

419 フレキシブル工程設計のための製造フィーチャライブラリの開発

Development of Manufacturing Feature Library for Flexible Process Planning

○学 北島 慶一 (芝浦工業大学)
 正 ムリアディ ヘンドリー (国立情報学研究所)

松原 新悟 (芝浦工業大学)
 正 安藤 公一 (芝浦工業大学)

Keiichi KITAJIMA, Shibaura Institute of Technology
 Hendry MULJADI, National Institute of Informatics

Shingo MATSUBARA, Shibaura Institute of Technology
 Koichi ANDO, Shibaura Institute of Technology

Key Words: Flexible Process Planning, Manufacturing Feature, Manufacturing Feature Library, Extended Super Relation Graph Method

(論文要旨)

1. はじめに

生産現場では、生産量の増減や機械故障といった突発的な変化が日常的に起こっている。このような動的変化に迅速に対応するため、設計・製造・スケジューリングを統合したフレキシブルな工程設計システムの開発が必要とされる。本システムでは、まず設計対象部品の CAD データを受け取り、製造フィーチャ認識を行う。次に、認識された製造フィーチャに基づき、その対象部品についての工程設計案を複数作成する。そして、生産計画期間の部品プロダクトミックスに最適な負荷計画をもつ工程設計案を選択する。このようなフレキシブルなシステムを実現するために形状特徴と製造情報から成る製造フィーチャの概念を採用する[1]。

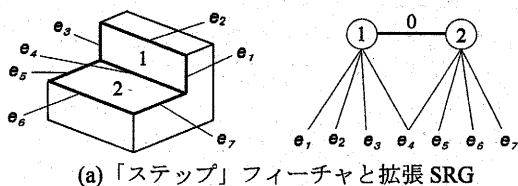
工程設計の効率化を図るために多様な製造フィーチャをデータベースに予め用意し、利用できるようなしておけば、その加工に必要な情報を自由に取り出すことが可能になる。この製造フィーチャデータベースは、様々な加工工程に適用できるように拡張すべき性質をもつという意味から、製造フィーチャライブラリと呼ぶ。

本研究は、動的変化に対応できるフレキシブルな工程設計のための製造フィーチャライブラリの開発を目的とする。

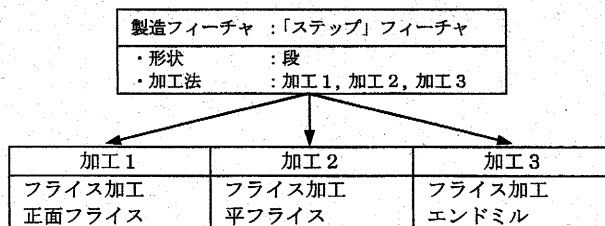
2. 製造フィーチャライブラリの開発

製造フィーチャライブラリを開発するには、形状、寸法、精度、加工法、使用機械、使用工具、工具経路、加工条件、コスト評価など様々な製造情報が必要である。すなわち、工程設計に必要な製造情報が十分にライブラリに用意されていれば、動的変化が起きた場合でも、速やかに代替工程設計案を検討し、対応することができる。CAM-I(Computer Aided Manufacturing-International)では、設計製造分野の専門家の経験に基づき、切削加工に必要な形状ライブラリを 150 種類以上用意している。本研究は CAM-I で用意されている形状をベースにして、製造フィーチャライブラリを開発する。

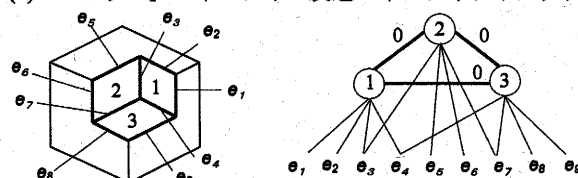
図 1 (a)は「ステップ」フィーチャとその拡張 SRG を示す。このステップを加工するときには、様々な制約によって複数の工程設計案が考えられる。例えば、加工法のみに着目した場合、図 1 (b)で示すように、加工 1 では正面フライス加工、加工 2 では平フライス加工、加工 3 ではエンドミルによるフライス加工という 3 つの案が挙げられる。制約条件が変化すれば、加工法も変わり、工程設計を変更しなければならない。そのため、使用者側で自由にカスタマイズできる機能を備えておく必要がある。図 1 (c)は図 1 (d)に、図 1 (e)は図 1 (f)にそれぞれの製造フィーチャライブラリを示す。



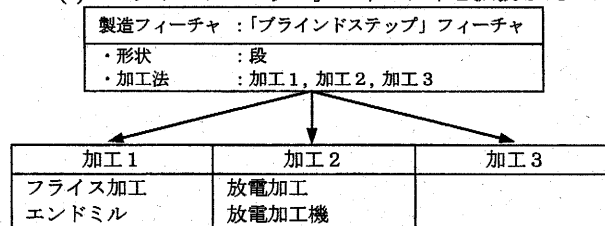
(a) 「ステップ」フィーチャと拡張 SRG



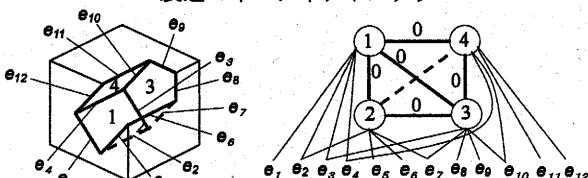
(b) 「ステップ」フィーチャの製造フィーチャライブラリ



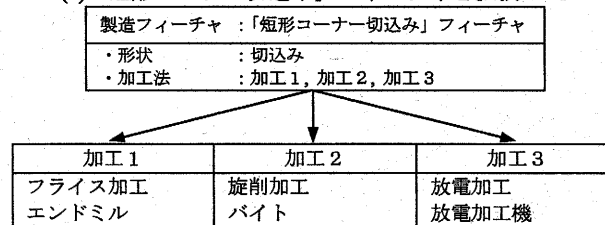
(c) 「ブラインドステップ」フィーチャと拡張 SRG



(d) 「ブラインドステップ」フィーチャの製造フィーチャライブラリ



(e) 「短形コーナー切込み」フィーチャと拡張 SRG



(f) 「短形コーナー切込み」フィーチャの製造フィーチャライブラリ

図 1. 製造フィーチャライブラリの例

3. 拡張 SRG 手法を用いた製造フィーチャの認識

本研究では、フィーチャ抽出のために拡張超関係グラフ手法(Extended Super Relation Graph Method,以下拡張 SRG 手法と呼ぶ)を用いる[1]。部品立体を構成する任意の二つの面に

着目し、それぞれの平面の正法線(positive face normal)および開正半空間の関係に基づき、Super-Concavity 関係、Face-to-Face 関係、および Convexity 関係を定義する。また面の属性としてエッジ数およびエッジ種類(直線エッジと曲線エッジ)を付記して、二つの平面とエッジの関係の組み合わせパターンによりフィーチャを認識する。Super-Concavity 関係、Face-to-Face 関係、および Convexity 関係はそれぞれ以下の式(1)(2)(3)のように定義される。

$$n_{f_i}^+ \cdot n_{f_j}^+ \neq -1; f_i \cap S(f_j)^+ \neq \emptyset \text{ and } f_j \cap S(f_i)^+ \neq \emptyset \quad (1)$$

$$n_{f_i}^+ \cdot n_{f_j}^+ = -1; f_i \subset S(f_j)^+ \text{ and } f_j \subset S(f_i)^+ \quad (2)$$

$$n_{f_i}^+ \cdot n_{f_j}^+ \neq 1; n_{f_i}^+ \cdot n_{f_j}^+ \neq -1; f_i \cap S(f_j)^+ = \emptyset \text{ and } f_j \cap S(f_i)^+ = \emptyset; E_{f_i} \cap E_{f_j} \neq \emptyset \quad (3)$$

ここで記号 $n_{f_i}^+$ は面 f_i の正法線 (図 1 (a)参照) を表し、記号 $S(f_i)^{H+}$ は、面 f_i の埋め込み平面 $P(f_i) = \{x | n_{f_i}^{+T} x = k\}$ (図 1 (b)参照) を含まない開正半空間 $S(f_i)^{H+} = \{x | n_{f_i}^{+T} x > k\}$ (図 1 (c)参照)、記号 E_{f_i} は面 f_i のエッジ集合を表している。記号 $n_{f_j}^+$ 、 $S(f_j)^{H+}$ 、 E_{f_j} も同様である。

図 3 は「段付き穴」フィーチャと拡張 SRG を示す。拡張 SRG 手法では、ノードは平面を表し、二重丸ノードは曲線を表す。また 0 記号を付したラベル付実線リンクは Super-Concavity 関係、1 記号を付したラベル付実線リンクは Convexity 関係、破線リンクは Face-to-Face 関係を表し、実線リンクは面とその面を構成するエッジとの関係を表す。曲面エッジはエッジ記号の上部に+記号を付し、直線エッジと区別する。拡張 SRG 手法は、単一凹形状フィーチャだけでなく、凸形状フィーチャおよび複合フィーチャも抽出可能であるという特徴をもつ。

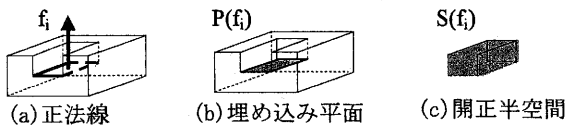


図 2. 拡張 SRG の用語説明

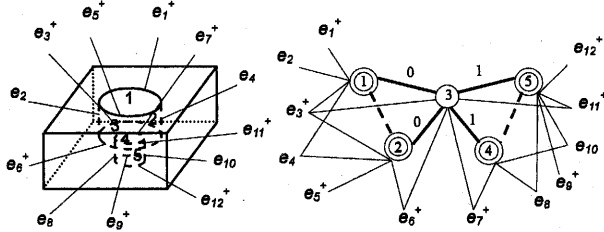


図 3. 「段付き穴」フィーチャと拡張 SRG

4. 製造フィーチャライブラリの適用例

図 4 の部品立体における製造フィーチャライブラリの適用例を示す。

図 4 から、3 種類の拡張 SRG (図 5 (a),(b),(c)参照) が抽出される。抽出された拡張 SRG と予め製造フィーチャライブラリに用意されている拡張 SRG パターンを順次パターンマッチングさせていく。その結果、図 5 (a)は、「クローズドポケット」フィーチャと一致し、図 5 (b)は「ステップ」フィーチャ、「スルーホール」フィーチャ、「ブラインドステップ」フィーチャ、図 5 (c)は「ステップ」フィーチャ、「オープンポケット」フィーチャとそれぞれ一致する。そして、ライブラリ内の一一致した製造フィーチャの情報から工程を選

択し、最適な工程設計案を作成する。「ステップ」フィーチャは図 1 (b)、「ブラインドステップ」フィーチャは図 1 (d)にそれぞれの製造フィーチャライブラリを示す。

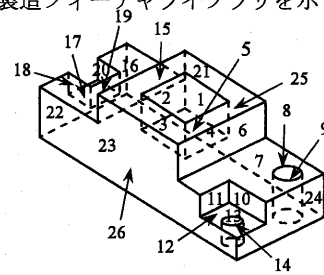
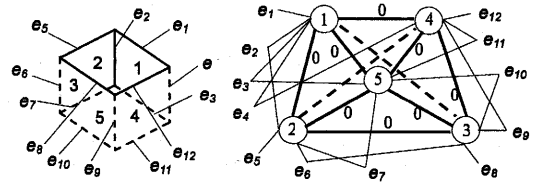
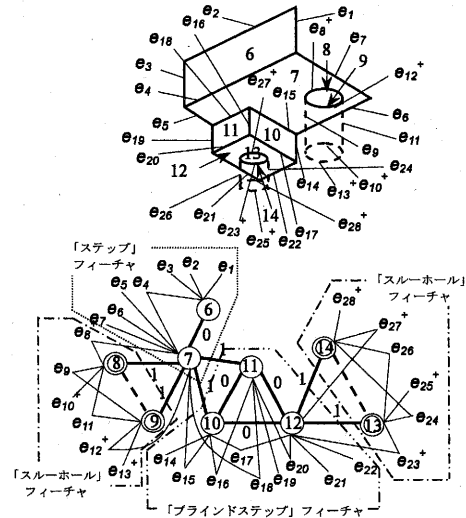


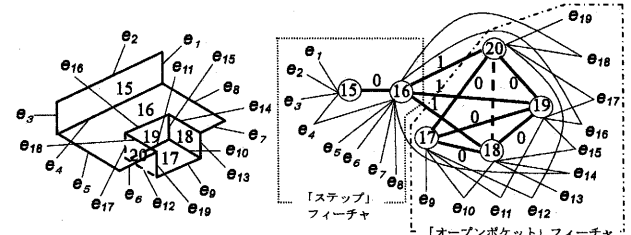
図 4. 部品立体例



(a) 「クローズドポケット」フィーチャと拡張 SRG



(b) 「ステップ」フィーチャ、「ブラインドステップ」フィーチャ、「スルーホール」フィーチャと拡張 SRG



(c) 「ステップ」フィーチャ、「オープンポケット」フィーチャと拡張 SRG

図 5. 製造フィーチャと拡張 SRG

5. まとめ

工程設計に必要な製造情報を予めデータベースに整理し用意しておけば、工程設計の効率が上がる。本研究では、フレキシブルな工程設計が可能な製造フィーチャライブラリの構築法を提案した。

<参考文献>

[1]Koichi ANDO, Hendry MULJADI, Makoto OGAWA : Manufacturing Feature Recognition Method for the Generation of Multiple Process Plans, JSME International Journal, Series C, Vol.48, No.2, 2005