

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、より短期間での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

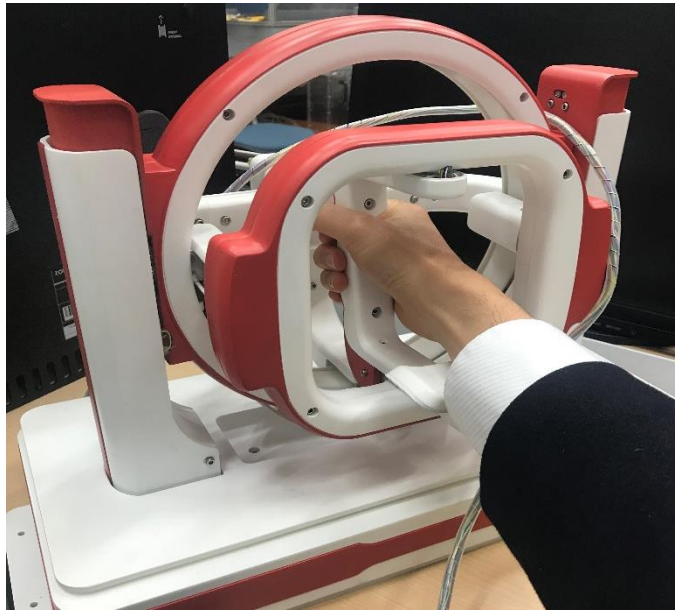
当研究では、人間の身体とは構造の異なるロボットを直感的に操作する手法の検討が主目的である。アプリケーションとして、次の2つがある。一つは埋設管の点検である。地面を掘削せずに配管内部を点検するロボットの直感的な操作である。もう一つはドローンによる橋梁点検である。これらはいずれも同じ問題を抱えており、操作者の熟練度や能力に依存しがちである。この問題は多くのロボットは人間の身体とは異なる構造をしているために操作しにくいのであると考えられる。そこで、ロボットと人間との間の構造上の違いを補完するようなインタフェースを開発した。

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。

評価実験では、配管点検およびドローンの双方において VR シミュレーションを構築した。更に実機での試験も実施した。配管点検においては接触荷重が有意に減少し、脳内の頭頂間溝の反応量が上昇した。また、ドローン操作においては、操作成功率が初心者は 10%から 40%に上昇し、初心者、経験者問わずに到達時間は 10 秒以上早くなった。また、前頭前野の反応は低くなり、頭頂間溝の反応が上昇したことから、認知や判断がしやすく、直感的に操作できていることが確認できた。更に、新日本非破壊検査のユーザーによるドローン操作実験も実施し、インタフェースの有用性を確認した。



3.

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)

石田 健蔵 (客員上級研究員)

4. 研究業績

4.1 学術論文

Tsuyoshi Sakuma, Satoshi Miura, Tomoyuki Miyashita, Masakatsu G. Fujie, Shigeki Sugano, "Development of Driving Intention Prediction System Based on Human Cognitive Mechanism", Proceedings of IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics (RCAR'18), Kandima, Maldives, Aug. 1-5, 2018

Satoshi Miura, Yuta Shintaku, Hidekazu Ishiuchi, Victor Parque, Tomoyuki Miyashita, "Enhanced Frequency Difference of Tumor inside Vibrated Tissue by a Compression Cylinder", Proceedings of the 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine

and Biology Society (EMBC'18), Honolulu, Hawaii, July 17-21, 2018

Satoshi Miura, Naoya Tsuda, Victor Parque, Tomoyuki Miyashita, "Spiral Folded Adhesive Plaster Optimization for Laparoscopic Surgery", Proceedings of the 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'18), Honolulu, Hawaii, July 17-21, 2018

4.2 総説・著書

Parque Victor, Satoshi Miura, Tomoyuki Miyashita, "Path Bundling in Modular Bipartite Networks", Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, Vol.873, pp.222-238, 2019

4.3 招待講演

4.4 受賞・表彰

4.5 学会および社会的活動

内閣府 総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」(管理法人: JST), 「人体計測技術を用いた直感的な遠隔操作型ロボットの開発」, 研究員 (代表: 藤江正克→菅野重樹), 02014B12, 2014-2018

5. 研究活動の課題と展望

開発したインタフェースはバネによる反力のみとなっているが、モータを介した反力の提示を今後の研究開発として予定している。そのために、モータによる反力を導出するためのモデルが今後必要不可欠となる。前後の押し引きはともかく、左右や上下の平行移動による人間のモデルはほぼないと思われるため、それらを上手く知覚させるためのモデルが必要である。