

鉄道沿線の景観シミュレーションシステム

近畿日本鉄道（株） 技術研究所 正会員 ○後久 義昭
近畿日本鉄道（株） 技術研究所 山田 昌弘

1. はじめに

近年、コンピュータグラフィックスを応用してコンピュータ内の3次元仮想空間に展開した物体モデルを、自由な視点から眺めたパースとして表現する、いわゆるビジュアルコミュニケーションのツールが急速に進歩し普及している。建築設計の分野では、特に都市計画などにおいてこうした手法を用いた景観シミュレーションが既に一般化しつつある。最近土木設計の分野でも、計画構造物と周辺地形や町並みとの調和など、新しい景観を事前に評価していこうとする傾向が顕著となってきた。

しかし、一般に市販されているビジュアルコミュニケーション用ツールは、3次元データの入力に膨大な労力が必要であり、大規模で複雑な構造物のモデル化には適さず実用的でない。そこで我々は、当社の地図情報システムGEORISの地図データベースの図形データやCADシステムの設計データを利用し、市販の「パース作成基本システム」や「カラーシェーディング（色陰影付け）プログラム」を基本として、比較的容易に土木用パースが作成できる独自のアプリケーションシステムを開発した。

本報では、システムの全体構成と各サブシステムの手法および機能を概説する。

2. システムの全体構成

本システムは、鉄道地図情報システムの地図データおよびCADシステムの設計データより、自動的に3次元サーフェイスモデルを生成し、更にそれに色陰影を施したパース図を作成して景観をシミュレートする。地図上の標準的な構造物や地形を地図情報システムの平面座標データ、構造物属性データおよびあらかじめ定義してある寸法データを利用して3次元に立上げる。基準となる高さは等高線データや別途設定した基準面データを参照して求める。また、当社が開発した土木用骨組RC構造物CADシステムの形状データを利用して高架構造物の3次元モデルを生成できるが、これは単独であるいは地図データの中に取込んで全体イメージとして表現できる。

本システムの全体構成は、図1に示す通りである。まず「地図データ変換システム」において、地図データベースから3次元化に必要な内容を抽出し中間ファイルを作成する。次に「前処理システム」で各種パラメータの設定や基準面の高さの調整などの前処理を行う。これらのデータに基づいて「3次元データ自動生成システム」で鉄道構造物や地形の3次元データを生成し、市販の「パース作成基本システムEZVIEW」の入力フォーマットのデータを出力する。また、「CAD 3次元データ生成システム」で、CADシステムの設計データより3次元形状データを生成し、同様にEZVIEWの入力フォーマットのデータを生成する。

「パース作成基本システムEZVIEW」はプリミティブと呼ぶ基本形状データを組合わせて複雑なモデルを生成し、自由な視点からみた透視図を作成する。建設計画中の構造物など、詳細な表現が要求され標準化できない形状は、このシステムの基本機能を利用し自由に作成する。そのほか様々な修正、装飾もここで行う。また、これらの処理を効率的に行うため「分割・統合システム」を適宜使用する。

色陰影付けは、市販の「シェーディング基本システムSG-PERS」を使用している。EZVIEWの入力データからSG-PERSの入力データへのフォーマット変換は「シェーディングデータ変換システム」で行う。

以下に各システムの手法および機能を概説する。

3. 地図データ変換システム

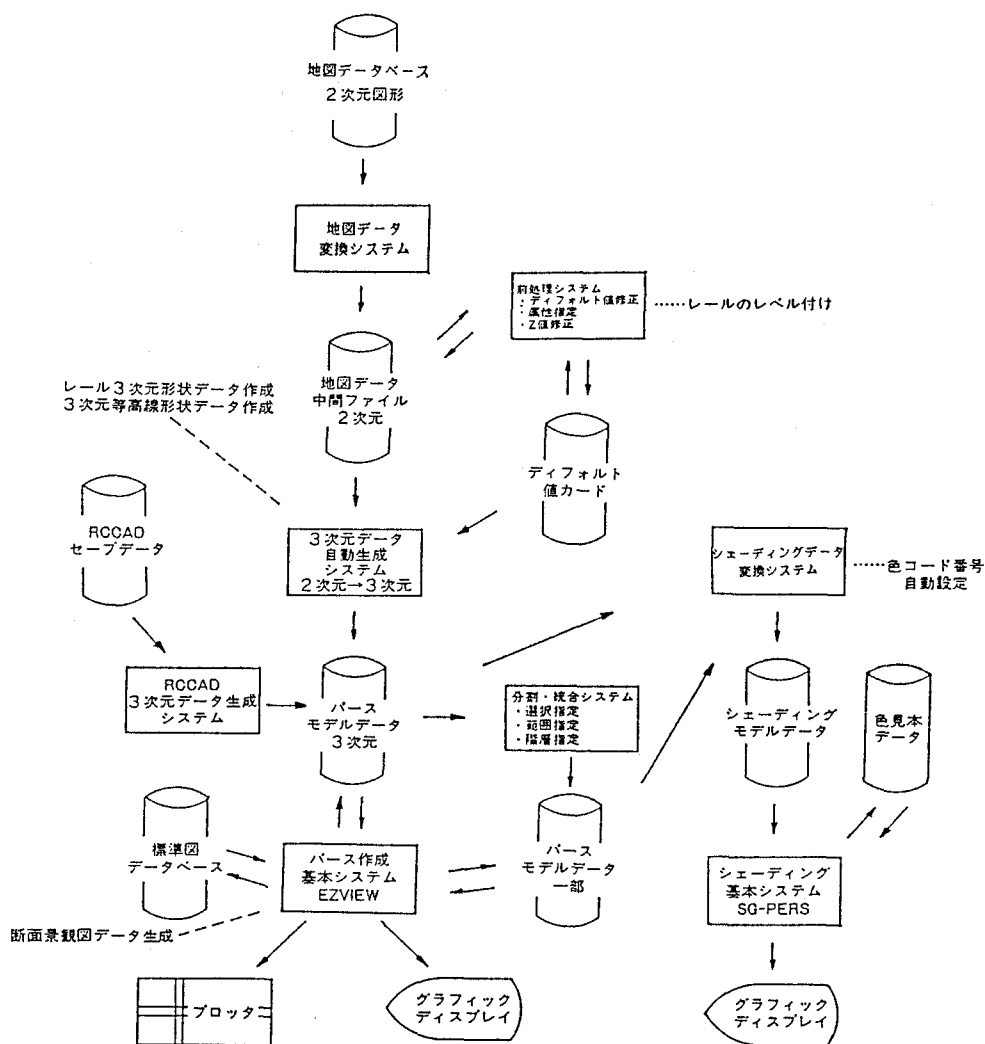


図1 全体システム構成図

地図図形データベースには、縮尺1/500の線路、駅平面図に記載されているあらゆる地図データが、個々の構造物や地形の単位図形を1レコードとして格納されている。

これらのレコードは、各種構造物や地形の2次元図形を表現するポリゴンやライン、シンボル、文字などのアイテムで構成されており、基本的には高さ情報もっていない。本来地図情報システムでは、高さの情報はあまり必要でなく、個々の座標データにZ（高さ）座標をもたせることは、データ量が飛躍的に増加し処理効率が悪化するので得策ではない。そこで本システムでは、3次元図形生成に必要な最小限のデータを下記の様式で取扱い、あとに述べる「3次元データ自動生成システム」にデータを受渡すこととした。

すなわち、等高線データエリアを除いた図面の全領域を近似的に平面とみなせる領域に、基準面として分割し、これを基準面エリアポリゴンと称するレコードで扱い、これに基準面を定義する3次元座標データをもたせる。また、等高線のデータは、等高線エリアポリゴンレコードで扱う。3次元に立上げる個々の物体の基準の高さは、それらの2次元図形レコードの2次元座標値からその図形が含まれるこれらのエリアポリゴンを参照して求める。また、3次元化する2次元図形レコードには、構造物や地形の種類を表わす小分類

コードや、階層情報など、3次元化に必要なパラメータを書いた属性アイテムを併せ持たせることとした。

例えば、橋梁レコードは、ポリゴンアイテム（平面座標値）小分類コード（上路鋼板桁類、下路鋼板桁類、鋼トラス類、…）やそれぞれの属性データ（連数、支間長）を書いたアイテムで構成され、一方エリアポリゴンのレコードは、そのエリアポリゴンを表わす各ポイントの平面座標値、Z座標値、エリアポリゴン種別（平地域、高架域、地下域、等高線、…）を書いたアイテムで構成されている。

「地図データ変換システム」では、これらの構造物レコードとエリアポリゴンレコードを相互の関係を付して中間ファイルに出力する。

4. 前処理システム

本システムは、地図情報システムの地図データから3次元データを生成する前処理として、ディフォルト値カードの変更、属性指定、エリアポリゴンのZ値修正、レールの表現段階指定などを行なう。作業は、すべて対話形式で、グラフィックディスプレイ上に出力した地図データと、入力メッセージにより行なう。そのため、データのチェック、修正が、迅速かつ正確に行なえる。

以下、本システムの機能について述べる。

(1) ディフォルト値カードの変更

ディフォルト値カード（表1参照）とは、構造物、地形類を3次元に立上げるための寸法値であり、特に指定のない限りこの値が採用される。データには、構造物の各種寸法データと、座標値の補正に用いる許容誤差のデータとがある。

(2) 属性指定

前項のディフォルト値は、同種の構造物に対し共通の寸法を規定するものだが、この属性指定の機能は特別に指定した構造物、地形類の個々のユニットにディフォルト値よりも優先して参照させる属性を付加するものである。指定できる属性データには、線路における色・レールの太さ・道床の高さ、橋梁における色・桁台の厚み、ホームにおける色・上面部の高さ・盛土部分の内側に入る距離などがあり、そのほか、上家、建物類、地形類、鉄柱、信号機、シンボル類などにも同様の属性が設定できる。

(3) エリアポリゴンのZ値の修正

エリアポリゴンのZ座標値は、地図データを3次元に立上げる上で最も重要なデータであるが、ポリゴンのコーナーの座標値を入力により入力するのでチェックは容易でない。ここでは、入力したZ値を平面図に

表1 ディフォルト値カード一覧

単位 (m)

X,Y座標を同一と見る許容誤差	0.01	ビルの階の高さ	3.00	橋梁の脚の厚さ	0.15
Z座標値を同一と見る許容誤差	0.25	2枕木の中心の距離	1.20	上屋の高さ（低い）	5.69
線路幅	1.44	枕木の幅	0.20	上屋の高さ（高い）	7.19
道床の高さ	0.44	枕木の長さ	2.40	柱の幅	0.30
軌道中心線の施工基面よりの高さ（道床あり）	0.69	高架高欄の壁の幅	0.15	地下擁壁の高さ	3.00
〃（道床なし）	0.20	高架高欄の底面の高さ	0.20	鉄柱の高さ（高い）	7.30
道床両端の傾き（度）	30.0	高架高欄の側面の高さ	1.20	鉄柱の高さ（低い）	5.00
レールの高さ	0.15	ホーム上面の盛土の間の距離	0.80	鉄柱の幅	0.30
ホーム盛土部分の高さ	1.59	塀の高さ	1.50		
ホーム上面の部分の高さ	0.20	橋梁の幅（ケース2）	0.20		

重ね合わせてグラフィックディスプレイ上に表示することで、隣合うエリアポリゴンの整合性のチェックおよび修正が容易に行える。また、3次元化したあとで発見した不都合なデータについてもここに逆上って修正する。

(4) レールの表現段階指定（レールのレベル付け機能）

構造物や自然景観のパスを作成する時、対象物体を実体に忠実にかつ精緻に表現しても、遠近の度合いによって効果が得られなかったり、逆に違和感が生じたりすることがある。また、特に強調したい対象物は詳細に、背景は簡略化して表現したい場合もある。一方、対象モデルの表現の精度を上げると、操作の労力、データ量、コンピュータの負荷、処理時間が加速度的に増大するなどの問題が生じる。

本システムでは、レールについて5段階の表現レベルを選択することを試みた。（各レベルにおける表現内容を図2に、またレベル1、レベル5の出力例を図3、図4に示す）

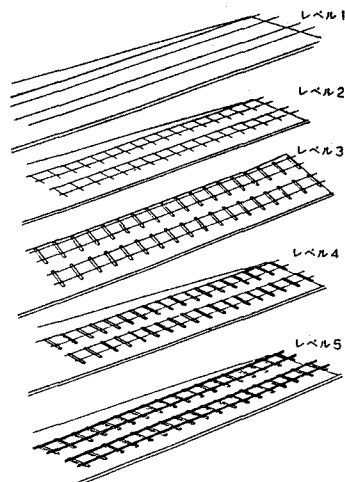


図2 レールの5段階レベル

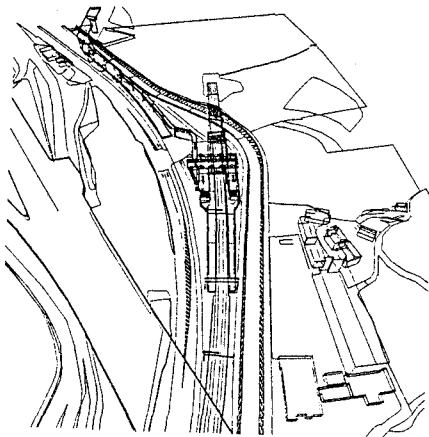


図3 レベル1出力例

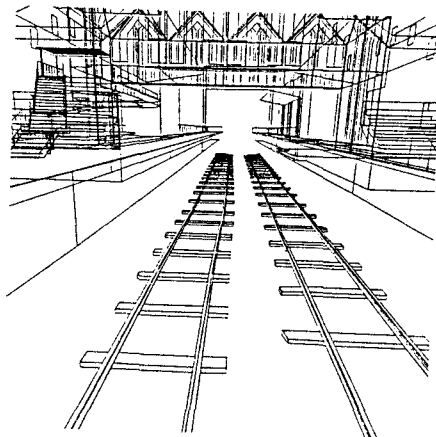


図4 レベル5出力例

5. 3次元データ自動生成システム

本システムでは、地図情報システムの平面座標データ、属性データとデフォルト値カードにより3次元データを自動生成する。自動生成する形状は、線路、橋梁、踏切、ホーム、上家、建物類、高欄および擁壁類、地形類、鉄柱類、等高線、信号機、シンボル類（信号機、シンボル類は標準図データベースに登録する必要がある）である。（図5参照）

これらの形状の中から線路、ホーム、上家および等高線を例に3次元化処理につい

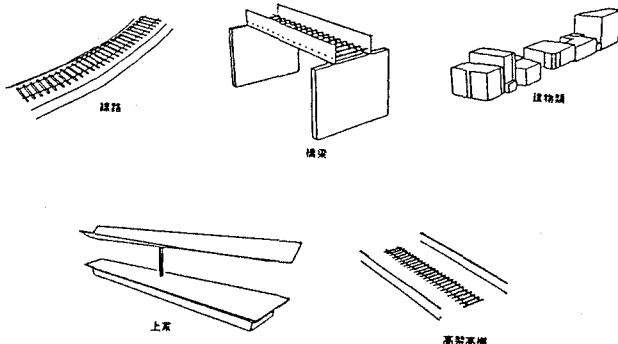


図5 データ変換モデル

て説明する。

(1) 線路

地図データより引渡されるデータは線分の座標値であり、これから2本一対のレールとマクラギを自動生成する。線路およびマクラギは、前処理で指定したレベルに対応した形で表わし道床は面の集合で表現する。また生成したユニットが連続している場合は、境界の不要な線を消したりマクラギの間隔を調整するなどの処理を施している。(図6、7参照)

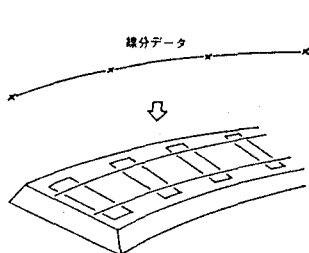


図6 線路のモデル化

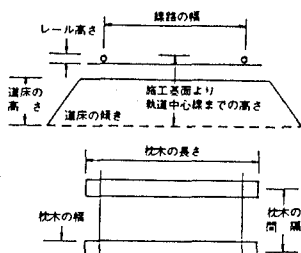


図7 線路のパラメータ

(2) ホーム

地図データの面データをもとに立上げた多角柱でホームを自動生成する。(図8、図9参照)

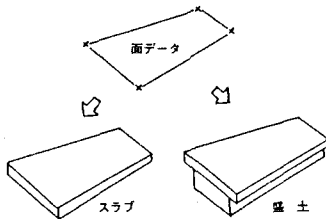


図8 ホームのモデル化

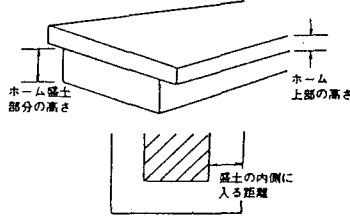


図9 ホームのパラメータ

(3) 上家

面データ(形状)、線分データ(上家の低い所)、点データ(柱の位置)の各データで上家を生成する。屋根部分は面で表わし、柱は多角柱で表現する。(図10、図11参照)

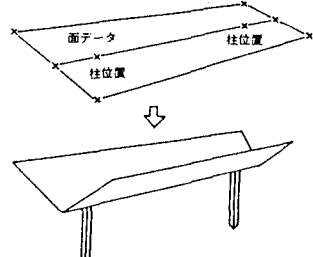


図10 上屋のモデル化

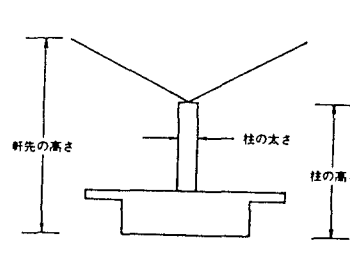


図11 上屋のパラメータ

(4) 等高線

等高線データが内部属性として持っている平面座標値、高さのデータをもとに、等高線ポリゴン内で等高線の閉合処理を行ない3次元化する。(モデル例を図12に示す)

6. CAD 3次元データ生成システム

当社では、土木用骨組RCC構造物の設計・製図一貫処理システム(通称RCCADシステムという)を開発した。

RCCADシステムの形状データ入力では、構造物の軸線形状(スケルトン)を3次元で定義し、各部材の断面寸法を与える方式をとっているため、初期データの入力完了時点でパースを作成するための必要条件是満たされている。この段階で構造物の形状を立体モデルで表現できることは、設計関係者間で多面的な検討を行なう上で非常に有効であり、また入力データのチェックにも役立つ。

本システムは、図13の通りRCCADシステムのデータファイルから3次元化に必要な構造データおよび部材寸法データを読み込み、節点座標および形状寸法の関係から構造物を構成する3次元面を生成し、パースモデルデータファイルへ出力する。(出力例を図14に示す)

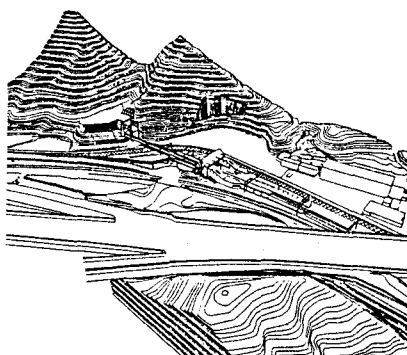


図12 等高線モデル

7. パース作成基本システム(EZVIEW、提供: 神戸ソフトウェア(株))

本システムは、市販の汎用システムであり、パースモデルデータを読み込んでコンピュータ内の3次元空間

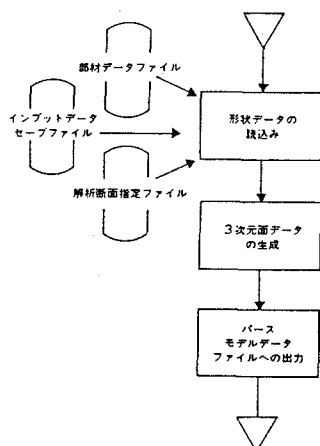


図13 処理フロー

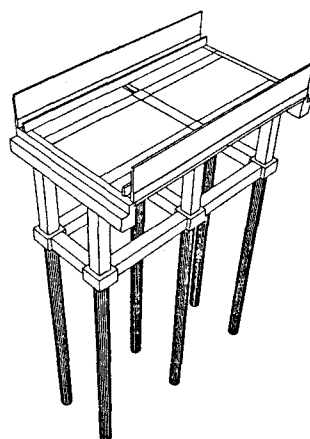


図14 パース出力例

に立体形状モデルを生成し、任意に視点、注視点および視野角を与えることにより、自動的に隠線処理表示あるいはスケルトン表示のパースを作成する。また、このシステムの機能を直接操作して複雑多様な形状の構造物の入力ができるので、別途作成、登録した標準図を上記モデルに組入れたり、個々の形状を自由に修正、仕上げをすることができる。なお本システムに、さらに、等高線のモデルデータを、視線に垂直な平面で切ること、比較的低い視点からの山の表現に有効な断面モデルを生成する機能を付加した。

(パース出力例を図15に示す)

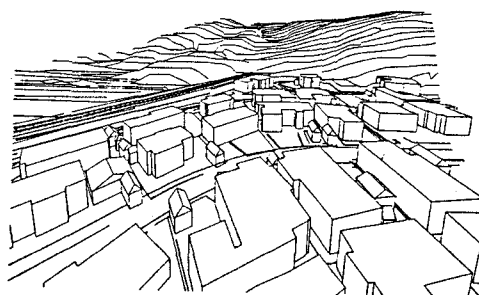


図15 パース出力例

8. 分割・統合システム

パース作成基本システムを使用して複雑な形状を持つ構造物や地形を生成したり、それらの形状の修正または仕上げをする際、データ量が多いと著しく処理効率が低下し、また、作業が非常に煩雑になる。

本システムは、必要な部分形状データを全体形状データから取出して「パース作成基本システム」のワークエリア上に展開し、様々な加工を施した後、再び全体形状データに戻す処理を効率的に行なう。必要な形状データのみを扱うので、限られたメモリを有効に使えるほか、平面図からの入力や、ディスプレイ上に表示した図形の拡大、縮小などの処理スピードが向上する。

必要な部分形状データの取出しは、取出したい対象に対しグループ名を定義することによっておこなう。その方法に、全体データを構成するユニット（線路、橋梁、ホーム、...）のうち必要なものを組み合わせ、それらに対しグループ名を定義する方法（選択指定）と、管面に写し込まれた平面図の必要な範囲をスタイルスペンで囲み、かつ、メニューシートよりZ値で高さの範囲を入力することで3次元の領域を指定し、これに対しグループ名を定義する方法（範囲指定）がある。さらに、データの取出しを効果的に行なうため、選択指定、範囲指定で定義した基本グループを組み合わせ新たなグループを作ることによっていくらかでも上位の階層のグループを作る機能（階層化）と、また、これらのグループを組み合わせる時、両者の共通部分を対象とするAND機能や、無条件に両者のデータ全てを対象とするOR機能も併せて開発した。

9. シェーディングデータ変換システム

本システムは、パースモデルデータをシェーディングモデルデータにフォーマット変換する。以下、システムの概要を図16に基づき説明する。

① 面分割

シェーディング基本システム「SG-PERS」の基本データは、線、三角形および平行四辺形に限定されているため読込んだパースモデルの形状データを面に置換え（各面毎に頂点のX、Y、Z座標を求め）、データテーブルにセットする。このとき基本データへの変換の前処理としてベクトルの外積をとることで面の凹・凸を判断し、凹面は凸面に分割しておく。

② シェーディングモデルデータファイルへの出力

面データとしてセットした形状データを三角形に分割しシェーディングモデルデータファイルへ出力するが、この時、次章で説明する「シェーディング基本システム」においてグループ単位での自動着色、一括色変更または再配置をおこなえるよう、地図データベースの小分類単位および「パース作成基本システム」の基本データ（プリミティブ）単位で、データ識別のためのグループ番号を自動生成しともに出力するようようにした。

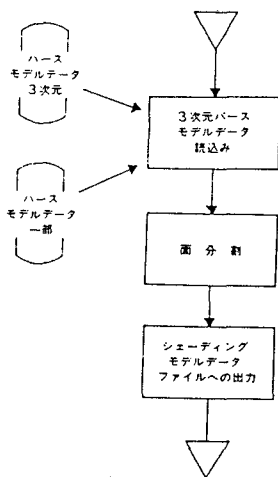


図16 処理フロー

10. シェーディング基本システム（SG-PERS、提供：セイコー電子工業（株））

本システムは、シェーディングモデルデータを読込んで隠面処理およびライティング計算を行ないカラーパースを作成する。システムには、①光源の方向と強さの設定、②1670万色の中からの自由な色の選択、③ボタン操作によるグーローまたはフォングシェーディングの選択、④グループ単位での一括着色、⑤背景色の設定、⑥グループ単位でのデータの再配置、⑦作成モデルの保存、⑧モデルの移動・回転・拡大・縮小などの基本機能がある。

11. 出力例

現在までに開発段階に応じ各部門の協力を得、本システムのチェックを兼ねて本番データの適用を試みた。これらのうちから出力例として以下図17～図21に示す。

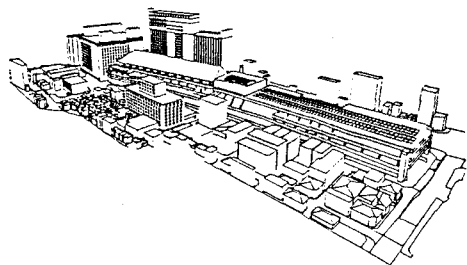


図17 上本町ターミナル

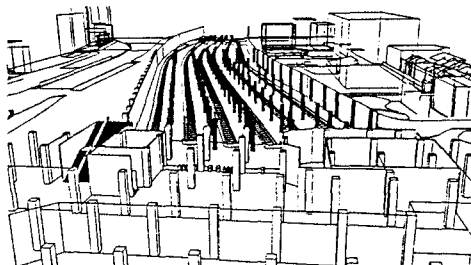


図18 上本町駅構内

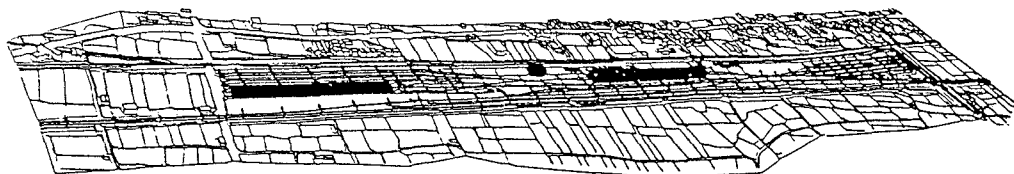


図19 新車庫計画図

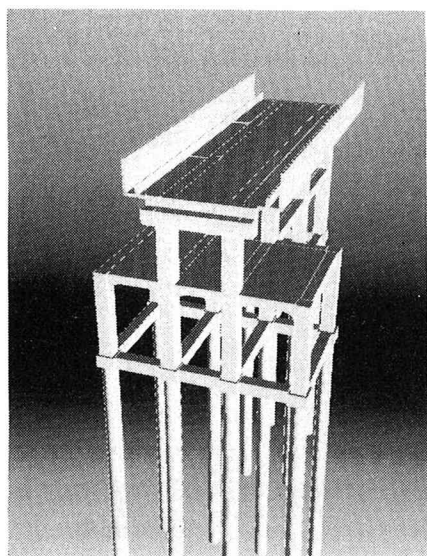


図20 シェーディング出力例

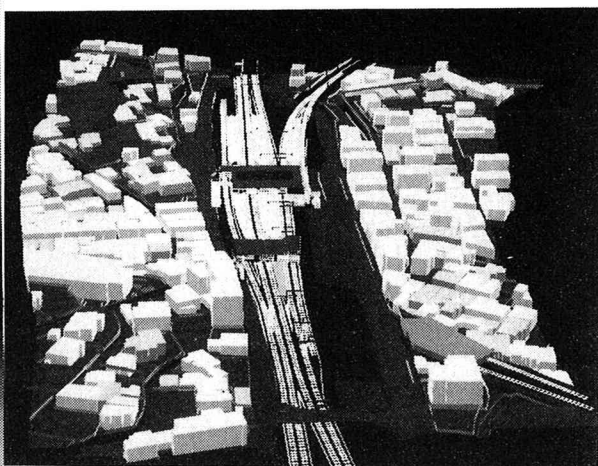


図21 シェーディング出力例

12. おわりに

近年人々の建築施設に対する社会的資産としての認識が高まっている。特に、新しく居住空間に組込まれる構築物施工後の景観への関心が高い。当社においてもターミナル整備や連続立体交差工事など都市計画に密接に関連した大規模工事を施行しているが、事業の公的な性格から事前に関係者と十分な協議を行う必要がある。

景観シミュレーションは、住民と施主、発注者と請負者や社内関係者などの間で完成後のイメージを共有しコンセンサスを得る効果的な手段となる。

このように本システムは従来、設計の専門家にしか理解できなかった設計データを一般の人々に身近なものとできる点で意義深い。専門家にとっても大きな利点がある。すなわち、複雑な3次元形状の必要な部分のみを取出して検討を加えたり、複数の代替案を容易に比較検討できるなど、出来上りのイメージでの立体的な機能検討が的確になる。

本システムはトータルシステムとして一応完成した。今後はできる限り色々なケースに適用し、そこからフィードバックされる課題を整理し、レベルアップを図っていきたい。

参考文献

- 1) 三橋，後久：“景観シミュレーションシステム”，近鉄技報，VOL.19，PP. 51-61(1988)
- 2) 後久，三橋：“駅周辺の景観シミュレーション”，鉄道建築ニュース，NO.467,11月号，PP.49-54(1988)
- 3) 後久，三橋：“景観シミュレーションシステム”，日本鉄道サイバネティクスシンポジウム論文集，第25回，PP.426-430(1988.11)
- 4) 山田，奥平，後久：“景観シミュレーションシステム”，近鉄技報，VOL.21，PP. 72-81(1990)
- 5) 日本図学会編：“CGハンドブック”，PP.353-363，森北出版株式会社(1989)
- 6) 電子情報通信学会編：“コンピュータグラフィックス”，PP.134-138，オーム社(1989)
- 7) E Z V I E W機能説明書，神戸ソフトウェア(株)
- 8) S G - P E R S操作解説書，セイコー電子工業(株)