

センシングによる加工状態監視機能付CAMシステム

北海道大学大学院工学研究科 ○ 鶴谷 知洋 近藤 司 金子 俊一 五十嵐 悟

要旨

従来のCAMシステムは工具経路生成機能のみで、その後の加工状態について考慮されていない。そこで本研究では工具経路生成後の加工状態についてセンシングを行い、実時間で工具送り速度の修正を可能とする新しいCAMシステムを提案する。

1. はじめに

従来のCAMシステムは形状データと工具データから工具中心の軌跡である工具経路を生成することが主な機能である[1]。そのデータを基にしてNC工作機械が加工を行うが、実際の現場では、工作機械の能力を最大限に利用するため、現場作業者がカンと経験により加工条件の制御をしていることが多い。このような、加工法を自動的に行うことができれば、高能率加工が実現できる。そのためには、作業者が行うものと同様な加工環境の監視機能とその情報に基づいた加工状態の認識推定方法の考案が必要である。そこで本研究では、センシング機能との併用により実際の切削状態を実時間で加工計画に反映させる加工状態適応型CAMシステムを提案する。

2. 本研究の基本的考え

本研究は、加工能率を大きく左右する工程のひとつである2次元加工における荒加工を想定している。従来のCAMシステムに比較した本研究で提案するCAMシステム(以下、本システムという)を図1に示す。提案するシステムは従来の工具経路生成にとどまらず、送り速度制御が可能な実加工工程まで踏み込んだ所に特徴がある。本システムは、工具経路・送り速度情報生成部、センシング機能付き加工部、加工状態判定送り速度修正部から構成されている。工具経路は、要求形状に対する工具の一定オフセット面から求め、送り速度情報は、素材形状、工具形状と工具経路から切削負荷を考慮して計算される[2]。工作機械により切削が行われると、条件に応じて切削音、切削熱、切りくずなどの生産環境情報が出力される。これらは直接、切削状態を反映した情報であり、解析できれば加工状態の認識が可能と考えられる。特に切削音は現場作業者がもっとも重要視している情報であり、それを基にして加工状態の認識をし、加工条件の修正を行っている。本システムでは、それを参考として工作機械に加工音をセンシングできる機能を付け、加工中の音を採集し直接パソコンへ入力し解析できる機能を持たせた。加工音と加工条件との関係は既知でないため、本研究では実際に加工を行って発生する加工音と切削条件(切削負荷)との関連を調べ、データベースを作成した。すべての加工条件に対する実験は困難であるため、代表的な条件に対して行い、その中間条件に対する加工音は近傍から補間できると仮定している。これにより、切削条件と切削音とが関連づけられ、工具経路生成時の加工音推定が可能となる。実際の加工では、測定された加工音と推定された加工音の比較から加工状態(切削状態)の推定を行い、それに応じて適切な工具送り速度となるようにフィードバックをかけながら加工を行うものである。加工状態推定と送り速度制御を全て実時間で行うことにより、最初の加工計画では考慮しきれない(又は予測困難な)切削中の異常現象(工具摩耗、びびり等)に対し、実際の作業者が行うものと同様な加工条件の変更が可能となる。これに

より、人による加工状態の監視や制御が不要になり、高能率加工システムの実現が期待できる。

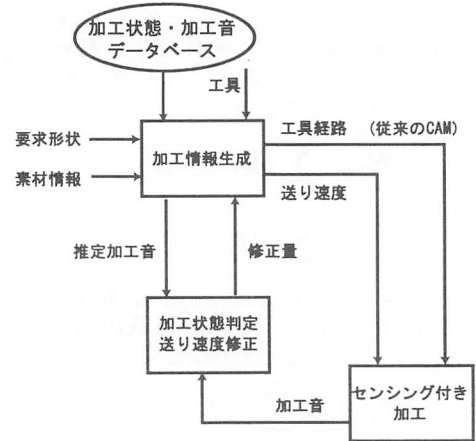


図1: 本研究提案のCAM概要

3. センシングに関する実験と考察

切削負荷状態の監視におけるセンシングは「加工音」「主軸電流値」「動力値」等が考えられるが、前節で述べたように現時点では加工音情報に着目している。しかし、切削負荷状態に関する加工音と加工条件との関係は既知でない。そこで加工音情報に含まれる切削負荷情報検出の有効性を確認する実験を行った。実験は表1の条件で行い、加工音をマイクからPCに搭載したA/Dボードに入力し、音の波形を得た。回転工具切削では回転に対して周期的な加工音が発生すると考えられるため、サンプリング点数は一回転に相当する6000点(0.15秒)とした。サンプリング周波数は解析領域が人間の可聴領域に相当するよう40kHzで行った。実験により得た加工波形を図2に示した。図2-(a)は正常加工、図2-(b)はややびびり加工、図2-(c)はびびり加工時のものである。周波数解析(FFT)も行ったが[3]、本研究が目指す実時間システムという点を考慮するとFFTは非現実的である。したがって、この実験で得られた波形を直接比較してみる。正常加工から異常加工(びびり加工)に近づくにしたがって振幅が大きくなっていることがわかる。3種類の加工状態(切削負荷)には明らかな波形の違いが存在する。すなわち加工音の振幅情報に注目することによってその加工状態を推定することができると言える。一般に、工具に対する切削負荷が増加するほど、工具振動は大きくなるためそれに依存する加工音の振幅も大きくなると予想できる。しかし、それらの関係(度合い)を解析的に求めることは困難であるため工具半径方向切り込み量、送り速度および振幅の関係について実験を行った。今回は、最大振幅で振幅を代表した。実験条件は前述と同じである。この結果を図3に示す。この実験ではおおよそ振幅2000を超えた切削条件ではびびり状態が認め

られた。予想通り、切り込み量と送り速度が大きくなればなるほど振幅も大きくなる傾向があるが、同じ切削体積における異なる切削条件ではかならずしも同様な振幅とはならず、切削体積と振幅とは必ずしも強い相関は見られなかった。したがって、切削条件と加工音の振幅との関連を表すデータベースは、図3に示すようにZmap構造となった。このグラフから切り込み量と振幅、送り速度と振幅は単調増加の関係となっていることがわかり、切削条件が与えられれば、その近傍の情報とその補間演算によりその条件の加工音の振幅が推定可能であると言える。

表 1: 加工条件

工作機械	立フライス盤 (KSNCC-70)
工具	2枚刃フラットエンドミル $\phi 12$
被削材	真鍮
加工内容	アップカット
Z軸方向切り込み	10[mm]
半径方向切り込み	1~8[mm]
送り速度	60~140[mm/min]
主軸回転数	400[rpm]

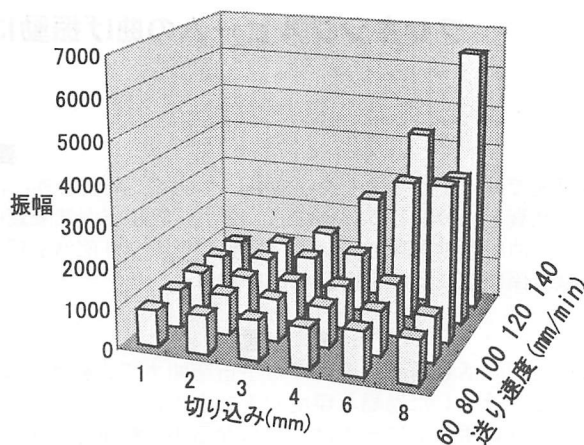
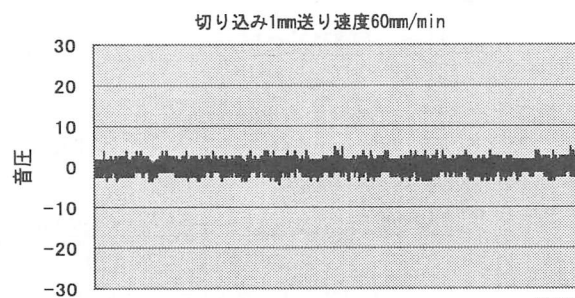


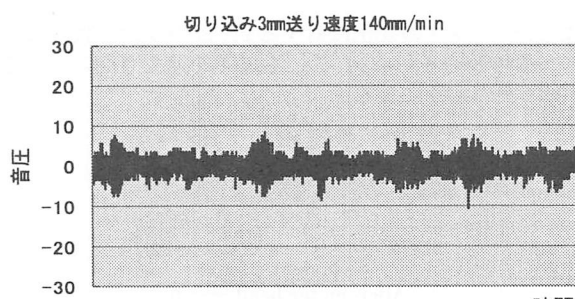
図 3: 加工条件と振幅の関係

4. 検証実験

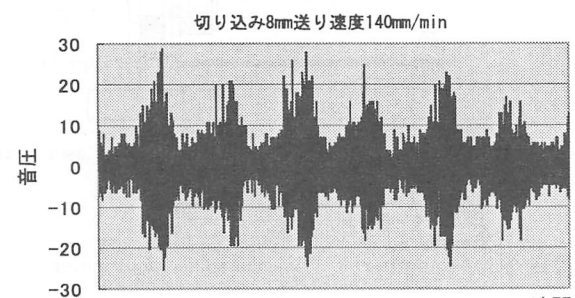
本研究で着目した加工音と加工状態推定に関する妥当性を検証する実験を行った。加工条件切り込み量は2mmと5.5mm、送り速度は80mm/minと120mm/minで行った。図3のグラフと重ね合わせたものを図4に示す。その結果は、傾向としてよく一致していると言える。



(a) 正常加工



(b) ややびびり



(c) びびり

図 2: 加工音波形

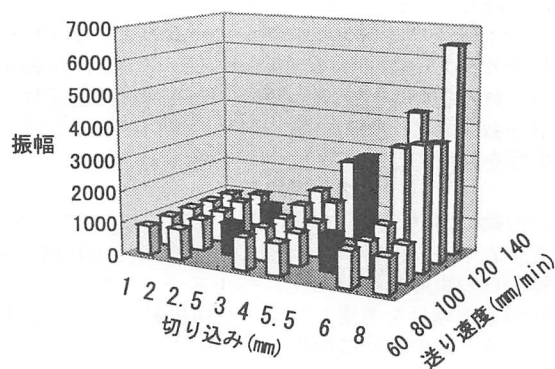


図 4: 検証実験結果

5. 結論

今回は以下の項目に関して報告をした。

- センシングを基にした加工状態監視機能付きCAMシステムの提案をした
- センシング対象としての加工音に着目し、加工音と加工条件の関係を実験により求め、その傾向を示した。
- 加工音と加工条件の関係をデータベース化し、その有効性を検証実験により確認した。

今後の予定として、本システムによる実加工実験を行う。また、音情報以外のセンシングにも取り組んでいく。

参考文献

- [1] 朝比奈奎一: 事例に学ぶ CAD/CAM 実践活用法、海文堂 (1993)
- [2] 矢部展土、他: 切削シミュレーションに基づく工具送り速度制御に関する研究、精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集 (1999)
- [3] 鶴谷知洋: 加工音情報に基づく切削状態の推定に関する研究、北海道大学学士卒業論文 (2000)