

軌道曲線の特徴を反映したスイープ立体生成手法

4R-1

須崎 宏章

上田 耕市

二上 範之

シャープ株式会社

1 はじめに

近年の3次元CADシステムの発展により、さまざまな形状の設計が可能になる一方、さらに複雑な形状作成もまた要求されている。特に、自由曲面を含んだ形状に対し、設計者が真に意図した形状を実現することが高く望まれている。この自由曲面生成手法の一つに、特徴曲線を軌道曲線に沿って掃引させ曲面を生成するスイープ曲面生成手法がある。従来手法[1]では、自由曲線から成る軌道曲線の変曲点に特徴曲線(断面形状)を追加していたが、その際、軌道曲線の接線ベクトルや曲率ベクトルを用いて追加する特徴曲線の座標系を決定し、特徴曲線を配置していた。これらのベクトルを使用すると、軌道曲線が平面曲線でない場合、軌道曲線のねじれに伴って座標系が回転を起し、生成する曲面にねじれが生じることがあった。本稿では、曲率ベクトルを用いずにこの座標系を決定し、ねじれの少ないスイープ立体を生成する手法について述べる。

2 スイープ曲面生成手法

本稿では複数の軌道曲線(直線、円弧、自由曲線)と、軌道曲線の任意の位置に配置されている複数の特徴曲線(自由曲線)から軌道曲線方向にG1連続なNURBS曲面によるスイープ曲面を生成する手法について述べる(図1)。尚、取り扱う自由曲線はNURBS曲線とし、各特徴曲線の次数、制御頂点数、ノットベクトルは事前に同一にされているとする。また、軌道曲線を構成する各曲線をセグメントと呼ぶ。最初に、軌道曲線の特徴を反映する軌道曲線上の点に特徴曲線を追加配置する手法について述べ、続いて特徴曲線に基づいた曲線生成手法について述べる。

2.1 特徴曲線配置手法

既に配置されている特徴曲線(初期特徴曲線)に対し、追加する特徴曲線を追加特徴曲線と呼ぶ。追加特徴曲線は軌道曲線の両端を除いたセグメント端点と、セグメントが自由曲線の時、そのセグメントの変曲点に

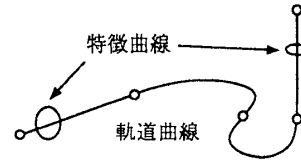


図1: 定義曲線

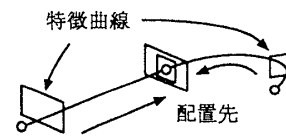


図2: 追加特徴曲線の算出

配置する。尚、変曲点で分割したセグメントの各要素をパートと呼ぶ。ここで、追加特徴曲線の形状を初期特徴曲線より算出する必要があるが、この処理は以下のステップで行なう。

step1) 軌道曲線上の追加特徴曲線配置位置に対して、軌道曲線上に沿ってその位置から最短距離にある両側の初期特徴曲線を抽出する。

step2) 軌道曲線が直線の場合は初期特徴曲線は平行移動、円弧の場合は回転移動によりセグメント端点まで移動させる(図2)。セグメントが自由曲線の場合は、セグメントを分割してパートを作成し、各パート単位に特徴曲線を移動させる。その際、パート上を移動する座標系は以下の手法により決定する。

まず、各パートの両端点及びそのパラメータ中点を抽出し、その3点で定義される平面を求める。平面が定義できない時はパートは直線とみなす。平面が求められた時は、以下のベクトル t, n, b を座標系とし座標変換を行なう(図3)。

t : パート上の任意の点の単位接線ベクトル

v : 平面の単位法線ベクトル

n : $t \times v$

b : $n \times t$

step3) 以上のステップにより複製された二つの初期特徴曲線に対し、各々の軌道曲線上での移動距離を算出し、その比率により各初期特徴曲線での対応する制御頂点を線形補間することにより、追加特徴曲線の形状を決定する(図4)。

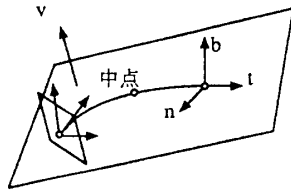


図 3: ベクトルと座標系

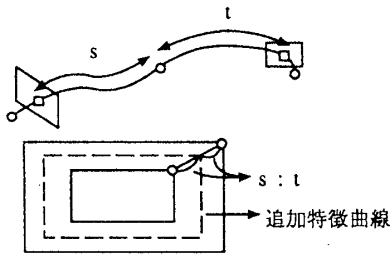


図 4: 線形補間

以上の手法により、パート内で定義される座標系は曲率ベクトルの代わりに平面の法線ベクトルの影響を受けるので、曲率の大きな部分でもねじれの影響を受けることがなくなる。また、初期特徴曲線の移動が複数のセグメントにまたがる場合には、上記処理を繰り返して行ない、目的の位置まで移動させる。

2.2 スイープ曲面生成手法

前節で求めた特徴曲線を用いて、特徴曲線毎に区間曲面を生成する。軌道曲線が直線の場合は掃引方向に1次の、軌道曲線が円弧の場合には2次の区間曲面を生成する。軌道曲線が曲線の場合には後述する近似スイープ曲面生成手法により区間曲面を生成する。

続いて、隣接する区間曲面間のG1連続性を保つために、区間曲面の両端部分の境界横断ベクトルをセグメントの端点における接線ベクトルの方向に修正する。最後に、区間曲面を1枚のNURBS曲面で表現する。

近似スイープ曲面生成法

step1) スキニング [2] の手法を用いて特徴曲線群から曲面(暫定曲面)を生成する。

step2) 特徴曲線配置手法を用いて、各特徴曲線間のパラメータの midpoint 位置の特徴曲線(補正特徴曲線)を算出する。また、その midpoint 位置における暫定曲面の断面曲線を算出する(図5)。

step3) 各特徴曲線のパラメータの midpoint 位置において、補正特徴曲線と断面曲線の制御頂点同士の座標の比較を行なう。全ての地点において、比較頂点が許容範囲内に収まれば、暫定曲面を区間スイープ曲面とし、処理を終了する。もし、いずれかの地点で許容範囲内に比較頂点が収まらない場合、その区間に補正曲線を新たに追加し、step1にもどる。

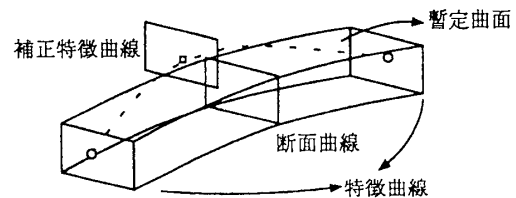


図 5: 補正曲線と断面曲線

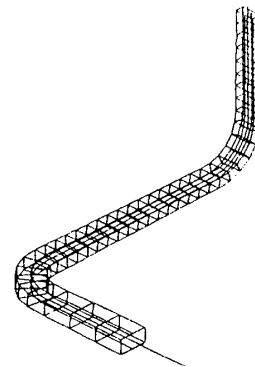


図 6: 適用例

3 適用例

図6に複数の断面曲線を直線、円弧、自由曲線からなる軌道曲線に沿ってスイープさせ生成した立体を示す。特徴曲線を閉曲線で定義することにより、スイープ立体を容易に生成することが可能になる。

4 おわりに

自由曲線に沿って特徴曲線を掃引する際、適当な平面を指定し、平面の法線ベクトルと軌道曲線の接線ベクトルを基に座標変換を行なうため、激しい曲率の変化に伴うねじれの影響を受けない滑らかな曲面生成が可能なスイープ立体生成法を実現した。

参考文献

- [1] 丁鴻田、鳥谷浩志、自由曲線にそったスイープ立体生成方法、精密工学会秋期大会学術講演会講演論文集 P.477-478(1990).
- [2] Les Piegl, "On NURBS: A Survey", *IEEE Computer Graphics & Application*, January(1991).