

# 携帯端末 LiDAR と UAVLiDAR を用いた 局所点群と広域点群の重ね合わせによる マクロ出来形確認および事業管理

岩田 詩歩<sup>1</sup>

<sup>1</sup>飯田国道事務所 計画課 (〒395-0024 長野県飯田市東栄町 3350)

工事の出来形管理は、工事受注者ごと、各々の作業工程ごとに、出来形管理基準に従った“マイクロ確認”により行われている。これに対し、施工管理のため各工事において UAV 等により取得された広域点群データをベースとして、携帯端末 LiDAR により取得された局所点群データを重ね合わせ、事業全体の最新かつ詳細な点群データを作成することで、発注者による包括的な構造物出来形確認、土量把握及び事業進捗管理等の“マクロ確認”が可能か試行した事例を報告する。

キーワード LiDAR, モバイルスキャン, 点群データ, インフラ DX, i-Construction, 事業管理, 出来形管理

## 1. はじめに

技術系職員の日常業務においては、印刷図面を使った設計確認や、協議簿に添付された写真による妥当性の確認等、多くの資料に時間をかける確認方法が一般的であり、BIM/CIM モデルの活用が職場全体に浸透しているとは言えない実情がある。

一方で、i-Construction の取組みの推進により、工事現場において点群データが豊富に取得されている。令和5年度からは業務においても BIM/CIM を原則適用することとされ、3次元モデルの設計成果の納品が増えると予想される。業務で使用する行政パソコンには、点群データを扱い 3D 設計を行うことができる 3D-CAD ソフトウェアが導入されている。点群データは、各事務所に配備済みの UAV による写真測量や、測量機器がなくとも LiDAR (Light Detection And Ranging: レーザー光を照射し、その反射光の情報をもとに対象物までの距離や対象物の形などを計測できる技術) が搭載された携帯端末 (Apple iPhone14Pro 等) により取得可能である。日常業務においてはまだ浸透していないもの

の、3次元データが活用できる環境は整っている。

このような状況を踏まえ、飯田国道事務所では、職員にて UAV と携帯端末 LiDAR による点群を活用し、事業全体の出来形と進捗を把握する「マクロ事業進捗管理」の試行を施行した。

## 2. マクロ事業進捗管理

工事の出来形管理は、工事受注者ごと、各々の作業工程ごとに、出来形管理基準に従った“マイクロ確認”により行われている。それを積み上げることで、事業全体としての出来形を担保しているが、事業全体を俯瞰した出来形確認は行われていない。したがって、より精度の高い事業管理のためには、出来形管理基準に寄らない俯瞰的な確認方法が必要である。

そこで、工事で豊富に取得されている広域点群データを重ね合わせ積層し、データが古い箇所や点密度が薄い箇所を携帯端末 LiDAR による局所点群データで補い、早期に事業全体の最新かつ詳細な点群データを作成することで、発注者が主体となって事業全体を俯瞰する“マクロ確

認”が可能となると考えた。出来形確認や土量把握を“マクロ確認”により行うことで、より精度の高い事業展開や事業費管理に繋がる（図-1）。

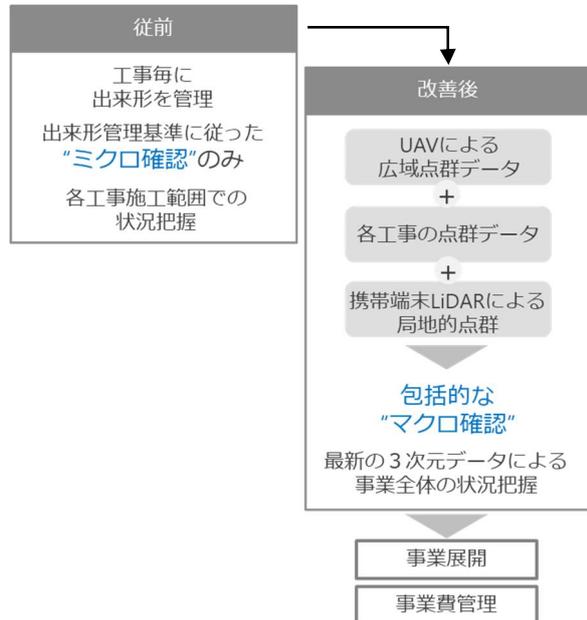


図-1 改善のイメージ図

### 3. 最新の点群データの作成

以下に点群データの作成手順を報告する。作成に当たってのイメージを図-2に示す。

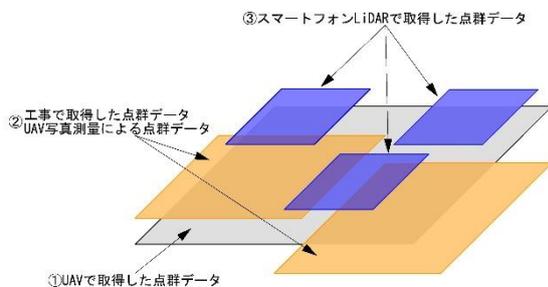


図-2 点群データ積層のイメージ図

#### (1) 既存点群データの重ね合わせ

i-Constructionの取組みにより、工事の起工測量や出来形管理のため、点群データが豊富に取得され、報告簿や完成図書として工事受注者から納品されている。将来的にはそれらのデータを点群処理ソフトにより重ね合わせることで、ベースとなる広域点群データを作成することを考えているが、今回の試行では、三遠南信自動車道飯橋道路の氏乗IC(仮称)においてUAVレ

ーザー測量を実施し図-3に示す点群データを作成した。



図-3 作成した氏乗IC(仮称)点群データ

#### (2) UAV写真測量による点群データ取得

(1)に加え、UAV写真測量により広域点群データを作成した。点群データ取得にあたり、各事務所に局一括配備済みのUAV(DJI Phantom4 Pro)と、無料アプリ(Pix4d Capture)を使用した。マッピングしたい範囲や高度を指定するだけで、自動運行により連続写真を取得することができる（図-4）。取得された写真を、フォトグラメトリソフトウェア(Pix4d mapper)により処理し、点群データ及びオルソモザイク画像を作成した。UAVのGNSS測位データのみでは誤差が出るため、既知点に対空標識を設置し補正した。

UAVによる写真撮影は職員1~2名で実施した。1回当たり写真撮影が30分程度、処理時間を除く変換作業が30分程度であり、短時間で負担が少ないので、定期的に事業箇所の点群データを取得することができる（図-5、図-6）。

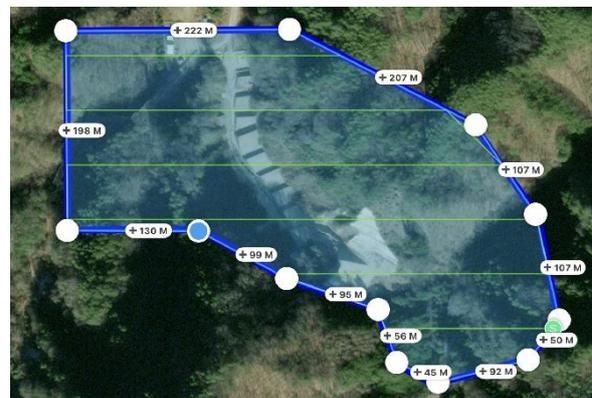


図-4 アプリ操作画面



図-5 職員による写真測量による測量状況



図-6 生成した点群データ

### (3) 携帯端末 LiDAR による点群取得

(1)(2)で点群データが取得できない、点群密度が低い等、データの補完が必要な箇所について、LiDAR が搭載された携帯端末(Apple iPhone14Pro)により局所点群データを取得した(図-7)。UAV レーザー測量や UAV 写真測量は、その特性から、鉛直面や暗渠内部の点群密度が低くなる。また、現場は次々と施工が完了していくため、更新が必要な箇所が多く存在する。それらについて、機動性と手軽さに富んだ携帯端末 LiDAR により取得を行った(図-8)。携帯端末の GNSS 単独測位では絶対精度が低いいため、取得した点群データは、位置精度に大幅な誤差が生じる。そこで、後述する方法で取得した点群データを標定して、広域点群データに積層させた。



図-7 携帯端末 LiDAR 取得箇所位置図



図-8-1 橋梁下部工の取得データ



図-8-2 暗渠の取得データ



図-8-3 法面工の取得データ

## (4) 重ね合わせ

(1)～(3)を積層した点群データを図-9に示す。

法面工計測時には、現地の工事用基準点に標定点を設置し、平面直角座標系へ補正変換を行った(図-10)。

下部工・暗渠計測時には標定点を設置せず、特徴点に対して座標値を指定し、補正処理を行った(図-11)。

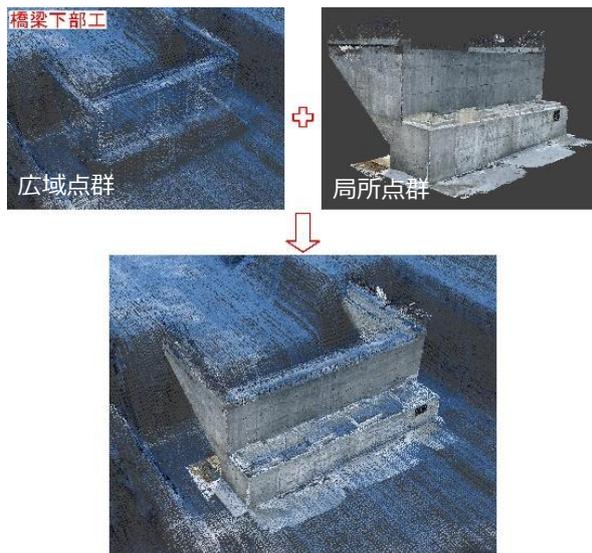


図-9-1 作業が完了した点群データ(橋梁下部工)

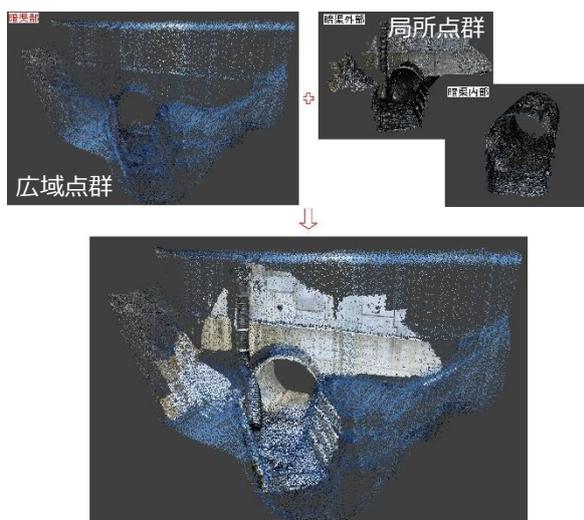


図-9-2 作業が完了した点群データ(暗渠)

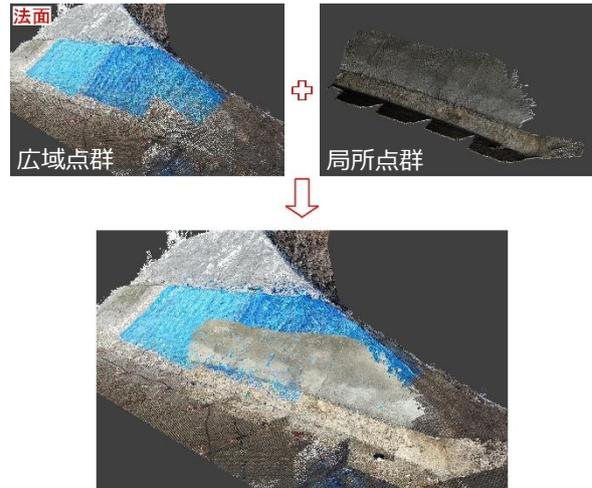


図-9-3 作業が完了した点群データ(法面工)

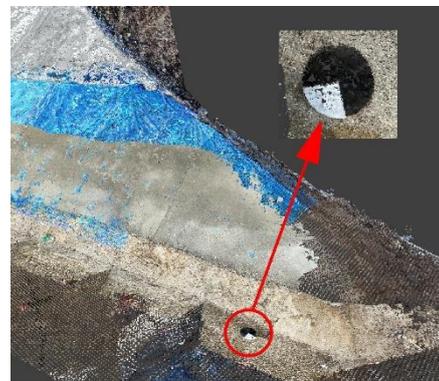


図-10 点群データの合成方法(標定点)



図-11 点群データの合成方法(特徴点)

#### 4. 点群データを活用した試行事例

##### (1) 土量確認

点群データを積層することで、各々の工事施工範囲だけでなく、事業範囲全体の現況を確認することができる。本試行において、異なる時期に計測した点群データを用いて土工数量を把握した事例を図-12に示す。切土・盛土量を算出

する際、従来であれば各工事の最新の横断図を収集し、平均断面法により計算を行っていた。しかし、今回作成した点群データを活用すれば、メッシュ法（点高法）により正確な土量を把握することができ、より高度な事業進捗管理や事業展開の立案が可能となる。

本試行では、対象とした三遠南信自動車道飯橋道路の3次元完成モデルが無いため、完成形に対しての進捗状況は確認できなかった。しかし、今後はBIM/CIM活用業務が進み、図-13に示すイメージ図のような完成時の3次元モデルが整備されることで、現況と完成形の比較も容易になり、正確な残土工数量の把握など、従来よりも適切な事業進捗管理が可能になると考える。



データ	メッシュ土量1	
基	R3雨沢道路建設工事 起工測量ク...	
出	氏乗IC 221208撮影	
盛土量	485.32 m <sup>3</sup>	+ -
切土量	30,407.04 m <sup>3</sup>	
		-29,921.72 m <sup>3</sup>

図-12 点群を用いた土工量の把握



図-13 氏乗IC完成イメージ図

## (2) 出来形管理

現在、工事の出来高管理は、土工事や舗装工事など広範囲における面管理に適用されている。今回作成した点群データを活用すれば、構造物など局所的な出来形確認が可能となると考え、本試行では、橋台躯体工における上面基準高の確認を実施した。

その結果、設計基準標高と携帯端末LiDARによる点群データ標高との差は約9cmであった。出来形管理基準及び規格値（案）（令和4年3月国土交通省）によると管理基準値は±20mmであり、今回作成した携帯端末LiDARによる点群データは出来高管理に使用できるレベルの精度確保はできなかった（図-14）。

この原因として、標定の手法が挙げられる。本試行では、現地作業の軽減と携帯端末LiDARの手軽さや機動性を重視して、既存点群データの特徴点を用いて標定を行う手法をとっている。このように間接測量で取得した点群データは、携帯端末LiDARに限らず一定の誤差を持つ。

本手法で積層したデータは、現況把握や進捗管理には十分使用できるものである。しかし、出来形管理等の高い位置精度を必要とする利用を目的とする場合は、現地に標定点を設置し補正を行うなど、データの補正・標定方法に留意する必要がある。

単位：m				
検証 (橋台躯体工)	設計基準標高 (Z)	点群データ標高 (z)	標高差 (ΔZ)	リクワイヤメント
検証1	713.047	712.959	0.088	基準高 規格値 ±0.02 (出来形管理基準及び規格値)
検証2	712.939	712.856	0.083	
検証3	712.831	712.732	0.099	
検証4	712.723	712.630	0.093	

図-14 取得データによる出来形管理の検証

## 5. まとめ

本試行では、①UAVレーザー測量により取得された広域点群データ、②職員が航空写真測量

により取得した広域点群データ、③機動性と手軽さに富む携帯端末 LiDAR により取得した局所点群データを積層させることで、最新かつ詳細な点群データが早期に作成可能であることが確認できた。加えて、その点群データを活用し、事業全体の土量確認等の“マクロ管理”が可能となることを確認できた。積層させた点群データは、写真や平面図よりも格段に情報量が多いデータとなり、地元説明会や所内での事業進捗状況の共有など、様々な使い方が期待できる。

今回は、一部作業において建設コンサルタントの技術支援を頂いたが、一度作業を行えば、それほどの手間をかけることなく、職員のみで点群データの積層作業を行えることがわかった。

携帯端末 LiDAR は従来の測量機器と異なり、機動性と手軽さに富むが、高い精度を保持するためには、標定点の設置など現地作業の負担が増加する。現況把握や進捗管理を目的とする場

合は、既存点群データによる標定でも十分な積層データを構築できるため、利用目的を明確にした上で、適切な処理を行うことが重要となる。

今回の試行で把握した携帯端末 LiDAR の特徴を活かし、災害復旧等の作業速度が優先される概略的な検討作業への適用が最も有効な活用法の一つであると考えられる。もう一つの利点としては、携帯端末のため、クラウドサービスを使えば取得した点群データを即時共有することができる。

今後は、今回の成果を元に様々な3次元データを広く日常業務の中に落とし込み、業務効率化への取組みを継続的に行ってきたい。

謝辞：本論文の作成にあたりご協力・ご助言を賜った技建開発(株)並びに飯田国道事務所職員の皆様に心から感謝申し上げます。