

8 分格子グラフに基づく 3 次元地形図のためのファイルフォーマット

赤木剛朗* 有田友和[†] 本橋友江[‡] 野牧賢志[§] 土田賢省[¶] 夜久竹夫[§]

A File Format for 3D Landform Map Based on Octal Grid Graphs

Goro AKAGI* Tomokazu ARITA[†] Tomoe MOTOHASHI[‡]
Kenshi NOMAKI[§] Kensei TSUCHIDA[¶] Takeo YAKU[§]

We will propose a File Format(H7-code) for 3D Landform Map.by H7-code, we will show rendering multi-resolution 3D landform maps.in this paper, we propose a H7-code for rendering multi-resolution 3D Landform Maps.

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。地形の把握や鑑賞などには便利だが、地形に応じた 3 D 地形図の解像度の変化の研究は進んでいるとは言えない。本論文では、地形 8 分格子グラフ [6] を実装するために開発をした H7-code と呼ばれるデータ構造を提案する。H7-code から作成された 3D 地形図は、局所的かつ動的な解像度の変化、平坦な地形や起伏の激しい地形に応じた解像度の変化が有効的に実行されることが期待される。H7-code は、表の編集に適した属性グラフ文法である 8 分格子グラフ [4] や、8 分格子グラフを実装の

ためのデータ構造である H3-code[2] を応用したものである。H3-code の内部データは表の編集のみに必要なデータしか持たなかったが、H7-code には地理・地学的情報を持たせ、地形の形状の情報と意味情報（地名や地形の色）などの 3 次元表示に適したデータ構造となっている。

2 準備

2.1 3D 地形図

我々が扱う **3 D 地形図**は、コンピュータグラフィック上の仮想 3 次元空間に地形の起伏を表示したもの (図 1) である。ここで扱う 3D 地形図は、地形を格子状に区切り、その格子点上の標高データから生成した 3D 地形図 (図 2) を扱う。



図 1 3 D 地形図の例

* 芝浦工業大学システム工学部機械制御システム学科
〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区大字深作 307

[†] 桜美林大学文学部言語コミュニケーション学科
〒194-0294 東京都町田市常盤町 3758

[‡] 関東学院大学工学部情報ネット・メディア工学科
〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東 1-50-1

[§] 日本大学文理学部情報システム解析学科
〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40

[¶] 東洋大学工学部情報工学科
〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100

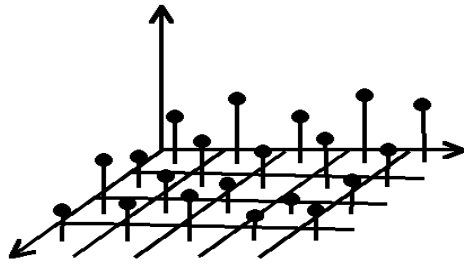


図 2 Y 軸に標高値を持った格子点上の頂点をあらわした 3 次元座標の例

2.2 矩形分割 [3]

図 3 は**矩形分割**の例である。内部の太線の部分が表示される部分であり、周りの矩形は行・列を表す矩形である。太線の部分の矩形 1 つを**セル**(Cell) と呼び、回りの矩形を**周辺セル**(Perimeter Cell) と呼ぶ。また、セルを形成している線を**壁**という。よって 1 つのセルに対して、上の位置にある壁を**北壁**といい、下・左・右それぞれの位置にある壁を、**南壁・西壁・東壁**という。

壁は座標値を持っている (図 3)。ただし、周辺セルを形成している壁は厚みを持たない。北壁・南壁は Y 座標の値を持ち、東壁・西壁は X 座標の値を持つ。図 3 の例でセル c では、北壁・南壁の位置は 0・2 という座標値を持ち、西壁・東壁それぞれの位置の座標は 0・2 である。

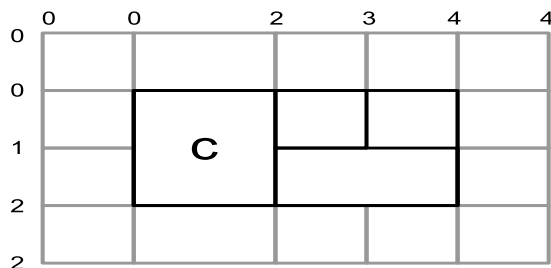


図 3 矩形分割の例

2.3 表構造リストの概要 [2]

表構造リスト(LTS: List for Table Structure) は、矩形分割を表現するグラフのためのデータ構造である。

グラフの頂点はセル (Cell) を用いて実現され、グラフの辺はセル間を**ポインタ**で接続して表現する (図 4)。図 4 は図 3 の矩形分割をもとにして生成したグラフである。

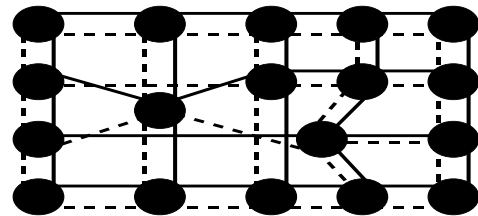


図 4 図 3 の矩形分割から作成したグラフの例

2.4 セル [2]

セルは、矩形分割における 1 つの矩形を表す。通常 1 つのセルは、位置情報、テキスト等の矩形内部の情報、周りのセルとの接し方などいくつかの情報をもつ。セルは、次のような構造で定義される。

- (1) **セル番号**(ID) : 矩形分割内にあるそれぞれのセルに 1 以上の番号を振り分ける (図 5)。図 5 でのセル c の ID 番号は 7 である。
- (2) セルは他の各セルとの接続するための 8 個のポインタ (図 6) : 壁が同じでもっとも隣接しているセルにポインタをつける。図 5 でセル c の場合、北壁の左の位置・右の位置でもっとも近い位置にあるセル ID は 8・6 である。南壁の左の位置・右の位置でもっとも近い位置にあるセル ID は 11・12 である。西壁の上の位置・下の位置でもっとも近い位置にあるセル ID は 2・15 である。東壁の上の位置・下の位置でもっとも近い位置にあるセル ID は 2・15 である。
- (3) セルの周りの壁の位置情報 : 図 5 でセル c の場合、北壁・南壁・西壁・東壁の位置情報は 0・2・0・2 である。
- (4) セル内に設定されるコンテンツの情報 : セル内部に記述するコンテンツの情報へのリンクの情報である
- (5) 表構造リストを多言語に変換するための情報 : 矩形分割の情報を XML に生成する際に必要な情

報。

	0	0	2	3	4	4
0	1	2	3	4	5	
0	6	7	8	9	10	
1	11	C	12		13	
2	14	15	16	17	18	
2						

図5 矩形分割のセルに番号を振った例

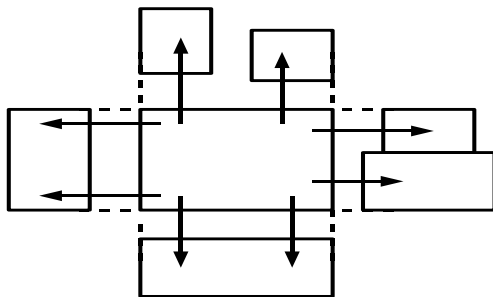


図6 8個のポインタの例

2.5 セルの図表現 [2]

セルに対する図表現について説明する。

図7は、セルを図で表現したものである。周りの8個の四角形は接続のためのポインタである。セルの中心にはその他の情報を記述することが出来る。

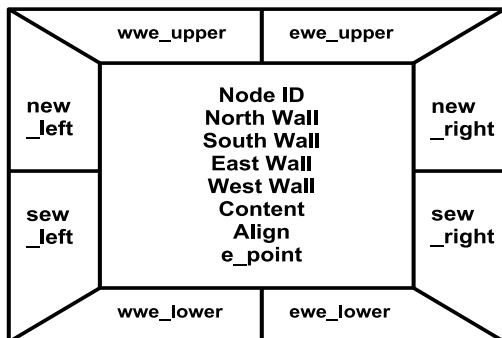


図7 表構造リストの「セル」の図表現

2.6 セルの各部分について説明 [2]

(1) セルを接続するポインタ

nwe _ right: 北壁の右の位置のポインタ。

nwe _ left: 北壁の左の位置のポインタ。

swe _ right: 南壁の右の位置のポインタ。

swe _ left: 南壁の左の位置のポインタ。

ewe _ upper: 東壁の上の位置のポインタ。

ewe _ lower: 東壁の下位置のポインタ。

wwe _ upper: 西壁の上の位置のポインタ。

wwe _ lower: 西壁の下位置のポインタ。

(2) セルの内部に書くことができる情報

node id: セルの ID 番号である。

north wall: 北壁の位置情報である。

south wall: 南壁の位置情報である。

east wall: 東壁の位置情報である。

west wall: 西壁の位置情報である。

content: セル内部に記述するコンテンツ
の情報へのリンクの情報である。

align: コンテンツの配置情報である。

e _ point: XML を生成する際に行の終端セルの位置を決定するために使われる。

2.7 表構造リスト [2]

表構造を表すリスト型データ構造を表構造リストと呼ぶ。表構造リストは、図8のようにセルをポインタで接続することで表現する。

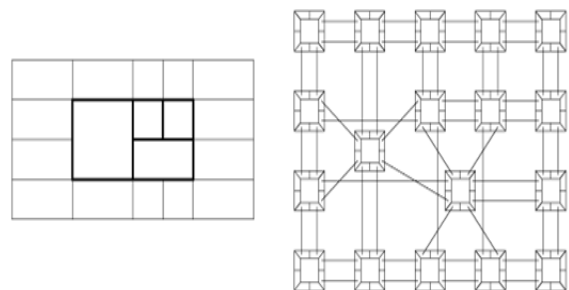


図8 表 (左) とそれに対応する表構造リスト (右)

3 H7-Code

不均一型矩形分割コード (H3-Code) を基本としている。各**レコード** (1 区切りのデータ) の**フィールド** (データを書き込む最小単位) の属性を地形

図に合わせていて不均一な矩形分割にも対応している。

3.1 H7-Code の全体像

H7-Code の構成表 1 は H7-Code の全体像を表しており、第 1 ブロック～第 4 ブロックで構成される。第 1 ブロックを**ヘッダー部**と呼び、第 2 ブロック・第 3 ブロック・第 4 ブロックそれぞれを、**リスト部**・**コンテンツ部**・**表レイヤー部**と呼ぶ。拡張子は **h7c** とする。ファイルの中の文字において、%で始まる行は**コメント行**である。また、何もかかれていない行（改行コードのみの行）は、意味を持たない。つまり、何もかかれていない改行だけの行をファイル内に加えても影響はない。

ブロック番号	ブロック名	備考
1	ヘッダー部	表の基本情報
2	リスト部	矩形分割のセルの情報を表す
3	コンテンツ部	セル内部に記述するコンテンツの情報
4	表レイヤー部	複数の矩形分割を管理するための情報

表 1:H7-Code の全体像

3.2 ヘッダー部

ヘッダー部は 3 つのフィールドからなり（予備フィールドを除く）、必ずファイルの先頭 1 行目に記述される情報である。コメント行や空行もいれてはならない。ヘッダー部には、次の情報が空白文字で区切られて順に記述される（各フィールドの情報は整数値）。表 2 はヘッダー部の各フィールドの内容を表す。1 つ目のフィールドは **H7C Version** で、H7-code のバージョン情報が入る。本論文の執筆段階では、Version.1.2 になっている。2 つ目のフィールドは **Row Size** で、矩形分割のセルの行数が入る（周辺セルは含まれない）。図 3 の矩形分割の場合、2 の値がはいる。2 つ目のフィールドは **Column Size** で、矩形分割の行数が入る。図 3 の

矩形分割の場合、4 の値がはいる。

以下がヘッダー部の各フィールドの説明である。

- 1. HTC Version: **バージョン情報**である。
HTC Version は、**整数値**である。
- 2. Row Size: **行のサイズ（行数）**。Row Size は、**整数値**である。
- 3. Column Size: **列のサイズ（列数）**。Column Size は、**整数値**である。
- 4～8 のフィールドは**未定**である
0 と記述する

図 9 はヘッダー部の例である。ヘッダー部と各フィールドの値をコメント行に表している。

フィールド番号	フィールド名	備考
1	H7C Version	バージョン情報
2	Row Size	矩形分割の行数
3	Column Size	矩形分割の列数
4		予備
5		予備
6		予備
7		予備
8		予備

表 2:ヘッダー部、各フィールドの内容（1～8）

```
12 3 3 0 0 0 0 0
%コメント
% ヘッダー部の例
% H7-Code Version=1.2
%ROW=3
%COLUMN=3
```

図 9 ヘッダー部の例

3.3 リスト部

表 3 はリスト部は全セルの情報をあらし、セル 1 個当たり以下の 32 フィールドの情報を持つ。そしてリスト部は表 3 の 32 個データをセルの個数分だけレコードを並べる。

以下がリスト部の各フィールドの説明である。

フィールド番号	フィールド名	備考
1	node id	セル番号
2	cell type	セルの型情報
3	new_right	北壁の右の位置のポインタ
4	new_left	北壁の左の位置のポインタ
5	swe_right	南壁の右の位置のポインタ
6	swe_left	南壁の左の位置のポインタ
7	ewe_upper	東壁の上の位置のポインタ
8	ewe_lower	東壁の下位置のポインタ
9	wwe_upper	西壁の上の位置のポインタ
10	wwe_lower	西壁の下位置のポインタ
11	north_wall	北壁の位置情報
12	south_wall	南壁の位置情報
13	east_wall	東壁の位置情報
14	west_wall	西壁の位置情報
15	content_id	コンテンツ先のリンク情報
16	content_align	コンテンツの配置情報
17	e_point	XMLに生成するための情報
18～22	予備	
23	標高最大値	セル合併時の標高最大値
24	標高最小値	セル合併時の標高最小値
25	標高	海拔情報
26～28	RGB	RGBでの色の情報
29～32	予備	

表 3:リスト部、各フィールドの内容 (1～32)

1～16：基本情報

01. node id : セル番号を表し、"2. 6 節 (2) の node id"に対応する。1 以上の整数値で、0 は NULL を表す。

02. cell type : セルの型情報を表す。
 値は、次の整数値である。
 (1) 値 が 0 のとき、型は周辺セル (Perimeter Cell) である。
 (2) 値が1のとき、型はセル (Cell) である。

03. nwe_right: 北壁のためのポインタである。
 "3. 4 節 (1) の nwe_right"に対応する。
 北壁がこのセルの右側のどのセルと等しいかを表し、
 値はその北壁が等しいセルの "node id" である。
 値は 0 以上の整数値である。
 値 0 は、NULL を表す。

04. nwe_left : 北壁のためのポインタである。
 "3. 4 節 (1) の nwe_left"に対応する。
 北壁がこのセルの左側のどのセルと等しいかを表し、
 値はその北壁が等しいセルの "node id" である。
 値は 0 以上の整数値である。

値 0 は、NULL を表す。

05. swe_right : 南壁のためのポインタである。
 "3. 4 節 (1) の swe_left"に対応する。
 南壁がこのセルの右側のどのセルと等しいかを表し、
 値はその南壁が等しいセルの "node id" である。
 値は 0 以上の整数値である。
 値 0 は、NULL を表す。

06. swe_left : 南壁のためのポインタである。
 "3. 4 節 (1) の swe_left"に対応する。
 南壁がこのセルの左側のどのセルと等しいかを表し、
 値はその南壁が等しいセルの "node id" である。
 値は 0 以上の整数値である。
 値 0 は、NULL を表す。

07. ewe_upper : 東壁のためのポインタである。
 "3. 4 節 (1) の swe_left"に対応する。
 東壁がこのセルの上側のどのセルと等しいかを表し、
 値はその東壁が等しいセルの "node id" である。
 値は 0 以上の整数値である。
 値 0 は、NULL を表す。

08. ewe_lower : 東壁のためのポインタである。
 "3. 4 節 (1) の swe_left"に対応する。
 東壁がこのセルの下側のどのセルと等しいかを表し、
 値はその東壁が等しいセルの "node id" である。
 値は 0 以上の整数値である。
 値 0 は、NULL を表す。

09. wwe_upper : 西壁のためのポインタである。
 "3. 4 節 (1) の swe_left"に対応する。
 西壁がこのセルの上側のどのセルと等しいかを表し、
 値はその西壁が等しいセルの "node id" である。
 値は 0 以上の整数値である。
 値 0 は、NULL を表す。

10. wwe_lower : 西壁のためのポインタである。
 "3. 4 節 (1) の swe_left"に対応する。
 西壁がこのセルの下側のどのセルと等しいかを表し、
 値はその西壁が等しいセルの "node id" である。
 値は 0 以上の整数値である。
 値 0 は、NULL を表す。

11. north wall : 北壁の位置を表す値である。
 "3. 4 節 (2) の north wall"に対応する。
 値は、平面にこのセルを描画した場合の北壁の X 座標 (横方向の座標) である。

- 値は、0 以上の整数値である。
詳しいことは左フレームの資料 1 を参照
12. south wall : 南壁の位置を表す値である。
"3. 4 節 (2) の"south wall"に対応する。
値は、平面にこのセルを描画した場合の南壁の X 座標 (横方向の座標) である。
値は、0 以上の整数値である。
13. east wall : 東壁の位置を表す値である。
"3. 4 節 (2) の"east wall"に対応する。
値は、平面にこのセルを描画した場合の東壁の Y 座標 (縦方向の座標) である。
値は、0 以上の整数値である。
14. west wall : 西壁の位置を表す値である。
"3. 4 節 (2) の"west wall"に対応する。
値は、平面にこのセルを描画した場合の西壁の Y 座標 (縦方向の座標) である。
値は、0 以上の整数値である。
15. content id : セル内部に配置するコンテンツの情報へのポインタ。値は、HCContent ファイル内の 1 つのコンテンツを識別するための番号で、値は整数値で、値 0 は、コンテンツが無い空の状態を表す。
16. content align : コンテンツの配置情報である。
値は 0 以上の整数値である。
上の"content id"の値が 0 の時は、値が 0 である。
それ以外のときは、値と配置の対応は次の通りである。
- 配置 (1) : 「左揃え」 = 1
配置 (2) : 「中央揃え」 = 2
配置 (3) : 「右揃え」 = 3
17. e_point :
H7-Code 対応 XML ファイルへの変換の際に使用する"e_point"に対する値である。
値は次の通りである。
使用しない = 0,
true = 1,
false = 2,
- 17～32 : 矩形分割を拡張するための情報である。
拡張情報を記述する場合は、基本情報に続いて次の項目の順番通りに記述する。
項目を使用しない場合は、0 と記述する。

23. 標高最大値
セルを併せさせたとき、合併しているセルの中で標高が最大の値を入れる
24. 標高最小値
セルを併せさせたとき、合併しているセルの中で標高が最大の値を入れる
25. 標高 : 海拔を表す値である。
値は 0 以上の整数値である。ただし、-1 のときは海を示す。
- 26～28. 色 : RGB で色を表す。8 ビットの値を入れる。
27 には赤の値
28 には緑の値
29 には青の値
- 29～32 : 予備

図 10 はリスト部の例である。1 レコードを記述し、各フィールドの値をコメント行に表している。

```
10 1 9 6 11 12 7 20 17 14 100 200 200 100 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 -9999 0 00000000 00000000 11111111
0 0 0

% node id : 10
% cell type : cell
% new_right : 9
% new_left : 6
% swe_right : 11
% swe_left : 12
% ewe_upper : 7
% ewe_lower : 20
% wwe_upper : 17
% wwe_lower : 14
% north_wall : 100
% south_wall : 200
% east_wall : 200
% west_wall : 100
% content_id : 0
% content_align : 0
% E_point : 0
% 標高 -9999 海
% RGB 00000000 00000000 11111111
```

図 10 リスト部の例

3.4 コンテンツ部

表 4 はコンテンツ部の全セルのコンテンツ情報を表す。コンテンツ部はセルに付随する、文字列、画像などの情報やコンテンツのリンク情報を格納す

る。1 コンテンツ当たり 3 つのフィールドからなる (予備フィールドを除く)。以下がコンテンツ部の各フィールドの説明である。

1. content id :

コンテンツの識別番号を表す整数値

同じ content id をもつコンテンツはあってはならない。

つまり、1 つのコンテンツに対応する content id は一つである。

値は、1 以上である。

2. content type :

コンテンツのデータ型を表す番号。

値は次の整数値である。

型 (1): テキスト型 = 1,

型 (2): HTML 型 = 100,

型 (3): RFT(Rich Formatted Text) 型: = 101,

型 (4): イメージ型 = 102,

3. object :

コンテンツまたはコンテンツへのリンクを表す文字列

ダブルクォート (") で囲まれた文字列を記述する。

他のファイルへのリンクは、link: に続けてファイルへの (絶対もしくは相対) パスを記述する。

例: "link:./sample.gif"

4~8 のフィールドは未定である

0 と記述する

フィールド番号	フィールド名	備考
1	Content id	コンテンツの識別番号
2	Content Type	コンテンツのデータ型
3	Object	コンテンツまたはリンク
4		予備
5		予備
6		予備
7		予備
8		予備

表 4:コンテンツ部、各フィールドの内容 (1~8)

3.5 表レイヤー部

表 5 は第 4 ブロックの各フィールドの内容を表すが、まだ未定である。複数の矩形分割を管理するためのブロックである。ヘッダー部とリスト部とコンテンツ部の 3 つのブロックで、一つのコンテンツ付き矩形分割を構成することができるが、それだけでは、複数の矩形分割に対応できない。そのため、このファイルは、複数の表に対応するために使用される。表レイヤー部のフィールドの数は 8 である。

フィールド番号	フィールド名	備考
1	未定	複数の表を管理するための情報
2		予備
3		予備
4		予備
5		予備
6		予備
7		予備
8		予備

表 5:表レイヤー部、各フィールドの内容 (1~8)

3.6 H7-Code の例

図 11 は H7-code の例を表しており、1 行目がヘッダー部で、2 行目からリスト部となっている。

```
% This file was transformed by map2h7-50m Version 1.14
% Date: 2005.08.31 Time: 17:13
% MESH SIZE: 50m
% MAP NAME: 富士山
% MESH CODE: 533805
% LINE: 001 - 200 (ORG: 001 - 200)
% COLUMN: 001 - 200 (ORG: 001 - 200)

1.14 202 202 0 0 0 0
1 0 0 0 2 0 0 203 0 203 0 1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0
2 0 3 1 3 1 0 204 0 204 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0
3 0 4 2 4 2 0 205 0 205 0 1 1 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0
4 0 5 3 5 3 0 206 0 206 0 1 2 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0
5 0 6 4 6 4 0 207 0 207 0 1 3 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0
:
204 1 205 203 205 203 2 406 2 406 0 2 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1055 0 0 0 0 0 0 0
205 1 206 204 206 204 3 407 3 407 0 2 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1054 0 0 0 0 0 0 0
206 1 207 205 207 205 4 408 4 408 0 2 3 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1051 0 0 0 0 0 0 0
207 1 208 206 208 206 5 409 5 409 0 2 4 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1050 0 0 0 0 0 0 0
208 1 209 207 209 207 6 410 6 410 0 2 5 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1051 0 0 0 0 0 0 0
209 1 210 208 210 208 7 411 7 411 0 2 6 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1057 0 0 0 0 0 0 0
210 1 211 209 211 209 8 412 8 412 0 2 7 7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1061 0 0 0 0 0 0 0
```

図 11 H7-Code の例

3.7 H7-Code のデータ容量

表 6 は 250m メッシュの数値地図の標高データ (1 ファイル) の容量と、それを反映させた H7-code ファイルの容量を表したものである。250m メッシュの数値地図の 1 ファイルあたりの標高データの格子点の数は、X 軸が 320 個で、Y 軸が 320 個である。数値地図データの範囲は、東京都ほぼ全域を包括する所である。そして、H7-code ファイル内には、コンテンツ部と表レイヤー部を入れないで作成した。比較した結果、約 20 倍のデータ容量になることがわかった。

数値地図の種類	数値地図の容量 (1 ファイル)	数値地図を反映させた H7-codeの容量
250m メッシュ	504KB	11.1MB

表 6:数値地図と H7-code のデータの比較

4 応用

4.1 多重解像度 3D 地形図 [6]

地形 8 分格子グラフ [6] 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。

5 まとめ

本研究では地形図の 3 次元表示に適したデータ構造 (H7-Code) について述べてきたが、今後、H7-code の内部データである地理・地学的情報を生かしたシステム開発を目指す。

参考文献

- [1] J. L. Bentley, Multidimensional Binary Search Trees Used for Associative Searching, Commun. ACM 18(1975), 509-517.
- [2] Tomokazu.Arita and T.Yaku 「H3-Code 2.0 Reference Manual」 HCC-2003-004 WAAP 2002-2003
http://www.yaku.cssa.chs.nihon-u.ac.jp/tech_note/2003/hcc03-001/h3c10-030828/index.html
- [3] T. Motohashi, K. Tsuchida and T. Yaku, Attribute Graphs for Table and Their Algorithms, Proc, Foundation of Software Engineering 2002, K. Inoue Ed, Kindaika-gakusha, 2003, 183-186.
- [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] SIAM Conf. Geometric Design and Computing 2005,October 30 - November 3, 2005, Hilton Phoenix East, Phoenix, Arizona
- [6] G. Akagi, T. Motohashi, K. Nomaki, T. Yaku, “Octal Graph Representation for Multi-Resolution 3D Landform Maps and Its Application ” 応用数学合同研究集会報告集, pp27-32(2005).