

AR によるドローンの動作意図の伝達

Communicating Robot Motion Intent with Augmented Reality

竹内 一真 / Kazuma Takeuchi 杉本 涼輔 / Ryosuke Sugimoto

1 はじめに

効果的なコラボレーションのためには、チームメイトが自分の意図を迅速かつ正確に伝え、共通の基盤を築く必要がある。中でも、社会科学、認知科学、行動科学の先行研究によると、協調的な活動は基本的に相互予測可能性に依存していることがわかっている。特に人間とロボットが混在するチームでは、ロボットの意図の伝達がうまくいかない場合、安全性、タスクパフォーマンス等を低下させる故障につながる可能性がある。そのため、チームメイトのロボットがいつ、どこで、どのように動くのかをユーザが理解しやすくすることは安全で使いやすいドローンシステム実現のための課題である。そこで近年の HRI の研究では、ロボットの動きの推論を支援する手法が模索されている。

本論文 [1] では AR (Augmented Reality) を利用し、特に空中ドローンにおいて、ドローンの動きの意図を同じ場所にいるユーザに伝え、動きの推論を行う手法を模索する。

2 提案手法

2.1 概要

ARHMD がどのように人とドローンのインタラクションを強化するかを検討するための AR インタフェースを構築した。以下では、構築した 4 つの AR インタフェースの特徴について述べる。具体的なデザインは図 1 に示す。

2.2 NavPoints

NavPoints デザインではドローンの計画された飛行経路を、いくつかの線と球体で表示する仮想イメージを提供する。この仮想イメージではドローンの目的地であるウェイポイントを球体で表示し、ドローンの現在位置とそれらの目的地を順に線で結ぶ。また、直下の地面には球体の影が描画され、ここからユーザは奥行きを推定を行う。加えて、各球体の上には 2 つの放射状のタイマーが配置されており、内側の白いタイマーはドローンがその場所に到着する時刻を、外側の紺色のタイマーはドローンがその場所を離れる時刻を示す。このデザインは、速度や発着のタイミングに関する情報がユーザに対して明示的に表示される。

2.3 Arrow

Arrow デザインの仮想イメージは青い矢印で構成されており、ドローンが数秒後に通ると推測される経路を示す。

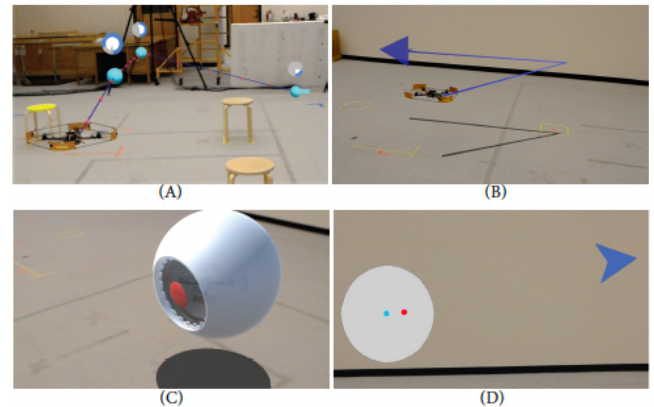


図 1: AR インタフェースの例

また、この矢印の直下には影が描画され、ユーザはこれからドローンの経路を把握することが可能である。本デザインは NavPoints よりミニマルなアプローチで、速度や発着のタイミングをユーザが推測する必要があるものの、時間的な情報を伝えることに特化している。

2.4 Gaze

Gaze デザインでは白い球体と瞳孔をドローンに重畳表示し、ドローンを眼球のような見た目に変更する。この眼球は、目的地間の移動中は現在の目的地を見つめ、現在の目的地との距離が近づいた場合はその次の目的地に目を向ける。ユーザはこの視点移動から、ドローンの目的地を推測することが可能である。また、目的地でドローンが静止すると、透明な瞳孔のレンズが不透明になり、出発するときに再度透明に戻る。このレンズの透明化プロセスは、静止から出発にかけて線形補間で行われるため、ユーザはドローンの動くタイミングを推測することができる。加えて、眼球の直下には影が描画され、これによりユーザは奥行きを推測も可能である。

2.5 Utilities

Utilities デザインでは、ARHMD のディスプレイ左下にレーダを表示する。このレーダ上ではユーザは中心に青い点で、ドローンは赤い点で表示され、赤い点の大きさは、ドローンの現在の高度に正比例している。また、ドローンがユーザの視野内に入っている間は、ターゲティングボックスで強調表示され、視野外に出た場合は、ARHMD ディスプレイの端に画面外のドローンの位置を示す矢印が表示される。本デザインはユーザは相対的なドローンの位置を

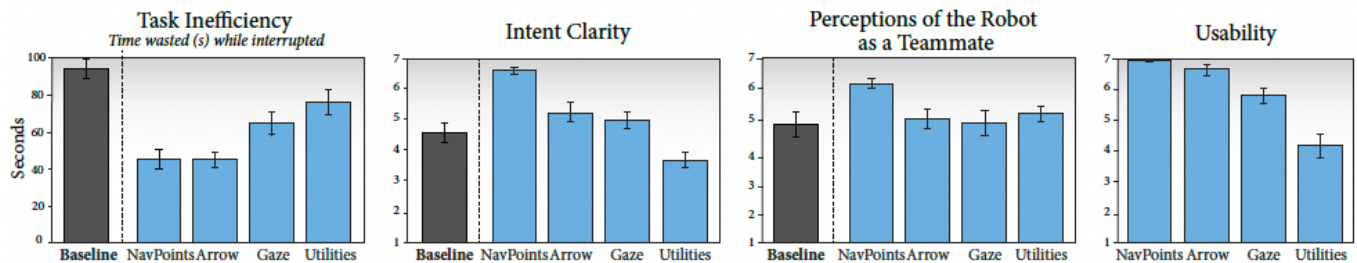


図 2: 実験結果

素早く確認することができる。

3 評価

3.1 概要

本研究では、ワークスペースでのドローンとのインタラクションに AR デザインがどのような影響を与えるかを評価した。実験では、提案していた AR を用いてデザインフレームワーク 4 つと AR を用いないベースライン条件の計 5 つの手法を用いて行った。ベースライン条件では、他の条件と同じ環境を維持するため、参加者は ARHMD を装着しているが、AR 表示はされていない。また、ドローンには明確な「正面」があり、それは常に進行方向を示している。

3.2 実験環境

実験は、20 フィート× 35 フィート× 20 フィートの大きさの環境で行った。環境内には 6 台の作業場が 3 台ずつ 2 列に配置される。各ワークステーションの周囲には、最低 5 フィートの自由空間があり、カラービーズの容器が置かれている。

3.3 タスク

各ビーズ容器には、緑、黒、黄、白、青、赤のいずれか 1 色のビーズしか入っておらず、参加者は、ドローンに見つかることなく、これらの容器からビーズを集めてつなぎ合わせ、できるだけ多くのビーズの紐を作る課題を与えられた。それぞれの紐には、例えば、青のビーズを 10 個、赤のビーズを 5 個、緑のビーズを 10 個、というように目標とする色と使用するビーズの量が指示された。これらの指示に加えて、参加者には 3 つのルールが指示された。

1. ビーズは一度に 1 つのみ拾え、ワークステーションにいる間はビーズを紐に置くことしかできない
2. どのような順番でも色を集めることができるが、一度色を選べば紐の指示通りにその色のビーズをすべて繋ぎ終えるまでその色のステーションに留まらなければならない
3. 参加者は作業中のワークステーションにロボットが飛んできた場合、ワークステーションから最低 2 メートル離れ、ロボットが去るまで待たなければならない

3.4 評価

コロラド大学ボルダー校から 60 名の参加者（男性 40 名、女性 20 名、条件は均等）を募集し、平均年齢は 20.7 歳 ($SD = 4.8$) で、18~45 歳の範囲であった。実験を通して、タスクのパフォーマンスと効率の客観的評価、およびコミュニケーションの明瞭さとドローンの使いやすさの主観的評価を行った。図 2 は、これらの結果をまとめたものである。

3.5 評価結果

客観的結果では、割り込みによる総損失時間を評価した。主観的結果では、コミュニケーションの明確さ、ドローンを共同作業のパートナーとして見れるか AR 表示が参加者のドローン動作意図の理解にどのように影響するかの 3 点を評価した。図 2 より、「NavPoints」、「Arrow」、「Gaze」は、非効率性を低減することでタスクパフォーマンスを向上させた。参加者は、ドローンの意図をよりの確に予測し、それに応じて自分の行動を計画することで、中断や非生産的な時間を減らすことができた。

4 まとめ

効果的な共同作業には自分たちの意図を迅速かつ正確に伝える必要がある。本論文では AR を利用し、特に空中ドローンにおいて、ドローンの動作意図を同じ場所にいるユーザーに伝える 4 つの手法について、比較・評価を行った。その結果、「NavPoints」、「Arrow」、「Gaze」はドローンの使いやすさや受け入れ意欲向上につながる事が実証された。また、「NavPoints」はすべての尺度で一貫して高い評価を得ており、ドローンの飛行経路および到着と出発を明示的に表現することが、ユーザのタスクパフォーマンスを最も向上させることがわかった。

参考文献

- [1] M. Walker, H. Hedayati, J. Lee and D. Szafir, Communicating Robot Motion Intent with Augmented Reality, HRI '18: Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, pp.316-324, 2018, doi:10.1145/3171221.3171253.