

港湾における埋立の規模と位置の特徴

鈴木武¹

¹正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所(横須賀)(〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1)

埋立を環境影響の入力条件とみてその特性を把握することは、環境影響の予測・評価を行う上で基礎的な知見を提供する。港湾における埋立の特徴を知るために、埋立計画の水深・面積と周辺地域の地理的経済的指標との間でパス解析を行った。

結果、1989～1991年度においては、港湾区域面積が土地造成計画面積と埋立計画増加区域の最大水深に対し強い関連を持ち、1996～1998年度は、土地造成計画面積に対して人口と沿岸漁業販売額が、埋立計画増加区域の最大水深に対しては地価と製造品出荷額と閉鎖性海域ダミーが強い関係性をもっていることが見出された。

Key Words: reclamation, reclamation area, water depth, Path Analysis, economic index

1. はじめに

わが国の港湾開発は、戦後の経済復興を実現するため、海上輸送を基軸に鉱業、重化学工業、エネルギーなどを組み合わせて海域と陸域を一体的に開発する形式。いわゆる臨海工業地帯方式で進められた。その後の社会経済情勢の変化に伴い、各種の流通団地や都市内再開発にとりもなう移転企業の受け入れ、廃棄物処分などが港湾開発の範疇に加えられ、今日の高陸空間の一体的開発のスタイルが形成された¹⁾。海陸空間を一体的に開発する必要の源は、水域施設、外郭施設、埋立地、臨港交通施設等の基盤的施設の効率的配置による開発資金の節約と空間制約の克服であった。開発が進み未開発空間が少なくなった現在においては、過去にもまして空間制約は厳しいものになり、加えて現在のわが国の厳しい経済状況は開発により確実な投資効果を求め、空間制約の厳しさを強めている。都市部あるいはその近傍にかなりの広がりを持つ港湾空間は、その限られた空間を有効かつ効率的に使用しなければならないという必然がこれまでもまして高まっている。

わが国における港湾開発は多様な開発の複合体である。このため、港湾開発には様々な環境影響要因が内在している。港湾計画段階では、代表的な環境影響要因は水域施設、外郭施設および埋立地の存在、ならびに、水域施設、留置施設、旅客施設、荷捌き施設、保管施設および臨港交通施設の供用とされている²⁾が、近年、これらの中で関心事となることが多い環境影響要因は、建設段階を除けば埋立地の存在である。埋立地の存在による環境影響は、もつぱら、埋立地の存在を先験的に与えられる出発点として、影響を与える可能性のある環境要素への影

響の種類・機構・規模を調査・分析・予測・評価するという方向でなされてきた。その背景には、事業者にとっては事業の可否を判断するために環境影響評価を避けて通れず、そのための適切な手法が求められていたことがある。そして、その重要性は現状においても相変わらず高い。

他方、環境と埋立の関係をシステムとして捉えた場合、そのシステムは埋立を起源として環境に影響を与えという一方向的構造ではなく、埋立という入力側の要素に対して、環境から埋立へのフィードバック入力や外部からの入力が存在し、それらが埋立に影響を与えていることは明らかである。

これらの状況を考慮し、本研究では、埋立-環境系の中心構成要素である埋立という環境への入力側の要素に着目し、その埋立という行為の量と空間分布の特性を経済指標や地理指標との関係から分析する。

2. 分析方法

(1) 対象港湾

本研究では港湾法に定められた重要港湾を対象とする。重要港湾は、概ね10～15年先を目標年次として作成される港湾計画を策定することが義務づけられているため、これを埋立動向の分析に使用する。港湾計画では「港湾の開発、利用および保全の方針」、「港湾の能力」、「港湾の施設の規模及び配置」、「環境の整備及び保全」等が定められ、この中で埋立の位置と規模を知ることができる。全国に重要港湾は133港(1999年4月)あり、「三大湾」(東京湾、伊勢湾、大阪湾を指す。)、 「瀬戸内」(大阪湾、

関門港を除く瀬戸内海.），「北部九州」（関門港及び博多港），「離島」，「その他」地域に分けると，それぞれ 16 港，32 港，3 港，11 港，71 港の重要港湾が存在している。

1 年間に改訂される重要港湾の港湾計画は，概ね 10 数件である。年度ごとに統計量を求めれば，全国 133 港を 10 数港で代表することになる。このときの母比率の標準誤差は，母比率が 50%である場合，17.3%となる。精度を上げるために 2 年分を 1 つの標本集団にすれば，同標準誤差は 10.8%となり，3 年分を 1 つの標本集団にすれば，同標準誤差は 8.2%となる。ここでは母比率の標準誤差が 10%以下となることを目安に，3 年分の港湾計画を 1 つの標本として使用する。

まず，直近の状況を見るために作業時点で最新の 1996～1998 年度の 3 年間に計画を改訂した港湾を対象に選定する。つぎに，バブル経済期の状況と比較するため，1989～1991 年度の 3 年間に計画を改訂した港湾をバブル経済期の標本集団として選定する。この結果，分析対象とする港湾の数は表-1 のとおりとなり，この標本においては港湾所在地域の分布に大きな偏りは見られない。なお，港湾の中には両標本集団に重複して対象となっているものがいくつか存在する。しかし，それらは Bernoulli 試行によって抽出された標本であると考えれば，重複の有無は考慮すべき要因とはならないと考えられる。

表-1 対象港湾の数

対象年度	対象数	地域別港数
1998	10	三大湾 6/16，瀬戸内 9/32， 北部九州 2/3，離島 4/11， その他 18/71，全国 39/133
1997	18	
1996	11	
1991	13	三大湾 5/16，瀬戸内 6/32， 北部九州 3/3，離島 2/11， その他 19/71，全国 35/133
1990	14	
1989	8	
平均港数	12.3	
標準偏差	3.5	

(2) 使用データ

港湾計画における埋立計画と周辺の地理特性，経済状況の関連性を調べるためには，埋立計画についての属性データと，その周辺の地理特性データおよび経済特性データが各港ごとに必要である。埋立計画についての属性データとしては，埋立事業の特性やデータの収集可能性を考慮して，土地造成計画（近年は埋立がほとんどであるが，ごく一部陸上造成が含まれる。）の面積 x_1 ，埋立計画の増加面積 x_2 ，埋立計画増加区域の最大水深（以下，「最大水深」という。） x_3 と最小水深（以下，「最小水深」という。） x_4 を港湾計画書から読み取り使用する。周辺の地理特性データとしては，埋立との関連が深いと考えられる港湾区域の面積 x_5 ，閉鎖性海域か開放性海域かの別（以下，「閉鎖性海域ダミー」という。） x_6 を用いる。経済特性データとしては，埋立との関連の深さとデータ収

集の容易性を考慮して，住民基本台帳の人口（以下，「人口」という。） x_7 ，工業統計の製造業製造品年間出荷額等（以下，「製造品出荷額」という。） x_8 ，漁業センサスの沿岸漁業層の年間漁獲販売金額（以下，「沿岸漁獲販売額」という。） x_9 ，都道府県地価調査の全用途地価（以下，「地価」という。） x_{10} を使用する。

各データ項目の測定単位，集計方法，データソースは表-2 のとおりである。このうち，最大水深および最小水深は，計画で用いられている地区を単位として港湾計画図から読み取り，地区ごとの埋立計画増加面積を重みとして加重平均を行い，各港の値とした。埋立計画面積が増加する場合と減少する場合では，変数間の構造が異なると考えられるため，本研究では，埋立計画増加面積，最大水深および最小水深は埋立計画面積が増加している地区だけを集計対象とした。閉鎖性海域ダミーは，「三大湾」，「瀬戸内」，「北部九州」を 1，それ以外を 0 と設定した。「北部九州」の下関港と北九州港は日本海と瀬戸内海の両方に面するので，閉鎖性海域であるか否かについて疑問が生じる。しかし，両港の日本海に面する地区は，全て瀬戸内海環境保全臨時措置法第 13 条第 1 項（埋立等についての特別の配慮）の適用を受ける対象になっているため，大きな割り切りとして両港を含む「北部九州」3 港を閉鎖性海域に分類した。また，人口，製造品出荷額，沿岸漁業販売額は，当該港湾区域を地先に持つ市町村のデータを港単位に合計して使用する。地価は，町村データが入手困難であったため，当該港湾区域を地先に持つ市のみの地価を港単位で単純平均して使用する。

使用するデータの尺度は，面積，長さ，金額，面積当たりの金額および無次元ダミーとまちまちであり，正規

表-2 入力データの諸元

変数	項目	測定単位	集計方法	年度	データソース
x_1	土地造成計画面積	ha/地区	合計	計画年度	港湾計画書
x_2	埋立計画増加面積	ha/地区	合計	計画年度	港湾計画書
x_3	埋立計画増加区域の最大水深	m/地区	加重平均	計画年度	港湾計画書
x_4	埋立計画増加区域の最小水深	m/地区	加重平均	計画年度	港湾計画書
x_5	港湾区域面積	ha/港湾	—	1993 年度	別途調査
x_6	閉鎖性海域ダミー	—	—	計画の前年度	所在地から分類
x_7	住民基本台帳人口	人/市町村	合計	計画の前年度	住民基本台帳要覧
x_8	製造業製造品年間出荷額等	百万円/市町村	合計	計画の前年度	工業統計
x_9	沿岸漁業層の年間漁獲販売額	万円/市町村	合計	1997 年度	漁業センサス
x_{10}	全用途地価	百円/m ² /市	単純平均	計画の前年度	都道府県地価調査

性を仮定することが困難であるため、適切な形にデータを変換する必要がある。社会や経済の諸活動や埋立計画作成の主体は人間であり、各種データは人間の知覚を基礎として知覚・決定されていると考えられるので、各データ項目は人間の刺激知覚量尺度に変換して使用することが適当と考えられる。その人間の刺激に対する知覚量は、Stevens 則に従うとされ³⁾、他方、自然界では異なる次元を持つ特性量の間の関係はべき乗則が仮定されることが多い。このため、対数変換の意味がないダミー変数を除き、全ての変数を自然対数変換して使用する。ただし、土地造成計画面積、埋立計画増加面積、埋立水深と沿岸漁獲販売額は0値あるいは負値となる港湾が存在するため、そのまま対数変換を施すことができず、これらの変数は特別な処理を施す必要がある。土地造成計画面積および埋立計画面積が増加する場合と減少する場合では変数間の構造が異なると考えられるため、土地造成計画面積および埋立計画面積は港湾全体で増加している港湾だけを対象データとした。埋立水深は、埋立天端から水底までの深さが構造と費用に大きな意味を持つので、平均的な天端高さを加えた水深を対数変換して用いる。

表-3 使用データの分散共分散行列
(1989-1991 年度)

	z1	z2	z3	z4	z5	z6	z7	z8	z9	z10
z1	1.51									
z2	1.17	1.28								
z3	-0.02	0.01	0.13							
z4	0.09	0.08	0.04	0.11						
z5	0.98	1.06	-0.09	0.03	1.41					
z6	0.24	0.26	0.04	0.09	0.16	0.25				
z7	1.21	1.00	-0.08	0.04	1.09	0.29	2.17			
z8	1.72	1.54	-0.06	0.35	1.57	0.66	2.29	4.64		
z9	-0.21	0.16	0.13	0.08	-0.14	0.13	-0.24	-0.21	1.80	
z10	0.44	0.36	0.02	0.17	0.38	0.19	0.62	1.16	-0.10	0.74
N	35	34	35	35	35	35	35	35	31	33

注) Nは各zのデータ数である。

表-4 使用データの分散共分散行列
(1996-1998 年度)

	z1	z2	z3	z4	z5	z6	z7	z8	z9	z10
z1	3.48									
z2	2.47	2.91								
z3	0.22	0.22	0.23							
z4	0.03	-0.06	0.13	0.16						
z5	1.07	1.03	-0.04	0.04	1.80					
z6	0.22	0.12	-0.02	0.06	0.40	0.25				
z7	1.45	1.01	0.12	0.20	1.39	0.46	2.29			
z8	1.73	1.32	0.02	0.16	1.79	0.70	2.57	3.96		
z9	-0.93	-0.77	-0.08	0.04	-0.09	-0.09	-0.03	-0.31	1.50	
z10	0.66	0.22	0.11	0.20	0.50	0.29	1.13	1.26	-0.11	0.83
N	37	34	39	39	39	39	38	38	36	35

注) Nは各zのデータ数である。

沿岸漁獲販売額も埋立水深と同じように統計量と実態活動の間に一定の乖離が存在すると考えて補正することもできるが、0値を持つ港湾は2港しかないで、沿岸漁獲販売額0円のデータを単純に除外して計算を行う。港湾計画の内容は、計画決定する前年度に検討されている場合が多いので、関連分析の説明変数となる地理・経済データは計画決定の前年度の値を使用する。ただし、港湾区域面積と漁業センサスは、今回使えるデータ年度が1993年度と1997年度に制約されていたため、その年度のものを使用する。このようにしてz₈から調製されたデータz₁₀の分散共分散行列は表-3~4のとおりとなった。

(3) 変数間の構造分析

10個の変数の中で、他の変数の線形結合によって因果関係を説明したい変数は、土地造成計画面積z₁、埋立計画増加面積z₂、最大水深z₃、最小水深z₄である。これに対して、港湾区域面積z₅は海域の空間的な埋立容易性を、閉鎖性海域ダミーz₆は海象条件、海底条件や海域環境条件等の差異を間接的に示している。人口z₇は人間活動の総体的水準を、製造品出荷額z₈は工業活動の水準を、沿岸漁獲販売額z₉は当該海域の水産資源の価値水準を、そして地価z₁₀は土地に対する金銭の支払い意向を間接的に示している。これらの地理的経済的指標(z₃~z₁₀)は海面埋立に関する代表的な指標であると考えられ、これらを用いることによって被説明変数(z₁~z₄)の変動をうまく説明することができるのではないかと考えられる。

z₁は、z₃~z₁₀によって説明ができると考えられる。z₂は基本的にはz₁から導かれると考えられる指標なので、z₃~z₁₀にz₁を付け加えることにより説明力が高まると考えられる。最大水深z₃および最小水深z₄は、z₁およびz₂との関係では、原因を示す指標とも結果を示す指標も考えられるが、近年の動向からみると、z₃やz₄が深くなるからz₂が小さくなるというよりは、z₁やz₂が大きくなるからz₃やz₄が深くなるもしくは浅くなるという関係が卓越すると考えられるので、z₃およびz₄はz₃~z₁₀およびz₁~z₂によって説明されると想定する。

このように、本研究で因果関係を分析しようとする被説明変数群は、被説明変数間でも関係を持つと考えられるので、それらを考慮することができる分析手法が必要である。パス解析(Path Analysis)⁴⁾の手法は、このような階層性のある変数間の関係を分析することができるため、これを用いて分析を行う。

パス解析の実施のために、まず、分析のための変数間の構造を仮定する。考えられる変数間の構造は前述のとおりであるので、それをもとに各変数の関係を整理すると、

$$t = At + u \quad (1)$$

ただし、

$$\mathbf{t} = (v_1, \dots, v_{10})' \quad (2)$$

$$\mathbf{u} = (e_1, \dots, e_4, v_5, \dots, v_{10})' \quad (3)$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \beta_{15} & \beta_{16} & \beta_{17} & \beta_{18} & \beta_{19} & \beta_{110} \\ \beta_{21} & 0 & 0 & 0 & \beta_{25} & \beta_{26} & \beta_{27} & \beta_{28} & \beta_{29} & \beta_{210} \\ \beta_{31} & \beta_{32} & 0 & 0 & \beta_{35} & \beta_{36} & \beta_{37} & \beta_{38} & \beta_{39} & \beta_{310} \\ \beta_{41} & \beta_{42} & 0 & 0 & \beta_{45} & \beta_{46} & \beta_{47} & \beta_{48} & \beta_{49} & \beta_{410} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$\mathbf{O}_{6 \times 10}$

である。ここで $v_i: z_i$ の平均を 0 に修正した変数 ($z_i - \bar{z}_i$),

β_{ij} : 被説明変数 v_i に対する説明変数 v_j の標準化重み係数,

e_i : 被説明変数 v_i の誤差変動, である。

他方, $\mathbf{t}$ の分散共分散行列 Σ_t は,

$$\Sigma_t = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \Sigma_u [(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}]' \quad (5)$$

と表すことができる。ここで, $\Sigma_u: \mathbf{u}$ の分散共分散行列,

$\mathbf{I}$: 単位行列である。この中で, 説明変数間では $v_5 \sim v_8$ および v_{10} の各変数間に共変成分が多いことが既知であり, 同時に特性が近いと考えられる被説明変数の誤差成分 $e_3 \sim e_4$ の間にも共変成分が存在することが考えられるので, 本モデルではそれらの変数間に共分散が存在することを仮定した。

式(1)~(5)から, 多変量正規分布を仮定した最尤推定法により, 標準化重み係数を求める。しかし, ここで設定したモデルの自由度は 5 と低いので, モデルのデータに対する適合度は単純に高いとはいえない。そこで, 一定の敷居値を定め, 標準化重み係数の絶対値が敷居値以下のものは「関連がない」と見てモデル構造を修正し, 再計算をする。再計算の結果, 絶対値が敷居値以下の標準化重み係数が生じた場合は, その変数間も「関連なし」に修正して, 更に計算を行う。そうした計算を敷居値 0.05 きざみで変化させて行い, もっとも適合度が高い場合の敷居値を採用する。敷居値の違いによる相対的な適合度

表-5 敷居値ごとの AIC

敷居値	1989-1991 年度	敷居値	1996-1998 年度
0.00	103.7	0.00	102.6
0.10	91.2	0.10	80.2
0.15*	85.0	0.15	76.8
0.20	87.3	0.20*	75.7
0.25	87.3	0.25	79.1
0.30	92.9	0.30	84.6

注) *は AIC が最低となる敷居値。

の善し悪しの比較には統計モデルの評価に良く用いられる AIC (Akaike's Information Criteria: 赤池情報量基準) を使用する。

計算結果は表-5 のとおりで, 適合度の最も良い敷居値は, 1989~1991 年度は 0.15, 1996~1998 年度は 0.20 である。

求められた変数間の構造を前提に変数間の標準化重み係数を求めるとともに, 観測変数の生起確率に多変量正規分布を用いた 1000 回の Bootstrap を行い, 標準化重み係数の標準誤差と t 値を求める。結果は表-6 のとおりである。

表-6 標準化重み係数の推定値
(左 1989~1991 年度, 右 1996~1998 年度)

重み係数	標準化係数	標準誤差	t 値	重み係数	標準化係数	標準誤差	t 値
β_{15}	0.362	0.156	2.32	β_{17}	0.509	0.119	4.28
β_{17}	0.279	0.178	1.57	β_{19}	-0.397	0.126	-3.15
β_{18}	0.226	0.178	1.27	β_{21}	0.768	0.097	7.92
β_{21}	0.575	0.093	6.18	β_{27}	0.386	0.200	1.93
β_{25}	0.406	0.099	4.10	β_{210}	-0.472	0.188	-2.51
β_{29}	0.211	0.075	2.81	β_{32}	0.410	0.101	4.06
β_{32}	0.414	0.310	1.34	β_{36}	-0.304	0.142	-2.14
β_{35}	-0.364	0.316	-1.15	β_{38}	-0.385	0.218	-1.77
β_{36}	0.286	0.218	1.31	β_{310}	0.650	0.192	3.39
β_{37} *	-0.199	0.260	-0.77	β_{48}	-0.341	0.191	-1.79
β_{38} *	-0.251	0.319	-0.79	β_{410}	0.785	0.168	4.67
β_{310} *	0.180	0.220	0.82				
β_{46}	0.288	0.154	1.87				
β_{47}	-0.562	0.183	-3.07				
β_{48}	0.412	0.214	1.93				
β_{410}	0.481	0.149	3.23				

注) *は t 値の絶対値が 1.00 を超えないもの。

3. 推定結果の考察

埋立をとりまく地理・経済のシステム (ここでは, 自然のシステムもサブシステムとして組み込まれていると考える。) は複雑である。このシステムは多くの変数と多くの影響経路を持っているため, どのような変数であっても被説明変数に対して何らかの影響経路を持っていると観念的には捉えることができる。しかし, それらの関係の全貌を捉えることは困難なので, 選択された説明変数から選択された被説明変数への影響度の大小を知ることだけでも, 知ろうとするシステムの構造の特徴をある程度把握することができる。そこで, 各変数の関係についての主要な構造を理解するために, 各変数の関係を, 標準化重み係数が大きい変数間の繋がりとというネットワーク・パターンとして把握し, 考察する。

今回得られた結果では, 1989-1991 年度は 0.15 以上, 1996-1998 年度は 0.20 以上の標準化重み係数を持ち, しかも t 値が 1.00 以上である説明変数が, 全ての被説明変

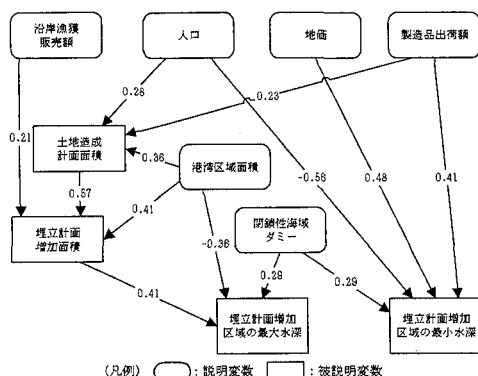


図-1 埋立増加の構造 (標準化重み係数) (1989-1991 年度)

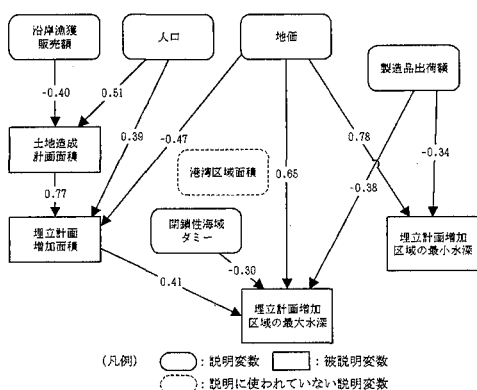


図-2 埋立増加の構造 (標準化重み係数) (1996-1998 年度)

数に対して1個以上存在している。このため、全体像を大きく把握するための割り切りとして、そのような一定レベル以上の標準化重み係数を持つ関係だけを対象に考察を行う。表-6の結果をブロックチャートにまとめると、図-1～2のとおりとなる。

ブロックチャートから知ることができる変数間の関係は、次のとおりである。1989～1991年度は、土地造成計画面積は港湾区域面積と人口と製造品出荷額によって説明される。同様に、埋立計画増加面積は土地造成計画面積と港湾区域面積と沿岸漁獲販売額によって、最大水深は埋立計画増加面積と港湾区域面積と閉鎖性海域ダミーによって、最小水深は人口と地価と製造品出荷額と閉鎖性海域ダミーによって説明される。これに対し、1996～1998年度は、土地造成計画面積が人口と沿岸漁獲販売額によって、埋立計画増加面積は土地造成計画面積と地価と人口によって、最大水深は地価と製造品出荷額と埋立計画増加面積と閉鎖性海域ダミーによって、最小水深は地価と製造品出荷額によって説明される。分析によって得られた結果はあくまでも前述のとおりの変数間の関係

だけであるが、その結果と現実界の関係についての理解を深めるため、以下にこれらの変数間の関係が指し示すであろう意味を考察する。

(1) 土地造成計画面積

土地造成計画面積は、1989～1991年度は港湾区域面積と人口と製造品出荷額で説明されていたものが、1996～1998年度になると人口と沿岸漁獲販売額で説明されるようになる。人口はどちらにも共通だが、それ以外の説明変数は変化している。人口は人間活動の総体的水準を現す。また、港湾区域面積は空間制約面から見た海域の埋立容易性を現すものであり、製造品出荷額は製造業の活動水準を現すものである。1989～1991年度は、社会経済的な活動水準という需要面の要因と、空間制約面から見た海域の埋立容易性が同時に考慮されていたと考えることができる。沿岸漁獲販売額は沿岸漁業資源の価値水準を現すと考えられるため、1996～1998年度は、社会経済的な活動水準が需要要因となり、沿岸漁業資源の価値水準が抑制要因となっていたと考えることができる。

(2) 埋立計画増加面積

埋立計画増加面積は、1989～1991年度は土地造成計画面積と港湾区域面積と沿岸漁獲販売額によって、1996～1998年度は土地造成計画面積と人口と地価によって説明される。土地造成計画面積は埋立計画増加面積と既定計画面積の和である。しかし、土地造成計画面積に対する埋立計画増加面積の割合（以下、「埋立計画増加割合」という。）は、1989～1991年度で65%、1996～1998年度で66%であるので、埋立計画増加面積が土地造成計画面積である程度説明されることは、当然の帰結である。また、これらの時期においては土地造成計画の増加における陸上造成が極めて少ないため、埋立計画増加割合は土地造成計画面積の増加割合とほぼ等しいと見ることができる。そして、埋立の実施と埋立計画の関係が平衡状態にある状態を仮定すれば、埋立計画増加割合は、前計画改訂から現計画改訂の間における土地造成計画に対する埋立の実施割合を現していると考えることができる。

1989～1991年度は、まず、港湾区域面積が説明変数となっているので、埋立のための空間容量についてはそこから導かれる埋立の物理的な容易さが考慮されていたと推定することができる。つぎに、沿岸漁獲販売額が正値の標準化重み係数を持っている。単純に考えれば、沿岸漁獲販売額が大きいほど大きな埋立計画増加面積が設定されたことになる。通常は、沿岸漁業資源の価値水準が高いところほど埋立計画増加面積は抑制されるはずであるが、ここでは逆である。これは沿岸漁業資源の価値水準の高い海域では、埋立が抑制されてきたところに、土地バブルで土地需要圧力が飛躍的に上昇し、それまでの漁

業者等の抵抗の重みが相対的に低下してしまい、反動で大きな埋立計画増加面積が設定されたのではないかと思われる。

1996～1998年度は、港湾区域面積との関連が失われている。これは、空間的な制約が埋立において意味がなくなったとは考え難いので、埋立効率を考慮するだけの自由度が埋立主体になくなったと考えるべきであろう。港湾区域面積のかわりに人口と地価の関連が生じている。人口は人間活動の総体的水準を示す指標であり、係数は正值なので理解は容易である。しかし、地価の係数は負値となっているので理解が難しい。土地に対する金銭の支払い性向という地価の性格そのものから原因を考えるのではなく、地価が高いところはバブル経済の影響で過剰に供給された開発用地がまだ残っていて埋立の需要が少なく、逆に、地価の低いところはそのような悪影響が少ないという、地価が反映するバブル経済の負の影響を説明要因と考えれば、負の係数の認識整合的な説明は可能となる。

(3) 最大水深

最大水深は、1989～1991年度および1996～1998年度ともに埋立計画増加面積が説明変数になっている。標準化重み係数は正值で、埋立計画増加面積が大きくなると最大水深が深くなるという関係にある。埋立計画増加面積は、造成された区画の使いやすさや海域の諸制約を組み入れて決められるので、使いやすさから見た土地の形状や航路や漁業権の存在などの海域の制約によって、埋立計画の汀線方向の長さや岸沖方向の長さは、総体としてあるバランスを持つと考えられる。このため、埋立計画増加面積が大きくなれば、最大水深は深くなる。

1989～1991年度は、埋立計画増加面積以外では港湾区域面積と閉鎖性海域ダミーが説明変数になっている。港湾区域面積は利用性向の高い海面の広さを現しているもので、それが大きいということは潜在的には埋立の対象となる海域が大きく、またそれがゆえに浅海部に埋立可能な海域が残されている割合も高いと考えられる。このため、港湾区域面積が大きくなれば、最大水深は浅くなる。閉鎖性海域ダミーについては、閉鎖性海域は過去にかなり埋立がなされているので、浅海部に埋立適地が少なく、新たに埋立計画が作られる海域は開放性海域に比べて最大水深が深くなるといった理由が考えられる。

1996～1998年度は、埋立計画増加面積以外では地価と製造品出荷額と閉鎖性海域ダミーが説明変数になっている。地価負担力が高い地域では、造成された土地を高い値段で売却して建設費を回収することができるため、建設費用が大きくなる海域、つまり深い海域にまで埋立計画を書くことが可能であるため、正值の標準化重み係数を持つと考えられる。製造品出荷額は負値の標準化重み

係数を持っている。製造業は低価格の用地を求めるので、その活動レベルの高い地域では、埋立地のコストを下げるため、最大水深が浅くなっていると考えられる。閉鎖性海域ダミーは負値の標準化重み係数を持つ。これは、閉鎖性海域では埋立抑制傾向が強く、防波堤等で遮蔽されたエリアの外側に新たに埋立を計画することが少なくなり、防波堤等で遮蔽された海域内に埋立を計画する傾向が強まっているためだと考えられる。

(4) 最小水深

最小水深は、1989～1991年度は人口と地価と製造品出荷額と閉鎖性海域ダミーで、1996～1998年度は地価と製造品出荷額で説明される。

1989～1991年度の土地バブル当時の開発方式は、浅海部では古くなった内港地区を埋め立てて再開発する方式が中心であったため、人口が大きいところほど古くに作られた内港地区があり、最小水深は浅い傾向がある。地価は土地への金銭投下性向を示す。それが大きいときは費用負担力が高く、最小水深が深くなって造成費用が大きくなっても計画が成立するので、正值の標準化重み係数を持つことになる。製造業出荷額が大きい地域は製造業の集積が大きく、旺盛な工業用地需要があったと考えられる。それに応じて大きな埋立面積を確保するために、沖側の埋立地の先に埋立計画が作られるケースが多数見られ、これが最小水深が深くなっている理由だと考えられる。閉鎖性海域は波浪条件が厳しくないため埋立が相対的に進んでいるので、最小水深は深くなると考えられる。

1996～1998年度は、地価と製造品出荷額で説明される。地価負担力が高ければ相対的に高い埋立造成費用に耐えられるので、最小水深は深くなる。製造業は低価格の用地を求めるので、その活動レベルの高い地域では低コストの埋立地が求められ、最大水深は浅くなる。

4. モデルの適合度

被説明変数ごとの重相関係数は、土地造成計画面積、埋立計画増加面積および最小水深では0.65～0.92、最大水深では0.41～0.58である(表-7参照)。これは、仮定した構造モデルでかなり説明ができているものの、埋立

表-7 重相関係数

変数	1989-1991年度	1996-1998年度
v_1	0.76	0.65
v_2	0.92	0.82
v_3	0.41	0.58
v_4	0.77	0.60

最大水深は、モデル外の要素の影響が若干大きいことを意味する。

重相関係数の他にモデルの適合度を示す指標としてよく利用される GFI (goodness of fit index)および RMSEA (root mean square error of approximation)を算出する。結果は表-8 のとおりである。GFI は t の標本分散共分散行列と推定結果の分散共分散行列の乖離を二乗したものにあって標準化を施し、それを 1 から減じたもので、RMSEA は対数尤度関数に一定の補正を加え平方根したものである。通常、GFI は 0.9 以上、RMSEA は 0.05 以下が好まれているとされる。どちらも GFI が 0.9 超、RMSEA が 0.05 以下となっており、十分な適合性を持っている。

表-8 適合度指数

指数	1989-1991 年度	1996-1998 年度
GFI	0.95	0.94
RMSEA	0.00	0.00

パス解析は構造を持った重回帰分析であると見なすことが概ねできるので、得られた重み係数に負値が出ることは当然にあり得る。したがって、重み係数に負値が出たとしても、単にそれを理由に仮定した変数間の構造に問題があるということにはならない。しかし、変数間の構造の仮定そのものは一つの仮説に過ぎず、その真偽についての疑問が残る。これについて十分な検証を行うことは困難であるが、計算の結果得られたモデルの適合度指数はかなり高い値であったので、その意味においては仮定した変数間の構造は妥当であったと考えることができる。

5. おわりに

海面埋立の規模と位置について、地理・経済指標との関係をパス解析の手法を用いて分析した。この結果、特徴的なことは、1989～1991 年度には、港湾区域面積という埋立を含めた人間の利用をポジティブに行う性向を持

つ海域の広さが、土地造成面積と最大水深の決定過程において大きな役割を果たしているが、1996～1998 年度になると、港湾区域面積との関係は失われ、土地造成面積に対しては人口と沿岸漁業販売額が、最大水深に対しては地価と製造品出荷額と閉鎖性海域ダミーが大きな関係をもつことが明らかになったことである。社会の経済構造の変化が海面埋立の規模と面積の有り様を大きく変貌させている。

本研究では、選定した各変数の関係が指し示す現実世界での意味を、得られた変数間の構造と既に知られている知識から考察した。現実世界での埋立現象を根元的な要素に分解し尽くし、その要素間の関係を全て合理的整合的なものとして推定・説明することはできていないが、現実世界での意味を得られた変数間の構造に帰納的に当てはめることはでき、その意味では無矛盾な解釈をすることができたのではないかと考える。

このように不確定要因が多くを占める現実界の事象を分析する場合、研究対象以外の影響要素を全てコントロールあるいは補正し、一挙に確度の高い結論を導くことはかなりの困難性を持つ。このようなとき、確実な知見を着実に増やして行くという努力は重要な意味を持つのではないだろうか。当研究の成果もそのような着実な一歩となることを希望する。

参考文献

1. 日本港湾史編集委員会：日本港湾史，日本港湾協会，1978。
2. 港湾環境影響評価の項目並びに当該項目にかかる調査・予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針・環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令，運輸省令第 39 号，1999。
3. 和田陽平，大山正，今井省吾編：感覚・知覚心理学ハンドブック，誠信書房，1989。
4. Write, S.: Correlation and Causation, Journal of Agricultural Research, 20, 1921, pp.557-585.

THE CHARACTERISTICS OF RECLAMATION AREA AND DEPTH IN PORTS

Takeshi SUZUKI*

Reclamation has strong impacts on environmental systems. Hence, properties of reclamation plans in port areas are investigated. The Path Analysis with the increased area of reclamation and the water depth at the areas shows followings. The area of reclamation and the maximum water depth is effected by the area of port in FY1989-1991. In FY 1996-1998, the area of reclamation is effected by the population and the product of coastal fishery; and the maximum water depth is effected by the land price, the product of industry and dummy of enclosed sea.