

# UAVによるダム湖および原石山の多視点画像計測と3Dモデルの作成

株式会社ハヤテ・コンサルタント 平野猛也 北條 浩、疾測量株式会社 石井敬康

## 1 背景と目的

近年、国土交通省の直轄工事等では、3D設計データで建設機械を自動制御したり、出来形管理を行ったりする情報化施工が行われ、UAVやTLSなどによる3D計測、さらに3D設計、4D施工ステップ検出、構造物離隔・干渉照査等を行うCIM(Construction Information Modeling)が順次、導入されてきた。ICTの活用は-Constructionとして政策化され、一段と活発な取組みとなっており、空間情報の有用性が高まっている。

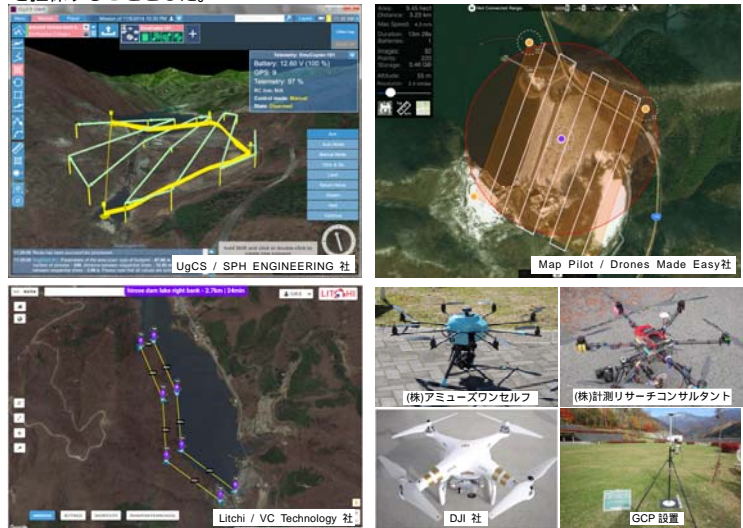
本研究は、UAV(回転翼、マルチコプター)による空撮、3Dモデル作成・造形を行い、以下のケーススタディで空間情報の応用を検証したものである。

高低差100m、勾配1:0.3、風化花崗閃緑岩のダム原石山の調査・点検・補強設計  
景観アドバイザー会議資料作成を目的とした広域なダム湖全域の計測



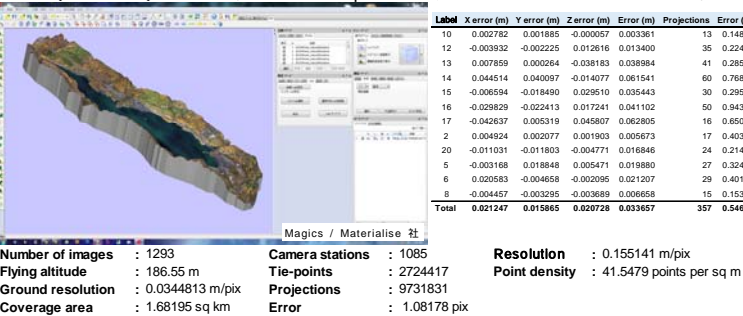
## 2 計測機材とフライトプラン(オートパイロット)

UAV機材や自律飛行ソフトは、計測・調査等の目的や対象範囲、高低差、飛行計画の資産性等により適切に選択し、フライトシミュレーションを行い、取得空間情報の品質を担保することとした。



## 3 SfM/MVSを用いた3Dモデル生成

UAV・SfM/MVSにより作成した3D地形モデル(obj,st形式)は、3DCADにて細部確認、編集(中空成形)を行った。GSDは3cm/picとして、XYZ errorは3cm未満となった。



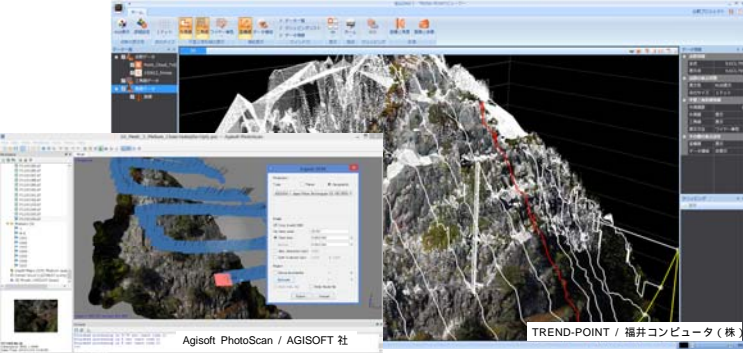
## 4 防災設計への活用(1)

長大法面等の任意断面・箇所で、詳細な空間情報を取得することが容易となった。



## 5 防災設計への活用(2)

高低差が大きく、法尻下部からでは不可視部分の多いダム原石法面山においては、TLS計測での物理的限界と誤差を確認した(下図、白色部)。このため、UAV自律飛行(高度漸減の飛行計画)でPhotogrammetry, SfM/MVSを行い、Point Clouds, DTM, Orthophoto, 3Dモデルを取得するとともに、計測点群の組合せ利用を実施した。



## 6 景観デザイン検討への活用



## 7 3Dプリント(造形)

3Dモデルは、有識者診断および展示を目的としたことから、3Dプリンタ(PPM)により出力(積層ピッチ0.1mm)した。なお、造形はフルカラーかつ調達可能な範囲で最大サイズとした。(3D Systems社 ZPrinter850, B508xL381xH229mm 2分割、縮尺約1/3,000、石膏)

3Dプリンタの種類	特徴	原理
FDM 熱溶解積層方式 Fused Deposition Modeling	<ul style="list-style-type: none"> <li>精度や表面仕上がりが比較的粗い</li> <li>狭いスペースに設置可能</li> <li>個人でも購入可能な価格(7万円~)</li> <li>カスフルなものを材料を選べる</li> </ul>	ABS樹脂やPLA樹脂のような、熱可塑性樹脂を高温度で溶かし、成形テーブルで積層する ABS樹脂, PLA樹脂
SLA 光造形方式 Stereolithography	<ul style="list-style-type: none"> <li>高価な物が多い(数千円~数万円)</li> <li>日本の製造業で最も普及</li> <li>精度が良く複雑なものが造形可能</li> <li>レーザーパワーを変えて、積層ピッチを調節</li> </ul>	紫外線を照射すると硬化する液体樹脂(光硬化性樹脂)を用いた造形方式であり、光硬化性樹脂を満たした槽に紫外線レーザーを照射させ積層する エポキシ系樹脂, アクリル系樹脂
SLS 粉末焼結方式 Selective Laser Sintering	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐久性のある造形物</li> <li>様々な材料を利用可能</li> <li>滑らかでつるつるとした質感を求められるものに</li> </ul>	粉末状の材料に高出力のレーザー光線を照射し焼結させる造形方式である ナイロンなどの樹脂系材料, 銅・青銅・チタン・ニッケルなどの金属系材料
PPM 粉末石膏造形方式 Powder Plaster Molding	<ul style="list-style-type: none"> <li>着色機能を備えた装置が多い</li> <li>フルカラーで造形可能である</li> <li>プリント速度が速い</li> <li>肌理の細かい造形物が作れる</li> <li>造形物の強度が弱い</li> </ul>	でんぷん・石膏などの粉末を樹脂で接着して固める 石膏ベースパウダー, プラスチックライクパウダー, チェンベースパウダー, セラミックベースパウダー

## 8 今後の課題

Non-GCP UAV(2周波GNSSシンクロ撮影システム)の精度、適用性検証  
 ObliqueカメラやMMS等の連携、難撮影箇所での効果的な多視点画像計測3D化  
 Sensors(LiDAR, thermal・multispectral・NIR camera, etc.)使用調査  
 D-RTK GNSS等高精度Flight Controllerでの自律飛行調査、同SfM/MVS差異確認  
 SMS(Safety Management Systems:安全管理制度)の確立  
 UAV(固定翼)を用いた、より効果的・効率的な空間情報取得と精度担保

## 9 まとめ

UAV-photogrammetry(写真計測)は、測量や調査・点検に留まらず、防災設計や景観検討にも非常に有益となった。3D測量(地形・地物モデル) 3D設計(3Dモデル) CIM(統合・CIMモデル)への端緒である。

防災面では、効果的・効率的な健全度診断(ロボット支援)、解析断面の合理的な設定、設計形状の早期確認(ラビットプロトタイプング)に奏効した。

景観面では、ゾーニング調整、観光リソース発掘、視点場スタディ、住民合意等の景観設計に活用可能であることを確認した。

従来のCGや模型と比べ、3Dプリント(造形)は、「3R」: Reality【現実性】・ Rapidity【迅速性】・ Reduction【作業工程の削減性】がより顕著である。

土木アメニティとしての空中景観とでも言うべき、新しい視点・ランドスケープを観るおもしろさの発見があった。

3D空間情報、特に地形のPoint Cloudsは、手法や結果の組合せや、フィルタリング等の編集が重要。既設構造物は、LOD(Level Of Detail:詳細度)の観点が必要。いわゆる、リバーエンジニアリング(Point Clouds Polygon(Mesh), Wireframe)Data 3D Model(Solid, Surface)}が、作図合理化や業務効率化に繋がるとの知見を得た。