

## 5 軸加工機を用いた立体カム面の形状創成

メカニクス系工学専攻 教授 原田 孝  
理工学部機械工学科 学生 牧野 達

### 1. 緒言

射出成形製品のアンダーカット対応として直線すべり対偶であるスライド機構を応用したスライドコアが用いられることが多い。本研究では射出成形金型に曲線やネジなどの非直線すべり対偶を加工し、従来にはないスライド動作により複雑なアンダーカットに対応することを目的とする。代表的な非直線すべり対偶として立体カム面に着目し、カム面の設計と5軸加工機を用いた形状創成を行った。

### 2. 曲面の加工方法

摺動面を切削加工する場合、ボールエンドミル先端の加工では切削面にカスプが発生し、後の磨き工程において問題が生じる。一方、エンドミル側刃を用いた加工では、加工面が限定されるという欠点が存在するが、エンドミル先端加工時に生じるカスプの問題を軽減できる<sup>[1]</sup>。立体カム面は立体カムとカムフォロアの摺動面であると同時にエンドミル側刃で加工を行うことが可能な面である。本研究ではスワープ加工を用いて包絡面である摺動面を高精度高効率に加工することを目的とし、まずはローラーギアカムのカム面を形状創成理論を用いて設計し、5軸加工機で通常加工(ボールエンドミル先端の加工)まで実施した内容を報告する。

### 3. Mathematica と SolidWorks を用いた立体カム面の設計

カム面とは、カムフォロアがカム曲線に基づき移動した際に描かれるフォロア側面による包絡面と見なすことができる。そこでカムフォロアを工具と見なし形状創成理論<sup>[2]</sup>を用いてカムフォロアの包絡面を示す座標群データを導出するソフトウェアを作成し、カム面を構成する曲線群上の点列データを導出した。包絡面を計算するソフトウェアは数値計算ソフト Mathematica を用いて作成した。今回導出したカム面は1回転で60°の割り出しを行う角度関係を有し、カムフォロア径が10mmであるローラーギアカム機構のカム面である。

導出した点列データを用いて3次元CAD SolidWorksでカム面のモデリングを行った。まず導出データよりカムフォロアの長軸方向に等分割したそれぞれの断面円によって描かれる包絡線の曲線束を作成した。その後、SolidWorks内の機能である「境界サーフェス」を用いて隣り合う曲線から曲面を作成し、その分割曲面をカム面とした。作成した曲線束を図1に、カム面を図2に示す

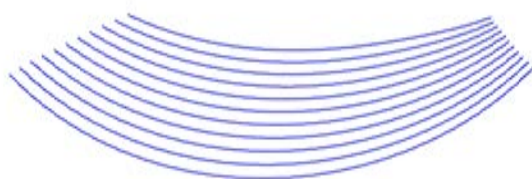


Fig.1 Curves on the cum surface

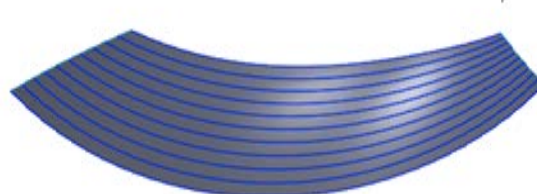


Fig.2 3D model

#### 4. 5 軸加工機を用いた立体カム面の形状創成

C&G システムズの CAM TOOL を用いて設計したカム面モデルを加工する NC プログラムを作成した。加工工程を 6 つに分割し、第 1 工程から第 3 工程までは荒加工を行い、第 4 工程から第 6 工程までは仕上げ加工とした。荒加工工程では正面、背面、右側面から加工し、仕上げ加工工程では CAM TOOL の等高線仕上げを使用した。工具初期位置と工具逃げ量はそれぞれ一律(0, 0, 50), 50mm とした。加工方法の指定後に切削シミュレーションで工具経路の確認を行った。

CAM で作成された G コードに対して、第 1 工程と第 5 工程の最初に工具長測定(G65 P9602)を、第 4 工程と第 6 工程の最後に工具破損チェック(G65 P7015)をそれぞれ挿入した。また、1 工程ごとに一時停止プログラムを記入したサブプログラムを実施するメインプログラム(O1000)を作成した。

作成した G コードを用いて、加工工程ごとにワークの状態を確認しつつ、5 軸加工機で加工を行った。加工には安田工業の MICRO CENTER YMC-430 を用いた。加工面を確認するとボールエンドミル先端による切削加工特有のカスが確認できた。指の腹で触れて確かめてみるが、特に凹凸を感じなかった。しかし爪絵で引っかくように確認することで確かな凹凸を感じた。加工したカムを図 3 に、5 軸加工機による加工の様子を図 4 に示す。



Fig.3 Spatial cam

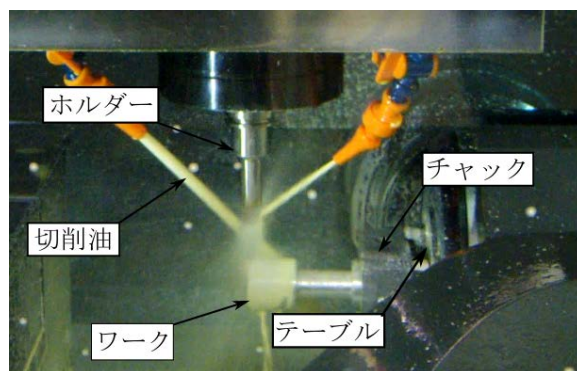


Fig.4 5 axes machine tools

#### 4. 結 言

形状創成理論を用いて立体カム面の設計を行い、5 軸加工機で実加工を行った。複雑な曲面を設計加工する一連の手順が確立できた。今回はボールエンドミル先端を用いた加工を行ったためにカスが観察された。面精度の向上と加工時間短縮のために工具側面を用いた加工が有効である。最近の CAM の機能として、単純なルールド面を工具側刃で加工するスワープ加工が搭載されているが、立体カム面は単純なルールド面では無い。立体カム面を工具側刃で加工するために独自に CAM プログラムが今後の課題である。

#### 参 考 文 献

- [1] 竹内芳美ほか, "側面切れ刃工具による 5 軸加工", 精密工学会誌, Vol. 60, No. 8 (1997), pp. 1164-1168
- [2] 稲崎一郎ほか, "工作機械の形状創成理論", 養賢堂, (1997), pp. 1-22
- [3] 牧野 達, 原田 孝, "スワープ加工を用いた立体カム面の形状創成", 日本機械学会関西学生会平成 26 年度学生員卒業研究発表講演会前刷集, (2015), 18-16.