

令和元年5月30日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K18096

研究課題名（和文）HS物体認識のための空間～波長空間の低次元化とそのロボット視覚への実装

研究課題名（英文）Hyperspectral color space for object recognition

研究代表者

小篠 裕子 (OZASA, YUKO)

慶應義塾大学・理工学研究科（矢上）・特任助教

研究者番号：20782098

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：近年、RGBカメラの何十倍もの情報を取得可能なハイパースペクトル（HS）カメラが開発され、注目を浴びている。HSカメラは、人の目やRGBカメラでは捉えられなかった物体間の特性の違いを詳細に捉えられるため、物体認識の精度を向上させる可能性はあるが、未だ十分に議論されていない。本研究では、HSデータを用いて、ロボットに搭載可能な演算量で物体を認識する手法を提案した。さらに、提案手法のロボット実装も行い、HSデータをロボットの眼として用いる効果を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、ロボットの新しい眼として、ハイパースペクトルカメラが使われる未来を導くものである。従来のカメラは、同じ物体であったとしても、照明環境の違い等によって異なる色に撮影されてしまった場合に、物体認識が非常に困難であったが、ハイパースペクトルカメラはそのような違いに対しても頑健に物体を認識できることを実証した。ハイパースペクトルカメラがロボットの眼となれば、従来のカメラと比較し、詳細かつ精度の高い物体認識が可能となり、ロボットと人は、より安定して物体を介したコミュニケーションがとれるようになる。

研究成果の概要（英文）：Hyperspectral cameras can capture the small differences in characteristics between objects that were not captured by human eyes or RGB cameras. Although the HS camera may improve the accuracy of object recognition, it has not been discussed enough. We proposed a method for object recognition using hyperspectral data. Furthermore, we implemented the proposed method on the robot.

研究分野：画像処理

キーワード：ハイパースペクトル 物体認識

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

多くのサービスロボットの研究において、視覚センサとして RGB カメラを搭載し、ロボットが物体を認識する際に用いることが多い。近年、RGB カメラの何十倍もの情報を取得可能なハイパースペクトルカメラが開発され、注目を浴びている。ハイパースペクトルカメラは、紫外-可視-近赤外線域で波長毎のバンド情報を取得可能なセンサであり、人の目や RGB カメラでは捉えられなかった物体間の特性の違いを詳細かつ照明変化に頑健に捉えられる。

ハイパースペクトルデータは、物体認識の精度を非常に高くできる可能性はあるが、データが高次元なことにより演算量が膨大に増加するという問題があるため、ハイパースペクトルデータを用いた物体認識手法は未だ提案されていない。また、ハイパースペクトルデータを高次元のまま処理することは、ロボットにハイパースペクトルカメラを実装するに当たって現実的ではない。

### 2. 研究の目的

本研究では、ハイパースペクトルデータを用いて、ロボットに搭載可能な演算量で物体を認識する手法を提案する。さらに、提案手法のロボット実装も行い、ハイパースペクトルデータをロボットの眼として用いる効果を検証する。ハイパースペクトルデータを用いた物体認識手法は勿論、ハイパースペクトルカメラをロボットに搭載に実験した研究は、まだない。本研究は、研究遂行後に、ロボットの新しい眼として、ハイパースペクトルカメラが使われる未来を導くものである。従来カメラは、同じ物体であったとしても、照明環境の違い等によって異なる色に撮影されてしまった場合に、物体認識が非常に困難であったが、ハイパースペクトルカメラはそのような違いに対しても頑健に物体を認識できる可能性を申請者は過去の研究において見出している。ハイパースペクトルカメラがロボットの眼となれば、従来カメラと比較し、詳細かつ精度の高い物体認識が可能となり、ロボットと人は、より安定して物体を介したコミュニケーションがとれるようになる。

### 3. 研究の方法

本研究は以下の4項目、(1)ハイパースペクトル及びRGBD物体画像データセットの構築、(2)物体の基本形状を考慮した物体認識(3)物体識別に特化した色空間構築と物体認識、(4)提案物体認識手法のロボット実装において進めた。

#### (1)ハイパースペクトル及びRGBD物体画像データセットの構築

本研究では、ハイパースペクトルカメラで撮影したデータセットを2種類構築した。1つ目は、家庭環境内にある物体を多方向から撮影したデータセット(データセットAとする)であり、2つ目は、物体がある家庭環境内のシーンを撮影したデータセット(データセットB)である。全ての物体において、人が「コップ」などの物体名称や「赤い」などの属性名称等をアノテーションし、そのデータをデータセットと紐づけて持った。

本研究において、ハイパースペクトルデータの有効性を比較評価するため、HDカメラのみならず、RGBDカメラを用いて物体を撮影した。

#### (2)物体の基本形状を考慮した物体認識

ロボットが物体に対してインタラクションをする際は、物体を認識するだけでなく、物体の三次元形状を取得する必要がある。本研究ではロボットによる物体把持タスクなどにおいて広く使われている、物体の三次元基本形状を算出する手法を提案した。物体の三次元基本形状は超二次関数による表現した。

#### (3)物体識別に特化した色空間構築と物体認識

ハイパースペクトルデータを用いた物体認識にさきがけ、物体認識においてハイパースペクトルデータが有効であるか分析を行った。具体的には、注目する1画素のクラスを推定する Single Pixel Classification を扱う。本タスクでは、注目画素以外の画素の情報や画像全体から抽出された意味情報を利用しないため、1画素が持つ情報量が重要となる。そこで本研究では、画素毎の情報量が非常に多いハイパースペクトルデータを本タスクに用いることの有効性を検証した。RGBデータとハイパースペクトルデータを比較することでハイパースペクトルデータの優位性を検証した。また、画素毎の識別において1次元畳込みニューラルネットワーク(1D-CNN)を用いた手法と、多層パーセプトロンを用いた手法を比較し、ハイパースペクトルデータの分類に関して有効な識別手法について検証した。

ハイパースペクトルを物体認識に用いる有効性が検証できた。次に、高次元のハイパースペクトルデータから選出するなど、色空間構築に必要な情報を選定した。選定には、多次元に渡る特徴量から、識別に重要となる次元を学習可能とする機械学習手法のひとつである Multiple Kernel Learning 手法や、近年着目されている深層学習を用いた。上記で選定したハイパースペクトルデータを用いて、近年、特徴空間構築において有効であると知られている Metric Learning 手法を用いて物体識別に特化した色空間を構築した。

#### (4) 提案物体認識手法のロボット実装

家庭環境内を自由に動き回りながらハイパースペクトルデータを用いて物体認識を行うロボットを実装した。本ロボットには比較検証実験のため、ハイパースペクトルカメラのみならず、RGBD カメラを搭載した。提案ロボットシステムは、1 台のサーバマシンと1 台のロボットで構成した。提案ロボットは、RGB カメラとハイパースペクトルカメラを固定した三脚二台と、クライアントマシンとなる小型計算機を台車ロボットに搭載したものとなる。ロボットでは主に、データの取得と提案手法による色空間変換、変換したデータを用いた物体候補領域検出を行うようにした。サーバマシンでは、クライアントから受け取った物体候補領域における物体認識及び三次元基本形状算出を行うようにした。

### 4. 研究成果

#### (1)ハイパースペクトル及び RGBD 物体画像データセットの構築

上記方法でハイパースペクトル及び RGBD 物体画像データセットを構築した。50 カテゴリ各 2 インスタンスの物体を用意した。各物体をランダムな方向から撮影し、データセット A を構築した。複数個の物体を机上に置き、多方向から撮影し、データセット B を構築した。

#### (2)物体の基本形状を考慮した物体認識

ロボットが物体に対しインタラクションする際は物体認識のみならず、物体の基本形状取得も必要となる。物体の基本形状は、物体に超二次関数をあてはめた際の超二次関数パラメータで表現する方法が広く知られている。従来の超二次関数パラメータ推定には、距離センサ等を用いて取得された物体の三次元点群から Levenberg - Marquardt アルゴリズムによりパラメータを推定することがほとんどであった。この際、あらかじめ物体を検出し、物体のみの点群を得る必要があるため、物体検出後、パラメータを推定するという 2 段階のステップが必要であった。本研究では、物体検出と超二次関数の形状パラメータを同時に算出する手法を提案した。

物体の三次元点群は必ずしも取得できるとは限らない。デプスセンサを搭載しているロボットであったとしても、センサの性能上、すべての物体に対し、十分にデプス情報が取得できるとは限らない。そこで、RGB 画像しか取得できていない状況であったとしても、物体の三次元基本形状を取得することを考え、デプス情報を用いず、RGB 画像から直接、物体の三次元基本形状を推定した。

本研究では、RGB 画像から、物体の検出と、物体の三次元基本形状を表現する超二次関数パラメータを推定する手法を提案した。RGB 画像からの物体検出には Convolutional Neural Network (CNN) を用いた手法が有効であることが知られている。CNN を用いた物体検出手法ではあらかじめ Selective Search などにより物体候補領域を複数推定し、各候補領域において物体のクラスラベル、座標位置を推定する R-CNN, Fast R-CNN や物体候補領域の推定も CNN で行う Faster R-CNN などがある。本研究では、RGB 画像から、物体の三次元基本形状を表現する超二次関数パラメータを推定する CNN を設計し、物体を検出する Fast R-CNN と組み合わせることで、物体検出と物体の三次元基本形状を同時に推定する手法を提案した。

#### (3)物体識別に特化した色空間構築と物体認識

ハイパースペクトルデータの物体識別性を検証するため、ハイパースペクトルデータと RGB データにおける Single Pixel Classification を行い、両者を比較することでハイパースペクトルデータを物体識別・認識に用いる有効性を確かめた。

Single Pixel Classification は、注目画素以外の画素値の情報を一切用いずに、注目画素だけを用いて物体のカテゴリを分類するタスクであり、注目画素のクラス分類が周辺画素や画像全体に依存しないため、遮蔽がある状況や意味情報が抽出しづらい環境においてもモデルが同様に動作することが可能となる。RGB 画像に対して Single Pixel Classification が困難である理由の一つは、1 画素あたりの情報量の少なさにあった。一方、画素毎の情報量が非常に多い画像としてハイパースペクトル画像がある。ハイパースペクトルカメラで撮影された画像はスペクトル解像度が RGB 画像よりも遥かに高く、1 画素あたり 100 次元以上の情報を持つ。我々は、ハイパースペクトル画像の画素情報(ハイパースペクトルデータ)の Single Pixel Classification に対する有効性を検証した。

検証実験では RGB 画像の画素情報(RGB データ)とハイパースペクトルデータを比較することにより、ハイパースペクトルデータを用いることの有効性を検証する。さらに、画素毎の分類に、多層パーセプトロンと 1 次元畳込みニューラルネットワーク(1D-CNN)を用いた場合を比較し、ハイパースペクトルデータを用いた Single Pixel Classification に有効な手法についても議論する。19 物体をハイパースペクトルカメラで撮影したデータセットを用いて検証実験をした結果、RGB データと比べ、ハイパースペクトルデータを用いた Single Pixel Classification は大幅に精度が向上することを確認した。

#### (4) 提案物体認識手法のロボット実装

以下のような流れで動作するロボットシステムを実装した。

ハイパースペクトルカメラによってハイパースペクトルデータを取得する。

取得したデータを提案色空間によって変換したデータを用いて、物体候補領域を検出する。

物体候補領域のデータをソケット通信によってサーバマシンに転送する。

サーバマシンにおいて物体領域のデータに対して、物体認識及び物体基本形状推定を行い、結果を保存する。

以上、 から を繰り返す。

#### 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Ryo Hachiuma, Yuko Ozasa, and Ayanori Yorozu: Socially Adaptive Manner for Motion Planning from Human Server in Cafe, Proc. of Assistance and Service Robotics in a Human Environment: From Personal Mobility Aids to Rehabilitation-Oriented Robotics, (2018.8) (査読有) .

Ryo Hachiuma, Yuko Ozasa, and Hideo Saito : CNN-based Superquadric Parameter Prediction via RGBD Image, Proc. of IEEE International Symposium on Artificial Intelligence for ASEAN Development (ASEAN-AI 2018), (2018.3) (査読有) .

Hilal Özdemir, Yuko Ozasa, Hideo Saito and Lale Akarun : Person Re-identification by Deep Part Learning , Proc. of The International Workshop on Frontiers of Computer Vision 2018 (IW-FCV2018), (2018.3) (査読有) .

〔学会発表〕(計5件)

本間 喜明, 菊池 俊基, 小篠 裕子: 画像類似度を用いた未知画像検出のための Non-Maximum Suppression, 動的画像処理実用化ワークショップ (DIA2019), (2019.3) (査読有) .

安藤隆平, 小篠 裕子, 郭威: 葉の 3 次元点群画像を用いた生育状況に頑健な Re-Identification のための特徴抽出手法の評価, 映像情報メディア学会冬季大会, (2018.12) .

菊池 俊基, 小篠 裕子: 1次元畳込みニューラルネットワークを用いたハイパースペクトルデータのクラス分類, 画像の認識・理解シンポジウム, (2018.8) .

八馬 遼, 小篠 裕子, 齋藤 英雄: RGB 画像からの物体検出と三次元基本形状推定 ” , 画像の認識・理解シンポジウム, (2018.8) .

八馬遼, 小篠裕子, 齋藤英雄: 物体の対称性を利用した超二次関数モデルフィッティングによる物体の不可視領域形状補完, 画像の認識・理解シンポジウム, (2017.8) .

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計0件)

取得状況 (計0件)

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。