

投稿論文(和文)

PAPERS

港湾空間特性モデルの作成に関する基礎的研究

高橋宏直¹・山本幸司²

¹正会員 工修 運輸省 港湾技術研究所 計画設計基準部 (〒239 横須賀市長瀬 3-1-1)
²正会員 工博 名古屋工業大学教授 社会開発工学科 (〒466 名古屋市昭和区御器所町)

本研究では、一定の陸域と水域からなる港湾としての空間(港湾空間)における、物流、産業、生活等の諸機能およびこの空間において形成されている資本等からなる空間特性を表す要素に対して定量的な分析を行い、その予測を可能とする港湾空間特性モデルを提案する。さらに、名古屋港を事例として、具体的な港湾空間特性モデルの構築を行い、モデルの妥当性を明らかにするとともに名古屋港の今後の整備課題について考察する。

Key Words : port space, capital stock, port planning

1. はじめに

港湾は、一定の陸域と水域とからなり、かつ物流、産業、生活等の諸活動を支える重要な拠点である。したがって、その整備においては、港湾の特性を踏まえた物流、産業、生活等に係わる諸機能が調和よく導入され、相互に連携しあい、全体として高度な機能を発揮できる総合的な空間の形成が目標とされている¹⁾。

この一定の陸域及び水域からなる港湾としての空間(港湾空間)における取扱貨物量等の特性をモデル化する試みが、種々の視点からなされている。

例えば、経済指標との相関による港湾取扱貨物量の予測モデル²⁾がある。また、建設事業にともなう直接及び間接効果(建設効果)あるいは港湾が供用されることによる直接及び間接効果(供用効果)を計量化するモデルの作成も試みられている^{3)~6)}。

しかしながら、港湾空間の多様な特性は、ある時点での港湾を取り巻く経済社会状況のみならず、その港湾自体が有する種々の資本の規模に大きく支配されると考えられるとともに、港湾空間を形成する要素は相互に影響し合うとも考えられるにもかかわらず、こうした視点からのモデル化の試みは十分なされていない。

ただし、この視点に着目した分析手法を求めると、その一つとしてコブ・ダグラス型に代表される生産関数が考えられる。この関数は、資本と労働力によって対象とする事業あるいは地域の生産量を説明しようとするもので、資本に着目した分析では十分効果的な手法と考えられる。最近では、この資本にいわゆる社会資本を組み込んで、その効果を明らかにする研究⁷⁾も行われている。この手法により、特定の都市空間に着目した、地域経済モデルの作成も試みられている。

これらを踏まえて、港湾空間における特性を表すモデルを作成するには、要素(変数)の選択、各要素の自己回帰性、要素間のフィードバック関係等を検討した上でモデルが必要となる。こうした課題を有するものの、モデルが作成されれば、今後の港湾空間の整備の在り方に対する定量的な検討が可能となることから、モデル作成の意義は大きい。

そこで本研究では、港湾空間における、物流、産業、生活等の諸機能および港湾空間において形成されている資本等からなる空間特性を表す要素に対して定量的な分析を行い、その予測を可能とする港湾空間特性モデルを提案する。

以下、2.では港湾空間特性モデル構成の考え方を明らかにし、この考え方により3.において名古屋港を研究事例として具体的なモデルの作成を試みる。4.では、このモデルを用いて、名古屋港の今後の整備課題について考察を行う。

なお、本論文で表現する価格は特別に明記した場合を除き昭和60年価格で示す。

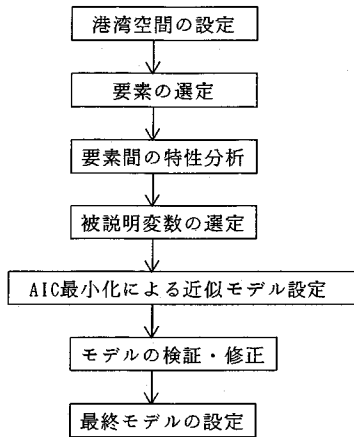
2. 港湾空間特性モデルの構成の考え方

(1) モデルの構成の考え方

港湾空間の特性を説明するためのモデル作成のためのフローを図-1に示す。

(2) 港湾空間の設定

港湾空間は一定の陸域と水域とからなる空間として定義されることから、それぞれに空間設定することが必要である。まず、水域については港湾法に基づき設定される港湾区域内の水域とする。一方、陸域については港湾



図一 1 モデルの構築フロー

区域と同様の範囲として都市計画法でいう臨港地区が挙げられる。しかしながら、臨港地区はその趣旨通りに実際に設定されているとは限らない。このため、本研究では水域と一体的に連担する陸域をあらわしていると想定される港湾計画図に示される陸域の範囲とする。

(3) 要素の選定

港湾空間の特性を機能面から表す要素として、まず、運輸省告示で示される物流、生産、生活のそれぞれの機能ごとに選定する。具体的には、物流機能においては、港湾取扱貨物量、入港船舶隻数等が、生産機能では、製造品出荷額、工場新規立地件数等が、また、生活機能では、居住者数、ウォーターフロントへの入込者数等が特性要素として考えられる。

これら以外に、港湾空間において形成される資本としての要素は非常に重要である。港湾空間内の資本は、宇沢⁸⁾の考えに加え、次の5種類により構成されると仮定する。

- ①事業資本：港湾空間内において公共事業、民間事業等の事業活動により形成される資本。例えば、公共事業により形成される資本としては、いわゆる社会資本が考えられる。
- ②空間資本：港湾空間の有する空間的大きさをあらわす資本。例えば、港湾全体に着目すれば、設定した港湾空間の全体面積が考えられ、陸上活動に着目すれば、用地資本として陸地部分の面積が考えられる。
- ③労働力資本：港湾空間の労働力をあらわす資本。例えば、労働者数、勤労時間等が考えられる。
- ④自然資本：港湾空間に残された本来の自然、あるいは他の地域と比較して優れた自然により賦与される資本。例えば、清浄な海域、良好な景観等が考えられる。
- ⑤制度資本：空間活動を円滑に推進させるソフト的資本。例えば、行政制度、司法制度が考えられる。

これらの要素は、港湾空間内の要素であり、これらを説明するモデルを作成するには、港湾空間外の要素を取り込んでおく必要がある。具体的には、設定された港湾空間に対して経済社会的に大きな影響を与えると推定される指標等を導入する。

長期間におけるデータ整理の困難性があるものの、この考えに基づき、設定された港湾空間の特性に応じた要素をできるだけ多く選定することが望ましい。

(4) 要素間の特性分析

選定された要素の中で、どの要素がどの要素の説明変数となるのかを固定するのは容易ではない。例えば、GNPを特定の港湾の貨物量で説明することは、有意性がないことが明らかのように、相関関係の有無を特定できる要素もあるが、港湾空間内の要素は、基本的に相互に説明変数になっていると考える方が自然である。すなわち、いわゆるフィードバック関係になっていると考えられる。

このため、要素間にどのような特性があるかを、モデル構築に先だって十分に分析する必要があり、具体的には、次のような分析方法を行う。

- ①要素の時系列変動の比較
- ②要素間の単相関分析
- ③要素間の偏相関分析
- ④要素間の時差相関分析
- ⑤要素間の相対パワー寄与率分析

この要素間の分析、特に相互相関関係から、要素間の因果関係をPierce-Haughの検定、Grangerの因果性から想定することも考えられるが、本研究では、相対パワー寄与率分析を行うことで要素間の因果性を分析する。

(5) 被説明変数の選定

要素間の特性分析及び経済・社会の基本理論を踏まえ、被説明変数になり得る要素を選定する。この際、要素間の相対パワー寄与率分析は大きな効果が期待できる。

なお、各分析結果の定量的評価については、十分注意する必要がある。すなわち、各要素のデータは、高精度で、かつ同一の精度で得られることは希であることから、分析相互において傾向が異なることが十分想定される。

(6) AIC(赤池の情報量規準)最小化による近似モデル設定

被説明変数として設定された要素について、これを説明する第一段階のモデルを、AIC最小化により選択する。この際の説明変数としては、被説明変数として選定された要素以外の要素全てを対象と考えるとともに、被説明変数とする要素の自己回帰性が高い場合には、過去の自分自身のデータも説明要素として取り込む。

なお、この際、設定される説明変数は $2n^{1/2}$ (n =各説明変数のデータ数) より少ないことが前提条件となる。

(7) モデルの検証・修正

AIC 最小化により選択したモデルを検証し、最適になっていないと考えられる場合は、これを修正する必要がある。

具体的な第一のチェック項目としては、説明変数の係数が理論的には正であるべきなのに負になっている場合が考えられる。この場合は、変数間の多重共線性が生じていると考えられる。もちろん、想定している理論が誤りで、負の係数であることが正しいことも考えられるため、各要素の VIF (分散拡大要因) の値を確認しておく必要がある。この VIF の値が高く、係数が負になっている要素については第一段階のモデルからこれを削除して、新たにモデル設定を行う。第二段階においてもさらに、同様の結果が生じた場合には、再度、同じことを繰り返して係数の正負の妥当性が確認できる段階までこれを進める。

なお、多重共線性が生じている場合には、係数が負になる要素の他に共線性を生じさせる別の要素が存在している。この場合、被説明変数と関係が薄い要素側に係数逆転がみられるのが一般的である⁹⁾とされていることから、係数逆転している側の要素を削除することを妥当とした。

第二のチェック項目としては、要素間の特性分析の結果との整合性である。要素間の特性分析では、その寄与度が低くなることが想定されるにも係わらず、標準偏回帰係数が大きくなる要素については、係数逆転とは別にこれを削除したモデル設定を行う。この場合には、この要素の有る場合と無い場合のモデルを特性分析の結果と比較し、妥当性を評価する。

(8) 最終モデルの設定

以上の段階を経て得られるモデルを、本研究における港湾空間特性モデルとする。

3. 名古屋港における港湾空間特性モデル

2. で示したモデル構成の考え方にに基づき、名古屋港を事例対象として、港湾空間特性モデルを作成する。

なお、ここにおいて各データは暦年を基準とし、年度データしか得られ無い場合は暦年に近似できるとした。

(1) 港湾空間の設定

名古屋港の港湾空間は、水域部については港湾区域の範囲とし、陸域部については「名古屋港港湾計画書」¹⁰⁾の港湾計画図に示される範囲とする(図-2)。

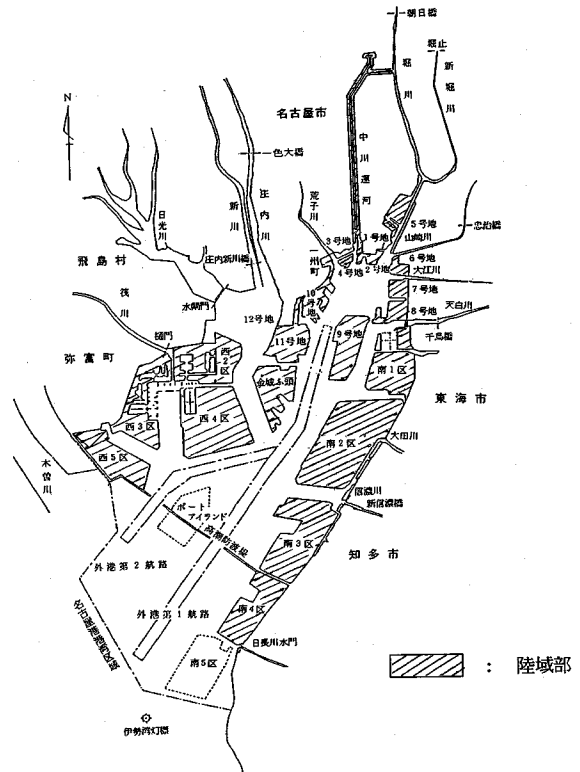


図-2 名古屋港の港湾空間範囲

(2) 要素の選定

本研究においては、名古屋港の特性、定量化の可能性、長期間のデータ取得の可能性等から、次の要素を選定する。

a) 港湾空間内要素

- ①名古屋港の物流機能の観点からは、港湾の物流特性を最も顕著にあらわすとともに、時系列データが整理可能な港湾取扱貨物量を要素とする。
- ②名古屋港の生産機能の観点からは、名古屋港臨海工業地帯の発達が顕著であることから製造品出荷額を要素とする。ただし、港湾空間の陸域部に限定したデータが得られないため、ここでは名古屋港の港湾区域に接した市区町村(臨海市区町村)の製造品出荷額(臨海部製造品出荷額)を具体的な要素とする。
- ③名古屋港の生活機能の観点からの要素を設定することは重要であるが、具体的な要素の絞り込み並びに長期間の定量的データの収集が困難なため、今回の検討においては対象外とする。
- ④名古屋港の港湾空間における事業資本については、公共事業により形成されるいわゆる社会資本のみではなく、公的事業、民間事業により形成される資本をも併せて形成される港湾資本を要素とする。データとしては高橋・山本により名古屋港の「港湾資本」として試算され

ている数値¹¹⁾を用いる。

⑤名古屋港の空間資本に関しては、名古屋港は埋立により用地を造成し発展してきたこと、ならびに港湾空間の陸域部のほとんどが埋立地であることから、臨海部埋立面積を要素とする。データとしては、事業換算面積等を基に時系列のデータを作成する。

⑥名古屋港の労働力資本に関しては、港湾空間内産業の中では製造業が顕著であること、時系列データの整理が可能なこと並びに臨海部製造品出荷額の対象範囲と整合可能な臨海市区町村の製造業就業者数（臨海部製造業就業者数）を要素とする。データは、工業統計による資料¹²⁾をもとに時系列データを作成する。

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

⑧名古屋港の制度資本に関しては、十分配慮すべき要素であるが、定量化が困難であることから今回の検討においては対象外とする。

本研究では、以上のような条件設定のもとに、名古屋港の港湾空間の特性を検討する空間内の要素として次の5要素を選択する。

- ・港湾取扱貨物量（以下、港湾貨物）
- ・臨海部製造品出荷額（以下、出荷額）
- ・港湾資本
- ・臨海部埋立面積（以下、埋立面積）
- ・臨海部製造業就業者数（以下、就業者数）

b) 港湾空間外の要素

これら港湾空間内の要素を説明するモデルを作成するため、港湾空間外の要素として、名古屋港の港湾空間に対して、経済・社会状況に幅広く寄与するとともに、多くの指標の代表的指標としても考えられる国民総生産（GNP）を選択する。

(3) 要素間の特性分析

a) 各要素の時系列変動の比較

全ての要素とも平成2年を100とする指標で表示し、昭和30年以降の動向を図-3に示した。この結果から、ほとんどの要素が同様の単純な右上がり曲線を示すのに対して、就業者数だけは特異な変動をしている。このことは、昭和50年前後を境として自動化、ロボット化が進み、労働集約型の産業構造が資本集約型の構造に変化しているとも考えられる。このことを明らかにすることは、モデルの構築において重要なこととなる。しかしながら、データの入手が困難であったため、本研究においては就業者数を港湾空間内の要素から除くこととした。このため、以下の分析においては、港湾空間内の4要素及びGNPの5要素について分析を行う。

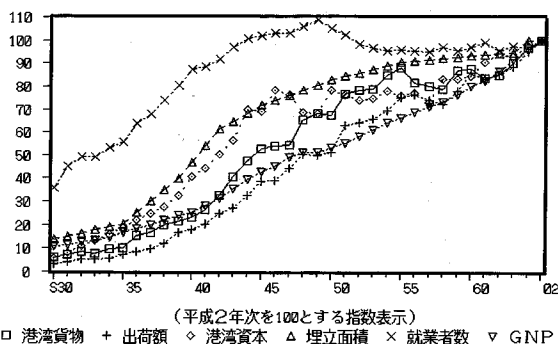


図-3 各要素指標の推移

表-1 各要素間の単相関係数

	港湾貨物	出荷額	港湾資本	GNP	埋立面積
港湾貨物	1.000	0.985	0.959	0.969	0.942
出荷額	0.985	1.000	0.935	0.992	0.964
港湾資本	0.959	0.935	1.000	0.940	0.843
GNP	0.969	0.992	0.940	1.000	0.942
埋立面積	0.942	0.964	0.843	0.942	1.000

表-2 各要素間の偏相関係数

	港湾貨物	出荷額	港湾資本	GNP	埋立面積
港湾貨物	1.000	0.746	0.781	-0.696	0.160
出荷額	0.746	1.000	-0.378	0.912	0.395
港湾資本	0.781	-0.378	1.000	0.543	-0.485
GNP	-0.696	0.912	0.543	1.000	-0.138
埋立面積	0.160	0.395	-0.485	-0.138	1.000

b) 要素間の単相関分析

5要素間の単相関係数を表-1に示す。最も低い場合でも0.843という値を示すように、要素間に高い相関関係が有ることがこの段階では推定される。

c) 要素間の偏相関分析

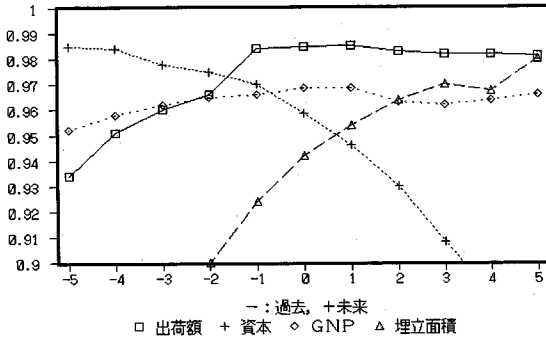
しかしながら、単相関分析により要素間の相関関係を類推することにはいくつかの問題点がある。特に、ここで問題になるのが、見せかけの相関性と本来の相関性を区別できないことである。

このため、要素間の偏相関分析を行い、その結果の偏相関係数を表-2に示す。表から明らかなように、単相関分析と大きく異なった結果がみられる。例えば、港湾空間外の要素として選択したGNPは、出荷額とは高い相関性がみられるものの、それ以外の要素との相関性はみられない。また、埋立面積は、他のどの要素とも高い相関性がみられないことも、特徴的な結果となっている。

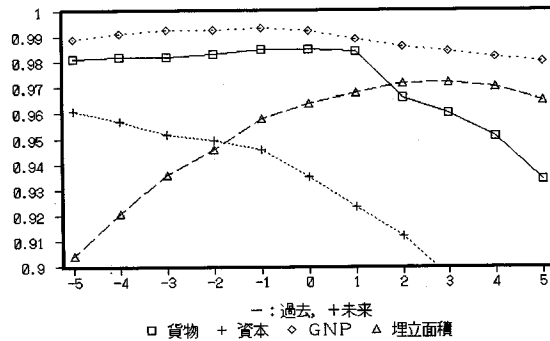
d) 要素間の時差相関分析

先の要素間の単相関分析では、同一時点での評価しかなされていない。このため、要素間の時系列データのうち一方の時系列データに関して、一定の時差を与えた場合の相関分析を行い、要素間の先行・遅行関係を調べる。

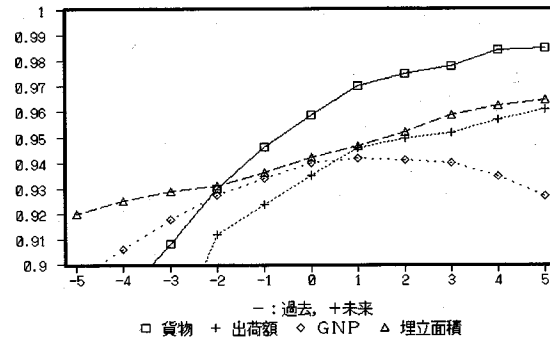
なお、分析の対象とする要素としては、GNP及び偏相関分析で他の要素間との相関性が低いと想定された埋立



図一4 港湾貨物に対する他の要素の時差相関係数変動



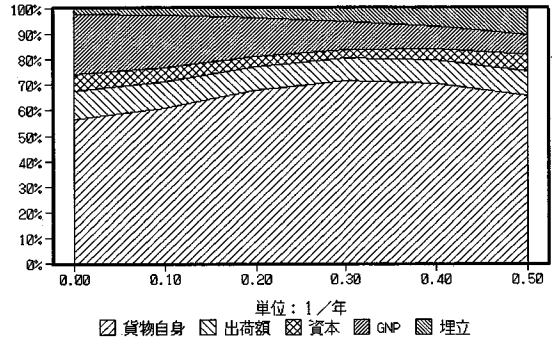
図一5 出荷額に対する他の要素の時差相関係数変動



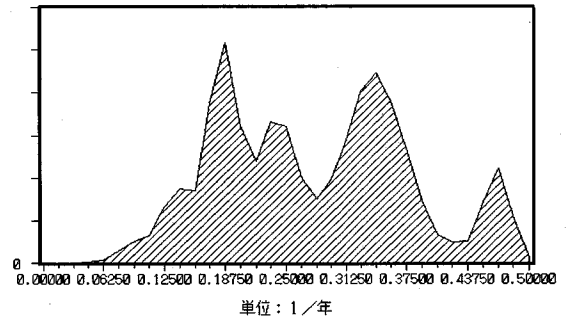
図一6 港湾資本に対する他の要素の時差相関係数変動

面積は、分析の主対象から除いた。また、時差の設定により、データ数が減少するため、過去・未来とも5年間までの分析に止めた。港湾貨物、出荷額、港湾資本のそれぞれに対する他の要素の時差相関係数の変動を図一4、5、6に示す。これらから、特徴的なこととして次の点が明らかになる。

- ①港湾資本は、5年程度遅れた港湾貨物と相関性が高い。極端な表現を取れば、港湾資本の形成の効果は、5年程遅れて高く発揮される。(なお、港湾貨物からみれば、過去の港湾資本形成と相関性が高いということになる。)
- ②港湾資本は、5年程度遅れた出荷額と相関性が高い。



図一7 (その1) 港湾貨物に対する相対パワー寄与率



図一7 (その2) 港湾貨物のパワースペクトル

③出荷額は、数年前からほぼ同時期までの港湾貨物との相関性が高い。

④港湾貨物、出荷額、港湾資本とも、ほぼ同時期のGNPとの相関性が高い。

e) 要素間の相対パワー寄与率

あるシステムの要素間にフィードバック関係があるときに、要素間の因果関係を分析する手法として相対パワー寄与率分析がある。本研究では、5要素全てを同時に対象として赤池等によって開発されたモデル¹³⁾を用いてこれを求めた。

なお、相対パワー寄与率を計算する際には、データの定常時系列性が要求されるため、各要素のデータとも、対前年との差分データを新たなデータとした。定常時系列化においては、対前年伸び率による対応も検討したが、差分データよりも定常時系列性において適宜な結果が得られないため、差分を用いることとした。

また、相対パワー寄与率は、周期成分ごとにあらわされるため、各要素の差分データについてのパワースペクトルも併せて求めた。これにより、各要素の主要な周波数帯における各要素の寄与度合いが明確になる。

各要素の相対パワー寄与率及びパワースペクトルを図一7、8、9、10、11に示す。ただし、パワースペクトル図においては、寄与成分の把握を目的とすることから、

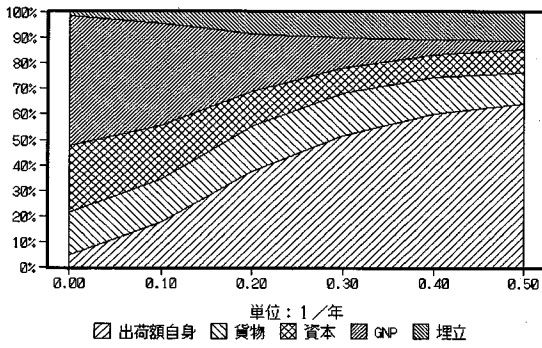


図-8 (その1) 出荷額に対する相対パワー寄与率

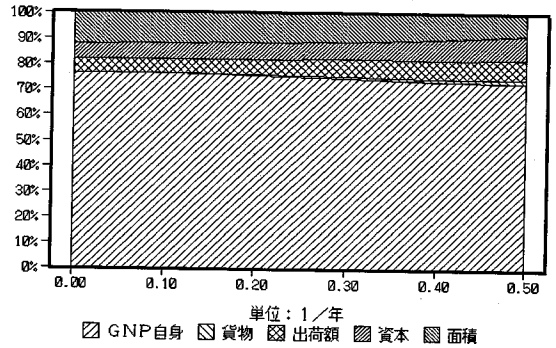


図-10 (その1) GNPに対する相対パワー寄与率

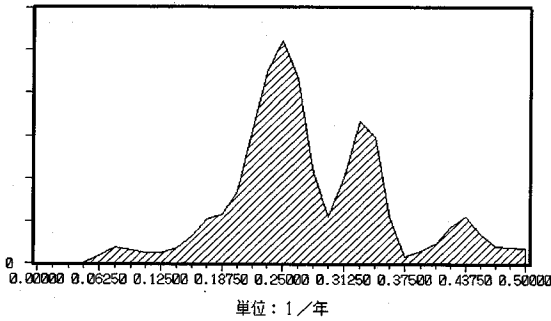


図-8 (その2) 出荷額のパワースペクトル

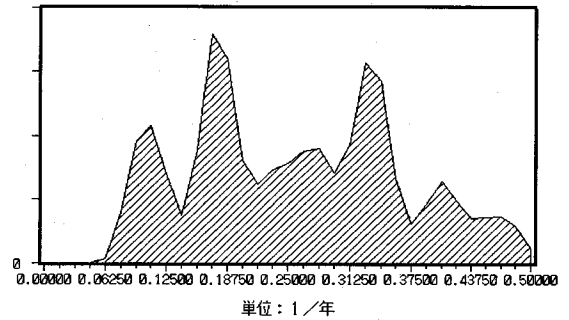


図-10 (その2) GNPのパワースペクトル

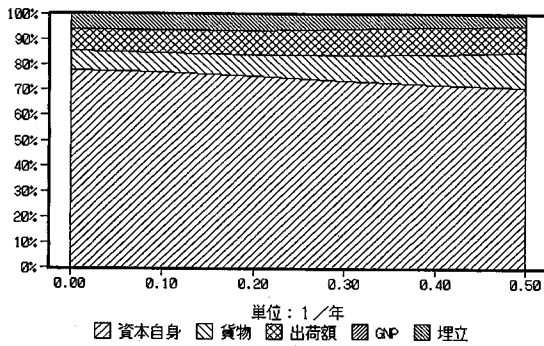


図-9 (その1) 港湾資本に対する相対パワー寄与率

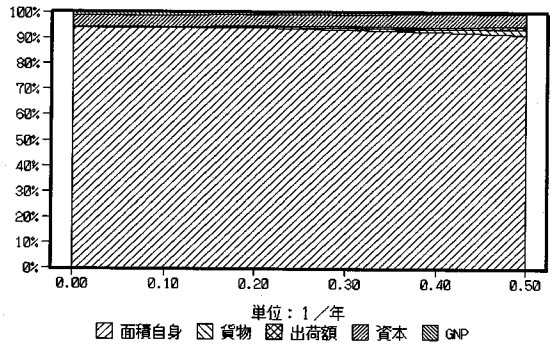


図-11 (その1) 埋立面積に対する相対パワー寄与率

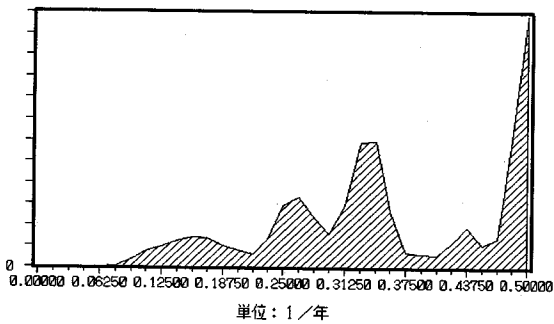


図-9 (その2) 港湾資本のパワースペクトル

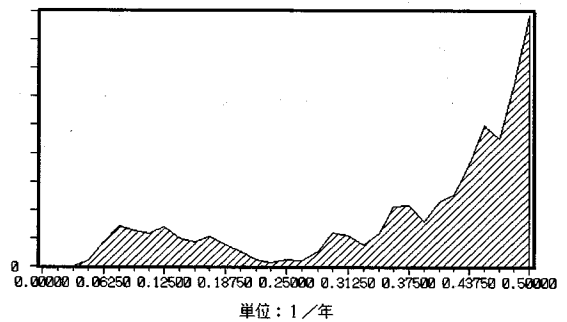


図-11 (その2) 埋立面積のパワースペクトル

Y 軸方向の単位を特に表示していない。また、低周波成分を除去するとともに三角フィルターにより一度処理した後の結果を表示している。これらから、各要素ごとに次のような非常に特徴的な結果がみられる。

① 港湾貨物

港湾貨物の卓越周期は 3～5 年であり、そこにおける寄与成分は、港湾貨物自身が 60% 程度を占めており、それ以外の成分としては出荷額と GNP となっている。

② 出荷額

出荷額の卓越周期は 3～5 年であり、そこにおける寄与成分は、出荷額自身が 30～50% 程度を占めており、それ以外の成分としては出荷額と GNP となっている。

③ 港湾資本

港湾資本の卓越周期は 2～3 年であり、そこにおける寄与成分は、港湾資本自身が 70～80% 程度を占めており、それ以外の成分としては港湾貨物、出荷額と GNP となっている。

④ GNP

GNP の卓越周期は 3～10 年であり、そこにおける GNP 自身の寄与成分は 75% 程度のみしか占めていない。GNP は国内全体の動向であり、これの変動に名古屋港の個別要素が 25% 程度も占めるのは妥当とは判断されない。このため、この結果の解釈としては計測誤差部分によるものと名古屋港の要素の変動が国内全体の変動と同調していたと考えられる。例えば、名古屋港の製造業出荷額の変動と国内全体の製造業出荷額の変動が同様だった結果、名古屋港の要素が日本全体を代表した可能性が有ると考えられる。

⑤ 埋立面積

埋立面積の卓越周期は 2 年程度であり、そこにおける埋立面積自身の寄与成分は 90% 以上を占めている。この結果は、名古屋港の臨海工業地帯の形成が他の要素の影響を受けて実施されるのではなく、先行的な思想のもとに実施されたことを裏付けているとも考えられる。

このように相対パワー寄与率分析においては、計測誤差に起因する影響が生じたり、GNP に関する分析結果のように適切ではない結果が生じるものの、要素間の因果関係の分析において有為な結果が得られた。

(4) 被説明要素の選定

名古屋港の港湾空間内の特性を説明するモデルの作成において、(3)で述べた要素間の特性分析を踏まえ、被説明要素に成り得る要素を選定する。

まず、港湾空間外の要素として与えた GNP は当然除かれる。次に、偏相関分析、相対パワー寄与率分析から、埋立面積は港湾空間内の他の要素説明する可能性はあるものの、逆に他の要素により説明される可能性は低いと判断しうることから、これも除く。

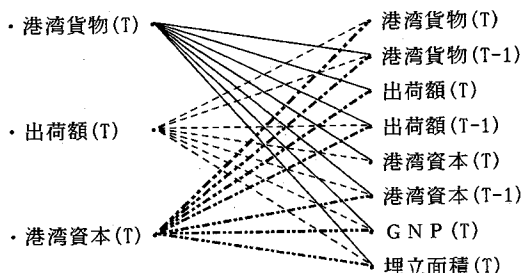


図-12 説明変数と被説明変数との関係

以上の結果より、モデルにより港湾空間の特性を表し得る要素（被説明変数）として、港湾貨物、出荷額、港湾資本を考える。

また、これらに対する説明変数としては、他の要素を全て対象とするのももちろんであるが、相対パワー寄与率の分析から、自分自身に依存する割合が高いことから、1 年前の要素も説明変数に加える。本来であれば、できるだけ多く過去に遡り取り込むことを考慮する必要があるが、本研究においてはデータ数が多くないため 1 年前の要素だけとする。これを図-12 に整理する。図に示すように各被説明変数に対して、7 個の説明変数を設定する。

(5) モデルの検討

港湾貨物、出荷額、港湾資本に関してのモデルを、各要素ごとに 2. で示した方法に基づき設定する。なお、以下において示す係数は、各要素とも次の単位のデータにより計算されている。

- ・港湾貨物 千トン
- ・出荷額 万円
- ・港湾資本 万円
- ・埋立面積 m²
- ・GNP 10 億円

a) 港湾貨物

① AIC 最小化による近似モデル設定

T 年次の港湾取扱貨物量である港湾貨物(T)を 7 変数による 1 次回帰式により説明する関数形を最初に考え、AIC 最小化により変数選択を実施した。その結果、式(1)に示すように 5 変数により説明する関数形が得られた。ここで、係数 a₁～a₅ の正負及び VIF 値を併せて表示する。なお、a₀ は常数項である。

港湾貨物(T) =	(係数の正負/VIF 値)
a ₁ × 港湾貨物(T-1)	正 79.9
+ a ₂ × 出荷額(T)	正 186.4
+ a ₃ × 出荷額(T-1)	負 150.4
+ a ₄ × 港湾資本(T-1)	正 36.7
+ a ₅ × 埋立面積(T)	正 38.6

$$+ a_0 \quad (1)$$

②モデルの検証・修正ならびに最終設定

式(1)においては、出荷額(T-1)の係数項が負になっているとともに VIF 値も高いことから、同様に VIF 値が高い出荷額(T)との間に多重共線性が生じていると判断される。このため、出荷額(T-1)のみを除いて再度1次回帰式のモデルを検討する。その結果を、標準偏帰係数により得られる各要素の寄与度の割合と併せて以下に示す。

港湾貨物(T) =	(係数の正負/VIF 値/寄与度)		
$a_1 \times$ 港湾貨物(T-1)	正	66.0	46.7%
$+ a_2 \times$ 出荷額(T)	正	64.8	4.3%
$+ a_3 \times$ 港湾資本(T-1)	正	32.0	34.8%
$+ a_4 \times$ 埋立面積(T)	正	38.4	15.6%
$+ a_0$			(2)

注) 係数 $a_0 \sim a_4$ は、式(1)の値とは異なっているが、便宜的に同じ表示を行った。

式(2)においては、係数項は全て正であるものの、VIF 値が高い傾向にあること、更に各要素の寄与度が図一7に示す相対パワー寄与率の傾向とあまり整合していない。このため、相対パワー寄与率の傾向との整合性を判断基準として、更に要素選択をおこなった。なお、整合性の判断において、式(2)における出荷額の寄与度は、相対パワー寄与率における出荷額と GNP との両者を併せた寄与率と評価する。その結果、VIF 値が高い傾向にあるものの、次に示すモデルが最も妥当と判断し、これを港湾貨物を表す特性モデルとする。

港湾貨物(T) =	(係数の正負/VIF 値/寄与度)		
$a_1 \times$ 港湾貨物(T-1)	正	42.9	58.9%
$+ a_2 \times$ 出荷額(T)	正	34.6	18.1%
$+ a_3 \times$ 港湾資本(T-1)	正	11.8	23.5%
$+ a_0$			(3)

$$a_1 = 5.880 \times 10^{-1}$$

$$a_2 = 5.996 \times 10^{-5}$$

$$a_3 = 8.176 \times 10^{-5}$$

$$a_0 = 9.716 \times 10^3$$

注) 係数 $a_0 \sim a_3$ は式(1)、(2)の値とは異なっているが、便宜的に同じ表示を行った。ただし、以後はこの係数を用いる場合は、式(3)における係数を意味する。

b) 出荷額

① AIC 最小化によるモデル設定

出荷額(T)を7変数による1次回帰式により説明する関数形を最初に考え、AIC 最小化により変数選択を実施した。その結果、式(4)に示すように4変数により説明する関数形が得られた。ここでも、係数 $b_1 \sim b_4$ の正負及び VIF 値を併せて表示する。なお、 b_0 は常数項である。

出荷額(T) =	(係数の正負/VIF 値)		
$b_1 \times$ 出荷額(T-1)	正	90.8	
$+ b_2 \times$ 港湾貨物(T)	正	44.9	
$+ b_3 \times$ 港湾資本(T)	負	17.2	
$+ b_4 \times$ GNP(T)	正	64.1	
$+ b_0$			(4)

②モデルの検証・修正ならびに最終設定

式(4)においては、港湾資本(T)の係数項が負になっているとともに他の項の VIF 値が高いことから、この港湾資本(T)を除いて再度1次回帰式のモデルを検討する。その結果を、標準偏帰係数により得られる各要素の寄与度の割合と併せて以下に示す。

出荷額(T) =	(係数の正負/VIF 値/寄与度)		
$b_1 \times$ 出荷額(T-1)	正	64.6	42.1%
$+ b_2 \times$ 港湾貨物(T)	正	21.3	26.5%
$+ b_3 \times$ GNP(T)	正	46.0	31.9%
$+ b_0$			(5)

$$b_1 = 4.366 \times 10^{-1}$$

$$b_2 = 7.917 \times 10^2$$

$$b_3 = 3.569 \times 10^2$$

$$b_0 = -1.873 \times 10^7$$

注) 係数 $b_0 \sim b_3$ は、式(4)の値とは異なっているが、便宜的に同じ表示を行った。ただし、以後はこの係数を用いる場合は、式(5)における係数を意味する。

式(5)においては、係数項は全て正であり、各要素の寄与度が図一8に示す相対パワー寄与率の傾向と整合がみられることから、これを出荷額を表す特性モデルとする。

c) 港湾資本

① AIC 最小化によるモデル設定

港湾資本(T)を7変数による1次回帰式により説明する関数形を最初に考え、AIC 最小化により変数選択を実施した。その結果、式(6)に示すように5変数により説明する関数形が得られた。ここで、係数 $c_1 \sim c_5$ の正負及び VIF 値を併せて表示する。なお、 c_0 は常数項である。

港湾資本(T) =	(係数の正負/VIF 値)		
$c_1 \times$ 港湾資本(T-1)	正	28.2	
$+ c_2 \times$ 港湾貨物(T-1)	正	151.3	
$+ c_3 \times$ 出荷額(T)	負	217.9	
$+ c_4 \times$ 出荷額(T-1)	負	271.7	
$+ c_5 \times$ GNP(T)	正	174.8	
$+ c_0$			(6)

②モデルの検証・修正ならびに最終設定

式(6)においては、出荷額(T)及び出荷額(T-1)の係数項が負になっているとともに VIF 値が高いことから、この出荷額に関する2要素を除いて再度1次回帰式のモデルを検討する。その結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{港湾資本}(T) = & \quad \quad \quad (\text{係数の正負/VIF値}) \\ & c_1 \times \text{港湾資本}(T-1) \quad \quad \quad \text{正} \quad 12.3 \\ & + c_2 \times \text{港湾貨物}(T-1) \quad \quad \quad \text{負} \quad 21.2 \\ & + c_3 \times \text{GNP}(T) \quad \quad \quad \text{正} \quad 15.6 \\ & + c_0 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad (7) \end{aligned}$$

注) 係数 $c_0 \sim c_3$ は式 (6) の値とは異なっているが、便宜的に同じ表示を行った。

式 (7) においては、再度、港湾貨物 (T-1) の係数項が負になっているとともに VIF 値が低くないことから、この港湾資本 (T-1) を除いて改めて 1 次回帰式のモデルを検討する。その結果を、標準偏回帰係数により得られる各要素の寄与度の割合と併せて以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{港湾資本}(T) = & \quad \quad \quad (\text{係数の正負/VIF値/寄与度}) \\ & c_1 \times \text{港湾資本}(T-1) \quad \quad \quad \text{正} \quad 8.7 \quad 93.5\% \\ & + c_2 \times \text{GNP}(T) \quad \quad \quad \text{正} \quad 8.7 \quad 5.7\% \\ & + c_0 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad (8) \end{aligned}$$

$$c_1 = 9.112 \times 10^{-1}$$

$$c_2 = 6.319 \times 10^1$$

$$c_0 = 1.906 \times 10^7$$

注) 係数 $c_0 \sim c_2$ は式 (6), (7) の値とは異なっているが、便宜的に同じ表示を行った。ただし、以後はこの係数を用いる場合は、式 (5) における係数を意味する。

式 (8) においては、係数項は全て正であり、各要素の寄与度が図-9 に示す相対パワー寄与率との傾向との整合が概ねみられることから、これを出荷額を表す特性モデルとする。

d) 各要素の最終モデル

各要素の最終モデルは、それぞれ式 (3), (5), (8) において表される。しかしながら、港湾貨物 (T) と出荷額 (T) は、互いに説明変数となっている。このため、式 (3) に式 (5) を代入し、また、式 (5) に式 (3) を代入することで、ある年次の港湾空間の特性をあらわす要素は、その年次の GNP と 1 年前の実績値により予測することが可能な以下の式を得る。なお、式 (8) により示される港湾資本に関しては、既にそのような構造になっており、これをもあわせて式 (11) として以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{港湾貨物}(T) = & (a_1 \times \text{港湾貨物}(T-1) + a_2 \cdot b_1 \times \text{出荷額}(T-1) \\ & + a_3 \times \text{港湾資本}(T-1) + a_2 \cdot b_3 \times \text{GNP}(T) \\ & + a_0 + a_2 \cdot b_0) / (1 - a_2 \cdot b_2) \quad (9) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{出荷額}(T) = & (a_1 \cdot b_2 \times \text{港湾貨物}(T-1) + b_1 \times \text{出荷額}(T-1) \\ & + a_3 \cdot b_2 \times \text{港湾資本}(T-1) + b_3 \times \text{GNP}(T) \\ & + a_0 \cdot b_2 + b_0) / (1 - a_2 \cdot b_2) \quad (10) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{港湾資本}(T) = & c_1 \times \text{港湾資本}(T-1) + c_2 \times \text{GNP}(T) + c_0 \quad (11) \end{aligned}$$

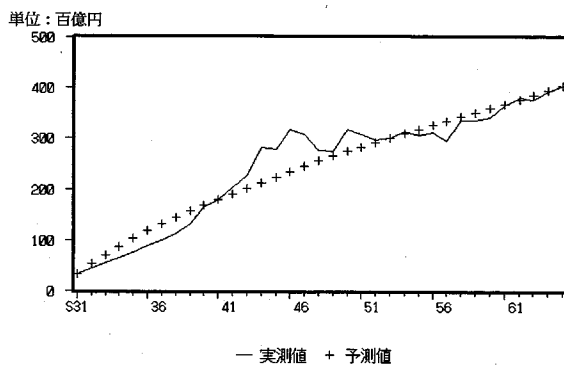


図-13 港湾貨物の予測

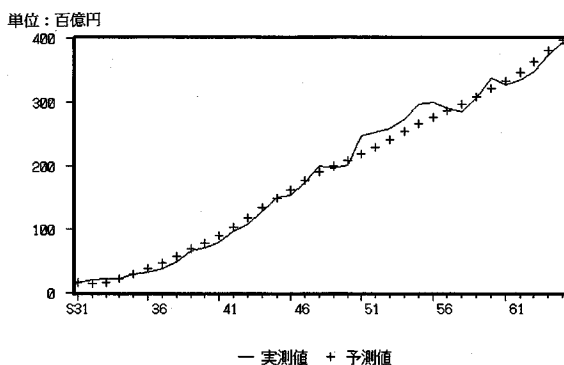


図-14 出荷額の予測

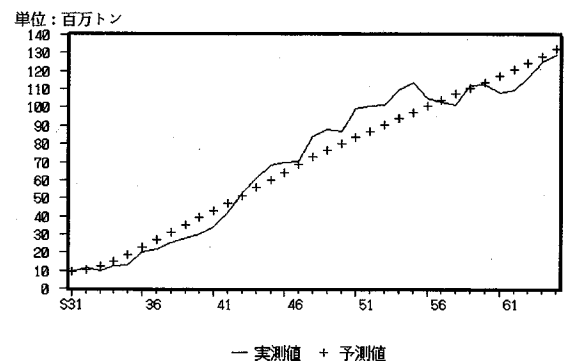


図-15 港湾資本の予測

これにより、初期設定をした時点から、港湾空間外の変数である GNP のみを与えることにより、港湾空間内の 3 要素を段階的に推計することが可能となる。具体的に、昭和 31 年の実際の値を初期値とし、それ以降の GNP は実際の値を用いることで、昭和 32 年以降のそれぞれの要素を予測した結果と実測値との比較を図-13, 14, 15 に示す。

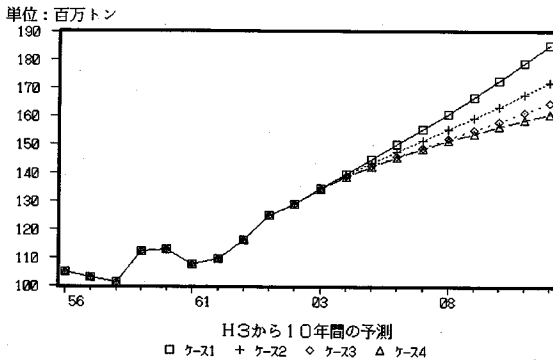


図-16 条件変化に伴う港湾貨物の将来動向予測

4. モデルによる名古屋港の今後の整備課題

経済審議会の社会資本小委員会¹⁴⁾の報告においては、今後、社会資本形成の遅延が想定されている。同様に、名古屋港においても、社会資本はもとより、製造業を中心としている臨海工業地帯の工場等による民間資本形成も進まない状況が予想される。

このように、今後十分予想される状況として、日本全体の経済成長はある程度進展するものの、名古屋港の港湾資本の形成が今までのように進まない場合の名古屋港の特性を、港湾貨物を指標として、今回のモデルを用いて予測する。

予測ケースとして、次の4ケースを設定する。なお、基準年を平成2年とし、また、特徴を明確にするためGNPは高めに設定する。

- ・ケース1：GNPの伸びは年率5%とし、港湾資本は今までと同様にGNPに相応して形成される。(港湾資本の値は、式(11)により求める)
- ・ケース2：GNPの伸びは年率5%とするが、港湾資本は式(11)で予測されるトレンド的な伸びの半分以下の1%に強制的に制限する。
- ・ケース3：GNPの伸びは年率5%とするが、港湾資本は平成2年から全く増大しない。言い換えれば、伸び率0%に強制的に制限する。
- ・ケース4：GNPの伸びは年率1%とし、港湾資本は今までと同様にGNPに相応して形成される。(港湾資本の値は、式(11)により求める)

それぞれの予測結果を、図-16に示す。この図より、将来、仮に日本全体の経済成長が高い場合でも、港湾資本がそれに相応して形成されなければ、今までのような港湾取扱貨物量が期待できないことが明らかになる。例えば、年率5%という高い経済成長率においても、実質的な港湾資本の形成が進まない場合(ケース3)においては、年率1%の経済成長と同程度の低さ(ケース4)

になってしまうことが予想される。

したがって、今後予想される状況において、港湾資本の形成が名古屋港の一つの課題として明らかになる。

5. まとめ

本研究では、港湾空間の特性をあらわす要素を選択し、要素間のフィードバック関係も評価したうえで要素を定量的に予測できるモデルを提案し、これを港湾空間特性モデルと名付けた。

そして、具体的に名古屋港において、港湾空間特性モデルの構築を行った。さらに、このモデルを用いて、今後十分予想される状況下における名古屋港整備に関する課題の一つを明らかにした。

これらの検討により、名古屋港のような大規模な港湾においては、本モデルの有意性が示されたと考える。

しかしながら、今後の課題として、第一に、事例研究において対象外とした生活機能に関する要素の設定、自然資本、制度資本を定量化した要素を取り込むこと等によりモデルの改良を図ることが挙げられる。第二に、今回のモデルの有意性の検証を、名古屋港という非常に大規模な港湾で行っていることから、小規模あるいは未成熟な港湾における対応の方向についても明らかにすることが挙げられる。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、相対パワー寄与率分析に関して清水建設和泉研究室鈴木誠主任研究員に多大なる協力を頂きました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 運輸省告示：港湾の開発、利用及び保全並びに開発保全航路の開発に関する基本方針，1987。
- 2) 藤野慎吾，川崎芳一：港湾計画，新体系土木工学81，技報堂，pp.51-53，1981。
- 3) 中野勉，稲村肇：港湾経済効果の計測手法，第21巻，第2号，1982。
- 4) 竹内良夫，米澤朗，稲村肇：港湾経済効果の計測手法(第2報)，港湾技術研究所報告，第22巻，第3号，1983。
- 5) 稲村肇：港湾経済効果の計測手法(第3報)，港湾技術研究所報告，第23巻，第3号，1984。
- 6) 稲村肇，米澤朗，高橋淳弘：港湾工事の産業連関分析，港湾技術研究所報告，第23巻，第3号，1984。
- 7) 三井清，竹澤康子：地域別社会資本の生産性に与える影響，郵政省郵政研究所，1993。
- 8) 宇沢弘文：社会共通資本の理論的分析，東京大学経済学論集，1963。
- 9) 室田泰弘，伊藤浩吉，槌屋治紀：パソコンによる経済予測入門，東洋経済新報社，p.45，1992。
- 10) 名古屋港湾管理者：名古屋港湾計画書，1994。
- 11) 高橋宏直，山本幸司：ストックという視点からの港湾整

- 備と今後の整備方向に関する研究, 土木学会論文集, No. 476 pp.57-65, 1993,10.
- 12) 愛知の工業, 愛知県企画部統計課, 1991.
- 13) 赤池弘次, 中川東一郎: 統計的解析と制御, サイエンス社, 1972.
- 14) 経済審議会 2010 年委員会社会資本小委員会報告, 経済企画庁総合計画局編, pp.16-19, 1991.
- (1994.5.19 受付)

A STUDY ON THE PORT SPACE MODEL TO EXPLAIN PORT CHARACTERISTICS

Hironao TAKAHASHI and Koshi YAMAMOTO

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

This paper proposes a mathematical model to explain port characteristics by some factors related on economical and social condition in port space and various stock to port space. As case study, the space characteristics of Port of Nagoya are discussed and a subject on port construction is pointed out through this model.