

整理番号 2020M-106  
 補助事業名 2020年度 公設工業試験研究所等における公設工業試験研究所等が主体的に取組む共同研究補助事業  
 補助事業者名 山形県

## 1 補助事業の概要

### (1) 事業の目的

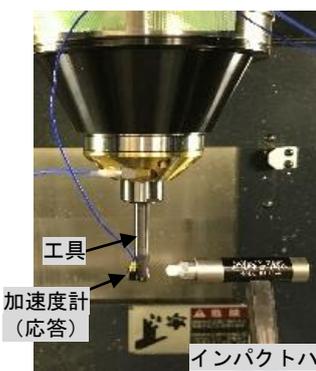
機械加工技術の1つである切削加工は、加工形状の自由度が高い等の特徴を有し、製造業の基盤となる加工技術である。この切削加工におけるびびり振動の問題は、工具や被削材の剛性が不足している場合にしばしば発生し、加工面の表面粗さ増大につながる問題である。本事業では、振動が自己増幅する再生びびり振動の抑制に向け、工具等の動剛性解析や制御理論に基づく安定性の解析を行い、加工条件で再生びびり振動を回避する技術を確立する。

### (2) 実施内容

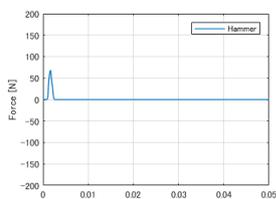
#### ①ハンマリング試験と安定限界線図の作成

まずハンマリング試験で工具を加振し、インパクトハンマの入力と工具の応答から周波数応答を算出した。続いて、周波数応答のピークから振動のパラメータ（ばね定数、減衰係数、モード質量）を計算したのち、再生びびり振動をモデル化した制御システムの安定解析を行い、工具回転数と臨界切込み量を表す安定限界線図を作成した。

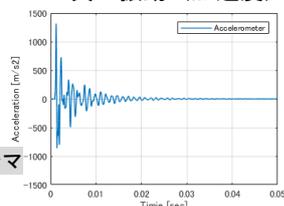
工具：ボールエンドミル R4  
 突き出し量 55mm



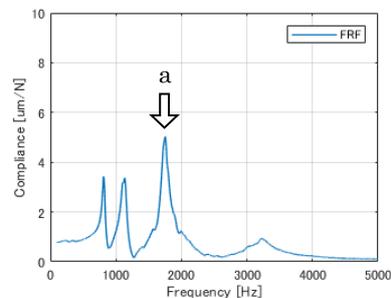
インパクトハンマの加振力



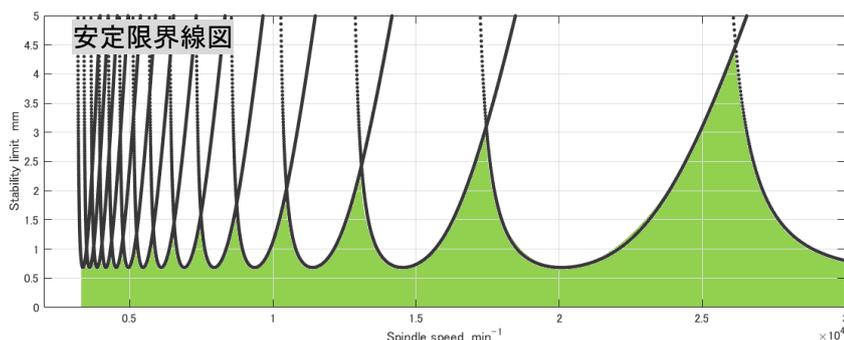
工具の振動 (加速度)



周波数応答 (応答÷入力)



ピーク a: 工具の曲げ1次モードに起因すると考えられるピーク



安定加工条件

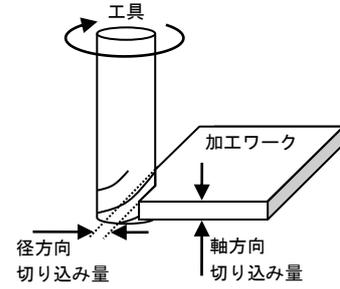
ハンマリング試験結果と安定限界線図

## ②加工実験による検証

安定限界線図から、びびり振動が予想される回転数と（13500、21000 $\text{min}^{-1}$ ）、安定ポケットと呼ばれる安定した加工が予想される回転数（17500、25000 $\text{min}^{-1}$ ）で加工実験を行った。軸方向切込み量はいずれも2mmである。その他の加工条件は表にまとめた。加工面の表面粗さRaを測定した結果を棒グラフで示す。安定ポケットの加工条件17500、25000 $\text{min}^{-1}$ では約0.4 $\mu\text{m}$ であったのに対し、それ以外の条件では0.6 $\mu\text{m}$ 以上と大きな値となった。加工面の写真でも、特に回転数13500 $\text{min}^{-1}$ では加工面に不規則な凹凸が確認され、安定限界線図の有用性が確認された。



牧野フライス製作所 Hyper 5

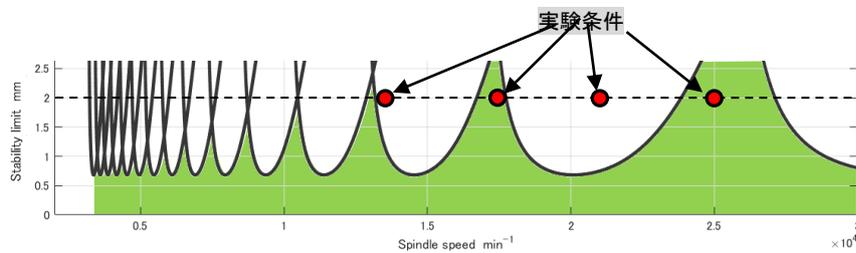


加工概略図

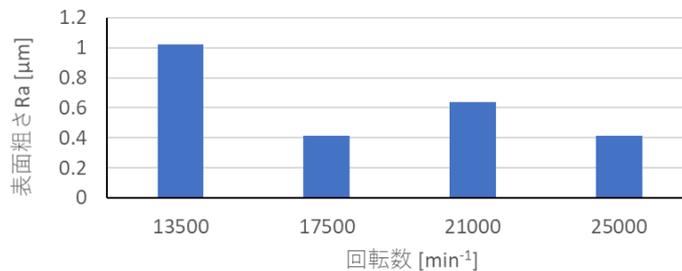
加工実験概略図

加工実験条件

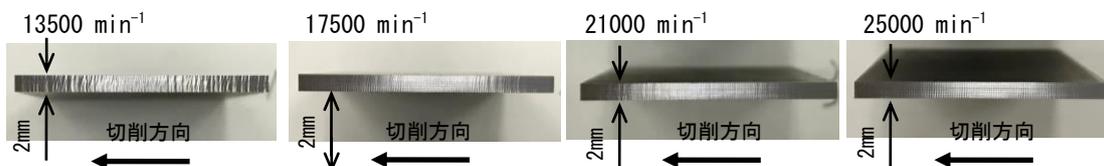
加工機	牧野フライス製作所 Hyper 5
工具	ボールエンドミル 直径8mm、突き出し量55mm
加工ワーク	機械構造用炭素鋼S50C 厚さ2mm
軸方向切り込み量	2mm
径方向切り込み量	0.1mm
切削送り速度	0.1mm/tooth (ダウンカット)
工具回転数	13500、17500、21000、25000 $\text{min}^{-1}$



安定限界線図と加工条件



加工面の表面粗さ Ra



加工面の写真

## 2 予想される事業実施効果

本事業の解析手法で安定限界線図を作成し、適切な工具回転数と切込み量を選定することにより、深穴加工等の突き出しの長い工具での加工における再生びびり振動を抑制し、加工品質向上に貢献することができる。

## 3 補助事業に係る成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

#### 研究事業紹介資料

