

測定データ的高速サーフェス化技術の開発

Development of Technology to Create Surfaces with High-speed from Measurement Data

原 田 龍太郎*
Ryutaro HARADA
藤 原 欣 哉*
Kinya FUJIWARA

石 濱 陽一郎*
Youichiro ISHIHAMA
内 田 孝 尚*
Takanao UCHIDA

布 施 勇 二*
Yuuji FUSE

要 旨

自動車開発において製品の測定データを広く活用するためには CAD 上で扱うことが有効であり、そのために測定データとの誤差が小さい測定データから生成した面(以下サーフェスという)を CAD へフィードバックしている。

しかしそのようなサーフェスを生成するには、長時間のデータ処理が必要となっていた。そこで「高精度」「高速処理」を両立させる新しいサーフェス生成のアルゴリズムを開発した。その結果、従来に比べ誤差を大きくすることなく、サーフェス生成時間を 10 分の 1 化することに成功した。

ABSTRACT

Transformation of measurement data from parts into CAD models allows the data to be more widely used in the automotive development process. Surfaces are formulated from the data and fed back into the CAD model. These surfaces must correlate well with a low degree of error against the measurement data.

However, creating these surfaces requires considerable data processing time. A new algorithm for surface creation that combines high accuracy with high-speed processing has therefore been developed. This has resulted in a 90% reduction in the time required for surface creation with no significant increase in error.

1. はじめに

近年自動車開発の設計手法においては二次元(2D)図面のほかに三次元(3D)の形状データも普及してきている。測定においては非接触測定機の進化に伴い穴径や高さなどの2D図面に記載された寸法のほか、3Dの表面形状も測定可能となり、得られる情報量としても飛躍的に増加している。

その増加した情報(データ)を自動車開発において有効に活用するには、測定データからサーフェスを生成して開発の最上流である CAD 上で使うことであり、以下に示す効果が期待できる。

(1) 3D レイアウトによる検証

設計図や CAD データの存在しない製品でも 3D レイアウトによる検証をおこなう事ができる。

(2) CAM による切削加工プログラムの作成

製品から得られた形状データに対し切削加工プログラムを作成できるため、製品形状を考慮した加工が可能となる。

(3) 修整形状を設計値へ反映

作業者が修整を施した製品形状を設計値へ容易に反映できる。

(4) 測定データを用いた CAE 解析

現物形状データから CAD データ化し、CAE 解析をおこなえるため、設計値と現物の機能比較ができる。

このような効果を得るためには、測定データとの誤差が小さいサーフェスを生成する必要がある、通常はその誤差が $\pm 0.1\text{mm}$ 以内になることが望ましいとされてきた。

しかし、測定形状が複雑になるに従い誤差を $\pm 0.1\text{mm}$ 以内とするためにトランスミッションケースのような複雑な形状では多くの時間を必要とし(Fig. 1)、測定データを活用する上での課題となっていた。

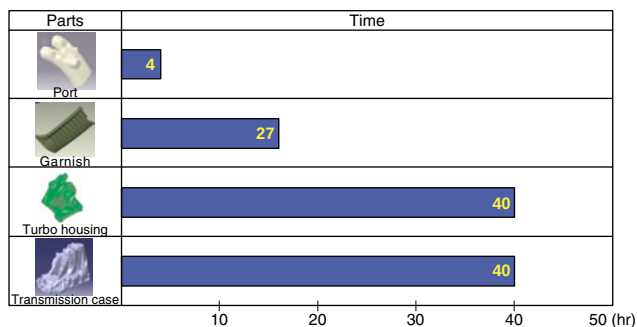


Fig. 1 Time required for creation of surfaces before software development

そこで、下記2項目を目標値とする新たなサーフェス生成のアルゴリズムを開発したのでその内容について紹介する。

- (1)生成したサーフェスの測定データとの誤差±0.1mm以内の保持
- (2)サーフェス生成時間を 10 分の 1

2. 現状把握

2.1. 改善を要する工程の明確化

測定データからサーフェスを生成する工程を以下に記す。

- 測定データの修整
- 多角形の表示(以下ポリゴンという)
- ポリゴンの修整
- サーフェスレイアウトの修整
- サーフェスの生成

まず、サーフェス生成の工程の中で改善の必要な部分を明確にするため、基準データ(トランスミッションケース)を設定し現状の各工程に要する時間の検証をおこなった(Fig. 2)。

五つの工程においてサーフェス生成時間に影響の大きい工程は

(3)ポリゴンの修整(Editing Polygon)

(4)サーフェスレイアウトの修整(Editing Surface Layout)

の二つの工程である事がわかる。

2.1.1. ポリゴンの修整

測定データの三次元座標を頂点とした三角形のポリゴンで表現される形状は、測定データの取得不良や製品の表面状態(主に光沢)で発生するポリゴンの欠落が生じる(Fig. 3)。この工程ではポリゴンの欠落を埋め、連続した滑らかな形状にする事を目的としている。

基準データでは 308 箇所のポリゴンの欠落部分が確認され、これを一箇所ずつ手動で選択しながら修整し、14時間を要した。

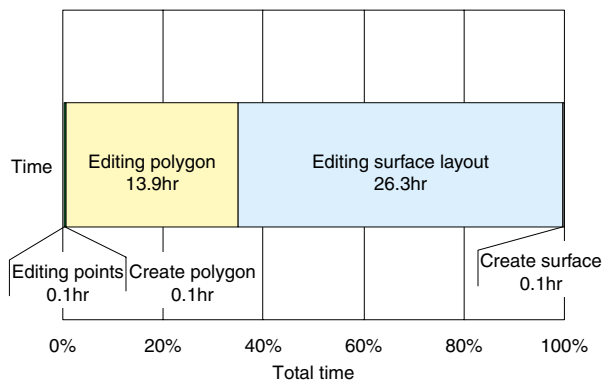


Fig. 2 Time required for each process in creation of surface

2.1.2. サーフェスレイアウトの修整

この工程の詳細(Fig. 4)を記す。

- (1)ポリゴンで表現された形状の曲率分布を計算し稜線を自動的に生成。
- (2)オペレータの判断により、エッジ形状以外に生成された稜線を変曲点に沿うように手動で修整。
- (3)稜線で囲まれた中にサーフェスを生成するために四辺で区切られた領域(以下パッチという)を自動で生成。
- (4)一つのパッチ内での曲率変化を少なくするため、パッチの配置を手動で修整。

これらの工程は測定データと生成されるサーフェスの誤差とデータサイズ(バイト)を小さくすることを目的としている。

測定データとの誤差を小さくするには、曲率変化に追従させるために制御点と呼ばれるサーフェスの形状を決定するための点を増やさなければならない。しかし、サーフェスの制御点は一行一列の単位で増え、データ容量は制御点数のほぼ二乗に比例して増加し(Fig. 5)さまざまなデータの処理時間に影響を及ぼしている。この工程について基準としたデータを用いた検証の結果、26 時間を要した。

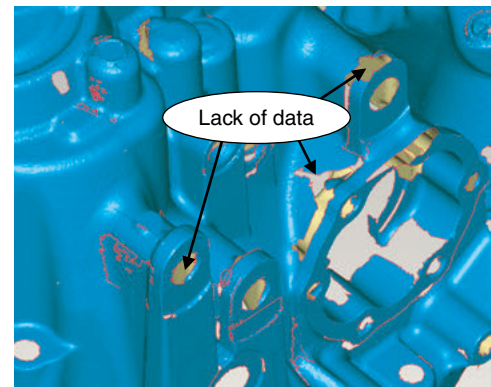


Fig. 3 Hole caused by lack of data

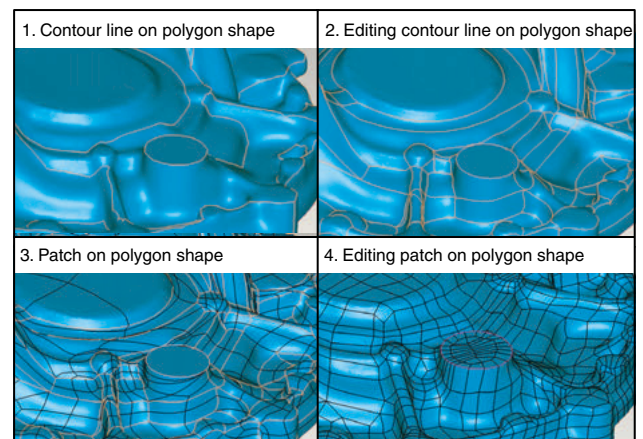


Fig. 4 Generation process of patch lay-out

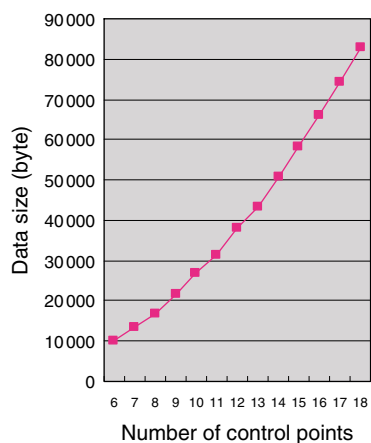


Fig. 5 Relation of control points and data size

3. 新手法

サーフェス生成時間に大きく影響している二つの工程に共通している項目は手動で修整をおこなう点である。したがって手動でおこなう項目をいかに効率的におこなうかを主眼におき、手法を考案した。

3.1. ポリゴンの修整

この工程では形状・大きさの異なる複数のデータ欠落部分をオペレータが一つずつ手動で選択して修整をおこなっていた。この問題を解決するためには複数部分を同時に修整することが望ましく、同一の修整手法を適用する部分を効率よく選択することが重要と考え以下の手法を考案した。

3.1.1. 修整部分の選択

修整する部分を選択するための条件を定義することで、その条件に合った形状を有するポリゴン欠落部分のみ選択する事とした。その条件とは欠落部分の形状の特徴を認識するもので、欠落部分に面したポリゴンの辺数・欠落部分の周長・欠落部分の輪郭線の平面度などである。これらの条件を組み合わせて定義することで、同じ特徴を持った欠落部分が選択でき一括修整を可能にした。

なお、この定義された条件はファイルとして保存しておくことで、新たに別な測定データのポリゴン修整にも適用できる。

3.2. サーフェスレイアウトの修整

この工程は、生成されるサーフェスと測定データとの誤差およびデータ容量のバランスを考慮して、自動的に検出された稜線とパッチを手動によって修整していた。この手動による修整を効率的におこなうことができる新たなアルゴリズムを考案した。

3.2.1. 稜線の生成

稜線の生成はオペレータがエッジと認識した部分と変曲点に沿うように修整をおこなうために時間を要していた。

そこで始めにポリゴンで表現される全体形状の曲率変化を計算することにより曲率の大きな部分を認識させ(Fig. 6), その中央を通るように稜線を生成させた(Fig. 7)。さらにオペレータが必要に応じて稜線を増やすことができるようにした。

3.2.2. パッチの生成

パッチを生成する際は、測定形状と生成されるサーフェスの誤差とデータサイズ(バイト)を考慮すると、一つのパッチで囲まれた測定形状は大きな曲率変化が無いことが望ましい。したがって稜線生成の際に大きな曲率形状として認識されたポリゴン上に、稜線を境界としてパッチの生成をおこない(Fig. 8)、次に残っている曲率変化の少ない部分にパッチを生成させることで、一つのパッチ内に大きな曲率変化が含まれる事が無いようにした。

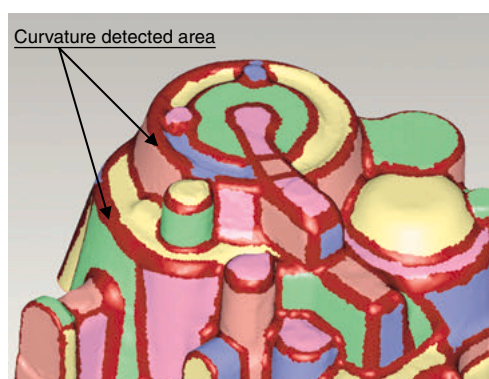


Fig. 6 Discrimination curvature

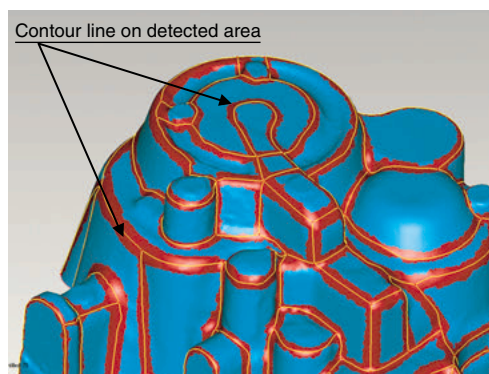


Fig. 7 Contour line created on areas of discrimination curvature

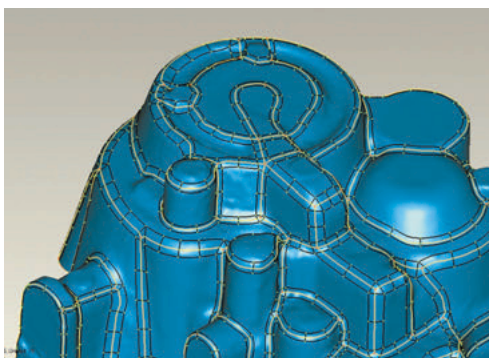


Fig. 8 Patch created on areas of greater curvature

4. 効果

このアルゴリズムを既存の工程に適用した結果、基準データの処理時間においてポリゴンの修整では14時間から1.2時間へ、サーフェスレイアウトの修整では26時間から2.6時間に短縮することが確認でき、全工程の時間において40時間のサーフェス生成時間を3.8時間へ削減することが可能となった。これにより目標として掲げていた基準データにおいて現状時間の10分の1化を達成することができた(Fig. 9)。また、その他の部品で検証した結果も従来と比べ、サーフェスの生成時間を8割以上短縮する事が確認され(Fig. 10)、生成するサーフェスの精度は保持しつつ、時間を短縮する事が可能となった。

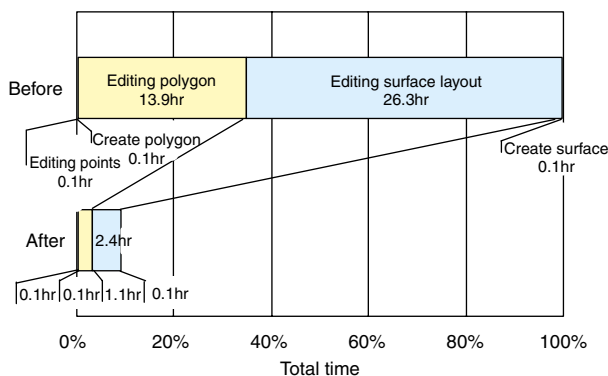


Fig. 9 Time required for each process in creation of surface before and after software development

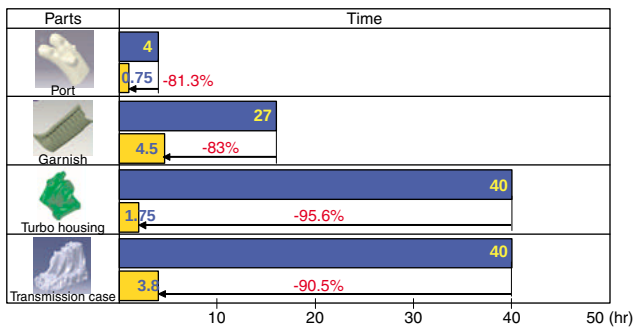


Fig. 10 Verification results of time for creation of surfaces

5. まとめ

製品データから「高精度」「高速処理」を両立させるサーフェス生成のアルゴリズムを開発した。

- (1) ポリゴン修正部分の選択方法を条件定義により一括選択することで、修整部分を手動で選択することが削減可能となった。
- (2) 曲率変化を計算して認識された部分から稜線を生成し、それを中心として大きな曲率の部分からパッチを生成することで、任意の部分への稜線修整が削減可能となった。

6. あとがき

このアルゴリズムを考案することで、トランスミッションケースのような複雑形状でもデータ供給時間を短縮することができ、要求に対してよりタイムリーなデータ供給が可能となった。

■ 著 者 ■



原田龍太郎



石濱陽一郎



布施勇二



藤原欣哉



内田孝尚