

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01563

研究課題名（和文）レーザスキャナ搭載UAVを用いた空間計測技術の高度化と実用化に向けた研究開発

研究課題名（英文）Development for Advanced and Practical Application of Spatial Measurement Technology Using Laser Scanner Equipped UAV

研究代表者

田中 成典（TANAKA, Shigenori）

関西大学・総合情報学部・教授

研究者番号：50268330

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、レーザスキャナ、GNSSやIMUとして安価な機器を採用した場合に生じる時刻同期ズレや誤差の増大を解消するために、産学共同で要求仕様を明らかにし、それらに則って各機器を時刻同期する技術を開発することで、新たなレーザ計測ユニットを再開発した。加えて、計測された点群データに混入するノイズを除去する技術、構造物と地表面の点群データを分類する技術や構造物の垂直面やエッジを考慮した点群データのフィルタリング技術を開発した。本研究では、開発技術を通して、誰もが、安価に、業界が満足する精度で、UAVにより点群データを計測するためのレーザ計測ユニットとその解析ソフトウェアが構築できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、市販の安価なレーザスキャナ、GNSSやIMUを組み合わせることでレーザ計測ユニットを再開発した。従来、安価な機器を組み合わせる場合、累積誤差が生じ、実用に耐えうる精度での計測は困難である。そこで、本研究では、産学共同で要求仕様を整理した上で、これら安価な機器同士を的確に時刻同期し、ノイズを除去するフィルタリング技術を開発することで、業界が満足する精度での計測を実現した。この点に、本研究の学術的意義がある。また、安価なレーザ計測ユニットと解析ソフトウェアが開発できたことで、これまで高価なために導入が難しかった企業においても、データ計測を可能とした点に社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this research, we redeveloped a new laser measurement unit by clarifying the required specifications in collaboration with industry and academia, and developing the technology to synchronize each device according to them, in order to solve the time mis-synchronization and the increase of error that occurs when inexpensive devices are adopted as laser scanners, GNSSs and IMUs. In addition, we developed a technology to remove noise from the measured point cloud data, a technology to classify the point cloud data of structures and ground surfaces, and a technology to filter the point cloud data considering the vertical surfaces and edges of structures. Through the developed technologies, we have been able to construct a laser measurement unit and a software for measuring point cloud data with UAVs by anyone, at low cost, and with accuracy satisfactory to the industry.

研究分野：土木情報学

キーワード：空間計測 UAV レーザ計測ユニット 点群解析 GNSS

## 1. 研究開始当初の背景

道路や河川の建設現場及び災害現場等の地形を正確に計測する技術として、UAV が注目されている。国土交通省では、2016年に「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」と2017年に「無人航空機搭載型レーザスキャナを用いた出来形管理要領(案)」を公表した。しかし、前者のマニュアルで対象とする写真測量では、日照が乏しい時間帯では計測ができない課題や3次元モデルの生成に膨大な処理時間がかかる問題がある。さらに、計測範囲内のターゲット設置が必要であるため、災害等の緊急を要する状況下では適用が難しい。一方、後者の要領で対象とするレーザ測量では、夜間計測が可能であり、ターゲットを設置する必要が無い。しかし、既存のレーザスキャナ搭載 UAV は、非常に高価(最低1,000万以上)であり、民間企業が導入するには費用面の課題がある。また、UAVに低機能のレーザスキャナを1台ぐらいしか搭載できないため、計測可能な対象物が限定される。そのため、建設構造物を死角無く計測するためには同一経路を複数回飛行する必要があるが、単位面積当りの計測コストが高くなる上、計測データをオーバーレイすることが難解である。

そこで、前述の喫緊の課題を解決するために、本研究では、要求仕様を満たすIMUとGNSSを協力会社と共に改良し、また、安価で軽量な小型レーザスキャナを産学共同で設計・製作する。そして、同期処理の誤差の低減を実現した複数の小型レーザスキャナ搭載レーザ計測ユニット(実用版レーザ計測ユニット)を再開発する。同時に、計測された点群データの解析技術及びそのソフトウェアを開発する。目標としては、1万平米当りの計測時間を1時間(夜間可)、解析時間も1時間以内、ユニットの費用は300万円以内とする。さらに、ターゲットが不要である上、複数のレーザスキャナの配置により一度の飛行で地物を死角無く計測して、市場が求める精度内で3次元モデルを生成できるかを実証する。加えて、何時でも何処でも誰でもが簡単に実用版レーザ計測ユニットを使えるように運用マニュアルを執筆して広く公開する。以上、ユニットの再開発、解析ソフトウェアの開発、精度及び効率化の実証実験、運用マニュアルを纏め、研究成果を社会に還元すべく実用研究に取り組む。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、高価で高精度ではなく、安価でありながら業界が満足する精度を担保した実用版レーザ計測ユニットの再開発とそれに関連する技術の実装である。筆者らは、市販の計測機器を組み合わせたパイロット版レーザ計測ユニットを用いて基礎技術について議論してきた。そこで、実用性を鑑み、次の2点の技術課題を解消することを目標と設定した。

- 小型レーザスキャナを複数設置することで地物を死角無く精度良く計測する技術  
パイロット版レーザ計測ユニットは、市販のレーザスキャナを単体設置するため、一度に対象構造物全てを計測できない。そのため、小型レーザスキャナを複数設置し、建造物の壁面や橋梁の下部等を死角無く計測する必要がある。また、小型レーザスキャナの単価をさらに下げることが大きな命題となる。  
一方で、小型レーザスキャナの複数設置については、搭載機器や価格目標などを開発協力企業と協議を行った結果、カメラの搭載に対するニーズが大きかったことから、飛行方法やレーザスキャナの計測範囲など、1台のレーザスキャナで死角なく計測可能な条件を考究するとともに、カメラを設置することを目的として再設定した。
- 小型レーザスキャナ、IMU及びGNSSの機器間の正確な時刻同期技術  
通常、同期処理では、各機器にGNSSを設置して原子時刻を用いる方法が一般的である。しかし、各機器のデータ計測周期の違いによるずれが計測精度に大きく影響する。そのため、小型レーザスキャナ、IMU及びGNSSの要求仕様を明確にする必要がある。

したがって、IMUとGNSSを改良し、安価で軽量な小型レーザスキャナを設計・製作して、開発協力企業(3社)と共に産学共同で実用版レーザ計測ユニットを再開発することと、そのユニット計測技術と点群データの解析処理技術を確立することを目的として設定した。このうち、安価で軽量な小型レーザスキャナを設計・製作については、レーザスキャナの低価格化は時代の潮流であり、研究を推進する中で十分に安価な製品が入手可能になった状況を鑑み、小型レーザスキャナ、IMU及びGNSSを組み合わせた実用版レーザ計測ユニットを再開発することに注力することとした。

本研究は、実用版レーザ計測ユニットの再開発、及びユニット計測技術と点群データの解析処理技術の確立に関して学術的独自性がある。適用分野は、i-Constructionで求められる出来高・出来形計測や、夜間に発生した災害現場の迅速な被害状況の把握等が考えられ、情報化施工や防災分野への活用が大いに期待できる。また、このユニットを車両や建機(特にクレーン)に装備して、人の接触事故防止の安全管理に応用できる。その他、ヒト・モノ・コトの計測にも幅広く活用できる。例えば、スタジアム等によるスポーツ選手のトラッキングにも期待できる。以上、高

所からの空間計測処理の実用化に関して学術的創造性に富むものである。

### 3. 研究の方法

以上の研究目的を踏まえて、本研究では、研究期間内に次の2点の具現化を行った。

#### (1) UAV 搭載レーザ計測ユニットの再開発及びユニット計測技術の確立 (2018~2019 年度)

地上レーザスキャナの製造実績のある電機メーカと協力して、小型レーザスキャナ、IMU と GNSS を組み合わせたユニットの開発と、ユニットを用いた計測技術を開発し、最終的に実用版レーザ計測ユニットを完成させる。ユニットの開発においては、共同研究を遂行してきた各企業とは協力体制が整っているため、筆者らから各企業に機能要件を提示し、その要求仕様に則したセンサの提供を無償で受ける。計測ユニットにおける各センサの配置は、対象物に合わせた設置方法を議論する。また、計測技術の開発としては、各センサの機器特性を検証し誤差要因を把握したうえで、各センサから得られるデータを時刻同期させる機能、及び計測データのログを記録する機能を開発する。また、同期誤差をさらに軽減する方法、及び計測コストを抑えて死角なく効率的に計測する方法も同時に考案する。そして、地表面や構造物等を対象に、開発済みのプロトタイプ版と比較して計測範囲、点群密度と精度がどの程度向上するかを明らかにする。なお、このユニットは車両や建機、スタジアム等に設置できるようにも配慮する。

#### (2) 解析処理技術の確立 (2018~2019 年度)

(1) の実用版レーザ計測ユニットによって計測された点群データの解析処理技術を確立する。対象構造物に対する計測条件に着目して、計測精度を分析して実用に耐えうる点群データの精度を担保するためのアルゴリズムを考案し実装する。具体的には、各センサから取得される一次データを加工してノイズを除去する技術、構造物と地表面の点群データを分類する技術や構造物の垂直面やエッジを考慮した点群データのフィルタリング技術といった点群解析技術を開発する。そして、計測対象物の素材や状態（例えば雨で濡れている）がどのような状況においても点群データを正確に取得し、しかも約 200m の範囲を面的に計測可能な設置型の地上レーザスキャナ（申請機材）を用いて正解値を見出し、(1) ユニット計測技術と (2) 解析処理技術により取得した点群データとの精度検証を行う。そして、実用版レーザ計測ユニットを用いて土工の実現場を計測し、i-Construction の要領が定める水平較差、標高較差 $\pm 20\text{mm}$  以内の精度で計測可能かを明らかにする。

#### (3) i-Construction 用の点群解析ソフトウェア及びその汎用化版の開発 (2020 年度)

まず、(2) の成果を建設分野の i-Construction に準拠した土工の出来形管理や公共測量等の実業務に適用し、点群解析ソフトウェアを開発する。これは、UAV 写真測量や地上レーザスキャナ等で取得される点群データにも適用できるようにする。そして、(1) の実用版レーザ計測ユニットを用いて土工の実現場を計測し、i-Construction の要領が定める水平較差、標高較差 $\pm 20\text{mm}$  以内の精度で計測可能かを明らかにする。この場合においても、精緻な精度検証のために mm 単位の精度で計測可能な地上レーザスキャナ（申請機材）が必要不可欠である。そして、対象構造物の適用範囲を拡大して、前述の点群解析ソフトウェアの汎用化を目指す。

### 4. 研究成果

本研究の研究成果を以下に示す。

#### (1) UAV 搭載レーザ計測ユニットの再開発及びユニット計測技術の確立 (2018~2019 年度)

##### ① UAV 搭載レーザ計測ユニットの再開発

UAV 搭載型レーザスキャナは、計測対象上空を飛行すると同時に真下に向けてレーザを照射して、計測対象全体の点群データを計測できる。この際、UAV 搭載型レーザスキャナに搭載するレーザスキャナの計測データは、ローカル座標系である。そのため、UAV 搭載型レーザスキャナではこれらの点群データの位置と傾きを補正し、重畳して計測対象全体の点群データを生成する。既存の UAV 搭載型レーザスキャナを用いた点群データ生成手法は、GNSS (Global Navigation Satel-lite System)、IMU (Innertial Measurement Unit) を用いる手法と SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) を用いる手法が一般的である。

GNSS、IMU を用いる手法は、点群データを計測したときの飛行位置と機体の傾きを GNSS と IMU により計測して補正する。この手法は、レーザスキャナ、GNSS と IMU の計測時刻を高精度に同期することで、計測対象全体の点群データを生成できる。

SLAM を用いる手法は、点群データ内の特徴点を用いて、異なる時間に計測された点群データ同士の相対的な位置や傾きのズレを推定し、補正する。この手法は、特徴点となる地物が計測範囲内に多く存在する場合には高精度に計測対象全体の点群データを生成できる。

道路や河川土工の現場は、道路や河川堤防の長手方向に対して一様な形状をしており、特徴物が少ない特性がある。SLAM を用いる手法を適用した場合、道路や河川土工の現場には特徴物が少ないため、点群データ同士の相対的な位置や傾きのズレを誤推定すると考えられる。一方で、GNSS、IMU を用いる手法を適用した場合、特徴物の有無に係わらず、UAV 搭載型レーザスキャナの位置と姿勢を計測して補正できる。そのため、施工現場で用いる場合は、SLAM を用いる手

法よりも GNSS、IMU を用いる手法の方が計測対象全体の点群データを高精度に生成できると考えられる。これらのことから、本研究では、GNSS、IMU を用いて UAV 搭載レーザ計測ユニットを開発した。本研究開発で開発したレーザ計測ユニットの搭載機器詳細を図 1 に示す。

GNSS、IMU を用いる手法では、UAV に搭載した GNSS、IMU による計測データを用いて、レーザスキャナにより計測した点群データの傾きや位置を補正し、計測現場全体の点群データを生成する。一般的に、IMU による Roll 角と Pitch 角の計測精度は加速度センサの計測精度に依存するが、Yaw 角の計測精度は地磁気センサの計測精度に依存する。この地磁気センサは、機器の周辺環境によって計測誤差が増加する。そのため、重力加速度方向の計測精度に依存する Roll 角、Pitch 角と比較して、Yaw 角の計測精度は低くなることが明らかとなっている。

そのため、本研究では、GNSS は GNSS コンパスを構成するように複数設置し、この GNSS コンパスにより計測した Yaw 角を用いて点群データの Yaw 角の傾きを補正することができるユニット構成 (図 2) とした。高精度な点群データを得るためには、GNSS コンパスによる Yaw 角と IMU による Roll 角と Pitch 角を用いてレーザスキャナによる点群データを補正する必要がある。また、UAV の位置と Yaw 角を高精度に計測するため、各 GNSS では RTK (Real Time Kinematic) 測位により補正された位置を計測データとして用いることとした。

## ② ユニット計測技術の確立


ユニット計測技術を開発するには、GNSS と IMU を用いる手法により得られる点群データの誤差要因を把握し、誤差要因を軽減する計測方法とデータ生成方法を考案する必要がある。そのため、まず、レーザスキャナ、IMU と GNSS を搭載したレーザスキャナ搭載型 UAV により得られた点群データを用いて、誤差要因の調査を実施した。

計測精度に影響を与える要因を調査するにあたって、関西大学カイザー・プロジェクト S「高度空間計測技術開発コンソーシアム」(以下、コンソーシアム) に参画する航測会社、地図調製会社、建設、測量に関わるソフトウェア・ハードウェア開発会社による議論で要因の候補を整理した。議論の結果から、計測方法に依存する誤差要因として 5 項目 (飛行速度、飛行状態、飛行ルート、飛行高度、使用衛星数)、点群データの生成方法に依存する誤差要因として 5 項目 (照射角度、同期の時刻幅、計測距離 (位置)、RTK の Fix/Float、反射強度) を選定して調査した。その結果、表 1 に示す誤差要因を踏まえて計測を実施することで、高精度な点群データを計測可能であることを明らかにした。

### (2) 解析処理技術の確立 (2018~2019 年度)

本研究では、調査した誤差要因を基に、各要因を最適化して点群データを高精度に補正する機能を複数提案 (表 2) した。そして、提案機能ごとに手法の有用性を確認し、既存手法を組み合わせることでレーザスキャナ搭載型 UAV を用いた新たな点群データ生成手法を考案 (図 3) した。

図 3 の処理を踏まえて、最終的なレーザ計測ユニット搭載 UAV を用いた計測結果と横断面における評価結果を図 4 に示す。横断面の評価結果より、最確値との誤差の標高較差が 200mm 以内となる点群データを上空からオクルージョンなく計測でき、その平均値は 3cm~4cm となった。そのため、情報化施工での利用を考えると、平均値を用いて高さを算出することで、目標となる 10cm 程度の高さの範囲での計測が可能になると考えられる。

	IMU	レーザスキャナ	GNSS	UAV
機材				
メーカー名 製品名	東京航空計器 CSM-MG200	Velodyne VLP-16 Lite	Septentrio AsteRx-m2C	DJI Matrice 600
詳細	<ul style="list-style-type: none"> <li>分解能: 0.01° 未満</li> <li>Roll, Pitch 精度: 0.5° 未満</li> <li>重量: 36g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定間隔: 5~20Hz</li> <li>測定点数: 約300,000点/秒</li> <li>レーザ種別: Class 1</li> <li>測定距離: 約100m</li> <li>計測精度: 3cm</li> <li>重量: 590g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>搭載数: 1機 (アンテナ2機)</li> <li>通信: SOI for AsteRx (※)</li> <li>使用衛星: GPS, Beiou, QZSS (内部RTK処理により位置を補正)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動飛行距離: 3.5km</li> <li>飛行時間: 40分程度</li> <li>通信方式: 2.4GHz</li> <li>GPS計測機器: WooKong M GPSモジュール</li> </ul>

(※) トシステムリサーチ社にて開発したデータ通信ユニット、SOIにて基地局、移動局間でデータを通信

図 1 レーザ計測ユニットの搭載機器詳細

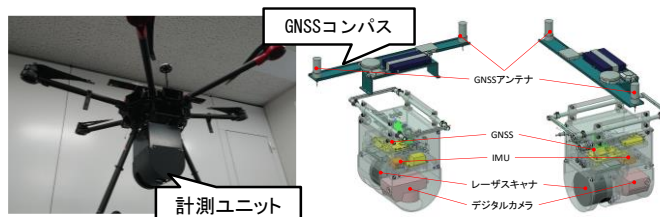


図 2 レーザ計測ユニットの搭載機器構成

表 1 計測条件と計測方法

誤差要因	設定した計測条件・計測方法
飛行速度	4m/s
飛行状態・飛行ルート	評価対象上空を等速飛行で計測
飛行高度	高度 30m
使用衛星数	12 機
Fix/Float	Fix 率: 100.0%

(3) i-Construction 用の点群解析ソフトウェア及びその汎用化版の開発 (2020 年度)

本開発では、何時でも何処でも誰でもが簡単に実用版レーザ計測ユニットを利用し、点群データの解析ができることを目的として、汎用的な点群処理ソフトウェアの開発と利用マニュアルを取り纏める。開発した点群処理ソフトウェアである 3D Point Studio を図 5 に示す。

本システムは、計測した点群データを効率的に保存し、管理するためのオンライン版 3D Point Studio と、計測した点群データを解析及び編集するためのオフライン版 3D Point Studio に分けて開発した。オンライン版 3D Point Studio では、計測した点群データを国土基本図図郭に基づいて分割して保存することで、点群データの計測範囲を統一した領域において管理する。これにより、各計測業務で得られた点群データの範囲が明確化し、必要な点群データに即座にアクセスできる。オフライン版 3D Point Studio では、蓄積された点群データを読み込み、それらを解析及び編集するためのプラグイン機構を備えた点群データ編集ソフトウェアである。プラグイン機構を備えることで、本研究で開発したノイズのフィルタリング技術や点群データの生成技術等の様々な解析処理を運用するための基盤が構築できた。また、3D Point Studio は、点群データの利活用基盤としての普及を目指して、Web サイト上に無償で公開しており、国土交通省が主催する令和元年度 i-Construction 大賞の優秀賞を受賞する等、今後の普及が期待される。

表 2 提案機能と最適化要因

No	提案機能	最適化する要因
1	時刻同期	Fix / Float、飛行状態、照射角度、同期の時刻幅、取得間隔のズレ
2	高度補正	GNSS の標高方向の計測誤差
3	計測軸の補正	機器間の設置誤差
4	フィルタリング	計測距離

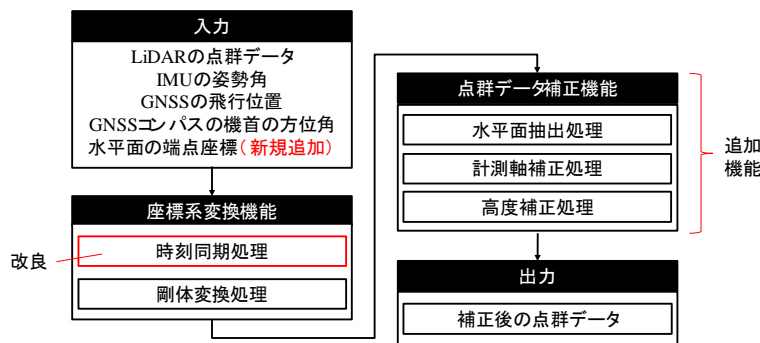


図 3 提案手法の改良点

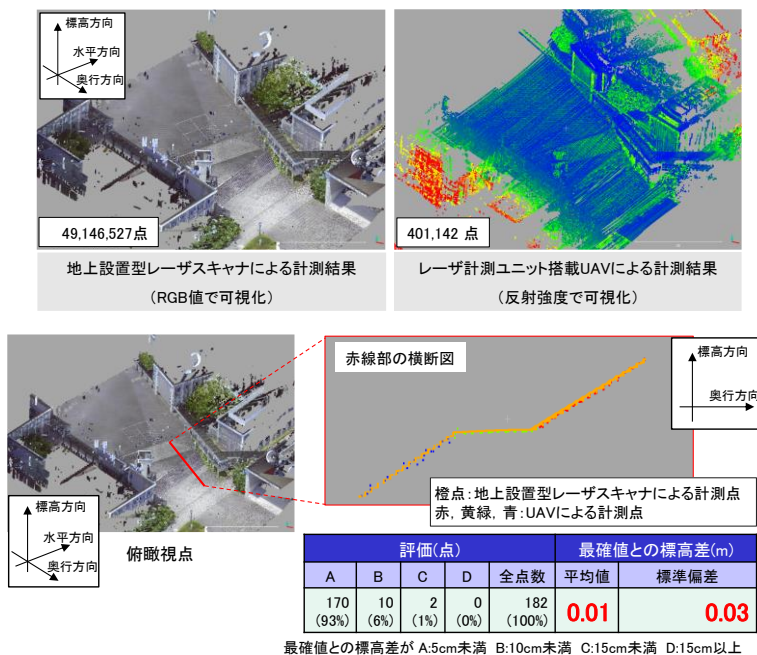


図 4 レーザ計測ユニット搭載 UAV による計測結果の可視化と横断面による評価結果

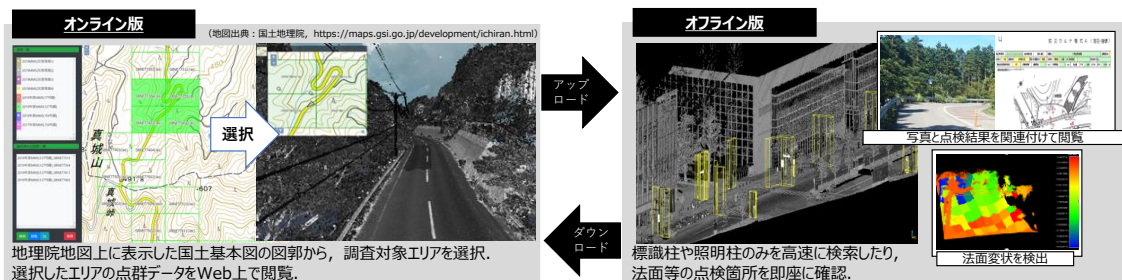


図 5 開発した汎用的な点群処理ソフトウェア (3D Point Studio)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 中村健二, 塚田義典, 田中成典, 梅原喜政, 中畑光貴	4. 巻 32
2. 論文標題 完成平面図を用いた道路面地物の点群データの抽出に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 知能と情報	6. 最初と最後の頁 616-626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3156/jsoft.32.1_616	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 塚田義典, 窪田諭, 田中成典, 梅原喜政, 中原匡哉, 中畑光貴	4. 巻 32
2. 論文標題 橋梁の点群データを用いた深層学習による部位認識に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 知能と情報	6. 最初と最後の頁 627-631
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3156/jsoft.32.1_627	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 中村健二, 塚田義典, 田中成典, 梅原喜政, 中畑光貴	4. 巻 75
2. 論文標題 完成平面図に基づいた点群データの地物抽出技術の高精度化に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集 F3 (土木情報学)	6. 最初と最後の頁 I_160-I_169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejcei.75.2_I_160	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 窪田諭, 塚田義典, 田中成典, 梅原喜政, 中原匡哉, 飯田拓馬	4. 巻 75
2. 論文標題 構造物の三次元データ計測に用いる可搬型レーザスキャナの調査と設計	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集 F3 (土木情報学)	6. 最初と最後の頁 II_105-II_113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejcei.75.2_II_105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村健二, 今井龍一, 窪田諭, 山本雄平, 塚田義典, 姜文淵, 田中成典	4. 巻 34
2. 論文標題 道路分野における3次元情報の利活用の取り組み	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JACIC情報第120号	6. 最初と最後の頁 44-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田中成典, 窪田諭, 今井龍一, 中村健二, 山本雄平, 塚田 義典, 谷口寿俊, 中原匡哉	4. 巻 74
2. 論文標題 土工の施工管理におけるUAV搭載型レーザスキャナによる計測方法と計測誤差に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集F3	6. 最初と最後の頁 11_125 ~ 11_135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejcei.74.11_125	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計7件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 塚田義典, 中村健二, 田中成典, 梅原喜政, 平野順俊, 大月庄治, 川村義和
2. 発表標題 深層学習による点群データからの道路地物の識別に関する基礎的研究
3. 学会等名 第35回ファジシステムシンポジウム講演論文集, 日本知能情報ファジィ学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅原喜政, 塚田義典, 中村健二, 田中成典, 平野順俊, 大月庄治, 川村義和
2. 発表標題 機械学習による点群データからの道路地物の識別に関する基礎的研究
3. 学会等名 第35回ファジシステムシンポジウム講演論文集, 日本知能情報ファジィ学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 窪田諭, 塚田義典, 田中成典, 梅原喜政, 中原匡哉, 飯田拓馬
2. 発表標題 構造物の三次元データ計測に用いる可搬型レーザスキャナの調査研究
3. 学会等名 土木情報学シンポジウム講演集, 土木学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村健二, 塚田義典, 田中成典, 梅原喜政, 中畑光貴
2. 発表標題 完成平面図に基づいた点群データからの地物抽出技術の高精度化に関する検討
3. 学会等名 土木情報学シンポジウム講演集, 土木学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村健二, 塚田義典, 今井龍一, 田中成典, 梅原喜政, 樋渡達也
2. 発表標題 道路管理者のための点群ブラウザの開発
3. 学会等名 第33回日本道路会議論文集, 日本道路協会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅原喜政, 中村健二, 塚田義典, 田中成典, 中畑光貴
2. 発表標題 点群データと完成平面図の重畳手法に関する一考察
3. 学会等名 第24回関西大学先端科学技術シンポジウム講演集, 関西大学先端科学推進機構
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 田中成典, 窪田諭, 今井龍一, 中村健二, 山本雄平, 塚田義典, 谷口寿俊, 中原匡哉
2. 発表標題 土工の施工管理におけるUAV搭載型レーザスキャナによる計測誤差に関する調査研究
3. 学会等名 土木情報学シンポジウム講演集, 土木学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 三次元モデル生成システム	発明者 田中, 窪田, 今井, 中村, 山本, 塚田, 谷口, 他16名	権利者 田中, 窪田, 今 井, 中村, 山 本, 塚田, 谷
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-014248	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

#### 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	窪田 諭  (KUBOTA Satoshi)  (60527430)	関西大学・環境都市工学部・教授   (34416)	
研究分担者	今井 龍一  (IMAI Ryuichi)  (90599143)	法政大学・デザイン工学部・准教授   (32675)	現在、法政大学教授、東京大学空間情報科学研究センター客員教授
研究分担者	中村 健二  (NAKAMURA Kenji)  (70556969)	大阪経済大学・情報社会学部・教授   (34404)	
研究分担者	山本 雄平  (YAMAMOTO Yuhei)  (10560485)	大阪工業大学・情報科学部・講師   (34406)	現在、関西大学環境都市工学部助教

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	塚田 義典 (TSUKADA Yoshinori)  (50622643)	摂南大学・経営学部・講師  (34428)	現在、摂南大学准教授
研究分担者	姜 文淵 (JIANG Wenyuan)  (20804008)	関西大学・先端科学技術推進機構・特別任命助教  (34416)	現在、関西大学特別任命准教授
研究分担者	井上 晴可 (INOUE Haruka)  (20804024)	大阪経済大学・情報社会学部・講師  (34404)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関