

Vector Field 法によるパラfoil空中回収に向けた誘導の研究

[小笠原研究室]

7522095 舟木 悠太

宇宙開発の分野において、パラfoilを展開して降下するペイロードをヘリコプターで捕獲する空中回収という方式の研究が行われている。空中回収はヘリコプターを用いてペイロードを空中で捕獲する方式であり、ペイロードに衝撃を与えずに迅速に回収できる利点があるため、衝撃に弱い物体を地球に持ち帰る手段として有効である。

空中回収でのパラfoilの誘導に関しては、VF 法 (Vector Field 法) に基づく経路追従手法が提案されているが、空中回収に適した軌道計画がなされていない点及び、制御パラメータ調整の煩雑な点が課題として挙げられる。そこで、本研究では、空中回収に適した軌道計画手法の構築及び、VF 法の修正によるパラfoilの誘導則の評価を目的として 6 自由度の運動モデルによるシミュレーションを行った。

シミュレーションにより、Dubins Path で作成した軌道にクロゾイド曲線を緩和曲線として導入することでパラfoilの誘導性能は向上する一方、Dubins Path 単体の場合と比べて計算誤差が大きいので、参照軌道と会合点自体に誤差は生じた。また、VF 法を修正することで、ゲインチューニングの手間を大幅に減らしたうえで、空中回収を目的に計画された軌道に会合点との誤差が 4.50m になるまで追従させられた。その一方、VF 法には積分項が存在しないため、横風が吹いたときに定常偏差が残る結果となった。

このことから、今後の展望として軌道計画時にはクロゾイド曲線以外の緩和曲線を検討することと、VF 法で定常偏差を抑制する方法を考えることが挙げられる。

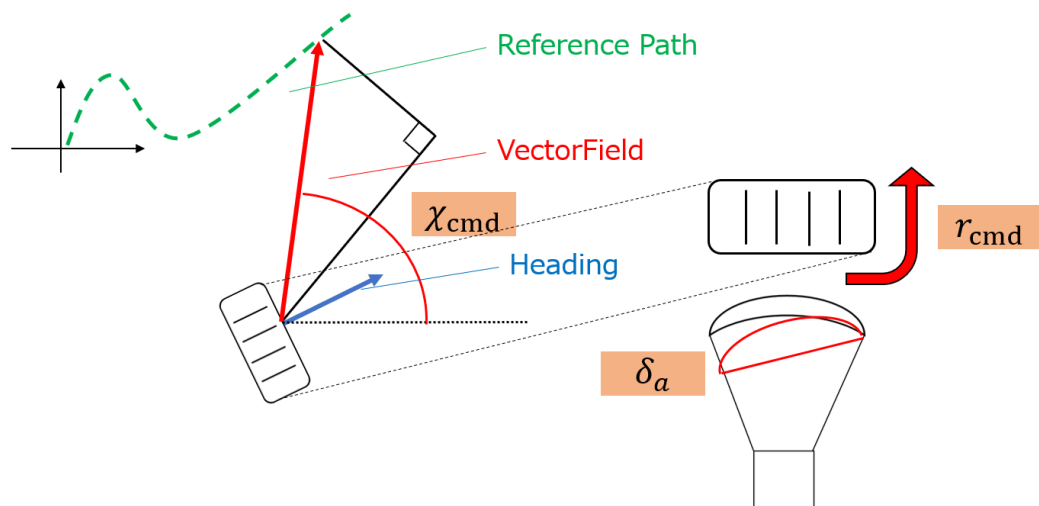


Fig.1: Concept of Vector Field method.

This study investigates guidance strategies for the Mid-Air Retrieval of parafoils using a helicopter. We developed a trajectory planning method integrating Dubins paths with Clothoid curves and evaluated a modified Vector Field (VF) method via 6-DOF simulations. While Clothoid curves improved guidance performance, they introduced calculation errors at the rendezvous point. The modified VF method significantly reduced tuning efforts, achieving a rendezvous error of 4.50 m. However, steady-state errors persisted under crosswinds due to the lack of an integral term. Future work will explore alternative transition curves and methods to mitigate steady-state deviations.