【土木計画学研究・講演集 No.12 1989年12月】

沿岸域における空間利用調整モデル

Coastal Spase Use Model for Conflict Resolution

黒田勝彦
浦屋玲
By Katsuhiko KURODA and Akira Uraya

A coastal space use planning model is proposed based on the N-person Cooperating Game. Human activities and nature are treated as the players of the space-utilizatiion game. The concerned area is devided into large-scale zones with small size meshes, for which locational potential for each player are analyzed. Players'gain is defined as the total potential from the resultant located meshes. In the large scale-zones mixed use is allowed, but in the small size meshes it is prohibited. The allocation for the large scale zones is solved by linear plogramming algorithm and the allocation for the small size meshes is solved by repeated trials.

The proposed model is applied to the activitiy allocation planning of Osaka Bay area and the coastal use planning of T-port in Kochi prefecture to demonstrate its usefulness.

1．はしがき

沿岸域は工業・漁業等生産活動、住宅・業務・緑地・公園等の都市活動、海水浴・ボードセイリィング等の海浜性余暇活動、クルージング・ボートセイリング・フィッシング等海洋性余暇活動、港湾等物流・海上交通、廃棄物処理、等々人間の社会・経済諸活動の場を提供するばかりか、海および陸の生態にとっての食物連鎖上極めて重要な場でもある。このように沿岸域は、各種の人間活動と動植物の生命維持活動の競合する場であり、人間の短期的都合のみによってやたらに開発利用することは許されない空間であり、その利用・保全の為の新たな理念に基づいたゾーニングが必要である。　事実、昭和６３年に発表された第四次全国総合開発計画（四全総）では、「沿岸域は人間・自然にとって貴重な第三の国土空間であるとの位置づけから、国がこの開発理念を示さなければならない」と唱っている。

しかし、多様な利用活動間同士に相互作用に伴う立地競合があるばかりでなく、人間活動と自然の間にも対立が生じる。したがって、このような対立を出来る限り調整し、自然と調和ある空間利用計画を立てる方法論の開発が望まれている。本研究は、このような現状に鑑み、対立する利用・保全活動の空間利用を如何に調整すれば良いかについての考え方をｎ人協力ゲームによってモデル化したもので、オリジナルな考え方は文献[1)]で発表したものに基づいて更に発展させたものである。モデルは大阪湾の利用計画・高知県Ｔ港のリゾート開発計画に適用し、各種の考察をおこなった結果をまとめたものである。

2．モデルの前提と記号

【モデル化の前提】：モデル化に際し、以下を前提条件とする。

１）計画対象区域は予め与件とする。

２）対象区域を新たに利用する活動の種類および目標年次における空間需要量は与件とする。また、

計区域での保全対象も予め同定されているものとする。

3）計画対象域での活動についての適地ポテンシャルおよび活動間の相互作用効果は別途与えられるものとする。

4）立地活動・保全対象は空間利用ゲームに参加するプレイヤーと見なし、ゲームの利得は獲得する総ポテンシャルで与えられるとする。

5）ゲームに参加するプレイヤーは自由に提携出来るものとする。

6）計画対象域における最小メッシュでの混合利用は許されないものとする。

【記号の定義】：モデル化に際し、以下の記号を用いる。

1）プレイヤー：

同定されたプレイヤーはn人とし、個々のプレイヤーには番号を付けその集合をNとする。すなわち、

$$N=\{1,2,\ldots,k,\ldots,l,\ldots,n\} \quad \ldots(1)$$

2）対象領域：

計画対象域を適当な大きさの大メッシュで分割し、そのメッシュには番号を付けその集合をMとする。すなわち、

$$M=\{1,2,\ldots,I,\ldots,J,\ldots,M\} \quad \ldots(2)$$

大メッシュは更に適当な大きさの小メッシュに分割される。大メッシュIの中の小メッシュは番号が付けられその集合をM_Iとする。すなわち、

$$M_I=\{1,2,\ldots,i,\ldots,j,\ldots,m\} \quad \ldots(3)$$

3）適地ポテンシャル：

小メッシュiにおけるプレイヤーkの適地ポテンシャルを$p_i{}^k$とする。このとき大ゾーンIでのプレイヤーkにとってのポテンシャル$P_I{}^k$は次式で与える。

$$P_I{}^k=\sum_i p_i{}^k/m \quad \ldots(4)$$

4）相互作用効果：

プレイヤー間の相互作用効果は距離とともに減衰し、相互作用効果係数α^{lk}を用いて次式で与えられるものとする。

$$\Delta p^{lk}{}_{ij}=\alpha^{lk}\cdot p_i{}^k\cdot \mathrm{Exp}[-r_{ij}/H] \quad \ldots(5)$$

ただし、r_{ij}はメッシュiとjの距離、Hは減衰距離である。

5）ゾーンおよびメッシュの面積：

大ゾーンIの面積をA_I、小メッシュiの面積をa_iとする。したがって、常に次式が成り立つ。

$$A_I=\sum_{i=1}^{m_I} a_i \quad \ldots(6)$$

6）プレイヤーの面積需要：

プレイヤーkの面積需要の下限をB_k，上限をC_kとする。

7）プレイヤーの戦略：

プレイヤーkの大ゾーン立地ゲームにおける戦略はゾーンの面積占有率を示す実数 x^k（$0\leqq x^k\leqq 1$）のベクトルX^kで与えられる。すなわち

$$X^k=\{x_1{}^k, x_2{}^k,\ldots, x_I{}^k,\ldots, x_M{}^k\} \quad \ldots(7)$$

ただし、$\sum_K x_i{}^k=1$

プレイヤーkの小メッシュ立地ゲームにおける戦略は 0-1 整数z^k のベクトルZ^kで与えられる。すなわち、

$$Z^k=\{z_1{}^k, z_2{}^k,\ldots, z_i{}^k,\ldots, z_m{}^k\} \quad \ldots(8)$$

但し、

$$z_i{}^k=\begin{cases}1：メッシュ\,i\,に立地する。\\ 0：メッシュ\,i\,に立地しない。\end{cases}$$

3．モデルの概要

3－1　大ゾーンにおける立地ゲーム

1）プレイヤーの利得：

プレイヤーkが戦略X^kを採ったときのプレイヤーkの利得をU^k（X^k）とすると、相互作用を考えないので次式で与えられる。

$$U_k(X^k)=\sum_{I=1}^{M} P_I{}^k A_I x_I{}^k \quad \ldots(9)$$

2）提携値：

プレイヤーが提携を組むのは立地ゲームで有利な展開を意図するためで、その有利さの程度は何等かの形でゲームの内容に反映されなければならない。そこで、本研究では、ゲームの特性関数に提携を構成するプレイヤーの数の大小を反映させるようにした。すなわち、プレイヤーの任意の提携をs、sの補集合を$\bar{s}$、sおよび

$\bar{s}$の構成メンバーの数を[s]および[$\bar{s}$]で表すものとした時、sの提携値v(s)を次式で定義する。

[s]>[$\bar{s}$]のとき：

提携sは$\bar{s}$より多数で構成され、立地選択上「力」が強いと考えられる。その場合、自分達の利得を最大化するように立地行動を行うと考えて、sの力の大きさを表す特性関数を次式のように定義しこれを提携値と呼ぶ。

$$v(s)=\underset{X^k}{\mathrm{Max}}\sum_{k\subset S} U^k(X^k) \quad \ldots(10)$$

Sub. to

$$B^k \leqq \sum_{l} A_l x_l^k \leqq C^k \quad (k=1,2,\ldots,n) \quad \ldots(11)$$

$$\sum_{k} x_l^k \leqq 1 \quad (l=1,2,\ldots,M) \quad \ldots(12)$$

$$0 \leqq x_l^k \leqq 1 \quad (l=1,2,\ldots,M), \quad (k=1,2,\ldots,n) \quad \ldots(13)$$

[s]=[$\bar{s}$]のとき：

提携 s と提携 $\bar{s}$ は全く同等の力と考えられる。このような場合、長尾・黒田・若井[2]が用いたような Von Neuman-Morgenstern 型の特性関数を定義することが出来るが計算が著しく煩雑になる欠点がある。そこで、本研究では、sとsの両者が全く個別にそれぞれの利得の最大化を意図して立地行動を起こした場合に得られる空間配分の内、立地競合を生じる部分は平均化して配分するものと考え、その結果得られる利得を提携値として定義する。この考え方を定式化すると以下のようになる。

$$\underset{X}{\mathrm{Max}}\sum_{k\subset S} U^k(X^k) \quad \ldots(14)$$

Sub. to Eqs.(11),(12) and (13)

$$\underset{X}{\mathrm{Max}}\sum_{k\subset \bar{S}} U^k(X^k) \quad \ldots(15)$$

Sub. to Eqs. (11),(12) and (13)

式(14),(15) の解をそれぞれ$X^s=X_1{}^s+X_{\cdot}{}^s$、$X^{\bar{s}}=X_1{}^{\bar{s}}+X_{\cdot}{}^{\bar{s}}$とする。ただし、$X_{\cdot}{}^s$と$X_{\cdot}{}^{\bar{s}}$は S と $\bar{S}$ が立地競合を生じるゾーンの解である。このとき、$\bar{X}_{\cdot}=(X_{\cdot}{}^s+X_{\cdot}{}^{\bar{s}})/2$ とすると、S および S の提携値はそれぞれ次式で与えられる。

$$v(S)=\sum_{k\subset S} U^k(X_1{}^k)+\sum_{k\subset S} U^k(\bar{X}_{\cdot}{}^k) \quad \ldots(16)$$

$$v(S)=\sum_{k\subset S} U^k(X_1{}^k)+\sum_{k\subset S} U^k(\bar{X}_{\cdot}{}^k) \quad \ldots(17)$$

[S]<[$\bar{S}$] のとき：

この場合は S の力が $\bar{S}$ より弱いと考え、S が自己の利得の最大化をねらって立地行動を起こした結果に甘んじなければならない。したがって、このときの S の提携値としては次式で与えられる。

$$v(S)=\sum_{k\subset S} U^k(X_{\cdot}{}^k) \quad \ldots(18)$$

ただし、$X_{\cdot}{}^k$は以下の解である。

$$\mathrm{Max}\sum_{k\subset \bar{S}} U^k(X_{\cdot}{}^k) \quad \ldots(19)$$

Sub. to Eqs.(11),(12) and (13)

3）「仁」による解：

さて、各提携が様々な立地行動をとるなかで、どのような立地配分パターンを決定するかが最終的に空間計画の是非をきめることになる。立地行動については出来る限り行動の自由を認めつつしかも全体として一方的な不満が発生しないように制限を加えることが必要である。このような条件を満たす一つの考え方は、様々な立地配分パターンの内最大不満を持つ提携に着目し、その不満が最小になるように立地配分パターンを決定してやることである。 これは、D. Schmeidler[3]による「仁(Nucleous)」の考え方で次式のように表せる。

$$\underset{X}{\mathrm{Min}}\ \underset{s\subset S}{\mathrm{Max}}\ D^s(X) \quad \ldots(20)$$

$$D_s(X)=v(S)-\sum_{k\subset S} U^k(X) \quad \ldots(21)$$

Sub. to Eqs.(11),(12) and (13)

式(20)の解を求めるアルゴリズムは確立されていないので、以下のようなεコアの概念を適用することによって、線形計画問題に変換することが出来る。

$$\varepsilon \rightarrow \mathrm{Min.} \qquad \cdots(22)$$

Sub. to

$$v(S)-\sum_{k}\sum_{S}U^{k}(X)=v(S)-\sum_{k}\sum_{S}\sum_{l}P_{l}^{k}A_{l}x_{l}^{k}\leqq\varepsilon \qquad \cdots(23)$$

and Eqs. (11), (12), (13)

3－2　ゾーン内立地ゲーム

前節で定式化したゾーン間立地ゲームでは広域のゾーンニングを行い、混合利用を許す解が求まったゾーンでは、さらに細かい立地配分を行う必要がある。なぜなら、そこでは、面積占有率x_{I}^{k}のみが求まっているだけで配置まで求められていないからである。したがって、ここでは、混合利用を許す解が得られたゾーンＩにおける詳細な利用計画法について定式化を行う。

1）面積制約：

式(20)の解をx_{I}^{k}とすると、Ｉゾーン内ではプレイヤーｋの面積需要の下限をB_{I}^{k}、上限をB_{I}^{k}は差異変数δを導入して

$$B_{I}^{k}=x_{I}^{k}-\delta_{I}^{k},$$
$$C_{I}^{k}=x_{I}^{k}-\delta_{I}^{K} \quad (k=1,2,\ldots,n) \qquad \cdots(24)$$

と表せる。この時z_{i}^{k}が満たすべき面積制約は

$$B_{I}^{k}\leqq\sum_{i}a_{i}z_{i}^{k}\leqq C_{I}^{k} \qquad \cdots(25)$$

2）プレイヤーの利得：

式(9)と異なり，相互作用効果を考えるのでプレイヤーの利得は式(5)を考慮して，プレイヤーｋが戦略z_{i}^{k}、プレイヤーｌが戦略z_{j}^{l}を用いたとき、以下のように与えられる。

$$U^{k}(Z_{i}^{k},Z_{j}^{l})=\sum_{i}p_{i}^{k}\cdot a_{i}\cdot z_{i}^{k}+\sum_{i\subset I}\sum_{j\subset I}\sum_{l}\Delta p_{ij}^{lk}\cdot a_{i}\cdot z_{i}^{k}\cdot z_{j}^{l}+\sum_{i\subset J}\sum_{j\subset J}\sum_{l}\Delta p_{ij}^{lk}\cdot a_{i}\cdot z_{i}^{k}\cdot z_{j}^{l} \qquad \cdots(26)$$

上式で、第２項はＩゾーン内での相互作用を、第３項は隣接ゾーンとの相互作用を表している。

3）提携値：

提携値は、３－１で定義した方法と全く同様で変数がx_{i}^{k}からz_{i}^{k}に変わっただけで、変数の制約が０－１整数になっているだけであるので再度ここでは述べない。

4）「仁」による解：

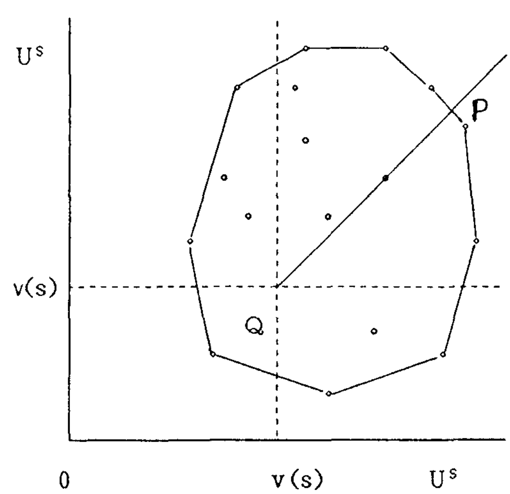
最適解の考え方も先に述べた考え方と同じであるが小メッシュにおける立地ゲームでは、式(24)に見られるように相互作用効果の影響を考慮するので問題は線形計画のアルゴリズムでは解けない。即ち、非線形０－１整数計画問題となり、目下、適当な解法アルゴリズムが無い。したがって、ここでは総当り法によって解を求めた。

4．定式化の幾何学的解釈

これまでの定式化をおこなったいくつかの概念の意味の理解を助ける為にそれらの幾何学的解釈を行い、いくつかの応用概念について述べる。

【利得空間】

プレイヤーの利得を$U^{k}(X_{k})$または$U_{k}(Z_{k}, Z_{l})$で表した。これらは、各プレイヤーの立地戦略が変化すると得られる利得が変化することを意味する。したがって、図－１のような利得空間上に戦略の組の変化をプロット出来る。



図－１　利得空間上の戦略分布

【提携値と特性関数】

また，特性関数で定義される提携値$v(S)$は図のように提携　s　が立地ゲームの結果得られる利得の最低保証水準を決めるもので、この保証水準の定義に提携　s　を構成するプレイヤーの数を反映さ

せていることになる。即ち、計画案選択の原点を０点ではなく、Ｑ点にしようとする考えを反映したものである。計画の原点を現状にするか、ある種の力関係を反映させるかは、正に、その時代の政治・社会体制・人々の価値観に依存して決まるものであるが、ここでは「多数決原理による多人数パワーの原理」を持ち込んでいる。

【仁の意味】

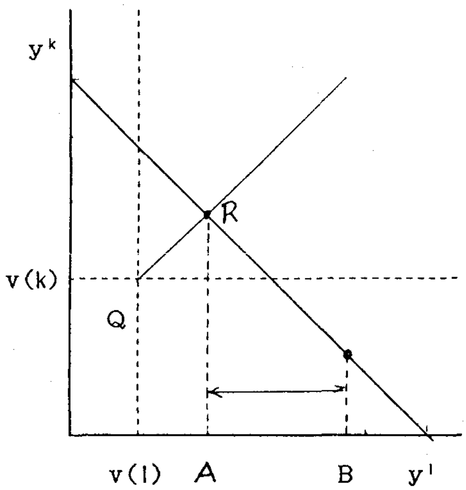
さて、最適解を「仁」によって求める考えは図において点Ｐを採用していることに一致する。この点は全ての提携の不満（または余剰ー図の場合は余剰を示している）を考え、最大の不満（計画される空間利用案から得られる利得が自己が考える最低保証水準にどれだけ満たないかを表す量）を持つ提携に着目し、これを最小にする案を選択しようとする考えである。これは、鈴木[4)]によると「寛容の仁」と呼ばれている。この「仁」は特性関数ゲームにおける「ゲームのコア」の概念に相当する。本モデルでは、大ゾーンにおける立地ゲームおよびゾーン内における配分ゲームのいづれにもこの考えを利用している。

【ミチゲーション】

ところで、最適案が「仁」によって求められたとして、全てのプレイヤーに不満は残らないであろうか？　「仁」によって採用された計画案は全てのプレイヤーの利得を最大化する案ではない（もともと、そのような案が存在すれば対立は最初から発生しない）。

1968年に成立した米国沿岸域管理法（ Coastal Zone Management Act）では,人間の開発によって自然を改変する場合それに見合う自然を復活しなければならない、と規定している。これは、本モデルの中で自然をプレイヤーと見た場合に自然が持つ最終的な不満の解消の為の自然に対する補償行為と定義することが出来る。「プレイヤーとしての自然」をどのように定義するかは、直面する問題の性質によって異なるが、ここでは、その概念の数学的解釈のみを説明する。

図－２において、選択された空間利用計画案が仮に$x_{\cdot}$であったとしよう。 このとき、プレイヤーｋが自然（たとえば自然の海浜）であり、たのプレイヤーｌが人間の利用活動を表すとしよう。



図－２　利得の配分

図－２において、選択された空間利用計画案が仮ゲームの結果得られる社会全体の利得は

$$U^N(x_{\cdot}) = \sum_{k \subset N} U^k(x_{\cdot}) \quad \ldots(27)$$

で与えられ一定である。この線は図－２の直線をで示されている。この時、ｋおよびｌは自己の利得の最低保証水準として、$v(k)$および$v(l)$を考えており最終的配分がこれを上回っていなければゲームの解に妥協しない。そこで、最終的な各プレイヤーへの配分をy^kとすると次式が成り立つ必要がある。

$$\sum_{k} y^k = U^N \quad \ldots(28)$$

$$y^k \geq v(k) \quad (k=1,2,\ldots,n) \quad \ldots(29)$$

式(28)はパレート最適性を表し、式(29)は個人的合理性（Personal Rationalty）と呼ばれている。

さて、最終的な理想的配分$y^{k \cdot}$を求めるために再び「仁」を適用すると問題は以下のように定式化される。

$$\underset{y}{\mathrm{Min.}} \underset{k \subset N}{\mathrm{Max}} [v(k) - y^k] \quad \ldots(30)$$

Sub. to Eqs.(28) and (29)

この解は図－２の点Ｒで与えられ、図の場合自然（プレイヤーｌ）はＡＢに相当する利得分だけ人間の開発行為から補償されなければならない。この補償の概念が「Mitigation」の意味するところと解釈できる。

5．T港海洋リゾートプロジェクトへの適用

提案したモデルをT港海洋リゾートプロジェクトにおける沿岸域空間利用計画に適用した。ここではその結果を報告しモデルの有用性について検討する。

【現地の状況】

計画対象地域は太平洋に面した小さな湾にある人口5000人の港町で港は江戸時代に石積みで構築された歴史的価値の高い舟溜りが残っており、周辺には自然海浜もあり夏には海水浴場としてにぎわっている。また、湾内には珊瑚礁が一部あり貴重品種の珊瑚が生育している。さらに、魚の養殖も行われ、漁業生産の水域としても重要である。背後の町は田畑が11%、森林・原野が55.5%を占め、住宅地は1.7%である。 産業別人口構成は一次産業12.6%、二次産業45.9%、三次産業41.5%である。事業所数、従業者数は、S56年時点で239事業所、1287人となっており，専業農家は190戸程度、漁業は組合員100名程度で沖合い漁業の比重が大きい地方の港町である。

【プロジェクトの内容】

プロジェクトは、自然のポテンシャルを活かし、歴史港湾の保全とともに、海水浴・ボードセーリングを中心とした海浜性レクレーション、マリーナ、イヴェント広場・公園等を整備して活性化を図ろうとするものである。

【プレイヤーの同定】

沿岸域の利用ゲームに参加するプレイヤーとしては、上記のようなプロジェクト内容を考慮して表－1のように決めた。表中、○印は対象領域を自由に行動出来るプレイヤー、△印は一部先決・一部自由、×印は全て現在の場所に張り付いているプレイヤーで立地ゲームの際には自由に行動出来ない制約がある。このように、プレイヤーによって対象領域を自由に動かすことも可能でも、先決的にゾーンを占させすることもモデルでは自由に操作できる。

港湾については、物流・クルージングボートのターミナルは自由に動かし、保存対象の歴史的舟溜りは先決とした。保全林・寺社・田畑および既存の住宅・商店は先決とし、珊瑚礁も保存対象として先決的にゾーンに固定した。

【対象域の同定】

対象域は図－4に示すように、海岸線を挟んで陸側に100～300m、海側は最大900mの範囲をカヴァーするように100m平方のメッシュを切り、このメッシュを空間利用の最小単位とした。さらに、大きなゾーニングを行う為に、9つのメッシュを単位とする大ゾーンに分割し、ゲームは先ずこの大ゾーンを対象に解を求めた。次に混合利用を行う大ゾーンを取り出し、メッシュ単位の立地ゲームの解を求めた。

【立地ポテンシャルと交互作用効果係数】

各プレイヤーの立地ポテンシャルの算定のための評価ツリーは運輸省第三港湾建設局の調査[5]を参考に作成した。ポテンシャル評価ツリーの一例を図－3に示した。いづれのポテンシャルも0～10点の間で評価した。漁業については評価ツリーの作成が困難であるので現在養殖・磯釣りが行われている海域を10点とし、隣接の海域は漁協での聞込みによ

表－1　プレイヤー名称

プレイヤー番号(k)	プレイヤー名称	ゾーン先決の有無
1	港湾（物流・旅客ターミナル・歴史的舟溜り）	△
2	住宅・商店	×
3	海浜レクレーション（海水浴場・ボードセール海域）	○
4	保全林・田畑・寺社	×
5	漁業（養殖漁業水域・珊瑚礁・磯釣り）	△
6	マリーナ（係留施設・クラブハウス）	○
7	観光・イベント施設・公園	○
8	宿泊施設・集合住宅	○
9	プレジャーボート水域	○

り判断で点数を付けた。ポテンシャル表は紙数の都合上、省略する。

交互作用係数は表－２に示すように、判断で点数を評価した。表中１は影響を及ぼすプレイヤー、ｋは影響を受けるプレイヤーでマトリックスを見て解るように、必ずしも対象とならない。（＋）は好ましい影響を、（－）は好ましくない影響を意味しており、この率で本来のポテンシャルが増減するものとして取り扱った。

【計算結果の検討】

計算結果を図－４に示す。図から解るように海浜リクレーションは現存の浜を含めた水域を利用するのが最も良い。また、物流・クルージングターミナルの増設は歴史港湾の外側に、マリーナはこれに隣接する側に、さらに、プレジャーボートの海域はその全面に計画するのが望ましい。養殖を含む漁場は珊瑚礁の周辺及び全面海域に現状を保全するのが空間利用上望ましい。観光・イベント施設・公園はマリーナの後背地に、宿泊施設・集合住宅はこれに隣接する位置が望ましい。

このような「仁」による解は、既に経験的に専門家によってゾーニングされた結果とほぼ一致している。異なるのは、専門家による計画時点で珊瑚の貴重種が存在することが不明であったために、珊瑚礁が無視されていたのが、本モデルによる計算時点ではこれが明らかになっていたために、結果が珊瑚礁を保存する答えとなっている点である。このような解を導き出すモデルの特徴は、先にも述べたように、人間の活動だけをプレイヤーとして同定せずに、海洋生物（魚や珊瑚）をも対等なプレイヤーとして空間利用ゲームに参加させる点にある。また、現状の陸域・水域の利用実態を前提した場合、新たな空間利用プレイヤーだけでゲームをさせずに、既存の利用活動（例えば、住宅・商店、保全林・田畑・寺社、歴史的舟溜り等）も同時にゲームに参加させ、トータルとして空間利用のあり方を考察出来るようにモデル化がなされている点である。既存のモデルでは、対象空間の更地の利用のみがモデル化され既存の利用形態とは単にポテンシャル評価の上でのみ考慮されているのが実態である。しかし、直感的にも明かなように、どの範囲までを計画に考慮するかによって、得られる解は異なってくる。この点を考慮しているのが本モデルの最も顕著な特徴である。

次に、得られた解について、どのプレイヤーがどの程度の不満を残しているか検討して見る。

表－３は得られた最適空間利用計画案に対して、各プレイヤーが残している不満または剰余を総ポテンシャルで評価したものを一覧表にしたものである。（＋）は不満、（－）は剰余を意味している。これは、式(21)によって各プレイヤー毎に算出されたものである。

図－３　評価ツリーの例（港湾）

建設条件(0.5)	自然条件(0.6)	海岸部(0.5)	海岸形状(1.0)	隠顕岩ナシ(10.0)　どちらかアリ(0.0)
			水深(0.3)	20m以上(0.0)　10-20m(5.0)　10m以下(10.0)
		海域(0.5)	海底地質(0.3)	砂れき(10.0)　泥石岩(5.0)　珊瑚(0.0)
			波高(0.4) 1m以下頻度	0-50%(0.0)　50-70(3.3)　70-90(6.6)　100(10)
	社会条件(0.4)	法規制(1.0)	港湾区域(1.0)	アリ(10.0)　ナシ(0.0)
利用条件(0.5)	自然条件(0.1)	海域(1.0)	波高(1.0) 1m以下頻度	0-50%(0.0)　50-70(3.3)　70-90(6.6)　100(10)
	背後条件(0.9)	既存舟溜まで距離(1.0)(km)	0.0-0.2(10.0)　0.2-0.5(6.6)　0.5-1.0(3.3)　1.0以上(0.0)	
足切条件	自然条件	海岸部	河川	アリ
			干潟	アリ
		海域	潮・沿岸流	1.1ノット以上
	社会条件	利用現況	藻場	アリ
			海水浴場	アリ
			史跡・天然記念物・珊瑚	アリ
			自然公園	アリ
		法規制	保安林	アリ
			鳥獣保護区	アリ

表－２　相互作用係数

l	k（影響を受けるプレイヤー）								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+1.0	-0.8	-1.0	-0.8	-1.0	0.0	0.0	-0.8	-0.2
2	-1.0	+1.0	+1.0	-0.4	0.0	0.0	+1.0	+1.0	0.0
3	-0.8	+1.0	+1.0	0.0	-0.4	-0.4	+0.8	+1.0	+0.2
4	0.0	+1.0	+0.6	+1.0	0.0	-0.2	0.0	+1.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	+1.0	0.0	0.0	+0.6	-1.0
6	-0.6	+1.0	-0.4	0.0	-0.8	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0
7	0.0	+1.0	-0.8	0.0	-1.0	+0.6	+1.0	+1.0	0.0
8	-0.8	+1.0	-0.4	0.0	-1.0	+0.6	+1.0	+1.0	0.0
9	-0.2	0.0	+0.2	0.0	-1.0	+1.0	0.0	0.0	+1.0

表の計算は需要の大小に左右されなくするため単位獲得面積当りに換算されている。表から解るように、今の場合、②住宅・商業、④保全林・田畑、⑤漁業・珊瑚礁、⑥マリーナ施設、等に結果的に不満が残り、①港湾、③海浜レク、⑦観光・イベント施設、⑧宿泊・集合住宅、⑨プレジャーボート水域、等が剰余を得ることになっている。②住宅・商業、および④保全林・田畑等は全く新規に新しい空間を得ないプレイヤー（不動プレイヤー）で、特性関数 v(k)および利得U^{k}が同一の値となり、全獲得利得を配分する場合は当然有利になる。そこで、不動プレイヤーを除いたプレイヤーの中での配分を再度計算したのが表－4である。表－4より、港湾、漁業、マリーナ施設、等に不満が残り、これを解消するためには、海浜レク、観光・イベント施設、宿泊・集合住宅、プレジャーボート水域等から何等かの対策が必要であることが解る。例えば、マリーナ施設と観光施設の組合せ、観光施設・宿泊施設・プレジャーボート水域利用からの漁業対策、等々が考えられる。

表－3　プレイヤーの不満・剰余

k	V(k)	U^k(X)	y^k	C^k
1	3.663	7.317	6.785	-0.532
2	2.133	2.133	5.255	3.122
3	1.512	7.641	4.634	-3.007
4	9.900	9.900	13.022	3.122
5	7.551	8.892	10.673	1.781
6	4.410	6.507	7.532	1.025
7	1.953	8.613	5.075	-3.538
8	3.870	8.010	6.992	-1.018
9	4.113	8.190	7.235	-0.955

表－4　プレイヤーの不満・剰余

k	V(k)	U^k(X)	y^k	C^k
1	3.663	7.317	7.677	0.360
3	1.512	7.641	5.526	-2.115
5	7.551	8.892	11.565	2.673
6	4.410	6.507	8.424	1.917
7	1.953	8.613	5.967	-2.646
8	3.870	8.010	7.884	-0.126
9	4.113	8.190	8.127	-0.063

参考文献

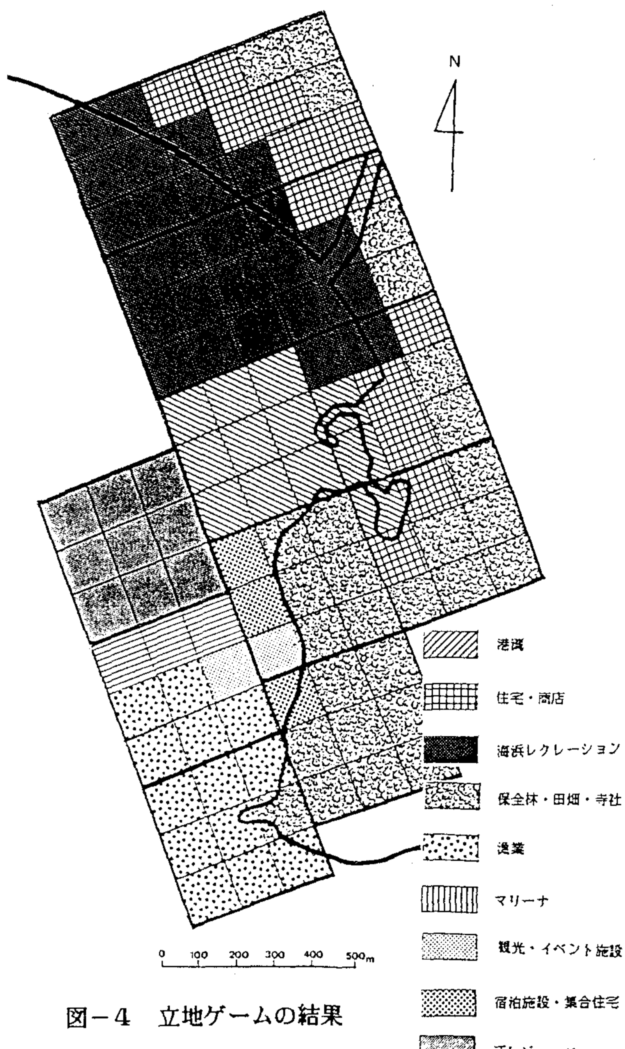
1.黒田勝彦：ゲーム理論による港湾再開発跡地の機能立地モデル、港湾経済研究 No.25,1987

2.長尾・黒田・若井：対立するグループが存在する公共プロジェクトの代替案選定法、土木学会論文報告集、No.338,1983年10月

3.Schmeidler, D.:The Nucleous of a Characteristic Function Game, SIAM, Journ. of Appl. Math. Vo.17., No.6, 1969.

4.Suzuki, M.and Nagayama, M.:The Cost Assignment of the Cooperative Water Resource Development-A Game Theoretic Approach, Management Science, Vol.22, No.10, 1976.

5.第三港湾建設局：大阪湾海域適性利用計画調査報告書、昭和５４年３月



図－4　立地ゲームの結果