

リアル空間を強靱にするハードウェアの未来
2022 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

田中 峻

東京大学 大学院工学系研究科
大学院生

あらゆる加工機に精緻な感覚を持たせる大規模センサアレイの開発

研究成果の概要

工作機械は工場の消費電力の 50% を占める重要な生産設備である。本研究は、多品種少量生産と高品質化が進む近年の加工ニーズに対応した工作機械の高精度化により、省エネ化と生産効率向上の観点から、持続可能な社会への変革に貢献するものである。

高負荷な機械加工においては、熱変位が加工誤差の 7 割を占めると言われており、今もなお避けられない課題となっている。最新のセンシング技術の向上により、構造体の多点温度情報を用いたロバストな熱変位推定が可能となった。しかし、ボールねじ等の回転駆動系は、データ通信や電源供給の観点から、重要な発熱源であるにも拘わらず温度を直接計測することが困難であった。そこで、無線式の多点温度計測システムを開発し、ボールねじの温度を直接計測した。開発システムを搭載した実際のマシニングセンタを用いて稼働実験を実施し、構造体 277 点と Z 軸ボールねじ送り駆動系 25 点で合計 302 点の温度をインプロセスで計測した。駆動系の多点温度マッピングを用いた有限要素解析による熱変位の推定値は、渦電流センサで計測した実際の工具中心点の Z 軸方向の相対変位と比較して、誤差 10 μm 以下を達成した。また、Z 軸ボールねじの温度分布は、他の軸の推定精度にほとんど寄与しなかった。よって、熱変位は構造体と駆動系の熱変位の重ね合わせによるものであり、温度依存性を考慮した幾何学的誤差が、工作機械の空間的な位置決め精度に影響することが示唆された¹⁾。

今年度の成果は高精度な熱変位の「推定」であるが、これを CNC 制御機へフィードバックすることで、加工機の熱的安定性を担保するための暖機運転をカットすることができ、加工精度のみならず能率や省エネ性能にも大きく貢献するため、次年度は「補正」実験による実証を継続する。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Robust thermal error estimation for machine tools based on in-process multi-point temperature measurement of a single axis actuated by a ball screw feed drive system”, Journal of Manufacturing Processes, vol. 85, pp. 262-271, 2023.