

## 曲面反射鏡の写像シミュレーションソフトの開発研究\*

外山 真也\*<sup>1</sup>・北添 徹郎\*<sup>2</sup>・横道 政裕\*<sup>3</sup>・杉田 武親\*<sup>4</sup>・榎木 敏寿\*<sup>4</sup>

Development of the Simulation Program for Curve Mirror Reflection

Masaya TOYAMA, Tetsuro KITAZOE, Masahiro YOKOMICHI, Takechika SUGITA  
and Toshihisa ENOKI

本研究は、三次曲線式で定義された曲面反射鏡の写像のシミュレーションについて報告するものである。基本となる三次曲線を基に、いくつかの基準点を算出し、それらの基準点について座標の回転や移動を行って、曲面形状を点群で表現した後、各点の法線ベクトル、写像を取り込むカメラの焦点位置などから背景にあるマークが写像のどの位置になるかをシミュレートするようにした。

本研究では、曲面上の反射位置の探索方法に特徴があるので報告する。

キーワード：探索、CAD、シミュレーション

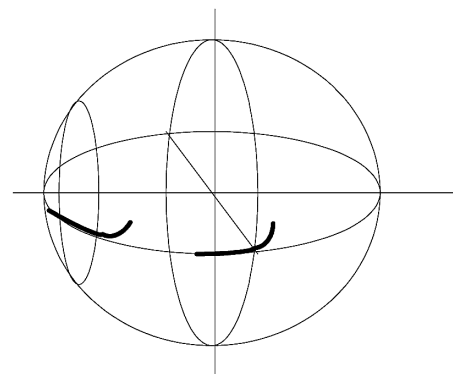
### 1 はじめに

車に取り付けられるドアミラーは、単一半径の曲面よりも、複数の半径で合成された曲面にする方が視野も広くとれ、かつコンパクト化が可能となるために、その利用が拡大している。

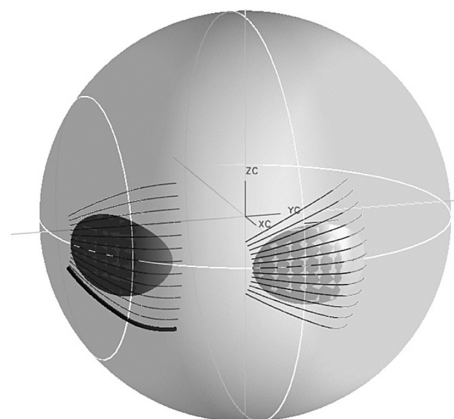
しかし、そのような曲面が正確に成形されているかどうかの確認は容易ではない。

そこで、理想曲面を求め、その理想曲面に背景がどのように写るのかシミュレートし、製品が精度良く製作されているかどうかを検査することを目的に研究を実施した。

本研究では、等ピッチに配置した点マークを描いた平板を背景に置いた状態において、三次元曲面鏡のどの位置に点マークが映るのかを探索した結果、理想曲面での写像を求めることができたので報告する。



a) 赤道上に曲線式による点群を作成



b) 作成された点群データを回転移動させて面を近似表現し、計測位置へ移動

図1 概念図

\* 県単共同研究

\*1 機械電子・デザイン部

\*2 元宮崎大学工学部 情報システム工学科 教授

\*3 宮崎大学工学部 情報システム工学科 助教授

\*4 株式会社ホンダロック 生産技術部

## 2 開発方法

### 2-1 点群による曲面の近似表現

曲面は、単一半径（例えばR2100）の曲線の途中から部分的に三次曲線式で定義される。この曲線式により、いくつかの基準点を求め、これらの基準点について回転移動などを行って曲面を表現した。その概念図を図1に示す。

また、この手法で作成した探索用基準点の表示状況を図2に示す。

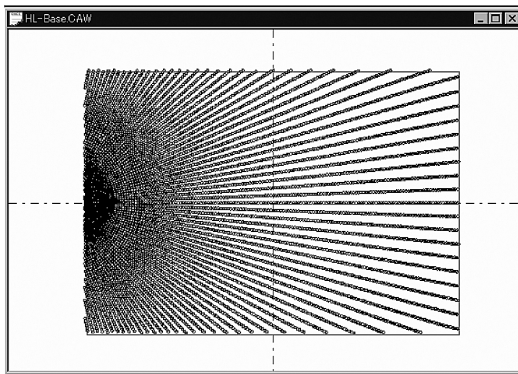


図2 探索のための基準点の表示

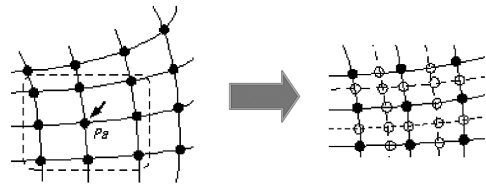
### 2-2 探索方法

背景のマーク点が曲面上に射影される位置では、その射影位置  $p_i$  の法線ベクトルが、射影位置  $p_i$  とマーク点  $p_m$  とを結ぶベクトルと、射影位置  $p_i$  と焦点位置  $p_c$  とを結ぶベクトルのなす角を二等分する。そこで、探索を以下の手順で行った。

- ① 曲面を近似表現した各点については、曲面の基本式より、単位法線ベクトルのデータをあらかじめ求めておく。
- ② 背景のマーク点  $p_m$ 、カメラ焦点の位置  $p_c$ 、曲面上の任意の位置  $p_i$  の各点を結ぶ二つのベクトル  $\overline{p_i p_m}$  と  $\overline{p_i p_c}$  がなす角を二等分する単位ベクトルと、曲面を近似表現する点の単位法線ベクトルとの差が最小の点  $p_b$  を求め、 $p_a$  とする。
- ③ 求められた点  $p_a$  に隣接する周囲の8点を基に各中間点（図3-bにおける16個の白点）を求める（図3参照）。
- ④ 求められた16個の中間点ともとの点（図3-bにおける9個の黒点）の25個の点から、点  $p_a$  を中心とする周囲の9個の点を抽出する。さらに、それらの点の単位法線ベクトルと、背景のマー

ク点  $p_m$ 、カメラ焦点の位置  $p_c$ 、曲面上の任意の位置  $p_i$  の各点を結ぶ二つのベクトル  $\overline{p_i p_m}$  と  $\overline{p_i p_c}$  がなす角を二等分する単位ベクトルとの差が最小の点  $p_b$  を求める。

- ⑤ 二等分する単位法線ベクトルと求められた点  $p_b$  の単位法線ベクトルが一致すれば探索を終了する。
- ⑥ 一致しない場合、求められた点  $p_b$  を  $p_a$  として③に戻って処理を繰り返す。



a) 差異最小の点の探索      b) 探索点の再構成

図3 探索方法の概念図

### 2-3 写像を求める

曲面上の射影位置が求められた後、この状況を一枚の写真にした場合のマーク点の位置を求めることができる。

このとき、図4に示すように曲面形状の頂点をXY平面の原点に置き、曲面上のマーク点の射影位置がXY平面のどの位置に映るのかを求めれば良い。このとき、曲面上に射影されたマーク点位置と焦点とを結ぶ線分と、XY平面との交点位置が、その求める位置となる。

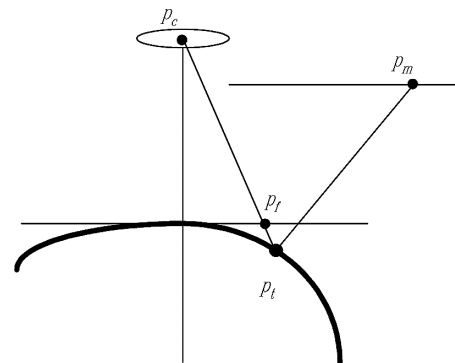
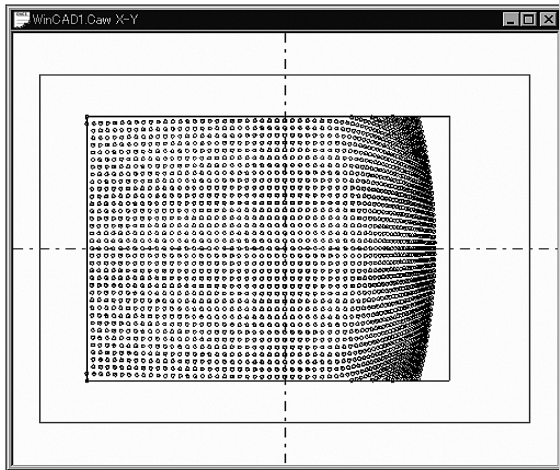
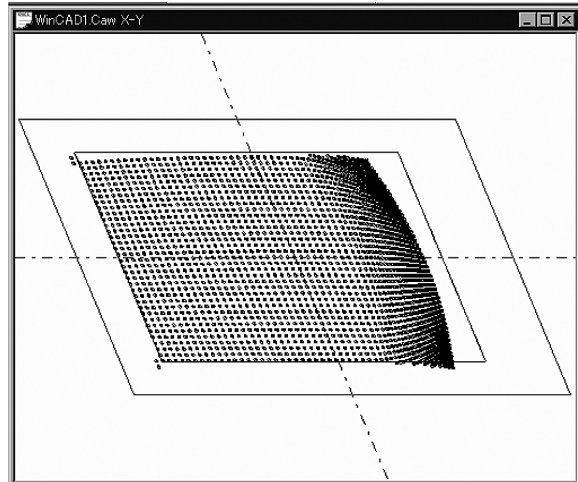


図4 写像位置の計算方法

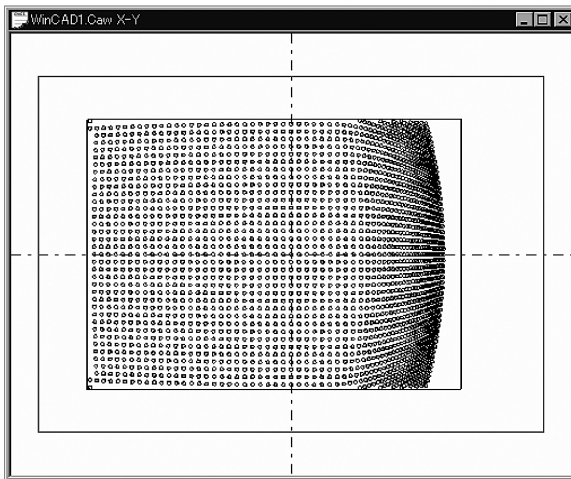


a) 曲面上に射影されたマーク表示

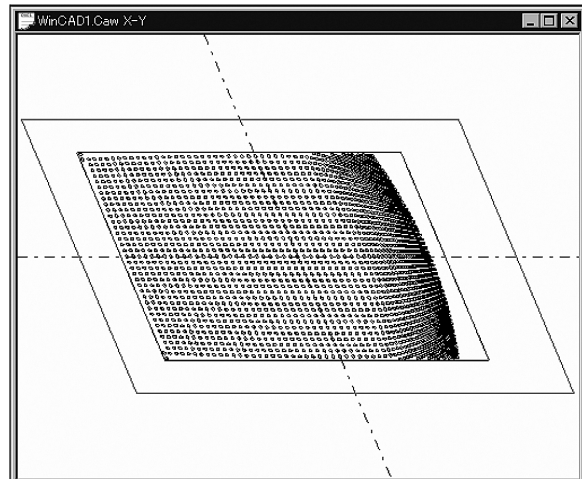


b) 曲面上に射影されたマーク表示の鳥瞰図

図5 計算結果 その1



a) 平面写真上に射影されたマーク表示



b) 平面写真上に射影されたマーク表示の鳥瞰図

図6 計算結果 その2

### 3 結果及び考察

理想曲面上に背景の点マークが映し出された状態を計算で求めた結果を図5-aに示す。また、この状態を座標回転（X軸-40度、Y軸30度回転）して表示した結果を図5-bに示す。

さらに、それらの結果を基に平面写真にした状態の計算結果を図6-aに、その座標回転（X軸-40度、Y軸30度回転）した結果を図6-bに示す。

本研究では、東芝製DynaBook Satellite CPU 700MHz（メモリ192MB）を計算に用い、計算時間は70秒程度であった。

### 4 まとめ

曲面上の各点の法線ベクトルと、背景の点マークと焦点の位置からなるベクトル方向を比較して

点マークが映り込む位置を探索する手法は、ユニークであり、比較的高速な計算処理が実現できたと考える。

今後は、この結果を基に、計測データとの比較を行い、検査装置に活用したい。

### 5 参考文献

- 1) 古谷克司, 岩本謙治, 毛利尚武: "球体校正法による機上三次元計測 (第2報)", 精密工学会誌, 64(1) 79 (1998)
- 2) 山本将之, 殿岡雅仁, 大谷幸利, 吉澤徹ほか: 格子パターン投影法を用いた反射物体の表面形状計測 (第2報), 精密工学会誌, 65(8) 1111 (1999)