

土地造成プロジェクトを支援する 電算システムの開発と活用

Computer Aided System for Land Planning and Development

(株)大林組 浜嶋鉦一郎

By Koichiro HAWAJIMA

土地造成プロジェクトに関する業務を支援する電算システムは、古くから開発されている。当社においても、計画案をより速くより安く作成し、安全に無駄の無い施工を行なうために、電算機の利用により業務方法を改善してきた。電算システムは、生産性を向上するべく、企画、計画、設計、見積、施工のすべての業務の段階において開発され、工期の短縮や質の向上等の建設マネジメントに寄与している。土地造成プロジェクトは大規模で広範囲にわたる業務を含んでおり、そのシステム開発は、数値計算や製図の自動処理、図形表示を取り入れた対話処理プログラムの開発、創造的な作業を効率化するシステムの開発、プログラム間の一貫処理などの基本的な考え方に基づいている。ここでは、土地造成プロジェクトに関する当社の電算システムを総括的に整理し、マネジメントとの関わりを考えた。また、電算システムの開発効果を2～3の例について紹介した。

【キーワード】建設マネジメント、土地造成、システム開発

1. はじめに

土地造成プロジェクトに関する業務を効率的に支援するための電算システムの開発は、広範囲にわたっている。企画、計画、設計、見積、施工などの各段階で、業務方法を改善するために、幅広く標準化が進められ、電算システムの開発が行なわれてきた。また、各段階のシステム化は、共通データをうまく管理し、より作業を省力化するようにトータルなシステムづくりも考慮されている。

ここで、これまでの土地造成プロジェクトに関するシステム開発の経緯を簡単に説明する。1970年代前半に基本計画段階の粗造成計画について自動設計システムが研究された¹⁾。粗造成計画システムは、新しい方法の研究²⁾や考え方の改善³⁾が進められ、現在もなお研究が続けられている。設計段階のシステムは、自動製図機(プロッター)の開発に伴い、道路計画や排水計画に必要とされる計画平面図および縦断面図の自動計算、自動図化システムが開発さ

電子計算センター大阪電算課

(〒540 大阪市東区京橋3-37)

れ⁴⁾、業務が大幅に効率化された。つぎに、見積段階へと進み、工事費見積プログラムの開発や数量積算のシステム化⁵⁾が行なわれた。一方、施工段階においては、土量管理システムとして、航空写真測量⁶⁾やパソコンを利用した地上測量などのシステムが整備されてきた⁷⁾。また、現場におけるパソコンによる原価管理システムがある。さらに、最近カラー表示を可能としたコンピュータ・グラフィックス技術の発展により、企画・計画段階でのプレゼンテーション時に透視図⁸⁾やアニメーション作成システムが開発されている。

当社の電算システムもおおよそ以上の範囲を整備している。これらの開発に際して、より業務の生産性を向上させるため、以下の点を考慮した開発が行なわれている⁹⁾。a) 数値計算および製図などの機械的な作業の自動処理方法を開発し、省力化を図る。b) プログラムを図形表示を取り入れた対話処理形式とし、作業内容の精度の向上と効率化を進める。c) 粗造成計画などの創造的な作業を支援するシステムを開発し、工期の短縮と質の向上を図る。d) 作業間の関連性を追究し、プログラム間の共通データを利

用した一貫処理の方法を取り入れる。

ここでは、土地造成プロジェクト全体について、建設マネジメントの視点から開発および利用状況を紹介します。企画・計画、設計、見積、施工の段階で電算システムを開発したマネジメントの目的を明らかにし、効率化を図る開発の考え方についてまとめる。最後に、若干の例を用いてシステム開発の効果を述べる。

2. 土地造成プロジェクトの概要

図-1は、一般的な土地造成プロジェクト作業の構成を示す。これを見ても分かるように作業の種類は相当多く、計画規模の大小を問わずにこの程度の作業数が常に必要となる。このような作業をそれぞれの対象地区に対して行う必要があり、土地造成プロジェクトは言わば多品種少量生産ともいえる。一般的に土木や建築では、製造業のような画一的な標準設計ができないため、生産性を比較すると製造業の半分以下と言われ、土地造成プロジェクトにもそれがあてはまる。

表-1は、宅地造成計画事業申請にどの程度の図書および図面が必要かを示したものである。物件A、B、Cはそれぞれ開発面積が150ha、72ha、15haの宅地造成規模であり、それぞれの合計図面枚数は、717枚、236枚、90枚である。土地造成計画の申請図書作成に関する処理作業は、これらの図面作成のほかに、各種計画書、計算書、検討書などの作成がある。たとえば、基本計画書、防災計画書、擁壁構造計算書、雨水排水流量計算書、交通施設基本計画書、進入路検討書、環境影響評価書などがある。

電算機による支援システムは、マネジメントに及ぼす影響が大きい。工事費の見積を例にとると、宅地造成工事の工事費算出のための細項目は数百種類に及び、これに漏れがあると、工事費が低く計算されるため、熟練を要する。電算システムに熟練者のノウハウを整理し記憶させたデータは、一種の知識ベースとなり、業務処理を正確かつ容易とする。道路平面計画図や道路縦断面図の作図においても自動製図の機能は、漏れのない図面を作図できるので効果は大きい。土地造成計画は、全体としては作業効率が悪く、さらに効率を上げることが要求される。

作業分類		作業項目		作業分類		作業項目	
基 本 計 画	メッシュデータ作成	地形図作成	・メッシュラインの作図 ・メッシュデータの作成	実 施 設 計	宅地内道路計画	道路計画案の作成	・道路計画平面図の作成 ・道路計画縦断面図の作成 ・丈量図の作成
	粗造成計画	粗造成計画案の作成	・計画盤高さの決定 ・土量計算		排水計画	排水計画案の作成	・人孔位置座標計算 ・排水計画平面図の作成 ・排水計画縦断面図の作成
	地形認識	地形認識図面の作成	・等高線図、鳥瞰図 ・斜面方向図、斜面勾配図等		その他	・防災計画 ・公園緑地計画等	
	道路網計画	道路網計画案の作成	・道路網の作図	見 積	数量積算	土地造成工事の詳細な数量算出	
	土地利用構成	土地利用面積の算定			見積	見積	
	工事費概算	宅地造成工事費の概算		施 工	施工管理	運土計画	土量管理
画	フルバージョン	計画案の景観図作成			予算管理	原価管理	

図-1 土地造成プロジェクトの主な作業構成

表-1 宅地造成計画事業申請の図書項目と図書数の例

番号	申請図書項目名	図書数(枚)					100	200枚
		物件A	物件B	物件C	合計			
1	位置図	1	1	1	3			
2	開発区域図	1		1	2			
3	現況図	1	1		2			
4	公共用地境界確定図		6		6			
5	開発区域求積図	3			3			
6	新公共施設求積図	9	18		27			
7	土地利用計画平面図	1	4	4	9			
8	造成計画平面図	30	12	4	46			
9	造成計画縦横断面図	9	4		13			
10	雨水排水施設系統図	1	1	1	3			
11	雨水排水施設計画平面図	8	3	3	14			
12	雨水排水施設計画縦断面図	50	45	15	110			
13	雨水排水施設構造図	8	6	7	21			
14	雨水全体流域図	1			1			
15	污水排水施設系統図	1	1	1	3			
16	污水排水施設計画平面図	8	3	3	14			
17	污水排水施設計画縦断面図	109	83	29	221			
18	污水排水施設構造図	5	1		6			
19	道路計画平面図	9	3		12			
20	道路計画縦断面図	120	17		137			
21	道路標準断面図	3	1		4			
22	道路安全施設計画位置図	1			1			
23	道路工作物構造図	10			10			
24	道路施設構造図	9			9			
25	公園計画平面図	51	7		58			
26	給水施設計画平面図	1			1			
27	消防水利計画平面図	1			1			
28	防火水槽位置図	25			25			
29	防火水槽構造図	11		4	15			
30	中高層住宅配置図	3			3			
31	擁壁位置図	1			1			
32	擁壁計画平面図	9			9			
33	擁壁計画一般図	47			47			
34	擁壁構造図	13	3	10	26			
35	法面、崖面断面図	10	3		13			
36	法面防災計画平面図	8			8			
37	法面保護工構造図	5			5			
38	法面定規図	1	1		2			
39	処理場、ポンプ場計画図	16			16			
40	防災施設位置図	1			1			
41	防災計画平面図	16	3	1	20			
42	砂防堰堤詳細図	18			18			
43	防災施設構造図	7	1		8			
44	洪水調整池計画図	24	9	6	39			
45	現況植生図	6			6			
46	残置森林等配置図	1			1			
47	進入路計画図	44			44			
手作業による図面枚数		364	61	24	449	全体の枚数比率 43.1%		
※ 電算機による図面枚数		352	175	66	593	全体の枚数比率 56.9%		
合計図面枚数		716	236	90	1042	100.0%		

※：電算機による出力図

3. システム概要とマネジメントの目的

土地造成プロジェクトを支援するために開発されたプログラム群を図-2に示す。以下は、各段階毎にマネジメントの目的と業務の効率化の内容をまとめた。

(1) 企画・計画段階

最近、プロジェクトの企画・計画段階において、よりよい計画案を確認することや関係者の合意形成を得るためのプレゼンテーションに透視図による景観図やアニメーションの作成が一般化してきた。計画作業の支援システムは、土地の地形認識、粗造成計画およびプレゼンテーション資料の作成を対象としている。

a) マネジメントの目的

- ① 基本計画案（代替案）の作成を迅速化および低コスト化する。
- ② 説明手段の分かりやすさを向上させて、計画案の検討を容易にする。
- ③ 誰にでも分かりやすい資料を作成する。

b) 業務の効率化の内容

- ① 地形データの入力およびチェック作業をビジュアル化し、正確なデータをより速く作成できる。
- ② 粗造成計画作業を対話処理システム化することにより、大幅に作業を効率化した。また、計画変更迅速に対応できる。
- ③ 計画案評価のために多方面からの透視図を短時間で作成する。高品質のプレゼンテーション資料を作成できる。

(2) 設計段階

実施設計段階の主作業は、道路計画と排水計画である。計画案を詳細な地形図の上で計画図として作成する。ここでは、造成境界および道路や排水構造物の座標値が決定される。

a) マネジメントの目的

- ① 道路線形および排水構造物の座標計算の効率化を図る。
- ② 計画図の自動製図により生産性を向上させる。

b) 業務の効率化の内容

粗造成計画、道路計画、排水計画および見積数量

作業分類	処理	プログラム名称
基本計画	メッシュデータ作成	メッシュデータ作成プログラム メッシュデータチェックプログラム
	地形認識	地形認識プログラム
	粗造成計画	計画高自動決定プログラム 粗造成計画プログラム 各種土量計算プログラム
	道路網計画	道路網計画プログラム
	工事費概算	宅地造成工事費概算プログラム
実施設計	宅地内道路計画	道路平面座標計算プログラム 道路平面図作成プログラム 道路平面座標計算プログラム 道路平面図作成プログラム 道路縦断面図データチェックプログラム 道路縦断面図作成プログラム
	排水計画	人孔位置計画プログラム 人孔位置計画プログラム 排水平面計画プログラム 排水平面図作成プログラム 排水縦断面図作成プログラム

作業分類	処理	プログラム名称
見積	数量積算（自動計算）	道路計画数量積算プログラム 排水計画数量積算プログラム
	（設計図から）	汎用面積積算プログラム 土地利用面積積算プログラム 防災計画工事積算プログラム 道路・擁壁工事積算プログラム ヒューム管工事積算プログラム 排水工事積算プログラム
	工程計画	宅地造成工程計画プログラム
	工事費見積	データ変換プログラム 詳細工事費見積プログラム
フルビジュアル	景観図作成	土地造成用景観図作成プログラム 土木構造物景観図作成プログラム
	アニメーション	三次元形状データ作成プログラム アニメーションプログラム
施工	運土計画	運土計画プログラム
	土量管理	土量計算プログラム 土量管理システム（航空写真測量） 土量管理システム（地上測量）

図-2 土地造成プロジェクトを支援するプログラム群

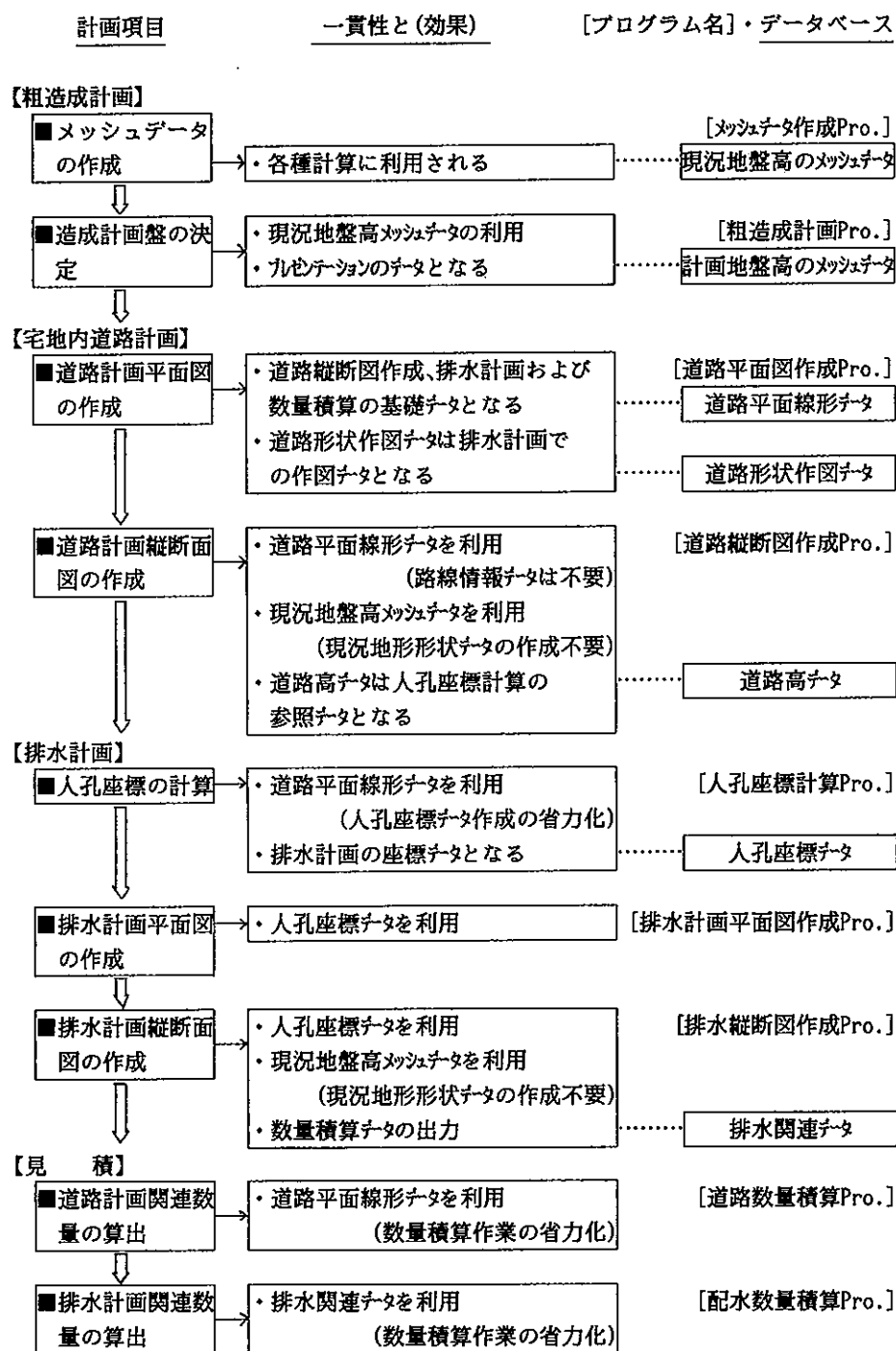


図-3 一貫処理の作業の流れと効果

量算定の作業は、相互に関連性をもち一貫処理により効率化をはかる。図-3は、道路計画と排水計画を主体とした一貫処理の流れを示す。各々に必要なデータの授受と成果品を示している。

- ① 現況地形メッシュデータは、粗造成計画の計画高決定や土量計算に使用され、道路縦断面図や排水縦断面図の現況地形形状の作図に利用される。
- ② 道路計画は、手作業による計画図から道路交点の座標計算を行う。これで作成された道路平面線形データを用いて道路平面図の自動図化を可能とした。さらに、人孔位置の平面図や排水平面図に必要な道路形状の作図に使用できる。
- ③ 道路の縦断線形データを手作業で入力すると、道路縦断面図の自動図化が可能である。また、道路高さの座標データは人孔高さの計算に利用される。
- ④ 人孔座標計算は、道路平面線形データと道路高データにより効率的に行われる。これらの人孔座標データは、雨水排水と汚水排水に分かれて出力され、排水計画における人孔座標値のデータ作成が省力化される。

(3) 見積段階

この段階では、数量積算、工事費見積、見積のための工程計画のシステム化が行われている。これらのシステムの関連は図-4に示される。

a) マネジメントの目的

- ① 作業の高速化を図り、短時間で工事費を算出する。
- ② 既存データを有効活用し、無駄のない作業を行なう。
- ③ 見積条件の変更作業を容易とする。また、計画変更に対応する。

b) 業務効率の内容

- ① 設計段階で使用したデータを有効利用し、自動的に見積数量を算出するプログラムを開発した。
- ② デジタイザー（座標読取装置）を用いて設計図面からの数量算出作業を大幅に高速化した。
- ③ 設計図面からの数量算出作業では、見積計

算に必要な項目毎に数量を入力し、記憶させるシステムとした。データ変換プログラムを実行すると、詳細工事費見積プログラムの入力データを自動的に作成でき、膨大なデータ入力作業を正確かつ高速化している。

- ④ 工程計画に必要なデータは、詳細工事費見積プログラムの数量データと計算結果から自動的に変換される。工程計画は、各種工事項目毎に工事数量と施工速度データから自動的に工期を決定する方法と修正機能を持たせており、適正な工程計画を容易としている。
- ⑤ 概算工事費見積プログラムは、計画案を想定した条件から概算数量を計算し、工事費を算出するプログラムである。基本計画の段階および詳細工事費見積プログラムのチェックに有効に活用されている。

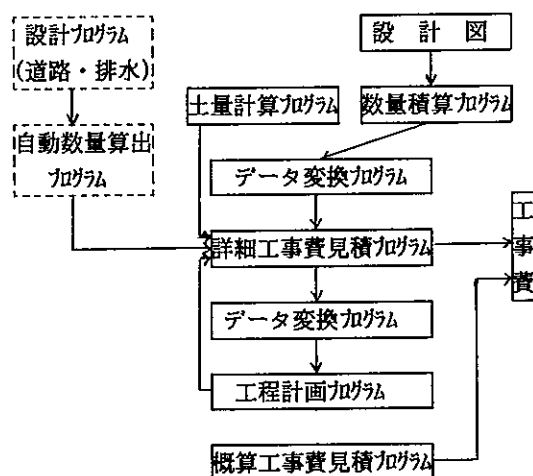


図-4 宅地造成工事費見積システム

(4) 施工段階

施工段階での電算化は、運土計画と土量管理があげられる。土量管理は、航空写真測量を用いたシステムが、測量作業の効率化や計算処理の省力化を果たした。最近ではパソコンの性能向上により、現場内で処理できる光波測距儀を用いたシステムが実用化している。

a) マネジメントの目的

- ① 最適な運土計画を行ない、工期の短縮を図

る。また、工期の予測を行なう。

② 測量作業の安全性を確保することと作業を迅速化する。

③ 切盛土を把握する情報化施工を行ない、工事終盤の施工計画変更の判断資料を得る。

b) 業務効率の内容

① 複雑な運土計画のシミュレーションを自動化した。

② 航空写真測量の場合では、測量の時差を無くし、重機の作業を中断することなく、測量者の安全性を確保できる。

③ 地上測量の場合は、広範囲の敷地を対象とする場合でも、測量作業を正確かつ高速化した。データ処理を担当者が現場内で行ない、即時に結果を得られる。

④ データ処理システムは、出来高や残り作業量の状況を出し、管理作業を容易とした。

3. システム開発の効果

土地造成プロジェクトにおいて電算システムがどのような効果をあげたかについて述べる。プロジェクト全体の効果の測定は無理なので、部分的に行なう。

まず、表-1で示した物件Bについて、生産性を考察する。対象とした作業は道路計画および排水計画に関する申請図書を作成である。

物件Bの計画地は、面積72ha、計画戸数2,200

戸、道路延長は幹線道路3,025m、準幹線道路1,100m、区画街路18,800mである。成果品は、各種平面図および縦断面図の作図枚数が175枚である。

物件Bの作業に要したコストは、表-2に示されるように、511万円であり、そのうち、電算機使用料金は134万円、人件費は377万円である。また、作業時間は、3人の担当者で延べ1,259人・時であり、工期は休日を含めて50日間である。これに対して、面積110haの他の物件を、同様な作業内容で設計コンサルタントに依頼した外注費の実績1,375万円から、物件Bの外注費を推定した。表-3に示されるように、物件Bの外注費は1,050万円で、作業時間は、2,827人・時となる。これにより、従来の設計コンサルタントに依頼する作業方法に対して、物件Bのコスト比率および工期比率は、48.3%および44.5%となることが分かった。

上記の結果を一般的にまとめると、実施設計段階の電算システムの省力度は、図-5のようになる。手作業による設計費は図面枚数に比例すると仮定し、電算機を利用しない図面作成に関する作業を〔作業A〕、電算機処理が可能な作業を〔作業B〕とすると、〔作業A〕は表-1で算出された手作業による図面枚数の全体に占める枚数比率であり、手作業による設計費の比率は43.1%と考えられる。〔作業B〕に対しては、表-3で示したように電算機を利用すると設計費を48.3%に省力化できるため、表-1の電算機による図面枚数の全体に占める枚数比率56.9%の作業が全体作業の27.5%に対応する。その結果、

表-2 物件Bの作業費用

電算費用	134 万円
計算 費用	48 万円
作図 費用	78 万円
パンチ費用	7 万円
人 件 費	377 万円
合 計	511 万円
作業時間	1,259 人・時

表-3 作業の省力比率

	①手作業	②電算機利用	②/①
設計費	1,050万円	511万円	48.3%
作業時間	2,827人・時	1,259人・時	44.5%

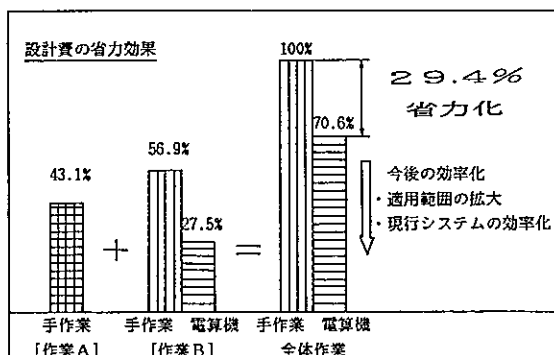


図-5 実施設計における電算機システムの経済効果

手作業と電算機を利用する場合全体の70.6%となり、約30%の省力化が図れる。

つぎに、基本計画における省力度を考察する。この分野は、単純な作業の機械化や思考作業の効率化を図っているため、極めて経済的となる。開発面積が50ha程度を対象として電算機による省力度を経験的に想定した。図-6に示されるように電算機を使用すると63.3人日の作業が8.9人日で可能となり、実に86%も省力化される。

この他、見積段階、施工段階においても、具体的効果を測定していないが、電算システムが従来の業務処理方法に代わっていることで、マネジメントの効果を推察できる。

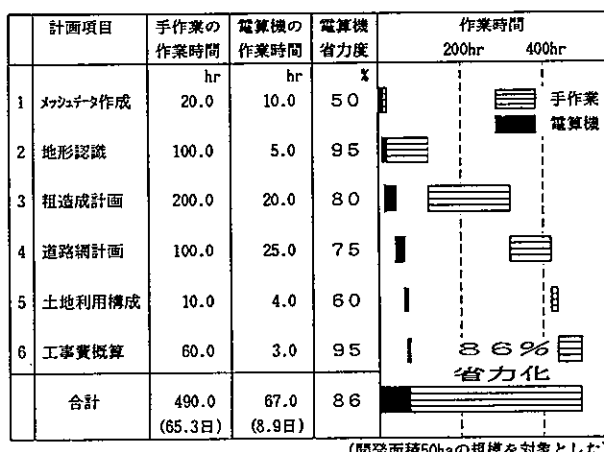


図-6 基本計画における電算機システムの経済効果

5. おわりに

土地造成プロジェクトに対して、多くのシステムが開発されているが、宅地道路網のデザイン、道路縦断線形の決定など生産性の低い部分にまだ問題が残っている。これらをできるだけシンプルにシステム化する方法を研究したり、街区形状のデータベースを利用した計画手法を開発したいと考えている。

本文では、土地造成プロジェクトのどのような業務を対象として、電算支援システムが開発されているかを総括的に示した。また、それらのマネジメントの目的も明らかにした。電算システムは常に生産性の向上を目指して改善を続ける必要がある。ここで、マネジメントに役立つ支援システムの目的についてまとめたことは、たとえこれまで意識していなくても、今後のより戦略的な改善および開発を行なうために、役立つと思われるし、見直しを繰返すことが重要である。

【参考文献】

- 1) 丸安隆和・村井俊治・小宮山澄：シミュレーションモデルを用いたアースデザインに関する研究、(第一報)、生産研究、第23巻、第4号、pp.23～29、1971年4月
- 2) 浜嶋鉦一郎・板橋瑩二：設計者の思考過程を考慮した対話形式による土地造成計画、土木学会論文報告集、第333号、pp.155～163、1986年10月

- 3) 成田豊・星力：地形分析と粗造成盤モデルおよび土地情報の抽出、土木学会第9回電算機利用に関するシンポジウム講演概要、pp.109～112、1984年10月
- 4) 谷平考・奥村直樹：土地造成の設計計画における電算機の利用について、土木学会第1回電算機利用に関するシンポジウム講演概要、pp.115～118、1976年10月
- 5) 芳本吉宏・浜嶋鉦一郎：ディジタイザによる土木積算システム、土木学会第8回電算機利用に関するシンポジウム講演概要、pp.137～144、1983年10月
- 6) 藤井義明・増川真澄：航空写真測量を利用した電算機による土工管理システム、土木学会第9回電算機利用に関するシンポジウム講演概要、pp.45～48、1984年10月
- 7) 中西・原：大規模宅地造成工事における測量業務のシステム化、建設の機械化、pp.39～45、1984年2月
- 8) 平田義則：総合エンジニアリング支援システムの開発と実用化、別冊コンピュータ、pp.18～27、1984年11月
- 9) 浜嶋鉦一郎：土地造成計画策定のための電算機支援システムに関する研究、学位論文、1986年10月