

土 木 研 究 所 資 料

景観シミュレーション技術に関する 研究報告書

平成3年3月

建設省土木研究所

Copyright © (1991) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

景観シミュレーション技術に関する 研究報告書

システム課 課長 寺川 陽

課長補佐 野口 正

研究員 小栗 ひとみ

〃 桐山 孝晴*

〃 吉村 英二

〃 平林 久弥**

*現 道路部舗装研究室

**現 企画部施設課

要旨

建設事業では、高度な社会的要求を背景としてさまざまな土木構造物の建設が行われている。近年、構造物の規模・量の拡大に加えて、質的な生活条件の充足に対する社会的要求から、構造物と周辺環境との関係、特に構造物建設が景観に及ぼす影響が重要となってきた。そこで、土木構造物建設に際しても、その計画・設計段階から周辺の自然環境との調和といった人間の感覚的側面からの検討が強く要求され始めている。

本報告書は、視覚への表現手段であるコンピュータグラフィックスを含めコンピュータビジョンの技術動向を調べるとともに、建設事業における景観シミュレーション技術の検討を行い、従来までの静止画の景観シミュレーションから景観動画シミュレーションへと技術面での検討と開発を行った結果をとりまとめたものである。

キーワード：コンピュータグラフィックス、コンピュータビジョン、景観シミュレーション、
動画、パソコン

はじめに

近年、コンピュータの普及によってより高度な画像処理、分散データベースといった情報処理技術やネットワーク技術の開発が急速に進んでいる。今後はさらに、人工知能技術とメカトロニクス等との融合により、建設技術においても知能ロボット、情報ネットワークの形成といったより高度な展開が図られていくものと思われる。

このような技術動向の中で、高度な社会的要求を背景としてさまざまな土木構造物の建設が行われているが、構造物の規模・量の拡大に加えて、質的な生活条件の充足に対する社会的要求から、構造物と周辺環境との関係、特に構造物建設が景観に及ぼす影響が重要となってきた。そこで土木構造物の建設に際しても、その計画・設計段階から周辺の自然環境との調和といった人間の感覚的側面からの検討が強く要求され始めている。

そこで本研究では、視覚への表現手段であるコンピュータグラフィックスを含めコンピュータビジョンの技術動向を調べるとともに、建設事業における景観シミュレーション技術の検討を行い、従来までの静止画の景観シミュレーションから景観動画シミュレーションへと技術面での検討と開発を行ったものである。

平成3年3月

システム課長

寺川 陽

目 次

はじめに	-----	
1 コンピュータビジョンの技術動向と適用事例	-----	1
1.1 コンピュータビジョンとコンピュータグラフィックス	-----	1
1.1.1 コンピュータビジョンとコンピュータグラフィックス	-----	1
1.1.2 コンピュータビジョンの研究の流れ	-----	3
1.1.3 コンピュータグラフィックスの研究の流れ	-----	5
1.1.4 画像解析と画像処理	-----	7
1.2 コンピュータビジョンの適用事例	-----	11
1.2.1 医療分野	-----	11
1.2.2 産業分野	-----	15
1.2.3 環境（調査・探査）分野	-----	19
1.2.4 地理情報分野	-----	27
1.2.5 その他の分野	-----	33
1.3 建設事業におけるコンピュータビジョンの応用分野の検討	-----	37
1.3.1 建設事業における利用状況	-----	38
1.3.2 応用可能な分野の検討	-----	44
2 景観シミュレーション画像の作成	-----	49
2.1 景観シミュレーションの手法	-----	49
2.2 パソコンによる景観シミュレーション画像の作成	-----	51
2.2.1 景観シミュレーション画像の作成フロー	-----	51
2.2.2 システム構成	-----	63
2.3 専用機による景観シミュレーション画像の作成	-----	65
2.3.1 景観シミュレーション画像の作成フロー	-----	65
2.3.2 システム構成	-----	80
2.4 考察とシステム評価	-----	82
2.4.1 考察	-----	82
2.4.2 システム評価	-----	82

3	景観シミュレーションの動画化に関する検討	84
3.1	動画技術の動向調査	84
3.1.1	コンピュータグラフィックスの技術動向	84
3.1.2	コンピュータアニメーションの技術動向	93
3.1.3	技術動向と景観動画シミュレーション技術	98
3.2	景観動画シミュレーション画像の作成	103
3.2.1	作成作業の概要	103
3.2.2	景観動画シミュレーションシステム	105
3.2.3	作業結果	107
3.3	景観動画シミュレーション技術の課題と今後の技術展望	109
3.3.1	景観動画シミュレーション技術の高度化の検討	109
3.3.2	景観予測技術と景観評価	112
3.3.3	景観動画シミュレーションの適用分野	113
4	まとめと将来展望	115
4.1	まとめ	115
4.2	将来展望	116

1 コンピュータビジョンの技術動向と適用事例

1.1 コンピュータビジョンとコンピュータグラフィックス

コンピュータビジョンの目的は、人間の視覚の代わりに機械的な「視覚」により、外界の情報を画像としてとりこみ、それを理解あるいは解読するものである。これは、人工知能 (Artificial Intelligence) の研究での中心的な研究課題の一つとして進展してきている。

このコンピュータビジョンの情報の表現手段であり、ヒューマンインターフェースの部分がコンピュータグラフィックス (CG) 技術である。以下では、これらに関連する用語の意味を明確にし、その研究の流れを概観する。

1.1.1 コンピュータビジョンとコンピュータグラフィックス

コンピュータビジョンとは、画像の入力・変換・計測・認識に渡る技術で、CGとは、ビジュアル化を目的とした画像の生成技術である。

多くの分野でCGが使われ始めているが、その直接的な原因は、3次元形状、図形の運動や変形、カラーグラフィックス等コンピュータによって図形を取扱う技術が最近著しい進歩を見せたことである。

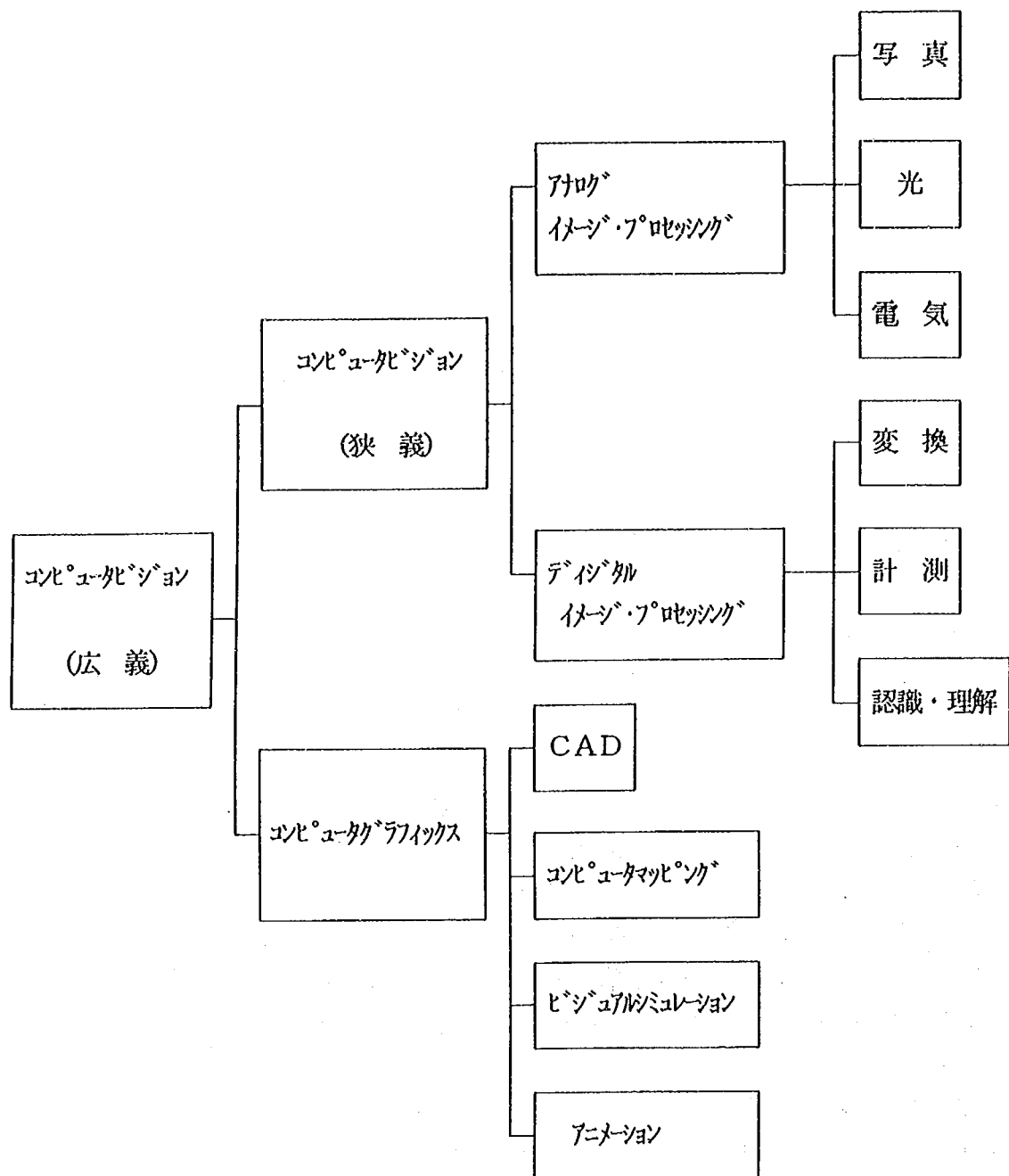
一方、このような技術が実際に使われ始めた本当の、あるいは潜在的に存在していた原因は、図形というものが人間に対してもつ重要性である。人間の生活において形状とは、具体的存在を支える中心的な属性である。また、このような本質的な意味だけでなく、形状は情報伝達の媒体として有効なものであり、情報が重要な役割を果たす現代において注目されるのである。

コンピュータビジョンの目的は、人間の視覚の代わりに機械的な「視覚」により、外界の情報を画像としてとりこみ、それを理解あるいは解読するものである。そこには、AIの技術が必要とされている。またCGは、コンピュータビジョンの情報の表現手段であり、ヒューマンインターフェースの部分であるといえる。

本研究におけるコンピュータビジョンの技術体系を図-1.1.1に示す。

広義のコンピュータビジョンは、各種の方法を駆使して総合的に問題を解決する技術の総称である。また、狭義の意味のコンピュータビジョンは画像解析・画像処理であり、コンピュータグラフィックスはその表現手段である。しかしながら、データの入力から出力までの一連の過程を総合的なシステムとして構築する場合も多々みられ、以下では、コンピュータビジョンを広義の意味でとらえることとした。

すなわち、コンピュータビジョンとは外界の情報を画像として取り込み、その画像の変換・計測・認識を行う画像解析技術に加えて与えられた情報を画像及び、図形として生成 (表現・創造) するCG技術をも包括する技術をいう。なお、デジタルイメージの「画像」に対して広い意味の「映像」と言う用語も使われる場合もあるが、以下では、映像、写真、ビデオ、フィルム等アナログイメージに対してのみに使用する。



関連技術

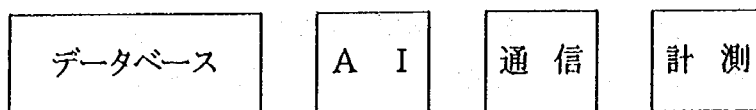


図-1.1.1 コンピュータビジョンの技術体系

1.1.2 コンピュータビジョンの研究の流れ

(1) 日本の研究

わが国では、1960年代後期に米国の研究成果が発表されてから、はじめてこの分野の研究が始められた。初めは簡単な多面体や曲面体の認識を行い、ロボットの手と共同で簡単な作業をすることを目的とした。日立中央研究所と電子技術総合研究所は、1970年に研究成果を公開し、知能ロボットの諸機能を示した。その後、日立中研は、簡単な物体の高速認識、パターンの検査など実用的な研究を行い、電総研は、距離情報を用いた物体の認識、複雑なシーンの濃淡情報を用いた認識のような基礎的手法の研究に進み、これらは必ずしもロボットの手とは直接結びつかなくなった。

京都大学でも早くから画像処理の研究が行われ、顔の認識、人間と会話形式で効率よく画像を処理する研究が行われた。

(2) 諸外国の研究

計算機に視覚情報を入力し、外界を直接認識する試みは1950年代に米国で始められたが、実際にカメラを用いて大量の視覚情報を入力して処理を行ったのは、計算機が普及した1960年代の初めである。

MITのロバーツ (Roberts) は、複数の多面体の写真をファクシミリ装置を通して計算機TX-2に入力して解析した。彼は画面から多面体の稜を検出してシーンの線画を作り、既知モデルと照合することによって多面体を認識した。彼の手法はその後の研究の基礎となった。ひき続いて、MIT、スタンフォード大学、スタンフォード研究所 (SRI) で、知能ロボットの研究プロジェクトが開始され、視覚情報を用いて外界を知るためのロボットの目の研究が行われた。

1960年代後期に、MITでは人工知能の創始者であるミンスキー (Minsky) のもとで、グスマン (Guzman) が、与えられた線画を解釈するという基礎的研究を行った。スタンフォード大学では、マッカーシー (McCarthy) の率いるグループが立方体を認識して、それをロボットの手で把んで動かす実験を行ったり、顔を認識するような応用研究を行った。SRIでは動くロボット (Shaky) の目として線画抽出が研究された。

1970年頃MITでは、ホーン (Horn) が明るさの情報から曲面体の三次元形状を求める研究を行い、さらにウォルツ (Waltz) が影のある線画を解釈する方法を確立した。

スタンフォード大学では、フォーク (Falk) が不完全な線画を解釈したり、ビンフォード (Binford) 等が距離情報を用いて曲面体を認識するなど、ある程度ロボットの目と関連した研究が盛んに行われた。ロボットの手と協同でポンプを組立てたり、手の操作を正確にするために目でその位置を確かめてフィードバックする試みも行われた。

SRIでは線画作成の新しい手法として、デュダ (Duda) 等によるパラメータ空間を利用するパラメータ法、ブライス (Brice) 等による均一な領域を求めることによって線画を作る領域法など、基礎的な手法を開発した。しかし一方で、ローゼン (Rosen)、エイギン (Agin) 等は高速に機械部品を認識するという実用的な研究を行った。

米国以外では、英国のエジンバラ大学で早くから人工知能の研究が始められ、1960年代後期にポップルストーン (Popplestone) は、ロボット (Freddy) の目として、多面体の認識の研究を行った。1970

年代初期には、SRIで開発された領域法を用いて眼鏡のような実物体を認識したり、手と協同でおもちゃの自動車を組立てたりした。なおエジンバラ大学のメルツァ (Meltzer) やミッキー (Michie) は、Machine Intelligenceのシリーズを刊行したり、Artificial Intelligenceジャーナルの編集者として貢献し、同大学は英国の人工知能研究の中心となった。

(3) 最近の研究

このように1970年代初期には、コンピュータビジョンの研究は比較的限られた研究所だけで行われていた。研究を円滑に進めるためには、テレビカメラ、映像信号を計算機へ入力する装置、ある程度の大きな計算機が必要で、そのためのコストが大きかったことも主な理由である。しかしそのコストは年々低下し、最近では手軽に研究を始められるようになった。したがって多くの研究所で多数の研究者がコンピュータビジョンに従事している。わが国でも、産業、医用など各種応用を目的にした画像処理や、屋外風景の領域分け、動画像処理の基礎的研究など多様な研究が盛んになっている。

米国では、1975年からARPA (advanced research project agency)の画像理解プロジェクト (image understanding project) が始められ、屋外風景の認識、衛星写真からの情報抽出、高速処理装置開発などが、十余の研究機関で行われている。NSF (national science foundation) も生産技術開発プロジェクトを主催し、そこでは産業応用を指向した視覚情報処理が行われている。

これまで述べた主要な国以外についても簡単に触れる。英国以外のヨーロッパは、日本より少し遅れて研究に着手したが、西独では動画像解析に力を入れ、オランダでも実用化を目指した研究が行われている。カナダは英国や米国との研究者の交換も多く、さまざまな領域を万遍なく研究している。1975年にソ連で第4回人工知能国際会議が開かれ、ソ連や東欧の研究成果が多数発表された。主にサイバネティクスと計算機関係の二つのグループがコンピュータビジョンに取り組んでいる。

1.1.3 コンピュータグラフィックスの研究の流れ

(1) CGの歴史

CGの画像生成は、初期の数学的な幾何形態一辺倒からしだいに具象形体へ移行し、同時に2次元から3次元表示へと表現領域が広がった。コンピュータによる表現の多様性を展開した背景には、人々のCGに対する期待感の大きさは、1970年代までの新しいメディアに誕生したコンピュータ・アーティストを受け入れる社会環境の熟成があった。

一般的にコンピュータの発達史を語る場合、そのCPUの素子によって分類し、真空管の第1世代からLSIの第4世代というような言い方をするが、CGの場合、ビジュアルが最終的な出力形体に依存するため、表-1.1のようになる。

設計面の機械化に始めるCADシステムの開発は、そのまま2次元の線表現となって視覚化された。最初の3次元表現はワイヤー・フレームによる針金細工のワイヤー・フレームモデリングであった。この針金細工は苦肉の空間表現であったにもかかわらず、これまでの芸術表現には見られなかった新しい視覚であり、当時の人々には視覚表現の世界への新鮮な息吹きとして受け止められ、コンピュータ・アートとはこういうものをいう観念さえ植え付けられる素地をつくってしまった。

W. フェッターのパイロットシミュレーションは、それまで幾何形体や抽象造形だけの表現に人間という有機的な造形をCG表現の対象にしたということに意義があった。これは、今日のリアリティの高い表現技術のベースメントを築いたといえることができる。航空機メーカーのボーイング社でのCGの開発に従事していたフェッターは、コックピット内におけるパイロットの操縦桿や計器類の操作上の機能レイアウトなどを人間工学的に調査するためにCGを使ってシミュレーションを行った。

第3期、つまり、1970年代に入ると、線表現ながら3次元のモデルはただの針金細工ではなく、隠線消去を行ったサーフィス・モデリングが登場した。線表示であるが人間の視覚生理に基づいたパースペクティブや稜線を表示し、そこに面があるように見せることによって実際、物がそこにあるような表現を獲得した。

70年代後半に入るとCRTはベクター・スキャン型に代わってラスタースキャン型が御光を浴び、線表示から面表示、さらに豊富な色彩出力機能が加わり、絵筆で色を塗るような立体感の強い表現の可能性を示唆した。スムーズ・シェーディング、フラクタル、レイ・トレーシング、テクスチャ・マッピングと着実にリアリティへの道を歩み始めたのである。

80年代に入ると、これらの表現技術に磨きがかかり、写真と見紛うばかりのスーパーリアリズム表現となった。

物理的な現象を数理化したようなテクスチャや動きは、ハードウェアの向上による計算時間の表現を可能にしたのである。したがって原理としては明解であっても、膨大な計算量が必要な自然現象や人間の皮膚・毛髪テクスチャなどは、やはり80年代の技術では無理のようである。

(2) コンピュータグラフィックスの将来

CG発展史で第5期にあたる1990年代の見通しとして現時点で考えられることは、CPUの高速化と半導体の大容量化が進み、これまで実現不可能な表現が可能になると予想される。それにともな

い複雑な形体やテクスチャの表現も、リアルタイムでソリッド・モデリングが可能となると考えられる

CGは今後このペースで半導体の高集積化、大容量化が進めば、処理スピードが速くなり、画像の高密度化と同時にソリッド・モデリングのリアルタイム・アクセス実現の可能性も高くなり、これまでの写真やビデオと同じような手軽さでコンピュータによる画像生成が可能となる。

CGI (Computer Generated Image) と言う用語がある。これはCGという概念ではとうていとらえきれない広義のコンピュータと映像が結び付いた新しいCGの概念で、ハードウェアの高技術化と、通信技術や既存の映像の周辺技術の統合化による画像で、本報告で言う広義のコンピュータビジョン画像と同等である。

第5世代のコンピュータの開発目標である問題解決の推論システム、自然言語、音声や図形・画像などによる対話システムなど知識データベースを備えたAI的要素は、CGの将来の技術にもそのままつながるのである。

1.1.4 画像解析と画像処理

画像解析とは、「多くの情報を含む画像から目的に応じた情報を抽出すること」をいい、一方、画像処理とは、画像解析を行ううえで画像の強調や画質の向上、画像の分類等機械を用いて行う処理をいう。

(1)画像解析

画像解析には、図-1.1.2に示すように、航空写真の目視判読などのように人の視覚による解析とコンピュータによるデジタル解析がある。一般に画像解析と言えば、コンピュータによるデジタル画像解析をいう。また、画像解析の応用例としては表-1.1.2に示すように多岐にわたっている。

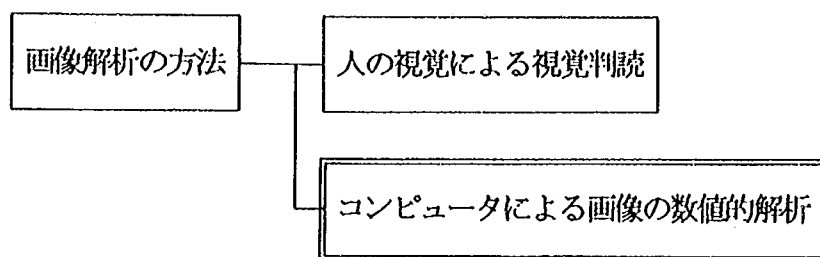


図-1.1.2 画像解析の方法

表-1.1.2 画像解析の応用例

用 途	対 象
自動読取機械	手書き文字、印刷文字（英文字、ひらがな、漢字）
医 療	シンチグラム、X線像、顕微鏡写真、サーモグラフィ、超音波画像
捜 査	像指紋、声紋、顔写真
非破壊検査	X線像、中性子線像、赤外線像、超音波画像
天 文 学	天体観測像（望遠鏡写真、探査衛星画像）
高エネルギー物理学	泡箱写真
環境、資源	衛星画像、航空写真、多量分光画像、マイクロ波レーダ画像、ソナー
測量、測定	航空写真、モアレ画像
構造解析	顕微鏡写真、X線像
（分子構造、金属組織）	
コンピュータ、ロボット	立体画像（ITV画像）

(2) 画像処理

画像処理は、図-1.1.3に示すように、アナログ方式とデジタル方式に大別される。

アナログ方式の画像処理は、光学的画像処理とも呼ばれ、光の回折や干渉、レンズによる結像、写真記録、さらには、レーザー技術の発展に伴うホログラフィーなどを利用するもので、画像の分解能が高く、処理時間が短いなどの特徴がある。

しかし、物理現象を利用したアナログ処理であり、写真処理などの非線型過程が入っているため、精度を上げることがむずかしく、また演算の種類も限られている。コンピュータビジョンの応用例は、写真記録を利用するものが多いが、最近、写真そのものをデジタル変換し、デジタル画像処理をする例が見受けられるようになり、画像処理のコンピュータ化は、データのデジタル化を促しているといえる。

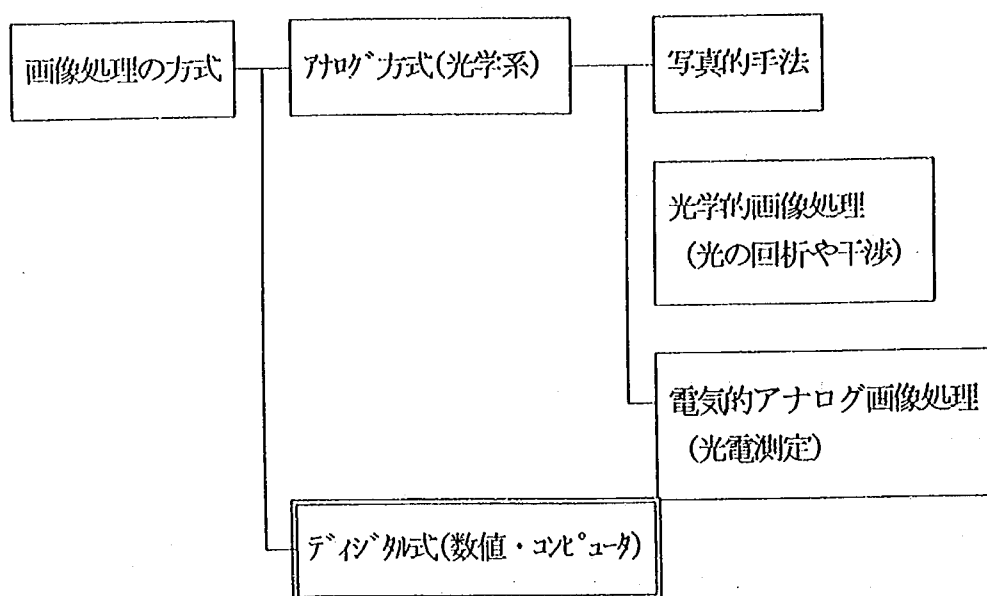


図-1.1.3 画像処理の方式

デジタル画像処理は、すべて画像を数値的な表現で扱っているため、デジタル画像は各種プログラムによって多様な処理を行うことができる。その特徴を以下に示す。

①再現性

デジタル画像は、コンピュータで処理するために濃度値の2次元配列であり、計算機内で処理する限り劣化せず、完全な再現性が保たれる。

②汎用性

デジタル画像は、8ビットの画像であれ、16ビットの画像であれ、計算機のプログラムにとってほとんど同じである。扱う画像が大きくなれば配列パラメータを変えるだけで原理的にはいくらでも高

精度の扱いが可能である。

③共用性

画像処理で扱う対象画像は、様々な種類があるが、いったんデジタル化すれば、計算機にとっては総て同様の2次元配列となる。したがって、画像入力を切り放して考えれば、どのような画像も同じように扱うことができる。

画像処理には、図-1.1.4に示すように五つの側面が考えられる。これらは、画像から別の画像、もしくは画像から非画像データへと変換する解析的处理と、数値データ、コードデータのような非画像データから画像を構成する合成的処理とに大別される。

まず、画像から別の画像を作り出す処理として、画像変換、画像強調と呼ばれる処理がある。例えば画像の座標系を変更し、斜めから撮像した画像を正面から撮像したように変換するとか、明るさの情報を変更し、より輪郭が強調されたコントラストの高い画像へ変換する等の処理がこれに相当する。

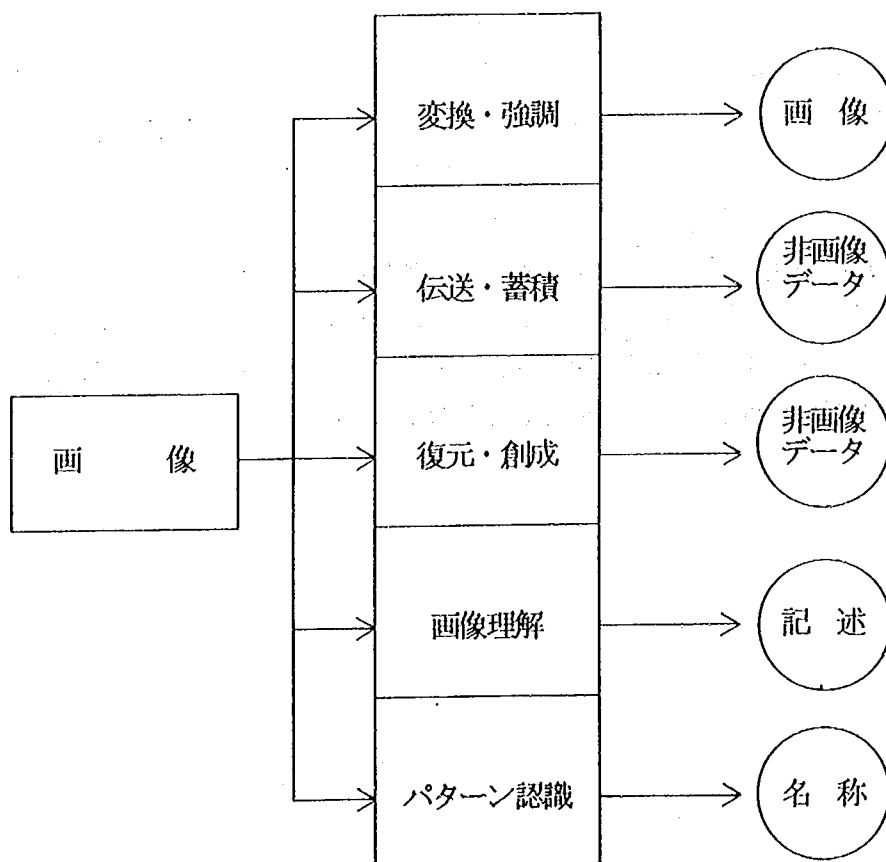


図-1.1.4 画像処理の五つの側面

画像を通信回路を介してファクシミリで遠方へと伝送する場合や、画像を光ディスクのような画像ファイルの中に蓄積する場合には、その配列を保ったままの形では伝送時間と蓄積容量の点から不利になる。そのため、通常、コード化によって画像を非画像データへと変換し、データ量を圧縮した形で伝送蓄積する。この技術は、とくに画像圧縮技術とも呼ばれている。このように画像がコード化されたものは、もはや画像として性質が明白な形で保存されていないので、非画像データとみなされる。しかしながら、このような非画像に対しては、再度、画像復元処理を掛けることによって、もとの画像が再生できる。

画像から非画像へと変換する処理の一つとして、パターン認識がある。これは、与えられた画像からその中に含まれる対象物の表す概念を見い出す処理であり、その対象物の名称を出力する処理である。例えば、画像中に含まれる文字のパターンからその文字の名称を出力するのが文字認識であり、画像中の物体からその品名を出力するのが物体認識である。

画像から非画像へと変換する画像処理のもう一つの例として記述を出力する例があり、これは一般に画像理解と呼ばれている。画像解析は、画像中に含まれる対象そのものの認識と、その画像中の対象間の相互関係の認識を可能としようとするものである。この画像が3次元の外界状況を映したものであるときの画像理解は、とくに情景解析とも呼ばれ、その理解の結果得られる出力は、一般に画像を構造的に記述したものである。実際には、このような記述は、たとえば述語論理に基づいて記号表現される。

コンピュータビジョンでは、このような画像処理の五つの側面のうち、とくにパターン認識（物体認識）と、この画像理解（情景解析）の両側面をもっている。記述データを入力データとし、出力データとして画像を生成する画像の生成は、一般的には画像処理の中には含められず、CGの分野に入る。しかし、画像の生成がベクター・グラフィックスから高度なラスター・グラフィックスへと進んで来ており、近い将来、デジタル画像処理とCGの機能の融合が進むものと考えられる。

1.2 コンピュータビジョンの適用事例

ここではコンピュータビジョンの適用事例として、画像処理技術が古くから利用されていた医療分野、近年コンピュータ化の激しい産業分野、マクロ的範囲を扱う環境（調査・探査）分野、地図をよく利用し建設事業と関連が深い地理情報分野、及びその他の分野として教育、芸術、放送・映像の3分野を対象とし調査を行った。

1.2.1 医療分野

医療画像処理の歴史は長く、1896年のX線写真実用化以来90年余りになる。各種画像処理の中でも最も早くから取り組まれた応用分野の1つであり、実用化も最も進んでいる分野である。

(1) 画像解析の利用

表-1.2.1に代表的な医用画像の種類を、表-1.2.2に医用画像取得手段の種類を示す。医療分野では計測技術と画像との結びつきが強いという特徴がある。また、解析の対象は、組織の形態とその機能（分子動態や代謝機能など）とに大別され、前者ではその輪郭を抽出するアルゴリズム（写真-1.1参照）が、後者では組織の生理的特性の違いによる微細な画像濃度差の識別手法が重要な課題となっている。

表-1.2.1 医用画像の種類と対象

画像の種類	対 象	静止像	動態像	立体像	処 理
体表画像	サーモグラフィ, モル, 電位分布	○	○	○	計測, 動画
顕微鏡, 電子顕微鏡像	血球, 染色体, 組織像 ホルモン等の顆粒	○		○	自動分類
X線像	組織X線吸収	○	○	○	(各種計測, CT computed radio- graphy)
R I 像	生体内物質代謝	○	○	○	動態, CT
粒子線像	軟部組織	○		○	治療計画, CT
超音波像	〃	○	○		動画, CT
NMR像	軟部組織 (水素分布)	○		○	CT
内視鏡	消化管, 眼底, 気管支, 腹腔, 膀胱	○	○	○	スペクトロスコピー
その他(インフラ赤外線, マイクロ波, キヤパシタンス等)					

R I : Radio Isotope (放射性同位元素)

NMR : Nuclear Magnetic Resonance (核磁気共鳴)

CT : Computed Tomography (コンピュータ断層撮影)

表-1.2.2 医療画像取得手段

1. X線（粒子線）診断装置
一般X線診断装置
X線映画
X線テレビ（近接，遠隔制御，ジヤロスコープなど）
ビデオデンシトメトリー
集検装置（消化器，肺，乳腺など，間接撮影，ミラーカメラなど）
血管造影装置（脳，心大欠陥，リンパ管など，連続撮影，心拍連動撮影など）
断層撮影装置（パノラマ撮影，回転断層撮影を含む）
コンピュータトモグラフィ（CT）
X線走査キモグラフィ
スキャノグラフィ（低線量走査X線診断装置）
マイクロラジオグラフィ
治療計画X線診断装置（シミュレーター）
X線ホログラフィ
2. 核医学イメージング装置
シンチスキャナー
全身スキャナー
シンチカメラ
ポジトロンカメラ（放射型CT）
3. 内視鏡（カメラ，ファイバースコープ，TVなど）
4. サーモグラフィおよび赤外線カメラ
5. 超音波診断装置
Aモード
Bモード（電子スキャン，グレースケールコンパウンドスキャン，オクトソン）
Cモード
超音波顕微鏡
超音波ホログラフィ
6. NMR CT
7. インビーズ CT

生体表面形状計測の応用例であるモアレ像（写真-1.2.2参照）は、被測定対象物の等高線画像で、そのままでも定性的な診断に用いられるが、コンピュータ処理することによって、定量的に診断することが可能となっている。

医療画像の判読（画像の計測・認識）の代表例は、細胞診装置であろう。これは、細胞の形態的特徴によりガンの疑いの有無を検査する診断で、従来は専門の技師がモニタースクリーンで診断したものをコンピュータで自動診断する装置である。ITVカメラで撮影した顕微鏡像で一定以上の塊を見つけると、画像処理部のメモリへ細胞画像が書き込まれ、画像処理部は、細胞質の面積、細胞核の面積、クロマキン総量、核の形状、クロマキン構造の特徴と濃度分布から36種の副特徴を計算し、診断論理部へ転送される。ここで、各細胞を枝分かれ論理と統計的判別関数を組み合わせて分類し蓄積し、標本全領域、全細胞の分類結果で再検査が必要か否かを判定するものである。

(2)CGの利用

画像の生成、CGも医学、生物学において利用されている。表-1.2.3にその利用状況を示す。ここでは、対象物が3次元の物体であることや、時間的な動きを考慮する4次元画像を取り扱う必要性から、CGの有効性が比較的早くから取りあげられていた。

3次元表示には、ホログラフィやバリフォーカルミラー（可変焦点鏡）などがある。現在は2次元CRTスクリーンで3次元描写を行うのが一般的である。又、3次元情報の計測にはCTなどの断層像計測装置が使用され、平面像の集合から3次元画像を構成している。すなわち、任意の断面像の集合から新たな断面像をつくり出すといったことが行われている。

表-1.5の臓器・人体におけるCG利用は最近とみに顕著である。それらは利用目的から次のように分類される。

- ①診断支援：人体内部の3次元構造を可視化し、病気の診断の補助として用いる。
- ②治療計画：手術の前に、患者データでシミュレーションを行い、ベストの手術計画を立てる。また術後の評価を行う。
- ③医学教育：人体の3次元構造の理解を助ける。手術法の理解を助ける。

表-1.2.3 医学・生物学におけるCG利用

対 象	目 的	方 法
遺伝子・生体分子	・ガン発生メカニズムの解明	分子模型（DNA構造）モデルにより薬物（発ガン物質）との相互作用シミュレーション
神経網	・神経網の構造解析	電子顕微鏡による神経組織の断片写真をディジタイザで形状入力
白血球	・白血球の機能、構造、状態把握	電子顕微鏡録画像から輪郭の抽出・多角形近似、ステレオペアによる入力と表示や等高線表示
胚発生・細胞	・細胞の発生（生成消滅、運動記録）過程のモデル化	電子顕微鏡画像から細胞1個の時から16mmフィルムに記録し、その結果を時間軸に沿って3次元再構成
臓器・人体	・診断、治療、研究・教育	人体構造の3次元構築とその可視化

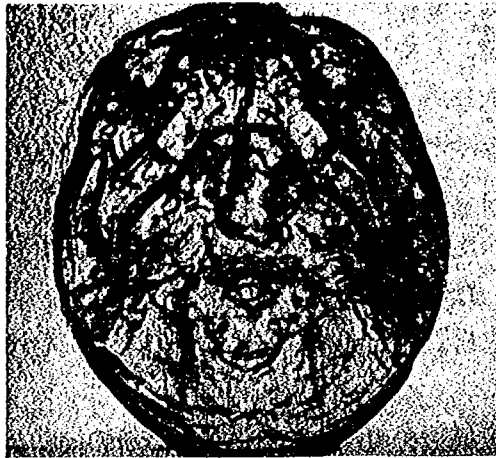


写真-1.2.1 顎部横断面のX線写真
の空間微分処理結果像



健康人のモアレ像



側弯症のモアレ像

写真-1.2.2 健康人と側弯症のモアレ像比

1.2.2 産業分野

産業における画像処理、CGの利用は、最近特に活発化してきている。製造業における品質検査、アパレル業界における服装デザイン、印刷業における電子製版システム、自動車・機械設計におけるCAD/CAMシステム、テレビコマーシャル・映画におけるCGアニメーション、航空業界におけるフライトシミュレーション、漁業における魚群探査等である。もちろん、建設業界においても建築設計、インテリアデザインなどにCG・CADの利用が見られる。以下では、画像解析・画像処理とCGの各々における特徴的な利用例を取り上げる。

(1) 画像解析・画像処理の利用

製造業の各種工場においては、その品質管理やFA(Factory Automation)の過程で画像解析の技術が使われている。一般に産業に応用する場合の目的として、①高速化、②合理化、③高精度化、④定量化、⑤低コスト化、⑥危険の回避、⑦熟練工不足解消、⑧結果の安定化等があげられ、その性格上、画像処理のリアルタイム性が要求される場合が多い。表-1.2.4に具体的な目的別に主な事例(対象)を示す。写真-1.2.3はトランジスタICのラベル検査画像である。

表-1.2.4 製造業における画像解析の利用

目 的	事 例 (対 象)
外観検査・形状識別(欠陥検査) ・傷検査 ・組立品検査 ・色検査 ・文字検査 ・異種混入検査 ・グルーピング	品質管理 ・金属表面、プリント基板、橋梁、道路の害れ目 ・コネクタピンの曲がり、キーボード ・青果物や生鮮食料品の熟度 ・ラベル検査、マークの有無と向き ・薬品カプセル・錠剤、IC検査、空びん ・選果システム、ネジ・ナット選別
画像計測(位置決め) ・コーナー位置決め ・面積、重心の傾き ・2物体の重心間距離とその傾き ・個数・周長・幅	工程管理 ・プリント基板加工・組立て、ロボットビジョン ・分類・仕分け、植物の葉面積 ・ロボットビジョン、クレーンの荷役の自動制御 ・圧延鋼板の幅、橋梁模型の動揺振動
動作解析 ・切削分析 ・材質試験 ・流体力学	・ドリル、カッタ切削部分の飛散 ・せん断、衝動、落下、破壊、伸張、破裂 ・噴射、流れのパターン
熱解析 ・温度分析	・耐熱板、原子炉、セラミックタービンプレード

またOA (Office Automation) の分野にも、表-1.2.5に示す応用例が見られる。

郵便番号による郵便物の自動分類は20年近くも前から試みられており、最近では、英文の文章をスキャナより入力し、日本語に自動翻訳するシステムが開発されている。また不完全ながら、回路図、設計図をスキャナにより入力する手法も特定分野については開発され、地図の分野では大縮尺の建物が90%以上の認識率で入力されている。

最近特に進歩の著しいのは、印刷関連における画像処理技術の利用である。例えば、カラーコピー機は、デジタル処理を行うようになっており、拡大、色変換、はめこみ合成等各種の機能を有するようになった。

また、民生機にもマイクロコンピュータによる画像処理の応用が見られるようになった。この普及の要因は、画像処理装置の高速化・低価格化に加えて「ソフト社会への移行」があげられる。パソコンにカラーファックスシステムやテレビ電話もすでに商品化されており、通信技術とともに画像処理技術を応用した家庭電化製品がより一層普及するものと思われる。

表-1.2.5 OA, EAにおける画像処理の利用

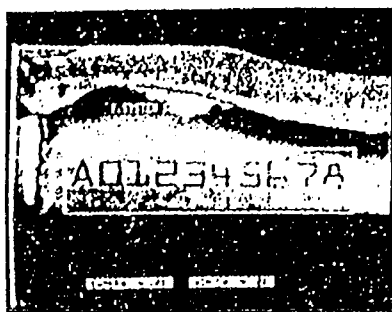
目 的	事 例 (対 象)
入力の自動化 ・ 文字認識 ・ 音声認識 ・ 図形認識	・ 郵便番号、OCR、英文スキャナ入力自動翻訳 ・ 音声の可視化 ・ 回路図、タイミングチャート
計測の自動化 ・ 2次元計測 ・ 3次元計測	・ 地 図 ・ 人体 (顔、頭、胸、手、足)、スポーツ医学、土器 (考古学)
モニタリング ・ 交通量調査 ・ 監視	・ 高速道路渋滞状況 ・ 泥棒、火災
鑑 定	・ 紙幣、筆跡、指紋
編集の自動化	・ 新聞編集、組み版システム、コピー機
通 信	・ FAX、テレビ電話

(2) CGの利用

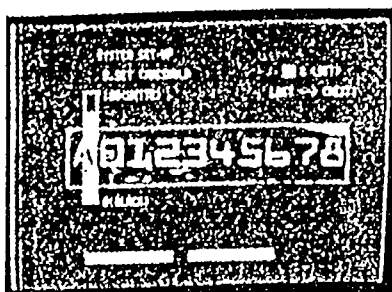
産業におけるCGの利用は、画像解析・画像処理以上に進んでいる。特に最近のパソコンやワープロの普及によって、図形やグラフなどビジネスグラフィックの分野での利用は、業種に関係なく一般化しており、家庭にまで広まろうとしている。ビジネスグラフィックスを除けば、産業におけるCGの利用は表-1.2.6に示すように大きく3つの分野に分けられる。各々の例として、写真-1.2.4に中国政府と日本の大学が共同研究の形で進めた中国の主要都市の開発計画のCG画像、写真-1.2.5に容器デザイン画像、写真-1.2.6にフライトシミュレータ画像を示す。

表-1.2.6 産業におけるCGの利用

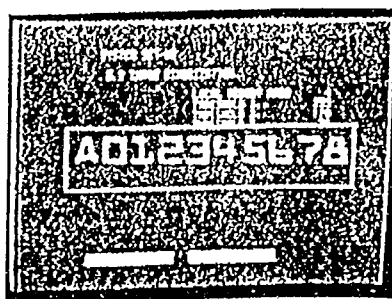
区 分	利 用 例
設 計	機械設計、LSI設計、金型設計、分子設計、化学CAD、建築設計、都市計画、プリント基板設計
産 業 デザイン	容器デザイン、ブックデザイン、紙器デザイン、インテリアデザイン、衣服デザイン（織物デザイン、編物デザイン、形状デザイン） ポスターデザイン、文字（フォント）デザイン、雑誌カタログデザイン 自動車デザイン
ビジュアル シミュレーション	フライトシミュレーション、原子炉シミュレーション、構造物震動解析シミュレーション、流体シミュレーション 破壊過程シミュレーション、温度成層化シミュレーション、自動車衝突シミュレーション、 分子動力学シミュレーション、結晶成長シミュレーション、景観シミュレーション、ドライブシミュレーション



(a) 生画像



(b) 固定2値化



(c) 濃淡処理2値化

写真-1.2.3 ICラベル検査画像



写真-1.2.4 都市計画CG画像

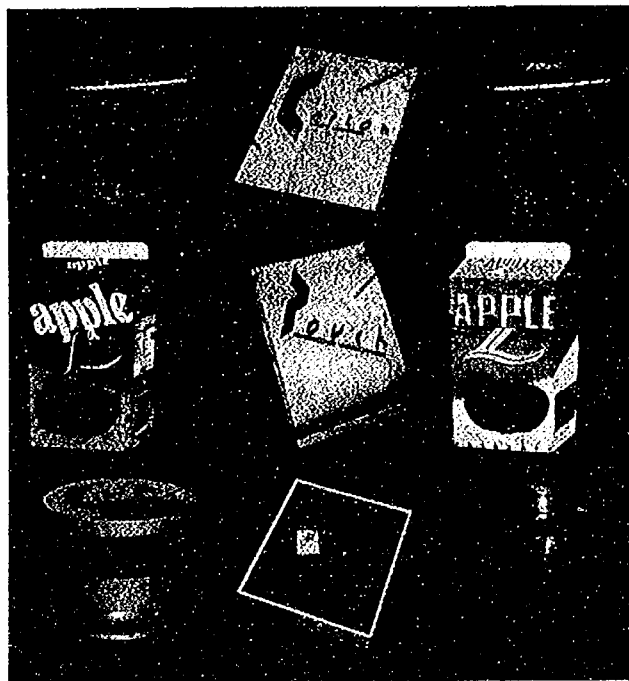


写真-1.2.5 容器デザイン例



写真-1.2.6 フライトシミュレータ画像

1.2.3 環境（調査・探査）分野

環境分野における画像解析・CG技術の利用は、図-1.2.1に示すように航空写真・衛星画像データを用いたリモートセンシングや、電磁波や弾性波を用いた地質探査、音波を用いた海底探査等、主にマクロ的に利用されている。

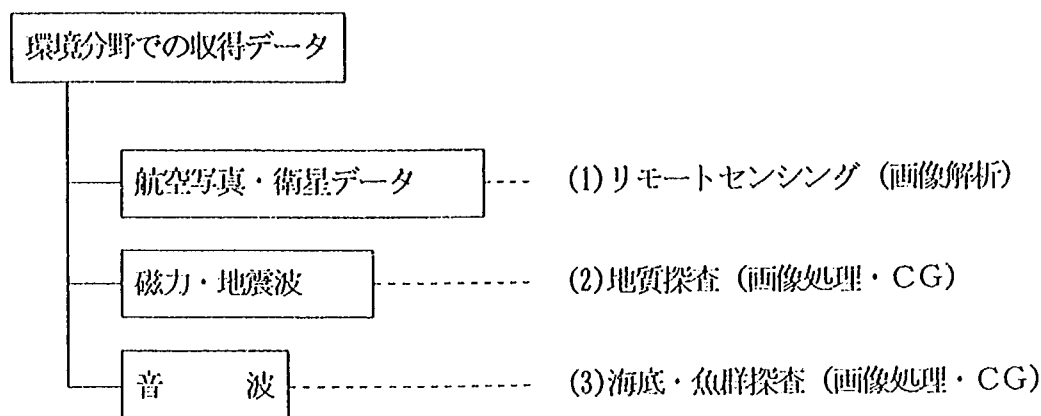


図-1.2.1 環境分野のデータと利用例

(1) リモートセンシング

リモートセンシングは、「航空機や人工衛星などのプラットフォームに搭載された各種のセンサを用いて、空または宇宙から、地表の対象物から反射または放射される電磁波を収集し、それらのデータを用いて対象物や現象に関する情報を得る技術をいう。」と定義され、通常、地表の物体が、それぞれ固有の電磁波を反射または放射していることを利用している（図-1.2.2参照）。表-1.2.7にリモートセンシング技術の利用例を示す。

以下では、一般的なりモートセンシングの処理の流れについて述べる。

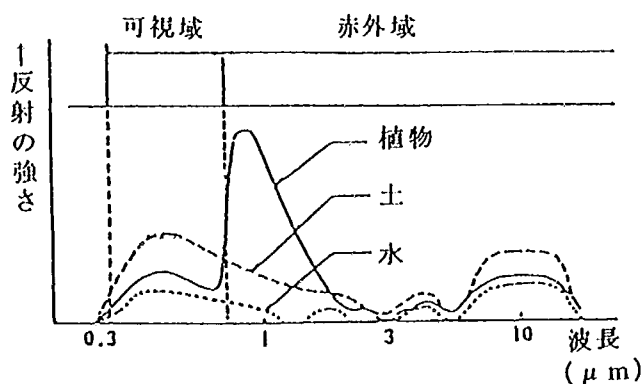


図-1.2.2 植物・土・水の反射特性

表-1.2.7 リモートセンシング技術の利用例

利 用 例	データの種類	備 考
経年変化領域の 自動抽出	航空写真・人工衛星データ	G I Sとの重ね合わせ
ヘドロ・汚濁水 の拡散調査	航空写真・航空機搭載用M S S データ	現調査との同時観測が望まし い
海草の分布調査	航空写真	ハレーションや水深による色 補正が必要
火山・地熱調査	航空機搭載用M S Sデータ	熱赤外データの利用
温排水調査	航空機搭載用M S Sデータ	熱赤外データの利用
都市環境調査	航空写真・赤外カラー航空写真 航空機搭載用M S Sデータ	ヒートアイランド、緑被率調 査
湖沼水質調査	人工衛星データ	同質のデータ蓄積が可能 大気の補正が必要
土地利用調査	航空機搭載用M S Sデータ 人工衛星データ	大縮尺 (1/20,000) の利用は マンマシン処理が望ましい
資源探査	人工衛星データ	リニアメント解析、 比熱解析
農 業 (収穫予測)	人工衛星データ	データの蓄積・他のデータと の総合的な判断
漁 業 (漁場の選定)	人工衛星データ	データの蓄積が必要
気 象 (天気予報)	人工衛星データ	熱赤外、マイクロ波の利用
海 象 (海流、海上風)	人工衛星データ	熱赤外、マイクロ波の利用

①データの取得

取得データは、航空写真と人工衛星データに大別できる。人工衛星データは、観測範囲の広域性、観測時間の瞬時性、観測間隔の周期性、観測データの均一性の特徴があり、デジタルデータで得られるものが多いため画像処理・解析が比較的進んでいる。さらに、現在打ち上げられている地球観測用の人工衛星は、ランドサット、ノア、スポット、MOS-1などがあり、各種目的に合わせたセンサを搭載し、様々な利用が可能である。また、地球観測人工衛星は、今後もERS-1（日本）、ランドサット6号などの打ち上げ計画もあり、これら人工衛星には新たなセンサを搭載する計画もある。

航空写真は、地図作製や目視判読などのアナログ処理に用いられてきたが、ドラムスキャナーなどを通してデジタルデータに変換することにより都市環境や緑被率解析などの画像解析にも徐々に利用されている。

リモートセンシングで用いるデータの入力は、観測対象や観測精度によって様々なセンサを用いることとなる（図-1.2.3、図-1.2.4）。

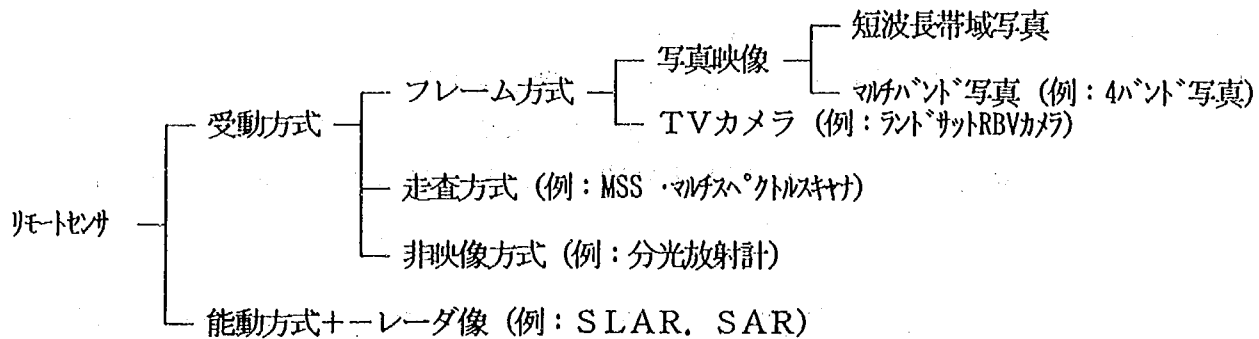


図-1.2.3 リモートセンサの分類

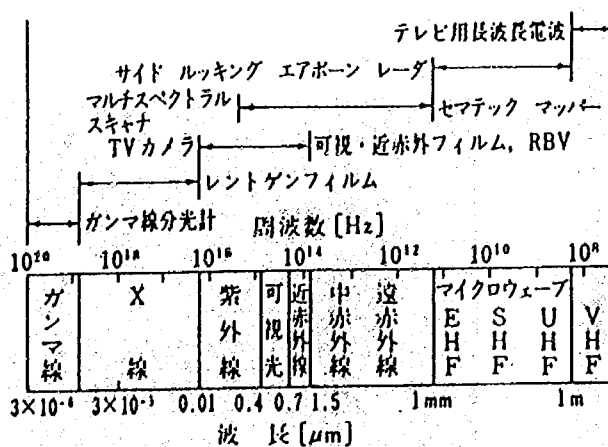


図-1.2.4 電磁波とセンサーの関係

②画像処理

各種センサから入手したデータの解析は、通常、濃度変換や幾何学的な歪みの補正が前処理として行われる。ただし、SARデータのように自分からマイクロ波を発射し、その反射波を処理して画像を得る能動型のセンサの処理もある。

また、デジタル画像処理で行われる画像解析は、マルチスペクトル情報を利用したバンド間の演算によって目的とする新たな画像の作成や各画素のもつスペクトル情報を利用した識別分類が中心となる。

テクスチャなどの形状認識や形状抽出は、計算時間が膨大となるために、あまり試みられていない。ステレオ画像からの3次元計測は、スポットなどの人工衛星で作成される小縮尺の地図では実用化されているが、航空写真による大縮尺の地図は、対象が複雑で難しく画像パターン認識の現在の能力では実現に到っていない。また、センサから得られるデータだけでは解析に不足なことも多く、現地調査やGISデータとの併用を行うことで解析精度の向上を行ってからデータベースの一部として入力・修正して用いることも多い。今後、AI（人工知能）を取り入れたパターン認識技術の発展に伴ってリモートセンシングの応用分野も更に、拡大するものと考えられる。

写真-1.7及び写真-1.8に東京湾周辺の地表温度解析例と、大島三原山大噴火(1986.11)後の溶岩流の表面温度を表した熱映像を示す。また、写真-1.9は地質構造のリアメント解析した結果（主に断層）を示す。

③解析画像の表現

画像解析によって得られた結果は、通常、プロッタまたはカラーCRT、フォトプリンタなどによって画像出力される。その際、標高データや地質図などと重ね合わせて立体的、複合的な表現を行い、さらにCGの技術を取り入れ、より総合的な判断ができるような画像を出力することが望まれている。



写真-1.2.7 地表温度解析例 (東京湾)

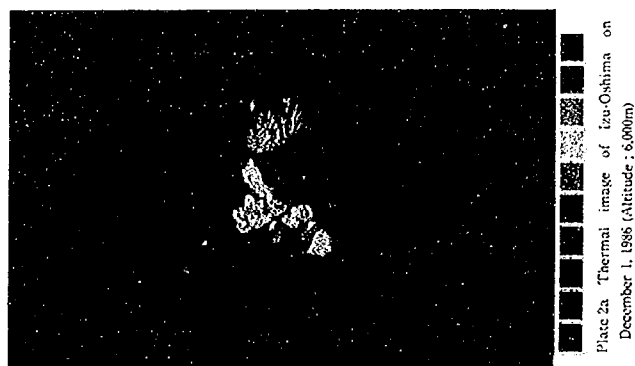
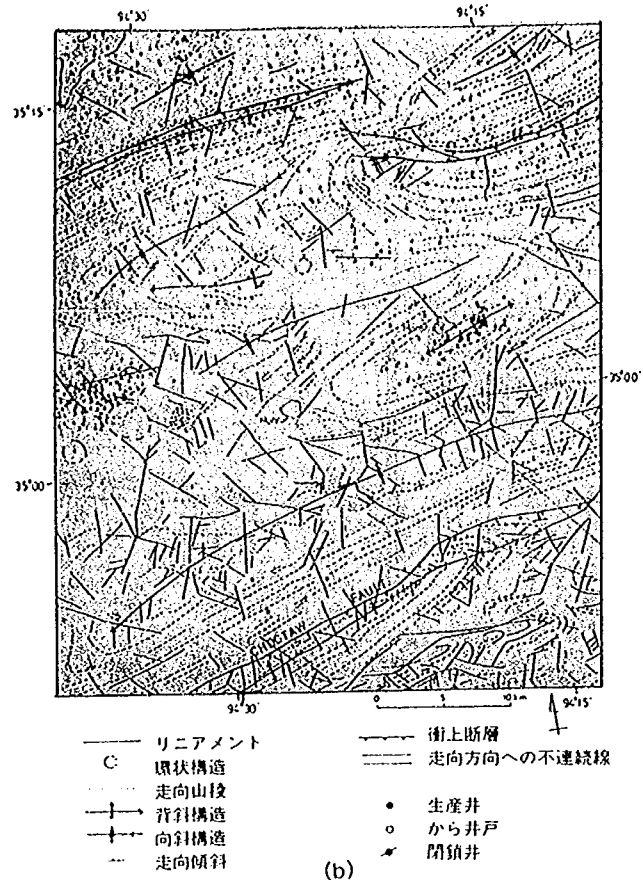


写真-1.2.8 溶岩流熱映像 (伊豆大島)



アルコマ盆地は米国アーカンソー州中央部からオクラホマ州へと広がる古生代堆積盆地で、いくつかの構造トラップから天然ガスを産出している。また、探鉱活動が急速に活発化しつつある。TM画像からは褶曲構造、断層構造などを明瞭に読み取ることができる(a)。また、(b)に解析結果が示されるが、天然ガスの生産井や試掘井の多くは背斜構造、ドーム構造およびリニアメントが密に分布する地域の周辺に位置しているのがわかる[(財)資源観測解析センター提供]。

写真-1.2.9 a)ランドサットTM画像と



b)そのリニアメント解析 (米国オクラホマ)

(2)地質探査

地質探査におけるコンピュータビジョンの利用は、電磁波・弾性波によって地質構造の画像データ化や、その画像を用いたリニアメント抽出による断層・層理・岩脈・節理などの地質構造の探査などに用いられているが、まだこれからの技術であるといえる。前者は画像の生成の意味ではCG技術であり、後者は画像解析技術を利用している。今後、コンピュータビジョンを応用するためには高度な波形処理手法の開発や数値シミュレーションの視覚化、3次元反射トモグラフィの開発などが望まれる。ここでは、地質探査への適用事例としてジオ・トモグラフィ(Geo Tomography)及び、ボーリングコア画像データベースについて述べる。

①ジオ・トモグラフィ

医療分野で用いられているCTスキャンと同様な原理を用いて、岩盤の中を可視化する方法をジオ・トモグラフィ(地質断面法)と呼んでいる。岩盤の中を透視するためには弾性波、電磁波等が用いられ、各々弾性波トモグラフィ、電磁波トモグラフィと呼ぶ場合もある。データ取得の方法は、地表面やボーリング孔中に設置したピックアップで得られたシグナルをコンピュータで解析・処理し2次元の画像データを作成する。図-1.2.5にジオ・トモグラフィの測定システム、また、図-1.10にジオ・トモグラフィの画像解析結果を示す。これは、地表断面の弾性波速度分布を示しており、地質構造解析に利用される。

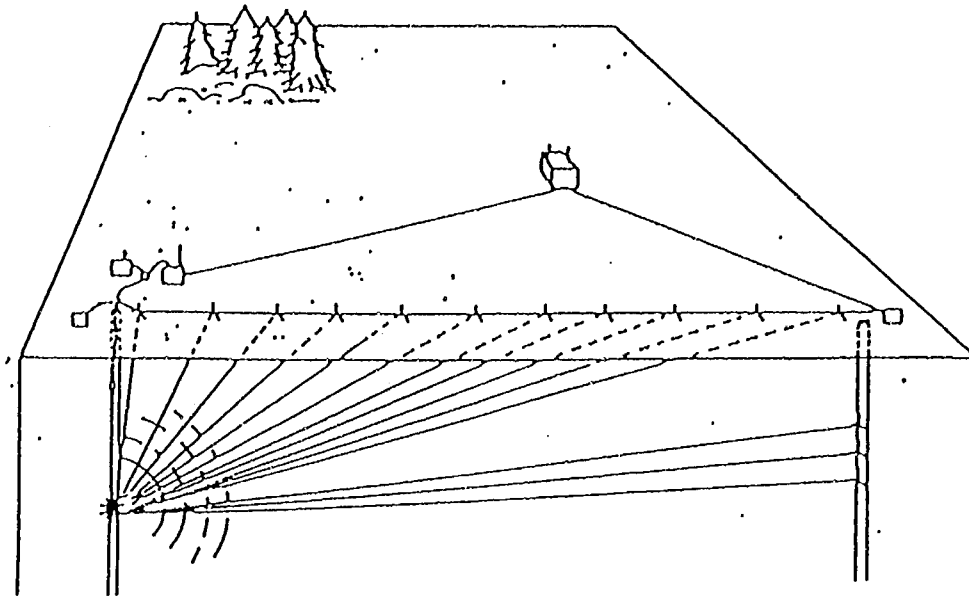


図-1.2.5 ジオ・トモグラフィの測定システム

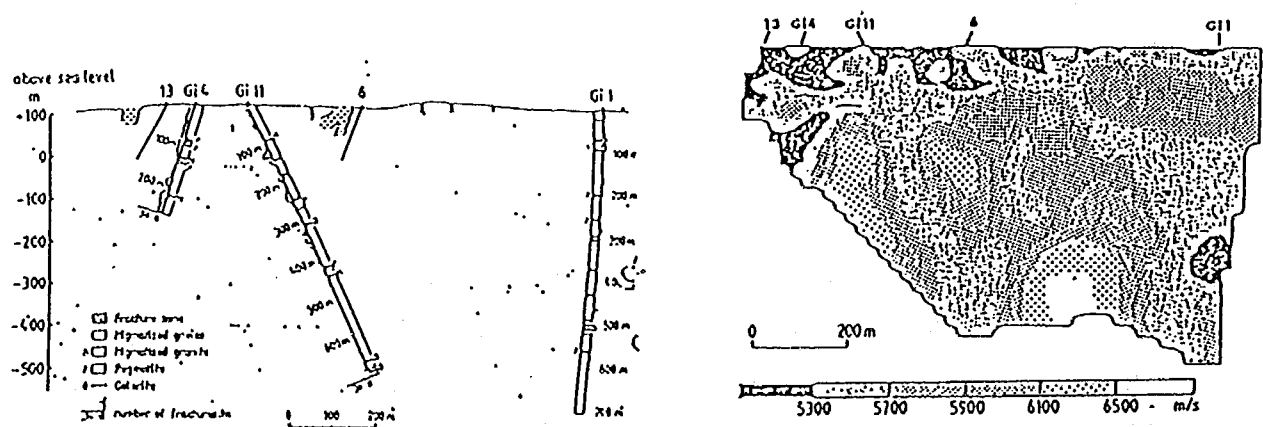


図-1.2.6 ジオ・トモグラフィの事例

②ボーリング画像データベース

このシステムは、膨大なボーリング情報を把握する為に、各地点毎に採取したボーリングコアを1コマ10cm程度毎にビデオ撮影し、光ディスクに格納したもので、検索プログラムによって目的のボーリングコアをカラーディスプレイに写し、それに対応したボーリング属性、コア属性をCRTモニタ

に表示することができる。CRT上には深さに対応して、温度、比抵抗等のデータがグラフ表示され、深さやそれに対応する温度、比抵抗からボーリングコアの画面を逆に検索することもできる。またカラービデオプリンタ装置からボーリングコア画面のハードコピーも可能である。

光ディスクファイルには、1枚あたり約24,000画像を収めることができ、すでにボーリング探査が終り、このデータベースに収録されていれば、短時間での地質概査が行なえるとともに、ボーリングコア倉庫の効率的使用ができる。ただ現在、画像データはアナログ方式で記録されているため、デジタル画像処理ができない。将来デジタル画像となれば、画像の変換・計測・認識処理を施して、地質探査の一助になると考えられる。

(3) 海底・魚群探査

海中の構造物や海底地形、魚群などを海面から捉える手法としては音波探査がよく用いられている。音波探査技術の多くは、調査船直下を測定する1次元データを取得するものであったが、近年、海底面のデータを画像として収集するサイドスキャンソナーが開発された。海中を画像として捉えるものに水中ビデオなどがあるが、光が水中で吸収されやすいために広範囲を観測することができない。一方、サイドスキャンソナーは、発射した音波の反射時間や反射強度を観測するために海底面を広範囲に把握できる利点がある。このために深海における漁礁の配置状況や海底ケーブルの設置計画に利用される。サイドスキャンソナーの測定方法の模式図を図-1.2.7に示す。また、写真-1.2.10にはその結果得られた画像を立体的、模式的に表したものを示す。

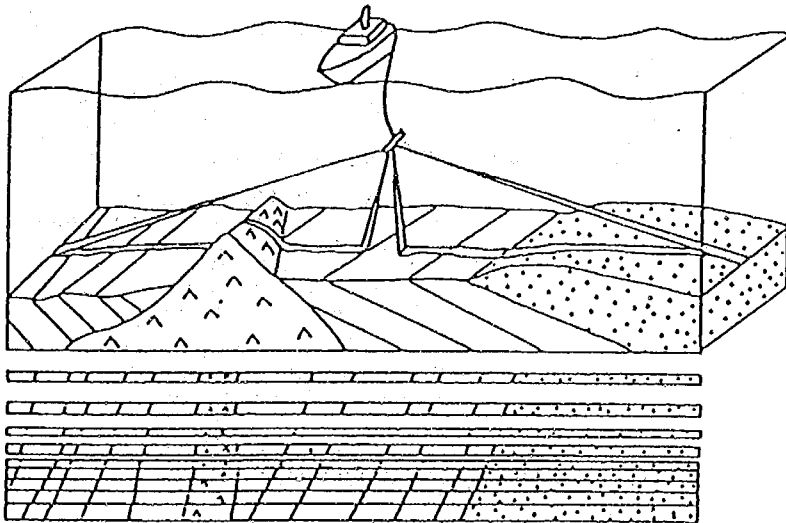
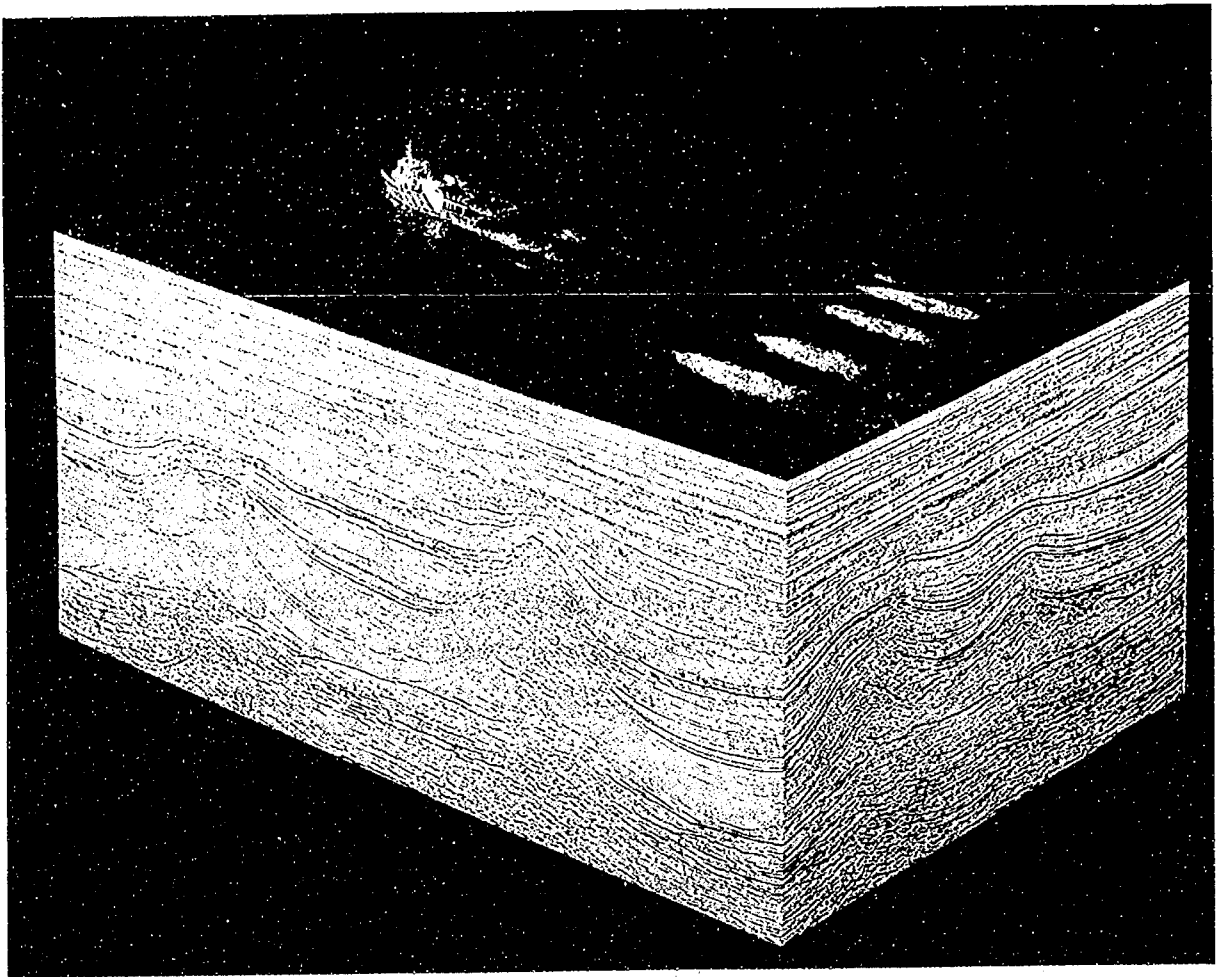


図-1.2.7 海底面探査の模式図

取得されたデータは、デジタルデータとして記録されるために、画像処理により各種の補正をおこなうことが容易である。現在のところ、画像処理は、データの画質の向上や歪みの補正、モザイク画像の作成が主流である。将来的には、サイドスキャンソナーデータの3次元表示が可能になると考えられる。



海上における反射法地震探査

反射法地震探査は、エアガン等の震源より発射された音波が地層境界等で反射される波をハイドロフォン等の受振器で受信し、さらにそれらのデータ処理から断面地下構造を精度良くビジュアルに表示・提供する探査手法である。本図において、船の後方で白く泡立っているのはエアガン震源よりエネルギーを射出したところを示している。また、船の後方に数kmにおよぶ長いストリーマケーブルを曳航し、このなかに反射波を検出するハイドロフォンが格納されている。観測データのデータ処理の結果、いくつかの断面での地下構造の様子が図に示されるようにビジュアルに表示される[Geophysical Service Inc. 提供]。

写真-1.2.10音波による海底探査

1.2.4 地理情報分野

地理情報システム（GIS）は、空間的な情報の処理のために用いられるシステムで、地図を描くことのみならず、データベースやデータ解析にも重点がおかれている。GISは、特定の分野に用いられるものでなく、多目的に用いられるものである。同じGISを、ある利用者は都市計画のために利用するであろうし、他の利用者は、環境審査、都市施設管理、販売戦略等々地図を利用する様々な分野での利用が考えられている。

GISは画像処理のタイプから、①メッシュ方式、②ポリゴン（ベクター）方式、③ラスター方式に大別される（表-1.2.8、表-1.2.9参照）。表-1.2.10及び図-1.2.8にポリゴン法とメッシュ法の比較を示すが、最近のコンピュータのハードウェアとソフトウェアの機能・処理能力の向上に伴い、ポリゴン方式のGISソフトウェアが主流となっている。しかし、今後、これらベクターデータとリモートセンシング画像などのラスターデータとの合成が可能となり、GISの分野は、イメージデータとCG（図形処理）データの統合化されたソフトウェアに発展するものと考えられる。

以下では、ポリゴン（ベクター）方式について述べる。

①地図データの入力

地図に書かれた線や面のデータを数値化して図形データにするためには、デジタイザによってオペレータが1点ずつ図形をなぞりながら座標を入力する方法と、画像データから自動的に座標を抽出する自動入力方法とがある。前者の方式は、配管図等のように入り組んではいても直線を主体とする図面の入力に対しては効果的であるが、長時間の単調な作業を必要とするため、後者の方式に対する期待は大きい。特に、等高線などの自由曲線の入力においては、精度を保つためにも自動入力が必須である。したがって、後者の自動入力は、これからの地図情報処理を支える重要な技術である。

②データの加工処理

地理情報システムにおいては、属性データは図形データと関係づけられ管理される。地理情報システムの目的の1つに、データ検索と、データ解析結果のビジュアル化がある。検索においては、属性データから地図データを引き出すこと、及びその逆が可能である。解析機能としては、統計レポート処理、ネットワーク解析、地形解析、図形演算（オーバーレイ）、フィルタリング、バッファリングなどの空間的な解析機能が重要である。図形データとしては、点、線、面を扱うが、面に関する情報にウェイトが置かれている。ソフトウェアによっては、ポリゴン（面）データはメッシュデータにも変換できるが、最近のシステムでは、位相構造を有するポリゴンで解析を行うのが主流となっている。

表-1.2.8 画像情報処理の3つのタイプ (総プロS.62より)

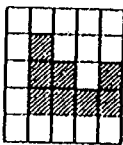
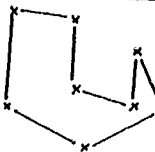
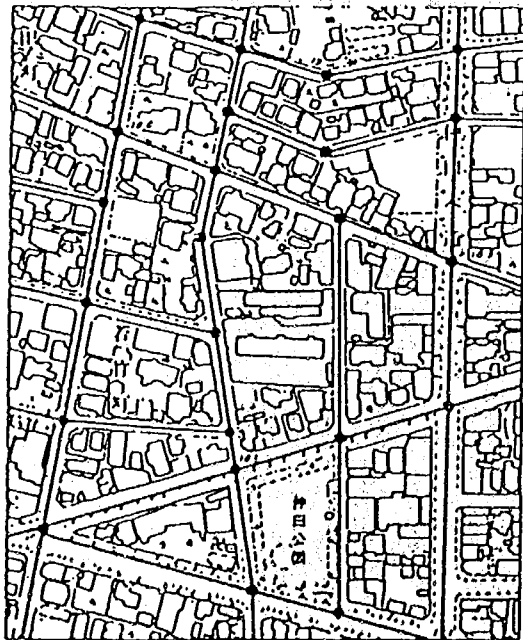
タイプ	基 本 的 考 え 方	備 考
数 値 情 報 (メッシュ方式)	 ○画素 (メッシュ) にコード化した数値情報 (例えば人口など) を対応づける。 ○数値とメッシュ座標として記憶	○拡大, 縮小, 修正, 座標変換, 重ね合せが可能。 ○精度がメッシュの粗さで決まる。
図 形 処 理 (ポリゴン方式)	 ○点座標とその連結関係として, 図形・画像を記憶し, 処理する。	○拡大, 縮小, 修正, 座標変換, 重ね合せ属性集計など最も計算処理の自由度が大きい。
画 像 処 理 (ラスタ方式)	 ○画像・図形をイメージとして, そのまま記憶する。	○拡大, 縮小可能。 ○書き直しは, 一般に困難。

表-1.2.9 既存の画像処理の記憶タイプ別のシステム比較 (総プロS.62より)

タイプ	事 例	処 理 上 の 特 徴	コ ス ト	備 考
数 値 情 報 (メッシュデータ)	地域メッシュデータ ・地域計画, アセスメント ・土地利用, マクロ設計	情報量が少なく処理速度は速いが, 精度が他方式と比べて粗い。 (利点) メモリーが少なく, 計算が容易。 (欠点) イメージ処理, 図形処理には不向き。	入 力 — 安 い 機 器 — 安 い ソフト — 安 い メモリ — 安 い 全 体 — 安 い	メモリー少なくてすむ。
図 形 処 理 (利点情報)	・CAD/CAM ・地図データベース ・UIS, 道路管理センター	修正の多い図面管理, 設計計算に適している。 (利点) ・拡大, 集計, オーバレイ, 座標変換など計算が自由にできる。 ・書き直しが容易。 (欠点) ・入力コストが高くつく。 ・計算に時間がかかる。 応答性に改善を要す。	入 力 — 高 い (7割以上) 機 器 — 高 い (ミコ以上) ソフト — 高 い メモリ — 多 い 全 体 — 非常に高 い	メモリーは画像情報 (イメージ) よりは少なくすむが, ベクトル化の入力コストが高い。
画 像 処 理 (イメージ情報)	光ディスクを用いた各種システム ・図面管理 ・消防など防災用 ・検索システム	修正の少ない管理業務, 応答の早い画像表示に適している。 (利点) ・多種類の図面等の情報を大量に保管検索できる。 ・文字情報も入力できるが, 集計計算や修正処理が苦手。 ・応答が早い。 (欠点) ・画像の記入修正, 変更が不可能に近い。(読み出し中心) ・メモリーが大量に必要。	入 力 — 安 い 機 器 — 中 (光ディスク) ソフト — 中 メモリ — 多 い 全 体 — 高 い	メモリーは図形処理よりもさらに大容量が必要。データ圧縮の技術に期待。

表-1.2.10 ポリゴン法とメッシュ法の比較

表現方法	利 点	問 題 点
ポリゴン	・ 災害危険度等の分析結果が、行政区画単位で得られるので、防災行政に利用する場合便利である ・ 地域が現実に近い形で表現できる ・ 任意のメッシュに変換が可能である	・ 座標データ作成に労力がかかる ・ デジタイザー、プロッター等の特殊装置が必要となる ・ 図形処理のためのプログラム開発が困難である
メッシュ	・ データ処理、マップ作成が簡単である ・ 面積がほぼ一定なので、メッシュ間の相互比較が可能である ・ 恒久的な調査単位で、データが得られるので時系列比較が容易である	・ 既存の統計データをそのまま使用できないので、行政区画単位のデータをメッシュに変換する作業が必要となる。 ・ 地域が現実に近い形で表現できない。



(ポリゴン法による地域分割例)



(メッシュ法による地域の分割例)

図1.2.8 ポリゴン法とメッシュ法

③データの表示出力

G I Sにおける画像表現は、カラーグラフィックディスプレイ、カラーハードコピー、ペンプロッタ、静電カラープロッタなどを用いて行われる。写真-1.2.10～写真-1.14は、G I Sソフトウェアによってカラーグラフィックディスプレイ上に解析結果を表示したもので、図-1.2.7～図-1.2.9はカラーグラフィックディスプレイ上の画像をハードコピーしたものである。

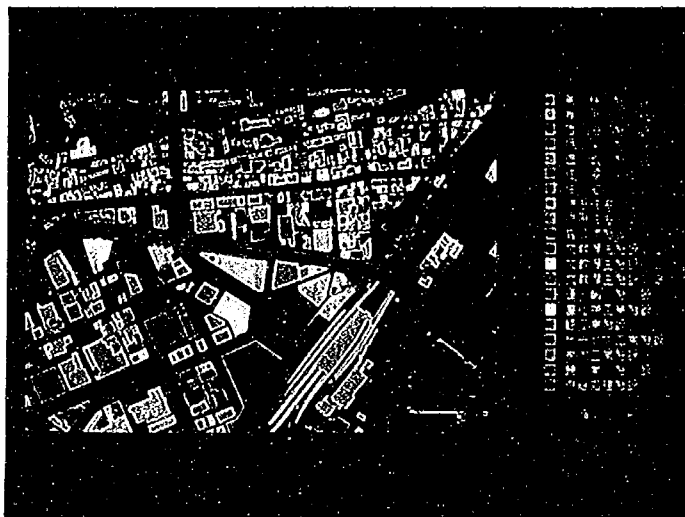


写真-1.2.11 建物用途現況図



写真-1.2.12 駅勢圏図（駅から一定距離内の用途）

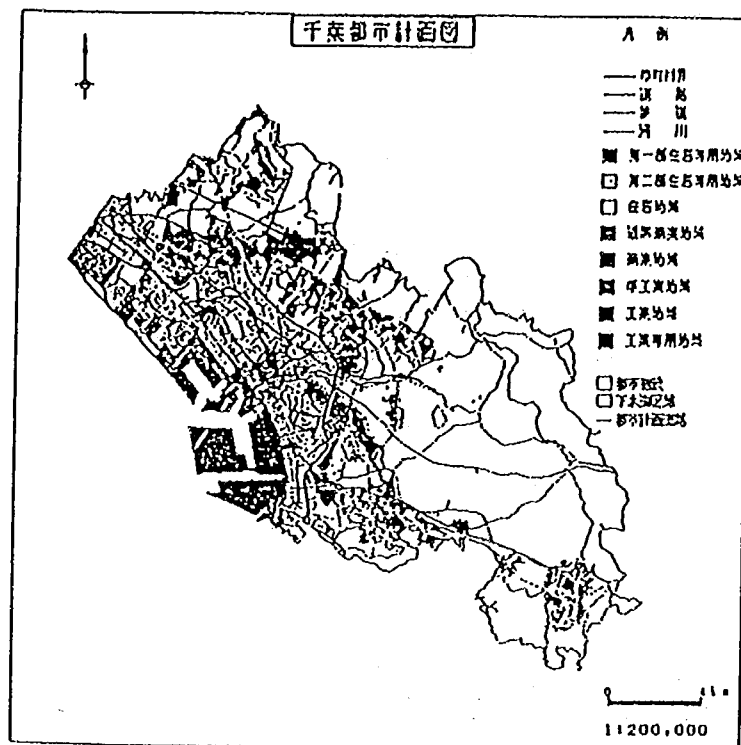


図-1.2.9 都市計画図

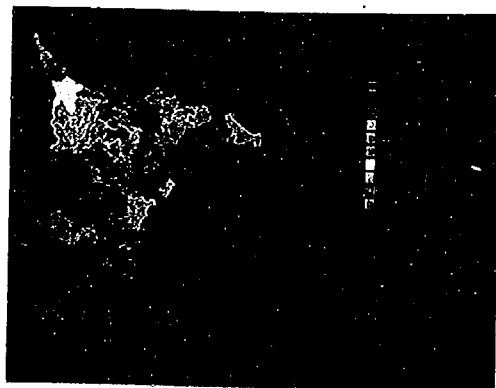


写真-1.2.13 人口密度ランキングマップ



写真-1.2.14 交通量配分検討

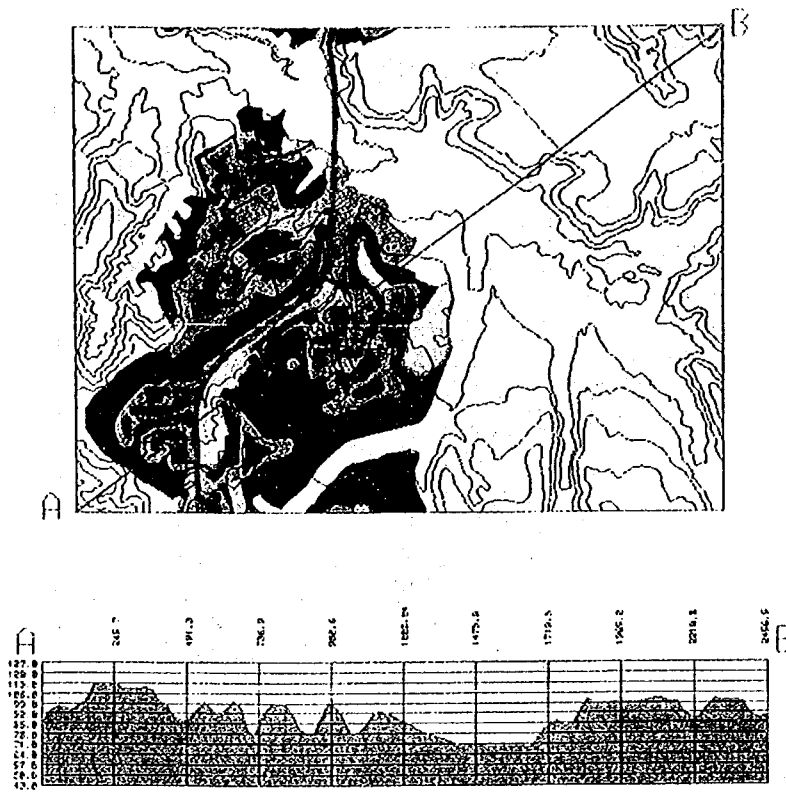


図-1.2.10 地形図と断面図

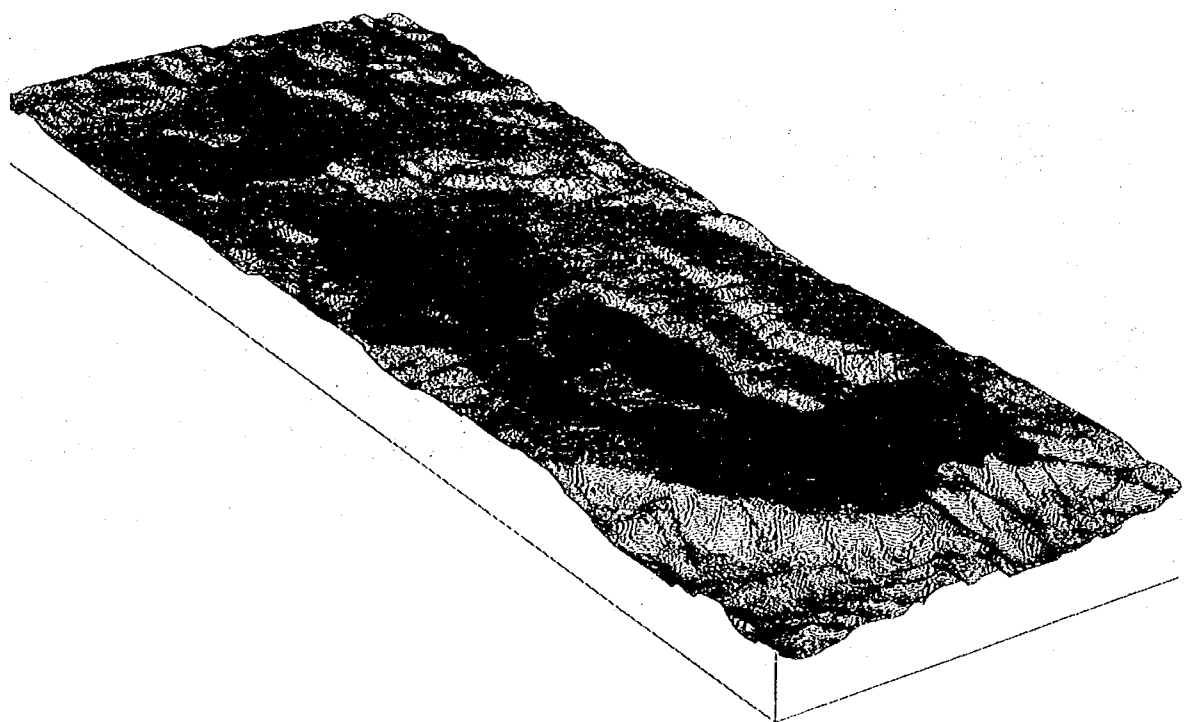


図-1.2.11 土地利用の3次元表示

1.2.5 その他分野 (教育、芸術、放送・映像)

(1) C A I (Computer Assisted Instruction)への利用

パーソナルコンピュータの出現とソフトウェア工学の発展とともなって、1980年頃からC A Iは急速に教育の中に浸透し始めた。特に最近普及し始めたL A N (Local Area Network)を使った環境型C A I (C A Iに楽器やビデオなどの教具を接続したり教育用データベースを組み込んだもの)は今後の発展が期待されている。

C A Iの教材は、ドリル型、ゲーム型、説明型、シミュレーション型などの方法を用いて、教育的観点から徹底的に検討して構成したシナリオをプログラムとデータに交換することによって構成されている。

コンピュータビジョンとの関係で言えば、特にシミュレーション型の教材は機械の操作訓練や科学実験など広範囲に用いられて有効性を示している。例えば、模擬実験をコンピュータで行う。分子模型などモデルの可視化、さらに進んでアニメーションの使用など、画面を通じて学習者に具体的にイメージを把握させるとともに興味を抱かせる。また学習者は試行錯誤的に試すことができ、自ら考える機会が与えられる。他の教材にくらべC A Iのもつ大きな特徴は対話性(双方向性)である(写真-1.16参照)。

C A Iは従来コンピュータが高価すぎて、教師・生徒相方に威圧感を与えていた。しかしパーソナルコンピュータの出現で気軽に使えるようになり、学習者が積極的にコンピュータに働きかけていく形態などC A I本来の姿がでてきた。

また、A V (Audio Video)機とのL A N環境で生徒の画面をモニタしたり、先生の画面を生徒全体に見せたりする授業形態も考えられ、この分野のコンピュータビジョンの導入はますます進むものと考えられる。

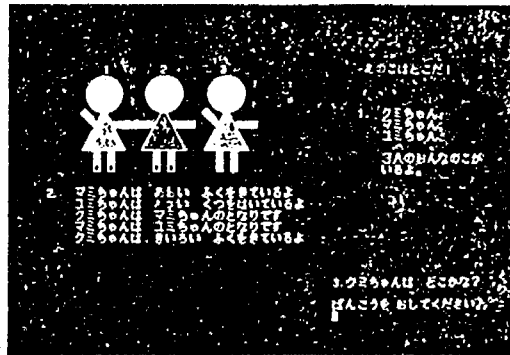
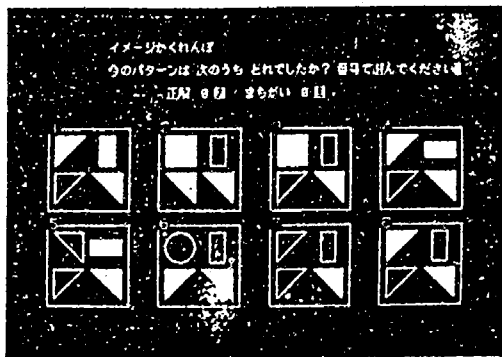


写真-1.2.15 C A Iに利用されるCG画像

(2) 芸術への利用

CG技術である光の反射や屈折を表現できるレイトレーシングのテクニックや、模擬乱数を用いた再帰的分割によるフラクタル山脈の画像が一般的に広まったのもC A Iと同じく1980年頃からで、芸術へ

の応用はそれを契機に始まった。

CGは静止画の段階ではそれほど強みを発揮しない。しかし、画像に動きを与えて、1コマ1コマの連続したつながりの過程で生み出されるなめらかなアニメーション手法を取り入れたとき、CGそのものの特質が大きく見直されてくる。したがって、CGはその画像が幾重にも蓄積されてでき上がる時間芸術としての動画像への拡張までを考える必要がある。ある種のアルゴリズムによって、容易に形状や色彩の変容を施すことで、CG独自の新しい芸術表現の手法が考え出されてくる。

河川氏の作品には“GROWTH”や“SHEEL”と言った複雑に繰り返す有機的な自然界の形状を発生、成長という観点に着目したものが多く、独自の視覚世界を形成している(写真-1.16参照)。

鳥の飛翔、原野や流体の変化するパターンはモナリザを描画したレオナルド・ダ・ビンチの心をも捉えたと言われるが、自然界にかくされた原理は芸術の分野でも生かされるという氏の姿勢は、サイエントフィックビジュアライゼーションにもつながり、産業におけるCG利用に多大な影響を与えている。

氏の言葉を借りれば、CGは、従来の芸術と違って直接的に作家の思考そのものに近づいた方法を提示してくれ、特にCGが動きを伴う時、絵画・彫刻を飛びこえ、CGの独断場であると言う。

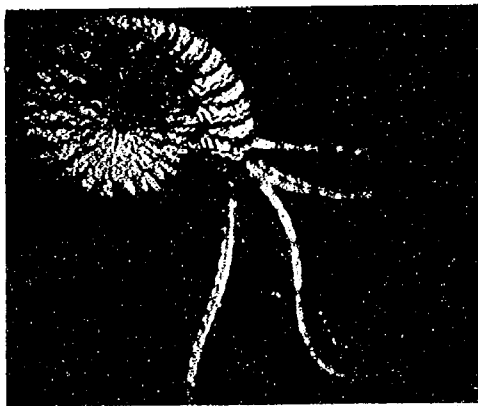


写真-1.2.16 CGによるアート

(3)放送・映像への利用

テレビ等の映像の分野では、特殊効果のために、画像処理・CG装置が欠かせないものになっている。特に最近、コマーシャル、番組タイトル、科学・教養番組には頻繁にCG画像が映し出され、さらに、SF X映画、博覧会展示映像、ビデオゲームなどには、CGは無くてはならないものとなっている。また、テレビカメラで撮像した映像をフレームメモリに一時蓄積し、リアルタイムで処理しビデオテープやフィルムに出力するデジタル特殊効果装置の開発によって、今までの映像にはないインパクトを持った映像が作られている。

一般的なCG映像制作の工程は図-1.2.5に示すとおりである。(C)におけるモーションデータを作成し、各キーフレームのデータを入力した後は、キーフレーム間の中間画像をソフトウェアによって自動生成する方法が多く用いられるようになったが、まだ人手と時間がかかることが大きな問題となってい

る。(B)の形状データの入力では、NHKが制作した「平安京再現」をテーマとした特集番組において、建築専門家の作成した1,000枚以上の図面を基に入力され、10万以上のポリゴンデータを作成したと言われている(写真-1.2.17参照)。CG制作は、設備費が高価な割りに生産性が低いといわれ、多くのCGプロダクションが生まれては消えていくという状況が続いた。

しかし、最近の傾向として、比較的低価格で高性能のワークステーションやグラフィックボード搭載したパソコンが各社から発売されたり、LANで結んで処理を分散し作業効率を上げることができるようになり、その環境はよくなってきたといえる。写真-1.2.18はマイクロコンピュータを数台つなげた並列処理システムによって作成された画像で、高機能グラフィックワークステーションなみの成果を上げている。将来的には、デジタル映像特殊効果装置(DVE; Digital Video Effects)と3次元CGシステムとが1つのネットワーク化されたシステムで各種画像作成が実現するようになると期待されている。

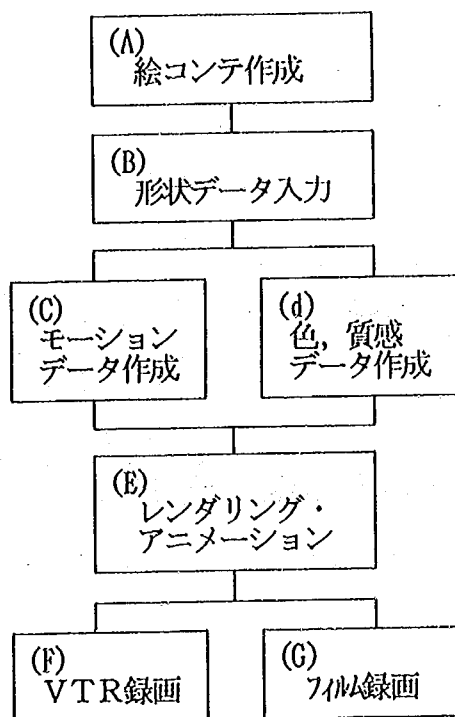


図-1.2.12 CG映像の制作工程



写真-1.2.17 放送番組に利用されたCG

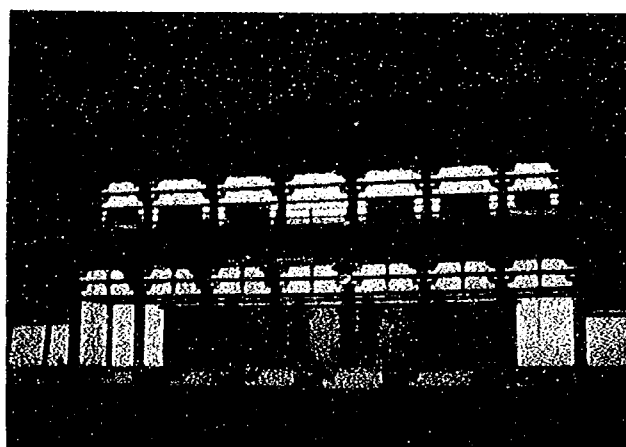


写真-1.2.18 並列マイコンシステムによるCG

1.3 建設事業におけるコンピュータビジョンの応用分野の検討

建設事業におけるエレクトロニクス関連要素技術を図-1.3.1に示す。コンピュータビジョン（広義）は、これら要素技術のうち3次元画像・図形データ処理技術に関係するものであるが、他の要素技術とも深く係わっている。例えば、GISはデータベースを指向した地図情報システムであり、各設計CADシステム等多くのソフトウェアはエキスパートシステムをめざしている。ここでは、コンピュータビジョンを広い意味でとらえ、建設事業におけるその利用状況を取りまとめ、応用可能分野の抽出・技術課題を検討した。

また、3次元形状計測センサや位置認識技術は、ロボットビジョンや画像処理技術につながる技術で、その技術動向に注目する必要がある。

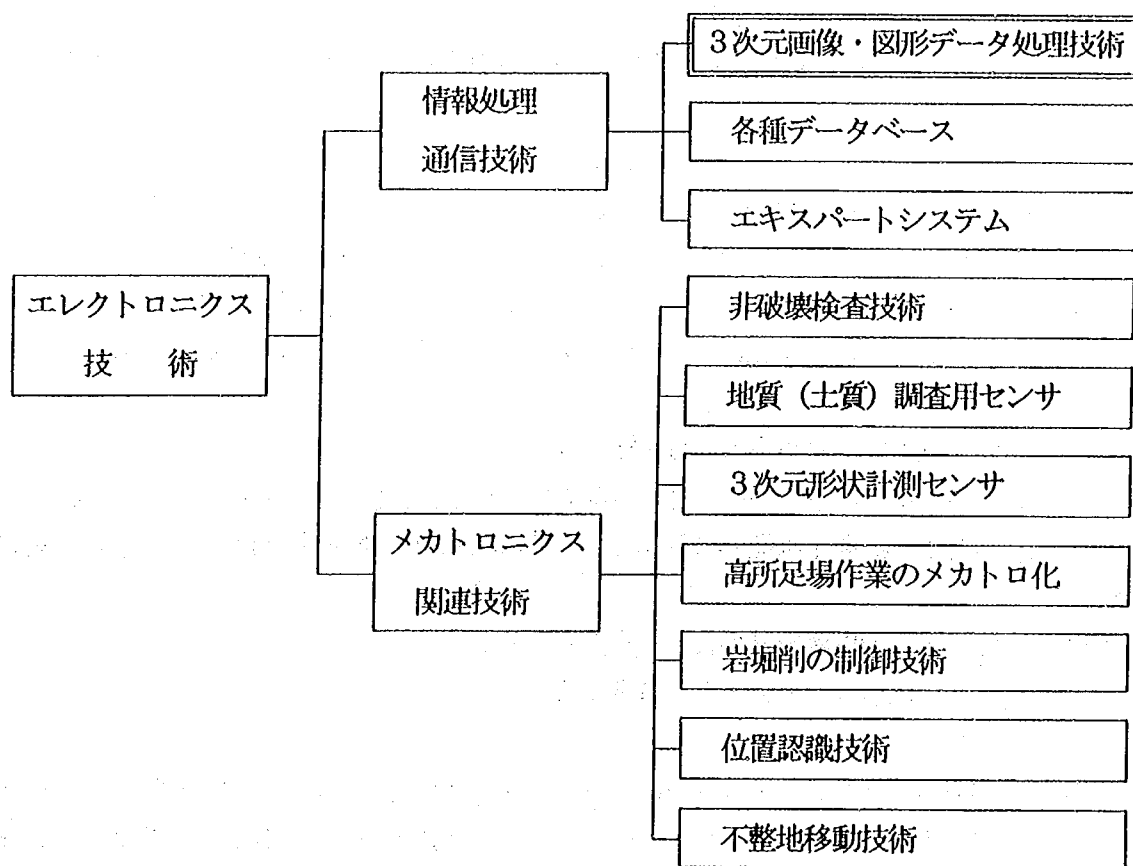


図-1.3.1 建設技術におけるエレクトロニクス関連要素技術

1.3.1 建設事業における利用状況

建設事業におけるコンピュータビジョンの利用状況を画像情報から必要な情報を変換・計測・認識を行う画像処理とCADや地理情報システムなどのように画像を生成するCG技術に分けて整理を行った。その結果を表-1.13～表-1.15に示す。表中、()で示すものは、例えば画像解析が目視判読で行われていたり、コンピュータを使用しても画像の変換程度の処理しか行われていないもので、未だその技術が未成熟であることを示す。()で示していないものでも、画像の自動認識や、CGでいえば3次元化やアニメーション化まで進んでいるものはほとんどないといってよい。その意味では、ここに上げたものもさらなる技術発展、応用が必要である。

(1) 画像処理

画像は撮影高度や使用目的に応じて、4項目に分けることができる。ここでは、宇宙から広域を周期的に観測する「衛星画像」、飛行機や気球や飛行船から地表を観測する「航空画像」、地表や地中を観測・計測を行う「地上画像」、材質検査や組織構造を調べるために顕微鏡写真等を用いる「微細画像」に分ける。

① 衛星画像

衛星画像は、大規模建設計画を立案するために、最新のデータが必要とされる広域環境調査の一手法として用いられることが多い。これは、衛星画像はランドサットデータで16日毎、スポットデータで3～4日毎に定期的に同一地点を観測するため、最新の地形、植生や大規模な構造物を促えることができるためである。また、衛星画像は、ランドサットデータで10年間の蓄積があるために、経年変化や環境のモニタリングにも使われている。

衛星画像を用いる際、以下に示す問題点があげられる。

- ・ 地上分解能が10m～80mであるため市町村レベルでの建築事業に使うことが困難
- ・ 都市計画で用いるとすれば衛星画像で得られる土地被覆状態を土地利用項目にどのように対応させるか
- ・ 水質を把握する際に大気の影響をどのように除去するのか
- ・ 表層地質を解析する際に植物をどのように考慮するか

② 航空画像

航空写真やMSS(Multi Spectral Scanner)画像は、航空機・気球・飛行船などを用いてデータを収集するため、建築事業の目的に合わせたデータを入手することができる。また、これらデータは衛星画像よりも精度のよいデータが得られる。建設事業への利用は、地すべり分布や交通量調査、緑被率調査など環境把握が主体である。例えば、交通量調査は高度500mで同一地点を同じ時間間隔で撮影することにより、車輛の台数、速度を求めたりすることができる。求められたデータは、大気・騒音予測を行う基礎データとなる。また、緑被率調査では、赤外カラー航空写真をA/D変換し、画像解析により、樹冠緑被が求められる。水域では、航空機搭載用スキャナを用いて、汚濁水の分布、水質解析、油汚染分布を知ることができる。

これらデータの利用において、以下に示す問題点があげられる。

- ・航空画像は中心投影であるため周辺光量の減衰をどのように補正するか
- ・航空画像同士のデジタルモザイク手法をどうするか
- ・航空画像は非常に多くの情報量からなるため必要とするデータ抽出手法をどうするか

③地上画像

地上画像は、主として地表または地中から得られるデータの画像解析を行うものを取り上げる。地中データは、地中の構造を知るために電磁波や弾性波を用いるものである。地上画像の利用状況として、路面や壁面の画像からの劣化状況抽出、樹木一本毎の活力調査、景観シミュレーションのための現況調査、電探等による地質構造把握、音波による海底地形把握を上げることができる。

電磁波や弾性波の利用及び画像化の技術は、まだ完全に実用化されているわけではなく、今後の研究開発によって、実用的になるものと考えられる。

④微細画像

微細画像は、建築材料の組織分析や温度計測など、顕微鏡画像を使った計量技術として扱うものが多い。この組織や構造の把握は、現在のところ、定性的な解析が主流であり定量的な把握は、研究課題として残されている。

(2)CG技術

建設事業におけるCGの利用状況は地理情報（データベースを含む）、シミュレーション（解析、景観）、CADに大別できる。実際の利用は、主として土木・建築系のCADシステムや、図形やグラフなどのビジネスグラフィックの分野が多く、地理情報やシミュレーションでの利用はまだ少ない。

①地理情報（データベース）

地図情報は、2次元または3次元表示にCG技術が用いられており、CAD的な要素も含まれている。取り扱うデータは、メッシュ、ポリゴン（ベクター）、ラスターの3種類があるが、行政界等の図形入力ができ、高度な解析が可能なベクターデータが主流になりつつある。建設事業における地理情報システムには様々なものがあり、その利用分野、目的、関連技術を表-1.15に示す。

②シミュレーション

シミュレーションは、大気汚染や水質予測など、数値解析した結果をCG技術を用いて表現する解析シミュレーションと新しい建造物の景観評価を行う景観シミュレーションに分けることができる。

a)解析シミュレーション

CG技術の利用は、大気汚染、水質拡散、地盤移動などの解析結果を視覚化して人間がより総合的な判断を行うために行われている。したがって、建設事業においても様々な解析（予測）結果の表現として用いられるものである。各産業におけるビジュアルシミュレーションに対応し、今後の利用が期待されている。

b)景観シミュレーション

建築や都市の設計では、その関係者が多いことから、地域の市民も含めて、設計者間の意志の疎

通や、関係者へのプレゼンテーションが重要である。プレゼンテーションの技法としてみたとき、CGはその正確さと表現の自由度の高さに特徴がある。特に、その視点の設定を自由に変更して対象物を表現することができ、従来の手法であるスケッチ、透視図、フォトモンタージュ、模型に比べ効果的なプレゼンテーションが行なえるようになったといえる。

しかし、景観シミュレーションはCADから出発した建築構造物関係のものが多く、いまだその利用は端緒についたばかりと言える。また、現状でのCADの本質は、製図機能に重点がおかれて開発されており、手作業で描かれてきた2次元画面を正確かつ迅速に描画するという点に力がそそがれた製図システムの感が強い。したがって、CGの本来の可能性を取り入れた手法、操作性のすぐれたソフトウェアが望まれている。

なお、景観シミュレーションには、CGで描画するものだけではなく、写真等の映像とCG画像の合成する手法のものがある。この手法は現実感にすぐれており、現景観との対比に有効である。

c) CAD

CADは建築設計の分野では、ビルの室内デザイン、音響、熱環境、照明、電気設備の計画システムとしての利用や建築資材（部品）の設計図作成に利用されている。しかし、複雑な建築物や土木構造物などは、設計対象が定型化されていない部分が多く、その活用はこれからといってよい。このためには設計図面の自動入力・認識技術やその各種図面のデータベース化が必要である。

表-1.3.1 建設事業別画像解析利用状況

利 用 事 業			衛 星 画 像	航 空 画 像	地 上 画 像	微 細 画 像
調 査 ・ 設 計	道 路	道 路	(ルート選定)	・交通量調査 ・熱環境調査	(路面状況検知)	
		橋 梁		・地形・地質調査	(土台空げき)	・クラック・破壊 ・塗膜診断
		トンネル		・地形地質調査 ・地山変化	(湿潤状態) ・ヒビワレ (壁面疲労把握)	(トンネル模型による 土圧水圧判定)
	河 川	河 川 (水 文)	・氾濫域と水深の推定	(河川形態) ・水色・水温把握調査 (河川敷利用状況調査)		・水質分析
		砂 防	・大規模地すべり分布	(地すべり分布)	(地すべり移動量把握)	(ボーリングコア赤外線写真地滑り面判定)
		海 洋	・水面温度(温排水) (流況把握) ・埋め立て地分布 (変化)	(水深図化) ・油汚染分布 ・汚濁分布把握		
		ダ ム	・ダム分布調査 (流域積雪面積把握)	(水質監視)	(精密測量) (形状把握)	・水質分析
	都 市	下水道		(マンホール位置図)		・下水中の粒径分布 測定
		公 園	(緑被率調査)	・緑被率調査 (樹木活力調査)	(樹木活力調査)	
		街 路		(現況調査) (樹木活力調査)	(樹木活力調査)	
		その他 施 設		(都市計画)		
	住宅(建築)			・建物密集度 (建ぺい率)		
	共 通		大規模設計	立地条件		(鉱物鑑定と含有量) (コンクリート組織)
施 工	共 通				出来型計測	
維 持 管 理	共 通		・環境モニタリング 経年変化	(震災復旧情報収集)		

表-1.3.2 建設事業別CG利用状況

利 用 事 業			地 理 情 報 (データベース)	シミュレーション		CAD
				解 析	景 観	
調 査 ・ 設 計	道 路	道 路	デジタル道路地図データベース (ナビゲーションシステム)	(騒音分布) (大気汚染) (車輛運動)	・道路景観 (ライティングシミュレータ)	・道路設計
		橋 梁		・地震挙動	(橋梁塗装色彩)	・橋梁設計
		トンネル		・構造解析		・トンネル設計
	河 川	河 川 (水 文)	(地下構造・地下水量)	・流量予測 ・簡易氾濫シミュレーション	・河川景観	・堤防設計
		砂 防	・地形図の数値化 ・防災計画	・土石流・泥流		
		海 洋		(汚濁拡散) (流況予測)		
		ダ ム		・管路内の流れ・振動 シミュレーション	・ダム景観評価	・ダム設計
	都 市	下水道	・下水道区域のデータ ベース ・下水道計画			
		公 園	・公園計画		・公園景観の季節変化	・公園計画
		街 路	・街路計画		・街路樹景観の季節 変化	・街路設計
		その他 施 設	・施設図のデータベ ース化			
	住宅(建築)		・市街地再開発	(高層ビルの空気カシ ミュレーション)	・ビル景観評価	・インテリアデザイン ・建築設計
	共 通		・都市計画			
施 工	共 通					
維 持 管 理	共 通		・施設管理データベ ース			

表-1.3.3 地理情報システムの利用分野

	小 分 類	目 的	データのスケール, タイプ	関連技術
都 計 市 画	都市情報システム	計画支援, 税徴収, 施設管理, 情報公開など多目的	大縮尺。街区ないし土地区画でのポリゴン	庁内データの取り込み, 庁内情報システムの整備
防 災 計 画	災害発生事前予測システム	危険箇所の調査, 被害予測	中縮尺。メッシュ, ポリゴン	災害予測モデル
	災害発生警告システム	センサからの情報をもとに災害発生予測, 避難勧告	中縮尺。メッシュ, ポリゴン	センサーとのリンク, モデル
	緊急出動システム	災害現場への出動, 救援活動のための情報提供	中～大縮尺。ベクター	
	被害把握対策用システム	被害状況の把握, 救援対策立案情報提供	中～大縮尺。ベクター, ポリゴン	被害の正確な把握 空中写真, 衛星画像とのリンク
	災害復旧システム	被害の把握, 原因の究明 復旧工事	小～大縮尺。	
施 設 管 理 計 画	地下埋設物管理システム	ガス, 水道, ケーブルなど地下埋設物管理	超大縮尺。ベクター, ネットワーク	共通データベース, ユーザー情報とのリンク
	空中線路管理システム	電線など架空線管理	中～大縮尺。ベクター, ネットワーク	
	道路管理システム	道路および付帯施設の管理, 除雪計画など	大縮尺。ベクター	
	清掃事業管理システム	ゴミ収集管理	中縮尺。ネットワーク	ゴミ発生モデル
ナビ ゲ ーション システム	ナビゲーションシステム	自動車の道案内, 渋滞・バイパス情報の提供, 通信	小～大縮尺	付加情報, ポジショニングシステム, 通信手段
	カーレーションシステム	自動車の位置を基地に知らせる	中～大縮尺	

1.3.2 応用可能分野の検討

建設事業におけるコンピュータビジョンの応用可能分野を利用分野と同じように画像解析とCG技術に分けて調査、検討を行い、表-1.3.4及び表-1.3.5にまとめた。

(1)画像解析

建設事業への応用分野は、利用状況から、大きく2つに分けられる。1つは広域を対象として国土の状況を把握する方向での利用である。もう1つは、特定地域における建設事業を推進するにあたっての基礎調査の質を高める方向での利用である。

①衛星画像

応用可能分野は、観測衛星に搭載されるセンサーの性能が向上することによって、広がると思われる。例えば、ステレオ画像が得られるスポット衛星を用いて中縮尺地図作成の可能性が検討されている。また、熱赤外域の2種類のデータから、都市部のヒートアイランドやコールドアイランドなどの熱環境把握が可能になる。その他として、地上分解能が向上することで、樹木緑被率の分類精度も高まると考えられるし、近赤外光の反射率と樹木の活力(病虫害)との関係から樹木の活力調査にも応用されるであろう。また海洋においては、沿岸部の流氷や海流の動き等、海洋工事に対する重要な海象情報を与えてくれる。

また、地理情報システムのデータ更新の際に、図面を作成してから更新していた方法から、画像解析による分類、境界線自動発生を行って、地理情報システムのデータ更新に用いる手法も検討されている。

最近、地球規模的な観察や監視が特に叫ばれるようになってきている。日本の海洋観測衛星MOS-1や打ち上げが間近に迫った地球資源観測衛星ERS-1が本格的に利用できるようになれば、環境・防災対策には衛星画像がなくてはならないものになると考えられる。また、地図整備の遅れた開発途上国の大規模建設プロジェクトにも必要不可欠となる。

②航空画像

応用可能分野は、衛星画像と同じように精度の高い解析手法を開発することによって、広がると思われる。さらに、航空画像に含まれる情報は、複雑であることから、解析目的に合わせたデータの圧縮やデータ抽出の技術開発が必要になる。

例えば、航空写真から影の除去や建物の境界を抽出できれば、建物の密集度や建ぺい率を求めることができる。同様に、樹種分類精度を高めて林班界図を作成することや、土地利用の自動分類、河川形態・地滑り地の自動抽出、水面の水質調査などが可能となるであろうし、時系列的調査によって、沿岸土砂移動、赤潮発生、整地施工の進捗把握等の監視・予測が行えるようになるものと考えられる。また、熱源温度の分布を自動解析し、自動車の台数及び分布状態等を抽出し、道路交通の状況(占有率、密度等)が高い信頼性で把握可能となると考えられる。

また、航空画像をリアルタイムに画像入力することによって、災害時の客観的な状況把握等のモニタリングにも利用されていくものと考えられ、高速画像処理の実現が待たれる。

③地上画像

応用可能分野は、主に計測技術と結びつき、発展していくものと考えられる。その代表的なものの1つは、すでに試みられている道路路面状況検地装置である。現状ではまだアナログ解析が主流であるが、赤外線等による路面の反射率と放射熱から路面の温度等を推定することによって路面の状態（乾燥、湿潤、凍結、圧雪）を予知することも考えられている。また、岩のり面に設置したモルタルあるいはコンクリート吹き付け工の老朽化を調べるための非破壊検査手法（サウンドアナライザー、熱赤外線カメラ、弾性波探査、電磁波探査、シュミットハンマーテスト等を利用）の適用性の検討もなされるていくであろう。

陸上における3次元情報の自動計測ができれば、3次元地区情報や景観シミュレーションの貴重なデータとなるし、交通量等の各種モニタリングもリアルタイム画像処理の実現で活用されていくであろう。またこれは、人間が作業できないような海底であるとか、地中深い所の建設作業ロボットの位置把握に役立つ。このためには、計測技術のみならず、データの収集方法の検討およびAIによる高速画像認識の飛躍的な発展がのぞまれる。

④微細画像

応用可能分野は、分光反射特性を考慮した鉱物鑑定および含有量の推定やコンクリート強度試験のクラック画像解析などがある。前者は、鉱物毎の分光反射特性をデータベース化しておき、偏光顕微鏡画像に表れる鉱物の色や屈折率を計測するもので、後者は高速度撮影した画像の時系列的解析するものである。また、水域では、下水中のバクテリアの分類と計測およびクロロフィル量の推定などがあげられる。下水中のバクテリアの推定は、計数方法の検討および抽出手法の開発が必要であるが、下水道計画や浄化水の評価につながる。また、水域のクロロフィル量の推定は、海域の富栄養化や赤潮の原因把握に用いることができる。

(2)CG技術

CG技術の応用は、地下構造を整備するための地理情報の3次元化、建築・土木構造物のより立体観のある3次元表示のシステム開発、観るものにより強い印象を与える解析・景観シミュレーションの発展など、いっそう情報の3次元化、ビジュアル化、アニメーション化が進むものと考えられる。

①地理情報

建設事業では多くの地図を利用している。したがって、各事業で地理情報システムが応用されていくものと考えられる。将来的な応用分野は、現在地理情報等のシステムがほとんど2次元データを対象としていたのに対して、今後はトンネル等の都市のジオフロント計画、高層住宅、地下埋設物の位置分布図など、3次元地図データの構築の研究が必要になっていくものと思われる。また、地理情報のデータ更新に用いた空中写真や衛星画像との統合化（システム化）が進むものと考えられるし、また通信技術、AI技術を取り入れ、ネットワーク化やシミュレーション機能の充実が考えられる。

②シミュレーション

a)解析シミュレーション

従来、静的に出力されていたシミュレーション結果がよりビジュアルにまた動的に表示されてい

くものと考えられる。例えば、河川・海洋工事における流況シミュレーションや、高層ビル風のシミュレーションなど時間的変化が重要なものについてはアニメーション化によってその理解が助けられることから、今後ますます利用されていくものと考えられる。また、今まで解析されたデータが表やグラフで表されていたものがプレゼンテーションの効果を狙って、3D表示やまたアニメーションで表現される場合が増えていくであろう。

b) 景観シミュレーション

建設事業の特徴からいって、景観シミュレーションの応用可能分野はかなり多くあげることができる。以下に例をあげる。

- ・山間部を通る高速道路の切り通し部分に樹木を植えようとする場合、最適な間隔・樹木の種類
- ・道路に関する位置データと運転者の操作（ハンドル角、アクセル、ブレーキ等）から、自動車の走行位置と運転者から見える車窓風景をリアルタイムで計算し、スクリーンあるいはCRT画面上に画像処理して投影するドライビングシミュレータ
- ・自然公園に遊歩道を通す場合、環境を破壊しないための遊歩道の位置
- ・河川の上流にダムを作ったあと、河川の流量変化が周囲の景観に及ぼす影響
- ・長期に及ぶ建設工事があった場合の経過

また景観シミュレーションは、将来だけでなく過去についても利用できる。例えば、地形図を数値情報化し等高線の状況から地すべり地を判定したり、鳥かん図を作成して地すべり地形を再現することにも利用可能と思われる。

従来の景観シミュレーションは、数箇所の視点からみた静的な景観シミュレーションが主流であったが、将来は、景観対象物を眺める視点を連続的に変化させたり、動きのある物体を扱うソフトウェアに発展していくものと考えられる。先のドライビングシミュレータもその1つであるが、景観シミュレーション室というものも考えられている。これは景観操作室と景観評価室とからなり、前者はコンピュータをはじめとしてドラムスキャナ、ビデオ、タブレット・ディジタイザ等を備えた3D景観を作成するところで、後者は大型プロジェクター、音響設備を備え、数十人の被験者が同時に景観評価をできるものである。この実現ためには、CG技術のさらなる発展に加え、現景観の映像との合成に関する技術や動画化技術が重要であると考えられる。

c) CAD

CADは、設計に役に立つ部品（図形）が各事業毎に増え、そのデータベースを充実していくものと考えられる。また、設計図面からのデータ入力ということで、景観シミュレーションや簡易地図情報のデータ入力システムとしても使われていくと考えられる。そのためにはユーザーインターフェイスがよく簡単に3次元データが入力できるシステムが望まれる。

表-1.3.4 建設事業別画像解析応用可能分野

利 用 事 業			衛 星 画 像	航 空 画 像	地 上 画 像	微 細 画 像
調 査 ・ 設 計	道 路	道 路	・環境影響調査	・交通量の自動計測 ・自動車台数と分布	・路面疲労自動把握 ・吹雪時視程計測	
		橋 梁	・橋梁分布	・安全性調査	・経年季節変化計測	・塗膜診断
		トンネル	・ステレオ画像による 適地選定	・交通量の自動計測	・計・トモグラムのデータ入力 (自動) ・壁面疲労調査	・ボーリングコアのク ラック調査
	河 川	河 川 (水 文)	・河川流量・積雪量把握 ・河床形態把握	・河川形態自動抽出	・河川断面自動把握	・水質常時観測
		砂 防	・崩解地面積把握 ・地熱把握 ・危険予知図作成	・地すべり状況の調査 (移動・水理)	・崩壊地地形変化自動 観測ロボット	
		海 洋	・海象予測 ・水質調査	・赤潮予測 ・沿岸土砂移動の監視	・海底監視ロボット	
		ダ ム	・表層土壌水分量、積 雪水分量の把握 ・水資源管理	・水質調査(水温・汚 濁分布・ファクト発生) ・赤潮発生予測	・ダム平面精密測量	・水質高度分析
	都 市	下水道	・流域下水道計画	・下水路網調査	・管路内調査	・バクテリアの分類及 び計測 ・粒子沈降速度測定
		公 園	・緑被率調査 ・樹木活力調査 (市レベル)	・樹種分類	・公園利用モニタリン グ ・樹木活力調査	
		街 路	・緑被率調査 ・樹木活力調査 (市レベル)	・樹種分類	・交通量、人モニタリ ング (防災カメラ)	
		その他 施設	・熱環境把握	・土地利用自動分類		
	住宅(建築)		・大規模住宅地環境調 査	・都市計画基礎調査	・ビルモニタリング ・精密測量	
	共 通		・リモセンデータを用 いた自動図化(地図)	・3次元データ自動計 測	・景観写真データベー ス	・鉱物鑑定と含有量 ・各種材料劣化診断 ・コンクリート組織観察
	施 工	共 通	・施工計画	・施工計画・進捗把握	・作業ロボットの位置 把握・視覚システム	・施工時空隙調査計測
		共 通	・GISデータの更新 ・環境モニタリング (経年変化)	・GISデータの更新 ・震災状況把握、モニ タリング	・ロボットを用いた自 動維持・管理システム ・亀裂調査	・早期疲労破壊予測

表-1.3.5 建設事業別CG応用可能分野

事業	利用	地理情報 (データベース)	シミュレーション		CAD
			解析	景観	
調査・設計	道路	道路	・道路計画策定 ・ナビゲーションシステム	・交通量シミュレーションのアニメ化 ・地震応答解析	・道路設計
		橋梁	・適地選定	・地盤変状シミュレーション ・地震応答解析	・橋梁設計
		トンネル	・適地選定	・斜面安定シミュレーション	・トンネル設計
	河川	河川	・地下水量データベース ・オンタイム氾濫シミュレーション ・レーダ雨量計3D表示	・河川景観設計 ・河川景観評価のアニメーション	・堤防設計
		砂防	・地すべり情報データベース	・地滑り、雪崩被害予測	・砂防ダム設計
		海洋	・水温、海流把握	・流況把握	・港湾、防波堤景観 ・港湾、防波堤設計
		ダム	・地下空間の構造物と地下水量の3Dデータベース	・ダム排砂設備シミュレーション ・流水バリュエーション	・放流設備 ・ダム設計
	都市	下水道	・地下埋設物の3Dのデータベース ・下水管ネットワーク解析	・処理能力シミュレーション	・汚物処理場、貯留施設等 景観 ・下水道施設設計
		公園	・位置選定 ・公園施設管理	・公園施設利用状況	・児童公園、総合公園運動公園、墓園等々種別景観 ・公園設計
		街路	・街路地下利用分析	・騒音分布・大気汚染3D表示	・緑化樹木景観シミュレータ ・街路設計
		その他施設	・ジオフロント計画	・供給処理施設能力	・ゴミ処理場等供給処理施設景観 ・供給処理施設設計
	住宅(建築)		・公団住宅配置計画	・地震応答解析	・高層中層住宅景観 ・窓外景観 ・建築設計
	共通		・都市計画全般	・各種構造解析シミュレーション ・先端材料の評価設計	・各構造物、施設景観シミュレーション ・景観操作室・評価室 ・各種資材設計
施工	共通		・資材輸送計画	・実験情報の画像化 ・大規模掘削地盤変化シミュレーション	・長期工事における工事中の景観 ・設計変更
維持管理	共通		・都市施設管理 ・地価状況把握	・地震時挙動シミュレーション	・季節変化シミュレーション ・設計図(データ)データベース

2 景観シミュレーション画像の作成

2.1 景観シミュレーションの手法

景観シミュレーションは構造物が新たに構築された場合の景観を予測する技術であり、景観計画や景観設計に用いられる。最近では人々の景観に対する関心が高まっていることから建設事業を行う際には地域住民の理解・協力を得ることが不可欠となっているが、見る者に明確な印象を与えるCGは、プレゼンテーションの手段として大いに有効である。

景観シミュレーションの手法は、その画像作成方法によって表-2.1.1に示す3通りの方法に分類することができる。

表-2.1.1 景観シミュレーションの手法

手 法 名	現景観 (背景)	新 構 造 物
CAD・CGシステム手法	CG画像	CG画像
写真モンタージュ手法	写真	写真
写真・CG画像合成手法	写真	CG画像

CAD・CGシステムによる手法は、新景観の全ての景観要素をコンピュータ上で組み立て、CG画像として表現するものである。この手法では背景を含めて全ての景観要素（地形も含む）が3次元データを持っているため、そのデータ作成・入力には膨大な時間と費用を必要とする。しかし、視点の設定が自由にできるので任意の視点からの景観を得ることが可能で、また、アニメーションの作成にも適している。現在のCGの表現力では写実性・現実性が十分でないという問題点はあるものの、将来は写真と比べても見劣りしない画像が作成可能となり、また、樹木等複雑な景観要素の表現力も向上するものと思われる。

写真モンタージュによる手法は、現景観の写真に構造物（新構造物と同一または類似していることが必要）の写真を合成して新景観を予測するものである。合成にあたっては境界部や構造物相互の前後関係、影の方向等で不自然な印象を与えないよう表現を工夫しなければならないが、作業自体は比較的容易である。ただし、合成に用いる写真によって新構造物のデザインや視点の設定の自由度が制限されるため、特殊・大規模な構造物については対応できない場合が多く、また、アニメーションの作成も難しい。標準的な構造物については、構造物の写真をライブラリとして整備しておけば細部の修正はペイントソフトによる描画で対応可能である。

写真とCG画像の合成による手法は前2者の中間的な方法であり、現景観の写真を背景とし、そこに

新設構造物のCG画像を合成することによって新景観を予測するものである。3次元データを作成・入力するのは新設構造物だけなので作業量はそれほど大きくなく、また、構造物デザインや視点の設定の自由度は大きい、ため実用性の高い手法である。ただし、合成にあたって表現に工夫が必要なこと、アニメーションの作成が困難なことは先の写真同士の合成手法の場合と同様である。

CGによる景観シミュレーションは、関西新空港等の大規模プロジェクトにおいて既に利用されており、CAD・CGシステムを用いたアニメーションが作成されている。今後はより身近な建設事業においても利用が増加すると考えられるが、その際は写真を用いた手軽な手法が有効となる。

景観シミュレーションの結果は地域住民へのプレゼンテーションの後、景観により配慮した設計が行われるよう、設計段階へフィードバックされる。

2.2 パソコンによる景観シミュレーション画像の作成

2.2.1 景観シミュレーション画像の作成フロー

景観シミュレーションを行う対象場所としては、一部未施行部分があり対象構造物が明確であること、及びその設計図の入手が容易であること等の理由から、土木研究所試走路南ループ構内の陸橋（以下第1現場と呼ぶ）を選定した（図-2.2.2参照）。図-2.2.1に景観シミュレーション画像の作成フローを示す。

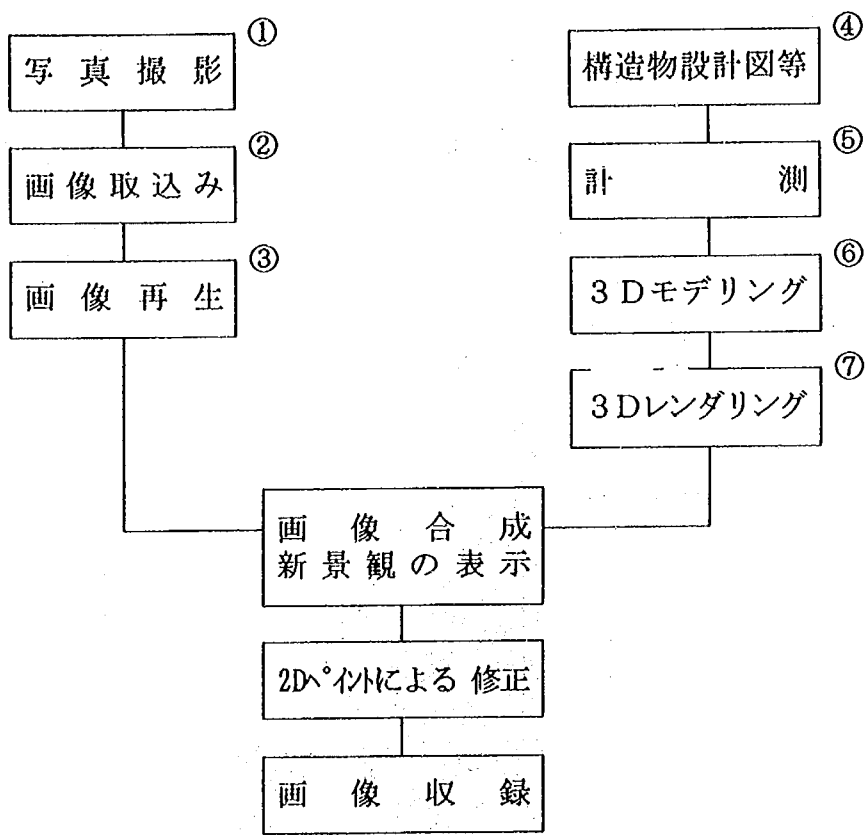
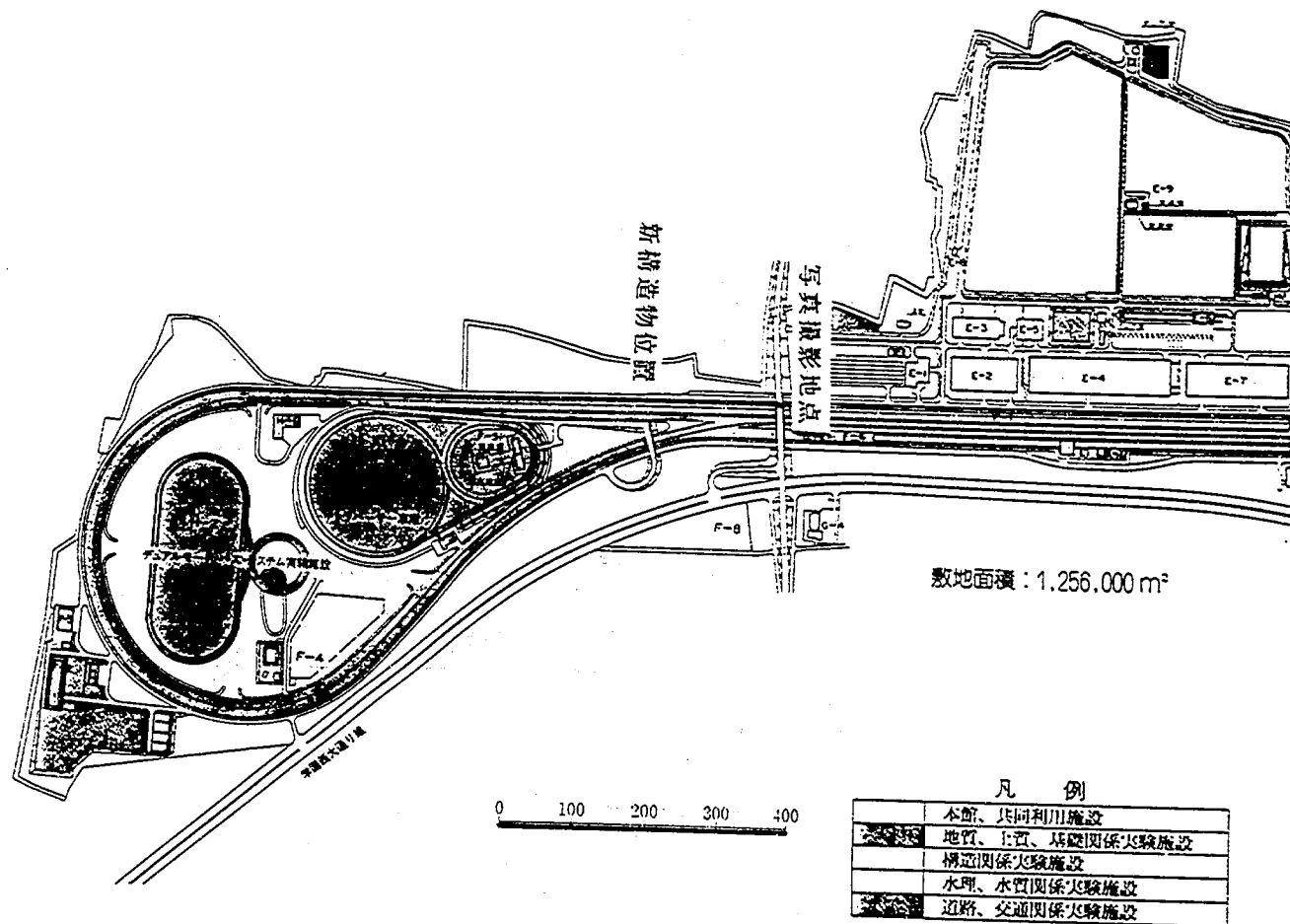


図-2.2.1 景観シミュレーション画像の作成フロー

図-2.2.2 第1現場周辺の地図



①写真撮影

撮影は、目標の構造物のほぼ正面約190m、高さ約10mの地点から行った。撮影日時は、9月20日15時40分～16時であり、その時の太陽光線の角度は約22.5°、水平方向は構造物の軸に対して約2°の方向であった（図-2.2.3参照）。また、撮影には35～70mm望遠レンズ付のカメラを使用した。

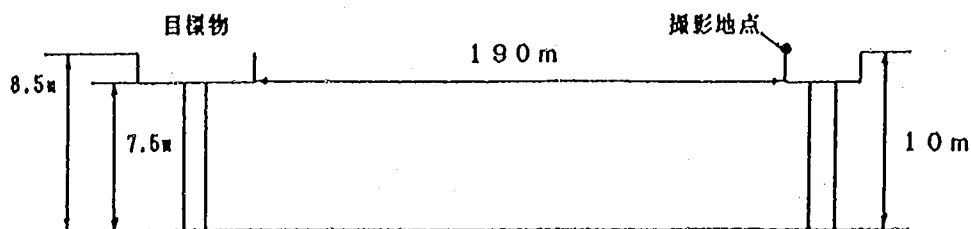


図-2.2.3 撮影地点及び目標物関係図

②画像取り込み

カラーイメージスキャナ及び2Dソフトを使用して、写真をパソコンに取り込む。

③画像再生

パソコンに取り込まれたデジタルデータを、モニタに再生してみる。この時、画像データの明るさ等を、2Dソフトにより補正する。

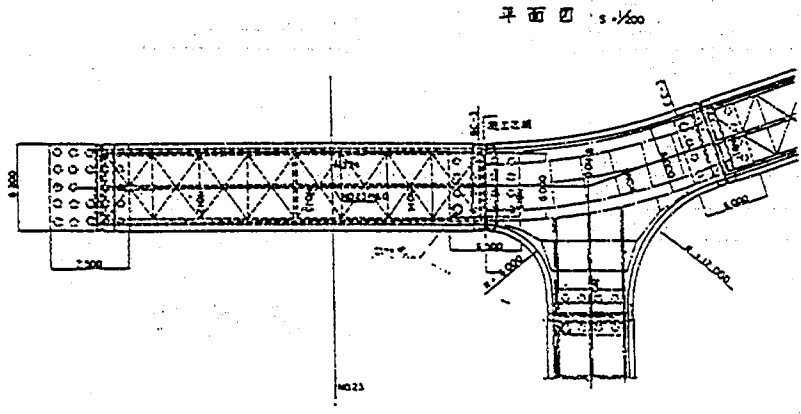
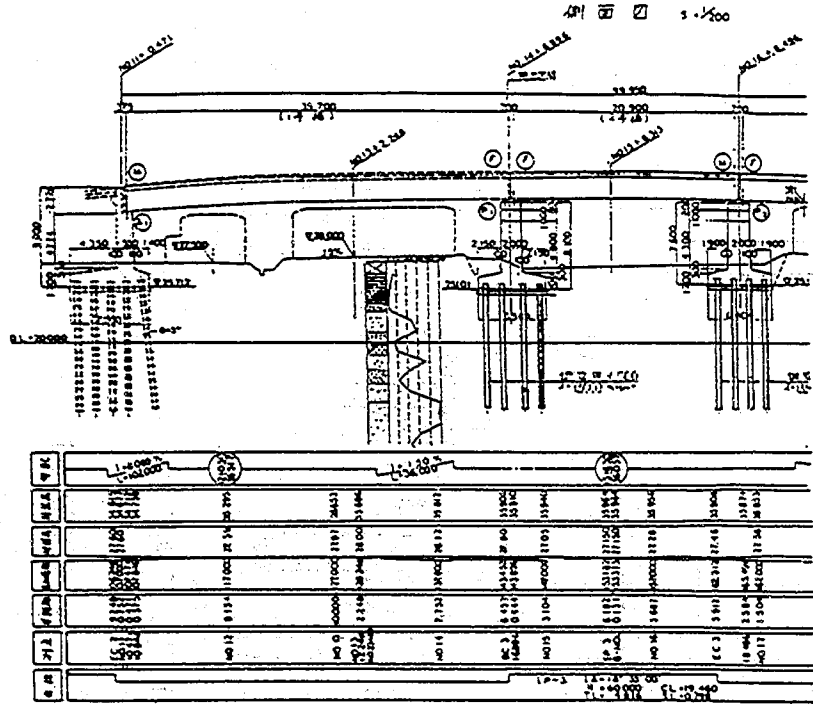
④構造物設計図

構造物の設計図は以下に示す7枚を入手した。

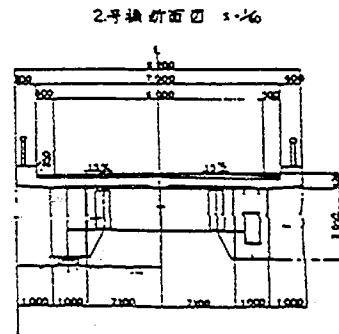
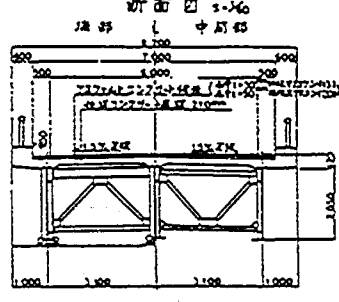
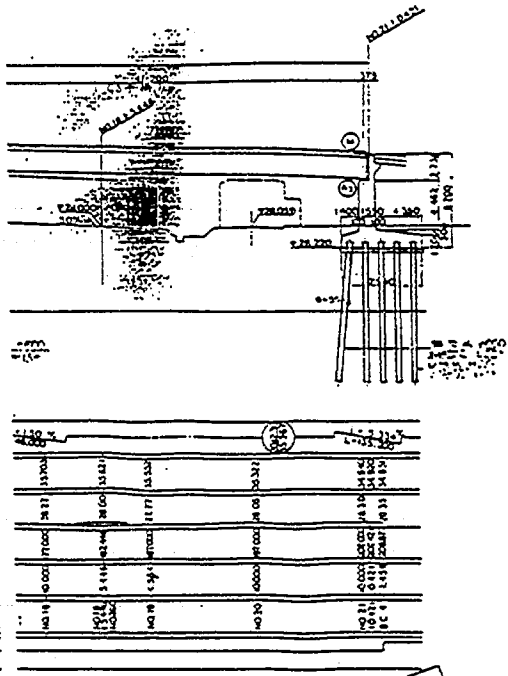
- ・全体図 (1/500) 1枚 (図-2.2.4)
- ・断面図 (1/60) 1枚 (図-2.2.5)
- ・側面図 (1/200) 1枚 (図-2.2.5)
- ・平面図 (1/200) 1枚 (図-2.2.5)
- ・高欄図 (1/20) 1枚 (図-2.2.6)
- ・橋脚図 (1/100) 1枚 (図-2.2.7)
- ・橋台図 (1/100) 1枚 (図-2.2.8)

ただしここで作成する橋の橋台図が無い場合、参考にできる別の橋台の設計図を使用した。

図-2.2.5 第1現場設計条件・断面・側面・平面図



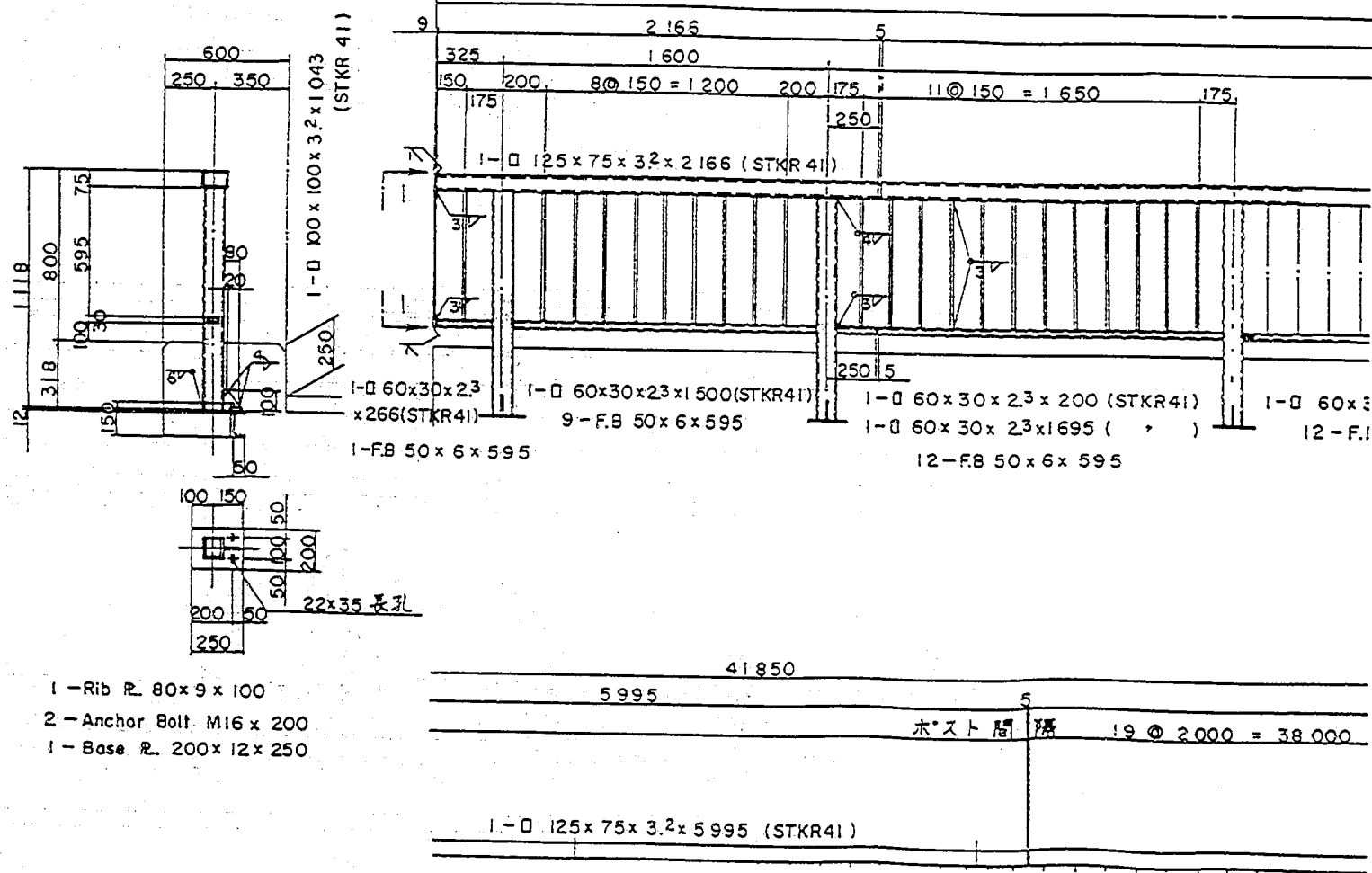
一般図 (その1)



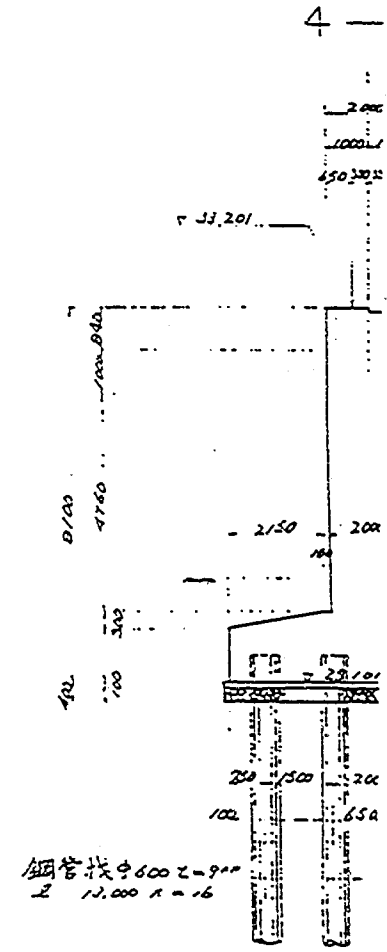
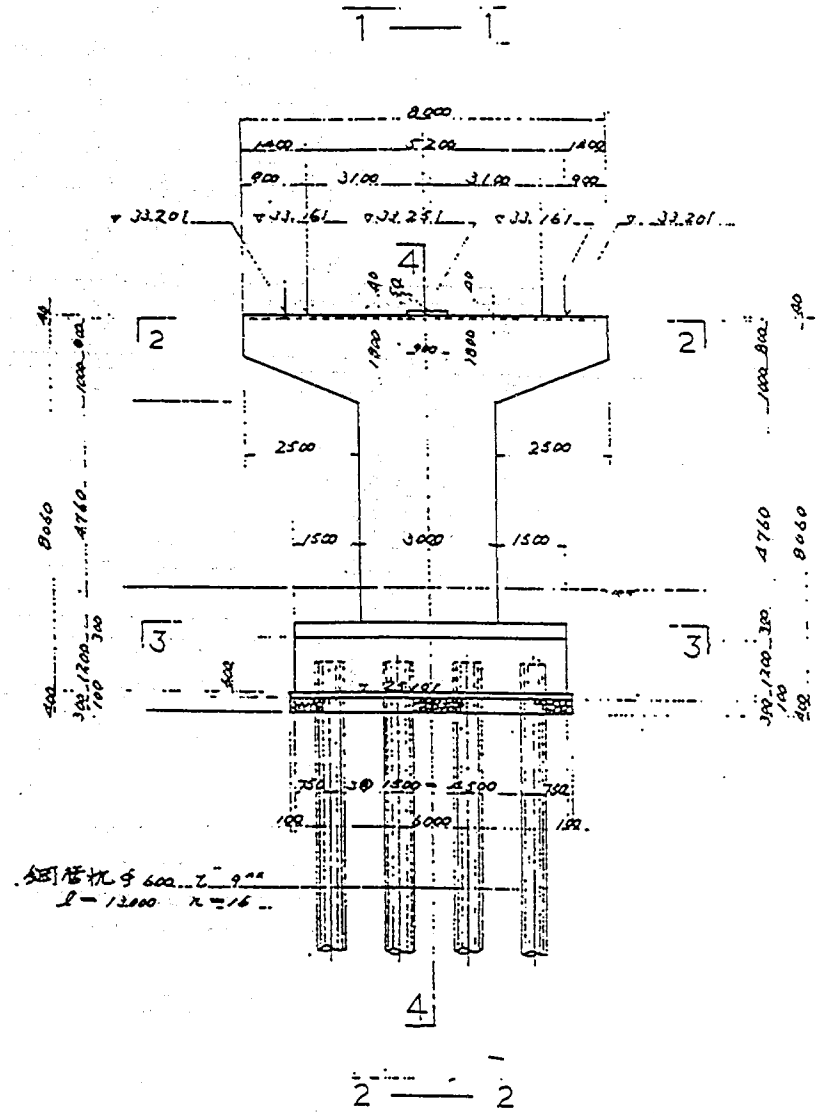
設計条件	
橋長	1.000m
橋幅	1.000m
橋脚	1.000m
橋台	1.000m
橋脚	1.000m
橋台	1.000m
橋脚	1.000m
橋台	1.000m
橋脚	1.000m
橋台	1.000m

高欄断面

図-2.2.6 第1現場高欄区



P₁ 橋脚構造一般図



沓モルタル詳

図-2.2.7 第1現場橋脚断面図

A₂ 橋台構造一級図



⑥計測（デジタイジング）

設計図の値を、3Dジェネレータソフトに整合するような座標に置き換える。今回の作業においては構造物の中心に原点を置き、設計図での20cmを3Dソフト座標上の1単位とした。

⑥3Dモデリング

正面図、平面図、側面図の三面図において、設計図より抽出した値（座標）を、3Dソフト上でマウスにより入力する。例えば、今回の構造物の床版のモデリングを例にとると、まず正面図、平面図、側面図のエリアにおいて、それぞれスタートする座標をマウスでピックしておく。

次に側面図のエリアにおいて、ポリライン機能を選択し、側面図（断面図）を作成する。この時、平面図、正面図のエリアにも厚みのない、線の形で同時に描かれてゆく。さらに、この正面図のエリアにおいてスウィープ機能を選択し、厚みのない線を引き伸ばすようにして奥行きをつける。この時、平面図のエリアでも同時に奥行きが描かれてゆく。

以上のような過程で立体ができあがる。3Dソフト上では、このような立体の1つ1つをグループと呼び、これらグループを組み立てて1つのモデルを作成してゆく。

この他に撮影時の記録に基づいて、ビューポイント等のパラメータを指定する。その後、パース図を図-2.2.9に示すようなワイヤーフレームモデルで表示し、それぞれのパラメータの確認を行う。図-2.2.9において左上が平面図、左下が正面図、右下が側面図、そして右上が透視図である。

⑦3Dレンダリング

撮影条件に基づいて光源の位置を設定し、ポリゴンごとの表面に色・質感を指定する。この時、ポリゴンが裏面であるとレンダリングを行うことができないので注意を要する。

次に、実際計算させる際の解像度の設定と光の反射の計算回数を設定し、レイトレーシングを行う。

パソコンが1点1点の画素のRGB（色）データを作成するため、計算時間が最もかかる工程である。レンダリング結果を図-2.2.10に示す。

⑧画像合成・新景観の表示

2Dソフト上で、③で作成した画像、⑦で作成した画像を合成する。

この際、3D画像を2D画像に整合するようにスケールを修正する。この場合、単純に合成を行うと、新構造物の手前になければならない物まで後ろに隠れてしまう。今回の例では、電柱が重ね合わせた新構造物の後ろに隠れてしまったので、マスキング機能を選択して新構造物と重なる電柱を新構造物の前に出す処理を行った。

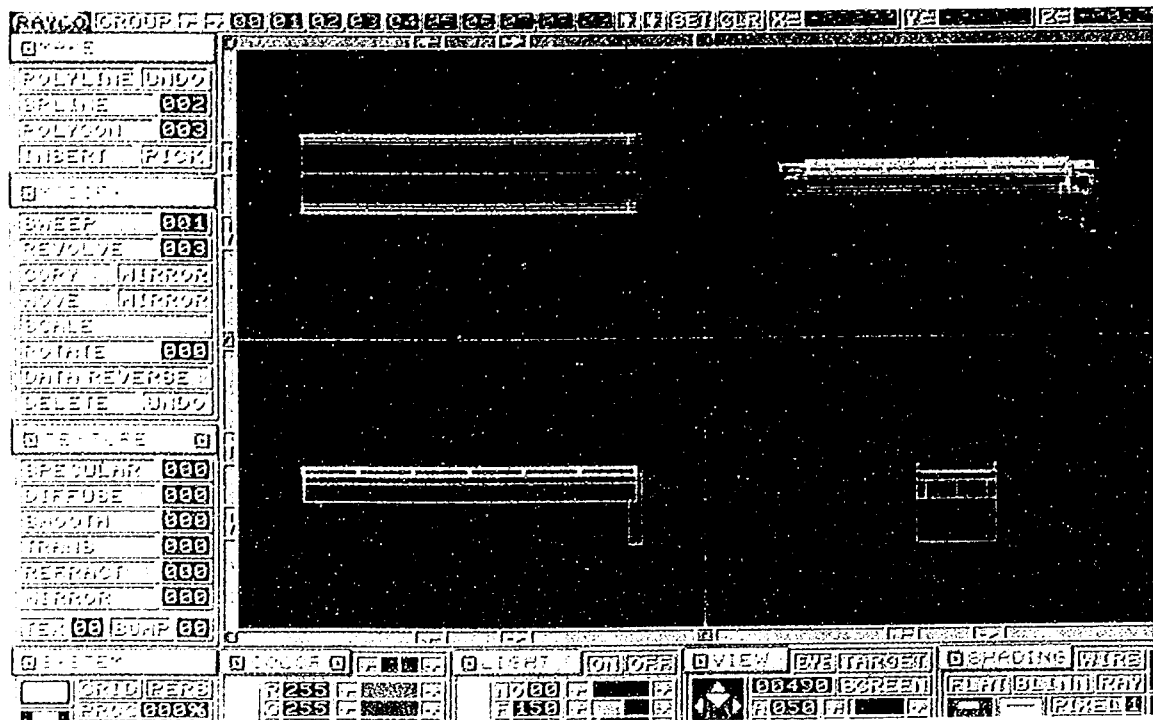


図-2.2.9 ワイヤフレームモデル

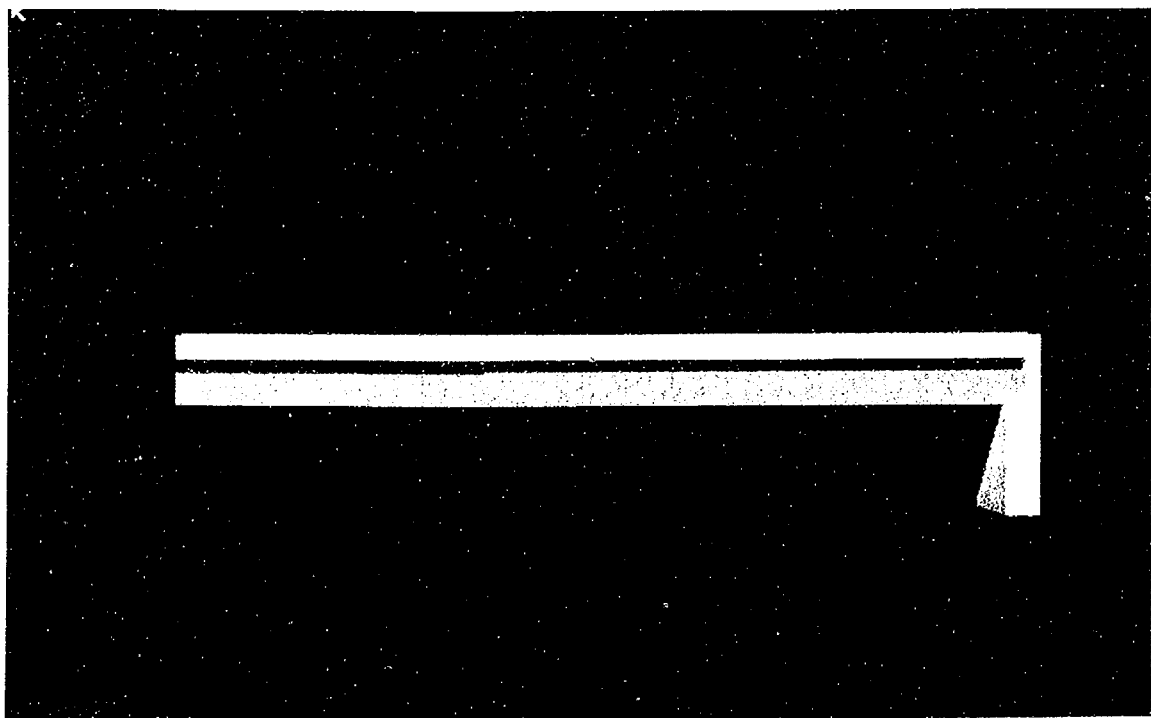


図-2.2.10 レンダリング結果

⑨画像修正

画像合成後の後処理として、画像合成部の不自然な箇所や色合いが合わない箇所の修正を行う。

今回の場合は、構造物の脚の部分が草むらに隠れていなければ不自然な感じを受けるので、周りの草の色をコピーして、マウスを使用して橋脚の部分に草を植えるようなイメージで塗色を行った。図-2.2.11に示すように橋脚付近の部分拡大して作業を行った。

⑩画像収録

データはフロッピーに記録し、表示した画像は写真に撮影した。

現景観を図-2.2.12、新景観予測図を図-2.2.13に示す。

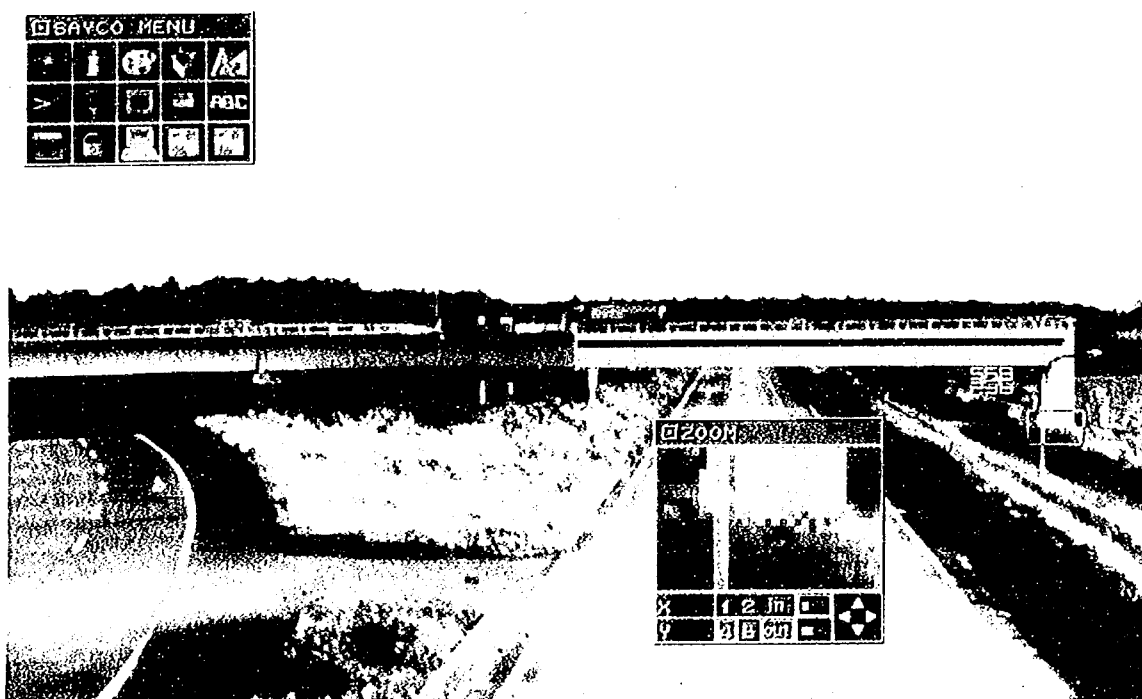


図-2.2.11 画像修正（下草の処理）



図-2.2.12 現景観

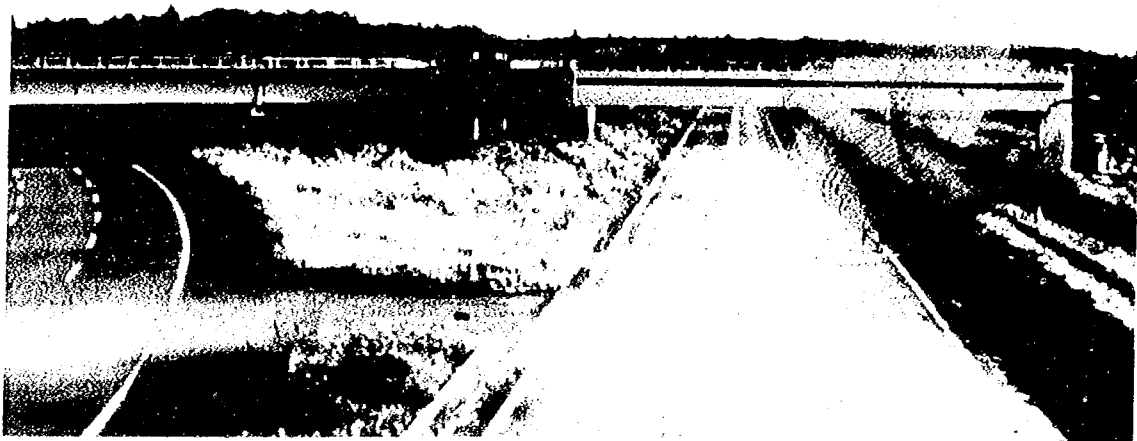


図-2.2.13 新景観予測図

2.2.2 システム構成

本シミュレーションを行ったシステムのハードウェア構成、ソフトウェア構成とその特徴を述べる。

(1) システムのハードウェア構成

図-2.2.14にシステムのハードウェア構成を示す。

- ・ デジタルスキャンコンバータ

D/A変換ボード。パソコンのデジタル画像データをビデオ信号に変換する。

- ・ ビデオディジタイザ

A/D変換ボード。ビデオ信号をデジタル画像データに変換する。

- ・ フレームバッファ

画像処理用ICを搭載した画像メモリーボード。1,670万色表示、ウィンドウ設定、XYスムーズスクロール、縦横独立変倍機能等を持つ。

- ・ RAMボード

ディスクにデータ、プログラムを持つ場合より格段に処理スピードが速くなる。

- ・ イメージスキャナ

写真やイラストを40～400 ドット/インチの解像度でデジタル画像データを作成する。

- ・ MOディスクユニット

光磁気ディスク。600MBのデータを格納することができる。フルカラー画像で1,000枚程度格納可。

- ・ カラーハードコピー

ディスプレイに表示される画像のアナログ信号を装置内を通過させ、熱転写方式で印刷するもの。

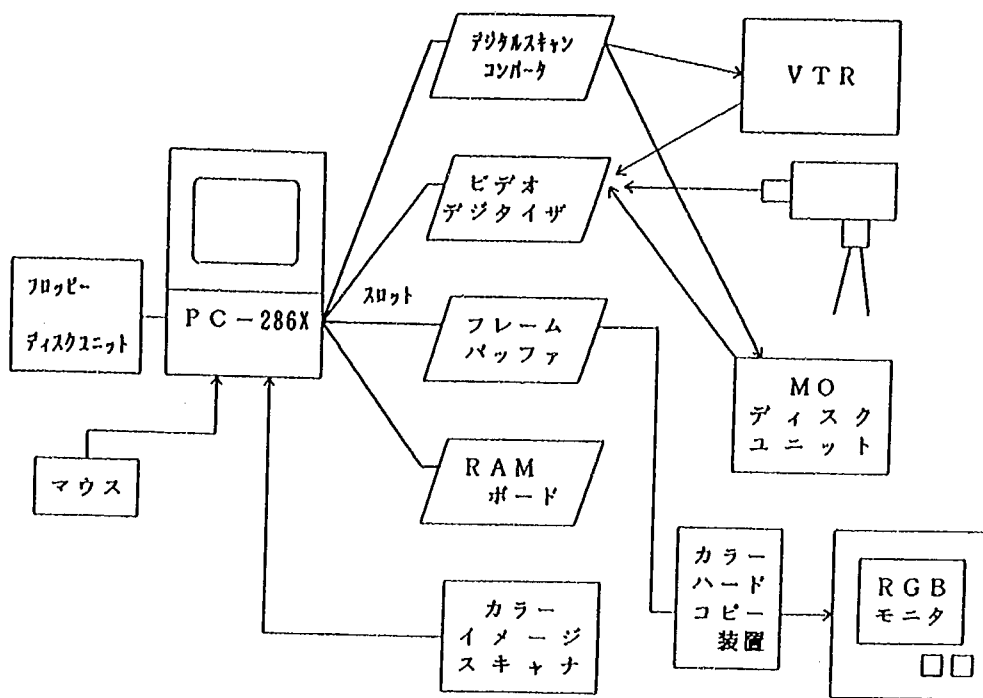


図-2.2.14 パソコン画像合成装置ハードウェア構成

(2) システムのソフトウェア構成

ソフトウェア構成は、フルカラー2Dプロセッサ（ペイントソフト）「彩子」、フルカラー3Dジェネレータ（モデラー、レンダラー）「麗子」、及び各種ユーティリティソフトより成る。

1) 彩子

「彩子」は、NECのPC-9800シリーズやエプソンのPC-286シリーズ上で動作する2次元ペイント・ソフトで、特徴は以下のとおりである。

- ・マウスによるプルダウンメニューで操作が行える。
- ・ペンの形を選び、色を選択して描画を行うことができる。
- ・イメージデータのエディットあるいは画像処理が行える。
- ・3次元画像の修正や、イメージ・スキャナやビデオ・デジタイザによってフレーム・バッファ上に取り込んだ自然画像をさまざまな形や色に加工できる。

2) 麗子

「麗子」は、NECのPC-9800シリーズやエプソンのPC-286シリーズ上で動作する3次元画像の生成ソフトで、特徴は以下のとおりである。

- ・従来数値入力で行っていた図形データの入力が、正面図、平面図、側面図+透視図のワイヤー・フレーム表示で確認しながらマウスで簡単に行える。
- ・1つのソフトウェアで複数の画像生成アルゴリズムをサポートしている。
 - ①リアルな画像を生成する「レイ・トレーシング」
 - ②高度な画像生成を目的とした「スキャンライン+ブリン・シェーディング」
 - ③大まかな形状確認用の「フラット（コンスタント）シェーディング」
- ・通常のレイ・トレーシング・ソフトと異なり、関数ではなくポリゴンデータにレイ・トレーシングをかけている。

2.3 専用機による景観シミュレーション画像の作成

ここでは、土木研究所内試走路南ループ構内陸橋、土木研究所本館の2種類の構造物についてCGソフトを用いて3次元のモデルを作成し、それを実際の景観の写真画像上に合成することを目的とした。

2.3.1 景観シミュレーション画像の作成フロー

図-2.3.1に景観シミュレーション画像の作成フローを示す。
ここで、2.2で行った作業のフローと若干順序が異なっているのは、ソフトウェアの構造上、処理手順が前後するためであって、本質的に異なるものではない。以下にこのフローの各項目の概念と内容について述べる。

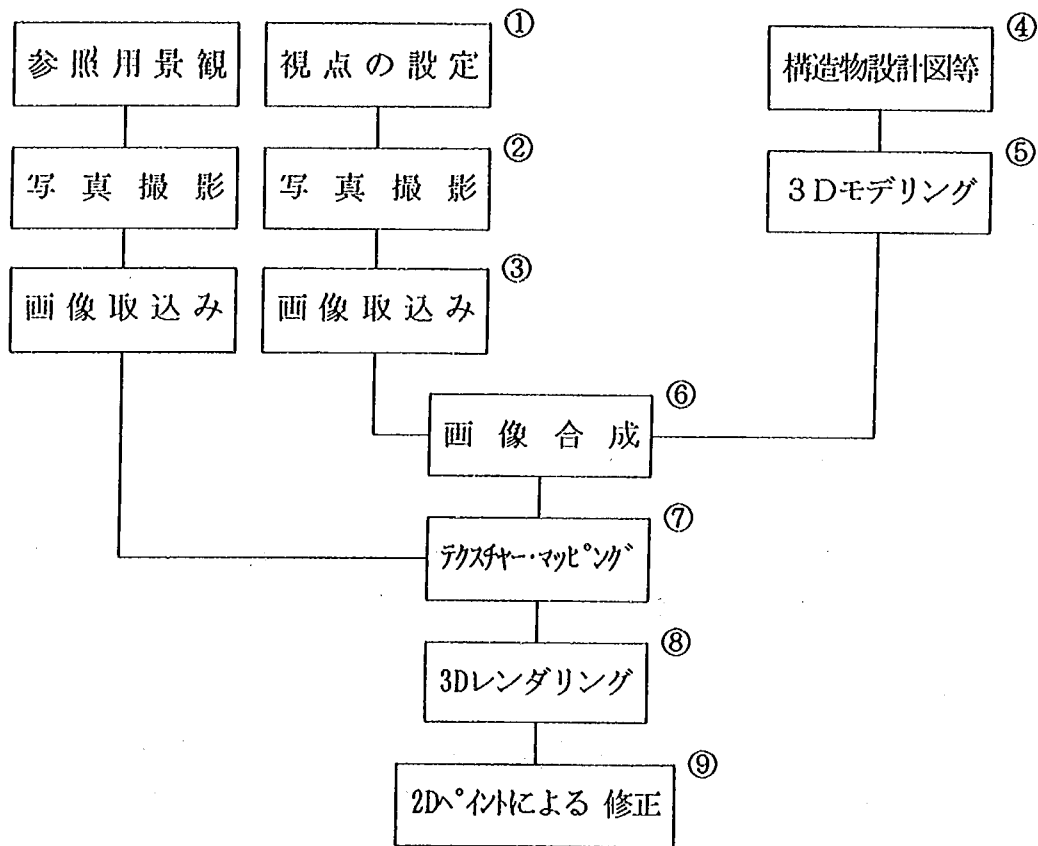


図-2.3.1 景観シミュレーション画像の作成フロー

①視点の設定

これは構造物等シミュレーションを行う対象物が実在した場合に、それを眺望することができると予測される景観のことである。

原理的にはあらゆる視点からの景観をシミュレートすることが可能であるが、一般に構造物をはめ込む位置より手前に障害物の少ない見通しの良い景観の方が以降の作業が容易となる。

②写真撮影

①の位置において現地撮影を行う。撮影メディアとしては、スチル写真やビデオ等が考えられる。後者は、水平走査線数が約 400本程度であり、また、静止画は画面のちらつき・歪み等もあるため、ここでは、比較的画像の精度のよいスチル写真をメディアとして考えた。

写真撮影の望ましい条件として以下の項目があげられる。

- ・歪みの少ないシャープな写真であること。キャリブレーション済の計測用カメラを用いることが最良であろう。
- ・撮影年月日、時刻、撮影した方角、レンズの焦点距離等を記録しておくこと。太陽光の再現のために必要な情報である。
- ・霧、雨、曇天など視野状態の悪い時を極力避けること。遠近感やぼかし処理は高等技術であり、自然な画像を作成するのが困難となりかねない。

③画像取込み

カラー・イメージスキャナーを用いて焼付けた写真をシステム内にラスター・データとして格納する処理である。

特殊な画像処理を施さない限り、ここで取込んだ画像の色調、解像度は最終成果まで保存されるため、条件の良い画像を獲得しなければならない。

④構造物設計図等

合成する構造物の形状データである。3図面方式の設計図面の他、3次元空間座標のファイル、寸法・特徴を含む見取図やスケッチ等がこれに当たるが、このデータの情報量によりモデルの仕上げが制限される。

⑤3Dモデリング

単純な図形の組合せ、及びそれらの特定方角への延長、回転により構造物の形状をワイヤーフレーム方式で表現すること。使用するソフトウェアの機能を理解し、手順を考慮しないと作成時間が遅延するのみならず、作成が困難な形状もありうる。他のCADシステム（例；AutoCADなど）においてモデルを作成し、そのデータを変換して取込む方法も有効である。

⑥画像合成

⑤で作成したモデルを回転、拡大・縮小、移動させることにより、②の撮影条件に合わせて、③の取込み画像中の適切な位置にうめ込む工程である。

従来は、製作者が②の条件と⑤の設定から「それらしい」位置に試行錯誤をくり返しなが配置する方法で行われている。このような主観的要素を排除して正確な位置にうめ込むためには、取込み画像とモデルの双方にX、Y、Zの空間測量座標系を持たせて、位置の特定をする必要がある。

それには、中心投影である写真内の空間に正射投影系の測量座標を展開しなければならない。②で述べた計測用カメラの使用によりそれは可能ではあるが、スキャナーの誤差の問題、モデルに同じ座標系を与えるための問題等、解決すべき点は多い。

⑦テクスチャー・マッピング

⑤で作成した3次元のワイヤーフレームの各オブジェクト（部品）、あるいは各ポリゴン毎の色、材質、輝度等を指定する作業工程である。R・G・Bの配合や表面パターンの発生など論理的に決定する方法もあるが、ソフトウェアに備えられているサンプルパターンを利用する方法や、さらには③で取込んだ複数の画像の一部を用いてモデルの表面にタイルのように貼込んでやる方法もある。

最も、ソフトウェアの機能及び製作者の技術により差異が生ずる工程である。

⑧3Dレンダリング

以上の工程で得たデータに光源や影、反射、ぼかし等の条件を与えて3次元の画像を作成する工程である。ソフトウェアにより使用する手法が異なるが、最もCPUへの負荷の大きい処理時間を要する工程である。

この処理をソフトウェアによる計算だけで実行すると、一般的なパソコン・システムでは1枚の画像を作成するのに数時間から長いものでは数十時間を要することになる。ソフトウェアによってはフレーム・バッファ内に搭載されたグラフィック・プロセッサ内で計算を実行するいわゆるファームウェア(Firmware、ソフトウェアとハードウェアの中間的な処理で、専用のICチップで高速計算を行うこと)における処理で、計算時間を飛躍的に短縮することが可能なものも出現している。今回、使用したTOPASがそれに相当し、数分から数十分の処理スピードを実現している。

⑨2Dペイントによる修正

⑥で合成した画像で、構造物の足許の植生、電柱、電線、看板等、本来構造物より手前にあるべき物体がレンダリング画像によって隠れてしまう場合、その修正を行う。修正は、2次元ペイントのソフトウェアで画像上に加筆する方法と、⑧の画像を部分的に切り取って③の画像に見えるようにする方法がある。

一般的に、実在する事物については後者を用いるが、前者を用いた方が容易な場合も多い。この工程は従来からのいわゆるフォトモンタージュ作業の、フィルム面に絵を書き込む手法と本質的には変

わらないことになり、どうしても製作者の技術、センス等主観的な要素に頼らざるを得ないのが実情である。

(2)作業経過

①視点の設定

対象とした2種類の構造物を合成する場所は、土木研究所内試走路南ループ構内陸橋については土研内の施工予定位置（以下第1現場と称する）に、土木研究所本館についてはつくば市竹園一丁目の現在空地となっている位置（以下第2現場と称する）とした。

②写真撮影

第1現場については前項で使用したのと同じのものを用いた（図-2.2.2、図-2.2.12参照）。

第2現場については竹園一丁目の選定地区を南東方向より撮影した（図-2.3.3）。

いずれも撮影には35mm一眼レフレックスカメラに35～70mmズームレンズを取りつけて使用した。また撮影時刻、撮影方向についても簡単な記録を残して撮影条件の復元に備えた。

③画像収込み

GP-IB (General Purpose Interface Board) インタフェースを用いて、PCに接続されたカラーイメージキャナは最大A3サイズ、300DPIまで無段階に解像度を設定できる。

カラーキャナをコントロールするソフトウェアに、指定した範囲の画像を1024×768を越えない範囲で最大の解像度に設定する機能が有ることに注目して、画像データを格納した。

第1現場ではサービスサイズのカラープリント(108mm×74mm)を使用し、解像度は200～250DPI (8～10dot/mm)を使用した(計算値)。

第2現場ではキャビネサイズのカラープリント(170mm×118mm)を使用し、解像度は150～180DPI (6～7dot/mm)を使用した(計算値)。

④構造物設計図等

第1現場、第2現場ともに入手した以下の設計図面を用いた。いずれの図面も縮尺は原図のものである。

a)第1現場について

2.2で使用したものと同一

b)第2現場について

北立面図 (図-2.3.4)

西立面図 (図-2.3.5)

南北断面図 (図-2.3.6)

屋上平面図 (図-2.3.7)

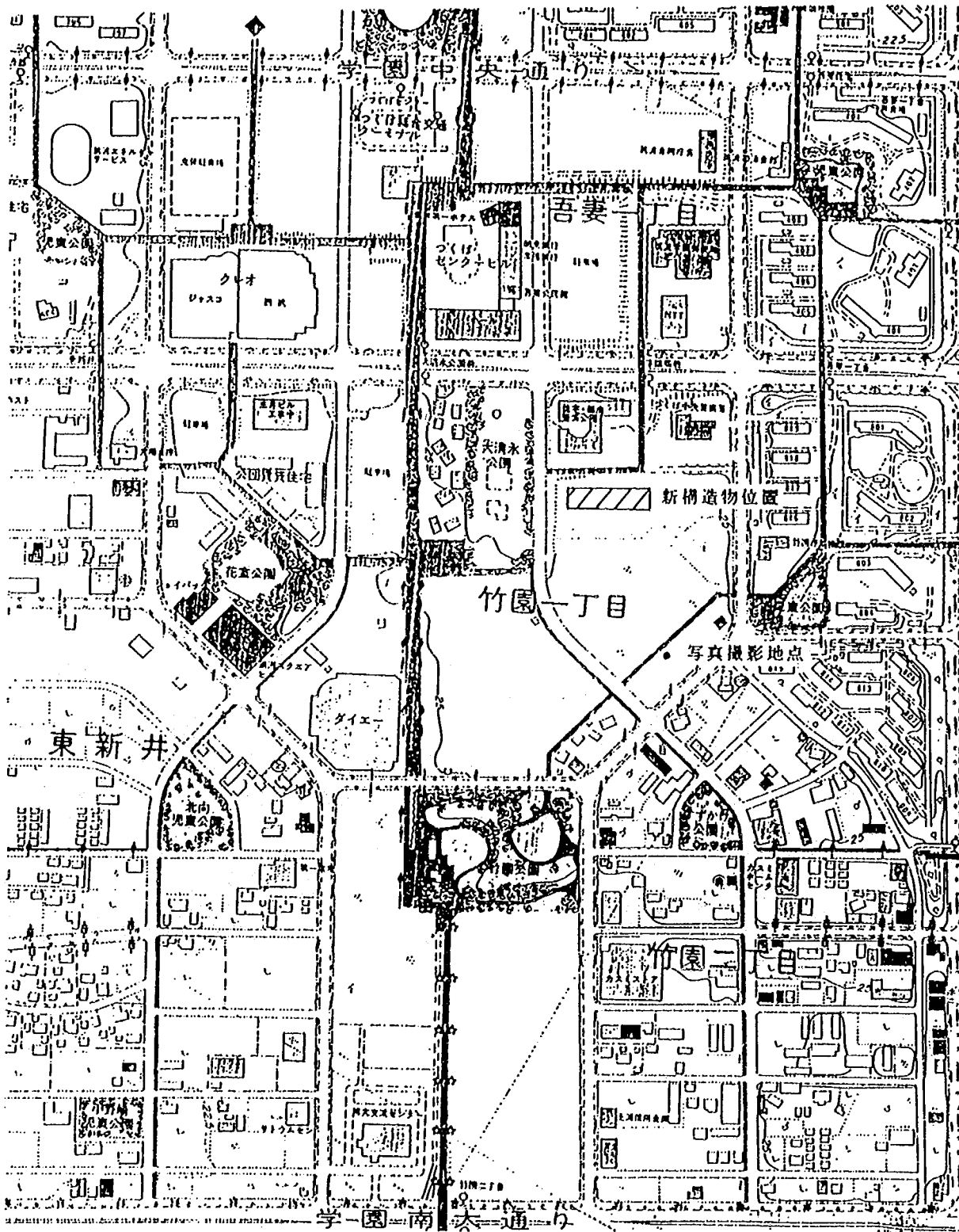


図-2.3.2 第2現場周辺の地図

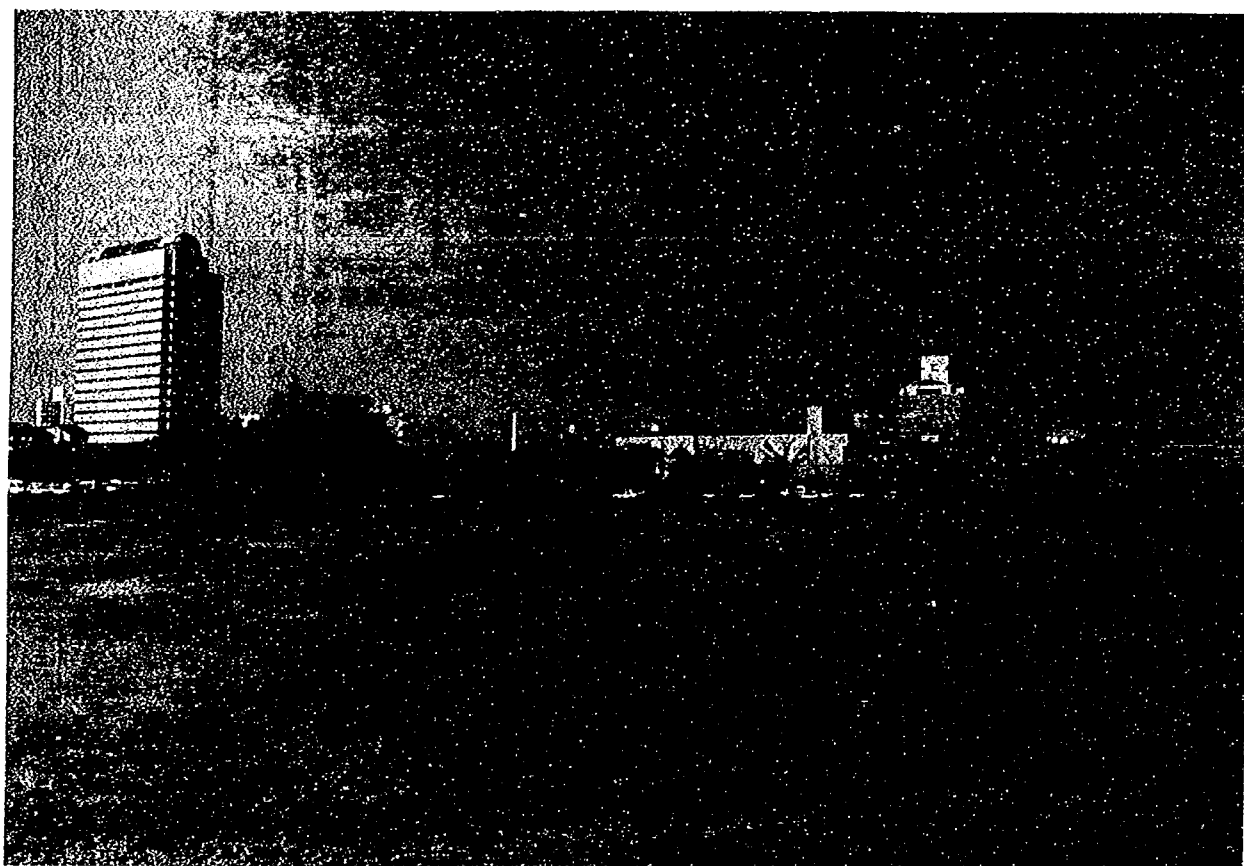
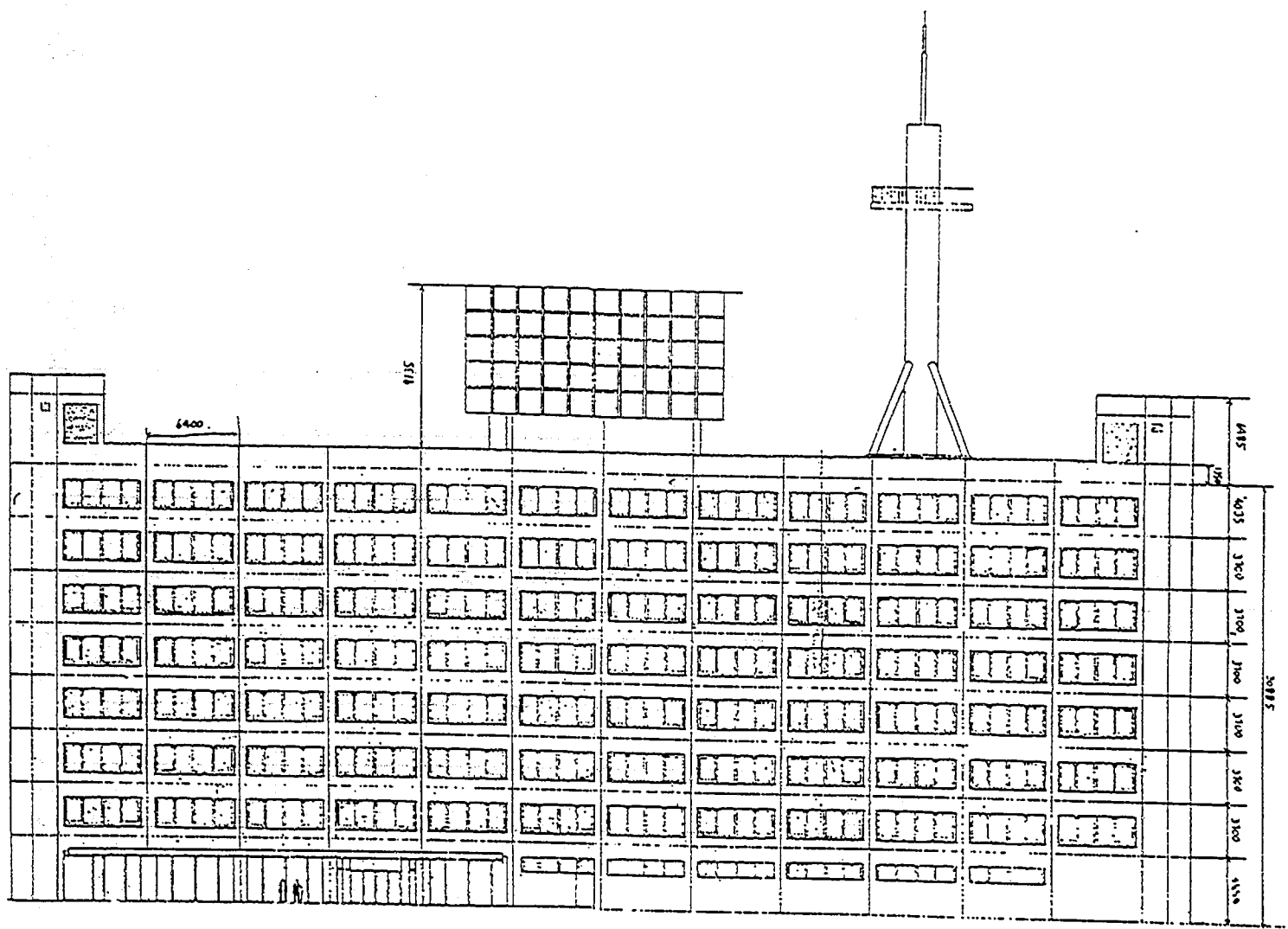


図-2.3.3 第2現場の写真



北立面图

图-2.3.4 第2现场北立面图

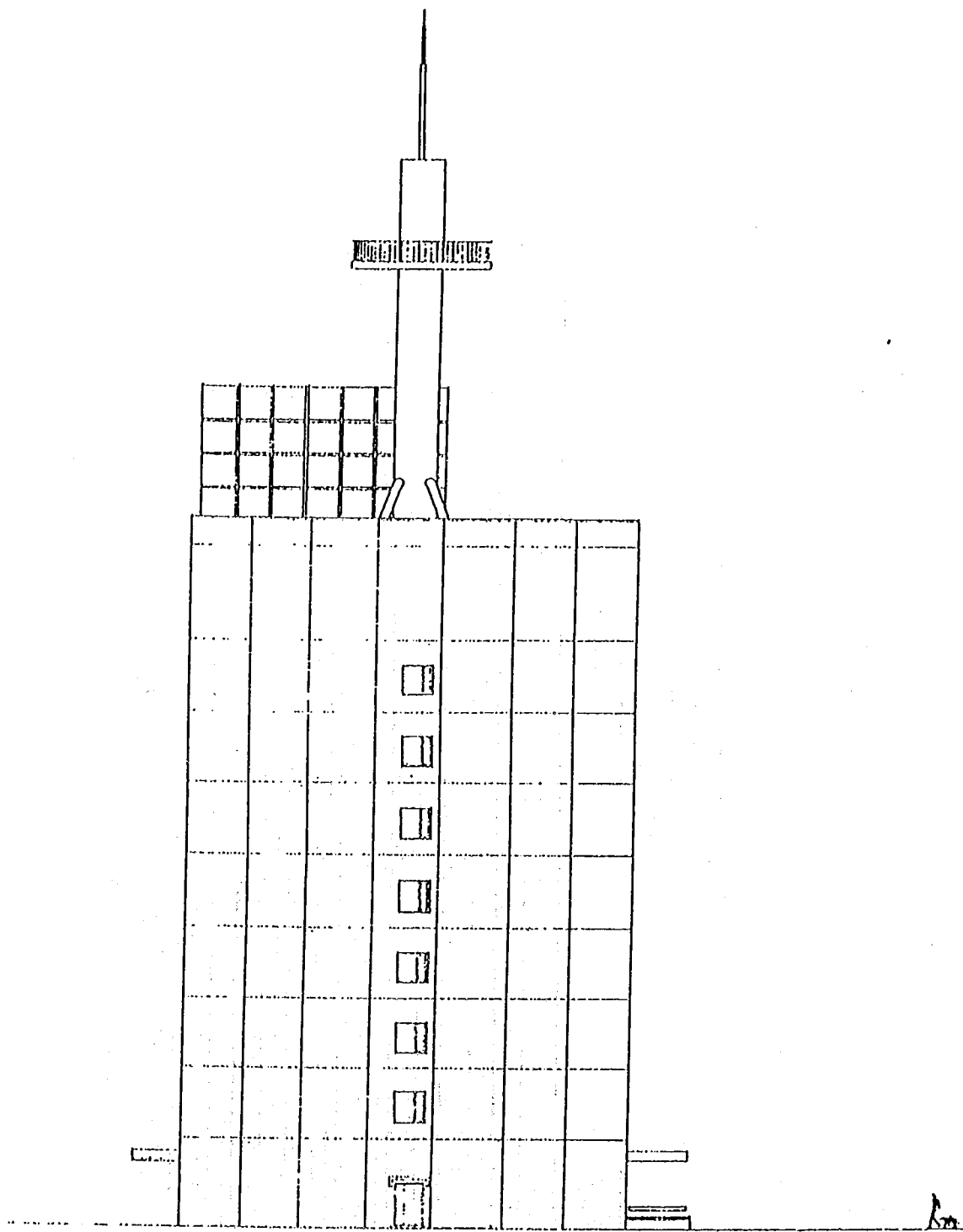


图-2.3.5 第2現場西立面图

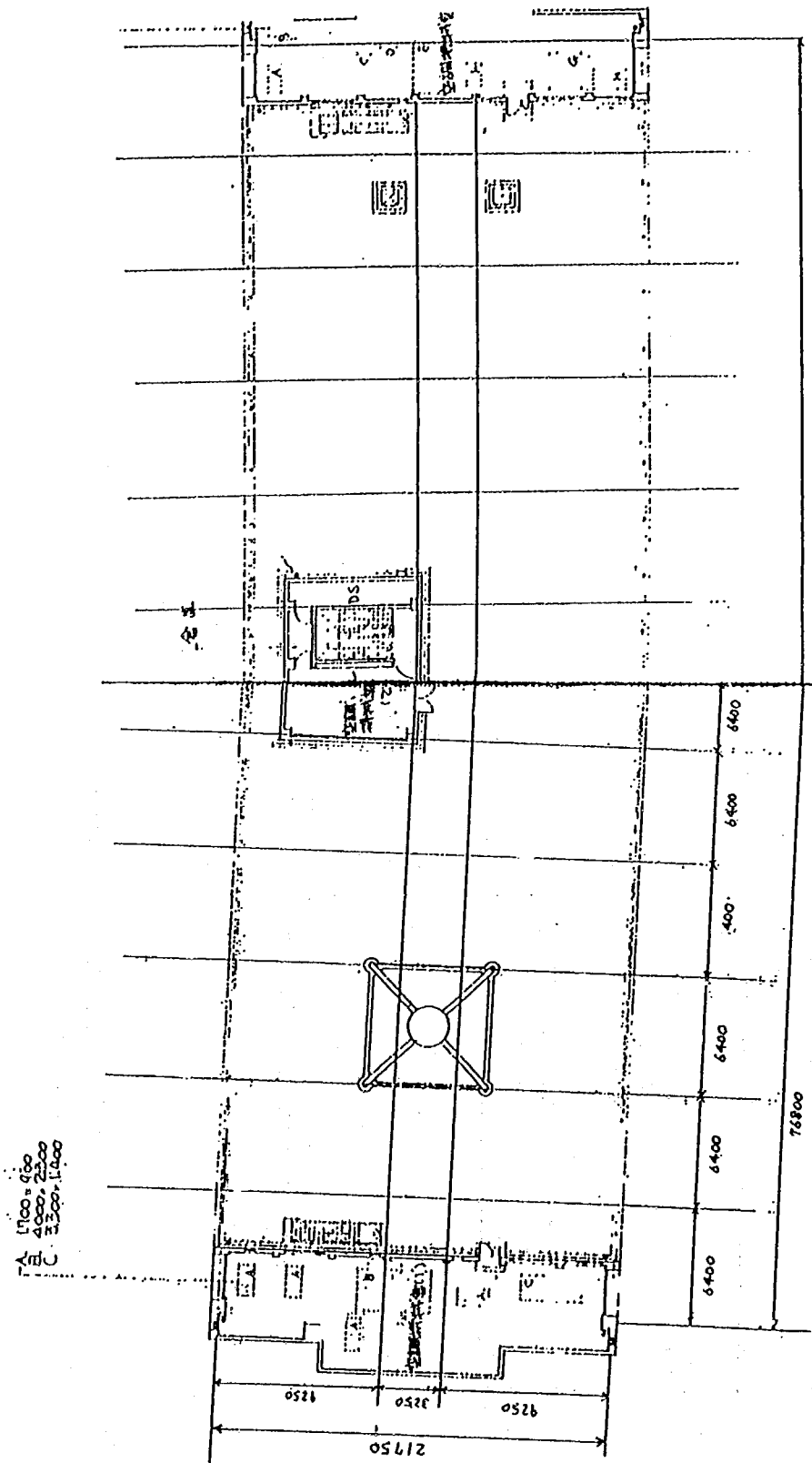


图-2.3.7 第2现场屋上平面图

⑤3Dモデリング

対象とした構造物は、いずれもほとんどが直線によって構成されており、TOPAS によってモデルを構築したが、今後複雑な形状の物体を構築する、あるいは複数の物体を互いの絶対座標を含めて構築する際には、AutoCAD 等の他システムからデータを取り込むのが有効であろうと思われる。

TOPAS においてはモデルの構築には BUILD というコマンド群が用いられる。この中には、円・球・矩形・立方体といった定型の図形、さらに線と線によって囲まれたポリゴンの形状を発生させるコマンド、それらの引延し・接合・複写等により複雑なモデルを作り出すコマンド、曲線を発生させるコマンド、部品毎のヒエラルキー構造を設定するコマンドがある。

これらのコマンドにより部品(OBJECTS)を作成し、EDIT コマンドにより各部品を結合してモデルの構築を行った。図-2.3.8及び図-2.3.9に完成した3Dモデルを示す。

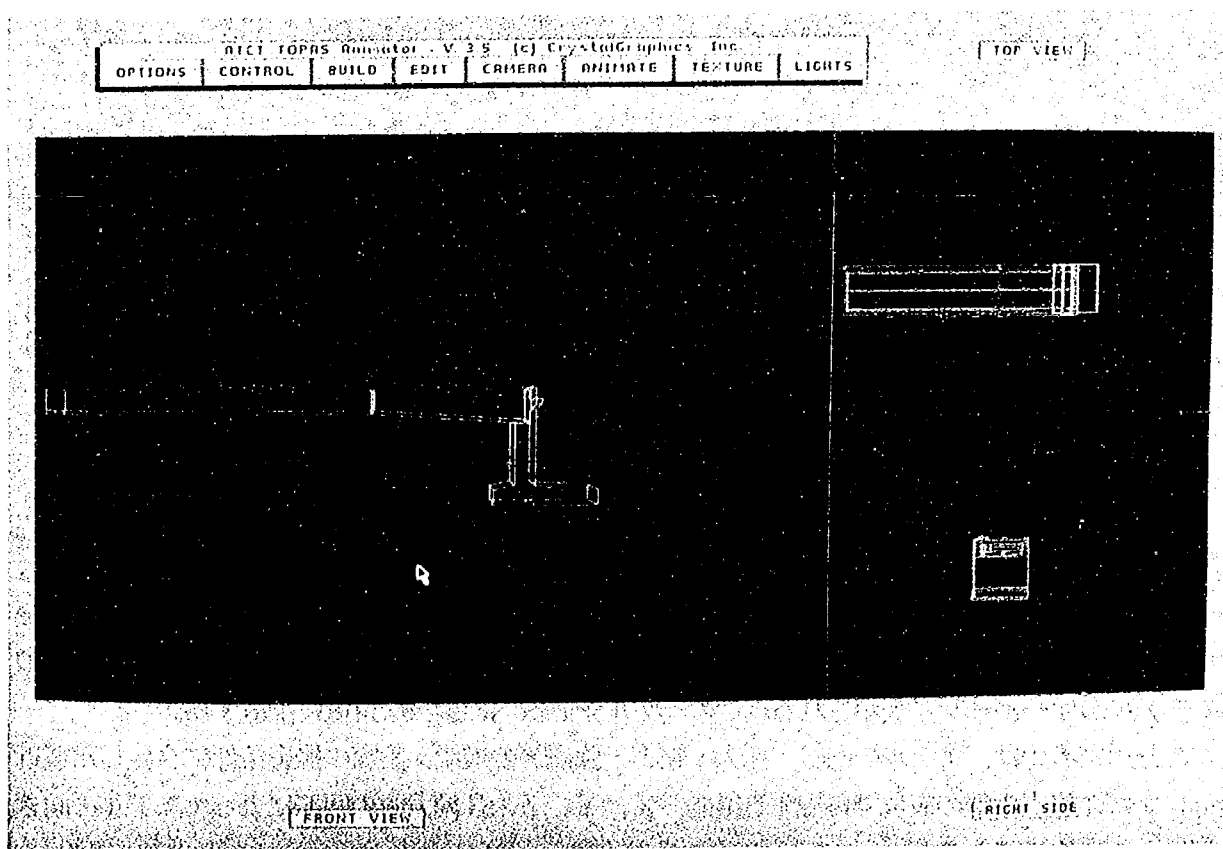


図-2.3.8 第1現場の3Dモデル

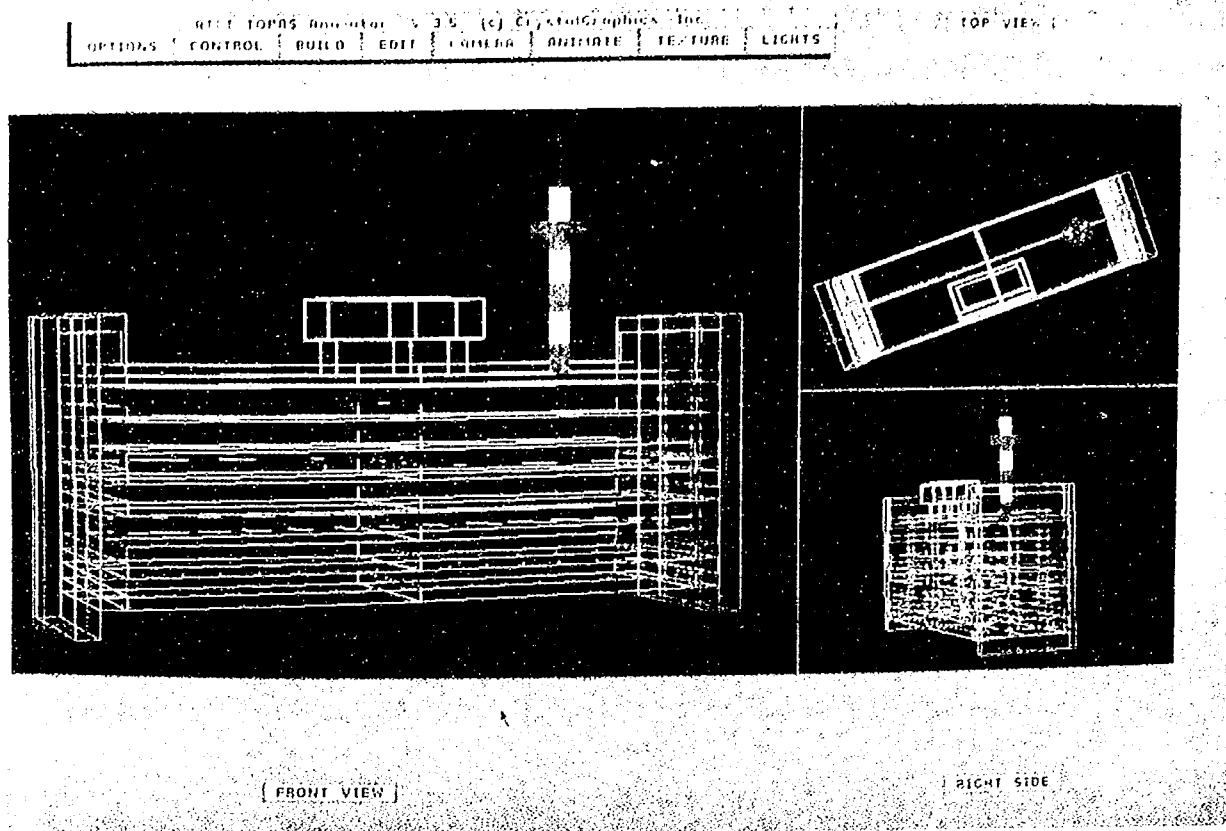


図-2.3.9 第2現場の3Dモデル

⑥画像合成

③で取り込んだ画像データをロードし、そのデータをバッファに入れておく。次に、その画像を背景画像として設定し、その状態で3Dモデルをロードすると、背景画像上にワイヤーフレームの形でモデルがオーバーレイ表示される。このモデルを画像内の適当な位置に配置する。

ここで用いるのは、モデルの回転・拡大・縮小・強調等の機能、実際の撮影条件に合致した遠近感をレンズの焦点距離の表現で再現する機能、X、Y、Zの3軸方向の回転によってモデルの向きを調節する機能等である。

また、適切な位置に近づいてきた後は、ローカルで拡大・縮小を行いながらより細かな整合を図っていく。このローカルのズーム機能は ATVISTA4Mボードが単なるフレームバッファではなく、グラフィック・プロセッサも搭載していることから実現できるものである。

以上の作業の結果、合成された画像を図-2.3.10、図-2.3.11に示す。

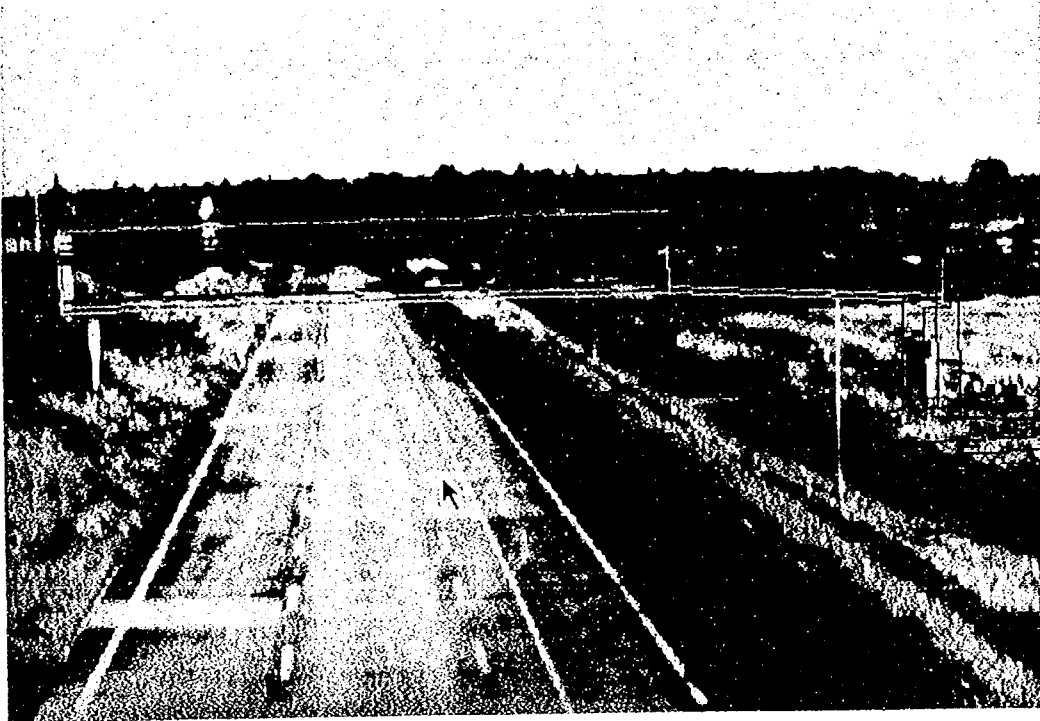


図-2.3.10 第1現場における合成画像

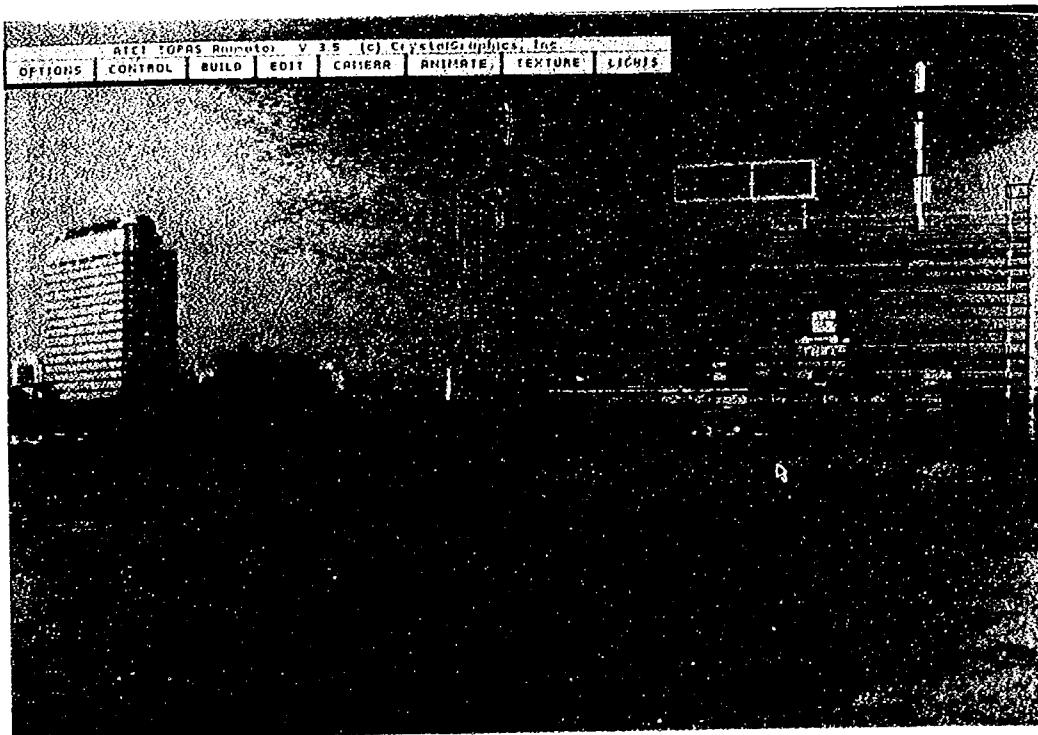


図-2.3.11 第2現場における合成画像

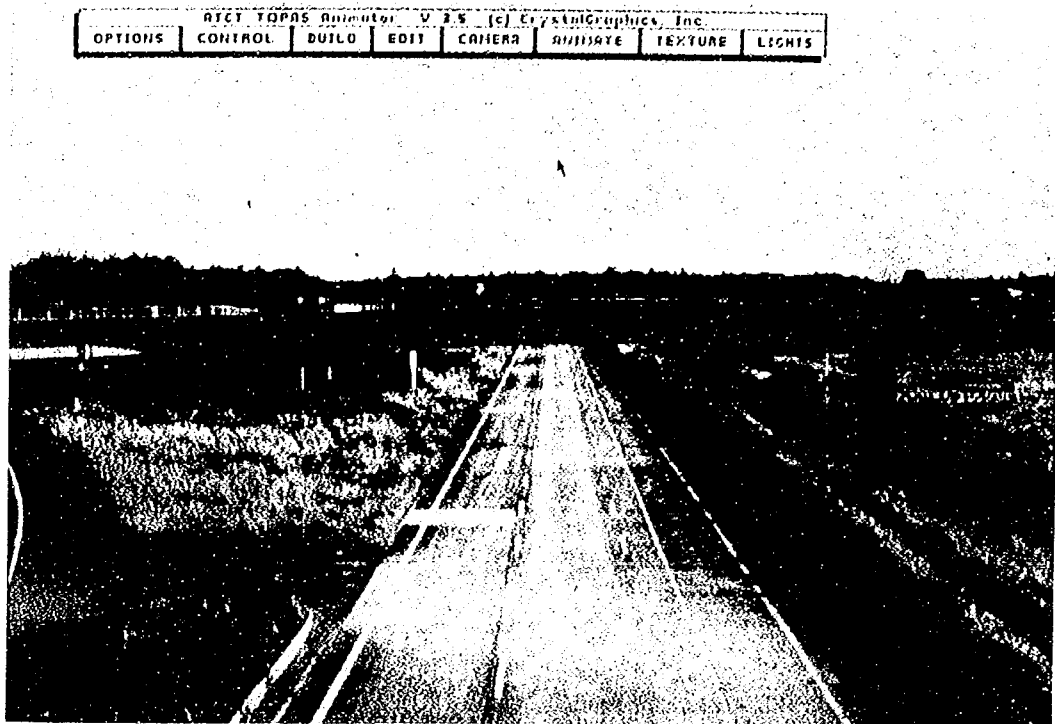


図-2.3.12 第1現場における作品

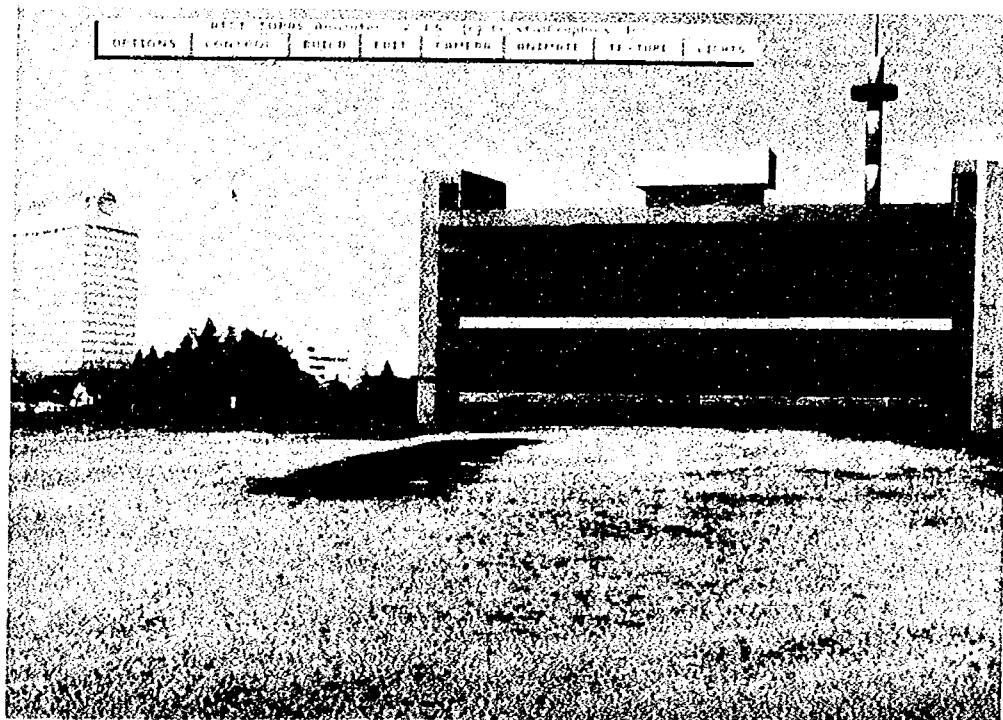


図-2.3.13 第2現場における作品

⑦テクスチャー・マッピング

ここでいうテクスチャー・マッピングとは、⑥までで作成した新構造物の色合い・材質・質感を指定するための作業である。

TOPAS においては R,G,Bあるいは Yellow,Magenta,Cyan の組み合わせ、さらに脚度・粗度・拡散係数 (I.I.L.S.)、透明度の組み合わせ、サンプルとしてソフトウェアに備わっている各種金属や石材、プラスチックなどの材質を利用して設定することができる。

しかし、一番手軽に不自然さの無い画像を作成するのに有効なのは、参考となる写真の一部分を切り出して、それをあたかもタイルのようにモデルの各ポリゴンの表面に貼り付ける手法である。ここでもこの手法により色合い・材質の設定を行った。

⑧3Dレンダリング

立体感のある画像とするために、採光 (ライティング) の設定を行う。TOPAS では点光源のさまざまな組み合わせに加えて、太陽光を緯度・季節・時刻・方向・天気に応じて設定することができる。さらに、霞や霧、霧といったぼかしの処理、影のファクター、コントラストの設定、必要があれば反射光のことまで指定することができる。

以上の設定終了後、レンダリングを実行する。所有時間は第1現場のような単純なもので2~4分、第2現場のようにポリゴン数が多くなったもので、6~10数分程度であった。当然上述のぼかしや反射などのオプションを加えるほど、処理時間は増大することになる。

最終出力は、熱転写型のハードコピー装置で出力するとともに必要に応じてグラフィック・ディスプレイを撮影することによりスライドや OHPにも出力した。

⑨2Dペイントによる修正

本来、構造物が接地しているところは植生や地面の凹凸、さまざまな障害物で隠れたりして、直線状の形状を保存することはありえないといっても過言ではない。そこで、それらの処理を施すのがこの工程である。

修正は、①レンダリング後の画像の一部を切り取って背景画像のその部分が見えるようにする方法、②2Dのペイントソフトウェアを用いて修正・装飾を上書きする方法が考えられる。いずれの方法も、より完全なものを目指せば目指すほど、この工程の比重は大きくなる。

ここでは、後者の方法により修正を行った。最終成果を図-2.3.12及び図-2.3.13に示す。

2.3.2 システム構成

(1)ハードウェア

ホスト・コンピュータには、IBM PC/ATコンパチブルの32bit スーパー・パーソナル・コンピュータを用いた。使用OSはMS-DOS ver3.21である。CPUはインテル社の80386で、80387 数値演算コプロセッサを使用、クロックは20MHzである。メインメモリ640KB、拡張メモリ1,280KBに加えて、4MBのRAMボードをEMS (Expanded Memory Specification) として使用した。内蔵ハードディスクは70MB、これに光磁気ディスクドライブ装置 (片面 293MB) を取付けた。

画像入出力のフレームバッファには、1,024×1,024×32bit のメモリー空間を持ち、高速グラフィック・プロセッサ及び、A/D、D/Aコンバータを搭載したボード (Truvision ATVISTA4M) を用いた。このボードはパソコン内のATバスに差し込まれており、このシステムの中核的な役割を果たしている。

カラー・イメージスキャナーは最大300DPIまで無段階の解像度を持つCCDセンサーを用いたものである。前述のフレーム・バッファ・ボードを経由して一度に4MBまでの画像をディスクに取り込むことができる。

画像の表示にはアナログのNTSC信号を用いている。RGB及び水平同期の4信号系統はハードコピー装置を経由した後、1,024×768ドットの解像度を持つ20インチグラフィックスディスプレイに出力される。

以上の構成をまとめたものが図-2.3.14である。

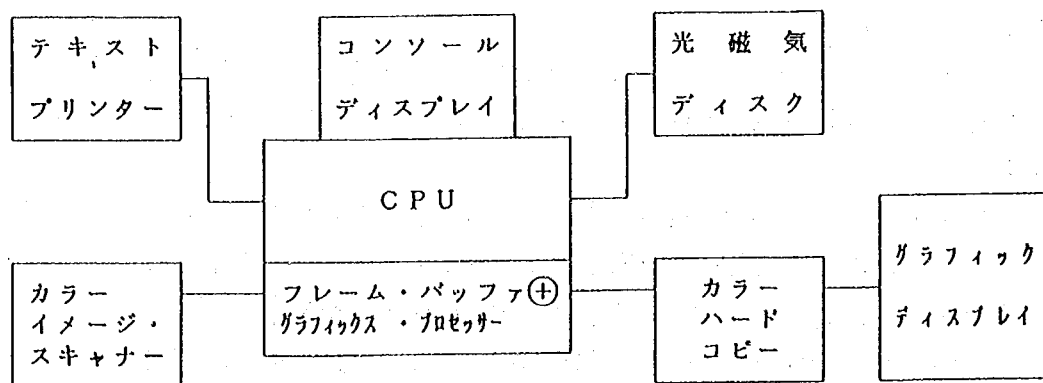


図-2.3.14 TOPASシステムのハードウェア構成

(2)ソフトウェア

ここで用いたソフトウェアは米国AT&T社製のTOPAS(Three-dimensional Object Processing and Animation Software)である。

このソフトウェアの特徴は、以下のとおりである。

- ① ディスプレイ上に表示されるメニュー画面からプルダウン方式のサブメニューにより機能が選択でき、操作性がよい。
- ② 3次元モデリングには、ワイヤーフレームを用いており、最大ポリゴン数は16,000個、複数のオブジェクトを結合させることによって複雑な形状を構成することができる。
- ③ 背景画像や別の画像ファイルより取り込んだイメージを用いたテクスチャー・マッピングや透明感、フォグ効果、反射のマッピングが可能。
- ④ 光源の設定は点光源のバリエーションの他、太陽光を季節、時間、方角に即して設定できる。
- ⑤ 代表的なCADシステムの1つであるAuto CADで作成したモデルを取り込むことができる。
これにより、より複雑な設計図面や航空写真図化機のパデータを引いてレンダリング、アニメーションを行える。

2.4 考察とシステム評価

2.4.1 考察

設計図からのデータの入力作業については、データ量により入力時間等は変化するが、基本的には、データのフォーマットも複雑ではなく、入力もマウスによりリアルタイムに確認しながら操作を行うことができるため比較的容易である。また、全体的な操作性についても、パソコンの知識がなくても十分に扱えるものであった。

CGのレンダリングの計算時間と表示時間の関係は、今回使用したソフトでは“PIXEL”と“REF”というメニューの選択により大きく変わってくる。“PIXEL”とは、画像の解像度である。これは、1,4,9の3種類のモードが選択でき、数が小さいほど解像度は細くなるが、計算時間は増大する。一方“REF”は、反射・屈折の計算回数である。これには1~9の9種類のモードがあり、数が大きくなるほどリアルな画像になるが、計算時間は増大する。

したがって、色合いなどの雰囲気をつかみたいときなど、高速に結果を必要とする時には、“PIXEL”を9、“REF”を1に設定する。一方、完成したモデルを表示するなどの画像をリアルに表示させたい時には、“PIXEL”を1、“REF”を9に設定する。

今回の事例ではプレートガーター橋という比較的単純な構造物であったが、高速モードで約1.5時間、低速モードでは約17時間を要した。これは実際の業務の観点より見れば、大きなロスとなる速度といえよう。

画像の質感等についての評価は、製作者の感性に頼るところが多く、定量的には判断できないものである。しかし、合成した新景観の画面を見ても今回作成したCGと実景観とは違和感はないといえよう。

2.4.2 システム評価

(1) パソコンによるシステムの評価

システムの価格については、我が国では極めて一般的であるPC-9801あるいはその互換機を使用することができるため、増設ボードや周辺機器を付け加えるだけで比較的安価にシステムを実現できる。ソフトウェアも国産のソフトであり、いわゆるパソコンソフトとして特に高価なものではないと考えられる。

使用性については、ソフトウェアになじむまで若干時間がかかるものの、さして難解な使用方法ではない。マニュアルも説明不足な部分もあるが国産ソフトであるため日本語で書かれており、まずまずの使用性であるといえよう。

機能については、基本的な機能は十分と思われるが、処理速度の遅さが大きな問題点である。

(2) 専用機によるシステムの評価

価格については、パソコンシステムとしてはかなり高価なものである。ソフトウェアも我が国でパソ

コンソフトとして出回っているものと比べると、かなり高価なものといえよう。

使用性については、パソコンシステムと同様にソフトウェアの性格上なじむまでに時間がかかるが、プルダウンメニュー方式で操作性は高い。マニュアルは英語のものしか無く、それも一般的な米国のソフトウェアマニュアルと比べると不親切で分かりにくいものと感じられた。

機能については、パソコンのシステムとしては極めて充実しており、処理速度も満足のいくレスポンスを実現している。

3 景観シミュレーションの動画化に関する検討

3.1 動画技術の動向調査

従来、動画といえばアニメーションのことをさすという感覚があったが、現在は、アニメーションだけでなく、リアルタイムシミュレーション及びリアルタイムプレゼンテーションという技術も包括するようになっている。以下では、アニメーション技術の進歩に大きく係わってきたコンピュータグラフィックの技術動向及び、アニメーションの技術動向について述べる。。

3.1.1 コンピュータグラフィックスの技術動向

視覚情報は、図形情報と文字情報に分けることができる。両者の特徴は表-3.1.1に示すとおりであり、図形が極めて具体的に事物の情報を提供するのに対し、文字は抽象的な表現を通じて情報を伝達する。いい換えると図形が直感に訴えるのに対して、文字情報は論理的な展開を通して、その目的を達成する。一般的に、図形は能率よく情報を提供し、文字（数値も含む）は厳密な情報を提供するのにもっているといえる。

表-3.1.1 図形情報と文字情報

図 形	文 字
具象的	抽象的
直感的	論理的
全体像→詳細	部分→全体像
多次元的	1 次元的 (順序的)
高能率	厳密性
錯覚	誤解

コンピュータの内部には、この文字情報の集合体が構築されており、この集合体を映像化し、全体像を表現手段としてコンピュータグラフィックが広がってきた。

コンピュータグラフィックスの技術動向をみると、図-3.1.1に示すように、①人工現実の表現方法、②人工現実感、③仮想世界と人間のインターフェースといった研究が行われており、今後、見えにくいものを見やすいようにしたり、作り上げるものを事前評価したり、さらに事象の本質を見抜く（推定）等のシミュレーション的な利用を目的として発展していくものと考えられる。

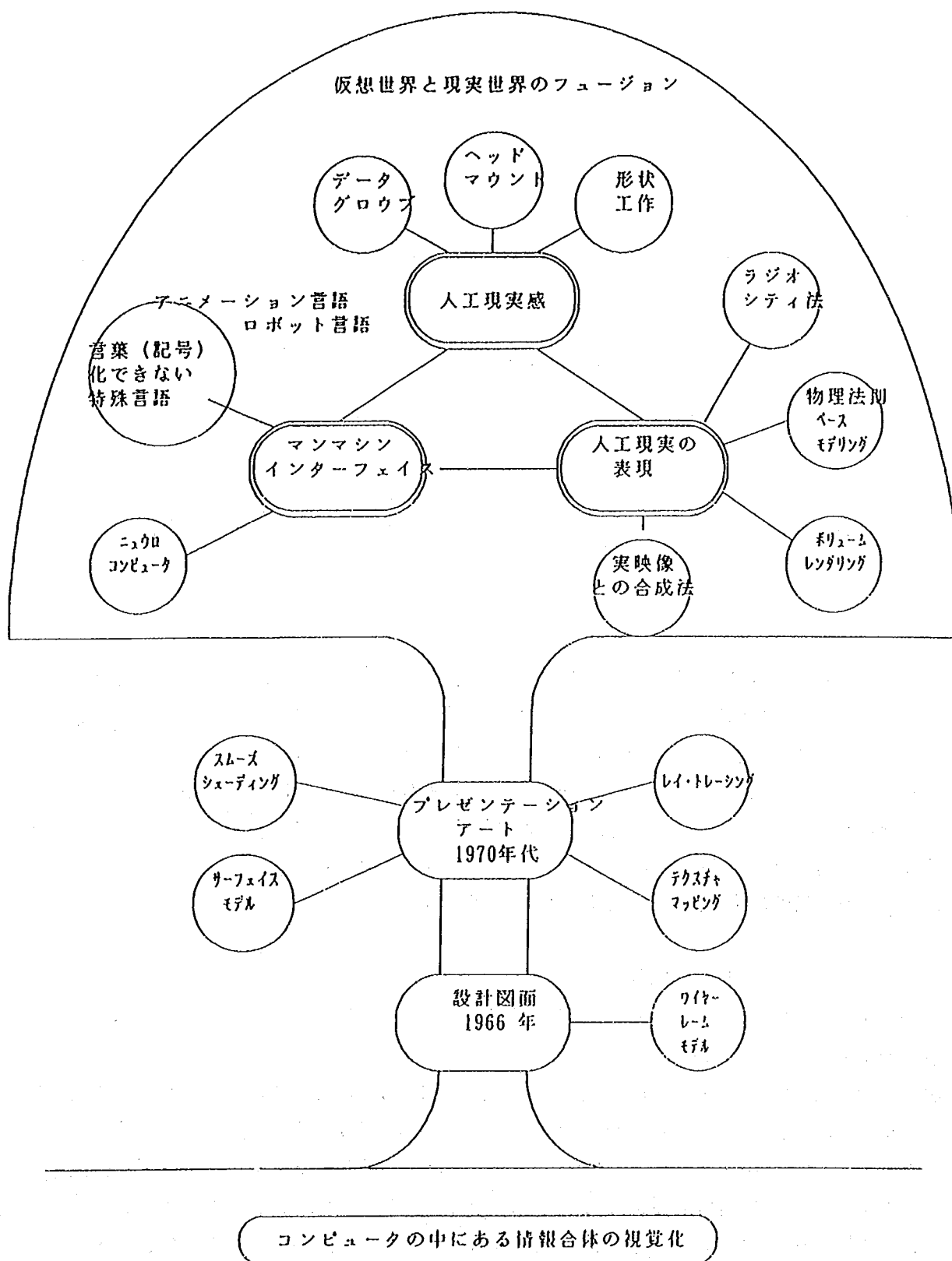


図-3.1.1 コンピュータグラフィックスの技術動向

(1)人工現実の表現

人工現実の表現を行うための技術手法及び、その概要は表-3.1.2のとおりである。

表-3.1.2 人工現実の表現の技術動向

技術手法	概 要
ボリュームレンダリング法	3次元の骨格・表面の表現だけでなく内部の状態を表現するレンダリング方法。
物理データベースモデリング法	コンピュータアニメーションでは、現実世界に近似させるために、自然界を支配する諸法則をモデル化する方法。
ラジオシティ法	1つの情景を構成する面と面の関係から、光の反射・拡散をより正確に算出し、現実性の高い表現をする方法。
実映像との合成法	実映像の中にコンピュータグラフィックスで製作したイメージをはめこみ、現実世界に調和した映像を表現する方法（詳細は3.1.3で述べる）。

(2)人工現実感

人工現実感 (Artificial Reality): ARは、現実感を持った3次元世界をコンピュータ内に作り出す技術で、この仮想世界を通じてコンピュータにアクセスできるためコンピュータならびにそれとつながったあらゆるデバイスの操作性を飛躍的に向上させることが可能である。

このARを実現するためには、人間の五感をなるべくスムーズにコンピュータに置き換えなくてはならず、それぞれのインターフェイス技術が必要になってくる。その中で、視覚に相当する部分の役割を果たすことを期待されているのが3次元リアルタイムCGシステムである。

次にそれぞれの目的に応じたシステムについて概説する。

①DATAGLOVE (データグローブ)

「DATAGLOVE」は、磁気センサや光ファイバーセンサにより、リアルタイムに人間の手の動きを測定する(図-3.1.2参照)。

図-3.1.3のように、ソース(直交コイル)に交流を加えることにより発生した磁界中にセンサ(直交コイル)を置くと誘起される電流の大きさをコンピュータ処理することにより、位置データ・角度データを出すものである。また、光ファイバーセンサは、特殊な光ファイバーケーブルで出来ており、指の角度を測定するのに使用されている。通常ファイバーケーブルは曲がっていても光を通過させるが、ここで使用されているものは、曲がると光を外に漏らすので、指を曲げるとフォトセンサに届く量は少なくなる。この光量を測定して、関節の角度を計算するのである。

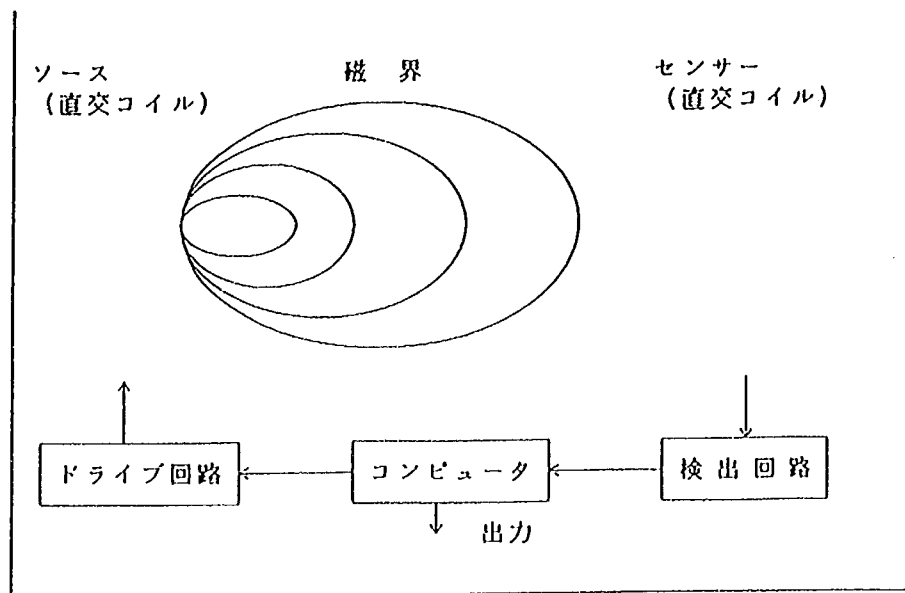


図-3.1.2 DATAGLOVEの原理

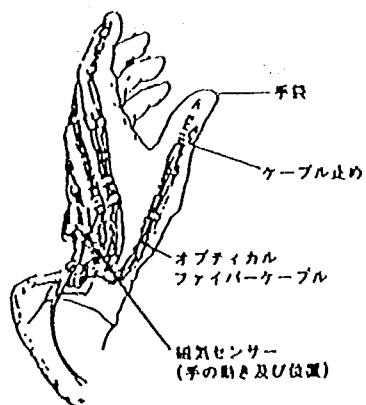


図-3.1.3 センサ

②DATASUIT (データスーツ)

DATASUITは、DATAGLOVEを発展させたもので、磁気センサや光ファイバースensaのほか、ポテンションメータや圧力センサにより、足の体重のかかりかたも計測できるようになっている。体全体で66自由度のデータをリアルタイムで測定することが可能である(図-3.1.4参照)。このシステムは、人間の体の動きをコンピュータに伝えるインターフェイスとして注目されている。

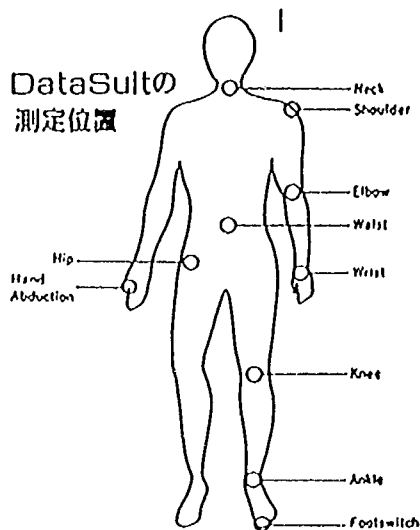


図-3.1.4 DATASUITの測定位置

③3次元モデリング・ソリッドクリエーション

3次元データから直接3次元物体を生成するシステムで、レーザーと紫外線硬化樹脂による光学的造形法の技術を採用することにより、CADデータから直接に、短時間のうちにデザインルーム環境で立体モデルを作成することができる。

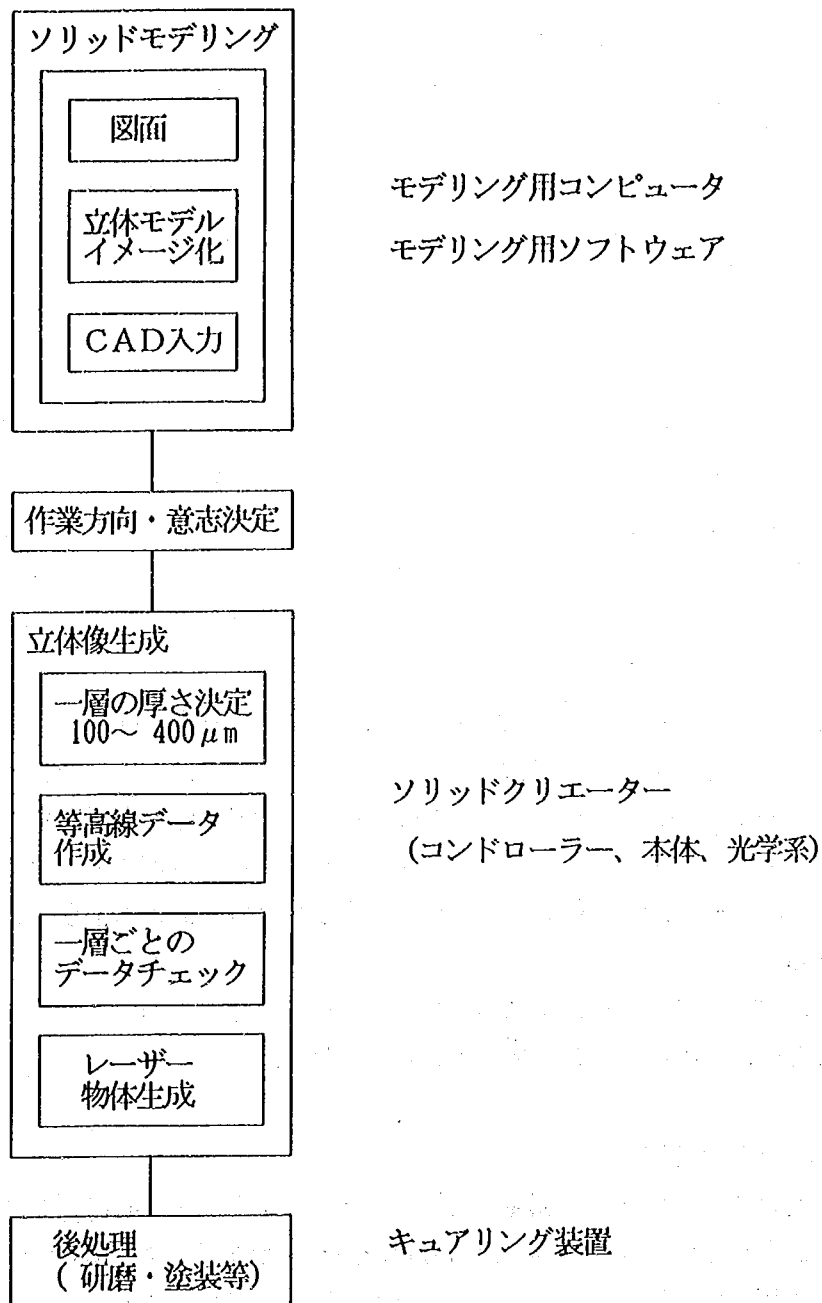


図-3.1.5 ソリッドグリエーション工程

(3)マンマシーンインターフェイス

人工現実の世界では「なめらか」な動きに対応する記述の方法の研究が行われている。言葉（記述）化できない表現が求められている人工現実感、この仮想世界と人間のインターフェイス技術の開発の重要な課題となっている。人工現実感が「直接的」な人間とのインターフェイスであるのに対し、ここでは、コンピュータグラフィックスで映像を作成する際の「間接的」な人間とのインターフェイスを対象とする。すなわち、言葉（記号）化できない特殊言語の開発であり、例えば、ロボット言語、アニメーション言語といったものである。以下では、コンピュータグラフィックスとの関わり合いが深いLISPとオブジェクト指向のプログラムについてまとめ、さらに今後、この開発につながる話題としてニューロコンピュータについて概説する。

①LISP

LISPは、1962年にMITの人工知能グループが、J. McCarthyの理論に基づいて開発したリスト処理のための計算機言語であり、数式処理、自然言語翻訳、定理の自動証明などの記号処理の領域で重要な役割を果たしてきた。リスト処理は、階層構造をした不定長データ処理のことであり、CGにおいても対象のモデリングや、オブジェクト空間で処理をする表示アルゴリズムには欠かせない処理である。

3次元CGに対する関心が、静止画から動画へ広がり、対象のモデリングや運動制御、行動や台本の抽象的な記述と処理などオブジェクト空間でのリスト処理の必要性が増加すると、CGの研究開発におけるLISPの重要性が高まると考えられる。

LISPによる数式処理の応用例として、多面体細分割によって得られる多面体を、その滑らかさを保ちながら、希望する形状に変形する手法がある。一つは、細分割前の多面体（制御多面体）を必要に応じて変形した後、その変形に従って細分割後の多面体（細分割多面体）を変形する順変形の操作で滑らかさを保ちながら変形する対象のアニメーションの作成や、対話処理による曲面設計の効率化に適している。他の一つは、細分割多面体の一つの頂点が指定した位置に来るように制御多面体を変形する逆変形操作である。

まだ、実例としては少ないが、今後、特にコンピュータグラフィックスの動画への研究の中では、一つの技術的な重要な位置づけをもつことになると考えられる。

②オブジェクト指向プログラミング

従来の手続きを中心とするプログラム開発に対して、オブジェクトを中心にプログラム開発するオブジェクト指向の言語としては、Smalltalk, Flavor等がある。オブジェクト指向の考え方は、人工知能や知識工学の分野で用いられる手法と関連が深いとともに、複雑な対象物（オブジェクト）のモデリングと操作性を必要とするコンピュータ・グラフィックスにおいても有益なパラダイムである。

コンピュータ・グラフィックスでは、点、線分、多角形、多面体のようなクラスの異なるオブジェクトの各々に対して、平行移動、回転、表示など種々の操作が存在する。例えば、同じ平行移動という操作でも、点には、move-point、線分には、move-line、多角形には、move-polygonという具合に、オブジェクトのクラスのクラスに応じて専用の手続きを使い分けなければならない。そのために

は、操作とクラスから必要な専用手続きを求める表-3.1.3が必要になるが、オブジェクト指向プログラミング言語には、汎用操作 (generic operation)の機能があり、これらの表の管理と専用手続きの使い分けを処理系がやってくれる。また、下位クラスのオブジェクトが、より一般的な上位クラスのメソッドを利用するための継承機能があるのも特徴である。

表-3.1.3 操作とクラスから専用の手続きを求める表

		オブジェクトクラス		
		point	line	polygon
汎用操作	move	move-point	move-line	move-polygon
	rotate	rotate-point		
	diplay			

③ニューロコンピュータ

生物の神経系の仕組み、人間の脳神経系の仕組みを工学的に実現し、情報処理を行おうとするニューロコンピュータが、最近注目を集めている。学習や推論の仕組みをコンピュータで実現しようとする研究も行われ、種々の成果が得られている。現在ではソフトウェアによるシミュレーション、ハードウェアボードによるエミュレーション、そしてニューラルネットワークのハードウェア化などの手段によりニューロコンピュータを実現し、そのニューロコンピュータを使用して種々のアナログ情報処理が実施されている。

それらの中には、文字や数字のパターン認識、音声の分析や合成、そしていろいろな運動系の制御などの大きな成果が得られた仕事も含まれている。ニューロコンピュータの利用イメージを図-3.1.6に示す。ニューロコンピュータは、究極的には人間の五感処理を代行するようになると思われる。したがって、最適なマン・マシンインターフェイスを確立するには、このニューロコンピュータが必要不可欠になると思われる。

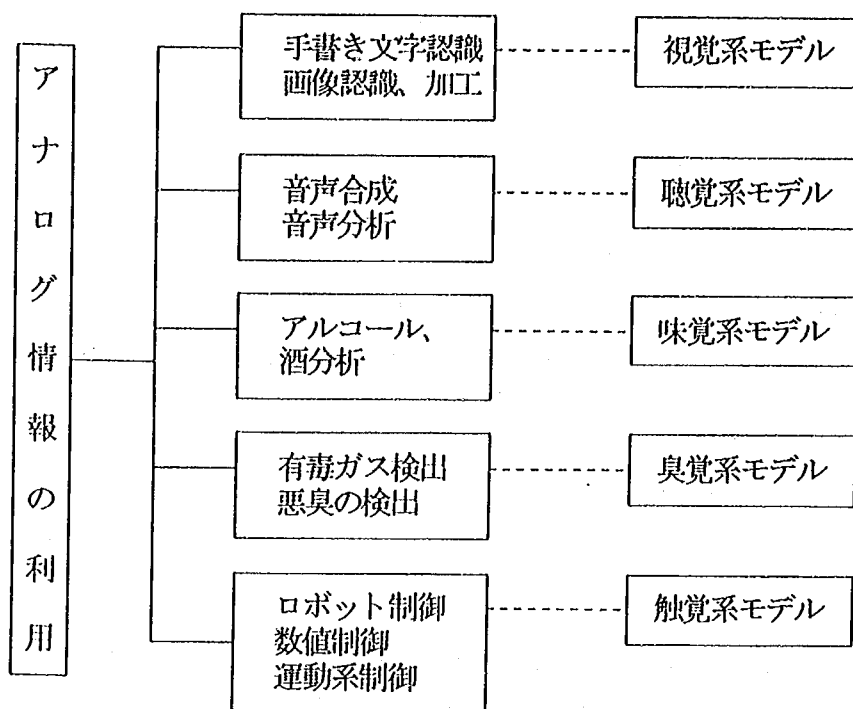


図-3.1.6 ニューロコンピュータの利用イメージ

3.1.2 コンピュータアニメーションの技術動向

(1) アニメーション技術

従来のアニメーションの製作手順(図-3.1.7 (a))は、まず、原画家が大雑把な動きの原画(キーフレーム)を描き、これをもとに動画家がそのあいだをつなぐ絵、つまり動画を描く。これが中割という工程である。内職者らにより着色(中塗り)され、次に原画と動画を別に描いておいた背景画などと重ねてコマ撮りしてアニメーションに仕上げる。

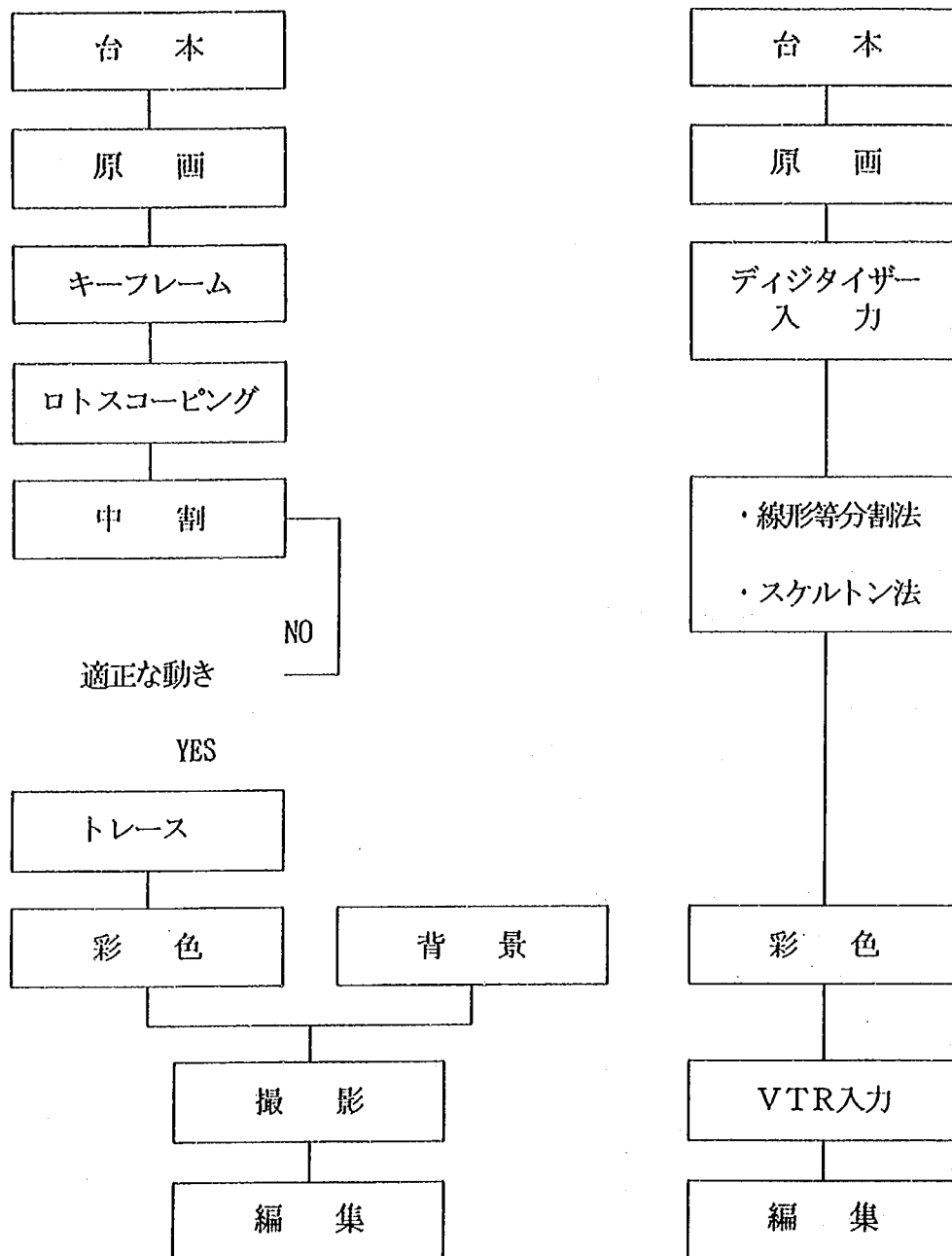
CGを使う場合は、動画から撮影までのプロセスをコンピュータで処理する(図-3.1.7 (b))。原画家が描いた線画をデジタイザーで入力する。コンピュータは2枚の原画の間をつなぐ動画をコマ数に合わせて動きを等分割して作り出す。場合によっては、動画を人が描いて入力する事もある。この後、彩色してVTRで出力・編集し、録音や効果を入れてアニメーションができあがる。

従来のセル・アニメでは、セルを描く手間の問題があり、CG技術の参入の余地がかなりあった。これは表-3.1.4に示すようなコマ数が一般的であり、例えば、15分ものの良質のアニメ(まんが日本昔ばなし)で3000から5000ぐらい必要となる事からもわかる。

キーフレームをもとにしたアニメーションでは、作品にとって重要な要素である「動き」の絵を描くのにロストコーピングという方法を用いていた。これは、アニメと全く同じ衣装をつけた人間の俳優あるいは動物に同じ動作をしてもらい、その動きを手本にしてアニメ独自の修正を加えながら原画を描いていく手法である。CGでは、2枚の動画の中割りを細かくしたり、あるいは、生き物の場合は、関節と骨格のデータを入れて、その動きの中割りを作成した後に輪郭をつけていくスケルトン法等がある。いずれの場合も、人間の想像力と感性に依存する部分が大である。

表-3.1.4 用途とコマ数の関係

用 途	コマ/秒
人間の目(残像効果)	10
映画(シネ・フィルム)	24
テレビ(VTR)	30
ビデオゲーム	32、64



(a)従来のセル・アニメ

(b)CGのセル・アニメ

図-3.1.7 製作手順

以上で述べてきたCGは2次元CGであり、私達の住む世界を人間の頭の中で平面上に投影し、そのデータをコンピュータで処理した結果である。2次元CGでは、立体の世界で何かが動く、あるいは視点や光の条件等が変化した場合、再度絵を描く必要がある。一方、3次元CGでは表-3.1.5に示すように、これらの点に関して有利である。ただし、立体の変化、物体の変形がある場合は、2次元CGでも3次元CGでも、新たにキーフレームをつくる必要がある。

2次元CGでは、動きをよりリアルにするためにロトスコーピングが用いられていたが、3次元CGには利用できない。したがって、図-3.1.8の示すように、3次元CGでは、動きを設定するために、2つの方法がとられている。

1つは、コマに時間差を与えたり、動きの情報をアニメーション言語などで設定する方法で、キーフレームとかなり似ている。2つめは、動きの法則そのものをコンピュータに入れ、人は、最初の条件を決めるだけであり、物体そのものとその動きの両方が、コンピュータの中の空間だけで、完全に再現される。これは、前述した人工現実の表現の物理データベースのモデリング法の技術の導入でもある。そして、今後は、コンピュータグラフィックスのアニメーションや造形法としては、このダイナミックアニメーションが主流となると考えられる。

表-3.1.5 2次元CGと3次元CGの利点の比較

	2次元CG	3次元CG
立体の移動	×	○
立体の変化	○	○
視点の移動	×	○
光の条件の変化	×	○

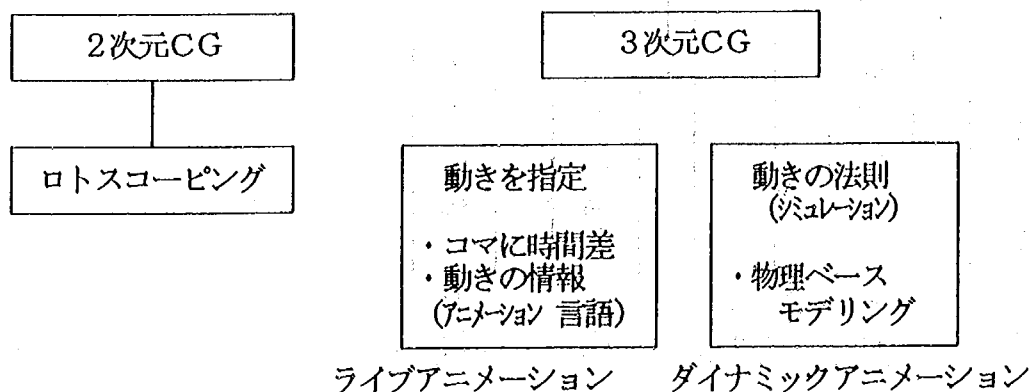


図-3.1.8 2次元CGと3次元CGの動きの設定

(2)サイエンティフィック・アニメーション

前述したダイナミックアニメーションに対して、科学研究の表現方法としてサイエンティフィック・アニメーションあるいは、サイエンティフィック・ビジュアライゼーションがアニメーションの分野で展開されている。科学計算やシミュレーションの結果は膨大な数値結果であり、コンピュータグラフィックスや画像処理でビジュアライゼーションすることによって、現象が的確に判断、理解することができる。

まず、一般的な科学技術研究活動がどのように進められていくかを考え、研究の循環過程を設定し、CGがそれぞれの段階でどのような目的のために活用されるのかを図-3.1.9に示す。

この中でビジュアライゼーションは、「解析」と「説明」という2つの目的をもつ。「解析」は問題解決のための利用であり、「説明」は内容や事実の理解を多くの人にわかりやすく伝えるためのものである。

数値データ解析の方法としては、①従来までのような「数値データ解析」、②形状モデルをメッシュ分割・線画の密度等で表現する「幾何データ解析」、③形状の上に温度分布・応力分布等をカラー区分してわかりやすく表現する「イメージデータ解析」、④時間的な要素を取り入れた「アニメーション解析」がある。これらの解析が、どのような関係をもっているかを図-3.1.10に示す。

図-3.1.10は、2つの考え方を説明している。1つは、前述した解析の四つの方法が一つの体系をなしており、アニメーション解析までいくためには、それだけのステップを踏む必要があることを示している。正確なアニメーション解析を行うためには、各段階のチェックが不可欠である。

もう1つの考え方は、それぞれの解析の方法を説明するものである。どの方法を選ぶかは問題の精度内容による。これは、それぞれの解析方法の仕組みを説明したものである。

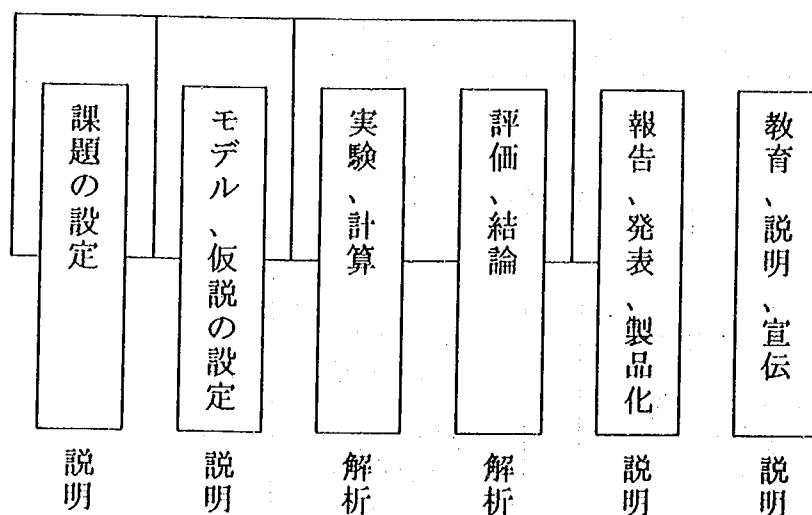


図-3.1.9 研究過程

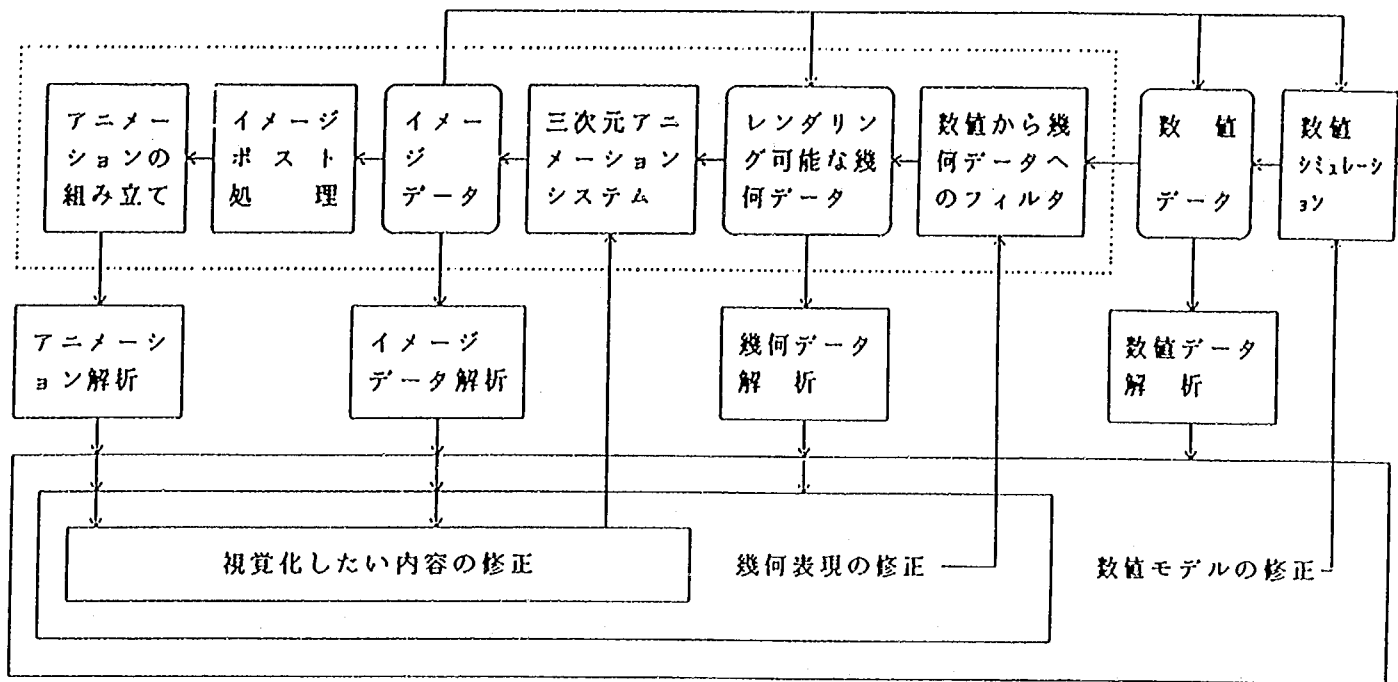


図-3.1.10 ビジュアライゼーション・プロセス

図-3.1.10において上段は、コンピュータシステムの処理及びデータの関係を表している。数値シミュレーションは数値データを生成する機構であり、この機構が誤っていると、誤ったデータを対象に評価・データ解釈等を行うことになる。また、点線で囲んだ部分はアニメーション制作までの処理を示している。数値データから幾何形状データをつくる処理が「フィルタ」であり、ケースに応じた変換プログラムが必要になる。このプログラム処理により、幾何データが生成される。これを3次元アニメーションシステムのデータ形式と整合をとり、アニメーションの組み立てを行う。

中央の段は、解析評価の循環を表している。それぞれの段階に応じた解析方法により評価を行い、必要ならばフィードバックを行う。

このような処理過程を経て正しいモデルが作成され、これを観察し研究成果を抽出・整理するのである。

3.1.3 景観動画シミュレーション

景観シミュレーションの技術においては、従来、フォトモンタージュという手法が主流であった。景観シミュレーションにコンピュータグラフィックス技術が入りこみ、さらに動画化へ進展しようとする背景には、プレゼンテーションの重要性が増したこと、及びコンピュータグラフィックスのハードウェアとソフトウェアの価格が下がったこと等があげられる。

現在、環境問題についての関心の高まりとともに、景観シミュレーションの重要性が増してきている。以下では、現状における環境景観シミュレーションの方法、及び景観動画シミュレーションの手法について述べる。

(1) 環境景観シミュレーションの作成方法

図-3.1.11に環境景観シミュレーションの作成プロセスを示す。景観シミュレーションの作成にあたっては、以下の2点に留意する必要がある。

① 景観のモデリング

代表的な建物、情景、ランドマーク等を理解し、景観の特徴を把握する。その場合に、景観の構成要素を特徴に寄与する度合いでランクづけし、ランクの高い所は詳細に、ランクの低い所は粗くデータ化する。データ作成にあたっては、都市の配置→建物の形状→建物を構成する要素というように、大きい部分から小さい部分へと行っていく。そのうえで大きい座標系に、小さい座標系を写し、それぞれの「もの」を配置していく。このようにして1つの景観データを作成する。

② 視点の動き

カメラ（目）をどこに置くか、どのように動かすか、景観をどのように見て回るかといった問題である。目的に応じ、有効な視点の動きを考慮する必要がある。

環境景観シミュレーションは、今後、土木・建築CAD、樹木生成システム、マッピングシステムなど関連技術と連携し、街路樹、植樹、公園、緑地帯などの成長モデル、季節差、比較差などの影響、生態系との係わり等の分析にも利用され、詳細で、しかも総合的な環境シミュレーションへと展開していくものと思われる。

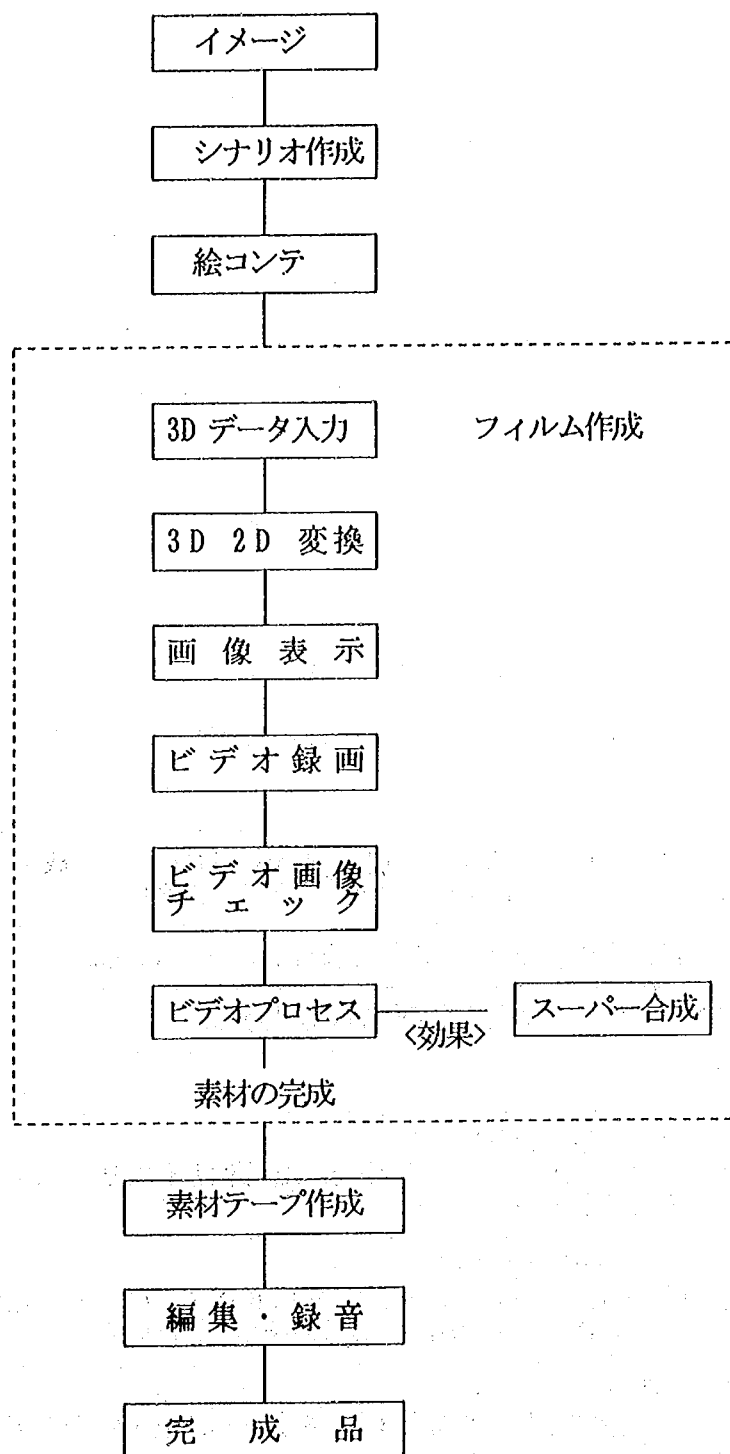


図-3.1.11 環境景観シミュレーション作成方法

(2) 景観動画シミュレーション作成の検討

環境景観シミュレーションでは、コンピュータグラフィックスの映像（新構造物）に実写映像をはめこみリアリティをもたせる工夫をしていた。ここでは、実景観の映像の中にコンピュータグラフィックスの映像を合成する手法について検討する。

ビデオ映像にCG画像を合成し動画を作成する方法としては、図-3.1.12及び図-3.1.13に示す2つが考えられる。この工程は、絵コンテをもとに実施されるものであるが、その精度及び画質に対してさまざまな問題点を含んでいる。前者の方法は、前述の環境景観シミュレーションの作成方法と類似しているが、カメラの視野の動きとCG画像の動きの連動、モーションデザインが複雑となる。また、作成するための機材がプロダクションベースとなり、パソコンベースのシステムでは不可能である。そこで後者の方法で、表-3.1.6に示すプランニング及び技術面の検討を行い、動画を作成することとした。

表-3.1.6 景観動画シミュレーション検討表

1.	絵コンテのプランニング
	① 実写は撮影された地点が正確に平面図にトレースできるようにする。
	② 実際に、撮影地点から建物までの歩行に合わせて実写取りをする。
	③ 建物のパースは外観のみをCGで再現する。
	④ 実写の部分で建物の見える部分（場所）のみをCG合成し、合成フレーム数を400枚以内とする。（1秒16コマとすると25秒間）
	⑤ CG合成部分は、1秒間のフレーム数を省略する場合もある。
	⑥ タイトル及びBGMも付加し1本の作品に仕上げる。
2.	技術面の検討
	① パノラマカメラによる撮影を加える 色調のバランスがビデオカメラによる撮影像と異なり、スムーズな画像の移り変わりが表現できない。
	② 実写像と新構造物の位置関係の問題 平面図上のカメラの位置及び新構造物の位置を、CG座標系の上に展開し、カメラの移動量を推測し、CG連続画像を作成する。
	③ 前景の障害物の問題 実写像の前景部分と背景部分（空）を分離し、上記のCG連続画像の上に前景部分を合成する。
	④ 実写におけるビデオカメラの性能 現状の技術では、家庭用ビデオカメラとプロ用カメラでは、画質と色バランスに違いがある。

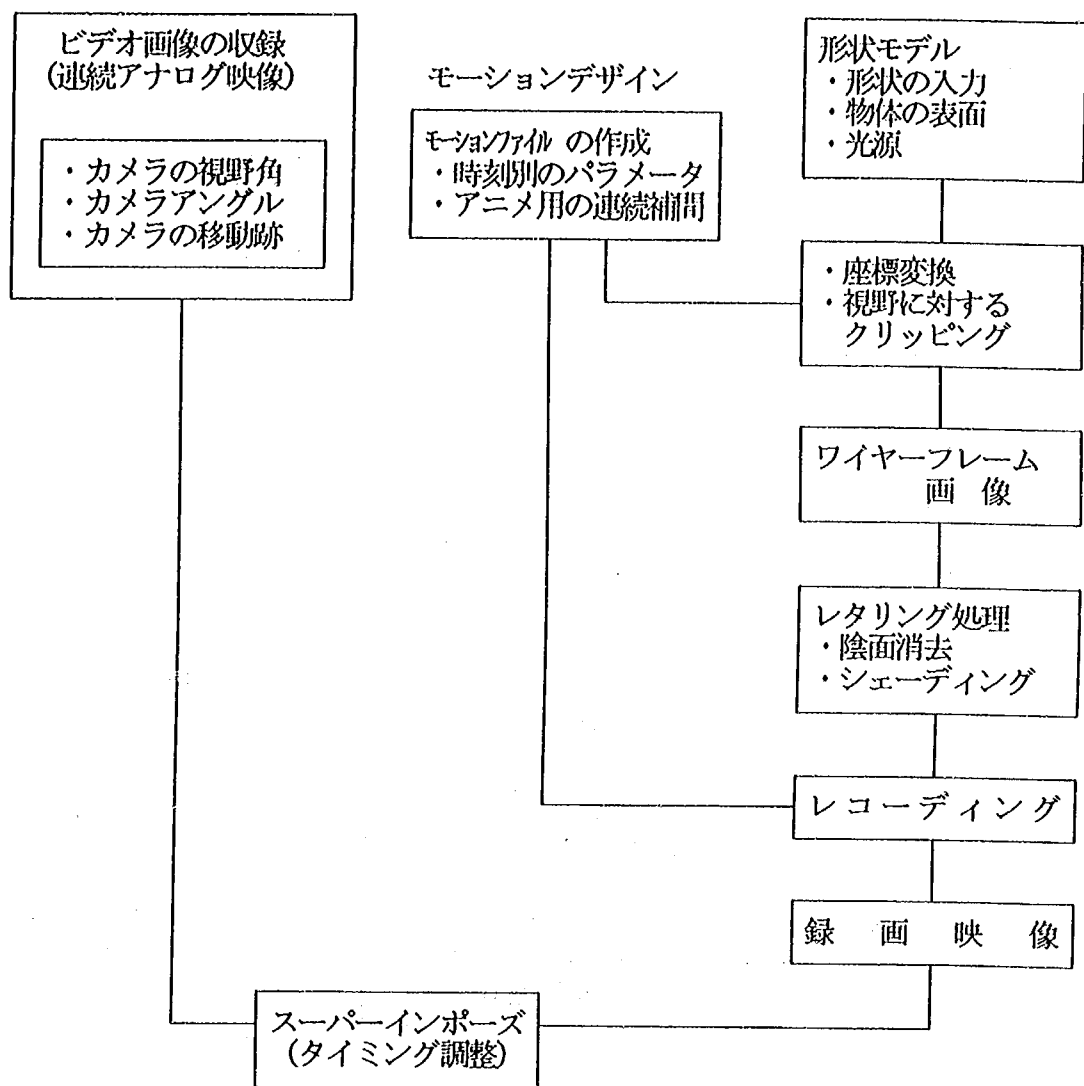


図-3.1.12 動画作成方法 (1)

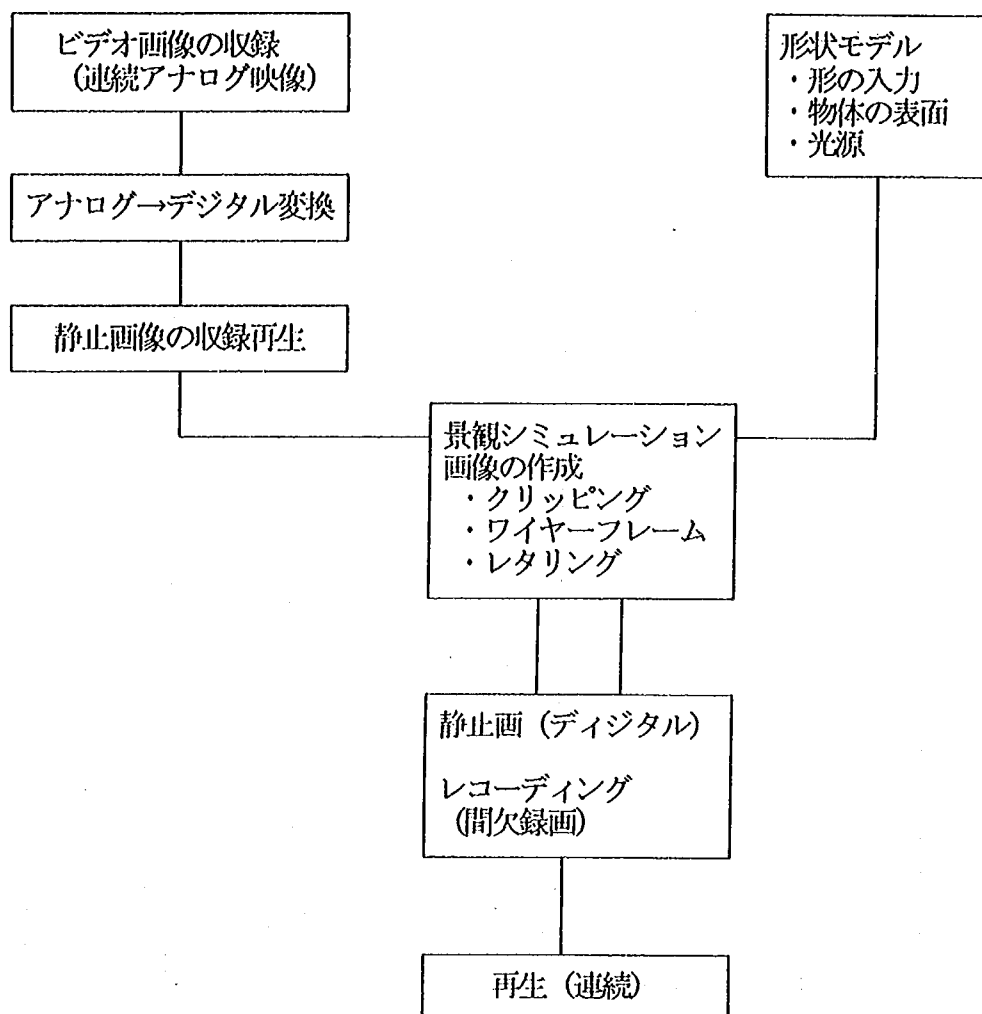


図-3.1.13 動画作成方法 (2)

3.2 景観動画シミュレーション画像の作成

景観動画シミュレーション画像の作成は、ある構造物の建設が景観に及ぼす影響を視覚的に捉えることを目的とする。作業の内容は、建設前の建設用地の実写映像にコンピュータ・グラフィックスを用いて擬似的に構造物を建設し、近隣の景観に及ぼす影響をシミュレーションする。

3.2.1 作成作業の概要

図-3.2.1に、景観動画シミュレーション画像の作成フローを示す。

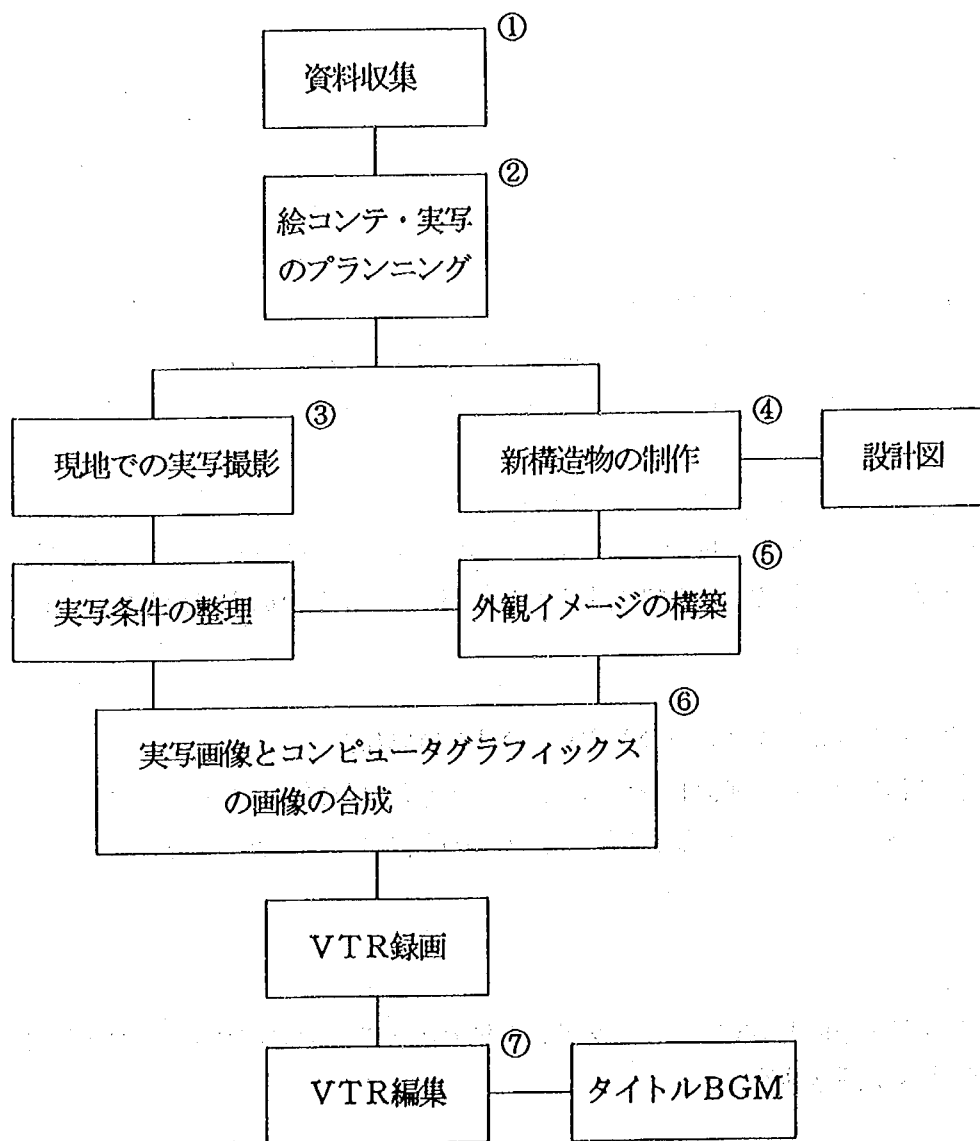


図-3.2.1 景観動画シミュレーション画像の作成フロー

①建設予定の構造物についての資料収集

建設予定地の地図及び構造物の設計図は、前年度用いた資料を転用した。また、動画化に必要な対象地図周辺の建物等の資料の収集を行った。

②撮影及びコンピュータ・グラフィックス制作等のシナリオ制作

事前調査として実施した、対象地区の写真撮影結果をもとに実写を行う地点と、撮影する範囲等をあらかじめ検討する。コンピュータ・グラフィックスを作成する場合の問題となるポイントの洗いだしとデータ入力スケジュールを作成する。また実写とコンピュータを合成する場合の問題点を抽出し、制作方法を決定する。

③現地での実写の撮影

業務用カメラを用いた、合成用の素材となる近隣の景観の撮影を行う。その際に、CGを合成するために必要な条件から、実写の位置合わせをする建築物や目印を撮影時に決める。

④コンピュータ・グラフィックスによる構造物の制作

構造物の設計図をもとに、その外観を表現するために必要となる最小限のデータをコンピュータに入力する。その際に、合成時に位置合わせの目印となるような近隣の建物のデータも入力しておく。

⑤コンピュータ・グラフィックスによる外観イメージの構築

すでに入力済みの構造物データを用いて、目の位置、角度、画角等を実写のカメラと同等に設定し、その撮影時点で見ることのできる建築物の外観を描画する。その際のそれぞれのポイントは、人の目線となるべく同じような動きにする。

⑥描画されたコンピュータ・グラフィックスの映像と実写を合成しVTR録画

前もって設定した、位置合わせとなるポイントを目印にして、実写とコンピュータ・グラフィックスで制作された映像を、スーパーインポーズ機能を用いて、実写の上にCGの映像を重ね、VTRに録画する。

⑦VTR編集

制作された合成映像をVTR編集によって編集し、タイトルやテロップ、BGMといった加工を加え、一本のVTRテープとして完成させる。

3.2.2 景観動画シミュレーションシステム

今回の制作に用いたシステムは、以下のとおりである。

(1) 実写の撮影用の機材

①録画用カメラ ソニー EDベータビデオカメラレコーダ
EDW-150

②カメラ用三脚 ダイワ VT-321 同等品

③カメラ三脚用ドリー ダイワ TD-3B 同等品

(カメラ及び三脚を移動するための台車)

④撮影確認用モニター シャープ 液晶カラーテレビ 4E-D1

⑥カメラ録画用テープ ソニー EXメタル EL-250

(2) コンピュータ・グラフィックス制作用ハードウェア (図-3.2.2)

①コードユータ本体 アップル マッキントッシュⅡ f x
ハードディスク 300MB
光磁気ディスク 600MB (ソニー-NWP-539N)

②画像用ディスプレイ キヤノン19インチカラーモニター ベルビュー19

③画像用ディスプレイ用カラーカード

スーパーマックススペクトラム8

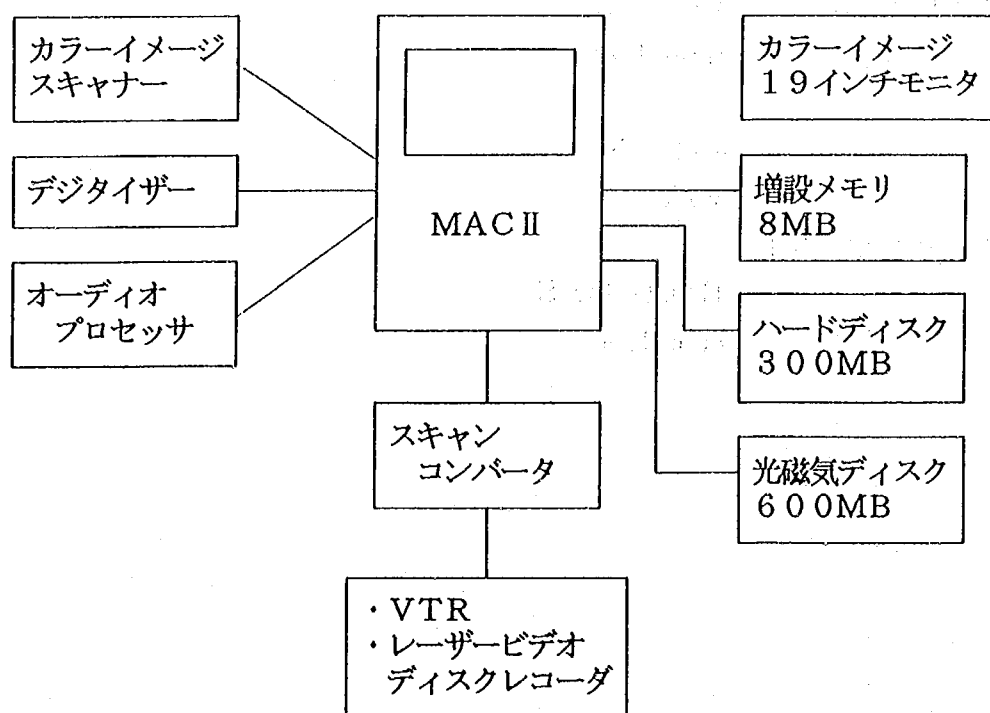


図-3.2.2 ハードウェア概略図

(3) 実写とCGの合成及びビデオ編集用ハードウェア

- | | | |
|-----------------|------|--|
| ①録画用VTR | ソニー | 追記型レーザーディスクレコーダー
LVS-5000 (コントローラー)
LVS-5000 (レコーダー) |
| ②作業用モニター | ソニー | PVM-1449 (2台) |
| ③合成用特殊装置 | TRUE | VISION
NUVISTA (コンピュータ本体内に内蔵される、映像合成用
アダプタカード) |
| ④イメージ・フレーム・ユニット | ソニー | MPU-F100 (画像を安定させる装置) |
| ⑤シンセサイザー | コルグ | M3R (シンセサイザー用音源 BGM作成に利用する) |
| ⑥家庭用VTR | ビクター | HR-S7700 (ダビングVTR) |

(4) 景観動画作成に使用したソフトウェア

- ①イメージ加工ソフト
 - ・ Digital Darkroom
 - ・ Photo Shop
 - ・ Studio 8
 - ・ Pixel Paint Professional
- ②マルチメディア対応ソフト
 - ・ 4th Dimension(データベース)
 - ・ Super Card
 - ・ Director (アニメーション)
 - ・ Inter Face
- ③3Dソフト
 - ・ Swevel 3D
 - ・ Sculpt 3D
 - ・ Dimension
 - ・ Shade
- ④デスクトップパブリッシングソフト
 - ・ Page Maker
 - ・ Illustrator 88
 - ・ Quark Xpress
 - ・ Free Hand

3.2.3 作業結果

(1)建設予定の建築物に関する資料の収集

実写の合成をする際に最も重要となることは、正確に実写とCGで制作された映像との位置合わせをすることにある。そのため、既存のビルの中から目印となるビルを何点か抽出し、その建物のデータも入れておく必要がある。本作業では、建設予定の構造物の周囲で、比較的規模の大きなビルを4～5箇所選択した(図-3.2.3)。

(2)撮影及びCG制作等のシナリオ制作

撮影するアングル及び次の撮影ポイントへ移動した際の映像の移り変わりを検討した。その地点で人の目の高さから見た場合に、どのように見えるかを忠実に再現することを目的とした。

位置の正確に定まった映像を撮るためには、カメラ移動の線路、ショックアブソーバー付のクレーン車等を利用するのが望ましいが、かなりの費用がかかる。今回は、各ポイント間のカメラ移動は考えず決められた10箇所のポイントに三脚を設置し、正確にカメラを水平にセットし、そしてそのカメラの高さも測定することによって、位置を確定することにした。さらに、ある一つの方角を撮影するのでは動きのないシミュレーションになってしまうため、セットされたカメラを水平に360°周囲を見渡すように撮影した。

(3)現地での実写の撮影

現地での実写の撮影は平成3年1月8日13:00～14:00に行った。

撮影に当たっては、正確な撮影ポイント位置の測定、撮影時間等に注意した。あまり長時間に渡って撮影すると、開始時と終了時で明るさや光線の角度等が異なるためである。

(4)CGによる構造物の制作

構造物のデータ入力、建物内の詳細な部分は省略し、外観を表現するのに必要となるデータのみを入力することにより、計算時間の短縮を図った。さらに、合成時に必要となる位置決めのための、目印となる他の建物のデータも、相互の位置関係を考慮して入力しておく必要があり、このような目印の建築物は、円柱や角柱といった単純な図形で入力し、ワイヤーフレームで表示して位置合わせに利用した。

ワイヤーフレーム画像と実写画像をスーパーインポーズすることによりカメラの画角を測ると、約23°であった。

(5)実写映像と同じアングルでのCGによる外観イメージの構築

CG上の視点の高さと画角を実写撮影と同じ条件に設定し、視点の動きについては、図-3.2. の地点①→地点⑥への直線的な動き、地点⑧を中心とした回転的な動きを考えた。

また、映像のクオリティについては、計算時間等を考慮し決定する必要があり、今回は以下の3方法のうちミディアムを選択した。計算時間は、ひとつの撮影ポイントにつき、150枚のイメージを制作するとして、4,500分(150枚×10ポイント×3分)、約75時間となる。

ファイン : レイトレース技法によるイメージ計算

ミディアム : レンダリング技法によるイメージ計算

コース : ワイヤーフレームによるイメージ計算

(6)描画されたCGと実写との合成とVTR録画

合成は、スーパーインポーズ機能を用いて実写の映像の上にCGで制作した映像を重ね合せて行った。実写画像のうちCG画像の前景となる部分については、マスク処理を前処理として行った。

実写及び合成画像は追記型レーザーディスクに集録され、作業終了後、それをVTRで録画・編集した。

3.3 景観動画シミュレーション技術の課題と今後の技術展望

3.3.1 景観動画シミュレーション技術の高度化の検討

本研究で実施した景観動画の作成をもとに、景観動画シミュレーション技術の課題と今後の技術展望を検討した。景観動画シミュレーション技術の課題としては、以下に示すものがあり、これらの技術をより高度化する必要がある。

(1) 絵コンテの作成法

景観には、視点と主対象の空間的位置関係によって定まる視覚的な側面と、人のもつ情緒的・感性的な側面がある。従来、景観シミュレーション画像には視覚的な側面が反映されてきた。例えば、調査エリアに対する眺望地点の設定・視野設定・視界設定・対象物との距離設定等は、静止画像を基準に、それぞれの設定が決定されてきた。しかし、動画の場合は、主要眺望地点が複数となり、対象物をどう見るかという設定は、人のもつ情緒的・感性的な側面が重要となる。本研究では、主要眺望地点を人間の目の位置に設定し、その移動は人間の歩行速度を考えたが、動画では車からの景観、空からの景観といった設定も有効である。さらに、タイトル・BGM（環境音楽）の影響も大きく（図-3.3.1参照）、効果的な映像を作成するために、これらパラメータの設定、組合せ等に関する知識のマニュアル化が必要である。

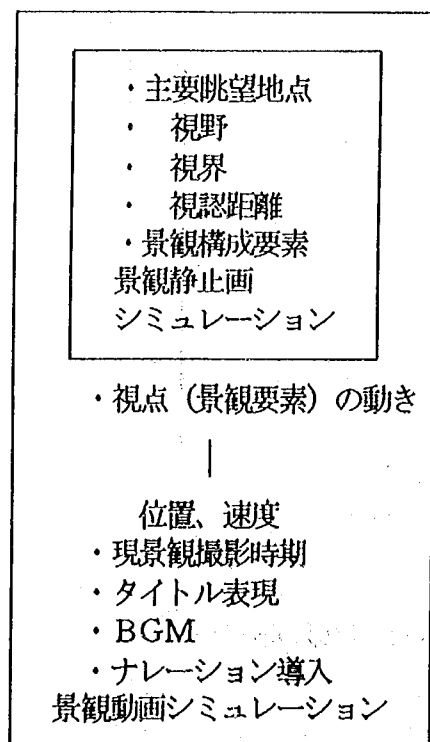


図-3.3.1 景観予測事前設定項目

(2) 実写映像と新構造物の位置関係の把握

実写映像は、ビデオカメラを用いて取得する場合が主であるが、その位置・視点方向・移動量は、動画作成において重要なパラメーターとなってくる。また、それに付随して新構造物と現構造物の3次元的な位置関係は不可欠の情報である。例えば、都心のビル街の中に新構造物を表現する場合に、建物間の位置関係が既知でないと建物の前後関係がわからず、その結果動画作成が困難となる。本作業では、詳細地図を用いて人間が位置関係を把握し動画の作成を行ったが、情報の取得をコンピュータ化することによりこれら作業の合理化が図られる。そこで、コンピュータビジョン技術及び地理情報データベース技術等を利用し、現景観の3次元情報の取得方法の研究をしていく必要がある(図-3.3.2参照)。

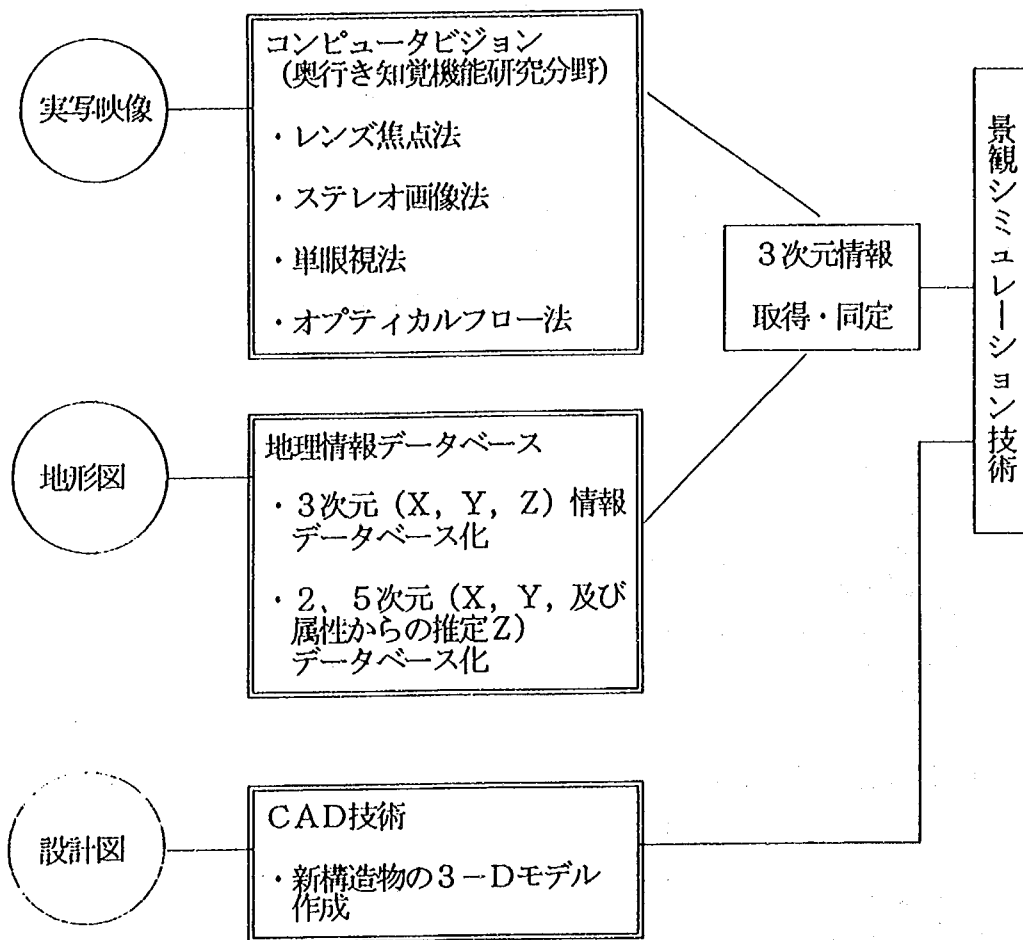


図-3.3.2 景観動画シミュレーションに必要な3次元情報の取得技術

(3) 前景の障害物の処理法

構造物に対しては、前述したコンピュータビジョンの技術等の導入により前景と後景の判別が可能であるが、自然物に対してはその技術の適用はできない。本作業では、新構造物の構築により現景観の前景の1部（樹木等）を除去し、1枚1枚の静止画を手作業で修正を行った。人工現実の表現として、樹木等の自然物の創作手法が研究されているが、人間の視点を変えて観察する場合、まだ実写映像にまさるものは現れていない。今後、1枚の自然画の中から、その情景に含まれる樹木、建物等の情景構成要素を認識する技術の発展が望まれる。図-3.3.3に示すように、前景の障害物の判定は、人間に頼る部分であると考えられるが、事前に情景分析を行った画像に対しては、対話処理によって容易に作業が進められるものと思われる。

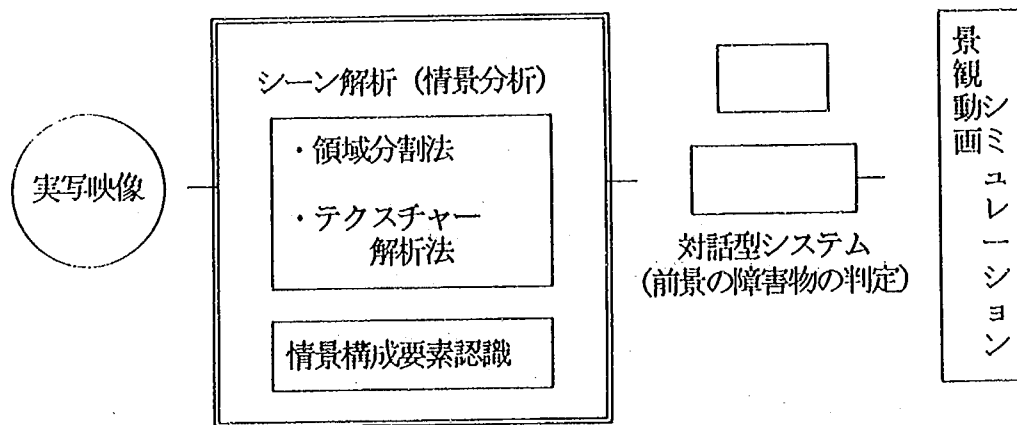


図-3.3.3 前景の障害物の処理法

(4) リアルタイムの景観シミュレーション

景観動画シミュレーション技術には、リアルタイムで景観を検討する技術と、その結果の表現手段としてVTR等の録画媒体を利用したプレゼンテーション技術の両面を含んでいる。本作業では、景観を検討するという目的よりも、プレゼンテーション技術の研究を重点として行ってきた。しかし今後は、リアルタイムで景観（新構造物の色彩・質感等）を検討したいという要求がより高まると思われ、前者の技術が必要不可欠になる。実写映像との合成ではなく、CGのみの映像であれば現時点でも可能であるが、リアルタイム性を重視したハードウェアの価格は高価なものとなっている。

3.3.2 景観予測技術と景観評価

景観評価というニーズとコンピュータ技術の進歩によって数々の手法が生み出されてきた。景観予測手法を整理すると表-3.3.1のとおりとなる。

これらの手法の長所・欠点は、景観評価に強く影響する。景観に対する評価は、非常に抽象的なものであり、人の主観によって変わると考えられている。したがって、景観予測手法から作成された図面・画像等の表現が人間の視覚感性を左右するおそれがあり、今後の大きな検討課題である。

表-3.3.1 景観予測の手法

手 法	特 徴
正投影図	設計資料をそのまま用いることができ、操作性がよく諸条件を定量的に判断できる。知覚的でなく、立体的把握が難しく、現実性に欠けている。
スケッチ・絵図	手軽に処理でき操作性はよいが、正確性・定量性に欠ける。設計者の強調したい点とかイメージなどを伝えやすいが、設計者の主観が入りやすく、現実性に乏しいことが多い。
透視図	知覚的に判断できるが、主観が入りやすい。異なる視点から見られるが、自然条件まで入れるのは困難で手間のかかる欠点のあるものの、最も多用されている。
フォトモンタージュ	視覚性・現実性がよく、実態感・臨場感をよく表現できる。周囲の風景が組み入れられるので、実際に近い色彩が出る。設計案の比較や変更が容易にでき画質もすぐれている。仮想の視点の設定が不可能で、特殊な設備・技術を要する。
カラー・シミュレーター	画面の任意の部分についてカラー・シミュレートできる。視覚性・現実性・操作性がよく、色彩の詳細な検討が可能であるがフォトモンタージュよりもさらに特殊な設備・技術を要する。
ビデオモンタージュ	視覚性・現実性・定量性に優れ比較的容易で、動景観への適用も可能である。ただし合成に限界がある。装置が高価である上に、色彩の質が落ち、画質もやや劣る。
模 型	立体的に把握でき、視覚性がよく、直感的判断が可能である。ファイバースコープを使っても視点の位置の設定が難しく、費用と手間がかかる。
コンピュータ グラフィックス	高速処理により試行錯誤が容易であり、操作性に優れる（動画化によりリアリティを増す）。データの作成に手間がかかる。きめ細かい表現が不可能である。

3.3.3 景観動画シミュレーションの適用分野

景観という言葉は、図-3.3.4に示すように多くの観点から論議され評価されてきた。また、景観をシミュレーションする技術も単なる一つの分野の技術だけではなく、多くの研究分野にまたがって進んでいる。景観動画シミュレーションの適用分野は、今後、表-3.3.2に示すように建設分野を中心に広がっていくと考えられる。しかしながら、地下空間（ジオフロント）あるいは沿岸域（ウォーターフロント）等の言葉に代表されるように、表-3.3.2をすべて統合した形態の大規模開発が実施され、景観の概念についても総合的な景観、例えば、都市・道路・橋梁等、すべての要素を包括したシミュレーション及び評価の方法が必要になると思われる。

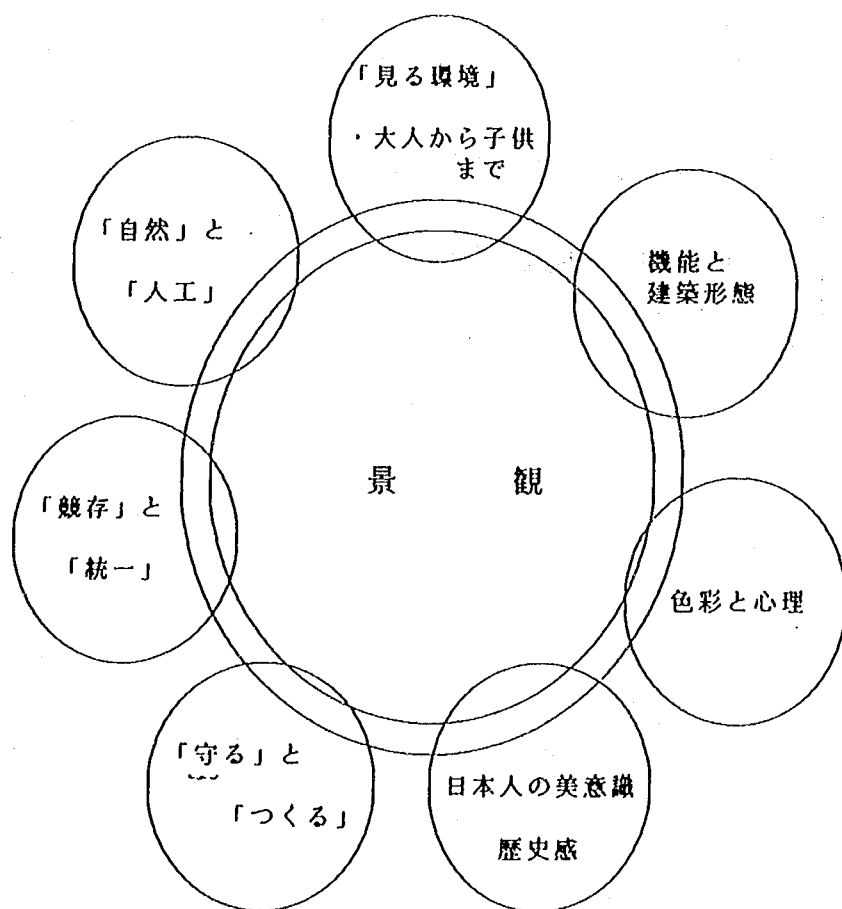


図-3.3.4 景観に関する論議の観点

表-3.3.2 景観動画シミュレーションの適用分野

建設分野	対象項目
道 路 景 観	道路構造物・緑化
橋 梁 景 観	橋上空間・橋梁構造物・高架道路橋
ト ン ネ ル 景 観	山岳トンネル・都市トンネル・洞門・横断地下道
都 市 景 観	街路・商店街・広場・公園と緑地・イベント
河 川 景 観	河川工作物・都市河川・リバーフロント・レイクフロント
港 湾 景 観	港湾構造物・ウォーターフロント
自 然 景 観	自然公園・海岸・名所旧跡・植栽・破壊・リゾート
建 設 物 景 観	外観・内観・室内装飾・証明

4. まとめと将来展望

4.1 まとめ

(1) コンピュータビジョンの技術動向と適用事例

- ・医療分野では、早くから画像処理技術が応用され、多種の画像を扱い、また最近CG利用による診断支援治療計画、医学教育が行われようとしている。
- ・産業分野では、FAにおいてはロボットビジョンに代表される画像解析が、OA・EAにおいては、各種画像処理とCAD、ビジュアルシミュレーション、デザインのCGが利用されている。
- ・環境（調査・探査）分野では、リモートセンシング、地質探査、海底・魚群探査等の画像解析技術の利用がみられ、CG技術を取入れ今後ますます利用の増加が考えられる。

(2) 景観シミュレーション画像の作成

- ・パソコンシステムは、一般的なPC-98あるいはその互換機を使用することができるため、増設ボードや周辺機器を付け加えるだけで比較的安価にシステムを実現でき、またソフトウェアも国産のソフトであり、いわゆるパソコンソフトとして特に高価なものではなかった。使用性については、ソフトウェアになじむまで若干時間がかかるものの、さして難解な使用法ではない。マニュアルも説明不足な部分もあるが国産ソフトであるため日本語で書かれており、まずまずの使用性であるといえよう。機能については、基本的な機能は十分と思われるが、処理速度の速さが問題点である。
- ・専用システムはパソコンシステムとしてはかなり高価なものであることは否めなく、パソコン本体自体、高速なCPUに大容量ディスクを備えているのに加え、グラフィックプロセッサ付きフレームバッファが非常に高価なものとなっている。ソフトウェアもわが国でパソコンソフトとして出回っているものと較べると、かなり高価なものであった。使用性については、土木研究所システムと同様にソフトウェアの性格上なじむまでに時間がかかるが、プルダウンメニュー方式で操作性は高かった。マニュアルは英語のものしか無く、それも一般的な米国のソフトウェアマニュアルと較べると不親切で分かりにくいと感じられた。機能については、パソコンのシステムとしては極めて充実しており、処理速度も満足いくレスポンスを実現していると思われる。

(3) 景観シミュレーションの動画化に関する検討

- ・コンピュータグラフィックスの技術動向では、人工現実の表現方法、人工現実感、仮想世界と人間のインターフェース等の開発・研究によって、コンピュータグラフィックスの世界が、現実の世界を拡大しようとする方向性を認識した。
- ・コンピュータアニメーションの技術動向では、従来のセル・アニメーション技術から物理データモデルを加味した、より現実的な表現方法が用いられている現状を調査し、科学研究の表現方法として

の活用が活発に進められていた。

・人工現実の表現方法の開発要点項目として実映像との合成法では、環境と深い関係のある環境景観シミュレーションの技術手法を調べ、つぎに本研究の目的である景観シミュレーション技術の動画化の方向性を見出した。

4.2 将来展望

本研究では、実映像とCG映像の合成技術の問題点と課題を明確にするために、パソコンをベースとしたシステムを用いて、景観シミュレーション画像及び景観動画シミュレーション映像の制作を実施した。

コンピュータグラフィックスの世界では、現在リアリティとなめらかな動きが技術面で追求されているが、景観動画では、その制作の効率化とリアルタイムシミュレーション化が必要であると感じた。本研究での手法は、従来のセル・アニメ手法をコンピュータグラフィックス技術でそのままトレースしたものであり、労力とコストは、その映像の質と比例関係にある。建設事業への普及に対して、この壁は大きなものであると考えられる。

評価する人々の親密性を深めるために、色彩をかえる、あるいは素材をかえる等の対話性を重視したリアルタイムシミュレーションシステムが望まれる。したがって、本研究においても、次段階は、実用化のための景観動画シミュレーションシステムを開発することを目標に置く必要がある。そこには、単にコンピュータグラフィックスの技術の発展だけでなく、それを取り囲むコンピュータビジョン・GIS・AI・CAD・画像認識（理解）等の多岐に及ぶ工学分野との統合的な結びつきが必要不可欠であると考えられる。

景観シミュレーション技術に
関する研究報告書

ISSN 0386-5878
土研資料 第2977号
平成3年3月 (1991)

寺川 陽, 野口 正, 小栗ひとみ
桐山 孝晴, 吉村 英二, 平林 久弥

要旨

建設事業では、高度な社会的要求を背景としてさまざまな土木構造物の建設が行われている。近年、構造物の規模・量の拡大に加えて、質的な生活条件の充足に対する社会的要求から、構造物と周辺環境との関係、特に構造物建設が景観に及ぼす影響が重要となってきた。そこで、土木構造物建設に際しても、その計画・設計段階から周辺の自然環境との調和といった人間の感覚的側面からの検討が強く要求され始めている。

本報告書は、視覚への表現手段であるコンピュータグラフィックスを含めコンピュータビジョンの技術動向を調べるとともに、建設事業における景観シミュレーション技術の検討を行い、従来までの静止画の景観シミュレーションから景観動画シミュレーションへと技術面での検討と開発を行った結果をとりまとめたものである。

キーワード：コンピュータグラフィックス、コンピュータビジョン、景観シミュレーション、動画、パソコン

郵便はがき

郵便
切手
は
貼
り
下
さ
い

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所
システム課
御中

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 3

No. 3

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2977号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印