

表面テクスチャ加工における工具半径の選定法

Selection Method of Tool Radius in Surface Texture Processing

○ 富永 良和*, 小林 義和**, 白井 健二**

○Yoshikazu Tominaga*, Yoshikazu Kobayashi**, Kenji Shirai**

*日本大学大学院, **日本大学

*Graduate School, Nihon University, **Nihon University

キーワード: 表面テクスチャ (surface texture), 曲率半径 (curvature radius),
ボールエンドミル (ball end mill)

連絡先: 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地

日本大学大学院 工学研究科 情報工学専攻 生産システム工学研究室 富永良和,

TEL: (024) 956-8824, Fax: (024) 956-8863, E-mail: y_tominaga@ushiwaka.ce.nihon-u.ac.jp

1. 緒言

近年の自動車, 家電品等の製品には, 触覚・視覚品位や性能の向上のために, 表面テクスチャの加工が施されているものが多い. この表面テクスチャをボールエンドミルにより機械加工する場合, 凹部を工具干渉無く設計通りに加工することは困難である. それは, 凹部が狭く, そこに入る工具径を持つ工具が無いことや, 工具があったとしても非常に小径の工具となり, 長時間加工するには適していないためである. そこで, 本研究では最適なボールエンドミル径の選定を目的としている.

テクスチャ表面の凹凸の特徴を調べることで, 水路線周辺が凹部となり, 表面曲率半径も小さくなることがわかった. そこで, テクスチャ表面の曲率半径をもとに工具を見積もり, 加工可能, 不可能領域に分け, 段階的に工具径を変え, 加工を行う方法を提案する. なおこの方法は頂点を中心とした凸形状をスパイラルの工具経路で加工する時に用いるものとする.

2. 広領域表面テクスチャの作成

表面テクスチャの作成手順は図 1 の (a) ~ (e) に示すとおりであり, その内容を以下に述

べる。

- (a) ある程度パターンが識別できる程度の狭領域を持つ表面テクスチャを設計する。
- (b) 作成された狭領域の表面テクスチャ内に存在する類似形状を抽出する¹⁾。
- (c) そして、この分割された類似凸形状ごとに CL データを作成する。
- (d) この CL データを移動または回転させることにより組み合わせ、広領域平面データを作成する。
- (e) 広領域平面データを必要に応じて幾何形状へマッピングする。
- (f) 上記で作成した広領域 CL データをもとに機械加工し、テクスチャを作成する。

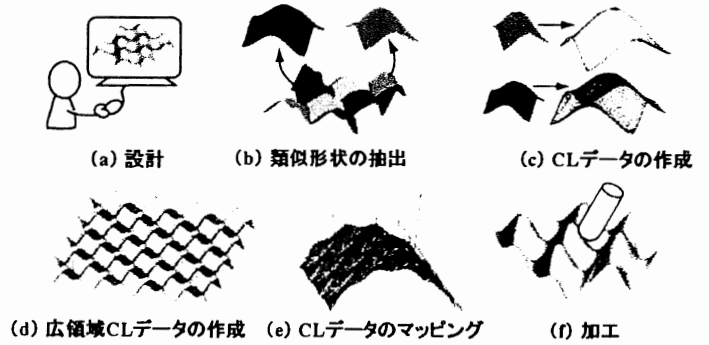


図1 表面テクスチャの作成手順

3. CL データの作成

作成した表面テクスチャから抽出した類似形状毎に、CL データを作成する。工具経路はスパイラルとし、図2に示すように、スパイラルの間隔を D_s 、データの間隔を d_s として、頂点を中心とした Archimedes' Spiral を X-Y 平面に作成する。そのデータ点を凸部に転写することにより切削点を求める。また、スパイラル部分が水路線または解析領域外周部によって切断された場合、解析領域から出る点 EP_0 と入る点 EP_i を計算し、その $EP_0 \sim EP_i$ 間の切削点は水路線または解析領域外周のエッジ部データ点を取るものとした。

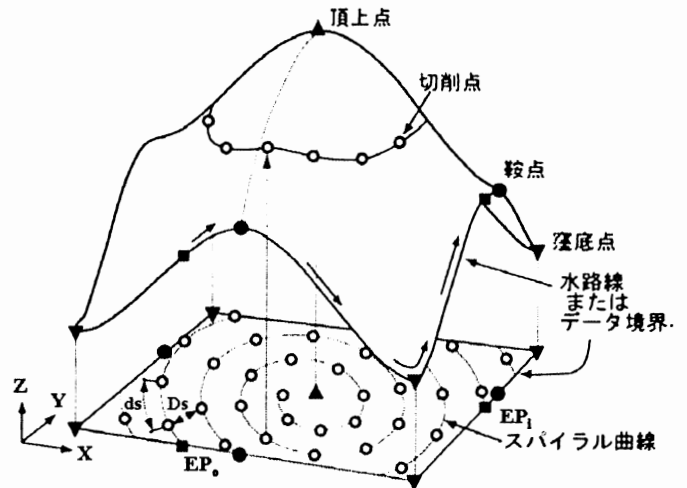


図2 CL データの作成

4. 使用工具径の選択

工具半径は、曲面形状の表面の曲率をもとに算出する²⁾。工具半径を決定するための表面の曲率を、STL データを構成する節点ごとに次の式(1)を用いて算出する。また、図3にその算出法を示す。

$$T(V) = \frac{1}{|A|} \sum_{\text{edges}} \beta(e) \|e \cap A\| \frac{ee^T}{\|e\|^2} \quad (1)$$

まず、曲率を求めたい頂点を V とし、それを

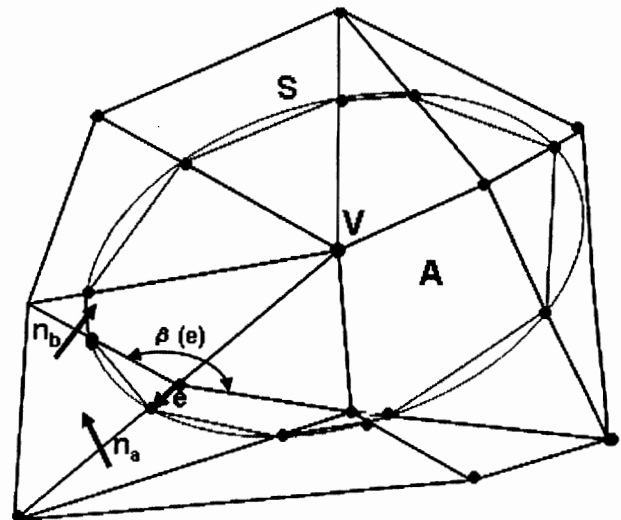


図3 算出法

中心に仮想球 S を作成し、その内側が V に影響を与える範囲とする。 $|A|$ はその表面積を表す。 e は辺ベクトルであり、 $\beta(e)$ は辺 e によってつ

ながっている面の法線 n_a, n_b のなす角度である。算出した主曲率のうち、最大主曲率を使用する。曲率は、プラスが凹面、マイナスが凸面を表している。例として、振幅 0.5 mm 、位相 1.5π 、波長 $1.25/\pi\text{ mm}$ とした正弦波の形状を図4に、その曲率分布図を図5にそれぞれ示す。また、その曲率より求めた曲率半径のヒストグラムを図6に示す。図5の分布図から、水路線付近の曲率が大きくなっていることがわかる。また、図6に示すヒストグラムは各節点の曲率半径のばらつきを表していることから、使用工具半径をここから推測できる。

例えば、図6中のカットオフ①点 (2.0 mm) での曲率半径の値を工具半径とした場合、図7(a)の黒色で表される領域が干涉すると予想される。また、カットオフ②より値が小さいカットオフ② (0.4 mm) では、図7(b)のように、干涉する領域は減少する。また、どちらの場合でも水路線を基準として、干涉領域の増減が見られる。そこで、この水路線周辺で干涉領域が変化することを利用し、工具半径をこの領域ごとに段階的に設定し加工することで、小径工具での加工領域を小さくすることができ、加工時間を短くできる。

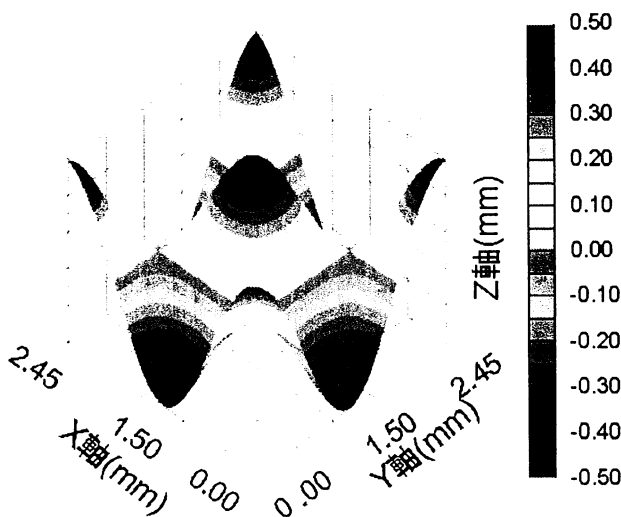


図4 正弦波形状

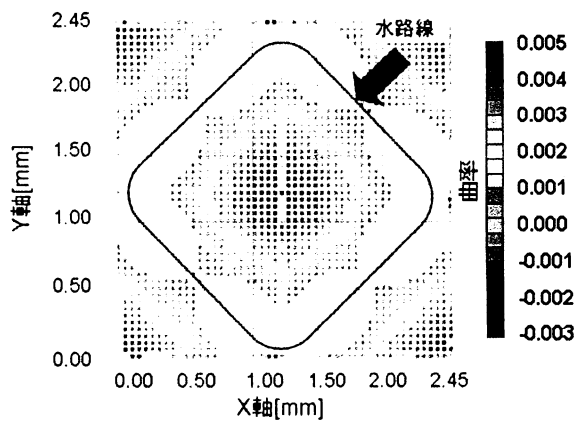


図5 曲率の分布図

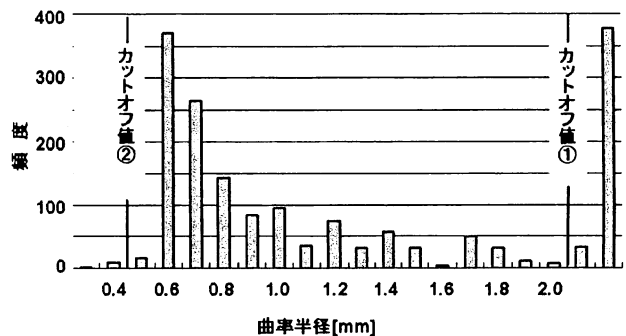
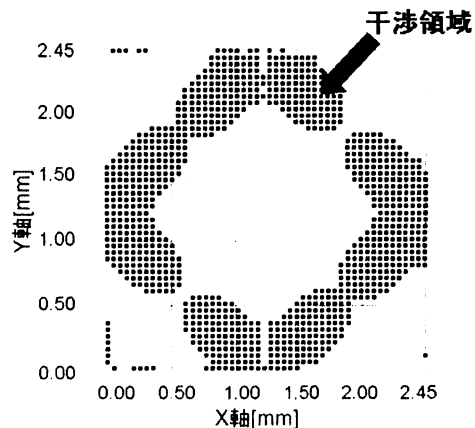
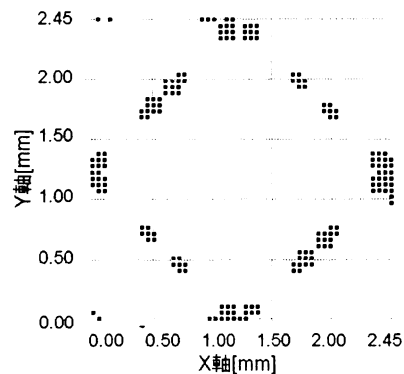


図6 ヒストグラム



(a) カットオフ① (2.0 mm)



(b) カットオフ② (0.4 mm)

図7 カットオフ値による干涉領域

5. 結言

5. 1 結論

表面テクスチャの表面曲率を算出し、その特徴を調べることで以下の結論を得た。

- (1) テクスチャ表面において水路線周辺に凹状の微小曲率半径領域が表れることがわかった。
- (2) テクスチャ表面の曲率の特徴を利用した工具半径の選択法を提案した。

5. 2 今後の課題

- (1) 実際に段階的に工具径を変え加工を行い、形状精度を検証する。
- (2) より複雑な形状を有する表面テクスチャに対し、この方法により選択した工具半径を用いた、加工および評価を行う。

参 考 文 献

- 1) S. Takahashi, T. Ikeda, Y. Shinagawa, T. L. Kunii and M. Ueda : Algorithms for Extracting Topological Graphs from Discrete Geographical Elevation Data , Computer Graphics Forum, Vol. 14, No.3, pp. 181-192, 1995
- 2) P. PLeFebvre, BLauwers : Muliti-Axis Machining Operation Evalutation for Complex Shaped Part Features, 4th CIRP International Seminar on ICME, 2002