



広域・環境 フォトグラメトリの世界

考古学・文化財のためのデータサイエンス・サロンonline #20

2022/5/14 ダックビル@スタジオダックビル合同会社

本日の内容

ダックビルの自己紹介

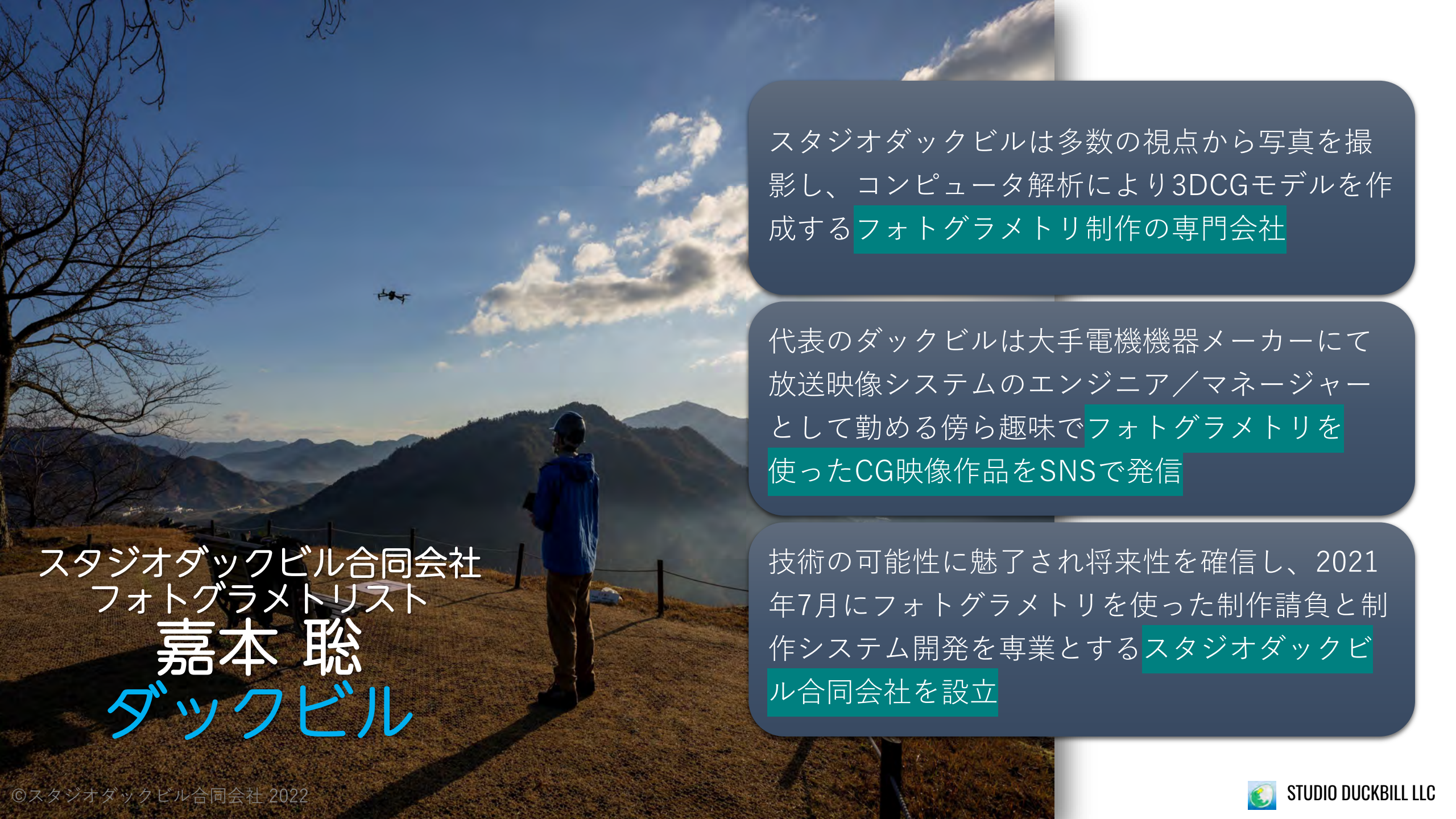
用語説明

広域・環境フォトグラメトリの事例紹介

制作技術説明

制作プロセス説明

活用事例



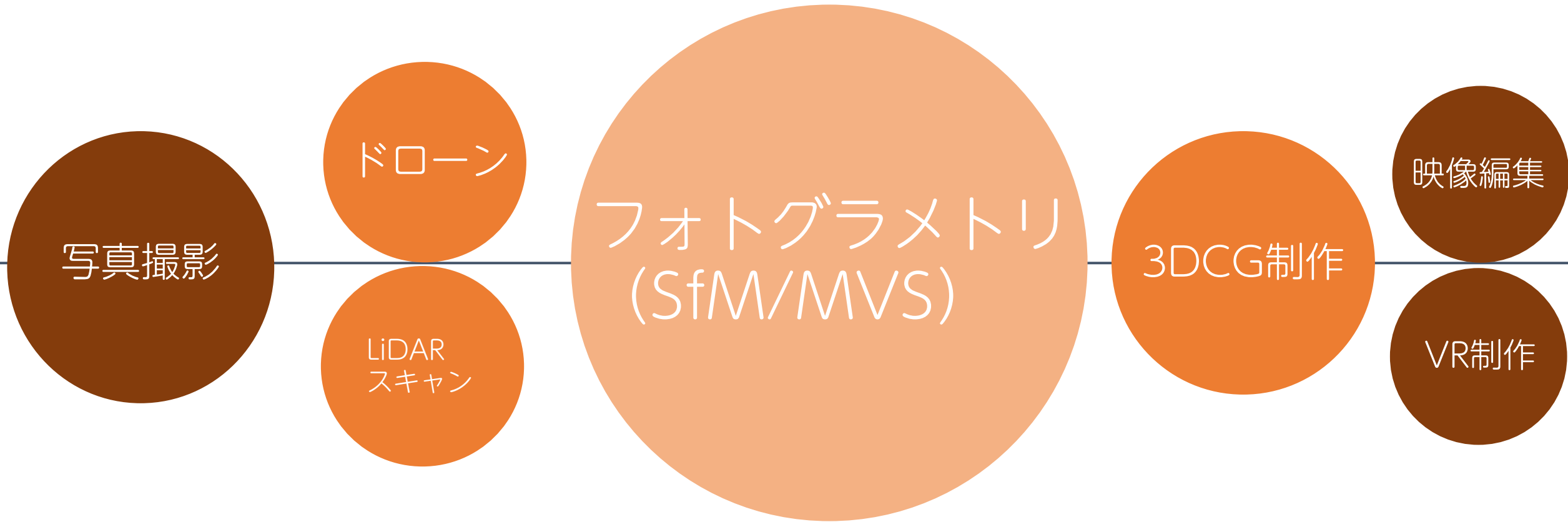
スタジオダックビル合同会社
フォトグラメトリスト
嘉本 聡
ダックビル

スタジオダックビルは多数の視点から写真を撮影し、コンピュータ解析により3DCGモデルを作成する **フォトグラメトリ制作の専門会社**

代表のダックビルは大手電機機器メーカーにて放送映像システムのエンジニア／マネージャーとして勤める傍ら趣味で **フォトグラメトリ** を使ったCG映像作品をSNSで発信

技術の可能性に魅了され将来性を確信し、2021年7月にフォトグラメトリを使った制作請負と制作システム開発を専業とする **スタジオダックビル合同会社** を設立

クリエイターとしての専門性



本日の内容

ダックビルの自己紹介

用語説明

広域・環境フォトグラメトリの事例紹介

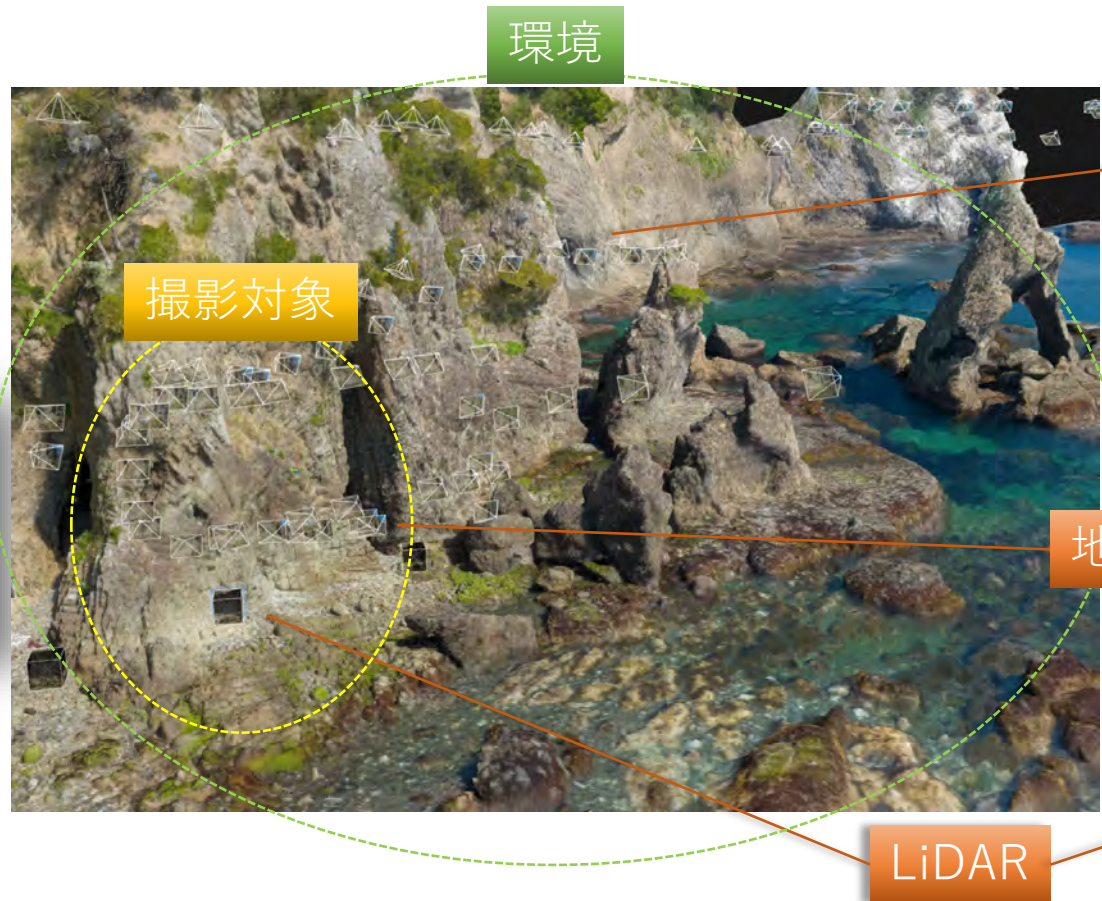
撮影技術説明

制作プロセス説明

活用事例

広域・環境フォトグラメトリとは？

広い範囲を撮影対象の周囲の環境（地形や植生など）も含めて
様々な手段で撮影・スキャンし丸ごと3D化（三次元計測）したもの



空撮



地上写真

LiDAR



例：放射状節理

本日の説明を理解するための専門用語

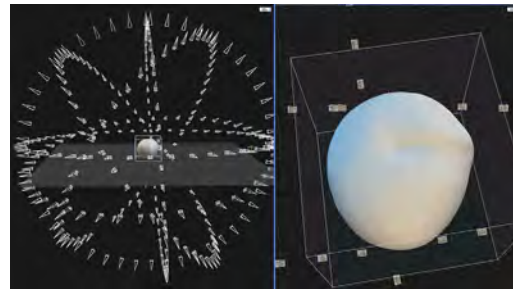
フォトグラメトリ(SfM/MVS) LiDARスキャン

- 多数の視点から撮影した写真を解析して3Dモデルを作成するフォトグラメトリ
- レーザー光を用い直接対象までの距離を計測するLiDARスキャン



アライメント オーバーラップ

- フォトグラメトリで撮影した写真の位置と配置。
- 「アライメントが上手くいかない」とは写真の重なり(オーバーラップ)不足等で位置が特定できずに複数の配置に分かれてしまうこと。



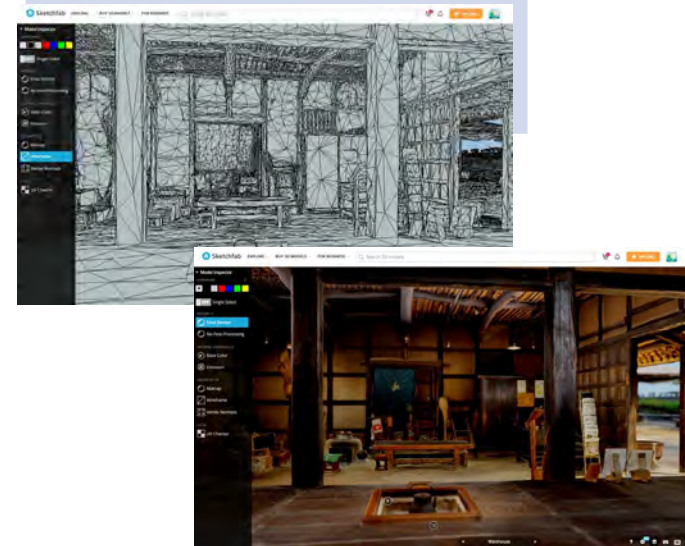
点群/ポリゴン/メッシュ

- 計測した結果を空間上の点で表したものが点群。点に色の情報なども持っている。
- 点群をポリゴン(面)に変換し集めたものがメッシュ(ジオメトリ)



テクスチャ

- 物体の質感を表現するための画像。メッシュに張り付けて表示される。



本日の内容

ダックビルの自己紹介

用語説明

広域・環境フォトグラメトリの作例紹介

制作技術説明

制作プロセス説明

活用事例



金王八幡宮



生野銀山湖に浮かぶ淤加美（おかみ）神社

神社

- 撮影対象物の数と種類が多い。大木・古木が多い。
- 紙垂(しで)や幟(のぼり)など風で揺れるものは難しい。
- 神社の屋根は高さや距離が確保できれば撮りやすい。高所ポールで対応可。
- 変わった立地に建てられていることがある。懸造（かけづくり）など。



須磨寺VR(ハコスコメタバースマスターズ) より

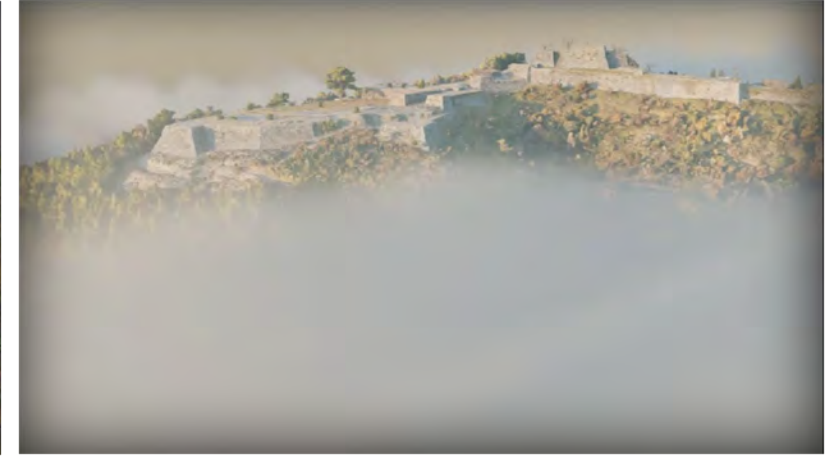
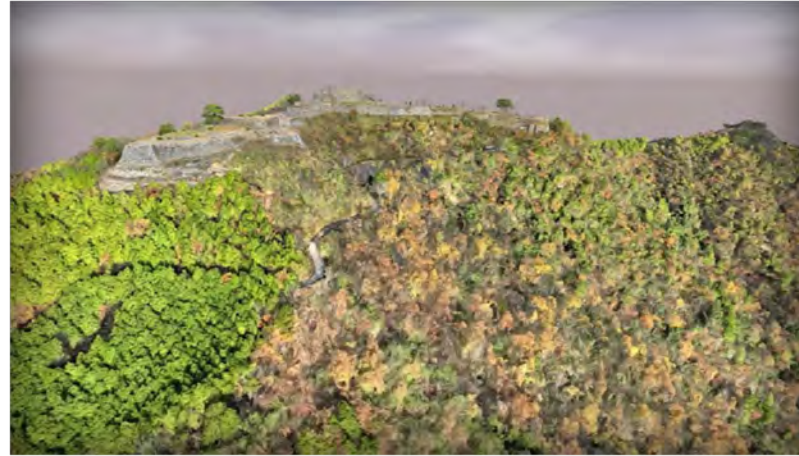


仏閣

- 建物が大きく数が多い。ドローン撮影が望ましい。
- 屋根撮りにはかなり苦勞する。複雑で軒下が広い。
- 堂内の撮影は反射物や細かい造作などスキャンの苦手な素材が多い。細かい撮影を行う
- 仏像などは個別に撮影する。



小田原城



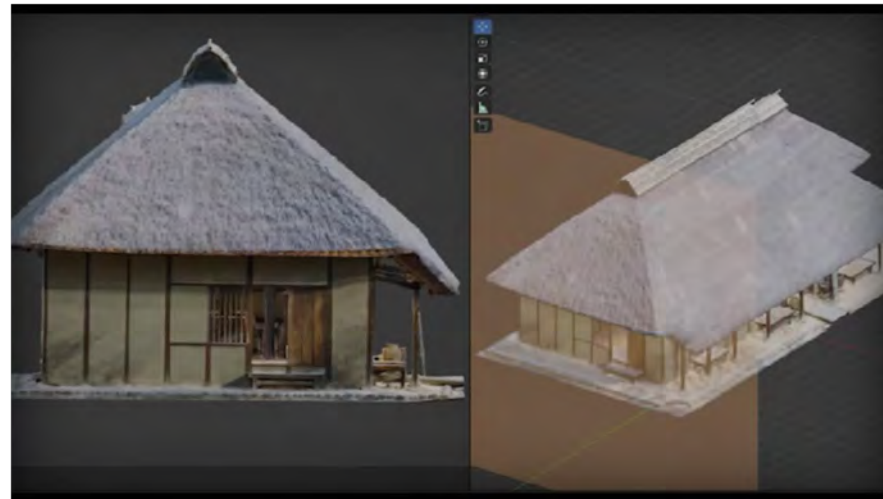
竹田城と城下町VR(ハコスコメタバースマスターズ) より

城郭 城跡

- 城全部はとにかく広い。km単位。ドローン必須
- 天守閣は高い&撮影位置が確保しづらいので地上LiDARも苦戦
- 白い漆喰の壁は特徴点が少ない。平面のはずなのに面が凸凹。
- 石垣の撮影は視差を取れて、お堀に対応できれば意外と簡単。

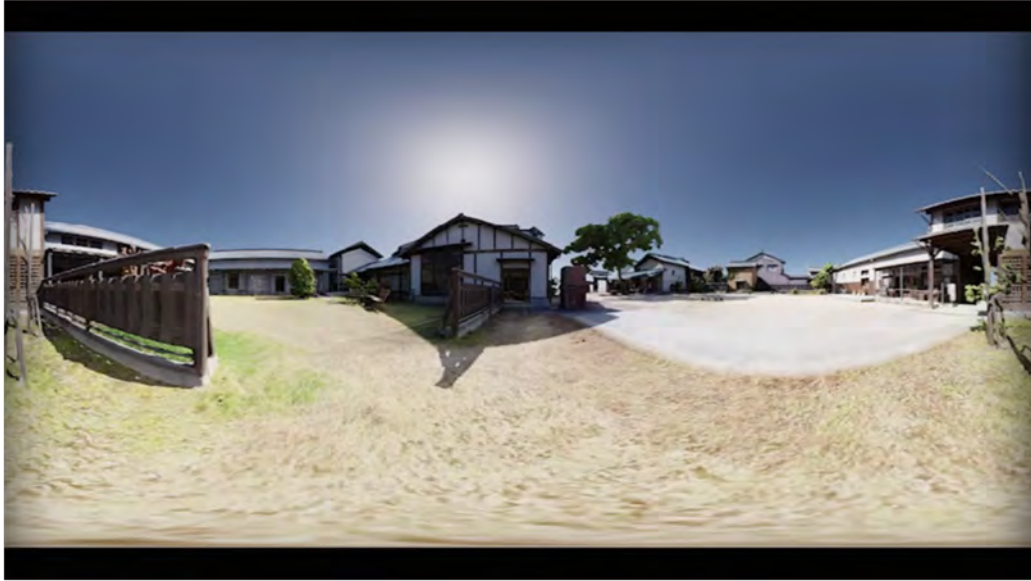


朝霞市旧高橋家住宅 (with NTT e-Drone Technology)



古民家

- 主屋、倉、納屋、薪小屋、井戸小屋の周辺建物との位置関係と環境を全域再現
- 建物内外を連続して3D化。平面図で間取りも分かる
- 民具や農機具などの民俗資料は個別にモデル化がベター



竹田城と城下町VR(ハコスコメタバースマスターズ) より

町屋 旧酒造場

- 敷地内の建物全てを3D化。屋根瓦と白壁の再現には苦労した。
- 建屋内は暗く高さもあるため、撮影にはしっかりした照明が必要
- VR360映像で建物内外を全天球視点で見られる動画が有効



下田ペリーロード



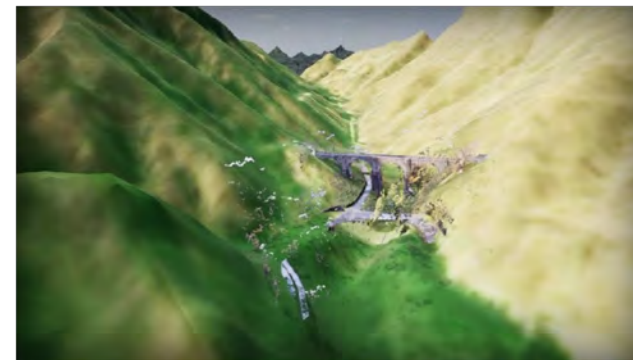
大森銀山重要伝統的建造物群保存地区

町並み

- 町並み（重伝建など）を丸ごと地上フォトグラメトリ。空撮は出入りを封鎖できないため困難。
- 観光客（歩行者、車両）への対応が非常に難しい。朝の开店前の時間が撮影チャンス。
- 店のオープンや駐車車両の移動で撮影中に状況が変わるため短時間で完了する必要がある。手分けして撮る。
- 超広角レンズの性能と高画素カメラの組み合わせで少ない枚数で広い範囲をカバーすることが有効



羽澗鑄鉄橋



碓氷第三橋梁



産業遺構（橋梁）

- 橋梁は複雑で巨大な構造物。多数の面（上下構造、橋脚）で構成されているため細かい撮影が必要となる。
- 基本的にはドローン撮影が必要だが、見た目の再現だけなら地上撮影だけでも可能。
- 3D地図上に配置して可視化すると分かりやすい。（作例は国土地理院立体地図を使用）



東京湾第三海堡遺構



観音崎砲台跡



戦艦陸奥主砲

戦争遺構

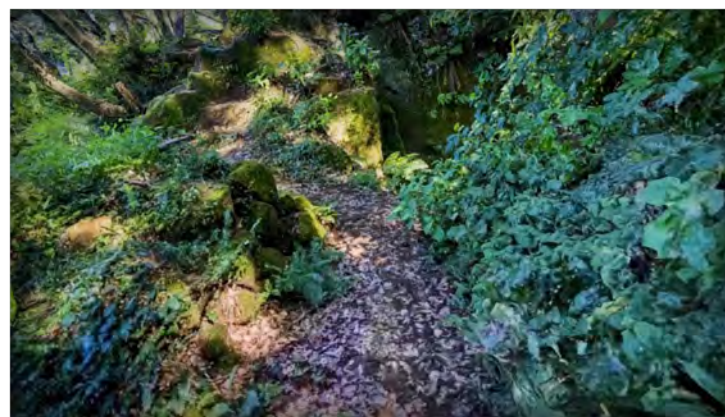
- コンクリートやレンガ、鉄骨などが経年劣化しているため特徴点が多く写真のアライメントが簡単な場合が多い。
- 砲台跡などは岬の周辺、台場等に多く、見学ルートが整備されていない場合は藪や木に覆われているケースがある。冬の方が撮影しやすい。
- 所在場所や境界が地図を見ても判然としない場合がある。現地確認。



滝と柱状節理



切通し



石切り場

自然景観

- 流水は雰囲気再現できたらラッキーぐらいの気持ちで。
- 樹木の再現は狭い遊歩道からでは視点や視差が確保できない、複雑な形状で風で動くという何重の課題をクリアする必要あり。
- 植物を中心とした自然物は視点が少し変わっただけでも見え方が変わる。地面や木の幹などが写真間でオーバーラップするように注意して撮る。
- 危険！！足元注意！！



放射状節理



海蝕洞



海蝕洞門

海岸 ジオパーク

- 海蝕洞、岩礁帯から砂浜、崖まで広大な海岸の風景を再現
- 浅い海はドローンで高所から撮影すると意外と海底が再現できる。ただし精度・正確性はない。干潮時がお勧め。
- 海はCGで再現すると雰囲気が出る。潮位のシミュレーションも可
- 危険！！ヨタ波とトンビに注意！！



3月の梅



4月の桜



5月の藤

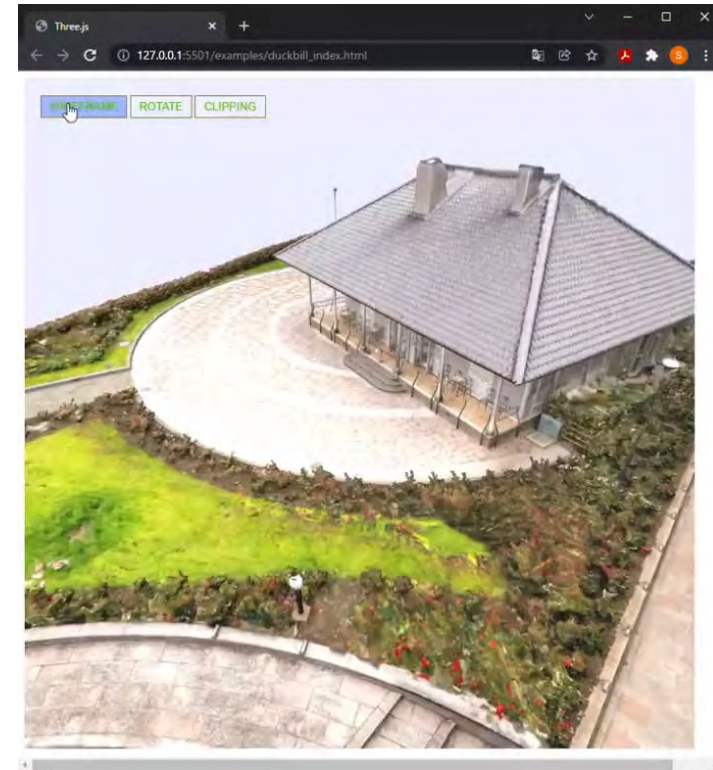
植物

- 屋外の植物撮影は無風が絶対条件。比較的朝は風が緩い。
- 季節毎に咲く花や植物の状態が変わるため撮影チャンスが限られる。
- 撮影する対象は奇麗かどうかより撮影しやすいか、程よいサイズで周囲を周れて遠くから見通しが効くかで選択した方が撮りやすい。
- 解像度高くボケ無しで多視点で撮影できない場合は、背景の空や他の枝と分離できないことが多い。花や枝を一つ一つ意識して撮る。



公園

- 様々な複合的な撮影対象で構成される。
- 個別の要素と場所に分解して撮影した上で、それぞれのグループが繋がるように撮影すると全体を再現できる。
- 公園は広いスペースが多いが、面倒くさがらずに地面を丁寧に撮ること。高所撮影ポールが役に立つ。
- 許可を得た撮影の場合でもオープンスペースのため占有できず、公園利用者に迷惑を掛けないように待ち時間がかなり必要になる場合がある。



博物館

- 博物館の建物を主体に周囲の公園も含めて3D化
- 館内の展示状況や収蔵物も撮影
- 普段の見学コースから見られない視点から見ることができる。



一円電車（鉾山用軌道）



磨崖仏



小田原城銅門

（そこそこ）
大きな撮影対象

- 詳細に再現する為に数百枚以上の撮影を要する大きな対象。
- 小物撮影のノリで全体をカバーする写真をついつい撮りたくなるが、オーバーラップさせたクローズアップ写真を沢山撮るべき。
- 高さをどうカバーするかが鍵。3メートル程度に伸びる自撮り棒＋スマホ動画撮影で安価に対応することも可能。



アニメーション



エフェクト・カメラワーク



フォトリアル

映像表現

- 広域フォトグラメトリをCG映像化する時に日照や照明を再現することができる。
- 晴天時に撮影した場合はテクスチャに影が焼き付いているため撮影時と異なる照明条件にすると影が二重に表示されて違和感を感じる。この点でも曇天が望ましい。
- CG映像なのでアニメーションやエフェクト、凝ったカメラワークを付けることができる。演出は意図を持って行う。

事例紹介まとめ

- 文化財
 - 神社、仏閣、古民家、町屋
 - 城跡、町並み
- 遺構
 - 産業遺構、戦争遺構
- 自然
 - 自然景観、海岸、植物
- 公園
 - 公園、博物館
- その他大きな物

ご紹介した事例の一部は以下からご覧いただけます。
動画：YouTube [DUCKBILL Photogrammetryチャンネル]
https://www.youtube.com/channel/UCvXk3wwteqk_2UyRywXXCaA
3Dモデル：Sketchfab [STUDIO DUCKBILL]
<https://sketchfab.com/DuckbillStudio>

空間丸ごと（動かないものなら）何でも3D化！
広域・環境フォトグラメトリでどんなものをデジタルアーカイブするかは発想次第



3Dモデルを任意のフォーマットで出力できる。
(ベンダーロックインしない。)
自由な視点から見ることができる。
どんな活用ができるかは後半に続く…。

本日の内容

ダックビルの自己紹介

用語説明

広域・環境フォトグラメトリの事例紹介

制作技術説明

制作プロセス説明

活用事例

全体制作プロセス



様々なデータソースを取得する

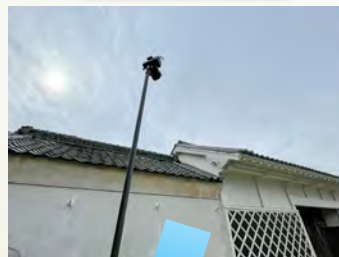
レーザースキャン



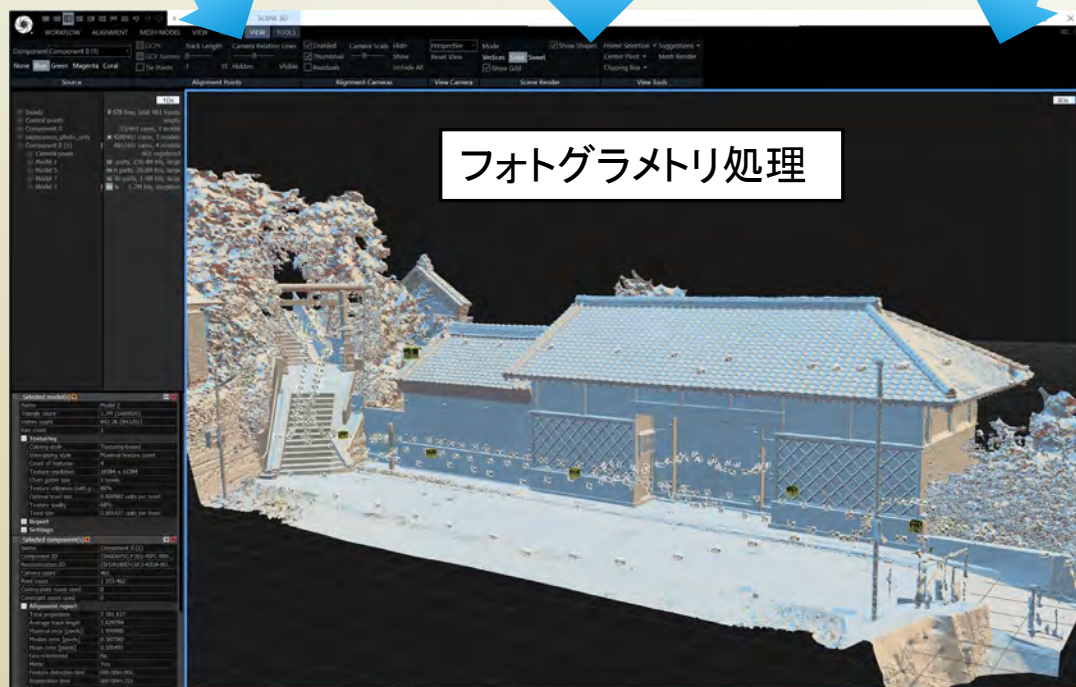
地上撮影



高所撮影



機材を適材適所で使い、広域環境を撮影 & スキャンする。
フォトグラメトリソフトで取得したデータソースを統合して処理（解析）する。



撮影機材

撮影機材

基本



ミラーレスカメラ&広角レンズ



スマホ&ホルダー



一脚

便利



サブカメラ



全天球カメラ



PLフィルター



レーザー距離計

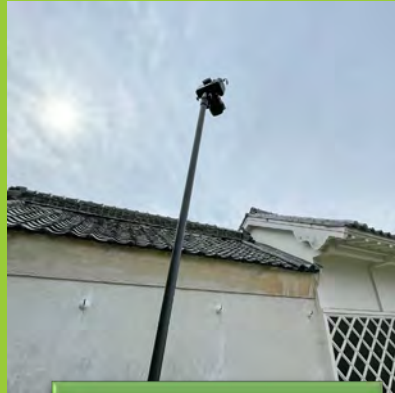


リモコン



腕章

高所



BiRod & ミラーレスカメラ



自撮り棒 & 小型カメラ(orスマホ)

空撮



ドローン



コントローラー

ランディングパッド・ヘルメット
トランシーバー...etc

暗所/室内



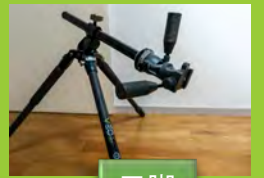
ディフューザー&フラッシュ



クリップオンストロボ



補助照明



三脚

カメラとレンズの選び方

基本



ミラーレスカメラ&広角レンズ



スマホ&ホルダー



一脚

広域フォトグラメトリのお勧めレンズ

- ・ 広角単焦点レンズ
- ・ 20mm～24mm程度

※12mmや14mmなどは高性能レンズ、高画素カメラの組み合わせでないと超広角の威力が発揮できない。

- ・ どんなカメラとレンズでもフォトグラメトリはできる。
- ・ 高性能、高機能な機材を使うとより品質が高く、楽に短時間で、確実に撮影できる。

- ・ フルフレームセンサーでなくてもよい。ただしレンズ選択肢の豊富さや暗所耐性(ノイズの少なさ)はAPSCセンサーより有利。
- ・ カメラは広域フォトグラメトリを撮影するならできるだけ高解像度が望ましい。
- ・ 例えばiPhoneは12MP。解像度が低いカメラを使う場合は望遠を併用するかできるだけ近づいて沢山撮る。

※ダックビルは基本的に33MP,50MPのカメラ利用(+12MP,24MP,20MP)

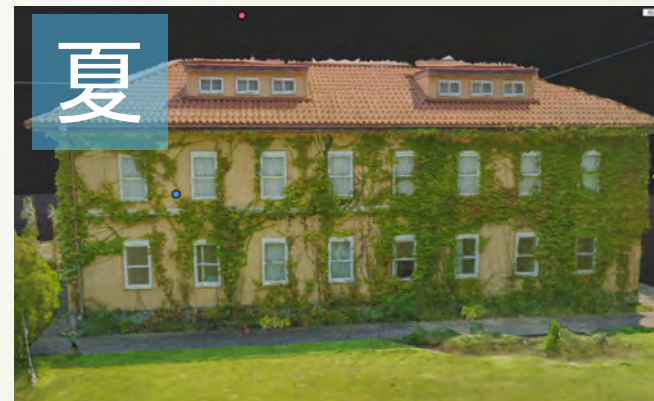
- ・ レンズはできれば明るい単焦点レンズ。価格に対して高性能。
- ・ 単焦点レンズはフォトグラメトリ処理時のレンズの歪み推定の誤差が少ない。(アライメントが楽)
- ・ ズームレンズも使えるが焦点距離が撮影中にバラバラになるとトラブルの元。(テープ等で固定することを勧める。)

※ダックビルは基本的に14mm,20mmの単焦点レンズ利用(+50mm,90mm)

撮影方法

適切な撮影条件

- 季節（日本の四季の場合）
 - 春：梅雨の時期までは撮影に最適。花粉症の人には場所によってはキツイ。
 - 夏：日差しが強すぎる。長時間の屋外撮影は日射病リスク（空調服を使うこともある）
 - 秋：撮影に適す。台風の影響あり。晩秋は落ち葉が邪魔。
 - 冬：木の葉が落ちると見通しが良くなるメリットあり。日照時間が短い。
- 天気
 - 曇りで影が薄く、風がない日がベスト
 - 風があると予想以上に色々なモノが動いたり揺れる。看板類やロープなども。
- 時間帯
 - 朝と夕方は太陽が低く逆光になる可能性が高いため適さない。ただし人を止めることのできない観光地は朝が適切な場合がある。
 - ドローン撮影の場合は特に撮影施設を貸し切りできるか、休館日などにする必要あり。



視差を得る



できるだけ上からの視点も撮る。



地面を地道に撮る。撮らないと凸凹穴だらけ...



正面から撮る。アライメントの補助になる。数は不要



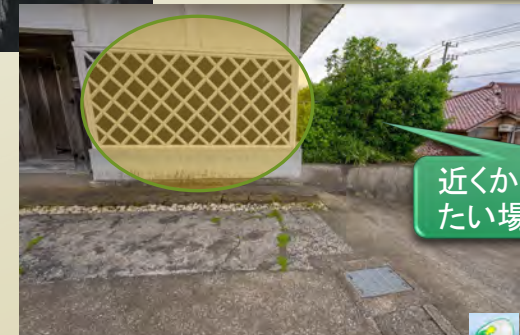
- 撮影空間中の面を意識する。
- 撮影対象物を複数の視点から死角が無いように全ての面を撮影する。
- 高さへの対応が品質を上げるカギ。俯瞰視点がないと屋根と空が融合する。



横や斜めから撮る。各面に対してできるだけ正対して。



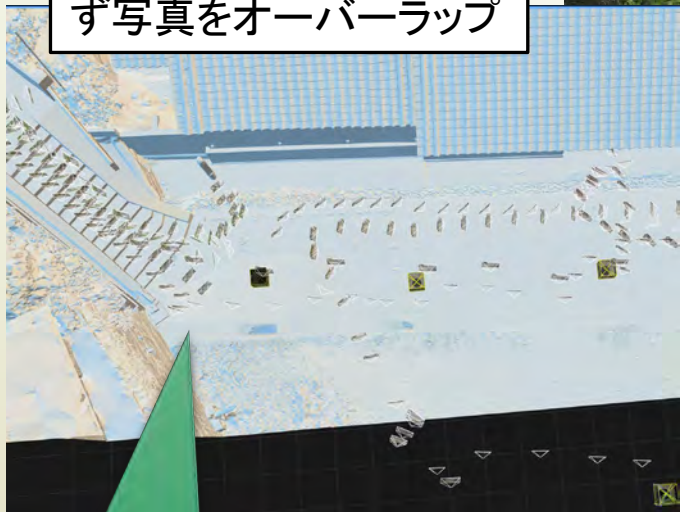
下から撮る。オーバーハングは撮り忘れがち。



近くから撮る。特に再現したい場所は丁寧に。

密にして漏らさず

撮影パスのどこかで必ず写真をオーバーラップ

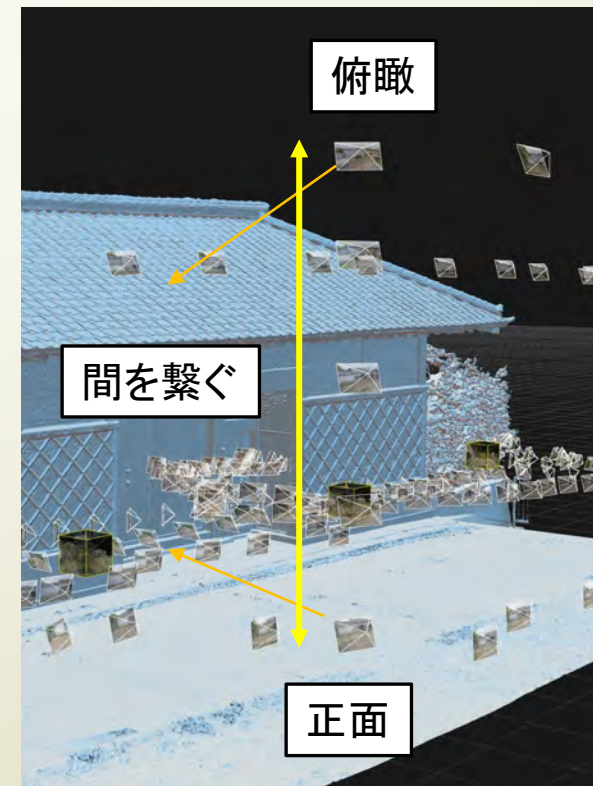


カメラはあまり振らない！（ここ大事）
進行方向とカメラの角度を決めたらエリアごとに撮り切る。同じ場所を何度も往復することを厭わない。



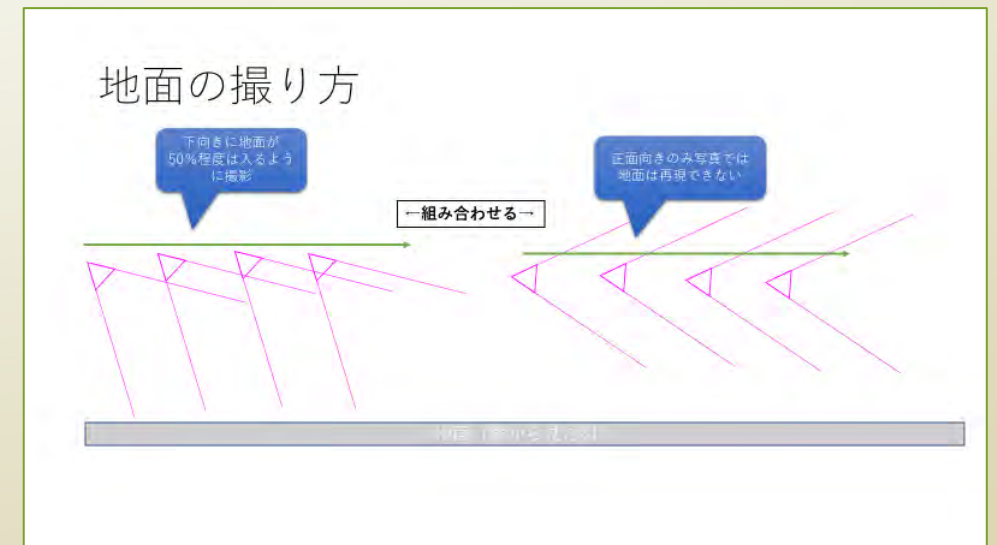
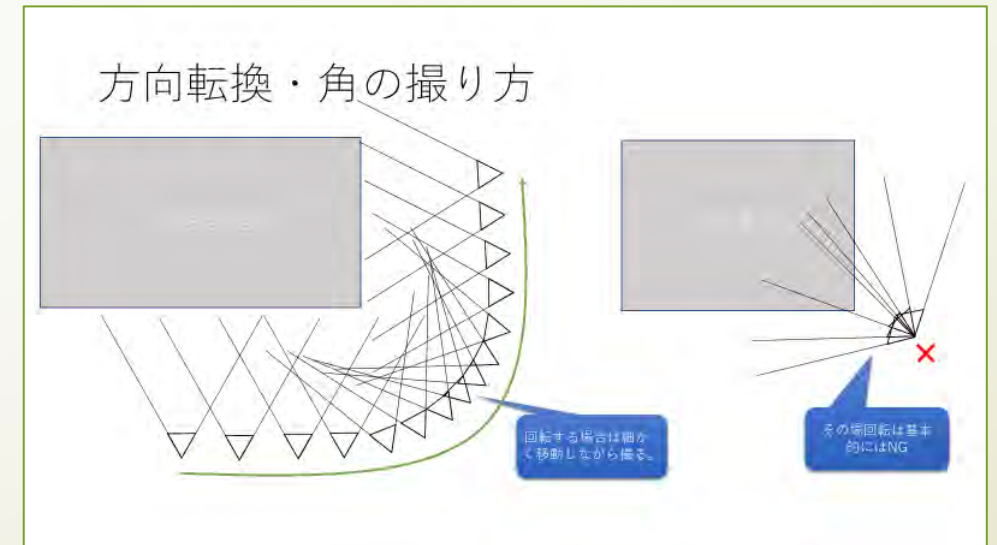
沢山撮る！！
後から減らすことはできるが撮影不足は致命的

撮影中はこのマップを脳内マップとして記憶していく必要あり。
メモしてもいいが立体的な記録が難しくあまり役に立たない。



カメラワークまとめ

- 決まった「足運び」というものはない。
 - 大切なのはカメラをどこに向けているか。どの面を撮ったのか／撮っていないのかを覚えておくこと。
 - 同じ場所ではできるだけ時間を置かずに視差を確保できるように撮る。
 - 状態が変わる前に短時間で撮影するため、領域分割と撮影順序をまず考える。
- オーバーラップ率は70%以上でと言われても、定量的に把握できませんよね？
 - 垂直面に対して正対して撮影するならある程度の距離を移動しても大丈夫
 - 撮影対象が奥行方向に距離がある場合は、近い場所の移動量で考える
 - 回転方向の移動を入れる場合は細かく撮る。
- 地面がフレームに入っているから撮ったつもり。でも急な角度での写真だけでは凸凹、穴だらけ。
 - 屋根も同じ。面に対しての角度を意識する。



様々な環境に対応する

手ブレの影響

手ブレが無いと隅々までシャープ



手ブレがあると特徴点がきちんと取得できない



高所ロッド撮影時の写真(揺れやすい)

動くもの（被写体ブレ）



動くものは複数の写真で重なっている部分のみ立体化される

動く人などは消える



- ・無風でなければ基本的には諦める。
- ・どうしても場合は無風になった瞬間に撮り始める。風で動いたと思ったらやめる。（その写真を捨てる）
- ・ジオメトリだけではなくテクスチャも使えない

逆光



- 可能な限り逆光を入れない。光条が発生している部分とフレアで霞む部分は使えない。
- ゴーストが発生した場合はカメラを下向きにするかハレ切りで対応
- 完全に対策したい場合はドローン撮影か、高所撮影でカメラを下向きに上から撮る。
- 酷い場合はフォトグラメトリ処理に使わない。
- 除外するとアライメントが難しくなる時は、アライメントのみに利用し、ジオメトリとテクスチャ生成に使わない。

動画の活用

20MP静止画ソース



5.1K動画ソース



DJI Mavic3のカメラとジンバルを使って同一被写体を写真と動画で撮影。
ジンバルによりブレは抑えているが、静止画と動画では解像にかなり差があることが分かる。
⇒実際の写真は高解像度のカメラと高性能なレンズを使用するので更に大きな差が開く。
⇒動画はRAW現像で対応できないため明暗差が大きい場所やホワイトバランス調整が必要な場所は厳しい。

静止画と動画から生成したモデル比較

ソースの品質差がそのまま出る

静止画のフォトグラメトリ



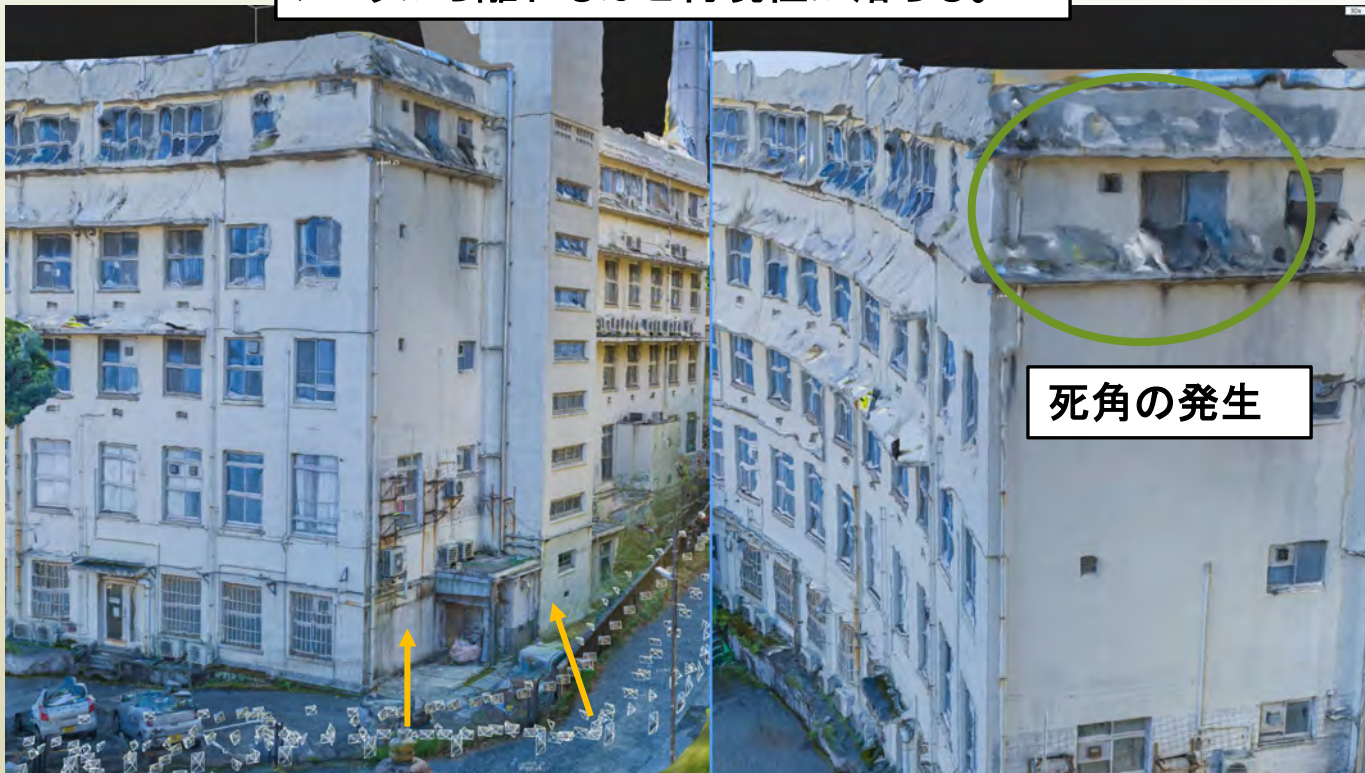
動画のフォトグラメトリ



- 動画のフォトグラメトリの品質でも十分な場合は動画も選択肢となる
- 時間が限られている場合／重要でない場所
- 動画をアライメントの補助に使うこともできる。⇒アライメント時のみ動画フレームを利用
- 動画をカバレッジの補助に使うことも出来る。⇒高所視点を動画で補う

撮影対象が高い場合

カメラから離れるほど再現性が落ちる。



死角の発生

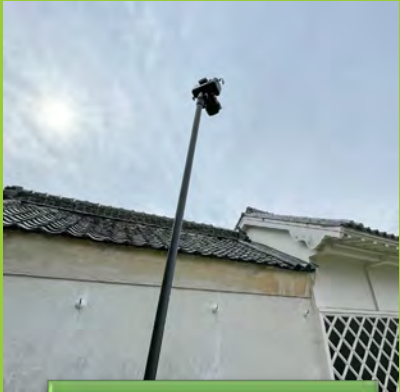
- 高いビルの3階以上などは地上写真はキツイ角度の撮影になる。死角が発生し再現性が悪い。
- レーザースキャナーである程度ジオメトリは取得できるが死角が発生するのは変わらない。
- 綺麗に再現したい場合は高所ポール撮影かドローン撮影が必要。

または

- 高い場所が離れた場所から見通せるのであれば標準～中望遠程度のレンズで撮影
⇒アライメントできるように撮影するのはかなり難しい

高所撮影

高所



BiRod & ミラーレスカメラ



自撮り棒 & 小型カメラ(orスマホ)

空撮



ドローン



コントローラー

ランディングパッド・ヘルメット
トランシーバー...etc

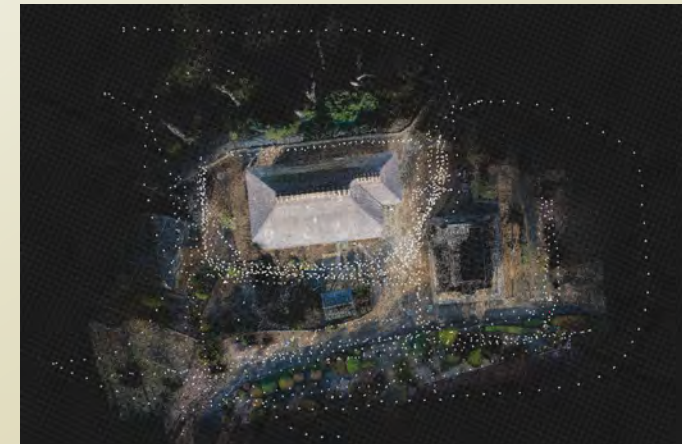
- 一脚（～2m+身長）
 - 伸ばして高いところから撮る。
 - シャッターはセルフタイマー、スマホ制御やBluetoothリモコンが便利
- 長い自撮り棒（～3m+身長）
 - スマホやコンパクトカメラ、360度カメラと組み合わせて使う。
 - 動画で撮っても良い
 - 安価で購入できるが費用対効果高い
- 高所撮影用ポール(～11m)
 - カーボン製の長尺ロッドがお勧め
 - BiRod (ビーアイロッド) カーボン 7.5m
 - 全部伸ばす場合は300gまで。
 - 一段目の細いポールを伸ばさない場合は1.5Kgまでが仕様
- ドローン(UAV)からの空撮(～150m)
 - 文化財上空を飛ばない場合がある
 - 近づいて撮影できない場合は可能な限りの高解像度のカメラか望遠を併用

ツーマンセルでの撮影

二人一組でご安全に！
ドローン操縦と補助者
高所撮影ポール保持者
シャッターと周辺監視分担
(足元や電線、後方)



BLK360で屋根のレーザースキャンもできる！



暗所/室内撮影

暗所/室内



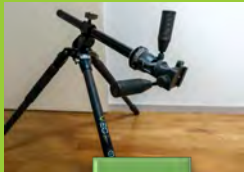
ディフューザー&フラッシュ



クリップオンストロボ



補助照明



三脚

- フラッシュ
 - 数百枚の連写を行うためオーバーヒート対策でシャッタ間隔に制限が入る。
 - 発光量を下げられるなら下げて、ISO値はある程度は妥協して上げてしまう。
 - フラッシュ(or カメラ) を複数台でローテーション
 - ディフューザー(or/and)バウンス撮影が基本
- 三脚
 - 暗所が手ブレとノイズ少なく撮れる。
 - 露出差（明暗差）が補正されるわけではない。一様に暗い場所を撮るにはよい。
 - その場の照明環境を残したい場合は三脚を使ってもよいが基本的にはフラッシュや補助照明に頼る。
- 補助照明
 - ライトスタンドで設置するか補助者が定常光の照明で撮影エリアを照らす。
 - 天井が高い場合などにも有効



短時間、大量の移動しながらの撮影では光源と露出を調整して理想通りに撮影できない。ジオメトリ優先でテクスチャは現像・処理・CGの各段階で修正することも。

写真撮影のまとめ

処理に適した写真を撮る

ブレがない

シャッター
スピード

ボケが少ない

絞り

ノイズが少ない

ISO値

マニュアル“M”
モードで撮影。
環境に合わせて
撮影パラメータ
を決める。

ブレないように撮る

適切なシャッタースピード優先

一脚、三脚を使う

ブレた画像は処理時に使わない

環境に対応する

撮影日の天気を選ぶ

光源の位置と影に対処する

困難な対象を無駄に撮影しない

繋がるように隈なく撮る

写真間をオーバラップする

撮影済み空間のカバレッジを記憶

狭い所や高低地点の死角を無くす

設定は条件によって違う

シャッタースピードは手持ち
の場合は1/250以上、一脚使
用の場合1/100以上

明るい場所で絞れるならF11
ぐらいでパンフォーカス
暗い場所なら絞りを空ける。
超広角レンズならF5.6程度ま
でOK。ピントが合っていな
い場所は別に近くから写真を
撮る

ISO感度はできるだけ抑えた
いがシャッタースピードと
絞りが優先。ISOをAutoで
適正露出になるように撮る
こともある。
RAW現像するので多少の露
出の誤差はOK。

WBは固定かAutoで撮ってグ
レーカードやカラーチェッカー
も含めた写真で調整する。
広域撮影はミックス光なので妥
協は必要

どのぐらいの枚数撮影しているのか？



国登録文化財 旧木村酒造場

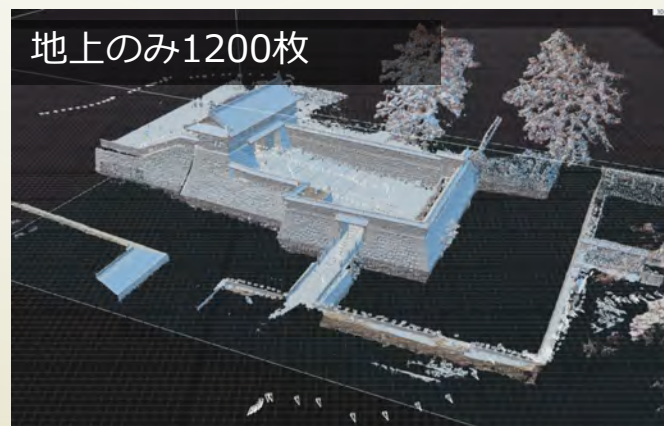
竹田城と城下町VR(ハコスコメタバースマスターズ)より



小田原城銅門



若命家長屋門



地上のみ1200枚



高所、地上合わせて430枚



空撮、高所、地上、室内合わせて5500枚

撮影対象物の空間構造と目標品質、撮影方法に依存する
同じような構造物を同程度の品質で撮るなら広さに比例

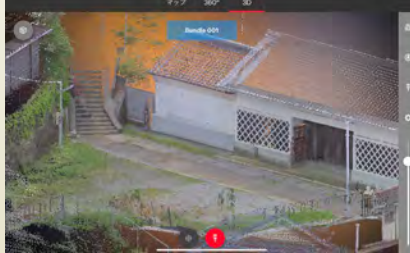
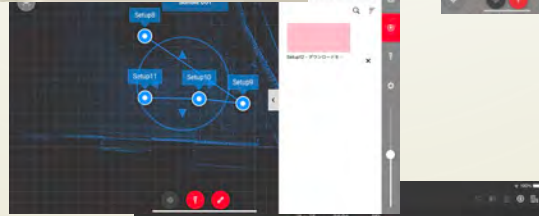
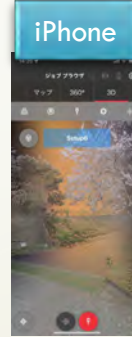
レーザーสแกน

レーザーสแกน

3Dレーザースキャナー
Leica BLK360



iPad(iPhone)
Leica Cyclone FIELD 360



Windows PC
Leica Cyclone REGISTER 360



スキャンデータが繋がる位置(~10m間隔)で複数個所のスキャンを行う。
1スキャンで4分~6分(機種により異なる)

BLK360とiPadをWiFiで接続しアプリからスキャンを実行する。スキャン実行中にデータ転送され、次のスキャン実行中にiPad上で簡易的なスキャンデータの結合

iPadからデータをPCに取り込み、スキャンデータの点群の位置合わせ。フォトグラメトリソフトに読み込めるフォーマットで出力(Reality Captureの場合はE57)

レーザースキャンと写真の統合

レーザーの死角



BLK360のスキャンのみ

NG

OK



統合すると弱点を補完できる！

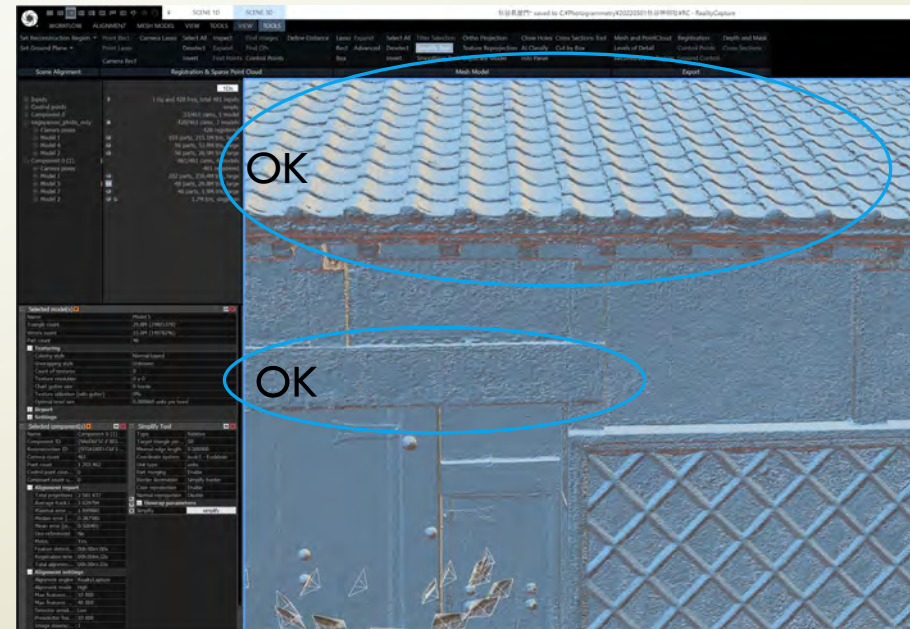
特徴点のない白壁は凸凹



$\alpha 1 + 14\text{mm}$ の写真のみ

OK

NG



RAW現像

RAW現像

RAW画像



Adobe Bridge



Adobe Camera RAW



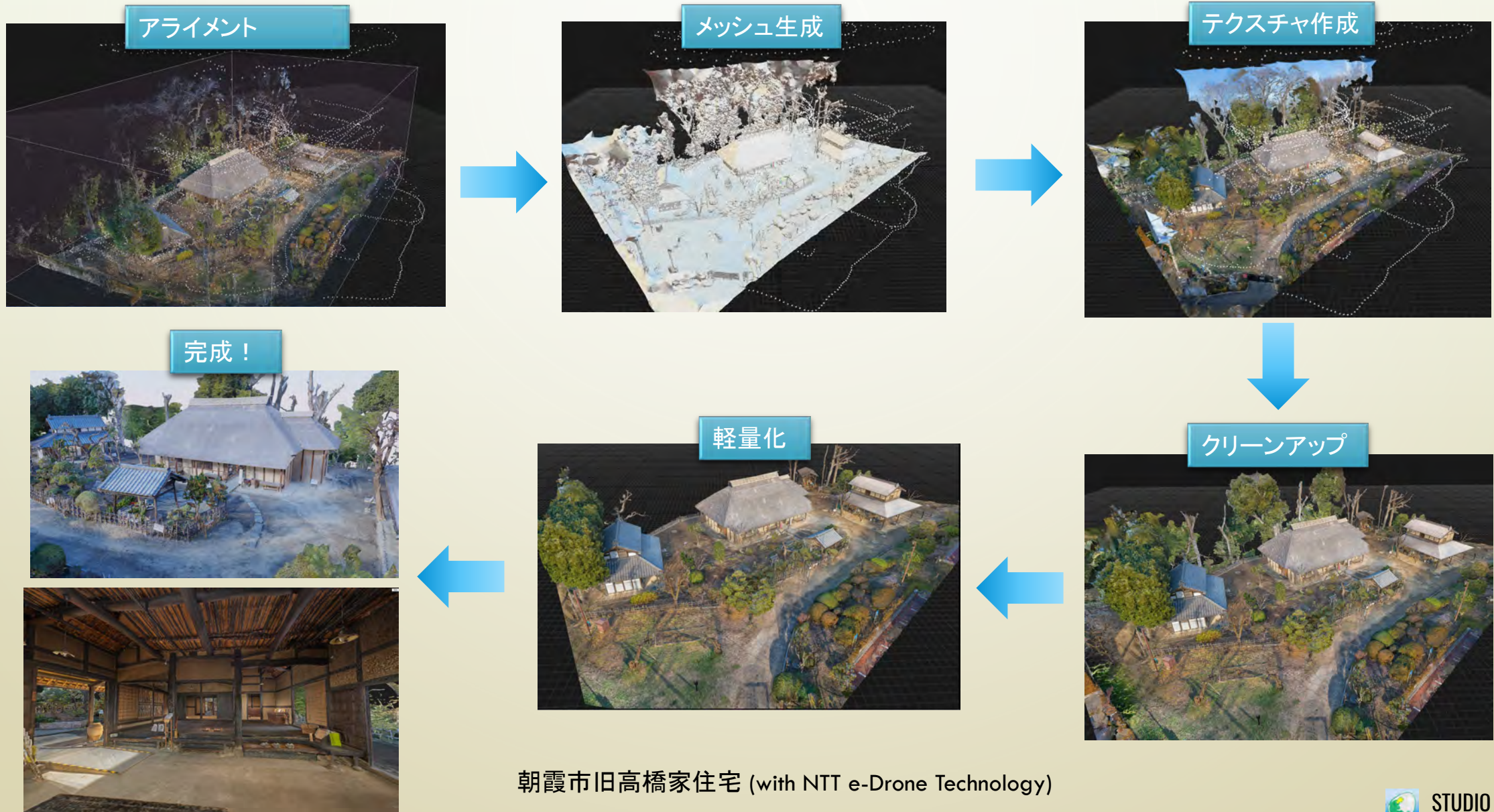
JPEG画像



- カメラの撮って出しのJPEG写真でも処理できるがRAW現像して使う方が品質が上がる。
- RAW現像時に歪み補正は行わない。ソフト側に任せる。
- RAW現像の設定は写真として見た目よりソフトの解析処理のしやすさを優先する。(テクスチャ用に写真を差し替えることもできる。)
- 広域フォトグラメトリなら低圧縮のJPEGで十分(TIFFを使うまでもない)
- 現像はLightroomでもカメラメーカー製でもOK

フォトグラメトリ処理

フォトグラメトリ処理フロー

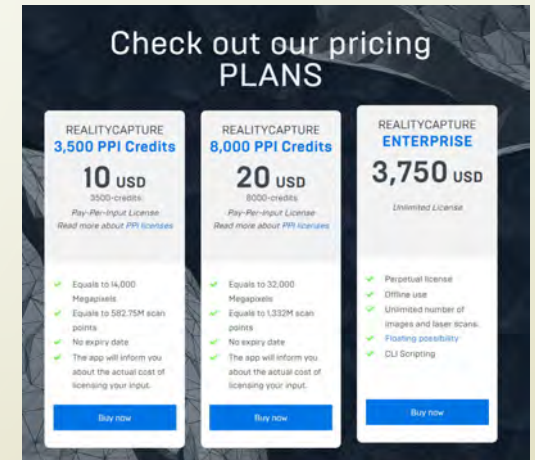
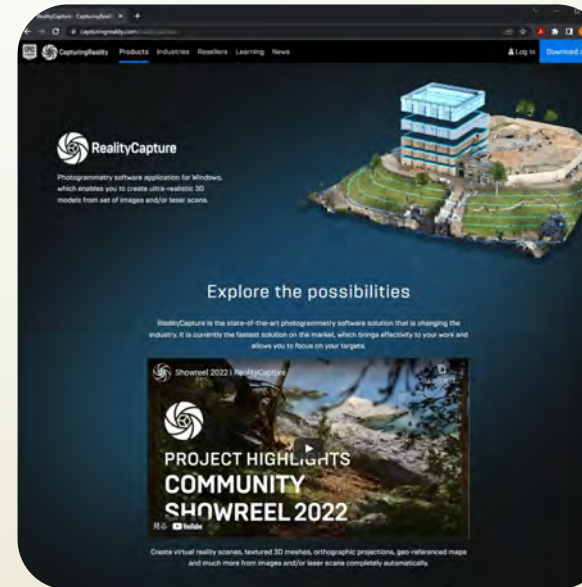


フォトグラメトリソフト

- ダックビルは広域フォトグラメトリ制作にはReality Capture(RC)を利用
- RCは処理時間が高速（短時間）なため大量データの処理に向く
- 生成されるメッシュやテクスチャの品質が高く、各種データソースを利用することができる。
- 特に広域フォトグラメトリに向いている点が「コントロールポイント」という仕組みで写真間の特徴点を手動で設定してアライメントできること。

CapturingReality社

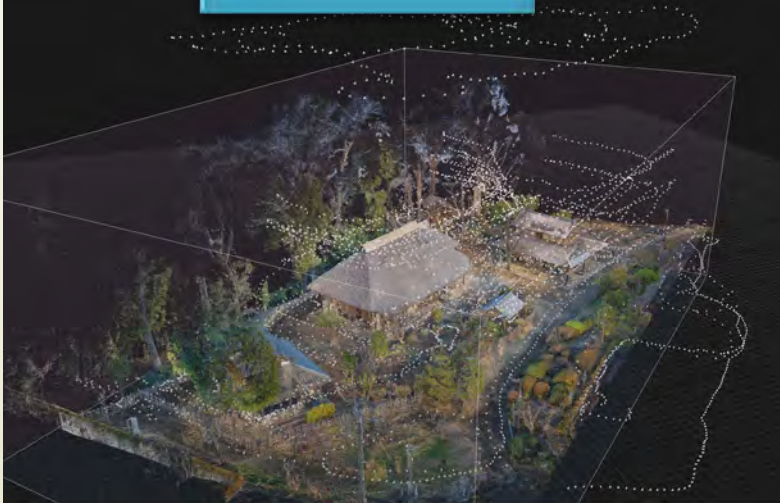
<https://www.capturingreality.com/>



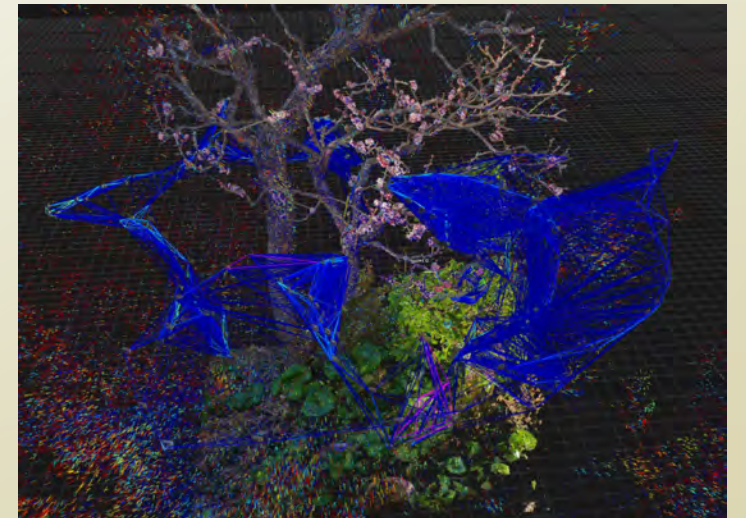
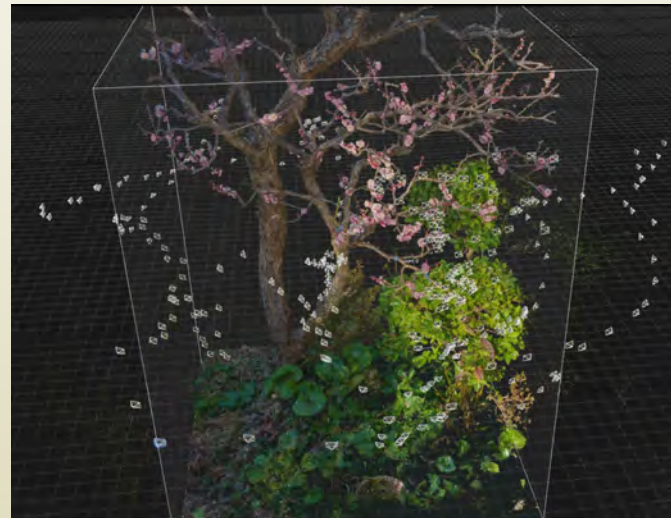
主題ではないのでソフト間の比較には触れません。RCのPPI版なら出力時のみ費用がかかるので試せます。他ソフトのデモ版も使って体験するのが一番。

アライメント

アライメント



- フォトグラメトリ品質の要。アライメント精度で出来栄が大きく変わる。
- きちんとオーバーラップして撮影した写真であればソフト任せでほとんどの写真は自動的にアライメントできる。
- 上手く繋がらなかった場所、そもそも連続して写真を撮影できない場所はコントロールポイントを使って繋げる。
- 直前直後の写真とのオーバーラップは確保できているのでアライメントはできるが、カバレッジ(他の位置とのオーバーラップ)が不足している場合、アライメントのズレが発生する。コントロールポイントで修正。
- アライメント品質を確認するツールがあるので利用する。

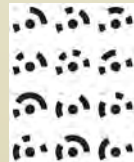
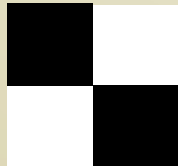


特徴点を撮る／探す／与える

- 自然のなかで複数視点から位置を特定しやすい場所
 - 撮影中にはあまり気を配れないので地面を手掛かりにする。アライメントのカギは地面撮り。
 - 木の幹は一見良さそうに思うが、角度が変わると同じ場所が特定しにくい。
- 人工物のエッジを探す
 - 看板、標識を見つけたら複数アングルの写真に含まれるように撮っておく
 - 「→」の先端が最高の特徴点
- 人工物の中で自然物を探す
 - 瓦屋根の「鳥のフン」の跡を見つけるとガッツポーズ！
- 対空標識やターゲット、マーカーの設置
 - 運用が大変なので設置することは少ないが、特徴点の少ない壁にマーカーを貼って対応することもある。

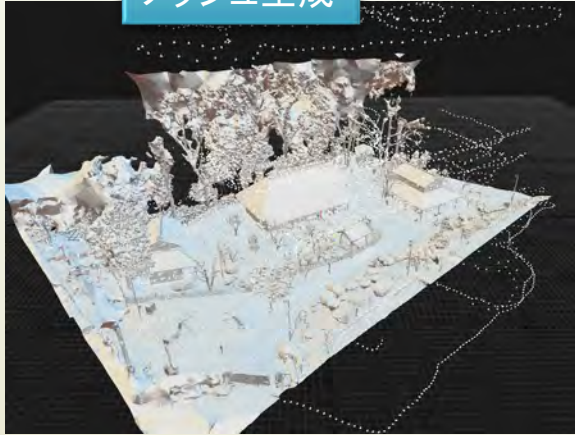


RealityCaptureのコントロールポイント機能は
特徴点を手動で設定できる



メッシュ生成とテクスチャ作成

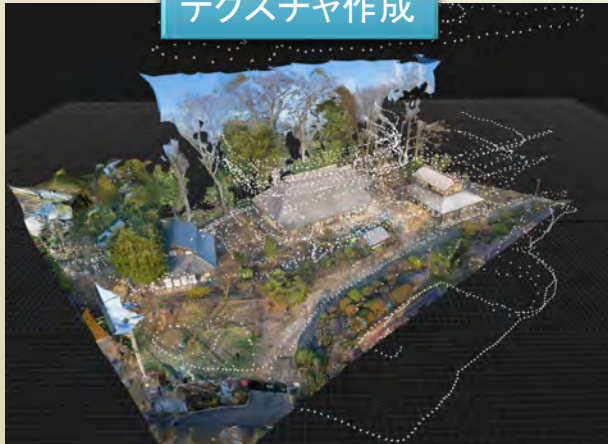
メッシュ生成



メッシュ生成

- アライメントが「上手く」出来たらメッシュを生成する
- 広域フォトグラメトリの場合はメッシュ生成に数時間から数日単位の時間がかかる。
- 「上手く」アライメントできているかをじっくり点群の状態やカメラ位置のチェックを行って確認してから実行する。
- 生成したメッシュがズレていたらコントロールポイントでカメラ位置を調整する。
- 広域フォトグラメトリの場合は設定により粗い生成をおこなってから詳細な処理をした方が良い場合もある。

テクスチャ作成



テクスチャ作成

- 適切な密度でUV展開(Unwrap)してテクスチャを投影する。
- RCの場合はUV展開後にテクスチャ品質というパラメータで事前に質を確認できる。
- アライメント確認や修正のために軽いテクスチャで最初は実行する。

クリーンアップ(メッシュ修正 & 軽量化)

修正

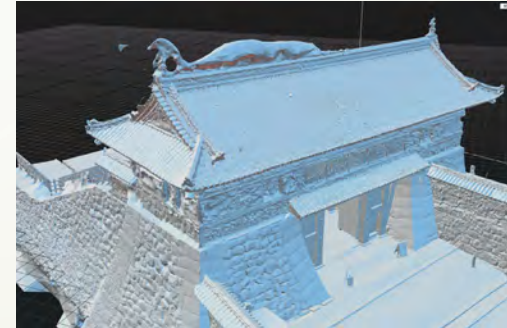
- Reality Captureから出力したメッシュをBlenderで修正
- Blenderで修正後、出力したメッシュをReality Captureに再インポート
- Reality CaptureでUV展開し、テクスチャを投影
- 上記手順を何度か繰り返してメッシュの修正を行い成果物品質を上げていく。

補完

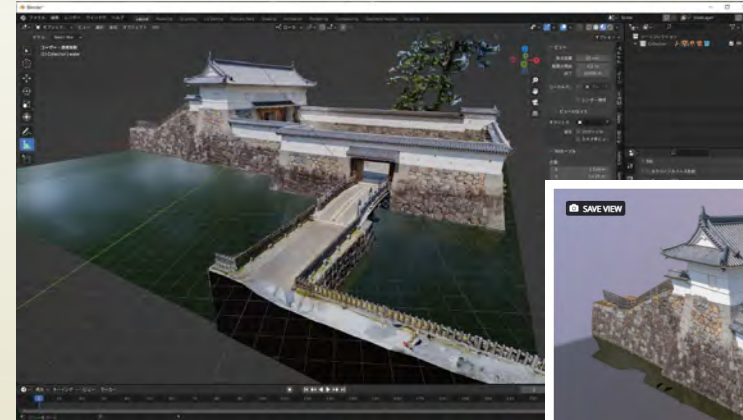
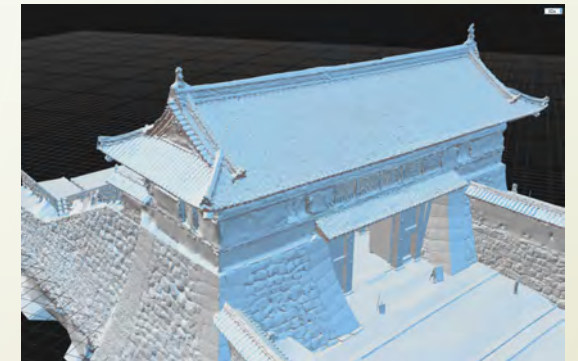
- 反射素材の部分もBlenderでメッシュを修正してテクスチャを再投影することである程度までは綺麗に仕上がる。
- 透過素材はBlender側で最終的に入れる。

軽量化

- 3Dモデルは用途に合わせてポリゴン数を減らし、適切なテクスチャ品質にする。
- 軽量化(用途ごとの最適化)はかなり手間がかかり見た目の品質に大きく影響する。



メッシュの修正(屋根と壁)



欠落部分の補完(堀)



綺麗に仕上げるためには3Dモデリングの技術が必須
撮って終わりではなく、むしろそれ以降の工数が大

本日の内容

ダックビルの自己紹介

用語説明

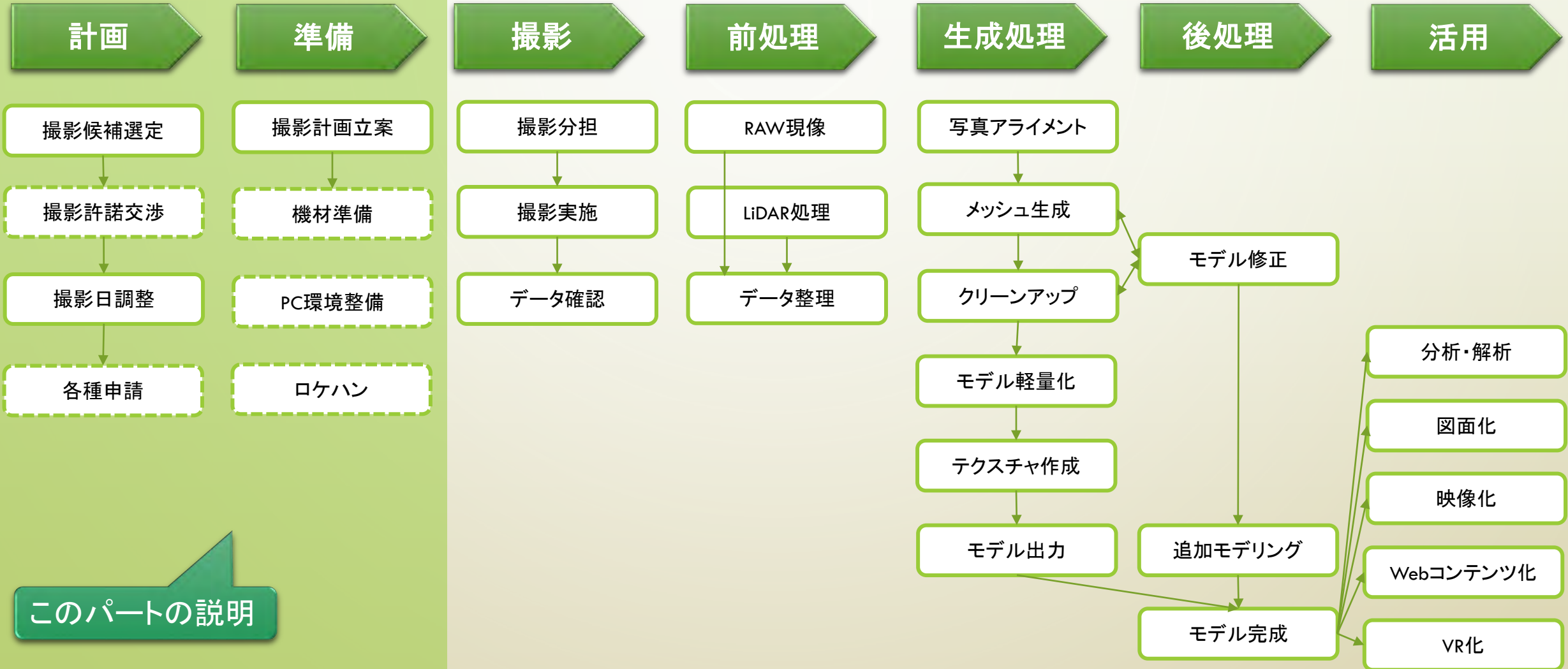
広域・環境フォトグラメトリの事例紹介

制作技術説明

制作プロセス説明

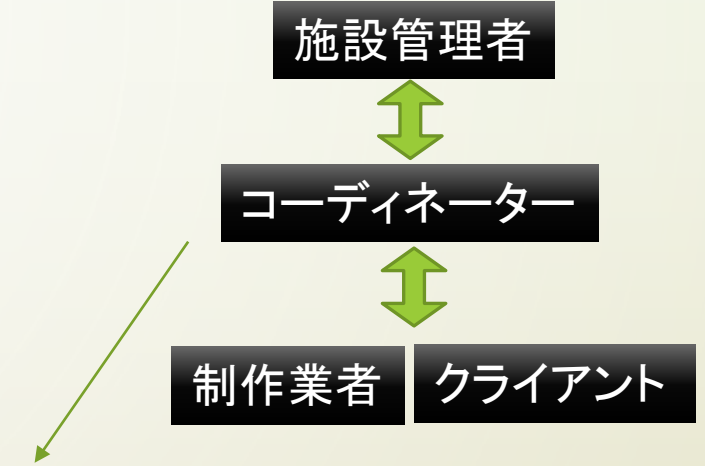
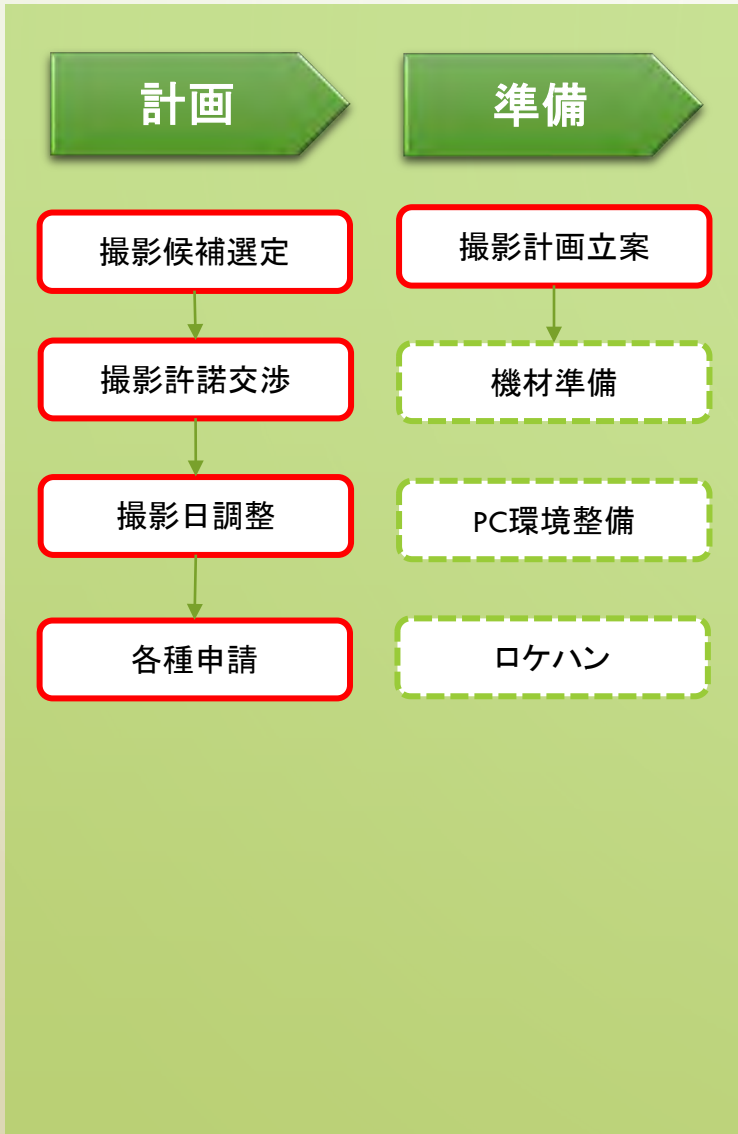
活用事例

全体制作プロセス



計画と準備

事業の座組の例



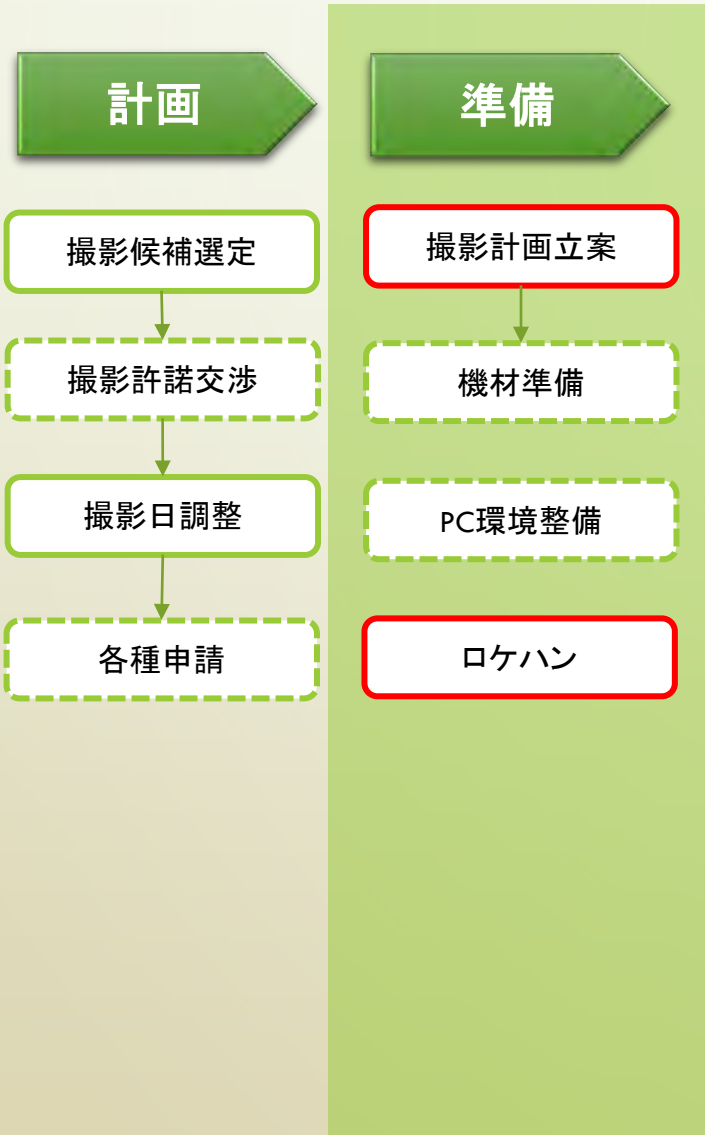
ステークホルダー間でのすり合わせ

- 成果物の目的と活用
- 費用見積もり（成果物毎、コンテンツ活用の費用は別途）
- 成果物の著作権管理
- 制作全体日程と撮影日程
- どこ／何を重点的に撮影するか、個別撮影が必要か
- 空撮可能かどうか（場所によっては各種申請が必要）
- 貸し切りできるか（休業日の確認）
- 現地の利用条件（立ち入り場所、休憩所、駐車場、トイレ）
- 3D化困難な場所があるか

産業遺産コーディネーターの業務（旧木村酒造場の例）

- 事業説明と所有者の同意を得ること
- 城跡と城下町をつなぐストーリーの構築
- ドローン飛行の許可
- 撮影のためのスケジュール調整
- 木村酒造のホテル業務と並行しての撮影調整
- 資料等の提供依頼（文化財の解説作成のため）
- 成果物のチェック依頼
- 成果物活用についての調整

計画と準備



写真・動画・全天球



確認用アライメント



簡易フォトグラメトリ



費用見積もりと成果物の目標品質を調整
規模の大きな案件の場合はロケハンでテ
スト撮影を実施し、調査結果を計画に盛り
込む。

朝霞市旧高橋家住宅 (with NTT e-Drone Technology)

計画段階で何を握るか？



- 成果物の目標品質の合意
 - 広域・環境フォトグラメトリは非常に広い範囲で様々な対象を撮影するため可能な限り高精度、高精度にというリクエストには通常応えられない。
 - 何を重視して、何を妥協するか。文章化し、ロケハンのデータも使ってステークホルダー間で合意形成してから始める。
 - 予算、撮影日程、撮影規模、撮影方法、制作期間、活用方法
- 撮影時にどんな制約条件があるか？
 - この日のこの時間帯に撮るという指定は、天候と日照条件、風に品質が“大きく”左右される要因となる。
 - 施設であれば休館日という要求は当然あるが、品質を求めるなら日程調整の自由が必要。
(何月何日の何時から事前申請してピンポイントというのが実際にはほとんどですが。)
- 成果物のバリエーションと活用方法
 - 成果物を何に使うか活用法によってモデルは複数適切に加工し、出力する。その工数、費用も確保しておく。

本日の内容

ダックビルの自己紹介

用語説明

広域・環境フォトグラメトリの事例紹介

制作技術説明

制作プロセス説明

活用事例

全体制作プロセス



シミュレーション動画

海蝕洞の海水面(潮位)シミュレーション



古民家の日照・天候・四季のシミュレーション



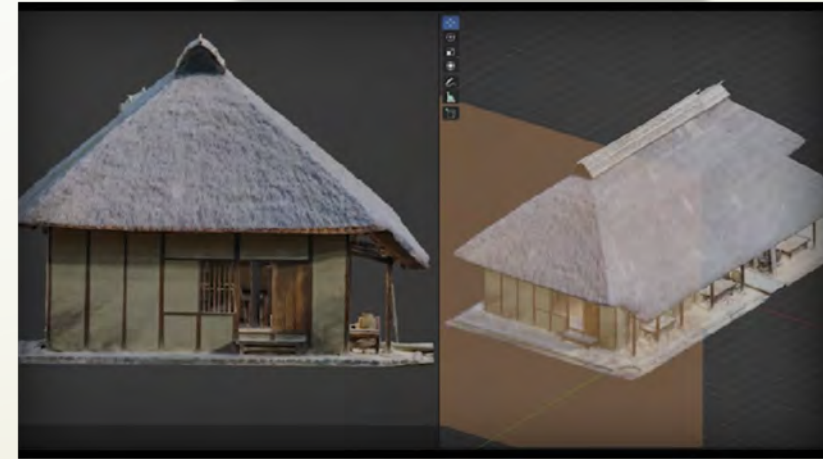
Twinmotionで動画化
実際の場所と日時を設定し、太陽高度の
シミュレーションも可能

各種画像(図面)制作

立面図

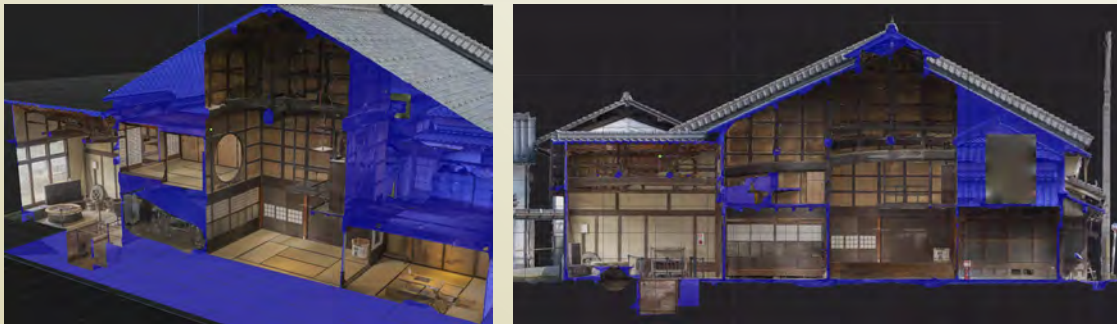


断面図アニメーション



Blenderで作成
カメラを並行投影
カメラ位置に連動するよ
うに平面をペアレントで
関連付ける
カメラをアニメーションさ
せる

断面図



平面図

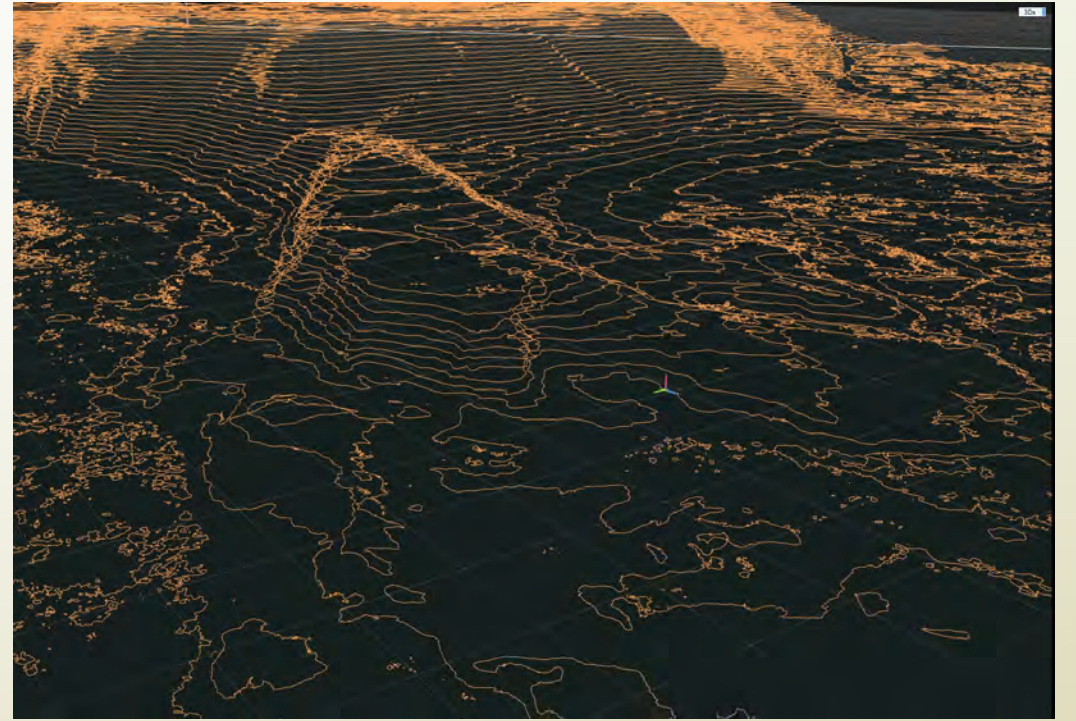


オルソ画像



正確な寸法と位置関係で解析用途に使うことができる。
写真では撮影不可能なアングルや断面図が作成可能

等高線



ドローンの空撮フォトグラメトリから等高線抽出

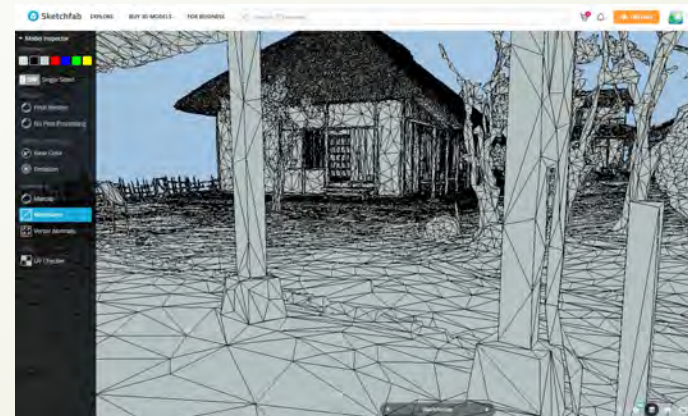
デジタルアーカイブ



Sketchfab

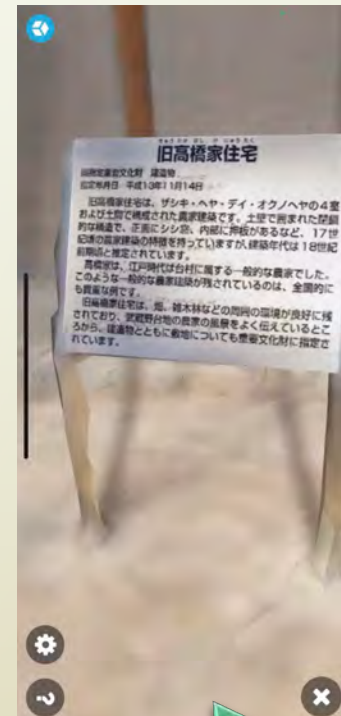
<https://skfb.ly/otU6M>

SketchfabではWebブラウザ上で自由な視点から3D表示できる。ピックアップしたい視点に直接移動でき、アノテーション表示で説明も付けられる



Sketchfab

<https://skfb.ly/osLwH>



AR/VR表示もできる

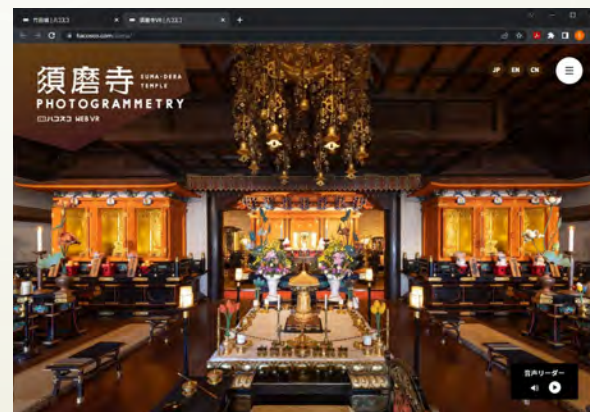
WebVR



国内19文化財のデジタルアーカイブを一挙公開
Metaverse Masters

ハコスコメタバースマスターズソリューション

<https://hacosco.com/meta/>



須磨寺VR:

<https://hacosco.com/suma/>



竹田城と城下町VR

<http://hacosco.com/takeda/>

VR360動画、WebVRでの簡単操作の自由視点体験、
多言語の解説テキストとナレーション

「令和3年度文化庁文化財多言語解説整備事業」

VR(メタバース)

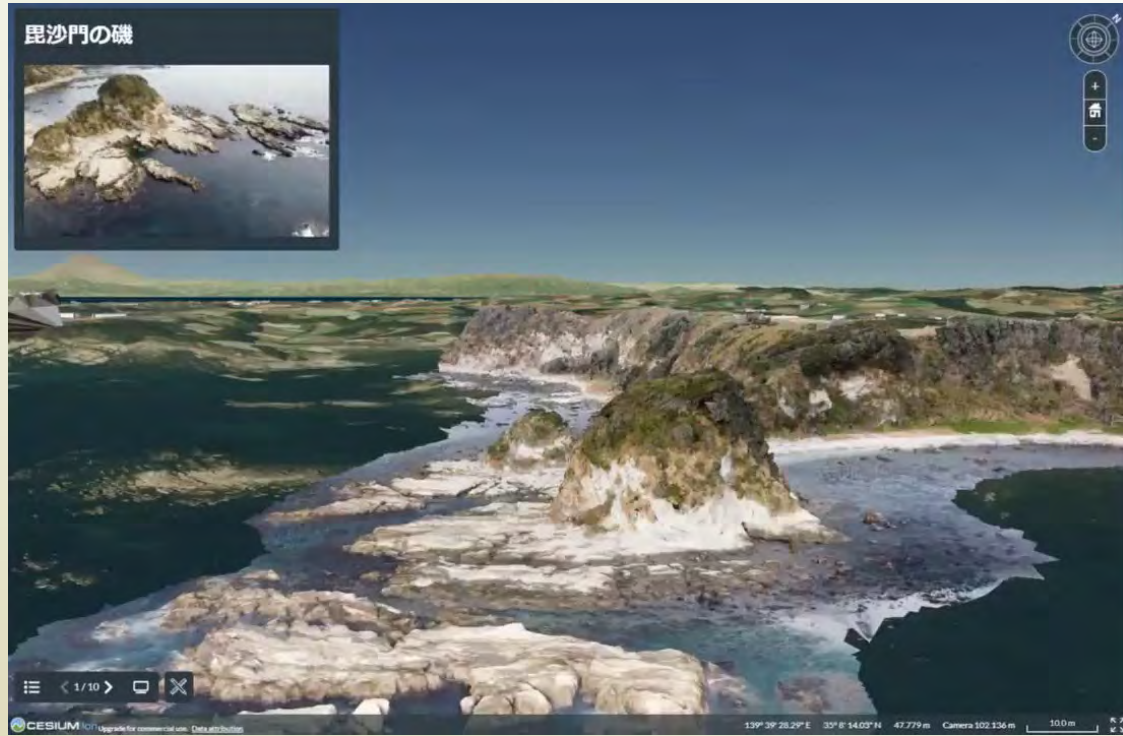


PCやスマホのWebブラウザでアクセスするだけでVR空間にアバターで参加できる。文化財のVR空間内で好きな場所を歩いたりアバター間でコミュニケーションできる

NTT DOOR

https://door.ntt/web/event_detail/index.html?id=52

地図表示(CESIUM)



三浦半島の磯のCesium地図表示

<https://cesium.com/ion/stories/viewer/?id=9fbc4f09-4304-48b2-837e-5506e6e2d9fb>



Webブラウザの地図に広域フォトグラメトリを表示することができる。3D Tiles機能によって表示倍率に応じてデータがストリーミングされ自動的に粗密表示される。

地図表示(Google Earth)

アニメーションCG。実際の動画ではキャラクターも表示されている。



復元建築のフォトグラメトリを元の大きさにCG上で戻し、
GoogleEarthの元の場所に表示。復元模型でも同様の
ことが可能

以上