

CIM対応の三次元地盤モデル及び 仮想空間における表現例

- 最近の傾向と他分野の三次元モデル
- 三次元地盤モデル，種類，形状および属性データ
- 主な三次元地盤モデル
[ボーリングモデル，テクスチャモデル，準三次元地質断面図，
サーフェスモデル，ソリッドモデル，パネルダイアグラム]
- 【事例】地質層序と三次元地盤モデルの作成
- 3DCGによる三次元地盤モデルの表現

(NPO)地質情報整備活用機構

中田 文雄

最近の傾向

- 2018年3月：『CIM導入ガイドライン(案)改定版』を公開。
- 2017年12月：シンポジウム「-海洋資源調査産業の創出に向けて-」
のパネルディスカッション。 三次元音波探査などの成果を，
3DVR*ゴーグルを使用する三次元仮想空間の中で再現。
- 2017年3月：国土交通省は『CIM導入ガイドライン(案)』を公開。
- 2016年11月：全地連・JACIC『三次元地盤モデル作成の手引き』**)
を公開。

* 3DVR：Virtual Reality；仮想現実

** (一社)全国地質調査業協会連合会・

(一社)日本建設情報総合センター：2016年11月，

<https://www.zenchiren.or.jp/geocenter/guide/sanjigen.pdf>

注：本資料に記載した「三次元地盤モデル」は，

CIM導入ガイドライン(案)の「地質・土質モデル」

と同じモデルである。

CIM 導入ガイドライン（案）

第1編 共通編

平成30年3月

国土交通省

CIM 導入推進委員会

☆三次元CADで作成される構造物の三次元形状：

- ・部品メーカーなどから提供された**実寸値**に基づく**極めて正確な位置情報**。

☆UAV搭載型あるいは地上設置型のレーザプロファイラなどの計測結果から推定される地形の三次元形状：

- ・高密度の点群データに基づく**正確なDEM(緯度・経度, 標高)**。



三次元地盤モデル

【三次元地盤モデルのメリット】

- VR(仮想)空間内に、地層構造を大局的かつ動的に表現できるため、プレゼンテーション用の材料としては最適であろう。
- 任意の座標値による、複数のパネルダイアグラムを作成できる。
- 任意地点の柱状体モデルを作成できる。

【想定される利用目的の例】

- **企画・計画段階**：首長あるいは議会関係者など関係者間の協議用、あるいは住民説明用のプレゼンテーション資料として利用する。
- **調査段階**：地質と構造物の相対関係を三次元的に表現する。地質リスクを三次元的に表現する。動的解析用地盤モデル、あるいは地下水流動解析用水理地盤モデルなどの作成に利用する。
- **施行段階**：地質と施工中の構造物との相対関係を三次元的に表現する、または地質リスクを三次元的に表現するなどして施工計画へ反映させる。

【利用上の主な留意点】

- 三次元地盤モデルは、寸法の定まった部材の集合体ではなく、ボーリング柱状図あるいは地質断面図などから読み取った点群データを入力値とし、**コンピュータ演算結果を基にして地質・土質技術者の解釈を加えた推定(想像：イメージ)モデル**。従って、その形状には当然誤差が含まれており、現状では詳細設計に直接使用できるような精度は持っていないと考えるべきである。
- 三次元地盤モデルをVR空間内で表現する場合、透視投影法(遠近法)が用いられることが多く、結果的に遠くの形状は縮小表示されるので細部は表現できない。
- 複数の地層境界面が存在する場合、通常下位あるいは陰になっている部分の境界面は見えない。

CIMにおける三次元地盤モデルの種類と特長

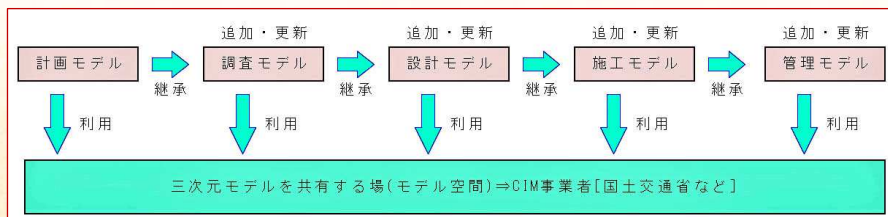
モデル名称		特記事項	
一次元	ボーリングモデル	ボーリング柱状図から層序等を抽出したモデル	
準三次元	テクスチャモデル	三次元地形表面に地質平面図などを貼り付けたモデル	
	準三次元地質断面図	従来手法の地質断面図に空間情報を付与したモデル	
三次元	サーフェスモデル		
	地層あるいは物性値層による境界モデル データ形式的には、ワイヤーフレームに面情報を付加		
	ソリッドモデル	B-reps	複数の境界面を組み合わせ、閉じた空間を構成する 内部空間には、必ず属性情報を付与する
		ボクセル	ボックスセルまたは接点のいずれかに属性データを付与
		柱状体	平面的にはセル、深さ方向は地層境界であるモデル
パネルダイアグラム		サーフェスモデルなどから作成された任意の断(平)面	

- 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**」と呼ぶ(全地連見解)。

三次元地盤モデルとモデルデータ

7

- 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：形状データと属性データ



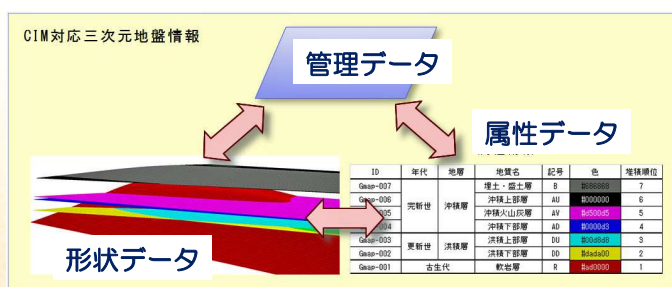
出典：『CIM導入ガイドライン(案)－H30/3』

	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 (施工計測結果でデータ管理)

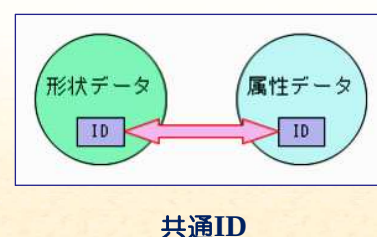
出典：『三次元地盤モデル・成の手引き』

三次元地盤モデルのデータ構成

8



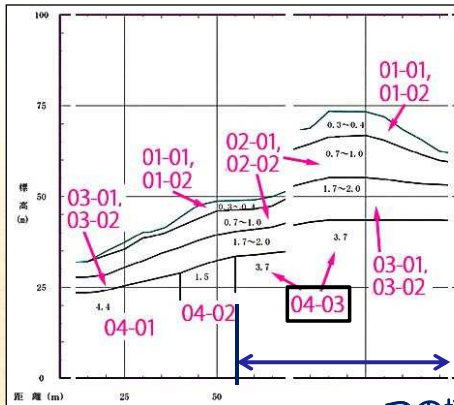
出典：『CIM導入ガイドライン(案)－H30/3』



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。 ・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。

注：「形状データ」は「形状情報」と同じ意味で使用している。以下同様。

出典：『三次元地盤モデル・成の手引き』



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

一つの境界(地層)内で、複数の属性データが必要。

ボーリングデータの属性データ					ジョイントデータ		サーフェスモデルの属性データ						
ID	堆積 順位	年代	岩石・土名		堆積 順位	年代	ID	年代	地層	地質名	記号	色	堆積順位
BEDnnn1-01	11	完新世	埋土・埋土層	B	B	B	Gmap-007	完新世	完新統	埋土・盛土層	B	D8D8D8	7
BEDnnn1-02	10	完新世	第1粘性土層	M1	M1	AU	Gmap-008			上部層	AU	FFFF99	8
BEDnnn1-03	9	完新世	第1礫質土層	G1	G1	AU	Gmap-005			火山灰層	AV	FF99FF	5
BEDnnn1-04	8	完新世	第1砂質土層	S1	S1	AU	Gmap-004			下部層	AD	3399FF	4
BEDnnn1-05	7	完新世	火山灰層	S1v	S1v	AV	Gmap-003	更新世	更新統	上部層	DU	339933	3
BEDnnn1-06	6	完新世	第2粘性土層	M2	M2	AD	Gmap-002			下部層	DD	009900	2
BEDnnn1-07	5	更新世	第2礫質土層	G2	G2	DU	Gmap-001			古生代		軟岩層	R
BEDnnn1-08	4	更新世	第3粘性土層	M3	M3	DU							
BEDnnn1-09	3	更新世	第3礫質土層	G3	G3	DD							
BEDnnn1-10	2	更新世	第4礫質土層	M4	M4	DD							
BEDnnn1-11	1	古第三紀	砂岩・泥岩層	RW	RW	R							

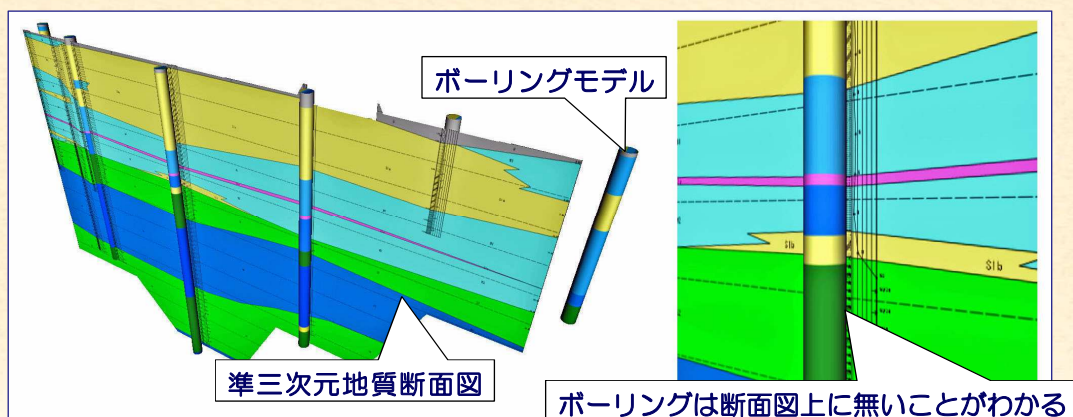
ジョイントデータによって、
2種類の属性データを結合。

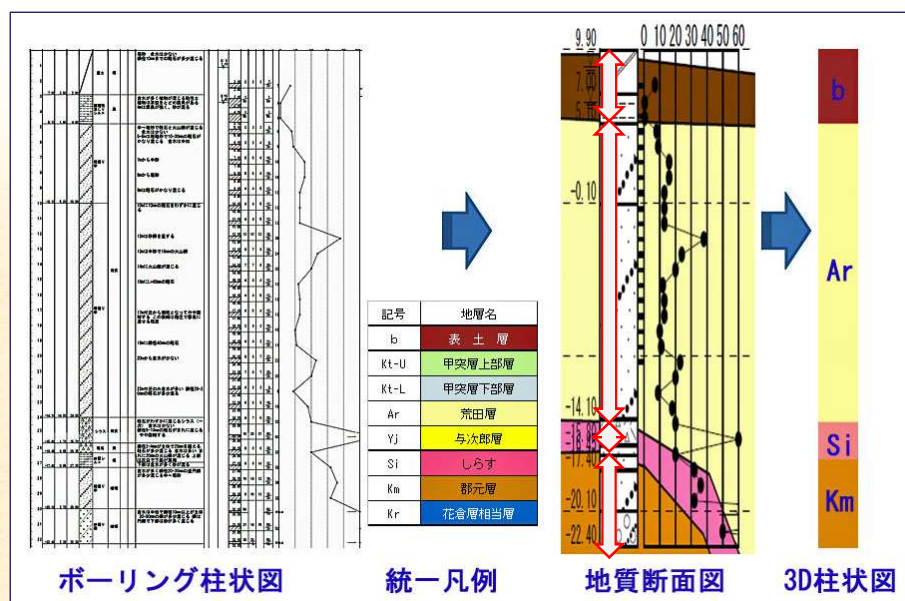
ジョイントデータによって、2種類の属性データを結合。

ボーリングモデル(一次元モデル)

10

- ボーリング柱状図のように長さ(深さ)方向の値を持つモデル。
- 孔口の「ポイント三次元座標値」を使用して、地層境界の深度情報から地層境界のポイント(緯度・経度と標高)を二次利用する。
- 3D空間としては「円柱モデル」で表現する。
- 遠近法を利用して表現されるため、遠方は縮小表現される。
⇒ 複雑な絵柄ではなく、色だけで地質を表現する(と良い)。

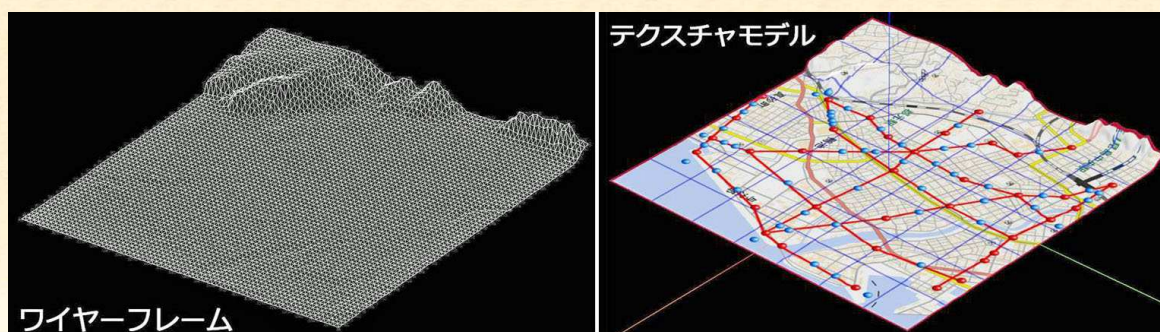


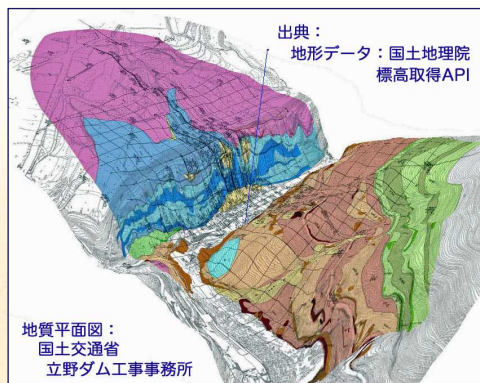


- 当該地域の統一地質凡例(層序表)の策定が最も重要。
- ボーリングモデルは、断面図作成に使用した地層境界面を使用する

テクスチャモデル(準三次元モデル)

- データ形式的には、三次元地形表面(ワイヤーフレーム)に地質平面図など「面の情報(テクスチャ)」を貼り付けたモデル。
- 地質平面図の場合、完全な三次元地盤モデルにはならないが、以下の利用価値があると思われる。
 - 建設事業の企画や計画段階で、事業予定地の地形・地質の概要あるいは地質リスクを視覚的に把握する
 - 事業内容を議会や住民に説明する
- 地形データは ① 国土地理院の10mあるいは5mDEM, ② 各種レーザスキャナによるDEMなどを使用する。

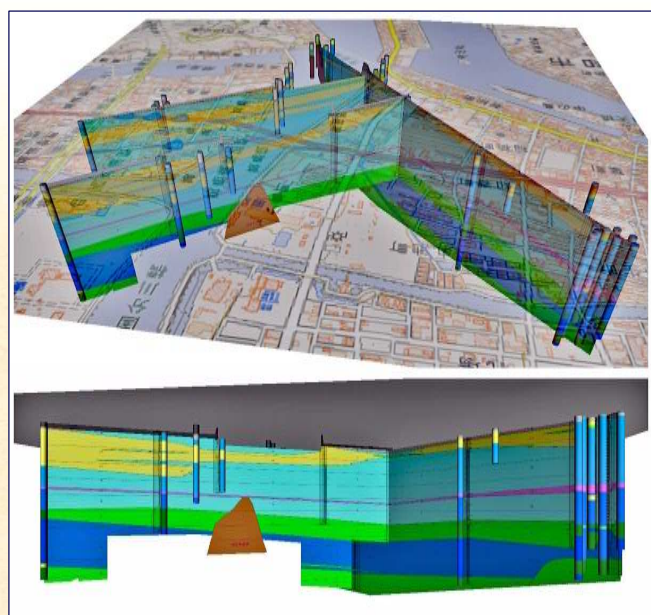
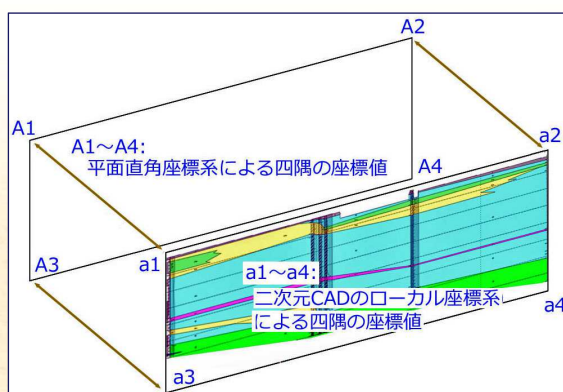




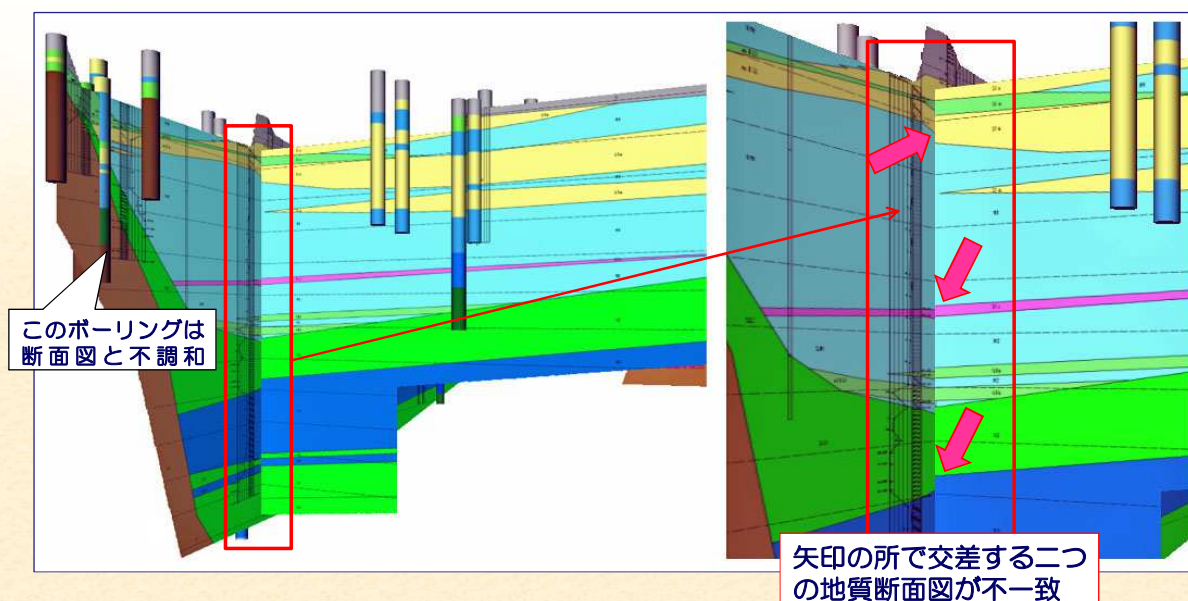
<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html>

https://www.web-gis.jp/3D_GeoModel_Demo/Texture-Model/Texture-Model.wrl

準三次元断面図(準三次元モデル)



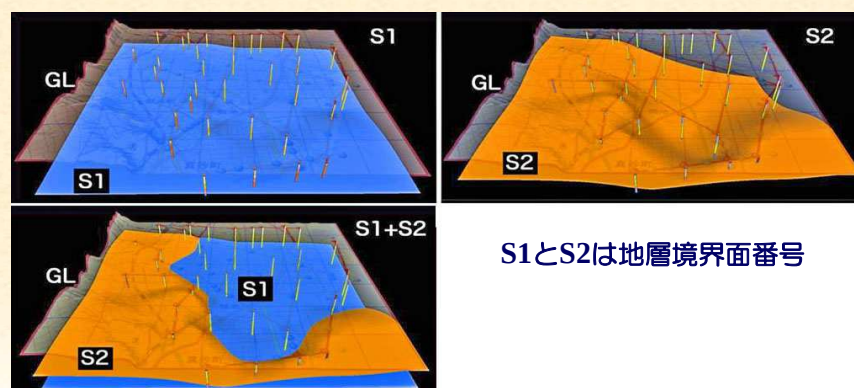
- 従来手法の地質断面図に空間情報を付与したモデル。
- サーフェスモデルなど、三次元地盤モデルを推定(想像)する際に使用する。
- 三次元地盤モデルを推定した根拠として利用する。



複数の地質断面図が存在し、互いに交差している場合、三次元座標を与えて3D表現すると、クロスチェック(干渉確認)が容易である。

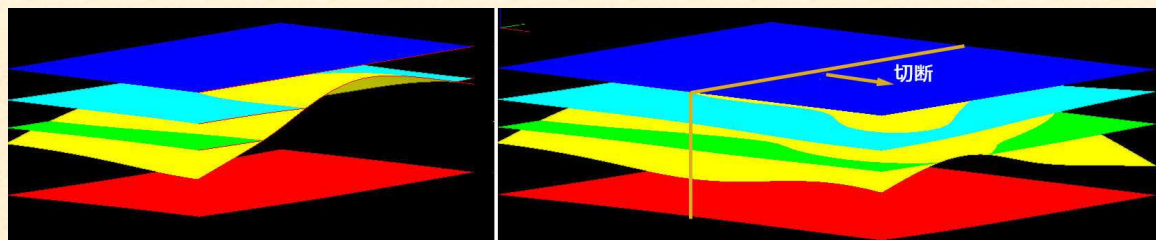
サーフェスモデル(地層境界面モデル)

- 地表踏査やボーリング調査によって得られる地層(岩石・土区分)境界データを使用して、論理式によって地層境界面の三次元形状を推定したモデル。
- 通常、ランダム点の地層データを入力値とし、モデラーと呼ばれるコンピュータソフトウェアを使用して、地層境界面の三次元モデルであるワイヤースケーム(メッシュ)の標高を推定する。
- 原理的に境界面であればよいので、地下水位面、速度層境界面あるいは、総合解析結果境界面なども取り扱いが可能。



【主な利用】

- ソリッドモデルやパネルダイアグラムなど、他の三次元モデルを作成するための形状データとして利用。
- VR空間で表現するモデルの形状データとして利用。

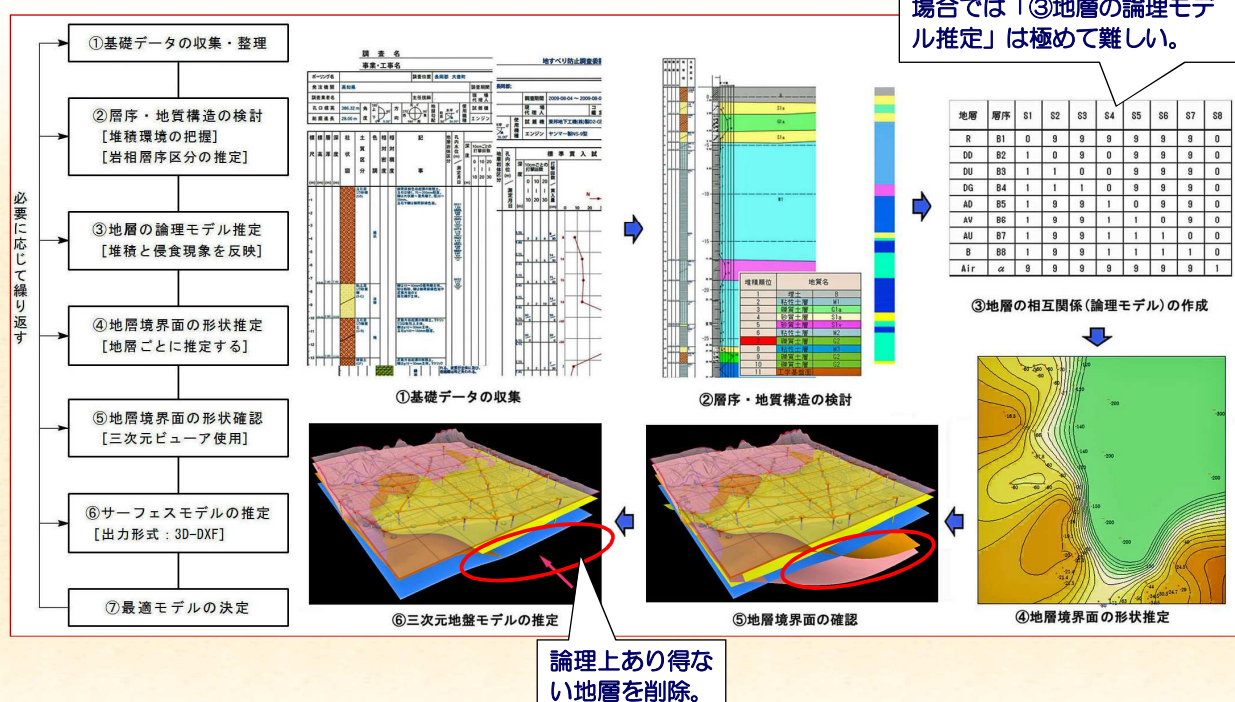


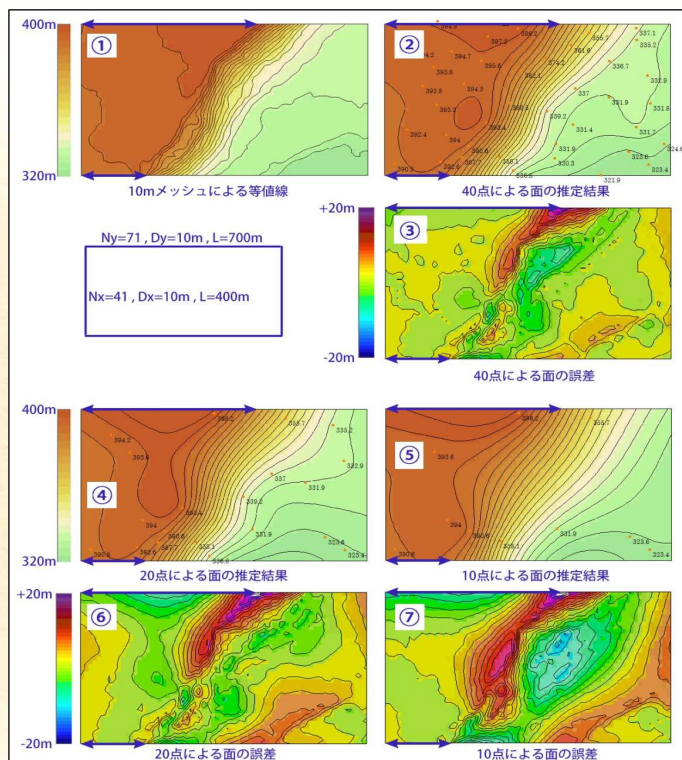
奥の境界面を見るためには、途中で切断する必要がある。

【表現上の難点】

- 境界面の透過度をゼロにすると、下の境界面が見えない。
- パネルダイアグラムなどを併用すると良い。

サーフェスモデルの推定方法





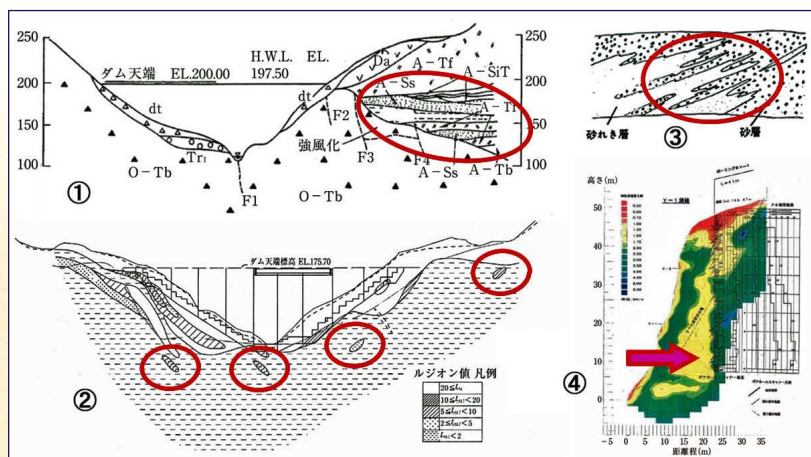
①を真の等値線と見なす。

矢印を指標として②④⑤を比較した。

- 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箇所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。
- ⇒ 40箇所を超すボーリングの配置と数量が必要。
- ⇒ サーフェスモデルには「誤差が含まれる」を理解した上で、利用方法などを考える必要があるだろう。

注 急崖部で特に誤差が大きい。

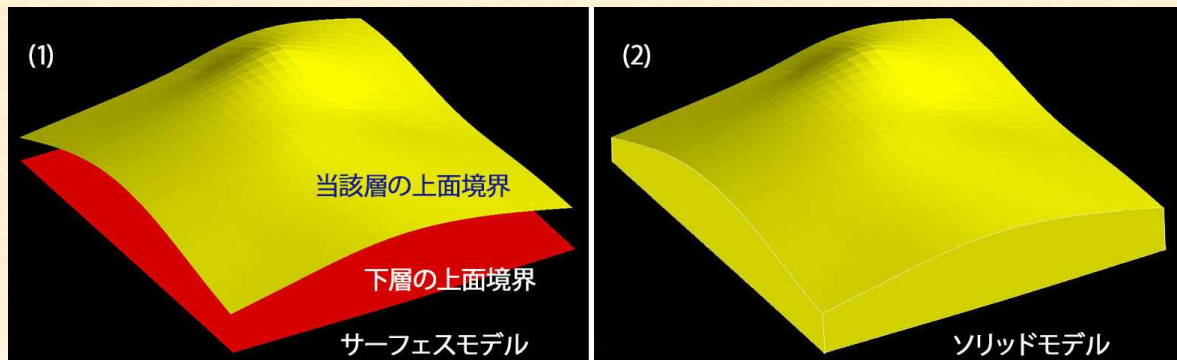
サーフェスモデル作成が難しい地質構造の例



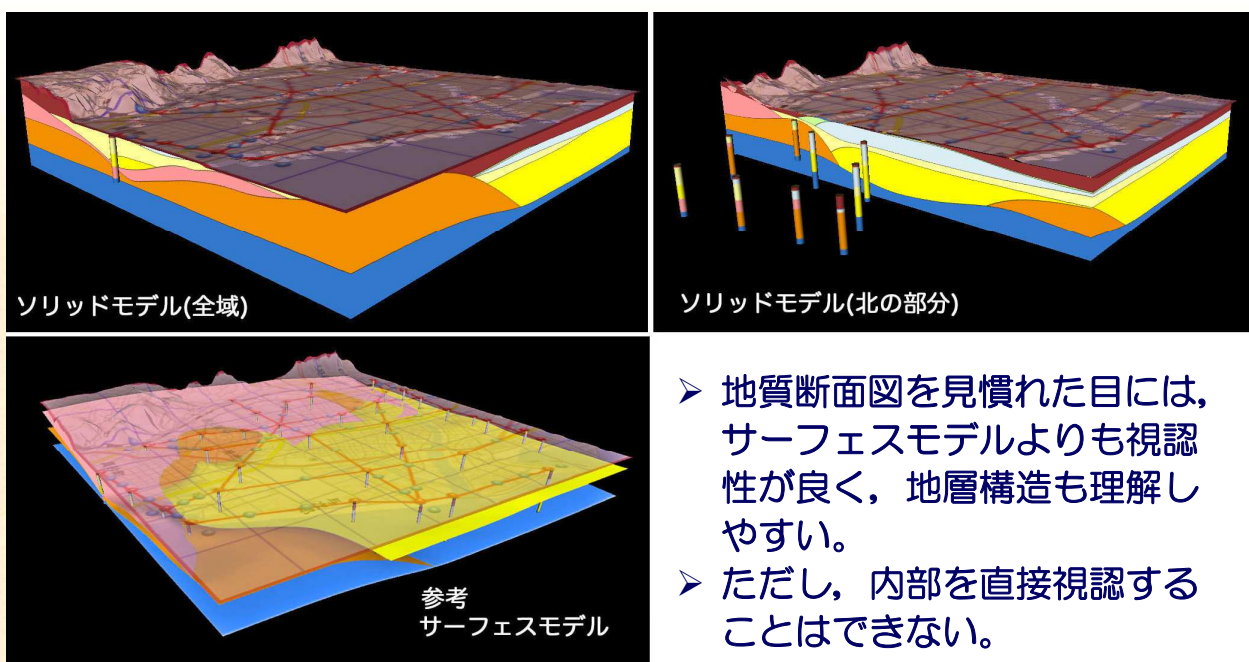
3D-CADで直接描画するしかない。

- ① 複雑な値層構造：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。⇒ コスト的に非現実。
- ② 閉じた構造や空間：閉鎖部分の二次元形状は、地質・ダム技術者の推定したモデル。⇒ 三次元的に拡張するには、直交方向の調査が必要。
- 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。
- 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などを作成すべき。

- サーフェスモデルで当該層と下位層の各上面の形状データ、四周の垂直面(パネルダイアグラム)の形状データを作成する。
- これら6面が全て同じ地質と考えて、完全に閉じた構造を作る。
- 主な特徴は以下の通り。
 - ・ ボクセルモデル及び柱状体モデルを作成するための中間的な形状・属性データとして利用。
 - ・ VR空間で表現するための形状・属性データとして利用。

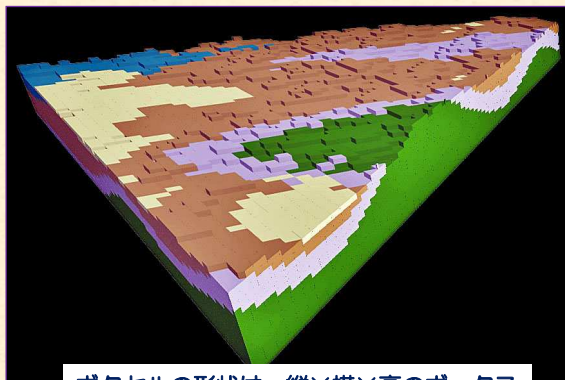


B-reps : Boundary Representation



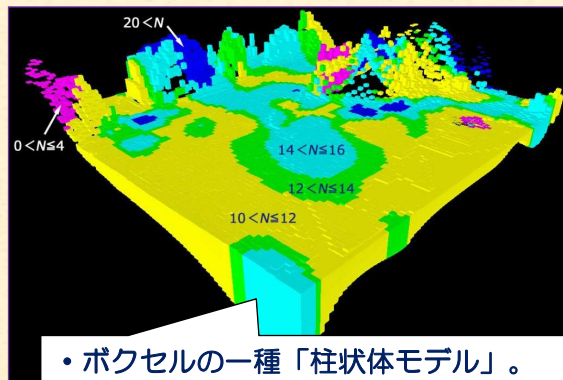
Voxel : Volume + Pixel

- 微小な立方体で表現するモデル。
- 通常は立方体として表現されるが、高度なモデルの場合には「三角錐」として表現される場合あり。
- 主として、地盤強度などのFEM解析、地下水流動・浸透流解析、地震動予測解析や液状化危険度予測を行う際の入力モデルとなる。



ボクセルの形状は、縦×横×高のボックス

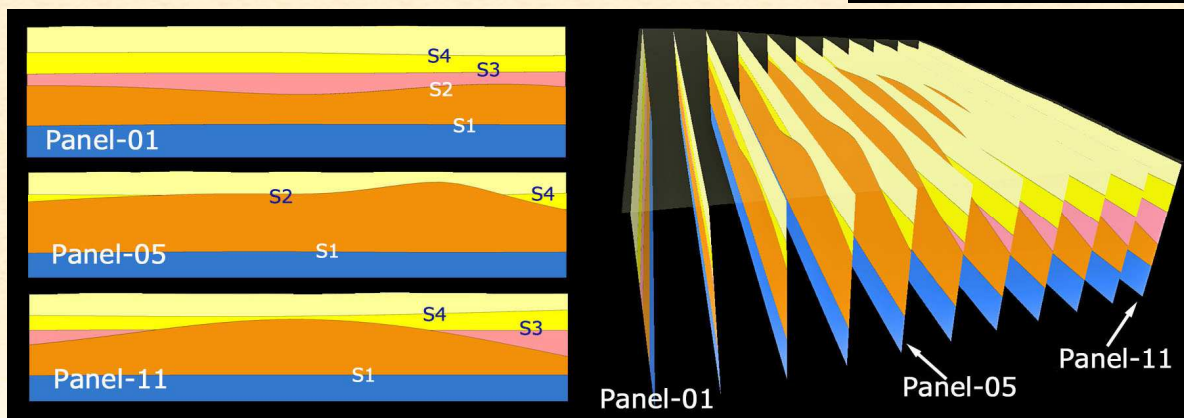
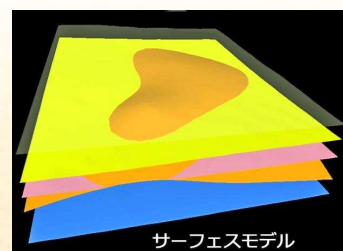
- 各ボクセルには属性値が付与される。
- 断面が塗られるので視認性が良い。



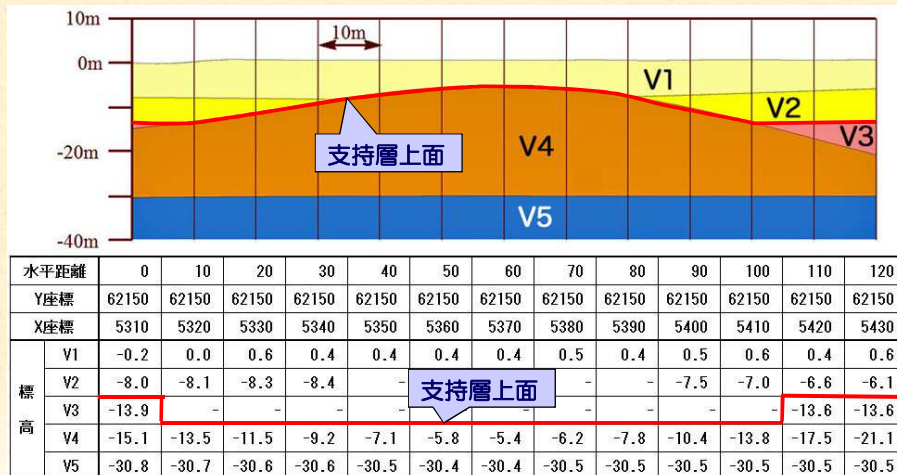
- ボクセルの一種「柱状体モデル」。
- 縦と横は「正方形」or「長方形」。
- 高さは「地層厚」など場所によって変化する。
- 各柱状体には、属性値が付与される。

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面データ(図)。
- サーフェスモデルからは「形状データ」のみが得られる。
- ソリッドモデルからは「形状・属性の各データ」が得られる。
- CTやMRIの断層映像と同じく視認性が良い。

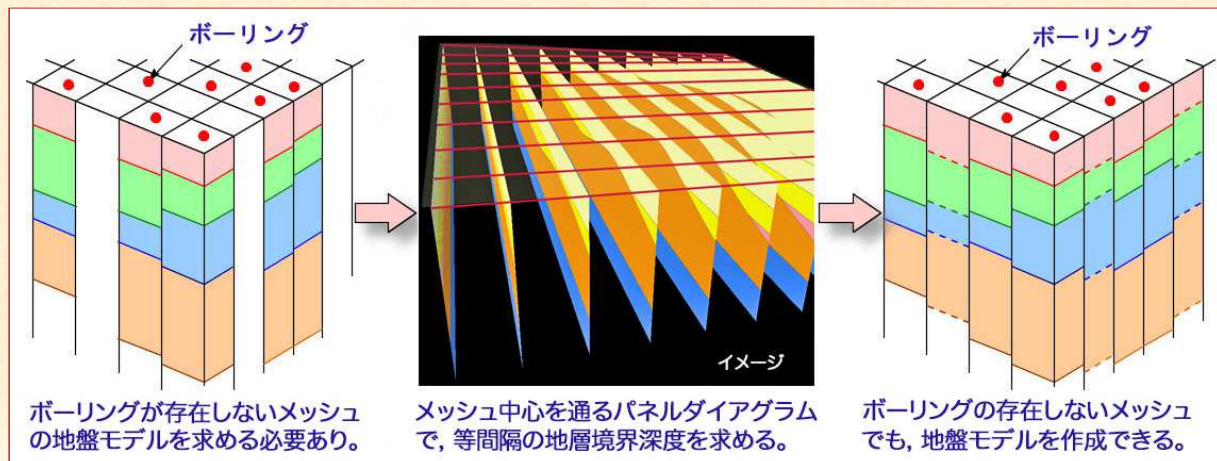


- パネルダイアグラムデータは「機械判読式のデータ」。
- 任意場所の各地層境界深度(標高)を自動的に計算できる。
- 土量計算, あるいは支持層の形状把握などに利用。
- ボクセルモデルや柱状体モデルを作成するための中間形状データとして利用。



柱状体モデルとその作成方法

- 平面的にはセル(メッシュ), 深さ方向は地層境界であるモデル。
- マイクロゾーニングのように, 地盤をメッシュ解析する際に, 入力用の地盤モデルとして利用できる。
- パネルダイアグラムは「データ」であるため, 下図のように比較的容易に作成することができる。



水平距離	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Y座標	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150
X座標	5310	5320	5330	5340	5350	5360	5370	5380	5390	5400	5410	5420	5430
V1	-0.2	0.0	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.4	0.4	0.6
V2	-8.0	-8.1	-8.3	-8.4	-	-	-	-	-7.5	-7.0	-6.6	-6.1	-
V3	-13.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-13.6	-13.6	-
V4	-15.1	-13.5	-11.5	-9.2	-7.1	-6.8	-6.4	-6.2	-7.8	-10.4	-13.8	-17.5	-21.1
V5	-30.8	-30.7	-30.6	-30.6	-30.5	-30.4	-30.5	-30.5	-30.5	-30.5	-30.5	-30.5	-30.5

パネルダイアグラムデータ

記号	年代	Vs (m/s)	Vp (m/s)	減衰常数 h	湿潤密度 (Kg/cm ³)	非線形特性	平均粒径 D50 (mm)	細粒分 FC (%)
V1	中積層	100	500	0.03	1.6	砂質土	0.35	10
V2	中積層	150	750	0.03	1.7	砂質土	0.35	10
V3	中積層	200	1,000	0.02	1.6	粘性土	0.35	70
V4	更新統	350	1,600	0.04	2.0	礫質土	2.0	70
V5	更新統	400	2,000	0.04	2.1	礫質土	2.0	70

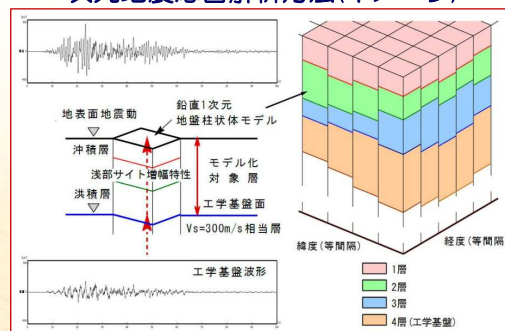
地層別属性データ。通常1式。

速度層	深度 (m)	層厚 (m)	地質名	Vs (m/s)	Vp (m/s)	減衰常数 h	湿潤密度 (Kg/cm ³)	非線形特性	平均粒径 D50 (mm)	細粒分 FC (%)
V1	-0.2	0.2	b 表土層	100	500	0.03	1.60	砂質土	0.35	10
V2	-8.0	7.8	K1 甲斐層	150	750	0.03	1.70	砂質土	0.35	10
V3	-13.9	5.9	Si しらす	200	1,000	0.02	1.60	粘性土	0.35	70
V4	-15.1	1.2	Y1 与次郎層	350	1,600	0.04	2.00	礫質土	2.0	70
V5	-30.8	15.7	Km 花倉層相当層	400	2,000	0.04	2.10	礫質土	2.0	70

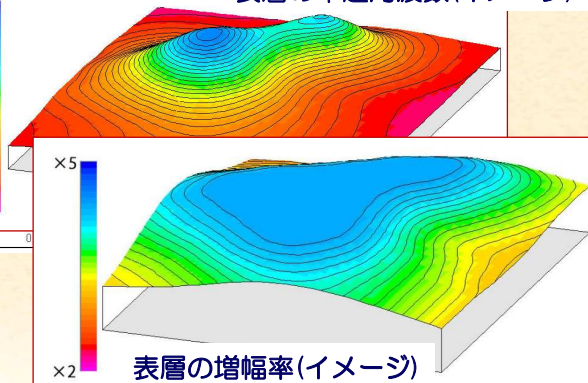
柱状体モデルデータ：必要数だけ作成する。

注 各図表はイメージであって、相互の関連性はない。

1次元地震応答解析方法(イメージ)



表層の卓越周波数(イメージ)



【事例】地質層序と三次元地盤モデルの作成

鹿児島平野の地層区分と三次元モデルの作成(その2)

—鹿児島版地盤情報データベースの活用例—*



対象範囲(部分)

①諸元：

- 対象範囲：東西4km×南北8km
- 地質断面図：20本
- ボーリング：88本
[地質断面図を作成するために使用]
- 参照点：167箇所
[三次元地盤モデルを推定するため]

②地質層序データベース構築：

- ボーリング+参照点：255箇所

③三次元地盤モデル：

- サーフェスモデル(2層構造, 全地層構造)
- パネルダイアグラム(全層構造)
- 柱状体モデル(N>50のみ)

*中田 文雄・田中 義人・北村 良介・酒匂 一成・伊藤 真一：自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集-43号, pp.29-32, 2019年2月

【背景】

- 鹿児島大学・酒匂研究室(現)・北村研究室(前)は、地盤工学会九州支部の「九州地盤情報共有データベース2005」と「同2012」の構築に協力し、鹿児島県内の地盤情報を収集・整備した。
- その後も収集と整備を続けており、現在ではボーリングデータは12,000本超、土質試験結果一覧表データは3,000本超に達した。
- これらの地盤情報の「有効的」と、「地盤解析に必要な地盤情報の迅速な検索」を目的とする「**鹿児島版地盤情報データベースシステム(K-BDS)**」を開発し、研究室内限定で利用している。

【本事例の概要】

- 鹿児島市を中心とする地域の地層区分(地質層序)を構築すると共に、三次元地盤モデルの作成を行った。
 - ✓ 地層区分：地層区分(地質層序)の構築。地質断面図の作成。
 - ✓ 三次元地盤モデル：(二次元)地質断面図を三次元的に拡張。
 - ✓ 地層区分の活用：層序別属性値(N値など)の集計に利用。



K-DBS：鹿児島版地盤情報データベース
(鹿児島大学酒匂研究室専用)

注記

- 通常、サーフェスモデルは、既存のボーリング柱状図から地層名とその上面標高を読み取ったデータを入力値として推定処理を行う。
 - ✓ ボーリング深度までしか、地質情報が得られない。
 - ✓ 基盤に達するボーリングが少ない場合は、地質情報が不足となり、サーフェスモデルは推定できない。

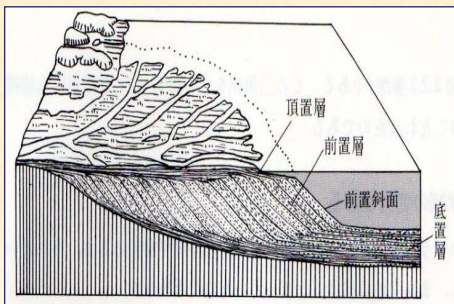
本事例のモデル作成手順

- 地質断面図を推定し、各地層境界の水平位置と境界深度を読み取って「地質層序DB」を構築した。
- 「地質層序DB」を利用して「サーフェスモデルの推定」と、「属性情報の推定」を行った。

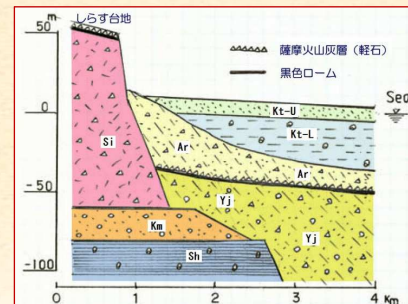
時代	記号	地層名	備考
第四紀	表土類	b	表土、盛土、埋土
	沖積層	Kt-U	甲突層上部層 沖積上部砂層（河川成）
		Kt-L	甲突層下部層 沖積中部層（海成）
		Ar	荒田層 沖積中部層（河成～浅海成）。下層に黒色ロームを伴う
	更新統	Yj	与次郎層 沖積下部砂層（扇状地～河川成）
		Si	しらす 入戸火砕流堆積物（約29,000年前）。下層に薄い軽石層を伴う
		Km	郡元層 厚い軽石層が特徴的な礫、砂、シルト互層
		Sh	城山層および国分層相当層 シルト、砂、礫（城山およびその周辺に分布、12.5万年前の海成層）
		Wt	吉野火砕流堆積物 溶結凝灰岩（吉野台地およびその周辺に分布、約50万年前）

- ✓ 全9層。
- ✓ サーフェスモデル作成として、極めて難しいケースに該当する(経験上)。

- ・ 甲突川などは、シラス台地の谷から流れ出て三角州を形成した。
- ・ 鹿児島平野は複合三角州性の平野である。

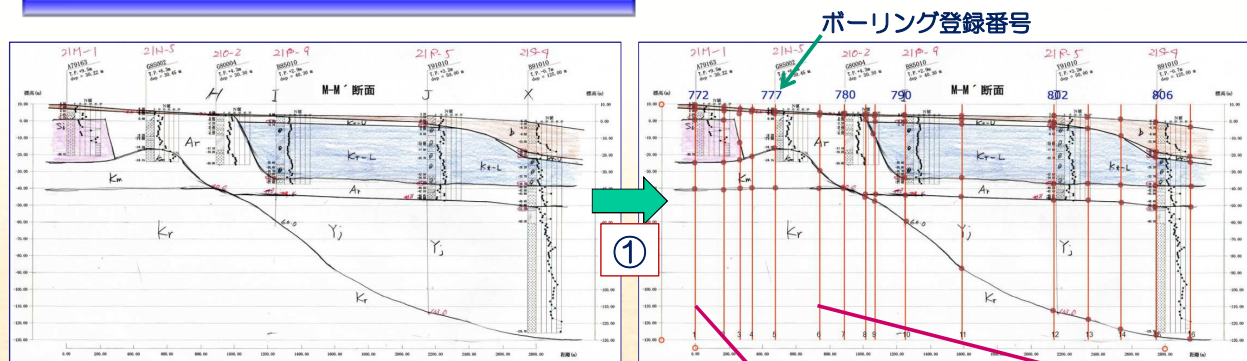


三角州の形と内部構造(岩波書店：『日本の平野と海岸』より)



しらす台地から鹿児島湾の東西方向モデル地盤図

地質断面図(手書)から地層境界面を読み取る方法

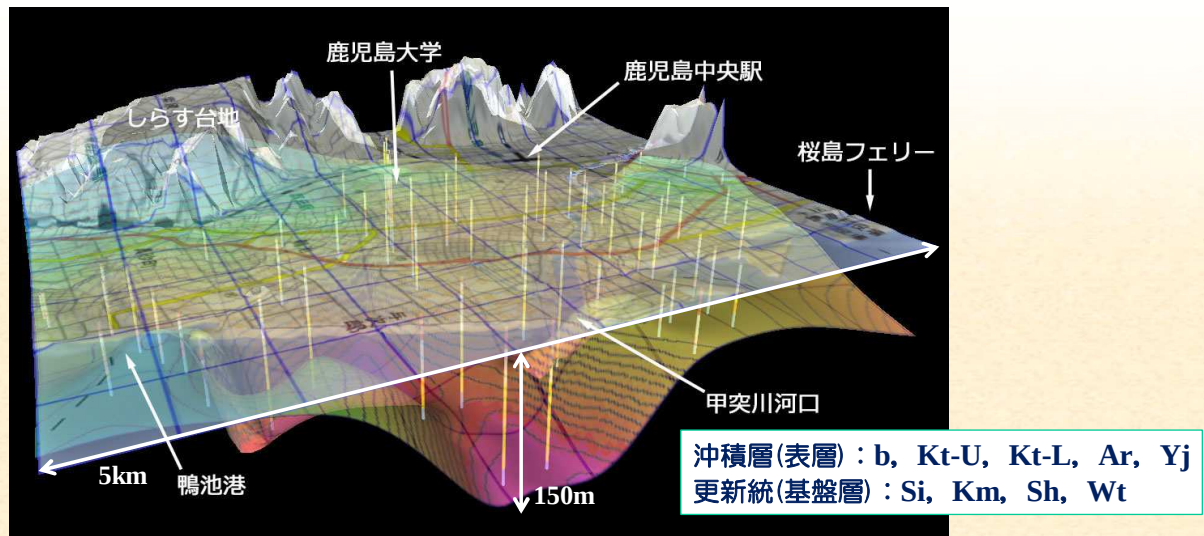


地点名称	KGC-Jibanz M-02	M-03	M-04	KGC-Jibanz M-06
孔底標高	-50	-50	-50	-50
地点経度	130.53873	130.54055	130.54157	130.54234
平面Y座標	-43784.45	-43611.78	-43515.15	-43442.03
地点緯度	31.5703	31.570306	31.57031	31.570312
平面X座標	-158433.9	-158434	-158434	-158434.1
地点No.	1	2	3	4
標高\水平	0	171.9	268.1	340.9
b	9.7	8.5	7.4	6.2
Kt-U	*	*	*	*
Kt-L	*	*	*	*
Ar	7.1	6.2	4.5	5.6
Yj	*	*	*	*
Si	0.7	0.7	-12.8	*
Km	-24.7	-24.4	-23	-20.9
Sh	-40.2	-40.8	-39.9	-39.6
Wt	*	*	*	*

地点No.	1	2	3	4	5	6
標高\水	0	171.9	268.1	340.9	477.8	743
b	9.7	8.5	7.4	6.8	6.2	5
Kt-U	*	*	*	*	*	*
Kt-L	*	*	*	*	*	*
Ar	7.1	6.2	4.5	5.6	4.5	3.6
Yj	*	*	*	*	*	*
Si	0.7	0.7	-12.8	*	*	*
Km	-24.7	-24.4	-23	-20.9	-16	-29.4
Sh	-40.2	-40.8	-39.9	-39.6	-39.6	-39.9
Wt	*	*	*	*	*	*

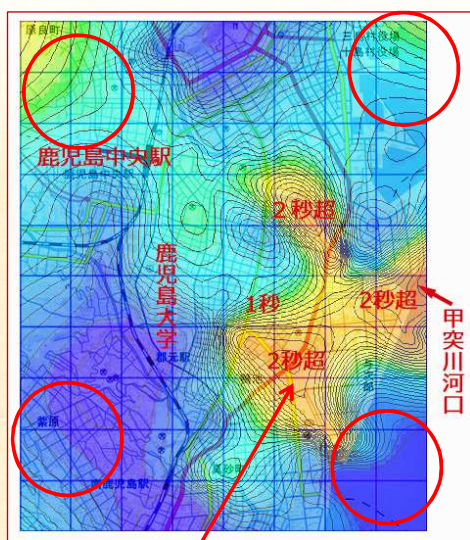
地質層序DB

- ①と②はいずれも独自ソフト利用
- 一断面処理の所要時間
 - ・ 読み取り：約10分(20箇所)
 - ・ 座標計算：同上。



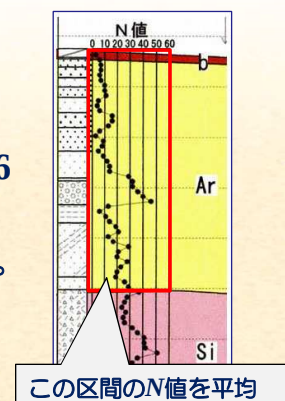
- 対象地盤を「表層」と「基盤層」に区分すると「境界面は一つ」なので，サーフェスモデルの推定は極めて簡単になる。
- (大局的に)概観・俯瞰する程度ではこれで十分だろう。
- 表層部分の属性情報として地盤定数を使用すると，マイクロゾーニングなどを行う際の概数値として利用可能になる。

重複反射理論による「表層の卓越周期の推定」



地震時に長周期成分が卓越する可能性のある範囲。

- ボーリング全体の平均
 N 値 : 13.6
- $V_s =$
 $112.7 \times 1 \times 0.89 \times N^{0.256}$
 $\div 200 \text{m/s}$
- 卓越周期：重複反射理論。
 $T = 4 \times d / V_s$

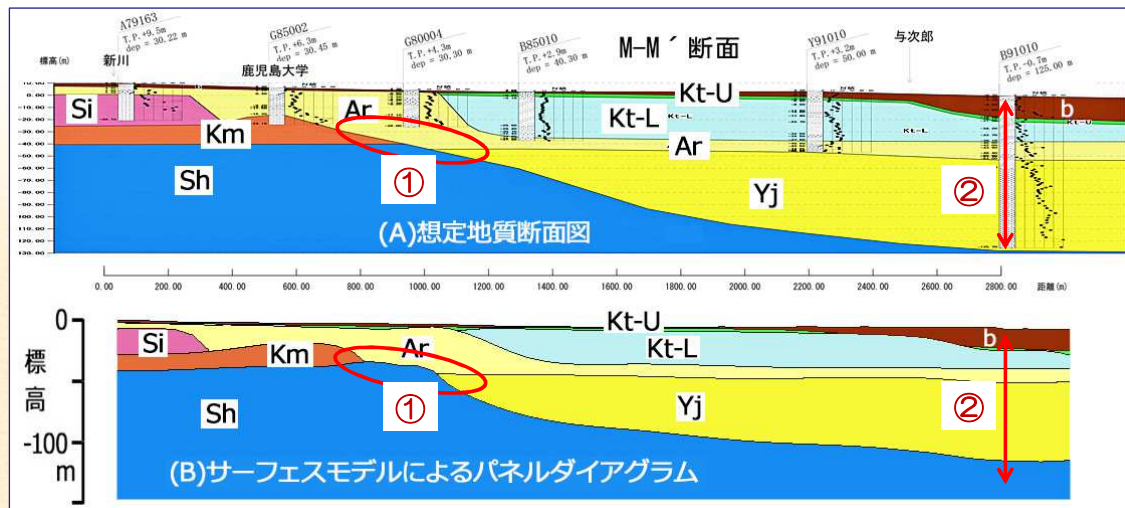


課題点：

- 地層の途中までしか掘削されていないボーリングも含めているので， N 値は全ての地層を反映した平均値では無い。
- ボーリングの無い範囲(左図の円内)も「外挿推定」されるので留意する必要がある。

9層サーフェスモデル推定結果の検証(代表例)

35

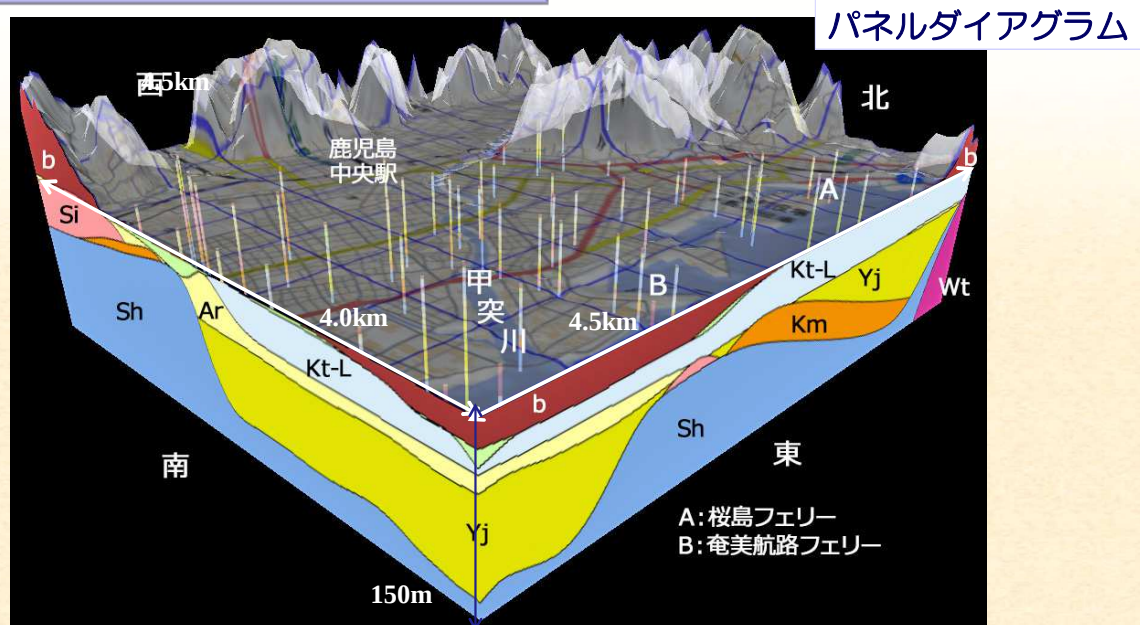


課題点(例)

- ①：地質断面図に表現されている侵食構造は、パネルでは表現できていない。
 - ②：「Sh」層の出現深度が浅くなっているのは、他の入力データの影響。
- ※より正確な形状を推定するためには「かなりの時間が必要」となる。

9層ソリッドモデルの推定結果 [甲突川以北]

36

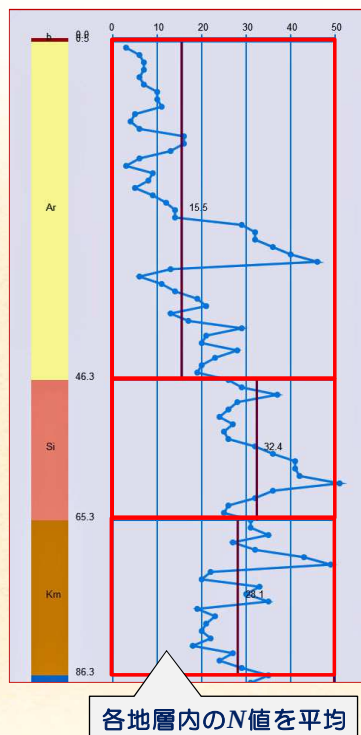


特長/課題点

- 甲突川河口部にある溺れ谷の形状把握(推定)。
- 地質断面図と一部不調和あり。今後、検討・改良の予定。

地質層序DBのメリット[N値の場合]

37



地層別平均N値

No	掘削コード	採取番号	孔番号	b	Kt-U	Kt-L	Ar	Yj	Si	Km	Wt	X
1	2012-020-00000001-BED0001		Bor-No.1	2.3	3.5	-	7.3	11.3	-	-	50.0	-
2	KGO-Jibanzu_13M-7.XML		T88030	0.0	5.8	-	11.4	20.9	-	-	50.0	-
3	KGO-Jibanzu_14M-7.XML		H88043	0.0	6.4	-	6.3	22.3	-	-	43.9	-
4	KGO-Jibanzu_14M-11.XML		B8063	1.0	14.3	-	12.2	22.3	-	-	44.6	-
5	KGO-Jibanzu_16N-1.XML		A88413	3.5	12.8	-	-	-	26.3	-	49.5	-
6	KGO-Jibanzu_17O-10.XML		H78022	0.0	6.3	-	10.4	-	-	-	-	-
7	KGO-Jibanzu_18O-7.XML		G81004	5.8	11.5	7.6	17.6	20.0	-	35.1	-	-
8	KGO-Jibanzu_16O-2.XML		A88264	0.5	2.7	-	-	-	-	39.4	-	-
9	KGO-Jibanzu_16P-14.XML		D85219	3.0	9.0	-	-	-	-	35.2	-	-
10	2015-020-00000004-BED0001		No.B1	0.0	9.0	-	-	33.9	-	40.8	56.7	-
11	KGO-Jibanzu_14Q-4.XML		A88331	3.7	16.3	-	19.4	-	-	-	50.0	-
12	KGO-Jibanzu_14R-1.XML		A88334	2.5	9.0	-	15.3	-	-	-	-	-
13	KGO-Jibanzu_13R-8.XML		B00340	0.0	9.2	-	14.5	-	-	-	44.3	-
14	KGO-Jibanzu_17O-2.XML		B79070	0.5	14.7	12.2	-	-	-	40.6	-	-
15	KGO-Jibanzu_17P-14.XML		L87020	0.5	11.0	10.8	21.3	-	-	33.6	-	-

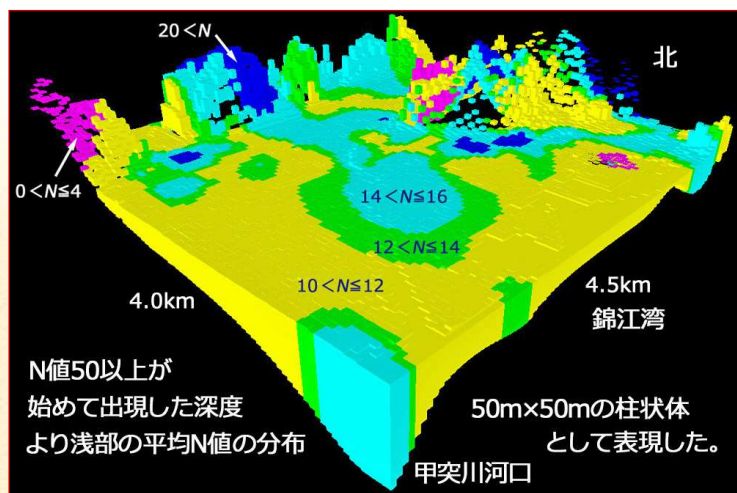
➤ K-DBSには 地質層序DB に登録されている地層名と境界深度から、各ボーリングデータに登録されているN値を地層ごとに抽出・集計する機能あり。

時 代		記号	地 層 名	平均N値	
第四紀	完新世	表土類	b	表 土 層	3.5
		沖積層	Kt-U	甲突層上部層	8.6
			Kt-L	甲突層下部層	11.6
			Ar	荒 田 層	14.2
	更新世	Yj	与 次 郎 層	22.0	
		Si	し ら す	34.9	
		Km	郡 元 層	29.7	
		Sh	城山層および 国分層群相当層	41.3	
		Wt	吉野火砕流堆積物	55.6	

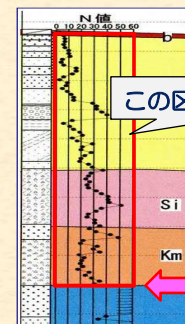
地層別平均N値(見本)

N値のみによる三次元地盤モデル(試行)

38



N値範囲	カラー
0-4	紫
4-8	青
8-10	緑
10-12	黄
12-14	赤
14-16	橙
16-20	黄
20-	紫



全平均N値 : 14.8

50以上

N=50を示す境界で区分することの意義については議論していない。

- 「N>50を示す最も浅い深度」より浅い深度のN値を全て抽出し、平均値と当該深度(標高)を算出する。
- 平均N値と深度(標高)の三次元形状を推定する。
- 「50m×50m×層厚」のボックスを作成し、平均N値に対応する色(凡例表)をボックス全体に塗って、三次元的に表現する。

☆WebGL

- パソコンのウェブブラウザで3DCGを表現するための標準的な規格。
- 最新のPC(OS：Windows etc)用ブラウザでは標準装備。
- テクスチャモデルの表現が得意。
- 専らゲームなどに使用されている。

☆VRML(Virtual Reality Modeling Language：仮想現実モデリング言語)

- テキスト文字のみで、三次元表現できるように設計されたファイルフォーマット。
- VRMLをブラウザで三次元的に表現するためには、プラグインツールをインストールする必要あり。
 - ・かなり質感の良い三次元仮想映像を表現できる。
 - ・透明を持つ壁面の取り扱いが可能。
 - ・設計が古いため、インストールできるブラウザが少なくなった。

【参考】三次元地盤モデルのデモサイト

URL:https://www.web-gis.jp/3D_GeoModel_Demo/index.html

地質情報ポータルサイト 地盤の三次元モデル：サンプルモデルサイト

サブホーム 3D CG表現の支援 三次元モデルと地

このウェブサイト

★このサイトは、予め用意した地盤の三次元モデル（デモ用サンプル）を、ウェブブラウザが提供する仮想現実（VR：Virtual Reality）空間を利用して、三次元画像として表示します。
 ★使用している可視化技術は「VRML（Virtual Reality Modeling Language：ファイルフォーマット）」と「WebGL（ウェブブラウザの標準仕様）」です。
 ★使用されるブラウザの種類によっては、動作しないケースや一部機能しないケースがあります。 ご利用の前には、必ずこちらをご参照下さい。

表示サンプル モデル名称：数 覧



地盤の三次元モデル（動画） [mp4, 320×240、130MByte]

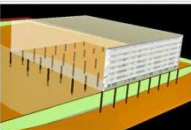
- ・テクスチャモデル（土砂災害警戒区域図）
- ・建築物の杭基礎と地質構造
- ・地層境界モデル（サーフェスモデル）【鹿児島市内中心部の地質構造 その1】
- ・パネルダイアグラム×4枚
- ・平行パネルダイアグラム群
- ・円筒モデル（大谷石採取場跡地）
- ・円筒モデル（特殊地下壕）

注 最新のブラウザを使用して下さい。



3D土砂災害警戒区域図 【テクスチャモデル】

- ・「国土数値情報ダウンロードサービス」から公開されている神奈川県指定の「土砂災害警戒区域図」データを使用して、鎌倉市街地の中心部付近を可視化しました。
- ・「CIM」に対応するための地盤情報共有型地盤情報ウェブサイト」を利用して、地盤情報（地層データ）を入力して、ワイヤーフレームモデルを作成し、上記の警戒区域図で貼り込みました。
- ・市街地近くの直線地の地盤図、土砂災害警戒区域（危険箇所）地に指定されていること

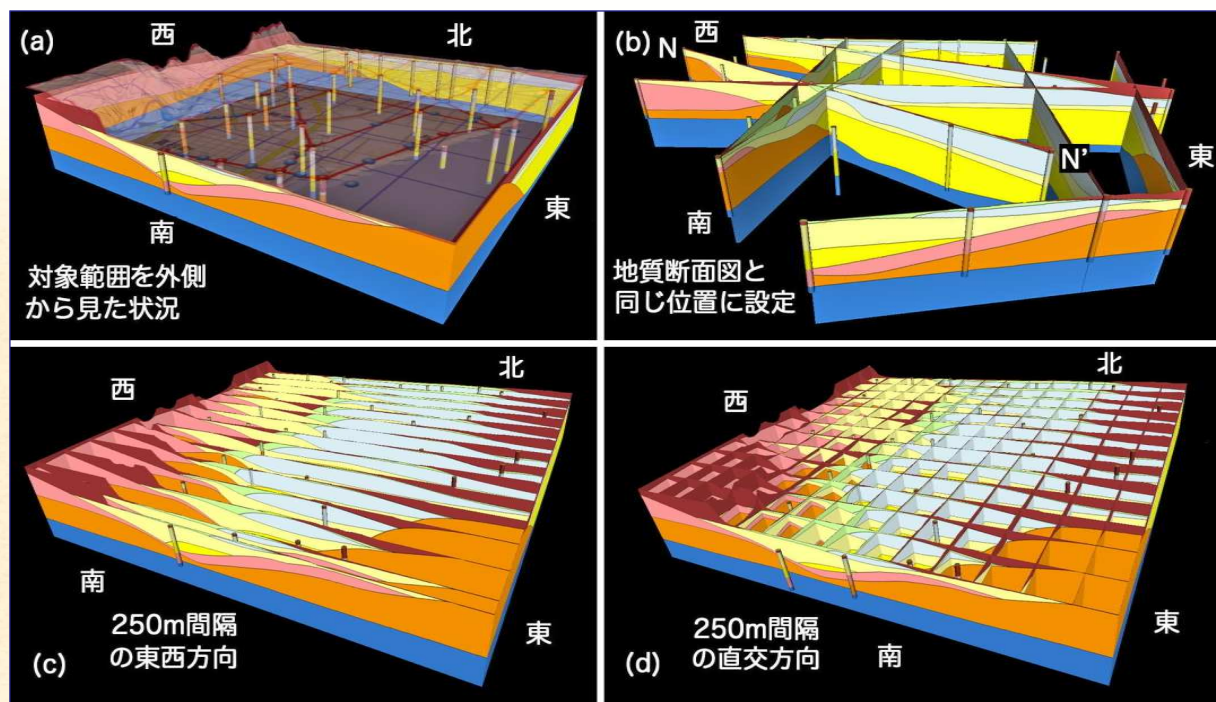


建築物の杭基礎と地質構造 その1 【境界面モデル、パネルダイアグラム、ボーリング

- ・パネルダイアグラムで囲まれた境界面モデル（支持層と土上の軟弱層）です。
- ・空中から見た場合、杭基礎が支持層手前の軟弱層（薄い水色）に留まっているの、
- ・の、非常にわかりにくくなっています。
- ・モデルを自由に回転させると、支持層の内部を見ることが出来ます。
- ・杭の先端が見えれば、杭が支持層まで達していることがわかります。

コンテンツ類：

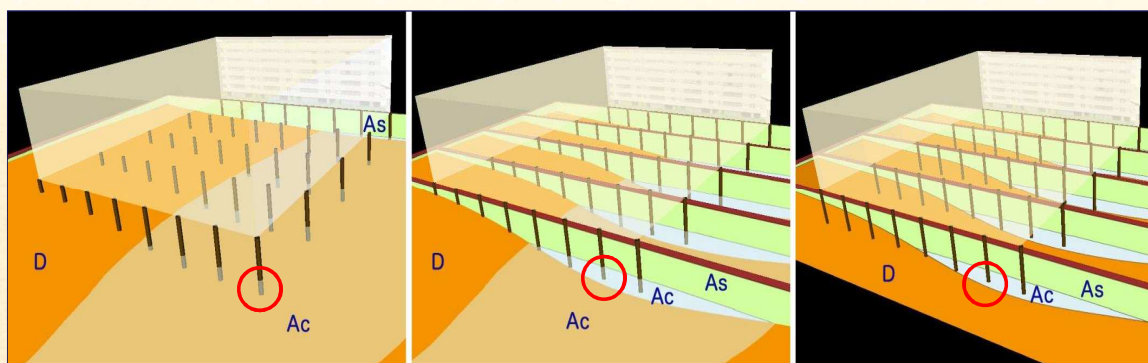
- ① 地盤の三次元モデル(動画)
[mp4, 320×240, 130MByte]
 - ② テクスチャモデル(土砂災害警戒区域図)
 - ③ 建築物の杭基礎と地質構造
 - ④ 地層境界モデル(サーフェスモデル)
[鹿児島市内中心部の地質構造 その1]
 - ⑤ パネルダイアグラム×4枚
 - ⑥ 平行パネルダイアグラム群
 - ⑦ 円筒モデル [大谷石採取場跡地]
 - ⑧ 円筒モデル [特殊地下壕]
- 注 最新のブラウザを使用のこと。



パネルダイアグラムの様々な表現例(VRML)

3D-CGによる三次元地盤モデルの表現例-2

- 複数の地層を持つサーフェスモデルは、下位の境界や構造物が見えない。
⇒ 二次利用可能なデータとして利用できても、視認性に劣り使いにくい。
- 以下は、杭の打設状況をイメージして作成したモデル。



サーフェスモデル

サーフェスモデル + パネルダイアグラム

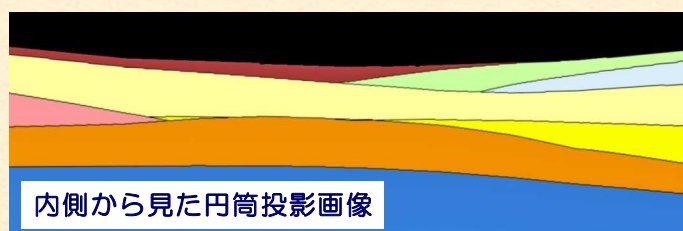
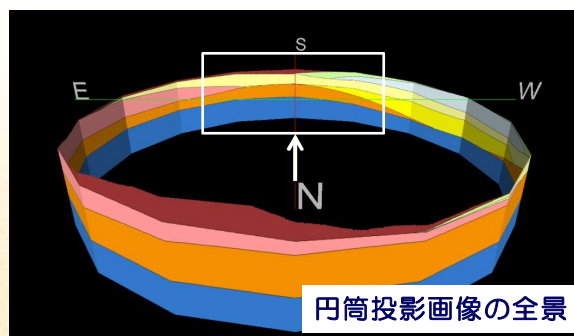
パネルダイアグラム

- サーフェスモデルはそのまま完成品として表現するよりも、二次利用可能なデータとして使用の方が良いと思う。
[パネルダイアグラムや、ボクセルモデルの情報資源として利用する。]



円筒投影法：

- 水平360度の展開画像をテクスチャとするモデル。
- 円筒投影とは、それを可視化するための投影法。
- 本来は、正距円筒図法(360度パノラマ画像)がベストであるが、撮影には特殊なカメラが必要。
[Google Street View]

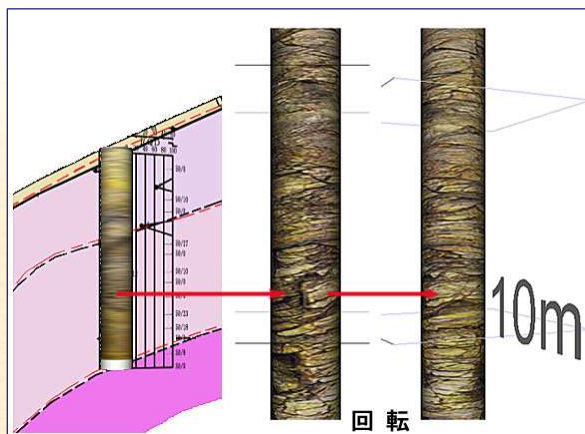


- 石灰岩ドリーネの中に立って、周囲の岩壁を見ているようなイメージ。
- 地中を見るためには、このような人工的な仮想壁を作る必要があるだろう。



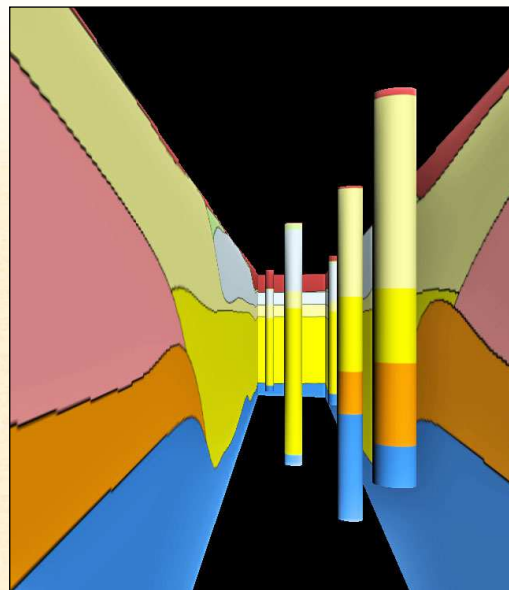
- サーフェスモデルでは、交差部より奥が見えない。
- 同じく、地層構造のイメージが湧きにくい。

円筒投影法



- ボアホールカメラによる孔壁の360度水平展開画像を「円筒投影」した例。
- 孔壁画像が丸みを帯びており、コア写真のように見える。

円筒投影法 + 透視投影法



- パネル群の中に侵入したイメージ。CGとしては見られるが、設計には・・・。

【参考】三次元地盤モデル形状データにおける座標系と位置精度

46

- ① 座標系は「平面直角座標系(19 座標系)」の方が管理しやすい。
- ② ボーリング交換用データの孔口位置座標は「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。
- ③ 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。
- ④ サーフェスモデル(三次元地盤モデル)を作成する場合には、対象とする範囲、地盤モデルの施工段階、利用目的などを勘案して最も適切な精度を確保する。

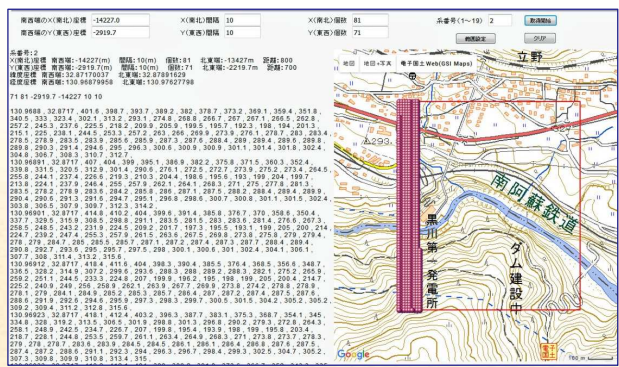
ボーリXML	緯度 (ddmmss.s)	経度 (dddmmss.s)	掘進長 (m)	孔口標高 (m)	柱状図表 示
200 08	1°21' 0.6780"	30°59' 0.6220"	4.00	1.00	柱状図
200 09	1°21' 0.6780"	30°59' 8.6220"	8.00	3.10	柱状図
200 10	1°21' 1.6780"	30°59' 0.6220"	8.00	4.10	柱状図

出典：KuniJiban

掘削位置座標の例

- ✓ 左図は現実に公開されているボーリング情報の例。
- ✓ 全て同じ緯度値と経度値を持っている。
- ✓ 孔口標高が違うので、掘削場所が違うことがわかる。
- 地質断面図の再描画や、サーフェスモデルの入力データとして使用できない。
- 上記③を満たすように、電子納品されたい

【参考】標高データの自動取得方法



- メッシュデータとして取得できるウェブサイト。
- テキスチャモデルまたはサーフェスモデルの地表面形状データとしての利用。
- アクセス先：CIMに対応するための地盤情報共有基盤開発

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



- 地質断面図の地形データとして取得できるウェブサイト。
- 地質断面図の作成などに利用。
- アクセス先：電子納品支援、二次利用支援システム

URL:<https://www.web-gis.jp/NouhinCheck/index.html>

いずれも、国土地理院の標高取得APIを利用している。

ご静聴いただき、
まことにありがとうございました。



国土地理院5mDEMをKashmir3Dで三次元表示しました。