

TNT入門

ラスタの組み合わせ演算



TNTmips®

はじめに

本書では、TNTmips[®]で使用可能なラスタの組み合わせ演算の操作について説明しています。これらの操作を使うと、数式や論理式を使用して2個以上のラスタオブジェクトの組み合わせ演算や変換を実行したり、1つのラスタオブジェクトから別の値を計算させることができます。ラスタの組み合わせ演算処理は、ラスタデータの準備、加工、解析において、広範なさまざまな目的に使用できます。

必須基礎知識 本書では、読者が『TNT入門：地理空間データ表示』、および『TNT入門：システムの基本操作』の例題を完了しているものと仮定しています。これらの例題で必須知識と基本的な技法を紹介していますので、本書ではこれらについては説明しません。必要に応じ、これらの冊子やTNTmipsリファレンスマニュアルで調べてください。また、これらの例題用の入出力オブジェクトを表示するには、Display Process（表示処理）（メニューではDisplay / Spatial Data（表示／空間データ））を使用してください。

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、マイクロイメージ社のホームページからデータをダウンロードできます。本書では特に、COMBRASTデータ集のサンプルファイルを使用します。

その他の資料 本書では、ラスタ画像の組み合わせ演算について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。ラスタの組み合わせ演算について70ページ以上にわたって説明しています。

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。本書では、どちらのバージョンも「TNTmips」と呼ぶことにします。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限され、エクスポートができません。

TNTviewとTNTatlasではラスタの組み合わせ処理を使用できません。TNTliteでは、添付されたサンプルの地理データを使用してすべての例題を完全に実行することができます。

Randall B. Smith博士、2001年9月17日

一部のイラストでは、カラー・コピーでないと重要な点がわかりにくい場合があります。マイクロイメージ社のホームページ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、このホームページからは、その他のテーマに関する『TNT入門』シリーズの最新のマニュアルも入手できます。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>

ラスタの組み合わせ演算へようこそ

TNTmipsのラスタの組み合わせ演算（メニューのProcess / Raster / Combine（解析処理／ラスタ／組み合わせ（演算））には、ラスタデータの補正、強調、変換、解析などを行うためのさまざまな強力なツールが用意されています。ほとんどの処理では、**特性が共通**（行と列のサイズ、地理的な範囲、セル・サイズが同じ）な一連のラスタオブジェクトを必要とします。この中の各ラスタオブジェクトは、数式や論理式の中で変数として使用され、セルごとに入力ラスタ値に適用されて、新しい一連の出力ラスタを生成します。その他の処理では、数学関数や論理関数を使用して1つの入力ラスタから新しい値を導き出します。

ラスタの組み合わせ演算の多くは、マルチスペクトル画像（スキャンされたカラー赤外線航空写真、フレーム処理された航空ビデオ、衛星画像）の処理や強調のために作られたものです。本書の例題は、いくつかの、よく使用される処理や解析作業の手順を示すように、いくつかのグループに分けられています。このような作業としては、複数のタイプの指標ラスタの作成、ラスタセットの1つのバンド内の「データ脱落部」の修正、異なる日付で取得された画像の照射条件の違いを修正する処理（画像の正規化）などがあります。これらの作業を実行することで、多くのラスタの組み合わせ演算に慣れていただけるでしょう。

例題では、カリフォルニア州ハンフォード近郊の農地の一連のランドサットTM画像を使用します。1993年4月、6月、10月に撮影された3つの画像はすでにジオリファレンス処理され、同じ投影に対して再サンプリングされ、ラスタサイズと地理範囲が同じになるようにカットされています。



4～7ページの例題では、ラスタの組み合わせ演算の中の一般演算式を取り上げ、指標値を求めることに焦点を当てています。8ページでは、ラスタセットの紹介を下げるための主成分変換について紹介します。9ページでは、多ラスタデータセットの強調のための無相関ストレッチ処理について説明します。10～15ページでは、マルチバンド・セットの1つのラスタにおけるデータ脱落部の修正について説明します。16～18ページでは、異なる時期のデータセットを正規化するための基本手順を示します。



ランドサットTMによる、1993年4月27日のカリフォルニア地域のハンフォードの画像。TMバンド5(中間赤外線)は赤で、TM4(近赤外線)は緑で、TM3(赤)は青で表示されています。植生地域は緑で、植生のない土壌はピンクとマゼンタ(深紅色)で示されています。

パズラジアンズ（経路光）の値を減算する

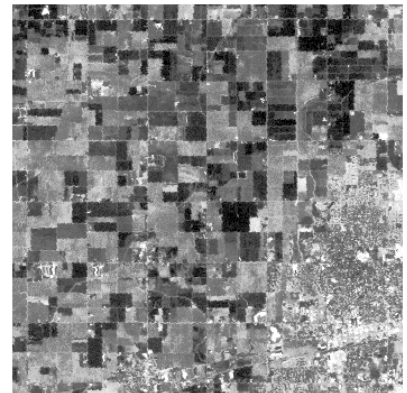
ステップ

- TNTmipsのメインメニューから Process / Raster / Combine / Predefined（解析処理/ラスタ/組み合わせ（演算）/一般演算式）を選択します。
- Raster Combination（ラスタの組み合わせ演算）ウィンドウの Operation（処理）選択ボタンから Scale / Offset（スケール/オフセット）を選択します。
- [Rasters...]（ラスタ）をクリックし、標準の File / Object Selection（ファイル/オブジェクト選択）手順を使用して、HAN_TMプロジェクトファイルの APR_27フォルダから TM1_D27 というラスタオブジェクトを選択します。
- Post-Scale Offset（スケール処理後のオフセット）値を -66（負の値）に設定します。
- [Run...]（実行）をクリックして新しいプロジェクトファイル COMBRASTを作成し、デフォルトの出力ラスタ名をそのまま確定します。

地球表面の衛星画像の研究は通常、さまざまなスペクトルバンドのセンサーで記録された輝度の値を使用して、地表面のさまざまな種類の物質を分離、特定するために行われますが、衛星画像を他の組み合わせ演算で使用する前に、Scale / Offset（スケール/オフセット）処理を使って、各バンドから経路光の値を除去する必要があります。

経路光は、大気中のガス分子や塵により乱反射して衛星のセンサーで検出される光です。散乱光があると、地表から返ってくる輝度信号に加算されてしまいます。散乱光の量は（したがって経路光値も）青い光（TMバンド1）の場合に最も大きく、波長とともに小さくなり、長い方の中間赤外線波長（TMバンド7）ではほとんど無視できる程度になります。また、画像の撮影日が異なる場合も経路光が違ってきます。経路光値のいくつかの計算方法については、Sabins（1997、p.261）と Jensen（1996、p.116）が説明しています。

Scale / Offset（スケール/オフセット）処理を使用すると、ラスタ値に倍率係数を掛けたり、スケール処理の前と後に、個別にオフセット値を加算することができます。経路光値を減算するには、Scale Factor（倍率係数）を1.00に設定し、負のオフセット値を入力します。

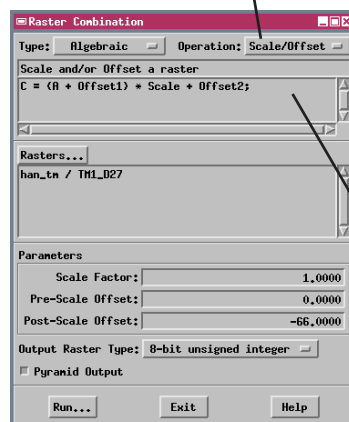


TM1_D27の各セルから66を引いて経路光補正を行った結果。

Operation（処理）選択ボタンから Scale / Offset（スケール/オフセット）を選択します。

ハンフォードの画像用に経路光補正されたバンドは、HAN_PRプロジェクトファイルに入っています。

ラスタの組み合わせ処理ウィンドウは次の例題で使用しますので開いたままにしておいてください。



このテキストフィールドには、処理に使用される数式が表示されます。

バンド比の計算

マルチスペクトル画像用の簡単で非常に有効なラスタの組み合わせ演算が2つのスペクトルバンドの比です。Algebraic / Divide (代数/除算) 処理を使用して、簡単なバンド比画像を作成します。

個々のスペクトルバンドにおいて、地表物質が同じでも場所によって輝度の値が異なることがあります。これは、傾斜角度や傾斜の方向(方位)および付近の地形の影によって照明の当たり方が異なるからです。このような照明による影響は波長に関係なく程度がほぼ同じであるため、1つのバンドを別のバンドで割算すると打ち消される傾向があります。したがってバンド比画像では、地表の物質の固有な特性が強調されます。バンド比画像のグレースケール表示では、最も暗い階調と最も明るい階調は、2つのスペクトルバンドの反射率の差が最も大きい部分を示します。反射率が似ている部分は、中間のグレー階調で表示されます。

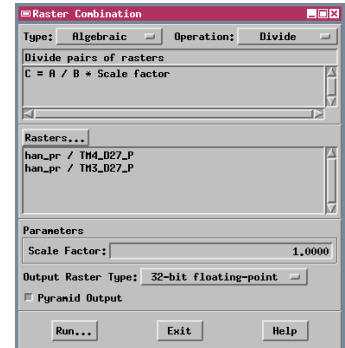
異なるバンドの比の組み合わせをとると、特定のタイプの地表物質が強調されます。赤(TM3)に対する近赤外(TM4)の比は、植生の指標として広く使用されています。緑色の植物の場合は、これらの2つのバンドでの反射率に大きな特徴的な差が見られ、近赤外バンドは明るく、赤のバンドでは暗く表示されます。バンド比4/3の画像では、完全に植物の樹冠で覆われている部分は非常に明るく表示され、背景の土壌に対する、植生で覆われた部分の比率が小さくなるにつれ、比の値は小さくなります。

8ビット入力ラスタの場合、可能な比の出力値の範囲は、1/255から255です(入力値が0の場合は除く)。通常使用可能なマルチスペクトルバンドを使用すると、有用な比の範囲は0.4~15.0となります。正規化せずに、出力値が全範囲の比の値をとれるようにするため、浮動小数点(小数值)のラスタ形式を使用します。

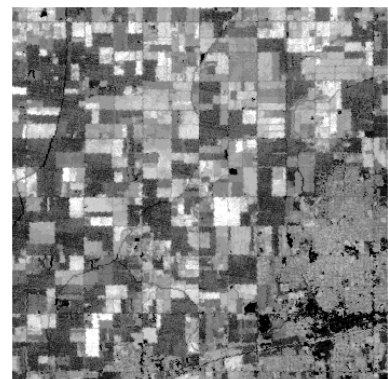
自動正規化によるコントラスト強調で表示された、4月のハンフォードの、バンド比4/3のTM画像。明るい部分は穀物の生育が活発な部分を示します。

ステップ

- Raster Combination (ラスタの組み合わせ演算) ウィンドウの Operation (処理) 選択ボタンから Divide (除算) を選択します。
- [Rasters...] (ラスタ) をクリックして HAN_PR プロジェクトファイルの APR27 フォルダに移動し、A に対してオブジェクト TM4_D27_P を、B に対してオブジェクト TM3_D27_P を選択します。



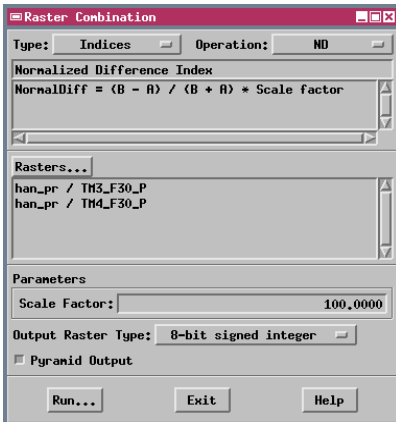
- Output Raster Type (出力ラスタタイプ) 選択ボタンから 32-bit floating-point (32ビット浮動小数点) を選択します。
- [Run...] (実行) をクリックして COMBRAST プロジェクトファイルに出力ラスタを出力します。



正規化された差の指標(NDVI)の計算

ステップ

- Raster Combination (ラスタの組み合わせ演算) ウィンドウの Type (タイプ) 選択ボタンから Indices (指標) を選択します。Operation (処理) 選択ボタンはデフォルトでNDになります。
- [Rasters...] (ラスタ) をクリックしてHAN_PRプロジェクトファイルのJUN30フォルダに移動し、Aに対してオブジェクト TM3_F30_Pを、Bに対してオブジェクトTM4_F30_Pを選択します。
- Scale Factor(倍率係数) 値が100にセットされているかチェックします。
- [Run...] (実行) をクリックしてCOMBRASPプロジェクトファイルに出力ラスタを出力します。



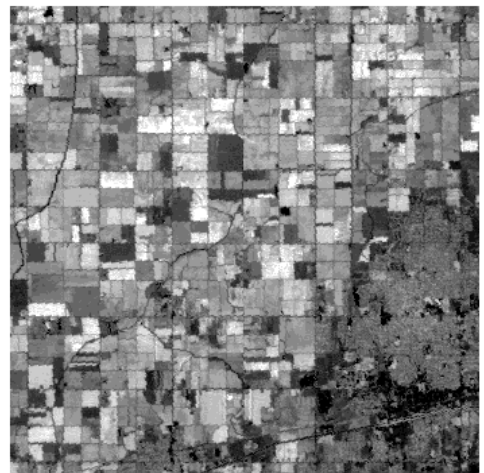
ハンフォードTM画像用の、バンド比4/3のTM画像とNDVI画像は、HAN_INDXXプロジェクトファイルに入っています。

タイプが指標(indices)の一連の処理には、マルチスペクトルデータセットからの地表を覆う植生や土壌の輝度などの生物物理学的特性を抽出するための多くの一般的な処理が含まれています。

単純なバンド比の画像にはいくつかの欠点があります。センサのノイズ(通常は特定のバンドに固有のもの)が比の計算によって強調されてしまいます。また比の計算結果には、小数値(A<Bの場合、A/Bは1より小さい)と、1より大きい値(A>Bの場合)の両方が含まれています。これらの値に一定の倍率係数をかけてデータ範囲が8ビット(0~255)にすると、下側の範囲(A<Bの場合)は圧縮され、上側の範囲は拡大されます。

正規化された差による指標は、このような問題を軽減するための別の比の計算法です。2つのスペクトルバンドの対応するラスタ値の間の差(B-A)を、両者の和(B+A)で割ることによって「正規化」を行います。単純なバンド比の場合と同様、地形による輝度の変動は大幅に除去されます。出力値は-1~+1の範囲で変化しますので、データ範囲は0(B=A)に対して対称になります。この範囲は、8ビット符号付き整数データの範囲(-127~+128)に容易にスケール変換できます。デフォルトの倍率係数100を使用した場合に可能な出力値の範囲は-100~+100になります。

正規化した差による植生指標(NDVI)は緑色の地表植生の指標として広く使用されています。NDVIでは、近赤外チャンネルをBに、赤のチャンネルをAに割り当てます。ランドサットのTMデータの場合は、B=TM4、A=TM3となります。NDVIの値が大きい(より明るい階調)ほど、より多くの緑の植物によって地表が覆われていることを示しています。



1993年6月30日のハンフォードのNDVI画像。明るい階調は穀物の生育が活発な畑を示しています。

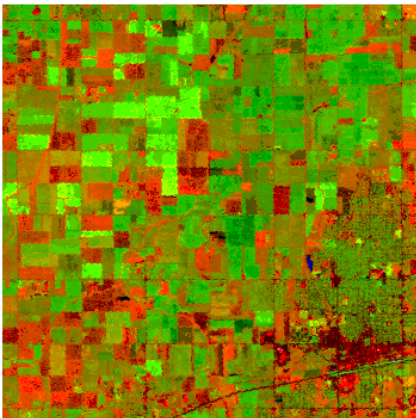
TMタッチセルキャップ指標の計算

NDVIは、地表の実際の生物物理学的特性（緑の植生により覆われている程度）の変動を示すために導出された値です。指標値を導出するための方法としてはこの他に、使用可能な一連のすべてのバンドのスペクトル値を、スペクトル空間内で直交する新しい一連の座標軸に投影する方法があります。新しい軸は、重要な生物物理学的特性にできる限り密接に対応するように選択されます。

6つの非熱的ランドサットTMバンド（1～5および7）用のタッチセルキャップ指標では、3つの指標値、すなわち緑の程度（Greenness; 植生指標）、輝度（土壌輝度指標）、湿度（土壌に含まれる湿気の指標）が計算されます。6つのTMバンドに含まれる土壌と植生の状態の大方の変動がこれらの3つの指標の次元で表わされます。各指標は、入力バンドの重み付き合計（線形結合）としてセルごとに計算されます。計算式は、指標値 = $a \cdot TM1 + b \cdot TM2 + \dots + f \cdot TM7$ となります。重み付け係数 $a \sim f$ は各指標ごとにあらかじめ定義されており、ラスタの組み合わせ演算ウィンドウの数式パネルに表示されます。

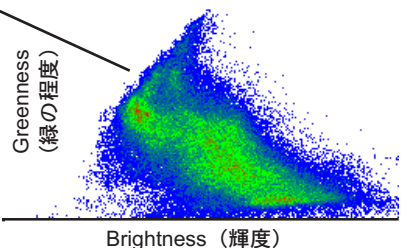
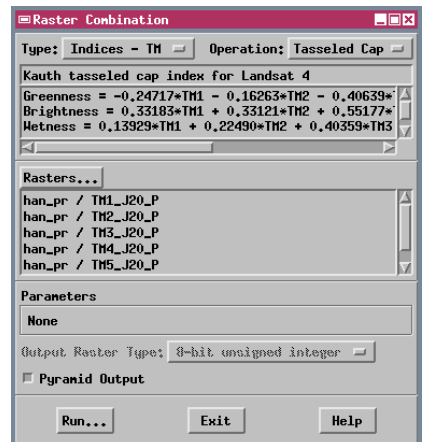
ステップ

- Raster Combination (ラスタの組み合わせ演算) ウィンドウの Type (タイプ) 選択ボタンから Indices(指標) - TM を選択します。Operation (処理) 選択ボタンの初期値は Tasseled Cap (タッチセルキャップ) です。
- [Rasters...] (ラスタ) をクリックして HAN_PR プロジェクトファイルの OCT20 フォルダに移動し、TM1 に対してオブジェクト TM1_J20_P を、TM2 に対してオブジェクト TM2_J20_P を、というように TM7 まで選択します。
- [Run...] (実行) をクリックして COMBRAS プロジェクトファイルに出カラスタ Greenness (緑の程度)、Brightness (輝度)、Wetness (湿度) を出力します。



タッチセルキャップという変換名は、典型的な植生地域について Brightness (輝度) に対して Greenness (緑の程度) をプロットしたときの点の分布の形から付けられたものです。

10月のハンフォード画像のタッチセルキャップ指標ラスタのRGB表示。「輝度」は赤、「緑の程度」は緑、「湿度」は青で表示されています。すべての日付の指標ラスタが、HAN_INDXX プロジェクトファイルに入っています。

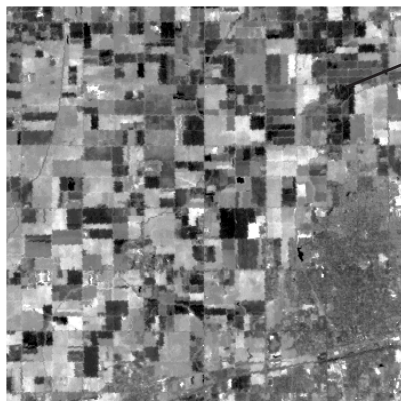
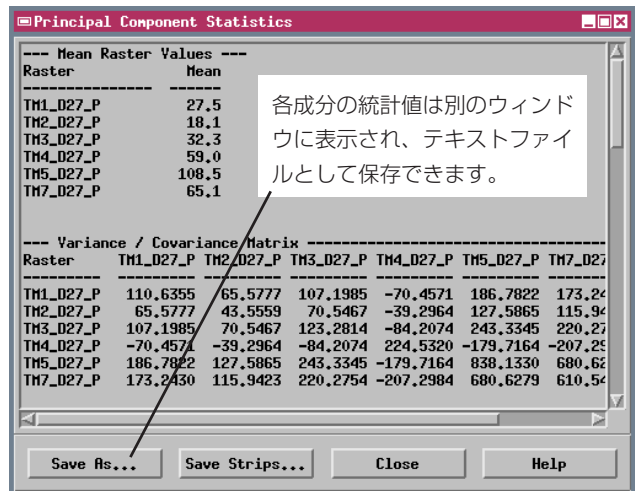
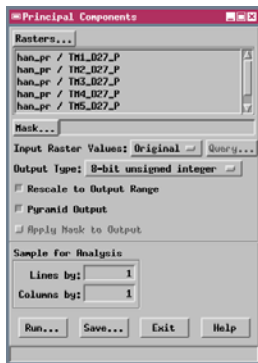


主成分の計算

ステップ

- ☑ TNTmipsのメインメニューから Process / Raster / Combine / Principal Components(解析処理/ラスタ/組み合わせ(演算)/主成分分析) を選択します。
- ☑ Principal Components (主成分分析) ウィンドウから [Rasters...] (ラスタ) をクリックしてHAN_PRプロジェクトファイルのAPR27フォルダに移動し、オブジェクトTM1_D27_P～TM7_D27_Pを選択します。
- ☑ [Run...] (実行) をクリックしてCOMBRASPプロジェクトファイルに6個の主成分ラスタを主力します。
- ☑ [Exit] (終了) を押してPrincipal Components (主成分分析) ウィンドウを閉じます。

一連のスペクトルバンドを変換して少ない数のパラメータを抽出(次元削減)し、判読をしやすくするもう一つの方法が、Principal Components処理(主成分分析)です。タッセルキャップ変換と同様、主成分処理でも一連の各入力ラスタの値を、新しい一連の直交する座標軸に投影します。ただし、主成分変換で使用される係数は入力ラスタの統計的解析によって導き出されます。第1の主成分は、データが最も大きく広がっている方向です(分散)。第2の主成分は、第1の主成分に直交する方向で、2番目に分散の大きい方向です。その他の主成分は、相互に直交する軸の条件により決まります。この処理は、相互に相関のない一連の出力ラスタが生成されます。



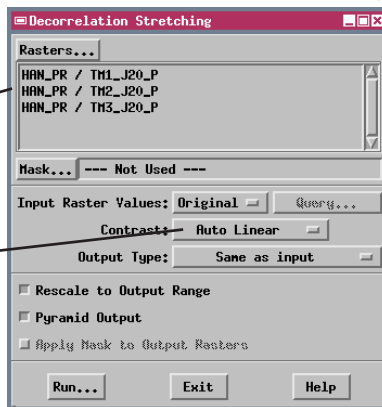
4月のハンフォードのTM画像から得られた第1主成分画像(HAN_PCプロジェクトファイルを参照)。通常のTM画像では、6個の非熱的バンドのスペクトル値の変動の95パーセント以上が、最初の3つの主成分で表現されます。求められたこれらのラスタは、直接判読に利用できるほか、Automatic Classification(自動分類)など他の処理の入力として使用すると、入力ラスタ数が減少したことで処理を大幅に高速化できます。一般的なマルチスペクトル・データセットで次元を減らすことが可能です。これは、類似した地表物質に対して示す応答が、特定のグループのスペクトルバンド(可視光領域など)において高い相関が示すからです。

無相関ストレッチの適用

無相関ストレッチは、ランドサットTMの最初の3つのバンドのように、高い相関を持つラスターデータのカラー表示を強調するための処理です。この処理では、一連の入力バンドに対して主成分変換を実行し、成分に対してコントラストストレッチを適用し、その後元に逆変換します。出力ラスターをRGBで表示する場合、色相と明度は通常、元の画像と同様ですが、彩度は大幅に向上します。この強調を行うと、元のバンドに対して従来のコントラスト強調を行った場合に比べて、地表物質間のスペクトル特性の差が大幅に強調されます。その結果、無相関処理されたラスターセットを使用して地表物質の微妙な違いをより容易に識別することができます。

無相関処理では3つ以上の入力バンドを使用できますが、強調効果が最大になるのは、相関性の高いバンドの場合です。

コントラスト・ストレッチは Contrast (コントラスト) 選択ボタンの複数の手法の中から選択することができます。



ステップ

- TNTmipsのメインメニューから Process / Raster / Combine / Decorrelation (解析処理/ラスター/組み合わせ(演算)/無相関) を選択します。
- Decorrelation Stretching (無相関ストレッチ) ウィンドウで [Rasters...] (ラスター) をクリックして HAN_PR プロジェクトファイルの OCT20 フォルダに移動し、オブジェクト TM1_J20_P から TM3_J20_P を選択します。
- [Run...] (実行) をクリックして COMBRASR プロジェクトファイルに3つの出力要素ラスターを転送します。
- Decorrelation Stretching (無相関ストレッチ) ウィンドウを閉じます。



(それぞれ) 赤、緑、青で表示された10月のハンフォードの画像のバンドTM3、TM2、TM1。画像の色がより自然な感じになっています。



同じバンドの組合せの、無相関ストレッチを行った後の様子。彩度が向上したため、さまざまな穀物(緑)や、さまざまな土壌タイプや状態(オレンジ、赤、茶色、ラベンダーの影)が識別しやすくなっています。

しきい値によるマスクの作成

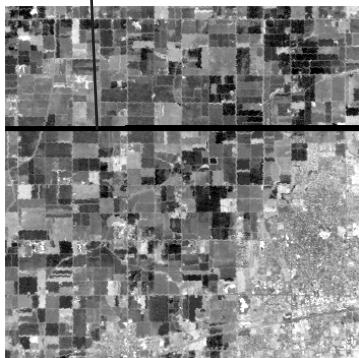
ステップ

- ☑ TNTmipsのメインメニューから Process / Raster / Combine / Predefined (解析処理/ラスター/組み合わせ(演算)/一般演算式) を選択します。
- ☑ Raster Combination (ラスターの組み合わせ演算) ウィンドウの Type (タイプ) 選択ボタンから Logical (論理的) を選択します。
- ☑ [Rasters...] (ラスター) をクリックして HAN_BR プロジェクトファイルからラスターオブジェクト TM2 を選択します。
- ☑ Threshold Value (しきい値) を 2 に変更します。
- ☑ Output White (白の出力) 選択ボタンから Above Threshold (しきい値よりも上) を選択します。
- ☑ [Run...] (実行) をクリックして新しいプロジェクトファイル HAN_BD1 を作成し、出力ラスター名を BD_MASK に変更します。

この例題は、マルチバンドセットの1つのラスター内の「不良データ」の部分を「修正」する作業を説明するための、6つの例題のうちの最初の例題です。センサやデータ伝送動作に不良があると、画像バンドの一部のデータが失われる可能性があります。その場合、ラスター中に間違った値(データ脱落と言う場合もあります)を含む1つまたは複数の行ができます。この例題に合わせて、6月のハンフォードのTMラスターセットのバンドTM2を編集して、この状態を疑似的に作り出しています。

第1段階として、Logical Threshold (論理的しきい値) 処理を使用して、後の処理で脱落部分をマスクするためのバイナリ・ラスターを作成します。マスクのラスター値は、脱落部の各セルに対しては0、その他のすべてのセルに対しては1になるようにします。しきい値処理では、入力ラスターの1つの値を境界として、出力用セルに対して0または1を決定します。しきい値以下のすべての入力セル値に対して値1(白)を出力したり、またはその逆、といったような選択をすることができます。この場合は、脱落値(0と1)と実際のデータの最小値(23)とが数値的にかげ離れていますので、しきい値を2にしておけば必要な分離効果を得ることができます。

データ値が不良な部分を含むラスターオブジェクト TM2 (0と1、黒で表示されています)。

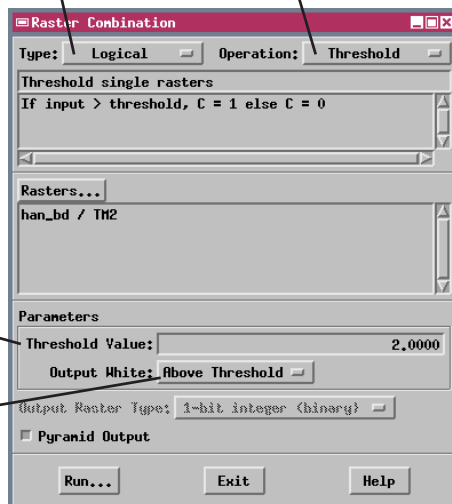


Type (タイプ) 選択ボタンから Logical (論理的) を選択します。

Threshold(しきい値)が、Logical(論理的)の Operation (処理)の初期設定です。

Threshold Value (しきい値) を 2 に変更します。

Output White (白の出力) 選択ボタンから Above Threshold (しきい値よりも上) を選択し、2より大きい入力セル値に対して出力値1を割り当てます。



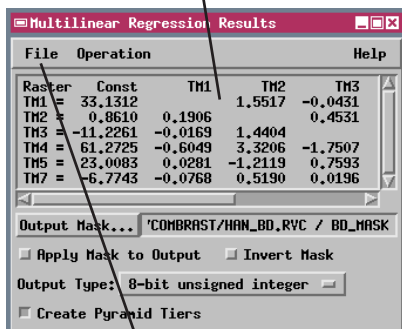
重回帰分析の実行

今度は、Multilinear Regression（重回帰分析）処理を使用して、HAN_BDプロジェクトファイルのTMラスタ間の数学的関係を調べてみましょう。次の例題では、この関係を使用してバンドTM2の脱落部分の値を推定します。

Multilinear Regression（重回帰分析）処理は、一組のラスタに対して一連の線型回帰式を計算します。この解析では、各入力バンドを順番に従属変数として処理し、残りのバンドを独立変数として処理します。結果として得られるそれぞれの式が、従属バンド内で最適なラスタ値を再生するような残りのバンドの一次結合を規定します。推定値と実際の値との間の二乗誤差の和が最小になるように、最適近似が求められます。

回帰関係は、各ラスタ内の実際のデータのみに基づくものでなければなりません。TM2に含まれる間違っ値が計算に悪影響を与えないようにする必要があります。したがって、前の例題で生成されたマスクを使用して、脱落部分を計算から除外します。サイズの大きい一組の入力ラスタの処理を行う場合、セルの部分集合を使用して回帰式を求めるようにすれば処理をスピードアップできます。この部分集合は、行と列の方向におけるサンプリング区間を設定することにより定義されます。

計算値は、Multilinear Regression Results（重回帰分析の結果）ウィンドウに表示されます。

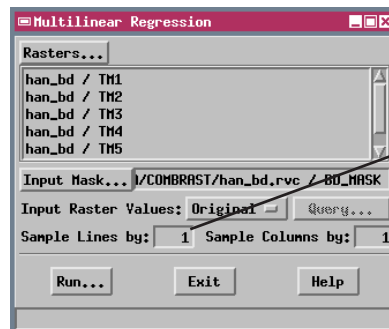


File（ファイル）メニューのOptions（オプション）を使用すると、回帰の結果を配列ファイル（他の処理で使用するため）またはテキスト・ファイルとして保存できます。

各例題の一連の出カラスタは、HAN_BDプロジェクトファイルに入っています。これらのオブジェクトを次のステップの入力に使用するか、ユーザが自分のHAN_BD1出力ファイルに入れたものを使用します。

ステップ

- TNTmipsのメインメニューから Process / Raster / Combine / Multilinear Regression（解析処理 / ラスタ / 組み合わせ（演算） / 重回帰分析）を選択します。
- Multilinear Regression（重回帰分析）ウィンドウから Rasters（ラスタ）ボタンをクリックして HAN_BDプロジェクトファイルのラスタオブジェクトTM1～TM7を選択します。
- [Input Mask]（入力マスク）をクリックし、HAN_BDプロジェクトファイルからBD_MASKオブジェクトを選択します。
- [Run...]（実行）をクリックします。



行と列のサンプリング区間を設定するには、これらのテキストボックスに値を入力します。

Multilinear Regression（重回帰分析）ウィンドウとMultilinear Regression Results（重回帰分析の結果）ウィンドウは、次の例題で使用しますので開いたままにしておいてください。

回帰結果から値を推定

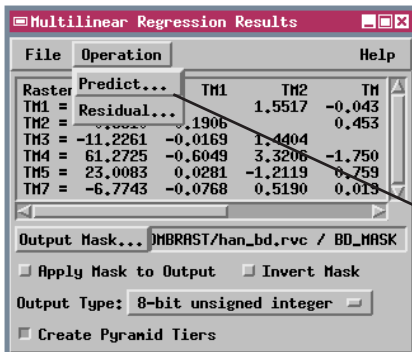
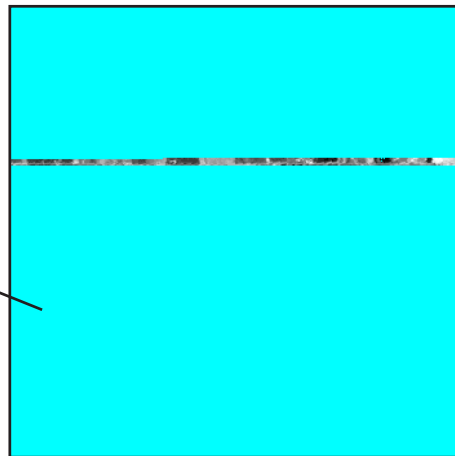
ステップ

- Multilinear Regression Results (重回帰分析の結果) ウィンドウで、Apply Mask to Output (出力にマスクを適用) および Invert Mask (マスクを反転) トグルボタンをONにします。
- Operation (処理) メニューから Predict (推定) を選択します。
- File / Object Selection (ファイル/オブジェクト選択) ウィンドウが開きますので、HAN_BD1 プロジェクトファイルを開き、TM2 に対する矢印ボタンをクリックして TM2 を「推定」出力ラスタとして選択します。
- New Object (新規オブジェクト) ウィンドウでデフォルトのオブジェクト名 (P_TM2) をそのまま確定し、[OK] をクリックします。
- File / Object Selection (ファイル/オブジェクト選択) ウィンドウで [OK] をクリックすると、処理が開始されます。
- 処理が完了したら、Multilinear Regression Results (重回帰分析の結果) ウィンドウの File (ファイル) メニューから Close (閉じる) を選択します。
- Verify (確認) ウィンドウで結果を保存するか聞いてきたら [No] をクリックします。
- Multilinear Regression (重回帰分析) ウィンドウで [Exit] (終了) をクリックします。

回帰関係の計算が済むと、Predict (推定) 処理を使用してラスタ群の中の残りのラスタの値から任意のバンドの値を推定することができます。必要なのは TM2 に対する推定値だけですので、このバンドに対してだけ出力ラスタを設定します。他のラスタの推定値は計算されません。

後で、脱落部分の TM2 の推定値を、画像の残りの部分の実際の TM2 の値と合体する必要があります。推定値が脱落部分のみに割り当てられ、残りの部分には他の既知の値が割り当てられていれば、この合体処理までの作業が簡単になります。このために、Predict (推定) 処理で、推定値の計算の後、不良データ用のマスクを出力ラスタに適用します。マスクは脱落部分のセルに対して値 0、残りのセルに対して値 1 を含みますので、この処理のためにマスクを反転する必要があります。こうすると、脱落部分の推定値に 1 がかけられ、そのまま出力ラスタに渡されます。その他のセルはヌル値の初期値 (255) が割り当てられます。

脱落部分を推定ラスタ値で置き換えた出力ラスタ P_TM2。マスク部分には値 255 が割り当てられていますが、この図では青で表示されています。



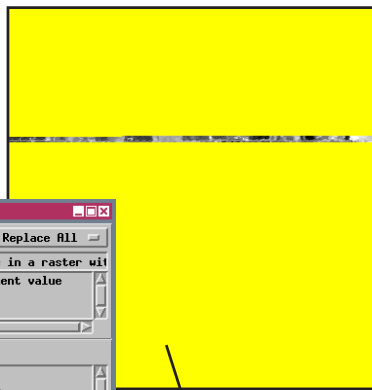
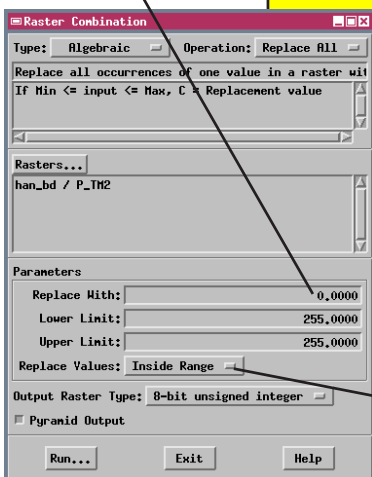
推定される TM2 ラスタを計算するには、Operation (処理) メニューから Predict (推定) を選択します。

Replace All(すべてを置き換え)処理の使用

推定されたラスタと実際のラスタを簡単に合体するには、TM2ラスタ内で実際のデータを持つセルに対して、推定されたラスタ内の値が0になっていた方がいいです。残念ながら Predict (推定) 処理では、これらのセルに値255を割り当てています。Replace All (すべてを置き換え) 処理を使用すると、このような場合に対処することができます。

Replace All (すべてを置き換え) 処理では、1つの入力値またはある範囲の入力値を、指定した他の値と置き換えます。ここでは、入力ラスタ内の値255を値0に置き換えます。ただし255は、前の例題で Predict (推定) 処理により生成されたラスタ内のヌル値として指定されたものです。この値にセットされたセルをこの例題で処理できるようにするには、Project File Maintenance (プロジェクトファイル・メンテナンス) 処理 (Support / Maintenance / Project File (サポート/メンテナンス/プロジェクトファイル)) を使用して、推定したTM2ラスタオブジェクト情報を編集し、Has Null Value (ヌル値に設定済み) トグルボタンをOFFにしておく必要があります (HAN_BDプロジェクトファイルのオブジェクトP_TM2に対しては、この処理はすでに行われています)。

Replace With (置換する値) の設定値はデフォルト値0.00のままにしておきます。



入力のラスタ値255が値0 (この図では黄色で表示) に置換された出力ラスタ P_TM2_0。

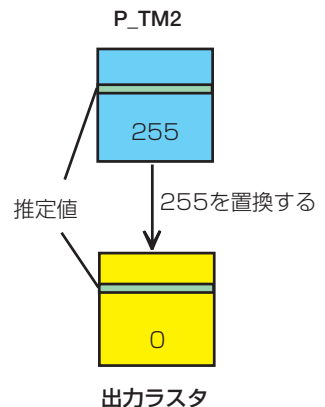
デフォルトのInside Range (範囲内) オプションでは、Lower Limit (下限) とUpper Limit (上限) の範囲内のすべての入力値を置き換えます。この場合は、両方の限界値が同じですので、値255だけが置換されます。

ステップ

- TNTmipsのメインメニューから Process / Raster / Combine / Predefined (解析処理/ラスタ/組み合わせ (演算) /一般演算式) を選択します。
- Operation (処理) 選択ボタンから Replace All (すべてを置き換え) を選択します。
- [Rasters] (ラスタ) をクリックし、HAN_BDプロジェクトファイルからオブジェクトP_TM2を選択します。
- Lower Limit (下限) とUpper Limit (上限) の値を255に変更します。
- [Run] (実行) をクリックして HUN_BDプロジェクトファイルを開き、出力ラスタ名をP_TM2_0に変更します。

Raster Combination (ラスタの組み合わせ演算) ウィンドウを開いたまま次の例題に進んでください。

推定された値のラスタ

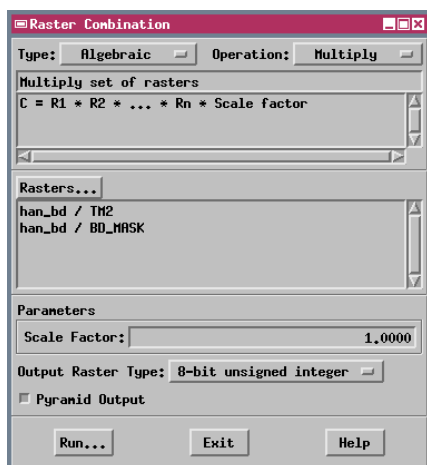


ラスタのかけ算によるマスクの適用

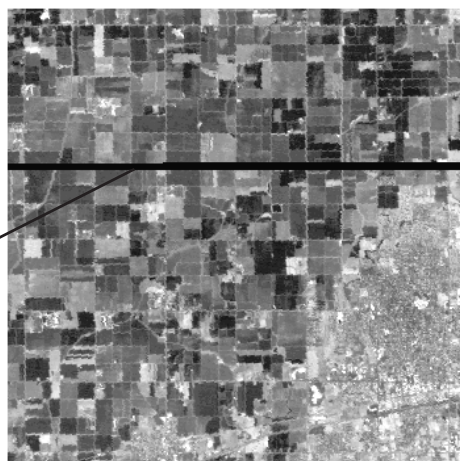
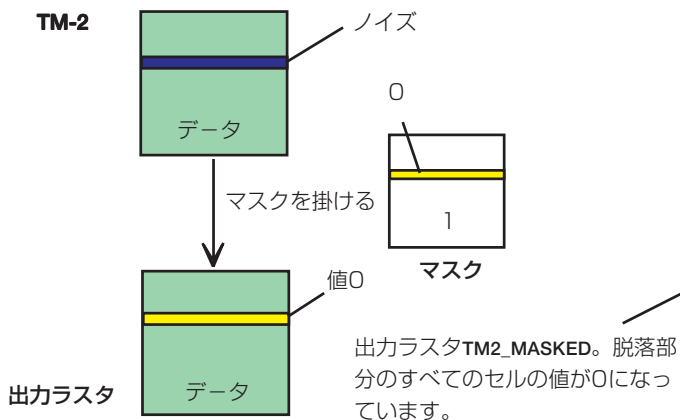
ステップ

- ☑ Raster Combination (ラスタの組み合わせ演算) ウィンドウの Operation (処理) 選択ボタンから Multiply (乗算) を選択します。
- ☑ [Rasters] (ラスタ) をクリックして HAN_BD プロジェクトファイルからオブジェクト TM2 と BD_MASK を選択します。
- ☑ [Run] (実行) をクリックして HAN_BD1 プロジェクトファイルを開き、出力ラスタに TM2_MASKED という名前を付けます。

前の例題では、Multilinear Regression (重回帰分析) 処理において 2 値のバイナリマスク・ラスタ (BD_MASK) を使用して入出力の値を制御しました。前の例題の推定ラスタ値を TM2 の実際のデータ値と合体する前に、脱落部分のすべての値が 0 になるように TM2 ラスタをマスク処理したものを作成する必要があります (脱落部分には 0 と 1 の値が含まれていることを思い出してください)。このため、Multiply (乗算) 処理を使って、TM2 の各値に BD_MASK 内の対応する値をかけます。マスクでは、脱落部分のすべてのセルに対する値が 0 になっていますので、乗算を行うと脱落部分全体で値が 0 になります。脱落部分以外の部分のセルに対応するマスク値は 1 ですので、乗算を行っても、実際のデータ値はそのままマスク後の出力ラスタに渡されます。



Multiply (乗算) 処理では、あらゆるタイプのグレースケール・ラスタオブジェクトを乗算できます。また、この処理には Scale Factor (倍率係数) も含まれており、デフォルトでは値が 1.00 になります。2 値 (バイナリ) でないラスタの乗算を行う場合は、倍率係数を調整して、選択したデータタイプの範囲に入るようにスケーリングを行ったり、ビット深度のもっと大きい出力ラスタタイプを選択したりすることが必要になる場合があります。

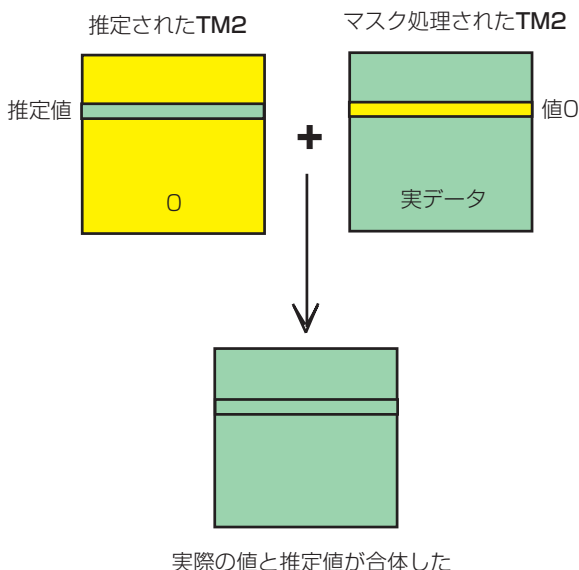


Raster Combination (ラスタの組み合わせ演算) ウィンドウを開いたまま次の例題に進んでください。

ラスタを加算する

最後に、代数演算を使用して、マスク処理済みのTM2ラスタ (TM2_MASKED) を、脱落部分に対して推定された値を含むラスタ (P_TM2_0) と合体します。TM2_MASKEDの脱落部分には値0が含まれ、P_TM2_0には推定値が含まれています。一方、TM2_MASKEDの残りの部分には実際のデータ値が含まれ、P_TM2_0の残りの部分には値0が含まれています。したがって、単純にセルごとにラスタ値を加算すると、ラスタ値を全く変更せずに、脱落部分の推定値と実際のデータを合体することができます。

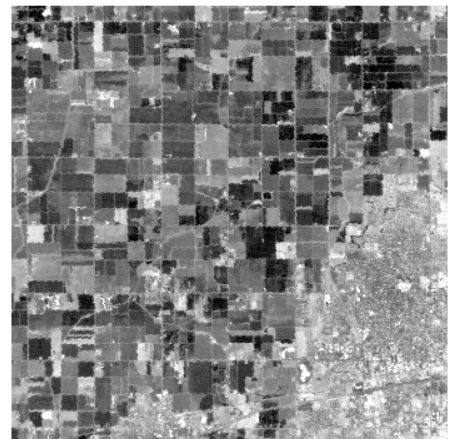
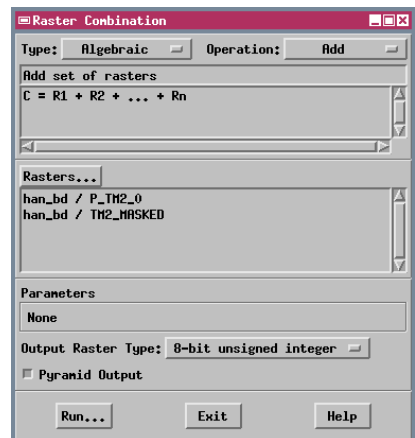
Add (加算) 処理では、このようなセルごとの加算が行われます。任意の数およびタイプのラスタオブジェクトを入力することができます。自動的に結果のスケールを設定する選択肢はありませんが、このために、出力値が出力ラスタタイプの範囲を超えないように、場合によっては入力オブジェクトよりもビット深度の大きい出力ラスタタイプを選択する必要があります (8ビットの出力ラスタの場合、255より大きい計算値にはすべて値255が設定されます)。



Raster Combination (ラスタの組み合わせ演算) ウィンドウを開いたまま、次の例題に進んでください。

ステップ

- Raster Combination (ラスタの組み合わせ演算) ウィンドウの Operation (処理) 選択ボタンから Add (加算) を選択します。
- [Rasters] (ラスタ) をクリックして HAN_BD プロジェクトファイルからオブジェクト P_TM2_0 と TM2_MASKED を選択します。
- [Run] (実行) をクリックして HAN_BD1 プロジェクトファイルを開き、出力ラスタ名を TM2_FIXED に変更します。



ラスタの脱落部分に対する推定値が残りの部分の実際の値と合体したラスタオブジェクト TM2_FIXED。

Logical Range(論理範囲)を使用してマスクを作成する

ステップ

- Raster Combination (ラスタの組み合わせ演算) ウィンドウの Type (タイプ) 選択ボタンから Logical (論理的) を選択します。
- Operation (処理) 選択ボタンから Range (範囲) を選択します。
- [Rasters] (ラスタ) をクリックして HAN_INDX プロジェクトファイルの APR27 フォルダに移動し、オブジェクト NDVI を選択します。
- Lower Limit (下限) パラメータの値を -10 に、Upper Limit (上限) パラメータの値を 10 に設定します。
- [Run] (実行) をクリックして COMBRASR プロジェクトファイル に出カラスタを転送します。

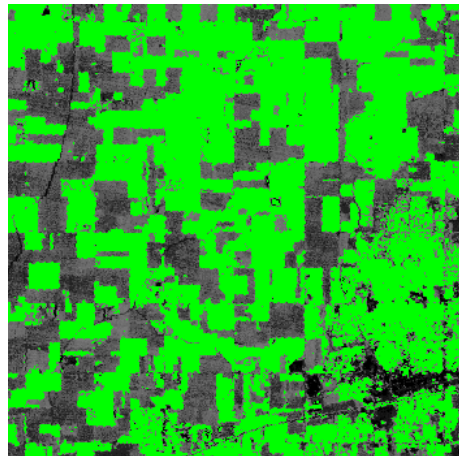
注意：Display (表示) 処理で限界値を決定するには、NDVI ラスタを、植生地帯が緑で、湿地帯がダークブルーで表示される、TM 5-4-3 の RGB 表示と比較します。最適な値を見つけるには、ある程度の試行錯誤が必要です。



Output White (白の出力) 選択ボタンから Inside Range (範囲内) を選択し、範囲内の入力セル値に出力値 1 を割り当てます。この逆の効果をj得るには、Outside Range (範囲外) を選択します。

異なる時期に撮影された同じ地域の衛星画像では、地表の物質が同じでも、センサや照明の条件が変わるために輝度の値が異なることがあります。このような変動があると、時系列の画像の解析や判読が複雑になることがあります。最後の3つの例題では、4月と10月のハンフォードのTM画像を調整(正規化)して6月の画像の条件に合わせるための基本手順を示します。

最初に、Logical Range (論理範囲) 処理を使用して、4月のNDVIラスタからマスクを作成します。Range (範囲) 処理では、入力ラスタ内のある連続した範囲の値に対するバイナリ・ラスタを作成します。入力範囲は、Lower Limit (下限) および Upper Limit (上限) のパラメータ値により定義されます。この例題では、時刻により輝度に変化する可能性の高いセル、すなわち植生地 (NDVIが高い部分) や水面や湿地 (NDVIが低い部分) を除外するようにマスクを作成します。Lower Limit (下限) は乾燥した状態から湿った状態を分離できるような値に、Upper Limit (上限) は植生のあるセルとないセルを分離できるような値に選びます。この処理では、指定範囲内のNDVI値をもった各入力セルに対して出力値1を割り当てます。



Range (範囲) 処理により生成したマスク・ラスタを、グレースケール表示の4月のNDVIラスタに重ねて表示した。マスクの値が0の部分jは緑で表示され、植生や湿った状態により輝度が影響を受けるようなセルであることを示します。

ANDを使用したマスクの合体

前の例題で4月の画像用に作成されたマスクでは、植生がなく湿っていない地域のセルの値は1になっています。ここでは、3つのすべての画像の時期で状態が変わらない部分を識別する必要があります。このような部分（**pseudoinvariant features: 疑似不変地形**と呼ぶ）では各画像でのスペクトル特性がほぼ同じであるため、これを使用すれば3つの画像の正規化に必要な輝度調整値を求めることができます。疑似不変地形を使用した画像の正規化についての情報は、Jensen（1996、p.116～121）およびSchottら（1988）にあります。

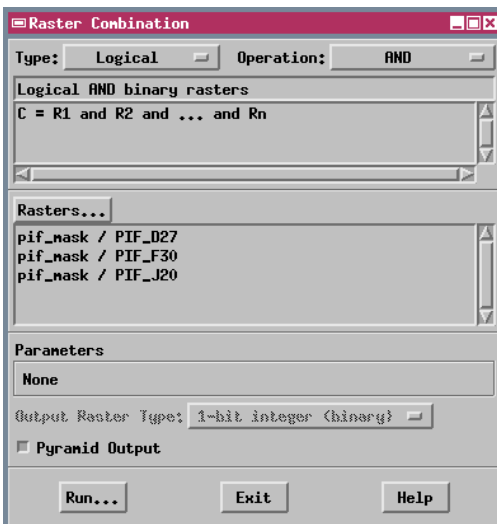
論理演算ANDを使用すると、各時期に対して作成されたNDVIマスクから疑似不変地形マスク（PIFマスク）を作成することができます。AND演算では、複数の入力バイナリ・ラスタから1つのバイナリ・ラスタを生成します。各入力ラスタの対応するセルの値が1の場合のみ、出力セルには値1が割り当てられます。したがって、結果として得られるPIFマスクでは、3つのすべての時期において植生がなく湿っていなかったセルの値のみが1になります。Multiply（乗算）処理を使って（前の例題と同様に）PIFマスクを各TMバンドにかけあわせると、各時期に対して疑似不変地形ラスタを作成することができます。

ステップ

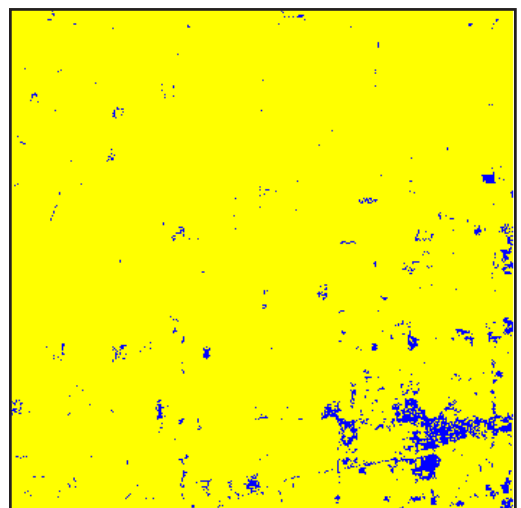
- Operation（処理）選択ボタンからANDを選択します。
- [Rasters]（ラスタ）をクリックし、PIF_MASKプロジェクトファイルからオブジェクトPIF_D27、PIF_F30、PIF_J20を選択します。
- [Run]（実行）をクリックしてCOMBRASトプロジェクトファイルに出カラスタを転送します。

論理演算ORでも複数の入力バイナリ・ラスタから1つのバイナリ・ラスタが生成されます。いずれかの入力ラスタの対応するセルの値が1の場合は、出力セルに値1が割り当てられます。

出力される疑似不変地形マスクは、オブジェクトPIF_MASKとしてPIF_MASKプロジェクトファイルに含まれています。各時期に対応する疑似不変地形ラスタセットは、HAN_PIFプロジェクトファイルに入っています。



Raster Combination（ラスタの組み合わせ演算）ウィンドウを開いたまま、次の例題に進んでください。



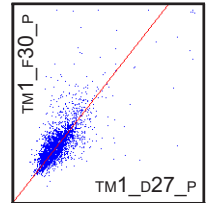
3つの入力マスクに対して論理演算ANDを適用することにより作成されたPIFマスク。値0は黄色で、値1は青で表示されます。疑似不変地形を示しているのは一部のセルだけです。

スケールとオフセットの適用

ステップ

- Raster Combination (ラスタの組み合わせ演算) ウィンドウの Type (タイプ) 選択ボタンから Algebraic (代数) を選択します。
- Operation (処理) 選択ボタンから Scale / Offset (スケール/オフセット) を選択します。
- [Rasters] (ラスタ) をクリックして、HAN_PR プロジェクトファイルの APR27 フォルダに移動し、オブジェクト TM1_D27_P を選択します。
- Scale Factor (倍率係数) パラメータの値を 1.279 に設定します。
- Post-Scale Offset (スケール処理後のオフセット) の値を 0.08 に設定します。
- [Run] (実行) をクリックして、COMBRAS プロジェクトファイルに出力ラスタを転送します。

各時期の各TMバンドに含まれる疑似不変地形の輝度の値は、ある範囲に広がっています。2時期における同じバンド（たとえば4月と6月のTM1）を比較すると、輝度値の間に強い線形関係があります。Multilinear Regression (重回帰分析) 処理(説明は11ページ)においてPIFマスク処理されたラスタのペアを使用すると、この関係を示す線形回帰式を求めることができます。6月の値を4月の値の関数として示す式 (Multilinear Regression Results (重回帰分析の結果) ウィンドウに表示される) から得られる定数と係数を使用すると、6月の画像の条件に合わせて4月のTM1を調整することができます (各TMバンドのペアから一意的な定数と係数が得られます)。

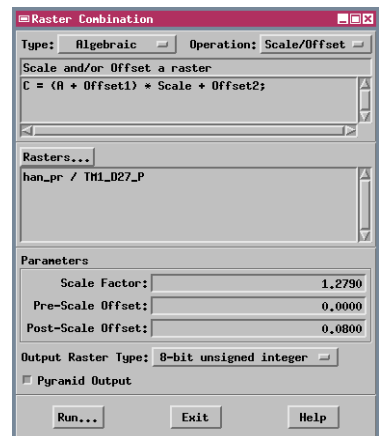


ここでは、Scale / Offset (スケール/オフセット) を使用し、6月の画像に合わせて、4月のTM1ラスタ (経路光補正されたもの) の輝度を再設定します。6月-4月の回帰式から得られた係数は、Scale Factor (倍率係数) として、定数はPost-Scale Offset (スケール処理後のオフセット) として使用されます。

線型回帰を実行する前に、HAN_PIFプロジェクトファイルのラスタ用のHas Null Value (ヌル値に設定済み) オプションがOFFになっています。この中には、計算における値0も含まれています。経路光補正が適用されたバンドでは、時期が違ってもこれらの値が同じになっていなければなりません。



6月の照射条件に合わせて正規化された4月のランドサットTM画像。RGBのバンド割り当てはそれぞれ、TM5、TM4、およびTM3になっています。



ハンフォードのTM画像を正規化したものは、HAN_NORMプロジェクトファイルに入っています。

次に読むべき資料

本書では、TNTmipsにおけるRaster Combination（ラスタの組み合わせ演算）処理の概要を説明しました。『TNTmipsリファレンスマニュアル』では、Raster CombinationのPredefined（ラスタの組み合わせ演算の中の一般演算式）処理におけるその他の演算およびユーザ定義による線形変換と回帰変換処理について説明しています。

本書の例題では、衛星画像にラスタの組み合わせ演算を行うサンプルの応用例に焦点を当てて説明していますが、この他にも多くの用途があります。これらの処理は、ラスタという形式で格納された、空間的に変化するあらゆるタイプの数値データに適用できます。たとえば、穀物の種類、土壌の状態、過去の穀物生産高に関するラスタデータを使用して、必要な施肥量をセルごとに計算すれば、正確な穀物管理を行えます。また、土壌の侵食性、傾斜の状態、降雨、植生被覆などに関するラスタ値を、一般土壌損失の式に対する入力に使用すれば、土壌の浸食速度を計算できます。このように、ラスタの組み合わせ演算は、空間モデリングやラスタベースのGIS解析に非常に役立ちます。「TNT入門：ジオフォーミュラの使用」で解説しているジオフォーミュラ処理を使えば、ラスタだけでなく、ラスタとベクタオブジェクトを組み合わせると同様の計算をすることができます。

参考文献

ラスタの組み合わせ演算や、これを応用してリモートセンシングや空間モデリングを行う方法についての入門書としては、以下の参考文献が適しています。

- Bonham-Carter, Graeme F. (1994). *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. New York: Pergamon. 398 pp.
- Burrough, P. A. (1986). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Chapter 5, *Methods of Data Analysis and Spatial Modelling*. Oxford: Clarendon Press. 81-102 pp.
- Jensen, John R. (1996). *Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective* (2nd ed.). Chapter 6, *Image Preprocessing: Radiometric and Geometric Correction*, and Chapter 7, *Image Enhancement*. New York: John Wiley and Sons. 316 pp.
- Sabins, Floyd F. (1997). *Remote Sensing: Principles and Interpretation* (3rd ed.). Chapter 8, *Digital Image Processing*. New York: W. H. Freeman. 494 pp.
- Schott, John R., Salvaggio, Carl, and Volchok, William J. (1988). Radiometric Scene Normalization Using Pseudoinvariant Features. *Remote Sensing of Environment*, 26, 1-16 pp.

地理空間解析のための先進的ソフトウェア

ラスターの組み合わせ演算

マイクロイメージ社は、地理空間データの可視化、解析、出版の高度な処理を行う、専門家向けソフトウェアTNTmipsを始めとするTNT製品を提供しています。

- TNTmips** TNTmipsは、GIS、画像解析、CAD、TIN、デスクトップ地図製作、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、様々な形式のベクタ、ラスター、CAD、TIN、リレーショナルデータベース・オブジェクトを加工、生成、ジオリファレンス、編集するための対話ツールを提供します。
- TNTview** TNTviewには、TNTmipsと同様の強力な表示機能があります。TNTmipsの解析処理機能や編集機能を必要としないユーザ向けです。
- TNTAtlas** TNTAtlasを使用すると、自分の作成した空間データ・プロジェクトをCD-ROMで出版し、安価に配布することができます。
- TNTserver** TNTserverを使うと、TNTAtlas用に作成したデータをインターネットやイントラネットで公開できます。またウェブブラウザやTNTclient Javaアプレットを使ってデータを閲覧、操作することができます。
- 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。マイクロイメージ社のウェブ・サイトからダウンロードするか、CD-ROMを注文することができます。

索引

AND (論理処理)	17	主成分変換	17
Add(加算) (代数処理)	15	乗算 (代数処理)	14
NDVI	6, 7, 16, 17	植生指標	6, 7
しきい値処理 (論理処理)	10	除算(代数処理)	5
擬似不変地形	17	すべてを置き換え (論理処理)	13
輝度指標	7	重回帰分析(多重線形回帰)	11, 12
無相関ストレッチ	9	タッセルキャップ指標	7
経路光(パスラジアンズ)	4	範囲 (論理処理)	16
コントラストストレッチ	9	バンド比	5, 6
彩度	9	時期の異なる画像の正規化	3, 16-18
次元削減	8	差の正規化指標 (NDVI)	6
湿度指標	7	マスク・ラスター	10, 12, 14, 16
スケール/オフセット (代数処理)	4, 18	緑の程度指標	7



MicroImages, Inc.

11th Floor - Sharp Tower
206 North 13th Street
Lincoln, Nebraska 68508-1347 USA

電話: (402) 477-9554 FAX: (402) 477-9559

email: info@microimages.com URL: http://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 1F
Kingkuniya Bld. 1F, 1-19-14 Azumabashi, Sumida-ku, Tokyo 130-0001, JAPAN
TEL (03) 3623-2851 FAX (03) 3623-3025