Ⅳ—199　　**土地造成設計における最適化について**

東大生研　正員　村井俊治
東大大学院　田中総太郎

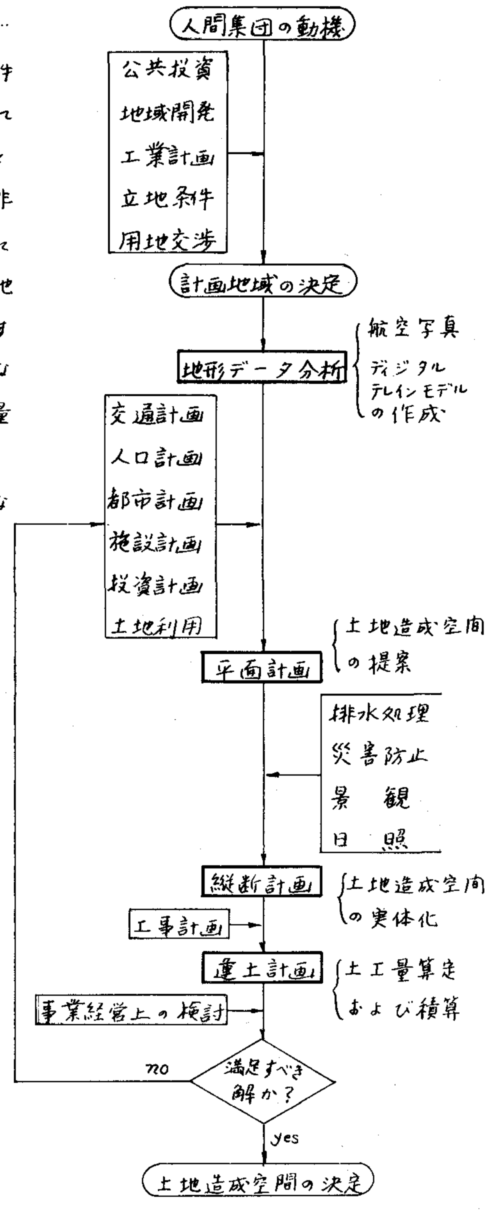
まえがき

人口増加と都市の過密化によって生じた地価の高騰と公共用地の不足のために，住宅団地あるいは飛行場など大規模な用地を必要とする土地造成は，次々に地形条件の悪い地域に計画せざるを得なくなってきている。これにともない，土木工事における諸条件がきびしくなるとともに，総工事費における土地造成費の占める割合が非常に大きくなっている。また，大規模な土地造成計画における設計の良否および設計作業処理の迅速さは，土地造成費を少なくし，計画の実施を早め，用地量を節減する上での重要な課題となっているのである。このような意味から，筆者らは，土工量算定や図面作成など，多量の機械的仕事に大半の労力と時間を費やしている現在の土地造成設計の方法を合理化し，さらに，これを最適なものに近ずける方法の開発に着手したわけである。

1、土地造成設計の合理化

土地造成設計においては，右図に示すごとく，数多くの要因の影響をうけるため，唯一つの数学的モデルをくみたて，その最適解を数学的に求めるという方法をとることは困難である。このため，各段階における各方面からの数値的評価または視覚的評価などによって，前の段階に feed back したり，次の段階へと進む方法がとられる。ここでは，各段階における機械的仕事は計算機により自動化し，同時に，一定の仮説のもとにおけるその段階の部分的最適解を求めるというようにして，全体の最適解へとアプローチしてゆくのである。たとえば，数学的にとりあつかうことの最も困難な平面計画では，視覚的判断を容易にし，修正図形の入力が可能であるコンピュータグラフィックスの応用が，将来有力な道具として用いられよう。

縦断計画，運土計画の最適化の一例を次にのべてみよう。



土地造成設計のプロセス

2. 最適縦断計画

いま，与えられた計画区域をn個の小部分に分割する。分割された一つのブロックは，一つの地盤高Hで代表できるものとし，整地すべき計画高をZとする。i番目の小部分の面積をA_iとすると，切土量V_{ci}，および盛土量V_{bi}は次のようになる。

$$\left.\begin{array}{llll} H_i - Z_i \geqq 0 & のとき, & V_{ci} = A_i(H_i - Z_i), & V_{bi} = 0 \\ H_i - Z_i < 0 & のとき, & V_{ci} = 0, & V_{bi} = -A_i(H_i - Z_i) \end{array}\right\} \quad (1)$$

切土工および盛土工による土工費Fは，切土工および盛土工の単価をそれぞれK_c，K_bとすると，

$$F = \sum_{i=1}^{n} (K_c V_{ci} + K_b V_{bi}) \quad (2)$$

こゝで論ずる最適縦断計画を，"(i) 整地勾配が許容勾配内にある。(ii) 計画区域内の土工量がバランスする。という制約のもとに，土工費Fを最小にするような計画高Zを求めること"と定義する。

(1)式におけるV_{ci}，V_{bi}を判定なしの一意関数として表わすためには，

$$A_i(H_i - Z_i) = U_i - W_i, \quad U_i \geqq 0, \quad W_i \geqq 0 \quad (3)$$

とおいて，

$$|A_i(H_i - Z_i)| = \min(U_i + W_i) \quad (4)$$

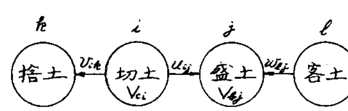
を，線形計画法によって求めれば，そのときの解U_i，およびW_iはそれぞれ，V_{ci}，V_{bi}を与える。
したがって，上で述べた最適縦断計画は，次のような線形計画の問題におきかえられる。

$$\left.\begin{array}{ll} 制約式: & A_i(H_i - Z_i) = U_i - W_i, \quad U_i \geqq 0, \quad W_i \geqq 0 \\ & |Z_i - Z_j| \leqq h_a \\ & \alpha_c \sum_{i=1}^{n} V_{ci} = \alpha_b \sum_{i=1}^{n} V_{bi} \quad あるいは \quad \alpha_c \sum A_i(H_i - Z_i) + (\alpha_c - \alpha_b)\sum W_i = 0 \end{array}\right\} \quad (5)$$

こゝで，α_c，α_bは土工換算係数

$$目的関数 \quad F = \sum_{i=1}^{n} (K_c U_i + K_b W_i) \longrightarrow \min \quad (6)$$

3. 線形計画法を応用した運土計画



i番目の切土V_{ci}は，一部は盛土個所へu_{ij}，一部は捨土場へv_{ik}だけ運土される可能性をもつ。また盛土V_{bi}は，一部は切土個所からu_{ij}，一部は採土場からw_{lj}だけ運土される可能性がある。運土工費Fは，運土工単価が運土個所間の距離および地形の関数で与えられるとすると，

$$F = \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{q} K_{uij}\, d_{ij}\, u_{ij} + \sum_{i=1}^{p}\sum_{k=1}^{r} K_{vik}\, d_{ik}\, v_{ik} + \sum_{j=1}^{q}\sum_{l=1}^{s} K_{wlj}\, d_{lj}\, w_{lj} \quad (7)$$

こゝで，K_u，K_v，K_wは，運土，捨土，客土の単価，dは運土個所間の距離

運土工費Fの最小値は，次に示す制約式のもとに，線形計画法によって求められる。

$$\left.\begin{array}{ll} \sum_{j=1}^{q} u_{ij} + \sum_{k=1}^{r} v_{ik} = \alpha_c V_{ci}, & (i = 1, 2 \cdots p) \\ \sum_{i=1}^{p} u_{ij} + \sum_{l=1}^{s} w_{lj} = \alpha_b V_{bj}, & (j = 1, 2 \cdots q) \\ \sum_{i=1}^{p} v_{ik} \leqq V_{sk} & (k = 1, 2 \cdots r) \\ \sum_{j=1}^{q} w_{lj} \leqq V_{tl} & (l = 1, 2 \cdots s) \end{array}\right\} \quad (8)$$

こゝで，V_s，V_tはそれぞれ捨土場および採土場の最大容量