

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 31 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500242

研究課題名(和文) 日常物体認識のための人の行動観察に基づく革新的物体切り出しと逐次モデリング手法

研究課題名(英文) Object Segmentation and Successive Modeling Based on Human Action Observation

研究代表者

前 泰志 (Mae, Yasushi)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号：50304027

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：人の生活環境においてロボットが視覚を用いて3次元シーンから個々の物体に対応する領域を切り出す問題を解決し、日常生活で人が物体モデルを意図して与えることなくロボットが自動で日常物体のモデルを獲得する手法を開発した。人が日常生活で物を移動させる行動を利用してロボットがシーン中から自動で物体領域を切り出す新たな方法論を提案し、実験によって、物体認識のためのモデルや学習データを人が与えることなしに個々の物体の見えを自動獲得できることを示した。

研究成果の概要(英文)：I developed a method to acquire automatically the appearance model of objects moved by human in everyday environments. It solves the problem that automatic visual segmentation of everyday objects in life environment without specific knowledge about objects. The experimental results show the method can automatically acquire the object images as the appearance models of the objects by using human action which moves objects by hands in everyday life.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：行動環境認識 物体モデリング

1. 研究開始当初の背景

近年、人の日常生活環境へロボットを導入することが期待されているが、導入を困難とさせている視覚認識の問題として次の2つがある。(1) 3次元シーン中からの未知物体領域の切り出し、(2) 日常物体の認識のための物体モデルや学習データの獲得。(1)は物体モデルや事前知識なしでは極めて解決が困難な問題とされている。(2)は少数の物体であれば人があらかじめロボットに与えておくことは問題とならないが、日常生活における様々な多数の物体について考えると非常に問題となる。日常生活でサービスロボットが人に頼まれた物を持って来る頻繁に起こりうる作業を考えても、ロボットが物体を見つけるための物体の「見え」や把持のための「形状」、「大きさ」のモデルが必要となることからわかる。ロボットを生活環境に導入するために、これら2つの極めて困難とされてきた問題を解決するためのブレイクスルーが切に求められている。

これまで申請者はロボットが環境と能動的にインタラクションして物体の見えをモデル化する手法を提案しており、近年では、世界的にも類似のアプローチが見受けられるようになってきている。しかしながら、人の日常生活空間でロボットが能動的に環境とインタラクションして物体モデルを獲得することは、安全性も考えると現在のロボット技術では現実的でない。

そこで本提案では、ロボットが環境とインタラクションして物体を動かさずとも、人が日常で物体を動かす動作を利用して3次元シーンから物体領域を切り出す独創的な知能視覚の方法論を提案し、逐次に切り出された物体領域から「見え」「形状」などの物体属性をモデルとして獲得する革新的手法を提案する。人は、ロボットによる物体モデリングを意識することなく、日常の行動をしていけばよい。「見え」など一度に獲得できる物体の属性は一部だけなので、新たに得られる属性とこれまでに獲得した各物体モデルの属性との対応づけと3次元物体追跡とを併用し、個々の日常物体モデルを逐次に得る方法を開発する。このような人の日常行動を利用し物体モデルを獲得する試みは世界でもいまだ類がなく世界に先駆けた研究となり、これまで極めて困難とされてきた上記2つ問題を解決するブレイクスルーとなる「生活環境においてロボットが自動で未知物体を切り出してモデル化する」手法である。

なお、本提案でロボットと記述する場合、自立型ロボットだけでなく環境に視覚センサなどロボット要素が配置された環境型ロボットシステムも含む。

2. 研究の目的

これまで極めて困難とされてきた人の生活環境においてロボットが視覚を用いて3次元シーンから個々の物体に対応する領域

を切り出す問題を解決し、日常生活で人が物体モデルを意図して与えることなくロボットが自動で日常物体のモデルを獲得する革新的手法を開発する。人が日常生活で物を移動させる行動を利用してロボットがシーン中から自動で物体領域を切り出す新たな知能視覚の方法論を提案し、物体認識のためのモデルや学習データを人が与えることなしに個々の物体の見えや形状などの属性を自動獲得し逐次に物体モデリングを行う。開発する物体切り出し法、逐次モデリング法を日常環境に実装し、提案手法の実環境における有効性を明らかにする。

3. 研究の方法

生活環境においてロボットが自動で未知物体を切り出してモデル化する手法の確立を目的に、(1)人が日常で物体を動かす動作を利用して3次元シーンから物体領域を切り出す手法、(2)逐次に切り出される物体領域から「見え」「形状」などの物体属性を逐次にモデリングする手法を開発する。他に(3)認識効率の高いモデル記述法、(4)日常生活空間における常時物体追跡方法の開発を行う。日常環境にカメラを配置した日常実験環境を構築し、研究の初期段階から実世界に適用することを前提にした手法開発を行う。まず物体属性として「見え」に注目し、見えモデルを逐次更新する手法を開発する。「見え」について基本手法を確立した後、「形状」など他の属性のモデル化手法に発展させる。最後に(5)開発手法を日常環境に実装し、物体切り出し、逐次モデリング、物体認識を含めた統合実験を行い、提案手法の有効性を検証評価する。

このような基本計画をもとに、近年、安価で距離計測も可能な Kinect のような RGB-D センサが市販されるようになったことから、RGB-D センサを用いた人の行動計測を試みる。Kinect センサを用いることで容易に距離情報を利用することができ、効果的な人領域の検出が可能となる。また、人が物やロボットとの自然なインタラクションの中で、人の最小限の手間でロボットにモデル構築のための情報の一部を与えることができれば、著しく物体モデリングの効率が向上する可能性がある。よって、人が物を操作したりロボットとインタラクションするときの動作や脳波を利用することも視野にいれて研究を推進する。さらにはロボットが能動的に照明を変化させて物体領域を切り出す手法についても試みる。

4. 研究成果

人の生活環境においてロボットが視覚を用いて3次元シーンから個々の物体に対応する領域を切り出す問題を解決し、日常生活で人が物体モデルを意図して与えることなくロボットが自動で日常物体のモデルを獲得する手法を開発する。人が日常生活で物を

移動させる行動を利用してロボットがシーン中から自動で物体領域を切り出す新たな方法論を提案し、物体認識のためのモデルや学習データを人が与えることなしに個々の物体の見えや形状などの属性を自動獲得し逐次に物体モデリングを行った。(図1、2参照)



図1 . 人の物体移動行動を利用した物体領域の切り出しと物体の「見え」のモデリング



図2 . 獲得した物体の「見え」の例

(1) 人の物体移動行動を利用した物体切り出し方法：ロボットや環境に設置したカメラで日常シーンの計測を行う。室内での人の移動行動を計測する手法を開発した。物体切り出し法として、人の物体移動行動の前後での画像変化から背景差分によって物体領域を切り出し手法を開発した。さらには人が物体を把持して動かしている状態での物体領域の切り出し手法を開発した。

(2) 物体の逐次モデリング方法：「見え」を対象としたモデルの逐次更新方法を開発する。物体切り出し方法により物体領域が切り出された画像が獲得される。獲得された画像の特徴点の対応をとることで、見えが類似する画像は蓄えずに、異なる見えの画像を選択して蓄えるようにモデルを更新した。

(3) 物体データベースにおけるモデルの記述方法：物体の「見え」を対象としたモデル記述として、見えモデルは複数の異なる視点からの画像の集合とした。複数の物体のモデルが得られるときに、見えの類似性から複数のカテゴリに分類し、同じカテゴリに属する物体のモデルを獲得するためにWebを利用してモデルを一般化する手法を開発し、複数物体についてのモデルを得た。

(4) 人とロボットとのインタラクション動作や人の行動認識のため人の姿勢の計測方法、頭部姿勢の計測方法を開発した。獲得した物体モデルに使用者個人の属性をもたせるため顔認識手法の開発を行った。また、ロ

ボットが物体操作を学習する際に、人の物体操作時の動作だけでなく脳波パターンを利用することも想定し、人の脳波パターンを学習する手法の開発を試みた。さらには、隣接する個々の物体の表面反射特性が異なる場合に、ロボットが自身で個々の物体領域を獲得するための能動照明を利用する手法を開発した。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

Amr Almaddah, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, Tatsuo Arai, Multi-Lighting for Unknown Objects Segmentation in Cluttered Environment, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, 査読あり, Vol.7, 2014, pp.90-95.

Amr Almaddah, Sadi Vural, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, Tatsuo Arai, Spherical Spaces for Illumination Invariant Face Relighting, Journal of Robotics and Mechatronics, 査読あり, Vol.25, 2013, pp.840-847.

Photchara Ratsamee, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, Tomohito Takubo, Tatsuo Arai, Human-Robot Collision Avoidance using A Modified Social Force Model with Body Pose and Face Orientation, International Journal of Humanoid Robotics, 査読あり, Vol.10, 2013, pp.1-24

DOI:10.1142/S0219843613500084

Christian I. Penaloza, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, Tomohito Takubo, Tatsuo Arai, Web-enhanced object category learning for domestic robots, Intelligent Service Robotics, 査読あり, Vol.6, 2013, pp.53-67.

[学会発表](計 13 件)

Krishneel Chaudhary, Yasushi Mae, Masaru Kojima, Tatsuo Arai, Autonomous Modeling of Unknown Hand Grasp Object via Tracking in a Cluttered Environments, 2014 International Symposium on Flexible Automation, 2014年7月14日~2014年7月16日, Awaji-Island, Japan

Krishneel Chaudhary, Yasushi Mae, Masaru Kojima, Tatsuo Arai, Autonomous Acquisition of Generic Handheld Objects in Unstructured Environments via Sequential Back-Tracking for Object Recognition, 2014 IEEE International Conference on Robotics

and Automation, 2014年5月31日~2014年6月7日, Hong Kong, China
Ratsamee Photchara, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, Masaru Kojima, Tatsuo Arai, Social Navigation Model Based on Human Intention Analysis Using Face Orientation, 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.1682-1687, 2013年11月3日~2013年11月8日, Tokyo, Japan
Ratsamee Photchara, Yasushi Mae, Jinda-Apiraksa Amornched, Machajdik Jana, Kenichi Ohara, Masaru Kojima, Sablatnig Robert, Tatsuo Arai, Lifelogging Keyframe Selection Using Image Quality Measurements and Physiological Excitement Features, 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.5215-5220, 2013年11月3日~2013年11月8日, Tokyo, Japan
Christian Penalzoza, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, and Tatsuo Arai, BMI-based Learning System for Appliance Control Automation, 2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.3381-3387, 2013年5月6日~2013年5月10日, Karlsruhe, Germany
Christian Isaac Penalzoza, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, Tatsuo Arai, Software Interface for Controlling Diverse Robotic Platforms using BMI, 2012 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, 2012年12月16日~2012年12月18日, Fukuoka, Japan
Christian I. Penalzoza, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, Tatsuo Arai, Using Depth to Increase Robot Visual Attention Accuracy during Tutoring, Proceedings of Humanoids 2012 Workshop on Developmental Robotics, 2012年11月29日~2012年11月29日, Osaka, Japan
Amr Almaddah, Sadi Vural, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, Tatsuo Arai, 2D Spherical Spaces for Face Relighting under Harsh Illumination, International Conference on Signal and Image Processing, 2012年09月26日~2012年09月27日, Rome, Italy
Amr Almaddah, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, Tatsuo Arai, 2D Spherical Spaces for Objects Recognition under Harsh Lighting Conditions, The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2012年09月09日~2012年09月13日, Paris, France

Christian I. Penalzoza, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, Tatsuo Arai, Social Human Behavior Modeling for Robot Imitation Learning, Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2012年08月05日~2012年08月08日, Chengdu, China

Photchara Ratsamee, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, Tomohito Takubo, Tatsuo Arai, People Tracking with Body Pose Estimation for Human Path Prediction, Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2012年08月05日~2012年08月08日, Chengdu, China

前泰志, クリスチャン・ペナロザ, 大原賢一, 小嶋勝, 新井健生, 人の物体移動行動の観測による物体の見えモデルの獲得, 日本ロボット学会第30回記念学術講演会, 2012年09月17日~2012年09月20日, 札幌

ペナロサ・クリスチャン, 前泰志, 大原賢一, 田窪朋仁, 新井健生, 特定物体モデルからのWEBを利用した物体カテゴリ学習, 第17回ロボティクスシンポジウム, 2012年3月15日, 萩

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前 泰志 (MAE, Yasushi)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教授
研究者番号: 50304027