

ドローン地形計測と3Dプロジェクション マッピングによる地学教育

産総研発ベンチャー
地球科学可視化技術研究所(株)
芝原 暁彦

NHK・BSプレミアム「凸凹探検で謎解き！裸にしたいTOKYO」

2015年1月～3月放送（株式会社ニシムラ精密地形模型（地球技研副代表）大道寺覚氏と共同出展

本日の予定

- ・博物館発のイノベーションとは
- ・地質模型システムの開発
- ・ドローンの応用
- ・産総研発ベンチャー設立の経緯
- ・応用例(ベンチャーとしての研究開発)
- ・展望:アウトリーチにどう生かすか

プロフィール

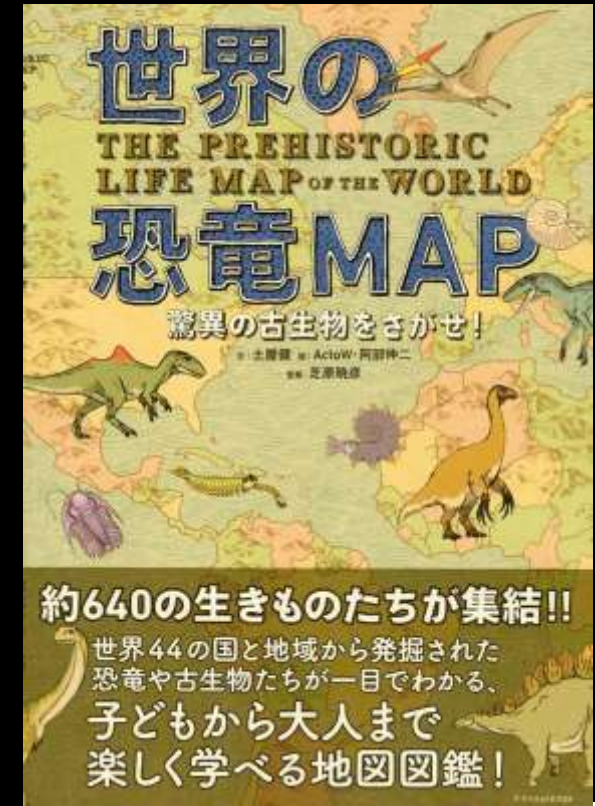
- ・ 古生物学者、3D造型技術者
- ・ 地球技研（産総研発ベンチャー）CEO
- ・ 地質標本館 学芸員（~2017.3）



単著 (2014)



共著 (2014)



監修 (2016)

地学系アウトリーチの課題

- ・地図・地質図の判読
- ・スケール感(何億年～何万年?)



地質標本館公式サイト
(<https://www.gsj.jp/Muse/>) より



堆積実験の様子
GSJニュースレター NO. 24 2006/9

地質情報の可視化技術開発



精密立体地質模型 (Highly Realistic Projection model : HiRP)



サイズ：297mm×297mm

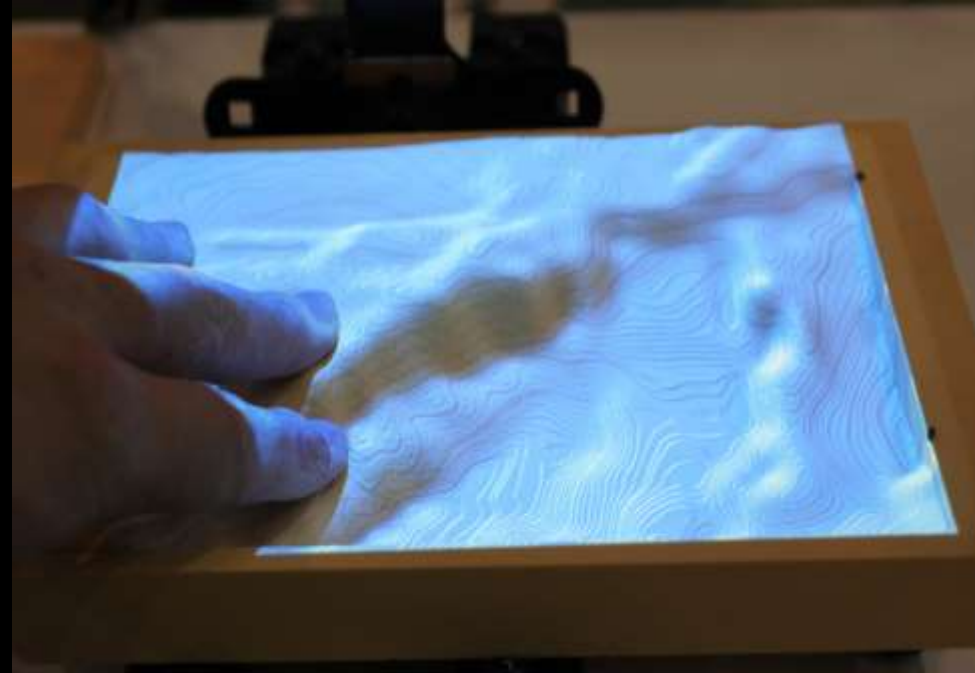
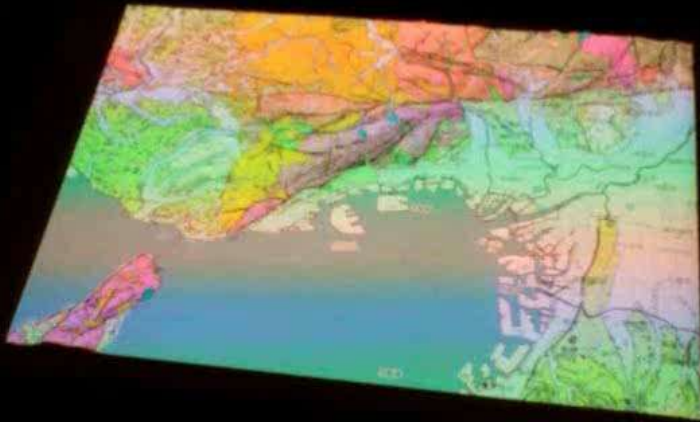
縮尺：1/144,000 高さ強調倍率：約1.1倍

プロジェクションマッピング用立体造形手法＋位置合わせ

(特許第6079990号)

地質情報の可視化技術開発

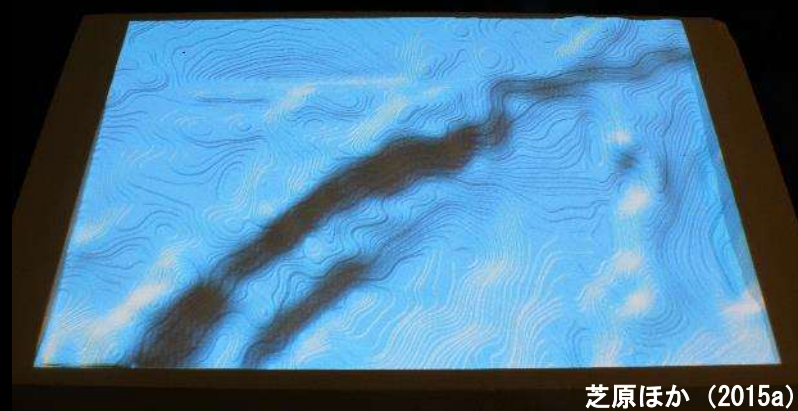
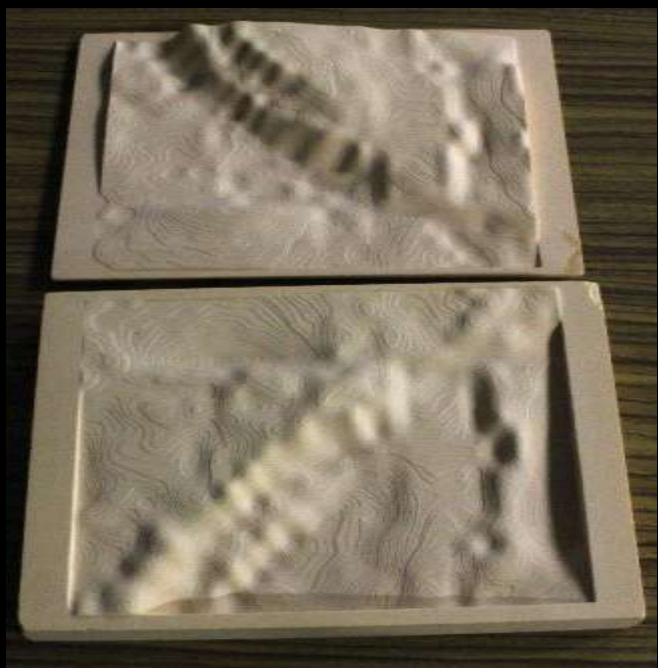
積層型精密立体地質模型(特願2013-184973)



三次元地盤構造モデルは堀川ほか(2003)を使用

- ・上版の地層(大阪層群)を外し、下の岩盤や断層の様子を触察できる。
- ・複数の地層を積層可能。
- ・地下の断層面の分布と、地表の断層線との関係など、防災情報を効果的に把握できる。

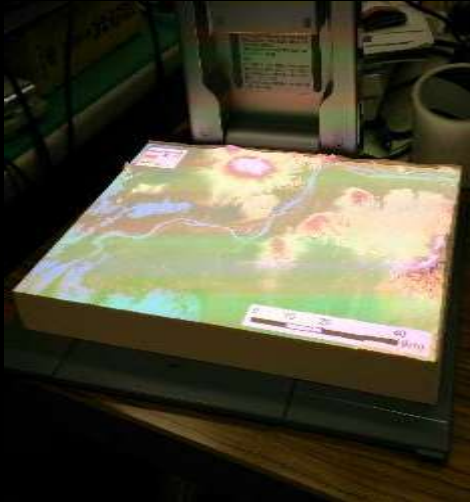
防災計画への適用可能性（大阪地下情報）



芝原ほか (2015a)

- ・ 地下構造の情報を持つ積層型地質模型（特願2013-184973）
- ・ 上層：基盤地図情報10mメッシュ、
下層：下層（基盤岩）上面
- ・ 地質図、断層系、地下水情報等を投影

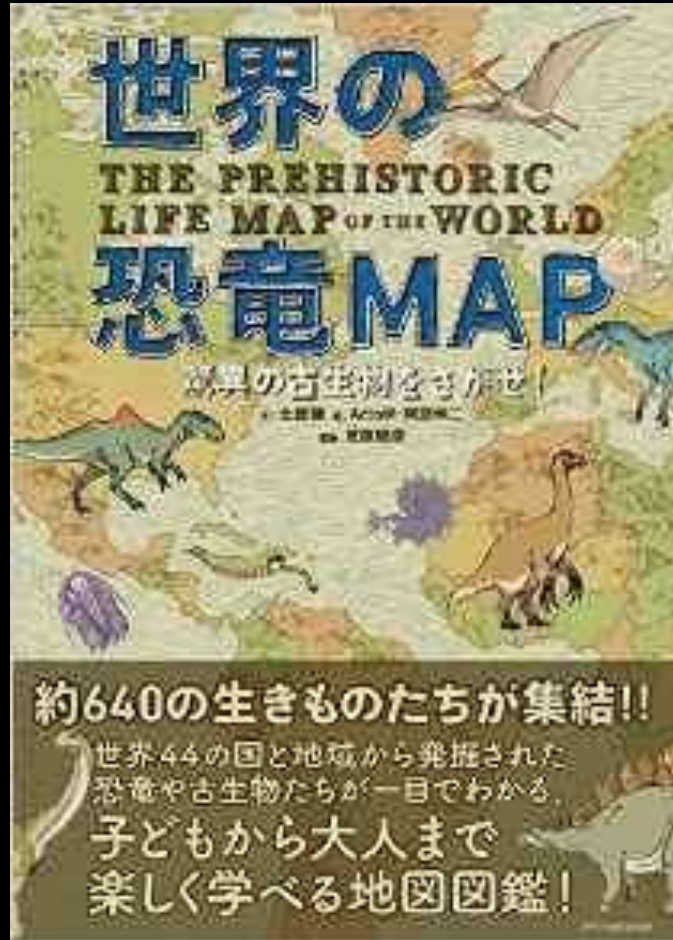
応用例（海外教育支援）



- ・ 折りたたみ式投影装置
- ・ カンボジア教員養成所
- ・ 模型によるメコン川の理解
- ・ 模型を手にフィールドワーク

古生物地理情報の可視化（ARと組み合わせ想定）

世界の恐竜マップ
（地球環境変動・超大陸など）



土屋健（著）・芝原暁彦（監修）



2016年度導入事例

【3DPM模型】

- ・ 富士火山地質図（改訂版）プレスリリース
- ・ 常総市、赤穂市
- ・ 国語研究所・地質標本館
- ・ 新潮講座・ユーキャン
- ・ 東京マラソン（未来システム社様）
- ・ VR学会・ニコニコ学会

【3D測定】

- ・ 地質標本館 化石標本
- ・ 古生物学会
- ・ モンスターゴールド



2016年度導入事例

【3DPM模型】

- ・ 富士火山地質図（改訂版）プレスリリース
- ・ 常総市、赤穂市
- ・ 国語研究所・地質標本館
- ・ 新潮講座・ユーキャン
- ・ 東京マラソン（未来システム社様）
- ・ VR学会・ニコニコ学会

【3D測定】

- ・ 地質標本館 化石標本
- ・ 古生物学会
- ・ モンスターゴールド



2016年度導入事例

【3DPM模型】

- 富士火山地質図（改訂版）プレスリリース
- 常総市、赤穂市
- 国語研究所・地質標本館
- 新潮講座・ユーキャン
- 東京マラソン（未来システム社様）
- VR学会・ニコニコ学会

【3D測定】

- 地質標本館 化石標本
- 古生物学会
- モンスターゴールド



つくば市の科学コミュニケーション



地質標本館公式サイト
(<https://www.gsj.jp/Muse/>) より

- ・ 研究成果、登録標本展示
- ・ 年3回の特別展
- ・ ニコニコ学会
つくばサマーキャンプ
(2016)

その他（大道寺氏との共同開発）

【3Dカラーマップ、山形ver】

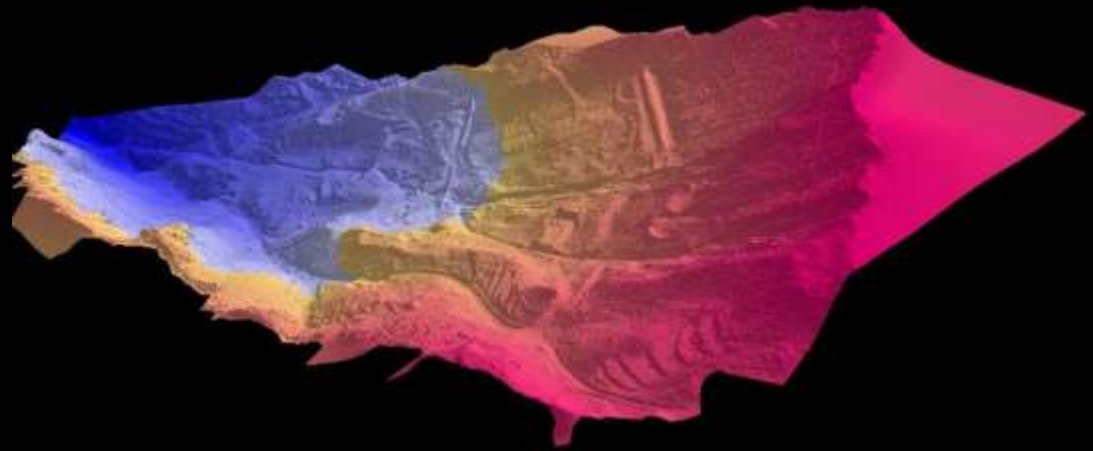
- ・ 日照下での視認
- ・ ブラタモリ箱根編（今週末）
- ・ 関口宏の関口宏のニッポン風土記





その他（大道寺氏との共同開発）

【3Dカラーマップ、大涌谷ver】



ドローン計測→模型化→着色

その他（大道寺氏との共同開発）

【3Dカラーマップ、大涌谷ver】



ドローン計測→模型化→着色

2016年8月、始動



地球技研

地球科学可視化技術研究所

Re:V

Research Institute for
Earth Science
Visualization Technology

Point

1. 地球科学情報の「見える化」技術開発
(*プロジェクションマッピングの専門組織ではありません)
2. 研究費の自己調達
3. 研究者(学芸員)が常駐するベンチャー

【業態】

- ・芝原暁彦(CEO), 大道寺覚(CTO)
- ・産総研技術移転ベンチャー
- ・学術研究, 専門・技術サービス業 (日本標準産業分類)

【開発・販売】

- ・プロジェクションマッピング型模型
- ・3Dカラーマップ(ブラタモリ)
- ・発掘現場や化石の3D計測

【教育支援】

- ・博物館・自治体用のコンテンツ開発、プロデュース
- ・教材開発



地球科学可視化技術研究所

地球
技
研

Re:V

Research Institute for
Earth Science
Visualization Technology

産総研発ベンチャーとはなにか？

- ・研究成果(知財)の事業化
- ・ベンチャー技術移転促進措置

国立研究開発法人産業技術総合研究所 ベンチャー技術移転促進措置実施規(抜粋・着色)

第3条 研究所は、次に掲げる事項すべてに該当する法人等に対して、第2章の技術移転促進措置を行うことができる。

- 一 **研究所の研究成果を活用**した事業を行い、かつ、当該研究成果を実施するために必要な技術開発体制を有している法人等
 - 二 次に掲げる事項のいずれかに該当する法人等
 - イ 前号の研究所の**研究成果を創出した役職員**等が出資し、重要な関与をしていると認められる法人等(以下「**発明者出資型ベンチャー企業**」という。)
 - ロ 前号の研究所の研究成果を創出した役職員等が役員又は従業員である法人等(以下「**人材参画型ベンチャー企業**」という。)
 - ハ 研究所との共同研究の実績を有する法人等(以下「**共同研究型ベンチャー企業**」という。)

高詳細写真計測による化石標本の3D計測および展示手法

芝原唯彦 (産総研地質標本館室)・利光誠一 (産総研地質標本館室)

Techniques of 3D measurement and exhibition of fossil specimens with high-definition photogrammetric method.
Akihiko Shibahara (AIST), Seichi Toshimitsu (AIST)

背景・手法

博物館において収蔵化石標本の3Dモデルを迅速に作成し、データベース化する手段として、市販のソフトウェアと単焦点レンズ装置の一眼レフカメラによる写真計測を用いた例について報告する。写真計測を用いる利点として、元々がデジタル一眼レフによる画像情報であるため色再現性が高いこと、表面反射の強い標本であってもレンズフィルタを撤去して計測できること、また画像情報とカメラ撮影位置情報のみを保存し、必要に応じて高密度な点群3Dモデルを合成することで、ストレージを圧迫せずに標本の情報をアーカイブできること等が挙げられる。

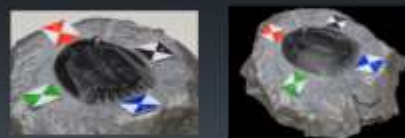


図1. 三葉虫 (GSJF17189) 撮影の様子。化石の両面に3D計測用標識マーカーを配置して(左図)26枚のバンフォーカス画像を取得し、3Dモデルを合成した(右図)。計測表面積は約90mm²四方。

測定例

異常産アンモナイト *Oxytoma mirabilis* (GSJF9094) の測定例。撮影にあたっては、計測用に開発した撮影マーカーを、化石標本の形態にあわせて配置し、回転台上で標本を回転させながら116枚の画像撮影し、3Dモデルを合成した。白色の表面組織が覆っている部分は反射強度が高いため、カメラレンズに偏向フィルタを装着して撮影を行った。手法の迅速化のため、深度合成等のソフトウェア的な処理は行わず、被写界深度のコントロールのみでバンフォーカスの画像を取得した(図2)。

使用カメラ: Nikon D300 レンズ: Micro-Nikkor 50mm F2.8S, Micro-Nikkor 105mm F2.8S 撮影枚数: 116枚
フィルタ: Kenko PRO1D WIDE BAND
ソフトウェア: AGI Photocan Standard edition



図2. 点群データ (17,559,427点)



左側面



原標本



右側面

図3. 原標本(中央)および3Dモデルの左側面、右側面、正面、背面

活用・課題

異常産アンモナイト・メガロシ・棘刺類の3Dデータポイントをプラットフォームで閲覧・計測するシステムを開発し、地質標本館の展示室に設置して試観公開した。3Dモデルは任意に回転・拡大縮小が可能で、化石の美観や、断面の繊細な構造を顕微鏡並みの拡大で、サイズ計測なども可能。ただし、データ容量と、モニターを用いた教育現場での活用が主な課題となる。



図4. ピンチ操作による拡大縮小(上)、3Dメジャーによる体長の計測(下)、閲覧システム(右)

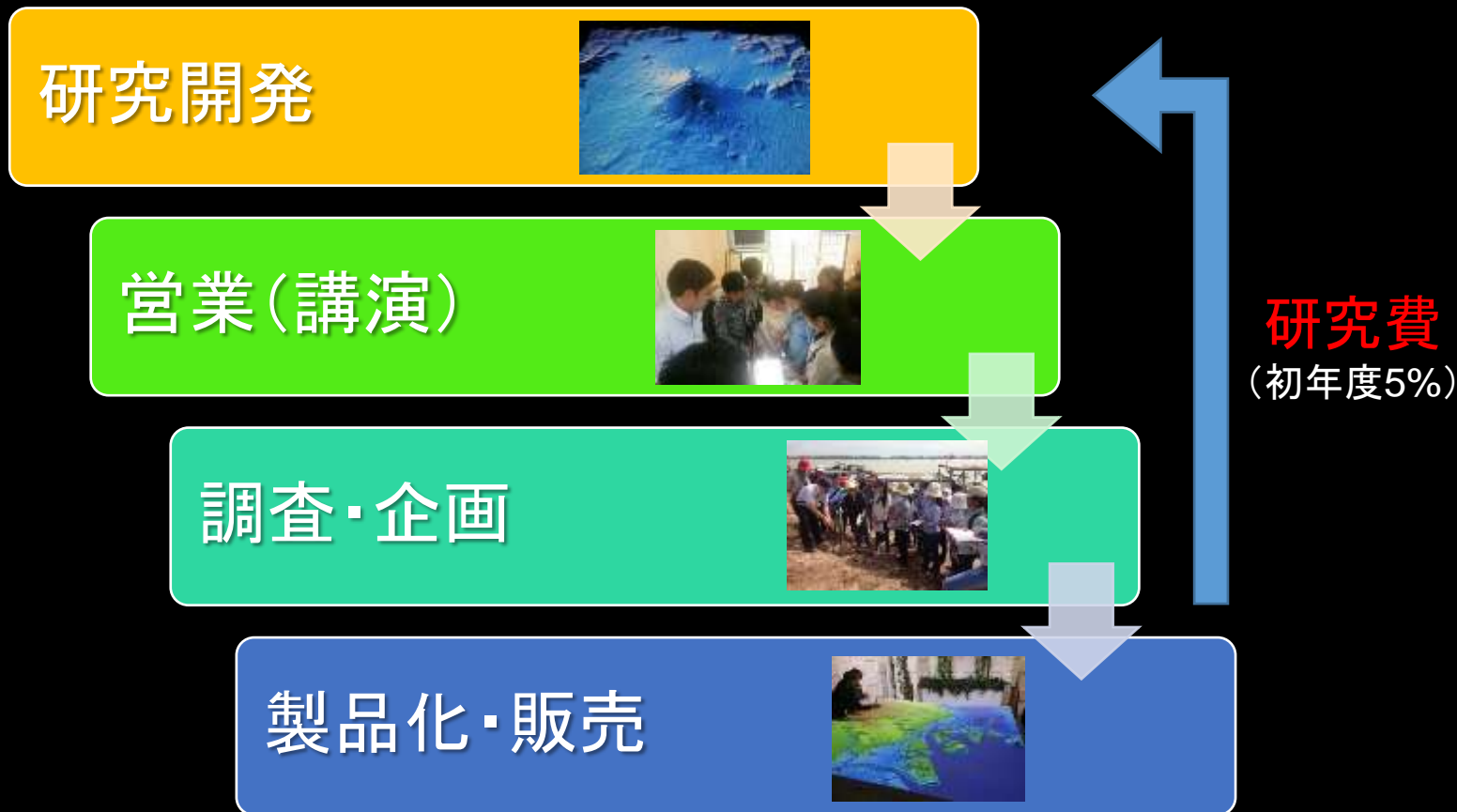
その他の主な3Dモデル

それぞれから原標本写真、3Dモデル正面、側面、背面の画像。各標本につき約100枚の画像を撮影した。



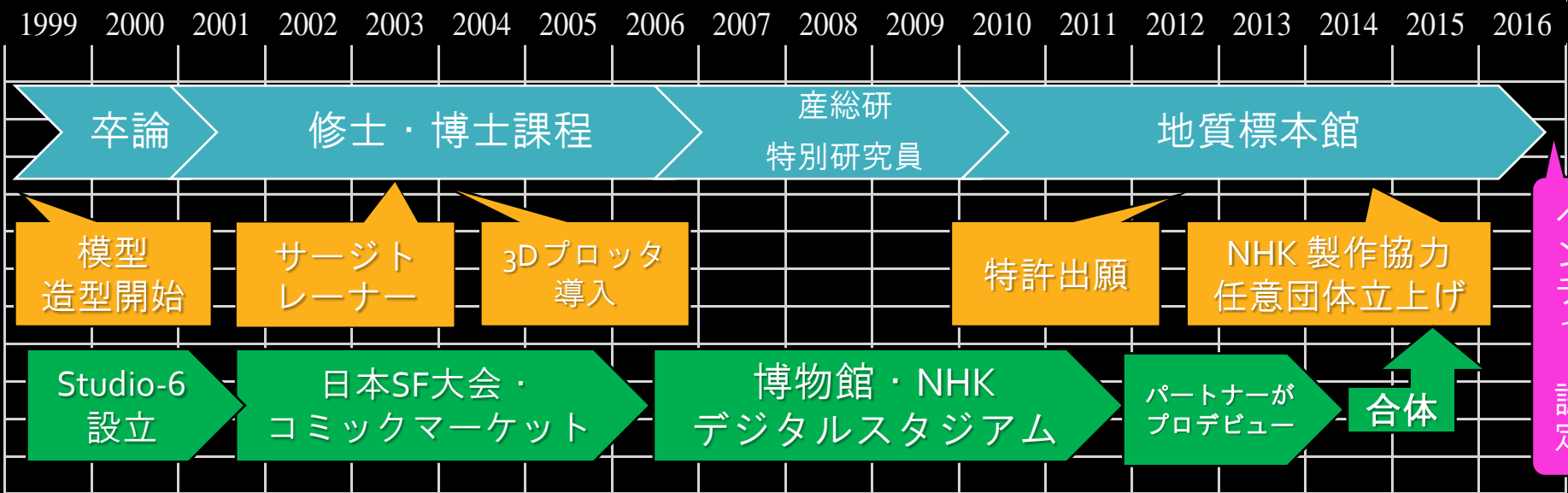
Ceratoides rugosus (GSJF91300, 自然サンゴ礁) 左右長約1.5cm
Ceratoides rugosus (GSJF1142) L, アンモナイト(産) 左右長約1.5cm
Anomolites mirabilis (GSJF11711, 標本館) 左右長約1.5cm
Ceratoides rugosus (GSJF11711, 自然サンゴ礁) 左右長約1.5cm

地球技研の業務内容



研究開発だけでなく、運用マネジメントまで一貫して実施
自治体・ジオパーク・博物館で運用開始
初年度黒字！

設立以前の活動



人間福祉医工学研究部門
(当時)

- ・ 3D造型物の応用
- ・ 知財化のノウハウ
- ・ ベンチャー立ち上げ方法など学んだ

写真提供: 山下樹里氏および有限会社サージ・トレーナー。

大きな転換点となったNHK番組



光軸調整



キャリブレーションパターン投影

NHK番組での技術移転

「凸凹探検で謎解き！
裸にしたいTOKYO」
2015年1月～3月放送

- ・ 技術移転を契機に、企業や研究機関との交流が生まれた。
- ・ 産総研TodayとGSJ地質ニュースがきっかけ。



小型カメラによる拡大撮影



細部の観察が可能



3m四方大型模型（東京）

芝原ほか(2015)より

<可視化研究に関する誌上発表（2013～）>

▶ 誌上発表（査読あり）

- ・島田泰子・芝原曉彦（印刷中）. 方言研究における地形情報としてのDEM（数値標高モデル）導入の試み——言語地図分析における〈精密立体投影〉手法の可能性—— 国立国語研究所論集.
- ・芝原曉彦・木村 克己・西山 昭一, 2015. 積層型精密立体地質模型：3D造型とプロジェクションマッピングを用いた地下構造の新規可視化法とその応用. 日本地図学会誌「地図」53, no. 1, p. 36-46.
- ・芝原曉彦・今尾恵介・大道寺 寛・柚口三奈子・酒井 克・小林弘幸, 2015. 精密立体地質模型と各種メディアとの連動による地形・地質情報の可視化と情報発信. 日本地図学会誌「地図」53, no. 1, p. 47-56.
- ・芝原 曉彦・加藤碩一・伊藤順一, 2013. 三次元造型による精密立体地質模型（映像投影型）を使った地質情報の発信および地学教育への応用（雲仙普賢岳と阪神・淡路地域を例として）. 地質学雑誌, Vol. 119, No. 10, 口絵XV-XVI.

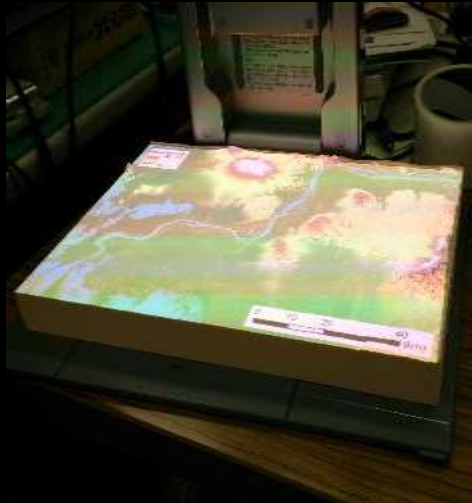
▶ 広報誌

- ・地質学会広報誌「ジオルジュ」2016. 地球科学を「見える化」.
- ・芝原曉彦, 2014. 精密模型による地質情報の立体化技術、精密三次元造型とプロジェクションマッピングの連携. 産総研Today, 14, no. 11, p. 19.
- ・芝原 曉彦, 2014. 3Dプリンタをどう使うか？ -博物館・研究施設における、次世代可視化技術活用への取り組みと展望-. 科学技術振興機構（JST）サイエンスポータル, オピニオン.

▶ 誌上発表（査読なし）

- ・芝原曉彦・吉田清香・大谷 竜・宮内 渉・澤井祐紀・川辺禎久, 2015. 桜島の精密地質模型を用いた地質図の空間認識とバーチャルジオツアー. GSJ 地質ニュース, 4, no. 1, p. 6.
- ・芝原曉彦・宍倉 正展, 2014. 海岸段丘レーザーสキャン計測データの3Dプリンタによる立体造形と, 国立歴史民俗博物館でのプロジェクションマッピング展示について. GSJ 地質ニュース, 3, no. 8, p. 225-227.
- ・芝原 曉彦, 2014. 三次元造型機（3Dプロッタ）とプロジェクションマッピングを用いた地質情報の発信：精密立体地質模型の開発と展示. 測量, Vol. 64, No. 3, p. 48.
- ・芝原 曉彦・及川輝樹・石塚吉浩・中野俊・山元孝広・高田亮・浦井稔, 2014. 国際火山学地球内部化学協会2013年学術総会にて展示した富士火山地質図の精密立体模型. GSJ 地質ニュース, 3, no. 2, p. 34-36.
- ・芝原 曉彦・吉田清香・及川輝樹・伴 雅雄・百目鬼洋平・宮内渉・住田達哉, 2014. 地質情報展 2013 みやぎ 体験コーナー「蔵王みたま砂絵で地質図、砂絵と模型による仮想ジオツアー」. GSJ 地質ニュース, 3, no. 1, p. 20-22.
- ・高橋雅紀・芝原 曉彦, 2014. 「地質アナログ模型の世界」. 地質調査総合センター研究資料集, no. 605.
- ・芝原曉彦・住田達哉・加藤碩一・大和田 朗・佐藤卓見, 2013. 3D模型と砂絵で楽しむ筑波山のジオ・地質図を立体的に理解するための砂絵教材の開発とイベントでの活用. GSJ 地質ニュース, 2, no. 9, p. 279-281.
- ・芝原曉彦, 2013. 三次元造型技術とプロジェクションマッピングを用いた精密立体地質模型の開発と, 博物館およびジオパーク地域での活用. GSJ 地質ニュース, 2, no. 8, p. 243-248.

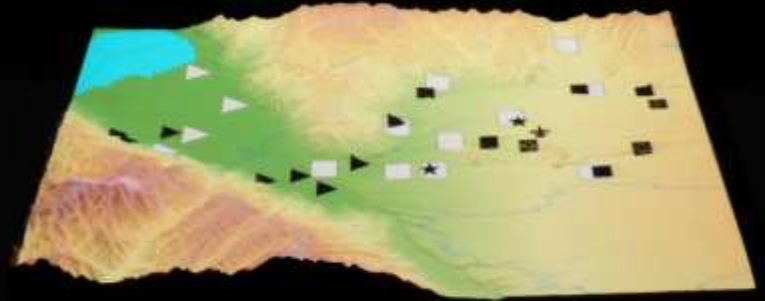
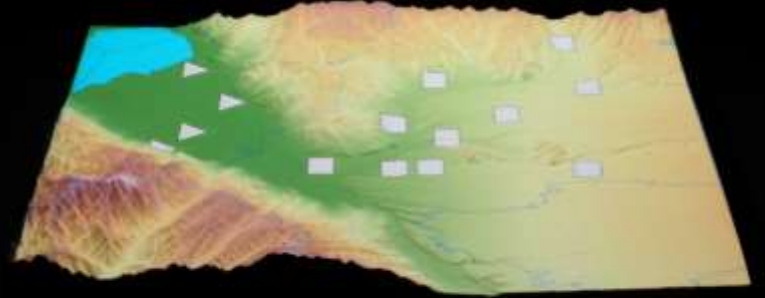
応用例 1 (海外教育支援)



- ・ 折りたたみ式投影装置
- ・ カンボジア教員養成所
- ・ 模型によるメコン川の理解
- ・ 模型を手にフィールドワーク
- ・ 将来的な経済発展、
防災・開発計画

応用例 2（国立国語研究所）

島田泰子・芝原暁彦. 方言研究における地形情報としてのDEM（数値標高モデル）導入の試み：言語地図分析における〈精密立体投影〉手法の可能性. 国立国語研究所論集, 12, p. 111-124.



- ・ 長野県伊那諏訪地方言語地図
- ・ 方言の分布やその形成, 変化の分析
- ・ 地形や河川の流路・鉄道や道路などの交通網・人口データ
(言語外地理情報)

応用例 3

- ・ ニコニコ学会 β 、つくば横の会

芝原暁彦. 古生物学と科学コミュニケーション. ニコニコ学会 β サマーキャンプ2016.

芝原暁彦・伊豫田旭彦. シン・ゴジラをニコニコ学会 β っぽく考える. ニコニコ学会 β サマーキャンプ2016.

芝原暁彦. 博物館を飛び出すアウトリーチ. 第二回つくば横の会.

- ・ 日本考古学協会

谷口 榮・芝原暁彦・大道寺 覚・小林政能. 東京低地における縄文海進海退による環境変化と人間活動. 日本考古学協会第82回（2016年度）総会.

- ・ 地図学会、東京都立中央図書館、新潮講座

- ・ カンボジア地学教育ver. 2

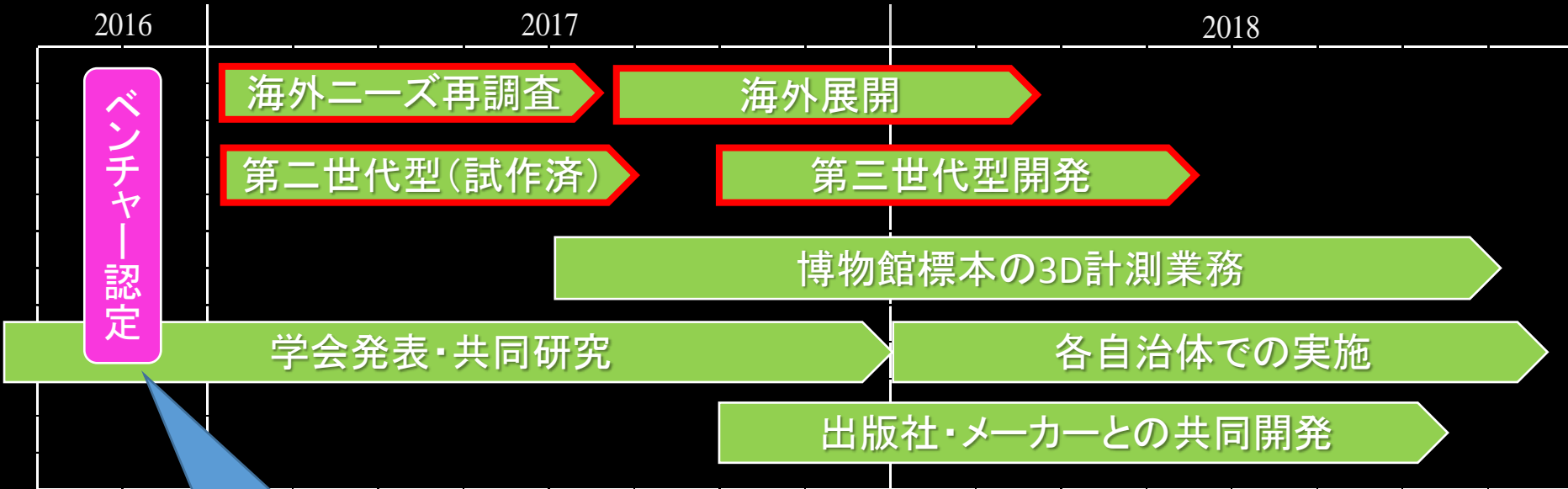


今後の展開

- ・ 他研究所発ベンチャーの支援（社会実装した研究者同士の連携）
- ・ つくば発のイノベーティブ・コミュニティスペースの実装
（ニコニコ学会β・つくば横の会）



ベンチャー設立と今後の戦略 (2016~)



・産総研ベンチャー事業支援

- ・光学系を改良
- ・発掘・資源開発マネジメントシステム(UAVによる現場改変のDB化、産出地点の3D座標データを模型上で管理)

VRか？実物か？

アナログ
標本

両者いいところ取り

デジタル
展示

骨格標本
剥製
鉱物標本



左：3D プリントした標本、右：原標本（作業の都
化石観察入門. 芝原暁彦(2014)

- ・ 3D 地質模型
- ・ AR による案内
標本と一緒に
デジタルモデル

タブレット
VR
（博物館に来る必要は？）

人はどうしても、実体物を求める

<謝辞>

- ・地質調査総合センター (GSJ)
- ・産業技術総合研究所事業支援グループ
- ・「ブラタモリ」スタッフの皆様
- ・ニコニコ学会β、つくば横の会
- ・筑波大学
- ・茨城大学
- ・地質標本館
- ・有限会社サージ・トレーナー
- ・株式会社ニシムラ精密地形模型
- ・ジオネットワークつくば
- ・日本地質学会
- ・日本古生物学会
- ・福井県立恐竜博物館
- ・3Dネットワークジャパン
- ・3次元計測フォーラム SPARJ
- ・駐日オマーン国大使館
- ・東京地学協会
- ・東京スリバチ学会
- ・ネイチャーセンターリセン
- ・つくばバリアフリー学習会
- ・ご指導いただいたすべての皆様

顧問

- ・皆川典久氏 (東京スリバチ学会 会長)
- ・千葉達郎氏 (赤色立体地図 開発者)
- ・今尾恵介氏 (地図研究家)
- ・太田 弘氏 (慶應義塾)
- ・谷口 榮氏 (葛飾区郷土と天文の博物館)
- ・目代邦康氏 (日本ジオサービス、JGN)
- ・北村玲子氏 (東京スリバチ学会)

<http://kasekishonen.digick.jp/>