

CAEによるエンドミルの熱状態解析に関する研究*

佐藤 征丞*¹・竹山 隆仁*²・外山 真也*²

Study on Thermal Condition for Cutting Tool with CAE

Masatsugu SATO , Takahito TAKEYAMA and Masaya TOYAMA

エンドミルによる切削加工における刃先摩耗に影響を及ぼす加工時の温度予測を、CAE解析を利用した手法について検討した。

キーワード：CAE，剛塑性有限要素解析，切削，設計支援

1 はじめに

CAEはコンピューターによるシミュレーションを意味するもので、CAEを活用することにより、これまで実測では困難であった複雑な形状に関する強度や温度等の物理量の変化予測が可能となり、近年様々な産業分野、製造工程において幅広く活用されている。一方、技術の空洞化が危惧される今日、国内の加工業者が生き残るには、高精度加工による高付加価値製品を提供することで差別化を図っていくことが必要である。しかし、県内企業においては、CAEの活用が十分に浸透していない状況にある。加工現場に目を向けると、加工条件の選定はトライエンドエラーにより行われており、時間的、経済的に大幅なコストを要しているのが現状である。このような状況では、新しい被削材に対して即座に対応できず、短納期への要求が増す近年では厳しい状況にあると言える。

本研究では、工具寿命に影響を及ぼす熱の問題に着目し、CAE技術を用いることで工具温度の予測を行い、高精度加工に最適な条件導出までのステップ短縮実現を目指す。これにより、県内企業の技術力向上、生産工程の効率化に貢献する。

2 実験方法

2-1 解析に使用したCAEソフトウェア

切削のCAE解析は、被削材の塑性変形を含む現象であることから、剛塑性有限要素シミュレーションソフトであるDeformを使用し、塑性変形解析と熱伝導解析との連成解析を行うことで被削材と工具の温度を求めた。

2-2 エンドミルモデルの作成

エンドミル形状は、主に曲面により構成されており、図面等から3次元モデルを作成することは難しい。

本研究においては、CNC三次元測定機を使用して得られた断面の形状データから、SolidWorksにより3次元モデリングを行った。図1に得られたモデル形状を示す。

2-3 2次元切削時の熱伝導解析

エンドミルを用いた切削は、一定間隔で切削と

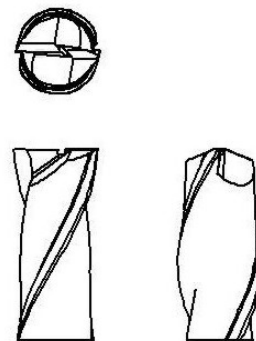


図1 エンドミル3次元CADモデル

* CAEによるエンドミルの熱状態に関する研究
(第1報)

*1 機械電子部 (現 宮崎県機械技術センター)

*2 機械電子部

エアーカットを繰り返す複雑な現象である。そこで、目標は、エンドミルによる切削時の温度状態の予測であるが、段階的に解析手法を検討することとし、まずは、比較的単純な2次元切削時の熱現象を対象とすることとした。

図2に2次元切削を想定した解析モデルを示す。本研究で用いたソフトウェアが立体形状のみを対象とするため、厚さ1mm、切込量0.6mmの2.5次元の形状とした。また、Deformを用いた切削時の熱伝導解析結果の検証として、文献¹⁾のデータとの比較を行った。

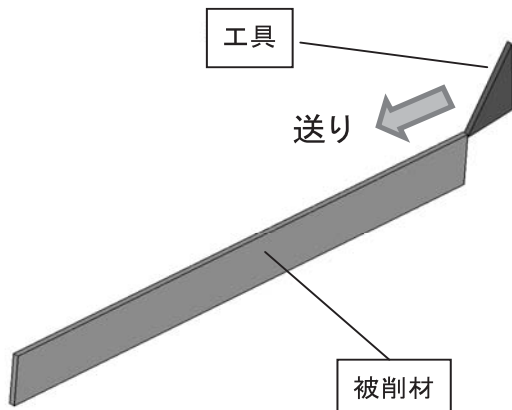


図2 2次元切削解析モデル

2-4 3次元切削時の熱伝導解析

図3に3次元切削用解析モデルを示す。解析では、エンドミルを回転させ、被削材を移動させる

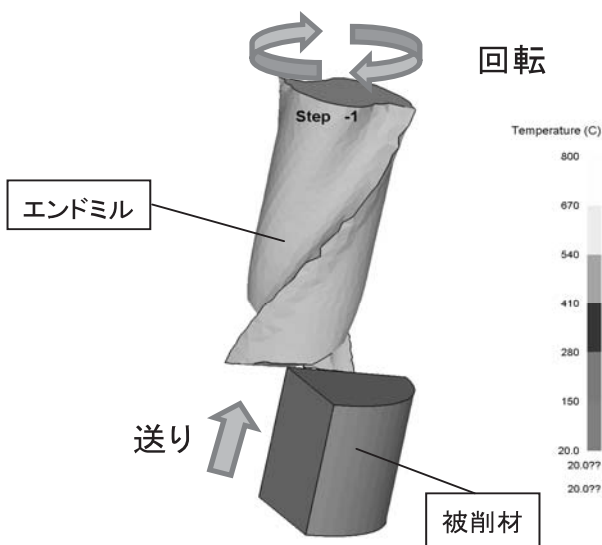


図3 3次元切削解析モデル

ことで3次元的な切削状態の解析を行った。そのときの切削条件は、回転数 398rpm, 切削速度 25m/min, 送り速度 5 mm/sec とした。また、切削工具の材質は一般的な工具鋼, 被削材の材質は S15C, SKD 材とした。CAE 解析は2次元切削時と同様に Deform で塑性解析と熱伝導解析の連成解析を行った。

3 結果および考察

3-1 2次元切削

図4に切削時の工具周辺のシミュレーションにより求められた温度分布状態を示す。温度の高い部分が、工具先端部から少し離れたすくい面上の切りくずの部分に分布しており、一般的に知られている切削時の温度分布状態と良く近似していることがわかる。

また、図5に被削材とエンドミルの最高温度の時間経過による推移を示す。被削材の温度は 250 ~ 300°C程度に達しており、一方、エンドミルの温度は 50°C前後に達していることがわかる。

ただ、一般的な切削時の温度状態と比較すると低い値となっていることが懸念される。そこで、文献に掲載されている結果と比較することで解析方法の妥当性に関して検証した。

3-2 文献のデータとの比較

参考にした文献データは、神戸製鋼技報の「アルミ合金の高速エンドミル加工技術」¹⁾で、ここでは、切削加工用シミュレーションソフト「AdvantEdge」を用いてアルミの切削シミュレーションを行っている。図6は切削速度と温度の関係について、文献の結果と Deform によって求ま

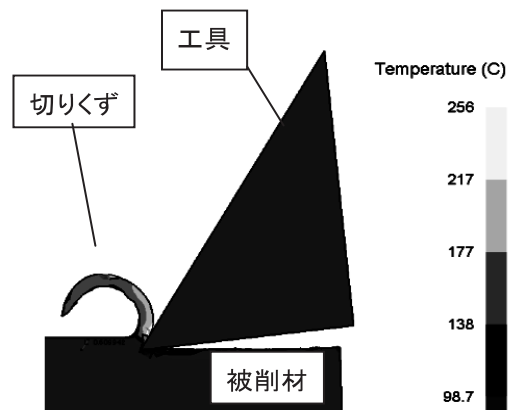
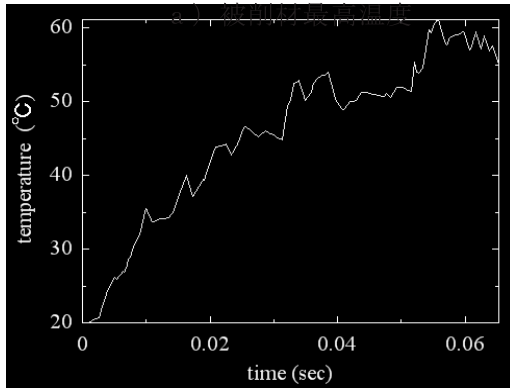
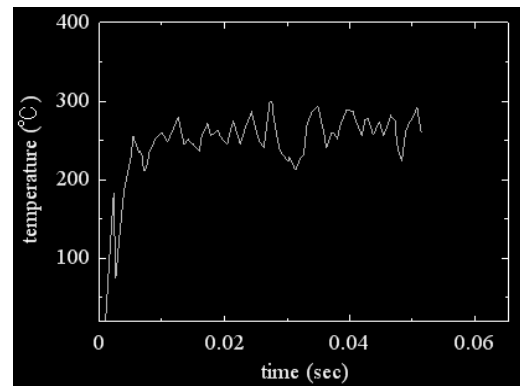


図4 2次元切削時の温度分布



a) 工具の最高温度



b) 被削材の最高温度

図5 最高温度の推移

った解析結果をそれぞれ示したものである。両グラフとも、切削速度が上がるにつれて温度が上昇しており、切削速度の影響については両結果とも同様に確認できた。しかし、数値的には、Deformでの解析結果の方が、低い値となっている。

解析結果に影響を与える要因としては、メッシュ分割状態や境界条件等の妥当性が考えられるが、それらに加え、切削における発熱源である、せん断面におけるせん断変形に起因する発熱、すべり面、逃げ面における摩擦に起因する発熱がDeform内でどのように処理されているかという点も重要な要素である。ただし、CAE解析ソフトウェア内部での計算に関しては、一般的にブラックボックス化しているのが現状であり、それらを推測する方法の一つとして、実験結果等との比較が考えられる。そのためには、今後の実験の進展に併せて、引き続き検討していく必要があると考える。

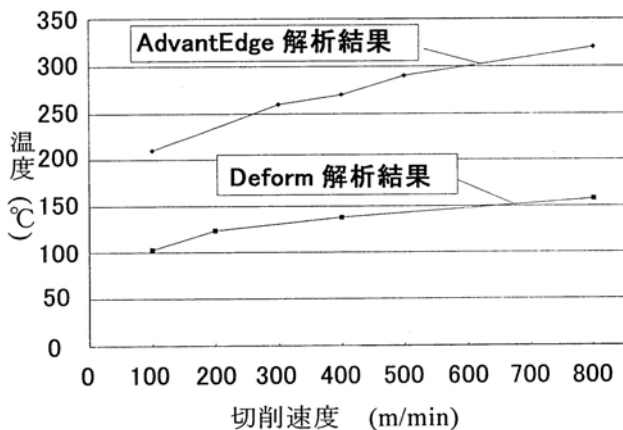


図6 切削速度と工具の最高温度

3-3 3次元切削解析結果

3次元モデルでのDeformによる解析結果を図7に示す。この結果より、エンドミルの温度上昇部分が、先端部分において局部的に発生することが予測される。そのため、熱電対で計測する場合には、工具先端にできるだけ近い場所に測定子を配置する必要があると考えられる。ただし、計算精度の向上については完全に把握できていない部分が多く、実験結果等との比較により、継続して取り組む必要があると考える。

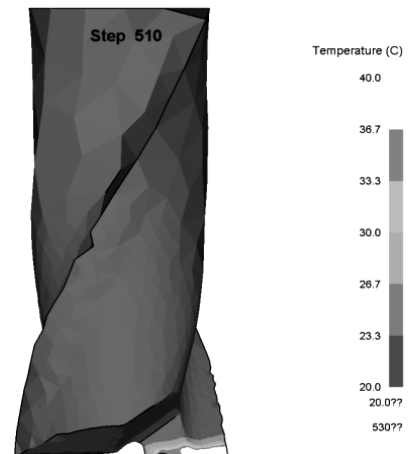


図7 エンドミルの温度分布

4 まとめ

- 1) 剛塑性有限要素シミュレーションソフトDeformを用いて、2次元と3次元における切削の塑性変形解析と熱伝導解析の連成解析を行った。
- 2) 2次元切削時のシミュレーションでは、切りく

ずの温度分布に関して良好な結果が得られたが、最高温度に関しては、文献との比較において低い値が求まる結果となった。

3) 3次元切削時のシミュレーションでは、エンドミル先端部に局所的に温度が高くなる部分が発

生することがわかった。

5 参考文献

- 1) 赤澤浩一, 尾崎勝彦: 神戸製鋼技, 56-1, 49-53(2006)