

北大工 ○呂 恒正 三好隆志 斎藤勝政

1. 結 言

前報等では、P-map (point map) 形状モデリング方式の概念、P-mapによるCAD/CAMシステム (PHP-CAD/CAM)の基本構造、そして、P-mapに基づいた任意の工具形状に対し、干渉回避した高速度、高精度な工具経路生成原理について述べた。CAMシステムにとって、工具経路の自動生成は最も重要な機能の一つである。最適な工具経路を生成するには被加工物の製品形状だけではなく、工具の切削性能、加工精度、加工時間、素材など多くの要素を考慮しなければならない。そのため、生成した工具経路に対するユーザの評価がうまくシステムにFeedbackされるCAMシステムが必要となる。本報では、工具経路の最適化を実現するために、ユーザの意志で自由に工具経路を編集することができるCUTTER PATH EDITOR及びそれに対応したCL-DATAの構造について述べる。

2. データ構造および編集機能

CL-dataは一般に工具が連続移動するときの一連の工具の位置を現す点群データ {x, y, z}のことを指す。単純なCL-DATAは工具の位置情報しか持たない。しかし、ユーザの意志で自由に工具経路を編集し、または修正するには、位置情報のみのCL-DATAは不十分である。PHP-CAD/CAMシステムは図1に示すようなCL-DATAの構造を採用している。CAMシステムはまずこのような構造を持ったCL-DATAを生成し、今まで入力された加工条件及び工具と被加工面の形状などの情報に基づいて、最もよいと思われる幾つかの工具経路をグラフィックスの形でユーザに与える。図6に示すように、ユーザは対話的にそれらの経路を評価し、PHPシステムにFeedbackするすることができる。

図1に示すように、CL-DATAはヘッダ部(HEADER)、走査線(LINES)、線分(SEGMENTS)、点群(POINTS)などのように階層的になっている。ヘッダ部は加工方式、条件、機械、工具などの情報を記憶している。工具経路の線分とは加工にとってほぼ同一の性質を持つ最小線単位である。例えば、図2に示すように、0-1, 1-2, 2-3, ... , 1'-0'などの線単位は線分である。走査線とは同一V値を持つ全ての線分の集合である。以下、CL-DATAの各部分について説明する。

ヘッダ部:

MainModeは図3に示すように工具の移動パターンを

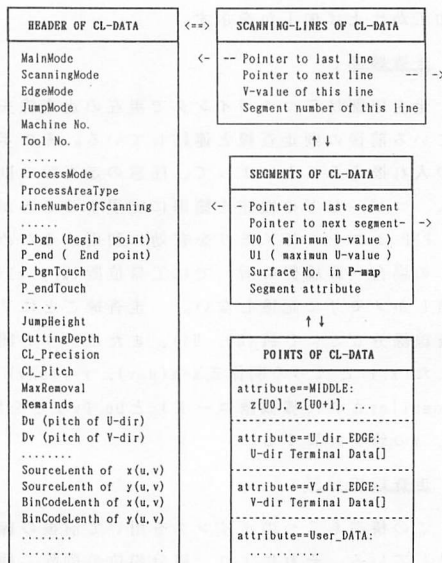


図1 PHPシステムのCL-DATAの構造

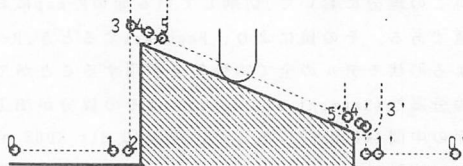


図2 走査線、走査線線分

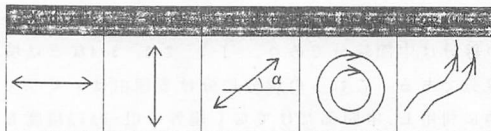
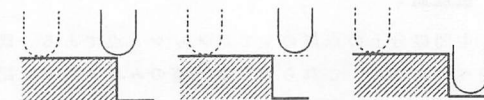
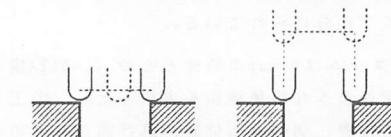


図3 MainModeによる工具移動パターン



EdgeMode: InsideEdge OutsideEdge VerticalEdge
図4 EdgeModeによる境界の切削制御



JumpMode: DirectTo UpThenTo
図5 JumpModeによる分離線分の連結

決める。ScanningModeは工具切削開始方位（前後左右）、または片方か双方などの走査方式を記述している。EdgeModeは図4に示すように境界の加工方式を決める。JumpModeは図5に示すように両分離された切削線分間の連結方式を決める。ProcessModeは荒加工か仕上げ加工かを示す。

走査線部:

走査線部は二つのポイントで現在の走査線を隣接している前後の両走査線と連結している。そのポイントの入れ換えることによって、任意の走査線の削除、挿入、コピーなどの機能を簡単に実現することができる。

PHPシステムはメモリを有効に利用するために、多くの場合（非境界の所）では工具位置 (x, y, z) の内、 z 値しかメモリに記憶しない。走査線ごとに V 値、走査線線分ごとに U 値 (U_0, U_1) 、またはヘッド部に記憶した x, y と U, V の関係式 $x=x(u, v)$, $y=y(u, v)$ （既にcompilerされた機械語コード）と Du, Dv などを用いて、 x, y の値を計算する。

走査線線分部:

この構造も二つのポイントを用いて前後の線分を連結している。それにより、線分単位の削除、挿入などの機能が実現される。“Surface No. in P-map”は工具がこの線分において、切削している面のP-mapにおける値である。その値により、Feedbackするとき、P-mapによる形状モデルの全ての情報を利用することができる。線分属性(Segment attribute)はその線分が加工基本面の中間(MIDDLE)にあるか、境界(U_dir_EDGE or V_dir_EDGE)にあるか、あるいはユーザによって編集された線分(削除、挿入など)であるかなどの情報を記憶している。例えば、図2において、0-1, 5-5', 1'-0'の線分は中間線分であり、1-2, 2-3, 3-4などは境界線分である。これらの線分に分ける理由はメモリを有効に利用し、中間部だけでなく境界のCL-DATA精度も保証するためである。

点群部:

中間線分上の点群の全てはメッシュ点である。既に述べたように、これらの点の z 値のみをメモリに記憶し、 x と y 値は必要な時、 $x(u, v)$, $y(u, v)$ の計算式によって計算される。または境界の点群は図2に示すように、2-3(GoUp), 3'-2'(GoDown), 3-4(GoDirect)三つのタイプに分けられている。

PHPシステムはP-mapの特性とそのCL-DATA構造に基づいて次のような編集機能を実現した。①工具の初期、終了位置、切削開始位置、逃げ高さなどの変更。② MainMode, ScanningMode, EdgeMode, JumpMode,

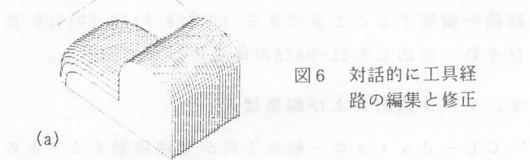
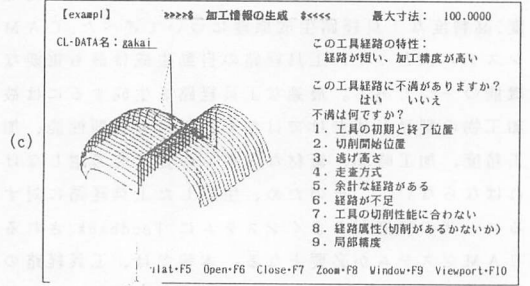
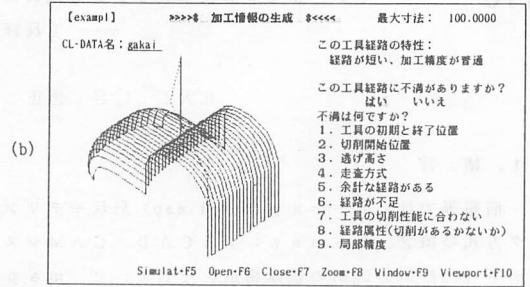


図6 対話的に工具経路の編集と修正

ProcessModeなどのモードの変更。③加工面(側面、非側面)、走査線、走査線線分単位のCL-DATAの削除、挿入、コピー、及びPHPへのFeedback。

3. PHPの実例

図6に示すように対話的に工具経路に対する評価をPHPシステムにFeedbackすることによって、工具経路を修正することができる。例えば図6(a)に示すような形状を加工するとき、PHPが図6(b)のような経路を生成してくれる。しかし、工具切削性能に合わない、あるいは加工精度(余計な経路がある)に不満があるとき、PHPはEdgeModeを変更し、再び図6(c)のような側面を加工しない経路を与えてくれる。

4. 結言

P-map形状モデリング方式の特性、または新しいCL-DATA構造に基づい、グラフィックス画面上で会話的に工具経路の編集、修正を行える工具経路EDITORを実現した。

参考文献: 昭和63精密工学会春期大会論文集P825