

神戸大学工学部 正 員 黒田 勝彦
 神戸大学大学院 学生員 大西 正毅
 神戸大学大学院 学生員 ○南谷 敬

1. はじめに

近年、地球環境問題に関心が集まるようになり、環境保全と開発による発展とを如何に調和させるべきかが人類の大きな課題になっている。

本研究では、自然に対する補償（ミチゲーション）の概念を導入した空間利用計画モデルを構築し、ケーススタディを行いモデルの特性とその適用可能性について考察を行う。

2. モデルの考え方

本モデルは、国による広域ゾーニングと地方の独自の計画に基づくゾーニングによる計画主体の対立および立地主体同士の競合から派生する空間利用上の対立の調整を2レベルn人協力ゲームによって行うものとする。そして、ゾーニングの目的（効率性・調和性・保全性等）を出来る限り達成するために本モデルでは、最大不満の最小化という「寛容の仁」を用いて最適化を図ろうとするものである。

3. モデルの定式化

3. 1 広域ゾーニングゲーム

広域ゾーニングゲームでは、開発・保全といった極めて自由度の大きい利用形態のみ考える。

1) プレーヤーの利得

プレーヤーKが戦略 X^K を採ったときのプレーヤーKの利得を $U^K(X^K)$ は次式で与えられる。

$$U^K(X^K) = \sum_{I=1}^M P_I^K A_I x_I^K \quad \cdots(1)$$

ここで、 P_I^K ：プレーヤーKのゾーンIにおける立地ポテンシャル、 A_I ：ゾーンIの面積である。

2) 提携値

各プレーヤーは有利に行動できるように自由に提携を組めるものとし、その力の強さは多数決原理により判断する。任意の提携を s とし、その補集合を $\bar{s}$ とする。任意の提携 s の力の大きさを示す特性関数を次式のように示す。

$$v(s) = \max_{X^K} \sum_{K \in s} U^K(X^K) \quad \cdots(2)$$

Sub.to

$$B^K \leq \sum_I A_I x_I^K \leq C^K \quad (K = 1, 2, \dots, R) \quad \cdots(3)$$

$$\sum_K x_I^K \leq 1 \quad (I = 1, 2, \dots, M) \quad \cdots(4)$$

$$0 \leq x_I^K \leq 1 \quad \cdots(5)$$

式(3)は利用区分毎の面積需要制約であり、式(4)はメッシュの混合利用を許さない条件である。

提携 s と $\bar{s}$ が全く同等の力である場合は、互いに自己の利得最大化を図る。この場合は立地競合を生じる部分は平均化して配分するものとする。

提携 s が $\bar{s}$ より力が弱い場合は、 $\bar{s}$ が自己の利得最大化を図った結果に甘んじなければならない。

3) 「仁」による解

$$\min_X \max_{s \in S} D^s(X) \quad \cdots(6)$$

$$D^s(X) = v(s) - \sum_{K \in \bar{s}} U^K(X) \quad \cdots(7)$$

Sub.to Eqs.(3),(4)and(5)

式(7)は提携値に対する不満を表している。

3. 2 小ゾーン内活動配分ゲーム

広域ゾーニングを制約として立地主体毎に詳細な利用計画を求める。ここでは、交互作用効果を考慮するのでプレーヤーの利得は修正ポテンシャルを用いて次式で与えられる。

$$U^k(Z^k) = \sum_i (p_i^k)' \cdot a_i \cdot z_i^k \quad \cdots(8)$$

修正ポテンシャルは次式により求まる。

$$(p_i^k)' = p_i^k \left\{ 1 + \sum_j \sum_L \alpha^{jk} \cdot X_j^L \cdot \exp(-r_{ij}/H) \right\} \quad \cdots(9)$$

ここで、 α ：交互作用効果係数、 r ：対象ゾーンの中心間距離、 H ：交互作用減衰距離である。

提携値や「仁」による解は前節で定義した方法と全く同様で、変数が x^K から z^k に変わり、制約が0-1整数になっているだけである。

4. ケーススタディ

ある港湾での再開発計画を例として取り上げ表-1に示すようにプレーヤーを設定した。

表-1 プレーヤーの同定

利用区分	立地主体
A: 海域開発型	① 港湾(水産基地、多目的バース)
	② マリーナ(マリンセンター)
	③ プレジャーボート水域
B: 海域保全型	④ 漁業・遊漁(養殖、珊瑚礁)
C: 陸域開発型	⑤ 住宅・商店
	⑥ 観光・イベント(観光センター、イベント緑地)
	⑦ 宿泊施設(ホテル、旅館、コンドミニアム)
D: 海岸整備型	⑧ 海浜レクリエーション(海水浴場、磯遊び)
E: 陸域保全型	⑨ 保全・農業(樹林、田畑)・寺社

広域ゾーニングゲームの解を表-2に、小ゾーン活動配分ゲームの解を図-1に示す。

表-2

	A	B	C	D	E
1	0	0	0.67	0	0.33
2	0	0	0.11	0.89	0
3	0	0	0.33	0.44	0.22
4	0.56	0	0	0.44	0
5	0.22	0	0.33	0.22	0.22
6	1.00	0	0	0	0
7	0.89	0.11	0	0	0
8	0.11	0	0.22	0	0.67
9	0	0	0.33	0	0.67
10	0	1.00	0	0	0
11	0	0	0.11	0	0.89
12	0	0.89	0	0	0.11

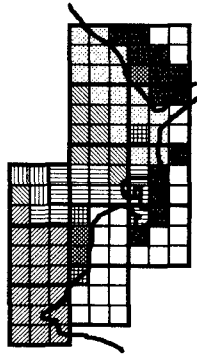


図-1

得られた解について不満の調整を行う。ゲームの結果得られる社会全体の利得 U^N は、

$$U^N(X_*) = \sum_{k \in N} U^N(X_*) \quad \cdots(10)$$

与えられ、最終的な理想配分 $y(k)$ は次式で求まる。

$$\underset{y}{\text{Min Max}} [v(k) - y(k)] \quad \cdots(11)$$

$$\text{Sub.to } \sum_k y(k) = U^N \quad \cdots(12)$$

$$y(k) \geq v(k) \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad \cdots(13)$$

不満と補償の計算結果を表-3に示す。先決の不動産プレイヤーは除き、面積需要に左右されないよう単位獲得面積当たりに換算されている。

表-3 不満と補償

	$v(k)$	$U(k)$	$y(k)$	$G(k)$
①	4.770	5.057	5.395	0.339
②	8.475	8.475	9.099	0.625
③	10.910	10.402	11.534	1.132
④	14.567	14.567	15.191	0.625
⑤	-	-	-	-
⑥	13.542	16.410	14.167	-2.242
⑦	20.137	21.865	20.762	-1.103
⑧	17.481	17.481	18.106	0.625
⑨	-	-	-	-

ここで、 $v(k)$: 最低保証水準、 $U(k)$: 獲得ポテンシャル、 $y(k)$: 理想的配分ポテンシャル、 $G(k)$: 各プレイヤーに残る不満、(+)は不満、(-)は余剰である。

生態系や環境などの自然も人間と対等な一つのプレイヤーとして考え、この補償の概念が Mitigation の意味するところと解釈できる。

4. モデルの考察

従来の空間利用計画は「仁」を用いずに社会全体の効用を最大にする案が採用されていた。その場合の結果を図-2に示す。各プレイヤーの利得と総利得を本研究の解と比べた結果を表-4に示す。確かに社会全体の総利得は高くなっているが、プレイヤー間の利得の格差は増大しており全てのプレイヤーにとって納得のいく結果ではないことがわかる。

表-4 利得と総利得 ($\times 10^3$)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	総利得
A	910	223	1299	1470	278	811	156	1200	2800	9147
B	755	254	895	1690	278	265	223	1599	2800	8760

ここで、A: 総利得最大化案の解、B: 本研究の解(元のポテンシャルで計算)である。

次に、本モデルの配分ゲームにおいて交互作用を考慮しない場合の解を求めた。その結果を図-3に示す。現実には反発しあうプレイヤーが隣接しており、表-5からも各プレイヤーの利得が減少する結果となり交互作用の重要性がわかる。

表-5 利得と総利得 ($\times 10^3$)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	総利得
B	616	254	1040	2609	697	492	656	3147	4251	13762
C	485	183	913	2609	697	393	648	3147	4251	13325

ここで、B: 交互作用あり、C: 交互作用なし

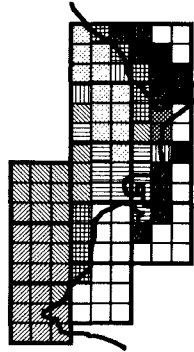


図-2

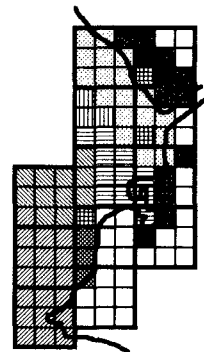


図-3

5. おわりに

本研究では、数字上のポテンシャルのやり取りで補償の概念が示されている。実際問題として自然に対する補償はミチゲーションプロジェクトを実施することにより行わねばならないため、今後、その効果の定量化を行う方法を開発する必要がある。