

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 25 日現在

機関番号：21602

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500220

研究課題名(和文)未校正・少数カメラによる自由視点テレビの高機能化

研究課題名(英文)Realization of high function of free-viewpoint TV using a small number of non-calibrated cameras

研究代表者

岡 隆一(Oka, Ryuichi)

会津大学・コンピュータ理工学部・その他

研究者番号：60347242

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：未校正・少数カメラによる自由視点テレビの実現は、移動単眼カメラによるシーンの3次元復元技術でもあるといえる。本研究では少数カメラ(3つ程度)あるいは移動単眼カメラの動画像間に適用可能な、全ピクセルの最適対応を2次元連続DPとよぶ提案手法で行い、既存のfactorization手法を用いて3次元シーンの復元を行い、それらの3次元モザイクを試みた。また、単に静止対象物のみではなくシーン内で移動する対象物の動きを、移動する単眼カメラ画像から認識する手法も開発し、3次元のシーンの表現とそこにおける移動体理解の高機能を実現した。

研究成果の概要(英文)：Technology for free-viewpoint TV using a small number of non-calibrated cameras is available to realize the 3D reconstruction of scene using a single and moving camera. We realized this technology based on two algorithms: two-dimensional Continuous Dynamic Programming (proposed R.Oka etc) for full pixel and optimal matching between two images captured by a single camera, and factorization (proposed by T.Kanade etc). In order to more advanced recognition of a scene, we developed a method for recognizing moving objects in a scene by a motion image captured by a moving camera. These developed two algorithms revealed a new paradigm of scene understanding.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：シーン理解 3次元復元 画像マッチング 動作理解 動くカメラ DP

1. 研究開始当初の背景

(1) 単眼のカメラを移動させることによって得られる動画から、シーンの3次元構造を再構成することは実用的には望まれることであるが、技術的には極めて難しいものである。この技術は別の側面からみると、未校正の少数カメラによる視点自由のテレビの実現技術ということができる。その理由は、未校正のカメラは、任意に移動するカメラに対応し、少数カメラとは、単眼カメラから得られる動画像において、各時刻における前後の少数の枚数の画像フレームを、3次元シーン復元に用いることに相当する。単眼カメラを用いず、複数カメラ間のパラメータが既知とするステレオカメラによる3次元シーン復元は技術的には容易のものであり、多くのところで試みられている。

(2) 上記の状況において、シーンの実際の3次元復元や理解を困難にするのは、非剛体の物体が変形して動くものが、シーン中に存在する場合である。これは日常のシーンにおいて普通にありえる状況であるといえる。シーンの理解にはこのような状況にも対応することができる技術の実現が要望されていた。

2. 研究の目的

前述した2つの課題を解決するアルゴリズムを開発することが研究の目的である。

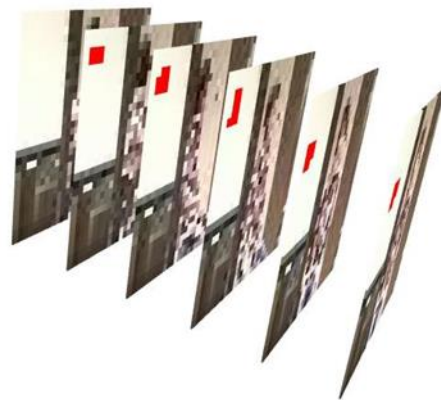
3. 研究の方法

(1) 上記1.(1)で述べた研究課題には、われわれが既開発した「2次元連続DP」とよぶ、2つの画像間でfull pixelの最適マッチングを行う手法を用いて、動画像中で、各時刻における前後の3枚の画像間でのfull pixelの対応をとった。これは、3枚の画像の1つの画像と前後のそれぞれの画像とのfull pixel対応をとると、3つの画像間において全ピクセルの間における対応関係がとれる。この対応関係を用いて、金出らが開発したfactorization法を適用すると、3次元のシーンの再構成ができる。これを単眼のカメラから得られるビデオ画像に逐次適用していけば3次元再構成の系列、3D画像の系列が得られる。そのあと、この3D画像の系列における重なり部分をモザイクングをすることによって、広いシーンにおける3次元再構成ができることとなる。3次元画像間におけるモザイクングを行うについて、我々は「3次元連続DP」というアルゴリズムを開発することで解決できる。

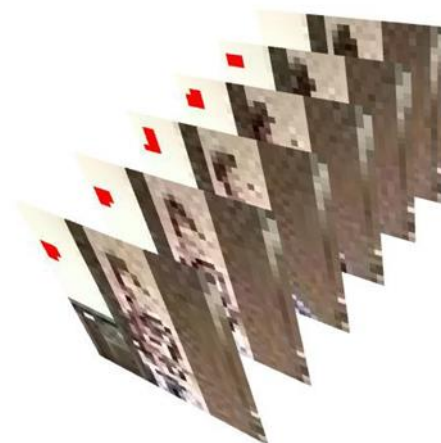
(2) 上記1.(2)の目的のための方法は、人間などの非剛体の物体が動作などを行うことで動いている状況を、単眼の動いているカメラで動画像として捉えたとき、この動画像から非剛体の動きを識別するアルゴリズムを開発することでその解決を図ることとした。

4. 研究成果

(1) 「2次元連続DP」とfactorization手法で得られた3D画像系列において、2つの近接する3D画像間での共通部分を自動的に見出すことができれば、それらをつなげることによって広範囲の3Dシーンをうることができる。そのためにこの研究では、「3次元連続DP」というものを開発した。これは、2次元のfull pixel最適マッチング手法である2次元連続DPを3つ統合することで実現できるものである。このアルゴリズムは、2つの3次元画像の表面のみならず、その内部のvoxel点を含む3次元画像間でのfull voxel間の最適マッチングを行うものである。それを行っている実験例を下に示す。下の図では2つの3D画像について、対応しているvoxel対を赤く示してある。赤く示しているのはvoxelの一部であるが、実際にはすべてのvoxel間での最適対応がついている。最適対応がついている部分を重ねることによって、2つの3D画像をつなげることができる。



(a) 3D画像 (A)



(b) 3D画像 (B)

図1 2つの3D画像(A,B)における対応点を赤く示してある。実際はすべてのvoxelでの対応が得られている。

(2) 動く非剛体物体による動作理解はシーンの再構成とともに重要な機能であるが、これを我々は、「時空間連続 DP」とよぶアルゴリズムを開発した。この機能を端的に示すものとして、フィギュアスケートの放送映像からの演技の認識というものを取り上げる。これはカメラ自体も動いており、演技者である選手も動いており、その中の演技も動いているという状況である。その中で4つの典型的な演技をとりあげる。それらは「イナバウア」、「スピン」、「ジャンプ」、「開脚動作」である。これらの動作の one shot を以下に示す。



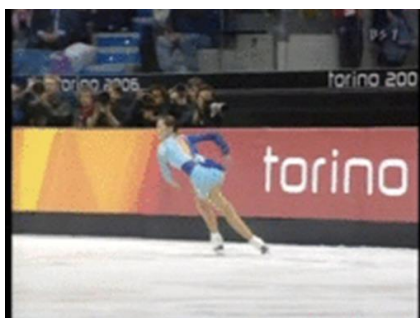
(a) ジャンプ



(b) 開脚動作



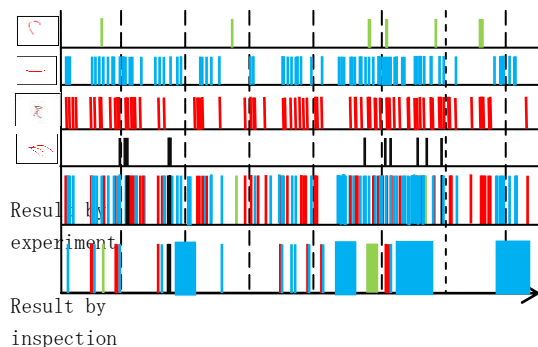
(c) スピン



(d) イナバウア

図2 識別対象である4つの演技 (one shot)

これらの演技を「時空間連続 DP」で識別した結果を下図に示す。これは約5分間の演技の時間を横軸にとり、識別されたところを縦線で表している。下から2番目のものが提案アルゴリズムによる結果であり、一番下のものが人間の視察による結果（すなわち、正しいとされるもの）である。現時点では56%の再現率、49%の正解率となっている。



Recall (R/C) = $69/124 \div 0.56$

Precision (R/N) = $69/141 \div 0.49$

図3 フィギュアスケートの演技の放送映像からの認識結果

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)

[学会発表] (計 14 件)

- ① Yuki Nitsuma, Syunpei Torii, Yuichi Yaguchi, Ryuichi Oka, "Time-segmentation- and position-free recognition from video of air-drawn gestures and characters", ICPRAM- 2014, 査読有, pp.588-599, March 2014.
- ② Toshimitsu Suzuki and Ryuichi Oka, "Segmentation-free Full Voxel Matching for 3D Image Registration", Proceedings of 3DSA2013, 査読有, P3-4, June 2013.
- ③ Syunpei TORII, Yuki NITSUMA, Yuichi YAGUCHI, and Ryuichi OKA, "Spotting Recognition of Motions From a Video Captured by a Moving Camera", IEICE Technical Report, PRMU2013-31, 2013, pp. 71--76, June 2013.
- ④ Takashi Matsuzaki and Yuichi Yaguchi and Ryuichi Oka, "Occlusion Robust Recognition and Tracking of Motion Objects", The 3-rd International Workshop on Benchmark Test Schemes for AR/VR Geometric Registration and Tracking Method, 査読有, 2012, pp. 24--27, November 2012.
- ⑤ Yuichi Yaguchi and Takashi Matsuzaki

- and Toshimitsu Suzuki and Yukihiro Yoshida and Yuichi Okuyama and Kazuaki Takahashi and Ryuichi Oka, "A Free-viewpoint TV System", MVA2011 IAPR Conference on Machine Vision Applications, pp. 116-119, 査読有, June, 2011.
- ⑥ Shinya Mizoe and Yuichi Yaguchi and Kazuaki Takahashi and Kazuhiro Ota and Ryuichi Oka, "Reconstructing 3D Land Surface From a Sequence of Aerial Images", MVA2011 IAPR Conference on Machine Vision Applications, 査読有, pp. 116-119, June 2011.
- ⑦ Takashi Matsuzaki and Toshimitsu Suzuki and Yuichi Yaguchi and Ryuichi Oka and Kazuaki Takahashi, "自由視点TVのための3次元復元画像群のモザイクング", Proceedings of MIRU2011, 査読無, July 2011.
- ⑧ Ryuichi Oka, "Spotting Recognition of Time-Space Patterns From a Motion Image", IEICE Technical Report PRMU2011-188, SP2011-103, 査読無, February 2012.
- ⑨ Ryuichi Oka, "Image Processing Using Continuous Dynamic Programming", IEEJ Technical Report IP-12-013, ISS-12-055, 査読無, March 2012.
- ⑩ Yuki NITSUMA, Syunpei TORII, Yuichi YAGUCHI, and Ryuichi OKA, "Motion Recognition by Time-space Continuous Dynamic Programming Using a Sequence Model of Object Independent Pixels", IEICE Technical Report, 査読無, PRMU2013-30, 2013, pp. 65--70, June 2013.
- ⑪ Yuki YOKOKURA, Syunpei TORII, Yuki NITSUMA, Yuichi YAGUCHI, and Ryuichi OKA, "Spotting recognition of performance motions of figure skating from videos of TV broadcasting", IEICE Technical Report, PRMU2013-106, 査読無, 2014, pp. 159--164, January 2013.
- ⑫ Ryuichi Oka and Takashi Matsuzaki, "Robustness for Time-spatial Deformation and Occlusion Realized in Time-Space Continuous Dynamic Programming", The papers of Joint Technical Meeting on Information Processing and Innovative Industrial System, 査読無, pp. 57--63, IEE Japan, August 2012.
- ⑬ Yasutaka Kihara and Takashi Matsuzaki and Yuichi Yaguchi and Ryuichi Oka, "Robust Tracking of Moving Object", The papers of Joint Technical Meeting on Information Processing and

Innovative Industrial System, 査読無, pp. 51--56, August 2012.

- ⑭ Takashi Matsuzaki and Yuichi Yaguchi and Ryuichi Oka, "Segmentation-free and Occlusion Robust Recognition and Tracking of Moving Objects", Proceedings of MIRU2012, 査読無, pp. IS1--36, August 2012.

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 動画画像処理装置および動画画像処理プログラム

発明者: 岡 隆一

権利者: 公立大学法人会津大学

種類: 特許

番号: 特願 2012-163323

出願年月日: 平成 24 年 7 月 24 日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://portfolio-aizu.com/ryuichi-oka/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡 隆一 (Ryuichi Oka)

会津大学 学長

研究者番号: 60347242