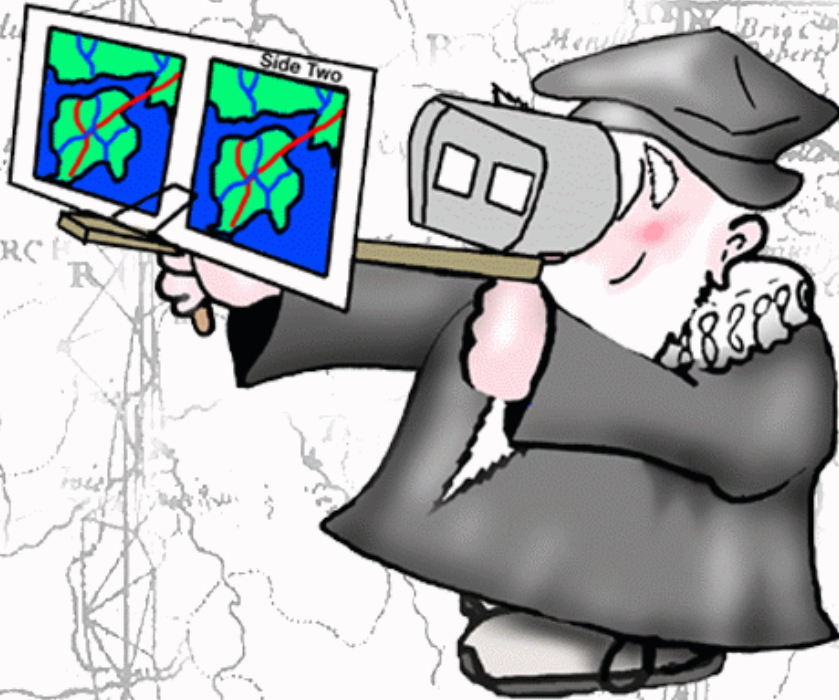




DEM と正射写真の作成



TNTmips®

TNTview™

はじめに

本書では、TNTmips®でステレオ画像から標高ラスタ・オブジェクト(DEM)を抽出して標高情報を元の画像に適用することで正射画像を作成する方法を紹介します。これらの処理は、TNTmipsの中でも最も強力で複雑であり、初心者の方は通常は使用しない方が良いでしょう。本書では基本的な操作手順を示しますが、デジタル写真測量に関する複雑な科学的内容は説明できません。

必須基礎知識 本書では、読者がTNTmipsについてある程度の経験があるものと仮定しています。少なくとも『TNT入門：地理空間データ表示』、および『TNT入門：三次元鳥瞰図による視覚化』の例題を完了している必要があります。基本的な概念や技法についてはこれらのマニュアルの例題で紹介していますので、本書では説明を省きます。

サンプルデータ 本書の例題では、TNT製品に添付されているサンプルデータを使用します。TNT製品CDにアクセスできない場合は、マイクロイメージズ社のホームページからデータをダウンロードすることができます。本書では特に、DEMORTHOというデータ集の中のプロジェクト・ファイルAIRPHOTO、EIPOLAR、DEM_TINに含まれているオブジェクトを使用します。これらのファイルの読み書き用コピーをハードディスクドライブ上に作成してください。CD-ROM上の読み込み専用のサンプルデータに対して直接的な操作を行うと異常が発生する場合があります。

その他の資料 本書では、DEMの抽出と正射画像の作成に関する概要しか説明しておりません。詳細は『TNTmips リファレンスマニュアル』を参照してください。

TNTmips と TNTlite™ TNTmips には2つのバージョンがあります。プロフェッショナル・バージョンと、無料バージョンである TNTlite です。プロフェッショナル・バージョンにはハードウェア・キーが必要です。このキーがない場合、TNTmips は TNTlite モードで動作し、オブジェクトのサイズが制約されるほか、TNTlite の別のコピーとの間でしかデータを共有できません。

TNTview ではDEMの抽出と正射画像の作成はできません。TNTlite ではこの処理を行えますが、サイズの制約があるため、実際のサンプル・データを与えて意味のある結果を得るような処理を行うには無理があります。本書の例題で使用されるサンプル・データは、TNTlite のサイズの制約を超えています。

Keith Ghormeleay, 1997年6月12日、V5.7

一部のイラストでは、カラー・コピーでない重要な点がわかりにくい場合があります。マイクロイメージズ社のウェブ・サイトから本書を入手されれば、カラーで印刷したり表示できます。また、このウェブ・サイトからは、『TNT入門』のその他のテーマに関する最新のパンフレットも入手できます。インストール・ガイド、サンプル・データ、および最新バージョンの TNTlite をダウンロードできます。アクセス先は次の通りです。

<http://www.microimages.com>

DEM と正射写真を作成する

航空写真にはすべて、カメラの角度、距離、地形の標高などを原因とする系統的な歪みが含まれています。その結果、内部の幾何形状が地図製品としての理想的な形状にならず、専門的な地理空間解析分野では用途が限られてしまいます。場合によっては、単純に再サンプリングを行うだけで「十分良質な」補正を行うこともできますが、より厳密な解決策として、デジタル的な写真測量技術を使用して、地図的な幾何形状を持つ正射写真を作成する方法があります。正射写真は、地理空間解析の多くのプロジェクトにおいて基本となる正確な画像を提供します。

TNTmips の Stereoscopic Modeling(立体視モデリング)処理では、次のような 5 段階の手順で正射写真を生成します。

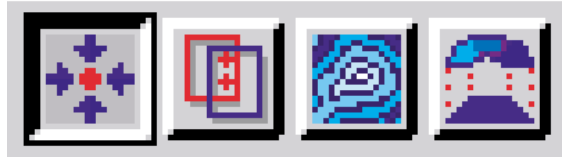
- ジオリファレンス
- 内部方位
- 相対方位
- DEM 抽出
- 正射画像の生成(復元)

本書ではこの手順の各ステップを紹介します。

TNTmips のデジタル写真測量においては、ある意味では、「入門」と言えるような部分が存在しないことに注意してください。立体視モデリングには、初心者向けの部分はありません。写真測量の原理をよく勉強してからコンピュータの前に座るのが理想的です。写真測量に関する大学レベルの基礎知識がない場合は、本書の例や例題に付いていくのは難しいでしょう。

サンプルデータには一連の中間結果が含まれており、前の例題で有効な結果が得られなくても、続きの例題を実行することができますので、がっかりしないで先に進んでください。ただし、デジタル写真測量を簡単に理解する方法はありませんので、甘い期待で進まないでください。

DEM(デジタル標高モデル)は現場の標高値を含むラスター・オブジェクトです。



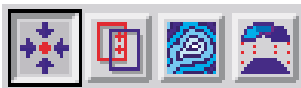
正射写真は、カメラのレンズや地形の標高による歪みを修正するための処理が施されたデジタル画像です。正射写真は地図的な幾何形状を持ち、地理空間解析の基本となる正確な画像として使用できます。

外極(epipolar)画像ペアは、セル・サイズが同じになるように再サンプリングを行って、すべてのステレオ視差が水平方向になるように回転させたものです。

TIN(Triangulated Irregular Network: 不規則三角網)は、一連の三次元ノードをエッジにより接続して三角網を形成したものです。TINは、標高地形の表現に適した高速で効率的なストラクチャです。

5ページの例題ではジオリファレンスについて説明します。6ページでは内部方位について説明します。7～9ページでは相対方位について説明します。10～15ページでは、DEMの抽出について紹介します。16～18ページでは、正射画像の作成と評価について説明します。

ステレオ ~ DEM ~ 正射写真



本書では、航空写真の処理についてのみ説明します。TNTmips では、SPOT 衛星画像のステレオ・ペアからDEMや正射画像を作成する機能もサポートしています。SPOT 処理は、2、3の点が異なりますが本質的には同じです。詳細は『TNTリファレンスマニュアル』を参照してください。

重なり合う航空写真にはステレオ情報が含まれており、これをデジタル的に処理することで標高情報を抽出できます。さらにこの標高情報を使用して、画像の中の地形の位置を調整し、カメラのレンズや地形の標高による系統的な歪みを修正することができます。未修正の航空写真では、よりカメラに近い位置にある高い地形は大きくなり過ぎ、写真の中心から離れる方向に傾いているように見えます。カメラによる傾きを修正した後、デジタル的な正射写真技術を使用して、地形の標高と写真の中心からの距離に従って地形の位置を内側に調整しサイズを小さくします。

したがって、ステレオ航空写真のペアがある場合は、重合部分のDEMと正射画像を作成することができます。同様に、すでにDEMと航空写真がある場合も正射画像を作成できます。もちろん、調査区域に関するDEMだけがあればよい場合は、正射画像には関係なくステレオ航空写真のペアからDEMを作成できます。

ステレオとして重なる部分を含む、ジオリファレンス処理された航空写真のペア

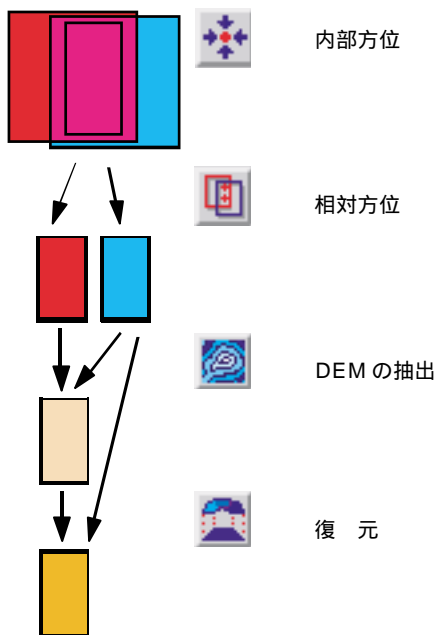
少数の一連の方位タイポイント

抽出された重合部分を含み、外極(epipolar)方位を持つように処理された左右のペア

多数の一連の視差タイポイント

左右の外極(epipolar)ペアから抽出されたTINとDEM

DEMとジオリファレンス処理された任意の画像から作成された正射画像



必ず、サンプルデータの読み書き用のコピーをハードディスク・ドライブ上に作成してください。CD-ROMの読み込み専用のサンプルデータを直接使用してこれらの例題を実行することはできません。

事前ジオリファレンス

DEM抽出処理と正射画像処理を開く前に、適当なジオリファレンスを確立して、入力する航空写真を準備する必要があります(Edit / Georeference(編集 / ジオリファレンス))。ジオリファレンス・コントロールがなくても相対標高値を抽出することはできますが、DEMの中に実際の標高値が欲しい場合や、正射画像を作成したい場合は、正確な地図座標と標高値を与える必要があります。

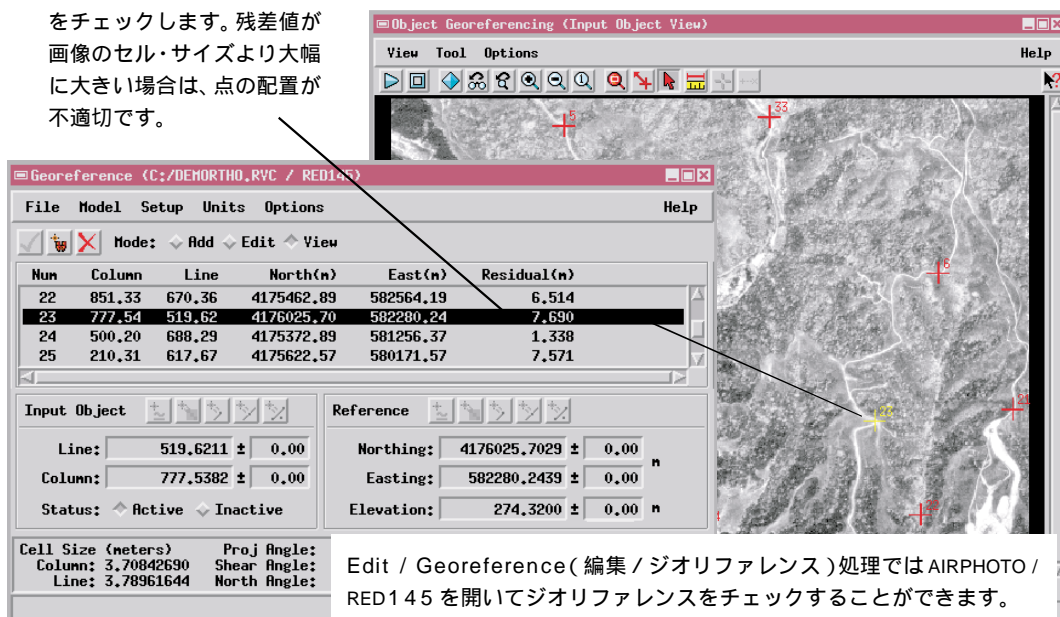
地図座標を入力するときは、必ず各ジオリファレンス点ごとに標高値を入力してください。特に、画像の中の高い地形と低い地形に対して標高コントロール点を入力してください。標高が5,000メートルの山頂がある場合、推定地図座標を使用しなければならないとしても、その山頂にジオリファレンス点を置いてください(既知の座標の標高の低いコントロール点で山を囲み、さらに Estimate Coordinates(座標を推定)ボタンを使用して山頂に点を置き、山頂の既知の標高値を入力します)。

ジオリファレンス処理については、『TNTmips リファレンスマニュアル』や『TNT入門：TNTmips によるジオリファレンス処理』が参考になります。

次のような点を考えてみてください。ジオリファレンス・コントロール用の1:24,000のトポマップ(topo map)に対してx-yデジタイザを使用する場合、印刷される地図上の1mmは地上では24mになります。したがって、デジタイザでクリックした位置が1mmずれており、航空写真のセル・サイズが3m~4mの間である場合、地図コントロールの精度は6~8ピクセルにしかありません(印刷される地図の精度規格を考慮すれば精度はさらに悪くなります)。

すべてのジオリファレンス点には、対応する標高値が存在しなければなりません。特に、画像内の標高が極端に高い部分と低い部分にジオリファレンス点を置いてください。

ジオリファレンス点の精度をチェックします。残差値が画像のセル・サイズより大幅に大きい場合は、点の配置が不適切です。



The screenshot shows the 'Georeference' window with a table of control points and a map view. The table lists points 22 through 25 with their respective coordinates and residual values. The map view shows an aerial photograph with several red crosshair markers representing control points. A yellow marker is also visible on the map.

Nun	Column	Line	North(n)	East(n)	Residual(n)
22	851.33	670.36	4175462.89	582564.19	6.514
23	777.54	519.62	4176025.70	582280.24	7.690
24	500.20	688.29	4175372.89	581256.37	1.338
25	210.31	617.67	4175622.57	580171.57	7.571

Input Object: Line: 519,6211 ± 0,00; Column: 777,5382 ± 0,00; Status: Active

Reference: Northing: 4176025,7029 ± 0,00 n; Easting: 582280,2439 ± 0,00 n; Elevation: 274,3200 ± 0,00 n

Cell Size (meters): Column: 3,70842690; Line: 3,78961644; Proj Angle: ; Shear Angle: ; North Angle: ;

Edit / Georeference(編集 / ジオリファレンス)処理では AIRPHOTO / RED145 を開いてジオリファレンスをチェックすることができます。

内部方位

ステップ

- Photogrammetric Modeling (写真測量モデリング)処理を起動します。
- Interior Orientation (内部方位)モードを選択します。
- 左側の画像用に AIRPHOTO プロジェクト・ファイルの RED145 を選択します。
- 右側の画像用に RED146 を選択します。
- Camera Parameters (カメラ・パラメータ)タブの Focal Length (焦点距離)、Scanner Resolution (スキャナの解像度)、Principal Points (主点)の値をチェックします。

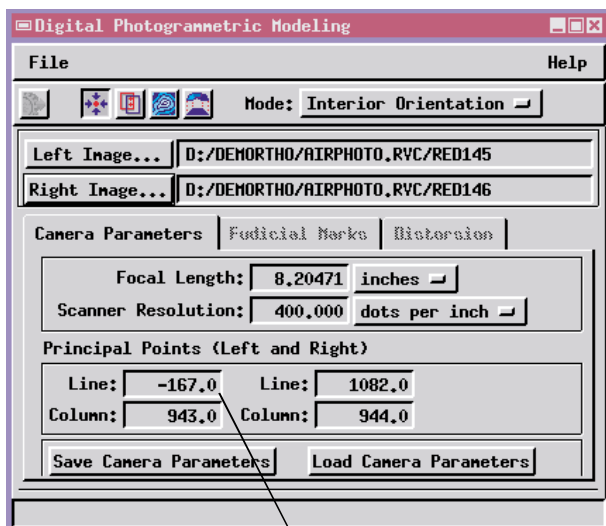
Camera Parameters (カメラ・パラメータ)タブの Focal Length (焦点距離)、Scanner Resolution (スキャナの解像度)、Principal Points (主点)のアドレスを記録します。

DEM 抽出処理と正射画像作成処理には、TNT メニューのパス Process / Raster / Photogrammetric Modeling (処理 / ラスタ / 写真測量モデリング) でアクセスできます。

DEM 処理と正射画像処理に必要な最初の情報を使用して、ジオリファレンス処理された入力航空写真の内部方位が確立されます。この処理では、次の点がわかっていることが必要です。

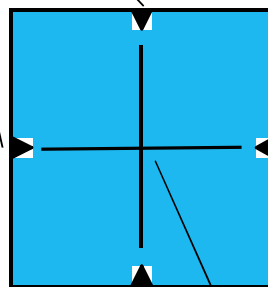
- 画像の収集に使用されたカメラ・レンズの焦点距離
- 写真をデジタル化するのに使用されたスキャナの解像度
- 主点のセル・アドレス

完全な航空写真に対して Display / Spatial Data (表示 / 空間データ) を使用して航空写真をチェックし、各基準マークのセル・アドレスを調べ、さらに Principal Point (主点) のアドレスを計算します。(基準マークがエッジ部にある場合、Principal Point (主点) の列アドレスは上下の基準マークの列アドレスの中間の値になり、Principal Point の行アドレスは左右の基準マークの行アドレスの中間の値になります。)



このサンプルデータは完全な航空写真から切り取られていますので、主点の座標にはラスタの範囲外の位置が反映されます。

基準マークは、航空写真のエッジ部や隅の内側にピンホールとして表示されます。

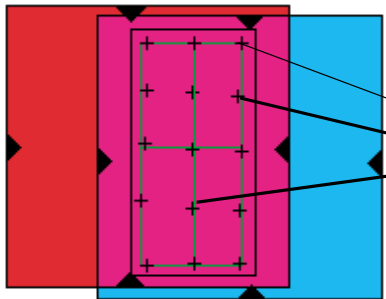


Principal Point (主点) は、向かい合う基準マークを結ぶ線が交差するセルのアドレスです。

相対方位用のタイポイント

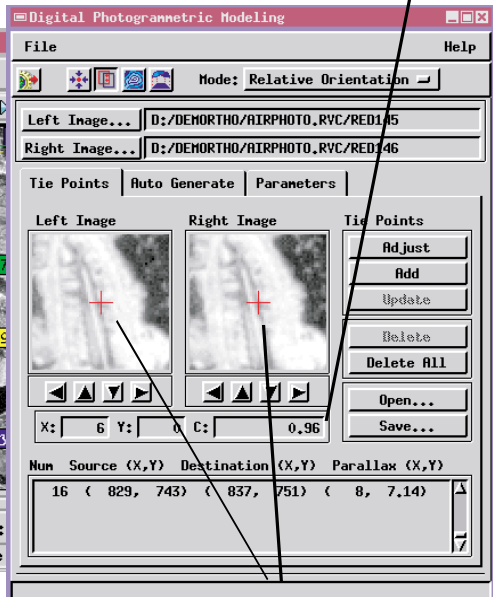
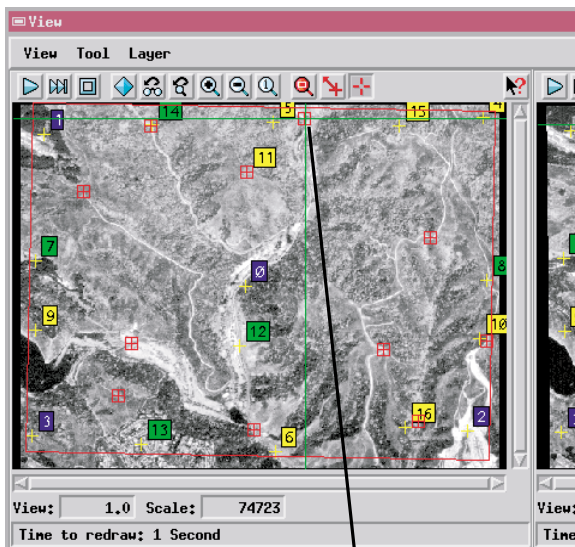
立体モデリング処理では2つの段階でタイポイントを入力します。最初に、航空写真上に少数の一連の方位タイポイントを手動で入力し、Relative Orientation (相対方位) 処理用の情報を与えます。その後、自動的な方法と手動的な方法の組合せを使用して、はるかに多数の一連の視差タイポイントを Left と Right の外極 (epipolar) 画像上に生成します。

方位タイポイントを配置する目的は、航空写真の重合部分の長方形の範囲と共通の方位を設定することにあります。重合部分の隅やエッジの内側および中央線上の共通の地形上にタイポイントを配置します。



ステレオ重合部分の隅やエッジの内側および中央線上の共通の地形上に方位タイポイントを配置します。

緑色のラベルは相関の高い点を示します。黄色のラベルはこれより相関の低い点を示し、青はこのの中では最も相関の低い点を示します。



ステップ

- Relative Orientation (相対方位) モードを選択します。
- Tie Points タブの [Open...] (開く) をクリックします。
- タイポイントサブオブジェクト ORIENTATION が表示されますので、これを選択します。
- Parameters (パラメータ) タブの Show Georeference Points (ジオリファレンス点を表示) トグルと Color Coded Correlation (カラーコードによる相関) トグルを ON にします。
- View (ビュー) ウィンドウの Redraw (再描画) をクリックします。

相関値は、タイポイントの周囲の隣接部分が 2 つの画像内で統計的にどの程度一致するかを示します。各タイポイントの間に高い相関 (最初は 80% 以上が目標) があり、かつ明らかに同じ地形上に配置されている場合に限り、タイポイントを追加します。

新しいタイポイントを配置するには、(1) View (ビュー) ウィンドウの左側の画像をクリックし、(2) 拡大ウィンドウの十字線の位置を調整し、(3) Add (追加) ボタンをクリックします。

方位タイポイントを調整する

ステップ

- ✓ Parameters (パラメータ) タブの Show Overlap Area (重合部分を表示) を ON にします。
- ✓ 重複ボックスの範囲を広くする場合は、重合ボックスの外側にタイポイントを追加します。
- ✓ Auto Generate (自動生成) タブの [Adjust All Tiepoints] (すべてのタイポイントを調整) をクリックします。
- ✓ 必要ならばタイポイントの位置を調整します。
- ✓ [Save...] (保存) をクリックして修正したタイポイントサブオブジェクトを保存します。

ジオリファレンス処理された航空写真上に入力する方位タイポイントを使用して LEFT と RIGHT の外極 (epipolar) 画像が生成されます。これらの画像は、この後のすべての作業の基礎になります。できる限り最高の一連の点が得られるよう、方位タイポイントを慎重に評価してください。

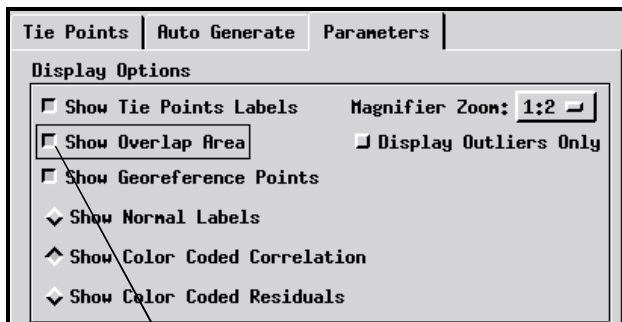
まず、点と、重合部分をマークする赤いボックスの位置をチェックします (Parameters (パラメータ) タブ / Show Overlap Area (重合部分を表示) トグル)

- 画像の中に含めたい部分がボックスに含まれていない場合は、含めたいが含まれていない部分にタイポイントを置いてボックスを拡大します。
- ボックスが歪んでおり角が直角でなく長方形になっていない場合は、リストに含まれる各タイポイントをチェックします。恐らく1つまたは複数のタイポイントが一致していません。

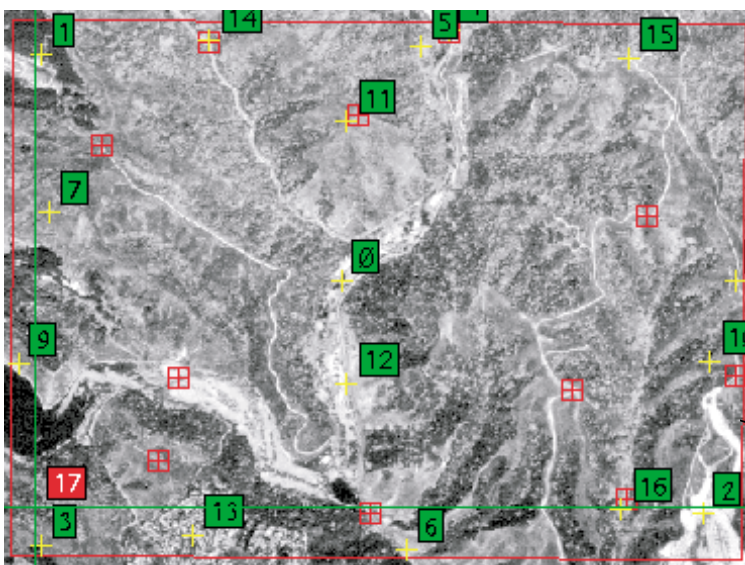
Auto Generate (自動生成) タブの Adjust All Tiepoints (すべてのタイポイントを調整) を使用し、各方位タイポイントを調整することで相関を

改善する方法を処理の中で自動的に捜させるようにします。

この処理でタイポイントの位置が調整されたら、相関値をもう一度見てみます。まだタイポイントの相関値が低い場合は、手動でタイポイントの位置を編集してから自動調整手順を繰り返します。



Parameters (パラメータ) の Show Overlap Area (重合部分を表示) を ON にします。



赤い重合部分ボックスが歪んでおらず、角が直角になっていなければなりません。


相対方位用の処理

一連の適切な方位タイポイントが得られれば、Relative Orientation(相対方位)処理の実行準備は完了です。処理したい部分の外辺部の周囲にタイポイントがあるか、重合部分のボックスの角が直角になっているか、チェックしてください。続いてRun(実行)アイコン・ボタンをクリックします。

Relative Orientation(相対方位)処理では、元の航空写真からラスタ・ペアを抽出します。新しいペアLEFTとRIGHTが同じセル・サイズになるように再度サンプリングされ、外極(epipolar)の方位になるように回転されます。

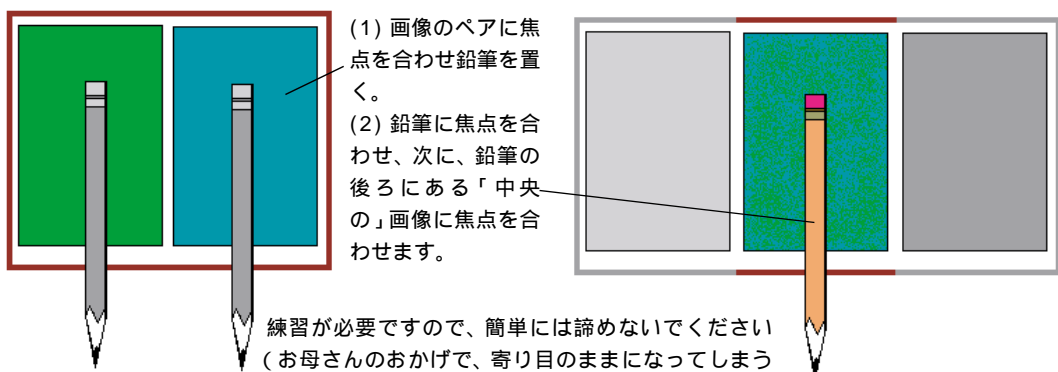
Relative Orientation(相対方位)処理では、入力航空写真が閉じられ、自動的にView(ビュー)ウィンドウの中に新しい外極(epipolar)ペアLEFTとRIGHTが開かれます。さらに、新しい外極ペアが開かれた後、寄り目による立体視ができるように、このペアの向きが設定されます。ユーザは、視差タイポイントを追加(次の例題を参照)することで、寄り目による立体視用のペアを定期的に見て、現場の画像に標高の高い点と低い点が含まれているかを確認することができます。

ステップ

- ✓ タイポイントの分布を  目視チェックします。
- ✓ Run(実行)アイコン・ボタンをクリックします。
- ✓ 画像の縦横比に合わせてビュー・ウィンドウのサイズを変更し、寄り目による立体視で新しい外極(epipolar)ペアLEFTとRIGHTを見えます。

Display / 3D Perspective(表示 / 三次元鳥瞰図)処理では、(この外極ペアのような)ステレオ画像を三次元で見る方法が他にも用意されています。詳しくは『TNT入門:三次元鳥瞰図による視覚化』を参照してください。

人によっては、寄り目による立体視ができにくい場合もありますが、一度わかってしまえば簡単で役に立つ技法です。寄り目による立体視を知らない方は、次のようにしてみてください。(1) 鼻の前の数インチ離れた位置に鉛筆を持ち、20 ~ 25 インチの距離からコンピュータ画面上の左右の外極ステレオ・ペアを見ます。ステレオ・ペアを見ながら、焦点が合わない鉛筆の像が画面の各画像の前の中央に二重に見えるまで、鉛筆を前後に動かします。(2) 次に、もう一度鉛筆に焦点を合わせます。2つのステレオ画像の間に第3の像が見えます(鉛筆のまっすぐ後ろに)。鉛筆に焦点を合わせたまま、「中央の」画像に意識を集中します。目がうまく調整されると画像が三次元に見えますので、邪魔にならない位置に鉛筆をどけます。このトリックは、目の焦点が戻って立体像が動き元の個別の要素に分離しようとする性質に逆行して地形を「中央の」画像に保つためのものです。



DEM 抽出用の視差タイポイント

ステップ

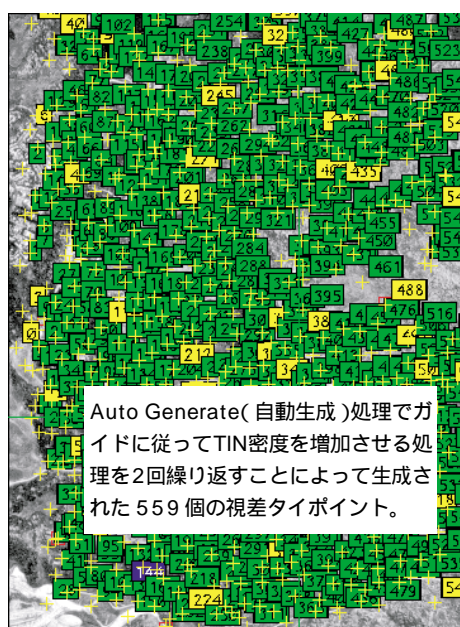
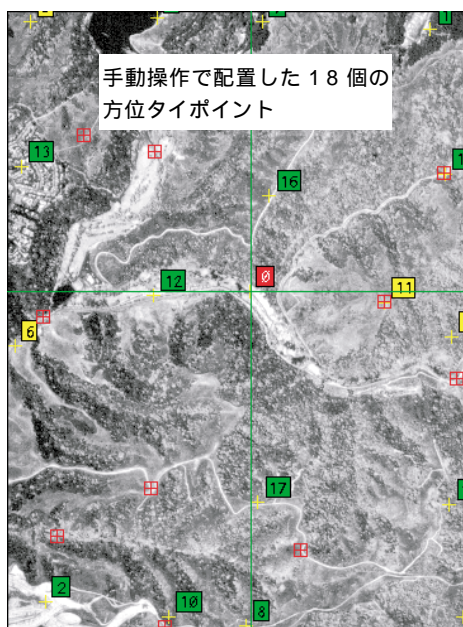
- Show Overlap Area (重合部分を表示) を OFF にします (Parameters タブ) 。
- Tie Points タブの [Open] (開く) をクリックして TIEPOINT サブオブジェクトを選択します。
- Auto Generate (自動生成) タブの [Adjust All Tiepoints] (すべてのタイポイント进行调整) をクリックします。
- 各ジオリファレンス点のできる限り近くにタイポイントを追加します。
- Auto Generate (自動生成) タブの [Auto Generate Tie Points] (タイポイントを自動生成) をクリックします。

場合によっては、相関値を無視するように決めることもあります。たとえば、辺鄙な特徴のない場所にある広い貯水池が両方の写真に明瞭に写っている場合は、1枚の写真に水面での日光の反射があり地形の相関値が非常に低くなっていても、良好なタイポイントができます。

Relative Orientation (相対方位) 処理では、ステレオ重合部分の範囲だけが含まれた画像のペア LEFT、RIGHT が生成されました。この新しいラスタ・オブジェクト LEFT と RIGHT は、DEM 抽出処理用の入力として自動的にロードされます。

DEM 抽出では、Relative Orientation (相対方位) に使用したよりもはるかに多くの一連の視差タイポイントが必要です。航空写真上の方位タイポイントがエッジ部の周囲と中央線の下に規則的なパターンで配置されたのに対し、外極 (epipolar) ペア上の視差タイポイントは画像全体にわたって配置され、谷や尾根のような極端な標高の部分が特に強調されます。

Relative Orientation (相対方位) 処理から送られた一連のタイポイントを開きます (新しいコピーには TIEPOINT という名前が自動的に付けられています)。Tie Points タブの Right Image (右側画像) の拡大表示の下にある相関値を注視しながら、最初はタイポイントの相関が 80 パーセント以上になるように、手動操作で画像全体にタイポイントを追加していきます。



視差タイポイントの反復生成

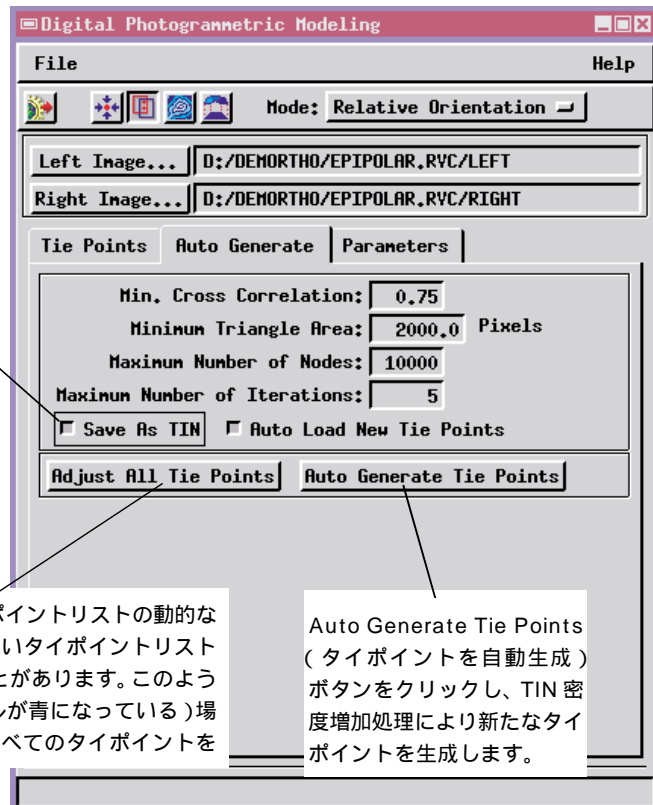
Auto Generate(自動生成)機能では、TIN密度増加アルゴリズムを使用してタイポイントの生成を何度も行うことができます。TIN密度増加処理では、最初の一連のタイポイントから一時的なTINが作成されます。続いてこの処理では両方の画像の各三角形の中央を調べ、相関の高い新しい点がないか局所的に捜します。適切な点が見つかった場合は、この点が視差タイポイントリストに追加され、TINが再構築されます。

Auto Generate(自動生成)タブの Auto Generate Tie Points(タイポイントを自動生成)ボタンをクリックし、新たにタイポイントを生成します。Auto Generate タブの Auto Load new Tie Points(新しいタイポイントを自動的にロード)トグルをOFFにしてない限り、新しいタイポイントが自動的にロードされ、ユーザは、前の一連のタイポイントを保存して新しい点をView(ビュー)ウィンドウに表示するよう選択することができます。次の2つの例題では、新しいタイポイントの分布を調べて点の密度が低い地域を捜し、タイポイントリストのY残差を調べて配置が適切でないタイポイントを判断します。

ステップ

- Parameters(パラメータ)タブの Show Color Coded Residuals(カラーコードによる残差表示)をONにします。
- タイポイントラベルがすべて青である場合は、Auto Generate(自動生成)タブの [Adjust All Tie Points] (すべてのタイポイントを調整) をクリックします。
- [Auto Generate Tie Points] (タイポイントを自動生成) ボタンをクリックし、2回目のタイポイント生成を行います。

Save As Tin(Tinとして保存)トグルが押されているときは、密度増加処理の各繰り返しで使用される一時的なTINを、各実行後にTINオブジェクトとして保存することができます。さらに、Display / 3D Perspective(表示 / 三次元透視)で各TINを表示してその時点での地形の外観を確認することができます。



タイポイントの評価と追加

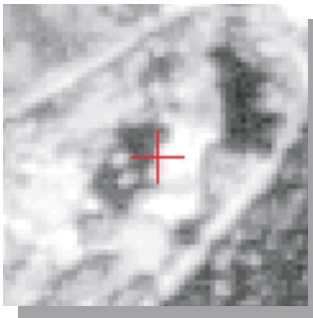
ステップ

- ✓ Parameters (パラメータ) タブの Show Tie Points Labels (タイポイントラベルを表示) を OFF にします。
- ✓ Tie Points (タイポイント) タブを選択し、まばらな部分に手動操作でタイポイントを追加します。
- ✓ Auto Generate (自動生成) タブの [Auto Generate Tie Points] (タイポイントを自動生成) をクリックします。

Auto Generate (自動生成) の各繰り返しの後に、場合によっては新しい視差点が画像のいくつかの部分に集中し他の部分にはないことに気がつくことがあります。これは驚くほどのことではなく、TIN密度増加アルゴリズムが、関連の高い部分を発見して追跡する上では非常に良好に機能し、テクスチャが均一で特徴のない部分に点を追加する上ではそれほど良好に機能しないからです。

視差タイポイントの密度が低い区域で処理が行われず、必要性の高い部分で処理が行われるようにするため、2つの対策を講じることができます。第1に、Minimum Triangle Area (最小三角形領域) の値を大きくして、関連の高い区域にさらに小さい三角形を追加しないようにします。第2に、点がほとんどない部分に手動操作でタイポイントを追加します。新しいタイポイントを追加したことにより、処理の注意がもう一度その区域に強制的に向けられます。

タイポイントを配置する際には、比較的暗い植生区域の明るい岩の露出部や、明るい畑の部分の暗い木など、明暗の境界のはっきりしたパターンを持つ地形を選択します。



それでも処理の中で点を追加するのが難しい部分がいくつか残る場合は、最小相関値 (Min. Cross Correlation) を小さくして、新しいタイポイントの設定が許される基準を低くします。もちろん、最小相互値を小さくし過ぎると、間違っただ視差点ができてしまい、間違っただ DEM 出力となってしまう恐れがあります。

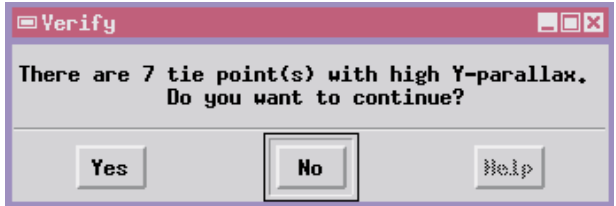
この処理で、対象となる区域でより高い相関が得られやすくするため、手動操作で視差タイポイントを追加します。

密度が高く相関の高い部分では処理を行わないようにするため、三角形のサイズを大きくします。

Tie Points	Auto Generate	Parameters
Min. Cross Correlation:	0.75	
Minimum Triangle Area:	2000.0	Pixels
Maximum Number of Nodes:	3000	
Maximum Number of Iterations:	5	
<input type="checkbox"/> Save As TIN	<input type="checkbox"/> Auto Load New Tie Points	
Adjust All Tie Points		Auto Generate Tie Points

大きいY 残差を修正する

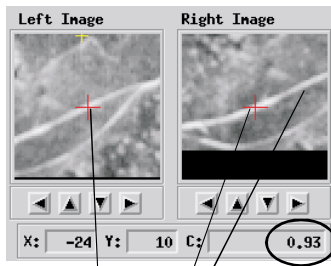
外極(epipolar)ペア Left と Right には、「ステレオ視差がすべてX方向になる」という非常に重要な性質があります。したがって、共通する地形の位置が水平方向でだけ異なるため、左右のステレオ効果が得られます(外極(epipolar)ペアを生成する Relative Orientation (相対方位)処理では垂直な位置誤差がすべて最小になるように処理されます)。その結果、タイポイントリスト内の視差の値をチェックすると、Y方向では視差の値が非常に小さく(セル1個分以下に)なっているはずですが、Y 視差がセル2個分を超えるようなタイポイントがあったとしたら、ほとんどの場合、そのタイポイントは誤って配置されたものです。このような不適切なタイポイントを含む一連のタイポイントに対してDEM Extraction(DEM抽出)処理を実行しようとした場合は、上図のような Verify(確認)ダイアログボックスが現れ、問題があることを警告してきます。タイポイントリストの中に Y 視差の大きい点が含まれている場合は、DEM Extraction 処理を実行しないでください。リストから不適切な点を1つずつ選択して再配置してから Update(更新)ボタンをクリックし、タイポイントリストの新しい視差の値をチェックして、点が正しく配置されたか確認してください。



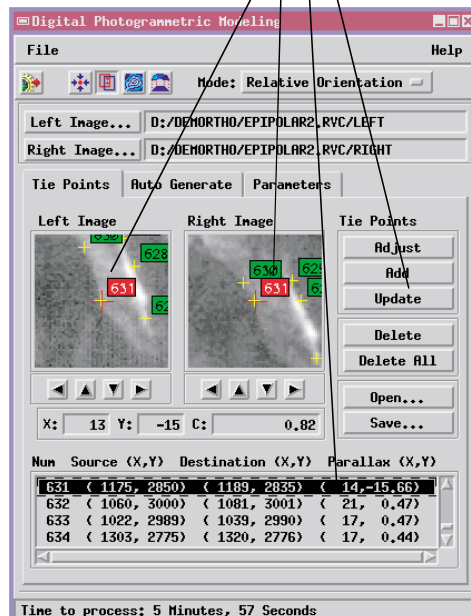
ステップ

- タイポイントリストをスクロールして残差の大きいタイポイントを選択します。
- 手動操作で位置を修正します。
- [Update] 更新)をクリックします。
- 残差の大きい次のタイポイントを捜します。

Y残差の大きい点を選択して位置を調整し、[Update] 更新)をクリックして修正する必要があります。



相関が93%ということは通常、適切なタイポイントであることを示しますが、特徴のない背景上にあるこの斜めの道路は、「相関が高いことが必ずしも地形の一致を意味するわけではない」ことを示しています。



TIN と DEM を作成する

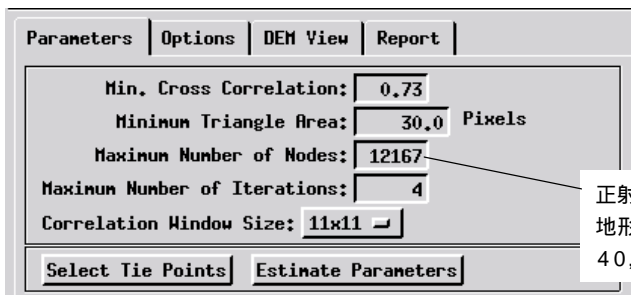
ステップ

- ✓ Display / 3D Perspective(表示 / 三次元鳥瞰図)でいずれかのタイポイント TIN(または DEM_TIN / TIEPOINT_TIN)を表示します。
- ✓ DEM Extraction(DEM 抽出)モードを選択します。
- ✓ [Estimate Parameters](パラメータを評価)をクリックします。
- ✓ Options(オプション)タブの [Save Result As TIN](結果を TIN として保存)をクリックします。
- ✓ Options(オプション)タブで、Output Data Type(出力データ・タイプ)として 16 ビット符号付き整数を選択します。
- ✓ Run(実行)アイコン・ボタンをクリックし、新しい出力用ファイルを作成します。

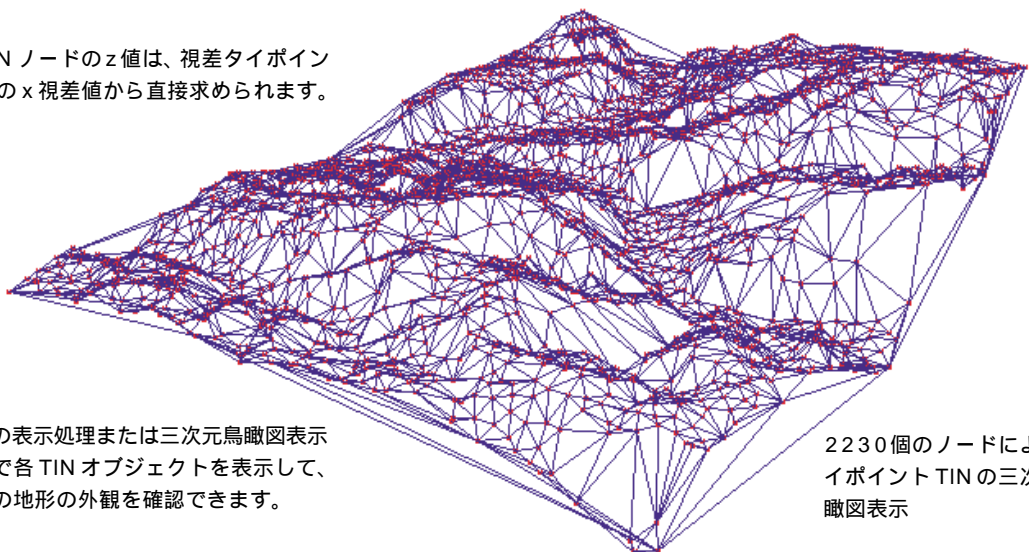
数百個のタイポイントができれば、DEM Extraction(DEM 抽出)処理の実行準備は完了です。その前に、3D Perspective(三次元鳥瞰図)表示処理を使用して標高面(Auto Generate(自動生成)タブの Save As TIN(TIN として保存)トグルで作成されたもの、11 ページ参照)の最新の TIN 表現を確認することができます。地形内に明らかな問題点がある場合は、12、13 ページに戻って関連するタイポイントを修正します。

DEM Extraction(DEM 抽出)モードを選択して DEM 抽出処理を行います。この処理で、現在のタイポイントリストから妥当な処理制御値が抽出されるように、Parameters(パラメータ)タブの [Estimate Parameters](パラメータを評価)をクリックします。Options(オプション)タブを選択し、Save Result as TIN(結果を TIN として保存)トグルを ON にし、Output Data Type(出力データ・タイプ)を 16 ビット符号付きに変更します。

Run(実行)アイコン・ボタンをクリックし、処理が終わったら DEM View(DEM ビュー)タブで結果を確認します。



TIN ノードの z 値は、視差タイポイントの x 視差値から直接求められます。



通常の表示処理または三次元鳥瞰図表示処理で各 TIN オブジェクトを表示して、現在の地形の外観を確認できます。

2230 個のノードによるタイポイント TIN の三次元鳥瞰図表示

DEM を評価する

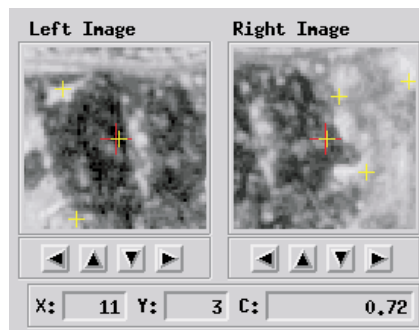
ここで一連の作業を一休みしてDEM を評価します。復元処理では、DEM を使用して、正射画像を得るには各ピクセルをどの程度移動すればよいかを判断します。これだけを考えれば良いのであれば、あいまいな低解像度DEM よりも、局部的にシャープな細部があるDEM の方が優れているとは言えません。地形内の最も高い点が実際の標高にどれだけ近いかということの方が、局部的に細部がシャープであることよりも重要です。1000フィートの山の尾根が800フィートの標高値だけで表されていると、正射画像の結果に影響が現れます(主要点から遠ざかるほど悪影響が大きくなります)。これに対し、排水路の樹木状の詳細を示す局所的な細部があるかどうかは、正射画像に対しては大きな影響を与えません(別の理由で局所的な標高の詳細を知りたい場合はありますが)。

Examine / Raw Data(チェック/生データ)を使用して、谷や尾根などDEM内のいくつかの点における既知の標高点をチェックします。標高ラスタのセル値が、既知の標高値に近い値になっていなければなりません。

これらの例題で生成されるDEMから得られる正射画像は、最大10~15ピクセルの補正を示します。DEMの局部がこれより詳細であっても、正射画像は改善されません。

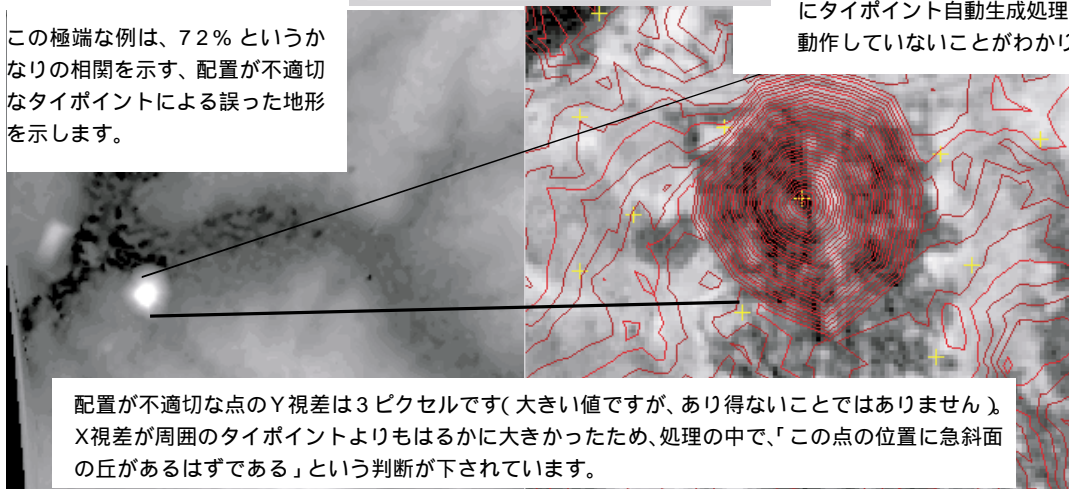
ステップ

- DEM View(DEM表示)タブを選択します。
- DEM 全体を目視チェックします。
- 標準表示処理の Examine / Raw Data(チェック/生データ)を使用して、セル値を既知の標高と比較します。
- 地形の異常な部分に対応する配置が不適切なタイポイントを修正し、DEM抽出処理を再実行します。



この極端な例は、7.2% というかなりの相関を示す、配置が不適切なタイポイントによる誤った地形を示します。

タイポイント拡大表示では、タイポイントの配置が不適切であること、および明暗の画像パターンが似ているためにタイポイント自動生成処理が正しく動作していないことがわかります。



配置が不適切な点のY視差は3ピクセルです(大きい値ですが、あり得ないことはありません)。X視差が周囲のタイポイントよりもはるかに大きかったため、処理の中で、「この点の位置に急斜面の丘があるはずである」という判断が下されています。

復元

ステップ

- Orthorectification (正射投影作成) モードを選択します。
- 写真とDEM入力ラスター・オブジェクトを選択します。
- この処理で使用可能な方位が抽出されたら、[Run] (実行) をクリックして正射画像を作成します。

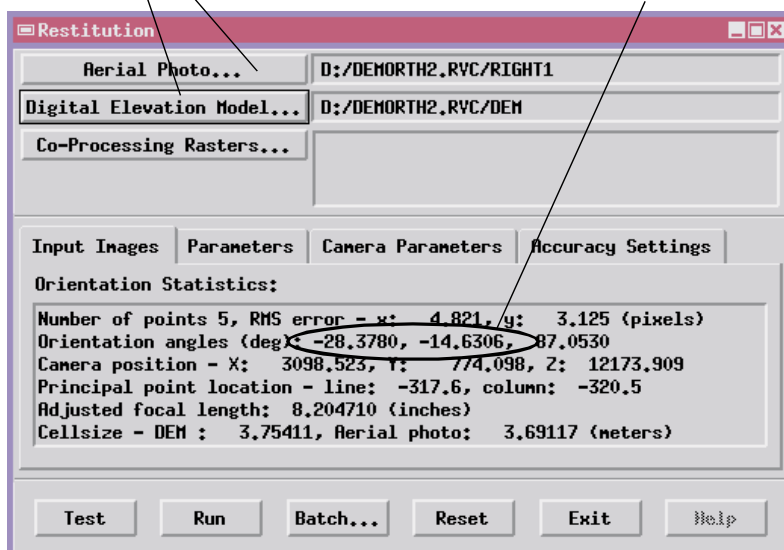
問題点がありますか？ 次のような点を考えてみてください。ジオリファレンス・コントロール用の 1 : 24,000 のトポマップ (topo map) を使用する場合、印刷される地図上の 1mm は地上では 24m になります。したがって、ジオリファレンスの際のデジタイザによるクリック位置が 1mm ずれており、航空写真のセル・サイズが 3m ~ 4m の間である場合、元のコントロールの精度は 6 ~ 8 ピクセルにしかありません (印刷される地図の精度規格を考慮すれば精度はさらに悪くなります)。

満足できるDEMが得られたら、左右の外極 (epipolar) 画像のいずれかまたは両方にこのDEMを適用して正射画像を作成することができます。Orthorectification (正射投影作成) モードを選択します。

復元処理は、画像に関連するジオリファレンスと方位制御に非常に敏感に反応します。この処理では、入力用の航空写真とDEMを選択すると、抽出されたカメラ方位統計データが表示されます。ジオリファレンス・コントロールの中にわずかの誤差しかなくても、入力オブジェクトが使えなくなる場合があります。特に、Orientation (方位) 角を確認してください。カメラはほとんどまっすぐ下を向いていることになっていますので、方位角の最初の2つの値は0、0に近いはずですが (第3の角度は重要ではありません)。

入力航空写真とDEMを選択します。

この例では、計算された最初の2つのカメラ回転角が理想的な0、0 (「まっすぐ下」) の向きから大きくずれているため、これ以降の処理ができません。



重合部分をDEMと共有するジオリファレンス処理された航空写真ならば、どれでも使用することができます。外極 (epipolar) 画像のどちらも使用できない場合は、新しいジオリファレンス・コントロール (5ページを参照) を作成するか、サンプルデータのAIRPHOTO / RED146をDEM_TIN / DEMとともに使用してみることもできます。

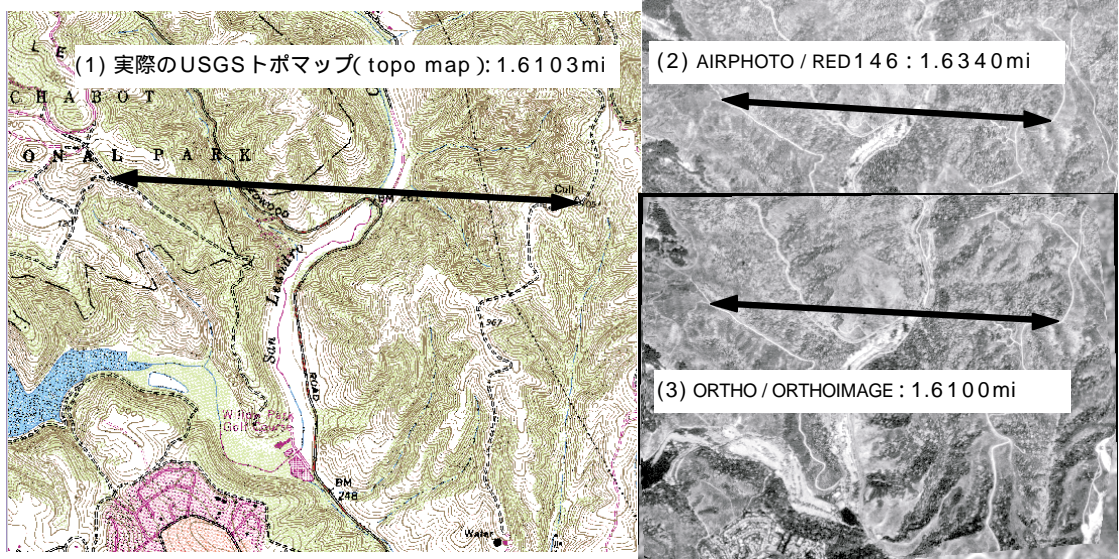
正射画像を評価する

いかなる地図製品でも、あらゆる点で完全に正確であることは不可能であるため、必ず何らかの評価を行って正射画像の精度特性を把握しておく必要があります。使用可能な基準コントロールの種類により、どのような評価を行えるかが決まります。表示処理におけるカーソル位置に対して報告される正射画像の座標を、立体視モデリング処理で入力コントロールとして使用されなかった多くの正確な調査点の座標と比較できれば理想的です。

このようなチェック用の制御値がない場合は、航空写真や正射画像上のいくつかのサンプル測定値を、正確なソースの既知の距離と比較することもできます。正射画像の測定値が航空写真の測定値より一貫して良好な場合は、正射画像の形状の方が未修正の航空写真の形状よりも優れていると判断するのが妥当です。

ジオリファレンス・コントロールの精度と分布、入力画像の品質、予定している出力ラスター・オブジェクトの使用方法を考慮して、合理的な予測基準と評価基準を採用してください。

正射画像を評価するために3つの画像に対して試験測定を行った様子。



また、あらゆる試験測定値が比較されたわけではありませんが、ORTHOIMAGE(正射画像)の測定値はすべて、RED 146の値よりもトポマップの値に近くなっています。

何が悪かったのか？

DEM や正射画像処理では、プロジェクト・データ用の正確なデジタル的に修正された画像ベースが確実に得られるため、TNTmipsのユーザの多くは、これらの処理に興味を引かれます。写真測量の専門家が準備した正射画像はあまりにも高価な場合があるため、TNTmips のDEM や正射画像の機能は割安に見えます。

本当に品質が良すぎるように思われます。残念ながら、多くの初心者ユーザにとっては実際に品質が良すぎます。MicroImages では、DEM や正射画像を作成するための、信頼性の高い役に立つツールを提供してきていますが、最高のツールといえども、データや基準コントロールの品質の悪さを補償することはできません。

新しいユーザからMicroImagesの技術サポートにお問い合わせがある場合、問題の原因は次のような点にあります。

新しいユーザから質問される問題の多くは、TNTmipsソフトウェアではなく、デジタル写真測量技術に関するものです。MicroImages ではTNTmipsに関するユーザの質問にはお答えできますが、当社のソフトウェア・サポート・エンジニアが大学の写真測量課程の内容をお教えることはできません。

- ソース画像の品質が悪い：粒状の、解像度の低い画像や、視差が小さ過ぎる画像、コントラストや明るさが極端に違う画像（多分、異なる日付または異なる状況下で収録されたもの）。
- ジオリファレンス・コントロールの品質が悪い：コントロール点の残差が画像のセル・サイズの何倍も大きい場合や、標高の高い地形にコントロール点がない場合。
- タイポイントの相関が低い：写真の中に、人間の目でも立体視用のステレオ情報が少な過ぎることがわかるほど特徴のない広い区域がある場合、このような区域内には有効なタイポイントを配置できません。
- DEM 抽出を行うにはタイポイントが少な過ぎる：DEM の結果が、むらのある、解像度の低いものになってしまいます。

ユーザがTNTmips立体視モデリング処理を使用してくれることは嬉しいことです。最初に試してみても印象的な結果が得られなくてもがっかりしないでください。DEM処理や正射写真処理は入力コントロール値の精度に非常に敏感に反応します。デジタル写真測量に関してできることはすべて、大学レベルの教科書で調べればわかります。

よく質問される問題点

DEM 処理や正射処理を使用して、SPOT 画像から精度が 1 フィートまたは 1 m の等高線図を生成できますか？

できません。DEM 処理や正射処理では写真測量技術で開発された概念や、写真から正確な測定を行う技術を使用します。ここで重要なのは、「正確な測定」という言葉です。1 m の結果を得るには、10 m の SPOT 画像では、どのような処理をしたとしてもとにかく粗過ぎます。

あらかじめ注意しておくべき問題のうち最も重要なことは何ですか？

DEM 処理や正射処理の応用で最もよく問題になるのは、「ソース画像とコントロール・データから、写真測量技術では不可能なほどの良好な結果が得られると期待してしまう」ことです。第 2 の問題は、地上のコントロール点とタイポイントが不正確なことです。

今後のバージョンの立体視モデリングには、どのような機能を計画していますか？

入力航空写真の基準マークの位置を捜したり測定して主点の位置を計算するための、視覚的な準対話的インタフェースが追加される予定です。この他に、カメラの較正データに基づいて入力画像から歪みを除去する機能も予定しています。また、Level 1 SPOT 画像に対して事前に幾何学的補正を行う機能も計画しています。

私のプロジェクトに対して特別なサポートを受けることができますか？

無理のない範囲で可能です。MicrolImages のソフトウェア・エンジニアとサポート・スペシャリストはあらゆるユーザに対して定期的なサポートを行っています。DEM 処理や正射処理は複雑であり、正しく適用するのは簡単ではありません。注目すべき、MicrolImages のあるユーザは、この処理のいくつかのバージョンを続けて使用してきており、水中の考古学の現場のビデオ・フレームから "DEM" やモザイク状の正射画像を生成するという印象的な成果を実現しました。

私の DEM はぼやけており、良好な細部が得られません。それでも使いものになりますか？

用途によります。使用可能な正射写真、三次元ビュー、低空飛行を準備する上で、DEM の細部は重要ではありません。このような用途では、DEM 内の標高が極端に高い部分が実際の値に近い限り、ぼやけた DEM でも十分です。ただし、DEM の中の正確な詳細は、地形学（排水経路や分水界の抽出など）、GIS（Z 座標の割り付けとビュー・シェッドなど）、工学（切土、盛土解析や重力流システムなど）にとってはより重要です。したがって、地形上のシャープな詳細が必要な用途の場合は、視差タイポイントの数を増やしてください。得られるタイポイントの数が多いほど、地形形状の局所的な詳細が得られます（もちろん処理時間は長くなり、場合によっては収穫遅減点に達してしまうこともあります）。

地理空間解析のための先進的ソフトウェア

マイクロイメージズ社は、地理空間データの視覚化、解析、出版の高度な処理を行う、専門家向けソフトウェアを提供しています。製品に関する詳細は、マイクロイメージズ社にお問い合わせになるか、ウェブ・サイトにアクセスしてください。

- TNTmips** TNTmips は、GIS、画像解析、CAD、TIN、デスクトップマッピング、地理空間データベース管理機能を統合した専門家のためのシステムです。
- TNTedit** TNTedit はベクタ、画像、CAD、TIN、リレーショナルデータベース・オブジェクトから構成されるプロジェクトデータを生成、ジオリファレンス、編集するための、専門家のための対話的ツールを提供します。
- TNTview** TNTview には、複雑な地理空間データの視覚化と解釈を行うための強力な表示機能があります。TNTmips の演算処理機能や加工機能を必要としないユーザに最適です。
- TNTatlas** TNTatlas を使用すると、自分で作成した空間プロジェクトデータを CD-ROM にプレスして、低コストで出版や配布ができます。TNTatlas の CD には、さまざまなバージョンの TNTatlas を入れることができますので、1枚のCDで、複数のコンピュータに対応できます。
- TNTlite** TNTlite は、学生や小規模プロジェクトを行う専門家向けの無料バージョンです。インターネット接続ができる場合は、マイクロイメージズ社のウェブ・サイトから、TNTlite の最新バージョン(約100MB)をダウンロードできます。ダウンロードするのに時間がかかる場合は、TNTlite の入った CD を注文することもできます。マイクロイメージズ社または(株)オープン GIS までお問い合わせください。



MicroImages, Inc.

201 North 8th Street
Lincoln, Nebraska 68508-1347 USA

電話 : (402) 477-9554
FAX : (402) 477-9559
email : info@microimages.com
インターネット : www.microimages.com

[翻訳]



株式会社 オープン GIS

〒130-0001 東京都墨田区吾妻橋 1-19-14 紀伊国屋ビル 7F
Kinokuniya Bld. 7F, 1-19-14 Azumabashi, Sumida-ku, Tokyo 130-0001, JAPAN
TEL(03)3623-2851 FAX(03)3623-3025