

## 研究事業評価調書(平成19年度)

作成年月日	平成19年11月5日
主管の機関・科名	長崎県工業技術センター・基盤技術部機械システム科

研究区分	経常研究(事後評価)
研究テーマ名	高能率フライス加工における表面形状制御技術の開発

## 研究の県長期構想等研究との位置づけ

ながさき夢・元気づくりプラン (長崎県長期総合計画 後期5か 年計画)	重点目標： 競争力のあるたくましい産業の育成 重点プロジェクト：5 明日を拓く産業育成プロジェクト 主要事業： 産業の多様化・高度化の推進
長崎県科学技術振興ビジョン	(2) 活力ある産業社会の実現のための科学技術振興
長崎県新産業創造構想	4 地域特性を活かし世界をめざす『ナガサキ型新産業』の創 造と集積 (1) 高度加工組立型産業(培った技術を活かす高度加工組立)

## 研究の概要

## 1. 研究開発の概要

近年のマシニングセンタを用いた切削では、高能率化のために工具の切り込みを小さくし、工具の送りを速くしている。

ボールエンドミルを用いて、工具の送りが遅い切削を行った場合、ピックフィード方向のみに表面粗さが生じるが、工具の送りが速い切削になると、ピックフィード方向だけでなくフィード方向にも表面粗さが生じ、これが問題となっている。

一方、ボールエンドミルを用いた切削における切削シミュレーションでは、一般的にピックフィード方向に生じる表面粗さのみを考慮した計算を行っており、工具の送りが速い切削の場合、シミュレーション結果と切削後の工作物表面形状が大きく異なる。

そのため、工具の送りが速い切削の場合、目的とする表面形状を創成する切削条件をコンピューター上で決定できない。

そこで、工具の送りが速い切削において、切削後の工作物表面形状を高精度に予測する切削シミュレーションを開発する。

また、この切削シミュレーションを用いて、工作物の表面粗さを低減する方法や、逆に表面を粗くして、工作物表面に装飾を行う方法を検討する。

## 研究の必要性

### 1 背景・目的

#### 【社会的、経済的情勢から見た必要度】

精密工学会の報告によると、切り込みが小さく、高速に工具を送るフライス加工が増えてきており、ボールエンドミルによる切削の際、工具の回転速度に対し工具の送り速度が大きいとフィード方向に生じる表面粗さは、ピックフィード方向に生じる表面粗さより大きくなり、無視できない問題となっている。

2003年3月に発行した日本機械学会の報告書によると、表面微細凹凸加工によって得られる機能と応用は多岐にわたり、市場規模も拡大していると記されている。

#### 【研究開発成果の想定利用者】

県内機械加工企業約100社

#### 【どのような場所で使われることをも想定しているか】

機械加工部門

#### 【どのような目的で使われることを想定しているか】

開発する切削シミュレーションを用いて、コンピューター上で効率的に工作物の表面粗さを低減する切削条件を決定する。

開発する切削シミュレーションを用いて、工作物表面に生じる微細な凹凸（表面粗さ）を、装飾として利用する。

#### 【緊急性・独自性】

2003年3月の精密工学誌では、フィード方向に生じる微細な凹凸が、加工上の問題となっていると記されており、早急に対応すべき事項となっている。

フィード方向に生じる微細な凹凸を考慮に入れた切削シミュレーション技術は、特許出願中（特願2006-219176）である。

### 2 ニーズについて

#### 【今利用されている技術・商品には、何が足りないのか】

ボールエンドミルを用いた切削におけるCAD/CAMの切削シミュレーションでは、一般的にピックフィード方向に生じる表面粗さのみを考慮した計算を行っており、工具の送りが速い切削の場合、シミュレーション結果と切削後の工作物表面形状が大きく異なる。

そのため、工具の送りが速い切削の場合、目的とする表面形状を創成する切削条件をコンピューター上で決定できない。

#### 【想定利用者は、現在どのようなニーズを抱えているか】

コンピューター上で効率的に工作物の表面粗さの低減する切削条件を決定したい。

工作物の表面に装飾などの付加価値をつけたい。

### 3 県の研究機関で実施する理由

県内の一般機械器具製造業、輸送用機械器具製造業、電気機械機器製造業の製造出荷高は工業出荷総額の65%に上り、重点支援すべき分野である。

この開発で得られる精密加工技術、CAD/CAM技術は、これら業界に普及することができる。

## 効率性

### 1. 研究手法の合理性・妥当性について

主要な研究段階と期間、各段階での目標値（定性的、定量的目標値）とその意義

研究項目	活動指標名	期間(年度 ～年度)	目標値	実績値	目標値の意義
任意形状工具を利用できるNC生成モジュールの開発	モジュール数	H16	1本	1本	楕円工具のような任意形状工具を利用して、切削を行えるようにする。
切削シミュレーションモジュールの開発	モジュール数	H16	1本	1本	フィード方向に生じる表面粗さを考慮できるようにする。
切削シミュレーションの予測値と実験値との比較	切削条件のパターン数	H17	9パターン	18パターン	切削シミュレーションの精度を確認する。
切削シミュレーションによる表面形状創成機構の解析	切削条件のパターン数	H17	27パターン	50パターン	切削条件と表面形状の関係を明確にする。
切削シミュレーションの高速化	シミュレーション時間	H18	1分	15秒	切削条件と表面形状の関係式を導出し、解析的に表面形状を予測することで、計算の高速化を行う
微細凹凸の装飾としての利用の検討	サンプルの種類	H18	2点	4種	表面粗さを装飾として、利用する方法を検討する。
工具軸中心切削における切削条件の最適化モジュールの開発	モジュール数	H18	1本	1本	工具軸中心付近での切削において、切削シミュレーションを利用して、切削条件を最適化するモジュールを開発する

### 2. 従来技術・競合技術との比較について

CAD/CAMの切削シミュレーションでは、一般的にピックフィード方向に生じる表面粗さのみを考慮した計算を行っており、工具の送りが速い切削の場合、シミュレーション結果と切削後の工作物表面形状が大きく異なる。

研究の実施上、想定される主要なリスクとその対策

切削シミュレーションを高速化・高精度するために、ニュートン・ラプソン法を用いる予定である。

このニュートン・ラプソン法では、初期値をどうやって決定するかが問題となる。試行錯誤によりこの決定方法を検討する。

### 3. 研究実施体制について

長崎大学工学部機械システム工学科加工研究室および制御研究室の指導・協力のもと開発を行う。

### 構成機関と主たる役割

(1) 長崎大学：全体を通じた技術指導

4. 予算							
研究予算 (千円)	計	人件費	研究費	財源			
				国庫	県債	その他	一財
				全体予算	25,518	20,318	5,200
16年度	8,190	6,390	1,800				1,800
17年度	7,810	6,410	1,400				1,400
18年度	9,518	7,518	2,000				2,000

## 有効性

### 1. 期待される成果の得られる見通しについて

工具軸中心付近での切削を行う際に、切削条件を最適化できる。  
表面粗さを制御することで、工作物の表面に装飾などの付加価値をつけることができる。

### 2. 成果の普及、又は実用化の見通しについて

#### 【研究開発後の市場導入のステップ段階的に】

微細加工技術を県内機械加工業界へ普及させることが可能になる。

微細な表面の凹凸（表面粗さ）を制御できるならば、次のステップとして、摺動面の油だまりや、流体抵抗を低減する凹凸としての利用が期待できる。

#### 【将来の経済的・社会的効果】

工具軸中心付近での切削方法が、より最適化される。

工作物表面の微細な凹凸を機能として利用できるようになる。

成果項目	成果指標名	期間(年度～年度)	目標値	実績値	目標値の意義
切削シミュレーション方法	特許数	H16 ～18	1件	1件	長崎県独自の技術として、権利化する。
微細凹凸創成方法	特許数	H16 ～18	0件	1件	長崎県独自の技術として、権利化する。
-----	-----	-----	-----	-----	-----

### 【研究開発の途中で見直した内容】

平成16年度 課題評価委員会の指摘により、テーマ名を変更した。

## 研究評価の概要

種類	自己評価	研究評価委員会
事前	<p>( 15年度 ) 評価結果 (評価段階： 数値で)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 必要性</li> <li>・ 効率性</li> <li>・ 有効性</li> <li>・ 総合評価</li> </ul> <p>対応</p>	<p>( 15年度 ) 評価結果 (評価段階： 数値で)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 必要性</li> <li>・ 効率性</li> <li>・ 有効性</li> <li>・ 総合評価</li> </ul> <p>対応</p>
途中	<p>( 16年度 ) 評価結果 (評価段階： 数値で)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 必要性</li> <li>・ 効率性</li> <li>・ 有効性</li> <li>・ 総合評価</li> </ul> <p>対応</p>	<p>( 16年度 ) 評価結果 (評価段階： 数値で)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 必要性</li> <li>・ 効率性</li> <li>・ 有効性</li> <li>・ 総合評価</li> </ul> <p>対応</p>
事後	<p>( 19年度 ) 評価結果 (評価段階： A )</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 必要性： 微細凹凸を作製する機械加工制御技術の高度化は、切削加工時間の短縮や高齢技能者で行っているきさげ加工の自動化として、また部材への流体抵抗低減機能付加などを可能とするもので、県内の機械加工業にとって必要性は高い。</li> <li>・ 効率性： 切削加工シミュレーションソフトウェアの開発として、基本となる機能、アルゴリズムをまず押さえ、次にキーとなる機能をモジュールとして高速化などの高機能化をはかった。段階を踏み、開発を効率的に行えた。</li> </ul>	<p>( 19年度 ) 評価結果 (評価段階： A )</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 必要性： 微細凹凸を作製する機械加工制御技術の高度化は、切削加工時間の短縮や高齢技能者で行っているきさげ加工の自動化として、また部材への流体抵抗低減機能付加などを可能とするもので、県内の機械加工業にとって、必要性は高い。</li> <li>・ 効率性： 切削加工シミュレーションソフトウェアの開発として、基本となる機能、アルゴリズムをまず押さえ、次にポイントとなる機能をモジュールとして、高速化などの高機能化を図り、効率的な開発が行えている。</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>・有効性： 楕円エンドミル工具での切削加工制御として、目標とする凹凸（ディンプル）を高速に作製することが可能になった。ディンプルの径が0.5mmであるとき、60個/sの速度でディンプルを創成することが可能となった。切削条件決定モジュールを開発することで高速に切削条件を算出できるようになった。また、微細な凹凸を用いて、装飾加工を行えるようになった。</li> <li>・総合評価： 目標とするソフトウェアの開発をすべて達成した。また、そのソフトを実際の切削に利用できることを確認できた。この結果、微細凹凸作製の加工時間の短縮を可能とする技術開発がはかれた。これらの技術について、2件の特許申請を行った。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有効性： 楕円エンドミル工具での切削加工制御として、凹凸（ディンプル）を高速に作製することが可能になった。また、微細な凹凸を用いて、装飾加工を行えるようになった。</li> <li>・総合評価： 目標とするソフトウェアの開発をすべて達成し、微細凹凸作製の加工時間の短縮を可能とする技術を実現できた。今後の付加価値加工技術への応用化が期待できる。</li> </ul>
<p>対応</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 県下企業現場で適用試験、評価を行い、実用化を目指す。</li> <li>・ H19年度経常研究「主軸の回転同期による高能率微細加工技術の開発」で技術展開を進める。</li> <li>・ 微細凹凸を作製する切削加工の高速化、きさげ加工の自動化、流体抵抗低減機能を付加する加工、曲面に装飾を施す加工を可能とする制御技術を開発した。今後、さらに高精度に加工できるものにするために、工作機の機能の改良とその制御法開発に取り組み、本技術の完成をはかる。</li> <li>・ 微細凹凸加工時間の短縮を可能とする技術開発ができた。加工コストの低減として、技術移転を行い、県下機械加工業の競争力アップに繋げる。</li> </ul>	<p>対応</p>

総合評価の段階

平成19年度以降

(事前評価)

S = 着実に実施すべき研究

A = 問題点を解決し、効果的、効率的な実施が求められる研究

B = 研究内容、計画、推進体制等の見直しが求められる研究

C = 不相当であり採択すべきでない

(途中評価)

S = 計画を上回る実績を上げており、今後も着実な推進が適当である

A = 計画達成に向け積極的な推進が必要である

B = 研究計画等の大幅な見直しが必要である

C = 研究費の減額又は停止が適当である

(事後評価)

S = 計画以上の研究の進展があった

A = 計画どおり研究が進展した

B = 計画どおりではなかったが一応の進展があった

C = 十分な進展があったとは言い難い

## 平成18年度

(事前評価)

1 : 不適當であり採択すべきでない。

2 : 大幅な見直しが必要である。

3 : 一部見直しが必要である。

4 : 概ね適當であり採択してよい。

5 : 適當であり是非採択すべきである。

(途中評価)

1 : 全体的な進捗の遅れ、または今後の成果の可能性も無く、中止すべき。

2 : 一部を除き、進捗遅れや問題点が多く、大幅な見直しが必要である。

3 : 一部の進捗遅れ、または問題点があり、一部見直しが必要である。

4 : 概ね計画どおりであり、このまま推進。

5 : 計画以上の進捗状況であり、このまま推進。

(事後評価)

1 : 計画時の成果が達成できておらず、今後の発展性も見込めない。

2 : 計画時の成果が一部を除き達成できておらず、発展的な課題の検討にあたっては熟慮が必要である。

3 : 計画時の成果が一部達成できておらず、発展的な課題の検討については注意が必要である。

4 : 概ね計画時の成果が得られており、必要であれば発展的な課題の検討も可。

5 : 計画時以上の成果が得られており、必要により発展的な課題の推進も可。