

愛媛大学工学部 正〇柏谷増男
ハ 幡 決 市 大 西 カ

1. はじめに

沿岸地域での自然や人間の活動は多種多様であり、その相互関係は複雑である。このため、環境問題や社会の多様化を十分考慮し、調和のとれた開発を進めることが強く望まれている。その基本計画として、沿岸地域での用途地域計画が必要である。ところで、沿岸地域の用途地域計画においては、利用活動や地域の特殊性のため、環境基準や排他・共存性などを特に考慮すべきであり、このことが計画のモデル化に関するひとつの課題といえる。本研究は、こうした課題の解決のために、0-1 整数計画法によって用途地域計画モデルを作成し、仮想海域に対して試算を行ない、その結果について考察したものである。

2 0-1 整数計画法によるモデルの定式化

一般に用途地域計画モデルを数理計画モデルとして考えると、その形は種々の制約条件のもとである目的関数を最大化するべく各地區の用途指定を定めるものとなる。沿岸地域の用途地域計画で注意すべき点としては、上記の環境基準と排他・共存性のほかに、計画の多目的性の考慮などがあげられる。

(1) 前提

まず、計画対象地域をいくつかのメッシュに分割する。ここでは 1 km^2 のメッシュを採用した。計画対象となる用途は、自然保護、海水浴場、臨海工業、のり養殖場、下水処理場であり、それらを添字 k の値でそれぞれ $k=1, 2, 3, 4, 5$ と表わす。モデルの変数は、あるメッシュがどの用途に指定されるか否かを示す 0-1 変数で、メッシュ j の用途 k に対しては x_j^k で表わされる。ただし、下水処理場については、処理区域との関係で指定を行なう必要があるため、モデルを用いなくあらかじめ指定メッシュを定めることとした。このため x_j^5 はこのモデルにとつての外生変数となる。

(2) 環境基準

自然保護、海水浴場、のり養殖場の3用途は、それら

の活動に必要な水質をみたす地区でなければ用途指定の意味がなくなる。そこで、これらの用途については、それぞれの水質基準に適合する水質をもつメッシュのみに用途が指定されるという制約条件を課することとした。いま、メッシュ j に位置する活動 k がメッシュ j に与える汚染物の量を d_{ij}^k 、メッシュ j での計画前状態の汚染物の量を w_j とすると、汚染物を排出する用途は $k=3$ と 5 ぞ、メッシュ j での汚染物の量 w_j は次式で表わされる。

$$w_j = \sum_i d_{ij}^3 x_i^3 + \sum_i d_{ij}^5 x_i^5 + w_{j0} = \sum_i d_{ij}^3 x_i^3 + w_{j3} + w_{j5} \quad (1)$$

$$\text{ここで } w_{j0} = \sum_i d_{ij}^5 x_i^5$$

活動 k の水質規準を P^k とすると、環境基準を表す制約条件は、 $k=1, 2, 3$ に対して、 $w_j \leq P^k$ ならば $x_j^k \geq 0$ 、 $w_j > P^k$ ならば $x_j^k = 0$ と表わせる。この制約条件を連続変数に対して定式化することは困難であるが、ここでは 0-1 整数変数を用いているため、この制約条件は、ある十分大きい正数 A を用いて、次式のように表わされる。

$$w_j \leq P^k + A(1 - x_j^k) \quad \dots\dots\dots (2)$$

(3) 排他・共存性

沿岸地域においても多くの場合は同一地区を2つ以上の活動が同時に使用することはなく、一般に用途指定は排他的である。ところが、海水浴場と のり養殖場とは、海域の使用時期が異なるため、同一地区を共存して使用することができると、線形の制約式で表わすことができる。本研究のモデルでは、排他・共存性を示す制約条件式は、次式のようになる。

$$\left. \begin{aligned} x_j^3 + x_j^4 &\leq 1 & (k=1, 2, 4) & \dots\dots\dots (3-1) \\ x_j^1 + x_j^k &\leq 1 & (k=2, 4) & \dots\dots\dots (3-2) \\ x_j^3 + x_j^4 &\leq 2 & & \dots\dots\dots (3-3) \end{aligned} \right\} (3)$$

(4) 目的関数の多目的性

沿岸地域を利用する各活動間の調和をはかるためには、用途地域計画モデルを多目的計画モデルとして定式化することが必要である。ここでは、対話型シミュレーション

ンの道具としてこのモデルが使われることを想定し、このモデル自体は種々の代替案を得ることのみを目的とする。各用途に対する個別の目的関数を $f^k = \sum_j c_j^k x_j^k$ で表わし、モデルの目的関数は、外生的に与えられるウェイト λ^k ($\sum_k \lambda^k = 1, \lambda^k \geq 0$) を用いて次式のように表わす。

$$\sum_k \lambda^k f^k = \sum_k \lambda^k \left(\sum_j c_j^k x_j^k \right) \quad \dots\dots (4)$$

ただし、 c_j^k : メッシュ j が用途 k に割り当てられたときの評価値

用途地域計画モデルは、外生的に λ^k の値を与えたときに、式(1)~(3)の制約条件と x_j^k が 0-1 変数であるという条件のもとで、式(4)の目的関数を最大化する x_j^k の値を求めよという 0-1 整数計画として定式化される。なお、種々の λ^k の値に応じて各代替案を得るということから見れば、このモデルは λ^k をパラメーターとする 0-1 整数計画モデル群といえる。

3. 仮想沿岸地域での試算結果とその考察

試算のための仮想対象沿岸地域として三河湾ととりあげた。まず、対象地域を 1 km² メッシュに分割し、各メッシュの地域特性を考慮して用途ごとに用途指定の候補地となるメッシュを選ぶ。候補地のメッシュ数は、自然保護、海水浴場、臨海工業、のり養殖場についてそれぞれ 16, 13, 14, 68 である。また、下水処理場は、あらかじめ 4 地点を指定した。水質基準を示す PR の値としては、自然保護、海水浴場、のり養殖場についてそれぞれ 1, 2, 3 PR を与えた。モデルの変数の総数は 111 であるが、その場合にかなり多くの計算時間を要したため、試算では、のり養殖場を除いた形のモデルを使用し、のり養殖場については、モデルの結果からのり養殖場候補地の水質の値を計算し、その水質基準値をみたすメッシュを指定することとした。したがって試算時に用いた λ^k は、自然保護、海水浴場、臨海工業の 3 用途に関するウェイトを示すパラメーターである。パラメーター λ^k の選定は、臨海工業のウェイトをまず何種類の決め、そのうえで他の 2 用途のウェイトを決める方法ととり、約 80 ケースの λ^k の値に対して計算を行なった。計算結果の一例を図-1 に示す。

試算結果からわかったことを以下に述べる。

- ① λ^k の値の組数は約 80 であるが、得られた用途指定代替案の組数は 10 種類にすぎない。モデルの解の組は限られており、ひとつの代替案に対する λ^k の値にはかなり

広い範囲が相当している。このことは変数が 0-1 整数であることと、環境基準を示す制約条件がきびしく作用していることによるものと思われる。

- ② 各代替案の内容については、臨海工業のウェイトの値の変化がもっとも顕著な影響を与え、自然保護と海水浴場のウェイト比の変化は、代替案の内容とそれほど変化させるものではない。

- ③ 臨海工業のメッシュ数の増大とともに自然保護、海水浴場のメッシュ数は、少するが、その度合は前者が後者よりも著しい

4. おわりに

本研究では、環境基準や排他・共存性のように、連続変数では定式化し難い特性をもつ沿岸地域の用途地域計画モデルと、0-1 整数計画法により定式化することができた。今後の課題としては、変数の数の増加にともない演算時間が多大となる点を改良するため、整数計画法を含む有効なシミュレーションモデルを開発すること、また、代替案の重複を避けるために、M.O.L.P. を併用することなどがあげられる。

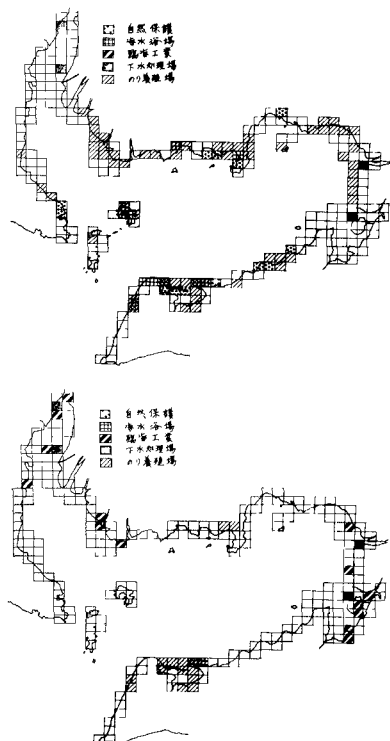


図-1 モデルから算出された用途地域指定代替案の例
(注: 上は臨海工業指定、下は臨海工業最大指定の案を示す)