



VR 環境との同期のため 嗅覚ドローンの飛行経路に関する探索的研究

An Exploratory study on Flight path of Olfactory Drone for Synchronization with VR Environments

鵜木亮成¹⁾, プンポンサノンパリンヤ¹⁾

Ryosei UNOKI and Parinya PUNPONGSANON

1) 埼玉大学 (〒 338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255, {r.unoki.470@ms, parinya@mail}.saitama-u.ac.jp)

概要: VR 環境において嗅覚刺激を与えることは、シーンの臨場感を向上させるために有望な手段の一つである。我々は、ドローンを用いて嗅覚刺激の自由度を拡張する手法を提案した。そのためには、嗅覚ドローンを VR 環境内の場所に対応した現実の場所に設置する必要がある。本研究では、ユーザーとドローンの距離とドローンの飛行経路を推定することで、ユーザーとドローンの衝突を防止する手法を開発する。また、提案手法の精度を評価するために予備実験を行う。

キーワード: バーチャルリアリティ, ドローン, 嗅覚刺激

1. はじめに

近年 Virtual Reality (VR) について様々な幅広い研究がなされていて、嗅覚刺激を与えると VR 環境の空間への没入感が増すことが示されている [1]。VR 環境に嗅覚刺激を与える手法の中では VR 用 Head-Mounted Display (HMD) に付帯させた嗅覚デバイスを用いるものが多い。しかしこの方法には嗅覚デバイスによって HMD が重くなる点や鼻が塞がってしまうという点などのデメリットがある。そこでドローンを用いて嗅覚刺激を与えることで、HMD に付帯させる嗅覚デバイスを用いたときのデメリットを解消できより没入感が高まるのではないかと考え、アトマイザーを付帯させた嗅覚ドローン (図 1) を作成し性能の評価を行った [2]。本研究では、以前の研究 [2] を拡張させ、VR 環境にいるユーザーに嗅覚刺激を与える新しいアプローチを提案する。

2. 関連研究

以前行った研究で上記の嗅覚ドローンからユーザーに対して匂いを届けられることが可能であることが分かったが、匂いより風の方が印象が強いとのコメントが複数得られた。



図 1: 嗅覚ドローン [2]

そこで今回は嗅覚ドローンが発する匂いのスポットにユーザーが近づいたときに嗅覚ドローンを遠ざけるといった手法でユーザーの匂いと風の感じ方を検証しようと考えた。この方法を実現するためには、嗅覚ドローンを指定した場所に飛行させる必要がある。今回使用しているドローンと同機種のものでドローンに内蔵されたカメラから OpenCV を用いて QR コードを検出するといった研究が存在したが、ドローンのバッテリー消費が増えることにより飛行時間が減少するデメリットがある [3]。これを解決するため、ArUco マーカーと Web カメラを用いて目標の座標を取得する方法に着目し、採用した [4]。先行研究によると比較的軽量な 250g のドローンも速度によっては図解骨折を引き起こす可能性があるため、事故が起こることを防ぐために嗅覚ドローンに VR 環境内のユーザーを近づける際に衝突することを防がなくてはならない [5]。そこで本研究では HMD とトラッカーとの距離を Unity 上で取得し、得られた距離に応じて嗅覚ドローンを VR 環境内のユーザーから遠ざけることを目指した [6]。

3. システム概要

3.1 システム構成

図 2 がシステム構成である。本研究では VR 環境にいるユーザーに嗅覚刺激を与える方法として、香水などを染み込ませたコットンを当てることで匂いを発するデバイスであるアトマイザーを搭載した嗅覚ドローンをユーザー付近に飛行させるといった方法を使用している (図 1)。Unity 内に Vive トラッカーを用いて花のアセットを配置し、VR 環境と現実の位置を対応させる。そしてトラッカーを設置する現実の座標を ArUco マーカーと Web カメラ (図 3) を用いて取得し、その位置まで嗅覚ドローンを移動させ、ア

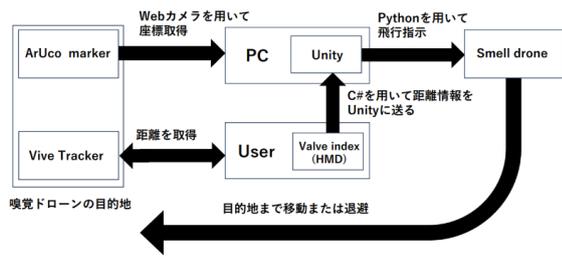


図 2: システム構成

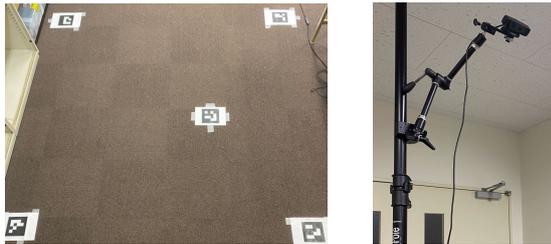


図 3: (左) ArUco マーカー, (右) web カメラ

トマイザーから匂いを発する。HMD を着用しているユーザーが近づいてきたときにトラッカーと HMD の距離に応じて嗅覚ドローンに指示を送り、ユーザーから嗅覚ドローンを遠ざけるといったシステムの流れである。

3.2 システムの詳細解説



図 4: HMD を着用しているユーザーの視点

Unity では花のアセットと Vive トラッカーを対応させ、HMD を着用したユーザーから見える位置に配置している。図 4 がユーザーから見える HMD 内の視点である。嗅覚ドローンを目標のオブジェクト上に移動させる過程で今回は ArUco マーカーを用いて外部カメラを用いて目標座標を取得し、飛行させるといった方法を用いた。基準となる ArUco マーカーを図 3 のように各辺 2m の正方形に配置し基準とする。そして目標となる場所に設置しているマーカーの座標を基準の正方形をもとに取得する。嗅覚ドローンのコントロールは Python を用いて行い、得られた目標の座標の位置まで移動するように指示を送る。また、Unity 内の C# のプログラムと Python をシリアル通信で繋ぐことでトラッカーと HMD の距離が指定した閾値まで近づいたとき

に嗅覚ドローンを遠ざける処理を行うことができる。

4. 実験

4.1 システム実験

実験方法: 本研究のシステムで使用する ArUco マーカーと web カメラによる座標取得と嗅覚ドローンの飛行精度について実験を行った。マーカーの位置をランダムに設定し、ArUco マーカーと web カメラを用いて座標を取得するといった実験の流れを 10 回繰り返した。嗅覚ドローンの飛行精度については、嗅覚ドローンを目標の位置までの距離が 50cm, 100cm, 150cm の位置から飛行させ、飛行後の目標との誤差を計測した。各距離につき 10 回ずつ飛行を行った。

実験結果: ArUco マーカーと Web カメラで得られた座標のずれの 10 回の平均は x 方向が 0.4cm と y 方向が 0.2cm でどちらも 1cm 以下であり、ほとんど正確に取得できているといえる。

嗅覚ドローンの飛行実験

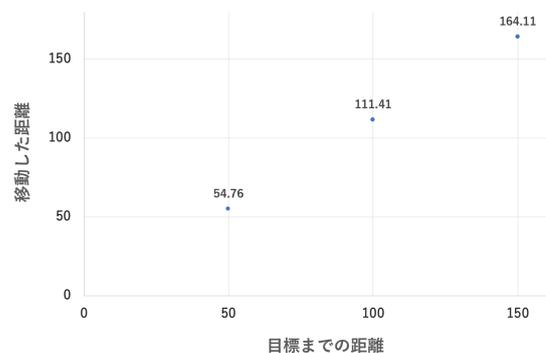


図 5: 嗅覚ドローンの飛行実験の結果

図 5 が嗅覚ドローンの飛行実験の結果である。目標までの距離ごとに移動した距離の平均をプロットしている。エラーレートは移動距離が 50cm の時に 9.52%, 100cm の時に 11.41%, 150cm の時に 9.41% であり、およそ 90% の飛行精度であることがわかった。また、グラフから目標までの距離が離れるほど誤差が増えていることもわかる。

4.2 ユーザー実験

実験方法: ユーザー実験では、嗅覚ドローンを ArUco マーカーによって取得できた場所に移動させ、アトマイザーから匂いを発生させる、そして HMD を着用したユーザーを近づけ設定した HMD とトラッカーの距離に応じて遠ざけるといった流れで実験を行った。今回の実験ではオレンジベルガモットの香水 (小林製薬, Sawaday 香る Stick) と水を 1:1 で混ぜたものを香料として使用している。

被験者 3 人 (20~25 歳、全員男性) に HMD を着用した状態で 3m 歩行してもらい、算出した歩行速度をもとに 2m, 3m, 4m として設定した。嗅覚ドローンを遠ざける速度は 0.8m/s, 1.2m/s, 1.6m/s の 3 段階に設定し、一人につき距離×速度の 9 通り実験を行った。また 1 回の試行ごとに

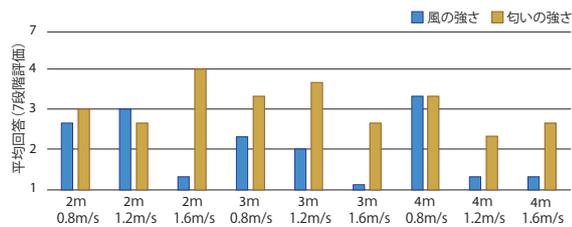


図 6: 嗅覚ドローンとユーザーとの距離と速さの組み合わせ

部屋を換気し、匂いが残らないように注意した。ユーザーにはあらかじめ鼻から 15cm ほどの場所からアトマイザーによって発せられる匂いと、頭上 50cm の位置から嗅覚ドローンによって与えられる風を確認してもらい、この時の感じ方を最大値として嗅覚ドローンによる匂いと風を 7 段階の評定尺度法を用いて測定した。

実験結果: 実験を行ったユーザーの嗅覚ドローンを遠ざける距離の閾値と速度に対応する風と匂いの強さの平均値を記録している (図 6)。匂いの強さの数値と嗅覚ドローンを遠ざける距離と速さの組み合わせに有意差がないことが読み取れる。また嗅覚ドローンを遠ざける距離の閾値が最大である 4m の場合でもユーザーが匂いを感じられることもわかる。風の強さに関しては嗅覚ドローンを遠ざける距離がユーザーと近いほど大きく感じる傾向にあったが、速さとの間には有意な差が見られなかった。HMD を外したときに強い匂いを感じたとのコメントも得られた。

5. 考察

システム実験: 実験を行った座標取得方法によるずれは非常に少ないので有効な方法といえるが、4 つのマーカーを基準として座標取得をしているため、広い範囲に嗅覚ドローンを飛ばすことを考えると別の基準を設ける必要がある。嗅覚ドローンの飛行実験から短い距離より長い距離の距離の場所に移動したときに誤差が広がる傾向が見られたので、長距離を移動する際に正確に目標位置に到達し滞在させる方法を探す必要がある。また嗅覚ドローンが移動を完了し目標の位置に静止する際によろけるといったことがあったので、アトマイザーなどの搭載するデバイスの重心を考慮したモデリングを行うことやドローンを大きくすることで機体のバランスを取りやすくする必要もあると感じた。

ユーザー実験: 匂いを届けるために嗅覚ドローンとユーザーとの距離を近づけるといった方法で匂いの強さを調節することはよい方法とはいえないことがわかる。また嗅覚ドローンを遠ざける閾値が最大の場合でも匂いを感じられているので、一定時間であれば嗅覚ドローンが滞在していた場所に匂いが残り続けることもわかる。得られたコメン

トから HMD を着用しているときの匂いの感じ方を再考慮する余地があると感じた。嗅覚ドローンを遠ざける距離がユーザーと近いほど風を大きく感じる傾向にあったので、匂いに関する結果と合わせて遠ざける距離が 4m 付近かそれ以上であればユーザーのシステム使用感に影響はないといえる。

6. おわりに

本研究では、システム実験により ArUco マーカーと Web カメラを用いて座標を取得する精度や嗅覚ドローンの飛行精度の測定を行い、各デバイスの問題点や改善点などを検討した。また、VR 環境内にいるユーザーに嗅覚刺激を届けるための嗅覚ドローンの飛行方法やユーザーとぶつからないようにするための退避方法、退避した際の匂いや風の強さをユーザー実験を用いて確認した。匂いに関しては退避方法に有意差が見られなかった一方で風に関しては嗅覚ドローンがユーザーから退避し始める距離が近い方が強く感じるということが実験からわかった。今後研究を進める際には本研究で取得できたパラメータを用いてシステムの構築を行う。

参考文献

- [1] Oliver Baus and Stéphane Bouchard. Exposure to an unpleasant odour increases the sense of presence in virtual reality. *Virtual Real.*, Vol. 21, No. 2, p. 59 – 74, jun 2017.
- [2] 亮成鶴木, パリンヤブンポンサノン. 嗅覚ドローンと知覚される匂いの関係に関する研究. 第 86 回情報処理学会大会, No. 4ZE-03, 2024.
- [3] Branden Pinney, Shayne Duncan, Mohammad Shekaramiz, and Mohammad A. S. Masoum. Drone path planning and object detection via qr codes; a surrogate case study for wind turbine inspection. In *2022 Intermountain Engineering, Technology and Computing (IETC)*, pp. 1–6, 2022.
- [4] Rawin ASSABUMRUNGRAT, Ranulfo BEZERRA, Iuri BARROS, Shotaro KOJIMA, Yoshito OKADA, Masashi KONYO, Kazunori OHNO, and Satoshi TADOKORO. Low-cost robot motion capture system based on aruco markers. *The Proceedings of JSME annual Conference on Robotics and Mechatronics (Robomec)*, Vol. 2023, pp. 2P1–G24, 2023.
- [5] Svaty Z, Nouzovsky L, Micunek T, and Frydryn M. Evaluation of the drone-human collision consequences. *Heliyon*, Vol. 8, , November 2022.
- [6] Jeff W. Murray. *Building Virtual Reality with Unity and SteamVR*. CRC Press, 2 2020.