第2009-08号

オープンソースGISを用いた地表・地下情報の作成・表示手法及びデータベース化に関する調査研究

関西大学　総合情報学部
教授　伊藤　俊秀

平成23年11月

研究関係者紹介

研究代表者

伊藤　俊秀　　関西大学総合情報学部

共同研究者

西山　孝　　京都大学名誉教授

陳　友晴　　京都大学大学院エネルギー科学研究科

別所　昌彦　　秋田大学国際資源学教育研究センター

目　次

1. はじめに 1
2. オープンソース GIS 2
2.1 オープンソースについて 2
2.2 GRASS (Geographical Resources Analysis Support System) 2
2.3 GRASS 6.4 の公開 3
2.4 GRASS におけるデータ管理 3
2.4.1 データベース構造の概要 3
2.4.2 GRASS で取り扱われるおもなデータ形式 4
3. Excel を用いたラスター型データファイルの作成 7
3.1 ラスター型データの書式 7
3.2 Excel 上でのデータ作成方法 7
3.2.1 各格子セル属性値代入型（セル形式）データの作成 7
3.2.2 xy 座標指定による属性値代入型（ポイント形式）データの作成 8
3.2.3 ラスター3D データファイルの作成 9
3.3 データファイルの保存 10
4. オープンソース GRASS 6.4.0 の基本操作手順 12
4.1 GRASS のインストールと起動 12
4.1.1 セットアップファイルの取得 12
4.1.2 GRASS の起動 12
4.2 新規プロジェクトに関する初期設定 13
4.2.1 初期設定画面の起動 13
4.2.2 投影法および座標系の指定 13
4.2.3 新規 LOCATION の座標範囲の設定 15
4.2.4 デジタル標高データ（DEM; Digital Elevation Model）による初期設定 16
4.2.5 新規 MAPSET の作成 17
4.3 GRASS 起動後におけるプロジェクト LOCATION での開始作業操作 17
4.3.1 LOCATION の選択 17
4.3.2 座標系及び領域設定の確認（g.region -p コマンド） 18
4.3.3 領域の設定変更（g.region コマンド） 18
4.3.4 MAPSET に保存されているデータの確認（g.list コマンド） 20
4.4 GRASS へのデータのインポート 21
4.4.1 ASCII フォーマット 2D ラスター型データ 21
4.4.2 ASCII フォーマット 3D ラスター型データ（r3.in.ascii コマンド） 25
4.4.3 バイナリ画像データ（r.in.gdal コマンド） 26
4.5 Map Display ウインドウによるデータの表示と保存 27
4.5.1 ラスター型データマップの表示（d.rast コマンド） 27
4.5.2 マップの保存（ラスター・ベクトルマップ共通） 28
5. 各種 GRASS データを用いた変換・解析操作 29
5.1 ラスター型データ 29
5.1.1 ラスター型データ Map 画像への表示色の割り当て（r.colors コマンド） 29
5.1.2 等高線データ Map を用いた標高データの作成（r.surf.contour コマンド） 33
5.1.3 地形陰影図の作成（r.shaded.relief コマンド） 35
5.1.4 等高線の作成（r.contour コマンド） 37

5.1.5 ラスターマップの合成（r.patch コマンド）.....40
5.1.6 ラスターマップの再分類（r.reclass コマンド）.....42
5.1.7 NULL 値の管理・変換（r.null コマンド）.....43
5.1.8 ベクトル型データへの変換（r.to.vect コマンド）.....44
5.1.9 ラスターマップを用いた演算（r.mapcalculator コマンド）.....46
5.2 ベクトル型データ.....47
5.2.1 複数ベクトル型データの重ね合わせ（v.patch コマンド）.....47
5.2.2 ベクトル型データの平滑化（v.generalize コマンド）.....49
5.2.3 2 次元ベクトル型データの 3 次元化（v.generalize コマンド）.....51
5.3 ラスター3D 型データ.....52
5.3.1 複数の 2D ラスター型データを用いた 3 次元データ化（r.to.rast3D コマンド）.....52
5.3.2 断面図の作成（r3.cross.rast コマンド）.....54
6. Nviz による 3 次元表示.....56
6.1 Nviz の起動とデータマップの選択.....56
6.1.1 ラスター型データの選択.....56
6.1.2 ベクトル型データの選択.....56
6.1.3 データの 3 次元表示.....57
6.2 Nviz ウインドウパネルの機能.....57
6.2.1 View パネル.....57
6.2.2 Lighting パネル.....58
6.2.3 Surface パネル.....59
6.2.4 Cutting Planes パネル.....59
6.2.5 Volume パネル.....60
7. 鉱山を対象とした地質情報データベース.....61
7.1 データベース構造.....61
7.2 各種データの管理.....62
8. 地球統計学的な解析手法を用いた品位推定と GIS による空間品位分布の管理.....63
8.1 地球統計学的データ解析.....63
8.1.1 クリギングによる解析手順.....63
8.1.2 セミバリオグラム.....63
8.1.3 経験セミバリオグラム.....65
8.1.4 クリギング.....65
8.2 推定手順.....65
8.2.1 クリギングに与えるデータの作成.....65
8.2.2 経験セミバリオグラムの作成.....67
8.2.3 セミバリオグラムモデルの選択とパラメータ推定.....68
8.2.4 品位補間に対するセミバリオグラムモデルの影響.....69
8.3 クリギングによって補間された品位分布の表示と精度.....70
9. 地下構造の 3D 表現手法.....72
9.1 境界面ラスターデータを用いた地質モデルの作成および表示.....72
9.1.1 地質モデル作成の対象例.....72
9.2.2 境界面条件による地質体分類.....72
9.2.3 GRASS 上での地質モデルの作成.....74
9.2 鉱山における空間的な品位分布の表示.....77
10. 大坂古地図の GIS によるデータベース化.....78

10.1 紙媒体地図からの情報の取得 78
10.2 GRASS へのインポート 80
10.3 ラスターマップによる地図情報の比較 80
10.4 ラスターマップのベクトル化と建築構造物の簡易 3 次元表示 81
11. まとめ 84
（参考資料） 85

1. はじめに

地理情報システム(GIS; Geographical Information System) は、空間情報や属性情報などから構成される地理情報を、コンピュータを用いて統一的に管理・運営するために開発されたシステムである。元々、GIS は軍事利用を目的に研究・発展してきたが、近年、ハードウェア環境の改善による PC の処理能力の飛躍的な向上や記憶装置の大容量化により、現在では、都市計画、資源・施設などの管理、防災、エリアマーケティング、カーナビゲーションなど様々な分野において利用されている。

一方、近年、オープンソースの利用が普及し、従来とは異なり、業務でも十分に使用可能な安定したソフトウェアが無償で入手できる環境も整ってきた。オープンソースの GIS としては、USA-CERL（米国陸軍技術部隊の建築工学研究所）によって 1985 年に開発された GRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System GIS) が世界標準として使用され始めている。現在は、イタリアの ITC (Istituto Trentino di Cultura)がホストとなり、GRASS Development Team によって開発が進められている。

そこで、本研究では、GRASS GIS により、建設分野において汎用性をもたせることのできる 3 次元情報のデータ蓄積手法に関する調査、検討を行った。GIS で 3 次元的な地質構造等の解析、表示が可能になれば、建設分野における、大型構造物に対する広域的な事前地質調査及び評価、設計段階での安定性評価、施工段階での情報化施工等、そのほとんどの段階で有効かつ不可欠な支援手段となる。

2. オープンソース GIS

2.1 オープンソースについて

オープンソースという用語は、1988 年に行われたパロアルトでの会議において初めて使用されたと言われている。オープンソース・ライセンスを満たす要件は、1）自由な再頒布が可能、2）ソースコードが入手可能、3)派生物に同ライセンスが適用可能、4）差分情報の配布の際、同一性の保持を要求可能、5）個人やグループ差別の撤廃、6）適用領域に基づいた差別の禁止、7）再配布における追加ライセンスが不必要、8）特定製品への依存の禁止、9）同媒体で配布される他のソフトウェアを制限の禁止、10）技術的中立、と定義されている。

一方で、それ以前からオープンソースの原型としてフリーソフトウェアの概念が認識されていた。フリーソフトウェアは、1）プログラムの実行、2）プログラムの動作研究と必要に応じた改良、3）コピーの再配布、4）プログラム改良の一般公開、に関する自由を保障するものであり、GNU 一般公衆利用許諾契約書（General Public License: GPL）で保護されている。これにより、プログラマーのソースコードの研究・修正・再配布を経てソフトウェアの進化を促すものである。

オープンソース GIS は、この GPL で保障・保護されているソースコードへの自由なアクセスにより、世界中の開発者や利用者がより効率的な開発を促進させる点で非常に重要である。2006 年 2 月に設立されたオープンソース地理空間財団（Open Source Geospatial Foundation: OSGeo）は、オープンソースによる地理空間技術やデータのグローバルな利用や共同開発を促進・支援している。近年、開発に資金提供しているプロジェクトの 1 つが、オープンソース GIS ソフトウェアの GRASS GIS（以下 GRASS と呼ぶ）である。

2.2 GRASS (Geographical Resources Analysis Support System)

一般的には GRASS と呼称される地理資源分析支援システムは、地理空間データの管理、分析や画像処理、マップデータ作成、空間モデリング、可視化を行うためのフリーGIS ソフトウェアであり、GNU-GPL の下で公開されている。GRASS は現在、世界中の教育・商業の分野だけではなく、NASA, NOAA（米国国立海洋大気庁）, USDA（米国農務省）, DLR（ドイツ航空宇宙センター）, CSIRO（豪州科学・工業研究機構）など多くの政府機関や環境コンサルタントなどでも広く利用されている、OSGeo の公式プロジェクトである。

GRASS は元々、イリノイ州シャンペインにある米国陸軍技術部隊の建築工学研究所（U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories: USA-CERL, 1982-1995）で、軍事施設の土地管理や環境計画を支援するためのツールとして開発された経緯があり、多くのエリアでの科学的調査における幅広いアプリケーションで優位な実効性を持つに至った。USA-CEAL は GRASS 4.1 がリリースされる 1995 年まで GRASS の開発に携わり、後年リリースされた GRASS 5.0 の核となるコンポーネントの開発にも関係した。その後、開発はテキサス州の Baylor 大学に短期間引き継がれ、1997 年に初めてヨーロッパで web サイトを立ち上げたドイツの Hannover 大学に移行し、世界中の有志のディベロッパーからなる GRASS 開発チームが核となり開発を続行する事になった。2001 年に web サイトはイタリアの Trento にある ITC-irst（Il Centro per la Ricerca Scientifica e Tecnologica: 現 FBK-irst）が運営を開始し、GRASS 開発チームの調整も行っている。

2006 年には、OSGeo の創設以来の公式プロジェクトとして資金面での支援が開始された。現在、GRASS の web サイトなどに関するインフラは、OSGeo（公式サイト http://grass.osgeo.org/）が中心となって運営されている。

2.3 GRASS 6.4 の公開

GRASS は、USA-CEAL やその後の有志のチームによる開発により、アップデートを繰り返してきたが、GRASS 5 までは主として、スクリプトへのコマンド入力による形式で開発されてきた。しかし、Microsoft Windows の普及により GRASS 6 からはコマンドウインドウでの操作方式を採用し、新規の GIS マネージャーが実装された。また、GRASS 6 以降、新しくトポロジカルな 2D/3D ベクトル機能が搭載され、ベクトルによるネットワーク解析をサポートしている。属性情報は、SQL をベースとした DBMS（データベース管理システム）で管理され、Nviz 可視化ツールは、3 次元ベクトルデータやボリュームデータにも表示対象を拡大し、メッセージも部分的ではあるが、全角バイトの文字を含む FreeType のフォントまでサポートしている。LOCATION の新規作成では、EPSG コードによる自動設定が行われる。GRASS は、オープン地理空間コンソーシアム（Open Geospatial Consortium: OGC）に準拠したものを含む広範囲なラスター／ベクトル形式をサポートする GDAL / OGR ライブラリーで統合されている。

2011 年現在、GRASS は OSGeo の統括する web サイトで ver. 6.4.1 が公開されている。2009 年に公開された GRASS 6.4.0 からは、GIS マネージャーや各種コマンドウインドウに日本語表記版が搭載された。以前、GRASS 5.0 において、GRASS 国際化プロジェクトの一環として、大阪市立大学が中心となり日本語版 GRASS がリリースされた歴史があるが、GRASS 6.4.0 での日本語表記版の登場は、日本におけるユーザーの利用を格段に促すものと考えられる。

2.4 GRASS におけるデータ管理

2.4.1 データベース構造の概要

GRASS のプログラムのソースコードは基本的に C 言語で書かれており、その全てが公開されている。データ管理の核となるデータベースの構造は、通常 Unix で使用されている階層ディレクトリ構造をそのまま用いている。階層の最上位にある”GIS DataBase”は、ユーザーが GRASS を利用する際に指定される。サブディレクトリである”LOCATION”は、地域ごとに独立したデータベースを表わす。すべてのデータベース検索と修正は個々の”LOCATION”のみに限定される。”MAPSET”は、”LOCATION”内のデータベース要素を管理するフォルダであり、すべてのユーザーが利用可能な”PERMANENT”と呼ばれる特別な MAPSET を含んでいる。それぞれの MAPSET には、ファイルやサブディレクトリ構造で種々の要素を格納している。

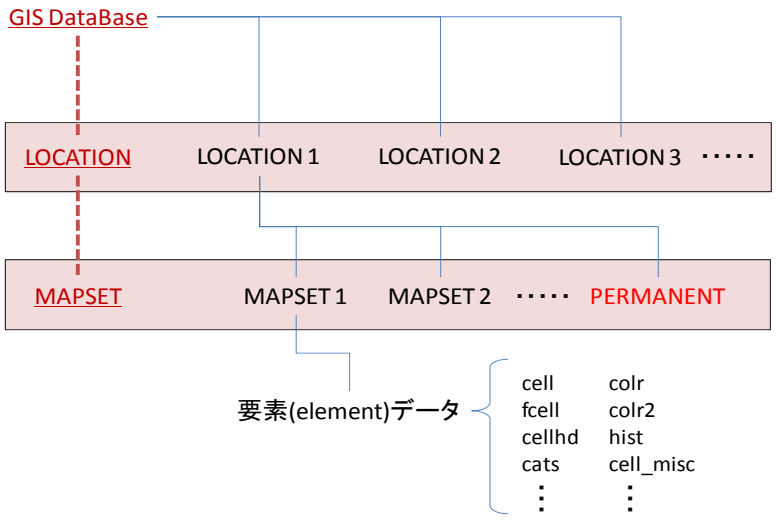


図 2.1 GRASS のデータベース構造

2.4.2 GRASS で取り扱われるおもなデータ形式

GIS では、実世界から収集された空間情報をそれぞれのレイヤー（layer: 層）に分けてデータ化し、データベースを構築している。このようなレイヤーとしてデータ化される情報は基本的に、地図要素をなす幾何情報と非地図要素に該当する属性情報に分類される。幾何情報は、点・線・多角形（ポリゴン）により表わされる面などの図形を示す情報であり、属性情報は、土地利用や地質情報などの質的情報や、標高や土地の酸性度などの量的情報を示すものである。

GRASS で取り扱われるデータ形式は、基本的にラスター型データ、ベクトル型データ、サイト型データ、イメージ型データなどに大別される。ここでは、本報告書でおもに取り扱われるラスター型およびベクトル型データについて概説する。

1）ラスター型データ

ラスター型データは、空間をその上に仮想的に配置した 2 次元の格子によって細分し、各格子（セル：cell）の属性値をそれぞれのデータとして保存する形式をもつ。幾何情報をラスターデータ化する場合は、地図などの原図を格子にオーバーレイ（重ね合わせ）した後、各格子がどのような属性を持つかを示すセルマップに変換する。最終的に、セルマップの各格子を属性に対応させた数値で示すことにより、格子セル型のデータファイルが作成される。

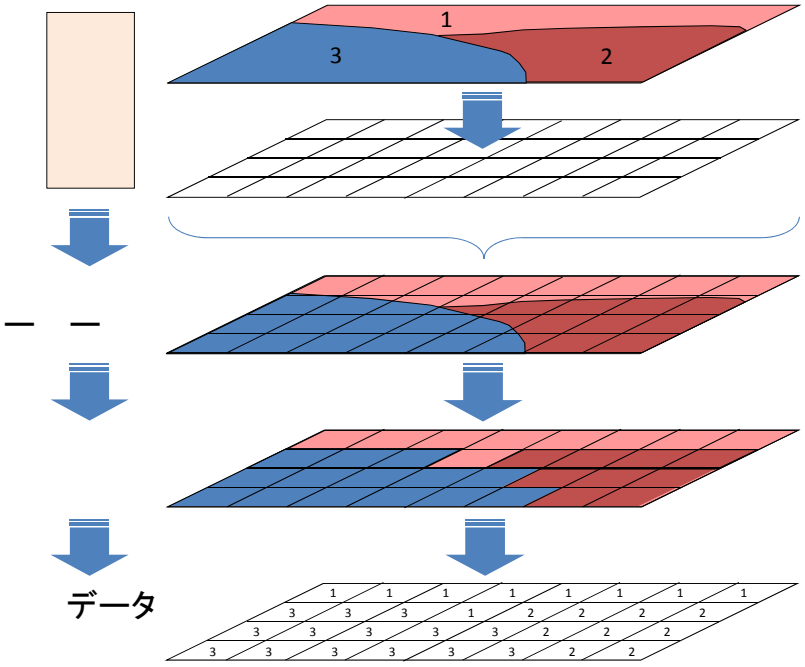


図 2.2 ラスター型データの作成原理

GRASS でのラスター型データファイルは、① 格子位置と分割数および単位格子あたりの大きさなどを基本とするヘッダ情報、② セルに含まれる属性値の配列、③ 属性値情報、の 3 つから構成される。これらの構成要素の中で注意しなければならないのが、①に該当する格子セル行列数と間隔（分解能）である。とくに、格子間隔は使用する LOCATION で設定される分解能に合致するものでなければならない。

ラスター型データは、各格子セルの属性値あるいは数値を示すマトリックスとして、整数型の場合は cell ディレクトリ、実数型の場合は fcell ディレクトリに保存される。また、各ラスター型データに

は header、category、color table などのサポートファイルが存在する。ラスター型データで記述されるヘッダーファイルの例を以下に示す。

proj:	1		(0=xy, 1=UTM, 3= ・)
zone:	53	UTM	ー
north:	3858192		
south:	3853803		
east:	511412		
west:	504257		
e-w resol:	28.5		
n-s resol:	28.5		
rows:	154		
cols:	251		
format:	0	1	– 1
compressed:	0		(0= , 1=)

図 2.3 ラスター型データのヘッダファイル例

あとで記述するラスター型データの作成の際、既に述べたようにヘッダ情報の記述は重要な作業であるが、上記のヘッダ例に示すように、そのすべてを詳細に記述する必要はなく、少なくとも領域座標値・分解能・セル行列数の 3 点に関する記述が含まれていればよい。

2) ベクトル型データ

ベクトル型データは、空間上の情報を点・線・面などの情報に分け、それらを構成する位置座標と属性値をデータとして保存する。位置座標では、点同士を結ぶ線もしくは、線同士を繋ぐことによって示される面（領域）かを示す定義も併せて必要とされる。

データの保存は、arc と呼ばれる非交差曲線からなる arc-node 表現形式で行われる。arc は xy 座標のペアの連続として保存され、1 つの arc にある 2 つの終端点が node と呼ばれる。2 つの連続した xy のペアが各セグメントを示す。arc は 1 つまたは結合した他の組み合わせで、より高度な地図要素である line（道路あるいは河川に該当）や area（農地などの土地利用）を形成する。それぞれの線や領域には、カテゴリー番号と呼ばれる整数の属性値が割り当てられる。ラスター型同様、ベクトル型データでもヘッダ部とデータ部の 2 つから構成されている。

ORGANIZATION:	データ
DIGIT DATE:	デ タ
DIGIT NAME:	デ タ
MAP NAME:	・タ
MAP DATE:	
MAP SCALE:	
OTHER INFO:	
ZONE:	UTM ー
WEST EDGE:	
EAST EDGE:	
SOUTH EDGE:	
NORTH EDGE:	
MAP THRESH:	デ タ
VERTI:	

図 2.4 ベクトル型データのヘッダファイル例

3) ラスター型とベクトル型の比較

ラスター型データは、構造が単純であるが故に、PC ディスプレイ上に高速でレイヤーを示す事ができ、容易にプログラム開発ができる利点がある。また、画像や DEM データなどの連続変量を取り扱う場合に有効であるが、データの精度は単位格子の大きさ（解像度）に依存するため、地図などのスケールを変更する場合に問題があり、ファイルサイズも比較的大きいので、高詳細な広範囲のラスターデータを取り扱う場合には PC 環境により処理速度に影響を及ぼす。

これに対して、ベクトル型データは、非常に高精度な位置座標を取り扱う事ができるため、様々なスケール変更にも対応できる。また、境界線などの面積をもたない情報に関しても的確に表現することが可能である。一方で、データ構造が複雑なため、データ入力（作成）の作業が非常に煩雑である事と、境界線をもつ情報に利用が限定される欠点がある。

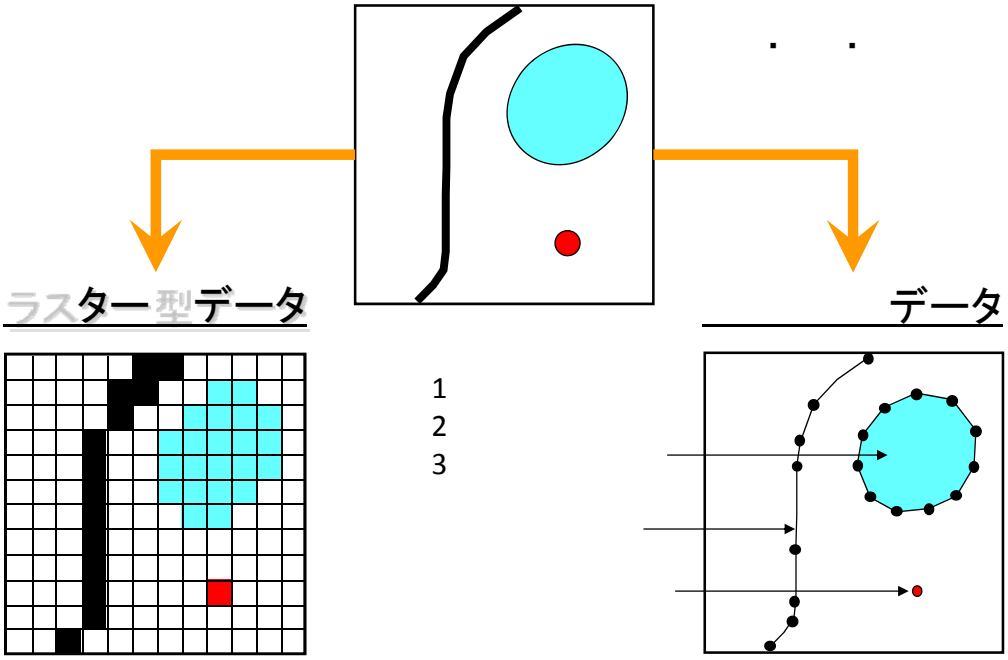


図 2.5 ラスター型データとベクトル型データ

3. Excel を用いたラスター型データファイルの作成

GRASS ではおもにラスター型、ベクトル型としてデータを取り扱うが、GRASS にラスター・ベクトルいずれかのデータ用にインポートされるデータファイルには、様々なフォーマットのファイルが適用可能である。ユーザーが GRASS をデータベースとして利用するにあたり、インポート用データの作成方法として最も簡便なフォーマットは ASCII 形式のテキストデータである。しかしながら、所定の書式に則ったテキストデータを作成する必要があるため、属性などのデータ量が膨大になると直接テキストファイル上でデータを入力するのは困難である。そこで、データ入力・処理が比較的容易な Excel を用いてラスター型データを作成し、テキスト形式のファイルに変換する手順を示す。

本稿では、おもに 2 次元ラスター型データの作成方法について概説する。3 次元ラスター型データは、r.to.rast3 コマンドを用いる事で、GRASS 内にインポートされた一連の 2 次元ラスター型データ群を 3 次元ラスターに変換する事も可能であるが、ASCII 形式の 3 次元ラスター型データファイルについても併せて記載する。

3.1 ラスター型データの書式

ラスター型データファイルは、下図に示される 2 種類の書式に分類される。左下図の書式は、領域座標と行列数などの情報を記載したヘッダ部と、格子状セルの形式で配置されている属性値から構成されている。右下図は属性値をポイント形式で保持している場合の書式であり、xy 座標と対応する属性値がリスト形式で記載されている。

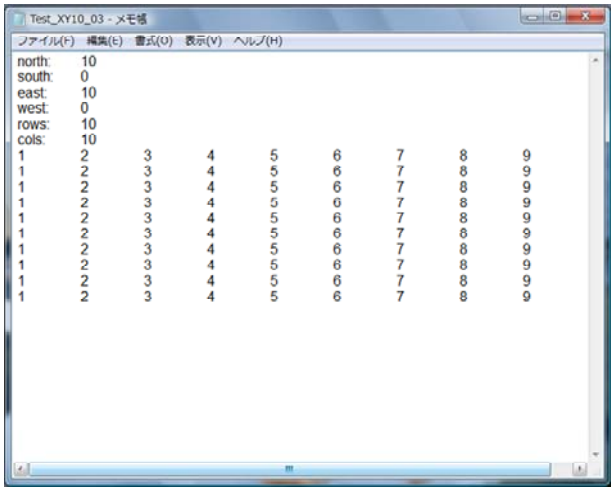


図 3.1 ラスター型データの書式例 1（セル形式）

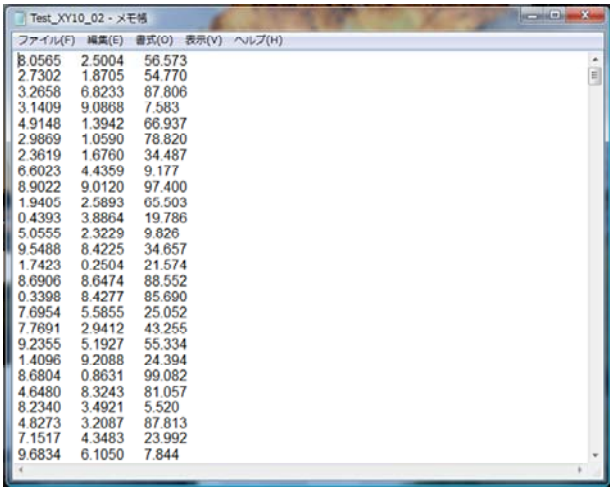


図 3.2 ラスター型データの書式例 2（ポイント形式）

3.2 Excel 上でのデータ作成方法

3.2.1 各格子セル属性値代入型（セル形式）データの作成

（全セル数が 10 行×10 列=100 からなる場合）

・Excel 上の任意の sheet で、A 列 1-6 行にヘッダ項目に該当する ”north:”, “south:”, “east:”, “west:”, “rows:”, “cols:” を順に入力する。

・B 列 1-6 行に、各ヘッダ項目に対応する所定の数値を入力[*1)] する（次頁図①）。

・A 列 7 行目から J 列 16 行目の間に各セルの属性値を対応させて入力する（次頁図②）。

・入力する数値がないセルには 、NULL 値として” * “ を代入しておく（次頁図③）。

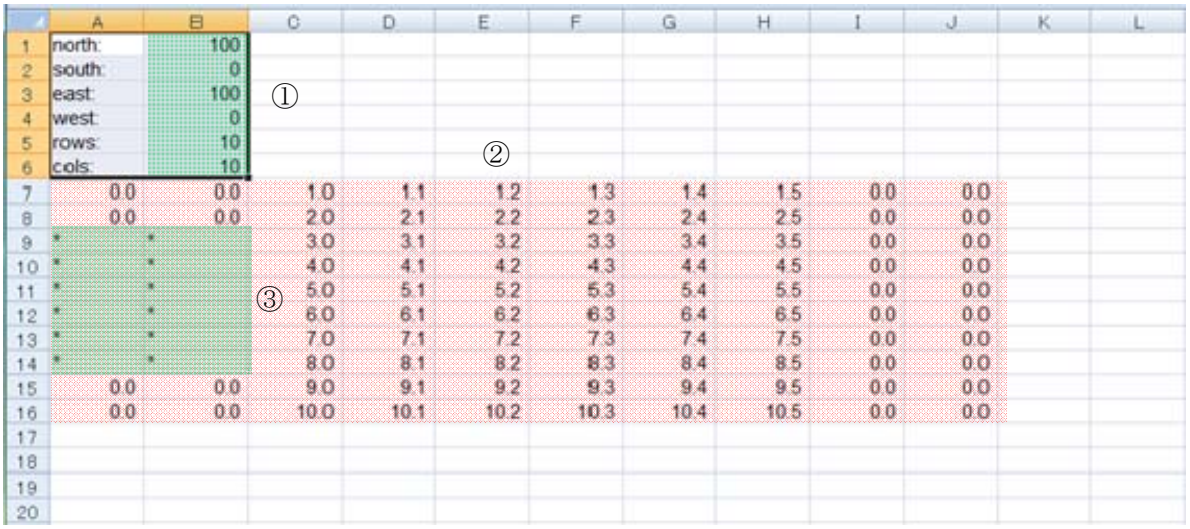


図 3.3 セル形式ラスター型データの入力例

補足*1) 入力項の表示形式

数値入力されたセル部の表示形式は「標準」もしくは「数値」に設定する。なお、「数値」形式に設定した場合、数値が小数であっても桁数設定の関係で画面上では整数として表示される事があるが、GRASS へのインポートでは実際の値が反映される。

3.2.2 xy 座標指定による属性値代入型（ポイント形式）データの作成

・Excel 上の任意の sheet において、1 行目にデータ値に該当する項目を順に記載*2)する。

・2 行目以降に、（A 列、B 列）⇒（x，y）座標、C 列以降⇒対応する属性値（数値）となるように順にデータを入力していく。

	A	B	C	D	E	F
1	X座標	Y座標	CaO	P2O5	・・・・	
2	223.40	210.00	51.15	0.048		
3	223.40	220.00	54.30	1.046		
4	223.40	230.00	54.70	0.917		
5	223.40	240.00	54.68	0.927		
6	223.40	250.00	54.98	0.274		
7	223.40	260.00	54.15	0.344		
8	223.40	270.00	54.16	0.348		
9	223.40	280.00	52.34	0.095		
10	223.40	290.00	54.90	0.662		
11	223.40	300.00	52.68	0.918		
12	223.40	310.00	52.70	1.173		
13	223.40	320.00	51.34	0.305		
14	223.40	330.00	55.06	1.078		
15	223.40	340.00	51.70	1.152		
16	223.40	350.00	52.37	0.242		
17	223.40	360.00	52.79	0.352		
18	223.40	370.00	49.89	1.074		
19	223.40	380.00	52.65	0.569		
20	223.40	390.00	52.76	0.983		
21	⋮	⋮	⋮	⋮		
22	⋮	⋮	⋮	⋮		
23	⋮	⋮	⋮	⋮		
24						

図 3.4 ポイント形式ラスター型データの入力例

補足*2) 1 行目のヘッダ項目該当セルへの入力について

1 行目の項目入力は便宜上行うものであり、GRASS へのインポートの際はヘッダ項目行を削除する必要があるので、ヘッダ行を作成する必要はない。その場合は、1 行目からデータ値を入力する。

3.2.3 ラスター3D データファイルの作成

（10 行×10 列×3 段 = 300 セルから構成される空間の 3 次元ラスターの場合）

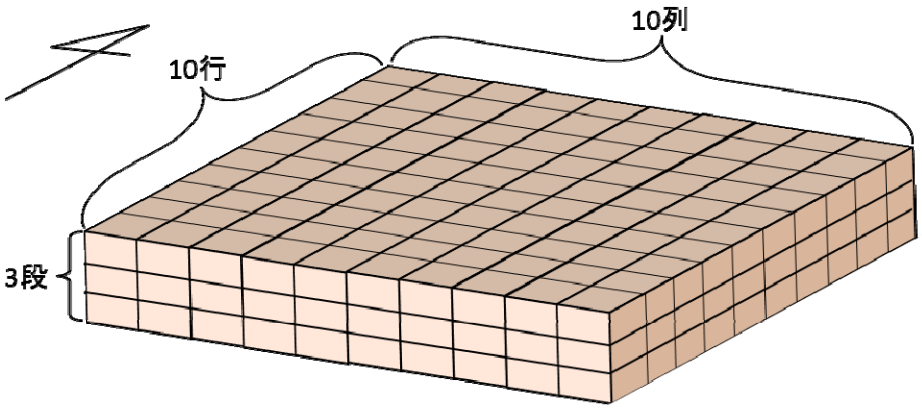


図 3.5 ラスター3D データ作成の為の対象モデル

・Excel 上の任意の sheet で、A 列 1-9 行にヘッダ項目に該当する ”north:”, “south:”, “east:”, “west:”, “top:”, “bottom:, ”“rows:”, “cols:”, “lelvels:” を順に入力[*3)] する。

・B 列 1-9 行に、各ヘッダ項目に対応する所定の数値を入力する（次頁図①）。

・A 列 10 行目から J 列 19 行目の間に 1 段目（最下段）の各セル(voxel)の属性値を入力する[*4)]。

・A 列 20 行目から J 列 29 行目の間に 2 段目の各セルに対応する属性値を入力する[*4)]。

・A 列 30 行目から J 列 39 行目の間に 3 段目（最上段）の各セルに対応する属性値を入力する[*4)]。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	north:	10									
2	south:	0									
3	east:	10									
4	west:	0									
5	top:	3									
6	bottom:	0									
7	rows:	10									
8	cols:	10									
9	levels:	3									
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
21	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
22	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
23	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
25	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
27	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
28	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
29	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
30	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
31	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
32	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
33	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
34	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
35	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
36	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
37	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
38	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
39	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Sheet1

図 3.6 3 次元ラスター型データの入力例

補足*3) 3 次元ラスター型データのヘッダ情報

3D ラスターでは空間に配列する属性データを扱うので、東西南北座標と行列数（東西および南北方向の解像度）の他に、高さ方向の最上段と最下段の座標値(“top” & “bottom”）と段数(“levels”）を追加した合計 9 種の情報について最低限記述しなければならない。

補足*4) 3 次元ラスター型データの属性データの入力

3D ラスターでは、2 次元ラスター型データの作成書式であるポイント形式は使用できないので、セル形式のフォーマットに準拠して最下段のセル(voxel)から入力し、続いて 2 段目、3 段目…という形式で作成する。詳細は、GRASS 6.4.0 に付随するマニュアル(英語版)を参照の事。

3.3 データファイルの保存

・Excel のメニューバー「ファイル」⇒「名前を付けて保存」⇒「その他の形式」をクリックする。

・「ファイルの種類」で“テキスト（タブ区切り）”を選択し、適当な名前を付けて、保存をクリックする。

図 3.7 名前を付けて保存

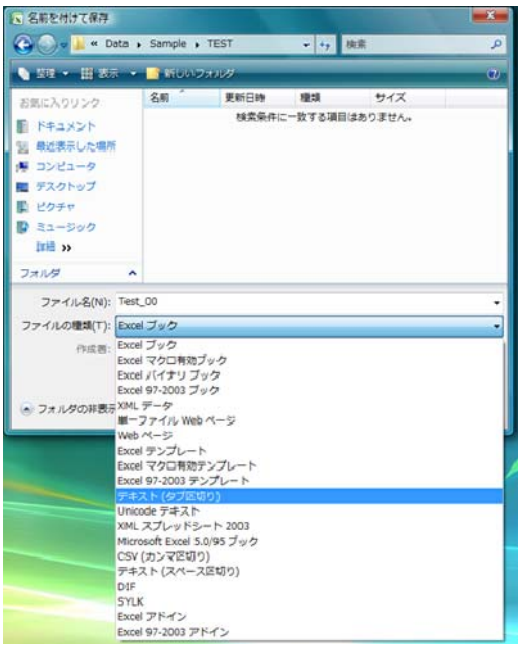


図 3.8 保存形式の選択画面

・(複数の sheet が存在する場合）“選択したファイルの種類は・・”の警告が表示されるので、OK をクリックする。

図 3.9 テキスト形式保存の際の警告画面 1

・“・・には、テキスト（タブ区切り）と・・”の警告が表示されるので、はいをクリックする。

図 3.10 テキスト形式保存の際の警告画面 2

・最終的に Excel 形式で入力されたデータが、（タブ区切り）テキスト形式で保存される。

4. オープンソース GRASS 6.4.0 の基本操作手順

4.1 GRASS のインストールと起動

4.1.1 セットアップファイルの取得

GRASS ホームページ（オフィシャルサイト http://grass.osgeo.org/の他、多数のミラーサイト有り）のダウンロードサイトより、WinGRASS-6.4.0RC6-1-Setup.exe をダウンロードし、PC 内のハードドライブに GRASS 6.4.0 を表示される手順にしたがってインストールする。

インストール時、ドキュメントライブラリ内に参照ディレクトリ用フォルダである”GIS DataBase”がデフォルトで作成されるが、PC ハードディスク内の任意の場所に新規フォルダを作成し、GRASS データに関するホームディレクトリ用フォルダとして使用する事も可能である。ただし、フォルダ名はユーザー自身で把握できれば基本的に自由であるが、操作上の不具合を避けるため、必ず半角英数文字で作成する事に留意する。

4.1.2 GRASS の起動

デスクトップ上に表示されているショートカットアイコン（右図参照）もしくは所定のスタート画面に登録されている場所から「GRASS 6.4.0RC6」を選択し起動させる。起動時には、StartUp ウインドウ（下図参照）とコマンドプロンプトがディスプレイ上に展開されるが、以降の操作は StartUp ウインドウ上で行い、コマンドプロンプトは使用しない（ただし、GRASS 起動中はコマンドプロンプトを閉じてはならない）。

図 4.1 GRASS GIS StartUp ウインドウ

4.2 新規プロジェクトに関する初期設定

新規プロジェクト開始にあたり、ユーザーは新規 LOCATION・投影法・座標系を定義する必要がある。ここでは、「Project」という LOCATION を例として、1) UTM 図法*1) Universal Transverse Mercator's Projection; ユニバーサル横メルカトル図法）と WGS84（世界測地系座標）での設定、および 2) カスタム仕様（任意の x,y 座標系）の 2 種について概略する。

補足*1) UTM 図法について

UTM 図法（Universal Transverse Mercator's Projection; ユニバーサル横メルカトル図法）は、地球を経度 6° ごとに 60 等分したゾーンに分けて投影（緯度は 80°N - 80°S まで）する図法である。ゾーンは 180°W – 174°W を No. 1 とし、東周りに通し番号が No. 60 まで割り当てられ、座標値（x,y）はそれぞれ（緯線［東西］方向，経線［南北］方向）を表わし、単位は m である。また、負の値を避けるために、原点座標値を北半球では（500,000, 0），南半球では(500,000, 10,000,000)と設定している。

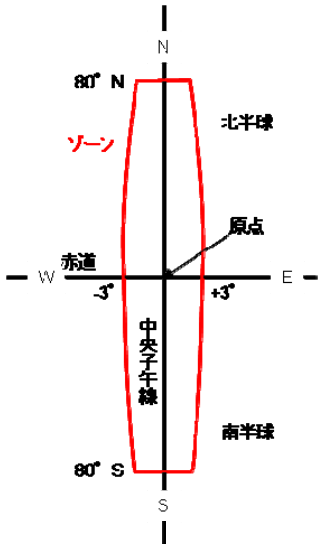


図 4.2 UTM 図法の概念

4.2.1 初期設定画面の起動

Startup ウィンドウにある ロケーションウィザード をクリックし、下図の参照ボタンから、GIS データディレクトリに "GIS Database" を指定した後、プロジェクトロケーションに" Project "と入力して 次へ を押す。

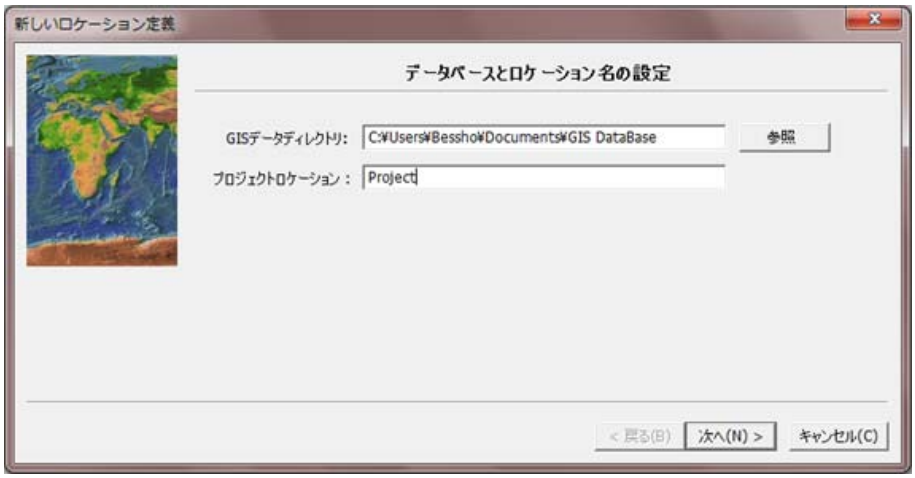


図 4.3 新規プロジェクト初期設定画面（LOCATION の設定）

4.2.2 投影法および座標系の指定

1) UTM 図法・WGS84 座標系による指定

・次項図のウインドウにおいて、"EPSG*2) コードを指定" を選択して 次へ を押す。

補足*2) EPSG European Petroleum Survey Group（欧州石油調査グループ）の略。現在は、OPG

Surveying & Positioning Committee と呼称。

図 4.4a 新規プロジェクト初期設定画面（座標系・測地系の選択）

・EPSG コード選択（下図）において、WGS 84 / UTM zone のに該当するコードより対象エリア（北 or 南半球、zone 番号）を考慮し、最適コードを選択して 次へ を押す。

図 4.4b 新規プロジェクト初期設定画面（座標系・測地系の選択）

・初期設定の要約が表示されるので 終了 を押す。

図 4.4c 新規プロジェクト初期設定画面（要約の表示）

2) カスタム仕様（任意の x,y 座標系）による指定

・前述の新規プロジェクト初期設定画面（座標系・測地系の選択）において、”XY 平面空間指定“を選択して次へを押すと、初期設定の要約（下図）が表示されるので終了を押す。

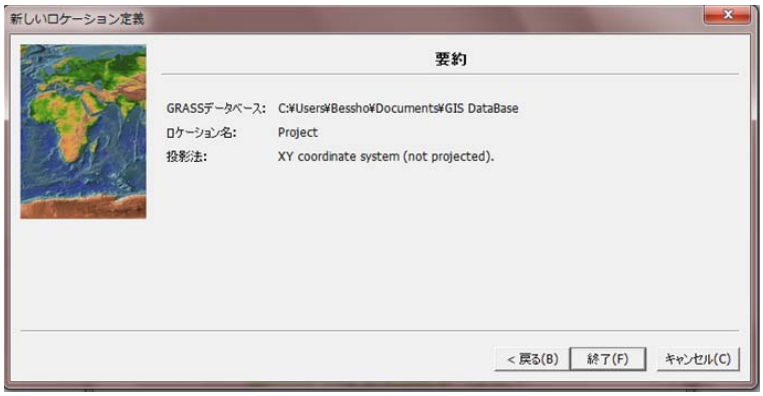


図 4.4d 新規プロジェクト初期設定画面（要約の表示）

4.2.3 新規 LOCATION の座標範囲の設定

上述したいずれの座標系の指定後、具体的な座標範囲の設定操作に移る。通常は、右図の「領域および解像度設定確認画面」が表示された後、座標範囲を設定するウインドウに移行するが、GRASS を起動させている PC 環境によっては、GRASS プロジェクト内の LOCATION における作業段階で設定する場合もあり得る。

図 4.5 設定確認ウインドウ

1) 通常の設定方法

・下図画面で東西南北の座標*3) と東⇔西方向、北⇔南方向の解像度をそれぞれ入力*4) する。

・「領域設定」を押すと新規プロジェクトに関する初期設定が完了し、Startup ウィンドウに戻る。

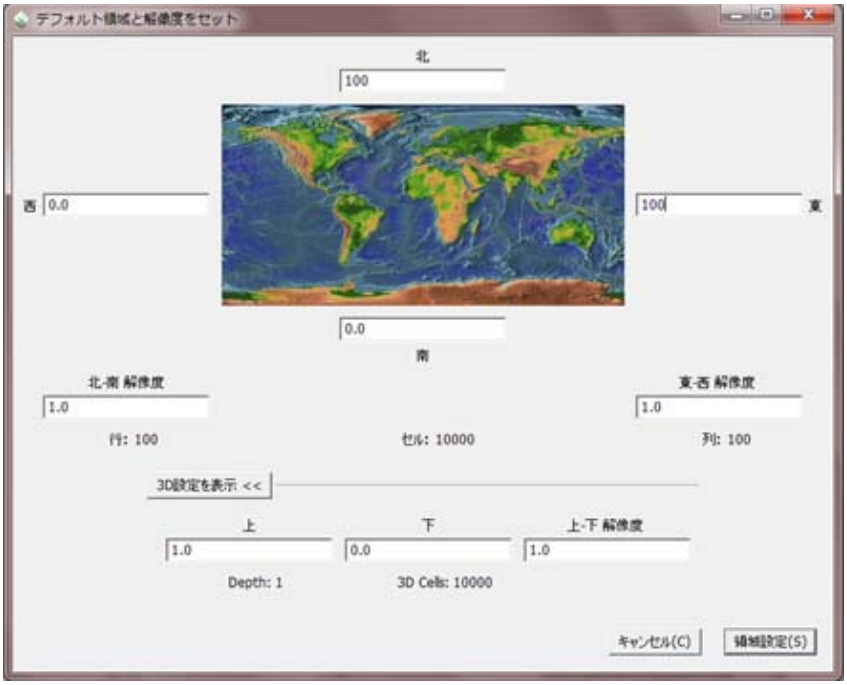


図 4.6 表示領域座標および解像度設定ウインドウ

補足*3) 領域座標と UTM 座標への変換について

領域座標設定は、表示する地域をカバーするように範囲を決定すればよく、必ずしも同じに大きさに表示範囲を設定する必要はない。その際、データから表示範囲の目安を評価すればよいが、データの座標系が緯度経度や平面直角座標などを用いている場合には、UTM 座標系に変換する。緯度経度→UTM 座標系への変換には Excel ファイル「UTMConverter」を用いる。なお、平面直角座標→UTM 座標系への変換は直接出来ないので、一旦平面直角座標→緯度経度に変換してから行う（国土地理院 HP の測量計算：http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/を参照の事)。

補足*4) 3 次元系の領域設定

領域座標設定では、平面座標に関する設定の他、空間領域に関する座標も併せて設定可能である。この場合ウインドウ内の 3D 設定を表示を押し、上下(Top & Bottom)の座標と解像度を入力する。

2) GRASS 作業域で設定する場合

・「新しい GIS データディレクトリ」に関するウィンドウが表示されるので、OK を押す。

・領域および解像度の設定画面には移行せず、StartUp ウインドウが表示される（領域表示範囲の設定に関しては、別項：「領域の設定変更」 を参照する事)。

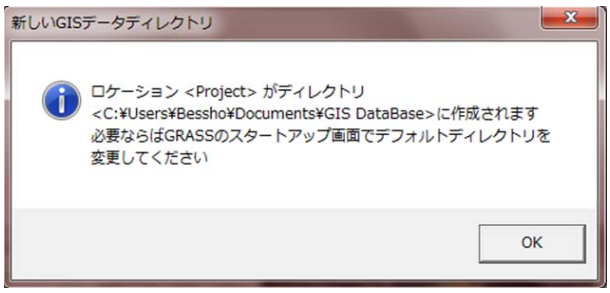


図 4.7 設定確認ウインドウ

4.2.4 デジタル標高データ（DEM; Digital Elevation Model）による初期設定

CG や地図などの作成に通常よく利用されている DEM データなどのラスターデータは、ヘッダ部に属性データに関する表示範囲等の情報が記載されている。したがって、このようなデータファイルのヘッダ情報を直接読み込む事により、領域・解像度が自動的に設定可能である。

（設定手順）

・StartUp ウインドウからロケーションウィザードを押し、LOCATION を作成する。

・座標系・測地系選択画面において、“地理参照ファイルを選択”を選択して次へを押す。

・ 参照から地理参照ファイルとして、所定のラスターデータファイルを選択し、次へを押すと、表示範囲と解像度、総セル数がヘッダ情報から読み込まれ自動的に決定される。

図 4.8 地理参照ファイルの選択画面

4.2.5 新規 MAPSET の作成

新規 LOCATION が作成されると、LOCATION ディレクトリ内に ”PERMANT”という名称の MAPSET が自動的に作成される。データベースディレクトリとして追加的に MAPSET を作成する場合には、StartUp ウィンドウのマップセットの作成を押し、任意の名前を入力した後、OK を押すと、追加された MAPSET がマップセット一覧に表示される。

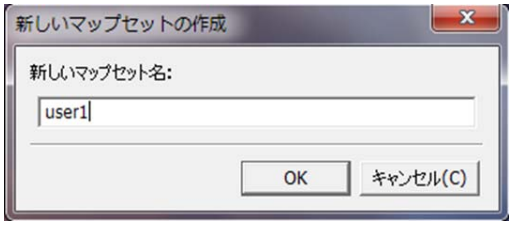


図 4.9 新しい MAPSET の作成画面

4.3 GRASS 起動後におけるプロジェクト LOCATION での開始作業操作

4.3.1 LOCATION の選択

・StartUp ウィンドウの参照を押し、”GIS DataBase” フォルダを選択する。
・作業対象となるプロジェクトロケーションから LOCATION を選択する。
・マップセット一覧から、MAPSET を適宜選択し GRASS の起動を押す。
・GRASS の起動を押すと、下図のレイヤーマネジャー（マップ等の作成操作）と Map Display（マップ等の表示）のウィンドウが起動する。

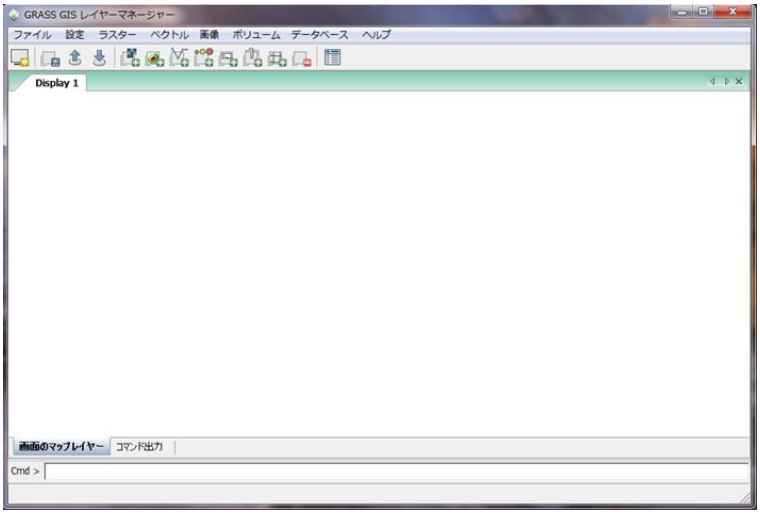


図 4.10 GIS レイヤーマネジャー

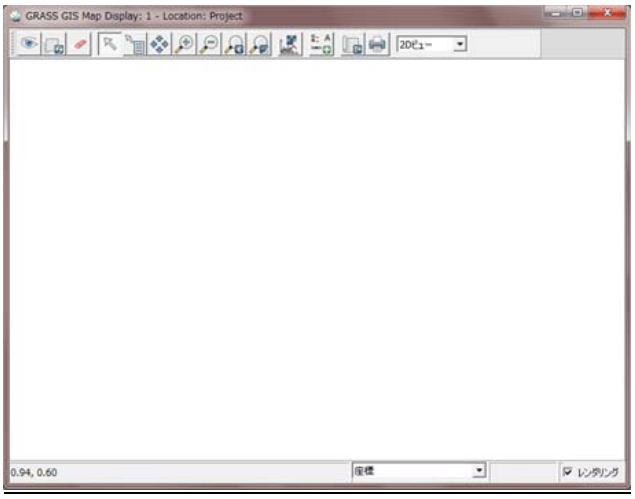


図 4.11 Map Display ウィンドウ（データ Map を表示）

4.3.2 座標系及び領域設定の確認（g.region -p コマンド）

・レイヤーマネジャーのメニューバーで「設定」→「領域」→「領域表示」を選択[*5] する（コマンド名がステータスバーに表示）と、【コマンド出力】タブ上に領域設定情報が表示される。

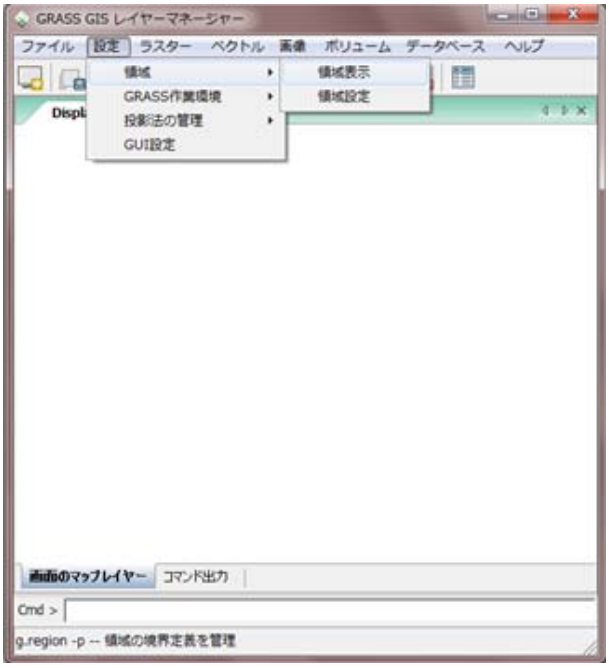


図 4.12a g.region -p コマンドの選択

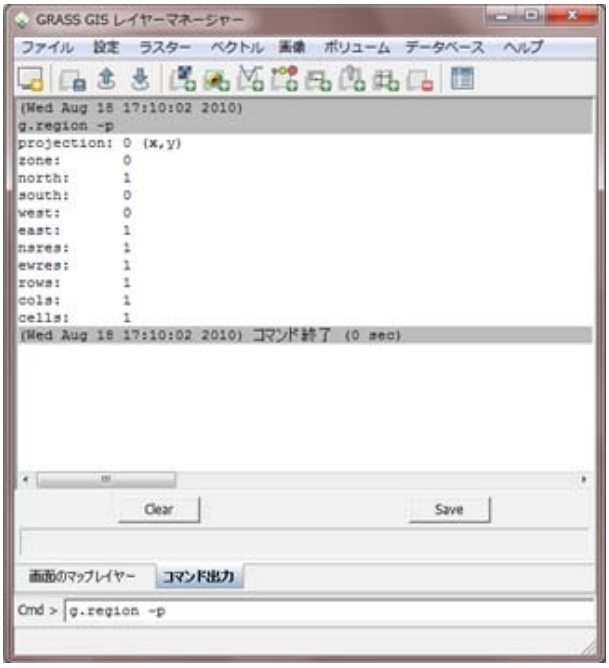


図 4.12b g.region -p コマンドの実行結果

補足*5) 各種コマンドの実行

開発当初 GRASS における処理は、コマンドプロンプトへの各種コマンドの入力により行われていたが、GRASS 6.0 以降、Manager ウインドウ上での選択方式に移行した。しかしながら、一部のコマンドでは直接入力方式を採用している。また、選択方式で実行可能なコマンドにおいても直接入力による処理が可能である。

上記の領域確認を直接入力により実行する場合、レイヤーマネジャー下部のコマンド入力欄(CMD>)に“g.region -p”と入力し、「Enter」キーを押すと選択方式と同様の実行結果を示す。

4.3.3 領域の設定変更（g.region コマンド）

新規プロジェクト作成での LOCATION 等の初期設定時にも触れているが、領域座標・解像度の設定が行われなかった場合や、定めた領域条件に変更の必要が生じた場合には、g.region コマンドにより設定変更を行う事が可能である。ここでは、東西南北座標をそれぞれ 100，0，0,100 に、解像度を東西・南北方向ともに 10 に変更する場合[*6] を例として、設定変更の一例を述べる。

（実行手順）

・レイヤーマネジャーのメニュー「設定」→「領域」→「領域設定」を選択する。

・g.region ウィンドウが開き、【境界】タブ上で東西南北 4 端の座標を入力する（次頁図）。

・【解像度】タブ上で行数・列数ともに 10 と入力し、実行ボタンを押す（次頁図）。

・【コマンド出力】タブに移行し、設定変更が完了する。

・変更の確認は、前述の g.region -p コマンドウインドウを呼び出すと変更後の設定を確認できる。

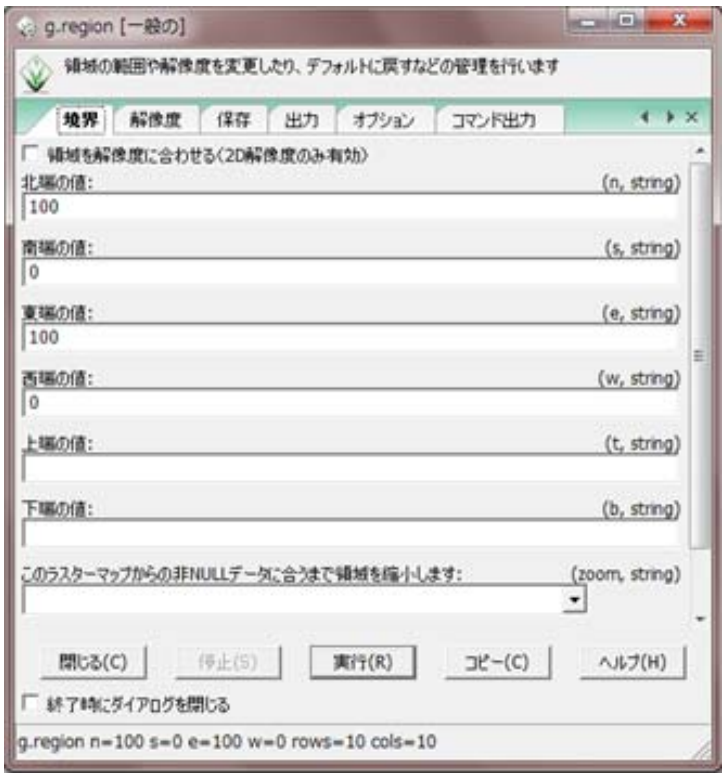


図 4.13a g.region コマンド（【境界】タブ）

図 4.13b g.region コマンド（【解像度】タブ）

補足*6）解像度の設定変更について

解像度の変更については、色々なオプションがあり、状況に応じて方法を選択できる。上記の例では、解像度に相当する行列数を指定する事により変更を行っているが、上図の【解像度】タブ内の ”nrse”, “ewres” オプションでそれぞれの解像度を入力する方法でも同様の処理ができる。

4.3.4 MAPSET に保存されているデータの確認（g.list コマンド）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ファイル」→「マップの管理」→「リスト」を選択する。

・g.list ウィンドウの【必須】タブ上の“Data type”で、リスト化したいデータ形式を指定する。

・実行ボタンを押すと、【コマンド出力】タブ上に、MAPSET 内に保存されている指定形式のデータ一覧が表示される。

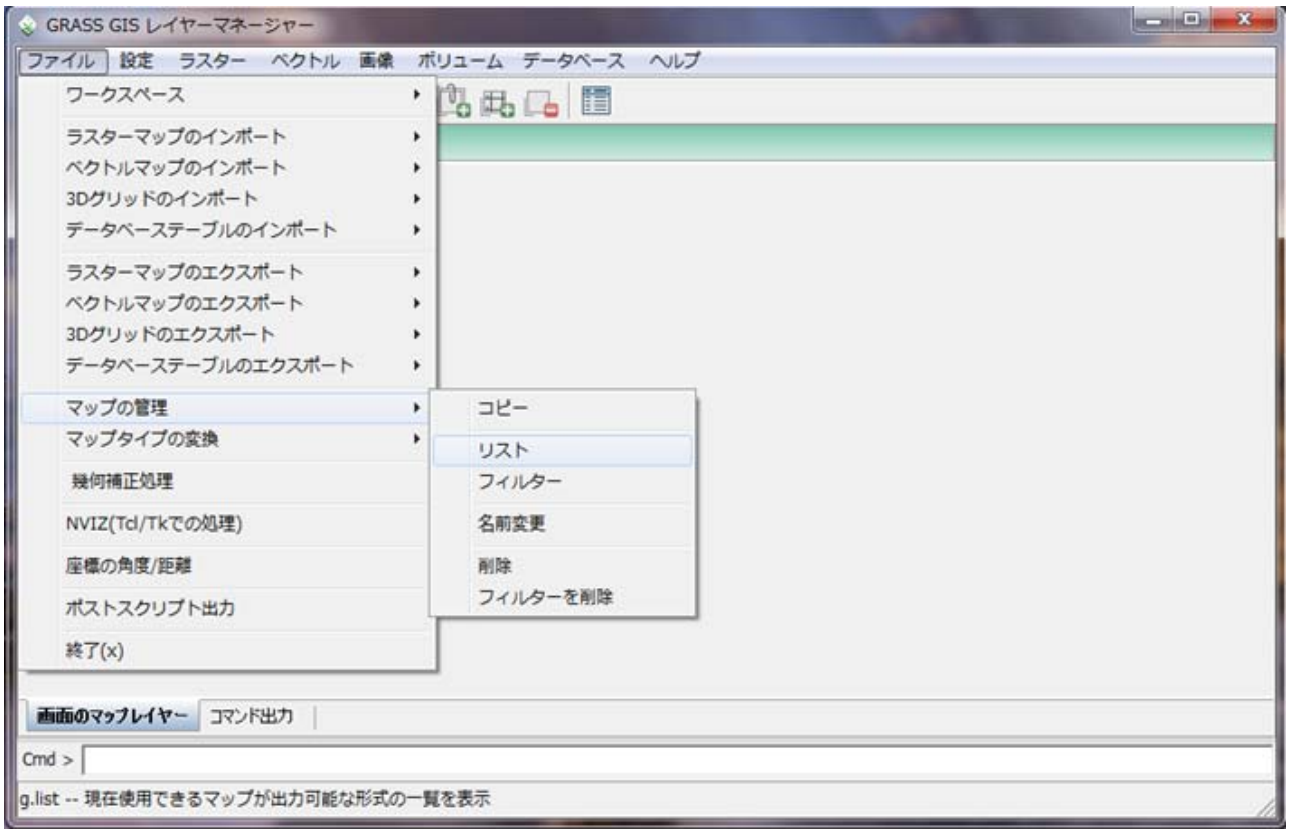


図 4.14 g.list コマンドの選択

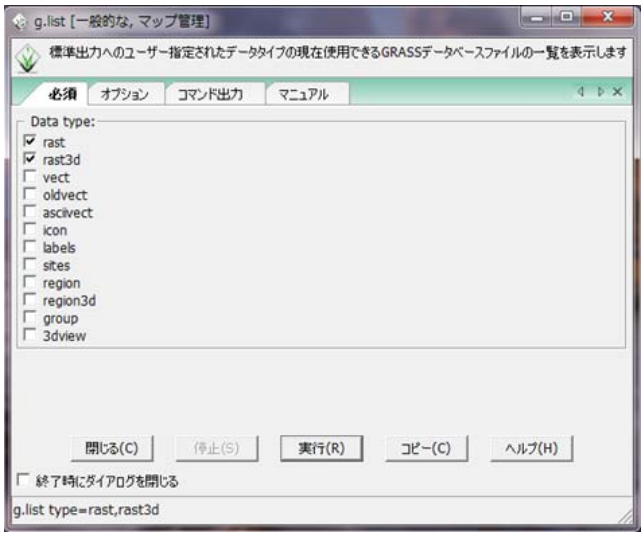


図 4.15a データ形式の選択

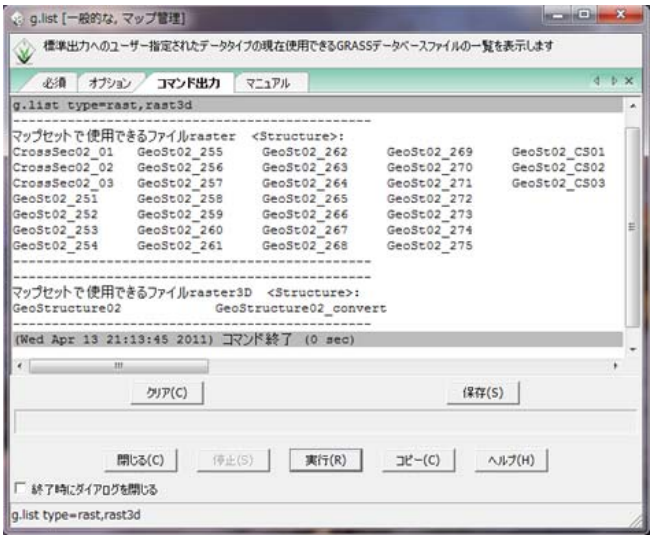


図 4.15b 保存データの一覧表示

4.4 GRASS へのデータのインポート

GRASS へインポートできるデータ形式には、ASCII 形式やバイナリ画像など種々のフォーマットがある。ここでは、ASCII 形式の 2D・3D ラスターデータおよび DEM データや JPEG などの画像データのインポート手順について述べる。

4.4.1 ASCII フォーマット 2D ラスター型データ

2 次元のラスター型テキストデータのフォーマットは、① 属性値が格子セル状に配列したデータと、② 属性値が xy 座標でリスト化されているデータの 2 種類に大別される（Excel を用いた各種 ASCII 形式テキストデータの作成方法は別項を参照の事）。そのため、フォーマットによりインポート時に実行すべきコマンドを適宜選択しなければならない。

1）各格子セル属性値（数値）代入型データ（r.in.ascii コマンド）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ファイル」→「ラスターマップのインポート」→「ASCII グリッドのインポート」を選択する。

・r.in.ascii ウィンドウの【必須】タブ上の“output”で、インポート後のマップ名（任意の半角英数字）を入力する。

・【オプション】タブ上の“input”で、参照を押し、インポートするテキストデータを選択する。

・既存のマップに上書きする場合は、“既存のファイルに上書きをする”にチェックを入れる。

・実行ボタンを押すと、【コマンド出力】タブ上に、r.in.ascii コマンド実行結果が表示される。この時、”r.in.ascii 完了”と表示されていれば、ラスター型データとしてインポートが完了している。

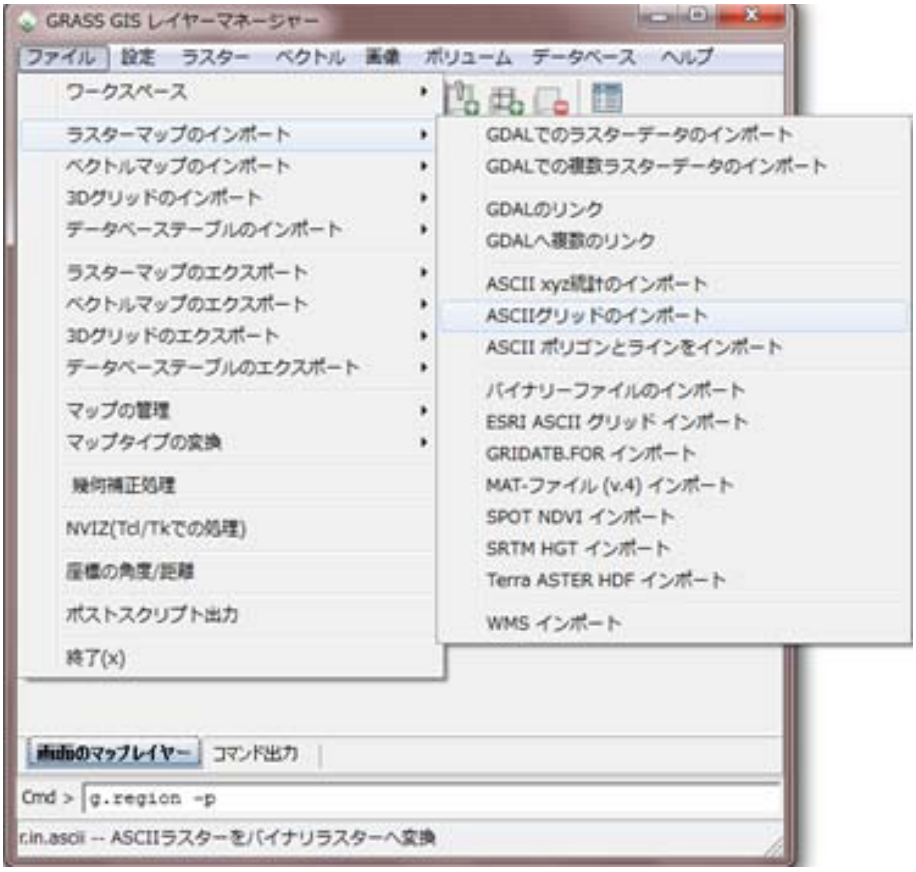


図 4.16 r.in.ascii コマンドの選択

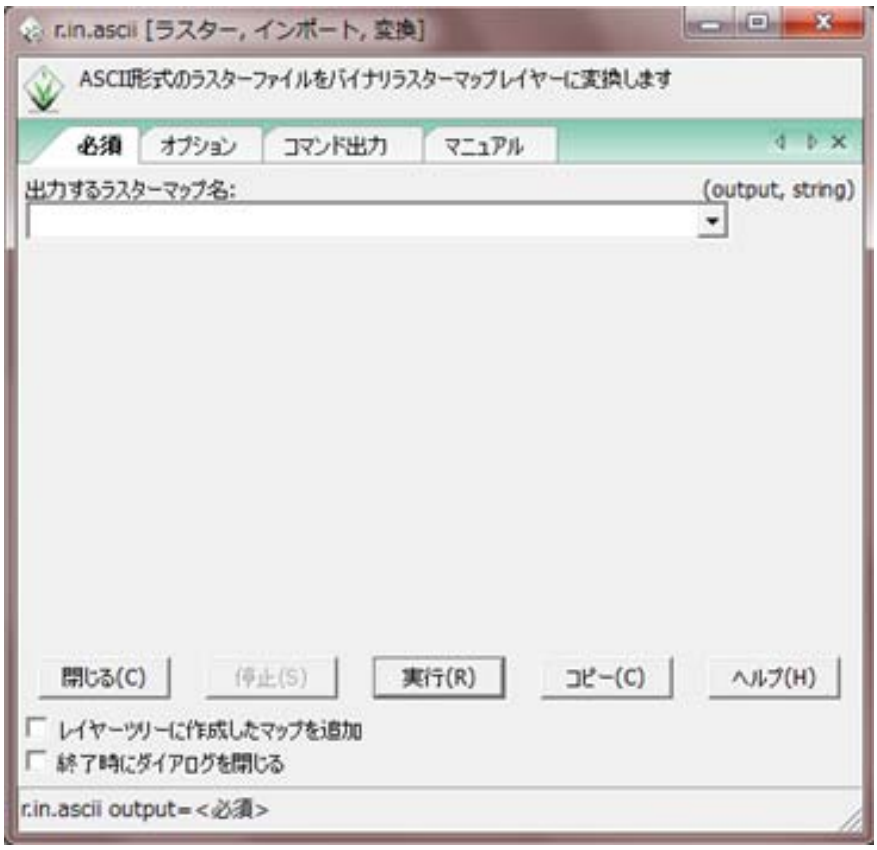


図 4.17a ラスターマップ名の入力項（必須タブ上の”output”）

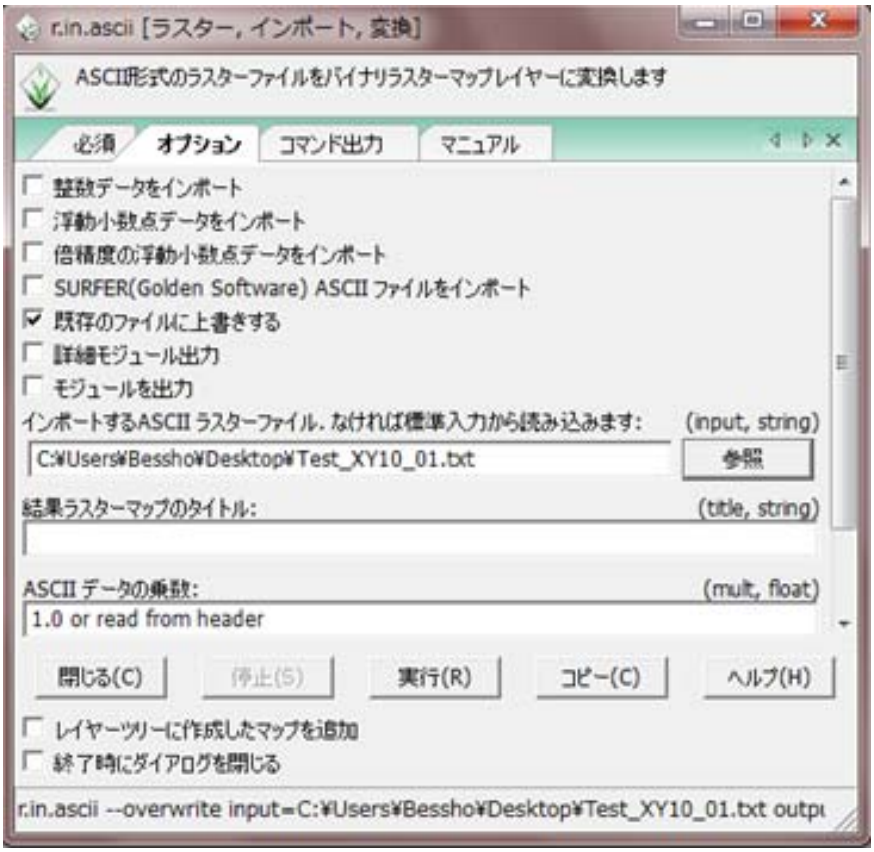


図 4.17b 【オプション】タブ上での入力画面

2) xy 座標指定による属性値（数値）代入型データ（r.in.xyz コマンド）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ファイル」→「ラスターマップのインポート」→「ASCII xyz 統計のインポート」を選択する。

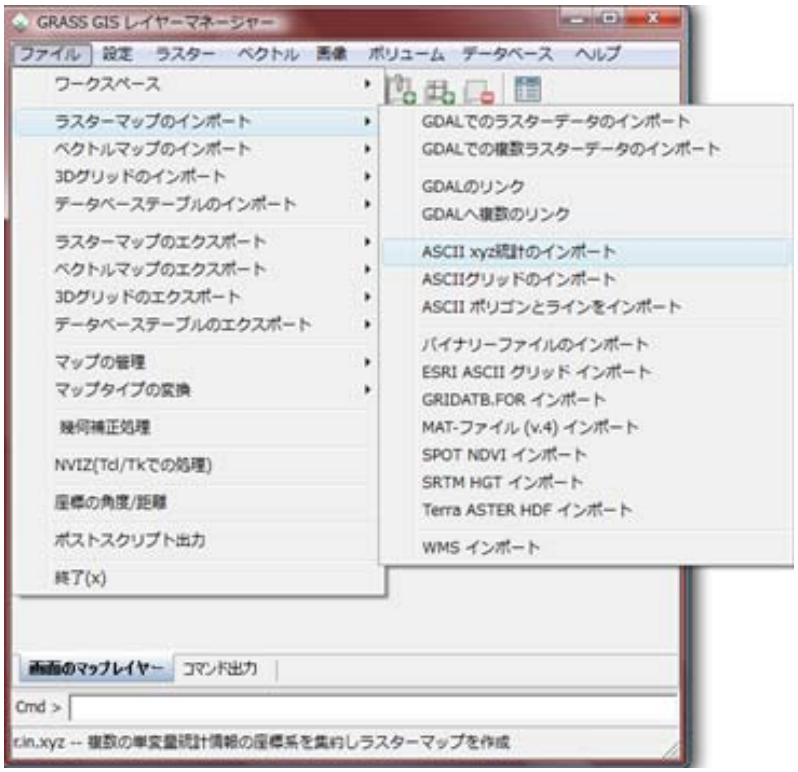


図 4.18 r.in.xyz コマンドの選択

・r.in.xyz ウィンドウが開くので、【必須】タブ上の“input”で、参照を押し、インポートするテキストデータを選択した後、“output”で、インポート後のマップ名を入力する。

図 4.19a 【必須】タブ上でのインポートデータとマップ名の入力

・【統計量】タブ上の”method” *7) を「mean」に合わせる（デフォルト設定）。
・【必須】タブ上の“fs”の欄でフィールドセパレータを「¥t」と入力する。
・【入力】タブ上の x,y 座標に対応するデータの列番号として、”1”, “2”を選択し（デフォルト設定）、数値データに対応する列番号をデータ列が 3 番目なら”3”、4 番目なら”4” …として入力する *8)。
・実行ボタンを押すと、【コマンド出力】タブ上に r.in.xyz コマンド実行結果が表示される。この時、GRASS のラスター型マップデータとしてインポートが完了していれば、”r.in.xyz 完了”と表示され、インポートされた座標データ数が表示される。

図 4.19b 【入力】タブ上でのデータ列とタブ区切りの指定

補足*7)「method」の設定

上記のインポートは、xy 座標を基にして、範囲及び分解能が設定された 2 次元格子状セルに数値（属性値）を振り分けていく作業を行っている。したがって、座標により同一セルに複数の数値が割り当てられる事がある。「method」は、その同一セルに重複した数値をどのように表現するかを設定する項目である。デフォルトは「mean；平均値」となっており、必要に応じて適宜選択できる。

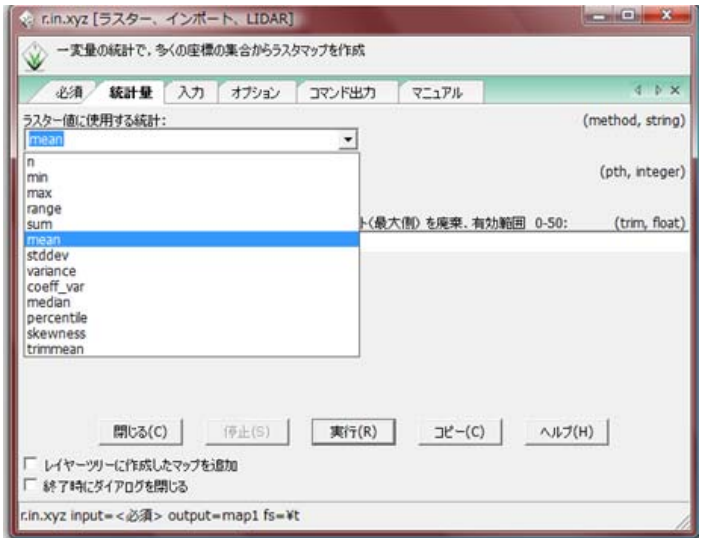


図 4.19c 【統計量】タブ上でのデータ重複処理の選択

補足*8)　x,y 座標及び数値データの列対応について

「x, y, z」は、x,y 座標及び数値データがインポートされるテキストファイルのどのデータ列に対応しているかを示す項目である。インポート時には、xy 座標と対応する地点での属性データを選択するが、1 回のインポートについて 1 種類の属性データしか選択できないので、作成したテキストデータにおいて、複数の種類の属性値データが含まれている場合には、インポートしたい属性データ種の列番号を適宜選択し、インポートを実行しなければならない。

4.4.2 ASCII フォーマット 3D ラスター型データ（r3.in.ascii コマンド）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ファイル」→「3D グリッドのインポート」→「ASCII 3D のインポート」を選択する。

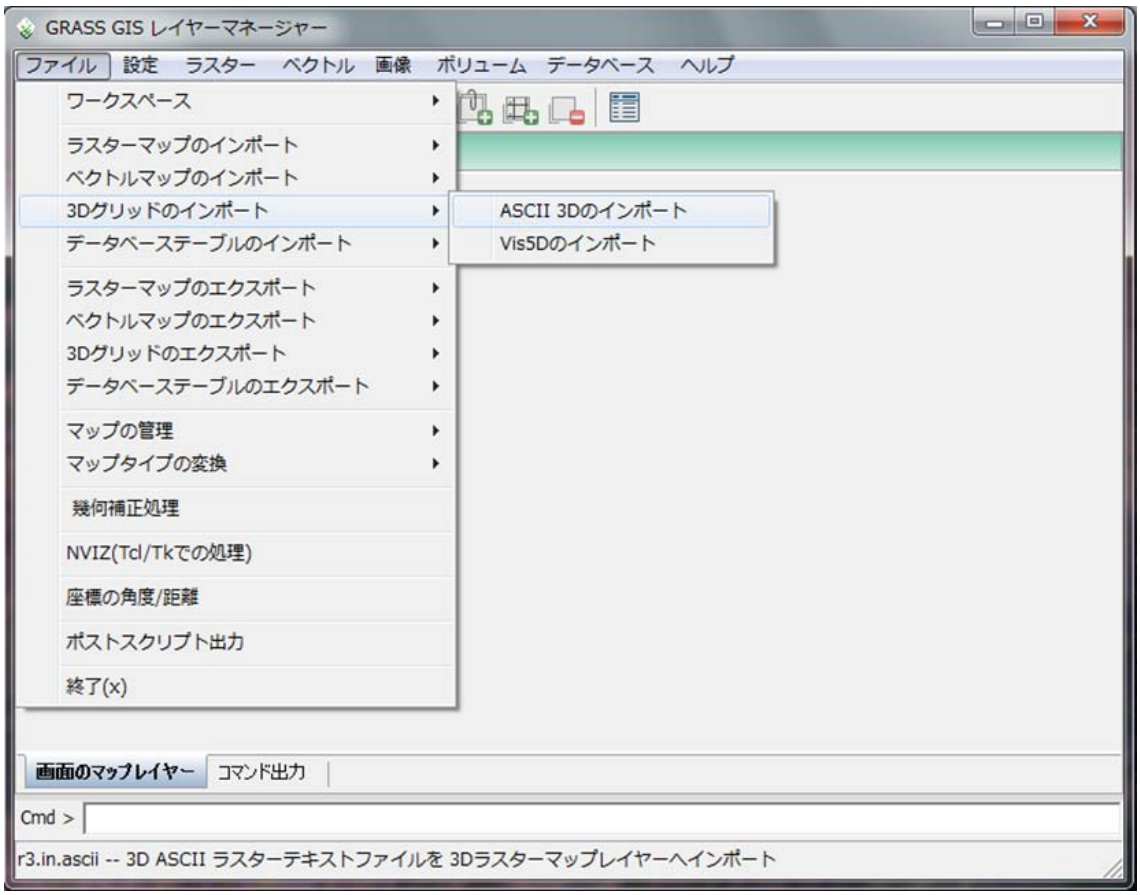


図 4.20 r3.in.ascii コマンドの選択

・r3.in.ascii ウィンドウが開くので、【必須】タブ上の“input”で参照を押し、インポートする 3D 用にフォーマットされたテキストデータを選択した後、“output”で、インポート後の 3D ラスターマップ名を入力する。

・実行ボタンを押すと、【コマンド出力】タブ上に r3.in.ascii コマンド実行結果が表示される。この時、GRASS のラスター型マップデータとしてインポートが完了していれば、”r3.in.ascii 完了”と表示される。

・3D ラスターマップとしてインポートされる ASCII 形式ファイルは、データ容量としての制限があり、z 方向に対して 2 次元ラスターで 50 面程度のデータはインポート可能であるが、Nviz による 3 次元表示を考慮すると、25 面程度までが望ましい。

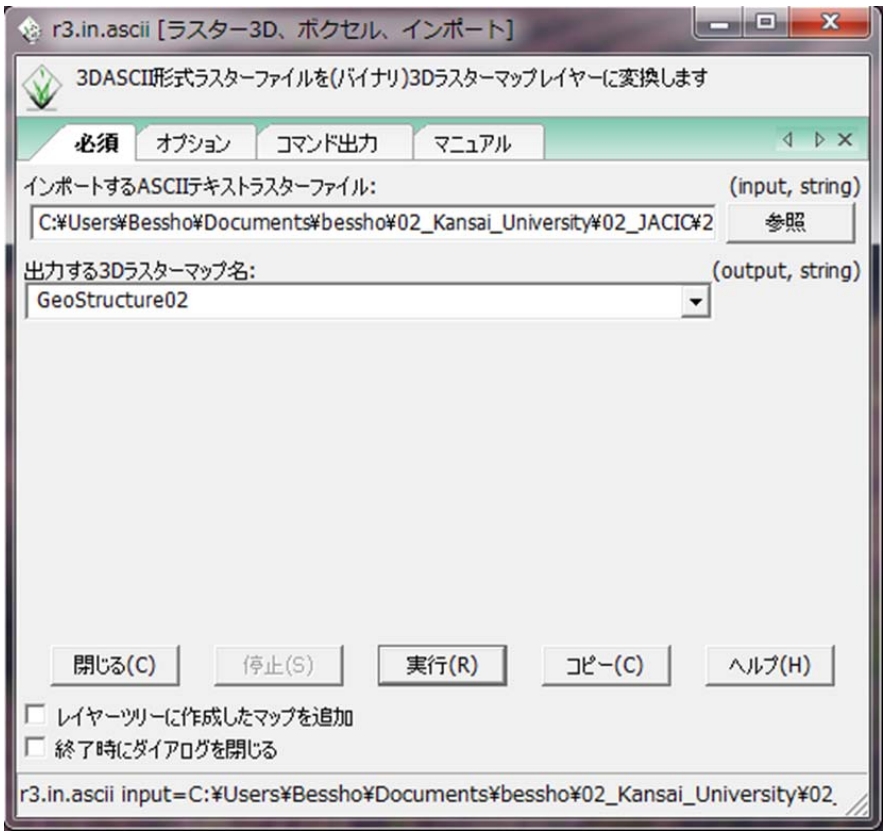


図 4.21 【必須】タブ上でのインポートデータとマップ名の入力

4.4.3 バイナリ画像データ（r.in.gdal コマンド）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ファイル」⇒「ラスターマップのインポート」⇒「GDAL でのラスターデータのインポート」を選択する。

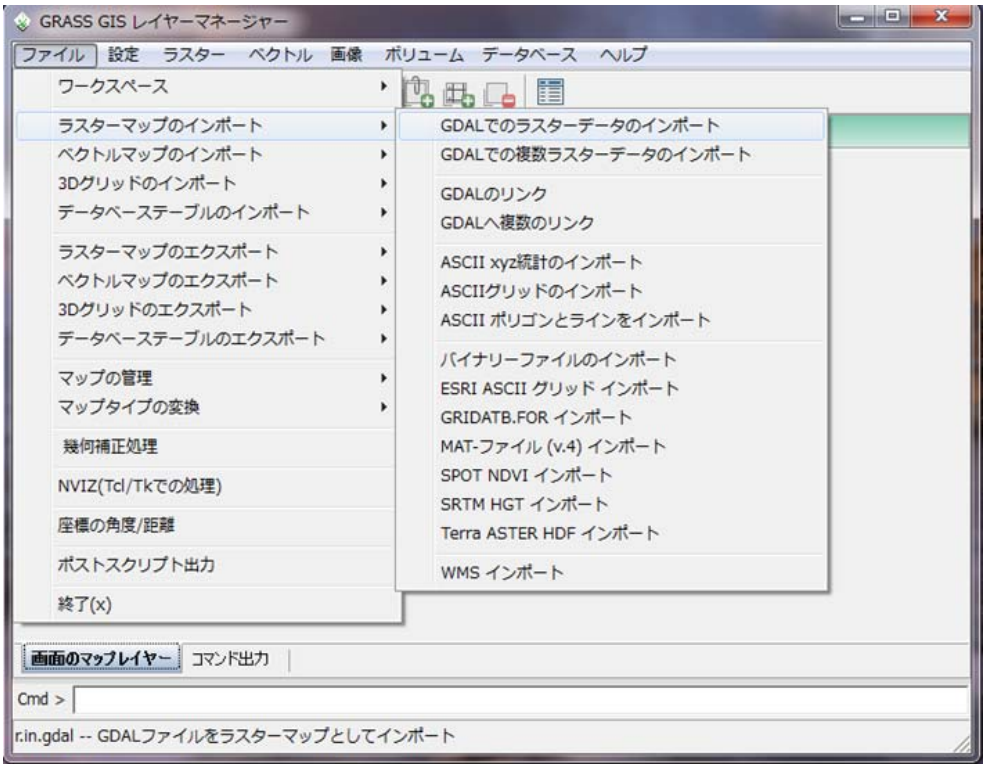


図 4.22 r.in.gdal コマンドの選択

・必須 タブ上の“input”で参照を押し、インポートする所定の JPEG 形式の画像ファイルもしくは DEM データファイルを選択した後、“output”で、インポート後のラスターマップ名を入力し実行ボタンを押すと、バイナリ画像データがラスターデータとして格納される。

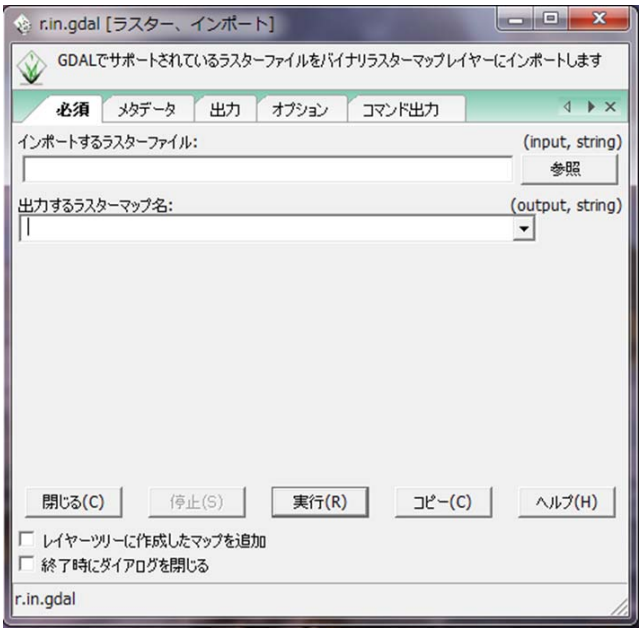


図 4.23 【必須】タブ上でのインポートデータとマップ名の入力

4.5 Map Display ウインドウによるデータの表示と保存

4.5.1 ラスター型データマップの表示（d.rast コマンド）

・レイヤーマネジャーの 2 段目左から 1 番目の「新規画面作成」アイコンをクリックすると、Map Display ウィンドウが表示される。

・レイヤーマネジャーの 2 段目左から 5 番目の「ラスターマップの追加」をクリックする。

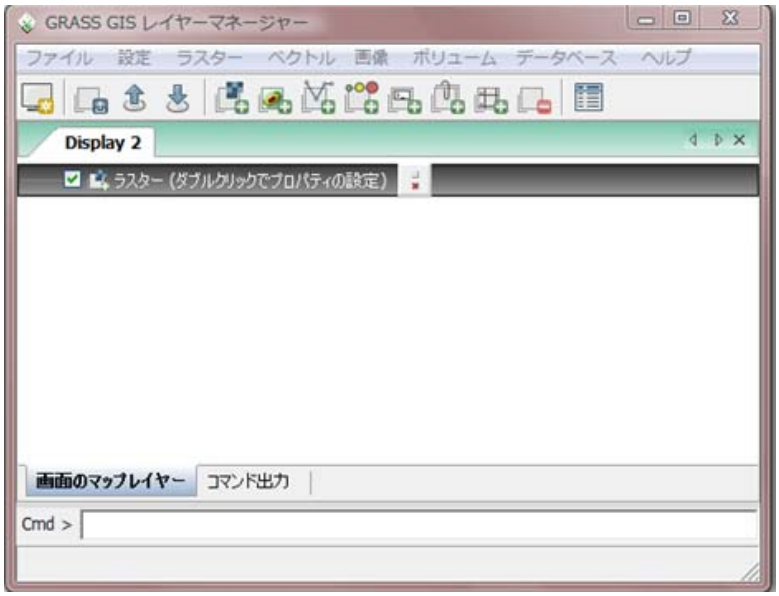


図 4.24 Map Display ウインドウの新規選択

・d.rast ウィンドウが開くので、【必須】タブ上の”map”から表示対象となるラスターマップを選択し、適用または OK ボタンを押すと、Map Display に選択された画像が表示される。
・表示される配色のデフォルトは、値の大きい方から「赤→青→緑→黄」と変化し、値の上限値と下限値の間で属性値に応じてグラデーションする。また、Null 値（*）は無色である。

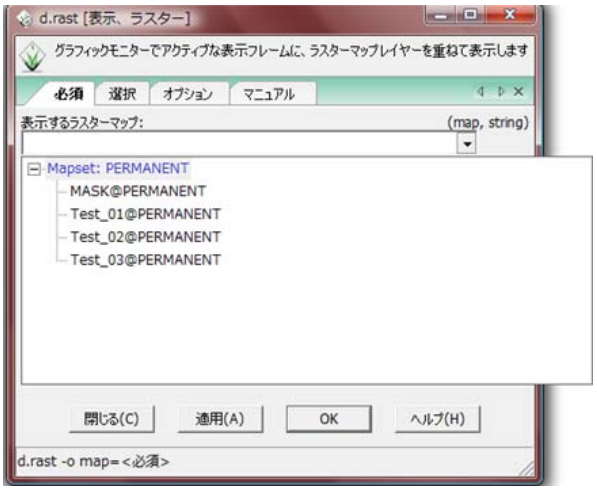


図 4.25 d.rast ウインドウによる表示するラスターマップの選択

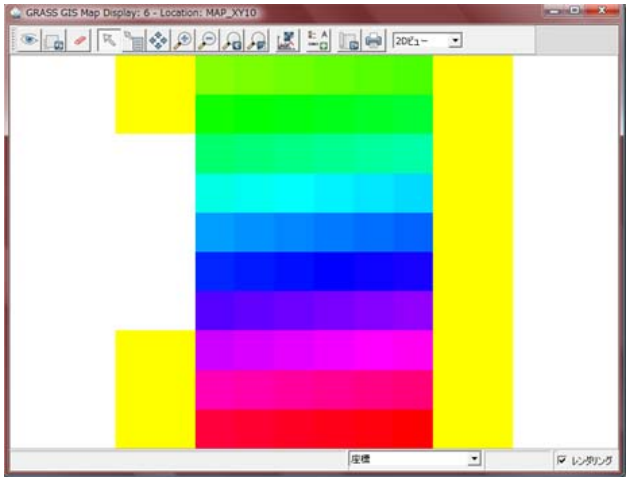


図 4.26 Map Display ウインドウ上へのラスターマップの表示例

4.5.2 マップの保存（ラスター・ベクトルマップ共通）
・Map Display ウインドウの右から 2 番目「グラフィックファイルとして保存」アイコンをクリックする。
・ファイル名を付けて保存を押すと PNG 形式で Map 画像が保存される。

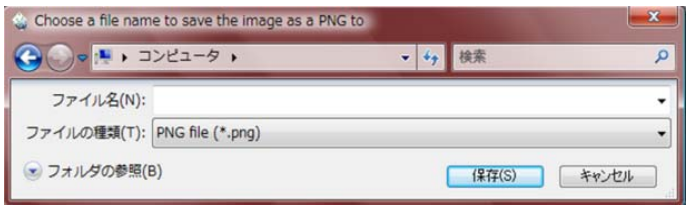


図 4.27 Map のグラフィック保存画面

5. 各種 GRASS データを用いた変換・解析操作

GIS はおもに入力機能、データベース機能、(空間)解析機能、出力機能から構成される。これまで GRASS 6.4.0 の操作手順について、起動、初期設定、データのインポートおよび表示など、ユーザーが GRASS を使用するにあたり最低限必要な基本的手順と、入出力機能に関する操作手順について解説した。今後、ユーザーが GRASS を利用する上で、入力されたデータ情報を基にした解析より新たな情報を得る事は、GRASS がもつデータベース機能の活用範囲を拡げるものとなる。

ここでは、GRASS インポートされたラスター・ベクトル・3D ラスター(volume)の各データ形式において用いられる解析・変換に関するコマンドについて概説する。

5.1 ラスター型データ

5.1.1 ラスター型データ Map 画像への表示色の割り当て（r.colors コマンド）

インポートされたラスターマップに、標高データや濃度データなどの属性値に対応した表示色が準備されていなければ、7 色の虹色がデフォルトとして割り当てられる。このデフォルトによる表示色が最適でない場合、r.colors モジュール内にある事前に定義された表示色スキーム（カラーテーブル）を使う事により新規の表示色を割り当てる事ができる。また、ユーザー自身が定義した表示色スキームに関するテキストファイルを r.colors モジュールに読み込んで割り当てる事も可能であるため、濃度分布などのラスターMap において、濃度境界を独自の視点でより詳細に表現する事が出来る。

ここでは、1) モジュール内で定義されているスキームを使用する場合と、2) ユーザーが定義したスキームに沿った表示色の割り当て、3) 既存のラスターマップを用いた操作の 3 種類の手順を述べる。

（共通の操作手順）

・レイヤーマネージャーメニュー「ラスター」→「カラー調整」→「カラーテーブル」を選択する。

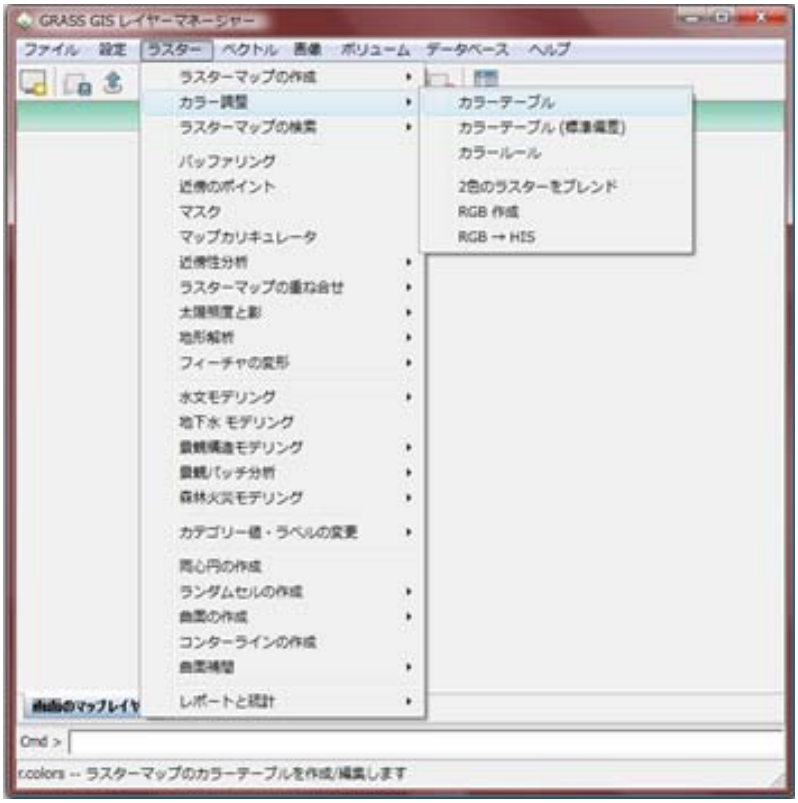


図 5.1 r.colors コマンドの選択

・r.colors ウィンドウが開くので、【必須】タブ上の”map”から配色設定対象となるラスターマップを選択する。

図 5.2 【必須】タブ　表示色を割り当てるラスターマップの選択

1) モジュール定義の表示色スキームによる割り当て

・【色】タブ上の”color”より、最適な「カラーテーブルのタイプ」を選択する（各色指定の詳細は、GRASS の Help ファイルにある「r.colors」コマンドの説明を参照の事)。

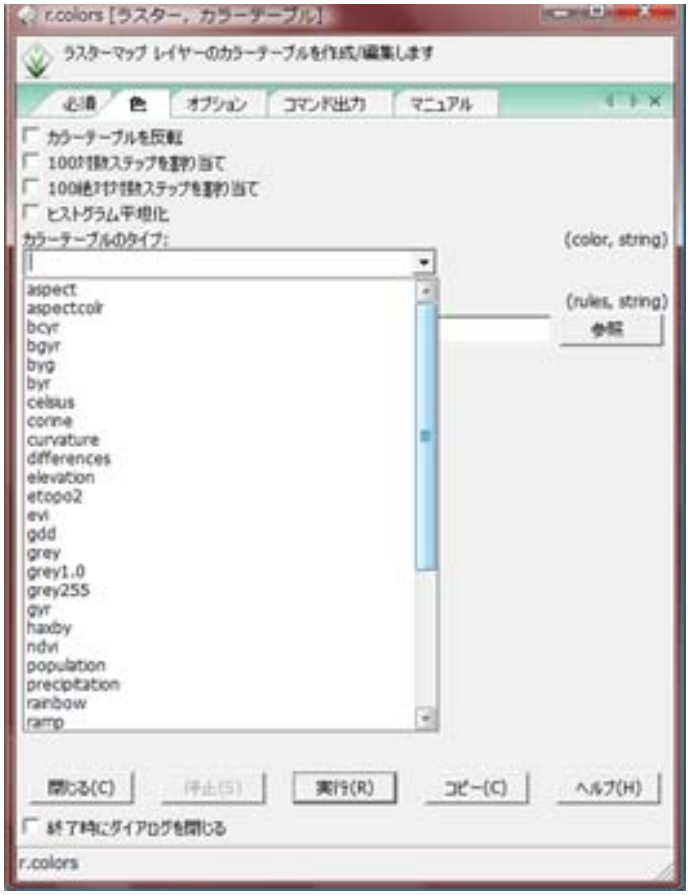


図 5.3 【色】タブ“color” 定義された表示色スキームの選択

2) ユーザー定義したテキストファイルによる割り当て

（表示色割当て用ファイルの作成）事前に

・Windows 画面の「スタート」→「アクセサリー」→「メモ帳」を開く

ここでは、RGB 系列による表示色設定*1) を行う

・任意の属性値（数値）を入力した後、「TAB」キーを押して空白を作り、R（赤）: G（緑）: B（青）の順番で適当な数値を入力する。

・複数の属性値（数値）において RGB 系列による配色を指定するには、「Enter」キーを押して改行し、同様に入力する。

・「ファイル」→「名前を付けて保存」を選択し、適当な名前を付けて所定の場所に保存する（テキストファイルとして）。

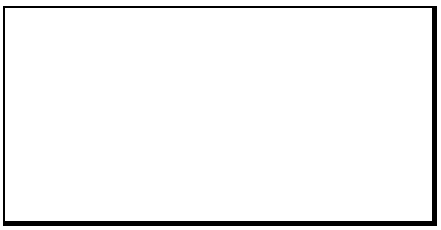


図 5.4 ユーザー定義による表示色割り当てファイル例

・【色】タブ上の”rules”にある「ルールファイルへのパス」の参照ボタンより、ユーザーが作成した表示色割り当て用テキストファイルを選択する。

図 5.5 【色】タブ“rules” ユーザー定義のテキストファイルの選択

補足*1)　RGB 系列による配色について

ある属性値（数値）に対する RGB 配色を指定すると、ラスター型データ中でその値を持つセルの表示色を決定できる。また、複数の属性値に対して RGB 配色を指定した場合、隣接する 2 点の属性値の間の値をもつセルの表示色は、RGB のそれぞれの数値を線形に増減させる事により決定される。なお、RGB 配色を指定する属性値の値は必ずしも整数である必要はない。

3) 既存のラスターマップを用いた表示色割り当て

・【オプション】タブ上の"raster"で、同じ LOCATION（または MAPSET）に保存されている別のラスターマップを選択する。

図 5.6 【オプション】タブ"raster"　別のラスターマップの表示色割り当てを選択

・上記 1) - 3) のいずれかの表示色割り当て方法を選択した後、実行ボタンを押すと、選択した割り当てにしたがって表示色が変更される。

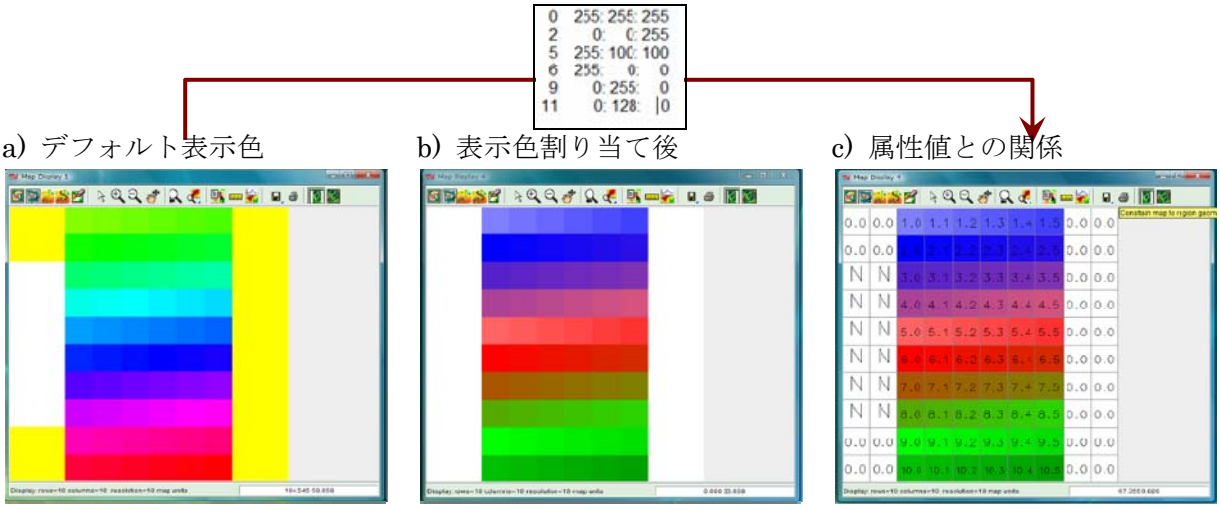


図 5.7 r.colors コマンドによる表示色割り当て

5.1.2 等高線データ Map を用いた標高データの作成（r.surf.contour コマンド）

GRASS 上での地形表現には DEM データなどの標高データが必要である。通常、標高データは規定の領域・解像度から構成されたラスター型の格子状セルに標高値が格納されている。しかし、このような標高データがない領域において地形表現を試みる場合、等高線データから NULL 値のセルを補間する事により標高データマップを作成する事ができる。デジタル化された等高線データがない場合、紙ベースの地図等から作成する必要がある。ここでは、Excel において作成した等高線データを用いる方法について概説する。

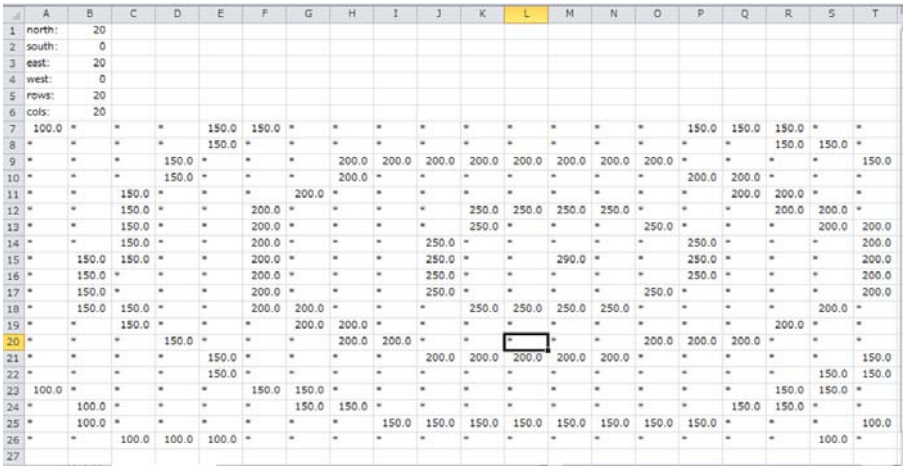
1）等高線データ Map の準備

・Excel の任意の sheet に、セル形式のフォーマットに準拠したヘッダ情報を記入する。

・等高線に該当するセルに、所定の標高値を入力する。該当しないセルは NULL 値として” * ” を入力する。

・入力終了後、“テキスト（タブ区切り）”形式でデータシートを保存する。

（詳細は「Excel 上でのデータ作成方法」を参照）



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	north:	20																		
2	south:	0																		
3	east:	20																		
4	west:	0																		
5	rows:	20																		
6	cols:	20																		
7	100.0	*	*	*	150.0	150.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	150.0	150.0	150.0	*	*
8	*	*	*	*	150.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	150.0	150.0	*
9	*	*	*	150.0	*	*	*	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	*	*	*	*	150.0
10	*	*	*	150.0	*	*	*	200.0	*	*	*	*	*	*	*	200.0	200.0	*	*	*
11	*	*	150.0	*	*	*	200.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	200.0	200.0	*	*
12	*	*	150.0	*	*	200.0	*	*	*	*	250.0	250.0	250.0	250.0	*	*	*	200.0	200.0	*
13	*	*	150.0	*	*	200.0	*	*	*	*	250.0	*	*	*	250.0	*	*	*	200.0	200.0
14	*	*	150.0	*	*	200.0	*	*	*	250.0	*	*	*	*	*	250.0	*	*	*	200.0
15	*	150.0	150.0	*	*	200.0	*	*	*	250.0	*	*	290.0	*	*	250.0	*	*	*	200.0
16	*	150.0	*	*	*	200.0	*	*	*	250.0	*	*	*	*	*	250.0	*	*	*	200.0
17	*	150.0	*	*	*	200.0	*	*	*	250.0	*	*	*	*	250.0	*	*	*	*	200.0
18	*	150.0	150.0	*	*	200.0	200.0	*	*	*	250.0	250.0	250.0	250.0	*	*	*	*	200.0	*
19	*	*	150.0	*	*	*	200.0	200.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	200.0	*	*
20	*	*	*	150.0	*	*	*	200.0	200.0	*	*	*	*	*	200.0	200.0	200.0	*	*	*
21	*	*	*	*	150.0	*	*	*	*	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	*	*	*	*	*	150.0
22	*	*	*	*	150.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	150.0	150.0
23	100.0	*	*	*	*	150.0	150.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	150.0	150.0	*
24	*	100.0	*	*	*	*	150.0	150.0	*	*	*	*	*	*	*	*	150.0	150.0	*	*
25	*	100.0	*	*	*	*	*	*	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	*	*	*	100.0
26	*	*	100.0	100.0	100.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	100.0	*
27																				

図 5.8 Excel を用いた等高線データファイルの作成例

・r.in.ascii コマンドを用いて、等高線データのテキストファイルをインポートする。

（詳細は「GRASS へのデータのインポート」を参照）

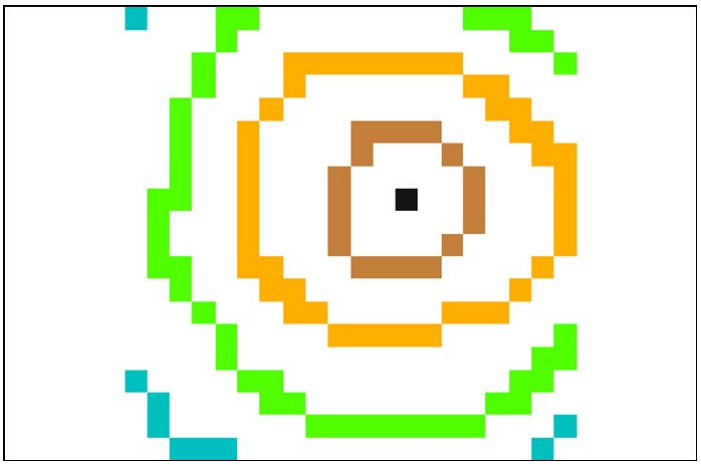


図 5.9 等高線データ Map のラスターデータ例

2) 標高データの作成

・レイヤーマネージャーのメニュー「ラスター」→「曲面補間」→「ラスターコンターから作成」を選択する。

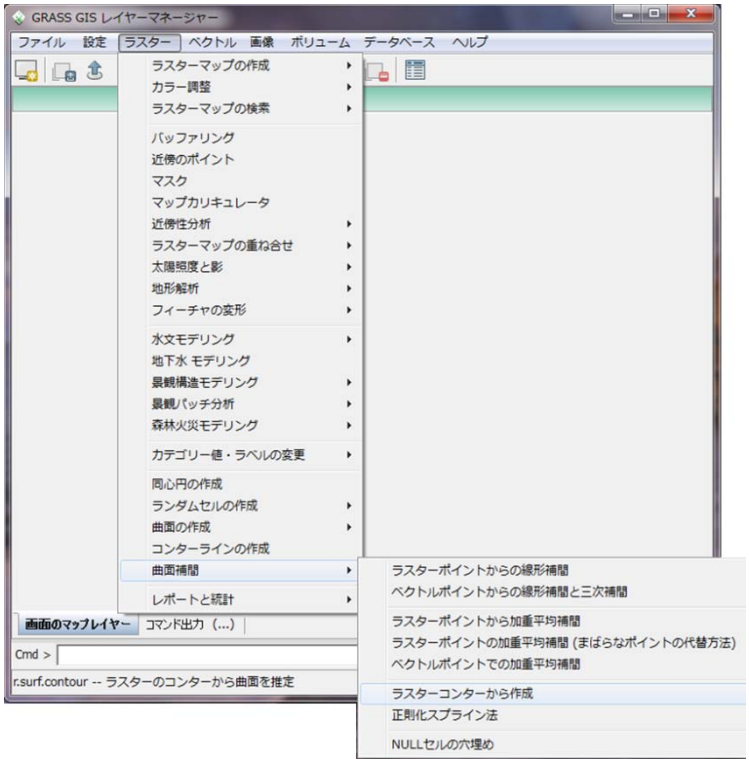


図 5.10 r.surf.contour コマンドの選択

・r.surf.contour ウィンドウの【必須】タブ上の“input”でインポートされた等高線データ Map を選択し、“output”で、インポート後のマップ名（半角英数字；任意）を入力する。

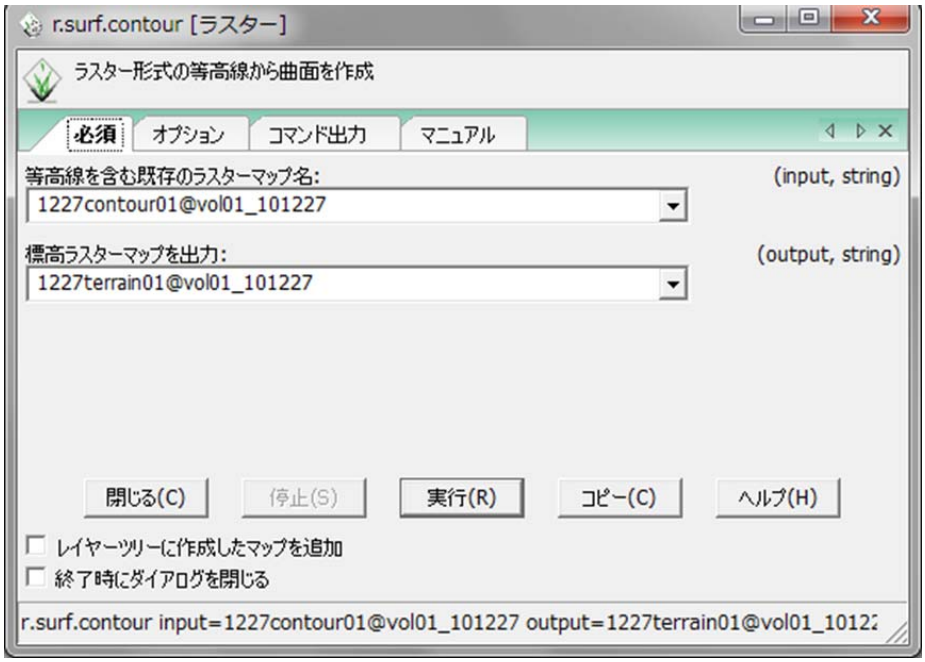


図 5.11【必須】タブ上でのインポートデータとマップ名の入力

・ 実行を押すと、NULL 値の補間作業が始まる*2) 。補間終了後、【コマンド出力】タブ上に、

r.surf.contour コマンドの実行終了が表示され、標高データマップが MAPSET 上に保存される。

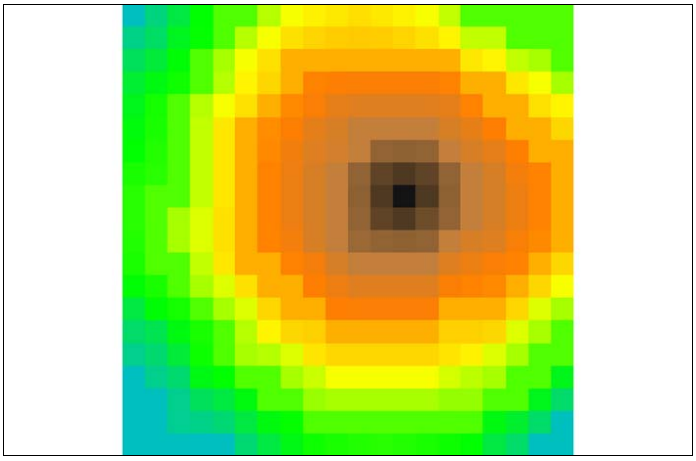


図 5.12 r.surf.contour コマンドにより作成した標高データマップ例

補足*2) 標高データ作成における不具合

r.surf.contour コマンドは、等高線に該当する連続したセル群に挟まれた属性値（標高値）のない箇所のセルを補間することにより標高データを作成するものである。よって、等高線データの精度やデータ内の等高線該当セルの位置関係により、NULL 値の補間が充分に行われない事もあるので、等高線データの作成には注意を要する。

5.1.3 地形陰影図の作成（r.shaded.relief コマンド）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ラスター」→「地形解析」→「シェーディング」を選択する。

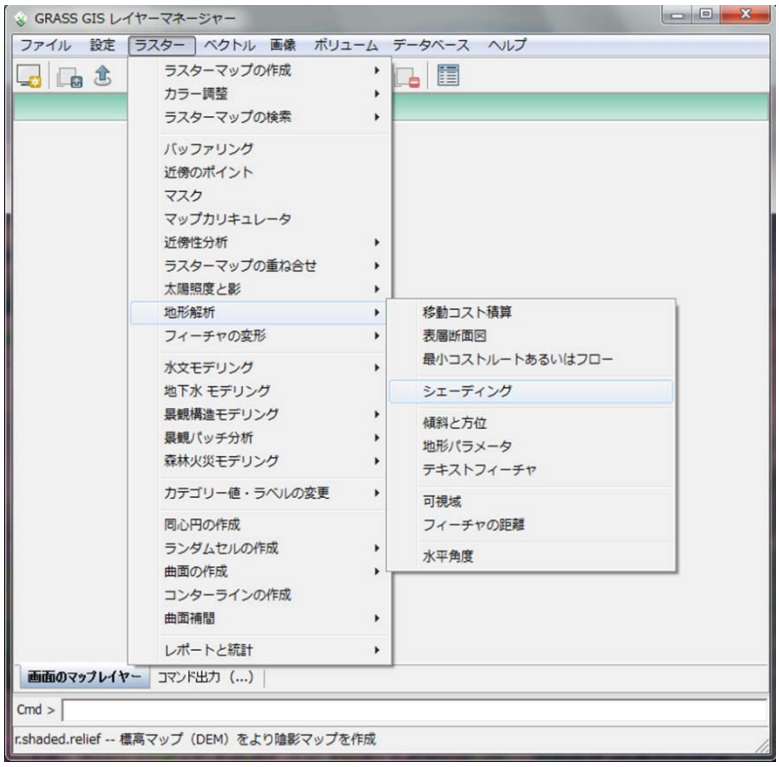


図 5.13 r.shaded.relief コマンドの選択

・r.shaded.relief ウィンドウの【必須】タブ上の“input”で陰影図作成の対象となる標高データラ

スターを選択する。“output”で、インポート後のマップ名（半角英数字；任意）を入力する。

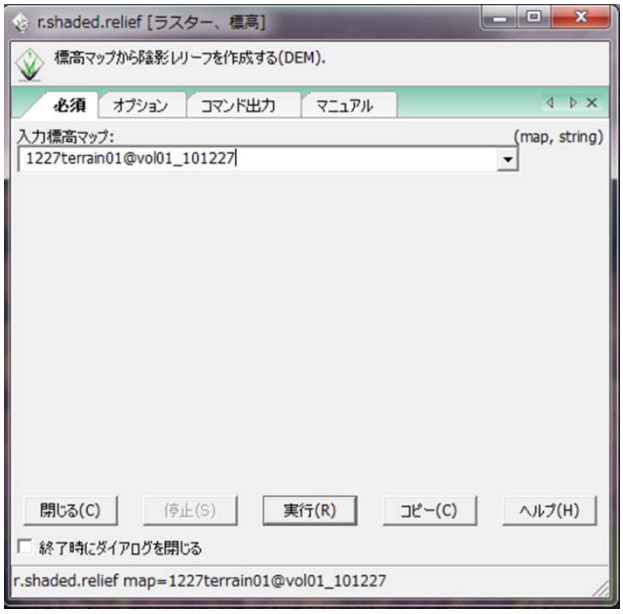


図 5.14a 【必須】タブ上での標高マップ名の入力

・【オプション】タブ上の“shademap”で作成した陰影図のマップ名を入力する。
・必要であれば“altitude”および“azimuth”に、それぞれ地平線上からの太陽高度と、東を基準とした太陽の方位（反時計回り）の数値を入力する。

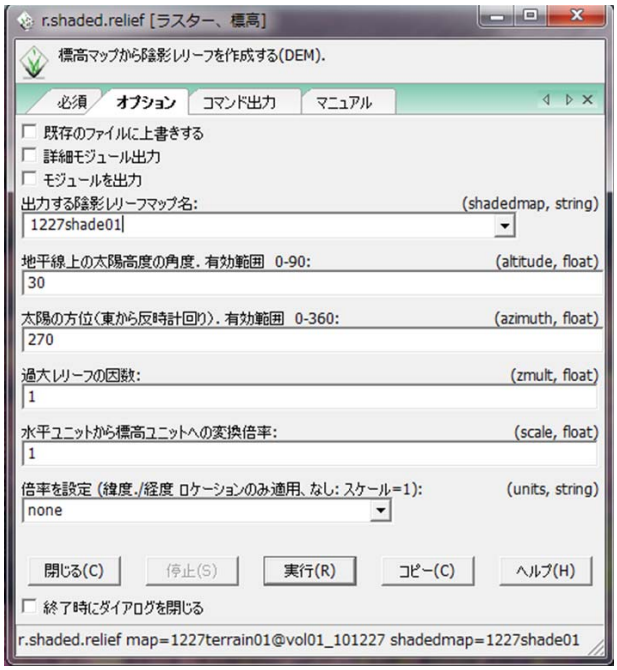


図 5.14b 【必須】タブ上での標高マップ名の入力

・ 実行を押すと、”output”で指定したマップ名を冠した、陰影図ラスターマップが作成され、MAPSET 上に保存される。

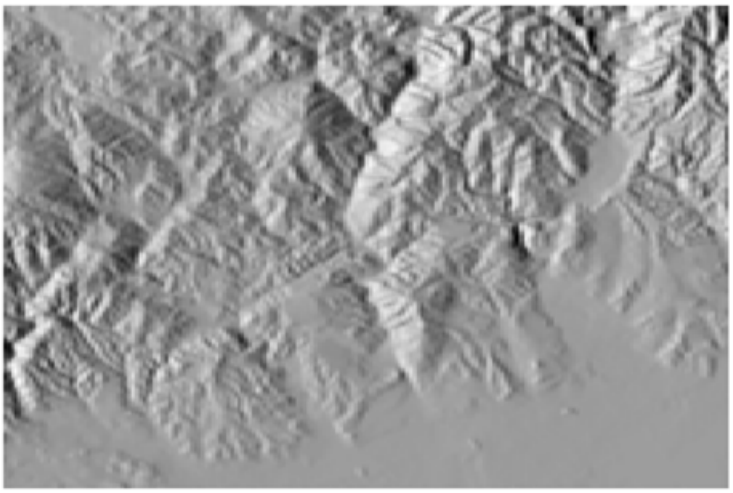


図 5.15 r.shaded.relief コマンドにより作成した地形陰影図のラスターマップ例

5.1.4 等高線の作成（r.contour コマンド）

MAPSET 上に格納されている標高ラスターマップから等高線をベクトルデータ形式で作成する。MapDisplay 上において、標高ラスターと重ね合わせて表示することにより、より詳細な地形データを表現することが可能である。ここでは、r.colors コマンド内の定義済みスキームから表示色を割り当てたラスターマップと MapDisplay 上で重ね合わせて表示する手順を述べる。

1) 標高ラスターマップへの表示色割り当て

・r.colors コマンド内において、標高データのラスターマップを選択する。

・【色】タブ上の”color”より「elevation」を選択*3) し実行を押す。

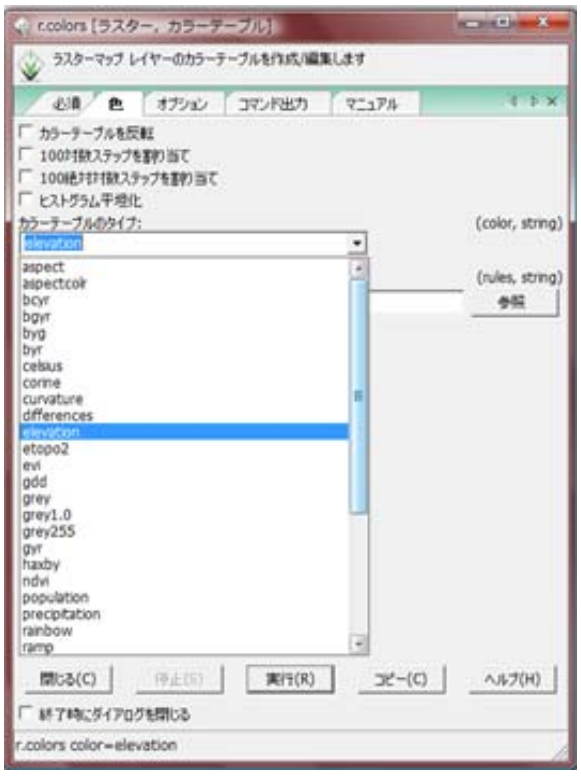


図 5.16 【色】タブ“color” 定義された表示色スキーム「elevation」の選択

補足*3) elevation を用いた表示色

elevation を選択すると、標高データの最小値から最大値までの範囲で、一般的な地図表示色とほぼ同様の表示色が施される（通常、青→緑→橙→茶）。しかし、データ範囲における相対値として表示されるので、表示色が実際の海面や平地・山間部を必ずしも表わしているとは限らない事に注意する。

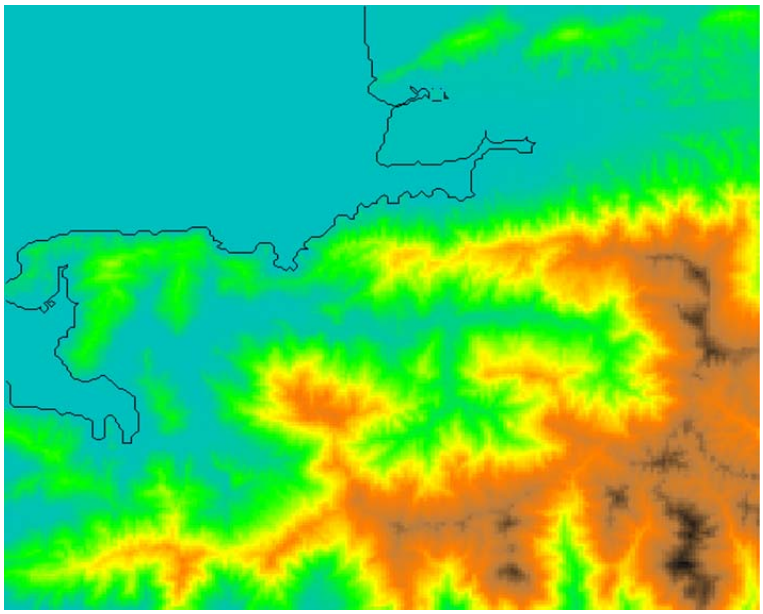


図 5.17 表示色スキーム「elevation」による割り当て（実線が海抜 0m を表わす）

2) 等高線データマップの作成

・レイヤーマネージャーのメニュー「ラスター」→「コンターラインの作成」を選択する。

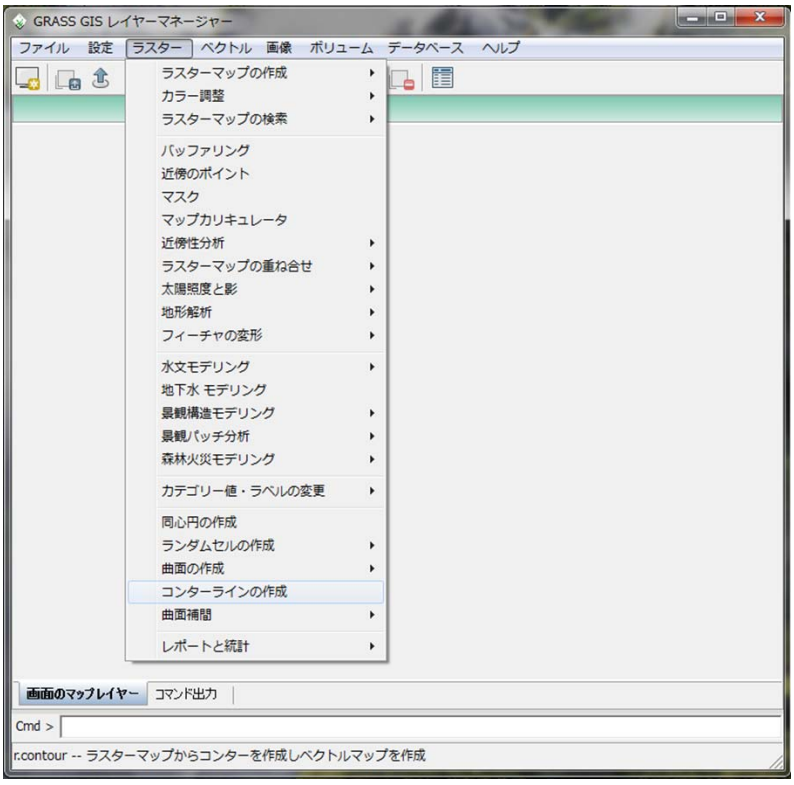


図 5.18 r.contour コマンドの選択

・r.contour ウィンドウ上の、【必須】タブ “input” で、標高ラスターマップを選択した後、“output”

で、作成される等高線データのベクトルマップ名（半角英数字；任意）を入力する*4)。
・【オプション】タブ上の”maxlevel”および“minlevel”の欄に等高線の最大・最小値を入力する。
・【オプション】タブ上の”step”の欄に等高線間隔を入力し、実行を押す。
・【コマンド出力】タブに実行結果が表示され、等高線マップがベクトル型データで作成される。

図 5.19a 【必須】タブ　マップ名の入力

図 5.19b 【オプション】タブ　等高線の条件設定

3) 等高線ベクトル型データマップの表示
・新規 MapDisplay を開いて、標高ラスターマップを d.rast コマンドで表示する
・レイヤーマネジャーの 2 段目左から 7 番目の「ベクトルマップレイヤーの追加」アイコンをクリックする。
・d.vector ウィンドウが開くので、【必須】タブ上の”map”から入力する等高線ベクトルマップを選択し、適用または OK ボタンを押す。

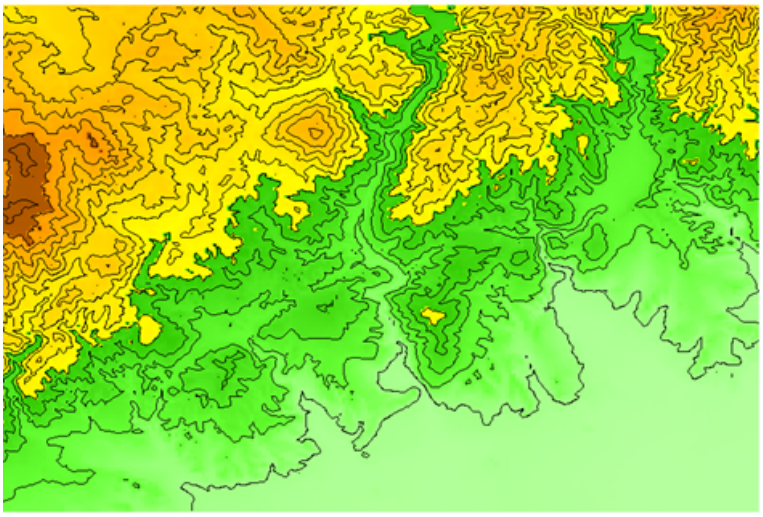


図 5.20 等高線のベクトル型データマップの表示例（標高ラスターマップと重ね合わせて表示）

5.1.5 ラスターマップの合成（r.patch コマンド）

NULL 値を含むラスターマップに対して、他のラスターマップの属性値を用いて NULL 値を変換するために用いられる。Patch 用のラスターマップとして複数のデータを適用することができるが、NULL 値セルへの属性値埋め込みは、Pathch 用に選択されたマップの順番が優先される。また、領域内の異なる表示域の属性値をもつラスターマップ同士を、1 つのラスターデータに合成する事も可能となる。

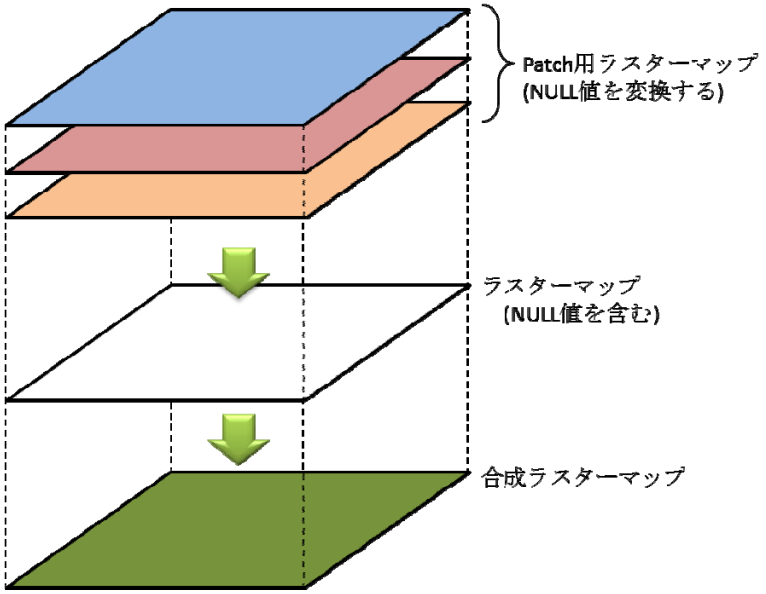


図 5.21 r.patch コマンドによるラスターマップの合成概念

（実行手順）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ラスター」→「ラスターマップの重ね合わせ」→「ラスターマップの重ね合わせ」を選択する。

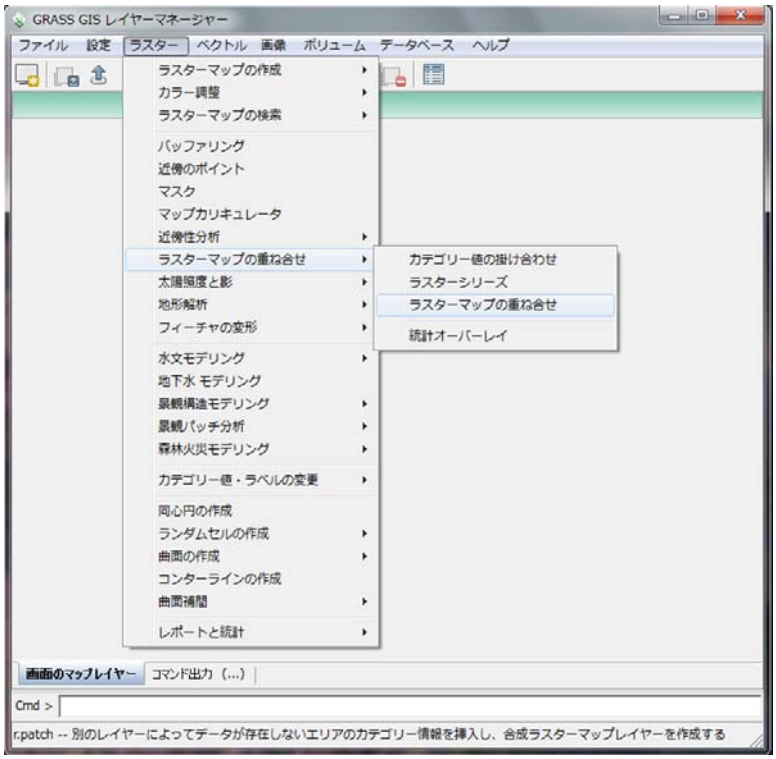


図 5.22 r.patch コマンドの選択

・r.patch ウィンドウ上の、【必須】タブ “input” で、まず基本となるラスターマップを選択した後、Patch 用のラスターマップを随時選択する。なお、選択は複数でも構わないが、優先度の高いラスターマップから先に選択する事。
・“output” で、重ね合わせ後のマップ名（半角英数字；任意）を入力し、実行を押すと、合成されたラスターマップが MAPSET 上に保存される。

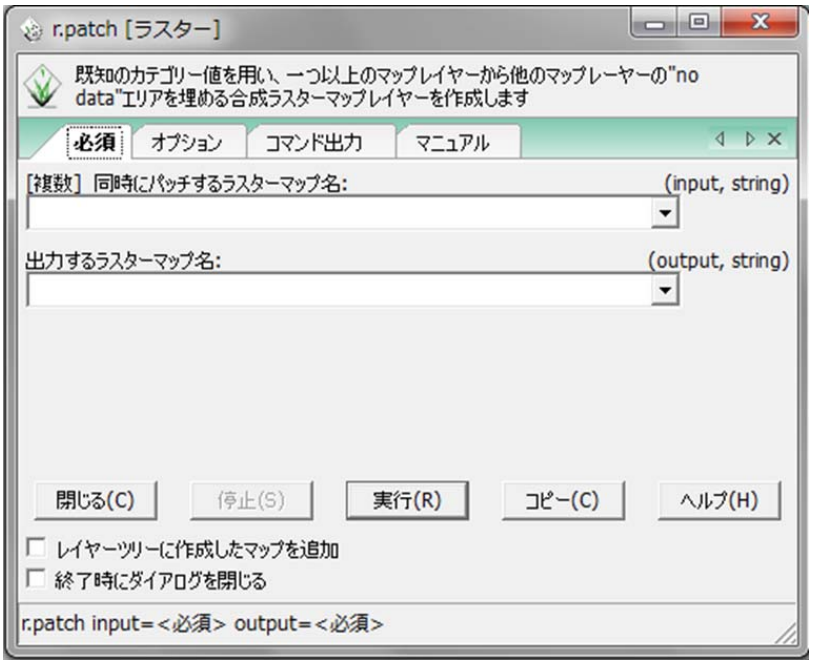


図 5.23 【必須】タブ　Patch 用マップの選択と出力用マップ名の入力

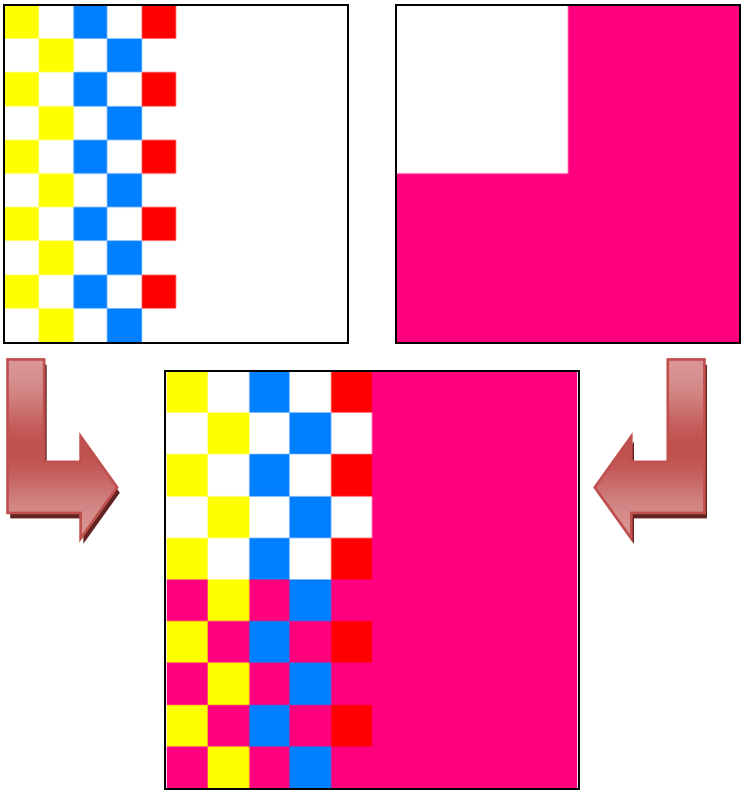


図 5.24 r.patch コマンドによるラスターマップの重ね合わせ

5.1.6 ラスターマップの再分類（r.reclass コマンド）

既存のラスターマップの属性値から、別の定義ファイル等に基づいて再配置したラスターマップを作成するためのコマンドである。

（実行手順）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ラスター」→「カテゴリー値・ラベルの変更」→「定義ファイルを利用した再分類」を選択する。

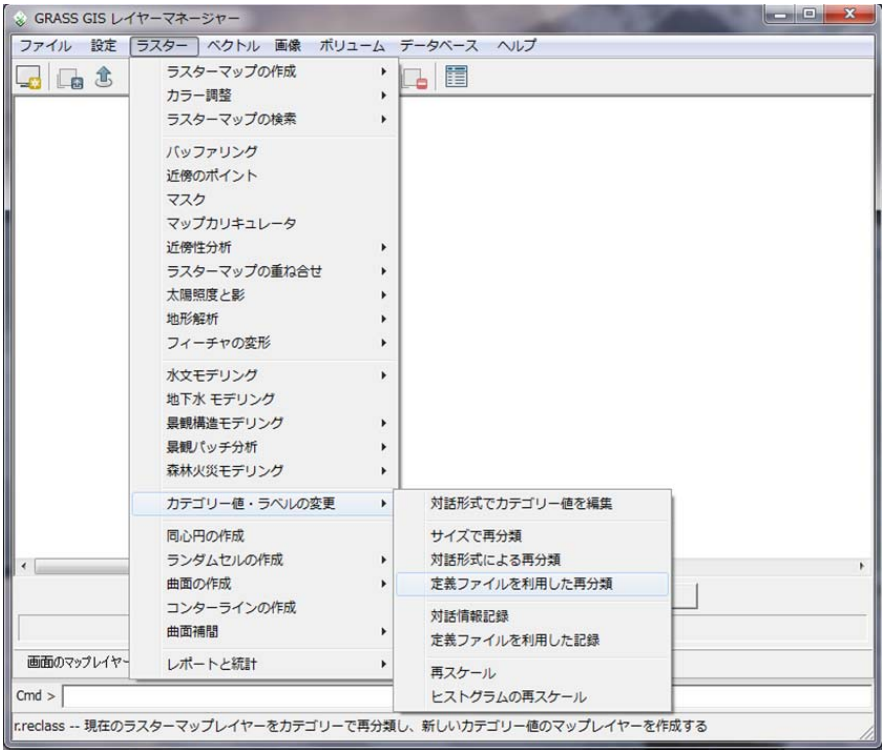


図 5.25 r.reclass コマンドの選択

・r.reclass ウィンドウ上の、【必須】タブ “input”で、ラスターマップを選択する。

・【必須】タブ“output”で、再分類後のラスターマップ名（半角英数字；任意）を入力する。

・【オプション】タブ“rules”で再分類に必要な定義ファイル選択し、実行を押す

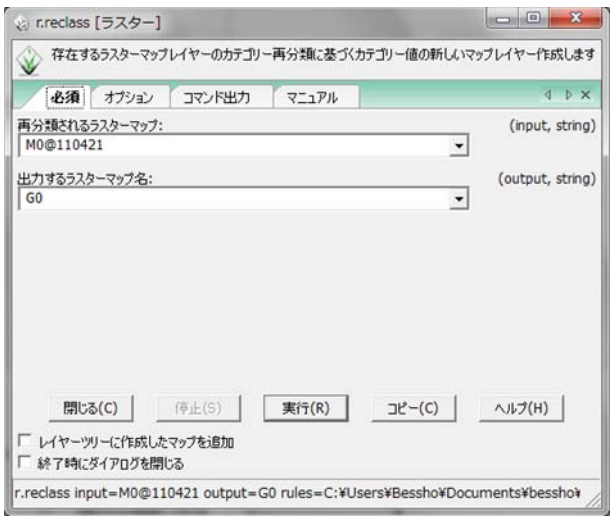


図 5.26a 【必須】タブ　入出力マップ名の入力

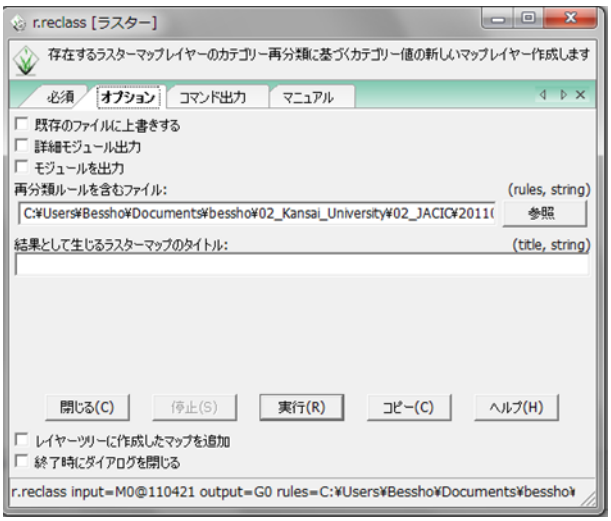


図 5.26b 【オプション】タブ　定義ファイルの選択

5.1.7 NULL 値の管理・変換（r.null コマンド）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ラスター」→「ラスターマップの作成」→「NULL 値の管理」を選択する。

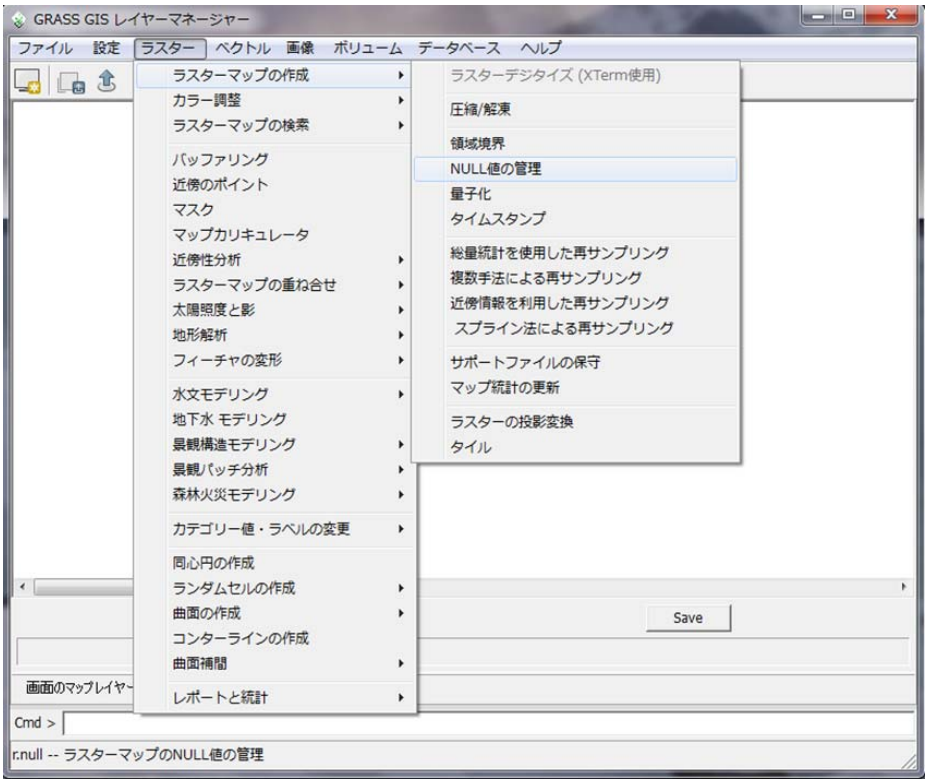


図 5.27 r.null コマンドの選択

・r.null ウィンドウ上の、【必須】タブ “map”で、対象とラスターマップを選択する。

・【オプション】タブ“setnull”で NULL 値に変換する属性値等を入力する。NULL 値を他の属性値に変換したい場合は”null”で指定する。

・実行を押すと、条件に沿ってラスターマップ内の属性値が上書き変換される。

図 5.28a 【必須】タブ　対象マップの選択

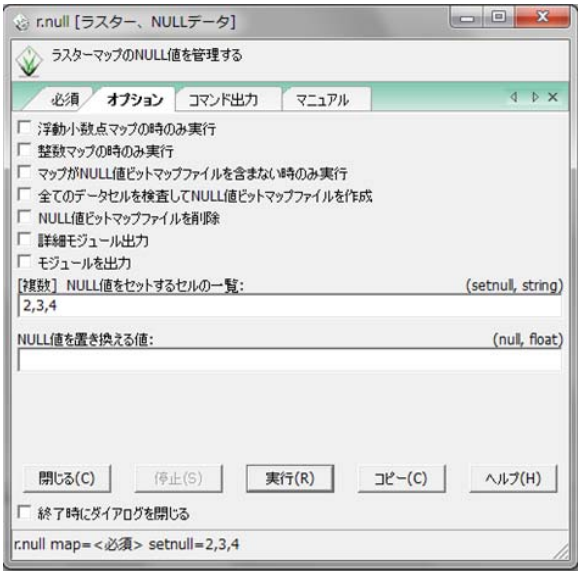


図 5.28b 【オプション】タブ　NULL 値の変換

5.1.8 ベクトル型データへの変換（r.to.vect コマンド）

ラスター型データは、データ構造が単純で取り扱いが容易である反面、領域の解像度の影響を受けるため、各セルに属性値を格納する構造上、分布や形状などの詳細な描画が要求される場合においては、データ容量が大きくなり PC 環境によっては表示速度が遅くなる。ベクトル型データは、点・線・面（ポリゴン）などの形状を座標値として表現しているため、領域の解像度の影響に左右されず、ラスター型に比べてデータ容量が小さい状態でも比較的詳細な形状を表示する事ができる。ここでは、ラスター型データをベクトル型データに変換する手順を述べる（なお、ラスター型データと同様、ベクトル型データも ASCII フォーマットによる作成が可能であるが、そのフォーマット構成等の詳細は GRASS のヘルプ「v.in.ascii」の項を参照の事）。

（実行手順）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ファイル」→「マップタイプの変換」→「ラスター → ベクトル」を選択する。

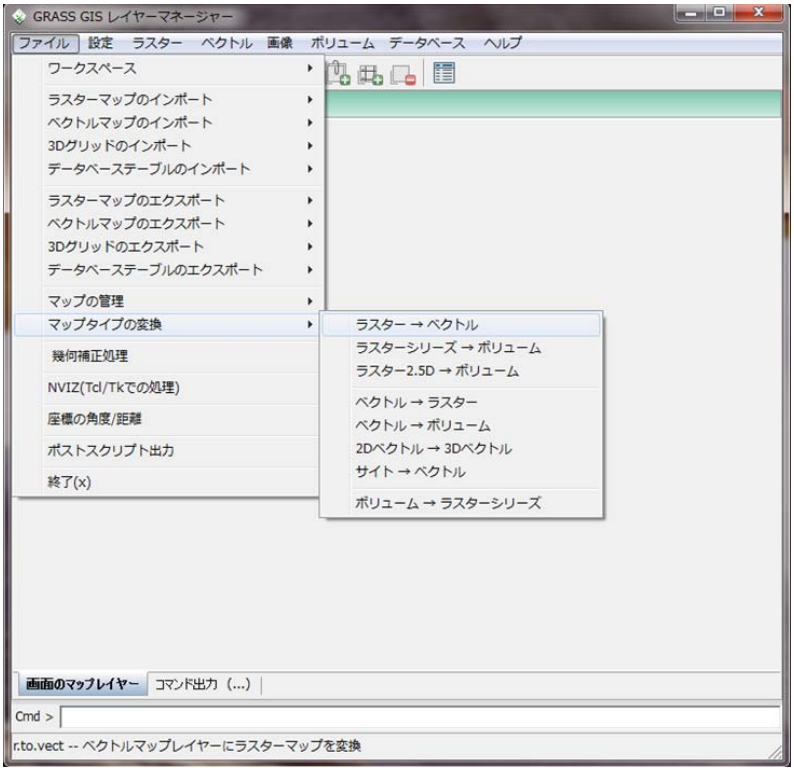


図 5.29 r.to.vect コマンドの選択

・r.to.vect ウィンドウ上の、【必須】タブ “input”で、ラスターマップを選択する。

・【必須】タブ“output”で、変換後のベクトルマップ名（半角英数字；任意）を入力*4) する。

・【必須】タブ“feature”で、ベクトル型データへの変換対象となるラスター型データの形状を「point（点）」、「line（線）」、「area（面）」のいずれかから選択し、実行を押す

・セルの属性値からラスター型マップ内に展開される形を解析し、所定の形状にしたがってベクトル型データに変換されたマップが MAPSET 上に保存される。

補足*4) ベクトル型データ名に関する留意点

ラスター型・ベクトル型データとも、データ名には全角文字は用いずに半角英数文字を使用する事が原則であるが、ベクトル型データに関しては、データ名の先頭は必ず半角英字にしなければならない。仮に半角数字を先頭に用いると、ベクトル型データの作成が行われないので注意を要する。

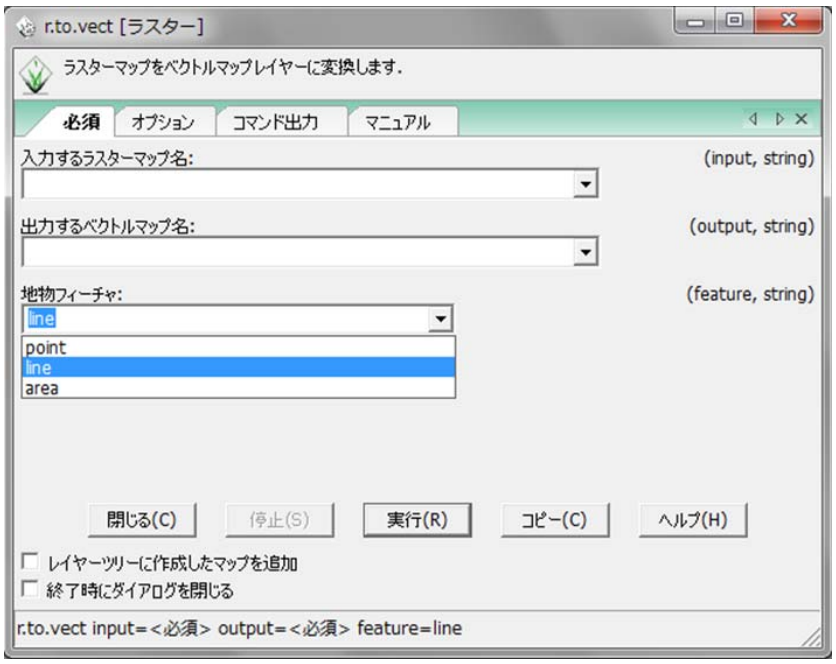


図 5.30a 【必須】タブ　マップ名の入力と対象形状の選択

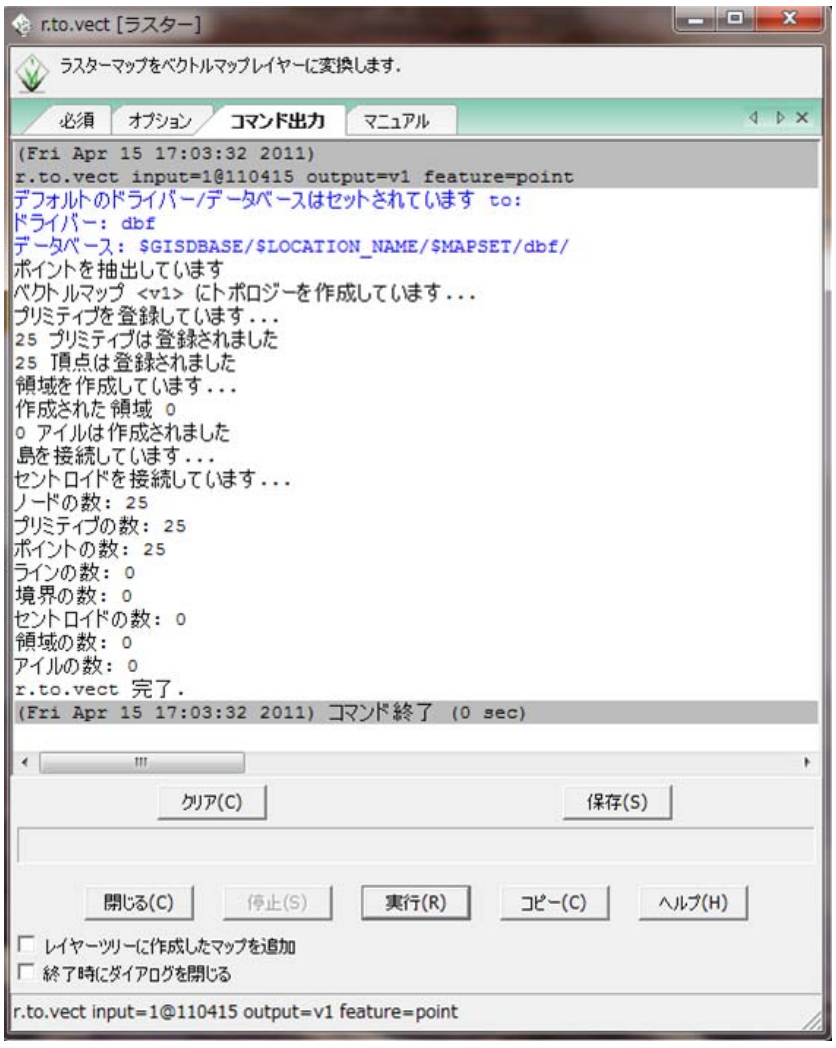


図 5.30b 【コマンド出力】タブ　ベクトル型データへの解析変換

ラスター型データ　　ベクトル型データ（点・面）

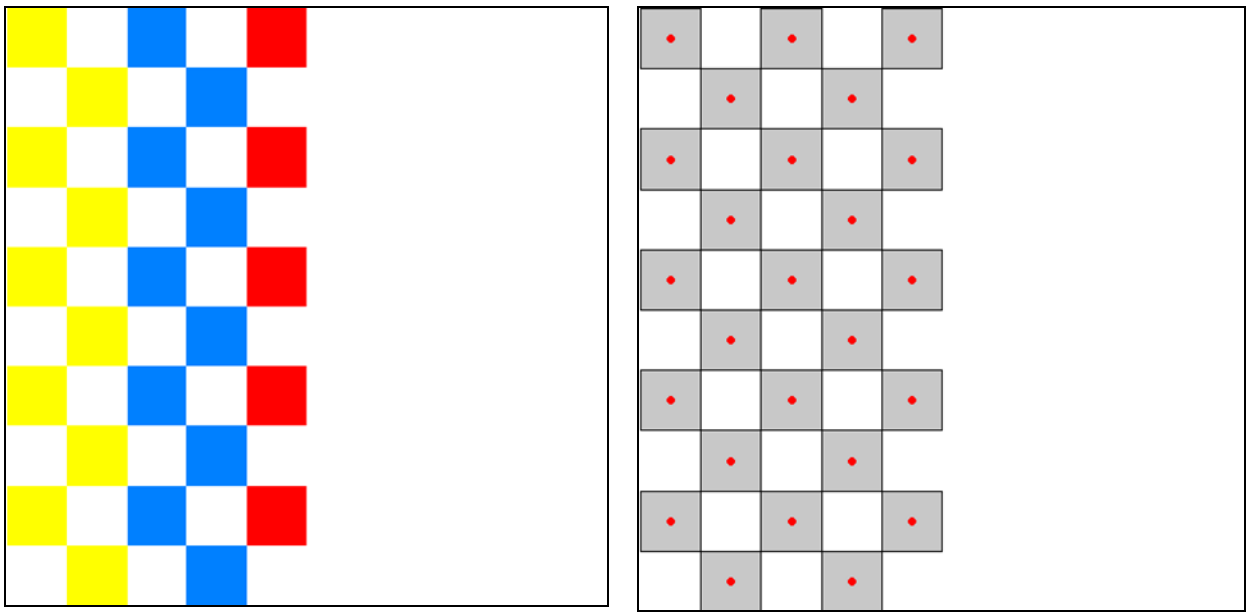


図 5.31 r.tovect コマンドによる作成されたベクトル型データマップとの比較

5.1.9 ラスターマップを用いた演算（r.mapcalculator コマンド）

これまでに述べてきた特定のコマンドを用いた解析・変換機能の他に、複数のラスターマップを用いてユーザーが定義する演算にしたがって解析を行い、新たなラスター型データを作成する事が可能である。その場合は r.mapcalculator コマンドを用いる。

図 5.32 r.mapcalculator コマンドウインドウ

操作方法としては、”Name of new map to create” に新規ラスターマップ名を入力し、ラスター型データを含んだ演算式を記入した後に Run を押す。その結果、演算式により求められた属性値を含む新規ラスターマップが作成される。また、四則演算の他に if などの関数も使用可能である。
なお、この演算をラスターデータ同士で行う場合は、通常、座標位置の対応するセル同士を対象として計算を行う。また、NULL 値が存在する場合、セル同士の演算を行わないため、if 関数と isnull 関数を用いて、if(isnull(“ラスターマップ名”),0,”ラスターマップ名”)のように NULL 値を 0 に変換する式を挿入し、計算させる必要がある。

表 1　おもな関数とその機能

関数	機能
abs(x)	ラスターデータの属性値を絶対値に変換
acos(x)	ラスターデータの属性値を ArcCos（単位は°）で変換
asin(x)	ラスターデータの属性値を ArcSin（単位は°）で変換
atan(x)	ラスターデータの属性値を ArcTan（単位は°）で変換
atan(x,y)	2 つのラスターデータ x,y を用いて、ArcTan(y/x)を計算
cos(x)	ラスターデータの属性値を Cos で変換
double(x)	ラスターデータの属性値を倍精度浮動小数点型に変換
exp(x)	ラスターデータの属性値を指数関数 e^x で変換
exp(x,y)	ラスターデータの属性値から指数関数 x^y に変換
float(x)	ラスターデータの属性値を浮動小数点型に変換
if(x)	ラスターデータのセルの属性値が 0 でなければ、1 に変換
if(x,a)	ラスターデータのセルの属性値が 0 でなければ、a に変換
if(x,a,b)	ラスターデータのセルの属性値が 0 でなければ a に、その他は b に変換
if(x,a,b,c)	セルの属性値が>0 なら a に、0 なら b に、<0 なら c に変換
int(x)	ラスターデータの属性値を整数型に変換
isnull(x)	ラスターデータの属性値が NULL 値であるかを確認
log(x)	ラスターデータの属性値を自然対数に変換
log(x,b)	ラスターデータの属性値を $\log_b x$ に変換
max(x,y[,z...])	ラスターデータのリストの最大値を計算
median(x,y[,z...])	ラスターデータのリストの中間値を計算
min(x,y[,z...])	ラスターデータのリストの最小値を計算
mode(x,y[,z...])	ラスターデータのリストの最頻値を計算
not(x)	ラスターデータのセルの属性値が 0 であれば 1 に、その他は 0 に変換
rand(a,b)	a<x<b となるような乱数を計算
round(x)	ラスターデータの属性値を四捨五入
sin(x)	ラスターデータの属性値を Sin で変換
sqrt(x)	ラスターデータの属性値の平方根を計算
tan(x)	ラスターデータの属性値を Tan で変換
xor(x,y)	2 つのラスターデータの否定排他的論理和
null()	NULL 値を示す関数

5.2 ベクトル型データ

5.2.1 複数ベクトル型データの重ね合わせ（v.patch コマンド）

複数のベクトル型データを合成して、1 つの新しいベクトル型データに変換する際に用いる。なお、手順としては、ラスター型データマップのパッチ用コマンドの r.patch モジュールとほぼ同様であるが、r.patch が基本となるラスター型マップの NULL 値セルに、他のラスター型マップのセル属性値を埋め込んでいくのに対し、v.patch モジュールは、ベクトル型データを 1 つに合成するイメージで変換すると考えればよい。

（実行手順）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ベクトル」→「ベクトルマップの重ね合わせ」→「ベクトルマップのパッチ」を選択する。

・v.patch ウィンドウ上の、【必須】タブ “input”で、合成したいベクトル型マップを複数選択する。

・“output”で、重ね合わせ後のマップ名（半角英数字；任意）を入力し、実行を押すと、合成されたベクトル型マップが MAPSET 上に保存される。

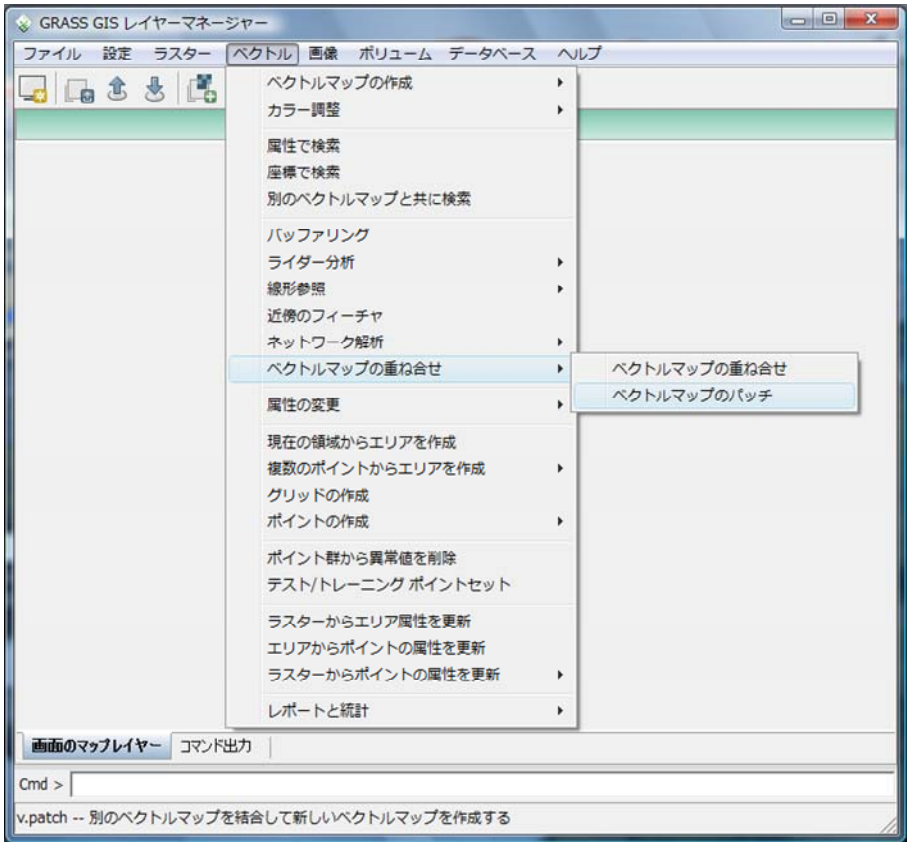


図 5.33 v.patch コマンドの選択

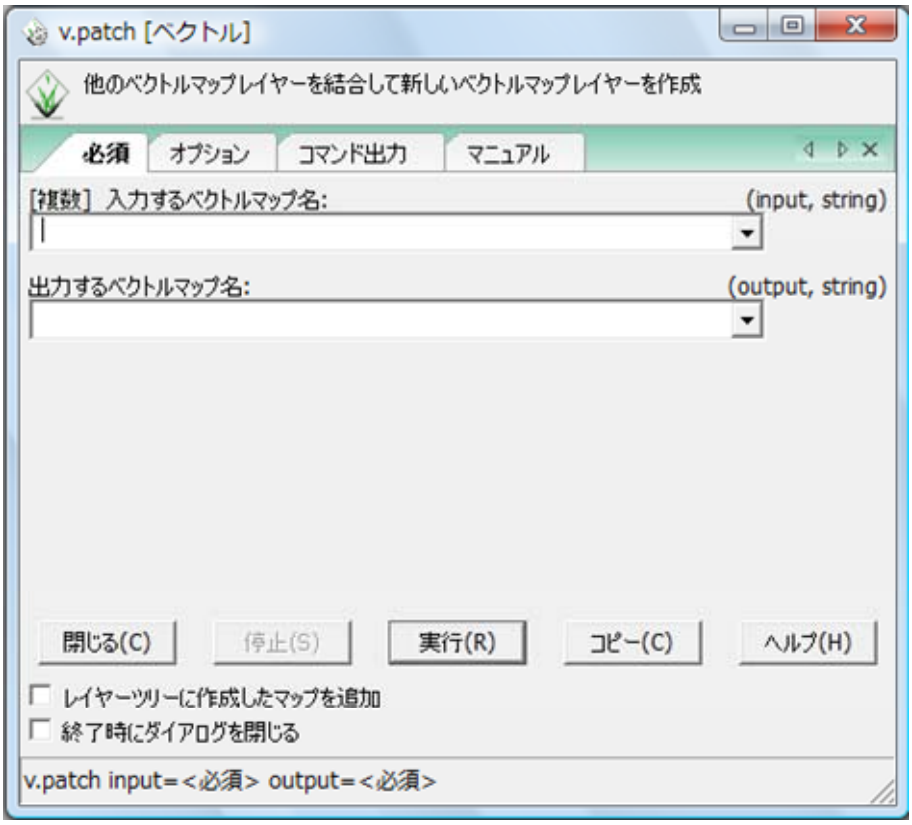


図 5.34 【必須】タブ　Patch 用マップの選択と出力用マップ名の入力

5.2.2 ベクトル型データの平滑化（v.generalize コマンド）

r.to.vect コマンドを用いることにより、ラスター型データをベクトル型データに変換できる事は既に述べているが、その際、セルの属性値に従ってその境界線をポリゴンとして解析するため、詳細にみると、変換されたポリゴンはセルの形に沿った形状をとる。v.generalize モジュールは、ポリゴンの形状を滑らかな線に変換する際に有効である。

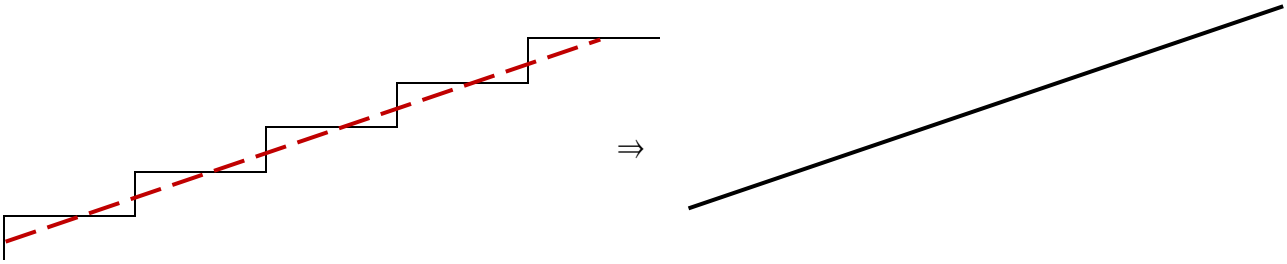


図 5.35 v.generalize コマンドによるポリゴンの平滑化

（実行手順）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ベクトル」→「ベクトルマップの作成」→「円滑化または単純化」を選択する。

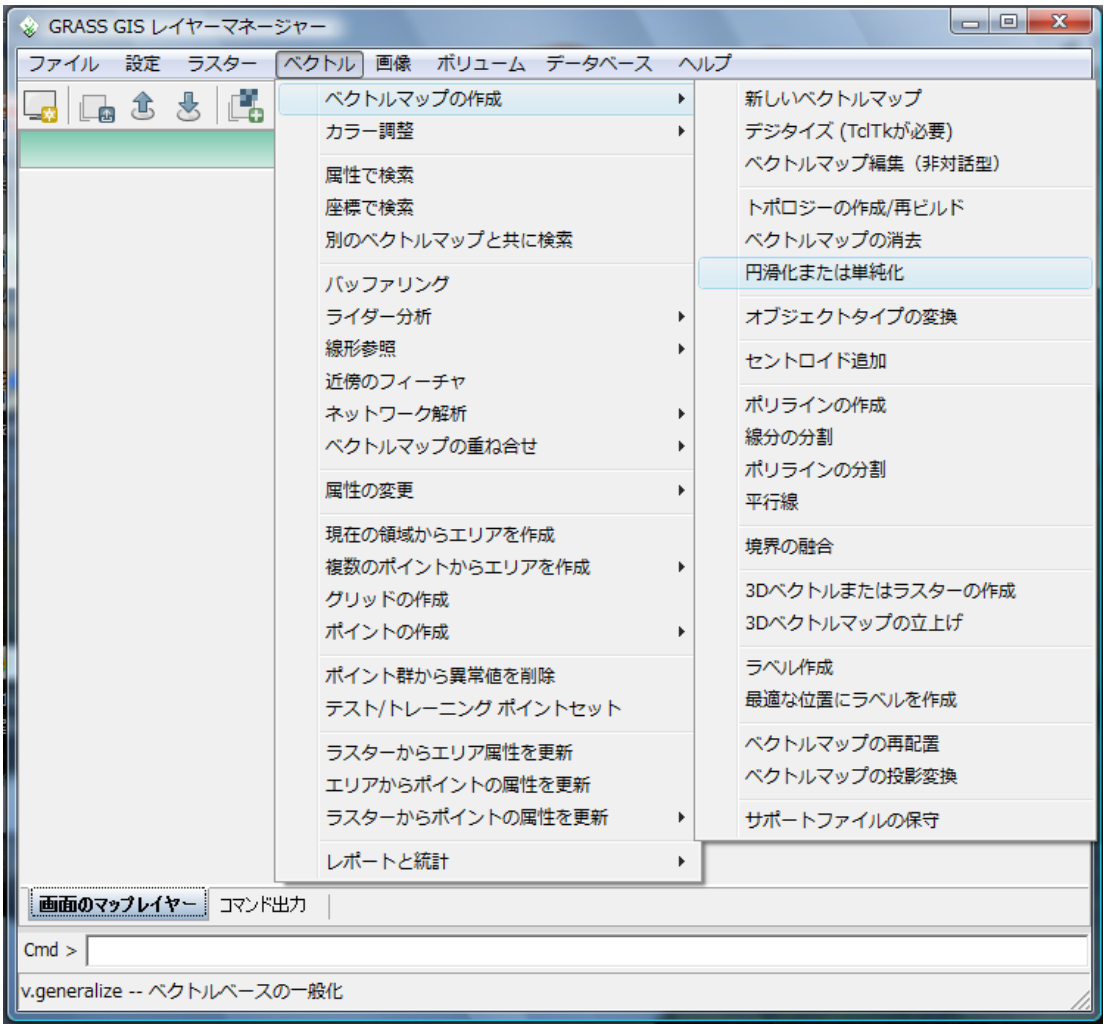


図 5.36 v.generalize コマンドの選択

・v.generalize ウィンドウ上の、【必須】タブ “input”で、平滑化対象となるベクトル型マップを選択し、“output”で、変換後のマップ名（半角英数字；任意）を入力し、実行を押すと、入力されたベクトル型マップの形状を解析し、ポリゴン形状を単純化する作業結果を【コマンド出力】タブに表示し、最終的に平滑化されたベクトル型マップが MAPSET 上に保存される。

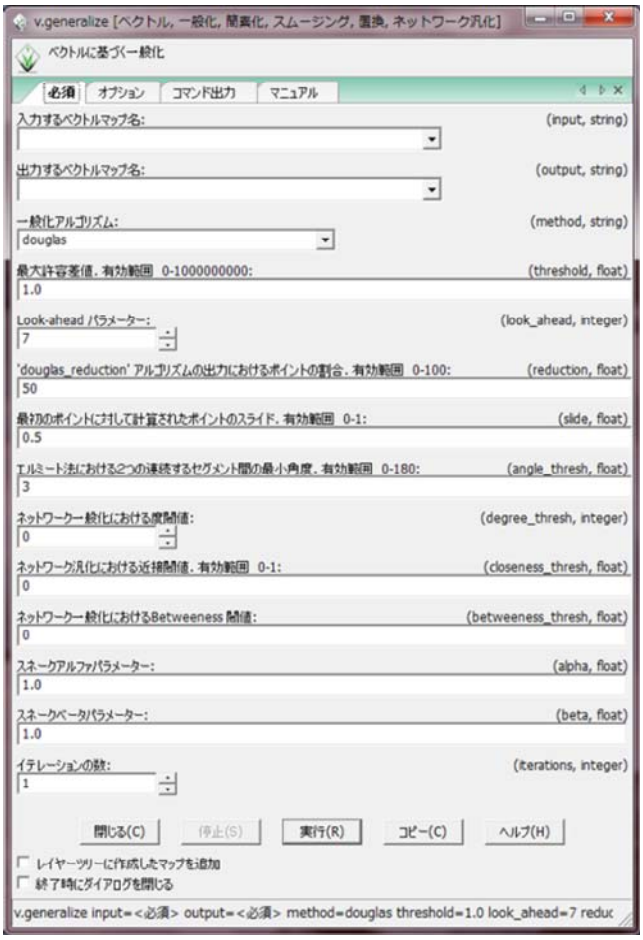


図 5.37a 【必須】タブ　入出力用マップ名の入力

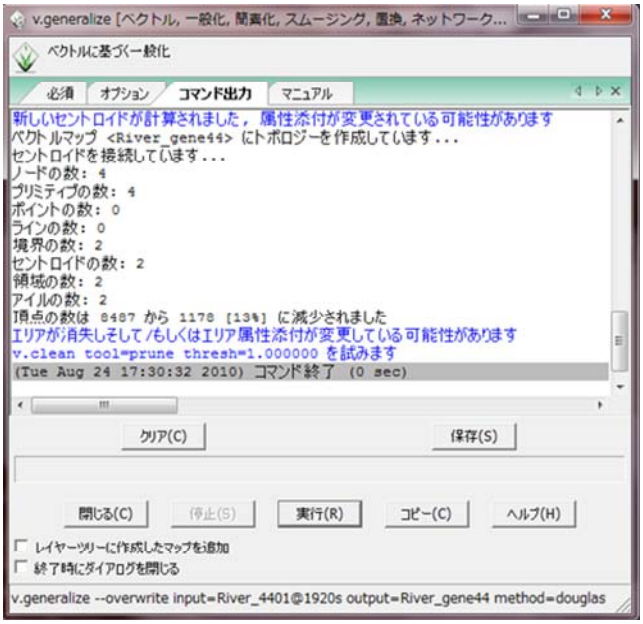


図 5.37b v.generalize コマンドの実行結果例

5.2.3 2 次元ベクトル型データの 3 次元化（v.generalize コマンド）

ビルや家屋などの建造物を 2 次元のベクトル型ポリゴンとして表現されたデータに対して、高さ方向の値を与える事により、3 次元ベクトルデータに変換する場合に用いる。ただし、データとしては 2 次元型ベクトルであり、高さ(3 次元) 方向は別に組み込まれた形で定義される。

（実行手順）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ベクトル」→「ベクトルマップの作成」→「3D ベクトルマップの立上げ」を選択する。

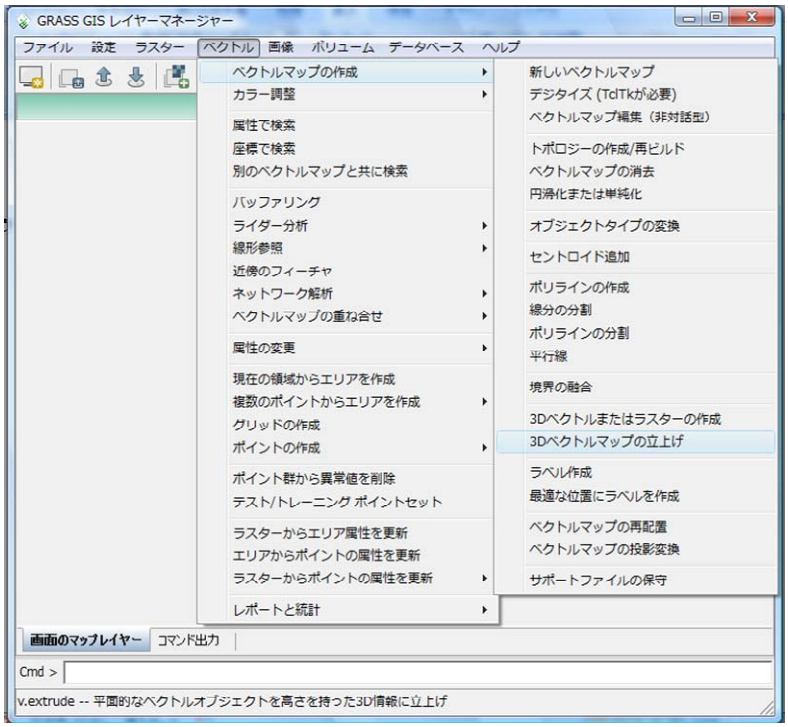


図 5.38 v.exclude コマンドの選択

・v.exclude ウィンドウ上の、【必須】タブ “input”で、対象となるベクトル型マップを選択し、“output”で、変換後のマップ名（半角英数字；任意）を入力する。

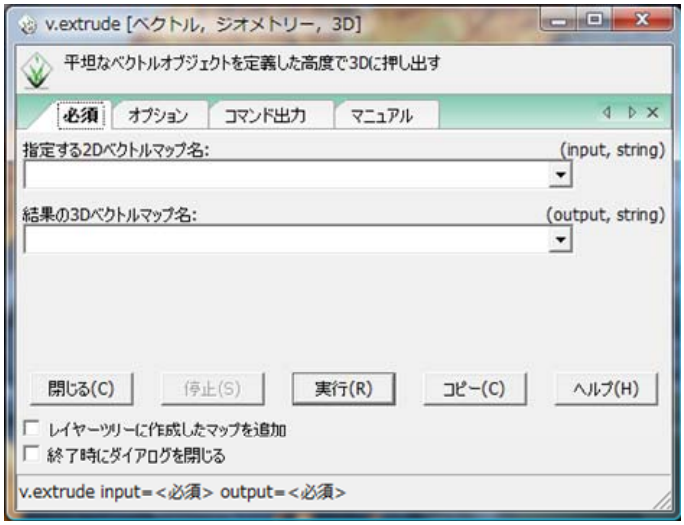


図 5.39a 【必須】タブ　入出力用マップ名の入力

・【オプション】タブ上の ”height” で 2 次元ベクトルに与える高さ方向の値を入力した後、実行を押すと、所定の高さ方向の値が追加された 3 次元ベクトル型マップが MAPSET 上に保存される。

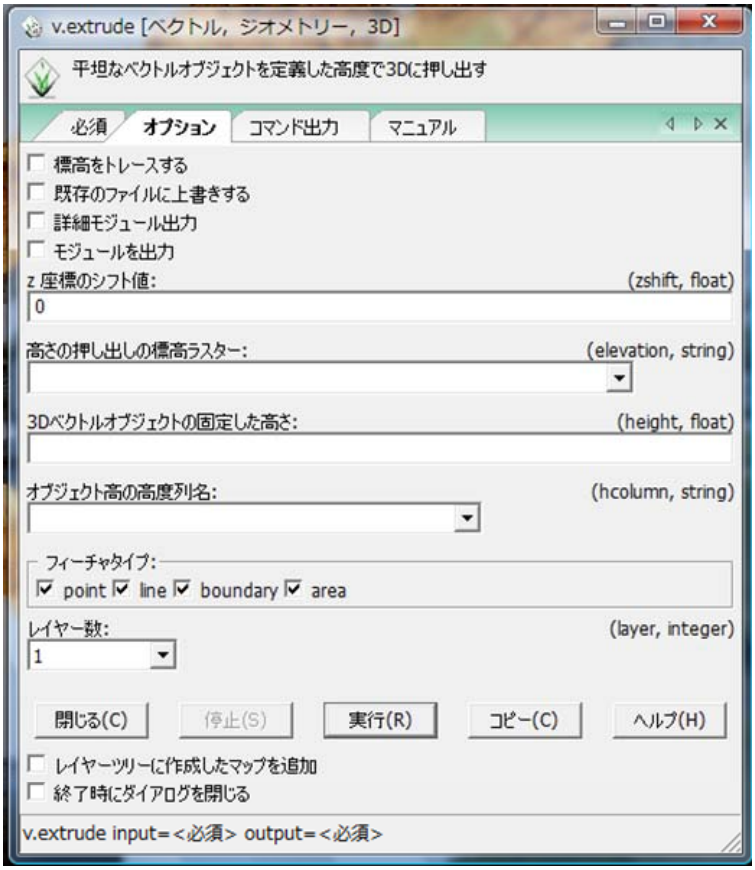


図 5.39b 【オプション】タブ　固定高さの入力

5.3 ラスター3D 型データ

5.3.1 複数の 2D ラスター型データを用いた 3 次元データ化（r.to.rast3D コマンド）

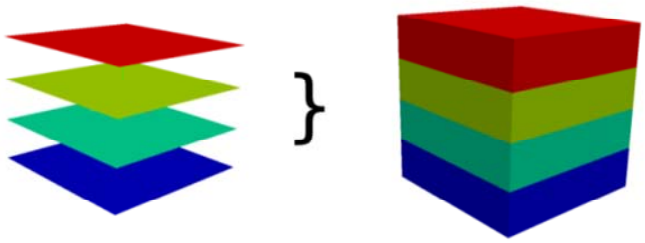


図 5.40 r.to.rast3D コマンドによる 3 次元ラスター型データの作成概念

・レイヤーマネージャーのメニュー「ファイル」→「マップタイプの変換」→「ラスターシリーズ → ボリューム」を選択する。
・r.to.rast3D ウィンドウ上の、【必須】タブ “input” で、対象となるラスター型マップを複数選択し、“output” で、変換後の 3 次元型ラスターマップ名（半角英数字；任意）を入力する。
・入出力マップ名を入力後、実行を押すと、選択された 2 次元ラスター型マップを順番に重ねて行くように 3 次元ラスター型マップを作成[*5)] し、MAPSET 上に保存する。

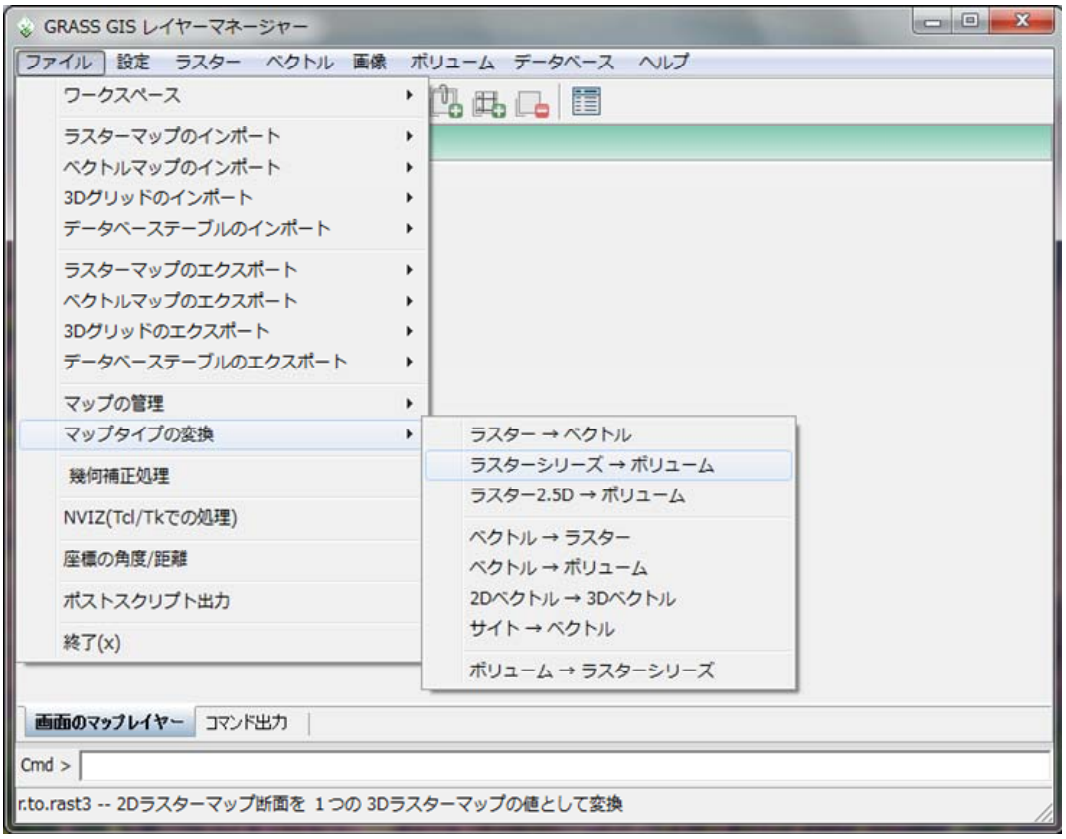


図 5.41 r.to.rast3D コマンドの選択

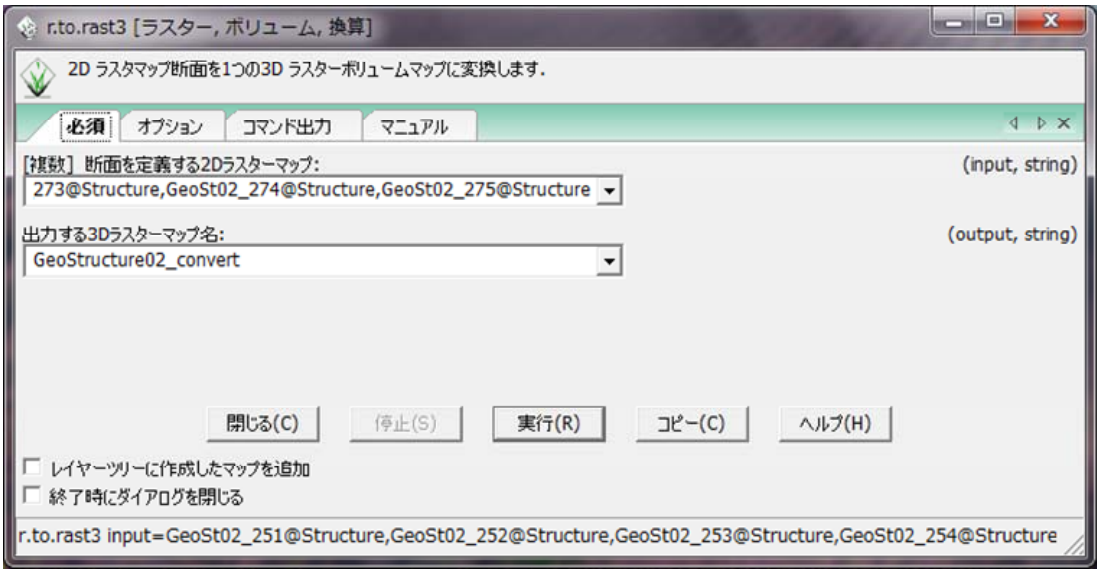


図 5.42a 【必須】タブ　入出力用マップ名の入力

補足*5) 選択された 2D ラスターマップの配置

3 次元ラスター型マップ作成用に選択される 2D ラスターマップは、通常 z 方向の値（高さの属性値）をヘッダ情報として持っていなくても選択可能である。言い換えれば、選択した順番に 2D ラスターマップを、最下部から積み重ねていくように配置する。したがって、2D ラスターマップを選択する際には、データマップの選択順について充分留意する必要がある。

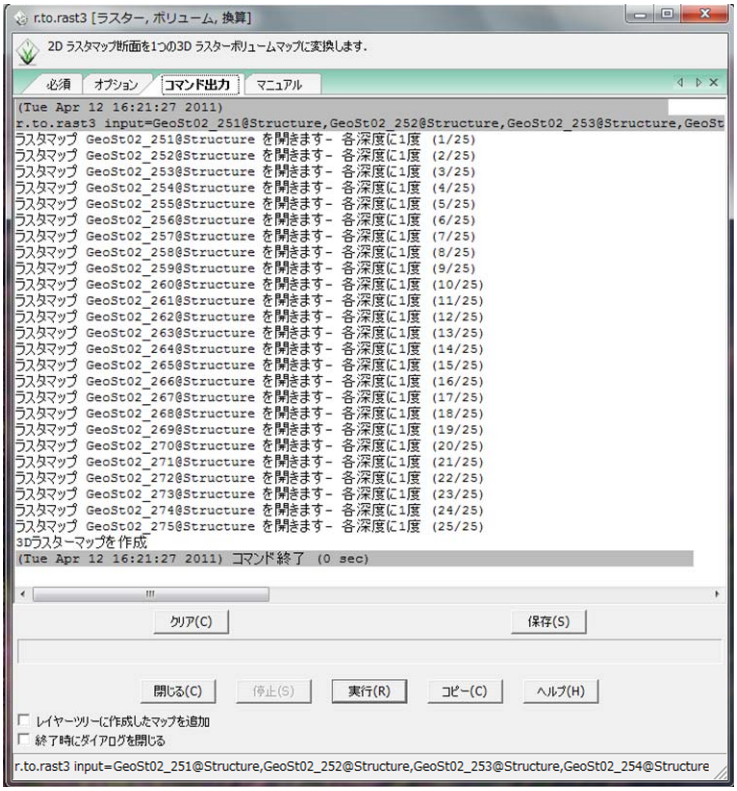


図 5.42b 【コマンド出力】タブ　r.to.rast3D コマンドの実行結果例

5.3.2 断面図の作成（r3.cross.rast コマンド）

2 次元の標高ラスター型マップを用いて、3 次元ラスターマップから標高に該当するセルの属性値を読み取って 3 次元空間内の断面図ラスターマップを作成する。

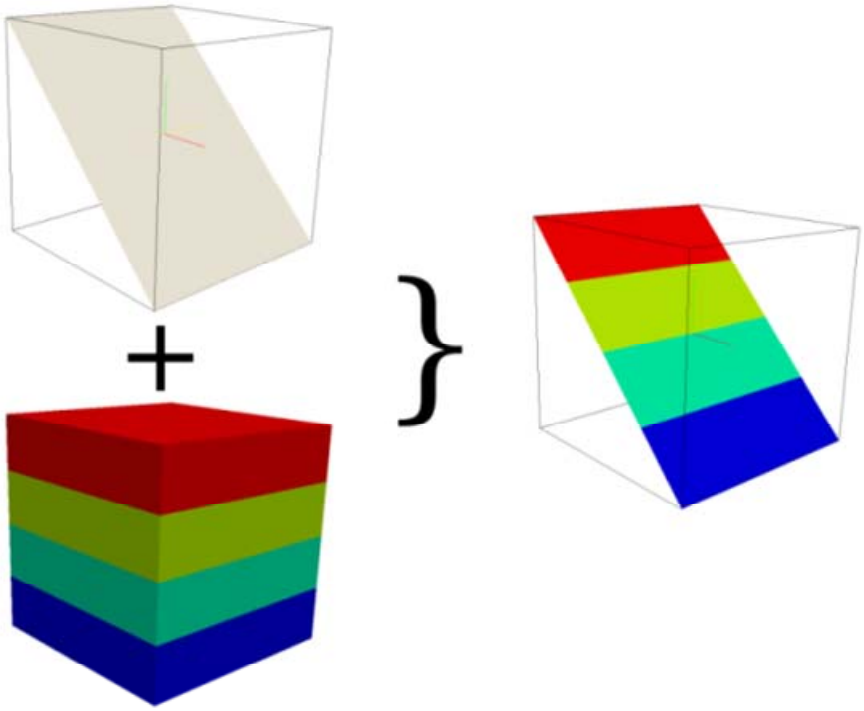


図 5.43 r3.cross.rast コマンドによる断面図の作成概念

（実行手順）

・レイヤーマネージャーのメニュー「ボリューム」→「断面図」を選択する。

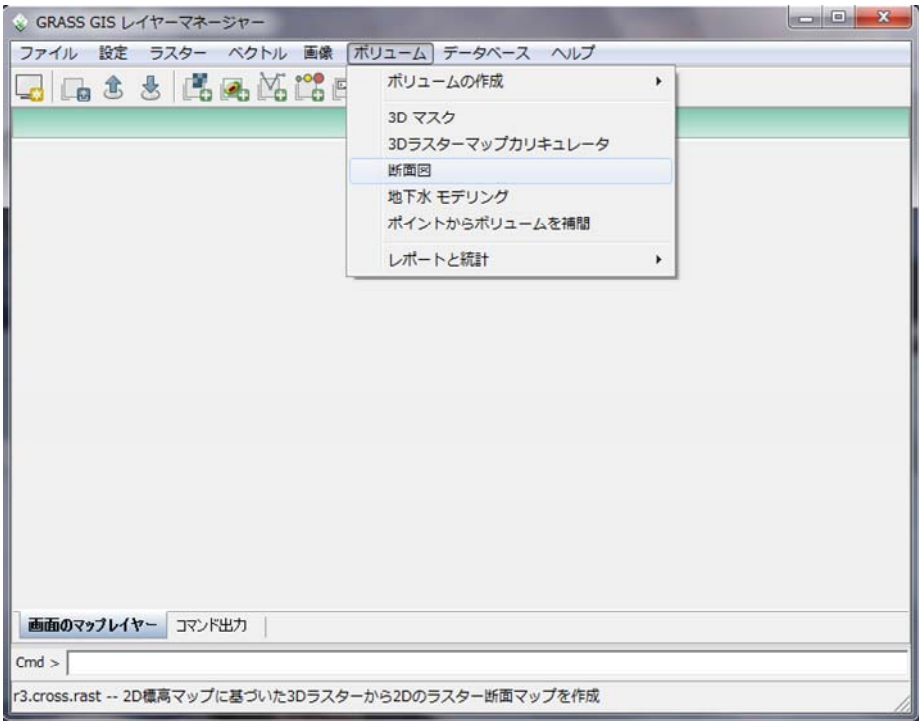


図 5.44 r3.cross.rast コマンドの選択

・r3.cross.rast ウィンドウ上の、【必須】タブ “input”で、対象となる 3D ラスター型マップを選択し、“elevation”で、断面となる 2 次元標高ラスター型マップを選択する。最後に、”output”で、変換後の 2D ラスター型マップ名を入力し、実行を押すと、断面図化された 2 次元ラスター型マップが MAPSET 上に保存される。

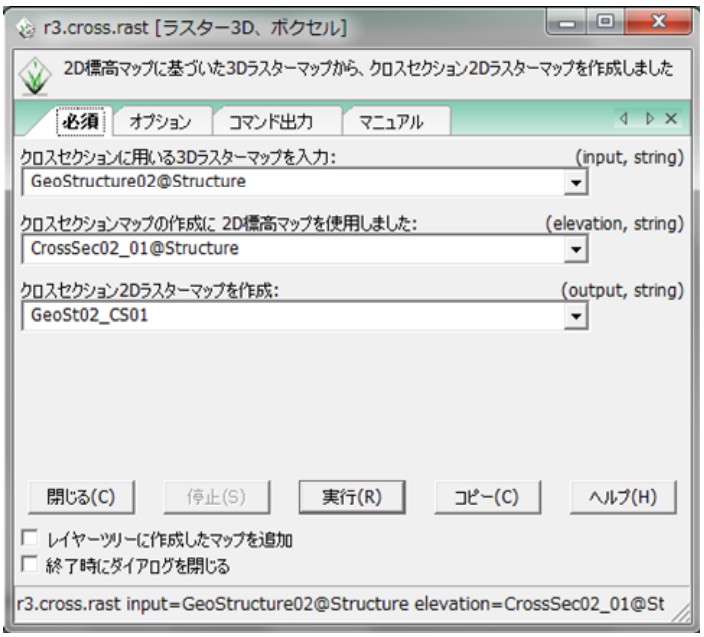


図 5.45 【必須】タブ　3 次元ラスター及び標高マップの選択と出力用マップ名の入力

6. Nviz による 3 次元表示

GRASS では、2 次元のラスターおよびベクトル型データマップを表示する機能として MapDisplay ウインドウがあり、d.rast または d.vect モジュールでデータマップを選択し、表示する事ができる。さらに GRASS には、これらのデータマップや 3D ラスター型マップを可視化したい場合に用いるツールとして Nviz が内蔵されている。この Nviz を用いる事により、データマップを 3 次元的に表示する事ができる。さらに、拡大・縮小、視点の変更、光線（照明）の調整や断面図の作成など多彩な機能が搭載されている。本稿では、Nviz に関する機能の手順を概説する。

6.1 Nviz の起動とデータマップの選択

レイヤーマネージャーの「ファイル」⇒「Nviz(Tcl/Tk での処理)」を選択すると、Nviz コマンドウインドウが現われる。

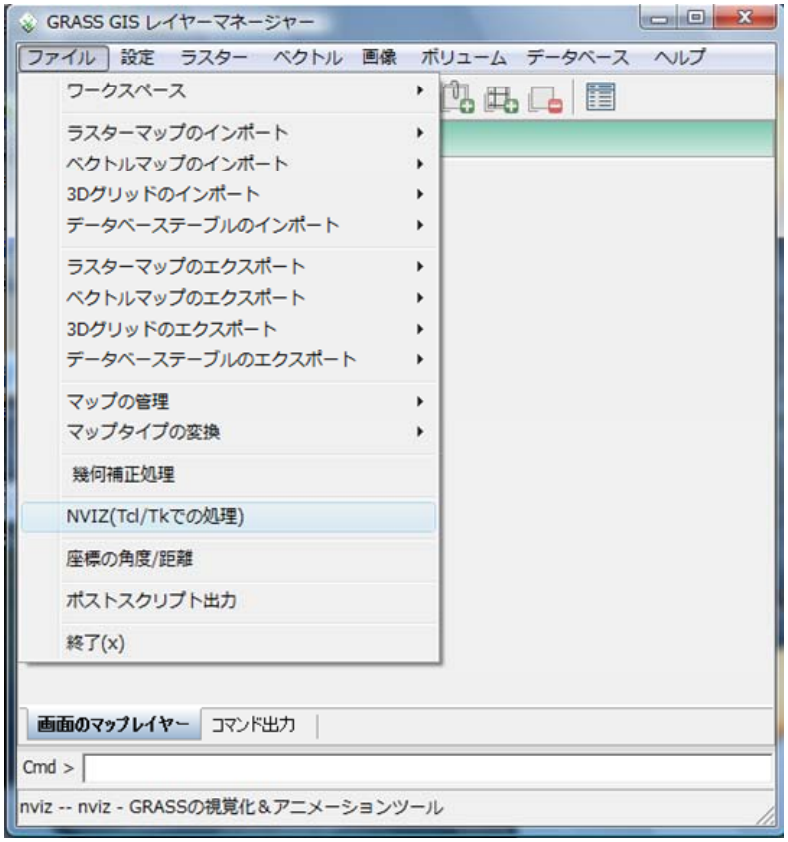


図 6.1Nviz の選択

6.1.1 ラスター型データの選択

2D ラスター型のデータマップの場合、【Raster】タブ上の ”elevation” で可視化したい標高データのラスターマップを選択する。必要であれば、”color” で標高データマップに割り当てる表示色に関するラスター型データを選択する。

3D ラスター型データの場合は、”volume” で表示したい 3D ラスターマップを選択する。

6.1.2 ベクトル型データの選択

ベクトル型データを表示したい場合、まず【Vector】タブを選択する。そして、ベクトル型データが line や area などのポリゴン形式のデータの時は、”vector” でデータマップを選択し、point デー

タ形式の場合は、”point” でデータマップを選択する。

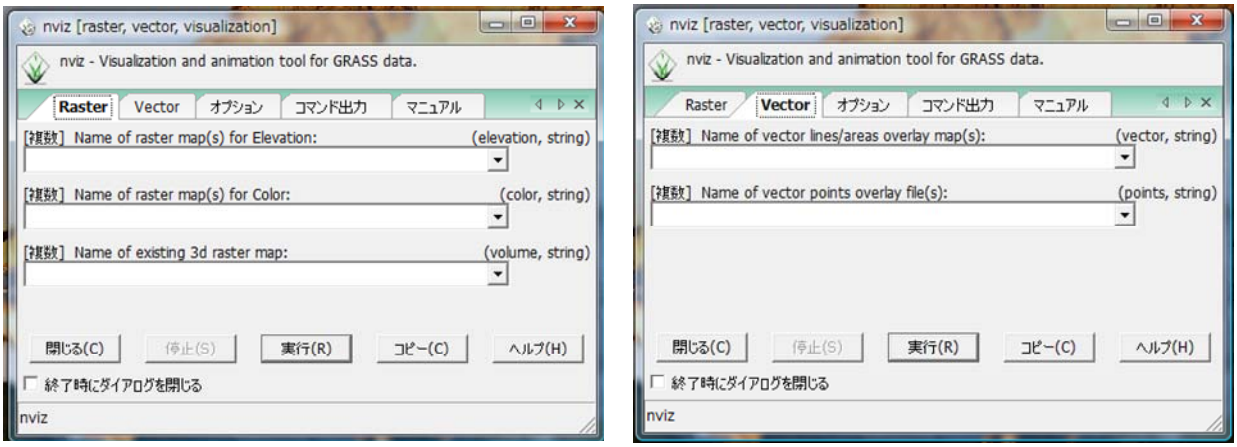


図 6.2 nviz コマンドによるデータマップの選択画面

6.1.3 データの 3 次元表示

データマップを選択したら、実行ボタンを押す。すると、Nviz ウィンドウが開き 3 次元化されたデータマップが表示される。

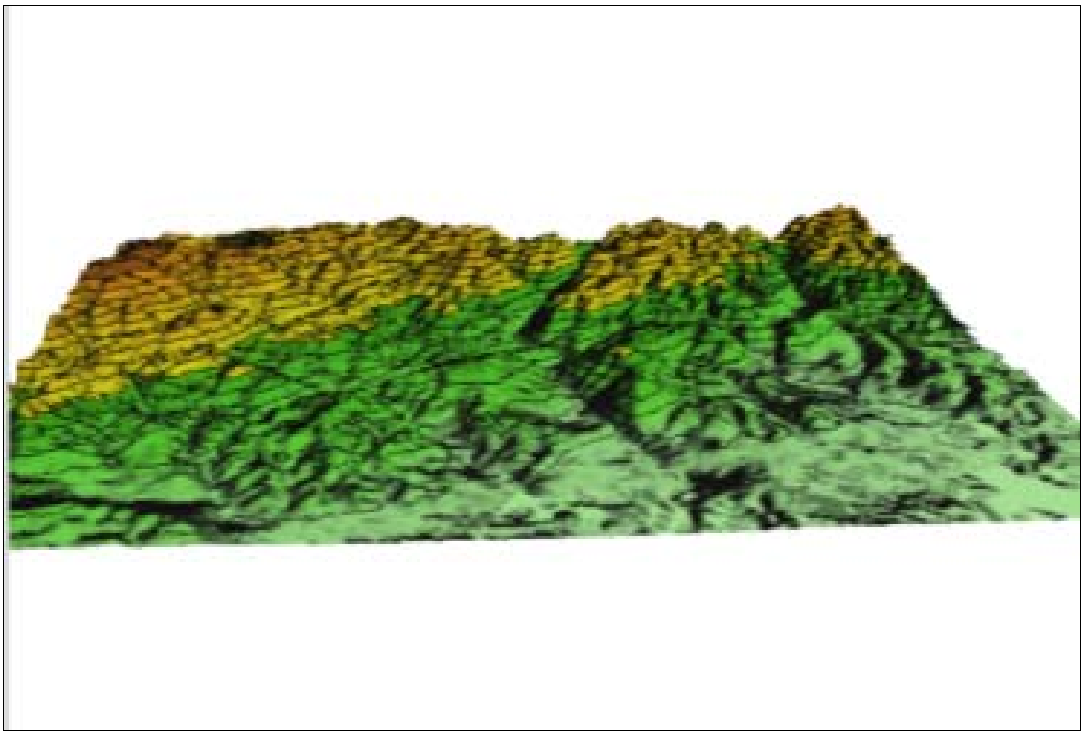


図 6.3 Nviz による 2 次元ラスター型データ(標高データ)の 3 次元表示例

6.2 Nviz ウインドウパネルの機能

6.2.1 View パネル

- View method: 3 次元データ表示の視点を調整する。
- height: 3 次元方向の高さを調整する。
- z-exag: 高さ方向の比を調整する。
- perspective: 3 次元表示されたデータマップの相対的な大きさを調整する。

・twist: 3 次元表示されたデータマップの傾きを調整する。

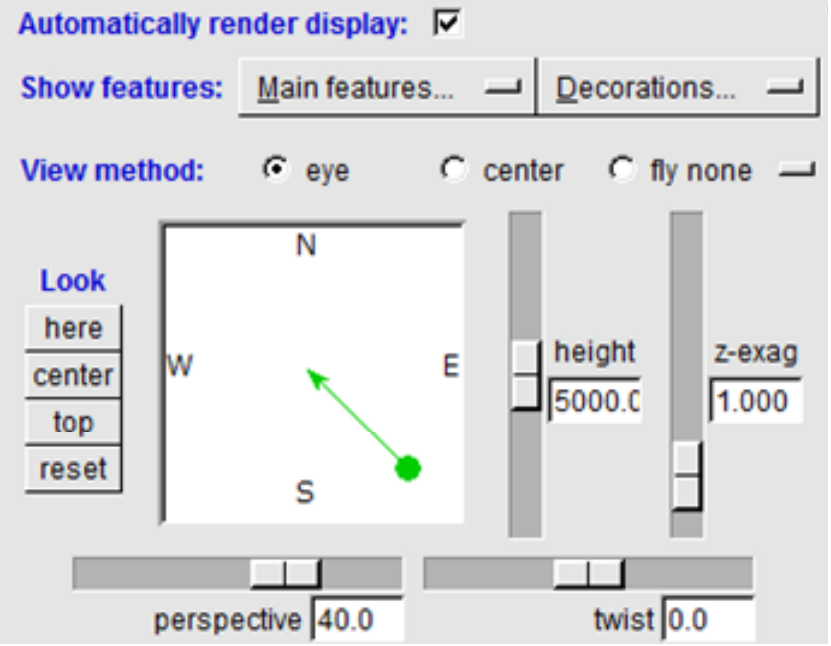


図 6.4 View パネル

6.2.2 Lighting パネル

・Light source position：光源の位置を調整する。
・height　　：光源の高さを調整する。
・Light color　　：ライティングにより反映される RGB 値の割合を調整する。
・Light intensity　　：光源によって照らされた明るさと範囲を調整する。
・Reset　　：Lighting の設定をデフォルトに戻す。

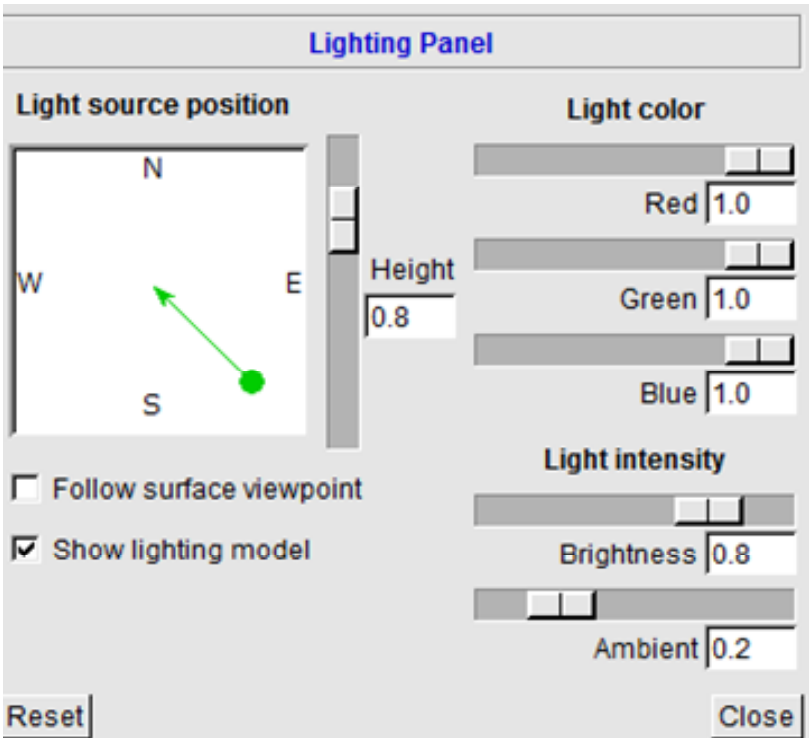


図 6.5 Lighting パネル

6.2.3 Surface パネル

- Current　：表示されているデータファイルを選択。
- New　：新規挿入する標高データを選択する。
- Surface attribute　：Current で選択されている標高データの表示色や透明度などを設定する。
- Wire Color　：データマップの面を表わす部分の配色を設定する。
- Position　：表示するマップの標準位置を調整する。
- Draw mode　：表示するデータの形状を選択する。
- Resoultion　：表示の疎密を調整する。

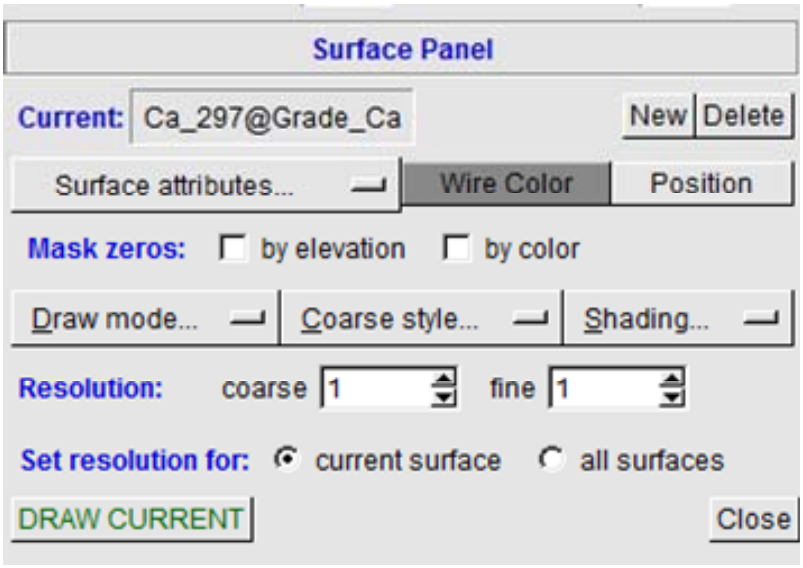


図 6.6 Surface パネル

6.2.4 Cutting Planes パネル

- Active cutting plane　：断面図を選択（全部で 6 種類の断面図を編集可能）。
- set shading　：断面に表示するカラーを選択する。
- X および Y　：作成および配色する断面図の位置を調整する。
- Rotate および Tilt　：挿入した断面図を回転させたり、位置を調整する。

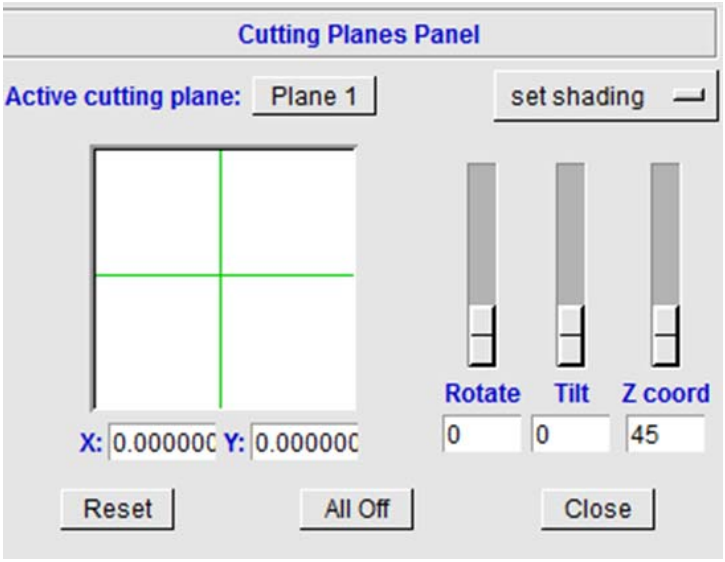


図 6.7 Cutting Planes パネル

6.2.5 Volume パネル

- Current　　：表示されているデータファイルを選択。
- New　　：新規挿入する標高データを選択する。
- Visualization type　　：表示する 3 次元の面を isosurface か slice から選択する
- Add　　：isosurface か slice の新規の面を挿入する。
- Delete　　：表示面を削除する。

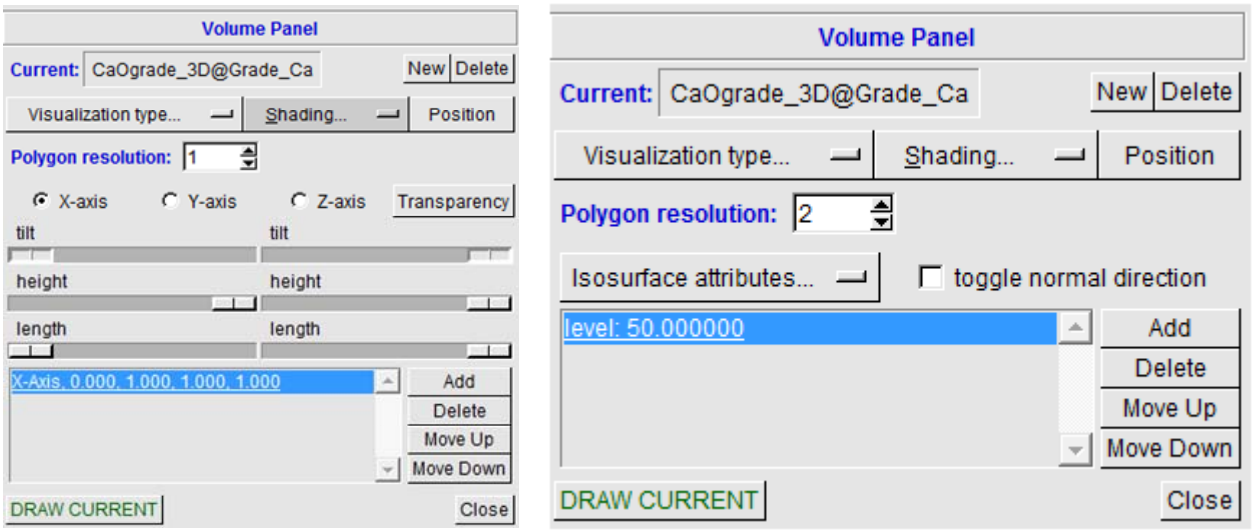


図 6.8 Volume パネル

7. 鉱山を対象とした地質情報データベース

GRASS よるデータ管理・解析機能を用いる応用例として、鉱山における総合的な地質情報データベース作成のためのデータ管理方法について検討した。日本の鉱山では、おもに紙媒体による採掘・安全管理が主流であり、鉱山に関するデータは、切羽などの地形データ、採掘のためのボーリング孔の位置データや岩種・岩盤物性、繰粉の成分分析結果、鉱石品位に関するデータ、さらに採掘時期に関するデータなど多種多岐にわたる。また、今後採掘対象となるエリアに関して、採掘計画を立案する上で未採掘エリアの地質構造や、下部エリアの品位推定などを考慮すると、2 次元平面のみならず、地下（未採掘である下部エリア）も含めた 3 次元空間における既存データおよび解析データの一元管理が求められる。これらのデータを基に、鉱山の安全対策や出荷製品に対する厳格な品質管理、今後採掘対象エリアの採掘時期管理を効率的に行う事のできる地質データベース構造のモデルを提案する。

7.1 データベース構造

鉱山のデータは、GRASS ディレクトリの GISDBASE に対応するデータベースフォルダを最上層ディレクトリとして、鉱山ごとに LOCATION ディレクトリを鉱山 A、鉱山 B、鉱山 C…という形式で設定する。LOCATION 作成にあたっては、高さ（深度）方向に対するデータに対応できるよう、2 次元（平面）領域の座標だけではなく、上下方向の座標と解像度も併せて設定する。各鉱山のディレクトリ下には、切羽ごとに MAPSET ディレクトリを作成する。そして、GRASS のデフォルトで設定される PERMANENT は鉱山全体に関するデータを格納するディレクトリに定める。以上の方法により、データの一元管理が可能であり、各鉱山での 3 次元的な解析・表示にも充分対応できる。

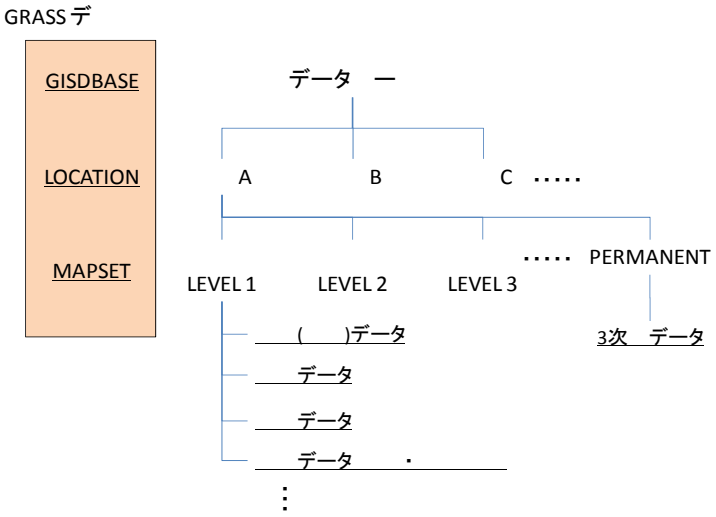


図 7.1 地質データベースの構造例

7.2 各種データの管理

鉱山の品質および採掘管理として必要とされるおもなデータとして、① 標高（地形）データ、② 品位データ、③ 地質データ、および④ 繰粉データなどが考えられる。①~③のデータはラスター型データとして作成し、GRASS にインポートする。④の繰粉データについては、位置座標からベクトル型のポイントデータとして作成し、掘削時期などの情報をそれぞれの繰粉（ポイント）に時間カテゴリとして併せて管理する。これらのデータは、切羽ごとに MAPSET に格納し、空間分布や地質構造などの作成の際に適宜データを選択し、ラスター3D 型データとして PERMANENT に保存する。

8. 地球統計学的な解析手法を用いた品位推定と GIS による空間品位分布の管理

8.1 地球統計学的データ解析

8.1.1 クリギングによる解析手順

地球統計学とは、元来、鉱床の空間分布則の記述と予測（空間予測）を行う鉱山学の手法を指していたが、現在では、地質分野にとどまらず、多くの空間的に分布したデータの解析に応用されている。この目的は、空間現象を連続空間確率場でモデル化し、規則的もしくは不規則的な位置で観測されたデータから、任意の位置での確率場の値を予測することにある。確率変数の値を求めることを目的とすることから、推定ではなく、予測という用語を用いることが多い。

地球統計学的手法を用いる空間予測を総称してクリギングとよぶ。すなわち、図 8.1 に示すような 3 次元空間内の領域 D に分布する地点 $p_1, p_2, p_3, \ldots, p_n$ における値 $Z(p_k)$が既知のときに、任意の点 p_0 における値 $Z(p_0)$を推定することである。この手法を用いる事により、ある鉱床内で採取された品位のサンプルデータから、鉱区内のある点（もしくは領域内）における品位（もしくは平均品位）を推定することが可能となる。

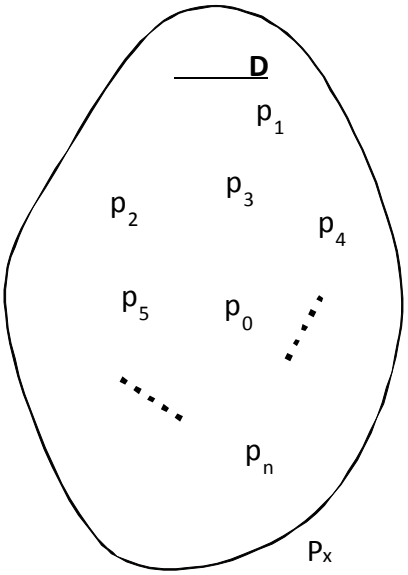


図 8.1 予測対象となる空間

地球統計学的データ解析は、他の多くのデータ解析手法と同様、以下の 3 段階に準じて行われる。

(1) 探索的データ解析： 利用するデータに対して、傾向変動の有無や外れ値の検出、適切なモデルの選択などを目的として、主として記述統計的手法を用いて、予備的な検討を行う。地球統計学的データ解析では、空間配置（空間座標）を意識した探索的解析を行う必要があり、とくに探索的空間データ解析と呼ぶことがある。

(2) 構造解析： 空間従属構造のモデル化を目的として解析を行う。具体的には、適切な経験セミバリオグラムの作成、適当なセミバリオグラムモデルの選択、モデルパラメータの推定などから構成される。

(3) 空間予測： クリギングにより、ある地点・領域に対して必要な値の予測を行うと同時に、予測精度の評価も行う。

クリギング法を空間予測に適用するにあたっては、統計学的な背景として、解析対象とする空間に対して確率場の存在が仮定される必要がある。また、データ集合の二次安定性（二次定常性）についても仮定しておく必要がある。したがって、クリギングを用いた予測には、前処理として確率場の二次特性と考えられるセミバリオグラムを、基本的に全標本を用いて推定することが必要である。

8.1.2 セミバリオグラム

地球統計学的解析では、個々の地点から計測収集されたデータは確率場からの実現値とみなされる。ここで、任意の位置 $p_1, p_2 \in D$ に対して、分散 $V\{Z(p_1)-Z(p_2)\}=2\gamma(p_1-p_2)$ の式を満たす γ をセミバリオグラムとよぶ。セミバリオグラムは、相対位置のみに依存する関数となる。通常、セミバリオグラムは距離のみの関数として扱うことが多く（これを等方性の仮定という）、距離を表す際はパラメータ h を用いるのが通例となっている。

実際のデータにおいては、h の関数としてのセミバリオグラム γ は図 8.2 のような形状をもつことが多い。セミバリオグラムの原点におけるジャンプ量をナゲット効果とよび、データから把握不能な微視規模変動などに起因するとされている。また、セミバリオグラムの値 $\gamma(h)$が一定値以上の h で定数となるとき、その値をシルとよぶ。シルの存在によって確率場の二次安定性が示唆される。$\gamma(h)$

がシルの値に一致する最小の h、すなわち、確率場の相関が 0 となる最小距離をレンジとよぶ。したがって、シルとナゲット効果の比が大きいほど、また、レンジが大きいほど、確率場は強い空間従属性をもつことになる。

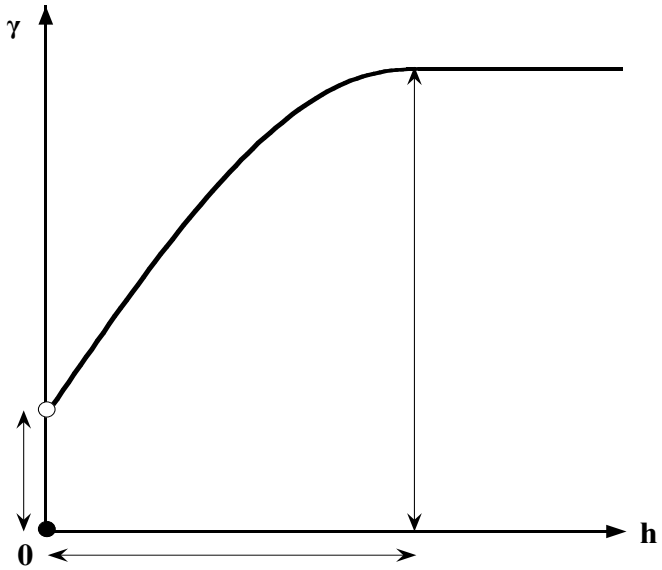


図 8.2 典型的なセミバリオグラムの形状

各種のモデル化によく用いられるシルをもつ 3 つのセミバリオグラムの例を以下に示す。θ_0 , θ_1 , θ_2 はモデルパラメータであり、いずれのモデルにおいても、$\theta_0 + \theta_1$ がシルとなる。また、セミバリオグラムの定義から、距離 h = 0 では $\gamma = 0$ である。

(1) 球型モデル　(θ_0, $\theta_1 \geqq 0$, $\theta_2 > 0$)

(2) 指数型モデル　(θ_0, $\theta_1 \geqq 0$, $\theta_2 > 0$)

(3) ガウス型モデル　(θ_0, θ_1, $\geqq 0$, $\theta_2 > 0$)

8.1.3 経験セミバリオグラム

確率場からの実現値と見なされるデータから、セミバリオグラムの適応モデルおよびパラメータを推定する際の手法は以下のとおりである。実際のデータにおいて、h を 1 つの値に固定してセミバリオグラムを求めようとすると、対応するデータの対が少なくなり、推定値が不安定になることが予想される。そこで、これを回避するために h を適当な範囲を用いてクラス分けし、区間内で求められるバリオグラム γ の算術平均を区間の代表値としてプロットする。このようにして得られるセミバリオグラムのことを、とくに経験セミバリオグラムとよんでいる。適当なクラス分けの範囲（刻み幅）を用いると、経験セミバリオグラムから得られるセミバリオグラムによって、十分な推定パラメータが求まる。

つぎに、得られた経験セミバリオグラムを用いて、モデルの選択、パラメータの推定を行う。一般的には、経験セミバリオグラムの形状から用いるモデルの選択（当てはめ）を行い、その後、最小 2 乗基準などの適切な手法を選んで、パラメータの推定を行う。目的とする空間予測においては、セミバリオグラムの原点付近の挙動がきわめて重要であることが多いので、原点近傍における挙動を適切にモデル化できる当てはめとなるような配慮が必要となる。

8.1.4 クリギング

すでに既存のサンプル（標本）データ集合から、上記のセミバリオグラムの存在仮説が成立し、モデル化されていることを前提に、クリギングを用いて行う空間予測は、採取された品位（もしくは任意の推定を行う物性値）のサンプルデータを Z_i (i = 1, 2, ・・・, n)、その推定値を Z^*_α とし、次の式で与えられる。

$$Z^*_\alpha = \sum_{i}^{n} \omega_i Z_i$$

ここで、Z_i はサンプルの品位データ、ω_i はその重み係数である。ただし、$\Sigma\omega_i = 1$ という制約があり、ラグランジェの未定係数を μ とすると、推定分散の最小を与える ω_i は、下記の(n+1)個の一次方程式を解くことによって求まる。

ここで、関数 C は共分散関数を表わす。重み係数 ω_i が求まると、サンプルデータ Z_i (i = 1, 2, ・・・,n) を用いて、鉱区内のある点における品位の推定値 Z^*_α が求まることになる。

8.2 推定手順

8.2.1 クリギングに与えるデータの作成

すでに採掘された切羽で採取された繰粉データを既知データとしてセミバリオグラムを作成し、クリギング法で品位分布を推定した。この際、クリギング法では、図 8.1 の p_x で示しているような補外

の予測は望ましくはないので、図 8.3 に示しているように、すでに採掘した上位のベンチの繰粉データから、一定の条件を満たしたデータを推定ベンチの濃度値と想定して補間を行った。

まず、図 8.3 に示したベンチ 1 とベンチ 2 を各ベンチの繰粉データを用いて 2 次元のクリギング法で補間し、両ベンチ間で連続性の高い濃度値を推定ベンチ内の濃度値として想定した。ここで、連続性の高い条件としては、下記に示す 2 つの条件を考えた。

(1) ベンチ 1 とベンチ 2 内で一定範囲の濃度値の分散が低い

(2) ベンチ 2 とベンチ 2 の間で濃度差が小さい

また、推定ベンチの濃度値は、上 2 段の濃度値を等差数列とみなして算定した。 図 8.3 に概念的に示した推定過程で、白丸の部分は上記の推定での濃度の算定を示す。

一方、推定するためには、推定範囲の周縁のデータも必要であるため、上位ベンチの周縁データを推定ベンチの周縁データと想定した。図 8.3 の黒丸はこのような周縁データを意味する。なお、ベンチ間の標高差は 12 メートルである。

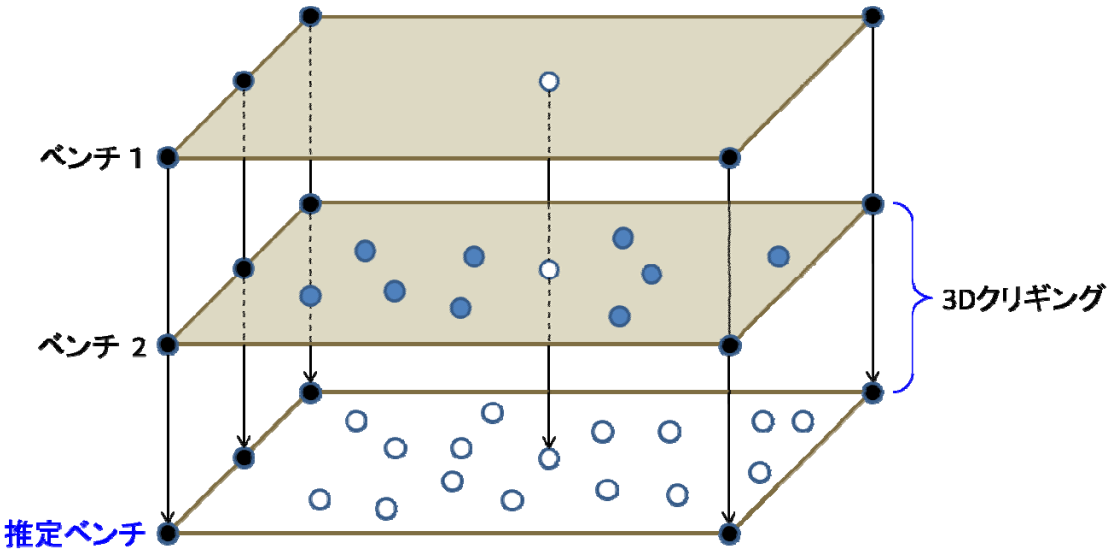


図 8.3 上位ベンチの繰粉データを用いた推定

図 8.4 は、推定するベンチに対し上 2 段のベンチから抽出されたデータ（図 8.4(a)、約 300 点）と真上の段の繰粉データ（図 8.4(b)、約 2,500 点）の分布状況を示した例である。

(a) (b)

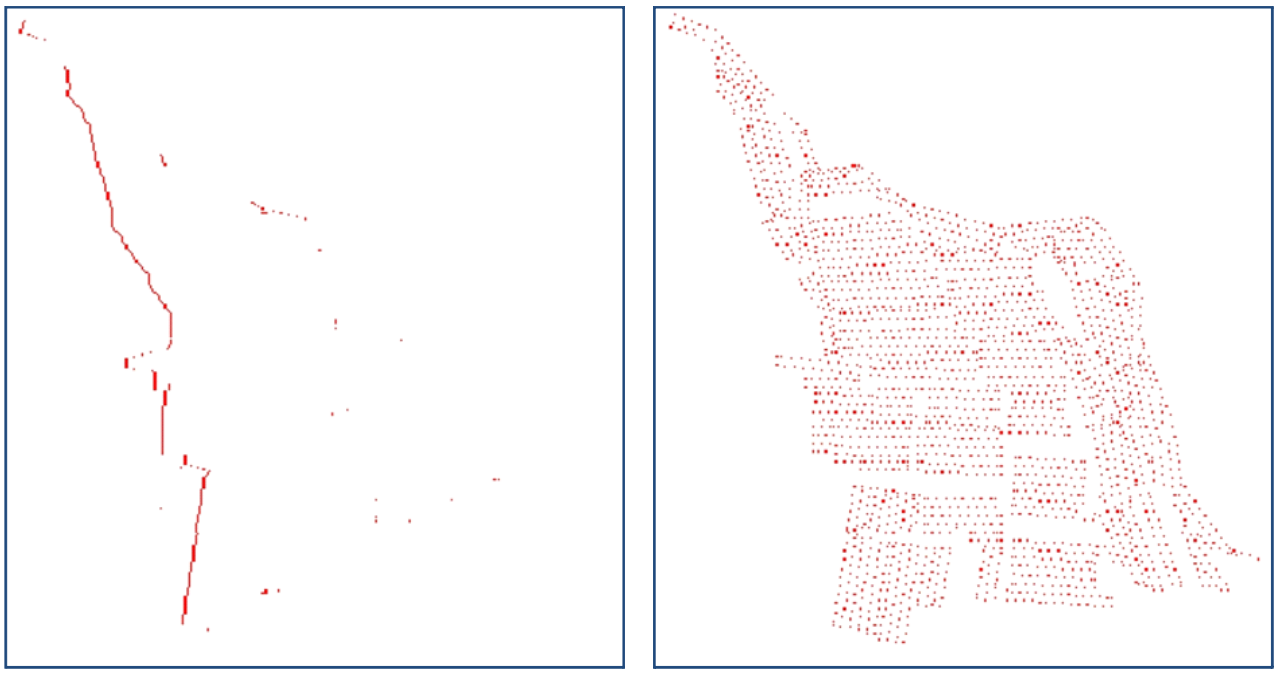


図 8.4 推定に使用する繰粉データの分布状況
(a)上 2 段のベンチから抽出されたデータ　(b)真上の段の繰粉データ

8.2.2 経験セミバリオグラムの作成

つぎに、予測に必要となるセミバリオグラムにおけるパラメータ推定を念頭において、適当な間隔の距離(h)から利用する経験セミバリオグラムを作成した。なお、得られたデータの中で、とくに外れ値は存在しないと判断した。ここでは、大きな傾向変動はないと仮定して以下の解析を行った。また、複雑なデータ解析を避けるために、データ空間分布の等方性を仮定した。

図 8.5 は，あるベンチの CaO 品位データに対して，距離の刻み幅(Δh)を 1m，5m，25m としたときの経験セミバリオグラムを求めた結果である。どの分割においても，経験セミバリオグラムの値は，h=60m くらいまでは増加し，この後 20m 程度はほぼ一定の値となる。さらに，先は下がっているが，若干バラツキが大きくなる。0≦h≦80 [m]の範囲では，典型的なセミバリオグラムの傾向であるナゲット効果，シル，レンジが明確に現われており，空間従属性が示唆された。

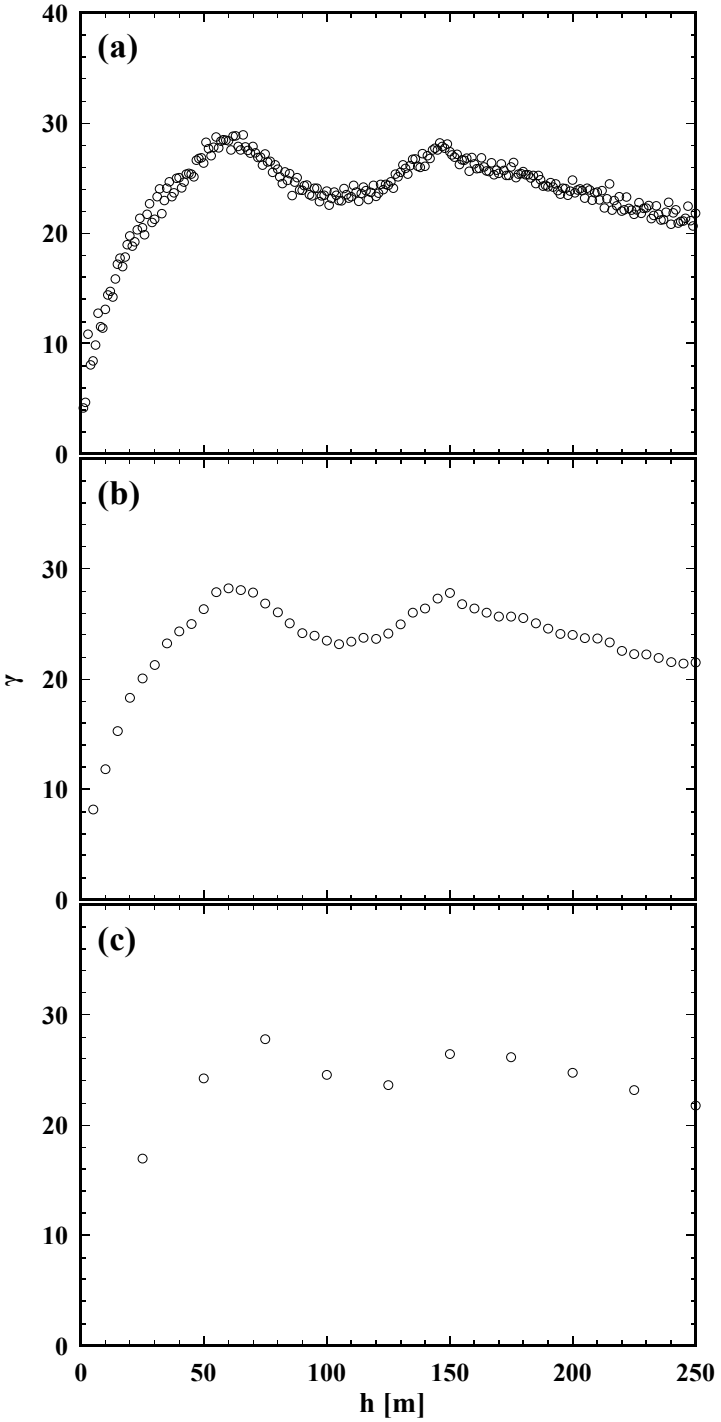


図 8.5　品位データから得られた経験セミバリオグラム
(a) 刻み幅 1m，(b) 刻み幅 5m，(c) 刻み幅 25m

8.2.3 セミバリオグラムモデルの選択とパラメータ推定

CaO 品位に関するパラメータ推定のために、図 8.2 の構造の特徴がはっきりと現れ、バラツキの少ない、距離 5mで分割した経験セミバリオグラムを用いた。Δh=5m で分割した経験セミバリオグラムを用いて，0≦h≦75 [m]までの範囲でセミバリオグラムのモデル選択とパラメータ推定を行った。モデルとして，シルの存在が示唆されることから，シルをもつセミバリオグラムモデルである球型，指数型，ガウス型を選択した。図 8.6 に推定モデルによる形状と経験セミバリオグラムを示す。球型モデルは経験セミバリオグラムの構造を概ねよくとらえていること，指数型モデルは，とくに距離 h が短いところで当てはまりがよいが，ナゲット効果をかなり低く見積もっていること，ガウス型モデルによる当てはめは，3 つのモデルの中では最も当てはまりが悪く，ナゲット効果も過大評価している

こと，などがみてとれた。

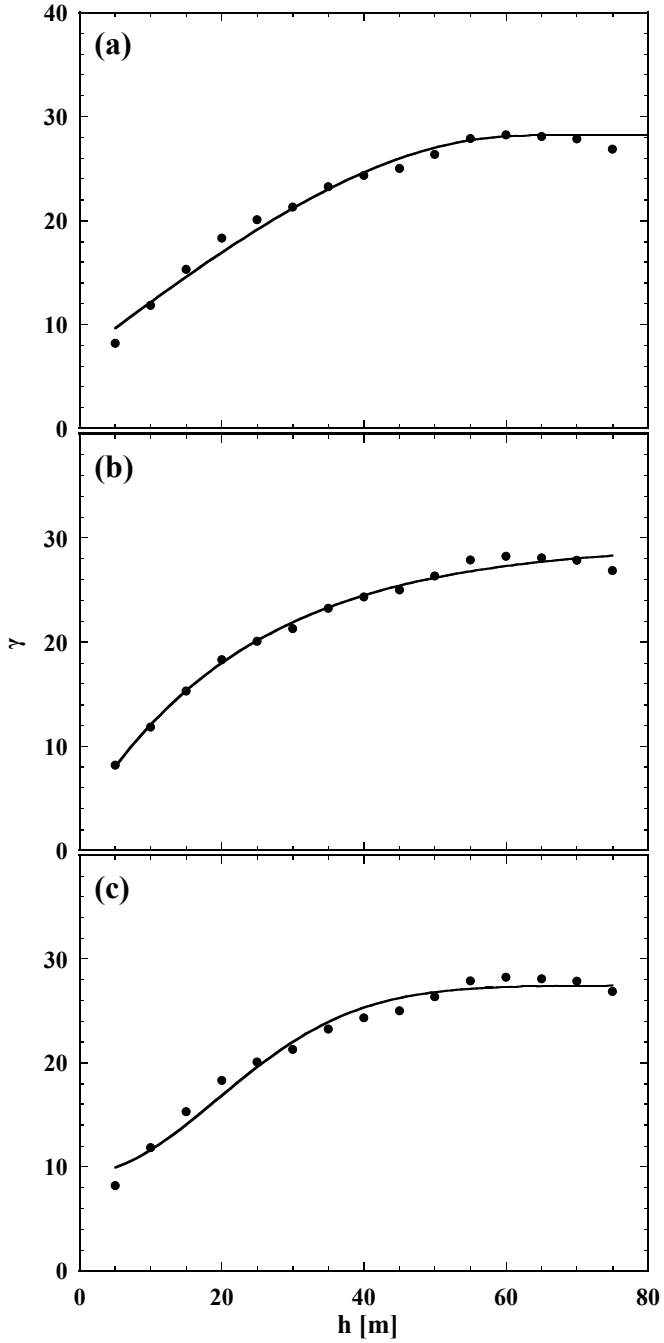


図 8.6　経験セミバリオグラムへのモデルの当てはめ
(a) 球型モデル，(b) 指数型モデル，(c) ガウス型モデル

8.2.4 品位補間に対するセミバリオグラムモデルの影響

これらのモデルから推定されるパラメータを基にクリギングによる品位補間を行った。なお、補間に用いたプログラムは Excel VBA で作成し、補間ベンチの濃度データの推定も含め、全ての処理は Excel のワークシート上で行った。その結果，品位の分布傾向が良好に表示された（図 8.7)。また，これらのモデルではナゲット効果やシルなどの傾向に違いはみられたが，補間結果に関して相違はほとんどみられず，モデルに違いによる品位補間における全体的な分布状況への影響は非常に小さいと考えられた。

(a)　　(b)　　(c)

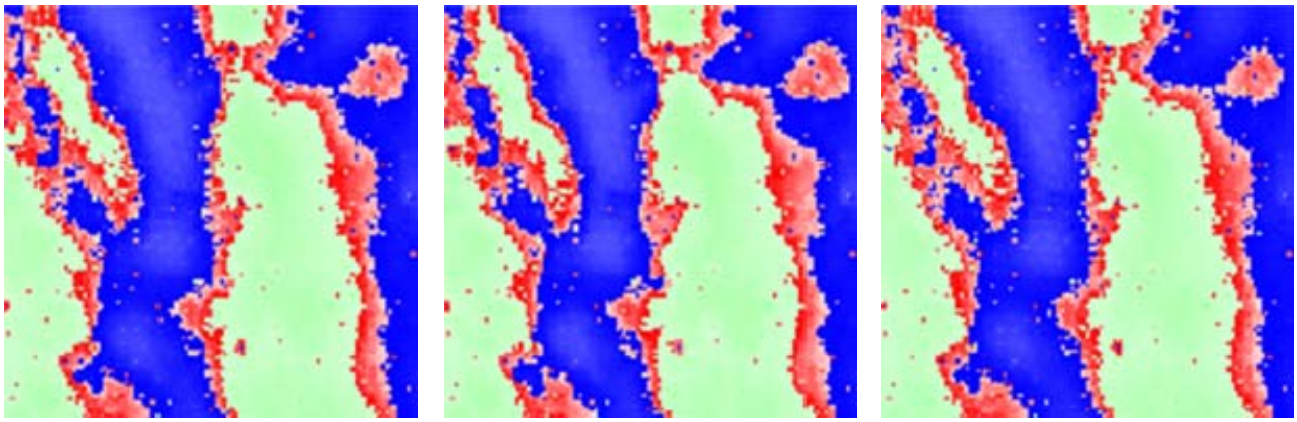


図 8.7 クリギングによる品位補間結果例
(a) 球型モデル，(b) 指数型モデル，(c) ガウス型モデル

このように、3 つのセミバリオグラムのモデルは、いずれのモデルも結果的に大差はなかったので、近似曲線の決定係数が最も高かった球型モデルを使用して、図 8.4 に示す分布状況のデータに対して、3 次元空間内のクリギング補間を行い、推定ベンチ全体の CaO 品位分布を推定した。

8.3 クリギングによって補間された品位分布の表示と精度

Excel のワークシート上に展開された濃度データは、インターフェースとして、タブ区切りのテキスト形式のファイルに保存することで GRASS GIS での表示が可能になる。図 8.8 は GIS で表示された品位分布図であり、CaO の濃度によって色分けしている。

図 8.4 で示しているように、採掘後に分析される繰粉データは、採掘された切羽全体に高い密度で分布しており、この繰粉データによる 2 次元のクリギング補間の精度は高いと推察される。そこで、図 8.4 で推定したベンチで分析された繰粉データを用いて 2 次元補間を行い（図 8.9）、これと 3 次元補間の結果（図 8.8）とを比較して補間の精度を考察した。

図 8.8 と図 8.9 を比較すると、品位の分布状況は形状的にはほぼ一致していると思われるが、3 次元補間図の分布は 2 次元補間に比べて、全体的に東方向にややずれているように見受けられる。これは、鉱脈が傾斜のある層状に展開しているためと考えられる。このため、補間精度を向上させるためには、今後、この層状の鉱脈の傾斜を考慮した推定方法を考える必要がある。

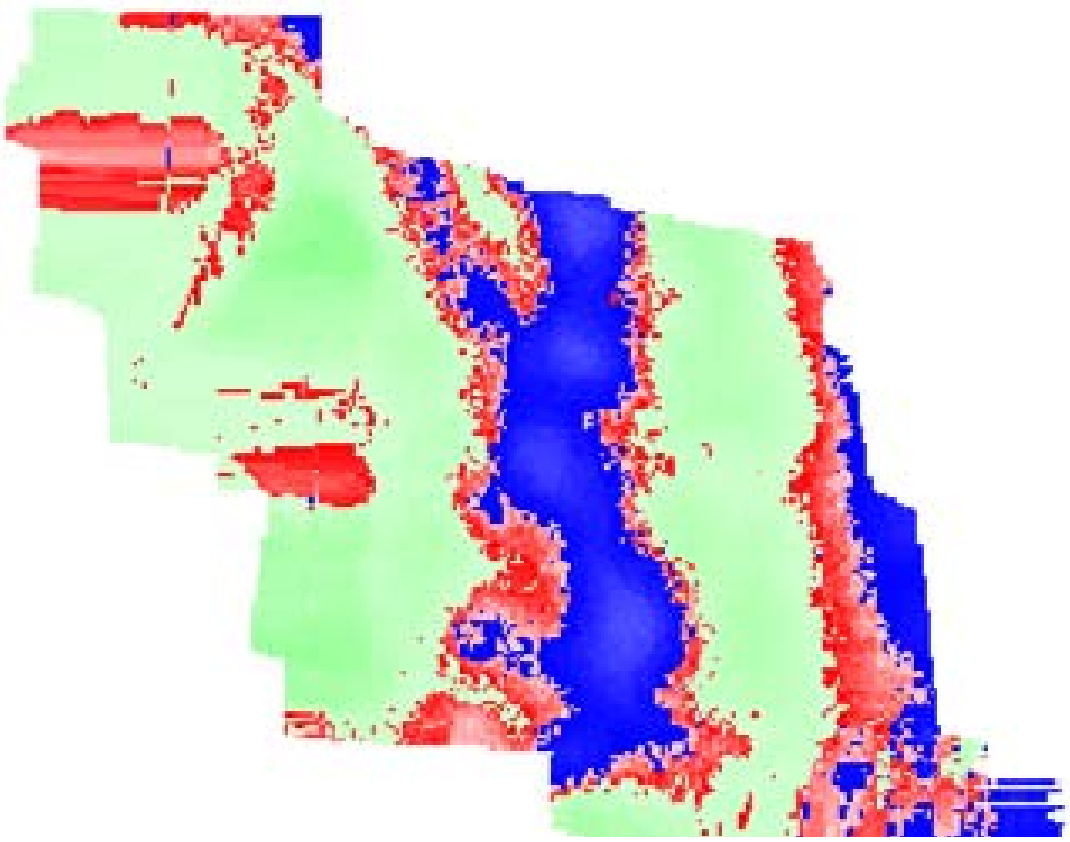


図 8.8　3 次元補間による品位分布

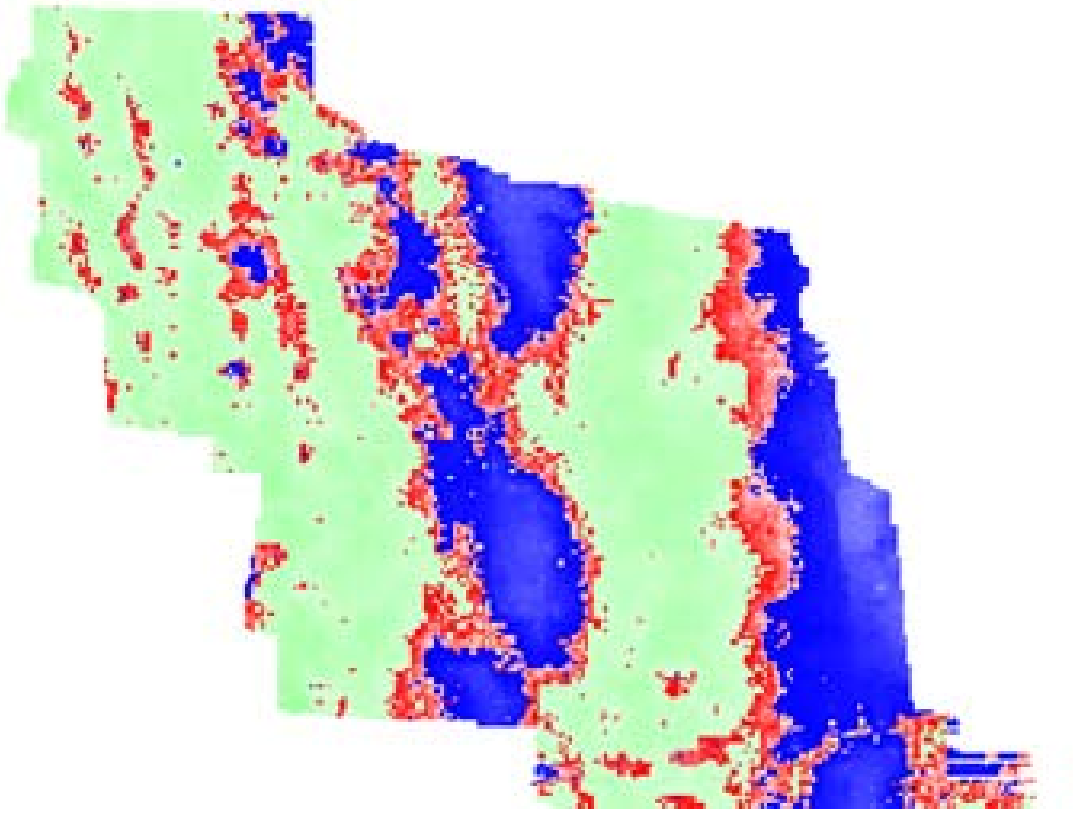


図 8.9　2 次元補間による品位分布

9. 地下構造の 3D 表現手法

鉱山を対象とした属性データとして、既に採掘された切羽で採取された繰粉データを用いて、切羽部の品位データをラスターデータ化する事により、地上（地表面）部分で 2 次元的に表示する事が可能である。また、属性値に対する表示色割り当てを設定することにより、ユーザー基準での分布状態を地表面上で表現する事が出来た。この 2 次元的な表現方法に加えて、GRASS が本来の機能として有している 3 次元表示機能（Nviz）を用いて、地下構造に関する属性データを表現する方法について検討した。地下構造に関する表示対象としては、地質構造と鉱山での既採掘部の鉱石品位の空間分布を 3 次元地下構造の表示モデル例とした。

9.1 境界面ラスターデータを用いた地質モデルの作成および表示

ここでは、GRASS 上で 3 次元的に地質モデルを作成・表示する手順について述べる。なお、地質モデルの作成にあたり、ボーリング調査その他の地質調査データより、地質構造の論理モデルが準備され、地質境界面に関するラスターデータが事前に取得されているものとする。

9.1.1 地質モデル作成の対象例

下図に示すような地表面をもつ地形において、地下の地質構造モデルを作成するためには、地質調査等によるデータを基にした解析結果より得られる地質体の種類や、地質体境界を表わす位置データが必要である。

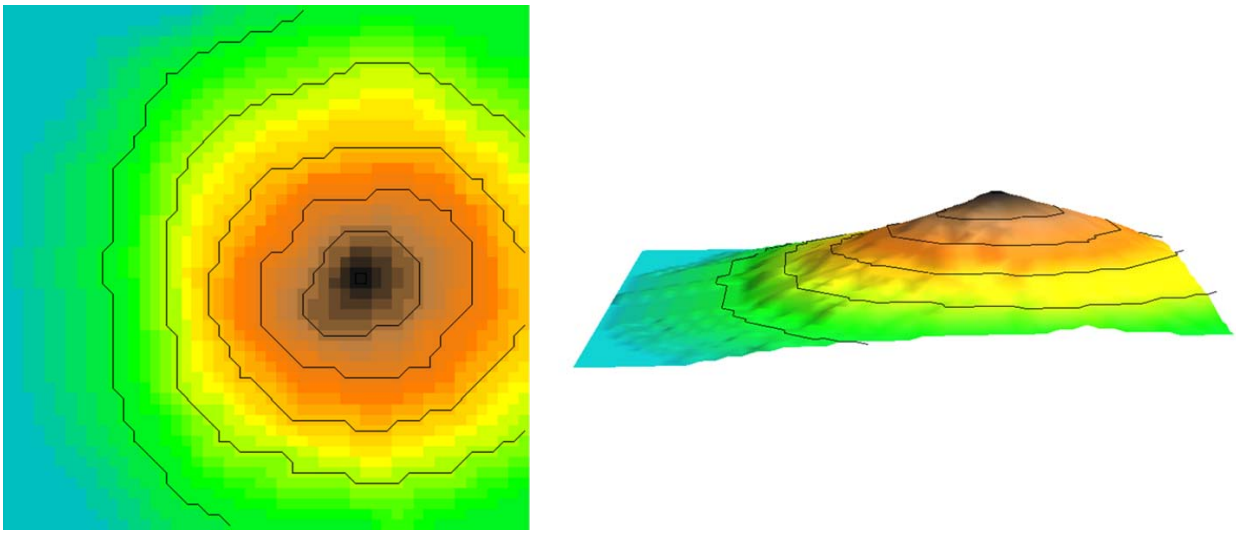


図 9.1 対象区域における地表面の 2 次元および 3 次元表示

9.2.2 境界面条件による地質体分類

ここで、地質モデル対象となる領域に地表となる境界面 S3 の他に、S1 が S2 より下部に位置する 2 つの境界面 S1, S2 が存在したとすると、3 つの境界面の位置関係の条件は上部より S3 > S2 > S1 となる。よって、地表面も含めた地下には、3 種類の地質体が存在する事になる。解析により得られる境界面データは、対象領域全域を範囲として境界面を標高値で示すデータとなるので、地下における地質体を分類するには、上記の条件を満たすような形で演算処理をしなければならない。

具体的には、下図に示すように、3 つの境界面によって領域 1-6 の 6 つに区切られるが、領域 5, 6 は地表面 S3 の上部にあるので存在しない。また、S1 は S2 より下部に位置するので、領域 3 および領域 4 は同じ地質体 3 に分類されることになる。そして、最終的に地質モデルが 3 次元表示される場

合、点線部に該当する境界面は削除しなければならない。

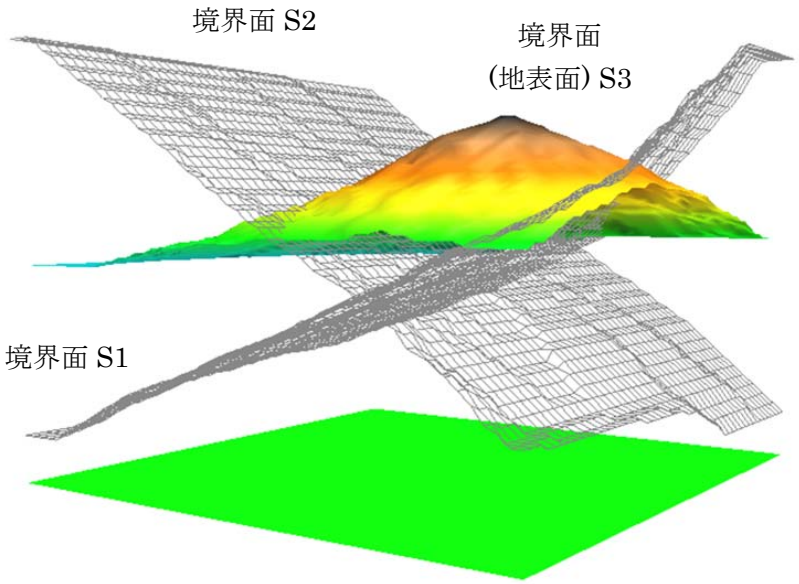


図 9.2 境界面情報を表わす標高ラスターデータの表示

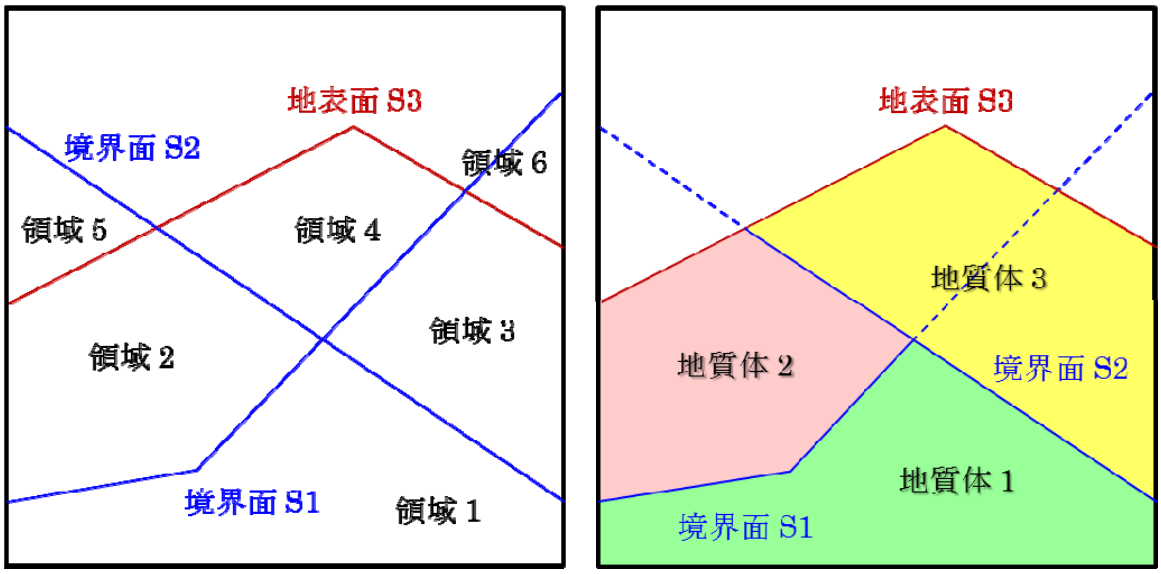
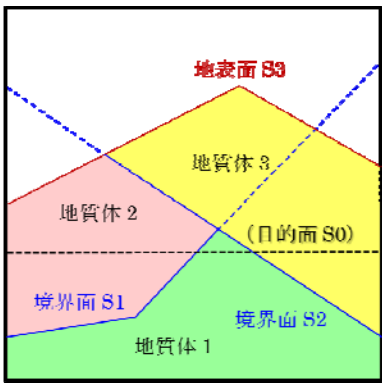


図 9.3 境界面による領域(左図)と実際の地質体(右図)の断面表示例

ある目的面 S3 での地質体分類データを作成するためには、S3 に関する標高ラスターデータを取得し、S3 と S1 および S2 の対応するセルに含まれる属性値(標高値)の差をとり、正、0、負のいずれをとるかで地質体 1-3 の分類表を作成する。GRASS 上での演算では、この分類を基に論理モデルを構築する。すなわち、S1 および S2 との標高差分結果を、正なら 1、0 または負であれば 0 とする 2 進法で表現すると、結果の組み合わせは{00, 01, 10, 11}の 4 通りとなる。この組み合わせに対応した地質体の分類は{1, 3, 2, 3}である。2 進法による{00, 01, 10, 11}の表示は、10 進法に変換すると{0, 1, 2, 3}となり、この 10 進法による目的面での標高値分類と地質体分類の対応を関係コードとして、GRASS のコマンドを用いて、目的面に関する地質図ラスターファイルを完成させる。



	S0-S1	S0-S2
地質体 1	0 または負	0 または負
地質体 2	正	0 または負
地質体 3	正負または 0	正

図 9.4 目的面での境界との標高差による地質体分類条件

9.2.3 GRASS 上での地質モデルの作成

地質モデルの作成について、地表面 S3 を目的面とした GRASS 上での作成手順について述べる。

マップカリキュレータ（r.mapcalculator コマンド）を用いて、if(S3-S1,1,0,0)*2+if(S3-S2,1,0,0) の演算によって、2 つの境界面との位置関係を 2 進法で求めるラスターファイル M3 を作成する。続いて M3 の結果より、地質体名の属性値を r.reclass コマンドを用いて再配置した地表面 S3 での地質図ファイル G3 が作成される。なお、再配置のための関係コードは別にテキストファイルで作成しておく。同様の手順を用いることで、境界面 S1、S2 ならびに、任意に設定した標高における地質断面図を作成する事が出来る。

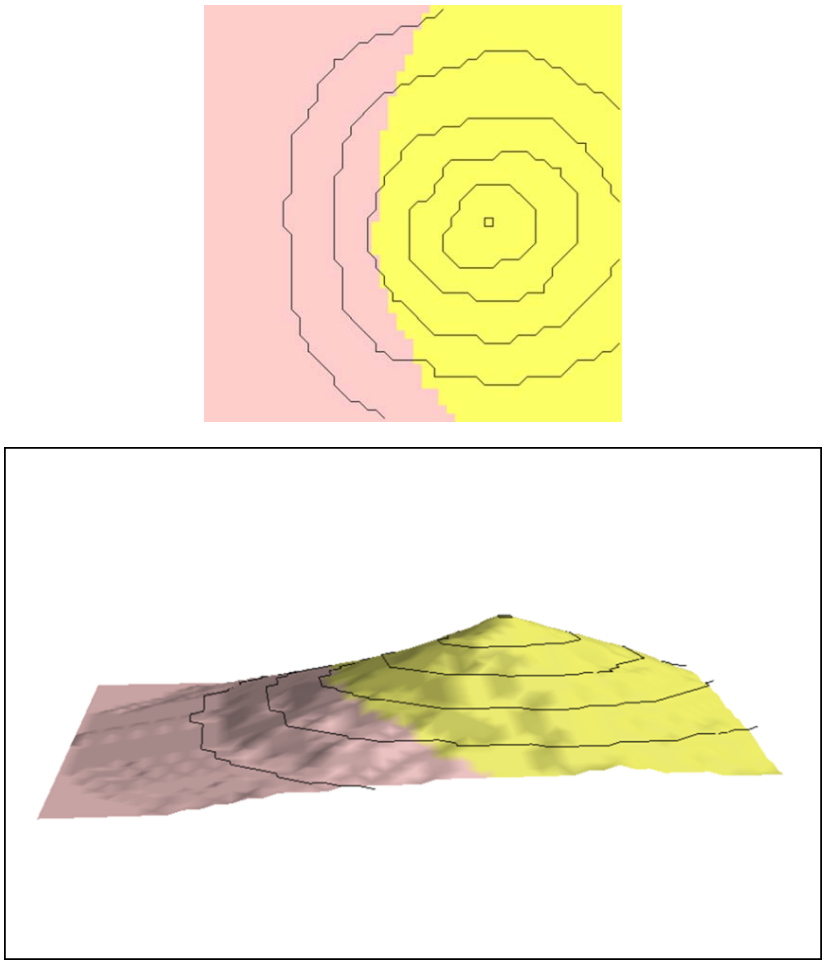


図 9.5 地表面における地質構造の 2 次元および 3 次元表示例

S1 や S2 などの地下に存在する地質境界面を表示するには、上述の境界面の点線箇所（実際に境界として存在していない面）を削除しなければならないが、GRASS 上では、MASK 用のラスターファイルを作成し、画面上で非表示にする方法をとる。具体的には、境界面上の地質図を表現するラスターファイルを作成した後、境界面直上の地質図を示すラスターファイルを準備する。この 2 つの同じ位置にあるセルの属性値（地質体分類のためのカテゴリー番号）を比較して、同じ属性値をもつか違う属性値をもつかで分類したラスターファイルを作成する。このファイルを r.null コマンド上で、境界面として存在するセルの属性値を NULL 値化する。これにより、3 次元表示の際の MASK 用ラスターが取得される。

Nviz での表示では、Nviz コマンドで標高ラスターとして境界面ラスターファイルを、地質構造の表示色スキーム用ラスターとして地質図ラスターファイルを選択する。表示された後、Surface パネルで作成した MASK 用ラスターファイルを選択すると、3 次元地質モデルが良好に表示される。また、Cutting Planes パネルより任意の断面を設定すると、鉛直方向の地質断面図なども表示可能である。

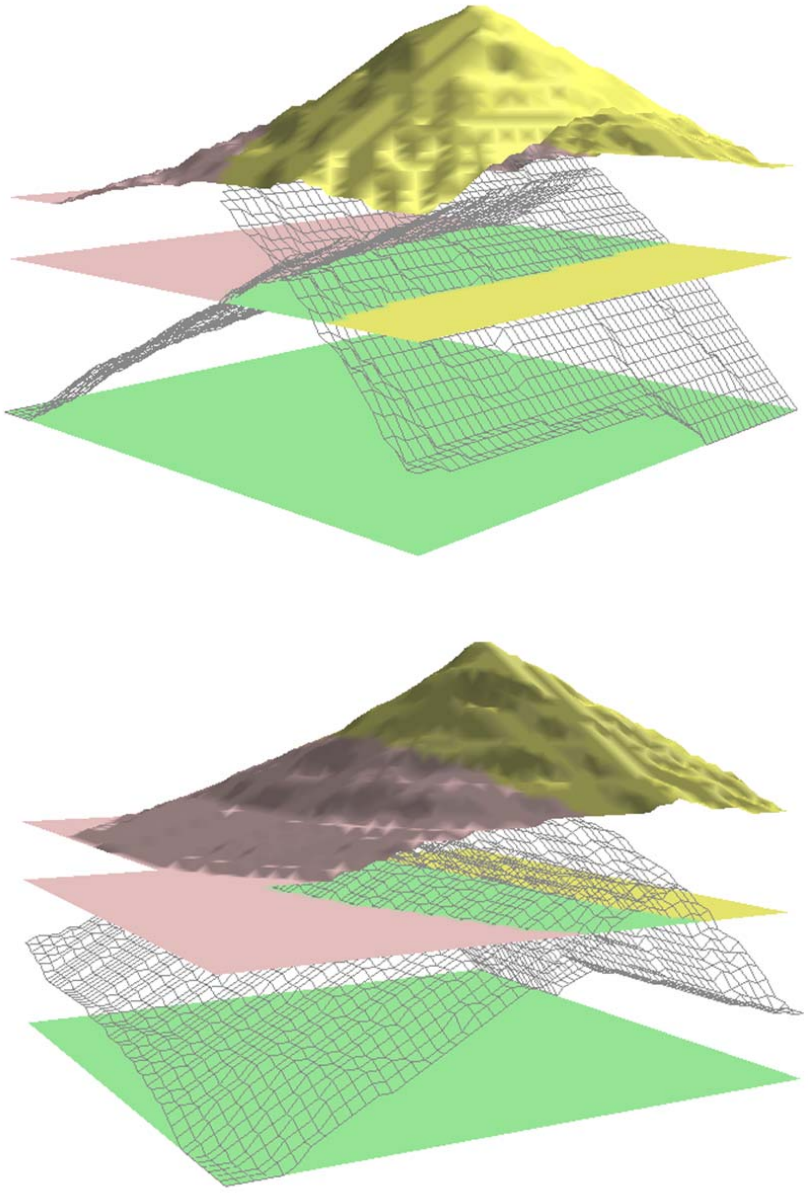


図 9.6 3 次元地質モデルの Nviz による表示例

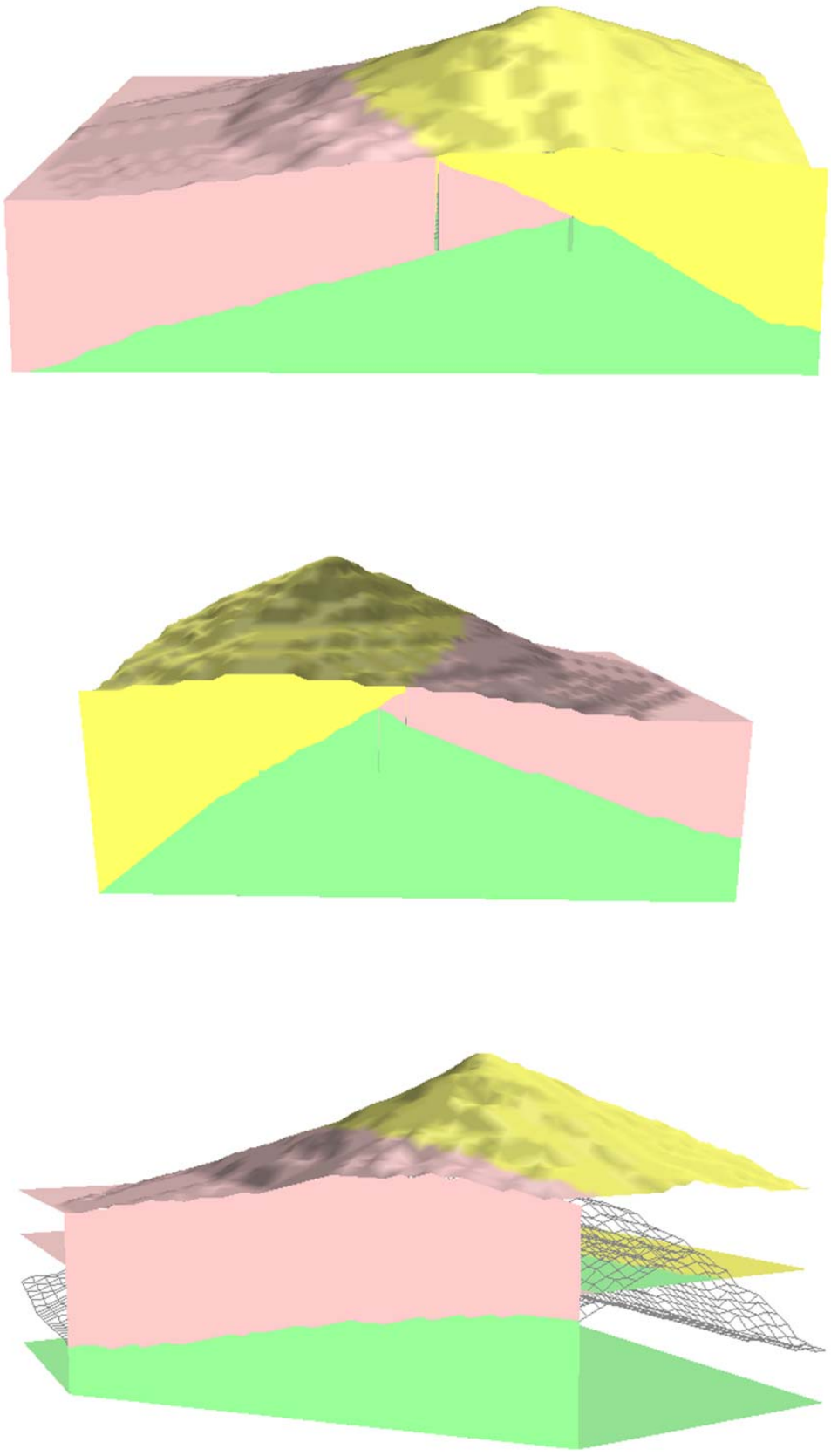


図 9.7 3 次元地質モデルの地質断面図の表示例

9.2 鉱山における空間的な品位分布の表示

既採掘部の繰粉データによる一連の鉱石品位データの 2D ラスター型データを用いて、3D ラスター型データに変換する事により、品位の空間的な分布を表示する事が可能である。

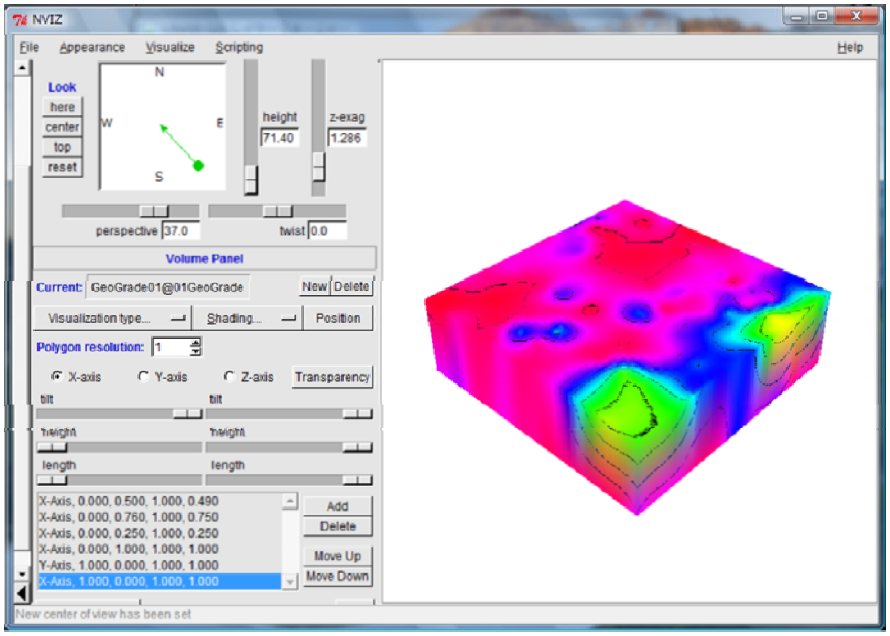


図 9.8 Nviz による 3 次元品位データの表示例

また、空間的な分布状態を評価する手段の 1 つとして、品位分布の境界面（等位面）を解析する方法が考えられる。Nviz に品位分布データの 3D ラスター型データを読込み、Volume パネル上の ”Visualization type” で isosurface を選択する。そして、分布境界面として表現したい品位のしきい値（threshold）を入力することにより境界面を解析・作成する。この方法に基づいて、一連の品位境界値を設定する事で、空間内の品位分布状態がより詳細に評価できる。

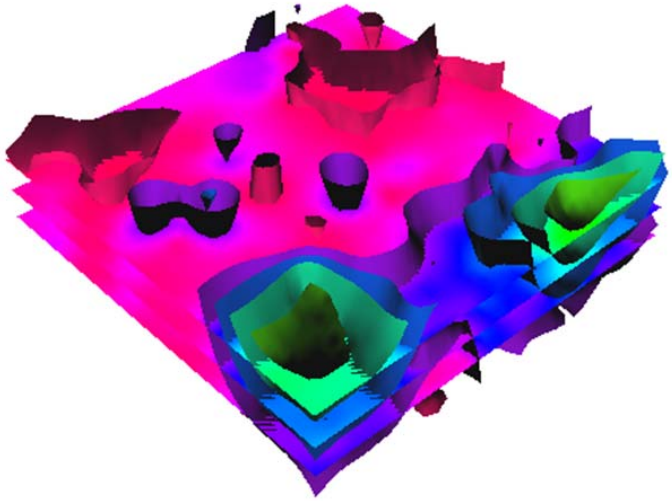


図 9.9 Nviz による品位境界面（等位面）の 3 次元表示例

10. 大坂古地図の GIS によるデータベース化

このプロジェクトは、関西大学・大阪都市遺産研究センターの基幹テーマ「近現代大阪の社会文化景観の変貌」の一環として行われている都市景観の可視化に関する研究である。具体的には、近現代の大坂中心部の景観復原のため、CG による地上建築物と、大坂の古地図による時間軸も含めた 4 次元データベースを統合するプロジェクトである。GRASS は、明治～戦後昭和期における古地図を基に、道路・河川・建築物などの地図情報や商業地・住宅地圏などの属性情報を各時代ごとにデータベース化して一元管理するツールとして使用される。それぞれの古地図はデジタル化されていない 1 枚の紙媒体であるため、地図上の情報を分類してデータ化しなければならない。本稿では、紙媒体地図からの情報の取得とデータ化およびインポートデータの変換・表示について概説する。

10.1 紙媒体地図からの情報の取得

属性情報の取得を単純化するために、デジタル紙媒体の地図をスキャンしてデジタル画像データを作成する。そして、Photoshop などの画像編集ソフトウェアを用いて画像データから道路・河川・建築物などの地図情報や属性情報をそれぞれ取得する。取得の際、画像データが大きい場合はトリミングなどにより画像データを等分に分割し、処理速度が損なわれないようにする。

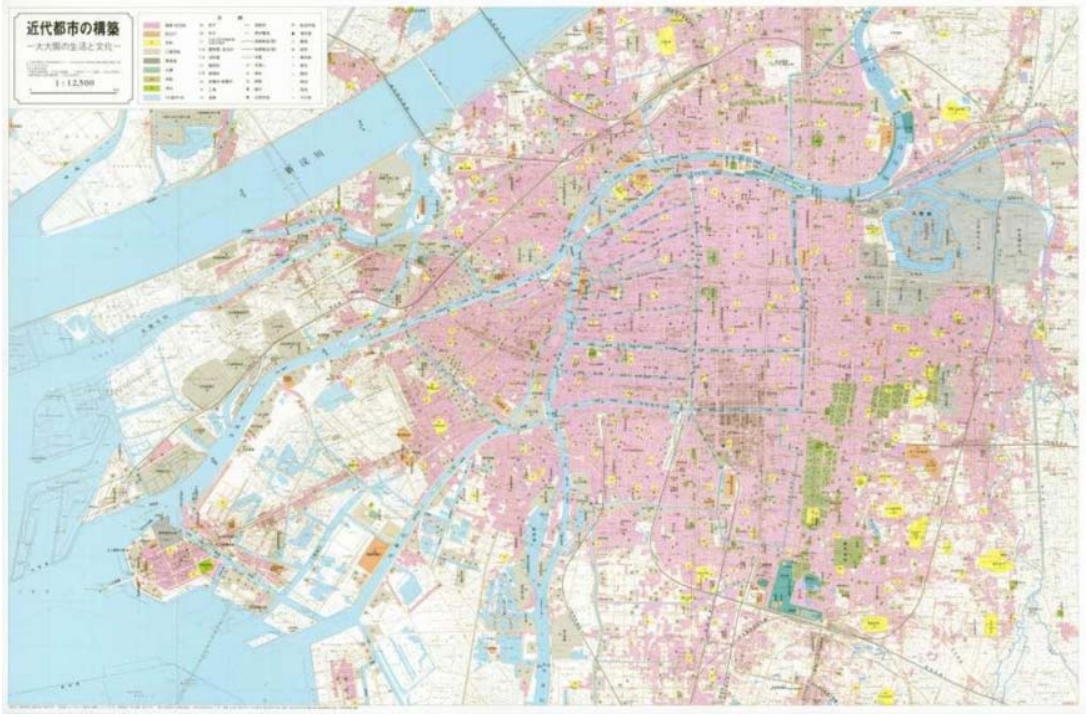


図 10.1 大正期の大坂地図（現代地図に重ね合わせて作成）

具体的な取得方法としては、地図画像データ上に新規レイヤーを作成し、同じ属性に該当するピクセル単位で区切られたセルを塗り潰していく。この作業で地図情報・属性情報ごとにレイヤーを作成して分類する。分類されたレイヤーは、それぞれ画像データとして保存する。保存した属性情報のレイヤー画像ファイルから、塗り潰されたセルの位置をプログラムによって解析し、画像の縦横方向をそれぞれ x,y としたピクセル単位で座標化したリストをテキストファイル形式で作成する。今回用いたプログラムは Visual Basic で作成し、それぞれのリストの座標に属性ごとの値を割り振る機能を加味して、GRASS のポイント形式ラスター型データのフォーマットに準拠するように設定した。

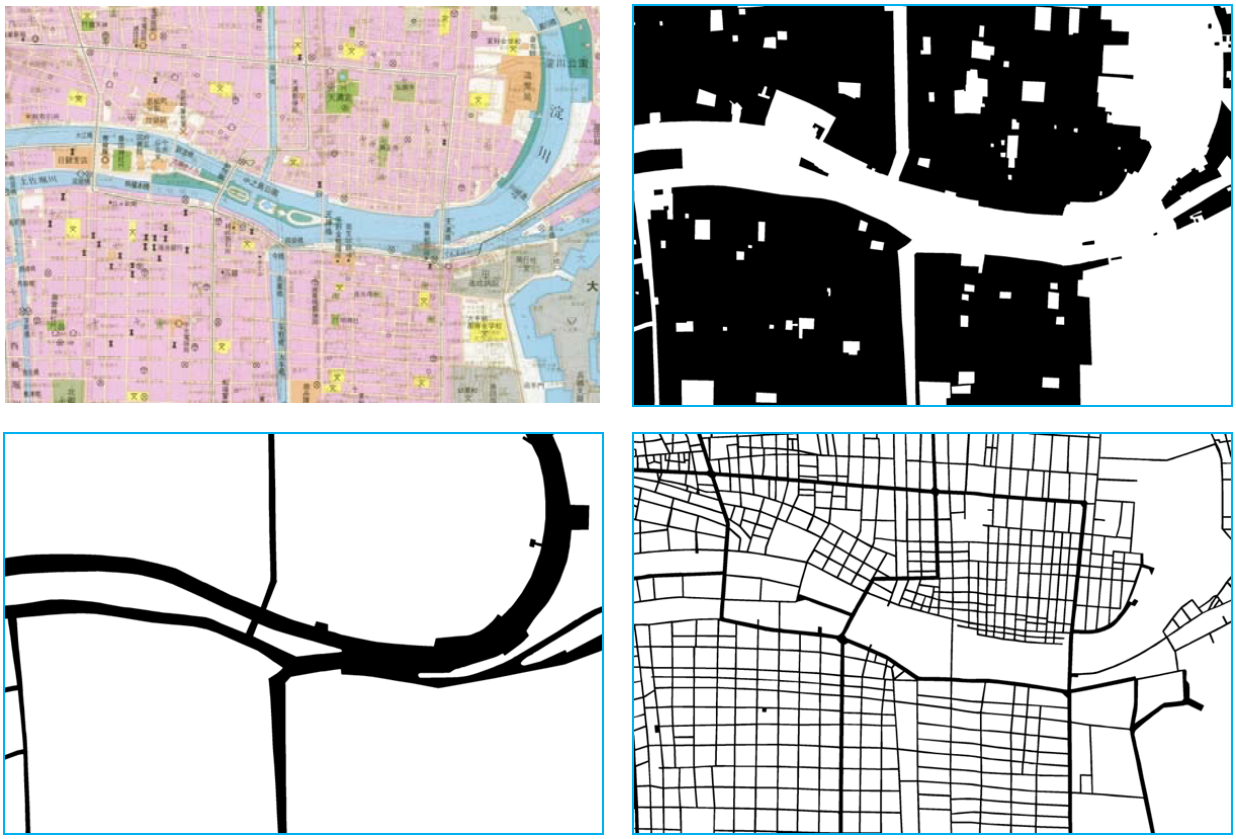


図 10.2 大阪天満橋付近の地図より作成した商業地・河川・道路のレイヤー

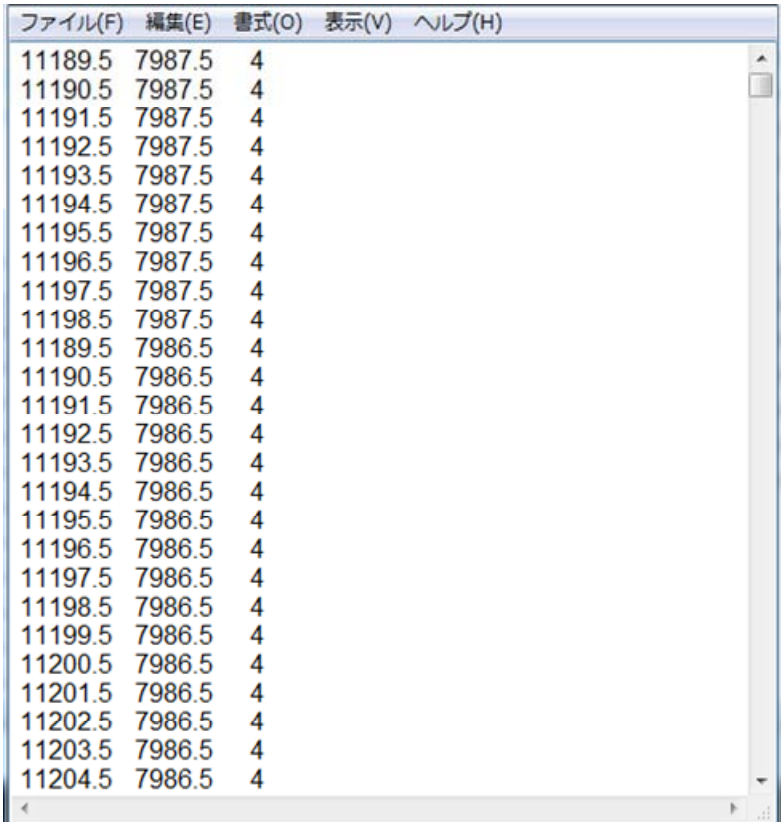


図 10.3 ポイント形式に変換されたラスター型データ

10.2 GRASS へのインポート

地図画像データより属性ごとのラスター型データを取得したら、GRASS 上で表示するための新規 LOCATION を設定する。元の地図画像には領域に関するヘッダ情報が添付されていないため、LOCATION の領域・解像度は、画像データのセルを基準とし、ピクセル単位で区分されたセル数から東西南北座標と解像度を設定した。また、MAPSET は地図年代ごとに作成し、年代による比較・解析結果は PERMANENT に格納するようにした。そして、r.in.xyz コマンドを用いて所定の MAPSET に属性ファイルをインポートし、ラスター型マップを作成した。r.colors コマンドにより属性値ごとの表示色スキームを設定し、d.rast コマンドで必要なラスターマップを選択し、MapDisplay に表示する事ができた。

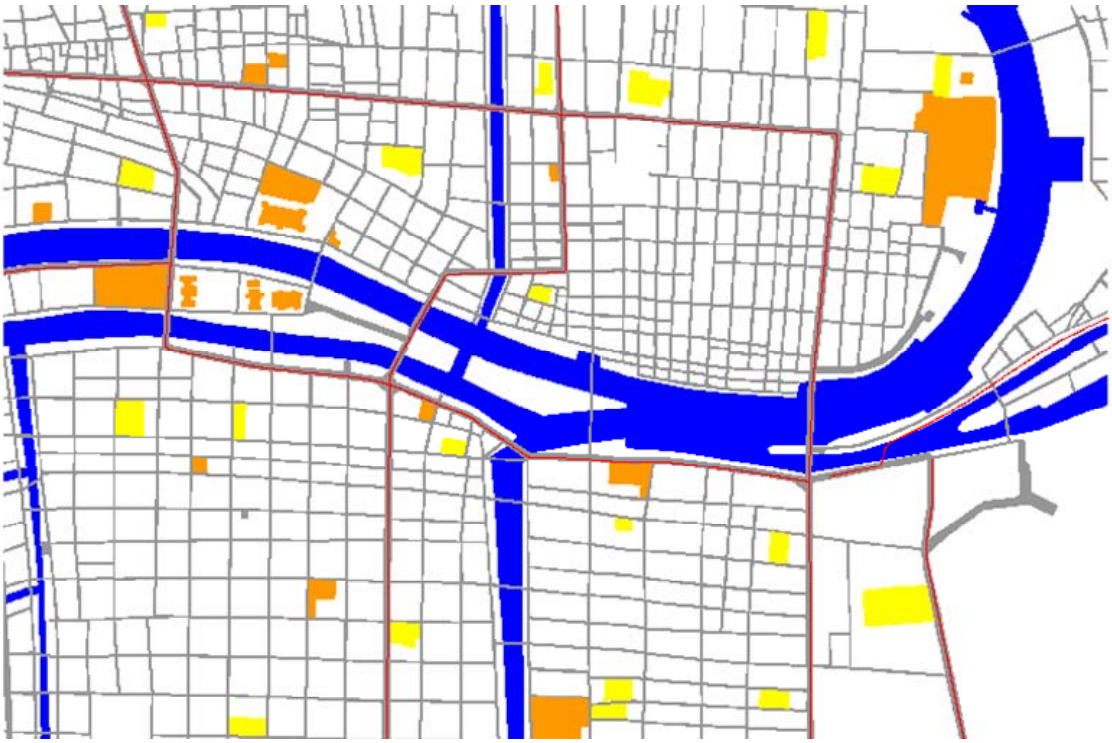


図 10.4 MapDisplay 上でのラスターマップの表示例（河川・道路・軌道・学校・公共施設）

10.3 ラスターマップによる地図情報の比較

大阪は水の豊かな都市として知られ、江戸時代以降に人工の水路が多く建設された。近代以降、中心部の高層化などによりこれらを含めた都市景観は劇的に変化した。GRASS にインポートされたデータから、この時間軸による変化を検証する事ができる。江戸後期および大正期の大坂天満橋付近の河川に関するラスターマップより比較すると、定性的には、マップの中心を流れる堂島川・土佐堀川の分岐にあたる中ノ島の地形の変化が良好に伺える。そして、合流前の大川について、時代が新しくなるにしたがい川幅が小さくなっているのがわかる。さらに、比較的小規模な支流や人工水路と思われるに箇所についても、時代とともになくなっているのが確認でき、江戸後期・近世から明治に入った近代への時代の変化に影響を受けて、都市景観が変化している事が伺えた。

また、GRASS では、マップカリキュレータを用いて解析する事により、時代の変遷による河川の変化領域を色別で表示する事もでき、統計処理をする事により、変化の割合を定量的に計算する事も可能である。

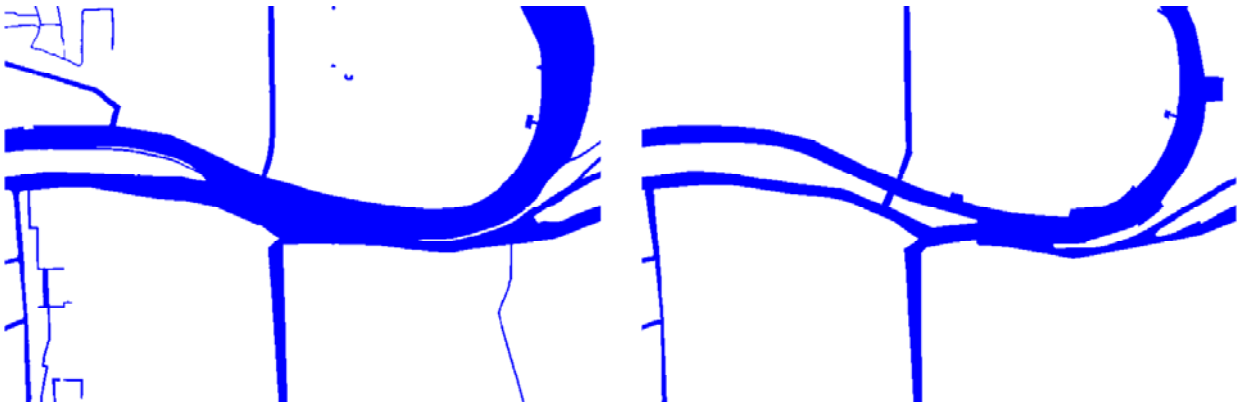


図 10.5 江戸時代後期（左）と大正期（右）の河川ラスターマップ

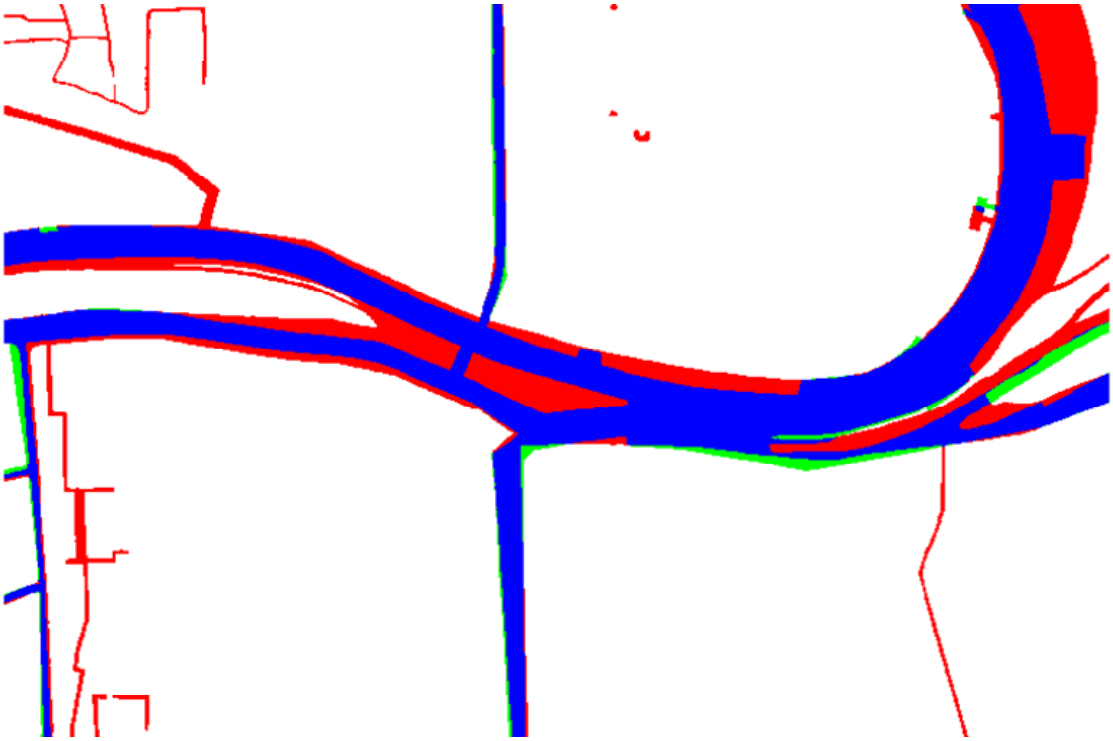


図 10.6 マップカリキュレータにより河川の変化を識別したラスターマップ

10.4 ラスターマップのベクトル化と建築構造物の簡易 3 次元表示

紙媒体地図を用いる道路・河川などの属性の精密なデータ化は、変換された地図の画像データの解像度に依存する。すなわち、GRASS で作成する LOCATION の解像度を詳細に設定する必要がある。今回の属性情報の取得では、画像データで定義されるピクセル単位の解像度（セル行列数）を基準に指定しているが、精密なデータを作成するには、より高詳細な画像データを準備しなければならない。しかし、高解像度になるに従い、LOCATION 領域の全セル数が膨大になる事から、セルに値が割り当てられるラスター形式のデータでは、広範囲な LOCATION での処理速度の低下が懸念される。また、インポートされた地形などのラスターデータは、画像セルの領域を基に作成されているため、エリア（area）境界領域を示す線（line）がセル形状に沿って階段状になっており、比較的スムーズな線とは言い難い。

そこで、広範囲にわたる LOCATION でのデータ表示機能などを円滑に執り行うために、GRASS

にインポートされたラスターデータは、r.to.vect コマンドを用いてベクトルデータ化した。この結果、データは所定の属性をもつ領域グリッドセルに指定の属性値を格納する形式ではなく、領域（エリア）を囲む、弧ーノード（arc-node）表現によるポリゴンとして表わされるため、それぞれのデータ容量が低減される。さらに、ラスターデータの影響による階段状の境界領域表現を、v.generalize コマンドを用いてポリゴンの円滑化を行い、スムーズな境界線に変換した。また、画像データが大きい場合に分割してそれぞれの属性データを作成する場合は、ベクトル型データに変換後、v.patch コマンドにより合成して 1 つのデータマップとした。

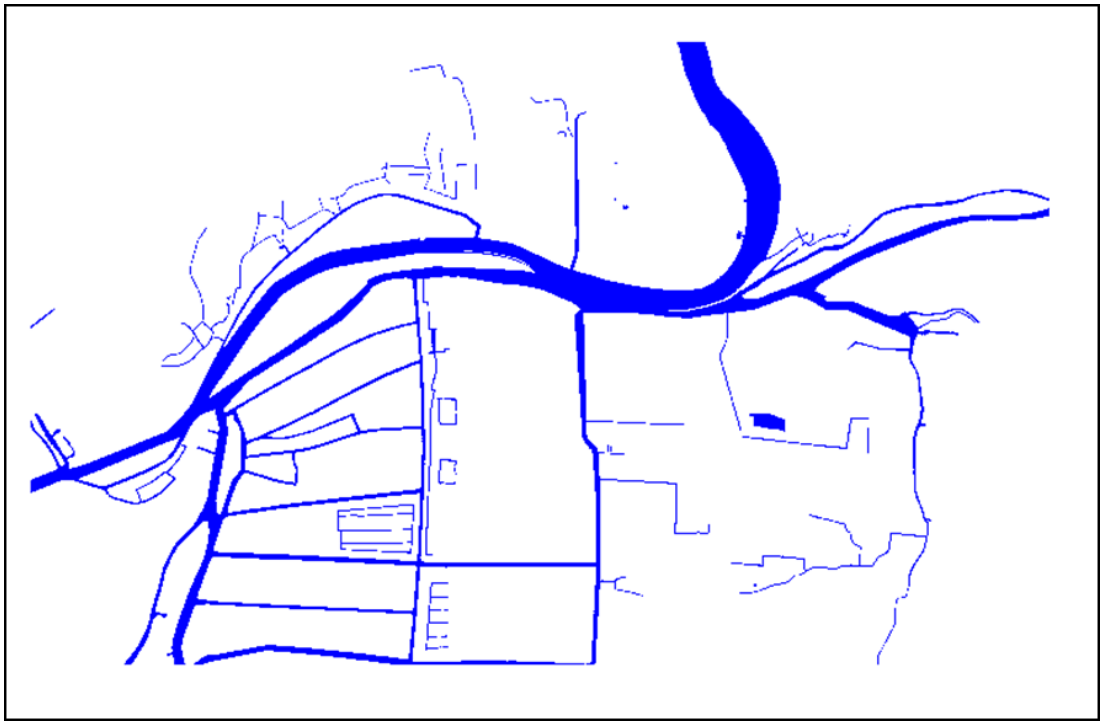


図 10.7 ベクトル変換 → 円滑化 → 合成された河川および水路のベクトルマップ

建築物などの構造物のデータに関して、データ地図上への配置などは、ベクトル変換だけでも表示が充分に可能である。さらに、Nviz モジュールを用いて 3 次元的に配置する必要がある場合は、v.exclude コマンドを用いて、z 方向（高さ方向）への情報を与えた。その結果、建造物の 2 次元データを疑似的 3 次元に置換して、Nviz 上で表示する事が可能である。

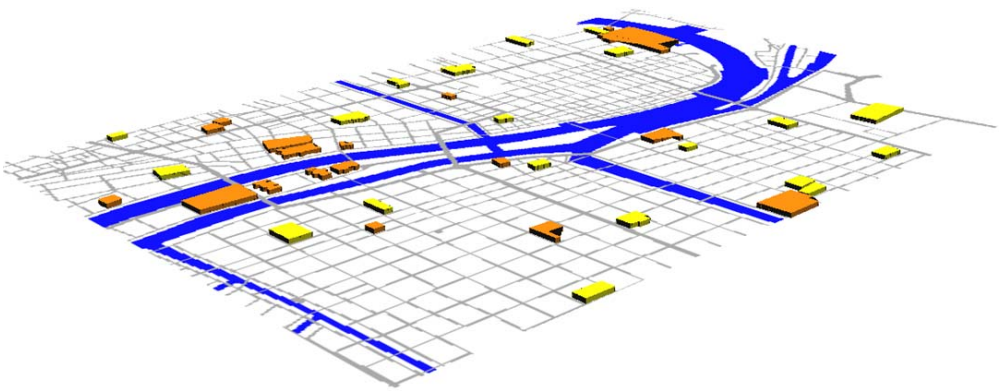


図 10.8a 官公庁・学校施設建造物の Nviz による 3 次元表示例

図 10.8 b 官公庁・学校施設建造物の Nviz による 3 次元表示例（拡大図）

11. まとめ

本報告書では、オープンソース GRASS GIS を用いた、地表・地下情報の作成・表示手法ならびにデータベース化に関する調査研究を行った。これまでの研究成果の概要は以下のとおりである。

1) GRASS GIS は、2009 年に公開された GRASS 6.4.0 より日本語表記版が登場し、日本のユーザにも扱いやすくなったが、基本操作やデータ変換・解析手順に関するマニュアルは依然、英語版がほとんどであり、実際のオペレーションにおいて、各操作コマンドに対する詳細な説明が必要である。そこで、今回の調査において作成するデータベース化作業に必要な操作手順のマニュアル化と標準化を行った。また、GRASS のデータベースにインポートするためのデータ作成に関しては、汎用的な観点から、Excel を用いたラスター型データファイルの作成手順を標準化した。

2) GRASS 上での 2 次元的表現に加えて、本来の機能として有している 3 次元表示機能(Nviz)を用いて地質構造などを表示する事を検討した。その結果、3 次元空間上に分布する属性データに、マップカリキュレータにより条件を加味し、個々のセルを振り分けていく事で、地質構造ならびに境界線ラスターを作成し、Nviz 上で 3 次元的に表現する事ができた。

3) 品位補間に関しては、クリギング法を用いて、Excel 上で品位データに関するセミバリオグラム・経験セミバリオグラムの当てはめ・バリオグラムモデルのパラメータ推定を行い、補間に関する検討を行った。典型的なバリオグラムの傾向をもつ分布に対しては、バリオグラムモデルの影響はほとんどみられず、石灰石などの品位推定では、球型モデルを用いたクリギング法により、良好に補間することができた。

4) クリギング法では補外の補間はできないので、既採掘部の上部ベンチの繰粉データから一定の条件を満たしたデータを推定ベンチの濃度値と想定して補間用データとした。その際、走向と傾斜を考慮し、上部ベンチ間で連続性の高い濃度値を推定ベンチ内の濃度値とした。このデータと上部ベンチの繰粉データを基にクリギングを行い、実際の品位データと比較したところ、補間精度の向上が確認された。

5) 関西大学博物館のプロジェクトとして進められている大阪古地図のデータベース化に関して、本報告書で標準化した GRASS の操作手順を活用する事が可能であり、GRASS GIS による古地図のデータベース化の可能性が示唆された。

（参考資料）

[1] M. Neteler and H. Mitasova 原著，植村哲士 訳（2009）オープンソース GIS グラスアプローチ，開発社

[2] GRASS ホームページ http://grass.osgeo.org/

[3] 別所，陳，伊藤（2010）オープンソース GRASS GIS を用いた地質データベース，第 14 回関西大学先端科学技術シンポジウム講演集，pp.375-378

[4] 間瀬，武田編（2001）空間データモデリング，共立出版，pp.135-166

[5] 新井（1985）鉱山地質，35, 229

[6] Wackernagel 原著，地球統計学研究委員会訳：地球統計学，森北出版，266p (2003)

[7] J. P. Chilès, and P. Delfiner (1999) Geostatistics Modeling Spatial Uncertainty, John Wiley & Sons, Inc., pp.150-230

[8] M. Bessho, Y. Chen, T. Ito (2010) "Geological database using open source software GRASS GIS", *Proc. of The 7th International Conference on Engineering Computational Technology*

[9] M. Bessho, Y. Chen, T. Ito (2010) "Grade management in a limestone quarry using GIS", *Proc. of International Symposium on Earth Science and Technology 2010*, pp.113-118

様式－３－３　記載例

INVESTIGATION RESEARCH FOR MANAGING BOTH SURFACE AND UNDERGROUND DATABASE BY GRASS GIS

Ito, T.[1]　Nishiyama, T.[2]　Chen, Y.[3]　Bessho, M.[4]
[1]Kansai University　[2]Emeritus Professor of Kyoto University　[3]Kyoto University　[4]Akita University

GIS was developed for the purpose of military use at the beginning but now is applied in many fields like city planning/management, marketing research tools, car navigation system, etc. Recent rapid improvements in both hardware and software of PC made GIS useful in these various fields. Additionally, the development of GPS (Global Positioning System) also spreads to use GIS. On the other hand, since the reliability of open source software has increased, it is widely used in many fields today.

In this research, the GRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System GIS) which is the open source software for GIS was tried to introduce as geological database. GRASS GIS was originally developed by USA-CERL (U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories) in 1985 and has been widely applied in many organizations such as private companies, government offices, universities, institutions and so on. Today, this open source software is mainly managed and improved by FBK-irst(Fondatione Bruno Kessler) in Trento, Italy.

Though GIS software usually manages geographical surface data only, GRASS GIS manages geological underground data as well as geographical data. In addition, many kinds of standardization will be realized in various user fields because there is no financial burden to install and maintenance it.

The summaries of this research are follows.

1) The standardization of GRASS use
   Firstly, Japanese manual was arranged with detailed operations for making geographical and geological database. The interface tools were considered by raster data file which could be made easily by usual software like Excel.
2) Construction of geological data base in underground
   Geographical and geological database was made using the “map calculator” to analyze the geological structures. These geographical/geological data were displayed by the “Nviz” which is 3D display function in GRASS GIS.
3) Interpolation of concentration by the 3D Kriging method
   Distribution of some chemical substances in limestone quarry was tried to interpolate by the 3D Kriging method. The tools used in the interpolations were coded by the VBA in Excel to be easy to standardize.
4) Estimation technique for extrapolation data
   Since the Kriging method basically cannot apply the extrapolation data, we thought a new approach to judge the concentration sequence between different underground levels with considering the strikes and dips.

KEYWORDS**:** *GIS, open source software, GRASS GIS, geological database, 3D Kriging method*

様式－３－２

研　究　成　果　の　要　約

助成番号	助　成　研　究　名	研 究 者・所 属
第2009-08号	オープンソースGISを用いた地表・地下情報の 作成・表示手法及びデータベース化に関する調査研究	伊藤俊秀・関西大学 西山孝・京都大学名誉教授 陳友晴・京都大学大学院 別所昌彦・秋田大学

GISは、もともと軍事利用を目的に研究・開発されてきたが、近年、ハードウェアの処理能力や記憶容量の向上により、都市計画、防災、エリアマーケティング、カーナビゲーションなど、様々な分野でPCによるGISの利用が広まっている。

一方、オープンソースの利用も普及しており、業務でも十分に使用可能な安定したソフトが無償で入手できる環境が整っている。オープンソースのGISとしては、USA-CERL（米国陸軍技術部隊の建築工学研究所）によって1985年に開発されたGRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System GIS、以下ではGRASSとよぶ) が世界標準として使用され始めており、現在は、イタリアのFBK-irst(Fondatione Bruno Kessler)がホストとなって開発が進められている。

そこで、本研究では、地表・地下空間の管理が基礎となる分野を想定し、3次元情報の蓄積手法に関するGRASSの使用可能性の調査・研究を行った。オープンソースはソフトの購入やメンテナンスコストが大きく軽減されるので、広く普及させることが容易であり、様々な標準化を進めることができる。

研究成果の概要は以下の通りである。

1) GRASS の使用手順の標準化

GRASS は、2009年に公開されたGRASS 6.4.0より日本語表記版が登場し、日本のユーザにも扱い易くなったが、基本操作やデータ変換・解析手順に関するマニュアルは依然、英語版がほとんどである。そこで、今回の調査で作成したデータベース化に関し、GRASS使用のマニュアル化と標準化を行った。この際、GRASSとのインターフェースについては、汎用的性の観点から、Excelなどで作成が容易なラスター型データとした。

2) 地下空間の地質情報管理

GIS本来の地図管理機能に加えて、GRASSの3次元表示機能（Nviz）を用いて地質構造などの表示を検討した。その結果、GRASSに装備されているマップカリキュレータを用いることにより、地質構造ならびに境界線ラスターをNviz上で3次元的に表現することができた。

3) 地球統計学的手法による濃度推定

化学物質の地下分布の把握は、目的によって、様々な物質が想定されるが、本研究では石灰岩中に含まれる鉱物に関連した化学物質の濃度分布を想定した。品位補間に関しては、クリギング法を用いて、セミバリオグラム・経験セミバリオグラムの当てはめとバリオグラムモデルのパラメータ推定を行い、補間に関する検討を行った。典型的なバリオグラムの傾向をもつ分布に対しては、モデルの影響はほとんどみられず、球型モデルを用いたクリギング法で良好な補間が得られた。これらの補間作業については、標準化が可能なツールをExcelで作成した。

4) 補外データに関する提案

クリギング法では、基本的に補外推定は不可能である。そのため、本研究では、深度レベルの異なる上部の既知データから補外区域の濃度を推定する手法を考案した。すなわち、走向と傾斜を考慮して連続性の判定を行う手順を考案し、連続性が高いと推測される濃度を抽出した。補間データと実際の濃度データを比較したところ、良好な合致率で補間が達成できたことがわかった。

本研究で示したオープンソースGISを用いた地表と地下の同時・並行的な管理手法は、広い分野での活用が期待できる。建設部門を想定した場合、これらの手法が地表の構造物と共に地層や断層、地下水などの地下構造の管理に利用できることは言うまでもないが、濃度補間推定は土壌汚染の状況や診断に有効であると考えられる。