

## 多重解像度 3D地形図の 8 分グラフ表現

## Octet Graph Representation for Multi-Resolution 3D Landform Maps

赤木 剛朗\*

Goro Akagi

野牧 賢志\*

Kenshi Nomaki

宮寺 庸造\*\*

Youzou Miyadera

土田 賢省\*\*\*\*

Kensei Tsuchida

本橋 友江\*\*\*

Tomoe Motohashi

夜久 竹夫\*

Takeo Yaku

**概要** 8分グラフに基づいた多重解像度 3D 地形図を表現するための新しいデータ構造を提案する。ここで提案する 3D 地形図の表現方法を応用することで、従来の手法に比べ、局所的かつ動的な解像度の変更が有効に実行されると期待される。

**キーワード** 3D 地形図 多重解像度 データ構造 8分グラフ

## 1. はじめに

地形の直観的な理解を補助する手段として、地形図を立体表示する 3D 地形図がしばしば用いられている。精密な 3D 地形図を作成するためには、より細かいメッシュ幅の数値地図データを用いることが必要である。しかし、均一な解像度を持つ 3D 地形図では一部分の解像度を高くするために全体の解像度を高くする必要がある。そのため、解像度を高くすればするほど、3D 地形図を構成するポリゴン数が増加して、ディスプレイ等に表示するために多くの計算時間を必要とする。

そこで、全体を均一の解像度で表示させるのではなく、地形に応じて解像度を变化させた多重解像度 3D 地形図が必要とされる。具体的には、平地などの標高の変化が少ない地形は低い解像度(例えば、1km メッシュ数値地図から生成した 3D 地形図)で表現し、山岳地帯など標高の変化が大きい地形は高い解像度(例えば、50m メッシュ数値地図から生成した 3D 地形図)で表現することで、より少ない計算量でより精密に地形図を表示させることが可能になる。さらに 3D 地形図を見ているユーザが必要に応じて、指定箇所の解像度を上げ、より精密な 3D 地形図の表示を行うためには、動的な解像度の変更が必要となる。

そこで、我々は、表計算ソフトやワードプロセッサに現れる矩形分割を効果的に実現することのできる octet degree rectangular dissection graph [3] の技法を応用し、不均一なメッシュから構成される 3D 地形図の生成・表示システムの作成を目指す。

本論文の主な目的は以下の 2 つである。

- (1) 多重解像度、および、その動的変化に対応したデータ構造の提案。
- (2) 提案したデータ構造を応用した多重解像度 3D 地形図の生成・表示システムの概念モデルの提案。

主結果は、以下の通りである。3 節では、3D 地形図を 8 分グラフで表現する方法について説明する。また、4 節ではそのような地形 8 分グラフ表現の実装のために、H7-Code と呼ばれるリスト構造を導入する。さらに、3D 地形図生成・表示システムのプロトタイプモデルのデータ流れ図を示す。

## 2. 準備

本論文で扱う解像度は、仮想空間上で地形図を表示するために必要な矩形分割の格子の数である。多重解像度 3D 地形図は、その格子数を地形に応じて必要な数に変化させた地形図である。

下の図 1 は我々が扱う多重解像度 3D 地形図の例である。

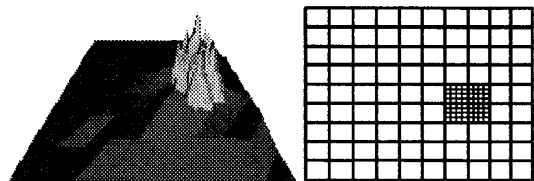


図 1 多重解像度 3D 地形図の例と対応する矩形分割(右図の矩形は、左図で三角形 2 つに表示されている)

次に矩形分割の 8 分グラフ表現を定める。

**定義 2.1** [2] 矩形分割  $D$  [4] に対応する 8 分グラフ  $G_D = (V_D, E_D, L, \lambda_D, A, \alpha_D)$  は、頂点の集合  $V_D$  (外側の頂点を周辺頂点と呼ぶ)、辺の集合  $E_D$ 、辺のラベルの集合  $L$ 、 $E_D$  から  $L$  に対応させるラベル関数  $\lambda_D$ 、属性の集合  $A$ 、 $V_D$  から  $A$  に対応させる属性写像  $\alpha_D$  から構成される、ただし  $G_D$  は以下の性質を満たす。

$V_D$  の頂点  $v_c$  を  $D$  のセル  $c$  に対応させ、 $E_D$  は後述する 4 つの規則から定義される。一方、

$L = \{enw, esw, eew, eww\}$  とし、 $\lambda_D$  は  $E_D$  から  $L$  への関数で、 $E_D$  と同じ 4 つの規則から定義される。また、 $A = R^4$  とする。 $\alpha_D$  は周辺頂点全体から  $R^4$  への属性写像で、周辺頂点  $v_c$  に対して、

$\alpha_D(v_c) = \{nw(c), sw(c), ew(c), ww(c)\}$  を対応させる ( $nw, sw, ew, ww$  については [2] を参照)。

\* 日本大学

\*\* 東京学芸大学

\*\*\* 関東学院大学

\*\*\*\* 東洋大学

規則1 もし  $nw(c) = nw(d)$  で、同じ北壁を持つセル  $c, d$  の間にセルがなければ、 $[v_c, v_d] \in E_D$ ,  $\lambda_D[v_c, v_d] = emw$  となる。この場合、 $[v_c, v_d]$  は北壁辺と呼ぶ。

同様に、規則2, 3, 4によって、南壁辺、東壁辺、西壁辺を定める。□

上で定義される8分グラフの各頂点から出る辺の数は高々8本である。図2で矩形分割の例と対応する8分グラフを示す。

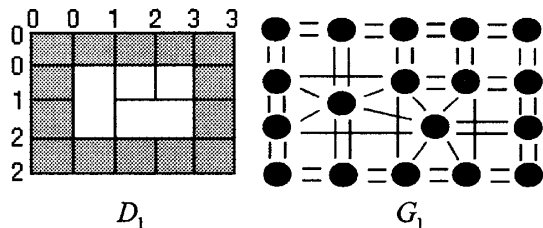


図2 矩形分割の例と対応する8分グラフ

### 3. 地形8分グラフ

地形8分グラフは地形図を矩形分割とみなして、そのグラフ表現を考える。

#### 3.1 地形8分グラフの定義

定義3.1.2 矩形分割とみなした地形図  $D$  の地形8分グラフを  $G_D = (V_D, E_D, L, \lambda_D, A, \alpha_D)$  と書く。ただし、 $A = R^{22}$ ,  $\alpha_D(v_c) = \{nw(c), sw(c), ew(c), ww(c), att_1(c), \dots, att_{18}(c)\}$  とする。

#### 3.2 地形8分グラフの特徴

地形8分グラフを応用することにより、以下の(1)~(4)の特徴を持った多重解像度3D地形図生成・表示システムが実現可能である。

- (1) 解像度が低い矩形区域と解像度が高い矩形区域を容易に合併できる。
- (2) 指定した区域の矩形を分割して解像度を上げる操作が容易にできる。
- (3) 指定した区域の矩形を合併させて解像度を下げる操作が容易に実現できる。
- (4) 4分木 [1] ではセルの合併と分割に制約があるが、地形8分グラフではその制約が少ない。

### 4. 地形8分グラフの実装

この節では、8分グラフを実装するために以下のようなH7-Code [5] とよばれるデータ構造を導入する。H7-CodeはH3-Codeとよばれる heterogeneous rectangular dissection code [3] を基本においている。H7-Codeは次にあげる4つのブロックから構成される。

- (1) ヘッダー部  
表の基本情報、3つのフィールドからなる(予備フィールドを除く)。
- (2) リスト部  
表のセルの情報を表す。セルの数と等しい数のレコードからなる。1レコード当たり32フィールドとする。各フ

ールドはセル同士のリンク情報や地理情報(標高など)を持つ。フィールドの内容を図3で示す。

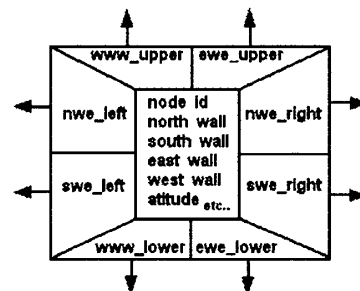


図3 リスト部のレコード

#### (3) コンテンツ部

各ノードに付随する、地名、画像(地図)などの情報を格納する。1コンテンツ当たり8つのフィールドからなる(予備フィールドを除く)。

#### (4) 表レイヤー部

複数の表を管理するための情報。

### 4.1 アプリケーション

前節で提案したH7-Codeを用いた3D地形図生成・表示システム概念図を図4で示す。

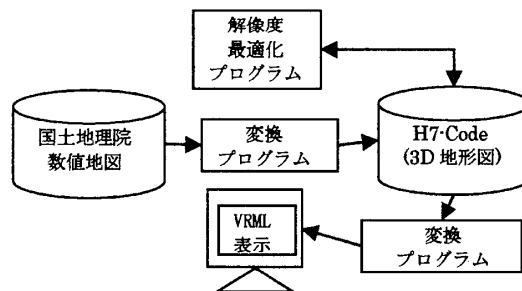


図4 3D地形図生成・表示システム

### 5. まとめ

H7-Codeを利用した多重解像度3D地形図の生成・表示システム概念モデルを示したが、今後はその生成・表示システムの実装を行う。

### 謝辞

劉丹氏と横山隆介氏(日本大学)に心から感謝いたします。

### 参考文献

- [1] J. L. Bentley, Multidimensional Binary Search Trees Used for Associative Searching. Commun. ACM 18(1975), 509-517.
- [2] T. Motohashi, K. Tsuchida and T. Yaku, Attribute Graphs for Table and Their Algorithms, Proc. Foundation of Software Engineering 2002, K. Inoue Ed, Kindaikagakusha, 2003, 183-186.
- [3] T. Kirishima, T. Motohashi, K. Tsuchida and T. Yaku, Table Processing Based on Attribute Graphs, Proc. 6th IASTED Conf. SEA(2004), 317-320.
- [4] T. Arita, T. Motohashi, K. Tsuchida and T. Yaku, An Octet Degree Graph Representation for the Rectangular Dissections, 応用数学合同研究集会報告集, 2004, 131-136.
- [5] <http://cai.chs.nihon-u.ac.jp/rr/cai-rr-05001/h7top.html>