

## 山間部における CLAS 測位による UAV 飛行精度の検証 ～LTE 圏外での UAV 砂防施設点検の適用に向けて～

国土交通省四国地方整備局 四国山地砂防事務所（現：四国地方整備局 河川部 地域河川課） 福井慧  
アジア航測株式会社 ○鈴木心，本間文徳，新井瑞穂，上杉温子，辻原諒  
株式会社コア 最上谷真仁，樋口志樹

### 1. はじめに

近年，作業の効率化を目的として，UAV 自律飛行による砂防施設点検の実施が進められている．山間部に位置する砂防施設周辺は，狭隘な地形や樹木の繁茂など，UAV 飛行の支障があることも多く，UAV 点検実施においては，高い測位精度が求められる．一般的に UAV 飛行の測位精度確保には，LTE 通信により位置補正を行うネットワーク RTK（リアルタイムキネマティック）が利用されるが，山間部等の LTE 圏外では利用できないことが課題であった．

この課題に対して，LTE 圏外でも高い測位精度が確保できる CLAS（センチメートル級測位補強サービス）を活用した国産機体，および CLAS 基準局（ChronoSky Base）が開発された．国産機体は，CLAS 受信機が内蔵されているため，単独で飛行が可能であり，砂防施設点検にも用いられているが，大型かつ高価な機体であることが課題である．一方 CLAS 基準局は，CLAS 受信機を搭載した移動式の基準局であり，連携した UAV の位置補正が可能である．この基準局は，RTK 対応の UAV であれば連携が可能のため，機体に受信機を搭載せずとも CLAS が利用できる．ただし，砂防施設点検に用いられた事例はなく，RTK や国産機体と同等の精度で利用できるかは不明である．

そこで本研究では，CLAS 基準局と海外製の汎用機を用いた砂防施設点検を試行し，その飛行精度について検証を行った．

### 2. CLAS の概要

CLAS とは，準天頂衛星（みちびき）から位置補正情報を送信する測位補強サービスであり，LTE 通信が不要である．測位方法のイメージを図 1 に示す．

四国山地砂防事務所が直轄砂防事業を実施している吉野川水系では，山間部を中心に LTE 圏外の場所が多い．また，狭隘な谷地形を呈していることから，砂防施設が位置する谷部では LTE 圏外となる場合も多く，これらの場所では RTK が利用できない．そのため，CLAS の活用が有効だと考えられる．

### 3. 実施場所・機体

#### 3.1 対象地

本研究では，CLAS と RTK の飛行精度を比較・検証するために，LTE 圏内である吉野川中流祖谷川流域の落合谷第 3 堰堤を対象地とした（図 2）．

#### 3.2 使用機体

本研究では，多くの事業者で使用されている汎用機体を使用した．四国山地砂防事務所では昨年度，災害協定を締結している事業者（11 社）を対象に，UAV 保有機体についてアンケートが実施され，保有機体 28 機の

うち 26 機が DJI 社製という結果が出ている．これを踏まえ，本研究で使用する機体は，RTK 対応の MAVIC3 Enterprise（DJI 社製）とし，CLAS を利用する際は，CLAS 基準局「ChronoSky Base（コア社製）」を使用し，みちびきから送信される位置補正情報を受信した（図 3）．

### 4. 検証方法

本研究では，堰堤スポット撮影，検証点撮影を実施した．検証内容と目的を表 1 に示す．

通常の GNSS 測位	RTK	CLAS
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• LTE 通信は不要</li> <li>• メートル級の精度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LTE 通信が必要</li> <li>• センチメートル級の精度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LTE 通信は不要</li> <li>• センチメートル級の精度</li> </ul>

図 1 GNSS 測位方法の比較

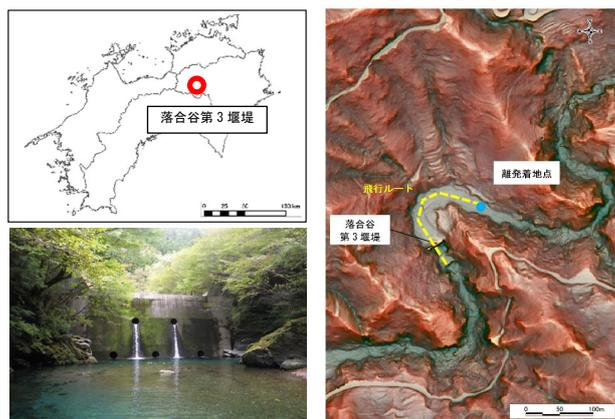


図 2 離発着地点と飛行ルート

製品名	基準局：ChronoSky Base 機体：MAVIC3 Enterprise
メーカー	基準局：(株)コア 機体：DJI社
機体写真	 

図 3 使用した機材

表 1 検証内容と目的

項目	目的	測位方法
堰堤スポット撮影	同じ飛行計画による堰堤撮影の再現性確認	CLAS RTK
検証点撮影	飛行位置精度の検証	CLAS RTK 単独測位

#### 4.1 堰堤スポット撮影

自律飛行により、複数のアングルから砂防堰堤を撮影した。撮影は、同じ飛行計画により CLAS, RTK でそれぞれ3回ずつ実施し、一部、補助者なし目視外飛行により実施した。

#### 4.2 飛行位置精度検証

堰堤堆砂敷に検証点（5箇所：現地測量実施）を設置し、UAV 自律飛行により、検証点上空から真下に向かって撮影した。撮影した写真は、オルソ撮影写真とともに SfM 処理することで、実際に撮影した座標を割り出し、計画した飛行位置座標との誤差を算出した（図4）。撮影は、CLAS, RTK, 単独測位により、それぞれ3回ずつ実施した。

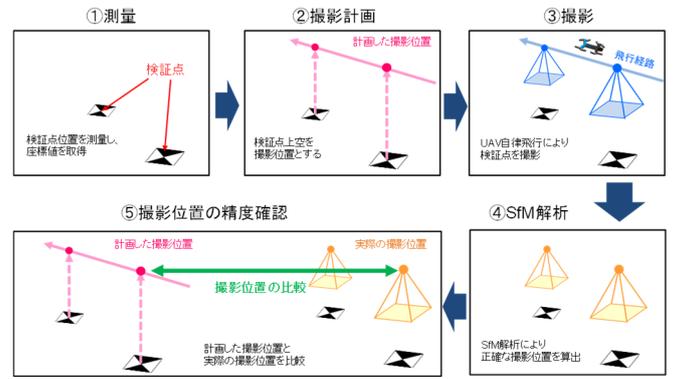


図4 飛行位置精度の検証手順

### 5. 検証結果

#### 5.1 堰堤スポット撮影

撮影スポットごとに、撮影写真を比較した。写真にグリッド線を入れ確認したところ、RTK, CLAS いずれも、画角のずれがほとんどなく、撮影の再現性が確認できた（図5）。

#### 5.2 飛行位置精度検証

検証点ごとの飛行位置誤差の平均値を図6に示す。比較の結果、RTK が最も位置精度がよく、平均0.21mの誤差であった。CLAS は平均0.34mの誤差であり、RTK よりも誤差が大きいが、センチメートル級の精度となった。一方で、単独測位は1.65mの誤差となり、CLAS と比較すると、大きく精度に差があった。

LTE 圏外では、これまで単独測位による飛行しか選択肢がなく、安全性や精度に課題があったが、今後はCLAS の利用により、LTE 圏外においても、高い測位精度で施設点検が実施できることが明らかとなった。

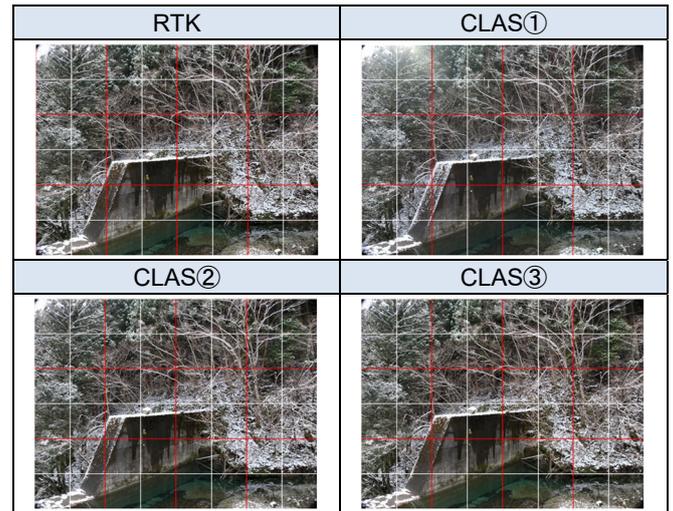


図5 堰堤写真（RTK, CLAS）の比較結果

### 6. 堰堤 3D モデルの作成

飛行位置精度検証にて、CLAS により撮影したオルソ撮影写真から、堰堤 3D モデルを作成した。3D モデルと現地撮影写真との比較結果を図7に示す。本堤の水叩きや右岸袖部、堰堤の堆砂状況等について、現地状況をよく再現でき、変状判読等への利活用が期待できる結果となった。

### 7. まとめ

本研究では、汎用機を用いて CLAS による UAV 砂防施設点検を試行し、RTK と同程度の点検・測位精度が確保できることが明らかとなった。この結果から、今後 LTE 圏外での UAV 砂防施設点検を実施するにあたり、CLAS を利用することで、多くの事業者が RTK と同等の精度で、自律飛行による UAV 砂防施設点検が実施できる可能性が示された。

### 参考文献

- 1) 伊藤ら (2023) : 山間部における UAV 点検手法について、令和5年度砂防学会研究発表会概要集, p.317-318

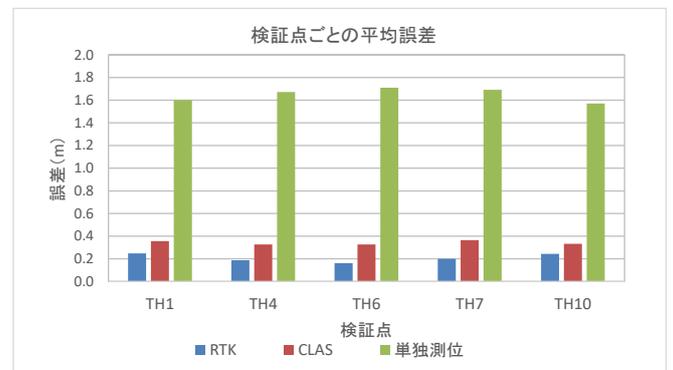


図6 検証点ごとの飛行位置誤差

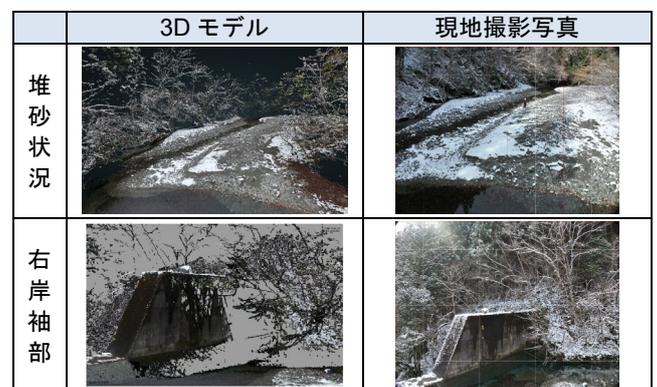


図7 3D モデルと現地撮影写真の比較結果