

# 411 組立支援フィーチャの導入とそれを用いた組立作業の表現

北海道大学工学部 ○小林 聡, 徳永仁史, 田中文基, 岸浪建史

## 要 旨

機械組立品の製造性を向上させるためには、組立作業のしやすさを考慮した設計を行うことが重要である。そしてこの組立作業を表現するためには、組み立てられた状態を表現する必要がある。本研究では組立作業の表現を目的として、まず組み立てられた状態の表現のために組立支援フィーチャを提案し、その関係を用いて組立作業を表現する手法を提案する。

### 1. 緒論

組立品の製造性の向上のためには、組立作業を考慮した設計を行うことが重要であり、そのためには組立作業が表現できなければならない。組立作業とは、部品が組み立てられた状態となるように部品を組み合わせる操作であるので、部品が組み立てられた状態の表現が可能でなければならない。

そこで本研究では組立作業の表現の目的のために、まず組立状態の表現に必要な部品の接触形状とその間の関係を明らかにし、その関係表現に必要な情報をもつ組立フィーチャとして組立支援フィーチャを提案し、それを用いて組立作業を表現できることを示す。ただし本研究では、接触する形状要素を平面、円筒、円形穴だけとする。

### 2. 組立状態の表現

部品が組み立てられた状態とは、部品の接触する形状要素間の関係により自由度が全て拘束されている状態のことである。形状要素間の関係を、円筒と円形穴の接触、平面どうしの接触とする。形状要素間のそれぞれの関係によって拘束される自由度の全てを以下に述べる。

#### 2.1. 円筒と円形穴の組立状態

本研究では、円筒と円形穴の半径は一致していると仮定し、部品の軸についての回転はすでに拘束されているものとする。円筒と円形穴の間に接触しているという関係は、円筒の軸と円形穴の軸の共軸という関係と考えることができ、具体的には次の関係である(図1)。

- 1) 軸の方向ベクトルが平行で逆向きである
  - 2) 一方の軸上の点がもう一方の軸上に存在する
- また接触関係は、円筒部と円形穴部の最小領域の重なりという関係とも考えることができる。具体的には次の関係である。
- 3) 部品の点がもう一方の指定する範囲内に存在する
- これらの関係を全て満たした状態が円筒と円形穴の組み立てられた状態である。

#### 2.2. 平面の組立状態

本研究では、それぞれの平面は多角形で、形状は合同であることを仮定する。各平面が接触しているという関係は、平面どうしの共平面という関係、そして平面の枠形状の合致という関係と考えることができる。具体的には次の関係である(図2)。

- 1) 平面の法線ベクトルが平行で逆向きである
  - 2) 一方の面上の点がもう一方の面上に存在する
  - 3) 平面の法線に関する回転軸が共軸である
  - 4) それぞれの平面の頂点が一致する
- これらの関係を全て満たした状態が平面どうしの組み立てられた状態である。

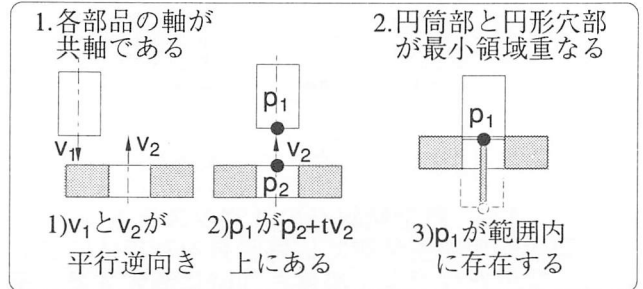


図1 円筒と円形穴の接触関係

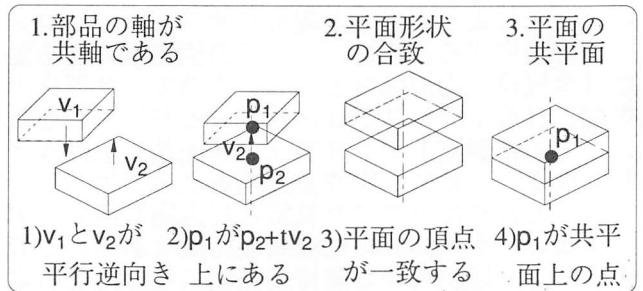


図2 平面の接触関係

### 3. 組立支援フィーチャ

形状要素間の関係による自由度の拘束を考えるために、接触する形状要素として組立フィーチャを提案する。これは組立支援フィーチャ、そして実組立フィーチャから構成される。円筒/円形穴のフィーチャの構造を図3に、平面のフィーチャの構造を図4にそれぞれ示す。

円筒/円形穴の組立フィーチャは、組立支援フィーチャとして軸の方向ベクトルと軸上の一点、そして円筒/円形穴の半径を持つ。そして実組立フィーチャとして、円筒/円形穴の長さを持つ。

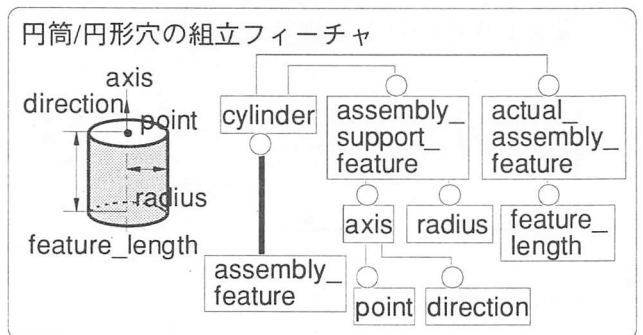


図3 円筒/円形穴の組立支援フィーチャ

平面の組立フィーチャは、組立支援フィーチャとして面法線の方向ベクトルと面上の点を軸の属性として持つ。そして実組立フィーチャとして、平面の枠形状を持つ。

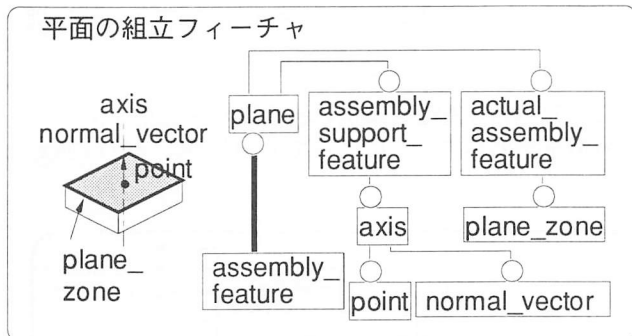


図4 平面の組立支援フィーチャ

#### 4. 組立作業の表現

そこで、組立フィーチャを用いた組立作業の表現法を考える。組立作業は通常、最初に姿勢を決定し、その後並進を行うものとする。よって、最初は部品間の回転の自由度を拘束する部品のフィーチャ間の関係を、次いで部品間の並進の自由度を拘束する部品のフィーチャ間の関係を満たす順序で考える。

##### 4.1. 円筒と円形穴の組立作業

円筒と円形穴を組立状態にするため、まず部品間の回転の自由度を拘束することを考える。その拘束のための部品のフィーチャ間の関係としては、部品の回転軸の方向ベクトル direction の平行逆向きという関係がある。この関係から生じる拘束により、部品間の回転の自由度が3から1になる。残りの回転の自由度はこの場合ないものとしても不都合は生じないので、この関係により回転の自由度が全て拘束される。次に部品間の並進の自由度を拘束することを考える。その拘束のための部品のフィーチャ間の関係としては、まず軸上の点 point がもう一方の軸上にあるという関係である。この関係により、軸に沿っての並進以外の並進が拘束される。そして残りの並進の拘束のために、point が他方の部品の feature\_length の範囲内に存在するという関係がある。この関係により部品間の自由度が全て取り除かれ、組立状態となる(図5)。

##### 4.2. 平面どうしの組立作業

平面どうしを組立状態にするため、最初に部品間の回転の自由度を拘束することを考える。その拘束のための部品のフィーチャ間の関係としては、まず部品の平面の法線ベクトル normal\_vector の平行逆向きがある。この関係から生じる拘束により、部品間の回転の自由度が3から1になる。残りの回転を拘束するための関係は、plane\_zone の合致があるが、この関係のためには軸の共軸として軸上の点 point がもう一方の軸上であるという関係が先に必要となる。この2つの関係より残りの回転と軸方向の以外の並進の自由度が取り除かれる。上の2つの関係により部品間の自由度は1になる。そして残りの並進の自由度を拘束する関係として、point が他方の部品の plane\_zone 上に存在するという関係がある。この関係により部品間の自由度が全て取り除かれ、組立状態となる(図6)。

#### 5. 結論

本研究では、以下のことを行った。

- (1)組立状態の表現に必要な空間関係を明らかにし、その関係表現に必要な情報をもつものとして、組立支援フィー

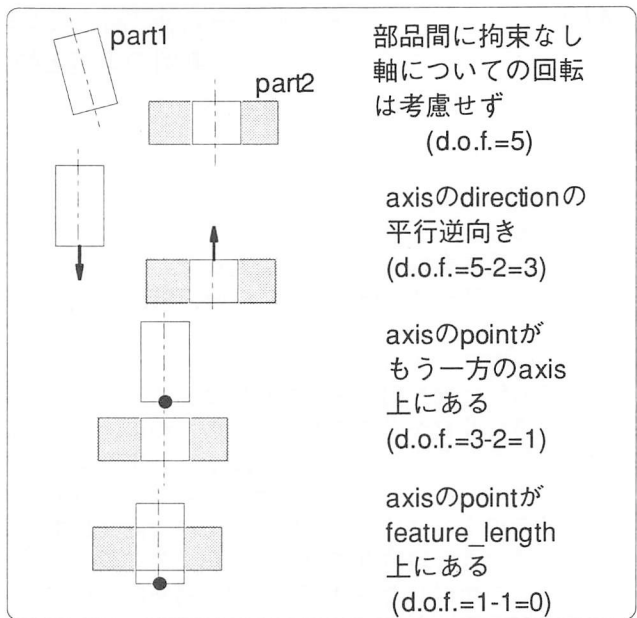


図5 円筒と円形穴の組立作業

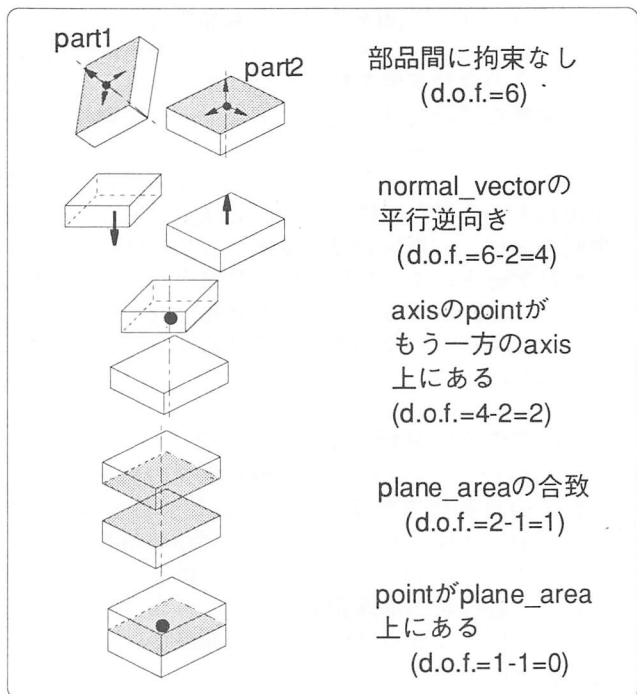


図6 平面の組立作業

チャをもつ組立フィーチャを提案した。

- (2)組立支援フィーチャを用いることで、組立作業を表現できることを示した。

#### 【参考文献】

- [1] R.J.Popplestone, et al.: Inferring the positions of bodies from specified spatial relationships, Artificial.Intell., Vol.6, 1975
- [2] K.Lee, et al.: System for interactive assembly modeling, Computer-Aided Design, Vol.19, No.2, March 1987
- [3] 遠藤他: 作業測定, pp251-312, 金原出版
- [4] G.Boothroyd 他著, 田仲他訳: 部品設計・供給ハンドブック, 技報堂