

京都大学 正員 長尾義三

京都大学 正員 森杉寿芳

建設省 正員 佐藤信秋

1. 本考察の目的と立場

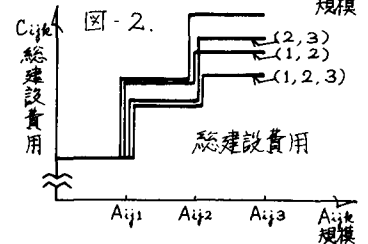
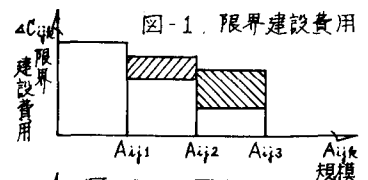
工業生産の量的・地域的拡大に伴い、公害問題と取入れに工業開発計画が必要となつていく現在、今後工業開発が必要があるとするれば、いかにして環境を破壊しないように開発するのかが問われる。これに対する一つの対処の仕方として、本考察は、筆者が従来から行なつてきた研究¹⁾をもとに拡張し、工業用地需要の時系列として与えられたとき、公害による社会的費用および新都市開発費用を含む工業開発費用の現在価値を最小にするという立場にたつて、開発地の選定および規模・決定に関与する“いつ”という開発手順とも同時に与える工業開発地の多地域多段階建設計画モデルを提案することを目的とする。

2. 代替案、段階建設の定義

多くの工業開発の候補地において、複数の規模の異なる相互に排他的な代替案が提示されていくものとする。規模は工業用地の造成規模で測定し、代替案とは、段階建設という観点からみて、最終段階に対応する規模に応じた開発地内の諸施設・配置・用途区分を行なう土地利用計画案をいう。つぎに、必ずしも計画期間中でなくともよいが、究極的には想定された規模に対応する代替案と完成しなければならないという前提、および、代替案もそれぞれ、部分に以前に建設された部分と付加して供用可能な部分に分割することができるという前提のもので、部分1、部分2、… というように順次各部分も建設する方式を段階建設という。分割された部分に1つ使用に供用可能な部分を1段階、それ以前に建設された(長-1)個の部分と結合してはじめて供用可能な部分も1段階という。定義された代替案と各段階の作成には莫大の労力と時間が必要とする事および各施設の不適合性を考慮すれば、提示され得る代替案と各段階の造成規模は、多くとも4~5の離散的美数であるを仮定する。

3. 段階建設の費用関数

工業開発地の建設費用として計とすべきものは、用地造成費、公共諸施設建設費、土地の機会費用、工業製品輸送費および大気汚染の社会的費用からなる。各段階で建設するのに追加的に必要となる建設費用は各段階の限界費用、追加的造成規模も限界造成規模という。(長-1)段階までバオ期までに既に建設されたい、各段階でバオ期に単独で建設する場合と、(長-1)段階以下のいくつもの段階を一括して同時に建設する場合とは、一般に前者の方が高い限界費用を要する。なぜならば、用地造成費や公共施設建設費には、同時に建設する段階数のいかににかかわらず、一定額の費用が必要であり、この一定額の費用、すなわち段階費用(Set up cost)を一括建設によって節約されるからである。たとえば、地域が代替案の各段階に分割可能であるとすれば、それぞれの段階の限界費用は図-1のようになる。



注) (k_1, k_2, k_3) は一括建設を示す。

斜線部分が一括建設によって節約される。したがって、各段階・単独建設一括建設の組合せによつて、総建設費用は図-2のように変化する。

4. 工業開発地・多地域多段階建設モデルの定式化

いま、計画期間 $1, \dots, T$ 期までにそれぞれ累積工業用地需要 $D_1, \dots, D_T$ を達成しなければならないという計画目標の時系列が設定されているものとする。このため、 N 個の候補地が列挙され、候補地 i には T 個の造成規模の異なる相互に排他的な代替案が提示される。候補地 i の j 番目の代替案は j 段階・段階建設が可能であるものとし、段階長を (i, j, k) と書く。 (i, j, k) の限界造成規模を ΔA_{ijk} 、単独建設および一括建設の場合の限界建設費用をそれぞれ、 ΔC_{ijk} 、 $\Delta \hat{C}_{ijk}$ 、その差を $\Delta e_{ijk} (= \Delta C_{ijk} - \Delta \hat{C}_{ijk} \geq 0, k \geq 1)$ とする。そして、 $X_{ijk\tau}$ を (i, j, k) を τ 期に建設するとき1、そうでないとき0とする0-1整数変数とし、 γ を割引率とすれば、限界建設費用の現在価値の総和を最小にする開発地の選定と開発規模の決定と建設手順をも同時に求める多地域多段階建設計画モデルは、2次形式・目的関数をもつ0-1整数計画によつて、(1)~(5)のように定式化することができる。

$$1) \text{ 用地需要制約 } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K_i} \sum_{k=1}^{T_i} \Delta A_{ijk} X_{ijk\tau} \geq D_\tau \quad (\tau = 1, \dots, T) \quad (1)$$

$$2) \text{ 時間的排他性 } \sum_{k=1}^{T_i} X_{ijk\tau} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, T_i, k = 1, \dots, K_{ij}) \quad (2)$$

$$3) \text{ 代替案の排他性 } \sum_{j=1}^{K_i} \sum_{k=1}^{T_i} X_{ijk\tau} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, N) \quad (3)$$

$$4) \text{ 建設順序制約 } \sum_{k=1}^{T_i} X_{ijk\tau} \geq X_{ijk\tau} \quad (i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, T_i, k = 2, \dots, K_{ij}, \tau = 1, \dots, T) \quad (4)$$

$$5) \text{ 目的関数 } Z = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K_i} \sum_{k=1}^{T_i} \frac{1}{(1+\gamma)^{\tau-1}} \left[\Delta C_{ijk} X_{ijk\tau} + \sum_{k=2}^{K_{ij}} (\Delta C_{ijk} - \Delta e_{ijk} X_{ijk(\tau-1)}) X_{ijk\tau} \right] \quad (5)$$

(5)式が与えられるように、段階費用 ΔC_{ijk} 成り立つ場合には、上式は線型の0-1整数計画法となる。

5. 多地域多段階建設モデルの解法

(5)式において、 $X_{ijk\tau} = 1$ のとき、(2)式よりもし、 $X_{ijk(\tau-1)} = 1$ であれば $\sum_{k=1}^{T_i} X_{ijk(\tau-1)} = 0$ 、もし、 $X_{ijk(\tau-1)} = 0$ であれば、 $\sum_{k=1}^{T_i} X_{ijk(\tau-1)} = 1$ であることを考慮すれば、(5)式は(6)式のように書き換えられること becomes する。

$$Z = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K_i} \left[\sum_{k=1}^{T_i} \Delta \hat{C}_{ijk} X_{ijk\tau} + \sum_{k=2}^{K_{ij}} \frac{1}{(1+\gamma)^{\tau-1}} \left\{ \Delta \hat{C}_{ijk} + \Delta e_{ijk} \left(\sum_{k=1}^{T_i} X_{ijk(\tau-1)} \right) \right\} X_{ijk\tau} \right] \quad (6)$$

ただし、 $\Delta \hat{C}_{ij1} = \Delta C_{ij1}$ 、 $\Delta \hat{C}_{ijk} = \Delta C_{ijk} - \Delta e_{ijk}$ ($i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, T_i, k = 2, \dots, K_{ij}$)

(6)式は、 $X_{ijk\tau}$ に関して単調非減少関数であるから、(6)式を目的関数とし、(1)-(4)式を制約条件とする0-1整数計画法は、分岐限定法の一方法である、Lawler-Bell²⁾の方法によつて解くことができる。また、(1)-(4)式の線型性に着目すればGilmore-Gomory³⁾の方法を若干修正して解くこともできる。

6. 計算結果・考察

実際の工業基地の開発費用試算例をもとに $N = T_i = K_{ij} = 3$ の場合の計算例を行なつた結果、(1) $D_\tau, \Delta C, \Delta e$ の値に応じてそれぞれの最適な開発地と開発規模と開発手順を求めることのできる。(2) 計画目標が小さい場合には Δe の有无にかかわらず最適解が不変である。(3) 計画目標が大きくなると割引率の大小によつて最適解が敏感に変動することなどが判明した。

1) 長尾義三, 森初孝芳, 佐藤信次, 工業開発地の選定とその規模の決定法に関する研究, 経済学論文集 (投稿中)

2) E. L. Lawler & M. D. Bell; A Method for Solving Discrete Optimization Problem, O.R., Vol. 14 No. 6, 1966

3) P. C. Gilmore & R. E. Gomory; Theory & Computation of Knapsack Function; O.R., Vol. 14, No. 6, 1966