

三次元地質解析システム「GEO-CRE(ジオクリ)」の紹介

西山 昭一*

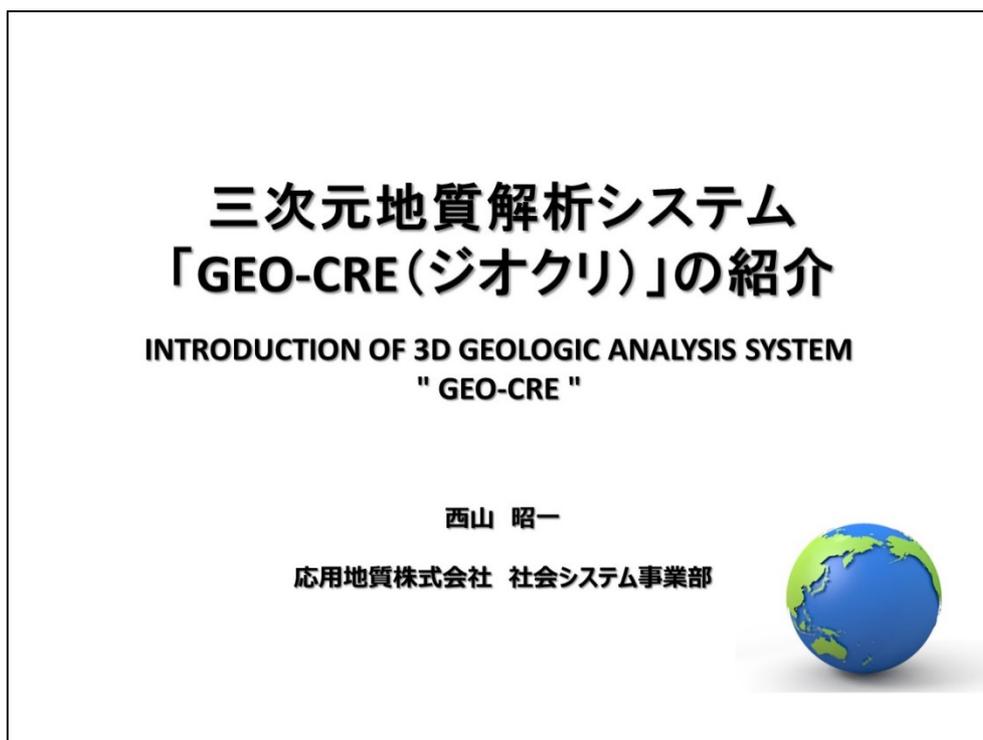
Introduction of 3D geologic analysis system" GEO-CRE "

Syoichi Nishiyama *

*応用地質株式会社 社会システム事業部 OYO Corporation, Social System Business Division,
URL:<http://www.oyo.co.jp/>. E-mail: nishiyama-syoichi@oyonet.oyo.co.jp

キーワード : 三次元地質解析, 三次元地質モデル, 三次元 CAD, CIM

Key words : Three-dimensional (3D) ground analysis, 3D geological model, 3D CAD, CIM



構成]

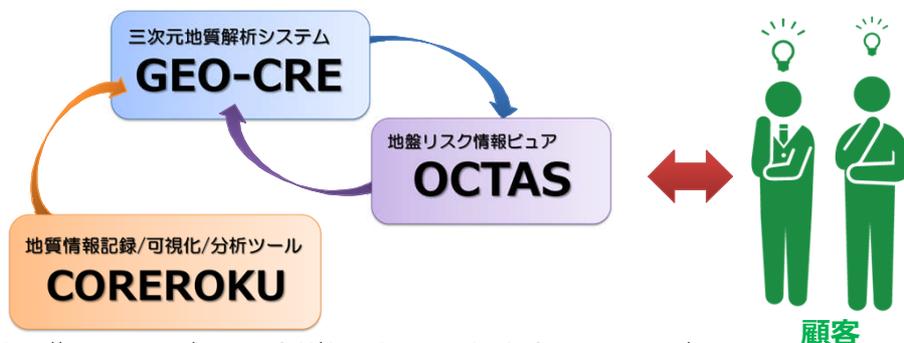
1. はじめに
2. 新しいツールの紹介
 - 2.1 GEO-CRE (ジオクリ)
 - 2.2 OCTAS (オクタス)
 - 2.3 COREROKU (コアロク)
3. GEO-CREの開発
 - 3.1 開発経緯
 - 3.2 開発目標
 - 3.3 機能と性能
4. 弊社における三次元地質解析
 - 4.1 適用した事業分野
 - 4.2 経験から言えること
5. 三次元地質モデルの活用へ (CIM対応)

1. はじめに

“高品質ボーリングの情報を記録・分析する”、“地盤情報を三次元で解析する”、“地盤リスクを見える化する”、これらを実現するには**ソフトウェア**が不可欠です

これらの地盤情報の高度化を支援するため以下の三つのツールを開発しました

- ◆三次元地質解析システム **GEO-CRE (ジオクリ)**
- ◆地盤リスク情報ビュー **OCTAS (オクタス)**
- ◆高品質ボーリング情報化ツール **COREROKU (コアロク)**



※URL http://www.oyo.co.jp/business_field/three-dimensional-soil-information-service/

2. 新しいツールの紹介

2.1 GEO-CRE (ジオクリ)

(1) GEO-CREとは



GEO-CRE (ジオクリ) は、地質踏査データや高品質ボーリングデータ、物理探査データ、地形データ等を速やかに見える化し、リアルタイムで現実的感覚のある三次元地質モデリングを可能とします
構築した地質モデルを用い、構造物への影響分析や、各種シミュレーションへの利用、CAD図面の作成、CGアニメーション作成等が可能です
CIMに対応する地盤モデルデータの提供も可能です

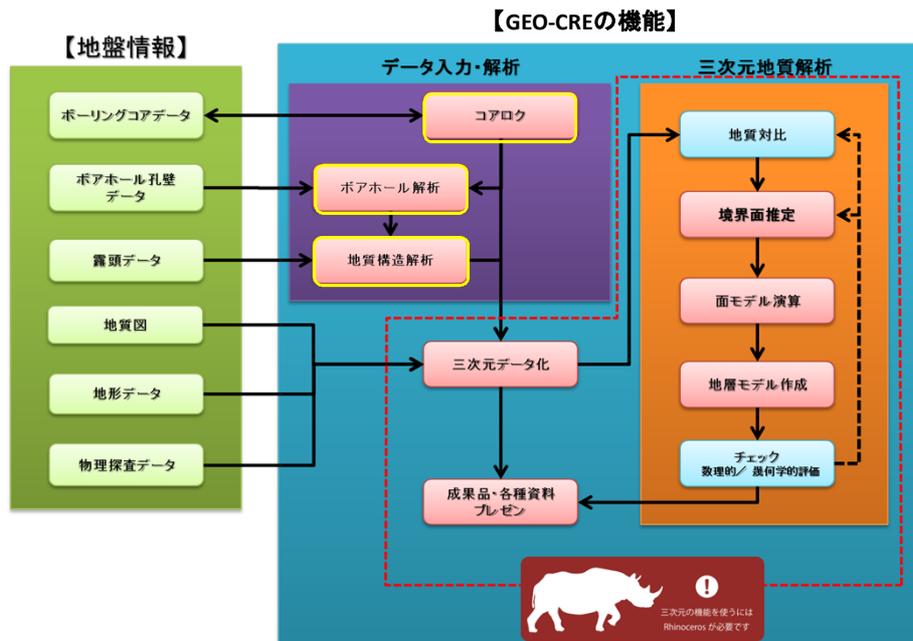
名称由来：Creation of Geological Engineering
(地質工学の創造)

機能：高品質地質解析～三次元地質モデル構築～地盤リスク情報提供

2. 新しいツールの紹介

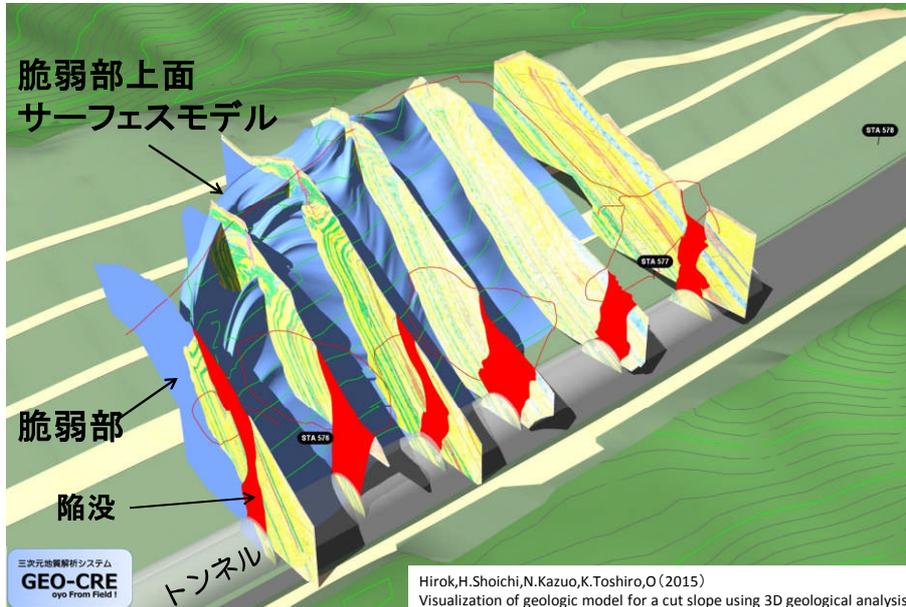
2.1 GEO-CRE (ジオクリ)

(2) GEO-CREにおける地質モデル構築の流れ



(3) 最近の事例

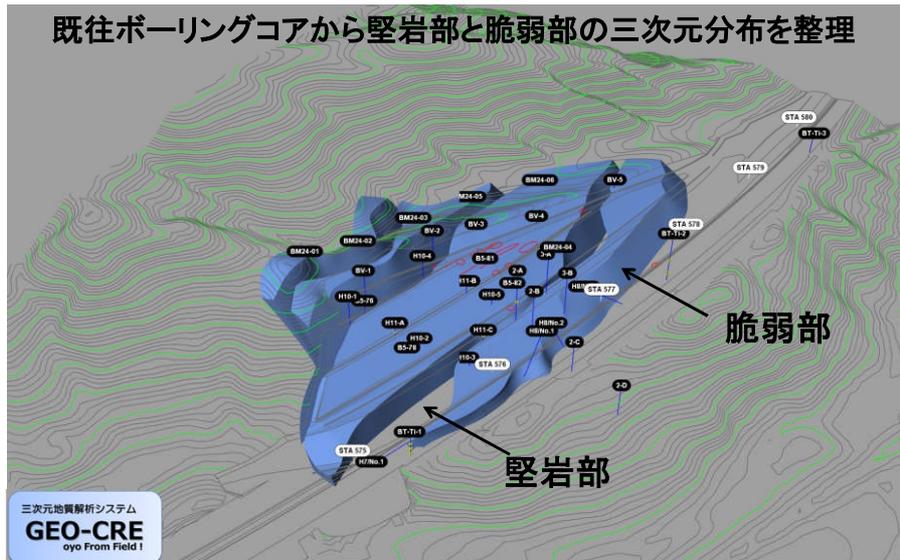
脆弱部の性状と三次元地質モデル



(3) 最近の事例

脆弱部の性状と三次元地質モデル

既往ボーリングコアから堅岩部と脆弱部の三次元分布を整理

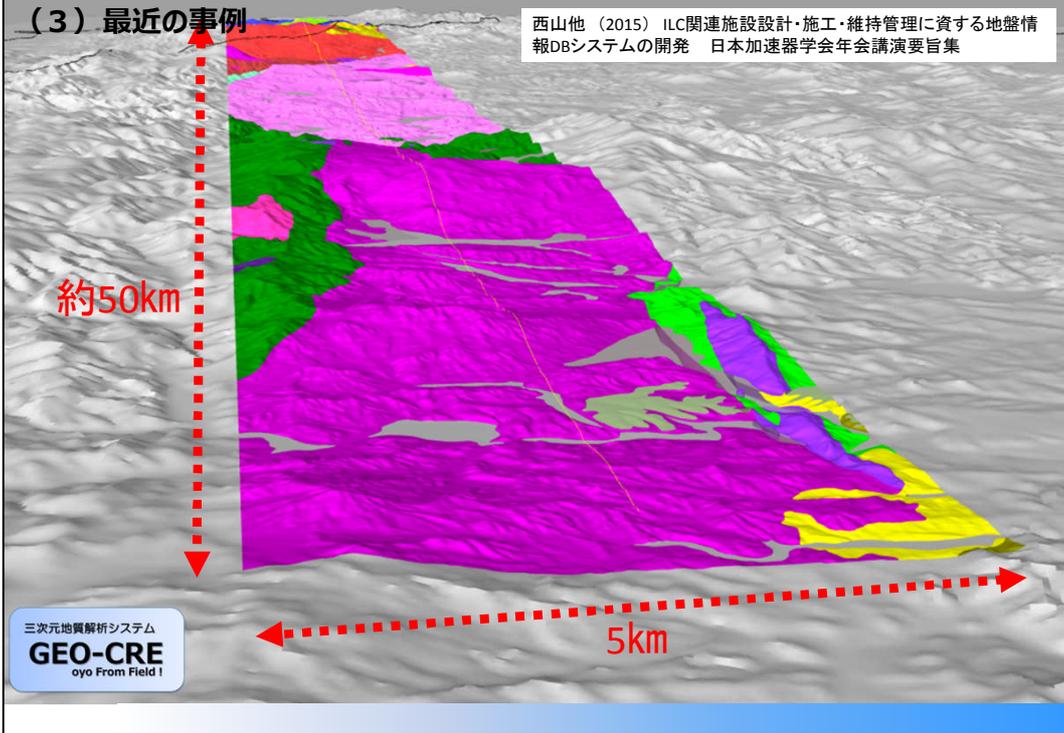


2. 新しいツールの紹介

2.1 GEO-CRE (ジオクリ)

(3) 最近の事例

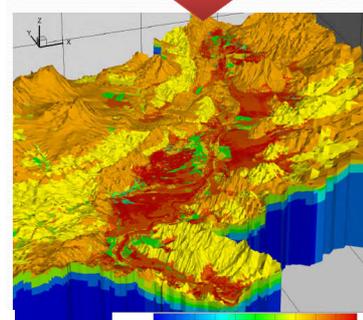
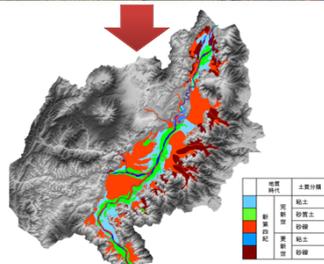
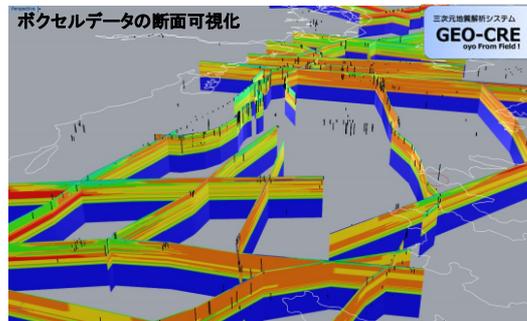
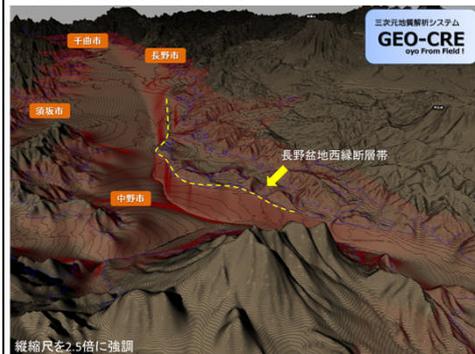
西山他 (2015) ILC関連施設設計・施工・維持管理に資する地盤情報DBシステムの開発 日本加速器学会年会講演要旨集



2. 新しいツールの紹介

2.1 GEO-CRE (ジオクリ)

(3) 最近の事例



竹島・西山・森・多田・田原・柿澤・飯山 (2015) 「地圏流体モデリング技術による国土地中熱ポテンシャルデータベースの開発」 日本地熱学会平成27年度学術講演会

2. 新しいツールの紹介

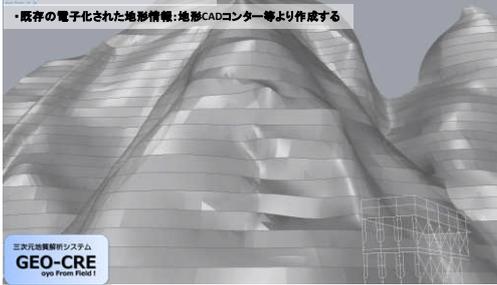
2.1 GEO-CRE (ジオクリ)

(3) 最近の事例

※下図はデモ用に作成したもの

(1) 斜面三次元モデル作成

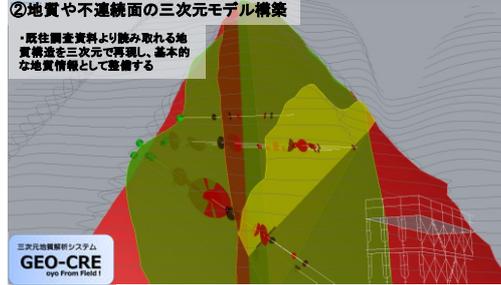
・既存の電子化された地形情報:地形CADコンター等より作成する



(2) 地質構造モデル構築

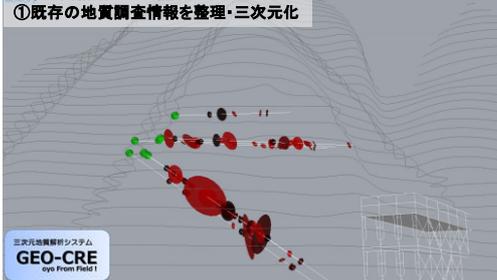
②地質や不連続面の三次元モデル構築

・既往調査資料より読み取れる地質構造を三次元で再現し、基本的な地質情報として整備する



(2) 地質構造モデル構築

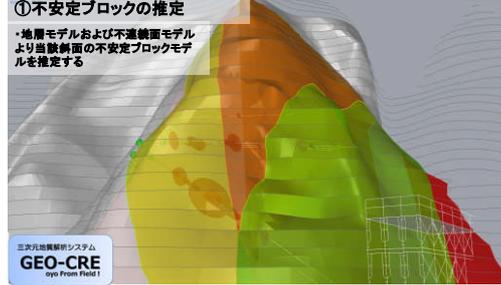
①既存の地質調査情報を整理・三次元化



(3) 斜面安定性評価モデル構築

①不安定ブロックの推定

・地層モデルおよび不連続面モデルより当該斜面の不安定ブロックモデルを推定する



2. 新しいツールの紹介

2.1 GEO-CRE (ジオクリ)

(3) 最近の事例

全地連「CIM対応ガイドブック」

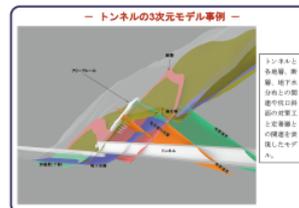
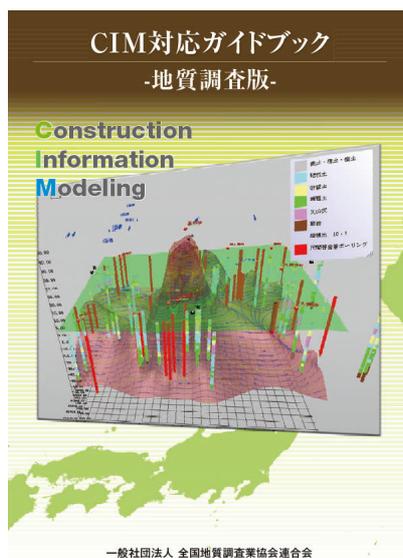


図 3-7 トンネルの3次元モデル事例

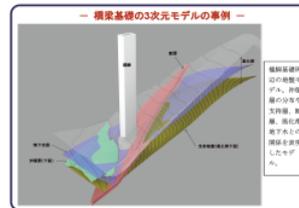


図 3-5 橋梁基礎の3次元モデルの事例

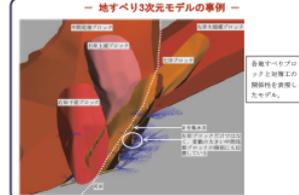


図 3-4 地すべり3次元モデルの事例

三次元地質解析システム
GEO-CRE
oyo From Field 1

Win Rhinoceros®
modeling tools for designers

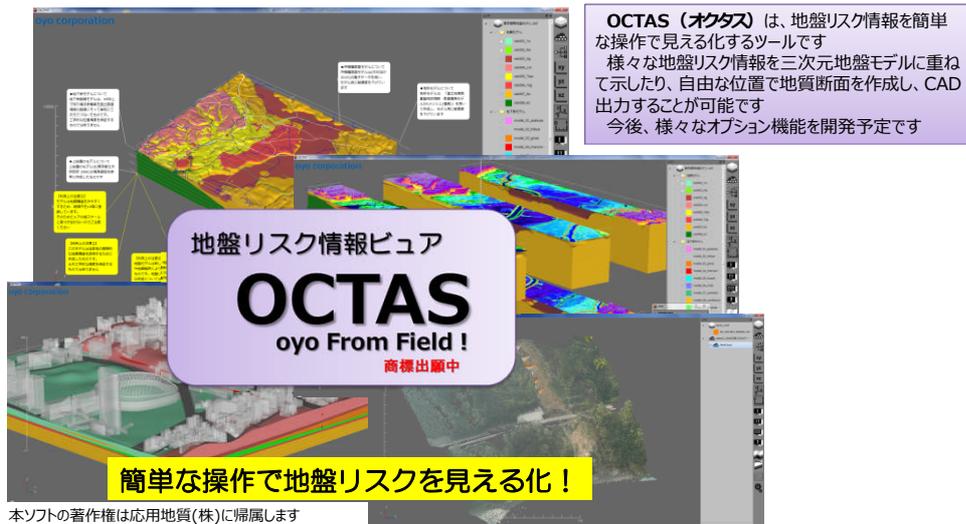
地盤リスク情報ビュー

OCTAS
oyo From Field !
商標出願中

オクタス

名称由来：OCTA (八方位)
地盤情報の見える化で地質・探査・計測・環境
建築・土木・維持管理・学術の八分野をサポート
機能：地盤CIM情報のビュー

◆無償の三次元地盤モデルビュー



OCTAS (オクタス) は、地盤リスク情報を簡単な操作で見える化するツールです
様々な地盤リスク情報を三次元地盤モデルに重ねて示したり、自由な位置で地質断面を作成し、CAD出力することが可能です
今後、様々なオプション機能を開発予定です

地盤リスク情報ビュー
OCTAS
oyo From Field !
商標出願中

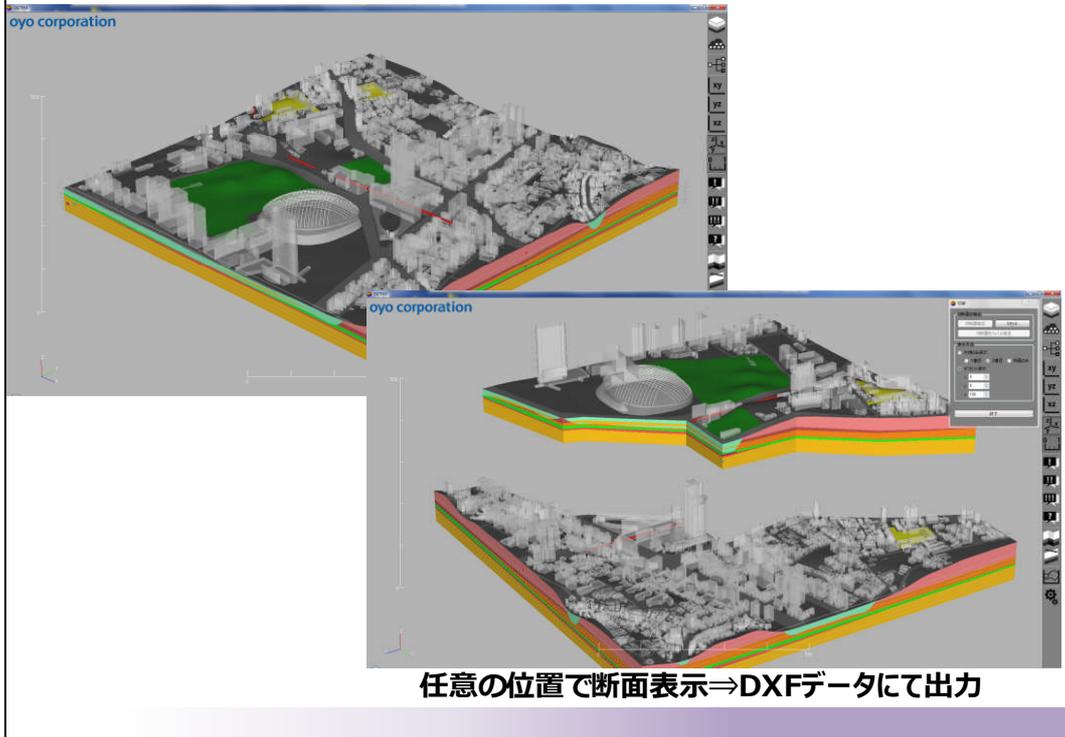
簡単な操作で地盤リスクを見える化！

※1 本ソフトの著作権は応用地質(株)に帰属します
※2 利用規約の詳細は「操作ガイド」を参照ください

ダウンロードURL: http://www.oyo.co.jp/business_field/three-dimensional-soil-information-service/

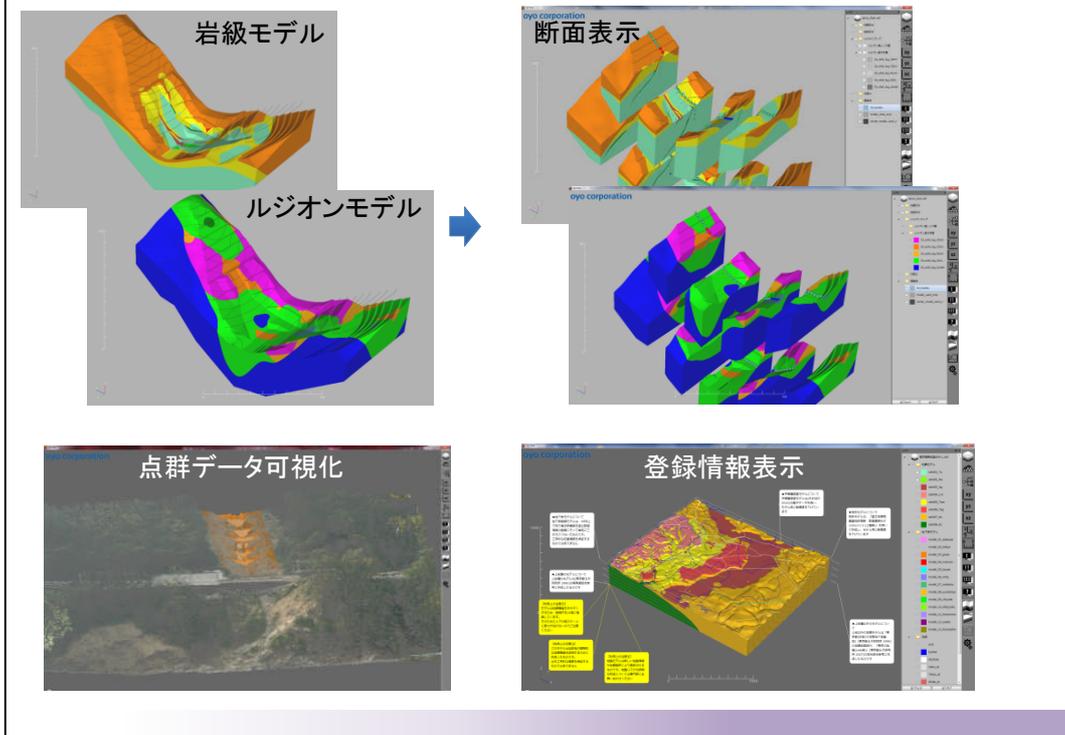
2. 新しいツールの紹介

2.2 OCTAS (オクタス)



2. 新しいツールの紹介

2.2 OCTAS (オクタス)



2. 新しいツールの紹介

2.3 COREROKU (コアロク)

地質情報記録/可視化/分析ツール

COREROKU

oyo From Field!

商標出願中

コアロク

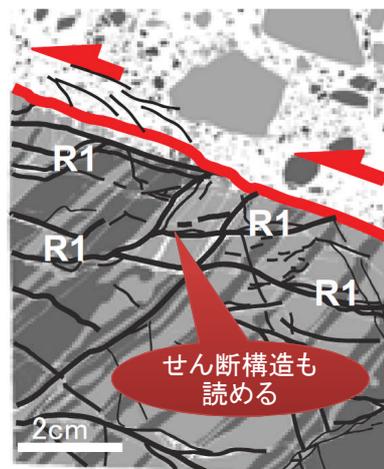
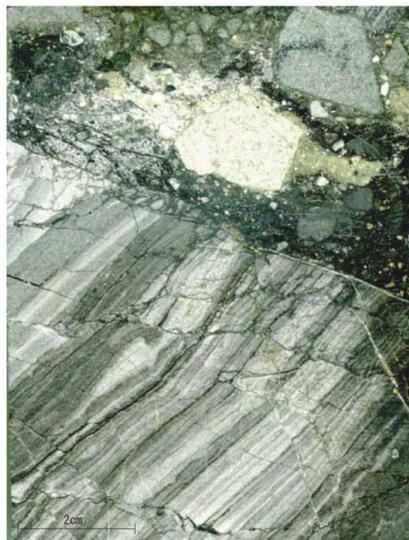
名称由来：ボーリングコア情報の記録

機能：高品質地質情報解析の支援

2. 新しいツールの紹介

2.3 COREROKU (コアロク)

高品質ボーリングから読み取れる岩盤組織の変形

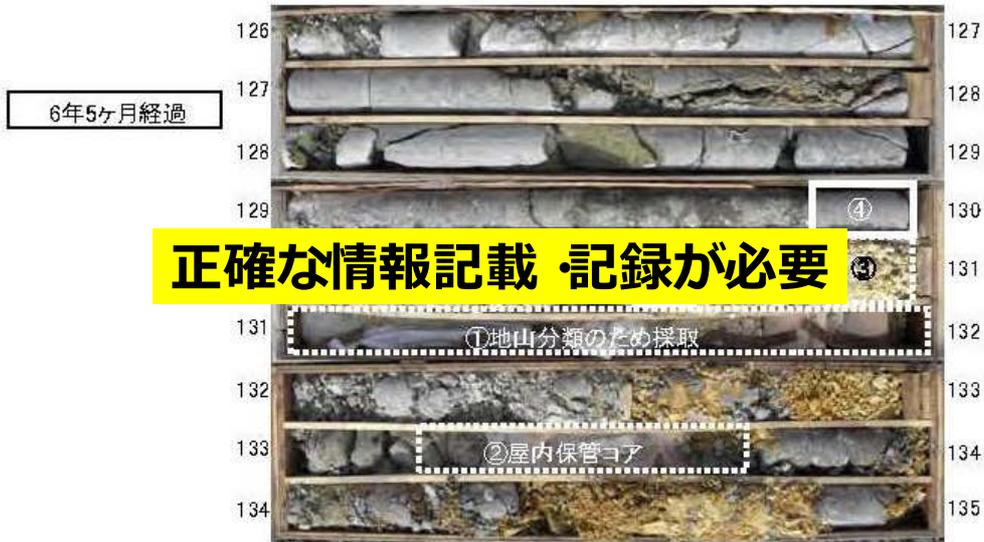


すべり層のサンプリングと認定方法に関する研究
(土木研究所共同研究報告書 2013)

2. 新しいツールの紹介

2.3 COREROKU (コアロク)

ボーリングコアの劣化



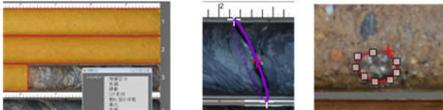
岡崎・伊東 (2012) 掘削後のボーリングコアにおける岩石性状の変化と特徴について

2. 新しいツールの紹介

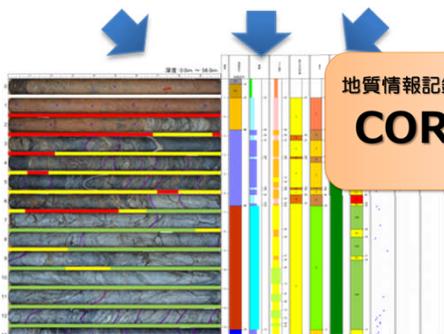
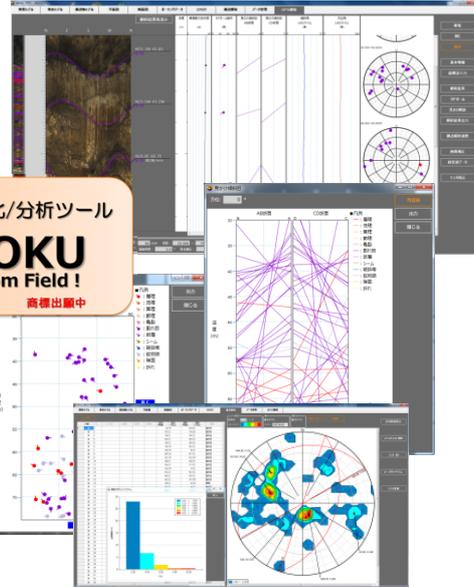
2.3 COREROKU (コアロク)

高品質ボーリング情報を速やかに見える化！

ボーリングコア情報の記録と可視化



ボアホール情報の記録と解析



地質情報記録/可視化/分析ツール
COREROKU
oyo From Field!
高橋出願中

COREROKU (コアロク) は、高品質ボーリングコアやボアホール孔壁の情報を記録し、リアルタイムに可視化して分析に用いることを実現するソフトウェアです

2. 新しいツールの紹介

2.3 COREROKU (コアロク)

<COREROKUの機能>

項目	内容
データ入力	区分情報: 地質、色調、硬軟、形状、割れ目状態、岩級、風化、変質、土軟硬 面構造: 各種不連続面 点情報: 針貫入などの試験情報 ポリゴン情報: 混入礫などの形状
可視化	コアグラフによる可視化 棒グラフ、散布図、コア写真重ね図(区間区分テープ、面構造、点情報位置)
解析	不連続面の傾斜角計算 ポリゴン集計(統計データ出力) 区間集計(細区分集計グラフ)

他に

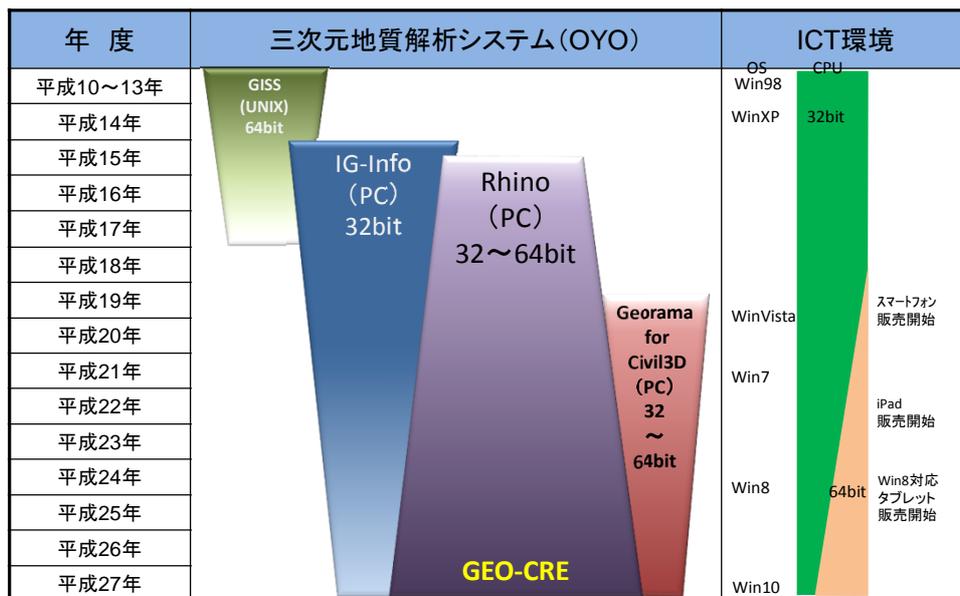
- ・ボアホール孔壁画像(可視光・超音波)の解析
- ・地質構造解析
- ・堆積相解析
- ・電子納品柱状図との連携

など

3. GEO-CREの開発

3.1 開発経緯

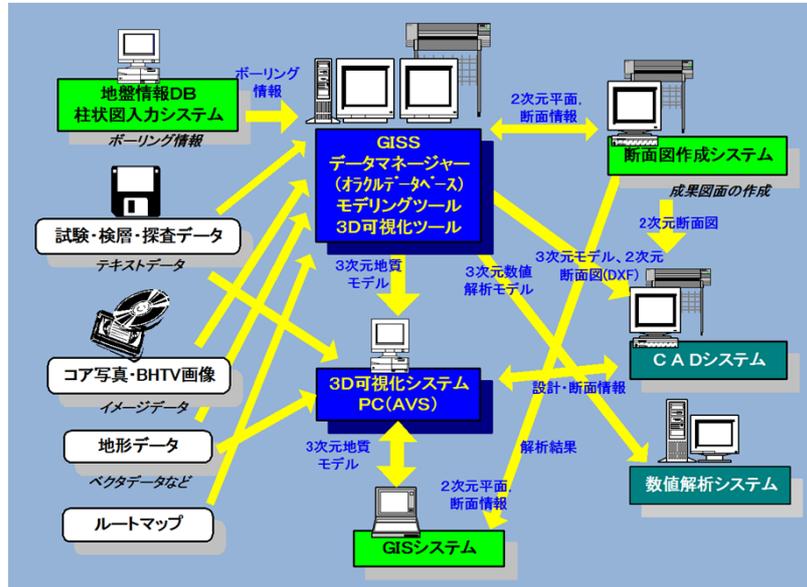
(1) 弊社における三次元地質解析システムの変遷



◆本格的に実務に使われ始めたのは平成15年から(15~30件/年間)

(2) これまでの三次元地質解析システム

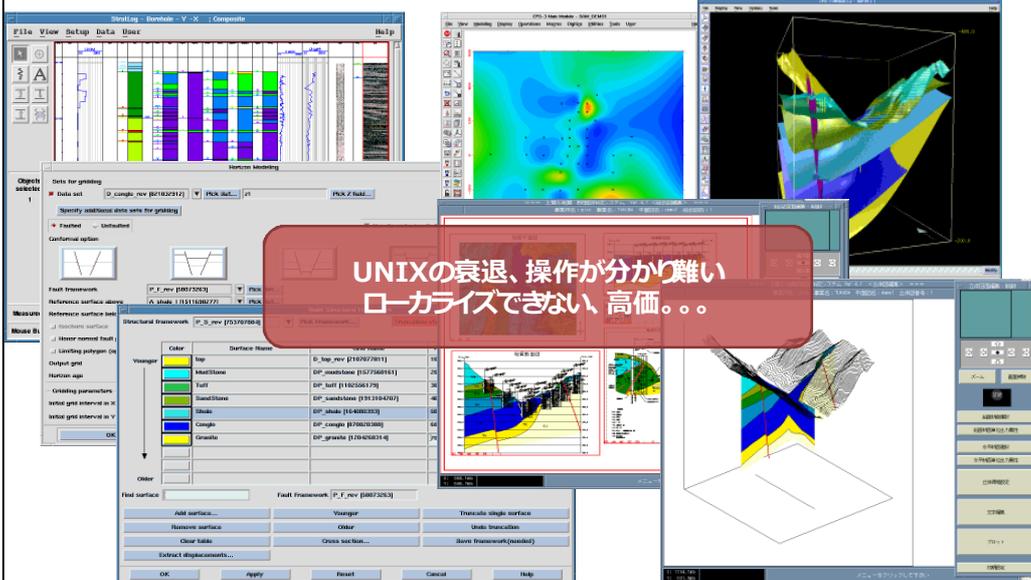
3次元地質解析支援システム (GISS) 構成概要※



※原・小川(2000): 3次元地質解析支援システム, 応用地質技術年報

(2) これまでの三次元地質解析システム

GISSのインターフェース※



※原・小川(2000): 3次元地質解析支援システム, 応用地質技術年報

3. GEO-CREの開発

3.1 開発経緯

(2) これまでの三次元地質解析システム



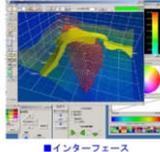
IG-Infoとは

「地盤調査に関わる様々な情報を、パソコン上の三次元仮想空間内で統合的に可視化し、データの精度チェック・分析/解析作業・成果品作成・プレゼンテーションを行いたい」

IG-Infoは、このような地盤技術者の要望を実現するための「地盤情報三次元可視化ツール」です。

基本機能

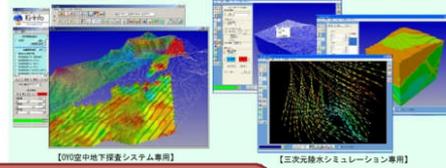
- データ可視化
 - ・ボーリング/露頭データ
 - ・物理探査データ
 - ・地質平面図・断面図
 - ・地形/地質境界面モデル
 - ・地質ソリッドモデル
 - ・物性値ソリッドモデル
 - ・構造モデル
 - ・GISデータ etc...
- 解析補助
 - ・断面/水平断面作成・出力
 - ・連続断面作成 etc...
 - ・等高線生成/等高面生成 etc...
- モデリング
 - ・地形/地質境界面モデルの生成・加工
 - ・地質ソリッドモデルの作成・加工
 - ・物性値ソリッドモデルの生成
 - ・地質ソリッドモデルへの物性値付与
 - ・GISデータの3次元化 etc...
- その他
 - ・モデルの回転/拡大縮小/移動
 - ・色・透明度の変更
 - ・アニメーション作成
 - ・画像作成
 - ・画像ファイル出力
 - ・データ変換 etc...



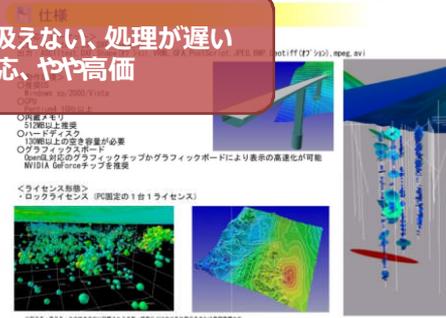
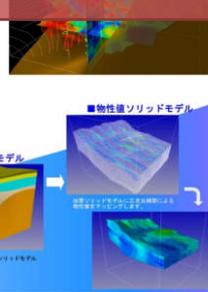
カスタマイズ

特殊な用途に特化した機能の追加やインターフェースの改造など、IG-Infoはカスタマイズにも柔軟に対応可能です。(カスタマイズ費用はお問い合わせ下さい)

■カスタマイズ例



CADのように自由に扱えない、処理が遅い
64bit非対応、やや高価



西山・原・小川(2002):地質情報の統合化ツールの開発
日本応用地質学会 平成14年度研究発表会講演論文集

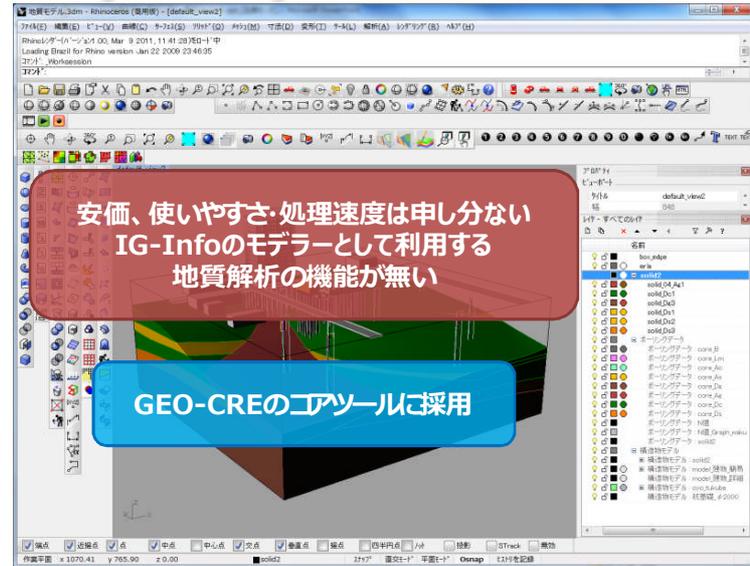
3. GEO-CREの開発

3.1 開発経緯

(2) これまでの三次元地質解析システム



Win Rhinoceros modeling tools for designers



安価、使いやすさ・処理速度は申し分ない
IG-Infoのモデラーとして利用する
地質解析の機能が無い

GEO-CREのツールに採用

3. GEO-CREの開発

3.1 開発経緯

(3) 既存三次元地質解析ツールの問題点

◆地質解析作業の限界

- ・データ整理やモデル計算処理に時間を要し、地質踏査における“現場で考えながら地質図を作る”プロセスと馴染みにくい
- ・データや図面の数が多くなると解釈のくい違いや図面間の不整合が生じ易くなりこれを解消させる“作図作業”だけで相当な時間が必要になる
- ・二次元の地質図を三次元で可視化するだけの“作図ツール”に過ぎない

◆操作性の難解さ

- ・ツール側の都合で実務の流れに沿わないルールが組み立てられている
- ・余計な機能が多く操作が複雑で直感的に使えない

◆リリースの無駄遣い

- ・最も作業時間を要する画面が二次元であり、三次元の画面は単なるモデルのプレビューでしかない
- ・リアルタイムに可視化・分析が可能な三次元ツールの利点を活かしてきていない

- ◆地質技術者の思考補助や作業負担を軽減させるツールとは言いがたい
- ◆評価が急がれる実務には積極的に使えない

3. GEO-CREの開発

3.2 開発目標

(1) 目指した三次元地質解析システムの性能

既存ツールの改善すべき点】

- ①技術者の考えるスピードに追従できる地質解析機能と可視化機能
- ②作業フローとデータ構成のわかり易さ
- ③ソフトウェアとしての柔軟性と拡張性



三次元地質解析システムの要求性能※

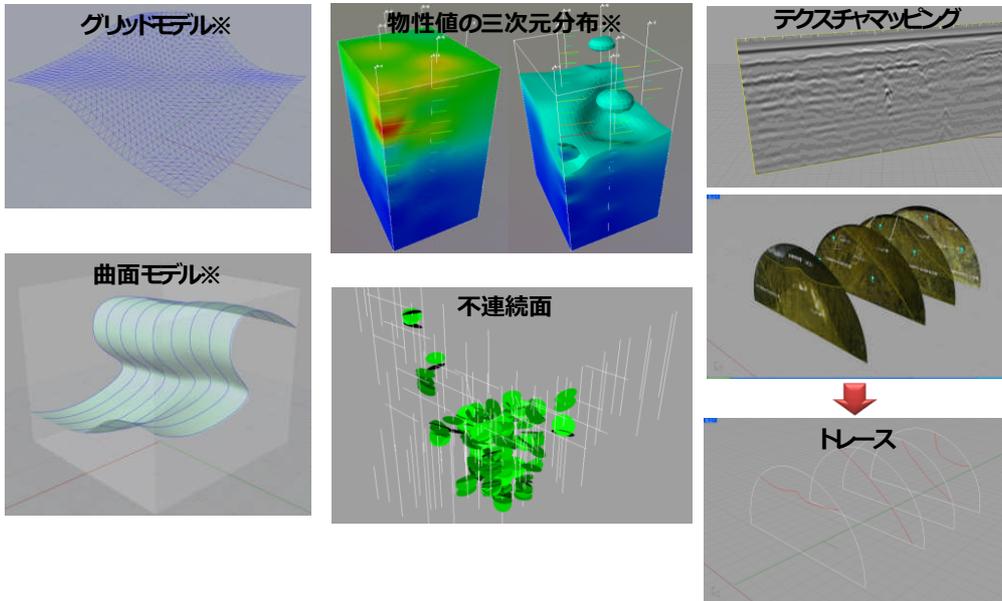
① 地質解析機能と可視化性能
・簡単に(直感的に)使えること
・技術的判断を短時間に行えること
・高度な編集機能を持つこと
・CADの精度で測定・分析を行えること
・地質境界面モデルの計算・演算を行えること
・表現力、表示処理速度、高度な表示機能、時にはリッチな表現(アニメーションなど)も可能とする
② 作業フローとデータ構成
・仕組みが自然であり容易に理解できること
・トレーサビリティを明確にすること
・標準的なCADデータフォーマットに対応すること
③ 柔軟性と拡張性
・長期的に使える将来性があること
・開発が比較的容易であること
・高品質コア情報などの情報化にも対応できること
・メンテナンス性が高いこと

※西山(2015)「次世代の三次元地質解析システムの開発」応用地質技術年報

3. GEO-CREの開発

3.2 開発目標

(4) 三次元地質情報を表現するために必要な要素

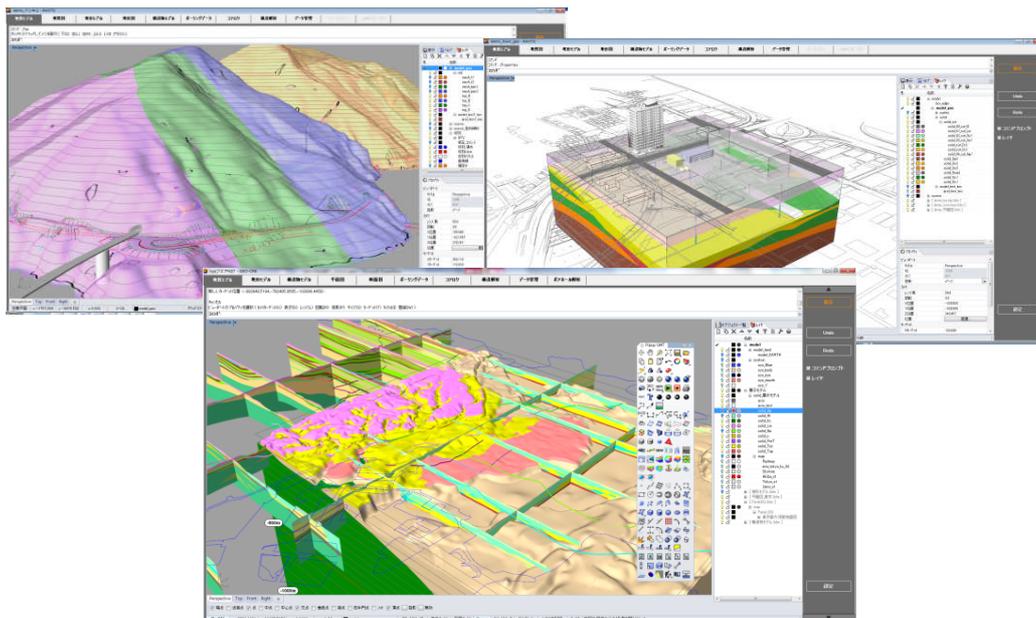


※西山・谷川(2014)「三次元地盤情報解析技術の現状と展開」中部地質調査業協会 土と岩 No.62

3. GEO-CREの開発

3.3 機能と性能

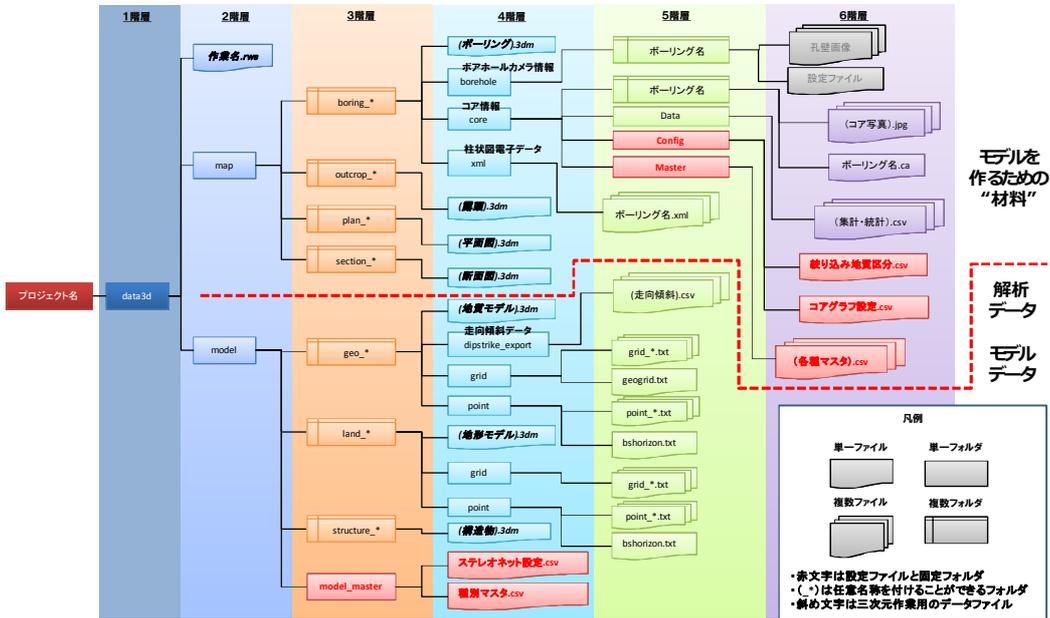
(1) GEO-CREのインターフェース



3. GEO-CREの開発

3.3 機能と性能

(2) GEO-CREにおけるデータ管理



※西山(2015)「次世代の三次元地質解析システムの開発」応用地質技術年報

3. GEO-CREの開発

3.3 機能と性能

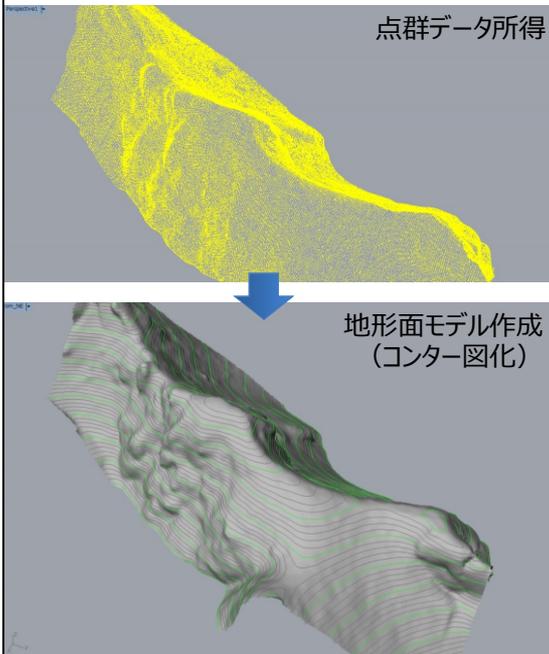
(3) モデリング機能

① 基本	【操作するための基本機能】 回転中心位置の変更、移動、拡大・縮小、保存、インポート、コピー・ペースト、特殊選択、視点変更等
② 表示	【三次元ビューの表示機能】 シェーディング、X線、ゴースト、レンダリングプレビュー、レンダリング、表示設定等
③ 出力	【三次元ビュー画面を出力する機能】 イメージキャプチャ、自動回転、アニメーション、印刷等
④ 情報	【三次元オブジェクトに情報を追加する機能】 テキスト入力、注釈追加、矢印、ハッチング等
⑤ 分析	【三次元オブジェクトを分析する機能】 座標表示、長さ・角度表示、寸法追加、オブジェクト切断等高線、断面図作成、エッジ抽出、交差抽出、投影面積・体積・重心計算、外形抽出等
⑥ 地盤解析	【三次元地盤解析の機能】 テキスト検索、物性値表示、DEMデータ変換、走向傾斜入力、ボーリングデータ三次元化、柱状図入力、画像断面図入力、物理探査データ表示、物性値凡例、境界面計算、メッシュサーフェス作成、地層モデル作成、ボクセルモデル読み込み・切出し・断面作成・等値面作成等
⑦ 描画	【三次元オブジェクト作成機能】 点、点抽出、点群作成、ポリライン、曲線、四角、円、曲面上の曲線、メッシュ状の曲線、各種サーフェス、各種メッシュ、各種ノリッド等
⑧ 編集	【三次元オブジェクトの編集機能】 幾何変換、ノード追加・削除、編集点表示、曲線延長、曲線の中間線、オフセット曲線、面の延長、面のブレンド分解、結合、ブール演算、メッシュ削除、切断、トリム、トリム解除等
⑨ 変形	【三次元オブジェクトの変形機能】 縦倍率変更(2.5・10倍、1/2・1/5・1/10倍)、一次元尺度・二次元尺度、三次元尺度、回転、移動等
⑩ 抽出・変更・調整	【オブジェクトの抽出・変更・調整の機能】 法線表示・変更、重複オブジェクト抽出、曲線の再構築、サーフェスのメッシュ変換等

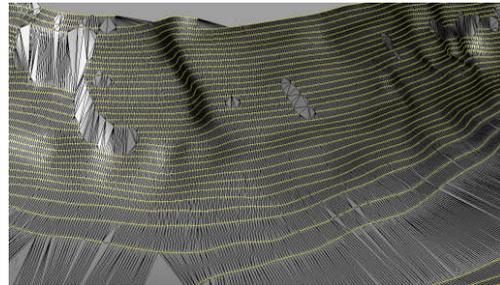
3. GEO-CREの開発

3.3 機能と性能

(4) 地形モデル作成



コンター上に等距離にノード配置
⇒Tinにより地形面モデル作成

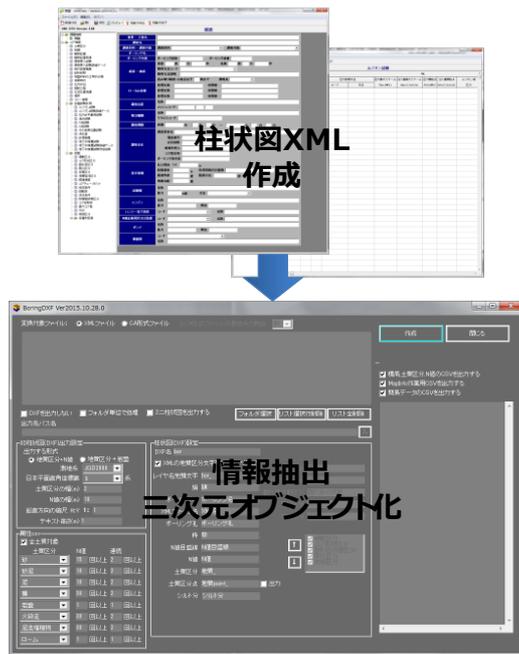


点群：国土地理院数値標高等の
x,y,z配列のテキストデータ

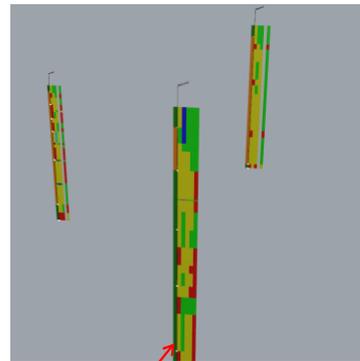
3. GEO-CREの開発

3.3 機能と性能

(5) ボーリングデータの三次元化

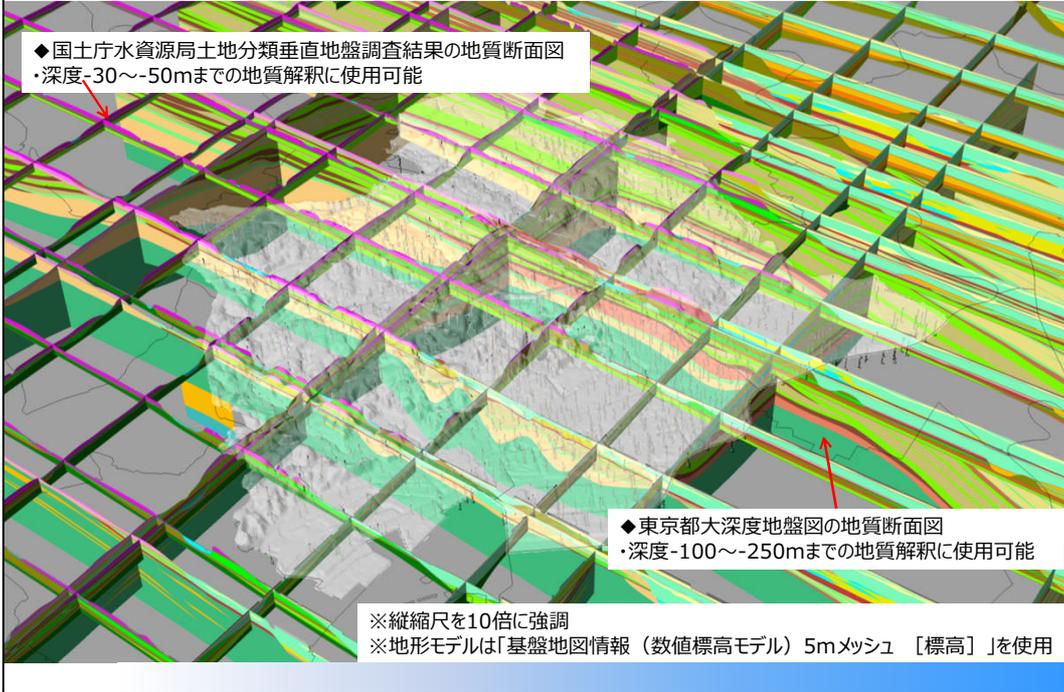


三次元柱状図モデル

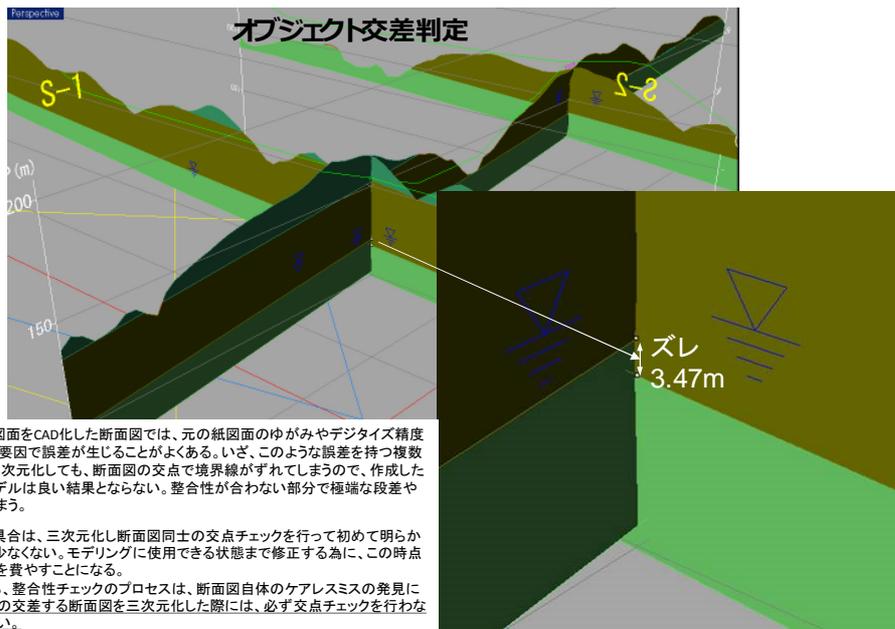


三次元解析に必要な項目を表示

(6) スケルトンモデル (三次元地質モデルの推定根拠 (骨格) となる情報を配置したもの)

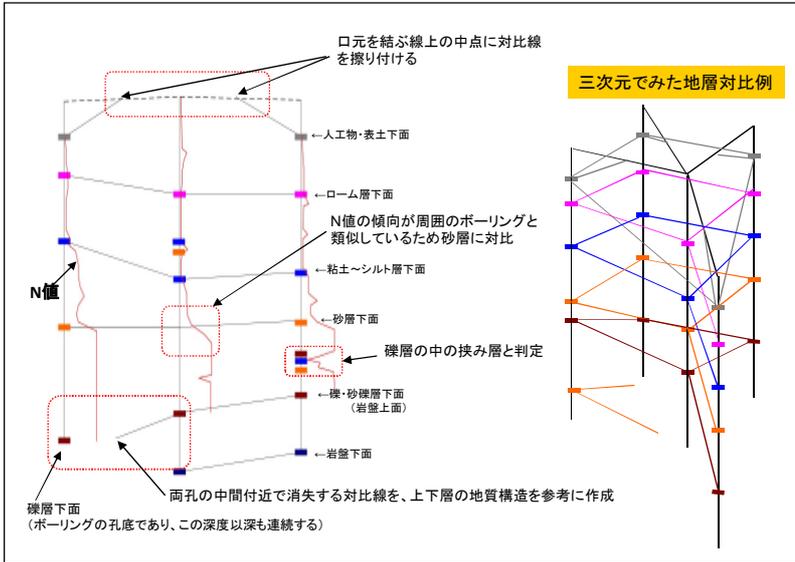


(7) スケルトンモデルのチェック

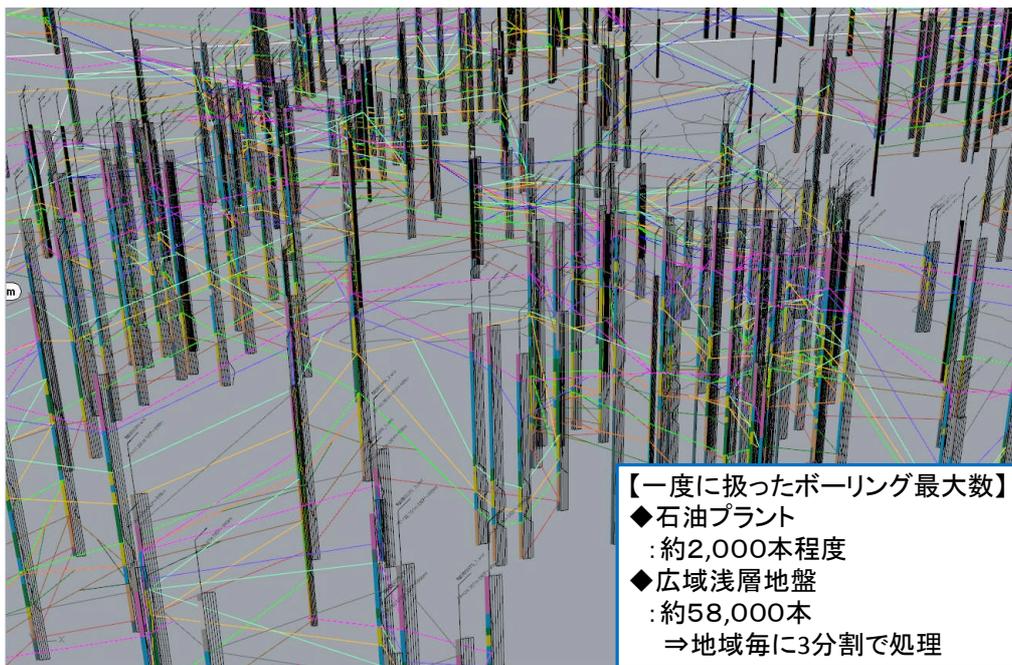


(8) 三次元地質解析 (ボーリング対比の例)

- ・三次元地層対比作業 (基本的に地質断面図を作る作業と同じ)
- ・地形モデルや地質断面図、既往資料等を参考にしながら全ボーリングを対比する



(8) 三次元地質解析 (ボーリング対比の例)

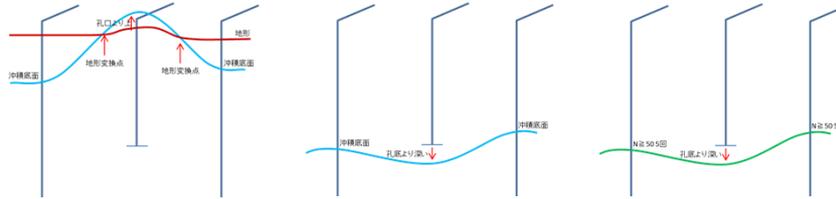


(9) サーフェスマデリング (グリッドサーフェスの例)

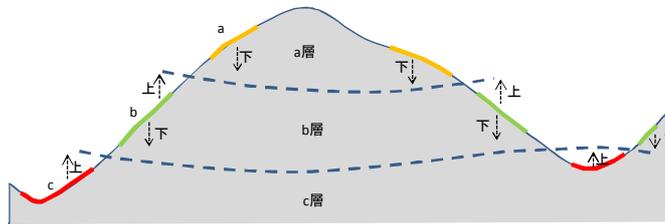
◆境界面モデルの制約条件

- ・入力データに制約条件を設定して面の形をコントロールする
- ・制約条件に対応するアルゴリズム「BS-Horizon※」を採用した

制約条件の例 (ボーリング)】



制約条件の例 (境界位置が不明なルートマップの場合)】



※野々垣他(2008):「3次B-スプラインを用いた地層境界面の推定」情報地質

(9) サーフェスマデリング (グリッドサーフェスの例)

地層対比結果や露頭情報から境界面のコントロールポイントを整理する

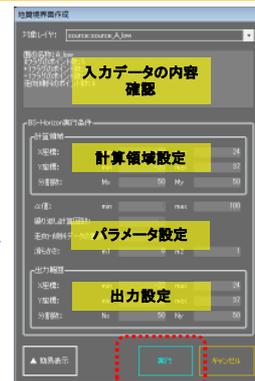


「境界面推定」を実行



補間範囲の詳細な設定をする

補間処理の詳細な設定

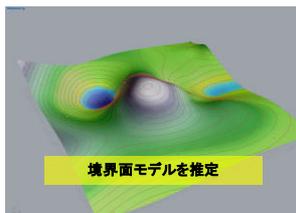


実行ボタンを押すと境界面を計算する

各地質境界面のグリッドデータを出力



地層解析機能へ



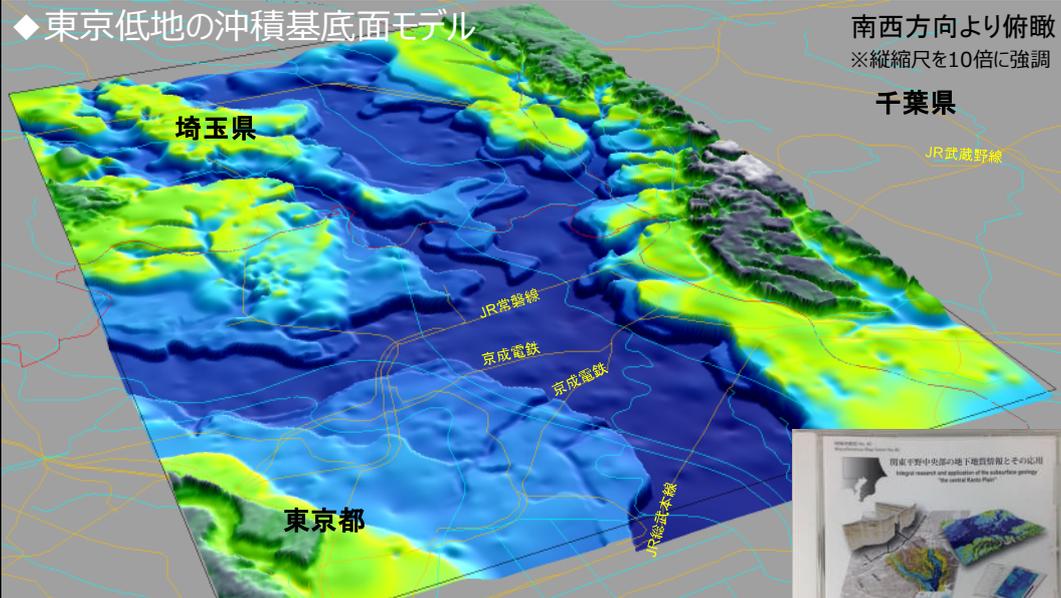
境界面モデルを推定

3. GEO-CREの開発

3.3 機能と性能

(9) サーフェスマデリング (グリッドサーフェスの例)

◆東京低地の沖積基底面モデル



南西方向より俯瞰
※縦縮尺を10倍に強調

木村・花島・西山・石原 (2014)「ボーリングデータ解析による浅部地下地質構造の三次元モデリング: 東京低地北部から中川低地南部の例」

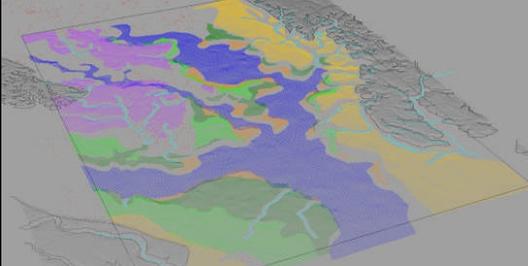
(独) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 2014
「関東平野中央部の地下地質構造とその応用」(Jipin, AIST)

3. GEO-CREの開発

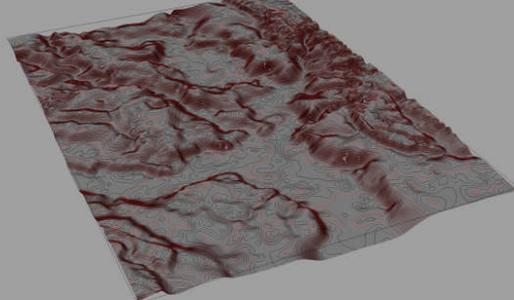
3.3 機能と性能

(9) サーフェスマデリング (グリッドサーフェスの例)

全ポイントデータの俯瞰図

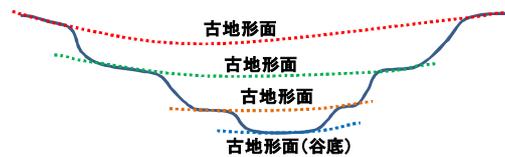


処理前のモデル

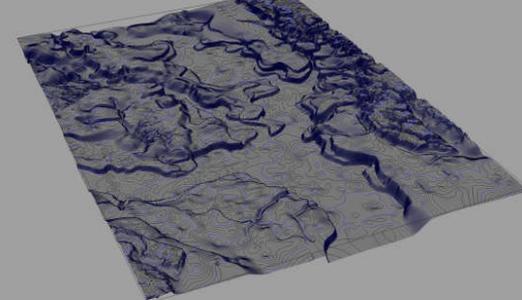


<ハイブリッド方式>

形成時代・営力の異なる境界面を作る方法



ハイブリッドのモデル



3. GEO-CREの開発

3.3 機能と性能

(10) 三次元モデルのチェック機能例

Enterマップ
サーフェスの歪みを確認する方法
NURBSモデルのみに適用可能

ゼブラマップ
サーフェスの歪みを確認する方法
NURBSモデルのみに適用可能

断面作成
事例は20枚の段丘底面境界面モデルを作成するため、約100断面を作成したもの

法線表示
面の裏表を表示し切り替える方法

点と面モデルの誤差表示
入力点とサーフェスモデルの誤差を確認する方法
NURBSモデルのみに適用可能

非接続エッジの検出
ソリッドモデルのエッジが閉じているかを
確認する方法

3. GEO-CREの開発

3.3 機能と性能

(11) 地層モデリング（グリッドサーフェスの例）

地層断面のプレビュー画面

◆グリッドサーフェスの演算により地層モデルを作成する

地質帯毎のグループ
上位よりナンバリング

右図プレビューの
側線位置

地質帯毎のグループ
上位よりナンバリング

右図プレビューの
側線位置

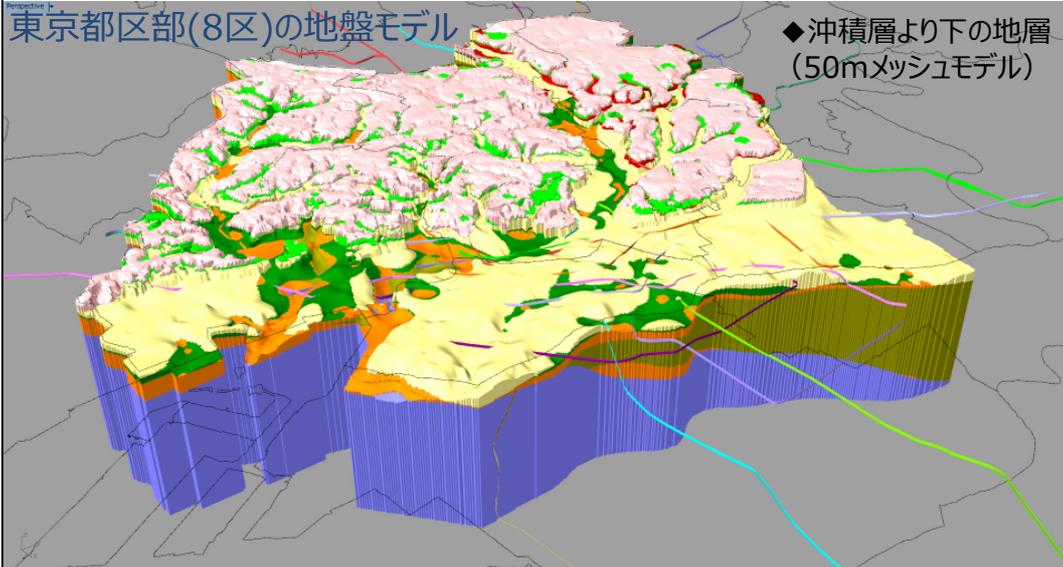
3. GEO-CREの開発

3.3 機能と性能

(11) 地層モデリング (グリッドサーフェスの例)

東京都区部(8区)の地盤モデル

◆沖積層より下の地層
(50mメッシュモデル)



※縦縮尺を10倍に強調

都市における地中熱大規模利用可能性の総合評価 平成25年3月
委託者：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
受託者：応用地質株式会社 (株)地圏環境テクノロジー 東京大学

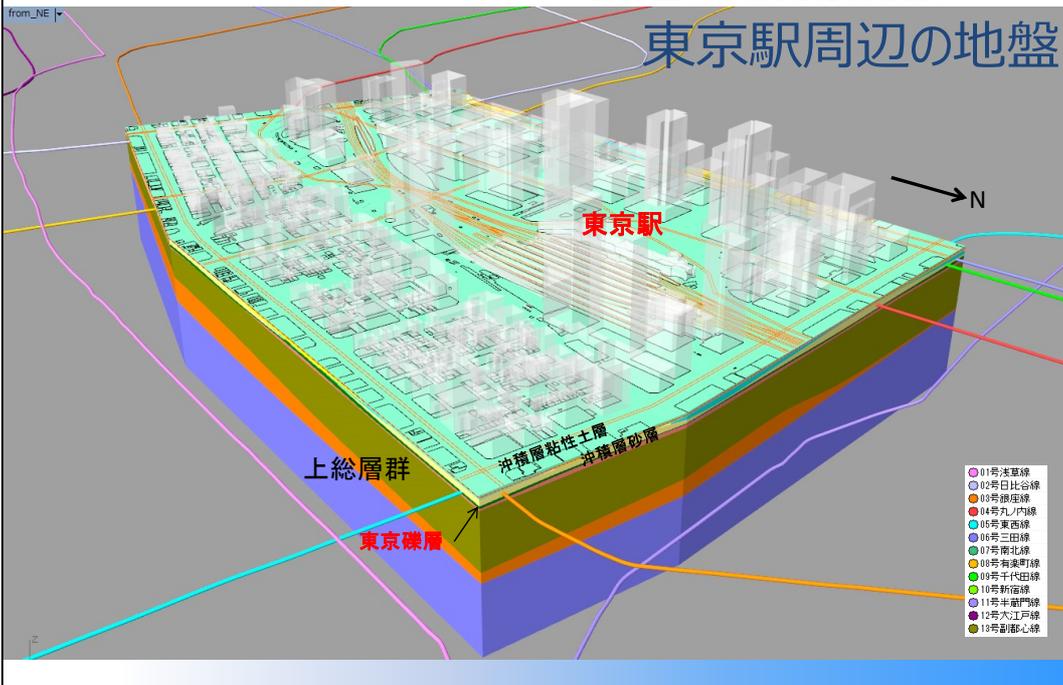
3. GEO-CREの開発

3.3 機能と性能

(11) 地層モデリング (グリッドサーフェスの例)

◆前頁の地層モデルより任意範囲を切り出したもの

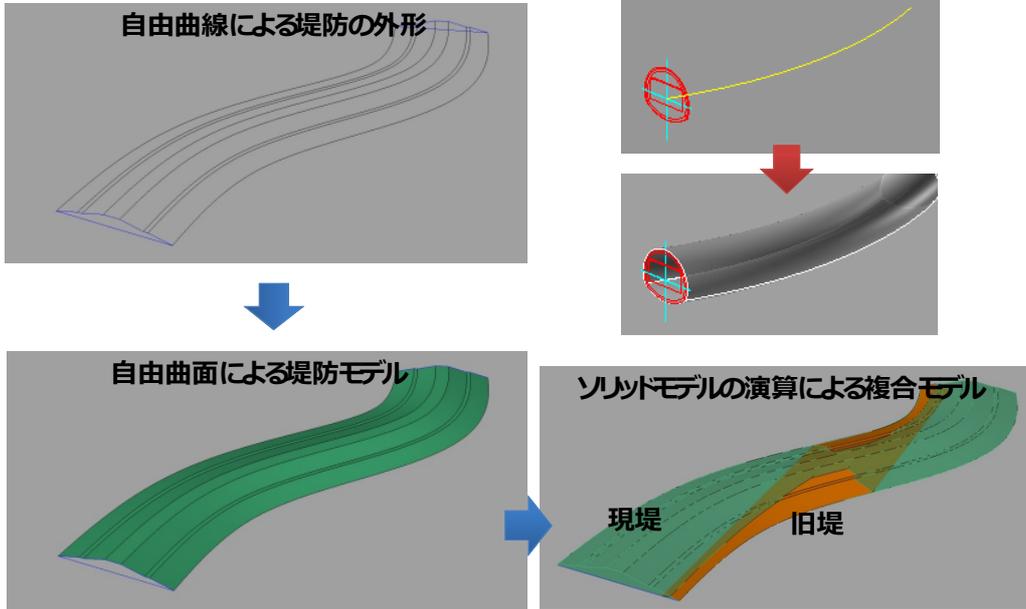
東京駅周辺の地盤



3. GEO-CREの開発

3.3 機能と性能

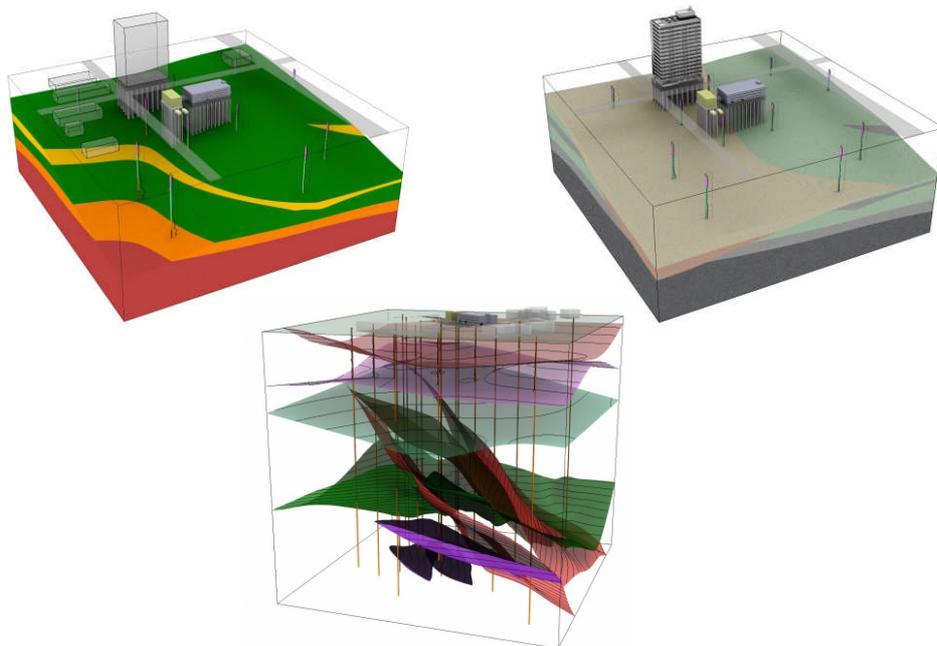
(12) 構造物モデリングの例



3. GEO-CREの開発

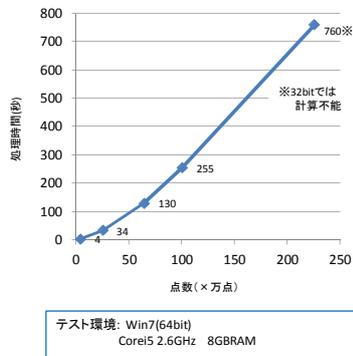
3.3 機能と性能

(13) 少し高品質なレンダリング



(14) 負荷テストとモデリング実績

<点群データによるTin地形モデルの計算負荷>



<サーフェスモデル数とファイルサイズ>

◆某施設地質モデル
 範囲：約400m×220m
 地形：1枚
 地質境界：56枚
 ファイルサイズ(Rhino)：約200MB

◆某施設地質モデル
 範囲：800m×600m
 地形：2パターン
 断層：45枚
 地質境界：618枚
 ファイルサイズ(Rhino)：680MB

・32bit環境では300MB以上から動作が不安定になり易い
 ・64bit環境では500MBでも安定稼働する(実績は900MBまで確認)

⇒モデルの対象に応じてファイルを分割すべき

(15) GEO-CREの主な特徴

- ①地質モデリング
 - ・三次元空間でリアルタイムなモデリング作業を実現
 - ・モデリングアルゴリズムを柔軟に適用（連携するソフト次第）
 - ・様々な地質モデルに対応可能
 - ・数m～数10kmの幅広い規模に対応し、同一空間に混在も可能
- ②構造物モデリング
 - ・三次元CADの能力を生かしたモデル精度確保
 - ・汎用的CADデータ（二次元・三次元）の利用が可能
- ③モデル分析機能
 - ・モデル精度チェック
 - ・モデル同士の干渉チェック
 - ・コンター図作成
 - ・断面図作成
 - ・面積／土量計算
 - ・層厚分析
- ④CG・可視化機能
 - ・高品質レンダリング
 - ・アニメーション作成
- ⑤運用面の機能
 - ・階層型レイヤマネージャにて、入力データ管理からモデル管理まで一貫対応
- ⑥データ入出力
 - ・様々なフォーマットの入出力機能搭載
 - ・汎用的CADデータ（DXF／DWG）の入出力
 - ・シミュレーション用形状モデルデータの出力

3. GEO-CREの開発

3.3 機能と性能

(15) GEO-CREの主な特徴

【入力データ（地盤情報）】

ボーリングXML、サウンディング、物理探査（Geoplot）、各種地質図面画像・CAD図
 国土地理院数値標高（5m,10m,50m,250m）、ポクセルモデルの等値面

【地層の論理モデル】

階層型レイヤ管理で十分対応可能

【境界面推定方法】

BS-HORIZON、NURBS、Tin
 他ソフトで推定したデータを点群として取り込み可能

【属性値情報】

研究中（RhinoにIFC等の入出力プラグインあり）

【座標系】

m系（平面直角座標、UTM座標）
 ※明確に座標系としては定義していない

【ソフトウェア構成】

OS:Windows7/8 64bit/32bit(64bit推奨)
 RhinocerosVer5 rev9以降対応(三次元機能の利用に必須)

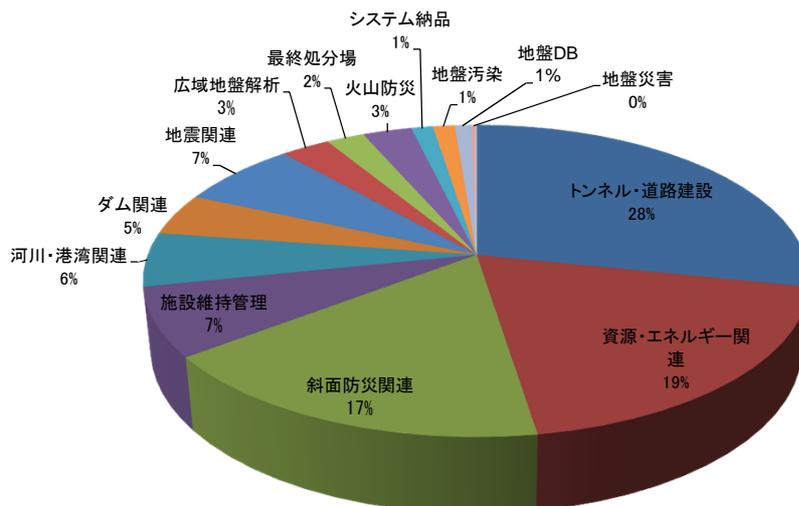
【ハードウェア構成】

CPU: Intel Corei5以上
 搭載メモリ: 8GB以上
 GPU: グラフィックボード利用を推奨
 HDD: 20GB以上の空き容量
 モニタ: 画面解像度1920×1080以上を推奨

4. 弊社における三次元地質解析

4.1 適用した事業分野

(1) 事業分野の傾向



※H15年4月～H27年10月：計322件の事業分野割合

4. 弊社における三次元地質解析

4.1 適用した事業分野

(2) 適用事例と目的の分類

事業分野毎の適用例	目的分類		
【道路、トンネル】	可視化	解析	二次利用
多数の二次元地質断面図の整合性検証および地質構造の妥当性検討、岩盤分類モデル作成	○	○	○
トンネルルート変更の根拠についての説明資料、トンネルルートのプロシミュレーション制作	○	-	-
トンネル建設による地下水障害を予測する三次元地下水シミュレーション	○	○	○
三次元地下水シミュレーション解析結果のポテンシャル分布および地下水流動状況の可視化	○	○	-
坑口岩盤斜面の地質構造説明資料作成、不安定岩盤のブロック区分、重心・体積算定、CAD断面図作成	○	○	○
不安定岩盤の遠心荷重試験用三次元モデル作成(様々なパターンの断面をモデル化)	○	-	○
住民説明会用のブロックダイアグラムやポスター制作	○	-	○
トンネル崩落事故検討委員会資料作成、施工履歴と地盤観察結果、対策工計画の三次元可視化	○	○	○
地盤モデルの構築と様々な対策工ケースの検討、対策一連プロセスのアニメーション制作	○	○	○
施工時の地下水湧水原因究明、施工ステップ毎のシールド・掘削構造と地質構造の関係可視化	○	-	-
CIM対応の地層モデル・支持層モデル・構造物モデル構築	○	-	○
掘削面の液状化層三次元分布推定	○	○	○
道路斜面の不安定性評価に用いる地盤モデル	○	-	-
垂状掘削空洞の三次元分布把握と道路補修計画	○	○	○
【ダム】			
大規模貫入岩体のダムサイトの亀裂系解析および透水性把握	○	○	-
ダムサイトの亀裂分布三次元モデルと亀裂分布断面図作成	-	-	-
貫入岩と断層断層分布のモデル化、切り取り断面の断層分布の可視化	○	-	○
岩盤区別ジオマップの三次元モデル作成	-	○	○
ダム漏水原因究明と地下水観測各種試験データの三次元可視化	○	○	○
貯水池地滑り調査に用いるLIP高精度DEMによる地形解析	○	-	○
【斜面変形】			
LIPデータによる微地形計測用地形解析図作成	○	-	○
複数の地滑り面モデル化とアンカー定着有無の検討用資料、アンカー荷重試験結果の可視化	○	○	○
三次元斜面安定解析用の地盤モデル構築	-	-	○
地上レーザー測量による斜面末端崩落の変状把握	○	○	○
斜面崩落現象の再現アニメーション制作	○	-	-

西山(2015)「次世代の三次元地質解析システムの開発」
応用地質技術年報

事業分野毎の適用例	目的分類		
【エネルギー施設】	可視化	解析	二次利用
耐震性検討に用いる地盤モデル・岩盤分類モデル構築	○	-	○
ボーリング/露頭調査による不連続面の三次元分布把握	○	○	○
COSにおける注入シミュレーションに用いる地中貯留層の三次元モデル構築	○	-	○
長大トンネルおよび付帯施設と地形地質構造三次元可視化、データベース作成	○	○	○
【地盤汚染・廃棄物】			
最終処分場の地盤モデル作成と各種図面作成	○	-	○
最終処分場の景観シミュレーション	○	-	○
移流拡散シミュレーションに用いる地盤モデル構築	○	-	○
生鮮食品市場移転地の地盤汚染の可視化と地盤モデル作成	○	-	-
【空層】			
地盤沈下予測システムに用いる三次元地盤モデル構築	○	○	○
清走路の地盤構造把握と地盤沈下シミュレーション用地盤モデル構築	○	○	○
敷地内大型駐車場建屋の支持層モデル化と各種図面作成	○	○	○
【地中熱源】			
都心部の地中熱ポテンシャルマップ作成に用いる三次元地盤モデル構築およびデータベース構築	○	○	○
三次元地層モデルおよび地下水モデルのデータベース構築	○	○	○
三次元陸水シミュレーション用地盤モデル提供	-	-	○
【橋脚】			
新規建設マンションの基礎地盤可視化	○	-	-
マンション基礎地盤沈下調査結果の可視化	○	-	-
液状化対策区域の三次元地盤モデル構築	○	○	○
【橋梁基礎】			
施工中の橋梁基礎沈下原因調査に用いる地盤モデル構築	○	○	○
地盤構造と支持層のCIMモデル提供	○	-	○
【地下水資源】			
地下水資源保全目的の広域地下水流動場の把握	○	-	○
地下水資源利用目的の地下水解析	○	-	○
【環境保全】			
湿原保全目的の地下水シミュレーション	○	-	○
農地保全目的の地下水シミュレーション	○	-	○
【火山災害】			
火山地下構造調査成果の可視化および各種図面作成	○	-	○
空中探査成果の可視化アプリケーション開発	○	-	○
室内試験供試体破断面のレーザースキャン結果の可視化	○	-	○

4. 弊社における三次元地質解析

4.2 経験から言えること

(1) 三次元地質モデルの利用場面

◆地質モデルが必要とされる場面

- ◎ 管理する（発注者）側の情報として
- ◎ 使う側（設計施工者）の情報として
- ◎ 考える側（調査者）の情報として

◆地質モデル構築の目的

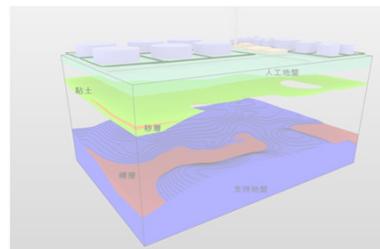
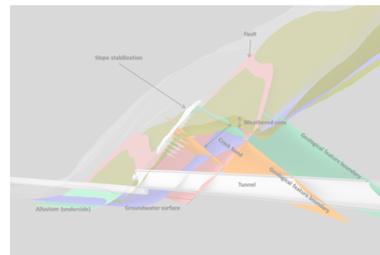
- ◎ 地盤情報の三次元可視化
- ◎ 三次元地質解析そのもの
- ◎ モデルデータの二次利用

◆地盤モデルは目的と用途に応じる性能重視型である

- ◎ **そのためどんな現場にも適用できるような万能なモデルはない**
- ◎ 地盤モデルの**目的外利用に注意が必要**
- ◎ **地盤リスク**を明確に伝えることが大切

【地盤（地質）リスクの定義】

- ① 地盤（地質）の**不確実性**そのもの
 - ・不可視で十分な情報が得られない
 - ・地質の成り立ちや分布・構造に**地域性**がある
- ② 事業に**損失をあたえる地質事象**
「望ましくない地質事象の生起確率とその事象の大きさの組み合わせ（協坂 2008）」



(2) 三次元地質モデルを作るための着目点 (Keywordのみ)

- ◆成層地盤 ⇒ グルーピング、大境界と小境界、層相区分、時代区分、整合・不整合、上に凸、下に凸、互層、ダウンラップ、オフラップ
- ◆漸移帯 ⇒ 平均的配置、安全側の視点、シーケンス層序、曖昧さの表現
- ◆逆転構造 (褶曲・オーバーハング) ⇒ 軸の設定、構造断面の照査 (まだ二次元の思考が基本)
- ◆断層 ⇒ 断層帯、雁行表現、端部処理
- ◆地質ゾーニング ⇒ 岩級区分、土軟硬区分、変質帯区分、帯水層区分、物性モデルからの解釈
- ◆人工地盤 ⇒ 盛土、埋土、切土、地盤改良範囲
- ◆地下水 ⇒ 変動幅、水圧表現、流線
- ◆地盤強度 ⇒ ボクセル、三次元補間、区分層毎の補間 合成
- ◆複合面 (一連の同時代面で形成営力が異なる) ⇒ データの分類、地形面の認定、ハイブリッド
- ◆貫入岩 ⇒ 火道位置・方向、断裂系
- ◆レンズ ⇒ チャネル、構成物変化、外縁部処理
- ◆谷底 谷壁 ⇒ 現地形の示唆するもの、斜面脚部の形状
- ◆旧河道 埋没谷 ⇒ 旧河道中心の認定 推定、河川勾配の反映
- ◆分離面 ⇒ ポアホール調査、分離面表現、切り合い、岩盤ブロック、楔滑り、統計的処理
- ◆岩盤斜面 ⇒ オーバーハング、地上レーザー、写真測量、三次元スケッチ、不安定ブロック抽出
- ◆信頼性の表現 ⇒ マスク領域、データ密度、コメント表記、可読性のある記録方式、統計的評価、オーバーレイマップ
- ◆インタラクション (干渉) ⇒ 掘削形状、地形改変

他

地質事象毎に着目点異なる ⇒ 地質モデル構築マニュアルが必要

(3) 三次元地質モデル作成者の資格 (弊社における)

- ◆地質図は、合理的な地質調査や微地形判読・既存資料分析・各種試験計測等に基づく複眼・統合的考察により導かれる
 < 調査結果 → 三次元考察 解析 → 二次元図面表現 (地質平面 断面図) >
- ◆地質図の品質は地質屋の経験と技術に依存する
 (百人の地質屋がいれば百通りの地質図ができると揶揄される所以)
- ◆地質図作成はフィールドワークの経験が必要であり
 相応の経験と資格を持つ**専門技術者が実施するか監督するべきもの**
- ◆三次元地質モデル作成の思考は土木地質図作成の思考とあまり変わらない
三次元地質モデル作成も地質図作成と同等の資格が必要と考えられる

資格の目安]

- ・技術士 (応用理学 地質) あるいはRCCM (地質) + 地質情報管理士
- ・上記の資格と同等と認められる者

5. 三次元地質モデルの活用へ（CIM対応へ向けて）

(1) CIMに提供できるデータ

① スケルトンモデル

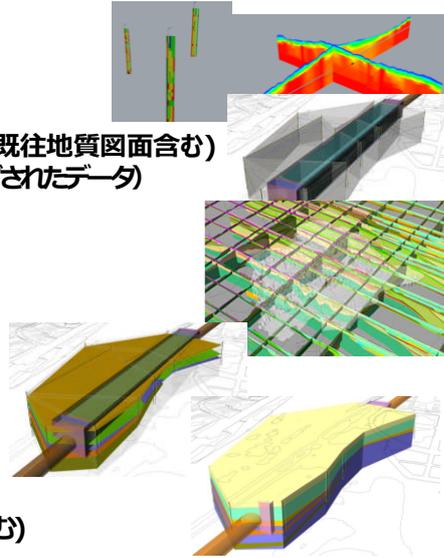
- ・三次元化(座標付け)したデータ(物理探査情報や既往地質図面含む)
- ・モデル補間計算に用いた入力データ(グルーピングされたデータ)
- ・地質対比情報(地質学的関係性の情報)

② 推定地質モデル

- ・地質図面(平面図、断面図、パネルダイアグラム)
- ・三次元地質モデル(サーフェス、ソリッド、ボクセル)

③ 属性情報

- ・地盤リスク、モデル目的・用途、利用制限
- ・推定範囲、推定方法(アルゴリズムのパラメータ含む)
- ・信頼性指標(推定根拠、地史)
- ・物性テーブル、凡例



5. 三次元地質モデルの活用へ（CIM対応へ向けて）

(2) CIMへ提供する三次元地質モデルの問題

① 事業段階のニーズに応じたモデルが必要

- ・事業段階(概略設計・詳細設計・施工等)によりモデルの要求範囲・精度が変わる

➡ LODの観点が必要

LOD: Level of development

② 三次元モデルデータだけが独り歩きしかねない

- ・作成方法の記録が無いと、モデルの信頼性や更新方法がわからない
- ・モデルデータだけでは地盤リスクがわからない

➡ 属性情報は必要不可欠

③ 地盤情報が更新・変化※する場合、適切なタイミングでモデル更新が必要となる

- ※変化: 強度変化、風化、地盤沈下、斜面変動、地下水変動など

➡ トレーサビリティが重要

5. 三次元地質モデルの活用へ（CIM対応へ向け）

（3）モデルの信頼性をどう担保するか？

- ① “三次元地質モデリング”マニュアルを整備する
- ② 相応しい資格のある地質技術者が地質モデル構築に関与する
- ③ スケルトンモデルを参照・利用できるようにする
- ④ 属性情報を参照・利用できるようにする
- ⑤ 再現性のある地質モデルを作る

ご清聴ありがとうございました

ジオクリ
オクタス
コアロク

