

# 緩傾斜地域の傾斜量図表示プログラムの 開発と地形の解析事例

## Development of the Program of the Gradation Map and some Studies on Applications of the map

河西 秀夫  
Hideo KASAI

### 【概要】

国土地理院から数値標高モデル(DEM: Digital Elevation Model)が公表されている。現在公表されているDEMは50mDEM、10mDEM、5mDEMである。DEMを使用すると画像処理技術を用いた地形データのコンピューター処理が可能である。この地形処理の1つに傾斜量図がある。DEMから傾斜量図を作成表示するプログラムを作成し、緩傾斜地域である甲府盆地、松本盆地、琵琶湖南岸地域、京都盆地を対象にして、各DEMから作成された傾斜量図の特徴の検討を行なった。さらに、傾斜量図は高さに関する情報をもたないので作成した傾斜量図をグーグルアースに重ね合わせて立体表示を試みた。

傾斜量図には等高線図より詳細な地形の特徴が表示される。また、グレースケール表示にすると谷筋と急崖が暗い線で表示され、尾根筋や平坦な地形が明るい色で表示される。色の濃淡で地形が直感的に把握できることから地形の判読に有効な表現方法である。50mDEMと10mDEMを使用した傾斜量図は大規模な地形の特徴が把握できる。リニアメントの抽出には50mDEMが適している。大規模あるいは中規模な扇状地や台地、段丘の解析には10mDEMが適している。一方、5mDEMでは大規模な地形の特徴が把握しにくく、詳細な地形の特長が把握しやすい。大規模な自然堤防や段丘の解析には10mDEMと5mDEMが適している。但し、5mDEMでは人工的な地形改変に大きく影響されている。これらは当然ながら精度に原因する問題である。目的にあわせて使用するDEMを選択する必要がある。グーグルアースに傾斜量図を重ね合わせて立体表示すると地形の特徴がさらに把握しやすくなっている。

### 【キーワード】

DEM、傾斜量図、地形、プログラム

## 1. 始めに

地形判読は地形及び地質調査において重要な事項である。特に、地形の特徴やリニアメントの抽出は地形判読により行なわれる。地形判読は、地形図や航空写真の判読により行なわれているが、地形判読技術の習得と多大な判読時間

が必要である。特に、広域な地域を検討する場合、この欠点が大きくなる。現在、国土地理院から数値標高モデル(DEM: Digital Elevation Model)が公表されており、50m間隔及び10m間隔の格子点上で得られた標高値(50mDEM、5mDEM)が日本全国をカバーしている。また、5m間隔のDEM(5mDEM)も公表されている。

5mDEM は大都市を中心とした一部の地域のみ公表されている。

DEM データは有料の CD-ROM 版とフリーの基盤地図情報データがあり、フリーの基盤地図情報データは国土地理院のホームページからダウンロードができる。基盤地図情報データには 250mDEM、10mDEM、5mDEM がある。但し、CD-ROM 版とフリーの基盤地図情報データはデータフォーマットが異なっている。基盤地図情報データは xml 形式になっている。

50mDEM と 10mDEM は 2 万 5 千分の 1 地形図の等高線から内挿補間により作成されたものである。5mDEM には、写真測量により作成されたものと航空レーザー測量により得られた標高データがある。どちらも 50mDEM に比べて詳細な標高が得られている。佐々木(2009)は航空レーザー測量により得られた標高データを ALSDEM(Airborne Laser Scanner DEM)と称し、2 万 5 千分の 1 地形図の等高線から内挿補間により作成された 50m 間隔の DEM を 50m メッシュと称している。本文でも佐々木(2009)にならい、航空レーザー測量により得られた標高データを ALSDEM と称し、2 万 5 千分の 1 地形図の等高線から内挿補間により作成された DEM と写真測量により得られた DEM をメッシュ DEM と称する。

標高データを画像濃度データとみなした画像処理技術を応用した地形のコンピューター処理が可能になっている。このため、DEM を用いて様々な地形解析が行なわれている。

岩橋(1992)は DEM を使用して、関東地方と近畿地方の傾斜分級図を作成している。岩橋・神谷(1995)は 250m 間隔に作成され DEM に Sobel フィルターを適用した傾斜量を用いて地形分類を試み、概査段階の資料として有効であることを報告している。

神谷他(2000)は DEM を使用した傾斜量図を

提唱し、その有効性を示した。傾斜量図は地形の傾斜を連続量としてとらえるものである。傾斜量をグレースケールで画面上に表示した場合、明るさの違いで地形を直感的に識別できる。また、広範囲の地域も短時間で作成が可能である。大田・大野(2000)は 50mDEM を用いた地形計測プログラムを作成し、四国地域を対象として各種地形特性相互の関係、傾斜量と地質構造の関係を検討している。井上・伊計(2001a、2001b)は、DEM を使用して作成した傾斜量図の利用方法と解析事例を報告している。井上・若林(2002)、井上(2009)は傾斜量図の表示方法と特性について検討している。

これらの研究は山地を対象としており、盆地や丘陵部、平野部のように緩傾斜の地域はほとんど検討されていない。今回、CD-ROM 版の DEM データ(50mDEM 及び 5mDEM)と基盤地図情報データ(10mDEM)から緩傾斜部の傾斜量図表示プログラムを作成した。また、このプログラムを使用して緩傾斜地域の傾斜量図を作成し、その判読結果と特性を検討した。対象地域は、甲府盆地、松本盆地、滋賀県野洲川下流地域、京都盆地とし、その結果を報告する。

## 2. 傾斜量

傾斜量  $S$  は地形の傾斜をあらわすもので、(1)式または(2)式で表示される量である。これは、標高データに微分フィルターをかける操作に相当している。微分フィルターは画像濃度の急変部(濃度のエッジ)を抽出する操作で、地形の場合は地形の急変部が抽出される。

$$S = \sqrt{Sx^2 + Sy^2} \quad \dots \dots (1)$$

$$S = \sqrt{\sqrt{Sx^2 + Sy^2}} \quad \dots \dots (2)$$

$Sx$  は  $x$  方向(東西方向)の傾斜で、 $Sy$  は  $y$

方向(南北方向)の傾斜である。対象とする標高点  $H_{22}$  (第1図)の9近傍を使用した場合、 $S_x$  と  $S_y$  は次の式で表される。

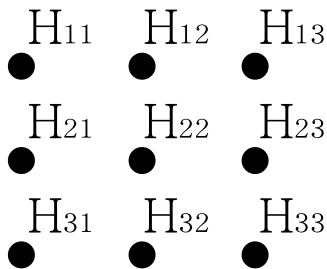
$$\left. \begin{aligned} S_x &= ((V_{11}+V_{21}+V_{31})-(V_{13}+V_{23}+V_{33}))/6 \text{ Dx} \\ S_y &= ((V_{11}+V_{12}+V_{13})-(V_{31}+V_{32}+V_{33}))/6 \text{ Dy} \end{aligned} \right\} (3)$$

または

$$\left. \begin{aligned} S_x &= ((V_{11}+2V_{21}+V_{31})-(V_{13}+2V_{23}+V_{33}))/8 \text{ Dx} \\ S_y &= ((V_{11}+2V_{12}+V_{13})-(V_{31}+2V_{32}+V_{33}))/8 \text{ Dy} \end{aligned} \right\} (4)$$

$\text{Dx}$  は  $x$  方向の格子間隔、 $\text{Dy}$  は  $y$  方向の格子間隔である。 $H_{ij}$  は標高点の位置、 $V_{ij}$  は  $H_{ij}$  の標高値である。第1図は格子点の配置と番号を表す。(3)式はPerwitフィルター、(4)式はSobelフィルターに相当する。

完全な平坦面の場合は傾斜量の値は0になり、傾斜が存在する場合(少なくとも1つ以上の  $H_{ij}$  の値が0ではない場合)は傾斜量の値が正の値になる。但し、計算された傾斜量の値は使用する式により異なる。(2)式で計算された傾斜量の値は(1)式で計算された値よりも小さくなる。



第1図 格子点の配置

地点  $H_{22}$  が注目する地点である。

(2)式を使用すると平野部の特徴が強調される(井上、2009)。

### 3. プログラム

#### 3-1. プログラムの概要

Visual C#2008 を使用して 50mDEM 用、10mDEM 用、5mDEM 用の3つの傾斜量表示プログラムを作成した。50mDEM 用は国土

地理院発行のCDROM版の「数値地図50mメッシュ(標高)」で、5mDEM用のプログラムは、CDROM版の「数値地図5mメッシュ(標高)」と国土地理院ホームページの基盤地図情報の5mメッシュDEMのデータの両方のデータが使用できる。10mDEM用のプログラムは基盤地図情報用である。「数値地図50mメッシュ(標高)」は2万5千分の1地形図1葉分の標高データが(南北方向200点、東西方向200点)1つのデータファイルに収められている。標高データの間隔は50mである。「数値地図5mメッシュ(標高)」は2500分の1地形図1葉分の標高データが(南北方向400点、東西方向300点)1つのデータファイルに収められている。標高データの間隔は5mである。

広域の地形が表示できるように、50mDEMと5mDEMの場合は1画面に連続した9葉の地形図(東西方向3葉、南北方向3葉)のデータが表示できるようにした。50mDEMでは、南北方向600点、東西方向600点のDEM点が表示されことになり、表示地域は30km×30kmの地域となる。標高データファイルは1次メッシュ単位のフォルダーに格納されているが、本プログラムではこのフォルダーをまたいでデータファイルが読めるようになっている。

5mDEMの場合は東西1200点、南北900点のデータが表示できる。表示地域は東西6km、南北4.5kmの範囲である。

10mDEMでは、1つのファイルに2万5千分の1地形図1葉分のデータ(東西方向1125点、南北方向750点)が収められている。1画面に1葉分のデータを表示するようにした。表示地域は東西11.25km、南北7.5kmである。

画像は1標高点1ドットとし、傾斜量をグレースケール画像(256段階)で表示した。傾

斜量が小さい場所は明るく、傾斜量が大きい場所は暗く表示されるようにした。画像の拡大表示機能(最大 300%)も持っているので、一部地域の拡大・縮小表示も可能になっている。

また、表示された傾斜量図の保存(ビットマップ形式)と印刷も可能である。

### 3-2. 傾斜量の表示方法

傾斜量の計算は急傾斜が強調できる(1)式と平野部が強調できる(2)式の両方を使用した。(1)式、(2)式、(3)式、(4)式の組み合わせにより計算される傾斜量の値は異なる。プログラムでは、(1)式-(3)式、(1)式-(4)式、(2)式-(3)式、(2)式-(4)式の組み合わせを可能とした。

グレースケール画像はデータ値(標高値及び傾斜量値)を画像濃度に対応させて表示した画像である。パソコンの画像濃度は 256 段階なので、次の 2 つの表示方法を採用した。

①表示方法 1: 全データ値を 0~255 の間の画像濃度に対応させる。

②表示方法 2: データの値をそのまま画像濃度とする。データが 255 以下の場合にはそのまま表示されるが、255 以上の場合にはすべて黒色で表示される。データの値が 255 以下の小さい地域では値がそのまま表示されるので、データの小さい部分が強調される。

また、(2)式では、傾斜量をグレースケールに線形変換する機能と 2 次変換( $y^2=fx$ )する機能の両方を使用した。傾斜量を 2 次変換すると、緩傾斜の部分が強調できる。

線形変換の場合の画像濃度  $cv$  の計算式は次のようになる。

$$cv = 255 - g(hd \times k)$$

$hd$  は傾斜量の値、 $k$  は強調倍率、 $g(hd \times k)$  は  $hd \times k$  の値を整数化する関数である。変数  $k$  の値を大きくすると緩傾斜の部分が強調できる。

2 次変換の場合の画像濃度  $cv$  の計算式は次のようになる。

$$cv = 255 - g(\sqrt{cf \times hd})$$

$cf$  は係数である。 $g$  は( )内の値を整数化する関数である。

## 4. 判読例

傾斜量図の作成と判読例として、50mDEM と 10mDEM は甲府盆地、松本盆地、奈良盆地、京都盆地を対象とし、5mDEM は京都盆地北部を対象とした。

### 4-1. 甲府盆地

#### 4-1-1. 甲府盆地全域

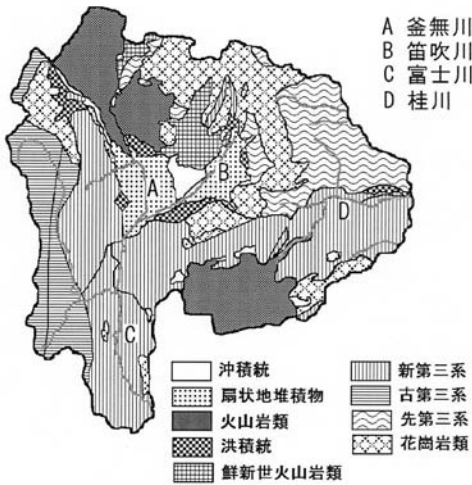
甲府盆地は山梨県に存在する大規模な盆地である。盆地西側に古第三系と新第三系の堆積岩からなる急峻な地形の南アルプス山系が存在している。南アルプス山地には多数の断層が発達しており、岩石が脆くなっている部分も多い。盆地の北側には新第三紀の火山堆積物(茅ヶ岳・黒富士火山、水が森火山岩類)と第四紀洪積世の火山堆積物(八ヶ岳火山)が分布している。

盆地を取り巻く北側と東側の山地には花崗岩が分布している。東側山地の花崗岩はマサ化しており、土砂流出が激しい地域になっている。盆地南側には、新第三系の海底火山の堆積物からなる御坂山地が存在する。

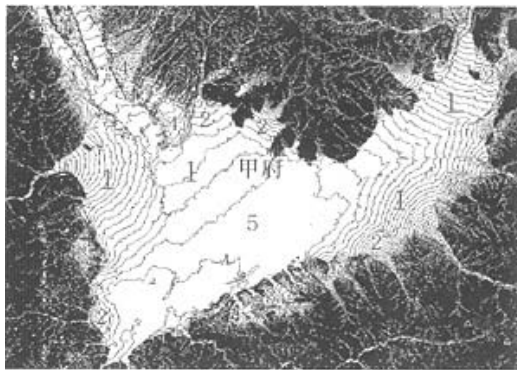
また、盆地南縁と西縁には第三紀層からなる台地(市之瀬台地、曾根丘陵)が形成され、盆地北西縁には火山性の台地が形成されている。

甲府盆地の主要河川である釜無川と笛吹川、及びその支流の上流部は土砂流出量の多い地質になっている。これらの河川は土砂流出を伴う水害を発生させている。このため、盆地周辺部には、多数の扇状地が発達している。第 2 図は山梨県の地質図である(田中、1987)。

第 3 図はフリーソフト「カシミール」を使用して、50mDEM から作成した甲府盆地の等高線図で、等高線間隔は 10m である。図中の数字 1 は比較的大規模な扇状地(御勅使川扇状



第2図 山梨県の地質図 (田中、1987)

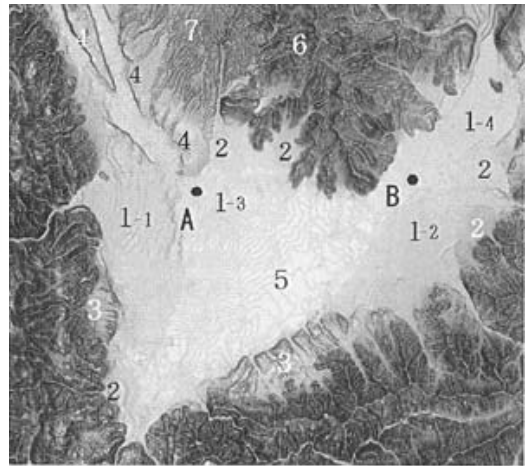


第3図 甲府盆地の地形 (等高線表示)

地、金川扇状地、釜無川扇状地、笛吹川扇状地)であり、数字2は小規模な扇状地である。谷の出口には小規模な扇状地が形成されている。甲府盆地はこれらの扇状地により埋め立てられていることが分る。数字3は洪積世台地であり、甲府盆地の南側に曾根丘陵、西部に市之瀬台地がある。数字4は火山性の台地である。数字5は低地であり、甲府盆地南部に北東-南西方向に存在する。

高木・中山(1983)は甲府盆地に形成されている扇状地を13に分類している。また、中山・高木(1987)は甲府盆地の扇状地を11に再分類している。第3図の等高線図では甲府盆地周辺部に発達する扇状地が等高線の形から識別で

きる。甲府盆地西部の御勅使川扇状地と東部の金川扇状地は明瞭である。甲府盆地の東部の扇状地は複数の扇状地が重なっており、個々の扇状地の区別は困難である。また、各扇状地の末端部は必ずしも明瞭ではない。



第4図 甲府盆地の50mメッシュDEMの傾斜量図

第4図は今回作成したプログラムを使用して作成した甲府盆地全域の50mDEMの傾斜量図である。傾斜量の計算は(2)式を使用して表示方法2で結果を表示している。傾斜量が小さい場所(平坦に近い場所)は明るく、傾斜量が大きい場所(急傾斜の場所)は暗く表示される。また、傾斜が急変する崖は黒い線として表示されている。

山地は急傾斜の部分が多いので全体が暗くなる。谷筋と尾根筋は傾斜小さいので明るい線として表示されている。山地は岩質の硬さにより侵食の程度が異なる。これは谷と尾根の発達のパターンが岩質により異なり、第4図の6の山地と7の山地では色調が異なっている。6の山地は硬い岩質の水が森火山岩類からなる山地、7は軟らかい岩質からなる茅ヶ岳火山の堆積物からなる山地である。このため、谷の発達や山地の傾斜が異なり、この違いが色調に反映されている。

傾斜が小さい扇状地、台地、低地は明るく表

現されており、扇状地も明るさの違いにより傾斜の違いが表現されている。

第3図と同様に、大規模扇状地(数値1)、小規模扇状地(数値2)、洪積世台地(数値3)、火山性台地(数値4)、低地(数値5)が区別できる。

1-1は御勅使川扇状地、1-2は金川扇状地、1-3は釜無川扇状地、1-4は笛吹川扇状地である。扇状地の平均傾斜は御勅使川扇状地が21.9%、金川扇状地が32.7%、釜無川扇状地が5.0%、笛吹川扇状地が19.2%である(齊藤、1988)。平均傾斜が大きい扇状地は濃い灰色で、平均傾斜が小さい扇状地は薄く表示されている。

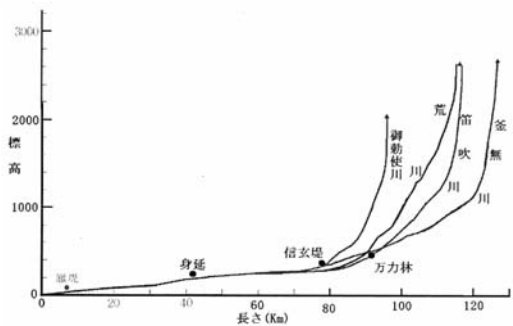
扇状地や低地など緩傾斜の地域に等高線に類似した線が引かれている。傾斜量図は高さに関する情報を持たないので、当然等高線ではない。国土50mDEMと10mDEMの値は2万5000分の1地形図上の等高線から内挿補間により作成されている(村上、1995)。緩傾斜の地形では等高線の間隔が広くなり、50mDEMの値は類似した値が続くことになる。このため、小さな値の傾斜量が続くことになる。計算された傾斜量は実数値であるが、グレースケール化するためにはこの傾斜量の値を整数化(デジタル化)する必要がある。この整数化した値を整数である画像の輝度の数値としている。例えば、計算された傾斜量値hdが0以上で1以下( $0 < hd < 1$ )の場合は整数化されて0となる。実際には緩傾斜の地形であるが、計算結果は平坦な地形となる。傾斜量の値が1を超える局所的な急傾斜の場所が連続的に存在する場合等高線と類似した線が表現される。緩傾斜の場合この間隔が広がる。このように、緩傾斜の地形は階段状の地形として表示される。

河川は黒く表示されているが、これは河川が周囲の地表の標高に比べて低くなっているか、逆に高くなっていることを意味している。

甲府盆地には、釜無川と笛吹川の2大河川とその支流が存在する。これらの河川は甲府盆

地周縁部では黒い線として明瞭に表示されているが、盆地の中心部では不明瞭になる。不明瞭な地域は河床と周辺地域の差がほとんど無いことを意味しており、河川が地表を下方に浸食していないことを現している。これは、河川の浸食域と堆積域を表現しているものと思われる。

第5図は山梨県を流れる河川の縦断面図(阪口他、1986)である。甲府盆地を流れる河川だけを原図から抜き出してある。これらの河川は甲府盆地周縁部で河川傾斜が急傾斜になっている。図中の信玄堤は第4図中の記号Aの地点であり、万力林は第4図中の記号Bの地点である。第4図と比較すると、この急傾斜部は扇状地と山地に相当する部分であることがわかる。

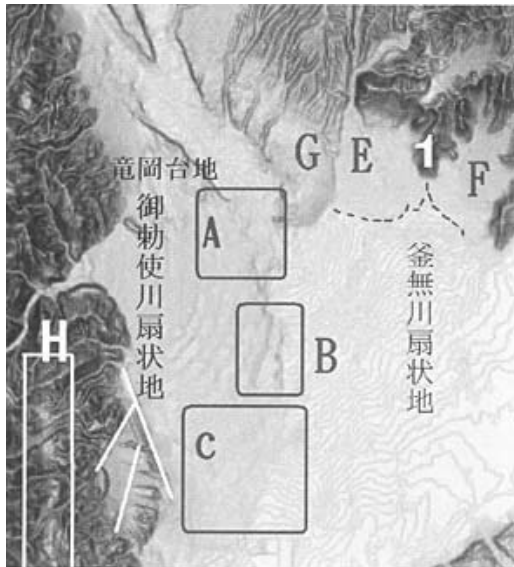


第5図 富士川及び支流の縦断面図 (阪口他、1986)

#### 4-1-2. 甲府盆地西部地域

第6図に甲府盆地西部地域の50mメッシュDEMから作成した傾斜量図を示す。第6図は作成したプログラムの拡大機能を使用して第4図の一部を拡大したものである。図中の数字1は湯村山である。甲府盆地西部には御勅使川扇状地と釜無川扇状地が発達しており、傾斜量図ではこの2つの扇状地が明瞭に識別できる。御勅使川扇状地の北端と東端には釜無川の侵食により形成された急崖が識別できる。Dは市之瀬台地で、台地末端部の急崖が識別できる。四角で囲んだ部分Hに傾斜の急変部が認められる。この部分は緩傾斜部である。Eは荒川扇状

地、Fは相川扇状地である。Gは赤坂台地である。



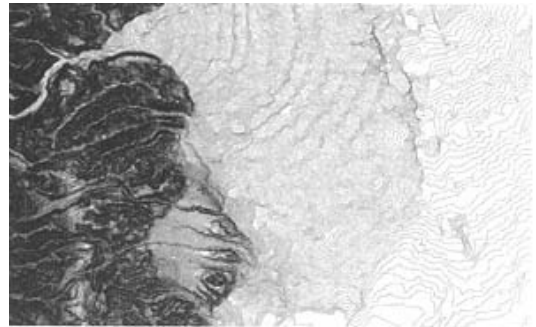
第6図 甲府盆地西部地域の50mメッシュDEMの傾斜量図

御勅使川扇状地の末端部のA、B、Cの地域が乱れている。高木・中山(1983)によると、B地域及びC地域は2次の扇状地である。A地域は御勅使川が釜無川に合流する場所である。B地域は階段状になっており、2つの急崖にはさまれている。この形状は河岸段丘の形態に類似している。B地域に見られる階段状地形は釜無川により形成された河岸段丘の可能性が高い。市之瀬台地には白線で示したりニアメントが幾つか認められる。このリニアメントは断層であり(渡辺・鈴木、1999)、逆断層で一之瀬台地側が隆起している。

第6図では荒川扇状地(E)と相川扇状地(F)の末端部が明瞭に識別できる。この末端部は図中に破線で表示してある。

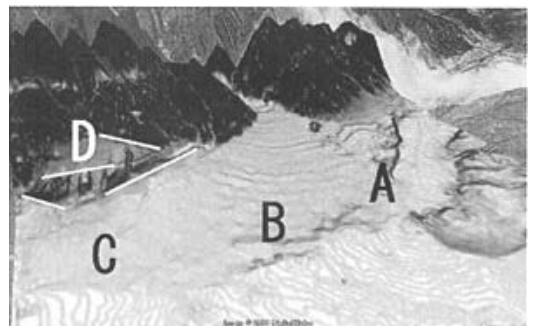
第7図は第6図と同地域の10mメッシュDEMから作成した傾斜量図である。御勅使川扇状地と市之瀬台地の拡大図になっている。第6図と比較すると御勅使川や市之瀬大地を刻む

谷、一之瀬台地前前面の急崖などが明瞭になっている。



第7図 御勅使川扇状地付近の10mメッシュDEMから作成した傾斜量図

第8図は第6図をグーグルアースに貼り付けて立体表示したものである。傾斜量と地形の関係がよくわかる。図中の記号A、B、C、Dは第6図の記号と同じである。Bの記号の部分に段丘状の地形が存在することが分る。



第8図 御勅使川扇状地の傾斜量図の立体表示

#### 4-1-3. 甲府盆地東部

甲府盆地東部には多数の扇状地が発達しており、さらに複数の扇状地が重なり合っている。甲府盆地の東側の山地には花崗岩が広く分布しているが、広範囲にマサ化している。このため、土砂流出量が多い。

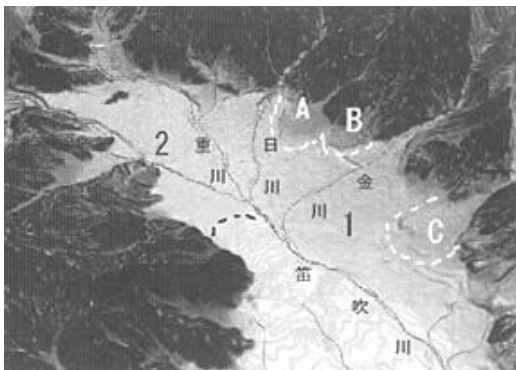
また、笛吹川、重川、日川、金川など多数の河川が存在し、石和町付近でこれらの河川が合流して笛吹川本流となっている。これらの河川

には扇状地が形成されている。

第9図は甲府盆地東部の50mDEMの傾斜量図をグーグルアースに貼り付けて立体表示したものである。緩傾斜の部分を強調したため、山地は黒くなっている。

金川扇状地と笛吹川扇状地の範囲を破線で示している。金川扇状地(図中の数字1)と笛吹川扇状地(図中の数字2)が識別できる。金川扇状地の末端部は笛吹川であることが分る。笛吹川扇状地の末端部は日川と重川の合流点付近である。この点の上流部と下流部では傾斜が異なっている。

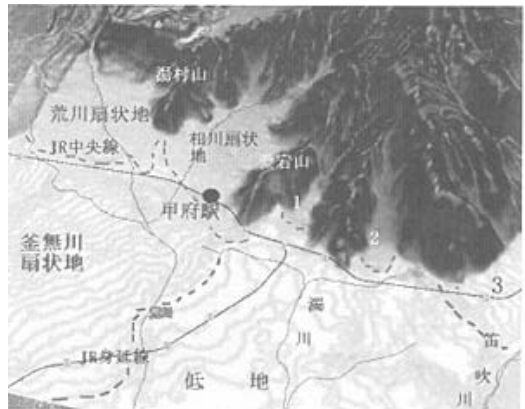
また、小規模な扇状地として、京戸川扇状地(図中の数字A)、大石川扇状地(図中の数字B)、浅川扇状地(図中の数字C)金川扇状地に重なっている。京戸川扇状地と浅川扇状地の平均傾斜はそれぞれ35.8%、42.8%で、金側扇状地の平均傾斜32.7%よりも傾斜が大きい(斉藤、1988)。これらの扇状地は傾斜の違い(色調の違い)で識別が可能である。高木・中山(1983)は笛吹川扇状地には重川扇状地と日川扇状地が接していることを示している。日川扇状地と重川扇状地の区別は明瞭でない。笛吹川扇状地と重川扇状地の傾斜がほとんど同じであることが原因であると思われる。



第9図 甲府盆地東部の傾斜量図

#### 4-1-3. 甲府盆地中央部及び南部

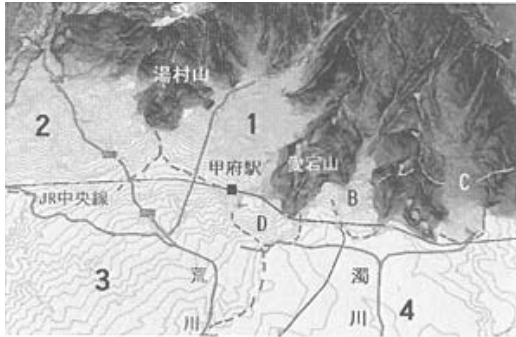
第10図は甲府市周辺の50mDEMの傾斜量図である。グーグルアースに貼り付けて立体表示してある。甲府市周辺部は緩傾斜なので傾斜量を強調してある。甲府市周辺部は釜無川扇状地と低地からなる。また、甲府市北部の山地の縁には荒川扇状地、相川扇状地が形成されている。図中の数字1と2は小規模な扇状地、3は笛吹川扇状地である。これらの扇状地は傾斜が異なるので、色の違いとして識別できる。



第10図 甲府市周辺部盆の50mメッシュDEM傾斜量図

第11図は甲府市周辺の10mメッシュDEMから作成した傾斜量図である。第10図の50mDEMと比べて詳細な地形が表示されている。相川扇状地(図中の数字1)と荒川扇状地(図中の数字2)の範囲が明瞭になり、両扇状地とも上部と下部では傾斜が異なっていることが分る。図中の数字3は釜無川扇状地である。谷の出口にみ小規模な扇状地が形成されている(図中BとC)ことが認められ、さらに甲府城(A)付近を扇頂とする小規模な扇状地(図中D)が形成されていることが認められる。この扇状地の位置は甲府市中心部東部である。図中の数字4は低地である。





第11図 甲府市周辺の10mメッシュDEMの傾斜量図

第12図は甲府盆地南部の曾根丘陵付近の10mDEMの傾斜量図をグーグルアースに貼り付けて立体表示したものである。位置が分るように河川を重ね合わせてある。曾根丘陵前面の急傾斜の部分がよくわかる。図中の黒線は断層の位置である(渡辺・鈴木, 1999)。段丘面などの平坦面がよくわかる。数字1は米倉面、数字2は原面、数字3は坊ヶ峰面である(田中, 1987)。曾根丘陵は盆地側から山地側に向かって傾斜していることがわかる。

長さ10m以上の古墳も識別できる。図中左側の曾根丘陵前面の小山は古墳である。



第12図 曾根丘陵の50mメッシュDEMの立体傾斜量図

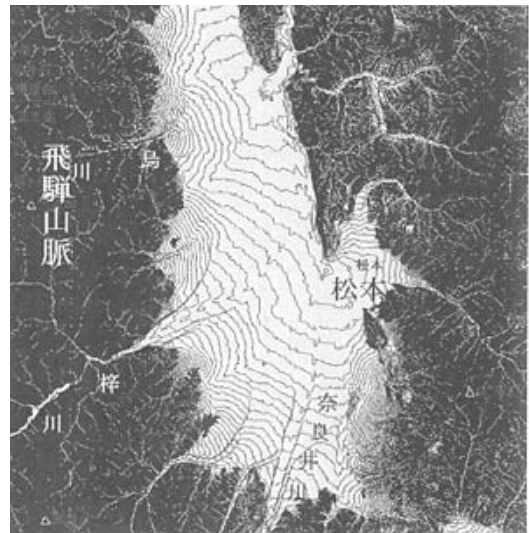
## 4-2 松本盆地

### 4-2-1 松本盆地の概要

松本盆地は周囲を飛騨山脈と筑摩山地、水内丘陵で囲まれた細長い盆地である。飛騨山地は北アルプスを構成する山地で2000mから3000mの山脈を構成している。

第13図はフリーソフト「カシミール」を使用して50mDEMから作成した松本盆地の等高線図である。飛騨山地から盆地に梓川、烏川、奈良井川などが流入している。これらの河川は土砂流出量が多く、盆地に流入する地点を扇状とする大規模な扇状地を形成している。このため、盆地の西側が高く、東側が低い地形となっている。また、松本盆地を流れる河川は明科付近で1本の川(犀川)になって流出している。

松本盆地の東縁には、松本盆地東縁断層群(松本以北)、牛伏寺断層(松本以南)と呼ばれる断層群が存在する。これらの断層は逆断層であり、松本盆地東縁は直線状の地形になっている。



第13図 松本盆地の等高線図(50mメッシュDEM)

### 4-2-2. 傾斜量図

第14図は松本盆地(松本市付近)の50mメッシュDEMから作成した傾斜量図である。盆地東縁の松本市以北の山地と盆地の境界部は直線状の急崖になっている。この直線は松本盆地東縁断層である。

盆地西縁の烏川、梓川、奈良井川には扇状地

が識別できる。梓川扇状地の平均傾斜は 7.4～17.4%、烏川扇状地の平均傾斜は 20.0～27.3%、奈良井川扇状地の平均傾斜は 12.2～13.6% である (斉藤, 1988)。傾斜の違いが濃度の違いとして表現されている。

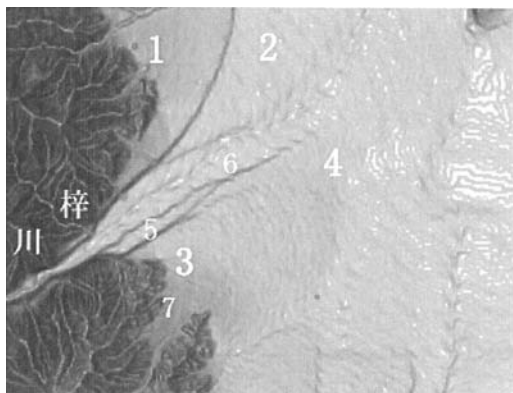
また、これらの扇状地と河川の境界には崖が黒い線で表示されているが、この直線は段丘崖である。特に、奈良井川兩岸の急崖が目立っている。



第14図 50mメッシュDEMから作成した松本盆地の傾斜量図

第15図は松本盆地西縁の梓川扇状地の50mメッシュDEM傾斜量図であり、緩傾斜の部分を強調してある。梓川の兩岸に扇状地が形成されていることがわかる。扇状地は河岸段丘化しており、段丘崖が黒い線で表示されている。河岸段丘は複数存在しており、それぞれの河岸段丘はグレースケールの濃度で区別でき、それぞれ傾斜が異なることを意味している。図中の数字1は八景面、2は丸太面、3は波田面、4は森口面、5は上海渡面、6は押出面、7は唐沢川旧扇状地である (平林, 1993)。

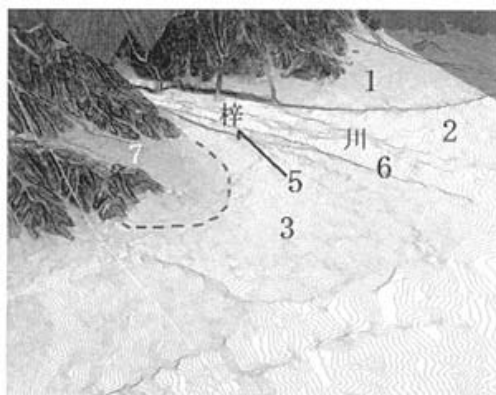
波田面 (図中 3) の平均傾斜は 60% (上部) ～20% (下部)、森口面 (図中 4) の平均傾斜は 14% である (平林, 1993)。この平均傾斜の違い



第15図 梓川兩岸の段丘面の傾斜量図

は画像濃度の違いとして表示されている。

第16図は、第15図と同地域である梓川兩岸地域の10mメッシュDEMから作成した傾斜量図をグーグルアースに貼り付けて立体表示したものである。図中の数字は第14図と同じである。第15図と比較して地形表示が詳細になっている。扇状地と河岸段丘の分布がよくわかる。



第16図 梓川兩岸地域の傾斜量図(10mメッシュDEM)の立体図

#### 4-3. 滋賀県野州川下流(湖東平野)地域

##### 4-3-1. 野州川下流地域の概要

滋賀県南部の琵琶湖南東部に湖東平野が存在する。湖東平野は、琵琶湖に流入する野洲川、日野川、愛知川、犬上川などの河川により琵琶湖南東岸に形成された平野である。平野には幾

つかの孤立山地と沼が存在している。現在沼は干拓地として埋め立てられている。第17図は湖東平野西部の野洲川と日野川地域の等高線図である。この等高線図はフリーソフト「カシミール」を使用して10mメッシュDEMから作成したもので、等高線の間隔は2mである。

野洲川は砂泥の供給が多い河川で、河口付近に三角州が発達し(太田他、2004)、また谷の出口を扇頂とする扇状地が形成されている。野洲川は天井川になっている。日野川右岸には孤立山地と沼の干拓地が存在する。干拓地は低地となっている。

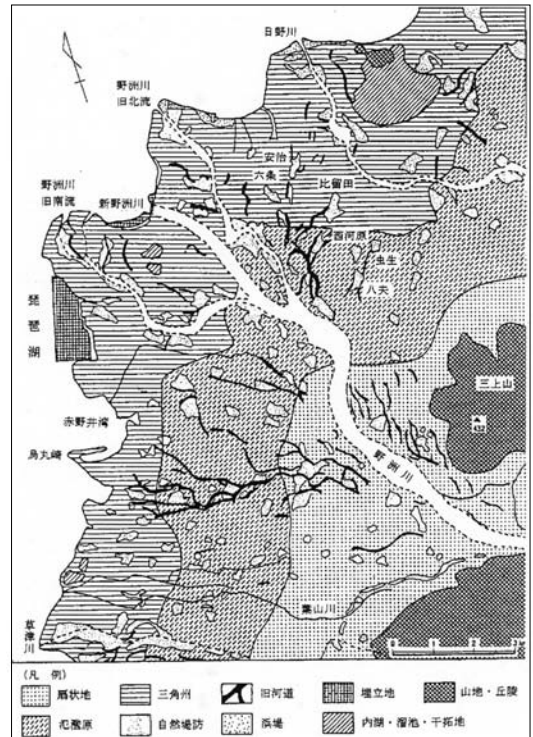
野洲川が形成する扇状地の平均傾斜は3.7%と小さく、日野川の形成する扇状地の平均傾斜も4.7%と小さい(斉藤、1988)。野洲川は扇状地末端部付近で、2つに分流していたが、1997年に2つの水路の間に新放水路が開削され、現在は3つの水路が存在している。



第17図 野洲川沿岸地域の等高線図

第18図は野洲川下流地域を中心とした湖東平野の地形区分図である(池田、2005)。野洲川流域は、山地から琵琶湖に向かって、扇状地地帯、氾濫源地帯、三角州地帯に区分される。氾濫源地帯には旧河道や自然堤防が多数形成されている。新野洲川が1977年に開削された新放水路である。

野洲川旧北流と旧南流、日野川の河口の湖岸

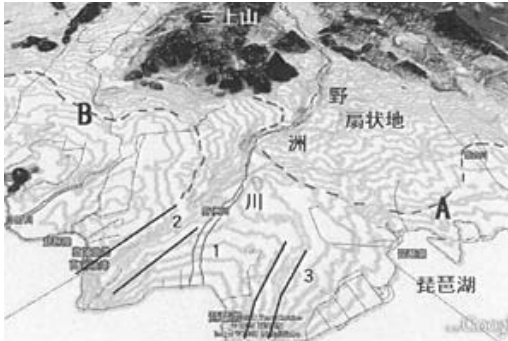


第18図 野洲川流域の地形(池田、2005)

線は琵琶湖側に突き出ている。この形態は三角州であることを意味している。また、扇状地、氾濫源、三角州の3つの地帯に旧河道と旧河道に沿う自然堤防が多数分布している。日野川右岸には内湖の干拓地が存在している。

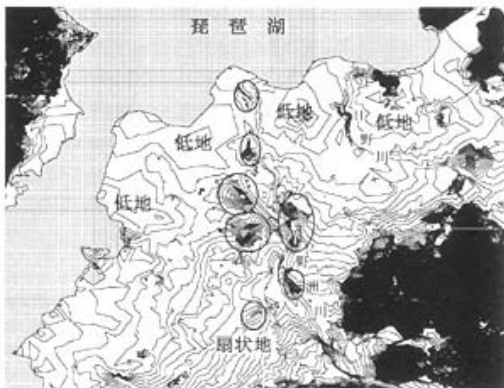
第19図は50mDEMから作成した野洲川流域の傾斜量図をフリーソフトグーグルアースに貼り付けて立体表示したものである。琵琶湖上空から野洲川上流部を見た方向である。グーグルアースで河川を表示した状態で傾斜量図を重ね合わせてある。図中の数字1が新野洲川、数字2が旧北流、数字3が旧南流である。旧北流と旧南流の両河川とも周囲に比べて高い位置にあり、天井川になっている。新野洲川の河口付近が低地になっていること、日野川右岸に孤立山地と低地(干拓地)が存在していることがわかる。図中の破線AとBは地形勾配が変化する場所であり、破線の上流側が扇状地であ

る。50m メッシュ DEM から作成した傾斜量図では氾濫源に多数存在する自然堤防は表示されていない。50m メッシュ DEM は 50m 間隔のデータなので当然ながら 50m 以下の幅の地形は表示されない。



第19図 50mメッシュDEMから作成した野洲川流域の傾斜量図

第20図は10mメッシュDEMから作成した野洲川流域の傾斜量図である。野洲川旧北流と旧南流は周囲の地形より高くなっており、両側に低地が存在する。新野洲川は両河川間の低地を流れていることがわかる。図中の丸で囲んだ場所は自然堤防である。



第20図 10mメッシュDEMから作成した野洲川流域の傾斜量図

第21図は第20図の傾斜量図と土地保全図の地形区分(自然環境条件図)(滋賀県, 1990)をグーグルアースに貼り付けた立体表示である。

る。土地保全図では平地を扇状地と三角州に区分している。第19図に比べて詳細な地形表示となっている。図中の数字1が新野洲川、数字2が旧北流、数字3が旧南流である。土地保全図では旧北流と旧南流に沿って連続する自然堤防が記載されている。傾斜量図では、この2つの自然堤防が存在する場所が尾根状の地形になっており、一致している。図中の数字4は低地であり、土地保全図では干拓地になっている。10mDEMの場合、連続する比較的規模の大きい自然堤防は認識できるが、小さな自然堤防は認識できない。また、土地保全図に記載されている旧河道はほとんど認識できない。



第21図 野洲川流域の傾斜量図(10mメッシュDEM)の立体表示

#### 4-4 京都盆地北部

##### 4-4-1. 京都盆地の概要

京都盆地は山地(北摂山地、醍醐山地、比叡山地)、丘陵、段丘に囲まれた盆地である。京都盆地の東には小規模な山科盆地が存在する。京都盆地は東西両縁を急崖で限られた断層運動による陥没盆地である(太田他, 2005、池田, 2005)。このため、盆地周縁部には多数の断層が形成されている。盆地底部は扇状地と後背湿地が形成されており、京都盆地を流れる河川が1本の河川(宇治川)に合流する山崎狭隘部が最も標高が低い場所になっている。この狭隘部の上流側に旧巨椋池などの遊水地帯が存在する。

比叡山地と醍醐山地は両側を断層で限られた

地壘山地で、山頂付近は定高性の尾根が分布している(太田、2005)。比叡山地西縁には花折断層、醍醐山地西縁には黄檗断層が形成されており、これらの断層付近は急崖になっている。北摂山地東縁には光明寺断層、西山断層などが形成されている。

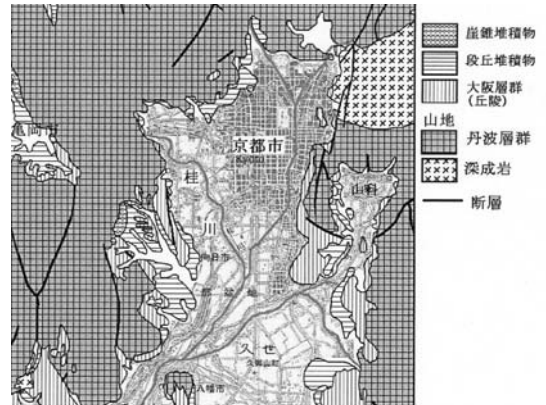
第22図はフリーソフト「カシミール」を使用して、50mメッシュDEMから作成した京都盆地の等高線図で、等高線の間隔は10mである。京都盆地北部と山科盆地に扇状地が存在していること、山科盆地の出口付近に低地(1930年代に埋め立てられた旧巨椋池)が存在することがわかるが、詳細な状況を等高線図から読み取ることはできない。



第22図 京都盆地北部の等高線図

第23図は京都盆地北部の地質図である。産業技術総合研究所地質調査総合センター(2002)の「2万分の1地質図幅集CD-ROM版、大阪・京都」を簡略化したものである。但し、この地質図では扇状地は沖積層として一括表示されている。京都市周辺の山地は中生代の丹波層群から構成されており、京都市の東に白亜紀の深成岩が存在する。

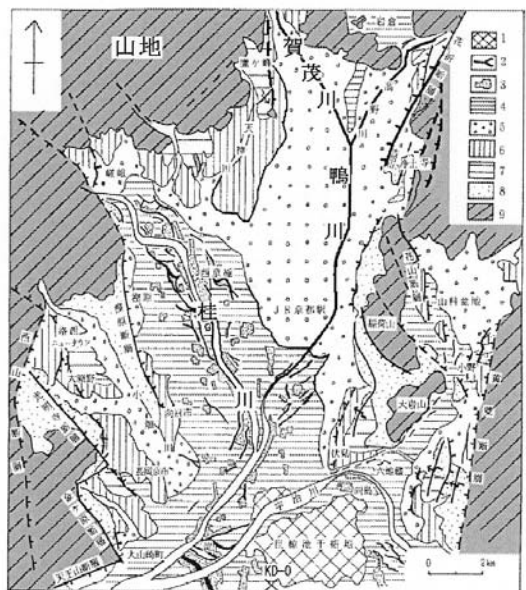
京都盆地周辺には丘陵と段丘が存在する。長岡京市付近は丘陵と段丘の発達が顕著である。



第23図 京都盆地の地質図(産業技術総合研究所地質総合センター、2002)

丘陵は第四紀更新性の大阪層群からなる。段丘は低位段丘と高位段丘からなる。高位段丘面は開析の進んだ台地面を形成し、低位段丘は河成段丘状に分布する面と扇状地性の広い面をなすものがある(太田他、2004)。

第24図は京都盆地の地形分類図である(植村、2004)。丘陵と段丘の位置は第23図と同じ



第24図 京都盆地の地形区分図(植村、2004)

1:干拓地 2:旧河道 3:自然堤防及び盛土  
4:後輩湿地 5:扇状地及び谷底平野  
6:低位段丘 7:高位段丘 8:丘陵 9:山地

である。しかし、第23図と異なり、扇状地と後背湿地の記載がある。扇状地は京都盆地北部(鴨川扇状地)と山科盆地に形成されており、桂川沿岸と山科盆地西部には後輩湿地が形成されている。後背湿地には旧河道や自然堤防が存在する。

#### 4-4-2. 傾斜量図

第25図に京都盆地北部の50mメッシュDEM傾斜量図を示す。傾斜量は(2)式を使用して緩傾斜の部分強調してある。

京都盆地北部と山科盆地に扇状地が形成されており(図中数字1)、JR京都駅は扇状地の末端部に位置することがわかる。山科盆地の出口付近には旧巨椋池が平坦部として存在している。

盆地と山地の境界部は直線になっているが、この直線部に断層が存在している。また、山地と盆地の境には段丘(図中数字2)と台地(図中数字3)が形成されている。段丘は高位段丘と低位段丘に区分されるが(池田、2005)、第25図では識別が困難である。

第25図の白線で囲んだ急崖は断層である。



第25図 京都盆地北部の傾斜量図(50mメッシュDEM)

①は花折断層、②は黄檗断層、③は亀岡断層、④は西山断層である。花折断層と西山断層の断層崖が明瞭に表示されている。

桂川沿岸の後背湿地に存在する旧河道と自然堤防は識別できない。50mDEMは前述のように50m間隔の格子上の標高点であるため、50m以下の波長の地形は識別できない。このため、微地形の解析には向いていない。

第26図は京都盆地北部の10mメッシュDEMから作成した傾斜量図を立体表示したものである。第25図に比べて詳細になっている。山地と盆地の境に存在する丘陵や段丘が明瞭になっている。図中の数字1は扇状地であり、破線で範囲を示している。第25図と異なり、京都市付近の扇状地は3つに区分されることが認められる。図中の数字2は桂川沿岸の後背湿地である。

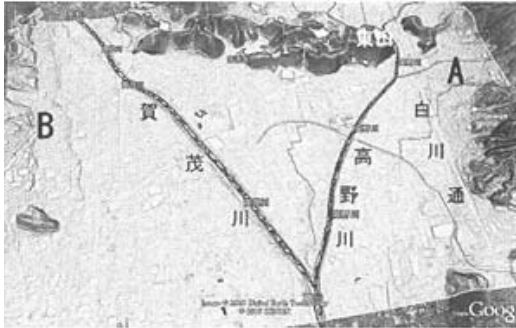


第26図 京都北部の立体傾斜量図(10mメッシュDEM)

第27図は京都盆地北部の5mALSDEMから作成した傾斜量図でグーグルアースに貼り付けて立体表示したものである。第26図に比べてさらに詳細な地形が得られている。

第27図では盆地の東西地域に段丘(図中AとB)が形成されていることが分る。特に、図中Bには2段の段丘が形成されている。高野川と賀茂川に沿って扇状地が形成され、両扇状地の間には後背湿地が形成されている。しかし、第27図ではこの扇状地と後背湿地を識別

できない。傾斜量図は傾斜の急変部を抽出する手法なので、扇状地の末端部に急崖が形成されていない場合は識別が困難になる。



第27図 京都盆地北部の5mALSDEMから作成された傾斜量図

第28図は京都府東山区の5mALSDEMから作成した傾斜量図で、グーグルアースに貼り付けて立体表示したものである。深草丘陵の詳細な地形が識別できる。また、丘陵内の平坦地(グラウンド)も表示されている。



第28図 東山区の5mALSDEMから作成された傾斜量図の立体表示

第29図は基盤地図情報の5mメッシュDEMから作成した山科盆地の傾斜量図をグーグルアースに貼り付けて立体表示したものである。この地域の5mメッシュDEMデータは写真測量データから作成されている。盆地周辺部と盆地中央部に小規模な台地が形成されているのが識別できる。台地の末端部は急崖になってい

る。山科盆地東部には扇状地が形成されているが、扇状地の傾斜は山麓部で急になっていることが分る。扇状地と台地の間には後背湿地が形成されている。図中の四角で囲んだ場所に急崖が存在する。この急崖は花山断層である(池田、2005)。5mメッシュDEMでは阪神高速道路とJR東海道本線の位置も識別できる。



第29図 京都山科盆地の傾斜量図(5mメッシュDEM)の立体図

5m間隔のALSDEMのデータは、地表面を遮蔽する家屋、道路、橋梁などの人工構造物をフィルタリング処理により除去してある。しかし、大規模な人工構造物や人工的な地形改変は完全に除去できておらず、傾斜量が影響を受けている。特に、平坦部ではその影響が大きい。しかし、台地部などの地形は明瞭に識別できる。これに対して、2万5千分の1地形図から作成された5mメッシュDEMのデータは人工構造物の影響は小さい。

## 6. おわりに

国土地理院から発行されている50m間隔、10m間隔、5m間隔の3種類の数値標高モデル(DEM)を使用して平野部の傾斜量図を表示するプログラムを作成し、甲府盆地と松本盆地、琵琶湖沿岸地域、京都盆地に適用した。

傾斜量図は地形の傾斜の程度を数値で表現するものであるので、等高線図比べて地形の特徴を把握しやすい。しかし、傾斜量図は高さに関す

る情報をもたない。このため、傾斜量図をグーグルアースに重ね合わせて立体表示を試みた。傾斜量図単独と比較すると、地形の特徴がさらに把握しやすくなっている。

50mDEMと10mDEMは大規模な地形の特徴が把握できる。リニアメントの抽出には50mDEMが適している。大規模あるいは中規模な扇状地の解析には10mDEMが適している。グーグルアースにはりつけて立体表示するとリニアメントは明瞭になる。5mDEMでは大規模な地形の特徴が把握しにくく、詳細な地形の特長が把握しにくい。段丘の解析には5mDEMが適している。但し、5mDEMでは人工的な地形改変に大きく影響されている。これらは当然ながら精度に原因する問題である。目的にあわせて使用するDEMを選択する必要がある。

作成したプログラムは著者のホームページ (<http://univ.ygu.ac.jp/kasai/kmokuji.html>) で公開の予定である。

## 引用文献

- [1]高木勇夫・中山正民(1983)、「甲府盆地西部地域の地形」、『日本大学文理学部研究紀要』、第18号、pp.31-41。
- [2]阪口豊・高橋裕・大森博雄(1986)、『日本の自然3、日本の川』、岩波書店、pp.41。
- [3]貝塚夾平・鎮西高清(1986)、『日本の自然2、日本の山』、岩波書店。
- [4]中山正民・高木勇夫(1987)、「微地形分析よりみた甲府盆地における扇状地の形成過程」、『東北地理』、第31巻、pp.98-112。
- [5]田中収編(1987)、『山梨県地学のガイド』、コロナ社、pp.3。
- [6]斉藤享治(1988)、『日本の扇状地』、古今書院、pp.257-266。
- [7]滋賀県企画部土地対策課(1990)、「土地保全図、国土交通省ホームページ」。
- [8]岩橋純子(1992)、「傾斜分級図の段彩表現—関東地方及び近畿地方を例にして—」、『情報地質』、第3巻第4号、pp.229-234。
- [9]平林照雄(1993)、『フォッサ・マグナー信州の地下を探る—、第3版』、信濃毎日新聞社、pp.141。
- [10]村上広史(1995)、「国土地理院数値地図の精度に関する考察」、『情報地質』、第6巻、第2号、pp.59-64。
- [11]岩橋純子・神谷泉(1995)、「標高データを用いた画像処理手法による地形分類—国土数値情報を用いた例を中心にして—」、『情報地質』、第6巻第2号、pp.97-108。
- [12]渡辺満久・鈴木康弘(1999)、『活断層地形判読—空中写真による断層の認定—』、古今書院、pp.96-99。
- [13]神谷泉・黒木貴一・田中耕平(2000)、「傾斜量図を用いた地形、地質の判読」、『情報地質』、第11巻第1号、pp.11-24。
- [14]大田岳洋・大野和巳(2000)、「DEMによる地形計測プログラムの作成と四国地域による試算」、『情報地質』、第13巻、第2号、pp.104-107。
- [15]井上誠・伊計秀明(2001 a)、「傾斜量図の利用方法について」、『情報地質』、第12巻第2号、pp.72-73。
- [16]井上誠・伊計秀明(2001 b)、「傾斜量図の解析事例」、『情報地質』、第12巻第2号、pp.73-74。
- [17]井上誠・若林真由美(2002)、「数値標高データ(DEM)による地形解析結果の表示方法の改良」、『情報地質』、第13巻第2号、pp.60-61。
- [18]産業技術総合研究所地質調査総合センター(2002)、「2万分の1地質図幅集CD-ROM版、大阪・京都、和歌山」。
- [19]植村善博(2004)、「変位地形と地下構造からみた京都盆地の活断層」、『京都歴史災害研究』、第2号(2004) pp.7~28。
- [20]太田陽子・成瀬敏郎・田中真吾・岡田篤正(2004)、『日本の地形6、近畿・中国・四国』、東京大学出版会、pp.62-80。
- [21]池田碩編著(2005)、『地形と人間』、古今書院。
- 太田陽子・成瀬敏郎・田中真吾・岡田篤正(2005)、『日本の地形6 近畿・中国・四国』、東京大学出版会。
- [22]佐々木寿・向山栄(2009)、「地形判読を支援する



新しい地形表現方法の開発とその利用－航空機レーザーキャナ DEM を用いたカラー標高傾斜図－、『応用地質』、第 49 巻、第 6 号、pp.318－330。

[23]井上誠(2009)、「DEM から地質情報を得るための検討－その 1 傾斜量図－」、『情報地質』、第 20 巻第 2 号、pp.114－115。