

# 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

機械の操作は、操作者の安全を十分に配慮し、所定の機械動作、作業性能を発揮することが求められている。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。遠隔操作が想定される作業としては橋梁点検、廃炉作業、探査・探索作業など多くのものが想定され、自動化が試みられ成功する領域が拡大する一方で、操作者の作業を積極的に支援することにより、性能向上が図られている事例も多くある。機械の多くは、動作することを機能として求められ、所定の性能を充足することが求められる。

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

本年度は、ロボットの遠隔操縦において課題とされる、操作性の低下について、上肢の身体性を取り入れた反力提示操縦インタフェースの開発検討およびその周辺技術の開発を進めた。すなわち、操作性の低下が生じる原因として、①入力の実感が低いこと、②意図した入力がされないこと、③機械の特性が操作時間とともに変化することが挙げられ、これらを解消するための技術開発を実施した。上肢の身体性を取り入れるため、腕部、肩部を動かすことにより、ロボットアームへ動作指示を可能とする機構を設計開発し、そこにおいて、人体が知覚する傾向より反力モデルを構築し、操作時に反力を操作者に反力を感じさせることを可能としたものである。マウスを用いた操作実験、ドローンを用いた飛行実験、ロボットアームの操作実験により上肢の身体性に知覚特性を考慮した反力を考慮することにより操作性の向上および操縦時間の短縮が可能であることが操作実験により統計的な検定の結果、有意であることがわかった。また、機械的特性が変化する状況として、精密作業を想定し、その作業における機械操作部の発熱による影響をインターフェイスで緩和する検討を実施した。

## 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

- (1) 植田 将志, 三中西 信治, 志賀 英俊, 酒井 精美, 新村 記男, 阿久津 忠文, 木村 亮介, 原田 英人, 宮下 朋之, 吉田 誠, アルミニウム合金ダイカストの熱変形解析における変形予測精度の改善, 2023, 鑄造工学, Vol. 95, No.7, pp. 379-384
- (2) Okimura, Y., Kato, Y., Makino, H., Hashimoto, K., Maeda, Y., Okane, T., Faiz, M.K., Komine, H., Miyashita, T., Yoshida, M. Proposition of new yield criterion for green sand mold and its experimental validation by FEM stress analysis of triaxial compression test, 2023, Journal of Materials Processing Technology
- (3) 植田 将志, 三中西 信治, 志賀 英俊, 酒井 精美, 新村 記男, 阿久津 忠文, 木村 亮介, 原田 英人, 宮下 朋之, 吉田 誠, アルミニウム合金ダイカストの熱変形解析における変形予測精度の改善, 2023, 鑄造工学, Vol.95, No.7, pp. 379-384
- (4) 中村 侑未, 高木 健輔, 寺山 朗, 頃安 貞利, 志賀 英俊, 神戸 洋史, 前田 安郭, ムハマド ハイリ ファイズ, 沖村 泰彦, 永田 益大, 岡根 利光, 宮下 朋之, 吉田 誠, アルミニウム合金溶湯とフラン自硬性積層造形鑄型の接触状態によって変化する熱伝達係数の推定, 2023, 鑄造工学, Vol. 95, No.4, pp. 183-190
- (5) 今村 怜, 沖村 泰彦, 志茂 康平, 牧野 泰育, 橋本 邦弘, 加藤 裕介, 松浦 誠, 前田 安郭, 岡根 利光, 宮下 朋之, 吉田 誠, 生型の水分凝縮層圧密試験における水分増加方法の違いによる応力-ひずみ関係の比較, 2023, 鑄造工学, Vol.95, No.1, pp.30-33
- (6) Parque, V., Miyashita, T., Multi-Robot Coordinated Motion Planning at Intersections using Lattice-Guided dRRT\*, 2023, Proceedings - 2023 17th IEEE International Conference on Robotic Computing, IRC 2023, pp.348-351
- (7) Parque, V., Nakamura, A., Miyashita, T., A Study on the Inductance and Thermal Regression and Optimization for Automatic Layout Design of Power Modules, 2023, 2023 IEEE CPMT Symposium Japan, ICSJ 2023, pp.117-120
- (8) Parque, V., Miyashita, T., Optimal Design of Cable-Driven Parallel Robots by Particle Schemes, 2023, Communications in Computer and Information Science 1792, CCIS, pp. 170-181
- (9) 廣瀬 元輝, 清水 創太, 須永 駿太, 元井 直樹, オボエ ロベルト, 長谷部 信行, 宮下 朋之, 2自由度パワーアシストスーツ Tornado による上げ下ろし動作時のパワーアシスト制御, 2023, 電気学会研究会資料, 22-41, pp.43-46
- (10) 栗木, 久光, 齊藤, 芳隆, 松本, 浩典, 石村, 康生, 宮下, 朋之, 高橋, 弘充, 古澤, 彰浩, 田中, 宏明, 天体観測用気球実験に向けた構造系と指向系の開発 I, 2023, 大気球シンポジウム
- (11) 石村, 康生, 菊谷, 冬馬, 風間, 隼太郎, 定村, 嵐, 青木, 信篤, 小野寺, 隼作, 江熊, 信康, 河野, 太郎, 宮下, 朋之, 田中, 宏明, 鳥阪, 綾子, 土居, 明広, 山谷, 昌大, 中尾, 達郎, 福家, 英之, 水村, 好貴, 高精度機器インターフェースの実証: DREAM3, 2023, 大気球シンポジウム
- (12) 保川 彰夫, 後藤 広大, 宮下 朋之, ランダム加振を受ける宇宙用電子機器はんだ接続部の疲労設計のための簡易寿命予測式, 2023, 機械学会 講演論文集, J191-05

- (13) 後藤 広大, 保川 彰夫, 宮下 朋之, ランダム加振を受ける宇宙機搭載電子部品はんだ接続部の疲労設計のための共振倍率実験式, 2023, 機械学会 講演論文集, J191-04

## 5. 研究活動の課題と展望

発生する反力をどのように操作者へ提示するかは、操作者の操作性能に影響するため重要な課題である。一方で、操作者の意図する操作指示に対して、操作者の誤操作や意図しない操作が混入することもあり、その分離を実現することも重要であり継続して取り組んでいく。本研究の知見を活かし、機械学習等を用い操作性能を向上し操作者の負担を軽減した操作技術を開発していく。