

研究結果報告書

1. 研究題目名

スマホを活用した安価な異音検知システムの新規開発

2. 担当者

徳島県立工業技術センター

電子・情報技術担当 牧本 宜大

株式会社ナカテツ

製造技術部 森川 雅弘

徳島大学大学院

社会産業理工学研究部 理工学域 機械科学系 溝渕 啓

3. 研究内容

1) 背景・目的

近年、2025年の崖が話題に取り上げられているとおり、デジタルトランスフォーメーション（以下、DX）の必要性を理解しているものの、「システム投資の費用対効果が不明瞭」かつ「システムに精通した人材育成に時間が必要」であることからDXに踏み切れていない企業が多い。一方、大量生産を基本とする製造現場では、少子高齢化により働き手が減少しつつも生産性を維持・向上するため、DXが必要不可欠である。このため、「多くの企業に適用可能」かつ「DXを推進するための低価格なシステム」が求められている。

本研究では、機械金属関連産業から切削加工業をとりあげ、切削加工中に発生する代表的な異常であるびびり振動を自動で検知し、その時の加工品画像を作業責任者等に送付する仕組み作りを行うこととした。具体的には、「簡単に入手可能」かつ「信号処理が容易」な音信号に着目し、レベル変化よりびびり振動を検知したうえで、その時の加工品画像を撮影し、画像ファイルを自動送付するシステムの開発を目的とする。

2) システム設計・開発・動作検証

集音・音信号のフーリエ変換後のデータ表示および csv 出力・信号解析・カメラ機能・メール通知を同時に処理する Android OS 用アプリケーションを開発した。（図1）画面の上段はカメラ映像であり、中段に音信号をフーリエ変換した結果をグラフ表示し、メール送信が完了した場合は下段にメッセージ（「送信が完了しました」）を表示する仕様としている。本研究では、スマートフォン（以下、スマホ）は ASUS 製 Zenfone8 を選定し、異音検知システムとして活用した。



(a) システム動作状態

(b) メール送信完了状態

図1 異音検知システムの動作状況

3) びびり振動の検知手法検討

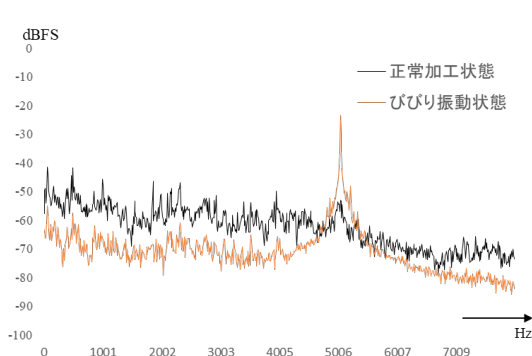
正常な切削加工音との比較により、びびり振動の検知可否を検証した。使用環境として4パターン(表1)を想定し、他の工作機械音は同型の汎用旋盤が複数台稼働している状態として検証を行った。

表1 検証モデルパターン

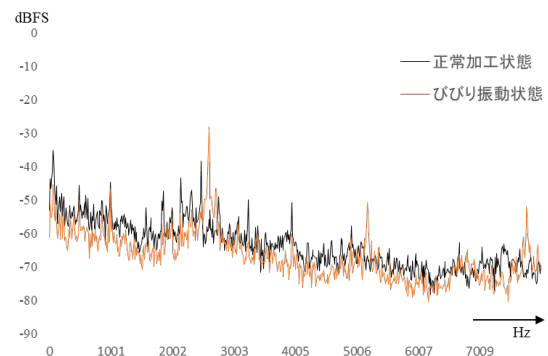
	ノイズ音	
	他の工作機械音	環境騒音
ケース1	無	
ケース2	有	無
ケース3	無	有
ケース4	有	

①ケース1：ノイズ音が無い状態

「チップ摩耗状態」及び「バイト突出長を長くした状態」で切削加工実験を行い、意図的にびびり振動を発生させた。0~8kHzの音信号において、正常加工時よりもレベルが高くなることを確認した。(図2)この結果、事前に正常音を把握しておくことにより、スマホでびびり振動検知が可能であることを明らかにした。



(a) 摩耗チップでのびびり振動



(b) 長いバイト突出長でのびびり振動

図2 正常加工とびびり振動との音信号レベル比較

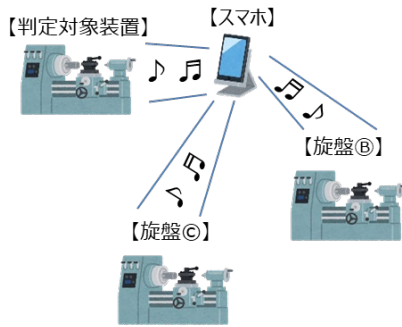


図3 旋盤の稼働音検証実験イメージ

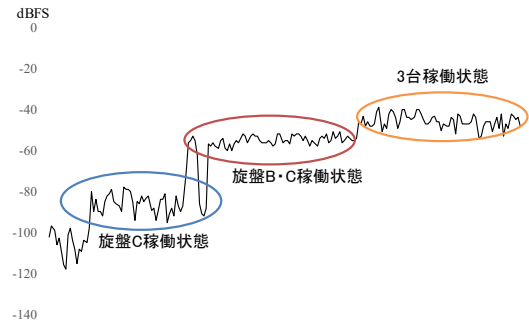


図4 990Hzの音信号変化

②ケース2：他の工作機械が稼働中であり、環境騒音が無い状態

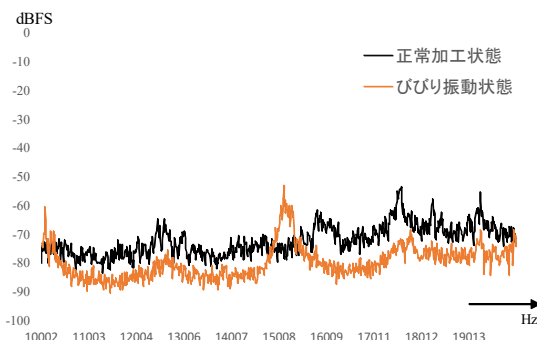
複数の汎用旋盤が設置されている環境では、異常判定精度を高めるためには対象装置の稼働状況を把握する必要がある。そこで、音信号から稼働状況の推測可否を検証した。

当センターの汎用旋盤が稼働時に発する990Hzの音信号のモニタリングを行った結果、旋盤の稼働台数と音信号レベルには相関関係があることを確認した。(図3、図4) この結果、稼働音から装置稼働状況を推測し、0~8kHzの音信号からびびり振動を検知することにより、どの装置がびびり振動状態に至っているかを推測できる可能性があることを明らかにした。

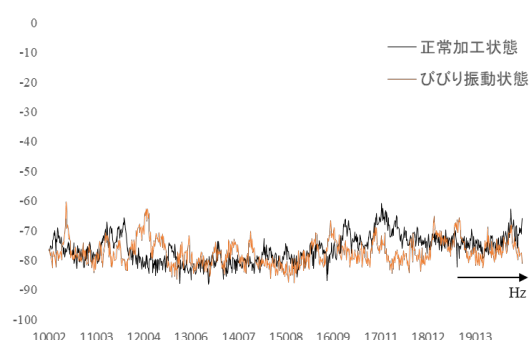
③ケース3：環境騒音が発生し、他の工作機械が無い状態

人声や風・雨音、工場内放送等の環境騒音の周波数は10kHz未満になることが多いため、ケース1、2で示した手法では誤検知率が高くなる。そこで、環境騒音の影響が少ない10kHz~20kHzの音信号(以下、高音域)を使用し、びびり振動の検知可否を検証した。

「チップ摩耗状態」及び「バイト突出長を長くした状態」で切削加工を行い、びびり振動を発生させた。高音域においても、正常加工時よりもレベルが高くなることを確認した。(図5) この結果より、高音域でもびびり振動検知がスマホで可能であることを明らかにした。¹⁾



(a) 摩耗チップでのびびり振動



(b) 長いバイト突出長でのびびり振動

図5 正常加工とびびり振動との音信号レベル比較

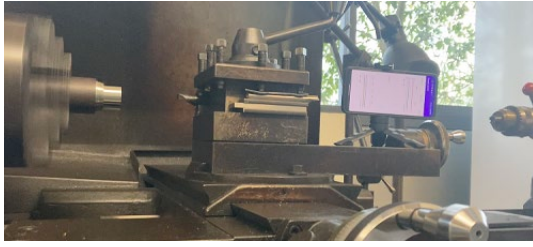


図 6 初期位置

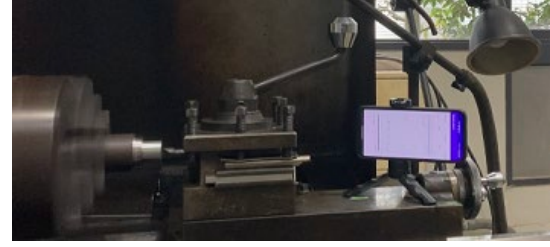


図 7 切削開始位置

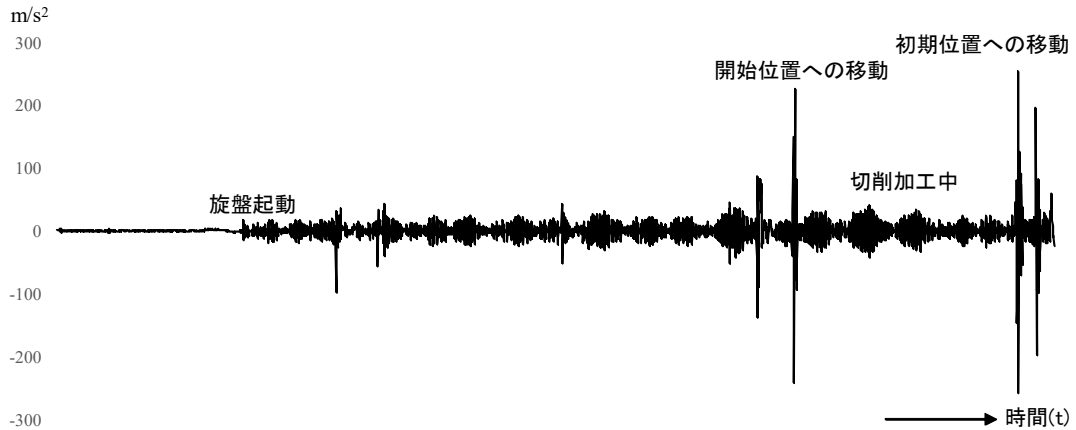


図 8 加速度センサー（Y 軸）の時系列変化

④ ケース 4：環境騒音が発生し、他の工作機械が稼働している状態

10kHz 未満の環境騒音が多く発生している環境下では、ケース 2 のように工作機械の稼働音を正確にモニタリングすることが困難である。そこで、スマホ内蔵の加速度センサー（以下、加速度センサー）を活用し、対象装置の稼働状況の推測可否を検証した。

本ケースでは、自動化された単能機等を想定し、刃物台が初期位置から切削開始位置まで素早く移動し、切削加工完了後、初期位置まで素早く戻すものとする。（図 6，図 7）本実験では、手動で刃物台を素早く移動させて自動化を模倣した動作を行った。その結果、刃物送り台に設置したスマホの加速度センサーにおいて、刃物台が移動したことを検知できた。（図 8）このことから、切削開始位置に移動したことを加速度センサーで検知し、切削加工時間内に高音域でレベルの高い信号を検知した場合、対象装置でびびり振動が発生したと判断できる可能性があることを明らかにした。なお、加速度センサーの出力データは安定性に欠けるため、規格化したデータで解析を行っている。

4. まとめ

集音・音信号のフーリエ変換後のデータ表示および csv 出力・信号解析・カメラ機能・メール通知を同時に処理する Android OS 用アプリケーションを開発し、旋削時の異音検知可否を検証した。その結果、ケース 4 以外の使用環境下において、異常状態検知が可能であり、異音検知システムとして活用できることを明らかにした。

今後、様々な企業に本システムを提案し、DX や業務効率化を推進していきたい。ま

た、ケース4においても対応すべく、本システムに加速度センサーや時間情報も取り入れ、さらなる利便性向上を図りたい。

5. 対外発表

- 1) 牧本宜大, 平井嵩馬, 溝渕啓, 小川仁: 「工作機械使用環境下での高音域による異常検知手法の提案」2023年電子情報通信学会総合大会, A-5-5, 2023年3月, 芝浦工業大学.

以 上