

直感的ドローンコントロールの産業現場適用のためのインタラクションとデバイスの提案

柳澤尋輝^{†1} 森下幸司^{†1} 野田尚志^{†1}

概要: ドローンは、様々な産業現場において活用が期待されている。しかし、その操作デバイスについては複雑で、産業現場において活用を試みても実際に利用できるまでには操縦技術の熟練に時間を要する。そのため、操縦者を爆発的に増やすことが難しい。また産業現場においてはその産業におけるプロフェッショナルの作業者が存在するが、その作業者がドローンをコントロールできれば、ドローン活用が大きく進展すると考えられる。そこで、本稿では操縦者の体の動きを用いて直感的にドローンをコントロールする手法と、そこに用いるコントロールデバイス（フットコントローラ）を提案する。

A Proposal on the Instruction and Devices for Intuitive Control for Moving Drones for Use in Industrial Sites

HIROAKI YANAGISAWA^{†1} KOJI MORISHITA^{†1}
HISASHI NODA^{†1}

Abstract: In various industrial sites, expectation on drone utilization is growing. However, the devices are complicated to handle, and it takes considerable time until an operator masters the maneuver well enough to put it into practice at an industry site. Due to this reason, it is still unrealistic to explosively increase drone operators. Meanwhile, professional operators specialized in the use of devices for the respective industries work in various industrial sites. If those operators become capable in controlling drones, drone utilization is expected to be greatly expanded. Therefore, this document proposes the method to intuitively maneuver a drone by synchronizing the operator's body movement with the drone, and also the controlling devices (Foot Controller) to be used.

1. はじめに

現在、世界中でドローンの活用が期待され、模索されている。世界最大規模の物流企業がドローンを用いた無人の物流システムをサービス化するなど実際の活用も開始されている。物流以外にも、ドローンの活用の実態として、空撮、災害現場、工事現場などさまざまな場面での活用が模索されている。

日本においては、2020年に開催予定の東京オリンピックに向けて、特にインフラ老朽化に対応するためのメンテナンスが急務となっているが、メンテナンスの現場では高所などの危険が伴う場所に直接赴いて作業を行うことが多く、人材育成が課題となっている。これらの現場において、ドローンを用いることで、作業者が直接現場に行く必要がなくなり、安全性の向上と同時に、作業現場の安全確保に必要なコスト削減などの効率化が期待できる。しかし、このような現場の作業者が、ドローンを意のままに操り実務が可能となるまでには、多くの時間とコストが必要なため、現場適用に至っていない。森下らはドローンを操縦する上で一般的な操作デバイスであるプロポを用いず、頭と上半

身の動きを用いて直感的にドローンを意のままに操縦する手法[1]を提案した。しかし、全身を用いた操作は体への負荷が大きく、実際の現場で適用するためには疲労などの問題があった。また、体を大きく動かすため、動きを妨げないスペースも必要である。森下ら[1]の提案した操作手法を基本とし、本稿では、インフラメンテナンスにおける作業現場に適した、体への負担の少ないインタラクションと操作デバイス（フットコントローラ）を提案する。

2. 関連研究

樋口らは、モーションキャプチャーにより頭の動きをドローンと連動させることで、操縦者とドローンの動きをシンクロさせた[2]。また、吉田らは3Dセンサーを用いて操縦者のジェスチャーを操縦コマンドに置き換え直感的な操縦を提案した[3]。これらの先行研究を踏まえつつ、筆者らの属する企業における、事業環境を取り巻く条件に合致するために屋外環境での使用に耐えうるシステム構築を目指している。

^{†1} NEC ソリューションイノベータ（株）

3. 従来手法との比較

森下ら[1]の手法では前進操作を行うためには、上半身をおじぎすようにして、一定角度傾けることをスイッチとして入力していた。従って、ドローンが前進し続けるためには、この状態を維持し続ける必要がある。その他にも、体全体を用いたジェスチャを操縦のためのコマンドとして定義している。そのため、ドローンを操縦するためのコマンド入力に伴う、身体的な負担が大きかった。また、体を大きく動かす必要があるため、操作時に体がぶつからない程度のスペースが必要であった。そこで、本手法では、上半身が担っていた制御を足で行えるようにし、体への負担軽減を図ると同時に、直立したままの姿勢で体制を変えることなくドローンを制御可能な操作手法を提案する。

4. 提案システム

4.1 システムの構成

一般的にドローンを操縦する際に用いるプロポは、2次元的に自由な入力ができるレバーを2本有している。この2本のレバーにドローンの動きが割り当てられており、それらを組み合わせることで3次元的な移動を実現している。本手法では、この2本のレバーが持つ機能をマッピングした、2つのデバイスで構成する。図1に示すとおり、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）（図1の(a)）と、フットコントローラ（図1の(b)）を用いる。本手法では、主にプロポの左レバーの操作をHMD、右レバーの操作をフットコントローラに割り当てている。これは、主にカメラの動きと関連する動作が左レバー、機体の進行方向に関する動作が右レバーに割り当てられている状態と、利用者が従来のドローンの操作と全く異なることで混乱することを避けるためである。

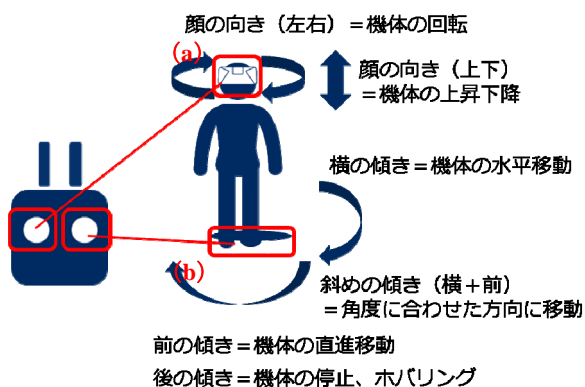


図1 システムの構成
Figure 1 System environment.

4.2 操作デバイスの提案

4.2.1 ヘッドマウントディスプレイ

本手法の操作デバイスを装着したイメージは図2に示すとおり。

HMD（図2の(a)）は、ドローンの回転操作、上下操作を割り当てている。HMD内に内蔵したスマートフォンの加速度センサーによりヘッドトラッキングを行っている（図3の(b)）。また、従来の手法では頭の回転とドローンの回転が一致している関係にあった。例えば、進行方向を反転させるためには、操縦者も180度回転する必要があった。本手法では、左右方向の操作時には、同じ方向を向き続けることで、回転状態を維持する。これにより、直立時の頭の可動範囲内で、継続的な回転操作を実現している。

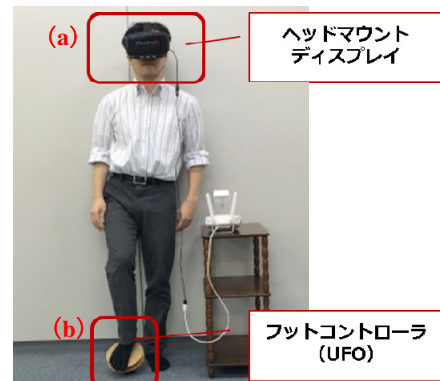


図2 操作デバイス装着イメージ
Figure 2 Devices image.



図3 HMD構成
Figure 3 HMD Configuration.

4.2.2 フットコントローラ（UFO）

本手法で新たに提案するフットコントローラは、前進操作、水平移動操作を割り当てている。踏み込んだ方向がドローンの移動方向と一致する。このフットコントローラは片足で操作することを想定し形状をデザインした。フットコントローラは、円形の板の下に、球形の部品を装着し前後左右に無段階の入力ができる構造とした（図4の(a)）。本稿では、フットコントローラをその形状と、操作性から Universal Foot Operator（UFO）と呼称する。

UFOの前後左右の傾きを入力量の度合いとし、ドローンの移動速度を制御する。しかし、図4に示した構造では、地面との接地面が球形部品の頂点部分のみとなるため、足を乗せたときに不安定な状態となる。そのため、操作時に一定の入力量を維持することや、意図した入力量に制御することが困難であった。そこで、図5の(a)に示すとおり、

球形部品を受け皿状の部品と接地させることで、接地面積を増やし、UFO 全体の安定性を向上すると同時に、接地面の摩擦面積を増やすことで、操作時に抵抗を発生させ、入力量の制御を行いやすくした。

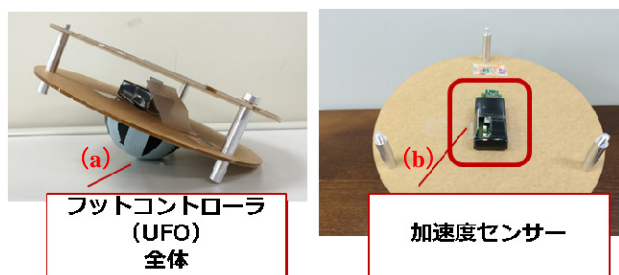


図 4 フットコントローラ (UFO) 本体
Figure 4 Foot Controller (UFO) Body.

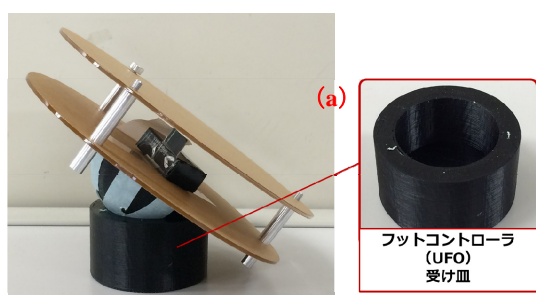


図 5 フットコントローラ (UFO) 受け皿
Figure 5 Foot Controller (UFO) Base.

4.2.3 システムの使用結果

HMD を用いた入力制御の改善と、UFO の導入により、身体的な動作を直立時に可能な範囲に限定することが出来た。これにより、従来の手法の課題であった、身体的な動作量を削減した。

本手法を用いて、実際に飛行を行った例を図 6 に示す。本例(図 6の(a))では操縦者とドローンが向き合っており、プロポを用いた操作では、操縦者がドローンの見た目の位置とプロポの操作を左右反転して行う必要があるが、本手

法ではドローンの視点で操縦するため、ドローンと操縦者の向いている方向の影響を受けない。図 6の(b)のイメージでは操縦者は操縦者から見て右を向いているが、ドローンは進行方向から見た右方向に方向転換していることがわかる。また、操縦者の背後に壁があるが、操縦が顔の動きと足首から下の動きに限定されていることで、壁の影響を受けずに、直立姿勢から体の向きを変えずに操作できていることがわかる。更に、本手法を用いた、その他の操作状態を付録 A.1 に示す。

5. 産業現場へのヒアリング

著者らが考える、直感的ドローンコントロールについて、実際にドローンを使用して事業を行っている企業に対して、有効性のヒアリングを行った。ヒアリング対象は、ほぼ毎日ドローンを操縦し空撮を行っている方(2名)、ドローン操縦の教育を行っている方(2名)、ドローンを活用した新規事業創出を担当している方(1名)である。ヒアリングの中で以下の様なコメントを得た。

- 上を向くと離陸といったような、操作体系が感覚的に理解しやすい。
- ドローン視点で飛行することで、操作時の左右反転が無くなり操作が理解しやすくなる。
- 空撮の現場においては、すぐにでも使える。

これらのコメントから、著者らの考える直感的ドローンコントロールが産業現場において、有効である可能性を確認することが出来た。

6. おわりに

本稿では、直感的ドローンコントロールをインフラメンテナンス現場に適したインタラクションと操作デバイス(UFO)の組合せを提案した。UFOを導入し、身体的な動作量は削減できたが、身体的な負荷量に対する評価に至っ

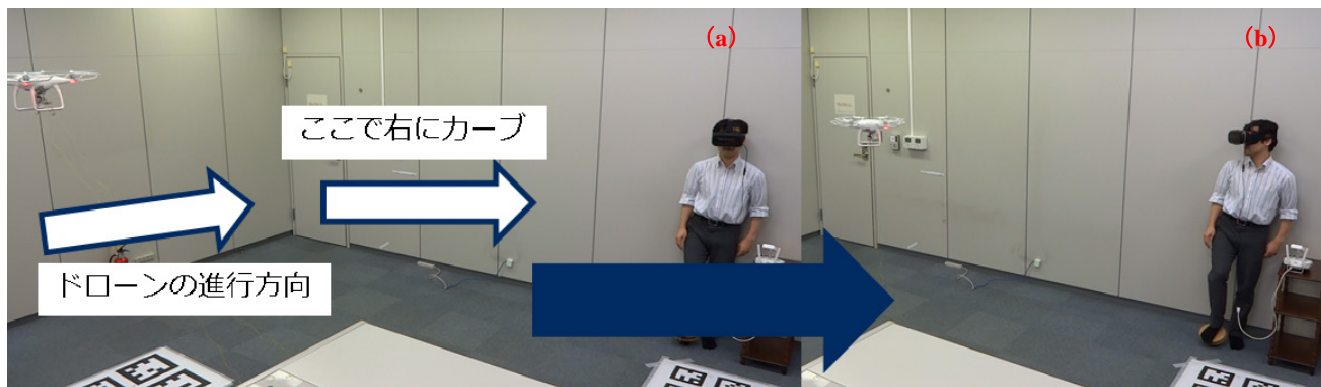


図 6 飛行操作例
Figure 6 Example of flight operation.

ていない。今後は、実作業環境下における実証実験を実施し、インタラクションと身体的負荷量との関係性を明らかにしていきたい。また、本手法では、ドローンの基本的な操作を実現しているが、産業現場ではより正確で緻密な精度での操作が求められる。今後は、操作精度の向上と緻密な操作におけるインタラクションについて検討を進めたい。しかし、すべての場面で緻密な精度が求められるわけではない。産業現場の作業においては、大まかな精度で飛行すれば良い場面と、緻密な精度で飛行する場面が存在する。それらをシームレスに切り替えるためのインタラクション、または自動的に切り替わるような仕組みについても検討を進めていきたい。

参考文献

- [1] Koji Morishita, Hiroaki Yanagisawa, Hisashi Noda. Intuitive Control for moving Drones. SIGGRAPH ASIA 2016
- [2] 樋口啓太, 暦本純一. 移動拡張が可能なフライングテレプレゼンスプラットフォーム. TVRSJ, 2014, vol.19, no.3, p.397-404
- [3] 吉田成郎, 鳴海拓志, 橋本直, 谷川智洋, 稲見昌彦, 五十嵐健夫, 廣瀬通考. ジェスチャ操作型飛行ロボットによる身体性の拡張. IPSJ Interaction 2012

付録

付録 A.1 操作状態



図 7 HMD 操作

Figure 7 HMD Operation.

HMD のセンサーを用いて、上昇操作を行う。

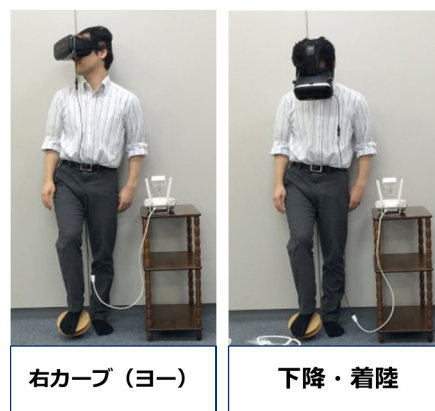


図 8 UFO 操作

Figure 8 UFO Operation.

回転操作の HMD と水平移動操作のフットコントローラを組合せて複合操作を行う。