

# ボールエンドミルの曲面加工性能の研究

北大工 近藤司、小谷康二郎、香山仁、金子俊一、五十嵐悟、  
日大工 白井健二

## 要旨

曲面仕上げ加工においては工具摩耗の進行は加工面粗さや加工精度に影響を与える。多軸制御曲面加工の工具姿勢決定問題における姿勢評価値として工具摩耗を考慮した。本報告では切れ刃位置単位の工具摩耗履歴の管理と工具摩耗の推定に関して述べており、シミュレーションと実験を行いその妥当性を示した。

## 1. はじめに

金型曲面加工用工具にはボールエンドミルが用いられる。ボールエンドミルは点接触工具であり、加工能率はいいとは言えない。また一般に工具寿命管理は加工時間（距離）で行われており、したがって工具接触位置が加工面の傾きにより決まる。3軸制御加工の場合、工具寿命は加工形状によって決まるといってよい。しかし、5軸制御加工の場合、加工面に対して工具姿勢を変化させることができるため、工具の加工履歴を管理することにより工具使用の長時間化、および高能率加工が実現できる。著者らは従来多軸制御曲面加工における工具姿勢評価に関する研究 [1] を行ってきた。本報では工具姿勢の決定要素として工具摩耗を考え、その摩耗予測と工具摩耗履歴の管理を行うためのボールエンドミル工具の曲面加工性能に関する実験を行ったので報告する。

## 2. 本研究の位置づけ

工具摩耗が加工点と工具刃先の接触時間に比例すると考えると、3軸制御加工に比べ、多軸制御加工は工具姿勢制御により工具摩耗の進行を制御することができるため加工面粗さや加工時間の観点から高能率な加工が実現できる（図1）。その工具姿勢決定には工具摩耗の把握が必要であり、そのための加工履歴の管理が重要となる。図2に、著者らの行う関連研究の中での本研究の位置づけを示す。工具姿勢決定要因の面粗さと加工能率は工具摩耗により変化する。従来、固定の値を用いていたが、工具摩耗に依存した値を用いる必要がある。しかし、加工時間と工具摩耗量、加工面粗さの関係は一般には明らかになっておらず、また、それらを理論的に求めることは困難である。したがって、本研究ではそれらの関係を予測と実験からその可能性をさぐる。

## 3. 工具摩耗管理の考え方

図3に示す単純な加工モデルを考えて工具摩耗を予測する。工具の送り量を一定とし工具刃先にかかる力を切削断

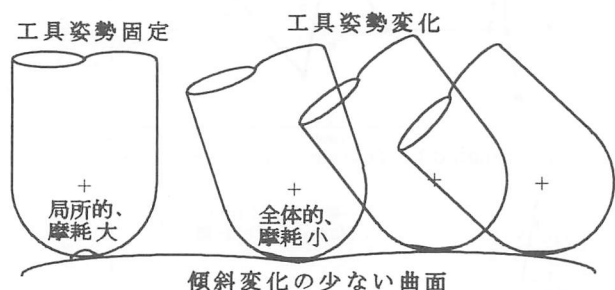


図1 工具姿勢変化による工具摩耗の違い

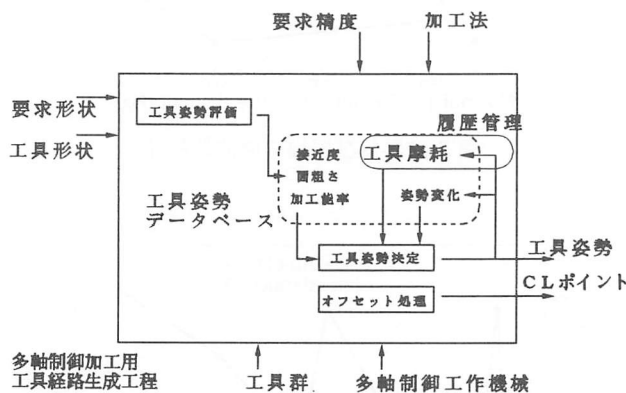


図2 本研究の位置づけ

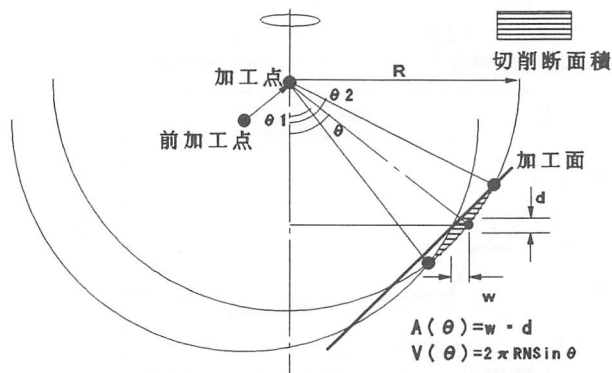


図3 工具刃先の切削断面形状

面積と切削速度を用いて考える。断面積は幾何学的な関係で斜線の領域で示され、その切削速度は工具軸に対する切

削点の位置  $\theta$  で異なる。切れ刃位置  $\theta$  の摩耗量 (逃げ面摩耗幅)  $W$  を以下のように定義する。

$$W(\theta) = \alpha \Sigma A(\theta) \cdot V(\theta) \quad (1)$$

ここで、 $A$ 、 $V$  は角度  $\theta$  の位置での工具軸に垂直方向の微小断面積と切削速度、また  $\alpha$  は実験からも求めるものとする。加工履歴は工具姿勢に対応して切れ刃角度を離散的にとり、その角度  $\theta$  における  $W(\theta)$  を工具送り方向に積分し記憶することにより工具摩耗履歴を管理できる。図4にシミュレーションにより予測した30度斜面切削の場合の逃げ面摩耗例を示した。

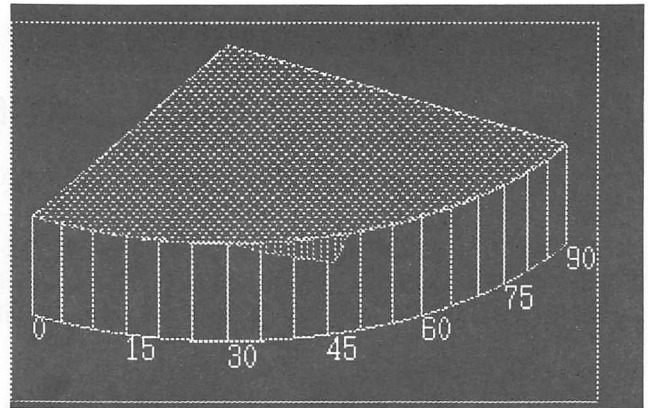


図4 工具刃先摩耗シミュレーション

#### 4. 実験・結果

実験は、3軸 NC 工作機械を用いた斜面の仕上げ加工により行った。実験条件を以下に示す。

工作機械：KSNCC70 (マキノフライス社製)

工具：BEM2200S (φ 20、住友電気工業製)

加工材：S55C

傾斜角：0, 15, 30, 45 度

切削速度：73m/min (最外周)

切り込み：0.5mm

送り量：0.5mm

送り速度：200mm/min

加工方式：等高線登り勾配、乾式切削

図5、図6に切削面積に対する逃げ面摩耗幅と仕上げ面粗さの関係をそれぞれの傾斜角に対して示した。加工距離の増加に対して工具摩耗が進行しているのが分かる。また、傾斜角が大きいほどその進みが早く、速度効果の影響と思われる。仕上げ面粗さでも加工距離に対して大きくなる傾向にあり、また傾斜角によりその値は異なっている。また、図7には切削終了後の逃げ面摩耗写真を示した。これより切削断面形状と摩耗形状には類似性が認められ、その予測の可能性を示している。

#### 5. 終わりに

本報告では、多軸制御曲面加工のための工具姿勢決定要因として工具摩耗を考え、曲面加工実験により工具摩耗と仕上げ面粗さの関係を実験により検証した。その結果を以下に述べる。

- 1) 工具摩耗を切削断面積と切削速度から予測し、その履歴を切れ刃角度単位で記憶する工具摩耗管理を述べた。
- 2) 切削実験により切削面積に対する工具摩耗量を切れ刃角度単位に明らかにした。
- 3) 切削断面形状と工具逃げ面摩耗形状を考察しその類似性からその予測の可能性を示した。

#### 参考文献

- [1] 川田他：工具姿勢評価に基づく多軸制御加工法に関する研究、1997年度精密工学会北海道支部講演論文集

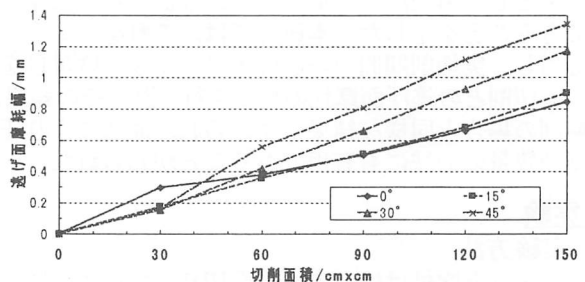


図5 加工面積と刃先摩耗の関係

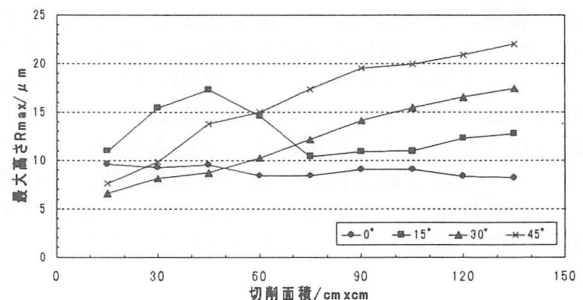


図6 加工面積と加工面粗さの関係

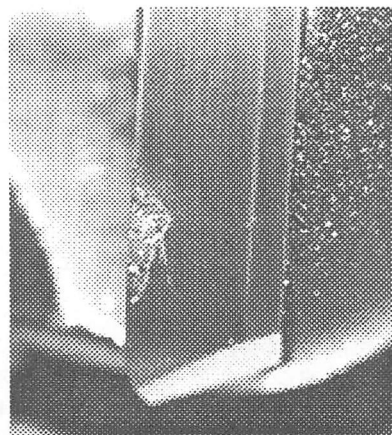


図7 逃げ面摩耗 (30度)