日本情報地質学会 シンポジウム2015

地形・地質三次元モデリングの最前線

講 演 論 文 集

Proceedings of
2015 Geoinformatics Symposium

日　　時：2015年12月9日（水）

会　　場：飯田橋レインボービル（東京）

共　　催：国立研究法人 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

日本情報地質学会 シンポジウム**2015**

地形・地質三次元モデリングの最前線

目　　　次

標高タイルと**Web**技術を用いた三次元可視化
・・ 西岡 芳晴 ・・・・ **1**

日本海側山地に特有な筋状地形(雪崩地形)の地形形態と分布について
・・ 関口 辰夫 ・・・ **25**

砂防関連**DM**データを用いた三次元モデリングと利用例
・・ 関家 史郎 ・・・ **51**

「示準柱状図と大量のボーリング柱状図を利用した三次元地質モデリング」
－地質モデリングの自動化の可能性について－
・・ 豊田　 守 ・・・ **63**

三次元地質解析システム「**GEO-CRE**」の紹介
・・ 西山 昭一 ・・・ **77**

日本情報地質学会シンポジウム 2015, 講演論文集, 1-24, 2015
地形・地質三次元モデリングの最前線

標高タイルと Web 技術を用いた三次元可視化

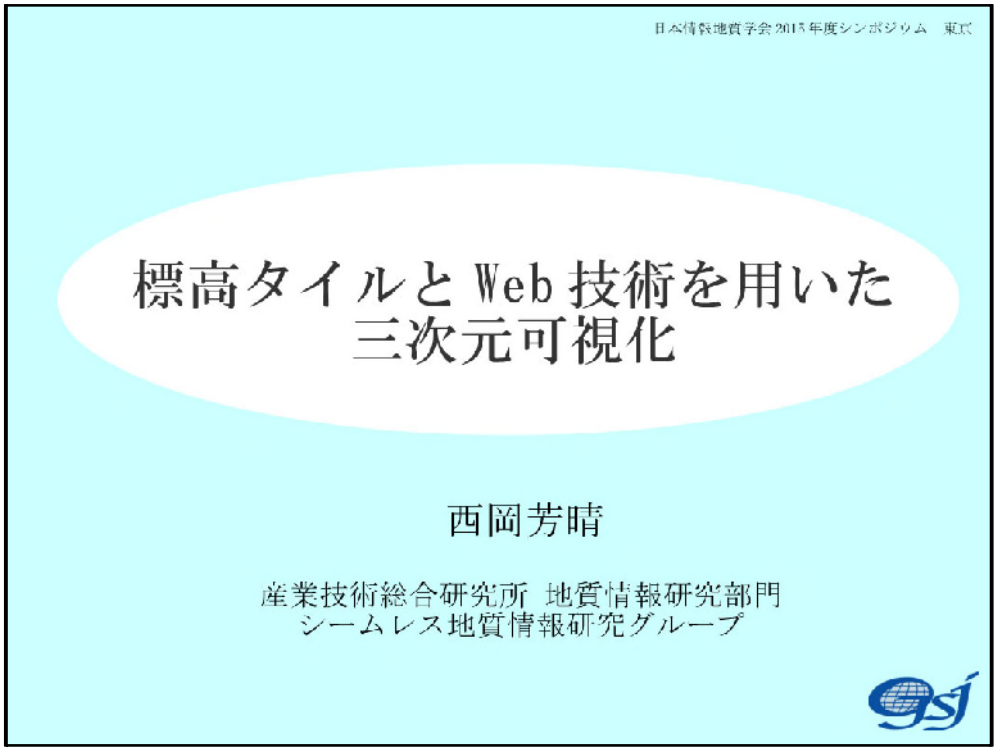
西 岡　芳 晴*

Electronic delivery of the geological survey in open data strategy

Yoshiharu Nishioka*

*産業技術総合研究所 AIST, Tsukuba Central 7, 1-1, Higashi 1, Tusukuba Ibaraki, Japan
E-mail: y-nishioka@aist.go.jp

キーワード：標高，3D，WebGL，地図，シームレス地質図
Key words：elevation, 3D, WebGl, map, Seamless Geological Map



本日の内容

1. PNG標高タイル
2. WebGLによる3D

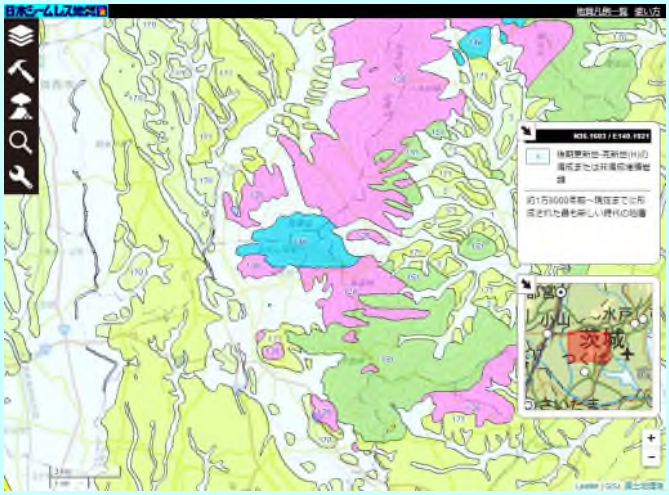
PNG標高タイル

全国を網羅した標高データの現状

1. 国土地理院10mメッシュ
   - 2.5万分の1地形図の等高線に基づく
2. 地理院タイル(標高タイル)
   - 前項をタイル化
   - ズームレベル0～14
   - CSV（カンマ区切りテスト）形式

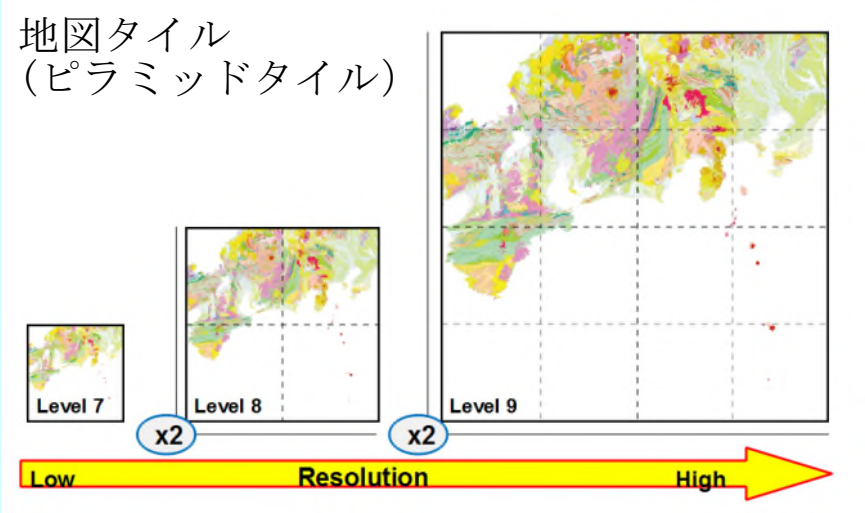
日本情報地質学会2015年度シンポジウム　東京

20万分の1日本シームレス地質図



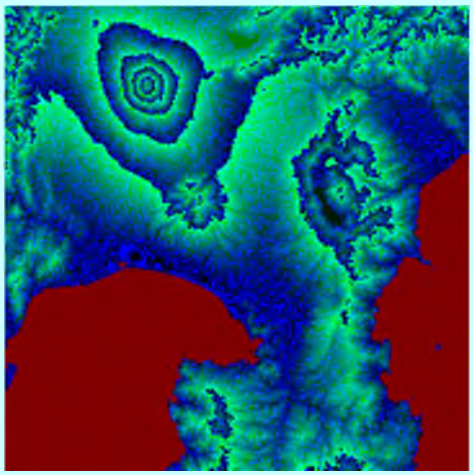
20万分の1，Webで無料で利用可能
高速で直感的なインターフェイス

基本的な技術



日本情報地質学会2015年度シンポジウム　東京

PNG標高タイルの例



PNG標高タイルとは

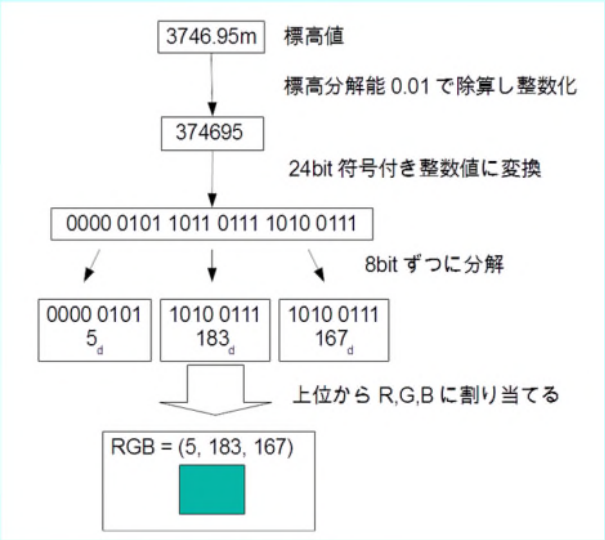
1. PNG標高タイルとは？

Webブラウザで利用するための
PNGを利用した標高タイルフォーマット

1. 開発
   - シームレス地質情報研究グループ
2. 目的
   - 標高データの利用の高度化
3. 協力
   - 国土地理院地理空間情報部

※西岡・長津(2015, 情報地質, vol. 26, no. 4印刷中)

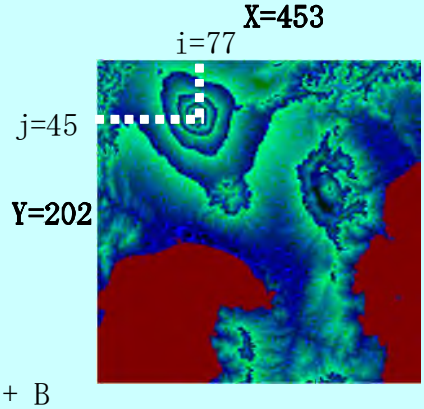
標高値から画素への変換手順



PNG標高タイルの例

1. 富士山(北緯36.3606, 東経138.7274) Z=9

- タイル座標
  (X, Y) = (453, 202)
- タイル内座標
  (i, j) = (77, 45)
- この地点のピクセルの色
  RGB = (5, 183, 167)
- 標高は
  h = R×256×256 + G×256 + B
  = 5×256×256 + 183×256 + 167
  = 374,695(cm) → 3746.95(m)



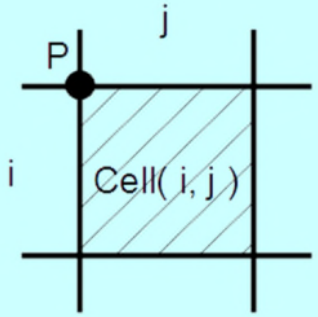
※上記の値は説明用で，実際の値とは異なります

扱える標高の範囲

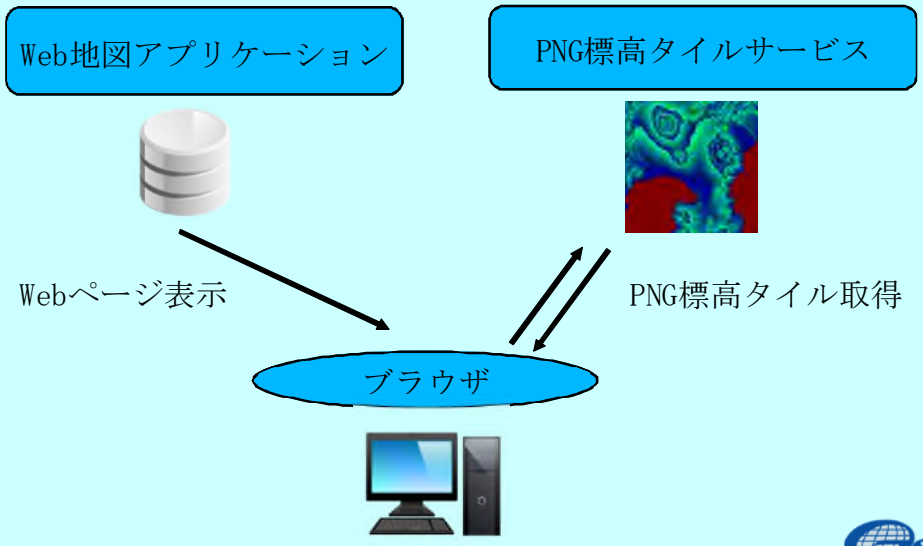
- 扱える標高の範囲は標高分解能により異なる
- 標高分解能が0.01mの場合
  - -83,886.07m～+83,886.07mまでの範囲が表現可能
  - エベレストやマリアナ海溝チャレンジャー海淵も表現できる

各セルの値が示す標高の位置

1. 北西端の格子線の交点の標高値を表す
   （中央の値や平均値ではない）



PNG標高タイルの利用システム



PNG標高タイルの長所

1. ファイルサイズが小さい
   - CSV → ’3746.95m,’(9byte)
   - PNG → RGB (3byte)
2. クライアントでの処理が用意
   ...基本的に画像ファイルの処理
3. 視認性が良い
   ... タイルやアプリ作成者が扱いやすい

PNG標高タイルの応用

1. 地理座標が決まれば1つの高度が決まる
   サーフェスモデルのあらゆるデータに応用可能
   - 基盤深度
   - 帯水層上面深度
   - ...
2. 地理座標が決まれば1つの値が決まる様々なデータに応用可能
   - 地球化学図
   - ブーゲー異常図
   - ...

シームレス標高サービス(仮称)

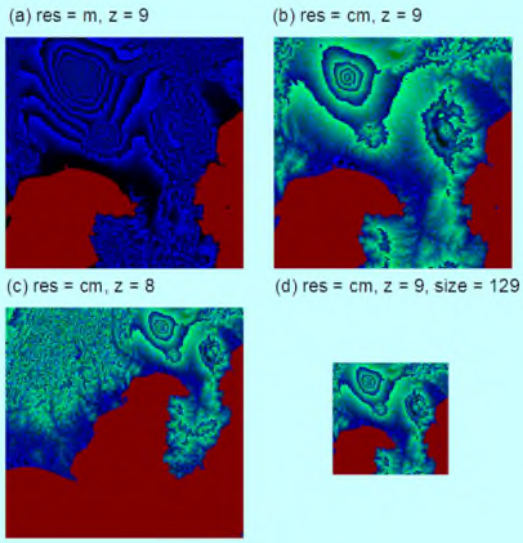
http://gsj-seamless.jp/labs/elev/

測地系	世界測地系(WGS84)
投影法	半径6378137m 真球メルカトール図法
タイル分割法	地理院タイルのタイル分割法に準ずる
ズームレベル	0～13
標高分解能	1m, 0.01m
ファイルフォーマット	PNG 24ビットRGBまたは8ビットインデックスカラー
データソース	地理院タイル(標高)

※サービス内容を検討するためのもので,
永続的な提供を予定しておりません.

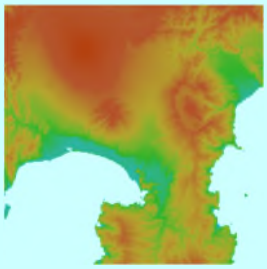
日本情報地質学会2015年度シンポジウム　東京

シームレス標高サービスの タイルの例

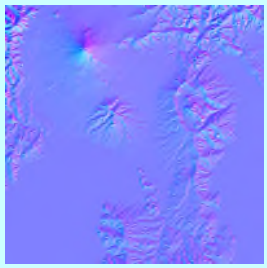


シームレス標高サービスの その他のタイル

陰影タイル



段彩タイル

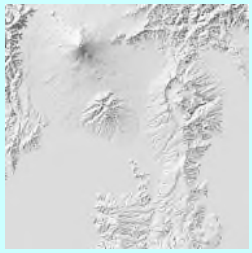


法線タイル

陰影タイルの例

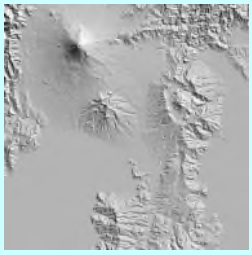
・クライアントからのリクエスト時に動的に作成

http://gsj-seamless.jp/labs/elev/shaded/9/202/453.png
北西方向，仰角60度の光源(デフォルト)



http://gsj-seamless.jp/labs/elev/shaded/9/202/453.png?azimuth=45&elevation=45

北東方向，仰角45度の光源
クエリーパラメータで指定

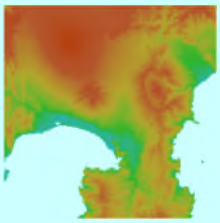


段彩タイルの例

・クライアントからのリクエスト時に動的に作成

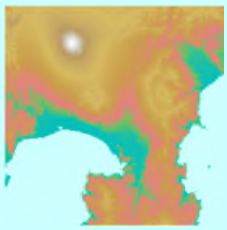
http://gsj-seamless.jp/labs/elev/tints/9/202/453.png

デフォルトの配色



http://gsj-seamless.jp/labs/elev/tints/9/202/453.png?colors=-50,0000cd,0,00bfbf,100,75c25d,200,e68080,500,ca9e4b,1000,d6bb62,2000,b99a64,3000,dcdcdc,3800,ffffff

クエリーパラメータで，標高値と色のリストを指定



WebGLによる3D

3Dと言ってもいろいろ？

ウィキペディアから，

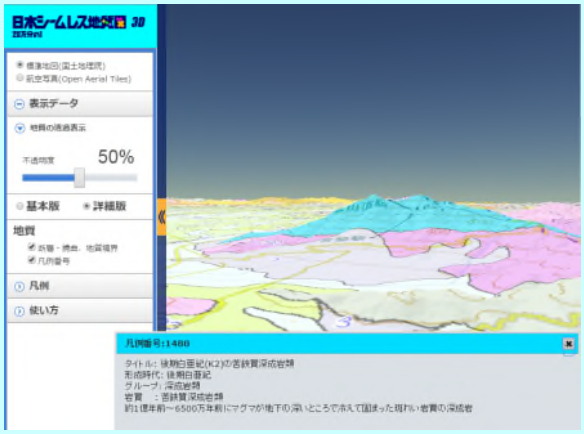
1. 3D映像
   - 3次元映像、3D立体視とも言う。
     ... 3D映画，ニンテンドー3DS

2. 3次元コンピュータグラフィックス（3DCG）
   - 3次元モデルをコンピュータのディスプレイ等に疑似的に実現した物。

http://www.oyonale.com/modeles.php?lang=en&page=40

シームレス地質図3D

1. なるべく多くの方に使ってもらえるように



https://gbank.gsj.jp/seamless/cesium/

新シームレス地質図3D

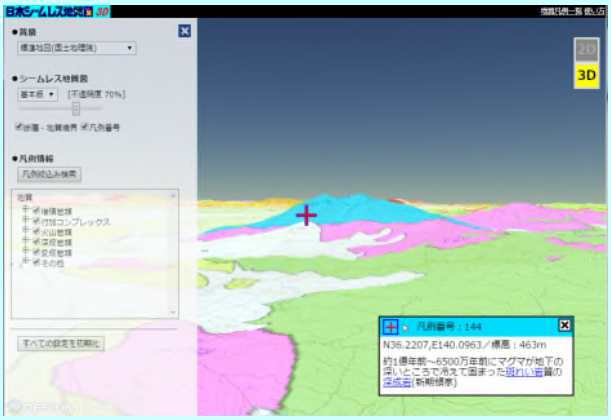
デモ
シームレス地質図ラボサイトで試験公開中

http://gsj-seamless.jp/labs/smap/2d3d/2d3d.html

日本情報地質学会2015年度シンポジウム　東京

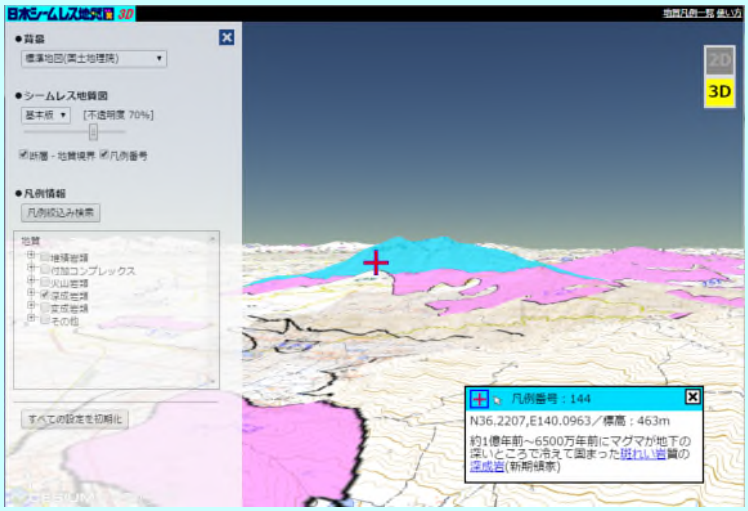
新シームレス地質図3D

1.2015年12月公開予定



(URLは変更なし)　https://gbank.gsj.jp/seamless/cesium/

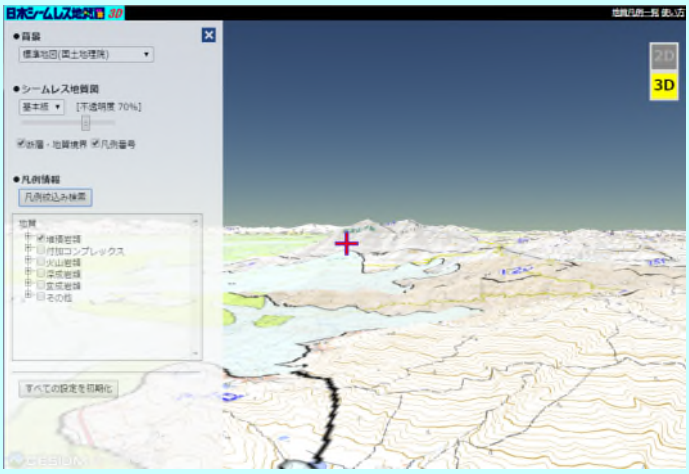
“深成岩”のみを表示



1. 深成岩のみを表示

絞込み機能

新生代の堆積岩のみを表示



入力デバイス

1. ゲームパッド

http://gaming.logicool.co.jp/ja-jp/product/f310-gamepad

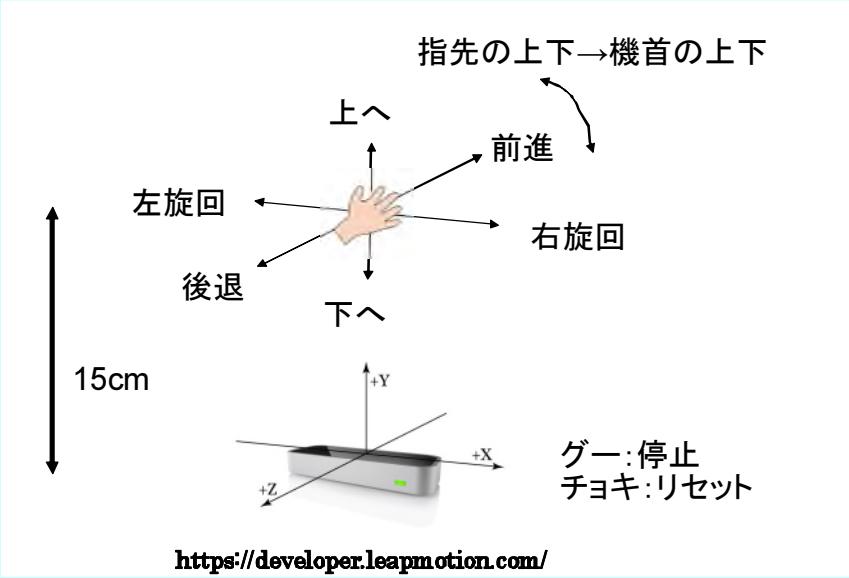
1. Leap Motion

https://www.leapmotion.com/product/desktop

ゲームパッドでの操作

日本情報地質学会2015年度シンポジウム　東京

Leap Motionでの操作

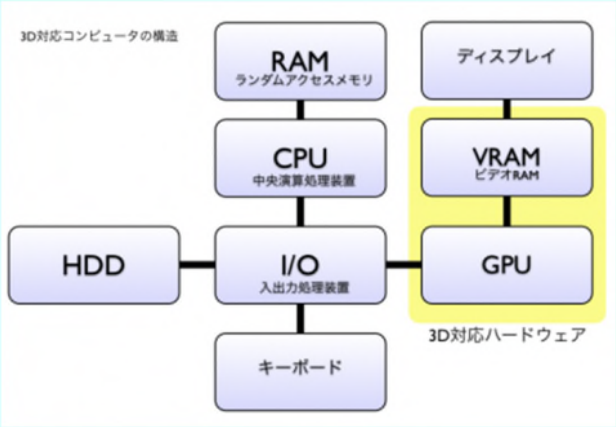


WebGLとは

「インターネットブラウザをプレイステーションにしてしまう魔法の技術」
（「少女と少年のための投稿型プログラミング情報ブログ」
http://wise9.jp/archives/6060より）

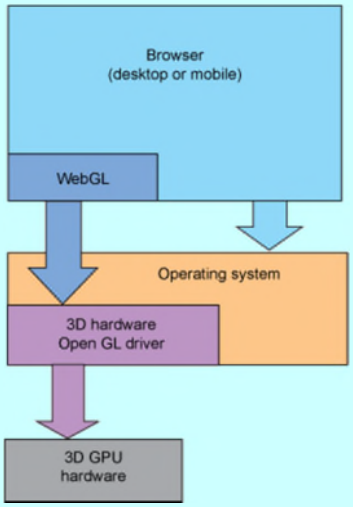
- Webブラウザ上で3Dグラフィックを表示するための技術
- HTML5と併用される
- グラフィックハードウェアを直接操作するので高速に動作する

3D対応コンピュータの構造



Wise9,「WebGLとはなんなのか、ゲーム好きの大学生に説明してみる」より
http://wise9.jp/archives/6060

WebGLを使ったアプリケーション

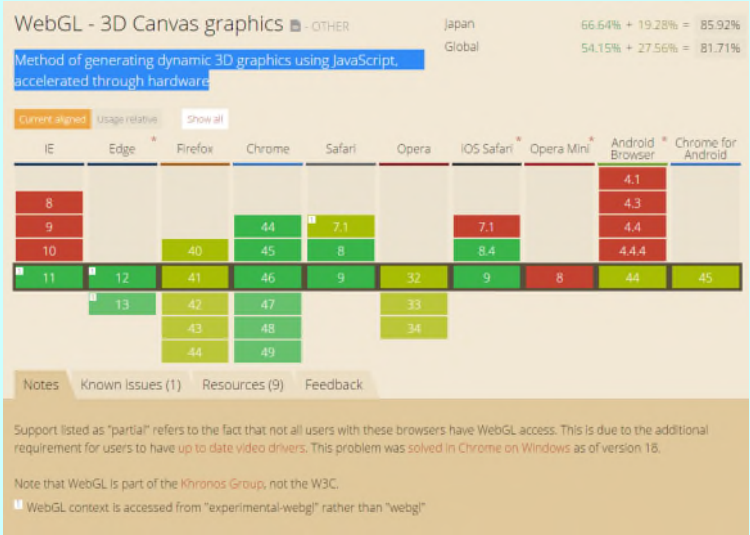


WebGL による 3D 開発: 第 1 回 WebGL の紹介
IBM developerWorks
http://www.ibm.com/developerworks/jp/web/library/wa-webgl1/

WebGLの利用

1. プラグインなしで利用可能
2. 最新のWebブラウザはおおむね対応している
3. WebGLそのままでは使いにくいので，それを使いやすくするためのライブラリもいくつか公開されている
   - three.js
   - Cesium
   - ...

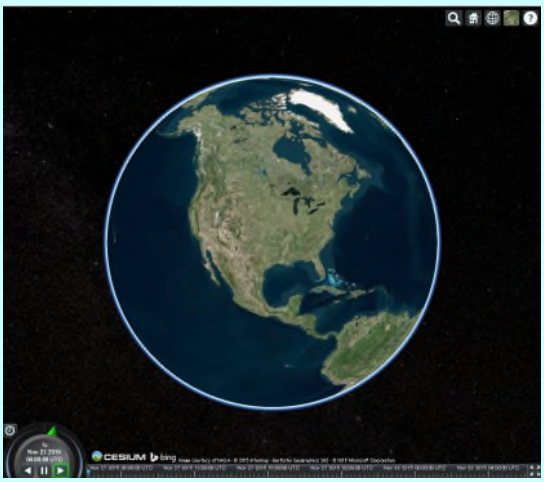
WebGL対応ブラウザ



Can I Use WebGL? http://caniuse.com/#feat=webgl

WebGLのサンプル

http://gsj-seamless.jp/webgl/cesium/1_HelloWorld.html



WebGLの利用はかなり簡単

```
<!DOCTYPE html>
<!-- Cesium-1.4 同梱のHelloWordl.htmlより -->
<html lang="en">
<head>
	<meta charset="utf-8">
	<meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=Edge,chrome=1">
	<meta name="viewport"
		content="width=device-width, initial-scale=1, maximum-scale=1,
		minimum-scale=1, user-scalable=no">
	<title>Hello World!</title>
	<script src="Cesium-1.10/Cesium.js"></script>
	<style>
@import url(Cesium-1.10/Widgets/widgets.css);
html, body, #cesiumContainer {
	width: 100%; height: 100%; margin: 0; padding: 0; overflow: hidden;
}
	</style>
</head>
<body>
	<div id="cesiumContainer"></div>
	<script>
var viewer = new Cesium.Viewer('cesiumContainer');
	</script>
</body>
</html
```

日本情報地質学会2015年度シンポジウム　東京

Cesiumとは

1. WebGLを使ってデジタル地球儀を表示するライブラリ
2. http://cesiumjs.org/
3. AGIによって開発され，Apache 2.0ライセンスで公開されている

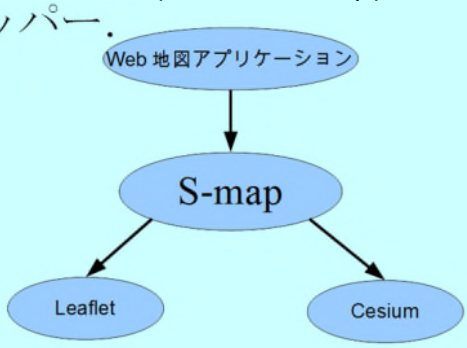
ソフトウェアの階層構造

ユーザ側

システム側

“S-map”とは？

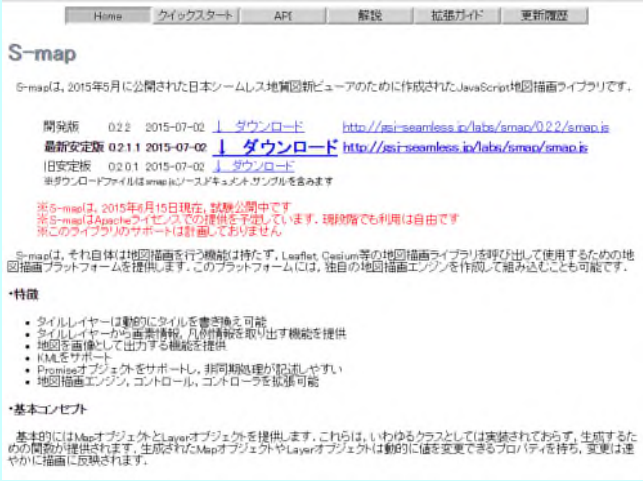
1. シームレス地質図メインビューアのために開発した地図描画ライブラリ
2. 実際の地図描画はLeafletやCesiumが行っていて，それらのラッパー．
3. S-mapのSは
   - Seamless
   - Simple
   - Smart
   - Sophisticated



試験公開中！

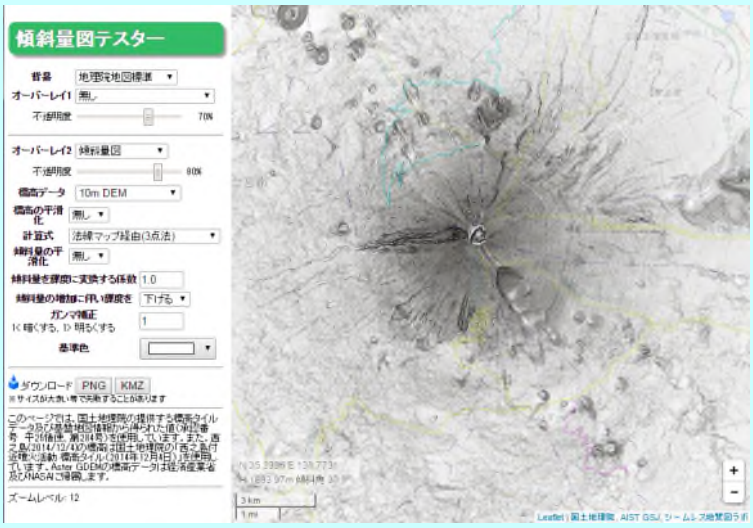
S-map公開サイト(試験公開)

1. http://gsj-seamless.jp/labs/smap/doc/



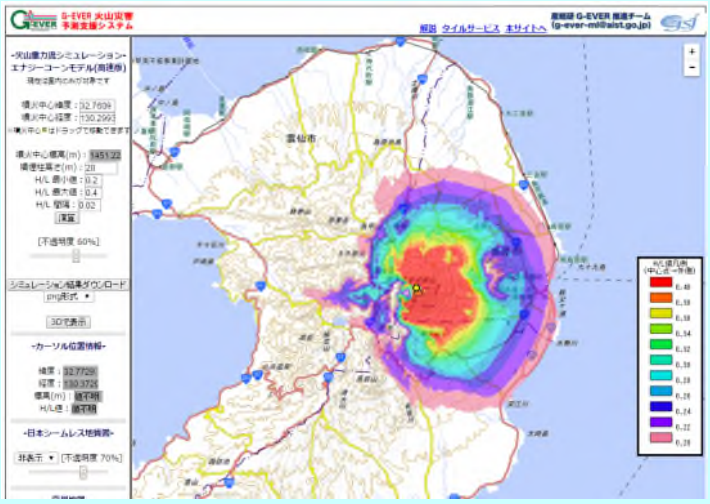
傾斜量図テスター

http://gsj-seamless.jp/labs/elev/slope/slopetester.html

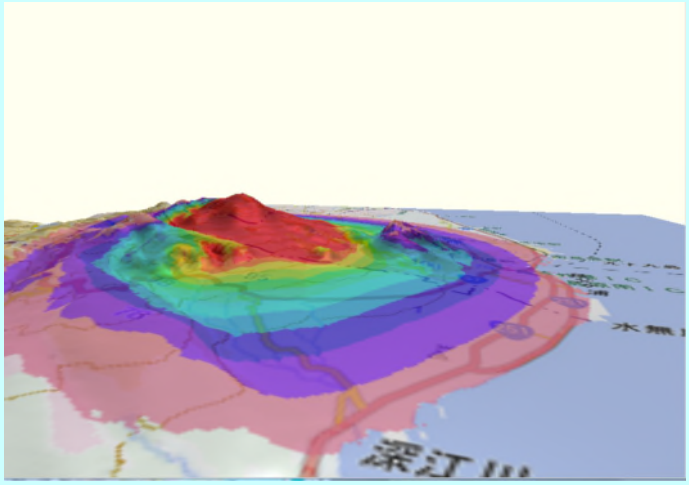


エナジーコーンモデル(高速版)
G-EVER火山災害予測支援システム

http://g-ever1.org/quick/



エナジーコーンの3D表示



WebGLライブラリ　three.jsを使用

まとめ

日本情報地質学会2015年度シンポジウム　東京

まとめ

1. PNG標高タイルでサーフェスモデルが表現できます
2. WebGLを使えば3D Webアプリが簡単に作れます

日本情報地質学会シンポジウム 2015, 講演論文集, 25-49, 2015
地形・地質三次元モデリングの最前線

日本海側山地に特有な筋状地形（雪崩地形）の地形形態と分布について

関 口　辰 夫*

Characteristic landform of "Avalanche Furrows" and distribution in the Mountain areas along the Japan Sea Coast

Tatsuo Sekiguchi*

*国土地理院　Geospatial Information Authority of Japan., 1 Kitasato, Tsukuba, Ibaraki, Japan　E-mail: sekiguchi-t96nk@mlit.go.jp

キーワード：全層雪崩，筋状地形，積雪深，空中写真判読
Key words：full-depth snow avalanche, avalanche furrow, snow depth, aerial-photo interpretation

日本海側山地に特有な筋状地形（雪崩地形）の地形形態と分布について

関口　辰夫

Characteristic landform of "Avalanche Furrows" and distributions in the mountain areas along the Japan Sea coast

Tatsuo Sekiguchi*

＊国土地理院 Geospatial Information Authority of Japan., 1 Kitasato, Tsukuba, Ibaraki, Japan.
E-mail:sekiguchi-t96nk@mlit.go.jp

キーワード:全層雪崩、筋状地形、積雪深、空中写真判読

Key words: full-depth snow avalanche, avalanche furrow, snow depth, aerial-photo interpretation

1. 雪崩による地形の調査・研究について

筋状地形(雪崩地形)は日本海の山地に特有の地形で広範囲に分布していることが判った(杉山ほか, 1987)。しかし、その形態や形成過程は未解明であり、下記について調査・研究を行った(関口, 1994、関口, 2008)。

1. 雪崩と雪崩による地形との関係
   ①雪崩と筋状地形が一致　②積雪の少ない地域では存在していない
2. 全層雪崩は反復して発生しているか
   ①新潟県魚沼地区　②新潟県秋山郷で反復発生を確認
3. 積雪深・出現標高との関係はどうか
   ①積雪深１m～1.5m以上　②標高約２００m以上で出現
4. どのような地形形態か
   ①幅の狭い直線的な溝状　②基盤が露出　③周囲は主に低灌木
5. 形成要因はなにか
   ①降雪・積雪深　②傾斜　③植生（抵抗体小）　④急傾斜の地形
6. 表層雪崩、崩壊地との関係はどうか
   ①雪崩災害は表層雪崩で多い　②崩壊地は急傾斜・無植生
7. 予知・予測に役立つか
   ①新潟県中越地震前に予測図作成　②翌年の豪雪後に検証

最近の雪崩災害

日本では、豪雪、交通障害、登山、スキー、雪崩などの災害が毎年のように発生している。

平成25年富山県立山真砂岳スキー雪崩災害

(朝日2013年11月)

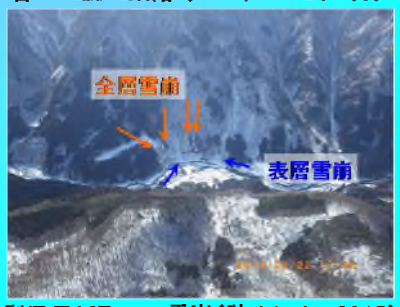
(産経2013年11月)

Google Earth画像（2013年5月）

平成26年2月の関東地方の大雪

大雪　各地で集落孤立、山梨・早川町で約665世帯1,200人が孤立(...

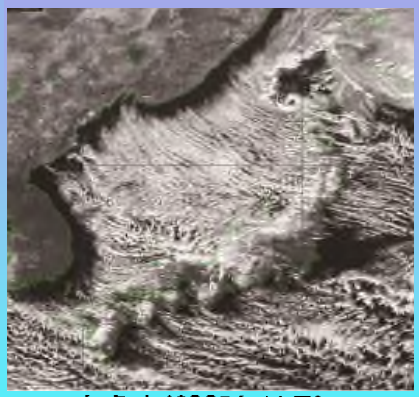
各地で孤立集落（FNN, 2014年2月）



山梨県早川町での雪崩(秋山ほか, 2015)

日本の豪雪と気候・気象　降雪・積雪

世界で有数の多雪国であり、豪雪の
の中でも生活を営んでいる



気象庁(2005年11月)

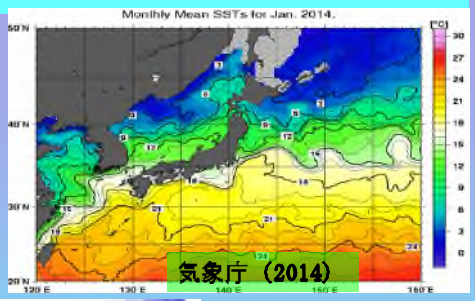
①冬季の寒冷で乾燥のシベリア寒気団が強風の季節風となって列島を覆う

②日本海の海水温は真冬でも10～12℃

③寒気団が大量の熱と水蒸気を含み変質

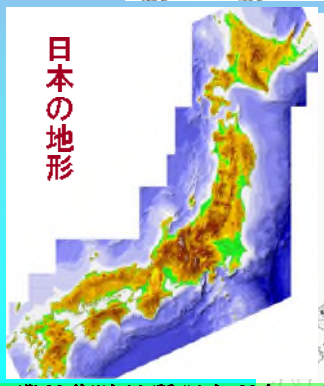
④変質した季節風が脊梁山脈で上昇、大量の降雪・積雪、山地で雪崩を発生

温暖な対馬海流



気象庁（2014）

日本の地形



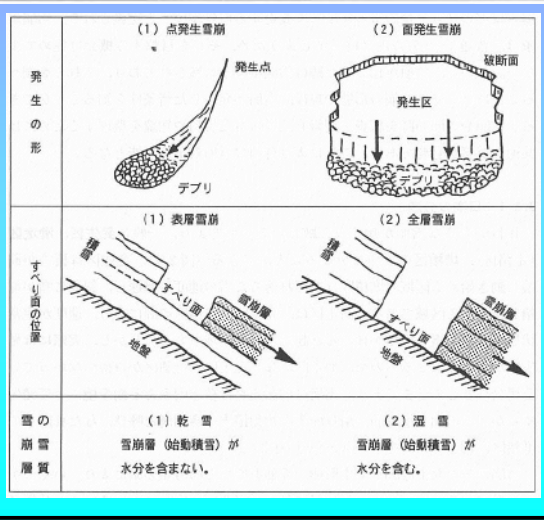
積雪深

日本海側で1～4mの積雪

工業技術院地質調査所(1996)

雪崩の分類 日本雪氷学会(1998)

雪崩分類の要素	区分名	定義等
雪崩発生の形	点発生	一点からくさび状に動き出す。一般に小規模。
	面発生	かなり広い面積にわたりいっせいに動き出す。一般に大規模。
雪崩層(始動積雪)の乾湿	乾 雪	発生域の雪崩層(始動積雪)が水気を含まない。
	湿 雪	発生域の雪崩層(始動積雪)が水気を含む。
発生域の雪崩層(始動積雪)のすべり面の位置	表 層	すべり面が地面。
	全 層	すべり面が積雪内部。



点発生雪崩と面発生雪崩

表層雪崩:12～2月厳冬期
全層雪崩:3～4月融雪期

表層雪崩

白馬岳(土研雪崩・地すべりC
https://www.pwri.go.jp/team/niigata/movies.html)

全層雪崩

湿雪全層雪崩と地表侵食
（2002年，十日町市）

豪雪地域の山地・丘陵地の地形景観

凹型斜面とモヒカン刈模様の尾根
（只見おもしろ学ガイドブック(2013)）

豪雪の雪圧による根曲（只見町）

低灌木のボイ山と凹型斜面（魚沼市）

斜面の低灌木と尾根の高木（只見町）

雪崩による地形の研究史

全層雪崩発生斜面では、直線的な地形がみられることが指摘されていた（宮崎，1938）、アバランチシュート（下川，1980）の調査。筋状地形（杉山ほか，1987）の発見により、雪崩地形が日本海側山地に広域に分布していることが明らかとなった。

①雪崩道（宮崎,1938，神通川沿い）

②ｱﾊﾞﾗﾝﾁ･ｼｭｰﾄ（下川，1980　只見川上流）

③筋状地形（杉山ほか，1987　只見町）

雪崩における筋状地形の調査・研究

全層雪崩発生斜面に広範囲にみられる筋状地形について空中写真判読、現地調査により分布や地形形態の調査・研究を行った

筋状地形(新潟県魚沼市):空中写真では針先で引っ掻いたような筋状のパターンが判読される

アバランチシュート(福島県只見町):筋状地形よりも幅が広く、筋状地形とほぼ同地域で分布している

全層雪崩による地表の侵食

毎年融雪期には全層雪崩が発生し、少しづつ斜面を侵食し筋状地形などを形成

雪崩の発生状況（旧湯之谷村，2002年
A:稜線 B:遷急線 C:ｸﾗｯｸﾞ D:ｸﾞﾗｲﾄﾞ
E:雪崩 F:デブリ

融雪期の雪崩発生状況
（旧広神村，1983年3月）

権現岳（1989年オリス撮影）

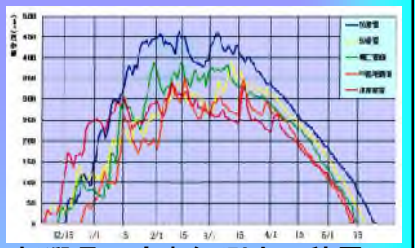
アバランチ・シュート
（糸魚川市・旧能生町櫃口権現岳，2002年5月）

デブリと削剥された砂礫

筋状地形の調査・研究の地域

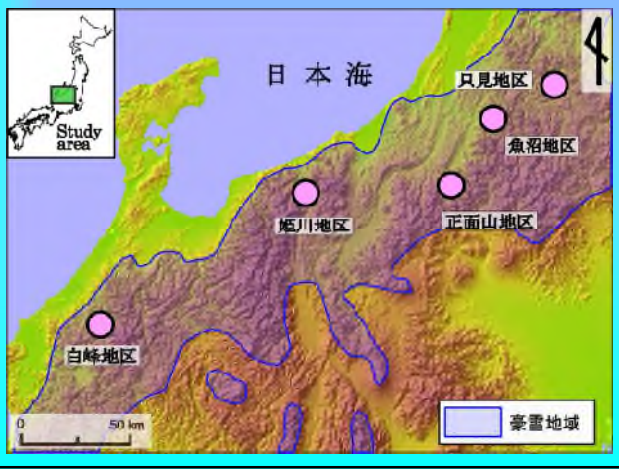
①56豪雪において広範囲に雪崩が発生した。
これらの地域で雪崩地形の調査・研究が開始され、その過程で筋状地形が発見された。

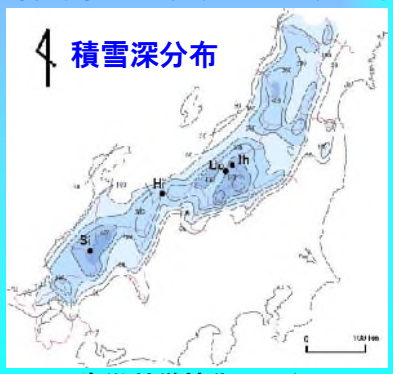
②傾斜・発生位置・植生・方位、筋状地形の全国的な分布を調査。



新潟県入広瀬観測点の積雪深

調 査 地 域





防災科学技術センター
(1982)を編集

雪崩発生斜面における筋状地形との関係

融雪期

魚沼地区

無雪期

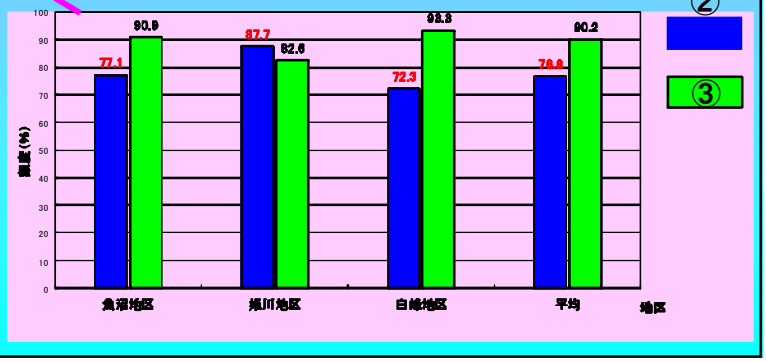
雪崩発生斜面と筋状地形との関係が80～90%と非常に高いことが明らかとなった。

①新潟県魚沼地区、新潟・長野県境姫川地区、石川県白峰地区で雪崩発生と筋状地形の関係を調査。

②雪崩発生斜面で筋状地形が76.8%みられた。

③筋状地形のみられる斜面では90.2%の雪崩が発生した。

④雪崩と筋状地形の相関が高いことが判った。

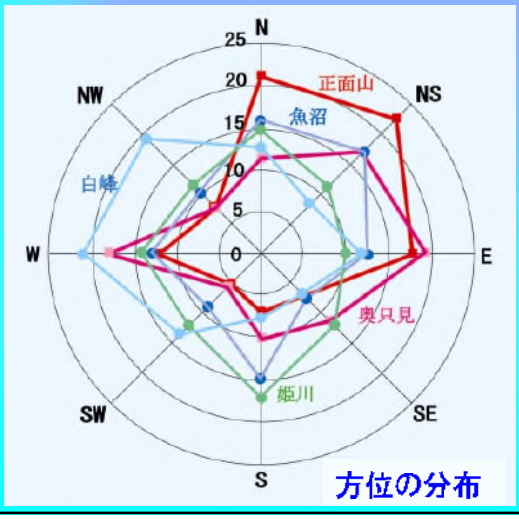


方　位

筋状地形の方位は、山稜の方向、季節風、傾斜の非対称、雪庇の発達等によると考えられる。調査による筋状地形の方位は、

① 密集している区域では方位に無関係に出現

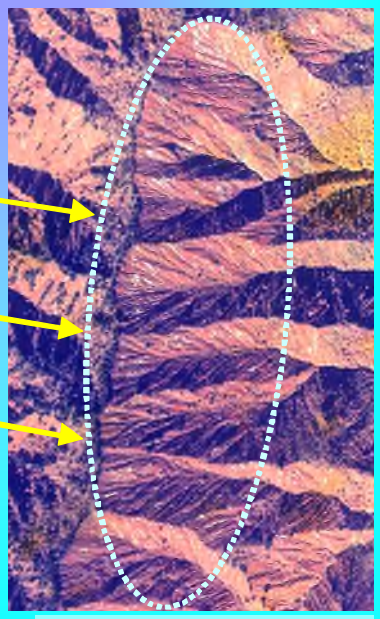
② 南北、北東ー南西の山稜では東側斜面に多い



方位の分布

冬季の季節風

奥只見地区の例

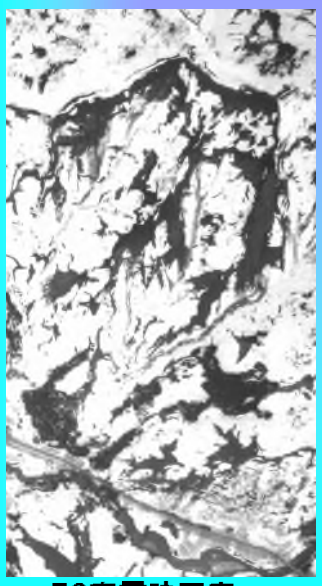


稜線の東側斜面で発達

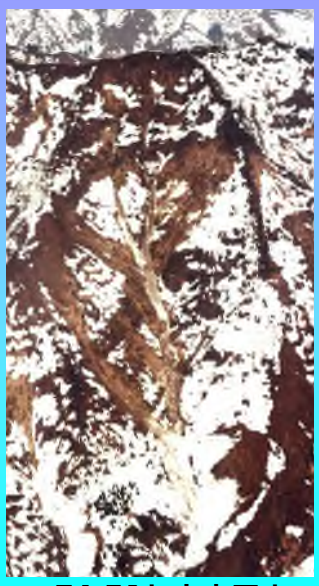
雪崩の反復性（魚沼地区）①

①全層雪崩は毎年同じ場所で発生していると言われるが未解明であった

②そこで、雪崩が反復発生について複数年で調査を行った



56豪雪時写真



昭和58年空中写真

昭和59年空中写真

雪崩の反復性（魚沼地区） ②

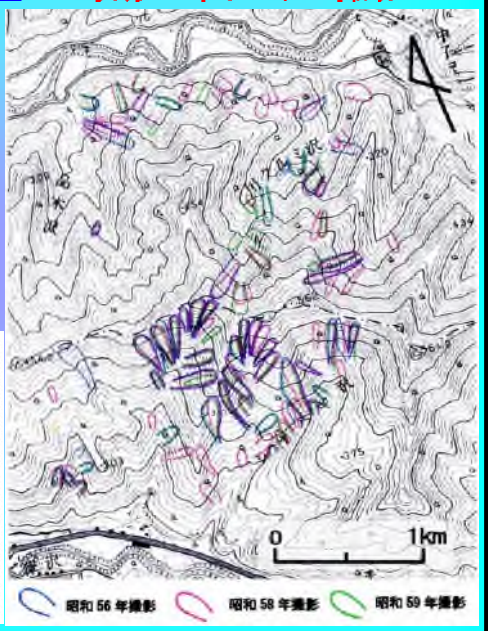
3時期の雪崩発生の反復発生率を調査　1時期に1回だけの撮影で

①1981／1983では
82．7%で反復発生

②1983／1984では
65.4%で反復

③1981／1984では
42．5%で反復

3時期で4～8割で反復発生が認められた



空中写真撮影年	雪崩発生斜面数	反復斜面数・反復率 (1)	反復斜面数・反復率 (2)
1981	52		
1983	80	① 43 82.7 %	
1984	50	② 34 65.4 %	③ 34 42.5 %

発生斜面数、反復発生数、反復発生率

3時期雪崩発生斜面の重ね合わせ

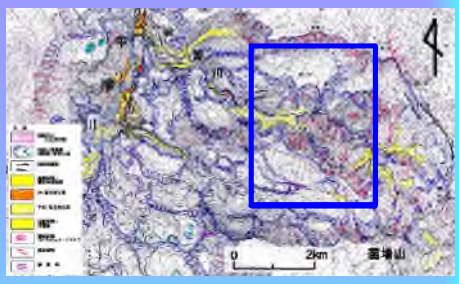
新潟県・長野県境の秋山郷の反復性 ①

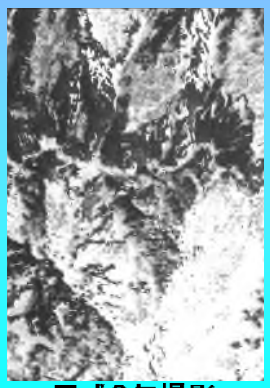
苗場火山西側では、中津川方向の侵食カルデラと、多数の地すべり地形がみられる

①3時期で7～9割の雪崩が反復発生した。

②雪崩地形だけでなく崩壊地でも発生

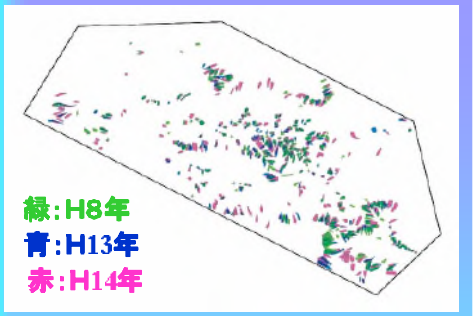
③筋状地形やアバランチシュート、崩壊地で反復発生率が高い。



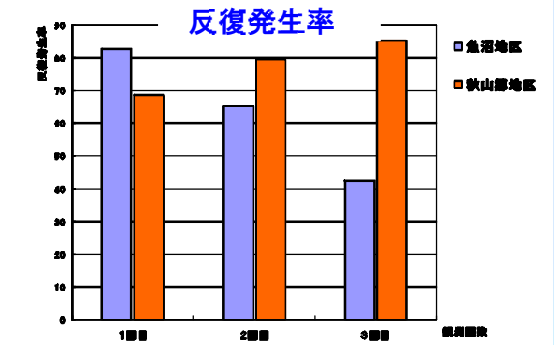


調査位置　平成8年撮影　H13年撮影　H14年撮影

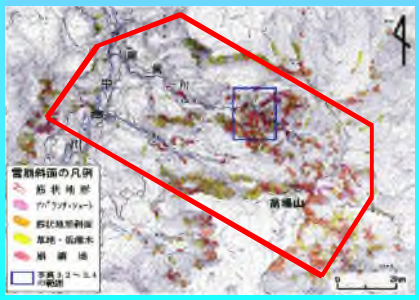
秋山郷地区における反復性 ②



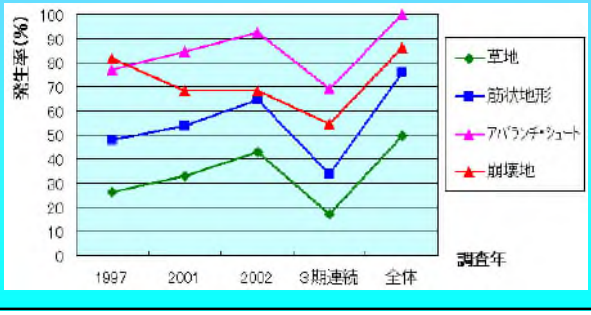
3時期の雪崩発生斜面の分布



魚沼・秋山郷地区で、6～8割で反復発生



雪崩地形の分類図



現地における筋状地形の調査(福島県只見町)

典型的な筋状地形の地形形態について現地調査を行った。

筋状地形　最上部(尾根直下)

(a)筋状地形上部の形態　(b)筋状地形中部の形態

筋状地形中・下部

筋状地形の溝状の地形

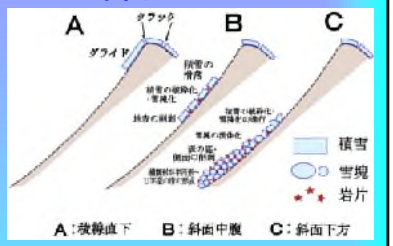
①縦断形は浅い凹型or直線形
②断面が半円形～U字型
③溝の幅4～6m、深さ2～4m
④溝の両側の植生は低灌木や草地
⑤表面は滑らかな岩盤でしばしば雪崩による擦痕がみられる

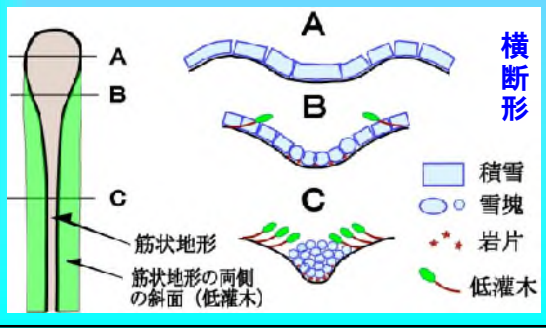
雪崩による筋状地形の形成メカニズム

積雪は稜線直下から徐々に動き、次第に急速となって雪崩に発展する。
斜面上部では大きい雪塊だが、次第に小片化、岩片も巻き込んで流下する。

雪崩の発生状況

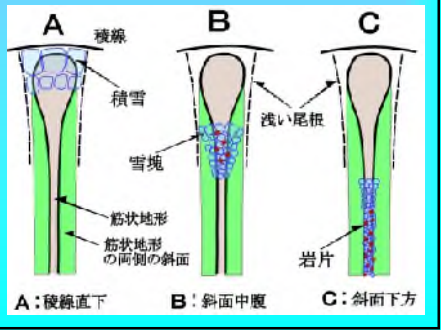
平面形





横断形

平面形

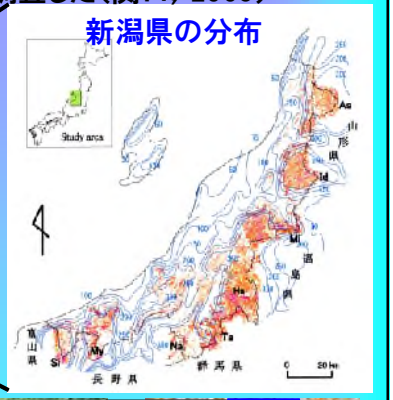


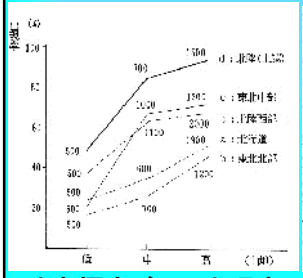
筋状地形の分布（全国と新潟県）

全国 ：S56年の豪雪後、全国的に筋状地形の調査を行い分布を明らかにした。
新潟県：特に集中する新潟県において詳細な分布を調査した（関口，2008）

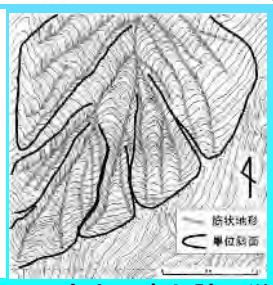
全国の分布

新潟県の分布





地方標高ごとの出現率



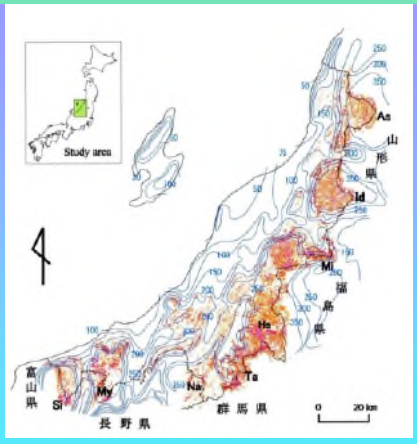
空中写真判読で単位斜面ごとに抽出

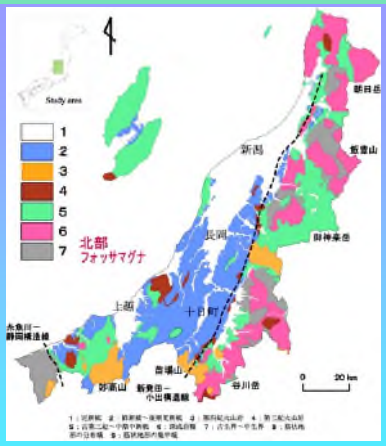
単位斜面ごとの例

形成要因(積雪深・標高・比高・地質)

筋状地形は越後山脈などの山地に集中、丘陵地で分散、山地は堅固な地質。

筋状地形と積雪深の分布

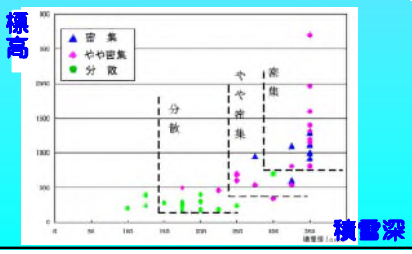




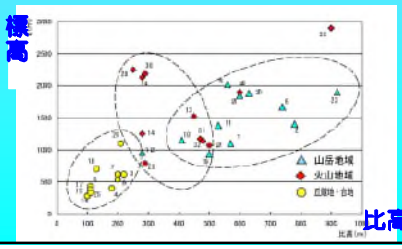
地質

山地は古生層、花崗岩、古第三紀～中新世層、丘陵は第三紀層

積雪深:100～150cm以上で出現



標高:200m以上で出現



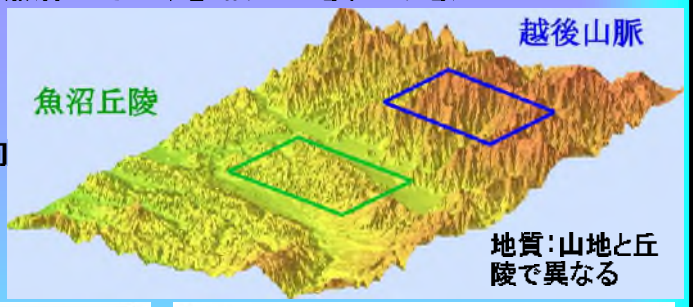
筋状地形を山地と丘陵地で比較

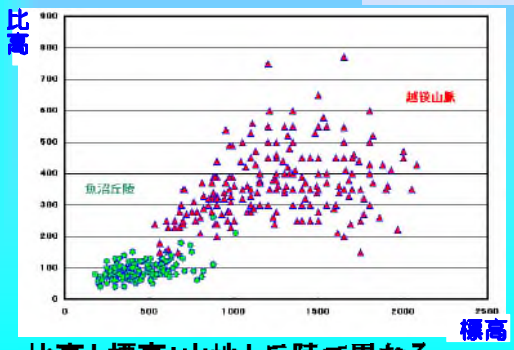
① 越後山脈は急峻な山地、魚沼丘陵は台地・段丘や地すべり地形

②地質は越後山脈が堅固な深成岩、魚沼丘陵は軟岩の第三紀層

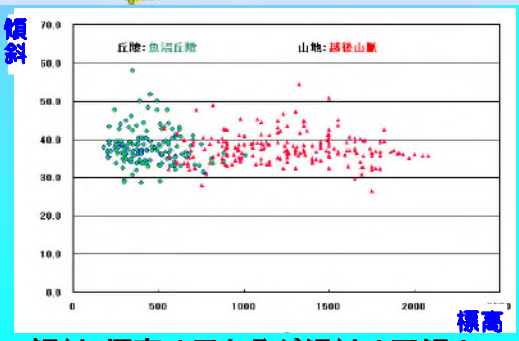
③ 標高(積雪深)や比高、地質は異なるが傾斜は同傾向

④上記の結果から、傾斜が筋状地形の主要因であることが判明





比高と標高:山地と丘陵で異なる

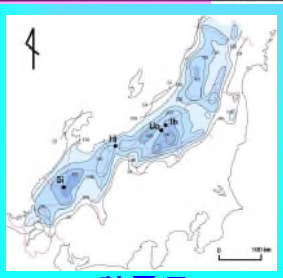


傾斜:標高は異なるが傾斜は同傾向

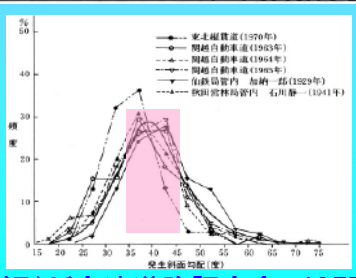
筋状地形形成要因のまとめ

①積雪深　②傾斜(比高)　③露岩or草地・低灌木の植生　④急傾斜の地形が要因

要　因	重要度	雪崩発生斜面と雪崩地形の特徴・要因の重要度
積雪深	◎	最も重要な要因。1m～1.5m以上の積雪深で雪崩地形が出現、積雪深に比例して雪崩地形が増加。
標高	○	標高の増加に比例し積雪深が増加する。そのため、標高に比例して雪崩地形が増加、密集する。
発生位置	△	雪崩は主に稜線直下から発生し、雪崩地形も稜線直下で多く出現する。
平面形	△	稜線直下で楕円、紡錘、しゃもじ形、斜面中部から下部にかけて雨樋状に細く幅が狭い。
比高・斜面長	◎	斜面の比高（高さ）や斜面長が大きいほど雪崩による侵食力が大きく地形が明瞭となる。
縦断形	△	直線ないしやや浅い凹型の斜面形。雪崩による侵食で斜面形は非常に滑らか。
横断形	△	斜面上部は浅い凹型、中部から下部は幅や深さが数mの半円形～U字形。
傾斜	◎	雪崩発生の主要因、傾斜35～55°の斜面で雪崩は発生し、雪崩発生斜面もほぼ同傾斜。
地質	○	中・古生層、第三紀火山岩で広範囲にみられ、第四紀層ではやや少ない。
植生	◎	高木林ではほとんど雪崩は発生せず、露岩地、低灌木や草地で雪崩地形は多く出現。
方位	△	雪崩地形が密集する区域では方位に無関係に出現。南北方向の山稜では東側斜面に偏って分布。
急傾斜の地形	◎	雪崩地形の斜面で、山地斜面、地すべり、段丘、火口・カルデラ、氷河・圏谷などの急傾斜地。



積雪深

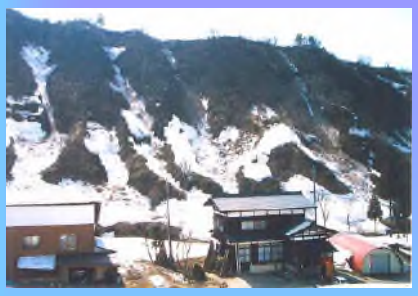


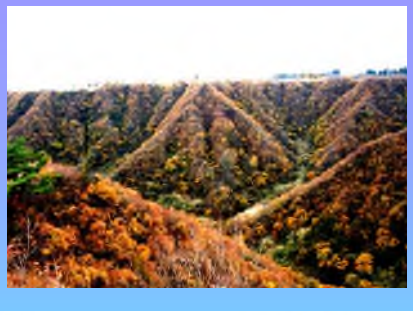
傾斜(高速道路調査会，1975)

急傾斜の地形

急傾斜の地形　①段丘崖

十日町市

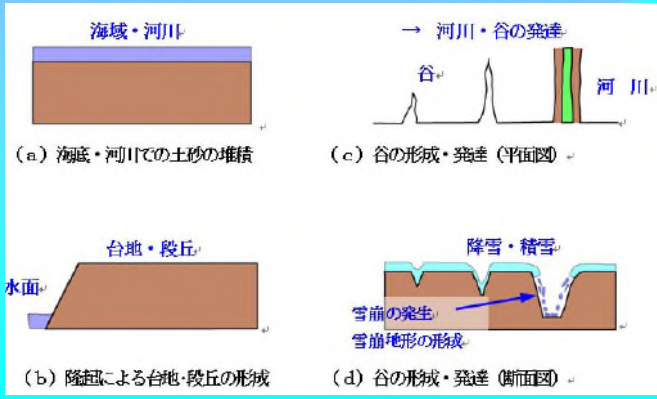




魚沼市

筋状地形の分布・十日町図幅

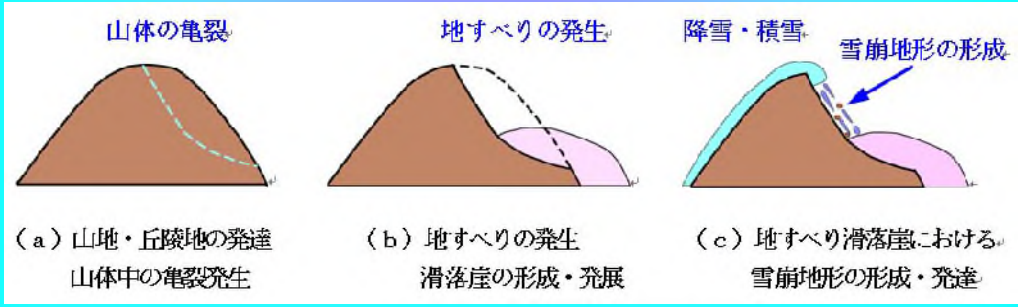
発達過程・イメージ



急傾斜の地形　②地すべり滑落崖

南魚沼市

十日町市

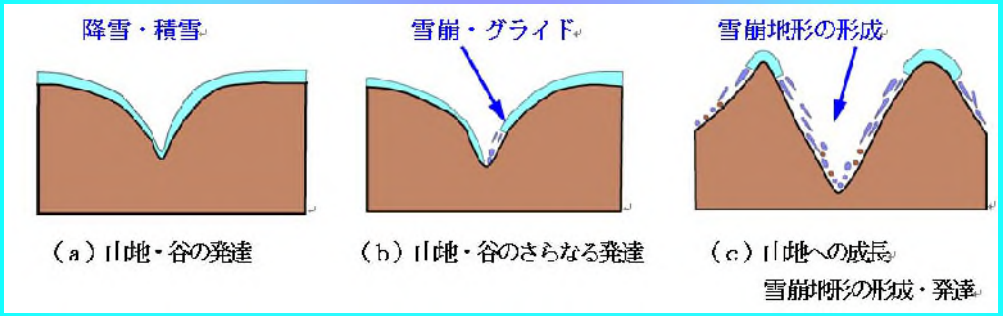


発達過程・イメージ

急傾斜の地形　③山地斜面

奥只見湖

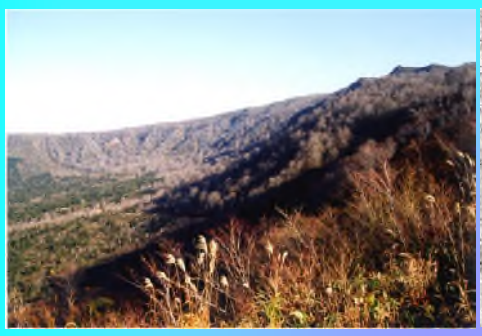
湯沢町・正面山

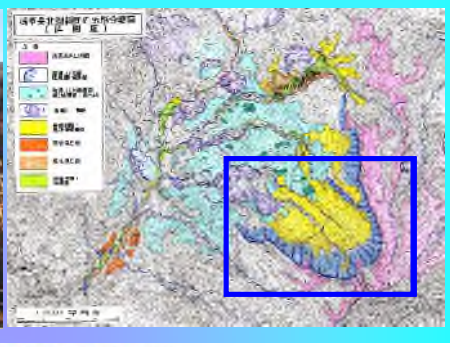


発達過程・イメージ

急傾斜の地形　④カルデラ壁

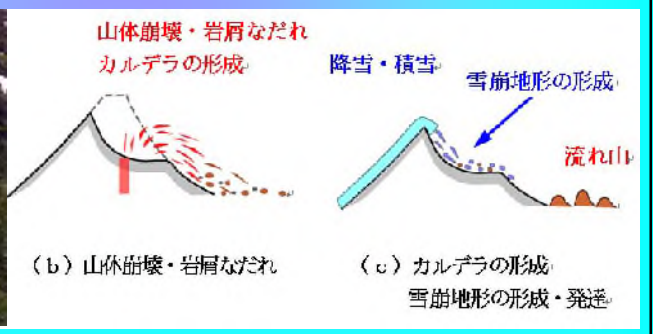
新潟県浅草岳





浅草岳地形分類図

浅草岳ブロック雪崩（2000）



発達過程・イメージ

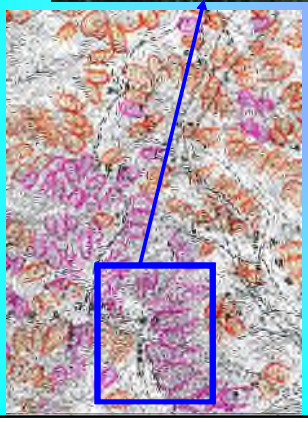
急傾斜の地形　⑤氷河カール・U字谷

群馬県谷川岳

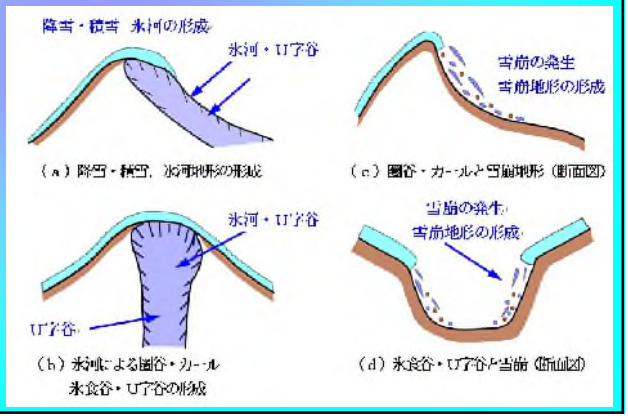
北海道幌尻岳

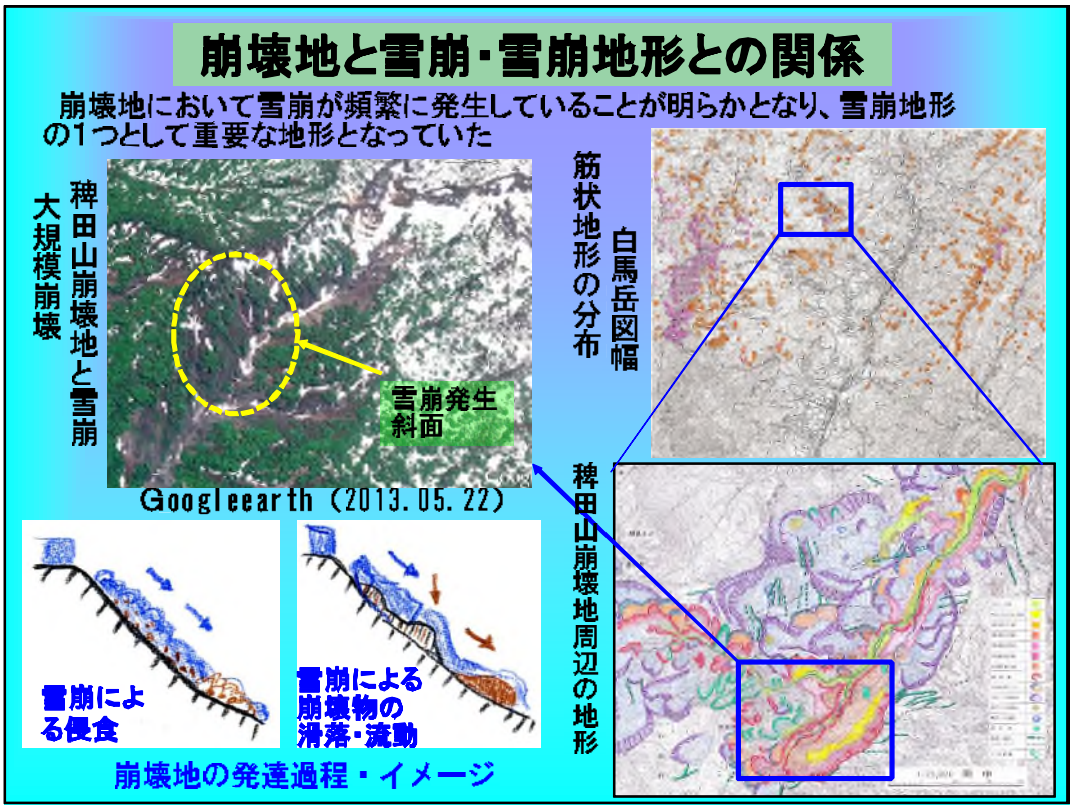
2006年旧『日高山脈館』ポスターより

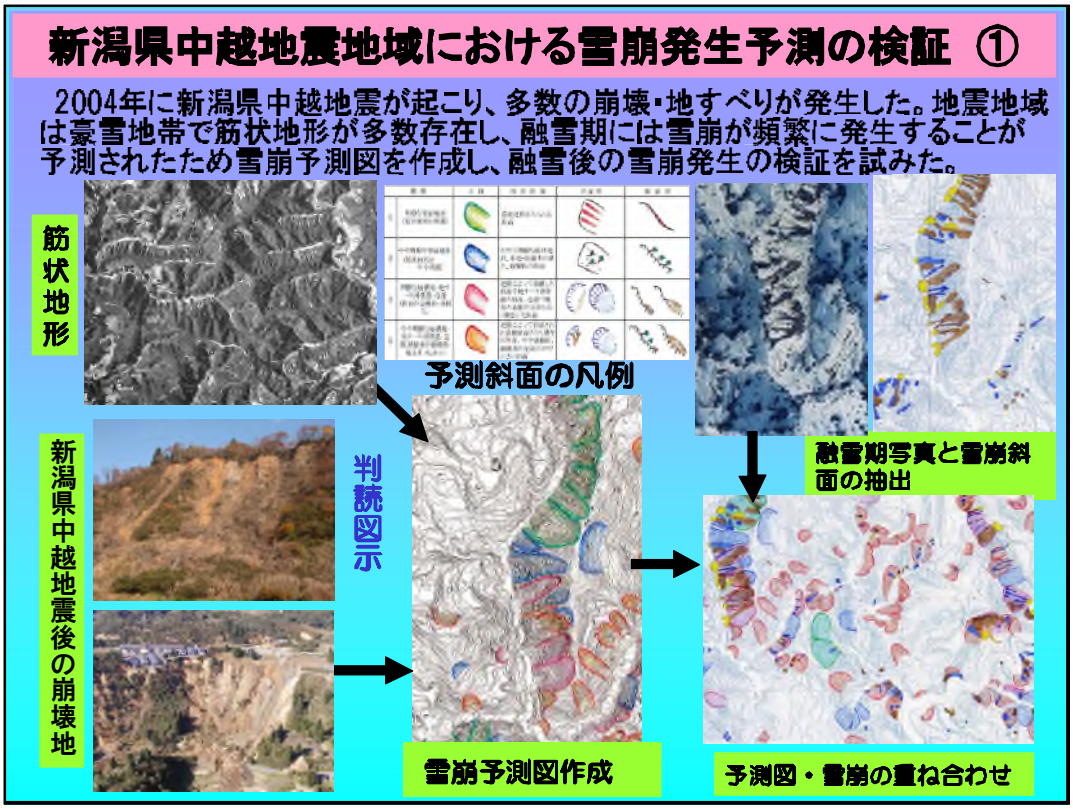
筋状地形の分布・越後湯沢図幅



発達過程・イメージ

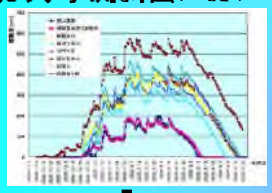



崩壊地と雪崩・雪崩地形との関係
崩壊地において雪崩が頻繁に発生していることが明らかとなり、雪崩地形の1つとして重要な地形となっていた
稗田山崩壊地と雪崩
大規模崩壊
雪崩発生斜面
Googleearth（2013.05.22）
雪崩による侵食
雪崩による崩壊物の滑落・流動
崩壊地の発達過程・イメージ
筋状地形の分布
白馬岳図幅
稗田山崩壊地周辺の地形


新潟県中越地震地域における雪崩発生予測の検証 ①
2004年に新潟県中越地震が起こり、多数の崩壊・地すべりが発生した。地震地域は豪雪地帯で筋状地形が多数存在し、融雪期には雪崩が頻繁に発生することが予測されたため雪崩予測図を作成し、融雪後の雪崩発生の検証を試みた。
筋状地形
予測斜面の凡例
新潟県中越地震後の崩壊地
判読図示
融雪期写真と雪崩斜面の抽出
雪崩予測図作成
予測図・雪崩の重ね合わせ

新潟県中越地震地域における雪崩発生予測の検証 ②

明瞭な筋状地形で94%で雪崩が発生、土砂移動を伴う雪崩は74%で発生しており、予測斜面において筋状地形や崩壊地での雪崩発生が確認された。



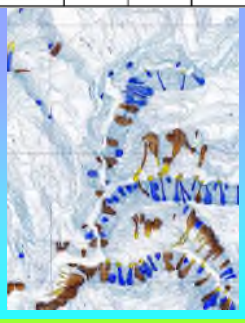
2005年撮影 防災科学技術研究所

融雪期空中写真

判読図化

60～90%で雪崩発生斜面と予測図と的中

予測斜面の種類	雪崩発生を予測した斜面数	雪崩発生斜面数	非雪崩発生斜面数	雪崩発生率(%)
明瞭な筋状地形	69	65	4	94.2
やや明瞭な筋状地形	154	71	83	46.4
明瞭な崩壊斜面	143	97	46	67.8
やや明瞭な崩壊斜面	280	149	131	53.2
予測斜面全体	646	382	264	59.1



雪崩発生斜面判読

重ね合わせ

予測図・雪崩の重ね合わせ

分　析

雪崩の種類	予測斜面における雪崩発生数	予測斜面以外における雪崩発生数	合　計	雪崩発生率(%)
主に積雪	626	315	941	66.5
土砂を伴う	387	134	521	74.3
表層雪崩	17	9	26	65.4
雪崩斜面全体	1030	458	1488	69.2

表層雪崩と筋状地形との関係

1986年1月新潟県能生町柵口雪崩(死者13名)、1989年2月新潟県清津峡温泉の雪崩(死者5名)など表層雪崩が発生し、雪崩地形との関係を調査した。

能生町柵口雪崩（新潟県，1986）

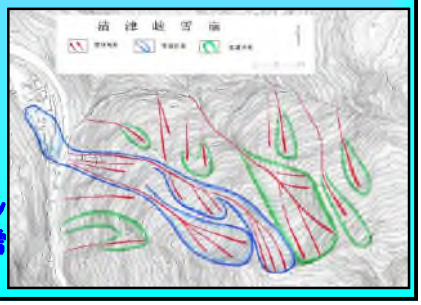
権現岳（1989年オリス撮影）

清津峡温泉雪崩 (雪崩対策協議会，1992)

柵口雪崩の雪崩地形分類図

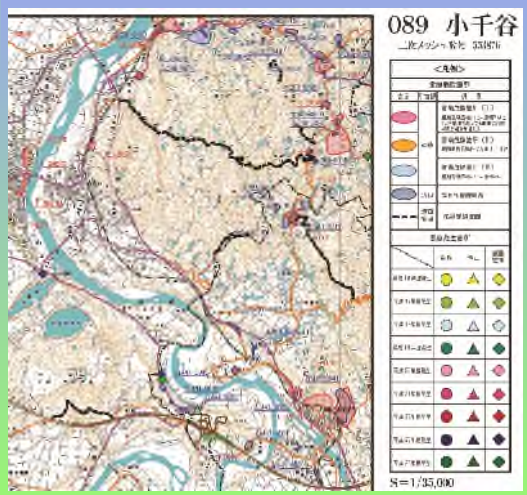
清津峡温泉雪崩の微地形分類図

筋状地形やアバランチシュートで表層雪崩が発生していた



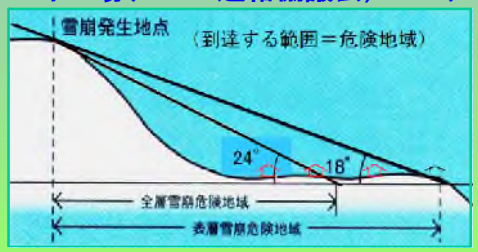
日本における雪崩対策（雪崩危険斜面・雪崩ハザードマップ）

雪崩危険斜面の予測図（ハザードマップ）、植生、傾斜、到達範囲を元に自治体やスキー場で作成されている。



雪崩危険斜面（新潟県，2014）
http://www.sabou-niigata.jp/nadarekikenkasyo/#zoomahelp

スキー場（ニセコ連絡協議会，2001）



雪崩の見通し角（http://www.mlit.go.jp/common/001018269.pdf）

雪崩災害と雪崩地形－詳細な雪崩地形を目指して－

災害を引き起こす雪崩は、全層雪崩よりも表層雪崩がほとんどであった。表層雪崩雪発生斜面にはアバランチシュート、明瞭・不明瞭な筋状地形、露岩・崩壊地、草地・低灌木の植生がみられた。そのため、これらの地形を詳細に分類することで雪崩対策や雪崩防災に役立つと考えられる。

発生年月日	災害雪崩の名称	雪崩種別	被害の場所	死者数	雪崩地形・植生				
					アバランチシュート	筋状地形（明瞭）	筋状地形（不明瞭）	草地・低灌木	露岩・崩壊地
大正7.1.9（1918）	三俣雪崩（新潟県）	表層	集落	158人			●	●	
大正7.1.20（1918）	大鳥鉱山（山形県）	表層	作業員宿舎	154人			●	●	
昭和2.2.8（1927）	能生町西平（新潟県）	表層	集落	11人	●	●			
昭和13.12.27（1938）	黒部荒谷谷（富山県）	表層	作業員宿舎	80人	●	●			
昭和36.2.16（1961）	青倉雪崩（長野県）	混合	集落	11人				●	
昭和45.3.6（1970）	六日町城内孫平沢（新潟県）	表層	山麓				●	●	
昭和56.1.7（1981）	56豪雪大倉雪崩（新潟県）	表層	集落	8人			●	●	
昭和59.2.9（1984）	浦津峡温泉雪崩（新潟県）	表層	集落	5人				●	
昭和61.1.26（1986）	能生町細口（新潟県）	表層	集落	13人	●	●			
平成9.1.28（1998）	ニセコアンヌプリ（北海道）	表層	スキー場	1人			●	●	●
平成11.12.28（2005）	H18年十日（新潟県）	表層	道路	1人		●	●		
平成12.2.10（2006）	H18秋山郷（新潟県・長野県）	表層	集落				●	●	
平成25.11.23（2013）	立山真砂岳スキー雪崩（富山県）	表層	山岳	7人					●
平成26.2.14（2014）	H26.2月豪雪・早川町（山梨県）	混合	道路						●

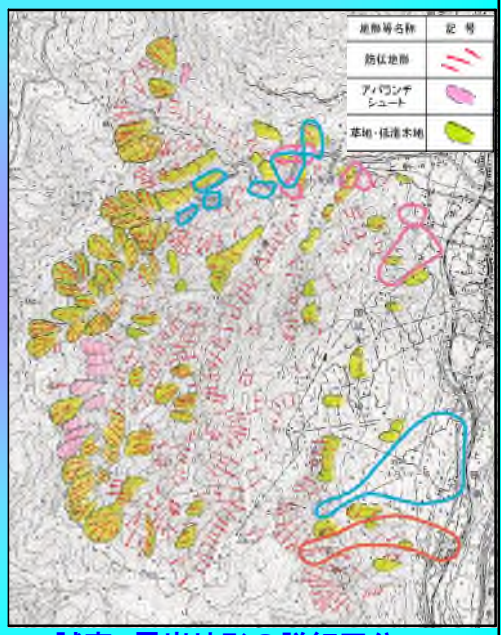
詳細な雪崩地形の試作 ①

①雪崩危険斜面は集落、公共施設などを対象に作成し、雪崩の到達区域までを表している。
②筋状地形の分布（関口，2008）は、雪崩の発生区域を表している。
③雪崩地形の詳細版では筋状地形、雪崩斜面に特有の低灌木の植生を判読し、詳細な分布図の作成を試みた。

雪崩危険斜面
（新潟県，2014）

筋状地形の分布
（関口，2008）

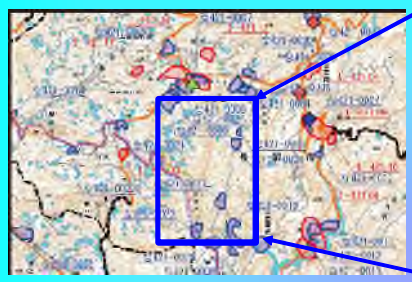
南魚沼市スキー場周辺



試案　雪崩地形の詳細区分

詳細な雪崩地形の試作 ②

長岡市（旧山古志村）



雪崩危険斜面(新潟県2014)

融雪期の雪崩
防災科学技術研究所

筋状地形の分布(関口2008)

1. 丘陵地で地すべりが多数分布
2. 雪崩危険斜面は道路沿いに多い
3. 筋状地形は地すべり滑落崖に集中
4. 詳細な雪崩地形の区分で、地すべり滑落崖で雪崩地形が多数形成されていた。

詳細な雪崩地形の分類により、南魚沼市スキー場周辺、旧山古志村の丘陵地における地すべり地において雪崩地形の分布が明瞭となった。

雪崩地形の詳細区分

2．ＤＥＭ・三次元・可視化・地形表現

50m、10m、5mDEMによる段彩図・陰影図などの地形表現、立体視による地形判読を行った。地形分類は調査地域の地形の形態的な特徴や、各種の地形の把握に役立つ。これまで携わった事例について紹介します。

1．ＤＥＭ・三次元・可視化

① 50mDEM
② 10mDEM、航空レーザ測量のDEM
③ DEM ＋ 等高線・地形・地質・植生・土地利用・地形図.etc

2．地形表現（地形分類図の表現）

① 地形の分類　　火山、地すべり、台地、低地、微地形.etc
② 色彩・記号表現　火口・溶岩流・火砕流、岩屑なだれ、地すべり滑落崖、段丘、扇状地・自然堤防、低地.etc
③ その他の表現　　平面・断面・立体・陰影・等高線.etc

DEM・三次元・可視化①　火山

福島県の磐梯山は、1888年に水蒸気爆発で岩屑なだれが発生し北麓の村落を埋没、桧原湖、五色沼などの多数の湖沼が生じた。**（防災科研，岩屑流発生場に関する研究，1995）**

福島県磐梯火山の地形分類図を作成
50mDEMと地形分類図を重ね立体的に表現

磐梯火山立体地形分類図（関口ほか1993）

桧原湖とカルデラ

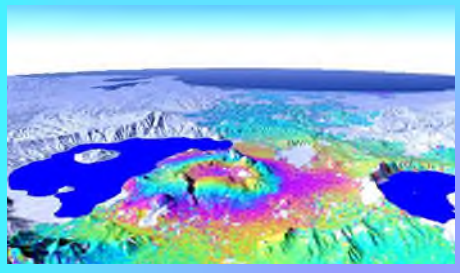
磐梯山噴火記念館の提供による

磐梯火山の地形分類図

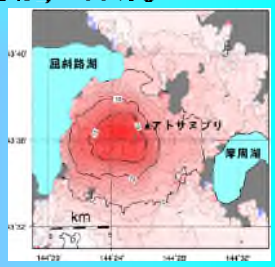
DEM・三次元・可視化　火山②(干渉SAR)

北海道屈斜路湖・アトサヌプリ周辺では1993年～1995年にかけて衛星による干渉SAR解析により隆起や沈降の地殻変動が認められた(藤原ほか, 2005)。

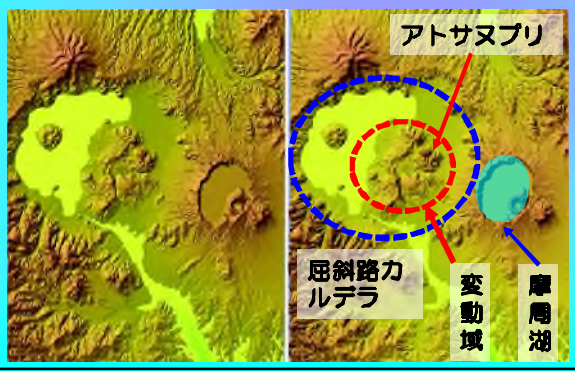
地殻変動は屈斜路カルデラのほぼ中心



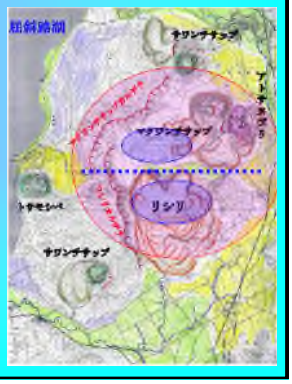
地殻変動量は隆起と沈降で約 20 cm変化



画像の立体視判読
50mDEMによる

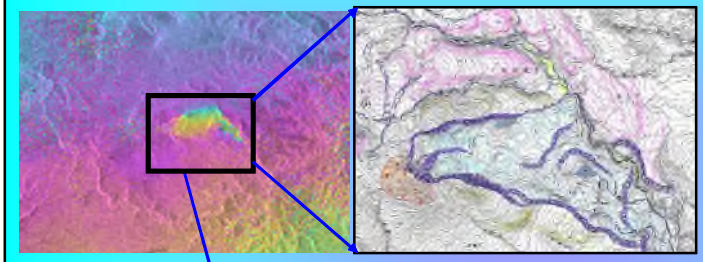


火山体の地形分類図

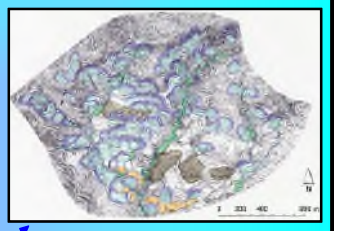


DEM・三次元・可視化③　地すべり

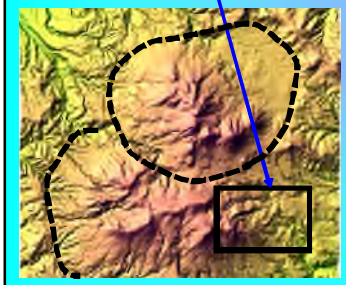
衛星による干渉SAR解析による変位から地すべりの範囲を認定するために50mDEMや空中写真を併用して調査した。



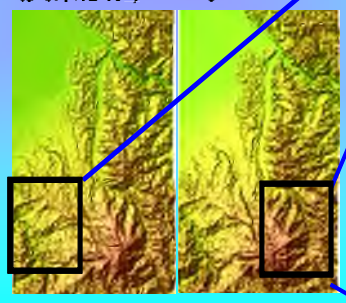
青森県八甲田山地すべり　(矢来ほか, 2004)



山形県七五三掛地すべり



50mDEM(八甲田山)

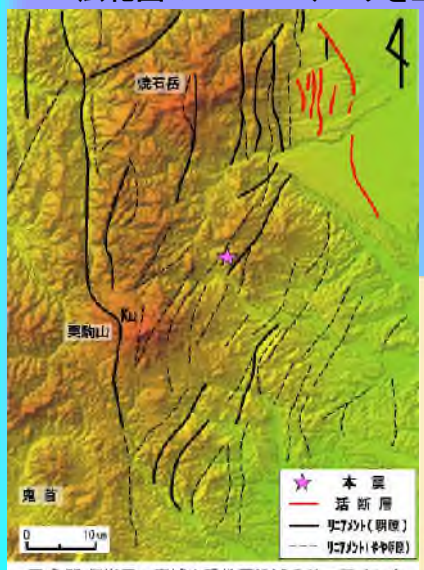


50mDEM立体視(月山)

山形県月山地すべり地形

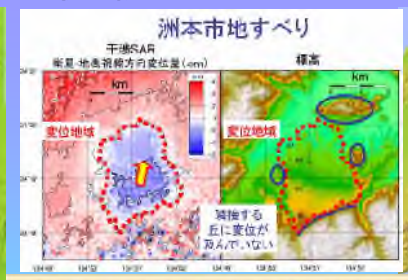
DEM・三次元・可視化④　地震

広範囲の50mDEMデータを立体視判読により活断層やリニアメントを抽出。



平成20年岩手・宮城内陸地震地域のリニアメント
（活断層は「新編日本の活断層」（1991）を参考）

2008年岩手・宮城内陸地震
（木佐貫ほか，2008）



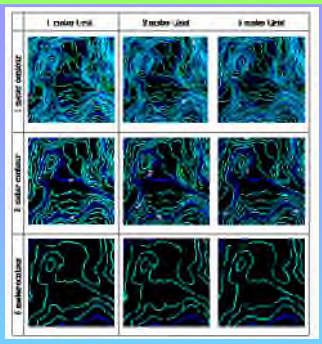
1995年兵庫県南部地震
（藤原ほか，2007

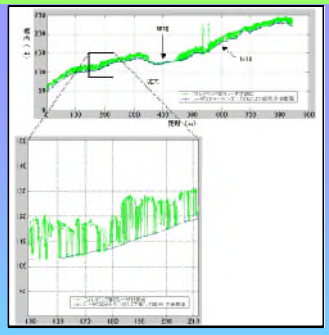
2007年能登半島地震（北原ほか，2007）

DEM・三次元・可視化⑤　航空レーザ測量DEM

- 名称
- 安全性
- 計測精度
- グリッド・等高線間隔

DEMの間隔
1,2,5m
等高線の間隔
1,2,5m



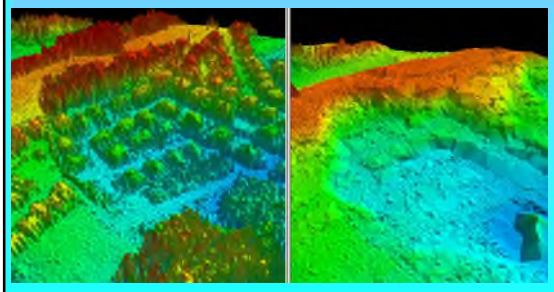


樹高

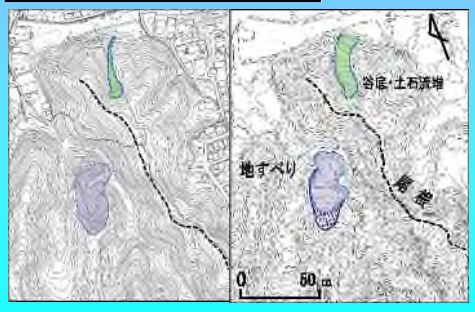
シダ類：1～2m

広葉樹 シイ・タブ 15～20m

竹林・杉林 15～20m



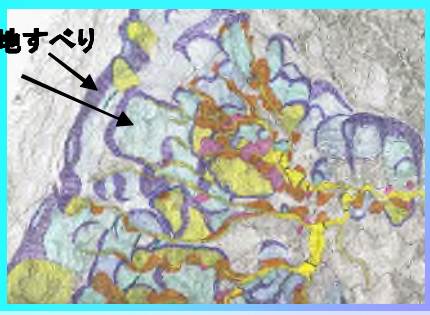
DSM　ﾌｨﾙﾀﾘﾝｸﾞ前　　DEM　ﾌｨﾙﾀﾘﾝｸﾞ後



八王子地区の都市計画図:1/2,500　航空レーザ等高線図

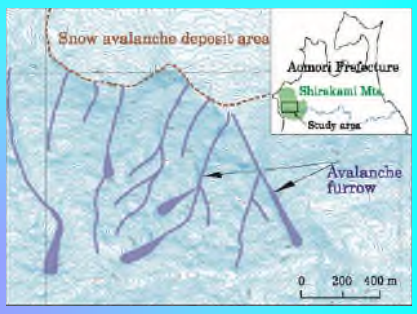
DEM・三次元・可視化⑥　航空レーザ測量②

等高線1m



静岡県口坂本崩壊地　危険　やや危険　安定

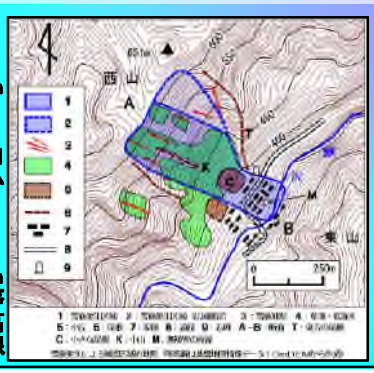
等高線2m



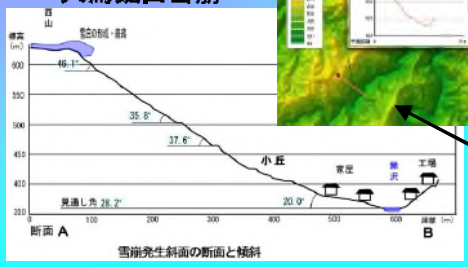
白神山地 地すべり滑落崖の雪崩地形

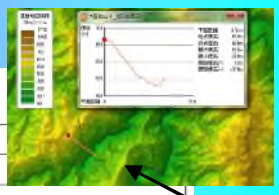
山形県大鳥鉱山雪崩

10mDEMから5m等高線



大鳥鉱山雪崩



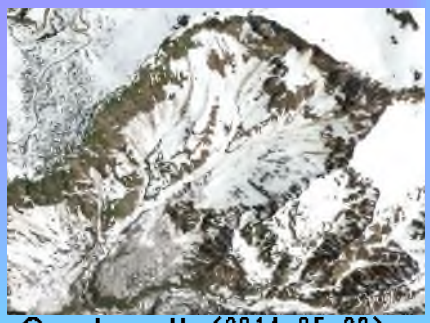


測線

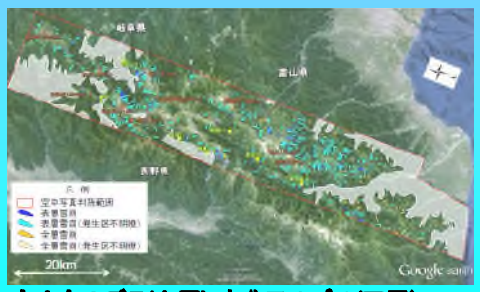
断面図作成　土石流・雪崩対策に有効

DEM・三次元・可視化⑦　Google earth

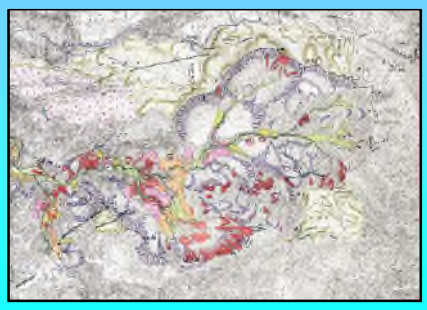
立山カルデラで発生している雪崩の判読結果
（寒色：表層雪崩，暖色：全層雪崩）



Googleearth（2014.05.28）



立山カルデラ(上図) と北アルプス(下図)
（秋山・関口，2014）



立山カルデラ　地形分類図

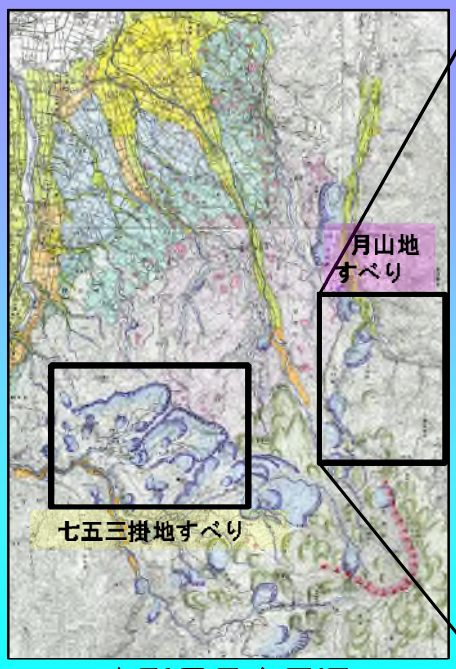
地形分類による地形表現 大規模崩壊・段丘

岩手県八幡平地すべり

神奈川県相模原台地

太田・平川（1979）を編集

地形分類による地形表現　地すべり



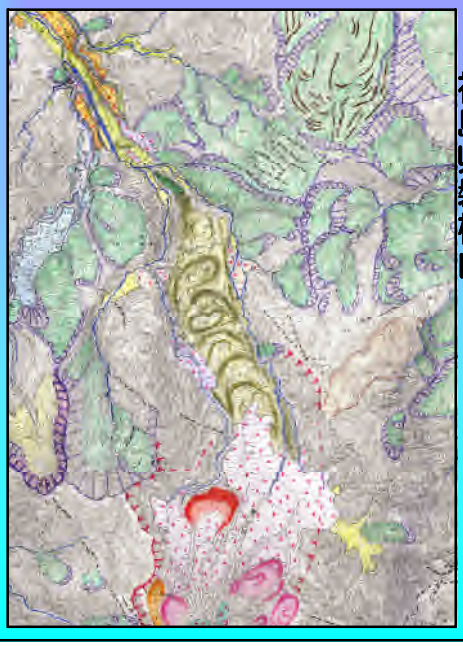
山形県月山周辺

月山地すべり

地形分類による地形表現　火山 ①

地表面の起伏を元に地形を区分する地形分類図の作成によって様々な地形の形態的な特徴、地形や地質の成り立ちを調査する一助になると思われる

新潟県新潟焼山

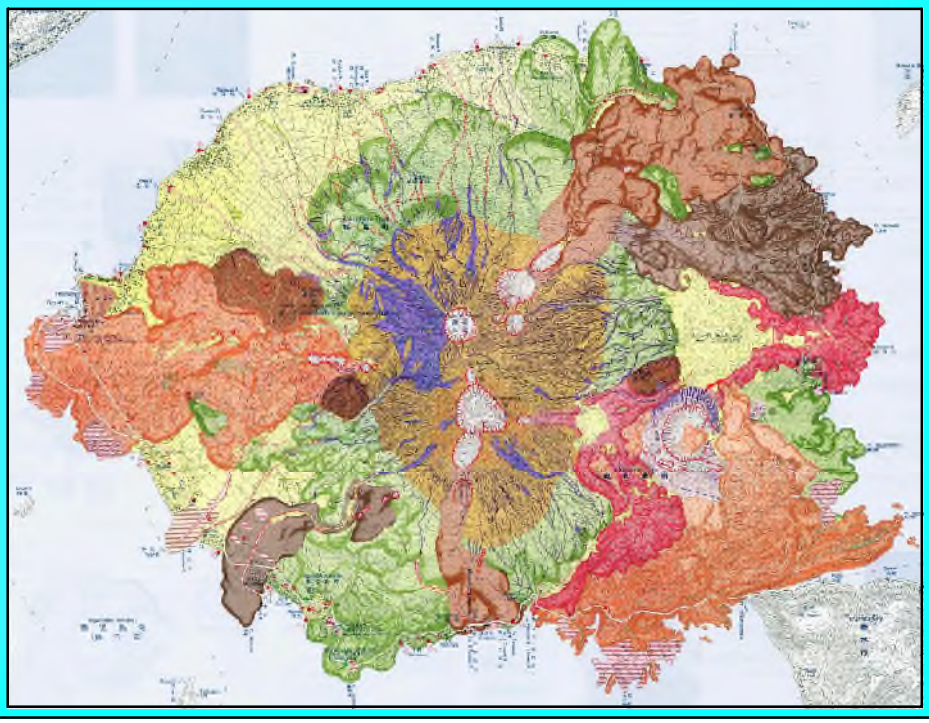


福島県磐梯山

地形分類による地形表現　火山 ②

火山土地条件図「桜島」

国土地理院（1990）



まとめと今後の課題

まとめ

1. 筋状地形と全層雪崩は密接な関係があることがわかった
2. 傾斜は35～45°で基盤が露出し、周囲は草地や低灌木の植生
3. 積雪深は100～150cm、標高は200m程度から出現
4. 分布は日本海側の山地や丘陵地に分布していた
5. 筋状地形を指標として雪崩発生斜面の抽出に有効と考えられる

今後の課題

1. 脊梁山脈の太平洋側や西南日本での雪崩地形の分布限界の調査
2. 筋状地形・アバランチシュートの地形形成過程・メカニズムの解明。崩壊地や、地すべり滑落崖における初生的な地形形成過程の調査
3. 古生層・花崗岩の硬岩と、第三紀層の軟岩の違いによる地形形態の比較
4. 氷河・周氷河の気候と関連した地形形成過程の解明
5. 大量の積雪、融雪期の急激な気温上昇などの気象要因との関係解明

DEM・三次元・可視化・地形表現

1. 空中写真、地形分類、地殻変動、衛星データと組み合わせたDEMが有効
2. 火山や断層・リニアメントなど広域の地形ではDEMの立体視が有効
3. 航空レーザ測量によるDEMは土石流や雪崩などの砂防計画に役立ち、またDEMから作成した等高線図は微地形分類に有効と考えられる

参 考 文 献

秋山一弥・関口辰夫・池田慎二（2015）2014年２月の大雪によって山梨県の早川周辺で発生した雪崩の特徴．雪氷，77巻，pp.47-57.

秋山一弥・関口辰夫（2014）Google earthを用いた雪崩の広域判読と特徴について，寒地技術論文・報告集，Vol.30,pp.24-29.

藤原智・村上亮・西村卓也・飛田幹男・矢来博司（2005）干渉SAR解析によって検出された屈斜路湖東岸の火山性地殻変動，日本測地学会第104回講演会.

木佐貫順一・関口辰夫・坂井尚登・野口高弘・田崎昭男(2008)平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震に対する地理調査部の取り組み．国土地理院時報，No.117,9pp.49-58.

北原敏夫・木佐貫順一・関口辰夫（2007）能登半島地震における電子国土版災害状況図の作成．日本地球惑星科学連合2007年大会.

宮崎健三（1938）雪崩の地理学的考察．地理学評論，14,pp.731-744.

日本雪氷学会（1998）日本雪氷学会雪崩の分類．雪氷，60，pp437-444.

太田陽子・平川一臣（1979）能登半島の海成段丘とその変形．地理学評論，52，pp.169-189.

下川和夫（1980）只見川上流域の雪崩地形．地理学評論，53,pp.171-188.

杉山正憲・関口辰夫・保谷忠男（1987）地形要素と雪崩発生度の解明に関する研究．国土地理院，昭和62年度地理調査部研究報告，pp.50-59.

関口辰夫・岩橋純子・大谷知生（1993）磐梯山1888年崩壊堆積物の地形計測．国土地理院時報，No.77,pp.67-73.

関口辰夫・岩橋純子・大谷知生（1995）磐梯山1888年噴火による地形形態．「磐梯火山」，防災科学技術研究所，岩屑流発生場に関する研究分科会，pp.127-134.

関口辰夫（1994）全層雪崩発生斜面における筋状地形の特徴．雪氷，56,pp.145-157.

関口辰夫（1995）月山北部立谷沢流域の地すべり地形．日本地すべり学会誌，Vol.40-1,pp.63-67.

関口辰夫・藤原智・村上亮・西村卓也・飛田幹男・矢来博司・大井信三（2006）：干渉SARによる地殻変動の検出と地形．2006年日本地理学会春季学術大会要旨集，No.69,224.

関口辰夫（2008）：空中写真を活用した筋状地形の研究ー全層雪崩と関連してー．新潟大学博士学位論文，97p．新潟大学学術リポジトリ.

矢来博司・大井信三・関口辰夫・飛田幹男・藤原智（2004）：干渉SAR解析による火山地域における地すべり変位の検出．日本地すべり学会第43回研究発表会講演集.

日本情報地質学会シンポジウム 2015, 講演論文集, 51-62, 2015
地形・地質三次元モデリングの最前線

砂防関連 DM データを用いた 3 次元モデリングと利用例

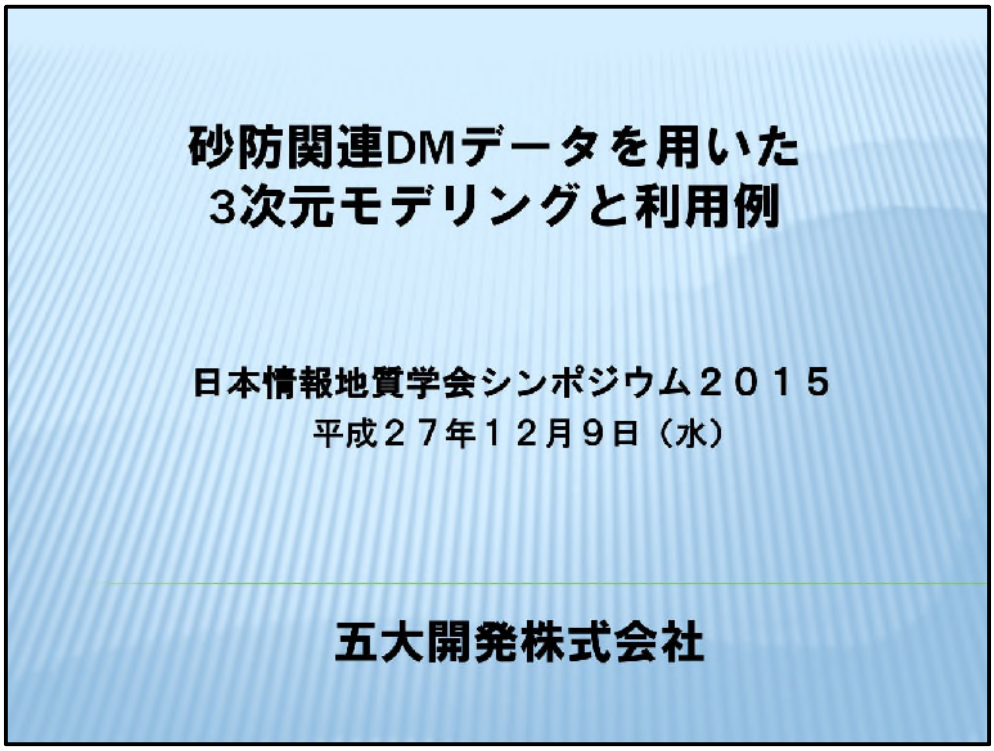
関 家 史 郎*

3D modeling and Example of the utility using Degital Mapping Data for Controling Soil Erosion

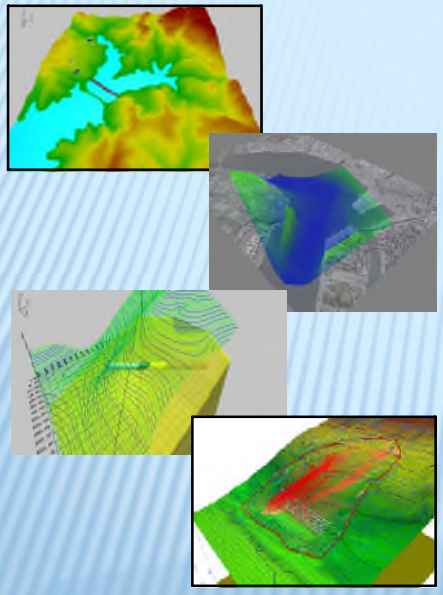
Shiro Sekiya*

*五大開発株式会社　GODAI　KAIHATSU　Corporation
1-35,Kuroda,Kanazawa-city,Ishikawa 921-8051 JAPAN.　E-mail; sekiya@godai.co.jp

キーワード：3 次元モデリング，シミュレーション
Key words：3D Modeling,Simulation



３次元は、特殊な技術！？

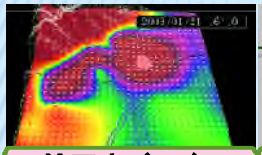


ひと昔前、３次元技術は非常に「高価」で、「手間が掛かる」、「誰でもできない」というイメージがありました。

しかし、今は「誰でも」、「簡単に」、手に入れることができる時代となりました。

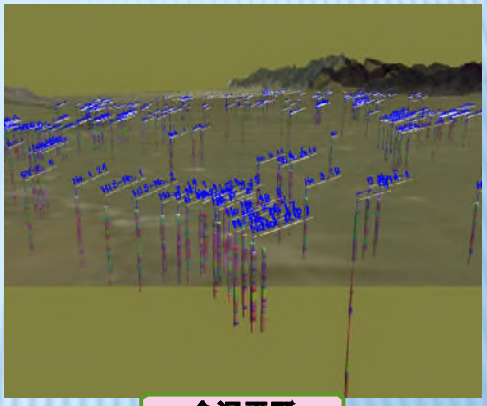
地盤関連の基礎データとなる、数値標高、ボーリング柱状図は「国土地理院」、「KUNIJIBAN」などで公開されており、これらを使うことで、非常に簡単に3次元地盤データをつくることができます。

3次元地盤モデルの例

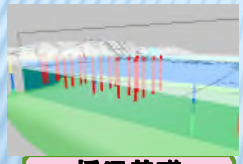


地下水（4D）

都市土木



金沢平野



橋梁基礎

山岳トンネル

★キーワード：CIM、トンネル、基礎工、ダム、地すべり、地盤改良、河川、3次元解析　など

★3次元地盤モデルは、***プレゼン資料から実務利用へ***

3次元地盤モデル作成のメリット

計画 → 調査 → 測量 → 設計 → 施工 → 維持管理

構築物のイメージの明確化、地盤リスクの共有化、解析、数量の自動算出

設計変更の効率化
細部の設計
施工計画の最適化
安全管理
情報化施工

リアルタイム変位・変状管理
管理の効率化

★3次元モデルは、建設生産システムの効率化、品質向上を図れると期待されている。

一方・・・
★測量、調査・設計・施工を一連に完結できるデータ形式の開発は、まだまだ先（これから技術的進歩の可能性大）。

★元データの精度と品質（原本性、信頼度）、その利用と管理・制度設計、普及、情報公開、再活用、人材育成が必要

★3次元地盤モデルの作成は、メリットが大きいが、現状では、責任の所在が不明確であるという問題がある。

3次元地盤モデル作成におけるデータなど

データ名	データ形式	備考
地形データ1 （標高データ読み込み）	XML、SIMA、csv、TIN、DM、Kih、DEM、txt	国土地理院（5m、10mメッシュデータ） 日本スペースイメージング、NTTデータ　等 UAV、画像変換、レーザスキャナ
地形データ2 （平面図から変換）	画像データのベクター化、dxf、dwgからの標高抽出	3Ddxfへの変換
ボーリング柱状図	XML、txt	KUNIJIBAN、各地盤情報サービス
地質断面図	txt、dxf	地層境界面の作成に利用
地質境界面作成	Bスプライン、ドロネー分割、BS-Horizon	※五大開発「MakeJiban」の例

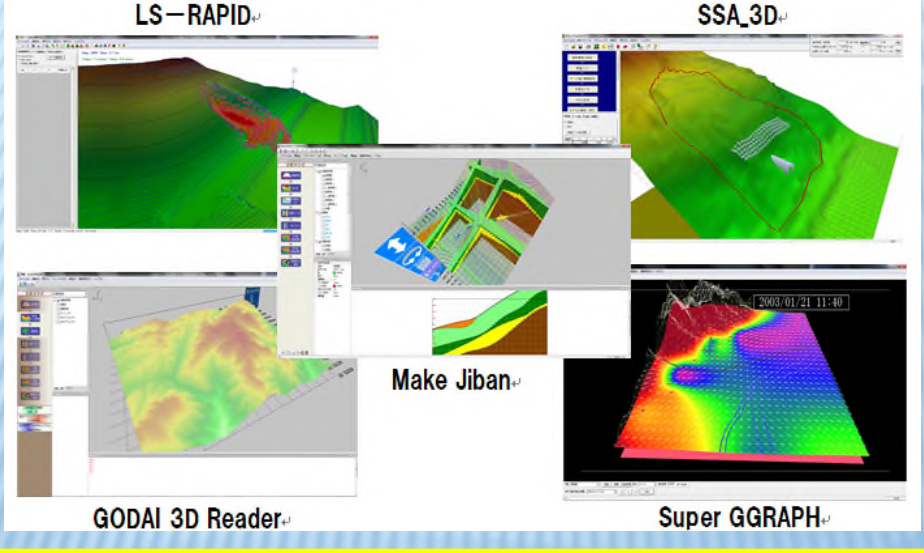
平面図からの変換

DMデータ入力

XMLデータ読み込み

生成された地質境界面の利用　→解析？施工・維持管理？数量算出
→<出力形式>TIN、ソリッド、DEM・・・

3次元地盤モデルを利用したシステム



今回は、砂防基礎調査DMデータを利用した、土砂崩壊シミュレーションの解析事例および、提案を紹介します。

デモンストレーション

広島土砂災害と土砂災害防止法の改正

・広島土砂災害の発生

2014年（平成26年）8月20日、豪雨により広島市安佐南区・安佐北区などで土砂災害が発生。死者74名。

・法律の改正

ー改正案の概要ー

□土砂災害の危険性のある区域の明示
- 基礎調査の結果の公表
- 基礎調査が適切に行われていない場合の是正要求

□円滑な避難勧告等の発令に資する情報の提供
- 土砂災害警戒情報の市町村への通知及び一般への周知
- 避難勧告等の円滑な解除

□避難体制の充実・強化
- 市町村地域防災計画への避難場所、避難経路等の明示

□国による援助
- 国土交通大臣による助言、情報の提供等の援助に係る努力義務

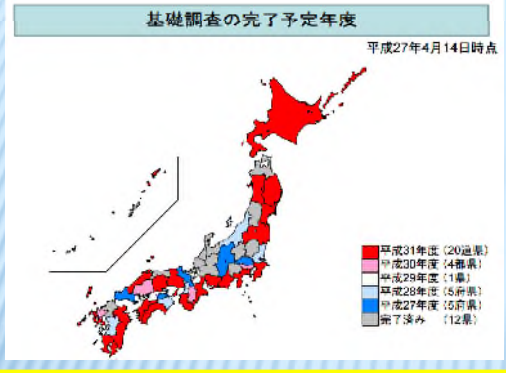
・明らかになったこと

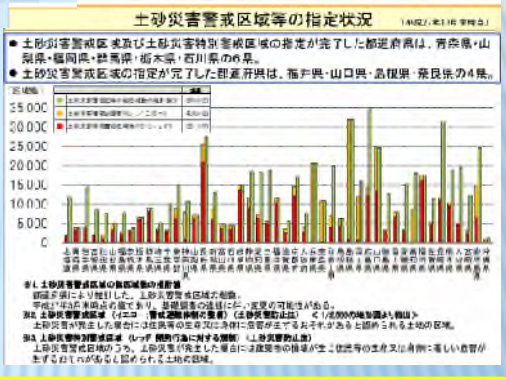
- 土砂災害警戒区域等の指定だけでなく基礎調査すら完了していない地域が多く存在し、住民に土砂災害の危険性が十分に伝わっていない。
- 土砂災害警戒情報が、直接的な避難勧告等の基準にほとんどなっていない。
- 避難場所や避難経路が危険な区域内に存在するなど、土砂災害からの避難体制が不十分な場合がある。

昨年8月に発生した広島市の土砂災害を受け、11月に土砂災害防止法の改正。

今後、本法律のもとで土砂災害警戒区域の指定を促進していくとしていますが、土砂災害警戒区域の指定が完了するまでには、一定の時間が必要。

砂防基礎調査実施状況





★土砂災害警戒区域及び土砂災害特別警戒区域の指定が完了した都道府県は、青森県・山梨県・福岡県・群馬県・栃木県・石川県の６県。

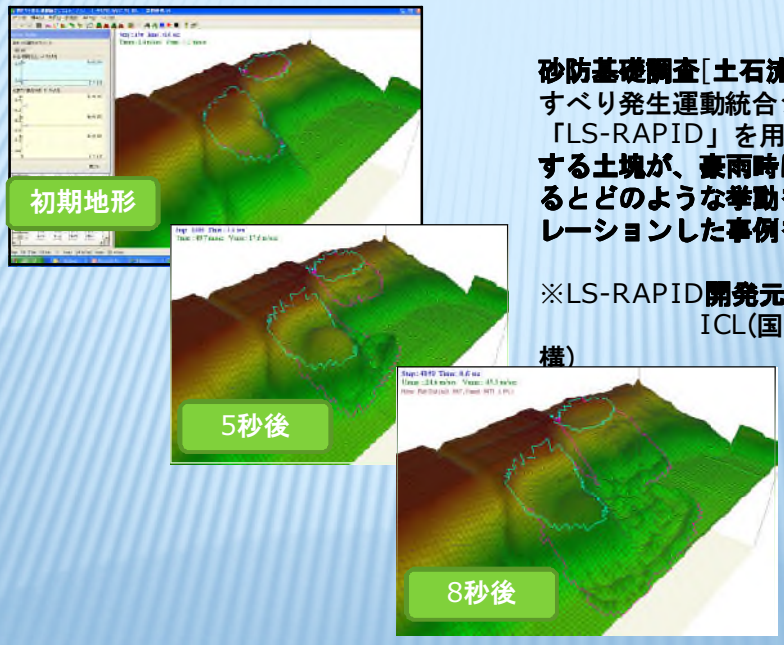
★土砂災害警戒区域の指定が完了した都道府県は、福井県・山口県・島根県・奈良県の４県。

国土交通省**土砂災害防止法から引用**
http://www.mlit.go.jp/river/sabo/linksinpou.htm

今後の方向性と課題

- ハード対策には予算と時間が必要(緊急対策としては難しい)
- ソフト対策は必ず必要
- 広島災害以来、気象庁は避難勧告を多発している
- 一方で住民は自分が逃げる対象とは思っていない
- 認知方法の問題、危険度を周知させる必要性がある
- 対策、認知、何をするにも危険箇所の優先順位が必要となる。
- 砂防基礎調査データは表面地形のみで抽出したものである。
- 広島災害で見られるように、地質は危険度に関係が深い。

砂防関連DMデータを用いた3次元モデリングと利用例



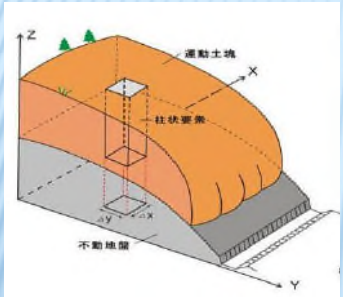
砂防基礎調査[土石流]データを基に、地すべり発生運動統合シミュレーション「LS-RAPID」を用いて、山腹を移動する土塊が、豪雨時に間隙水圧がかかるとどのような挙動をするのかシミュレーションした事例を紹介します。

※LS-RAPID開発元：
ICL(国際斜面災害研究機構)

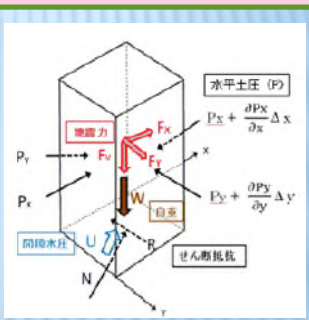
砂防関連DMデータを用いた3次元モデリングと利用例

「LS-RAPID」の原理

斜面土塊の中に柱状要素を考え、その要素にかかる土塊の自重（W）、水平・鉛直地震力、水平土圧、要素底面にかかるせん断抵抗（間隙水圧の効果を含む）の合力を水平面に投影し、水平面上の力の釣り合いが、質量（m）の土塊を加速度（a）で加速させる式（1）および柱状要素に流入する土量分のみ土塊の高さが変化するとの仮定（2）から、土塊の流量（M,N）と高さ(h)の変化を解くモデルです。



全体概要図



構成要素図

理論式は、国際斜面災害研究機構（ICL）佐々教授の理論式を使用

砂防関連DMデータを用いた3次元モデリングと利用例

データ名	データ形式	備考
地形データ1（標高データ）	DM、Kih	1/2500、2m以内の格子間隔
地質	なし	日本シームレス地質図を参照
地表画像	tif	ORTHOデータを参照

地形モデル
- DMデータの読み込み
- 地表面作成、コントロールポイントの出力

解析パラメータ入力
- LS-RAPIDでコントロールポイントの入力
- パラメータの入力、不安定領域の土砂設定

解析・調整
- 解析の実行
- 解析結果とパラメータを調整（感度解析）

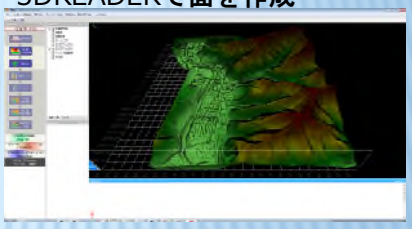
砂防関連DMデータを用いた3次元モデリングと利用例

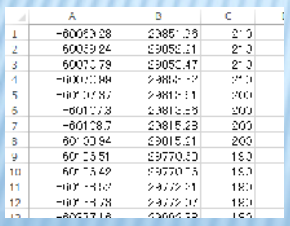
■作業手順（土石流）

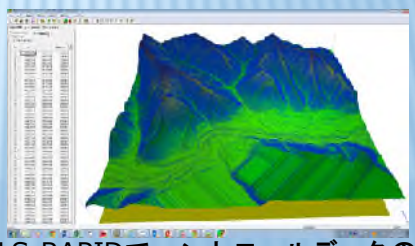
①対象地区3次元化

DMデータを変換、LS_RAPIDの3次元地形として取り込む

②「3D　READER」でDMデータを読み込み　3DREADERで面を作成





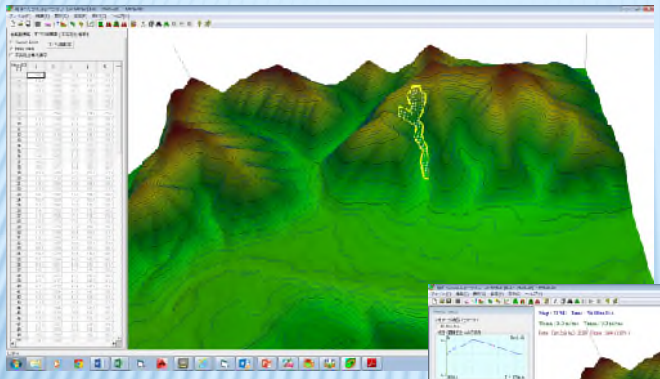


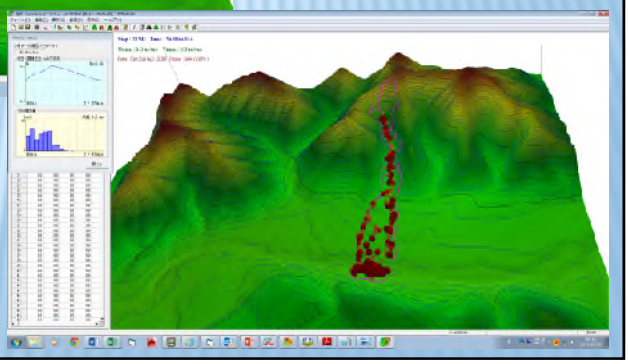
「Makejiban」にてメッシュ分割と
コントロールデータの出力

LS-RAPIDでコントロールデータの
入力と面作成

砂防関連DMデータを用いた3次元モデリングと利用例

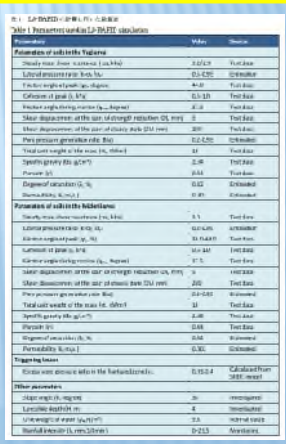
不安定領域の土砂設定



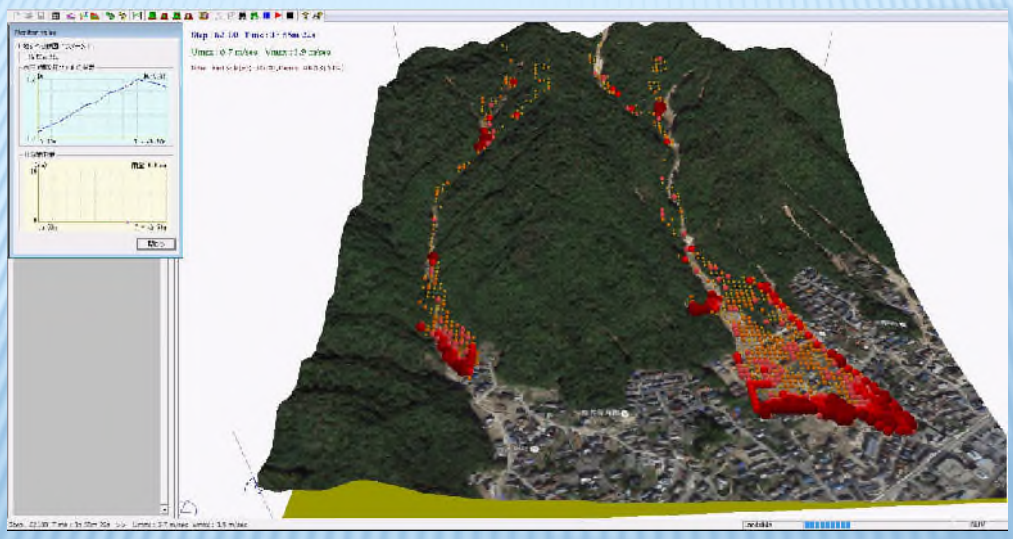


LS-RAPIDを用いた広島土砂災害　再現解析

・LS-RAPIDにて、八木地区で発生した斜面崩壊の再現解析を実施
・崩壊層厚と到達距離をフィッティングさせるため、土圧係数K、過剰観劇水圧発生率BSS、定常状態における地すべりすべり面のせん断抵抗TSSを調整。



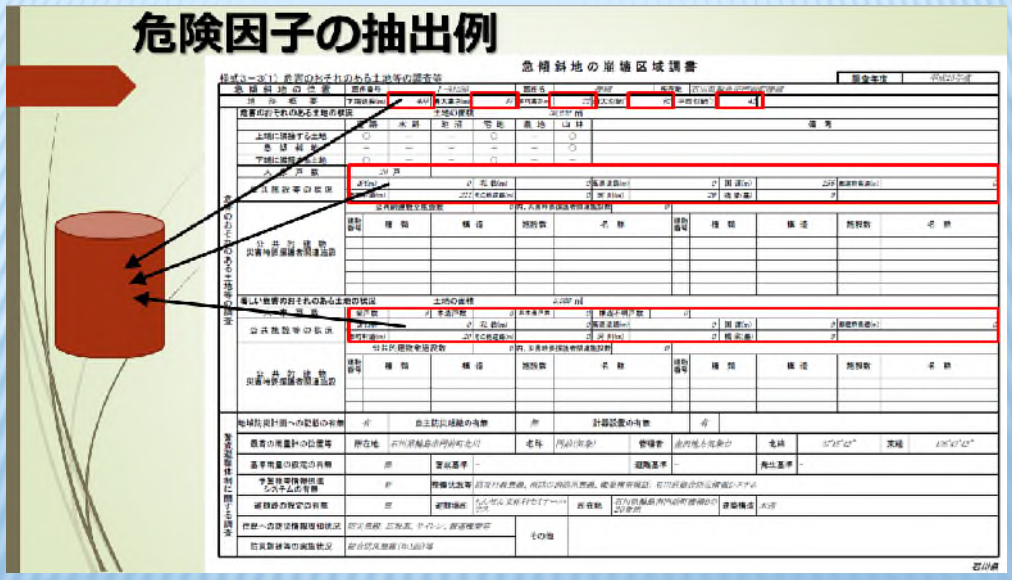
引用元：ICL国際フォーラム「都市化と土砂災害」(2014.10.8)プログラム配布資料



自治体への提案（案）

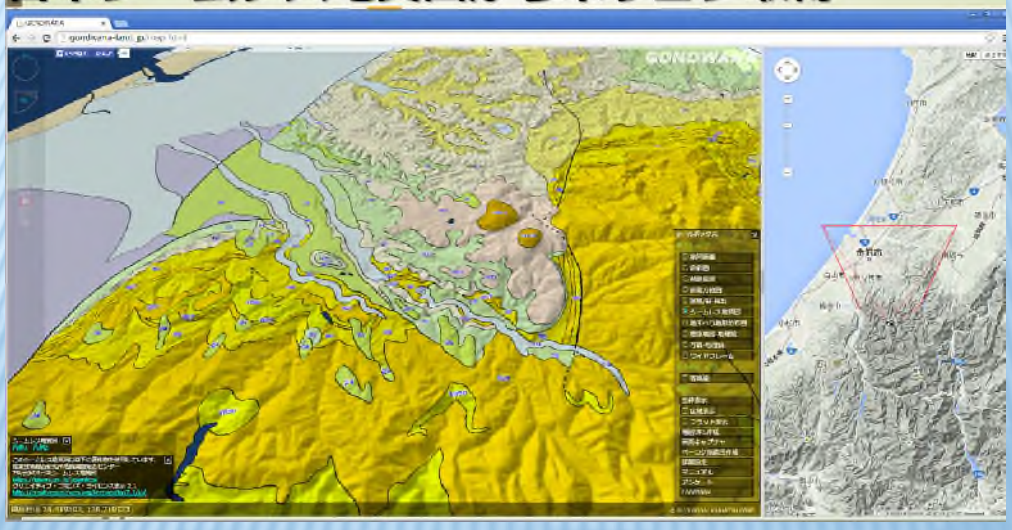
① 砂防基礎調査データから危険度に関係する因子をＤＢ化
② 危険箇所範囲をＧＩＳ上にプロット
③ 日本シームレス地質図から地質ポリゴンを取得・重ね合わせ
④ 危険箇所の因子に地質データを付加
⑤ 因子別に加点・評価できる機能を付加
⑥ いくつかのパタンをシミュレート
⑦ 最上位の複数箇所について、LS-RAPIDで雨量強度別の発生パタンのシミュレート
⑧ LS-RAPIDで最大の土砂到達範囲をシミュレート
⑨ イエロー・レッドゾーンの検証
⑩ （局地豪雨の情報が出た時の避難勧告）

砂防基礎調査データから危険度に関する因子をDB化



砂防基礎調査日本シームレス地質図から地質ポリゴンを取得・重ね合わせ

日本シームレス地質図からポリゴン取得



まとめ

・3次元地盤モデルを用いた、斜面崩壊のシミュレーションは、有用である。

・地域住民へのソフト対策として、崩壊土砂の到達距離、土砂ボリューム、堆積層厚等を表現することができる。

・シミュレーションは、パラメータで大きく変化する。

・崩壊事例から、事前にパラメータを逆解析することで、リアルタイムシミュレーションにつなげる可能性がある。

日本情報地質学会シンポジウム 2015, 講演論文集, 63-76, 2015
地形・地質三次元モデリングの最前線

「示準柱状図と大量のボーリング柱状図を利用した三次元地質モデリング」
—地質モデリングの自動化の可能性について—

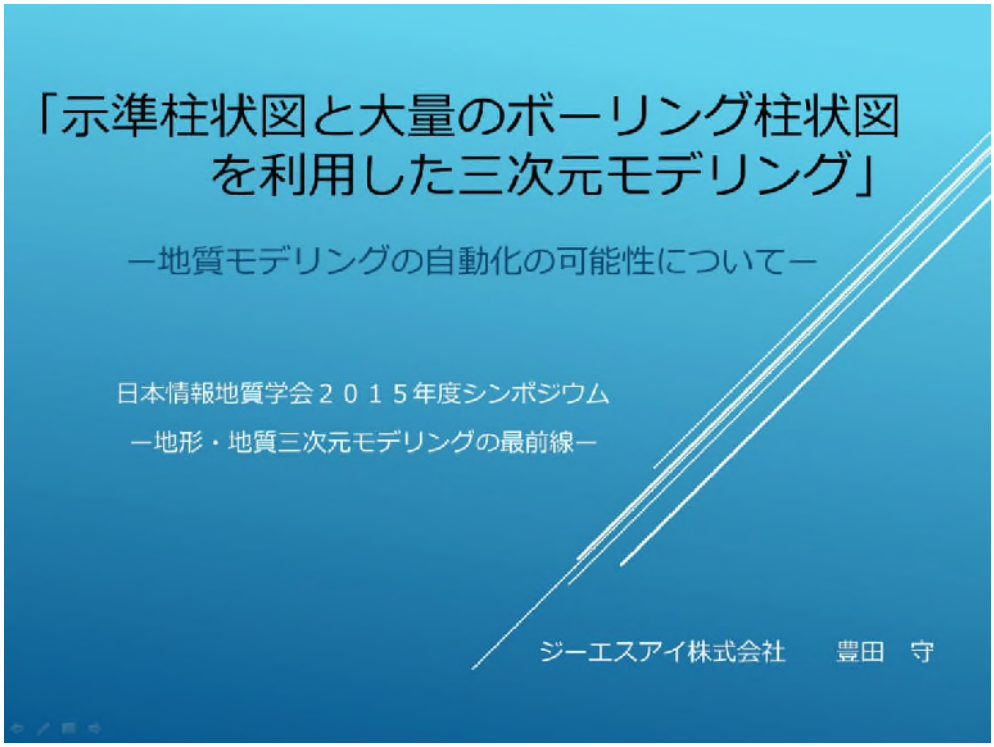
豊 田　　守*

Geological modeling with huge amounts of drillhole data
- Preliminaries for the automation of geological modeling-

Mamoru TOYODA *

＊ ジーエスアイ株式会社　GSI CO.,LTD. , 2-8-37 Chuo, Mito-shi, Ibaraki, 310-0805, Japan
E-mail: m_toyoda@abox22.so-net.ne.jp

キーワード：地質情報，情報公開，インターネット
Key words：geological information, public information, automated geological modeling



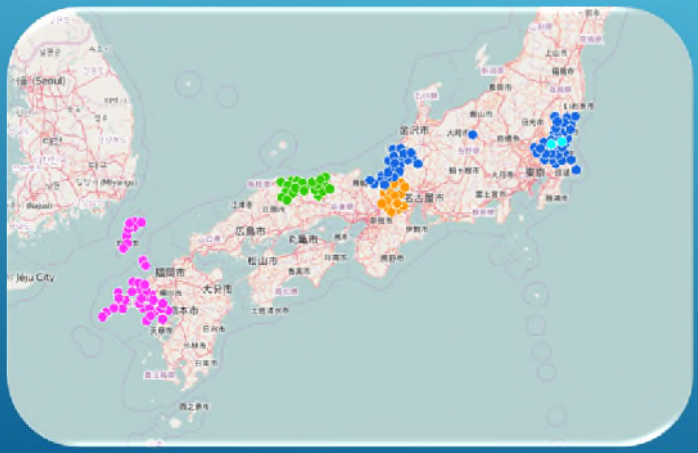
発表内容

1. 2次利用可能な公開ボーリング柱状図について
2. 柱状図に記載されている土質境界深度の実態
3. 示準柱状図を利用した柱状図の地層区分
4.示準柱状図を配置して三次元モデルの作成

▸ 1. 2次利用可能な公開ボーリング柱状図について

（１）国土地盤情報検索サイト“KUNIJIBAN“
国土交通省、国立研究開発法人土木研究所
および国立研究開発法人港湾空港技術研究所
が共同で運営
公開柱状図本数　約９１，０００本

（２）ジオステーション
国立研究開発法人防災科学技術研究所が運営
国地盤データに加えて自治体提供データを公開している。
自治体公開柱状図本数　約28,600本

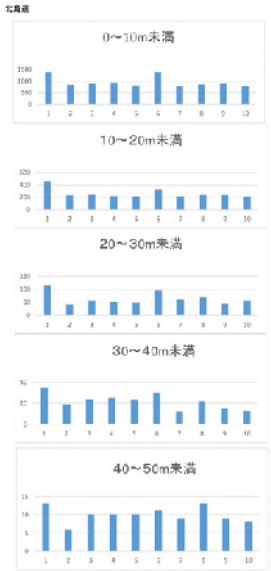


2. 柱状図に記載されている土質境界深度の実態

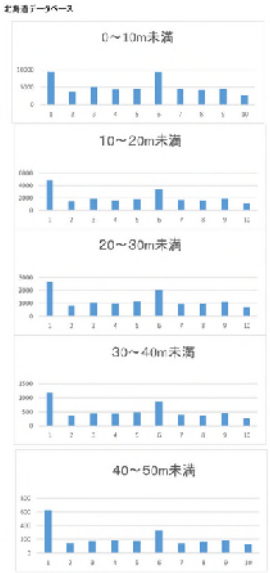
三次元地盤モデルを作成するに当たり、使用する地層境界について実態を整理した。
ボーリング柱状図に記載してある土質名と土質境界深度は、標準貫入試験で得られる打撃数と試料観察、掘進時のトルク・抵抗・音・送水圧にて判断している。（オールコアサンプリングは除く）
通常、標準貫入試験は、１㍍間隔で行い０から５０㎝で行う。
５０㎝から１００㎝までは、トルク・抵抗・音・送水圧などで境界深度を記録している。
１㍍の間で境界深度の記録の方法が異なることから、境界深度の分布実態を整理した。
対象としたのは、主に「KUNIJIBAN」で公開されているボーリング柱状図である。

土質境界記録の分布

北海道開発局

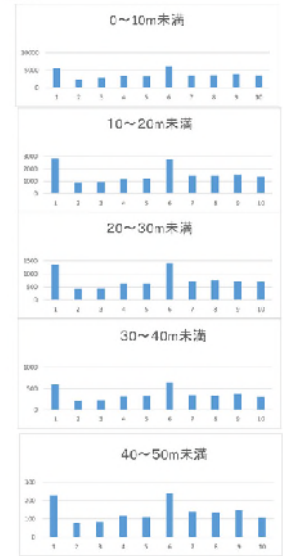


北海道地盤データベース

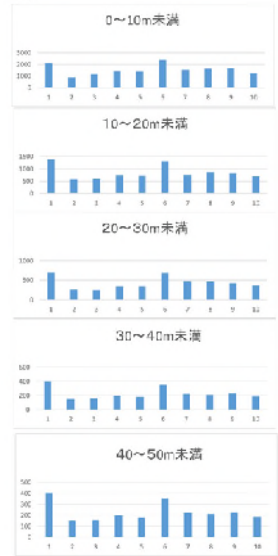


土質境界記録の分布

東北地方整備局

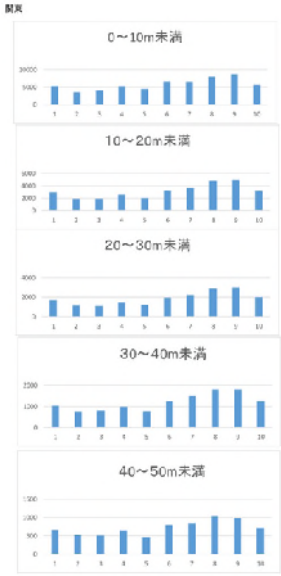


北陸地方整備局

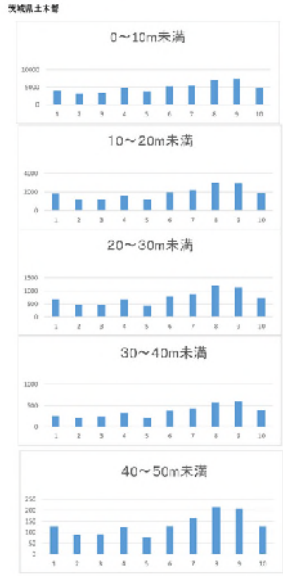


土質境界記録の分布

関東地方整備局

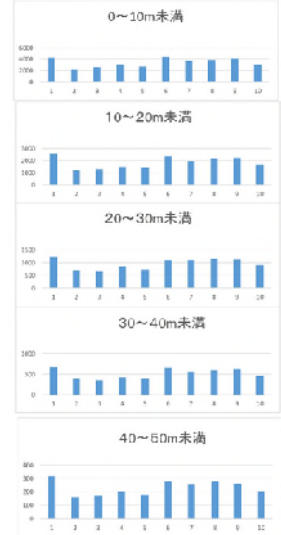


茨城県土木部

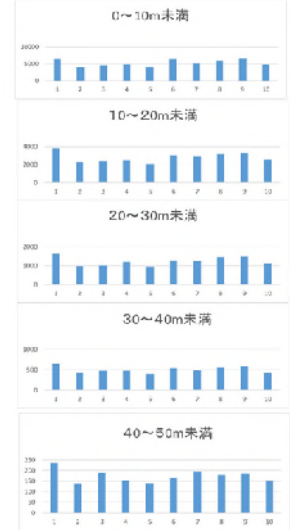


土質境界記録の分布

中部地方整備局

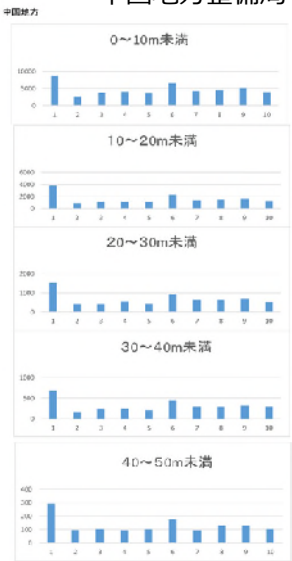


近畿地方整備局

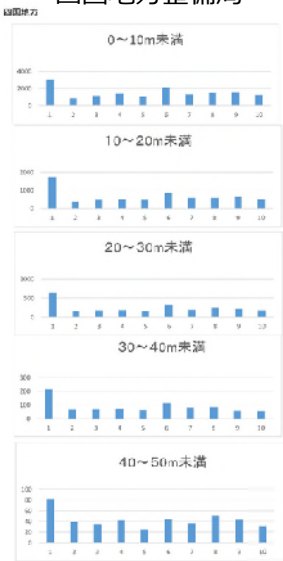


土質境界記録の分布

中国地方整備局

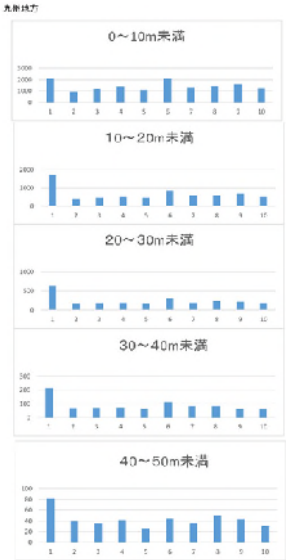


四国地方整備局

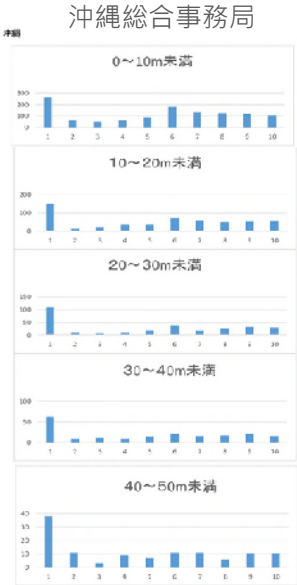


土質境界記録の分布

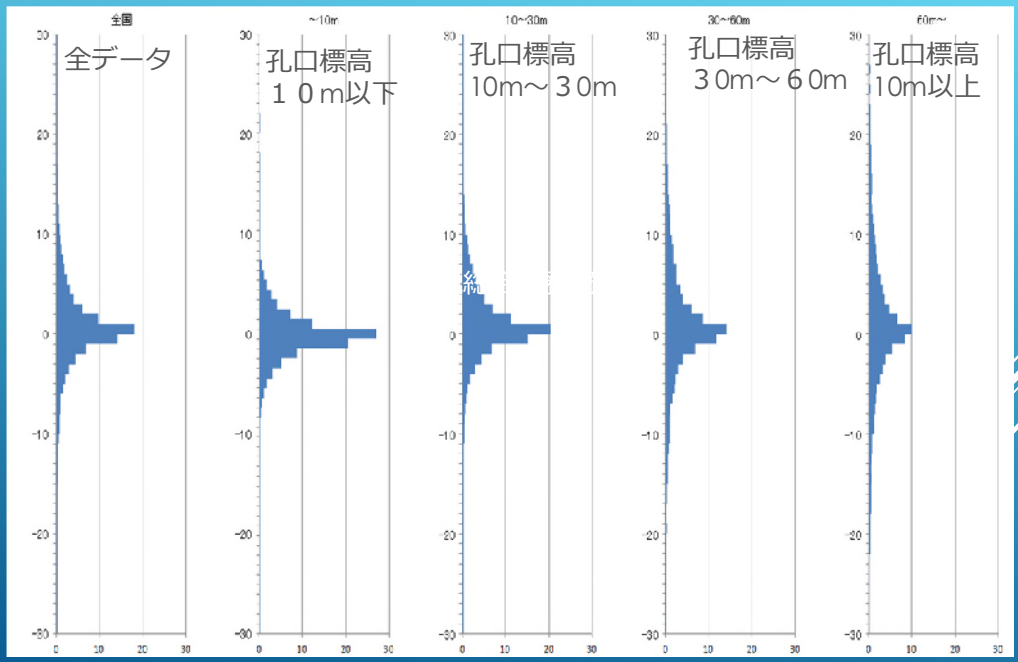
九州地方整備局



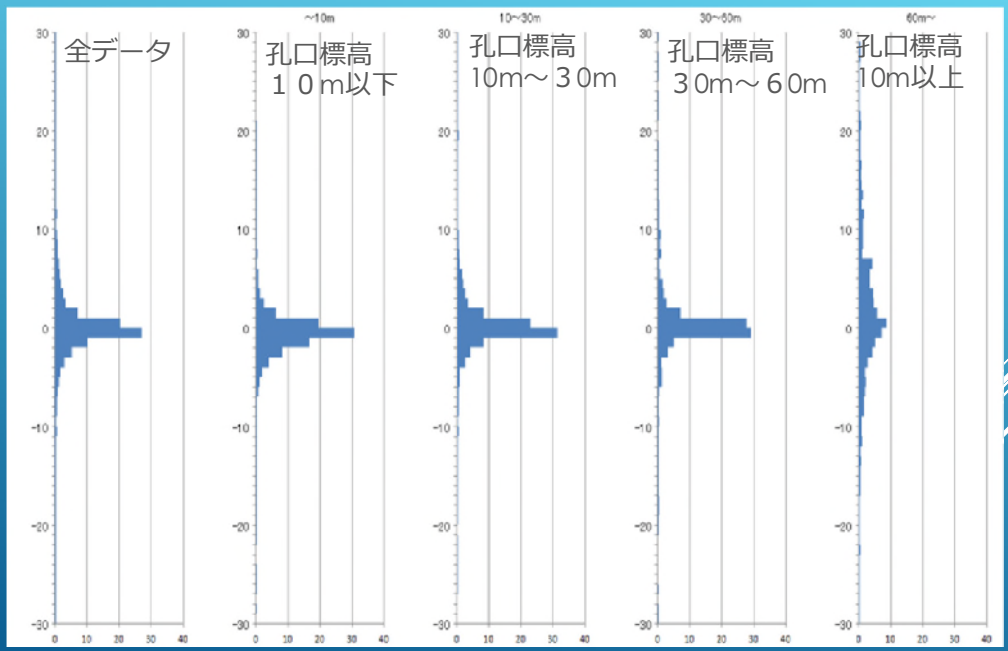
沖縄総合事務局



緯度経度から求められる標高値と記載標高値との差分値の分布　　全国データ



緯度経度から求められる標高値と記載標高値との差分値の分布　　茨城県土木部



3. 示準柱状図を利用した柱状図の地層区分

考え方

2 本の柱状図で同一層準の地層を見つける

地層の持つパラメータ

土質区分、N 値、層中心の標高、孔口標高

2 本の柱状図の地層どうしを比較

パラメータの差の絶対値に重み係数を掛け、その合計値が最も小さい層を類似性が高い層と判定する。

合計値が基準値以下の場合に同一層と判定。

基準値と各パラメータの重み係数の標準値

地層係数= 1.0　　N値係数 =0.5

層の標高差係数＝1.0　孔口標高差係数＝0.3

岩相の数値化

土質間の差分値を以下の表から求める

層相類似度マトリックス

	G	SL	SM	S	Si	C	Lm	Pt	B
G	0	1	2	4	6	8	16	10	20
SL	1	0	1	3	5	7	15	9	19
SM	2	1	0	2	4	6	14	8	18
S	4	3	2	0	2	4	12	6	16
Si	5	4	3	2	0	3	11	5	14
C	8	7	6	4	2	0	10	2	12
Lm	16	15	14	12	10	8	0	6	4
Pt	10	9	8	6	4	2	6	0	10
B	20	19	18	16	14	12	4	10	0

G:　礫,礫質土レキ質土,レキ,砂レキ,砂礫

SL:　粗砂,粗粒砂　　SM:　中砂,中粒砂,砂,砂質土

S:　微細砂,細砂,細粒砂　Si:　シルト,粘性土

C:　粘土　Lm:　ローム,火山灰

Pt:　腐植土,泥炭,高有機質土　B:　表土,盛土,埋土

地層判定

地層判定は、近傍にある示準柱状図を使用して行う。

深度(m)	
10	
11	判定対象層
12	土質 / 平均N値
13	Si / 1
14	判定結果 Ac
15	
16	
17	
18	
19	
	孔口標高 3.2m

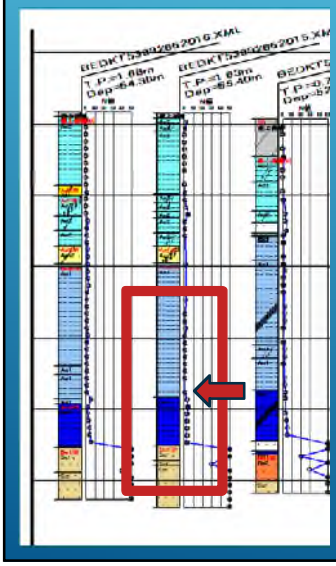
示準柱状図

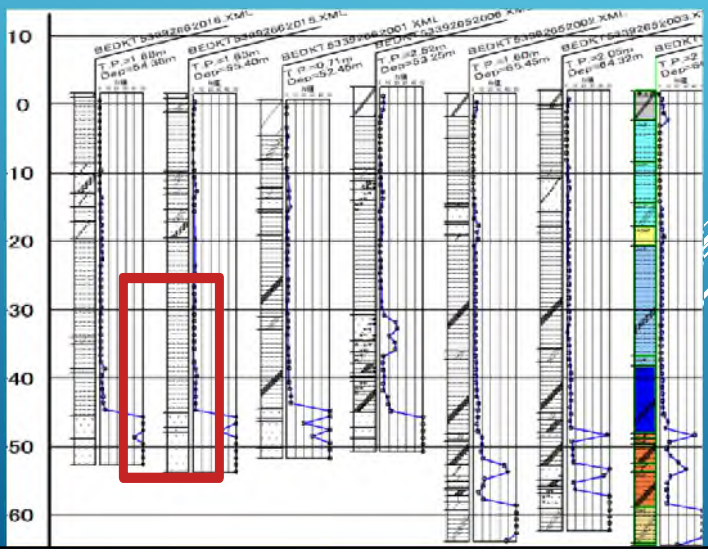
地層名	土質	平均N値	土質判定	N値判定	層位置判定	孔口判定	類似度判定
Ac	Si	2	0	0.5	1	0.51	2.01
As	SM	6	3	2.5	0	0.51	6.01
Ag	G	40	5	19.5	3	0.51	28.01
	孔口標高	1.5m					

地層係数＝1.0
N値係数＝0.5
層の標高差係数＝1.0
孔口標高差係数＝0.3

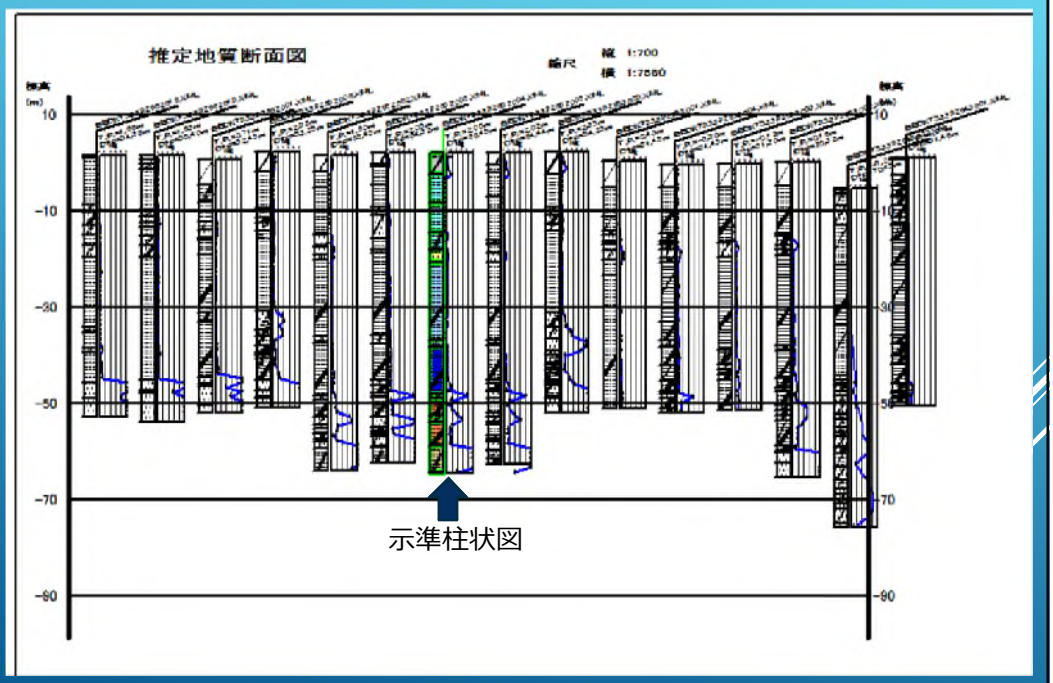
区分の追加

区分対象柱状図は１㍍毎に区切って判定処理を行うので区分が無い場合は区分が追加される

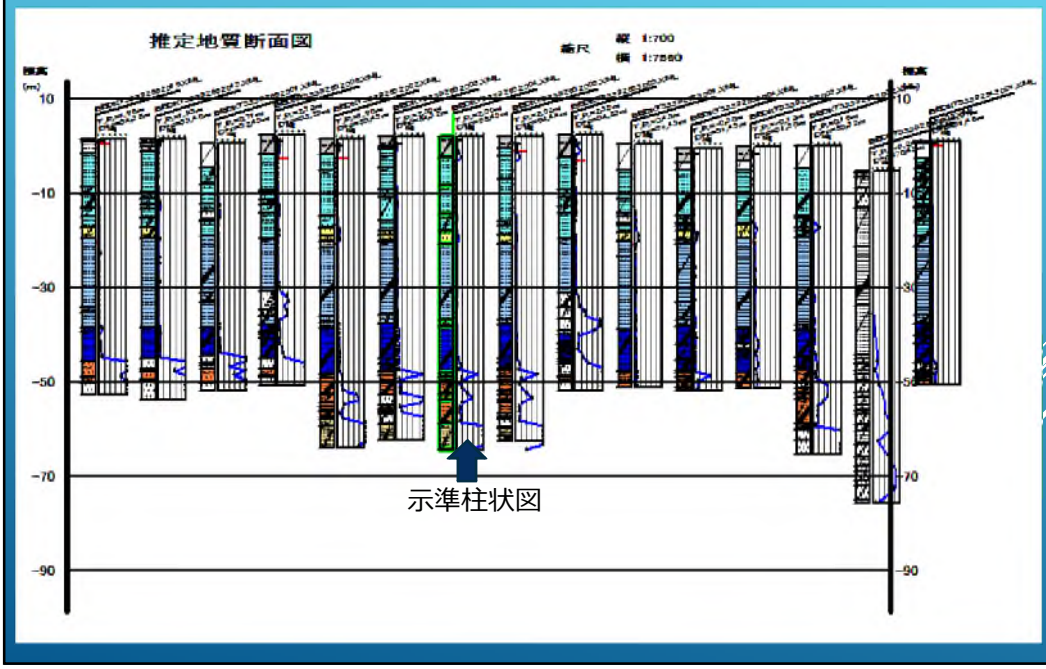




示準柱状図を利用した柱状図の地層区分の実例



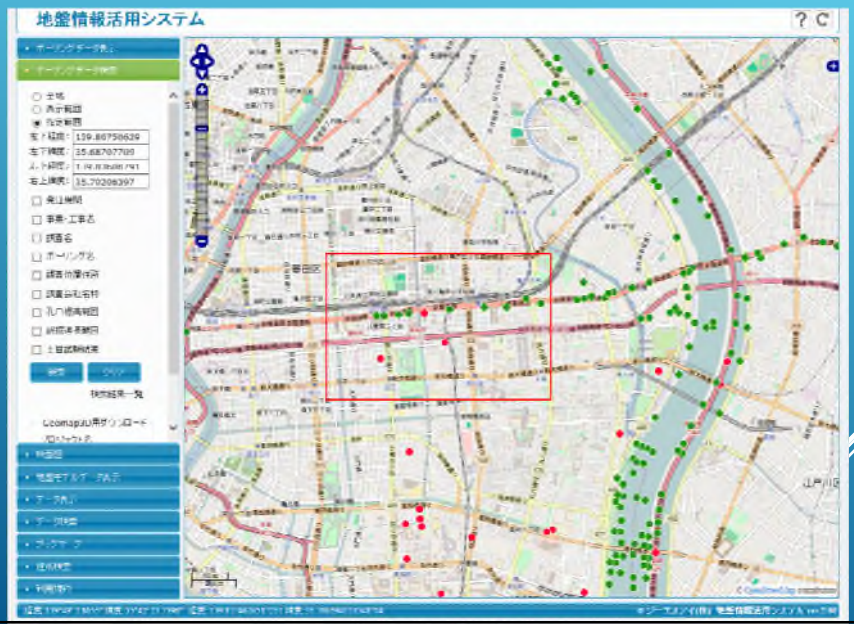
示準柱状図を利用した柱状図の地層区分の実例



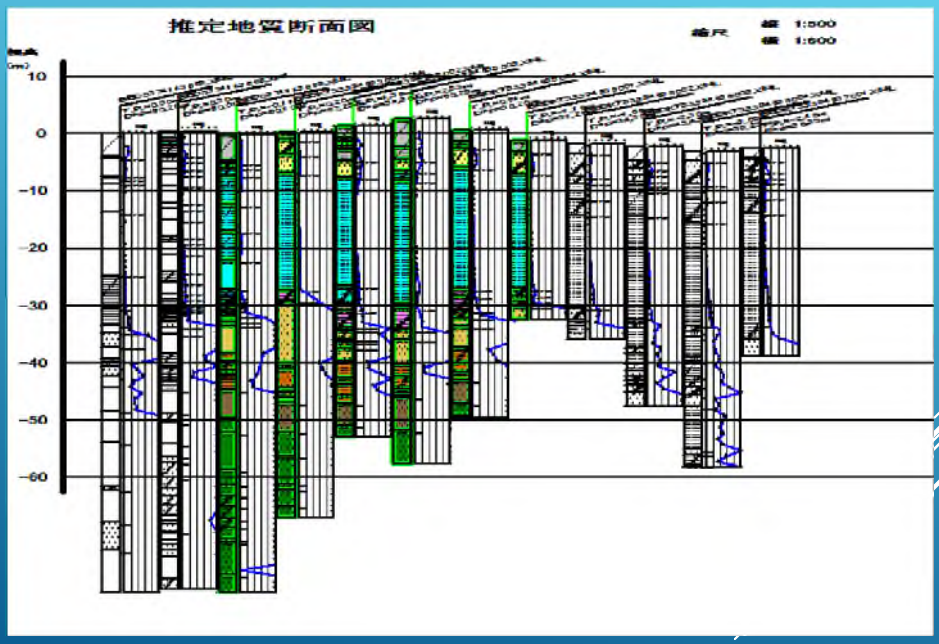
4.示準柱状図を配置して三次元モデルの作成

- 示準柱状図
- 未区分柱状図

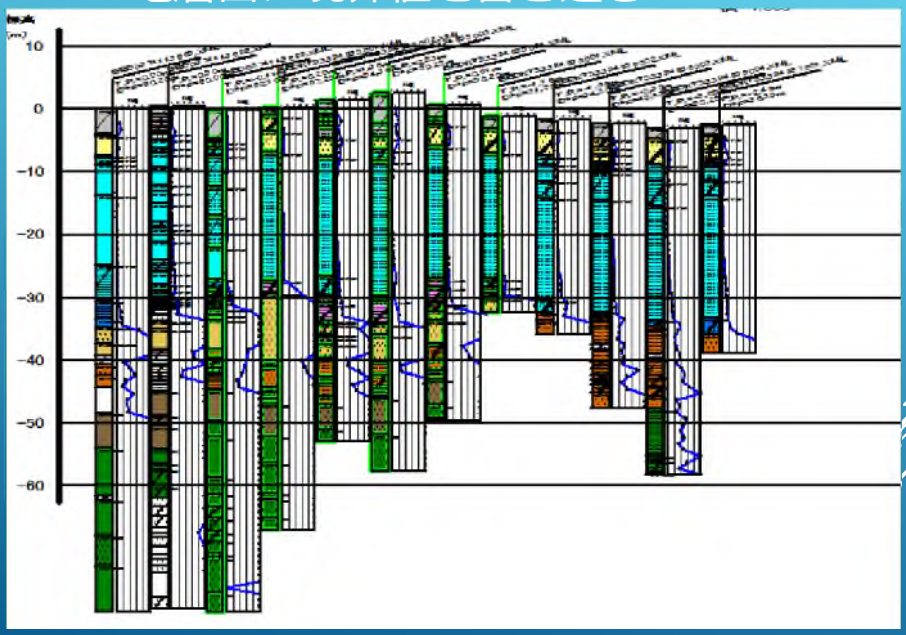
モデル作成範囲



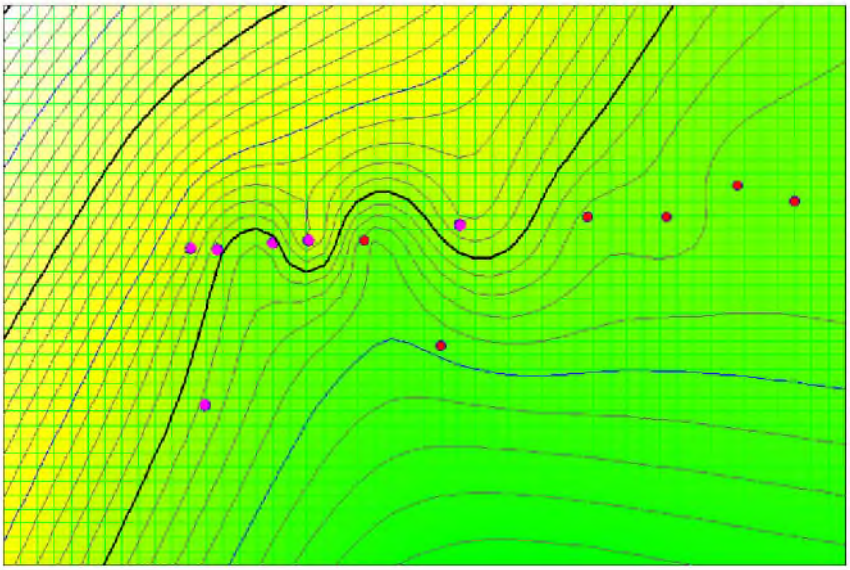
示準柱状図と未区分柱状図



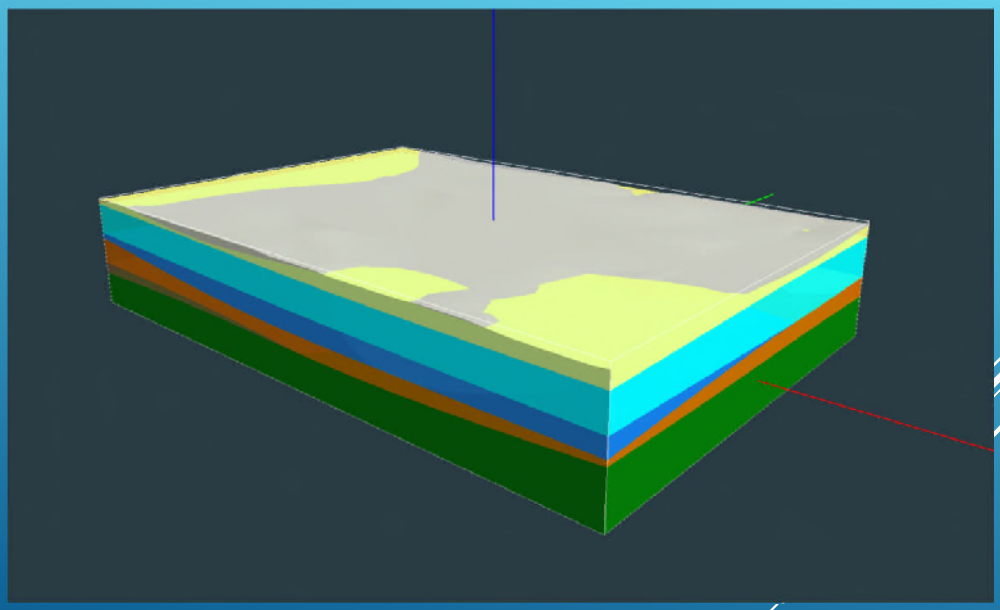
示準柱状図による区分実行
地層面に境界値を書き込む



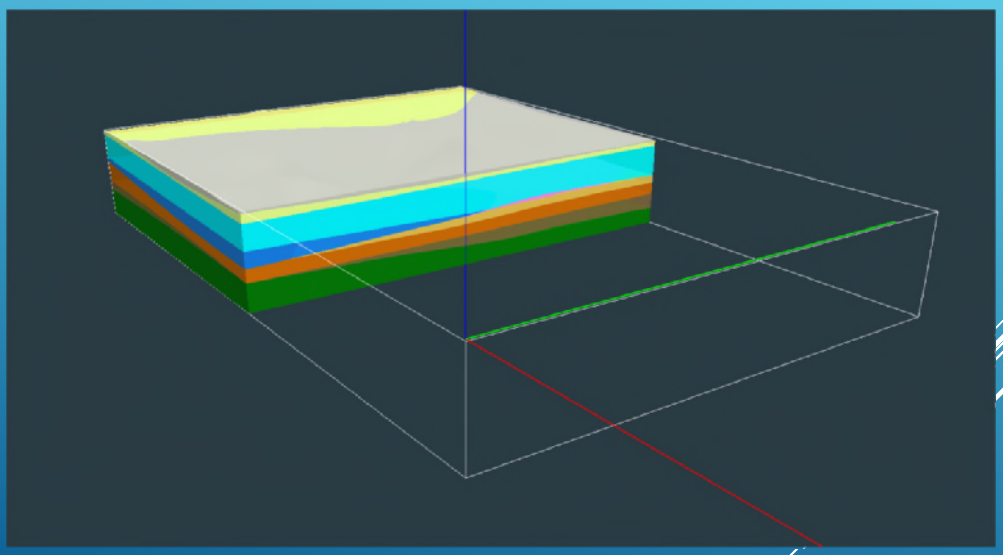
BS_HORIZONによる地層面計算の実行



面の重ね合わせで三次元モデルを作成」



モデルの切断表示



まとめ

示準柱状図を設けることで水平方向に地層の連続性がある地盤では、地層区分の自動化が可能である。しかしながら、堆積環境を考慮し地史学妥当な示準柱状図を設けるためには、専門的な知識が必要となる。今後の課題である。

日本情報地質学会シンポジウム 2015, 講演論文集, 77-107, 2015
地形・地質三次元モデリングの最前線

三次元地質解析システム「GEO-CRE(ジオクリ)」の紹介

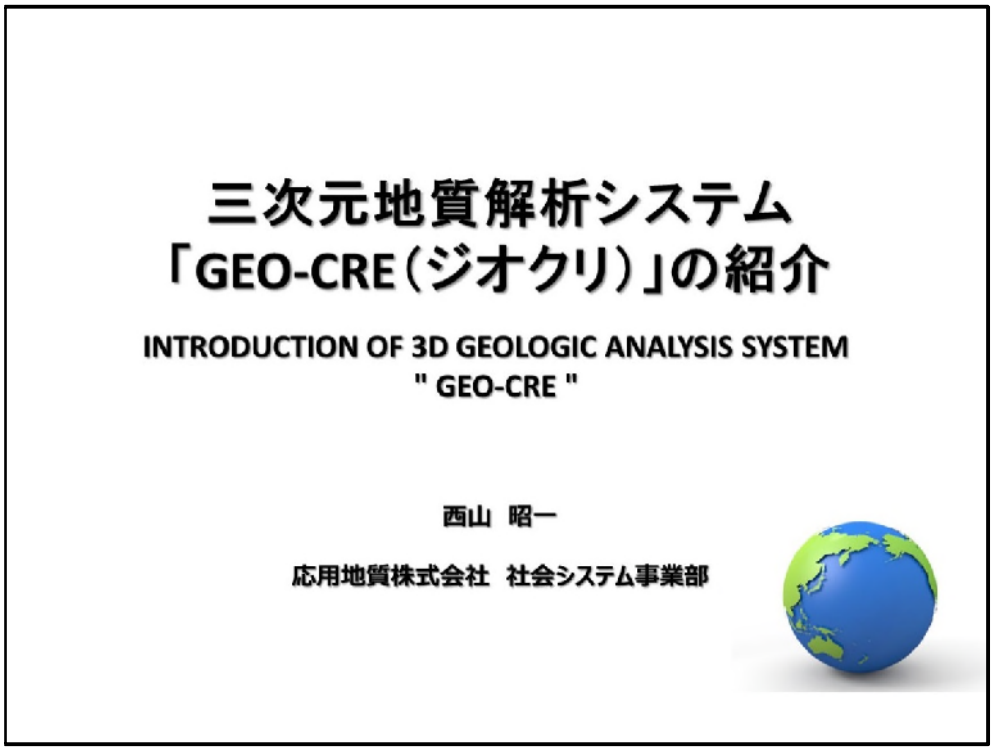
西 山　昭 一*

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: nisiyama-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】

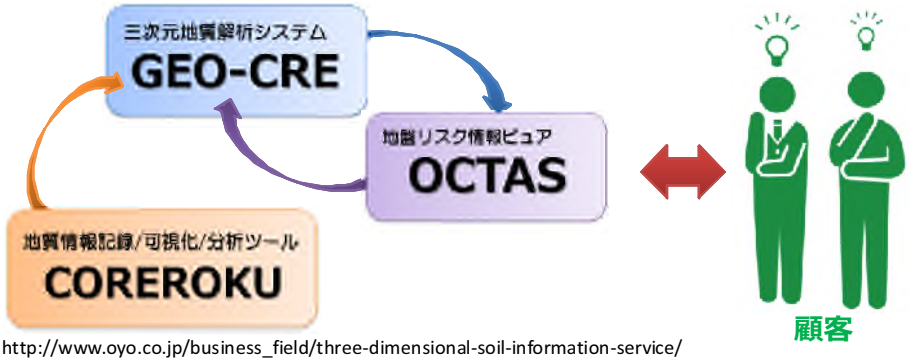
1．はじめに
2．新しいツールの紹介
　2.1　GEO-CRE（ジオクリ）
　2.2　OCTAS（オクタス）
　2.3　COREROKU（コアロク）
3．GEO-CREの開発
　3.1　開発経緯
　3.2　開発目標
　3.3　機能と性能
4．弊社における三次元地質解析
　4.1　適用した事業分野
　4.2　経験から言えること
5．三次元地質モデルの活用へ（CIM対応）

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ア　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）

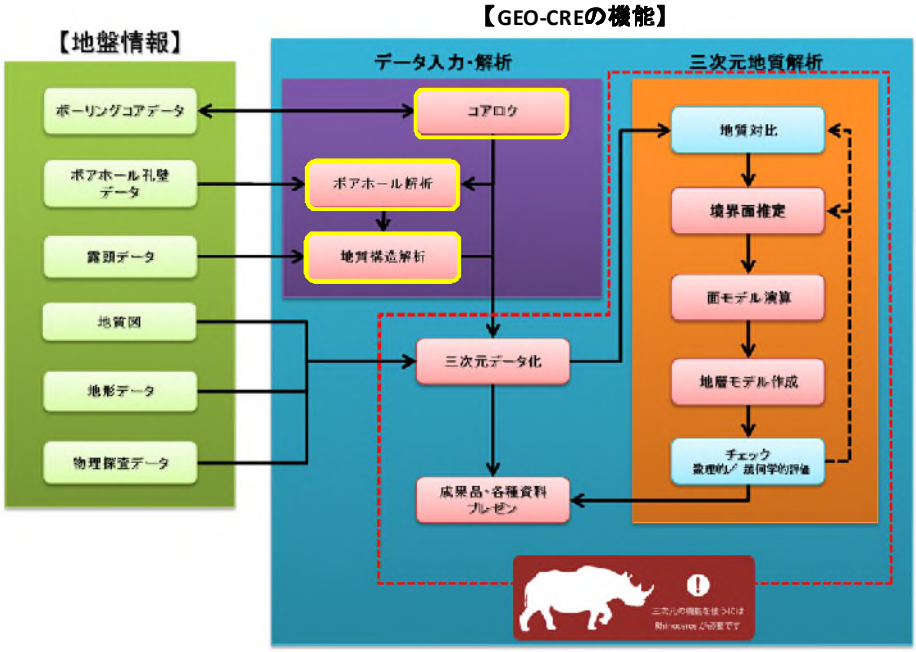
（1）GEO-CREとは

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）

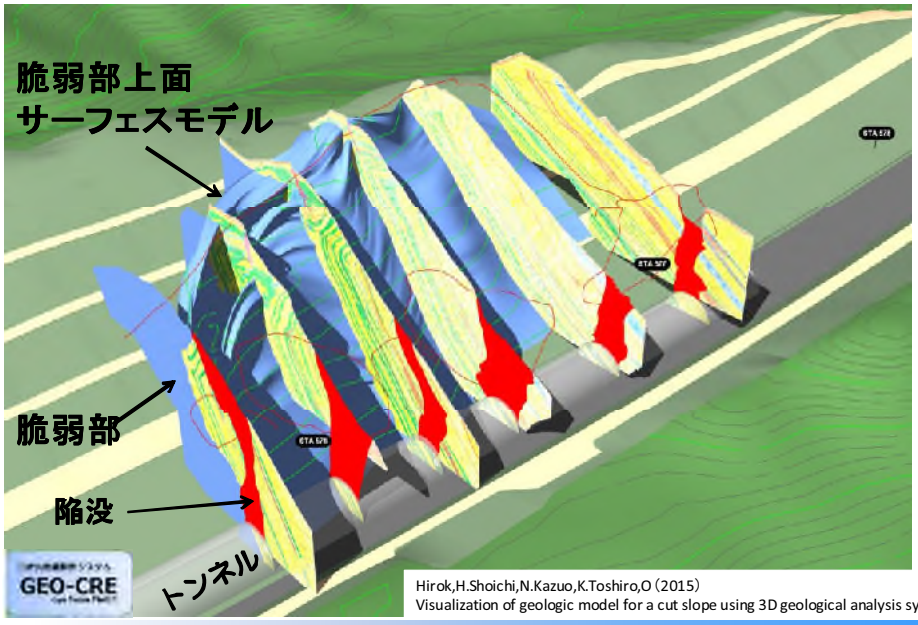
（2）GEO-CREにおける地質モデル構築の流れ



2．新しいツールの紹介　　2.1 GEO-CRE（ジオクリ）

（3）最近の事例

脆弱部の性状と三次元地質モデル

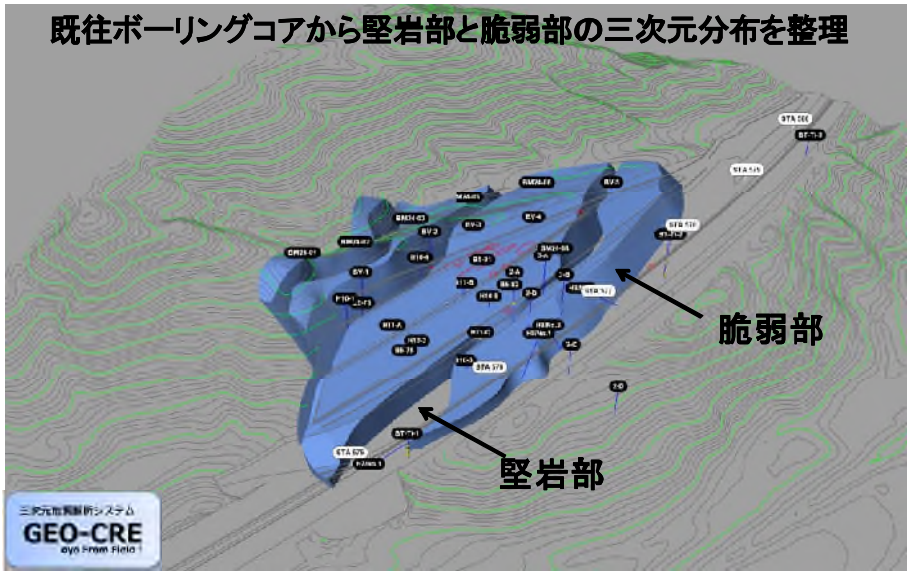


Hirok,H.Shoichi,N.Kazuo,K.Toshiro,O（2015）
Visualization of geologic model for a cut slope using 3D geological analysis system

2．新しいツールの紹介　　2.1 GEO-CRE（ジオクリ）

（3）最近の事例

脆弱部の性状と三次元地質モデル

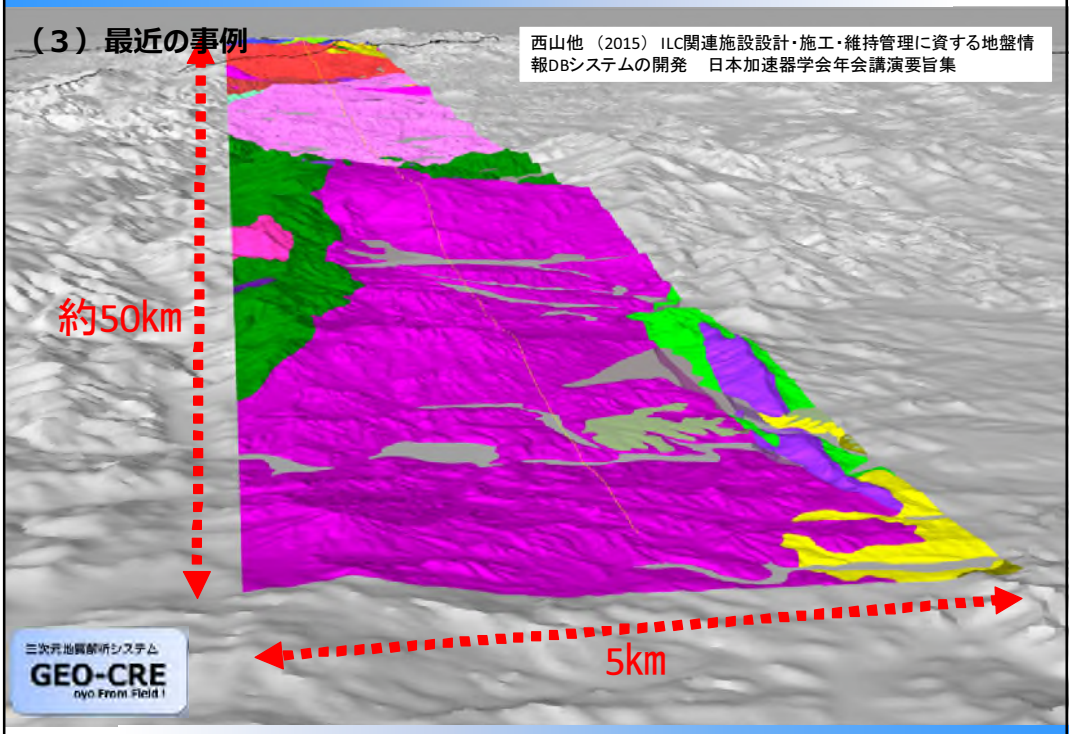


Hirok,H.Shoichi,N.Kazuo,K.Toshiro,O（2015）
Visualization of geologic model for a cut slope using 3D geological analysis system

2．新しいツールの紹介　　2.1 GEO-CRE（ジオクリ）

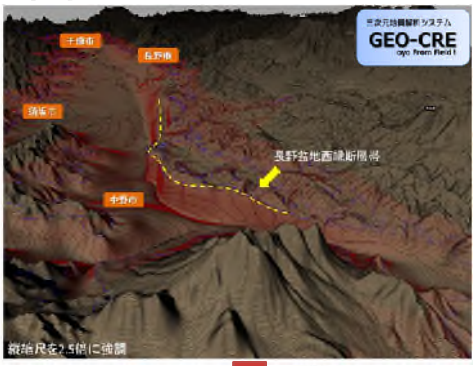
（3）最近の事例

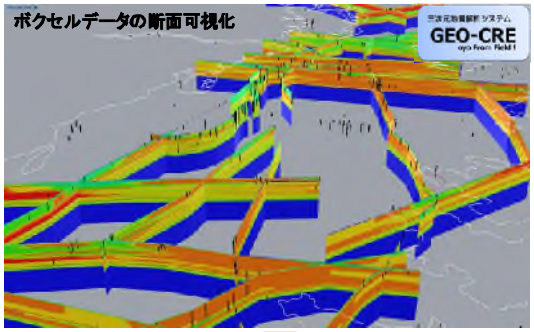
西山他 （2015） ILC関連施設設計・施工・維持管理に資する地盤情報DBシステムの開発　日本加速器学会年会講演要旨集

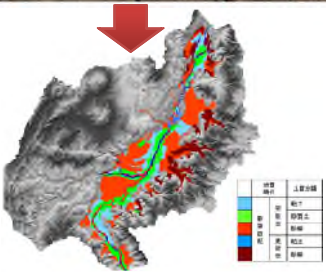


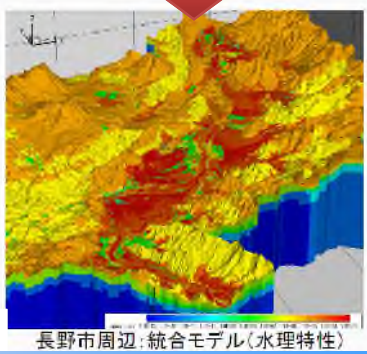
2．新しいツールの紹介　　2.1 GEO-CRE（ジオクリ）

（3）最近の事例









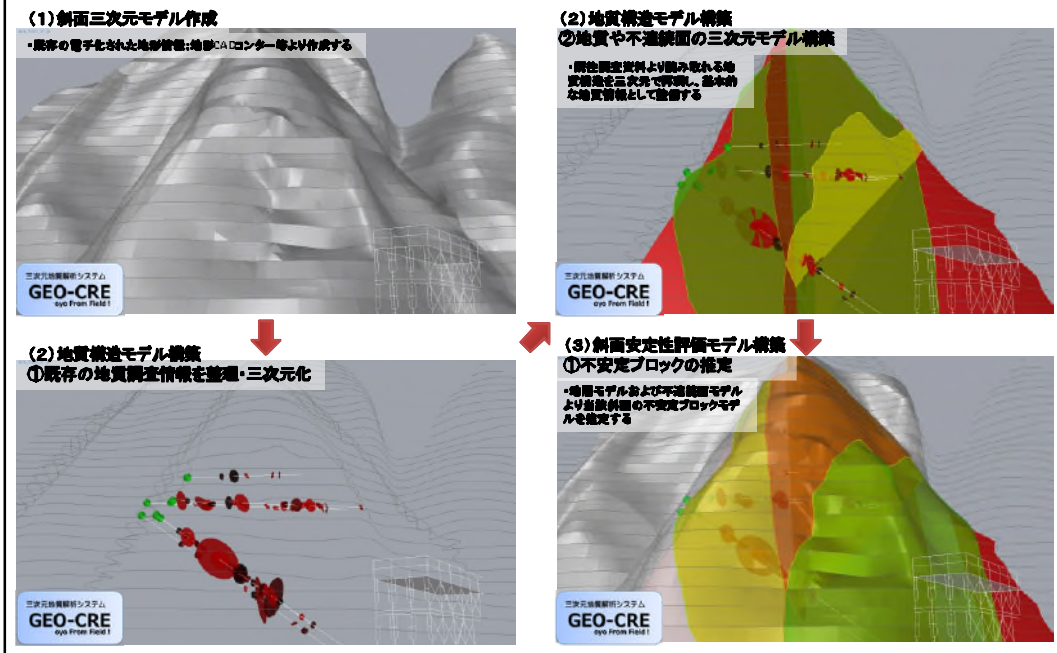
長野市周辺：統合モデル（水理特性）

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

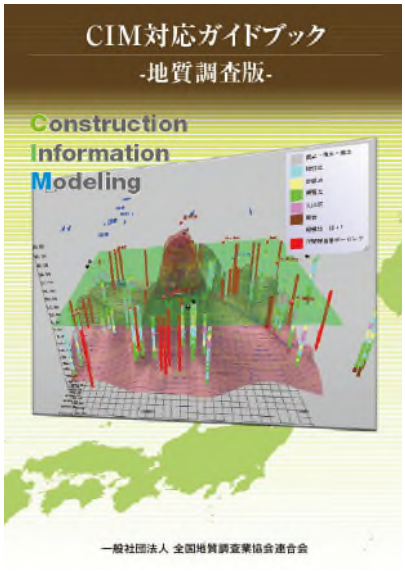
※下図はデモ用に作成したもの

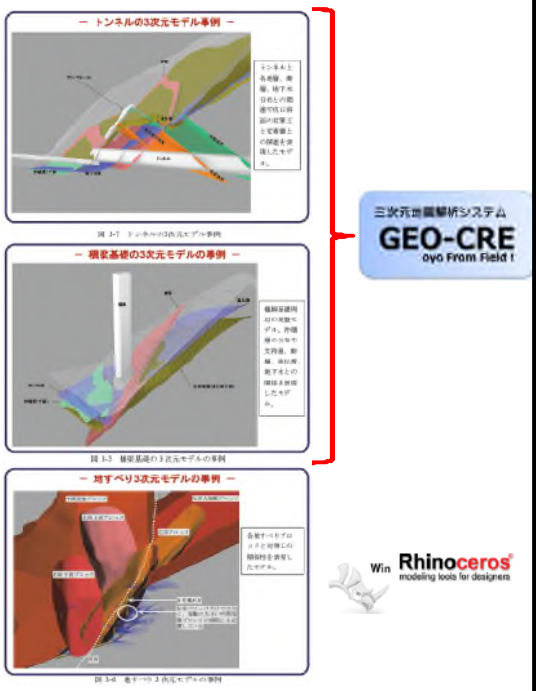


2．新しいツールの紹介　　2.1 GEO-CRE（ジオクリ）

（３）最近の事例

全地連「CIM対応ガイドブック」





2．新しいツールの紹介　　2.2 OCTAS（オクタス）

地盤リスク情報ビュア

OCTAS

oyo From Field！

商標出願中

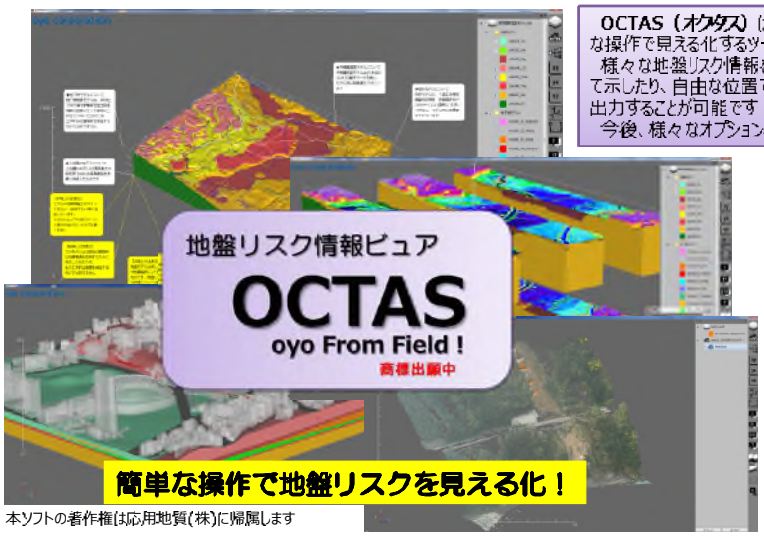
オクタス

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情報のビュア

2．新しいツールの紹介　　2.2 OCTAS（オクタス）

◆無償の三次元地盤モデルビュア

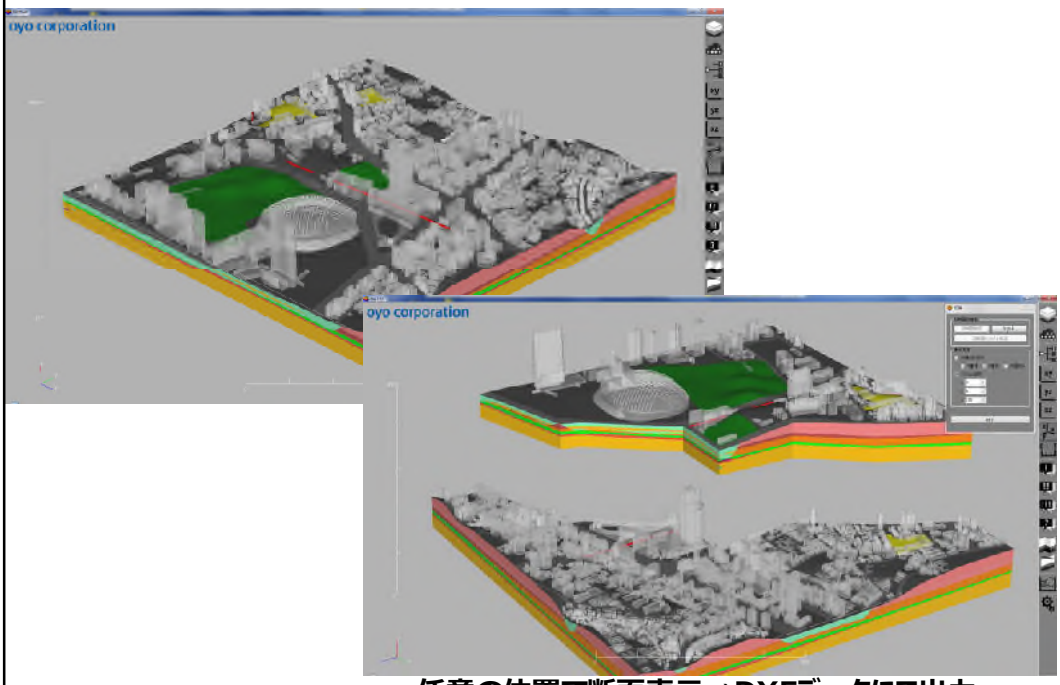


OCTAS（オクタス）は、地盤リスク情報を簡単な操作で見える化するツールです
様々な地盤リスク情報を三次元地盤モデルに重ねて示したり、自由な位置で地質断面を作成し、CAD出力することが可能です
今後、様々なオプション機能を開発予定です

※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

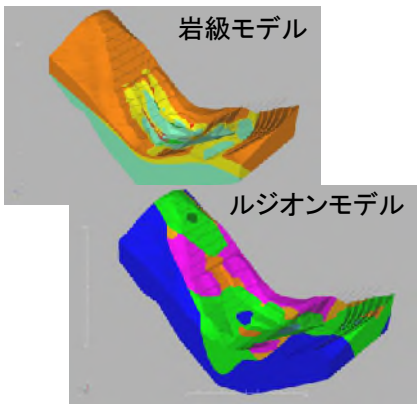
ダウンロードURL：http://www.oyo.co.jp/business_field/three-dimensional-soil-information-service/

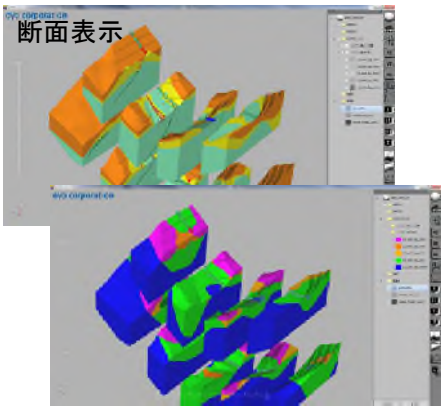
2．新しいツールの紹介　　2.2 OCTAS（オクタス）

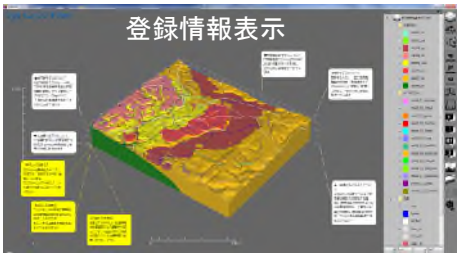


任意の位置で断面表示⇒DXFデータにて出力

2．新しいツールの紹介　　2.2 OCTAS（オクタス）







地質情報記録/可視化/分析ツール

COREROKU

oyo From Field！

商標出願中

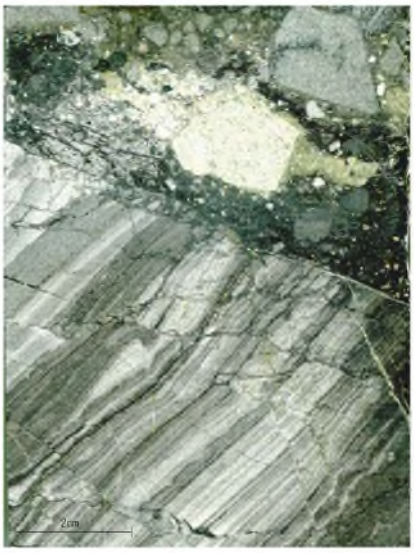
コアロク

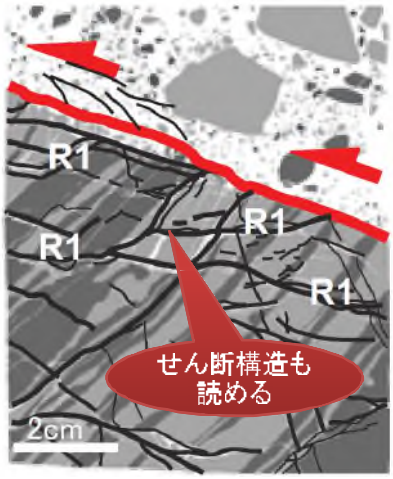
名称由来：ボーリングコア情報の記録

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

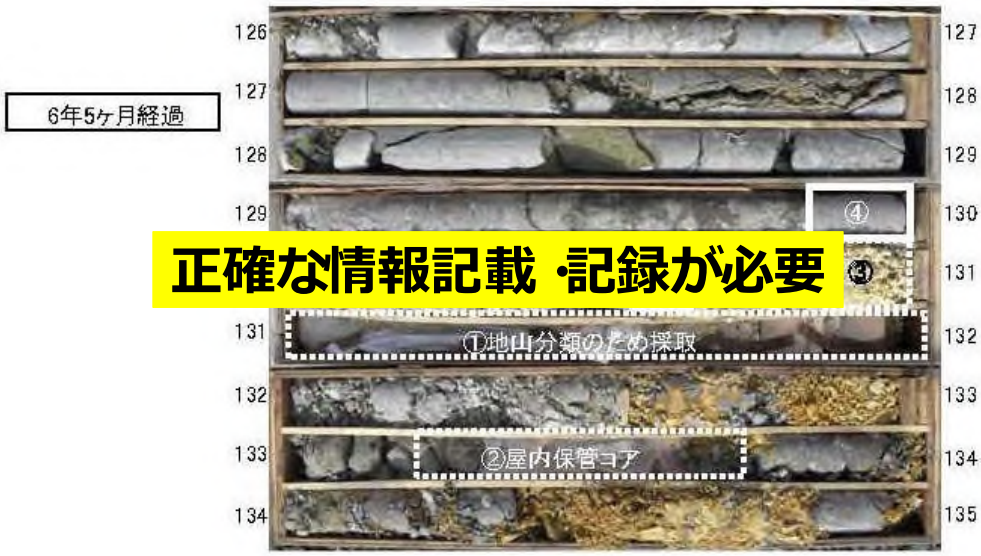




すべり層のサンプリングと認定方法に関する研究
（土木研究所共同研究報告書　2013）

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



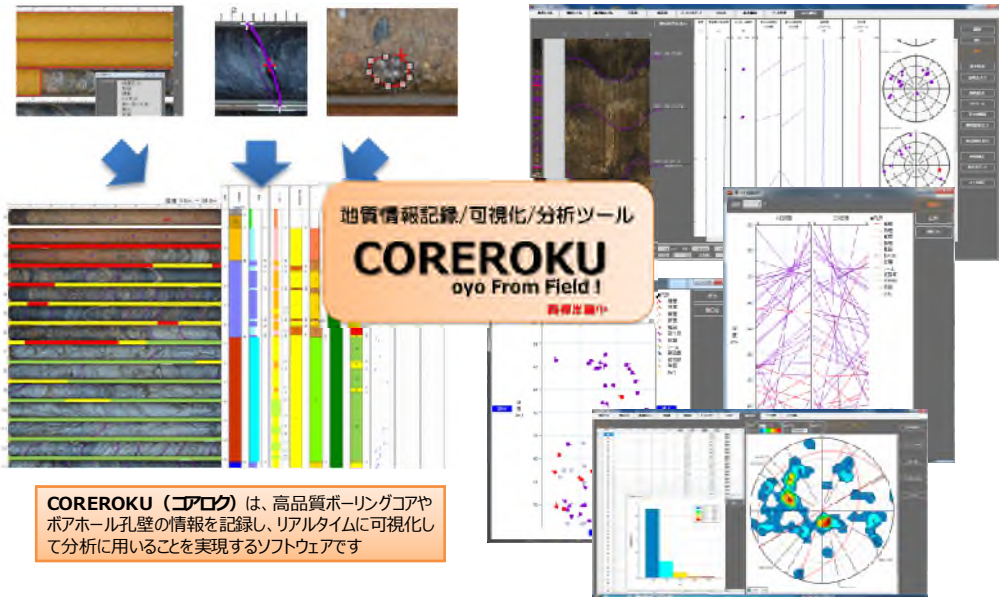
正確な情報記載・記録が必要

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



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）

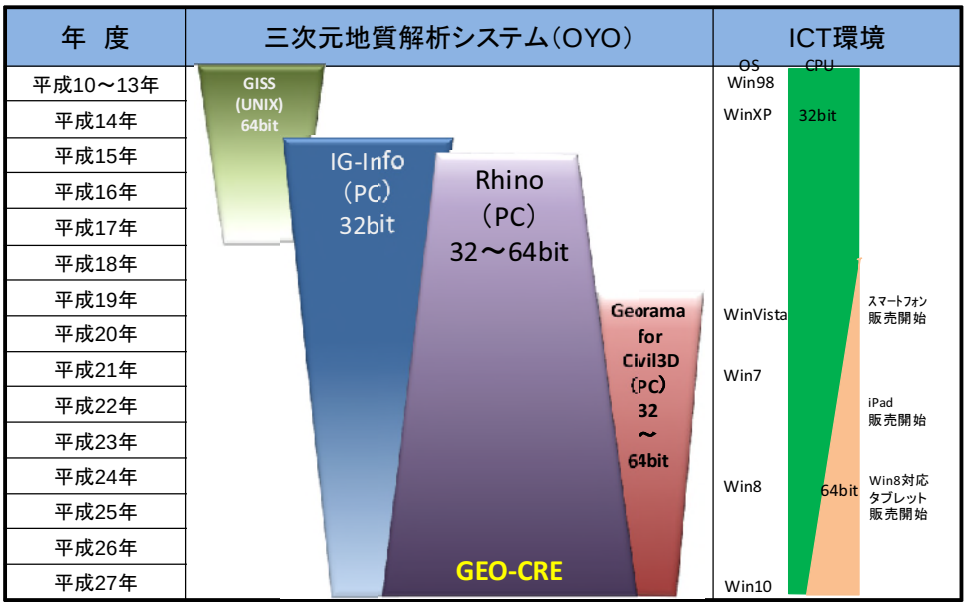
＜COREROKUの機能＞

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

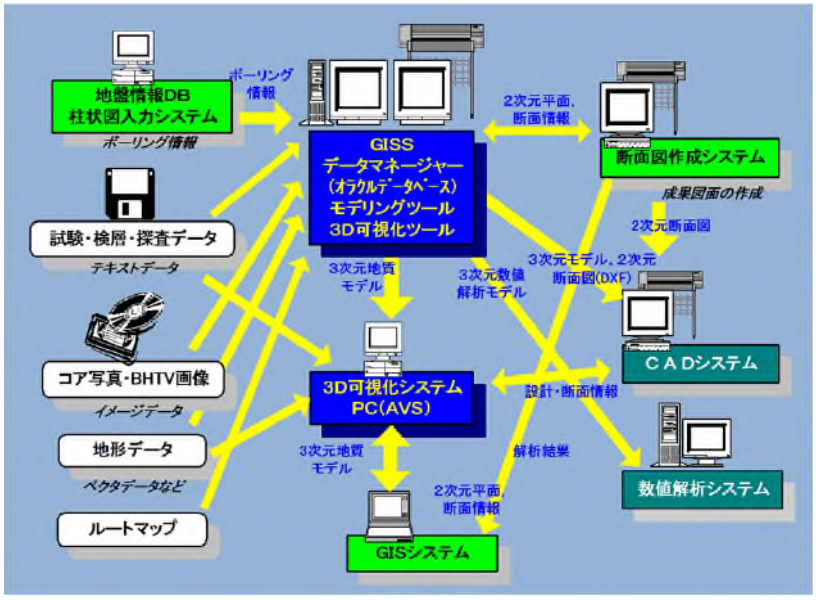


◆本格的に実務に使われ始めたのは平成15年から（15～30件／年間）

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

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

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

GISSのインターフェース※

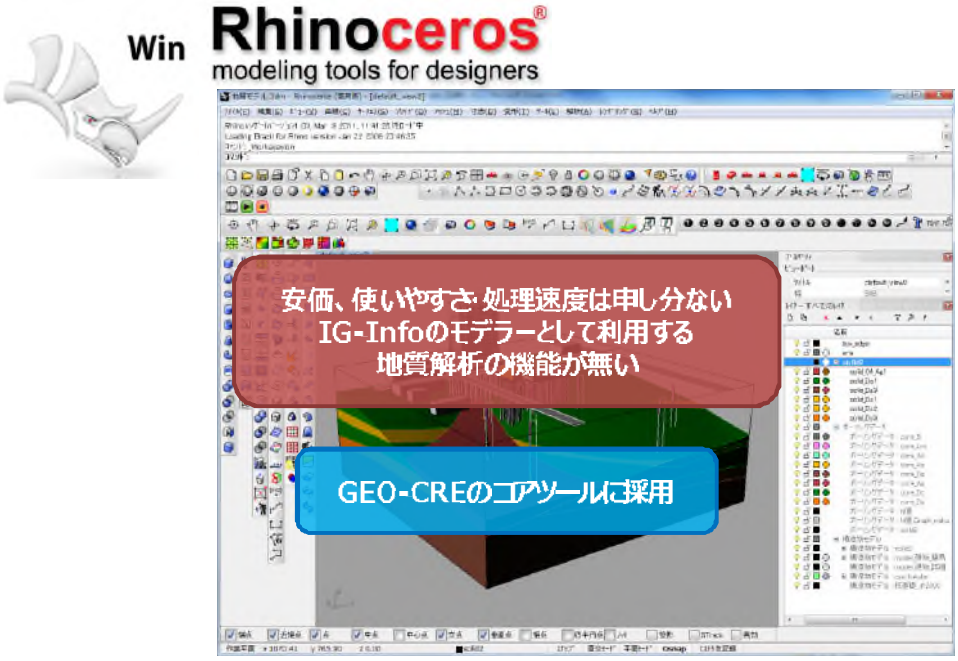
※原・小川(2000)：3次元地質解析支援システム,応用地質技術年報

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

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



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

◆リソースの無駄遣い
・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きれていない

◆地質技術者の思考補助や作業負荷を軽減させるツールとは言い難い
◆評価が急がれる実務には積極的に使いにくい

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

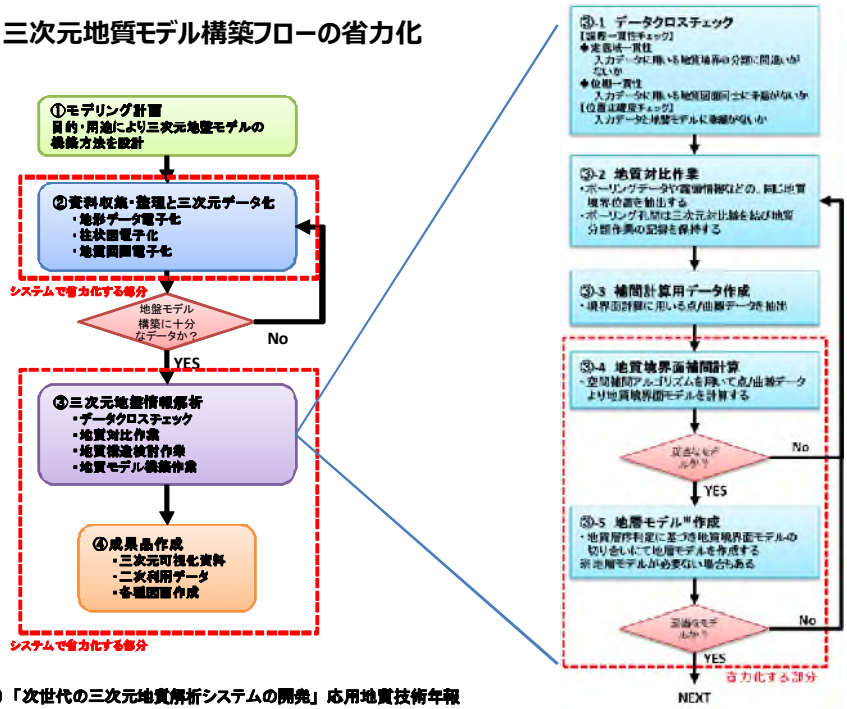
三次元地質解析システムの要求性能※

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

（2）三次元地質モデル構築フローの省力化



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

（3）三次元図形要素と地質調査情報との対応

三次元モデルの図形要素とデータ構造※

図形要素	モデルイメージ	データ構造
点	●	位置座標と点（ﾉｰﾄﾞ）の属性
線		点の位置座標、結線情報、点および結線中心の属性
面		【構造型】 １枚の格子状に並んだ点の位置座標と属性
		【非構造型】 １枚の３角形・４角形の形状に配置する点の位置座標、結線情報、点・結線中点・形状中心の属性
ソリッド		【構造型】 立体的な格子状に並んだ点の位置座標と属性。
		【非構造型】 ３角錐・立方体等の形状に配置する点の位置座標、結線情報、点・結線中点・形状中心の属性

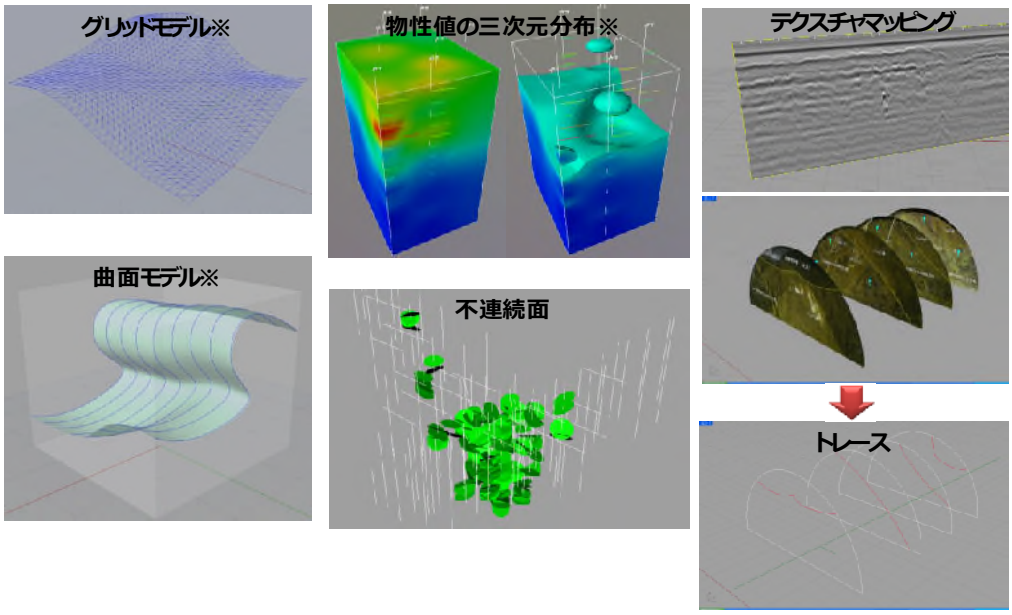
地質調査情報と三次元モデルの対応※

地質調査情報			図形要素 点	線	サーフェス	ソリッド	備考
調査データ	露頭	位置	○				露頭を構成する地質等の属性
		種類	○				
		不連続面		○	○		層理・節理・割れ等。走向・傾斜の属性を持つ
	ボーリング	位置	○				
		掘削線		○			
		境界点	○		○		地質境界や断層等の位置。走向・傾斜の属性も持つ
		コア区分	○	○			地質・風化・岩級区分等の区分情報
		試験データ	○	○			点：試験測定一値 線：試験区間一値
		物理探査	○	○	○	○	電気探査、弾性波探査等
モデルデータ	地形面				○		
	地質面				○		地質境界や断層等
	地層					○	
	物性モデル					○	地質モデル等のノードに物性値の属性を付加したもの
構造物				○	○		CADデータ

※西山・小川・原（2003）「地盤技術者のための3次元地質モデル構築とその利用―IG-Infoによる地質情報表現を例にして―」 応用地質技術年報

3．GEO-CREの開発　　3.2 開発目標

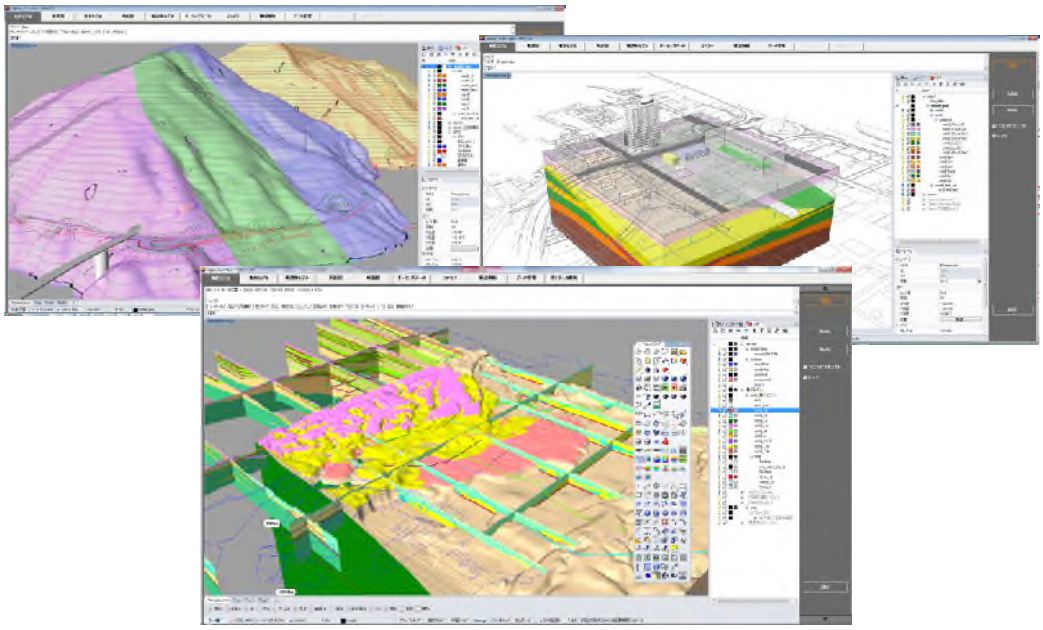
（4）三次元地質情報を表現するために必要な要素



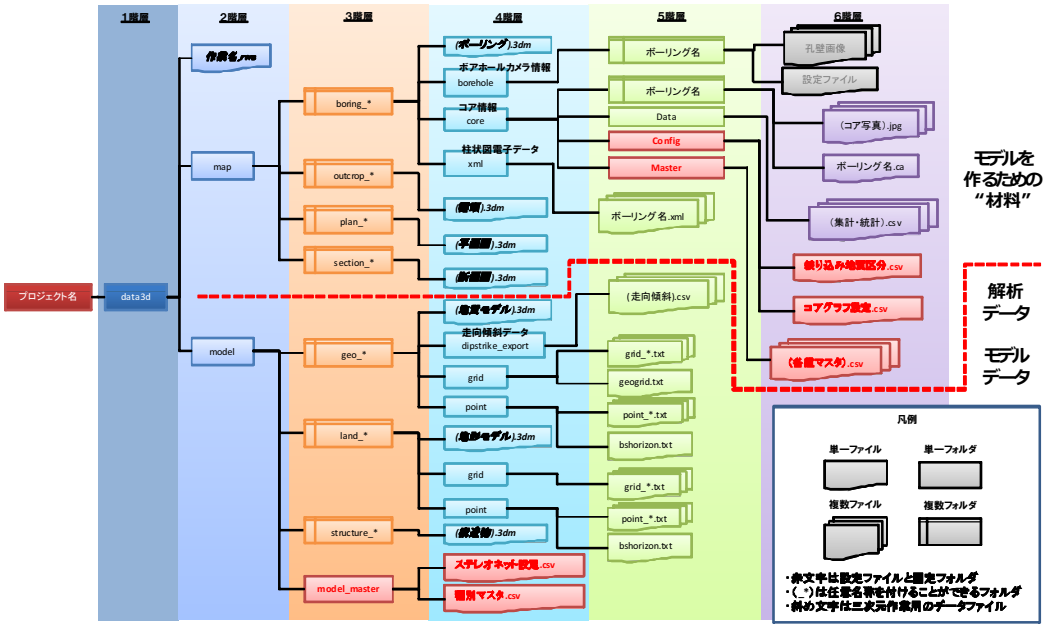
※西山・谷川（2014）「三次元地盤情報解析技術の現状と展開」中部地質調査業協会　土と岩 No.62

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

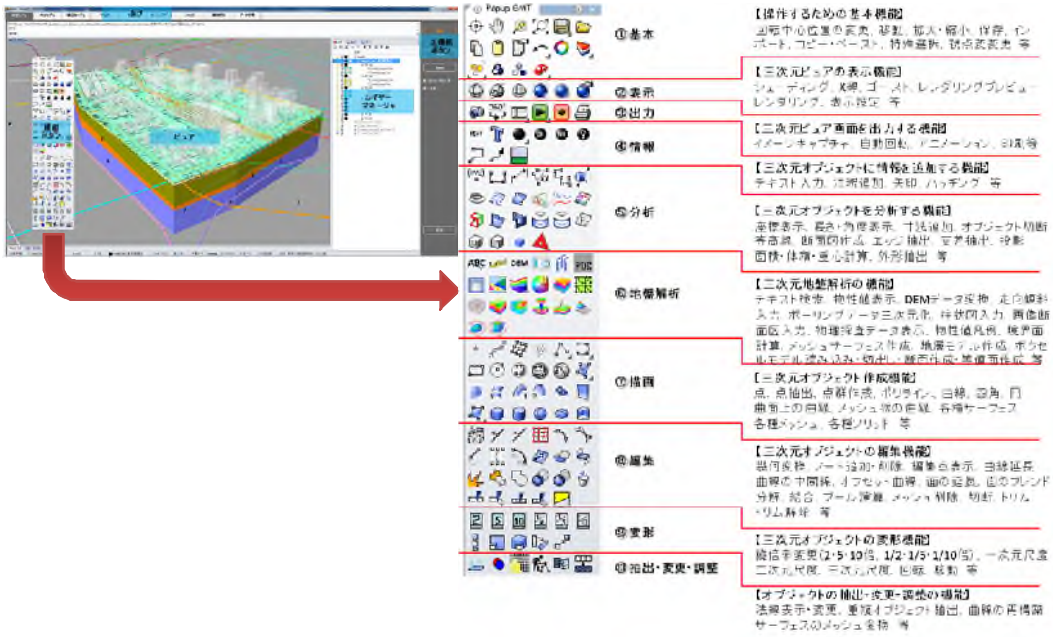


（2）GEO-CREにおけるデータ管理



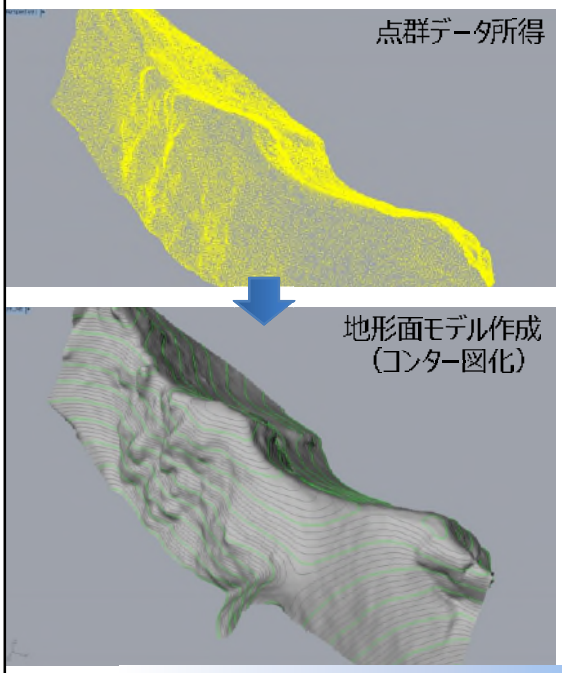
※西山(2015)「次世代の三次元地質解析システムの開発」応用地質技術年報

（3）モデリング機能

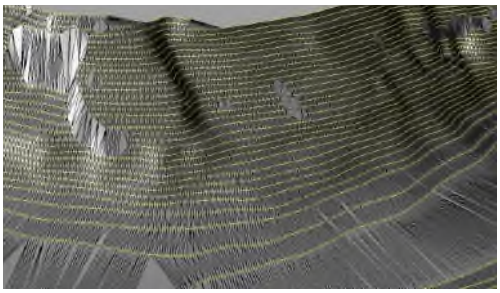


3．GEO-CREの開発　　3.3 機能と性能

（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

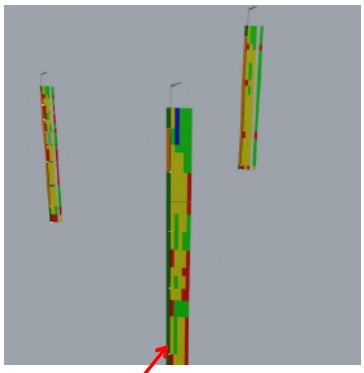


点群：国土地理院数値標高等の
x,y,z配列のテキストデータ

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

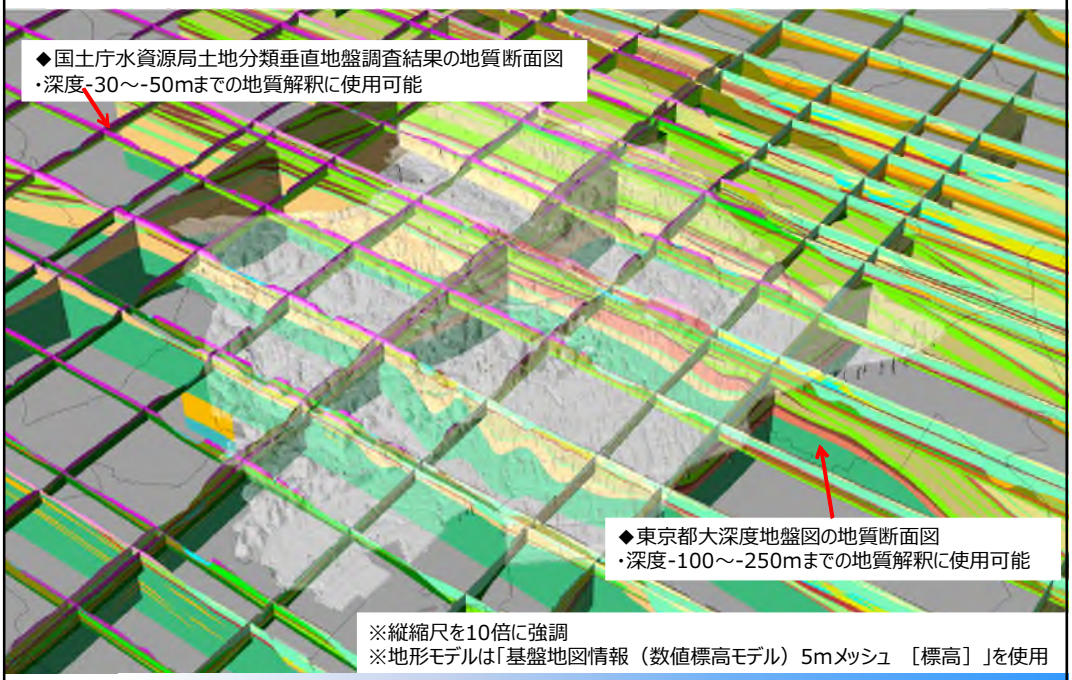
三次元柱状図モデル



三次元解析に必要な項目を表示

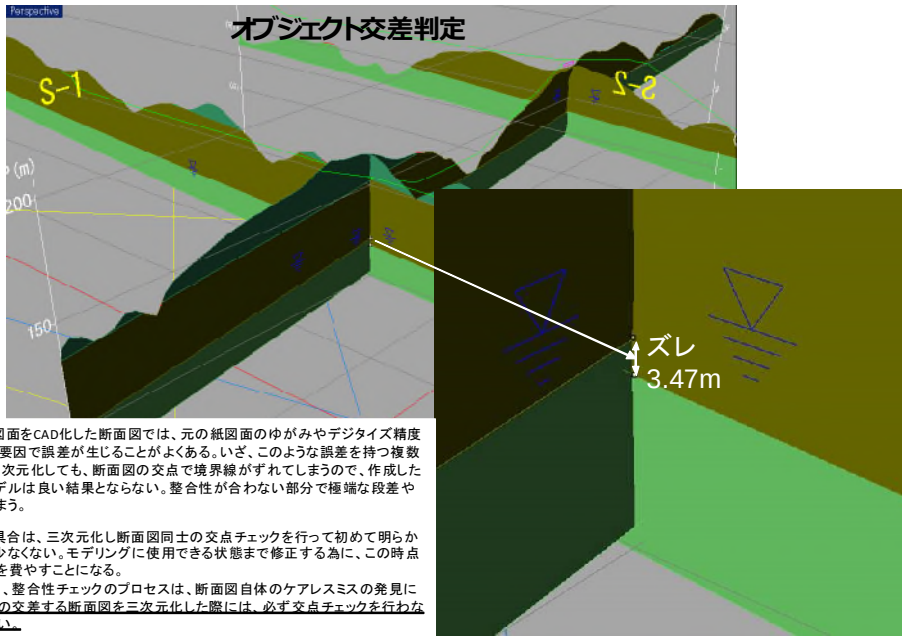
3．GEO-CREの開発　　3.3　機能と性能

（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）



3．GEO-CREの開発　　3.3　機能と性能

（7）スケルトンモデルのチェック



例えば、紙図面をCAD化した断面図では、元の紙図面のゆがみやデジタイズ精度などの様々な要因で誤差が生じることがよくある。いざ、このような誤差を持つ複数の断面図を三次元化しても、断面図の交点で境界線がずれてしまうので、作成したサーフェスモデルは良い結果とならない。整合性が合わない部分で極端な段差や歪が生じてしまう。

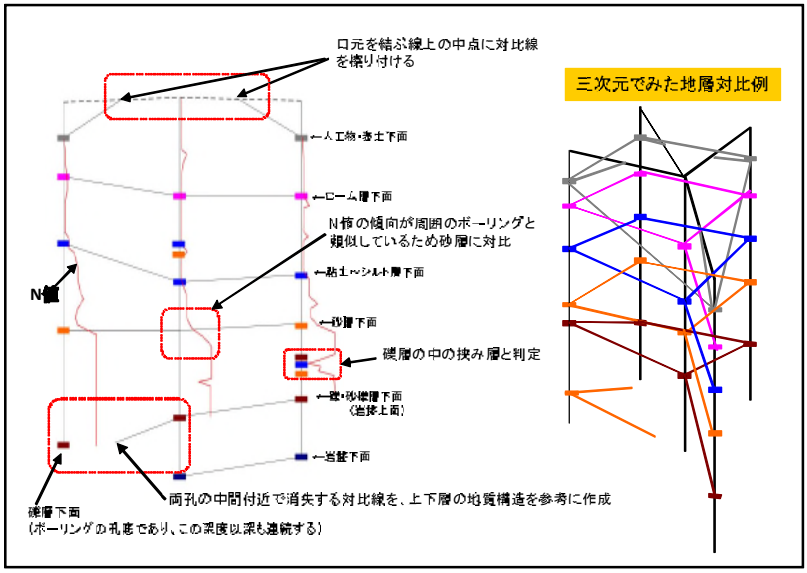
これらの不具合は、三次元化し断面図同士の交点チェックを行って初めて明らかになることが少なくない。モデリングに使用できる状態まで修正する為に、この時点で多くの時間を費やすことになる。

しかしながら、整合性チェックのプロセスは、断面図自体のケアレスミスの発見に役立つ。複数の交差する断面図を三次元化した際には、必ず交点チェックを行わなければならない。

（8）三次元地質解析（ボーリング対比の例）

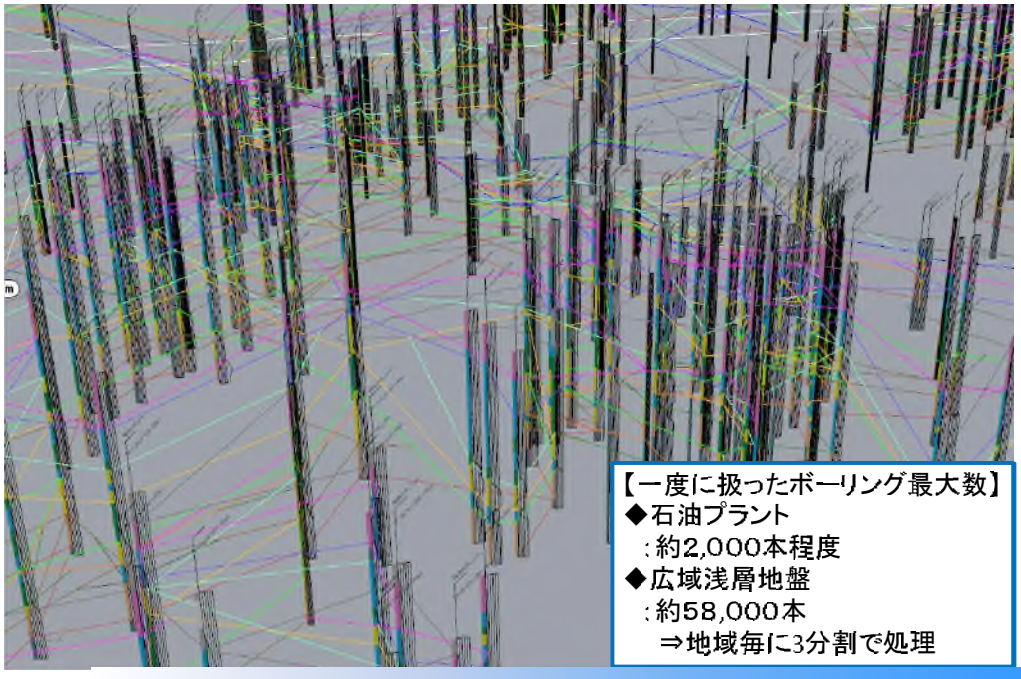
三次元地層対比作業（基本的に地質断面図を作る作業と同じ）

・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



地層境界点を抽出し境界面作成

（8）三次元地質解析（ボーリング対比の例）

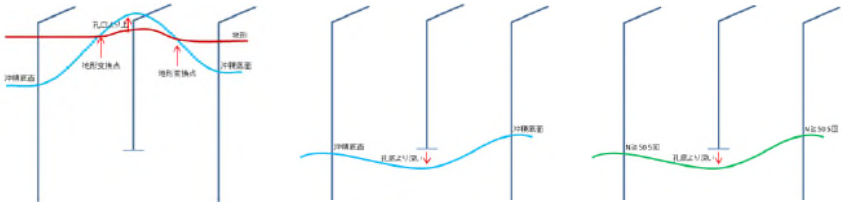


（9）サーフェスモデリング（グリッドサーフェスの例）

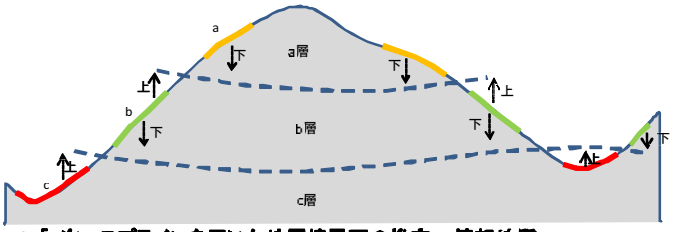
◆境界面モデルの制約条件

・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）】



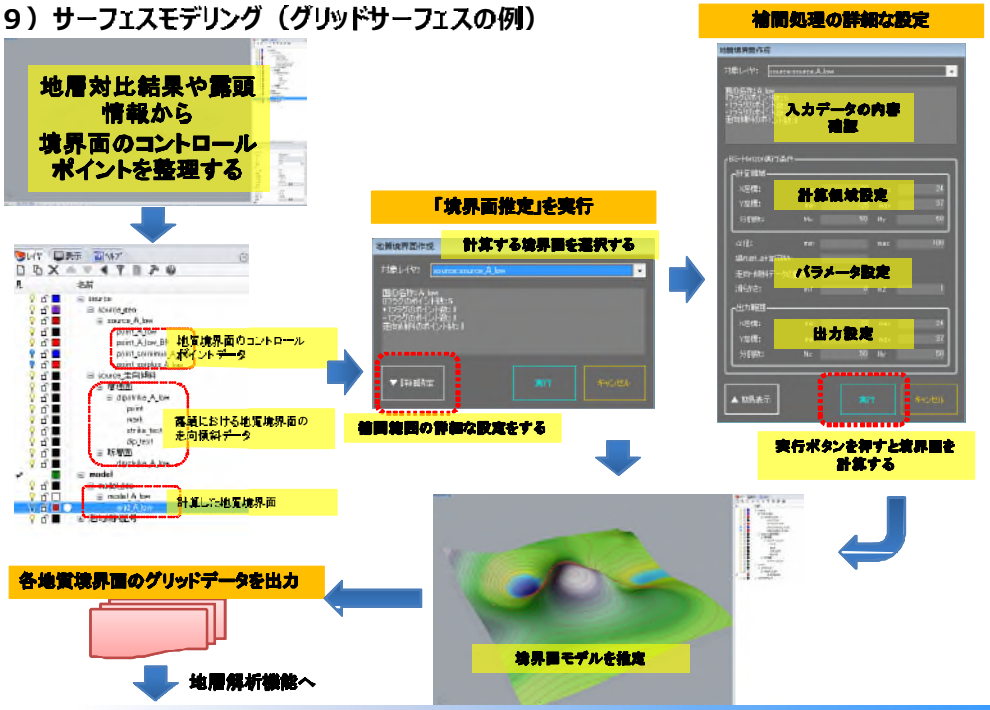
制約条件の例（境界位置が不明なルートマップの場合）】



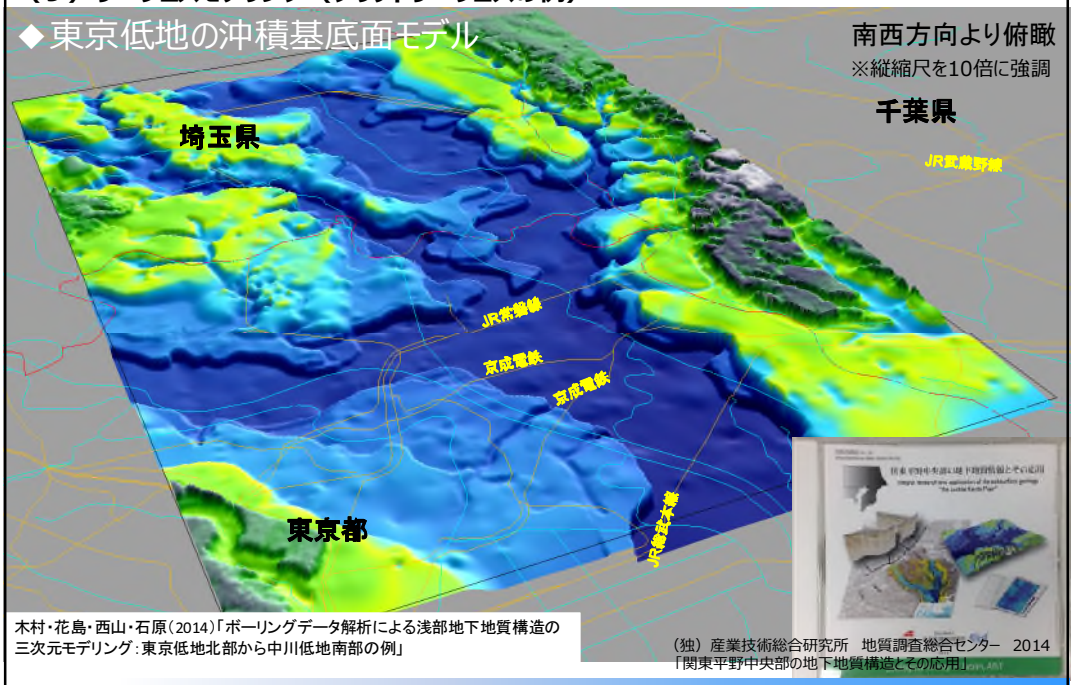
※野々垣他(2008):「3次B-スプラインを用いた地層境界面の推定」情報地質

3．GEO-CREの開発　　3.3 機能と性能

（9）サーフェスモデリング（グリッドサーフェスの例）



（9）サーフェスモデリング（グリッドサーフェスの例）

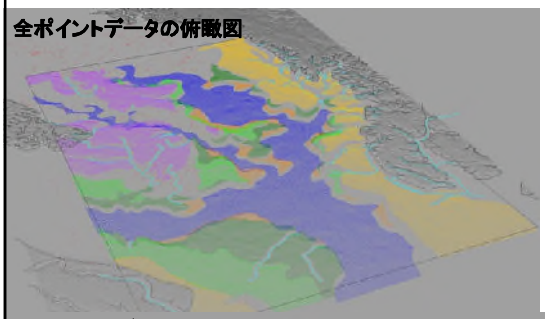


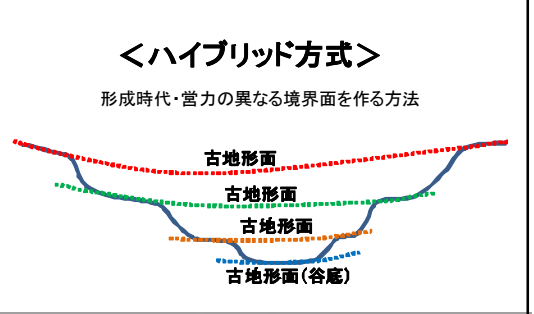
木村・花島・西山・石原（2014）「ボーリングデータ解析による浅部地下地質構造の三次元モデリング：東京低地北部から中川低地南部の例」

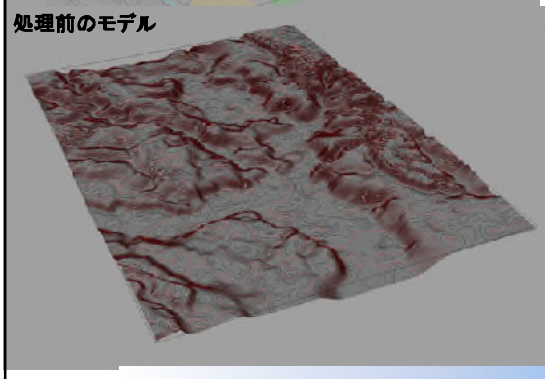
（独）産業技術総合研究所　地質調査総合センター　2014「関東平野中央部の地下地質構造とその応用」

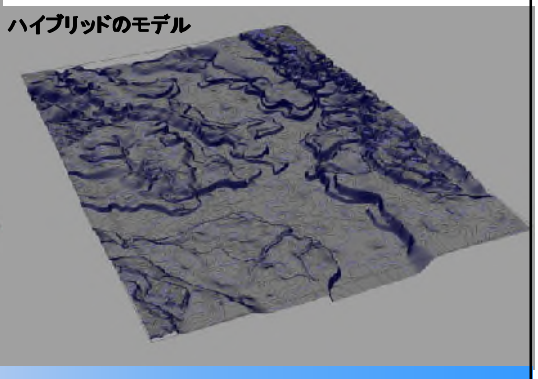
3．GEO-CREの開発　3.3 機能と性能

（9）サーフェスモデリング（グリッドサーフェスの例）

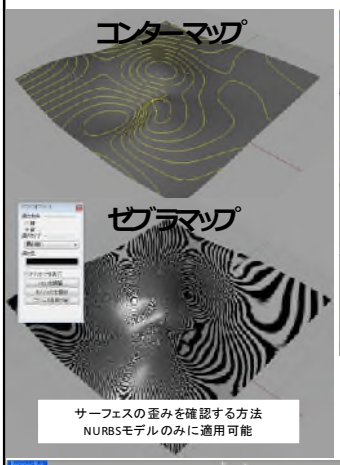


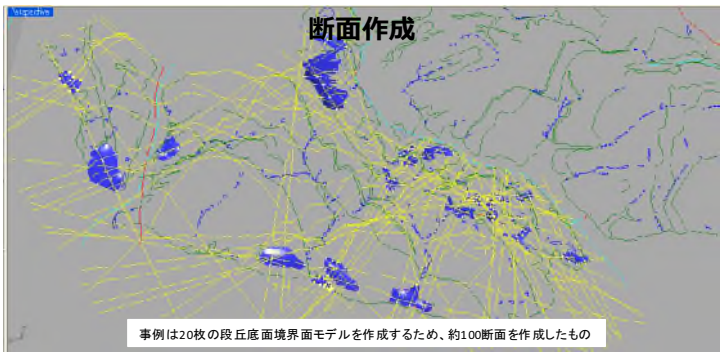


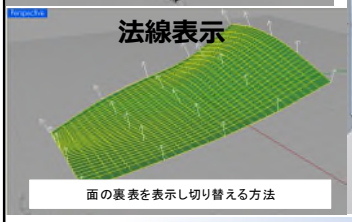


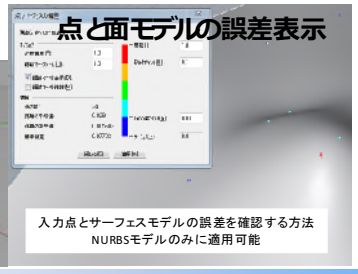


（10）三次元モデルのチェック機能例









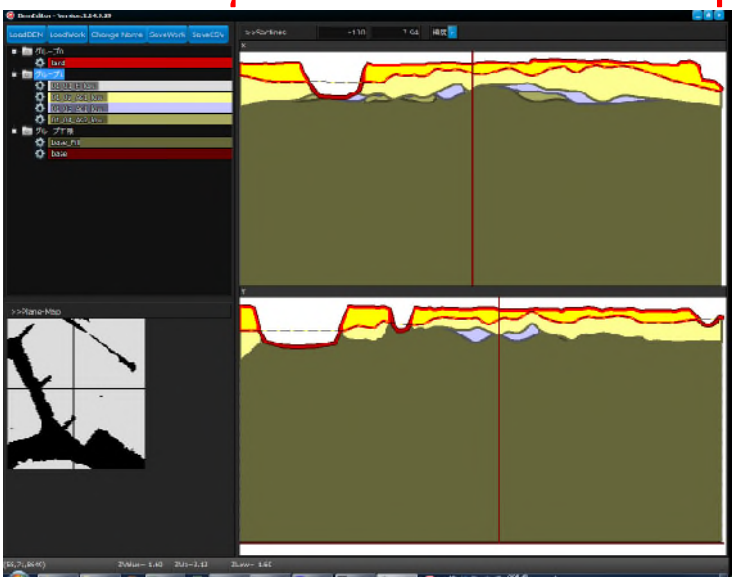
（11）地層モデリング（グリッドサーフェスの例）

◆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

地層断面のプレビュー画面

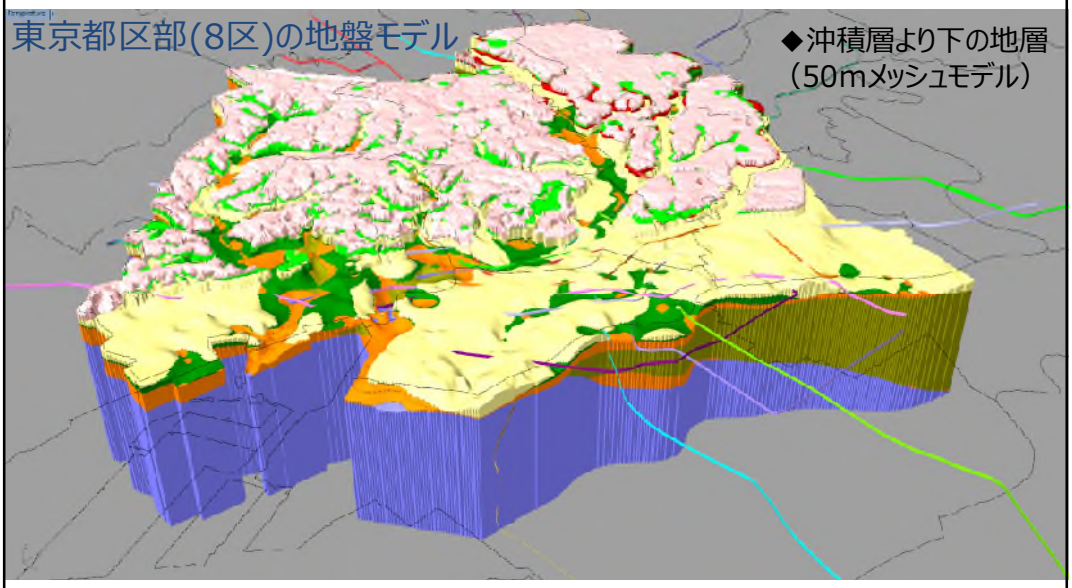
地質帯毎のグループ
上位よりナンバリング

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）



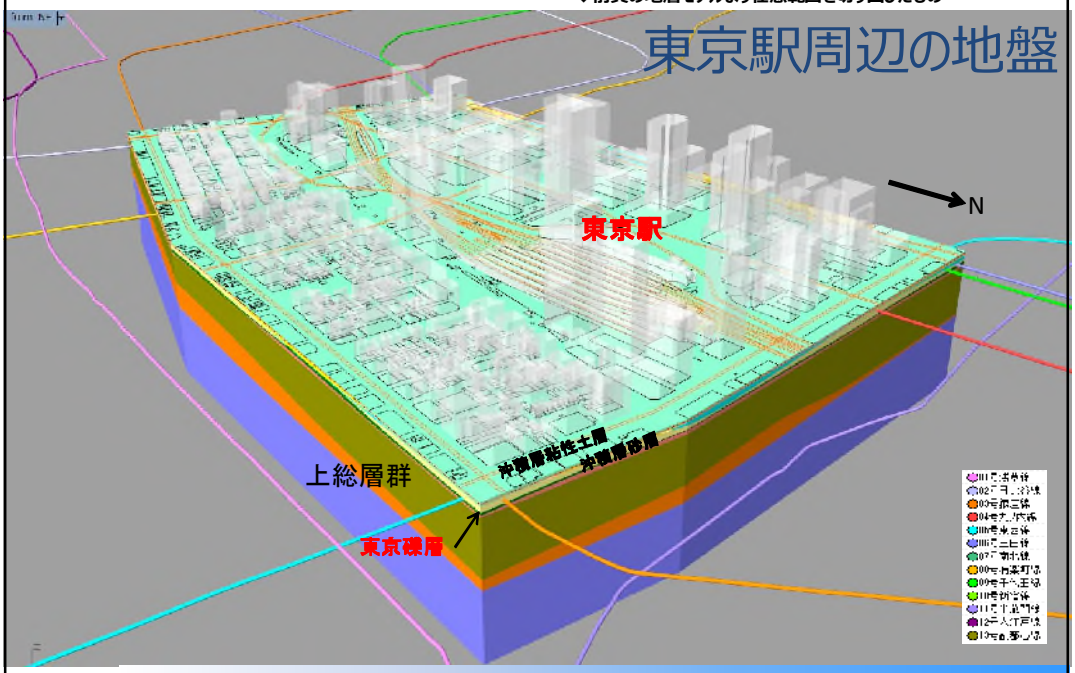
※縦縮尺を10倍に強調

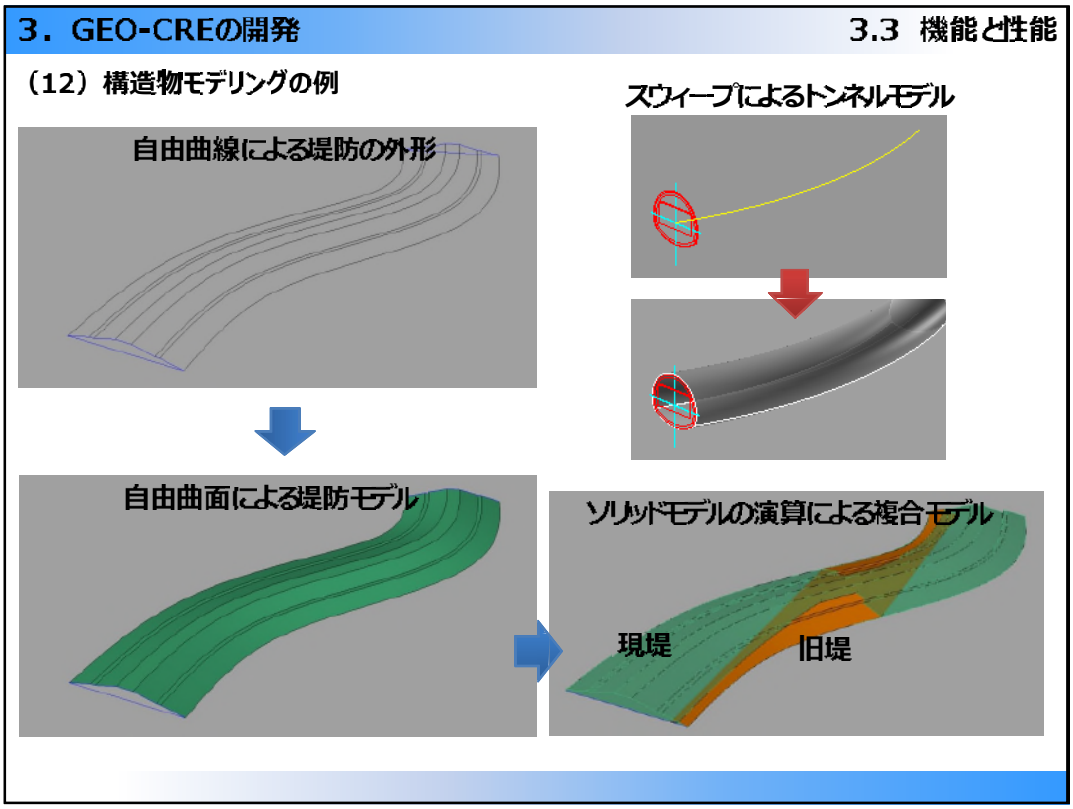
都市における地中熱大規模利用可能性の総合評価　平成25年3月
委託者：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
受託者：応用地質株式会社　(株)地圏環境テクノロジー　東京大学

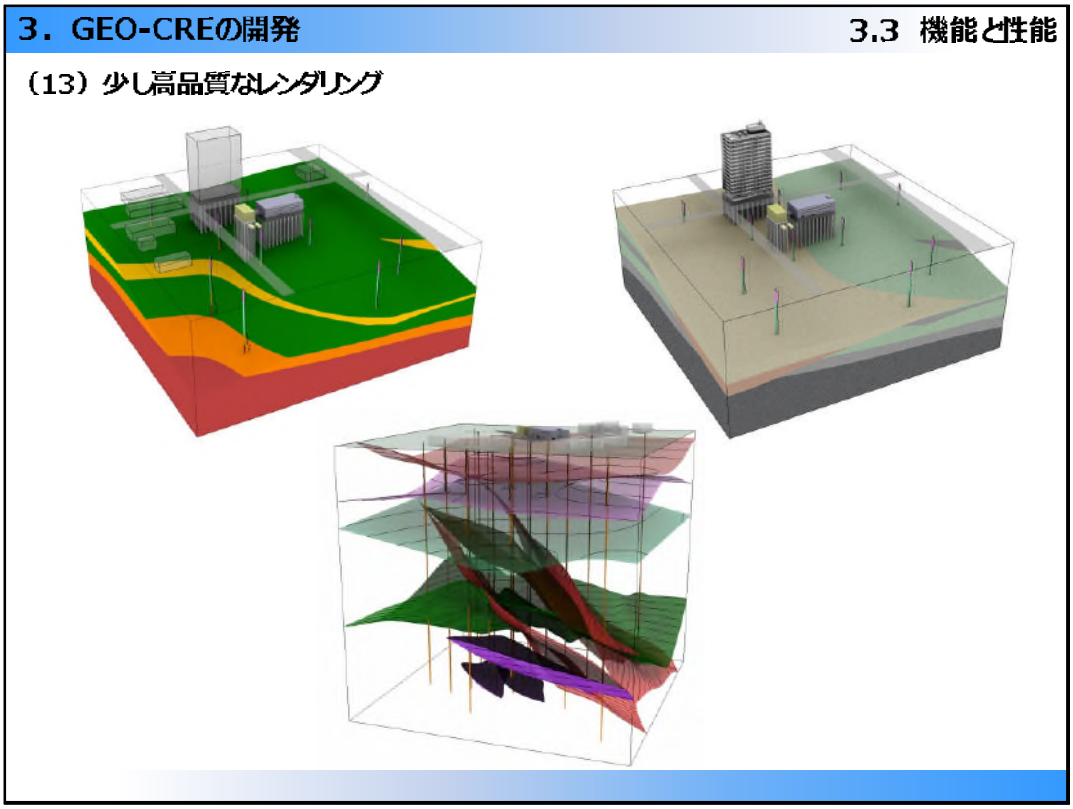
3．GEO-CREの開発　　3.3　機能と性能

（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

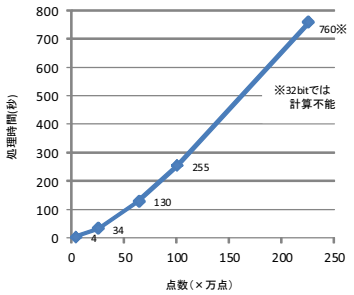



3．GEO-CREの開発
3.3 機能と性能
（12）構造物モデリングの例
自由曲線による堤防の外形
スウィープによるトンネルモデル
自由曲面による堤防モデル
ソリッドモデルの演算による複合モデル
現堤
旧堤


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＞



テスト環境：Win7(64bit)
Corei5 2.6GHz　8GBRAM

＜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

3．GEO-CREの開発　3.3 機能と性能

（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）、ボ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

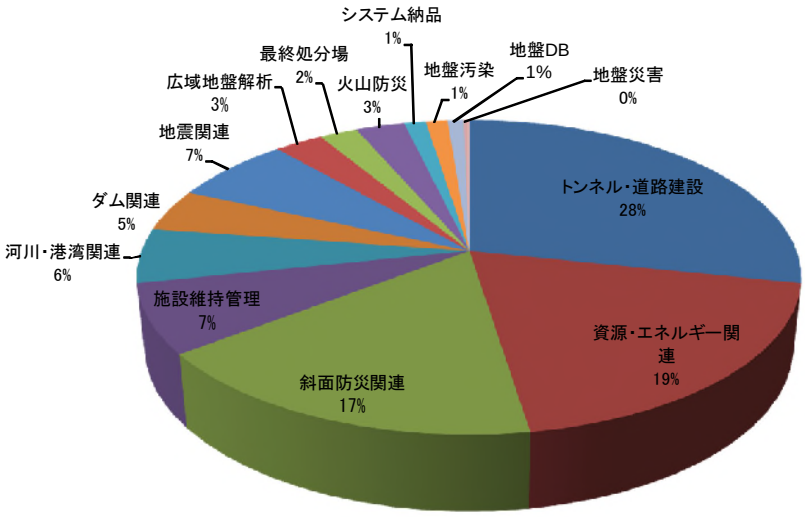
【属性値情報】
　研究中（RhinoにIFC等の入出力プラグインあり）

【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：Windows 7/8　64bit/32bit（64bit推奨）
Rhinoceros Ver5　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、トンネルルートのフライスルーアニメーション制作	○	–	–
・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	○	○	○
・不安定岩盤の遠心載荷試験用三次元モデル作成（様々なパターンの分離面をモデル化）	○	–	○
・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・掘割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	○	–	○
・掘削部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	○	–	–
・亜炭採掘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状把握	○	○	–
・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	–	–	○
・貫入岩と断裂断層分布のモデル化、切取り斜面の断層分布の可視化	○	–	○
・岩級区分ルジオン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LP高精度DEMによる地形解析	○	–	○
【斜面災害】			
・LPデータによる微地形判読用地形解析図作成	○	–	○
・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	○	○	○
・CCS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	○	–	○
・生鮮食料品市場移転地の地盤汚染の可視化と地盤モデル作成	○	–	–
【空港】			
・地盤沈下予測システムに用いる三次元地盤モデル構築	○	○	○
・滑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	○	○	○
【地中熱開発】			
・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の地盤モデル提供	–	–	○
【建築】			
・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】			
・施行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	○	–	○
【火山災害他】			
・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

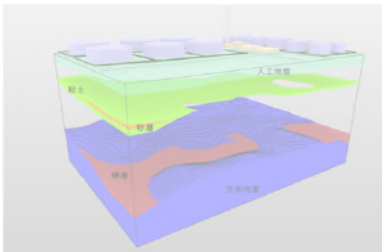
（1）三次元地質モデルの利用場面

◆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（脇坂 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 ⇒ ボアホール調査、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が異なる ⇒ 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）

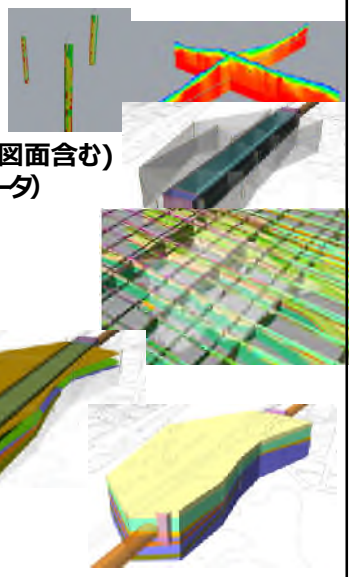
◆地質図作成はフィールドワークの経験が必要であり、
相応の経験と資格を持つ専門技術者が実施するか監督するべきもの

◆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対応へ向けて）

（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

日本情報地質学会 シンポジウム2015

地形・地質三次元モデリングの最前線

講 演 論 文 集

2015年12月9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