

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2016

課題番号：26330195

研究課題名（和文）介助支援のための行動の能動的観察と認識に関する研究

研究課題名（英文）Active observation and behavior recognition for the assistance of handicapped people

研究代表者

陳 謙（Chen, Qian）

和歌山大学・システム工学部・准教授

研究者番号：70263233

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）：本研究の目的である人の行動の認識を実現するために、円パターンおよび反復投票を用いてカメラが階段を含む地面に対する位置と姿勢の推定に関する研究を行った。次に2台の能動的カメラを用いて共同協調観察に関する研究を行い、広い範囲で人の観測を実現できた。夜間の介助活動のために、赤外線カメラを用いて顔の検出について研究した。人物のクリアな画像を得るために、画像におけるブレの検出と除去について研究を行った。

研究成果の概要（英文）：In this research, we used circle pattern and iterative voting to detect floor plane with stairs and to estimate the pose and the position of the camera. We used two active camera to observe a person cooperatively to enable the observation of a person contentiously when he walks around among multiple rooms. We also used inferred camera to detect faces in night scenes. In order to obtain clear image of people, we developed cepstrum-based algorithms to detect blurring information and a new de-blur algorithm based on it.

研究分野：コンピュータビジョン

キーワード：円パターン 能動的カメラ カメラ制御 カメラ較正 追跡 環境認識 人物の検出

### 1. 研究開始当初の背景

近年、人口の高齢化が進み、高齢者社会が到来する前にできた交通、商業、医療、生活などのインフラ・社会環境において、安全安心で自由に日常生活を送ることができなくなる高齢者が急速に増え、健康状態が悪化し、様々な事故を引き起こすことが社会問題となり、親族による介護が限界を超える深刻な状態になりつつある。この状況の中で、高齢者を対象とする介助・介護を円滑に行うために、保険制度の充実、関連施設の整備など、さまざまな方面から改善しつつある一方、若者の人口の減少などが原因で介護・介助の仕事の従事者が不足しているために、高齢者が十分な介護が受けられない状況に落ち込み、介護従事者の人不足と過労が新たな問題として顕著に表れている。我々は、ビデオカメラ等を活用して、人の目と同等な機能を実現し、介護・介助対象者の行動や健康状態等をリアルタイムで獲得できれば、安全見守りの自動化と介護従事者の負担軽減につながると考えている。

コンピュータビジョン、仮想現実感技術、ヒューマンインタフェースなどの分野の研究が進み、カメラ映像を用いた人物の認識に関する研究は国内外ともに盛んに研究され、顔の検出と個人識別、視線・表情の認識、歩行者の検出と追跡、ジェスチャ認識や異常行動の検出等に関する膨大な研究成果が既に報告、実用されている。例えば、顔検出技術は既に広くデジタルカメラなどに搭載され、オムロン社の OKAO Vision システムでは、顔の検出・認証・顔器官の検出・視線の推定等ができ、オープンソースのソフトウェア OpenCV は顔の検出、人の検出を含み、様々な画像特徴の検出と認識、3次元情報の獲得などの機能を実装している。本研究では、ビジョンセンサーで人の行動を継続的に観察することが実現できれば、家庭や介護施設などにおける、被介助(介護)者の安全の確保や健康状態の把握と管理およびその自動化に役立てると考える。

本研究の目的を達成するために、動く対象人物の撮影をまず実現しなければならない。既存のほとんどの研究では、入力画像・映像が既に入手済みであると仮定して、それらの画像から対象の検出と認識について行うもので、対象の撮影方法を研究対象とする例は極めて少ない。

本研究が想定している撮影対象は、家庭や介護・介護施設などにおいて、日常的に複数の部屋に渡って移動して活動する人である。このような環境において、一台の固定カメラを用いて利用者を見失わずに継続的に観察を行うことはできない。このような対象に関する観察や認識を行うとき、認識の方法やア

ルゴリズム等について研究を行う前に、まず、対象の映像の撮影を実現しなければならない。本研究はこの移動対象の撮影方法を重視して、その実現に向けて様々な問題を解決し、対象の認識にとって十分な入力情報を獲得する手段を実現することはとても重要であると認識している。

### 2. 研究の目的

複数台のパンチルトカメラをそれぞれ PC から撮影とカメラ制御を行い、そしてネットワークを通じて情報交換を行いながら、広範囲に渡って移動する人を追尾して、その高品質の映像を連続的に撮影できるシステムの実現を目指す。本研究では、その目的を実現するための要素技術、そしてそれらを活用するシステムの構築に関する研究開発を行う。

まず、能動的カメラを人の目と同等の注視性能を実現するために、パンチルトカメラの向きを観測対象に追従して回転し、そして振動と動作の遅延をできるだけ抑え、高速かつ安定に動作するカメラの制御法を実現する。次に、このカメラシステムを用いて、撮影画像から観測対象の人物を検出して、画像上その人物の追跡を行い、画像上の人物の位置と大きさ、そして画像上の運動情報を獲得する。そして、その情報を利用して、人物が画像の中央に位置するようにカメラを制御するための方法について研究を行い、人を自動的に発見して、その人を注視しながら撮影できるカメラシステムの構築を行う。

この単独で人の発見と注視撮影を行うカメラを複数設置して、一台のカメラが観測しきれない複数の部屋を含む広い観察範囲において移動する人物を撮影し続けることを実現できるカメラシステムの構築を行う。その際、複数カメラによる連携撮影を実現するために、カメラ間の相対的な位置関係、観測環境に対する位置関係、そしてそれぞれのカメラから獲得した同じ人物の3次元位置・姿勢情報の交換と座標変換を行うための要素技術について研究を行う。

回転しているカメラを用いて、移動している人物の撮影を行うために、画像上の人物は常に動いているために、ブレが生じる。このブレの情報を画像から抽出して、そしてそれに基づいてブレをキャンセルするための画像処理アルゴリズムについて研究を行う。

### 3. 研究の方法

使用する能動的カメラには、カメラの回転角度、回転速度を PC から制御する機能、そしてカメラの現在の向きなどの情報を PC から問い合わせの機能を持っている。本研究では、これらの機能を活用して、カメラを自由自在に制御することを実現するために、カメラの制御、カメラ情報の問い合わせ、そして映像の撮影という三つの処理を独立に行い、そして互いの動作の完了を待つことなく、しかも矛盾を生じさせないようにカメラの制

御と撮影のシステムを開発する。この時、マルチスレッド、イベント駆動の送受信方法、そして非同期通信機能を活用して、そしてカメラとPC間の通信における遅延を予測して、フィードフォワードの制御法を活用してシステムの開発を行う。

観測対象の人物は一台のカメラが観測できる範囲から離れていく場合、対象を見失わずに撮影を継続的に行いたい時、人物を観測しているカメラの撮影画像から、その人の室内環境（床面、居室）における位置を推定して、その人が良く観測できるはずの他のカメラにその位置情報を知らせ、そのカメラがこれからの対象人物の観察を担当してもらう必要がある。このことを実現するために、複数台のカメラがそれぞれ観測できる範囲を事前に調査して、そして環境にある位置から、その位置にいる人を撮影できるカメラを自動的に選出して、その位置にカメラを回転させ、対象人物の撮影を開始する機能が必要である。

我々は複数台のカメラを利用して、協調観察を実現する。床面に対するカメラの位置と姿勢の推定方法について研究を行う。研究代表者らが2個の平行円を用いたカメラ校正のアルゴリズムを既に提案している。この方法を利用して、床面に円を2個置けば、それをランドマーク（目印、基準物体）として利用して、床面に対するカメラの位置と姿勢、そして2台のカメラ間の相対的な位置関係の推定を行う。この方法は使用する円の大きさと位置に依存しないために、円の半径と位置の精度は推定したカメラの位置・姿勢に影響しない特徴を生かして、簡便で精度の良いカメラと床面、カメラ同士の相対的な位置関係を求める方法を開発する。

それと同時に、床面、階段（複数の床面と考えることができる）を自動的に検出して、その3次元方向の推定に関する研究も行う。

また、床面と部屋の相対位置関係を明らかにするために、床・天井と壁の境界、壁と壁との境界、扉、窓の輪郭はいずれも水平或いは垂直線であることを利用して、それらの線を検出して、消失点の検出を行い、壁、扉、窓などの3次元方向と位置の推定を行う。

カメラの映像から人物の自動検出を行い、画像上の、その結果に基づいて部屋に対する人物の位置を推定して、ネットワーク通信によりカメラ間に共有することで複数台のカメラから発見した人物を観察できるように撮影方向を制御する。

観測した人を見失わずに撮影しつづけるために、そのひとを既に観測しているカメラの撮影画像からその人を検出して、そしてその人の環境の3次元空間内の位置を推定して、複数台のカメラとそれらを制御するPCの間に共有し、それぞれのカメラがその人物に関する可能性を判断する必要がある。我々は、各カメラの観測可能な範囲を床面上の領域を用いて表現し、カメラの撮影画像から対

象人物を検出し、その人物の頭部の3次元位置を推定して、その人の立つ位置を推定するアルゴリズムを開発して、この機能に必要な床面での人の位置の推定を行う。

さらに、指定した床面での人の立つ位置の情報から、カメラをその人を観察するためのカメラの回転パラメータを、カメラの現在の姿勢、カメラが床面、壁に対する3次元位置などの情報から推定するために数式とアルゴリズム、そしてその推定を行うのに必要な各パラメータとそれらの推定法について研究開発を行う。

また、これらの要素技術を利用して、各カメラのそれぞれの観測可能な範囲と複数台のカメラが共通に観測できる範囲を調査して、各カメラを使って画像を撮影して人物の検出を行い、検出できた人の3次元位置を複数台のカメラ間に共有して、それに基づいて観測できるカメラの選出と人の協調観察を行うことができるシステムを構築して、実験を行い、システムの性能評価と問題点を発見して、実用に向けて改善改良を行う。

動く人を回転しているカメラで撮影した映像の中の人物のブレを打ち消すために、ブレ画像から一枚画像の中における対象人物のブレの軌跡とブレの効果との間の関係を定式化して、それに基づいてブレの軌跡の推定とブレ効果のキャンセルに関する研究を行う。

介護・介助施設や家庭において、就寝中など消灯後の環境において人の観察を行う必要がある。本研究では、赤外線カメラを使って暗い環境における人の観察を行う。赤外線カメラの画像は一般的な可視光カメラで撮影したものと性質が異なるため、赤外線画像に適用できる顔、頭部、そして人物の検出法について既存の手法を出発点として利用して改造、改良を通じて開発を行う。

#### 4. 研究成果

カメラの制御はRS232Cによるシリアル通信、SONY社のVISCA制御プロトコルを用いて行った。VISCAの命令の送受信、問合せ命令に対する返事などの命令の応答には最短1/60秒の遅れがある。制御命令の送信完了、動作完了、そして問合せ命令に対する返信の受信完了等を確認できてから、次の制御命令を発行するような動作方式を採用すると、カメラの応答性が極めて悪くなることは実験で確認できた。この問題を解決するために、本研究では、制御・問合せ命令の発行、制御・問合せ命令に対する返信の受信、そしてカメラの撮影画像のキャプチャという三つの処理をそれぞれ単独のスレッドで行う、いわゆるマルチスレッドによって実現する。そして、シリアル通信における送受信を互いの動作が完了するまでに待つという現象を回避するために、本研究ではoverlapped I/Oという非同期の通信方式を採用する。非同期通信は細心の注意を払って行わないと、送受

信の間に矛盾を生じ、理解不能な現象が発生し通信が正常に行えない状態になってしまう。本研究では、通信の正確性を保証するために、イベント駆動型の通信プログラムを作成して、送受信間の矛盾を生じないことを保ちながら、互いの動作の完了を待つことなく、命令の送受信は通信回線の規格限界の性能をフルに活用することを実現した。撮影映像とカメラ自身の動作の安定性を実現するために、カメラを指定した姿勢に回転させる際、カメラが回転・停止を繰り返すのではなく、カメラの回転速度を連続的に制御することで行う。さらに、カメラ制御を行う際、カメラの動作と指定した目標値との間の差はカメラの回転角度だけでなく、回転速度の差にも考慮することにより、カメラの応答性と安定性は非常に高いレベルの正確さを実現でき、カメラのハードウェアの限界性能（約 300 度 / 秒）で目標に追従させることを実現した。

カメラと床面との相対的な位置関係を明らかにするために、2 個の平行円を利用して、その 2 個の円の円周の画像から、その 2 個の円の存在する平面及び 2 個の円の中心を基準とした 3 次元座標系とカメラ座標系との関係を高い精度で計算できる方法を確立した。

また、円周の像から、それらの円の中心の位置を推定する方法についても研究を行い、従来法で最低 3 個の円が必要であったが、本研究では 2 個の円だけを使っても、高い精度で円の中心を推定することができる方法を確立できた。

人の活動の環境の認識を行うために、階段等の段差のある平面の検出とその向きの方角について研究を行い、平面の向きの予測と反復投票による新しい方法を提案し、平面法線を基準にする投票空間を採用することで、従来法が採用した 3 次元の投票空間を 1 次元に圧縮することを実現し、従来法より安定的に結果が得られるアルゴリズムを開発でき、同じ平面の属する点の集中度と異なる平面に属する点の分離度という二つの指標の両方とも従来法より飛躍的に改善した。その結果、床面の検出の安定性と精密性はともに顕著に向上させることを実現できた。

ビデオカメラで撮影したブレ画像のブレ情報の抽出とブレの除去を行うために、従来主に音声信号処理に利用されるケプストラム解析法を活用して、ブレ画像の周波数分布の特徴とブレの元となる撮影時のカメラの運動軌跡との関係を解析的に解明して、定式化することができた。その結果を利用してブレ画像からブレの軌跡を精度高く安定的に推定することを実現し、ブレの除去を行い、クリアな画像を復元できた。

ノイズのある画像から検出した直線を利用して消失点の検出を行う研究を行い、確率分布による直線の表現法を提案し、それに基づく確率分布を用いた投票法による消失点を安定に検出する方法を提案して、実験によ

りその性能を確認できた。その成果は ACPR2017 に投稿した。

2 台のパンチルトカメラを用いて、対象人物の自動検出と位置推定、そしてカメラ間に共有し、それに基づいてカメラの方向を制御することで、2 台のカメラから同時に同じ人物を撮影することを実現し、観察範囲を広げることができた。また、人の顔がカメラに向いていない場合、髪の毛や肩、衣服の色情報に着目して、色弁別度を特徴量とした個人識別について研究を行い、人の顔によらない個人識別法を提案した。深夜の介護や見守りのために、赤外線カメラ用いて暗い環境での顔の検出を安定に行うために、既存の顔検出アルゴリズムを赤外線画像に適用した場合の検出性能の評価し、赤外線画像のサンプルを大量に撮影し、顔検出アルゴリズムの再学習を行った。

実際に、2 台の異なる能動的カメラ（レンズ、解像度、回転できる範囲とも異なる）を用いて、共同観察を行うシステムを構築して、家具によって一部の視野が分断された環境において、移動する人物を観察する実験を行った。共通視野の床面に基準物体を設置して、2 台のカメラ間の相対位置関係を調べた。一人の被験者が二つのカメラの共通視野及び一台のカメラしか観測できない視野の間移動して、対象人物の撮影を行う。実験の結果、人物が共通視野に入った時、最初から観測しているカメラから得た人の床における立つ位置の情報の共有により、もう一台のカメラがその人の観察撮影を開始させることができ、人の移動に伴い、観察を行うカメラの自動切換えを正しく行われたことを確認できた。

## 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 1 件)

1. Yankun Lang, Haiyuan Wu, Toshiyuki Amano, Qian Chen, 3D Single/Multiple Ground Planes Detection with Camera Angle Estimation, IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing, Vol.5, No.1, 2017. (査読あり、掲載決定)

〔学会発表〕(計 15 件)

うち招待講演 計(0)件

査読付き国際会議論文

1. Yankun Lang, Haiyuan Wu, Qian Chen, A rotation invariant 3D indoor scene labeling approach based on conditional random fields, IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Beijing, China, 2017.9 (採録決定)

2. Qian Chen, Haiyuan Wu, Recovering Projected Centers of Circle-Pairs with Common Tangents, 2017 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA 2017), Takamatsu, Japan. (採録決定)
  3. Mizokami Naoki, Haiyuan Wu, Qian Chen, Kazumasa Suzuki, Ryuuki Sakamoto, Detection of co-planar circle pair of same radius from a single image, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), Qingdao, China, 2016.
  4. Q.Chen, H.Wu, S.Higashino, R.Sakamoto, Camera calibration by recovering projected centers of circle pairs, ACM SIGGRAPH 2016 Posters 39, Anaheim, California, US, 2016.
  5. Y.Lang, H.Wu, T.Amano, Q.Chen, An iterative convergence algorithm for single/multi ground plane detection and angle estimation with RGB-D camera, IEEE International Conference on Image Processing, (ICIP 2015), pp.2895-2899. Canada, 2015.
  6. Y.Shimamoto, Q.Chen, H.Wu, X.Ruan, H.Matsumoto, Efficient cepstrum analysis based UNLM PSF estimation in single blurred image, 3rd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR), pp.291-295, Malaysia, 2015.
  7. P.Li, H.Wu, Q.Chen, C.Bi, Person re-identification using color enhancing feature, 3rd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR), pp.086-090, Malaysia, 2015.
  8. Y.Lang, H.Wu, Q.Chen, Spatial distribution feature for 3D indoor scene labelling, 3rd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR), pp.066-070, Malaysia, 2015.
  9. P.Li, H.Wu, Q.Chen, Color Distinctiveness Feature for Person Identification without Face Information, Procedia Computer Science, Vol.60, pp.1809-1816, Singapore, 2015.
  10. S.Ishikawa, H.Wu, C.Bi, Q.Chen, H.Taki and K.Ono, Fluid Data Compression and ROI Detection Using Run Length Method, Journal of Procedia Computer Science, 35, 1284-1291, Gdynia, Poland, 2014.
  11. Y.Lang, J.Zou, H.Wu, Q.Chen, New Digital Image Compression Framework Based on Compression Sensing and Sparse Representation, 20th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, 59, pp.302-307, Nago, Japan, 2014.
  12. D.Chen, R.Sakamoto, Q.Chen, H.Wu, Extrinsic camera parameters estimation from arbitrary co-planar circles, SIGGRAPH Asia vol.28, 978-1-4503-2792-3, Shenzhen, China, 2014.
- 口頭発表(査読なし)
13. 郎彦昆, 呉海元, 天野敏之, 陳謙, 交差反復処理による深度カメラと地面のなす角度の推定, 第 77 回全国大会講演論文集 2015 (1), 521-522, 2015.
  14. 李鵬, 鈴木一正, 呉海元, 陳謙, 色弁別度を特徴量とした個人識別, 第 77 回全国大会講演論文集 2015 (1), 365-366, 2015.
  15. 山野光範, 陳謙, 画像中の複数の対称物体の検出, 第 19 回知能メカトロニクスワークショップ, 2014 年 07 月 12 日~2014 年 07 月 13 日
- { 図書 } ( 計 件 )
- { 産業財産権 }
- 出願状況 ( 計 0 件 )
- 名称 :  
 発明者 :  
 権利者 :  
 種類 :  
 番号 :  
 出願年月日 :  
 国内外の別 :
- 取得状況 ( 計 0 件 )
- 名称 :  
 発明者 :  
 権利者 :  
 種類 :  
 番号 :  
 取得年月日 :  
 国内外の別 :

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

陳 謙 (CHEN, Qian)

和歌山大学・システム工学部・准教授

研究者番号：70263233

(2) 研究分担者

呉海元 (WU, Haiyuan)

和歌山大学・学内共同利用施設等・理事

研究者番号：70283695

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：

(4) 研究協力者

( )