

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月 10日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：2030067

研究課題名（和文） 追跡・認識融合型コンピュータビジョン

研究課題名（英文） Computer Vision by Tracking and Recognition

研究代表者

尺長 健（SHAKUNAGA TAKESHI）

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：80284082

研究成果の概要（和文）：計算機性能向上を背景として、動画像を用いた実時間追跡が可能となることにより、フレーム単位での検出をベースとした従来型の視覚認識系ではなく、実時間追跡をベースとした視覚認識系の構成が可能になってきた。この研究計画では、コンピュータビジョンの新しいパラダイムとして、追跡・認識融合型コンピュータビジョンを提案し、これを実現するのに十分な追跡系の性能向上と、姿勢追跡・顔認識・動作認識の3種類の認識問題を対象とした追跡・認識融合系の構成を行った。また、特定人物向きヒューマンインタフェースを例題として取上げ、3種類の融合系を統合した追跡・認識系を実現し、パラダイムの有効性を検証した。

研究成果の概要（英文）：Although many recognition problems have been solved frame by frame in the conventional computer vision systems, more efficient and effective vision systems are desired for developing possible applications in the future. A novel approach to computer vision is proposed in this research by introducing a unified framework of tracking and recognition. In our approach, three typical recognition problems have been discussed in the unified framework based on an efficient object tracking technique. Finally, we have shown the effectiveness of our approach by creating a human interface including the face motion tracking, face recognition and expression recognition in the unified system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2009年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	2,300,000	690,000	2,990,000
総計	11,800,000	3,540,000	15,340,000

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：追跡・認識融合，疎テンプレート追跡，粗密探索法，拡張固有空間，照明適応

## 1. 研究開始当初の背景

我々は、従来から画像情報を正規化固有空間で取扱う方法を広く研究し、照明変動や部分射影を包括的に取扱う方法として同次固

有空間の利用を提案してきた。この方法を動画像中の物体追跡に適用し、部分射影を疎テンプレート上で計算し、一種のパーティクルフィルタを追跡エンジンとする疎テンプレ

ートコンデンセーション法（以下、疎テンプレート追跡と呼ぶ）を提案していた。この方法は他の研究機関でも使用例が報告される有望な方法であった。

一方、当時の動画像認識技術では各フレーム毎に対象検出を繰り返して、簡単な処理を施すことにより認識系を構成する方法が広く取られていたが、動画像情報を連続的に利用し、より高度の情報処理を行う枠組みとしては不十分であるため、追跡系を基本とする解決策が望まれていた。しかし、追跡系で得られる精度には課題も残されており、追跡系と認識系を単純に連結するのでは有効な解決策にならないという問題があった。

そこで、研究代表者らが研究を進めてきた疎テンプレート追跡を核技術として追跡系と認識系を融合することを思いついた。

## 2. 研究の目的

疎テンプレート追跡を核技術として、追跡系と認識系を密に結合した処理系を実現することにより、従来型の動画像認識では効率的に実現できなかった問題の解決を計る。このため、姿勢追跡・顔認識・動作認識の3種類の認識問題を対象とした追跡・認識融合系を構成し、追跡系と認識系の融合に関する知見を蓄積する。また、次世代型の特定人物向きヒューマンインタフェースを例題として取上げ、3種類の融合系を統合した追跡・認識系を実現することにより、提案するパラダイムの有効性を検証する。

## 3. 研究の方法

研究の核技術である疎テンプレート追跡の高性能化を先行させて行い、これをベースとして3種類の認識問題に関する研究を進展させる方法を取った。具体的には、研究全体を次の各項目に分割して、独立に研究を進めたが、他の項目において進展が見られた場合に、その結果を積極的に取り入れる形で研究方針の見直しを項目毎に行い、研究計画全体の進展を促すように配慮した。

詳細については研究成果に示すが、期間全体で見ると、まず、項目(2)の姿勢追跡系で粗密探索による姿勢追跡の研究が進展し、これをベースとして項目(3)の顔認識系で研究が飛躍的に進展し、この結果がその他の項目にもよい影響を与えたと言える。

## 4. 研究成果

### (1) 疎テンプレート追跡系の基本性能

処理アルゴリズムの改良・GPUの積極的利用を計った結果、3次元剛体追跡（姿勢自由度6）において、疎点数1024の固定テンプレートに対して、パーティクル数1000で処理時間1.0ms/frameを達成した。また、60次

元固有テンプレート（他の条件は同じ）に対して1.5ms/frameであり、当初の目標を大きく上回る処理性能を実現できた。（詳細については、投稿準備中）

### (2) 既知3次元物体の姿勢追跡

既知3次元形状物体の姿勢追跡に関しては単眼視追跡系を構成した。この系は粗密探索法（姿勢空間内の候補パーティクルを生成する際に用いる乱数の標準偏差を段階をおって低下させることによって実現）を用いて、効率よく実現できる。60次元固有テンプレートにおいて、1000パーティクル\*3段、疎点数1024で4.5ms/frame（固定テンプレートの場合は3.0ms/frame）を達成でき、顔を対象とした場合の姿勢推定精度は平均1.0度以下である。

### (3) 登録顔画像による人物識別

①当初予定していた2次元顔画像登録による追跡・認識融合について、2009年度まで検討を進めた。この結果、ある程度の性能を実現できたものの、3次元形状を正確に扱わないことによる影響が大きいことが判った。そこで、項目(2)の成果を利用した3次元顔画像登録による追跡・認識融合系に切り替えを計った。この中で、画像から3次元形状の連想が大きな課題となったが、従来の2次元画像を対象とした正規化固有空間から形状の連想を、最適線形連想写像を利用することで解決した。（この機能を組み込んだ正規化固有空間を拡張固有空間と呼ぶ。）

②2010年度には、25人の3次元顔から作成した30次元拡張固有空間による実時間追跡・認識融合系を実現し、2011年3月開催のIEEEの国際会議（FG2011）で発表した論文が高い評価（Outstanding Student Paper Award）を受けた。また、これに伴い、学術雑誌（Image and Vision Computing Journal）のBest of Face and Gesture 2011特集にも推薦され、2012年3月に掲載された。（実時間処理で、姿勢・照明変動・人物／表情を認識できるものとして、世界的水準にあると考えられる。）

③2011年度には、上述の研究成果を改良し、当初の目標であった100人系を作成することに成功した。ここで、上述の手法における識別法が線形方程式に帰着できることに着目し、性能の改善と高速化を計った。この結果、140次元拡張固有空間による追跡・認識融合系の実時間動作を2つの方法（階層化により過剰決定系で解を求める方法と、不足決定系で識別率を上げる方法）で別々に実現できた。（2012年1月の電子情報通信学会PRMU

研究会(情報処理学会 CVIM 研究会共催)で2件とも発表済み)。

④ 拡張固有空間およびこれを用いた追跡・認識融合系については、上述の通り世界的に高い評価を受けており、様々な発展が期待できるため、今後も研究を継続していく。

(4) 動画例示による動作認識

① 例示された動画像上での適応型追跡による固有空間の自動生成法について検討を進め、2011年11月の国際会議で発表した。

② 動作追跡に関しては、当初の計画では画像情報のみを用いた動作認識系の作成を予定していたが、2010年度に Kinect の発売に伴い、性能の高い距離センサが安価に入手できるようになったため、これを用いた動作認識に研究の重点を移した。この結果、従来の疎テンプレート追跡を距離センサを併用できるように拡張することで、人物の上半身を関節物体(自由度14)として取扱うことで姿勢追跡が可能であることを検証した。(2012年3月の電子情報通信学会 PRMU 研究会で発表済み)。

(5) 特定人物用ヒューマンインタフェース

① 項目(3)③の100人系の運用を変更することにより、10人\*10表情の実時間認識系を実現できた。この系は実時間姿勢推定の機能も併せ持っているため、10人を対象とした姿勢推定・人物識別・表情認識を集積した追跡・認識融合系が実現されたことになる。(現在、学会投稿中)

② ヒューマンインタフェースの例題として「パワーポイントの顔動作・表情による操作」を取上げ、試作系を構成した。試作系では顔追跡・認識融合系を Linux 環境で開発しているため、Windows 環境で動作するパワーポイントにメッセージを送信することで系を構成しているが、顔によるパワーポイント操作を違和感なく実現できた。これにより、研究計画の最終目標が達成できたと言える。(現在、学会投稿中)

③ 上述のヒューマンインタフェースに項目(4)で述べた人物姿勢追跡系を組み合わせることも、近い将来可能と考えられる。今後、顔情報処理とジェスチャ認識を組合わせたインタフェースの構成に向けて、研究を進めていく予定である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計10件)

① Yuki Oka, Takeshi Shakunaga, Real-time Face Tracking and Recognition by Sparse Eigen-tracker Augmented by Associative Mapping to 3D Shape, Image and Vision Computing, vol.30,147-158, 査読有, 2012.

② Hideyuki Seto, Tomoyuki Taguchi, Takeshi Shakunaga, Directional Eigen-template Learning for Sparse Template Tracker, Proc. Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology (PSIVT 2011), Springer, LNCS 7088,104-115, 査読有, 2011.

③ Yuki Oka, Takeshi Shakunaga, Sparse Eigentracker Augmented by Associative Mapping to 3D Shape, Proc. The 9th IEEE Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG2011),649-65, 査読有, 2011.

④ 田口智之, 野口清志, 尺長健, 適応型疎テンプレート追跡, 電子情報通信学会論文誌, vol. J93-D, 8, 1502-1511, 査読有, 2010.

⑤ Yuki Oka, Toshiyuki Kuroda, Tsuyoshi Migita, Takeshi Shakunaga, Tracking 3d Pose of Rigid Object by 3d Sparse Template Matching, Proc. Fifth Int'l Conf. on Image and Graphics, 390-397, 査読有, 2009.

⑥ 坂上文彦, 尺長健, 並列部分射影による顔画像認識と Decomposed Eigenface 法への適用, 電子情報通信学会論文誌(D), vol. J92-D, 5, 1349-1358, 査読有, 2008.

[学会発表] (計13件)

① 四宮洋平, 加藤秀章, 尺長健, Kinect を用いた3次元疎テンプレート追跡による人物姿勢追跡, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 2011-264, 2012.03.30, 神戸.

② 尺長健, 中岸久佳, 不足決定系による多クラス識別を用いた顔追跡・認識融合, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 2011-166, 2012.01.20, 寝屋川.

③ 中岸久佳, 岡裕希, 尺長健, 3次元疎固有テンプレートによる顔追跡・認識融合系の大規模化, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 2011-167, 2012. 01. 20, 寝屋川.

③ 澤田裕介, 尺長健, 仮説検証に基づく自然環境下での複数歩行者追跡, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2011), pp. 718-725, 2011. 07. 21, 金沢.

④ 尺長健, 岡裕希, 正規化固有顔を用いた顔形状推定・照明変換・識別処理の一体化, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 2010-190, 2011. 01. 21, 草津.

⑤ 岡裕希, 尺長健, 3次元疎固有テンプレート追跡による実時間顔認識, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 2010-191, 2011. 01. 21, 草津.

⑥ 久常晃裕, 武村和宙, 尺長健, 疎固有テンプレート追跡による顔追跡・認識融合系の改良と性能分析, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 2009-188, 2010. 01. 22, 京都.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ

<http://www.chino.cs.okayama-u.ac.jp/~shaku/>

## 5. 研究組織

### (1) 研究代表者

尺長 健 (SHAKUNAGA TAKESHI)  
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授  
研究者番号: 80284082

### (2) 連携研究者

右田 剛史 (MIGITA TSUYOSHI)  
岡山大学・大学院自然科学研究科・助教  
研究者番号: 90362954

山根 亮 (YAMANE RYO)

岡山大学・大学院自然科学研究科・助手  
研究者番号: 00362955

### (3) 研究協力者 (大学院学生(在籍年度))

岡 裕希 (OKA YUKI) (2008-2011)  
岡山大学・自然科学研究科・前期+後期課程

瀬戸 寛之 (SETO HIROYUKI) (2009-2011)  
岡山大学・自然科学研究科・前期+後期課程

中岸 久佳 (CHUGAN HISAYOSHI) (2010-2011)  
岡山大学・自然科学研究科・前期課程

四宮 洋平 (SHINOMIYA YOHEI) (2010-2011)  
岡山大学・自然科学研究科・前期課程

小林 宏章 (KOBAYASHI HIROAKI) (2011)  
岡山大学・自然科学研究科・前期課程

澤田 裕介 (SAWADA YUSUKE) (2009-2010)  
岡山大学・自然科学研究科・前期課程

田口 智之 (TAGUCHI TOMOYUKI) (2008-2009)  
岡山大学・自然科学研究科・前期課程

久常 晃裕 (HISATSUNE AKIHIRO) (2008-2009)  
岡山大学・自然科学研究科・前期課程

武村 和宙 (TAKEMURA KAZUMICHI) (2008)  
岡山大学・自然科学研究科・前期課程