

## 海岸線利用の適地分析に関する一方法

A METHOD OF ANALYSIS OF LAND USE POTENTIALITY  
IN COASTAL AREAS

中 村 英 夫\*・林 良 嗣\*\*・宮 本 和 明\*\*\*

By Hideo NAKAMURA, Yoshitsugu HAYASHI  
and Kazuaki MIYAMOTO

## 1. はしがき

33 000 km に達する長大な海岸線はわが国に賦与された重要な資源であり、これをいかにして有効かつ適切に利用するかは、今後とも国土計画上の重要な課題である。

個々の海岸線はそれぞれ固有の自然的、社会的、経済的な資質をもっており、それに基づく価値を有している。この価値には、それが存在すること自体が社会的効用になるという存在価値として認められるもの、あるいは、その空間に資本や労働を投入し、ある目的に利用することによって初めて顕在化するような潜在的な利用価値として認められるものがある。ここで、海岸線（一般に土地）の有するこれらの価値を空間価値注1)とよぶことにすれば、重要な課題である海岸線空間の有効かつ適切な利用を実現するための方策は、各地区の有する土地資質を最もよく生かすことによってその空間価値を最大限に発揮させ、かつ地域全体としても可能な限り空間価値を高めるように各土地利用形態の需要を配置する土地利用計画に求められよう。そのためには、まず各海岸線が各土地利用形態に対して、どれほどの空間価値を有するかという分析が必要となる。

しかしながら、このような概念としての空間価値を、現実の土地利用計画における評価指標として数値化することは容易ではない。空間価値は、その土地固有の資質のみならず、利用目的によって異なるし、投入される資本や労働によっても違い、さらに周辺の土地利用状況等の条件にも依存する。一方、その土地に想定される種々

の社会的効用ないし不効用は、それぞれに帰属先が異なり、また同一尺度で論ずることができないため、計測することが非常に困難である。

本研究は、ここで述べた土地利用計画の第一段階として必要な、個別の土地利用形態からみた海岸線の空間価値およびその地理的分布を具体的に表現する方法を作り上げようとするものである。ここでは、上記の困難を避けるため、適地度とよぶ指標を導入するが、これは空間価値を絶対的な価値としてではなく、個々の土地利用形態に関する空間価値の地理的格差を表現しようとするものである。

2. 従来に関連研究<sup>2)</sup>

土地をその潜在的利用価値によって分類評価する試みは、農業用地については従来からいくつかなされている。その多くは、土地の自然的条件に基づいて農業生産性を計測評価し分級するものであって、評価尺度はきわめて明確である。

一方、海岸線利用計画の場合のように、多数の利用目的あるいは評価尺度を必要とする適地分析に関する研究も数多く行われてきているが、その対象の複雑さのために、一般に以下に述べるような問題点を残している。これらの研究の中には、定性的な分析と定量的な分析とが含まれるが、一般に後者の方がきめ細かな分析を行っている。

定量的な適地分析が行われている調査研究を大別すれば、統計的方法と非統計的方法によるものがある。統計的方法としては、適性を示すなんらかの指標を外的変量にとり、土地の資質を説明変量とした重回帰分析あるいは数量化理論第Ⅰ類による分析<sup>3)</sup>と、外的基準としては具体的な変量を用いずに、適と不適あるいは何段階かのランクで表示する判別関数あるいは数量化理論第Ⅱ類<sup>4),5)</sup>による分析がおもなものである。また非統計的な

\* 正会員 工博 東京大学教授 工学部土木工学科

\*\* 正会員 工博 東京大学助手 工学部土木工学科

\*\*\* 学生会員 工修 東京大学大学院工学系研究科土木工学専門課程博士課程

注 1) 空間価値なる語は、早川和男がその著書<sup>6)</sup>の中で、空間をある目的に利用した結果実現した使用価値として定義しているが、ここでは存在価値をも含めた意味で用いる。

方法は、いくつかの評価項目を設定して適性度の評価を行うもので、評価項目に対する評点やそれらを総合化する場合は項目間の重みを、専門家の知識と経験によって与える方法をとるものである<sup>9)~11)</sup>。

これらの方法はそれぞれ長所を有しており、参考文献として掲げたものの中でも優れた研究であるが、まだいくつかの問題点を残している。従来の統計的方法を用いた研究の問題点は、一般に次のような点である。

(1) 海岸線地域に限定した場合、特に海域部の自然条件に関する統計的データは一般に不十分で、採用する指標は限られる。

(2) 統計分析の性格上、採用する指標の数はあまり多くても意味をもたず、したがって、多様な資質の状態が反映され得ない。

(3) 式の有意性が統計的な検定のみによ拠しているために、符号や係数がすべて理論的に矛盾なく説明できるものはほとんどない。

(4) 重回帰分析、数量化理論第Ⅰ類を用いた分析では、外的変量として採用する指標が、もともと多様な内容を含む適性度の代表として妥当であることの合意が得られていない。

(5) 数量化理論第Ⅱ類を用いた分析では、外的基準に具体的な意味がなく、単に総合スコアの値を適性度の指標とする場合には、結果の解釈が困難で説得力に欠ける。

また、非統計的分析を用いた研究の問題点としては、以下のものが掲げられる。

(1) 評価方式および評価項目の選定理由が明確に示されておらず、評価項目間のレベルの整合がとれていない場合が多い。

(2) 評価項目の評点づけ、その総合化(重みづけ)の妥当性を示す客観指標がないために説得力をもたせることが困難で、恣意的になりやすい。

以上のほかに、統計的方法、非統計的方法のいずれを用いた分析にも共通して欠けている点として、

(1) 隣接地域の土地の資質が考慮されていない。

(2) 隣接地域の土地利用間の順応性が考慮されていない。

(3) いくつかの代替案が容易に比較できるように配慮された方法は少ない。  
という点があげられる。

### 3. 適性度の分析方法

#### (1) 適性度の定義

ある土地がある利用に供されると、土地固有の資質に

応じて、その土地および周辺部にさまざまな効用(または不効用)がもたらされる。このような効用(または不効用)をもたらす土地の潜在能力、すなわち、土地がある土地利用に対して有する空間価値を指標化したものを適性度とよぶ。

#### (2) 分析方法の特徴および概要

本分析方法の特徴は、以下のように要約される。すなわち、各種の土地利用に対して土地が有する空間価値は多様な評価側面を有するが、本分析では、これに対して多角的な評価項目を段階的に設定した評価ツリーに沿って土地固有の資質を計量する方法を作り上げ、土地資質の状態や評価項目間の重みが変化したときに、各評価項目の評点やそれらが合成されて求められる適性度の変化する過程を、視覚的な overlay mapping の方法を用いて表現している点に特徴がある。また、この方法は経済立地論の系譜からみれば、アイサードの比較生産費法<sup>9)</sup>(comparative cost approach)における費用を適性度という無次元の指標に置き換えた方法であるとみることができる。アイサードの方法が輸送費、労働費、動力費の内部経済に関する地域格差のみを考慮しているのに対して、本分析方法では建設費および地域への「社会的影響」、「経済的影響」というトレード・オフ関係を有する外部的要因をも考慮している点が異なる。さらにこのような多様な評価項目(立地因子)を考慮しているが、それらの評点を距離尺度化し、重ね合わせに際しては恒常法および Thurstoneの比較判断の法則<sup>10)</sup>を援用して重みづけ(スケーリング)を行って、評点の加法性を保っている。すなわち、従来の多変量解析を用いた統計的手法には評価項目数に制約があること、一方、非統計的手法では重みづけが恣意的になりやすいことの双方の欠点を補うことを試みるもので、この点にも本方法の特徴がある。

なお、本分析方法は、比較的広い地域(県あるいはそれ以上の単位)に適用されたときに、その操作性、再現性等の特徴が最もよく生かされるものである。また、本論文では、沖縄本島を対象として分析した例を示すことにする。

分析方法の手順の概要は、以下のように示される。

(1) 海岸線に立地が想定される土地利用形態は数多く存在するが、これらを数量化理論第Ⅲ類を用いてその立地条件により数個の群に分類し、それぞれの群の中から分析対象とすべき代表的土地利用形態を選定する。

(2) 代表的土地利用形態ごとに、その空間価値に影響する自然的、社会的、経済的条件を表現する土地の資質を選定し、それぞれ影響の程度に応じて分級する。

(3) 代表的土地利用形態の立地条件(適性度の評価

項目)を「建設」,「利用」,地域への「影響」という3つの軸に沿って段階的に想定し,これを満たす割合を土地の資質によって表現する評価ツリーを構築する.この場合,隣接地域の土地の資質も考慮する.

(4) 評価ツリーの各枝(評価項目)の重みを,建設に関する部分は,港湾および埋立工事積算資料<sup>11),12)</sup>より得た建設費と土地の資質との関係を示す重回帰式によって,また利用と地域への影響に関する部分は,複数の専門家の評価に対して恒常法を適用する方法によって求める.

(5) 土地の資質の状態の変化や,評価項目の重みの変化に応じて変化する適地度の地理的分布を,図解的に表現する手法(ドットプリンターによる濃淡図表現)を整備する.これは一種の overlay mapping 法(重ね合わせ法)である.

(3) 代表的土地利用形態の選定

海岸線に立地が想定される土地利用形態は従来立地しているものからみても表一に示すように多種多様であり,これらのすべてについて適地分析を行うことは実際的ではない.そこで,これらを立地条件の類似性によって数個の群に分類し,各群の代表的土地利用形態について分析を行う.なお,分類手法としては,数量化理論第Ⅲ類を用いる.

ここで,数量化理論第Ⅲ類における個体タイプとしては表一に掲げる土地利用形態を,属性としては表二に示す立地条件<sup>13)-16)</sup>を採用する.図一はこの分析結果を,個体に与えられる値のうち,第一,第二固有値に対応するものを二軸として表示したもので,平面上の距離は土地利用形態間の立地条件の類似性を示しているものと解釈される( $\rho_1^2=0.49, \rho_2^2=0.32$ ).この図をみると,各土地利用形態が立地条件によって際立った群に分

表一 海岸線に立地が想定される土地利用形態

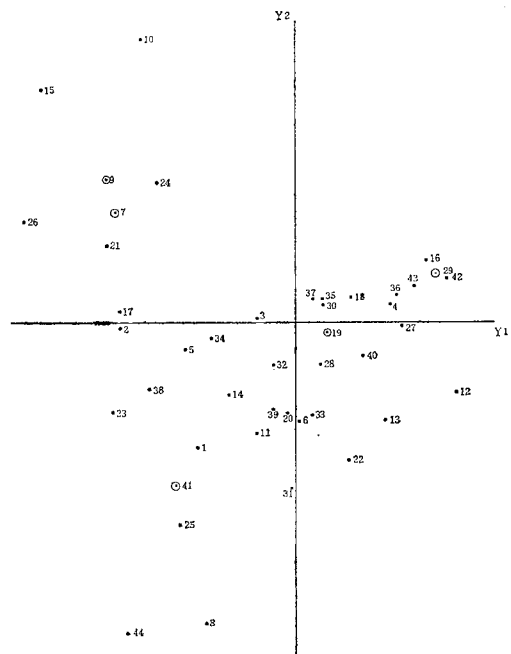
1 商業	13 養豚・養鶏場	29 石油精製工業
2 運動公園	14 墓地	30 飛行場
3 陸上交通施設	15 海中公園	31 サトウキビ畑
4 下水処理場	16 アルミ精錬工業	32 通信施設
5 業務	17 宿泊施設	33 都市ガス施設
6 食品工業	18 ゴミ焼却場	34 遊興施設
7 海浜公園	19 流通港湾	35 漁港
8 { 窯業 林業 パイン畑 米作地 牧場 老人施設	20 飲料製造業	36 鉄鋼業
	21 ゴルフ場	37 フェリー発着港
	22 { 刑務所 火葬場	38 都市公園
	23 病院	39 製缶業
9 海水浴場	24 マリーナ	40 機械工業
10 積極的保全	25 醸造業	41 住宅
11 繊維工業	26 ヘルスセンター	42 火力発電所
12 科学観測施設	27 紙・パルプ工業	43 化学工業
	28 木材加工業	44 文教施設

(注) 1つの番号に複数の土地利用形態が対応しているのは,表二において該当する立地条件がまったく一致する場合である.

表二 土地利用の立地条件\*

1	用地条件	広い陸上用地の確保が容易 埋立が容易
2	施設建設条件	地盤が強い 護岸,係留施設の建設が容易 外郭施設の建設が容易 シーバースの建設が容易 幹線道路までの取付道路の建設が容易
3	自然条件	強風がない 無風状態の日が多い 土壌が肥沃 陸上地形が平坦 海岸線前面の海底地形の起伏が小さく遠浅 森林資源が豊富
4	市場条件	市場に近い
5	労働力条件	労働力人口が豊富
6	交通条件	陸上交通輸送が便利 港湾に近い 空港に近い
7	後背地の条件	自然環境が良好 観光資源の存在 教育文化水準が高い 医療機会水準が高い
8	地域への影響	大気汚染の可能性が低い 水質汚染の可能性が低い 騒音公害の可能性が低い 景観への悪影響を及ぼす可能性が低い 事故発生危険性が低い

\* 立地に際して考慮しなければならない項目という広義の立地条件を意味する.



(注) 番号は,表一に対応する  
● 分析対象にした利用形態

図一 土地利用形態の分類

かれているわけではないが、第Ⅰ象限 Y<sub>1</sub> 軸寄りの群を装置型工業、第Ⅱ象限を中心とした群をレクリエーション、第Ⅲ象限を中心とした群を都市的土地利用として分類することができよう。そこで、これら3つの群の中から1つずつ代表的土地利用形態として、それぞれ石油精製工業、海水浴場および海浜公園を併設したレクリエーション用地、住宅を選び、さらに図-1の原点付近の帰属群がはっきりしないものの中から、重要な土地利用形態として流通港湾を取り上げる。積極的保全も1つの典型的な土地利用形態といえるが、相対的適地が求められるようなものではないので、分析対象とする代表的土地利用形態としては採用しない。土地利用計画においては、積極的保全が必要とされる地区は他の土地利用形態に優先して先取りされるべきであると考えらる。

なお、ここで選ばれた4つの代表的土地利用形態に対して、従来の立地規模（施設能力）および将来の動向から表-3のように立地の単位規模を想定しておく。

表-3 代表的土地利用形態の想定規模

土地利用形態	石油精製工業	流通港湾	海水浴場 海浜公園	住宅
施設能力	石油精製 30万BPSD	年間貨物取扱量 500万トン/年	収容力 宿泊 70000人/年 日帰 70000人/年	収容人口 10000人
用地積	300 ha	港湾 100 ha 関連産業 100 ha 計 200 ha	40 ha	100 ha
利用海岸線長	2 km	2 km	1 km	2 km
付帯施設	30万トン・タンカー用シーパース1基			

表-4 水際帯および周辺部の地域区分の定義

名称	定義
水際帯	水際線および陸側、海側へそれぞれ幅 50~100 m、それぞれの土地利用の単位規模に要する水際線長の带状地域
直背地	水際線の利用に直接かわりをもつ地域で、水際帯の内陸側へ、水際線からの法線距離 500~1000 m の地域
後背地	水際線、直背地を含む市町村行政区域
隣接水際帯	利用の対象となる水際帯の両側に隣接する水際帯（水際線長 2 km）

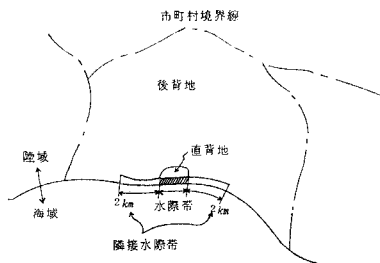


図-2 水際帯および周辺部の地域区分

(4) 土地の資質の分類

土地の資質は、人間とのかかわり方によって、自然的資質、社会的資質、経済的資質に分類することができる。これらをさらに細かく分ければ、次のようなものがあげられる。

表-5 土地資質の分類

	水際帯	直背地	後背地	隣接水際帯
自然的	気象 風向 平均風速 風頻度			
	海象 波浪 水質 水害			波浪 水質 水深 水害
地的	汀線 平地 平均勾配 地質 リーフ 海岸性状 景観および生物資源 (名勝地)	平地 平均勾配 景観および生物資源 (名勝地)	景観および生物資源 (名勝地)	地質、リーフ 海岸性状 景観および生物資源 (名勝地)
	生態 景観および生物資源 (植動魚)	景観および生物資源 (植動魚)	景観および生物資源 (植動魚)	景観および生物資源 (植動魚)
社会的	港 航路 航路 取扱貨物量 港の種類 (漁港等)			航路 航路 取扱貨物量 港の種類 (漁港等)
	諸施設 防災施設	観光施設 産業施設 文化・教育施設 交通施設 医療施設	観光施設 産業施設 文化・教育施設 交通施設 医療施設	防災施設
資質	所有 土地利用形態	所有 土地利用形態	土地利用比率	所有 土地利用形態
	交通 交通手段	幹線道路へのアクセス 交通手段	域内中心都市への距離 道路容量の余裕	港湾へのアクセス 交通手段
経済的	文化遺産 史跡 文化財	歴史的集落 史跡 文化財	歴史的集落 史跡 文化財	史跡 文化財
	法規制 都市計画区域 自然公園区域 農業振興区域 用途地域	都市計画区域 自然公園区域 農業振興区域 用途地域	都市計画区域 自然公園区域 農業振興区域 用途地域	都市計画区域 自然公園区域 農業振興区域 用途地域
経済的		人口 人口密度	人口 人口密度 個人所得 商業販売額 工業出荷額 失業率 自治体の財政状態	

評価項目 I=5 I=4 I=3 I=2 I=1	水際帯点資質	直背地資質	隣接水際帯資質	後背地資質
[50] 建設	[50] 規利	[100] 各種法規制区域*		
	[5] 埋立無公害確保の経済性	[33] 水深 [33] 湾形	[33] 海面利用形態	
	[48] 埋立用地造成の経済性	[81] 水深 [19] 底質		
	[27] 護岸および係留施設建設の経済性	[60] 水深 [11] 底質 [29] 波浪		
[50] 建設の経済性	[9] 外郭施設建設の経済性	[54] 水深 [19] 底質 [27] 波浪		
	[11] シーベース建設の経済性	[29] 水深 [71] 波浪		
[0] 利用	[4] 幹線への取付道路建設の経済性	[33] 地価水準 [33] 陸上地形 [33] 幹線沿道沿まで		[50] 大都市からの距離
	[100] 市場条件			
[50] 社会	[30] 大気汚染	[33] 土地利用区分	[33] 土地利用区分	[33] 人口密度
	[7] 水質汚染	[50] 湾形	[150] 海面利用形態	[50] 人口密度
	[14] 騒音被害	[33] 湾形	[33] 海面利用形態	
	[23] 事故に対する安全性	[17] 生物資源 [17] 自然公園法の指定地	[17] 生物資源 [17] 自然公園法の指定地	
[50] 影響	[15] 景観への影響	[33] 文化財	[33] 文化財	
	[8] 文化財への影響	[33] 土地利用区分	[33] 土地利用区分	
	[3] 地元住民の持つ違和感	[150] 湾形	[33] 土地利用区分	[33] 土地利用形態
	[62] 周辺部への拡張可能性	[50] 陸上地形	[50] 陸上地形	[50] 個人所得 [50] 自治体財政状態

(注) \* 特別保護区域, 自然公園法指定地, 農業振興区域, 都市計画法指定区域 (都市計画区域, 市街化区域, 市街化調整区域, 用途地域)

図-3 適地度評価ツリー (石油精製工業)

自然的資質——気象，海象，地形，生態  
 社会的資質——交通，法規制，公共施設，文化遺産  
 経済的資質——人口，所得，雇用，財政

ところで，本分析は土地の資質の状態に基づいて適地度を求めることを目的としているが，ある土地における適地度を評価するには，その土地だけでなく周辺部の土地資質の状態も考慮に入れなければならない。その場合，周辺部の土地の資質は，求めようとする土地の適地度に対する影響の程度，あるいは土地利用が周辺部に及ぼす影響の程度に応じた精度で評価するのが妥当である。そこで，適地度の評価に用いる土地の資質を選定する場合に，水際帯およびその周辺部に対して表—4，図—2に示す地域区分を設定する。

以上の地域区分を考慮して，海岸線地域における土地の資質を分類すると表—5のようになる。

(5) 適地度の評価方式<sup>13)~16)</sup>

図—3は，海岸線地域における適地度の評価方式を示す評価ツリーである。これは，石油精製工業を想定した場合の例である。適地度は，その土地および周辺の土地が有する資質の状態に基づいて，「建設」，「利用」，利用に伴う地域への「影響」という3つの評価軸に沿って多元的に評価され，各評価軸にはそれぞれ空間価値を規定する評価項目が段階的に設定される。そして，各評価項目はそれぞれ対応する土地の資質によって表現される。ここで，建設時の地域への影響は，「建設」の軸で考慮されている。

なお，ここで採用される評価項目は，分析の対象地域内において有意な差があると想定されるものに限定される。また各評価項目に対応する資質の選定に際しては，その根拠を明示する(表—6)。図—3の石油精製工業の例では，「利用」に関する評価項目は上記の理由により1つしか採用されていないが，たとえば，住宅では「利用」に関するものとして，「県内中心都市への交通条件」，「事故および災害の危険性」，「教育文化水準」，「周辺土

表—6 評価項目に対応する土地資質の選定理由<sup>17)~19)</sup>

評価項目：大気汚染 資 質：1. 土地利用区分(直背地) 2. 人口密度(後背地) 3. 土地利用区分(隣接水際帯)
大気汚染の被害の尺度として，ここでは予想される被害人口，および動植物の重要な被害をとる。石油精製工業からの排煙による大気汚染は，煙突の高度化(100m~200m)に伴い，その最大降下濃度地点は煙源から5~8km(風速6mとして)に達するために，直背地のみならず後背地，隣接水際帯にも及ぶと考えられる。被害は，ほぼ，単位面積当たり， $(\text{汚染物質濃度}) \times (\text{曝露時間})$ $\times (\text{人口密度または土地利用区分})$ に比例すると考えられるが，前者2項はどこに立地するにしても地域差はないので考慮しない。

表—7 土地資質のカテゴリー評価表

資質名：土地利用区分(水際帯)  
 (評価項目：大気汚染)

カテゴリー内容	評 点
荒地，空閑地	-1
軍用地，林地	-2
工業地	-3
農地，公園緑地	-4
住宅地，商業地，公共施設用地	-5

(根拠，判別方法)

大気汚染は，被害の有無によって評価すべきものと考えられるので，まず，被害人口の多少を第一に考え，動植物の被害よりも優先的に考慮する。したがって，常時多くの人々が居住あるいは活動する場所を最も悪い評点(-5)とする。荒地，空閑地にはなんら被害を受けるものがないと考えられる。

地利用条件」などが採用されている。

適地度の算定は，この土地利用別の評価ツリーに沿って行われ，まず最初に各土地資質の状態を数個のカテゴリーに分級し，土地利用の立地とつての好ましさに応じて各カテゴリーに評点( $x_{ijk}$ )を設定することから始まる。表—7は，土地資質の状態を分級する例で，表—6に示すように，直背地の被害人口の代理指標としてとられた土地利用区分を，人口密度に比例した尺度(評点)に換算するものである。建設に関する項目における水深等の土地資質は，建設費との数量的関係が得られているため，それに従って距離尺度化すればよい。しかし，表—7の例のような場合には，専門家のブレインストーミングによって分級を行う。ここに，

$x_{ijk}$ ：評価項目  $i$  に属する土地資質  $j$  の  $k$  番目のカテゴリーに対して与えられる評点で，-1(最も好ましい)~ -5(最も好ましくない)の整数で与えられる。ただし，その土地利用形態の立地を不可能とするようなカテゴリーに対しては，大きなマイナス点( $x_{ijk} = -1000$ )を与え，評価ツリーに沿って評点が総合化されても大きなマイナス点が残りに，立地不可能地を明示できるようにする。

この  $x_{ijk}$  の値に基づき，評価ツリー(図—3)に沿って次のように評点を総合化し，適地度を求める。

まず，各評価項目ごとに，それを説明する土地資質の評点をそれぞれの重要度に応じた重みをつけて加え合わせる。すなわち，

$$y_i = \sum_j a_{ij} (\sum_k x_{ijk} \cdot \delta_{ijk}) / \sum_j a_{ij} \dots \dots \dots (1)$$

ここに，

$y_i$ ：最下位の評価項目  $i$  の評点

$a_{ij}$ ：評価項目  $i$  に属する資質  $j$  の重み

$$\delta_{ijk} = \begin{cases} 1 & (\text{土地資質 } j \text{ がカテゴリー } k \text{ の状態のとき}) \\ 0 & (\text{土地資質 } j \text{ がカテゴリー } k \text{ 以外の状態のとき}) \end{cases}$$

また、各土地資質に対する評点  $x_{ijk}$  は  $-5 \leq x_{ijk} \leq -1$  なる値をとるように距離尺度化されており、これらに規準化された重みをつけて加え合わせるため、 $-5 \leq y_i \leq -1$  となる。

次に、式 (1) によって求められた最下位の評価項目ごとの評点を評価ツリー (図-3) に沿って段階的にまとめ上げる。すなわち、

$$y_{li'} = \sum_j b_{l-1,i} \cdot y_{l-1,i} / \sum_j b_{l-1,i} \dots \dots \dots (2)$$

ここに、

- $y_{li'}$ : 第  $l$  段階の評価項目  $i'$  の評点
- $b_{l-1,i}$ : 評価項目  $i'$  に属する第  $(l-1)$  段階の評価項目  $i$  の重み
- $y_{l-1,i}$ : 評価項目  $i'$  に属する第  $(l-1)$  段階の評価項目  $i$  の評点 ( $l=2$  のとき、式 (1) の  $y_i$  に相当する)

この場合も、評点は規準化されて加え合わせられるため  $-5 \leq y_{li'} \leq -1$  は保たれる。

これらの土地資質間、評価項目間の重みづけ、すなわち、ある土地資質 (評価項目) の最悪の状態 (-5 点) と他の土地資質 (評価項目) の最悪の状態 (-5 点) とのスケールは、それぞれの土地資質、評価項目群の性格に応じた方法によって行われる (次節参照)。

以上のようにして、それぞれの海岸線における土地資質の状態の良し悪しに応じて与えられた評点に基づき、図-3 の評価ツリーに沿って各段階の評価項目の評点が規準化されてまとめ上げられる。図-3 の場合、適地度  $P$  は  $P=y_i$  として求められる。

この方式によって、ある海岸線の土地資質に変化があった場合には、その地点の評点を変更することによって変化後の適地度が得られ、また、次節で説明するように、種々の立場の評価主体の異なった重みに対応した適地度を求めて比較することが可能となる。

(6) 重みづけの方法

前節に述べた評価方式 (図-3) 中の項目は、客観的な重みが求められるべき項目群と、評価主体によって本来重みが異なる項目群との2種類に分けられる。

まず「建設の経済性」に関する項目は、前者に該当する。すなわち、これらの項目はすべて経済性を評価するものであるため、費用による統一的な客観評価が可能である。そこで、従来 of 港湾および埋立工費の積算方式<sup>(1),(2)</sup>に従って、各施設の建設費用を土地の資質の状態によって説明する重回帰式を作成し、その式中の係数を資質相互間の重み (式 (1) の  $a_{ij}$ ) とし、さらに施設別の建設費の比を評価項目間の重み (式 (2) の  $b_{l-1,i}$ ) とする。

次に「利用」、「影響」の評価項目を説明する土地資質相互間の重み (式 (1) の  $a_{ij}$ ) も客観的に求められるべ

きものである。しかし、これらの評価項目と資質との間の定量的な関係は、現在までの研究成果からは求めることができないため、これらの資質相互間の重みはすべて等しいものとする。

一方、「利用」、「影響」に関する評価項目は、評価主体によって本来重みが異なるものである。これらの項目間ではそれぞれ評価尺度が異なるし、トレード・オフ関係も存在する。また、評価項目間の重み (式 (2) の  $b_{l-1,i}$ ) は、評価項目そのものに重みが想定されるのではなく、評価項目のある状態と他の評価項目のある状態とを比較したときに初めて重みが想定されるものであるため、デルファイ法などを用いて項目自身を比較する方法は好ましくない。ここでは、質問紙法による恒常法<sup>(20),(21)</sup>が適当と考え、以下のように重みを求める。

まず表-8 の例に示すような質問紙を、相対的な重みを求めるために最低限必要な評価項目の比較対の数 (〔評価項目数〕-1) だけ用意する。この質問紙に示す A, B 2つの状況 (一対の評価項目のカテゴリーの組合せ) のうちどちらが想定土地利用形態の立地にとって好ましいかに対する回答を集計して、表-9 の例のように選好比率が求められる。ここで、すべての項目の比較対につい

表-8 評価項目重みづけ質問紙

当該土地利用に関して、次のAの状況を基準として、以下に挙げるBの1~4の状況と比較して、それぞれどちらが立地にとって好ましいかを、回答欄に○印で御記入ください。

対象土地利用：石油精製工業  
 評価項目の比較対：大気汚染と水質汚染  
 前提とする状況：大気汚染源は、最新の公害防除設備を備えた石油精製工場 (30万BPSD) を考え、周辺土地利用に応じて被害の程度が評価される。  
 ・水質汚染源も同様の工場とし、そこからの排水による被害の程度は、工場の位置する湾内の海域利用形態および湾形によって評価される。

A. 基準とする状況  
 陸側は周辺が住宅、商業地 (人口100人/ha程度)、公共施設用地で、大気汚染がある場合 (カテゴリー(-5))。しかも、工場から汚濁水は出るが、工場は外海に面して立地しており、かつ、近くに養殖場、海水浴場、魚礁がない場合 (カテゴリー (-1))

		基準と比較しての評価		
		回答欄 (立地の好ましき)		
B. 基準と比較する状況		Aの方が好ましい	A,B同程度	Bの方が好ましい
1	陸側は周辺が農地、公園緑地で大気汚染がある場合 (カテゴリー (-4)) で、しかも、海側は近くに養殖場、海水浴場、魚礁がある場合 (カテゴリー (-5))			
2	陸側は周辺が工業地で大気汚染がある場合 (カテゴリー (-3)) で、しかも、海側は近くに養殖場、海水浴場、魚礁がある場合 (カテゴリー (-5))			
3	陸側は周辺が軍用地、林地で大気汚染がある場合 (カテゴリー (-2)) で、しかも、海側は近くに養殖場、海水浴場、魚礁がある場合 (カテゴリー (-5))			
4	陸側は周辺が荒地、空閑地で大気汚染がある場合 (カテゴリー (-1)) で、しかも、海側は近くに養殖場、海水浴場、魚礁がある場合 (カテゴリー (-5))			

表—9 評価項目\*の比較対に対する選好比率（石油精製工業）

A. 基準とする状況							B. 基準と比較する状況							選好比率		
大気汚染	水質汚染	騒音被害	安事故に対する全性	景観への影響	への文化影響	持地つ元達住和民の感	大気汚染	水質汚染	騒音被害	安事故に対する全性	景観への影響	への文化影響	持地つ元達住和民の感	Aが立地にとり好ましい	A, Bの好ましきは同程度	Bが立地にとり好ましい
-5	-1						-4	-5						0.600	0.200	0.200
-5	-1						-3	-5						0.333	0.334	0.333
-5	-1						-2	-5						0.067	0.200	0.733
-5	-1						-1	-5						0.000	0.067	0.933
-5		-1					-4		-5					0.334	0.200	0.466
-5		-1					-3		-5					0.134	0.333	0.533
-5		-1					-2		-5					0.067	0.067	0.866
-5		-1					-1		-5					0.000	0.067	0.933
-5			-1				-4			-5				0.600	0.200	0.200
-5			-1				-3			-5				0.533	0.134	0.333
-5			-1				-2			-5				0.533	0.067	0.400
-5			-1				-1			-5				0.334	0.200	0.466
-5				-1			-4				-5			0.533	0.200	0.267
-5				-1			-4				-5			0.466	0.200	0.334
-5				-1			-2				-5			0.200	0.267	0.533
-5				-1			-1				-5			0.267	0.000	0.733
-5					-1		-4					-5		0.533	0.134	0.333
-5					-1		-3					-5		0.333	0.134	0.533
-5					-1		-2					-5		0.200	0.067	0.733
-5					-1		-1					-5		0.067	0.133	0.800
-5						-1	-4						-5	0.400	0.134	0.466
-5						-1	-3						-5	0.134	0.266	0.600
-5						-1	-2						-5	0.000	0.200	0.800
-5						-1	-1						-5	0.067	0.133	0.800

\* 「地域に及ぼす社会的影響」に属する評価項目の例を示す。  
 評点 -1: 立地に最も好ましい状況 評点 -5: 立地に最も好ましくない状況

て一対比較を行わないのは、必ずしもイメージしやすい比較対ばかりではないため、一般的にイメージしやすい比較対を選んで全体の相対的な重みを定める方がよい精度が得られると考えるためである。

いま、任意の評価項目  $i, j$  が互いに独立であると仮定する。  $y, w, U$  をそれぞれ、評価項目の評点、重み、評価項目対の状況に対応する好ましき（効用）を示す値としたとき、

$$U_{ij} = w_i y_i + w_j y_j \dots \dots \dots (3)$$

と表わせられるものとする。さらに、基準とする状況を A, 比較状況を  $B_m (m=1, \dots, 4)$  とすれば、両状況の効用差

$$\Delta U_{ij}^{A, B_m} = U_{ij}^A - U_{ij}^{B_m} \dots \dots \dots (4)$$

は個人によって異なるが、そのばらつきは Thurstone の比較判断の法則<sup>10)</sup>によれば正規分布するとされている。すなわち、ここで、

$$f(\Delta U_{ij}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[ -\frac{(\Delta U_{ij}^{A, B_m} - \mu_{ij}^{A, B_m})^2}{2\sigma^2} \right] \dots \dots \dots (5)$$

$\mu_{ij}^{A, B_m}, \sigma$  をそれぞれ  $\Delta U_{ij}^{A, B_m}$  の分布の平均値と分散、±ε を「A,  $B_m$  のどちらが好ましいともいえない」という  $\Delta U_{ij}^{A, B_m}$  の値の判断限界とし、また「Aが好ましい」、「どちらともいえない」、「 $B_m$ が好ましい」の3つの選択枝に回答する人数の理論比率をそれぞれ、 $\hat{P}_{ij}^{A > B_m}, \hat{P}_{ij}^{A = B_m}, \hat{P}_{ij}^{A < B_m}$  とすれば、

$$\hat{P}_{ij}^{A > B_m} = \int_{\epsilon}^{\infty} f(\Delta U_{ij}^{A, B_m}) d\Delta U_{ij} \dots \dots \dots (6)$$

$$\hat{P}_{ij}^{A = B_m} = \int_{-\epsilon}^{\epsilon} f(\Delta U_{ij}^{A, B_m}) d\Delta U_{ij} \dots \dots \dots (7)$$

$$\hat{P}_{ij}^{A < B_m} = \int_{-\infty}^{-\epsilon} f(\Delta U_{ij}^{A, B_m}) d\Delta U_{ij} \dots \dots \dots (8)$$

として求められる。一方、3つの選択枝に対する実際の回答比率を  $P_{ij}^{A > B_m}, P_{ij}^{A = B_m}, P_{ij}^{A < B_m}$  とし、Thurstone の比較判断の法則<sup>10)</sup>が成り立つことを仮定すれば、式 (6) ~ (8) および 表—9 の値を用い、

$$g(w_i, w_j, \sigma, \epsilon) = \sum_{ij} \{ (P_{ij}^{A > B_m} - \hat{P}_{ij}^{A > B_m})^2 + (P_{ij}^{A = B_m} - \hat{P}_{ij}^{A = B_m})^2 + (P_{ij}^{A < B_m} - \hat{P}_{ij}^{A < B_m})^2 \} \dots \dots \dots (9)$$

を最小とする  $w_i, w_j$  を求めることによって、「利用」、「影響」に関する評価項目の重みが与えられる。図—3の□内はこのようにして求められた重みの値を示したものであり、この例では回答比率の実測値と推定値との相関係数は0.93以上であった。なお、ここに示す例は、32名の地域計画および港湾計画の専門家の回答に基づいて求められた重みである。

最後に、「建設」、「利用」、「影響」の三軸間、「法規制」と「建設の経済性」の間、「社会的影響」と「経済的影響」の間等の上位の評価項目間の重みは、もちろん評価主体により異なる。しかし、これらの上位の評価項目は具体的な意味をもつカテゴリーに分けることは困難であり、上述の質問紙法による恒常法を適用することは無意



味である。上位の評価項目については、それぞれ評価主体がアприオリに種々の重みを与えて重ね合わせた結果を比較検討する方法をとるのが妥当であろう。ここではアприオリな重みづけに対する適地度分布の変化を知るために、次節に示すような図解的な表現を試みた。

(7) overlay mapping による分析結果の図解的表現<sup>22), 23)</sup>

本研究の目的は、広域的な適地分析の具体的な方法を向上させることであることはすでに述べた。そのため、容易に広域の適地度分布を認識できる方法が必要となるが、1つの方法として考えられるのは、地図上に適地度の値を濃淡で表現する方法である。これは、ドットプリンターを用いて出力される。

図-4~8 は、沖縄本島の海岸線に対して求められた石油精製工業に関する適地度の評価過程の一部を示したものである。図-4 は「建設」からみた適地分布、図-5, 6 はそれぞれ「地域に及ぼす社会的影響」、「地域に及ぼす経済的影響」からみた適地分布、図-7 は、図-5 と図-6 を等しい重みで重ね合わせた場合に得られる「地域に及ぼす影響」からみた適地分布を示している。そして図-8 は、図-4 と図-7 を同様に等しい重みで重ね合わせた場合（「利用」の重みは 0）の総合的な立地適性度＝適地度の分布を示している。

これらと同様にして、評価ツリー（図-3）の任意の段階の評価項目からみた適地分布と、任意の段階の評価項目の重みを変化させたときの適地度分布が濃淡図として得られる。この方法は、ある段階の評価項目からみた適

地分布が、どのような原因から形成されたかを検討することを可能とするためのものである。

図-9 は、4つの代表的土地利用形態について求められた適地度の値を、海岸線上の距離に沿って展開したグラフである。本研究は、土地利用形態間の立地適性度の比較よりも、個々の土地利用形態に対する立地適性度をきめ細かく分析することが目的であるため、適地度は、土地利用形態ごとに異なった尺度で多角的に評価され

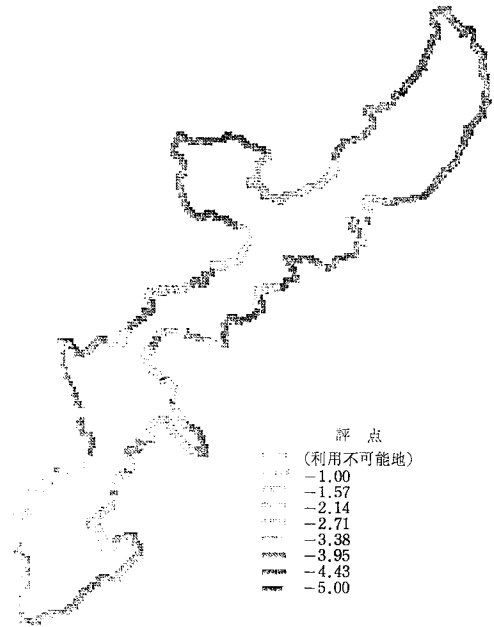


図-5 地域に及ぼす社会的影響（石油精製工業）

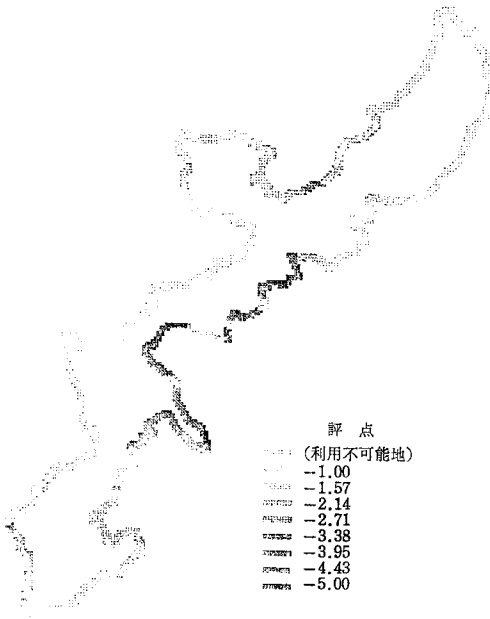


図-4 建設（石油精製工業）

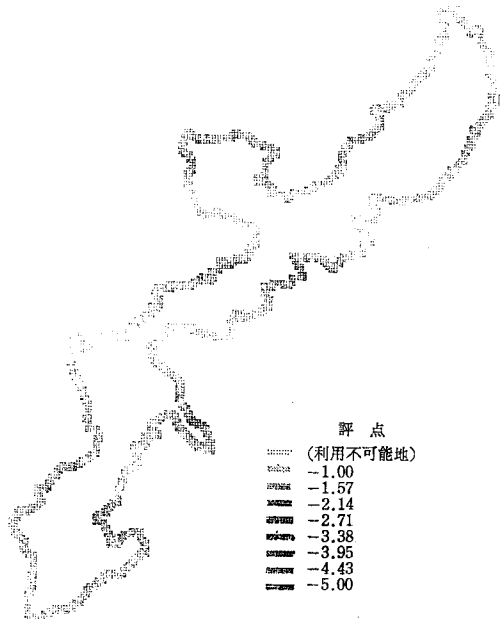
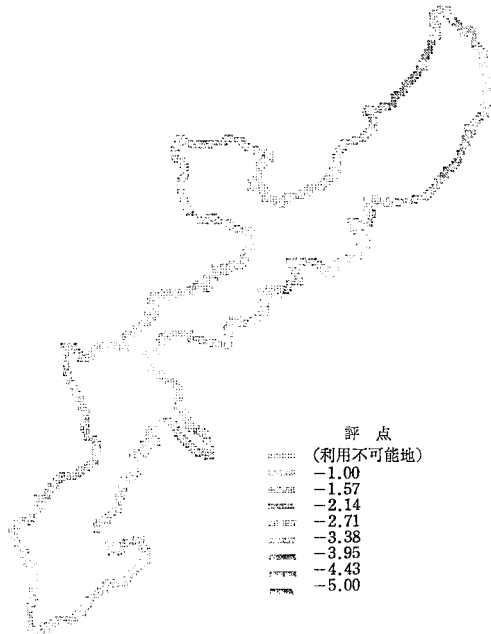
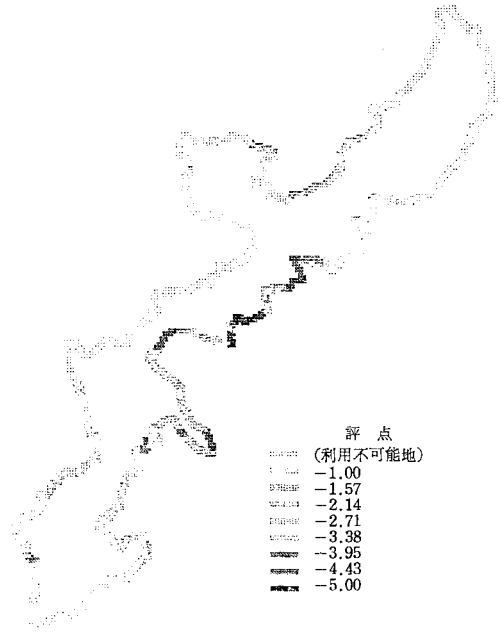


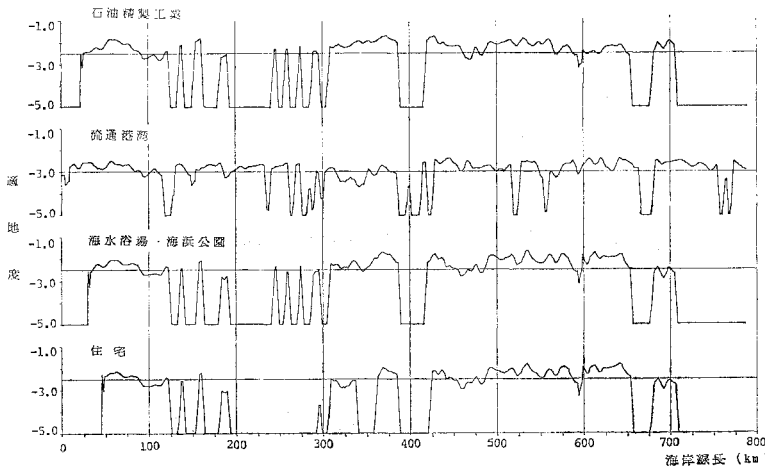
図-6 地域に及ぼす経済的影響（石油精製工業）



図一7 地域に及ぼす影響（石油精製工業）



図一8 適地度（石油精製工業）



図一9 海岸線に沿った適地度分布

る。したがってこの指標値の大小によって土地利用形態間の立地適性度の比較をすることは意味をもたない。図一9は、各地区が1つの土地利用形態にのみ適しているのか、あるいは複数に対して適しているのかを判断するためのものである。

なお、本分析においては、土地資質の状態を示すデータの中には、土地利用図、地形図、水深図をはじめとして図面上に描かれたものが多い。そのため、図面データをそのままの形で計算機に入力するグラフペンや、結果を視覚的に出力するドットプリンターなど、必要に応じて図形処理計算機システムを利用している。

#### 4. 結 び

本研究においては、海岸線地域に立地が想定される代表的な土地利用形態について、おのおのの海岸線の有する空間価値を土地の資質によって具体的に表現する1つの方法の作成を試みた。

そのために、まず既往の同種の研究の有する問題点を調査し、従来未解決であった多様な要因を包括しながら、しかも統計的手法の有するような客観的な裏づけを伴った評価方式、および操作性、再現性を備えた方法の作成をめざした。

その結果、これまで述べてきたような評価項目の性格に応じて、客観的な統計手法と主観的評価を分析する恒常法とを適用し、また、図解的表現による重ね合わせ法を併用した方法ができ上がった。この方法にはまだ不備な点もあり、なお多くの批判、検討を受けねばならないであろう。しかし個々の方法は既存のものを随所で用いているが、方法全体として従来のものとは1つ別の試みである。

本研究は、ここに挙げられた著者のほか東京大学大学院、小長井宣生（現北海道開発庁）、松岡龍治が協同して進められたものである。その際、主として中村と林が研究のアプローチ方法をはじめとする全体構成および最

終のまとめを担当し、宮本が主としてデータ収集および分析を、小長井、松岡が計算処理をおもに分担した。

最後に、本研究を遂行するにあたって、東京理科大学内山久雄講師から有益なご助言を、また、沖縄開発庁に在籍しておられた稲垣敏史、遠藤 博、加藤 寛の各氏のほか多くの方々から、資料提供をはじめとすご助力を賜わった。ここに謝意を表する次第である。

#### 参 考 文 献

- 1) 早川和男：空間価値論，勁草書房，pp. 4～5，1973.
- 2) 三菱総合研究所：海岸線利用計画手法調査，1977.3.
- 3) (財)日本地域開発センター：海岸線利用の研究，1973.3.
- 4) 運輸省第四港湾建設局：都市海岸線利用計画調査報告書，1975.3.
- 5) 運輸省第一港湾建設局：能登半島臨海地域レクリエーション開発パターン調査，1973.3.
- 6) (財)運輸経済研究センター：海域利用計画に関する研究(その1)，1976.3.
- 7) (財)運輸経済研究センター：福島県臨海空間開発計画調査(第2部)福島県臨海空間の開発適性，1973.
- 8) 運輸省第五港湾建設局：伊勢湾海域部総合利用計画策定のための基礎的調査報告書(Ⅱ)，1976.3.
- 9) W. Isard ed. : Methods of Regional Analysis—An Introduction to Regional Science, New York, 1960 (笹田友三郎訳：地域分析の方法，朝倉書店，昭和44年).
- 10) 小柳武和：景観評価論，土木工学体系13「景観論」，pp. 296～299，彰国社，1977 (原典は，L.L. Thurstone : A law of comparative judgement, Psychol. Rev., Vol. 34, pp. 273～286, 1927).
- 11) 港湾審議会：港湾審議会第60回計画部会資料，1975.
- 12) 沖縄開発庁沖縄総合事務局港湾計画課：沖縄における港湾および埋立工事積算資料，1976.
- 13) 長尾義三：港湾工学，共立出版，1968.
- 14) 宮崎茂一：港湾計画，海文堂，1964.
- 15) 鈴木忠義編：現代観光論，有斐閣，1974.
- 16) 日本工業立地センター：工業立地ハンドブック，1972.
- 17) 浅川照彦：大気汚染の実態と公害対策，昭晃堂，1967.
- 18) 公害と防災編集委員会編：大気汚染(Ⅱ)，白亜書房，1967.
- 19) 高塚美和：四日市地域における大気汚染の推移，三重県公害センター年報，第3号，1975.3.
- 20) 三菱総合研究所：交通システムの技術評価・開発方策(Ⅱ)，1975.
- 21) 岡本憲之ほか：環境影響評価におけるトレード・オフ問題の処理，土木学会第31回年次学術講演会講演概要集，第四部，pp. 55～56，1976.
- 22) 大林成行：Computer Aided Earth Designの手法に関する研究，東京大学学位論文，1974.
- 23) 梅園輝彦：大規模宅地造成における自動設計および計画シミュレーションに関する研究，東京大学学位論文，1974.

(1978.5.2・受付)