

切削加工環境における加工音の記録と復元に関する研究

北海道大学工学部 ○矢部 展土、近藤 司、金子 俊一、五十嵐 悟

要旨

安定した機械加工を行うためには、加工状態の把握は必要不可欠である。加工時に作業者は加工音から加工状態について多くの情報を得て総合的に判断している。本研究では加工音情報を用いた加工状態の推定、表現について、動力計を用いて切削抵抗の増加に対する加工音の変化を調べた。また、傾斜角に対する復元音の定式化を行い、作業者の聴覚に対して切削音環境を表現する実験を行ったので報告する。

1. はじめに

近年の計算機やその周辺機器の進歩はめざましいものがあり、それらを有機的に結合することにより「人工現実感」「仮想現実感」など計算機空間と実空間における作業を相互的に操作できるシステムを構築することが可能になってきた。切削加工にそれらを応用する場合に対象となる要素に、図1に上げるような情報のうち、加工場面、切削抵抗、加工音、熱、切り屑の排出などが考えられる。本研究では、熟練技能者らが作業中、加工状態の認識に対して感覚的に用いている加工音に着目し、その記録と復元方法の検討を行う。本報では、切削条件と切削抵抗、加工音の関係について実験の考察と加工音の復元方法について述べる。

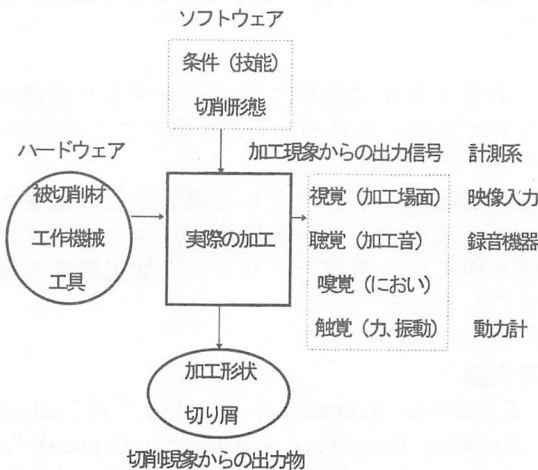


図1 加工時における入出力

2. 加工音と切削抵抗の関係

加工音と加工状態の関係を調べるため、切削抵抗と切削音をA/D変換してコンピュータに入力した。加工条件は、縦フライス盤、20φの1枚刃ボールエンドミル、主軸回転数1750rpm、切り込み0.3mm、ダウンカット、送り速度100、

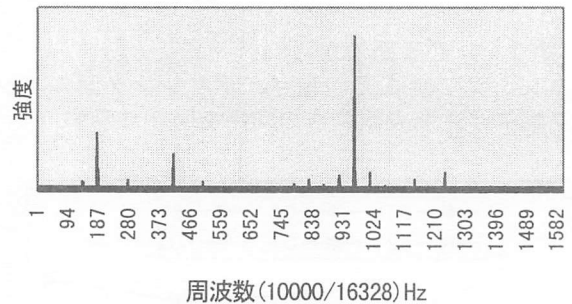


図2 パワースペクトル (送り 100mm/min)

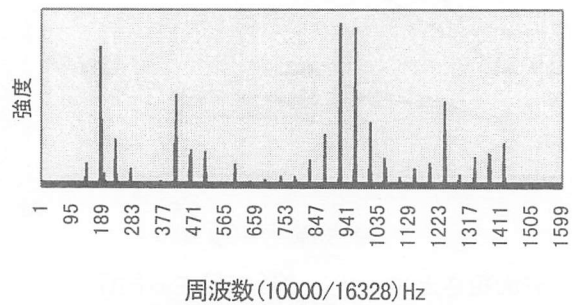


図3 パワースペクトル (送り 400mm/min)

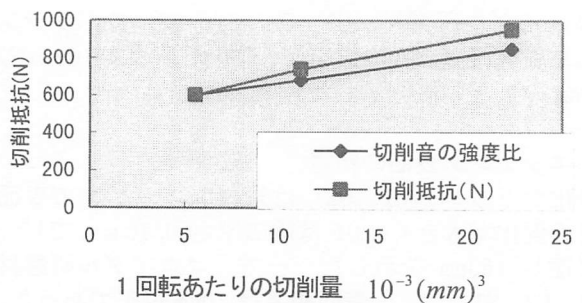


図4 切削抵抗と切削音の強度比

(左から 100, 200, 400mm/min)

200, 400mm/min で実験を行った。切削音をFFT処理してパワースペクトルを出力した(図2、図3)。送り速度が増加するに従ってピークとして表れる周波数成分の数が増加し、強度も増加している。送り速度の変化は主軸1回転あたりの加

工量の変化として表れる。切削音の2乗平均の値と切削抵抗の関係を図4に示す。加工量が増加するに従って切削抵抗が増加し、切削音の2乗平均の値も同様な傾向で増加していることがわかる。また、切削音のパワースペクトルが、1秒あたり主軸回転数の整数倍の周波数で表されるスペクトルの集合からなっていることが確認された。

3. 加工音の復元(切削音環境の生成)

作業者の聴覚に対して切削音環境を表現する実験を行った。実験条件は、縦フライス盤、20φの1枚刃ボールエンドミル、主軸回転数1750rpm、切り込み0.3mm、ダウンカット、送り速度100mmで、傾斜角を変化させて行った。

3.1 実切削音とその特徴

傾斜角75度のとき図6に示す波形が得られた。立ち上がり急激で時間とともに減衰し、主軸の回転周期に合わせた繰り返し構造になっている。切削条件の違いは加工点における刃先速度の違いとして表れる。傾斜角 θ に対して刃先速度は $\sin^2 \theta$ に比例する。

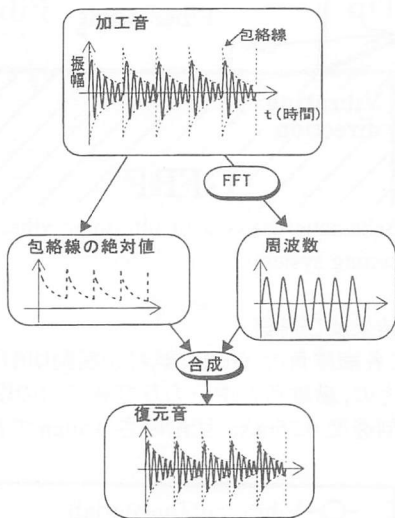


図5 加工音の復元方法

3.2 加工音の復元

実切削音の特徴を元に加工条件の入力に対応する復元音の波形を生成する。包絡線を時間経過とともに急激に減衰し主軸回転周期毎に繰り返す関数とする。振幅の絶対値を作業者が与える傾斜角 θ に対する刃先速度 $\sin^2 \theta$ に比例すると仮定する。この包絡線にFFTで得られた主軸回転数のN倍の周波数の \sin 波を掛け合わせることによって復元音の波形を生成する(図5)。

$$A = a \frac{\sin^2 \theta}{t} \sin\left(\frac{2\pi N \left(\frac{S}{60}\right) i}{10000}\right)$$

(θ : 傾斜角 t : 時間 S : 主軸回転数

N : 整数 a : 定数) この波形をD/A出力することで作業者の聴覚に復元音が認識される。

3.3 実験結果

復元した波形を図7、図9に示す。傾斜角75度の波形では、聴感上実切削音との音質の差はさほど感じられない。しかし傾斜角15度では復元音と実切削音(図8)の音質の差が顕著になってくる。その理由として傾斜角の小さな加工においては工具が被切削物を長時間こするような加工状態になるが、この状態を表現できていないためと思われる。

4. おわりに

本報により以下を報告した。

- ・切削抵抗が増加するに従って切削音も同様な傾向で増大することを確認した。
- ・傾斜角に対応する復元音のモデル化を行い、その有効性を確認した。

参考文献

城戸他、日本音響学会編：基礎音響工学、コロナ社

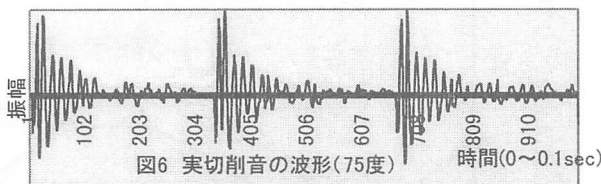


図6 実切削音の波形(75度)

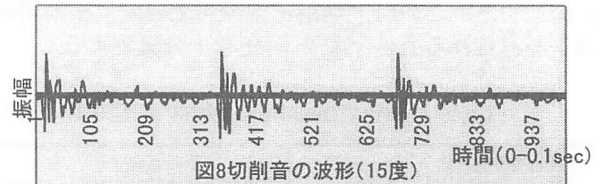


図8 切削音の波形(15度)

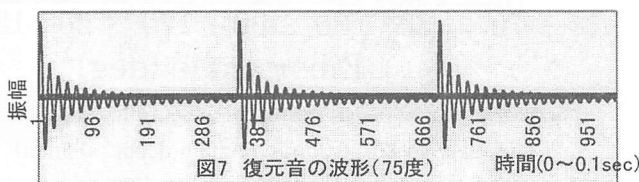


図7 復元音の波形(75度)

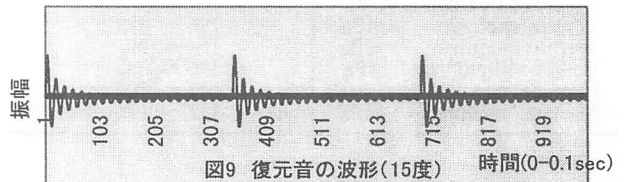


図9 復元音の波形(15度)