

土 木 研 究 所 資 料

第 1 3 4 0 号

設計情報のビジュアル化に関する研究

昭和 53 年 1 月

建設省土木研究所
企画部システム課

ま え が き

土木事業の規模の拡大につれ、その影響範囲が広がり、関係する地域住民が増すと同時に、利害関係も複雑化し、計画・設計段階でこれらの住民の声を反映させないことには、事業実施のコンセンサスを得ることがむずかしくなっている。さらに、大規模な事業を行なうに際しては、多くの情報を迅速かつ適確に処理し、事業が将来に及ぼす効果・影響を出来るだけ正確に予測する必要がある、ここに多くの他の専門分野の人々との意見交換や、専門的な知識はないが直接利害関係の深い地域住民との意見交換が必要となってくる。すなわち従来の土木構造の専門家だけに通用する情報形態での設計成果では充分でなく、専門家以外の人々にも容易に理解し判断出来る情報形態を用いた設計が要求され、その一つの方法として設計成果のビジュアル化が望まれている。

本報告書はビジュアル・デザイン・システム開発およびその技術化の可能性をさぐることを目的とし、土木設計におけるビジュアル化の位置づけを行ない、現状におけるビジュアル化の問題点を整理し、ビジュアルデザイン・システム開発のために必要とされる入出力機器および応用手法について考察した結果をまとめている。

今後の研究開発のために一助となることが出来れば幸いである。

なお、資料の収集整理は俣オリエンタルコンサルタンツ技術開発室が担当した。

昭和53年1月 土木研究所企画部システム課長

岩 松 幸 雄

(研究担当者)

建設専門官 根 岸 克 典

自動化係長 北 浦 良 国

技術基準係長 工 藤 真之助

目 次

第1章 序	1
第2章 設計情報のビジュアル化システム概説.....	2
2.1 土木工学における設計.....	2
2.2 ビジュアル化とは.....	3
2.3 ビジュアル化の現状	3
2.4 ビジュアル化の問題点.....	7
2.5 ビジュアル化の今後の方向.....	9
第3章 今後の研究.....	16
付 録	
1. ケーススタディ.....	19
2. ビジュアル化のための入出力機器.....	48
3. 参 考 文 献.....	58

第1章 序

土木事業を中心とした公共事業が大型化し、地域社会の自然環境、社会環境に与える影響が、プラスの面でもマイナスの面でもきわめて大きいことが広く認識され、また公共事業そのものに対する要請も多様化している現在、人々は土木工学が社会の要請をもっときまこまかく汲みとり、数多くの問題に答えることが出来るようになることを要求しはじめた。このような背景から住民のコンセンサスを得ることが施策の決定や実施における重要なポイントの一つとなりつつある。

住民の意見を計画や設計にどの程度取り入れるかは別問題として、利害関係の深い地域住民との意見交換が土木設計における不可欠な要素となってきた。従来、設計者が設計内容を他の人に伝達する手段として平面図、縦横断面図などが用いられてきた。この場合、経験のある専門家ならこれらいわゆる設計三面図を見て完成された姿を頭の中に組立てることが出来るが、経験をもたない人たちにはほとんど不可能であり、まして周囲の環境の中で、どのような調和をもつかなどを正確に予測することはまずできるはずがない。ここに意見交換、説得のための道具の一つとして設計のビジュアル化が望まれている。

また社会の要望が複雑化するにつれて土木設計に要求される内容も多様化する傾向にあり、従来の土木技術の範囲内では充分に対処し切れない面が生じつつあり、土木の分野以外の他の多くの専門分野の人達との対話が必要となる。

土木の専門知識を持たないこれらの地域住民や他分野の専門家達と対話するためには、誰にでも容易に理解し判断できる情報を用いた計画や設計をする必要があり、土木の専門家である設計者自身にとっても、構想を具体化したり設計の評価や判断を効果的に行なうためには、設計支援システムとして、設計者のための有効な判断資料を提供する設計情報のビジュアル化が必要とされる。

すなわち設計情報のビジュアル化の目的は大きく2つにまとめられる。

- ① 設計者の意図や構想を土木の専門知識のない人々にもわかりやすく伝達し、判断を容易にさせるとともにその意見を設計に反映させ、社会的に納得出来る施策の実施をはかること。
- ② 土木の専門家である設計者の立場に立った判断資料を提供し、評価判断、意思決定の助けとするとともに設計の効率化と質の向上をはかること。

本研究は以上のような観点から土木設計情報を有効に視覚表現する方法を検討し、設計計画時において設計の質を向上させる設計情報のビジュアル化システムの開発に対する足掛りとなる提案を行なうことを目的に昭和52年度から始めて3ヶ年計画として行なわれるものである。

第2章 設計情報のビジュアル化システム

2.1 土木工学における設計

土木工学における設計とは、社会から要求される土木的施策を構想として具現し、実際に実施にうつすための情報に加工することである。

土木設計の過程は、図2.1の流れ図のように土木事業を大きく5段階に区分でき、それぞれの段階で介在する施策立案段階とは、社会の要求を分析して行政的判断のもとに施策を

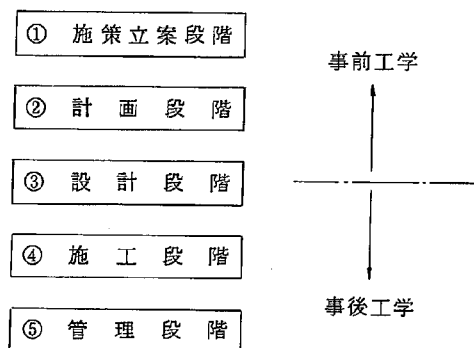


図2.1 土木設計の過程

立案し、基本構想をまとめる段階である。計画段階とは、立案された施策の基本構想を具現するいくつかの代替案を立案・比較し、実現の可能性と実施後の影響を判断した上で構想を決定する段階であり、広く関係者の意見と判断が求められる。施策立案段階とつぎに述べる設計段階の一部を合せて、具体的な土木施設を指定する事前の行為であることから、これを事前工学と呼ぶ。

設計段階とは、決定された構想に対して工学的検討と判断を行い、十分に吟味した上で構想を設計図として具体化する段階である。

施工段階とは、文字通り設計段階で作られた設計図を基に、実際に土木施設を施工する段階であり、施策の実施段階ともいえる。

最後の管理段階とは、運用、事務、維持、変更、更新を含んでおり、単にシステムを動かす技術を追求するだけでなく、実施された施策が社会の要求に適合しているかどうかを評価し、維持管理する段階である。設計段階および施工段階と合せて指定された施設の明示、築造および維持管理であることから、事後工学と呼ぶことができよう。

ここに事前工学の分野では、土木事業に対する世の中の価値に対する基準が変わってくると、

土木技術が作った制限範囲だけを守っていたのでは技術者としての役割が果たせない時代になってきた。あらゆる面からの総合的なシステム解析のための学際的な専門知識を必要とする、このため土木専門家のみならず、土木の専門的知識のない人々でも容易に理解し、判断出来るわかり易い情報形態を用いた説明資料の作成が望まれると同時に、専門家である設計者の立場に立った判断資料の作成と、判断結果が即座に設計にフィードバックできる柔軟性のある設計のシステム化が望まれる。

土木工学は、単にシステムを動かす技術を追求するだけでなく、そのシステムが社会の要請を満足しているか否かについて責任をもたなければならない。そのためには事後工学の段階と事前工学の段階とのフィードバックが必要である。

そのため事後工学の分野にあっても、適切な分析方法に裏付けされ、機に応じて情報の視覚表示が出来る維持・管理システムが望まれる。

2.2 ビジュアル化とは

設計の各段階で、情報の適切な視覚表現（ビジュアル化）が望まれることを前節で述べた。ビジュアル化とは、文字通り解釈すれば、可視化するということであるが、設計情報のビジュアル化といった場合には、単に目で見えるようにというだけでは充分でなく、その情報の特性を十分に理解し、必要に応じて操作できることが必要である。

一般に、情報の特性の把握、操作性の向上として次の4つの処理方法が考えられる。

- ① 一般化 専門的知識を持たない人々にも容易に理解できるやさしい表現とすること。
- ② 規格化 様々な表現形態で与えられる原情報を相互の特性の共通性に着目して統一した表現とすること。
- ③ 単一化 原情報が持つ多くの特性を分析して、必要な特性だけを単一情報として表現すること。
- ④ 合成 単一な情報として与えられる複数の関連する原情報を重ね合せて表現し、相互の影響を明示的にすること。

すなわち、設計情報のビジュアル化とは、原情報に対して、一般化、規格化、単一化、合成などの視覚化の処理を施し、その情報が持つ特性を見やすい姿で表現すると共に、必要に応じて操作できる形に加工することであると定義することができる。

2.3 ビジュアル化の現状

(1) 視覚表現の分類

土木事業の各段階（図-2.1）において用いられる視覚表現を、利用目的に応じて大別

すると次の3つのレベルとなる。

構想図；施策・計画の漠然としたイメージを具体的に表現するもの。

設計図；構想の実体を約束に基づいて正確に表現するもの。

説明図；情報の特性や構想の内容、あるいは施策の実施後の姿などを説明し、理解の助けとするもの。

構造図は主として施策立案段階および計画段階で用いられる。設計図は計画段階から施工段階に至る過程で用いられ、特に施工段階においては、重要な表現形態となっている。一方、説明図はすべての段階で多用され、理解と判断のための説明用言語として土木設計の効率化と質の向上に寄与している。

(2) 視覚表現の手法

現在、土木設計の中で用いられている視覚表現の手法を列挙し、(1)の分類および利用される段階に照らして整理した結果表2-1を得た。表中の空欄箇所は、現行では利用されていないが、今後の問題として残されている箇所を示している。分類の項では、その性格の強いレベルに○、それに次ぐものに△印をつけて示した。

表 - 2.1 視覚表示の手法

(その1)

手 法		内 容	分 類			土木設計の各段階における利用				
			構想図	設計図	説明図	施策立案段階	計画段階	設計段階	施工段階	管理段階
デ イ ジ タ ル 処 理	グ ラ フ	情報を特定の座標系内に位置づけ、その大きさや分布を視覚化したもの。		△	○	・住民の意識、要求の分布などの表現	・統計データの表示	・ノモグラム ・地震波形などの変動データの表示	・工程ネットワーク図 ・施工の進行状況の表示	・施設の利用状況の表示
	デジタルマップ	コンピュータ分析した各種メッシュ情報を記号、濃淡、色彩により区分し、分布図として地図化したもの。		△	○		・地形情報図 ・環境要因測定値分布図			
	線 面 面	設計3面図		○			・構造物一般図	・構造物詳細図配筋図	・施工計画図	
		透視図	△		○		・道路線形透視図 ・構造物透視図			
		斜投影図	△	△	○		・地形・都市の景観図 ・構造物斜投影図			
		陰影図	△	△	○			・構造物等の断面表示		

表-2.1 視覚表示の手法

(その2)

手 法		内 容	分 類			土木設計の各段階における利用				
			構想図	設計図	説明図	施策立案段階	計画段階	設計段階	施工段階	管理段階
ア ナ ロ グ 処 理	絵 画	情報を人間の視覚表現能力により図として表現する。	○		△	・基本構想のラフスケッチ	・完成予想図 ・意匠図			
	動 画	情報の位置的・時間的変化を連続的にとらえフィルム上にコマどりしたもの。			○		・道路走行シミュレーション(コンピュータアニメーション)			・映画撮影による道路走行性の検討
	写 真	各種カメラで、対象物の3次元空間像を正確な平面座標の形で中心投影したものをフィルム面に記録する。			○	・現地写真	・現地写真(地上写真) ・航空写真	・実験過程・結果の記録	・施工過程の記録	・経年変化の記録
	フォト・モンタージュ	現地写真の上に施工構造物の透視図を重ね、施工後の景観をモンタージュする。	△	△	○		・景観予想図	・より詳細な景観予想図		
	カラー・シミュレーション	カラーシミュレータを用いて、写真内に映し込まれた要素(構造物など)の色彩、材質変換を行う。	△	△	○		・施工構造物の色彩・材質検討 ・自然との調和の検討	・同左(より詳細な検討)		
模 型		構造物、地形などを各種模型材料により、現実と相似な3次元模型として表現する	△	△	○	・地形形状模型	・模型を用いた性状実験 ・地形・景観模型			

(3) 視覚表現に要求される特性

土木設計のビジュアル化にあたって、視覚表現の手法に要求される特性としては次の4項目が上げられる。

視覚性；目で見て目的に応じた正確な評価が行なえること。

現実性；より真実に近い表現が行なえること。

操作性；図上での修正ができ、直ちにもとの設計変量にフィードバックできること。

定量性；図解的表現であって、しかも数量的な評価が合わせて処理できること。

前述の視覚表示手法を、この4項目に着目して特性比較したものが表-2.2である。各手法の特質が概観できる。

表-2.2 視覚表示手法の特性比較

手 法		視 覚 性	現 実 性	操 作 性	定 量 性
デ イ ジ タ ル 処 理	グ ラ フ	○	×	○	◎
	デジタルマップ	○	△	◎	◎
	線 画	設計3面図	×	×	◎
		透 視 図	○	△	×
		斜 投 影 図	○	○	△
	面 画	陰 影 図	○	△	×
ア ナ ロ グ 処 理	絵 画	◎	○	△	×
	動 画	◎	○	△	×
	写 真	◎	◎	×	×
	フォト・モンタージュ	◎	◎	△	×
	カラー・シミュレーション	◎	◎	◎	×
模 型		◎	○	△	△

優劣順序；◎→○→△→×

優 劣

2.4 ビジュアル化の問題点

前述した現状をふまえて、土木設計情報のビジュアル化をおしすすめる上で考えなければならない問題点を列举すると次のとおりである。

(1) 現実性の向上と処理効率のトレードオフ

たとえば、線画で道路景観の検討を行なう場合、道路線形や地形などのような単純な景観要素だけを表現したのでは、機能的な検討ならば充分であるが、景観図としては現実性に乏しい。これを克服するために、樹木や植生などの詳細な景観情報を描き加えようとすると、極端に処理時間が増加し、効率の悪化を招くといったようなケースである。

処理を簡易化するアルゴリズムの開発や異なった手法の結合利用などが望まれる。

(2) 視覚性と定量性および操作性のトレードオフ

表2-2に見るように、視覚性が高く、より現実的な表現が出来る手法（主としてアナログ表現手法）は、概して定量的でないことが多い。したがって、表現された情報を数量的にとらえたり修正することがむずかしく、したがって設計へのフィードバック機能に乏しい。

デジタル処理とアナログ処理を適切に組み合わせることが必要で、コンピュータを介した画像処理への発展が望まれる。

(3) 特殊技能、特殊機器の介在が必要

カラー・フォトモンタージュの彩色や写真工程、カラーシュミレーションのマスキングなどのように、熟練した専門家の特殊技能を必要とする部分、あるいはカラーシュミレータなどの特殊機器が介在する部分が多い。

設計の過程において効率的な評価を行なうためには、これらの部分をできるだけ一般化し、土木技術者が直接一連の流れの中で処理できることが望まれる。

処理手順の簡易化、技術化と装置の一般化が必要である。

(4) アナログ情報の直接入力がむずかしい。

現実性の高い視覚資料には、アナログ情報が不可欠な要素である。これに対して、アナログ情報の入力、各種A/D変換器を介してデジタル情報化することが多く、処理手順が複雑化すると同時に、情報の質を低下させる原因となっている。

アナログ情報をアナログ量のまま直接入力する装置とその技術の充実が望まれる。

(5) 多くのビジュアル化手法が各々無関係にランダムに処理されている。表-2.1に示した多くのビジュアル化手法が各設計段階で用いられている。個々にはその特性を生かして利用がなされているが、多くの場合、その手法だけを単独に利用するため、その手法に不足する特性がそのまま視覚表示資料の欠陥となりやすい。

たとえば、線画で表現した透視図に面処理を施し、陰影を伴った出力図とするなど、複数の手法を連係づけて視覚表現の効果を高める工夫が必要である。

また、設計の評価の流れの中で、各手法を有機的に結びつけるシステムの配慮が望まれる。

(6) 目的別ソフトと応用技術の開発が遅れている。

各種の視覚表現において、一般的処理手法と基本ソフトはかなり完備されつつあるが、各設計段階の目的にあった、きめ細かいソフトウェアやその応用技術の開発が進んでいない。

目的別ソフトウェアと応用技術の開発が望まれる。

(7) ハード面での検討が遅れている。

手法の応用技術といったソフト面での検討はかなり先行していて、複雑なアルゴリズムを駆使したかなり高精度な視覚表現が可能になりつつある。

しかし、ソフト面での応用にたよっている限りは、アルゴリズムが複雑化し、効率的でないとともに、精度的にも限界があるものと思われる。基本ソフト部分をハードで置換えたり、汎用性は無くとも、特定の目的に対しては極めて効率的に機動する目的別ハードウェアの開発が望まれる。

(8) 各手法による設計の評価方法が確立されていない。

情報の視覚表示が、いかに精度良く効果的に行なわれても、それを評価する手段あるいは基準がはっきりしていなければ、設計へのフィードバックは望めず、その価値は半減してしまう。

各設計段階別あるいは評価項目別に評価の基準と手段を作り上げる必要がある。

評価の基準は、誰がどこで評価行為を行なっても、ある一定水準以上の評価結果が得られる必要があり、設計情報のビジュアルシステム化には不可欠な条件である。

2.5 ビジュアル化の今後の方向

(1) 視覚性および現実性の向上

a) 線画から面画へ

線画法による表現では、隠れ線の処理に多くの労力と複雑なアルゴリズムを必要とし、効率的に細部表現できる範囲には限界がある。一方、点画素を基本とする面画法では、後方の面から順に出力するだけで隠れ部の処理が簡単に行なえるなど、比較的簡単なアルゴリズムで、見やすく現実的な表現が出来る。

ドットプリンターやカラーディスプレイなど、線処理に加えて面処理が自由にできる出力機器を積極的に利用することが有効である。

また、土木の専門技術者が直接評価する第一次的段階では、経済的で比較的手軽に使

える線画法を用い、他の利用者に対する説明図として用いる場合には面処理するなど、目的に応じた使用わけも必要になる。

b) 断片的表現から連続的表現へ

騒音や振動、排ガスなどの測定値や予測値のように、本来は連続的に分布している要因を、測定や解析上の制約から断片的にとらえて表現している例が多い。結果は等高線図として出力される場合が多いが、連続性の表現は充分でない。

現象に適合する数学的補間手法などを用いて連続性を近似し、ドットプリンターやカラーディスプレイなどの階調やスムージング機能を利用して、濃淡や色調による連続表現を行なうことが効果的である。

c) 視覚表現と視覚効果の研究

複雑な特性を持つ情報に対しては、手間と処理時間をいわずらにかけるよりも、人間の持つ視覚効果をうまく利用すれば目的を達する場合がある。例えば図に示す人物画も、すべての線を現実的に表現しなくても、ポイントとなる部分を書くのみによって、怒っているか笑っているかが判断出来る。

目が何かを見てそれを理解するまでの視覚過程は、生理学、心理学に關係する複雑な過程を経ている。したがって視覚性、現実性の向上には生理学や心理学に關連する視覚効果についても研究し、目的を達するものを効率的に得られるような視覚表現とする必要がある。



d) 情報の単一化と合成

複雑な特性を持つ情報に対しては、できるだけ分析的処理を行なって特性を単一化することが視覚性向上に対しては重要で、数値地形モデルなどを基本とした計算機による分析と、デジタルマップ出力が効果的である。

さらに、必要に応じて複数の特性を合成できることも必要で、これに対しては、出力図の重ね合せや、ドットプリンター、カラーディスプレイを用いた線と濃淡およびカラーによる合成などが考えられる。

(2) 操作性および定量性の向上

a) アナログ情報の直接入力

写真などのアナログ情報を、いちいちA/O変換器でデジタル化して入力していたのでは、多くの原情報を処理し、比較検討しようという場合には、非常に効率が悪い。また、情報の質を低下させる原因ともなる。

アナログ情報入力の操作性と入力情報の質を高めるために、リヤポート管と呼ばれるCRTと光学系の装置を用いて、直接入力する方法がある。

背景パターンとしてのフィルムや図面の情報を、光源—フィルム—レンズの光学系で入力して、直接リヤポート管の管面に投影し、必要な重ね合せ情報は別途計算機処理した上で管面に同時投影する方式である。

これによれば、簡単に、比較的精度よく背景アナログ情報が入力でき、他の設計情報との合成が容易に行なえるわけで、アナログ情報入力の操作性向上がはかれる。

反面、背景情報の定量化がしにくいので、背景情報の部分的な修正や合成情報との重なり部分の処理などに問題があり、開発に際してはハード、ソフト両面からの充分な検討が必要である。

b) 対話型画像処理

設計者が能率良く設計を行なうためには、処理の過程や中間結果を画像として視覚表現し、それをモニターしながら評価と判断を繰り返し、設計条件を操作しながら所定の結果を得ることが望ましい。

車両や船舶の設計分野では、対話型画像処理システムとして広く用いられ始めているが、土木設計の過程においてもとり入れていくことが必要であろう。

対話型画像処理システムは、処理画像を観測者である設計者が直接判断して、より良い結果を得るためのパラメータ変更を行ない、その結果を即座に修正表示画像として観測し、再評価が出来るシステムである。

対話型画像処理システムでは、計算機による高速演算が可能なこと、処理像がテレビの画面のように可視化できること、多様な応用的処理を行なうためのソフトウェアが充分完備していることなどが要求される。

c) アナログとデジタルを結合したハイブリッドシステム

デジタル画像処理技術は、リモートセンシングや医学方面で急速に発展しつつあり、画像処理技術の中心を占めつつある。工学分野への応用も除々に進みつつあるが、まだ実用化された確としたソフトウェアは開発されていない。一方、テレビジョンの分野

においては、従来から映像主体のアナログ画像処理が中心に行なわれてきている。しかし、最近、デジタルVTRなどに代表されるようなデジタルテレビ技術が盛んに行なわれるようになり、光学的なアナログ処理方式と、電子的なデジタルテレビ技術が盛んに行われるようになり、光学的なアナログ処理方式と、電子的なデジタル処理方式を緊密に結合して、両者の特徴を充分に発揮したハイブリッドシステムが指向され始めている。

工学の分野でも、それぞれ単独に利用されているアナログ処理手法およびデジタル処理手法を適切に組み合わせた効果的なシステム作りが必要で、ハイブリッド化が望まれる。

特に、光学的な配慮が充分でない場合が多いので、テレビ技術、写真技術などを充分に検討し、光学処理を有効に利用することがハイブリッドシステムに対する大きな課題である。

(3) 設計情報の評価への対応

a) 目的別ソフトウェア

土木設計の過程では、施策決定段階から管理段階まで、様々な内容を有する設計情報の加工と表現およびその判断と評価が行なわれる。

能率的で効果的な判断と評価を行なうには、各々の設計過程に、内容的にも精度的にもマッチした情報表現が適切に行なわれる必要がある。

施策決定段階や計画段階では、専門家以外の人々にも容易に理解できるわかりやすい表現が望まれ、現実性と視覚性が重視される。

一方、設計段階では、専門家への判断資料の作成と、判断結果のフィードバック機能を備えた柔軟なビジュアル化が望まれ、定量性と操作性が重視される。

すなわち、出力媒体の材質や出力機器の特性なども充分に考慮した、きめ細かな目的別ソフトウェアを各設計段階毎に完備していくことが、設計情報の評価のための第一ステップであるといえよう。

b) 目的別ハードウェア

医学の分野などのように、特殊な目的で特殊な処理を多く必要とする分野では、各種内視鏡などのように、多くの目的別機材（目的別ハード）が作られ、効果的に用いられている。

電子機器にしても、光学的機器にしても、様々なハードが用意されており、一般的には相当な応用的利用が可能になりつつあるが、工学分野の特定な目的に対しては、必ず

しも充分なものばかりとは言い切れない。

一般的目的に対して作られたハードを、応用技術を工夫して特定の目的に合わせて使う場合には、どうしても処理の複雑化、処理効率および結果として得られる情報の質の低下などが生じやすい。工学部門においても、特定の目的に対する対処機能を重点的に具備した、目的別ハードウェアの開発を指向することが目的別ソフトウェアの開発とも関連して、重要な今後の課題であろう。

c) 評価の手法と基準の設定

各設計段階において、目的別に処理されたきめ細かな情報であっても、それを評価、判断するためには一定の基準と手段が必要である。

前述したビジュアル化の各手法の特性を、情報の評価と判断という面から考察すれば、表2-3のようになる。

表 2 - 3

視 覚 化 手 法	評 価 項 目
デジタル・マップ	地域特性などの情報が単一情報として分解・抽出されるので情報項目毎の評価、判断が出来る。
ドット・マップ	情報の分解・抽出と同時に、判断に必要な複数の設計情報が容易に合成できるので、情報相互の関連を意識した評価、判断ができる。
斜 投 影 図	要因の3次元的な把握ができ、空間的な評価が可能、地形と路線の3次元的位置関係、構造物の完成形状の良否判断など。
透 視 図	人間の視覚に対応した3次元イメージが与えられるので、現実 に即した評価、判断が容易である、線形、構造物形状の良否判断など。
フォトモンタージュ	実現する景観が事前に具現されるので、調和性の評価ができる。植生や修景の判断、路面構成、標識などの検討や自然との調和の判定など。
模 型	視点や外部条件が任意化されるので、様々な条件設定による総合的判断が可能となる(設計の総合の評価)。他の項目に基づく評価結果の確認。動的な検討と評価。

ここで、評価の基準と手段を設定するためには、第一に各設計段階における検討の流れを整理し、その中でのビジュアル化の位置づけを明確にすることが必要である。

その上で、各手法の特性を考慮しながら、多くの事例等を分析して、評価項目毎に基準化することになろう。

このような観点にたって、土木計画における景観評価の流れを整理してみたものが図
 - 2.2 および図 - 2.3 である。

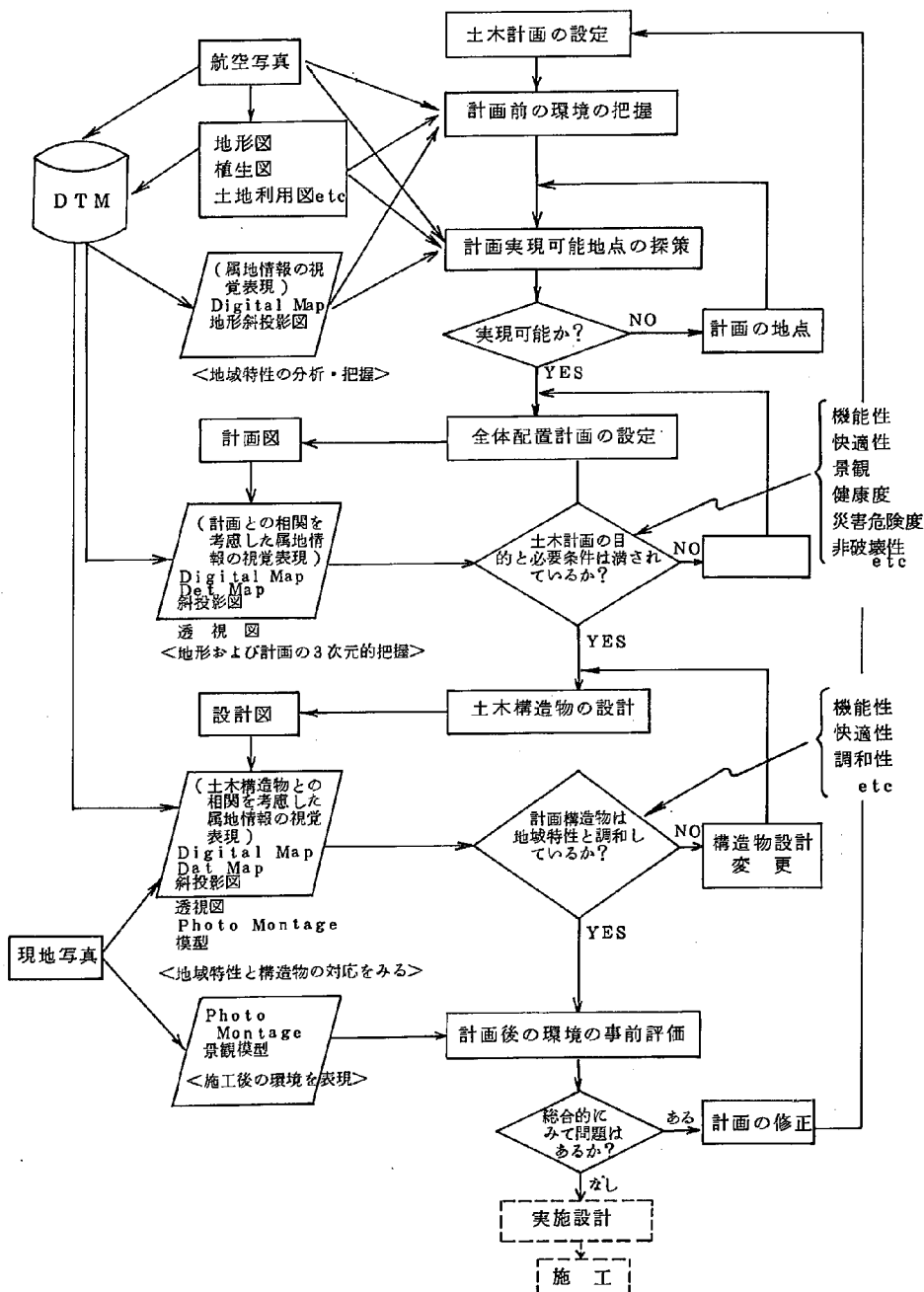


図 - 2.2 土木計画の流れと視覚表現

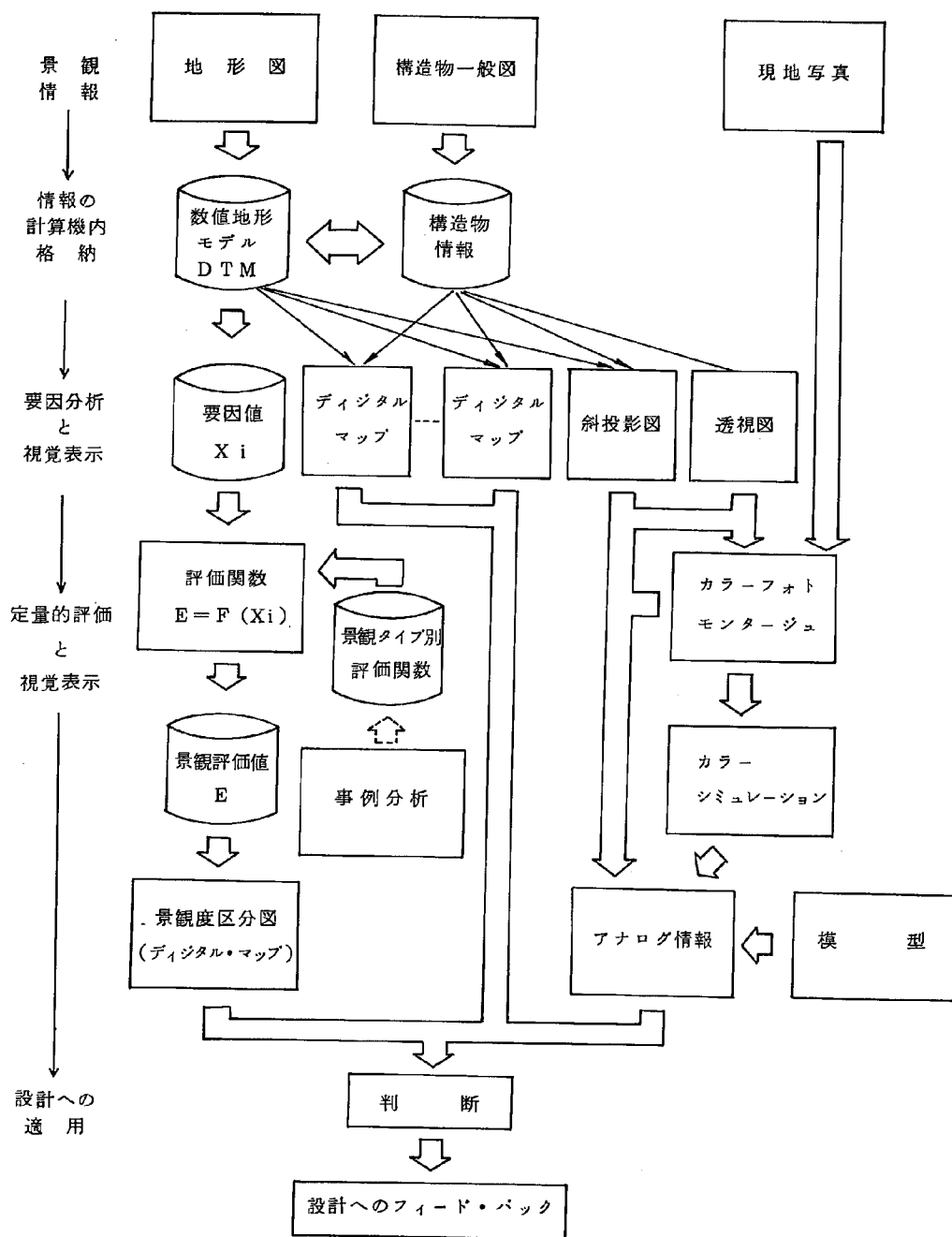


図 - 2.3 景観評価システム (景観構造の分析と評価) 概念図

第3章 今後の研究《画像処理によるフォトモンタージュ》

前章までに述べたように、現在でも多くのビジュアル化手法が開発、使用されているが、単独に利用されることが多いため、その手法に不足する特性がそのまま視覚表示資料の欠陥となりやすい。

たとえば、視覚性が高く、現実的な表現が出来るフォトモンタージュ等のアナログ的な手法は、彩色化作業の段階で熟練した専門家の特殊技能を必要とし、概して定量的でないことが多く、したがって表現された情報を数量的にとらえたり、修正したりすることがむずかしく、設計へのフィードバック機能に乏しい。そこで各手法の特性を活かして、目的に応じて有機的に結びつけるシステムの配慮が望まれる。そのためにはデジタル処理とアナログ処理を適切に組み合わせることが必要で、コンピュータを介した対話型の画像処理の研究を行なう計画である。カラーディスプレイ装置を用いて図-3.1のような流れが組み立てられる。このようなシステムを開発すれば、現地写真と設計図があれば完成後の姿が表示出来、必要に応じて部材の色を変えて見たり、型式を変えたり、背景構造物を加えたり、様々な設計条件についてシュミレーションが出来る。

このシステムを開発するにあたって、ハードウェア及びソフトウェアの面で問題となる点があり、以下に述べるような問題点について研究を行なう計画である。

＜ハードウェア面＞

1. 背景写真情報の入力装置

図-3.1ではメカニカルスキャナーなどのA/D変換器を想定した。背景情報の修正が容易で、前景処理などがしやすい利点があるが処理が複雑になる。光学系で直接入力する方法の採用も考えられる。デジタル・テレビ技術では、光学系で入力した図形情報をデジタル処理することが可能になりつつあり、VTR等を利用したテレビ技術との結合も考える必要がある。

2. 表示図形の座標値が正確に読み取れる機能の開発

3. ハードコピーの精度の向上

4. 対話型で情報の修正や調整が行なえる。

＜ソフトウェア面＞

1. 原稿上の任意点（画素）の測定法

2. 原稿上の任意点（画素）の被写体と視点との実距離の算出方法

3. R.G.B. デジタル値を色彩変換するD/A変換手法

4. 前景処理：前景による構造物の隠れ部処理

5. 位置合せ：写真と透視図の合成技術の開発

6. 乱反射効果：人工色を自然色に近づけるため、人工的面塗りにおいても擬似的な乱反射効果をとりに入れる必要がある。

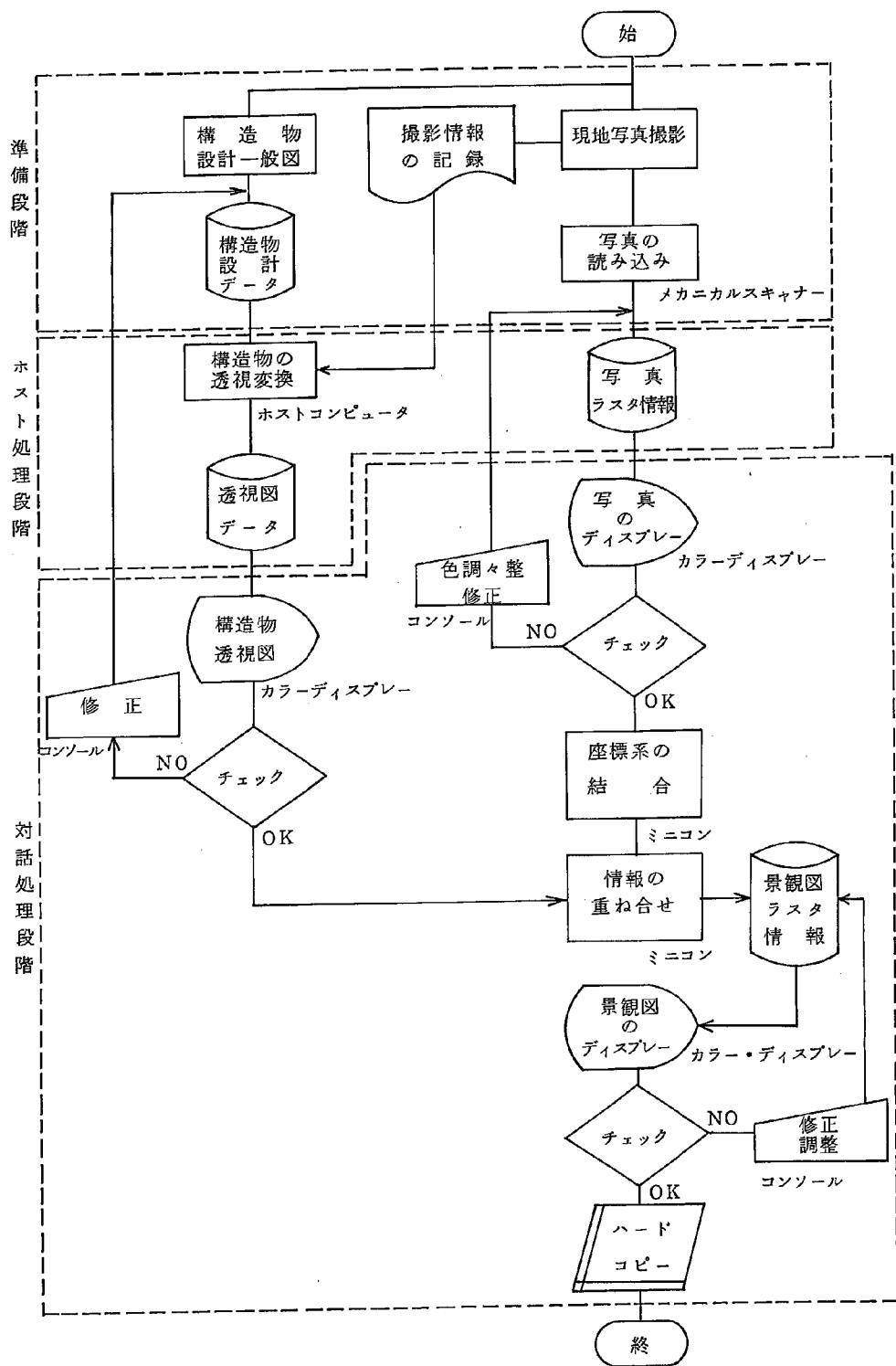


図-3.1 画像処理によるフォトモンタージュ

付 録

	頁
1. ビジュアル化のケーススタディ.....	19
1-1 コンピュータグラフィクス.....	19
1-2 フォトモンタージュ.....	38
1-3 模 型 の 利 用.....	42
2. ビジュアル化のための入出力機器.....	48
2-1 入 力 機 器.....	48
2-2 出 力 機 器.....	52
2-3 入出力機器に対する提案.....	56
3. 参 考 文 献.....	59

1. ビジュアル化のケーススタディ

ビジュアル化の応用手法の例として、コンピュータグラフィック、フォトモンタージュ、模型の利用の3手法をとり上げ、その応用を実証的に示すことを目的としたケーススタディーを行った。

ケーススタディーは代表的土木構造物であり、豊富な設計要素を有するものと思われる道路設計をとり上げるものとし、現在建設計画中の高速道路の一区画(図-附1)を対象として、現地景観模型の撮影、DTMを用いた計算機処理、カラーフォトモンタージュの作成を行なった。

1-1 コンピュータグラフィックス

(1) 手法の概要

一般に、コンピュータグラフィックスといえば計算機を用いた画像処理を意味するが、ここでは画像処理に限らず、広く計算機を介在した情報の視覚表現と考えることにする。

コンピュータグラフィックスは、その表現媒体に着目して次の4つに大別することが出来る。

- ① ラインプリンターによる出力
- ② X-Yプロッターによる出力
- ③ ドットプリンターによる出力
- ④ グラフィックディスプレイによる出力

各々の概要は次のとおり。

a) ラインプリンターによる出力

文字の選択や印字位置の操作から、記号の配列および印字密度による濃淡で図解的な表現を行なうものである。

文字を重ね合せて濃淡の段階を多くしたり、リボンの色をかえて色のついた表現を行なうことも出来る。

記号や濃淡に階層的な意味を持たせる場合と、記号の配列だけに意味を持たせる場合の2種類がある。

前者の代表的なものにデジタルマップがあり、後者の例としては斜投影図、透視図などの出力がある。

b) X-Yプロッターによる出力

線図のハードコピーとして、代表的なもので、設計図面の自動作図、斜投影図、透視図など、線で構成した任意の図解的な表現ができる。

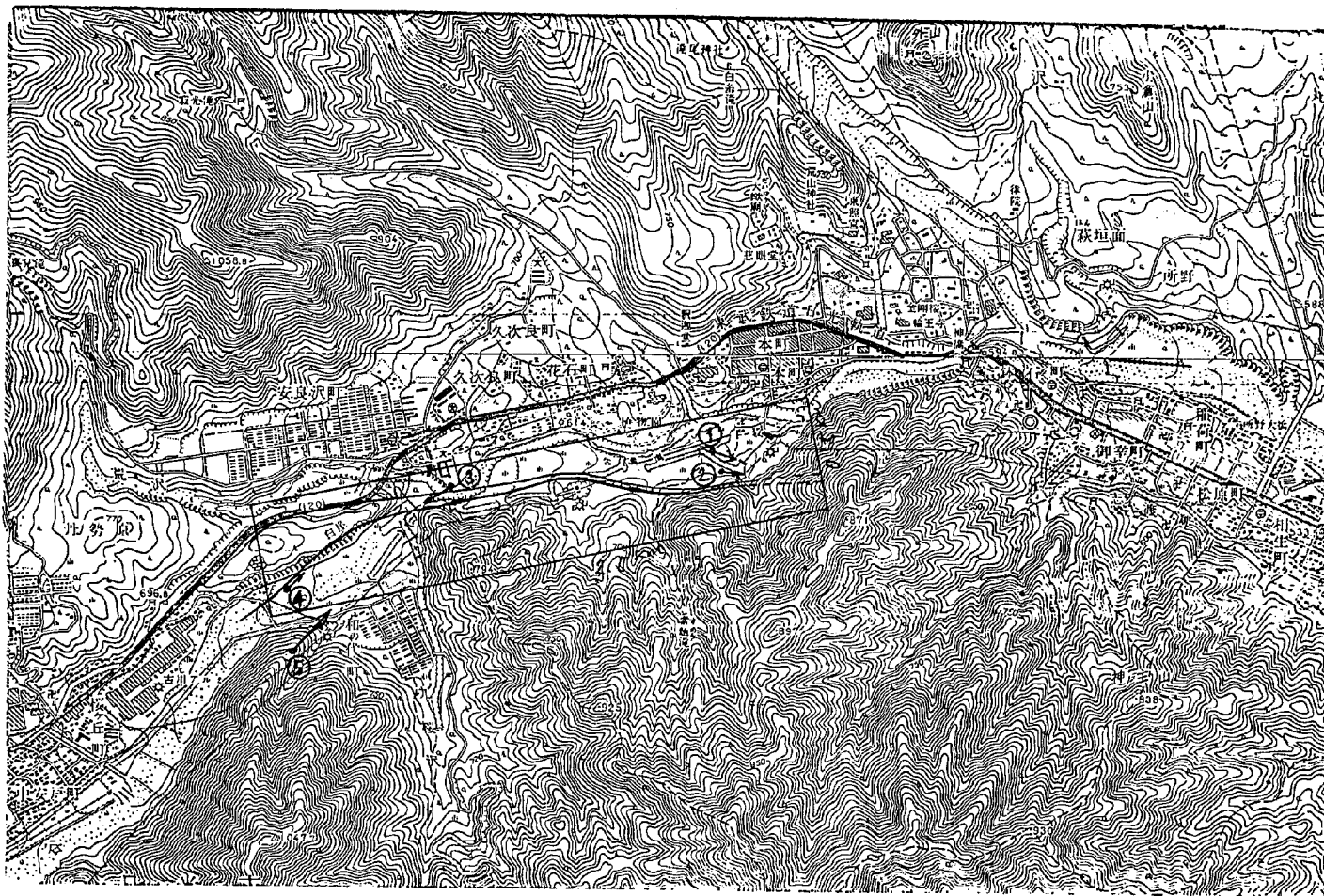


図-附-1 ケーススタディ対象地域および撮影視点

ペンを選択することにより、線の太さや色を変えて表現することも出来る。また、線の密度や方向を変えて、濃淡表示を行なうことも可能ではあるが、処理効率はあまりよくない。

c) ドットプリンターによる出力

点を基調とした図解的表現であり、点の連続で線を表わし、密度とパターンによって濃淡を表現する。

任意の図形が線や濃淡の組合せで自由に表現でき、いわゆる面画表現が可能である。

インクジェット方式のプリンターなどを用いればカラー化も容易である。

d) グラフィックディスプレイによる出力

線図のソフトコピーの代表的なもので、CRT面を走査する光の線でX-Yプロッターと同様な線を基調とした図解的表現を行なう。

各輝点の輝度を操作して濃淡表現することも可能である。特に、カラーディスプレイの場合には、CRT面の輝点の各々にカラー情報が与えられるので、線図表現だけでなく、ドットプリンターと同様に濃淡やカラーによる面画表現が可能である。

(2) 応 用 例

ケーススタディーでは図-附1の対象地域について、DTMを用いて各種地形情報および道路景観情報のラインプリンター出力、X-Yプロッター出力を行なった。

a) ラインプリンター出力

DTMを用いて地形情報および景観情報をデジタルマップ表示する手順は図-付2であり、表示可能と思われる情報として各々次のものが考えられる。

<地形情報>

- ① 地形標高図 : 格点の地形標高値をランク表示するもの
- ② 等高線図 : ①のランクの境界を抽出した等高図
- ③ 斜面勾配図 : 格点の斜面の勾配をランク表示するもの
- ④ 斜面方向図 : 格点の斜面のかたむきの方向を区分するもの
- ⑤ 水系図 : 格点の集水面積をランク表示し、集水状況を明視化するもの
- ⑥ 地形起伏図 : 格点の地形凸凹状況を区分するもの
- ⑦ 植生図 : 格点の代表植生の種類を区分するもの
- ⑧ 地質図 : 格点の地質の種類を区分するもの
- ⑨ 土地利用図 : 格点の土地利用状況を区分するもの

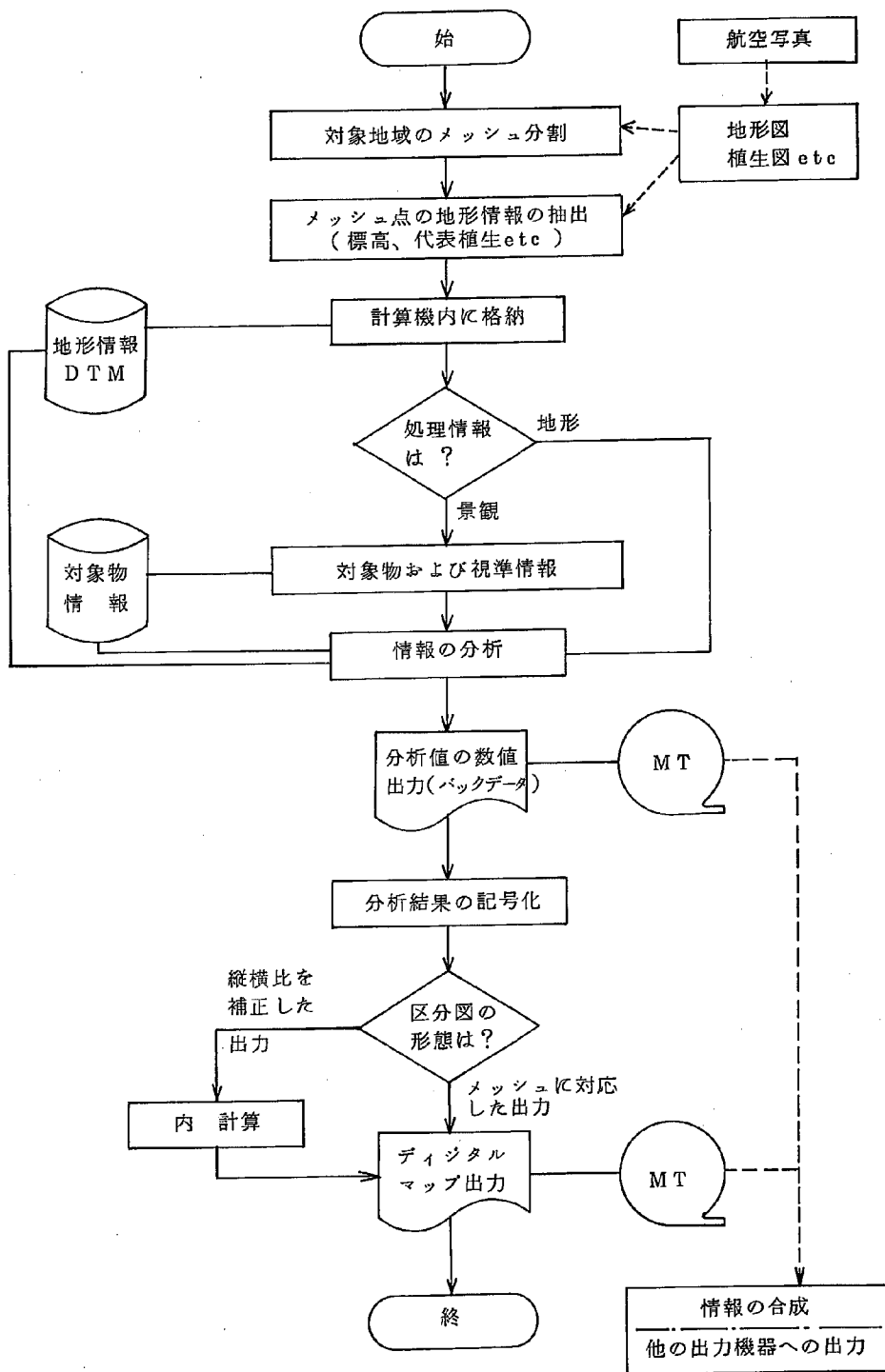


図-附2 デジタルマップ作成手順

- ⑩ 日射量図 : 格点に照射される太陽エネルギー量をランク表示するもの
- ⑪ 土工区分図 : 整地の際に切盛状況を区分するもの

<景観情報>

- ① 視覚区分図 : 任意点における対象地域各点の可視、不可視を表示するもの
- ② 視準率区分図 : 格点において対象物が見える割合をランク表示する
- ③ 視軸と対象物軸線とのなす角度区分図 : 格点から対象物がどういう角度で見えるかを区分しランク表示するもの
- ④ 標高差区分図 : 特定点と格点の標高差をランク表示するもの
- ⑤ (水平・垂直)見込角区分図 : 格点から対象物全体を見込んだときの視角の大きさをランク表示するもの
- ⑥ 視線入射角区分図 : 格点から対象物全体を見込んだときの視角の大きさをランク表示するもの
- ⑦ 俯角・仰角区分図 : 視準線の傾き角をランク表示するもの
- ⑧ 距離区分図 : 格点と対象物の距離をランク表示するもの
- ⑨ 日照方向図 : 視準線と太陽光線の関係(順光・逆光)を区分するもの
- ⑩ 日影区分図 : 日向の部分と日影の部分を区分するもの

図-附3が作成したデジタルマップの出力例であり、出力図の範囲は計画道路を含む南北500m、東西2500mの地域(図-附1参照)で20m間隔の格子状メッシュを用い、地形標高図を示したものである。a)は通常の出力 b)は等高ランクの境界点を白抜きした出力である。

b) X-Yプロッター出力

X-Yプロッター出力の例として、地形および景観情報を視覚表現する次のようなものが考えられる。

- ① 地形斜投影図
- ② 道路斜投影図
- ③ 斜投影図表現した道路景観図
- ④ 地形透視図
- ⑤ 道路透視図
- ⑥ 透視図表現した道路景観図

これらの資料は次の流れ図によって作られる。

-26-

地形標高図

図-附-3(a) ラインプリンター出力例(デジタルマップ)

-27-

等高线图

記 号	範 围	記 号	範 围
0	600m ~ 610m 未満	A	700m ~ 710m 未満
1	610 ~ 620	B	710 ~ 720
2	620 ~ 630	C	720 ~ 730
3	630 ~ 640	D	730 ~ 740
4	640 ~ 650	E	740 ~ 750
5	650 ~ 660	F	750 ~ 760
6	660 ~ 670	G	760 ~ 770
7	670 ~ 680	H	770 ~ 780
8	680 ~ 690	I	780 ~ 790
9	690 ~ 700	J	790 ~ 800

图 一附 - 3 (b)

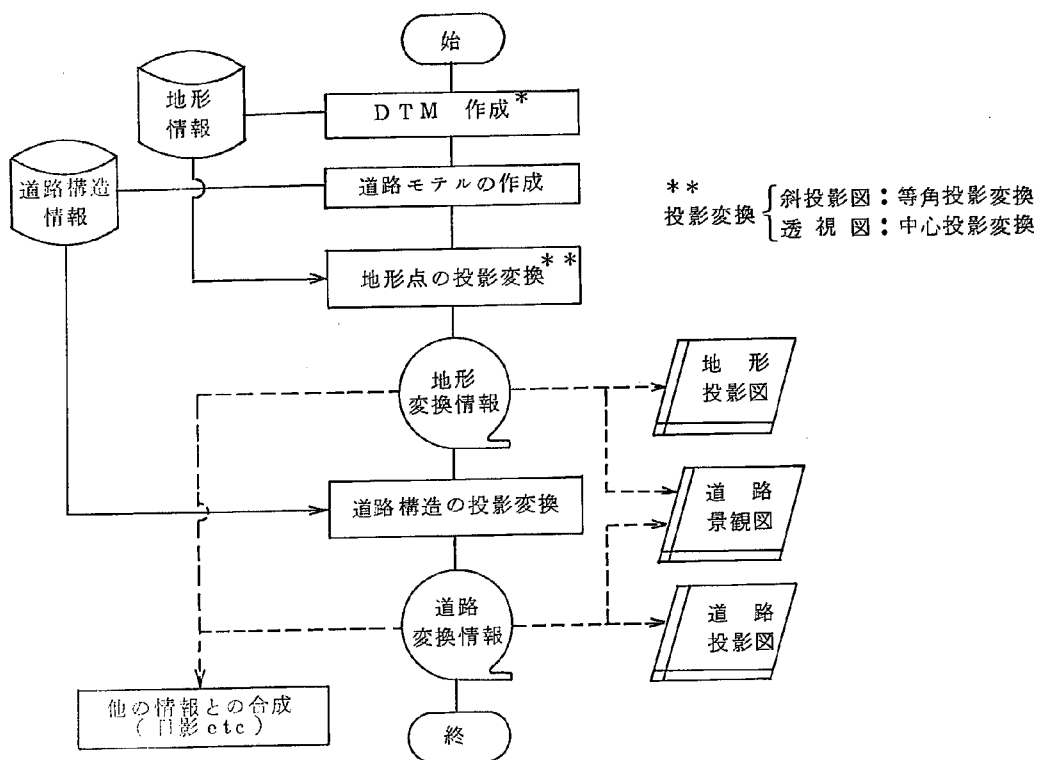


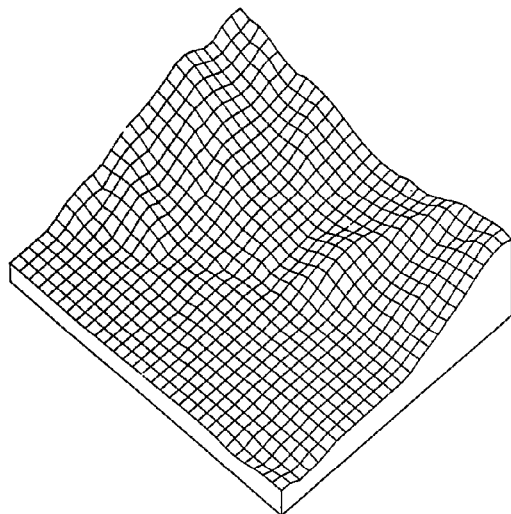
図-附4 投影図作成手順

イ) 地形斜投影図

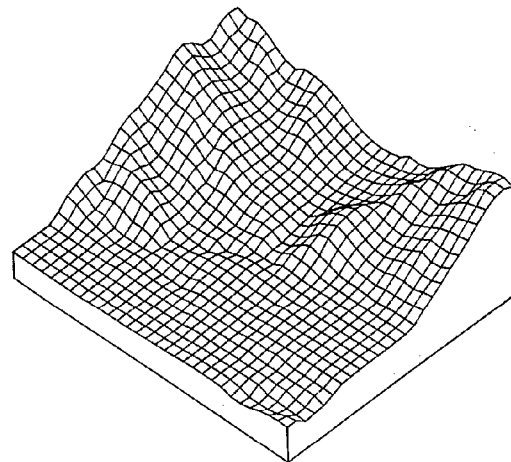
メッシュ地形データの等角投影変換で地形形状を3次的に表現した例が図-附5である。対象地区の東側 $\frac{1}{2}$ をモデルにとり、俯角を変化させて投影変換し出力したものである。同一の地形を同一方向から見た場合でも、俯角の変化により大きく印象が異なることがわかる。一般に、俯角が小さくなるほど動的になり、起伏感が強調される。

ロ) 斜投影図表現した道路景観図

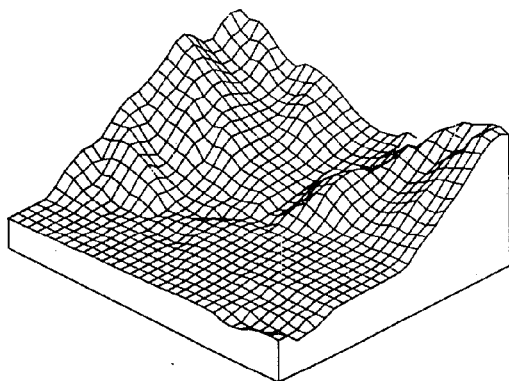
同一条件で斜投影変換した地形斜投影図と道路斜投影図を、基準点を合せて重ね描きすれば、斜投影図表現による道路景観が得られる。図-附6は単純に両者を重ねたものに隠れ部の消去と彩色による面表現を行なったもので、視覚性が増し、景観図として良好な資料となることがわかる。



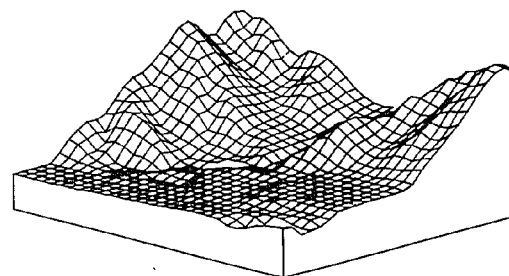
(a) 俯角 60°



(b) 俯角 45°



(c) 俯角 30°



(a) 俯角 15°

図-附-5 X-Yプロッター出力例(地形斜投影図)

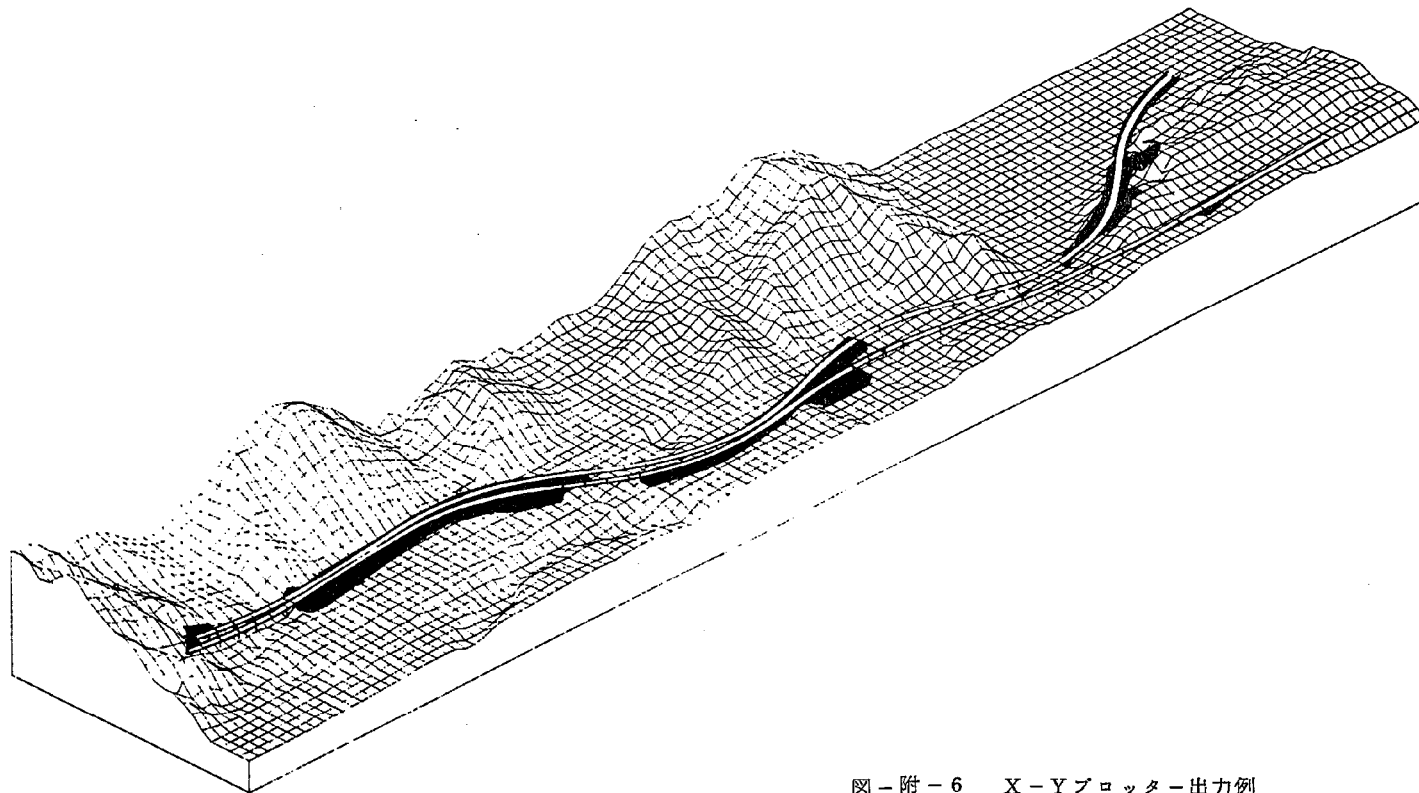


図-附-6 X-Yプロッター出力例
(斜投影図表現による道路景観図)

ハ) 透視図表現した道路景観図

同一条件で透視変換した地形透視図と道路透視図を、基準点を合せて重ね描きすれば、透視図表現による道路景観図が得られる。(図-附7)

同図では、両者間の見え隠れを考慮していないので、やや雑然とした図になっているが、各点で視認される道路景観を概念的に判断することは充分可能である。

エ) ドットプリンター出力

図-附8は、線とパターンを併用して等高図を2次的に示した例である。ラインプリンター出力より線の精度が高く、視覚的であることがわかる。

図-附9は、等高線上に水系図(集水面積)を濃淡で重ねた例である。同一レベルで同時に線と濃淡が重ねられるので、容易に複数の情報が合成出来る。

図-附10は、地形を等高線図として斜投影変換し、3次元表示した例である。南方向斜面を太線で示す工夫をしており、単純な線だけの表現であっても、情報の合成など有効な利用が可能であることを示している。

図-附11は、図-附10に等高パターンをあてはめたものであり、3次元面画表現の例である。ここでは、地形等高図を例としたが、一般の3次元構造物斜投影図に対しても、面処理を施したり、影の部分に濃淡をつけたりすることが全く同じ手順ででき陰影を伴った景観図などの表現も容易に行なえる。

(3) 応用上の問題点

ア) ラインプリンターの出力について

情報の視覚表現にラインプリンターを用いるにあたっての問題点を列挙すると次のとおり。

イ) 一ラインの字数が少ないので、多くの情報を出力する場合には、分割出力して貼り合わせるなどの工夫が必要である。

ロ) デジタルマップは、出力が単純な記号の羅列となるので、地形の略図や座標軸を重ねて、出力に対して一定の枠組を与えるなど、視覚性を高める工夫が必要となる。

あらかじめ作ったフォーマット上に出力したり、フォーマットを重ねてコピーするなどが考えられる。

ドットプリンターなどを用いれば、出力図も枠組も同一レベルで処理できるので便利である。

ハ) 活字の特性から、縦横比が1:0.6であるので、一般の情報との合成を考える

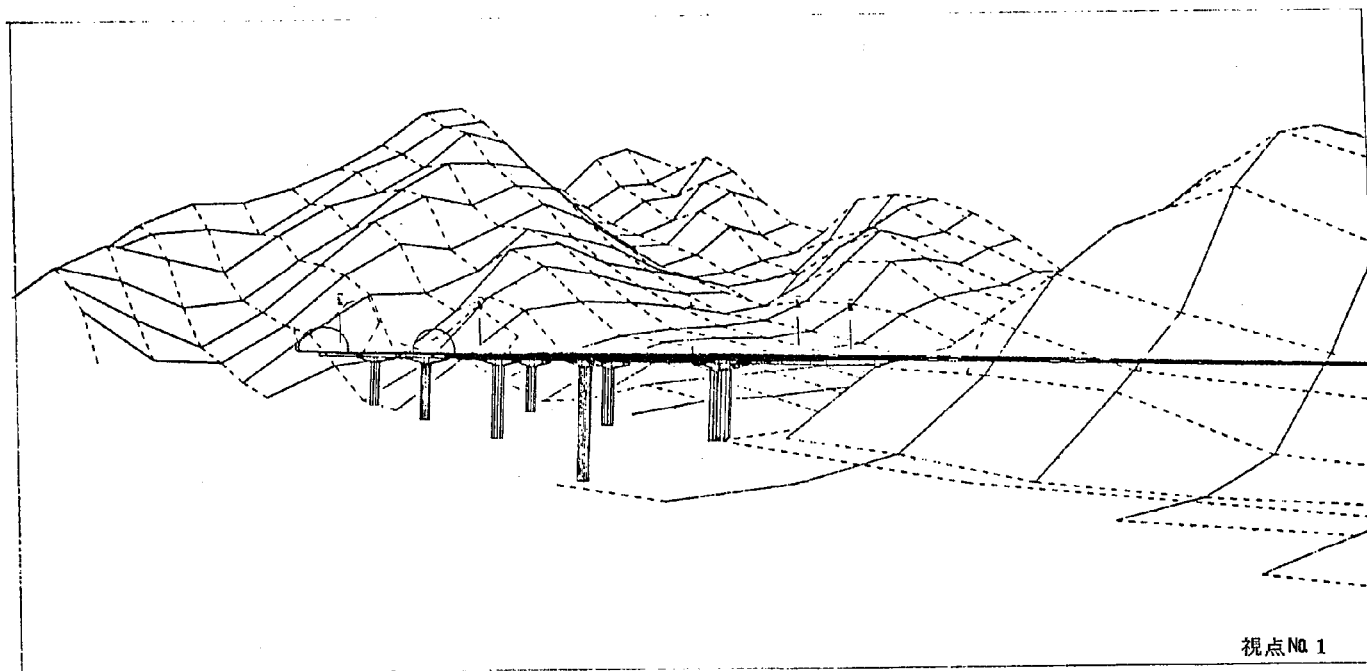
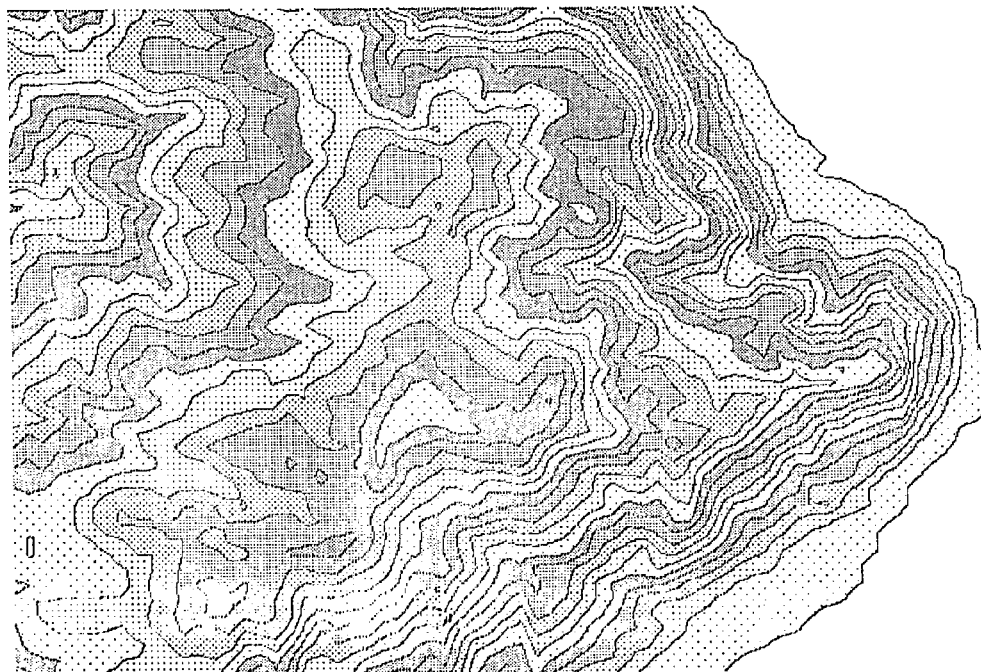
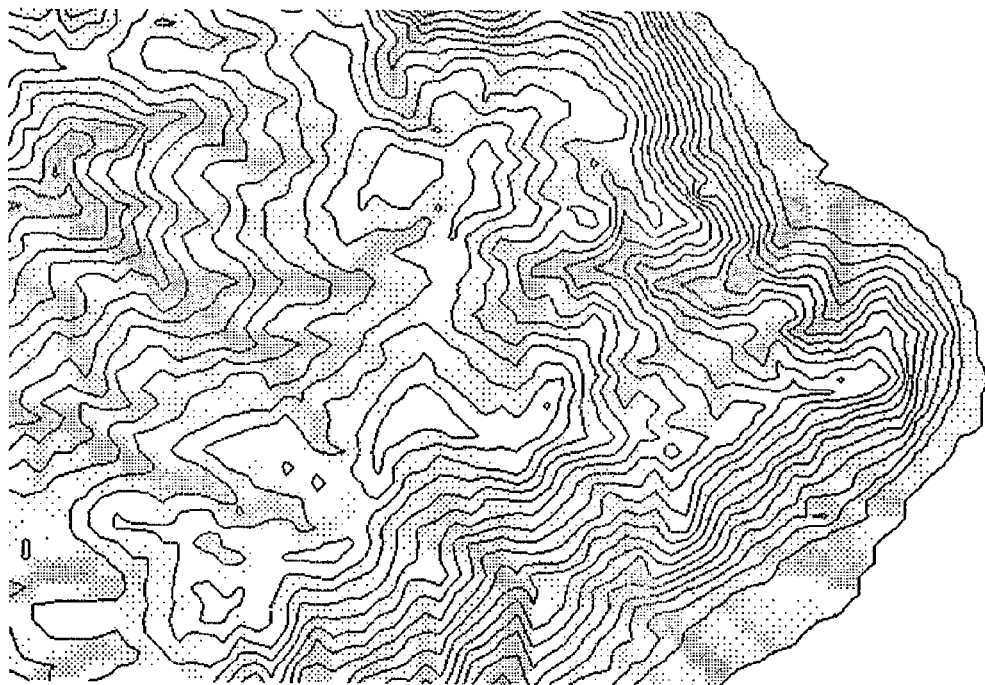


図-附7(a) X-Yプロッター出力例
(透視図表現による道路景観図)



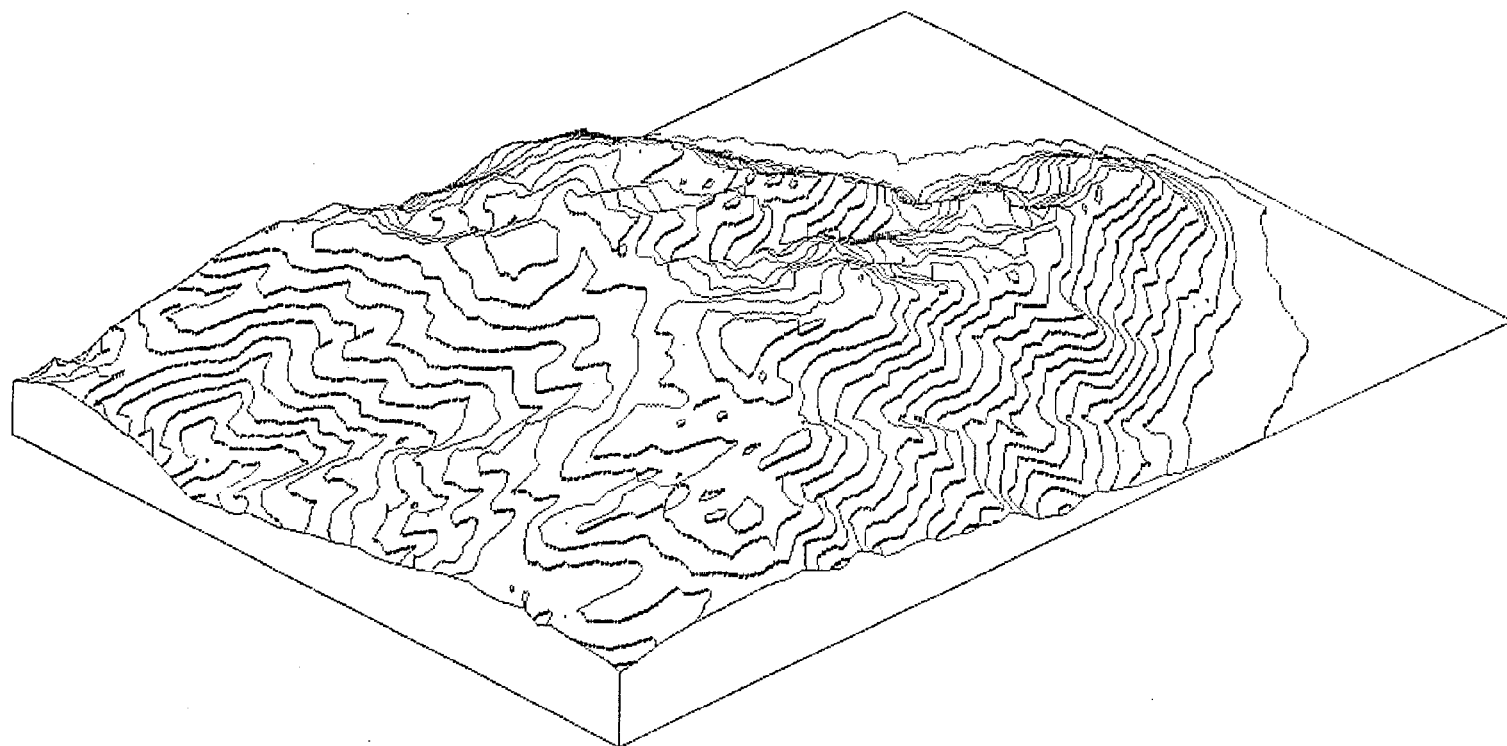
等高線パターン図

図 - 附 - 8 ドットプリンター出力例 (濃淡パターン表現)



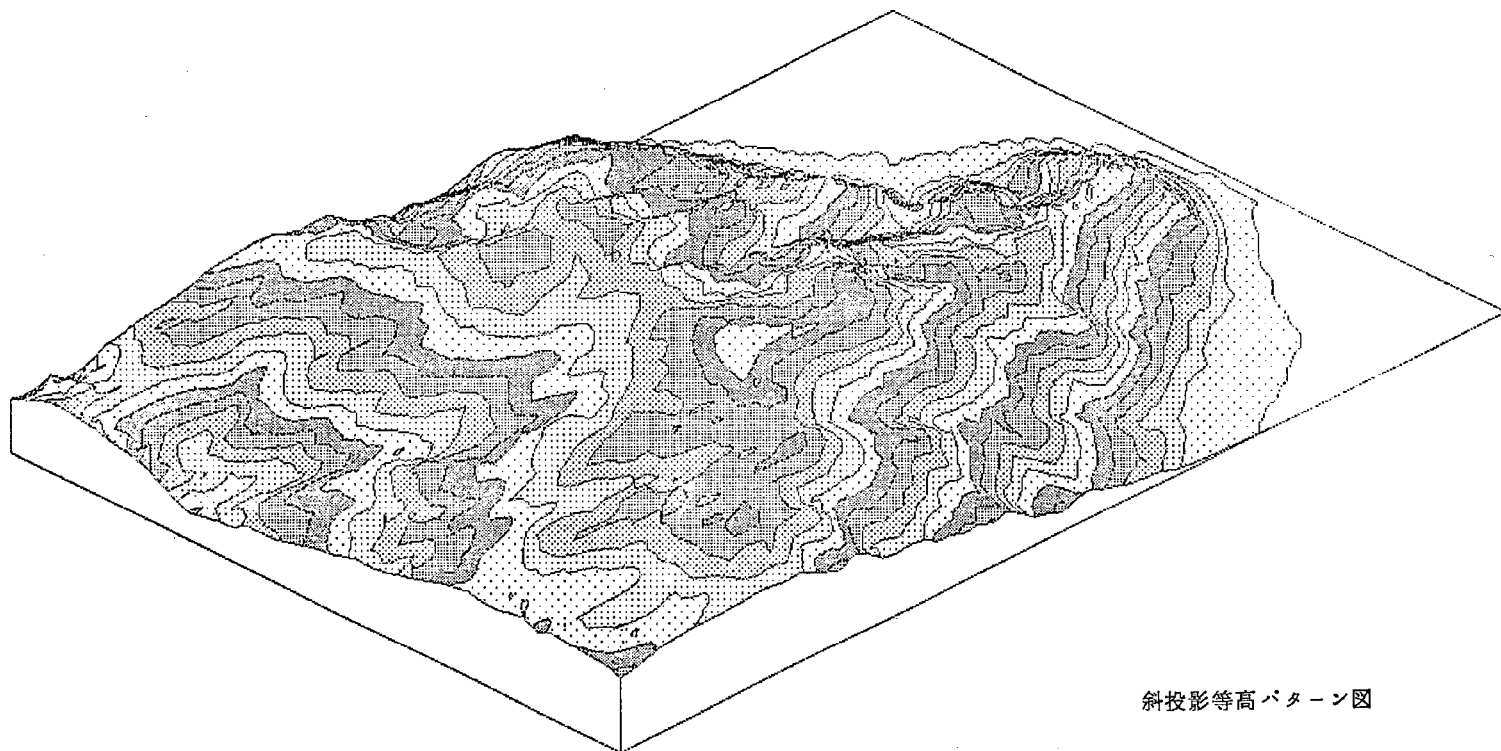
等高線と水系図の合成

図-附 9 ドットプリンター出力例（情報の合成）



斜投影等高线图

図-附10 ドットプリンター出力例(三次元線画表現)



斜投影等高パターン図

図-附11 ドットプリンター出力例(三次元面画表現)

場合には、常に縦横比を1:1にそろえる処理が必要である。

ニ) デジタルマップでは、記号のちがいという物理的な判断基準で識別できるので、記号の種類が許す範囲で多くのランクが使えるという利点がある。しかし、ランクが多くなればなる程見にくくなるので、特定の枠組を与えたり、ランクの境界を明確にする工夫が必要となる。これに対しては、ランクの境界を空白にして区別することなどがよく用いられる。

ホ) 濃淡表現の場合には、記号の選択だけでは階調が少ないので、文字の重ね打ちやリボンの色を変えるなどの工夫が必要となる。

また連続した階調が取れないので、スムーズな表現がむずかしい欠点がある。

ヘ) 線図の表現の場合には、一ラインの字数が限定される上、記号の連続で表現するので、線の精度が粗く、細部表現が困難である。分割出力して貼り合わせるなどの工夫もできるが、処理手順が増し効率的でなく、精度もあまり上がらない。

b) X-Yプロッター出力について

X-Yプロッターを用いた視覚表現上の問題点は次のとおり

イ) 線図表現であるため、細部表現に多大な労力を必要とする視覚性の向上と処理労力との調整が問題となる。

ロ) 情報の重ね合せの場合、隠れ部の処理に多大な労力が必要となる。

ハ) 濃淡などの面的表現が困難であり、多大な労力が必要である。作図後、人間の手で彩色することが最も簡易な方法である。

ニ) 複雑な図形では、図形各部の相対的関係の判別がむずかしい。線の種類や太さ、色などを変えて識別を容易にする工夫が必要である。

c) 設計情報の評価について

デジタルマップは情報の単一化が特徴であるので、複雑な情報を項目別に評価したい場合などに有効である。また必要ないいくつかの情報を合成して評価したり、他の視覚表現を行なうための基本となるデータを提供するものとして有効に利用出来る。

濃淡表示は、連続的に分布する情報を表現する場合に、デジタルマップより視覚性に優れるものとして有効に利用できる。

環境問題における汚染物質の分布や公害予測値の分布などの表示が考えられる。人間の識別特性から、濃淡ランクは10段階程度が適当であるとされるので、ラインプリンター程度の濃淡階調でもあまり不都合は無いものと思われるが、地形状な

どの背景情報を合成する場合などでは、線と濃淡が同一レベルで処理できるドットプリンターの利用が有効である。

斜投影図は地形等の立体感を表示するだけでなく、応用例のように、道路や橋梁などの構造物を同時に描画することにより、構造物と地形の位置関係をマクロ的に把握し、設計段階へのフィードバックを可能にする。簡単な模型に匹敵する程度の現実性があり、操作性も高いので設計情報の評価資料として有用である。

透視図は人間の視覚に対応した3次元イメージを与えるので、現実 に即した評価と判断が容易である地形と構造物を同時に描画したり、後述のフォトモンタージュを作ったりすることにより、実現される景観を事前にとらえた評価が可能になる。

1-2 フォトモンタージュ

(1) 手法の概要

フォトモンタージュは、現地写真上に、同じ視点同じ視準点、同じスケールで描いた計画構造物の透視図を重ね彩色するもので、構造物の完成後の姿を事前に表現する。用いる写真のちがいににより次の3種がある。

- ① モノクロフォトモンタージュ : 白黒写真上に重ねたもの。
- ② カラーフォトモンタージュ : カラー写真上に重ねたもの。
- ③ ステレオフォトモンタージュ : ステレオ写真上に重ねたもの。

中でも、カラーフォトモンタージュは、色彩や材質面をも含めて、自然環境と構造物の調和を事前評価するための有効な資料として最もよく用いられている。

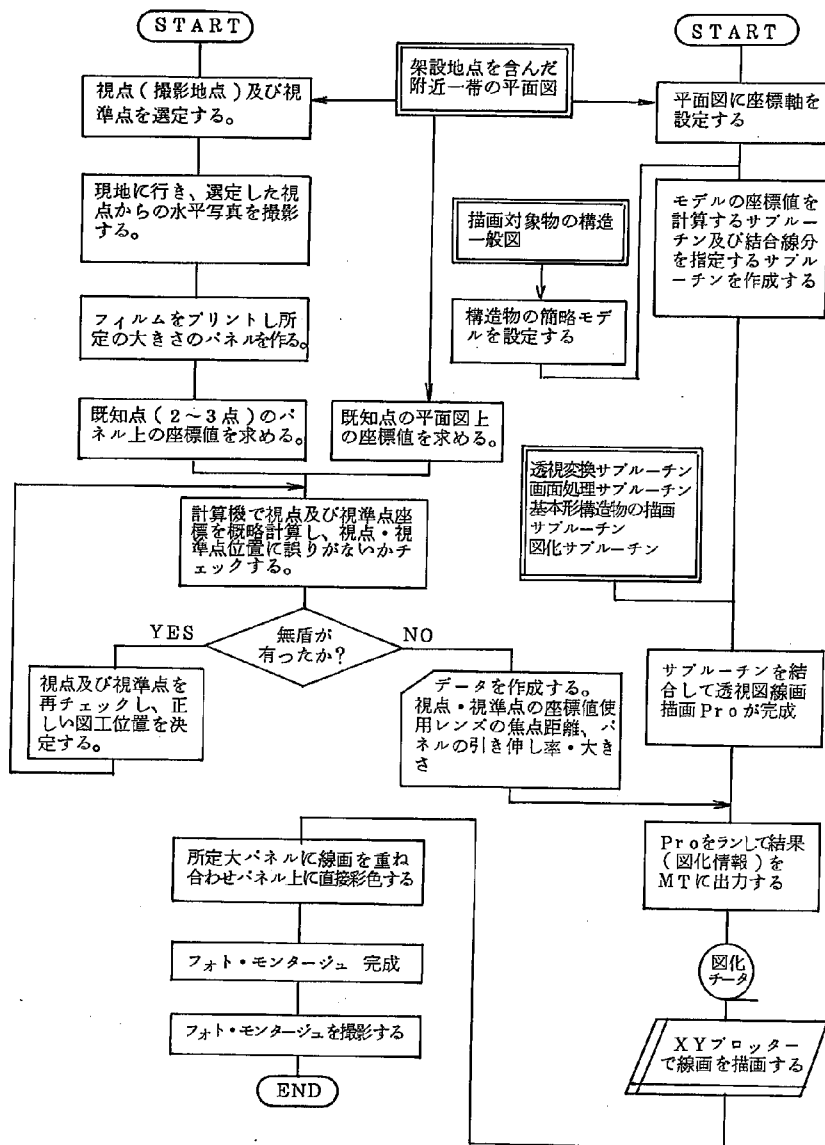
フォトモンタージュの作成手順を示したものが図-附12である。

(2) 応用例

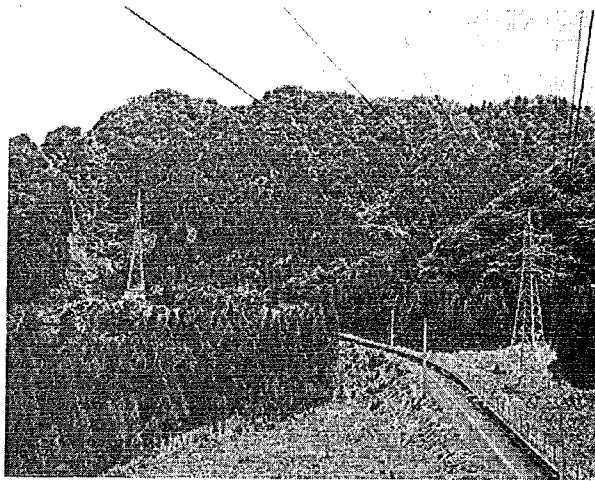
ケーススタディーの中で作成したカラーフォトモンタージュの例が(写真-附1)である。

図-附1に示した視点1からの景観に対応するものであり、上段(a)が現地写真、下段(b)が作成したカラーフォトモンタージュである。

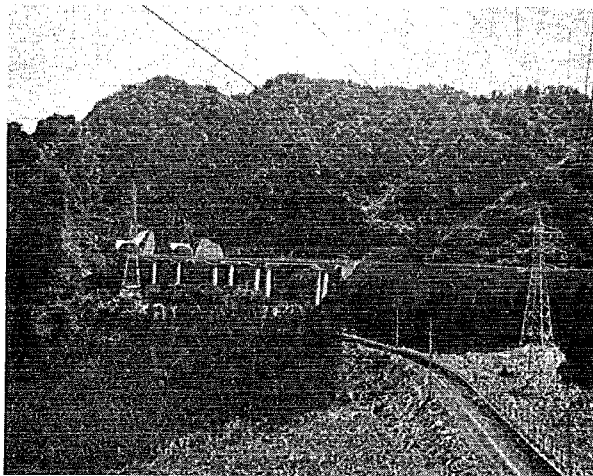
完成後の道路景観がリアルに具現されている。



図－附12 フォトモンタージュ作成手順



(a) 現 地 写 真



(b) フォトモンタージュ

写真-附1 フォトモンタージュ作成例(視点No.1)

(3) 応用上の問題点

ケーススタディーにおいて、フォトモンタージュを作成する過程で明らかになった応用上の問題点とそれに対する提案をまとめる。

a) 現地写真撮影上の問題点

イ) 的確な撮影地点の選定

撮影地点は、現地地形図と路線計画図を参照して、カメラの画角を参考の上、目的とする景観要素が充分に表現される地点が選定される。フォトモンタージュの良さを生かすためには、できるだけ彩色時における現地景観（写真）の修正が少なくなるような位置関係を選定することが望ましい。

また、後の処理を効率的にするため、図面上で選定した地点を正確に現地に对应づける配慮が必要である。

ロ) 写真撮影条件

透視図作成における解析作業を容易にするため、水準器と三脚を用いて水平写真を撮影することが最も望ましいが、現地の状況によっては、必ずしも可能でない場合がある。

写真測量の手法などから斜め写真の傾き角を解析し、視点と視準点が追跡できるソフトを開発すること、あるいは、撮影面の傾き角(θ , ω , ρ)が自動的に計測できる機能を内蔵したカメラの開発が望まれる。

露出条件は、露出計を用いて計測した適正露出およびその前後の3種で撮影し、条件の良いものを採用するのが望ましい。

また、カラー現象の際の色発生を正確に行なうための色見本として、スライド撮影を並行することが望ましい。

ハ) 既知点の設定

現地写真と透視図の重ね合せには基準点が必要である。現地で明確に確認でき、図面上でもその位置が確認できる既知点を3点以上写し込んでおくことが望ましい。

ニ) 障害物のある視点での撮影方法

図面上で良好な撮影地点であるとして選定した地点でも、樹木や建物などの障害物のために、充分な展望が確保できない場合がよくある。現在は、視点を移動したり、足場を作ったりして処理しているが、充分でなく、全く別の視点に変更してしまい場合も少なくない。気球やフーセン、あるいは模型飛行機（ラジコン）

などにカメラを装着し、遠隔操作で撮影する手法などの開発が望まれる。この場合、カメラの方向の固定方法、風やモーターの振動によるゆれの固定、遠隔操作の方法など多くの問題点が考えられる。

1-3 模型の利用

(1) 手法の概要

縮尺模型は、設計対象物の形状や機能、あるいは周辺環境との調和などについて前もって検討するための有効な手段の一つである。

縮尺模型を用いた検討の方法には次の3つがある。

- ① 直接観察する方法。
- ② 写真撮影を行ない写真を媒体として検討する方法。
- ③ パーツの交換や配置転換など模型自体を変化させて検討する方法。

a) 直接観察する方法

肉眼で直接観察する目視と、モデルスコープ（後述）と呼ぶ光学系の器材を使用して観察する方法の2つが考えられる。

前者は、飛行機で上空から観察するように、鳥瞰図的観察となるので、現実の人間の視点とは常に遊離する欠点がある反面、全体像を自由に見わたせるという大きな利点もある。

後者は、観察者の視点を模型の縮尺に合せて実物のスケールで観察することを可能にする。また設定された地域を自由な視点から、または移動しながら、ヒューマンスケールで観察することが出来る。

b) 写真撮影を行ない、写真を媒体として検討する方法

写真撮影は直接カメラで撮影する方法と、モデルスコープにカメラを接続させて撮影する方法の2種類があり、それぞれa)の2者に対応した写真が得られる。任意の地点に固定して単写真を取る以外に、8mmや16mmのカメラをセットして連続写真をとることもできる。

c) パーツの交換や配置転換など模型自体を変化させて検討する方法

構造物だけを別途何種か作成しておいて、その部分だけパーツ交換することにより、異なった設計タイプの景観を同一模型で表わし、構造物の型式選定に用いたり、樹木や植生の種類や配置を変えて検討したりする方法である。

(2) 応 用 例

ケーススタディとして(写真-附2)に示す道路景観模型の写真撮影を行なった。この模型は、建設計画道路を含む延長約2km、巾500m~700mの計画地域(図-附1参照)の詳細な現地景観模型であり、縮尺1/500で作られている。硬質のポリウレタンを地形図の等高線に沿ってモデリングマシンで機械切削し、ランドカバー、彩色をしたものである。

a) 35mmカメラを用いた写真撮影

通常の35mmカメラで直接撮影した模型写真-附3である。飛行機や山頂などから眺めた鳥瞰図的景観が具現される。

b) モデルスコープを用いた写真撮影

現在、日本においては、模型の観察を目的としたモデルスコープは実用化していない。したがって、本ケーススタディーでは、その代替装置として写真-附4に示した医学用のガストロファイバースコープ(胃カメラ)を用いた。同カメラは、先端部に設けられた対物レンズ(視野角85°, 焦点距離4mm~∞)でとらえた像を、オプティカルファイバー管で伝達し、操作部に装着したカメラ(16mmカセットフィルム方式)で記録するものである。焦点やアングルの調節は、スコープを保持した左手の指先で操作部のノブを回して行なり仕組である。

撮影状況を写真-附5に示す。ここに写真-附6は連続写真の例で、道路上を走行する自動車からの走行景観(道路内部景観)をシミュレートしたものである。

連続写真の撮影間隔は模型上で約4cm(実距離で20m)である。

(3) 応用上の問題点と提案

a) モデルスコープについて

応用例に見るように、模型を実物と同じスケールで現実視できる点から、設計情報の視覚化と評価のため、模型を用いる場合モデルスコープは欠かせない重要な道具となるものと思われ、早急に実用化が望まれる。

本検討で用いたガストロファイバースコープの機能から判断して土木設計のためのモデルスコープの実用化にあたって必要と思われる機能を列挙すると次のとおりである。

イ) 極近から無限遠まで焦点距離が変化できること。

ロ) 直接観察できると同時に、カメラを装着した写真撮影ができること。

通常の35mmカメラおよび8mmあるいは16mm撮影機が装着できることが望ま

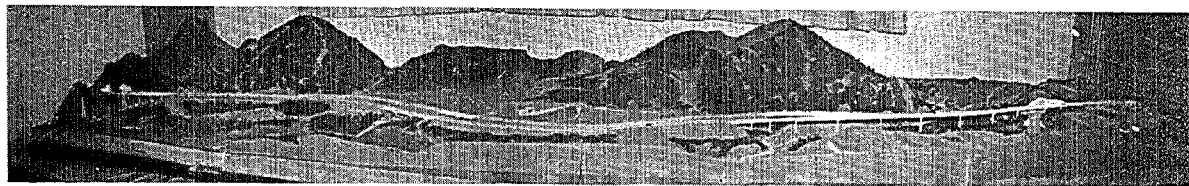
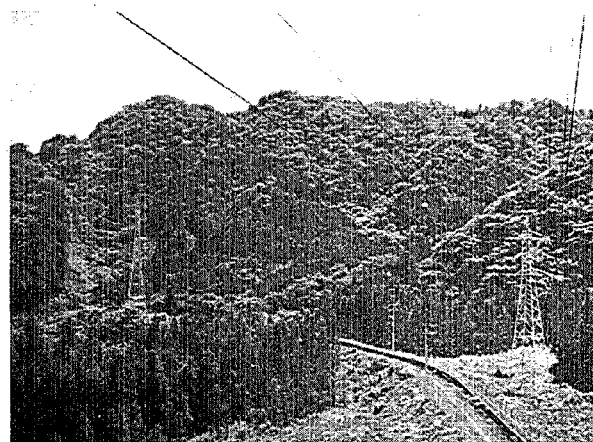


写真-附2 道路景観模型全景



(a) 模型写真 (35mmカメラ使用)



(b) 現地写真

写真-附3 視点No.1

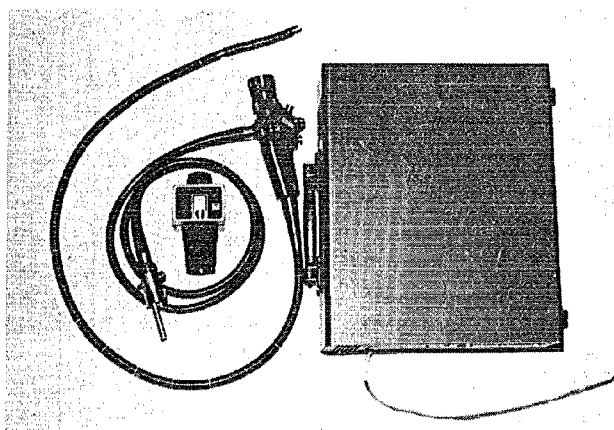
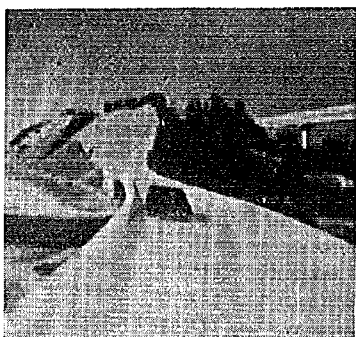


写真-附 4 ガストロファイバースコープ



写真-附 5 撮影状況写真



(a)



(d)



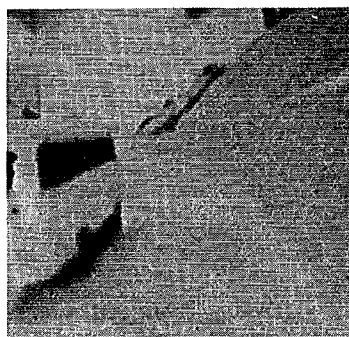
(b)



(e)



(c)



(f)

写真 - 附 6 モデルスコープ (連続写真)

しい。

ハ) 人間の視角に近い60°程度の視野が確保できること。

ニ) レンズ位置の固定と微調整および鉛直セットが可能なこと。

ホ) 画質の向上のためには、オプティカルファイバー管よりもレンズ系を用いる方が望ましいと思われる。

上記イ)～ホ)の機能を持ち、工学用に開発が望まれるモデル스코プの予想概念図を図-附13に示す。

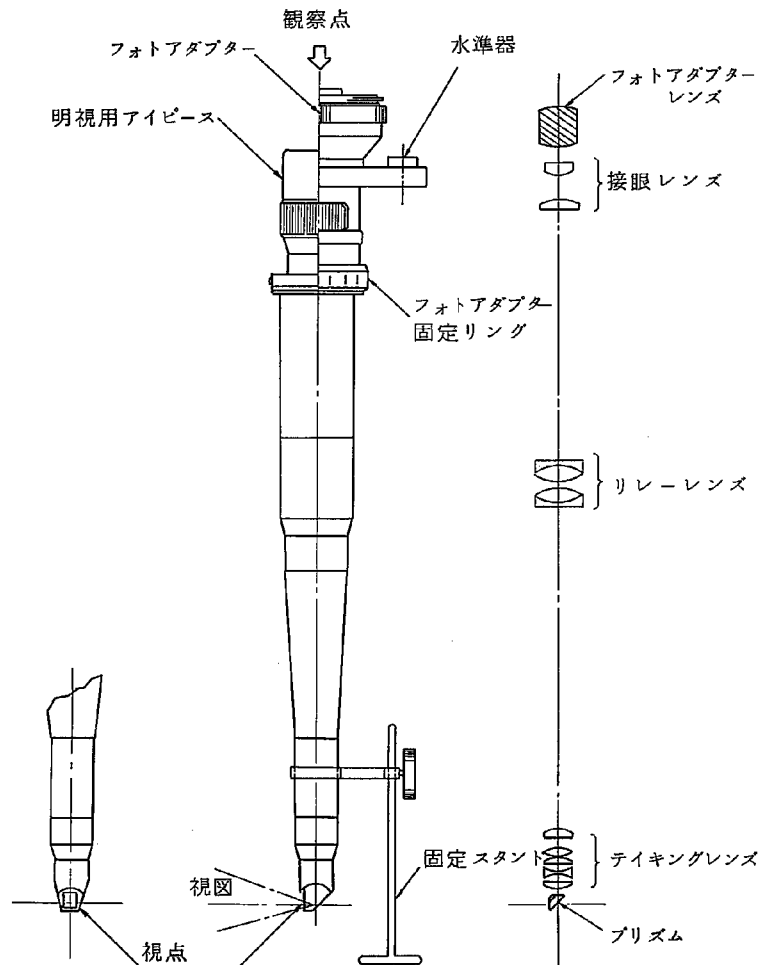


図-附13 モデル스코プ概念図

2. ビジュアル化のための入出力機器

情報のビジュアル化は、様々な形態で与えられる原情報の入力を受けて、単一化、合成、一般化、規格化、図化などの視覚化の処理を施した上で出力することによってなされることはずでに述べたとおりである。

ここに、原情報を入力する装置と視覚化情報を出力する装置とが必要になる。本章では、ビジュアル化に必要な入出力装置について概説を試みる。

入力される原情報は、各種測定値のようなデジタルな情報と、写真や図形などのようなアナログ情報とに大別され、一般に、それぞれ異なった装置から入力されている。

したがって、入力装置についてはデジタル情報の入力、アナログ情報の入力の2項目に分けて整理した。

一方、出力される視覚化情報は、TVモニターのように一時的な記録で結果が消えてしまうものと、写真のように最終的に記録が手元に残るものの2つに大別できる。それぞれ、ソフトコピーおよびハードコピーと呼ばれる。

したがって、出力装置についてはハードコピーとソフトコピーの2つに項目分けし、その概要をまとめた。

2-1 入力機器

(1) デジタル情報の入力

構造物設計における計算値などのように、もともと数値で与えられる情報や、座標読み取り器などのようなA/D変換器を通して、あらかじめ数値化されているいわゆるデジタル情報を入力する装置には次のものがある。

- a) カード・リーダー
- b) 紙テープリーダー
- c) 磁気テープ読み取り装置(カセット磁気テープも含む)
- d) 磁気ディスク(ディスケット)
- e) 磁気カード
- f) 光学文字読み取り装置(OCR)
- g) 光学記号読み取り装置(OCR)

これらのデジタル情報を入力する装置は、入力媒体に対する情報の記録方式によって大きく3つに分けられる。

第一は、媒体をコードに従って穿孔する方式を取るもので、a) およびb) がそれにあたる。機械的あるいは光学的に穿孔箇所を検出して入力する。

第二は、媒体を磁気化して記録する方式のものでc) ~ e) がそれである。第三は、

特殊インクを用いたり、特定の規則に従って媒体上手書きした情報を光学的に検出する方式のものであり、f) と g) がそれにあたる。

いずれの装置も一般に普及し、良く知られているので、詳細な説明は省略する。

(2) アナログ情報の入力

アナログ情報も各種 A/D 変換器を介することによってデジタル化でき、その入力は最終的にはデジタル情報の入力に帰着する。多くのアナログ情報の入力装置はこの方式によっている。

A/D 変換の方式により、図形点の座標値としてデジタル化するものと、図形点の輝度としてデジタル化するものの 2 つに大別される。

前者を代表するものが、座標読み取り装置であり、後者にはメカニカルスキャナー、フライング・スポット・スキャナー、撮像管、イメージディセクターなどがある。以下、これらの装置の概要を示す。

a) 座標読み取り装置

図形を図形点の座標値としてデジタル化する装置で、エレクトロメカニク方式とフリーカーソル方式の 2 種がある。

エレクトロメカニク方式は、機械の動きを電気信号に変換し、座標値として読み取る方式で、その機構により、ルール式、ITV 式、投影器式などがある。

フリーカーソル式は、一般にタブレットと呼ばれるもので、ボールペンのようなスタイラスをタブレットの板上で押下することによって、その点の座標値が得られる。読み取り原理のちがいに、静電結合方式、電極接触方式、電磁誘導方式、音響利用方式、磁歪効果方式などがある。

b) メカニカルスキャナー (図-附 14 参照)

回転するドラムに巻いた画像を、ドラムの回転とドラムの軸に沿った光電管の移動によって順次機械的に走査し、光源によって照らされた画像の反射光を光電管で検出して電気信号に変換し、これを A/D 変換する。ドラム型の他に、ヘッド移動型、ステージ移動型などがある。

メカニカルスキャナーは次の特徴を有し、写真またはフィルムに記録された画像を高精度で順次走査し入力するのに適している。

イ) 画像を非常に多くの画素に容易に分解できる。

ロ) 位置の精度が高く、シェーディングなどの位置による出力変動がない。

ハ) 画素を細分化したり、多くのレベルで何回も走査する必要がある場合、安価

に処理できる。

c) フライング・スポットスキャナー（図-附15参照）

フライングスポット管と呼ばれるブラウン管の輝点を光源としてフィルムを走査する方式である。輝点をフィルム上に投影し、走査して、フィルムを透過した光あるいは反射光を光電増倍管で光電変換する。

- イ) 高分解能で走査速度が速い。
- ロ) ランダムスキャンができる。
- ハ) 暗いところで走査する必要がある。

などの特徴があり、電子計算機の制御の下にオンラインで利用する方式が有効である。

d) 撮像管を用いた入力装置（図-附16参照）

蓄積型撮像管であるビジコンやテレビカメラなどによる入力で、撮像管上の画像を電子ビームで走査する。次の特徴がある。

- イ) 明るいところで走査できる。
- ロ) 写真、フィルムなどの他に、実際の物体を照明してその画像を取り込む。
- ハ) 順次走査である。
- ニ) 感度は良いが分解能は劣る。

e) イメージ・ディセクター（図-附17参照）

フォトカソードからの電子像を偏向して、アパチャーに導き、光電増倍管で増幅して信号電流を得る方式。次の特徴がある。

- イ) 非蓄積型であり、記号／雑音比と感度が低い。
- ロ) 明るいところでのランダム走査ができる。
- ハ) 写真、フィルムだけでなく被写体をそのまま撮像入力できる。
- ニ) 計算機との接続が容易である。
- ホ) 残像がないので動く物体の入力・解析に有効である。
- ヘ) アパチャーの形状が任意にできるので、方向性を生かした処理に適す。
- ト) 分解能が劣る。
- チ) 安価である。

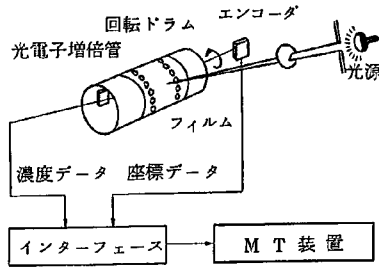


図-附14 メカニカルスキャナー

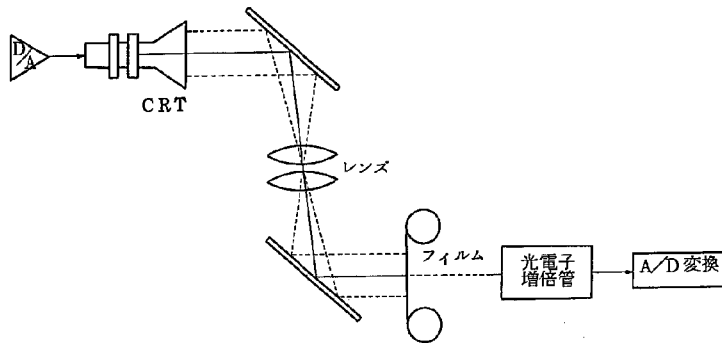


図-附15 フライングスポットスキャナー

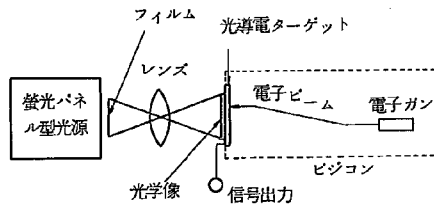


図-附16 蓄積型撮影像管

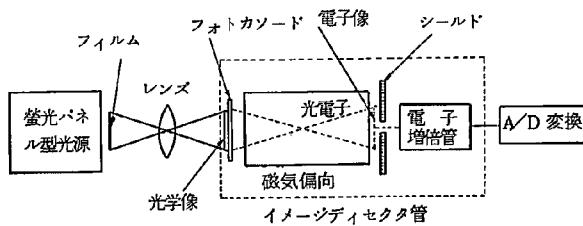


図-附17 イメージディセクタ

2-2 出力機器

(1) ハードコピー

a) ラインプリンター

電子計算機の処理結果をライン毎に印字してデジタル表示する装置であるが、印字配列を操作して図形などを表現することが可能である。記号の選択や重ね書きにより濃淡の表現もできる。

画素数が少ない、濃淡の階調が余り取れない、縦横比が1:1でないなどの欠点があるが、即時性と安価で手軽に使える利点がある。

b) X-Yプロッター

最も普及している図化装置で、ペンの上下と位置座標を操作して線図を作成する装置である。線図の表示には適しているが、隠れ線処理に対するアルゴリズムが複雑であるという欠点がある。さらに、濃淡画像の出力には時間がかかりすぎるので余り適さない。

c) ドットプリンター

プリントヘッドに配置された多針電極への電氣的負荷を操作して、ドットの組合せによって画像を出力する装置である。電極への負荷を用紙上に定着させる方式のちがいに、静電式、放電破壊式、電子写真式、インパクト式などがある。

比較的安価で高速であり、文字と図形を同一レベルで扱えるなどの利点があるが、濃淡画像を得るためのドットのインク比および配列、文字、図形を表現する場合のスムージングのためのアルゴリズム、それに解像力といった点で研究の余地は多い。

d) インクジェット方式のプリンター

インクの微粒子を高速で紙の上に吹き付けて画像を記録する。インクの粒径や粒子数を変えることにより濃淡が表現できる。

高速であり、普通紙上に記録できること、カラー化ができることなどの利点がある反面、インクの目づまりを起こし易い、色調が写真などと比べて落ちるなどの欠点がある。

e) 電子写真方式のプリンター

カールソン法などと呼ばれる電子写真方式を利用するもので、オブティカル・ファイバー管を用いて書き込みを行なう。

インクジェット方式と似た特長があるが、目づまりが無いかわりに速度が多少落ちる。

f) メカニカルスキャナー (図-附18 参照)

ディジタルな電気信号が発光ダイオードなどで光に変換され、フィルム上に焼きつけられる方式である。平床型とドラム型がある。光源は通常グローランプが用いられる。レーザーを用いるものもある。

幾何学的精度が高いのが最大の利点である。

平床型は解像力と精度の点で、ドラム型は速度の点で優れる。

g) フライングスポット管 (CRTレコーダー) (図-附19 参照)

CRT上の輝点を偏向させてフィルム上に焼きつける方式。

解像力が高く、速度が早い利点があるが、ダイナミックレンジが狭く、記号/雑音比が悪い。

h) レーザービームレコーダー (図-附20 参照)

レーザー光を回転鏡にあてて、ドラム上におかれたフィルム面を走査しながら焼きつけていく方式。

きわめて高い分解能を持ち、幾何学的精度もきわめて高い。

i) エレクトロン・ビーム・レコーダー (図-附21 参照)

電子ガンによってつくられる電子ビームを偏向して、電子ビームに感光するフィルム上に走査しながら焼きつけていく方式。

きわめて高い分解能を持つ反面、真空を必要とし、装置が大型化する欠点がある。

j) CRT

CRT出力画像をそのまま写真撮影する方法。

簡便であるが、幾何学的歪みが大きく、解像力がCRTの精度で決まってしまう欠点がある。

(2) ソフトコピー

a) CRTディスプレイ装置

陰極線管 (Cathod Ray Tube) を用いたディスプレイ装置で、真空中で蛍光物質に電子線 (電子ビーム) をあてると蛍光が発するという事を利用して、蛍光膜上に文字や図形を描かせるようにしたものである。すなわち、電子銃から放射した電子ビームを偏向装置で偏向させ、結像させたい位置の蛍光膜に照射させて画像を得るものである。

表示画像は短時間で消えてしまうので、必要な時間画像を表示しつづけるために、繰り返し同じ像を写し出したり、像を直接面上に蓄積するなどの方法がとられる。

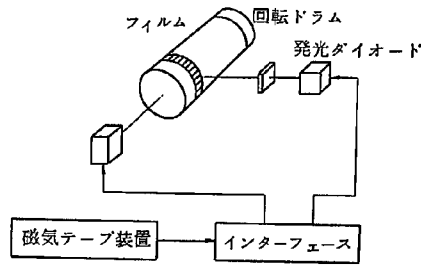


図-附18 メカニカルスキャナー

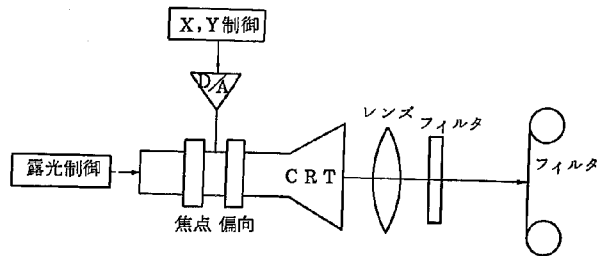


図-附19 CRTレコーダー (フライングスポット管)

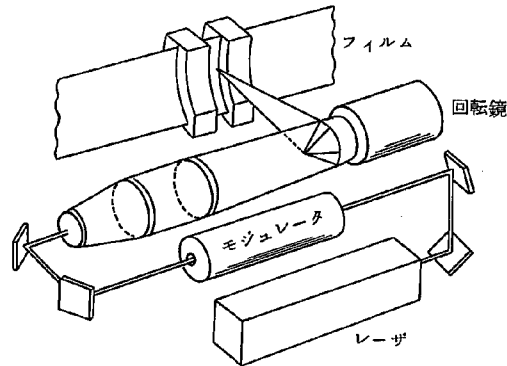


図-附20 レーザービームレコーダー

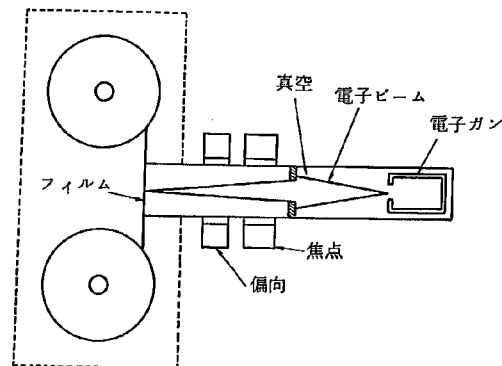


図-附21 エレクトロンビームレコーダー

前者は、リフレッシュメモリーと呼ばれるバッファメモリーを用い、後者は蓄積管が用いられる。

CRTディスプレイ装置は、その表示する情報の種類によって、キャラクタディスプレイ装置、グラフィックディスプレイ装置および情況表示コンソールの3つに大別できる。

キャラクタディスプレイ装置は、文字、数字あるいは記号などを通常の文書のように表示するもので、情報検索、写真植字などに用いられている。

グラフィックディスプレイ装置は、文字、数字、記号などのキャラクタ表示のほか、線分発生器を用いて点と線分の組合せによって図形表示を行なう。同時に、ライトペンなどによって表示図形点の座標位置を検出することができる。

自動車や船舶などの設計、シミュレーションなど、対話を基調とする情報処理に欠かすことのできない装置となっている。

情況表示コンソールは、地図やチャートなどを背景情報として表示した上に、文字や記号、図形などを重ね合わせて表示することができる。レーダ技術と関係させ目標物の方位や距離を検出する機能があり、軍関係の指揮統制用、航空管制、気象観測用などに多用されている。

一般に、CRTは画面サイズの割に装置が大型化すること、解像力があまり良くなく、幾何学的精度が低いなどの欠点があるが、当面他に代わるものが無いことから、ソフトコピー画像処理装置の代表として多く用いられている。

b) その他

CRT以外のソフトコピーとして開発されてきたディスプレイ装置に、エレクトロルミネッセンスディスプレイ、液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイなどがある。

エレクトロルミネッセンスディスプレイは、半導体（特に蛍光体）に電場を加えたときに発光する現象を利用した装置。

液晶ディスプレイは、電圧を加えると、光の反射率や透明度あるいは反射光の色が変わるといふ液晶の性質を応用した装置。

プラズマディスプレイは、ネオンと窒素の混合ガスを封入した多くの放電セルに対して一つ一つ放電発光させ、ドット式に図形や文字を表示しようという装置である。

何れも薄型で、幾何学的精度が高く、消費電力が少ないなどの利点があるが、カ

ラー化が難しいこと、輝度の問題など、実用化には多少の問題点が残されている。

2-3 入出力機器に対する提案

前述したように、アナログ情報の入力は、多くの場合、A/D変換器を介して一旦デジタル化の過程を経て行なわれている。

単純な図形や小さな画像のように情報量があまり多くならない場合には、たいした不都合は無いけれども、複雑な画像や写真情報などのように情報量の多いものを入力するには問題があり、アナログ情報をアナログ量のまま入出力する手段が望まれる。

特に、写真や地図などのような固定された背景パターンの上に計算機処理した情報を重ねるような場合、いちいち写真や地図などの細かい情報をデジタル化してコンピュータに記憶させていたのでは、時間的にも容量的にも大変不経済である。単に重ねるだけで背景パターンを操作しない場合には、背景情報をデジタル化して計算機内に取り込む必要はなく、直接光学的に入出力することが考えられる。

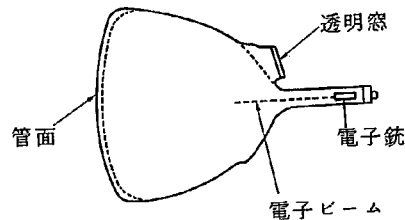
ここに、テレビカメラやリヤポート管を用いた画像情報の入出力装置が将来の実用化に対して有望と思われる。

(1) リヤポート管を用いた画像情報の簡易入力と合成

情況表示コンソールなどに用いられているリヤポート管と呼ばれるCRTでは、背景パターンは光学系を通して管面上に別に投写し、コンピュータからの情報は電子ビームでその上に重ね合わせることができるよう工夫されている。

図-附22がリヤポート管の略図である。

電子銃は、通常のCRTと同様にX、Y偏向、Z輝度変調によって画像を描く。一方、光源-フィルム-レンズの光学系を通った背景像は、透明窓を通して蛍光膜上に投写され、管面に両者が重ね合せられた画像が得られる仕組である。



リヤポート管を用いた入出力装置の予想概念図を次に示す。

図-附22 リヤポート管

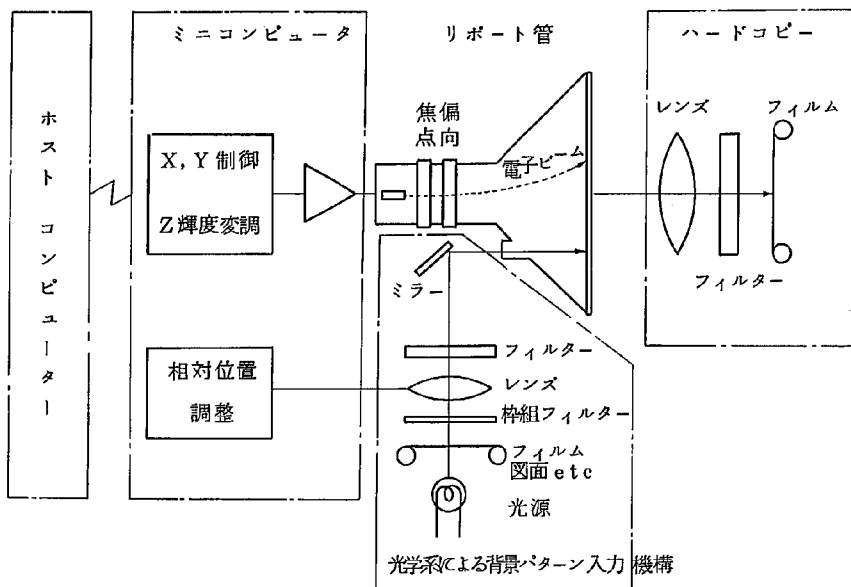


図-附23 リヤポート管を用いた入出力装置概念図

このような入出力装置を検討するにあたっての問題点は次のとおり。

a) ハードウェア面

イ) イオン焼けの防止

通常のCRTは、陰極付近で発生する陰イオンによる螢光膜の劣化（イオン焼け）を防ぐため、アルミ膜によるメタルバックがなされている。しかし、メタルバックは透明窓からの投写画像を遮断して管面から見えなくするので、図-附23の装置では使えない。したがって、イオン焼けを防止するために、陰イオンを捕捉する工夫が必要となる。

ロ) 背景画像とビームスポットとの位置合せ

投写する背景画像の大きさや位置と、スポットの描く図形の大きさや位置が相対的に重ならないといけない。光学系をコンピュータ制御することにより、自動的に調整できるハードが必要である。

ハ) 背景情報入力の光学系は、透過光だけでなく反射光も処理できることが望ましい。

ニ) 図-附23中で枠組フィルターと仮称したフィルター機構などによって背景パターン情報に枠組を与えたり、色彩変換などの操作ができることが望ましい。

ホ) ハードコピーの方法と精度

背景パターン投写用の透明窓とは別に表示面撮影用の窓を作り、カメラ(16mm etc)の撮影系を設置すれば、管面上の表示をモニターしながら必要に応じてハードコピーが取れる。

b) ソフトウェア面

イ) 重ね合せ情報の隠れ部の処理

3. 参 考 文 献

- | | | |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| ① 道路景観 | 都市計画 83 | 中 村 良 夫 |
| ② 公共事業にともなう景観変化の予測と評価 | 高速道路と自動車 1973. No.9 | 中 村 良 夫 |
| ③ 景観評価要因の視覚化に関する研究 | 環境シンポジウム講演会集 1976. 8 | 大 林 成 行
武 長 憲 二 |
| ④ グラフィックディスプレイによるカラー画像の発生と応用 | 土木学会論文集 1976. 4. 248号 | 田 中 総太郎 |
| ⑤ 土木計画と公共土木施設の景観 | 土木学会誌 S51. 5 | 中 村 良 夫 |
| ⑥ 土木工学におけるビジュアルデザインの手法 | 土木学会誌 1972. 57-13 | 丸 安 隆 和
村 井 俊 治 |
| ⑦ ACES 1号 | 土木設計システム協会 | 村 井 俊 治
大 林 成 行 |
| ⑧ 地形景観の三次元表現 | 生産研究 第27巻5号 | 村 井 俊 治
大 林 成 行
建 石 隆太郎 |
| ⑨ 土木工学における視覚表現 | 土木学会誌 1976. 2 | 村 井 俊 治 |
| ⑩ 道路設計における地形景観処理 | 第11回日本道路会議
に関する研究 | 村 井 俊 治
大 林 成 行 |
| ⑪ コンピューターを用いた対話設計 | bit Vol No.2 | 村 井 俊 治
大 林 成 行 |
| ⑫ コンピュータグラフィックス | 土木製図の自動化に関する
シンポジウム I | 村 井 俊 治 |
| ⑬ 透視図作成システム | 東京サイエンティフィックセンター | 松 家 英 雄
宇 野 栄 |