

単位加工プロセスと幾何拘束を用いた加工フィーチャの構造化

北海道大学大学院工学研究科 ○外山尚介 田中文基 岸浪建史

要旨

工程設計の自動化を妨げる要因として、経験や知識に基づいた加工フィーチャを対象とし、更にこの加工フィーチャの加工順序のみを設計していたことが挙げられる。よって、本研究では、ISO10303-108の幾何拘束を用い、加工プロセス全体及び対応する加工フィーチャを構造化することにより、工程設計のための新しい加工フィーチャモデルを提案する。

1. はじめに

工程設計の自動化を妨げる要因として、第一に従来の工程設計では、経験や知識に基づいた加工フィーチャを対象としていること、第二にこの加工フィーチャの加工順序のみを設計していたことが挙げられる。これに対し本研究では、形状創成関数を用いて加工作業を解析する事により加工作業と加工フィーチャとの一対一対応関係を明らかにしてきた。

本報では、これまで提案してきた加工作業と加工フィーチャを、ISO 10303-108で定義される幾何拘束を用いて実加工工程に対して適用することにより、アプローチや逃げの工具運動を考慮した加工プロセス全体及びその加工プロセスから生成される加工形状を構造化し、工程設計のための新しい加工フィーチャモデルを提案する。

2. 形状創成関数に基づく加工プロセスの基本概念

形状創成関数に基づく加工プロセスモデルを図1に示す。このモデルにおいて、抽象加工プロセスの入出力モデルは以下の二つである(図2)。

Operating Step(OS) : 工作機械の種類に依存しない実効的な加工作業情報を表す。主運動を付加した工具切削の軌跡を表す Macro Tool(MT), 送り運動(Controlled Table Motion : CTM), 包絡面抽出拘束(Enveloping Constraint : EC)から構成される。

Working Tool(WT) : 工具作用情報を表現し、素材形状との相互作用に依存しない加工形状情報を表す。Swept Macro Tool(SMT), Envelope of Swept Macro Tool(ESMT), Working Edge(WE)から構成される。

更に、境界付けの概念を導入することにより、これらは幾何構造を持ったモデルとして表現されている(図3)。また、以降では、境界付けられた送り運動(bounded CTM)を持つOSを加工プロセスの単位と考える。

3. 従来の工程設計の問題点と解決方法

加工プロセス全体は、個々の加工フィーチャを生成するための加工プロセスの集合とその加工プロセス間を移動するプロセスの集合とから構成されている。これに対し従来は、加工フィーチャを加工するためのプロセスを対象とし、その順序のみに対し工程設計を行っていたため、プロセス間の移動において必ずしも最適でない工程が導出されていた[図4(1-a), (1-b)]。それ故、ある加工フィーチャを生成するための加工プロセス以外に、加工フィーチャ間の工具移動に関するプロセスを含む、加工プロセス全体を対象として工程設計を行う必要がある。

この加工プロセス全体は、本研究で提案してきた単位加工プロセスの集合として表現可能である。よって本研究では、この個々の単位加工プロセスから導出されるWTを基準として、工程設計を行う手法を提案する[図4(2-a),(2-b)]。

4. 幾何拘束を用いた単位加工プロセスと加工フィーチャの表現

4.1. 工具アプローチに関する加工運動の付加

工具アプローチと逃げを表現する工具経路は以下の4種類に分類される(図5)。
Tool axis: 工具軸(z-axis)を方向として持つ経路。
Ramp: feature 面とある角度をなす直線のパスに沿う経路。
Helix: 工具移動の半径とアプローチ勾配によって決定される経路。
Along path: 工具経路に沿う経路。

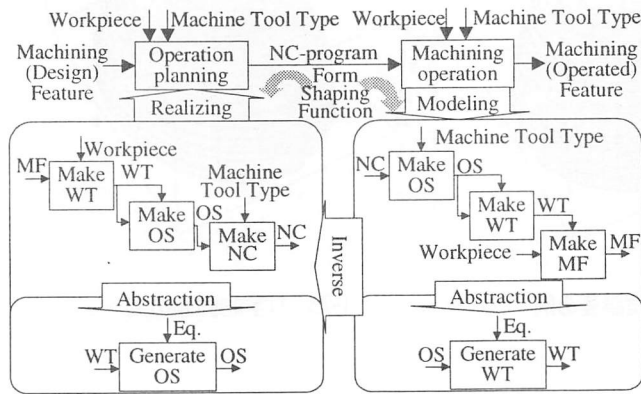


図1. 形状創成関数に基づく加工プロセスモデル



図2. 基本概念(OS, WT)

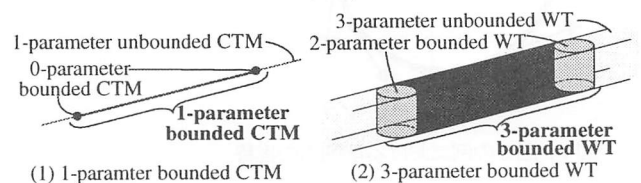


図3. bounded CTMを持つOSと対応するbounded WT

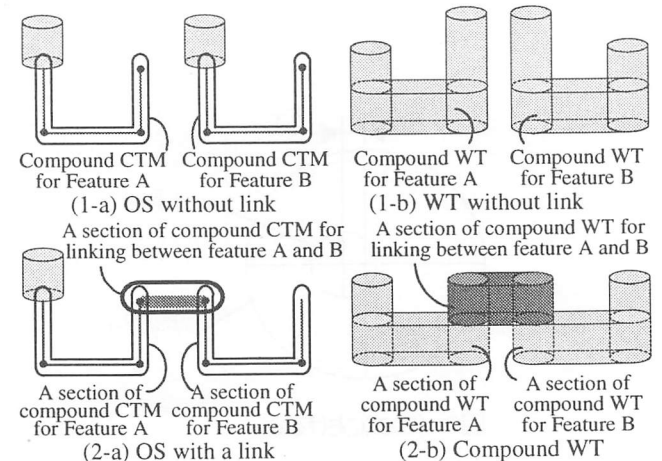


図4. Compound CTMを持つOSとCompound WT

ある単位加工プロセスに対し、以上の4種類の工具アプローチに相当する単位加工プロセスを組み合わせることにより、ある形状を生成するための加工プロセスとする。

4.2. 幾何拘束の表現²⁾

4.1 節で述べた、単位加工プロセスを組み合わせる際に、単位加工プロセス間に以下の幾何拘束²⁾を用いる。

perpendicular geometric constraint(図6(1)): line や plane が垂直であるよう拘束する。

angle geometric constraint(図6(2-a),(2-b)): 成す角が一定となるよう line や plane を拘束する。

point distance geometric constraint(図6(3)): 点の集合に対して適用され、関連する要素間の最も近い点の間で距離を評価する。この考え方を拡張し、幾何学的な寸法法概念を導入することも可能である。

parallel geometric constraint(図6(4)): 2つ以上の line や plane が互いに平行であることを示す拘束。

incidence geometric constraint(図6(5)): 1つ以上の拘束される幾何要素が、1つ以上の参照される幾何要素上に存在するよう拘束される。

tangent geometric constraint(図6(6)): curve や surface が接するように拘束される。

coaxial geometric constraint(図6(7)): 同一の軸を共有するように対象を拘束する。

また、表1に4.1節で述べた4種類の工具運動を表現するために必要な幾何拘束の組合せを示す。

4.3. 加工プロセス間経路の導入例(図7)

図7に加工フィーチャを生成するための加工プロセス間の工具経路を考慮した加工プロセスの例を示す。

BC,FG 間は各々単位加工プロセスの送り運動を表している。またこれに接続する AB,CD,EF,GH はそれぞれ工具アプローチの送り運動を表現しており、A から D、E から H が形

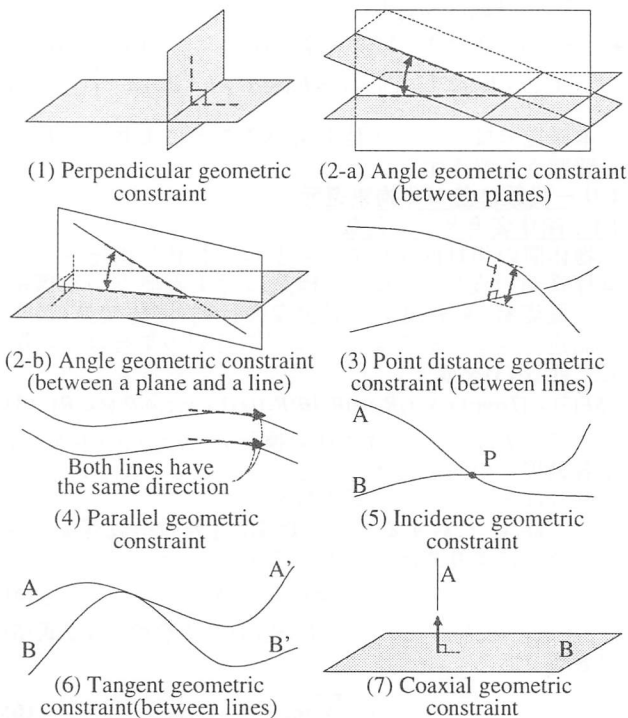


図6. Explicit geometric constraint

状を生成するための加工プロセスとなる。更に、この2つの加工プロセスを繋ぐ工具経路 DE も考慮することにより、工程設計の対象として適切な加工プロセスを表現可能である(図6(1))。また、この加工プロセス全体から導出される compound WT も示す(図6(2))。

5. おわりに

以上より本研究ではより適切な工程を求める工程設計のため、以下のことを行った。

- ・ある単位加工プロセスと工具アプローチを表現する単位加工プロセスとの関係を、幾何拘束を用いて表現することにより、ある形状を生成するための加工プロセスを表現した。
- ・加工プロセス間を繋ぐ経路に関して加工形状を考慮することにより、より効率的な工程計画を立てるための加工フィーチャモデルを提案した。

【参考文献】

[1]外山他, "Delta volume から形状創成関数に基づく加工フィーチャへの分解-基本概念とDelta Volumeの表現方法-", 2000年度精密工学会春季大会学術講演論文集, pp.66
 [2]ISO/WD 10303-108 Parameterization and constraints for explicit geometric product models.2000-05-26
 [3]ISO/DIS 14649-11 Data model for Computerised Numerical Controllers: Process Data for Milling. 2000

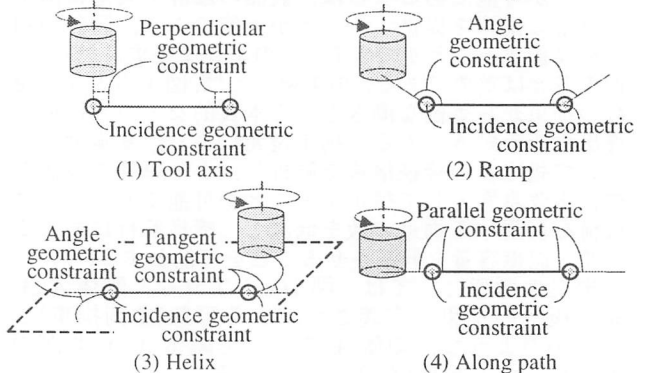


図5. 対象とする工具アプローチ³⁾

表1 幾何拘束と加工フィーチャによる単位加工作業の表現

	Tool axis	Ramp	Helix	Along path
Perpendicular	○			
Angle		○	○	
Parallel				△
Tangent			○	
Coaxial				△
Incidence	○	○	○	○
Point distance	●	●	●	●

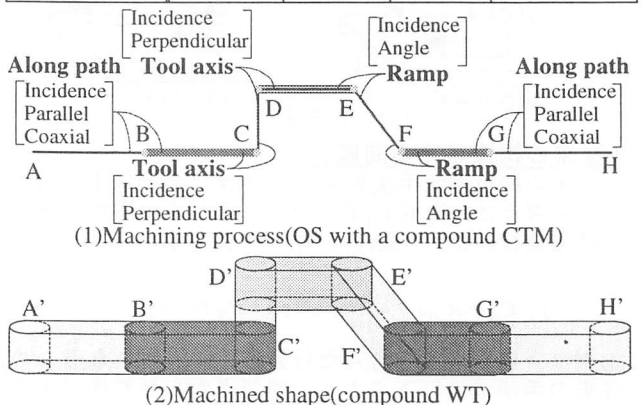


図7. Compound CTMをもつ OS と Compound WT の構造