

工具研削プロセスのための計算アルゴリズムの数値的検討

東海大学 ○西崎 裕亮, ◎関根 務

牧野フライス精機(株) 安西 貞司, 落合 量介, 吉田 貴史, 日高 陽一郎

本研究では, 工具研削プロセスにおける砥石と工具(被削材)との交差領域において最終的に工具の切れ刃先端を創り出す研削領域について, 3次元幾何学的に検討すると共に, その領域を特定するための計算アルゴリズムを開発した。また, その計算アルゴリズムから得られる計算結果と3次元CAD上に作成したモデルから取得できる数値結果を比較し, 計算アルゴリズムの精度について確認した。

1. 緒言

工具研削プロセスは, 切削工具を作るうえで欠かせない技術であり, 現在のハイテク産業を支える超精密切削でさえも, 切れ刃の良し悪しによって切削状態が大きく左右されてしまう。しかし, 工具研削プロセスに関しては, 研削砥石と被削材の相性以外は不明な点が多い。しかしながら, 工具研削プロセスのメカニズムを詳細に把握することで, 研削技術の深化が進み, 革新的な切削工具の開発を後押しする可能性は高い[1]。また, 研削プロセスでは切れ刃を創成する際に直接的に作用している砥石の研削領域が十分に明らかになってはいない[2]。

そこで本研究では, 被削材となる丸棒を工具研削盤(NC工作機械)に取り付け, 縁形F砥石(研削面が丸みを帯びている円盤状の砥石)を任意の経路に沿って移動させながら切れ刃形状を創成していくプロセスについて検討を進めている。本報では, 工具研削プロセスにおける縁形F砥石と工具(被削材)の切れ刃先端の研削領域を導出するための計算アルゴリズムを開発し, その計算アルゴリズムで求められた結果と, 3次元CAD上に作成したモデルから取得できる数値を比較した。

2. 計算条件

図1に本研究で対象とした工具研削プロセスの概念図を示す。図中の青色のモデルが縁形F砥石であり, 緑色のモデルが工具である。また, 工具は長手方向がY軸と一致するように配置されている。ここで, 砥石の主要な寸法は, 直径が150mm, 厚さが20mm, 外周面の半径が10mmである。一方で, 工具の主要な寸法は, 直径が30mm, 長さが200mmである。図2に砥石との交差部分を取り除いた工具を示す。図中の赤点は砥石の中心を表し, この中心を基準として, Z軸回りの負の回転が振り角 θ となる。また, Z軸に沿った負の方向への移動が切込み深さとなる。本報では, 切込み深さは10mmで一定とした。このときの砥石との交差部分を取り除いた工具の該当部分の拡大図を図3に示す。以下, このような形状を交差形状と呼ぶ。工具切れ刃を創成する際には, ねじれ角 ϕ を有するつまき線に沿うように砥石の軌跡を与える必要がある。そのような砥石の軌跡によって得られる形状を図4に示す。以下, このような形状を回転掃引形状と呼ぶ。なお, 回転掃引形状はSolid Worksのスイープ機能

を用いて作成した[3]。

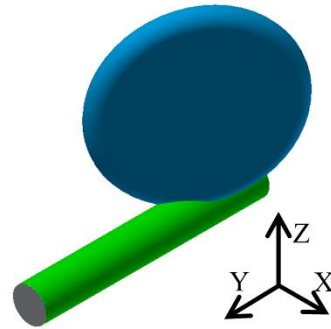


図1 縁形F砥石と工具(被削材)の3次元モデル

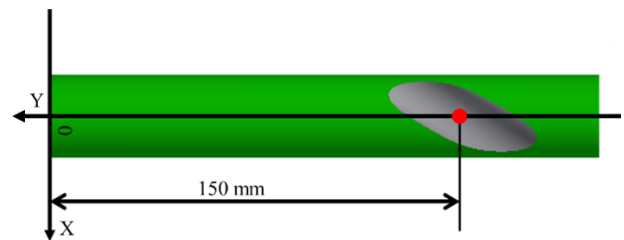


図2 砥石と工具の位置関係

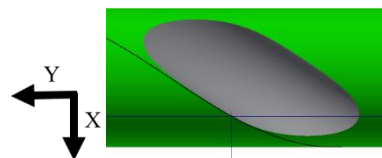


図3 交差形状の一例

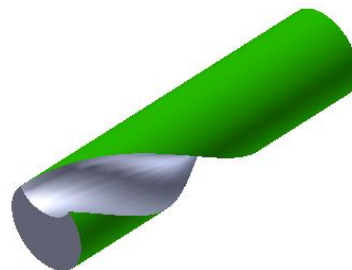


図4 回転掃引形状の一例

3. 計算アルゴリズム

上述した回転掃引形状は、交差形状が与えられたつまき線に沿うような軌跡を移動することで創成される。そのため、交差形状の縁線と回転掃引形状の稜線は幾何学的に接するはずである。開発した計算アルゴリズムでは、基本的にその考え方を基にして、研削領域を導出している。二つの形状の接する部分の判定としては、図5のように、与えられたつまき線の接ベクトル（図中の赤い矢印）と工具底面の面法線ベクトル（図中の黒い矢印）を考え、その二つのベクトルのなす角 γ に注目する。ここで、回転掃引形状を創成する際に与えられるつまき線上の接ベクトルは、どのような位置でも、工具底面の面法線ベクトルとのなす角 γ がねじれ角 ϕ に一致する。一方で、図6のように、交差形状の縁線上の接ベクトルは、工具底面の面法線ベクトルとのなす角 γ がねじれ角 ϕ に特定の点以外では一致しない。この特性を利用して、特定の点となる研削領域を導出している。

4. 計算アルゴリズムと3次元CADの結果の比較

3次元CAD上に工具研削プロセスのモデルを作成し、そこから取得できる数値と、計算アルゴリズムによる結果を比較した。それらの結果を表1から3に示す。なお、便宜的にY軸に関する値のみで比較している。

表1は振り角 30° 、ねじれ角 30° の条件における各結果の比較である。表より、誤差は 0.000111 nm であり、誤差は僅少であることがわかる。また、表2は振り角 40° 、ねじれ角 30° における各結果の比較である。この条件でも、誤差は 0.000431 nm となり、非常に僅かであることがわかる。さらに、表3は振り角 40° 、ねじれ角 40° における各結果の比較であり、この条件においても、誤差は 0.001740 nm と僅かであることが確認できる。したがって、計算アルゴリズムで求めた値は、概ね正確であると考えられる。一方で、3次元CADから取得できる値には、複雑な交差計算から生じる誤差も含まれていることから、数値解であることも考慮しておく必要がある。

5. まとめ

本研究では縁形F砥石を用いた工具研削プロセスにおいて、最終的に切れ刃形状を創成する研削領域を求めるために、3次元幾何学的な検討を行い、新しい計算アルゴリズムを開発した。また、その計算アルゴリズムと3次元CAD上に作成したモデルから取得できる値を比較して、計算アルゴリズムの妥当性を確認した。その結果、計算アルゴリズムによって導出された値は概ね正確なものであると考えられる。

参考文献

- [1]海野邦昭，絵とき工具研削基礎のきそ，(2010)，日刊工業新聞社。
 [2]山崎凌，関根務，“工具研削における研削点導出モデルの構築”，第23回「精密工学会 学生会員卒業研究発表講演会論文集」，L22，pp. 79-80，(2016)。

[3] 栗山晃治，新聞寛之，図解 SolidWorks 実習 (第2版)，(2012)，森北出版。

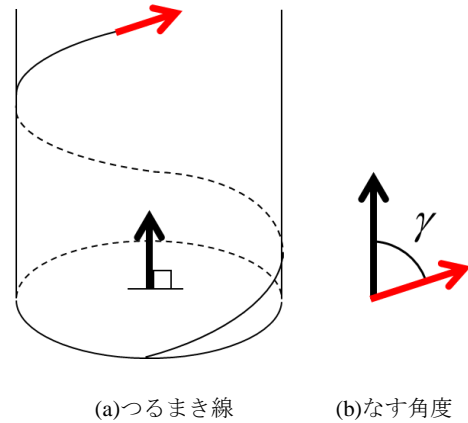


図5 接ベクトル(赤)と面法線ベクトル(黒)

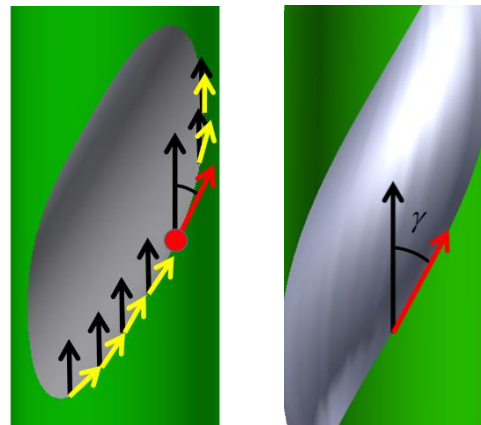


図6 交差形状の縁線上の接ベクトル(左)と回転掃引形状の縁上のなす角 γ (右)

表1 振り角 30° 、ねじれ角 30° のY座標値誤差

角度($^\circ$)	$\theta = 30, \phi = 30$
計算アルゴリズム(mm)	145.165869822889
3次元CAD(mm)	145.165869823000
誤差(mm)	0.00000000111

表2 振り角 40° 、ねじれ角 30° のY座標値誤差

角度($^\circ$)	$\theta = 40, \phi = 30$
計算アルゴリズム(mm)	150.343190656969
3次元CAD(mm)	150.343190661000
誤差(mm)	0.000000004031

表3 振り角 40° 、ねじれ角 40° のY座標値誤差

角度($^\circ$)	$\theta = 40, \phi = 40$
計算アルゴリズム(mm)	143.701766792260
3次元CAD(mm)	143.701766794000
誤差(mm)	0.00000001740