

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02052

研究課題名（和文）知的点群処理による大型構造物の保全支援に関する研究

研究課題名（英文）Research on Maintenance Support for Large Structures Using Knowledge-Based Point Cloud Processing

研究代表者

増田 宏（Masuda, Hiroshi）

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：40302757

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,000,000円

研究成果の概要（和文）：近年、大型構造物の老朽化が大きな問題となっており、保全業務の効率化が大きな課題となっている。本研究では、この問題を解決するために、機械学習や対象設備の構造知識を用いることで、大規模構造物の3次元計測データを用いて設備保全を支援するための知的点群処理基盤を確立する。具体的には、(1) 深層学習による点群のセグメンテーションと物体認識手法、(2) 不完全な点群からの形状再構成手法、(3) 点群自動計測のための最適計測位置算出手法、(4) 深層学習を用いた点群からの劣化検出手法、(5) 不完全な点群からの構造解析手法の研究を行う。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、測量用のレーザスキャナで得られた点群を用いて、大規模な設備保全を効率的に行うための手法である。近年、機械学習が進歩しているが、点群の利用や設備保全への応用においては、必ずしも有効な手法とはなっていない。本研究では、機械学習を工業設備の保全に利用するために、5つの課題を設定して点群処理手法を開発し、その有効性を検証している。本研究は、工学的に新しい手法を提案するとともに、実際の大規模点群にも活用できるという点で実用的にも有用なものである。

研究成果の概要（英文）：In recent years, the aging of large structures has become a major problem. In order to improve the efficiency of maintenance work, this research aims to investigate point cloud processing methods using machine learning and engineering knowledge. In this research, we developed five point processing methods for large-scale point clouds of engineering facilities; (1) point cloud segmentation and object recognition methods using deep learning, (2) shape reconstruction methods from incomplete point clouds, (3) method for calculating optimal measurement positions for mobile robots, (4) deterioration detection methods from point clouds using deep learning, and (5) structural analysis methods from incomplete point clouds.

研究分野：設計工学

キーワード：点群処理 機械学習 設備保全 物体認識 形状モデリング 劣化検出 3次元計測 構造解析

1. 研究開始当初の背景

我国には、生産設備、高炉、発電設備、送電設備、通信設備、貯蔵施設、交通網など、非常に多くの人工物システムが存在する。近年、こうした人工物システムを構成する大型構造物の老朽化が大きな問題となっており、大型構造物の点検や改修などの保全業務の効率化が大きな課題となっている。この問題を解決するために、測量分野のレーザスキャナを用いて取得された高密度・高精度点群を活用する手法が必要となる。対象物の点群データが得られれば、改修計画、構造解析、劣化検出、搬入搬出の干渉判定など、様々な保全作業を計算機上で検討できる。しかし、既存手法では扱える対象物が限定されており、拡張性が乏しい、計測地点の制約により欠落の多い不完全な点群しか得られないため活用が難しい、といった問題があった。そのため、既存データを学習することによって扱える対象を拡張できる手法や、工学知識を利用して不完全な点群から3Dモデルの復元が行える手法など、従来の手法では扱えなかった問題を処理できる知的な点群処理基盤が望まれている。

2. 研究の目的

本研究では、機械学習や対象設備の構造知識を用いることで、大規模構造物の3次元計測データから、保全の対象となる対象物の検出、劣化箇所の同定、3Dモデル構築など、設備保全を支援するための知的点群処理基盤を確立することを目的とする。そのために、以下の研究を行う。

- (1) 深層学習による点群のセグメンテーションと物体認識手法の研究
- (2) 不完全な点群からの形状再構成手法の研究
- (3) 自律移動ロボットによる自動計測の研究
- (4) 深層学習を用いた点群からの劣化検出手法の研究
- (5) 不完全な点群からの構造解析手法の研究

3. 研究の方法

- (1) 深層学習による点群のセグメンテーションと物体認識手法の研究
既存の点群データを学習することで、工業設備の部材認識を高精度で行う手法の研究を行う。設備の部材は、十分な個数の実計測の学習データを得ることが難しいため、CADモデルを用いて、実計測点群に代わる学習データを仮想的に生成する手法を検討する。また、プラントなどの部材は特徴に乏しいため、多様な特徴量を組み合わせ、高精度の物体認識ができる手法を検討する。また、工業設備に適した新しい物体認識手法についても検討する。
- (2) 不完全な点群からの形状再構成手法の研究
大型構造物では計測位置に関する制約が大きく、欠落のある不完全な点群しか得られないことが多い。点群の欠落がある場合、部材の識別や配置には、対象物に関する事前知識が必要となる。そこで、大型構造物の典型的な知識を用いて、欠落の多い点群から、大型構造物の完全な3次元アセンブリモデルを再構築する手法を検討する。
- (3) 自律移動ロボットによる自動計測の研究
これまでの研究で、点群を効率的に取得するために、自律移動する自動計測ロボットの開発を行なった。高品質な点群を取得するためには、最適な計測位置を算出して、ロボットのプランニングを行う必要がある。本研究では、環境のラフな3Dモデルから、妥当な計算時間で最適な計測位置をオフラインで算出する手法と、実計測時に環境モデルとの差異を検出してプランの変更を行う仕組みを検討する。
- (4) 深層学習を用いた点群からの劣化検出手法の研究
工業設備の点群から、剥落や亀裂などの劣化を検出する手法を検討する。VRを用いて亀裂の検証を行う場合、レジストレーション誤差による劣化消失を防ぐために、機械学習を用いて、微細な劣化を保持する点群重畳手法を検討する。また、様々なスケールの劣化を点群から自動検出して提示できる機械学習手法の検討も行う。
- (5) 不完全な点群からの構造解析手法の研究
大型構造物の点群計測によって得られる点群は欠落のある不完全な形状であることが多い。そこで、構造解析の逆問題を解くことによって、有限要素法解析の結果である変形後形状が、点群計測で得られた形状に一致するような拘束条件を算出する手法について検討する。

4. 研究成果

(1) 深層学習による点群のセグメンテーションと物体認識手法の研究

深層学習では大量の学習データを必要とするが、工業設備を実計測して、そのような大量の学習データを得ることは通常は難しい。そこで、部材の CAD モデルを用いて、3次元計測で得られる点群を模した学習データを生成する手法を開発した。図 1(a) では、部材をランダムに組み合わせ、大量の配管システムの 3D モデルを生成しており、これらから多様な学習データが生成できる。図 1(b) は、CAD モデルに照射した仮想的なレーザの照射角度と距離から、機械学習を用いることで、点群データの反射強度を推定した例を示している。ただし、我々の評価実験では、CAD から生成された点群を学習データに用いた場合、十分な認識精度が得られないことがわかった。そこで、CAD から生成された点群のデータ拡張のために、欠落や端部の異常値など、8 パターンのデータ拡張手法を実装し、それらの効果を検証した。

さらに、点群からの物体認識のための深層学習モデルとして、点群と点群から合成された画像を用いて計算される点群特徴量と画像特徴量を組み合わせた手法を開発して、その有効性を検証した。また、配管システムでは、部材が 1 次元的に配置することを利用して、回帰型ニューラルネットワーク (RNN) を用いた手法を開発した (図 1(c))。これらの手法により、十分高い精度で、部材検出が行えることを確認した。



図 1 深層学習による点群からの物体認識

(2) 不完全な点群からの形状再構成手法の研究

大型構造物は、多数の部材を組み合わせ生成される。点群計測においては、すべての部材の点群を欠落なく取得することは困難であるため、事前知識を用いた手法が必要となる。本研究では、大型構造物の鉄塔を対象として、不完全な点群から、完全な 3 次元アセンブリモデルが生成する手法を提案した。典型的な鉄塔では、重心や強度などの観点から鋼材が対称になるように配置されてボルト接合されている。また、鋼材の組み合わせ方には、いくつかの定型的なパターンが存在することが知られている。本研究では、これらの前提知識を用いて、点群が欠落した部材を推定する手法を開発した。部材の端部や接合部は、結合パターンの知識を用いて、形状を決定する。検証実験では、汎用的な鉄塔知識を用いて、複数の異なる部材構成の鉄塔を高い精度で形状再構成できることを示した。図 2 は、市街地で用いられる送電鉄塔を、地上から計測した点群を用いて生成した 3D モデルで、細部まで復元できている。

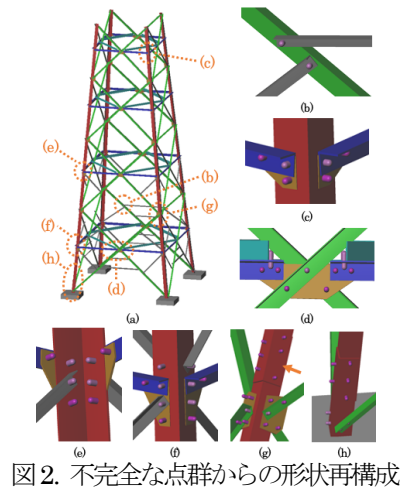


図 2. 不完全な点群からの形状再構成

(3) 自律移動ロボットによる自動計測の研究

移動計測ロボットによって、高品質な点群を取得するためには、最適な計測位置を算出し、それらを通る経路を生成する必要がある。本研究では、最適計測位置の算出のために、図 3(a) のように、環境の 3D モデルに仮想的なレーザを照射し、欠落が最も少なくなる計測位置の組み合わせを算出する手法を示した。環境の 3D モデルは、以前に計測した点群データや写真測量で生成した簡易 3D モデルを用いることができる。図 3(b) は、計測環境に配置された多数の計測位置候補であり、図 3(c) は、候補位置から選択された最適計測位置を示している。計測位置の個数はユーザが指定する。多数の候補位置からの可視性判定のためには長時間の計算が必要となるが、提案手法では各地点での可視性を保持しておくことで、ランタイムに環境の変化が検出された場合でも、短時間で最適位置の再計算が行うことができる。ロボットの移動経路は、これらの計測位置を最短で通るようにプランニングすることで生成できる。

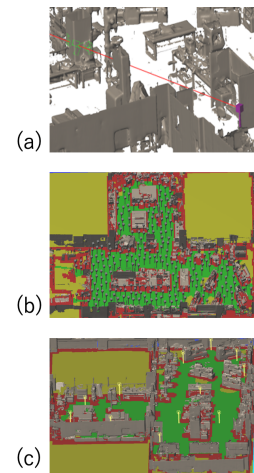
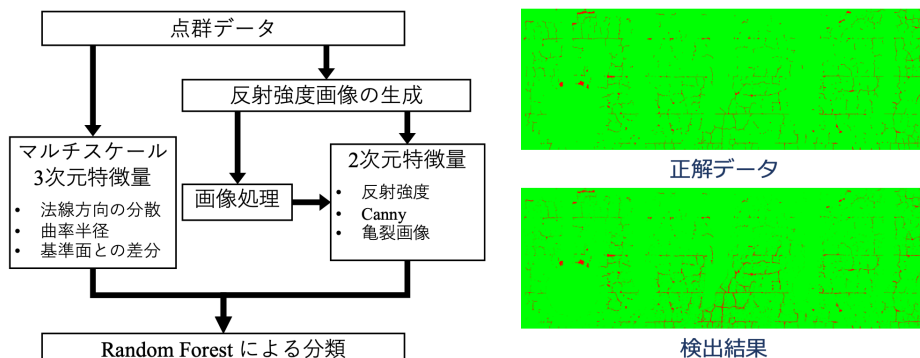


図 3. 自動計測のための最適計測位置の計算

(4) 機械学習を用いた点群からの劣化検出手法の研究

本研究では、目視による点群からの劣化検出と、自動による劣化検出について開発した。高密度で計測された点群から、目視による劣化検出を行う際には、点群を重畳したときの誤差により、微小な劣化が消失することが問題となる。この問題を解決するために、点群を2次元に写像した後、深層学習によって複数の点群から亀裂検出を行い、亀裂箇所が一致するように Thin-Plate Spline 変換を用いた非剛体レジストレーションを行う手法を開発した。また、劣化の自動検出では、図 4(a) に示すような劣化検出手法を提案した。この手法では、様々なスケールの劣化を安定して検出するために、マルチスケール特徴量を含む多様な特徴量を組み合わせることで、高い認識性能を実現している。



(a) 劣化検出手法 (b) 燃焼炉の壁面の劣化検出
図 4. 機械学習を用いた点群からの劣化自動検出

(5) 不完全な点群からの構造解析手法の研究

本研究では不完全な as-built モデルを用いた有限要素法解析のための計算手法を開発した。as-built モデルが変形後の表面の形状であることに注目し、有限要素法解析の結果である変形後形状の一部が as-built モデルに一致するような拘束条件を算出する。構造物形状の計測データを活用した有限要素法解析のため、変形後表面拘束と法線ベクトル拘束の2種類の計算手法を開発した。変形後表面拘束では、予め指定した節点から変形後表面への距離がゼロになるという拘束条件を与える。法線ベクトル拘束では、予め指定した要素面の法線ベクトルが規定された値に等しくなるという拘束条件を与えることで、解くべき方程式が算出される。これらの方程式を安定的に解くための手法を開発した。理論解を有する材料力学問題の解析を通じて提案手法の反復計算の収束性と変位や応力の精度の検証を行い、その有効性を確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Iku Yoshiuchi, Yuki Shinozaki, Hiroshi Masuda	4. 巻 17(3)
2. 論文標題 Detection of Steel Materials and Bolts from Point-Clouds of Power Transmission Pylon	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computer-Aided Design & Applications	6. 最初と最後の頁 575-584
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14733/cadaps.2020.575-584	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kota Tajima, Hiroshi Masuda	4. 巻 V-2-2020
2. 論文標題 Extraction of Road-Crossing Power and Communication Lines from Mobile Mapping Data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.	6. 最初と最後の頁 297-304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/isprs-annals-V-2-2020-297-2020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kohei Shigeta, Hiroshi Masuda	4. 巻 18(5)
2. 論文標題 Extraction and Recognition of Components from Point Clouds of Industrial Plants	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computer-Aided Design & Applications	6. 最初と最後の頁 890-899
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14733/cadaps.2021.890-899	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 K. Shigeta, D. Hanai, H. Masuda	4. 巻 19(5)
2. 論文標題 Data Augmentation of Classifiers for Components in Industrial Plants Using CAD Models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computer-Aided Design & Applications	6. 最初と最後の頁 913-923
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14733/cadaps.2022.913-923	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 G. Takahashi, H. Masuda	4. 巻 V-2-2021
2. 論文標題 Roadside Tree Extraction and Diameter Estimation with MMS Lidar by Using Point-Cloud Image	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.	6. 最初と最後の頁 67-74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/isprs-annals-V-2-2021-67-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Masuda, Y. Hiraoka, K. Saito, S. Eto, M. Matsushita, M. Takahashi	4. 巻 13(13)
2. 論文標題 Efficient Calculation Method for Tree Stem Traits from Large-Scale Point Clouds of Forest Stands	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 2476-2485
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs13132476	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高橋元気, 増田 宏	4. 巻 60(5)
2. 論文標題 MMS点群データの自動ラベリングに適した点群特徴量	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 写真測量とリモートセンシング	6. 最初と最後の頁 266-275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4287/jsprs.60.266	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hiroki Matsumoto, Yuma Mori, Hiroshi Masuda	4. 巻 15(3)
2. 論文標題 Extraction of Guardrails from MMS Data Using Convolutional Neural Network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Automation Technology	6. 最初と最後の頁 258-267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/ijat.2021.p0258	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 K. Shigeta, H. Masuda 18	4. 巻 18(5)
2. 論文標題 Extraction and Recognition of Components from Point Clouds of Industrial Plants	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computer-Aided Design and Applications	6. 最初と最後の頁 890-899
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14733/cadaps.2021.890-899	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kota Kawasaki, Hiroshi Masuda	4. 巻 20(5)
2. 論文標題 Shape Reconstruction of Structural Members of Steel Tower Considering Symmetrical Relationships	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Computer-Aided Design and Applications	6. 最初と最後の頁 814-825
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14733/cadaps.2023.814-825	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kohei Shigeta, Takuma Nagumo and Hiroshi Masuda	4. 巻 20(4)
2. 論文標題 Point Cloud Segmentation for Pipelines in Industrial Facilities Using Recurrent Networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computer-Aided Design & Applications	6. 最初と最後の頁 786-796
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14733/cadaps.2023.786-796	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計32件(うち招待講演 0件/うち国際学会 7件)

1. 発表者名 G. Takahashi, H. Masuda
2. 発表標題 Scanline Normalization for MMS Data Measured under Different Conditions
3. 学会等名 Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B2-2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Shigeta, H. Masuda
2. 発表標題 Extraction and Recognition of Components from Point Clouds of Industrial Plants
3. 学会等名 The 17th Annual International CAD Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 峯村 晃平, 松本 裕稀, 増田 宏
2. 発表標題 機械学習を用いたガードレールの抽出と形状再構成 (第2報)
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田島 晃太, 増田 宏
2. 発表標題 移動計測による点群と画像を用いた線状物体検出 (第4報)
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本 恵里佳, 葺内 郁, 増田 宏
2. 発表標題 大規模点群を用いた大型構造物の壁面上の劣化検出
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 重田航平, 増田 宏
2. 発表標題 工業設備の大規模点群からの部材形状の抽出と認識 (第3報)
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 E. Yamamoto, I. Yoshiuchi, H. Masuda
2. 発表標題 Deterioration Detection for Wall Surfaces of Large-Scale Structure Using Dense Point Cloud
3. 学会等名 The 18th International Conference on Precision Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 花井大輝, 重田航平, 増田宏
2. 発表標題 工業設備の点群からの部材認識における学習データの検討
3. 学会等名 精密工学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 重田航平, 増田 宏
2. 発表標題 工業設備の大規模点群からの部材形状の認識と形状再構成
3. 学会等名 精密工学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 青木智子, 山本恵里佳, 増田宏
2. 発表標題 大規模点群の立体視による大型構造物の劣化検証システム
3. 学会等名 精密工学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遊佐泰紀, 増田 宏
2. 発表標題 構造物の不完全な as-built モデルを用いた応力解析法の検討
3. 学会等名 精密工学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 I. Yoshiuchi, H. Masuda
2. 発表標題 Shape Reconstruction from Point Clouds for Supporting Maintenance of Power Transmission Pylons
3. 学会等名 10th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遊佐泰紀, 増田宏
2. 発表標題 構造形状の計測データを活用した有限要素法解析のための計算手法の開発
3. 学会等名 計算工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原木響也, 遊佐泰紀, 増田宏
2. 発表標題 構造物表面の部分的なレーザ計測点群を用いた変形解析の検討
3. 学会等名 日本機械学会計算力学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 細田大貴, 増田宏, 石川貴一朗
2. 発表標題 自律移動ロボットによる工業設備の点群自動計測 ~ 点群計測のための経路計画 ~
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河崎浩大, 峯村晃平, 増田宏
2. 発表標題 部材間の関係を考慮した大型構造物の形状再構成
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎春菜, 山本恵里佳, 青木智子, 増田 宏
2. 発表標題 寸法計測に適した点群レジストレーション手法の検討
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 峯村晃平, 増田宏
2. 発表標題 移動計測による点群と画像を用いた物体の抽出と分類 (第2報)
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 南雲拓真, 花井大輝, 重田航平, 増田 宏
2. 発表標題 点群の深層学習のためのCADモデルからの学習データ生成
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋元気, 増田 宏
2. 発表標題 点群画像を用いた MMS 点群の構造化
3. 学会等名 精密工学会春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 青木智子, 山本恵里佳, 増田宏
2. 発表標題 大規模点群の立体視による大型構造物の劣化検証システム (第2報)
3. 学会等名 精密工学会春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 南雲 拓真, 花井 大輝, 重田 航平, 増田 宏
2. 発表標題 点群の深層学習のためのCADモデルからの学習データ生成 (第2報)
3. 学会等名 精密工学会春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hibiya Haraki, Yasunori Yusa, Hiroshi Masuda
2. 発表標題 Deformation analysis of realistic structure using virtually laser-scanned point cloud on partial surface
3. 学会等名 15th World Congress on Computational Mechanics and 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Haruna Kawasaki, Hiroshi Masuda
2. 発表標題 Accurate Calculation of Tree Stem Traits in Forests by Local Correction of Point Cloud Registration
3. 学会等名 Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平岡慶太, 峯村晃平, 河 浩大, 増田 宏
2. 発表標題 点群と画像の特徴量を用いた道路周辺地物の抽出と分類
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田 駆, 河 浩大, 川崎春菜, 増田 宏
2. 発表標題 機械学習を用いた点群からの幾何曲面検出
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷昂星, 南雲拓真, 増田 宏
2. 発表標題 統合特徴量による点群からの工業設備の部材認識
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 青木智子, 山本恵里佳, 増田 宏
2. 発表標題 機械学習を用いた大型構造物の点群からの劣化検出
3. 学会等名 精密工学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原木響也, 遊佐泰紀, 増田 宏
2. 発表標題 レーザ計測点群を用いた構造物の変形解析手法の改良
3. 学会等名 日本機械学会 第35 回計算力学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Aoki, E. Yamamoto, H. Masuda
2. 発表標題 Detection of Multiscale Deterioration from Point-Clouds of Furnace Walls
3. 学会等名 The 19th International Conference on Precision Engineering (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷昂星, 南雲拓真, 増田 宏
2. 発表標題 点群からの工業設備の部材認識の高精度化
3. 学会等名 精密工学会春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 武田 駆, 河 浩大, 増田 宏
2. 発表標題 機械学習を用いた点群からの幾何曲面検出 (第2報)
3. 学会等名 精密工学会春季大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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	遊佐 泰紀	電気通信大学・大学院情報理工学研究所・助教	
	(Yusa Yasunori)		
	(70756395)	(12612)	

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
---------	---------