

審査の結果の要旨

氏名 リュー ジュン ファイ

修士（工学）リュー ジュン ファイ提出の論文は「Towards Human-Robot Interaction in Flying Robots: A User Accompanying Model and A Sensing Interface（飛行ロボットにおける人間・ロボットインタラクションの実現に向けて：ユーザー同伴モデルとセンシングインターフェース）」と題し、英文で書かれ、9章からなる。

現在、飛行ロボットに関する研究開発が世界中で盛んに行われており、様々な分野への応用も急速に広がっている。特に近年では、自己位置推定、地図作成、プランニングなど高度な自律性を実現するための技術の進展が著しい。このような背景を踏まえつつ、本研究は、飛行ロボットと人間との協調的相互作用の実現に焦点を当て、人間に付き添いながら移動し協調行動を行う飛行ロボット、すなわち、同伴型飛行ロボットを提案し、その実現のために特に必要な技術を明らかにすることを目的としている。

第1章は序論であり、同伴型飛行ロボットを提案し研究するに至った動機や背景を述べ、本研究の位置付けおよび目的を説明している。

第2章では、飛行ロボットに関する従来研究を話題ごとに整理・分類し、その動向を、車輪型移動ロボットなどの先行関連分野と対比しながら議論している。そして、今後は飛行ロボットと人間との相互作用に関する研究が重要になることを述べ、この分野における先行研究を詳細に分析している。

第3章では、ピッチおよびロール軸まわりの姿勢変更を伴わずに水平移動が可能なホロノミックヘキサコプターを提案し設計している。また、飛行誘導が容易であり、ジンバル無しでも観測方向を一定に維持でき、人間との物理的相互作用を安全に行えるという特長を実機による飛行実験により示している。

第 4 章では、接近／後追い／先導／横並び／周回など、様々な同伴飛行モードを統一的に扱う同伴飛行モデルを提案し、ユーザー、外部環境およびロボット自身の状態に応じてそれらの飛行モード間を遷移する方法を示している。また、シミュレーションおよび実機実験により、各同伴飛行モードの実証を行っている。

第 5 章では、同伴型飛行ロボットにとって重要な第 1 の人間センシング問題として、人間の上半身を検知し身体の向きを推定する問題を扱っている。そして、ランダムフォレスト回帰を拡張した新たな手法を提案し、実験によってその有効性を確かめている。

第 6 章では、第 2 の人間センシング問題として、人間の手の検知と形状認識問題を扱い、画像ピクセル同士の疎な比較に基づく新たな特徴量を提案している。そして、実験により、部分的な遮蔽や背景色の変化などに対する頑強性を実証している。

第 7 章では、第 3 の人間センシング問題として、顔表情認識問題を扱っている。従来研究では様々な画像特徴量および教師あり分類手法が提案されているが、比較研究が十分に行われていなかった。そこで本章では代表的な 5 種類の画像特徴量と 4 種類の教師あり分類手法との組み合わせについて比較研究を行ない、HOG 特徴量と SVM 分類器との組み合わせが平均的に見て他の組み合わせよりも優れていることを示している。

第 8 章では、第 4 の人間センシング問題として、人の顔が正面を向いていない場合の顔特徴点位置推定問題を扱っている。そして、ランダムフォレスト回帰を拡張した手法を提案し、実験により従来手法に対する優位性を明らかにしている。

第 9 章は結論であり、本研究の成果をまとめ、今後の課題と展望を議論している。

以上要するに、本論文は、同伴型飛行ロボットの概念を提案し、その実現に必要な技術を明らかにしたものであり、その成果は航空宇宙工学、ロボット工学上貢献するところが大きい。

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。