

コンプライアンスの3次元測定システムを用いた 工作機械の振動特性の評価法

2017/04/18 作成 京都大学 河野大輔

概要

工作機械において、工具—工作機械—工作物で構成されるループの振動特性は加工時の振動に大きな影響を与える。この振動特性の方向依存性、つまり、振動に強い方向と弱い方向を評価する方法を研究した。具体的には、3次元的な工作機械の動剛性（実際には動剛性の逆数であるコンプライアンス。本文書ではより一般的な用語である動剛性を極力用いる。）を評価する方法を提案した。

3次元空間における任意の方向の工作機械の動剛性を求める方法を考案し、この方法を実施するための動剛性の測定システムを構築した。3次元的な動剛性を俯瞰的に理解できる測定データの表示法として、コンプライアンスマップを提案した。提案した方法により、加工機の構造や回転軸の角度とクランプ状態によって動剛性の方向依存性に違いがあることを定量的に示すことができた。また、コンプライアンスマップを活用することで、加工中の振動を予想・低減することができることを示した。

1. 背景 工作機械の剛性の方向依存性

高能率な加工では、工具—工作物間に生じる振動、いわゆるびびり振動が高能率化を制限し、問題となっている。びびり振動では、図1に示す工具—工作機械—工作物で構成されるループの動剛性（振動特性）が重要である。この動剛性は力の作用する方向や送り軸の位置によって変化する。特に、5軸制御工作機械では、テーブルや主軸の傾斜角度によって大きく動剛性が変化するとされている。しかし、工作機械メーカーにおいて、工作機械の動剛性は積極的に評価されていない。これは、他の性能、例えば位置決め精度などの評価法と比較して、動剛性の評価法が十分でないためである。

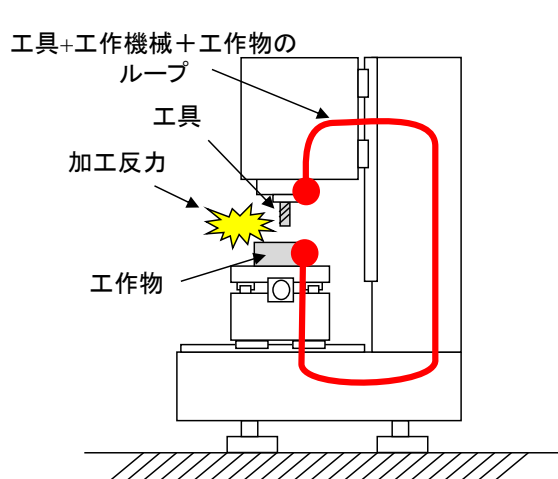


図1 工具—工作機械—工作物で構成されるループ

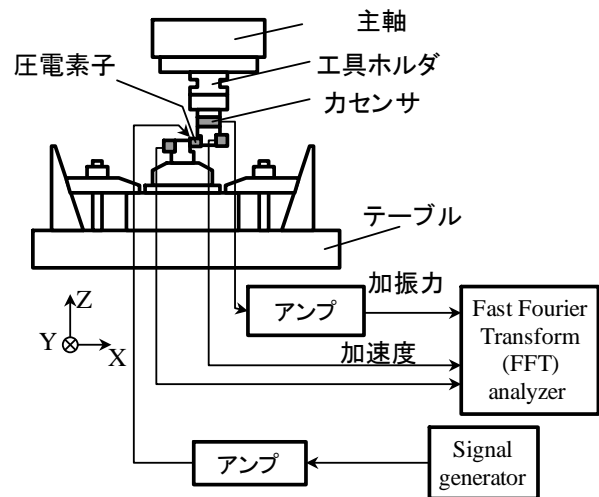


図2 加振実験のセットアップ

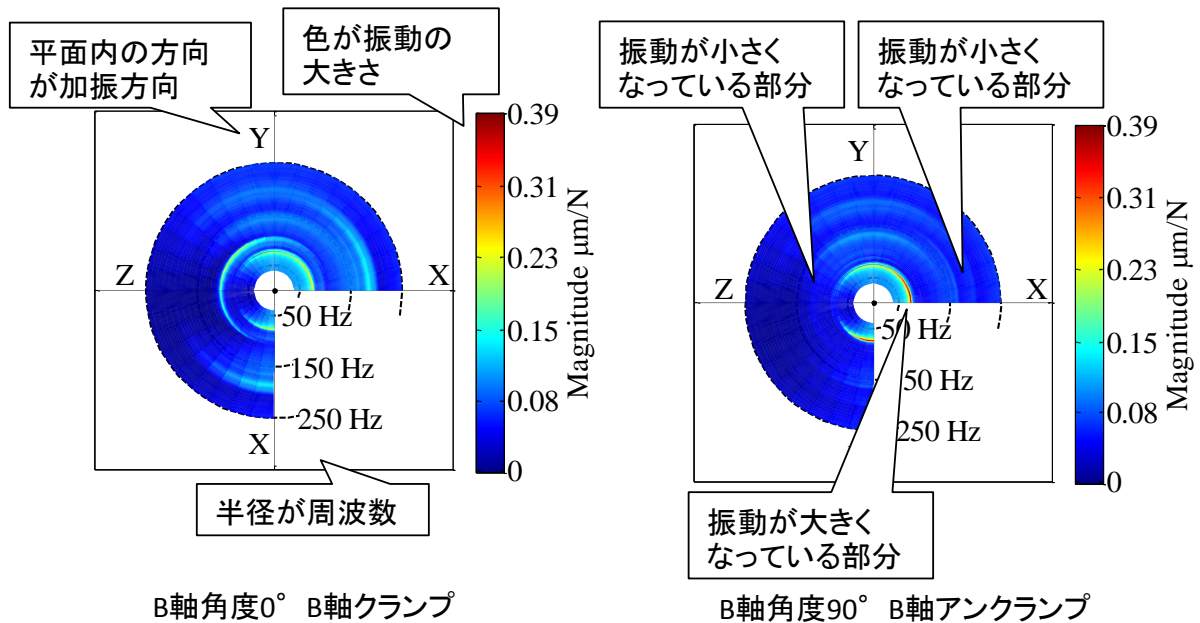


図3 異なるB軸角度とクランプ状態におけるコンプライアンスマップの比較
 $B=0^\circ$: テーブル水平, $B=90^\circ$: テーブル垂直, クランプは油圧

2. 目的と方法 3次元コンプライアンスの俯瞰的評価

本研究では、3次元的な工作機械の動剛性（実際には動剛性の逆数であるコンプライアンス）を俯瞰的に評価する方法を確立する。このために、図2に示すように、工具-工作物間を加振し、工具-工作物間の3次元的な動剛性を測定するシステムを構築する。本システムを用いて、直交3方向への加振実験で測定したコンプライアンスから、2次のテンソルの座標変換を用いて、3次元の任意の方向の動剛性を求める。3次元的な動剛性を俯瞰的に理解できる測定データの表示法として、コンプライアンスマップを提案する。

3. 結果と結論

テーブルチルト型の5軸加工機において、B軸の回転角度とクランプの有無が動剛性に与える影響を調査した。回転角度： 0° 、 90° 、クランプ：有り、無しの場合の合計4通りの条件でコンプライアンスマップを測定した。例として、図3にB軸角度 0° クランプ有りとB軸角度 90° クランプ無しでのコンプライアンスマップの比較を示す。X軸方向付近において、180 Hz付近のコンプライアンスを比較すると、右図のB軸 90° クランプ無しの結果の方が小さいことがわかる。上記のコンプライアンスの減少は、B軸移動体の振動モードの変化に起因している。

以上の結果から、加工機の構造や回転軸の角度とクランプ状態によって動剛性の方向依存性に違いがあることを定量的に示すことができた。また、コンプライアンスマップを活用することで、加工中の振動を予想・低減することができることを示した。

謝辞

本研究は科研費（若手研究(B) 26820021）並びにマザック財団の研究助成を受けました。

関連論文

- Daisuke Kono, Atsushi Matsubara , "Investigation of direction dependency of tool-workpiece compliance of machine tool," Procedia CIRP, 46, (2016), 529-532, The 7th HPC 2016 - CIRP Conference on High Performance Cutting, Chemnitz, Germany, June 2016.
本文：[京都大学学術情報リポジトリ KURENAI](#), [DOI](#)
- Daisuke Kono, Philip Roh, Atsushi Matsubara, "Investigation on position dependency of tool-workpiece compliance," The 38th MATADOR Conference (MATADOR 2015), 3921, Huwei, Taiwan, March 2015.
- 河野 大輔, 守屋優樹：工作機械のコンプライアンスの位置依存性と方向依存性に関する研究 -第三報：5軸制御工作機械のチルトテーブルがコンプライアンスに与える影響-, 2016年度精密工学会秋季大会学術講演会, J08, 茨城, 2016年9月
本文：[DOI](#)
- 河野 大輔：工作機械のコンプライアンスの位置依存性と方向依存性に関する研究 第二報 - 方向依存性の評価のための測定 -, 2015年度精密工学会秋季大会学術講演会, D38, 仙台, 2015年9月
本文：[DOI](#)
- 河野大輔, 松原 厚, : 工作機械のコンプライアンスの位置依存性と方向依存性に関する研究, 2015年度精密工学会春季大会学術講演会, F24, 東京, 2015年3月
本文：[DOI](#)

[河野大輔 研究紹介のページへ戻る](#)