

ASTERGDEM2 及び SRTM-3DEM から作る精密傾斜量図について —地質情報との関連において—

井上 誠*, 矢島太郎**, 三石真祐瞳**, 両角春寿**

The technique to make out the precise slope gradation image by Digital Elevation Model of ASTERGDEM2 and SRTM-3DEM —The relation with the geological information—

Makoto INOUE*, Taro YAJIMA**, Mayumi MITUIISHI**, Haruhisa MOROZUMI**

*地球情報・技術研究所 Global Info-tec ,1-11-6 Kizaki, Urawa-ku, Saitama City, 330-0042, Japan.
E-mail:m_ino_ue@nifty.com

** (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 JOGMEC, 10-1, Toranomon 2-chome, Minato-ku, Tokyo, Japan

キーワード: DEM, フィルター, 傾斜量図, 地質情報, 地形解析

Key words: DEM, filter, slope gradation map, geological information, geomorphic analysis

1. はじめに

現在, 国土交通省国土地理院から国土基本情報として日本国全土の10mDEM (Digital Elevation Model) がインターネットで公開され, 5mDEM も順次公開されている。また, SRTM3-DEM(90mDEM)及びASTERGDEM2(30mDEM)が地球規模でデータ公開されている。これらのDEMを加工することにより, 地形情報, 地質情報, 防災関係情報を得ることが可能になった。

国土地理院から提供されている各種のDEMは, 国内において多くの技術者によりその利活用方法が研究されてきた。例えば岩橋(1992)はDEMから火山と地形条件図の作成方法を研究した。野上(1999)は50mDEMを使用して地形計測と地質の関係を明らかにした。土木研究所(2006, 2009)は危険道路斜面の自動抽出法, 地滑り危険斜面の自動抽出法を開発した。翠川ら(1995)はDEMを使用して地震ハザードマップを作成し, 若松ら(2004)は全国の地形・地盤分類のメッシュマップを作成した。神谷ら(1999)及び田中ら(1995)は傾斜量図から各種地形判読技術を開発した。井上ら(2001)は傾斜量図の各種適用方法について研究し, 井上・若林(2002)では傾斜量図と各種地形解析結果の合成手法について提案している。また, 脇田・井上(2011)は, 地質と傾斜量図を対比して傾斜量図が地質の判読に役立つことを示している。

リモートセンシング技術を利用して作成されたDEMには衛星軌道のゆらぎ, 大気の影響, 測定時期の関係から標高データにゆらぎがある。この標高データのノイズ除去方法についてSRTM-3DEMに関しては井上・矢島(2010), ASTERGDEM2に関しては井上・矢島(2012)が報告している。

本報告では, SRTM-3DEM及びASTERGDEM2のノイズ特性の違い及びノイズ除去方法について述べ, ノイズの少ないDEMから作成した傾斜量図からどの程度の地質情報を判読できるかについて述べる。

2. DEMから得られる情報

国土地理院が公開している国土基盤情報のDEMを利用して地形解析を行うことができる。また, フィルター処理を行ったSRTM-3DEMやASTERGDEM2においても地形解析が可能である。

これらのデータの内, 地質要素に関係するものを下記に示す。

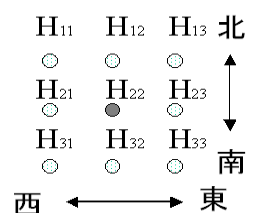
- 1) 標高 (等高線図, 高度分散量図など)
- 2) 傾斜 (傾斜度 (勾配) 図, 傾斜量図など)
- 3) 起伏 (起伏量図)
- 4) 浸食度 (開析度図, 接峰面図, 接谷面図, 開度図など)
- 5) 地質構造 (傾斜面方位図, 傾斜量図, 水系図など)

これらは, 地層の硬さ, 風化の仕方, 浸食の仕方など地層の特性により異なった地形が形成された。特に, 傾斜量図は, エッジ強調した地形情報と傾斜量に応じた濃淡画像として表示されるため, 地質情報の判読に最も適している。

例えば, チャート・石灰岩・安山岩類の火山・変成岩類は急傾斜地を造り, 花崗岩類は緩やかな斜面を造る。新第三系は, 古第三系より斜面の傾斜は緩く, 比較的起伏の少ない地形を造る。硬岩・軟岩・変質帯・断層帯・変成作用を受けた岩などと地形の関係を調べることで, 地形情報からその地域を構成する岩石の特徴を知ることが可能である。その結果, 地形解析結果のどの情報をどのように組み合わせるかで, その地域がどんな岩石から構成されているが見えてくる。

3. 傾斜量図

傾斜量図は, 傾斜図 (勾配図) が真の傾斜 (勾配) を示すのと異なり, 画像処理におけるエッジ強調フィルターとして利用さ



第1図 データの配列

れているデータウェイトを各標高データに与えて東西方向及び南北方向の傾斜量を計算する。

第 1 図に示すデータ配列の場合、中心点H₂₂における東西方向の傾き S_x と南北方向の傾き S_y は、Prewitt オペレーションでは下式でもとめられる。

求められた S_x, S_y から次式で傾斜量 S を計算する。

傾斜量図は、1 種のフィルター処理法であり、用途に応じて様々な計算方法が提案されているここでは代表的な計算式のみを示した。

$$S_x = \frac{(H_{11}+H_{21}+H_{31}) - (H_{13}+H_{23}+H_{33})}{6D_x}$$

$$S_y = \frac{(H_{11}+H_{12}+H_{13}) - (H_{31}+H_{32}+H_{33})}{6D_y}$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

4. SRTM-3DEM と ASTERGDEM2 のノイズ特性

第 2 図に SRTM-3DEM と ASTERGDEM2 の標高断面図を示す。SRTM-3DEM は、標高の振幅が 5m 程度であるのに対して、ASTERGDEM2 では標高振幅は 15m と大きく、スパイクノイズが目立つのが大きな特徴である。この標高の振れを除去して安定な曲線にするためにフィルター処理を行う。SRTM-3DEM のノイズ除去は、一般的に使用されている線形フィルターで処理できるが、ASTERGDEM2 に線形フィルターを適用してもスパイクデータの影響を強く受けて滑らかな曲線にはならない。

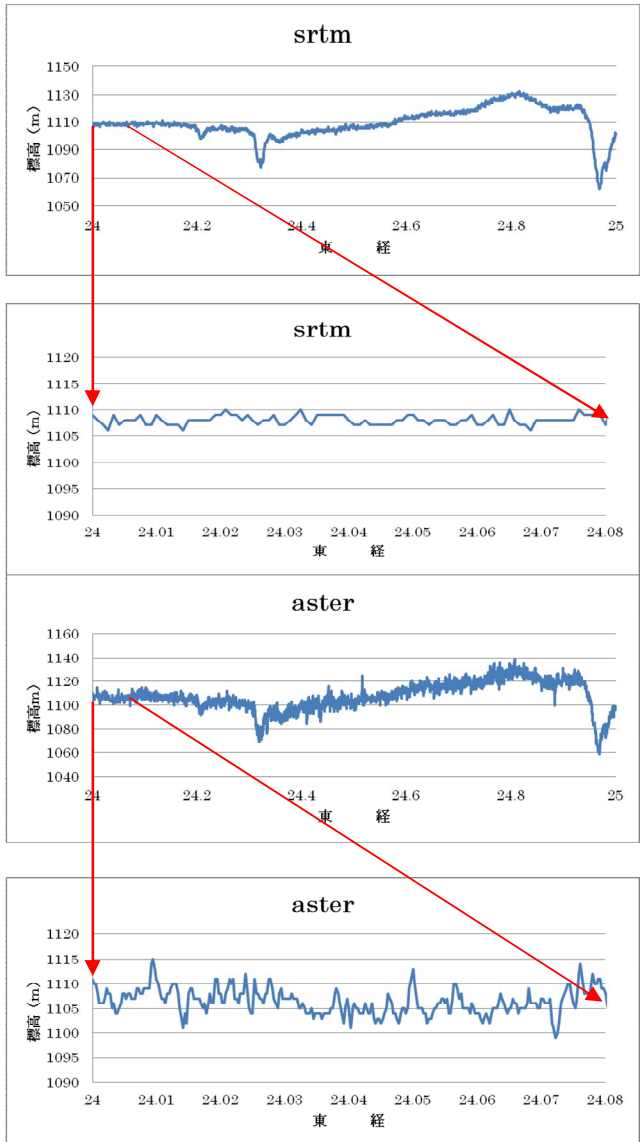
SRTM-3DEM のノイズ除去方法としては、適応化平滑化フィルターまたは 2 次・3 次多項式適合平滑化フィルターを適用することでノイズはほぼ完全に除去できる。(井上・矢島 2011) しかし、この方法を ASTERGDEM2 に適用しても全く効果がなかった。ASTERGDEM2 のノイズを除去するためにはスパイクノイズをどのように除去するかが最大の課題であった。これを解決する方法として、ASTERGDEM2 のスパイク特性を詳しく分析し、スパイクノイズだけを除去するアルゴリズムを考案した。この論理フィルターを使用して、通常データから大きくずれるスパイクノイズを除去して SRTM-3DEM の生データに近い状態にした後に線形フィルターを適用することでノイズ除去に成功した。

DEM に対して線形フィルターを適用する場合には、DEM の行または列方向のデータを等間隔にサンプリングされた時系列データと見なしてフィルター処理を行う。

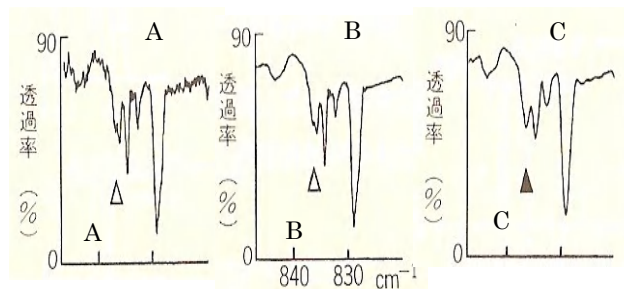
第 3 図に今回使用した適応化平滑化フィルターと 2 次・3 次多項式適合平滑化フィルターの特徴を説明する図を示した。適応化平滑化フィルターは、指定されたデータ区間で分散を計算し、分散値が閾値を超えた場合にデータ区間中央の値を区間平均値に置き換えるフィルターである。このフィルターの特徴は、データのバックグラウンドにある細かいノイズを除去するが、ピーク値に変化を与えない。第 3 図の白抜き三角マークで示したピーク値が維持されていることがわかる。

2 次・3 次多項式適合平滑化フィルターは、データ区間内のデータに対して 2 次多項式または 3 次多項式を重み付き最小二乗法で近似し、データ区間中央部の値を多項式により計算された値に置き換える方法である。このフィルターの特徴は、ノイズが多い場合でも信頼性の高い値を推定するが、第 3 図の黒三角マークで示したようにピーク値が平滑化される欠点がある。ピーク値への影響はデータ区間の取り方で大きく左右される。データ区間を大きくすると平滑化の効果が大きくなる。

線形フィルターを適用する場合、ノイズの特性に合ったデータ区間とフィルター処理を行う順番が大きな鍵となる。線形フィルター処理後、重み付き移動平均で面的または線方向に処理すると更に細かいノイズを除去することができる。フィルター処理の目的は、データが持っている地形情報に対してできるだけ平滑化の影響を与えないように処理することが重要である。



第 2 図 SRTM-3DEM と ASTERGDEM2 の標高断面図
下の図は矢印範囲の拡大図である。



第 3 図 フィルターの特性
アンモニア・ガス吸収スペクトルの例 (南 1986)
A : 生データ B : 適応化平滑化フィルター
C : 2 次・3 次多項式適合平滑化フィルター



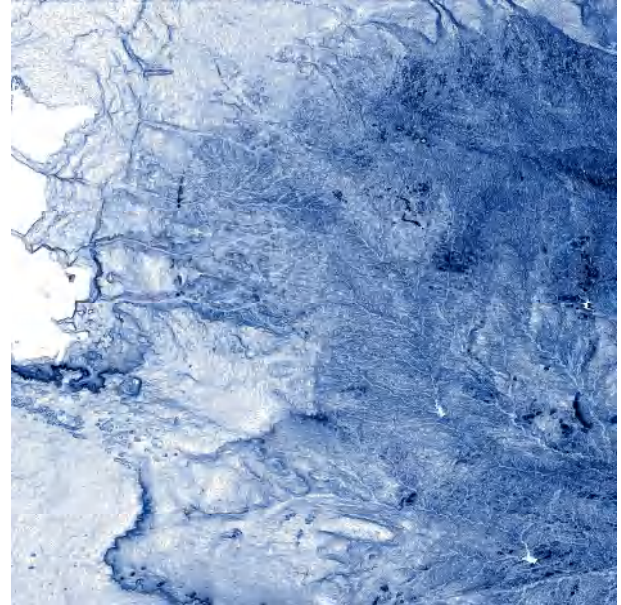
第4図 SRTM-3DEMから作成した傾斜量図（ネガ画像）
フィルター処理なし（20-22° S26-25° E）

第4図にSRTM-3DEMの生データから作成した傾斜量図（ネガ画像）を示す。第5図は、2種類の線形フィルター処理後に5×5の重み付き面的移動平均処理を行ったDEMで作成した傾斜量図（ネガ画像）である。第6図は、同じ範囲の地質図である。第5図は、第4図に比べて画像がシャープになり、軌道ノイズや細かい点状のノイズが消えているのがわかる。しかしながら、生データの右下2ヶ所のダム湖（白色の部分）があるが、フィルター処理後の画像ではその形状が全く変化していないことに注目して頂きたい。言い換えると、ノイズは除去できているが地形的な情報にはほとんど影響を与えていないことがわかる。画像がシャープになったことから、地質図に見られるWNW-ESE方向の岩脈（緑の線）や花崗岩類（ピンク系の色）分布状況が判読できる。

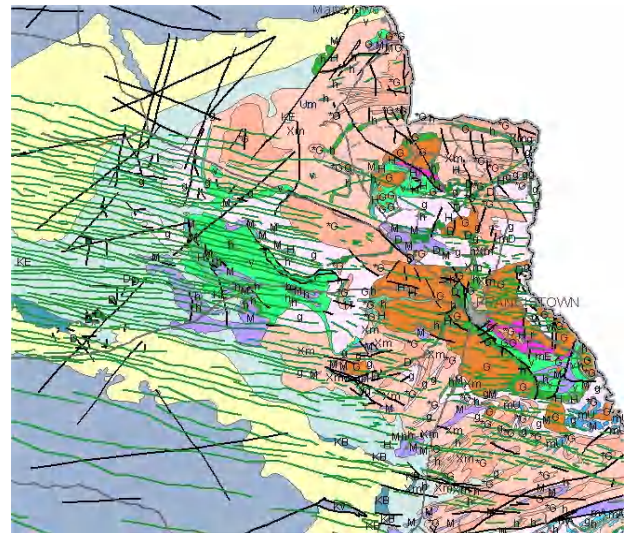
第7図は、国土基盤情報10mDEMから作成した30mDEMを使用して作成した傾斜量図（ネガ画像）、第8図はSRTM-3DEM(90m)、第9図はASTERGDEM2(30m)から作成した傾斜量図（ネガ画像）である。範囲は全て同じであり、42-43° N 141-142° Eである。ノイズの少ない国土基盤情報30mDEMの傾斜量図と比較してみるとSRTM-3DEMとASTERGDEM2から作成した傾斜量図にはほとんどノイズの影響がないことがわかる。

5. 地質表現

第10図は、井上・若林（2002）で発表したDEMから作成した地形解析結果の要素をカラー成分としてカラー合成

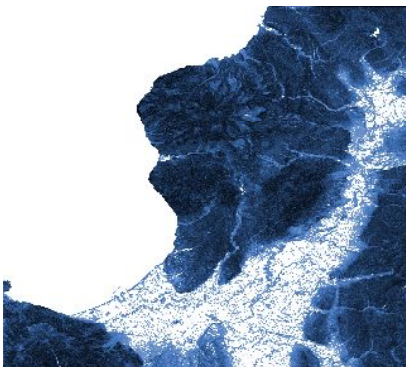


第5図 SRTM-3DEMから作成した傾斜量図（ネガ画像）
線形フィルター処理（20-22° S26-25° E）

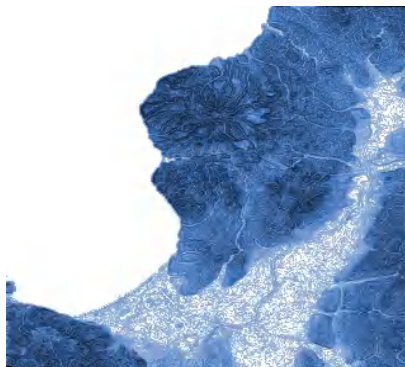


第6図 THE PRE-KALAHARI GEOLOGICAL MAP OF
THE REPUBLIC OF BOTSWANA 1997
（20-22° S26-25° E）

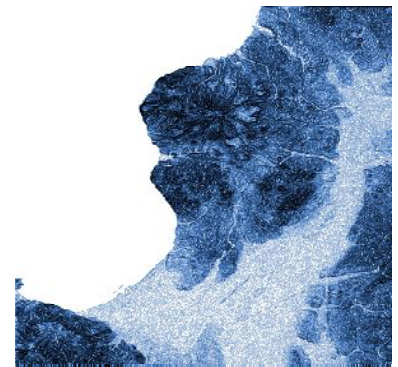
した傾斜量図である。第7図から第9図に示した傾斜量図より分解能が高く、地質表現力が大きくなっていることが第11図の地質図と比較することでよくわかる。特に赤丸で示した範囲では非常に細かい地質構造までを判読することができる。



第7図 国土基盤情報による傾斜量図



第8図 SRTM-3DEMによる傾斜量図



第9図 ASTER GDEM2による傾斜量図

地質が地形を造ったのであるから、同じ地層は、断層や変質を受けない限り同じ地形的な特徴を持つことになる。DEMから地形的特徴をできる限り詳細に解析して、同じ地形的特徴を持つ地層を同じ色で表現するようにルール化すれば、カラー合成することで地質情報のより表現力の高い傾斜量図を作成することが可能となる。

第10図の赤丸の範囲内では、地質図では単一色であるにもかかわらず更に地層が細分化されて表現されている。傾斜量図を基にすることによりエッジ強調した地形と地形解析結果によりカラー合成された色をトレースすることにより更に細かい地層の分布状況を判読することができる。

6. まとめ

現在の地形形状は、オリジナルの地質が長い年月において風化、浸食、造山運動、火山活動を経て造られたものであり、地質の持つ特性毎に特有の地形が造られている。

詳細なDEMが容易に入手できるようになったことから、DEMから地形的特徴をできる限り詳細に解析して、同じ地形的特徴を持つ地層が同じ色で表現されるようにルール化することで、より細かい地質分布の判読が可能になる。

2005年以降、国土基盤情報として日本全国の10mDEMが公開され、5mDEMも順次公開されてきている。これらの高分解能DEMを使用することにより、

- ①細かい地形構造
- ②細かい地質構造

③土石流、地すべり、深層崩壊などの災害跡地の分布など地質情報だけでなく、より身近な防災情報を判読することが可能になった。一方、リモートセンシング技術により作成されたDEMもフィルター技術の開発により、ノイズの少ないDEMを資源探査に利用することが可能になった。リモートセンシングを使った資源探査では、光学系センサーを使用した手法が主流であるが、熱帯雨林帯や雲の多い地域では適用が難しい。DEMを活用した資源探査は、このような地域において有効な探査法になるものと考えられる。

より詳細な事象までを判読できる適切な表示法及び判読し易い傾斜量図の作成方法が今後の課題である。

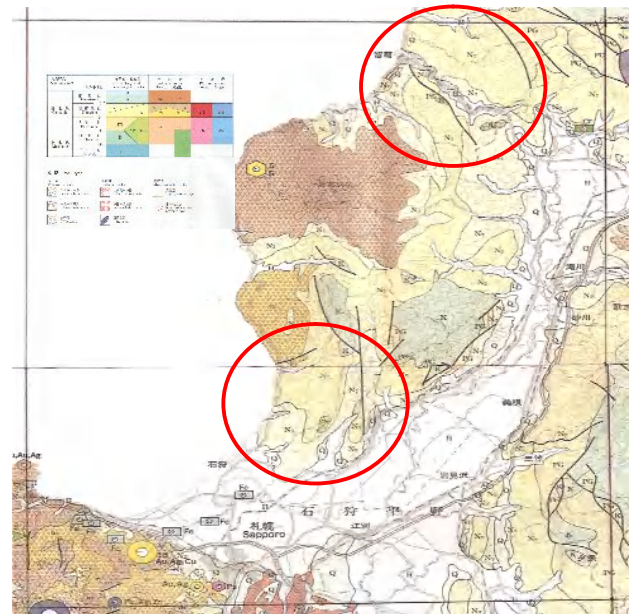
本研究は、「平成24年度アフリカ金属鉱床探査に関する解析技術開発に関する委託業務」による研究成果である。

7. 参考文献

- 関口辰夫・岩崎純子(1992):雲仙岳の地形解析と火山災害予測, 国土地理院時報, No.75, pp.32-36
 岩橋純子(1992):デジタルフィルターを用いた数値地形モデルの地形解析, 情報地質, Vol.3, No.1, pp.31-37
 野上道夫(1999):50m-DEMによる地形計測値と地質の関係, 地理学評論, 72A-1, pp.23-29
 土木研究所(2006):GISを活用した道路斜面のリスク評価に関する共同研究報告書「道路防災点検マップ作成要領(案)」、共同研究報告書第350号
 土木研究所(2009):土木研究所資料地すべり地におけるレーザー測量データ解析マニュアル(案)、土木研究所資料、第4150号
 翠川三郎・松岡昌志(1995):国土数値情報を利用した地震ハザードの総合的評価, 物理探査, 第48巻, 第6号, pp.519-529
 若松加寿江・松岡昌志・久保純子・長谷川浩一・杉浦正美(2004):日本全国地形・地盤分類メッシュマップの構築, 土木学会論文集, No.759/I-67, pp.213-232
 神谷泉・黒木貴一・早田靖博・小田切聡子・政春尋志・田中耕平(1999):傾斜量図の作成とその応用, 情報地質, Vol.10, No.2, pp.76-79



第10図 井上・若林(2002)の手法による地形解析結果からカラー合成した傾斜量図



第11図 1/50万分1 日本鉱物資源図(北海道西部)

- 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, Vol.11, No.1, pp.11-24
 井上誠・伊計秀明(2001)傾斜量図の利用法について, 情報地質, Vol.10, No.2, pp.72-73
 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法の改良, 情報地質, Vol.11, No.2, pp.60-61
 井上誠・矢島太郎(2010)リモートセンシングデータによるDEMから作成した傾斜量図と地質図との対比について, 資源・素材学会春季大会講演集(I)資源編, 3308, pp.企画-93-企画96
 井上誠・矢島太郎(2012):傾斜量図におけるASTER-GDEM2に対するフィルター効果について, 資源・素材学会春季大会講演集, 3412, pp.355-356
 脇田浩二・井上誠共著(2011):地質と地形で見る日本のジオサイトー傾斜量図でひらく世界一, オーム社
 南繁男(1986):科学計測のための波形データ処理, CQ出版