

立命館大学	正 員	春名 攻
㈱建設技術研究所	正 員	上山 晃
立命館大学大学院	学生員	寺田 岳彦
立命館大学大学院	学生員	○玉井 大吾

1. はじめに

近年、大都市周辺における地価の高騰や開発事業手法の変化により、大都市周辺地域の丘陵地において大規模な開発プロジェクトを行うための土地を全面的に確保することが困難となってきている。その結果、プロジェクトは大都市郊外の山間部へその対象地を移行せざるをえない状況である。しかし、このような地域は地形が非常に急峻かつ複雑であり、工事進捗に伴って地形変化が激しくなりやすく、さらに施工基面ごとに土質構成が異なる場面が多いといった問題を有している。

これらに対応するためには、開発プロジェクトの計画策定段階においてプロジェクトの実現可能性を先取的に把握する必要がある。そこで、計画策定作業を合理的・効率的に進めるために、作業労力負担が大きい検討項目や迅速な処理を必要とする検討項目に対し、視覚的な意思決定のための支援情報をComputer-Aidedな形で提供し、計画案を検討するためのシステム構築を目指した。

2. 計画地形設計システムモデルの概説

本研究では、開発プロジェクトにおける基盤的な整備として計画地形設計を捉え、開発プロジェクトのコンセプト設計、地形分析方法、土地利用計画等といった関連した計画的検討作業のシステム論的な整理を行なうとともに、その中における地形設計作業の位置づけを明確にし、数理計画手法を用いた計画地形設計モデルの開発を行なうこととした。

まず、造成する対象地の地形を地形的特徴及び土

地利用計画にもとづく造成単位の大きさをもとにブロック分割する。次に、現地形を各ブロックの平面面積にもとづいてブロック単位の地形情報に換算することで、3次元の対象地の地形情報を地形変量が高さ方向のみの1次元モデルとして捉えることとした。このことにより、3次元空間での幾何学的問題を、1次元の線形式による地形表現として捉えることが可能となる。また、計画地形設計の問題を線形計画問題として捉え、その目的関数を対象地域内の造成ブロックにおける総土工量の最小化とすることで、近似的にコストの最小化を考慮できると考えた。図-1にその定式化を示す。さらに、線形計画問題における制約条件を検討する際に、切盛りバランスやブロック間の高低差、ブロック高の相対的変更等

Minimize

$$V_{tot} = \sum_i S_i \times D_i \times (Z_{o0i} - Z_{ad1}) \rightarrow \min$$

V_{tot} : 総土工量
 np : 計画対象地全域の造成ブロックの総数
 S_i : ブロック i の平面積
 D_i : ブロック i の切盛判定係数
 (切土 $\dots +1$, 盛土 $\dots -1$)
 Z_{o0i} : ブロック i の原地形高
 Z_{ad1} : ブロック i の計画地形高

Subject to

$$-const SBH_{ij} \leq BK \leq const SBH_{ij}$$

$$Vbal = \sum_i S_i \times (Z_{o0i} - Z_{ad1}) = 0$$

$$0 \leq DH_i \leq const KMH_i$$

$const SBH_{ij}$: ブロック i とブロック j 間の高低差制約
 BK : ブロック i とブロック j 間の高低差
 $Vbal$: 切盛バランス
 DH_i : ブロック i の切土 (盛土) 高
 $const KMH_i$: ブロック i の切土 (盛土) 高制約

図-1 地形設計モデルの定式化

の条件を取り入れることにより、上位計画や景観上の制約、さらに、自然環境に対する配慮も検討することが可能となると考えた。

3. プロジェクトプランニングシステムの概要

本研究では土地開発プロジェクトの計画案策定作業を行うにあたって、地形の特徴が開発全体に与える影響が大きいと仮定し、特に地形に関する検討作業に主眼をおいて研究を進めた。

計画段階において地形設計を行うためには、建設プロジェクトの実施に際しての造成工事費の概算、土量バランス、法面、擁壁などの安定性に対する対策方法の検討等のための、情報取得が実現されなければならない。また、プロジェクト実施後の景観や町並み等の完成予想など開発基本方針を策定する段階では検討されにくい様々な要素を視覚的に捉える必要がある。さらに、施設整備計画での詳細な設計検討を行うために必要な法面状況や造成面の位置・勾配等の基礎的情報を取得することが望ましい。このため、プロジェクトの基本計画段階では、様々な立案された上位構想計画案に対して、実現可能性を確保した計画地計の設計を効率的かつ迅速に行なうことが重要である。

そこで、本研究ではコンピュータグラフィックスを積極的に活用し、山間部における開発プロジェクト対象地を3次元的な空間として把握するとともに、そのための地形情報をデータベース化し、計画者にとって有用と考えられる各判断情報を整理することで、計画地形設計に関する検討作業を効率的に行うための方法論を確立することとした。具体的には、地形設計作業の中核である開発適地選定作業・計画地形設計作業に着目し、図-2に示すような計画地形案策定を行うためのシステムプロセスをデザインした。

このプロセスは、先にも述べたようにコンピュータによる情報処理を活用した構成となっている。また、情報処理形態のイメージを図-3に示す。

(1) 造成候補地判定段階

従来の造成候補地選定作業は、一義的な計画指標

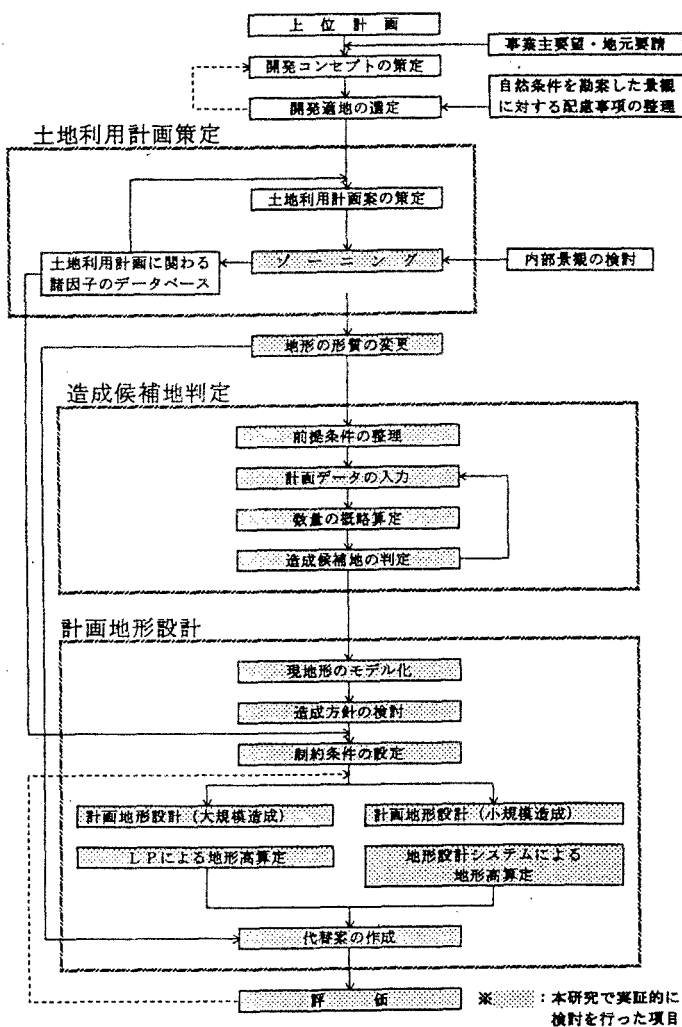


図-2 システムフロー図

をもとに、探索的に造成候補地を決定するのが一般的であった。しかし、本来開発適地選定作業は、評価項目を一義的には決められないといった特徴を有している。そこで、本研究は複数の評価指標によって計画案の実現性を検討するための造成候補地判定システムの作成を試みた。以下に、現地形のモデル化段階、数量算定段階、評価段階に分けたシステム構成について述べる。

1) ステージ①：現地形のモデル化

ここでは、選定作業をComputer-Aideな形で進めるためのデータベース作成を行う。まず、作成対象地形を地形図上でメッシュ分割し、対象地形情報である位置座標と原地形高を地形データとして入力する。同時に、与件として計画地形設計段階で前提条件となりうる土質状況や土地の利用制限、計画地形領域、隣接する周辺開発の計画地高や勾配等々の対象地を表現する情報が与えられる場合には、これらを地形データベースとして入力する。続いて、上位計画に沿って計画された開発地の位置や計画地形高の制約及び、想定されている規模や数量を開発計画データベースとして入力する。

2) ステージ②：数量の算定

ここでは、効果的な造成候補地を選択するための各種評価指標に関する数量を概略的に算定する。具体的には、まず造成費の判断材料として、開発計画に伴う平面造成土工量・法面土工量・アクセス路設置による土工量を算定する。次に、構想段階で計画された必要面積が確保されていることを確認した上で、造成面面積、法面面積およびアクセス路面積を加えた総開発面積を算定する。続いて、開発計画の質的検討の為に判断材料として、造成平面の平均勾

配・アクセス路の勾配・隣接開発計画との境界での計画高差や勾配差を算定する。

3) ステージ③：実現可能性の検討

ここでは、造成候補地代替案群をステージ②で算定した数量をもとに評価し、造成候補地を絞り込む段階である。土工量が少ない開発は造成費用が抑えられるため、開発計画の成立を容易にする。また、開発する面積のうち土工する面積が少ない開発計画は、環境や景観に配慮した開発であるといえる。開発対象地と周辺開発との境界の高低差や勾配差といった地形から見た隣接開発との境界の連続性を検討することは、開発計画の実現性を保障する。このような評価項目にもとづいてを用いて、望ましい造成候補地を選定する。

(2) 計画地形設計段階

計画地形設計作業においては先述のように、造成に伴って発生する土工量の最小化を目指した最適化モデルを中核に据えた形で、経済性・利便性を満足するための地形設計プロセスを整理することにより、計画地形設計システムを開発した。以下に、モデル化段階、造成方針検討段階、地形高算定段階、地形案評価段階に分けた地形設計システム構成についてその概要を示す。

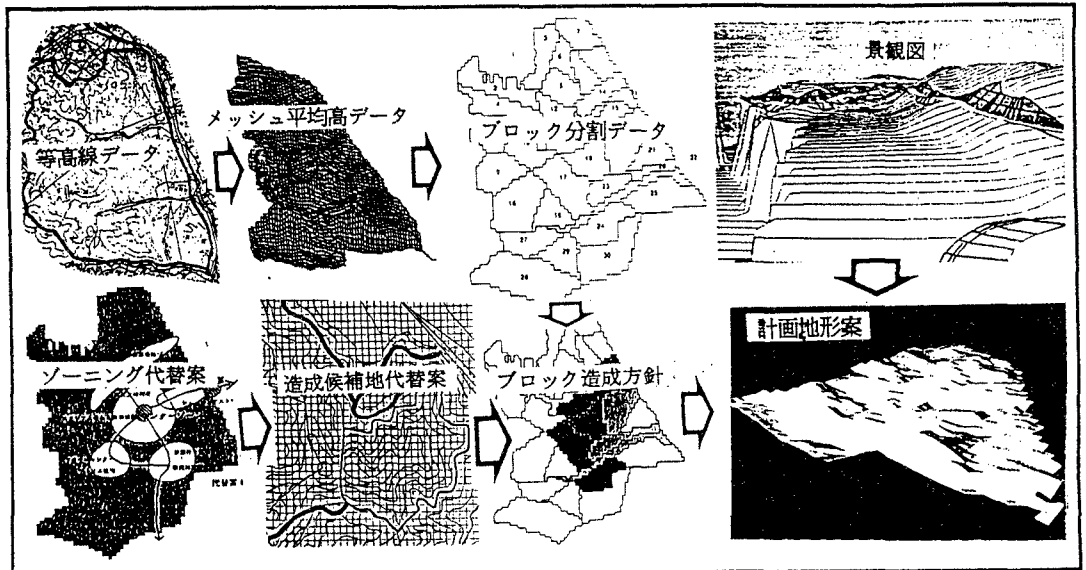


図 - 3 システムイメージ図

1) ステージ①：現地形のモデル化

まず、対象地を前述の地形設計モデルで扱えるようにするために地形データベースを作成する必要がある。そこで、対象地形をメッシュ分割し地形情報を入力し地形形状に従いながらブロックの設定を行う。この段階で発生する地形データは、先に述べたように高さ方向のみに変量を持つ。

2) ステージ②：造成方針の検討

まず、土地の利用性を把握するために、勾配による土地の実質的な差損分を考慮したブロックの有効面積を算定する。次に、上位計画となる土地利用計画をもとに算定された必要面積から、各ブロックにおける造成方針を策定する。この段階では、平面造成の必要なブロック、勾配を持たせて斜面として利用するブロック、伐採・除根のみで現地形を活用するブロック、保全ブロックの計4パターンに分類することとした。

また、開発計画データベースの制約条件値として、平面造成ブロック及び斜面ブロックについては、「斜面勾配の大きさの制約値」「切盛り高の制約値」「ブロック間高低差の制約値」「切盛りバランス制約値」を設定・入力する。

3) ステージ③：地形高の算定

造成ブロックについて、先に述べた地形設計モデルを用いて計画地形高の算定を行う。

4) ステージ④ 計画地形代替案の評価

ここでは、ステージ③で算定した地形高にもとづいた計画地形を評価する。評価視点としては、まず全体工事費の支配的要素である土工量に注目し、造成方法や地形高によって算定される各種施工のための土工量を総括した総土工量を用いて評価する。次に、地形の使いやすさ、すなわち機能性について、この段階で検討が必要と考えられる人の移動を中心とした施設間の勾配や移動距離等を用いて評価する。この2視点によって「コスト重視型」「機能性重視型」「バランス重視型」の計画地形選定を行う。

4. 開発システムの実証的検討

本研究で提案したシステムをまず造成候補地判定作業については、京都府亀岡市の40haの丘陵地における土地開発プロジェクトに対して適用実験を試みた。ここでは、対象開発を中・小規模土地開発プロ

ジェクトとして捉えて、システム適用の有効性を検討している。次いで、地形設計作業については京都府中部地域における開発可能な用地 約4,000ha、計画人口約2万人である大規模ニュータウン開発プロジェクトに対して適用を試みた。検討結果については、紙面の都合上割愛し、発表時に述べることにする。

5. おわりに

本研究では、山間部における土地開発プロジェクトの計画策定段階で地形形状、造成費用及び外部景観等を先取りの把握し評価するための地形設計システムを構築した。また、より目的合理性の高い地形を設計するために線形計画法を用いた地形設計モデルの構築を試みた。

本研究の適用により、多様なプロジェクト構想案の実現可能性を検討することが可能となり、現象合理性の高いプロジェクトプランニングが行えるようになったと考える。また、計画地形設計作業においては地形高算定モデルを用いることで、より目的合理性の高い計画地計案を数多く策定することができるようになったと考える。

しかし、造成候補地選定作業は、現段階では判定作業に終始しており、今後最適造成候補地抽出のためのアルゴリズムの構築が必要であると考えられる。さらに、汎用性を高める事を目的とした評価項目の追加や、精度向上を目的とした事例に対する適用の積み重ねによって、システムの向上を計りたいと考えている。

<参考文献>

- 1) 吉川和宏：土木計画とOR、丸善、1969年
- 2) 阪急開発プロジェクトマネジメントシステム研究会：HANPS研究会検討成果報告書、1983年
- 3) 春名、北岡、迫間、上山：土地利用計画や空間デザインを考慮した地形設計のためのCADシステムに関する研究、平成6年度関西支部年次学術講演会、1994年
- 4) 吉岡昭雄：新体系土木工学 土地造成（宅地造成）技法堂出版、1981年
- 5) JMK日吉町開発研究会：日吉町ニュータウン開発権等調査報告書