

大規模整地計画における計画地形検討のための Computer Aided System *

Computer-Aided Planning and Design System
for Large- Scale Land Developmetnt Project

古川和広** 春名 攻***○芹川裕一****

by Kazuhiro Yoshikawa, Mamoru Haruna
and Yuichi Serikawa

The environments surrounding large-scale land development projects have become severer in recent years and thus it is required to perform sufficient prior study even in the project planning stage. It is therefore an important and urgent need to carry out investigations systematically and rationalize the planning and design process. We have worked out a computer-aided work system for the earth designing of the large-scale land development project with a view to rationalize the job in this stage. In this paper, the basic principle and details of this work system are described.

1. はじめに

宅地造成をはじめとする土地開発事業をとりまく諸環境は、近年、特に厳しさを増してきている。すなわち、大都市近郊における造成適地の減少にともない丘陵地、山地等の比較的険しい地形での開発プロジェクトの実施が強いられてきている。そして、これに加えて宅地需要の相対的低下による地価の安

* キーワーズ：大規模整地計画、情報処理
** 正会員 工博 京都大学教授 工学部
土木工学科
(〒660 京都市左京区吉田本町)
*** 正会員 工博 京都大学助教授 工学部
土木工学科(同上)
**** 正会員 京都大学研究員 工学部 土木
工学科 (日本電子計算(株))
(同上)

定傾向が一層進んできている。このために実施に際しての経済性、迅速性、施工性、安全性、環境等々への配慮が以前にも増して必要とされてきている。このような現状の中で、土地開発事業における計画段階の重要性が増々高くなってきている。したがってプロジェクト実施者にとって、この段階の作業の高度化・合理化を図ることがきわめて重要かつ緊急な課題として意識されてきている。

一方、近年における情報処理技術の進歩は著しく、各所で情報処理システムを援用した作業の合理化が図られてきているが、上述した土地開発事業の計画段階(特に、構想計画段階)については、そのアプローチがきわめて遅れている。しかし、構想・評価・修正の繰り返しのなかで計画イメージの固定化を図ることを目的とする構想計画段階こそ、コンピュータマシンを中心とするような対話型の処理形態を必要とし、またそのようなシステム化がきわめて有効であると考えられる。そこで筆者らは構想計画段階に

着目し、そのなかでも特に作業負荷の大きい計画地形検討作業を中心とした作業をより合理的に行うためにマン・マシン・インターフェイスを中心に据えた検討作業システム（Interactive Planning System（IPS））の構築を目指すこととした。

本稿ではシステム開発についての基本的な考え方を整理するとともに、これまでの成果にもとづいてシステムの概要を提示することとした。

2. 構想計画段階の作業内容とIPS

(1) 構想計画段階の作業概要

土地開発事業における構想計画段階の主要な作業目的は、事業企画をベースとして具体的な事業対象地を選定し、そこにおける事業イメージの具体化を図り、総合的な評価を経て事業化方針へとまとめあげていくことである。そこでの作業は、図1の様な機能構成によって考えられる。

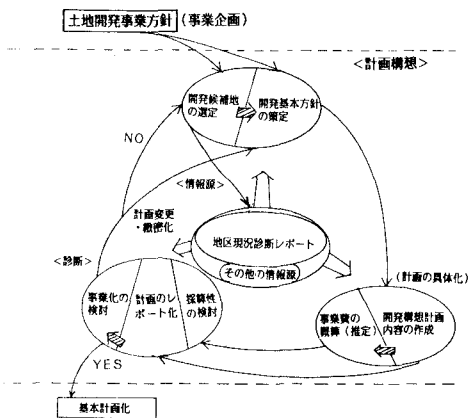


図1 構想計画作成業務の構成

すなわち、大きく次の4つの作業機能群に分けて考えることが出来る。

① 計画化の構想

事業企画をベースとし、開発候補地の選定を行ない、設定された地区に対し構想する事業の性格を開発基本方針として明確化する。

② 計画情報の整備

設定された地区に対する開発構想計画の策定に先立って、まず当該地区における現況を把握し地区の

イメージや開発条件等を明らかにし、開発構想の基礎資料（地区現況診断レポート）として整備する。また、過去の開発事例等も情報として整備することも必要である。

③ 計画の具体化

開発基本方針と地区現況診断レポートにもとづき計画内容の具体化を行う。すなわち、計画地形及び平面構成（用途の配置、主要施設の配置、主要動線ルート）を設定し、さらには、事業費の推定も行う。

④ 計画のとりまとめと総合評価

③で作成した計画内容に対し、計画目標の達成度、実行可能性（投入財源の効率的運用や採算性に関する検討、工事施工の実行可能性等々）等の総合評価を行ない構想計画案としてとりまとめる。

以上の様な作業構成の内、本システム構築の対象として、特に、③の業務に較ってそこにおける計画地形の形成作業をとりあげた。この段階における作業目的は、抽象的で概念的な開発基本方針を地区現況に整合させる形で図形情報や数値情報として具体化し、総合的なイメージとして形成していくことにある。しかしながら、前述したように、この段階の業務をサポートする情報システムの開発はきわめて遅れている。このため、計画イメージの具体的な表現やその評価においてはきわめて多大な労力を要している。したがって、多様な視点からのイメージの創出及びその具体化を通しての比較検討という試行錯誤的な作業が十分行えない現状である。特に、本稿におけるシステム化の対象である計画地形の検討作業では、三次元でのイメージの表現、修正及び評価情報の作成が必要であり、その作業的な負担が大きいという特徴がある。したがって、この作業が構想計画段階の全体作業の自由度を損なう主要因となっている。

(2) システム化の方針

上述したように、構想計画段階における計画地形検討作業の高度化・合理化を図る上で、最も重要な点は、計画地形イメージの速かな図形情報化とその視覚的・数値的評価検討をサポートすることである。すなわち、この段階における試行錯誤的な作業内容に対応して、コンピュータによる図形情報処理機能の十分な活用による作業の定形化を図るべきであると考ええる。

すなわち、情報処理システムを中心としてみるならば、いわゆるCADシステムとして発展してきたシステム概念をベースとしたシステム構築を図るべきであると考えた。これを簡単に言えば、グラフィックディスプレイ等の図形情報の処理機能を活用したマン・マシン・インターフェイスをシステム設計の中心に据えたシステム構築へのアプローチととらえることができる。すなわち、各作業における機能構成概念を図2に示すように考え、これをトータルに情報システムとして構築していくべきと考えた（このようなトータル・システム概念をここでは、Interactive Planning System (IPS) とよぶこととした）。このような位置付けにもとづいて具体的な情報処理システムの設計にとりかかった。

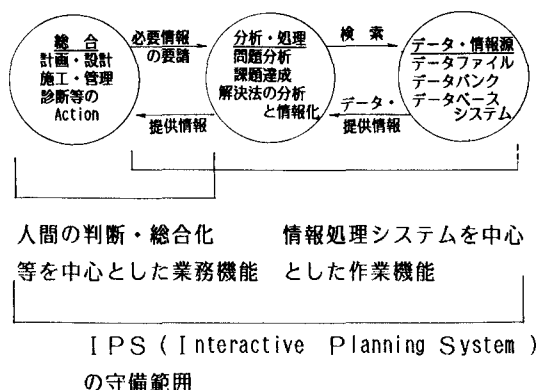


図2 IPSの機能構成概念

(3) ハードウェアの選定について

前述した作業システムは、情報処理システムの利用を中心として構成されている。よって、このシステム構築にあたっては、情報処理機器の機能選定がきわめて重要な問題である。また、本システムが目指すマン・マシン型のシステムにおいては特に入出力デバイスの使い易さと表示機能、さらには、インタラクティブ機能を保障するための処理スピードや必要とされるデータ容量等々をマシン選定の条件として十分に考慮しなければならない。この様な観点から以下に本システムで必要な情報処理機器の機能について述べることにする。

本システムでは、計画内容の表現・修正を対話形式を中心に据えているため、グラフィック・ディス

プレイがシステム・マシンの中核となる。

構想計画段階においては、厳密な精度よりも計画内容の多様でスピーディな表現が要求されるため、カラー表示可能なラスタースキャン型のディスプレイが適当で、また地形等の3次元形状を連続的に視点を変えて、視覚的に検討するためには、3次元情報のローカル処理が必要となる。（今日では、隠面処理、シェーディング等もローカルに処理可能なディスプレイが発表されておりホストの負担を軽減するとともに、より高速に多様なイメージの表現が可能になっている。）

また、作業成果の保存や共同作業用のベースとしての図面作成等々のためにプロッターへの出力は必ず必要となる。プロッターについては、市販の地図あるいは他の情報との重ね合わせも可能なフラットベッド型が適当である。また、一時的な保存用と検討資料として、カラーハードコピーも不可欠である。

修正作業等に必要な入力デバイスとしては、管面上の操作に使うタブレットの他に、大きな地形図等より入力が可能なディジタイザーも必要である。

全体のシステム構成としては、これらの入出力デバイスを接続するホストコンピュータにミニコンを用いた専用システムとすることが、応答性、機能性等より望ましいと考える。

図3にそのシステム構成を示す。

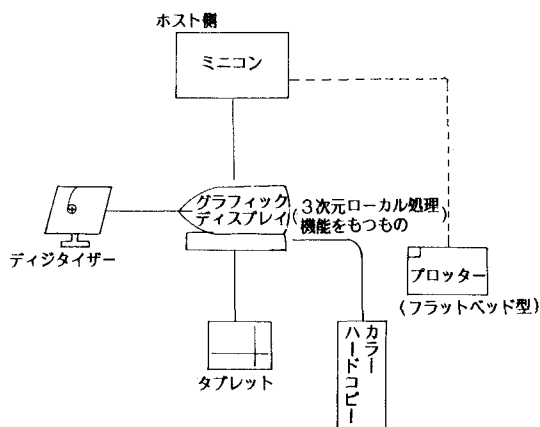


図3 システムマシンの構成

3. 計画地形検討システムの基本構成

前述した構想計画段階における作業内容を勘案し図2に示したシステムの機能構成にもとづき計画地形構想作業の基本フレームを図4の様に整理する。

ここでは、各stage にしたがって、その位置付けを概説する。

(1) 現況地形の認識（対象の確定）（stage 1）

計画を行う第1ステップとしては、その対象である現況地形や現況諸条件の十分な調査と分析整理を通して、計画者における共通認識の形成（対象の確定）を図らなければならない。ここでは、まず計画対象区域の現況調査及びその成果の計画情報化（地形のDTM（Digital Terrain Model）保存地

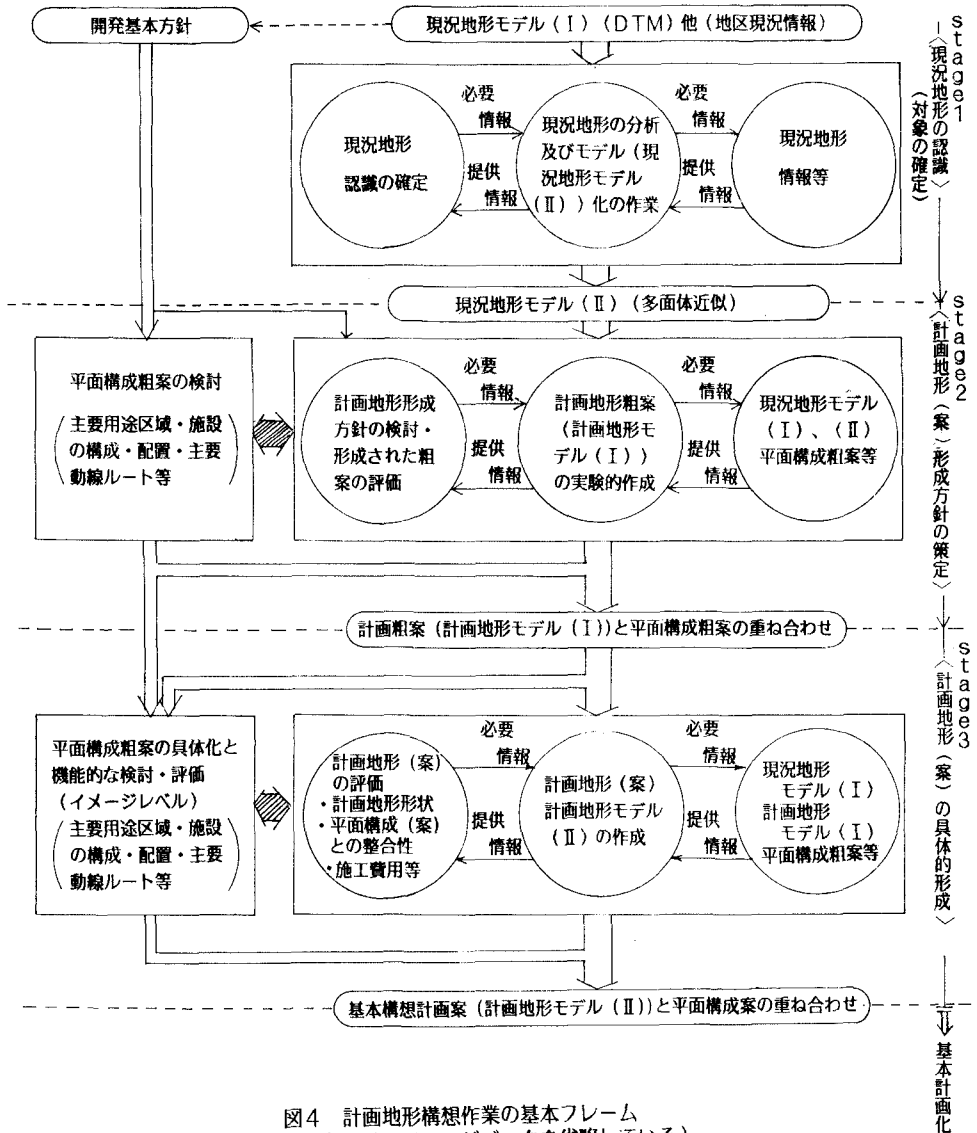


図4 計画地形構想作業の基本フレーム
(このプロセスは、フィードバックを省略している)

実際の作業システムは図5をベースとして具体化されることとなる。

以下の実例も含めて、それぞれのサブシステムの概要を示すこととする。

(1) 現況地形の認識（対象の確定）（stage 1）

① 現況調査とその情報化

ここでは、現況地形を認識する上で必要な当該地区の自然条件、社会条件、規制条件等を調査し、これを計画作業のための情報として整備する。特に計画化の検討作業の基本情報となる現況地形形状のメッシュ情報化（DTM化）をここでしておく必要がある。また、造成上留意する必要がある保全区

域、文化財分布、開発対象区域等を表わす点や線についてもデジタル化した情報として作成することにより、計画段階で容易に計画内容と重ね合わせて確認が出来ると考えられる。

② 地形の構成及び主要要素の分析整理

ここでは、①で作成された現況地形モデル（Ⅰ）をもとに、地形形状の特性を示す主要な要素（標高斜面勾配、尾根・谷分布、集水区分等）を選択的に採取し、分布情報として整理する。また、この他に植生、文化財等も分析情報として整理する。図6～図10にこれらの整備例を示す。

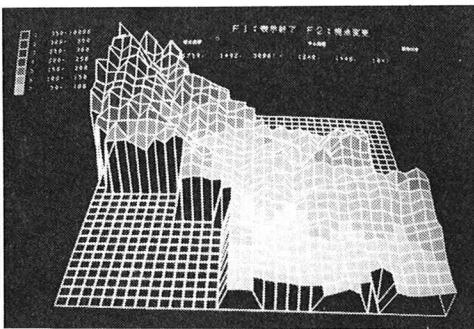


図6 標高分布図

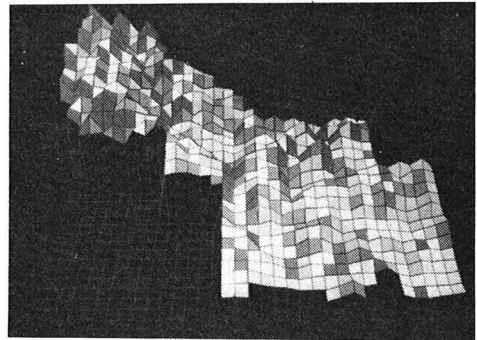


図8 斜面勾配図

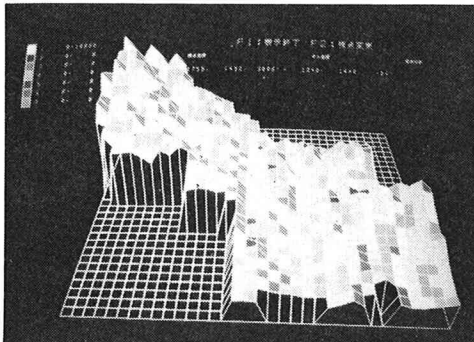


図7 斜面方向図

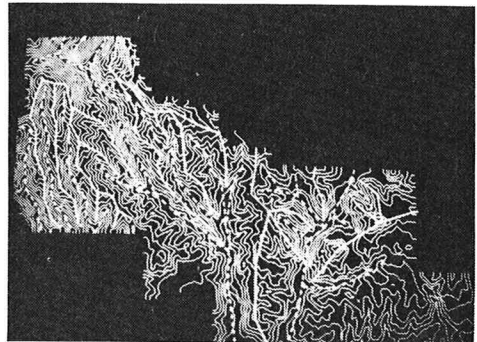


図9 尾根・谷分布図

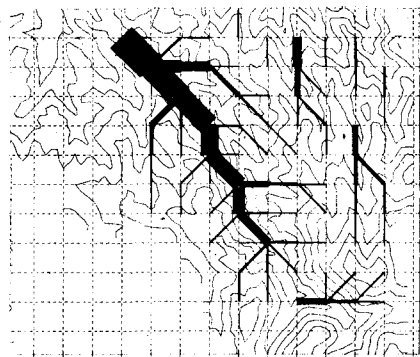


図10 集水区分図

③ モデル（現況地形モデル（Ⅱ））化による現況地形認識の確定

ここでは、①の情報をもとに、現況地形の簡略化（現況地形モデル（Ⅱ））の過程を通して現況地形認識を確立する（計画対象の確定）。この現況地形モデル（Ⅱ）の作成方法を次の様に考えた。

地形の基本フレーム（現状）は、尾根及び谷によって構成されている。したがって、まず主要な尾根・谷線を取り出すことにより現況地形の骨格をつくり出すことができる。次に、この尾根・谷線で囲まれる領域の斜面勾配分布より、その勾配特性でさらに領域を分割する線を加える。この様な作業で作成した地形形状のフレームにより構成される面を一つの平面として考えると、現況地形形状を多面体で近似したことになる。

以上の作業は、コンピュータを用いて自動的に行うべきであると考え、最終的なモデル構成にあたっては、計画地形構成への意図をもって計画者の主観的判断を反映させるべきであると考え。

また、作成したモデルの現実的根拠を明らかにするために現況地形モデル（Ⅰ）との比較による検討を行うことが不可避である。そのために、現況地形モデル（Ⅱ）に対して以下の様な評価情報を作成する。

- ・形状比較（鳥かん図、斜面勾配）
- ・絶対的標高比較（現況地形モデル（Ⅰ）との標高差分布）

(2) 計画地形（案）形成方針の具体化（stage 2）

① 現況地形条件による計画地形策定方針の検討（全体的及び個別敷地単位での検討）

ここでは、現況地形条件（地形の特性、非造成領域の分布等）を検討の中心とし、開発基本方針より要請される平面構成条件を考慮しつつ、現況地形モデル（Ⅱ）を実験的に改変し、計画地形改変の方向を全体及び個別敷地単位で模索する。

ここでの作業は、試行錯誤的に現況地形モデル（Ⅱ）を改変することになるが、検討成果を有効な情報として整理するためには、ここでの検討を系統的なシナリオとして作成し、それにもとづいた検討が必要である。

② 計画地形形状の実験的作成

ここでは、上述した現況地形条件よりの形状策定方針をもとに、平面構成粗案との整合を図りつつ計画地形粗案として固定化していく。ここでの検討は機能的に次の3つに分けることとした。

- a 計画地形の全体構成方針の検討
- b 個別敷地単位の形状の検討
- c 計画地形の全体的構成の検討

実際の作業においては、これらの間のフィードバックがあるが、ここでは、各プロセスの機能と作業内容について述べることにする。

a) 計画地形の全体構成方針の検討

ここでは、現況地形条件を中心とした検討成果と平面構成粗案をもとに、造成領域を分割し敷地を仮定する。つまり、造成領域に対し、敷地（一つの平面ポリゴン）でゾーニングを施したことになる。

b) 個別敷地単位の形状検討

ここでは、平面構成粗案で想定されている用途の形状特性を考慮し、各敷地単位に適切な形状を設定する。また、用途構成粗案で想定される主要動線ルートの設定の可能性についても検討を行う。その作業手順としては、次の様なstepを考えている。

STEP1：小規模土工形態の作成

- a でゾーニングされた各面（敷地面）を、現況地形に近似して1つの斜面として設定する。この近似化の意味は、各ゾーンを小規模土工で平面化したことを表わしている。

STEP2：大規模土工形態の作成

- step1で作成された形状を用途の形状特性を中心に検討し、小規模土工による造成だけで満足出来るゾーンと、さらに大規模土工化すべきゾーン（あるいは、大規模土工化が可能なゾーン）

とに分類する。この後者のゾーンをグルーピングすることによって拡大された新たなゾーン設定を行う。

この新しいゾーニングに対し、step1と同様に、土工量が最小となる面を設定しこの面形状と用途より要請される形状とを比較検討し、必要があれば、ディスプレイ上で面形状の部分修正を行う。

以上の作業により、各用途の形状特性を概ねみたした敷地形状が設定された。

STEP3：計画地形形状の全体構成の検討

前stepで作成された計画地形形状は、個々の敷地形状単位の検討のため、全体的な形状や土工量、運土量等については検討されていない。

そこで、ここでは、以下の2つの段階を踏んで全体的に納得のいく形状を作成することとした。

a) 面間段差の制約を考慮した土工量最小の方向への改良

step2で作成された計画地形形状に対し、各敷地間の段差の制約及び各敷地形状のもつ許容勾配を制約条件として全域トータルでの土工量が最小となる形状を作成する。この形状に対し、操作を加えて計画者の満足する計画地形形状を作成する。

b) 運土量を考慮した地形への改良

まず、aで作成された計画地形におけるゾーン別の過不足土量に対し、運土量が最小となる土量配分パターンを求める。このパターンをスタート点とし、運土量が出来だけ小さくなるように面形状を計画者の満足 of いく範囲で変更する。

(3) 計画地形(案)の具体的形成(stage 3)

前述したように、この段階は、前stageまでに検討された内容(計画地形及び平面構成案の骨格)を具体化し、構想計画(案)としてまとめあげる段階である。その作業内容は、敷地面のみで構成されている計画地形モデル(I)に対して、実際に道路を設定したり、利用形態及び機能的な面より検討を加えることにより、敷地境界面の改変(敷地形状の変更、法面の生成等)を行うことである。現在、この段階における具体的な作業内容については検討中で

あり、本稿では概要のみを述べることにしたが、講演時には、より具体的な内容を提示する考えである。

5. おわりに

本稿で示したシステムは、現在、開発中であり全体的にこのシステムの有効性を実証するまでには至っていない。しかし、ディスプレイを使用することにより多様に地形形状を改変及び評価を対話的に処理することが可能となり、造成イメージの構築に対して、非常に有効であることが分った。今後は、このシステムの中核部分である地形の改変部分の操作性を中心にさらに検討を進め、実際の地形に対し多様に適用し、このシステムの有用性をより高めていきたいと考えている。

なお、本研究を進めるにあたり、阪急電鉄(株)土地経営部の方々より有益な助言をいただいた。またディスプレイ出力に際しては、ダイキン工業(株)の協力を得た。各位に対して厚く謝意を表する。

参考文献

- 1) 春名 攻：情報処理機器を活用したInteractive Planning & Design Systemの概念設計と開発方法について、第9回電算機利用に関するシンポジウム講演概要、土木学会・土木情報システム委員会、1984
- 2) 古川和広、春名 攻、芹川裕一：宅地造成計画におけるInteractive Planning Systemの設計のための二、三の検討、第9回電算機利用に関するシンポジウム講演概要、土木学会・土木情報システム委員会、1984
- 3) 相原憲二、本間良一、芹川裕一：システム開発と情報システム設計の考え方、土木工事のマネジメント問題に関する研究討論会、土木学会・施工情報システム小委員会、1983
- 4) 浜嶋鉦一郎：計画盤モデルを用いた造成計画の研究、土木学会論文報告集、1979