

# 非接触荷重発生装置を用いた工作機械主軸の振動特性の解析

## Analysis of vibration characteristics of machine tool spindle using non-contact loading device

切削加工において自励びり振動を回避する加工条件の設定に安定限界線図が用いられる。安定限界線図を描くには、機械系（工具系や工作物系）の動コンプライアンスが必要であり、インパクトハンマを用いた打撃試験で測定されることが多い。しかし、この試験では測定者の習熟が必要であることや、回転主軸の加振が難しいことが問題となる。特に、主軸回転時の動コンプライアンスの変化は安定限界の変化に影響するので、正確な測定法が求められている。本研究では、著者のグループが開発した主軸半径方向に非接触加振が可能な装置を用いて主軸系の動コンプライアンスを測定し、主軸回転の影響を調査した。実験は、定圧与圧主軸を搭載した3軸立型マシニングセンタ上で行った。図1に、本研究の実験のセットアップを示す。荷重発生装置はマシニングセンタテーブル上に設置し、主軸に装着した疑似工具を荷重発生装置に挿入して加振を行う。荷重発生装置のコイルに電流を流すとコイル-疑似工具間に磁束が生じ、負荷を発生させることができる。負荷は、アンプへの電流指令によって2 kHz程度まで制御できる。アンプへの電流指令は振幅一定の線形スイープ信号とした。疑似工具の半径方向変位を荷重発生装置常備に取り付けた変位計で測定し、荷重発生装置の下に設置した動力計で加振力を測定し、これらの測定値からH1推定を用いて動コンプライアンスを推定した。図2に、Y方向に加振時の1次の主軸固有振動数付近の動コンプライアンスを示す。主軸回転数の増大に伴い、1次の固有振動数は低下し、減衰比も変化することがわかる。このように、非接触荷重発生装置を用いることで、主軸回転数が主軸系動コンプライアンスへ与える影響を把握できるようになった。

Stability limit diagrams are used to set machining conditions to avoid self-excited chatter vibration in cutting. To draw a stability limit diagram, dynamic compliance of the mechanical system is necessary, and it is often measured by an impact test. However, in this test, there is a problem that the operator needs to be proficient and that it is difficult to excite the rotating spindle. In particular, since the change in dynamic compliance during spindle rotation affects the change in stability limit, an accurate measurement method is required. In this study, we measured the dynamic compliance of the spindle system using a device developed by the authors' group that can apply non-contact vibration in the spindle radial direction, and investigated the effect of spindle rotation on it. The experiment was performed on a three-axis vertical machining center equipped with a constant-pressure spindle. From the experiment, it can be seen that the natural frequency decreases and the damping ratio changes as the spindle speed increases. Thus, by using a non-contact loading device, it became possible to understand the effect of the spindle speed on the spindle system dynamic compliance.

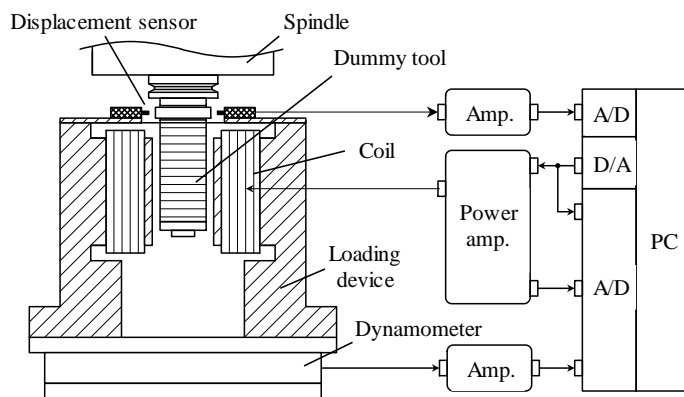


Fig. 1 Experimental setup.

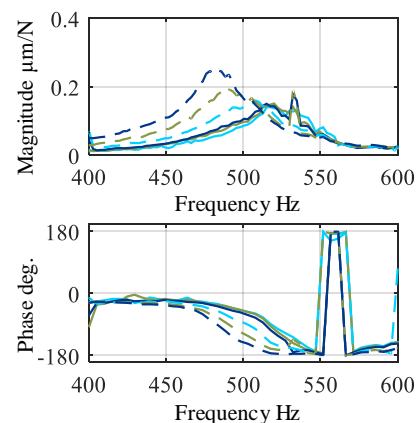
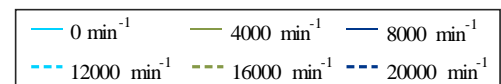


Fig. 2 Dynamic compliance