

# AR を用いた時空間表現による仮想ドローン操縦手法

## A virtual drone control method using Time-Space representation with AR

竹内 一真 / Kazuma Takeuchi

### 1 はじめに

近年、ドローンは空中を移動することで高い機動性を発揮し、建築物や社会インフラの点検まで、幅広い分野で活躍できる機器として注目されている。その中でも、ドローン操縦には自律飛行と遠隔操作の二種類の操縦法が主に使用されている [1]。技術の進歩により、自動的に飛行する自律飛行が注目されつつあるが、人間がドローンを操縦する「遠隔操作」では、人間の意図を直接ドローンに反映できる利点があるため、ドローンを用いて事故を起こすわけにはいかないようなインフラの点検などでは、遠隔操作による操縦が行われている。

このように遠隔操作は自律飛行とは異なり、より緊密に操縦者の操縦意図とドローンの動作を結びつける、細かい作業を行うような場面で利用される。しかし、遠隔操作には操縦者の技量、や、高い集中力を要するため、ドローンと障害物の距離の推定や、ドローンの向きや姿勢、どのような動きをするかの推定など、遠隔操作を行いながら他の作業を行うことが困難である [2]。

そこで、本研究では操縦者が遠隔操作を手軽に行えるような新しいインタフェースを提案する。具体的には、AR(Augmented Reality) の技術を活用することで、現実のドローンに加えて仮想的なドローンを表示させる。仮想ドローンと操縦者のインタラクションにより、操縦者の技量や高い集中力を軽減した遠隔操作を提供できるか検討する。

### 2 関連研究

Yuanzhi らの研究では、人間とロボットの共同作業 (HRC) において音声やジェスチャーを用いたロボットとのコミュニケーションでは非効率性や曖昧さが生じる可能性があることを問題視している。そこで、ボディトラッキングを利用してユーザの動きを記録し、AR によりレンダリングして表示し、ユーザーはその行動を自由に観察、編集、推論することで、ロボットの動作プランを導き出す手法を提案している [3]。結果として、ユーザにリアルタイムで空間的に位置する視覚的なタスクオーサリング能力を提供しながら、より高いレベルの協調的作業を達成することができた。人間の体の動きを時空間的に表現することで、ロボットとのインタラクションを図っていたが、ドローンは人間

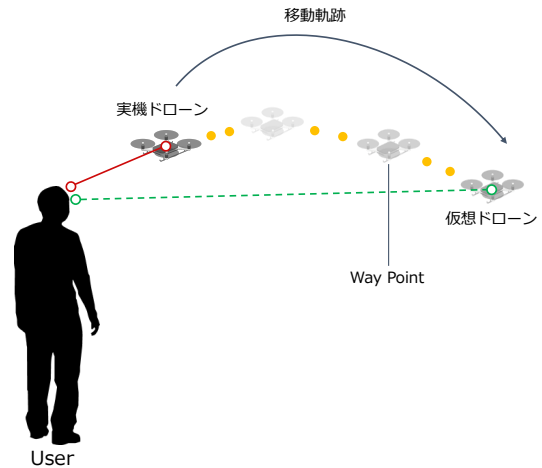


図 1: 時空間ドローン操縦のインタフェースデザイン

と構造が異なるため、人間の動きを参考にすることはできない。しかし、時空間的に表現されたユーザの動きを参考にしながらロボットとのコミュニケーションを行えたことより、時空間表現は有効であると考えられる。

### 3 提案手法

#### 3.1 概要

本研究では、操縦者は直接ドローンを操縦することなく、仮想ドローンを操縦することで、安全な遠隔操作を提供できるか検討する。仮想ドローンを操縦した際、移動した軌跡を AR により表示することで、実機ドローンが周囲の環境にどのような影響を及ぼすかを予見し、快適な操縦を提供できると仮説を立てる。

#### 3.2 時空間ドローン操縦手法

実際に存在するドローンと、AR により表示された同じ位置に存在する仮想ドローンを操縦者に提供する。仮想ドローンを操縦した際には、図 1 のように移動した各 Way Point に対して仮想ドローンを時空間参照でき、どのように実機のドローンを移動させるかを確認することができる。また、衝突の恐れがあると判断した際は、Way Point を戻すことで修正を行う。実機のドローンは最終的に決定した経路を追いかけるように移動し、仮想ドローンと同じ位置にある際に停止する。

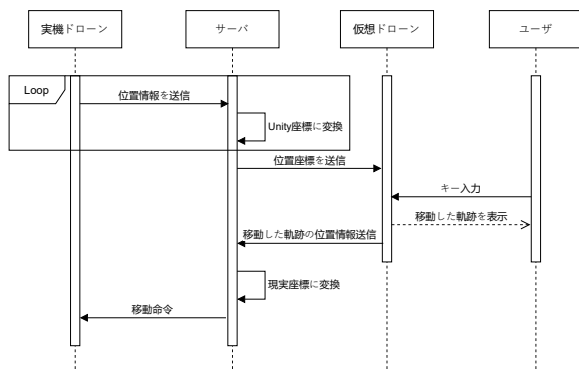


図 2: 提案手法のシーケンス図

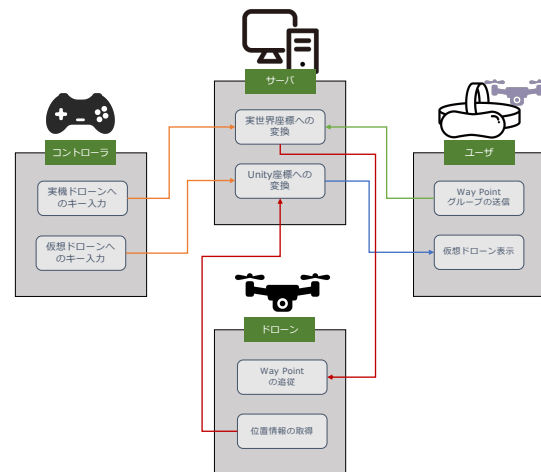


図 3: システム構成

### 3.3 動作手順

提案手法の動作手順を図 2 に示す。具体的な流れを以下に示す。

1. 仮想ドローンを到達したい地点まで進める
2. 時空間表示された Way Point を参照する
3. 表示されたままの軌跡で周辺の環境に影響を及ぼさないか判断する
4. 実機のドローンをその軌道に合わせて自動で追従させる
5. 仮想ドローンの最終位置まで到達したら停止する

## 4 評価

### 4.1 システム構成

提案手法のシステム構成を図 3 に示す。ドローンは Tello EDU, ARHMD は Microsoft HoloLens2, サーバは MacBookPro を用いる。システムは HoloLens2 上で Unity アプリケーションが動作しており、Unity 内で仮想ドローンを配置する。サーバでは常時 Tello EDU の傾きや姿勢、移動距離を HoloLens2 に送信する。サーバでは受け取った値を Unity 座標系に変換し、返還後の値を反映させる。また、コントローラで入力された値を一定期間サーバに保持しておき、実機のドローンを進行させる際に Unity 座標系より実世界の座標系に変換し、実機のドローンを進行させる。

### 4.2 実験

AR なしの従来の操縦、本提案手法を比較することで、AR を用いた手法の有効性を検証する。実験参加者はドローンをスタート地点から操縦し、目的地点に到着させるタスクを行う。その間、衝突の恐れのある障害物を設置し、衝突することなく正確に通過することを要求する。操縦者は近距離までドローンに近づくことなく、遠距離で操縦することとする。

### 4.3 評価項目

本提案手法を用いることによって遠隔操作を手軽に行えるかを検証するため、主観的評価と客観的評価を行う。主観的評価として使いやすさ、遠距離からの操縦しやすさ、客観的評価として実験参加者がタスクを完了するまでのタスク完了時間を評価する。

## 5 まとめと今後の課題

遠隔操作によるドローン操縦では、操縦者の技量や、操縦による高い集中力を要するため、遠隔操作を行いながら他の作業を行うことが困難である。そこで本研究では、操縦者が遠隔操作を手軽に行えるように新しいインタフェースを提案した。AR の技術を活用することで、現実のドローンに加えて仮想的なドローンを表示させ、仮想ドローンを操縦した際の移動した動きを実機のドローンに追従させる。遠隔操作への集中負荷を軽減できるか検証し、提案手法の有用性を示す。

今後の課題は、提案手法における仮想ドローンの配置頻度のパラメータ設定を行う。また、本提案手法によって遠隔操作が手軽に行えたことを示すため、今後はマルチタスクにも着目した実験シナリオの設定、具体的な評価項目を検討する。

## 参考文献

- [1] プラントにおけるドローン活用事例集, 経済産業省
- [2] J. Y. Chen, E. C. Haas, and M. J. Barnes, "Human Performance Issues and User Interface Design for Teleoperated Robots," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), vol. 37, no. 6, pp. 1231 - 1245, 2007.
- [3] Yuanzhi Cao, Tianyi Wang, Xun Qian, Pawan S Rao, Manav Wadhawan, Ke Huo, and Karthik Ramani. 2019. GhostAR: A Time-space Editor for Embodied Authoring of Human-Robot Collaborative Task with Augmented Reality. In Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. 521 - 534.