

ハイライト曲線を用いた意匠形状の高品位化システムの開発

Development of System to Construct High Quality Style Using Highlight Lines

80221860 生越輝和(Terukazu Ogoshi) Supervisor 青山英樹(Hideki Aoyama)

1. 緒言

自動車ボディ形状や家電製品外装形状などの意匠設計は、クレイモデルや木型などの実モデルを製作し、その測定データから形状モデルを構築するリバースエンジニアリングによる方法と、3次元CADシステムを用いて直接形状モデルを構築する方法で行われている。実モデルを製作する場合には、実空間において平行に配置された複数の蛍光灯の映りこみにより形状評価が行われ、CADシステムを用いる場合には、仮想空間にて同様の作業が行われる。この平行蛍光灯の映りこみはハイライト曲線とよばれ、意匠形状の評価に有効である。

しかし、要求するハイライト曲線がモデル上に現れていない場合には、実モデルあるいはCADモデルを再構築し同様のプロセスを繰り返さなければならず、コストと時間の面で効率的な形状構築法の開発が望まれている。

本研究では、要求するハイライト曲線が得られていない場合に、要求するハイライト曲線をスケッチ感覚で入力することにより、リアルタイムにモデル形状を自動再構築するとともに、そのハイライトパターンに類似するハイライトパターンをもつモデル形状を創発して提示することにより、形状の検討を可能とするシステムを開発することを目的とする。

2. 曲面の評価

2.1 曲率プロファイル図

デザイナーは、目視で形状の曲率変化を認識でき、感覚的评价において、曲率が急に変化している形状や曲率曲線において変曲点が2個以上現れる形状は好ましくないと判断している¹⁾。したがって、曲率と曲率変化パターンは、自由曲面形状の意匠性を評価する重要なパラメータであるといえる。

本研究では、図1(a)に示すような曲面を評価する場合に、同図(b)に示すように、曲面と複数の平行平面との断面における曲率プロファイルを示すことにより曲面を評価する。曲率プロファイル図は、断面形状の各点での曲率半径の大きさ(一般的には1/10)を法線方向に直線で示したものである。

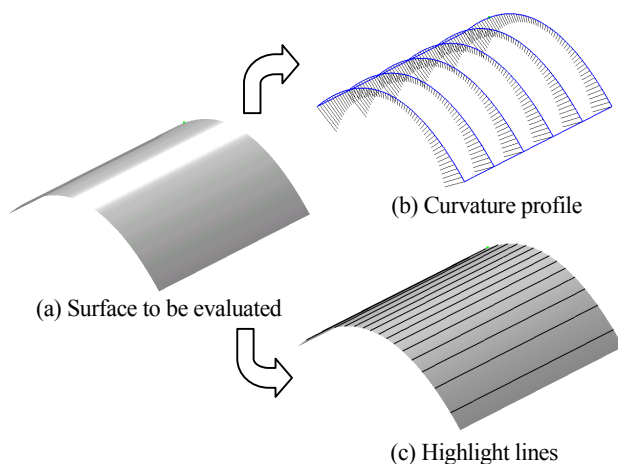


Fig. 1 Evaluation parameters of surface

2.2 ハイライト線図

ハイライトチェックとは、天井や壁に多数の蛍光灯を平行に配置し、評価モデル表面上への蛍光灯の映り込みにより、意匠の確認や曲面の滑らかさをチェックする作業である。デザイナーは、一般的に、5~20 m程度離れた位置から蛍光灯の映り込みを観察し、面のボリューム感や全体の面の接具合を評価している。

ハイライト曲線は、曲面形状の評価パラメータとして重要であることは上述のとおりであるが、加えて形状を特徴づける重要なパラメータでもある。デザイナーは、面に映り込むハイライト曲線により、面形状の特徴をさらに強調したり、あるいは弱めたりするなどの効果を考慮しながらデザインを行っている。デザイナーは、ハイライト曲線の位置や幅、そしてそれらの変化具合から曲面の特徴・性質を評価している。

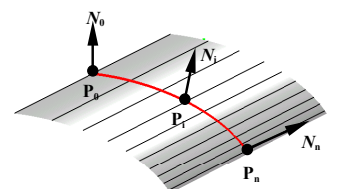
実用CADシステムでは、図1(c)に示すように、デジタルモデルのハイライト曲線を表示し、形状の評価を行う機能が開発されている。しかし、デザイナーが要求するハイライト曲線を示す形状を自動構築できるシステムは、いまだ実用化されていない。

3. ハイライト曲線による形状構築法

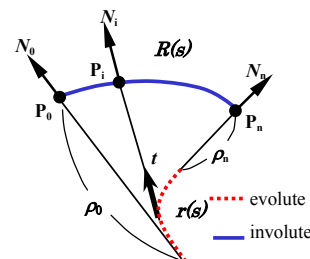
3.1 形状構築法の概要

本研究では、ハイライト線情報を基に曲面の断面曲線の曲率中心軌跡である縮閉線²⁾を定義し、これらの縮閉線群から最小二乗法³⁾により縮閉面を求め、その伸開面²⁾を求めて形状の再構築を行っている。その具体的手順は、以下のとおりである。

曲線の曲率中心の軌跡は縮閉線と呼ばれている。曲線の端点と縮閉線の端点を糸で結び、糸を張りながら縮閉線に巻き付けたときの糸の端点の軌跡は伸開線と呼ばれている。このとき、伸開線は曲線と一致している。図2(a)に示すような評



(a) Position and normal direction on surface to be evaluated



(b) Evolute and involute

Fig. 2 Relationship between evolute and involute

価対象曲面の断面曲線上の3点の位置と法線ベクトルが与えられているとき、その縮閉線と伸開線の関係は、図2(b)に示される。このとき、縮閉線と伸開線は、式(1)を満足する。

$$\mathbf{R}(s) = \mathbf{r}(s) + (\rho_0 - s)\mathbf{t}(s) \quad (1)$$

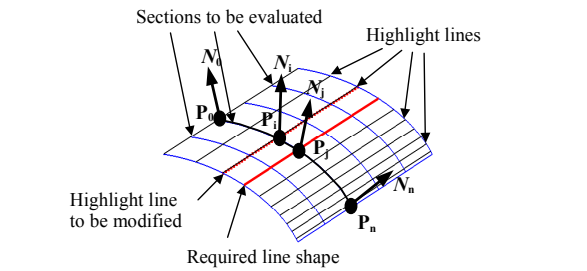
ここで、 $\mathbf{R}(s)$ は伸開線、 $\mathbf{r}(s)$ は縮閉線、 ρ_0 は伸開線端点の曲率半径、 $\mathbf{t}(s)$ は縮閉線の接線ベクトル、 s は縮閉線の長さパラメータを表している。

これより縮閉線の接線ベクトル $\mathbf{t}(s)$ が得られるならば、伸開面を得ることができる。すなわち、デザイナーが要求するハイライト曲線を入力することにより新たな縮閉線群 $\mathbf{r}(s)$ を定義し、接線ベクトルを求め、新たな伸開面を構築する。

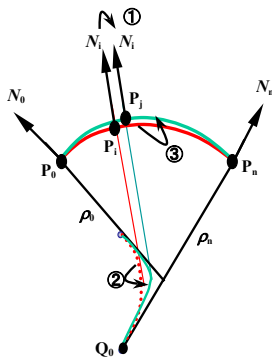
3.2 形状構築手順

次の①～④の手順に従い、評価対象曲面およびそのハイライト曲線情報から縮閉線、縮閉面、伸開線、伸開面を順次求め、要求されるハイライト曲線を有する形状を再構築する。

- ① 図3(a)に示されているように、評価対象曲面のハイライト曲線が表示されているとき、変更したいハイライト曲線を指定し、要求するハイライト曲線形状を入力する。
- ② 図3(b)は、評価対象曲面の1断面を示しており、点 $\mathbf{P}_0$ 、 $\mathbf{P}_n$ は形状を変更しないハイライト曲線上の点であり、法線 $\mathbf{N}_0$ 、 $\mathbf{N}_n$ を有している。点 $\mathbf{P}_i$ は、形状を変更するハイライト曲線の点で、曲面上で法線 $\mathbf{N}_i$ を有している。点 $\mathbf{P}_j$ は、要求されるハイライト曲線の点で、点 $\mathbf{P}_i$ が移動される点を意味しており、点 $\mathbf{P}_i$ と同様に法線 $\mathbf{N}_i$ をもつ。
- ③ 点 $\mathbf{P}_0$ 、 $\mathbf{P}_n$ は、位置と法線、および曲率半径が既知であるため、縮閉線の両端点が与えられることになる。点 $\mathbf{P}_j$ に関しては、法線方向が与えられており、このことは、縮閉線上の1点の接線方向が与えられていることになる。これらの情報より、縮閉線 $\mathbf{r}(s)$ を有理2次Bézier曲線で定義する。
- ④ 評価対象曲面上の複数の断面に対して上記の処理を行い、縮閉線群を求め、それらの離散点群データに対して最小



(a) Positions and normal directions on a section to be evaluated



(b) Re-definition of evolution

Fig. 3 Procedure of re-modeling of a section

自乗法を適用し、縮閉面として双3次Bézier曲面を導出する。

- ⑤ 縮閉面から接線ベクトルを求め、式(1)より伸開面を求め、入力されたハイライト曲線の条件を満足する曲面を再構築する。
- ⑥ 縮閉面を定義する双3次Bézier曲面の制御点を微少量変化させ、それより伸開面を導出することにより、要求されたハイライト曲線と類似のハイライト曲線パターンをもつ形状を提示することができる。これにより、いくつかのハイライトパターンを創発し比較検討することが可能となる。

4. 処理結果

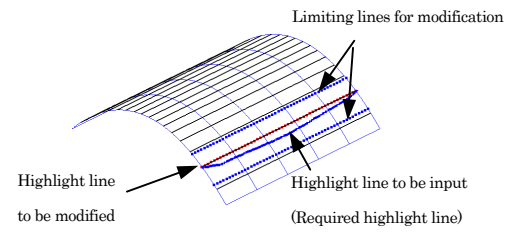
図4(a)に示すオリジナル形状に対して、要求するハイライト曲線を入力した結果、同図(b)に示される形状が再構築された。同図(b)の下段は、本システムにより創発された新たなハイライトパターンをもつ曲面形状を示している。

5. 結 言

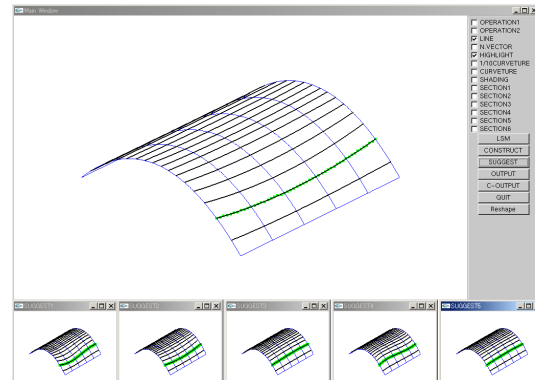
ハイライト線から法線情報を獲得するとともに縮閉線を求め、その縮閉線群から伸開面を導出して曲率の滑らかな曲面を再構築するアルゴリズムを提案した。また、同アルゴリズムを実装することにより、リアルタイムに類似のハイライトパターンをもつモデル形状を再構築し、比較検討することができるシステムを構築し、検証を行い、有用性を確認した。

参考文献

- 1) 東正毅,毛利仁,斉藤剛:縮閉線に基づく曲率変化の滑らかな曲線,曲面の生成(第1報),精密工学会誌,59,11(1993),1892.
- 2) 東正毅,原田博仁:縮閉線に基づく曲率変化の滑らかな曲線,曲面の生成(第5報),精密工学会,66,4(2000),556.
- 3) 横山正明,飯塚厚:Bezier曲面による規定曲面近似の誤差解析,日本機械学会(C編),56,11(1990),285.



(a) Highlight lines of original surfaces



(b) Highlight lines of modified shape

Fig. 4 Modification result