

補助事業番号 2023M-284

補助事業名 2023年度 零剛性作用を利用した除振エンドエフェクタの開発 補助事業

補助事業者名 福井大学 伊藤慎吾

1 研究の概要

生産現場においてナノメートルレベルで加工や検査を行うため、1軸の超精密電磁アクチュエータを搭載したロボット向けエンドエフェクタを開発した。ロボットや床からの振動の伝搬を阻止して超精密動作を実現するため、機械の持つ正の剛性を電磁アクチュエータの持つ負の剛性で打ち消して零剛性を実現した。さらに、サンプル追従制御により、振動的な環境において4.7 nmの高い位置決め精度の実現に成功した。

2 研究の目的と背景

コーティングや研磨等による加工品のナノメートルレベルでの表面状態は、最終製品の性能に大きな影響を与える。生産現場においてナノメートルレベルの精度で加工や検査を行うため、高精度な動作が可能な産業用ロボットが望まれる。ところが、一般的な産業用ロボットは、その動作機構等のため繰り返し精度がマイクロメートル以上である。また、床から伝搬する振動やロボット自身が発生する振動が、ナノメートルの分解能で作業を行うための問題となる。

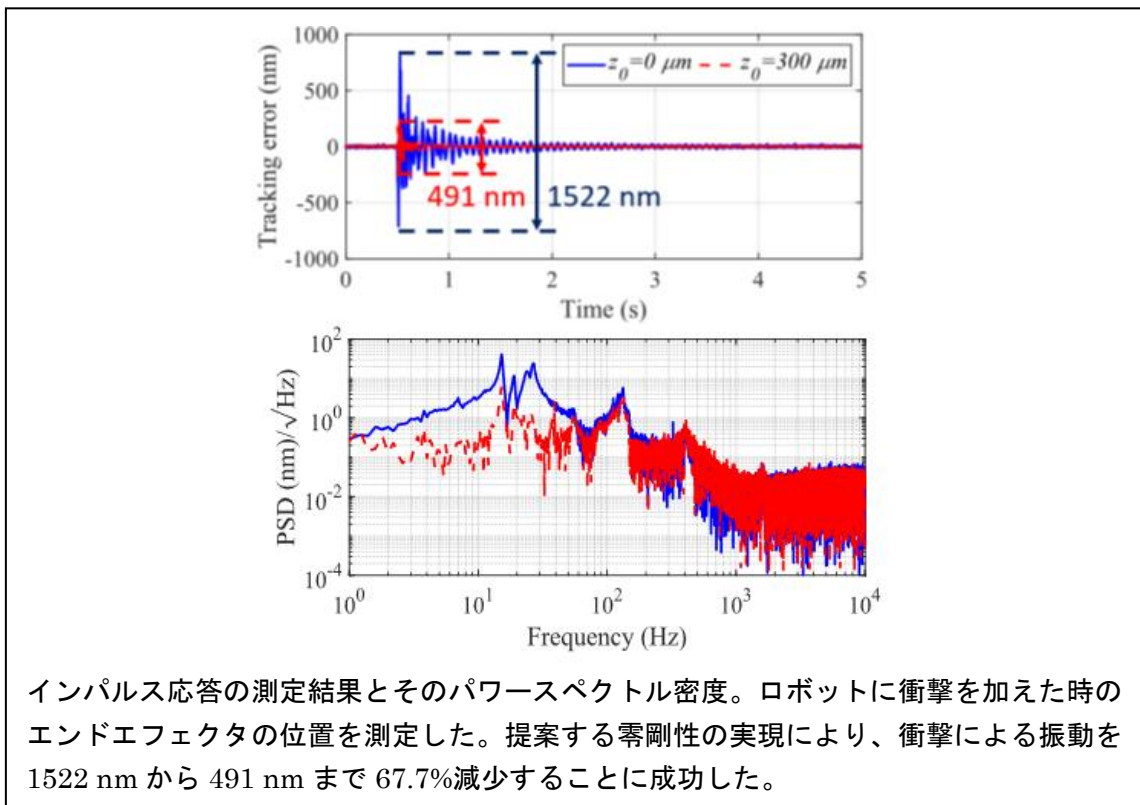
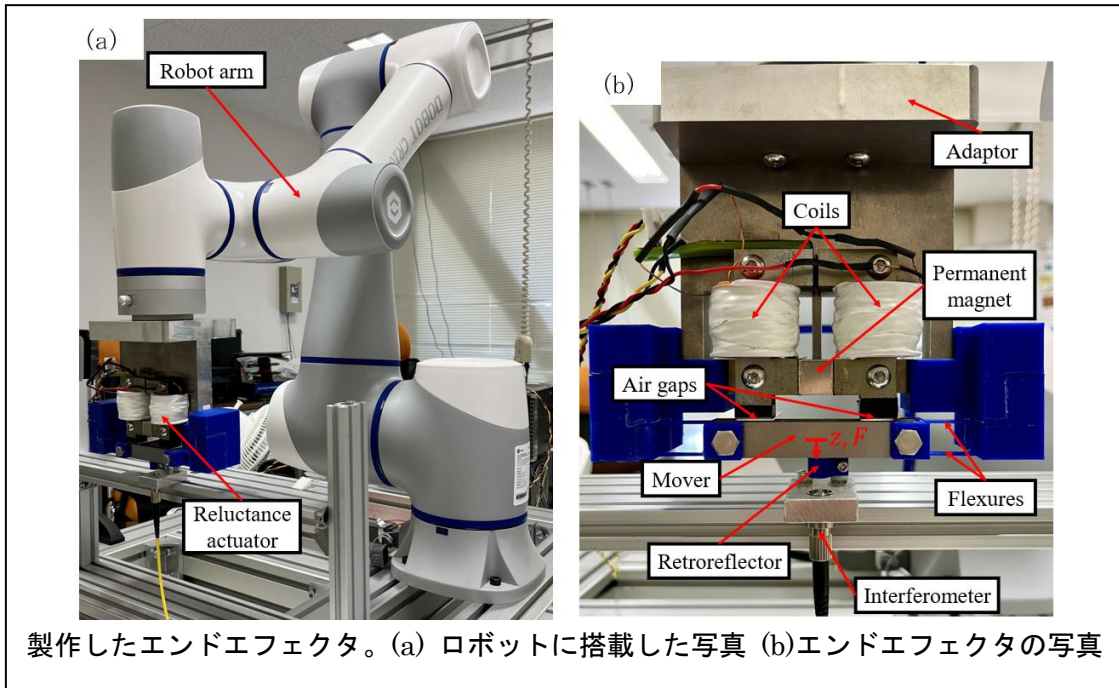
上述の問題を解決するため、産業用ロボット向けエンドエフェクタの研究開発を本事業の目的とし、次の機能の実現可能性と性能を実験的に評価した。

- ロボットアームの先端において、エンドエフェクタは内蔵する超精密アクチュエータを使って可動子の位置を制御する。
- エンドエフェクタが可動子とターゲットの間の距離をナノメートルレベルで一定に保つことで、その間に発生する振動を除去する。
- エンドエフェクタは、ロボットアームとの間に零剛性を持つことで振動伝搬を阻止する。

3 研究内容

(1) 零剛性作用を利用した除振エンドエフェクタの開発(<http://mech.u-fukui.ac.jp/~ito/r1.html>)

- ① エンドエフェクタの設計と製作
- ② エンドエフェクタの動作を制御する制御器の設計と実装
- ③ ロボットに搭載したエンドエフェクタの実験的な性能評価



4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

今回開発したエンドエフェクタ技術は、ナノメートルレベルで動作可能な多軸ロボットの実現へ繋がる。このようなロボットにより、ナノ構造等の超微細な加工や修理の実現が期待できる。また、高分解能計測器を搭載することで、ナノインライン計測の実現が期待できる。結果として、SDG 9.4の課題である「資源利用効率の向上」による「産業の改善」が実現できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでの研究により、従来の数倍以上の高推力を生み出す超精密アクチュエータを開発してきた。今回の補助事業により、この超精密アクチュエータが持つ非線形な負の剛性の有用性を実証することに成功した。一般的には好まれないシステムの非線形性を性能向上に利用した画期的な研究であり、今後はさらなる利用のため設計指針の確立を目指す。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

[1] T. Fukuyama, K. Takahashi, A. Yamashita, and S. Ito, "Reluctance actuator with integrated Hall sensor and permanent magnet for vibration isolation," IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, pp. 477–480, 2024.

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

エンドエフェクタ (<http://mech.u-fukui.ac.jp/~ito/r1.html>)

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 福井大学学術研究院工学系部門

(フクイダイガクガクジュツケンキュウインコウガクケイブモン)

住 所： 〒910-8507

福井県福井市文京3-9-1

担 当 者： 教授 伊藤慎吾(イトウシンゴ)

担 当 部 署： 機械工学講座(キカイコウガクコウザ)

E - m a i l: ito@u-fukui.ac.jp

U R L: <http://mech.u-fukui.ac.jp/~ito/index.html>