

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2）

平成9年1月

建設省土木研究所
環境部地質研究室

Copyright ©1997 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2）

	地質官	竹林征三
ダム部	部長	藤沢侃彦
環境部 地質研究室	前室長	中村康夫 ^{†1}
	室長	平野 勇
	主任研究員	脇坂安彦
	交流研究員	渡子直記 ^{†2}

要旨

平成6年度にデジタル化したダム貯水池周辺の地形・地質情報にデジタル化した写真情報を加えて、その表示方法・利用方法の検討、等高線の実体視図の作成および斜面傾斜区分図の作成などを行った。その結果、等高線と写真情報を重ねた表示や等高線の実体視表現によって地形の認識性が向上すること、傾斜区分図が容易に作成でき、斜面防災対策や地形分類に有効であることがわかった。

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、傾斜区分図

†1：現在 日本道路公団静岡建設局建設部 調査役

†2：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。なかでも平成7、8年度は写真情報のデジタル化とデジタル化した写真情報と地形・地質情報との重ね合わせ、傾斜区分図の作成などについて検討した。

目 次

まえがき

1. 概 要	1
1.1 検討の目的	1
1.2 検討項目	1
1.3 検討方法および内容	1
1) 写真情報のデジタル化	1
2) 図面の表現方法	2
3) 断面図の作成方法	2
4) 斜面傾斜区分図の作成	3
5) 簡易型システムの開発	3
2. 写真情報のデジタル化	4
2.1 空中写真のデジタル化	4
1) デジタル化の方法	4
2) デジタル化の結果	4
2.2 現場斜め写真のデジタル化	6
3. 図面の表現方法	8
3.1 地質図を表示する模様	8
1) 模様のパターン（シンボル）	8
2) 模様の線の太さ	8
3) 模様の線の色	11
4) 模様の背景の色	11
3.2 等高線の実体視表現	13
1) 等高線の実体視表現図の作成方法	13
2) 等高線の実体視表現図の作成結果	13
3.3 写真情報と等高線、地質、地すべり分布情報の重ね合わせ表現	16
1) 重ね合わせ図の検討方法	16
2) 重ね合わせ図の作成結果	19
4. 断面図の作成	24

4.1 人工的な切り取り面の地形表現	24
1) 切り取り面の設定方法	24
2) 平面図の作成方法	25
3) 平面図の作成結果	25
4) 断面図の作成方法	26
5) 断面図の作成結果	26
6) 鳥瞰図の作成方法	27
7) 鳥瞰図の作成結果	27
4.2 地質図学が成り立つ地域での地質断面図	28
5. 斜面傾斜区分図の作成	29
5.1 斜面傾斜区分図の作成方法	29
5.2 斜面傾斜区分図の作成結果	29
6. 簡易型システムの開発	33
6.1 システムの位置付け	33
1) 利用者の想定	33
2) システムに依存する処理内容の想定	33
6.2 利用（入力）データの想定	33
6.3 ハードウェア構成	34
1) パーソナルコンピュータ本体	34
2) 記録媒体	34
3) プリンタ	34
4) カラーハードコピー	34
5) インクジェットプロッタ	34
6) タブレットディジタイザ	34
6.4 ソフトウェア構成	35
1) データ入力	35
2) 画面表示	35
3) 解 析	35
4) その他	35
6.5 システム開発	35
おわりに	37

1. 概 要

1.1 検討の目的

平成7, 8年度の検討は平成6年度に整備したダム貯水池周辺の等高線、地質および地すべり地分布のデジタルデータに写真情報を加え、その表示方法、利用方法の開発、実体視図面の作成、断面図・傾斜区分図の応用図面の作成を目的に行った。また、デジタルデータが利用可能な簡易型システムについても検討することを目的とした。

1.2 検討項目

検討項目は次のとおりである

1) 写真情報のデジタル化

(1) 空中写真のデジタル化

(2) 現場（斜め）写真のデジタル化

2) 図面の表現

(1) 地質図を表示する模様

(2) 等高線図の実体視表現

(3) 写真情報と等高線、地質、地すべり分布情報の重ね合わせ表現

3) 断面図の作成

(1) 人工的な切り取り面の地形表現

(2) 地質図学が成り立つ地域での地質断面図

4) 斜面傾斜区分図の作成

5) 簡易型システムの開発

1.3 検討方法および内容

1) 写真情報のデジタル化

(1) 空中写真のデジタル化

空中写真（密着判 4枚）をスキャナで取り込み、デジタル画像に変換した。さらに、デジタル画像と地形図上の対応点（地上基準点）を複数取得し、両者の幾何学的関係を求めた。また、平成6年度に作成した当該地区のDEMを加え、求めた位置関係に基づいて正射投影変換を行ない、地形図に整合した空中写真画像を作成した。

(2) 現場（斜め）写真のデジタル化

35mmフィルムにて撮影した現場（斜め）写真（3地区）を空中写真と同様にスキャナで取り込み、デジタルに変換した。

2) 図面の表現方法

(1) 地質図を表示する模様

地質図の模様や着色による表示には慣用的なものがある。また、地すべり分布図や写真などと地質図を重ね合わせる場合には、使用できる模様や色調に制限が生じてくる。そこで、表現に用いる模様のデータベース化を行なった。データベース化を行なったのは、模様のパターン・模様の線の太さ・模様の線の色・模様の背景色の4項目である。これらの4項目は任意に組み合わせることができるようにした。さらにこのデータベースを用いて実際に平成6年度にデジタル化した地質図の出力を行なった。

(2) 等高線図の実体視表現

a) 等高線図のみの実体視表現

すでにデジタル画像化された空中写真と同一の等高線を左右に並べて、その実体視の表現方法を検討した。表現方法の検討を行なったのは、等高線の平面図表現と鳥瞰図表現の2種類である。なお、等高線は平成6年度にデジタル化したものを使用した。

b) 一枚の図面に表現された2種類の等高線図の実体視表現

一枚の図面に表現された2種類の等高線図を左右に並べて、複数の等高線が共存する場合の実体視の表現方法を検討した。検討を行なったのは、地形の等高線と岩級区分の堅岩コンターの2つの等高線が一枚の図面上に表現されているもので、平面表現と鳥瞰表現の2種類である。なお、これらの等高線は新たに入力を行なった。入力範囲は縮尺1/1,000の地形図で、約45cm×60cmの範囲である。

(3) 写真情報と等高線、地質、地すべり分布情報の重ね合わせ表現

a) 空中写真との重ね合わせ

デジタル画像化された空中写真画像に、等高線、地質、地すべり分布情報を加え、相互に重ね合わせた表現を検討した。また、鳥瞰図表現での重ね合わせについても検討した。

b) 現場（斜め）写真との重ね合わせ

デジタル画像化された現場（斜め）写真に、等高線、地質、地すべり分布情報を加え、相互に重ね合わせた表現を検討した。

3) 断面図の作成方法

(1) 人工的な切り取り面の地形表現の検討

人工的に任意の2平面で切り取られた部分およびその周辺の等高線平面図表現・断面図表現・鳥瞰図表現について検討した。検討を行なった等高線は平成6年度にデジタル化したものを使用した。

(2) 地質図学が成り立つ地域での地質断面図

地質図学が成り立つ堆積岩地域において、等高線および地質平面図を用いて任意の切断線における地質断面を表現する方法を検討した。検討を行なった等高線は、平成6年度にデジタル化したものを使用した。

4) 斜面傾斜区分図の作成

デジタル化されている等高線データを用いて、斜面傾斜を自動的に区分する方法を検討した。検討した範囲はデジタル化した空中写真と同じ範囲である。

5) 簡易型システムの開発

デジタル化されたデータを利用するための簡易型システムについて、ハードウェアおよびソフトウェアの構成等の概略を検討した。

2. 写真情報のデジタル化

2.1 空中写真のデジタル化

1) デジタル化の方法

使用した空中写真は密着版4枚である。取り込みに使用したスキャナはSCREEN社製のDT S1030型である（スキャナの仕様は表-2.1参照）。デジタル化の手順は、①スキャナ入力、②メッシュDEM作成、③地上基準点・正射投影変換、④写真画像モザイクである。

(1) スキャナ入力

空中写真をスキャナのドラムに張り付け、入力する範囲を指定する。次に色調を調整し、基準を設定する。前入力を行ない、入力範囲の微調整を行なったうえで、正規の入力を行なった。

(2) メッシュDEM作成

デジタル標高モデル(Digital Elevation Model:DEM)をメッシュデータに変換した。DEMは地形を三角形の連続で近似するTIN(Triangulated Irregular Network)と呼ばれる手法により構築されている。TINデータから等高線間を補間し、25mメッシュを作成した。

(3) 地上基準点得・正射投影変換

デジタル化した空中写真と地形図上の座標を関連付け、幾何学的な歪みを除く補正を行なった。地形図の座標系は国家座標系を用い、地上基準点について地上座標（地形図）および画像座標をそれぞれ計測した。取得した地上基準点は12点である。さらにメッシュDEMの標高地をもとに標定・幾何補正プログラムを用いて写真の正射投影変換を行なった。

(4) 写真画像モザイク

正射変換を行なった4枚の空中写真を画像上でオーバーレイし、モザイク処理を行なった。その際、それぞれのデータの無い（データ数値はゼロとなっている）部分については、重複する範囲の画像を塗りつぶさないこととし、データが欠損することのないように処理した。また、4枚の画像の色調の平均値を取り、均一の色調となるよう補正を行なった。

2) デジタル化の結果

デジタル化の手順毎にデジタル化の結果と課題を述べる。

(1) スキャナ入力

図-2.1に示したデジタル化した空中写真は、オリジナル写真と比較して、画像が粗雑である。これは、入力ピッチが100BPIと粗かったためである。デジタル画像の解像度を上げるためには、200～400BPI程度の入力ピッチが望ましい。ただし、仮に400BPIで入力した場合、デジタル画像の出来上がりサイズが約3000 pixel×3000 pixelとかなり大きくなる。したがって、将来的、パソコン等でデータ処理を行なうことを想定した場合、入力ピッチとしては200～300BPI程度が妥当と思われる。

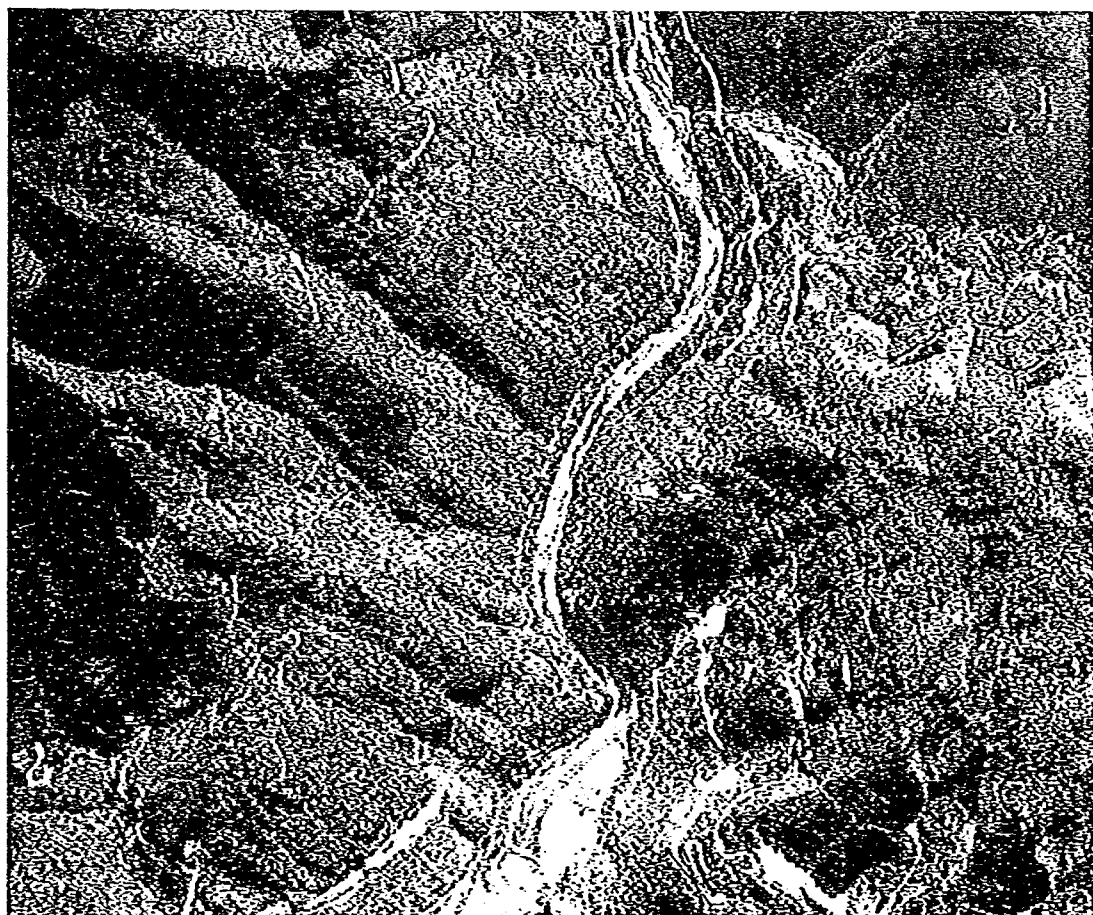


図-2.1 デジタル化した空中写真の一部

デジタル画像化した空中写真がオリジナル写真よりもやや明るめの色調であるのは、プロッター出力時の色調が暗くなる傾向にあることを考慮して、強調処理を行なったためである。今回は入力した画像に対して色調の彩度を上げる処理を行なったが、スキャナ入力時に調整することも可能である。画像の色調処理を簡便にする意味で、スキャナ入力時において色調の微調整を行なっておくことが望ましい。

(2) メッシュDEM作成

等高線データ入力時に使用された既存の地形図の縮尺は1/2,500である。TINデータから作成されたメッシュデータは1メッシュサイズが25m×25mであり、地形図上の1cm×1cmに相当する。メッシュサイズを50m×50m程度に設定した場合は、調査地域の微妙な地形の変化を大幅に平滑化してしまうと考えられる。また、10m×10m程度に設定した場合には、作成されるメッシュデータの容量が膨大となるため将来、パソコン等で処理を行なう場合には、データを分割する必要性が生じる。このため、正射投影変換や後に述べる地形の鳥瞰図表現に使用する精度としては、20mまたは25m程度が妥当と考えられる。

(3) 地上基準点・正射投影変換

画像の幾何補正を行なう場合には、少なくとも4点の地上基準点が必要である。地上基準点の取得にあたっては、まず写真画像と地形図を見比べ、同一地点を基準点として取得していく。このとき、基準点は写真が像全体にほぼ均等に分散することが望ましい。特定の一方向、あるいは一箇所に偏在する場合には、歪みが大きくなるため、基準点を分散させる必要がある。

今回使用した空中写真（密着判4枚）には、検討対象範囲を大きくカバーする範囲が撮影されているが、地上基準点は調査対象範囲内に均一に分布するように取得した。

正射投影変換を行った標定・幾何補正プログラムでは、デジタル標高モデル（DEM）のメッシュデータの範囲内のみ、変換処理を行うようプログラムが組まれているため、範囲外の空中写真はカットされた。

(4) 写真画像モザイク

正射投影変換の精度が悪い場合、写真同士がずれるため、モザイク処理を行う前に、等高線を重ねて精度の確認作業を行った。次にデジタル化された写真画像は、それぞれ異なった色調であるため、モザイク処理の後、色調補正を行った。色調補正はまず、4枚の写真画像の彩度を合わせ、全体的な色調を統一した。さらに、プロッター出力時の色調がやや暗くなる傾向にあることを考慮して、明度を上げる調整を行った。この色調の調整は、スキャナ入力時にも行うことができるが、モザイク後の微調整が必要である。

当初入力した写真画像では、画像の粗さが目立ったため、写真を入力し直した。幾度か補正を行う可能性があるため、一度、調整した色調のパラメータは記録しておくことが望ましい。

2.2 現場斜め写真のデジタル化

使用した現場（斜め）写真は、3地域分である。それぞれ同一の視点より2方向の写真を撮影しており、計6枚の写真を入力した。使用したスキャナは、空中写真と同様である。現場（斜め）写真の場合には、正射投影変換は行わず、写真入力のみを行った。

図-2.2にデジタル画像化した現場（斜め）写真の例を示す。



図-2.2 デジタル化した現場斜め写真の例

3. 図面の表現

3.1 地質図を表示する模様

平成6年度にデジタル化したデータのうち、地質平面図について表現方法の検討を行い、表現に用いる模様のデータベース化を行った。データの表示、解析には地理情報システムARC/INFOを用いた。一般的な地質図の表現は、①模様のパターン、②模様の線の太さ、③模様の線の色、④模様の背景の色の4項目の単独または組み合わせによって行われる。ここではARC/INFOでこれらの表現が可能であるかについて検討した。

1) 模様のパターン(シンボル)

ARC/INFOで利用可能な模様パターンは縦縞線、横縞線をはじめ、45° 傾斜、またそれらを交差させたもの等、多岐にわたっている。また、ドット(点)や丸点を含めると、その組み合わせは数十種類に及ぶ。この中で、重ねあわせ表現に適しており、かつ地質図としてふさわしいと思われるものについて検討を行った。

表-3.1に検討を行った模様のパターンを示す。問題点としては以下のことがあげられる。

i) No. 2, 5, 8, 11, 14, 17 (No. は表-3.1でのNo.) の粗い線条については、地質図中の面積の大きな部分に割り当てる場合は有効であるが、小さい部分では線と線の間隔が広くなりすぎるために、パターンが認められない場合がある。

ii) No. 2, 3, 4およびNo. 5, 6, 7のようなパターンが同じで線の間隔の違うものは、同じ図面上で使用する時には、区別するために間隔に留意しなければならない。

iii) No. 20のような点描画では、出力ファイルの作成に膨大な時間がかかる。また、細かい斜線や格子の重ね合わせ(No. 16, 19)でも同様である。

iv) No. 22の十字は縮尺によってはNo. 14の格子と見分けがつきにくい。

また、課題としては次のことがあげられる。

i) 地質図を出力するにはカラー表現が望ましいが、場合によってカラー図をモノクロ表現に変更しても対応できるよう、パターンをデータベースを数種類作成しておく必要がある。

ii) 強調したい地質が特別にある場合、一時的に特定の項目のみ強調表示できるよう検討する必要がある。

2) 模様の線の太さ

上記で検討した「模様のパターン」の線の太さについて検討した。また、地質境界線の線としての検討も行った。表-3.2に検討を行った線の太さとパターンを示す。問題点として次のことがあげられる。

i) No. 1, 5の細い線は、地質図単独の場合には認識できるが、等高線や空中写真との重ね合わせの際には認識が困難となる。他方、No. 4, 8は太いので、重ね合わせた情報が読みとれなくなる。

ii) 中太線および太線は、模様パターンの間隔との関係に留意する必要がある。模様の間隔が小さい場合にはつぶれてしまう。

表-3.1 検討を行った模様のパターン

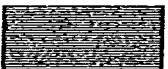
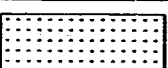
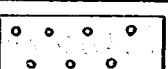
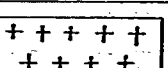
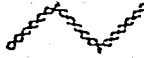
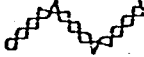
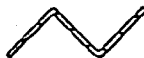
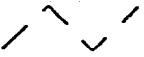
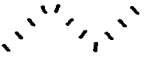
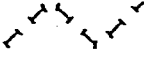
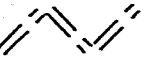
No.	パターン	形 状	No.	パターン	形 状
1		模様なし	12		斜線 (右)
②		粗い横線	13		細かい斜線(右)
3		横線	⑭		粗い格子 (2+5)
4		細かい横線	15		格子 (3+6)
⑤		粗い縦線	16		細かい格子 (4+7)
6		縦線	17		細かい格子 (8+11)
7		細かい縦線	18		細かい格子 (9+12)
⑧		粗い斜線 (左)	19		細かい格子 (10+13)
9		斜線 (左)	⑳		点描
10		細かい斜線(左)	21		丸描
⑪		粗い斜線 (右)	22		十字

表-3.2 検討を行った線の太さとパターン

No.	パターン	形 状	No.	パターン	形 状
1		細実線	11		旗ざお
2		中太実線	12		鎖線 (小)
3		太実線	13		鎖線 (大)
4		極太実線	14		ブロック線
5		細点線	15		二重実線
6		中太点線	16		細実線+けば
7		太点線	17		けば
8		極太点線	18		I 字線
9		一点鎖線	19		細実線+丸描
10		二重鎖線			

iii) No. 5, 8の実線は地質図中の項目の形状が小さい、あるいは複雑に入り込んだ項目の場合にはつぶれてしまう可能性がある。

iv) 旗ざお (No. 11) は鉄道の線路と類似しているため、境界線にはふさわしくない。

v) けば、I字線 (No. 17, 18) は線が途切れており、境界線としては見づらい。

課題には次のようなものがある。

i) 地質の境界線としては有効であるが、模様のパターンとしては複雑、見分けが困難などの問題点があるものがある。したがって、地質図の模様と境界線の2種類に分けてデータベースを構築する必要がある。

3) 模様の線の色

模様の線の色を検討にあたっては、「模様のパターン」および「線の太さ」のうち、有用と思われるものについて、等高線や空中写真を重ね合わせることを前提に検討を行った。問題点として以下のことがあげられる。

i) 空中写真との重ね合わせでは、樹木の緑が基調となるために、緑色および青色系統の色は見えにくくなる。また、等高線を重ねる場合、黒色を用いることが多いため、さらに見えにくくなるため配色の制約が多い。

ii) 重ね合わせる図面の表示内容によって色調や濃度を変える必要がある。

なお、使用できる配色は限られているが、模様のパターンや線種を変えることによって凡例数の多い地質図にも対応できるため、色に関する課題は今のところ見当たらない。

4) 模様の背景の色

模様の背景の色の検討は、表-3.1にあるパターンNo. 1の模様のないものにNo. 2~22のパターンを重ね合わせ、地質図単独で表示することを前提に行った。問題点には次のものがある。

i) 重ね合わせる線の色と同系色の色を背景色として配色すると、統一がとれるため見た目には良いが、地質図中の小面積の部分では、色が交錯して見えにくい。

ii) 背景色を一度塗った後、重ね合わせる線を描くため、表示および出力の際に時間がかかる。

iii) 同様に重ね合わせて出力するため、色のにじみや色同士のずれが生じる。

課題としては次のことがあげられる。

i) 実際に模様のパターンや背景に色を付ける場合には、隣接する部分の模様そのものの色の調整と、背景の色の調整が必要である。双方を同時に検討して配色することは困難である。したがって、模様のパターン、線種、背景色ごとにそれぞれ単独のデータベースを作成しておき、あらかじめ画面上でデータベース同士を重ね合わせて検討したうえで、実際の地質図に対応できるような新たな手法の検討をする必要がある。

図-3.1は今回検討をしたパターン、線の太さ、背景の色を使用した地質図の例である。

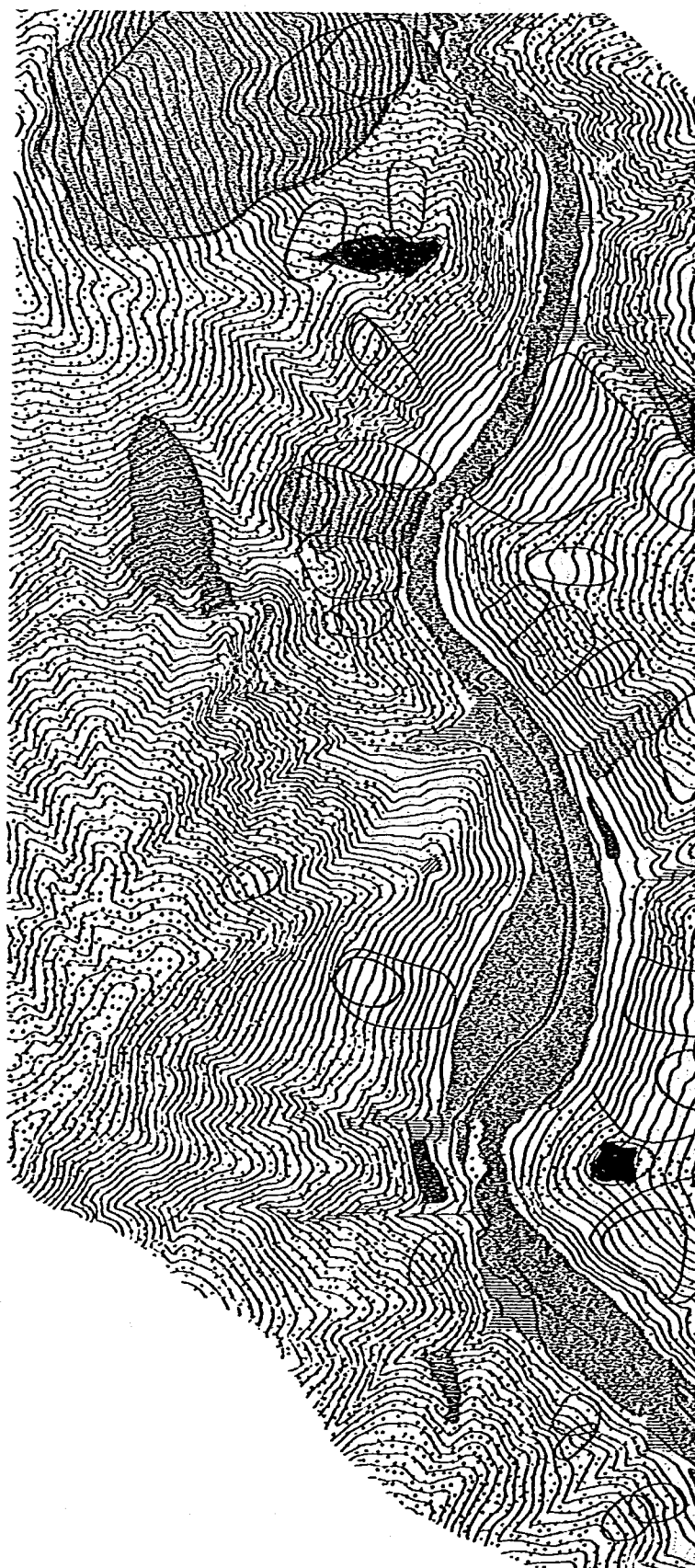


図-3.1 模様と着色を使用した地質図の表示例

3.2 等高線図の実体視表現

1) 等高線実体視表現図の作成方法

等高線図（地形図）を左右に並べ、空中写真と同様に実体視できるよう検討を行った。検討を行った地形図（1/1,000）の範囲は、デジタル化した空中写真と同じ範囲である。等高線図の実体視は平面図表現と鳥瞰図表現の2通りについて検討した。

空中写真を実体視するには、同一対象物を異なった位置から平行撮影した2枚の写真を視線（眼基線）を軸に左右において、右眼は右写真を左眼は左写真をそれぞれ見ればよい。等高線を実体視する場合も空中写真と同様である。実体視できる等高線図作成の手順は以下のとおりである。

①等高線平面図上に2箇所の視点(observer)を設定する（X、Y値）。その際、2地点の標高値よりもさらに高いZ値を与える（視点はその標高値を持った場所に人間が立ったとして設定するため、標高値よりも高い値でなくてはならない）。

②等高線平面図上に目標点(target)を設定する。

③それぞれの視点から見た等高線図を出力する。

2) 等高線実体視表現図の作成結果

(1) 等高線のみの実体視表現（平面図）

等高線平面図の実体視表現を図-3.2に示す。図のように等高線を実体視表示すると空中写真の実体視の場合と同様に地形の認識性が向上する。

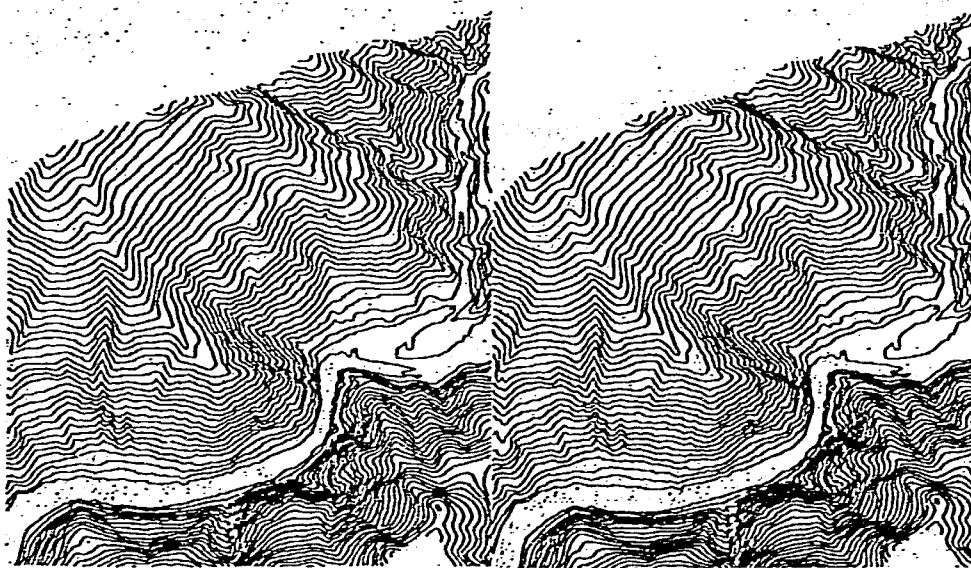


図-3.2 等高線の実体視表示

平面図と鳥瞰図の違いは、視点の高さ（Z値）に標高値よりもかなり高い値を与えることによって、図面全体を見渡すことができるように設定することにある。図-3.3に平面図と鳥瞰図の視点の違いを示す。今回はZ値1500m以上で図面全体をみることができたが、使用する図面によってはさらに高い値を設定する必要がある。

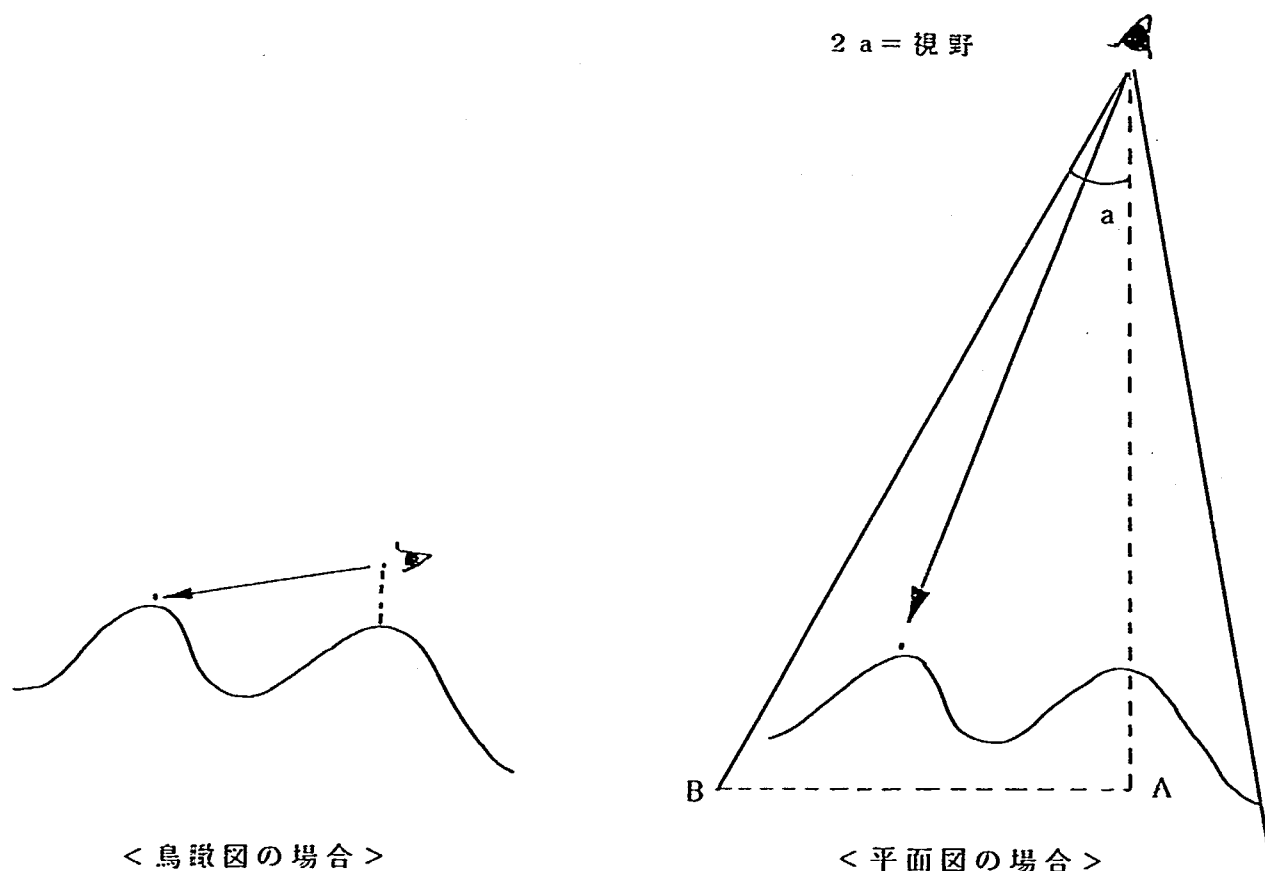


図-3.3 平面図と鳥瞰図を実体視する場合の視点の違い

(2) 等高線のみの実体視表現（鳥瞰図）

図-3.4に実体視表現図を作成するに当たっての視点（a, b）と目標点、および図-3.5にそれを基に作成した等高線の実体視表現図を示す。

ある一方の点を視点として設定し、X値、Y値、Z値を決定した場合、Z値は同じ値とし、X値、Y値のみを変更して、もう一方の視点とする。その際のX値とY値のそれぞれの差が実体視等高線図の2枚の図の視差となる。今回は比較対象が行いやすいように、X値のみを変更して検討した。その結果、2点間のX値の差が300～500mであれば等高線を実体視することが可能であることを確認した。300m以下あるいは500m以上の場合でも、実体視は可能であるが、図面の一部が歪みすぎるため、有効な等高線図とはならない。

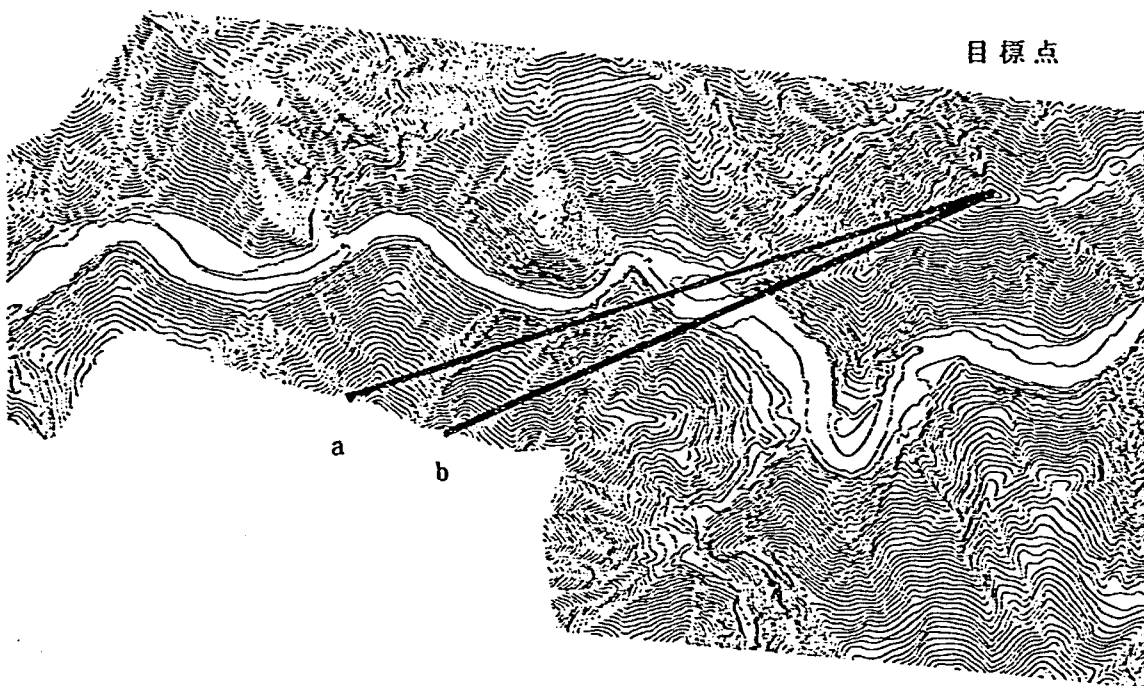


図-3.4 鳥瞰図の実体視表現を作成する上での視点(a,b)と目標点



図-3.5 鳥瞰図の実体視表現の例
視点と目標点は図-3.2参照

図-3.5のように等高線鳥瞰図を実体視表示すると、地形が現地で観察しているように把握できる。したがって、地形の現地調査の際に対象とする地形の鳥瞰図実体視表示を用意しておく、地形の把握精度が上がり、大変有用であると考えられる。

(3) 一枚の図面に表現された2種類の等高線図の実体視表現

一般にダム軸、座取りを検討する際には堅岩コンター図が有効である。しかしながら、従来の堅岩コンター図は一枚の平面図上に等高線と線種を替えただけで表示されているため、堅岩コンターの空間的な把握が困難な場合が多かった。そこで、堅岩コンター図のような一枚の図面に表現された2種類の等高線を同時に実体視できる表現方法について検討した。検討を行なったのは、地形の等高線と岩級区分の堅岩コンターの2つの等高線が1枚の図面上に表現されているもので、平面図表現と鳥瞰図表現の2種類である。

地形の等高線と岩級区分の堅岩コンターの2つの等高線を重ね合わせた場合、等高線同士が重なり合っ見えるため、非常に見にくく、目の錯覚を起こしやすい。この種の図面は、同じ視点から見ることを前提に利用するため、平面図および鳥瞰図作成の視点は同じでなくてはならない。両者の違いを明確にするためには、視点を双方別々に設定して、一方を強調表示するのが望ましいが、視点を別々にすることは好ましくない。特に平面図表現よりも鳥瞰図表現において、実体視が困難であり、視点の高さが問題となるものと思われる。

両者の視点の位置を同じままで、有効な実体視表現を行なうには、次の方法が考えられる。

i) 両者の等高線の色を変える。黒および紺色のみの単色ではなく、一方には赤色、緑色などの目立つ原色を使用する。

ii) 一方の等高線の線種を太くする。この場合は、両者に黒色を配色しても識別できるよう、強調した太線を一方に使用する。

調査対象となった範囲は、縮尺1/1,000地形図で約45cm×60cmの極めて狭い範囲である。地形の起伏も少なく、通常の1種類の等高線を実体視表現図にしたところ、鳥瞰図では、Z値を強調して表現しなければ、その形状は明確にならなかった。このため、視点の位置は同じであるが、鳥瞰図の高さを強調して描き、表現図全体を縦方向に延ばした表示方法も有効ではないかと考えられる。

3.3 写真情報と等高線、地質、地すべり分布情報の重ね合わせ表現

デジタル化した空中写真画像に、等高線、地質、地すべり分布情報を重ね合わせ、その表現方法を検討した。

1) 重ね合わせ図の作成

(1) 空中写真との重ね合わせ

a) 平面図表現

空中写真と他の情報（等高線、地質、地すべり分布情報）の重ね合わせ平面図表現は、以下の手順に従って作成し、検討を行なった。

①空中写真と地形図に同一座標を与える。

②ディスプレイ上に空中写真を描き、重ねて地形図（等高線等）を表示する。

空中写真と画像平面図を重ね合わせるには、まず双方を同一の座標系にするための補正を行なう必要がある。空中写真はレンズを中心とした中心投影であるのに対して、平面図（地形図）は正射投影である。デジタル化した空中写真はすでに正射投影変換が行われており、平面図の等高線、地質、地すべり分布情報は同一の座標を持っている。これらの情報は空中写真を描いた後に、重ね書きすることで、容易に表現できる。ここでは、表示する色、模様のパターン等の検討結果をもとに、さらに重ね合わせの表現について検討を行った。

b) 鳥瞰図表現

空中写真と他の情報（等高線、地質、地すべり分布情報）の重ね合わせ鳥瞰図は、以下の手順に従って作成し、検討を行なった。

①空中写真と地形図に同一座標を与える。

②ディスプレイ上にTINモデルを表示する。

③さらに空中写真と地形図（等高線等）を重ねて表示する。

空中写真画像と他の情報（等高線、地質、地すべり分布情報）を重ね合わせて鳥瞰図表現を行なうには、「平面図表現」と同様に双方がデータ上で同一の座標値を持つこと、さらに属性値として標高値を与えることが必要である。鳥瞰図作成の原理はすでに述べたとおりである。地形図上の等高線を鳥瞰図表現する場合と異なるのは、2種類のモデルを使用できる点にある。等高線の場合には、作成したTINモデルの一つ一つの三角形が等高線データより取り込んだ標高値を属性値として持っており、その値を元に鳥瞰図のベースとなるモデルを作成している。一方、空中写真画像には正射投影変換を行なった際、画像のメッシュ一つ一つに対して属性値として標高値を与えており、メッシュによるモデルを構築している。今回は空中写真画像のメッシュの標高値から導き出せる鳥瞰図のベースモデルは使用せず、TINモデルを使用し同一の座標を基準にして同じモデル上に重ねて描く手法をとった。図-3.6にメッシュモデルとTINモデルとの違いを示す。

(2) 現場（斜め）写真との重ね合わせ表現

現場（斜め）写真画像と他の情報（等高線、地質、地すべり分布情報）の重ね合わせ表現は、以下の手順に従い、検討を行なった。

①ディスプレイの等高線上に、地形図を元に現場（斜め）写真の撮影位置を視点として設定する。

②同様に現場（斜め）写真に撮影されている目標物（山頂付近）を設定し、この2点より鳥瞰図を描く。

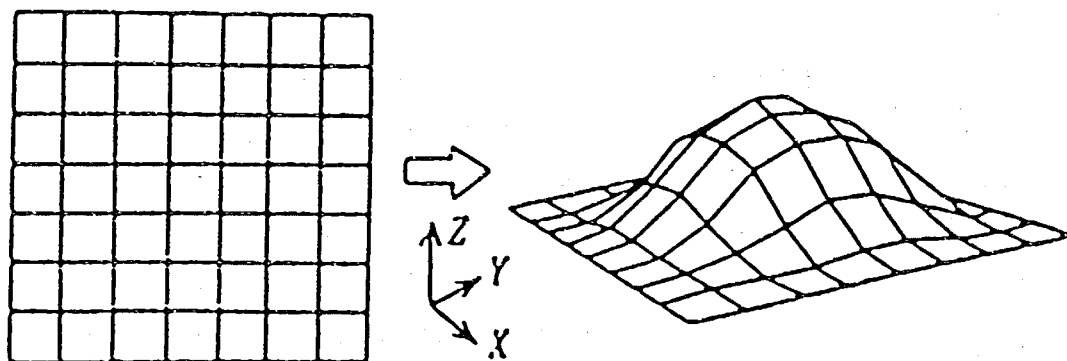
③鳥瞰図と現場（斜め）写真を比較しながら、視点の位置（X、Y値）や高さ（Z値）を変化させて繰り返し鳥瞰図を描き、X、Y、Z値を決定する。

④決定した鳥瞰図のパラメータを別データとして保存する。

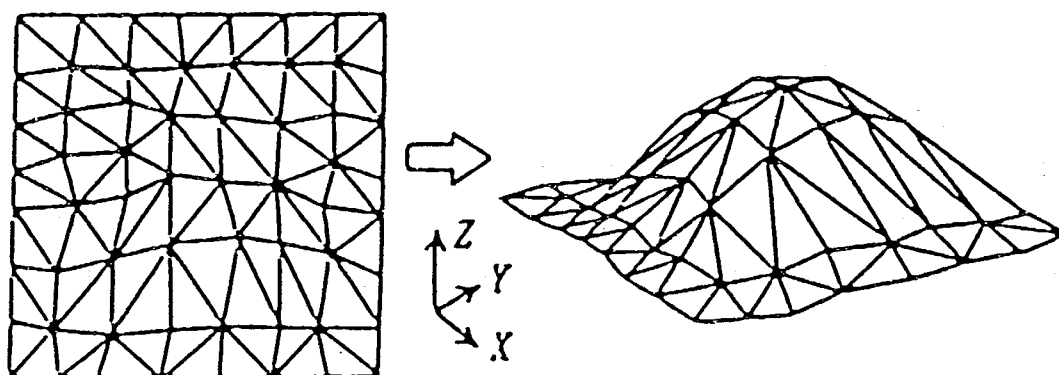
⑤テキストデータを平面図として描き、現場（斜め）写真と画像上の同一基準点を取得する。

⑥基準点を基に幾何補正を行ない、平面図と現場（斜め）写真に同一座標を持たせる。

⑦ディスプレイ上に現場（斜め）写真を描き、重ねて平面図（等高線、地質、地すべり分布情報）を表示する。



a) メッシュモデルの場合



b) TINモデルの場合

図-3.6 メッシュモデルとTINモデルの違い

現場（斜め）写真と等高線、地質境界線、地すべり分布の重ね合わせでは、平面図と異なり新たなデータの構築が必要となる。平面図の場合、データは入力用の基図からX、Yの座標を持つように入力される。デジタル化した空中写真も同様の座標を持っているため、画像上での重ね合わせが可能となる。また、これを鳥瞰図表現にした場合も、それぞれ同じ視点から見た図面として表現されるため、容易に重ね合わせできる。

今回用いた現場（斜め）写真は二地点より特定の目標点を撮影したもので、写真を並べれば実体視はできるが、鳥瞰図表現とは異なるものである。取り込んだ現場写真はデジタル画像ではあるが実際には座標値を持たないため、重ね合わせるには新たに座標値を設定する必要がある。また、等高線や地質境界線、地すべり分布のデータについても、持っている座標値は平面上のX、Y値であるため、それぞれ同一のZ値を与える必要がある。

ARC/INFOの鳥瞰図作成機能では視点と目標点のX、Y、Z値を与えることによって、半自動的に画面上に鳥瞰図が描ける。ただし、これは画面の表示のみであって、データそのものを書き換えているわけではない。したがって、現場（斜め）写真と重ね合わせるためには、まず写真画像を図面上に表示し、それと同様に見える鳥瞰図を作成する。そして、その鳥瞰図を描いたときのX、Y、Z値や画面縮尺、画像表示密度のパラメータを別データとして取り込んでおく。この別データから平面図、地質境界線、地すべり分布の新たなデータを構築する。すなわち、この別データは平面図を入力したときの基図に相当する。

2) 重ね合わせ図の作成結果

(1) 空中写真との重ね合わせ

a) 平面図表現（等高線）

図-3.7に空中写真と等高線の重ね合わせ表示例を示す。

デジタル化した空中写真の基調色は、大部分山林に覆われている部分のカラー写真であるため、緑である。等高線データは計曲線10m間隔で入力されており、写真の基調色の緑に映える白色や赤色で表示しても、間隔が狭いためにやや見づらい。したがって、重ね合わせる際には入力した等高線を全て使うのではなく中間ファイルとして20mあるいは50m間隔のデータを別に作成しておき、必要に応じて使い分けことが望ましい。表示に当たっては10m間隔の計曲線を白色で表示し、合わせて50m間隔の主計曲線を赤色で表示することも可能である。いずれにしても、等高線に写真情報が付加されることによって、目標物の位置の確認（特に地形図に記入されていないものについて）が容易になる。また、地形図に写真の陰影がつくことによって、尾根地形・谷地形などの地形の識別も容易になっている。重ね合わせによって一枚の空中写真だけでは不可能であった任意の地点の標高の読みとりが可能となった。さらに、写真判読の結果を地形図に転記する作業も正確かつ容易になる。

b) 平面図表現（地すべり分布）

図-3.8に空中写真と地すべり分布との重ね合わせの例を示す。地すべり分布との重ね合わせでは、すでに述べたように模様の線条や色に注意し、ベースとなる空中写真を塗りつぶすような細かい模様を避ければ、非常にわかりやすく表現できる。図-3.9に示した表示例では、地すべり地の境界線を色分けする方法を採っており、模様のパターンは使用していない。またこの他に境界線の線種を変える（実線、点線、鎖線、等）方法が、表現方法としては有効である。これらの方法は、等高線の標高値や地すべり地の状況（地すべりブロックが明瞭か不明瞭かなど）がそれぞれのデータベースに属性として項目分けされていれば、容易に使用できる方法である。

c) 鳥瞰図表現（等高線および地すべり分布）

図-3.9に空中写真と等高線の重ね合わせの鳥瞰図表現を、図3.10に空中写真と地すべり地の重ね合わせの鳥瞰図表現を示す。



図-3.7 空中写真と等高線の重ね合せ表示の例



図-3.8 空中写真と地すべりの重ね合せ表示の例

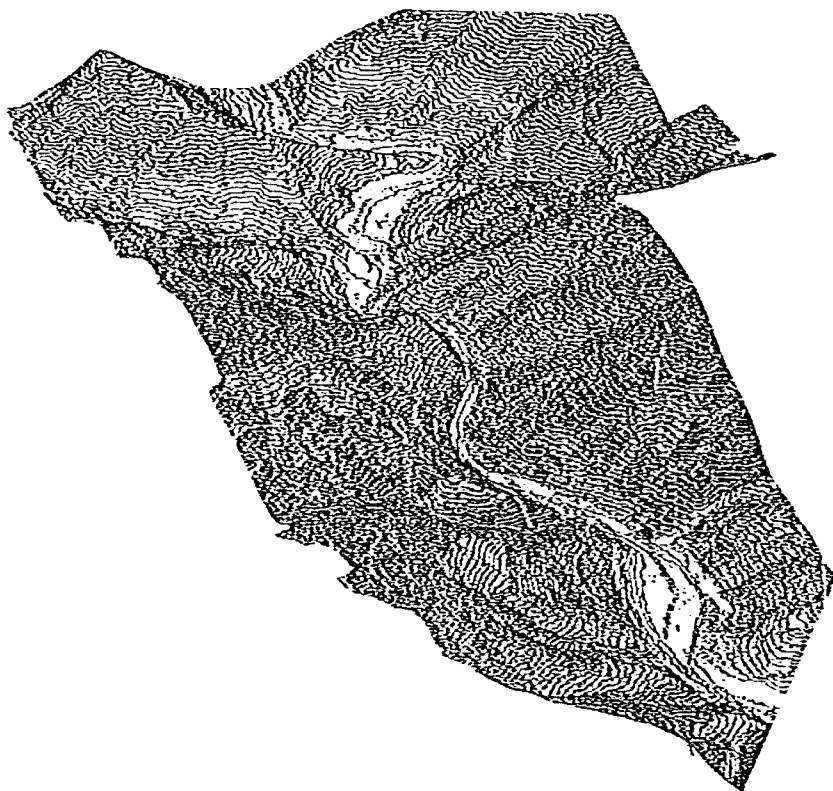


図-3.9 空中写真と等高線の重ね合せの鳥瞰図表現の例



図-3.10 空中写真と地すべり地の重ね合せの鳥瞰図表現の例

鳥瞰図表現においては、地質、地すべり地を表示する場合は平面図表現と大きな違いはない。一方、等高線を表示する場合、等高線が平面図表現時よりさらに間隔が狭くなって表現されることがある。これは、視点と目標点との関係によって地形が歪んだ形で表現されるため、その表面に描かれる等高線も平面図に比べて歪むからである。したがって、計曲線の10m間隔では等高線と等高線が折り重なって空中写真が見えにくくなることもあるため、前述の平面図表現と同様に20mあるいは50m間隔の別の等高線データを使用することが望ましい。また、地形が歪んだ形で表現されることで空中写真も重ね描きされるため、平面図表現に比べて色調がやや濃くなっている。よって等高線の線の色は濃い赤色よりも白色や水色等の薄い色を配色することが望ましい。

(2)現場（斜め）写真との重ね合わせ

現場（斜め）写真では写真そのものが鳥瞰図に類似した視点で撮影されている。したがって、前述した方法で等高線の鳥瞰図を作成し、現場（斜め）写真と等高線の鳥瞰図が一致する視点を見つけだすことができれば、重ね合わせが可能である。

今回は半自動的に鳥瞰図の設定パラメータをデータとして保存して、これを平面図として表示させて重ね合わせる方法をとった。この方法では、次の問題点があげられる。

- ①視点を設定するために、鳥瞰図を作成して、幾度も繰り返し表示を行なうため、視点設定までにかかなりの時間を要する。
- ②現場（斜め）写真を撮影した位置を平面図に視点として設定した上で、鳥瞰図を描くことから、写真撮影位置が記録されていない場合には、視点位置を探すことから始めなくてはならない。このため視点設定までさらに時間を必要とする。
- ③鳥瞰図を作成した後、その設定パラメータを別データとして取り組まなくてはならず、さらにそのパラメータによって描かせた平面図に、新たに基準点を設定して現場（斜め）写真との幾何補正を行なう等の一連の処理が複雑である。

現段階ではこれらの問題点の適当な解決方法がないため、今後、新たな表現方法を検討する必要がある。写真撮影地点の位置決めにはGPSの利用が正確で便利であると考えられる。

図-3.11に現場（斜め）写真との重ね合わせ表現を示す。

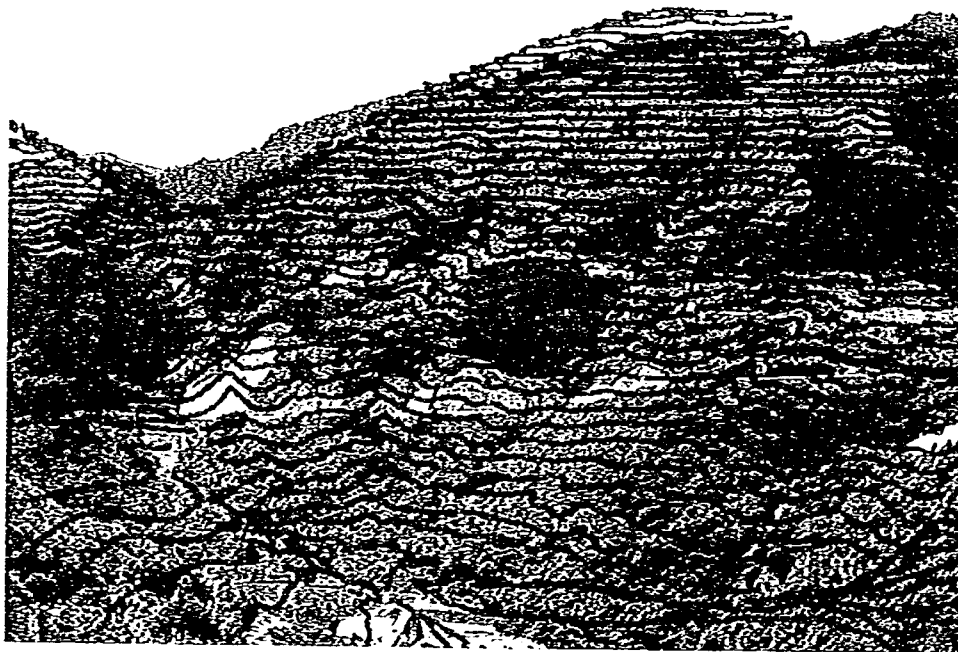


図-3.11 現場斜め写真と等高線の重ね合せの例

4. 断面図の作成

4.1 人工的な切り取り面の地形表現

人工的に任意の平面で切り取られた部分およびその周辺の等高線平面図表現、断面図表現および鳥瞰図表現を検討した。等高線の平面図および鳥瞰図の作成方法については、すでに述べたので、ここでは除く。

1) 切り取り面の設定方法

人工的に切り取る範囲は比較的標高が高く、かつ切り取り面全体の標高差が大きい地域とした。また鳥瞰図を作成するにあたって、視点から見た場合に視界を遮る他の山地がない場合を選定した。切り取り面設定は以下の手順で行なった。

- ①すでにデジタル化されている等高線データと同じ座標系の別のデータファイル（データ値はゼロのファイル）を作成する。
- ②モニター上で切り取りたい範囲を手動または座標で指定し、①の別のファイルに取り込む。
- ③等高線データに②のファイルをオーバーレイすることによって、データを消去する。

図-4.1に検討を行った切り取り面の範囲を示す。

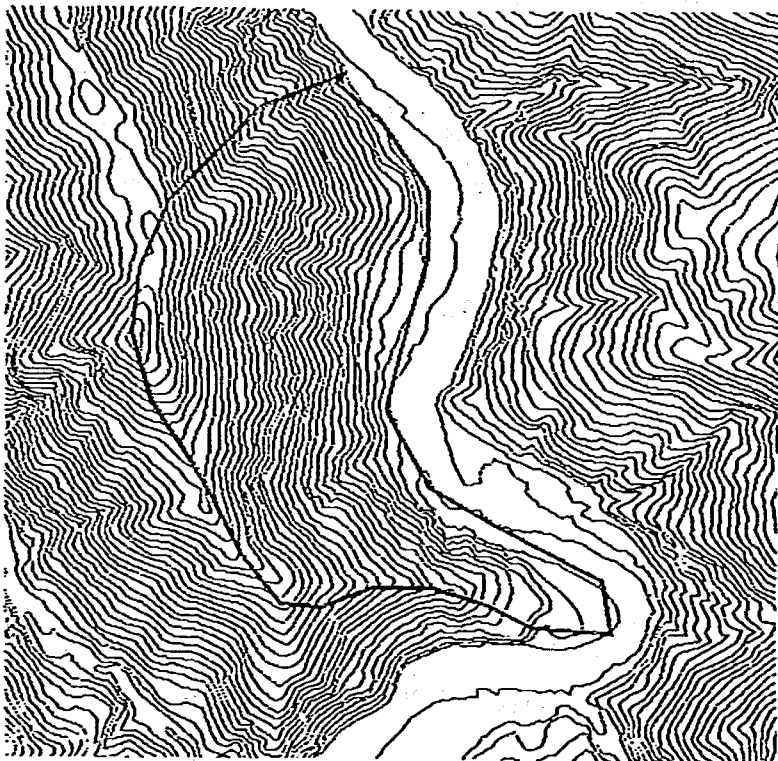


図-4.1 人工的に切り取った範囲（太線の内部）

2) 平面図の作成方法

等高線図のある一部分を切り取った場合、その部分はデータが無いために表示されず等高線は途中で切れた状態となる（図-4.2参照）。この欠落したデータの両端にある同じ標高値を属性値として持つ等高線を意図的に再構築し平面図を作成した。



図-4.2 切り取り面を消去した等高線

3) 平面図の作成結果

作成した平面図を図-4.3に示す。図のように地形の起伏がなくなり直線で表示されており、切り取り面そのものはわかりにくいため、切り取り前の状態の等高線図を併記するか、図-4.1の切り取り範囲図を重ねて表示することが望ましい。



図-4.3 切り取り面の等高線表示

4) 断面図の作成方法

断面図作成の手順は以下のとおりである。

- ①断面図を描く基となる等高線図をディスプレイ上に表示する。
 - ②断面図を描く範囲をディスプレイ上の余白に設定する。
 - ③断面線の起点と終点をディスプレイに表示した等高線図上で設定する。
 - ④②で設定した範囲に断面図が描かれる。
- ②のときY軸とX軸の縦横比を同じにすれば高度変化の強調はなし、縦横比=2:1であれば高度差を2倍に強調したことになる。複数の断面線を同じ図上に表示する場合は、①において表示範囲を設定した後表示する線をそれぞれ変えて表示することができる。また、色の他に線種を変えることも可能である。

5) 断面図の作成結果

一般的に断面図を描く場合、起伏の大きい地域や実際の形状を正確に把握したい場合を除いて、垂直縮尺（高度、標高値）を水平縮尺（距離）の2倍～10倍程度にとり、高度変化を強調する。

設定した切り取り面の大きさは、標高差約550m、距離約500mである。①に述べたように、比較的標高差の大きい地域を切り取り面として選んだことと等高線の間隔がほぼ一様のため高度変化を強調する必要性はほとんどない。地形断面図は非常に容易に描けるが、地表面や切り取り面の起伏の状況のみしか表現できない。地形の情報とともに、地質や土壌の情報を重ね合わせた平面図から、同時に地質断面図が半自動的に描けるようさらに手法を検討する必要がある。

6) 鳥瞰図の作成方法

鳥瞰図を表現するためにはすでに述べたように、等高線より標高値を与えて三角形のポリゴン (TIN) を構築したモデルをベースとして使用する。この既成のモデルでは切り取る以前の地形を表わしているため、切り取り面を鳥瞰図表現するために新たなTINを構築した。また、切り取り面の形状を把握しやすいように切り取り面に対して垂直方向と、平行な延長方向に視点を設定した。

7) 鳥瞰図の作成結果

図-4.4に切り取り面の等高線鳥瞰図を示す。

鳥瞰図表現では視点の高さはその視点の標高値を反映している。したがって、視点の高さは目標となる切り取り面の形状や切り取り面のうち、最も高い標高値を持つ場所との相互関係によって、その都度、設定しなくてはならない。一度表示した鳥瞰図は修正が不可能なため、一度表示したものは表示パラメータ (表示範囲、表示サイズ、視点の位置、高さなど) を保存しておく、次に鳥瞰図を描くための指標となる。どの視点から見た鳥瞰図が最適であるかは、状況によって異なっている。したがって、視点設定を簡易に行なえるよう、さらに検討する必要がある。視点設定を簡易に行う一つの方法として、視点を変えて表示した複数の鳥瞰図を一つのディスプレイに表示し、それぞれの鳥瞰図を比較検討する方法が考えられる。しかし、ARC/INFOを使用する場合には、一つのディスプレイには一種類の図しか表示できず、ディスプレイ上に複数の表示窓を設定して図面表示を行なわなければならないので、システム上の検討課題である。

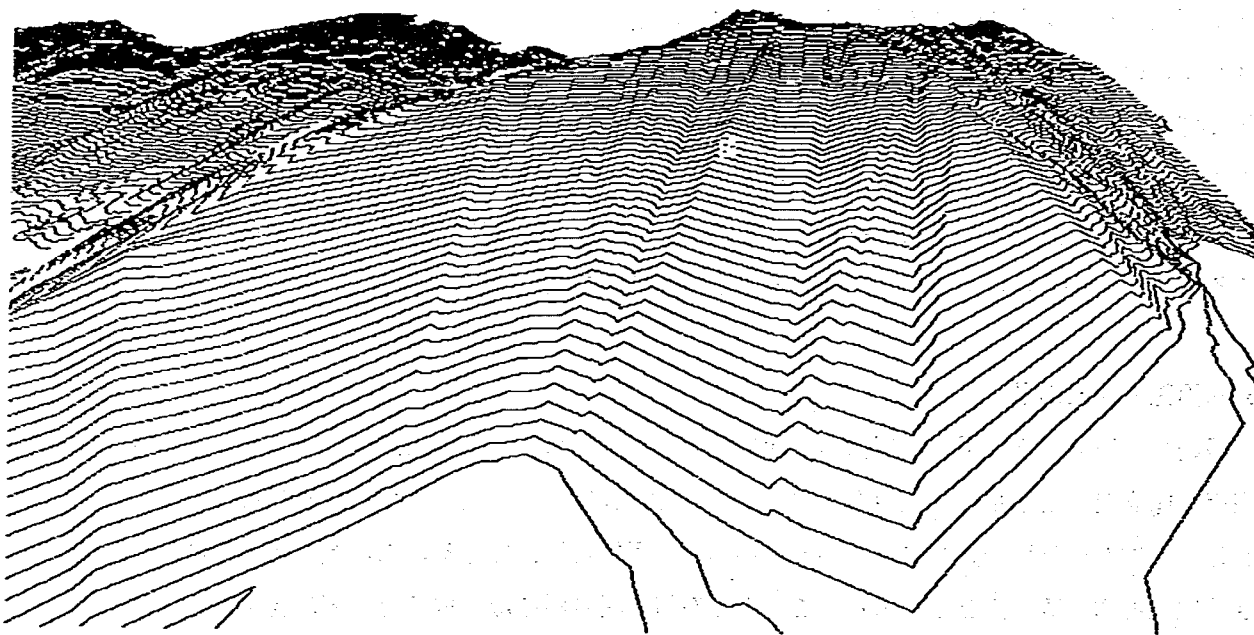


図-4.4 切り取り面の鳥瞰図表示 (切り取り面の垂直方向から見た場合)

4.2 地質図学が成り立つ地域での地質断面図

地質図学が成り立つ堆積岩地域において、等高線および地質平面図を用いて、任意の切断線における地質断面を表示する方法を検討した。基本的な断面図の作成方法はすでに述べたのでここでは除く。

任意の切断線における地質断面図を作成する手順は次のとおりである。

- ①ディスプレイ上に等高線および地質平面図を重ね合わせて表示する。
- ②既述の手順に従って地形断面図を描く。
- ③断面図上に等高線と地質平面図の各地質境界線との交点を取得する。
- ④交点の走向・傾斜と標高値より導いた計算結果に基づきディスプレイ上のカーソルを利用して地質断面図を描く。

図-4.5に地質断面図の作成例を示す。上記の方法では④において地質断面図を描いた後、等高線と地質境界線の交点の傾斜(α)・標高値(H)より、傾斜の補角($90^\circ - \alpha$)、a-b間の距離を計算して、A点からB点へ至る地質断面線を手動で引いている。画面上に手動で線を描くことは容易であるが、精度的に問題が残る。また、複数の境界線を描いたり、一度描いた境界線を修正する等の処理は煩雑である。したがって、③で交点を取得し、傾斜度をキーボードから入力することで、半自動的に地質断面線を描く処理プログラムを構築する必要がある。

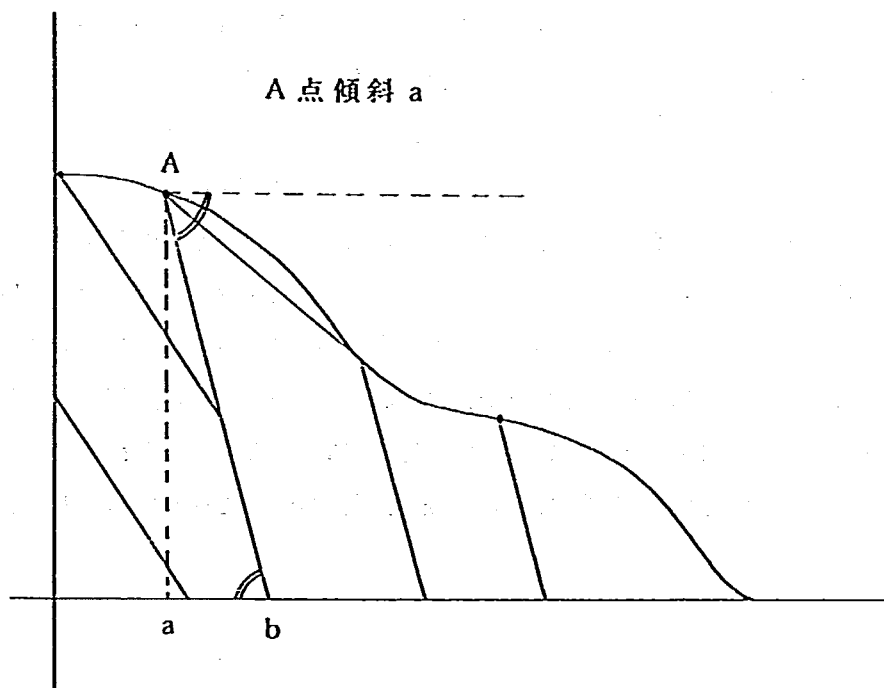


図-4.5 地質断面図作成の概念

5. 斜面傾斜区分図の作成

5.1 斜面傾斜区分図の作成方法

すでにデジタル化された等高線データを用いて斜面傾斜を自動的に区分する方法を検討した。斜面傾斜区分図の作成手順は以下のとおりである。

- ①等高線データをもとにTINを作成する。
- ②TINより標高を属性として持つポリゴンを作成する。
- ③TINより傾斜高度を求める。
- ④任意の傾斜角度ごとに区分する。
- ⑤区分図を出力し、傾向を検討する。

5.2 斜面傾斜区分図の作成結果

図-5.1は作成した斜面傾斜区分図である。等高線のデータは通常ベクターデータとして入力・管理される。ベクターデータはラスターデータと比較してデータ容量が小さい点と多数の情報を同時に一つのデータ内に持つことが可能な点が特徴である。等高線データは2次元の場合には地形の情報を表わす最も優れた図面であるが、TINを作成する場合には必ずしもデータ全てが必要なわけではない。

TINは等高線データを入力時の取得ポイントをもとに作成される。したがって、等高線が密か粗であるかと同時に入力ピッチの精度によって、細密なものかどうかが決定的される。つまり、等高線が密でかつ入力ピッチが細かければ、小さな三角形を多く作ることとなる。TINは全ての等高線の計測点（入力点）をサンプリングポイントとして取り組むため、そのまま全てのデータを利用するとベクターデータといえども膨大な量のTINとなる。図-5.2に等高線が鋭角に曲がっている場合のTIN作成の概念図を示す。aは等高線のデータを拡大した様子、bはその計測点である。cでハッチングされた三角形は平坦な面として認識される。同様な理由で等高線が比較的鋭角な曲線を形成している場所では、TINがうまく構築されておらず、傾斜角が求まらない場合がある。図-5.1で尾根沿いまた旗に沿いの一部で傾斜がゼロになっているのはこのためである。



図-5.1 斜面傾斜区分図の作成例。図中の黒色部は傾斜 0° を示す。

上記のような場合の解決法として、等高線のベクターデータをラスターデータに変換して等高線間を保管する方法がある。ラスターデータに変換する際に問題となるのは、メッシュサイズの違いである。図-5.3に100mメッシュデータと500mメッシュデータによる斜面傾斜区分図の表示例を示す。メッシュサイズ500mの場合では等高線データを補間しきれず、データが欠損するメッシュが見られる。したがって、データを補間する場合には、適切なメッシュサイズを選定する必要がある。TINの構築が不十分な部分には、メッシュデータをモザイク的に組み合わせればよいと考えられるが、詳細な方法に関しては今後の課題である。

斜面傾斜区分図の作成には上記のような問題点があるが、その点を除けば傾斜区分図は容易かつ短時間に作成できる。今後はデジタルデータにより作成された斜面傾斜区分図が、地形分類や、斜面防災に利用できるものと期待される。

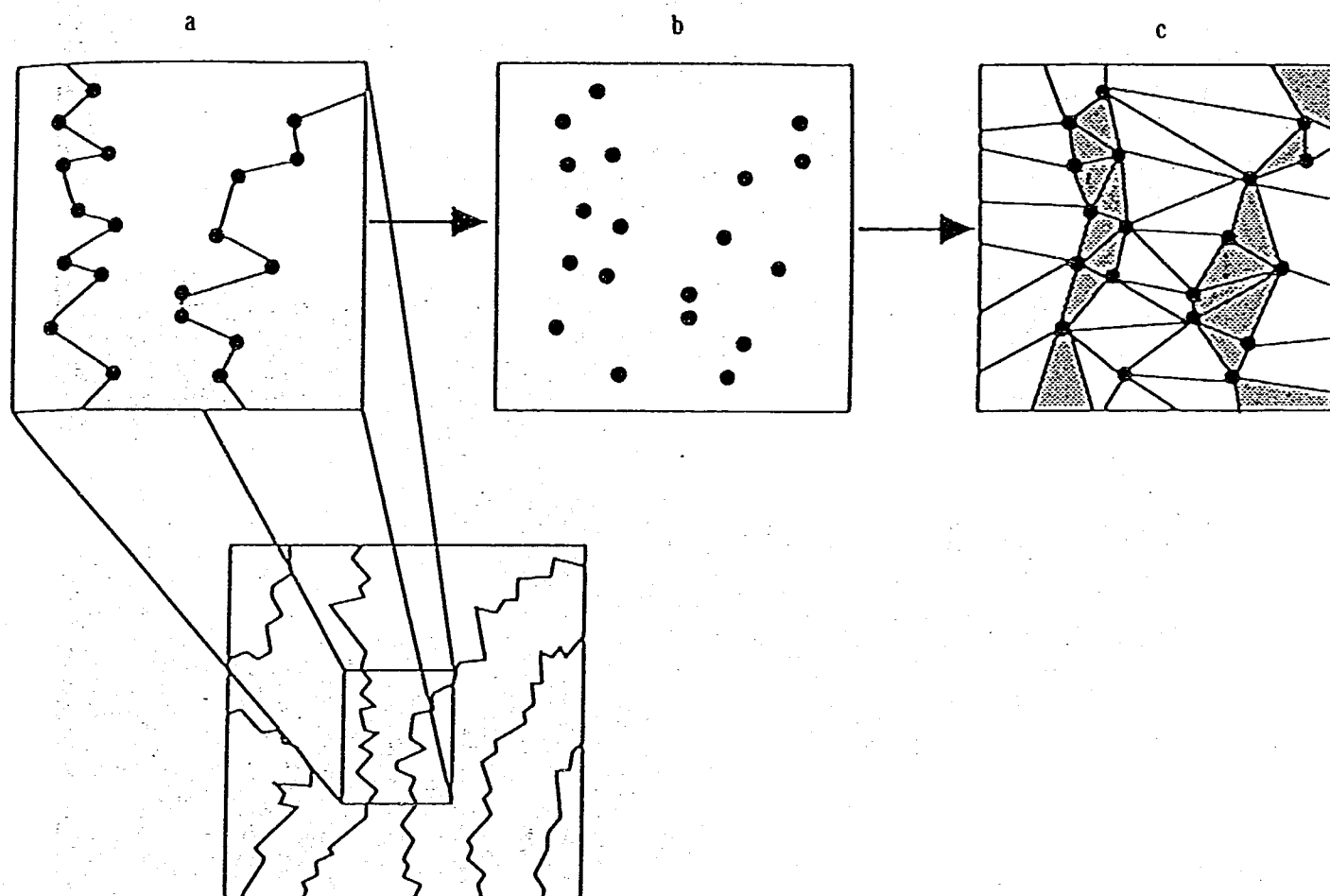
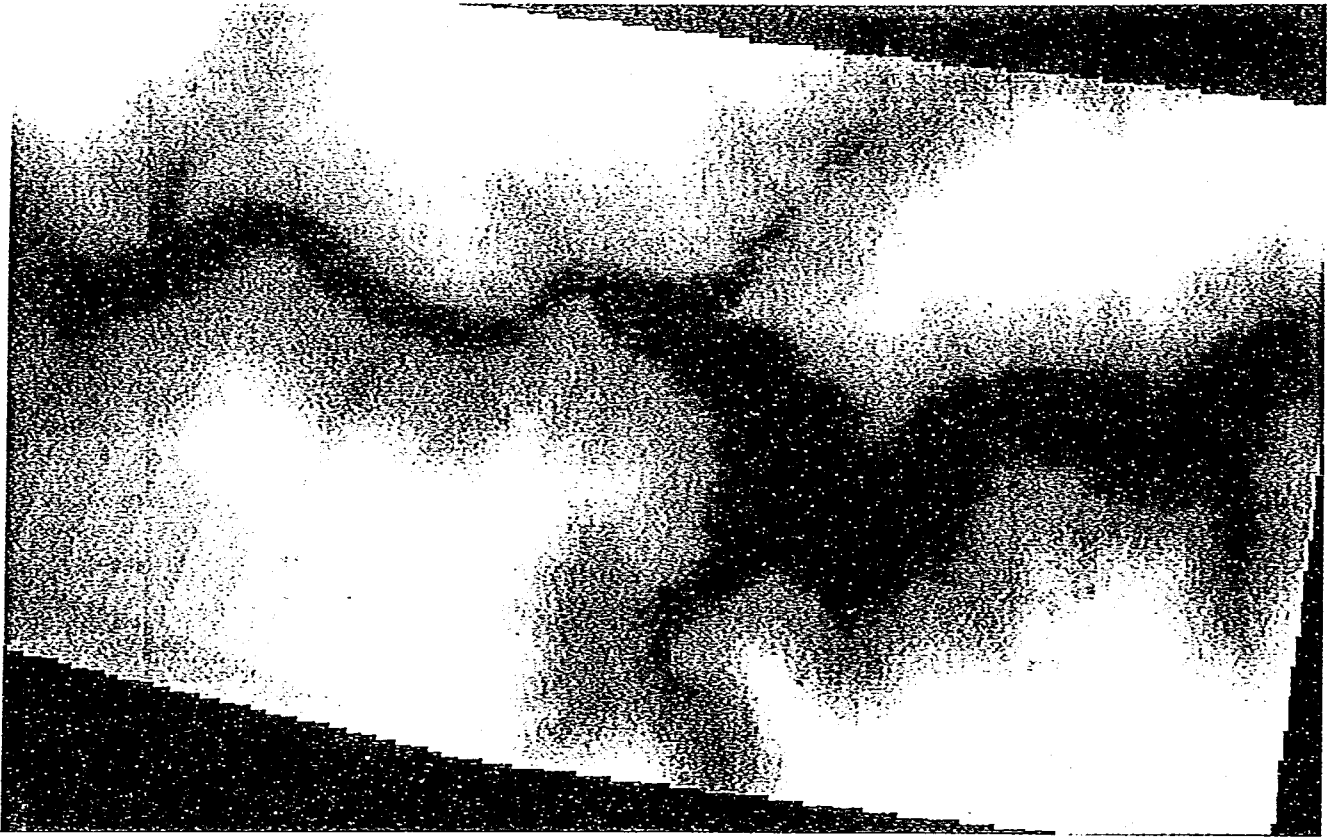
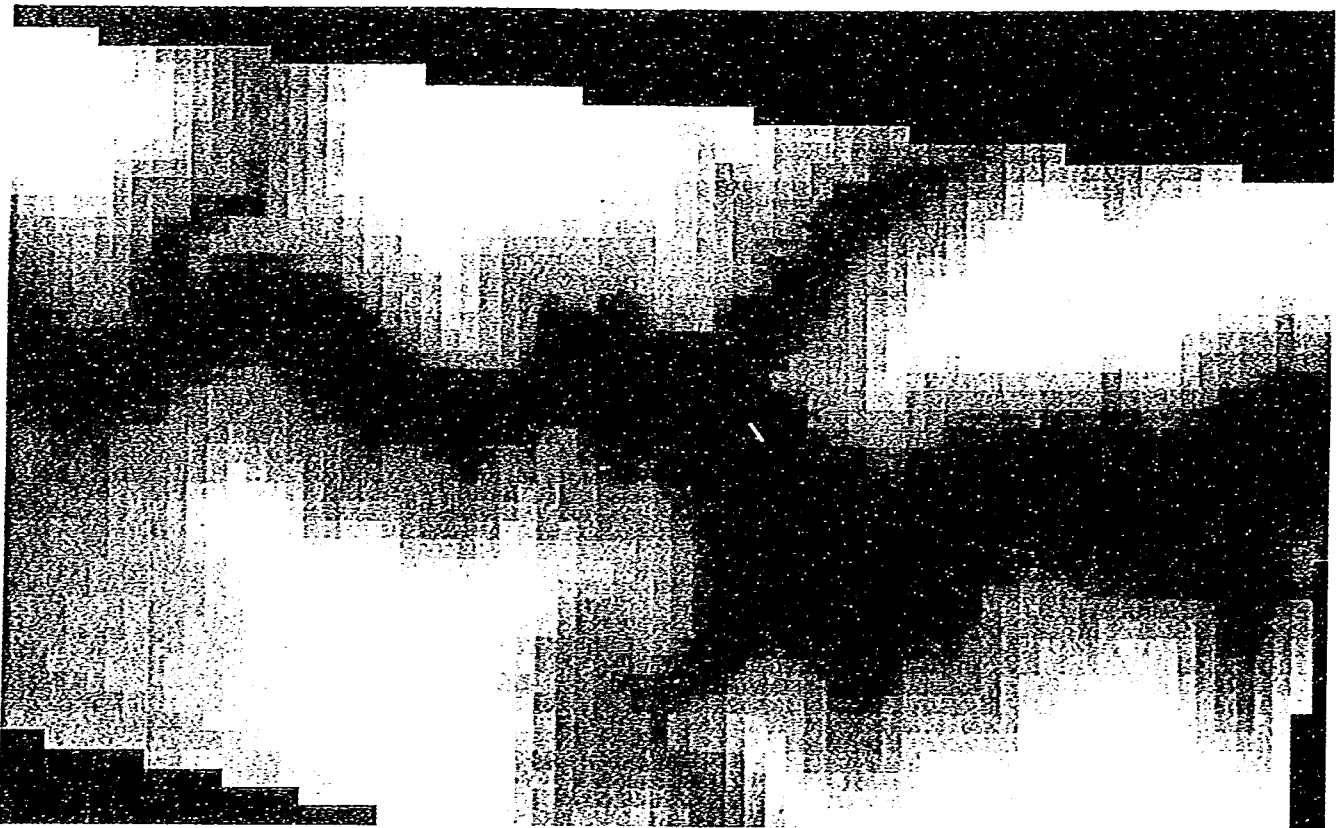


図-5.2 TIN作成の概念



a) メッシュサイズ100mの場合



b) メッシュサイズ500mの場合

図-5.3 メッシュデータによる斜面傾斜区分面の作成例

6. 簡易型システムの開発

今回の検討では地理情報システムARC/INFOを用いて解析・処理を行なったが、将来的には、各工事事務所や作業現場レベルでも容易に利用できる手法が求められている。

これまで地形解析にあたっては、例えば斜面傾斜を求めるには地形図から水平距離と高度差を求め、傾斜を計算するような労力のいる作業を行ってきた。近年、パーソナルコンピュータの普及にともなって、簡易なソフトも入手可能になったが、複雑な数値処理やプロセスがあるため、十分に利用されていないのが現状である。このような背景に基づき、ここでは地形・地質のデジタル情報を管理し、利用していくための簡易型のシステムの検討を行なった。

6.1 システムの位置付け

1) 利用者の想定

開発するシステムの利用者は、各工事事務所の担当者、あるいは現場調査担当者を想定する。したがって、情報システムの操作に不慣れな利用者であっても操作可能で、煩雑な操作を行なうことなく容易に解析結果が得られる簡易なシステムとする必要がある。

2) システムに依存する処理内容の想定

これまでの検討では等高線、地質、地すべり分布に関するデジタル情報の利用活用について検討を行なった。検討結果によれば、各主題図の重ね合わせに若干の問題があることと、断面図作成において複雑なプログラム計算を行なう必要があることを除いては、調査内容をすべてシステム化しても問題ないと考えられる。したがって、開発するシステムは基礎データを入力し、各主題図を出力するまでの一連の作業において、全ての処理をデジタル処理により行ない、部分的に人間が判断処理することを想定した。

6.2 利用（入力）データの想定

既存のデータベースを使用する場合には、精度や形式（ラスター、ベクター、ポイント等）にばらつきがあり、同次元での利用や得られる結果の精度に問題が生じることがある。地すべり地などの詳細な地形を解析する場合には、とくに小縮尺の地形図より新たに入力を行なうことが望ましい。

6.3 ハードウェア構成

現場での利用を中心に考えると、ハードウェアはなるべく廉価でコンパクトな扱いやすいものが望ましい。近年、コンピュータおよび周辺機器の性能が飛躍的に向上し、パーソナルコンピュータレベルでも大量の地図情報の処理が可能となってきた。これらのことから、ハードウェアはパーソナルコンピュータを中心とした簡易で、一般的な構成が適切と考えられる。図-6.1にハードウェア構成の一例を示す。各機能の内容は次のとおりである。

1) パーソナルコンピュータ本体

パーソナルコンピュータはシステムの中核となる機器である。大量の情報処理や複雑な画面表示に対応できるよう、CPU能力およびグラフィック能力に優れた機器を選定する必要がある。なお、ほかの業務と共通の利用を考えると特殊な機種は避ける必要がある。

2) 記録媒体

地図情報は経年的に蓄積されるため、全体として大量なデータとなる。また、空中写真等を扱う場合、単独でも多量なデータとなる場合がある。これらの多量なデータを保存、格納する上で、光磁気ディスクユニット、あるいはハードディスク等の大容量の記録媒体の接続が必要である。

3) プリンタ

パーソナルコンピュータ本体での計算結果（面積集計結果等）をリストの形式で出力する際に用いられる。通常のモノクロレーザプリンタが簡易で最も適していると思われる。

4) カラーハードコピー

ディスプレイに表示された地図や主題図、解析結果等を画面のイメージそのままに出力する機器である。解析結果の確認や検討のための材料を得る上で利用される。

5) インクジェットプロッタ

カラーハードコピーは出力サイズがA4～A3判程度と小さく、詳細な部分の検討には使えない。解析結果をA1～A0サイズの図面として出力し、詳細な検討や成果図作成のために利用する。なお、インクジェットプロッタは高価であるため、利用頻度等を考慮し構成を検討する必要がある。

6) タブレットディジタイザ

地形図や主題図より必要な情報を数値化し、システム内に入力する上で用いられる。データ入力にはスキャナを用いる方法もあるが、スキャナが高価であること、入力後の処理が煩雑であることから、タブレットディジタイザを想定した。

6.4 ソフトウェア構成

図-6.2に基本的なソフトウェアの概要を示し、それぞれの項目について必要と思われる処理について述べる。

1) データ入力

地形図や各種主題図について、ディジタイザによりベクター形式で入力する。属性値として標高データを与え、DEM作成、傾斜区分を行なう。最終的にはデータ編集を行ない、システムで利用可能なデータベースを構築する。

2) 画面表示

入力した図や解析結果を画面上にカラー画像として表示する。さらに、表示画面をハードコピーに出力する。

3) 解析

a) オーバーレイ解析

出力したデータを組み合わせ、それぞれを重ね合わせて評価する。パソコンの画面上で直線距離、面積が計測できる。

b) 貯水容量

ある山の体積を求めるために、山体の等高の平面で切ってできる薄い層に分け、シンプソンの公式を使用して計算する。また、逆に立方体の体積から山体の体積を引いて、貯水容量を求める。

4) その他

a) 傾斜および斜面距離の測定

地図上の2点間の距離 (a) と比高 (b) を与え、傾斜角 α と斜面距離 c を求められるよう、簡易プログラムを組んで取り組む。

$$\tan \alpha = b/a, \quad c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{または} \quad c = b/\sin \alpha, \quad c = a/\cos \alpha$$

b) 地形断面の作成

6.5 システム開発

ここではシステム構成を構想レベルとしてとらえている。しかし、実用的なシステムの構想にあたっては、より具体的かつ詳細なレベルでシステム構成を設定する必要がある、次のような点に関して具体的な設定を行ない、基本設計、プログラム作成を行なうことが必要となる。

① 開発のベースとなる市販システムの選定

②ハードウェアの選定

③より具体的な機能構成の設定

④データベースの緒元（使用データ項目、内容、容量等）の設定

⑤インターフェース（操作画面）の設定

おわりに

平成6年度から8年度にかけて、ダム建設に関わる地形・地質情報のデジタル化の方法、デジタル化された情報の表示方法および利用方法に関して検討してきた。その結果、ほとんどの情報のデジタル化、表示、利用は既存の地理情報システムであるARC/INFOを使用して実施できることがわかった。デジタル化の利点として、次のようなものがあげられる。

- i) デジタル化したデータは表示するに当たって拡大縮小や色調の変換などが自由に行える。
 - ii) デジタル化した複数の種類のデータは、同じ座標系を有していると、何種類でも重ね合わせることができる。等高線と空中写真の重ね合わせでは地形や目標物の認識性が向上し、地すべり分布と地質との重ね合わせでは地すべりの成因の地質学的考察が可能になるなど、重ね合わせ図はそれぞれの単独表示の場合に較して格段に有益な図となる。
 - iii) デジタル化によって標高データ（等高線）を鳥瞰図表示や実体視表示することが可能である。地質平面や地すべり分布も等高線と重ね合わせることによって、これらの表示ができる。鳥瞰図表示や実体視表示によって、地形を立体的に把握することができ、地形の認識性が向上する。現場において任意の観察点から見た鳥瞰図を作成しておく、地形の現地観察、特に地すべり地の認定などに有益である。
 - iv) デジタル化により任意の場所の任意の方向の地形断面が容易に作成できる。
 - v) デジタル化により傾斜区分図が容易に作成できる。ただし、TINを用いた方法では細い谷やせ尾根の部分の傾斜がTINの性質上ゼロになってしまうので、メッシュ方式との併用などが必要である。
 - vi) 今回使用した地理情報システムARC/INFOでは、直接ダム高-貯水容量曲線図を作成することはできなかったが、作成過程をいくつかに区分することによって間接的に曲線図を短時間で作成することができる。
 - vii) デジタル化した情報が変質しない、データの保管場所がコンパクトで済む。
- また、今回検討した項目はダム建設の分野あるいはそれ以外の分野においても次のような事例に利用できる。

- i) 撮影画像（写真およびビデオテープなど）からの切羽解析
- ii) 任意の断面内の見かけの斜面図
- iii) 距離、亀裂の区分や形状の把握
- iv) 不連続面データの統計処理
- v) 平面設計図や縦断設計図の作成
- vi) 切り土、盛り土の土量計算

以上のように地形・地質情報のデジタル化は多方面にわたって非常に有用である。今後、ダム建設などの事業の遂行に利用されることが望まれる。