

| | | | |
|---|---------------------------------------|-----------|----------|
| 氏名 | 徐 雄仕 | | |
| 授与した学位 | 博 士 | | |
| 専攻分野の名称 | 工 学 | | |
| 学位授与番号 | 博甲第 | 6 4 0 4 | 号 |
| 学位授与の日付 | 2 0 2 1 年 3 月 2 5 日 | | |
| 学位授与の要件 | 自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第4条第1項該当) | | |
| 学位論文の題目 | 可変チルト型2重反転ロータ機構を用いたタンデムロータ無人航空機に関する研究 | | |
| 論文審査委員 | 教授 渡邊 桂吾 | 教授 平田 健太郎 | 教授 神田 岳文 |
| 学位論文内容の要旨 | | | |
| <p>本論文は2自由度可変チルト付き2重反転ロータを持つタンデムロータ無人航空機(UAV)を扱い、ロータの2自由度チルト角を制御することで機体の並進運動と回転運動の6自由度の運動を独立制御するための方策を提案するものである。近年、ホバリングや垂直離着陸などの優れた飛行特性を持つドローンと呼ばれるマルチロータ型のUAVが注目され、人の輸送、災害時の情報収集、インフラの点検など多くの分野で活躍している。しかし、従来のマルチロータ型のUAVのすべてのロータは機体の同じ平面に固定され、飛行時のUAVの位置と姿勢の制御は独立にはできないため、可変チルト型ロータまたは固定傾斜角に配置されたロータを導入することで、並進運動と回転運動の6自由度運動を同時に制御する全駆動または冗長駆動UAVの研究が注目されている。本論文では2つの2自由度可変チルト付き2重反転ロータを使用し、機体の並進運動と回転運動の6自由度運動を同時に制御可能な全駆動タンデムロータUAVに着目した。</p> <p>本論文で取り組む内容は提案した2自由度可変チルト付き2重反転ロータを持つタンデムロータUAVのフィードバック線形化による制御を実現することを主目的とした。また、提案したUAVへの突風外乱抑制のためのロバストバックステッピング法の適用についても検討した。まず、着目した単一の2自由度可変チルト付き2重反転ロータを持つUAVの動力学モデルを導出し、ホバリングモードの動作と飛行時の動作について述べた。ただし、2重反転ロータの上下のブラシレスモータの回転速度を等しくないとして動力学モデルを導出した。そしてホバリングモード時において、2重反転ロータの上下のブラシレスモータ回転速度に差をつけ、ロータの反トルクによりヨー角の制御を行う方法を提案した。また数値シミュレーションを行い提案した制御方法の有効性を確認した。次に、2自由度可変チルト付き2重反転ロータを持つタンデムロータUAVへの応用とその制御について述べた。2重反転ロータの反トルクを相殺するため、上下のブラシレスモータ回転速度を等しいとする動力学モデルを導出した。またフィードバック線形化制御において、計算トルク法とバックステッピング法を提案した。そして、数値シミュレーションを行い、提案した制御手法の有効性を確認した。また突風外乱を導入し、提案した制御手法の性能比較を行った。さらに、突風外乱抑制のためロバストバックステッピング法の適用について述べた。特に、誤差積分を用いたバックステッピング制御器を導出し、その安定性の証明についても述べた。また、数値シミュレーションで突風外乱による影響と従来型のバックステッピング法との比較を行った。シミュレーションの結果、ロバストバックステッピング法に基づく制御の優位性を確認した。</p> | | | |

論文審査結果の要旨

近年、マルチロータ型の無人航空機 (UAV) が注目され、災害時の情報収集、インフラ点検など多くの分野で活躍している。しかし、従来のマルチロータ型のUAVのすべてのロータは機体の同じ平面に固定され、飛行時の機体位置と姿勢の制御は独立にはできないため、可変チルト型ロータまたは固定傾斜角に配置されたロータを導入することで並進運動と回転運動の6自由度を独立に制御する全駆動または冗長駆動UAVの研究が注目されている。

本論文では、2つの2自由度可変チルト付き2重反転ロータを使用し、機体の並進運動と回転運動の6自由度を同時に制御可能な全駆動タンデムロータUAVの実現を目指した。まず、単一の2自由度可変チルト付き2重反転ロータを持つUAVの動力学モデルを、2重反転ロータの上下のブラシレスモータの回転速度差が利用できるとして導出し、ヨー角の姿勢運動と3次元並進運動の基本動作とそれらの制御について述べた。次に、2自由度可変チルト付き2重反転ロータを機体の前後に1つずつ持つタンデムロータUAVへの応用とその制御について述べた。ここでは2重反転ロータの反トルクがないとする動力学モデルを導出し、フィードバック線形化制御法として、計算トルク法とバックステッピング法を提案し、数値シミュレーションによりそれらの制御手法の有効性を確認した。さらに、突風外乱抑制のための誤差積分を用いたバックステッピング制御器を導出し、その終局有界安定性の証明について述べた。数値シミュレーションにより従来型のバックステッピング法や計算トルク法よりも突風外乱に対して有効であることを検証した。

このように本研究は、マルチロータ型UAVに関して、2自由度可変チルト付き2重反転ロータを機体の前後に1つずつ配置した全駆動タンデムロータUAVの提案、および計算トルク法とバックステッピング法の導入、さらに風外乱に頑健なロバストバックステッピング法を提案し、それらの有効性をシミュレーションで検証したものである。これらの成果はメカトロニクス学、特にロータ型UAVの設計および制御技術の発展に寄与し、博士 (工学) の学位に値するものと判断する。