

ボールエンドミルの摩耗推定に関する研究

北海道大学大学院工学研究科 ○香山仁, 近藤司, 金子俊一, 五十嵐悟

要旨

工具摩耗は加工形状精度や加工面粗さに影響を与える。そのため工具摩耗を推定することは高精度な加工を行う上で重要である。本研究では曲面加工で通常使われるボールエンドミルについて摩耗モデルを考え、切れ刃角度単位での摩耗量の推定と摩耗による加工誤差の推定を行った。

1. 緒論

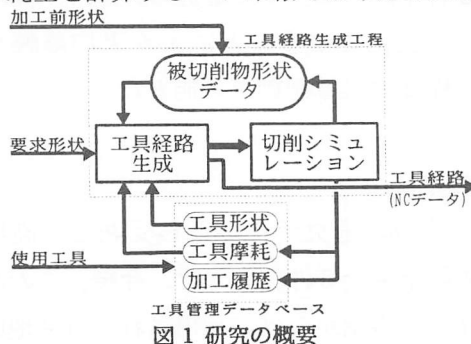
金型の曲面加工には通常ボールエンドミルが用いられる。ボールエンドミルは被切削物と接触する刃先位置が一定ではないため、刃先の摩耗の分布は加工形状や加工経路によって大きく異なってくる。従来の工具管理はその加工時間(距離)により行われているため、どのように摩耗が分布しているかは考慮されていない。しかし、例えば局所的な摩耗と全体的な摩耗では同じ加工時間(距離)でもその性質は全く異なるため、その扱いは異なったものであるべきである。そこで本研究ではボールエンドミルの摩耗を刃先の角度単位で求め、それをういた工具管理を考える。ここから工具摩耗による加工誤差を考慮した工具経路生成や、5軸制御加工において工具摩耗を考慮に入れた工具姿勢決定などによる加工精度の向上・工具寿命の延長といったことが期待できる。

2. 研究の概要

図1に本研究の概要を示す。生成中の工具経路を基に切削シミュレーションを行い工具摩耗を計算しその結果を工具管理データベースに蓄えていく。さらに工具経路を生成する段階で逐次この工具摩耗を考慮していくことにより工具摩耗による加工誤差の補正を行う。まず研究の第一段階として与えられた加工形状と加工経路から工具摩耗と加工誤差を推定する手法を考える。本報では自由曲面における工具摩耗シミュレーションの内容とその工具摩耗及び加工誤差についての検証実験結果について報告する。

3. 曲面加工における工具摩耗の計算

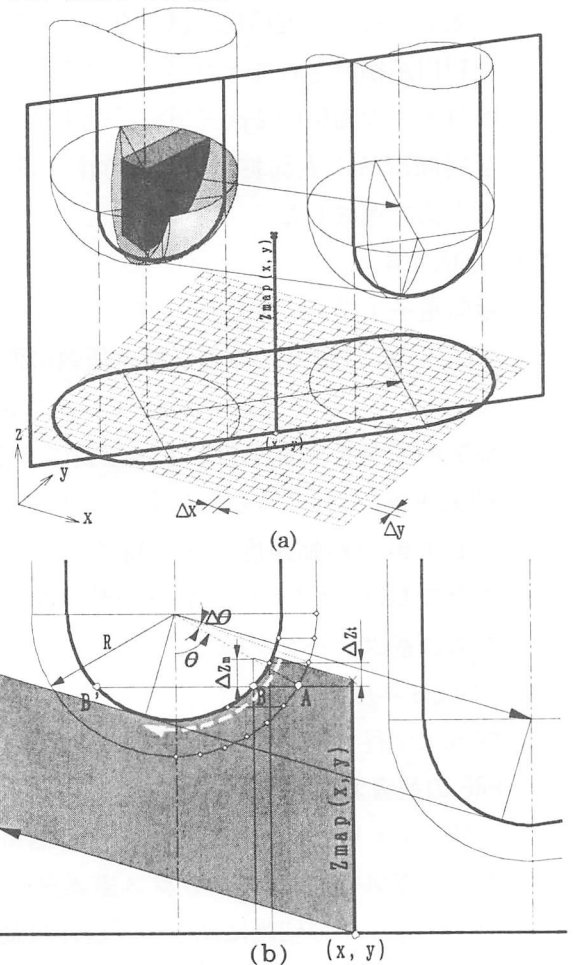
本研究では刃先上の各点が切削する面積からその点での摩耗量を計算する^[1]。本報では与えられた被削材



形状と工具経路から切削面積を計算する方法について述べる。被削材の形状は Z_{map} を用いて表現し、工具経路は細かな直線群として扱う。工具が経路上のある点から次の点まで直線移動したときの切削モデルを図2に示す。被削材を Z_{map} の格子を底辺とする無数の四角柱の集まりであると見なし、この四角柱と工具の干渉を考えることにより切削面積を計算する。 Z_{map} データ上のある点で代表される四角柱が工具刃先上の角度 θ の点 A と干渉するのは図の B の位置である。ここで微小な厚さ

$$\Delta z_i = R \cdot (\cos\theta - \cos(\theta + \Delta\theta)) \quad (1)$$

の工具が切削する体積は



$$\Delta V = \Delta z_m \cdot \Delta x \cdot \Delta y \quad (2)$$

である。このとき Zmap の値から Δz_m を減算し $\Delta V / \Delta z_i$ を点 A での切削面積 S に加算する。

以上の作業を工具の移動範囲に含まれる全ての Zmap 上の点において刃先の各角度で行うことにより工具がこの経路を移動したときの切削面積と切削後の被削材形状が求まる。このとき切削面積は

$$S(\theta) = \sum_x \sum_y \Delta V(x, y, \theta) / \Delta z_i(\theta) \quad (3)$$

で表される。この S を用いて点 A での摩耗量の増分を計算する。以上の方法で行ったシミュレーションの結果を図 3 に示す。

4. 実験条件

実験条件は下記の通りである。

工作機械：KSNCC-70(牧野フライス製作所製)

使用工具：BEM200S($\phi 20$ 、住友電気工業製)

被削材：S55C 回転速度：1160rpm

仕上代り：0.5mm 送り速度：200mm/min

等高線登り、乾式切削

加工後の被削材と工具摩耗の状態を図 4 に示す。また工具摩耗及び加工形状の実験とシミュレーションとの比較を図 5、図 6 に示す。図 6 の縦軸は要求形状との差である。加工形状の測定は半径 5mm のプローブを用いた接触式 3 次元座標測定機によって行った。このため、被削材形状の比較はオフセット面を用いて行った。

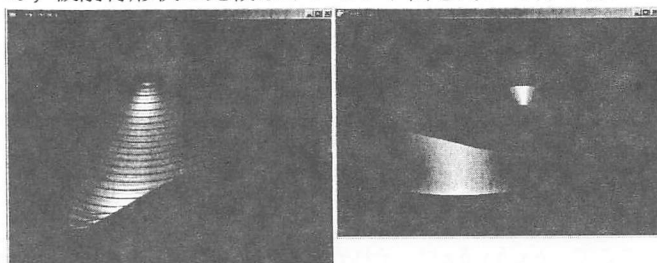


図 3 シミュレーション結果 (左)工具経路(右)工具摩耗

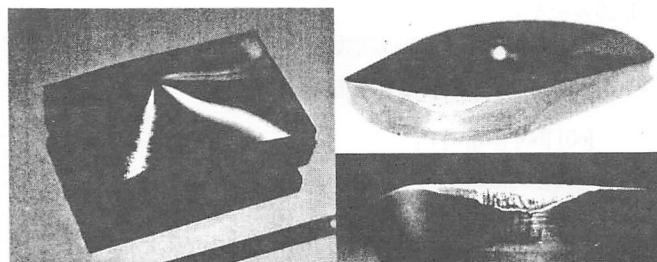


図 4 仕上加工後の被削材形状(左)と工具摩耗(右)

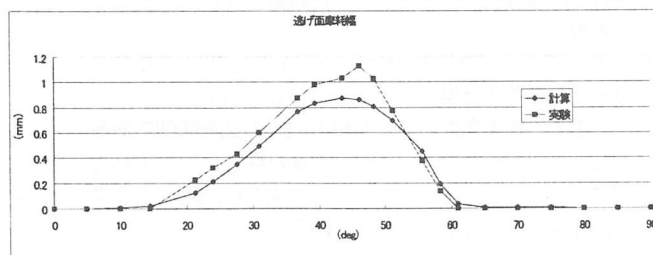


図 5 逃げ面摩耗幅の比較

5. 結論

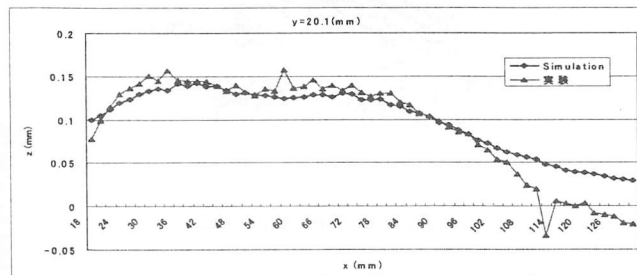
シミュレーションの結果と比較すると実験結果では摩耗が若干大きくでているが、傾向はよく一致しているといえる。切削面積から摩耗値を計算するときの比例定数¹⁾は平面加工実験から得られた値を用いている。曲面加工においては全体的に若干大きな値となる傾向にあると推測される。加工形状については図 7(c)に見られるように工具の 0° 近傍で切削された頂点付近では誤差が大きくなっている。これは今回使用した工具の形状誤差が 0° 近傍で大きいためだと推測される。

参考文献

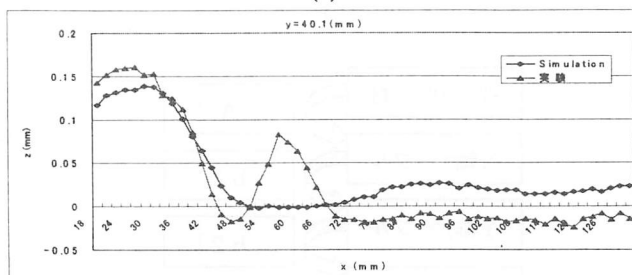
[1] 香山他：ボールエンドミルの摩耗推定に関する研究，精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集，pp.28-29，1999.



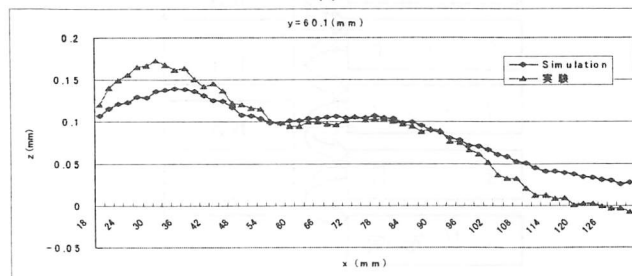
(a)



(b)



(c)



(d)

図 6 被削材形状の比較