

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	点群および波形情報を有するライダーデータを用いた地物分類手法の提案と点群のみのデータへの活用に関する研究
Title(English)	A STUDY ON A METHOD FOR CLASSIFICATION OF GEOSPATIAL FEATURES USING FULL WAVEFORM LIDAR DATA AND ITS APPLICATION TO POINT CLOUD ONLY DATA
著者(和文)	篠原崇之
Author(English)	Takayuki Shinohara
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11833号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松岡 昌志,山中 浩明,淺輪 貴史,藤田 康仁,大風 翼,小林 秀樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11833号, Conferred date:2022/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

# 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 都市・環境学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	篠原 崇之		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	松岡 昌志	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

## 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は、「点群および波形情報を有するライダーデータを用いた地物分類手法の提案と点群のみのデータへの活用に関する研究」と題し、以下の6章により構成されている。

第1章「序論」では、ライダーデータからの3次元地図の生成に関連して、点群データに深層学習を応用した既往の地物分類手法はあるものの、波形データを直接的に利用した有効な手法がないという課題を述べ、点群・波形データに適用可能な深層学習に基づく新たな地物分類手法を提案することを本研究の目的のひとつとしている。さらに、点群のみを格納している既存のアーカイブデータを活用することを想定し、点群データから波形を擬似的に推定する深層学習手法について提案することを本研究のもうひとつの目的としている。

第2章「点群および波形情報を有するライダーと既往の深層学習手法」では、まず、ライダー観測の仕組みと記録される点群および波形データの特徴について概説し、画像処理の分野で利用が進んでいる深層学習手法を述べている。次に、点群データに深層学習を適用した既往の地物分類手法を述べ、波形データを用いる場合には情報の欠落があるなどの問題点を指摘している。そして、情報の生成や識別に係る深層学習手法のひとつであり、本研究にて波形推定の基礎技術として用いた条件付き GAN (敵対的生成ネットワーク) について概説している。最後に、既往手法と提案手法の関係性から本研究の方向性を示している。

第3章「点群・波形データを用いた地物分類手法の提案」では、点群・波形データを用いた地物分類を行う深層学習手法を新たに提案している。具体的には、地物分類を行う際に、「個々の波形が有効な地物」と「波形の空間的な大局情報が有効な地物」に大別できると仮定し、それぞれの地物に対して、前者には個々の波形により地物分類を実施する局所ブロック、後者には近傍の点群と波形からの特徴抽出を階層的に適用した上で地物分類を実施する大局ブロックを設定し、それぞれの結果の組み合わせから最終的な地物分類を行っている。波形データを従来のように画像化せず、また、人為的に特徴量を抽出する必要がないなど、点群および波形の3次元情報をそのまま利用している点が特長であることを示している。また、ベンチマークデータセットに対して提案手法を適用し、既往手法よりも地物分類の精度が向上することを明らかにしている。

第4章「点群データからの波形推定手法の提案」では、条件付き GAN を利用して、点群データから波形を擬似的に推定する手法を提案している。既往の点群着色手法および第3章で提案した局所ブロックと大局ブロックの考えを踏襲し、条件付き GAN の生成器で推定した波形を「個々の波形に着目する局所識別器」と「波形の空間的な分布に着目する大局識別器」のそれぞれにて識別することで、波形推定手法の精度向上が図れることを明らかにしている。なお、生成器の係数の重みを調整する学習においては、推定した波形と観測値の波形の強度の差だけでなく、周波数特性の差を最小化する損失関数を提案している。

第5章「波形推定手法と地物分類手法の効果検証」では、第4章の点群データからの波形推定手法と、第3章の点群・波形データからの地物分類手法の2つの深層学習手法の汎化性能を検証している。まず、波形推定の汎化性能について、Dublin データセットを用いて評価し、学習に使用したベンチマークデータセットとは性質の異なる条件においても、波形が推定可能であることを示している。次に、点群のみを格納している既存のアーカイブデータを用いた地物分類を想定し、第3章と第4章の手法を組み合わせた手法(点群データと擬似的に作成した波形データを入力とした地物分類手法)の性能についてベンチマークデータセット、DALES データセット、そして、日本のアーカイブデータを用いて評価している。その結果、点群と擬似的な波形データを入力した提案手法の方が、点群データのみを入力する地物分類手法よりも高い地物分類性能を示すこと、また、とくに植生の分類において、擬似的に推定した波形データが有効に機能することを明らかにしている。

第6章「結論」では、本研究で得られた成果の総括と提案手法の適用範囲について示し、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、点群および波形情報を有したライダーデータに対して適用可能な深層学習に基づく新たな地物分類手法を提案し、ベンチマークデータセットおよび公開されているアーカイブデータへの適用を通じて提案手法が高い分類性能を有していることを明らかにしたものであり、これらの成果がもたらす空間情報技術や都市環境工学の分野への貢献は大きい。よって、本論文は、博士(工学)の学位論文として十分価値があるものと認められる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800

Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。  
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 都市・環境学	系 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	篠原 崇之		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	松岡 昌志	
			指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)		

要旨（英文 300 語程度）

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Full waveform LiDAR, which records point cloud and waveform information, is now widely used to obtain point clouds by continuously recording the reflection of an irradiated laser as a waveform. The LiDAR provides point cloud and waveform data, and the performance of point cloud data can be improved by using the waveform data together with the point cloud data for object classification. Existing methods for classifying full waveform lidar data require conversion to features and images, and detailed information is lost during the conversion.

In this paper, we propose a new method to classify full waveform lidar data using deep learning, which does not require conversion. In proposing the object classification method, it is assumed that the objects can be roughly classified into "objects for which individual waveform data are valid" and "objects for which global information, which is the spatial relationship between waveform data, is valid". For each object, local blocks are applied, and for the latter, global blocks are combined.

In addition, we proposed a deep learning method for estimating waveforms from point clouds in order to expand the application area of the object classification method. The proposed method is based on the point cloud coloring method and focuses on the individual waveforms as well as the classification of point cloud and waveform data. In this paper, we propose a new loss function that evaluates the estimated waveforms based on the frequency characteristics that evaluate their shapes.

Moreover, we proposed a deep learning method to estimate waveforms from point clouds. We apply the pseudo full waveform lidar data classification method to the benchmark data and the archived data, and confirm that the proposed method, pseudo full waveform lidar data, has a higher F1Score in the benchmark data than the deep learning model with only point cloud data input.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).