

安全保障技術研究推進制度 令和3年度終了課題 終了評価結果

1. 評価対象研究課題

- (1) 研究課題名：機械学習と物理学ベース群知能による状況適応型群制御の研究
- (2) 研究代表者：クラスターダイナミクス株式会社 高岡 秀年
- (3) 研究期間：令和元年度～令和3年度

2. 中間評価の実施概要

日時：令和4年10月21日
場所：ビジョンセンター浜松町
評価委員：未来工学研究所 理事長、上席研究員／東京大学 名誉教授
平澤 洽（委員長）
東京工業大学 環境・社会理工大学院 特任教授
岩野 和生
理化学研究所 革新知能統合研究センター 副センター長
上田 修功
情報セキュリティ大学院大学 情報セキュリティ研究科長 教授
大久保 隆夫
玉川大学 名誉教授
大森 隆司
NTT コミュニケーション科学基礎研究所 NTT フェロー
柏野 牧夫
東京工業大学 名誉教授
佐藤 誠
兵庫県立大学大学院 情報科学研究科 教授
田中 俊昭

（委員長以外は五十音順・敬称略）

3. 研究と成果の概要

研究の概要

本研究は、数百機の無人機が鳥の群れのように、状況変化に適応可能となるように制御する技術「物理学ベース群知能」の研究である。具体的には、物理シミュレーション技術を無人機の群制御へ適用して、集団協調行動を行いながら衝突回避を実現する研究を実施する。また、無人機の未来位置の相互関係を高速でシミュレーションして、機械学習による無人機間の協調制御を実現し、仮想環境と実環境のギャップを最小化することで、流れ場による特定位置への誘導と衝突回避を実現する研

究を実施した。

成果の概要

物理シミュレーションの群制御への適用については、実機20機に仮想5機を加えた25機により六角形コース及び六角形に内包する四角形コースからなる2重周回コースでシミュレーション飛行及び実飛行して、集団内で衝突しないように協調を保ちながら集団同士の合流と分流を繰り返し行うスウォーム飛行に、日本で初めて成功した。機数増加への適用可能性に関しては、実機20機に仮想230機を加えた250機により上記コースに外接する四角形コースを加えた3重周回コースでシミュレーション飛行及び実飛行して、衝突なくスウォーム飛行できたことから、機数が増大した場合にも本技術が適用可能なことを実証した。

さらに、仮想機と実機のギャップ最小化に関しては、実機20機に仮想5機を加えた25機により、集団内で衝突しないように自機ともう一機の位置、速度、質量、寸法、2機間の距離等のデータを機械学習し、複数集団が仮想機として飛行した場合と実機で飛行した場合に生じる実機制御による時間遅れに起因する距離差を利用することで、未来位置を予測して衝突なく流れ場誘導ポイントへスウォーム飛行できたことから、仮想機と実機でのギャップを最小化できていることを実証した。

4. 終了評価の評点

B 期待通りの研究成果をあげた。

5. 総合コメント

当初のアイデアを生かし、設定した課題を着実に達成していると感じられる。群制御に流体力学を応用した点では新しい観点であり、その点に沿った成果を挙げたこと、スケールは限られているが実機による実験まで実施できたことは十分に評価できる。ただし、群制御が静的で適応的な制御ではない点で、ユースケースが限定的である。また、現実的な場面を想定した時の本質的な問題点の解決には、まだ距離があるように思われる。これら課題を克服し、得られた知見を基に本研究をさらに発展させることを期待する。

6. 主な個別コメント

- 飛行安全性のための遅延許容制御、倉庫、工場でのUGVによる搬送工程への適用など、副次的な成果も創出されている。
- 制御工学と機械工学の融合という観点で、今後の発展性が期待できる。
- 現状では集中制御で実現しているが、局所的な相互作用による分散制御に発展してほしい。制御の軌道を決める上位アーキテクチャの検討が求められる。
- 論文や特許は出ているが、この分野の将来にとって、国際的にインパクトのあるものにするには、自律的アーキテクチャや実用的シナリオをさらに考える必要が

あるだろう。

- 物理モデルベースに基づく群協調、群誘導手法を確立している。仮想環境、実環境でのシミュレーションも実現している。さらに、制御の安定性、数値解析の安定性解析も達成している。