

大規模宅地開発における Computer Aided Planning System の開発研究

- 計画地形モデルの運用を中心として -

京都大学工学部 正員 吉川 和広

京都大学工学部 正員 春名 攻

京都大学工学部 学生員 〇南 健志

1. 本研究のねらい

我が国における大規模宅地開発プロジェクトは近年、開発適地が減少してきたことにより、新規の宅地開発においては地形的にきびしい丘陵地帯でかつ都市基盤も未整備な地域を対象としなければならないことが多くなってきた。このような状況に対して宅地開発者は、これまで蓄積した多くの知識・経験を生かしつつも、従来とは異なった事業の推進方法で大規模宅地開発に取り組む必要があると思われる。その際特に計画初期における充実した戦略的な検討、すなわち構想計画段階におけるイメージレベル（概念レベル）での十分な検討が必要となる。本研究は、このような状況に着目し、「計画地形としてどのような形状が望ましいか」ということや「計画地形にどのような機能を割りつけるか」など、の計画内容の具体的検討を効果的に行なうことができるような Computer Aided Planning System の開発に関する研究を行なったものである。

2. 計画地形モデルと計画地形モデルの作成

大規模宅地開発プロジェクトの構想計画を取りまとめていく際には、図-1に見られるように平面計画として表わされる「土地利用計画の具体化」という作業と、空間計画である「計画地形の策定」という2つの作業のあいだで、検討内容をキャッチボール的に交換させながら、両者を同時進行させていくことによって開発構想計画を検討していかなければならない。しかし従来の方法では、「計画地形の策定」という作業が莫大で処理時間も大きくなるため、上述したようなシステムを開発することが困難であった。

そのため、ここではまず平面計画案として表わされている土地利用計画の内容に対応する粗造成イメージの計画地形を『数理的に近似して表現する「計画地形モデル」』を開発することとした。ついで、このモデルを活用し『「計画地形設計モデル」として土工量を評価尺度とする数理計画モデルとして定式化し、』計画的な検討におけるモデル操作を迅速に行なえるようにシステム化することをめざした。

さて以下では、これらのモデルの定式化についてのべることにする。まずこの粗造成イメージである計画地形を

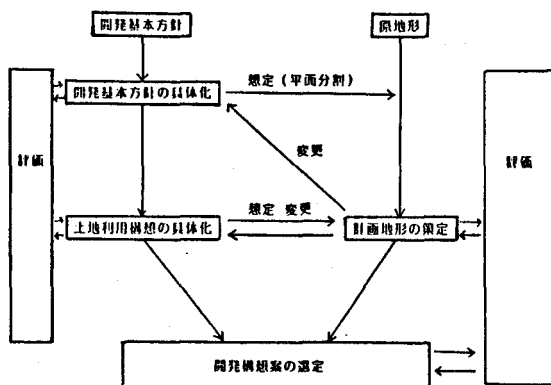


図-1 大規模宅地開発プロジェクトにおける
計画化作業のすすめかた

Kazuhiro YOSHIKAWA, Mamoru HARUNA, Takeshi MINAMI

数量化する際に求められる要件とは、

- ① 造成諸量（土工量、勾配、方向、段差等）が簡単な形で取り扱える。
- ② 造成形態を認識しやすく、かつ計画地形を利用した各種開発構想内容の具体的検討が可能となるようなものとする。

である。以上のような要件を満足するために計画地形モデルはそこに土地利用計画の内容が付加できるように通常の宅盤よりも大きなすなわち幹線・準幹線で区分されるようなスーパーブロックスケール程度の大きさのポリゴン（多角形）とその間に存在する境界部分のポリゴン（法面、もしくは道路に相当）か

らなる多面体として近似し、造成諸量を幾何学的な数量で代表させることにした。

（１） 造成面の方向、勾配

粗造成スケールでの造成面の勾配、方向は住宅用の整地や道路規格等の設計を行う上で大きく影響するものである。これらを本モデルでは、ポリゴンの法線ベクトルを極座標で（ $r \sin \phi \cos \theta$, $r \sin \phi \sin \theta$, $r \cos \phi$ ）で表わしたときの、 ϕ （＝勾配）、 θ （＝方向）として表わすことにした。

（２） 土工量

本モデルにおいては粗造成スケールでの造成土工量を簡略で迅速に求める必要があるため図-2で示すように原地形を計画地形のポリゴンと合同かつ平行で土工量が等価になる位置にあるポリゴンで近似し、この2枚のポリゴンが形成する角柱の体積をもって土工量を表わすこととする。

（３） 境界部分

粗造成スケールにおいて各造成面の境界部分となるところは、道路として建設される部分であるか、もしくは法面としての処理を施されるところである。本モデルではこのような部分はスーパーブロックスケールのポリゴンの間を埋めるポリゴン（三角形）として表わし、その段差、勾配等を計画者の許容する範囲内におさめることができるように縮小率という考え方をを用いる。これはスーパーブロックスケールのポリゴンの各端点を重心方向に縮小すると、その間にある境界部分のポリゴンの勾配の大きさを緩和することになるからである。

次にこのような計画地形モデルを用いて計画地形を合目的に設計するためのモデルを最適化問題として定式化する。（図-3）

すなわちこの「計画地形設計モデル」においては宅地開発プロジェクトにおいて費される費用のうち大きな割合を占める工事費用、特に土工費を左右する土工量の最小化を目的関数とした。（式3-1） またこの計画地形モデルが実現可能なものを作成するために、

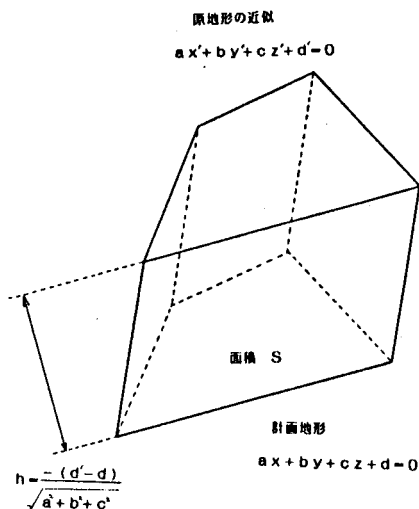


図-2 土工量計算用角柱

目的関数 (土工量最小化)

$$F = \Sigma (V_{cs} + V_{cb}) + \Sigma (V_{bs} + V_{bb}) \rightarrow \min \quad \dots (3-1)$$

土量バランス

$$V_c - V_b = 0 \quad \dots (3-2)$$

ここで

V_c は切土量の総和を表わす ($V_c = V_{cs} + V_{cb}$)

V_{cs} はスーパーブロックスケールのポリゴンの切土量の総和を表わす

V_{cb} は境界部分のポリゴンの切土量の総和を表わす

$$V_{cs} = \Sigma \rho_i \times S_i \times \{ (\Sigma X^* / N - X_g) \sin \phi \cos \theta + (\Sigma Y^* / N - Y_g) \sin \phi \sin \theta + (\Sigma Z^* / N - Z_g) \cos \phi \}$$

$$V_{cb} = \Sigma \{ (\Sigma X^* / N - X_g) a_g + (\Sigma Y^* / N - Y_g) b_g + (\Sigma Z^* / N - Z_g) c_g \} / 2$$

V_b は盛土量の総和を表わす ($V_b = V_{bs} + V_{bb}$)

V_{bs} はスーパーブロックスケールのポリゴンの切土量の総和を表わす

V_{bb} は境界部分のポリゴンの切土量の総和を表わす

$$V_{bs} = \Sigma \rho_i \times S_i \times \{ (X_g - \Sigma X^* / N) \sin \phi \cos \theta + (Y_g - \Sigma Y^* / N) \sin \phi \sin \theta + (Z_g - \Sigma Z^* / N) \cos \phi \}$$

$$V_{bb} = \Sigma \{ (X_g - \Sigma X^* / N) a_g + (Y_g - \Sigma Y^* / N) b_g + (Z_g - \Sigma Z^* / N) c_g \} / 2$$

ただし

S_i : ポリゴンの面積, ρ_i : 縮小率, ϕ_i , θ_i : スーパーブロックスケールのポリゴンの勾配, 方向

(a_g, b_g, c_g) : 境界部分のポリゴンの法線ベクトル, (X_g, Y_g, Z_g) : 境界部分のポリゴン (三角形) の重心座標

(X^*, Y^*, Z^*) : 各ポリゴン上に含まれるメッシュ点座標, N : 各ポリゴン上に含まれるメッシュ点座標の数

勾配制約

$$0 \leq \phi_i \leq C_i \quad \dots (3-3)$$

C_i は計画者が与えるパラメータ

段差の制約

$$-C^* \leq Z_3 - Z_1 \leq C^* \quad (3-4-1)$$

$$-C^* \leq Z_2 - Z_1 \leq C^* \quad (3-4-2)$$

C^* は計画者が与えるパラメータ

Z_3, Z_2, Z_1 : 境界部分のポリゴンの端点のZ座標

図-3 計画地形設計モデルの定式化

外部との土の搬入・搬出を避けるための考慮として切盛土量のバランス (切土量=盛土量) をとること (式3-2)、整地ということを考慮できるように粗造成面の勾配を一定範囲内におさめることができるということ (式3-3)、また道路や法面に相当する境界部分に対しても土工量計算式の係数としての縮小率やポリゴン間の高低差である段差制約 (式3-4) によって、一定範囲内におさめるように定式化した。さてこのようにして各要素を用いて計画地形を設計する為のモデルとして組立てるとその手順はまず造成面の方向や勾配、また段差の制約条件値を与える。ここでポリゴンの各端点を重心方向に縮小しないとする土量バランス、段差を制約条件とした線形計画問題に帰着でき、これを2段階シンプレックス法で解を求める。しかしこのままでは各ポリゴン間の境界のポリゴンの勾配は直角になってしまうため、ここではポリゴンの大きさを一定比率で縮小するという方法を用いることとし、ポリゴン平面間の境界の法面勾配に制限を設けつつ計画地形を設計することとした。そして、この縮小率比をパラメータとするパラメトリック分析を行うこととしたのである。

3. 計画地形設計モデルを活用した Computer Aided Planning System の構想と適用事例

先に開発した「計画地形設計モデル」では、計画地形の物理的条件をパラメトリックに変更しつつ計画者が許容しうる範囲内において土工量が最小となるような計画地形設計案を得るという方法をとっている。従ってこの「計画地形設計モデル」を利用すれば、図-4に示すような対話型システムとして構築することができる。すなわち「計画地形設計モ

デル」を用いて求められた地形が土地利用計画上不都合である場合には、「計画地形設計モデル」のパラメータを適切に変更することにより、新たな計画地形代替案を効率的に得ることができるようにしている。この際、設計された案が許容されないと判断された場合は以後の選択対象から除外し、最終的に合目的で実行可能性の高い計画地形案のみを残していくという方法をとることになっている。こうして、効率的に計画地形代替案を得るための手順を図-5に示している。つまり、このような手順によって作成された代替案を複数個作成し、以後の計画化の作業に用いる最終的な計画地形代替案を、選択的に絞りこむ作業を対話型システムを用いて行なうわけである。その際に、このような検討作業における素材となる情報や評価情報をわかりやすい形で、できるかぎり迅速かつ正確に提示することが Computer Aidedな作業システムのキーポイントとなる。また、景観などの評価に対しては視覚情報化による判断、あるいは評価情報の提示を行い、総合的な意味での計画情報の取りまとめや操作手順の設計をおこなった。なお本研究では開発した「計画地形設計モデル」を実際の造成予定地に対して適用した。図-6～図-7はここでの原地形の形状を参考に計画者が幹線・準幹線スケールで対象地域を分割した後に、先述したモデルを適用した一例である。これらの詳細に関しては講演時に発表することとするが、本モデルは当初の目的どおりのよい操作性を示し、計画地形設計や構想計画の検討に十分役立ちうるものと、判断できた。

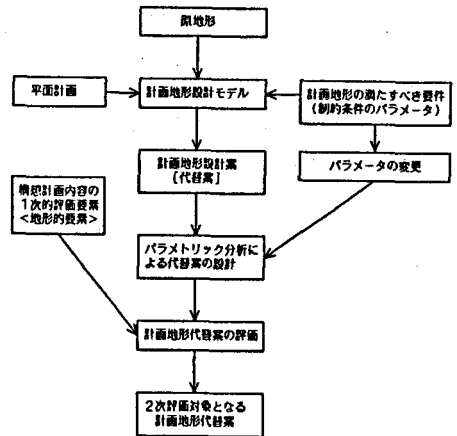


図-4 計画地形設計モデルを中心とする対話型システムの基本構成

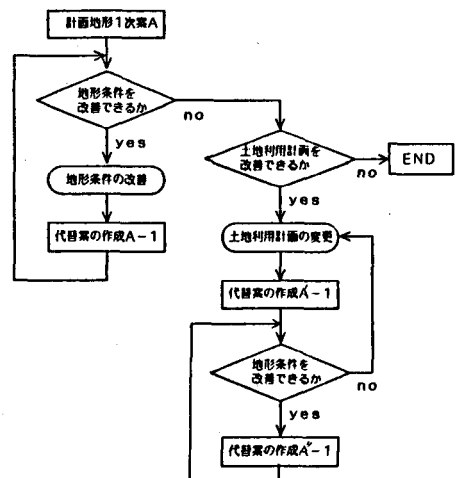


図-5 計画地形代替案作成フローチャート

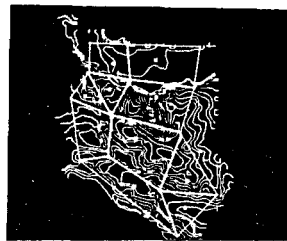


図-6 計画地形構成成分分割案
(スーパーブロックスケール)

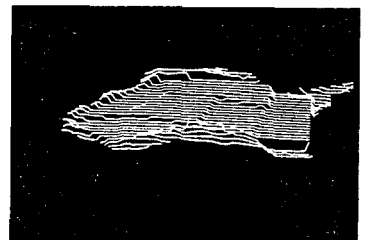


図-7 計画地形鳥瞰図