

氏 名（本 籍）	清 水 早 苗（岐阜県）
学 位 の 種 類	博 士（工学）
学 位 授 与 番 号	甲第 293 号
学 位 授 与 日 付	平成 18 年 3 月 25 日
専 攻	電子情報システム工学専攻
学 位 論 文 題 目	全方向ステレオシステム(SOS)による移動体ビジョンの研究 (Research of Stereo Omni-directional System (SOS) for Mobile Robot Vision)
学位論文審査委員	(主査) 教 授 山 本 和 彦 (副査) 教 授 谷 和 男 教 授 藤 田 廣 志 教 授 速 水 悟

論文内容の要旨

申請論文では、移動ロボットや自動車などの移動体が環境の状況を理解する技術として、移動体が動きながら安定に環境情報を取得するための視覚センサと、そのセンサ情報から周囲を人物などの動物体を検出する手法に関する研究を実施している。

人間共存型の移動ロボットを検討する場合、人間の生活空間という複雑で、かつ時間的な変化の大きい環境での適応性が必要となる。具体的には複雑に置かれ、かつ頻繁に移動される可能性のある家具や、任意に歩き回る複数の人物などを回避しながら目的地に安全に移動できることが求められる。また、人間の生活空間での移動の場合、センサの運動は水平移動だけでなく、スロープ走行や段差の乗り越えなど、姿勢変化を考慮する必要がある。そのための技術として、センサと周囲の障害物との位置関係を把握する技術や、センサ自身の動きを推定する技術、周囲を移動する人物等の動物体を検出する技術が必要となる。

このような環境理解を行うためには環境の情報を取得する必要があるが、そのためのセンサとして、一度に広範囲の情報がリアルタイムに取得できる視覚センサが有効である。移動体に搭載される視覚センサは、センサ自身の運動に対しても安定に環境の情報を取得できる広視野であることと障害物回避など空間を認知するために不可欠となる3次元情報を取得する能力が求められる。広視野カメラは、遠隔モニタリング等からの要求もあり、活発に開発がなされている。しかし、広視野であっても従来の死角をもつセンサでは、センサの姿勢変化が生じた場合、視野が変化することによる観測物体のフレームアウト問題や、観測者が関心を持っている視野が観測できなくなるという問題が生じる。この問題を解決するためには死角のないセンサが求められるが、死角なく視覚情報と3次元情報を取得するセンサはこれまでになかった。

そこで、申請論文においては移動体ビジョンのためのセンサとして、センサを中心とした全方向のカラー画像と3次元情報を完全に死角無くリアルタイムに取得できる全方向ス

テレオシステム(SOS)を提案している。SOS では完全な全球視野をもつため、センサの姿勢変化によって情報量が変化しないという特筆すべき性質を持つ。これにより、センサに姿勢変化が生じた場合においても周囲のセンシングを安定して継続することが可能になる。また、障害物回避など空間の認知のために重要な情報源である距離情報を全方向にわたってリアルタイムに取得することができる。

移動体が人間の生活環境で移動する場合、任意に歩き回る複数の人物などを回避しながら目的地に安全に移動するため、周囲の動物体を検出する技術が必要となる。しかし、移動体に搭載された視覚センサから得られる情報には、センサ自身の動きの情報と動物体の動きの情報とが含まれ複雑となるため、センサが静止している状態と比較し、動物体の動きをセンサの動きと区別して安定に捉えることが難しく、困難な課題とされている。

そこで、申請論文では、SOS を移動体ビジョンのセンサとして用いて、センサが任意の姿勢変化を伴いながら移動している場合においても、SOS の特性を活用することにより、SOS の任意の動きを推定し、周囲の動物体を安定に検出する手法を提案している。まず、SOS より取得される全方向画像におけるエッジ情報の統計量からセンサの位置・姿勢をロバストに推定する。この推定により得られる自己運動パラメータと前時刻の距離画像から、現時刻の距離画像を予測し、現時刻にて実際に得られる距離画像と比較することで動物体を検出している。そして、実環境での実験により提案手法の有効性を示した。

以上の研究から、提案されたセンサが移動体にとって強力な特徴をもつこと、そしてその特徴を用いた提案手法により、センサが姿勢変化を伴いながら移動している場合においても安定に周囲の動物体が検出されることが確認された。今後、本提案手法を移動体に搭載することにより、従来よりも人間の生活空間に適応した知的な活動が可能になることが期待される。

論文審査結果の要旨

申請論文では、移動ロボットや自動車などの移動体が環境の状況を理解する技術として、移動体が動きながら安定に環境情報を取得するための視覚センサと、そのセンサ情報から周囲を人物などの動物体を検出する手法に関する研究を実施している。

人間共存型の移動ロボットを検討する場合、人間の生活空間という複雑で、かつ時間的変化の大きい環境での適応性が必要となる。具体的には複雑に置かれ、かつ頻繁に移動される可能性のある家具や、任意に歩き回る複数の人物などを回避しながら目的地に安全に移動できることが求められる。また、人間の生活空間での移動の場合、センサの運動は水平移動だけでなく、スロープ走行や段差の乗り越えなど、姿勢変化を考慮する必要がある。そのための技術として、センサと周囲の障害物との位置関係を把握する技術や、センサ自身の動きを推定する技術、周囲を移動する人物等の動物体を検出する技術が必要となる。

このような環境理解を行うためには環境の情報を取得する必要があるが、そのためのセンサとして、一度に広範囲の情報がリアルタイムに取得できる視覚センサが有効である。移動体に搭載される視覚センサは、センサ自身の運動に対しても安定に環境の情報を取得できる広視野であることと障害物回避など空間を認知するために不可欠となる3次元情報

を取得する能力が求められる。広視野カメラは、遠隔モニタリング等からの要求もあり、活発に開発がなされている。しかし、広視野であっても従来の死角をもつセンサでは、センサの姿勢変化が生じた場合、視野が変化することによる観測物体のフレームアウト問題や、観測者が関心を持っている視野が観測できなくなるという問題が生じる。この問題を解決するためには死角のないセンサが求められるが、死角なく視覚情報と3次元情報を取得するセンサはこれまでになかった。

そこで、申請論文においては移動体ビジョンのためのセンサとして、センサを中心とした全方向のカラー画像と3次元情報を完全に死角無くリアルタイムに取得できる全方向ステレオシステム(SOS)を提案している。SOSでは完全な全球視野をもつため、センサの姿勢変化によって情報量が変化しないという特筆すべき性質を持つ。これにより、センサに姿勢変化が生じた場合においても周囲のセンシングを安定して継続することが可能になる。また、障害物回避など空間の認知のために重要な情報源である距離情報を全方向にわたってリアルタイムに取得することができる。

移動体が人間の生活環境で移動する場合、任意に歩き回る複数の人物などを回避しながら目的地に安全に移動するため、周囲の動物体を検出する技術が必要となる。しかし、移動体に搭載された視覚センサから得られる情報には、センサ自身の動きの情報と動物体の動きの情報とが含まれ複雑となるため、センサが静止している状態と比較し、動物体の動きをセンサの動きと区別して安定に捉えることが難しく、困難な課題とされている。

そこで、申請論文では、SOSを移動体ビジョンのセンサとして用いて、センサが任意の姿勢変化を伴いながら移動している場合においても、SOSの特性を活用することにより、SOSの任意の動きを推定し、周囲の動物体を安定に検出する手法を提案している。まず、SOSより取得される全方向画像におけるエッジ情報の統計量からセンサの位置・姿勢をロバストに推定する。この推定により得られる自己運動パラメータと前時刻の距離画像から、現時刻の距離画像を予測し、現時刻にて実際に得られる距離画像と比較することで動物体を検出している。そして、実環境での実験により提案手法の有効性を示している。

以上の研究から、提案されたセンサが移動体にとって強力な特徴をもつこと、そしてその特徴を用いた提案手法により、センサが姿勢変化を伴いながら移動している場合においても安定に周囲の動物体が検出されることが確認されている。今後、本提案手法を移動体に搭載することにより、従来よりも人間の生活空間に適応した知的な活動が可能になることが期待される。

最終試験結果の要旨

最終試験においては、1に述べたように、内容の新規性と有用性が十分に確認された。また、その主張を十分な説得力をもって発表がなされた。さらに、申請論文の内容は、原著論文2編および複数の査読付き国際会議論文として出版されている。以上のことから、学位授与に十分足る内容であると判断する。