

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

立命館大学 正 員 春名 攻
前田建設工業(株) 北岡英基
立命館大学大学院 学生員 迫間幸昌
立命館大学大学院 学生員 ○上山 晃

1. はじめに

多様化社会の到来に従って、ニュータウン建設のような都市開発プロジェクトにおいても、社会的なニーズとしてより高質なものが必要とされるようになってきている。そのため、開発プロジェクトを成功させるために、企画・構想段階において計画機能や機能イメージによって立案された内容を取り组的に検討し、目的合理性の高い環境空間の設計を行うておく必要がある。

そこで、本研究においては、都市開発プロジェクトにおける計画的検討作業をシステム論的に整理するとともに、先取り的に計画的検討内容の実現可能性を検討するためのプロセスの開発研究を行った。そこで、新規土地開発プロジェクトにおける地形設計作業に着目し、その効率化・迅速化のための地形設計CADシステムの開発を目指した。

2. 地形設計CADシステム開発に関する考察

(1) 環境空間設計のための全体プロセス

計画実現性を妨げる要因としては、対象地域の土地利用や自然環境の保全による制約が支配的な要因となることや、山間部における急峻な地形の対象地が多いこと、さらには、地質の構成が多様なこと等々、対象地の地形条件の厳しさが挙げられる。これらの影響をうけ、事前に施工費用を低減を図ることや、利用しやすく良好な景観が得られる地形形成等々を予め推定することが大変難しくなっている。

このような背景を考慮して、企画・構想段階において計画機能や機能イメージをもとに立案したものを代替案としてとりまとめる事とした。また各々について必要と考えられる機能を満たす土地利用計画及び地形設計を行い、工事費用や土地買収費用、ま

た施設整備費用等々のコスト面からの実現可能性や、良好な景観や利用のしやすさ等々の周辺環境の整備計画について、それぞれを先取り的に把握することが重要であると考えた。

そこで本研究においては、コンピュータグラフィックスを活用した、3次元的な空間の把握やそのための地形情報のデータベース化、また、計画者にとって有用と考えられる各判断情報の整理等、計画地形設計に関する計画的検討作業をシステム論的に整理するとともに、これを用いた迅速かつ効率的に各計画情報の検討を行なうこと計画地形設計を、目的としたプロセスを図1に示すようにデザインした。このプロセスは、先にも述べたようにコンピュータ

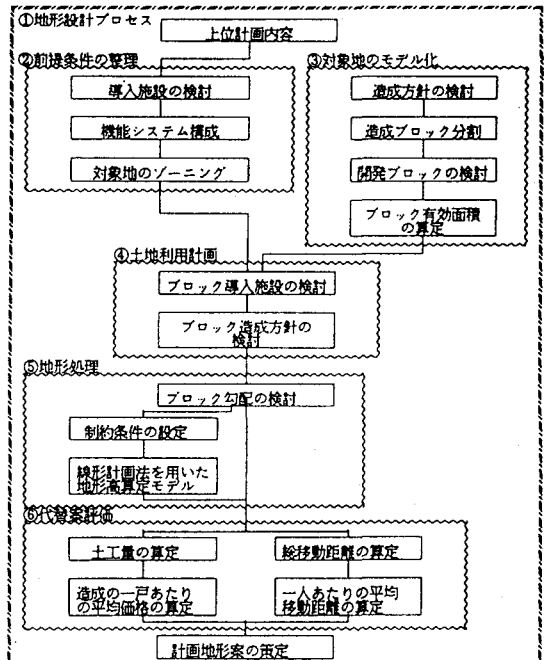


図1 全体プロセスフロー

Mamoru HARUNA, Hideki KITAOKA, Yukimasa HASAMA, Koh UYAMA

による情報処理を活用したヒューリスティックな構成となっている。さらに、この情報処理形態のイメージ図を図2に示す。このように、まずここでは、計画地形設計作業を、大きく地形のモデル化段階、前提条件の整理段階、土地利用計画段階、地形処理段階、地形案評価段階の大きく4つのレベルで考え、各計画地形代替案の実現可能性を先取り的に検討するため、その中心となる工事費用と土地買収費用による粗造成レベルでのコストの概算と、勾配による負担も考慮した、徒歩時の1人当たりの平均移動距離を、歩行者にとっての地形の利用やすさとして設定し、これらの指標から各代替案の評価を行うこととした。

(2) 地形のモデル化

この段階においては、計画地形設計モデルのための地形情報のモデル化を行った。すなわち、対象地地形をメッシュ分割し、各々について、原地形における平均高を各メッシュの地形高とした。さらに、ニュータウン開発における住区単位、また地形の特徴を捉えるための最小単位として、4～5haごとにブロック分割し、このブロックの最小自乗法による

近似平面及びその勾配を算出した。さらには、図3に示すような有効面積を算出し、土地利用計画や造成方法を検討するための地形情報とすることとした。

$$S_{usi} = S_i * (1 - \tan \theta_{si} / \tan \theta_{ui})$$

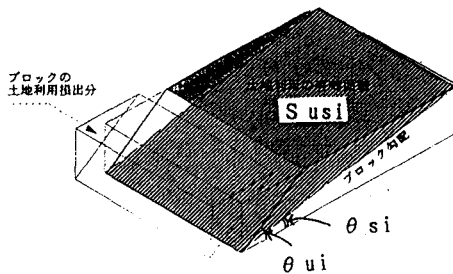


図3 有効面積のイメージ

(3) 前提条件の整理

この段階においては、多様な社会的ニーズに対応した代替案の設定を効率よく行うため、一連のプロジェクト立案のプロセスの内、概念レベルでの検討を行なうこととした。

具体的内容としては、上位計画において検討された職・住・遊・学などの導入機能より、これを満たす導入施設の規模や内容、また、その施設イメージな

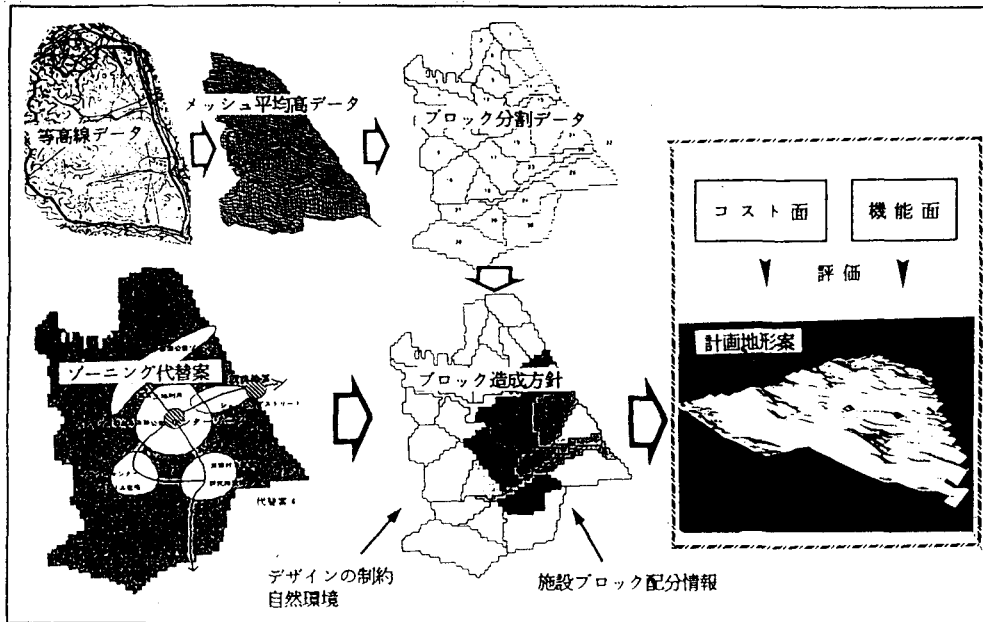


図2 全体プロセスのイメージ

どの施設計画を立案する。さらに、その施設内容や規模より、導入施設のための必要面積の概算を行う。

これらを、開発プロジェクトのコンセプトにもとづき、導入施設を交通基盤を媒介とした機能構成として取りまとめる。先に行った対象地の地形情報化により地形的なまとまりを考慮し、対象地の概略的な導入施設の配分や機能イメージをもとに、対象地のゾーニングや地域内幹線の概略ルートの設定を行う。さらに、各代替案の開発方法、地形の活用方法等の造成方法の大枠を造成方針として取りまとめる。

すなわち、対象地全体において大規模に地形形状を動かす大規模造成や、ブロック内において地形を変化させるような小規模造成、また、できるだけ現状地形を変化させない地形活用型造成、さらに、開発地内に保全地区を設けることによる自然保全型造成等々を考えた。

(4) 施設配分及びブロック造成方針の検討

ここでは、上位計画によるゾーニング案をもとに、導入施設の内容・規模と、各ブロック情報による各ブロックへの導入施設の張り付け、さらに張り付けによるブロックの制約を検討し、土地の買収の必要な開発ブロックの検討及び各ブロックの造成方法の検討を行なった。また、ブロックの造成方法は、切盛土ブロック、勾配変更ブロック、斜面活用ブロック、保全ブロックの4パターンに分類した。

(5) 地形処理段階

ここでは、各代替案の造成方針に従って、各メッシュの地形高を算定していく。また、大規模造成を行なうに際しては、以下に示す地形設計モデルを用いて、各ブロックの地形高及びこれにもとづいた計画地形ブロックにおけるメッシュ高の算定を行なった。

表1 計画地形高の算定

$$V_{obj} = \sum_{i=1}^{np} S_i \cdot D_i \cdot (ZG0i - ZGD_i) \rightarrow \min$$

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の切盛り判定係数(切土...+1, 盛土...-1)
 $ZG0i$: ブロックiの原地形高
 ZGD_i : ブロックiの計画高

①計画地形設計モデルの定式化

ここまで、コスト面や自然地形の変量の変成要素の一つである土工量に着目し、プロジェクトの地形的な必要条件や環境に配慮した地形の造成を勘案した計画案を策定した。これについてできるだけ造成工事費の低減を図るため、計画地形の設計段階における目的関数として表1のように総土工量の最小化とした線形計画法によるブロック単位の計画高(ブロックの面心座標)の算定を行なった。

②制約条件の設定

土地利用計画や環境に対する配慮や、景観上の問題など空間デザインに影響する要素を考慮に関しては、1)切土量と盛土量のバランス、2)切盛高条件、3)造成ブロック間高低差条件の設定することにより対応することとした。

(6) 代替案評価

ここでは、これまでの過程により立案された代替案各々に対しての評価方法について述べる。

①コスト面での評価

コスト面の評価においては、造成工事と土地買収が考えられる。そこで、各代替案における総土工量及び開発ブロックによる買収必要用地より、粗造成レベルでの1戸あたりの平均土地価格の算定を行う。この価格から、各種住宅の設定販売価格を考慮し、施設整備に利用できる費用を算定することが可能となり、上位の代替案に対しての質的な適合性により

表2 総土工量の算定

$$V_{tv} = a_{kr} \cdot V_{kr} + a_m \cdot V_m + a_s \cdot V_s + a_{mi} \cdot V_{mi} + a_{st} \cdot V_{st}$$

a_{kr} : 切盛土作業における施工係数
 a_m : 運土作業における施工係数
 a_{mi} : 勾配変更における施工係数
 a_{st} : 表面処理作業における施工係数

代替案の評価を行なう。

また、土工量の概算においては、施工段階における工種内容を考慮して、1)切盛土量、2)運土作業土量、3)ブロック斜面変更土工量、5)表面処理土工量及び、さらにその合計である6)総土工量に着目し、総土工量の定式化を表2に示すように行い、算定することとした。

②地形の利用しやすさ（機能性）面の評価

ニュータウン開発プロジェクトにおける計画地形の機能性を、その対象面積の大きさによる利用のしやすさとして考えた場合、自動車等ではなく、徒歩による移動のしやすさから評価する方が適当であると考えられる。

そこで、各計画地形代替案に対して、幹線ルートについて、各ブロックから中心施設までの一人当たりの移動距離と利用者数から、地形の機能性についての評価を行なうこととした。

さらに、登り勾配、下り勾配が、歩行者の利用しやすさやすさに影響を及ぼすと考え、表3に示すように、各勾配における歩きやすさ係数を用いることにより、負荷を移動距離に換算することとした。

これらを取りまとめ、各計画地形代替案における地形及び幹線ルートの機能性の評価をおこなった。

表3 総運動距離の算定

$$L_s = \sum_{i=1}^{nw} \sum_{m=1}^{nm} a_{im} * (1 + \tan \theta_{im}) * L_{im}$$

L_s	: 総運動距離
nw	: 開発対象ブロックの総数
nm	: ブロックIとのルートにおける区間総数
a_{im}	: 区間mにおける歩きやすさ係数
$\tan \theta_{im}$	: 区間mにおける勾配
L_{im}	: 区間mにおける斜距離

3. 実際事例におけるシステムの適用

本研究における方法論を、京都府中部域における開発可能な用地として約4,000ha、計画人口約2万人の規模のニュータウン開発プロジェクトに適用することにより、その有効性を検討することとした。このプロジェクトは、主に住機能の役割分担を担った、今後の対象地域の都市化を基本軸とした多機能型ニュータウン開発プロジェクトである。導入施設の内容は、多種多目的の住宅供給、ショッピングストリート整備など、多くの機能を盛り込んでいる。

この対象地において、本プロセスを適用を行なった結果について、以下述べていく事とする。

まず、代替案は、開発対象地を高度利用することによりできるだけ小さくし対象地内を大規模に造成したものと、対象地内の景観上の問題より自然保全地を確保及びできるだけ現況地形を活用したものと

各2案づつ設定し、その各代替案の実現可能性をコスト性、機能性について評価・検討を行うこととした。コスト面における評価を表4、機能性に関する評価を表5に示す。その他の詳細については、紙面の都合上割愛させていただくこととする。

ここで、住宅販売価格を3,000万円に設定した場合、コスト面から評価すると、代替案1、2においては、コストが高く施設整備に関して必要最小限の開発が限界であるが、代替案3、4においては、コストが低く押さえられ、各施設においてコストの高いアメニティー性の高い整備が可能であることが伺われた。しかし、機能面に関しては、代替案1、2では高度利用の観点から地形設計を行なっており、また、平均移動距離においても1km以内となり徒歩による移動が可能な範囲であることから、代替案3、4より優れていると考えられる。

表4 土地販売価格

	土工量	土工単価	造成面積	土地単価	一戸単価
代替案1	115085000	1000	2522500	10000	14630865
代替案2	119613500	1000	2522500	10000	15103076
代替案3	10360450	1000	3147500	10000	4362404
代替案4	10870315	1000	3542500	10000	4827457

表5 ブロック間移動距離

	ブロック間総移動距離	一人当たり平均移動距離
代替案1	20970741.0	998.7
代替案2	20703071.0	986.0
代替案3	34794929.4	1657.1
代替案4	39380464.2	1875.5

4. おわりに

本システムの適用により、多様な代替案に対して、その実現可能性を先取的に検討することが可能となり、目的適合性の高い環境空間としての計画地形の設計案の策定が可能となった。

また、各計画段階における検討作業を各検討レベルにおいてマクロな視点から行うことで、緑地割合、一戸当たりの面積、導入施設の形態等、詳細な代替案の設定を行なうことが可能となったと考える。

今後、汎用性の向上を目的とした評価の追加や、精度の向上を目的とした事例に対しての適用を数多く行うことで、システムの向上を計りたいと考えている。