

移動体・インタフェースの知的統合化研究所

研究代表者 宮下 朋之
(創造理工学部 総合機械工学科 教授)

1. 研究課題

インフラ維持管理において、遠隔操作ロボットの需要が高まっている。阪神淡路大震災からの復旧を契機に、配管等を開けずに作業することが必須となった。このためにはロボットとオペレーターを一つのシステムとした見た際の状況認識、知能化、自動化の研究開発が求められることとなった。似たような事例としては、廃炉の点検などにおいても管内を走破し変形するロボットなどが IRID によって開発されており、プレイステーションコントローラなどによって動かされており、直感的に操作可能なインタフェースが求められている。

(プロジェクト後期から)さらに、ドローンを用いた橋梁の点検なども重視されることとなった。現在は橋梁まで作業員が登るか吊るされて点検しているが、作業点検時の長時間の交通停止など非効率な点検を実施している。ドローン操作によって近接目視、打音検査を用いて橋梁を検査する手法が求められている。一方で、ドローンは政府機関や秘密機関への墜落、事故などによりドローン操作による規定が 2015 年より厳密化された。オペレーターは相応の訓練を必要と求められたが、現代のドローンニーズに反するものであり、より短期間で熟練が求められている。

これらの問題はいずれも、操作者の熟練度、能力に依存してしまうという共通課題がある。この課題は身体とかけ離れた構造をロボットはしており、直感的な操作が困難であるためである。従って、エンジニアはトライ・アンド・エラーによる非効率な開発をしている。

上記の課題から、「状況認識・知能化・自動化等の要素技術」を利用するための直感的に操作可能なマンマシンインターフェースのコア技術とそれらを設計開発する手法の構築が必須である。この手法を構築するために、操作者の人体特性に合わせた構造や制御設計をする。熟練者の標準的・共通的な人体特性モデルを抽出し、状況認知、操作の直感性が高いインタフェースを開発する。

2. 主な研究成果

当研究では、人間の身体とは構造の異なるロボットを直感的に操作する手法の検討が主目的である。アプリケーションとして、次の2つがある。一つは埋設管の点検である。地面を掘削せずに配管内部を点検するロボットの直感的な操作である。もう一つはドローンによる橋梁点検である。これらはいずれも同じ問題を抱えており、操作者の熟練度や能力に依存しがちである。この問題は多くのロボットは人間の身体とは異なる構造をしているために操作しにくいのであると考えられる。そこで、ロボットと人間との間の構造上の違いを補完するようなインタフェースを開発した。

インタフェースは特定のロボットに向けたものではなく、標準的で共通的な基盤技術となることをめざした。一般にクローラ型や水中探索型、配管点検、ドローンなど自由度は多様であるが、各自由度の組み合わせで成り立っている。また、人の腕は7自由度であり、これらの自由度を満たすためにインタフェースはXYZ、ピッチ、ヨー、ロールの6自由度を満たすものを開発した。

開発したインタフェースを図1に示す。当インタフェースは誰でも直感的にXYZ、ピッチ、ヨー、ロールの入力が可能となることを目指した。各軸にバネを入れてニュートラル位置に復元可能であり、バ

ネの反力によって操作量をユーザーが知覚しやすい。このインタフェースの利点は、ユーザーの身体をあえてロボットの直交座標系に合わせて拘束して操作させることで、操作量の知覚や制御をしやすくさせている点である。当インタフェースから、直交座標系で規定されたロボットの動きと、極座標系や筋骨格系などが複雑に混じった人間の身体との間の「身体性の違い」を補完している。

2019年度は、当インタフェースと既存のジョイスティックを用いて、ドローンの飛行を操作する実験系を構築した。センサ系を改良したインタフェースとドローンの無線接続システムを改良し、評価試験方法を模索した。今後、評価試験を実施し、インタフェースの知的制御の支援方法を検討する。

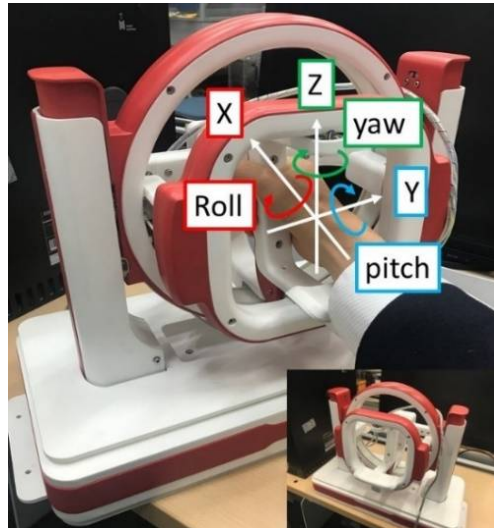


図 1 開発したインタフェース

3. 共同研究者

菅野 重樹 (創造理工学部・総合機械工学科・教授)
上杉 繁 (創造理工学部・総合機械工学科・教授)
三浦 智 (創造理工学部・助教)
石田 健蔵 (客員上級研究員)

4. 研究業績

4.1 学術論文

- **Satoshi Miura**, Kazuya Kawamura, Yo Kobayashi, Masakatsu G. Fujie, "Using Brain Activation to Evaluate Arrangements Aiding Hand-Eye Coordination in Surgical Robot Systems", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol.66, No.8, pp.2352-2361, 2019 (**Impact Factor 4.288**)
- **Satoshi Miura**, Rikako Saito, Victor, Parque, Tomoyuki Miyashita, "Design factors for determining the radula shape of Euhadra Peliomphala", Scientific Reports, Vol.9, No.749, 2019 (**Impact Factor 4.122**)

- **Satoshi Miura**, Hidekazu Ishiuchi, Yuta Shintaku, Victor Parque, Ayako Torisaka, Tomoyuki Miyashita, "Enhanced frequency analysis on a vibrated tumor with a compression cylinder", ROBOMECH Journal, Vol.6, No.10, 2019
- **Satoshi Miura**, Ryota Fukumoto, Yo Kobayashi, Masakatsu G. Fujie, "Modeling optimizes the effect of the vertical stripe illusion for foot clearance on upstairs", Journal of Biomechanical Science and Engineering (JBSE), Vol.14, No.1, 2019
- Sojuro Nakano, **Satoshi Miura**, Victor Parque, Ayako Torisaka, Tomoyuki Miyashita, "Data Assimilation Using the Particle Filter for Online Identification of Organ Properties", IET The Journal of Engineering (JOE), Vol.2019, No.14, pp.517-521, 2019

4.2 総説・著書

4.3 招待講演

4.4 受賞・表彰

- ICED2019 Top 10% Accepted Papers Award, Aug. 6, 2019
- 船井研究奨励賞、Apr. 20, 2019

4.5 学会および社会的活動

- 日本ロボット学会学術講演会 地域連携委員長, 2019

5. 研究活動の課題と展望

開発したインタフェースは6自由度である。上下左右前後の並進移動に3自由度があり、手首の屈曲に合わせて回転に3自由度がある。ロボットを直接掴むような操作感である反面、人間の腕の冗長性の関係で、意図した方向への正確に入力することは難しい。今後は、人の意図した方向への正確な入力を実現するために機械学習等を用いる予定である。