多目的沿岸地域用途指定計画における代替案作成法

愛媛大学工学部　正　柏谷増男

1．はじめに

沿岸地域の用途指定計画では、地域の総合的利用のために計画の多目的性が重視される。

多目的計画の決定方法にはさまざまなものがあるが、この計画では、環境汚染をめぐる困難な利害調整が予想されるため、利害関係者の妥協交渉の結果として計画[1]決定がなされる場合が考えられる。いま、妥協交渉によって計画が決定されるとして、その場合の計画策定過程を代替案に関して考察してみよう。

まず、代替案作成者は、バラエティーに富んだ数多くの代替案を提示する。意思決定者はそれらを評価することによって、問題に対する認識を深めるとともに、お互いの価値感を知るようになる。これらの代替案に合意しうるものがあれば、それが計画案として選ばれるが、意思決定者がさらに望ましい代替案を要求すれば、代替案作成者はそれに応えうる代替案を探索して提出する。代替案の提示，評価，新たな代替案の要求とその探索という一連の作業が何度かくり返された後、計画決定に至ると考えられる。

いま、すべてのパレート最適な代替案が最初に提示されたとすれば、追加的な代替案発見は不要となる．一般的な場合、最初に提示する代替案がこの意味で適切であれば、代替案の作成過程は簡明で所要時間も少なくてすむと思われる。一方、現実の面を考慮すると、代替案の評価や妥協交渉等の会合に、多くの回数を望むことはできない。場合によっては、会合が一度きりで、最初に出された代替案のなかから計画案を選ばざるを得ない場合も考えられる。このように最初の代替案の適否は、計画作成過程の効率化、場合によっては計画案に対して重要な役割を果たすこととなる。

ところで、上に述べたように、すべてのパレート最適な代替案が提示されることがもっとも望ましいが、一般にそのことは容易ではない．

沿岸地域の用途指定計画では、環境汚染の考慮が重要である。この場合の計画モデルはひとつの配分モデルとなる。その特徴は、汚染物質を排出する用途とそれによって[2)3)]被害を受ける用途との同時配分にある。このような配分モデルでは、0~1整数変数を導入することが有効である．このとき、モデルは、多目的整数計画モデルとなり、すべてのパレート最適解を得ることは困難である．

本研究は、上に述べたような計画策定過程を仮定した場合の代替案の作成方法について考察したものである．具体的には多目的0-1整数計画モデルとして定式化される用途指定計画モデルに対して、パレート最適解に近いと考えられる種々のバラエティーに富んだ代替案を簡単に算出する方法を提案したものである．

2．多目的沿岸地域用途指定計画モデル

本研究で対象とする計画モデルは、あるまとまった沿岸地域に多種類の活動の用途指定を行なうものである．

（1）前提

ひとつのまとまった沿岸地域をとりあげ、等面積の地区に分割する。各地区を添字iまたはjで表わし、地区面積は簡単のため1km²とする．

活動の種類を添字kで表わす。活動の種類はいくつであってもよいが、ここでは、自然保護($k=1$)，海水浴場($k=2$)，臨海工業($k=3$)をとりあげることとする。各用途ごとに、指定のための候補地があらかじめ選ばれているとし、それら候補地の集合をI^kで表わす．地区iが用途kに指定されたことを$x_i^k=1$で示し、そうでなければ$x_i^k=0$とする．

活動間の競合関係は、同一地区内の排他関係と、水質汚染に関する関係の2つとする。前者については、各活動はともに排他関係にあるとする。後者の関係については、次のように考える．自然保護と海水浴場とは、水質

の良好な地区にのみ用途指定がなされるとし、その水質規準値(汚染物の量)もそれぞれP^1, P^2で表わす。一方、地区iに臨海工業が用途指定された場合、地区iで排出される汚染物のうち、他の地区jでの競存の汚染物の量をw_{ij}^0とする。そうすると、水質汚染に関する競存関係は以下のように表わされる。

$$\sum_i d_{ij} x_i^3 + w_{ij}^0 \leqq P^k \quad \Rightarrow \quad x_j^k \geqq 0 \quad (k=1,2) \tag{1}$$

$$\sum_i d_{ij} x_i^3 + w_{ij}^0 > P^k \quad \Rightarrow \quad x_j^k = 0 \quad (k=1,2) \tag{2}$$

この用途指定計画における各活動の個別的な目的は、簡単のため、各活動ごとの用途指定地区数とする。各活動にわたる全体的な目的はここでは特に定めないこととする。

(2)多目的沿岸地域用途指定モデルの定式化

水質汚染に関する競合関係の定式化のため、モデル作成に際して0-1整数変数の導入が不可欠となる。ここでは、用途指定を地区単位に行なう場合を想定して、すべての変数を0-1整数変数とする。また、多目的計画の定式化としてはスカラ化問題での表現を用いることとする。この用途指定モデルをモデルIと呼ぶ。モデルIは、以下に示すような多目的0-1整数計画モデルである。

<u>モデルI</u>

$$\max \sum_{i,k} \lambda^k x_i^k \tag{3}$$

s.t.

$$\sum_k \lambda^k = 1 \tag{4}$$

$$0 \leq \lambda^k \leq 1 \quad (k=1,2,3) \tag{5}$$

$$\sum_i d_{ij} x_i^3 + w_{ij}^0 \leq P^k + A(1 - x_j^k) \quad (k=1,2) \tag{6}$$

$$x_j^1 + x_j^k \leq 1 \quad (k=2,3) \tag{7}$$

$$x_j^2 + x_j^3 \leq 1 \tag{8}$$

$$x_j^k = 1 \text{ or } 0 \quad (j \in J^k) \tag{9}$$

$$x_j^k = 0 \quad (j \notin J^k) \tag{10}$$

ただし、λ^kはウエイトを示すパラメーター，Aは十分大きい正定数

ここで式(3)は目的関数で、ウエイトパラメーターλ^k(k=1,2,3)の値が与えられたときに、はじめてこの目的関数は定まる。式(4)(5)は、このパラメーターに関する制約条件である。式(6)は式(1)(2)に示した水質汚染に関する競合関係を表わした条件式であり、式(7)(8)は同一地区での排他条件式、式(9)は変数が0-1整数変数であることも規定している。

3. 代替案作成法

(1)代替案作成に関する準備的考察

いま、演算面での問題などを考慮せず、原則的な考え方をとるものとすると、モデルIのすべてのパレート最適解を算出するひとつの方法として、次に示すモデルIIを用いる方法がある。

<u>モデルII</u>

$$\max \sum_i x_i^3 \tag{11}$$

s.t.

$$\sum_j x_j^1 \geqq \alpha \tag{12}$$

$$\sum_j x_j^2 \geq \beta \tag{13}$$

式(6)~(10)

ここでα，βは外部から与えられるパラメーター

モデルⅡは、自然保護，海水浴場の目的関数である指定地区数の下限値をそれぞれα，βとして、その組(α,β)を与え、モデルⅠの制約条件式(6)〜(10)のもとで、臨海工業の目的関数を最大化しようとするものである．α，βの値は離散的に与えられるため、考えられるすべての(α,β)の組に応じてモデルⅡを解いてゆけば、モデルⅠのすべてのパレート最適解を得ることができる。

しかしながら、この方法では、α，βの上限値が大きい場合、モデルⅡを解く回数は多大となる．また変数の数が多くなれば、モデルⅡの0−1整数計画問題を解くこと自体の演算時間が多くなる。このように、すべてのパレート最適な代替案をあらかじめ作成しておくことは、それに要する費用や時間の面で、大きい負担を課することになる。

ところで、本論文で想定している計画策定過程での代替案作成は、2種類に大別される。そのひとつは、第1次の代替案ともいうべき、バラエティーに富んだ、数多くの代替案作成であり、他は、意思決定者の要求に応える追加的な代替案作成である。研究の主目的は、第1次の代替案の作成方法であり、以後では特にことわらない限り、代替案とは上述の1次的代替案を指すものとする．

（2）多目的線形計画モデルを用いた代替案作成法

（2.1）基本的な考え方

まず、代替案作成法についての基本的な考え方を述べる．

線形計画モデルでは、目的関数の形が少し変化したとしても、解が変らない場合が少なからずある。そこで、モデルⅠによく似たモデルを、より計算しやすい形で作った場合、その新しいモデルのパレート最適解が、モデルⅠのパレート最適解でもあることを、ある程度期待しうると考えられる。このような考え方を背景にすると、代替案作成法の概要は、以下のようになる。

（i）基本モデルに良く似た多目的線形計画モデルを作り、そのパレート最適解を算出する。

（ii）算出した解から、それに対応する基本モデルの実行可能解を算出する．

（iii）それらの実行可能解相互の比較によって、(ii)で求めた実行可能解の集合に対する、パレート最適解を選ぶ、それらを代替案とする。

ただし、この方法で得られた代替案は、基本モデル、すなわちこの場合ではモデルⅠの実行可能解であることは保証されるが、それが、基本モデルのパレート最適解であるという保証はない．

なお、以下では、モデルⅠに則して、提案した方法を述べることとする．

（2.2）多目的線形計画モデル

まず、モデルⅠの特徴をあげると、次のようになる．

（i）各変数は0−1整数変数．

（ii）x_i^3とx_i^1もしくはx_i^2との間に強い対立関係があり、このことが多目的問題としてのモデルⅠの重要な特徴である。

（iii）変数間の関係についてもっとも重要な条件式は、式(6)である．

そこで、多目的線形計画モデルの作成に際しては、次の方針を定めた．

（i）変数はx_i^3のみとする。

（ii）形式としては連続変数とするが、解は必ず0または1をとる。

（iii）式(6)の内容が表われるような目的関数を考える。

以上の考察のもとづく線形多目的計画モデルとしては、いくつかのものが考えられる。そのうちのひとつとしてここでは、以下に示される多目的線形計画モデルを作成し、それをモデルⅢと名づける。

モデルⅢ

$$\max \sum_i \left(-\sum_{j \in \mathcal{L}^1} \lambda^1 d_{ij} - \sum_{j \in \mathcal{L}^2} \lambda^2 d_{ij} + \lambda^3\right) x_i^3 \quad (14)$$

s.t.

$$\sum_k \lambda^k = 1 \quad (15)$$

$$\lambda^k \geq 0 \quad (16)$$

$$0 \leq x_i^3 \leq 1 \qquad (i \in \mathcal{L}^3) \quad (17)$$

$$x_i^3 = 0 \qquad (i \notin \mathcal{L}^3) \quad (18)$$

このモデルではλ^1または、λ^2の値が大きくなれば、それぞれ自然保護，海水浴場の用途指定地区数を多くすることができ、λ^3の値を大きくすれば、臨海工業の用途指定地区数を多くすることができる．変数x_i^3に関する制約条件は、式(17)(18)のみであるので、モデルⅢの解では、x_i^3の値は必ず、1もしくは0となる。

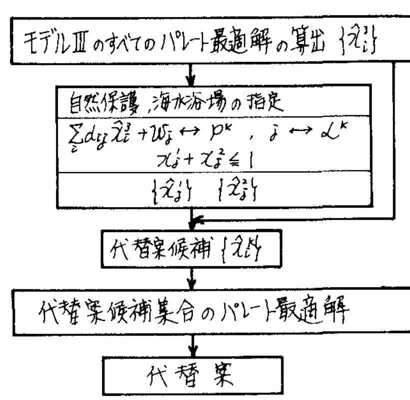
モデルⅢのすべてのパレート最適解は、解析的に求められる。この場合、x_i^3の解が必ず0または1であるので基底変換は容易で、L.P.の標準形の係数の絶対値は基底変換の間も変化しない。モデルⅢのすべてのパレート最適解は机上で容易に算出しうる。

（2.3）モデルⅢを用いた代替案作成法

図－1は、モデルⅢを用いた代替案作成手順を図示したものである。

まず、モデルⅢのすべてのパレート最適解を算出する。ここでは、それを$\{\hat{x}_i^3\}$で表わすこととする。$\hat{x}_i^3$の値は0または1であるので、これを、そのままモデルⅠのx_i^3に対する実行可能解と考える。

次に、$\{\hat{x}_i^3\}$の値を用いて、自然保護，および海水浴場の用途指定を考える。$\{\hat{x}_i^3\}$を式(6)の右辺に代入し、その値を$\hat{w}_j$と表わし、$\hat{w}_j$とP_k，jと$\mathcal{L}^k$，および同一地区での排他関係を用いると、それらの関係より自然保護および海水浴場の用途指定を定めることができる。表－1はその方法を表わしたもので、$\hat{x}_j^k=1$は地区jに用途kが配分されたことを示し、$\hat{x}_j^k=0$は配分されなかったことを示す．$\{\hat{x}_i^3\}$，$\{\hat{x}_j^1\}$，$\{\hat{x}_j^2\}$をまとめたものをひとつの代替案候補とし$\{\hat{x}_i^k\}$で表わすこととする。このとき、ひとつの$\{\hat{x}_i^3\}$に応じて複数個の$\{\hat{x}_i^k\}$が得られることがあるが、それらはすべて代替案候補とする。このようにして定めた$\{\hat{x}_i^k\}$は、決定手順からわかるように、明らかにモデルⅠの実行可能解である。



図－1　代替案作成手順

こうして求めた$\{\hat{x}_i^k\}$の各々に対して、各用途ごとの目的関数の値を計算し、代替案候補の集合を考えた場合のパレート最適解を選び出す．選び出されたものを用途指定の代替案とする。

なお、追加的代替案の作成法については、ここでは特にふれないが、その場合には提案した方法では対応しえないことが多く、この場合ではモデルⅡを使用すべきと思われる．

4．試算結果とその考察

（1）試算データ

三河湾海域を仮想海域とした沿岸地域指定問題を考え、

表－1　$\hat{w}_j$，$\mathcal{L}^k$による$\hat{x}_j^1$，$\hat{x}_j^2$の値（左：$\hat{x}_j^1$，右：$\hat{x}_j^2$）

	$j \in \mathcal{L}^1$，$j \in \mathcal{L}^2$		$j \in \mathcal{L}^1$，$j \notin \mathcal{L}^2$		$j \notin \mathcal{L}^1$，$j \in \mathcal{L}^2$	
$\hat{w}_j \leqq P^1$	1 0	0 1	1	0	0	1
$P^1 < \hat{w}_j \leqq P^2$	0	1	0	0	0	1
$P^2 < \hat{w}_j$	0	0	0	0	0	0

提案した代替案作成法の検討を行なった。

図-2は各用途ごとの候補地の位置を示したものである。候補地は、適地ポテンシャル値[4)5)]を参考にして選んだもので、候補地の地区数は、自然保護，海水浴場，臨海工業についてそれぞれ、16，13，14である。これらの候補地のうち、同一地区が2つ以上の用途の候補地となっているものは3地区のみで、それらの用途はいずれも自然保護と海水浴場である。なお、モデルⅠに必要な、d_{io}，w_{io}^0の値は、水理模型実験の結果等[6)]を参考にして求めた。

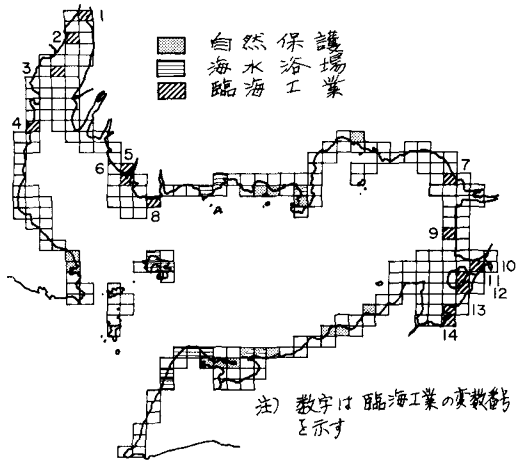


図-2　各用途の候補地

（2）提案した方法による代替案

（2.1）多目的線形計画モデルのパレート最適解

モデルⅢでは、x_i^3の解は必ず0または1となるので、各変数に対するシンプレックス乗数は基底変換に際して不変である。このシンプレックス乗数を用いると、各パレート最適解に対する$(\lambda^1, \lambda^2, \lambda^3)$の領域は、図-3のように表わされる[7)]。ここで、図中の数字は変数の番号iを表わし、対応する直線はシンプレックス乗数が0である場合のλ^1とλ^2に関する条件式$(\sum_{o\in L^1} d_{io})\lambda^1+(\sum_{o\in L^2} d_{io})\lambda^2=(1-\lambda^1-\lambda^2)$を示している。

この図から、モデルⅢでのパレート最適解の係数は38であることがわかる。それらをまとめて示したものが表-2である。

なお、この試算例では、モデルⅢに示す多目的線形計画モデルのすべてのパレート最適解は、まったく容易に机上計算で求められる。

（2.2）代替案の選出

(2.3)で述べた方法を用いると、モデルⅢの解を$\hat{x}_i^3$としたときにそれに対応する$\hat{x}_i^1$と$\hat{x}_i^2$とを求めることができる。表-1における自然保護と海水浴場との排他条件のため、ひとつの$\{\hat{x}_i^3\}$に対していくつかの代替案候補が得られるが、38個の$\{\hat{x}_i^3\}$のうち、その数は、2個の$\{\hat{x}_i^3\}$で1，1個の$\{\hat{x}_i^3\}$で3，残りの36個の$\{\hat{x}_i^3\}$では4であった。したがって、代替案候補の総数は149であった。

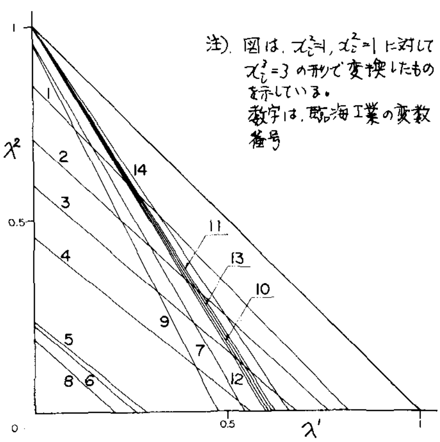
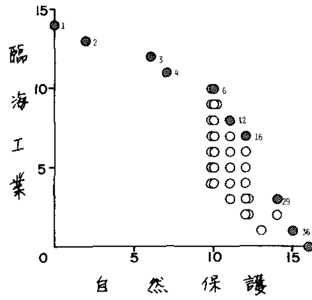


図-3　パレート最適解に対応する$\lambda(\lambda^1, \lambda^2, \lambda^3$についてのみ$)$の領域

表-2　モデルⅢのパレート最適解（*印は、$\hat{x}_i^3=1$を示す）

	臨海工業変数番号 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	用途指定可能最大地区数（k） (1)	(2)	(3)	パレート P
モデルⅢのパレート最適解 1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	0	2	14	*
2	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	2	8	13	*
3	•	•	•	•	•		•		•	•	•	•	•	•	6	8	12	*
4	•	•	•	•			•		•	•	•	•	•	•	7	12	11	*
5	•	•	•	•			•			•	•	•	•	•	10	11	10	
6	•	•	•				•		•	•	•	•	•	•	10	13	10	*
7	•	•	•	•						•	•	•	•	•	10	11	9	
8	•	•	•				•			•	•	•	•	•	10	13	9	
9	•	•					•		•	•	•	•	•	•	10	13	9	
10	•	•	•							•	•	•	•	•	10	13	8	
11	•	•					•			•	•	•	•	•	10	13	8	
12	•						•		•	•	•	•	•	•	11	13	8	*
13	•	•	•							•	•		•	•	10	13	7	
14	•	•								•	•	•	•	•	10	13	7	
15	•						•			•	•	•	•	•	11	13	7	
16							•		•	•	•	•	•	•	12	13	7	*
17	•	•	•								•		•	•	10	13	6	
18	•	•								•	•		•	•	10	13	6	
19	•									•	•	•	•	•	11	13	6	
20							•			•	•	•	•	•	12	13	6	
21	•	•	•								•			•	10	13	5	
22	•	•									•		•	•	10	13	5	
23	•									•	•		•	•	11	13	5	
24										•	•	•	•	•	12	13	5	
25	•	•	•											•	11	13	4	
26	•	•									•			•	10	13	4	
27	•										•		•	•	11	13	4	
28										•	•		•	•	12	13	4	
29	•	•	•												14	13	3	*
30	•	•												•	11	13	3	
31	•										•			•	11	13	3	
32											•		•	•	12	13	3	
33	•	•													14	13	2	
34	•													•	12	13	2	
35											•			•	12	13	2	
36	•														15	13	1	*
37														•	13	13	1	
38															16	13	0	*

次に、これらの代替案候補のなかから、その集合についてのパレート最適案を選んだ。この場合は、各$\{\hat{x}_i^3\}$に対する複数個の代替案候補をひとまとめにしてパレート最適性の検討を行なうものので、実際には38個の$\{\hat{x}_i^3\}$に対応させた検討を実施した。表－2における右側の数字は、モデルⅢの38種類のパレート最適解に対応する自然保護，海水浴場それぞれの用途指定可能最大地区数、および臨海工業の用途指定地区数を示したものである。また、図－4はそれらの値を、自然保護と臨海工業とについて示したものであり、図中、斜線の丸印はパレート最適な代替案候補を示している。この表からもわかるように、パレート最適な代替案候補は$\{\hat{x}_i^3\}$に関しては10種類である。また、パレート最適な代替案候補の総数は33であった。つまり、この33の代替案候補が提案した代替案作成法によるモデルⅠの代替案となる。



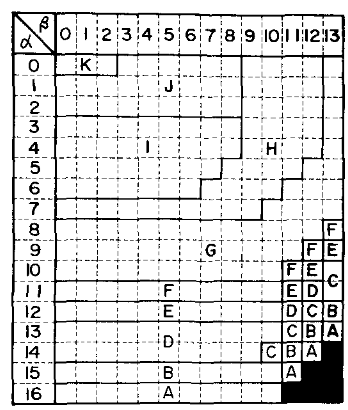
図－4 $\{\hat{x}_i^3\}$に対応する用途指定可能最大地区数（臨海工業，自然保護のみ）（数字はモデルⅢのパレート最適解の番号）

（3）提案した方法による代替案とモデルⅠのパレート最適解との比較

（3.1）モデルⅠのすべてのパレート最適解

提案した代替案作成法の適否を考察するため、モデルⅡによって、モデルⅠのすべてのパレート最適解を求めることとした。この場合α，βはそれぞれ0～16，0～13までの整数値をとり得ることとなり、(α, β)の値の組数は、自然保護と海水浴場との排他条件を考えると232となる。モデルⅡを用いて計算した結果、パレート最適解の数は37であること、また、臨海工業の用途指定案は11種類であることがわかった。

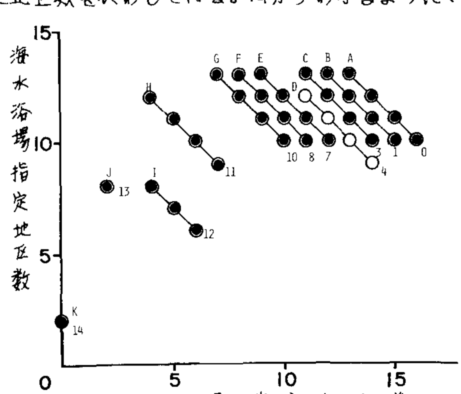
図－5は、(α, β)の値と臨海工業の用途指定案の種類を示したものであり、A～Kがその種類を示している。表－3は臨海工業指定案の内容を示したもので、右側の数字は、各指定案のもとでの各用途の指定地区数の最大値を表わしている。自然保護と海水浴場とでは3地区で同一地区での排他条件が存在するため1種類の臨海工業用途指定案に対して、最大4個のパレート最適な代替案がある。



図－5 モデルⅠのパレート最適な臨海工業用途指定案と(α, β)の値

（3.2）代替案とモデルⅠのパレート最適解の比較

図－6は、モデルⅠのすべてのパレート最適な37の解と提案した方法で求めた33の代替案とについて、それぞれ、各用途別の指定地区数を示したものである。図中の丸印のそばの数字は、臨海工業の指定地区数を表わしている。図からわかるように、提案した方法によ



図－6 モデルⅠのパレート最適解と代替案（数字は臨海工業指定地区数）

表－3 モデルⅠのパレート最適解に対応する臨海工業用途指定案

		臨海工業変数番号														用途指定可能最大地区数（k）		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	(1)	(2)	(3)
臨海工業用途指定案	A															16	13	0
	B	*														15	13	1
	C	*	*	*												14	13	3
	D	*	*	*	*											14	12	4
	E							*		*	*	*	*	*	*	12	13	7
	F	*						*		*	*	*	*	*	*	11	13	8
	G	*	*	*				*		*	*	*	*	*	*	10	13	10
	H	*	*	*	*			*		*	*	*	*	*	*	7	12	11
	I	*	*	*	*	*		*		*	*	*	*	*	*	6	8	12
	J	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	2	8	13
	K	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	2	14

る代替案はすべて、モデルⅠのパレート最適解である。また、モデルⅠのパレート最適解の総数37のうち、33を提案した方法によって作ることができる。これらの結果から、この例について言えば、この代替案作成法は、基本モデルのパレート最適解の大部分を示し得たといえる。

一方、演算の面では、モデルⅡを用いた場合にはかなりの数の0-1整数計画問題を解かねばならないのに対して、提案した方法を用いた場合、この例では、簡単な机上計算のみである。したがって、この例に関して言えば、提案した方法は、適切な1次的代替案を簡単に作成できる代替案作成法であるといえる。

5. おわりに

本研究では、妥協交渉による決定が想定される多目的沿岸地域用途指定計画における1次的な代替案の作成法について、モデルⅠに示す0-1整数計画モデルが基本モデルである場合の代替案作成法を提案したものである。

この方法は、基本モデルの特徴を伝えるようなある多目的線形計画モデルを作り、そのパレート最適解を代替案作成の候補案として検討する点に特色がある。このことは、多目的線形計画モデルについては、すべてのパレート最適解を算出しうるアルゴリズムがあること、また、それらのパレート最適解は、一般にバラエティーに富んでいることなどを利用したものである。この方法は、バラエティーに富んだ多くの代替案を容易に作り出しうるという点では、1次的代替案作成法として評価しうるのではないかと考えられる。少なくとも、試算例については、そのことは認められよう。

演算の面では、提案した方法は容易で、試算例のように、目的関数の数が3種類であれば、変数の数が増えたとしても机上計算のみで十分可能である。また、目的関数の種類が増えたとしても、モデルⅢの多目的線形計画モデルのパレート最適解の算出は、多少のわずらわしさを伴なうが、原則的にはやはり机上計算でも可能と考えられる。このように、提案した方法での演算は容易である。

ところで、この代替案作成法で使われる多目的線形計画モデルの形式は、必ずしも確定したものではない。特に、目的関数をどのように定めるかについては、種々のモデルが考えられる。したがって、作られた代替案が適切であるか否かは、どのような多目的線形計画モデルを用いるかに左右される。その意味では任意性が高く、結果の適否を必ずしも事前に予想しえないという問題点がある。代替案が基本モデルのパレート最適解であるか否かについても、いくつかの代替案はパレート最適解であるという以外は、確定的には言えない。試算例の結果は、満足すべきものであったと言えるが、これは、1試算例での結果と認識すべきであろう。

しかしながら、多目的線形計画モデルのパレート最適解の数はかなり多く、かつさまざまな解が得られることを考えると、基本モデルの性格をよく認識して多目的線形計画モデルを作れば、適切な代替案が得られることをかなりの程度期待しうると思われる。

なお、代替案作成のひとつの方法として、基本モデルのパラメーターズ[8)]を順次変えてゆく方法も考えられるが、試算例と同じデータのもとでは、その方法は効果的ではなく、提案した方法がはるかにすぐれていた。

今後は、試算例を重ねてゆくとともに、用途の種類が多い場合の方法について具体的に考察を加えてゆきたい。

参考文献

1) 矢島隆；"マルティ・オブジェクティブの評価と意思決定"地域開発，PP. 67~80(昭.47.7.)，PP. 59~67(昭.47.8.)

2) Werczder, E.; A Mixed-Integer Programming Model for the Integration of Air-Quality Policy into Land-Use Planning, Papers of the Regional Science Association, vol. 33, pp. 141~154, 1974

3) 柏谷増男，大西力；整数計画法による沿岸地域の用途指定計画，第30回土木学会中国四国支部講演概要集，PP. 143~174，昭和53年5月

4) 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報告書(Ⅱ)，昭和51年3月

5) 坂田政彦；多目的沿岸利用計画に関する一考察，愛媛大学工学部卒業論文，PP. 10~11，昭和52年3月

6) 運輸省第五港湾建設局；伊勢湾水理模型実験場報告，昭和50年10月

7) M. Zeleny; Linear Multiobjective Programming, Springer-Verlag, 1974

8) 同上 3)