

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：34412

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00351

研究課題名(和文) コンピュータビジョンのためのソフトコンピューティング技術に関する研究

研究課題名(英文) A Study on Soft Computing Techniques for Computer Vision

研究代表者

渡邊 俊彦 (Watanabe, Toshihiko)

大阪電気通信大学・工学部・教授

研究者番号：10340639

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：コンピュータビジョンシステムを構成するモデルの高性能化を目的としてモデル化時の残差のファジィ集合による評価に基づくLMedS法およびRANSAC法に強化学習の概念を導入し、強化学習に基づくサンプリングとデータの適切性の学習を同時に行う方法を開発した。この方法ではサンプリング戦略に調整が容易な新しい方法を考案し、また学習初期段階ではサンプリングを行わず学習状況を反映した重み付き推定に基づくモデリングを併用する方法を適用することにより、従来の方法と比較して外れ値ノイズが多いデータに対してもモデル化精度だけでなく、そのパラツキ及び計算速度が大幅に改善されることをモデリング実験により確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ノイズが多く含まれるデータからモデルを構成するロバスト推定において、強化学習の概念を導入して効率的なサンプリングと高いモデル精度のモデルを推定する方法は従来にない新しい方法であり、なおかつ性能のパラツキがみられた学習初期における精度の改善方法は極めて有効であると言える。また、本方法は光学ノイズ等が多く含まれるコンピュータビジョンシステムのモデリングだけでなく、産業上の課題として多数存在するモデリング問題に広く適用できるという特徴がある。特性上計測データにノイズが多く含まれるプロセス制御モデルの高精度化などの制御問題への適用が特に有望であると思われる。

研究成果の概要(英文)：In order to improve performance of essential models for computer vision systems, we develop new robust modeling techniques that optimize evaluation of fuzzy set defined on residual errors of estimation based on LMedS and RANSAC applying sampling strategy and learning of data validity based on reinforcement learning concepts. In the techniques, we develop a new flexible method for the sampling strategy and a new weighted modeling method without sampling in the early stage of learning. Through modeling experiments of camera homography, shape reconstruction, and nonlinear relationship, we found that the techniques outperforms conventional robust modeling techniques in terms of model precision, performance variation, and computational time.

研究分野：情報学

キーワード：モデリング ロバスト推定 コンピュータビジョン 強化学習 三次元計測 ファジィ集合 モンテカルロ法 三次元復元

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、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1)カメラやレーザー、プロジェクタを使用した光学的計測は、計測対象である物体に対して非接触で計測が可能であり、カメラの撮影画像を元に画像処理技術などを使用することによって、対象物体の緒元を得るだけでなく、コンピュータビジョンと呼ばれる三次元形状をコンピュータ上に復元するなど、今後益々重要となる技術であると言える。このような計測方法は、近年様々な用途に対して適用されるようになり、回路基板の検査などの産業上の外観検査や文化財の寸法計測・電子記録化や、車検場での車の計測にも応用されている。今後は、より多くの種類の対象を測定対象とするニーズが高まっていくと考えられる。しかし、このようなカメラやプロジェクタに基づく光学的三次元計測には多くの解決すべき課題が残されている。

(2)光を利用するコンピュータビジョンシステムの特徴から、その復元性能は、反射光や外光の影響を受ける場合が多く、また機器の設置のバラツキなどの影響を受けることもある。測定対象の反射率などの光学特性も外乱となる場合がある。コンピュータビジョンシステムを構成するモデルを構築する際にも収集したデータにこれらの外乱の影響が含まれる場合が多く、開発上の課題となっている。そのため多くのコンピュータビジョンシステムにおいて、処理や推定の際にこれらの外乱(ノイズ)の影響を抑えることが重要な課題の一つとなっている。

(3)コンピュータビジョンにおいて三次元の計測機能を実装する場合には、カメラモデルとして内部モデルと外部モデルをノイズの影響を抑えて適切に推定する必要がある。また、計測した結果から三次元形状を復元する際にも、対象物の適切な形状を精度良く構成するためにはノイズの影響を十分に抑える必要がある。

2. 研究の目的

(1)コンピュータビジョンや光学的計測において重要なカメラとプロジェクタのモデルの高精度化技術を非線形モデル構築に適したファジィモデルやタイルコーディングなどのソフトコンピューティング技術を適用して取り組み、能動方式によって三次元計測精度の大幅な向上と三次元計測の適用対象の拡大を図る。

(2)三次元計測システムにより計測できる大量の三次元点群(ポイントクラウド)から、計測対象を適切に記述する三次元図形エンティティ抽出技術の開発を行う。

3. 研究の方法

(1)複数の産業用カメラとレンズやプロジェクタを用いて、チェッカーボードキャリブレーション(図1)を使用し、対象の三次元座標とその対応するカメラ座標のキャリブレーションデータを取得し、カメラやプロジェクタのモデルを構成し、単体モデルの精度や三次元復元時の精度を評価し改善すべき点を明確にし、研究開発を行う。

(2)カメラやプロジェクタのキャリブレーションデータ、人工的に作成した非線形モデル推定用のデータ、三次元計測システムにより取得した三次元点群データを用いて対象モデルの推定を行い、技術開発を行う。

4. 研究成果

(1)キャリブレーションを用いて深さ方向の位置を一軸マニピュレータにより平行に変化させて1万点以上のキャリブレーションデータを取得し、採取した画像からチェッカーボードの交差点を特徴量から自動的に抽出するシステムを開発し、モデリング実験を繰り返した。その結果、対象が完全に被写界深度内であれば、深度によってモデルの構造が変わることは少ないが、被写界深度から遠ざかるとモデルの構造が変わる傾向にあることがわかった。これは申請者らが開発済みのファジィモデルに基づくカメラモデルやタイルコーディングによるモデルで対応できることがわかった。また、実験データの採集時において人手で扱う際に間違いが起き外れ値ノイズが含まれる場合が多いということもわかった。

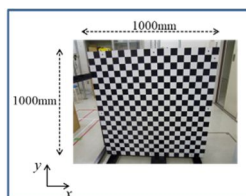


図1 チェッカーボードキャリブレーション

(2)カメラモデルやコンピュータビジョンシステムを構成するモデルの高性能化を目的としたモデル化時の残差のファジィ集合による評価に基づく LMedS 法および RANSAC 法に強化学習の概念を導入し、強化学習に基づくサンプリングとデータの適切性の学習を同時に行う方法を考案した。この方法ではサンプリング方法に強化学習の探索と最適化のバランスをとる行動戦略を応用したサンプリング戦略を適用しているが、このサンプリング戦略においてより性能の良い方法として -ルーレット法を考案し、従来の強化学習における -グリーディ戦略や Soft-Max 戦略と比較してモデリング性能が優れていることを非線形モデルデータとカメラキャリブレーションデータを用いたモデリング実験により示した。図 2 にモデリング結果の一例を示す。図中 FL-SimpleRoulette 及び FL- Roulette が考案した方法による結果である(Traditional:従来法、FL-Boltzmann:Soft-Max 戦略、FL- Greedy: -グリーディ戦略)。短時間でメジアン評価値が小さいロバストで精度の良いモデルが推定できていることがわかる。本研究内容は国際会議 SCIS&ISIS2019(2018 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems)において ISWS2018 Best Paper Award を受賞した。

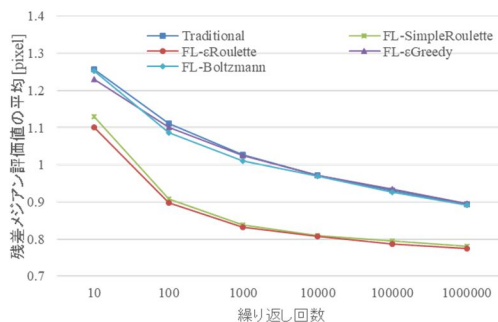


図2 カメラモデリングにおけるサンプリング戦略の比較

(3)本研究で開発した方法(上記(2))では、ランダムサンプリングをベースとした方法であり、よく知られた遺伝的アルゴリズムにおける「早期収束の問題」と同様に学習初期段階において推定されたモデルの精度が偶然低いと学習が進まず性能が上がらない場合がある。そこで学習初期段階ではサンプリングを行わず重み付き推定を行い、その後サンプリングを行うことによりこの問題を回避する方法を考案し、モデリング実験により性能のバラツキが大きく低減できることがわかった。図 3 にカメラモデリング結果の一例を示す。100 回の試行で最悪の結果を表示しているが、図中 Proposed が提案方法による結果である(Traditional:従来法、F-LMedS:上記(2)の方法)。学習初期段階での性能のバラツキが大きく低減できていることがわかる。本研究内容は国際会議 IWACIII2019(The 6th International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics)において Best Paper Award を受賞した。

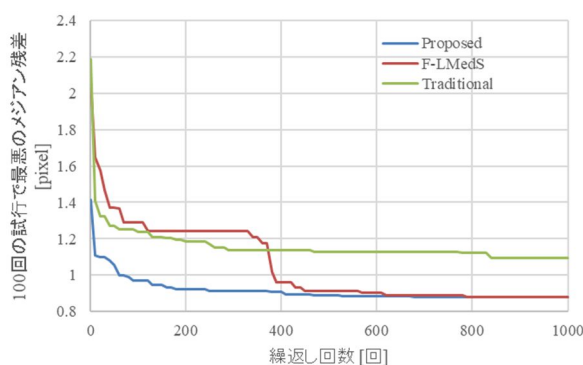


図3 カメラモデリングにおける性能評価結果

(4)三次元点群データは、カメラ画像の二次元座標と深さのデータで計測されるが、二入力出力の簡略ファジィ推論モデルを仮定してモデリングを行った。モデル精度は従来の LMedS 法と比較して改善されることが三次元計測実験により確認できた。実際の問題に柔軟に対応するためには対象の三次元モデルの解像度を適切に決定する必要があり、解像度を徐々に下げていく方法などの検証を引き続き進めていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 渡邊俊彦 | 4. 巻 23 |
| 2. 論文標題 強化学習に基づくファジィLMedSアルゴリズムのサンプリング行動戦略 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 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 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9件（うち招待講演 0件/うち国際学会 4件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 Toshihiko Watanabe |
| 2. 発表標題 Initial Learning Stage Improvement for Fuzzy LMedS Algorithm Based on Weighted Estimation Model |
| 3. 学会等名 Proc. of the The 6th International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics（国際学会） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 渡邊俊彦 |
| 2. 発表標題 重み付き推定に基づくファジィLMedSアルゴリズムの学習初期性能の改善 |
| 3. 学会等名 第32回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Toshihiko Watanabe |
| 2. 発表標題 Initial Performance Improvement for Fuzzy RANSAC Algorithm Based on Weighted Estimation Model |
| 3. 学会等名 Proc. of International Conference on Image Processing and Robotics 2020（国際学会） |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 渡邊俊彦 |
| 2. 発表標題 重み付き推定に基づくファジィRANSACアルゴリズムの学習初期性能の改善 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会2020年総合大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Toshihiko Watanabe |
| 2. 発表標題 Selection Strategies for Fuzzy LMedS Algorithm Based on Reinforcement Learning |
| 3. 学会等名 Proc. of 2018 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 渡邊俊彦 |
| 2. 発表標題 強化学習に基づくファジィLMedSアルゴリズムのサンプリング行動戦略 |
| 3. 学会等名 第31回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Toshihiko Watanabe |
| 2. 発表標題 A Fuzzy Least Median of Squares Method Based on Reinforcement Learning with Quartile Rewards for Computer Vision Modeling |
| 3. 学会等名 Proc. of the 5th Int. Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 渡邊俊彦 |
| 2. 発表標題 強化学習に基づくファジィLMedSアルゴリズム |
| 3. 学会等名 第30回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 渡邊俊彦 |
| 2. 発表標題 ファジィLMedSアルゴリズムによる三次元復元の検討 |
| 3. 学会等名 第33回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計2件

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Toshihiko Watanabe | 4. 発行年 2018年 |
| 2. 出版社 Nova Science Publishers | 5. 総ページ数 22 |
| 3. 書名 Chapter 1: A Fuzzy RANSAC Algorithm Based on the Reinforcement Learning Concept for Modeling, Fuzzy Modeling and Control - Methods, Applications and Research - | |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Toshihiko Watanabe | 4. 発行年 2019年 |
| 2. 出版社 Springer | 5. 総ページ数 23 |
| 3. 書名 Sampling Strategies for Fuzzy RANSAC Algorithm Based on Reinforcement Learning, Integrated Uncertainty in Knowledge Modeling and Decision Making | |

〔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 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|

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 |
|---------|---------|