

地方都市丘陵部における居住地開発計画効果的実施を目的とした建設プロジェクト構想支援システムの開発研究

立命館大学 春名 攻*

立命館大学大学院 ○高 智愛**

By Mamoru HARUNA and Chie KOH

本研究では、これまでの研究成果である「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」、「都市・地域開発事業における居住地開発プロジェクト構想検討に関する方法論的研究」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建設プロジェクト構想支援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、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、計画地形高を決定する計画地形設計段階、さらには、絞り込まれた代替案群に対して、建設省土木工事積算基準¹⁾に基づく算定式による造成シミュレーションによって概略造成費の算定を行う造成費算定段階の3つの段階にわけて捉え、計画地形の実現可能性を先取り的に検討する丘陵部開発計画策定支援システムを考案した。地形高を計画変数として最適化しうるシステムのなかで、NURBS曲面補間を用いた新規な方法によるモデル化をおこない、従来から問題となっていた地形モデル化における作業量の軽減にもつなげることができた。

【キーワード】居住地開発計画、地形設計、建設プロジェクト構想支援システム

1. はじめに

近年、居住地開発事業に対する住民のニーズ・要求は多様化・複雑化の傾向が著しい。一方、事業者は居住地開発を進めるにあたり、住民側の様々な要求に応えることに加え、採算性を確保するための事業効率性の追求が重要な課題となって

いる。そのため、事業構想計画案策定においても、多角度からの検討が必要となってきた。そして、このような計画検討における検討作業項目や情報量は飛躍的に増加しているため、事業構想計画案策定を高度に支援する、迅速かつ効率的な方法論開発が従来にも増して重要となってくると考える。(図-1)

* 立命館大学 理工学部 077-561-2736

** 立命館大学大学院 077-561-2736

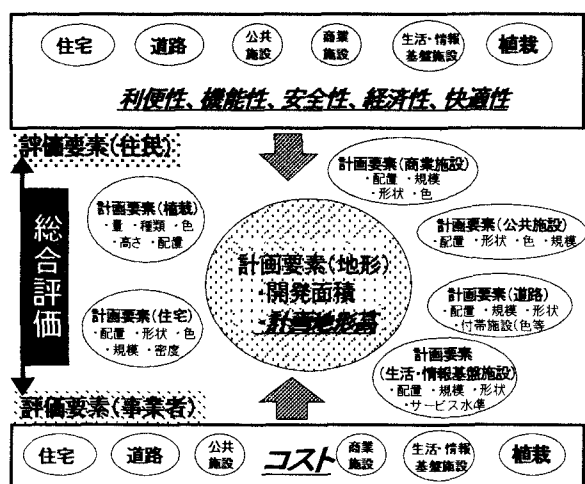


図-1 居住地開発プロジェクトにおける検討項目

また、本研究が対象とする地方部での居住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、大規模な土地開発を伴い、造成工事費の全体事業費に対するウエ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。そして、造成費工事費の検討において、計画地形の設計が大変重要な計画要素である。

そこで、本研究では、居住地開発事業の構想案策定システム開発の新たな試みとして、従来から構想策定作業において、作業量の増大等で問題となっていた計画地形設計作業に着目し、自動車等のデザインに用いられている NURBS 曲面を地形表現に用いた計画地形設計モデルの構築を行った。そこでは、計画地形設計を非線形数値計画モデルとして定式化し、迅速に多様な地形代替案の設計を可能としている。これにより、土地利用計画・施設整備計画等を含めた形で、総合的な観点からの計画検討が可能となるとともに、多様かつより実行性が高い計画地形設計のための方法論開発を目指した。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。また、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地形設計 CAD システムの開発をめざすこととした。

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」²⁾に関する研究²⁾が報告されているが、本研究ではまず、これらの研究成果を基礎として、次項で示す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 な形を取りまとめ、それらをトータル化した土地開発 CAD システムとして具体的に開発して行くことを目的とした。そして、居住地開発事業計画の計画案策定プロセスを合理的・効率的に進めるために、計画検討作業において作業労力の負担が大きい検討項目や迅速な処理が必要な検討項目に対し、視覚的な情報を伴った計画支援情報を提供し、計画者の意思決定や適切な判断を促す検討システムの構築を目指した。

2. 本研究における計画地形設計プロセス

本研究では、図-2 に示すように計画地形設計作業を地形のモデル化の段階・計画地形設計処理の段階・造成費算定の段階の3つに分けて捉え、計画地形の実現可能性を先取的に検討するため、その中心となる土工量に着目し、計画地形設計モデルに適応させるための基本ブロックとして原地形の分析より設定した粗造成ブロックレベルでの概算を行った。そして、勾配の制約をパラメトリックに設定し、概略造成費の算定を行っている。

計画地形設計処理の段階においては、計画地形高を計画変数とし、土量バランスや、造成面勾配を制約条件として、土量配分計算を含む仕事量最小化を目的とする地形設計モデルの定式化を行っている。その後、造成費算定段階においては、土量配分問題を考慮した地形設計の結果に基づき、施工機械の組み合わせの選定と各機械の作業量を求める造成シミュレーションによって概略造成費の積算を行っている。さらに、本研究では開発したシステムの有用性を検証するために滋賀県大津市伊香立地区琵琶湖サイエンスパーク建設予定地で実証的検討を行っている。

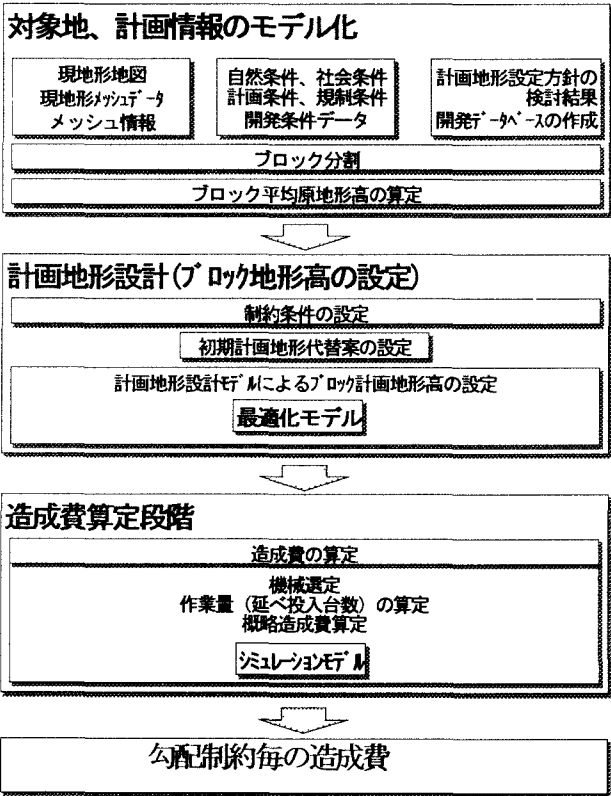


図-2 計画地形設計プロセスの概略フロー図

(1) 計画情報のモデル化の段階

a) NURBS 補間曲面³⁾による地形モデル化の考察

地形図から対象地形上である位置座標と原地形高を読み取り、地形データとして入力するが、従来の研究では、地形図上に 20m 間隔のメッシュを設定するとともに、各メッシュの 4 頂点における平均値をメッシュの原地形高として算定する方法で原地形の特徴を把握することとしていた。しかし、このような従来のメッシュデータの入力方法⁵⁾では作業量が膨大となる。そのため、本研究では NURBS 曲面補間により、ラフな地形データから詳細なメッシュデータを得ることを可能にしている。

そこで本研究において採用した NURBS 曲面式を以下に示す。

$$S(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,4}(u) M_{j,4}(v) w_j P_{ij}}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,4}(u) M_{j,4}(v) w_j}$$

上式における S は、NURBS 曲面パラメータ u, v における 3 次元座標であり、地形における求めたい点の座標にあたる。 $N_{i,4}$ 、 $M_{j,4}$ は共に NURBS の基底関数と呼ばれるもので、ドバア・コックスの漸化式⁴⁾によって計算する。また、 w_{ij} は、ウェイトと呼ばれるもので、引力係数のように働くが、本研究では定数としている。そして、 P_{ij} は NURBS 曲面を構成している制御点の座標である。NURBS 曲面とは、B-スプライン⁴⁾の拡張された形であるため、本研究においては、B-スプラインの制御点の算出に順じて NURBS 曲面の制御点を算出し、その座標を上式に代入して任意のパラメータ u, v における地形の 3 次元座標を取得している。図-3 は、NURBS 補間による地形モデル化の誤差を測定するための例題地形であり、等高線グラフを用いて表した従来の方法による 20m メッシュデータである。図-4 はラフな扇形メッシュデータから NURBS 曲面補間により 20m メッシュデータを取得したものを等高線グラフ化したものである。また、これらを数値的に比較する手段として、単純に得られたメッシュデータにメッシュ 1 つ分の面積を乗じ、地形を 1 つの物体として捉えたときの体積差について比較した(表-1)。表-2 にはそれぞれの入力データ点数の比較を示した。

表-1 例題の誤差

	体積(m ³)
例題データ	30,995,200
扇形データ	31,056,840
体積差	-61,640

表-2 データ点数の比較

	20mメッシュデータ	扇形データ
u方向	21	12
v方向	21	10
合計	441	120

表-1 より、両者の 400m 四方という区域における体積誤差は、約 6 万 m³ であり、図-3 の 20m メッシュによる例題地形を一つの物体として考えたときの体積を基準とすると精度は約 500 分の 1 で

ある。また、作業量という面では従来の手法に比べて、NURBSによる地形表示は72.8%の減少がみられた。

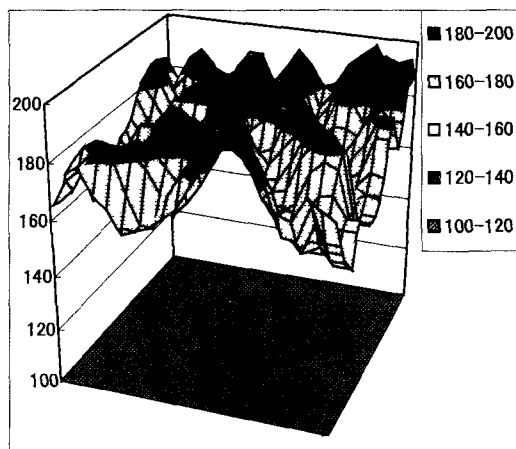


図-3 20mメッシュの例題地形

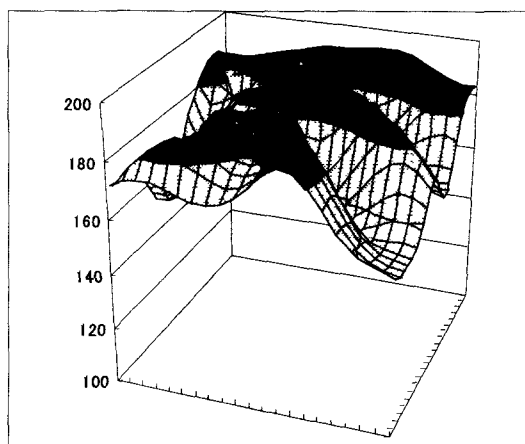


図-4 NURBS 曲面による例題地形

さらに、NURBS 曲面による地形のモデル化を行うにあたって、計画者の居住地有効面積の判断を支援するために、地形曲面上の法線を求めることにより、開発面積内の居住有効面積の分布と南向き勾配を持つ地点が視覚的に表現できることを可能としている。NURBS 曲面上の任意の座標点 $S(u,v)$ から微小距離離れた $S(u+\delta u,v)$ と $S(u,v+\delta v)$ へのベクトルの外積計算により法線を求め、その法線の天頂からの傾きが 4° 以下の曲面上の点と南に傾いている曲面上の点の分布を平面率、南面率として図-9に示した。

b) 原地形の前提条件の整理

地形設計を行うにあたり、前提条件となりうる

土質状況や土地の利用制限や計画地形領域とその勾配など計画上の制約が与えられている場合、これらも各メッシュ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」等の情報もモデルデータとして与え、次の①～⑤までの原地形の前提条件の整理を行う上での与件とした。

① 平均原地形高の算定

ここでは、ブロック分割を行うための切盛メッシュ分布把握のために概略の計画地形高を求める。対象とする地域全体の平均原地形高を算定する。

② 概略切盛分布図の作成

原地形高と概略の計画地形高をもとに各メッシュの切土ブロック・盛土ブロックの判断を行い、その分布を計画支援情報として作成する。

③ ブロック分割

この段階では、地形の特徴をとらえるために、道路データ・②をもとにブロック分割している。以後の段階では、このブロックが地形変化を捉えるための手段となるために、地形の特徴を正確にとらえる必要があると考える。

④ ブロック平均原地形高の算定

以下の地形設計モデルでは、ブロックの平均原地形高を操作変数として用いることから、各ブロックの平均の現地形高を算定する。

⑤ ブロック重心・ブロック間距離の算定

各ブロックの重心を求めるとともに、それを用い各ブロックの距離を求める。

(2) 計画地形設計段階

本研究では、構想計画段階の計画案策定作業として、計画地形設計を中心とした計画案策定方法を採用した。この計画地形の数量算定の流れを概略的に図-5に示す。

計画情報のモデル化の段階で行う①～⑤までの原地形の前提条件の整理から得られる情報をインプットデータとし、開発面積内での総土工量最小化問題を内含する形で、建設施工計画段階を先取りした土量配分計算にもとづく仕事量最小化を目的関数とする地形設計モデルにより、概略仕事量をもとめ、造成費算定のための入力情報とする。

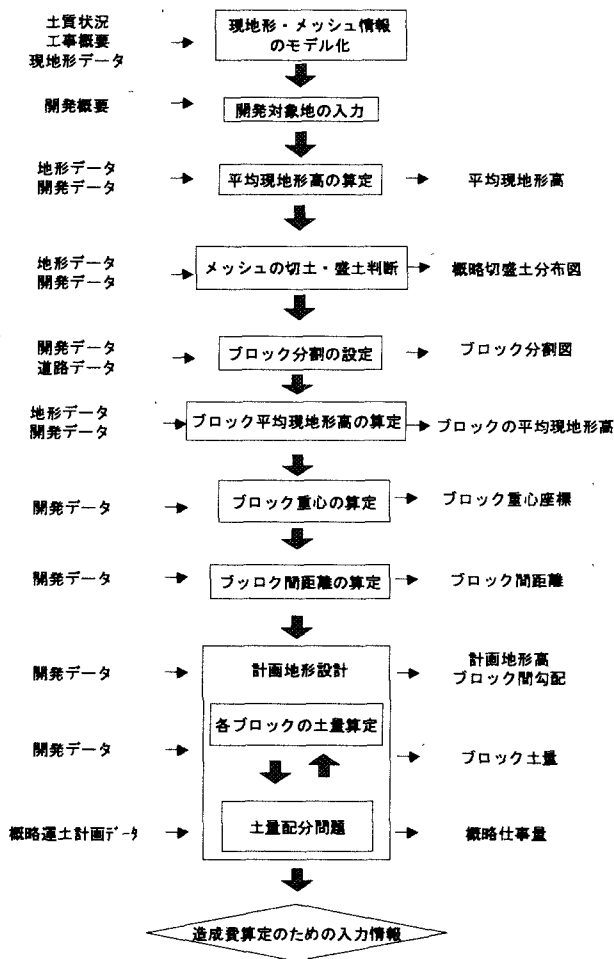


図-5 計画地形設計段階のシステムフロー

a) 計画地形設計モデルの定式化

以下においては、計画地形高を計画変数とするとともに、運土距離×運土量で求める仕事量最小を目的とする地形設計モデルの定式化を示す。すなわち、原地形的前提条件の整理から得られる土地利用に関する制約条件を考慮し、構想計画案の造成に対する基本方針を入力することと、建設施工計画段階を先取り検討した土量配分計画による仕事量最小化をここでの目的としている。これは、後述する土量バランス等の制約条件を満たした形での計画地形案を設計するものであり、図-5に示す手順でモデル分析を行い、造成費算定段階のための入力情報とするためである。その後、概略造成費の算定を造成シミュレーションによって行った。

Minimize

$$TC(E) \rightarrow Min \quad (3.1)$$

TC : 仕事量

E : 計画地形高

Subject to

$$\left| \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \{OS(x, y) - PS(x, y)\} dx dy \right| \leq \varepsilon_1 \quad (3.2)$$

ε_1 : 許容土量

$$\max \left| \frac{\partial PS(x, y)}{\partial x} \right| \leq h_n \quad \max \left| \frac{\partial PS(x, y)}{\partial y} \right| \leq h_n \quad (3.3)$$

OS : x_v, y_u の原地形高

PS : x_v, y_u の計画地形高

h_n : ブロック群の補間関数の傾き最大値

$$M_{uv}^{\min} \leq PS(x, y) \leq M_{uv}^{\max}$$

$$M_{uv}^{\max} : \text{最大計画地形高} \quad (3.4)$$

$$M_{uv}^{\min} : \text{最小計画地形高}$$

ここで、制約条件 (3.2) は、切土量と盛土量のバランスが許容土量以下となるようにしたものである。制約 (3.3) は、ブロック内の高低差に限度を設けたものである。ブロックごとに、地形近似関数の傾きに制約を与えることとした。制約 (3.4) については、計画地形の設計において、実際の造成工事を想定した場合、原地形高と計画地形高の差は工事の実行可能性から考えても、一定の上限値と下限値が必要であることから、設けた制約条件式である。

b) 計画地形設計モデルの解法

本研究においては式 (3.1) ~ (3.4) のように定式化を行ったが、ここでの目的関数の関数形が未知な問題となるため、非線形型計画法に基づく最適化手法を採用することが望ましいと考えた。そこで、本研究ではまず、本問題を非線形型計画法におけるペナルティ関数法⁶⁾を用いて、条件なし非線形型計画問題へと変換し、BOX の Complex 法⁷⁾を用いた。本手法は、ローカルミニマムに陥

らずに最適解を探索する能力に使われていることを最大の特色としている。

c) 目的関数値 $TC(E)$ の算定方法

①入力データから NURBS 補間により詳細なメッシュデータを取得する。

②ある領域 G (ここでは 20m メッシュを採用) に対する二重積分 $V_{uv} = \int \int_G \{OS(x, y) - PS(x, y)\} dx dy$

により、各メッシュの土量の算定を行う。そして、以下でおこなう土量配分のために、次のような方法により、切土部のメッシュと盛土部のメッシュとの判別を行う。すなわち、 $V_{uv} > 0$ のとき、 $V_{uv} = K_s$ (K_s は切土部のメッシュ s の土工量) で、 $s = s + 1$ として次のメッシュの算定を行う。また、 $V_{uv} < 0$ のとき、 $V_{uv} = M_t$ (M_t は盛土部のメッシュ t の土工量) で、 $t = t + 1$ とし、次のメッシュの算定を行う。

③ K_s 、 M_t の各ブロック間の距離・勾配を求める。

④以下の定式化の下、土量配分問題を解き、 $TC(E) = C$ を得る。

○線形計画輸送問題による概略土量配分計画

Minimize

$$C = \sum_s \sum_t X_{st} \times C_{st} \rightarrow \text{Min} \quad (3.5)$$

Subject to C : 仕事量

$$\sum_{t=1}^m X_{st} = K_s \quad (3.6) \quad , \quad \sum_{s=1}^l X_{st} = M_t \quad (3.7)$$

$$\left| \sum_{s=1}^l K_s - \sum_{t=1}^m M_t \right| \leq \varepsilon_1 \quad (3.8) \quad , \quad X_{st} \geq 0 \quad (3.9)$$

C_{st} : s, t 間の距離、 X_{st} : s, t 間の配分土量

K_s : 切土 s のメッシュ土量、 s : 切土メッシュ番号

M_t : 盛土 t のメッシュ土量、 t : 盛土メッシュ番号

(3) 造成費算定段階

本研究では、仕事量最小とする最適化モデルで求められた計画地形案は、造成費も最小となる計画であると考えるが、実際の施工機械を用いて造成を行ったときに、どの程度の工事費用を必要とするのかというより詳細な情報を得るため、地形設計段階と切り離して、造成費算定の数値シミュレーション分析を行った。最適化モデルで設定された計画地形を得るために必要とする造成工事費を求めるため、施工場所、土工量及び運搬距離の施工条件から、表-4¹⁾ の標準的な施工機械組み合わせ表に基づいて投入機械の選定を行った。そして、表-3¹⁾ に示した各建設機械の作業能力の算定式を用いて、各ブロック間において選定した組み合わせごとに建設機械 1 時間あたりの作業量を求め、最終的に各ブロックから発生する土量をもとに延べ必要時間を算定し、各機械の時間あたりの運転単価によって造成工事費用の算定を行った。

表-3 各機械の時間あたり作業量能力算定表

時間あたり作業能力算定式 (m ³ /Hour)	
ブルドーザ	: 土工量=(60×q×f×E)/Cm
バックホウ	: 土工量=(3600×q×f×E)/Cm
ダンプトラック	: 土工量=(60×q×f×E)/Cm
スクレーパ	: 土工量=(60×q×f×E)/Cm
E : 作業効率, f : 土量換算係数 (参考文献参照)	
サイクル当たり作業能力 (q) 単位 : m ³	
ブルドーザ : 15t :1.73, 21t :2.85, 32t :4.63	
湿地 16t :1.97	
バックホウ : 0.6 m ³ :0.58, 0.35 m ³ :0.33	
ダンプトラック : 11t :土砂 6.1	
:軟岩 5.0	
:硬岩 4.4	
モータースクレーパ : 16m ³ :14.4	
非牽引式スクレーパ : 9 m ³ :8.1	
サイクルタイム (Cm) 単位 : min	
ブルドーザ : 掘削押土作業 Cm=0.027×L+0.78	
: 押土敷均作業 Cm=0.027×L+0.78	
バックホウ : 旋回角度 45° :27(sec), 90° :30(sec),	
135° :33(sec), 180° :36(sec)	
ダンプトラック : Cm=4.8/1000×L+16 (min)	
L : 運土距離 (m)	

表-4 標準的な施工機械投入組み合わせ

施 工 条 件			施 工 機 械				
土質条件	施工場所条件	土工量条件	運搬距離条件	掘削(押土・集積)機	積込機・機械	運搬機・機械	数均機・機械
砂 砂質土 レキ質土 粘性土 岩塊・玉石	標準	10,000m³未満	60m以内	ブルドーザ 15t			ブルドーザ 15t
			60～100m	ブルドーザ 15t	バックホウ 0.35m³	ダンプトラック 11t	ブルドーザ 15t
				バックホウ 0.6m³	ダンプトラック 11t		ブルドーザ 15t
				被けん引式スクレーパー 17m³			ブルドーザ 15t
			100m以上	ブルドーザ 15t	バックホウ 0.35m³	ダンプトラック 11t	ブルドーザ 15t
				バックホウ 0.6m³	ダンプトラック 11t		ブルドーザ 15t
				被けん引式スクレーパー 17m³			ブルドーザ 15t
			モータースクレーパー 16m³			ブルドーザ 15t	
		標準	60m以内	ブルドーザ 21t			ブルドーザ 21t
			60～100m	ブルドーザ 21t	バックホウ 0.35m³	ダンプトラック 11t	ブルドーザ 21t
				バックホウ 0.6m³	ダンプトラック 11t		ブルドーザ 21t
				被けん引式スクレーパー 17m³			ブルドーザ 21t
			100m以上	ブルドーザ 21t	バックホウ 0.35m³	ダンプトラック 11t	ブルドーザ 21t
				バックホウ 0.6m³	ダンプトラック 11t		ブルドーザ 21t
				被けん引式スクレーパー 17m³			ブルドーザ 21t
			モータースクレーパー 16m³			ブルドーザ 21t	
		100,000m³以上	60m以内	ブルドーザ 32t			ブルドーザ 21t
			60～100m	ブルドーザ 32t	バックホウ 0.35m³	ダンプトラック 11t	ブルドーザ 21t
				バックホウ 0.6m³	ダンプトラック 11t		ブルドーザ 21t
				被けん引式スクレーパー 17m³			ブルドーザ 21t
			100m以上	ブルドーザ 32t	バックホウ 0.35m³	ダンプトラック 11t	ブルドーザ 21t
				バックホウ 0.6m³	ダンプトラック 11t		ブルドーザ 21t
				被けん引式スクレーパー 17m³			ブルドーザ 21t
			モータースクレーパー 16m³			ブルドーザ 21t	
湿地軟弱土 トラフィシティ不足	60～100m	ブルドーザ 湿地16t			ブルドーザ 湿地16t		
		ブルドーザ 湿地16t		ブルドーザ 湿地16t	ブルドーザ 湿地16t		
		ブルドーザ 湿地16t	ブルドーザ 湿地16t	ブルドーザ 湿地16t	ブルドーザ 湿地16t		
		ブルドーザ 湿地16t	バックホウ 0.6m³	ダンプトラック 11t	ブルドーザ 湿地16t		
陸上作業の水中		100m以上	バックホウ 0.6m³	ダンプトラック 11t		ブルドーザ 湿地16t	
			バックホウ 0.6m³	ダンプトラック 11t		ブルドーザ 湿地16t	

4. 実証的検討

(1) システム適応に関する前提条件の整理

① 対象レベルについて

今回のシステムの適応にあたっては、公共（滋賀県および大津市）事業体から、検討対象地区における居住地開発計画の立案に関する構想計画案の策定の発注があったという想定の下に、滋賀県大津市伊香立地区琵琶湖サイエンスパーク建設予定地の地形設計を行うことを対象とする。

② 敷地領域について

与件の計画にある敷地領域を基本的に採用する。しかし、著しい変更でない限りの敷地領域形状の変更は可能であることとする。本プロジェクトでは、施工面積約 216.9ha のうち居住地整備と研究施設誘致が計画されており、その中で居住地ゾーン約 73ha に焦点をあてて検討を加えた。計画人口としては、約 8400 人が想定されており、住宅の他に公園・小学校・センター施設等の建設が盛り込まれている。今回は対象敷地をすでに公共が全量を獲得済みであり、この敷地領域の確保に関する諸問題は検討から除外することとする。

③ 検討ブロックの設定について

スーパーブロック及び粗造成ユニットの設定に関しては、与件の計画に関係なく、開発システムの理念に沿って独自の設定が可能であるとする。

④ 地域内道路について

地域内道路の設定方法は、与件の計画に関係なく、開発システムの理念に沿って独自の設定が可能であることとする。また、道路規模や構造等については与件の計画のものを基準としている。

⑤ プロジェクトの評価について

本システムの適用により計画化された内容は、事業者である公共がプロポーザル案を事業者の立場で評価することとする。

(2) 地形データの作成

検討対象領域の原地形のモデル化を行うにあたり、本研究では、原地形の地形数量化に NURBS 補間曲面を用いているため、そのデータの取得については、2500 分の 1 の地図上に、伊香立中学校の北西約 200m の地点を原点とする扇形の u,v パラメータメッシュをとり（図-6 参照）、メッシュ交点上の 3 次元座標を地形データとして入力した。

図-6のように取った u の間隔は0.099(rad)、 v の間隔は75mである。これにより入力された221(13×17)点から、開発地域全域(約73ha)の20mメッシュデータを取得する。この過程で得られた原地形のNURBS補間曲面を図-7に示す。

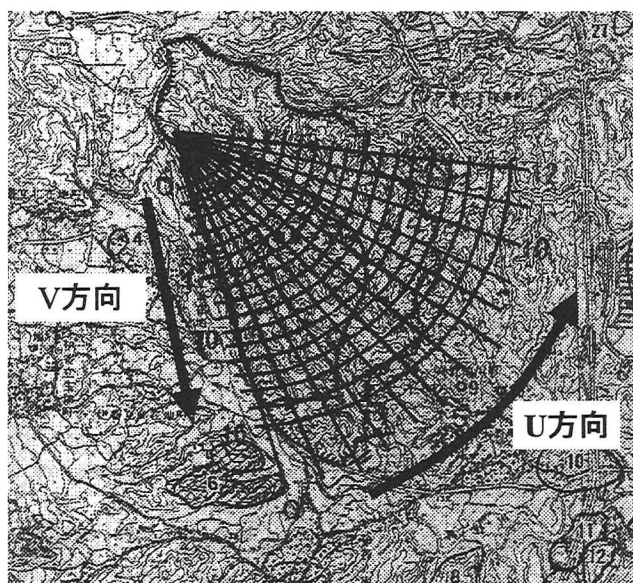


図-6 u, v パラメータメッシュ

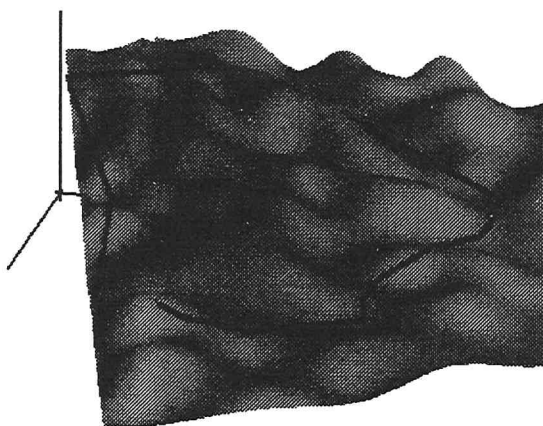


図-7 グラフィック表示された原地形

図-8は、ブロック間の勾配制約を2%に設定したときの計画地形である。地表の凹凸が整地され、居住有効面積が確保されていることが原地形との比較でわかる。図-9は、開発面積の分布と南向き勾配を持っている地点の分布を示したものである。

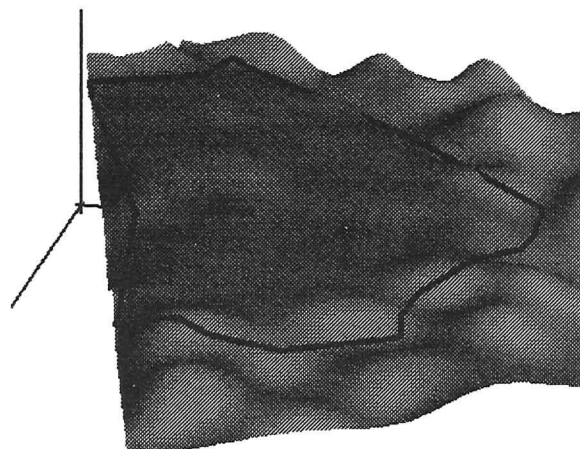


図-8 勾配制約2%における計画地形

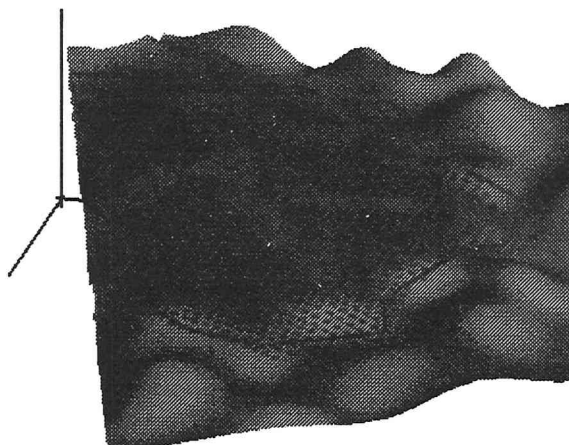


図-9 勾配制約2%の平面・南面率

図-8は、勾配制約2%の設定のもと、本研究で構築した地形設計モデルに適応させた結果、得られた、仕事量最小とする計画地形案であるが、これはあくまで、式3.1～式3.4を満たす最適な結果であって、実際の事業に用いるためには、運土ルートの設定方法やうわ物構造物による地形形状評価などの検討が可能となるよう、モデルを拡張し、さらに多くの検討が行えるシステムにしなければならない。ここでは、構築したモデルにおいての最適解としている。

(3) 算定結果

次に仕事量最小とする地形設計モデルの算定結果として、図-10の矢線図、表-5の各ブロックの土工量と面積、表-6に各ブロック間の運土距離と土量によって、算定した造成費を示した。

表-5 各ブロックの土工量と面積

ブロック番号	土量	面積
1	552,397	51,200
2	-833,478	68,800
3	750,314	88,400
4	569,053	54,000
5	-253,363	23,200
6	-793,221	71,600
7	-222,919	26,800
8	-168,931	14,800
9	-117,306	13,200
10	-281,719	26,800
11	-144,200	12,800
12	268,629	30,000
13	293,098	32,000
14	96,480	14,000
15	255,667	27,600
16	29,499	6,400
合計	0	561,600

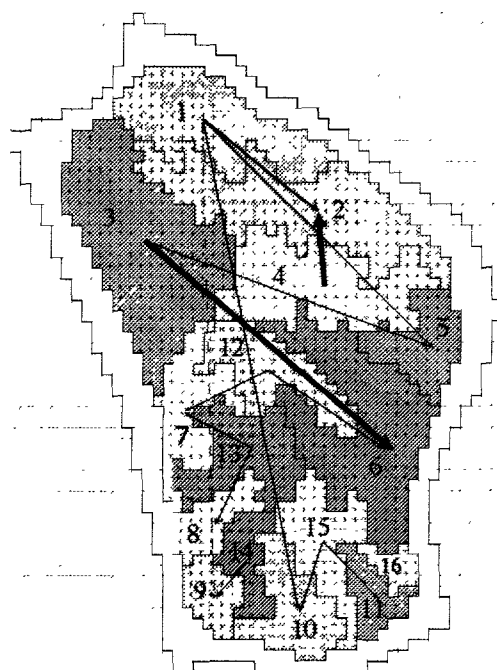


図-10 矢線図

表-6 ブロック間造成費算定結果

切土ブロック	盛土ブロック	運搬土量(m ³)	運搬距離(m)	造成費用(¥)
1	2	264425	225	209,348,218
4	2	569053	155	469,029,867
1	5	126393	576	97,300,484
3	5	126970	571	99,226,913
3	6	623344	543	523,253,117
12	6	169877	195	129,299,939
12	7	98752	174	69,444,524
13	7	124167	136	88,907,628
13	8	168931	133	127,532,716
1	9	20826	885	12,390,539
14	9	96480	96	66,843,516
1	10	140753	921	114,369,181
15	10	140966	137	104,288,106
15	11	114701	135	83,624,342
16	11	29499	68	24,582,942
総造成費用				2,219,442,031

表-6の結果より運搬土量の総和は 281517m³であり、総造成費より 788 円/m³の造成計画となった。都市基盤整備公団の文献による構想計画段階における工事費用単価表⁸⁾によれば、整地における土工事では普通土の場合は 500 円/m³、軟岩で 1000 円/m³、中硬岩で 2000 円/m³とされている。今回は各ブロック間の勾配制約を 2%と比較

的厳しい制約条件のもと、普通土の設定で 788 円/m³の造成を行う地形設計案を得ることができた。これによって、本研究で構築したNURBS曲面を用いた地形設計モデルの有用性が確認できたと考える。しかし、モデルはまだ初期の段階であり、今後、さらに検討項目を増やしていくとともに、NURBSによる地形モデル化に関する精度を高めていく必要があると考える。

5. おわりに

地方都市丘陵部における居住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中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エイトを占め、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ててくることになる。

本研究ではこのように居住地開発計画を進めるにあたって、事業費の大部分を占める造成費の検討を行う地形設計モデルを盛り込むとともに、従来から作業量の膨大さ等で問題となっていた、地形のモデル化において、新たに補間関数を用いて地形設計を行うシステムの開発を行った。

本研究において採用したNURBS曲面による地形データ取得および地形表示により、計画地形設計作業における原地形数量化の作業量を軽減し、原地形と計画地形の視覚的出力を地形設計と一体化した形で得ることが可能となった。今後はケーススタディを重ね、精度の高いNURBS曲面のパラメータメッシュ設定方法を確立させるとともに、開発システムのツールとしての操作性の向上を進めていく必要がある。さらに、住宅用途決定方法や施設配置決定方法などを取り込み、より総合的な居住地開発計画策定のための検討ツール開発を目指すものとする。

【参考文献】

- 1) (財) 建設物価調査会：建設省土木工事積算基準 1997
- 2) 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) 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
 - (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
- 3) 山崎義子：ノンユニフォーム有理B-スプライン曲面表示による衣服および人体形状モデリング、立命館大学大学院修士論文 1997. 3
- 4) 市田浩三、吉本富士市：スプライン関数とその応用 教育出版株式会社 1979. 6.
- 5) 玉井大吾：大規模土地開発プロジェクトの合理的実施のための計画CADシステム構築に関する方法論的研究、立命館大学大学院修士論文 1998. 3
- 6) 今野浩、山下浩：非線型計画法 日科技連 1978
- 7) James L. Kuester, Joe H. Mize : Optimization Techniques with Fortran.
- 8) 住宅都市整備公団：土木工事積算要領 1986. 10

A Study on Development of System to Support Conception of Construction Project Aiming at the Residence Development Project of the Hills in Local City

By Mamoru HARUN A and Chie KOH

In the process of determining the residential development planning, examination of the cost is required to investigate the efficiency of the project. In this paper, therefore, develop the system which materialize advanced planning examination through formulating the topographical design model which investigates the cost of a preparation that occupies majority of the budget. And in this study, we acquired the topographical data and displayed the topography by using Non-Uniform-Rational B-Spline. Therefore, we could reduce the work to acquired the topographical data and we could make the system to fit the topographical design model.