

# DEM の経緯度補正の必要性

井上 誠

## The necessity of longitude / latitude correction for DEM

Makoto INOUE

地球情報・技術研究所 Global Infotec INC. ,1-11-6 Kizaki, Urawa-ku, Saitama City, 330-0042, Japan.  
 E-mail:m\_ino\_ue@nifty.com

キーワード：地形解析，勾配，ヒュベニの公式

Key words : geomorphic analysis, slope angle, Hubeny formula

### 1. はじめに

近年、インターネットを使用して自由に入手できる DEM (Digital Elevation Model) が多く公開されている。その DEM のサンプリング間隔は経緯度が用いられている。そのため、DEM の処理を行う対象地域の経緯度により縦横比が異なる。その傾向は高緯度地域において著しくなる傾向がある。

地形解析や各種シミュレーションに DEM を使用することが多くなった。DEM を使用して斜面の勾配や河川の勾配を求める時に DEM のサンプリング間隔による経緯度補正を行わなければ計算される角度に大きな誤差が生じる。井上 (2016) で経緯度補正方法とその影響について述べている。

今回は、国内においてどの程度の誤差が発生するかについて報告する。

### 2. サンプリング間隔の影響

表-1 に国内で容易に入手できる代表的な DEM の種類とサンプリング間隔を示す。サンプリング間隔は距離ではなく、経緯度が用いられている。例えば、国土地理院から公開されている基盤地図情報 (標高モデル) 10mメッシュにおけるサンプリング間隔は 10m ではなく 0.4 秒である。サンプリング間隔は一般的な呼称と異なっていることに注意が必要である。

2 地点の経緯度から曲面距離と方向を求める計算方法について国土地理院は下記のアドレスで公開している。

<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/bl2stf.html> 表-2 はこのホームページを利用して東経 135 度における北緯 0 度から北緯 89 度までを緯度 5 度ごとに経度及び緯度 1 秒の曲面距離を計算した結果である。赤枠は日本周辺の位置する範囲である。表-2 に示すように南北方向の 1 秒間の曲面距離は約 30m で緯度が変わってもほぼ同じである。

しかし、東西方向における 1 秒間の距離は、赤道近傍では約 30m であるが、高緯度になるにつれて暫時曲面距離が短くなっていく。そのため、縦横比が緯度に応じて変わってくる。

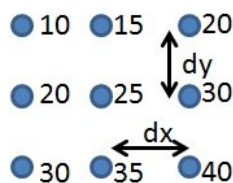


図-1 標高モデル

表-1 DEM のサンプリング間隔

名称	発行年	メッシュ間隔(経度/緯度)
数値地図1kmメッシュ(標高)	1993	45秒/30秒
数値地図250mメッシュ(標高)	1993	11.25秒/7.5秒
数値地図50mメッシュ(標高)	1993	2.25秒/1.5秒
ASTER Global DEM(ASTER G-DEM)	2009	1秒
基盤地図情報(数値標高モデル)10mメッシュ	2008	0.4秒
基盤地図情報(数値標高モデル)5mメッシュ	2008	0.2秒

表-2 緯度による 1 秒の曲面距離

緯度	緯度 1 秒の距離	経度 1 秒の距離
北緯 89°00'00.0000"	0.541(m)	31.026(m)
北緯 85°00'00.0000"	2.704(m)	31.024(m)
北緯 80°00'00.0000"	5.387(m)	31.017(m)
北緯 75°00'00.0000"	8.028(m)	31.005(m)
北緯 70°00'00.0000"	10.607(m)	30.989(m)
北緯 65°00'00.0000"	13.104(m)	30.970(m)
北緯 60°00'00.0000"	15.500(m)	30.948(m)
北緯 55°00'00.0000"	17.776(m)	30.923(m)
北緯 50°00'00.0000"	19.915(m)	30.897(m)
北緯 45°00'00.0000"	21.902(m)	30.870(m)
北緯 40°00'00.0000"	23.721(m)	30.843(m)
北緯 30°00'00.0000"	25.358(m)	30.817(m)
北緯 30°00'00.0000"	26.802(m)	30.792(m)
北緯 25°00'00.0000"	28.042(m)	30.770(m)
北緯 20°00'00.0000"	29.069(m)	30.751(m)
北緯 15°00'00.0000"	29.875(m)	30.736(m)
北緯 10°00'00.0000"	30.455(m)	30.724(m)
北緯 5°00'00.0000"	30.805(m)	30.717(m)
北緯 0°00'00.0000"	30.922(m)	30.715(m)
計算点の経度		
東経 135°00 00.0000	東経 135°00 01.0000	北緯に1秒足して計算

経緯度補正の例として図-1 に示す標高モデルを使用してどの程度の誤差があるのか及びその必要性について説明する。

経緯度補正を行うためには 2 地点間の曲面距離を簡易的に求める必要がある。簡易式としてヒュベニの公式がある。この公式については井上 (2016) で詳細に述べているのでここでは式の表示と計算法についてのみ説明する。図-2 にヒュベニの公式を示す。ヒュベニの公式は、2 点間の平均緯度を求めて、その緯度の子午線曲率半径と 2 点間の中点を通る卯酉線 (ぼうゆうせん) 曲率半径から 2 点間の曲面距離を計算する方法である。計算はすべて倍精度で計算すると、図-3 に示すように国土地理院ホームページで計算した曲面距離と類似した値が得られる。図-3 は屋久島周辺の基盤地図情報 (標高モデル) 10mメッシュが公開されている範囲である。計算する DEM の範囲の N,S,E,W の距離をそれぞれ計算し、東西方向 (nx) 及び南北方向 (ny) のサンプリングデータ数で割って東西方向のサンプリング間隔の距離 (dx) 及び南北方向のサンプリング間隔の距離 (dy) を計算する。この方法でサンプリング間隔の補正を行えば計算誤差は非常に小さいものになる。VB6 で書かれたプログラムのソースコードは井上 (2016) で公開しているので参考にいただきたい。

図-1 に示す標高モデルを使用して図-4 に示す島々の傾斜度を Prewitt 法により計算し、経緯度補正なしの場合と比較した。表-3 はそれぞれの島における東西方向のサンプリング間隔の距離 (dx) と南北方向サンプリング間隔の距離 (dy) を島全体の平均距離としてヒュベニの公式を用いて計算した結果である。使用した DEM は基盤地図情報 (標高モデル) 10mメッシュである。サンプリング距離を dx=dy=10m として傾斜度を求めると図-1 のモデルでは 48.2 度になる。実際に経緯度補正して傾斜度を求めると西表島では 31.0 度であるが、利尻島では 44.8 度になり、その差は約 13 度となり DEM を使用して傾斜度を計算する場合は無視できない影響があることがわかる。

### 3. まとめ

サンプリング間隔が経緯度で表示された DEM を使用する場合にはサンプリング間隔の距離 dx 及び dy について必ず経緯度補正する必要があることがわかった。特に地形解析における斜面傾斜角及び河川勾配などを計算する場合には必ず補正しなければ大きな誤差が生じる。また、洪水シミュレーションや津波シミュレーションのように地形の勾配が影響するシミュレーションを行うときにも補正を行う必要がある。特に計算範囲が広域にわたる場合には絶対的に必要な補正である。

これまでサンプリング距離が経緯度により異なることは想像していたが、地形の勾配に対して想像以上に大きな影響があることがわかった。特に広域を対象とした計算には経緯度補正は必要不可欠な計算である。ヒュベニの公式は非常に簡単な計算であるのでサブルーチンとして利用されることをお勧めする。

### 4. 参考文献

井上誠(2016) 斜面傾斜角の経度・緯度による補正法, 日本情報地質学会シンポジウム 2016, pp19-22  
 三浦英俊 (2015) 緯度経度を用いた 3 つの距離計算方法, オペレーション・リサーチ, 2015 年 12 月号, pp701-705

### ヒュベニの平均経度の式

$$s = \sqrt{(M\Delta\phi)^2 + (N \cos \phi \Delta\lambda)^2}$$

$\phi$ : 2 点の平均緯度  
 $\Delta\phi$ : 2 点の緯度差  
 $\Delta\lambda$ : 2 点の経度差  
 $M$ : 子午線曲率半径  $\frac{a(1-e^2)}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 \phi)^3}}$   
 $N$ : 卯酉線曲率半径  $\frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \phi}}$   
 $a$ : 回転楕円体の長半径  
 $b$ : 回転楕円体の短半径  
 $e$ : 離心率  $\sqrt{1-(b/a)^2}$

図-2 ヒュベニの平均緯度の式 (三浦 2015 より)

	国土地理院計算結果	ヒュベニ公式の計算結果	計算誤差
北側辺の距離	35,999.581 m	35,999.598	17cm
南側辺の距離	36,121.725m	36,121.741	16cm
東側辺の距離	36,962.694m	36,952.693	-1cm
西側辺の距離	36,952.694m	36,952.693	-1cm

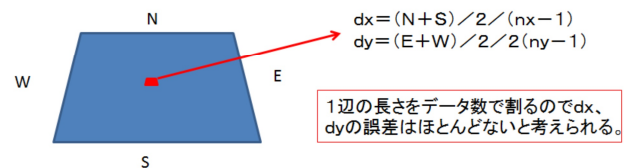


図-3 dx 及び dy の計算方法 (井上 2016)

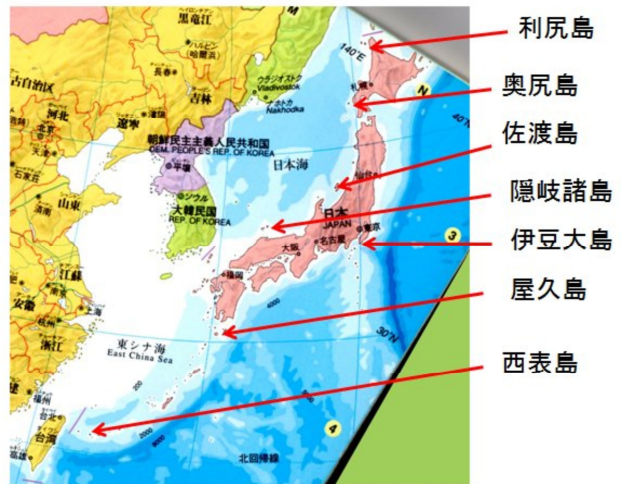


図-4 計算に使用した島の位置図  
 平凡社世界地図帳 (2008) より

表-3 経緯度補正後の傾斜度

地名	dx	dy	傾斜度(度)
利尻島	8.733	12.354	44.8
奥尻島	8.733	12.354	35.0
佐渡島	9.750	12.335	33.2
伊豆大島	10.178	12.334	32.5
隠岐諸島	9.999	12.332	32.8
屋久島	10.688	12.322	31.8
西表島	11.276	12.313	31.0
経緯度補正無	10.000	10.000	48.2