

土木計画・設計のための支援システム

東京理科大学 理工学部 正会員 大林成行

日本アイ・ビー・エム(株) ○正会員 松家英雄, 宇野 栄

1 はじめに

社会情勢が激しく変化する今日、建造物計画・設計に対する要求も高度にそして複雑になってきている。たとえば、大規模ニュータウン、長大橋などを例にとると、第1に計画の初期の段階から建造物を与える社会問題、環境問題に対して多くのアセスメントを検討する必要があるし、第2に物価高騰、人件費高騰などの経済状況の変化が激しい今日、投資の費用、運営継続のための経営的資料の検討、第3に建造物の構造・建設の要因を十分に考慮した技術評価を検討する必要がある。

このような要求に応えるため、建設業界はある範囲の計画・解析・評価をおこなう問題解決型の個別の専用システムを積極的に開発してきた。しかしながら、
・専用システム間の連絡の必要があるたびに入力データを再編成しなければいけない；
・準備段階を含めて結果を得るまでに時間と労力が必要であった；
・個々の専用システムに対してそれぞれの保守管理体制を整える必要が生じた；新しい機能を持った計画支援システムに拡張しようとする開発費用と期間がかかりすぎる；などの問題が浮び上ってきた。これらの経験から、最近では従来と違ったシステムが志向されはじめられてきた。すなわち、システム自体がより積極的に計画・設計情報の管理を行い、ダイナミックな要求に応えるデータベース志向型システムがそれである。

筆者らは、このような背景から、土木計画・設計全般に渡って多目的な使用に耐え得るデータベースを備えた対話型計画・設計支援システムの開発に手掛けている。このシステムは設計活動援助総合化システム(Advanced Integrated Designer's Activity Support System)を核とし、その全体構想は土木における計画から設計全般についての問題向け専用サブシステムの集合から成り立っている。

2 A-IDASシステムの概要

2.1 システムの基本概念

A-IDASシステムは

- (1) データベースを介して問題解決型の専用サブシステムが連結できること。
 - (2) 各専用サブシステムは種々の映像表示装置を利用した対話型システムを構成できること。
- の基本構想のもとに設計されている。

計画・設計分野のデータベースは、そのプロセス特有の問題から、商業用に発達してきた一元化されたデータベースの適用が非常に難しい。たとえば、蓄積される計画案情報は計画プロセスが進むに従って全体から、部分へ、抽象から具体化へ、構造から形状へとダイナミックに変化すると、また計画プロセスを取って見るとそのプロセス内では計画案のある範囲のデータだけが定義・解析・評価を繰り返しながら試行錯誤に代替案として蓄えられる。これらの特長から、A-IDASでは次の構成から成るデータベースを採用している。

- (1) 計画案情報は同一のフレームワーク内で、すなわち、関係型式(Relational Model)の中にある有向グラフで表わされた組織的なデータモデル内で、モデル化する。
- (2) このデータモデルは、各専用サブシステムで、その構造や属性データの型、名前が前もって、あるいは実行中に定義される。
- (3) モデルの構造や属性データの型、名前を定義した情報はデータ・スキーマ・ディクショナリ(DSD)に蓄積し、このDSDの管理制御のもとに専用サブシステム間を連結する。

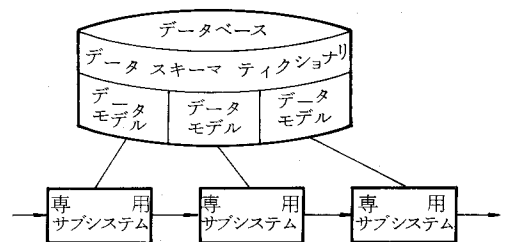


図 2.1 データベースの基本構成

この方式のもとでは、データベースの機密性、保護（オーソライズされてない使用や代替案に対するデータの保護）が容易になるばかりでなく、各専門サブシステム内で独自の処理が迅速かつ自由に処理できる特長を持っている。しかし、任意の時点でデータの値の矛盾を生じさないような整合性の問題はDSDをどのように管理・制御するかにかかってくる。

さて、このようなデータベースのもとで、各専用サブシステムが対話型を構成するためには図2.2のような概念構成となる。

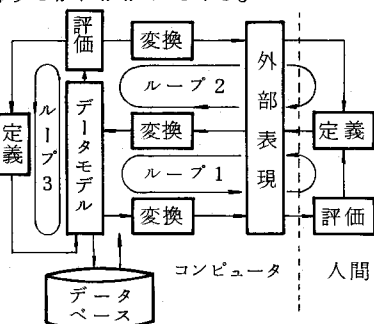


図2.2 対話型専用サブシステムの構成

データスキーマによって定義された枠内で、計画者は映像表示装置を通じてデータモデルを定義し、これを図形や画像として変換し表示装置に表示する。計画者はこの外部表示を見ながら評価し判断して計画対象物を具体化する。このループが1で、最も基本的なループである。ループ2は、データモデルがあるアルゴリズムによって解析・評価される場合で、ループ3は、解析・評価とその結果に基づく変更を共にコンピュータによって行う自動設計プログラムの挿入例である。これらのループが何回も繰り返されて、最終案が蓄積されることになる。すなわち、次の2つのファシリティから成るA-IDASのもとに、

- (1) 計画案情報のデータモデルの管理
- (2) 多様な入出力装置に外部表示するためのグラフィック管理

問題向けの専用サブシステムが構築される。

2.2 ハード構成

図2.3にIBM、東京サイエンティフィックセンターに設置されているハード構成を示す。ホストコンピュータは実メモリ2Mバイトを持ったIBM S370/158であり、VM/CMS (Virtual Machine/Conversational Monitoring System)のもとに種々のユーザーに開放されている。端末機の1つにIBM 3277文字表示装置があり、これにDVST (Direct View Storage Tube)およびタブレット、ドットプリンタ

ーが附属している。データの伝送スピードはローカルな接続で1.2Mバイト/secまであげることができるので複雑な図形や画像を迅速に表示することができる。この端末機のもとで、問題解決型の専用サブシステムが稼動される。他のCMS上ではS/7に付属している周辺機器を制御管理するエトワール (ETOILE)⁽¹⁾が稼動している。A-IDASはCMSを介してエトワールにリンクすることができるため、S/7に付属したカラー映像表示装置を制御することができる。

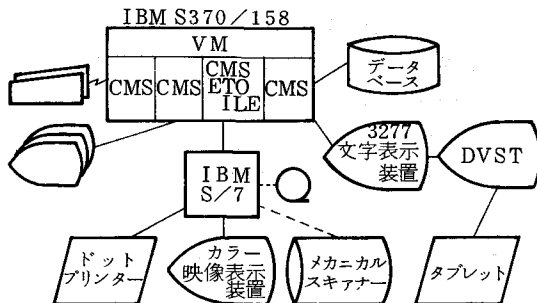


図2.3 ハード構成

S/7に接続されたカラー映像表示装置は設計対象物の景観を現実的に表示するのに利用される。この装置は4ビットから成る320×240ピクセルのフレームバッファを3個持っている。そのため、1つのフレームバッファにある16レベルの濃度のデータをカラーコードで表示することもできるし、また3つのバッファにそれぞれ、赤、緑、青成分の濃度データを入れて同時に表示すると4096種類の自然色に近い色で表示することができる。

3 データモデルの管理と外部表現の管理

データモデルとは対象物の情報をコンピュータ内部上で論理的に表現したものである。土木の計画・設計分野では、地勢や建造物が対象として浮びあがっているが、A-IDASで提案されている正準幾何モデル (Canonical Geometric Model)⁽²⁾を地勢に適用して見よう。

3.1 地勢モデルの表現

地形や地域の情報に関する地勢モデル (Topographical Model) は線、面積構造に分類できる。たとえば、道路網や公共施設網などは線構造、土地利用図や街区図などは2次元の面積構造、地形は3次元の面積構造となる。すなわち、地勢情報は目的毎や主題毎にその構造を規定することができること

から、正準幾何モデルのもとに、それぞれ、データスキーマ・ディクショナリに定義することができる。

すなわち、地勢モデルは

- (1) 地勢情報は、幾何モデルと同じフレームワークのもとに、線、面積構造、あるいはそれらの複合体として有向グラフの形でモデル化される。
- (2) これらのモデルは、その構造および属地項目をデータスキーマにより定義することができるため、専用サブシステム毎に適応させることができる。
- (3) 専用サブシステム間でのモデルの抽出、統合が容易であるため、同種あるいは異種構造のモデル間のオーバーレイおよび相互干渉を処理することができる。
- (4) プログラマーに対してモデルハンドラー、計画者に対してグラフィック装置を通じて直接にモデルを加工することができる。

などの特長を持っている。

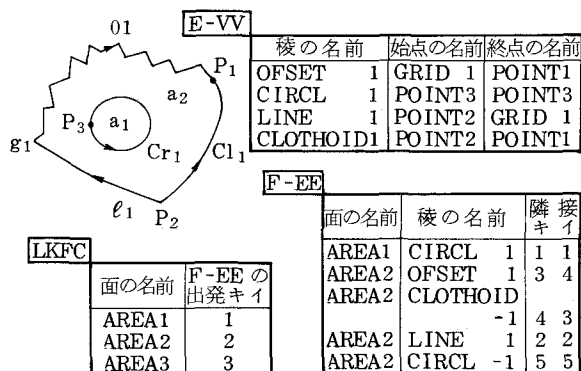


図 3.1 土地利用図のモデル (2次元面積モデル)

3.2 図式属性と線図作画ルーチン

地勢モデルや幾何モデルにおいては、頂点、稜及び面に関する属性関係型式の中に図式属性の欄があり、各形状要素は汎用線図ルーチンによって、その図式属性に従って出力される。図形属性には線属性または記号属性とそれらの色彩を示す色属性がある。線属性とは線の型 (実線、破線、一点鎖線等) と線の巾 (太線、細線) のことで頂点と稜の要素に対してはこれに従って出力される (頂点の場合は、丸点、3角点、4角点およびその大きさ)。面の要素については面に対してハッチをかけることを意味する。ハッチに際してはこの他に線の間隔と角度が必要である。記号属性は線属性のかわりに指定するものである。これは特に地勢情報を扱うときに便利である。

例えば、「开」、「ㄱ」、「文」などの頂点や、「++++」,「-----」などの稜,「ㄱ」,「△」,などの面を表現することができる。これらの記号は漢字フォントデータベースに登録することができ、線図作画ルーチンが記号を生成する負荷を軽減している。色属性は頂点、稜、面に対してカラーを指定するもので RGB 成分の値と、その値が絶対であるか相対であるかのコードから成り立っている。特に相対指示は対象物に陰影をつける時に有効である。

線図作画ルーチンは上記の図式化をおこなう際に、投影変換や隠線消去を施す機能を持っている。投影変換には平行投影と透視投影があり、これらのパラメーターは実行時に指定される。隠線消去には部分消去と完全消去がある。

3.3 装置独立グラフィックス

(3)

本システムのグラフィック管理機能は、各種のグラフィック装置に対して装置独立のユーザーインターフェースを提供する。座標系はユーザーの任意の系を使用することができ、これと画面との対応は「論理座標系」を媒介として指定する。論理座標系とは画面を 0 ~ 1 の範囲とするものである。入出力に関しては基本的なものに限っており、複合機能は含めていない。しかし入力に関しては、座標入力の組み合わせで、メニューと一般座標の入力を管理するタブレット入力機能を作成し、ユーザーの便を計っている。

4. 土木計画・設計のための支援システム

(5)

現在、地図作成、地形評価⁽⁴⁾、景観作成などの問題向け専用サブシステムが、A-IDAS システムのもとに稼動している。

4.1 地図作成サブシステム

地図入力方法は現在 3 つの方法がサポートされている。

第 1 の場合は、系統図や等高線などの地図をタブレットあるいは DVST を用いて線を追跡して座標値をエンコードして線構造モデルに蓄積する方法である。エンコードする際に、稜の持っている属性データも同時に入力することができる。もし、対象とする図面が等高線とか連絡線などの単純な図であれば、この図はメカニカルスキャナーで画像データとしてデジタル化し、ノイズ除去、幾何歪修正などの前処理をして、細線化、自動追跡の幾何学特徴抽出をおこなって自動的に線構造モデルに蓄積することができる。

第2の方法は2次元領域の地図を入力する場合で、第1の方向と入力とは同じであるが、面構造に蓄積されるため、線によって囲まれた領域情報を形成する処理が追加される。その後、DVSTにその結果を表示しながら、面の属地データを付加することになる。この場合、領域線図のみとか、あるいは鮮明な色地図であれば画像データから自動的に面構造モデルに変換される。

第3の方法は曲面形状データを入力する方法で、典型例として等高線からメッシュデータを作成することが考えられる。これは第1の方法で得られた等高線とグリッド線とが交差する位置と標高を全て求め、これをスプライン曲線で補間してグリッド点での標高を求め、その結果をメッシュ属性関係式に蓄積する。このときグリッド線上での交点データの数が少ない所では曲線補間をするとうねりを生じて標高がおかしくなるので、その部分は計画者によって対話的に標高データを内挿して処理している。

4.2 地形評価サブシステム

地形を評価する項として等高線、特長点（山頂、谷）、特長線（屋根、谷線）、流線、流域）、日照時間、日影、可視・不可視……などがある。

これらの処理結果の多くは要因そのものの大きさを示す数値（たとえば、高さ、時間、距離……）で抽出されるため、線画の場合は、垂直、あるいは水平に断面を取ってその断面曲線を平行投影の形で外部表示される。一方、点画の場合は数値を階級分類して出力される。階級分類は要因分析結果によってその数、巾が異なってくるので対話的に決められるようにしてある。カラーの点画の場合、各階級毎にR,G,B要素の濃度レベル（最大16レベル）を定義することによって好ましい色彩を決めることができる。もしR,G,Bの中で1成分のみを階級に従って単調増加あるいは減少させると同色系統の明暗を作り出すことができる。

点画出力は対象地点の各点と表示画面のピクセルと対応する出力形式を一般に用いるが、投影変換が行われると一義的な対応がつかなくなる。そのため、画面上全てのピクセルが塗りつぶされるように、画面のピクセルから逆透視変換をおこなって地形との交点を求め、この地点での要因分析をおこなって、そのデータを階属づけて表示している。

4.3 景観作成サブシステム

景観作成とは、計画対象物をより視覚性の良い、より現実性のある絵として出力することである。このサブシステムは投影変換された対象物形状に色彩をつけたり、テクスチャを貼合せたり、現場の風景に埋め込めたりする処理をサ

ポートしている。

メカカルスキャナーでデジタル化された風景画の前景と背景の分離は難かしいので、現状は色コードの編差を利用して分離している。まずカラー映像表示装置に風景画を表示し、前景と思われる領域の座標値を求め、その領域内の代表的な点の色コードを知る。そこで、色コードの編差を打鍵すると、指定した領域内の色コードの統計画と、編差内にあるピクセルが求められる。この操作を繰り返して前景と遠景を分離する。

分離された情報はマスクに蓄えられる。マスクはブライオリティの概念を持ち合せ、昇べき順に低くなっている。たとえば、前景にコード0、遠景コード7を指定する。計画する構造物として道路、ガードレール、交通標式を想定するとき、それぞれにコード8、9、10を割り当てると計画前の自然環境が表示される。道路のみをコード1に変更すれば計画後の道路景観が表示される。同様に、ガードレール、交通標式といった付加物のコード変換で容易に表示することができる。

また対象物面に色彩を塗るだけでなくテクスチャを貼り合わせることもできる。典型的なテクスチャが画像データベースに格納されており、これから必要な部分を抽出し、これに幾何学的なアフィン変換をすることが可能である。このテクスチャの画像が前に述べられたマスクを利用して対象物面に貼り合せられる。

5 おわりに

A-IDASを利用した土木計画・設計支援システムの概念およびその実例について紹介してきた。問題向け専用サブシステムは現在鋭意レベルアップされているし、また道路線計画、都市交通計画のサブシステムが組み込まれようとしている。

参考文献

- 1) Fujisaki, Ohkohchi, Others, "A System Supporting A Shared Intelligent I/O Controller", 3rd USA-Japan Computer Conference, 1978
- 2) 松家, 宇野, "正準幾何モデルの応用" システム工学誌, Vol.3, No.1, 1979
- 3) Uno, Matsuka, "A General Purpose Graphic System for CAD", SIGGRAPH '79, ACM, 1979
- 4) 大林, 松家, 宇野, "土木景観におけるCADシステム", 第53土木学会全国大会予稿集, 1979
- 5) 高間, 松家, その他2名, "環境計画におけるアイディックシミュレーションシステム", 第1電子計算機利用シンポジウム, 日本建築学会, 1979
- 6) 笹田, 松家, その他2名, "図面入力とその処理方法の基礎研究", システム工学誌, Vol.1, No.2, 1978