

審査の結果の要旨

氏名 シーサモーション ウィーラシャート

シーサモーション ウィーラシャート提出の本論文は「Development of Face Tracking System using Fixed Cameras and Flying Robot in Indoor Environment (飛行ロボットと固定環境カメラを用いた顔追跡システムの開発)」と題し、全7章より構成される。

屋内環境における人間の位置計測は、研究が活発な分野であり、監視、行動・相互作用分析などの多くのアプリケーションが想定されている。とりわけ顔(表情)はより多くの情報を提供することができ、個人識別、感情予測、または人間とロボットとの相互作用に利用できる。この論文では、環境内に設置された複数個のカメラ(固定カメラ)と小型飛行ロボットに搭載されたカメラ(移動カメラ)を組み合わせた顔追跡システムの開発を行っている。提案システムでは、固定カメラ群からの情報を利用して人ならびに顔を追跡する。追跡対象である人の顔画像を取得するために、人の動きに追従するように移動カメラを搭載した小型飛行ロボットを制御する。本論文では、固定カメラと移動カメラを併用した構成を提案し、移動カメラが顔を追従できなくなっても固定カメラからの情報を用いて、顔追跡を復帰できるようにする。この機能は、人が急に向きを変えた際に非常に有用である。つまり移動カメラのみで忠実に追従するためには小型飛行ロボットが人と同じ回転量で周囲を回転する必要があるが、ロボットと人との距離=半径、が大きいため人の回転にロボットが追いつけない場合が多い。そこで、固定カメラからの人の位置や方向の情報を使い、追従できなくなった小型飛行ロボットの目標位置を設定し、飛行体がそこに到達することで、トラッキングを継続することができる。

本論文では、異なる特性および異なる用途を有する、固定カメラ種と飛行ロボット種が異なる2つのシステムを提案している。

そのうちの1つのKinect-quadrotorシステムは、環境カメラのための複数のKinectセンサと、移動カメラを搭載するための小型quadrotorで構成されている。指定されたエリア内の人を追跡する実験が行われた。人が移動と回転をし、いくつかの地点で停止する。Kinectセンサの利用により人の動きを追従するこ

とができ、quadrotor を人の顔正面に向かって移動させ、顔画像を捕捉するようにカメラを向けることができる。

2 つ目のシステムは、固定カメラとして複数の fisheye カメラを使用し、移動カメラを搭載した室内飛行船(blimp)を利用する fisheye-blimp システムである。当該システムも人の顔の追従を目指している。この実現のため、第 1 に、人間の検出および方向推定システムが必要である。通常のカメラで利用可能なくつかの方法に基づいて、人間の追跡法と方向推定法を組み合わせる fisheye 画像で動作するように修正した。指向性勾配ヒストグラム (Histogram of Oriented Gradient、HOG) を用いた記述子を、fisheye カメラ内での人間の検出のために修正し、FEHOG(FishEye HOG)と命名した。通常のカメラで使用される HOG 法を修正し、顔の方向を推定しているものであるが、筆者に知る限りにおいて、当該システムは、fisheye カメラを用いた頭部方向の推定を行う最初のシステムと考えられる。提案システムを、公開されているデータセットと、モーションキャプチャを使い手作業で正解を得たデータセットでテストした。顔の方向に関する許容誤差を 45 度未満とした場合の正答率は 70%であった。また誤差 90 度未満を正解とした場合の正答率は約 91%であった。手作業で作成したデータセットの場合も同程度の結果を得ることができた。この推定結果は、fisheye-blimp システムにおいて飛行船を誘導するために使用することができる。

fisheye-blimp システム構築に際して、無線カメラを取り付けた室内飛行船を試作した。1 つめのシステムと同様、室内飛行船と移動カメラのみで顔を追従できない場合にも飛行船を的確に人の正面に誘導するために、fisheye カメラからの情報を利用した。その手法としては、先に述べた FEHOG を用いた方法を用いた。飛行船はそれらの情報によって目標位置に向かって移動することができた。移動カメラにより顔を観察することができたとき、誤検出を追跡するのを避けるために、まず fisheye カメラシステムによって得られた人の位置情報との照合を行い、それがきちんと対応していることを確認した後で、visual servo を用いて顔を追跡する制御系を提案した。実験に際してはオフィス環境を設定し、最初に移動カメラの視野内に存在しない場所に人が存在している場合における実験を行った。飛行船は、fisheye カメラからの情報を利用して人に接近し、顔を検出して、動きを調整し、顔を検出し、追跡を継続することができた。

最後に、提案した 2 つのシステムについて、それぞれのシステムの長所、短所についてさまざまな観点から分析した。ここでは、対象となるアプリケーションを実現するために適切なシステムを選択する上で、そのアプリケーションの要件を検討し、その要件を適切に満たすシステムを選ぶ方法論を提案している。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。