広域圏における行政主体間の対立調整をめざした空間利用計画モデル

A Mathematical Planning Model for Space Use
Under Inter-Governmental Conflict.

黒田 勝彦*，浦屋 玲**，豊岡 俊也***
By Katsuhiko KURODA, Akira URAYA, Toshiya TOYOOKA

In planning of coastal zone space ulization, conflicts among the central government and the local governments can often be seen. These conflicts come from that the local governments have different planning objects from those of the central government. That is, the central government wants to utilize the coastal zone in order to harmonize its its nation-wide use based on the longer range perspectives, while the local governments want to utilize the coast in order to maximize their utility. The present paper proposes a mathematical planning model to to resolve such inter-governmental conflicts based on the n-person co-operative game theory, and presents a case study applied to Osaka Bay Area in order to demonstrate its usefulness.

1．はじめに

わが国は，昭和３０～４０年代に目ざましい高度経済成長を遂げ，大きく発展した．その結果都市に人・物・金が集中し，都市は無秩序に成長し，巨大化した．その反面，農漁村では，過疎が進み，国土は不均衡な形で発展してきた．この傾向は，ここ数年の好景気でますます拍車がかかり，一極集中型の国土となった．そのため地価は，鰻登りに上昇し，日本全土を買える費用で，アメリカ全土を買っても十分余るほどの異常な事態になっている．

このような状況下で，昭和６２年に閣議で策定された「第４次全国総合開発計画（４全総）」の中で一極集中型の国土から多局分散型の国土を目指すことが大きな目標として挙げられている．ことに開発計画，大型プロジェクトが目白押しの海洋・沿岸域に関しては，その利用と保全を主要な計画課題として位置づけ，総合的な利用を推進するとしている．そのための施策として，

①地方公共団体が主体となって，地域計画等と整合を計りながら，沿岸域の総合的利用計画を策定する，

②国はこの計画実施のため支援を行う，

の２つを挙げている．

このような，四全総の方向に沿って，各地の沿岸域の利用が注目されている．しかし，沿岸水域は行政区域に属さない公共空間であるので地先の水面を含む沿岸開発に際しては，近接する行政主体間や上

＊ 正会員 工博 熊本大学教授 工学部土木環境工学科
（〒８６０ 熊本市黒髪町2-39-1）
＊＊ 正会員 工修 （株）大阪ガス
（〒５４１ 大阪市中央区平野町4-1-2）
＊＊＊ 学生員 京都大学大学院 応用システム科学専攻
（〒６０６ 京都市左京区吉田本町）

位行政主体と下位行政主体間で利用の在り方に関して紛争が生じることが決して少なくない．

このような背景から考えて，上位・中位・下位というような整合性のとれた多段階で，かつ行政主体間の紛争の調整をめざした計画が現在必要とされている．

そこで，本研究では紛争を調整するのに有効であると言われているゲームの理論を用い，計画立案者が国レベル，県レベル，市町村レベルとなった３段階の沿岸域空間利用計画モデルを提案する．

２．モデルの概要

広域圏における空間計画は，全体としてバランスのとれたものであること，上位計画・中位計画・下位計画が整合のとれた計画であることが，求められている．ところが，上位計画者が全体のバランスを考えて計画を策定しても，中位，下位計画者が不満の声を上げることは少なからずある．なぜならば，中位，下位計画では，個々の地方行政主体のことのみを考えており，広域的調和といったことは，余り考えないからである．しかし，上位の行政主体が力でもって中位・下位の行政主体を従わせることは，地方自治の原則から考えてもよい方法とは言えない．したがって，第１段階では，上位計画者は総合的なバランスのとれた大きな利用区分ともいえるものを決定し，その規制のもとで第２段階における調整を行う中位計画者は，下位計画者の競合を調整するような，第１段階よりは細かな利用区分を行い，第３段階では，この規制下で最終的な空間利用計画を策定するといった形で，上位計画から下位計画までの整合性を達成する，といった考えで政府間の空間利用調整の方法を確立することが紛争解決の一手段として有効であると思われる．本研究はこのような考えに基づいて空間利用の数学的モデルを提案するものである．このようなモデルの考え方を表－１及び図－１に示した．

３．モデルの前提

本モデルを構築するにあたり，いくつかの前提条件を設定している．

①ポテンシャル分析による各立地主体の立地ポテンシャル，立地主体同士の交互作用係数，交互作用減衰距離は与件とする．

②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行動を最大化しようとして行動する．この仮定により本モデルは，行動最適化モデルとしての特徴を有する．

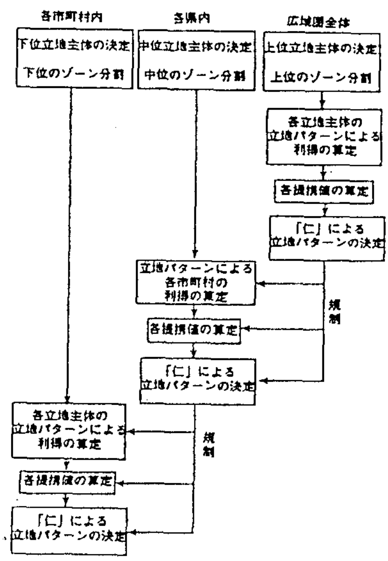
③各プレイヤーの立地効用は，適性分析によって与えられた適性ポテンシャル値と配分パターンによって決まるものとする．

④ゲームに参加するプレイヤーは，制限なしに自由に提携（coalition）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．

⑤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，一般の空間配分モデルの目的関数に相当するもので，

表－１　各計画と計画主体，ゲームの構造

	計画主体	立地主体	ゲームのプレイヤー	目的
上位計画	国	大立地主体 (2,3種類程度)	大立地主体 (2,3種類程度)	開発、保全どちらにもかたよらないバランスのとれた計画の策定
中位計画	県	中立地主体 (4~5種類程度)	市町村	各県内で各市町村の競合を調整する
下位計画	市町村	小立地主体 (6~10種類程度)	小立地主体 (6~10種類程度)	各市町村内で各立地主体の競合を調整しバランスのとれた計画の策定



図－１　本モデルのフロー

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行動することを認めるが，社会的には「寛容の仁」によって競合を調整しようとするものである．

⑥提携値，すなわちゲームの特性関数は，長尾・黒田・若井[2]のMPR (Majority Power Rule) によるものとする．

4．モデルの定式化

4．1　モデルの記号

(1)立地主体

第1段階モデルで対象地域において立地行動を起こそうとする新規大立地主体を{1,2,…,k,…,l,…,n}とする．すなわちその集合をNとすると

$$N = \{1,2,\cdots,k,\cdots,l,\cdots,n\} \qquad (1)$$

と表現する．同様に第2段階モデル，第3段階モデルでは

$$N' = \{1,2,\cdots,k',\cdots,l',\cdots,n'\} \qquad (2)$$

$$N'' = \{1,2,\cdots,k'',\cdots,l'',\cdots,n''\} \qquad (3)$$

と表現する．以下特に断らない限りは，第2段階モデルでの記号は ’，第3段階のモデルの記号は ” を第1段階モデルの記号に添えたもので表現する．

(2) 対象地区におけるゾーニング

第1段階モデルで対象地区をその内部特性が均一と考えられる大ゾーンに分割し，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とすると

$$M = \{1,2,\cdots,i,\cdots,j,\cdots,m\} \qquad (4)$$

と表現できる．

また，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．

$$A = \sum_i A_i \qquad (5)$$

(3) 立地需要量と立地制限

立地主体 k の最小立地量（最小需要量）を B^k(k=1,2,…,n)，最大立地量（最大需要量）を C^k (k=1,2,…,n)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．

$$B^k \leqq C^K \quad (k=1,2,\cdots,n) \qquad (6)$$

$$\sum_k B^k \leqq A \qquad (7)$$

また，明確な需要予測をたてられない立地主体 k に対しては，

$$B^k = 0.0 \;,\; C^K = A \qquad (8)$$

とする．

(4) 立地主体の立地選択行動の表現

新規立地主体 k がゾーン i に立地するかしないかを整数 $X^k{}_i$ で表わす．すなわち，

$$X^k{}_i = \begin{cases} 1 \cdot\cdot \text{ゾーン i に k が立地する場合} \\ 0 \cdot\cdot \text{ゾーン i に k が立地しない場合} \end{cases} \qquad (9)$$

また，立地主体 k がゾーンにおける既存立地主体である場合，$X^k{}_i = 1$ を与件とする．従って，k の立地パターンは次式のベクトル X^k で与えられる．

$$X^k = \{X^k{}_1, X^k{}_2, \cdots, X^k{}_i, \cdots, X^k{}_m\} \qquad (10)$$

$$Y^{k'} = \{Y^{k'}{}_{1'}, Y^{k'}{}_{2'}, \cdots, Y^{k'}{}_{i'}, \cdots, Y^{k'}{}_{m'}\} \qquad (11)$$

$$Z^{k''} = \{Z^{k''}{}_{1''}, Z^{k''}{}_{2''}, \cdots, Z^{k''}{}_{i''}, \cdots, Z^{k''}{}_{m''}\} \qquad (12)$$

(5) 立地ポテンシャル

ゲームにおいては，何らかの形でプレーヤーの利得を定義しなければならない．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．具体的にはゾーン i での立地主体 k にとってのポテンシャルを $P^k{}_i$ とする．

(6) 交互作用効果

本研究では立地主体間の交互作用を考慮する．正の交互作用は，例えば一般に集積の経済と言われるものが考えられる．これは，同種の立地主体や互いに好ましいもの同志が集積することによりポテンシャルが増すことを言う．逆に負の交互作用は，望ましくないものが近接して立地してポテンシャルが減ることを示す．

ここで交互作用効果は次式で与えられるものと仮定する．

$$\varDelta P^{lk}{}_{ij} = \alpha^{lk} P^k{}_i \exp(-r_{ij}/H^l) \qquad (13)$$

ここに，

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

α^{lk} ：立地主体 l 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^l ：立地主体 l の交互作用減衰距離

(7) 交互作用減衰距離

現実の空間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． したがって本モデルにおいては，立地主体 l のそれぞれに応じた交互作用減衰距離 H^l を用いることによって交互作用効果をより現実的に考えることにする．

(8) 市町村行政主体

対象地域（県内）における市町村行政主体を{1,2,…,e,…,f,…,g}とする．すなわちその集合をGとすると

$$G = \{1,2,\cdots,e,\cdots,f,\cdots,g\} \tag{14}$$

と表現できる．

4．2 第1段階モデルの定式化

4．2．1 プレーヤーの利得と効用関数

プレーヤー大立地主体kが戦略X^kを採り，プレーヤー大立地主体lが戦略X^l を採ったときのプレーヤーkの利得をU^k（X^k,X^l）と表すと，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．

$$U^k(X^1,\cdots,X^k,\cdots,X^l)$$
$$=\sum_i P^k{}_i A_i X^k{}_i+\sum_i\sum_l\sum_j \varDelta P^{lk}{}_{ij} A_i X^k{}_i X^l{}_j \tag{15}$$

4．2．2 提携値の求め方

現実の社会では，利害を同じくする組織や個人が手を組んで，競争相手に対抗して自己の立場を有利に導こうとする事は少なくない．同様に空間利用においても，立地主体同士が手を組んで有利な立場を計ろうとする事は珍しくない．このように「手を組む」ことを「提携 (Coalition)」と呼ぶ．

本モデルでは，プレーヤーは自由に提携を組むことができると仮定する．したがって、n人のプレーヤーがいる場合，理論上，2^n-1通りの提携（個人も一つの提携と考えられる）が可能である．ここで任意の提携をSとし，Sの補集合を$\underline{S}$とすると，多人数パワーの原理によって提携値V（S）は次式のように表すことができる．ただし，［S］は提携Sのメンバーの数を意味する．

(1) ［S］ ＞ ［$\underline{S}$］のとき

提携Sは残りのプレーヤー全てが手を組んだとしてもなお，より大きな力を持っているので，自己の提携の利得を最大化できると考え，以下のように定式化を行う．

objective function

$$V(S) = \max\left[\sum_{k\in S} U^k(X)\right] \tag{16}$$

subject to

$$B^k \leqq \sum_i A_i X^k{}_i \leqq C^k \quad (k=1,2,\cdots,n) \tag{17}$$

$$\sum_k X^k{}_i = 1 \quad (i=1,2,\cdots,m) \tag{18}$$

$$X^k{}_i(X^k{}_i-1)=0 \quad (k=1,2,\cdots,n;i=1,2,\cdots,m) \tag{19}$$

ここで式(17)は，各立地主体の面積需要条件であり，式(18)は，1つのゾーンには1つの立地主体しか立地出来ないこと（混合利用を許さない）を示し，式(19)は，0-1 整数条件を表している．

(2) ［S］ ＝ ［$\underline{S}$］のとき

この場合，提携Sは$\underline{S}$と力が均衡しており，双方とも，思い通りにすることはできない．そこで，お互いに力が同じであるならば，全員で提携を組みその利得をSと$\underline{S}$の提携で分けると考える．すなわち

$$V(S) = \sum_{k\in S} U^k(X) \tag{20}$$

$$V(\underline{S}) = \sum_{l\subset \underline{S}} U^l(X) \tag{21}$$

ただしXは，以下の問題の解である．

$$V(n) = \max\left[\sum_{k=1}^{n} U^k(X)\right] \tag{22}$$

Subject to Eqs.(17),(18)and(19)

(3) ［S］ ＜ ［$\underline{S}$］のとき

この場合は(1)の場合と逆で，Sの力は$\underline{S}$より弱い．したがって$\underline{S}$が自己の効用を最大化する戦略に甘んじなければならないと考え，以下のように定式化を行う．

$$V(S) = \sum_{k\subset S} U^k(X_*) \tag{23}$$

ただし，X_*は以下の問題の解である．

$$V(\underline{S}) = \max\left[\sum_{l\subset \underline{S}} U^l(X_*)\right] \tag{24}$$

Subject to Eqs. (17),(18)and(19)

4．2．3 「仁」に基づく最適空間配分モデル

黒田・松本は，D.Schmeidler(1969)[4]の述べた「仁(nucleous)」の概念を用いて活動の最適空間配分を求めた．本モデルでも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．この最適基準により，広域圏において，総合的にバランスのとれた上位計画を策定することができる．「仁」による解は次の式で求められる．

$$\mathrm{Min\ max}\ D^{S}(X) \tag{25}$$

ただし，

$$D^{S}(X) = V(S) - \sum_{k \in S} U^{k}(X) \tag{26}$$

Subject to Eqs. (17),(18)and(19).

$D^{S}(X)$ は提携Sの提携値の不満を表している．ここで上式を従来の数理計画法（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．

$$\varepsilon \rightarrow \mathrm{min} \tag{27}$$

Subject to

$$V(S) - \sum_{k \in S} U^{k}(X)$$
$$= V(S) - \sum_{k \in S} \sum_{i} P^{k}{}_{i} A_{i} X^{k}{}_{i}$$
$$+ \sum_{k \in S} \sum_{i} \sum_{l} \sum_{j} \Delta P^{lk}{}_{ij} A_{i} X^{k}{}_{i} X^{l}{}_{j} \leqq \varepsilon$$
$$(\text{for all } S) \tag{28}$$

and Eqs. (17),(18)and(19).

式(27)～(28)，(17)～(19)によって混合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がわかる．

4．3　第2段階モデルの定式化

4．3．1　プレーヤーの利得と効用関数

e市が戦略Y^{e}採り，f市が戦略Y^{f}採ったときのプレーヤーe市の利得を$U'^{e}(Y^{e}, Y^{f})$と表現すると，対象地域におけるある立地パターンからe市の得る効用は，次式のように表現できる．

$$U'^{e}(Y^{1}, \cdots, Y^{e}, \cdots, Y^{g})$$
$$= \sum_{i' \subset e} \sum_{k'} P'^{k'}{}_{i'} \cdot A'_{i'} \cdot Y^{k'}{}_{i'}$$
$$+ \sum_{i' \subset e} \sum_{k'} \sum_{j'} \sum_{l'} \Delta P'^{l'k'}{}_{i'j'} \cdot A'_{i'} \cdot Y^{k'}{}_{i'} \cdot Y^{l'}{}_{j'} \tag{29}$$

4．3．2　提携値の求め方

第1段階モデルと同じように考える．

(1)　[S']　>　[$\underline{S}$']のとき

$$V'(S') = \mathrm{Max}\left[\sum_{e \subset S'} U'^{e}(Y)\right] \tag{30}$$

Subject to

$$B'^{k'}{}_{e} \leqq \sum_{i'} A'_{i'} \cdot Y^{k'}{}_{i'} \leqq C'^{k'}{}_{e} \tag{31}$$
$$(k'=1,2,\cdots,n';e=1,2,\cdots,g)$$

$$\sum_{k'} Y^{k'}{}_{i'} = 1 \quad (i'=1,2,\cdots,m') \tag{32}$$

$$Y^{k'}{}_{i'}(Y^{k'}{}_{i'} - 1) = 0 \tag{33}$$
$$(k'=1,2,\cdots,n';i'=1,2,\cdots,m')$$

$$\sum_{k' \subset k} \sum_{i' \subset i} A'_{i'} \cdot Y^{k'}{}_{i'} = A_{i} X^{k}{}_{i}{}^{*} \tag{34}$$
$$(k=1,2,\cdots,n;i=1,2,\cdots,m)$$

（ただし$X^{k}{}_{i}{}^{*}$は，第1段階モデルの解である．）

(2)　[S']　=　[$\underline{S}$']のとき

$$V'(S') = \sum_{e \subset S'} U'^{e}(Y) \tag{35}$$

$$V'(\underline{S}') = \sum_{f \subset \underline{S}'} U'^{f}(Y) \tag{36}$$

ただしYは以下の問題の解である．

$$V'(S') = \mathrm{max}\left[\sum_{e=1}^{g} U'^{k'}(Y)\right] \tag{37}$$

Subject to Eqs.(31),(32),(33)and(34)

(3)　[S']　<　[$\underline{S}$']のとき

$$V'(S') = \sum_{e \subset S'} U'^{e}(Y_{*}) \tag{38}$$

ただし，Y_{*}は以下の解である．

$$V'(\underline{S}') = \mathrm{Max}\left[\sum_{f \subset \underline{S}'} U'^{f}(Y_{*})\right] \tag{39}$$

Subject to Eqs.(31),(32),(33)and(34)

4．3．3　「仁」に基づく最適空間配分モデル

第1段階モデルと同様に本モデルでも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．この最適基準により，第2段階モデルでは市町村の競合を調整する，県内の総合的なバランスのとれた中位計画を策定することが可能である．

$$\mathrm{min\ max}\ D'^{S'}(Y) \tag{40}$$

ただし，

$$D'^{S'}(Y) = V'(S') - \sum_{e \subset S'} U'^{e}(Y) \tag{41}$$

Subject to Eqs.(31),(32),(33)and(34)

第1段階モデルと同様に式(40)～(41)，(31)～(34)を従来の数理計画法（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．

$$\varepsilon' \rightarrow \min \tag{42}$$

Subject to

$$V'(S') - \sum_{e \subset S'} U'^{e}(Y)$$

$$= V'(S') - \sum_{e \subset S'} \sum_{i \subset e} \sum_{k'} P'^{k'}{}_{i'} \cdot A'_{i'} \cdot Y^{k'}{}_{i'}$$

$$+ \sum_{e \subset S'} \sum_{i \subset e} \sum_{k'} \sum_{j'} \Delta P'^{l'k'}{}_{i'j'} \cdot A'_{i'} \bullet Y^{k'}{}_{i'} \cdot Y^{l'}{}_{j'}$$

$$\leqq \varepsilon' \quad (\text{for all } S') \tag{43}$$

and Eqs.(31),(32),(33)and(34)

5．モデルの近似解法

5．1　提携値を求める際の近似解法

4章で定式化したモデルは，実際には組み合わせ最適問題を解くことになる．これらの問題は，ゾーンの数に対して組み合わせの数が指数関数的に増えてゆくＮＰ完全と言われる問題で，厳密解を求めることは一般に大変困難であると言われている．

赤松[6]や清水[7]等Hopfield型のニューラルネットワークの一つであるBoltzman Machineの考えを応用してＮＰ完全である交通配分問題や土地利用計画の近似解を求めた．本研究でも，提携値を求める際はこれらの考えに従い近似解を求める•

第１段階モデルを例として説明しよう．ここで簡略化のために面積需要条件は，等式で与えられるものとする．

まず，式(16)～(19)を条件付最適化問題から条件無し最適化問題に変換する。

$$L\ (X,\ \lambda,\ \mu)$$

$$= -\sum_{k \subset S} \sum_{i} A_i \cdot X^{k}{}_{i} \cdot p^{k}{}_{i} - \sum_{k \subset S} \sum_{i} \sum_{l} \sum_{j} \Delta p^{kl}{}_{ij} \cdot X^{k}{}_{i} \bullet X^{l}{}_{j}$$

$$+ \sum_{k} \lambda_k (B_k - \sum_{i} A_i \cdot X^{k}{}_{i})$$

$$+ (R\lambda/2) \sum_{k} (B_k - \sum_{i} A_i \cdot X^{k}{}_{i})^2$$

$$+ \sum_{i} \mu_i (1 - \sum_{k} X^{k}{}_{i}) + (R\mu/2) \sum_{i} (1 - \sum_{k} X^{k}{}_{i})^2 \tag{44}$$

なお，式(44)では０－１条件が入れられてないが，温度Ｔが十分に低いときは，Ｘは０or１になっているので，０－１条件は，結果として必要なくなる．

上式を展開して

$$与式 = -(1/2) \sum_{k} \sum_{i} \sum_{l} \sum_{j} (2\Delta p^{kl}{}_{ij} \zeta_{ks} - R\lambda A_i A_j \delta_{kl} - R\mu \delta_{ij})\ X^{k}{}_{i} \bullet X^{l}{}_{j}$$

$$- \sum_{k} \sum_{i} (A_i p^{k}{}_{i} \zeta_{ks} + \lambda^{k} A_i + R\lambda B_k A_i + \mu_i + R\mu)\ X^{k}{}_{i} + 定数 \tag{45}$$

（ただし，δ_{ij}＝クロネッカーのデルタ，またζ_{ks}は$k \subset S$のときには$\zeta_{ks}=1$とし，$k \not\subset S$のときには$\zeta_{ks}=0$とする）

式(45)とエネルギー関数

$$E\ (V) = -(1/2) \sum_{k} \sum_{i} \sum_{l} \sum_{j} T^{kl}{}_{ij} \cdot V^{k}{}_{i} \cdot V^{l}{}_{j} - \sum_{k} \sum_{i} I^{k}{}_{i} \cdot V^{k} \tag{46}$$

を比較して，ユニットの状態を次のように定義すると，Hopfieldモデルの適用が可能になる．

$$V^{k}{}_{i} = X^{k}{}_{i} \tag{47}$$

$$T^{kl}{}_{ij} = 2\Delta p^{kl}{}_{ij} \zeta_{ks} - R\lambda A_i A_j \delta_{kl} - R\mu \delta_{ij} \tag{48}$$

$$I^{k}{}_{i} = A_i \cdot p^{k}{}_{i} \zeta_{ks} + \lambda_k \cdot A_i + R\lambda \cdot B_k \cdot A_i + \mu_i + R\mu \tag{49}$$

$$u_i\ (t) = \sum_{i} T_{ij} \bullet V_{ij}\ (t) + I_i \tag{50}$$

$$V_i(t+1) = (1/2)\{1 + \tanh(u_i(t)/\theta(t))\} \tag{51}$$

（ｔ：繰り返し計算回数）

なお温度パラメータθは，焼き鈍し法の考え方に従って，次のように減少させていく．

$$\theta\ (k) = \theta_0 / \log\ (1 + t) \tag{52}$$

（θ_0：正の定数）

ラグランジュ乗数，２次のペナルティ•パラメータは，乗数法の考え方に従って改定する．

5．2　「仁」による最適配分を求める近似解法

乗数法の考え方でε－コアを変換すると

$$L\ (X,\ \lambda,\ \mu,\ \nu)$$

$$= \varepsilon + \sum_{k} \lambda_k\ (B_k - \sum_{i} A_i \cdot X^{k}{}_{i})$$

$$+\ (R\lambda/2)\ \sum_{k}\ (B_k - \sum_{i} A_i \cdot X^{k}{}_{i})^2$$

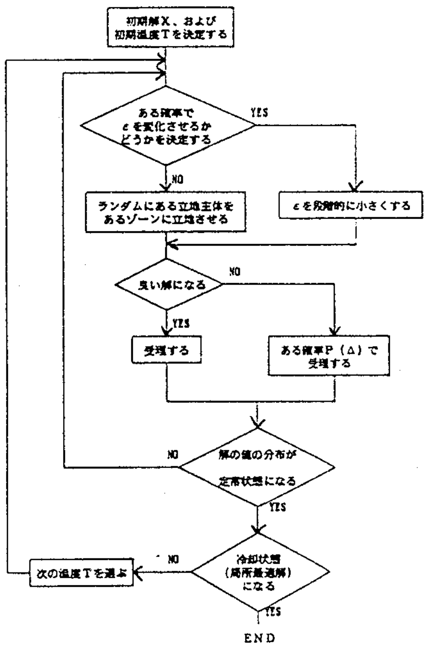
$$+ \sum_{i} \mu_i\ (1 - \sum_{k} X^{k}{}_{i})\ +\ (R\mu/2)\ \sum_{i}\ (1 - \sum_{k} X^{k}{}_{i})^2 + \sum_{S}\ (1/2R\nu)$$

$$[\max\{0,\ \nu_s + R\nu (V(S) - \sum_{k \subset S} U^{k}(X) - \varepsilon)^2\} - \nu_s{}^2] \tag{53}$$

この問題は，εとＸの性質が違うこと（εは０以上の実数，Ｘ＝０or１）や，４次以上のの項が出てくることにより，Hopfieldモデルの適用できる形に

変換することは難しい．

そこで,この問題をSimulated Annealing法（ＳＡ法）で解くことにする．



図－２　ＳＡ法のアルゴリズム

ＳＡ法はKirkpatrick[8]らによって提案された方法で，物質を溶融状態にしてから，注意深い冷却によって結晶状態に到達させるプロセスを，組合せ最適化問題でのある初期解から最適解に到達させるプロセスに対応させた，逐次改善法の一般化ともいえる方法である．その手順は図－２に示した．

逐次改善法では，解の改善をだけを考えたが，ＳＡ法では解の変換による値が改善されなくとも，解の値の変化量をΔとしたとき

$$P(\Delta) = \exp(-\Delta / T) \qquad (54)$$

の確率で解の変換を受理する．ただし，解が改善される時は，受理確率は１すなわち，$P(\Delta)=1$である．　ＳＡ法とは，温度という概念を導入しこの温度Ｔを十分大きい値からはじめ，徐々に０に近づけることにより，裾野の狭い悪い局所最適解から抜け出し，裾野の広い最適解か，それに近い近似解にたどり着こうとする解法である．

６．ケーススタディ

６．１　ケーススタディの前提条件

本モデルを実際の地域に運用し，モデルの特性とその運用可能性を検討にするあたっての前提条件を以下にまとめる．

また本研究では，行政主体間同志の調整をめざしたものなので今回は第１段階，第２段階の計画についてケーススタディを行う．

（１）対象空間

立地主体の配分を受ける区間として，海岸線から陸域へ約１ｋｍまで沖合は，水深１５ｍ以下をカバーする大阪湾沿岸空間を想定した．

（２）立地主体

立地主体は下表のように選定した．

表－２　立地主体と利用区分の関係

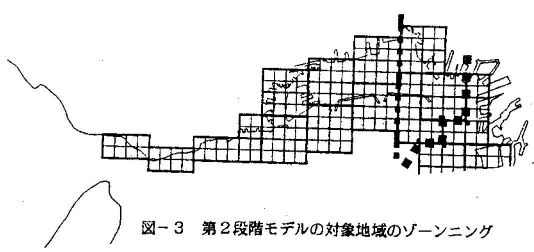
開発型	臨海産業埋立型
	都市的土地利用型
保全・保存型	保存型
	保全型

（３）行政主体

行政主体は，国，兵庫県，神戸港港湾区域および尼崎・西宮・芦屋港港湾区域とした。

図－３に第２段階で計算した対象域のメッシュを示した．また，図－４は大阪湾全体での第１段階のゾーニング結果を，図－５はこのゾーニングを前提とした場合の第２段階の利用配分結果を示した．

図－４の兵庫県における広域的観点からのゾーニング結果とこれを前提にした兵庫県内での市町村での利用調整の結果を比較すると，計算の精度から若干矛盾点も見受けられるが，概ね調和のとれた利用配分計画が出力出来ることが解る．

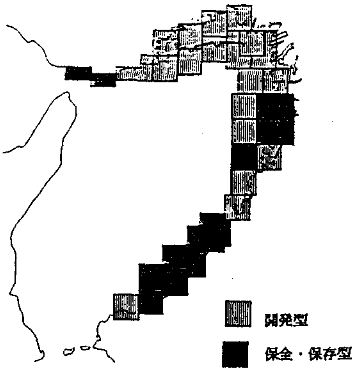


図－３　第２段階モデルの対象地域のゾーンニング

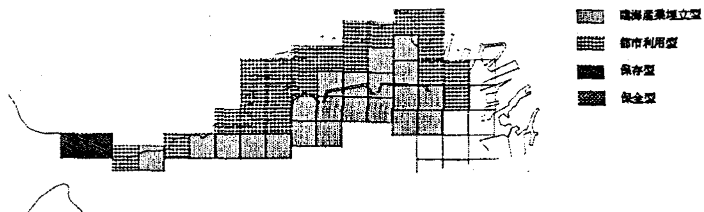
７．おわりに

７．１　本研究で得られた成果

①上位・下位行政主体間および同位行政主体間の対立を調整することを考慮した空間利用計画モデルは，これまでほとんど存在しなかったが，市町村をゲー



図－４　第１段階モデルの結果



図－５　第２段階モデルの結果

ムのプレイヤーと考えること，多段階構造にすることにより定式化を行うことができた．

②計算時間をかけることにより，いままでまったく解くことのできなかった問題の局所最適解まで求めることが可能となった．

③地方自治の精神を生かしながらも，用途規制を上位計画者が行うという現実性をもったモデルが構築された．

④いくつかの場合のケーススタディを行い，実際に起こっている競合を考察し，このモデルの応用範囲の広さを示すことができた．

７．２　今後の課題

①乗数法を使い，制約条件付き問題を条件なし問題として定式化しているので制約条件を満たさない場合がいくつかある．

②ゲームの理論を適用する際には，利得をいかに定義するかがきわめて重要である．そのため，ポテンシャルや交互作用効果の評価の方法を更に研究する必要がある．また，交互作用効果の影響を精密に把握した研究は今のところ行われておらず大きな課題である．

③本研究では，上位計画から下位計画への一方的な流れになっているが下から上へのフィードバックを持った構造のモデルの構築が必要とされている．

最後に，Hopfieldモデルに関しては，岐阜大学工学部土木工学教室清水英範助教授，（株）野村総合研究所赤松隆氏，ＳＡ法およびHopfieldモデルに関しては，京都大学工学部電気工学教室喜多一助手に大変貴重な助言を頂いた．ここに感謝の意を表する．

参考文献

1)国土庁：第４次全国総合開発計画,1987.

2)長尾義三・黒田勝彦・若井郁次郎：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.

3)黒田勝彦・谷口守・浦屋玲・豊岡俊也：COASTモデルによる沿岸域空間利用調整計画法,土木計画学研究・論文集　No.8, pp.105-112,1990.

4)Schmeidler,D:The Nucleolus of a Characteristic Function,SIAM,Journalof Applied Math.,Vol.17, No.6,1969.

5)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.

6)赤松隆・土屋雄二：交通ネットワーク均衡問題への神経回路モデルによるアプローチ,土木計画学研究・論文集　No7,1989.

7)清水英範・河合毅治：土地分級結果に基づく用途地域の配置問題,土木計画学研究・講演集　No13,1990.

8)Kirkpatrick,S.,C.D.Gelatt,Jr.,M.P.Vecchi,"Optimization by simulatedannealing",Science,Vol.220,pp.671-680,1983.

9)Hopfield,J.J. and Tank,D.W.:"Neural"computation of decisions in optimization problems.Biol. Cybernetics 52,141-152.

10)中野秀男・中西義郎：組合せ最適化問題に対するSimulated Annealing 法,オペレーションズ・リサーチ,1986.

11)鈴木光男：ゲームの理論入門,共立全書,1981.