

土 木 研 究 所 資 料

貯水池周辺の地形・地質情報の デジタル化とその応用（その1）

平成8年1月

建設省土木研究所
環境部地質研究室

Copyright ©1996 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, 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。

貯水池周辺の地形・地質情報の デジタル化とその応用（その1）

環境部	部長	竹林	征三
ダム部	部長	藤沢	侃彦
環境部 地質研究室	室長	中村	康夫
	主任研究員	脇坂	安彦
	部外研究員	渡子	直記*

要 旨

貯水池周辺の地形・地質情報をデジタル化し、それらの情報の効率的かつ有効な利用を行うため、地形・地質情報をデジタル化する方法、デジタル化した情報を表示する方法、デジタル化した情報を応用について検討した。デジタル化したのは等高線、地質平面および地すべり分布である。面的な情報のデジタル化はポリゴン形式、線的な情報はライン形式、点的な情報はポイント形式にて行った。表示としては、それぞれ単独の表示、2種以上の情報を重ね合わせた表示、単独および重ね合わせ情報の鳥瞰図表示を行った。その結果、目的によってはそれぞれ単独の表示よりも重ね合わせ表示の方がより多くの有効な情報が把握できること、鳥瞰図表示においては地形状況の認識性が平面図に比べると格段に良くなることがわかった。また、デジタル情報の応用として、標高-貯水容量曲線の作成を行った。その結果、従来の手法と比べると迅速に作成ができるようになった。

キーワード：貯水池，DTM，地理情報システム，GIS，等高線，地質図，地すべり，鳥瞰図

*：在職期間 平成7年4月～平成8年3月

まえがき

地形地質に関わる情報はアナログ形式で記録・保存されていることが多い。このため、これらの情報への他の情報の重ね合わせ、情報の表現方法の変換、情報を使った計算などは人力で行わなければならない、多大な労力と膨大な時間が必要であった。

近年、地形・地質の分野にもデジタル化の動きが出てきており、特定の分野では実用化されてきている。しかしながら、デジタル化は始まったばかりであり、地形・地質の分野で利用法が十分研究されているとは言い難い。そこで本研究では、地形・地質情報のデジタル化の汎用的な方法、デジタル化した情報の表現方法および利用法を検討した。三次元の地形・地質情報の詳細な処理は、現状では高速、大容量の処理能力を有するEWSや高価な専用システムが必要であり、それ自身が研究段階でもある。したがって、今回は現場での対応性を考慮して、第一段階として平面上のデータを主として扱うこととし、既存システム（GIS）を用いて地形・地質情報のデジタル化と応用について検討した。

目 次

まえがき

1. 既往の研究	1
2. 本研究の概要	3
2.1 地形・地質情報のデジタル化の範囲	3
2.2 地形・地質情報のデジタル化の内容	3
3. 地形および地質データの入力方法	5
3.1 入力方法	5
3.2 等高線データの諸元	9
3.3 地質平面データの諸元	10
3.4 地すべり分布データの諸元	12
4. 地形および地質デジタル情報の表示方法の検討	13
4.1 表示方法	13
4.2 単独図の表示	13
4.3 重ね合わせ表示	18
4.4 鳥瞰図表示	22
4.5 表示方法の問題点	30
5. 地形および地質デジタル情報の応用の検討	32
5.1 検討内容	32
5.2 地形断面の作成	32
5.3 標高-貯水容量曲線の作成	33
6. まとめ	35
7. 今後の課題	36

1. 既往の研究

地形のデジタル化は国土地理院から刊行されている国土数値情報に見られるように、DEM (Digital Elevation Model) またはDTM (Digital Terrain Model) としてデジタル化は実現している。また航空写真や衛星データからの地形のデジタル化も可能である。

地質のデジタル化は、表層地質図については地質調査所発行の数値地質図が発行されているように既存情報の入力により、デジタル化は可能となっている。現在は地質の表現方法の研究と地質図作成の自動化の研究が進められている。

地質図の表現方法については、これまで二次元で表現されていた地質図や地質断面図を、立体化する三次元化の研究が多くされており(電源開発, 1986; 鈴木他, 1988; 桜井ほか, 1995など)、市販されている製品(たとえばGEORAMA、VULCANなど)も存在する。

地質図の三次元構造の表現はワイヤーフレームモデルやサーフェスモデル、ソリッドモデルとして作成する方法等が研究され、その表現方法については進歩が著しい。しかし、地質図の自動作成にはこれまで地質学の知識や様々な経験から人間が行ってきたことを、計算機で処理するための定式化やデータベースの構築が必要である。このような論理地質学的な研究は、塩野・弘原海(1988)で提唱されており、その後の研究も進んでいる(坂本ほか, 1993; 1994)ものの、複雑な構造の自動化については未だ研究途上である。

地形・地質のデジタル化の応用としては、次のような研究がされている。二次元的な研究は、DEM化した地形情報を使用した地形解析やGIS (Geographic Information System) の利用などの重ね合わせ技術(地形、地質および空中写真等のリモートセンシングから得られる情報)による災害情報の抽出が多く実施され、また鉱床探査への応用も見られる。それらの例として、以下のような研究がなされている。

長瀬ほか(1987)は、神奈川県源氏山地区と材木座地区を対象として、地形を25mメッシュに分割し、各メッシュの傾斜区分を行い、崖崩れの実態と地質条件との関係について解析している。

高木ほか(1994)は、四国の三波川変成帯、御荷鉾帯、秩父古生層の分布する徳島県と高知県の県境付近において、DTMの各画素毎に斜面安定解析を実施し、危険度判定を実施している。土質定数の推定は、この地域の地質帯の一般的な剪断力を基に、粘着力の低下が地盤の水分状態により異なることから、リモートセンシングで得られた土地被覆条件から地盤の水分状態を仮定し、粘着力の低減割合を仮定している。これから得られた危険度判定は、地滑り防止区域との対応が良くこの危険度評価法の有効性を示した。

野口ほか(1989)は、鉄道沿線斜面管理にGISの概念を導入し、空中写真、地形、地質、土地利用、既往災害履歴等の各種データをデジタル画像処理をし、これらを重ね合わせて災害情報の抽出を行い、さらに災害発生懸念箇所の抽出を行っている。

日下ほか(1991)は、地すべりの危険箇所の抽出に国土数値情報を使用して、谷地形を解析し、流域の面積、流域の傾斜、流域の形状と地すべりの危険度との関連について考察した。

西田ほか(1992)は、ブラジル北東部ジャコピナ山脈において、地形、地質、物理探査、地化学探査等のデータにGISを応用することによって、各種データが理解しやすい形に加工でき、また相互の関係の把握が

容易になることを報告している。それらから得られた新しい情報は実際に確認を行い、本手法が地質解析に有効であることを示した。

三次元地質モデルを用いた応用例の報告は少なく、FEM (Finite Element Method) への応用や土量計算への応用がみられる。しかし今後は他の情報 (例えば弾性波速度、比抵抗、地下水等) の三次元化によるそれらのデータの重ね合わせにより、平面的解析のGISから立体的な解析の行えるシステムへと発展していくものと期待される。

また、最近の設計では三次元CAD (Computer Aided Design) による設計が行われるようになっており、測量から調査、設計、施工における三次元のデジタル化は共通のプラットフォームでデータの共用および加工、追加が可能と考えられることから、将来的に土木構造物構築のための有力な手法となる可能性がある。

参考文献

- 電源開発 (株) 建設部 (地質班) (1986) : CADによる3次元地質モデル. 応用地質, 27巻, pp.21-27.
- 日下 遼・鹿田正昭・宮北 啓(1991) : 衛星データを用いた地形情報システム構築に関する研究 (第3報). 日本写真測量学会講演集, pp.127-130.
- 長瀬和雄・新倉格二(1987) : 鎌倉市源氏山地区および材木座地区の地形・地質と崖崩れについて. 神奈川県温泉地学研究所報告, 18巻, 2号, pp.37-46.
- 西田美德・柴田芳彰・原田敏夫(1992) : ブラジル北東部、ジャコピナ山脈におけるGISの地質学的応用. 第12回日本リモートセンシング学会論文集, pp.35-38.
- 野口達雄・岡田勝也・村石 尚(1989) : 空中写真と地理情報を用いた鉄道沿線斜面災害情報の抽出. 鉄道総研報告, 3巻, 7号, pp.41-47.
- 坂本正徳・塩野清治・升本眞二・弘原海 清(1993) : 論理地質学に基づく地質図自動作成システム "cigma" の構成. 第4回日本情報地質学会講演予稿集, pp.41-42.
- 坂本正徳・塩野清治・野口和晃・升本眞二(1994) : 地質図作成システムCIGMAの改良—堆積・侵食モデルの導入—. 第5回日本情報地質学会講演予稿集, pp.3-4.
- 桜井英行・難波治之・迫垣内 薫・原田芳金・古宇田亮一(1995) : ソリッド・モデルを用いた三次元地質モデルの作成. 情報地質, 6巻, 2号, pp.73-80.
- 塩野清治・弘原海 清(1988) : 論理地質学のための関係の代数. 情報地質, 13号, pp.261-296.
- 鈴木 誠・石井 清・黒田英高(1988) : 三次元地質構造の推定と画像出力. 清水建設研究報告書, 48号, 79 p.
- 高木方隆・村井俊治(1994) : DTM及び衛星データを用いた地すべり危険度の抽出. 地すべり, 30巻, 4号, pp.28-35.

2. 本研究の概要

2.1 地形・地質情報のデジタル化の範囲

地形・地質情報のデジタル化の範囲は、ダム貯水池を中心とする地域とした。

2.2 地形・地質情報のデジタル化の内容

今回デジタル化を行った地形・地質情報は、等高線データ・地質平面データ・地すべり分布データの3種類である。

(1) データの入力

1) 等高線データ

1:2,500地形図より10m間隔で等高線の座標をデジタルイズ入力するとともに、標高値を属性として入力した。

2) 地質平面図データ

1:2,500地質平面図より地質境界、断層等の座標をデジタルイズ入力するとともに、その内容を表わす属性を入力した。

3) 地すべり分布図データ

1:2,500地すべり分布図より地すべり形状等の座標をデジタルイズ入力するとともに、その内容を表わす属性を入力した。

(2) 地形・地質情報データベースの構築

入力された全データを地理情報システム（ARC-INFO）で編集し、地形、地質情報のデータベースを構築した。

(3) 地形・地質データの表示方法の検討

入力されたデータベースを用い、各データの表示および利用方法について、代表的な部分を選んで次の点から検討した。

1) 各データの重ね合わせ表示の検討

等高線、地質平面、地すべり分布を各々単独で平面図として表示するとともに、相互に重ね合わせ

た平面図表示について検討した。

2) 鳥瞰図の作成

上記の単独および重ね合わせ表示の平面図を、任意の視点（任意の位置、高度、方位角、俯角）から見た鳥瞰図として表示する方法について検討した。

3) 地形断面図の作成

任意の地点における地形断面を作成する方法および地形断面上に地質境界、断層、地すべり分布の境界等の位置を表示する方法について検討した。

4) 地形断面と鳥瞰図との重ね合わせ表示の検討

2)と3)を組み合わせ、鳥瞰図に断面図を重ね合わせて表示できる手法について検討した。

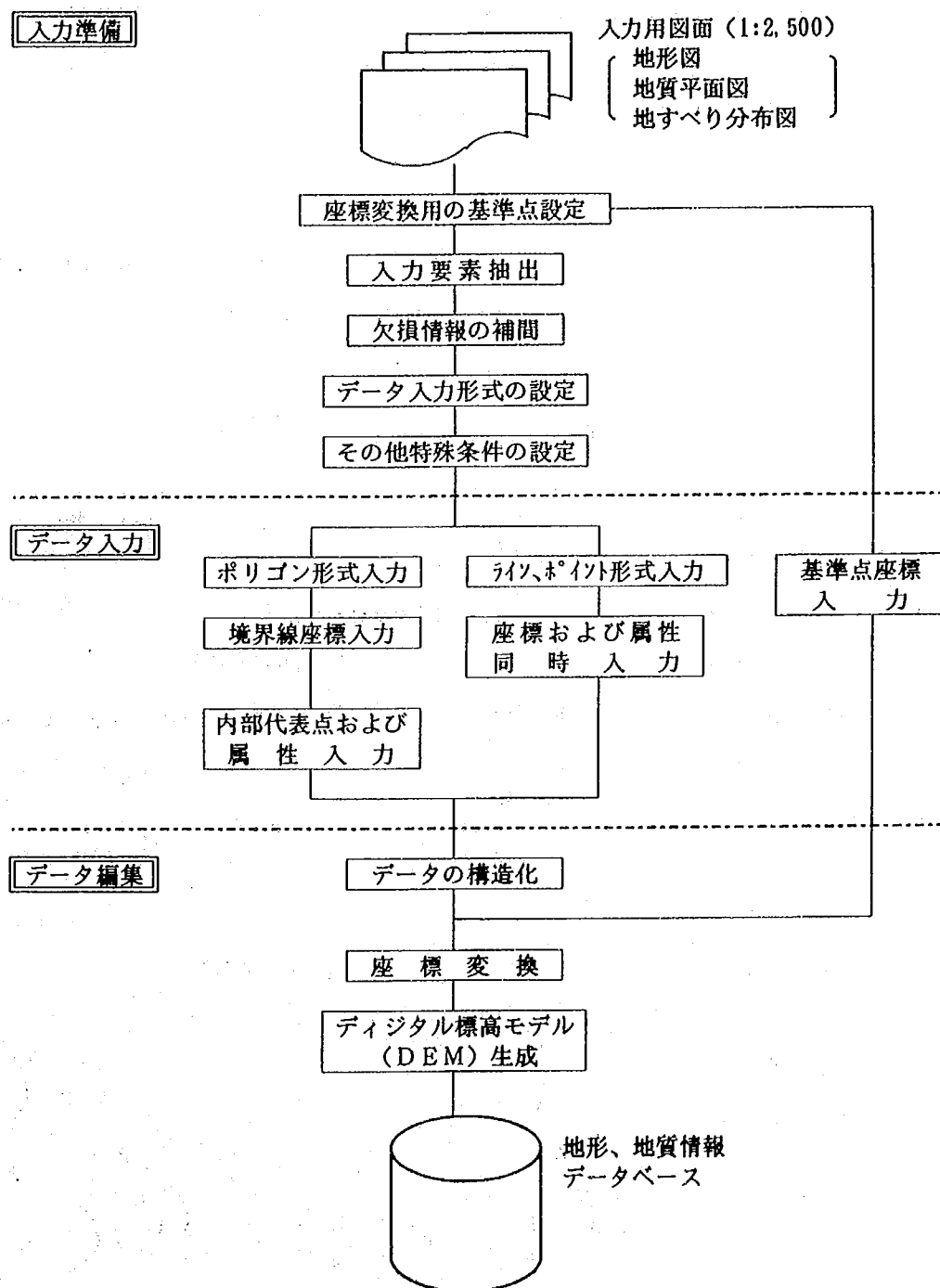
5) 標高-貯水容量曲線の作成

任意の地形断面（堤体計画位置および堤体高さ）における標高-貯水容量曲線が数値処理により作成できるよう検討した。

3. 地形および地質データの入力方法

3.1 入力方法

データの入力方法を図－1のフローチャートに示す。データの入力は①入力準備、②データ入力（デジタル化）、③データ編集の3段階よりなる。各項目の内容は次のとおりである。



図－1 地形・地質データの入力方法

(1) 入力準備

実際のデータ入力を行う前に、準備作業として図面上でいくつかの操作を行った。次の手順で入力準備を行った。

1) 座標変換用の基準点の設定

入力したデータを後に正しい地図座標を持つデータに座標変換するため、図面上で地図座標が概知の点を基準点として設定した。今回用いた図面（計3図面）は相互に方位が異なり、1面の延長が長いなど補正の際の誤差が懸念された。そこで、各図面に対し複数点の基準点を設定した。座標系は図面上に記されていた国家座標系（直交座標）を用いた。

2) 入力要素の抽出

図面上で入力すべき各要素を抽出した。たとえば等高線は図面上では2 m間隔であるが、入力には10 m間隔で行うため計曲線のみを抽出した。いずれも入力要素がわかるよう、図面上にマークを付ける等の作業を行った。

3) 欠損情報の補間

図面上の情報は、表現上の対応等により情報の欠損がみられる場合が多い。今回の場合、特に地質平面図は境界や属性が複雑に入り組んでいるため、図-2に示すように図面自体に情報の欠損がみられた。これらの情報の欠損はデータ入力、編集時の障害となるため、図-2に示すような方法で図面上で情報補間を行った。

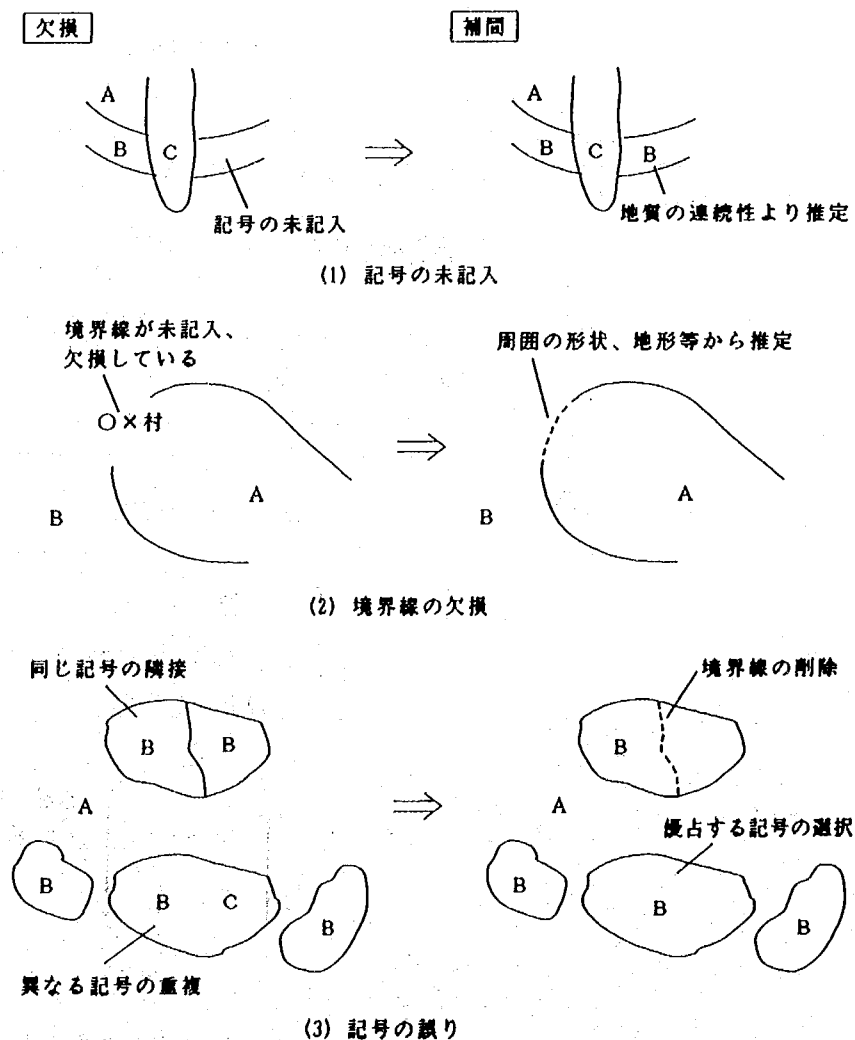


図-2 図面上での情報欠損および補間の例

4) データの入力形式の設定

図面上の情報は内容により適切な入力形式を選択する必要がある。地理情報システムで扱う地形・地質情報は図-3に示すように、①面的な情報を表わすポリゴン形式、②線的な情報を表わすライン形式、③点的な情報を表わすポイント形式の3種類に大別される。地形・地質情報の内容、形式に応じていずれかの形式を選定した。詳細は後述する。

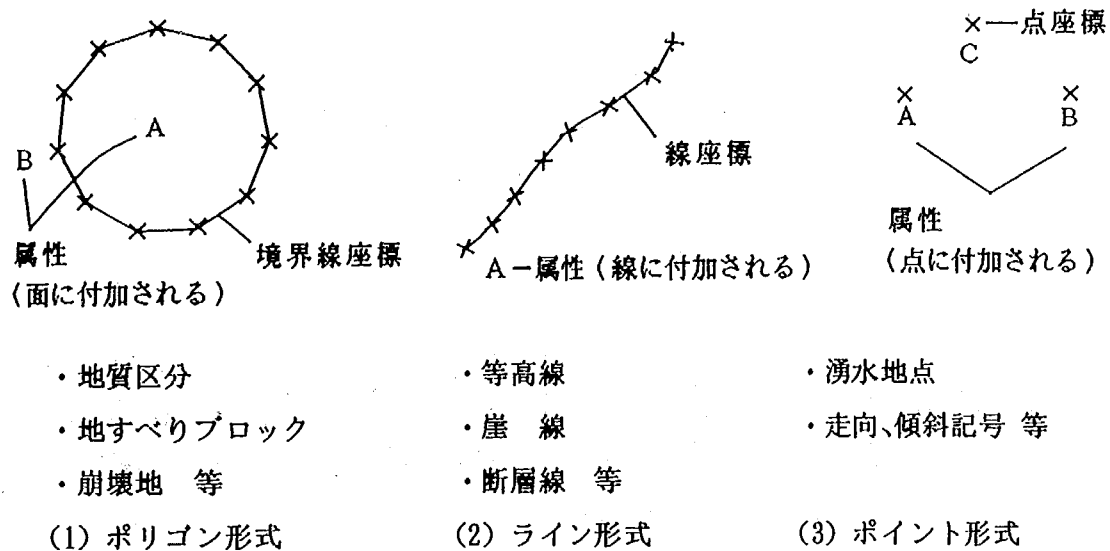


図-3 データの入力形式の選定

5) その他の特殊条件の設定

情報欠損以外に情報の形状や属性の重なり方によっては、単純に入力できない場合が生じる。今回用いた情報では、地すべりブロックの中に図-4に示す特殊条件が存在した。この場合、重なり合う地すべりブロックを区分するために、同じ内容(属性)の地すべりブロックを別なレイヤー(データベースを構成する層)に分けて入力するよう条件設定を行った。

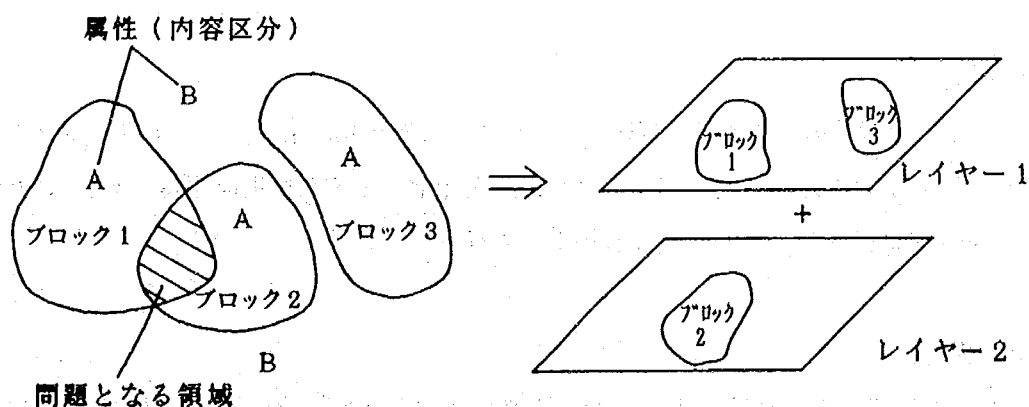


図-4 地すべり分布にみられる特殊条件の設定例 (レイヤー区分の別)

(2) データの入力

入力準備が終了した図面を、データ入力システムによりデジタルデータ化した。デジタルデータ化に際しては、境界線や特定点等の位置（座標）をディジタイザにより入力し、属性値をキーボード等で指定した。データ入力の方法は、データ形式や内容により異なる（図-3参照）。各形式のデータ入力方式は次のとおりである。

1) ポリゴン形式入力

地質区分、地すべりブロック等の面的な情報に関しては、ポリゴン形式でデータ入力を行った。ポリゴン形式の入力では、図-5に示すように、先ずポリゴンを構成する境界線の座標データを入力する。次に各ポリゴンの中心付近にそのポリゴンを代表する点を設定し、その座標および属性値を入力した。

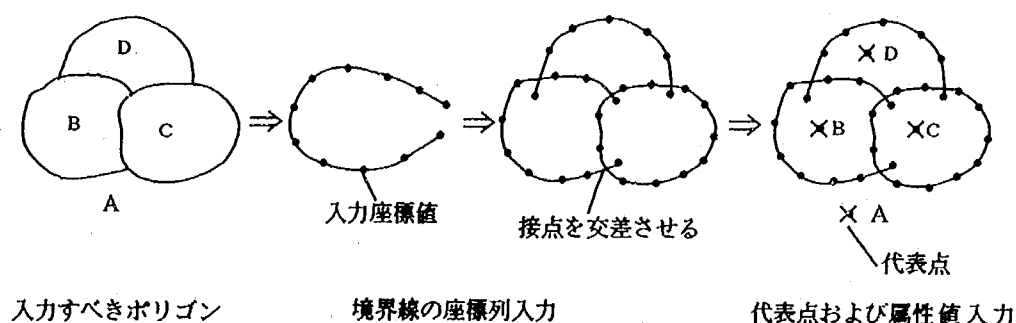


図-5 ポリゴン形式でのデータ入力

2) ラインおよびポイント形式入力

等高線、崖線、湧水地点等の線的、点的な情報に関しては、ラインおよびポイント形式でデータ入力を行った。ラインおよびポイント形式の入力では、線および点の座標をディジタイザから入力すると同時に、その属性値をキーボード等より入力した。

基準点座標もポイント形式のデータとして入力した。

(3) データの編集

入力されたデータはそのままでは地理情報システム上の正規化、構造化されたデータとして扱えない。地理情報システム上で扱える形式のデータとし、三次元地形モデルを生成するため、入力データに対してデータ編集処理を行った。編集処理は次の手順で行った。

1) データの構造化

特にポリゴン形式のデータは、入力した段階では座標列と属性値の羅列であり、ポリゴン内の塗りつぶし表示や面積集計、重ね合わせ解析等に適用できる構造化された形式となっていない。地理情報システムでの各種操作に対応できるように図-6に示すようにデータの構造化を行う。

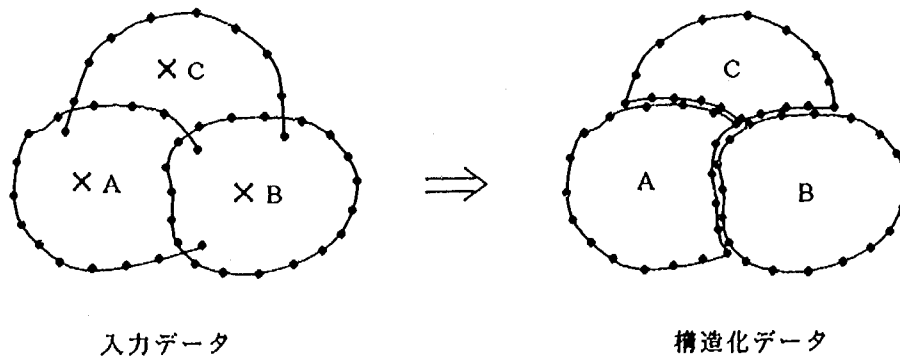


図-6 ポリゴンデータの構造化

2) 座標変換

ディジタイザにより入力された座標値は、あくまで図面単位の座標であり、実際の地図座標と整合していない。基準点座標の値を用い、次に示す座標変換式（アフィン変換式）により、各図面単位の座標値を地図座標に整合させる座標変換を行った。

$$u = a_1 x + a_2 y + a_3$$

$$v = b_1 x + b_2 y + b_3$$

ここで、

(x, y) = 地図座標

(u, v) = 画像座標。

3) デジタル標高モデル（DEM）生成

地形・地質情報の三次元表示のため、等高線データよりデジタル標高モデル（Digital Elevation Model, DEM）を構築した。DEM構築に当たっては、地形を三角形パッチの連続で近似する。TIN（Triangulated Irregular Network）を用いた。図-7に等高線データからTINによってDEMを構築する方法を示す。これまでの処理により、地形・地質情報のデータベースが構築される。

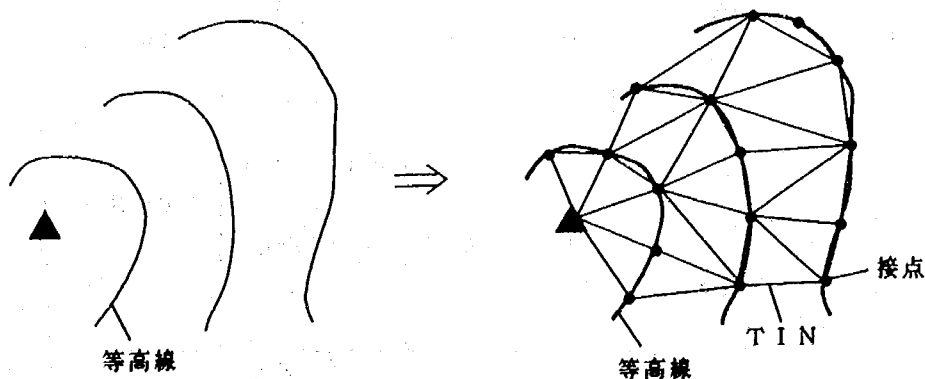


図-7 等高線データからTINによってDEMを発生させる方法

3.2 等高線データの諸元

入力した等高線データの諸元を表-1に示す。等高線は地形図より10m間隔の計曲線をライン形式で入力した。データは最終的に地理情報システムのARC-INFO形式に編集した。

表-1 等高線データの諸元

入力項目	等高線ピッチ	入力ピッチ	データ形式	属性値内容
等高線	10m間隔 (計曲線)	図上2mm (地上5m)を基本	ライン形式	標高値(m単位)

3.3 地質平面データの諸元

入力した地質平面データの諸元を表-2に示す。地質平面データは地質平面図に記載されている各種情報を凡例を参考にしてデータ化した。なお、ここでは地質境界線および層相の入力を基本とし、その他の情報は補足的に入力した。各項目はレイヤー（ファイル）を分けてデータベース化した。表-3に層相別の入力属性値を示す。等高線同様、データは最終的にARC-INFO形式に編集した。

表-2 地質平面データの諸元

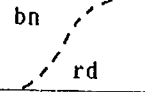
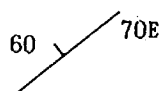
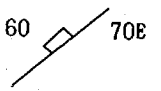
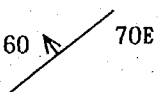
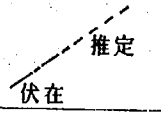
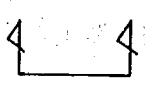
入力項目	図上記号	入力ピッチ	データ形式	属性値内容等
地質境界線および 層相		図上2mm (地上5m)を基本	ポリゴン形式	層相別に属性地を設定 (表2-3参照)
層理面の走向・傾斜		— (1点のみ入力)	ポイント形式 (記号中心点 を入力)	属性1に走向値をそのまま入力 (ex 70E) 属性2に傾斜値に南北区分を付 けて入力 (ex N60)
節理面の走向・傾斜				
断層面の走向・傾斜				
断層線		図上2mm (地上5m)を基本	ライン形式	伏在=1、推定=2で入力
崩壊地		図上2mm (地上5m)を基本	ポリゴン形式 (外郭線を 入力)	全て属性値=1
湧水地点		— (1点のみ入力)	ポイント形式 (記号中心点 を入力)	全て属性値=1
写真撮影位置				
地質断面図位置		— (2点のみ入力)	ライン形式 (始終点を 入力)	全て属性値=1

表-3 層相区分および属性値の対応

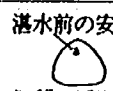
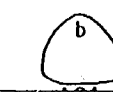
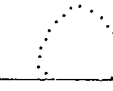
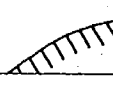
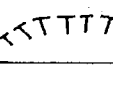
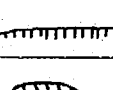
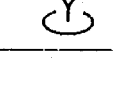
時 代		地 層 名		記 号	層 相	属 性 値
第 生 代	第 四 紀	完 新 世	盛 土 層	b n	砂 礫	1
			現 河 床 堆 積 層	r d	粘土・砂・礫	2
			土 石 流 堆 積 層	△ d f △	礫まじり土砂	3
			崖 錘 堆 積 層	△ d t △	角礫まじり土砂	4
			崩 積 土 堆 積 層	△ d c △	角礫まじり土砂	5
			低 位 段 丘 堆 積 層	t r 2	砂 礫	6
			中 位 段 丘 堆 積 層	t r 1	砂 礫	7
		更 新 世	火 砕 流 堆 積 層	P f		8
			火 砕 流 堆 積 層	W t	溶 結 凝 灰 岩	9
			高 位 段 丘 堆 積 層	T r o	粘土・砂・礫	10
中 生 代	(未 詳)	構造線		M s c h	輝 緑 凝 灰 岩	11
				M c h	チャート	12
				M s s	砂 岩	13
				M a l	砂 岩・粘 板 岩 互 層	14
				K s l	粘 板 岩	15
				K s s	砂 岩	16
				K a l	砂 岩・粘 板 岩 互 層	17
				K s l	粘 板 岩	18
古 生 代	二 疊 紀	構造線		K s c h	輝 緑 凝 灰 岩	19
				K c h	チャート	20
				M l s	石 灰 岩	21
				P c h	チャート	22
				P a l	砂 岩・粘 板 岩 互 層	23
				P s s	砂 岩	24

3.4 地すべり分布データの諸元

入力した地すべり分布データの諸元を表-4に示す。地すべり分布データは、地すべり分布図に記載されている各種情報を凡例を参考にしてデータ化した。なお、ここでは地すべりブロックの入力を基本とし、その他の情報は補足的に入力した。

地質平面データと同様に各項目はレイヤーに分けてデータベース化した。また、地すべりブロックに関しては、前述の特殊条件に該当する重なりのある場合、同じ入力項目であってもレイヤーを分けて入力した。等高線、地質平面と同様にデータは最終的にARC-INFO形式に編集した。

表-4 地すべり分布データの諸元

入力項目	図上記号	入力ピッチ	データ形式	属性値内容等
地すべりブロック (明瞭)		図上 2 mm (地上 5m) を基本	ポリゴン形式	属性 1 = 湛水前の安定度 $\left[\begin{array}{l} a : \text{不安定} = 1 \\ b : \text{やや不安定} = 2 \\ c : \text{安定} = 3 \end{array} \right]$ 属性 2 = ブロック番号 (ex R25)
地すべりブロック (不明瞭)				
地すべりブロックの 疑いの小さいもの (明瞭)		図上 2 mm (地上 5m) を基本	ポリゴン形式	全て属性値 = 1
地すべりブロックの 疑いの小さいもの (不明瞭)				
滑 落 崖		図上 2 mm (地上 5m) を基本	ライン形式 (ケバは無視)	全て属性値 = 1
平 坦 面		図上 2 mm (地上 5m) を基本	ポリゴン形式 (ケバは無視)	全て属性値 = 1
亀 裂		図上 2 mm (地上 5m) を基本	ライン形式 (ケバは無視)	全て属性値 = 1
段差、低崖		図上 2 mm (地上 5m) を基本	ライン形式 (ケバは無視)	全て属性値 = 1
崩 壊		図上 2 mm (地上 5m) を基本	ポリゴン形式 (ケバは無視)	全て属性値 = 1
湧 水		(1点のみ入力)	ポイント形式 (記号の中心点を入力)	全て属性値 = 1

4. 地形および地質デジタル情報の表示方法の検討

4.1 表示方法

図－8に本研究における各種情報の表示のフローチャートを示す。本研究では、地形・地質デジタル情報の表示、解析に地理情報システムARC-INFOを用い、各種の表現方法、数値解析を検討した。ここでは、入力した3面のうち、堤体予定地を中心とする1面分のデータを用いて検討した。

(1) 単独図の表示

入力、構築された地形、地質データベースより必要となるデータのみを選択した。属性別の表示色、パターン等の表示諸元を設定し、単独情報の平面図表示を行った。

(2) 重ね合わせ表示

(1)により表示された複数の単独図を同一画面（出力図面）上で重ね合わせ、複数情報の平面図の重ね合わせ表示を行った。

(3) 鳥瞰図表示

(1)、(2)により作成された単独図、重ね合わせ図に対し、DEMによる地形の三次元情報を加え、視点・視線位置を設定することにより、地形、地質情報を三次元で表わす鳥瞰図を表示した。

4.2 単独図の表示

入力されたデータを用い、①等高線、②地質平面、③地すべり分布の各データを平面図として個別に表示し、その表現手法を検討した。図－9～11に各平面図を単独表示したものを示す。

デジタルデータ化することにより、任意の範囲の情報を任意の縮尺の平面図として表現でき、特定の項目のみを強調表示できる等、地形・地質情報の効果的表現や視覚上の効果を得る上で有効であることが把握された。

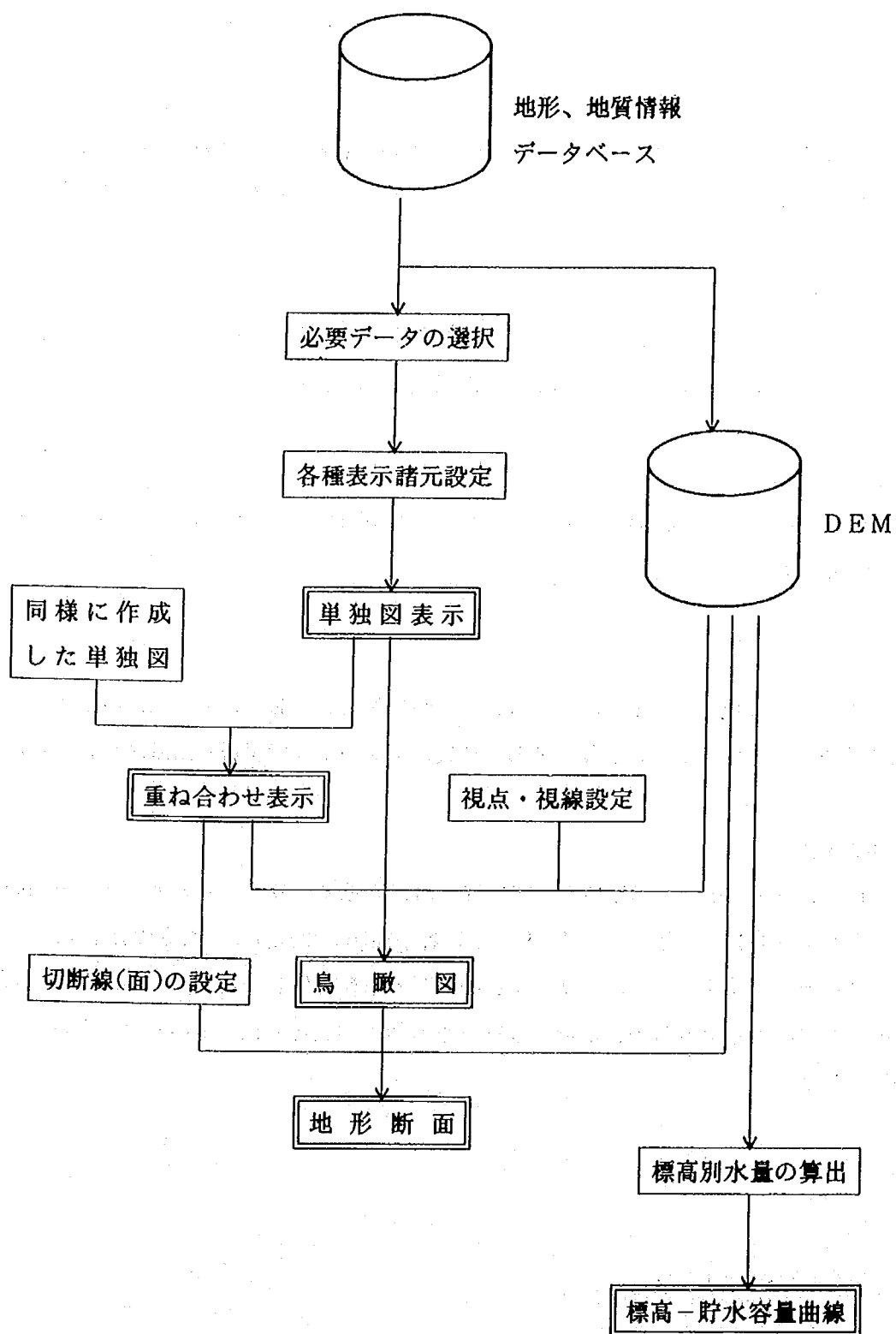
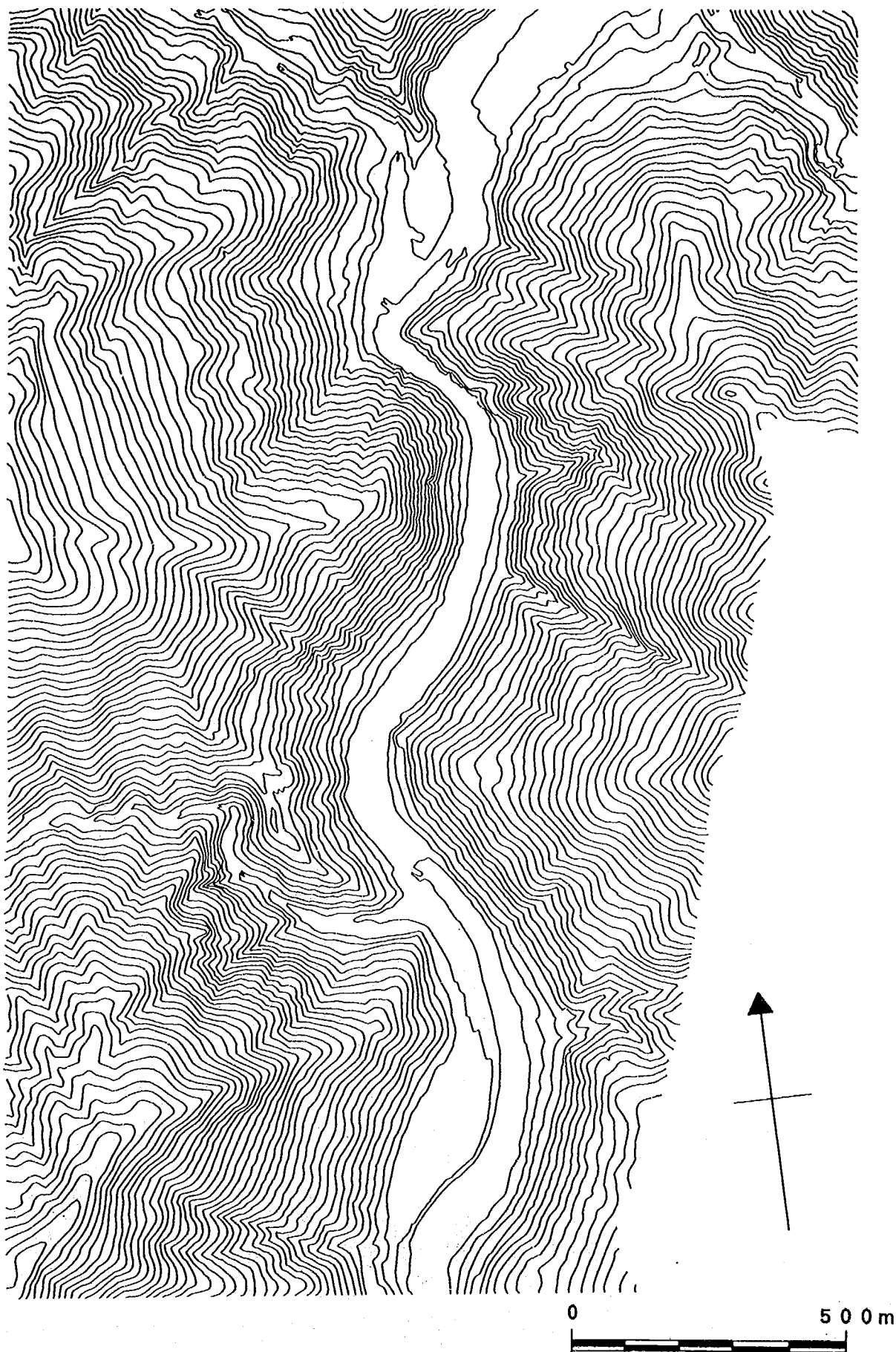


図-8 地形・地質デジタル情報の表示のフロー



図－9 等高線平面図の単独表示



図-10 地質平面図の単独表示



図-11 地すべり分布平面図の単独表示

4.3 重ね合わせ表示

単独で表示された平面図を相互に重ね合わせ、重ね合わせ表示の効果および方法、課題等を検討した。

ここでは、次の3ケースの重ね合わせを検討した。

- ① 等高線＋地質平面
- ② 等高線＋地すべり分布
- ③ 等高線＋地質平面＋地すべり分布

図-12～14に各種重ね合わせ表示の例を示す。図-12に示すように、地すべり分布と等高線の重ね合わせ表示の例では、地すべりの位置や地すべりの地形的特徴が把握できるなど、単純な重ね合わせでも効果がみられる。また、図-13に示すように、複数の情報の重ね合わせにより、たとえば地形と地質の関係や地すべり分布と地質の関係が把握できる等、情報分析上の効果が得られることもわかる。このような重ね合わせは、情報をデジタル化する事により容易に行えるようになることが、デジタル化の利点である。



図-12 等高線平面図と地質平面図の重ね合せ表示

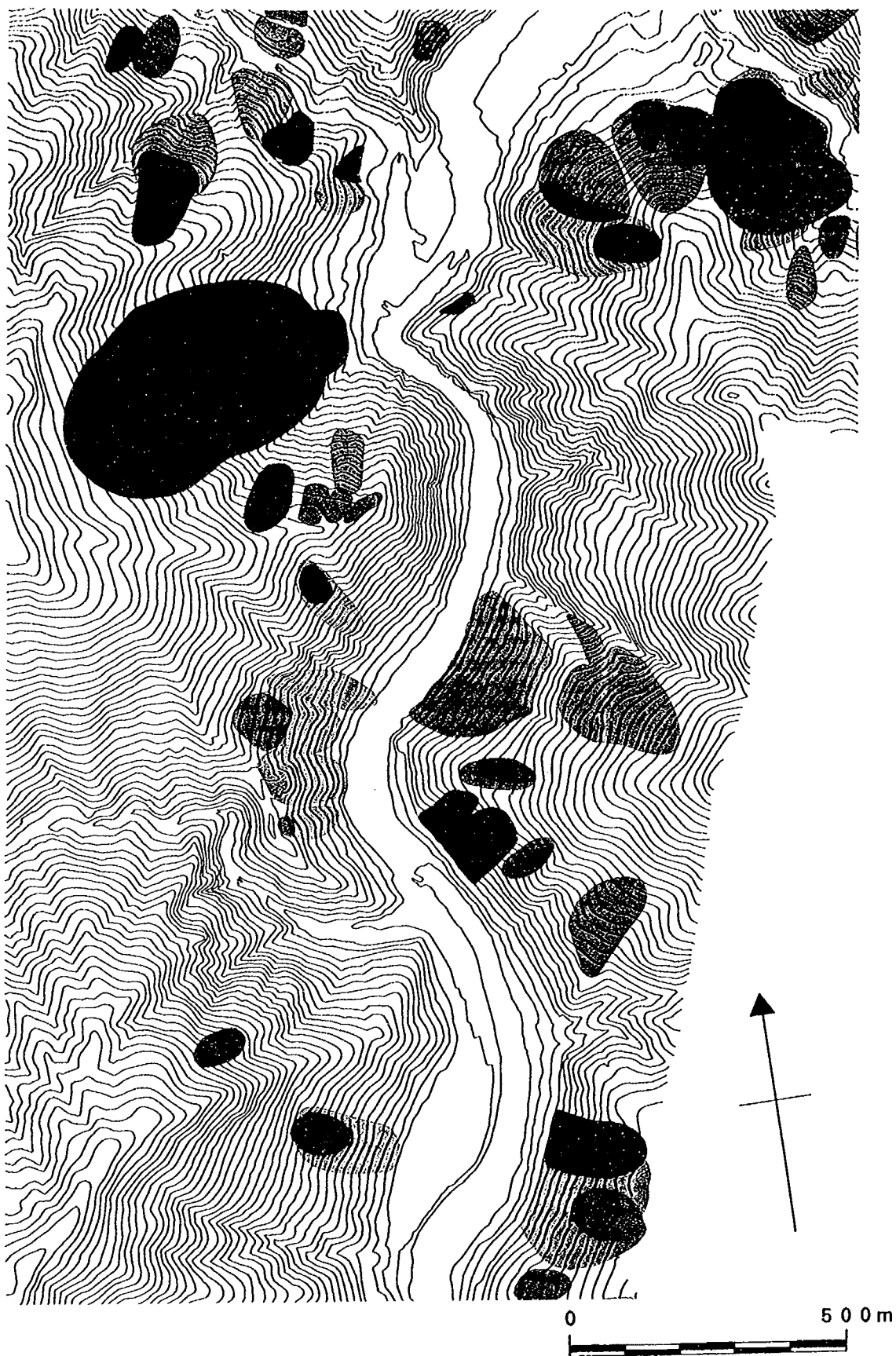


図-13 等高線平面図と地すべり分布平面図の重ね合せ表示



図-14 等高線平面図、地質平面図および地すべり分布平面図の重ね合せ表示。地すべり分布は赤線で記入してある。

4.4 鳥瞰図表示

単独図や重ね合わせ図として表示された平面図にDEMを組み合わせ、鳥瞰図表示の方法、効果、課題等を検討した。ここでは、次の4ケースについて検討した。

- ① 等高線単独
- ② 等高線+地質平面
- ③ 等高線+地すべり分布
- ④ 等高線+地質平面+地すべり分布

図-15に図-8の等高線平面図と同一の範囲の鳥瞰図表示の例を示す。図に示すように、鳥瞰図表示を行うことによって、地形を平面図表示に比べると視覚的に把握し易くなる。

鳥瞰図表示が視点を定めることによりどのように変わるかを検討した。図-16に視点と対象とした地域との関係を示す。対象とした地域の中心は右岸側の標高400mの地点（図-16のX点）である。この点を同じく標高400mのA、B、C、A'、B'、C'の6点からみたもの（図-17の1）～6）、平面的位置はB点に固定して高度を標高400m、1000m、1500mにしてみたもの（図-17の7）～9））について検討した。図のように同じ箇所を表示しても視点が変えることによって、把握される地形的特徴はかなり異なっている。たとえば、X点周辺は典型的な馬蹄形状の地すべり地形であるが、この地形は正面から見た場合（B地点、図-17の2））よりも斜めから見た方（C地点、図-17の3））が把握しやすい。また、当然のことであるが、同一地点において高度を上げていくと、表示はだんだん平面図表示に近づいていき鳥瞰図表示の利点がなくなっていく。以上のように対象とする地形によって、把握がしやすい鳥瞰図表示が存在すると考えられるが、詳細は今後の課題である。また、現地で地形調査をする際には、主要箇所の鳥瞰図表示（実際の観察箇所毎の）を用意しておくことで地形の把握精度が向上するものと考えられる。

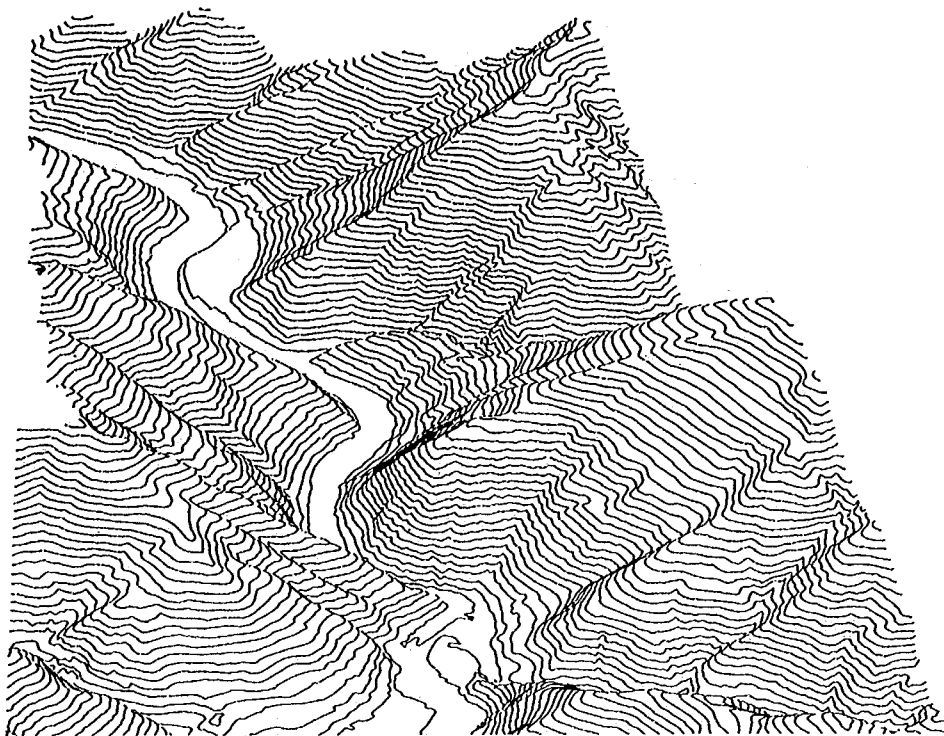


図-15 等高線の鳥瞰図表示。図-9 と同一の範囲を北側から見たもの。

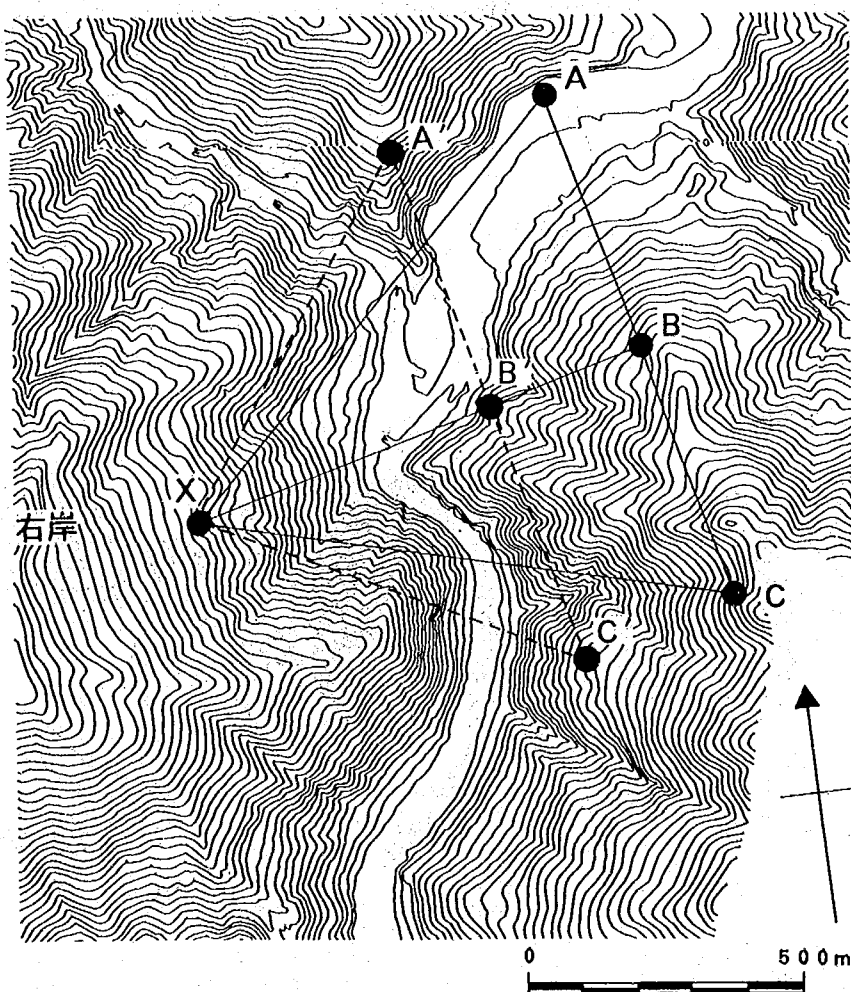
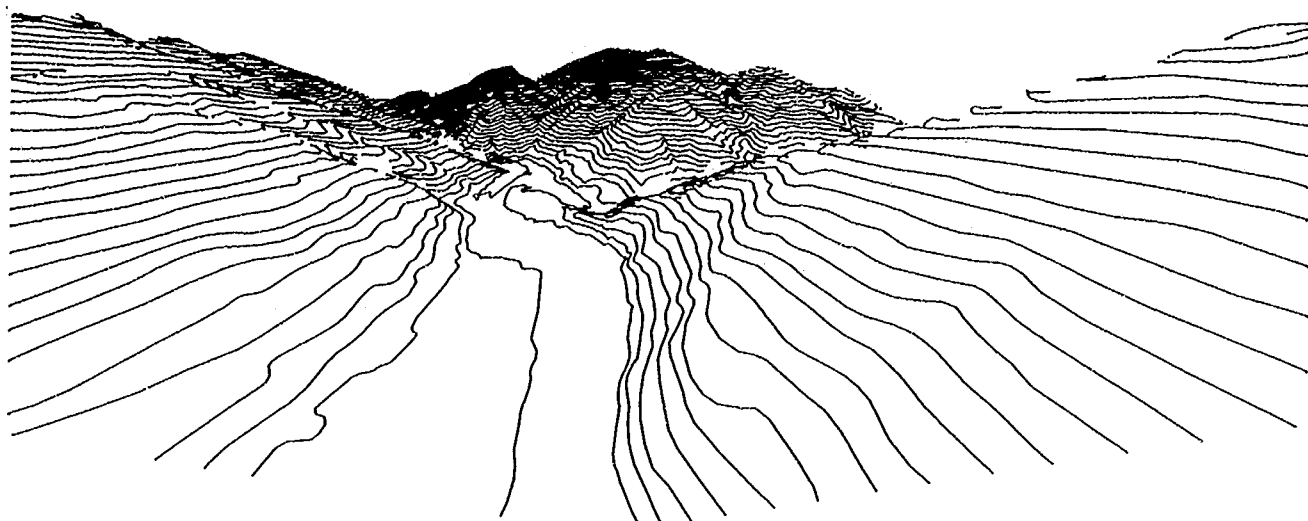
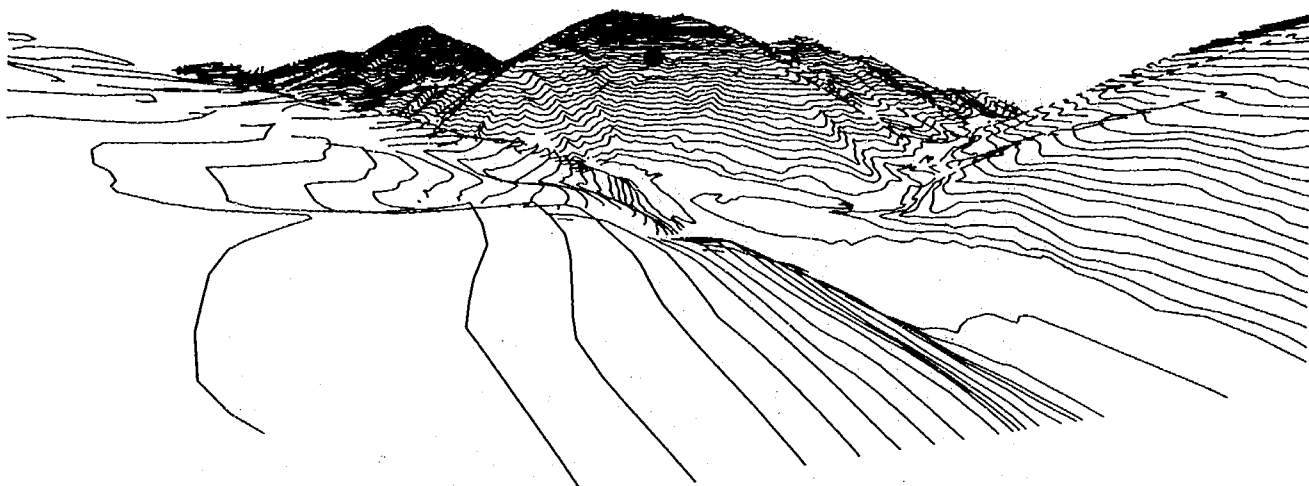


図-16 等高線の鳥瞰図表示の見え方を検討した地域。A～C、A'～C'は視点の平面的位置である。視野の中心はX点である。

1) 視点：A地点（高度400m）



2) 視点：B地点（高度400m）



3) 視点：C地点（高度400m）

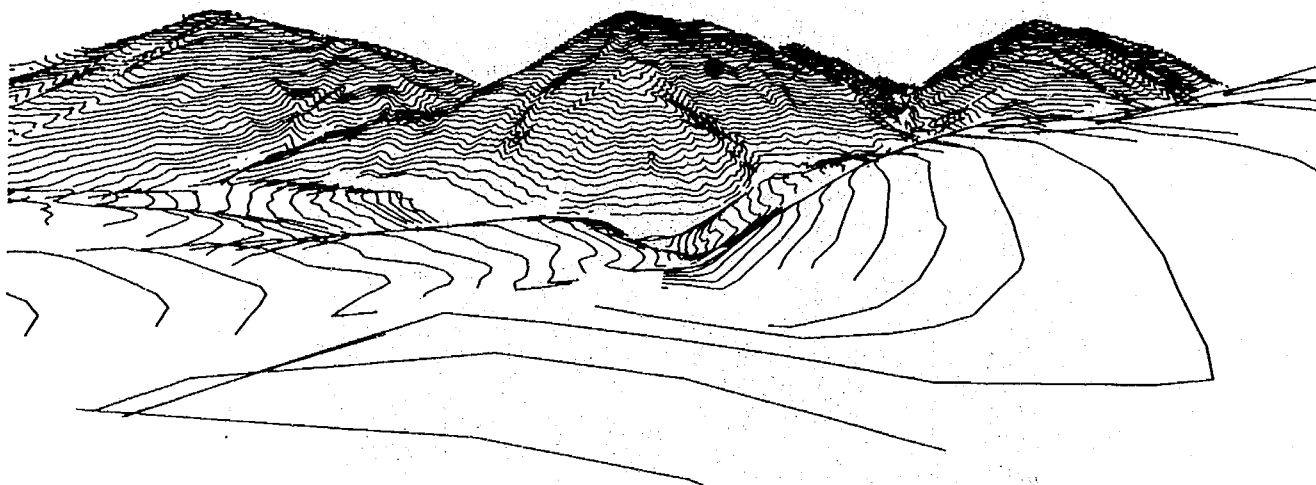
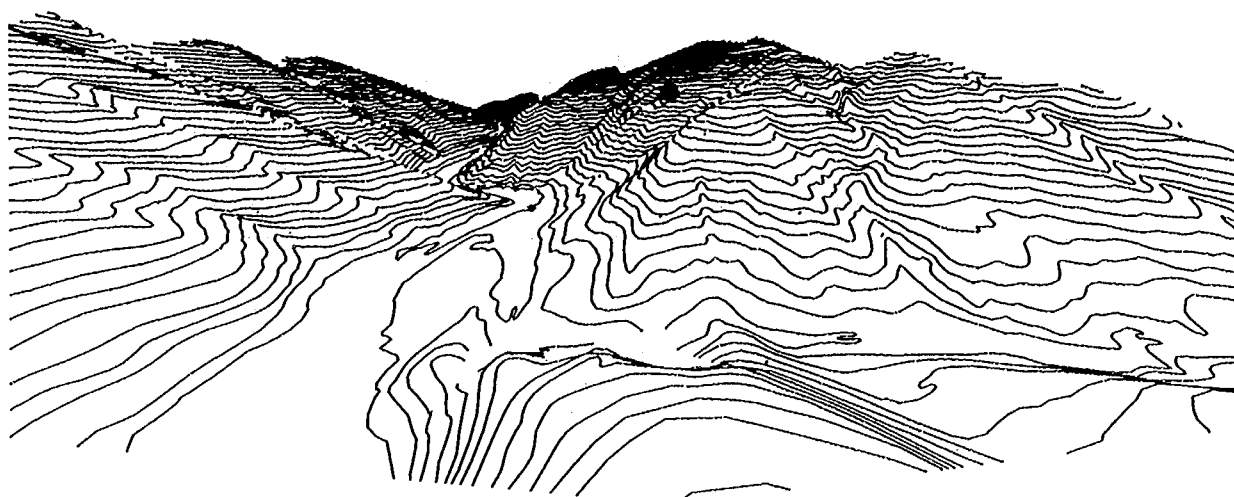
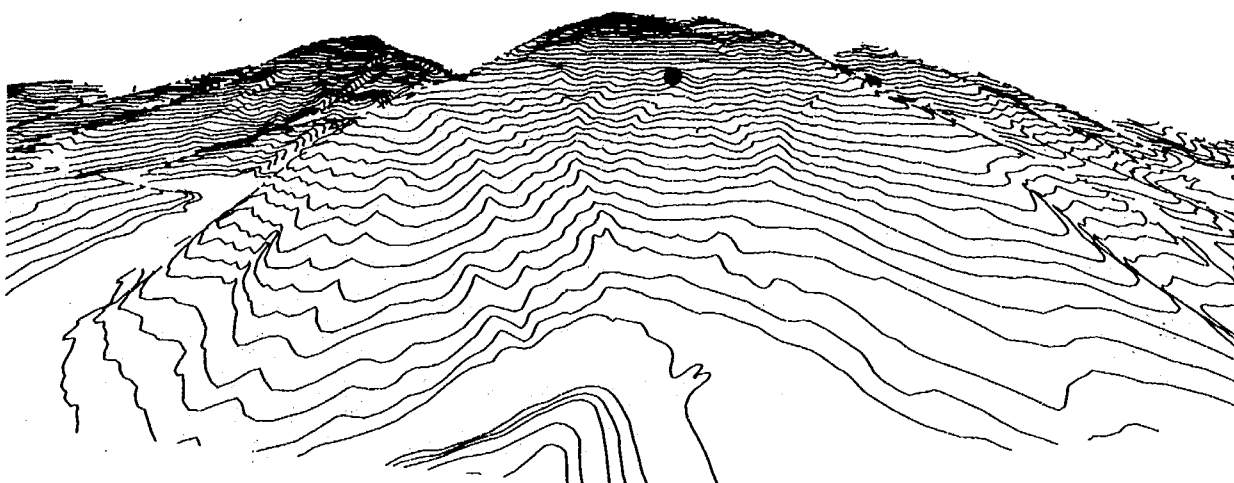


図-17 視点を変えた場合の鳥瞰図表示の変化（その1）。図中の黒丸は図-16のX点に相当する。

4) 視点：A'地点（高度400m）



5) 視点：B'地点（高度400m）



6) 視点：C'地点（高度400m）

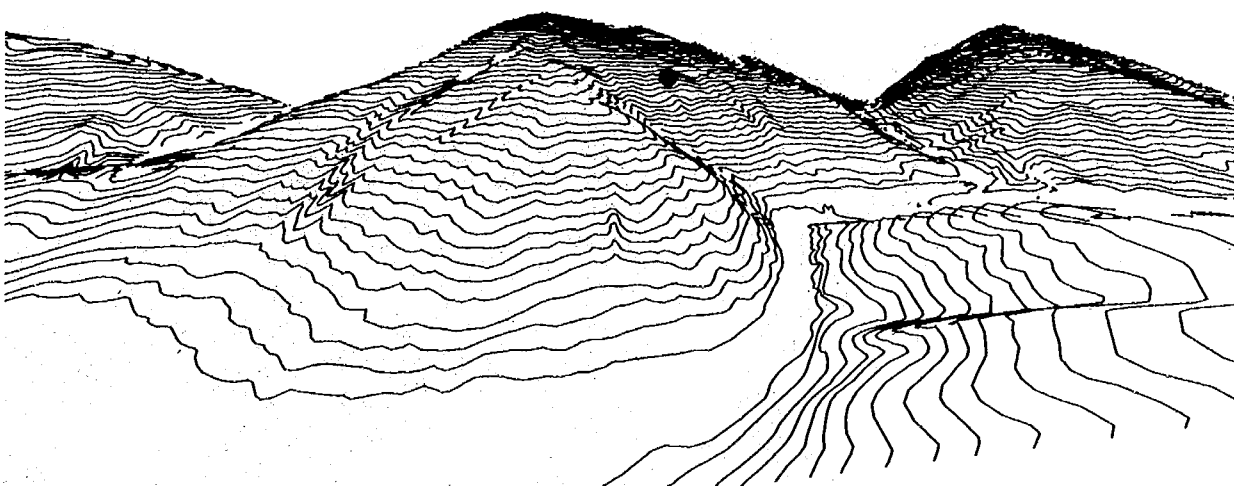
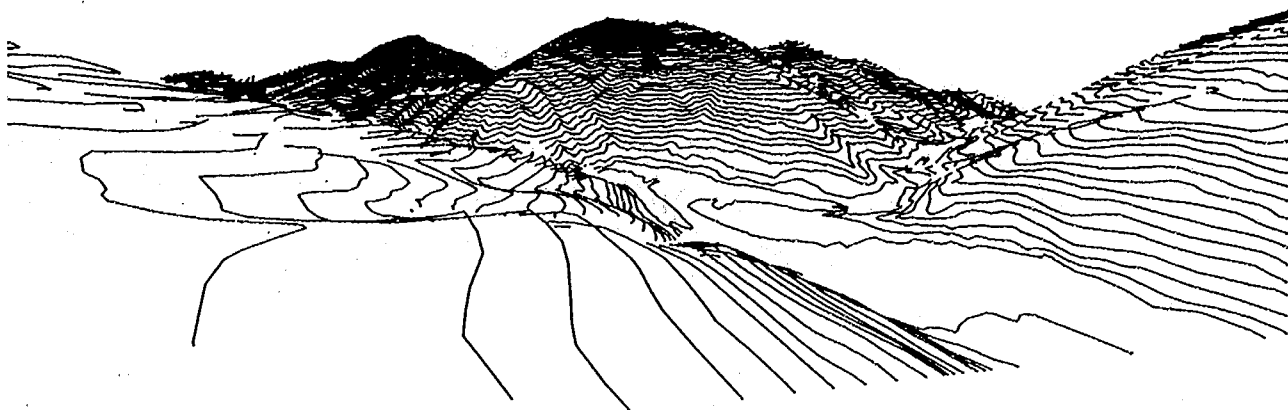
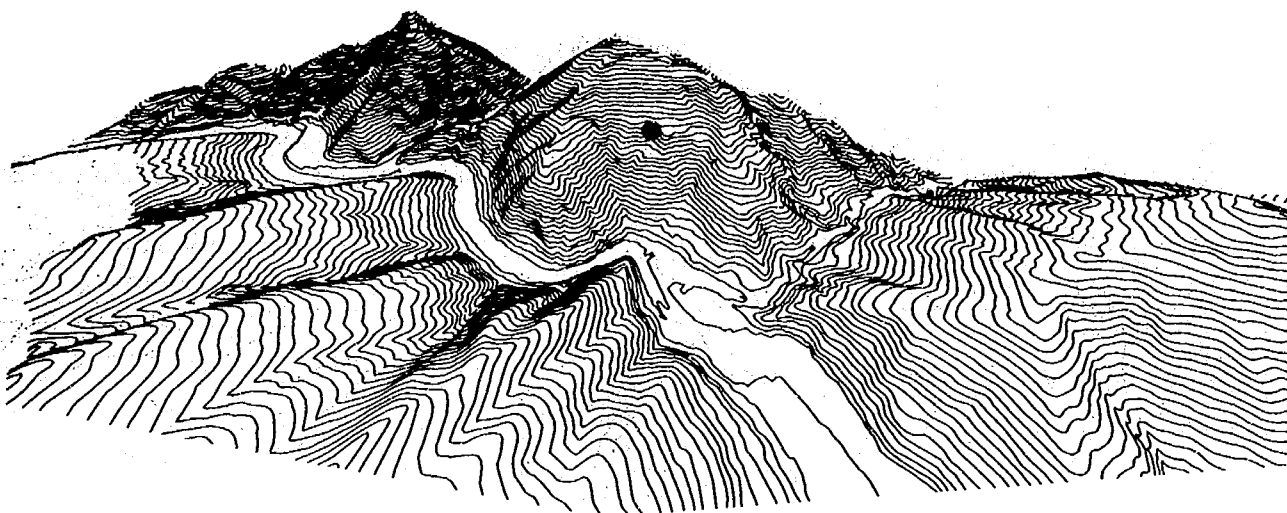


図-17 視点を変えた場合の鳥瞰図表示の変化（その2）。

7) 視点：B地点（高度400m）



8) 視点：B地点（高度1000m）



9) 視点：B地点（高度1500m）



図-17 視点を変えた場合の鳥瞰図表示の変化（その3）。

図－18～19は重ね合わせ図の鳥瞰図表示である。図－19のように、地すべりの地形的特徴は平面図の重ね合わせ表示に比較すると格段にわかり易くなっている。

以上の鳥瞰図表示はディスプレイ上では、視点移動や拡大・縮小が自由に行えることから、数枚の出力画像を見るよりも状況の把握が容易である。ディスプレイ上で鳥瞰図表示を見ることができる場合には、地形等の把握に最適な構図をプリントアウトすれば効率的である。

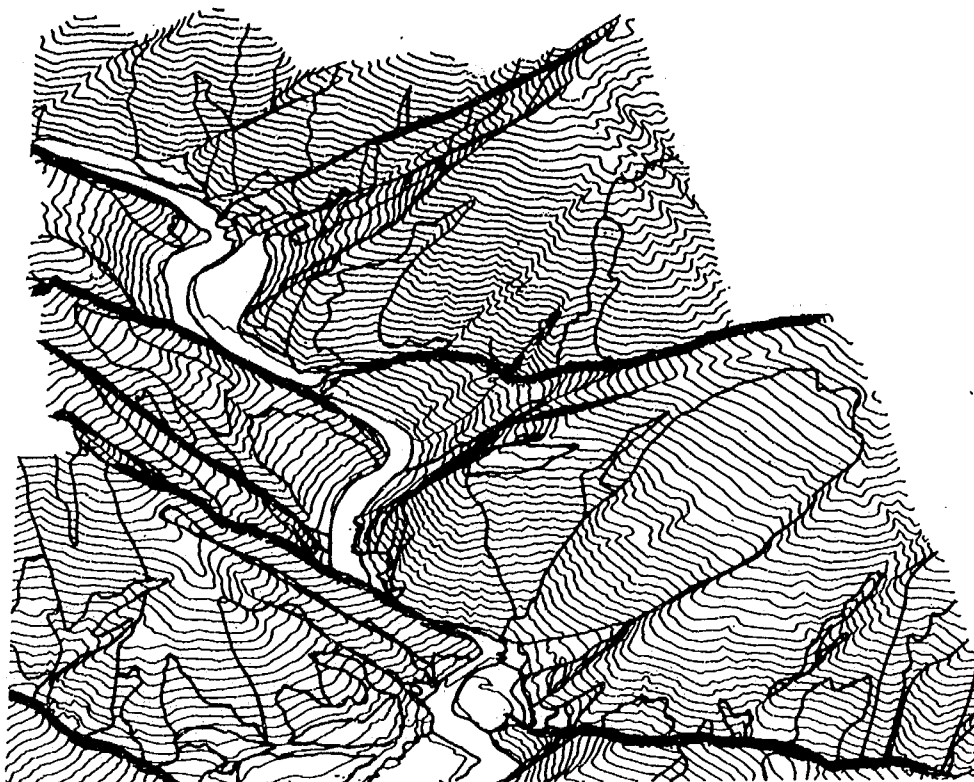


図-18 等高線と地質境界の重ね合せの鳥瞰図表示。地質境界は実線で記入してある。

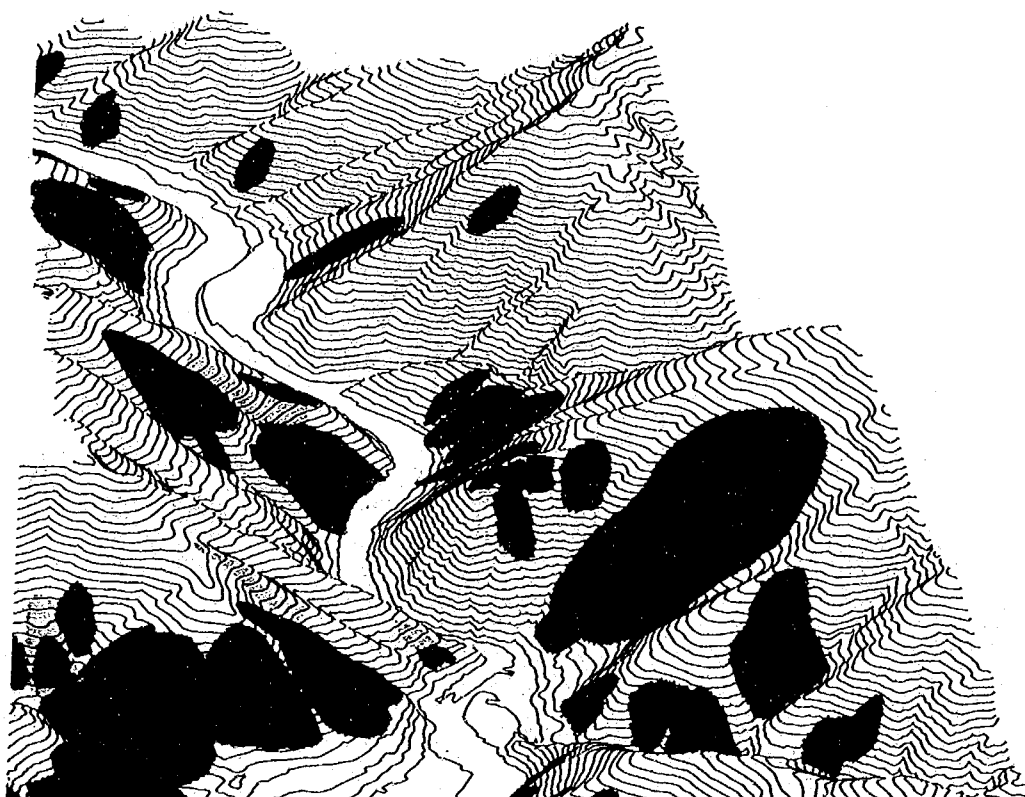


図-19 等高線と地すべり分布の重ね合せの鳥瞰図表示

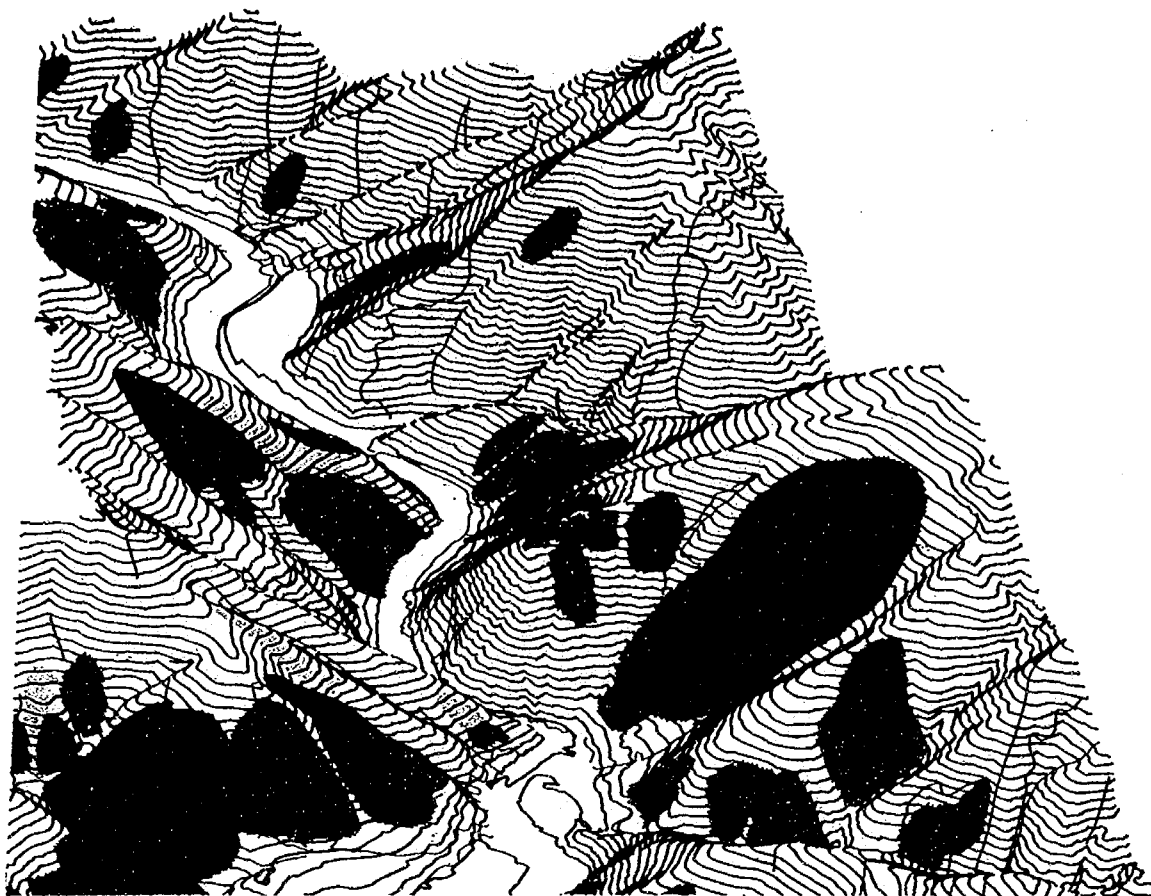


図-20 等高線、地質境界および地すべり分布の重ね合せの鳥瞰図表示。地質境界は赤線で記入してある。

4.5 表示方法の問題点

(1) 単独表示の問題点

1) 等高線の単独表示の問題点

図－9の等高線の平面図の例では、図面上での表示縮尺とデータ入力をした等高線密度の関係が適切であったため、視覚的に比較的良く表現できている。より小縮尺での表示や等高線間隔が密な箇所を適切に表現するには、等高線を間引いて表示する、一定間隔毎（たとえば50m毎や100m毎）に線種の変更や着色等をして表示するなどの処理が必要となろう。また、逆に大縮尺の場合は、等高線の補完方法の検討が必要となってくると考えられる。

2) 地質平面の単独表示の問題点

本検討地域での地質平面図は属性項目数が多く、特に層相は24区分ときわめて多い。このため、各層相を明確に区分した表示や、各種項目にわたる情報を同時に表示することが難しい。今回の地質平面図では、特に層相等の表現に留意しなかったため、図面としては見づらいものとなっている。今後、地質の表示として適切（常識的）な色調、模様、記号を使用した効果的な層相区分の表現をしなければならない。

3) 地すべり分布の単独表示の問題点

地すべり分布のみの表示では、位置の把握が困難であることが最大の欠点である。このためには、等高線との重ね合わせ等の表示手法が有効である。等高線との重ね合わせによって図面が煩雑になる場合には、主要な河川、谷線、尾根線、道路、地名等を重ね合わせることが考えられる。また、地すべりブロックの重なる部分が生じる箇所では、ブロックの発生時期を考慮したレイヤー区分と表現の検討が課題となる。

(2) 重ね合わせ表示の問題点

属性が多い地質平面図と他の情報の組み合わせのように重ね合わせの情報が多くなる場合、煩雑になりやすく、見やすい表現が難しい。特に、地質平面表示に用いたハッチ表現と等高線を重ねると、図－12に示したように等高線は地質の塗りつぶしにより隠れてしまい、両者の関係の把握が確認しにくくなる。このような場合、地質表現を淡い色調で行うなどの工夫が必要である。重ね合わせずにおいては、単独図以上に表現方法について詳細に検討する必要がある。

(3) 鳥瞰図表示の問題点

鳥瞰図表示に際しては、重ね合わせ表示情報の面的な（ポリゴンの）塗りつぶし表現に際して課題のあることが把握された。すなわち、鳥瞰図表現の際の塗りつぶしはメッシュ単位で行われるが、メッシュが粗いと境界線にその形状が表現されてしまう。そこで、メッシュサイズを5m四方と細かくすると、

比較的滑らかな境界線の表現が得られた。視距離（縮尺）に応じたメッシュサイズ設定や、塗りつぶし表現の手法検討（ハッチや記号の使用等）が必要と考えられる。

平面図での重ね合わせ表示同様、多数情報の重ね合わせ図の鳥瞰表現に際しては、表示方法に工夫を要する面がある。特に、鳥瞰表現では平面図に比較してシンボルやハッチ等が見えにくくなる傾向がある。また平面図上での斜線等の直線状のハッチの表現は、鳥瞰図上が曲面であるために、表現が不自然となることがある。効果的な表現手法が課題となろう。

また、既述のように同一の地形も視点を変えると、把握の程度が異なることから、地形要素に応じた最適な対象地域と視点との関係を検討する必要がある。

5. 地形および地質デジタル情報の応用の検討

5.1 検討内容

(1) 地形断面の作成

重ね合わせ表示の平面図上等で切断線（面）を設定し、主としてDEMを用いて地形断面形状および地質情報の断面図上への表示等を行った。また、鳥瞰図と地形断面の合成表示を検討した。

(2) 標高一貯水容量曲線の作成

堤体計画地点で堤体高さを変化させた場合の貯水容量変化を、DEMに対する数値処理により（半）自動的に求めて表現する手法を検討した。

5.2 地形断面の作成

平面図上で任意の断面線を設定し、その位置における断面図の表現を次の3ケースについて検討した。

- ① 任意の位置の地形断面形状の表現
- ② 地形断面上への地質境界等の表現
- ③ 地形断面と鳥瞰図の合成表現

①に関しては、使用したARC-INFOの既存機能により容易に表現することが可能である。

②に関しても、既存機能を組み合わせることにより、表現することができた。しかし、ARC-INFOは本格的な3次元データベースを扱うシステムではない（2.5次元データベースを扱うシステムである）ため、境界位置のデータを平面図上で手作業的に指定することが必要であった。自動的に断面図を描画するためには、専用の機能を構築することが必要である。

③の表現は図-21に示した。作成に当たっては、2.5次元データベースを扱うARC-INFOには対応が難しい面もあり、切断面より前方のデータを削除し、新たなデータベースを構築する必要があった。

5.3 標高-貯水容量曲線の作成

前述のように、ARC-INFOは本格的な三次元データベースを扱えるシステムではないため、既存機能により標高-貯水容量曲線を直接作成することは難しい。しかし、DEMを用いて指定した範囲の山体の体積を求める機能を備えているため、これを利用して貯水容量を求める方法を検討した。

図-22および次に示すような手順で、設定堤体標高に対する貯水容量を求めた。

- ① ARC-INFOの既存機能により対象範囲全体面積 A_t 、山体全体体積 V_m 、設定堤体標高以上の山体体積 V_{mh} を求める。
- ② 設定堤体標高以下の全体体積 V_l を対象範囲全体面積(A_t)×設定堤体高さ(H)より求める。
- ③ 設定堤体標高以下の山体体積 V_{ml} を V_{mh} により求める。
- ④ ②-③により貯水容量 V_w を求める。最終的に次の式で貯水容量が求められる。

$$V_w = A_t \times H - V_m + V_{mh}$$

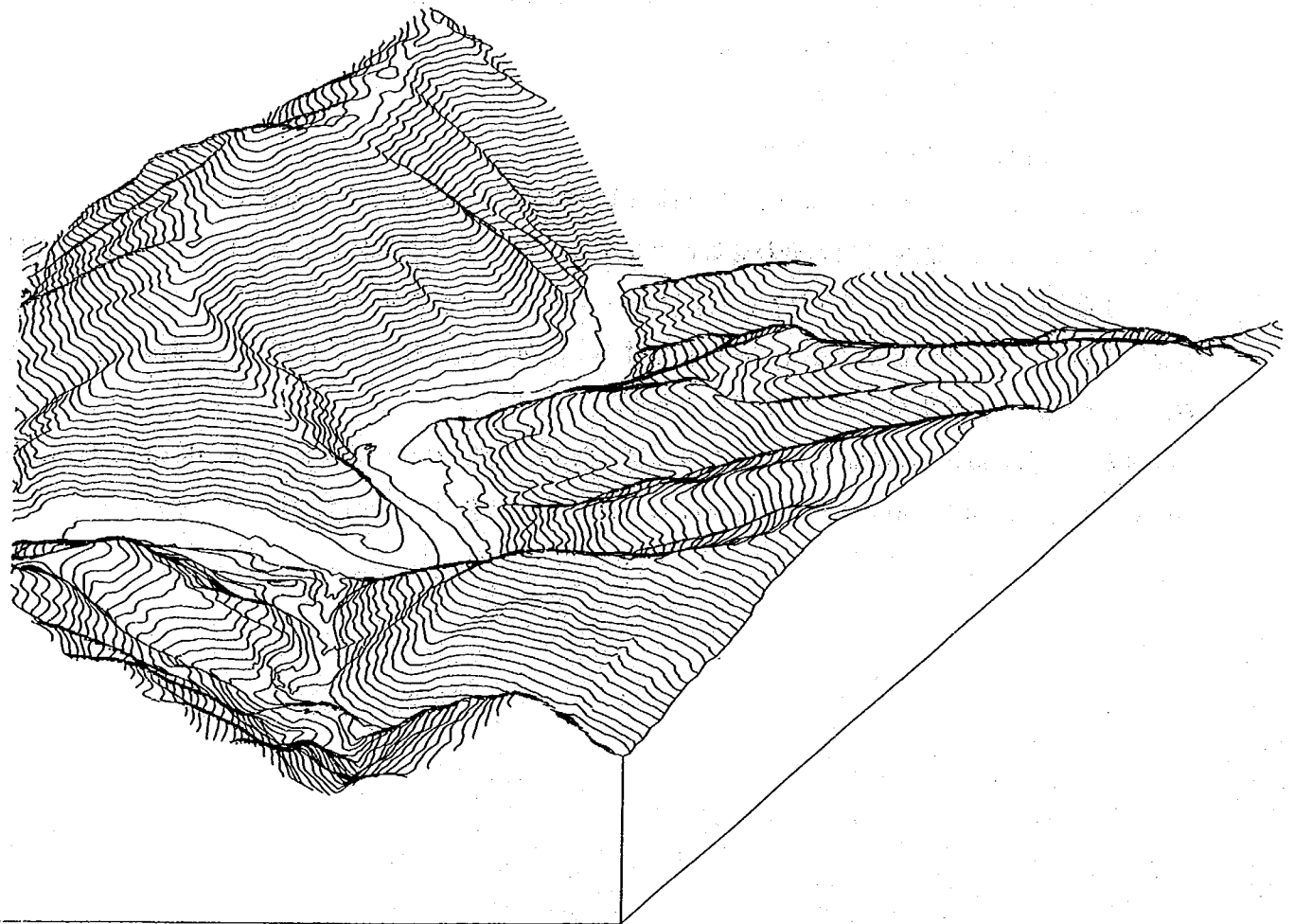


図-21 等高線の鳥瞰図表示と地形断面

図-23に貯水容量曲線の試作例を示す。堤体位置は実際の予定地とし、堤体高さを10m～150mに変化させて作成した。堤体標高以下の全体体積算出や貯水容量算出の計算が手作業となる難点はあるが、この例の作成に要した時間は数時間であり、従来法に比べてかなりの効率化が図れた。さらに今後、これらの処理を自動化することにより、効率的な標高-貯水容量曲線の作成が期待できる。

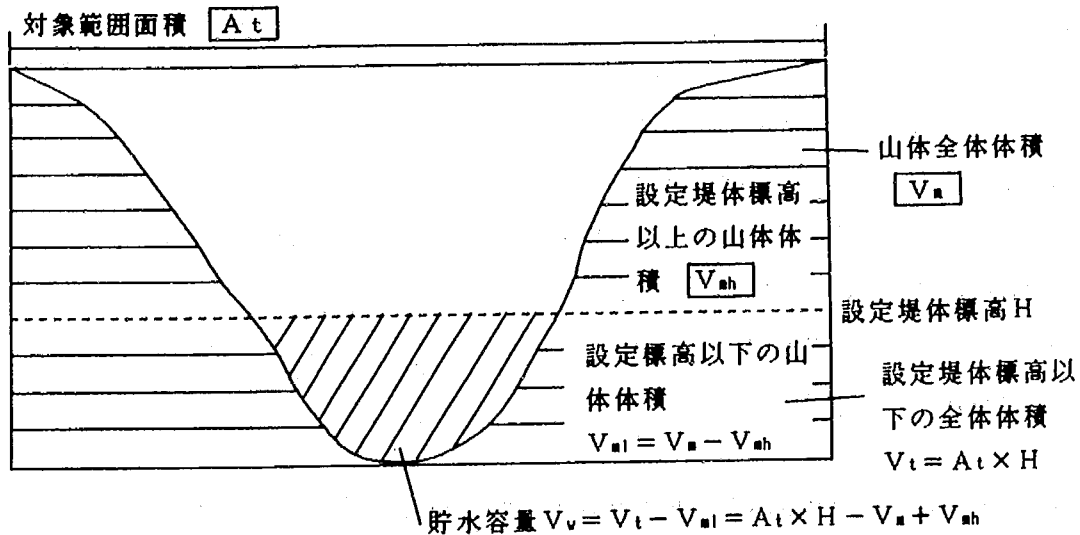


図-22 標高-貯水容量の求め方

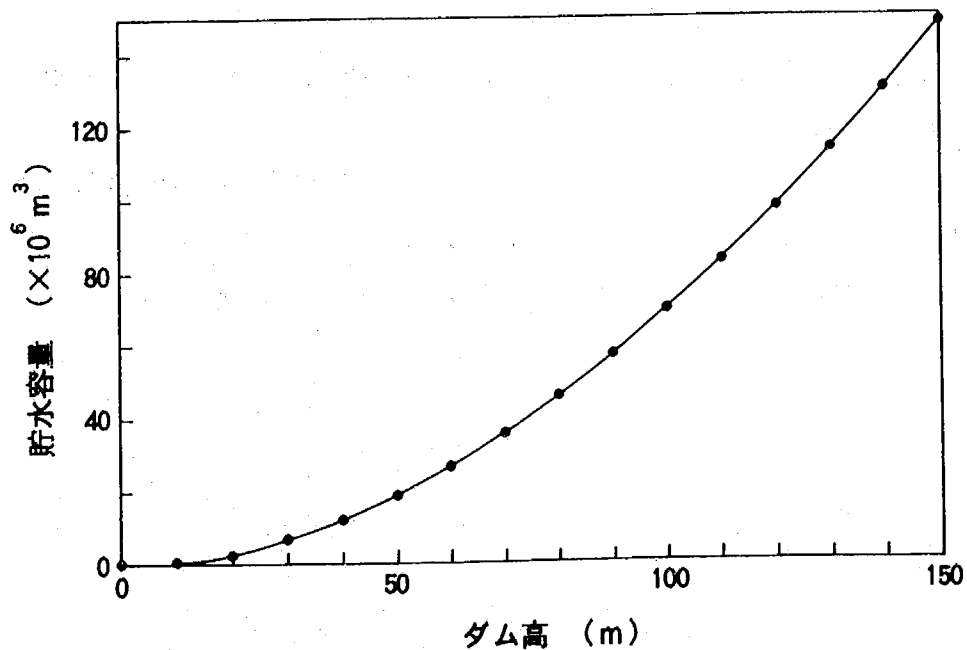


図-23 標高-貯水容量曲線の試作例

6. まとめ

(1) データの入力

ダム建設による湛水予定地を対象に、地形・地質情報のデジタルデータ化を行った。入力した情報は、①等高線、②地質平面、③地すべり分布の3種類であり、それぞれ縮尺1:2,500の図面上に記載されている各種情報をディジタイザにより入力した。

入力に際しては情報の形態により、ポリゴン、ライン、ポイント形式で座標値を入力し、各項目の内容を表わす属性値を付与した。また、等高線より三次元の地形形状を表わすデジタル標高モデル(DEM)を構築し、地質、地すべり分布の平面情報と合わせて地形・地質データベースを構築した。データは最終的に地理情報システムARC-INFO形式に編集した。

(2) 地形および地質デジタル情報の表示手法の検討

入力された地形・地質データベースを地理情報システムにより解析、表示し、地形・地質データの表示手法および効果、課題を次の5種類の手法に対して検討した。

- ① 単独図の表示 (平面図)
- ② 重ね合わせ表示 (平面図)
- ③ ①、②の鳥瞰図表示

検討により、重ね合わせ表示や鳥瞰図表示は、地形・地質情報の視覚的把握や情報相互の関係把握に有効であることが確認された。一方、多項目にわたる情報の表示(重ね合わせ、鳥瞰等)に際しては、地形・地質情報をより効果的に活用する上で、表示方法(色調、模様、記号等の組み合わせ等)の検討が課題である。

(3) 地形および地質デジタル情報の応用の検討

デジタル化した地形および地質情報の応用として、任意の場所における地形断面の作成、標高一貯水容量曲線の作成について検討した。

その結果、地理情報システムの活用により、従来法に比べてかなりの省力化が図れることがわかった。一方、使用した地理情報システム(Arc-Info)は三次元データベースを扱えない(2.5次元)ため、これらの処理を自動的に行う上で専用機能の構築が必要であることが把握された。

7. 今後の課題

本研究により、貯水池周辺の地形、地質情報のデジタル化および地理情報システムを用いた解析、表示が、地形・地質の状況把握、相互の関係解析、各種数量把握等に有効であることが把握された。一方、これらの情報をより効果的に活用する上で、情報の表示方法の検討、専用機能の構築等いくつかの課題のあることが把握された。

以上のような今後の課題は具体的に次のようにまとめられる。

(1) より効果的な表現手法の検討

本研究では、地理情報システムの一般的な表現記号や色調等を地形、地質情報の表現に用いた。地質情報の表示等に際しては、地質分野・地域毎の特有の記号、色調表現があり、これを模した表現手法の検討が課題となろう。具体的には「地質凡例の選択メニュー」を表示して任意に選択できるシステムの構築が望ましいと考える。

また、多数情報の重ね合わせに際して、各情報が十分参照でき、相互の関係把握がより効果的に行えるよう、表示方法の検討が必要と考えられる。

(2) 三次元データベース操作機能の検討

地形断面の表示や、標高一貯水容量曲線の作成等、地形、地質情報を三次元データベースとして操作する機能の検討が必要とされる。使用している地理情報システム（ARC-INFO）が2.5次元データベースシステムであるため、完全な三次元データベース操作は難しい面もあるが、既存機能の拡張、組み合わせによりできる範囲で三次元的操作を検討することが課題となろう。

断面図の表示に関しては、本年度は地形面上の地質境界位置の表現に止まったが、掘削時の地質分布の表現として、切り取り面に現れる地質境界面の表示についての検討が課題である。また、それを行うための地質図学のある程度のシステム構築が必要となる。ただし、複雑な地質分布を取り扱うことは、GISシステム上での応用範囲を越えるものと考えられ、比較的単純な地質図学の適用できる堆積岩についての検討となる。地質の三次元の表示については、その機能を持つシステムがあることから、データの共有・互換性に関する検討を行い、地下情報については他システムの利用を考慮すべきであろう。

(3) 空中写真情報の付加

本研究では図面上の地形、地質情報をデジタルデータ化した。これらの情報は地形、地質に関する主題情報のみを表わすものであり、対象地域に関するその他の情報は含まれていない。対象地域の広範な情報を含む空中写真をデータベース化し、背景情報として活用することが有効と考えられる。これにより、地形状況の把握がより進むものと考えられる。

(4) 地上レベルの解析、表示検討

本研究では、地域全体を対象に各種表示、解析を試みた。地形、地質情報はこのような全域の傾向把握と同時に、特定地点、狭小範囲（例えばダムサイト、地すべり）での傾向把握、分析に際しても有効性が高いと考えられる。

地上写真と地形、地質情報の重ね合わせ表示、そのための両者の位置合わせ、効率的な基準点の取得等、特定地点での情報解析のための手法検討が課題となる。

(5) GISの特徴（重ね合わせ、抽出手法）を使った地形地質解析

GISでは一般に地下情報を取り扱う事には不向きであるが、レイヤーの重ね合わせの特徴を用い次のような利用が考えられる。

- ・複数の等高線の重ね合わせによる地下情報の表現方法の検討。

例として、岩級コンター図、地下水コンター図があげられる。これらの図と地形図とを重ね合わせて立体表示（ステレオ図）することにより、地盤深部の視覚的把握（地形との比較）が容易となると考えられる。

- ・物理探査結果や各種リモートセンシング情報等の情報とその他の平面的に表現できるデータとの重ね合わせ。
- ・地すべりと地形・地質との関係の分析。統計的処理によって、地すべり分布と地形・地質との関係（斜面方向、傾斜角、地質等）を分析することが可能である。

(6) データベースとしての利用

ダム等の建設現場では、ボーリングや弾性波探査等の調査や各種工事が、様々な時期に行われている。それらの記録は、随時、現場写真、図面および文書によって記録・保存されている。しかし、アナログ情報では、それらの分量（体積）も膨大となり、また検索や加工も容易にはできない。そこで、これらの地形・地質情報をデジタル化しておくことが考えられる。今後、GPSやデジタルカメラの普及により調査位置や写真についてのデータベース化は、容易になると考えられる。

(7) システム化の検討

本研究で用いている地理情報システム（ARC-INFO）は、解析者向けのツールであるため、システム操作にかなりの習熟を要する。しかしながら、地形・地質情報のデジタル化を現場レベルに適用する上では、操作の容易な専用システム（ハードおよびソフト両面）の構築が必要である。

貯水池周辺の地形・地質情報の
デジタル化とその応用（その1）

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3403号
平成8年1月（1996）

竹林征三・藤沢侃彦・中村康夫
脇坂安彦・渡子直記

要 旨

貯水池周辺の等高線、地質および地すべり分布のデジタル化を行い、デジタル情報の表示方法、応用方法について検討した。その結果、各情報を重ね合わせるにより、より有益な情報が得られること、鳥瞰図表現により、視覚的にわかり易くなることがわかった。

キーワード：貯水池，DTM，地理情報システム，GIS，等高線，地質図，
地すべり，鳥瞰図



郵便はがき

五十円切手
をはって下
さい

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
地質研究室 行

No. 003

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 3403 号 部
貯水池周辺の地形・地質情報のデジタル化と
その応用（その 1）

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印