深化のスピードも速い。

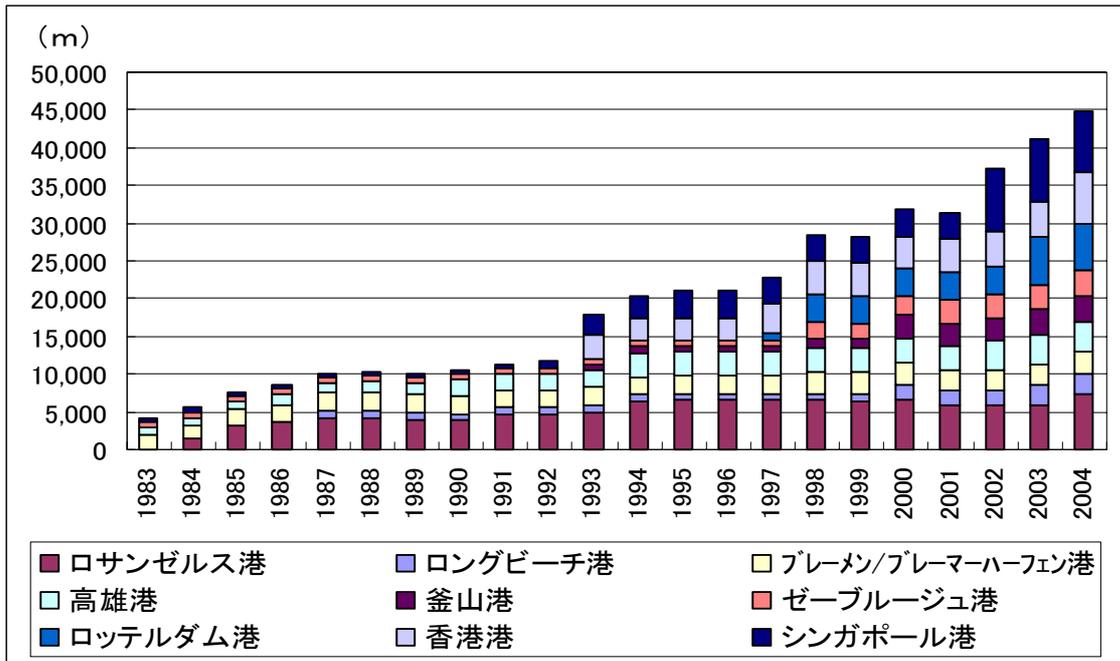


図 1-8 世界の主要 9 港における水深-14m 以上のコンテナバース延長の推移

資料) Containerisation International Yearbook より作成

注) 世界の主要 9 港湾とは、シンガポール港、香港港、釜山港、高雄港、ロサンゼルス港、ロングビーチ港、ロッテルダム港、ブレーメン/ブレーマーハーフェン港、ゼーブルージュ港

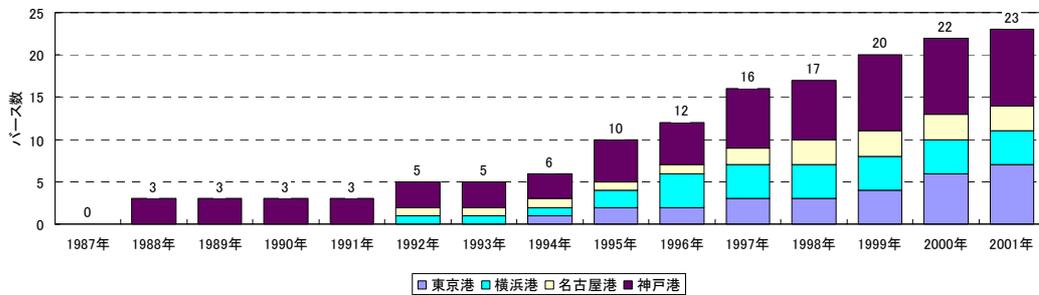


図 1-9 日本の主要港における水深-14m 以上のコンテナバース数の推移

**【参考：洋山港ターミナル建設プロジェクト(中国)】**

洋山港ターミナル建設プロジェクトとは、上海の東方沖 31km に点在する大  
洋山、小洋山島に人工港湾を建設するといったプロジェクトであり、「洋山深  
水港区（港湾ターミナル）」「東海大橋（跨海大橋）」「海港新城（芦湖港ポー  
トシティ）」の3つのカテゴリーからなる。

「洋山深水港区」は、18km<sup>2</sup>のグランドヤードと大水深バース岸壁長 20km、  
合計 50 バース前後の大型コンテナターミナルを造成する大構想である。その  
うち、2005 年までの第Ⅰ期計画では5バース分の岸壁延長 1,600m、水深-15.5m、  
2006 年までの第Ⅱ期計画ではさらに4バース分の岸壁延長 1,400m が計画され  
ており、完成すると 9 バース、岸壁延長 3,000m となる。「東海大橋」は、大  
陸と洋山深水港区とを結ぶ総延長 31km、橋幅 31.5m、6 レーンの跨海大橋で  
ある。「海港新城」は、湿地帯の芦湖港に建設する超近代的物流ロジスティッ  
クスセンターであり、沖合の洋山深水港区を結ぶ東海大橋の基部となる。

表 1-1 洋山深水港区プロジェクトの概要

	第Ⅰ期 ～2005年	第Ⅱ期 ～2006年	～2020年	全体計画 ～最終年
岸壁延長	1,600m	3,000m	11,000m	20,000m
バース数	5	9	33	50
水深	-15.5m	-15.5m	-15.5m	-15.5m
取扱能力	220万 TEU	—	1,340万 TEU	2,500万 TEU

図 1-10 洋山深水港区イメージ図



資料) 国土交通省資料

### 【参考：光陽港新ターミナル建設プロジェクト(韓国)】

光陽港新ターミナル建設プロジェクトとは、釜山の西 140km に位置する光陽港に 2011 年をめどに 33 バース、年間処理能力 930 万 TEU のターミナルを建設する計画である。

表 1-2 光陽港開発計画の概要

	第 1 期 1987-1997 年	第 2 期 ～2003 年	第 3 期 ～2008 年	全体計画 1987～2011 年
岸壁延長	1,400m	3,700m	6,150m	11,050m
バース数	4	12	19	33
水深	-14m	-15m～	-15m～	-14m～
取扱能力	1,200,000TEU	2,640,000TEU	4,740,000TEU	9,130,000TEU
接岸能力	50,000DWT×4	50,000DWT×8 20,000DWT×4	50,000DWT×15 20,000DWT×4	50,000DWT×29 20,000DWT×4

資料) 韓国コンテナ埠頭公団 (KCTA)

### 1. 3. わが国をめぐる長距離国際海上コンテナ輸送市場の特徴

#### (1)長距離国際海上コンテナ輸送市場の概況

わが国をめぐる主な長距離国際海上コンテナ輸送市場（以下、基幹航路の国際海上コンテナ輸送市場）は、北米西海岸とアジアとを結ぶ北米太平洋航路、北米東海岸とアジアとを結ぶ北米東岸航路、および欧州とアジアとを結ぶ欧州航路である。下表に、輸送現況、就航状況を示す。

北米航路（北米太平洋航路及び北米東岸航路）は、日本を発着地とするコンテナ輸送量、コンテナ船の総船腹量ともに最も多い、わが国の貿易の大動脈である。この市場は、2003 年 12 月現在で、22 社の運航事業者が合計 63.3 ループの航路を設定している。

欧州航路については、コンテナ船の総船腹量は大きい、北米航路と比較すると輸送量は小さい。この市場は、2003 年 12 月現在で、14 社の運航事業者が合計 39 ループの航路を設定している。

表 1-3 北米航路、欧州航路のコンテナ船就航状況、及びコンテナ輸送量

**北米航路**

	船腹量(TEU)	投入船舶数	ループ数	運航事業者数	輸送量(TEU)
2003年1月	1,353,040	346	55.5	16	1,274万
2003年12月	1,573,627	407	63.3	22	

**欧州航路**

	船腹量(TEU)	投入船舶数	ループ数	運航事業者数	輸送量(TEU)
2003年1月	1,291,412	257	31.5	11	662万
2003年12月	1,557,848	313	39.0	14	

資料) 世界のコンテナ船隊および就航状況 (日本郵船調査グループ編)

ただし、輸送量については、北米航路、大西洋航路は PIERS/JOC、Trade Horizons (2004 年、2003 年春号)、欧州航路は海事プレス社調査 (2004. 2. 16、2003. 2. 27) による。

(注 1) 上記のコンテナ輸送量は日本→釜山→北米のような他国経由の貨物を含む。

(注 2) 船腹量、投入船舶数、ループ数は振り子配船などによって同一船腹が他航路にも関わっている場合、関係する航路に配分した調整後の数値。

## (2)コンテナ輸送運賃の変動

図1～11に欧州航路（輸入）における1フレートトンあたり国際海上コンテナ輸送運賃（実績値）、および平均船型の変動を示す。

全般的な傾向として輸送運賃は大きく下落しており、輸送効率が向上しているものと考えられる。輸送運賃の決定要因はさまざまであり、運賃下落の理由は一概にいけないが、海上輸送コストは、船舶の大型化とともに飛躍的に低下するものであることから、船舶の大型化が、運賃の低下に大きな影響を及ぼしているものと考えられる。すなわち、基幹航路の国際海上コンテナ輸送市場は、自由競争市場環境の下で、大規模港湾の整備とそれに対応した大型船舶の投入によって、より効率的な輸送が実現されている市場といえることができる。

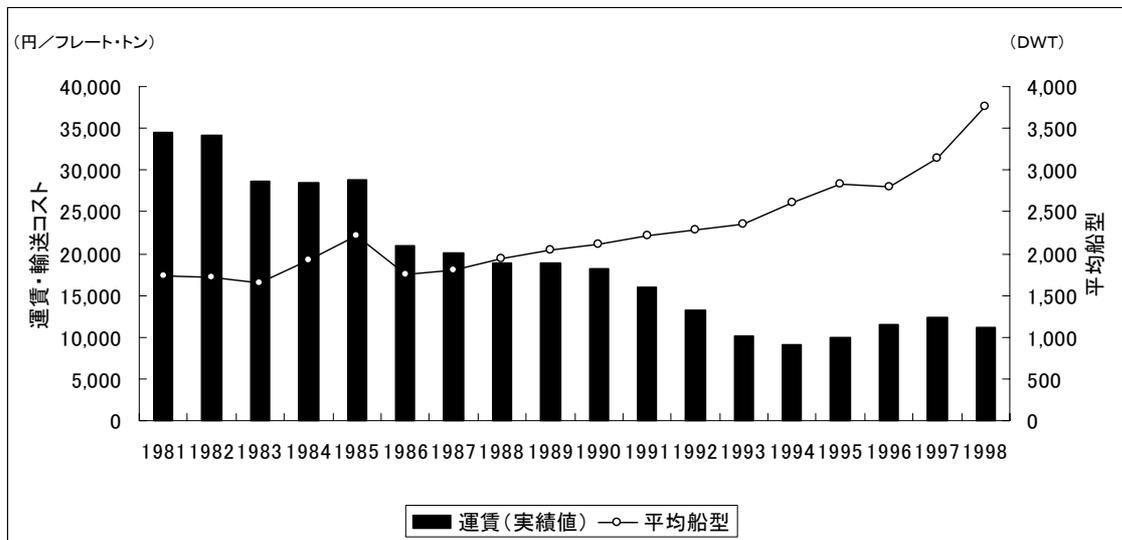


図 1-11 欧州航路(輸入)の運賃水準の推移

注1) 運賃(実測値)は1995年価格により実質化している。

資料) 運賃(実績値)は海事産業研究所資料、平均船型は「世界のコンテナ船隊および就航状況」(日本郵船調査室)より作成

## 第2章

### 部分均衡モデルおよび空間的応用一般均衡モデル (SCGEモデル)の概要

## 第2章 部分均衡モデルおよび空間的応用一般均衡モデル(SCGEモデル)の概要

部分均衡モデルは、交通施設整備の効果を計測するモデルとして古くから適用されてきたモデルであり、交通市場の需要と供給の均衡が、何らかの外的ショック（交通施設整備や規制緩和など）によりシフトした結果、発現する利用者便益、供給者便益を計測するものである。

一方、空間的応用一般均衡モデル（SCGEモデル）はもともと国際貿易を主な分析対象として発展したモデルであり、近年、交通施設整備効果を計測するためのモデルとして多くの研究が積み重ねられ、実務への適用事例も蓄積されてきている。

以下では、まず社会資本整備の効果について簡単に分類・整理した上で、部分均衡モデル、SCGEモデルの概要について整理する。

### 2.1. 社会資本整備の効果分類

社会資本整備の効果には、その発生要因により、大きく分けて「①事業効果（フロー効果）」と「②施設効果（ストック効果）」の2種類がある。このうち、社会資本整備の便益は、施設効果（ストック効果）を計測して把握する。

#### (1) 事業効果(フロー効果)

事業効果とは、社会資本の整備段階において、事業主体（主に政府）が建設関連の支出を行うことによって生まれる効果である。具体的には、たとえば、事業主体が施設を建設する際に、鉄鋼や木材などの建設資材に対する需要増が生じ、それが資材の生産や輸送を行う業種に対する需要増につながっていき、さらにそれが関連業種の労働力需要の増加（雇用の増加）といった形で波及していく効果である。

「政府が公共投資により景気浮揚をはかる」といった政策は、この事業効果に期待した政策であると言える。

#### (2) 施設効果(ストック効果)

施設効果とは、施設の供用が開始された後で、施設が実際に利用され、機能することにより生まれる効果である。施設効果は、さらに「a)市場財の効果」（＝市場メカニズムを通じて波及する効果）と、「b)非市場財の効果」（＝市場が存在しない財（環境など）に対する効果）に分類される。

a) 市場財の効果

市場財の効果とは、たとえば新たに大水深バースが整備・供用され、そこに大型船が寄港するようになったとき、船社が輸送コストを削減できる、といった効果や、こうした輸送費用の削減により、商品価格が低下し、消費者がより安い値段で商品を購入することができるようになる、といった効果をさす。こうした効果は市場メカニズムを通じて波及するため、「市場財の効果」と呼ばれる。

b) 非市場財の効果

非市場財の効果の例としては、港湾整備による港湾や海域の環境向上効果、トラックから船舶へ輸送が転換することによる排気ガス排出量の削減効果、マリーナや交流基盤施設の整備による交流機会の拡大効果、などが挙げられる。

## 2. 2. ストック効果の便益計測手法の分類

ストック効果の便益計測手法には様々なものがあるが、前節で整理した効果分類とあわせて整理すると（図2-1）のようになる。

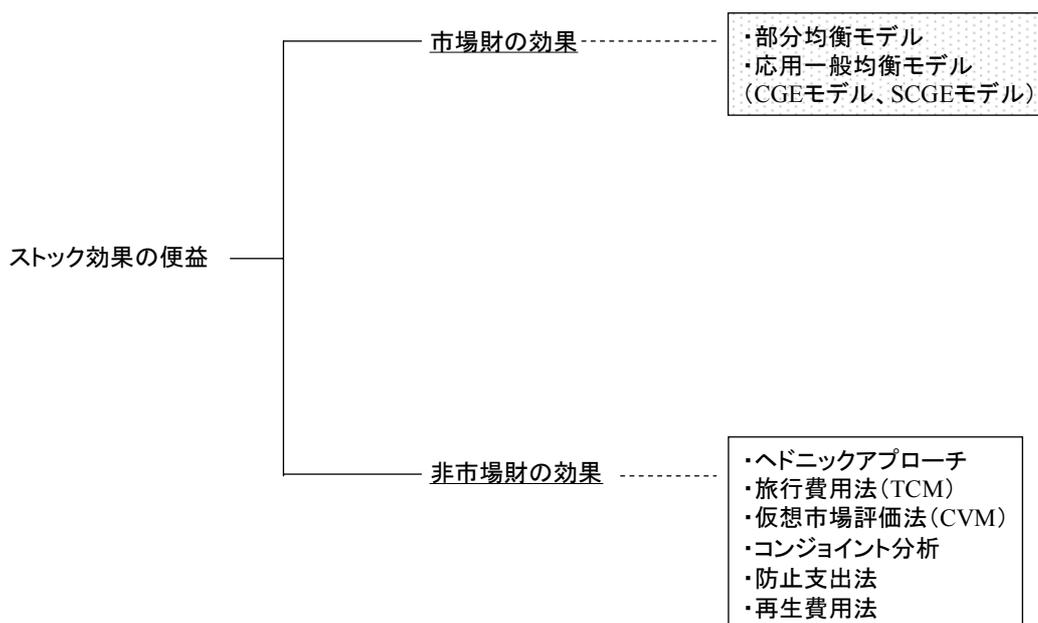


図 2-1 ストック効果の便益計測手法の分類

以上の手法のうち、道路、港湾などの交通施設整備については、その効果の大部分を市場財の効果が占めていることもあり、これまで部分均衡モデルが適用される場合が多かった。特に個別プロジェクトの投資評価マニュアルにおいては、部分均衡モデルがその評価手法の基本として位置付けられる場合が多い。

一方、同じく市場財の効果を計測する手法である応用一般均衡モデル (CGE モデル) や空間的応用一般均衡モデル (SCGE モデル) については、近年の計算機の発達によ

り実務的にも計算が可能となってきたこともあり、大規模でその波及効果が大きいと考えられる交通施設整備<sup>2</sup>の効果計測に適用されている。特に、波及効果（【参考】参照）を計測したり、地域別の効果の帰着をみるためには、空間を考慮したモデルである SCGE モデルが活用される場合が多い。また、CGE モデルは特定の交通機関整備のみならず、交通資本の整備全体の効果を計測する目的で活用される場合もある。

（たとえば上田「高速交通社会資本の費用便益分析(事後評価)」(トヨタ自動車(株)助成『社会資本研究会』ディスカッションペーパーシリーズ、2003)では戦後の高速交通機関（高速道路、新幹線、空港）の整備効果全体を計測している）。

### 【参考：波及効果とは】

ある市場で起きた効果が、他の市場へ波及することにより起きる追加的な効果を「波及効果」あるいは「経済波及効果」と呼ぶ場合があるが、「事業効果（フロー効果）における波及効果」と「施設効果（ストック効果）における波及効果」の区分に留意する必要がある。

#### ①事業効果（フロー効果）における波及効果

事業効果（フロー効果）においては、事業主体の支出額そのものを「直接効果」、その支出によって誘発される関連産業に対する需要増や雇用増を「波及効果」と呼ぶ。「建設投資の波及効果」、「観光関連産業への波及効果」などは、多くの場合この「事業効果（フロー効果）における波及効果」を意味している。

#### ②施設効果（ストック効果）における波及効果

施設効果（ストック効果）においては、たとえば交通施設の供用により交通サービスの利用者や供給者が直接的に裨益する効果を「直接効果」と呼び、この効果が商品価格の低下などを通じて他の市場に波及することによって生まれる追加的な効果を「波及効果」と呼ぶ。「事業効果（フロー効果）における波及効果」との大きな違いは、市場の価格メカニズムを通じて波及する効果を指している点である。

本調査では、港湾投資のストック効果を計測しているため、「波及効果」は「施設効果（ストック効果）における波及効果」を指す。

<sup>2</sup> 具体的には海峡横断道路、羽田空港の拡張、整備新幹線など。

### 2.3. 部分均衡モデルの概要

部分均衡モデルは、従来から個別の交通施設整備の便益計測に適用されてきたモデルであり、公共事業関連各省庁から出されている費用便益分析マニュアル等でも採用されている。これは、交通市場のみに着目したモデルである。

具体的には、図2-2で示すようにある外的なショック(交通施設整備や規制緩和など)により供給関数がAからBにシフトした際に、余剰の変化(=2つの台形の面積)を計測するものである。

このうち、消費者余剰の変化は、供給関数のシフトに伴う価格変化により主として交通サービスの利用者に発生する便益であり、「利用者便益」と呼ばれる。一方、生産者余剰の変化は交通サービスの供給により発生する利潤の変化であり、「供給者便益」と呼ばれる。

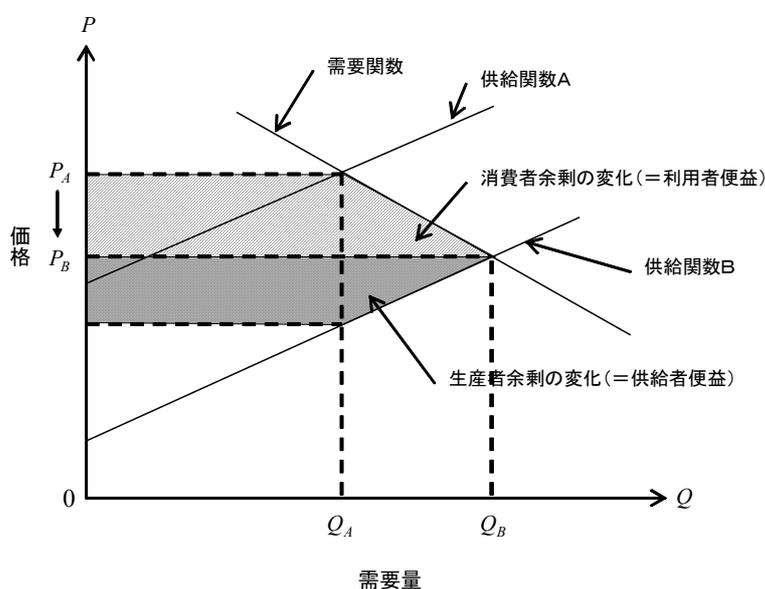


図 2-2 部分均衡モデルによる便益計測のイメージ (再掲)

ただし、上記の方法では、交通市場以外への波及効果を考慮できない。波及効果を考慮するためには、図2-3のように、波及効果による需要関数のシフトを考慮した「一般均衡需要曲線」を導出し、従来の利用者便益(台形 abdc)・供給者便益(台形 cdgf)に加えて、波及効果である  $\triangle bed$  (利用者便益の波及効果)・ $\triangle edg$  (供給者便益の波及効果)の部分の便益を求めなければならない。この手法を、「ショートカット理論」と呼び、部分均衡分析によって波及効果まで考慮した便益を直接計測できる手法として有用とされている。

ただし、実際に波及効果による需要曲線のシフトを推定し、「一般均衡需要曲線」を導出することは一般に困難である。このため、実務上は波及効果による需要曲線のシフトを推定するのではなく、便益の波及を直接企業や世帯の行動の変化として表現し、波及前後の均衡解の差違を比較する SCGE モデルを用いて、波及効果を計測することが多い。なお、こうして求めた波及効果は「一般均衡需要曲線」から求める波及効果と理論的に等価である。

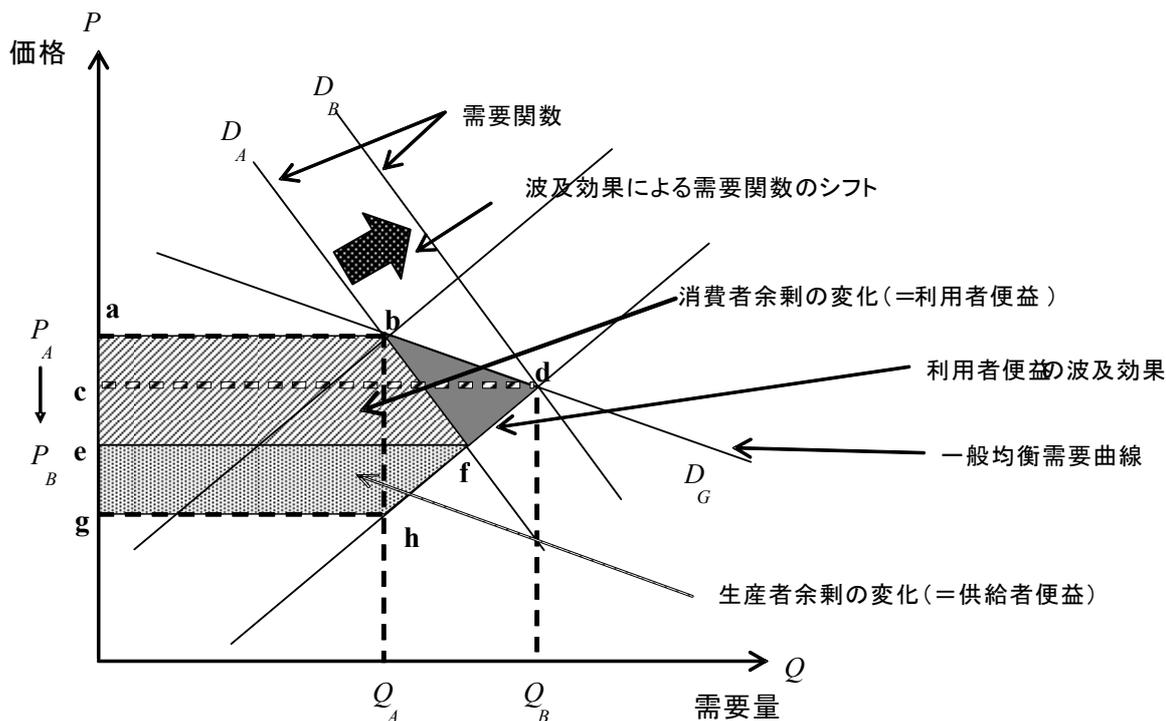


図 2-3 ショートカット理論に基づく波及効果を含めた便益計測

## 2. 4. 空間的応用一般均衡モデル(SCGE モデル)の概要

応用一般均衡モデルは、大きく分けて特定の1つの国、あるいは地域を対象とした、空間を考慮しないCGE(Computable General Equilibrium)モデルと、対象地域をいくつかに分けて空間の違いを考慮したSCGE(Spatial Computable General Equilibrium)モデルの2つに分類できる。以下では、まず「一般均衡」の概念について概説した後、CGEモデル、SCGEモデルの考え方の特徴を整理する。

### (1)一般均衡の概念

「一般均衡」とは、財・サービス市場、労働市場、土地市場などのすべての市場において競争的な価格調整メカニズムが有効に機能し、需要と供給が一致した状態を言う。

ただし、この競争的な価格調整メカニズムが機能するためには、以下の前提条件が満たされることが必要である。

- ・ 個々の経済主体（世帯、企業など）は、他の経済主体に与える影響を考慮せず、価格を所与として合理的に行動する。
- ・ 同種類の財を作る生産者の生産物は同質である。
- ・ 経済主体は多数存在し、個々の取引量は全体に比べて十分小さい。
- ・ 個々の経済主体は、市場価格や財の特性について完全な情報を持っている。
- ・ 市場への参入・退出は長期的に自由である。

資料) 建設省建設政策研究センター：交通ネットワーク形成効果に関する研究 ～交通社会資本整備と応用一般均衡分析(2000)

参考に、世帯、企業の2つの経済主体と、財市場、労働市場の2市場からなる、単純な経済モデルにおける一般均衡を図2-3に示す<sup>3</sup>。

この図の上部では、財市場を通じて、企業の生産した財を世帯が購入している。下部では、労働市場を通じて、世帯が提供する労働を企業が購入している（労働者を雇っている）。それぞれの市場は、需要と供給が一致する価格で均衡する。このように、相互に関連する各市場において競争的な価格調整メカニズムが機能し、すべての市場において均衡が成立する。

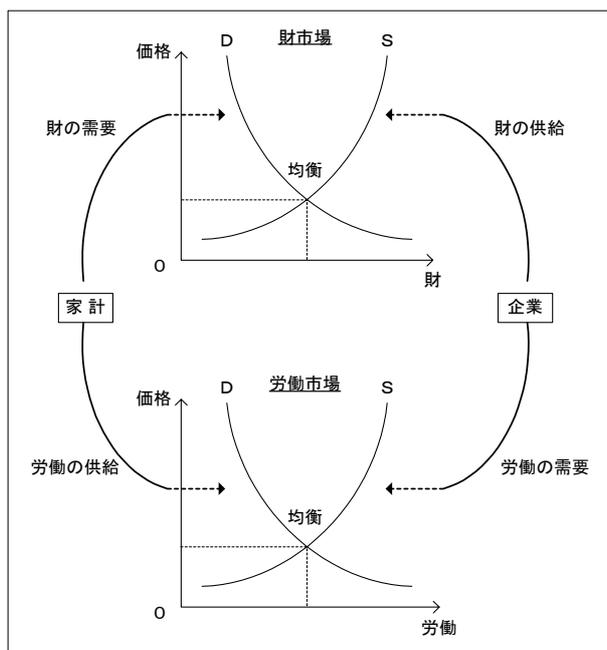


図 2-4 一般均衡の概念

資料) 武藤慎一：「一般均衡理論の基礎」、土木学会土木計画学研究委員会『応用一般均衡モデルの公共投資評価への適用』土木計画学ワンダーセミナーシリーズ 15、(1998)を一部改訂

<sup>3</sup> 本来、税制の分析などを念頭におけば、ここで政府部門を明示的に導入した方がより詳細ではあるが、港湾投資などを考えた場合政府の行動変化は結果に大きな影響を及ぼさないと考えられるため、ここでは捨象した。

## (2) 応用一般均衡モデル(CGEモデル)の基本的な考え方

応用一般均衡モデル (CGE モデル) は、上記のような一般均衡の概念を利用して各種政策の効果を測定するモデルである。具体的には、政策の有無 (with/without) 別にそれぞれ均衡状態を算出し、各均衡状態における効用水準の差を計測することにより、政策の効果を算出する (図 2-5)。CGE モデルでは、各経済主体別の行動をモデル化しているため、主体別に帰着する経済効果を計測することが可能である。

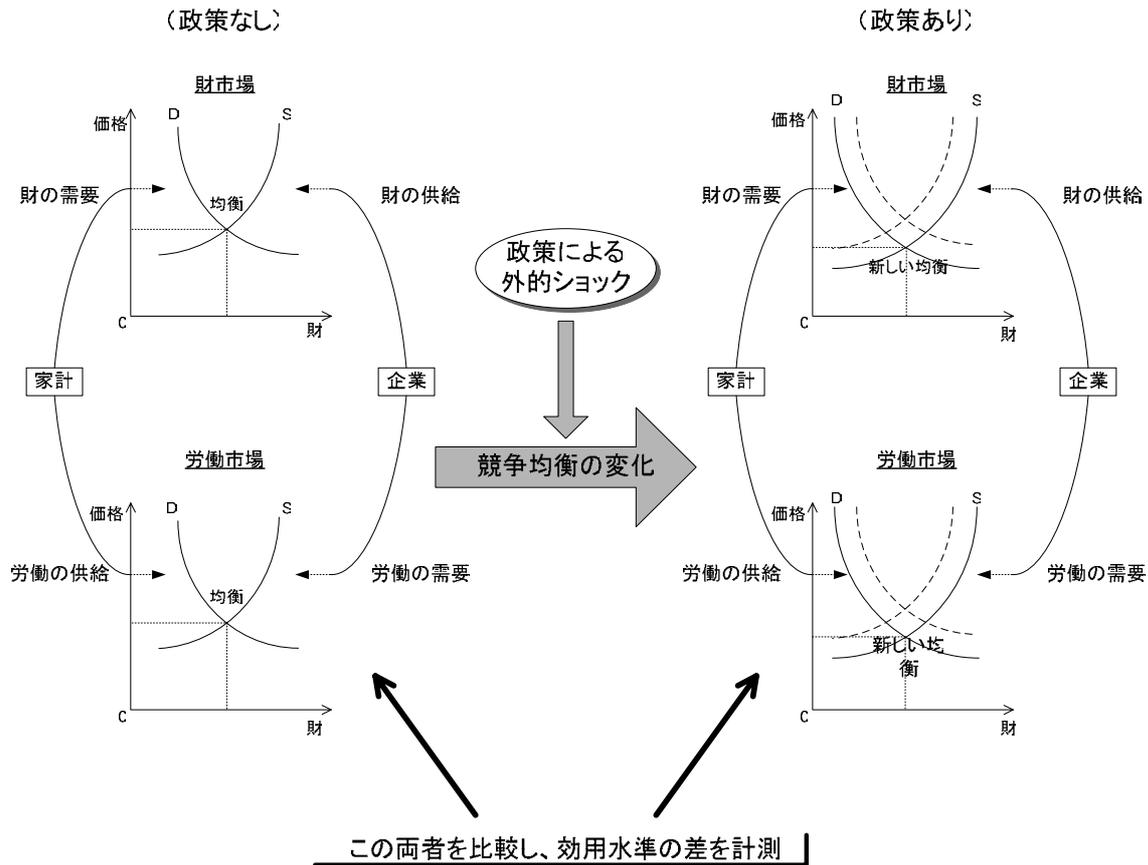


図 2-5 応用一般均衡モデル(CGEモデル)の概念

資料) 建設省建設政策研究センター：交通ネットワーク形成効果に関する研究 ～交通社会資本整備と応用一般均衡分析(2000)を一部改訂

CGE モデルの定式化の概要を以下に示す。

**①経済主体の設定**

分析の対象とする経済主体を設定する。分析の目的により異なるが、通常、世帯、企業、政府部門などが設定される。

**②経済主体の行動モデルの定式化**

各経済主体の行動原理（効用<sup>4</sup>最大化、利潤最大化など）を設定した上で、その上で主体の行動を定式化する。多くの場合、世帯はある効用関数の下で、所得制約、時間制約に基づき財を需要し、企業に労働や資本を提供する。また、企業は利潤を最大化するように中間投入財や労働・資本を需要し、財を生産する。

**③均衡条件の定式化**

②の定式化のもと、財市場における需要関数・供給関数、労働市場における需要関数、供給関数を導出し、均衡条件（需要＝供給）を定式化する。

CGE モデルは、これまで多くの政策分析に適用されており、わが国においても規制改革の経済効果の計測（「規制改革による経済効果分析のための応用一般均衡モデルの開発」（経済企画庁経済研究所【編】、1999）など）、および環境税導入の社会経済効果の計測（国立環境研究所の AIM（Asian-Pacific Integrated Model）ボトムアップモデルなど）などの事例がある。

しかし、CGE モデルでは社会経済の空間的な広がりを考慮していないため、特に高速道路、高速鉄道、港湾整備のような地域間の輸送コスト、移動時間に大きな影響を与える政策については分析が困難である。また、地域別の経済効果を計測することができないため、費用負担の地域配分の問題なども検討することができない。

---

<sup>4</sup> 効用とは、世帯や個人々の満足度・充足度を表現するものであり、CGE モデルの場合、財やサービスの消費量、余暇時間の消費量などの関数として表現される場合が多い。

### (3)空間的応用一般均衡モデル(SCGEモデル)の基本的考え方

SCGEモデルは、CGEモデルを基本としつつ、対象地域を幾つかのゾーンに分割し、その各ゾーン間の取引に要する費用（輸送費、関税など）を明示的に取り扱うことができるようにしたモデルである。

たとえば、世界経済全体を一般均衡の概念に基づき分析する場合、世界を1地域として捉えたCGEモデルでは、地域間の取引に要する費用を扱うことができず、また地域別の経済構造の違いを考慮できないため、分析できる政策は非常に限定され、またその精度も低いと考えられる。一方、世界を複数の地域に分割し、SCGEモデルを構築すれば、地域間の取引費用を扱うことができるため、交通政策の効果分析等に極めて有効なモデルとなりうる。また、地域別の経済構造の違いを考慮できるため、地域別の経済効果の帰着を計測することができる。したがって、国土交通政策のような地域毎に与える影響が大きく異なる政策を評価するモデルとして非常に有用である。

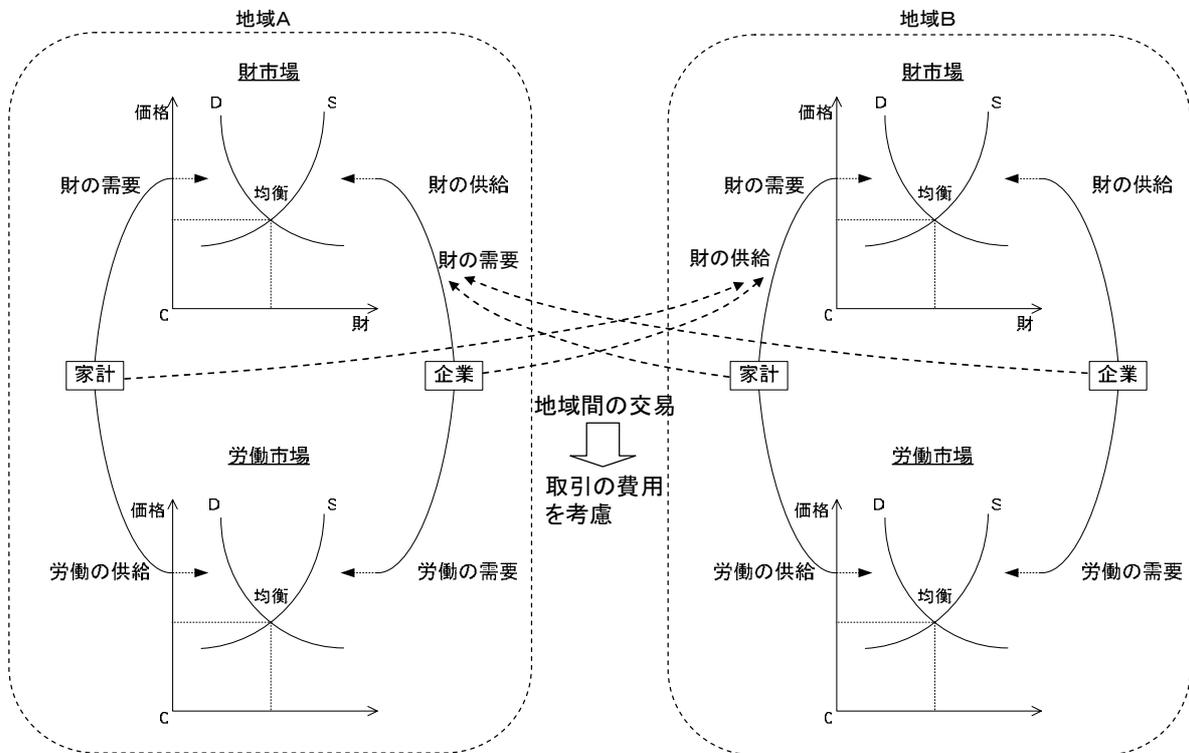


図 2-6 空間的応用一般均衡モデル(SCGEモデル)の概念  
(2地域の場合)

SCGE モデルは、近年わが国の土木計画学や経済学の研究者によって盛んに研究がなされており、海峡横断道路の整備事業、羽田空港の拡張事業などの分析にも応用されている。SCGE モデルでは、こうした交通施設整備による輸送費や移動時間の変化を外的ショックとしてモデルに与えることにより、地域別の経済効果および地域間交易量の変化などを計測することが可能である。

なお、SCGE モデルは近年、産業集積のメカニズムの解明などを目的に盛んに研究が進められている空間経済学<sup>5</sup>の諸要素（財やサービスの多様性、生産における規模の経済、財の輸送費）のうち、特に輸送費に焦点をあてて分析することを可能にしたモデルである。

---

<sup>5</sup> 従来、地理的空間における経済現象を研究する学問領域は「都市経済学」、「地域経済学」、「国際貿易学」などと細分化され発展してきたが、「空間経済学」は都市や産業の集積形成の理論を中心として、これらの細分化された学問領域全体を含む一般理論の構築を目指すものとされている。90年代以降、日米欧の研究者より発展し、体系的な教科書としては「空間経済学：都市・地域・国際貿易の新しい分析」（藤田、クルーグマン、バナブルズ著、東洋経済新報社、2000年）がある。

## 第3章

### 部分均衡モデルによる港湾投資の経済効果の計測

### 第3章 部分均衡モデルによる港湾投資の経済効果の計測

本章では、国際海上コンテナ輸送市場を表現する部分均衡モデルを構築し、日本発着の基期航路を対象として係数を推定する。推定された需要関数、供給関数を用いて、わが国における過去の港湾投資の経済効果を計測する。

#### 3. 1. 国際海上コンテナ輸送市場の部分均衡モデル

##### (1) 海運市場の部分均衡モデルの概念

港湾投資は、港湾の容量の拡大、港湾施設の大型化を通じて、海運市場の供給者（海運事業者）の輸送コストを低減させる効果がある。輸送コストの低減は、完全競争市場の下では輸送運賃の低下をもたらし、消費者余剰の増加（すなわち、荷主の利用者便益）および生産者余剰の増加（すなわち、海運事業者の供給者便益）を生じさせる。本研究では、こうした連鎖が競争的な市場メカニズムを通じて適切に生起するものと想定し、得られる消費者便益と供給者便益の和（すなわち、余剰の合計）を港湾投資の経済効果として計測する。

具体的には、海運市場の供給関数の説明変数の一つを港湾投資額とし、港湾投資を実施する場合（with 時）と実施しない場合（without 時）における供給関数の差異に基づく余剰を計測する。

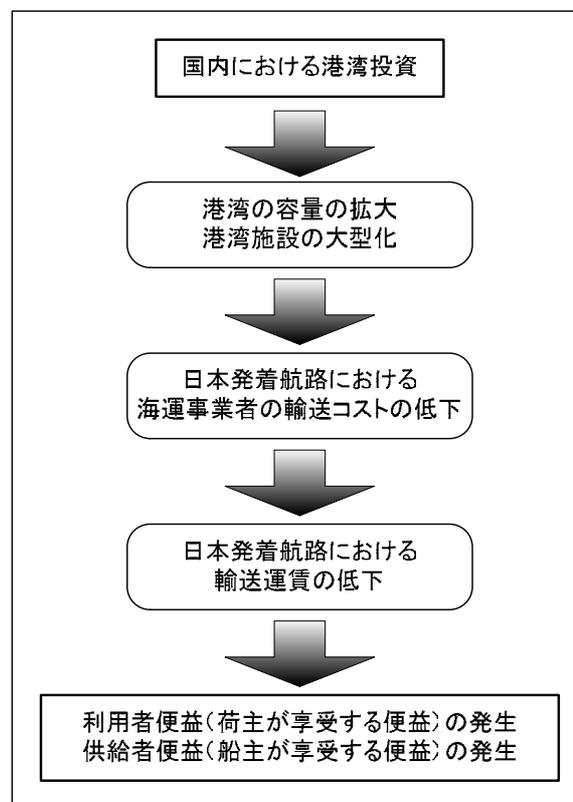


図 3-1 港湾投資による利用者便益・供給者便益発生フロー図

## (2) 部分均衡モデルで対象とする航路の選定

本研究で対象とする市場は、日本に寄港する基幹航路（北米太平洋航路・北米東岸航路及び欧州航路）の国際海上コンテナ輸送市場とする。国際海上コンテナ輸送市場では、たとえば北米太平洋航路では 2003 年 12 月時点で 18 社の運航事業者が合計 47 ルートの航路を設定、欧州航路では 14 社の運航事業者が合計 39 ルートの航路を設定しており、多くの事業者が参入しているという点から十分競争的な市場であると考えられる。

なお、分析に当たっては、日本が最終的に輸入／輸出する貨物だけでなく、トランシップ貨物も含めて対象とした。これは、近隣諸国から発送され日本を經由するコンテナ貨物も近年増えており、こうしたトランシップ貨物量の変動が運賃動向などに影響を及ぼしていると考えられるためである。

表 3-1 対象とする基幹航路の概要

航路名	航路の概要
1) 北米太平洋航路	<p>■アジアー北米太平洋岸（北米西岸）を結ぶ航路。</p> <p>船腹量：971,916TEU            投入船舶数：313 隻            ルート数：47 ルート            運航事業者数：18 社            平均船型：3,842TEU</p>
2) 北米東岸航路	<p>■アジアー北米東岸を結ぶ航路。</p> <p>船腹量：601,711TEU            投入船舶数：169 隻            ルート数：17 ルート            運航事業者数：10 社            平均船型：3,907TEU</p>
3) 欧州航路	<p>■アジアー欧州（西欧）を結ぶ航路。</p> <p>船腹量：1,557,848TEU            投入船舶数：341 隻            ルート数：39 ルート            運航事業者数：14 社            平均船型：4,977TEU</p>

注) データはすべて 2003 年 12 月時点。

資料) 世界のコンテナ船隊および就航状況

ただし、輸送量については、北米航路、大西洋航路は PIERS/JOC、Trade Horizons（2004 年、2003 年春号）、欧州航路は海事プレス社調査（2004.2.16、2003.2.27）による。

これらの航路を選定した主な理由は以下の3点である。

①競争的な市場であり、港湾施設整備の効果が運賃に反映されていると考えられること

これらの3航路では、大水深岸壁の整備に併せて大型船の投入がなされており、輸送コストが低下している。さらに、競争的な市場であるため、それが運賃の低下に反映していると想定される。

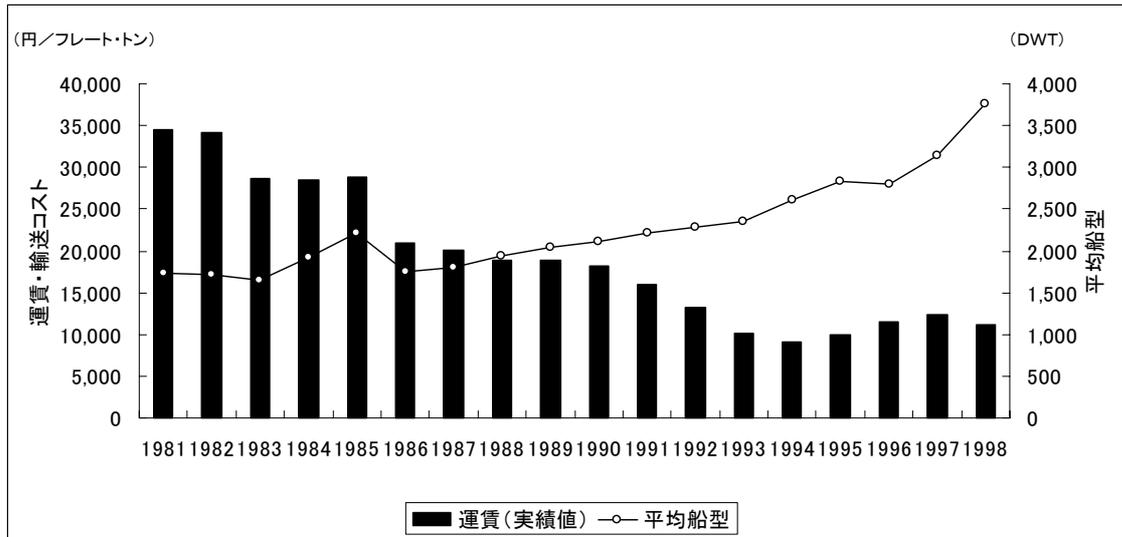


図 3-2 欧州航路(輸入)の運賃水準の推移 (再掲)

注1) 運賃(実測値)は1995年価格により実質化している。

資料) 運賃(実績値)は海事産業研究所資料、平均船型は「世界のコンテナ船隊および就航状況」(日本郵船調査室)より作成

②輸送量や実勢運賃に関するデータの入手が容易であること

これらの3航路は、他の航路と比べて実勢運賃等のデータの入手が比較的容易である。

なお、この3航路は、重量ベースでは、日本発着コンテナ航路全体のうち輸入で約40%、輸出で約50%(1998年)を占めている。また、金額ベースでは、北米および西欧との海上コンテナ貿易額は日本の海上コンテナ貿易額全体の約40%(輸入で30%強、輸出で50%弱)(2003年)を占めている。

なお、その他の輸送市場は、実勢運賃のデータの入手が困難であること、競争的な市場と想定しにくいこと等により、今回は分析対象としない。から今回は分析の対象としない。

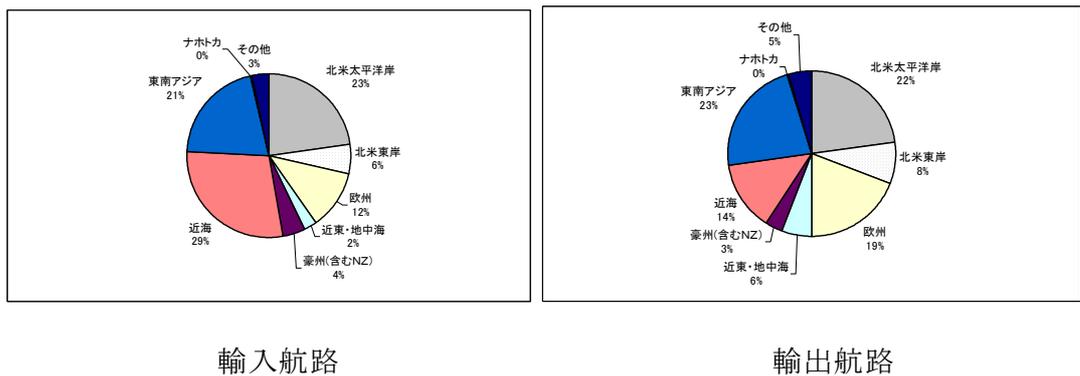


図 3-3 航路別の国際海上コンテナ輸送量の比率(1998年)

資料) 国土交通省資料

### (3) 需要関数の説明変数の選択

国際海上コンテナ輸送市場の需要関数は、荷主の輸送需要を需要側の要因から表現した関数である。説明変数についてはいくつかの変数を試行錯誤した結果、最終的に以下の説明変数を設定した。

$$(\text{輸送量}) = f(\text{運賃、輸入国の国内総生産(GDP)、為替相場})$$

各説明変数の導入理由を表 3-2 にまとめる。

表 3-2 需要関数の説明変数

変数	導入理由
運賃	運賃の上昇(下降)により荷主の輸送需要が減少(増大)すると考えられるため。
輸入国の国内総生産(GDP)	輸送需要は輸入国の荷主の経済活動水準に左右されると考えられるため。
為替相場	為替相場の変動は荷主の貿易活動に影響を及ぼすと考えられるため。

### (4) 供給関数の説明変数の選択

国際海上コンテナ輸送市場の供給関数は、海運事業者の供給コスト(完全競争的な市場であれば運賃に一致)を、供給側の要因から表現する関数である。説明変数についてはいくつかの変数を試行錯誤した結果、最終的に以下の説明変数を設定した。

$$(\text{運賃}) = g(\text{輸送量、港湾ストック額、船舶の燃料価格、プラザ合意ダミー})$$

各説明変数の導入理由を表3-3にまとめる。

なお、供給関数の説明変数として「船腹量」および「相手地域側の港湾ストック」を説明変数として導入することも試みた。「船腹量」については、本来船社が決定できる内生的な変数である「船腹量」を外生変数として扱うことに問題があると考えられるため、妥当な関数形を推計できなかつた。また、「相手地域側の港湾ストック」については、適切な港湾ストックデータが入手できなかつた。

表 3-3 供給関数の説明変数

変数	導入理由
輸送量	海運事業者の運賃設定に対して輸送量は大きな影響を与えるため。
港湾ストック額	港湾施設の整備水準の向上は、港湾の容量の拡大、港湾施設の大型化を通じて、海運事業者の輸送コストを低減させる効果があると考えられるため。ただし、港湾施設の整備水準を適切に表現できる物理的指標がないため、代理的な指標として港湾投資額の累積値から償却分を差し引いた額である港湾ストック額を用いる。）
船舶の燃料価格	船舶の燃料価格は海運事業者の輸送コストに多大な影響を及ぼすと考えられるため。
プラザ合意ダミー	1985～1994 年の間 1、その他の期間 0 となるダミー変数。プラザ合意以降の急激な円高により、海運事業者はドル建て運賃が実質目減りし、構造改革によるコスト縮減、生産効率の向上を図ったと考えられるため。(図 3-4 参照)

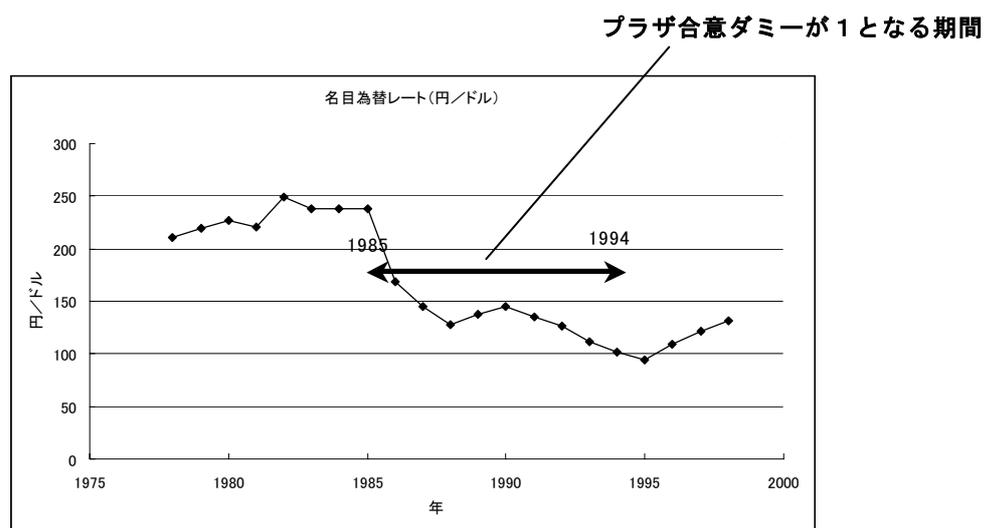


図 3-4 名目為替レートの変動とプラザ合意ダミーの設定期間

### (5) 経済効果(便益)の計測方法

部分均衡モデルを用いた経済効果の計測においては、供給関数の説明変数のうち港湾ストック額を意図的に変化させ、それに応じた便益の差分を計測する。具体的には、 $t_1$ 年から $t_n$ 年の $n$ 年間に港湾投資を行った場合（with case）に、行わなかった場合（without case）と比較して $t_n$ 年に発生する便益を計測する。これは、仮に $t_0$ 年の港湾整備水準が $t_n$ 年まで継続した場合、 $t_n$ 年に失われる年間の社会的損失である。（図3-5参照）

with case :ある期間(時点  $t_1$ ~時点  $t_n$ )において港湾投資が実績どおりに実施された場合  
 without case:ある期間(時点  $t_1$ ~時点  $t_n$ )において港湾投資がまったく実施されなかった場合

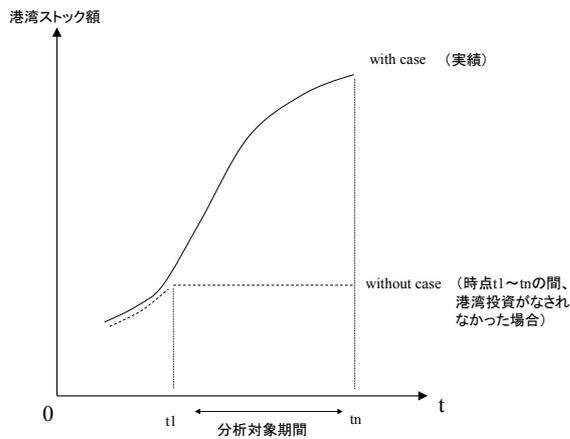


図 3-5 with case, without case における港湾ストック入力方法のイメージ

凡例)  $t_0$ 年: 基準年 (基準年の翌年以降、with case と without case の差違が発生する)

$t_n$ 年: 便益計測年

利用者便益については、供給曲線が「 $t_n$ 年次の供給曲線(with)」から「 $t_n$ 年次の供給曲線 (without)」へシフトした際に  $t_n$ 年次の需要曲線との交点との間に形成される台形（図3-6）の面積を計測する。

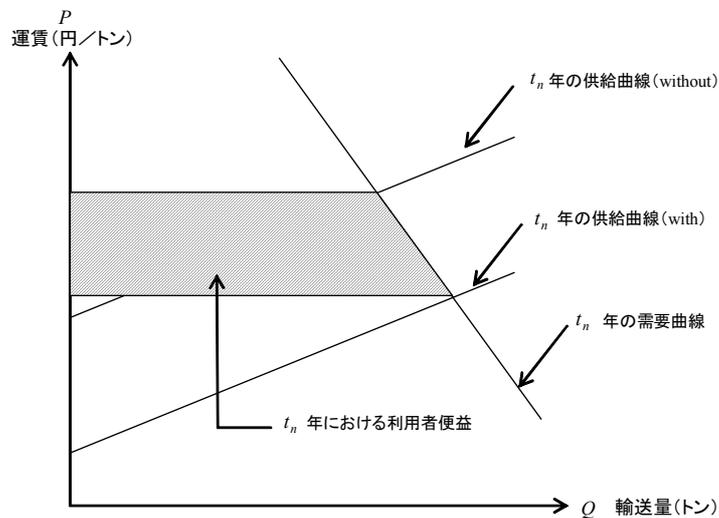


図 3-6 部分均衡モデルによる利用者便益計測のイメージ

供給者便益については、供給曲線が「 $t_n$ 年次の供給曲線(with)」から「 $t_n$ 年次の供給曲線 (without)」へシフトした際に形成される台形（図3-7）の面積を計測する。

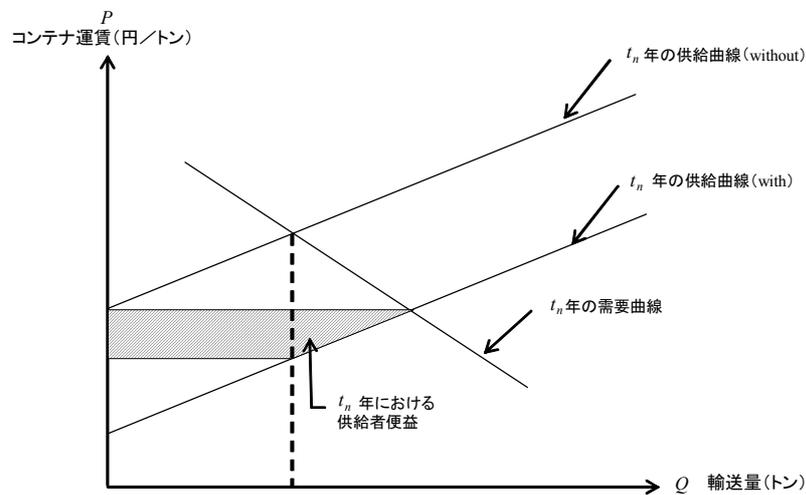


図 3-7 部分均衡分析モデルによる供給者便益計測のイメージ

**【参考：供給者便益の計測方法について】**

需要関数および供給関数が均衡点付近で直線近似できるとすれば、利用者便益は下図の台形  $ABDC$  の面積、社会的便益は台形  $GBDH$  の面積となる。さらに、台形  $GBDH$  と五角形  $ABDFE$  の面積は等しいから、社会的便益は五角形  $ABDFE$  の面積により表される。

ここで、供給者便益は社会的便益から利用者便益を差し引いたものであるから、五角形  $ABDFE$  から台形  $ABDC$  を差し引いた台形  $CDEF$  の面積により表されることがわかる。したがって、供給者便益も利用者便益と同様に台形面積を計算することにより計測できる。

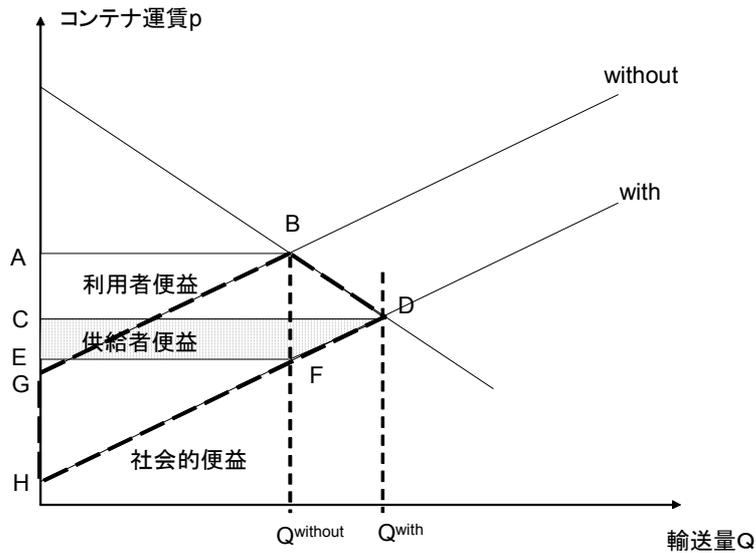


図 3-8 供給者便益の計測方法

## (6) 部分均衡モデルの定式化

需要関数および供給関数の具体的な関数形については以下のようにコブ・ダグラス型で設定した。コブ・ダグラス型は、両辺の自然対数をとると対数線形となる簡便な関数形であり、既存の需要関数・供給関数の推定においても適用事例が多いことから採用する。また、この関数形で推定した場合、定数項とダミー変数に係る係数以外の各係数（下式における $\alpha_1 \sim \alpha_3$ 、 $\beta_1 \sim \beta_3$ ）がそれぞれの説明変数の弾力性（説明変数が1%変化した際に、被説明変数が何%変化するかを表現する変数）を表すことになる。

$$\begin{aligned} \text{需要関数: } Q &= f(p, GDP, EX) \\ &= \alpha_0 p^{\alpha_1} GDP^{\alpha_2} EX^{\alpha_3} \end{aligned} \quad (3-1)$$

$$\begin{aligned} \text{供給関数: } p &= g(Q, ST_J, FP, DUM) \\ &= \beta_0 Q^{\beta_1} ST_J^{\beta_2} FP^{\beta_3} \exp(\beta_4 \cdot DUM) \end{aligned} \quad (3-2)$$

- $p$  : 運賃（円／フレート・トンあるいはドル／フレート・トン）  
 $Q$  : コンテナ輸送量（フレート・トン／年）  
 $GDP_J$  : 輸入国の国内総生産（GDP）（円／年、ドル／年またはマルク／年）  
 $EX$  : 実質為替レート（円／ドルまたは円／マルク）  
 $ST_J$  : 日本の港湾ストック整備水準  
 $FP$  : 燃料価格（円／バレルまたはドル／バレル）  
 $DUM$  : プラザ合意の影響を表すダミー変数  
 $\alpha_0 \sim \alpha_3, \beta_0 \sim \beta_4$  : 係数

係数の推定の際は、両式の自然対数を取り、以下の対数線形式に二段階最小自乗法（two stage least square method、以下 2SLS）を適用する。

$$\ln Q = \ln \alpha_0 + \alpha_1 \ln p + \alpha_2 \ln GDP + \alpha_3 \ln EX \quad (3-3)$$

$$\ln p = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln Q + \beta_2 \ln ST_J + \beta_3 \ln FP + \beta_4 \cdot DUM \quad (3-4)$$

## (7) 係数の推定手法

需要関数・供給関数の係数を推定するために最小自乗法を用いる。具体的には、式(3-3)、(3-4)の右辺に誤差の存在を仮定し、その誤差の自乗和が最小となるような係数を推定する。

$$\ln Q = \ln \alpha_0 + \alpha_1 \ln p + \alpha_2 \ln GDP + \alpha_3 \ln EX + u_D \quad (3-5)$$

$$\ln p = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln Q + \beta_2 \ln ST_J + \beta_3 \ln FP + \beta_4 \cdot DUM + u_S \quad (3-6)$$

$u_D$ 、 $u_S$  : 誤差項

通常であれば、式(3-5)、(3-6)それぞれについて最小自乗法を適用すれば適切な推定を行うことができる。しかし、たとえば式(3-5)の推定を考えると、説明変数  $\ln p$  と誤差項  $u_D$  は相関していると考えられ<sup>6</sup>、最小自乗法的前提条件<sup>7</sup>が満たされないため、単純に最小自乗法を適用することはできない。

そこで、 $\ln p$  を「あてはめ値」 $\ln \hat{p}$  で置きかえて推定を行うことにより、相関を回避しながら係数を推定する。具体的には以下のステップに基づき、係数を推定する。

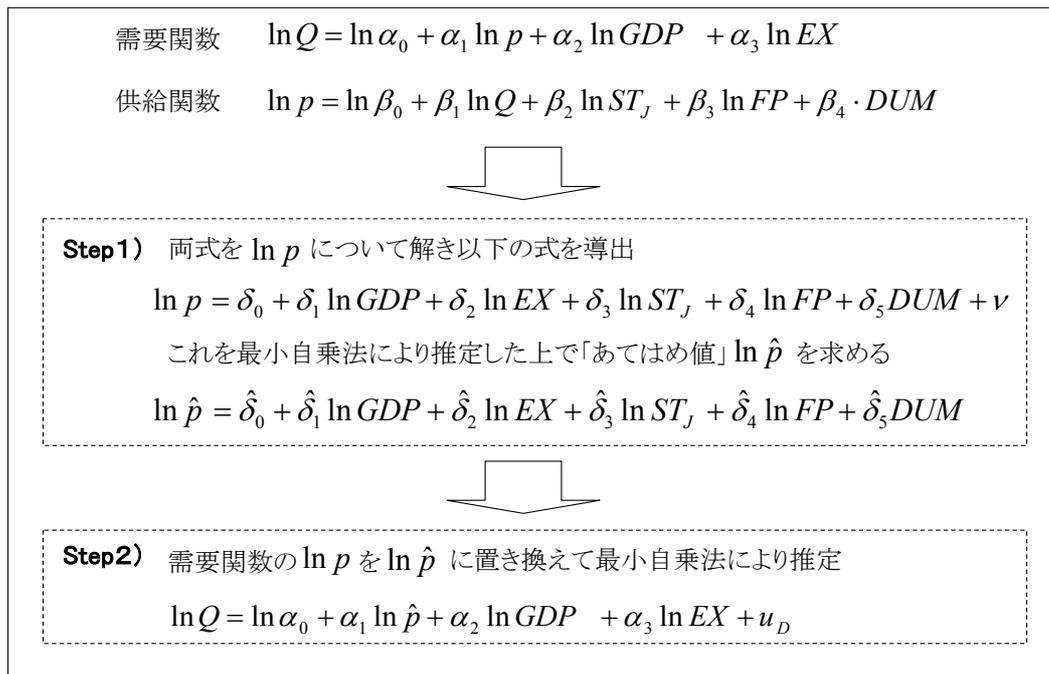


図 3-9 2段階最小二乗法(2SLS)の解法ステップ

参考資料)「TSPによる計量経済分析入門」(蠅田和満著、朝倉書店)

Step 1) まず式 (3-5)、(3-6) を  $\ln p$  について解き、以下の式を得る。

<sup>6</sup> (3-6)に(3-6)を代入すると、 $\ln p$  の変動の一部が  $u_D$  で説明されることがわかる。

<sup>7</sup> 最小二乗法的前提は以下の4つである。

仮定1: 誤差項の期待値が0である。

仮定2: 誤差項の分散は観測時点  $t$  とは無関係な定数である。

仮定3: 異なる時点の誤差項は互いに無関係である(系列相関がない)

仮定4: 説明変数と誤差項は互いに無関係である。

この4つの仮定が満たされた場合、最小二乗法で得られた係数は「最小分散線形不偏推定量」と呼ばれ、不偏性、一致性などの望ましい性質をもつ。ここでは、仮定4が成立しないために、単純に最小二乗法を適用しても、望ましい推定量は得られない。

$$\ln p = \frac{\ln \beta_0 + \beta_1 \ln \alpha_0}{1 - \beta_1 \alpha_1} + \frac{\beta_2 \alpha_2}{1 - \beta_1 \alpha_1} \ln GDP + \frac{\beta_1 \alpha_3}{1 - \beta_1 \alpha_1} \ln EX + \frac{\beta_2}{1 - \beta_1 \alpha_1} \ln ST_J + \frac{\beta_3}{1 - \beta_1 \alpha_1} \ln FP$$

$$+ \frac{\beta_4}{1 - \beta_1 \alpha_1} DUM + \frac{\beta_1 u_D + u_S}{1 - \beta_1 \alpha_1}$$
(3-7)

ここで、式の分かりやすさのために係数を置き換えると、以下の式が得られる。

$$\ln p = \delta_0 + \delta_1 \ln GDP + \delta_2 \ln EX + \delta_3 \ln ST_J + \delta_4 \ln FP + \delta_5 DUM + \nu$$
(3-8)

$\delta_0 \sim \delta_5$  : 係数、 $\nu$  : 誤差項

ただし、 $\frac{\ln \beta_0 + \beta_1 \ln \alpha_0}{1 - \beta_1 \alpha_1} = \delta_0$ 、 $\frac{\beta_2 \alpha_2}{1 - \beta_1 \alpha_1} = \delta_1$ 、 $\frac{\beta_1 \alpha_3}{1 - \beta_1 \alpha_1} = \delta_2$ 、 $\frac{\beta_2}{1 - \beta_1 \alpha_1} = \delta_3$ 、

$$\frac{\beta_3}{1 - \beta_1 \alpha_1} = \delta_4$$
、 $\frac{\beta_4}{1 - \beta_1 \alpha_1} = \delta_5$ 
(3-9)

これを  $\ln p$  に関する「誘導形」と呼ぶ。この式の係数  $\delta_0 \sim \delta_5$  を最小自乗法によって推定し、その推定値を  $\hat{\delta}_0 \sim \hat{\delta}_5$  とすると、「あてはめ値」 $\ln \hat{p}$  は以下の式から求まる。

$$\ln \hat{p} = \hat{\delta}_0 + \hat{\delta}_1 \ln GDP + \hat{\delta}_2 \ln EX + \hat{\delta}_3 \ln ST_J + \hat{\delta}_4 \ln FP + \hat{\delta}_5 DUM$$
(3-10)

Step 2)  $\ln \hat{p}$  を(3-5)の  $\ln p$  に代入した

$$\ln Q = \ln \alpha_0 + \alpha_1 \ln \hat{p} + \alpha_2 \ln GDP + \alpha_3 \ln EX + u_D$$
(3-11)

に最小自乗法を適用して、係数  $\alpha_0 \sim \alpha_3$  の推定を行う。(3-10)からわかるように、 $\ln \hat{p}$  は「あてはめ値」であるため、誤差項  $u_D$  と無相関である。したがって、最小自乗法により適切な推定値  $\hat{\alpha}_0 \sim \hat{\alpha}_3$  を得ることができる。その推定値  $\hat{\alpha}_0 \sim \hat{\alpha}_3$  および  $\hat{\delta}_0 \sim \hat{\delta}_5$  から、式(3-9)より  $\beta_0 \sim \beta_4$  についても推定することができる。

このように二段階の最小自乗法によって推定量を求める方法を二段階最小自乗法(2SLS)と呼び、推定量は一致性<sup>8</sup>という望ましい性質をもつ。

8 一致性とは、「データ数が多くなるにつれて、推定量が確率的に真の値に近づく性質」のこと。なお、不偏性とは「1つの推定量を用いてデータを変えて何度も繰り返し推定値を求めた場合、推定値の平均が真の値に一致する性質」をいう。2SLSによる推定量は、一致性をもつが、不偏性はない。

### 3. 2. 部分均衡モデルによる経済効果の計測

#### (1) 使用したデータ

部分均衡モデルで使用したデータは以下のとおりである。

#### ①北米太平洋航路および北米東岸航路

表 3-4 北米太平洋航路および北米東岸航路における使用データの概要と出典

変 数	使用データ	出 典
運賃	邦船社の航路別運賃収入（円）・輸送量（メトリック・トン）データより推定	海上輸送の現況（海事産業研究所）
輸送量	航路別の国際海上コンテナ輸送量データ（フレート・トン）	国土交通省資料より
為替相場	円・ドル相場を各国の GDP デフレーターで実質化したもの（年平均値）	International Financial Statistics (International Monetary Fund)
米国の国内総生産(GDP)	米国の実質 GDP データ（1996 年基準）	International Financial Statistics (International Monetary Fund)
日本の国内総生産(GDP)	日本の実質 GDP データ（1995 年基準）	International Financial Statistics (International Monetary Fund)
日本の港湾ストック	実質港湾ストック額	日本の社会資本（内閣府）
燃料価格	原油価格（Average crude price）	International Financial Statistics (International Monetary Fund)

以下に各変数の解説を記す。

#### 【運賃】

日本ー北米太平洋航路及び日本ー北米東岸航路のコンテナ運賃について、全海運事業者の実勢運賃、あるいは運賃収入データを得ることは困難であるため、ここでは邦船社の航路別運賃収入（円）・輸送量（メトリック・トン）データより邦船社の運賃を推定した。国際海上コンテナ輸送市場は完全競争的な市場と考えられ、運賃は日本船社・海外船社とも概ね同じ水準で均衡していると考えられることから、これを全船社の平均運賃と見なしてよいと考えられる。参考資料に具体的な運賃収入および輸送量のデータを示す。

なお、計算の際には日本あるいは米国の GDP デフレーターにより実質化した円建て、あるいはドル建て換算したものを用いる。

### 【輸送量】

日本－北米太平洋及び日本－北米東岸のコンテナ輸送量を適用する。ただし、北米東岸航路の貨物には、中米諸国を発着地とする貨物も含まれる。また、アジア諸国・北米を発着地とし、日本でトランシップされる貨物も含む。トランシップ貨物は日本全体でみると7%程度を占めるに過ぎないため(1998年時点)、ここでは特に区別しなかった。

### 【為替相場】

各年の期間平均為替相場を適用した。

### 【国内総生産】

日本・米国のGDPについてはそれぞれの国の資料から入手可能であるが、ここでは統計間の整合性を担保するためにいずれも International Financial Statistics (International Monetary Fund)のデータを適用した。

### 【日本の港湾ストック】

「日本の社会資本」(内閣府)のデータを適用した。「日本の社会資本」において港湾ストックは「港湾整備事業を対象として調査された結果」とされており、正確な調査対象範囲は不明であるが、近年では年間1兆円程度の新規設備投資が計上されていることから、港湾整備七箇年計画で計上されている費用項目(港湾整備事業、災害関連事業・地方単独事業、港湾機能施設整備事業等)をおおむねカバーした値であると考えられる。従って、コンテナ、ターミナル以外への投資も含まれたストック額である。なお、耐用年数は49年とされている。

### 【燃料価格】

ドル建ての原油価格を用いた。なお、運賃を円建てで表現している場合は円建て換算している。

## ②欧州航路

表 3-5 欧州航路における使用データの概要と出典

変数	説明	出典
運賃	邦船社の航路別運賃収入（円）・輸送量（メトリック・トン）データ	海上輸送の現況（海事産業研究所）
輸送量	航路別の国際海上コンテナ輸送量データ（フレート・トン）	国土交通省資料より
為替相場	円・マルク相場を各国の GDP デフレーターで実質化したもの（年平均値）	International Financial Statistics (International Monetary Fund)
欧州の国内総生産（GDP）	代表として独の GDP を適用する（1995年基準）	International Financial Statistics (International Monetary Fund)
日本の国内総生産（GDP）	日本の実質 GDP データ（1995年基準）	International Financial Statistics (International Monetary Fund)
日本港湾ストック	実質港湾ストック額	日本の社会資本（内閣府）
燃料価格	原油価格（Average crude price）	International Financial Statistics (International Monetary Fund)

ここで、国内総生産、為替相場のデータについてドイツのデータを適用している点に留意する。表 3-6 よりわかるように、日本-英・仏・独の 2 国間貿易額を比較すると、日-独間が最も多く、この 3 国との貿易額のうち約 44% を占めている。したがって、欧州全体の国内総生産、為替相場の代理指標として、ドイツの国内総生産および円、マルクの為替相場を用いることとした。

表 3-6 日本-英・仏・独の 2 国間貿易額

	英国	仏国	独国
日本からの輸出額	128	90	154
日本の輸入額	49	71	109
合計	177	161	263

資料) 1990 年日英国際産業連関表、日仏国際産業連関表、日独国際産業連関表より作成

## ③その他のデータ適用上の工夫について

①、②で整備したデータをもとに推計を行ったが、その他適用にあたり、以下のような工夫をした。

### <系列相関の回避>

まず、式(3-5)、(3-6)をそのまま用いた推計では、誤差項の系列相関のため、ダー

ビンワトソン比 (DW 比)<sup>9</sup>が低くなった。このため、系列相関を除去できるよう「1次ラグ<sup>10</sup>付き内生変数 (1期前の輸送量および運賃)」(以下、1次ラグ変数と標記)を導入した推計を行った。具体的には、需要関数については、1期前の輸送量を被説明変数とし、供給関数については1期前の運賃を被説明変数とした。これは、輸送量や運賃が当期の市場の状況のみならず、前期の輸送量や運賃にも影響されて決定される、すなわち、前期までの慣習に影響されることと解釈できる。

1次ラグ変数を導入した需要関数、供給関数は以下のようになる。

$$\begin{aligned} \text{需要関数: } Q &= f(p, GDP, EX) \\ &= \alpha_0 p^{\alpha_1} GDP^{\alpha_2} EX^{\alpha_3} Q_{-1}^{\alpha_4} \end{aligned} \quad (3-12)$$

$$\begin{aligned} \text{供給関数: } p &= g(Q, ST_J, FP, DUM) \\ &= \beta_0 Q^{\beta_1} ST_J^{\beta_2} FP^{\beta_3} \exp(\beta_4 \cdot DUM) p_{-1}^{\beta_5} \end{aligned} \quad (3-13)$$

$Q_{-1}$  : 1期前の輸送量

$p_{-1}$  : 1期前の運賃

$\alpha_4, \beta_5$  : 1次ラグ変数に係る係数

#### < 運賃決済の通貨の考慮 >

輸入航路については日本の荷主が運賃を負担しており、運賃を円建てで決済することが多いと考えられる。一方、輸出航路については海外の荷主が運賃を負担しており、運賃をドル建てで決済することが多いと考えられる。このため、原則として輸入航路については円ベースの運賃で、輸出航路についてはドルベースの運賃で推計を行うこととした<sup>11</sup>。

<sup>9</sup> DW 値 (ダービンワトソン比) とは、回帰分析における系列相関を検定するための指標であり、この値が 2 前後のときは「系列相関なし」、2 よりかなり小さいときは「正の系列相関がある」、2 よりかなり大きいときは「負の系列相関がある」と考えられる。

<sup>10</sup> ラグ (lag) とは英語で「遅れ」「遅延」を表現する単語。

<sup>11</sup> ただし、北米東岸輸出航路についてはドルベースの運賃ではよい推定結果が得られなかったため、最終的には円ベースの運賃を用いた。

**【参考：誤差項の系列相関について】**

回帰分析において、誤差項  $u$  が

$$u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t, \quad |\rho| < 1$$

と表わされる自己回帰過程に従うとき、 $u$  は 1 階の自己相関をしているといわれる。 $\rho > 0$  のとき正の自己相関であり、 $\rho < 0$  のとき負の自己相関である。 $\varepsilon$  は平均 0、均一分散、自己相関なしの誤差項である。

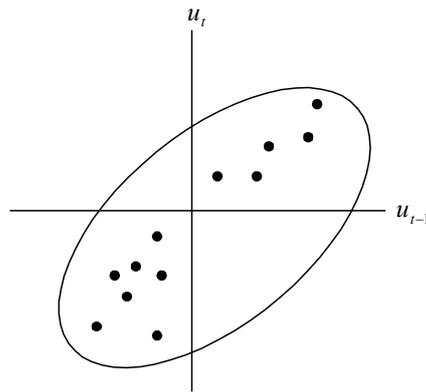


図 3-10 自己相関の概念図(正の自己相関)

誤差項の自己相関は、特に時系列データを扱うとき問題になる。自己相関が起こるケースとしては、「ある期の偶然的ショック（自然災害や突発的な経済状況の変化など）の影響が単位期間内で吸収されず、次の期、そのまた次の期へと持続することによって自己相関が発生する」、「人間の慣性あるいは習慣持続効果によって、過去の攪乱変動が現在の行動に影響を与える」といったケースが考えられる。今回の誤差項の系列相関の原因は、主に後者によるものであり、運賃や輸送量を決定する際に過去の慣習が大きく影響しているためと考えられる。

参考資料：「計量経済学[第3版]」（蓑谷千風彦著、東洋経済新報社）

## (2) 需要関数・供給関数の推定結果

対象とする6つの市場（北米太平洋航路、北米東岸航路、欧州航路それぞれの輸出と輸入）ごとに、1978～1998年における各説明変数、被説明変数のデータを代入し、需要関数、供給関数の各係数を推定した。推定した係数は式(3-1)、(3-2)の係数 $\alpha_0 \sim \alpha_3$ 、 $\beta_0 \sim \beta_4$ である。なお、コブ・ダグラス型の関数式を設定しているため、各係数（1次ラグ変数に係るものは除く）は下記の意味を持つ。

表 3-7 需要関数の係数の意味

係数	係る説明変数	係数の意味
$\alpha_0$		定数項
$\alpha_1$	$\ln p$	需要の運賃弾力性 (運賃の+1%の変化に対する需要の変化率(%))
$\alpha_2$	$\ln GDP$	需要のGDP弾力性(所得弾力性) (GDPの+1%の変化に対する需要の変化率(%))
$\alpha_3$	$\ln EX$	需要の為替レート弾力性 (為替レートの+1%の変化に対する需要の変化率(%))

表 3-8 供給関数の係数の意味

係数	係る説明変数	係数の意味
$\beta_0$		定数項
$\beta_1$	$\ln Q$	運賃の輸送量弾力性 (需要の+1%の変化に対する運賃の変化率(%))
$\beta_2$	$\ln ST_j$	運賃の日本の港湾ストック弾力性 (日本の港湾ストックの+1%の変化に対する運賃の変化率(%))
$\beta_3$	$\ln FP$	運賃の燃料価格弾力性 (燃料価格の+1%の変化に対する運賃の変化率(%))
$\beta_4$	$DUM$	ダミー係数

推定された各航路別の関数式を以下に示す。なお、以下で $e$ は「自然対数の底」を表す。

なお、北米太平洋輸出航路については、96年前後で急激に輸送量が落ち込んでいるため（図3-11参照）、需要関数に特殊要因として96～98年が1、その他の年が0となるダミー変数 $DUM_{96-98}$ を導入した。「日本の貿易動向1998-1999年」（日本貿易振興会、海外経済情報センター）によれば、96年の日本の対米国輸出額（ドルベース）は前年比-7.1%と急激に落ち込んでおり、マクロ経済状態の変化が当該航路におけるコンテナ輸送量の落ち込みを招いたと考えられる。コンテナ輸送量に影響を与えたと考えられるマクロ経済の変化としては、米国の在庫循環<sup>12</sup>、海外生産の進展による輸出の減少、および東アジア向け貨物の増大が挙げられる。

また、北米東岸航路輸入の需要関数については、為替レートを導入するとその係数が符号条件を満たさず、また $t$ 値も0.006と非常に小さかったため、為替レートを除いた推定を行った。

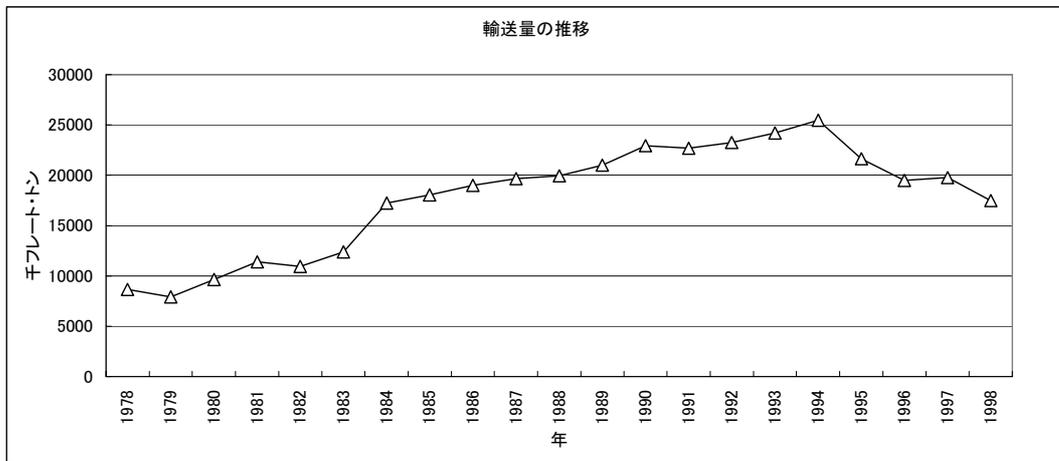


図 3-11 北米太平洋輸出航路のコンテナ輸送量変化

<sup>12</sup> 「通商白書」平成8年版において、平成7年は米国における在庫積上がりの影響等で乗用車等耐久消費財がドルベースで対前年比▲4.5%、円ベースで同▲12.6%と大幅な減少となつたとされている。

表 3-9 推定された関数式のまとめ(その1)

航路		推定結果
北米太平洋航路	輸入	需要関数： $Q = e^{4.749} p^{-0.353} GDP^{0.147} EX^{-0.052} Q_{-1}^{0.695}$ 供給関数： $p = e^{7.514} Q^{1.552} ST_J^{-1.346} FP^{0.371} e^{-0.451 \cdot DUM} p_{-1}^{0.717}$
	輸出	需要関数： $Q = e^{-2.039} p^{-0.294} GDP^{0.854} EX^{0.387} Q_{-1}^{0.626} DUM_{96-98}^{-0.320}$ 供給関数： $p = e^{5.978} Q^{0.529} ST_J^{-0.436} e^{-0.244 \cdot DUM} p_{-1}^{0.691}$
北米東岸航路	輸入	需要関数： $Q = e^{0.898} p^{-0.258} GDP^{0.479} Q_{-1}^{0.450}$ 供給関数： $p = e^{4.985} Q^{0.574} ST_J^{-0.429} FP^{0.384} e^{-0.112 \cdot DUM} p_{-1}^{0.436}$
	輸出	需要関数： $Q = e^{0.204} p^{-0.118} GDP^{0.799} EX^{0.508}$ 供給関数： $p = e^{10.703} Q^{0.669} ST_J^{-0.550} FP^{0.129} e^{-0.116 \cdot DUM} p_{-1}^{0.216}$

表 3-10 推定された関数式のまとめ(その2)

航路		推定結果
欧州航路	輸入	需要関数： $Q = e^{-7.970} p^{-0.099} GDP^{1.073} EX^{-0.238} Q_{-1}^{0.549}$ 供給関数： $p = e^{11.891} Q^{0.376} ST_J^{-0.791} FP^{0.191} e^{-0.035 \cdot DUM} p_{-1}^{0.646}$
	輸出	需要関数： $Q = e^{0.859} p^{-0.190} GDP^{0.441} EX^{0.039} Q_{-1}^{0.763}$ 供給関数： $p = e^{6.671} Q^{0.133} ST_J^{-0.346} p_{-1}^{0.830}$

### (3) 推定結果の妥当性の検討

ここでは、以下の手順で推定結果の妥当性を検証する。

- 1) 符号条件・t値・自由度修正済決定係数の妥当性の検証
- 2) 係数の大きさに関する妥当性の検証
- 3) 現況再現性の検証

#### 1) 符号条件・t値・自由度修正済決定係数の妥当性の検証

符号条件・t値・自由度修正済決定係数のそれぞれについて以下の考え方で妥当性を検証した。

##### ①符号条件

需要関数、供給関数の各説明変数の経済的な意味づけ等を元に、表3-11, 12のように各係数が満たすべき符号の条件を設定し、それを満たしているか否かを検証する。

表 3-11 需要関数における符号条件

係数	係る説明変数	符号条件およびその含意
$\alpha_1$	$\ln p$	- (運賃が上昇すれば輸送需要は減少する)
$\alpha_2$	$\ln GDP$	+ (経済活動水準が向上すれば輸送需要は増加する)
$\alpha_3$	$\ln EX$	輸入航路: - (円安になれば輸入量が減少) 輸出航路: + (円安になれば輸出量が増加)
$\alpha_4$	$\ln Q_{-1}$	+ (1期前の輸送量が大きければ、習慣効果により当期の輸送量も大きくなる)

表 3-12 供給関数における符号条件

係数	係る説明変数	符号条件およびその含意
$\beta_1$	$\ln Q$	+ (輸送量が増加すると、追加輸送量1単位あたりの輸送コストの増大分が大きくなる)
$\beta_2$	$\ln ST_j$	- (日本の港湾整備水準の向上により輸送コスト=運賃が低下する)
$\beta_3$	$\ln FP$	+ (燃料価格が上昇すれば輸送コストは上昇する)
$\beta_4$	$DUM$	- (プラザ合意以降、海運事業者は構造改革などにより輸送コストを縮減した)
$\beta_5$	$\ln p_{-1}$	+ (1期前の運賃が高ければ、習慣効果により当期の運賃も高くなる)

## ②t値<sup>13</sup>

一般的に絶対値が概ね 2 以上になることが望ましいとされているが、今回はデータの制約もありすべての変数について絶対値が 2 以上となる結果は得られなかったため、t 値が低い数値であっても一定程度は許容することとした。

<sup>13</sup> t 値とは、回帰分析して推定した係数を検定するための代表的な指標であり、おおむね 2 以上であれば「95%の確率で 0 ではない」、すなわち「その係数には意味がある」と見なされる（正確にはデータ数や係数の数に依存する）。W.S. Gosset が 20 世紀初めにこの指標の分布形に関する研究成果を「Student t」というペンネームで発表したことから「t 値」を呼ばれるようになった。

### ③自由度修正済決定係数<sup>14</sup>

概ね 0.8 以上が望ましいが、t 値と同様にデータ制約により全ての航路において 0.8 以上の結果を得ることは難しいと考えられるため、0.8 以下の値でも一定程度許容することとした。

以下の表 3-13～15 に各航路の推定結果の符号条件、t 値、自由度修正済決定係数をまとめたものを示す。符号条件はそれが満たされているものに○を、t 値は 2 以上のものに○を、自由度修正済決定係数は 0.8 以上のものに○をつけている。

---

<sup>14</sup> 最小自乗法により推定された式において、被説明変数の全変動のうち、説明変数の変動によって説明される部分の割合を「決定係数」と呼び、これは 0 から 1 の間の値をとる。「決定係数」は推定式の説明力の高さを表現する指標であるが、この指標は説明変数の数が増えれば必ず高くなる（1 に近づく）ため、この指標だけでは不十分である。「自由度修正済決定係数」はこれを回避するために「自由度」（データの数  $n$  から係数の数  $k$  を引いた値）で調整した決定係数で、これは説明変数を増加させても、自由度の減少分以上の改善が見られなければ、低下するという特性を持つ。

表 3-13 北米太平洋輸入・輸出航路の推定結果

①北米太平洋輸入航路

【需要関数】

係数	係る説明変数	推定値	符号条件	t 値	t 値の条件
$\alpha_0$		4.759		1.394	
$\alpha_1$	$\ln p$	-0.353	○	-5.515	○
$\alpha_2$	$\ln GDP$	0.695	○	3.571	○
$\alpha_3$	$\ln EX$	-0.052	○	0.353	
$\alpha_4$	$\ln Q_{-1}$	0.695	○	-0.394	
自由度修正済決定係数		0.986 (○)			

【供給関数】

係数	係る説明変数	推定値	符号条件	t 値	t 値の条件
$\beta_0$		7.514		1.315	
$\beta_1$	$\ln Q$	1.552	○	2.401	○
$\beta_2$	$\ln ST_j$	-1.346	○	-1.875	
$\beta_3$	$\ln FP$	0.371	○	1.977	
$\beta_4$	$DUM$	-0.451	○	0.353	
$\beta_5$	$\ln p_{-1}$	0.717	○	-3.565	○
自由度修正済決定係数		0.807 (○)			

②北米太平洋輸出航路

【需要関数】

係数	係る説明変数	推定値	符号条件	t 値	t 値の条件
$\alpha_0$		-2.039		-0.353	
$\alpha_1$	$\ln p$	-0.294	○	-1.044	
$\alpha_2$	$\ln GDP$	0.854	○	1.378	
$\alpha_3$	$\ln EX$	0.387	○	2.041	○
$\alpha_4$	$\ln Q_{-1}$	0.626	○	2.635	○
$\alpha_5$	$DUM_{96-98}$	-0.320	○	-2.033	○
自由度修正済決定係数		0.919 (○)			

【供給関数】

係数	係る説明変数	推定値	符号条件	t 値	t 値の条件
$\beta_0$		5.978		0.959	
$\beta_1$	$\ln Q$	0.529	○	1.465	
$\beta_2$	$\ln ST_j$	-0.436	○	-1.702	
$\beta_3$	$\ln FP$				
$\beta_4$	$DUM$	-0.244	○	-1.978	
$\beta_5$	$\ln p_{-1}$	0.691	○	2.554	○
自由度修正済決定係数		0.776 ( )			

表 3-14 北米東岸輸入・輸出航路の推定結果

③北米東岸輸入航路

【需要関数】

係数	係る説明変数	推定値	符号条件	t 値	t 値の条件
$\alpha_0$		0.898		0.143	
$\alpha_1$	$\ln p$	-0.258	○	-1.717	
$\alpha_2$	$\ln GDP$	0.479	○	0.959	
$\alpha_3$	$\ln EX$				
$\alpha_4$	$\ln Q_{-1}$	0.450	○	2.081	○
自由度修正済決定係数		0.898 (○)			

【供給関数】

係数	係る説明変数	推定値	符号条件	t 値	t 値の条件
$\beta_0$		4.985		1.001	
$\beta_1$	$\ln Q$	0.574	○	1.617	
$\beta_2$	$\ln ST_j$	-0.429	○	-1.297	
$\beta_3$	$\ln FP$	0.384	○	2.575	○
$\beta_4$	$DUM$	-0.112	○	-1.196	
$\beta_5$	$\ln p_{-1}$	0.436	○	1.931	
自由度修正済決定係数		0.900 (○)			

④北米東岸輸出航路

【需要関数】

係数	係る説明変数	推定値	符号条件	t 値	t 値の条件
$\alpha_0$		0.204		0.034	
$\alpha_1$	$\ln p$	-0.118	○	-0.310	
$\alpha_2$	$\ln GDP$	0.799	○	2.080	○
$\alpha_3$	$\ln EX$	0.508	○	1.604	
$\alpha_4$	$\ln Q_{-1}$				
自由度修正済決定係数		0.430 ( )			

【供給関数】

係数	係る説明変数	推定値	符号条件	t 値	t 値の条件
$\beta_0$		10.703		1.384	
$\beta_1$	$\ln Q$	0.669	○	1.374	
$\beta_2$	$\ln ST_j$	-0.550	○	-1.218	
$\beta_3$	$\ln FP$	0.129	○	0.984	
$\beta_4$	$DUM$	-0.116	○	-1.368	
$\beta_5$	$\ln p_{-1}$	0.216	○	0.780	
自由度修正済決定係数		0.847 (○)			

表 3-15 欧州輸入・輸出航路の推定結果

⑤ 欧州輸入航路

【需要関数】

係数	係る説明変数	推定値	符号条件	t 値	t 値の条件
$\alpha_0$		-7.970		-1.249	
$\alpha_1$	$\ln p$	-0.099	○	-0.696	
$\alpha_2$	$\ln GDP$	1.073	○	2.050	○
$\alpha_3$	$\ln EX$	-0.238	○	-1.265	
$\alpha_4$	$\ln Q_{-1}$	0.549	○	2.956	○
自由度修正済決定係数		0.983 (○)			

【供給関数】

係数	係る説明変数	推定値	符号条件	t 値	t 値の条件
$\beta_0$		11.891		1.825	
$\beta_1$	$\ln Q$	0.376	○	1.065	
$\beta_2$	$\ln ST_j$	-0.791	○	-1.422	
$\beta_3$	$\ln FP$	0.191	○	2.114	○
$\beta_4$	$DUM$	-0.035	○	-0.631	
$\beta_5$	$\ln p_{-1}$	0.646	○	4.435	○
自由度修正済決定係数		0.966 (○)			

⑥ 欧州輸出航路

【需要関数】

係数	係る説明変数	推定値	符号条件	t 値	t 値の条件
$\alpha_0$		0.859		0.285	
$\alpha_1$	$\ln p$	-0.190	○	-1.688	
$\alpha_2$	$\ln GDP$	0.441	○	0.679	
$\alpha_3$	$\ln EX$	0.039	○	0.190	
$\alpha_4$	$\ln Q_{-1}$	0.763	○	2.725	○
自由度修正済決定係数		0.964 (○)			

【供給関数】

係数	係る説明変数	推定値	符号条件	t 値	t 値の条件
$\beta_0$		6.671		0.604	
$\beta_1$	$\ln Q$	0.133	○	0.202	
$\beta_2$	$\ln ST_j$	-0.346	○	-0.377	
$\beta_3$	$\ln FP$				
$\beta_4$	$DUM$				
$\beta_5$	$\ln p_{-1}$	0.830	○	4.161	○
自由度修正済決定係数		0.724 ( )			

符号条件については、今回各航路で導入した変数についてはすべて符号条件は満たされており、妥当な結果であることが分かる。

次に、 $t$  値については 2 以上の係数はそれほど多くはないが、多くの係数は 1 を上回っており、データの制約<sup>15</sup>を考慮すれば許容される結果と考えられる。

最後に、自由度修正済決定係数については、北米東岸輸出航路の需要関数、欧州輸出航路の供給関数を除いて 0.8 以上と高い結果が得られた。北米東岸輸出航路の需要関数の自由度修正済決定係数が非常に低い値となっているが、これは北米東岸航路には米国以外との輸送も含まれている<sup>16</sup>ため、米国 GDP や為替レートだけでは需要動向を説明しきれていないためと考えられる。しかし、米国以外の着地について詳細なデータを時系列で得ることは非常に困難であることから、今回は米国 GDP および為替レートを用いた結果で許容するものとした。

なお、航路によってはいくつか変数を除外して推定している航路もある（北米太平洋輸出航路の供給関数の  $\ln FP$  など）が、これは当該変数を導入した推定では符号条件が満たされなかったためである。

---

<sup>15</sup> データは 1979～1998 年の 20 年間の時系列データであるが、パラメータ数が需要関数で 4、供給関数で 5 であり、自由度は 15～16 とやや小さく、安定的な結果は得られにくいと考えられる。

<sup>16</sup> なお、国土交通省資料によれば、1998 年における日本－北米東岸航路の輸送量は 6,018（千フレートトン）であり、一方 PIERS データによれば、2000 年 1 月～3 月の四半期における日本から北米東岸の各港湾への輸送量（米国着貨物）は 905,108（メトリックトン）である。これらのデータは年次は整合しないが、ここから北米東岸輸出航路に占める米国着貨物の比率を概算すると、 $(905,108 \times 4) / (6,018,000 \times 0.919) = 0.655$  となり、米国着貨物の比率は約 66%となる。残りの 1/3 は米国以外の国への着貨物と考えられる。

## 2) 係数の大きさに関する妥当性の検証

ここでは推定された係数の大きさがその経済的含意などに照らして妥当であるか否かについて考察する。

需要関数・供給関数における主要な係数および t 値を航路毎に整理すると以下のようになる。

表 3-16 主要な係数値の整理

### 【需要関数における主要な係数値】

航路	$\ln p$ に係る係数 $\alpha_1$ (需要の運賃弾力性)	$\ln GDP$ に係る係数 $\alpha_2$ (需要のGDP弾力性)
①北米太平洋輸入航路	-0.353 [-5.515]	0.147 [0.353]
②北米太平洋輸出航路	-0.294 [-1.044]	0.854 [1.378]
③北米東岸輸入航路	-0.258 [-1.717]	0.479 [0.959]
④北米東岸輸出航路	-0.118 [-0.310]	0.799 [2.080]
⑤欧州輸入航路	-0.099 [-0.696]	1.073 [2.050]
⑥欧州輸出航路	-0.190 [-1.688]	0.441 [0.679]

※ [ ] 内は t 値

### 【供給関数における主要な係数値】

航路	$\ln Q$ に係る係数 $\beta_1$ (運賃の輸送量弾力性)	$\ln ST_j$ に係る係数 $\beta_2$ (運賃の日本の港湾ストック弾力性)	$\ln FP$ に係る係数 $\beta_3$ (運賃の燃料価格弾力性)
①北米太平洋輸入航路	1.552 [2.410]	-1.346 [-1.875]	0.371 [1.977]
②北米太平洋輸出航路	0.529 [1.465]	-0.436 [-1.702]	—
③北米東岸輸入航路	0.574 [1.617]	-0.427 [-1.297]	0.384 [2.575]
④北米東岸輸出航路	0.669 [1.374]	-0.550 [-1.218]	0.129 [0.984]
⑤欧州輸入航路	0.376 [1.065]	-0.791 [-1.422]	0.191 [2.114]
⑥欧州輸出航路	0.133 [0.202]	-0.346 [-0.377]	—

※ [ ] 内は t 値

以下各係数についての考察を示す。

#### ①需要の運賃弾力性 $\alpha_1$

需要の運賃弾力性  $\alpha_1$  は  $-0.1 \sim -0.35$  の範囲に収まっており、交通需要の価格弾力性として既往の研究結果（表 3-17 参照）とほぼ同様のオーダーの計測結果となっていると考えられる。

また、航路別に見ると北米航路の方が欧州航路よりも全般的に運賃弾力性が高い。これは、北米航路で運ばれている貨物の運賃弾力性が欧州航路より高いことを示唆

している。北米航路と欧州航路のコンテナ貨物の品目構成を比較すると、輸出についてはあまり変わらないが、輸入については北米航路において飼料、野菜果物などの最終消費財、あるいは最終消費財に近い品目が多くなっている（図3-12～13）。これらの最終消費財については輸送費が価格に転嫁されやすく、またアジアからの輸入財との代替性が高いため、運賃弾力性が高くなっているものと考えられる。

**【参考：海運需要関数の推定例】**

海運需要関数の推定例として、「高田富夫：海運用役需要の統計分析、海運経済研究、No.11 pp.77～95、1977」が挙げられる。そこでは1955～1975年の時系列データを用いて、日本へ輸入される原油輸送量、鉄鋼石輸送量（トンマイルベース）の運賃弾力性、GDP弾力性が通常最小二乗法（OLS）により推定されており、関数形により幅のある結果が得られている（下表）。

非常に古いデータを用いており、また品目もコンテナ貨物とは違うことから、単純今回の推定とは比較できないが、ミクロ経済理論に基づいた海運需要関数の推定例としては類似している。また、運賃弾力性についてはこの研究結果と同様の範囲に収まっているものと考えられる。

表 3-17 「海運用役需要の統計分析」における推定例

対象とする品目	需要の運賃弾力性	需要のGDP弾力性
原油輸送量	-0.399～-0.500	1.340～1.720
鉄鉱石輸送量	-0.340～-0.415	1.810～1.938

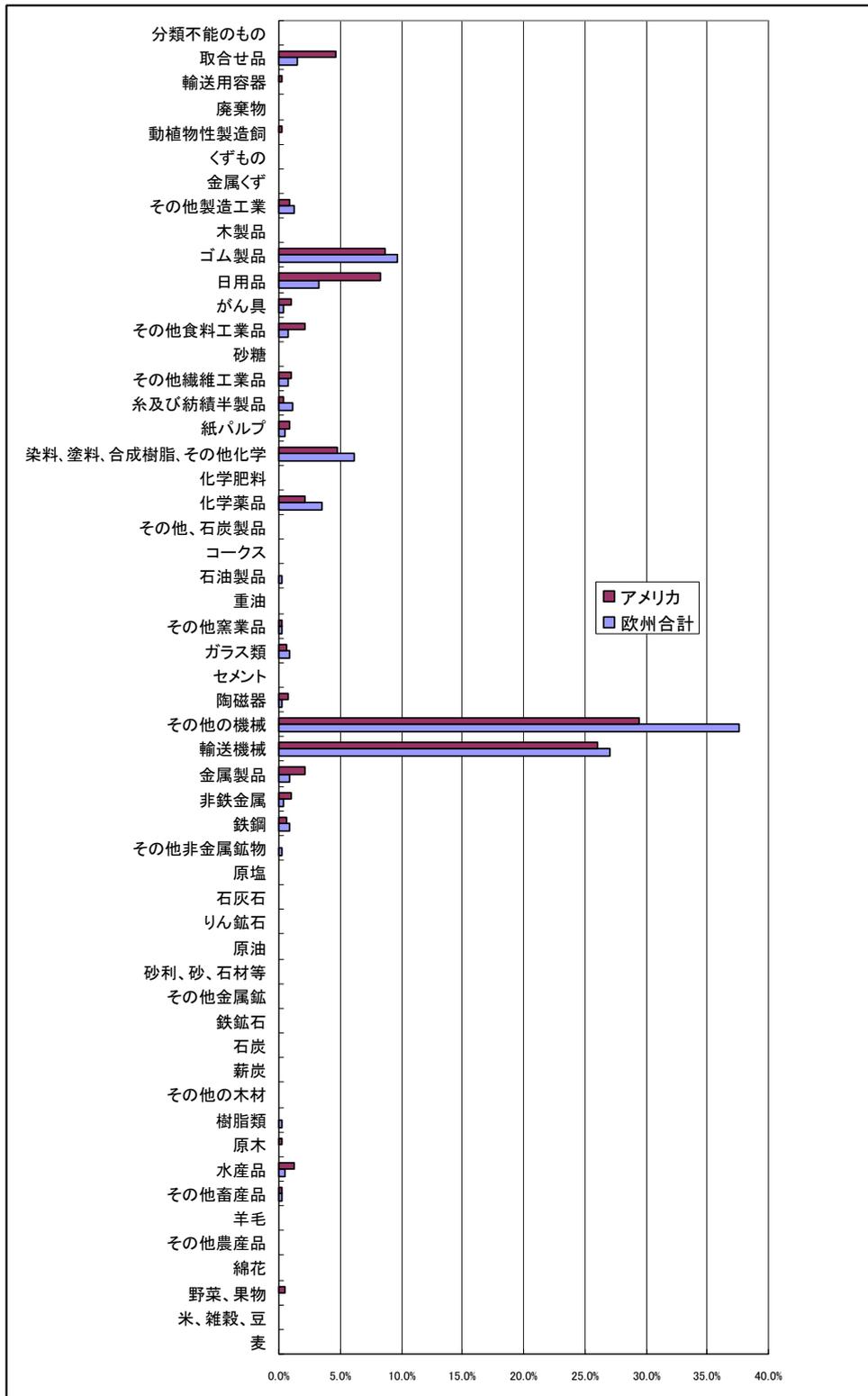


図 3-12 日本発欧州・米国着のコンテナ輸送品目構成比(1998年)

資料) 国土交通省資料

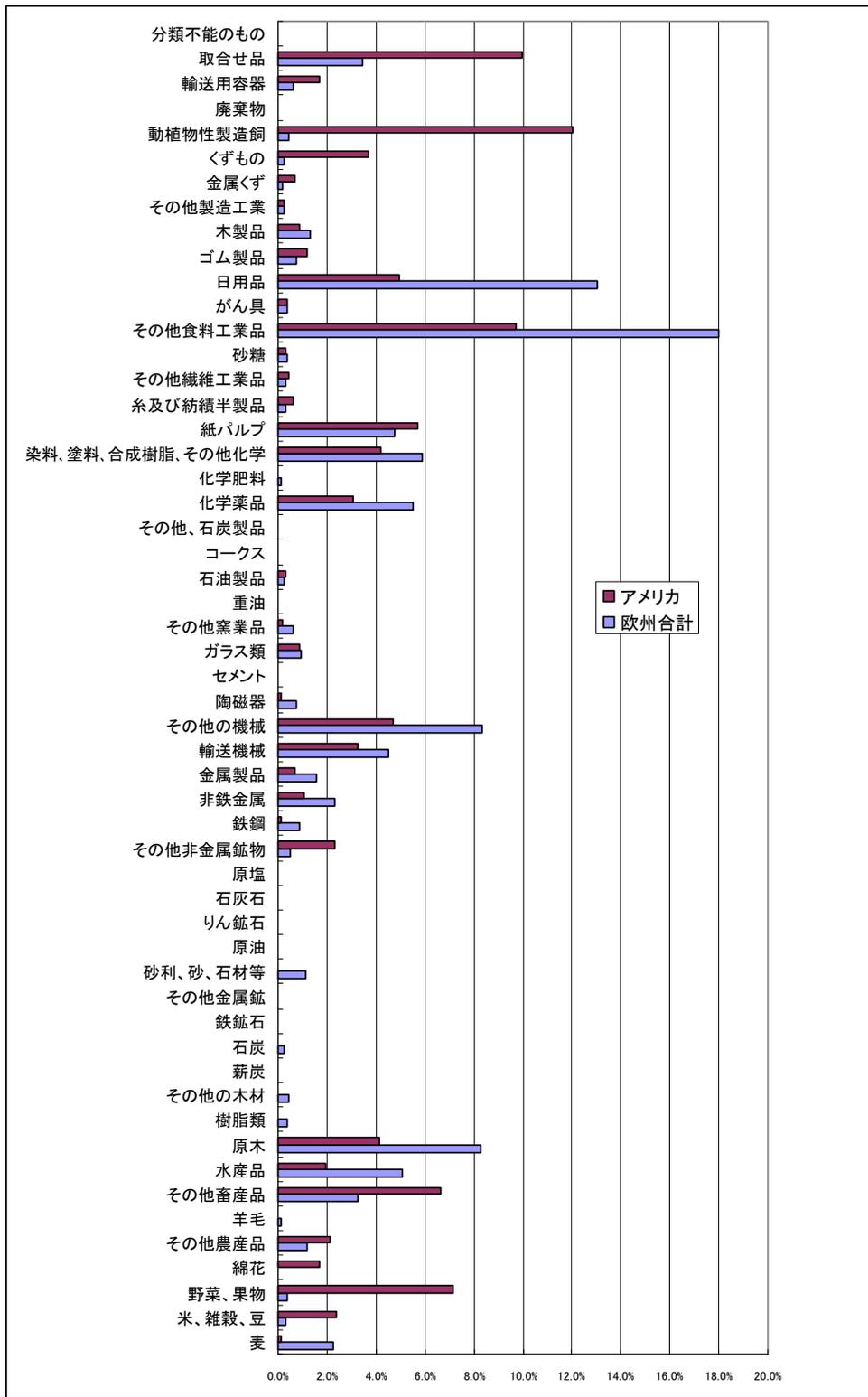


図 3-13 欧州・米国発日本着のコンテナ輸送品目構成比(1998年)

資料) 国土交通省資料

### ②需要のGDP弾力性 $\alpha_2$

需要の GDP 弾力性については+0.15～+1.10 とやや広い範囲にばらついているが、これについても交通需要の GDP 弾力性としては既往の研究成果（表 3-17 参照）と同様のオーダーであると言える。

欧州輸入航路の GDP 弾力性が高航路と比べて大きいのは、これは欧州からのコンテナ貨物の品目において日用品や食料工業品など、生活必需品に近いものが多いためと考えられる。

### ③運賃の輸送量弾力性 $\beta_1$

北米太平洋航路で大きく、欧州航路が比較的小さい値となっている。この係数が大きいことは、輸送量を 1% 増加させるために必要な限界費用が大きいことを表している。これは、北米太平洋航路では輸送量自体が欧州航路と比べて大きいため（1998 年時点でコンテナ輸送量にして約 1.5 倍）、一定割合の輸送量を増加させるための追加的費用が大きいことが大きな理由と考えられる。たとえば、欧州航路の輸送量が 10% 増えても現状の船腹量でまかなえるのに対し、北米航路の輸送量が 10% 増えた場合、新たに船舶を追加投入しなければならない場合があると考えられる。

また、以下に示すように、近年においては欧州航路の方が船型が大きいため、規模の経済が働き、1 TEU あたりの輸送コストが小さくなっていることも要因と考えられる。

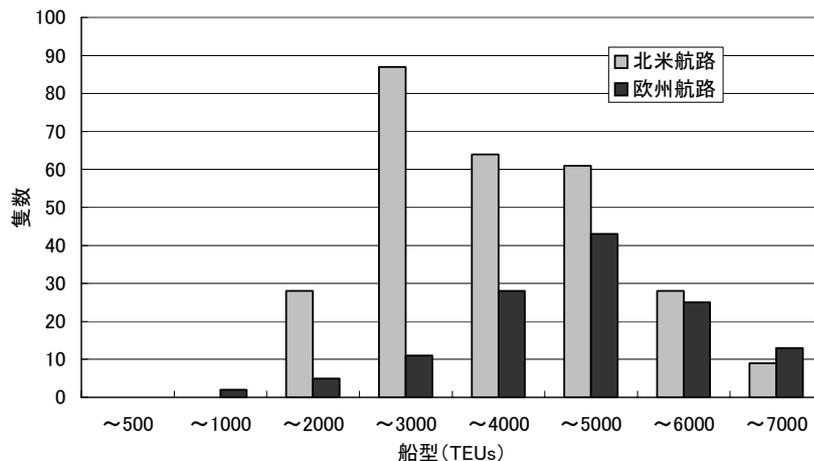


図 3-14 日本—北米・欧州航路の船型分布比較(2000 年)

資料) 国際輸送ハンドブック

### ③ 運賃の日本の港湾ストック弾力性 $\beta_2$

これは日本の港湾ストックが各航路の運賃に与える影響力を示す指標であり、北米太平洋輸入航路が特に大きい。これも、③と同様に、北米航路の輸送量が大きいため、港湾整備により大規模船舶が投入できるようになることの効果が大きいことなどが理由として考えられる。

また、日本に寄港する船の最大船型の推移をみると（図3-15，図3-16）、1996年頃までは北米航路の方が船型が大きく、また当該時期には日本には大水深バースが少なかったため（図3-17）、大水深バースの建設が大きく影響したのが北米航路であったとも推察される。

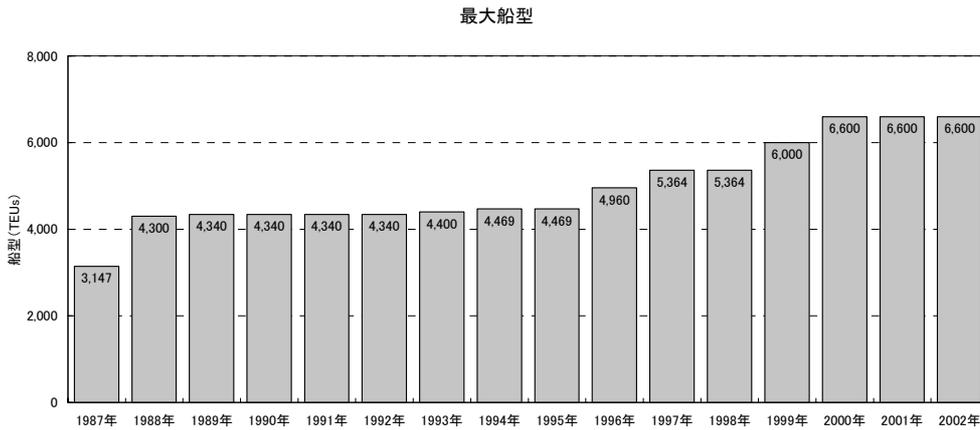


図 3-15 日本に寄港する最大船型の推移(北米航路)

資料) 国際輸送ハンドブック

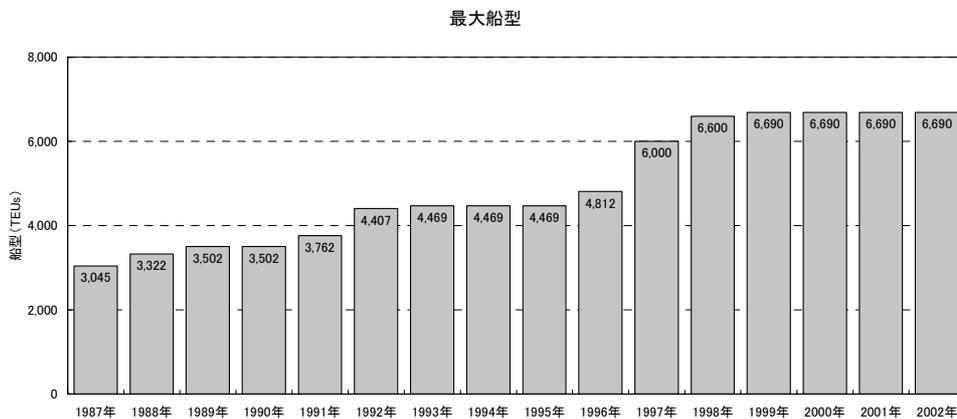


図 3-16 日本に寄港する最大船型の推移(欧州航路)

資料) 国際輸送ハンドブック

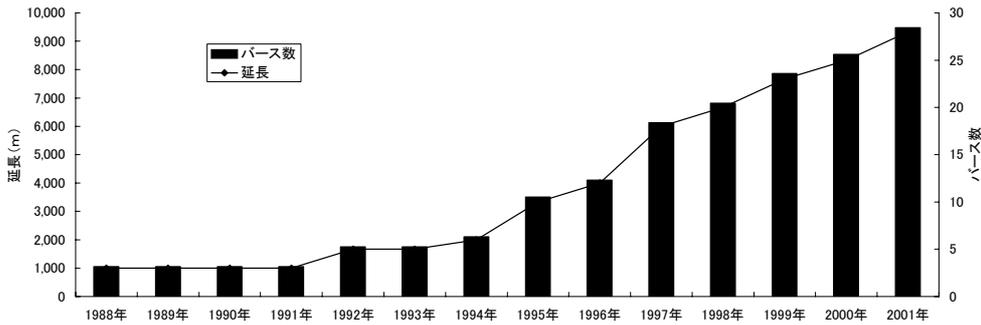


図 3-17 日本における水深 14m 以上の岸壁延長およびバース数の推移

資料) 国際輸送ハンドブック、神戸市みなと総局ホームページ

### ⑤ 運賃の燃料価格弾力性 $\beta_3$

これは燃料価格が 1% 上昇した際の運賃の増加率を表現しており、燃料費が変動費としてどれだけの影響を及ぼしているかを表現している。北米太平洋輸入航路などでは有意な係数値が得られており、航路によっては変動費として大きな影響を及ぼしていることが伺える。

以上の各弾力性に関する考察により、今回推定された主要な係数値については、その大きさ自体もその経済的含意に照らして概ね妥当な水準であることがわかる。

### 3) 現況再現性の検証

推定された係数を用いて、各航路における需要関数・供給関数の現況再現性を以下に示す。具体的には、推定された係数および各年の輸入国国内総生産、為替相場、日本の港湾ストック額、燃料価格などの実績値を式(3-12)、(3-13)に代入し、輸送量  $Q$ 、運賃  $p$  についての現況再現値を計算する。その現況再現値の時系列データと、実績の輸送量、運賃とを比較することにより検証を行う。

ここで検証のポイントは、「各年の輸送量、運賃の水準を概ね再現できていること」および「実績値の変曲点（上昇から下降、あるいは下降から上昇に転じる部分）を概ね再現できていること」の 2 点である。

以下に各航路別の現況再現性を示すグラフを整理する。欧州輸出航路が若干再現性が悪いものの、全体として各年の輸送量、運賃の水準、実績値の変曲点は概ね再現されており、妥当な再現性を示していると考えられる。

①北米太平洋航路

【輸入航路】

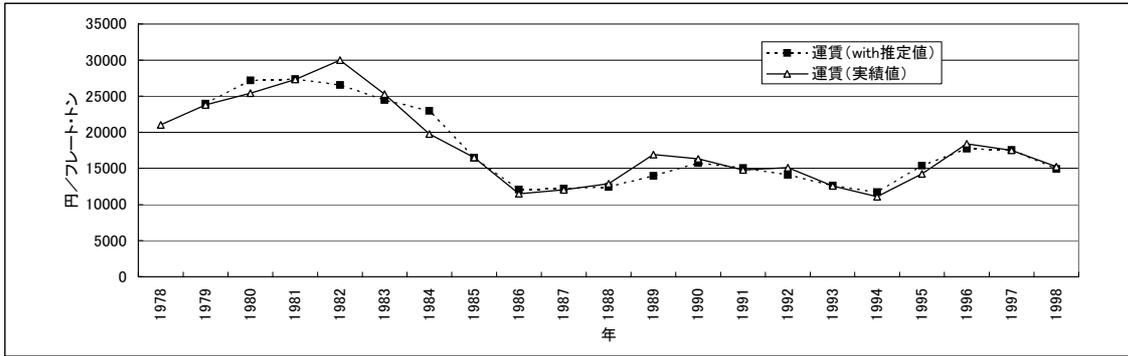


図 3-18 運賃の現況再現性 (再掲)

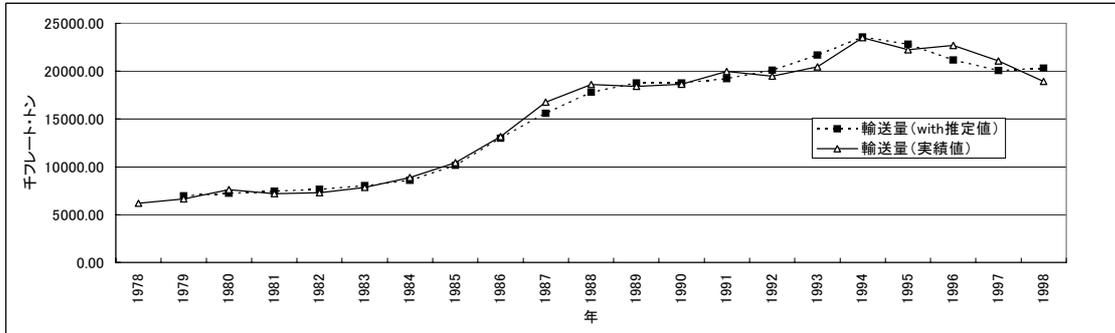


図 3-19 輸送量の現況再現性 (再掲)

【輸出航路】

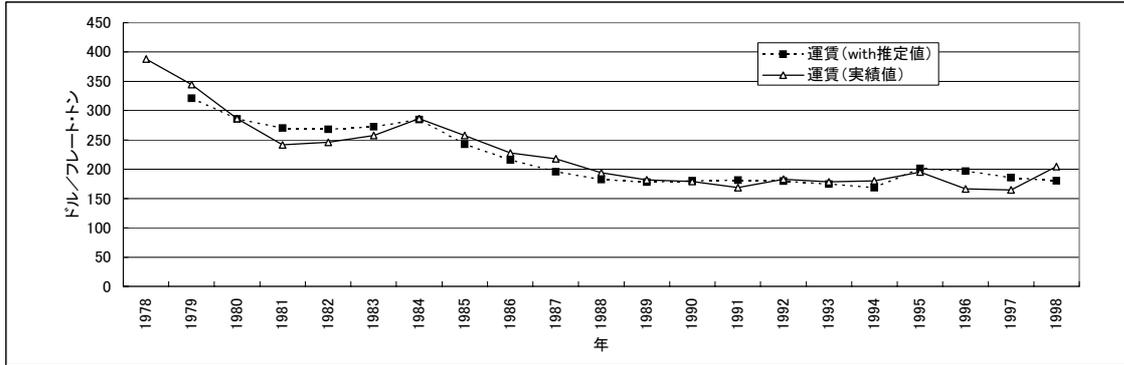


図 3-20 運賃の現況再現性

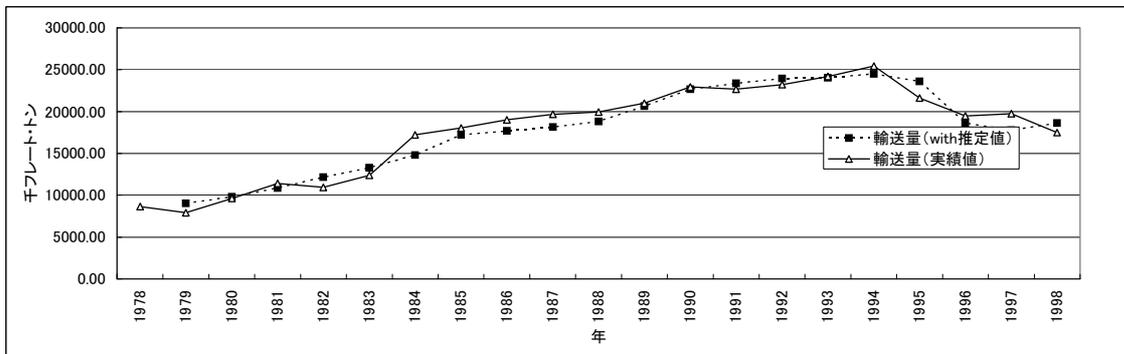


図 3-21 輸送量の現況再現性

## ②北米東岸航路

### 【輸入航路】

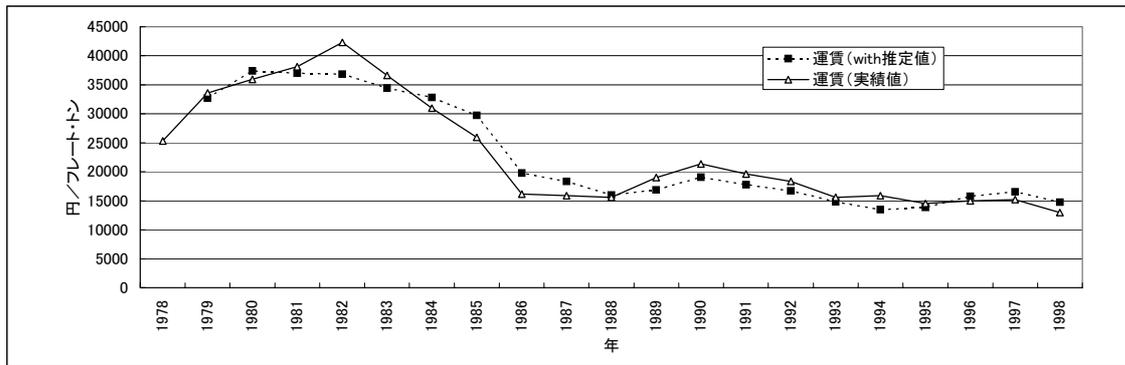


図 3-22 運賃の現況再現性

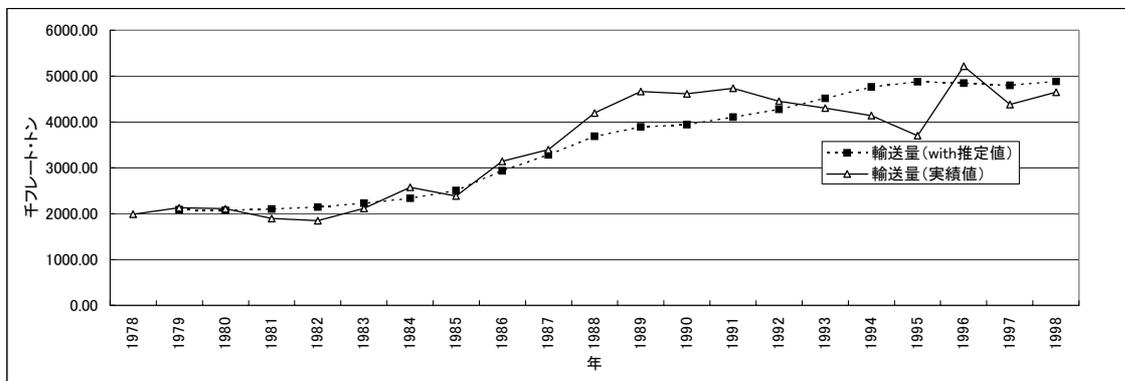


図 3-23 輸送量の現況再現性

【輸出航路】

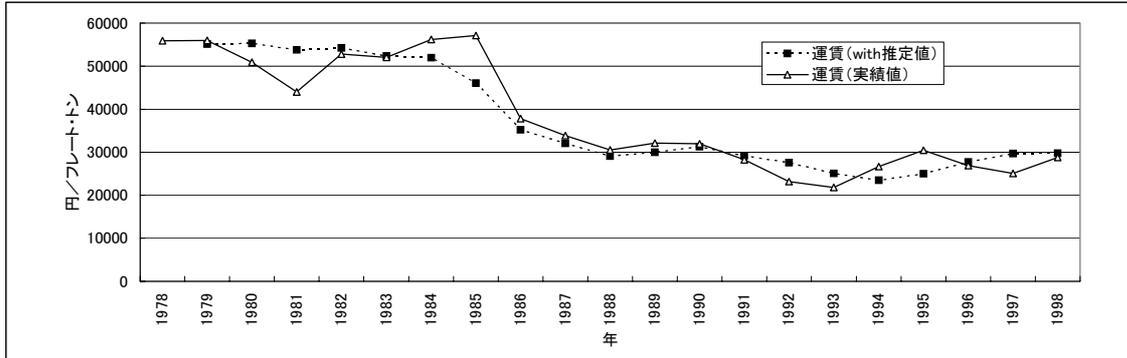


図 3-24 運賃の現況再現性

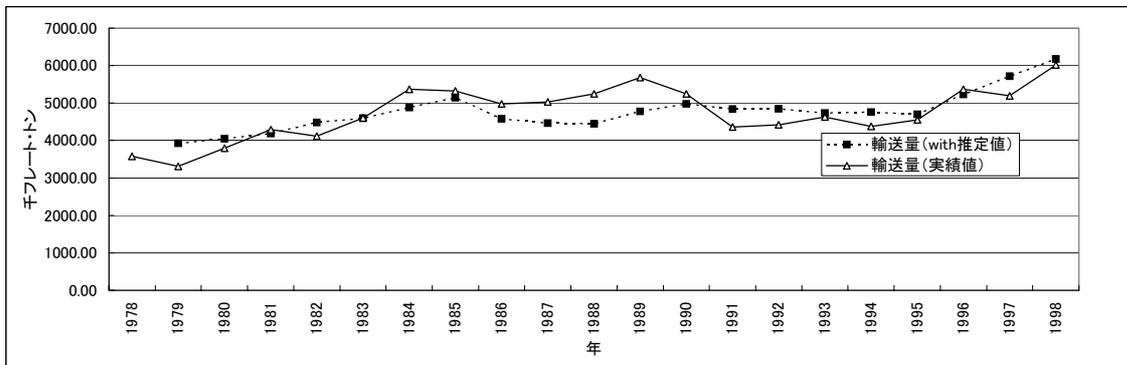


図 3-25 輸送量の現況再現性

### ③ 欧州航路

#### 【輸入航路】

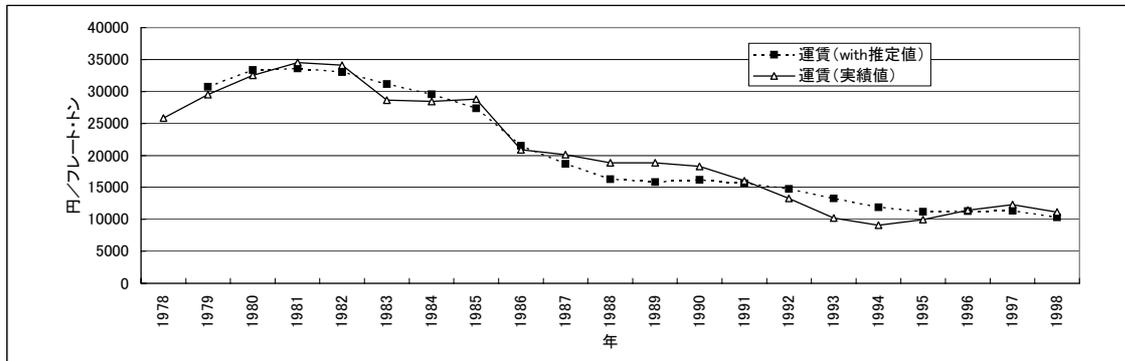


図 3-26 運賃の現況再現性

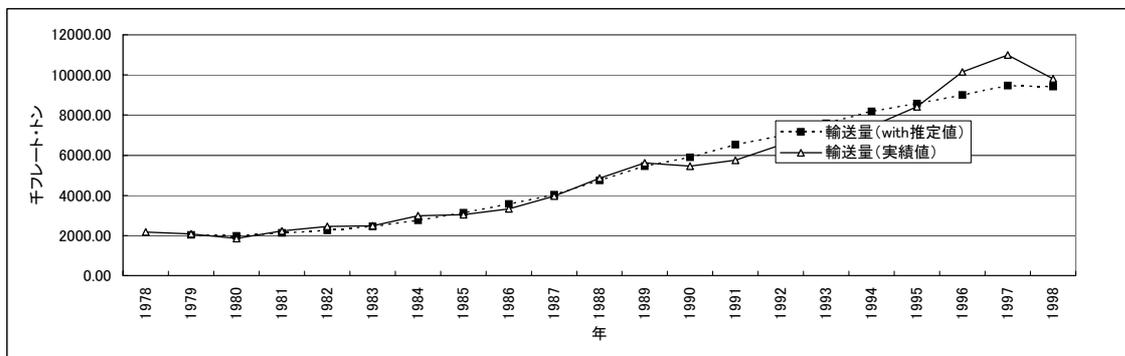


図 3-27 輸送量の現況再現性

## 【輸出航路】

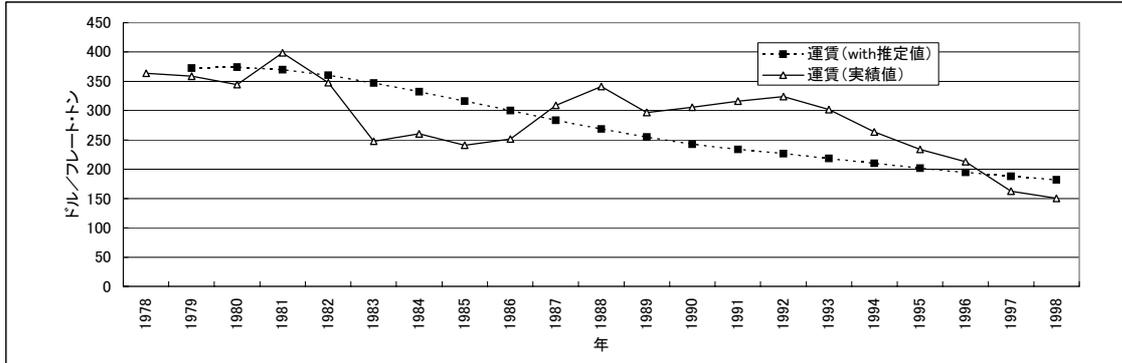


図 3-28 運賃の現況再現性

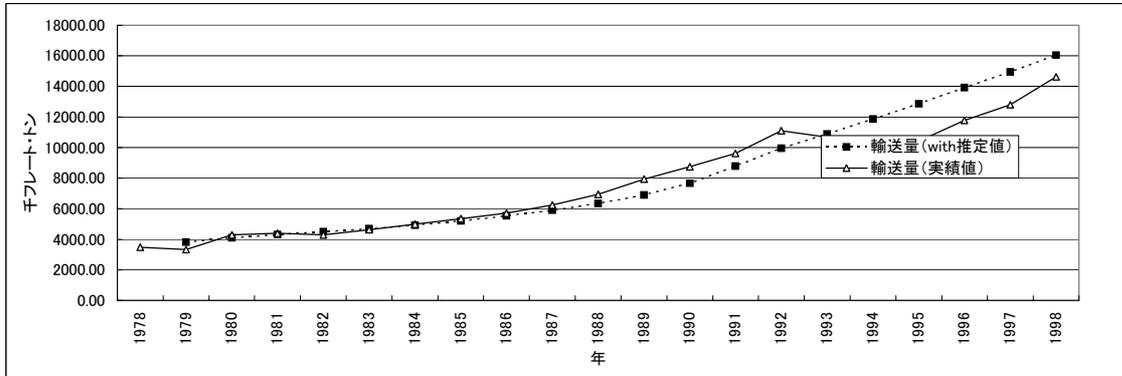


図 3-29 輸送量の現況再現性

## 4) 検証結果のまとめ

以上「1) 符号条件・t値・自由度修正済決定係数の妥当性の検証」、「2) 係数の大きさに関する妥当性の検証」、「3) 現況再現性の検証」を行ったが、いずれの観点からも今回推定された関数は概ね妥当なものであると考えられる。従って、以下の検討では今回推定された係数を元に、わが国における港湾投資の効果計測を行うものとする。

#### (4) 港湾投資の経済効果の推計

推定した各航路別の需要関数・供給関数を用いて、1984年以降のわが国における港湾投資の経済効果について推計した。ここで1984年以降の港湾投資を対象としたのは、日本において14m以上の水深のコンテナターミナル整備の着工が開始されたのがこの時期であり<sup>17</sup>、それ以降の大水深バース整備への投資効果を計測するのに適した期間であると考えられたためである。

具体的には、前述のように without, with の条件を

with case:実績どおりに港湾投資が行われた場合

without case:1983年以降、特定の年まで港湾投資が行われなかったと仮定した場合<sup>18</sup>

と設定した上で、各年の利用者便益・供給者便益、およびこの2つを足した社会的便益を計測した。これは、1983年以降、特定の年まで港湾投資が行われなかった場合に失われたであろう便益を計測しているものと解釈できる。

便益の推計結果を、利用者便益、供給者便益それぞれについて図3-30～31および表3-18～19に示す。最後に、図3-32および表3-20に両者を合わせた社会的便益についても計測結果を示す。

<sup>17</sup> 図3-30に示すとおり、日本における14m以上バースは神戸港で初めて整備されたが、これらのバースは1つが1982年、残る2つが1984年に着工している。

<sup>18</sup> ここで、本来、without ケースにおいては1984年以降除却される分だけ港湾ストック額が目減りする設定とする必要があるが、今回は簡便のため without ケースについては1983年以降港湾ストック額は一定であると仮定した。したがって、今回の推計結果は without ケースで除却を考えていない分、若干過小な推計となっていることに留意する。

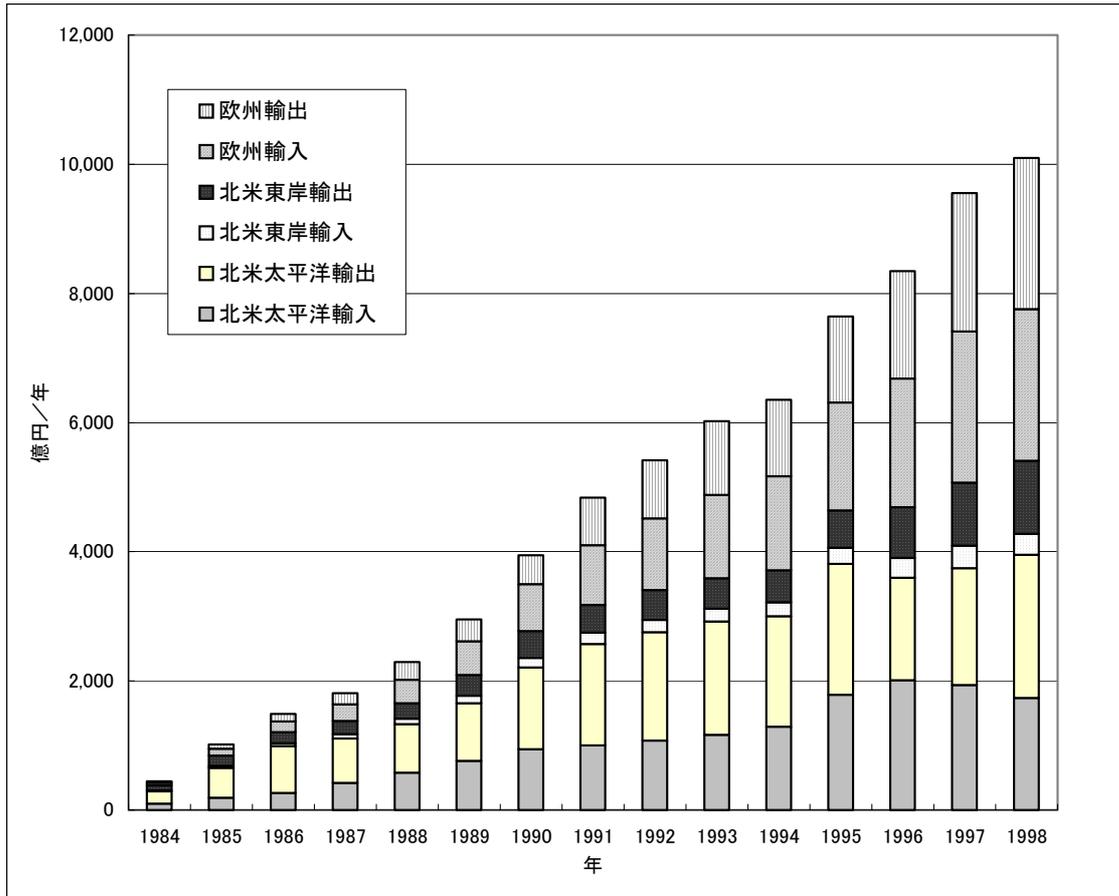


図 3-30 各航路における日本の港湾投資による利用者便益(1995年価格)

表 3-18 各航路における日本の港湾投資による利用者便益(1995年価格)

(単位: 億円/年)

年	北米太平洋輸入	北米太平洋輸出	北米東岸輸入	北米東岸輸出	欧州輸入	欧州輸出	合計
1984	103	185	17	77	38	25	445
1985	191	461	37	158	104	62	1,013
1986	269	721	47	170	168	115	1,489
1987	421	684	67	211	253	178	1,814
1988	575	755	84	244	362	271	2,290
1989	762	892	113	325	525	336	2,953
1990	941	1,264	151	415	723	450	3,944
1991	1,000	1,573	170	430	928	739	4,839
1992	1,073	1,685	188	465	1,106	900	5,416
1993	1,169	1,747	199	473	1,289	1,145	6,022
1994	1,293	1,710	210	499	1,458	1,178	6,349
1995	1,785	2,024	249	583	1,664	1,336	7,643
1996	2,007	1,592	306	782	1,997	1,662	8,346
1997	1,934	1,816	340	976	2,345	2,137	9,549
1998	1,738	2,212	329	1,133	2,348	2,340	10,100

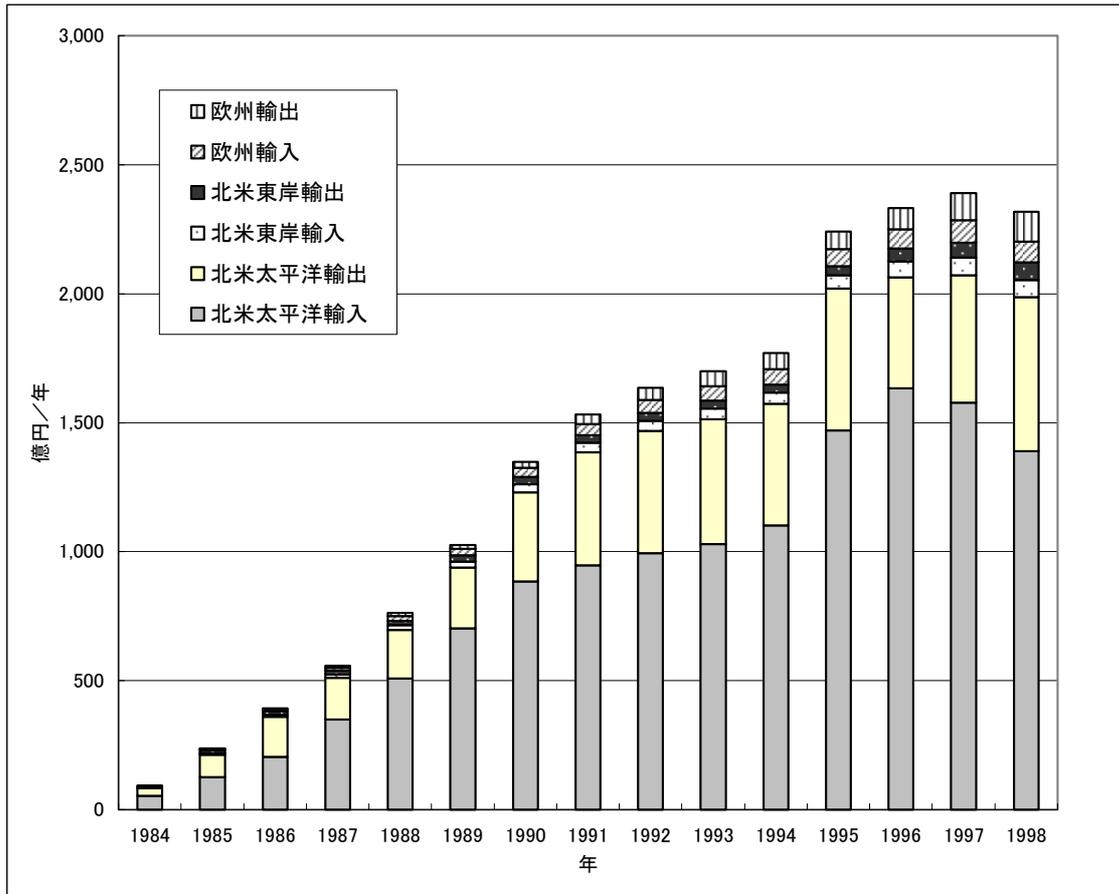


図 3-31 各航路における日本の港湾投資による供給者便益(1995年価格)

表 3-19 各航路における日本の港湾投資による供給者便益(1995年価格)

(単位: 億円/年)

年	北米太平洋輸入	北米太平洋輸出	北米東岸輸入	北米東岸輸出	欧州輸入	欧州輸出	合計
1984	54	28	3	6	1	1	93
1985	126	87	6	12	4	2	238
1986	204	156	9	13	8	4	393
1987	349	161	13	15	12	7	558
1988	508	190	17	17	18	12	762
1989	703	235	24	23	26	16	1,026
1990	885	345	32	29	35	22	1,347
1991	947	439	36	29	44	37	1,532
1992	995	473	40	31	51	46	1,635
1993	1,029	485	41	31	56	59	1,700
1994	1,102	471	43	32	61	60	1,769
1995	1,470	551	51	37	66	68	2,241
1996	1,633	431	62	48	75	83	2,333
1997	1,578	493	69	59	85	107	2,391
1998	1,390	597	66	68	82	116	2,318

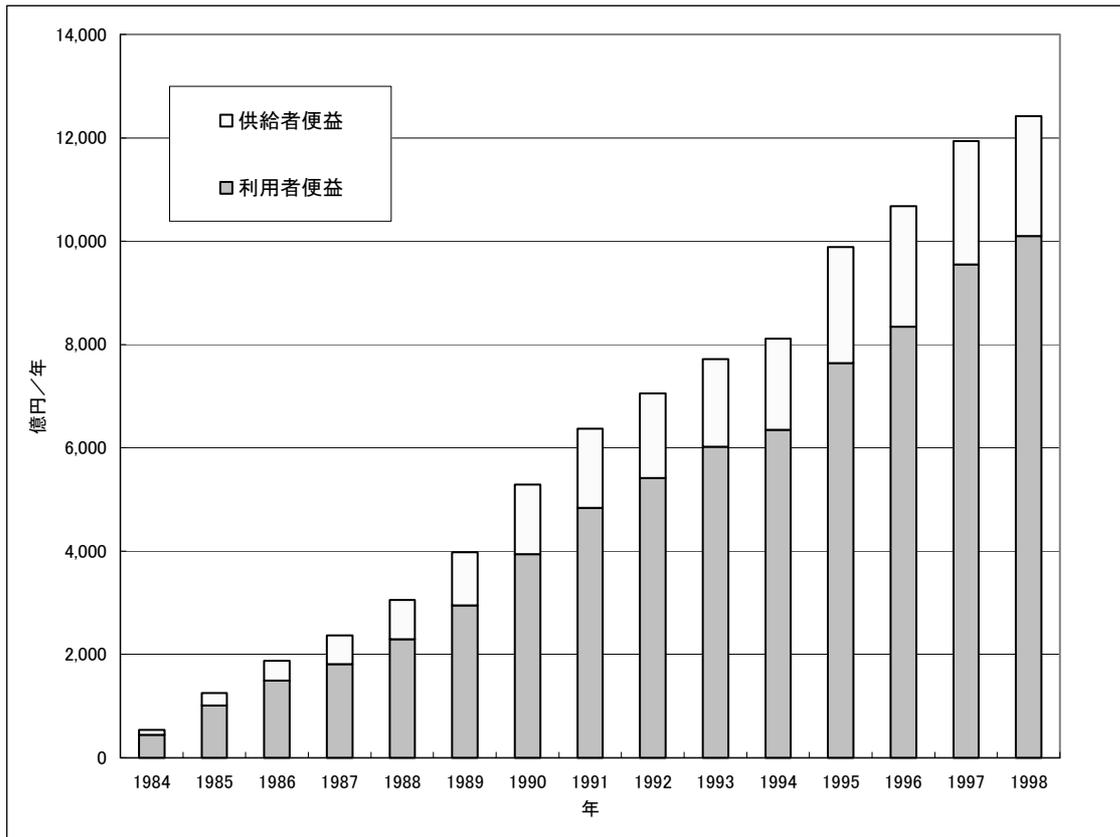


図 3-32 日本の港湾投資による社会的便益(1995年価格)

表 3-20 日本の港湾投資による社会的便益(1995年価格)

(単位: 億円/年)

年	利用者便益	供給者便益	合計
1984	445	93	538
1985	1,013	238	1,251
1986	1,489	393	1,882
1987	1,814	558	2,372
1988	2,290	762	3,052
1989	2,953	1,026	3,979
1990	3,944	1,347	5,292
1991	4,839	1,532	6,371
1992	5,416	1,635	7,051
1993	6,022	1,700	7,722
1994	6,349	1,769	8,117
1995	7,643	2,241	9,883
1996	8,346	2,333	10,679
1997	9,549	2,391	11,939
1998	10,100	2,318	12,418

## (5) 経済効果の推計結果に関する考察

### 1) 推計された経済効果の見方

(4) より、たとえば 1998 年において、港湾投資が 1983 年以降行われなかったと仮定した場合と比較して約 1 兆 2,400 億円／年の社会的便益が発生する結果となった。これは、1998 年において、仮に 1983 年時点の港湾施設水準で輸送が行われた場合、船舶の大型化による輸送コスト縮減のメリットを享受できなくなることで等により、年間 1 兆 2,400 億円の便益が失われるであろうことを意味する<sup>19</sup>。

年間 1 兆 2,400 億円という便益額は、感覚的には大きい値である。これは、実際の輸送運賃の下落が、船舶の大型化による輸送コストの縮減想定額よりも大きいこと等に起因している。(図 3-33 参照)。

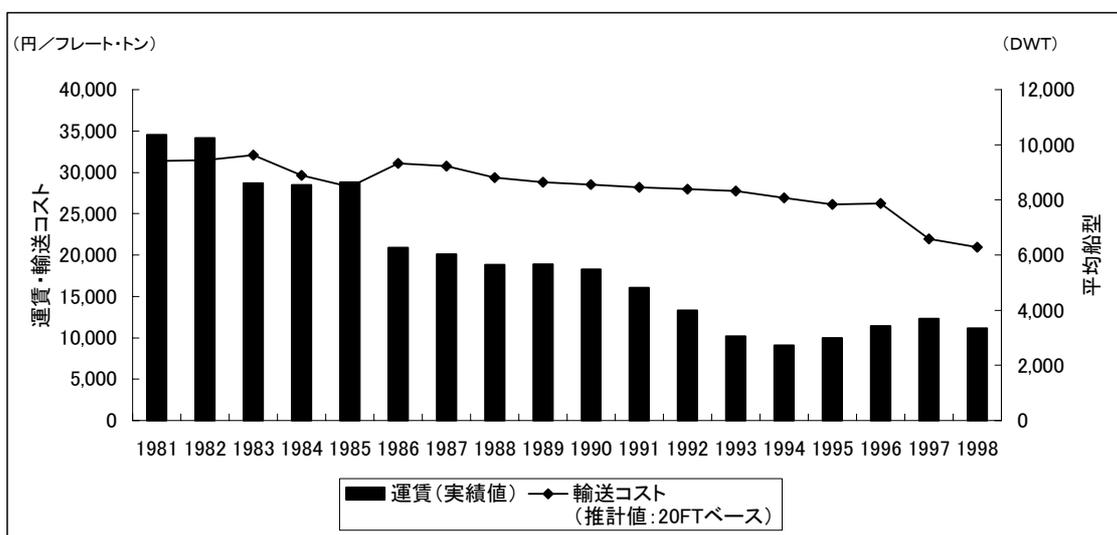


図 3-33 欧州航路(輸入)における運賃(実績値)と輸送コストの  
想定額の推移の比較

資料) 運賃(実績値)は海事産業研究所資料、輸送コスト算定のための平均船型は「世界のコンテナ船隊および就航状況」(日本郵船調査室)より作成

注 1) 運賃(実績値)は 1995 年価格に実質化している。

注 2) 輸送コスト算定の際の航行日数は 14 日と仮定。

また、社会的便益 1 兆 2,400 億円／年のうち利用者便益が約 1 兆 100 億円／年、供給者便益が約 2,300 億円／年と、利用者便益が 8 割程度を占める結果となった。ただし、これは供給者である海運事業者に 2 割の便益が帰着し、需要者(利用者)である荷主に 8 割の便益が帰着するという意味ではない。便益の発生段階において、

<sup>19</sup> なお、1983 年と 1998 年の実際の運賃の下落分を 1998 年時点の輸送量に乗じて全航路について合計すると、運賃の下落分は年間 1 兆 3,900 億円となり、上記の社会的便益と概ね近い値となる。

供給者内部に2割の便益が発生し、主として利用者に8割の便益が発生するという  
ことであり、発生した便益が最終的にどの主体に帰着するかということは問題にし  
ていない。

なお航路別に見ると、北米太平洋航路の便益が大きくなっているが、これはこの  
航路が最も輸送量大きいことが要因と考えられる（単位輸送量あたりで見ると欧  
州の方が大きい、その原因については2）で述べる）。

## 2)航路別の利用者便益・供給者便益の推計結果に関する考察

航路別の効果の相対関係を見るために、1998年の利用者便益・供給者便益を1998  
年の輸送量で除し、航路別の単位輸送量あたり便益を計測した結果を以下に示す。

利用者便益については、北米東岸輸入航路を除いて概ね10,000円/トン～20,000  
円/トン程度となっている。欧州航路が北米太平洋航路と比べて高い値となってい  
るが、これは欧州航路の需要の運賃弾力性が小さく（図3-34参照）、需要関数が  
より垂直に近い状態であるため、利用者便益が大きくなったものと考えられる（図  
3-35参照）。

一方、供給者便益については北米太平洋航路が他航路に比べて非常に大きい。こ  
れは、北米太平洋航路の運賃の輸送量に対する弾力性が高く（図3-34参照）、供  
給曲線がより垂直に近い状態であるため、供給者便益が大きくなったものと考えら  
れる（図3-36参照）。

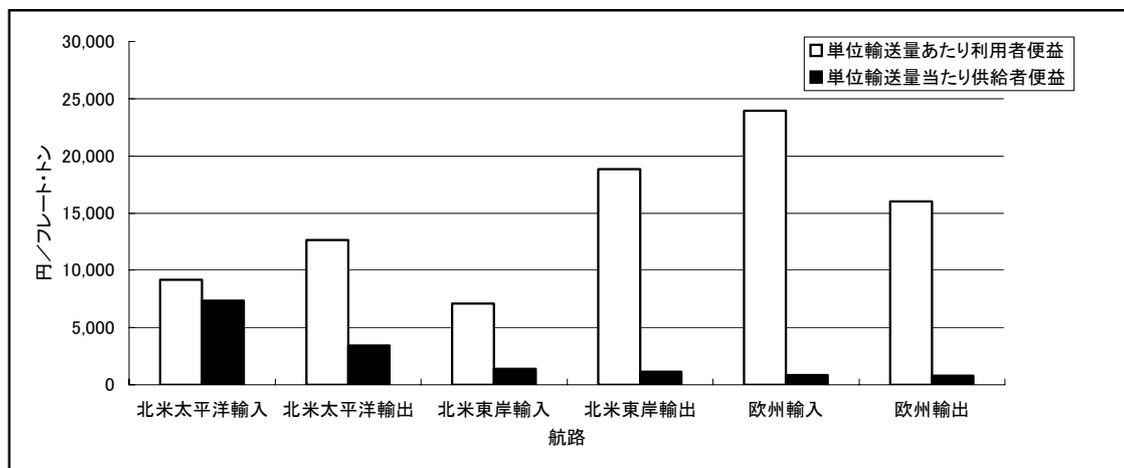


図 3-34 航路別の単位輸送量あたり便益の計測結果

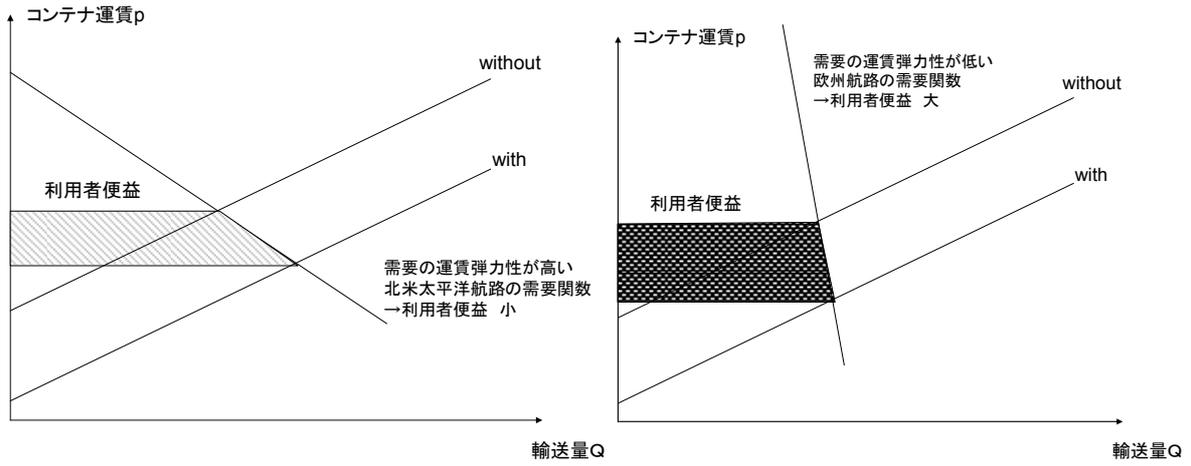


図 3-35 需要の運賃弾力性の違いによる利用者便益の違い

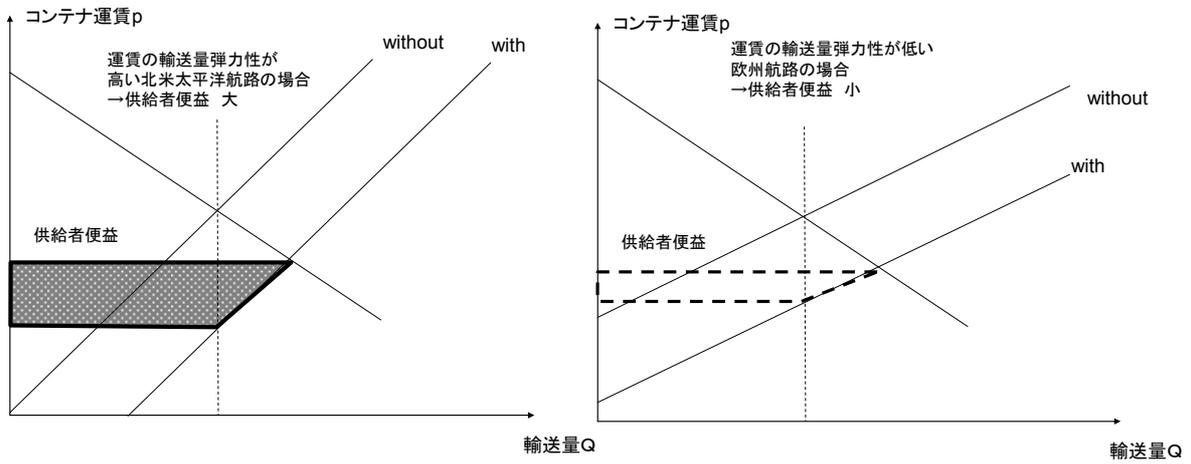


図 3-36 運賃の輸送量弾力性の違いによる利用者便益の違い

### 3) GDPの港湾ストック弾力性に関する考察

ここで、今回の推計結果と既存の社会資本の生産力効果（GDP の社会資本弾力性）の研究結果と比較するために、以下の計算を行う。

まず、GDP の港湾ストック弾力性を求める。1998 年度における社会的便益約 1 兆 2,400 億円がすべて日本の GDP 増分になると想定すると、1998 年時点の GDP は 518 兆円年であるから、GDP 増加率は  $1.24/518 \approx 0.24\%$  となる。ここで、「日本の社会資本」によれば、98 年度末の日本の社会資本合計は 787 兆円である。1984 年から 1998 年までの港湾ストック増分<sup>20</sup>は約 15 兆円であるが、これによる社会資本の増加率は  $15/787 \approx 1.9\%$  となる。したがって、この結果から、GDP の港湾ストック弾力性は  $0.24/1.9 = 0.13$  と試算される。（ただし、今回の推計は基幹航路の国際海上コンテナ輸送市場のみを効果計測の対象としているため、この数値は過小推計である可能性はある）

次に、港湾ストック以外も含めた社会資本について、次ページに既往の研究事例を示す。これらの事例における GDP の社会資本弾力性は概ね 0.1～0.3 の間に収まっているが、上記で試算した港湾ストック弾力性も概ねその範囲に含まれており、今回の推計結果は既存研究事例と比較しても概ね妥当と思われる。

---

<sup>20</sup> 「日本の社会資本ストック」においては港湾投資の内容は明示されていないが、「日本の社会資本ストック」の 1998 年度における港湾投資額が新設改良費 12,289.9 億円、災害復旧費が 55.8 億円であり、「数字でみる港湾 2001」から得られる 1998 年における港湾整備事業費(9,851.7 億円)と港湾機能施設整備事業費（915.6 億円、起債額含む）と臨海部土地造成事業(2,011.5 億円、起債額含む)の合計が 12,778.8 億円、港湾関係災害復旧事業費が 56.9 億円であることから、起債額を含む値であると推測される。

表 3-21 既往の社会資本の生産力効果の推定事例

研究者	データ	関数型・計測期間	GDP の社会資本 弾力性	社会資本の 限界生産性
岩本(1990)	全国データ	Cobb - Douglas; 1956 年 - 1984	0.238 (民間資本 0.0931)	0.16~0.39 (社会的割引 率)
宮脇・飛田(1991)	全国データ	Cobb-Douglas; 1976 年 - 1988 年 (産業関連社会資本)	0.064 (民間資本 0.122)	記載なし
竹中・石川(1991)	全国データ	Cobb-Douglas; TFP(全要素生産性) 上昇率の計測; 1955 年 - 1985 年 (交通通信関連社会資 本)	0.2	記載なし
浅子・坂本(1993)	都道府県デ ータ	Cobb-Douglas; 1975 年 - 1985 年 (産業関連社会資本)	0.12~0.18 (民間資本 0.08~ 0.17)	記載なし
根本(1994)	全国データ	二次形式型 1960 年 - 1982 年	記載なし	0.09~0.42 (社会的割引 率)
吉野・中野(1994)	全国 9 ブロ ック	Translog; 1975 年 - 1984 年 (産業関連社会資本)	-0.07~0.32	記載なし
浅子他(1994)	都道府県別 データ	Cobb-Douglas; 1975 年 - 1988 年	0.10~0.26 (民間資本 0.19~ 0.23)	ほぼ 0.1~0.2
三井・井上(1995)	全国データ	Cobb-Douglas; 1953 年 - 1989 年	0.248	0.18(1989 年)
三井・竹沢・河内 (1995)	都道府県別 データ	Cobb-Douglas; 1966 年 - 1984 年	0.253 (社会資本分離型) 0.209 (社会資本統合型)	0.09~0.476 0.08~0.40
三井・井上・竹沢 (1995)	部門別デー タ	Cobb - Douglas; 1956 年 - 1989 年	0.0349~0.281	記載なし

資料) 郵政研究所ディスカッションペーパー No.1998-03

## 第4章

### SCGEモデルによる港湾投資の波及効果の計測

## 第4章 SCGEモデルによる港湾投資の波及効果の計測

本章では、前章での部分均衡モデルによる港湾投資の経済効果（社会的便益）の計測結果を受け、SCGEモデルによりその波及効果も含めた社会的便益を計測する。まず今回構築するSCGEモデルについて解説し、その後SCGEモデルの係数の推定方法および波及効果の推計結果について提示する。

### 4.1. SCGEモデルによる港湾投資の波及効果の計測

#### (1)モデルの構造

今回構築するSCGEモデルの構造を以下に示す。

- ・ 世界産業連関表（1990年表）（通商産業省）の活用を念頭に置き、日本、米国、欧州（英国、仏国、独国の3か国を統合）・アジア（インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、中国、台湾、韓国の8か国・地域を統合）の4地域からなる世界を考える。それ以外の世界と4地域との間の貿易は考慮しない。
- ・ 経済主体は各地域で企業、世帯の2主体より構成されており、各々の経済主体が各地域に1つ存在する。また、海運事業者は地域間の財・サービス輸送を行う。なお、簡便のため財・サービスの種類は1種類と仮定する。
- ・ 企業は中間投入財と資本・労働を生産要素として生産を行う。また、その行動は利潤最大化行動にしたがう。なお、企業の生産関数はレオンチェフ型<sup>21</sup>およびコブダグラス型関数を仮定する。
- ・ 世帯は企業に資本・労働を提供し、対価を受け取る。これらの所得から対外純投資分を除いたものを用いて自地域・他地域で生産された財・サービスを消費し、効用を最大化する。また、対外純投資は一定値と仮定し、利子率等に影響を受けないものと仮定する。なお、世帯の効用関数はコブダグラス型関数<sup>22</sup>を仮定する。
- ・ 海運事業者は、企業の間投入財需要および世帯の最終需要にともなう地域間の財輸送サービスを生産する。
- ・ 地域間の労働・資本の移動はない

<sup>21</sup>財・サービスの間での代替弾力性を0、すなわちまったく代替性がないと仮定した関数。この関数のもとでは、企業の財・サービスの需要量の比率は一定となる。

<sup>22</sup>財・サービスの間での代替弾力性を1と仮定した関数。この関数のもとでは、世帯の財・サービスの消費額の比率は一定となる。

- ・ 所得税・消費税等は公的支出を通じてすべて世帯に労働の対価として還元されると仮定する。また、関税は輸送マージンの中に含まれるものとする。
- ・ 社会は長期的均衡状態にあるとする。

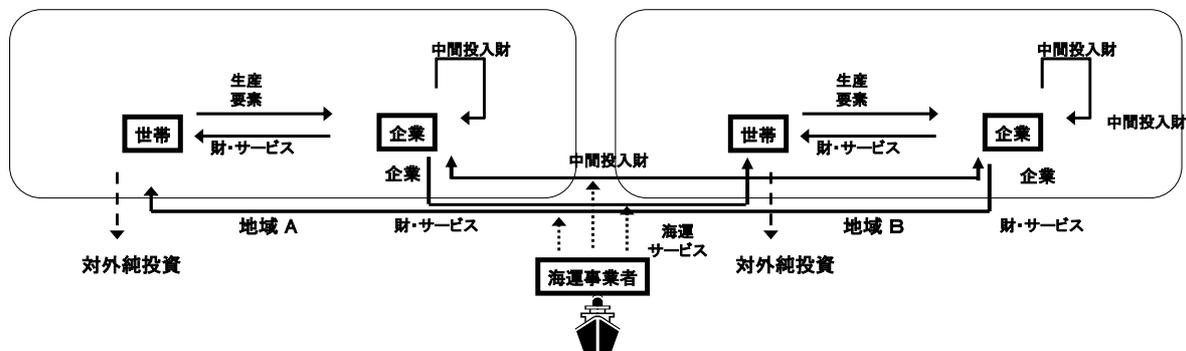


図 4-1 SCGE モデルの構造(簡便のため世界を2地域で表現) (再掲)

## (2)モデルに用いる変数のリスト

モデルに用いる変数のリストを以下のように整理した。なお、以下のように地域を表すラベル変数を設定している

$r \in \mathbf{R} = \{1, \dots, r, \dots, R\}$  : 発地を表すラベル

$s \in \mathbf{S} = \{1, \dots, s, \dots, S\}$  : 着地を表すラベル

### ①企業の生産関数の係数

係数	名称	意味
$a_v^s$	中間投入係数	地域 $s$ における企業の生産額に占める中間投入額の比率
$a_l^s$	付加価値係数	地域 $s$ における企業の生産額に占める付加価値額の比率
$\eta^s$	中間投入効率係数	<p>地域 <math>s</math> における企業の中間投入の効率性を表現する係数。この値が大きいほど、少ない投入で多くの生産が可能となる。以下の式で算出される。</p> $\eta^s = \tilde{x}^s / \prod_r (\tilde{x}_l^{rs})^{\alpha_l^{rs}}$ <p><math>\tilde{x}^s</math> : 地域 <math>s</math> の企業の中間投入額  <math>\tilde{x}_l^{rs}</math> : 地域 <math>s</math> の企業の中間投入のうち <math>r</math> 地域から購入している額  <math>\alpha_l^{rs}</math> : 企業の中間投入シェア係数 (下欄参照)</p>

係数	名称	意味
$\alpha_i^{rs}$	企業の間接投入シェア係数	地域 s における企業の間接投入額に占める r 地域からの購入額の比率
$\phi^s$	付加価値投入効率係数	地域 s における企業の労働・資本投入の効率性を表現する係数。この値が大きいほど、少ない投入で多くの生産が可能となる。以下の式で算出される。 $\phi^s = \tilde{V}A^s / \tilde{K}^s \alpha_K^s \tilde{L}^s \alpha_L^s$ $\tilde{V}A^s$ : 地域 s における付加価値額 $\tilde{K}^s$ : 地域 s における資本投入額 $\tilde{L}^s$ : 地域 s における労働投入額 $\alpha_K^s, \alpha_L^s$ : 下欄参照
$\alpha_K^s, \alpha_L^s$	企業の付加価値投入シェア係数	地域 s における企業の付加価値額に占める資本投入額・労働投入額の比率

## ②世帯の効用関数の係数

係数	名称	意味
$\beta^{rs}$	世帯の財消費シェア係数	地域 s における世帯の財消費額に占める地域 r からの財の消費額の比率

## ③外生的に与える変数(外生変数)

変数	名称	意味
$NI^s$	地域 s の対外純投資	地域 s における対外純投資額。本モデルでは簡単のため定数と仮定する。
$\tau_i^{rs}$	企業の間接投入における輸送マージン率 <sup>23</sup>	地域 s における企業の間接投入額と輸送コスト（輸送マージン）、および地域間距離より算出（計算式は後述）
$\tau_H^{rs}$	世帯の財消費における輸送マージン率	地域 s における世帯の財消費額と輸送コスト（輸送マージン）、および地域間距離より算出（計算式は後述）
$\bar{K}^s$	世帯の資本保有量	地域 s における世帯が保有する資本の量。
$\bar{L}^s$	世帯の労働保有量	地域 s における世帯が保有する労働の量。

<sup>23</sup> 財・サービスを購入するときの価格は「生産地価格＋輸送コスト（輸送マージン）」となる。その輸送マージンの元の生産地価格に対する比率を「輸送マージン率」と呼ぶ。

#### ④モデル内で計算される変数(内生変数)

##### 【量に関する変数(企業の生産および投入する財・サービスの量など)】

変数	名称	意味
$Q^s$	企業の生産量	地域 $s$ における企業の生産量
$x^s$	中間投入量	地域 $s$ における企業の中間投入量。地域 $r$ からの中間投入量 $x_I^{rs}$ の関数で表される。
$x_I^{rs}$	購入地別中間投入量	地域 $s$ における企業が地域 $r$ から購入する中間投入財の量。
$VA^s$	付加価値投入量	地域 $s$ における企業が投入する付加価値の量。資本投入量 $K^s$ 、労働投入量 $L^s$ の関数で表される。
$K^s$	資本投入量	地域 $s$ における企業が投入する資本の量(資本の需要量)。
$L^s$	労働投入量	地域 $s$ における企業が投入する労働の量(労働の需要量)。
$x_H^{rs}$	財消費量	地域 $s$ における世帯が消費する地域 $r$ の財の量。
$x_F^r$	海運事業者の財消費量	海運事業者が消費する地域 $r$ の財の量。

##### 【価格を表す変数】

変数	名称	意味
$p^s$	財・サービス価格	地域 $s$ で生産される財・サービスの価格
$\gamma^s$	資本価格	地域 $s$ における資本の価格
$w^s$	労働価格	地域 $s$ における労働の価格

##### 【効用を表す変数】

変数	名称	意味
$u^s$	効用	地域 $s$ における世帯の効用。世帯の満足度を表す関数。

### (3)SCGE モデルにおける計算手順

SCGE モデルでは、企業の生産関数の係数及び世帯の効用関数の係数を産業連関表から推定して関数形を確定し、これに外生変数(資本保有量など)を入力することにより、内生変数(需要量、生産量、価格など)を出力する。輸送コスト削減による便益を計測するときには、外生変数である輸送マージン率  $\tau_I^{sr}$ 、 $\tau_H^{sr}$  を **with case**、**without case** で変化させ、最終的に出力される効用  $u^s$  の変化分を貨幣換算することにより、波及効果を含む社会的便益を計測することになる。

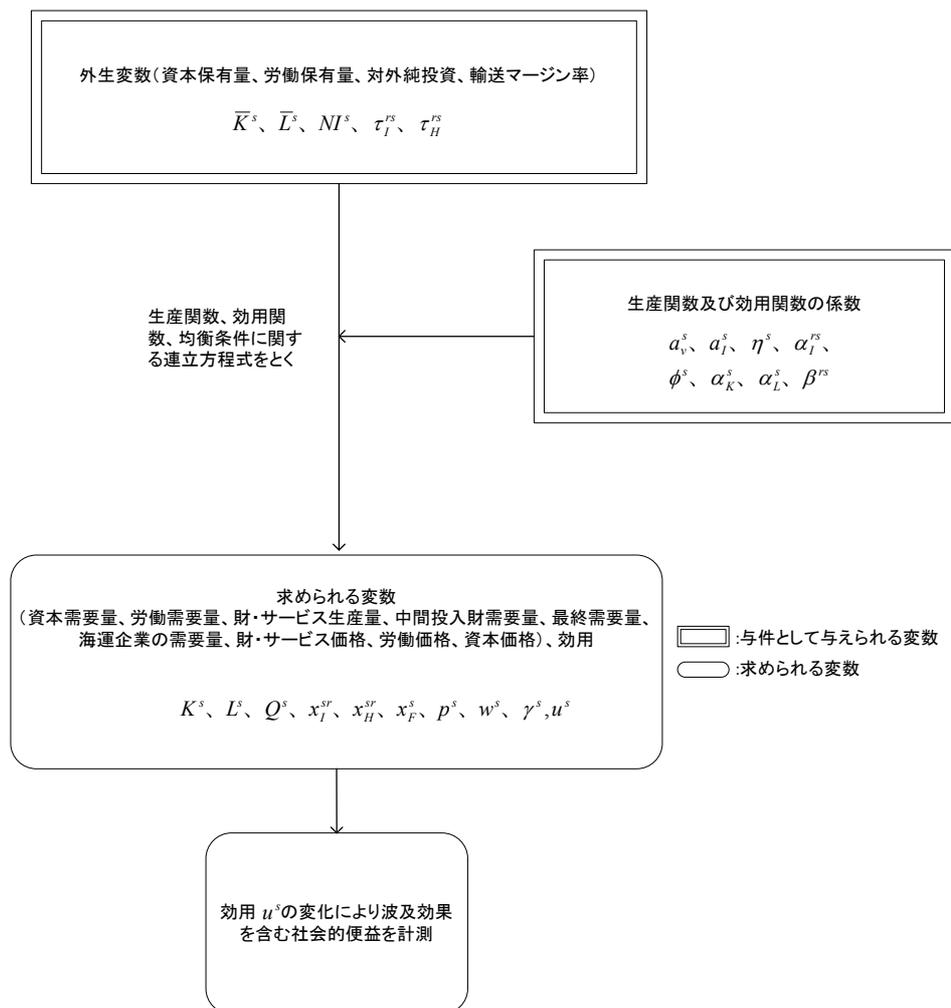


図 4-2 SCGE モデルにおける計算のイメージ図

#### (4) 生産関数を用いた財・サービス価格の定式化

ここでは、企業の行動原理にもとづき、地域  $s$  で生産される財・サービス  $Q^s$  の価格  $p^s$  を、投入する他地域  $r$  の財・サービスの価格  $p^r$ 、自地域の労働の価格  $w^s$ 、自地域の資本の価格  $\gamma^s$  により表現するための企業の行動モデルを解説するとともに、 $p^s$  を表現する数式を導出する。

地域  $s$  に立地し財・サービスを生産する企業は、自地域・他地域で生産された中間投入財  $x_I^{rs}$  の合成財  $x^s$  と、自地域の世帯から提供される労働  $L^s$ ・資本  $K^s$  からなる生産要素を投入して、レオンチェフ型の生産技術を用いて、財・サービス  $Q^s$  を生産する。その生産関数は、以下のようなネスト構造をもつ。

ここで、レベル1（中間投入合成財と付加価値の投入量を決定するレベル）では、中間投入（原材料など）と付加価値（資本、労働）とは概ね代替性がないと考えられるため、レオンチェフ型生産関数を想定する。レベル2-1（各地域からの中間投入財の投入量を決定するレベル）、レベル2-2（資本と労働の投入量

を決定するレベル) では、同じ原材料で生産地が異なる中間投入財の間、また資本(工場・機械など)と労働の間にはある程度代替性があると考えられるため、コブ・ダグラス型関数を設定している。

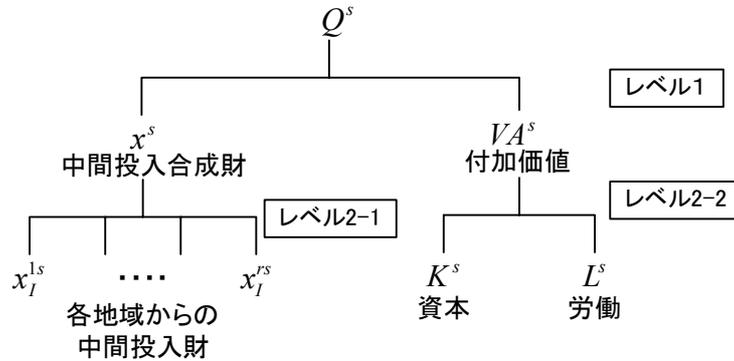


図 4-3 企業の生産関数の構造

この生産関数構造では、中間投入合成財を1単位生産するために必要な中間投入財の量を  $cX^{rs}$ 、付加価値を1単位生産するために必要な資本の量と労働の量をそれぞれ  $cK^s$ 、 $cL^s$  とすると、レベル1での中間投入係数  $a_v^s$ 、付加価値係数  $a_l^s$  を用いて、財・サービス  $Q^s$  の価格  $p^s$  は以下のように表現することができる。

$$p^s = a_v^s (\gamma^s \cdot cK^s + w^s \cdot cL^s) + a_l^s \left[ \sum_r p^r (1 + \tau_I^{rs}) \cdot cX^{rs} \right] \quad (4-1)$$

すなわち、価格  $p^s$  は財・サービス  $Q^s$  を1単位生産するために必要な資本の量  $a_v^s \cdot cK^s$ 、労働の量  $a_l^s \cdot cL^s$  および中間投入財の量  $a_l^s \cdot cX$  で資本価格  $\gamma^s$ ・労働価格  $w^s$ ・中間投入財価格  $p^r (1 + \tau_I^{rs})$  を加重平均したものと表現される。以下、 $cK^s$ 、 $cL^s$ 、 $cX^{rs}$  を求める。

### 【レベル1の生産関数】

レベル1では、付加価値と中間投入合成財を投入して財・サービスを生産する段階を表現する。この段階の生産関数としては、以下のようなレオンチェフ型を仮定する。すなわち、付加価値  $VA^s$  と中間投入合成財  $x^s$  の弾力性は0と仮定する。

$$Q^s = \min \left[ \frac{VA^s}{a_v^s}, \frac{x^s}{a_l^s} \right] \quad (4-2)$$

式(4-2)は、 $Q^s$  は  $\frac{VA^s}{a_v^s}$  と  $\frac{x^s}{a_l^s}$  のうち小さい方に等しいという意味である。企業は費用を最小化するために投入量をなるべく小さくするので、 $\frac{VA^s}{a_v^s}$  と  $\frac{x^s}{a_l^s}$  は等しくなるよ

う調整される。すなわち  $Q^s = \frac{VA^s}{a_v^s} = \frac{x^s}{a_i^s}$  が成り立っている。したがって、以下の式が成り立つ。

$$VA^s = a_v^s Q^s \quad (4-3)$$

$$x^s = a_i^s Q^s \quad (4-4)$$

### 【レベル 2-1 の生産関数】

中間投入合成財は、自・他地域から購入する財  $x_i^{rs}$  の合成財として表現される。レベル 2-1 では、コブ・ダグラス型の生産技術を用いて、 $x_i^{rs}$  から中間投入合成財  $x^s$  を生産する段階を表現する。

ここで企業は自地域・他地域から財を購入する際に、財の生産地の価格ではなく、生産地の価格に物流コスト等による輸送マージンを加えた消費地価格で財を購入する。

このレベルにおける生産関数は以下のように定式化できる。

$$\begin{aligned} x^s &= \eta^s \prod_r (x_i^{rs})^{\alpha_i^{rs}} \\ \text{s.t.} \quad &\sum_r \alpha_i^{rs} = 1 \end{aligned} \quad (4-5)$$

ここで、企業の費用最小化問題は以下のように中間投入合成財を 1 単位生産するときの費用を最小化する問題として定式化できる。

$$\begin{aligned} \min_{x_i^{rs}} \quad &\sum_r p^r (1 + \tau_i^{rs}) x_i^{rs} \\ \text{s.t.} \quad &\eta^s \prod_r (x_i^{rs})^{\alpha_i^{rs}} = 1 \end{aligned} \quad (4-6)$$

この問題のラグランジュ関数を微分し、 $x_i^{rs}$  について解くことにより、中間投入合成財 1 単位当たりの各地域からの輸入財需要  $cX^{rs}$  は、次の通り表現される。

$$cX^{rs} = \frac{x_i^{rs}}{x^s} = \eta^{s-1} \frac{\alpha_i^{rs}}{p^r (1 + \tau_i^{rs})} \left[ \prod_r \left( \frac{\alpha_i^{rs}}{p^r (1 + \tau_i^{rs})} \right)^{\alpha_i^{rs}} \right]^{-1} \quad (4-7)$$

### 【レベル 2-2 の生産関数】

レベル 2-2 では、自地域の世帯から提供される労働・資本を投入して、付加価値を生産する段階を表現する。ここでも、以下のようにコブダグラス型関数で定式化を行った。

$$\begin{aligned} VA^s &= \phi^s K^s \alpha_k^s L^s \alpha_L^s \\ \text{s.t.} \quad &\alpha_k^s + \alpha_L^s = 1 \end{aligned} \quad (4-8)$$

ここで、企業の費用最小化問題は付加価値を 1 単位生産するときの費用を最小化する問題として以下のように定式化できる。

$$\begin{aligned} \min_{K^s, L^s} \quad & \gamma^s K^s + w^s L^s & (4-9) \\ \text{s.t.} \quad & \phi^s K^{\alpha_K^s} L^{\alpha_L^s} = 1 \end{aligned}$$

この問題のラグランジュ関数を微分し、 $K^s$ 、 $L^s$ について解くことにより、付加価値1単位あたりの労働需要 $cL^s$ 、付加価値1単位あたりの資本需要 $cK^s$ は、次の通り表現される。

$$cL^s = \frac{L^s}{VA^s} = \phi^{s-1} \left[ \frac{\alpha_K^s \cdot w^s}{\alpha_L^s \cdot \gamma^s} \right]^{-\alpha_K^s} \quad (4-10)$$

$$cK^s = \frac{K^s}{VA^s} = \phi^{s-1} \left[ \frac{\alpha_L^s \cdot \gamma^s}{\alpha_K^s \cdot w^s} \right]^{-\alpha_L^s}$$

ここで、式(4-1)に式(4-7)、(4-10)を代入することにより、地域 $s$ において生産される財・サービス $Q^s$ 1単位あたりの価格である $p^s$ が以下のように表現できる。

$$\begin{aligned} p^s = & \alpha_v^s \left( \gamma^s \cdot \phi^{s-1} \left[ \frac{\alpha_L^s \cdot \gamma^s}{\alpha_K^s \cdot w^s} \right]^{-\alpha_L^s} + w^s \cdot \phi^{s-1} \left[ \frac{\alpha_K^s \cdot w^s}{\alpha_L^s \cdot \gamma^s} \right]^{-\alpha_K^s} \right) \\ & + \alpha_I^s \left[ \sum_r p^r (1 + \tau_I^{rs}) \cdot \eta^{s-1} \frac{\alpha_I^{rs}}{p^r (1 + \tau_I^{rs})} \left[ \prod_{r'} \left( \frac{\alpha_I^{r's}}{p^{r'} (1 + \tau_I^{r's})} \right)^{\alpha_I^{r's}} \right]^{-1} \right] \end{aligned} \quad (4-11)$$

### (5) 効用関数を用いた世帯の財・サービス需要の定式化

ここでは世帯の効用最大化行動にもとづき、世帯の財・サービスの需要 $x_H^{rs}$ を、財・サービス価格 $p^r$ などで表現した式（需要関数）を定式化する。

地域 $s$ に立地する世帯は、自地域に立地する企業に生産要素（労働、資本）を提供して、自地域・他地域の企業が生産した財・サービスを消費する。消費する財・サービスには代替性があると考えられるため、世帯の効用関数を以下のようなコブダグラス型で仮定する。

$$\begin{aligned} \max u^s = & \prod_r (x_H^{rs})^{\beta^{rs}} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_r p^r (1 + \tau_H^{rs}) x_H^{rs} = \gamma^s K^s + w^s L^s - NI^s \\ & \sum_r \beta^{rs} = 1 \end{aligned} \quad (4-12)$$

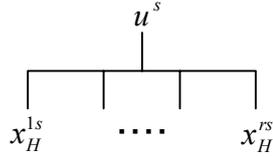


図 4-4 世帯の効用関数の構造

効用関数をコブダグラス型で設定してるので、世帯の財消費額の比率はシェア係数の比率と等しくなる（〔参考：コブ・ダブラス型関数・レオンチェフ型関数の経済学的含意について〕を参照）。したがって以下の式が成り立つ。

$$p^r (1 + \tau_H^{rs}) x_H^{rs} = \beta^{rs} (\gamma^r K^r + w^r L^r - NI^r) \quad (4-13)$$

したがって、各財の需要関数が以下のように求まる。

$$x_H^{rs} = \beta^{rs} \frac{\gamma^r K^r + w^r L^r - NI^r}{p^r (1 + \tau_H^{rs})} \quad (4-14)$$

## (6) 均衡条件

### 1) 輸送費用の収支の均衡条件

海運事業者は常に需要に見合うだけの輸送サービスの生産を行うと仮定する。海運事業者の地域  $r$  の財・サービス需要を  $x_F^r$  とすると、その収支の均衡条件は以下の式のように書くことができる。

$$x_F^r = \sum_r \tau_I^{rs} x_I^{rs} + \sum_r \tau_H^{rs} x_H^{rs} \quad (4-15)$$

この右辺は海運事業者の収入である輸送マージン（＝輸送マージン率×輸送する財の量）を表し、左辺は海運事業者の投入する財の量、すなわち支出を表現している。

### 2) 市場均衡条件

#### 【生産需要市場に関する均衡条件】

地域  $s$  での生産要素市場に関する均衡条件は以下のようなになる。

$$cL^s \times a_v^s \times Q^s = \phi^{s-1} \left[ \frac{\alpha_L^s \cdot \gamma^s}{\alpha_K^s \cdot w^s} \right]^{-\alpha_L^s} \times a_v^s \times Q^s = \bar{K}^s \quad (4-16)$$

$$cK^s \times a_v^s \times Q^s = \phi^{s-1} \left[ \frac{\alpha_K^s \cdot w^s}{\alpha_L^s \cdot \gamma^s} \right]^{-\alpha_K^s} \times a_v^s \times Q^s = \bar{L}^s \quad (4-17)$$

$\bar{K}^s$  : 地域  $s$  における資本保有量

$\bar{L}^s$  : 地域  $s$  における労働保有量

ここで、各式の左辺は生産量 $Q^s$ を達成するために必要な資本・労働の量、すなわち資本需要量と労働需要量を表現しており、右辺は世帯から提供される資本供給量、労働供給量を表現している。すなわち「需要＝供給」の均衡式となっている。

### 【財・サービス市場に関する均衡条件】

財・サービス市場に関する均衡条件は以下のようなになる。

$$\sum_r x_I^{sr} + \sum_r x_H^{sr} + x_F^s = Q^s \quad (4-18)$$

ここで、左辺は各地域の企業、世帯、および海運事業者の地域 $s$ の財・サービス需要量を表現しており、右辺は地域 $s$ の企業の財・サービス供給量を表現している。すなわち、これも「需要＝供給」の均衡式となっている。

### 3) 連立方程式体系

以上で設定した各式を、連立方程式体系としてまとめたものを以下に示す。( )内は各方程式の本数を示す。

#### 【資本、労働、財・サービスの需要均衡式】

$$\phi^{s-1} \left[ \frac{\alpha_L^s \cdot \gamma^s}{\alpha_K^s \cdot w^s} \right]^{-\alpha_L^s} \times a_v^s \times Q^s = \bar{K}^s \quad (S \text{ 本}) \quad (4-19)$$

$$\phi^{s-1} \left[ \frac{\alpha_K^s \cdot w^s}{\alpha_L^s \cdot \gamma^s} \right]^{-\alpha_K^s} \times a_v^s \times Q^s = L^s \quad (S \text{ 本}) \quad (4-20)$$

$$\sum_r x_I^{sr} + \sum_r x_H^{sr} + x_F^s = Q^s \quad (S \text{ 本}) \quad (4-21)$$

#### 【財・サービス価格を表現する式】

$$p^s = a_v^s \left( \gamma^s \cdot \phi^{s-1} \left[ \frac{\alpha_L^s \cdot \gamma^s}{\alpha_K^s \cdot w^s} \right]^{-\alpha_L^s} + w^s \cdot \phi^{s-1} \left[ \frac{\alpha_K^s \cdot w^s}{\alpha_L^s \cdot \gamma^s} \right]^{-\alpha_K^s} \right) + a_I^s \left[ \sum_r p^r (1 + \tau_I^{rs}) \cdot \eta^{s-1} \frac{\alpha_I^{rs}}{p^r (1 + \tau_I^{rs})} \left[ \prod_{r'} \left( \frac{\alpha_I^{r's}}{p^{r'} (1 + \tau_I^{r's})} \right)^{\alpha_I^{r's}} \right]^{-1} \right] \quad (S \text{ 本}) \quad (4-22)$$

#### 【中間投入財需要を表す式】

$$x_I^{sr} = \eta^{s-1} \frac{\alpha_I^{rs}}{p^r (1 + \tau_I^{rs})} \left[ \prod_{r'} \left( \frac{\alpha_I^{r's}}{p^{r'} (1 + \tau_I^{r's})} \right)^{\alpha_I^{r's}} \right]^{-1} \times a_I^s \times Q_s \quad (S \times S \text{ 本}) \quad (4-23)$$

### 【最終需要を表す式】

$$x_H^{sr} = \beta_{sr} \frac{\gamma^r K^r + w^r L^r - NI^r}{p^s (1 + \tau_H^{sr})} \quad (S \times S \text{ 本}) \quad (4-24)$$

### 【海運事業者の財・サービス需要を表す式】

$$x_F^r = \sum_r \tau_I^{rs} x_I^{rs} + \sum_r \tau_H^{rs} x_H^{rs} \quad (S \text{ 本}) \quad (4-25)$$

未知変数は  $Q^s$ 、 $x_I^{rs}$ 、 $x_H^{rs}$ 、 $x_F^r$ 、 $p^s$ 、 $w^s$ 、 $r^s$  の  $(5S + 2S^2)$  個であり、方程式(4-19)～(4-25)の本数は  $(5S + 2S^2)$  本であるから、未知変数と方程式の数は一致し、これらの連立方程式が解をもつ必要条件が満たされていることがわかる。

### (7)波及効果の計測

波及効果を含む社会的便益は、各地域における効用  $u^s$  を用いて表現される。効用  $u^s$  は、連立方程式(4-19)～(4-25)を解くことにより得られる世帯の財・サービス消費量  $x_H^{rs}$  から以下の式で計測する。

$$u^s = \prod_r (x_H^{rs})^{\beta^{rs}} \quad (4-26)$$

【参考:コブ・ダグラス型関数・レオンチェフ型関数の経済学的含意について】

① コブ・ダグラス型関数

コブ・ダグラス型は消費する財・サービス等の代替性を認める代表的な関数であり、またコブ・ダグラス型関数の元では財・サービスの消費額の比率が変わらないという性質がある。

具体的に、以下のようなコブ・ダグラス型効用関数の効用最大化問題を考える。

$$\begin{aligned} \max_{x,y} u &= x^\alpha y^{1-\alpha} \\ \text{s.t.} \quad & px + qy = I \end{aligned}$$

$u$  : 効用関数

$\alpha$  : シェア係数

$x, y$  : 財・サービス  $x, y$  の消費量

$p, q$  : 財・サービス  $x, y$  の価格

$I$  : 所得

まず、コブ・ダグラス型効用関数  $u = x^\alpha y^{1-\alpha}$  についてみると、この関数の元では仮に  $x$  の消費量を減少させたとしても、 $y$  の消費量を増大させれば同じ効用値を達成できる。すなわち、 $x, y$  の間に代替性があることがわかる。

次に、この効用最大化問題を解く。まず所得制約の式を用いて  $y$  を消去すると、以下の最大化問題に置き換えられる。

$$\max_x u = x^\alpha ((I - px)/q)^{1-\alpha}$$

この式を  $x$  で微分し整理すると、

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} &= \alpha x^{\alpha-1} (I - px)^{1-\alpha} / q^{1-\alpha} - (1-\alpha) px^\alpha (I - px)^{-\alpha} / q^{1-\alpha} \\ &= (x^{\alpha-1} / q^{1-\alpha}) \cdot (I - px)^{-\alpha} \{ \alpha(I - px) - (1-\alpha)px \} \end{aligned}$$

この式が0となることが最大化の必要条件であるから、

$$\alpha(I - px) - (1-\alpha)px = 0$$

ゆえに、

$$px = \alpha I$$

同様に、

$$qy = (1-\alpha)I$$

よって、財・サービスの消費額の比は  $px : qy = \alpha : (1-\alpha)$  で一定となり、その比率はシェア係数に一致することがわかる。

## ②レオンチェフ型関数

レオンチェフ型関数は消費する財・サービス等の代替性を認めない関数であり、またレオンチェフ型関数の元では財・サービスの消費量の比率が変わらないという性質がある。

たとえば、以下のようなレオンチェフ型生産関数の費用最小化問題を考える。

$$Q = \min \left[ \frac{x}{a_x}, \frac{y}{a_y} \right]$$

$Q$  : 生産量

$a_x$ 、 $a_y$  : 係数

$x$ ,  $y$  : 財・サービス  $x, y$  の投入量

この式は、 $Q$ は $\frac{x}{a_x}$ と $\frac{y}{a_y}$ のうち小さい方に等しいという意味である。従って、たとえば $y$ を一定としたまま $x$ を増大させても生産量 $Q$ を増加させることはできない。すなわち $x$ と $y$ の代替性は0ということになる。また、企業は費用を最小化するために投入量をなるべく小さくするので、 $\frac{x}{a_x}$ と $\frac{y}{a_y}$ は等しくなるよう調整される。す

なわち $Q = \frac{x}{a_x} = \frac{y}{a_y}$ が成り立っている。したがって、以下の式が成り立つ。

$$\frac{y}{x} = \frac{a_y}{a_x}$$

したがって、レオンチェフ型生産関数においては財・サービスなどの投入量の比率が一定となることがわかる。

## 4. 2. SCGE モデルによる波及効果の計測

### (1) 基本的な考え方

ここでは、前節で構築した SCGE モデルを用いて、前章で推計した社会的便益がすべて海運事業者の輸送コストの削減に反映され、国際貿易を通じて日本および世界の企業、世帯に波及し、最終的にすべての市場の需給が均衡した後の便益を、均衡後の各地域の効用の変化の合計値で計測する。

利用者便益、すなわち荷主にとっての運賃低下の便益（輸送コストの低下）は、下図のように、財・サービス価格の変化、賃金率・資本価格の変化を通じて、各市場の均衡状態を変化させながら、最終的に各地域の世帯へ波及すると考えられる。また、供給者便益についても、長期的には輸送コストの低下に反映され、利用者便益と同様に各市場の均衡状態を変化させて、世帯へ波及していくと考えられる。SCGE モデルでは、これらの財・サービス価格の変化、賃金率・資本価格の変化、

世帯への帰着便益および交易额の変化などを計測することができる。

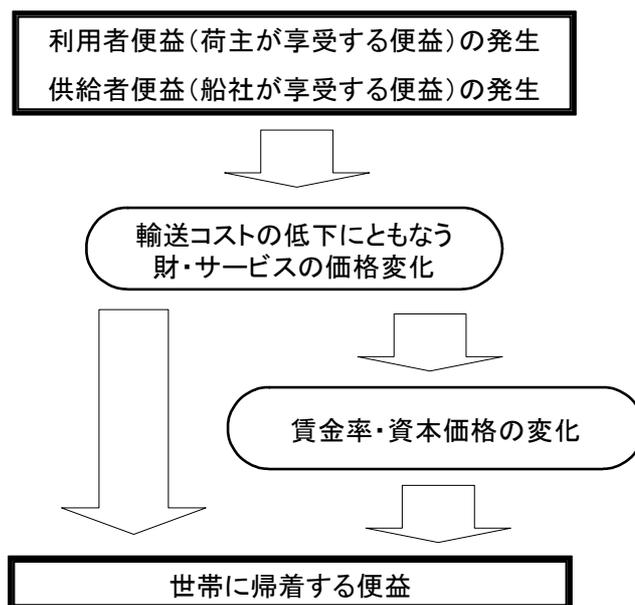


図 4-5 利用者便益・供給者便益の世帯への波及フロー（再掲）

## (2) SCGE モデルの係数の設定

### 1) 世界産業連関表の修正

SCGE モデルについては、「4. 1. (2) モデルに用いる変数のリスト」に示した変数のうち係数および外生変数についてはすべて世界産業連関表から推定する。産業連関表は通商産業省が作成した 1990 年版の世界産業連関表を用いる<sup>24</sup>。

表 4-1 1990 年世界産業連関表  $\alpha_K^s$

単位: 億ドル	中間需要				域内最終需要				ROWへの 輸出	総需要額
	日本	米国	欧州	アジア	日本	米国	欧州	アジア		
日本製品	19,729	318	150	469	27,850	565	225	268	1,272	50,846
米国製品	319	28,322	292	325	166	52,980	344	188	3,374	86,310
欧州製品	117	281	19,378	132	113	286	30,858	129	6,145	57,441
アジア製品	390	323	131	8,964	157	505	205	9,796	1,432	21,903
ROWからの輸入	1,181	2,034	3,222	988	428	1,601	2,203	381		
輸送マージン(国際運賃、保険、関税等)	149	102	127	210	71	164	166	130		
中間投入計	21,884	31,379	23,300	11,088	28,785	56,101	34,001	10,893		
付加価値										
労働	17,690	36,768	21,645	6,463						
資本	11,272	18,163	12,496	4,352						
総供給額	50,846	86,310	57,441	21,903						

資料) 通商産業省

1990 年世界産業連関表には、本モデルでは考慮しない ROW(Rest of the world)

<sup>24</sup> 世界産業連関表については 1990 年が最新のものである。

と4地域（日本・米国・欧州・アジア）との貿易がデータとして含まれているため、ROWとの貿易を控除する処理を行う。具体的には各地域からROWへの輸出を、各地域の総需要から差し引き、また各地域へのROWからの輸入を各地域の総供給から差し引いた。

世界産業連関表の処理手順は次ページの参考に示す。処理後の世界産業連関表は以下の通りである。

表 4-2 1990年世界産業連関表  $\alpha_K^s$  (ROWを控除した後)

単位:億ドル	中間需要				域内最終需要				総需要額
	日本	米国	欧州	アジア	日本	米国	欧州	アジア	
日本製品	19,729	318	150	469	27,850	565	225	268	49,574
米国製品	319	28,322	292	325	166	52,980	344	188	82,936
欧州製品	117	281	19,378	132	113	286	30,858	129	51,294
アジア製品	390	323	131	8,964	157	505	205	9,796	20,471
輸送マージン(国際運賃、保険、関税等)	149	102	127	210	71	164	166	130	
中間投入計	20,704	29,346	20,078	10,100	28,357	54,500	31,798	10,511	
付加価値	労働	17,634	35,870	19,791	6,198				
	資本	11,236	17,720	11,425	4,173				
付加価値計	28,870	53,590	31,216	10,371					
総供給額	49,574	82,936	51,294	20,471					

【参考：世界産業連関表の処理方法】

①1990年世界産業連関表

単位: 億ドル	中間需要				域内最終需要				(ア)ROWへの輸出	(イ)総需要額
	日本	米国	欧州	アジア	日本	米国	欧州	アジア		
日本製品	19,729	318	150	469	27,850	565	225	268	1,272	50,846
米国製品	319	28,322	292	325	166	52,980	344	188	3,374	86,310
欧州製品	117	281	19,378	132	113	286	30,858	129	6,145	57,441
アジア製品	390	323	131	8,964	157	505	205	9,796	1,432	21,903
(ウ)ROWからの輸入	1,181	2,034	3,222	988	428	1,601	2,203	381		
輸送マージン(国際運賃、保険、関税等)	149	102	127	210	71	164	166	130		
中間投入計	21,884	31,379	23,300	11,088	28,785	56,101	34,001	10,893		
付加価値										
労働	17,690	36,768	21,645	6,463						
資本	11,272	18,163	12,496	4,352						
(エ)総供給額	50,846	86,310	57,441	21,903						

資料) 通商産業省

②「ROWからの輸入」・「ROWからの輸出」を削除し、それにあわせて「総需要額」、「総供給額」を再計算する。具体的には、総需要額からROWへの輸出額分を控除し、総供給額からはROWからの輸入分を控除する。この時点で「総需要額」と「総供給額」は一致しない。

単位: 億ドル	中間需要				域内最終需要				(オ)総需要額(=(ア)-(イ))
	日本	米国	欧州	アジア	日本	米国	欧州	アジア	
日本製品	19,729	318	150	469	27,850	565	225	268	49,574
米国製品	319	28,322	292	325	166	52,980	344	188	82,936
欧州製品	117	281	19,378	132	113	286	30,858	129	51,294
アジア製品	390	323	131	8,964	157	505	205	9,796	20,471
輸送マージン(国際運賃、保険、関税等)	149	102	127	210	71	164	166	130	
中間投入計	20,704	29,346	20,078	10,100	28,357	54,500	31,798	10,511	
付加価値									
労働	17,690	36,768	21,645	6,463					
資本	11,272	18,163	12,496	4,352					
付加価値計	28,962	54,931	34,141	10,815					
(カ)総供給額(=(エ)-(ウ))	49,666	86,310	57,441	21,903					

※この時点で総需要額と総供給額は一致せず

③「総供給額」の欄に「総需要額」の値を入れる。この時点で、「中間投入計」と「付加価値計」の合計は「総供給額」に一致しない。

単位: 億ドル	中間需要				域内最終需要				(オ)総需要額
	日本	米国	欧州	アジア	日本	米国	欧州	アジア	
日本製品	19,729	318	150	469	27,850	565	225	268	49,574
米国製品	319	28,322	292	325	166	52,980	344	188	82,936
欧州製品	117	281	19,378	132	113	286	30,858	129	51,294
アジア製品	390	323	131	8,964	157	505	205	9,796	20,471
輸送マージン(国際運賃、保険、関税等)	149	102	127	210	71	164	166	130	
(ク)中間投入計	20,704	29,346	20,078	10,100	28,357	54,500	31,798	10,511	
付加価値									
労働(コ)	17,690	36,768	21,645	6,463					
資本(カ)	11,272	18,163	12,496	4,352					
(ケ)付加価値計	28,962	54,931	34,141	10,815					
(キ)総供給額(=(オ))	49,574	82,936	51,294	20,471					

④③の「総供給額」から「中間投入計」を差し引いたものを「付加価値計」とし、さらに「付加価値計」に③における「労働/付加価値計」、「資本/付加価値計」を乗じて「労働」、「資本」を算出する。

単位: 億ドル	中間需要				域内最終需要				(オ)総需要額
	日本	米国	欧州	アジア	日本	米国	欧州	アジア	
日本製品	19,729	318	150	469	27,850	565	225	268	49,574
米国製品	319	28,322	292	325	166	52,980	344	188	82,936
欧州製品	117	281	19,378	132	113	286	30,858	129	51,294
アジア製品	390	323	131	8,964	157	505	205	9,796	20,471
輸送マージン(国際運賃、保険、関税等)	149	102	127	210	71	164	166	130	
(ク)中間投入計	20,704	29,346	20,078	10,100	28,357	54,500	31,798	10,511	
付加価値	労働(=(シ)×(コ)／(ケ))	17,634	35,870	19,791	6,198				
	資本(=(シ)×(サ)／(ケ))	11,236	17,720	11,425	4,173				
(シ)付加価値計(=(キ)－(ク))	28,870	53,590	31,216	10,371					
(キ)総供給額	49,574	82,936	51,294	20,471					

⑤以上により、ROWからの輸出入を削除した産業連関表が構築される。結果として、ROWとの結びつきが強い欧州においてもっとも大きな変化があり、欧州の付加価値額は元の産業連関表の値(34,141億ドル/年)から31,216億ドル/年まで低下する。そのため、欧州の経済規模を若干小さく見積もった上での推計となるが、計測結果全体に大きな影響はないと考えられる。

## 2)各種係数の設定

### ①企業の生産関数の係数

#### <中間投入係数・付加価値係数>

産業連関表における各地域の「総供給額」に対する「中間投入計」および「付加価値計」の比率を計算して推定する。

表 4-3 企業の生産関数(レベル1)の投入係数  $a_I^s, a_v^s$

s		日本	米国	欧州	アジア
		中間投入係数	$a_I^s$	0.4176	0.3538
付加価値係数	$a_v^s$	0.5824	0.6462	0.6086	0.5066

注)たとえば日本については、表4-2に示された世界産業連関表における「総供給額」49,574億ドルに対する「中間投入計」20,704億ドル、「付加価値計」28,870億ドルの比率により計算できる。

投入係数  $a_I^s = 20,704/49,574 = 0.4176$ 、投入係数  $a_v^s = 28,870/49,574 = 0.5824$

#### <中間投入シェア係数・付加価値投入シェア係数>

中間投入シェア係数については、産業連関表の各地域における「中間投入額」に対する自地域/他地域からの「中間投入額」の比率を計算して推定する。ただし、「他地域からの中間投入額」については、 $(1 + \text{輸送マージン率 } \tau_H^{rs})$  を乗じて消費地価格ベースに直したものをを用いる。

付加価値投入シェア係数については、産業連関表の各地域における「付加価値計」に対する「労働」および「資本」の比率を計算して推定する。

表 4-4 企業の生産関数(レベル 2-1,2)の係数  $\alpha_I^s, \alpha_L^s, \alpha_K^s$

$r$ $s$				日本	米国	欧州	アジア
中間投入 シェア係 数	$\alpha_I^s$	日本		0.952908	0.011699	0.009582	0.052157
		米国		0.018188	0.965106	0.017389	0.042607
		欧州		0.008028	0.010806	0.965136	0.017711
		ア ジ ア		0.020877	0.012390	0.007893	0.887525
付加価値 投入シェ ア係数	$\alpha_L^s$		0.610800	0.669349	0.633988	0.597596	
	$\alpha_K^s$		0.389200	0.330651	0.366012	0.402404	

注) たとえば日本について、付加価値のシェア係数については表 4-2 に示された世界産業連関表における「付加価値計」28,870 億ドルに対する「労働」17,634 億ドル、「資本」11,236 億ドルの比率により計算できる。

係数  $\alpha_L^s = 17,634/28,870 = 0.610800$ 、係数  $\alpha_K^s = 11,236/28,870 = 0.389200$

### <中間投入効率係数・付加価値投入効率係数>

中間投入効率係数、付加価値投入効率係数については、上記で推定した中間投入シェア係数、付加価値投入シェア係数を用いて生産関数の式より逆算する形で推定する。

表 4-5 企業の生産関数の効率係数  $\eta^s, \phi^s$

$s$				日本	米国	欧州	アジア
中間投入効率係数	$\eta^s$		1.2701	1.2090	1.2070	1.5972	
労働・資本投入効率係数	$\phi^s$		1.9511	1.8863	1.9286	1.9620	

注) たとえば日本の付加価値効率係数  $\phi^s$  については、生産関数の定義式  $\phi^s = \frac{VA^s}{K^{s\alpha_K} L^{s\alpha_L}}$  より以下のよう

に計算できる。

$$\phi^s = 28,870 / (17,634^{0.610800} \times 11,236^{0.389200}) = 1.9511$$

## ②世帯の効用関数の係数

### <世帯の財消費シェア係数>

世帯の財消費シェア係数については、産業連関表の各地域における「域内最終需要」に対する自地域/他地域からの「域内最終需要」の比率を計算して推定する。ただし、「他地域から購入する域内最終需要」については、 $(1 + \text{輸送マージン率 } \tau_i^s)$  を乗じて消費地価格ベースに直したものをを用いる。

表 4-6 世帯の財消費シェア係数  $\beta^{rs}$

$r$ $s$			日本	米国	欧州	アジア
		財消費 シェア係 数	$\beta^{rs}$	日本	米国	欧州
			0.982121	0.011299	0.008985	0.028419
			0.006648	0.972110	0.012839	0.023278
			0.005244	0.006009	0.970438	0.016327
			0.005987	0.010581	0.007738	0.931976

③外生変数

＜世帯の労働保有量、資本保有量、対外純投資＞

世帯の労働保有量、資本保有量は世界産業連関表における各地域の労働量、資本量を用いる。対外純投資は、簡便のため、各地域の所得のうち自地域で使い切れなかった分を対外純投資に回すと考え、各地域の付加価値計と域内最終需要の差分をとって対外純投資とする。

表 4-7 労働保有量  $\bar{L}^s$ 、資本保有量  $\bar{K}^s$ 、対外純投資額  $NI^s$  (単位: 億ドル)

項目	日本	米国	欧州	アジア
労働保有量	17,634	35,870	19,791	6,198
資本保有量	11,236	17,720	11,425	4,173
対外純投資	513	-910	-582	-140

注) たとえば日本の労働保有量については、表 4-2 の世界産業連関表の日本の労働の値 17,634 億ドルをそのまま適用できる。日本の対外純投資については「日本の付加価値計」－「日本の域内最終需要計」=28,870 億ドル-28,357 億ドル=513 億ドルと計算できる。

＜中間投入における輸送マージン率＞

中間投入における輸送マージン率は、世界産業連関表に掲載されている輸送マージン（国際運賃、保険、関税等）を用いて以下のように推定する。

$$\tau_I^{rs} = \frac{\tilde{M}_I^s \cdot \sum_r \tilde{x}_I^{rs} \tilde{d}^{rs}}{\tilde{x}_I^{rs}}$$

ここで、 $\tilde{M}_I^s$  : 地域  $s$  における中間投入の輸送マージン総額（世界産業連関表の輸送マージン（国際運賃、保険、関税等）に相当）、 $\tilde{d}^{rs}$  : 地域  $rs$  間の距離（表 4-10 参照）である。すなわち、世界産業連関表より各地域が消費している輸送マージンの総額が分かるので、それを距離×貿易量の比率で発地域別に按分したものを地域  $rs$  間の輸送マージン額とし、それを貿易額（中間投入額）の実績値  $\tilde{x}_I^{rs}$  で除したものを輸送マージン率としている。

表 4-8 4地域間 輸送マージン率(中間投入財)  $\tau_I^{rs}$

発\着	日本	米国	欧州	アジア
日本	0.0000	0.0796	0.2826	0.1232
米国	0.1804	0.0000	0.1957	0.3241
欧州	0.4205	0.1285	0.0000	0.3552
アジア	0.1083	0.1257	0.2097	0.0000

<最終需要における輸送マージン率>

最終需要における輸送マージン率も、世界産業連関表に掲載されている輸送マージン(国際運賃、保険、関税等)を用いて以下のように推定する。

$$\tau_H^{rs} = \frac{\tilde{M}_H^s \cdot \tilde{x}_H^{rs} \tilde{d}^{rs}}{\sum_r \tilde{x}_H^{rs} \tilde{d}^{rs}} / \tilde{x}_H^{rs}$$

ここで、 $\tilde{M}_H^s$  : 地域 s における最終需要の輸送マージン総額(世界産業連関表の輸送マージン(国際運賃、保険、関税等)に相当)、 $\tilde{d}^{rs}$  : 地域 rs 間の距離(表 4-10 参照)である。

表 4-9 4地域間 輸送マージン率(最終需要財)  $\tau_H^{rs}$

発\着	日本	米国	欧州	アジア
日本	0.0000	0.0899	0.2697	0.1146
米国	0.1356	0.0000	0.1868	0.3014
欧州	0.3160	0.1451	0.0000	0.3303
アジア	0.0814	0.1420	0.2002	0.0000

【参考:地域間距離】

表 4-10 輸送マージン率の算定に用いた地域間距離表

単位:マイル

発\着	日本	米国	欧州	アジア
日本	0	4,862	11,331	2,918
米国	4,862	0	7,847	7,675
欧州	11,331	7,847	0	8,411
アジア	2,918	7,675	8,411	0

資料) Distance Table for World Shipping

### (3) 内生変数の推定結果

前項で推定された係数、外生変数を SCGE モデルに入力し計算を実行して得られた内生変数の値を以下に示す。なお、価格については 1 億ドル=1 に基準化した上で推定した係数を用いているため、価格変数についてはすべて概ね 1.0 となっている。

表 4-11 内生変数の推定結果

#### ① 資本需要量 $K^s$

地域	日本	米国	欧州	アジア
資本需要量	11,595	17,838	11,507	4,215

#### ② 労働需要量 $L^s$

地域	日本	米国	欧州	アジア
労働需要量	17,666	36,109	19,933	6,260

#### ③ 財・サービス生産量 $O^s$

地域	日本	米国	欧州	アジア
財・サービス生産量	50,242	83,489	51,663	20,676

#### ④ 中間投入財需要量 $x_I^{rs}$

生産地域\購入地域	日本	米国	欧州	アジア
日本	20,214	321	152	520
米国	304	28,632	298	351
欧州	110	282	19,647	142
アジア	369	309	127	9,179

#### ⑤ 最終需要量 $x_H^{rs}$

生産地域\購入地域	日本	米国	欧州	アジア
日本	27,643	561	223	286
米国	155	52,814	345	196
欧州	104	283	30,696	133
アジア	144	477	195	9,653

#### ⑥ 海運企業の需要量 $x_F^r$

生産地域\購入地域	日本	米国	欧州	アジア
海運企業の需要量	321	394	266	224

#### ⑦ 財・サービス価格 $p^s$

生産地域\購入地域	日本	米国	欧州	アジア
財・サービス価格	1.026	1.053	1.061	1.112

#### ⑧ 資本価格 $\gamma^s$

生産地域\購入地域	日本	米国	欧州	アジア
資本価格	1.000	1.051	1.056	1.097

#### ⑨ 労働価格 $w^s$

生産地域\購入地域	日本	米国	欧州	アジア
労働価格	1.030	1.051	1.056	1.097

#### ⑩ 効用 $u^s$

生産地域\購入地域	日本	米国	欧州	アジア
効用	25,131	46,257	26,658	7,438

#### (4) 現況再現性の検証

前項で推定された内生変数を用いて企業の間接投入額、世帯の最終需要額、企業の総生産額、付加価値額（労働）、付加価値額（資本）を1990年世界産業連関表上の実績値と比較することにより、モデルの再現性について検証する。ただし、ここでの実績値とは前項で示した修正後の世界産業連関表における実績値である。

5つの指標ともに、実績値と再現値はほぼ一致しており、基準年における経済状況は良く再現されているということが言える。

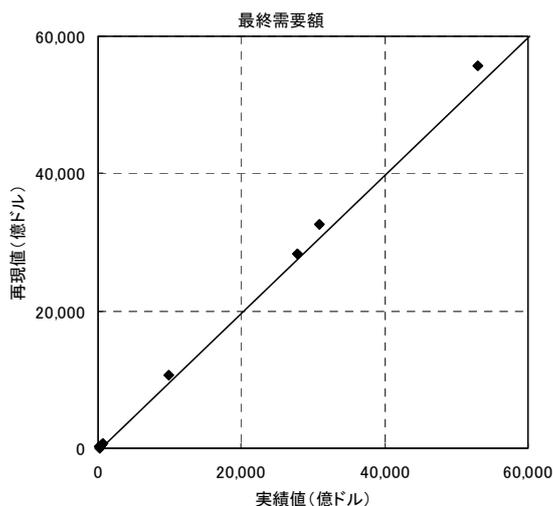
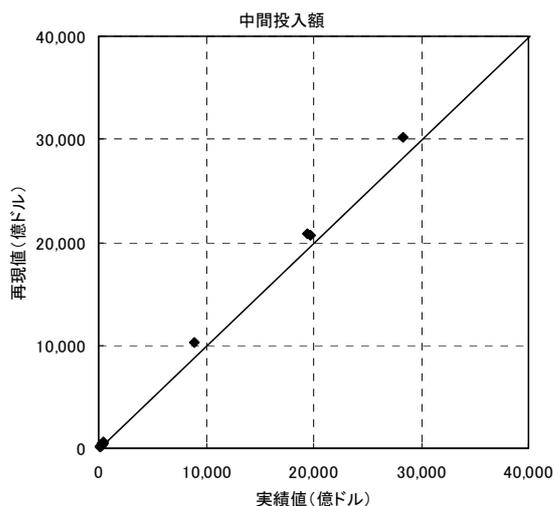


図 4-6 中間投入額  $p^r x_I^{rs}$  の現況再現性 (N=16)

図 4-7 最終需要額  $p^r x_H^{rs}$  の現況再現性 (N=16)

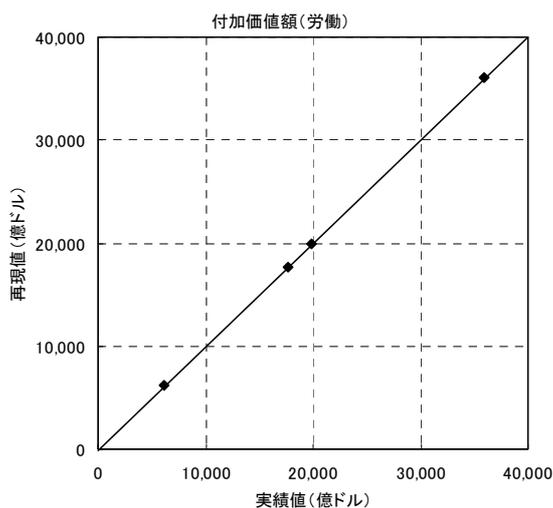
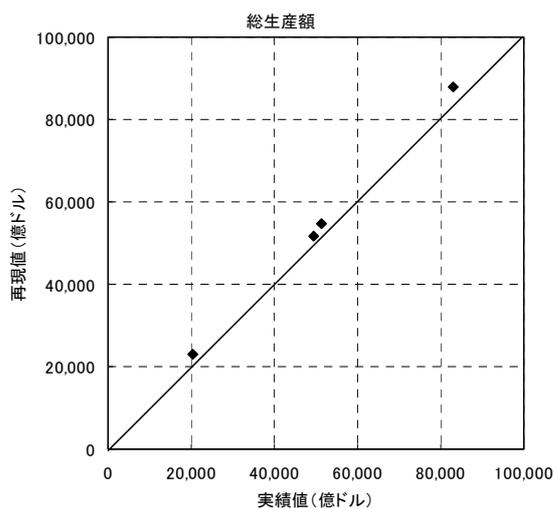


図 4-8 総生産額  $p^s Q^s$  の現況再現性 (N=4)

図 4-9 付加価値額(労働)  $w^s L^s$  の現況再現性 (N=4)

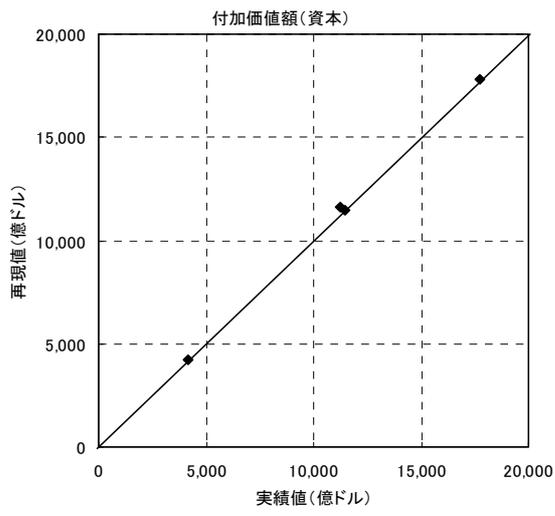


図 4-10 付加価値額(資本)  $\gamma^s K^s$  の現況再現性 (N=4)

## (5)波及効果の推計

### 1)部分均衡モデルの結果の入力

ここでは、部分均衡モデルより得られた港湾投資の社会的便益（利用者便益、供給者便益）を SCGE モデルにおける輸送コストの低下として入力し、その波及効果を推計した。

具体的には、without case においては、前章で計測した航路別の社会的便益（表 4-12 に再掲）分の輸送コストが with case より増加すると想定し、without case の輸送マージン率  $\tau_{I\text{without}}^{rs}$ 、 $\tau_{H\text{without}}^{rs}$  を、with case の輸送マージン率  $\tau_{I\text{with}}^{rs}$ 、 $\tau_{H\text{with}}^{rs}$  にその増加率を乗じることにより算出した。

なお、このとき、輸送コストは最終的には輸入側の地域がすべて負担すると仮定した。すなわち、北米太平洋航路（輸入）におけるコスト減少分は、日本が米国から財を購入するときに負担する輸送コストの減少分であると仮定した。当然、輸出側が輸送コストを負担する場合もありうるが、最終的には財・サービス価格に転嫁されて輸入側が負担すると考えられ、この仮定は概ね妥当と思われる。

表 4-12 各航路における日本の港湾投資による社会的便益  
(利用者便益+供給者便益)(1995年価格)

(単位:億円/年)

年	北米太平洋輸入	北米太平洋輸出	北米東岸輸入	北米東岸輸出	欧州輸入	欧州輸出	合計
1984	157	213	20	83	39	26	538
1985	317	548	44	170	108	64	1,251
1986	473	876	56	183	176	119	1,882
1987	769	846	80	226	265	186	2,372
1988	1,083	945	101	261	379	283	3,052
1989	1,465	1,128	137	348	551	351	3,979
1990	1,827	1,609	183	444	758	472	5,292
1991	1,947	2,012	206	459	971	776	6,371
1992	2,068	2,157	227	496	1,157	946	7,051
1993	2,198	2,232	240	504	1,345	1,203	7,722
1994	2,395	2,181	254	531	1,518	1,238	8,117
1995	3,255	2,575	300	620	1,730	1,404	9,883
1996	3,640	2,024	368	830	2,072	1,745	10,679
1997	3,512	2,310	409	1,035	2,430	2,244	11,939
1998	3,128	2,809	395	1,201	2,430	2,455	12,418

以下では、1998年を例にとり、具体的な入力方法を示す。

まず、SCGEモデルの係数から、地域間の輸送コストの総額  $TC^{rs}_{with}$  を算出し、これを with case における輸送コストと想定する。これは、前項で求めた輸送マージンと貿易額を用いて以下のように算出できる。

$$TC^{rs}_{with} = \tau_I^{rs} x_I^{rs} + \tau_H^{rs} x_H^{rs}$$

この式をもとに算出した  $TC^{rs}_{with}$  を以下に示す。

表 4-13 with case における地域間輸送コストの総額  $TC^{rs}_{with}$

(億円/年)				
発\着	日本	米国	欧州	アジア
日本	0	11,021	14,924	12,814
米国	11,594	0	17,577	23,456
欧州	12,295	11,237	0	12,958
アジア	7,965	16,256	9,922	0

注 1) ドル表示のものを IMF の 1990 年の対ドル平均為替レート 144.79 円で円単位換算したもの

注 2) 厳密には関税、保険等を含む

次に、部分均衡モデルで計測した 1998 年時点での利用者便益、供給者便益を以下のように OD 表の形にまとめる。なお、米国への輸出入については、北米太平洋航路と北米東岸航路の便益を加算する。

表 4-14 部分均衡モデルの結果より得られた地域間輸送コストの低下分(1998 年時点)

(億円/年)

発\着	日本	米国	欧州	アジア
日本	0	4,010	2,455	0
米国	3,523	0	0	0
欧州	2,430	0	0	0
アジア	0	0	0	0

次に、表 4-14 の輸送コストの低下分を表 4-13 の with case における輸送コストの総額に加算することにより、without case における輸送コストの総額を算出する。

表 4-15 without case における地域間輸送コストの総額  $TC^{rs}_{without}$  (1990 年価格)

(億円/年)

発\着	日本	米国	欧州	アジア
日本	0	15,031	17,380	12,814
米国	15,116	0	17,577	23,456
欧州	14,725	11,237	0	12,958
アジア	7,965	16,256	9,922	0

最後に、 $TC^{rs}_{without}$  と  $TC^{rs}_{with}$  の比率  $TC^{rs}_{without} / TC^{rs}_{with}$  を取り、その比を with case の輸送マージン率  $\tau_{I_{with}}^{rs}$ 、 $\tau_{H_{with}}^{rs}$  に乗じることにより、without case の輸送マージン率  $\tau_{I_{without}}^{rs}$ 、 $\tau_{H_{without}}^{rs}$  を作成した。

表 4-16  $\tau_{I\text{with}}^{rs}$  および  $\tau_{H\text{with}}^{rs}$  の値 (表4-8、9の再掲)

発\着	日本	米国	欧州	アジア
日本	0.0000	0.0796	0.2826	0.1232
米国	0.1804	0.0000	0.1957	0.3241
欧州	0.4205	0.1285	0.0000	0.3552
アジア	0.1083	0.1257	0.2097	0.0000

発\着	日本	米国	欧州	アジア
日本	0.0000	0.0899	0.2697	0.1146
米国	0.1356	0.0000	0.1868	0.3014
欧州	0.3160	0.1451	0.0000	0.3303
アジア	0.0814	0.1420	0.2002	0.0000

表 4-17  $\tau_{I\text{without}}^{rs}$  および  $\tau_{H\text{without}}^{rs}$

発\着	日本	米国	欧州	アジア
日本	0.0000	0.1086	0.3290	0.1232
米国	0.2353	0.0000	0.1957	0.3241
欧州	0.5037	0.1285	0.0000	0.3552
アジア	0.1083	0.1257	0.2097	0.0000

発\着	日本	米国	欧州	アジア
日本	0.0000	0.1226	0.3141	0.1146
米国	0.1768	0.0000	0.1868	0.3014
欧州	0.3785	0.1451	0.0000	0.3303
アジア	0.0814	0.1420	0.2002	0.0000

## 2) 波及効果の推計方法

### ① 波及効果の計算方法

波及効果を含む社会的便益は、without case における輸送マージン率を外生変数として SCGE モデルで各地域の効用 ( $u^s_{\text{without}}$ ) を計算し、with case における各地域の効用 ( $u^s_{\text{with}}$ ) と比較することによって算出する。

具体的には、波及効果を含む各地域の社会的便益  $SB^s$  は以下の式で表現することができる。

$$SB^s = \frac{\Delta u^s}{\lambda^s} = \frac{u^s_{\text{with}} - u^s_{\text{without}}}{\lambda^s}$$

$u^s_{\text{with}}$  : with case における効用値

$u^s_{\text{without}}$  : without case における効用値

ここで、 $\lambda^s$  は、効用の変化を貨幣換算する係数であり、所得の限界効用 (所得 1 単位あたりの効用の変化分) と言われる。本モデルの仮定のもとでは、所得の限界効用は効用値を所得で除したものに等しくなるので、世帯の所得  $\gamma^s K^s + w^s L^s - NI^s$  を  $I^s$  と置けば、社会的便益は以下の式で計測できる<sup>25</sup>。

<sup>25</sup> なお、ここでは所得の限界効用を without case における効用値と所得により計算しているが、with case のものを用いても大きな差はない。

$$SB^s = \frac{u^s_{with} - u^s_{without}}{(u^s_{without} / I^s_{without})} = I^s_{without} \frac{u^s_{with} - u^s_{without}}{u^s_{without}}$$

$I^s_{without}$  : without case における所得

すなわち、without case の所得に効用の変化率  $\frac{u^s_{with} - u^s_{without}}{u^s_{without}}$  を乗じることにより計算できる。

## ②波及効果を含む社会的便益の算出

たとえば、1998年を例にとると、各地域の社会的便益は以下のように計算される。他の年についてもまったく同様に効用値、所得から社会的便益が計算できる。

表 4-18 各地域の社会的便益の計測方法

①withoutの効用値 $u^s_{without}$				
生産地域\購入地域	日本	米国	欧州	アジア
効用	25,131	46,257	26,658	7,438

②withの効用値 $u^s_{with}$				
生産地域\購入地域	日本	米国	欧州	アジア
効用	25,167	46,281	26,673	7,438

③効用の変化率(=(②-①)/①)				
生産地域\購入地域	日本	米国	欧州	アジア
効用	0.141%	0.052%	0.054%	-0.001%

④withoutにおける所得 $I^s_{without}$ (億円/年)				
生産地域\購入地域	日本	米国	欧州	アジア
効用	4,182,586	8,286,893	4,857,778	1,667,370

⑤社会的便益(=④×③) $SB^s$ (億円/年)				
生産地域\購入地域	日本	米国	欧州	アジア
効用	5,881	4,330	2,642	-15

## ③波及効果の推計

上記のように計測した波及効果を含む社会的便益を、部分均衡モデルの計測結果とあわせて以下に示す。輸送運賃の低下が国際貿易を通じて、日本および世界の企業、世帯に効果が波及した結果、約 3.4~5.3%程度社会的便益が増加する結果となった。ただし、以下の結果はすべて 1990 年の世界産業連関表に基づく計測結果である。たとえば 1998 年の波及効果を精確に求めるためには、厳密には 1998 年の世界産業連関表を用いる必要があるが、統計が未整備であるため、1990 年の世界産業連関表によって代用することとした。したがって、下表の結果にはそのことによる計測誤差が含まれていることに留意する必要がある。

表 4-19 波及効果の推計結果のまとめ

(単位: 億円/年)

年	①部分均衡モデルにより計測された社会的便益	②波及効果を 含む社会的便益	③波及効果 (=②-①)	④波及効果の 占める比率 (=③/②)
1984	538	567	28	5.27%
1985	1,251	1,314	63	5.01%
1986	1,882	1,977	94	5.00%
1987	2,372	2,486	114	4.82%
1988	3,052	3,194	142	4.64%
1989	3,979	4,159	179	4.51%
1990	5,292	5,519	228	4.30%
1991	6,371	6,641	270	4.23%
1992	7,051	7,344	293	4.15%
1993	7,722	8,034	312	4.05%
1994	8,117	8,438	321	3.95%
1995	9,883	10,241	358	3.62%
1996	10,679	11,041	363	3.40%
1997	11,939	12,337	398	3.33%
1998	12,418	12,838	420	3.38%
合計	92,548	96,129	3,581	3.87%

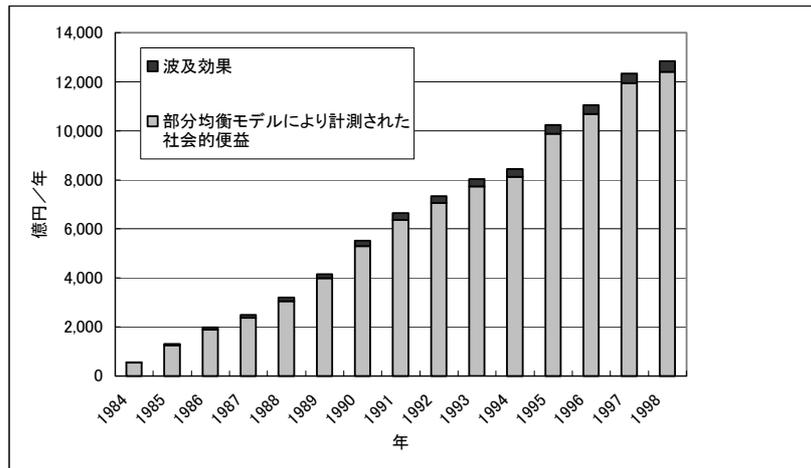


図 4-11 波及効果の推計結果

## 第5章

### わが国の港湾投資の経済効果の分析

## 第5章 わが国の港湾投資の経済効果の分析

### 5. 1. 港湾投資と社会的便益の比較分析

本節では、港湾投資額と社会的便益を比較分析する。比較分析は、前章で計測した 1984 年から 1998 年までの社会的便益と、1999 年以降発生するであろう社会的便益を併せて、同期間の港湾投資額と比較する。

#### (1)過去の港湾投資と社会的便益の比較方法

前章で計測した 1984 年から 1998 年までの社会的便益と、同期間の港湾投資額の比較にあたっては、以下の方法を用いる。

- ①港湾構造物の社会的耐用年数が 50 年<sup>26</sup>であることから、港湾投資による便益は 50 年累計すると仮定し、社会的便益を 50 年累計した。
- ②便益計測基準年を 1984 年とし、現在価値算定のための割引率を 4%とした。
- ③便益と投資額の比較については、各年の港湾投資に対する便益の 50 年累計・現在価値換算値と、累積投資額の比率を計算した。たとえば 1998 年時点で比較する際には、「各年の投資による便益の 50 年累計・現在価値換算値」を 1984 年の投資による便益から 1998 年の投資による便益まで加算した値と、「1984～1998 年の累積投資額の現在価値換算値」の比率を比較した。

③の比較の考え方を図示すると（図 5-1）のようになる。下側のグレーの部分と上側の斜線部分の和を比較することになる。

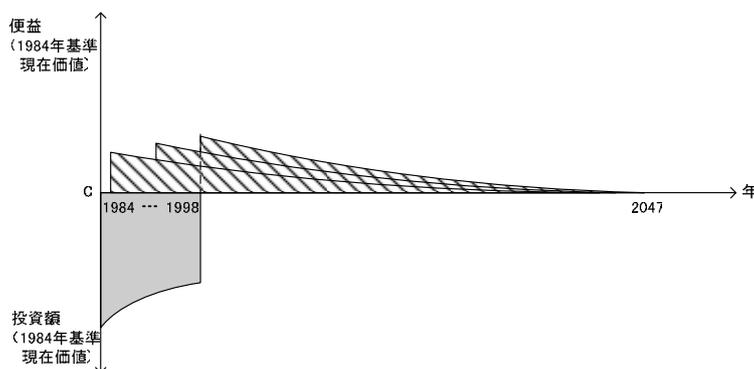


図 5-1 便益と投資の比較の概念図

<sup>26</sup> 「港湾整備事業の費用対効果分析マニュアル（平成 16 年 6 月）」

## (2) 将来の港湾投資と社会的便益の比較方法

次に、前章で計測しなかった 1999 年以降の社会的便益と、同期間の港湾投資額についても、推計して比較する。

今後も国際海上コンテナ輸送市場は拡大し、コンテナ船も引き続き大型化することが想定される（5. 2 参照）ため、「港湾投資が港湾の容量の拡大や港湾施設の大型化を通じて海運事業者の輸送コストを低減させ、社会的な便益が生じる」というシナリオは今後 10 年程度は継続するものと考えられる。このため、計算期間を 1999 年から 2015 年とし、その間の便益の推計にあたっては、第 3 章で構築した部分均衡モデルを適用する。説明変数については表 5-1 の通り設定した。なお、SCGE モデルについては、将来の世界の産業連関表の推定が困難なため、第 4 章で構築した SCGE モデル（1990 年世界産業連関表をもとに推定したモデル）をそのまま活用する。

表 5-1 部分均衡モデルの説明変数の設定

説明変数	設定方法
実質為替相場 船舶の燃料価格	予測が困難な変数であるため、1998 年以降一定と設定。
輸入国の国内総生産 (GDP)	<p>日本：2001～2003 年値は平成 16 年度政府経済見通し（H15 年末閣議了解）以降 2010 年までは、「構造改革と経済財政の中期展望」（平成 14 年 1 月 25 日閣議決定）の標準ケース（構造改革が進展する場合）に準ずる。2011 年以降は、国土交通省共通の経済フレームに準ずる</p> <p>米国：2010 年までについては、「Session Review, Budget of the United States Government, Fiscal Year 2002」（大統領府行政管理予算局 2001 年 8 月）、2011 年以降は、「2020 年の世界経済」（OECD1997）に準じる。</p> <p>ドイツ：「グローバリゼーション・ワーキンググループ報告書」（1998 年 4 月）に準じる。</p>

【参考：各地域の GDP の設定値】

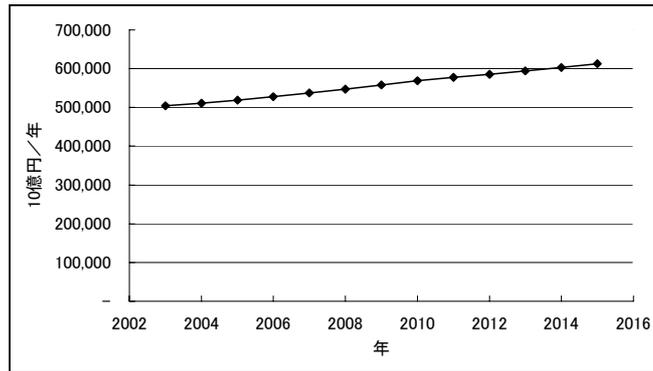


図 5-2 日本の GDP の将来設定

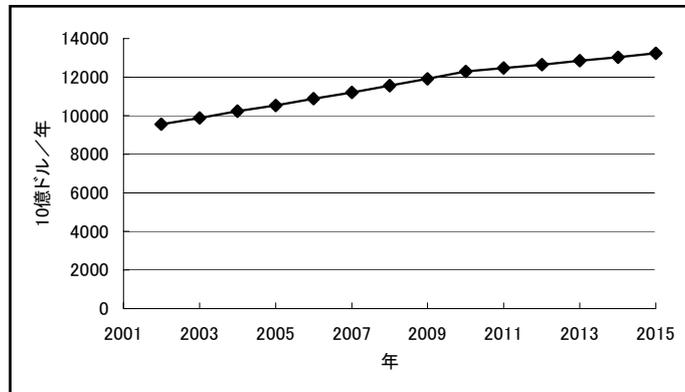


図 5-3 米国の GDP の将来設定

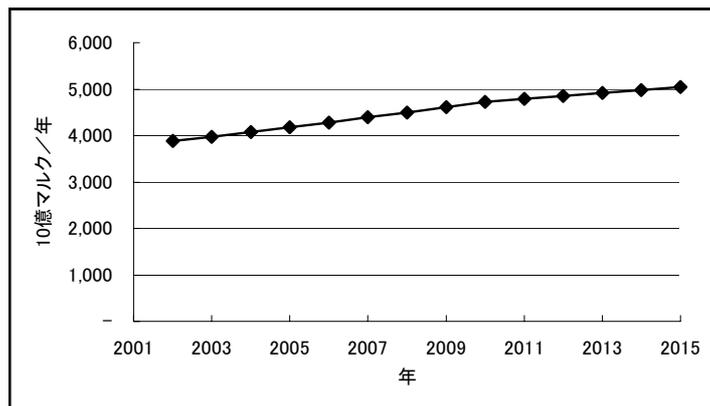


図 5-4 ドイツの GDP の将来設定

また、1999年以降の港湾投資額は、「日本の社会資本」に記載されていないため、以下の方法を用いて推計した。

- ①1999年から2003年までの港湾投資額は、「日本の社会資本」に記載されている1998年の港湾投資額の値に、各年の港湾整備事業費（図5-5）の変動を考慮して推計する。
- ②2004年以降の港湾投資額は、2003年の港湾投資額と同額であると想定する。

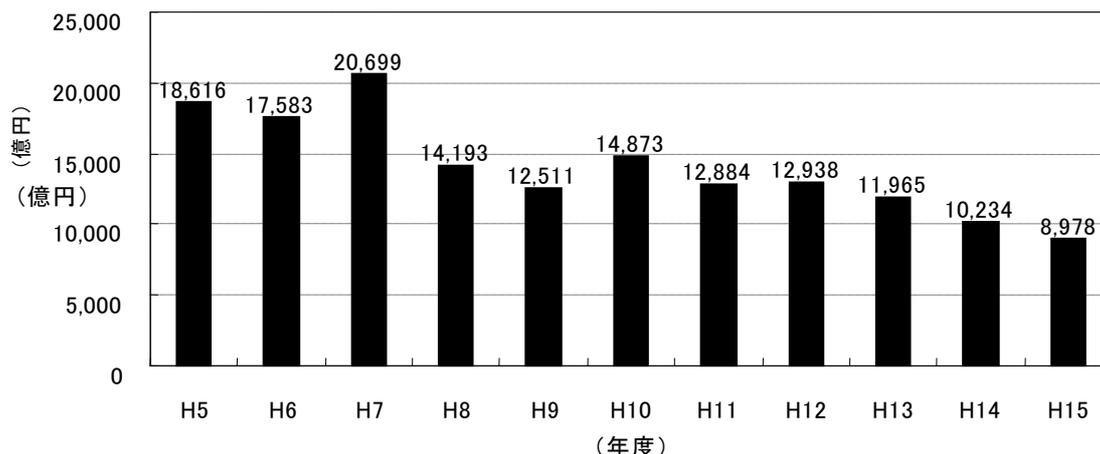


図 5-5 日本の港湾整備事業費の推移

資料)「数字でみる港湾 (2003)」

社会的便益と港湾投資額の比較方法は、(1)と同様、累積値を用いて比較する。

### (3) 港湾投資と社会的便益の比較分析

以下に社会的便益と港湾投資額を1984年から2015年まで比較した結果を示す。1984年から2003年まで、各年において便益は投資を1.5~2.1倍程度上回っている。これは、仮に港湾整備水準が1983年時点の水準であった場合、その後の各年において港湾投資額の1.6~2.0倍程度の社会的損失が発生していたであろうことを示す。便益計測年をいつにとっても、また基幹航路の国際海上コンテナ輸送市場に限定しても、便益が投資を大きく上回ることから、わが国の港湾投資が高い効率性を有していたことが示唆される。

また、2004年以降は、港湾投資額が一定と想定した場合の推計値であるが、各年の便益は投資を2.1以上上回っており、しかも費用便益比は毎年増加する傾向にある。仮に港湾整備水準が1983年の水準で今後も推移したら、社会的損失はさらに拡大するであろうことを示唆している。

表 5-2 波及効果を含む社会的便益と投資額の比較

年	①波及効果を含む 社会的便益 (50年累積、億円/年) (1984年現在価値換算 値)	②港湾投資額 (累積、億円/年) (1984年現在価値換算値)	③便益/投資 (=①/②)
1984	12,657	8,037	1.575
1985	28,708	15,838	1.813
1986	42,401	23,692	1.790
1987	52,526	32,055	1.639
1988	66,032	39,874	1.656
1989	83,752	47,174	1.775
1990	107,781	54,608	1.974
1991	126,823	61,670	2.056
1992	138,297	69,721	1.984
1993	149,133	79,551	1.875
1994	155,229	87,657	1.771
1995	181,394	96,512	1.879
1996	192,560	103,291	1.864
1997	209,943	109,116	1.924
1998	216,407	116,254	1.862
1999	231,079	121,785	1.897
2000	245,503	127,156	1.931
2001	258,681	131,910	1.961
2002	270,581	135,872	1.991
2003	283,595	139,278	2.036
2004	297,195	142,553	2.085
2005	311,138	145,702	2.135
2006	325,515	148,730	2.189
2007	340,456	151,641	2.245
2008	355,911	154,440	2.305
2009	371,853	157,132	2.367
2010	388,173	159,720	2.430
2011	402,352	162,209	2.480
2012	415,070	164,602	2.522
2013	426,756	166,903	2.557
2014	437,728	169,115	2.588
2015	448,326	171,243	2.618

## 5. 2. 将来の港湾投資シナリオに基づく社会的便益の推計

現在、厳しい財政難を背景として、公共事業関係予算が毎年縮減され、港湾投資額も年々減少している。港湾整備事業費の推移をみると、この5年の伸び率は平均-10%程度となっている（図5-5参照）。

一方、アジアを中心として国際海上コンテナ輸送需要は年々増加しており、2012

年には、世界の海上コンテナ流動量は 2000 年の 2.25 倍の 4.9 億 TEU になると推測されている（図 5-6 参照）。また、海上コンテナ輸送のコスト削減を目指して、世界の海運事業者は積載量 8000TEU クラスの超大型コンテナ船を数多く発注しており（図 5-7 参照）、近い将来、こうした超大型コンテナ船が基幹航路に配船されると予測されている。

これらを背景として、世界の主要港湾では、コンテナターミナルの容量の拡大と大水深化を目指して大規模な投資を行っているか、あるいは計画中的である（表 5-3 参照）。こうした中、わが国の港湾投資が縮小され、大規模なコンテナターミナルの整備が遅れば、輸送効率の低下から輸送コストの上昇を招き、経済効率を低下させることが懸念される。

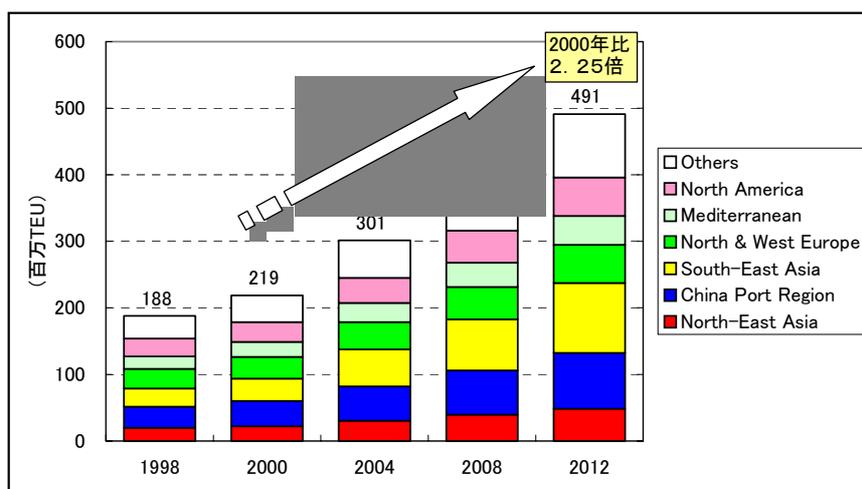


図 5-6 世界の海上コンテナ流動量の予測

資料) 「World Container Port Markets to 2012」 (Ocean Shipping Consultants Limited,1999)

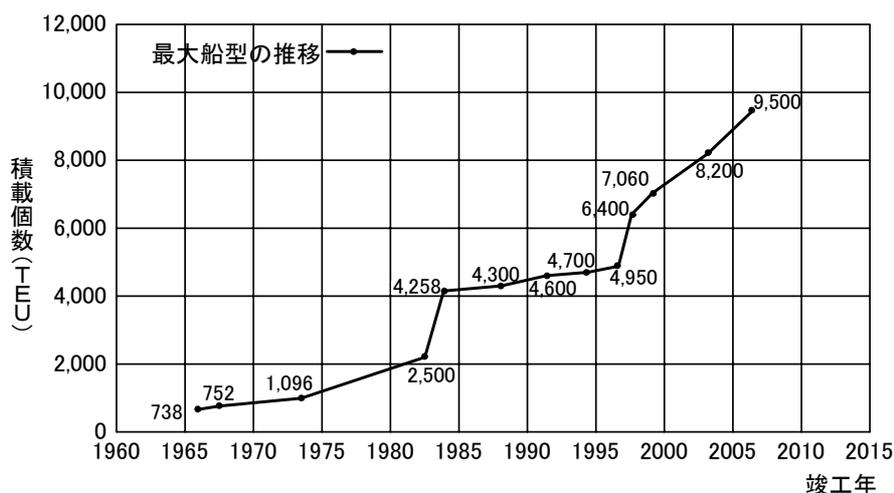


図 5-7 コンテナ船の最大船型の推移 (再掲)

資料) 国土交通省資料

表 5-3 世界の主要港湾におけるコンテナターミナルの整備計画

地域	国名	港名・ターミナル名	供用年 (予定)	バース数	岸壁延長 (m)	水深 (m)	処理能力 (万 TEU)
欧米	アメリカ	ロサンゼルス港 Pier 400	2004	7	2,192	16.7	240
	オランダ	ロッテルダム港 EuroMax Terminal	2007	7	2,350	19.7	240
	ベルギー	アントワープ港 Deurganck Dock	2006	—	5,290	16.0	580
アジア	シンガポール	シンガポール港 Pasir Pnjang Terminal	—	42	12,014	15.0	2,400
	マレーシア	タンジュンペラパス 港 Tanjung Pelepas(Phase2)	—	8	2,880	16~19	1,000
	中国	上海港	—	50	20,000	15.5	2,500
	韓国	釜山港	2011	30	9,550	—	804
光陽港		2011	33	11,050	14 以上	913	

資料) 国際輸送ハンドブック 2004 年版、各港ホームページをもとに作成

注) 「—」は未詳

そこで本節では、第 3 章、第 4 章で構築した部分均衡モデル及び SCGE モデルを用いて、将来の港湾投資の縮小が経済効率に与える影響を推計した。

### (1) 推計の基本的考え方

将来の港湾投資が 2003 年度の投資額と同程度であるケース（基本シナリオ）を with case とし、将来の港湾投資が 2003 年度の投資額と比べて減少するケースを without case として、その差違による社会的便益の差を計測する。便益計測基準年を 2004 年とし、計測は 2004 年から 2015 年まで実施する。また、without case のシナリオは表 5-4 の 2 つのシナリオを設定した。

基本シナリオ及びシナリオ 1、2 それぞれにおける港湾投資額の変化及び港湾ストック額の推移を示すと図 5-8、図 5-9 の通りとなる。

表 5-4 将来シナリオの概要

シナリオの種類	概要
基本シナリオ	2004 年以降も 2003 年度と同額の港湾投資が行われるシナリオ。
シナリオ 1	港湾投資が 2004 年以降 3 % ずつ減少し、2008 年以降は一定となるシナリオ。
シナリオ 2	港湾投資が 2004 年以降 3 % ずつ減少していくシナリオ。

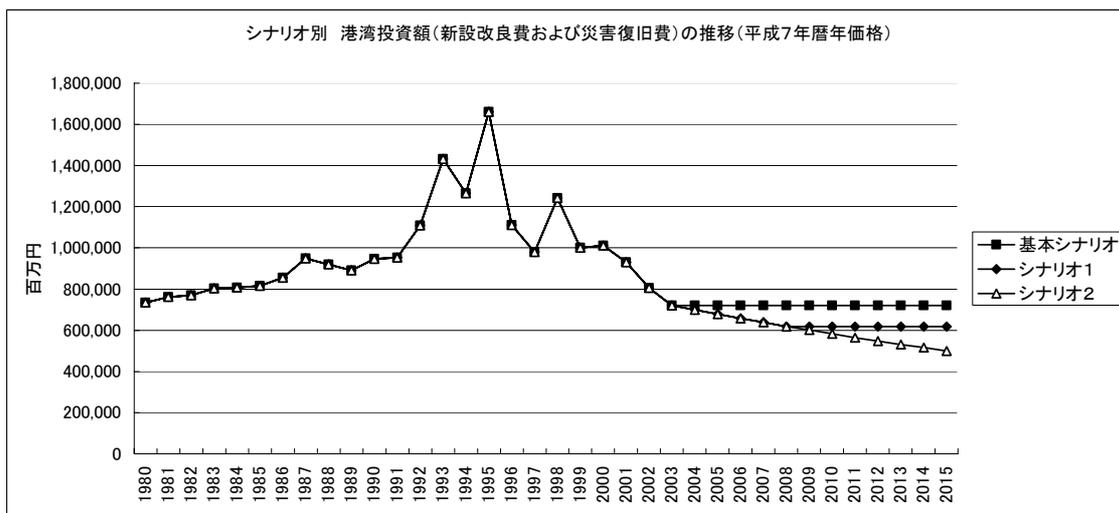


図 5-8 シナリオ別 港湾投資額の推移

注) ここでの新設改良費および災害復旧費は決算ベースの値と考えられる。

資料) 1998 年までは「日本の社会資本ストック」内閣府、それ以降は三菱総合研究所作成

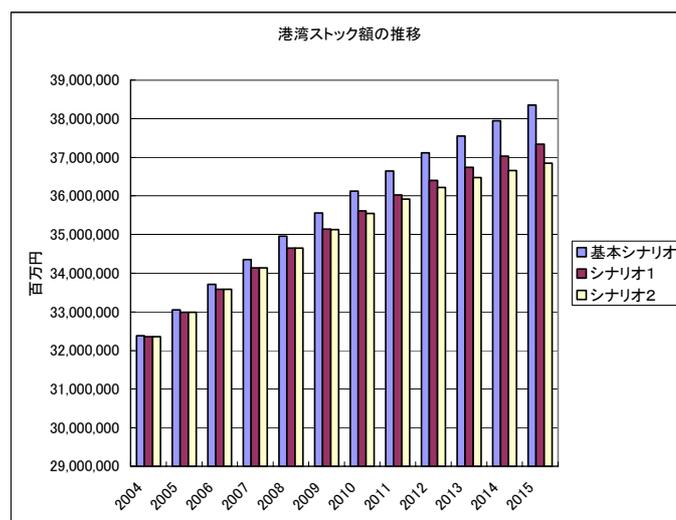


図 5-9 シナリオ別 港湾ストック額の推移

資料) 「日本の社会資本」(内閣府)より作成

## (2)シナリオ1の場合の推計結果

基本シナリオを with ケース、シナリオ1を without ケースとして 2004 年から 2015 年の 12 年間に於いて、2つのシナリオの差に基づく社会的便益の差を波及効果を含めて推計した。結果は図5-10、表5-5の通りである。

表5-5より、2015年において803億円/年の社会的便益が発生する結果となった。これは、2004年から2015年までシナリオ1が生じた場合、基本シナリオの場合と比べて1年あたり803億円の社会的便益が失われることを意味する。

次に港湾投資額と波及効果を含めた社会的便益を比較検討する。比較の方法は5.1で設定した方法を用いる。結果は表5-6の通りであり、当初の2年間は投資の節約額が便益を上回るため、便益/投資<1となるが、その後便益が投資を上回るようになり、2015年には便益が投資の約1.7倍にまで達する。

この間の基本シナリオとシナリオ1の間の港湾投資額の差は約8,000億円(2004年現在価値換算値)であり、便益の累計額よりも約5,700億円(2004年現在価値換算値)小さい。これは、シナリオ1を選択すると、基本シナリオと比べ12年間で港湾投資額が8,000億円節約となるが、他方1兆3,700億円の社会的便益が失われることとなり、その差5,700億円分、経済効率が低下することを意味する。

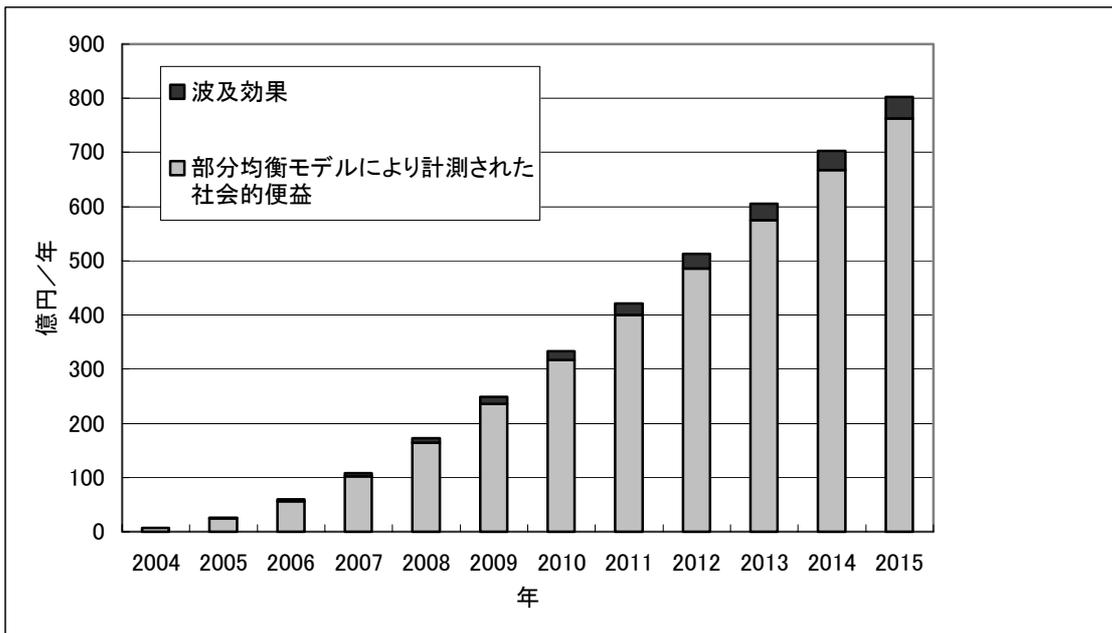


図 5-10 基本シナリオを with ケース、シナリオ1を without ケースとした場合の社会的便益の差

表 5-5 基本シナリオを with ケース、シナリオ1を without ケースとした場合の社会的便益の差

年	①部分均衡モデルにより計測された社会的便益の差 (億円/年)	②波及効果を含む社会的便益の差 (億円/年)	③波及効果 (=②-①) (億円/年)	④波及効果の占める比率 (=③/①)
2004	7	7	0	4.96%
2005	25	26	1	4.98%
2006	56	59	3	5.31%
2007	102	108	5	5.33%
2008	164	173	9	5.22%
2009	236	249	13	5.33%
2010	317	334	17	5.33%
2011	400	421	21	5.32%
2012	486	512	26	5.32%
2013	575	606	31	5.31%
2014	667	703	35	5.30%
2015	762	803	41	5.31%

表 5-6 基本シナリオを with ケース、シナリオ1を without ケースとした場合の便益と投資の比較

年	①波及効果を含む社会的便益の差 (=港湾投資の減少による社会的損失) (50年累積、億円/年) (2004年現在価値換算値)	②港湾投資額の差 (=港湾投資の節減額) (累積、億円/年) (2004年現在価値換算値)	③便益/投資 (=①/②)
2004	165	215	0.768
2005	573	623	0.919
2006	1,255	1,202	1.043
2007	2,214	1,934	1.145
2008	3,454	2,801	1.233
2009	4,856	3,634	1.336
2010	6,349	4,435	1.432
2011	7,842	5,205	1.507
2012	9,324	5,946	1.568
2013	10,791	6,658	1.621
2014	12,254	7,343	1.669
2015	13,708	8,002	1.713

### (3)シナリオ2の場合の推計結果

基本シナリオを with ケース、シナリオ2を without ケースとして 2004 年から 2015 年の 12 年間に於いて、2つのシナリオの差違に基づく社会的便益の差を波及効果を含めて推計した。結果は図 5-11、表 5-7 の通りである。

表 5-7 より、2015 年において 1,150 億円/年の社会的便益が発生する結果と

なった。これは、2004年から2015年までシナリオ2が生じた場合、基本シナリオの場合と比べて1年あたり1,150億円の社会的便益が失われることを意味する。

次に港湾投資額と波及効果を含めた社会的便益を比較検討する。比較の方法は5.1で設定した方法を用いる。結果は表5-8の通りであり、当初の2年間は投資の節約額が便益を上回るため、便益/投資<1となるが、その後に便益が投資を上回るようになり、2015年には便益が投資の約1.7倍にまで達する。

この間の基本シナリオとシナリオ2の間の港湾投資額の差は約1兆1,400億円(2004年現在価値換算値)であり、便益の累計額よりも約8,000億円(2004年現在価値換算値)小さい。これは、シナリオ2を選択すると、基本シナリオと比べ12年間で港湾投資額が1兆1,400億円節約となるが、他方1兆9,100億円の社会的便益が失われることとなり、その差7,700億円分、経済効率が低下することを意味する。

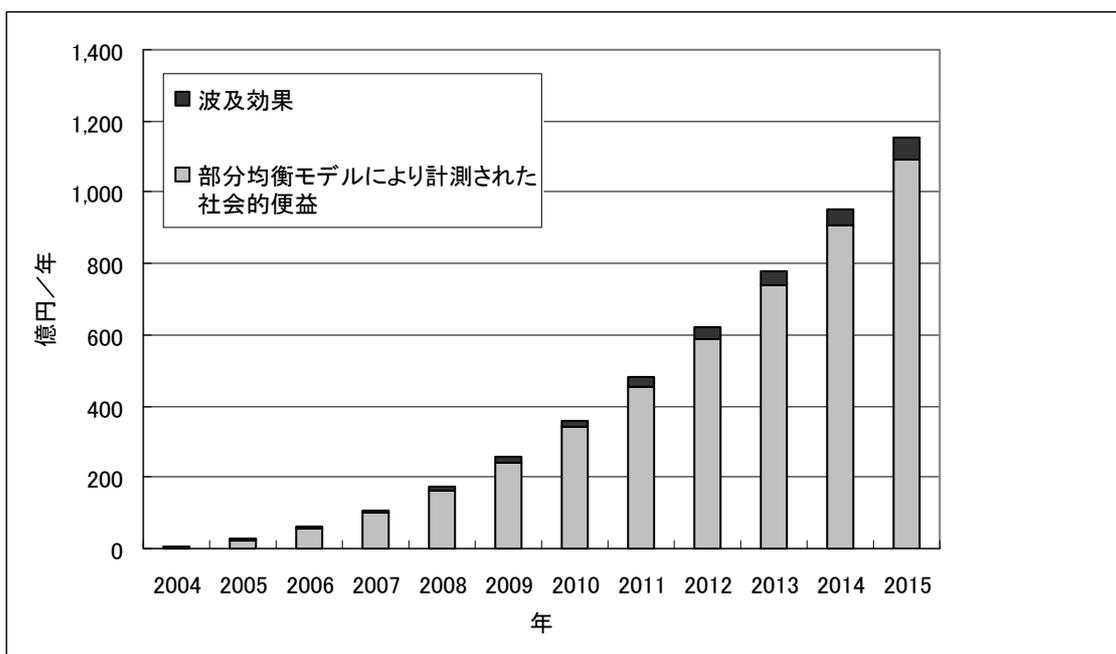


図 5-11 基本シナリオを with ケース、シナリオ2を without ケースとした場合の社会的便益の差

表 5-7 基本シナリオを with ケース、シナリオ2を without ケースとした場合の  
社会的便益の差

年	①部分均衡モデルにより計測された社会的便益の差 (億円/年)	②波及効果を 含む社会的便益の差 (億円/年)	③波及効果 (=②-①) (億円/年)	④波及効果の 占める比率 (=③/①)
2004	7	7	0	4.96%
2005	25	26	1	4.98%
2006	56	59	3	5.31%
2007	102	108	5	5.33%
2008	164	173	9	5.22%
2009	243	256	13	5.32%
2010	341	360	18	5.30%
2011	456	480	24	5.31%
2012	588	619	31	5.31%
2013	738	777	39	5.29%
2014	906	954	48	5.26%
2015	1,094	1,151	57	5.25%

表 5-8 基本シナリオを with ケース、シナリオ2を without ケースとした場合の  
便益と投資の比較

年	①波及効果を含む 社会的便益の差 (=港湾投資の減少による 社会的損失) (50年累積、億円/年) (2004年現在価値換算値)	②港湾投資額の差 (=港湾投資の節減額) (累積、億円/年) (2004年現在価値換算値)	③便益/投資 (=①/②)
2004	165	215	0.768
2005	573	623	0.919
2006	1,255	1,202	1.043
2007	2,214	1,934	1.145
2008	3,454	2,801	1.233
2009	4,988	3,786	1.318
2010	6,814	4,875	1.398
2011	8,867	6,054	1.465
2012	11,134	7,311	1.523
2013	13,602	8,635	1.575
2014	16,275	10,015	1.625
2015	19,137	11,442	1.673

## 第6章

### 結論

## 第6章 結 論

本研究の成果を以下にまとめる。

- ①わが国全体の港湾投資の経済効果を計測する部分均衡モデルおよび SCGE モデルを構築した。各モデルともに現況再現性などに優れ、わが国全体の港湾投資の効果を、海運市場以外への波及効果まで含めて概括的に把握可能なモデルを構築することができた。
- ②構築したモデルを用いて、基幹航路（北米太平洋航路、北米東岸航路、欧州航路）の国際海上コンテナ輸送市場における経済効果のみを対象とし、波及効果を含めて過去の港湾投資の経済効果を計測した結果、わが国の港湾投資は、投資額と比較して 1.5～2.6 倍の便益を生み出してきたことが示唆された。
- ③さらに、構築したモデルを用いて将来の港湾投資シナリオに関する分析を行った。港湾投資が 2004 年以降 3%ずつ減少していくシナリオを想定すると、それによって節減される投資額以上に社会的な機会損失が発生する可能性があることが示唆された。

また、今後の課題としては以下のようなものが挙げられる。

- ①部分均衡分析モデルについては、基幹航路以外の航路の国際海上コンテナ輸送市場、バルク貨物輸送市場、国内貨物輸送市場、フェリー輸送市場等を対象として、経済効果を計測する方法を検討する必要がある。
- ②SCGE モデルについては、財・サービスの種類や地域をより細分化し、より精緻なモデルへ改良していく必要がある。
- ③また、SCGE モデルを活用し、便益の帰着関係について、詳細な分析を行う必要がある。

以上のような課題はあるものの、これまで把握されていなかった港湾投資の全国レベルでの経済効果を、実勢データを用いて計測したという点で本研究の意義は大きいものと考えられる。

## 参考資料

## 参考資料

参考-1 北米太平洋航路(輸入)における邦船社の輸送量および運賃収入データ

年	輸送量(メトリック・トン)	運賃収入(千円)	運賃(千円/メトリック・トン)
1978	741,618	12,381,504	16.70
1979	781,791	15,157,940	19.39
1980	767,183	16,778,315	21.87
1981	714,244	17,476,902	24.47
1982	868,121	23,731,507	27.34
1983	876,250	20,523,992	23.42
1984	1,045,852	19,669,533	18.81
1985	1,162,402	18,647,587	16.04
1986	1,403,548	15,964,851	11.37
1987	1,715,430	20,471,299	11.93
1988	1,855,206	23,858,035	12.86
1989	1,571,620	27,029,883	17.20
1990	1,602,502	27,177,776	16.96
1991	1,802,956	28,512,356	15.81
1992	1,467,227	24,098,931	16.42
1993	1,569,835	21,611,745	13.77
1994	1,920,690	23,267,556	12.11
1995	1,070,820	16,615,065	15.52
1996	940,041	18,563,032	19.75
1997	769,081	14,489,286	18.84
1998	844,983	13,901,946	16.45

資料)「海上輸送の現況(外航輸送実績年報)」海事産業研究所

参考-2 北米太平洋航路(輸出)における邦船社の輸送量および運賃収入データ

年	輸送量(メトリック・トン)	運賃収入(千円)	運賃(千円/メトリック・トン)
1978	415,193	17,791,635	42.85
1979	353,436	15,173,414	42.93
1980	332,145	13,373,806	40.26
1981	447,486	16,202,457	36.21
1982	473,186	20,930,092	44.23
1983	554,434	25,411,232	45.83
1984	707,958	37,423,770	52.86
1985	715,687	35,301,860	49.33
1986	712,463	22,433,392	31.49
1987	795,474	21,140,129	26.58
1988	948,555	20,610,247	21.73
1989	1,074,005	24,399,803	22.72
1990	1,074,713	26,230,191	24.41
1991	1,118,386	24,770,627	22.15
1992	1,102,176	25,526,345	23.16
1993	967,912	19,672,547	20.32
1994	977,175	18,777,515	19.22
1995	572,953	11,225,818	19.59
1996	678,860	13,371,942	19.70
1997	664,702	14,683,083	22.09
1998	434,174	13,049,937	30.06

資料)「海上輸送の現況(外航輸送実績年報)」海事産業研究所

参考-3 北米東岸航路(輸入)における邦船社の輸送量および運賃収入データ

年	輸送量(メトリック・トン)	運賃収入(千円)	運賃(千円/メトリック・トン)
1978	918,826	18,476,277	20.11
1979	896,720	24,575,058	27.41
1980	847,012	26,199,226	30.93
1981	697,946	23,834,213	34.15
1982	715,305	27,592,302	38.57
1983	675,611	22,923,841	33.93
1984	685,435	20,204,481	29.48
1985	727,323	18,326,976	25.20
1986	756,847	12,091,887	15.98
1987	830,644	13,058,532	15.72
1988	809,954	12,575,376	15.53
1989	711,056	13,729,557	19.31
1990	701,427	15,595,570	22.23
1991	748,843	15,687,103	20.95
1992	547,106	10,894,785	19.91
1993	404,703	6,906,512	17.07
1994	99,160	1,725,765	17.40
1995	110,006	1,739,548	15.81
1996	192,066	3,089,267	16.08
1997	166,375	2,719,801	16.35
1998	171,848	2,401,294	13.97

資料)「海上輸送の現況(外航輸送実績年報)」海事産業研究所

参考-4 北米東岸航路(輸出)における邦船社の輸送量および運賃収入データ

年	輸送量(メトリック・トン)	運賃収入(千円)	運賃(千円/メトリック・トン)
1978	732,284	32,478,184	44.35
1979	580,404	26,505,862	45.67
1980	569,301	24,944,910	43.82
1981	622,810	24,559,706	39.43
1982	584,846	28,132,522	48.10
1983	567,448	27,370,281	48.23
1984	544,942	29,165,474	53.52
1985	558,195	30,970,654	55.48
1986	472,593	17,660,632	37.37
1987	494,053	16,552,226	33.50
1988	391,839	11,925,300	30.43
1989	367,914	12,026,425	32.69
1990	346,082	11,511,057	33.26
1991	314,510	9,486,679	30.16
1992	251,842	6,340,724	25.18
1993	221,718	5,290,033	23.86
1994	72,094	2,105,090	29.20
1995	92,109	3,052,752	33.14
1996	165,460	4,775,840	28.86
1997	215,354	5,802,952	26.95
1998	167,194	5,185,808	31.02

資料)「海上輸送の現況(外航輸送実績年報)」海事産業研究所

参考-5 欧州航路(輸入)における邦船社の輸送量および運賃収入データ

年	輸送量(メトリック・トン)	運賃収入(千円)	運賃(千円/メトリック・トン)
1978	636,775	13,072,038	20.53
1979	650,652	15,679,398	24.10
1980	552,781	15,468,155	27.98
1981	570,811	17,645,451	30.91
1982	537,920	16,735,991	31.11
1983	532,363	14,148,603	26.58
1984	575,007	15,570,033	27.08
1985	534,231	14,949,834	27.98
1986	568,509	11,756,955	20.68
1987	612,448	12,202,370	19.92
1988	723,447	13,579,493	18.77
1989	761,189	14,605,009	19.19
1990	821,742	15,628,654	19.02
1991	1,033,239	17,713,357	17.14
1992	1,130,391	16,345,465	14.46
1993	1,151,066	12,852,937	11.17
1994	1,292,054	12,848,970	9.94
1995	1,166,227	12,625,855	10.83
1996	1,037,396	12,705,573	12.25
1997	970,840	12,832,820	13.22
1998	1,123,121	13,472,396	12.00

資料)「海上輸送の現況(外航輸送実績年報)」海事産業研究所

参考-6 欧州航路(輸出)における邦船社の輸送量および運賃収入データ

年	輸送量(メトリック・トン)	運賃収入(千円)	運賃(千円/メトリック・トン)
1978	578,426	23,219,990	40.14
1979	527,674	23,597,726	44.72
1980	662,615	32,108,248	48.46
1981	592,661	35,397,347	59.73
1982	536,560	33,513,410	62.46
1983	649,661	28,655,277	44.11
1984	639,040	30,680,753	48.01
1985	666,205	30,739,871	46.14
1986	671,298	23,297,364	34.70
1987	590,907	22,287,812	37.72
1988	647,717	24,717,297	38.16
1989	765,457	28,421,765	37.13
1990	795,421	33,126,110	41.65
1991	963,136	40,041,233	41.57
1992	974,836	39,940,584	40.97
1993	932,256	32,060,285	34.39
1994	1,017,899	28,636,056	28.13
1995	1,116,875	26,234,694	23.49
1996	933,733	23,534,302	25.20
1997	993,791	21,693,358	21.83
1998	1,246,119	27,550,001	22.11

資料)「海上輸送の現況(外航輸送実績年報)」海事産業研究所