

第 62 回試錐研究会
令和 6 年 2 月 19 日(月)
特別講演(13:10 ~ 14:40)

点群による地形画像とコアスキャナ技術が拓く 地形・地質情報のDX化

東北大学災害科学国際研究所
特任教授 原口 強

自己紹介 原口 強

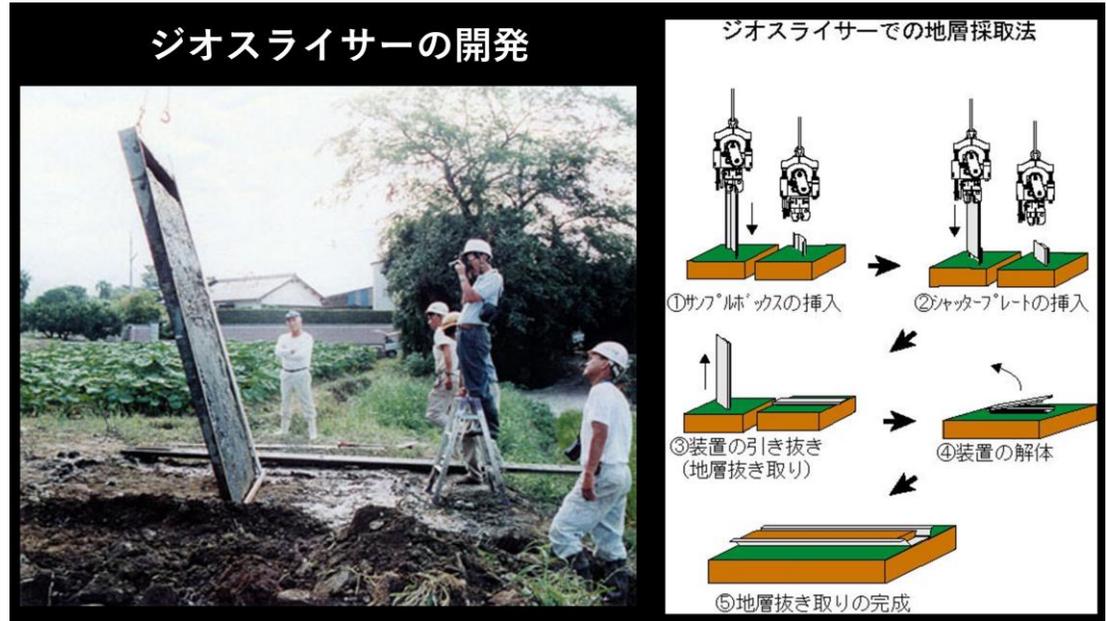
1956年、鹿児島県市来出身

1979年04月～2003年9月
(24年6ヵ月) 22歳～47歳
復建調査設計(株)・土研・東大
: 広島、高松、つくば
長崎、東京、横浜

2003年10月～2022年3月
(18年6ヵ月) 47歳～65歳
大阪市立大学: 大阪

2020年4月～
STORY 代表 (大学発ベンチャー)

2022年4月～
東北大学特任教授・中央大学機構教授
・大阪公立大学客員准教授



Geoslicer

トルコ断層調査

USGS・ヘイワード断層

USGS、液状化調査

Hayward断層調査

トルコ・ガズネキイ
トルコ・エアデン湖
コロンビア州
サンフランシスコ
ニューマドリッド

Geoslicer

津波堆積物調査

北海道から九州
全国100か所以上

2004年

航空／地上レーザー測量による大規模岩盤崩落斜面の三次元モデリング

原口 強 大阪市立大学助教授
中田 賢 中田基量 代表取締役
矢崎 潤一郎 北海航測研 代表取締役

航空レーザーデータによる地形3Dモデル 地上レーザーデータによる地形3Dモデル

航空・地上レーザーデータの合成

破断面①
破断面②

a) 柱状節理

b) 破断面①

c) 破断面②

d) 下方から見た柱状節理の破断面①, ②

表面積 A=2,269m²

柱状節理の3Dモデルと形状計測

別府湾海底地質構造調査

別府湾地下構造探査
(10KHz・3.5KHz・プーマー・エアガン)

別府湾

エアガン
プーマー
10KHz・3.5KHz

Lateral-spread graben
Compressed zone

BPNS-05
BPNS-04
BPNS-03(A)
BPNS-02
BPNS-01

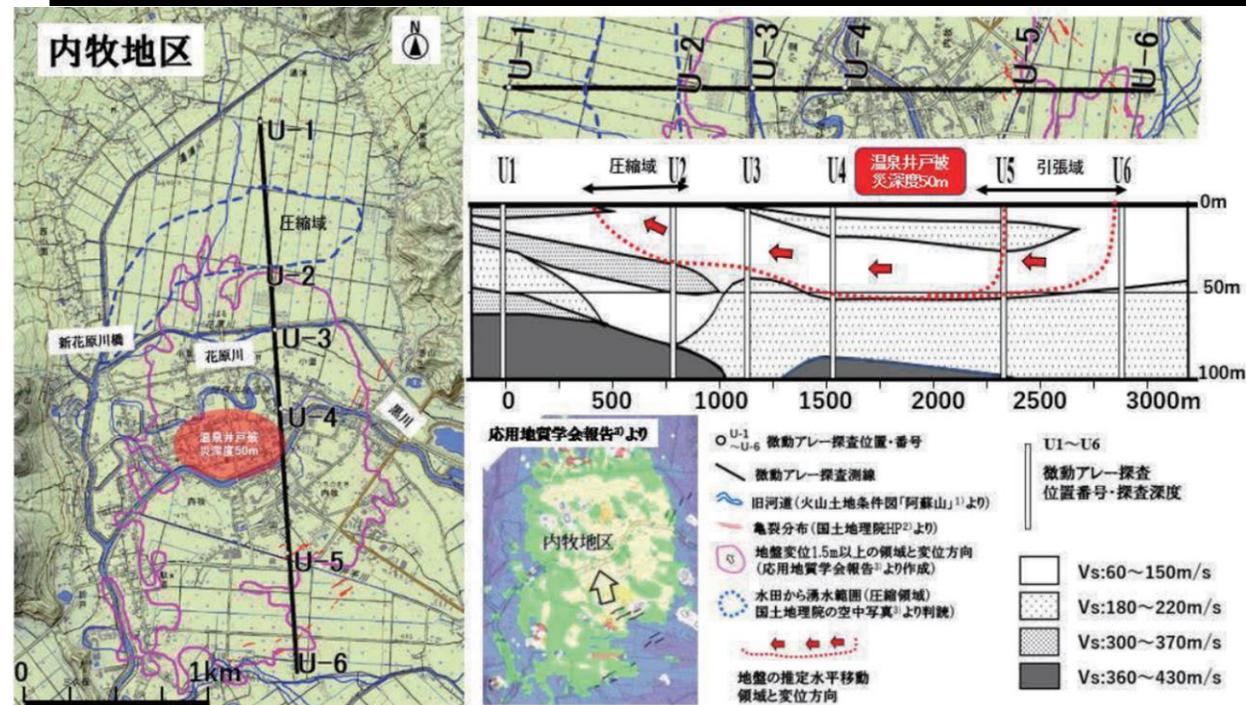
2016熊本地震



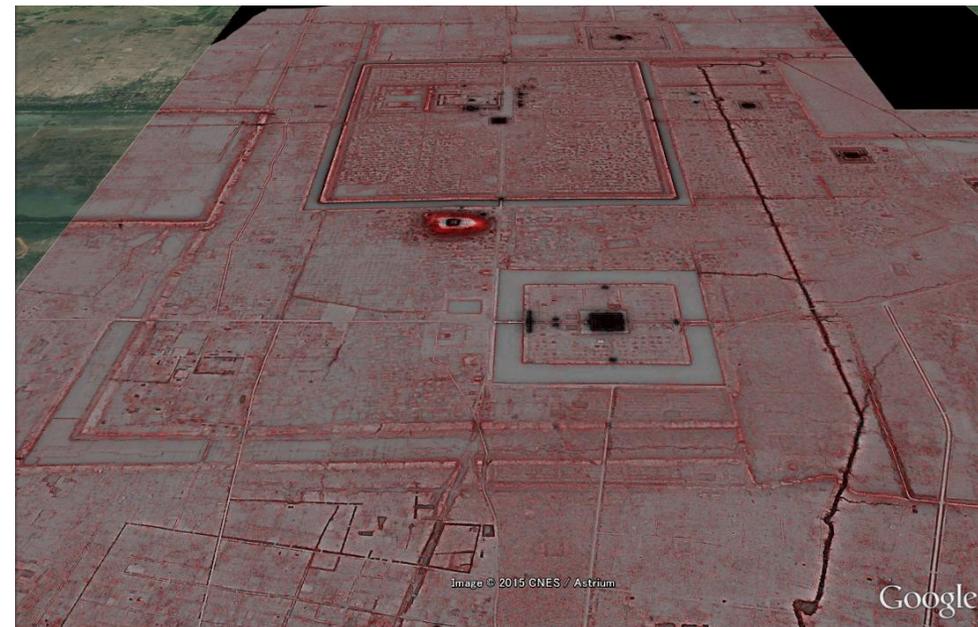
地層の構造・傾斜から読み取る
湖成層の内部変形



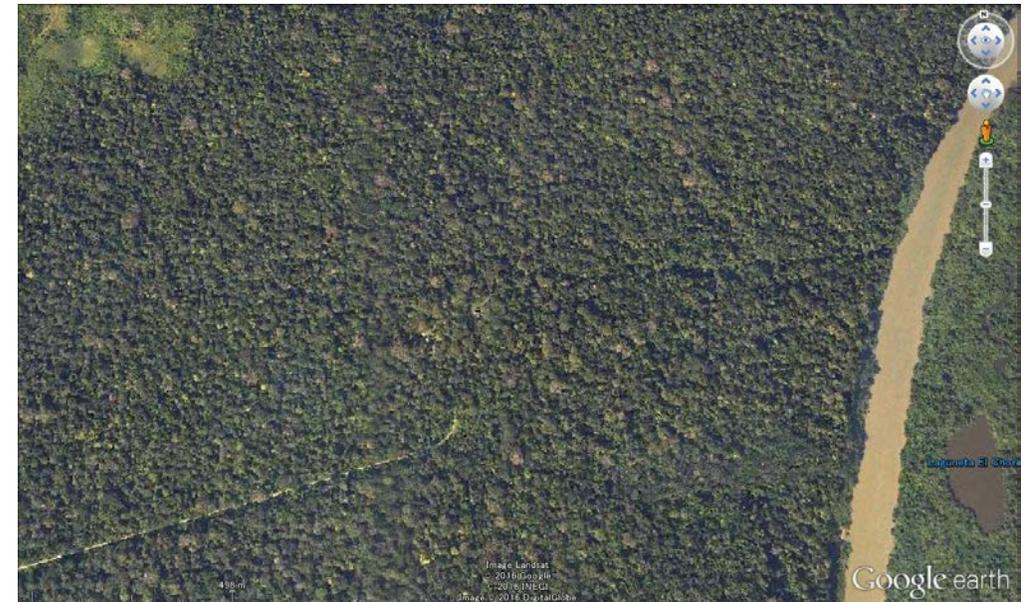
簡易型高速X線スキャナ



古代都市：アンコール遺跡群の可視化



マヤ古代遺跡の可視化

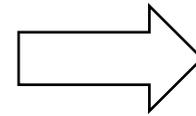
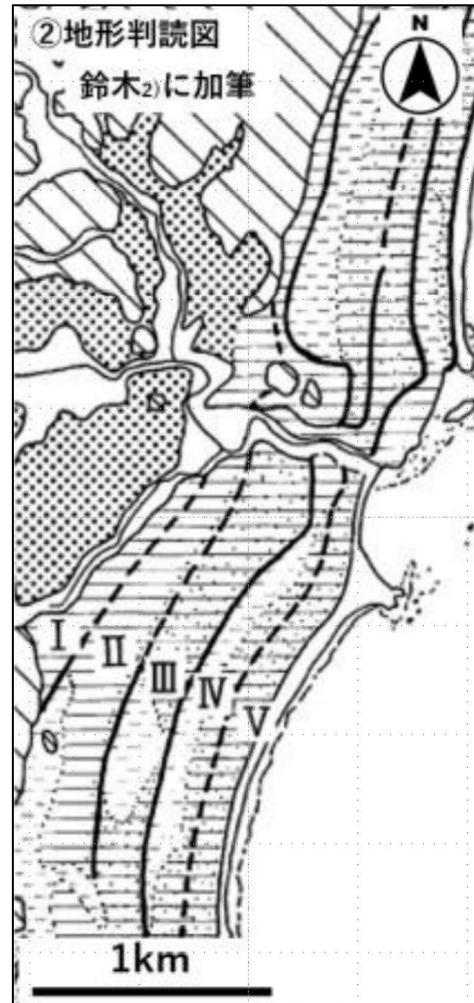
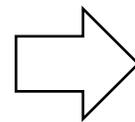


地形画像診断

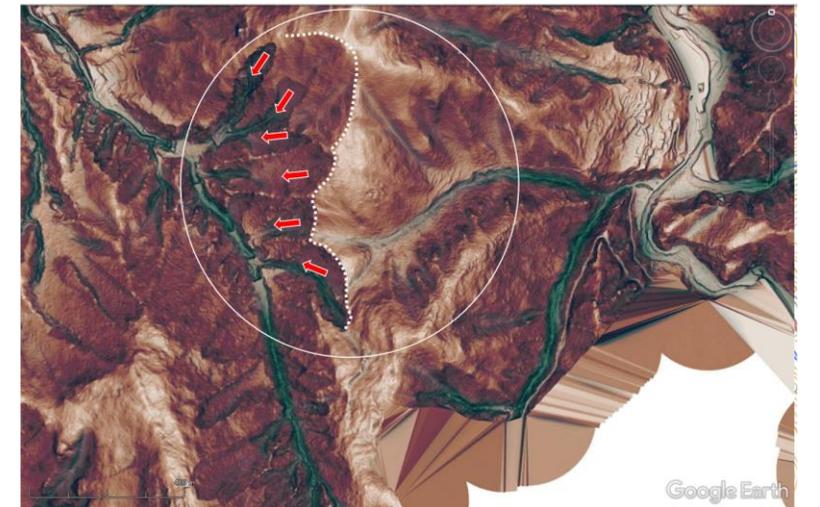
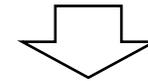
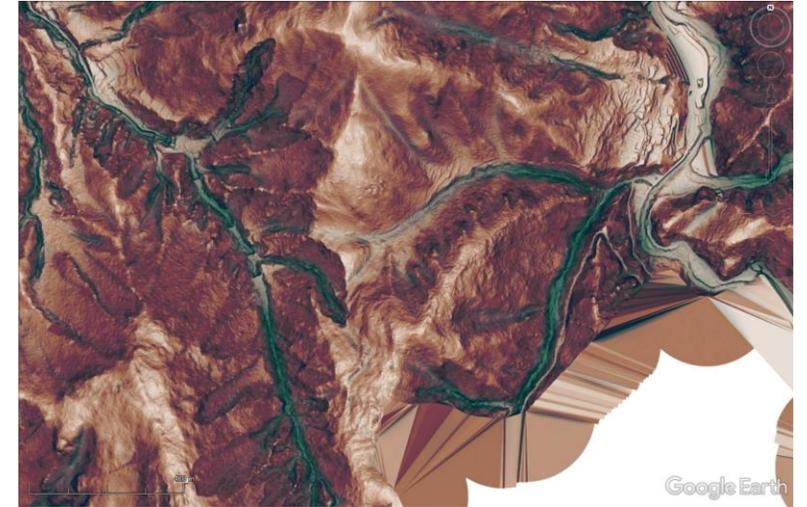
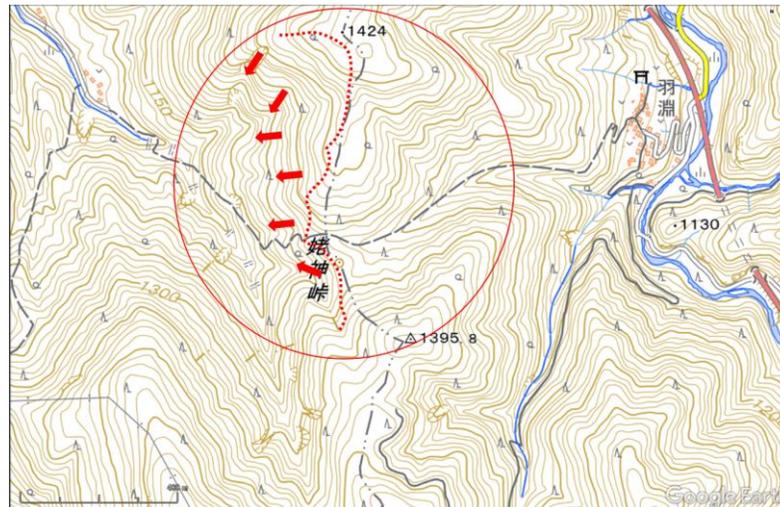
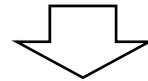
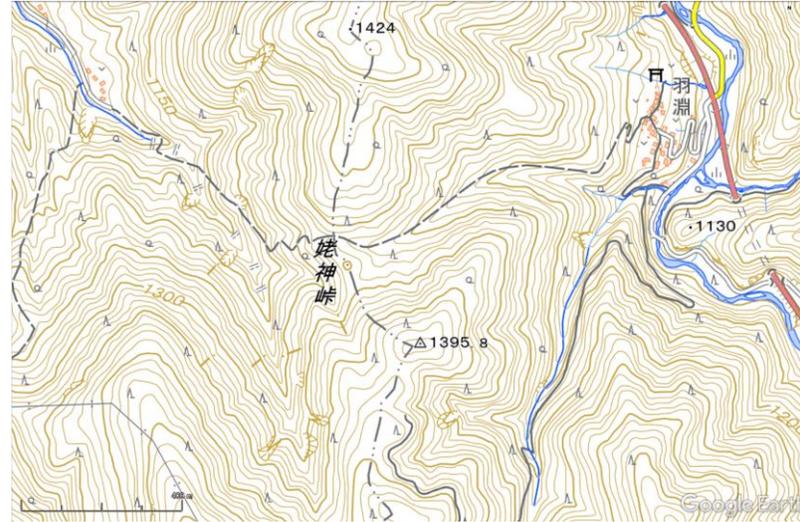
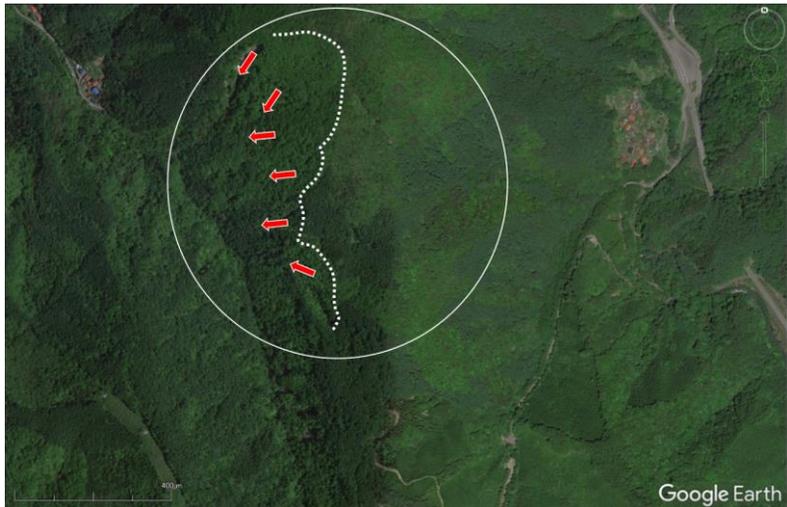
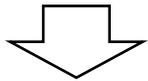
Terrain Diagnostic Imaging

地形判読から地形画像診断へ

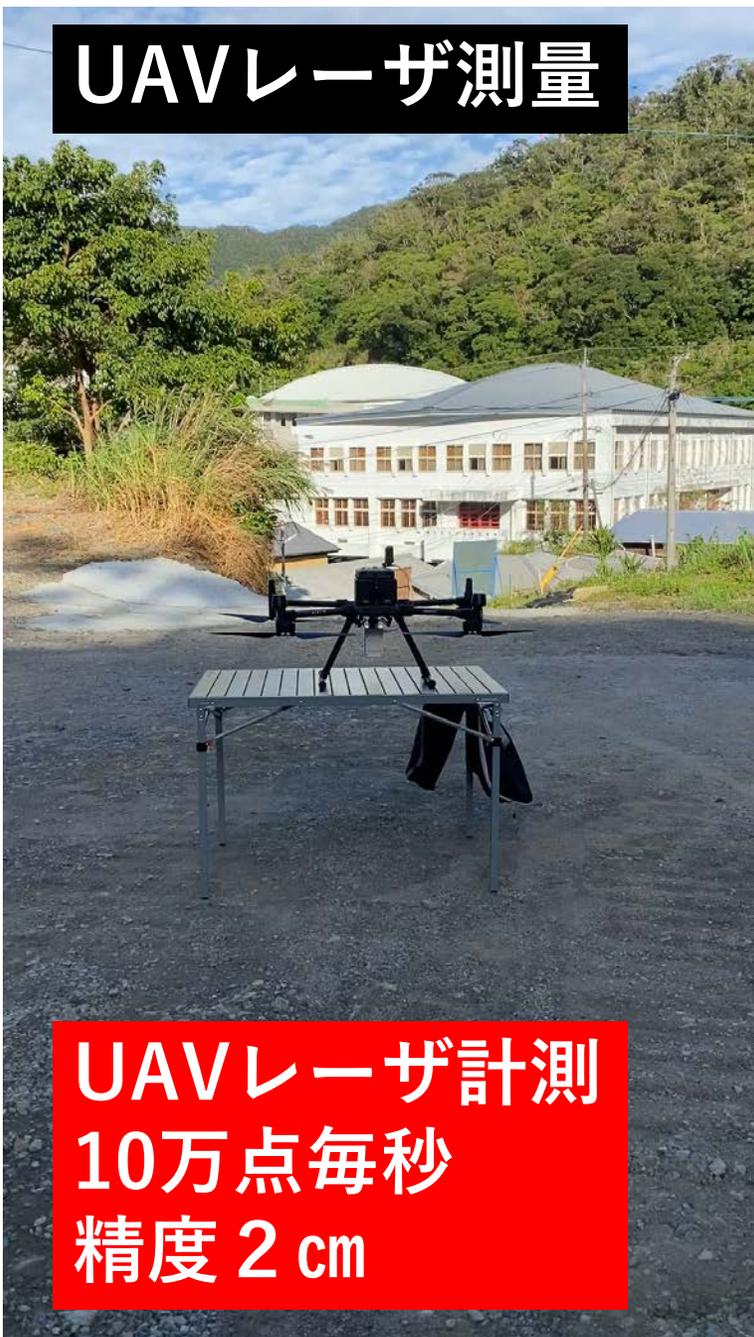
例: 段丘地形



微地形表現図の優位性

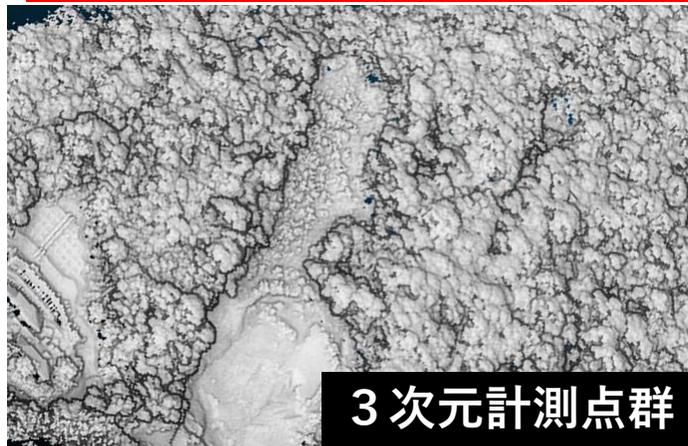


UAVレーザ測量

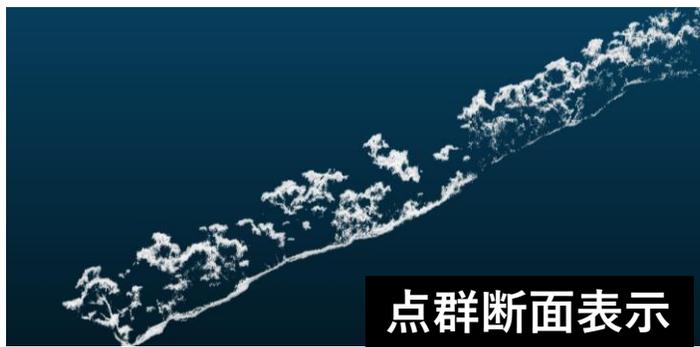


UAVレーザ計測
10万点毎秒
精度 2 cm

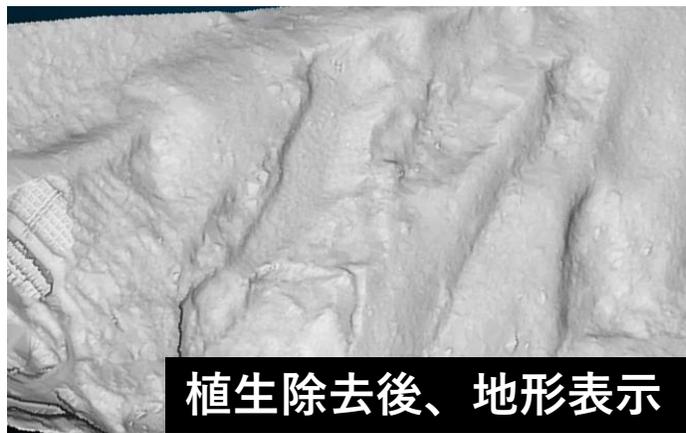
地形画像診断の流れ



3次元計測点群



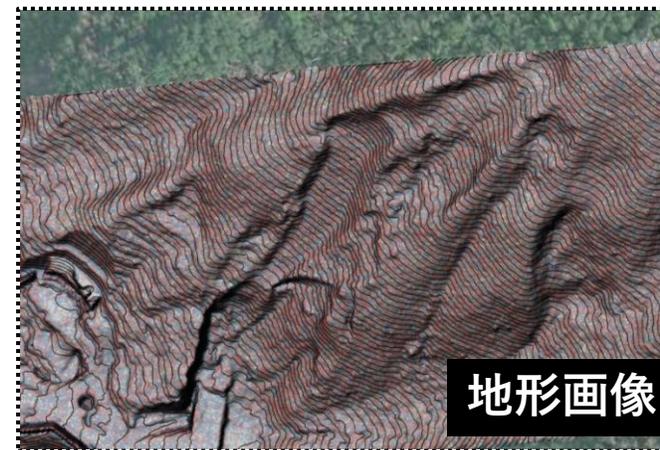
点群断面表示



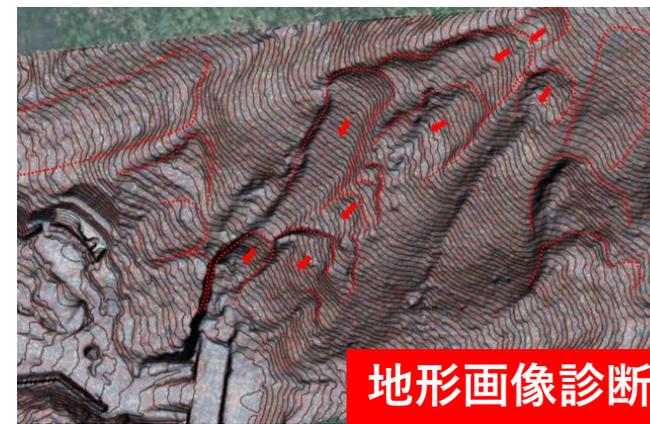
植生除去後、地形表示



現況地形



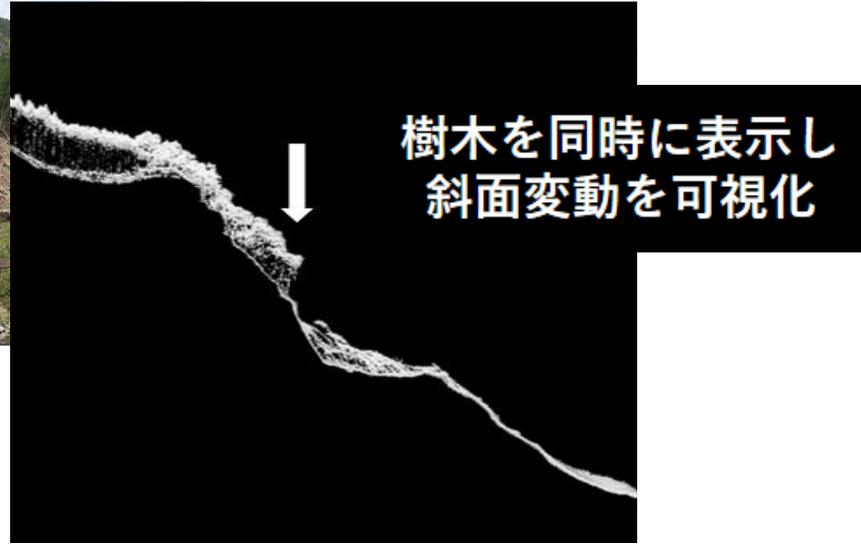
地形画像



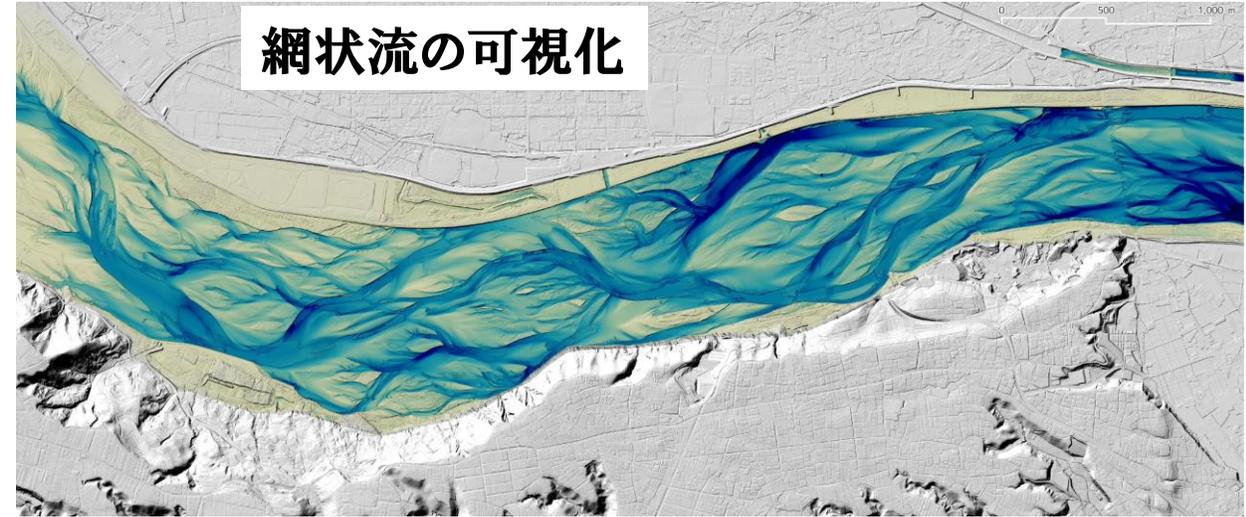
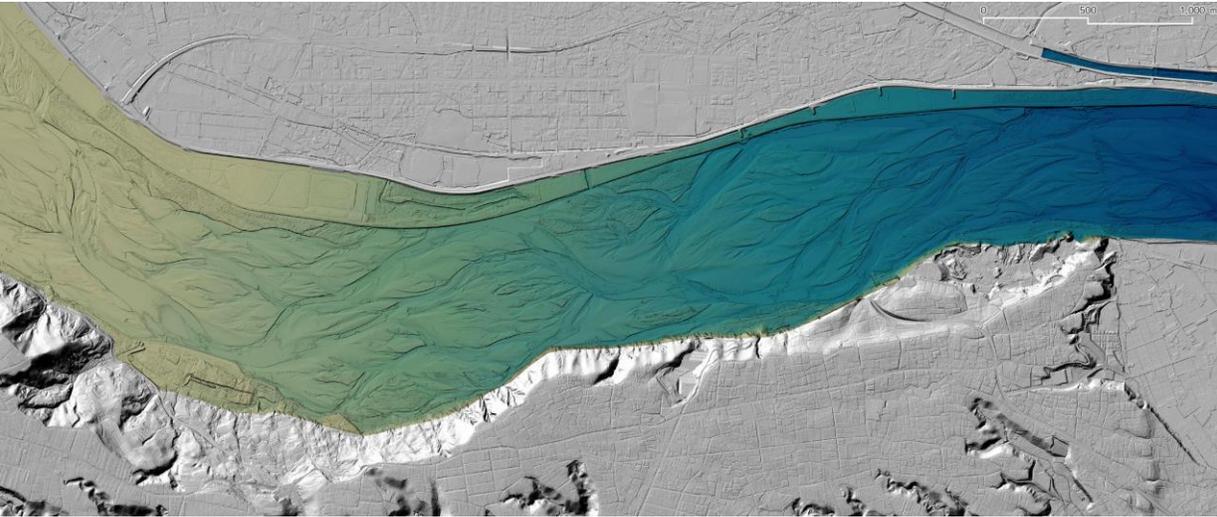
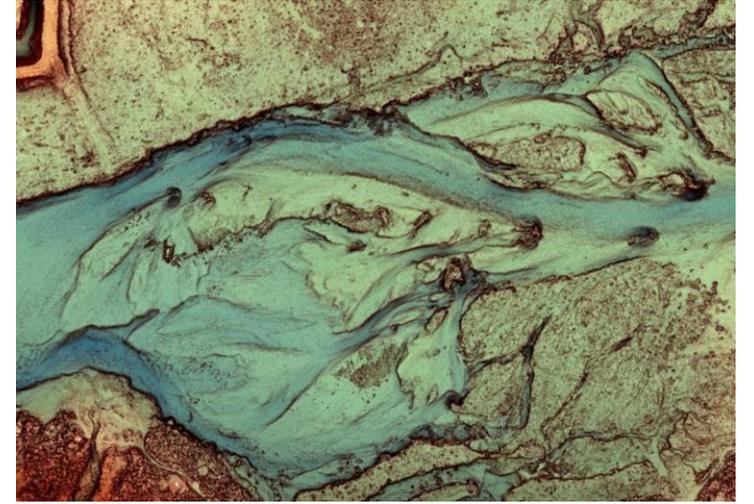
地形画像診断



斜面災害



河川水中部の可視化



デジタル化、オープンデータ化:熱海の土石流災害



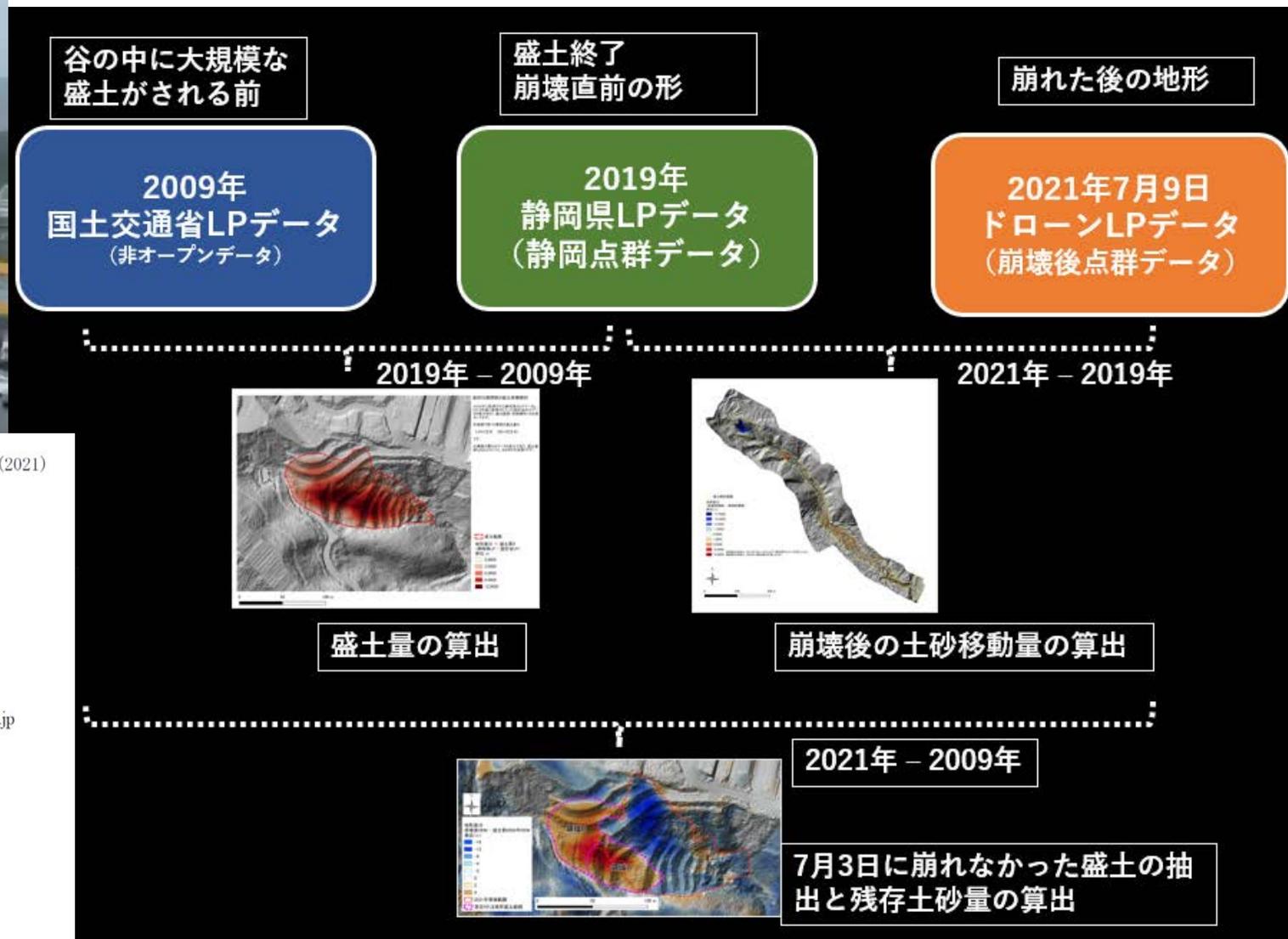
都市防災研究論文集, 第8巻 (2021)

土砂災害時の点群データ活用と地形画像診断の提案 - 2021年7月熱海土石流災害を例として -

鈴木雄介¹⁾・杉本直也²⁾・増田慎一郎³⁾・原口 強³⁾

- 1) (株) STORY e-mail: ysk.suzuki@gmail.com
- 2) 静岡県交通基盤部建設政策課イノベーション推進班 e-mail: naoya2_sugimoto@pref.shizuoka.lg.jp
- 3) 静岡県交通基盤部建設政策課未来まちづくり室 e-mail: shinichiro1_masuda@pref.shizuoka.lg.jp
- 4) 大阪市立大学大学院理学研究科 e-mail: haraguchi@osaka-cu.ac.jp

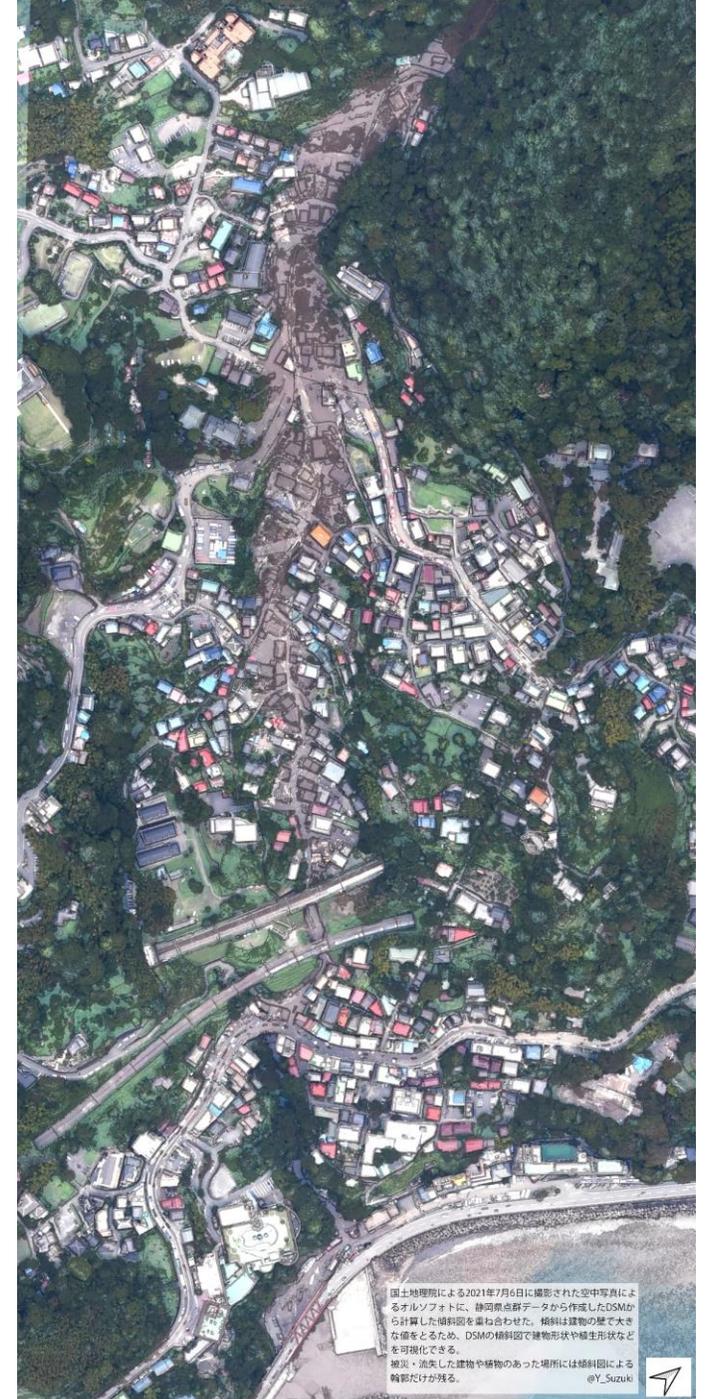
土砂災害が発生した際、被害状況の地形把握は必須である。救助活動が最優先される一方、二次災害を防ぐ視点から救助隊員の安全確保も重要な課題である。熱海伊豆山土石流災害では、地形のオープンデータによる解析により短時間で崩壊地の盛土が特定された。ここではこれを可能とした地形のオープンデータの概要と点群を活用した地形画像診断例を示す。これらを踏まえ、災害時の点群活用と地形画像診断の在り方について提案する。



災害時の最重要課題 安否確認

各種情報の可視化

1. 被災前後の画像を重合
2. 住民台帳
3. 携帯電話と紐付け



国土地理院による2021年7月6日に撮影された空中写真によるオルソフォトに、静岡県点群データから作成したDSMから計算した傾斜図を重ね合わせた。傾斜は建物の壁で大きな傾きをとるため、DSMの傾斜図で建物形状や植生形状などを可視化できる。被災・消失した建物や植物のあった場所には傾斜図による輪郭だけが残る。
@Y_Suzuki

オープンデータによる災害状況の可視化

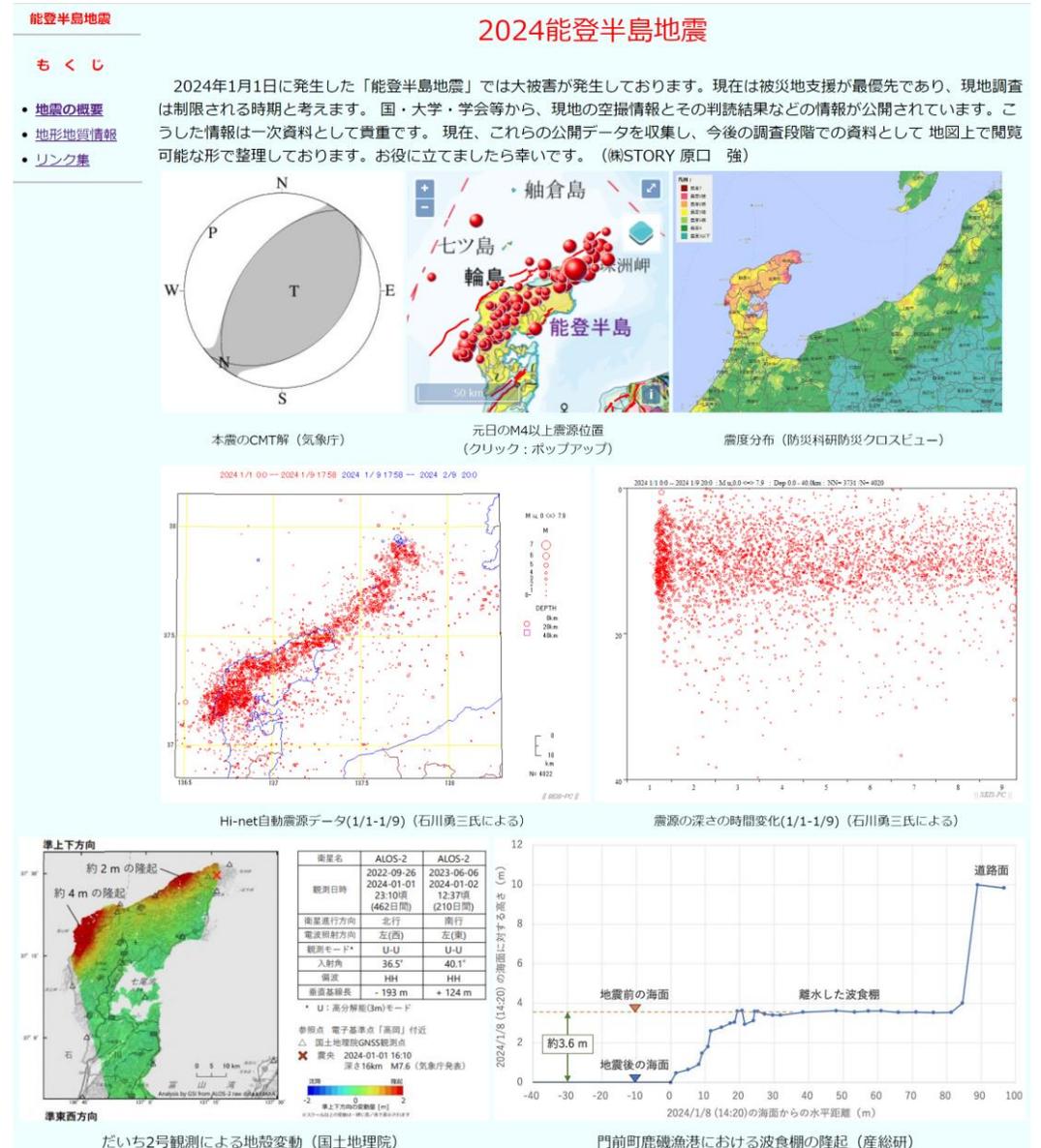
➤ 能登半島地震の例

<https://story-ujv.com/opendata/noto/index.html>

能登半島地震

もくじ

- [地震の概要](#)
- [地形地質情報](#)
- [リンク集](#)

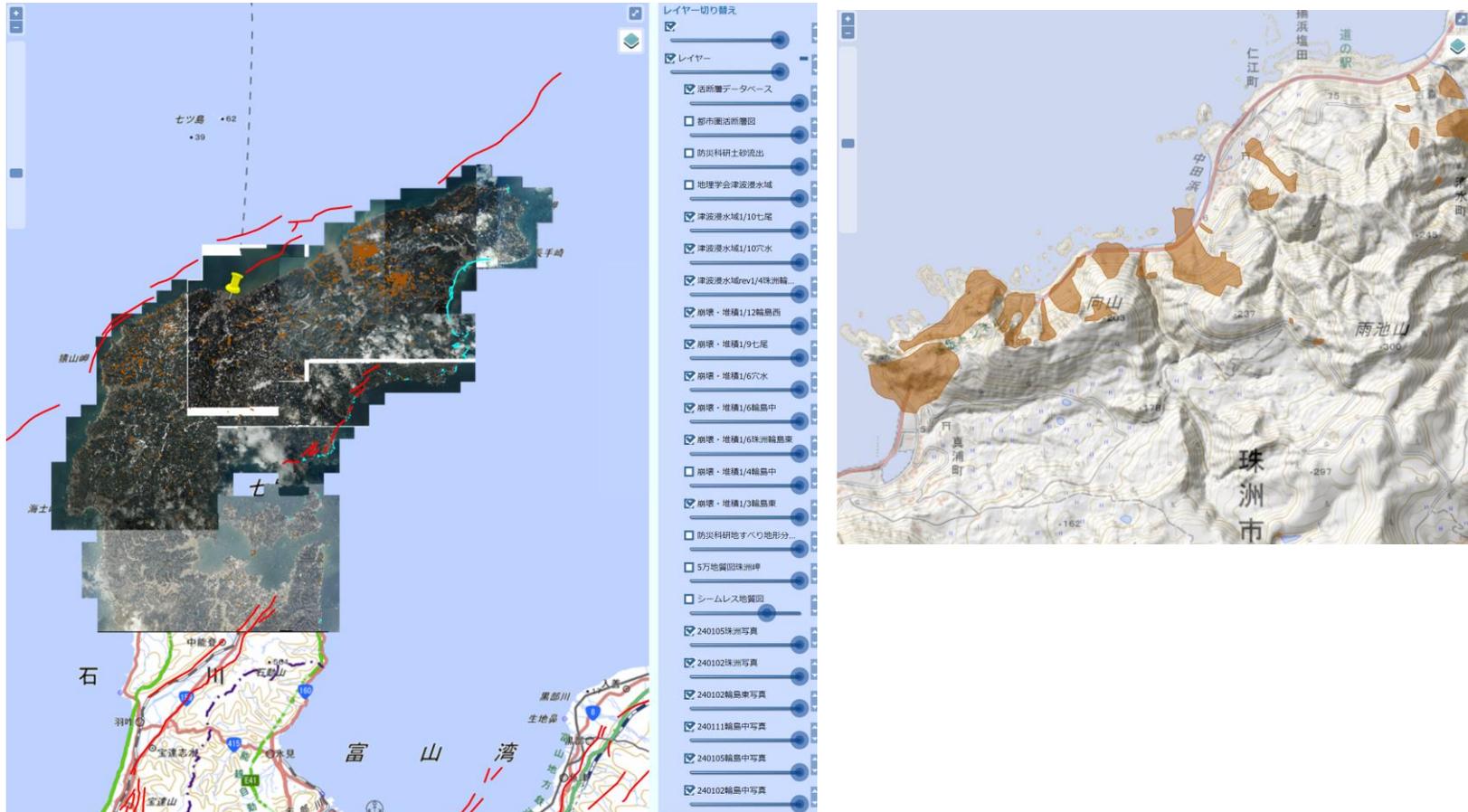


◀地形画像診断マップの使い方▶

地形画像診断は各種地形情報を勘案して行います。上記オーバーレイの中から必要な情報にチェックを入れて重ね合わせます。上にあるほうが優先されますから、右端の両矢印(up/down)をドラッグして順序を入れ替えてください。透明度は横バーで自由に変わります。回転・傾動もできます。

Shift+drag : 回転・ズーム、 : 正常方向復帰、alt+drag : 傾動、 : 全画面表示、Esc : 復帰、 : 著作権・凡例表示、 : 地図選択 (外部スイッチャーと同じ、全画面表示の時に使用)

※ 地図によっては大縮尺のデータがない場合があります。表示されるまで一旦縮小してください。なお、以下のレイヤーのうち、赤字は国交省ハザードマップポータルのデータです。

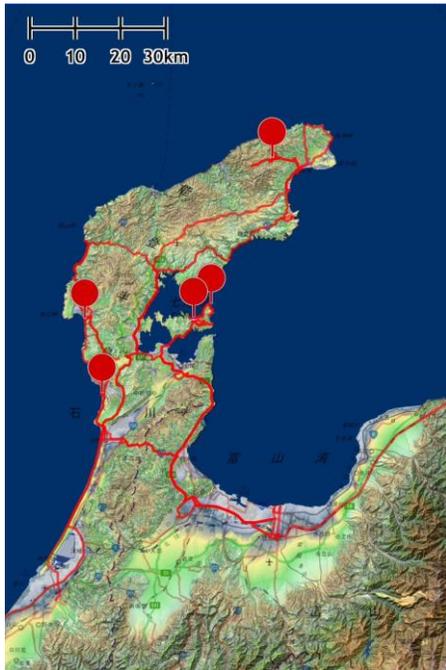


参考文献:

1. 石山達也・松多信尚・立石良・安江健一 (2024), 2024年1月1日令和6年能登半島地震 (M7.6) で生じた海岸隆起【速報】. 東大地震研ウェブサイト.
2. 穴倉正展・越後智雄・行谷佑一 (2020), 能登半島北部沿岸の低位段丘および離水生物遺骸群集の高度分布からみた海域活断層の活動性. 活断層研究, Vol.2020, No.53, p.33-49.

参考サイト

- 国土数値情報ダウンロード (国交省GISホームページ)
- 基礎地図情報ダウンロードサービス
- 令和6年能登半島地震による被害状況等について (内閣府災害情報のページ)
- 地震情報 (気象庁)
- CMT解 (気象庁)
- 震源リスト (気象庁)
- 最近の地震(ときどき火山も)の解説 (石川有三氏)
- 令和6年能登半島地震関連情報 (国交省)
- 令和6年能登半島地震 道路復旧見える化マップ (国交省)
- 防災クロスビュー (防災科研)
- 令和6年能登半島地震に関する情報 (地震本部)
- 令和6年能登半島地震の関連情報 (気象庁)
- 令和6年(2024年)能登半島地震の関連情報 (産総研)
- 令和6年能登半島地震で発生した崩壊箇所、土砂流出範囲および津波浸水域の推定 (防災科研)
- 令和6年(2024年)能登半島地震に関する情報 (国土地理院)
- 「だいち2号」による令和6年能登半島地震の観測結果について (JAXA)
- 平成19年(2007年)能登半島地震に関する「だいち」による緊急観測の結果について (JAXA)
- 【研究速報】令和6年能登半島地震 (東大地震研)
- 災害調査報告 (京大防災研)
- 防災学術連携体
- 令和6年能登半島地震の関連情報 (日本地質学会)
- 日本地理学会災害対応委員会
- 令和6年(2024年)能登半島地震 地震被害調査に関する情報 (地盤工学会)
- 土木学会地震工学委員会
- 令和6年能登半島地震 (国際航業)
- 2024年1月 令和6年能登半島地震 (パスコ)
- 「令和6年能登半島地震」被害状況 (2024年1月) (アジア航測)
- 令和6年能登半島地震による被害状況等の航空写真 (朝日航洋)
- 災害対応情報 (中日本航空)
- 地盤情報緊急公開サイト【石川県】 (国土地盤情報センター)



現地調査:
2024/1/30-2/2



鹿磯（かいそ）漁港岸壁（物揚場）
（石川県輪島市）:2024/2/2

	岸壁	物揚場
漁港	水深-3m以上	水深-3m未満
港湾	水深-4.5m以上	水深-4.5m未満



上下変位を伴う線状の地表変状:石川県珠洲市若山町



津波による被害

医療現場

⇒患者との会話・問診可能

⇒最新の機器が使用可能



地形画像診断（医療分野レベルを目指して）

- 高精細な地形データは画像と同じ
- 処理速度、作業性が飛躍的に向上
- 「難しいことをわかりやすく」市民レベルの理解

ボーリングコアの画像診断技術を用いた 地質情報のDX化

- コアは地下の岩石を手にとって観察
- 地質調査の最も重要な要素
- 柱状図は地質調査の基本
- 「ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説」に従い
- コアは丁寧にコア箱に収納
- コアパックを外し
- コア表面のマッドケーキを洗浄・除去

ボーリング柱状図作成及び
ボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説

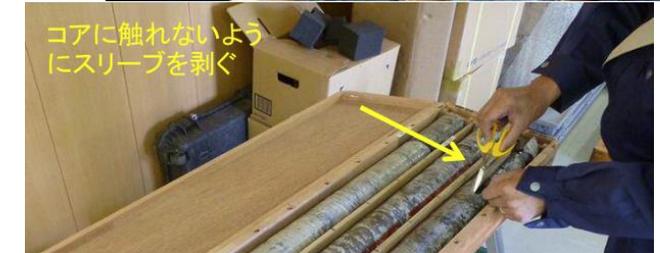
本要領(案)・同解説をこのたび公開することとなりましたが、本要領(案)・同解説のうち、「第10編ボーリングコアの取扱い及び保管方法」以外の編については、「地質・土質調査成果電子納品要領(案)」が改訂された後の施行となりますので、ご留意下さい。

平成27年6月

一般社団法人全国地質調査業協会連合会
社会基盤情報標準化委員会

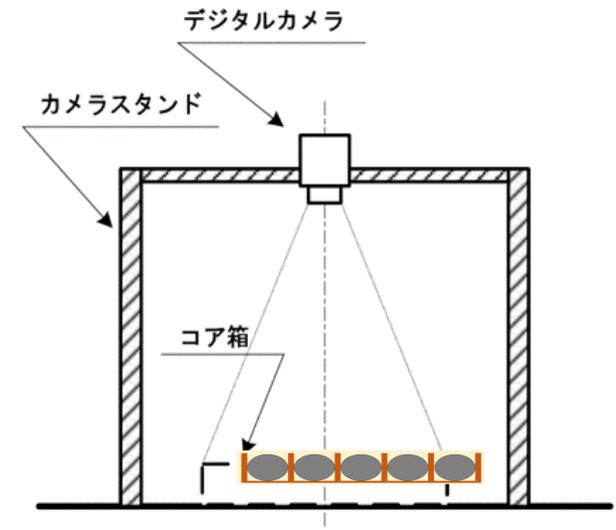
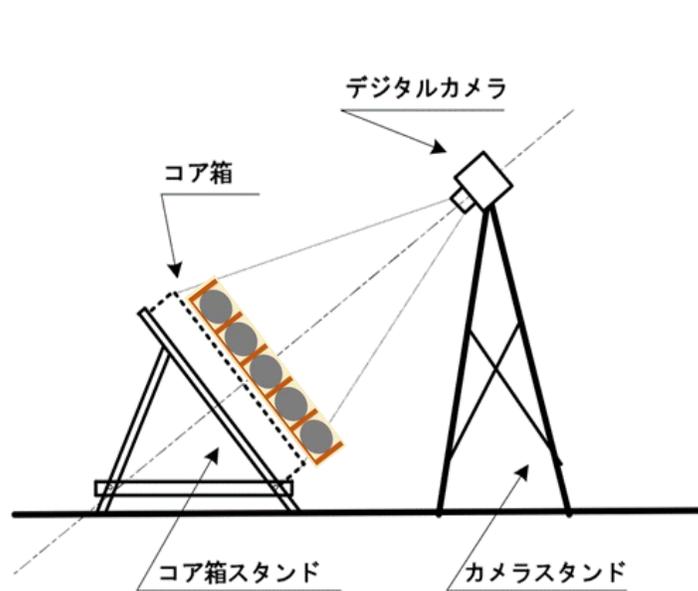


ボーリングコア処理の現状



コア写真の課題

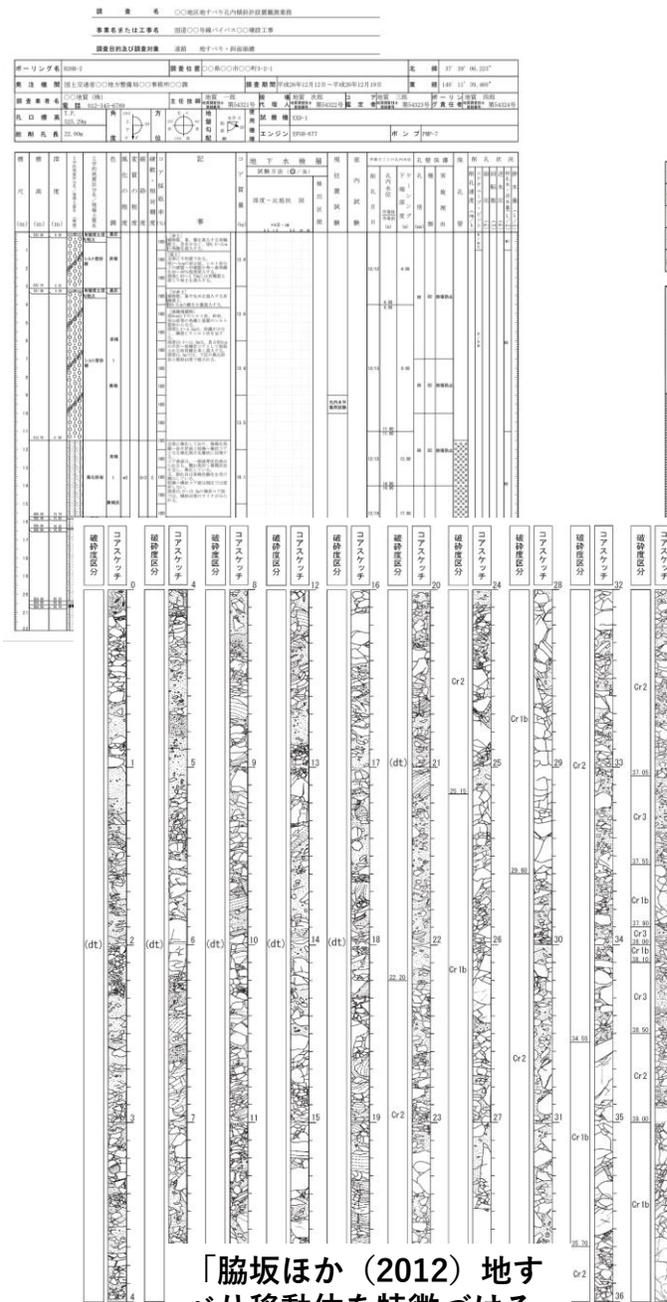
- 写真はコア箱を**正対して撮影**
- **表の面のみで、側面・裏面写真が無い**
- 亀裂方向，内部の礫などの**情報が不明瞭**
- 柱状図に記載するが，**物証写真が少ない**
- 断層，破碎帯，地すべり面などの情報
 - **鏡肌やせん断構造の記載**
 - **コアを割ると再度観察が出来ない**
- 時間変化
 - 応力解放により割目が顕在化
- 乾湿繰り返し変化
 - スレーキング
 - 含有粘土鉱物による膨潤化
- 処理時間の迅速化
 - 採取後のコア処理・写真撮影・記載処理時間
- コアの劣化過程
 - その後の地山評価では貴重な情報
 - 経時変化を複数回記録する仕組みがない
- コアの保管場所



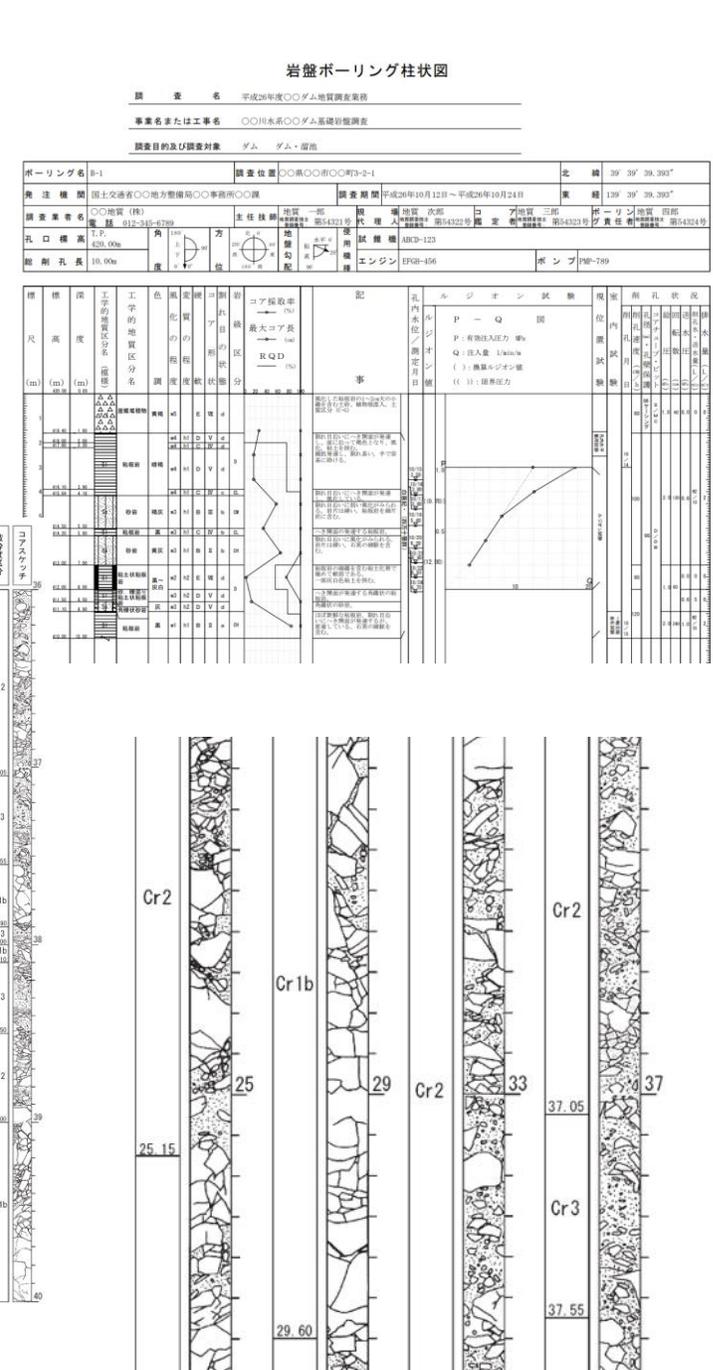
「ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説」より

コア処理・柱状図作成

- 肉眼観察により柱状図作成
- 報告書には柱状図は必須
- 柱状図は地盤情報データベース化
- 肉眼観察の柱状図作成は個人差が生じる
- コアスケッチや破碎度区分
 - 個人の能力に依存
- 過去のコアの評価・判定は困難を伴う
 - 数カ月・数年後にコアの再度観察は稀
 - 柱状図と低解像度コア写真情報
- ボーリングコア処理は重労働
 - コアは重い
 - コア処理に長時間が必要
 - その労働環境は半世紀前のまま
 - じっくりコア観察する時間がない
 - 熟練者が若手を教育する時間がない



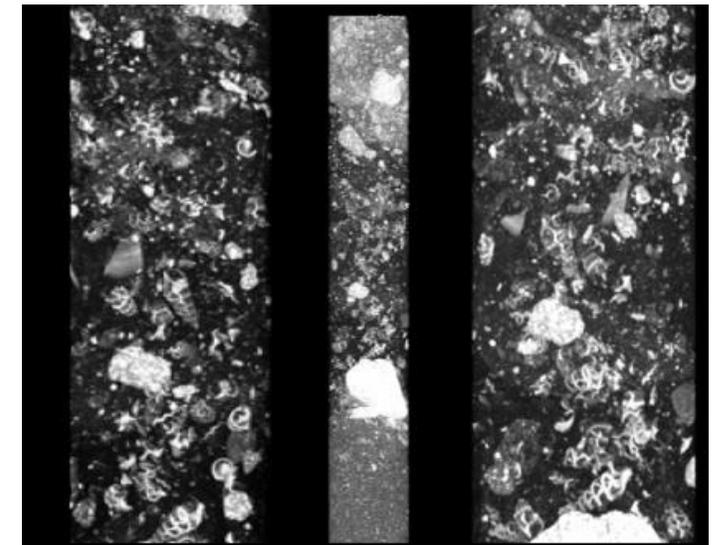
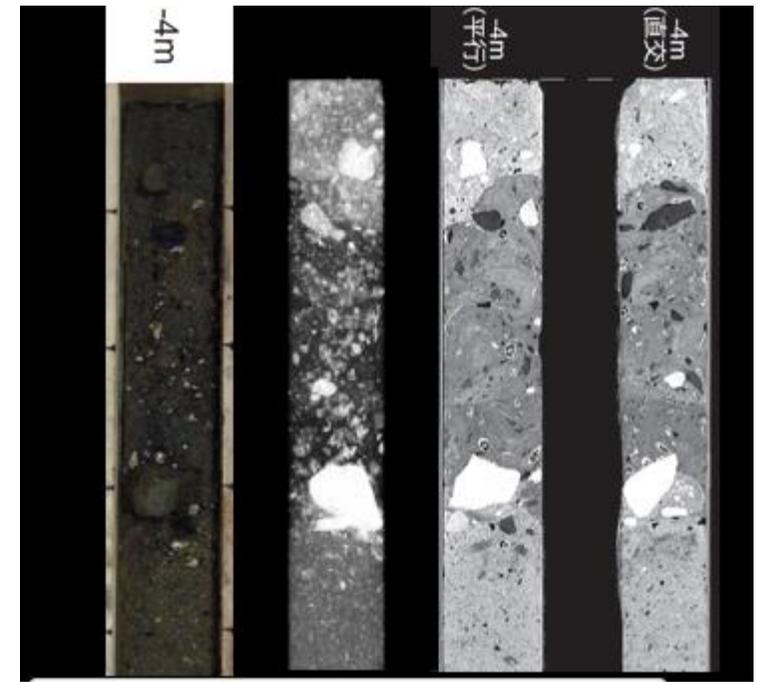
「脇坂ほか(2012)地すべり移動体を特徴づける破碎岩」より



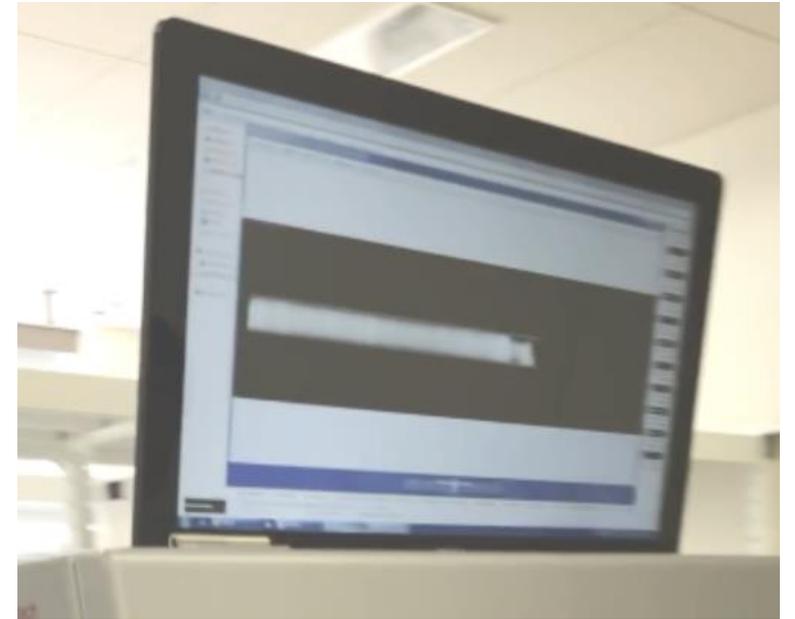
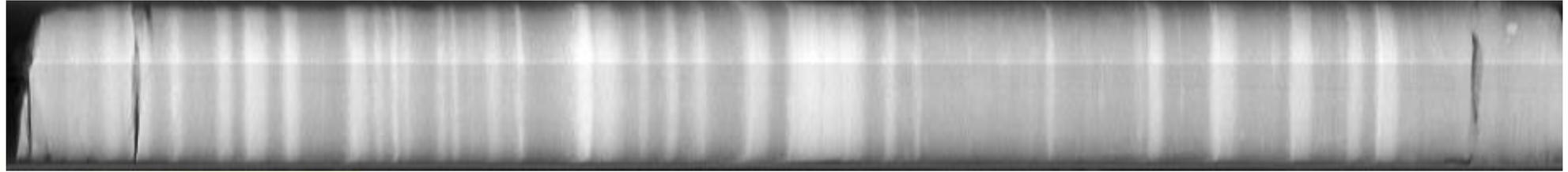
コアの可視化技術

現状

- 国内の地質系研究機関
 - コアのX線撮影が標準
- 民間利用制度
 - 産総研や高知コアセンター
 - 土木地質分野の膨大なコアを運搬・撮影
 - 現実的には難しい
- 土木地質分野コアの可視化技術の環境整備が課題
- コアの画像処理（X線画像・可視画像：コア写真）
 - 条件：
 - 装置を運搬・撮影⇒**可搬型**（検診車）
 - 資格不要・簡便で迅速な操作⇒**自動化**
 - **デジタルアーカイブ化**
 - 繰り返し撮影



①透過型X線コアスキャナ:コア1本毎



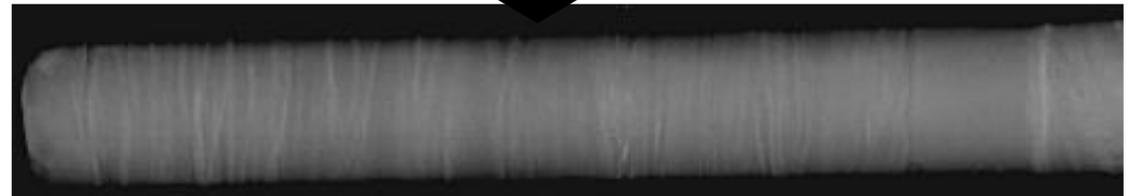
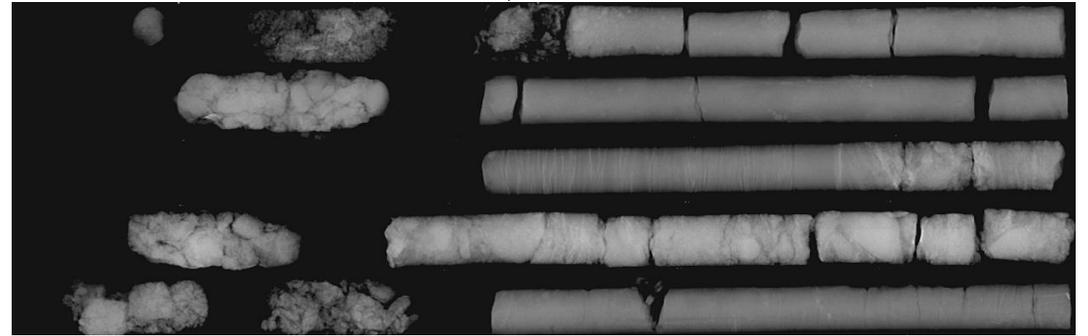
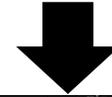
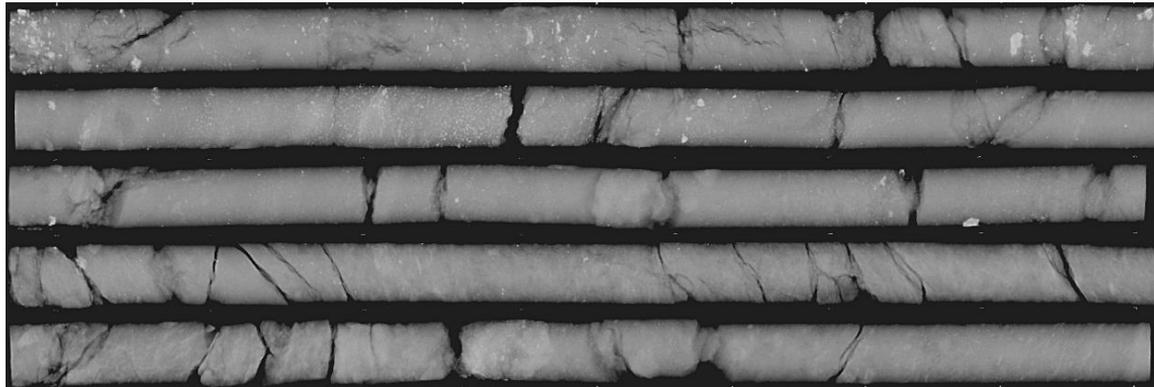
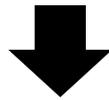
②コア箱のまま

X線コアスキャナ（可搬型）

- コアパックのまま
- マッドケーキ付着のまま
- 迅速化:30秒
- 1箱分のコアの透過X線画像
- 解像度0.8mm
- ネガポジ変換
- 諧調補正



1箱分のコアの透過X線画像
解像度0.8mm
ネガポジ変換



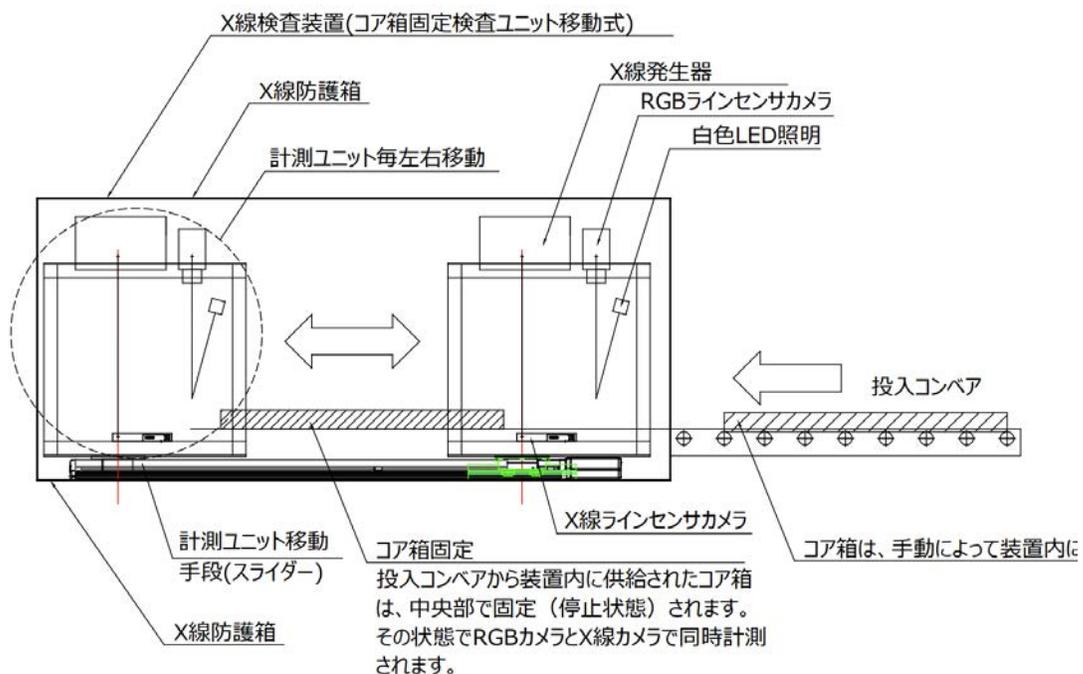
③コア検診車



- 4K高精細コア写真とX線写真同時撮影
- スピードスキャン：60秒/1箱
- その場で画像確認
- X線管理区域不要
- X線作業責任者免許不要
- AC100V・発電機でも可

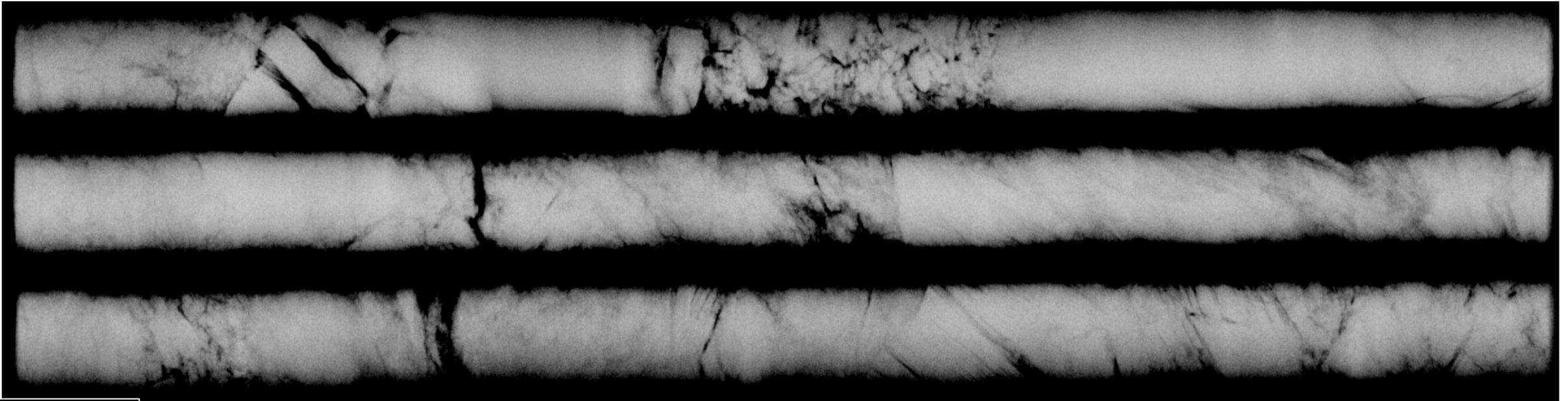


同時に、7 画像ファイルを出力



名前	日付時刻	種類	サイズ
231201_1521_0001_RGBColor.bmp	2023/12/03 7:39	BMP ファイル	140,236 KB
231201_1521_0001_RGBColor.jpg	2023/12/01 15:23	JPG ファイル	7,391 KB
231201_1521_0001_RGBGray.bmp	2023/12/01 15:22	BMP ファイル	111,932 KB
231201_1521_0001_RGBGray.jpg	2023/12/01 15:22	JPG ファイル	4,590 KB
231201_1521_0001_XRay.bmp	2023/12/01 15:22	BMP ファイル	1,750 KB
231201_1521_0001_XRay.jpg	2023/12/01 15:22	JPG ファイル	50 KB
231201_1521_0001_XRay.tif	2023/12/01 15:22	TIF ファイル	1,167 KB

4Kカラー写真



X線写真

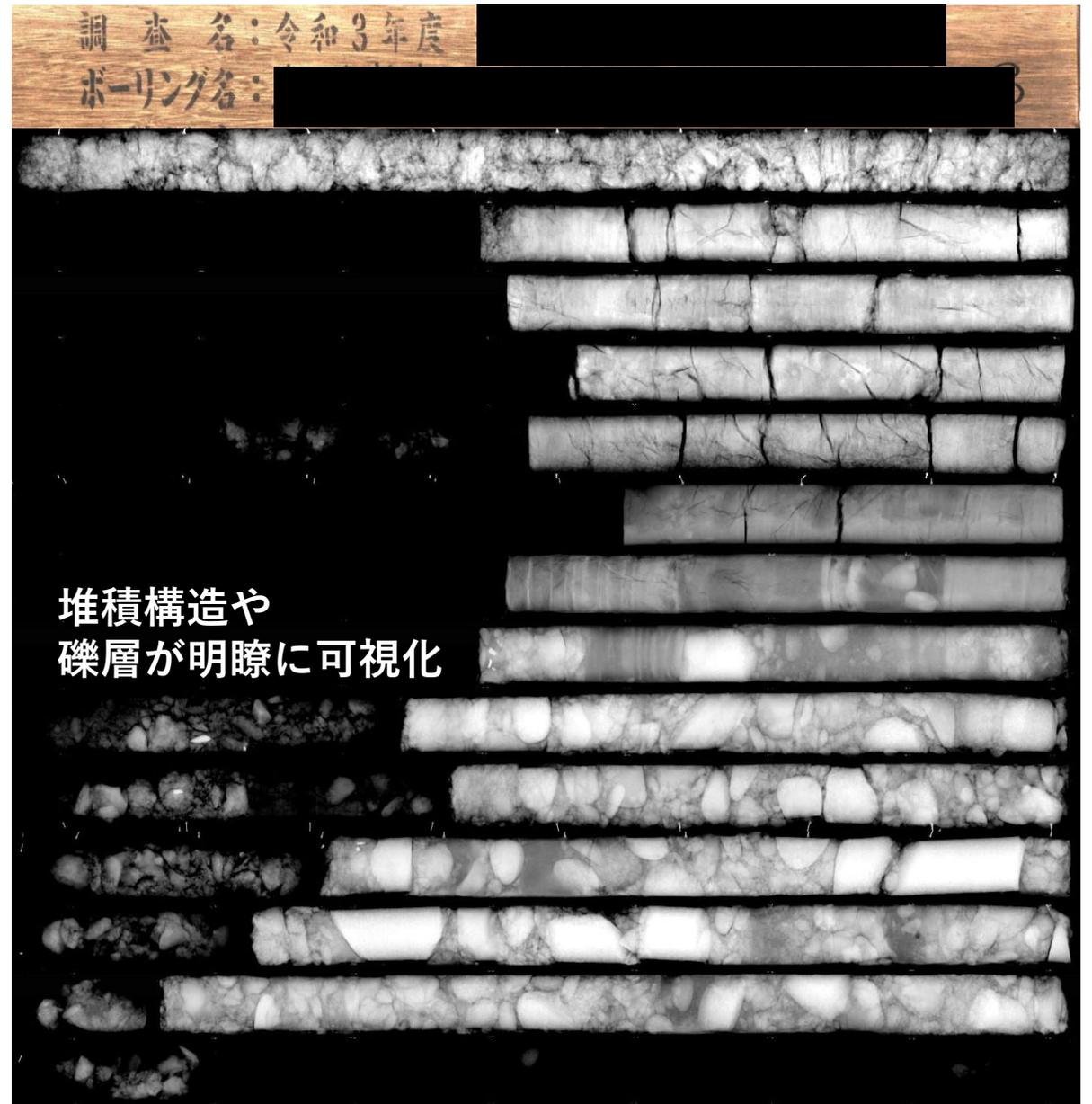


コアの詳細観察

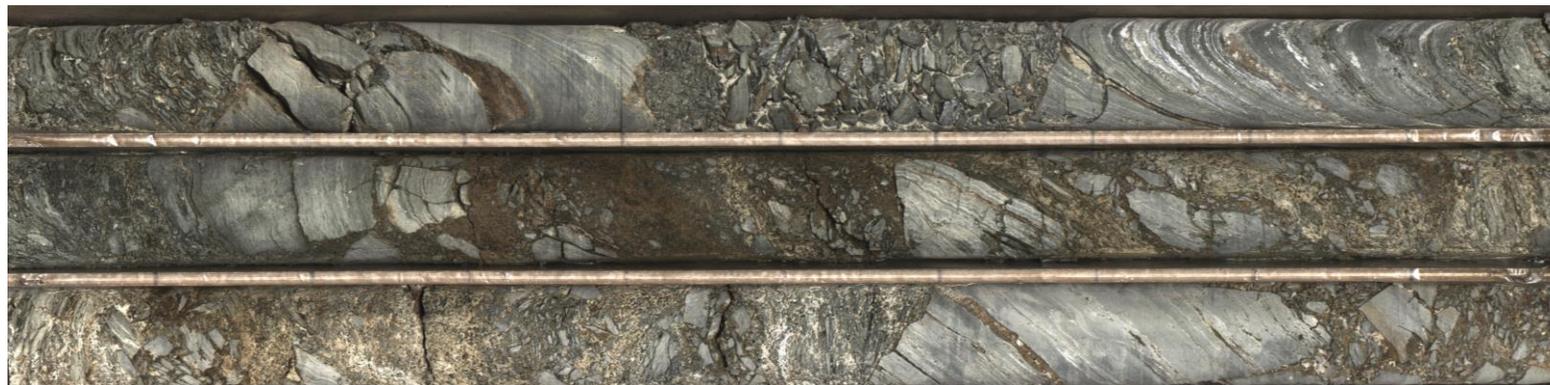
4 K 複数人でWEBで
大型モニターで議論



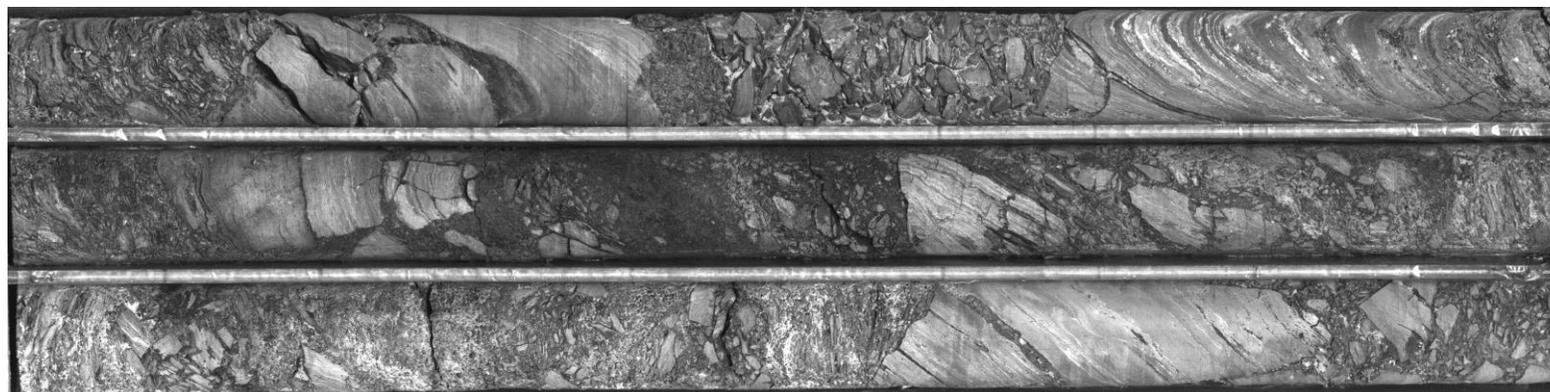
数年前のコアの再撮影も容易：100箱 半日で完了



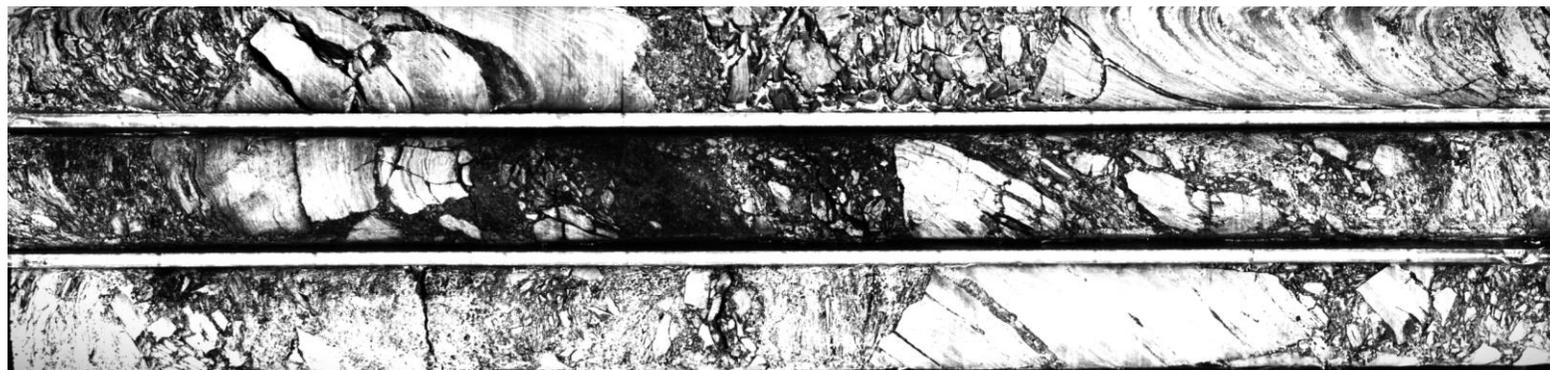
4Kカラー写真

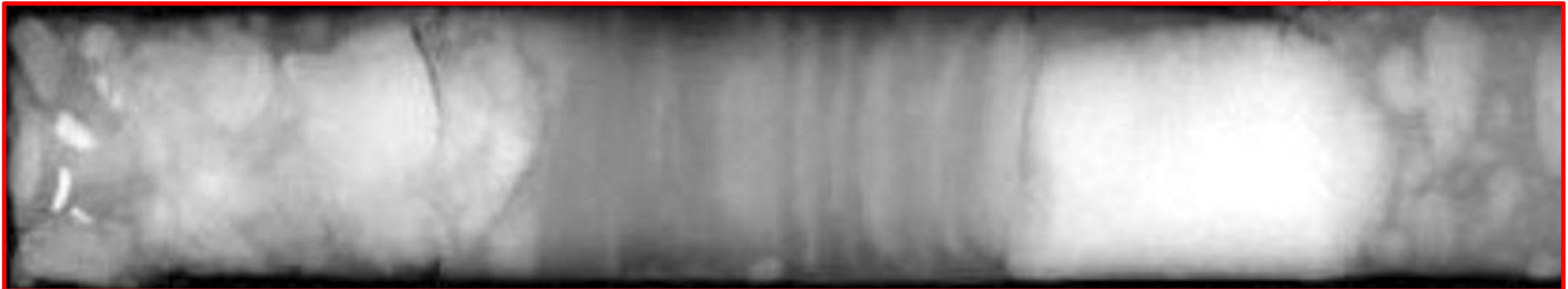
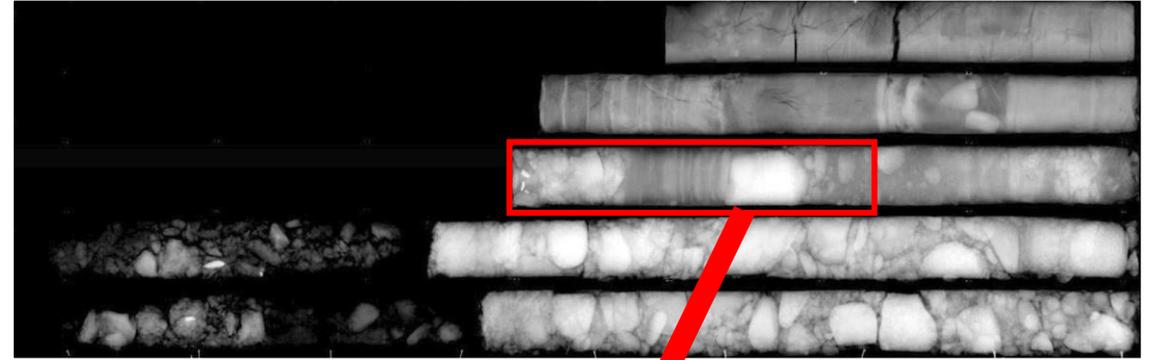


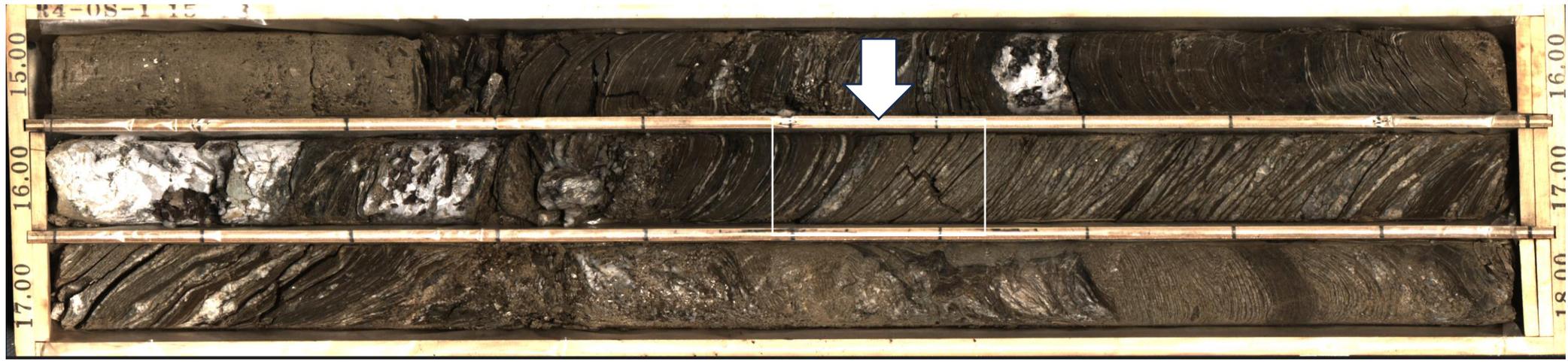
グレイスケール



モノクロ写真

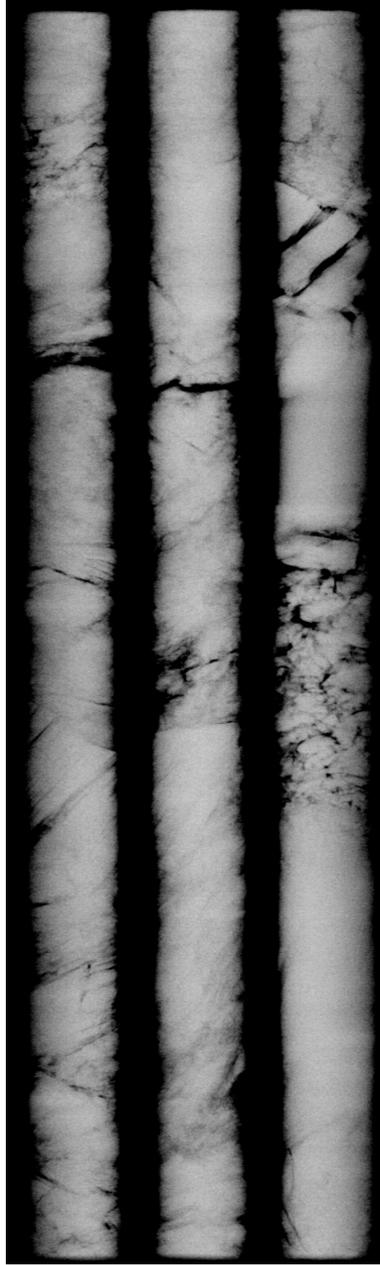




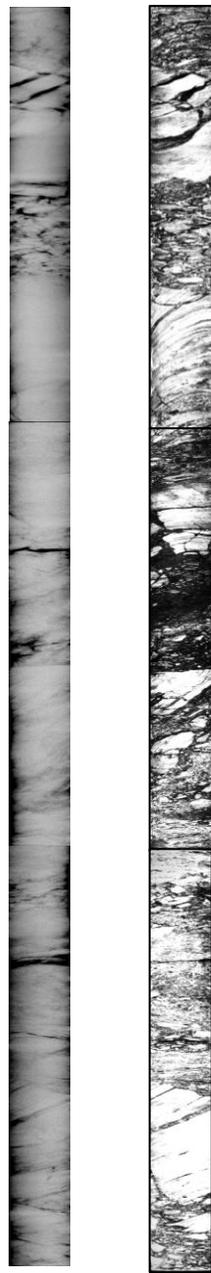
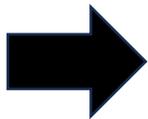




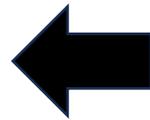
4Kカラー写真



X線写真



コアの多面的観察の必要性



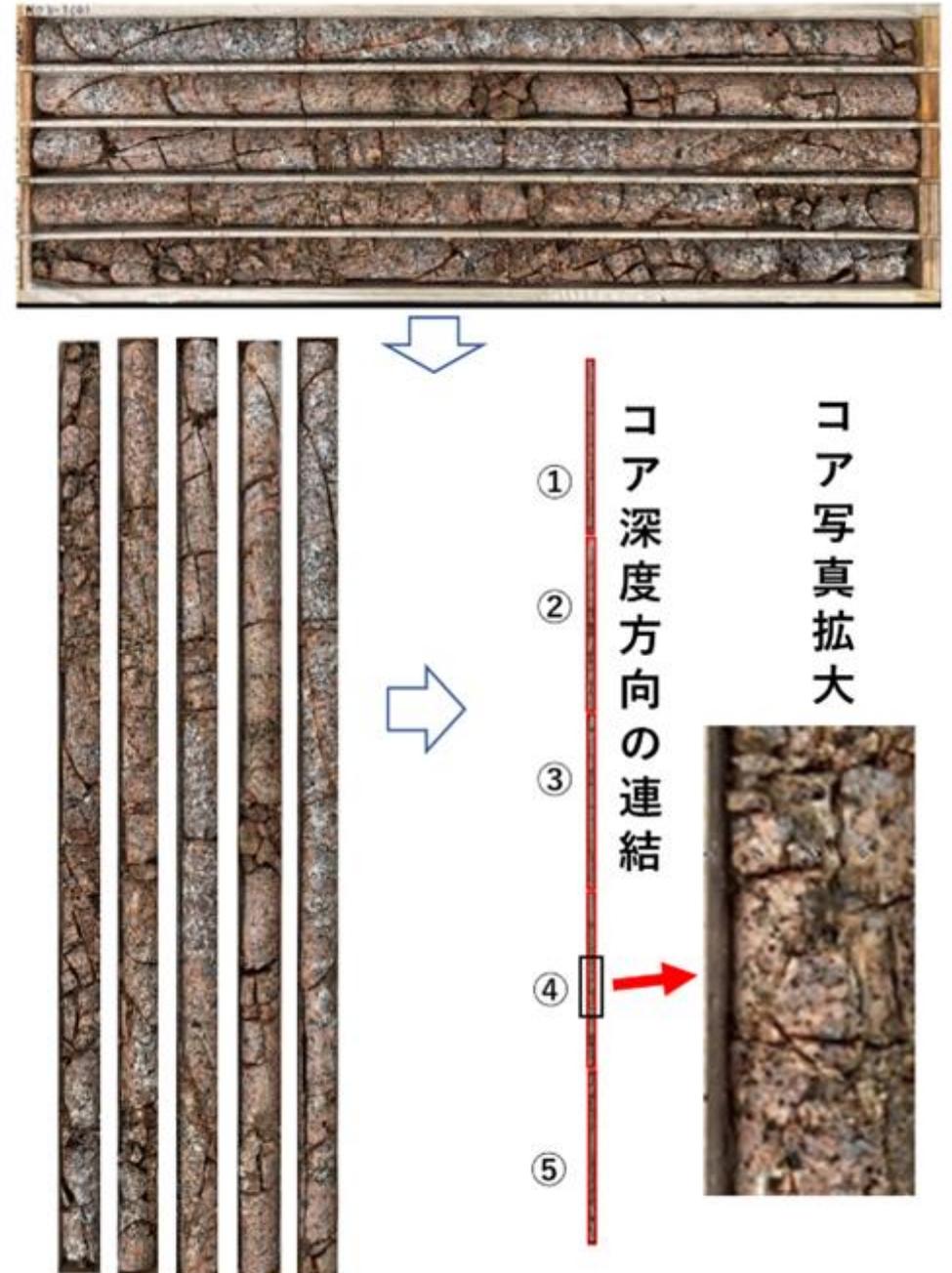
モノクロ写真



グレイスケール

コア画像ビュー

- 孔口から深度方向の連続コア
- 高解像度写真とX線画像を
- 連続的にCRTに表示
- 自由に拡大・縮小が可能
- コアを高解像で自由に観察
- DX化で重要なこと
- データのトレーサビリティの担保
- 地すべり調査では,
 - 地形断面に複数のボーリングの柱状図や
破砕度区分図を並べた地下構造が描かれ,
 - すべり面の判定が行われる。
- 判定の物証となるのは、実はコア写真等の1次データである。この情報がすべり面の判断を行う際に瞬時に画面表示されることで、柱状図や破砕度区分の客観性が担保される。



深さ 標高

-0 -200

-5 -180

-10 -160

-15 -140

-20 -120

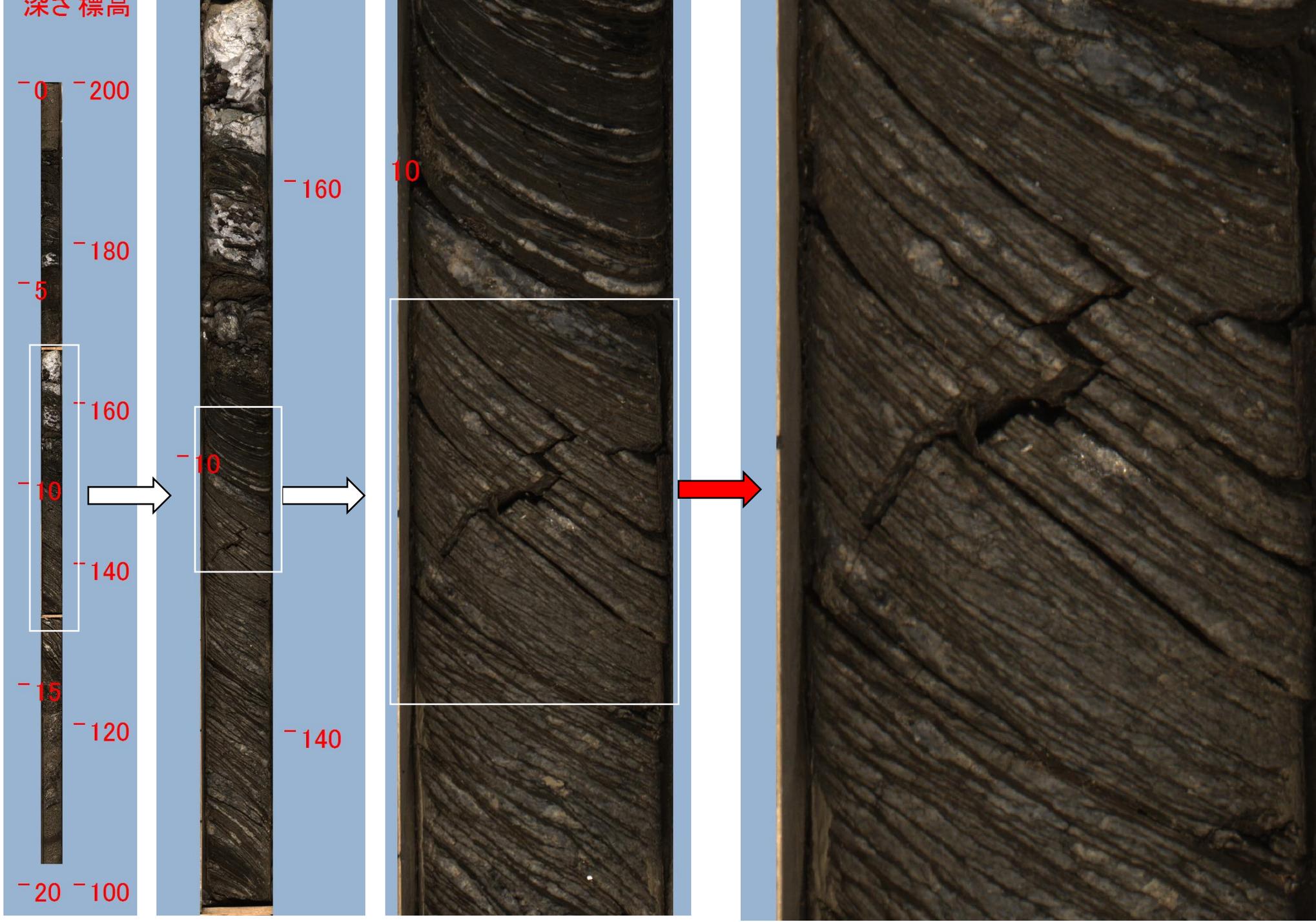
-20 -100

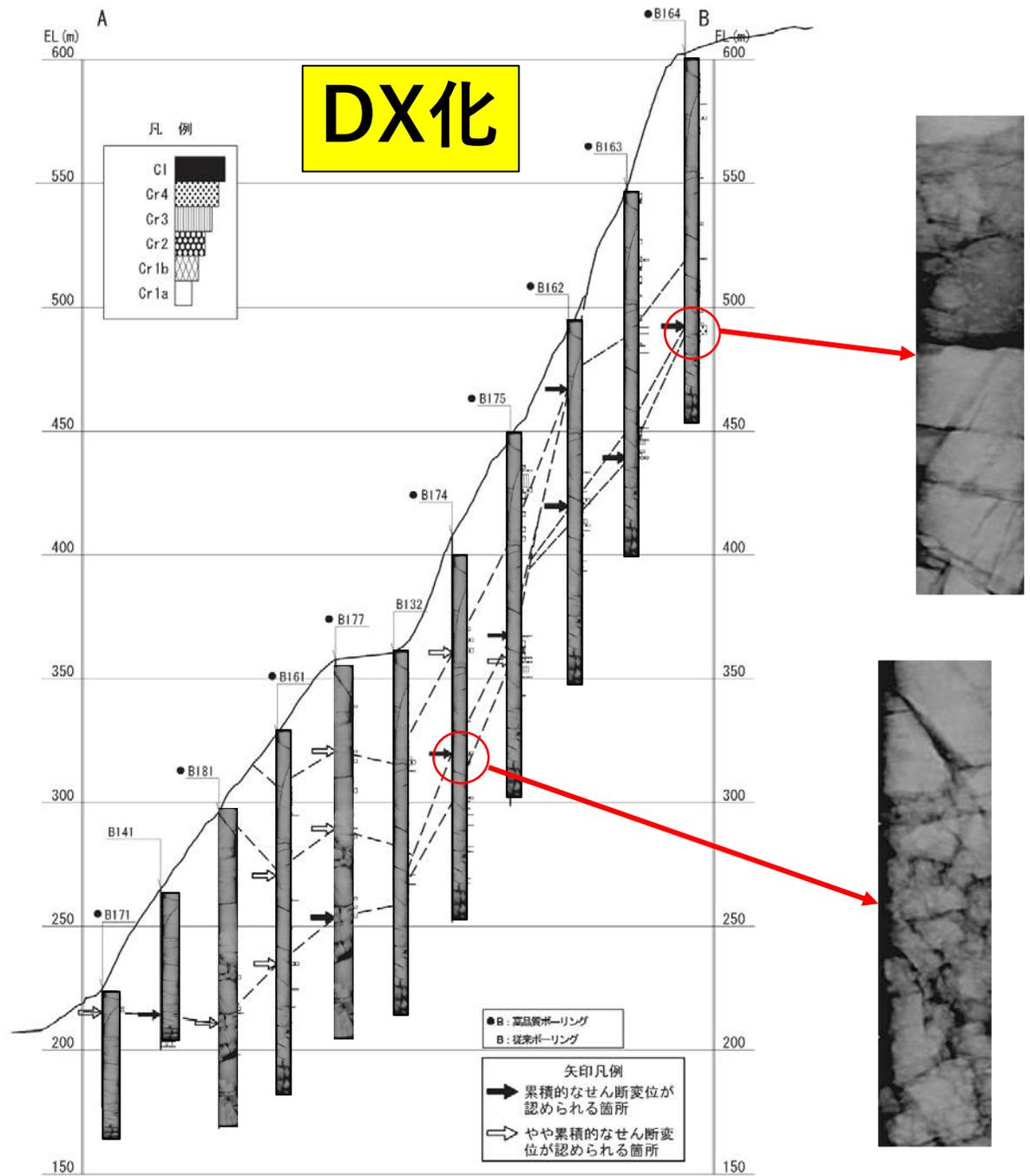
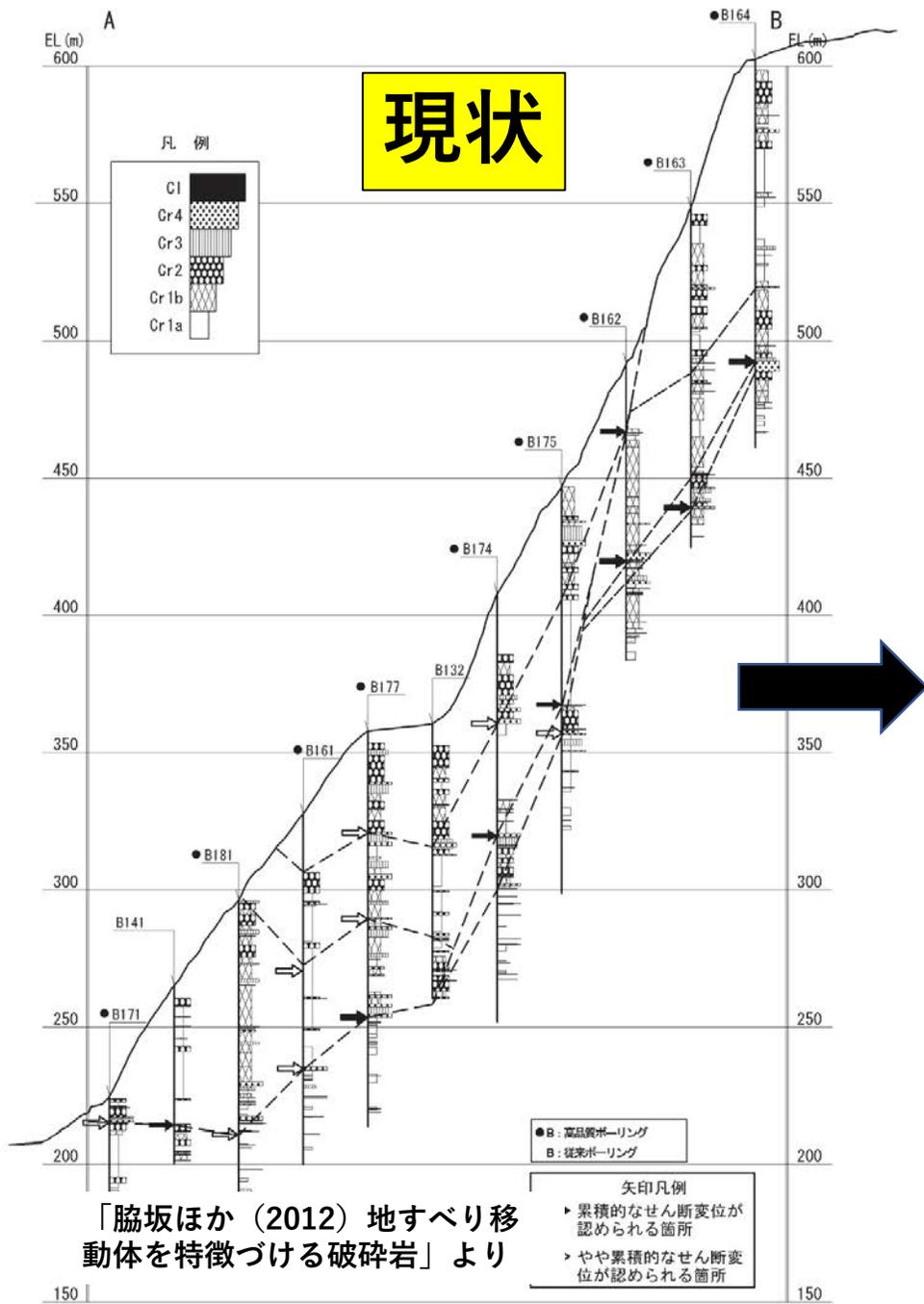
-160

-10

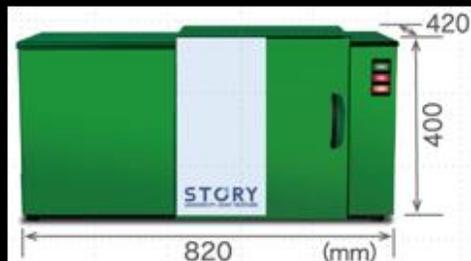
10

-140





ボーリングコアX線CT画像撮影システム



約70kg

仕様

- AC100V 50/60Hz
- 1.0kVA (照射時ピーク電力)
- X線発生部
- 管電圧: 50~100kV
- 管電流: 2~10mA
- 最大出力電力: 500W
- 装備: インターロック
- X線漏洩線量: 1 μ Sv以下 (装置外側に管理区域不要)
- 「X線作業主任者」資格: 不要

◆ 分解能 LP/mm (ラインペアパーミリ)
1mm中に確認できる白黒の線のペア数
4LP/mm 0.125mm

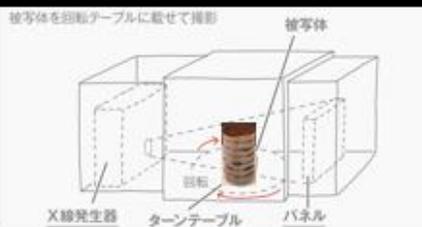
◆ 搭載可能サイズ
 ϕ 300 × H320mm

◆ ターンテーブル耐荷重: 約10kg

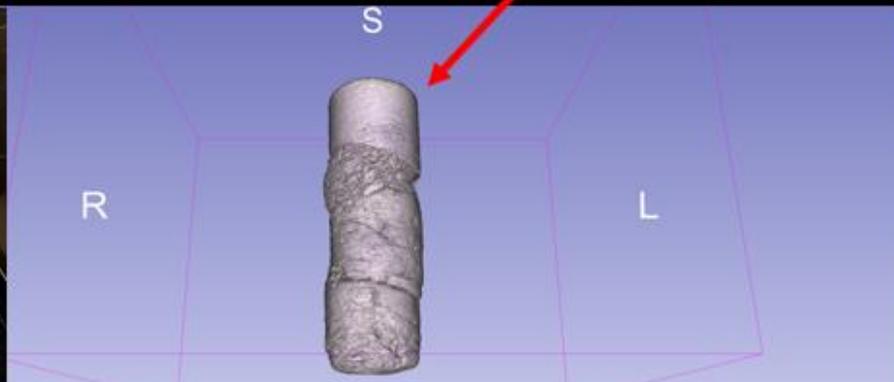
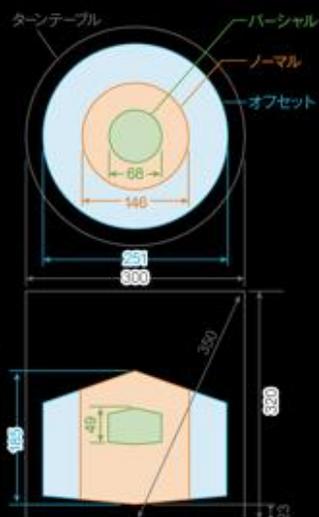
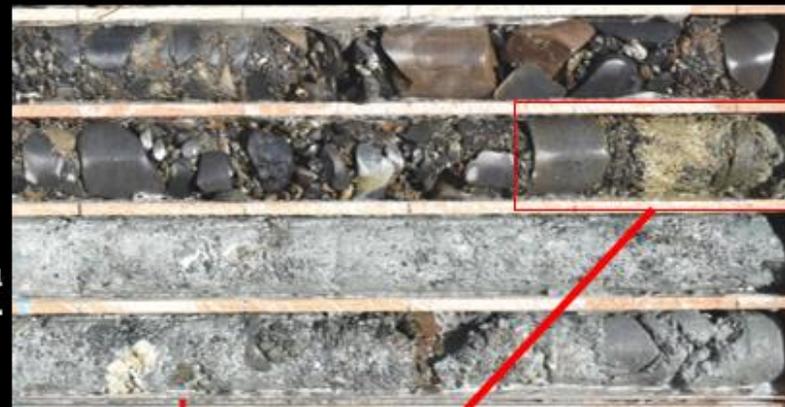
素材	透過厚 mm	原子番号
樹脂	150	13以下
アルミ	100	13
鉄	10	26
重金属	5以下	銅29/亜鉛30/ 銀47/金79



専用パソコンで撮影条件を入力し撮影
3Dの場合は約400枚、2Dの場合は1枚撮影

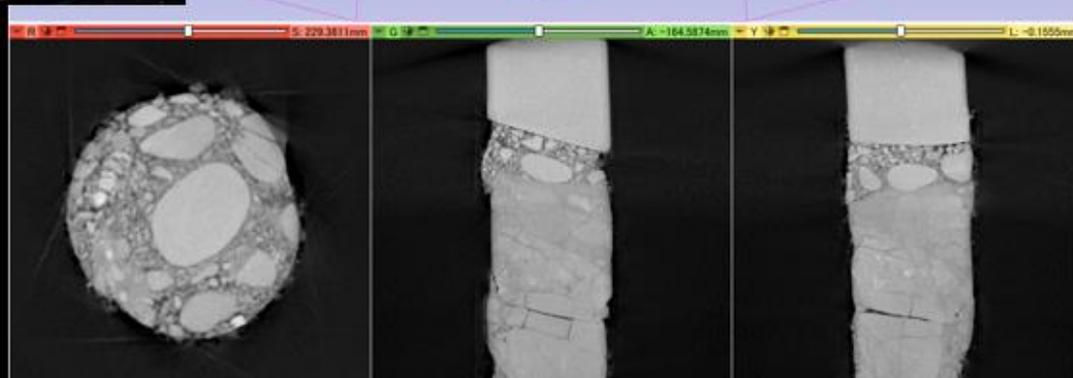


X線CT撮影装置



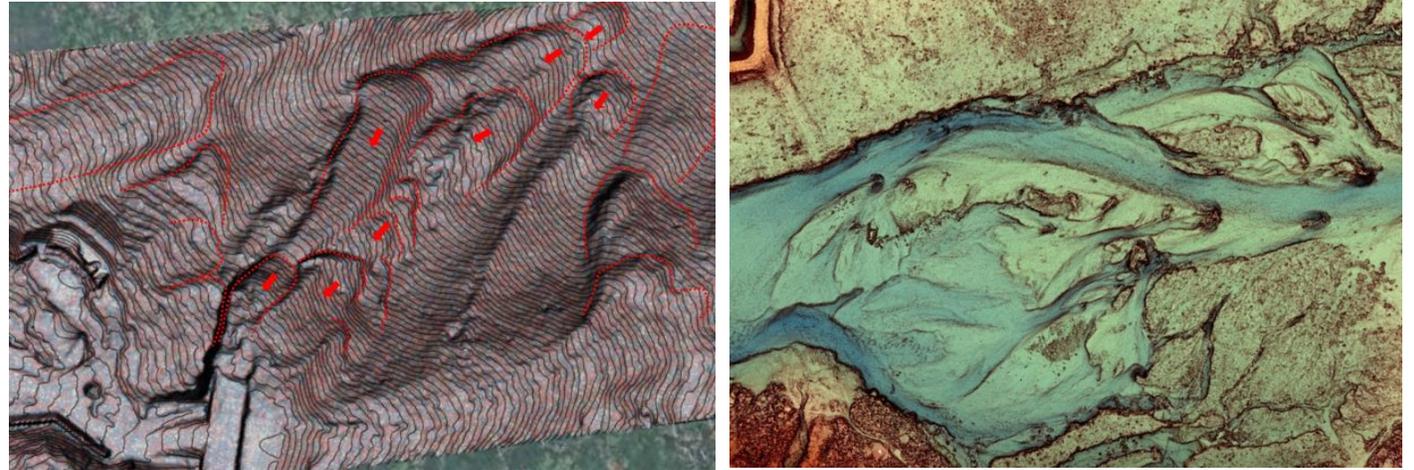
ϕ 68 × H38~49mm
画素サイズ: 0.083mm
 ϕ 146 × H153~185mm
画素サイズ: 0.16mm
 ϕ 251 × H130~185mm
画素サイズ: 0.24mm

ピクセルサイズ 120 μ m
露調 16bit
有効受光面サイズ
H263 × w213mm
画素数 400万画素



点群による地形画像とコアスキャナ技術が拓く地形・地質情報のDX化

- 点群による地形画像
 - 圧倒的な情報量
 - 解釈からファクトデータ
- 地形画像⇒地形判読からの脱却
- 難しいことをわかりやすく
- 等高線図から地形画像へ



コアスキャナ技術

- 4Kコア写真：圧倒的な情報量
- X線写真：多面的な評価
- 柱状図からコア画像診断へ
- 解釈図からファクトデータへ
- トレーサビリティ
- コアビューア
 - 深さ方向での観察
 - 高品質コアを生かそう
 - 地下を容易に観察しよう

