Ⅳ-214　沿岸地域の用途指定計画モデルの研究

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モデルを配分計画モデルとしてみた場合の重要な課題は、次の2点と考えられる。第1は、各用途間相互の影響、特に、汚染物質を排出する用途とそれによって被害を受ける用途との関係を表現することである。第2は、沿岸地域の総合的利用をはかるために、多目的計画に役立つモデルを作ることである。第1の点を重視した場合、0-1整数計画法によるモデルの定式化が有効であるが、このときには、多目的計画との関連がうまくとれないという難点が生じる。

本研究は、この難点に関する計画モデルの研究を行なったものである。具体的には、用途指定計画モデルを多目的0-1整数計画モデルで定式化したうえで、そのパレート最適解を近似的に与えうるような多目的線形計画モデルを考え、試算例によってこれら2つのモデルの解の関係を考察したものである。

2. 多目的0-1整数計画モデルによる定式化

(2.1)前提

計画対象地域をいくつかのメッシュに分割し、各メッシュを添字iまたはjで表わす。各メッシュの大きさは1km²とする。指定すべき用途を添字kで示す。ここでは自然保護($k=1$),海水浴場($k=2$)，臨海工業($k=3$)のみをとりあげる。各用途ごとに候補地をあらかじめ選んでおくこととし、それらの集合を$\mathcal{L}^k$で示す。用途kがメッシュiに指定されれば$x_i^k=1$とし，そうでなければ，$x_i^k=0$とする。メッシュiに臨海工業が指定された場合，そこで排出される汚染物のうち他のメッシュjに到達する量をd_{ij}で示す。メッシュjの計画前状態での汚染物の量をW_jとし、自然保護および海水浴場の指定に関する汚染物基準値をP^kで表わす。

(2.2)モデルの定式化

目的関数は，各用途ごとの指定メッシュ総数とする．この場合、用途の種類数は3であり，3種の目的関数がある。制約条件は、あるメッシュを自然保護もしくは海水浴場に指定する場合には，そこでの汚染物の量が概当する基準値以下でなければならないという環境基準条件と、各用途の指定に際しての排他条件とである。

用途指定計画モデルを多目的0-1整数計画モデルとして定式化し、スカラ化問題の形で示したものをモデルⅠと呼ぶこととする。モデルⅠは、以下のように示される。

モデルⅠ

目的関数　$\max \sum_{i,k} \lambda^k x_i^k$　(1)

制約条件　$\sum_k \lambda^k = 1$　(2)

$0 \leq \lambda^k \leq 1$　(3)

$\sum_i d_{ij} x_i^3 + W_j \leq P^k + A(1 - x_j^k) \quad (k=1,2)$　(4)

$x_j^3 + x_j^k \leq 1 \quad (k=1,2)$　(5)

$x_j^1 + x_j^2 \leq 1$　(6)

$x_j^k = 1 \text{ or } 0$　(7)

ここで、λ^kはウェイトを示すパラメーター，Aは十分大きい正数

このモデルは、外部からパラメーターの適当な値を与えられたときには，それに応じた解を出しうるが，パラメーターの値の選定が困難で，パレート最適解をすべて算出するべく要請され場合には、このモデルでその要請に応えることはできない。

モデルⅠのパレート最適解をすべて算出する方法としては，以下に示すモデルⅡを用いる方法がある。

モデルⅡ

目的関数　$\max \sum_i x_i^3$　(8)

制約条件　$\sum_j x_j^1 \geq \alpha$　(9)

$\sum_j x_j^2 \geq \beta$　(10)

式(4)～式(7)

このモデルは，自然保護および海水浴場の指定メッシュ総数の下限値を(α, β)として与え、モデルⅠの制約条件のもとで臨海工業の指定メッシュ数を最大化しようとするものである．考えうるすべて(α, β)の値に応じてモデルⅡを解けば、モデルⅠ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にはモデルⅡの計算ケースが多くなるという難点がある。また、変数の数が多い場合には，0-1整数計画問題の解を得るための演算時間がかなり多くなることも、実用時には問題点となろう。

3、多目的線形計画モデルによる近似解算出法

ここでは、モデルⅠのパレート最適解を簡単に算出しうるような、1種のシミュレーションモデルを提案する。このシミュレーションモデルは、ひとつの多目的線形計画モデルといくつかの判定計算部分とで構成される。シミュレーションの手順を図-1に示す。このうちの多目的計画モデルをモデルⅢと名づける。モデルⅢを以下に示す。

モデルⅢ

目的関数 $\max \sum_{i} \left(-\sum_{j \in \alpha_1} \lambda^1 d_{ij} - \sum_{j \in \alpha_2} \lambda^2 d_{ij} + \lambda^3 \right) x_i^3$ (11)

制約条件 $\sum_{K} \lambda^K = 1$ (12)

$\lambda^K \geq 0$ (13)

$0 \leqq x_i^3 \leqq 1$ (14)

モデルⅢは、λ^1またはλ^2の値が大きくなれば自然保護または海水浴場の指定メッシュ総数を結果的に多くするように、またλ^3の値が大きくなれば臨海工業の指定メッシュ総数を多くするように、臨海工業の用途指定を行なうものである。モデルⅢでは変数x_i^3は連続変数であるが、x_i^3に関する制約式が式(14)のみであるため、解は常に0か1となる。また、このため基底変換に関する演算は容易であり、モデルⅢに関するすべてのパレート最適解は机上で容易に求めうる。

次に、シミュレーション手順をモデルⅠとの関連にふれながら述べる。まず、モデルⅢのすべてのパレート最適解を算出する。モデルⅢは、式(4)の内容をある程度反映する形で臨海工業の指定案を求めるもので、モデルⅢのパレート最適解の数は、ふつう、モデルⅠのパレート最適解の数よりも大きいと考えられる。モデルⅢの解に対して、自然保護と海水浴場との用途指定を行なう。ここでは、式(4)(5)(6)が考慮されている。次に、指定メッシュ総数を算出する。これは、式(1)に示されている個別用途ごとの目的関数値に対応している。最後に指定メッシュ総数の値にもとづいてパレート最適性の判定を行ない、パレート最適となっているものを用途指定案として選ぶ。

4. 試算結果とその考察

三河湾地区を仮想海域として試算を行なった。候補地のメッシュ数は、自然保護、海水浴場、臨海工業についてそれぞれ17, 13, 14である。モデルⅡによって算出したモデルⅠのパレート最適解とシミュレーションモデルで算出したパレート最適解とを図-2に示す。モデルⅠのパレート最適解の数は63で、その場合の臨海工業の指定案のパターン数は11である。一方、シミュレーションモデルで求めたパレート最適解の数は53で、このときの臨海工業の指定案のパターン数は10である。以上の結果から、この試算例に限れば、シミュレーションモデルによって、モデルⅠのパレート最適解の大部分を示しえたといえる。

5、おわりに、

試算例からみれば、提案したシミュレーションモデルの実用的価値は認められると思われる。しかしながら、この結果が今回の試算例に限られることも考えられる。今後は、各モデル相互の考察を進めるとともに試算例を重ねることも必要と思われる。

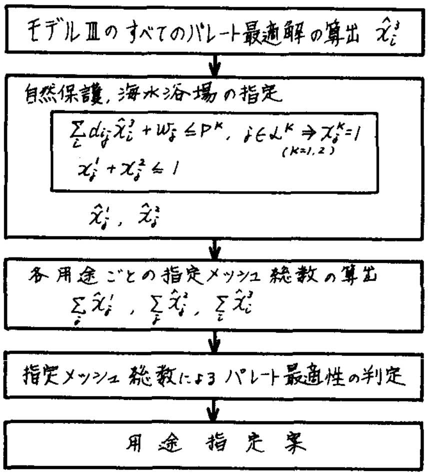

図-1 シミュレーション手順

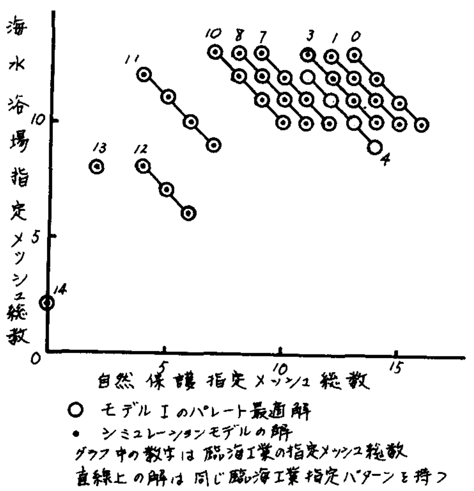

図-2 モデルⅠのパレート最適解とシミュレーションモデルの解

1) 柏谷, 大西, 整数計画法による沿岸地域の用途地域計画, 第30回中国四国支部講演概要