

日本情報地質学会 シンポジウム2016

i-Const./CIM時代の地形・地質三次元モデリング

講演論文集

Proceedings of
2016 Geoinformatics Symposium

日 時：2016年11月18日(金)

会 場：飯田橋レインボービル(東京)

共 催：特定国立研究開発法人 産業技術総合研究所
一般社団法人 全国地質調査業協会連合会
一般社団法人 資源・素材学会 探査工学部門委員会
特定非営利活動法人 地質情報整備活用機構

後 援：公益社団法人 日本地質学会 情報地質部会

日本情報地質学会

Japan Society of Geoinformatics

i-Const./CIM時代の地形・地質三次元モデリング

目 次

フリーソフトによる衛星データの3次元表示	古宇田 亮一	1
斜面傾斜角の経緯度による補正法	井上 誠	19
Web-GLによる地形・地質情報の三次元可視化プログラムの開発	北尾 馨	23
CIMに対応するための三次元地盤情報の基盤(モデラーなど)開発 中田文雄：土屋 彰義：安藤 潤：坂森 計則：和田 里絵		47
Web版ジオモデラーを使用したサーフェスモデルの推定(実演) 中田文雄：土屋 彰義：安藤 潤：坂森 計則：和田 里絵		75

フリーソフトによる衛星データの3次元表示

古宇田 亮一*

3D visualization of satellite image data using free and open-source software

Ryoichi Kouda*

* 特定国立研究開発法人産業技術総合研究所 AIST., 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan.
E-mail: roy.kouda@aist.go.jp

キーワード: フリーオープンソースソフトウェア, 衛星画像データ, 3次元表示, Web-GL, three.js

Key words: Free and Open-Source Software, Satellite Image Data, Three-dimensional Visualization, Web-GL, Three.js

フリーソフトによる衛星データの3次元表示

3D visualization of satellite image data using free and open-source software

日本情報地質学会 2016 年度シンポジウム
ーi-Const/CIM時代の地形・地質三次元モデリングー

2016年11月18日 飯田橋レインボービル

特定国立研究開発法人産業技術総合研究所

古宇田亮一
Ryoichi Kouda
roy.kouda@aist.go.jp

緒言

- ・GISソフトウェア開発動向の一つに「3次元化表示」がある。
- ・代表的なGISソフトであるESRI社のArcGISでは、建物や樹木等を平面GISに上乗せすることを3次元表示と呼ぶことが多い。
- ・一方、地下構造を表現できる「真3次元」化は、ソリッドモデル又はボクセルモデルによる通常の3次元CADと大きくは変わらない。
- ・GISの大きな違いは、**歴史的蓄積のある平面座標系を持つこと**にある。即ち、地球の曲面を幾何学的に平面投影処理する点である。
- ・衛星画像は地表情報だけに限定されることが多いので、地形高度と合わせた3次元表示をもって3次元と称し、あるいは「**2.5次元**」と称されることもある。即ち、**3次元地球をそのまま扱うのではない**。
- ・投影した平面分布図を基に構築するので、「疑似3次元」である。
- ・ここでは、この「2.5次元」表示、すなわち、標高を伴う平面GISの表示を「3次元表示」と称することにする。
- ・有料ソフト・データは数多いが、今はフリーに使えるもの限定する。
- ・最近の進歩は、フリーにより**初期コスト削減可能**な点にある。

2

「フリー」と聞いて、引く人々

- ・コンピュータウイルスは「フリーソフト」
- ・有料なら中身が確実でサポートもよい(はず)
- ・有料なら高度で多様な処理ができる(はず)
- ・ゆえに、フリーは使わない

vs. オープンソースは集合知

- ・オープンソースを扱えるならウイルスフリー
- ・検証可能で、サポートは世界中のボランティア
- ・最新で高度な処理を求めるなら集合知が最適
- ・国の衛星画像フリー化は世界の流れ

「心の障壁」をはずしましょう

3

フリーGISソフトの導入

・フリーGISソフトウェアにもいくつかある。
世界的にもっともユーザーが多いQGISは、
2016年10月時点の最新版が「2.18.0」版
である。

<http://www.qgis.org/ja/site/forusers/download.html>

・上記のダウンロードサイトの所望の行を
クリックすることで、インストーラが得られ、
WindowsOSであれば、32bit版か64ビット
版かに従って対応するインストーラをダブル
クリックすることで、簡易にインストール
できる。

・Windows版の他に、MacOS版やLINUX版、
BSD版、Android版がある。



4

フリー標高データの導入

・「3次元表示」には数値標高データが必要である。
・衛星画像との対応が良いデータの代表的なものが
分解能1 arc secondのSRTMデータで、USGSのEarth
Explorerサイトからダウンロードできる。

<http://earthexplorer.usgs.gov/>

・日本のASTERデータも画像と同じ範囲の水平30m分
解能の標高データを含み、産総研のサイトからダウン
ロードできる。

<https://gbank.gsj.jp/madas/>

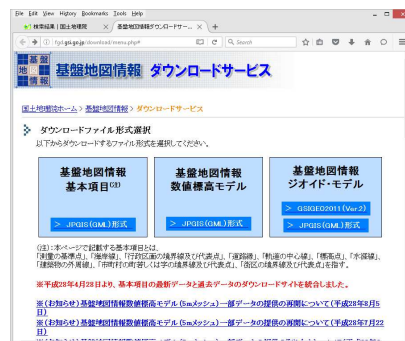
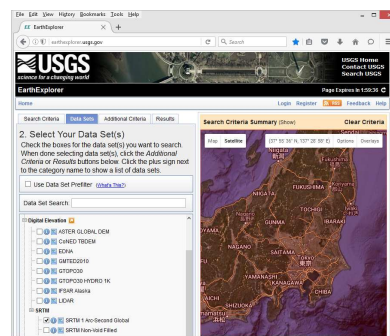
・日本のALOSデータも水平30m分解能の標高データ
がフリーでダウンロードできる。

<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm>

・日本国内限定ながら、国土地理院のダウンロードサ
イトから、水平50mメッシュと10mメッシュの数値標
高データが条件付きで得られる。

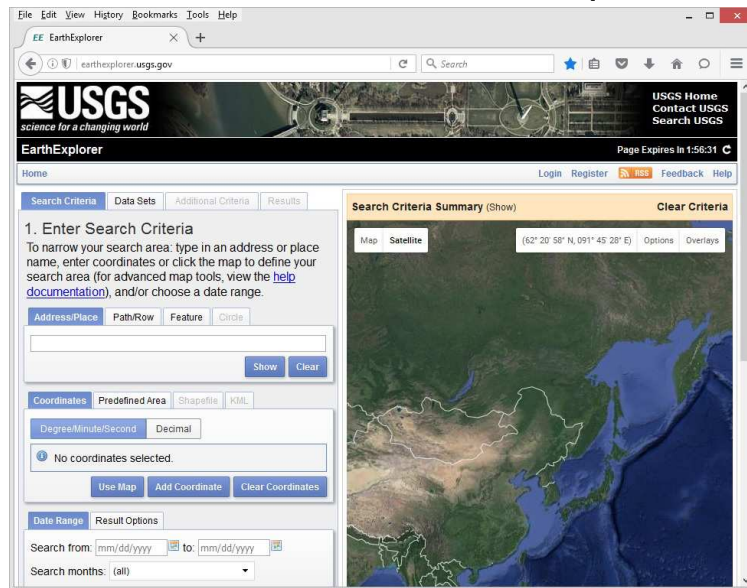
<http://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php#>

・有料のサイトでは、水平10mより分解能の高い標高
データが得られることがある。



5

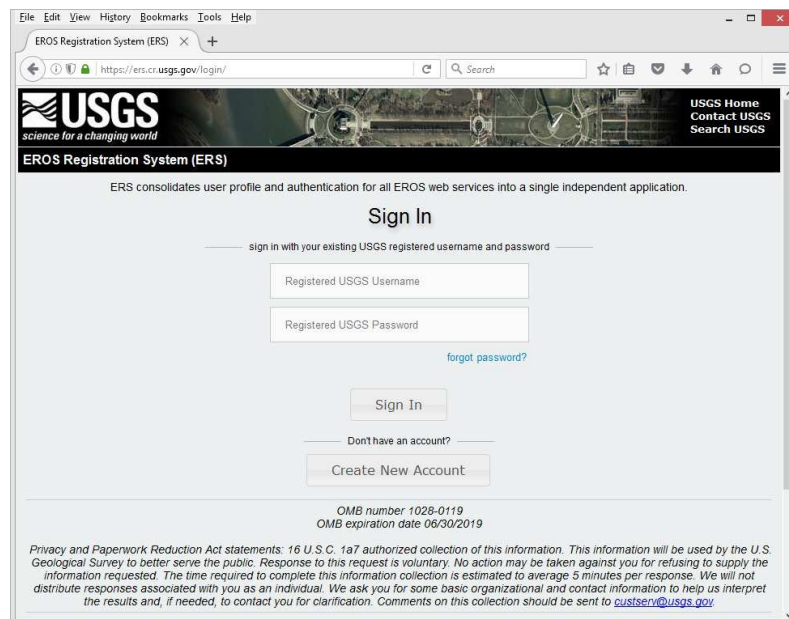
フリー衛星画像の導入 LANDSAT → Earth Explorer



<http://earthexplorer.usgs.gov/>

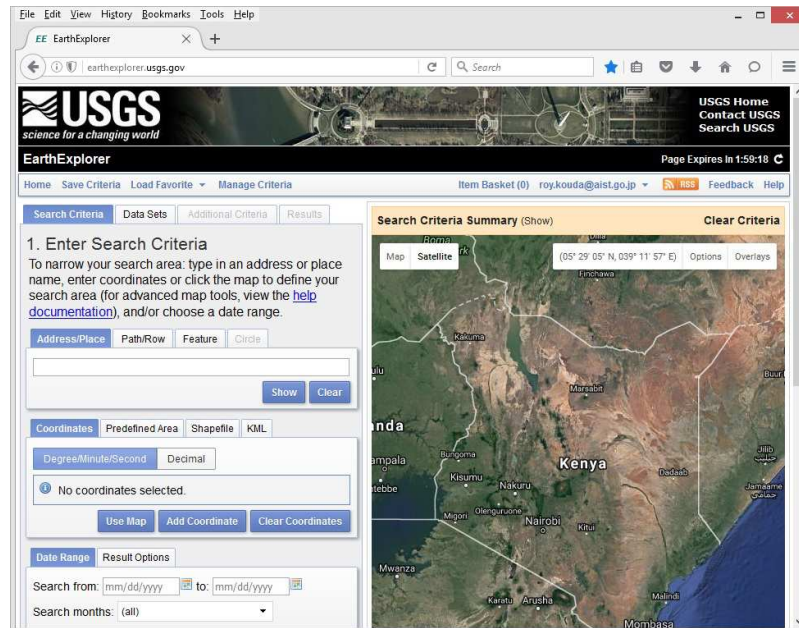
6

IDとPASSWORDの設定



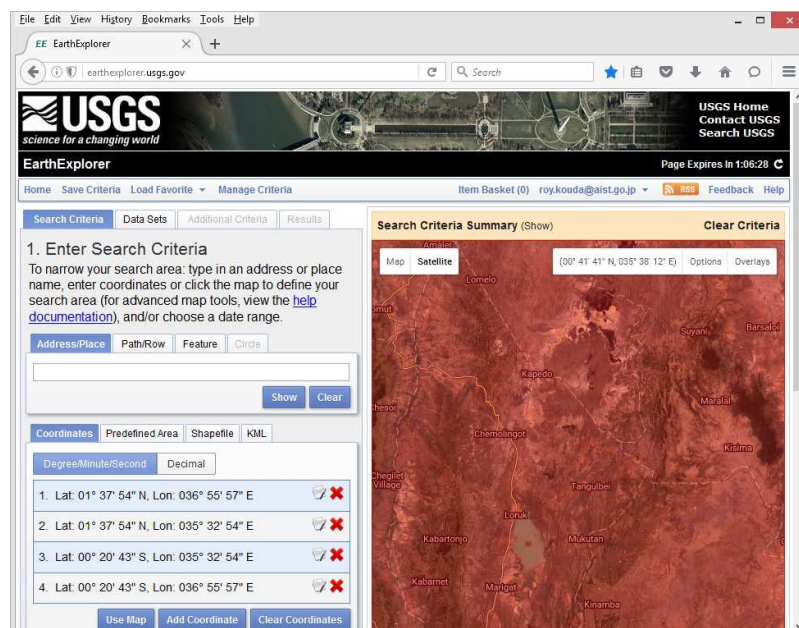
7

対象地域への移動



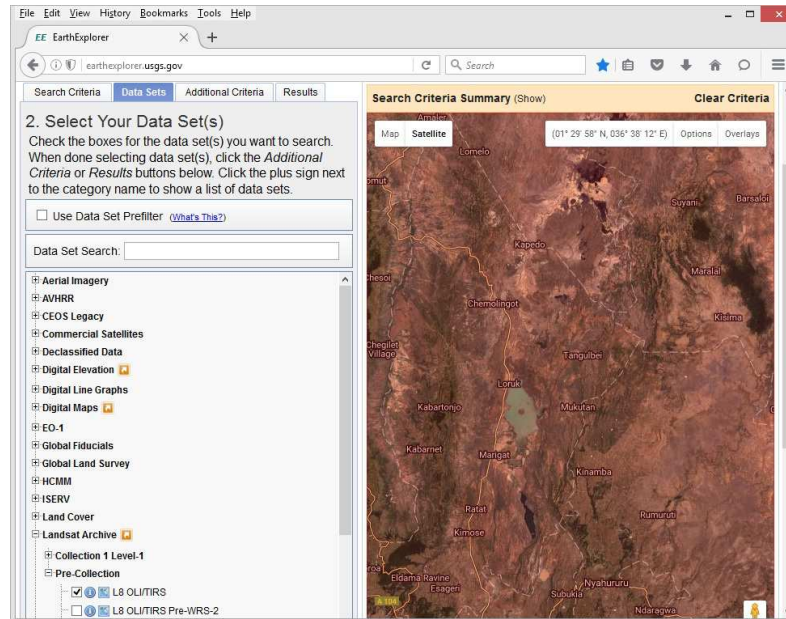
8

選択領域の設定 -'use map'-



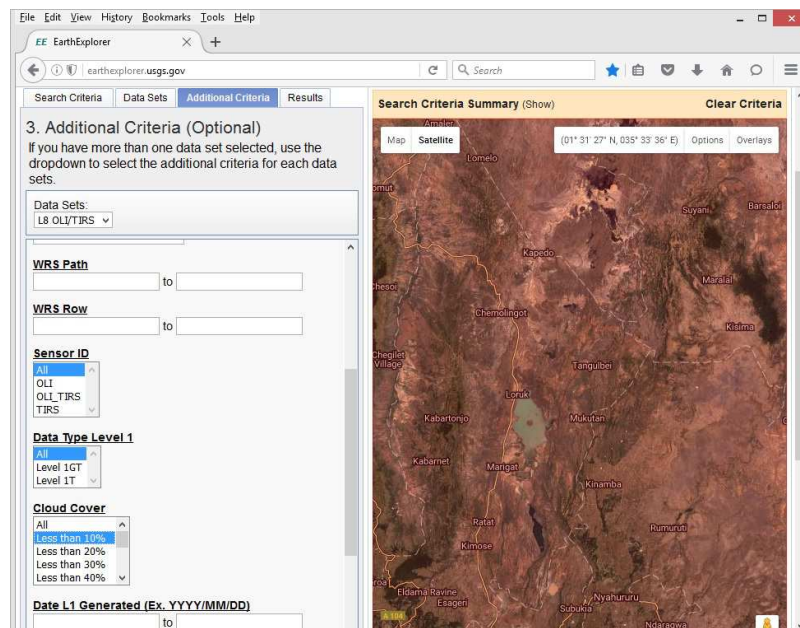
9

データセットの選択



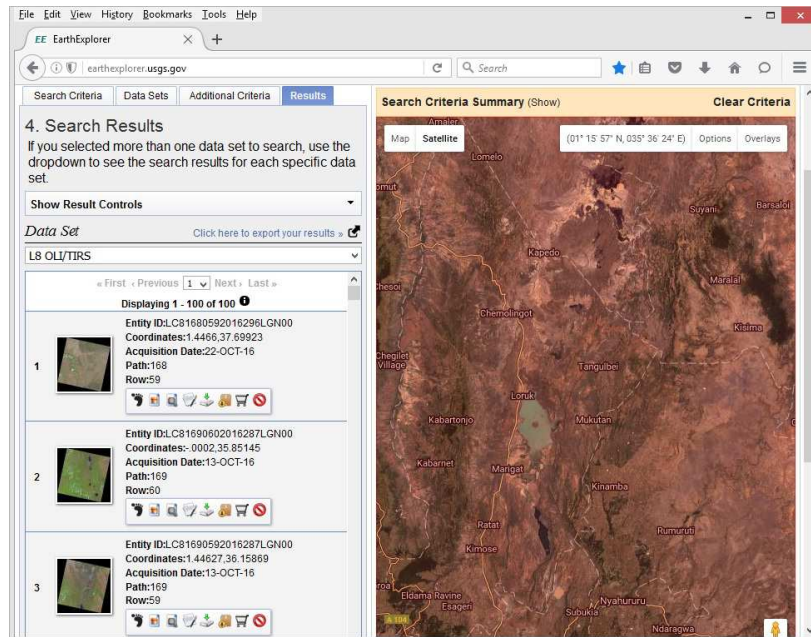
10

雲量など追加的条件



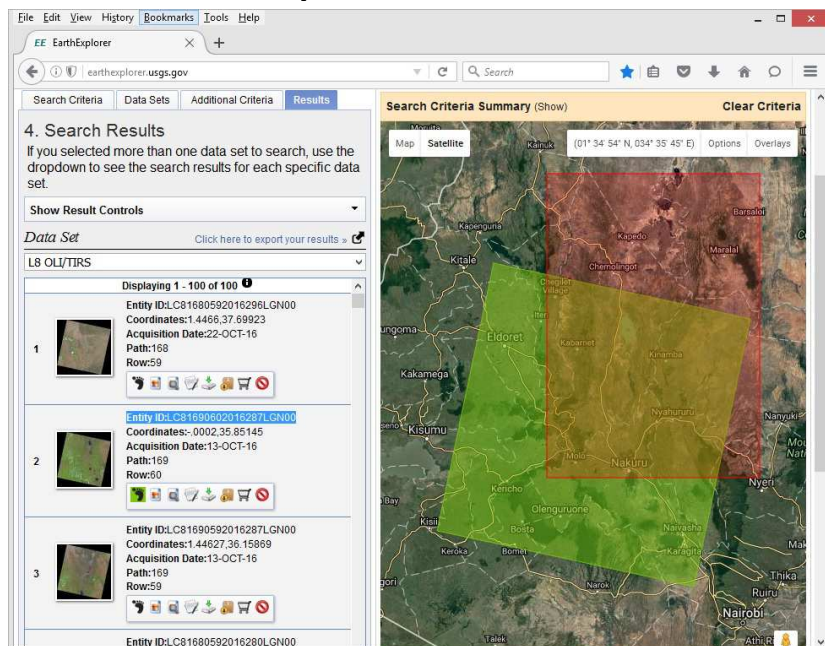
11

選択結果の表示



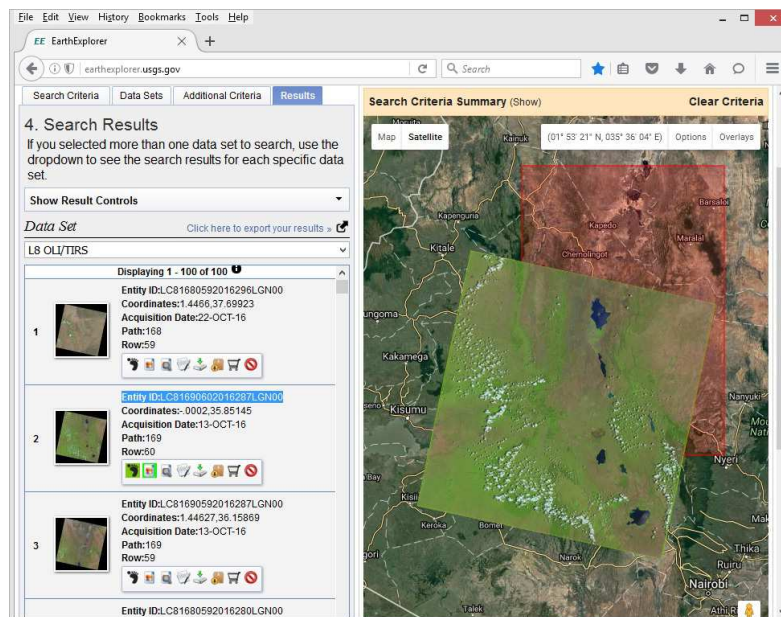
12

Footprintの確認



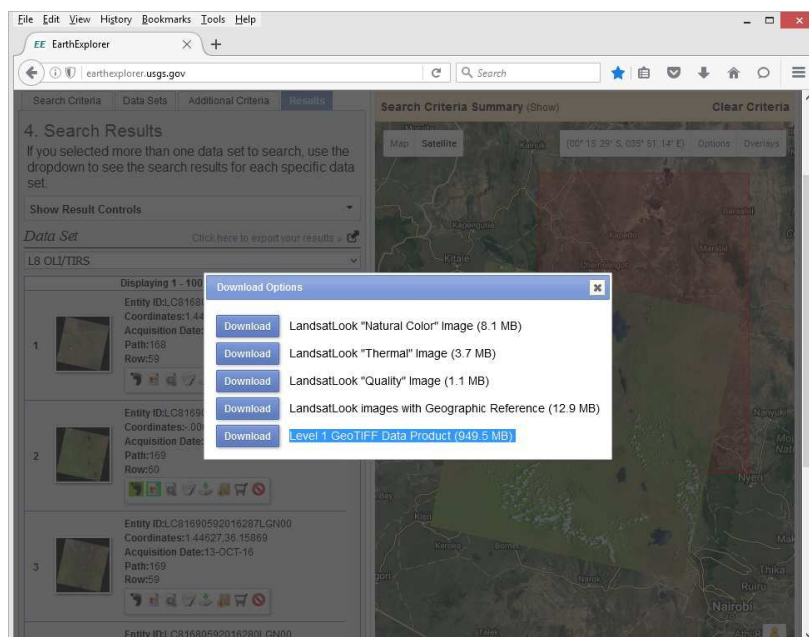
13

画像のサムネイル表示



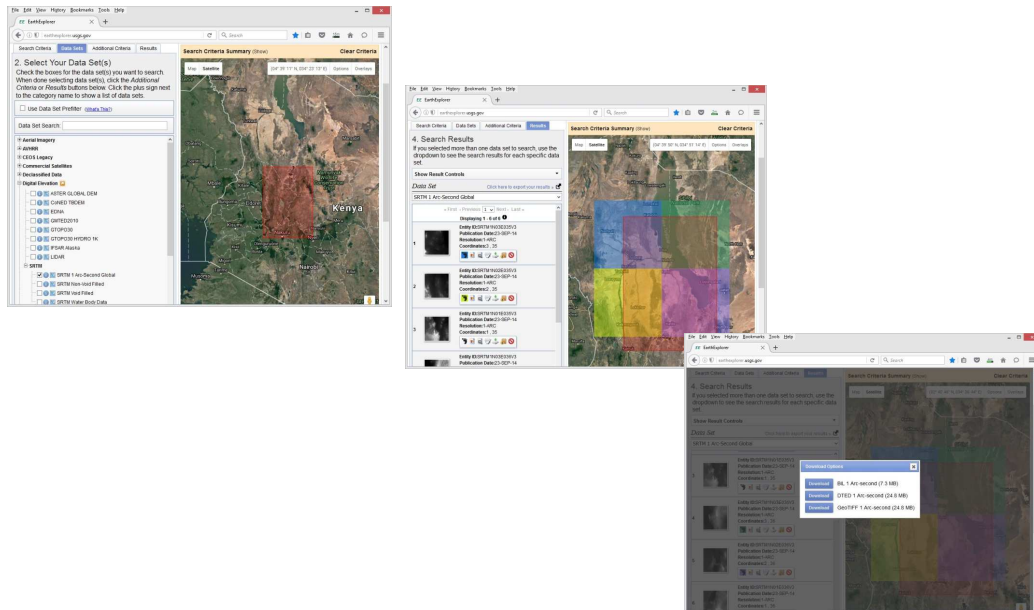
14

ダウンロードの選択



15

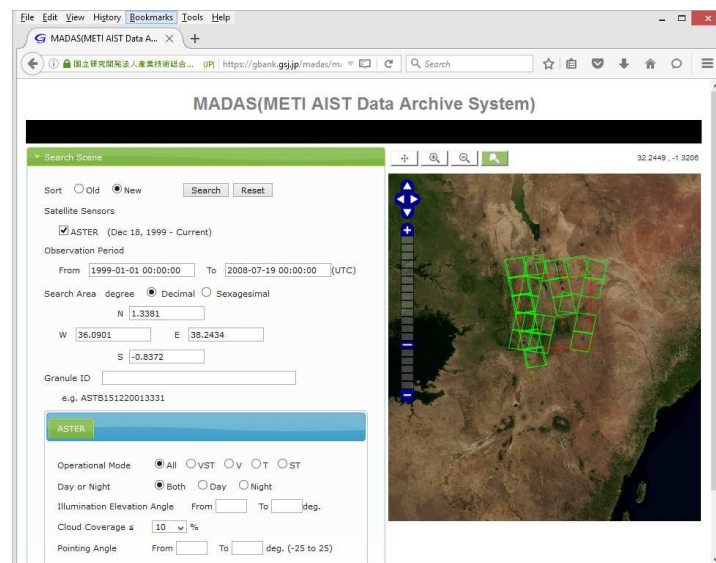
SRTM地形標高データの取得



16

ASTER画像

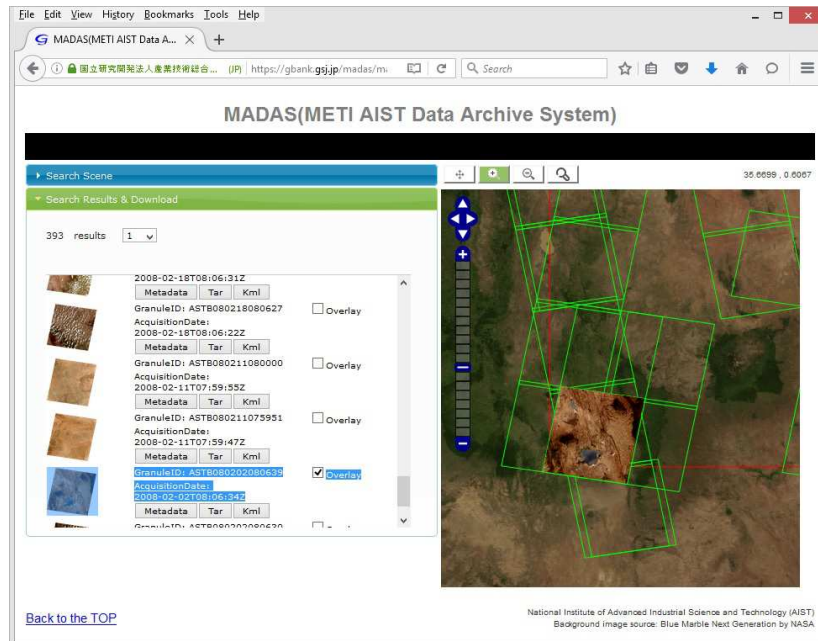
ID・パスワード設定などがなく、検索後、いきなりデータダウンロードプロセスに入れる。



<https://gbank.gsj.jp/madas/>

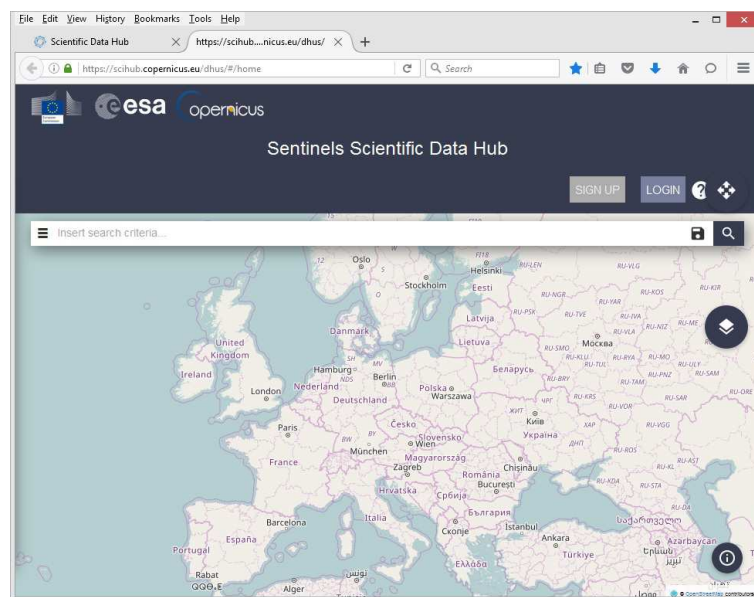
17

ASTER画像ダウンロード



18

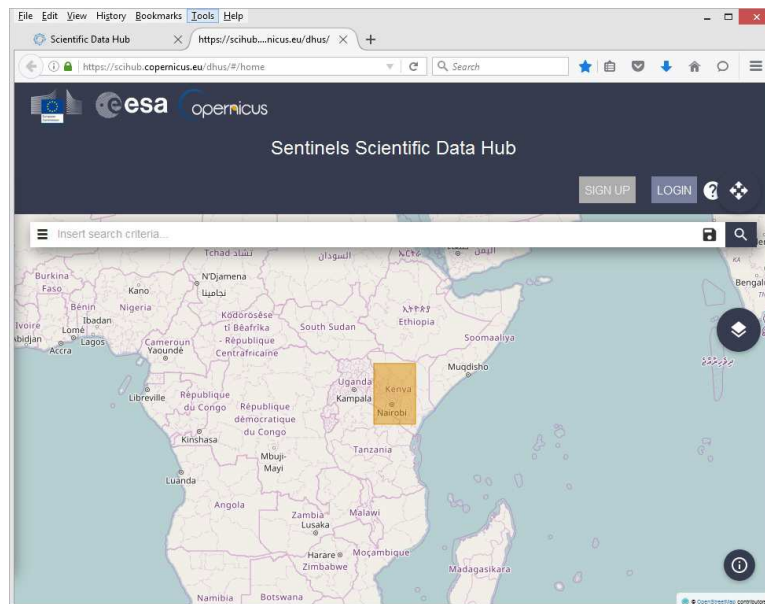
Sentinel データの選択



<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

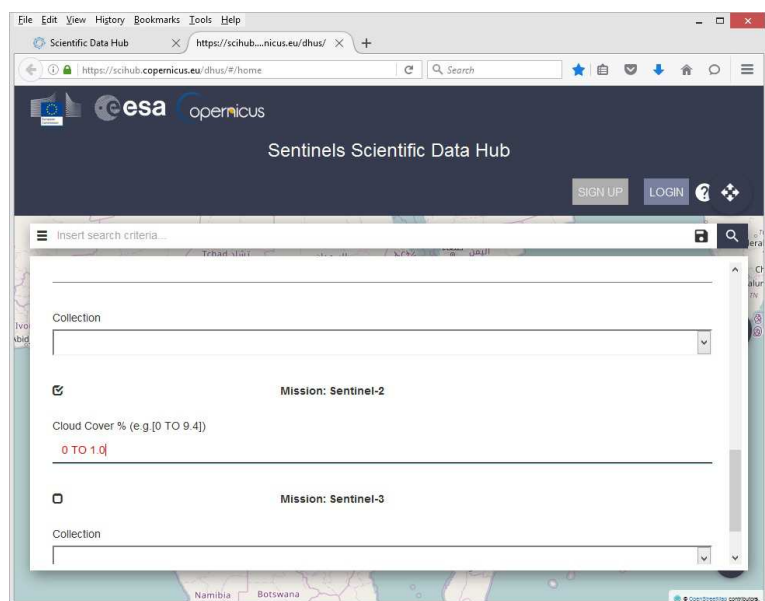
19

対象地域の選択



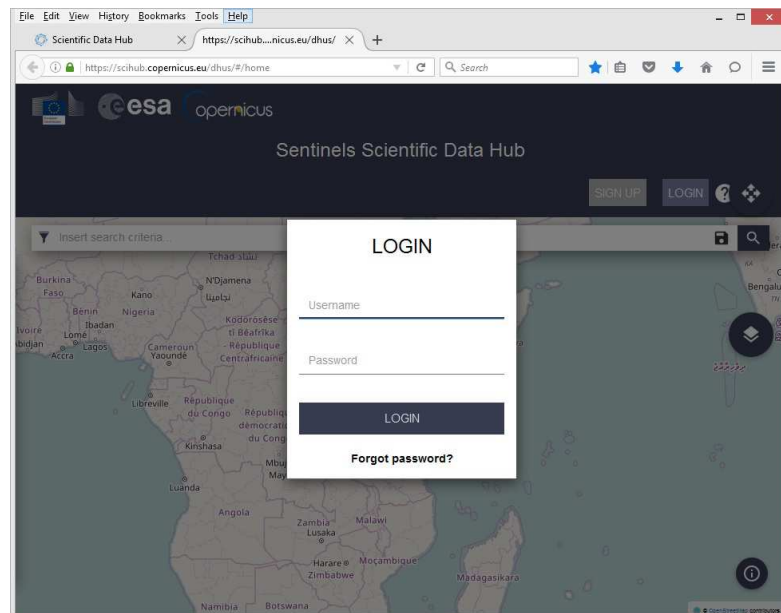
20

衛星選択



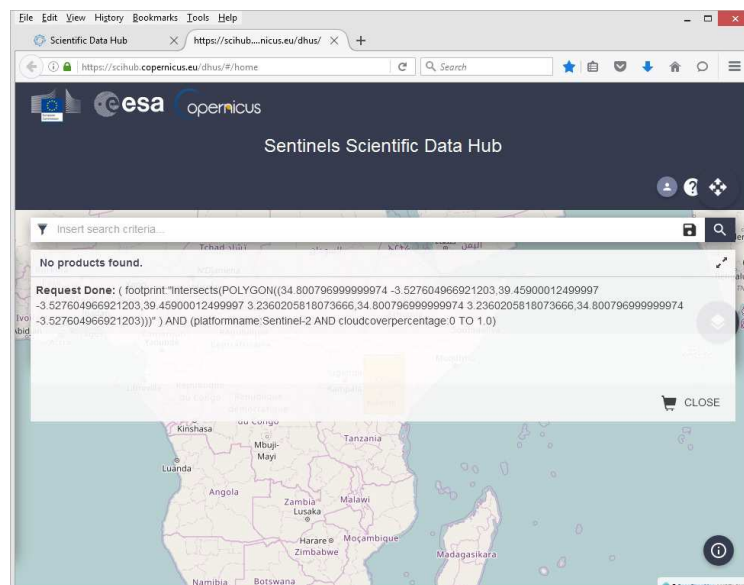
21

ユーザー登録が必須



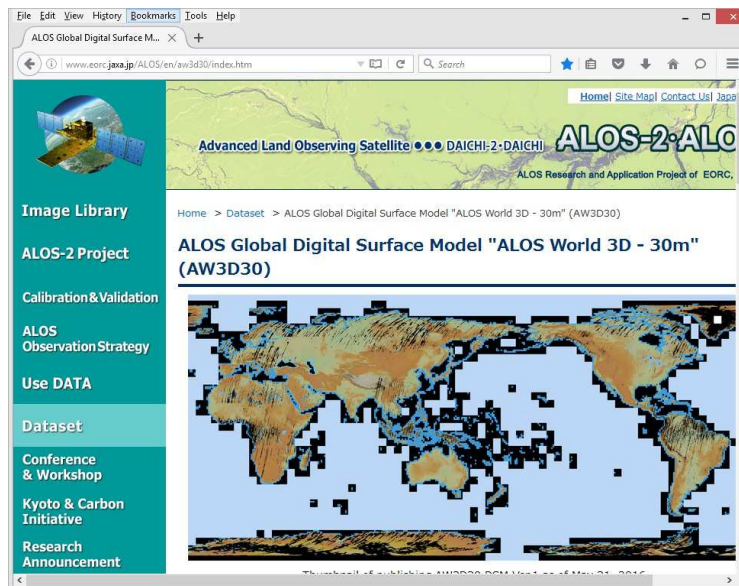
22

探しても無ければ条件を変更する



23

ALOS衛星の地形データ



<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm>

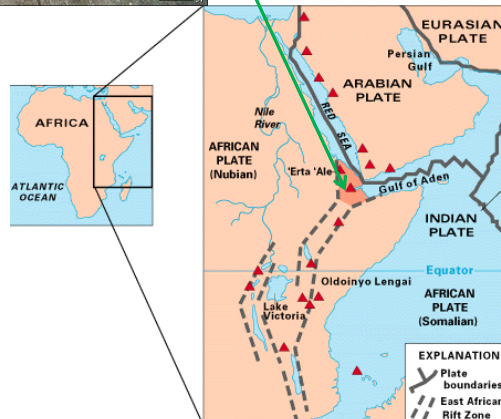
24

2. 5次元の事例：アフリカ大地溝帯

https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Rift_Valley

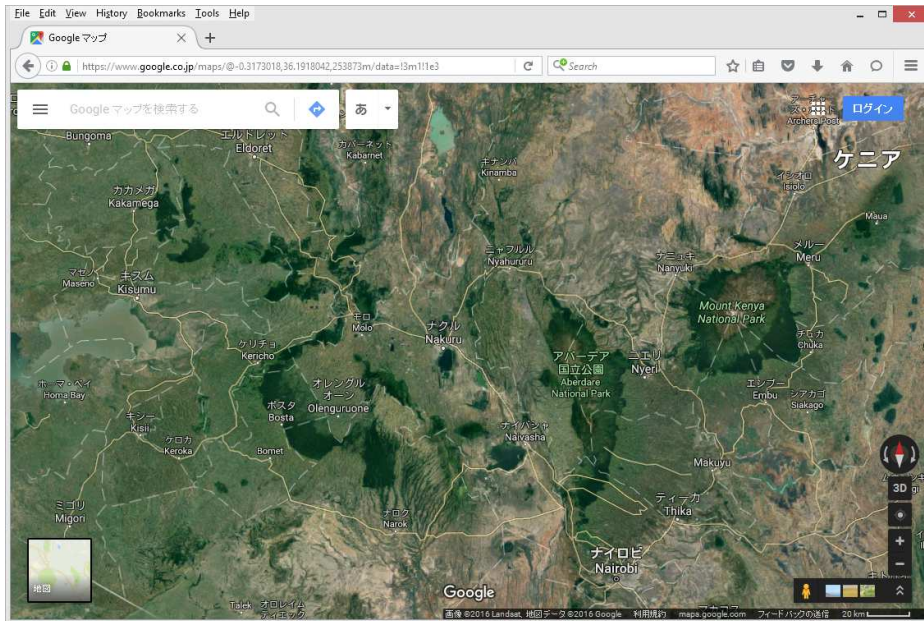


ASTER image of a graben in the Afar Depression



25

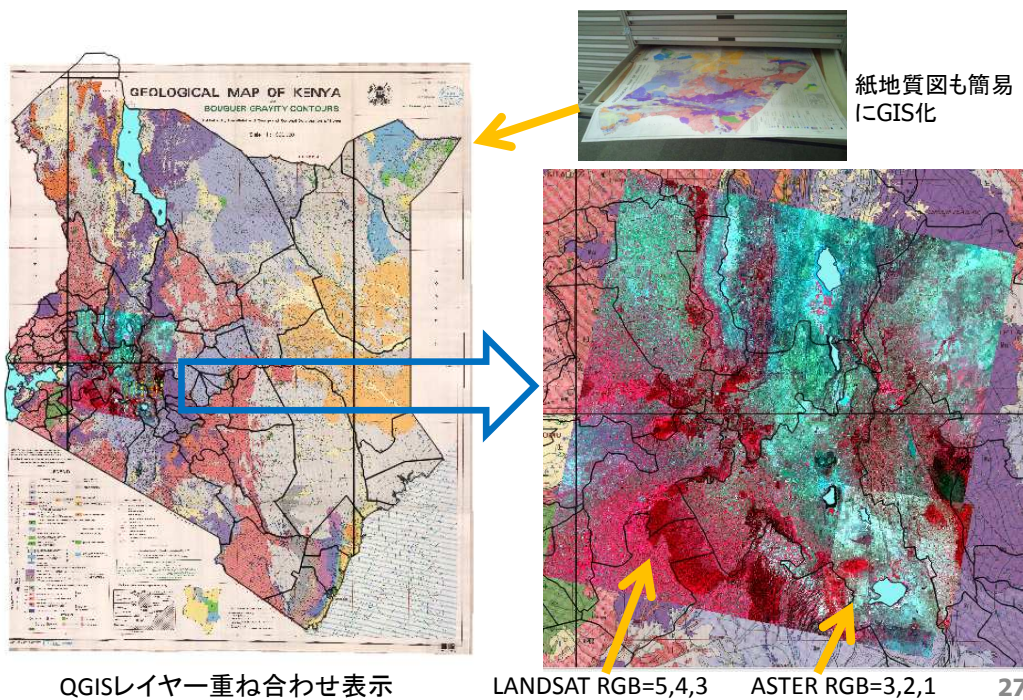
東アフリカ大地溝帯(ケニア西部)



(Google Image)

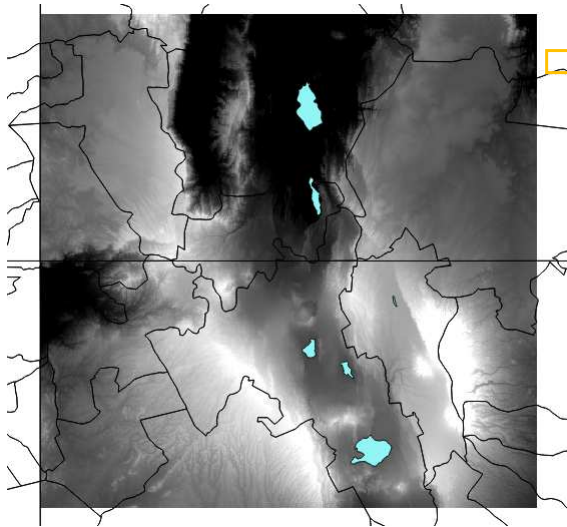
26

ケニアの大地溝帯GIS

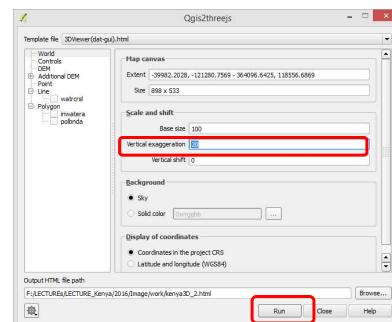
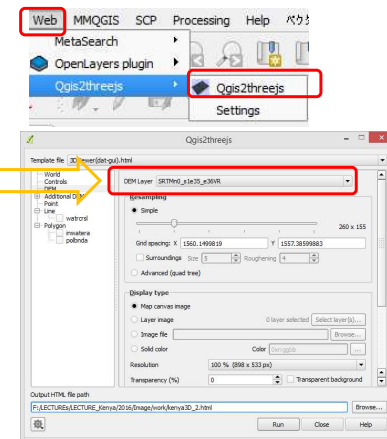


27

SRTM地形標高画像



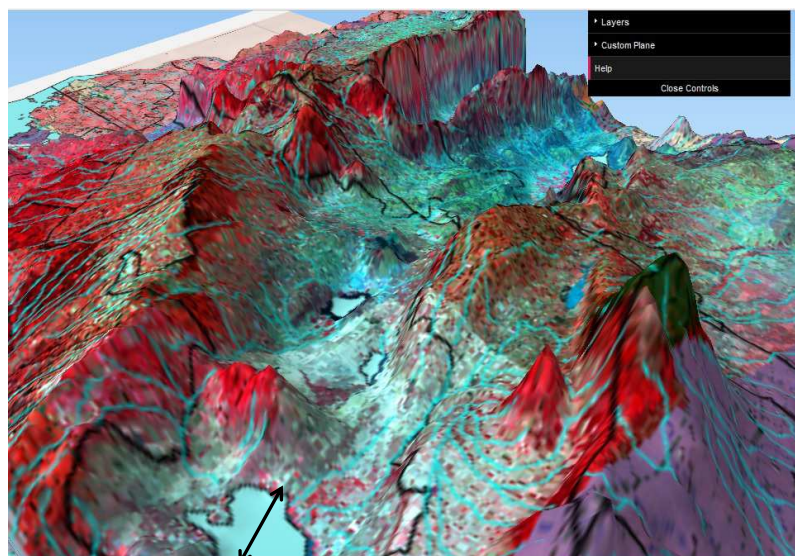
(4シーンのモザイク合成)



28

3次元表示 (Landsat, ASTER画像)

Landsat RGB=5,4,3; 手前ASTER RGB=3,2,1

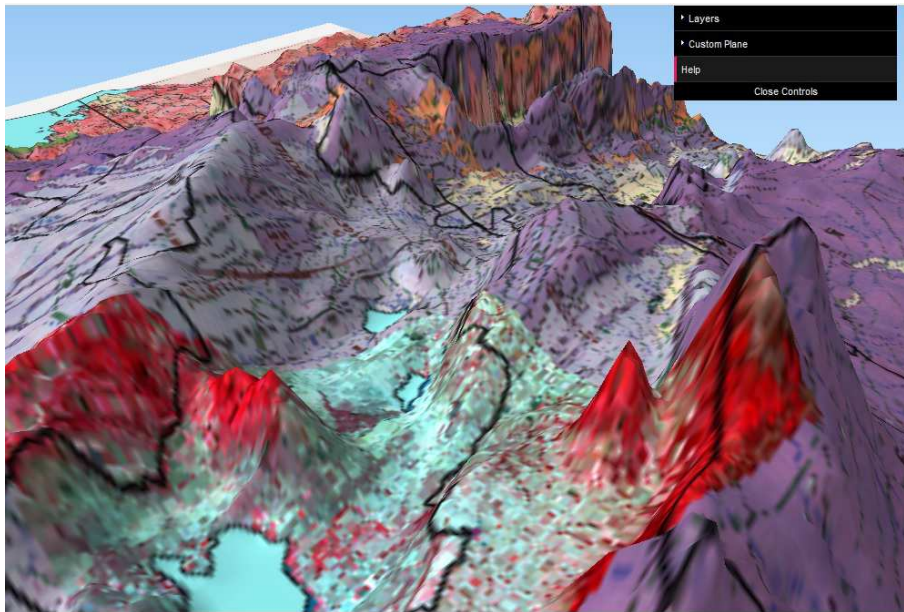


手前NAIVASHA湖の幅が18km

29

3次元表示(地質図, ASTER画像)

1987地質図 scale 1:1,000,000; ASTER RGB=3,2,1



30

合計3MB以下の4ファイルを...

Name	Size
threejs	
kenya3D_1.html	3 KB
kenya3D_1.js	2,105 KB
Qgis2threejs.js	73 KB

... メール添付で送れば, どこでも3次元表示

(時間あれば実演)

31

結語

- ・代表的なフリーGISソフトであるQGISには、プラグインとして標準的なthree.jsのアプリ「Qgis2three.js」があり、メニュー「Web」の中から選択できる。
 - ・衛星画像データを地形標高データと組み合わせて、高さ方向を強調する3次元表示が可能。
 - ・作成結果は数MB以下の大きさなので、メール添付等により遠方へ送り、受信側のWebブラウザのWEB-GL機能により、同一の3次元(動画)表示ができる。
 - ・衛星画像は、主に、米国のランドサット画像、日本のASTER画像、欧州のセンチネル画像がフリーで利用できる。
 - ・地形標高データは、衛星画像と解像度が適合するフリーなSRTM, ASTER-DEM, ALOS-DEM等を用いることができる。
 - ・国レベルのGISデータは国連地理課のフリーなGlobal Mapが利用できる。
 - ・国レベルの縮尺であれば、衛星画像データ並びにGISデータは、近年のオープンデータ環境下で、ソフトウェアも含めて、全てフリーで構成できる。
- ・この操作環境は、例えば、インフラ輸出のための調査や資源探査の初期コストを大幅に下げるだけでなく、環境監視等の様々な国際共同プロジェクト等に役立ち、離れた協力者との3次元表示情報の共有等にも効果がある。

32

御清聴ありがとうございました.

ご質問等は、以下にメールしていただいても構いません:

roy.kouda@aist.go.jp

引用URLまとめ:

<http://www.qgis.org/ja/site/forusers/download.html>

<http://earthexplorer.usgs.gov/>

<https://gbank.gsj.jp/madas/>

<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm>

<http://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php#>

<http://ncsu-osgeorel.github.io/geospatial-modeling-course/lectures.html>

<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Rift_Valley

33

斜面傾斜角の経緯度による補正法

井上 誠*

The correction method for the slope angle using the longitude and the latitude.

Makoto INOUE*

*地球情報・技術研究所 Global Info-tec ,1-11-6 Kizaki, Urawa-ku, Saitama City, 330-0042, Japan.
E-mail:m_ino_ue@nifty.com

キーワード：DEM, 傾斜角, 地形解析, 経度, 緯度, 補正法

Key words : DEM, slope angle, geomorphic analysis, longitude, latitude, correction method

1. はじめに

最近公開されているリモートセンシング技術で作成された DEM や国土地理院が公開している基盤地図情報標高モデルの DEM は、サンプリング間隔が秒で表示されている。そのため、斜面傾斜角を求める時に使用する東西方向のサンプリング距離と南北方向のサンプリング距離とが異なってくる。特に高緯度地域ほどその差が大きくなっていく。

サンプリング間隔が緯度により変化するため、傾斜量、傾斜度、勾配などは分母のサンプリング距離が変わる。この問題を解決するために 2 点間の距離を経緯度から簡易的に求める方法を利用し、傾斜角に与える影響を調べた結果について報告する。

2. 経緯度からサンプリング距離を計算する方法

地球は回転楕円体であるため、2 点間の距離は直線的な距離ではなく、球面三角法によって曲面距離を計算しなければならない。国土地理院測地部では下記のアドレスで 2 点間距離を経緯度から求める計算式を公開している。

<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/algorithm/bl2st/bl2st.htm>

しかし、式が複雑でプログラムの 1 部として組み込むには適さない。比較的精度がよい簡易計算法としてヒュベニの公式がある。(図-1 参照) その精度を調べるために国土地理院の 2 点間距離を求めるホームページの計算結果とヒュベニの式の計算結果を比較した。検証データとしては基盤地図情報数値標高モデル 10mDEM の屋久島近傍を使用した。

north: 30.5, south: 30.166666668

east: 130.75, west: 130.375

rows: 3000, cols: 3375

図-2 に示すように計算誤差は東西方向で 20cm 以下、南北方向で数 cm の誤差であった。この辺の距離をデータ数で割ればサンプリング距離の誤差は 1mm 以下になることが確認できた。

DEM のサンプリング距離は、計算範囲を囲む 4 辺の距離を計算し、計算範囲の中心点での距離を東西方向 (dx)、南北方向 (dy) として下式で計算した。

$dx = ((\text{北側辺の距離} + \text{南側辺の距離}) / 2) / (\text{東西方向のデータ数} - 1)$

$dy = ((\text{東側辺の距離} + \text{西側辺の距離}) / 2) / (\text{南北方向のデ}$

ヒュベニの平均経度の式

$$s = \sqrt{(M \Delta \phi)^2 + (N \cos \phi \Delta \lambda)^2}$$

ϕ : 2 点の平均緯度

$\Delta \phi$: 2 点の緯度差

$\Delta \lambda$: 2 点の経度差

M : 子午線曲率半径 $\frac{a(1-e^2)}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 \phi)^3}}$

N : 卯酉線曲率半径 $\frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \phi}}$

a : 回転楕円体の長半径

b : 回転楕円体の短半径

e : 離心率 $\sqrt{1-(b/a)^2}$

図-1 ヒュベニの平均緯度の式 (三浦 2015 より)

	国土地理院計算結果	ヒュベニ公式の計算結果	計算誤差
北側辺の距離	35,999.581 m	35,999.598	17cm
南側辺の距離	36,121.725 m	36,121.741	16cm
東側辺の距離	36,962.694 m	36,952.693	-1cm
西側辺の距離	36,952.694 m	36,952.693	-1cm

図-2 国土地理院の計算結果とヒュベニの式の計算結果の比較

一タ数-1)

下記に Microsoft 社 Visual BASIC V6 のプログラムリストを示す。

このプログラムの IDO1, IDO2, KEI1, KEI2 に 2 地点の経緯度を入れて 4 辺の球面距離を計算して中心点でのサンプリング距離 dx, dy を求める。変数はすべて倍精度を使用する。

'2 点間の距離 ヒュベニの公式

Dim ido1 As Double '緯度 1

Dim ido2 As Double '緯度 2
Dim kei1 As Double '経度 1
Dim kei2 As Double '経度 2
Dim D As Double '2 点間の距離
Dim P As Double '2 点の平均緯度
Dim dP As Double '2 点の緯度差
Dim dR As Double '2 点の経度差
Dim M As Double '子午線曲率半径
Dim N As Double '卯西線曲率半径
Dim pi As Double 'π
Dim yn_D As Double
Dim ys_D As Double
Dim xe_D As Double
Dim xw_D As Double
Dim aa As Double
Dim bb As Double
Dim ee As Double
Dim ww As Double

pi = 3.14159265358979 / 180
aa = 6378137 '長半径
bb = 6356752.314245 '短半径
ee = Sqr((aa ^ 2 - bb ^ 2) / aa ^ 2) '第 1 離心率

'北側の辺の長さ
ido1 = yn * pi
ido2 = yn * pi
kei1 = xe * pi
kei2 = xw * pi
P = (ido1 + ido2) / 2
dP = ido1 - ido2
dR = kei1 - kei2
If dP = 0 Then dP = 0.0000001

ww = Sqr(1 - ee ^ 2 * Sin(P) * Sin(P))
M = aa * (1 - ee ^ 2) / ww ^ 3
N = aa / ww
yn_D = Sqr((M * dP) * (M * dP) + (N * Cos(P) * dR) * (N * Cos(P) * dR)) '単位は m

3. 誤差の検証

第 1 表は、国内の島を対象にしてサンプリング距離を 10m に固定した場合と経緯度でサンプリング距離を補正した場合との差を示す。対象とした地形要素は、傾斜量、傾斜度、勾配である。

図-3 に示すデータ配置の場合の計算式を示す。傾斜量と傾斜度は Prewitt 法を用いて下記に示す式で計算した。

Prewitt 法

$$S_x = (H_{11} + H_{21} + H_{31}) - (H_{13} + H_{23} + H_{33}) / 6dx$$

$$S_y = (H_{11} + H_{12} + H_{13}) - (H_{31} + H_{32} + H_{33}) / 6dy$$

傾斜量

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

傾斜度

$$kaku = \text{Atn}(\text{Sqr}(sx * sx + sy * sy)) / \text{deg}$$

但し、deg = 3.14159 / 180

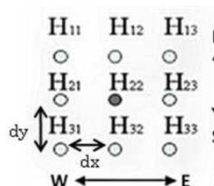


図-3 データ配置図

佐渡島							
項目	最大傾斜角(度)			誤差の平均値	dx	dy	
	10mで固定	緯度・経度で補正	差				
傾斜量	2.08594	2.03517	0.05078	0.00549	9.750	12.335	
傾斜度	77.05689	76.42666	0.63023	0.31535			
勾配	79.86121	78.69179	1.16942	0.45610			
伊豆大島							
項目	最大傾斜角(度)			誤差の平均値	dx	dy	
	10mで固定	緯度・経度で補正	差				
傾斜量	2.02677	1.99199	0.03478	0.00379	10.178	12.334	
傾斜度	76.31817	75.85519	0.46298	0.19294			
勾配	78.02879	76.41856	1.61023	0.30122			
隠岐諸島							
項目	最大傾斜角(度)			誤差の平均値	dx	dy	
	10mで固定	緯度・経度で補正	差				
傾斜量	3.09439	3.05064	0.04375	0.00280	9.999	12.332	
傾斜度	84.03794	83.86701	0.17093	0.16551			
勾配	85.04726	84.53702	0.51024	0.24851			
屋久島							
項目	最大傾斜角(度)			誤差の平均値	dx	dy	
	10mで固定	緯度・経度で補正	差				
傾斜量	2.66226	2.53050	0.13176	0.01823	10.688	12.322	
傾斜度	81.96915	81.12407	0.84508	1.09133			
勾配	83.30586	82.18010	1.12576	1.20324			
西表島							
項目	最大傾斜角(度)			誤差の平均値	dx	dy	
	10mで固定	緯度・経度で補正	差				
傾斜量	2.02335	1.92673	0.09662	0.01145	11.276	12.313	
傾斜度	76.27359	74.92390	1.34969	0.66253			
勾配	78.01582	76.15573	1.86009	0.79110			

表-1 サンプリング距離を 10m に固定した場合と経度・緯度で補正した場合の各地点での誤差

奥尻島(勾配)			佐渡島(勾配)			隠岐諸島(勾配)		
角度区分	10mで固定	経緯度補正	角度区分	10mで固定	経緯度補正	角度区分	10mで固定	経緯度補正
0-2	39.190	47.356	0-2	546.456	604.589	0-2	80.128	92.231
2-5	137.580	144.039	2-5	591.287	606.176	2-5	119.618	128.763
5-10	250.155	267.020	5-10	677.658	731.973	5-10	210.860	239.896
10-20	368.939	378.316	10-20	1,367.929	1,514.932	10-20	526.448	603.220
20-30	248.773	248.582	20-30	1,542.893	1,669.730	20-30	674.630	755.446
30-40	159.972	143.380	30-40	1,477.631	1,428.203	30-40	727.448	712.383
40-50	57.990	38.464	40-50	728.295	440.430	40-50	411.813	260.701
50-60	6.260	2.729	50-60	88.069	27.723	50-60	66.155	28.220
60-70	445	331	60-70	3,372	1,764	60-70	11,040	8,735
70-80	50	37	70-80	326	186	70-80	5,334	4,043
80-90	808	556	80-90	839	568	80-90	486	309

伊豆大島(勾配)			屋久島(勾配)			西表島(勾配)		
角度区分	10mで固定	経緯度補正	角度区分	10mで固定	経緯度補正	角度区分	10mで固定	経緯度補正
0-2	39.270	49.392	0-2	29.502	38.892	0-2	125.881	148.638
2-5	125.020	138.472	2-5	109.990	135.332	2-5	165.305	178.008
5-10	164.025	172.600	5-10	253.968	294.516	5-10	194.515	232.480
10-20	202.535	201.444	10-20	515.186	618.043	10-20	512.628	630.789
20-30	111.563	102.675	20-30	790.345	1,006.727	20-30	576.475	583.190
30-40	54.493	40.216	30-40	790.345	1,170.121	30-40	406.107	310.329
40-50	16.939	10.748	40-50	834.112	520.488	40-50	163.645	82.958
50-60	5.189	3.675	50-60	174.859	58.086	50-60	31.202	11.753
60-70	1,650	1,275	60-70	9,471	3,773	60-70	3,577	1,471
70-80	289	134	70-80	289	663	70-80	275	99
80-90	20	7	80-90	828	563	80-90	830	568

表-2 勾配の頻度分布

勾配

$$fx = (h_{21} - h_{11}) / (2 * dx)$$

$$fy = (h_{12} - h_{11}) / (2 * dy)$$

$$ta = \text{Sqr}(fx * fx + fy * fy) / \text{deg}$$

表-1 に示す通り、南北方向の dy の値はほとんど変わらないが、東西方向の dx は緯度による円周距離が高緯度になるにつれて小さくなっている。傾斜角については最大傾斜角について調べた。利尻島の傾斜量と傾斜度を除いて、経緯度でサンプリング距離を補正した傾斜角が 10m に固定して計算した平均角度より多少大きい。また、範囲内のすべてのデータについて差を求め、その平均値で評価した。表-2 の勾配角度の頻度分布で見ると経緯度補正した結果では全体的に低角度での頻度が増し、高角度で減少していることがわかる。このことから、経緯度補正を行うと角度が小さくなることがわかる。

図-4、図-5 に傾斜度図、図-6、図-7 に傾斜量図、図-8、図-9 に勾配図のイメージ図を示す。それぞれの図は、左側が経緯度補正をしたイメージ図であり、右側がサンプリ

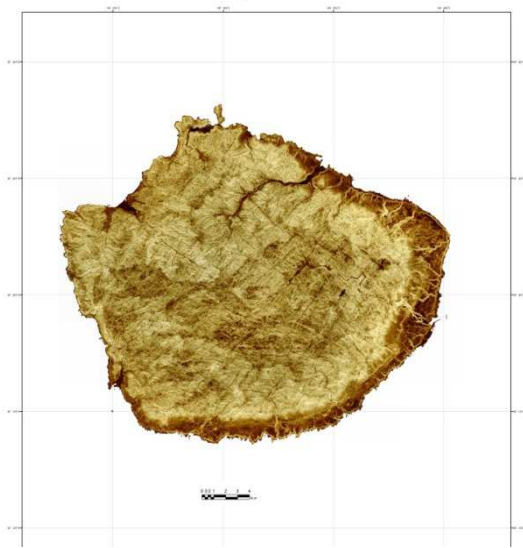


図-4 経度・緯度補正した傾斜度図 (ポジ画像)
基盤地図情報数値標高モデル 10mDEM を使用

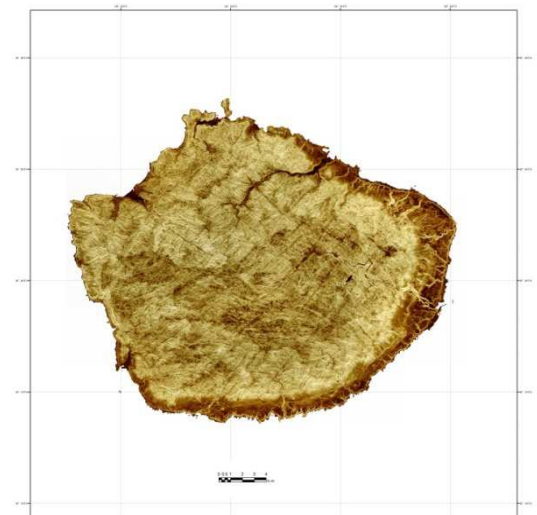


図-5 経度・緯度なしの傾斜度図 (ポジ画像)
基盤地図情報数値標高モデル 10mDEM を使用

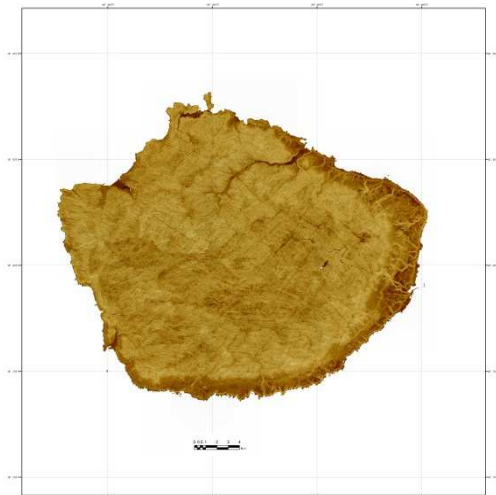


図-6 経度・緯度補正した傾斜量図 (ポジ画像)
基盤地図情報数値標高モデル 10mDEM を使用

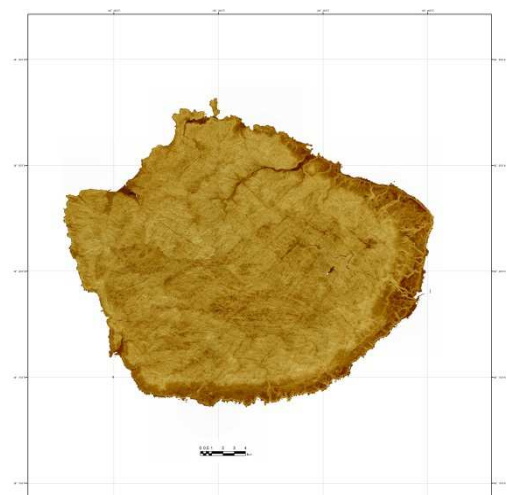


図-7 経度・緯度補正なしの傾斜量図 (ポジ画像)
基盤地図情報数値標高モデル 10mDEM を使用

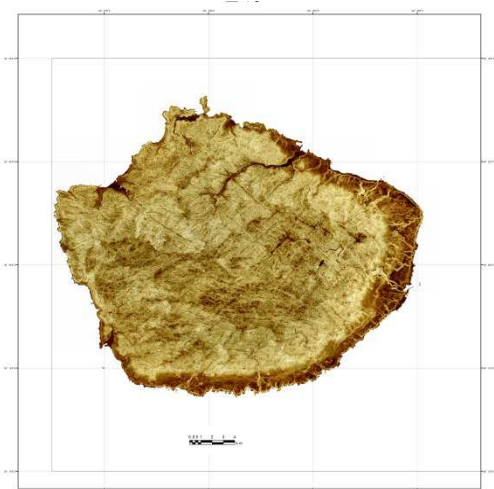


図-8 経度・緯度補正した勾配図 (ポジ画像)
基盤地図情報数値標高モデル 10mDEM を使用

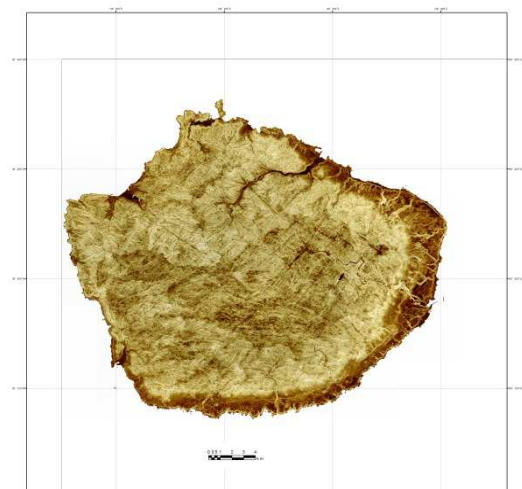


図-9 経度・緯度補正なしの勾配図 (ポジ画像)
基盤地図情報数値標高モデル 10mDEM を使用

グ距離を 10m に固定して計算したイメージ図である。左右を比較すると多少色の明暗を感じることはできるが、地形構造上には全く変化は見られない。見易さの点では、傾斜量図、傾斜度図、勾配図では差があるが、これは計算式による影響であり、左右の図では大きな変化はない。表-1 及び表-2 に示した数値では確かに差があるが、この程度の差ではイメージ画像で表現するとその違いは肉眼ではほとんど判別できない。しかし、拡大して注意深く見ると濃淡に少しの差がみられる。屋久島中央部の暗部に注目して見るとその差を確認できる。地形区分をするときには、平野部から少し緩傾斜ところでは地形区分に影響が出るが、イメージ画像で取り扱う限り実用的には問題ないものと考えらる。

4. 地形形状の表現

経緯度による影響は、サンプリング距離による斜面勾配のイメージ図への影響はあまり大きくないことがわかった。しかし、イメージ画像における地形形状は座標系の違いによる投影方法に依存していることがわかった。

図-10 は計算結果の画素を縦横比 1:1 で表示した傾斜度のイメージ画像（ポジ画像）である。このイメージ図を右上の UTM 座標系のイメージ図と比較すると屋久島の形状が東西に幅広くなっていることがわかる。図-11 は利尻島の傾斜度図である。上の図が UTM 座標系、下が画素の縦横比 1:1 の図である。縦横比 1:1 の図では東西に広がった形状になっている。島の形状上は表示する座標系に大きく関係しており、地質図などの他の画像と対比する場合には座標系をそろえる必要がある。

5. まとめ

- 1) 地球が回転楕円体であることから高緯度へ行くに従い、同じ秒数であっても東西方向 (dx) と南北方向 (dy) の距離が大きく異なる。このため、0.4 秒を $dx=dy=10m$ と固定して傾斜角を求める時には注意が必要である。
- 2) 経緯度の補正にはヒュベニの公式を使用すると簡単に計算できる。計算誤差は、国土地理院ホームページで公開されている 2 点間距離の計算結果と比較して東西方向で 35km あたり 16-17 cm、南北方向は数 cm であり、dx, dy で考えた場合には誤差はほとんどない。十分使用できる計算式であることがわかった。
- 3) 経緯度補正を行った結果と補正を行わない計算結果を傾度分布で見ると、経緯度補正を行うと低角度の傾度は増し、興亜角度の傾度が低下している。補正を行うと傾斜角が小さくなる傾向があることがわかった。
- 4) 島の形状の差は、表示する座標系に大きく依存していることがわかった。他の画像と比較する場合は比較する画像の座標系に合わせる必要がある。

6. 参考文献

- 三浦英俊 (2015) 緯度経度を用いた 3 つの距離計算方法, オペレーション・リサーチ, 2015 年 12 月号, pp701-705
野上道夫(1999) : 50m-DEM による地形計測値と地質の関係, 地理学評論, 72A-1, pp.23-29
神谷泉・黒木貴一・早田靖博・小田切聡子・政春尋志・田中耕平 (1999) : 傾斜量図の作成とその応用, 情報地質, Vol.10, No.2, pp.76-79
井上誠(2009) DEM から地質情報を得るための検討ーその 1 傾斜量図ー, 情報地質, Vol.20, No.2, pp114-115
井上誠(2010) DEM から地質情報を得るための検討ーその

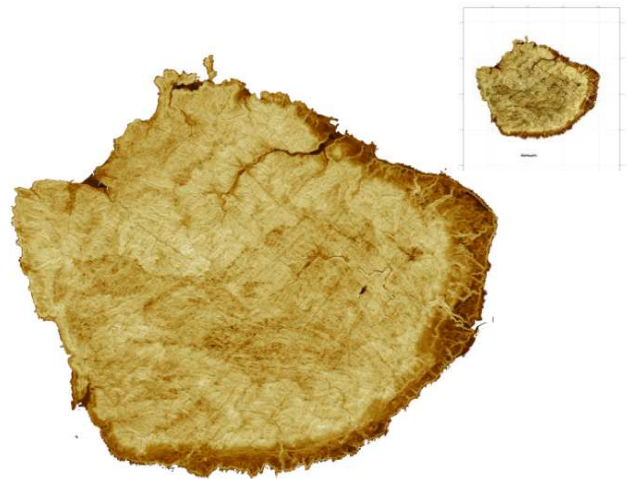


図-10 計算結果の画素をそのまま表示した傾斜度図
基盤地図情報数値標高モデル 10mDEM を使用

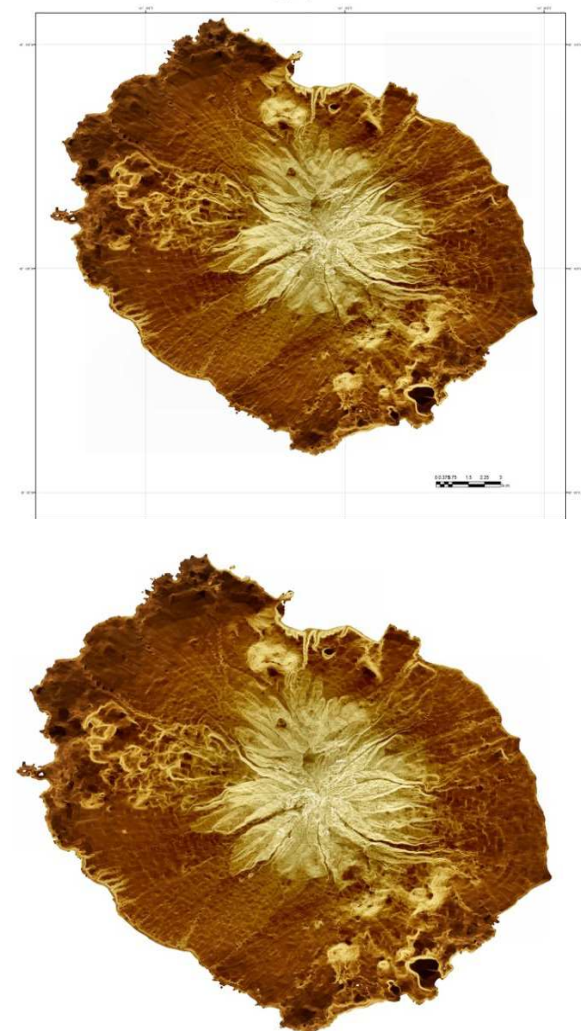


図-11 利尻島の傾斜度イメージ図
上 : UTM 座標系、下:画素の縦横比 1 : 1
基盤地図情報数値標高モデル 10mDEM を使用
2 傾斜量図と地質情報の関係ー, 情報地質, Vol.21, No.2, pp78-79

Web-GL による地形・地質情報の三次元可視化プログラムの開発

北 尾 馨*

Development of a program for three-dimensional visualization of geological or geographical data with Web-GL

Kaoru Kitao*

* 合資会社キューブワークス CubeWorks Inc., 4-1, Mizukino-2chome, Moriya, Ibaraki 302-0121,
Japan. E-mail: kitao@cubeworks.co.jp

キーワード： 三次元可視化, Web-GL, Three.js, JavaScript

Key words : Three-dimensional visualization, Web-GL, Three.js, JavaScript

WebGLによる地形・地質情報の 三次元可視化プログラムの開発

北尾 馨

本日の話題

1. WebGL以前の三次元表示
2. WebGLの概要
3. JavaScriptライブラリ「Three.js」
4. 開発したアプリケーションの紹介
5. その他事例紹介
6. デモンストレーション

講演者の仕様

- ウェブシステム開発
JavaScript、PHP、MySQL、PostgreSQL他
- 家族構成
年老いた妻1、金のかかる子2、かわいい猫3。
- 経歴
地質で卒業、地質の会社でお世話になる。
その後職を転々として、ウェブ屋になる。
- 三次元に関する理解レベル
ひよこ

三次元表示の歴史(1980年代後半頃から)

WebGL以前の三次元表示

三次元表示専用のリソース

- **高価なハードウェア**

- 高速なプロセッサ(CPU: 演算処理装置)
- 高速なコプロセッサ(FPU、GPU等)
- (いつの世も同じ)なるべく多くのメモリ
- 例
Apple II fx、SGI社ワークステーション

- **高価なソフトウェア**

- 例
Vision(現STRATA 3D)、Shade

Macintosh II fx



出典: Wikipedia

Price \$9,000 (¥1,377,000) ~
CPU 68030
FPU 68882
RAM 4MB (Max.128MB)

ビデオカード、モニター別売り
ハードー式で¥2,000,000~

愛称
wickedly fast (手に負えない速さ)

やがて

- **ハードウェアの高性能化・低価格化**

高性能化と低価格化により、誰でも三次元表示を体験できるハードウェアを比較的安価に購入可能となった(数十万円程度)。

- **やや安価になったソフトウェア**

数十万円程度の三次元表示のための専用ソフトウェアを別途購入。

- **各種規格化**

OpenGLやDirectXなどの規格が登場し、三次元表示の敷居が低くなった。

WebGLの登場

- OSに標準で付属する**ウェブブラウザ**が、**ビデオカードの演算、描画を直接操作するための機能**を実装。それが「**WebGL**」。
- 今、秋葉原でパソコンを買えば**誰でも無償で三次元表示**を始めることができる(数万円程度でOK)。
- もちろん専用の高価なソフトウェアも健在。

安価に三次元表示を可能にする技術

WebGLの概要

WebGL (Web Graphic Library) とは

- ウェブブラウザで三次元コンピュータグラフィックスを表示させるための**標準仕様**。
- ビデオカードを直接操作する**二次元・三次元表示用命令群**(OpenGL)を、ウェブブラウザ上で動作するプログラム言語**JavaScript**から操作して高速な描画を実現。
- 近年のパソコンの高性能化により、専用のハードウェアやソフトウェアを使わなくても三次元表示を可能にする**究極(?)の技術**。

WebGLで何が出来るか

- 専用のソフトウェアやウェブブラウザのプラグインがなくても、インターネットを通じて、三次元のコンテンツを配信することが可能。
- 業務で三次元のコンテンツを納品する際、発注者の環境を考慮する必要がない(比較的新しいバージョンのウェブブラウザがあれば動作するため)。

WebGLの歴史

- すべての原点はSGI(シリコングラフィックス)
1980年前半
ワークステーション用ライブラリ「**IRIS GL**」
- 「IRIS GL」から移植性の高い「**Open GL**」を開発
1992年以降
Apple、DELL、HP、Intel、NVIDIA等
- ウェブブラウザ組み込みへの実験開始
2006年以降
Mozillaのプロトタイプ開発(後の**WebGL**)

WebGL対応の主要ブラウザ

PC

- Edge、Internet Explorer 11以降
- Google Chrome 9以降
- Mozilla Firefox 4以降
- Safari 8以降



モバイル

- Google Chrome for Android 30以降
- Mobile Safari 8以降

WindowsはDirectXじゃないの？

- WindowsのグラフィックAPIはDirectX。
- 心配無用、Windows版ウェブブラウザは、WebGLをDirectXに自動翻訳してくれる。
- とにかくWebGLを使えば、WindowsでもMacでもLinuxでも、**ほとんどのOSのほとんどのウェブブラウザ上で動作する。**

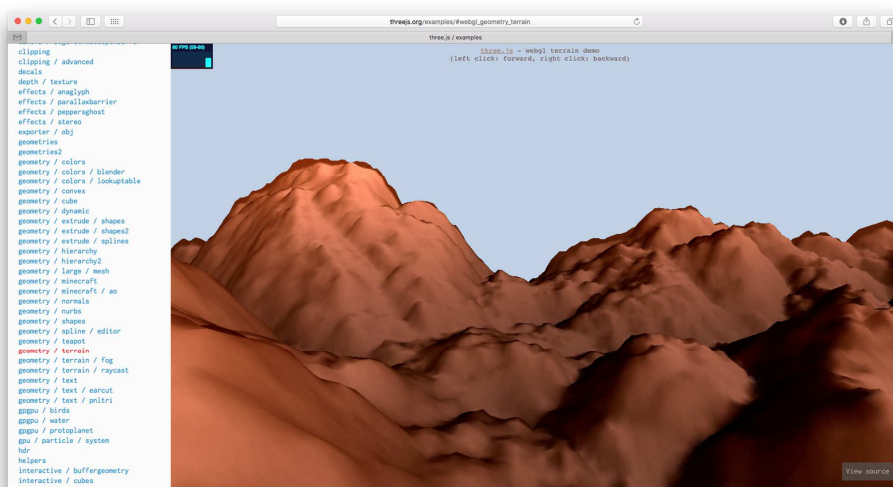
WebGLを簡単に扱うライブラリ

Three.js

実際にWebGLを使う

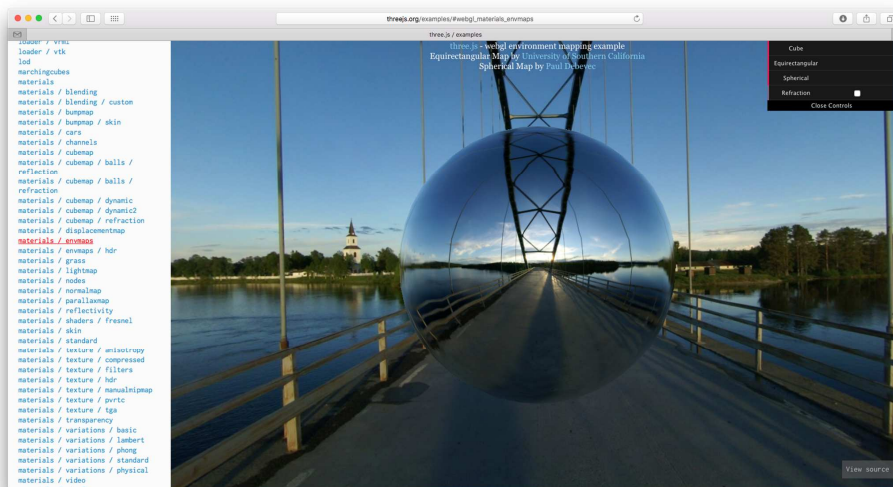
- **WebGLはプログラム言語JavaScriptで操作**
直接WebGLのコマンドを書き進めることが出来る(但し若干難しい)。
- **WebGLを簡単に扱うライブラリを使用**
難しい部分を隠蔽(ライブラリが吸収)し、比較的、平易にプログラムを書くことが出来る。
ライブラリ「Three.js」を使う。

表示例



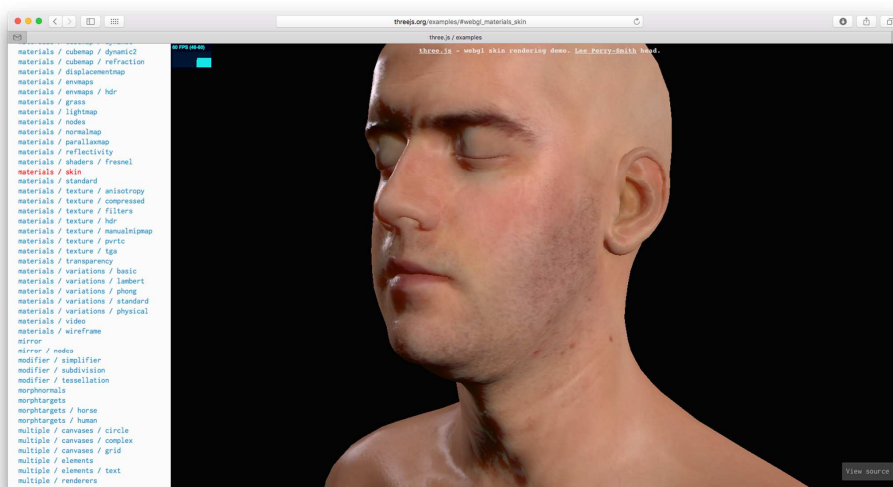
出典: Three.js同梱サンプル(geometry / terrain)

表示例



出典: Three.js 同梱サンプル (material / envmaps)

表示例



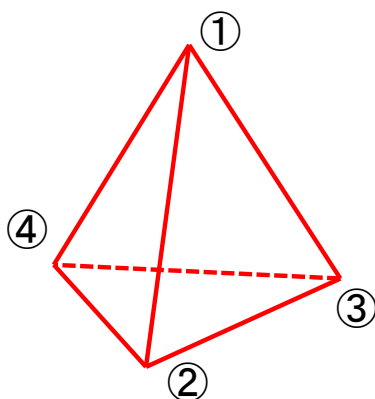
出典: Three.js 同梱サンプル (material / skin)

三次元描画に必要な要素

- | | |
|----------------|----------|
| • 仮想空間(入れ物) | Scene |
| • 対象物の形状(座標) | Geometry |
| • 対象物表面の絵柄(質感) | Material |
| • 視点(位置と向き) | Camera |
| • 光源(種類と位置と向き) | Light |

面を三角形で構成

- 頂点3つ(三角形)で1つの面を定義
 - 複数の三角形で物体の表面を定義



頂点
①、②、③、④

三角形
①②③、
①③④、
①④②、
②④③

ライブラリに含まれるジオメトリ

- Sphere 球
- Box 箱(立方体、直方体)
- Cylinder 角柱(円柱)
- Corn 角錐(円錐)
- Plane 平面

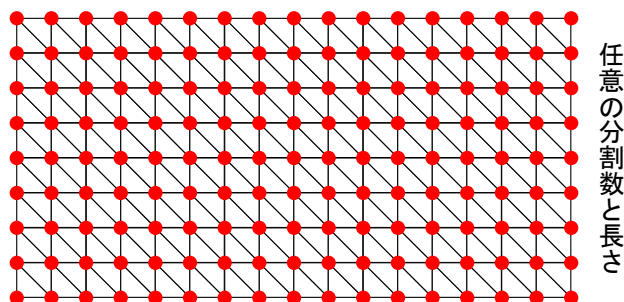
他にもたくさん

tetrahedron、octahedron、torus

凹凸面(地面・地層面)を描く

- PlaneBufferGeometryを使う。
- グリッド(格子)で座標を与えることで、凹凸のある面を表現、描画するためのジオメトリ。

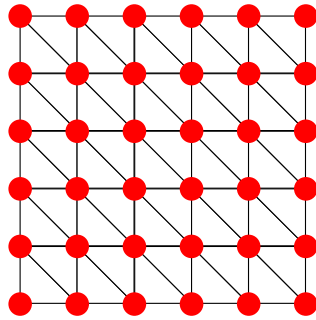
任意の分割数と長さ



最も簡単な地形面描画の例

- 描画エリアの定義

南北5km、東西5km のエリア
南北1km毎、東西1km毎 の標高

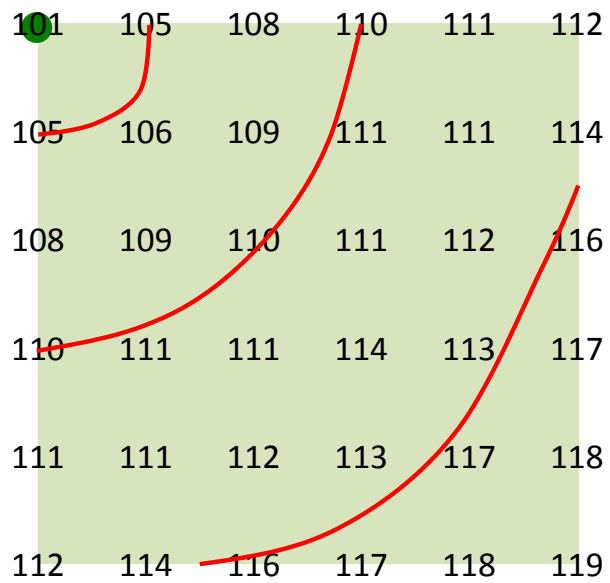


6 x 6 = 36個の標高で
地形面を三次元表示

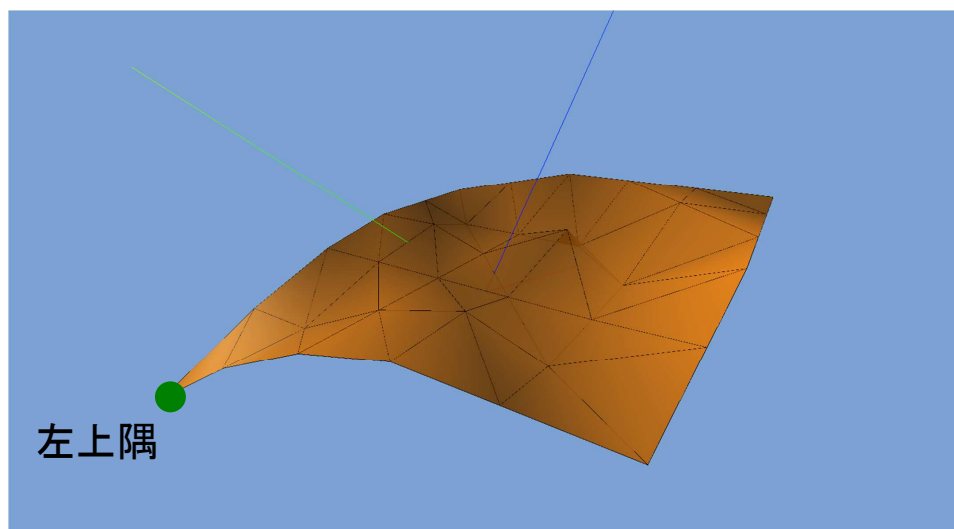
サンプルデータ

101	105	108	110	111	112
105	106	109	111	111	114
108	109	110	111	112	116
110	111	111	114	113	117
111	111	112	113	117	118
112	114	116	117	118	119

5m毎の等高線(フリーハンド)

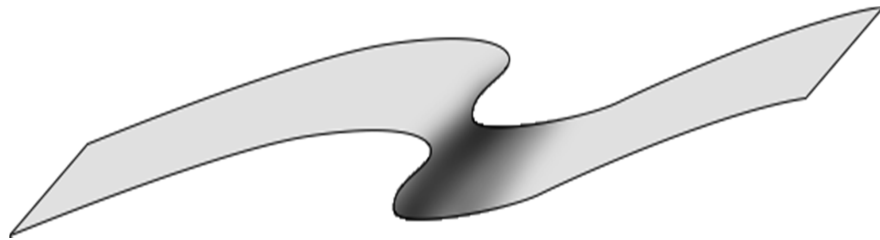


サンプルデータの三次元表示例

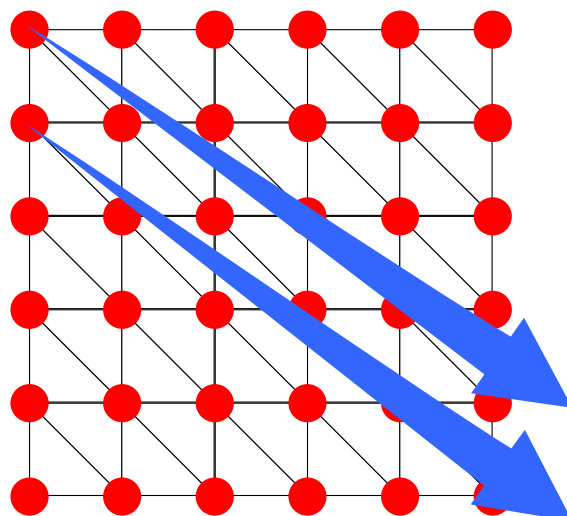


素朴な疑問

- 表現できるのは平面上の起伏だけ？
- 切り立った崖は表現できるの？
- 横臥褶曲は表現できるの？



いろいろできます

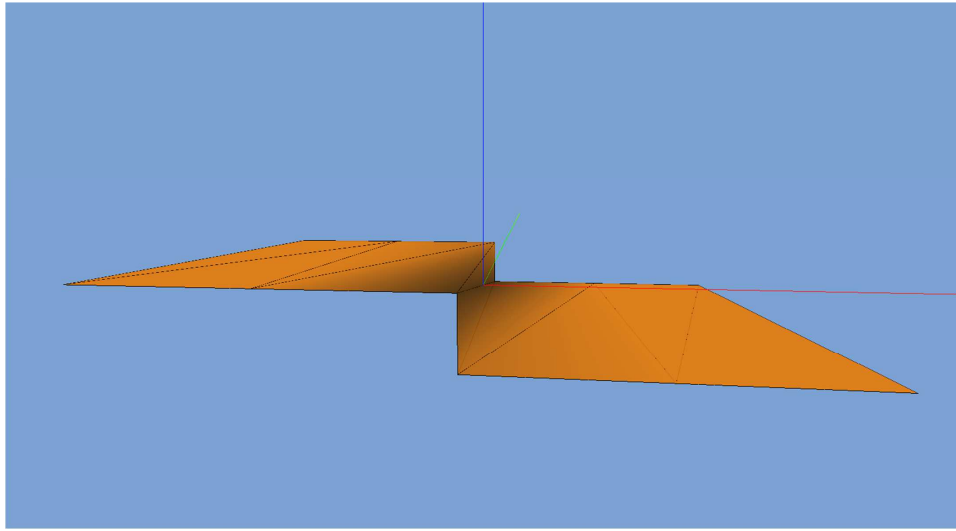


各点において、Z
座標(標高)だけ
でなく、平面座標
(XY)を任意に設
定することが可
能。

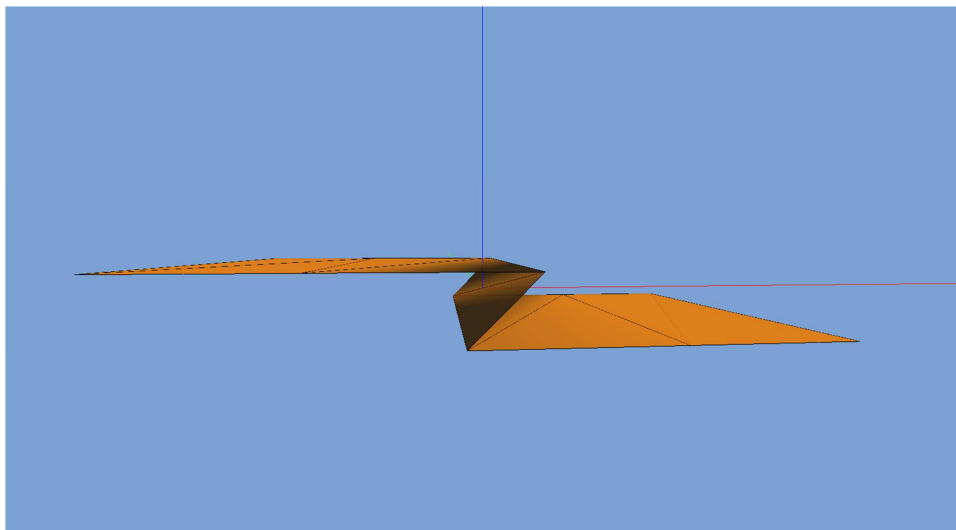
[0, 5000, 101]

[0, 4000, 105]

崖の三次元表示例



横臥褶曲の三次元表示例



地形・地質情報を汎用的に扱うための開発

開発したアプリケーションの紹介

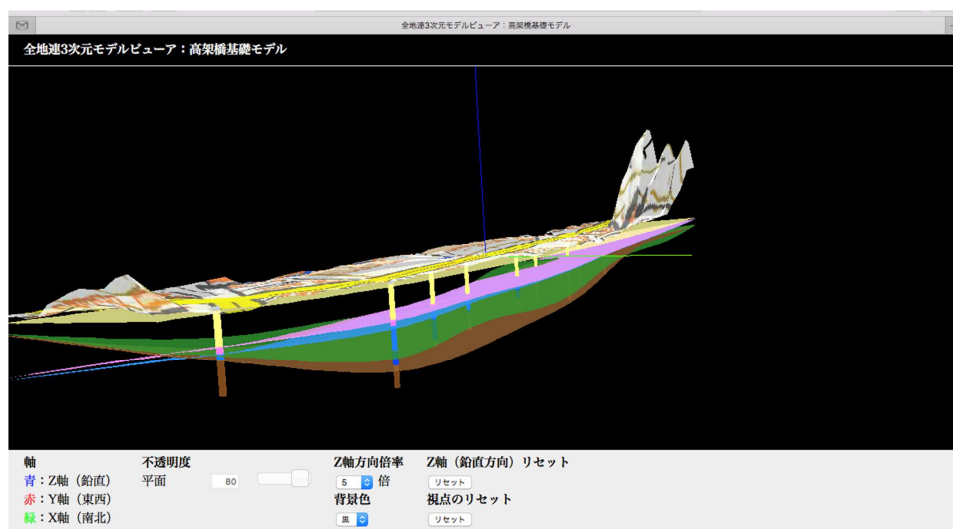
地形・地質情報の三次元可視化

- ライブラリを使っても敷居がやや高い
実際にはプログラムを書く必要あり。
- **3点セット**で表示したい
 - 柱状図
 - 断面図
 - 地表面および地層面
- 柱状図、断面図、地表面および地層面を**汎用的に描画**するためのプログラムを開発。

プログラムの概要

- プログラムはすべてJavaScriptで記述
 - ライブラリ「Three.js」を利用
- 設定ファイルで描画対象・状態を変更
 - 地表面および地層面
 - 柱状図
 - 断面図
 - 見る方向と位置（視点）
- プログラムの知識最小限で利用可

プログラム実行例（高架橋モデル）



実装した機能

- 自由に視点を変更(対象物の位置を操作)
- 面の不透明度を変更
- z軸(鉛直)方向の倍率変更
- 背景色の変更(黒と白)
- z軸(鉛直)リセット
- 視点リセット

使用したジオメトリ

- 平面、断面
PlaneBufferGeometry
- 柱状図
CylinderGeometry

CylinderGeometryは角柱を描くクラス。
柱状図は**八角柱**で表現。
表面に絵を貼り付ければ十分円柱に見える。

デモンストレーション

後ほど時間があれば。

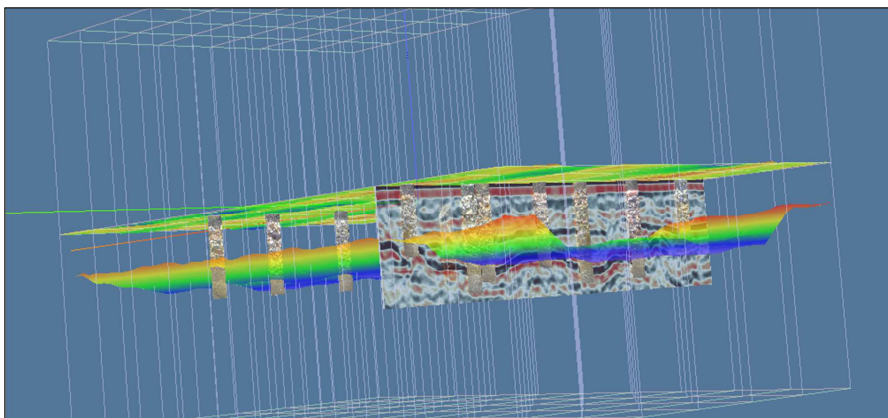
その他事例紹介

- 日本地球惑星科学連合2016年大会
浅部物理探査結果の3Dモデル化およびウェブ3D表示
稲崎・北尾・青池・小河原
 - VRS-GNSS測位機能付きGPR
 - 非接触高周波表面波探査
 - 極浅層反射法探査
 - 高分解能電気探査

正直最初は

なんとか、うまいこと言って、
断れないかな

表示例



土木研究所構内外周道路
路面、路床のコンター図、掘削孔写真、GPR探査断面

出典: 物理探査(地面の下のイメージング技術)

もう一つ事例紹介

- 地表、地層面とボーリングを三次元で表現したい。
- 地表面は国土地理院の数値地図、ボーリングは業者から提供されたデータを使用。
- ボーリングの掘削孔が地表からかなり飛び出ている。
- 業者のデータ作成ミスが判明。

視覚的にデータの誤りを確認できた

課題と展望

- Web-GLはまだ登場して間もない技術
Web-GLのためのライブラリもまだまだ機能不十分(頻繁に更新されている)。
- ウェブブラウザ上での操作は意外と難しい。
- 三次元表示が標準になる可能性が高い。
- PCへの追加インストール(ウェブブラウザプラグインやアプリケーション等)が不要なので、爆発的に普及する可能性あり。

デモンストレーション

「CIM対応三次元地盤モデル構築」デモサイト

3次元浅部地盤構造モデルの構築と表示

ご静聴ありがとうございました

CIM に対応するための地盤情報の基盤開発

中田 文雄*・土屋 彰義*：安藤 潤*：坂森 計則*：和田 里絵*

Development of Geoinformation System for CIM

Fumio NAKADA,* Akiyoshi TSUCHIYA*, Jun ANDOH*,
Kazunori SAKAMORI* and Rie WADA*

*一般社団法人 全国地質調査業協会連合会 Japan Geotechnical Consultants Association,
1-5-13, Uchikanda, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-0047, Japan E-mail: nakadaf@gupi.jp

キーワード：地質調査，電子成果品，三次元地質モデル，システム開発

Key words : Geological survey, Computerized report, Three-dimensional geological model,
System development

日本情報地質学会2016年度シンポジウム
2016年11月18日(金)

1

CIMに対応するための地盤情報の基盤開発

『三次元地盤モデル作成の手引き』より

1. CIMで活用可能な三次元地盤モデルデータの標準(提案)
2. 三次元地盤モデル(形状データ)の作成方法(例)と留意点
4. 実践に基づく三次元地盤モデルの作成手順
5. CIM 対象ごと(分野別)の三次元地盤モデルの事例

注 「3. CIM 対応三次元地盤モデルの構築を支援するウェブサイト」は後半へ

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会
○中田 文雄：土屋 彰義：安藤 潤：坂森 計則：和田 里絵

★ 研究の概要

2

研究期間 : (自)平成26年8月16日 (至)平成28年8月31日

研究目的 : CIMで利用可能な信頼性の高い地質地盤モデルの作成を支援すること目的として、以下の研究課題に取り組む

研究課題Ⅰ : 三次元地盤モデル作成の基となる地盤情報の管理と公開を支援する情報共有基盤の開発

研究課題Ⅱ : CIMで活用可能な三次元地盤データモデルの標準化

研究成果 : 三次元地盤モデル作成を支援するデータ標準と共有基盤の作成。 成果は、一般へ無償公開する

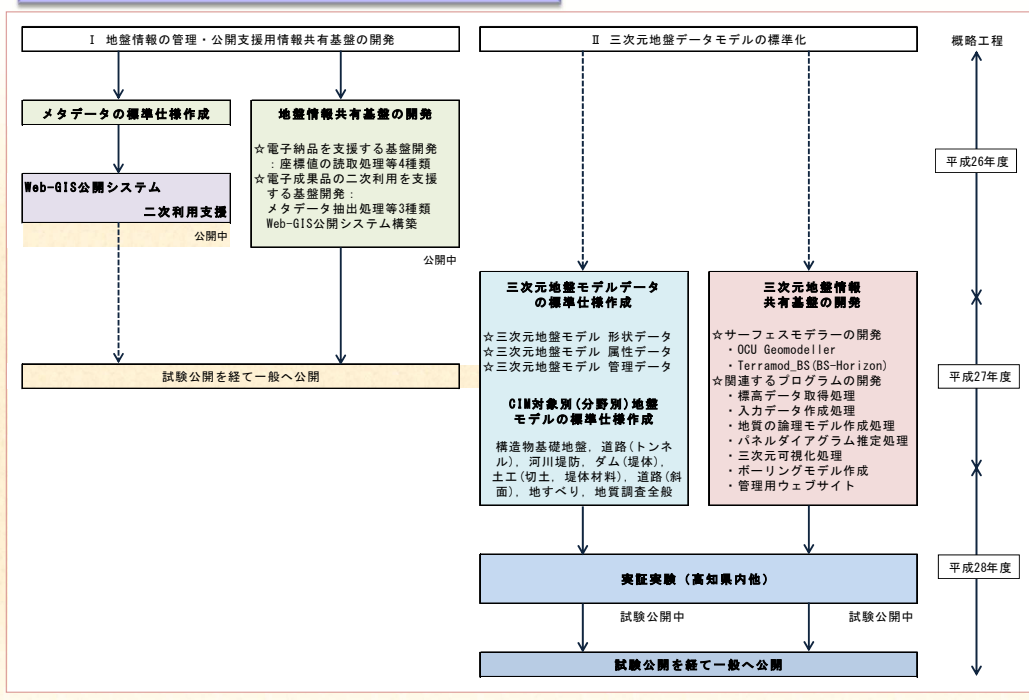
研究機関 : 一般社団法人 全国地質調査業協会連合会

研究委員会 : 「CIM対応三次元地盤モデル委員会」で意見を拝聴

前提事項 : 地質地盤分野における三次元モデルは **技術者の解釈と想像力を加えた推定モデル**である。

★ 研究の概要

3



★ 研究の概要

4

CIM対応三次元地盤モデル委員会委員(学会・全地連関係者のみ)

委員長 升本 眞二 大阪市立大学 大学院理学研究科 教授

委員 根本 達也 大阪市立大学 大学院理学研究科 講師

野々垣 進 (特国法)産業技術総合研究所 研究員

秋山 泰久 (一社)全地連 情報化委員長[国際航業(株)]

照屋 純 (一社)全地連 情報化委員[日本工営(株)]

事務局 土屋 彰義 (一社)全国地質調査業協会連合会

中田 文雄 川崎地質(株)/(NPO)地質情報整備活用機構

安藤 潤 川崎地質(株)

坂森 計則 日本工営(株)

和田 里絵 応用地質(株)

プログラム提供・開発

升本 眞二 : OCU Geomodeller(パネルダイアグラム: Fortran)

根本 達也 : OCU Geomodeller(サーフェスマデラー: Fortran)

北尾 馨 : 上記のサーバー/クライアント制御システム

坂本 正徳・野々垣 進・升本 眞二: Terramod_BS (Visual Basic)

注 座標系を数学系から平面直角座標系に変更

中田 文雄 : 全てのウェブ制御・支援システム

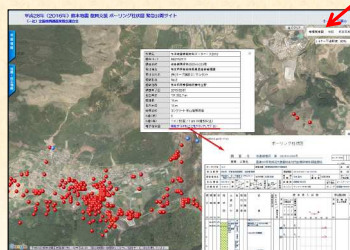
★ 研究の概要

5

研究課題Ⅰ：三次元地盤モデル作成の基となる地盤情報の管理と
公開を支援する情報共有基盤の開発

項 目	策定したデータ標準
1) 地盤情報メタデータの標準仕様作成	ボーリングデータ類のメタデータ

項 目	開発したプログラム群
2) 地盤情報共有基盤の開発	電子納品を支援する基盤の開発(位置座標の確認) ・ウェブ版 座標値の読み取りと確認処理(2種類) ・ウェブ版 位置座標の確認処理 ・ウェブ版 測地系の変換処理
	電子成果品の二次利用を支援する基盤の開発 ・ウェブ版 メタデータ抽出処理 ・ウェブ版 地盤データの抽出処理 ・ウェブ版 土質試験結果一覧表の表示処理 ・Web-GIS公開システム構築



本研究期間中、平成28年(2016)熊本地震が発生した。
本研究で開発したWeb-GIS公開システムを利用して、
同地震の復旧・復興を支援する地盤情報公開サイトを
立ち上げ、本システムが実用の域に達しているこ
とを実証した。

注 時間の関係で、研究課題Ⅰの説明は割愛します。

★ 研究の概要

6

研究課題Ⅱ：CIMで活用可能な三次元地盤データモデルの標準化

項 目	策定したデータ標準
1) 三次元地盤モデルデータの標準仕様作成	三次元地盤モデル 形状データの標準仕様策定(提案) ボーリングモデル、テクスチャモデル、准三次元(地質)断面図、サーフェスモデル、ソリッド・ボクセルモデル、柱状体モデル、パネルダイアグラム
	三次元地盤モデル 属性データの標準仕様策定(提案) 上記に同じ
	三次元地盤モデル 管理データの標準仕様策定(提案) 上記に同じ
2) CIM対象別(分野別)地盤モデルの作成事例	構造物基礎地盤、道路(トンネル)、河川堤防、ダム(堤体)、土工(切土、堤体材料)、道路(斜面)、地すべり、地質調査全般
項 目	開発したプログラム群
3) サーフェスモデラー 及び関連するプログラムの開発	サーフェスモデラーの開発 ・ウェブ版 OCU Geomodeller ・Terramod_BS(BS-Horizon) [改良] [地層境界面の形状推定プログラム] 関連するプログラムの開発 ・ウェブ版 標高データ取得処理 ・ウェブ版 入力データ作成処理 ・ウェブ版 地質の論理モデル作成処理 ・ウェブ版 パネルダイアグラム推定処理 ・ウェブ版 三次元可視化処理 ・ウェブ版 ボーリングモデル(イメージ)作成 ・各プログラム管理用ウェブサイト

★ 『三次元地盤モデル作成の手引き』 ～建設現場の生産性向上に向けて～

7

★手引きとは

- ・ 研究報告書の抜粋
- ・ モデルの作成方法と留意点を重視した内容
- ・ 広く提供するためにウェブでも公開

★目 次

1. CIM で活用可能な三次元地盤モデルデータの標準化(提案)
2. 三次元地盤モデル(形状データ)の作成方法(例)と留意点
3. CIM 対応三次元地盤モデルの構築を支援するウェブサイト
4. 実践に基づく三次元地盤モデルの作成手順
5. CIM 対象ごと(分野別)の三次元地盤モデルの事例

注 以後のタイトル番号は手引きによる

1.1 CIMにおける三次元地盤モデル

8

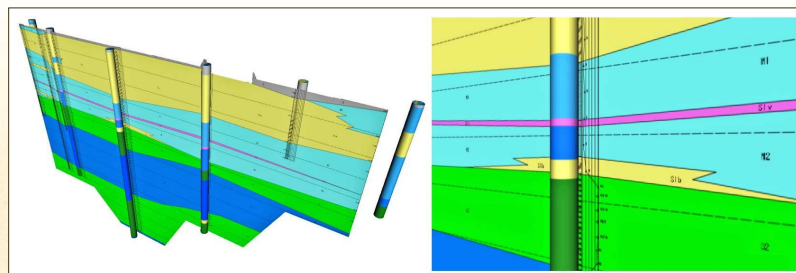
本研究では、三次元の位置情報を持つ地盤モデルを
「三次元地盤モデル」と定義づけた。

モデル名称		特記事項
一次元地盤モデル		
ボーリングモデル		ボーリング柱状図から層序等を抽出したモデル
准三次元地盤モデル		
テクスチャモデル		三次元地形表面に地質平面図などを貼り付けたモデル
准三次元断面図		従来手法の地質断面図に空間情報を付与したモデル
三次元地盤モデル		
サーフェスモデル		地層あるいは物性値層による境界モデル
ソリッド モデル	ボックスセル	属性データを、ボックスセルと接点のいずれかに付与
	柱状体モデル	平面的にはセル、深さ方向は地層境界であるモデル
パネルダイアグラム		三次元地盤モデルから作成された任意の断(平)面図

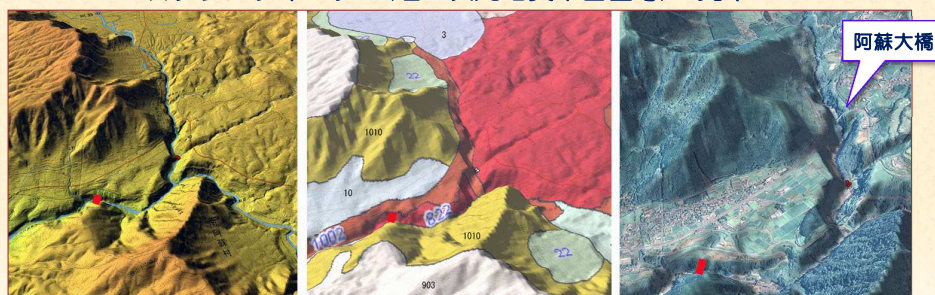
1.1 CIMにおける三次元地盤モデル

9

☆ボーリングモデルと准三次元断面図の見本



☆テクスチャモデル(准三次元地質平面図等)の見本



(左) 国土地理院色別標高図

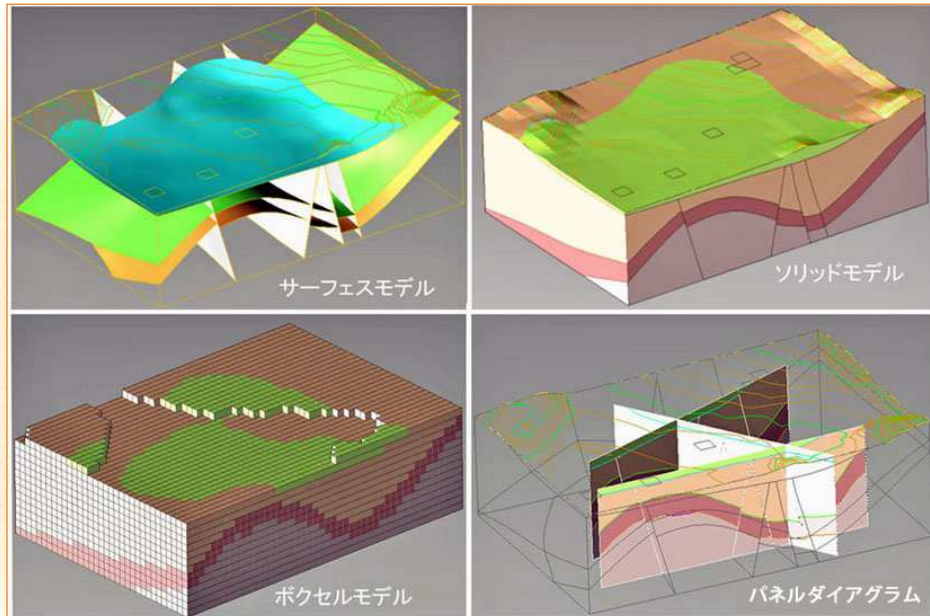
(中) 産総研シームレス地質図

(右) 国土地理院国土基本図

1.1 CIMにおける三次元地盤モデル

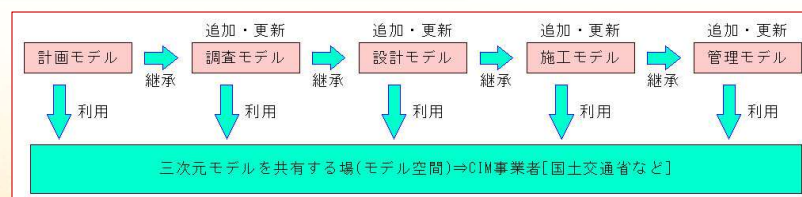
10

☆(狭義)三次元地盤モデルの見本



1.2 三次元地盤モデルとモデルデータ

11



★モデルデータの原則：継承性とデータ標準の公開

★データ標準：形状データ、属性データ(本研究では提案のみ)

	企画・計画	調査	設計	施工	維持管理
実施項目	- 測量(資料) - 地質(資料・踏査) - 基本要素(計画)	- 測量 - 地質(掘削・探査) - 基本要素	構造設計(支保構造の設計等)	- 支保構造 - 観測, 計測(切羽, A・B計測)	- 定期点検 - 総点検
主な属性	- 地形(DEM) - 地盤(推定) - 道路線形	- 地形(詳細DEM) - 地盤(推定) - 道路線形 - 内空断面	- 支保構造(設計) - 吹付厚さ(設計) - 覆工厚さ(設計)	- 地盤(実績) - 支保構造(実績) - 吹付厚さ(実績) - 覆工厚さ(実績) - 観測結果 - 計測結果	点検結果
運用モデル(イメージ)	(1)計画モデル	(2)調査モデル	(3)設計モデル (支保構造でデータ管理)	(4)施工モデル (支保構造でデータ管理)	(5)管理モデル (観測計測でデータ管理)

1.2.2 三次元地盤モデルの詳細度(提案)

12

詳細度	CIMの段階	地盤モデルでの定義	地盤モデルの例
100程度	企画・計画 (事業計画)	・基盤地図情報や既存資料を利用して作成できる程度の形状情報 ・境界面のみの属性情報 ・形状情報と属性情報は分離しない	・テクスチャモデル ・ボーリングモデル ・准三次元断面図 ・サーフェスモデル(簡易版)
150程度	調査 (関係者協議)	・地質調査によって作成できる程度の形状情報 ・境界面のみの属性情報 ・形状情報と属性情報は分離しない	・ボーリングモデル ・准三次元断面図 ・サーフェスモデル ・パネルダイアグラム(サーフェス)
200程度	調査・解析 (設計・施工)	・地質調査によって作成できる程度の形状情報 ・地層や物性値等による属性情報 ・形状情報と属性情報はIDによる関連付けの上、個別に管理する	上記に加え ・ソリッド・ボクセルモデル ・パネルダイアグラム(ソリッド)
300程度	施工・維持管理	・掘削土工により判明した観察に基づく形状情報 ・地層や物性値等による属性情報 ・形状情報と属性情報はIDによる関連付けの上、個別に管理する	・テクスチャモデル ・准三次元断面図 ・サーフェスモデル ・ソリッド・ボクセルモデル ・パネルダイアグラム

★BIM Forum の定義：LOD=200は「近似値での数量・・・」

LOD=300は「正確な数量・・・」

★地質調査の成果である三次元地盤モデルは、一部を除き地質調査の成果から導き出された「客観的(事実)モデル」ではなく、コンピュータ(モデラーや三次元CAD)の支援を受けつつ、地質・地盤技術者が仮想空間上に構築する「イメージモデル」であるため、座標値は必ずしも正確では無い。

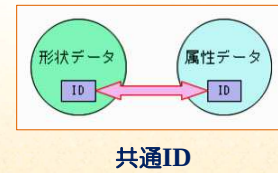
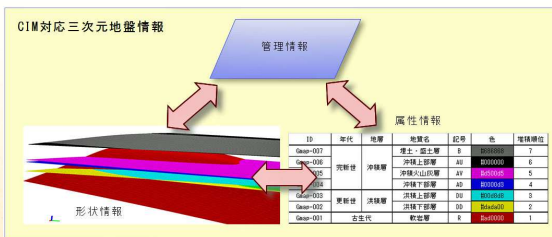
1.2.3 三次元地盤モデルの予測度(提案)

13

レベル	内 容	予測程度	地盤モデル例
1	・現地調査(観察・計測等)結果のみから作成される地盤モデル ・次元は問わない	少ない (実測図)	・ボーリング柱状図 ・現地測定結果 ・(トンネル)切羽観察図
2	・技術者が解析・考察等により予測した地盤モデル ・2D-CADで扱うことのできる二次元形状情報で構成される ・属性情報の有無は問わない	大きい (予測図)	・地質断面図 ・解析断面図
3	・技術者が解析・考察等により予測した地盤モデル ・3D-CADで扱うことのできる准三次元形状情報で構成される ・属性情報の有無は問わない	大きい (予測図)	・准三次元断面図 ・工学的地質図 ・テクスチャモデル
4	・ジオ・モデラーの支援を受けて技術者が解析・考察等により予測した地盤モデル ・3D-CADで扱うことのできる三次元形状情報で構成される ・境界面程度の属性情報を形状情報と同一で管理	極めて 大きい (参考図)	・サーフェスモデル ・ソリッドモデル ・パネルダイアグラム
5	・ジオ・モデラーの支援を受けて技術者が解析・考察等により予測した地盤モデル ・3D-CADで扱うことのできるオブジェクト型三次元形状情報で構成される ・属性情報は形状情報とは個別に管理するが、IDによって双方を関係づける	極めて 大きい (参考図)	・サーフェスモデル ・ソリッドモデル ・パネルダイアグラム

1.2.4 三次元地盤モデルデータの構成

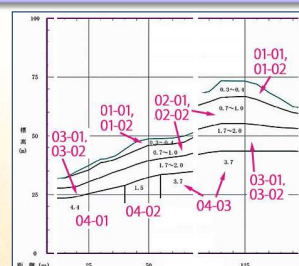
14



種類	内容
管理データ	- 形状データと属性データの双方を管理するために使用する。 - 形状データと属性データを関連づけるための「共通ID」を使用する。 - 地盤情報データベースを構築する際は、検索用キーワードとして使用する。
形状データ	- 三次元地盤情報の形(形状)を再現できる三次元座標値を持つ。 - 座標系は、CAD内のローカル座標系ではなく「平面直角座標系」とする。 - 高さは「標高(T.P.)」とする。 - オブジェクト型として構成する。 - 属性情報と関連づけるためのIDを付与する。
属性データ	- 個々の形状データの属性を保存する。属性の例は、「地層・岩体区分」、「岩級区分」、「土質区分」、「地盤強度」や「弾性波速度」などである。 - 形状データと関連づけるためのIDを付与する。 - 複数の属性データ(テーブル：ファイル)が存在する場合には、それらを関連づけるためのジョイント(ブリッジ)データを使用する。

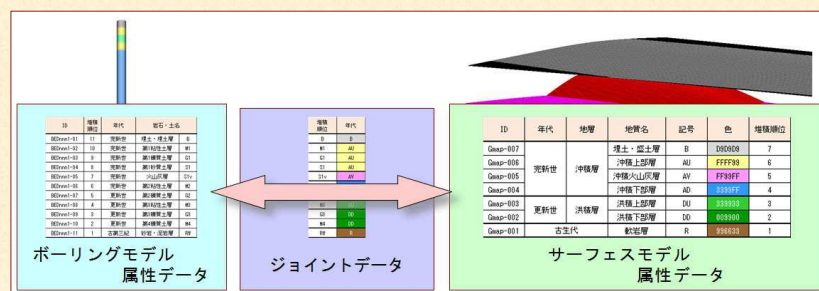
属性データの取り扱い(提案)

15



ID	分類コード	始点	終点	速度値(km/s)
01-01	VP-01-01	0.0	200.0	0.3
01-02	VP-01-02	0.0	200.0	0.4
02-01	VP-02-01	0.0	200.0	0.7
02-02	VP-02-02	0.0	200.0	1.0
03-01	VP-03-01	0.0	200.0	1.7
03-02	VP-03-02	0.0	200.0	2.0
04-01	VP-04-01	0.0	40.0	4.4
04-02	VP-04-02	40.0	55.0	1.5
04-03	VP-04-03	55.0	200.0	3.7

提案：一つの境界(地層)内で複数の属性データが扱えるようにする。



提案：複数の属性データテーブルを関係づけるための(ブリッジ)ジョイントデータテーブルを採用。

1.3 三次元地盤モデルデータの仕様(提案)

16

1.3.1 ボーリングモデル

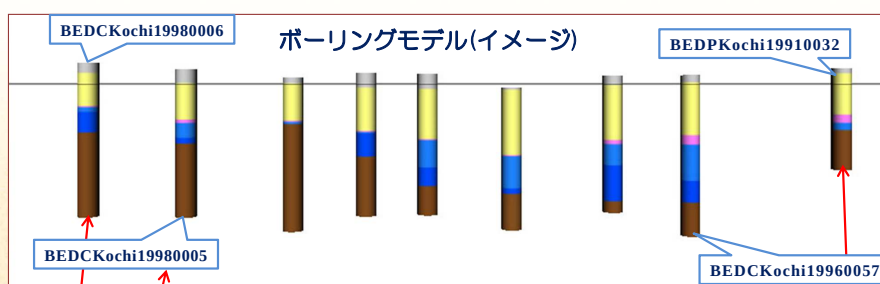
- ★ 簡易版：ボーリング交換用データ(XML)をそのまま利用する。
層序名は「<地層・岩体区分>タグ」に。地層区分表などは「<フリー情報>タグ」に。
- ★ 詳細版：専用のデータファイルを使用する。
層序名や堆積(優先)順位は「属性データファイル」。
参照する地層区分表(属性データ)や引用先情報などは「別のデータファイル」。

情報名	説 明
管理データ	- 属性データを管理するためのデータ。 - 簡易版はボーリング交換用データに属性データを書き込むため作成しない。 - 詳細版のみ作成する。
形状データ	ボーリング交換用データ(XML)をそのまま利用。
属性データ	- 地質断面図などを作成する際の「地層・岩体区分」、「岩級区分」や「土質区分」など、地質断面図の凡例に準拠するデータ。 - 簡易版と詳細版のいずれについても作成する。

情報名	簡 易 版	詳 細 版
概 要	「BEDnnnn.XML」に追記	独自のデータ仕様
データ仕様	XML	CSVまたはEXCEL
ファイル名	BEDnnnn.XML	—
格納場所	¥BORING¥CIMMODEL	¥BORING¥CIMMODEL

1.3.1 ボーリングモデル

17



ボーリングモデルの形状データ

id	Y(東西)	X(南北)	GL 標高	B層	AU層	AV層	AD層	DU層	R層
				標高(m)	標高(m)	標高(m)	標高(m)	標高(m)	標高(m)
BEDCKochi19980006	4492.0	64104.1	1.8	0.9	-1.9	-2.1	-2.5	-4.2	-11.7
BEDCKochi19980005	4583.0	64109.0	1.3	0.1	-3.1	-3.4	-4.7	-5.2	-11.7
BEDCKochi19960059	4679.5	64140.7	0.5	0.0	-3.4	-3.5	-3.6	-3.7	-13.6
BEDCKochi19980004	4751.9	64137.6	1.0	-0.4	-4.3	-4.4	-4.5	-6.7	-12.1
BEDCKochi19980003	4812.3	64147.6	0.9	-0.5	-5.1	-5.2	-7.8	-9.4	-12.1
BEDCKochi19960058	4894.9	64139.9	-0.3	-0.5	-6.5	-6.6	-9.5	-10.0	-13.3
BEDCKochi19980002	5001.6	64174.6	0.8	-0.1	-5.3	-5.7	-7.8	-11.2	-12.2
BEDCKochi19960057	5088.9	64200.5	0.8	0.1	-5.0	-5.9	-9.4	-11.6	-14.9
BEDPKochi19910032	5250.4	64205.0	1.5	1.0	-3.0	-3.8	-3.9	-4.5	-8.6

1.3.1 ボーリングモデル

18

詳細版ボーリングモデルの管理データ(案)

情報名	登 録 内 容
管理データ	事業名, 調査名, ボーリング名, 調査者名, 調査位置住所, 調査開始期日, 調査終了期日, ボーリング交換用データファイル名, 孔口座標 ¹⁾ , 孔口標高, 総掘進長, 地質情報名 ²⁾ , オリジナルデータリンク ³⁾ , 形状データファイル名, 属性データファイル名, ジョイントデータファイル名, 改訂履歴(実施期日, 理由, 実施者氏名等)

- 1) 座 標 : 緯度・経度, 平面直角座標系の系番号とX(南北)座標・Y(東西)座標。
- 2) 地質情報名 : 地層・岩体区分名など, 属性データの地質情報名と同じ内容。
- 3) オリジナルデータリンク : 地質情報管理ファイル(BORING.XML)などの各管理ファイルから抽出した管理データ。

管理データ見本(部分)

BED0001.XML,平成21年度○○地区地質調査業務,B-1,○○市△△部○○課,○○地質(株),地質太郎,地質次郎,地質四郎,地質五郎,139.057389,37.91625,新潟県新潟市万代地内,,0.20,20.25,2009-08-02,1,砂:シルト混じり砂:シルト質砂,14.15,50.27,0.30,...

BED0002.XML,平成21年度○○地区地質調査業務,B-2,○○市△△部○○課,○○地質(株),地質太郎,地質次郎,地質四郎,地質五郎,139.057778,37.929222,新潟県新潟市万代地内,,0.23,22.15,2009-08-02,1,表土:砂:細砂:シルト混じり砂:質土:砂利:礫混じり砂,17.15,50.29,0.35,...

BED0003.XML,平成21年度○○地区地質調査業務,B-3,○○市△△部○○課,○○地質(株),地質太郎,地質次郎,地質四郎,地質五郎,139.057361,37.927667,新潟県新潟市万代地内,,0.26,23.44,2009-08-02,1,シルト:砂:シルト混じり砂:粗砂:中砂:砂混じりシルト,23.15,50.29,0.60,...

BED0004.XML,平成21年度○○地区地質調査業務,B-4,○○市△△部○○課,○○地質(株),地質太郎,地質次郎,地質四郎,地質五郎,139.056028,37.925389,新潟県新潟市万代地内,,0.28,19.00,2009-08-02,1,細砂:砂質シルト:砂利:礫混じり砂:粗砂:中砂,...,0.10,...

BED0005.XML,平成21年度○○地区地質調査業務,B-5,○○市△△部○○課,○○地質(株),地質太郎,地質次郎,地質四郎,地質五郎,139.054972,37.923833,新潟県新潟市万代地内,,0.30,8.45,2009-08-02,1,細砂:シルト混じり砂:シルト質砂:粘土混じり砂,...,0.60,...

1.3.1 ボーリングモデル

19

詳細版ボーリングモデルの属性データ(案)

情報名	登 録 内 容
地質情報	共通IDコード ¹⁾ , 深度, 地質情報名 ²⁾ , 堆積(優先)順位 ³⁾ , 特記事項

- 1) 共通ID コード : CIM の全段階を想定して作成する。
- 2) 地質情報名 : 地質断面図の断面線を描画する際に使用した地質情報。
調査初期 : 地層・岩体区分名, 岩級区分名, 土質区分名やN 値など
調査終期 : 弾性波速度値, 密度や減衰常数など
- 3) 堆積(優先)順位 : 地層・岩体区分で最も下位層からの堆積順位を表す番号など。

詳細版ボーリングモデルの属性データ(見本)

ID	堆積 順位	深度 (m)	地層・岩体区分		記号	実測N値	Vs (m/s)	Vp (m/s)	減衰常数 h	湿潤密度 (g/cm³)	非線形 特 性
BEDnnn1-11	11	1.5	埋土	B	As	2.0	119	607	0.03	1.8	②
BEDnnn1-10	10	2.6	粘性土層	M1	Ac	4.0	161	821	0.05	1.7	①
BEDnnn1-09	9	7.5	礫質土層	G1a	Ag	23.0	226	1,152	0.02	2.0	③
BEDnnn1-08	8	9.7	砂質土層	S1a	As	7.5	167	852	0.03	1.9	②
BEDnnn1-07	7	10.7	砂質土層	S1v	As	9.0	175	892	0.03	1.5	②
BEDnnn1-06	6	17.2	粘性土層	M2	Ac	8.0	192	979	0.03	1.8	①
BEDnnn1-05	5	19.6	礫質土層	G2	Dg	31.0	299	1,525	0.02	2.0	③
BEDnnn1-04	4	20.6	粘性土層	M3	Dc	12.0	260	1,326	0.03	1.8	①
BEDnnn1-03	3	27.0	礫質土層	G2	Dg	36.8	312	1,591	0.02	2.0	③
BEDnnn1-02	2	43.2	礫質土層	G2	Dg	50.0	338	1,722	0.02	2.1	③
BEDnnn1-01	1	—	基盤面		RW	—	700	2,100	0.01	2.1	—

1.3.2 テクスチャモデル

20

★三次元地形表面(ワイヤーフレーム)に、地質平面図などのテクスチャを貼り付けたモデル。

テクスチャモデルの主な対象図面

種 類	特 記 事 項
図 面 類	地質平面図、空中写真、斜面スケッチ、SARなどによる変動図、ハザードマップ(計測震度、液状化危険度、洪水、津波、土砂災害警戒区域、火山)など

テクスチャモデルの属性データ(案)

情報名	登 録 内 容
地質情報	共通IDコード ¹⁾ 、深度、地質情報名 ²⁾ 、カラーコード-地質情報対比データ ³⁾ 、特記事項

- 1) 共通IDコード：CIMの全段階を想定して作成する。
- 2) 地質情報名：地質断面図の凡例に記載されている地質情報。
具体的には地層・岩体区分名、地質構造、風化帯区分、変質帯区分など
- 3) カラーコード-地質情報対比データ：テクスチャモデルに使用する地質図などが単色に塗り分けられている場合。RGB形式を推奨。

1.3.3 準三次元断面図

21

★従来から作成されている地質断面図、速度層断面図や地山条件調査結果図などを基にして、CIM対応に必要な三次元空間情報を付加したモデル。

準三次元断面図として扱う内容

種 類	特 記 事 項
図面類(共通)	- 地質・土質調査成果電子納品要領に準拠して作成された地質断面図等のデータ。 - 三次元CADツールやビューアを使用して三次元的に表現できるように必要な空間情報が付与されていること。
地質断面図	- 層序に基づく断面図。 - 土質断面図やボーリング集合柱状図などを含む。
物性値断面図	速度層断面図や比抵抗層断面図など。
総合解析断面図	地質区分、岩級区分、地下水面、ルジオン値や速度値などを総合的に評価して作成される断面図。

準三次元断面図の属性データ(案)

情報名	登 録 内 容
地質情報	共通IDコード ¹⁾ 、深度、地質情報名 ²⁾ 、堆積(優先)順位 ³⁾ 、特記事項

- 1) 2)：テクスチャモデルを参照のこと。
- 3) 堆積(優先)順位：地層・岩体区分等で最も下位層からの堆積順位を表す番号など。

1.3.4 サーフェスモデル

22

- ★サーフェスモデルとは、地層などの境界面のワイヤーフレームモデルに、地層・岩体区分などの属性を持つテキストを貼り付けたモデル。
- ★ワイヤーフレームの位置情報(X, Y, Z)のうち、標高(Z)はスプライン関数など、面の形状を推定する数式を利用して推定された推測値である。
- ★サーフェスモデル、属性データや地層の論理モデルなどは、客観的データに基づいて地質技術者等が解釈したイメージである。

サーフェスモデルの種類

種 類	説 明
地層境界面(層序=ユニット)モデル	- 地層境界をワイヤーフレームモデルとして数学的に表現 - 属性データである地層区分をテキストとして貼り込む - 方法1：ボーリング調査などのランダム点の地層データから推定する - 方法2：複数の地質断面図から、多数の地層データを読み取って推定する
物性値境界(クラス)モデル	- 物性値境界をワイヤーフレームモデルとして数学的に表現 - 属性データである物性値区分テキストとして貼り込む - 探査断面図から、多数の物性値境界を読み取って推定する
地質評価境界面(クラス)モデル	- 総合的に解釈して作成した境界をワイヤーフレームモデルとする - 属性データである地質評価区分をテキストとして貼り込む ⇒地質(岩種)区分、岩級区分、地下水面、ルジオン値や速度値など - 総合解析断面図(データ)から、多数の評価境界を読み取って推定する

1.3.4 サーフェスモデル

23

サーフェスモデルのデータ構成とデータ仕様(案)

情報名	説 明	ファイル形式
管理データ	- 形状データ、入力情報と属性データを管理するためのデータ。 - モデルを作成するために使用した入力情報、モデラー名称、曲面推定方法、パラメータ群やファイル形式、など。 - モデルを作成するために参照したボーリングや現地調査結果に関する情報、など。	CSV, EXCEL
入力データ	- モデルを作成するために使用した地質構造モデルデータ。 - 地層の堆積と侵食を勘案して作成した論理モデルデータ。 - 推定計算に使用したパラメータデータ。	CSV, Original
形状データ	- サーフェスデータ：曲面推定によって計算された四角(三角)メッシュデータ群。 ※データ形式はワイヤーフレームデータ同じ。 - サーフェスモデルデータ：論理モデルに従って計算された四角(三角)メッシュデータ群。	dwg, dxf, CSV
属性データ	- 形状データに関連づけられた地質情報、など。 - 三次元座標を持つポリゴン、ポリラインやポイントに属性を付与し、それらを一つのテーブルとしてまとめる。	CSV, EXCEL

1.3.4 サーフェスモデル

24

年代	地層	地質名	記号	境界面	堆積/侵食	色
完新世	完新統	埋土・盛土層	B	S8	堆積/侵食	D9D9D9
		上部層	AU	S7	堆積	FFFF99
		火山灰層	AV	S6	堆積	FF99FF
		下部層	AD	S5	堆積	3399FF
更新世	更新統	上部砂礫層	DG	S4	堆積	339933
		上部層	DU	S3	堆積	0066FF
		下部層	DD	S2	堆積	009900
軟岩層			RW	S1	堆積	996633

総合柱状図と
サーフェスモデルの属性データ(案)

id	地質名	記号	境界面	N値	Vs (m/s)	Vp (m/s)	減衰常数 h	湿潤密度 (g/cm ³)	非線形 特 性
Surf1-31	埋土・盛土層	B	S8	2.0	119	607	0.03	1.8	②
Surf1-23	完新統上部層	AU	S7	4.0	161	821	0.05	1.7	①
Surf1-22	完新統火山灰層	AV	S6	23.0	226	1,152	0.02	2.0	③
Surf1-21	完新統下部層	AD	S5	9.0	175	892	0.03	1.5	②
Surf1-13	更新統上部砂礫層	DG	S4	31.0	299	1,525	0.02	2.0	③
Surf1-12	更新統上部層	DU	S3	12.0	260	1,326	0.03	1.8	①
Surf1-11	更新統下部層	DD	S2	36.8	312	1,591	0.02	2.0	③
Surf1-01	軟岩層	RW	S1	-	700	2,100	0.01	2.1	-

1.3.5 (ソリッド)ボクセルモデル

25

- ★ボクセルモデルとは、モデル全体を小さな立方体(空間格子)の集合体として表現する。
- ★通常はサーフェスモデル(地層などの境界面モデル)の形状と境界面間の属性データを微小立方体に付与することにより作成される。
- ★利用場面は、地盤強度等のFEM解析、地下水流動や浸透流解析、地震動予測や液状化危険度判定、施工管理などを実施する場合など。

ボクセルモデルで扱う内容

種 類	特 記 事 項
測定データ群	地層名(層序)、地下水(位)、透水系数、ルジオン値、速度値(VP, VS), N値、一軸圧縮強さ、密度・単位体積重量など
判定データ群	地質(岩種)区分、岩級区分、地山区分、など

ボクセルモデルの属性データ(例)

BoxNo.	X軸位置	Y軸位置	Z軸位置	分 類	速度値	単位
102000	51	20	10	地山弾性波速度	1.72	km/s
102001	52	20	10	地山弾性波速度	1.72	km/s
102007	58	20	10	地山弾性波速度	1.75	km/s
102008	59	20	10	地山弾性波速度	1.75	km/s
102009	60	20	10	地山弾性波速度	1.75	km/s

1.3.6 パネルダイアグラム

26

- ★三次元地盤モデル(サーフェスモデル, ソリッドモデル)に任意に設定した断面線で切り出した断面図(パネル)群。
- ★通常, 切り出すパネルは複数枚であること, 鳥瞰図として立体視化されることが多いため, このような断面図群のことをパネルダイアグラムと言う(本研究)。

パネルダイアグラムで扱う内容

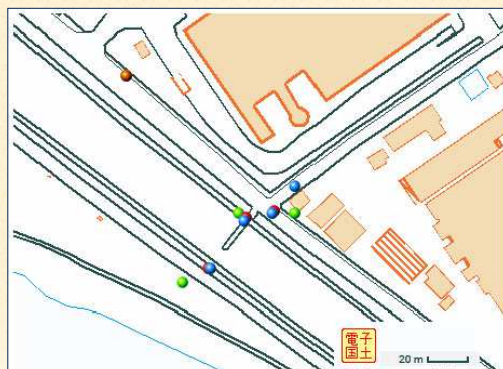
種 類	特 記 事 項
図面類(共通)	・三次元地盤モデル(サーフェスモデルなど)から専用ツールを使用して作成された断面図データ。 ・三次元CADツールやビューアを使用して三次元的に表現できるように, 必要な空間情報が付与されている。
地質断面図データ	・層序に基づく断面図。 ・土質断面図や簡略柱状図などを含む。
物性値断面図データ	・速度層断面図や比抵抗層断面図など。
総合解析断面図データ	・地質区分, 岩級区分, 地下水面, ルジオン値や速度値などを総合的に評価して作成される断面図。

2.三次元地盤モデル(形状)データの作成方法(例)と留意点

27

2.1 座標系と位置の精度

- ★座標系は「平面直角座標系(19 座標系)」とする。
- ★ボーリング交換用データの場合, 孔口の位置情報は緯度・経度であるため, 三次元地盤モデルを作成する際に, 平面直角座標系に変換する。
- ★ボーリングモデルと地質断面図(準三次元地盤モデル)を作成する場合, 位置座標の読み取り精度は0.3m(秒単位で1/100 秒)以内を目標とする。
- ★サーフェスモデルのような三次元地盤モデルの場合には, 対象とする範囲, 地盤モデルの施行段階, 利用目的などを勘案して最も適切な精度を確保する。



読み取り精度(度・分・秒)

赤● : 1/100 秒

青● : 1/10 秒(1m~2m ずれる)

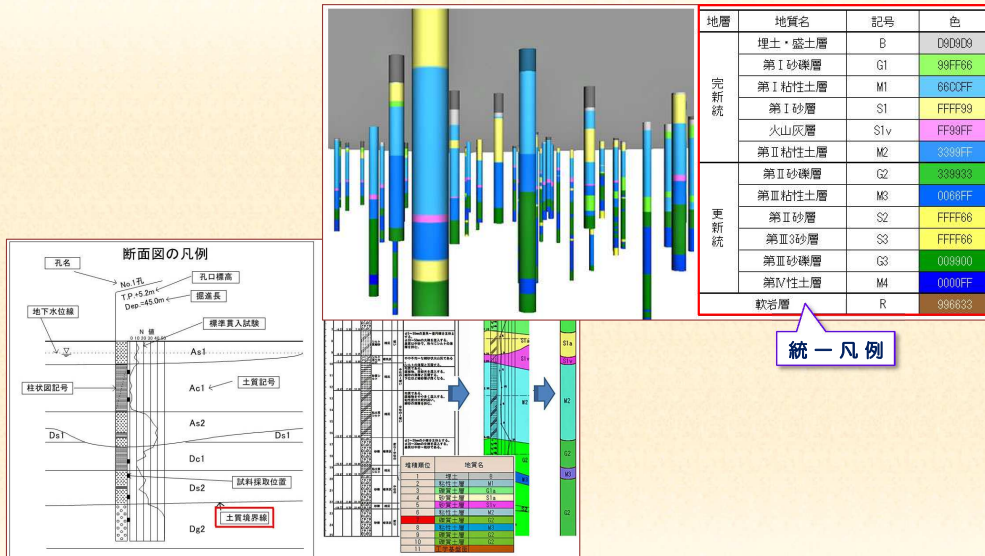
緑● : 1 秒(2 孔が同じ位置に)

茶● : 10 秒(4 孔全てが同じ位置に)

2.2 ボーリングモデル

28

- ★統一凡例に基づいた地質断面図を作成する。
- ★地質断面図を作成するために使用した全てのボーリング柱状図に対して、
下上図(右)に示す地質凡例による属性データとボーリングモデルを作成する。

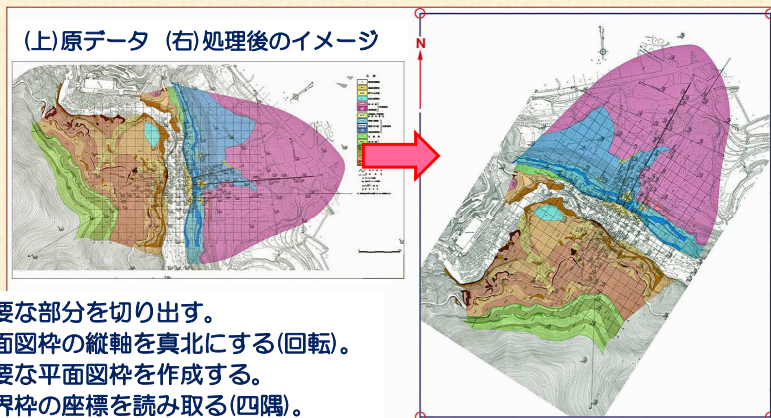


2.3 テクスチャモデル

29



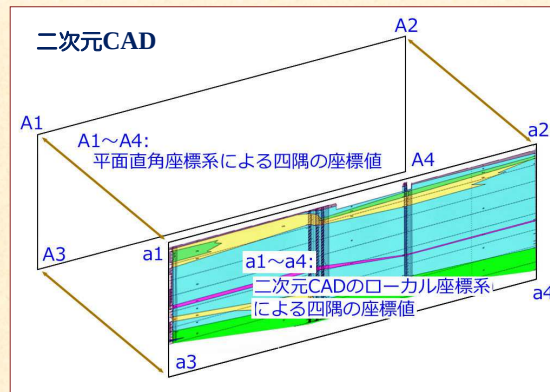
(左)ワイヤーフレーム (中)テクスチャ(表層地質図) (右)テクスチャモデル



2.4 準三次元断面図

30

- ★三次元CAD：三次元座標(平面直角座標)を使用して、3D-CAD データとしての準三次元断面図を作成する。
- ★二次元CAD：従来通り二次元ローカル座標値を使用して断面図を作成する。別途、実空間座標値(平面直角座標値)との関係表を作成し、両者の関係をCSVファイル等に保存する。

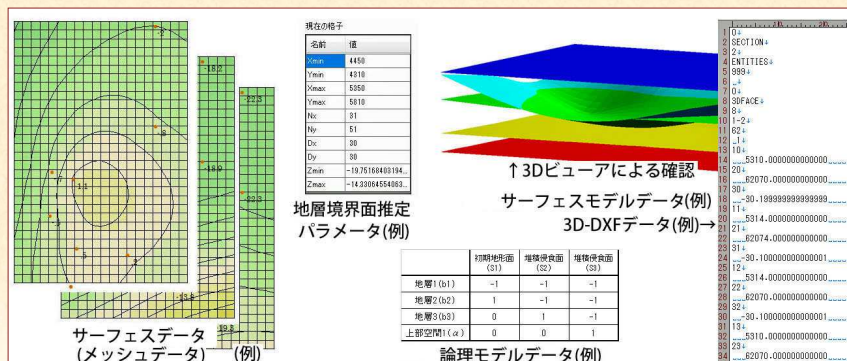


A1～A4：平面直角座標系による断面図の四隅の座標値(断面図の余白を含む)
a1～a4：二次元CAD のローカル座標値(余白を含む)
注：イメージの場合、余白は透明にする

2.5 サーフェスモデル (1)データ群と形状データ

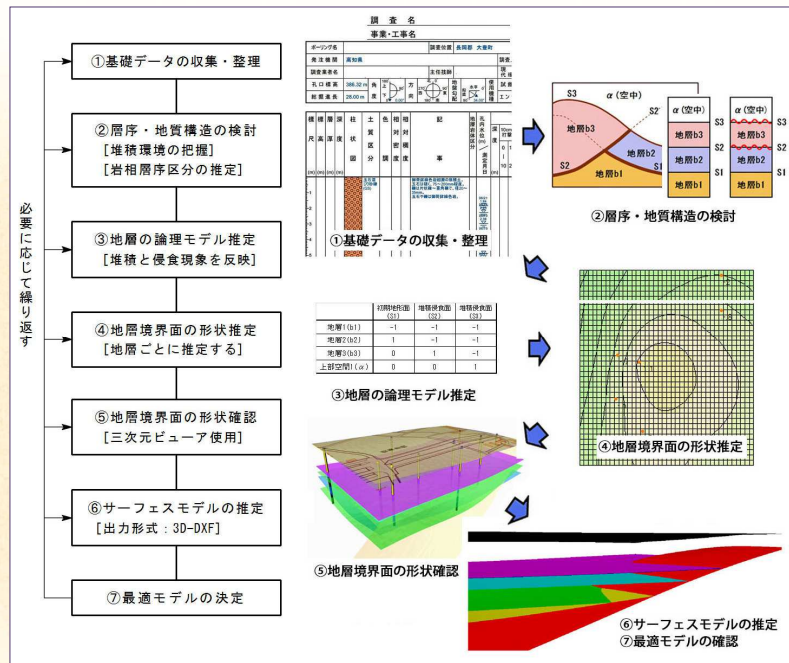
31

情報名	内 容	形式(例)
サーフェスデータ	- 地層境界等の空間形状を推定した結果。 - メッシュ(四角)データとTIN(三角)データがある。	CSV
パラメータデータ	形状曲面の推定に使用した数学モデル(例、Bスプライン関数)と実際の計算に使用したパラメータ。	EXCEL, CSV
論理モデルデータ	地層の層序関係等を論理的に表現するデータ。	CSV
サーフェスモデルデータ	サーフェスデータと論理モデルデータから、サーフェスモデルを作成した後のデータ。	3D-DXF



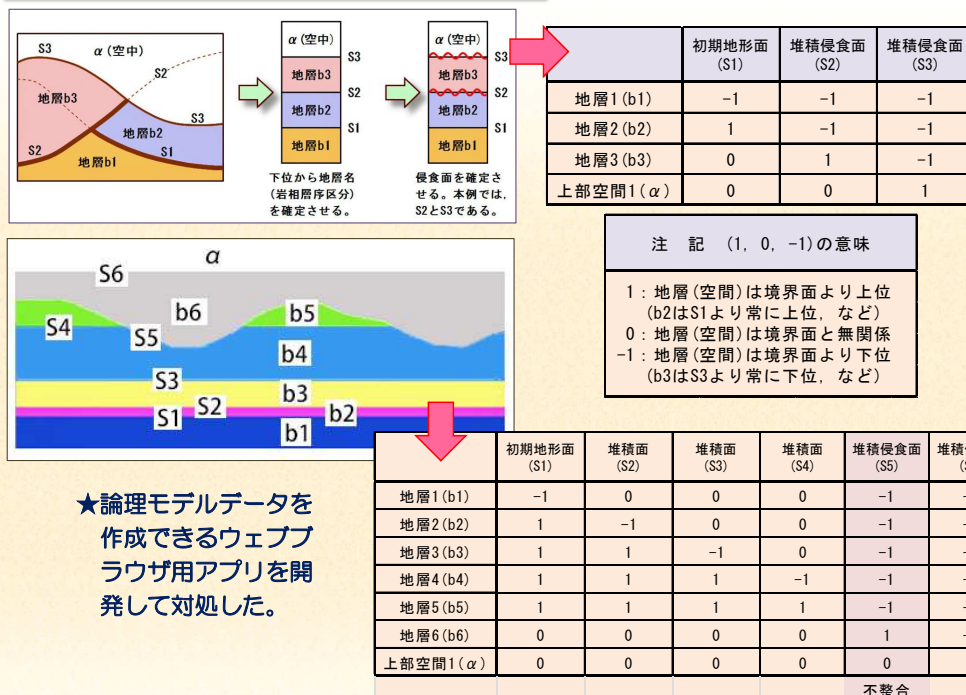
(2) 形状データの作成方法

32



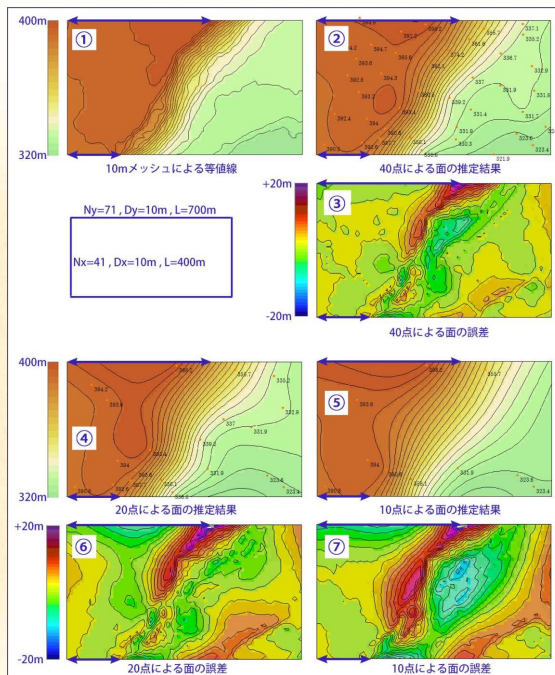
(3) 地層の論理モデルの作成

33



(4) 地層境界面の形状を推定する上での留意点

34

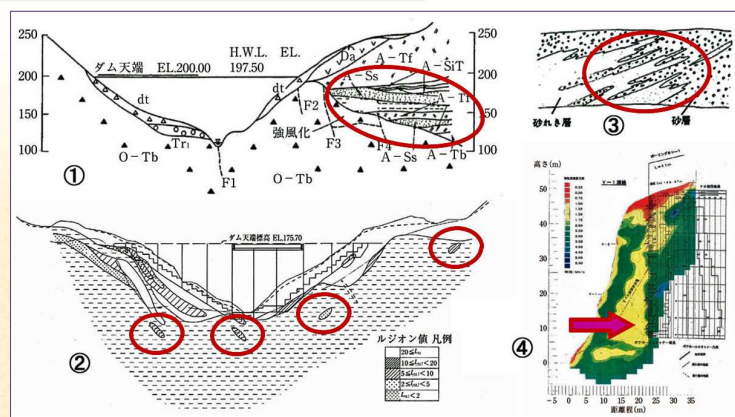


矢印を指標にして①②④⑤を比較

- 700m×400m程度の範囲。
 - 基盤などに急崖部あるいは遷急部が存在する場合。
 - 40点程度のボーリングデータから推定した「地層境界面の形状」には相当程度の誤差が含まれている。
 - 点数が少なくなるほど、誤差の範囲と誤差の値が大きくなっている。
- ⇒ 適切なボーリングの配置と数量が必要である。
- ⇒ 地質の三次元モデルには「誤差が含まれている」を理解した上で、その利用方法などを考えるべきである。

(5) サーフェスモデルの作成が難しい地質構造の例

35

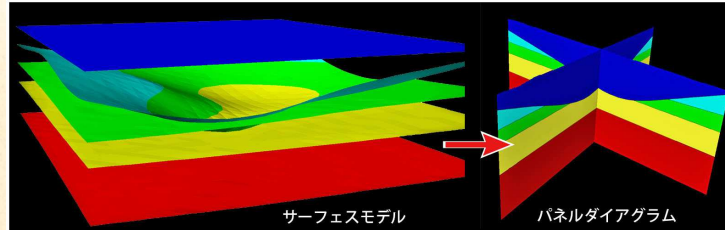


- ① 複雑な直層構造の例：複雑な地層を区分して境界面を推定するためには、極めて多くのボーリングや横坑掘削・観察などが必要。⇒ コスト的に現実的ではない可能性がある。
- ② 閉じた空間の例：閉鎖空間の二次元形状そのものが、地質やダム技術者の推定したモデル。⇒ これを三次元に拡張するには、直行断面の調査などが必要。
- ③ 指交関係(インターフィンガー)：同時期に堆積した2種類の地層が、左右の手の指を重ね合わせたようになっている。⇒ 地層境界面の数学モデル自体の作成が困難である。
- ④ ブロック状構造：矢印の物理探査結果からサーフェスモデルを作成するのは困難。⇒ 三次元物理探査結果から直接ボクセルモデルを作成すべき

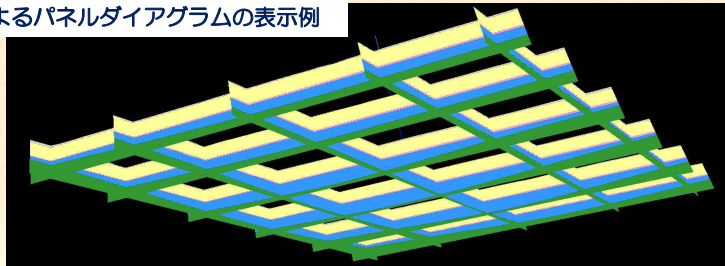
2.7 パネルダイアグラム

36

- ★地層境界面が交差するサーフェスモデルの場合、交差の条件等によっては、断面図のデータがポリゴンではなく(断続した)ポリラインとして出力されることがあるので、三次元CAD を使用してポリラインをポリゴンに修正する。
- ★作成したポリゴンに属性データとのリンク用の「ID」を付加する。



WebGL によるパネルダイアグラムの表示例



3.CIM対応三次元地盤モデルの構築を支援するウェブサイト

37

- ① URL : <https://geonews.zenchiren.or.jp/cim3d/index.html>
- ② 開発理念： 利用者が公開用ウェブサイトアクセスするだけで利用できる。
- ③ 電子納品等の支援サイト： 電子納品と電子成果品の二次利用を支援するプログラムを利用できるウェブサイト。
- ④ 三次元地盤モデル作成支援サイト： ボーリング交換用データからサーフェスモデルを作成できるプログラムを利用できるウェブサイト。
- ⑤ 三次元地盤モデルデモサイト： 本書を執筆する過程で作成した三次元地盤モデルを閲覧することができるウェブサイト。
- ⑥ 研究報告書・プレゼン用資料： 本書の他に、研究報告書やJACIC 報告会等でのPPT 資料をダウンロードできるウェブサイト。いずれも「CC-BY」ライセンス付きで公開されている。

⇒ 次の発表枠で報告し、本発表では割愛する。

4.実践に基づく三次元地盤モデルの作成手順

38

★三次元地盤モデル(形状データ)を実際に作成し、これらの標準や方法、
更には完成した三次元地盤モデルの有効性や実用性などを評価した。

4.1 ボーリングモデル

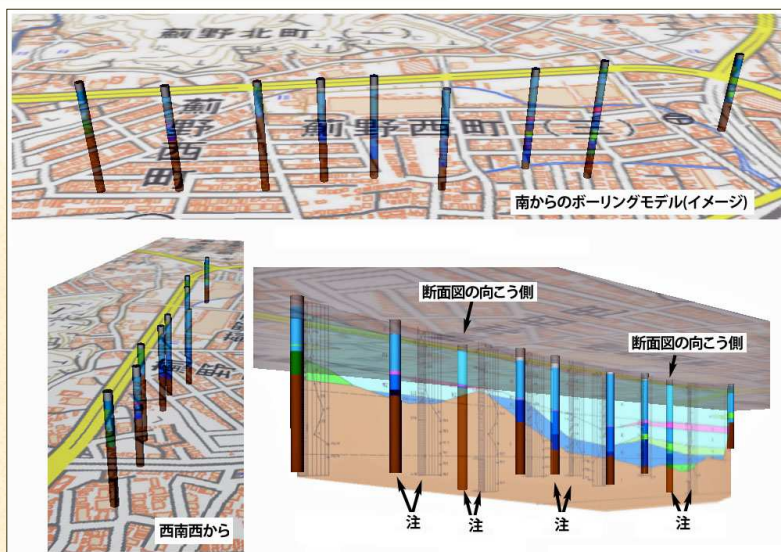
作成手順

1. 地質区分凡例の作成
2. 地質区分凡例色の作成と、パラメータファイルへ保存
3. ボーリング交換用データに地質区分を入力
4. ツールを使用してボーリングモデル(イメージ)の作成
5. モデルの整形(イメージを孔底で切断)
6. 3D-Viewer登録データ作成
7. 3D-Viewerで可視化処理

ID	年代	地層	地層・岩体区分	順序	手順2	手順3	手順4
Kochi-Geo-B	完新世	沖積層	埋土	B	8	<地層岩体区分>+ <地層岩体区分_上端深度>0.00</地層岩体区分_上端深度> <地層岩体区分_下端深度>0.70</地層岩体区分_下端深度> <地層岩体区分_地層岩体名>B</地層岩体区分_地層岩体名>+ </地層岩体区分>+ <地層岩体区分_上端深度>0.70</地層岩体区分_上端深度> <地層岩体区分_下端深度>5.80</地層岩体区分_下端深度> <地層岩体区分_地層岩体名>M1</地層岩体区分_地層岩体名>+ </地層岩体区分>+ <地層岩体区分_上端深度>5.80</地層岩体区分_上端深度> <地層岩体区分_下端深度>8.70</地層岩体区分_下端深度> <地層岩体区分_地層岩体名>S1v</地層岩体区分_地層岩体名>+ </地層岩体区分>+	
Kochi-Geo-M1			粘性土層	M1	7		
Kochi-Geo-G1			礫質土層	G1	6		
Kochi-Geo-S1v			砂質土層	S1v	5		
Kochi-Geo-M2			粘性土層	M2	4		
Kochi-Geo-M3	更新世	洪積層	粘性土層	M3	3	<地層岩体区分_上端深度>5.80</地層岩体区分_上端深度> <地層岩体区分_下端深度>8.70</地層岩体区分_下端深度> <地層岩体区分_地層岩体名>S1v</地層岩体区分_地層岩体名>+ </地層岩体区分>+	
Kochi-Geo-G2			礫質土層	G2	2		
Kochi-Geo-RW			基盤面	RW	1		

4.1 ボーリングモデル

39



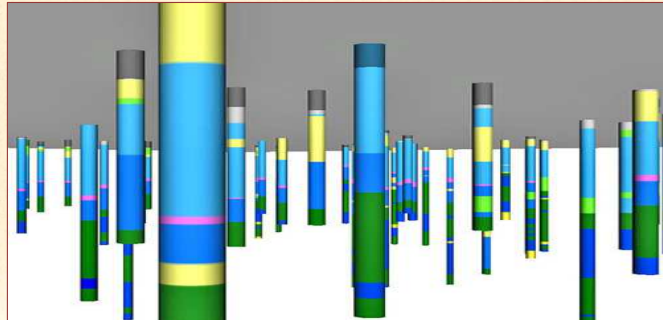
ボーリングモデルの三次元表示(例)

注は同じボーリングを示している。
断面図の位置が間違っている。

4.1 ボーリングモデル

40

- ★従来の柱状図の位置関係を把握するために、ビューアの三次元仮想空間上で他のコンテンツ類と同時に表現できる。
- ★属性データを作成する過程で、当該地層の特徴(地盤データ)を整理できる。
⇒ 後続の地質調査による新しい知見が得られた場合にも対処しやすい。
- ☆三次元的表示では、手前の対象物は大きく、遠くは小さく表現される。
⇒ 遠くでは柱状図記号などは読み取れない。
※ 微細な構造変化を捉えるより、地質構造を大局的に把握するために利用
※ 柱状図をクリックすると、正規の柱状図が表示されるような仕掛けが必要。



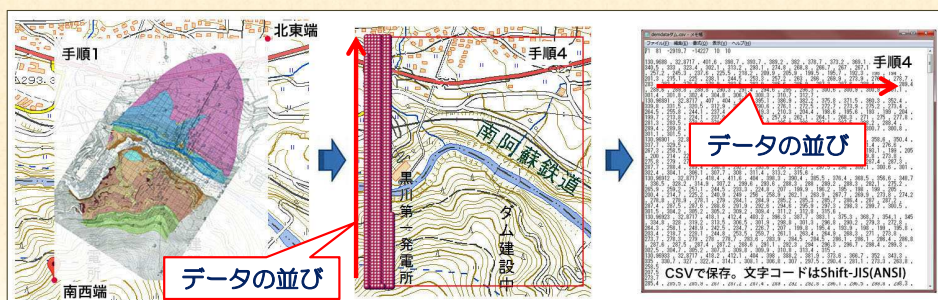
4.2 テクスチャモデル

41

作成手順

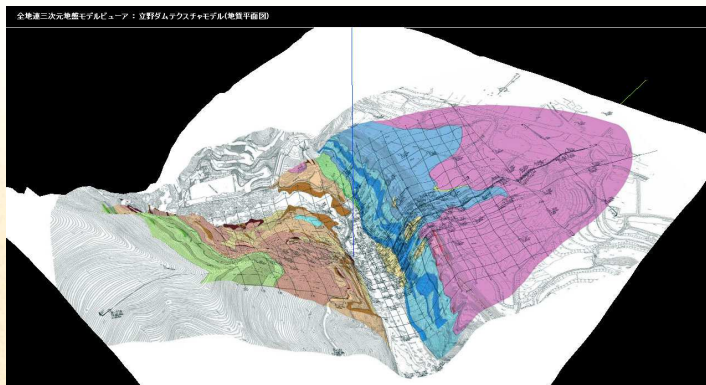
1. 地質平面図等の座標確定：図面を真北に合わせ、南西端と北東端の座標を読み取る。
2. 直角平面座標を求める：国土地理院のウェブサイトなど
3. メッシュの諸元を確定：ワイヤーフレームの始点・終点、間隔、個数などを決定する。
4. 標高データを取得する：標高データ取得ツールを使用する。
5. 3D-Viewer登録データ作成
6. 3D-Viewerで可視化処理

注 貼り込む図は90°
右回転すること。



4.2 テクスチャモデル

42



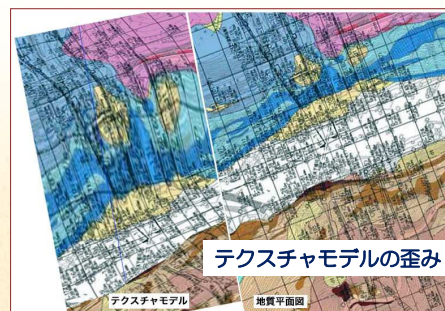
テクスチャモデルの三次元表示(例)



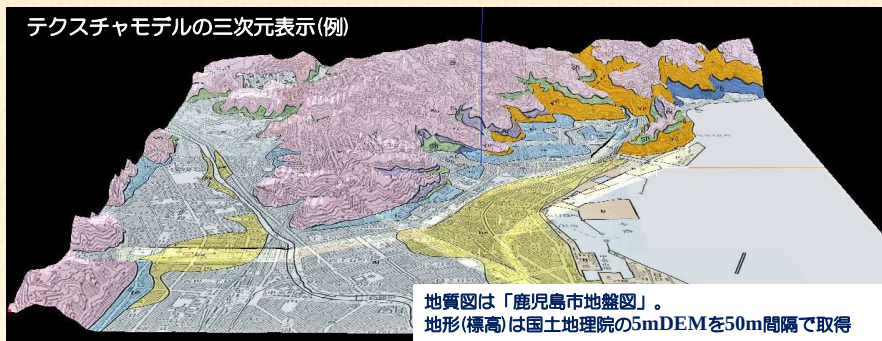
4.2 テクスチャモデル

43

- ★DEMを併用することにより、三次元ビューアの仮想空間上で、自由な方向から観察できるため急崖部などを把握しやすい。
- ★住民や議会などで行われる事業説明会などでの利用が最も有効だろう。
- ☆遠近効果により、遠い部分の細部を読み取ることが難しい。
- ☆DEMで構成されたメッシュ面に平面図を貼り込むことによる歪みが発生する。



テクスチャモデルの三次元表示(例)



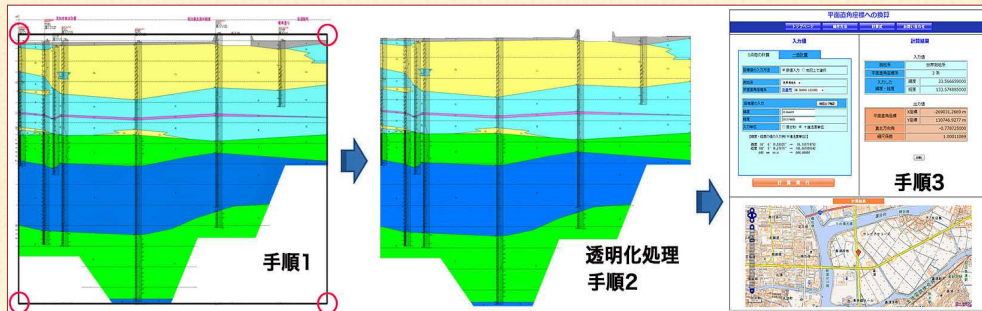
地質図は「鹿児島市地盤図」。
地形(標高)は国土地理院の5mDEMを50m間隔で取得

4.3 準三次元断面図

44

作成手順

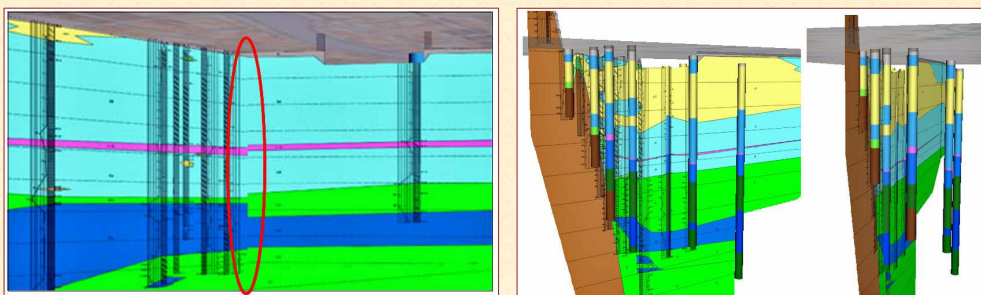
1. 断面図の表示範囲確定(下図の赤丸点参照)
2. 断面図の調整：範囲を切りだして透明化处理。gif か png で保存。
3. 断面図の座標取得(国土地理院「平面直角座標への換算」など)
4. 断面図の標高取得(標高縮尺による)
5. 3D-Viewer登録データ作成
6. 3D-Viewerで可視化处理



4.3 準三次元断面図

45

- ★ボーリングモデルとの併用により、地質断面図の作成のために使用したボーリングと、使用しなかったボーリングを同時に表示できる。
⇒ 地質構造の空間的な広がり方への把握に役立つ。
- ★断面図を交差させることにより、地質断面図の矛盾が比較的簡単に判明する。
⇒ 地質調査成果の品質向上に寄与する
- ☆遠い部分では細部を読み取ることが比較的难度いため、詳細設計図面としての利用は困難である可能性が高く、大構造の把握のような地質構造等の概観での利用。



5.CIM対象ごと(分野別)の三次元地盤モデルの事例

46

CIMの対象	細 目	三次元モデルの作成段階	手順書	本資料
構造物基礎	杭基礎, 橋梁基礎	企画・計画, 調査, 施工	○	
道 路	トンネル	企画・計画, 調査, 施工	○	○
河川堤防	土構造物	調査(照査・改築), 施工(改築), 維持・管理	○	○
ダ ム	堤 体	企画・計画, 調査, 施工	○	
土 工	切土, 堤体材料	企画・計画, 調査, 施工	○	○
道 路	斜 面	維持・管理(防災点検)		
地すべり		調査(機構解析), 施工(対策工事)		
全 般	地震動予測	調査		

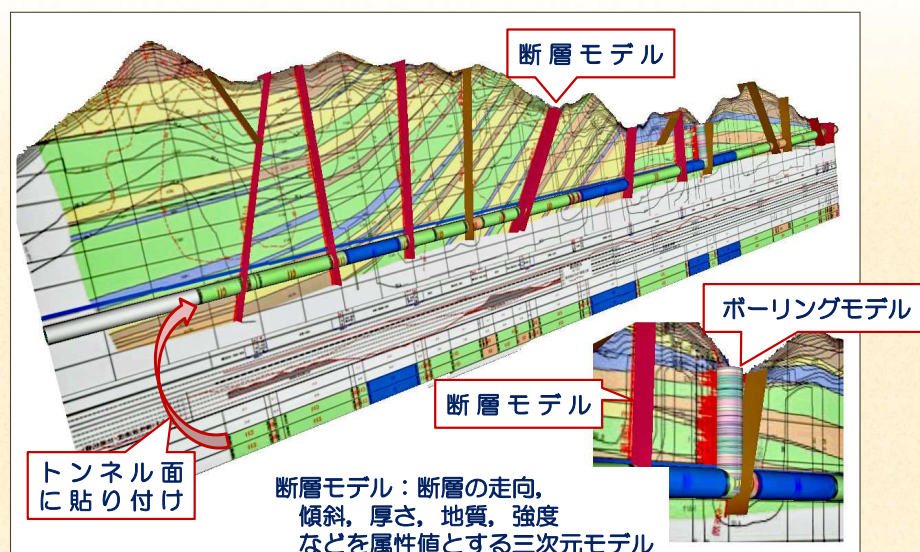
★各対象ごとに「三次元地盤モデルを作成する目的」, 「仕様の提案」, 「CIMの段階との関わり」, 「属性データ」及び「形状データに関連づける地盤情報」などについて記載した。

★三次元地盤モデルを作成するCIM 段階は固定ではなく, 設計・施工・維持管理のいずれの段階でも, 必要が生じた時点で作成すればよい。

5.3 道路(トンネル)

47

形状のイメージ



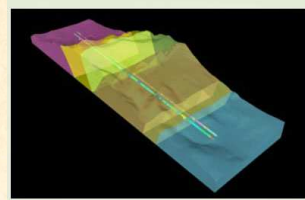
准三次元断面図(トンネル地山評価断面図)の三次元表示例

5.3 道路(トンネル)

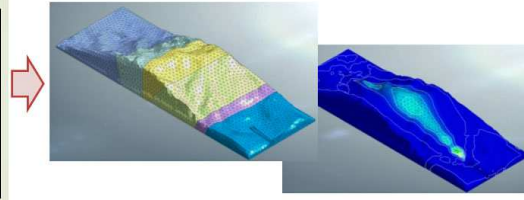
48

三次元地盤モデルの種類：道路(トンネル)

モデル名称	説明
ボーリングモデル	地層岩体区分が実施されているボーリングデータ
テクスチャモデル	三次元地形表面に地質平面図などを貼り付けたモデル
准三次元断面図	従来手法の地質断面図に空間情報を付与したモデル
パネルダイアグラム	サーフェスモデルから作成された任意断面
サーフェスモデル	地層境界面・物性値境界面・総合解析境界面モデル
ソリッドモデル	ボクセルモデル(主として物性値) 例・坑口からの湧水予測等のための三次元地下水モデル作成 ・軟岩や破碎帯、近接施工などのための三次元力学解析モデル作成



全体 CIM モデル



3次元 FEM (メッシュと解析結果の一例)

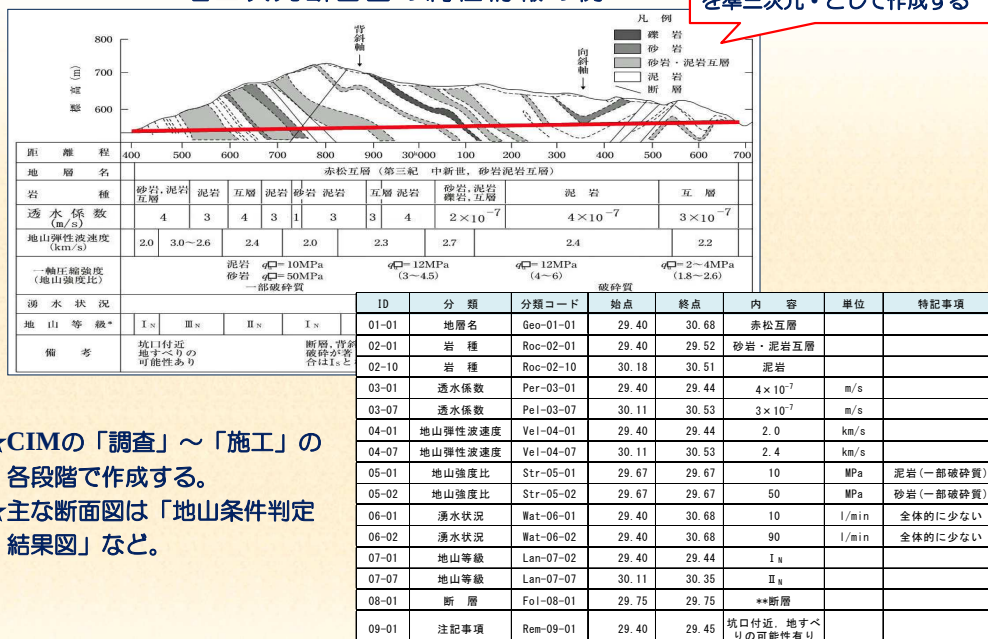
出典：(一社)日本建設業連合会：2015施工CIM事例集

5.3 道路(トンネル)

49

准三次元断面図の属性情報の例

実際は、地山条件判定結果図を準三次元・として作成する



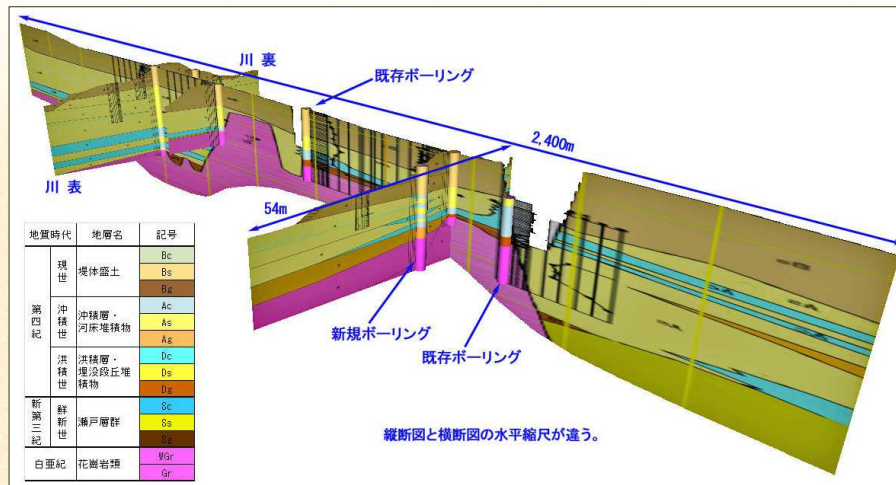
☆CIMの「調査」～「施工」の各段階で作成する。

☆主な断面図は「地山条件判定結果図」など。

5.4 河川堤防

50

形状のイメージ



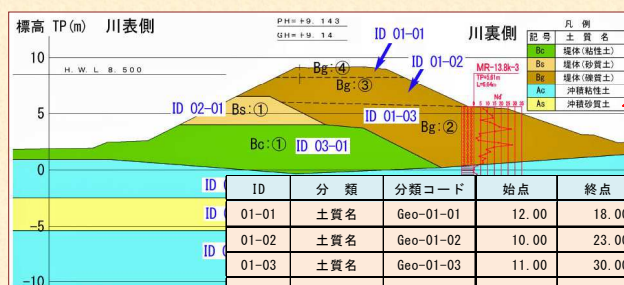
准三次元断面図(堤体)の三次元表示例

5.4 河川堤防

51

三次元地盤モデルの属性データ(河川堤防)

モデル名称	説明
ボーリングモデル	地層岩体区分などの登録情報
テクスチャモデル	貼り付ける地質平面図などに記載されている情報
准三次元断面図、パネルダイアグラム、ソリッドモデル	岩石・土名、N値、地盤強度、単位堆積重量、透水係数、圧密特性、粒度特性、塑性指数、緩み度などの値



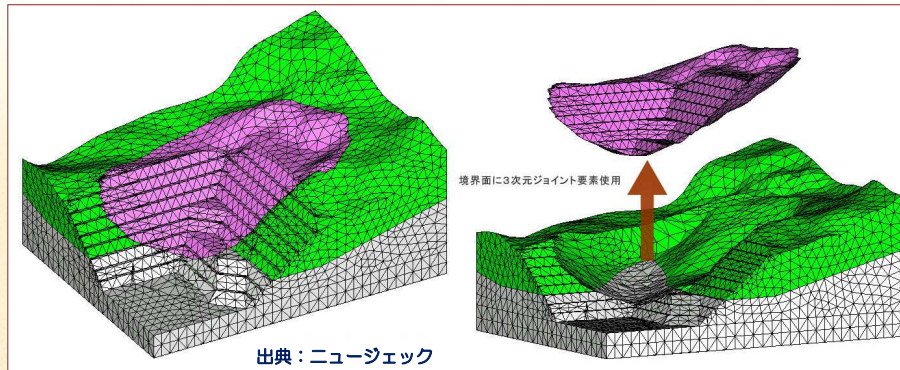
実際は、土質断面図を準三次元断面図として作成する

ID	分類	分類コード	始点	終点	土質記号	内容	工事履歴
01-01	土質名	Geo-01-01	12.00	18.00	Bg	堤体(礫質土)	T地区堤防嵩上工事
01-02	土質名	Geo-01-02	10.00	23.00	Bg	堤体(礫質土)	S第二築堤工事
01-03	土質名	Geo-01-03	11.00	30.00	Bg	堤体(礫質土)	N第二築堤災害復旧工事
02-01	土質名	Geo-02-01	8.00	15.00	Bs	堤体(砂質土)	昭和30年以前の旧堤防
03-01	土質名	Geo-03-01	0.00	20.00	Bc	堤体(粘性土)	昭和30年以前の旧堤防
04-01	土質名	Geo-04-01	0.00	30.00	Ac1	沖積粘性土	
05-01	土質名	Geo-05-01	0.00	30.00	As2	沖積砂質土	
06-01	土質名	Geo-06-01	0.00	30.00	Ac2	沖積粘性土	

5.6 土工(切土・堤体材料)

52

形状のイメージ



斜面切土の三次元地盤モデル例(三角錐モデル)

☆切土では，風化の状況に応じた境界面(例，強風化，弱風化，新鮮)を設定する。
 ☆堤体材料では，コンクリート骨材，(半)透水性材料，コア材(土質材料)といった観点から境界面を設定する。

5.6 土工(切土・堤体材料)

53

三次元地盤モデルの作成目的：土工(切土・堤体材料)

CIMの段階	目 的
企画・計画	・三次元視覚化による悲観的地質リスクの明示化 ・関係者間協議用の資料，住民説明用の資料の作成
調 査	・三次元視覚化による施工対象(切土，堤体材料等)と，地形・地山(地盤・地質)の位置関係の明確化 ・堤体材料の種類ごとの賦存量(採取可能量)の把握 ・道路斜面の切土量の把握 ・地質リスクの三次元把握による設計・施工への提言・助言
施 工	・三次元視覚化による施工対象(切土，堤体材料等)と，地形・地山(地盤・地質)の位置関係の明確化による施工性の向上 ・地質リスクの把握による施工時の安全確保

切土における悲観的地質リスクの例：

- ・地形：(活=第四紀)断層(線状模様，走向断層)，崩壊地，地すべり地，など
- ・地質：崩壊性地盤(地すべり堆積物，崖錐，崩積土，強風化岩)，風化の進行しやすい地盤(泥岩，凝灰岩，固結粘土など)，流れ盤状割れ目，地下水，など

- ★2年間の研究により，以下についてまとめることができた。
 - ☆三次元地盤モデルの種類(狭義の一次元，準三次元，三次元)
 - ☆三次元モデルの基本的なデータモデルの提案
 - ☆三次元地盤モデルを作成(推定)方法の例示
 - ☆三次元地盤モデルに関する様々な課題点の整理と
- ★同じく，以下を開発することができた。
 - ☆地質調査の電子納品と電子成果品を支援するウェブサイト
 - ☆サーフェスモデルを推定できるウェブサイト
- ★いずれの成果も，特設のウェブサイトから無料公開中

ご静聴下さりありがとうございました。

Web 版ジオモデラーを使用したサーフェスモデルの推定

中田 文雄*・土屋 彰義*：安藤 潤*：坂森 計則*：和田 里絵*

Presumption of 3D Geologic Model using WEB Modeling System

Fumio NAKADA,* Akiyoshi TSUCHIYA*, Jun ANDOH*,
Kazunori SAKAMORI* and Rie WADA*

*一般社団法人 全国地質調査業協会連合会 Japan Geotechnical Consultants Association,
1-5-13, Uchikanda, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-0047, Japan E-mail: nakadaf@gupi.jp

キーワード：三次元地質モデル，システム開発，ウェブ技術

Key words：Three-dimensional geological model, System development,

日本情報地質学会2016年度シンポジウム
2016年11月18日(金)

1

Web版ジオモデラーを使用したサーフェスモデルの推定

- ★『三次元地盤モデル作成の手引き』より
 - 3. CIM 対応三次元地盤モデルの作成を支援するウェブサイト
- ★サンプルデータを使用したサーフェスモデルの作成(実践)
- ★おわりに

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会
○中田 文雄：土屋 彰義：安藤 潤：坂森 計則：和田 里絵

3.CIM対応三次元地盤モデルの構築を支援するウェブサイト

2

★URL：https://geonews.zenchiren.or.jp/cim3d/index.html

★開発理念：誰でも公開用ウェブサイトにアクセスするだけで利用できる。

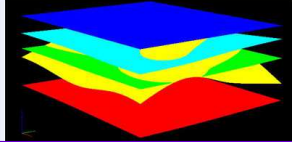
CIMに対応するための地盤情報共有基盤開発

ホーム 電子納品等の支援サイト 三次元地盤モデル作成支援サイト 三次元地盤モデル デモサイト 研究報告書・プレゼン用資料

ウェブサイトの特長

このウェブサイトは、右図のような三次元地盤モデル(サーフェスモデル)を推定する **全ての機能** を備えています。
その特徴は、

- ① 「地層面」と「浸食・堆積面」で構成される、10層までのサーフェスモデルを推定し、形状データの保存ができます。
⇒ 断面のような切断面を持つ場合は、自分で論理モデルを作成すれば、サーフェスモデルの作成は可能です。
- ② ボーリング交換用データ(XML)の「地層岩体区分タグ」に、「地層記号※」が登録されている場合は、坑口位置の平面直角座標と、各地層の上面標高などを自動的に計算して、「Terramod_BS」用の入力データを作成します。
- ③ 日本情報地質学会から公開されている「Terramod_BS」を改造して、平面直角座標系を換入するようにしました。
- ④ 国土地理院のウェブサイトから、メッシュ標高値を直接取得するので、正確な地表面形状をモデル化できます。
- ⑤ サーフェスモデルデータを「3D-DXF形式」で保存します。



メインメニュー

- 3.1 電子納品・電子成果品の二次利用を支援するウェブサイト
- 3.3 三次元地盤モデル作成支援用ウェブサイト
- 3.4 三次元地盤モデルのデモサイト
- ★研究報告書・プレゼンテーション等資料閲覧ウェブサイト

Powers by GCU, JSCA, GUPJ, KGE & CukaWorks, 2016

3.1 電子納品・電子成果品二次利用支援ウェブサイト

3

CIMに対応するための地盤情報共有基盤開発

ホーム **電子納品等の支援サイト** 三次元地盤モデル作成支援サイト 三次元地盤モデル デモサイト 研究報告書・プレゼン用資料

ウェブサイトの特長

このウェブサイトは、右図のような三次元地盤モデル(サーフェスモデル)を推定する **全ての機能** を備えています。
その特徴は、

- ① 「地層面」と「浸食・堆積面」で構成される、10層までのサーフェスモデルを推定し、形状データの保存ができます。
⇒ 断面のような切断面を持つ場合は、自分で論理モデルを作成すれば、サーフェスモデルの作成は可能です。
- ② ボーリング交換用データ(XML)の「地層岩体区分タグ」に、「地層記号※」が登録されている場合は、坑口位置の平面直角座標と、各地層の上面標高などを自動的に計算して、「Terramod_BS」用の入力データを作成します。
- ③ 日本情報地質学会から公開されている「Terramod_BS」を改造して、平面直角座標系を換入するようにしました。
- ④ 国土地理院のウェブサイトから、メッシュ標高値を直接取得するので、正確な地表面形状をモデル化できます。
- ⑤ サーフェスモデルデータを「3D-DXF形式」で保存します。

電子納品・電子成果品 二次利用支援サイト 管理ページ(サブホーム)

サブホーム 座標値の読取り処理 位置座標の確認処理 測地系の変換処理 メタデータの抽出処理 地盤データの抽出処理 土質試験結果表示

システム名称 主な機能 使用マニュアルなど

(1)位置座標値の読取りと確認処理(パソコン)

★中心点の座標値・メッシュコード、推定標高値、推定住所を表示します。
★指定した座標値と住所に地図の中心を移動し、マーキングします。
★産総研「シームレス地質図」や国土地理院「標高彩色図」などを種類の地図スタイルを閲覧できます。

(2)位置座標値の読取りと確認処理(スマートフォン)

★GPS測定した座標値を表示すると共に、地図上にマーキングします。
★GPS測定した座標値と住所に地図の中心を移動し、マーキングします。

サブメニュー

- 3.1.1 位置座標の読取り・確認処理(パソコン)
- 3.1.2 位置座標の読取り・確認処理(スマートフォン・タブレット)
- 3.1.3 地質・土質成果、ボーリング交換用データ 位置座標確認処理
- 3.1.4 ボーリング交換用データ 位置座標の測地系変換処理
- 3.1.5 ボーリング交換用データ → メタデータ抽出処理
- 3.1.6 原位置試験データ・土質試験データ抽出処理
- 3.1.7 土質試験データシート表示処理

3.1.1 位置座標の読取り・確認処理(パソコン)

中心座標値: WGS84(世界測地系) 東経:139度 45分 57.7997秒 (35.690373, 139.76605599999996) ジェンシュコード: 5339-4621-341
 経度: 139.7660555度 緯度: 35.690373度 北緯: 35度 41分 25.3428秒

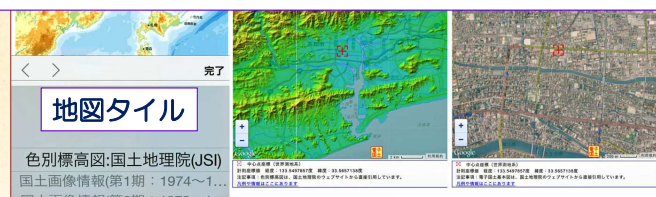
クリックするとメインメニューが閉じます。もう一度クリックすると開きます。何回でも可能です。

中心点の検索機能		中心点の移動機能その1		中心点の移動機能その2		オーバーレイコンテンツ	
中心位置の標準検索[国土地理院API] : 表示		座標値や住所を入力して[移動]ボタンを押すと、地図上にマークを表示します。 マーク消去				コンテンツの選択: 色別等高図・国土地理院(JSI)	
概略等高5.3m [出典:5m(レーザ)]		経度(10進) 139.7661275 度 緯度(10進) 35.690395 度 移動		住所/ランドマーク: 東京都千代田区内神田+13 移動 東京駅, 東京スカイツリーなどもok		透明 ☒ 薄い ☐ ☐ ☐ 濃い 表示 消去	
中心位置の住所検索[GoogleMapsAPI]: 検索		経度(60進) 139 度 45 分 58.059 秒 緯度(60進) 35 度 41 分 25.422 秒 移動					
日本, 〒101-0047 東京都千代田区内神田1丁目5-13 内神田TKビル							

3.1.2 位置座標の読取り・確認処理(スマートフォンなど)

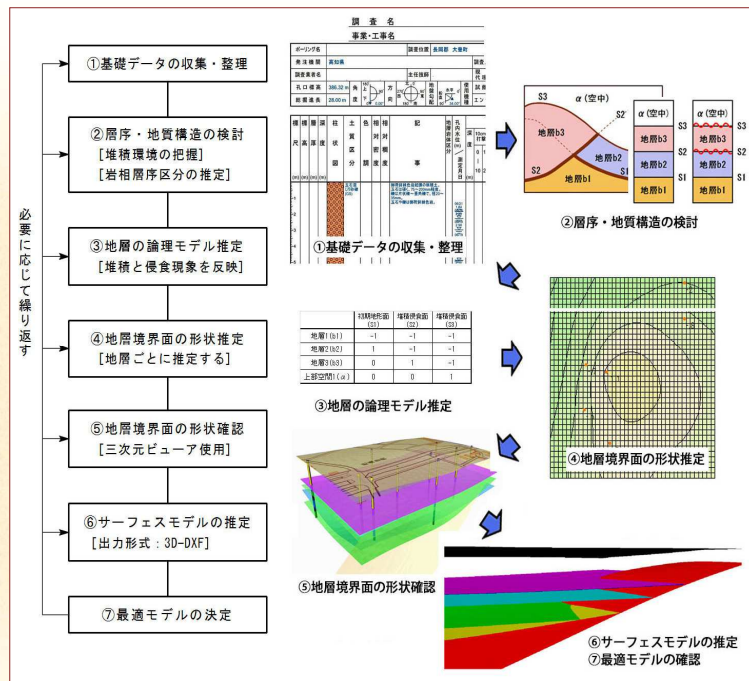
主な機能

- ★内蔵のGPSによる位置測定とデータの表示(単発と連続)
- ★地図の中心を測定位置に移動させる機能
- ★その他の機能は、パソコン版とほぼ同じ



2.5 サーフェスモデル (2) 形状データの作成手順 (再掲)

6



3.3 三次元地盤モデル作成支援用ウェブサイト

7

CIMに対応するための地盤情報共有基盤開発

三次元地盤モデル=サーフェスモデル

ホーム 電子納品等の支援サイト **三次元地盤モデル作成支援サイト** 三次元地盤モデル デモサイト 研究報告書・プレゼン用資料

ウェブサイトの特長

このウェブサイトの特長
①「堆積」
⇒ 断層
②「ボーリング」
⇒ 平面図
③「日本地図」
⇒ 国土データ
④「サーフェス」
⇒ サーフ
⑤「サーフェス」
⇒ サーフ
⑥「サーフェス」
⇒ サーフ
⑦「サーフェス」
⇒ サーフ
⑧「サーフェス」
⇒ サーフ
⑨「サーフェス」
⇒ サーフ
⑩「サーフェス」
⇒ サーフ
⑪「サーフェス」
⇒ サーフ
⑫「サーフェス」
⇒ サーフ
⑬「サーフェス」
⇒ サーフ
⑭「サーフェス」
⇒ サーフ
⑮「サーフェス」
⇒ サーフ
⑯「サーフェス」
⇒ サーフ
⑰「サーフェス」
⇒ サーフ
⑱「サーフェス」
⇒ サーフ
⑲「サーフェス」
⇒ サーフ
⑳「サーフェス」
⇒ サーフ
㉑「サーフェス」
⇒ サーフ
㉒「サーフェス」
⇒ サーフ
㉓「サーフェス」
⇒ サーフ
㉔「サーフェス」
⇒ サーフ
㉕「サーフェス」
⇒ サーフ
㉖「サーフェス」
⇒ サーフ
㉗「サーフェス」
⇒ サーフ
㉘「サーフェス」
⇒ サーフ
㉙「サーフェス」
⇒ サーフ
㉚「サーフェス」
⇒ サーフ
㉛「サーフェス」
⇒ サーフ
㉜「サーフェス」
⇒ サーフ
㉝「サーフェス」
⇒ サーフ
㉞「サーフェス」
⇒ サーフ
㉟「サーフェス」
⇒ サーフ
㊱「サーフェス」
⇒ サーフ
㊲「サーフェス」
⇒ サーフ
㊳「サーフェス」
⇒ サーフ
㊴「サーフェス」
⇒ サーフ
㊵「サーフェス」
⇒ サーフ
㊶「サーフェス」
⇒ サーフ
㊷「サーフェス」
⇒ サーフ
㊸「サーフェス」
⇒ サーフ
㊹「サーフェス」
⇒ サーフ
㊺「サーフェス」
⇒ サーフ
㊻「サーフェス」
⇒ サーフ
㊼「サーフェス」
⇒ サーフ
㊽「サーフェス」
⇒ サーフ
㊾「サーフェス」
⇒ サーフ
㊿「サーフェス」
⇒ サーフ

サブメニュー

3.3.2 (1) 地層境界面の形状推定用入力データの作成(入力データ)

3.3.3 (2) 地層の論理モデルの作成

3.3.4 (3) 標高データの取得

3.3.5 (4) Terramod_BS による地層境界面形状の推定

3.3.6 (5) サーフェスモデルの推定

3.3.7 (6) パネルダイアグラムの推定

3.3.8 (7) 三次元可視化処理(Web-GL)

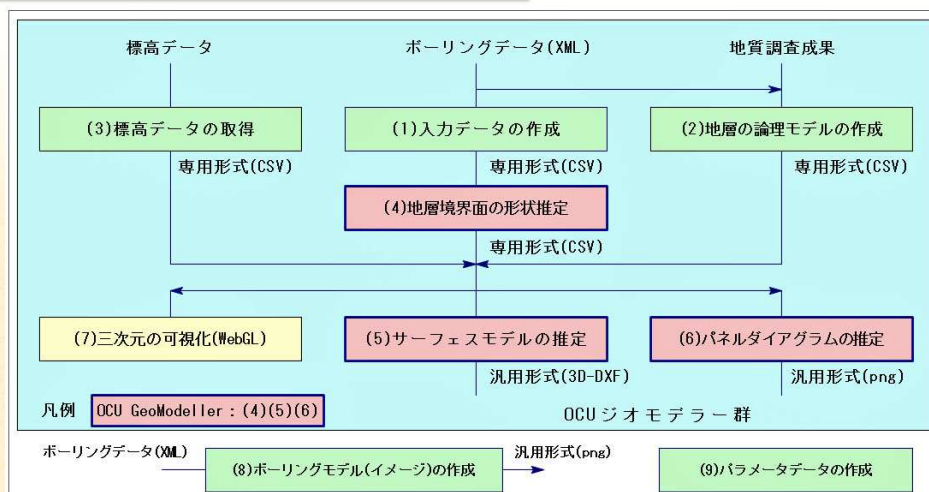
3.3.9 (8) 三次元表示用ボーリングモデル(柱状図)の作成

3.3.10 (9) パラメータデータの作成

Power by OCU, JGCA, GUPi, KGE & CubeWorks, 2016

OCU GeoModeller：升本 眞二・野々垣 進・サラウット ニンサワット・岩村 里美・櫻井健一・生賀 大之・ベンカテッシュ ラガワン・塩野 清治：Web-GISを用いた3次元地質モデル構築システム，情報地質，vol.20，no.2，pp.94-95，2009
注 OCU：Osaka City University（公立大学法人 大阪市立大学）

9



★地層の論理モデルが違うと、推定結果に不具合が生じるため、手順(2)の判断が最も重要。

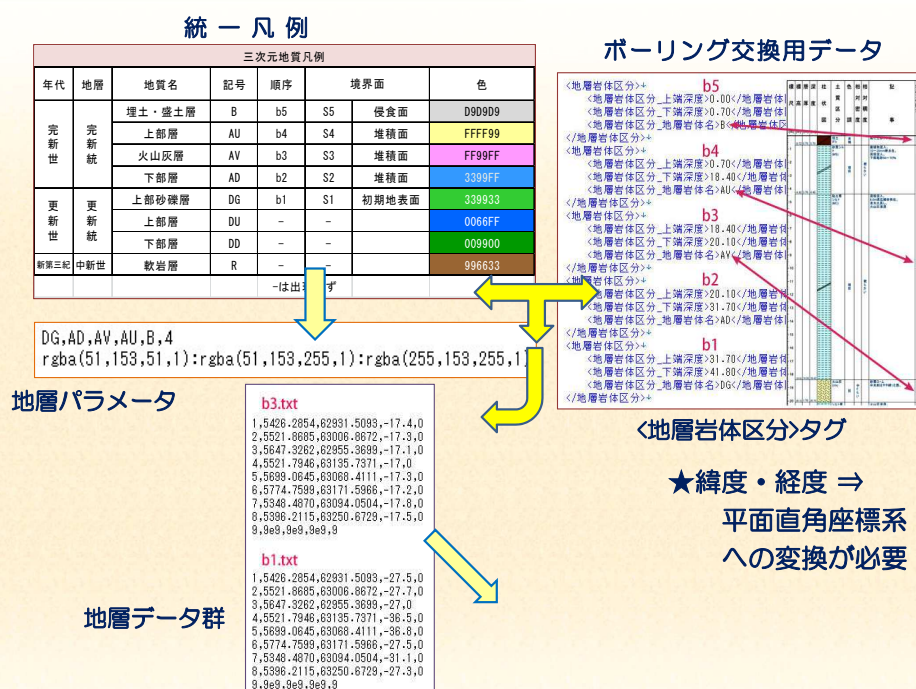
ウェブ版OCU GeoModellerを構成するプログラム群

10

名 称	主 な 機 能
(1) 入力データの作成	・ボーリングデータ (XML) から、地層境界面の三次元形状を推定する ・ツールに必要な入力データ群を作成する。 ・ボーリングの経緯度から直交座標値を計算する機能がある。
(2) 地層の論理モデルの作成	・地層境界のサーフェスモデルを作成する際に必要となる論理モデル (堆積、浸食・堆積) データを作成する。
(3) 標高データの取得	・国土地理院のウェブサイトから、(4) で設定するメッシュ座標の標高を自動的に入手する。
(4) 地層境界面の推定 (Terramod_BS)	・(1) のデータに対して、Bスプライン関数を利用した推定法により、地層境界面の三次元形状を推定する。 ・出力は、地層境界面のメッシュ (四角) 標高データである。
(5) サーフェスモデルの推定	・(4) で得られた地層境界面のメッシュ標高データと、(2) で得られた各境界面の論理モデルからサーフェスモデルを推定し、3D-DXF形式で出力する。
(6) パネルダイアグラムの推定	・(4) で得られた地層境界面のメッシュ標高データと、(2) で得られた各境界面の論理モデルからサーフェスモデルを推定し、任意断面のパネルダイアグラム (イメージ) を出力する。
(7) 三次元の可視化 (WebGL)	・Web-GI 技術を利用して (3) と (4) の出力データを三次元で可視化する。 ・ボーリングモデルのイメージも合わせて可視化できる。 (現時点で公開準備中)
(8) ボーリングモデル (イメージ) の作成	・柱状図を仮想的な三次元円柱として描画し、その外周に貼り付ける柱状図イメージ (png) を作成する。
(9) パラメータデーの作成	・(1) (5) (6) (8) で使用するパラメータファイルを作成する。 ・事前に、地層名の統一凡例とカラーコードを決めておく必要がある。

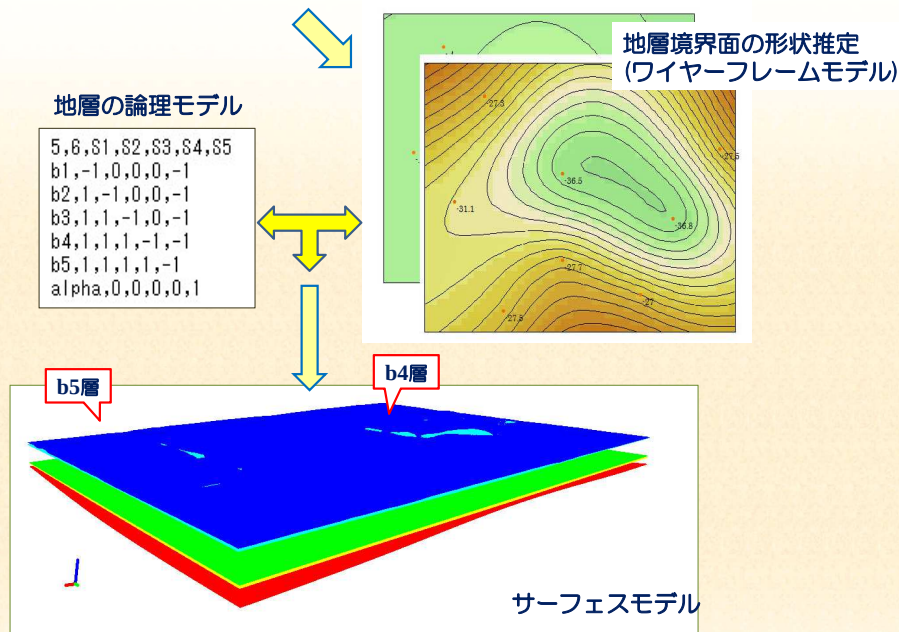
【参考】ボーリングデータからサーフェスモデルへ

11



【参考】ボーリングデータからサーフェスモデルへ

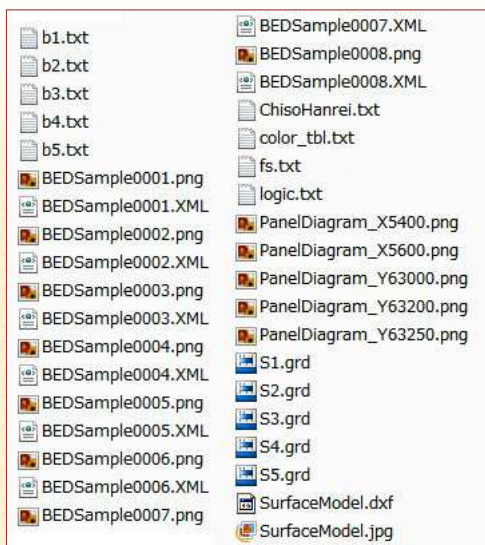
12



サンプルデータを使用したサーフェスモデルの作成

13

サンプルデータ



※n: 1~5~8

- **bn.txt**: 「X, Y, Z, I」形式で保存した地層の上面標高
- **BEDSample000n.png**: ボーリングイメージ
- **BEDSample000n.XML**: ボーリングデータ
- **ChisoHanrei.txt**: 当該地域の統一凡例とカラーコード
- **color_tbl.txt**: 地層の色コードの指定ファイル (パネルダイアグラム)
- **fs.txt**: 地層境界面の形状データファイル群の記載ファイル。S1(基盤層) ⇒ S5(地表面)
- **logic.txt**: 地層の論理モデルファイル
- **PanelDiagram-X5400.png**: X位置5400mのパネルダイアグラム
- **Sn.grd** 地層境界面の形状を記載したファイル群
- **SurfaceModel.dxf**: サーフェスモデルの例
- **SurfaceModel.jpg**: 同上の確認結果

※赤字: デフォルトファイル名(変更可)

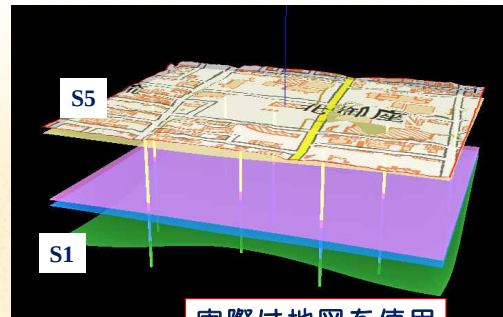
サンプルデータを使用したサーフェスモデルの作成

14

ボーリング位置(架空)とモデル作成範囲



三次元地盤モデル



実際は地図を使用

統一凡例

年代	地層	地質名	記号	地層	境界面	堆積/侵食	カラーコード
完新世	完新統	埋土・盛土層	B	b5	S5	堆積/侵食	217,217,217
		上部層	AU	b4	S4	堆積	255,255,153
		火山灰層	AV	b3	S3	堆積	255,153,255
		下部層	AD	b2	S2	堆積	51,153,255
更新世	更新統	上部砂礫層	DG	b1	S1	堆積	51,153,51

3.3.2 (1) 地層境界面の形状推定用入力データの作成(入力データ)

15

前提条件(パラメータファイル)

☆統一凡例の例: ChisoHanrei.txt

DG,AD,AV,AU,B,4

rgba(51,153,51,1):rgba(51,153,255,1):rgba(255,153,255,1):rgba(255,255,153,1):
rgba(217,217,217,1):

改行なし

☆地層境界面の形状データファイル群の例: fs.txt

☆地層の論理モデルファイルの例: logic.txt

☆地層の色コード指定ファイル

(パネルダイアグラム) の例: color_tbl.txt

S1.grd
S2.grd
S3.grd
S4.grd
S5.grd

fs.txt

5,6,S1,S2,S3,S4,S5
b1,-1,0,0,-1
b2,1,-1,0,0,-1
b3,1,1,-1,0,-1
b4,1,1,1,-1,-1
b5,1,1,1,1,-1
alpha,0,0,0,0,1

logic.txt

0 0 0 0
1 51 153 51
2 51 153 255
3 255 153 255
4 255 255 153
5 217 217 217
6 255 255 255

color_tbl.txt

3.3.2 (1) 地層境界面の形状推定用入力データの作成(入力データ)

16

☆ボーリングデータの留意点(必須登録データ)

<経度_度>133</経度_度>
<経度_分>33</経度_分>
<経度_秒>30.4077</経度_秒>
<緯度_度>33</緯度_度>
<緯度_分>34</緯度_分>
<緯度_秒>2.8401</緯度_秒>

<孔口標高>0.4</孔口標高>

<地層岩体区分>

<地層岩体区分_上端深度>0.00</地層岩体区分_上端深度>

<地層岩体区分_下端深度>1.10</地層岩体区分_下端深度>

<地層岩体区分_地層岩体名>B</地層岩体区分_地層岩体名>

</地層岩体区分>

<地層岩体区分>

<地層岩体区分_上端深度>1.10</地層岩体区分_上端深度>

<地層岩体区分_下端深度>17.80</地層岩体区分_下端深度>

<地層岩体区分_地層岩体名>AU</地層岩体区分_地層岩体名>

</地層岩体区分>

必須登録データ

★位置情報

(緯度・経度・標高)

★地層岩体区分

3.3.2 (1) 地層境界面の形状推定用入力データの作成(入力データ)

17

三次元地層モデル 作成支援サイト

ボーリング交換用データ⇒ OCU Geomodeler 入力データ変換処理

サブホーム 入力データ 論理モデル 標高データ 地層境界面推定 サーフェスマodeler リンクダイアグラム 三次元柱状図 パラメータ

お問い合わせ ボーリング交換用データ(BEDnnnn.XML)(注:大文字,DTD300&DTD210のみ)は,以下の参照ボタンで直接指定してください。選択は1件ずつです。表示後追加して選択(読み込み)ができます。
(CSVで保存)する場合は大文字一桁は必須です。また,その場で確認(ファイル)→[名前を付けて保存]→[文字コードをANSI(ASCII)]に見て確認する方が便利です。
或るのよう。動作可能なブラウザは,Firefox(34.x),Google Chrome(39.x),Opera(22.0),IE10以降です。IE8,IE9とIE10互換表示では動作しません。

地層データの選択 ファイルが選択されていません

ボーリングファイル(一基ずつ選択) ファイルが選択されていません 2016/8/31

Horizon形式(X,Y,Z,I形式)の表示

Powered by OCU, JSGA, GUPH, KGE & CubeWorks, 2016

入力データ

ChisoHanrei.txt

地層データの選択 ChisoHanrei.txt

ボーリングファイル(一基ずつ選択) BEDSample0008.XML

地層区分: DG: AD: AV: AU: B: 5層 座標系: 4

BEDSample0001.XML,高知市内某所地質調査委・,No.4,...,1.0,41.50,0.50,133.559477,5521.7946,33.569297,63135.7371,B,1,AU,0.7,AV,-17.4,AD,-19.3,DG,-27.5

BEDSample0002.XML,高知市内某所地質調査委・,No.5,...,0.9,41.00,0.35,133.561386,5521.7946,33.568689,63135.7371,B,0.9,AU,0.7,AV,-17.3,AD,-18.9,DG,-36.8

BEDSample0003.XML,高知市内某所地質調査委・,No.6,...,0.9,43.00,0.33,133.562202,5521.7946,33.569619,63135.7371,B,0.9,AU,-0.7,AV,-17.2,AD,-18.7,DG,-27.5

BEDSample0004.XML,高知市内某所地質調査委・,No.7,...,0.6,41.80,0.60,133.55761,5521.7946,33.568922,63135.7371,B,0.6,AU,-0.1,AV,-17.8,AD,-19.5,DG,-31.1

BEDSample0005.XML,高知市内某所地質調査委・,No.8,...,0.6,34.90,0.80,133.558125,5396.2115,33.570334,63250.6729,B,0.6,AU,-0.4,AV,-17.5,AD,-18.6,DG,-27.3

Horizon形式(X,Y,Z,I形式)の表示

3.3.2 (1) 地層境界面の形状推定用入力データの作成(入力データ)

18

**OCU Geomodeller 用入力データ
(Horizon 形式(X, Y, Z, I 形式))の出力**

The screenshot shows the OCU Geomodeller interface. On the left, there is a list of data points (X, Y, Z, I) for different horizons (DG, AD, AV, AU, B). In the center, a dialog box prompts to save 'b1.txt'. Below it, a file explorer shows the file saved in the 'data' directory. On the right, a text editor window displays the saved data in the following format:

```

DG
1,5426,2854,62931,5093,-27,5,0
2,5521,8685,63006,8672,-27,7,0
3,5647,3262,62955,3699,-27,0
4,5521,7946,63135,7371,-36,5,0
5,5521,7946,63135,7371,-36,8,0
6,5521,7946,63135,7371,-27,5,0
7,5521,7946,63135,7371,-31,1,0
8,5396,2115,63250,6729,-27,3,0
9,9e9,9e9,9e9,9

```

3.3.3 (2) 地層の論理モデルの作成

19

三次元地層モデル 作成支援サイト

地質の論理モデル作成

サブホーム 入力データ 論理モデル 構造データ 地層境界面 サーフェスモデル パネルダイアグラム 三次元柱状図 パラメータ

内容 OCU Geomodeller サーフェスモデルを指定する場合に必要な「地質の論理モデルデータファイル」を作成することになります。
 お取り扱い 地層境界面は「侵食面」と「侵食・侵食面」の2種類にのみ対応しています。
 動作可能なブラウザは、Firefox(34.x), Google Chrome(39.x), Opera(22.0), IE10以降です。IE8, IE9とIE10互換表示では動作しません。

地層の数(2~10) 5 ⇒ 層数決定 ⇒ モデル作成 ⇒ CSVで保存 2016-9-31

地層の数(2~10) 5 ⇒ 層数決定 ⇒ モデル作成 ⇒ CSVで保存

全ての侵食面にチェックしてください。

	5	6	S1	S2	S3	S4	S5
地表面	1	1	1	1	1	1	1
地層境界面	1	1	1	1	1	1	1
初期地表面	1	1	1	1	1	1	1
alpha	0	0	0	0	0	0	1

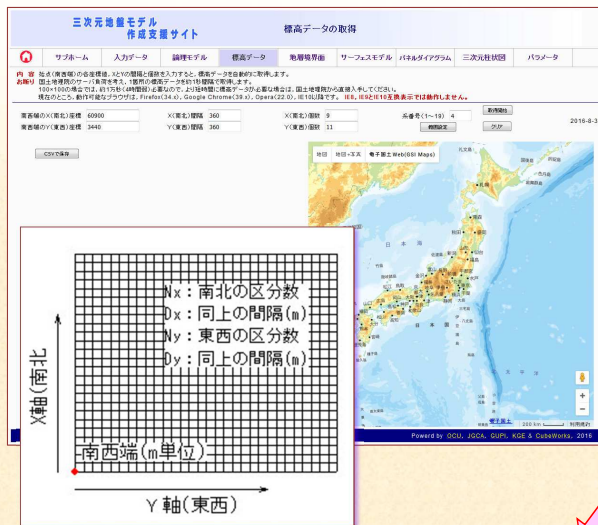
チェックで「侵食面」へ

全ての侵食面にチェックしてください。

	5	6	S1	S2	S3E	S4	S5
地表面	1	1	1	1	1	1	1
地層境界面	1	1	1	1	1	1	1
初期地表面	1	1	1	1	1	1	1
alpha	0	0	0	0	0	0	1

論理モデルは、以下のみ可能。
 「侵食面」と「侵食面」
 ☆地表面は、侵食面
 ☆際下境界面は、初期地表面
 ★断層などは非対応。

3.3.4 (3) 標高データの取得



☆南西端座標値(m 単位)

☆X軸(南北)とY 軸(東西)の間隔(Dx, Dy, いずれもm 単位)

☆区分数(N_x , N_y)

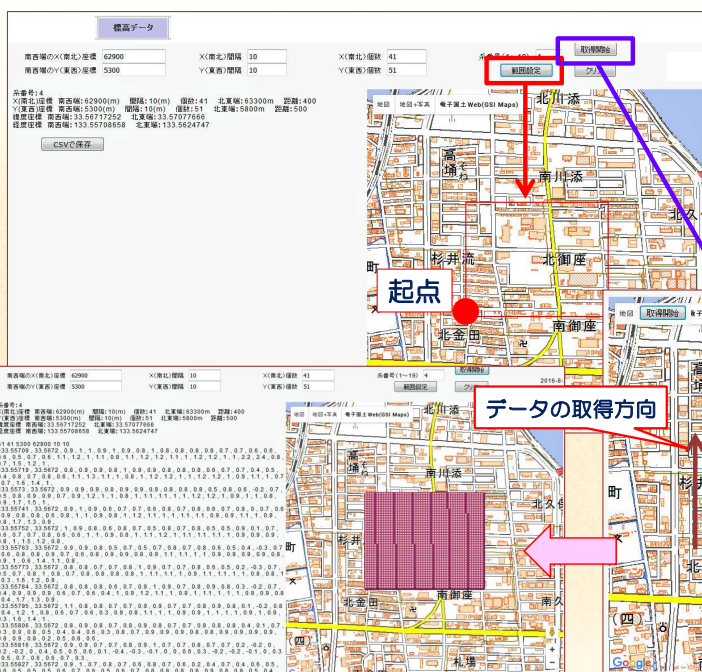
★国土地理院の公開API
により，直交座標値 ⇒
緯度・経度値の自動計算

★標高値の自動取得

★出力データ形式は、
(4)地層境界面の推定と
同一である

☆(4) 地層境界面の推定と
同じメッシュデータが
必要

3.3.4 (3) 標高データの取得



留意点
表示データには、
確認しやすいように

- ・ 側線の開始座標
- ・ 区切りは「,」

が付加されている。

3.3.5 (4) 地層境界面の推定(Terramod_BS)

22

★本プログラムは、当該処理の管理用ウェブページからダウンロードし、Windows PC にコピーして使用する(インストール必要なし)。

★CIM 対応として、

- ・位置データ形式：地層区分(層序)の位置情報(X, Y)と標高情報(Z)
- ・不等式を含む位置データ形式(位置データ+不等式(I))

★原プログラムとは違い、X=縦(南北)、Y=横(東西)に改良した。
⇒平面直角座標系に合わせてある。

三次元地盤モデル作成支援サイト Terramod_BS による(境界)面の三次元形状推定処理

サブホーム 入力データ 論理モデル 標高データ 地層境界面 サーフেসモデル パネルダイアグラム 三次元柱状図 パラメータ

お問い合わせ「Terramod_BS」は、アプリケーションプログラムです。OSがWindows7/8/10コンピュータで稼働します。以下のリンクから「地層境界面」をダウンロードし、任意のコンピュータにインストールしてください。

「Terramod_BS」のダウンロードはこちら(ZIP File)。

名前	更新日時	種類
Color1.txt	2013/03/20 17:05	テキスト ドキュ...
Color2.txt	2013/03/20 17:05	テキスト ドキュ...
Color3.txt	2013/03/20 17:05	テキスト ドキュ...
Color4.txt	2013/03/20 17:05	テキスト ドキュ...
Color5.txt	2013/03/20 17:05	テキスト ドキュ...
ColorShd.txt	2013/03/20 17:05	テキスト ドキュ...
Parameter.txt	2016/08/26 20:54	テキスト ドキュ...
ParameterReset.txt	2013/03/20 17:05	テキスト ドキュ...
Terramod_BS.exe	2016/08/26 21:24	アプリケーション

起動ファイル

3.3.5 (4) 地層境界面の推定(Terramod_BS)

23

平面直角座標系に留意

X=縦(南北) Y=横(東西)

No. Y X Z I

1,	5426.2854,	62931.5093,-	27.5,0
2,	5521.8685,	63006.8672,-	27.7,0
3,	5647.3262,	62955.3699,-	27,0
4,	5521.7946,	63135.7371,-	36.5,0
5,	5699.0645,	63068.4111,-	36.8,0
6,	5774.7599,	63171.5966,-	27.5,0
7,	5348.4870,	63094.0504,-	31.1,0
8,	5396.2115,	63250.6729,-	27.3,0
9,	9e9,9e9,9e9,9		

Terramod_BS 入力 BS-Horizon 読み込み エンター 表示 データ

測定データの入力

データ形式を選択してください

位置のみ (d, y, x, z)

位置、不等式 (d, y, x, z, I)

(平面直角座標系: 南北: y, 東西: x)

DEM情報

格子データファイル

読み込み

ファイル名

C:\Users\matador\KGE\DeskTop\81.txt

C:\Users\matador\KGE\DeskTop\81.txt

描画する図形の選択

格子線図 モノクロ陰影 エンター

カラー線図 カラー陰影 背景(黒)

カラーコンター 陰影カラーコンター 格子線

図の描画

描画

クリア

イメージサイズ

終了

3.3.5 (4) 地層境界面の推定(Terramod_BS)

24

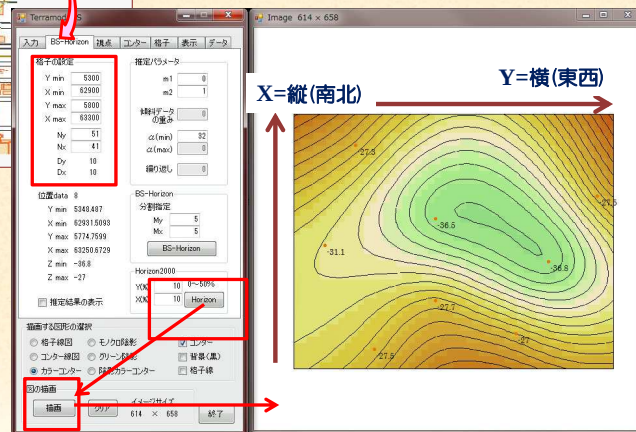
境界面の推定に使用するパラメータ
地表面の標高を取得したメッシュと同じ

☆始点と終点の各座標値は、パネル
ダイアグラムの推定時に必要な
で、別途記録しておくで良い。

※番号: 4
X(南北)座標: 南西端: 62900(m) 間隔: 10(m) 値数: 41 北東端: 63300m 距離: 400
Y(東西)座標: 南西端: 5300(m) 間隔: 10(m) 値数: 51 北東端: 5300m 距離: 500
緯度座標: 南西端: 33.55708658 北東端: 33.55708658
経度座標: 南西端: 133.55708658 北東端: 133.5624747



コンター描画用のパラメータ設定の説明は省略



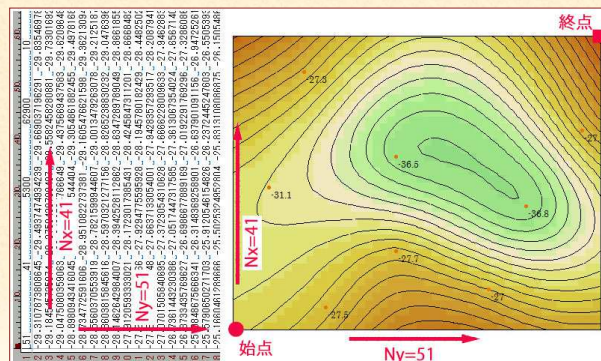
3.3.5 (4) 地層境界面の推定(Terramod_BS)

25

推定結果の保存



最新版は、小数点3桁に固定



★ダンプリストを左90° 回転すると、
等値線の向きに一致する。

3.3.6 (5)サーフェスモデルの推定

26

三次元地層モデル作成支援サイト

地層境界面のサーフェスモデルを推定する処理

作成支援サイト

ファイルのアップロード

論理モデル
モデルファイル

地層境界面ファイル名一覧
一覧ファイル

地層境界面データ
データファイル

処理実行
実行する

結果
結果は処理実行後に表示されます。

ダウンロード

3.3.7 (6)パネルダイアグラムの推定

27

三次元地層モデル作成支援サイト

サーフェスモデルから任意のパネルダイアグラムを推定する処理

カラーテーブルデータファイル

パラメータ

結果
結果は処理実行後に表示されます。

ダウンロード

★サーフェスモデルの作成処理に同じ

- ・論理モデルファイル
- ・地層境界面ファイル名一覧ファイル
- ・地層境界面データファイル

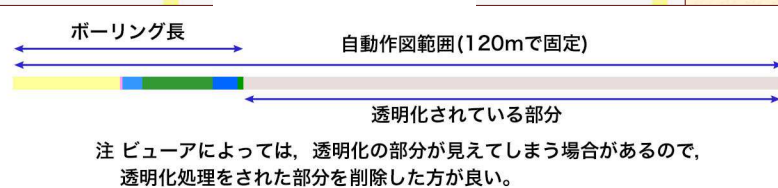
★主なパラメータ

- ☆断面サイズ幅・高：ピクセルで指定するイメージの大きさ
- ☆断面Z座標最低値・最高値：標高(m)で指定する断面高。
- ☆始点・終点座標：以下を参照 Terramod_BSのパラメータ
- ★境界線の有無：有/無から選択
- ★VRMLの出力：有/無から選択

28

- ボーリング交換用データの「**地層岩体区分**」タグに、**所定の地層情報**を入力
- 「**地層データ(CSV)**」が必要

イメージの編集作業



29

- **ChisoHanrei.txt** : 当該地域の統一凡例とカラーコード
- **color_tbl.txt** : 地層の色コードの指定ファイル(パネルダイアグラム用)
- **fs.txt** : 地層境界面の形状データファイル群の記載ファイル。
S1(基盤層) ⇒ S5(地表面)
- **logic.txt** : 地層の論理モデルファイル

パラメータ

地表面

地層の厚さ(2~10) 5

地層

地層番号	R(赤)	G(緑)	B(青)
地層 5 : B	217	217	217
地層 4 : AU	255	255	153
地層 3 : AV	255	153	255
地層 2 : AD	51	153	255
地層 1 : DG	51	153	51

R, G, B
0~255で指定

平面直角座標系
・系番号(1~19)

テキストエディタ
コピー・ペ、保存でもよい

カラーコード確認用

地表面データは、地図
(イメージ)にする場合
でも、必ず作成のこと。

- (9) パラメータデータの作成
- (1) 地層境界面の形状推定用入力データの作成(入力データ)
- (2) 地層の論理モデルの作成
- (3) 標高データの取得
- (4) Terramod_BS による地層境界面形状の推定
- (5) サーフェスモデルの推定
- (6) パネルダイアグラムの推定
- デモ [(7) 三次元可視化処理(Web-GL)]
- (8) 三次元表示用ボーリングモデル(柱状図)の作成

- ★簡単な三次元モデルの形状データを作成できる。
 - ⇒ より複雑な地層の論理モデルが必要な場合は、
(有料)の専門サーフェスマデラーを利用されたい。
- ★下流工程を勘案して、最も利用されているファイル形式(の一つ)での形状データのファイル形式を採用。
- ★三次元地質モデルの特徴
 - ・地層境界面の形状を忠実に復元するためには、
極めて多くのボーリングデータを必要とする。
 - ⇒ 設計に必要な精度を持つモデルの推定は困難。
 - ・三次元地質モデル作成のために、ボーリング箇所などを増やしてくれる保証は無い。
 - ⇒ VRの中に三次元モデルを表示する程度の利用しか望めないだろう。
- ◆地元説明(建設同意)，議会説明(予算獲得)

日本情報地質学会 シンポジウム2016

i-Const./CIM時代の地形・地質三次元モデリング

講演論文集

2016年11月18日 発行

発行 日本情報地質学会
〒101-0047 東京都千代田区内神田1-5-13
内神田TKビル3階
特定非営利活動法人 地質情報整備活用機構内
Tel. 03-6689-5353
