2万5千分1地形図ベクトルデータによるDEM作成方法について

The method to calculate DEM data with 1/25,000 scale vector geographic information

測図部　大野裕幸
Topographic Department　Hiroyuki OHNO
内閣官房　田村栄一
Cabinet Secretariat　Eiichi TAMURA

1．要　旨

新地形図情報システム（NTIS）で管理する地形図の原データである2万5千分1地形図ベクトルデータ（以下「NTISデータ」という。）の整備が進み，平成14年7月1日からNTISによる地形図原データの修正を開始した。

NTISデータにはグリッド標高が含まれているが，現在のところは数値地図50mメッシュ（標高）を基にリサンプリングを行ったデータとなっている。また，地形が大規模に改変された場合でも，グリッド標高データの修正は行われていない。

そこで，地形図原データ修正作業により修正された等高線データや標高点のデータ等を利用し，内挿法等を用いてグリッド標高を算出処理するソフトウェアを構築したので，報告する。なお，算出するグリッドの間隔は任意に選択できるため，等高線の精度が高い地域はグリッド間隔を細かくすることも可能である。

2．NTISにおけるグリッド標高

ソフトウェアで算出するグリッド標高データは，NTISデータの中で「グリッド標高」として定義されている。NTISは，すべてのデータをデータベースで管理するが，NTISの運用開始時にデータベースに格納されるグリッド標高データは，数値地図50mメッシュ（標高）データを，世界測地系に変換し，2秒グリッドにリサンプリングしたデータとなっている。このデータは，1990年ごろに刊行されていた地形図の等高線から作成されたものを含んでいるほか，その後の測量で地形の変化に伴う等高線の再取得を行った場合でもデータの修正を行っておらず，最新の測量による等高線と合致していない箇所が発生している可能性がある。

グリッド標高以外のNTISデータは，原則として平成13年10月時点で刊行されていた地形図の情報を基に整備しているため，NTISデータの中でグリッド標高のみがいわば「古い」データのままで据え置かれた形となっている。

また，NTISによってNTISデータが逐次修正されたとしても，現在のシステムではこれに合わせてグリッド標高を更新する方法がなく，グリッド標高の更新がNTISの課題の一つとなっている。

そこで，将来，地形を表すNTISデータが更新された場合に，NTISの中でグリッド標高を自動的に更新する機能を追加することを目指し，等高線データからグリッド標高データを作成するソフトウェアを作成することとした。

グリッド標高データは，NTISデータのうち，図式コード11（基準点・標高）の種別10（グリッド標高）として定義されている。このデータ例は，表－1のようになっている。共通部分は，NTISデータのすべてに共通する情報が記録されており，算出処理にあたっては，情報番号のフィールドを利用してデータの区別を行う。

表－1　グリッド標高データ例

	フィールド名	データ例	備　考
共通部分	区分コード	PT	点データを表す
	行政コード	8220	
	発生日	20011001	
	正確性フラグ	0	
	消滅日	0	
	正確性フラグ	0	
	確認日	20011001	
	ＩＤ（X）	50439354	
	ＩＤ（Y）	12988134	
	ＩＤ（サブ）	1	
	精度レベル	25000	
	情報番号	0	
	図式コード	11	11は基準点
	位置（経度）	5043935440	0.0001秒単位の整数
	位置（緯度）	1298813490	
	フラグ	0	予約
属性部分	種別	10	10がグリッド標高
	標高	23.9	
	基準点番号	0	
	描画場所	0	
	現況コード	0	
	等級コード	0	
	名称	0	

3．算出方針

主としてNTISデータの等高線（図式コード91）から

グリッド標高データを作成する。作成するグリッド標高データは，原則として経度緯度方向とも2秒間隔グリッドに発生させるものとし，グリッド中央の値を算出する。算出した標高値は，小数点第2位を四捨五入して小数点以下1位までの数値とする。

極端な平坦地等で，計算時のパラメータとなる等高線が少ないこと等により，標高値が算出できない範囲は，算出時点で有効なグリッド標高データの値（以下「旧標高値」という。）を使用する。この際，旧標高値を利用した場合には，当該グリッドのレコードの情報番号フィールドに「－100」を記録してデータの区別を行う。

4．準備作業

まず，NTISデータの等高線は，線データとして定義されている。これを，10秒×10秒の矩形タイルに分割する。このとき，図式コード42の種別2として定義されている海岸線データも標高値0mの等高線とみなして利用する。

次に，等高線以外のNTISデータを1分×1分の矩形タイルに分割する。このデータには，標高値をデータとして持つ基準点（図式コード11），河川中心線データ（図式コード41）及び水涯線データ（図式コード42）等が含まれている。ここでも，同様に海岸線データを標高値0mの等高線とみなす。

以降の計算処理では，広範囲について行う場合は，複数の矩形タイルを読み込んで計算を行うものとし，矩形タイルの境界部分での接合の不合理を回避する。

等高線データの密度が高い場合は，周囲の等高線データから標高値を算出し，密度が低い場合は，内挿法により標高値を算出する。

5．内挿法による標高値算出

等高線の密度が低い場合，その地点の標高値が明確な水準点等の基準点，標高点も標高値の境界条件として使用する。また，水部については，標高値がゆるやかに変化するため，これも境界条件として使用する。

5.1　初期データ作成

（1）等高線グリッド作成

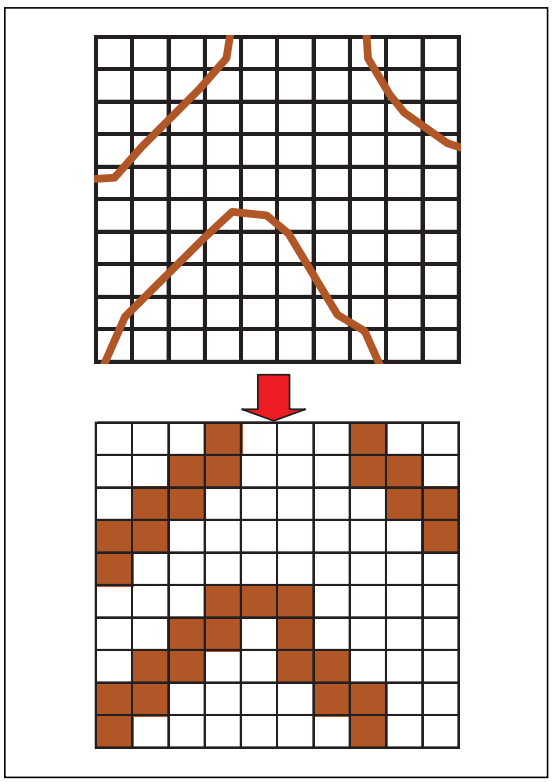
計算を行う範囲を2秒×2秒のグリッドに分割し，等高線データがかかるグリッドに等高線数値を入力する。水準点等の基準点，標高点等を含むグリッドには，これらの標高値を優先して入力する。

この際，等高線データの一部には，標高値不明を示す属性値である「9900」が標高値属性に記録されている場合がある。この場合は，グリッドに「－99」を入力する。

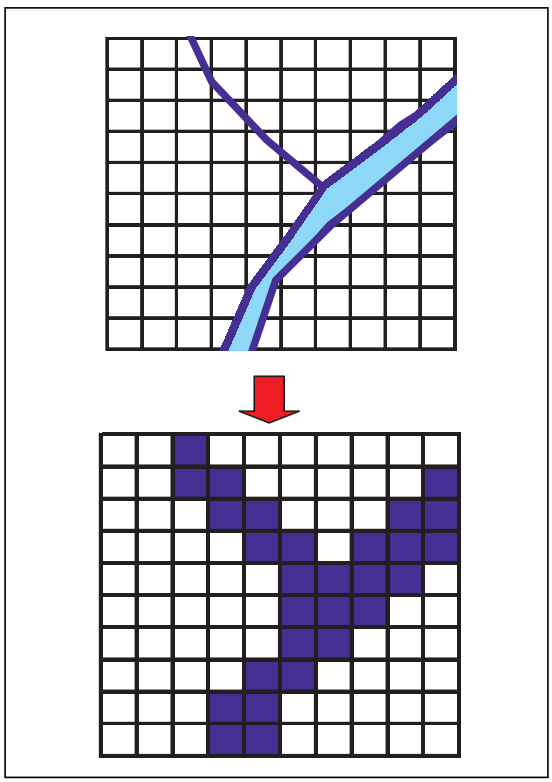
その他のデータが存在しないグリッドには，未定であることを示す「－99」を入力する。

（2）水涯線グリッド作成

等高線以外の矩形タイルを使用し，水部と陸部を分ける2秒グリッドデータを図－3のように作成する。河川中心線のうち，一条河川の中心データ（種別1及び3）



図－2　等高線グリッドの作成



図－3　水涯線グリッドの作成

の場合は，データがかかるグリッドのフラグを立て，水涯線データは，閉領域を構成するため，領域にかかるすべてのグリッドにフラグを立てる。この場合のグリッドは，等高線グリッドと一致している必要がある。

5.2 水涯線グリッドへの等高線数値の付与

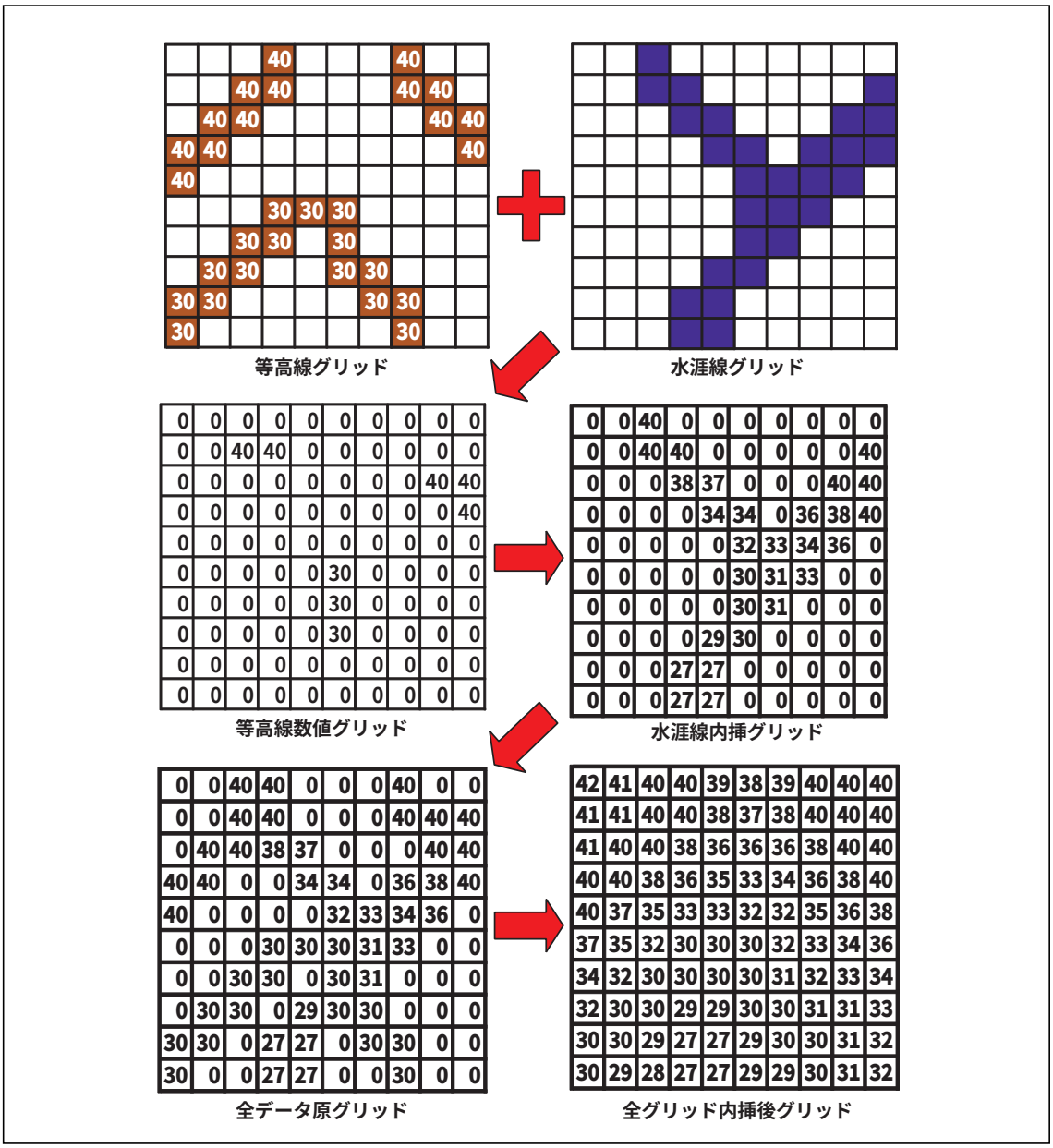
等高線グリッドと水涯線グリッドを重ね，フラグが立っている水涯線グリッドに等高線グリッド値が存在する場合，等高線数値をコピーする。湖（図式コード42の種別８湖沼境界線を含む閉領域）の場合，湖領域内に湖面標高データ（図式コード11の種別４）が存在する場合は，その湖面標高値を湖沼内全部のグリッドに入力する。等高線数値がないグリッドには「０」を入力する。図－４に等高線数値グリッドの生成例を示す。

5.3 水涯線内での内挿

水涯線グリッドのフラグが立っているグリッドに限定して，数値を内挿していく。内挿は，以下の方法で行う。なお，境界部分の数値を求めるため，算出する範囲の外側に東西南北とも矩形タイルを1つずつ多めに配置する。

（１）等高線数値グリッドと同範囲の新たなグリッド（以下「新グリッド」という。）を用意する。

（２）等高線数値グリッドを順番に走査し，東西南北の4つのグリッドにゼロでないデータが1つだけの時はそのデータを新グリッドに入力し，2つ以上の時は平均値を新グリッドに入力する。平均計算にあたって



図－４　等高線数値グリッドの作成

は，東西方向と南北方向の長さの比率を考慮し，重み付けを行って値を求める。なお，等高線グリッドから入力した値が最初から入力されているグリッド及び水涯線グリッドでフラグが立っていないグリッド（水涯線外のグリッド）ではこの処理は行わない。

（3）⑴～⑵を1ターンとし，新グリッドのデータを等高線数値グリッドの値とみなし，再度新グリッドを用意して反復計算を行う。反復計算は100回を標準としているが，境界条件として与えられる標高値の密度によって収束までの計算回数が異なるので，計算回数は状況に応じて変更する。

5.4 全データの作成

水涯線内の内挿を行った等高線数値グリッドと等高線グリッドを統合し，全データ内挿用の原データとする。内挿の方法は，水涯線内での内挿で用いたのと同じ方法を用いるが，水涯線内の内挿が終了しているグリッドについては，ここでの内挿処理は行わない。

これによって内挿によるグリッド標高値が求まるわけであるが，平均値を用いた内挿であるため，平坦地やなだらかな丘陵地のような，地形が比較的連続的に変化する地域のグリッド標高データ作成に適した作成方法であるといえる。

急峻な山岳地や地形の変化が激しい地域のグリッド標高を作成する場合は，この方法では対処できないため，グリッド中央と等高線データとの関係から直接初期標高値を求めた後，内挿を行う方法を適用する。

6．直接初期標高値の算出による内挿法

急峻な山岳地や地形の変化が激しい地域は，単位面積あたりの等高線密度が高い地域といえる。このような地域で前項の内挿法を用いると，丸く円滑化されたグリッド標高値が算出されるため，直接等高線との交差計算を行い，内挿のための初期データを算出する。

6.1 第1次計算

標高値を求めたい点Pを中心とし，東西に2.5秒，南北に2秒ずつ幅を取った東西5秒×南北4秒の矩形（以下「探索範囲」という。）を考える。

この矩形に含まれる等高線を標高値別に取り出し，点Pを中心とし，各等高線についてPからの距離が最も近い距離Lを算出し，Lが小さいものから順に2本の等高線a及びbを取り出す。PとA及びPとBの最短距離を求めた等高線上の点をそれぞれA及びBとする。ここで，等高線a又はbが標高値不明である場合は，例外とみなし，旧標高値を当該グリッドの標高値として採用する。

次に，PA又はPBの距離が2.5秒より大きい場合，又は等高線自体が1本以下の場合，2次計算に移行する。

尾根又は谷の存在をチェックするため，「PAと等高線b」及び「PBと等高線a」の交点の有無をそれぞれ調べる。交点がない場合は，尾根又は谷でないので，式（6－1）により，当該グリッドの標高値が求まる。

$$P=(PA\times b+PB\times a)\div(PA+PB) \quad \cdots\cdots \text{式（6－1）}$$

交点がある場合は，尾根又は谷であるため標高点等が探索範囲内に存在するか否かで異なる処理を行う。

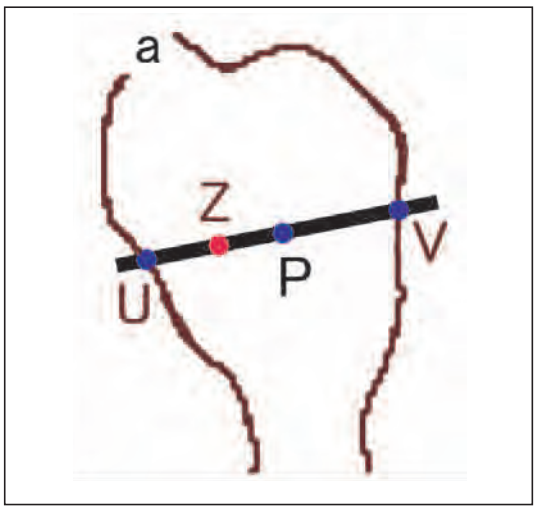
（1）探索範囲に標高点等がある場合

探索範囲に標高点等がある場合は，標高点Zと点Pを直線で結び，等高線aと交わる点をU及びVとする。このとき，図－5のように，UはZを挟んでPと反対側に位置し，VはPを挟んでZと反対側に位置するとする。

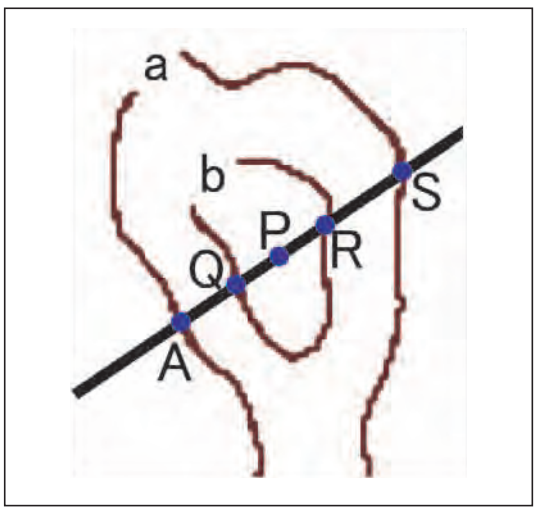
ここで，Zを変曲点とし，Vを通る2次曲線を求め，Pがこの2次曲線上にあるとみなし，Pの標高値を求める。この際，Uは使用しない。

（2）探索範囲に標高点等がない場合

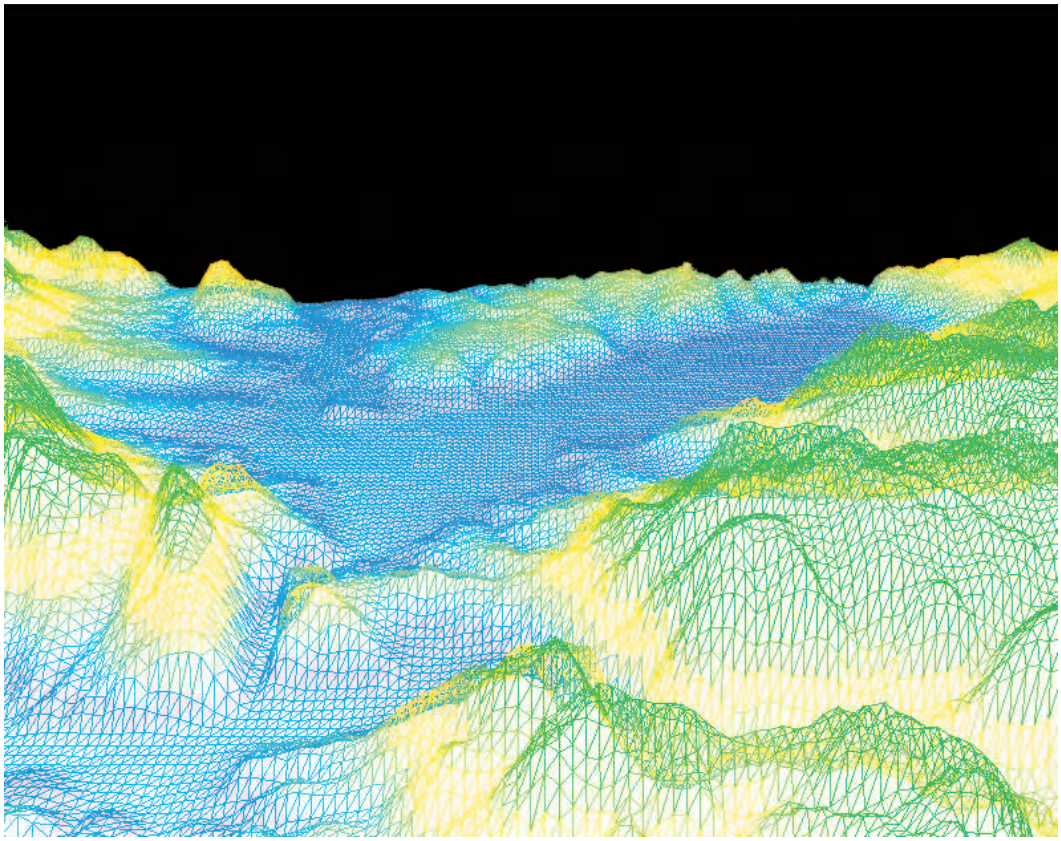
探索範囲に標高点等がない場合，図－6のように，PAと等高線bの交点をQ，PAをPからAと逆方向に延



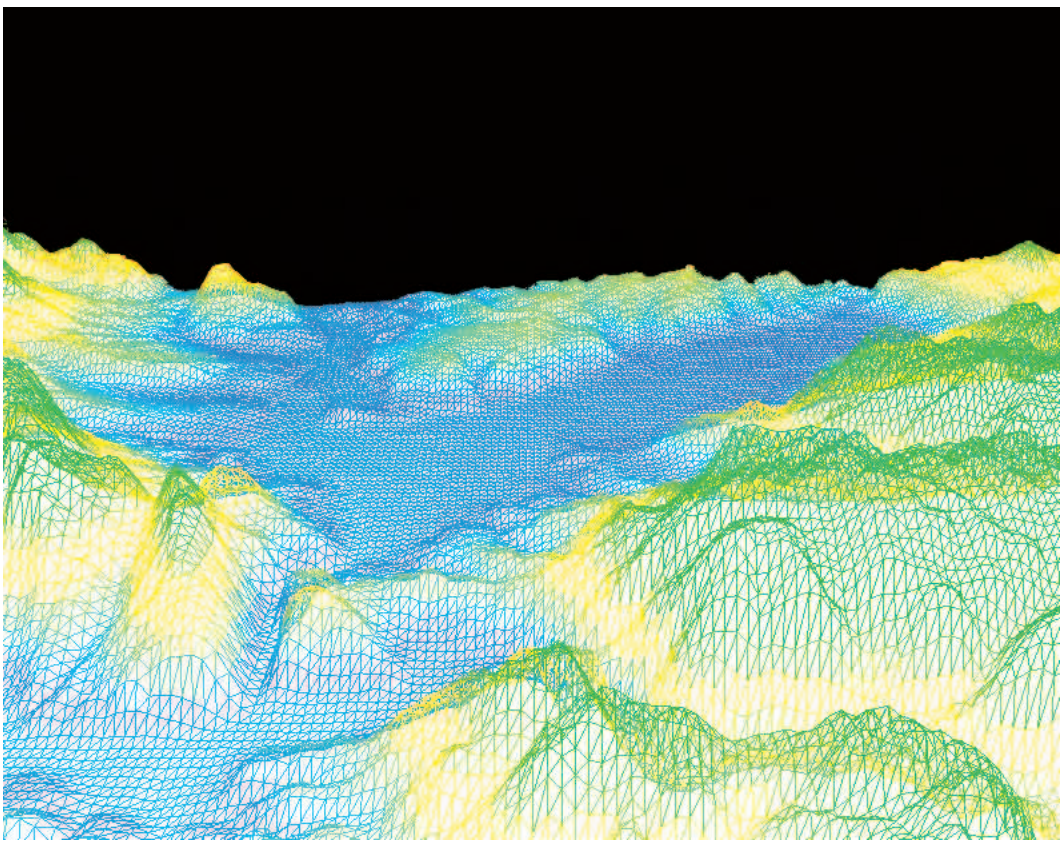
図－5　探索範囲に標高点等がある場合



図－6　探索範囲に標高点等がない場合



図－７　数値地図50ｍメッシュ標高からリサンプリングしたグリッド標高



図－８　内挿法により作成したグリッド標高

長し，等高線bとの交点をR，等高線aとの交点をSとする。AQPRSが順に直線上に並ぶので，Pからの距離をx，標高値をyとし，AQRSの4点を通る3次曲線を求める。これにPを当てはめて標高値を算出する。この際，標高値が（b＋9）を超えるときは（b＋9）とし，（b－9）を下回るときは（b－9）とする。なお，R又はSが求まらない場合には，第2次計算に移行する。

交点が線分PBと等高線aにある場合も同様である。

6.2 第2次計算

第1次計算で標高値が求まらなかった場合に実施する計算である。計算方法は，第1次計算と同様であるが，探索幅を2倍（東西10秒×南北8秒）に拡大して行う。

第2次計算で求まらない標高値は，第3次計算として内挿法により求める。

6.3 第3次計算

内挿法により標高値が求まっていないグリッドの標高値を求める。内挿の方法は，５.３節で用いたのと同様とする。

以上により，平坦地，急峻地等の地形の状況に応じたグリッド標高データが計算により求められる。

7．計算結果

内挿法によって計算した滋賀県大津市，守山市，草津市，栗東市，滋賀郡志賀町の5市町分の標高値データを3次元モデルとしてGRS80楕円体上にマッピングし，大津市から琵琶湖方向を見たモデルを描画して比較したのが図－７及び図－８である。

このソフトウェアは，三次元空間にGRS80楕円体モデルを作成し，グリッド標高の経度緯度情報を楕円体上の角座標に置き換え，標高値を楕円体中心からの法線方向に取って完全な三次元モデルとして描画している。ジオイドを考慮して標高値を補正する機能も有しているが，ジオイド高データが適当な形に変換できなかったためこの画像は，ジオイドによる補正を行っていない点に注意が必要である。

内挿法により求めた標高値と現在のグリッド標高データの標高値の差の絶対値の平均は3m以下で，2万5千分1地形図原データが元々持つ等高線の誤差10mを下回っており，計算により簡易に求める本方式により作成するDEMの精度は問題ないといえる。描画結果にも大きな差異は見られず，2万5千分1スケールという縮尺では内挿法を用いても精度上の問題はないと思われる。

8．まとめ

今回行った内挿法によるDEM作成は，従来はコンピュータによってグリッド標高値を求めた後，地形との不具合を人手により補正していたものをいかに簡便に，自動的に行えるかどうかを試行したものである。この機能をNTISの中に取り込むことで，将来は地形改変後の三次元モデルを高速に表示することが可能になると思われる。今後は，約100平方キロメートルあたり約１時間を要している計算時間を短縮し，NTISに取り込んでいかに使い易く実装するかという点に重点を置くことになる。