

宅地開発プロジェクトプランニング支援のための 土地開発計画 CAD システム開発に関する研究

A Study on Development of Computer-Aided -Design System
to Support Land Development Project Planning

立命館大学 春名 攻*

立命館大学 ○滑川 達**

By Mamoru HARUNA and Susumu NAMERIKAWA

地方都市における宅地開発プロジェクトでは大規模な土地開発をとまなうケースが多く、宅地価格を左右する総事業費のなかに占める造成費を低減化することが事業計画上で大きなウェイトを占め、そこでの低コスト化の努力がプロジェクトの成否に大きな影響をもつてくることになる。

本研究では、これまでの研究成果である「地方都市における大規模な土地開発事業におけるプロジェクトプランニングを合理的に実施するシステム論的方法」の検討過程をより効果的で効率的なものとするため、事業採算性の鍵を握る造成費の変動に強い関わりを持つ地形設計の方法を中核的システムに据えた土地開発計画 CAD システムへと改変するための開発研究を行ったものである。そこでは、地形高を計画変数として、大きく分けて次のような3つの段階によって構成した。すなわち、まず地形データベースへの入力を中心となる対象地形情報のモデル化を行う段階、高低差を判断基準として物理的・技術的な要件を確保するとともに、概略的に運土作業の効率性を追求することにより、造成方針代替案を絞り込む段階、さらには、絞り込まれた代替案群に対して、より詳細な造成工事の経済性の追求を行い、この意味ある代替案群を造成費用及び地形形状の観点から評価して、その結果を視覚情報としてアウトプットする段階に分けて各段階の具備すべき要件と開発課題を明確化した。そして、それぞれのシステム化の検討をとおして、宅地開発プロジェクトプランニング支援としての土地開発計画 CAD システムの開発を行った。

【キーワード】プロジェクトプランニング、大規模土地開発、CAD システム

1. はじめに

宅地開発におけるプロジェクトプランニングでは、交通計画、人口計画、住宅地計画、公共施設計画、造成計画、供給処理計画、景観計画等々の各種計画成果の再確認を行い、計画成果間の調整・総合化と成果の具体化の検討を行う。そして、この検討では、

宅地開発事業の着手と事業内容の決定にとって必要な情報を具体的な形で作成・評価することは大変重要である。特に、近年のプロジェクト推進では事業採算性の確保が非常に重要であるため、必要とする機能を満たすとともに、技術的な問題をクリアしながら事業コストを低減化する事に努力を払うことが必要となっている。

以上のような認識のもとで、本研究では宅地開発

* 立命館大学 理工学部 077-561-2736

** 立命館大学 理工学研究機構 077-561-2736

プロジェクトプランニングシステムの開発研究を以下のようなに行った。

すなわち、本研究が対象とする地方部での宅地開発プロジェクトにおいては、近年非常に急峻かつ複雑な土地が対象となっている場合が多く、大規模な土地造成を伴い、造成工事費の全体事業費に対するウェイトが高くなる傾向にあり、この造成工事費の低コスト化がプロジェクト成立の鍵を握っている。また、造成費の検討において、計画地形の設計が大変重要な計画要素となってくるため、ここでの計画変数を地形高として取り扱った。

さらに、本研究では、先述した各種計画の調整を円滑かつ体系的に進めるための支援情報の作成をめざして、求められたアウトプットのビジュアル化を図る事とした。さらに、造成工事費の低減化検討のために、造成方針のバリエーションに対する数多くの代替案をスピーディーに作成できる土地開発計画 CAD システムの開発をめざすこととした。

そして、次のような構成の造成工事プロジェクトプランニングシステムを構築した。すなわち、まず、

地形データベースへの地形情報入力を中心とする

「地形のモデル化の段階」のシステム化を行った。

次に、高低差を判断基準として物理的・技術的な要件を確保するとともに、概略的に運土作業の効率性を追求することにより、造成方針代替案の絞り込みおこなう「計画地形設計方針の設定の検討段階」のシステムを構築した。さらに、絞り込まれた代替案群に対してより詳細な造成工事の経済性の追求を行い、この代替案群を造成費用及び地形形状に関して評価しその結果を視覚情報としてアウトプットする「地形設計の段階」の大きく3つのレベルからシステム構築を行った(図-1)。

これまで、数多くの「地方都市における大規模な土地開発事業におけるプロジェクトプランニングを合理的に実施するシステム論的方法」に関する研究¹⁾が報告されているが、本研究では、これらの研究成果を基礎として上述の各検討段階で具備すべき要件を整理するとともに、各検討過程を可能な限り Computer-Aided な形で取りまとめ、それらをトータル化した土地開発計画 CAD システムとして具体的

に開発していくことを目的としている。

特に、「地形設計の段階」においては、従来より総土工量最小化を目的とした地形設計モデル等の構築が進められてきたが²⁾、ここでは、土工機械編成を行なうシミュレーションモデルと、計画地形高を計画変数とし工事費用の低減化の追求を行い、最適化モデルとのサイクリックなプロセス通して地形設計案を高度化させていくハイブリッド型のプロセスを採用することにより、造成工事段階の先取りのな検討による計画案のリアリティの向上に努めた。

さらに、本研究では、開発した土地開発計画 CAD システムを京都府綾部市西部の宅地開発プロジェクトに適用して、本システムの有効性を検証した。

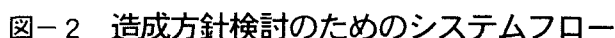


図-1 土地開発計画CADシステムの構成

(1) 計画情報のモデル化の段階

ごとの地形データベースとして入力する事とした。
また、地形の特徴を表す情報として、「河川」、「軟弱地盤」、「保全部分」、「尾根線」、「谷線」、「既存道路」、「計画道路」等の情報もデータとして与えることとした。

プロジェクトプランニング段階における造成方針の検討は、「計画情報のモデル化の段階」を含めて、「数量算定段階」、及び「実現可能性の検討段階」の大きく3つのレベルで構成されていると捉えた。以下にこれらの各段階の検討内容と具体的な作業について述べることにする（図-2）。



a)数量の算定

①開発面積、概算土工量の算定

造成費用を抑えつつ効果的な計画地形設計方針の設定を決定するためには、概略的な開発規模を捉える必要がある。そこで、宅地開発に伴い発生する開発面積及び土量を概略的算定し、計画地形設計方針の設定検討の初期段階で計画地形設計方針の設定を概略的に捉えておく。

○最大切土量の算定

$$V_{kr\max} = \sum_k^{nim} S_{ik} * (Z_{GOk} - Z_{Gdk\min})$$

○最大盛土量の算定

$$V_{mr\max} = \sum_k^{nim} S_{ik} * (Z_{Gdk\max} - Z_{GOk})$$

○最小切土量の算定

$$V_{kr\min} = \sum_k^{nim} S_{ik} * (Z_{GOk} - Z_{Gdk\max})$$

○最小盛土量の算定

$$V_{mr\min} = \sum_k^{nim} S_{ik} * (Z_{Gdk\min} - Z_{GOk})$$

$V_{kr\max}$: 最大切土量、 $V_{mr\max}$: 最大盛土量

$V_{kr\min}$: 最小切土量、 $V_{mr\min}$: 最小盛土量

nim : 計画対象地全体のメッシュ総数

S_{ik} : メッシュ k の面積、 Z_{GOk} : メッシュの原地形高

$Z_{Gdk\max}$: メッシュ k の最大計画高

$Z_{Gdk\min}$: メッシュ k の最小計画高

②法面面積・土量の算定

地形データと開発計画データベースを基に、開発計画に伴って発生する法面の面積、及び法面設置により発生する土工量を算出する。本研究では、法面設置とその概算土量算定部分については、市販の造成計画支援システムを用いることとした。

○法面面積の算定

$$S_s = \sum_k^m G_{ik} * S_{ik}$$

S_s : 法面面積、 S_{ik} : メッシュ k の面積

G_{ik} : メッシュ k の開発判定係数

メッシュ k が法面 ; +1

メッシュ k が法面でない ; +0

③アクセス路の距離・勾配、面積・土量の算出

新規の土地開発の場合、一般的にその地域までのアクセス路を設定する場合が多い。そこで、アクセス路設置に対する評価としてその距離・勾配を概略的に算出し、発生する面積・土量を捉えることとした。

④総開発面積の算定

計画している開発面積と②で算定した開発にともなって発生する法面面積及びアクセス路面積の和によって、その計画で必要とされる総開発面積を算出した。

○総開発面積の算定

$$S_{mk} = \sum_i^{ni} \sum_k^{nim} G_{Dk} * S_{ik}$$

S_{mk} : 総開発面積

ni : 計画対象地全体の造成ブロックの総数

nim : 対象ブロックのメッシュ総数

G_{Dk} : メッシュ k の開発判定係数

メッシュ k を開発 ; +1

メッシュ k を保全 ; +0

S_{ik} : メッシュ k の面積

⑤土量算定

①で算定した概算土工量と②で算定した法面土工量及び③で算出したアクセス路の設置に伴い発生する土量の和によって、その開発計画で発生する総土工量を算出する。

⑥隣接する道路及び開発との関係

入力段階で設定した概略地計高と、地形データベースよりそこに隣接する既存（あるいは計画中の）開発地の勾配とを比較し、勾配差を算出する。また、開発計画データベースより、開発の縁側の計画地高と、地形データベースよりそこに隣接する他の既存（あるいは計画中の）開発地の地盤高を比較し、高低差を算出する。

○整合性の検討

$$(G_{Dk\max} - G_{rk}) \leq \text{CONST } H_{rk}$$

$$(G_{rk} - G_{Dk\min}) \leq \text{CONST } H_{rk}$$

$$(G_{Dk\max} - G_{Dk}) \leq \text{CONST } H_{Dk}$$

$$(G_{Dk} - G_{Dk\min}) \leq \text{CONST } H_{Dk}$$

$G_{Dk\max}$: メッシュ k の最大計画高

$G_{Dk\min}$: メッシュ k の最小計画高

G_{rk} : メッシュ k の隣接道路標高

G_{Dk} : メッシュ k の隣接開発地の標高
 $CONST H_{rk}$: 隣接道路との標高差制約
 $CONST H_{Dk}$: 隣接開発地との標高差制約

⑦南面率の算定

特に住宅地開発プロジェクトにおいて、土地が南向きであることはその土地の価値を大きく高めることが知られている。そこで、代替案評価指標の一つとして算定することとする。

○南面率の算定

$$SBSi = \sum_n Tj * MSi \quad k \in n$$

n : 全メッシュ

j : 検討メッシュ

k : 南側隣接メッシュ

MSi : 検討メッシュの面積

Tj : 判別関数

$Mj > Mk$: $Tj = 1$

$Mj < Mk$: $Tj = 0$

Mj : 検討メッシュの計画地形高

u : 開発メッシュ

$j \in u \in n$

$$BS = \sum_j SBSi / \sum_j Si$$

BS : 代替案の南面率

$SBSi$: ブロック i の南面率

ni : 計画対象地全体の造成ブロック総数

$SBSi$: ブロック i の南面率

Si : ブロック i の平面率

⑧有効面積の算定

必要面積を確保するために開発する総開発面積の大きさについて検討を加えるために、有効面積を算定する。すなわち、必要面積を以下に合理的に獲得することが出来たかどうかを判断する。

○有効面積の算定

$$Susi = Si * (1 - \tan \theta si / \tan \theta ui)$$

$Susi$: ブロック i の有効面積

Si : ブロック i の平面積

$\tan \theta si$: ブロック i の平均勾配

$\tan \theta ui$: ブロック i の法面面積

⑨平均移動距離の算定

各ブロック間に対して、ブロック間の移動距離の平均を考えることで、各施設への移動が少なくすむ使いやすい代替案であるかどうかの検討を行う。

○ブロック間距離の算定

$$Lij = \sqrt{\{(Gxi - Gxj)^2 + (Gyi - Gyj)^2 + (Gzi - Gzj)^2\}} \quad i, j \in n$$

Gxi : ブロック i の重心座標 X

Gyi : ブロック i の重心座標 Y

Gzi : ブロック i の重心座標 Z

n : ブロック総数

○平均移動距離の算定

$$Hav = \sum_i \sum_j Lij / n / 2$$

Hav : 平均移動距離

n : ブロック総数

Lij : 各ブロック間の重心距離

⑩概略仕事量の算定

代替案の工事規模を概略で把握するために、仕事量の算定を行う。仕事量の算定のために、概略切盛ブロック分割、切盛ブロック分割土量の算定、切盛ブロック重心の算定を行う。

○線形計画輸送問題による概略土量配分計画

目的関数

$$\sum_i \sum_j Xij * Lij \rightarrow \text{Minimized}$$

制約条件

$$\sum_i Xij = a_i$$

$$\sum_j Xij = b_j$$

$$\sum_i a_i = \sum_j b_j, Xij > 0$$

Xij : ブロック i j 間の運土量

a_i : 切土 i のブロック土量

b_j : 盛土 j のブロック土量

i : 切土ブロック番号

j : 盛土ブロック番号

b) 実現可能性の検討

①概算土工量の検討

地形起伏の条件は、造成工事費中でかなりのウェイトをもつ整地費に影響する。日本住都公団の「大

規模宅地開発の適地選定に関する研究」³⁾では、既開発地区の平均起伏量と整地量すなわち土工量の関係を分析した結果、平均起伏量が多くなるにつれて整地費は2次曲線的に増大することを明らかにしており、平均起伏量が小さいほど宅地開発にとって有利であることは自明である。

本研究では、開発計画の検討初期段階で、最も重要な制約値の一つである開発計画地の土工量を概略的に評価しておくことによって、後の詳細化の段階での問題発生の可能性を低くおさえ、結果としてフィードバックを少なくできると考えた。そこで、算定された土工量の上限值と制約土量の比較を行い、開発地としての適合性の検討を行う。

②周辺データとの整合性の検討

開発地は、都市計画や他の開発計画に整合したものであり、その一環を構成するものでなければならない。例えば造成工事上、少なからず障害となる家屋や高圧線等の物件等の有無は、平面上で検討が可能な問題である。しかし、できあがった地形形状が周辺構造物や隣接道路と整合を保っているためには、高さの視点で先取的に検討しておく事で実現可能性を確保しておく事が必要である。そこで本研究では、周辺データとの標高差に対して制約を与えることとした。高低差が制約条件の許容値を超えた場合は、開発地の地盤高を調整することで勾配差が制約

条件の許容内に収めることが可能かどうかを検討する。開発地の地盤高を変更できない或いは変更しても高低差の許容値に収まらないときは、計画した開発そのものを再検討していくことになる。また、開発地の地盤高を変更することで高低差の許容値がクリアできるようであれば、「開発計画の入力」の項目までフィードバックし、開発地の高低差を変更した計画に対してこれまでの操作を繰り返した。

(3) ハイブリッド型プロセスによる計画地形設計について

ハイブリッド型計画プロセスを適用した地形設計では、リアリティの高い費用算定を目的とし概略的ではあるが工事施工段階の先取的な分析（特に機械計画検討）を行なうシミュレーションモデルと、計画地形高を計画変数とし計画目的の追求（ここでは工事費用の最小化）を行う最適化モデルとをサイクリックな検討を通して地形設計案を計画者が満足 of いくレベルまで高度化させていく事を目的としている（図-3）。

a)シミュレーションモデルに関する検討

本システムにおいて、シミュレーションモデルは初期入力或いは最適化モデルで設定された計画地形に最も安く、確実に土工事ができるような機械編成を標準的な施工機械組み合わせに基づいて計画する。

なお、シミュレーションモデルで用いる標準的な

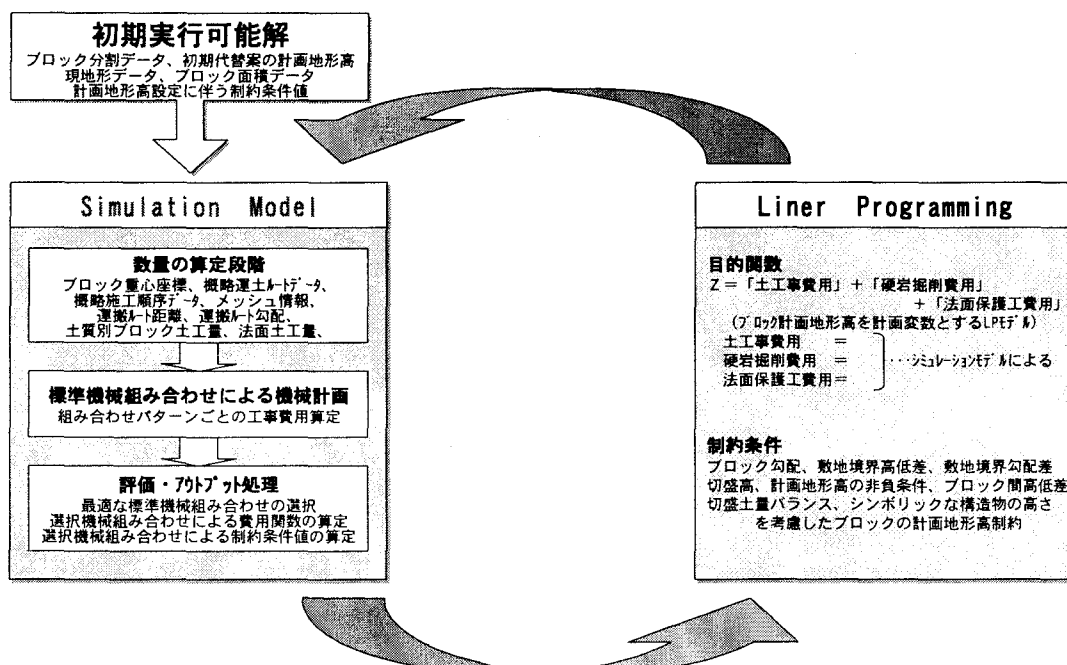


図-3 ハイブリッド型プロセスによる地形設計検討の基本構成

施工機械の組合せは、住都公団による一般土工事における一般的な施工機械の組合せ⁴⁾と、実際の現場でのヒヤリング調査をもとに整理したものを採用している。

b)最適化モデル

最適化モデルにおいては、シミュレーションモデルで計画された機械編成（費用関数）を利用して工事費用を最小化する計画地形の設計を行う。この作業を満足のいく設計案が求められるまでサイクリックに繰り返す。以下においては、この最適化モデルの定式化の内容を示す。

○目的関数

$$\begin{aligned} \text{Minimize : } & \sum_{i=1}^n \alpha (KH_i) + \beta (KH_i) + \gamma (KH_i) \\ & + \delta (KH_i) + \varepsilon (KH_i) + \zeta (KH_i) + \eta (KH_i) \end{aligned}$$

○制約条件

①ブロック斜面勾配

$$|SB_i| \leq \text{Const } BS_{\max}$$

②敷地境界の地形高低差

$$\text{Max}(HME_{ij} - HNM_{ij}) \leq \text{Const } HRM_{\max}$$

③敷地境界の勾配差

$$\text{Max}(SB_i - SNM_{ij}) \leq \text{Const } SRM_{\max}$$

④切盛高の上限値

$$\text{Max}/GH_{ij} - KH_{ij} \leq \text{Const } KM_{\max}$$

⑤計画地形高の非負条件 $KH_i \geq 0$

⑥ブロック間高低差 $|KH_i - KH_k| \leq \text{Const } BD_{\max}$

⑦切盛土量バランス

$$\left| \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l (GH_{ij} - KH_{ij}) \right| \leq \text{Const } VD_{\max}$$

⑧ブロック計画地形高

$$KH_i + KOZ_i \leq \text{Const } HB_i$$

$\alpha (KH_i)$: 軟岩・普通土の掘削費用関数

$\beta (KH_i)$: 積込費用関数

$\gamma (KH_i)$: 運搬費用関数

$\delta (KH_i)$: 敷均費用関数

$\varepsilon (KH_i)$: 転圧費用関数

$\zeta (KH_i)$: 硬岩の掘削費用関数

$\eta (KH_i)$: 法面保護費用関数

i : ブロック番号

KH_i : ブロック重心位置の計画地形高

SB_i : ブロック勾配

$\text{Const } BS_{\max}$: ブロック勾配の制約値

j : ブロック i 内のメッシュ番号

HME_{ij} : 境界メッシュに於ける計画地形高

HNM_{ij} : 境界メッシュ HME_{ij} に於ける敷地外

隣接メッシュの地形高

$\text{Const } HRM_{\max}$: 隣接地との高低差の制約値

SNM_{ij} : 敷地外隣接メッシュの勾配

$\text{Const } SRM_{\max}$: 隣接地との勾配差の制約値

GH_{ij} : メッシュ j に於ける原地形高

KH_{ij} : メッシュ j に於ける計画地形高

$\text{Const } KM_{\max}$: 切盛高の制約値

KH_j : ブロック j の計画地形高

$\text{Const } BD_{\max}$: ブロック間高低差の制約値

GH_{ij} : メッシュ j に於ける原地形高

$\text{Const } VD_{\max}$: 余剰・不足土工量の制約値

KOZ_i : メッシュ j に於ける計画地形高

$\text{Const } HB_i$: ブロック i の計画地形高の制約

(4)代替案評価に関する考察

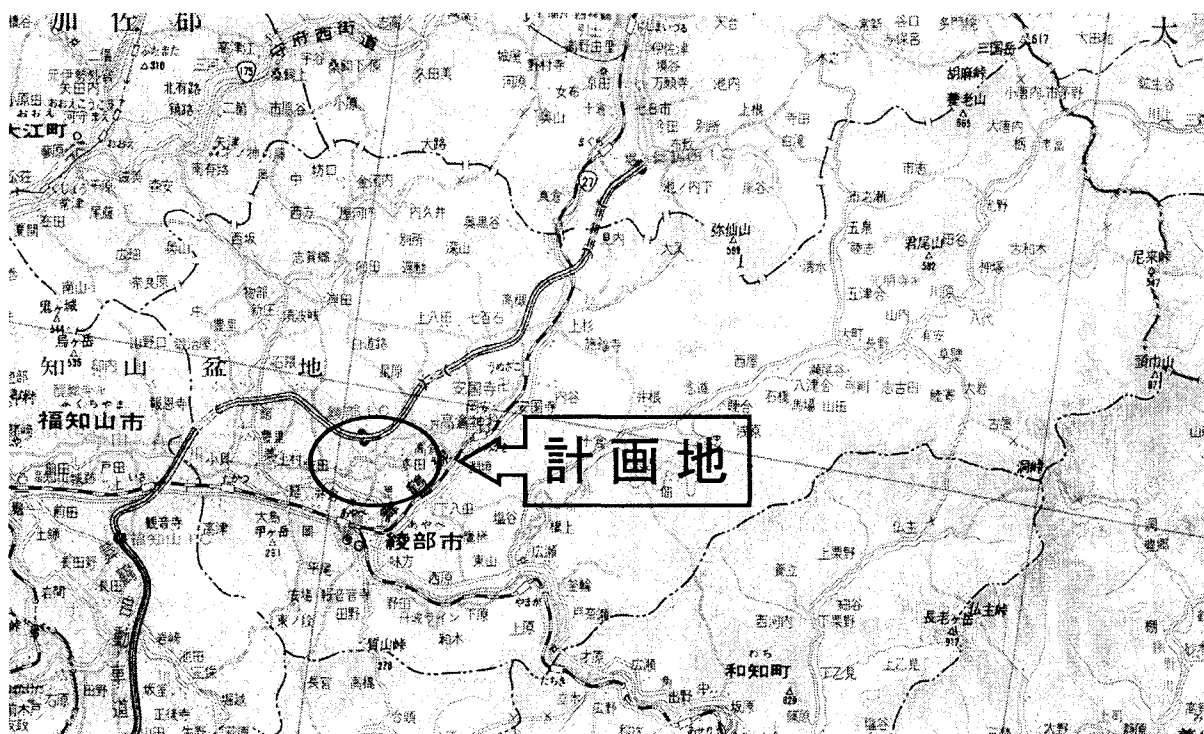
本研究では、開発面積・土工量・総土工事費用・最大切盛高・平均移動勾配・法面発生率を用い、各代替案の評価を多基準分析を用いて行っている。評価の手順としては、最終目的を目指す立場から考慮した評価項目の重要性、すなわち各評価項目の重みを決定し、その重みづけに従って各代替案を評価することとした。特に今回は、造成費用（総土工事費用）に重点をおき評価を行っている。しかし、どのように各項目の重みを決定していくのか、また、利便性・機能性・快適性・環境保全・経済性といった評価要素をどのように総合評価していくかという問題に関する検討が必要であり今後の重要な課題であると考えている。

3. 実証的検討

本研究で開発した宅地開発プロジェクトプランニングシステムとCADシステムを、実際レベルの宅地開発プロジェクトのプランニング作業に適用し、その有効性の検証を行うこととする。ここでは、京都府綾部市で現在計画が進行中の宅地開発事業を対象にシステムの適用を行った。

(1)対象地の現況

宅地開発の計画地は（図-4）、綾部市西部の下八田、淵垣、多田、高倉地内の約 54.3ha の市街地整備地域にある。また、綾部市中心地の北東側の丘陵地に位置している。綾部市街地まで 3 km と利便性に富み、府営工業団地の建設、近畿自動車道舞鶴線の開通により一層の発展が期待される地域へと変貌している。計画地は、「第3次綾部市総合計画」の中で市街地整備地域に指定されており、重点整備ゾーンの地区である。また、計画地の東側 3 km 付

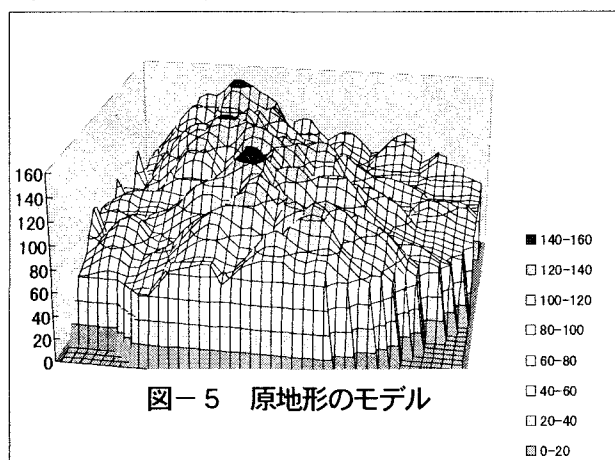


図－4 計画地現況図

近に京都縦貫自動車道が整備される予定であり、主要都市への交通網が強化されることとなる。そのような背景の中、人口約 1400 人規模の宅地整備事業が構想されている。

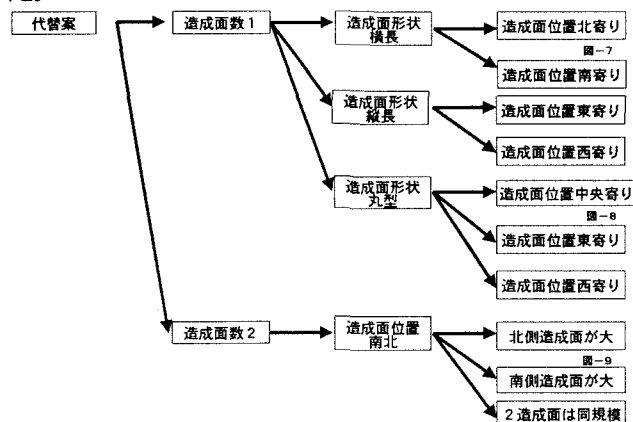
(2) 地形データの作成

本研究では、一般的に採用されている 20m メッシュで地形の情報を作成している。そして、各メッシュごとに現地形高、自然条件、社会条件、規制条件といったメッシュの状態を表現する情報を、現地形データベースとして取り扱っている。以下に示した図－5 は、メッシュの情報のうち現地形高を用い、原地形形状を表現したものである。



(3) 造成方針の検討

まず、造成方針検討のために土地利用のあらゆる可能性を想定し、開発対象地の中でどこを造成するのかというレイアウトパターンを設定した。そして、先ほど示した図－2 のフローに従って、設定したパターンに対して、造成方針検討を行った結果、図－6 に示すような 10 のレイアウトパターンを選定した。



図－6 選定されたレイアウトパターン

そして、図－7、図－8、図－9 に選定されたレイアウトパターンの例を概略的なイメージ図として示すこととする。

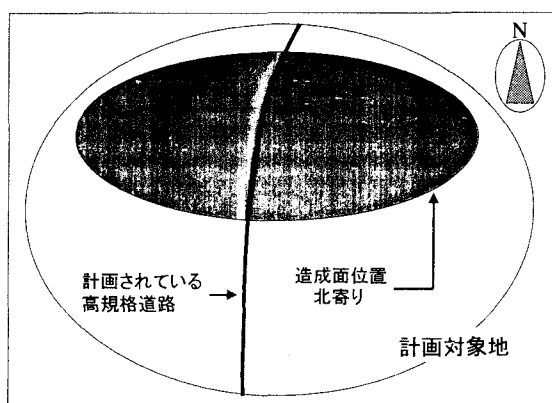


図-7 レイアウトパターン例 その1

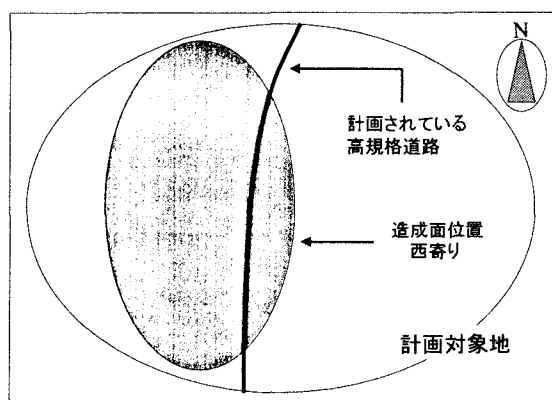


図-8 レイアウトパターン例 その2

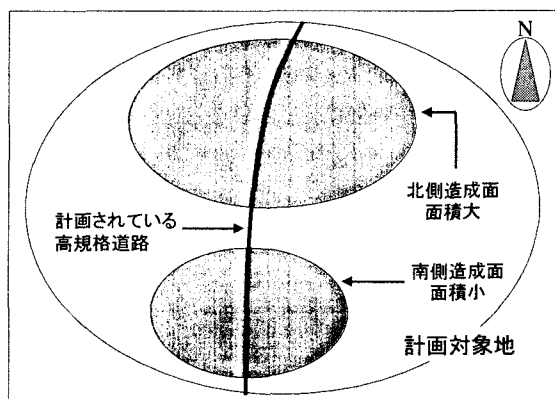


図-9 レイアウトパターン例 その3

また、住宅形態に関しては、表-1のような戸建て・低中層を想定し、以下の構成割合において、4

表-1 想定した住宅形態

	戸建て	低中層
想定家族構成	3人(大人:2人、子供:1人)	
標準家族構成	200(m ²)	50(m ²)
建蔽率	50	60
容積率	100	200
用途指定	第2種低層住居専用地域	第1種居住地域

つのパターンを検討することとした。

「戸建て:低層 = 1:0」

「戸建て:低層 = 1:2」

「戸建て:低層 = 1:1」

「戸建て:低層 = 2:1」

また、この時の住宅用地以外の各面積は変化しないものとし、表-2のように住宅構成割合ごとの土地利用面積構成を仮定して検討を行った。なお、戸建て・低中層住宅のイメージを図-10, 11に示す。

以上のような造成方針検討結果と住宅構成割合より40の代替案を設定し、次の段階である計画地形設計の検討を加えた。

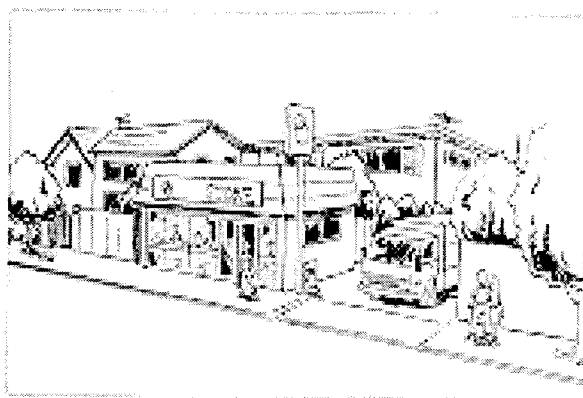


図-10 戸建て住宅のイメージ



図-11 低中層住宅のイメージ

(4) ハイブリッド型プロセスによる計画地形設計に関する検討

上記で設定した40の代替案それぞれに対して、ハイブリッド型プロセスによる計画地形設計を行うとともに、各数量の算定を行った。表-3には、各住宅構成割合の中で、総土工事費用が最も低い代替案の算定結果を示した。さらに、これら4つの代替

表－２ 土地利用面積構成

構成割合	「戸建て：低層」＝１：０」		「戸建て：低層」＝１：２」		「戸建て：低層」＝１：１」		「戸建て：低層」＝２：１」	
用途	面積	割合	面積	割合	面積	割合	面積	割合
低層住宅用地	93600	0.36	31200	0.15	46800	0.21	62400	0.26
中層住宅用地	0	0.00	15600	0.07	11700	0.05	7800	0.03
都市計画道路	14000	0.05	14000	0.07	14000	0.06	14000	0.06
区画道路	32500	0.12	32500	0.15	32500	0.14	32500	0.14
公園	13500	0.05	13500	0.06	13500	0.06	13500	0.06
緑地	86000	0.33	86000	0.40	86000	0.38	86000	0.36
調整池・沈砂地	17700	0.07	17700	0.08	17700	0.08	17700	0.07
公益施設用地	2700	0.01	2700	0.01	2700	0.01	2700	0.01
給水施設用地	700	0.00	700	0.00	700	0.00	700	0.00
合計	260700	1	213900	1	225600	1	237300	1

表－３ 算定結果

算定項目\住宅構成割合	「１：０」	「１：２」	「１：１」	「２：１」
開発面積	594030	456850	589500	487810
土工量	541680	545640	544200	543680
総土工事費用	456610220	393720124	434831812	452352156
最大切盛高	40	39.6	40.1	37.6
平均移動勾配	6.8	5.6	6.3	6.8
法面発生率	10.9	11.3	10.8	16.6

表－４ 多基準分析結果

基準化評価マトリクス	代替案１	代替案２	代替案３	代替案４	ウェイト
開発面積	1.300273613	1	1.290357886	1.06776841	1
土工量	3.40812E-12	3.38338E-12	3.39233E-12	3.3956E-12	2
総土工事費用	5.56246E-18	6.45097E-18	5.84105E-18	5.6148E-18	0.8
最大切盛高	0.000664894	0.00067161	0.000663236	0.00070733	0.7
平均移動勾配	0.026260504	0.031887755	0.028344671	0.0262605	1
法面発生率	0.008494733	0.008194035	0.008573388	0.00557787	0.5

一致指数行列(Ci)	代替案１	代替案２	代替案３	代替案４
代替案１	0	0.300574311	0.009917385	0.23542206
代替案２	0.005633967	0	-0.00207579	0.00824342
代替案３	0.002162822	0.290737239	0	0.22766916
代替案４	4.244E-05	0.067804138	4.40981E-05	0

不一致指数行列(Di)	代替案１	代替案２	代替案３	代替案４
代替案１	0	1	0.638047509	0.97374249
代替案２	1	0	0.686447566	1
代替案３	0.37037037	0.966977694	0	1
代替案４	0.9624	0.81010101	1	0

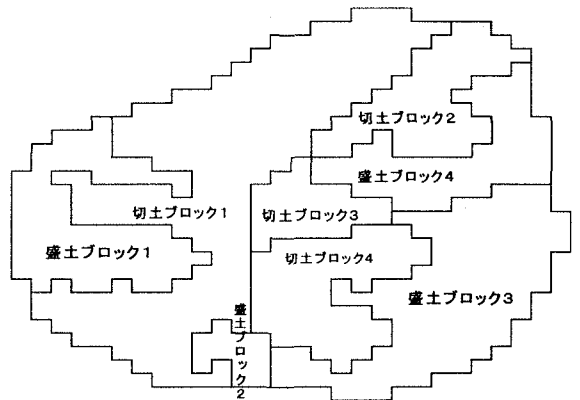
序列化(Ei)	Ci	Di	Ei	順位
代替案１	0.538074533	0.279019625	0.259054907	4
代替案２	-0.6473141	-0.09063114	-0.55668296	1
代替案３	0.51268353	0.650900498	-0.13821697	3
代替案４	-0.40344397	-0.20124148	-0.20220249	2

案に多基準分析（表－４）を行い、「戸建て住宅」と「低層系住宅」との構成割合が「１：２」の代替案が選択された。これは、他の代替案に比べて土工事費用が大幅に低い事が起因していると考えられる。

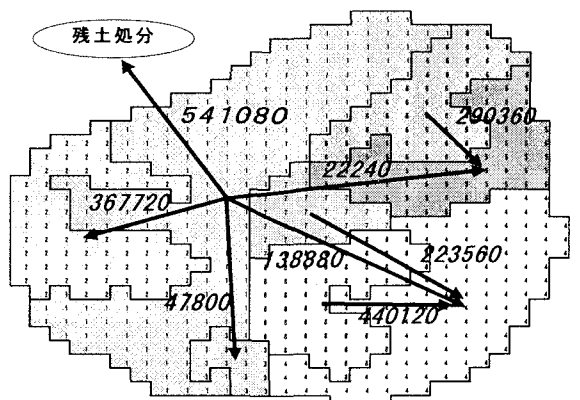
次に、これらの算定結果をもとに、次のような視覚的な支援情報を作成している。図－１２が切盛り分布を示したものである（白抜きが切土、黒い部分が盛土を表す）。

また、本システムにおいて、算定した、土量配分結果をもとに、図－１３のような矢線図を作成している。そして、地形設計の結果をもとに作成した概略景観図（鳥瞰図）を図－１４に示す。

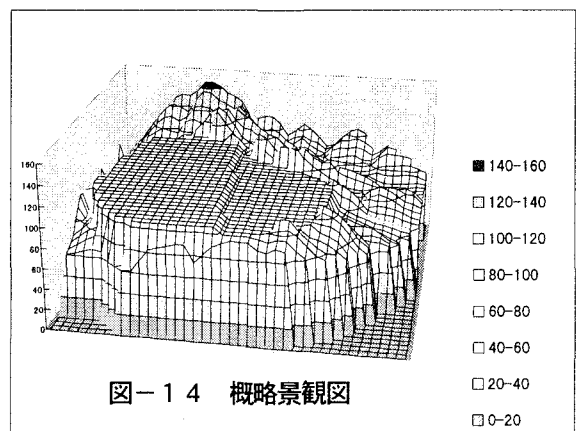
また、市販の造成支援システムを用いて、造成後の鳥瞰図を示したのが図－１５である。このような視覚的な情報の作成により、図－１６に示したよう



図－１２ 切盛図



図－１３ 矢線図



図－１４ 概略景観図

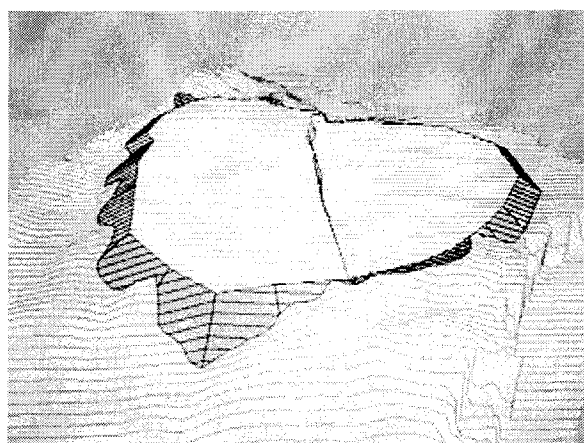


図-15 鳥瞰図

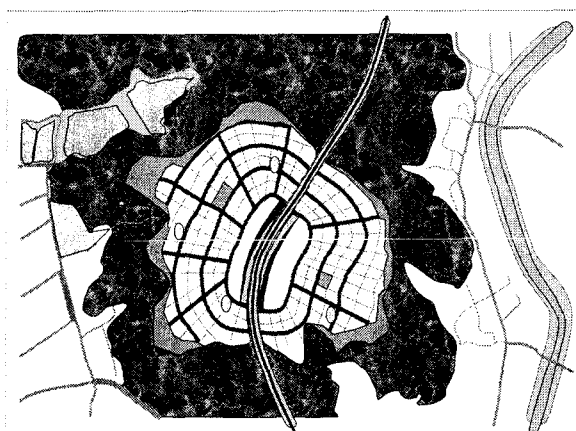


図-16 平面計画図

な道路線形、街区形態等の検討も含めた平面計画の作成を具体的なイメージをもって進めることが可能となるものと考える。

4. おわりに

本研究では、宅地開発プロジェクトプランニングシステムの開発をおこなった。またここでは、地方部における宅地開発プロジェクトのように事業コストの多くの部分を占めている造成工事の費用の低減化に焦点を当てるとともに、地形高を計画変数とする地形設計作業を中核に据えた土地開発計画CADシステムの構築に関する次のような開発研究を行った。すなわち、まず計画対象地のモデル化を目的として地形データベースの構築を行った。つづいて、このような地形情報を用いて概略的な技術的要件の確保と運土計画の効率性を検討するとともに、造成パターンの可能性を探りながら後の検討に値する造成方針代替案を選定するシステムを開発した。そして、選定された意味ある代替案のそれぞれに対して

より詳細な造成工事費の低減化を追求するハイブリッド型のプロセスを採用した地形設計システムを構築した。さらに、この土地開発計画CADシステムを京都府綾部市西部の宅地開発プロジェクトへ適用して、様々なレイアウトパターンと住宅形態構成割合を変化させた40の計画地形代替案を作成し、鳥瞰図を含めた計画選択のための効果的な判断情報を作成した。なお、今回の代替案評価においては造成費用及び地形形状に着目した多基準分析を採用したが、今後は、本システムで求められる計画地形案に導入施設のイメージを乗せたCGを作成し、景観に関する評価を加えたり開発地を利用する人々の利便性の評価も含めたより総合的な評価を行っていく必要があると考える。

【参考文献】

- 1)たとえば、(i) 阪急開発プロジェクトマネジメントシステム研究会：土地開発プロジェクトプランニングシステムの構築を目指して 1983.10
- (ii) 南健志：大規模造成工事を伴うニュータウン建設の構想計画策定のシステム化に関する研究、京都大学修士論文 1988.2
- (iii) 上山晃：土地開発プロジェクトプランニングのためのCADシステム化の開発研究—整地計画・設計からのアプローチ—、立命館大学大学院修士論文 1996.2
- 2) 高岸実良：ニュータウン開発構想作業のシステム論的研究、立命館大学大学院修士論文 1991.2
- 3) 井関：大規模宅地開発の適地選定に関する研究、日本住宅都市整備公団
- 4) 住宅都市整備公団：土木工事積算要領 1986.10

A Study on Development of Computer-Aided –Design System to Support Land Development Project Planning

In this paper, CAD-system for land development project is developed based on the process of topographical design. The topographical design is obtained by solving hybrid process model, in which land use plan and topographical blocks are predetermined from viewpoints of the urban facility development project plan and construction planning.