

COASTモデルによる沿岸域空間利用調整計画法

Cooperative Allocation Searching Technique
for Coastal Zone Use Planning

黒田勝彦*、谷口 守**、浦屋玲***、豊岡俊也***

By Katsuhiko KURODA, Mamoru TANIGUCHI, Akira URAYA and Toshiya TOYOOKA

In developping the coastal zone conflicts are often seen among human activities and nature. These conflicts include locational competition among humann activities and confrontation between nature and them. The present paper proposes a mathematical model for planning of spatial zoning of coastal zone to resolve these conflicts and realize its harmonized development. The model is an application of n-person cooperative game theory regarding the human activities and nature as the players. As the consequence of this locational game, a compensation to the nature from human activities is considered. This is equivalent to the concept of mitigation regulated in the CZM-Act of U.S.A.. The model is applied to the marine recreational zone planning to demonstrate its usefulness.

1 はじめに

近年、わが国では沿岸域（ウォーター・フロント）の有効利用が大きな課題となっている。このうち都市域における沿岸域では、従来からの港湾機能と背後都市からオーバーフローする都市機能の競合が問題となっており、一方で地方の沿岸域では地域の活性化を目的とした開発プロジェクトが求められている。いずれの場合においても、様々な都市活動の要求を反映した上で効率的な空間利用を行うとともに、圏域的な視点からも整合性を持った開発計画を提示していく必要がある。このような問題に対し、立地主体をプレーヤー、立地パターンによる効用を利得として着目すると、ゲーム理論の適用が可能であることが現在までに指摘され、その研究が進められて

きた^{1)~4)}。本研究では、これら既存モデルを理論的に精緻化し、実際の計画への適用性を高めたCOASTモデル（Cooperative Allocation Searching Technique）を提案し、その応用例を示す。

2 従来の研究と本研究の特徴

2.1 従来の研究と課題

実際の空間利用計画を作成する際には、代替案作成およびその評価がプランナーや専門家に委ねられる場合が多く、その際客観的合理性や説得力に欠けるといった問題があった。このような問題を解決するため、従来から線形計画法や多目的計画法などを用いた様々なプログラミング・モデルが提案され、将来予測や空間利用計画に用いられてきた^{5)・6)}。この方法は論理性が明確なため、客観的合理性や説得力に富むが、複雑な問題に対しては計算時間がかかったり、モデルの性格上極端な解が得られる場合もあり、いくつかの問題点があったといえる。また、

* 正会員 工博 京都大学助教授 工学部交通土木工学科

** 正会員 工博 京都大学助手 工学部交通土木工学科

*** 学生員 京都大学大学院 応用システム工学専攻

(〒606 京都市左京区吉田本町)

これらのモデルは近年の空間利用計画における問題解決の鍵になると考えられる立地主体間の利害調整（ネゴシエーション）を扱うことは原則として不可能であった。

現在のところ、このような利害調整問題を扱うには、ゲームの理論によるのが有効な方法の一つであるといえる。土地利用問題に対してゲームの理論を適用した例は、古くはSteven⁷⁾やIsard et.al.⁸⁾等にみられるが、いずれも実験的なもので、実際の計画課題に比べ得るものではなかった。わが国では、まず Nagao et.al.¹⁾により、 n 人協力ゲームの理論を用いて実用的な空間利用モデルの作成が試みられている。特にこのモデルは、立地主体間の正および負の交互作用効果を立地主体であるプレイヤーの利得に反映しており、圏域的な視点からみて最も適切なメッシュレベルでの立地パターンを求めることをねらっていた。しかし、空間利用調整のメカニズムはまだ明示的にモデル化されておらず、また利用主体数やメッシュ数が増えると、最適解を得ることが困難になるという問題点を持っていた。一方、佐佐木ら⁹⁾は空間利用の計画調整ではなく、土地利用形態の変動を再現することを目的としたゲームモデルを作成している。具体的には、市場均衡に関するコアの概念を土地市場における立地競合プロセスのモデル化に適用し、競争の結果である均衡解として土地利用形態を求めている。

空間利用調整の考え方を明示的にゲームモデルに取り入れたのは黒田ら⁹⁾の研究による。このモデルでは考えられる有効戦略について、各プレイヤーの利得の算定を行い、提携値を求めたうえで最適基準を「仁」とし、「不満の最小化」という形で解を求める方法を提案している。ただ、計算量の問題から広域的な地域にこのモデルを適用するには限界があった。この問題を解決するために黒田ら⁹⁾は活動配分の計算を広域的なブロックレベルと狭域的なゾーンレベルの各々で段階的に行うことにより、プレイヤー数・ゾーン数が増えても最適解が得られるモデルを構築している。しかし、このような多段階的な計算手順を導入したことを原因とする立地矛盾（水域利用主体が陸域利用主体に取り囲まれるなどの、現実的には生起することが考えられない空間利用）が発生する場合もみられた。また、多段階化による

モデルでは真の意味での圏域的な最適解が得られるという保証はない。

以上のような従来の研究成果と残された課題を考慮し、本研究では黒田ら⁹⁾の提案した空間利用調整モデルを下記の点において改良を行った。

- ①各立地主体の利得関数の項のうち、交互作用項を線形近似することによってモデルの対象地域全体の最適な空間利用パターンを同時に（1段階で）求めることができるようにした。
- ②配分解を求める際に、整数計画法を用いてゾーン内混合利用を許さない配分結果を求めることができるようにした。
- ③各立地主体が周辺に及ぼす影響の距離による減衰の度合いが、立地主体ごとにそれぞれ異なることを考慮して交互作用減衰距離を定め、モデルにおいて実際の交互作用効果を詳細に考慮することを可能とした。

以上のように本研究で改良を加え、体系化し直した空間利用調整モデルを、以下ではCOASTモデル(Cooperative Allocation Searching Technique)と呼ぶことにする。

2.2 COASTモデルの特徴

本研究で提案するCOASTモデルは次のような特徴を持っている。

- ①空間利用計画においては、各立地主体間の対立・競合を調整しつつ、各主体の得る効用を高めることが必要となる。このため、COASTモデルではゲームの理論に基づき、まず各立地主体が提携を自由に結んだ場合の提携値を Majority Power Rule¹⁰⁾によって求める。次に、最適基準を各提携の最大不満を最小化する基準、すなわち「仁」とし、整数計画法を用いてゾーン内混合利用を許さない配分結果を求める。ゲームに参加するプレイヤーは、可能な限り自己の立地効用を最大化しようとして行動する。この仮定より本モデルは、行動最適化モデルとしての特徴を有する。
- ②COASTモデルにおける各プレイヤーの利得は、各プレイヤーが得た空間の価値である。効用の増分で利得を定義しなかったのは、新規に利用を計ろうとする空間内でのみプレイヤーが立地し得ることを前提としたためである。具体的には適地分

析によって求めたポテンシャル値によって利得を表現する。このポテンシャル値は規範的な評点法によって算定するため、モデルの操作性は高い。

- ③現実の立地空間では多様な立地主体間の相互作用の影響が極めて大きく、その効果を計画策定において考慮する必要がある。COASTモデルは相互作用項を線形近似して効用関数に取り入れることで、最適で矛盾のない空間利用パターンを対象地域全体に対して同時に（1段階で）求めることができる。また相互作用効果は、その距離による減衰の度合が各立地主体によって異なると考えられる。COASTモデルではこの減衰度の違いを相互作用減衰距離で表現し、相互作用効果を正確に表現している。

以下、本研究では3.においてCOASTモデルの前提条件と全体構成について述べる。次に、4.においてモデルの定式化について詳述する。また、5.ではケーススタディとしてT港の観光レクリエーション施設計画にCOASTモデルを適用した例を示す。最後に6.において本研究で得られた成果と今後の課題を示す。

3 COASTモデルの前提と構成

COASTモデルを構築するに当たっては、下記のような前提条件を設定している。

- ①各立地主体の立地ポテンシャル、および立地主体間の相互作用効果を表現するための相互作用係数と相互作用減衰距離は与件とする。
- ②ゲームに参加できるプレイヤーは立地行動を起こそうとする新規立地主体とその立地主体に相互作用効果を与える既存立地主体である。
- ③沿岸域空間利用計画にゲームとして参加できるプレイヤーは、可能な限り自己の立地効用を最大化しようとして行動する。
- ④各プレイヤーの立地効用は、適地分析によって与えられた適性ポテンシャル値と配分パターンによって決まる。
- ⑤ゲームに参加するプレイヤーは、制限なしに自由に提携を組むことができる。提携の効用は、提携を組む各プレイヤーの効用の和で与えられる。
- ⑥最適基準は、各提携の最大不満を最小化する基準すなわち、「仁」によるものとする。この仮定は、

一般の活動配分モデルの目的関数に相当するもので、それぞれのプレイヤーが制約の中で効用を最大化するように立地行動をとることを認めるが、社会的には「寛容の仁」に立って競合を抑えようとするものである。

- ⑦提携値、すなわちゲームの特性関数は、Majority Power Ruleによるものとする。

- ⑧あるゾーンに立地しようとする立地主体には、対象地域の各ゾーンに立地しようとするすべての立地主体から相互作用を受ける。

以上のような前提のもとで、本モデルの構成フローは図-1のように表現することができる。

4 COASTモデルの定式化

4.1 立地現象の表現

対象地域においてに立地行動を起こす新規立地主体と既存の立地主体を合わせて、ゲームのプレイヤー集合をNとする。

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

また、対象地区をその内部特性が均一と考えられるゾーンに分割し、分析の最小地区単位として用いる。ここでは、その集合をMとする。

$$M = \{1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, m\} \quad (2)$$

ここで、ゾーンiの面積を A_i 、対象地区全体の面積をAとすると、次の式が成り立つ。

$$A = \sum_i A_i \quad (3)$$

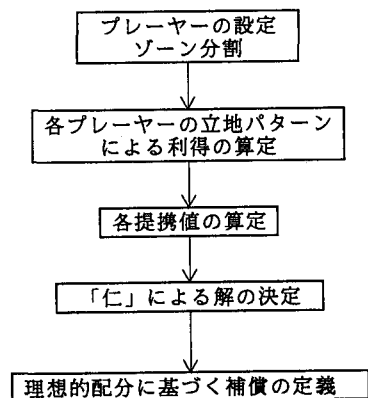


図-1 COASTモデルの全体構成

一方、新規立地主体 k の最小立地量（最小需要量）を B^k 、最大立地量（最大需要量）を C^k とし、面積制約条件とする。これは需要予測に基づいて与件とする。これらの需要量について以下の式が成り立つ。

$$B^k \leq C^k \quad (4)$$

$$\sum_k B^k \leq A \quad (5)$$

COASTモデルでは、新規立地主体 k がゾーン i に立地するかないかを整数 x^k_i で表わす。すなわち、

$$x^k_i = \begin{cases} 1 & \cdots i \text{ に } k \text{ が立地する場合} \\ 0 & \cdots i \text{ に } k \text{ が立地しない場合} \end{cases} \quad (6)$$

また、立地主体 k がゾーン i における既存立地主体である場合、 $x^k_i = 1$ を与件として与える。従って、 k の立地パターンは次式のベクトル $\mathbf{x}^k$ で与えられる。

$$\mathbf{x}^k = \{x^k_1, x^k_2, \dots, x^k_i, \dots, x^k_m\} \quad (7)$$

4. 2 立地ポテンシャルと立地主体の効用関数

(1) 立地ポテンシャル

空間にはそれぞれ自然的・社会的な資質があり、ある空間である利用がなされると、その空間の資質に応じて様々な利用価値を生み出す。このような空間の潜在能力をポテンシャルあるいは利用適性という。ゲームにおいては何らかの形でプレイヤーの利得を定義しなければならないが、本研究では、立地主体が得た空間の価値をポテンシャルという形で利得と考える。COASTモデルではゾーン i での立地主体 k にとってのポテンシャルを P^k_i とあらわし、立地主体間の交互作用効果は次式で与えられるものと仮定する。

$$\Delta P^{1k}_{ij} = \alpha^{1k} P^k_i \exp(-r_{ij}/H^1) \quad (8)$$

ここに、

ΔP^{1k}_{ij} : ゾーン i に立地する主体 k がゾーン j に立地する 1 から受ける影響のポテンシャル換算値

α^{1k} : 立地主体 1 の立地主体 k に対する交互作

用効果係数

P^k_i : ゾーン i の立地主体 k にとってのポテンシャル

r_{ij} : ゾーン i とゾーン j 間の中心距離

H^1 : 立地主体 1 の交互作用減衰距離

現実の土地利用問題では立地する主体の性格によって周辺に与える影響度の減衰の仕方が異なっていると考えられる。例えば、ある地点に港湾が立地した場合はそこから比較的遠方の地点まで影響を及ぼすのに対し、住宅が立地した場合は遠方まで影響を及ぼさないことは明らかである。従ってCOASTモデルでは(8)式において立地主体 1 の特性に応じた交互作用減衰距離 H^1 を用いることによって交互作用効果をより正確に表現する。

ポテンシャル値を求めるには、統計的な手法を用いる場合も多いが¹¹⁾、COASTモデルではツリー型評点法に基づく規範的手法¹²⁾によった。この方法は、評価の対象となる空間の特性を表現する項目を上位項目から下位項目へと段階的に細分化して設定し、下位項目の評価値から順次上位項目の評価値を求めて最終的にポテンシャルを求めようというもので、①ポテンシャルの算定の操作性が高い、②ポテンシャルの評価の構造が明確である、③ポテンシャルが連続量で得られる、といった利点がある。

(2) 立地主体の効用関数

プレイヤー k が戦略 $\mathbf{x}^k$ を採り、 1 が戦略 $\mathbf{x}^1$ を採ったときの k の利得を $U^k(\mathbf{x}^k, \mathbf{x}^1)$ と表現すると、対象地域におけるある立地パターンから立地主体 k の得る効用は、次式のように表現できる。

$$\begin{aligned} U^k(\mathbf{x}) &= U^k(\mathbf{x}^1, \dots, \mathbf{x}^k, \dots, \mathbf{x}^n) \\ &= \sum_i P^k_i A_i x^k_i + \sum_{i,j} \sum \Delta P^{1k}_{ij} A_i A_j x^1_j \end{aligned} \quad (9)$$

ここで、第2項は交互作用項である。

4. 3 提携値の算出

COASTモデルにおいて各プレイヤーは自由に提携を組むことができる。したがって、 n 人のプレイヤーがいる場合、 $2^n - 1$ 通りの提携が考えられる。ここで任意の提携を S とし、 S の補集合を S' とする。また各々の構成メンバー数を $[S]$ と $[S']$ で表わ

すと、 S と S' の力関係に応じて提携値 $V(S)$ は以下のように求めることができる。

(1) $[S] > [S']$ のとき

提携 S は S' より多数で構成され、立地選択上の力が強いと考えられる。

$$V(S) = \text{Max}_{k \in S} [\sum U^k(X)] \quad (10)$$

$$\text{Sub. to } B^k \leq \sum_i A_i x^k_i \leq C^k \quad (11)$$

$$\sum_k x^k_i = 1.0 \quad (12)$$

$$0.0 \leq x^k_i \leq 1.0 \quad (13)$$

(2) $[S] = [S']$ のとき

このような場合、本研究では S と S' の両者が各々の利得の最大化を目的に個別に立地行動を起こした場合に得られる空間配分の内、立地競争を生じる部分は平均化して配分するものとする。すなわち S については、

$$\text{Max}_{k \in S} \sum U^k(X) \quad (14)$$

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

(14)式の解を X^S .とし、同様に S' については次の

(15)式の解を $X^{S'}$.とする。

$$\text{Max}_{i \in S'} \sum U^i(X) \quad (15)$$

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

ここで S および S' の提携値を与える活動配分を図.とすると、

$$X_* = (X^S + X^{S'}) / 2 \quad (16)$$

以上から、 S および S' の提携値は、

$$V(S) = \sum_{k \in S} U^k(X_*) \quad (17)$$

$$V(S') = \sum_{i \in S'} U^i(X_*) \quad (18)$$

(3) $[S] < [S']$ のとき

$$V(S) = \sum_{k \in S} U^k(X_*) \quad (19)$$

ただし、 X_* は以下の解である。

$$V(S') = \text{Max}_{i \in S'} \sum U^i(X_*) \quad (20)$$

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

4.4 「仁」に基づく配分

COASTモデルでは最大不満を持つ提携に注目し、この不満を最小化する、という「寛容の仁」の考え方を適用する。すなわち、

$$\text{Min Max } D^S(X) \quad (21)$$

ただし

$$D^S(X) = V(S) - \sum_{k \in S} U^k(X) \quad (22)$$

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

$$x^k_i = 1 \text{ or } 0 \quad (23)$$

式(22)は提携値に対する不満を表している。ここで最大不満を持つ提携 S がたまたま $S=N$ である場合においてのみ、この仁による定式化は従来の社会的効用最大化の定式化と一致することになる。また、一つのゾーンにおける複数主体の混合利用は現実的な配分解とは考えにくいと、式(23)において解の整数条件を付加した。ここで式(21)は、従来の数理計画法(単一目的関数の最大化あるいは最小化)が使用できるように、 ε -コアの概念を適用すると、以下のように書き換えられる。

$$\varepsilon \rightarrow \text{Min} \quad (24)$$

$$\text{Sub. to } V(S) - \sum_{k \in S} U^k(X)$$

$$= V(S) - \sum_{k \in S} \sum_i P^k_i A_i x^k_i - \sum_{k \in S} \sum_i \sum_{j \in S'} \Delta P^k_i A_i A_j x^j_i$$

$$\leq \varepsilon \quad (25)$$

and Eqs. (11), (12), (23)

以上のように、COASTモデルにおける配分問題は、整数計画法による数理計画問題として定式化されたことになる。

5 ケーススタディ

5.1 ケーススタディの前提条件

COASTモデルを実際の地域に適用し、モデルの特性とその適用可能性を検討するにあたっての、前提条件について以下にまとめる。

(1) 対象空間

立地主体の配分を受ける空間として、T港沿岸域空間を想定した。空間利用の最小単位とする1ゾーンの大きさは、約1.5haである。また、対象空間における総ゾーン数は108個である。

(2) 立地主体（プレーヤー）

立地主体として、以下の9種の主体を選定した。

- ①港湾（水産基地、多目的バース）
- ②住宅・商店
- ③海浜レクリエーション（海水浴場、ボードセーリング、サーフィン、磯釣り、磯遊び）
- ④保全・農業（保全林、田畑、社寺）
- ⑤漁業・遊漁（養殖、遊漁場）
- ⑥マリーナ（マリーナ、マリンセンター）
- ⑦観光・イベント（観光センター、イベント緑地、工芸村、フラワーセンター、映画館）
- ⑧宿泊施設（ホテル、旅館、コンドミニウム）
- ⑨プレジャーボート水域

ただし、保全林・社寺・田畑、既存の住宅・商店および遊漁の一部は先決とし、自然的価値の高い珊瑚礁も保存対象として先決とした。これらの先決主体は対象地域内に立地しようとする他の立地主体に交互作用を及ぼすこととする。

(3) 立地ポテンシャル

各プレーヤーの立地ポテンシャル算定のための評価ツリーは運輸省第三港湾建設局¹²⁾の調査を参考に作成した。

(4) 交互作用効果

各プレーヤー相互の交互作用係数を表-1に示すように決定した。この算定法については既に文献13)に示されている。表中1は影響を及ぼすプレーヤー、kは影響を受けるプレーヤーで、マトリックスを見てわかるように必ずしも対称とはならない。（+）は好ましい影響を、（-）は好ましくない影響を意味している。また、交互作用減衰距離は表-2に示すように、港湾など広範囲にわたってその影響が及

ぶと考えられる立地主体に対し高い値を、住宅など近隣にしか影響を及ぼさない立地主体に対し低い値を交互作用減衰距離として与えた。

5.2 ケーススタディの結果

COASTモデルを適用することによって得られた結果を図-2に示す。この結果から以下のようなことを考察することができる。

- ①計算過程における2段階化を解消したために、立地矛盾のない配分結果を得ることができた。
- ②立地主体のうち正の交互作用を与える主体は集積し、負の交互作用を与える主体は分散する傾向のあることがわかる。
- ③この「仁」による解は、専門家や利害関係者をメンバーとする委員会では度々修正された成案をよく説明しており（的中率84%）、COASTモデルの妥当性を確認することができた。

6 COASTモデルの補償問題への応用

以上のように「仁」の概念によって最適解を求めることができたが、この解は全ての立地主体の利得を最大化する案ではない。これは、立地主体間での

表-1 交互作用効果係数

		k 影響を受けるプレーヤー								
1 影響を与えるプレーヤー	No.	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

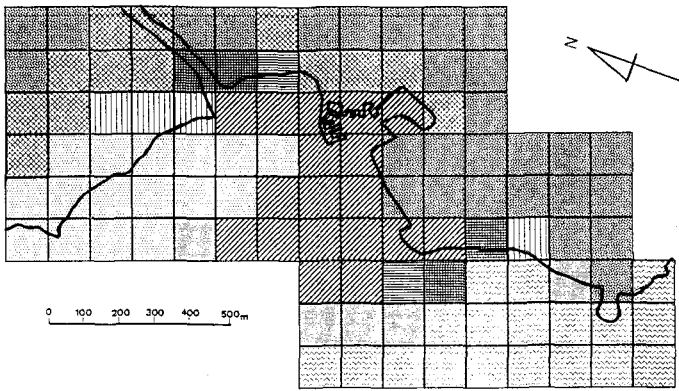
注) プレーヤーナンバーは本文中の記号に同じ

表-2 交互作用減衰距離

No.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
H(m)	2.5R	0.5R	2.0R	1.0R	0.5R	1.5R	1.5R	1.0R	0.5R

注1) ここでRは基準としてゾーン間距離125mを用いた

注2) プレーヤーナンバーは本文中の記号に同じ



- ①  港湾・水産基地
- ②  住宅・商店
- ③  海浜レクリエーション
- ④  保全・農業・寺社
- ⑤  漁業・遊漁
- ⑥  マリーナ
- ⑦  イベント広場・観光施設
- ⑧  宿泊施設
- ⑨  プレジャーボート水域

図-2 ケーススタディの結果

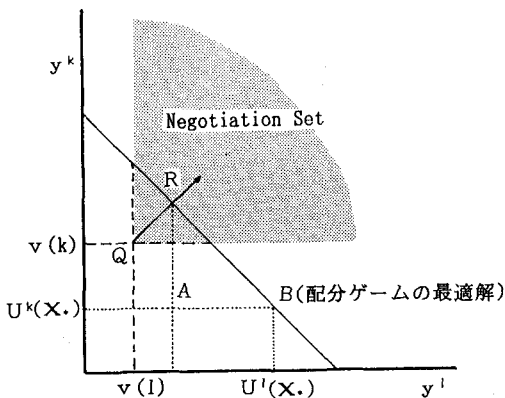


図-3 利得の配分と補償

表-3 各立地主体の利得と不満

k	V(k)	U ^k	Y(k)	C(k)
①	0.41	8.27	5.87	-2.40
③	5.16	9.53	10.61	1.08
⑤	1.75	9.30	7.20	-2.10
⑥	2.64	7.04	8.10	1.06
⑦	2.48	9.52	7.93	-1.59
⑧	4.11	7.87	9.57	1.70
⑨	4.83	8.02	10.28	2.25

注) プレーヤーナンバーは本文中に同じ

補償行為の必要性を示唆するものである。以下ではこのような補償問題に対して、COASTモデルの結果がどのように利用できるかについて述べる。まず、補償問題の数学的な解釈を図-3から幾何学的に説明する。今、2種類のプレーヤー $N = \{k, l\}$ が空間利用を行う場合、選択された空間利用計画案が図-3において X_i (B点)であるとすると、社会全体の得られる利得は式(26)で示される。

$$U^N(X_*) = \sum_{k \in N} U^k(X_*) \quad (26)$$

式(26)は図-3のRBを通る直線で示される。この時 k および l は自己利

得の最低保証水準として、 $v(k)$ および $v(1)$ 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。この図をもとに、最終的な各プレーヤーへの配分を $y(k)$ とすると次式が成り立つ必要がある。

$$\sum_{k \in N} y(k) = U^N \quad (27)$$

$$\mathbf{y}(k) \geq \mathbf{v}(k) \quad (28)$$

式(27)はパレート最適条件、式(28)は個人合理性の条件を示す。最終的な理想的配分 $y(k)$ を求めるために再び「仁」を適用すると、この補償問題は以下のように定式化される。

$$\min_y \max_{k \in N} [v(k) - y(k)] \quad (29)$$

Sub. to Eqs. (27) and (28)

この解は図-3の点Rで与えられ、プレーヤーkは $AB (= AR)$ に相当する利得分だけプレーヤー1から補償されなければならない。本研究ではケーススタディで得られた解について、各新規立地主体(主体②、④以外)がどの程度の不満を残しているかを、表-3に $C(k) (= y(k) - U^k)$ として示した。なお、表-3の値は需要量に左右されないように単

位獲得面積当たりに換算されている。この表において、 $C(k)$ が正值の立地主体は不満を残しており、それが負値の立地主体から補償を得る妥当性を有していると考えることができる。ここで、もし自然に関連するプレイヤーの $C(k)$ 値が正であった場合、その不満に見合う他主体からの補償は、自然に対するミチゲーションとして取り扱うことが可能であろう。

7 おわりに

以上のように、本研究では沿岸域における空間利用調整を目的としたCOASTモデルを提案し、実際に適用を行うことでその有効性を示した。特に本研究で得られた成果は次のようにまとめることができる。

- ①本モデルでは、効用関数を線形近似したことで、ある程度プレイヤー数およびゾーン数が増加しても計算過程における2段階化の必要のないモデルの構築ができた。また、このことから計算過程における2段階化の存在が原因となっていた立地矛盾を解消することができた。
- ②ケーススタディーの結果から、COASTモデルを適用することによって交互作用を反映した妥当な配分結果が得られることが示された。この結果、ポテンシャル値などの外生条件を適切に与えることができれば、現実の空間利用調整計画にこのモデルを用いることが可能であると考えられる。

今後の課題としては、局地的な提携や土地利用に関係しない部分での取り引きを考慮した提携をモデルに取り込むとともに、対象地域内の立地主体と対象地域外の諸活動との間の交互作用効果をも考慮していく必要があると考えられる。

最後に、本研究を進めるにおいて、京都大学工学部森川高行助手との討議が有効であった。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Y. Nagao and T. Morikawa : An Activities Allocation Model Considering Interactive Effects for Coastal Zone Planning , Proceedings of the International Symposium , Ocean Space Utilization, 1985.
- 2) 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.
- 3) 黒田・松本・浦屋：対立・競合する立地主体の調整を目指した活動空間配分モデル，土木学会第44回年次学術講演会講演概要集，1989.
- 4) 黒田・浦屋：沿岸域における空間利用調整モデル，土木計画学研究・講演集，No.12，1989.
- 5) たとえば，運輸経済研究センター：海域利用計画に関する研究(その2)，1977.
- 6) 柏谷・天野：沿岸域における多目的活動配分モデルの研究，土木学会論文報告集第321号，1982.
- 7) Stevens, B.: An application of Game theory to problem in location strategy , Papers, Regional Science Association, Vol.7, 1961.
- 8) Isard, W. and Smith, T.E.: Location Games with application to classic location problems, Papers, Regional Science Association, Vol. 19, 1967.
- 9) 佐佐木・朝倉：大都市における立地主体間の競合を考慮した土地利用モデル，土木学会論文集，1984.
- 10) 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，第338号，1988.
- 11) たとえば，天野・戸田・谷口：交通整備による都市機能集積地区の活性化に関する研究，土木計画学研究・論文集，No.6，1988.
- 12) 運輸省第三港湾建設局：大阪湾海域空間適性利用計画調査報告書，1979.
- 13) K. Kuroda : Proc. of Coastal Zone, Vol.6, Charleston U.S.A., 1989. (in printing)
- 14) K. Kuroda and M. Taniguchi : Mathematical Modelling of Coastal Zone Use Planning and Mitigation, EUROCOAST, 1990.
- 15) Schmeidler , D. : The Nucleolus of a Characteristic Function, SIAM, Journal of Applied Math., Vol.17, No.6, 1969.
- 16) 鈴木光男：ゲームの理論入門，共立全書，1981.