

ClassA スタイリングデータ作成 CAD システムの開発

Development of Class A Surfacing CAD System

篠原 智 義*

Tomoyoshi SHINOHARA

井出 大 介*

Daisuke IDE

春原 慶 子*

Keiko SUNOHARA

原 宗 生**

Muneo HARA

坂居 三 郎*

Saburo SAKAI

金田 健**

Takeshi KANEDA

勝部 弘 嗣*

Hirotsugu KATSUBE

要 旨

ClassA データ(または ClassA サーフェスデータ)とは、製品のスタイリングを表現する高品質な曲面データを意味する。四輪デザイン開発プロセスにおいては、ClassA サーフェスデータ作成 CAD を用いてクレイモデルの 3D 測定データから ClassA サーフェスデータを作成する。

複雑化かつ多様化する四輪スタイリングの形状表現に応えながら ClassA サーフェス作成過程でのさらなる高精度化、高効率化を図るために、独自の ClassA スタイリングデータ作成 CAD システムを開発し、形状表現や形状精度、開発効率において効果を発揮した。

ABSTRACT

Class A data (or Class A surface data) is high-quality surface data used to express product styling. During the process of design development of four-wheeled vehicles, Class A CAD is used to generate Class A surface data based on 3D scanned data from clay models. An original CAD system for the generation of Class A styling data has been developed in order to respond to the increasing complexity and diversity of shape expression in four-wheeled vehicle styling, and at the same time to increase the precision of Class A data and the development efficiency of the process of generating Class A surfaces. The new system has displayed positive results in the areas of shape expression, shape accuracy, and development efficiency.

1. ま え が き

デザイン開発プロセスの最終段階ではクレイモデルの3D測定データからClassAサーフェスと呼ばれるスタイリング形状データを作成する。ClassAサーフェスとは、自動車の内外形状に代表される滑らかで連続した高精度かつ高品質な曲面を指す総称である。

近年デザインの緻密化により意匠形状を高精度に表現するClassAデータが必要とされる中で、製品開発期間のさらなる短縮に応えるために、ClassAデータ作成システムは意匠再現の精度と高い作業効率を同時に実現することが課題である。

従来の CAD システムにおいては、デザイナーがイメージする意匠形状を作成するために形状操作と形状評価を繰り返す必要があり、その形状操作においては曲線や曲面の数

学的な表現形式を意識する必要があった。これらの課題を解決するために、本システムにおいては、現実世界における板状物体の振る舞いを参考にした直感的な曲面操作や、デザイナーがおこなう意匠形状の評価方法をヒントにして、曲線や曲面の可視化された形状評価の結果を操作することで評価対象である形状自体の修正を可能とする新技術を開発した。また、形状処理演算に新しいアルゴリズムを適用することで、計算時間の短縮と出力形状の品質向上を同時に実現した。

本稿では、独自の方法で実現した ClassA データ作成システムの代表的な新機能である(1)測定フィッティング機能、(2)高速・高精度面張り機能、(3)グローバルデフォーメーション機能の概要と、製品開発過程における ClassA サーフェス作成現場での効果実績を紹介する。

* HG 管理室

** 四輪R&Dセンター

2. システム開発のねらい

本システムの開発においては、ClassAサーフェスの品質熟成スピードのアップとモデリング期間の短縮化をねらい、ClassA データ作成工数の 50%削減を目指した独自の CAD システムを開発した。

2.1. 本システムと ClassA データの作成工程

本システムは Fig. 1 が示すとおり、クレイモデルの 3D 測定データから外形形状のClassAサーフェスデータを作成する過程を担う。

2.2. ClassA データ作成工数削減の手段

データ品質とモデリング作業の効率化の観点から、本システムの開発ではデザインデータ完成までを以下に示す三つの作業フェーズに分解し、それぞれの作業フェーズに対応する CAD 機能に新技術を投入することで目標達成を図った。

(1)測定データへの曲面フィッティング作業フェーズ

(2)高精度な ClassA サーフェス作成フェーズ

(3)ClassA サーフェスの修正フェーズ

Fig. 2 は三つの作業フェーズに対応する代表的技術を表している。

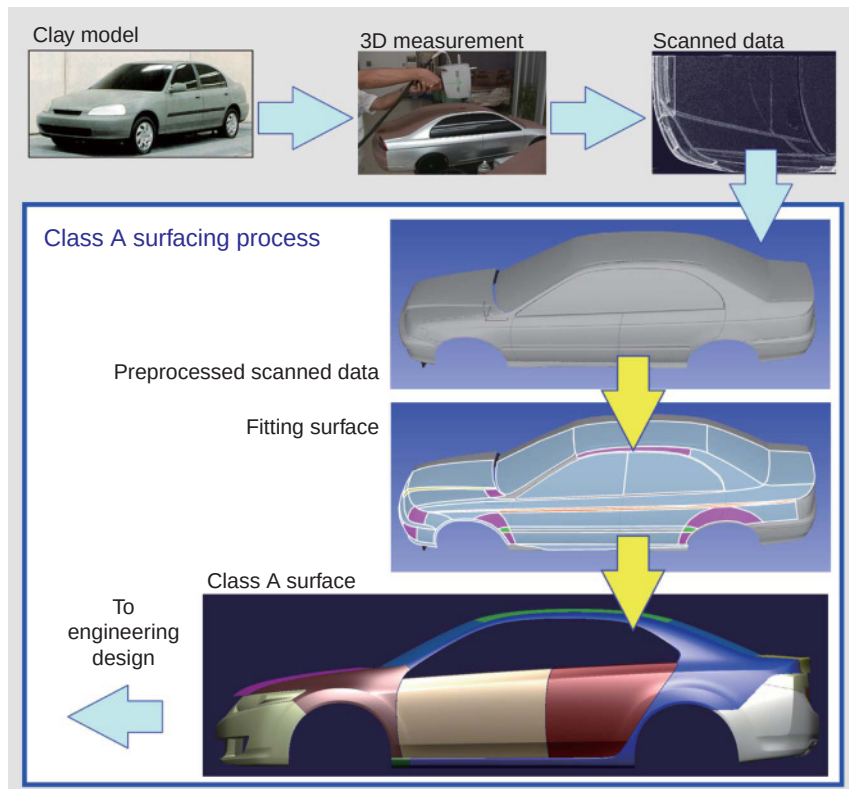


Fig. 1 Class A surfacing in styling process

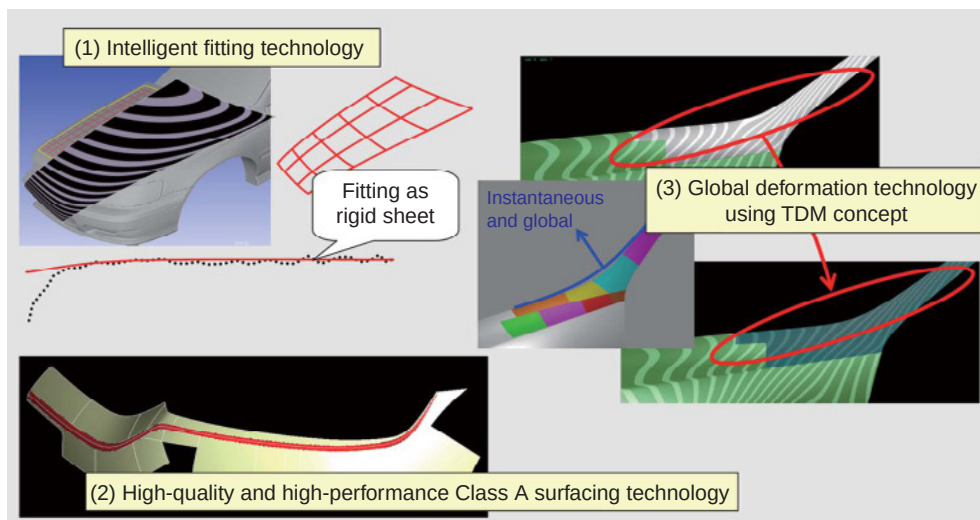


Fig. 2 Three typical technologies corresponding to three phases of Class A surfacing process

3. システム構成の概要

本システムの構成概要を Fig. 3 に示す。Fig. 3 で下段はシステムのプラットフォーム部分を表し、上段は具体的な機能部分を表す。本システムでは一部に市販コンポーネントを利用してシステム開発の効率を高めながらも、目標である ClassA データ作成工数の 50%削減を実現するために、Fig. 2 で示した三つの新技術の適用が容易な構成とした。主な特徴は以下のとおりである。

- (1) プラットフォーム部分と機能部分を疎結合として、当システムへ実装する機能の独立性を確保した。
- (2) データ量の大きい測定データを効率的に管理するために、プラットフォームのジオメトリカーネルには独自ポリゴンカーネルを実装した。Fig. 3 では(A)で表されている。
- (3) Fig. 2 で示した三つの新技術は、プラットフォームに制約されない機能部分に実装した。Fig. 3 では(B)から(D)で表されている。

以下に Fig. 3 内の(A)から(D)の役割を整理する。

(A)は本システム独自のポリゴンカーネルであり、大容量の測定データを利用するための効率的なメモリ管理を可能とした。

(B)は ClassA データ作成工程の最上流であるフィッティングサーフェスを作成する技術であり、微小なうねりやノイズを含むクレイモデルの形状から高品質な曲面生成を可能とした。

(C)は ClassA データ作成の中核となる技術であり、旧システムにおいても最重要の技術として位置づけられてきたが、当システムでは出力サーフェスの計算速度と品質において向上を図った。

(D)は本システムの独創的なコンセプトであるモデリング手法を実現するコア技術であり、直感的なデフォメーション操作を可能としてシステム目標の達成に大きく貢献した。

なお上述(1)により、本システムのプラットフォームは ClassA CADのみならず、デザイン開発を支援する他のCADシステムへの流用が可能である。

4. CAD 機能の概要

本章では、Fig. 3における(A)から(D)の技術概要と、これにより具現化した主な機能を紹介する。

4.1. 独自ポリゴンメッシュカーネル

ClassAサーフェスデータの作成準備や前段階では、システムに読み込んだ測定データのポリゴンメッシュ形状解析、必要個所の切り出しなどの前処理が必要となる。これらの機能を構築する基盤技術として、独自のポリゴンメッシュ形状処理カーネルを実装した。

本カーネルは、ポリゴンメッシュ形状処理の中核処理部であり、単体で独立したモジュールとして存在する。アプリケーションシステムからはこれをリンク参照する形式である。本カーネルは自己完結することで、他の任意のアプリケーションへの流用が容易となり、汎用性を高めることができた。

本システムが扱う3D測定データは、数百万頂点という大容量データであり、このデータをインタラクティブに操作できることが求められる。よって、データ格納の方法や、メモリマネジメントの方法がシステムの最重要課題となる。本カーネルでは、以降に説明する(1)ハーフエッジデータ構造、(2)独自メモリプール、(3)独自ガベージコ

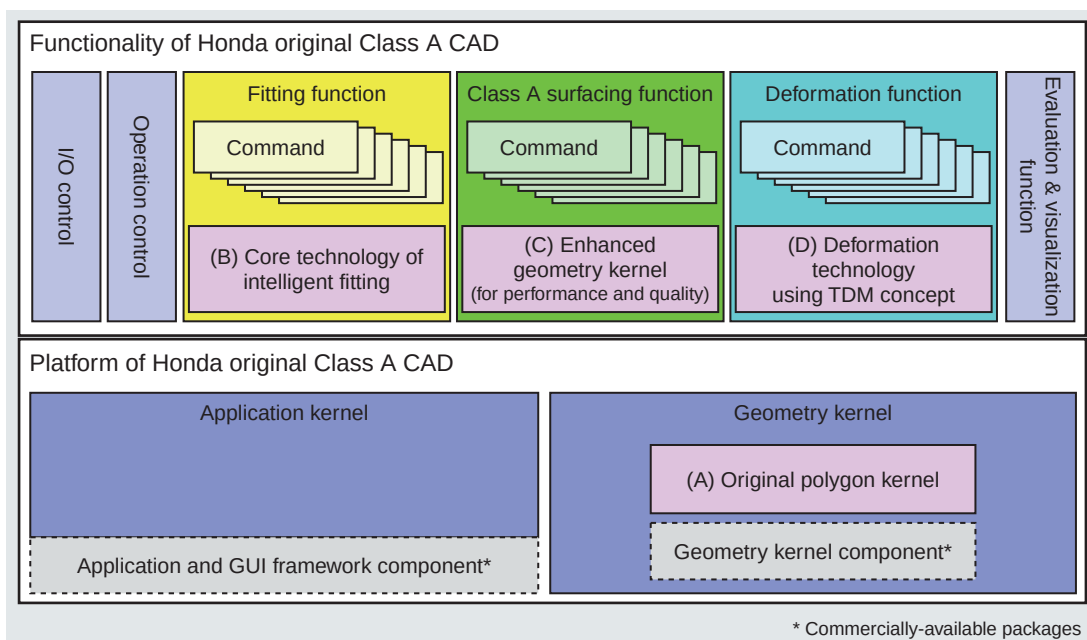


Fig. 3 Outline of system configuration

レクション、の三つの要素技術を導入することで、上記課題を解決した。

4.1.1. ハーフエッジデータ構造

効率的なポリゴンメッシュ形状処理を実装するためには、ポリゴンメッシュの位相要素である、エッジ、頂点、フェイスの三種類の位相要素間の相互隣接や参照関係を効率的に参照できることが不可欠である。このため本カーネルではハーフエッジデータ構造⁽¹⁾を採用している。Fig. 4 にハーフエッジデータ構造の概要を示す。ハーフエッジデータ構造では、エッジの両側にハーフエッジの概念を導入することにより、各位相要素間の隣接参照関係を効率的に構築できる。具体的な参照方法は以下のとおりである。

- ・各ハーフエッジは、その始点の頂点、並走するエッジ、およびその反対側にあるハーフエッジ、属するフェイス、およびそれを共有する他のハーフエッジを参照する。
- ・各頂点はそれを始点とする任意のハーフエッジを参照する。
- ・そして、各フェイスはその上にある任意のハーフエッジを参照する。
- ・最後に、各エッジはその両側にあるいずれかのハーフエッジを、それぞれ参照する。

4.1.2. 独自メモリ管理による、高速かつ効率的なメモリ断片領域確保

数百万という膨大な数のオブジェクトのメモリ確保および解放を効率的におこなうため、本カーネルでは Small Object Allocator⁽²⁾に準ずる独自のメモリ管理をおこなっている。Fig. 5 にメモリ管理機構の概要を示す。具体的には、システムからの領域割り当てや解放をチャンクと呼ばれる小メモリ領域単位でおこなう。最も若い世代のチャンクをカレントチャンクと呼び、アプリケーションからのメモリ確保要求のあるごとに、ここから単位メモリ断片を提供する。カレントチャンクが一杯になったタイミングでこれをチャンク管理リストに追加し、新しいチャンクを生成する。

管理対象となるオブジェクトの種類が限られているため、本カーネルでは五種類の位相要素(フェイス、エッジ、ループ、ハーフエッジ、頂点)、それぞれについて一つずつ、全部で五つのチャンクリストを用意した。このようにポリゴ

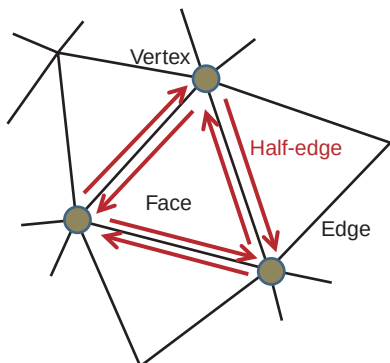


Fig. 4 Half-edge data structure

ンメッシュの位相要素オブジェクトの専用メモリプールとして特化することにより、シンプルかつ高効率なメモリプールを実現させている。

4.1.3. ガベージ・コレクション機能

形状処理操作を繰り返すうちにカーネルの内外からもはや参照されることなくなったオブジェクトが残り、効率的なメモリ利用が妨げられるという課題がある。

本カーネルでは、Mark-Sweep-Compact 法⁽³⁾に準ずるガベージコレクション(GC)を実装し、全オブジェクトの被参照状態を監視して不要なオブジェクトが占めている領域を効率的に削除や解放する機能、および参照されているオブジェクトの占有領域の断片化を防ぐための非断片化処理機能を実現した。

また GC の導入により、個々の位相要素について明示的なメモリ解放をおこなう必要がなくなるため、メモリリークや二重解放といった不都合から解放されるという利点もある。Fig. 6 に示した GC 機構の動作概要は以下のとおりである。

図中の(1)は、ユーザ操作が繰り返される間に、参照されている要素とされていない要素とが各メモリチャンクの中に混在した状態になることを示す。一切の GC 処理を施さずにこれを放置すれば、メモリチャンクリストは参照さ

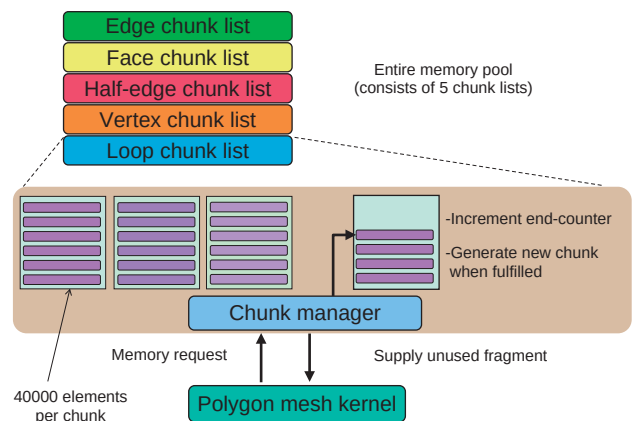


Fig. 5 Memory pool for topological nodes

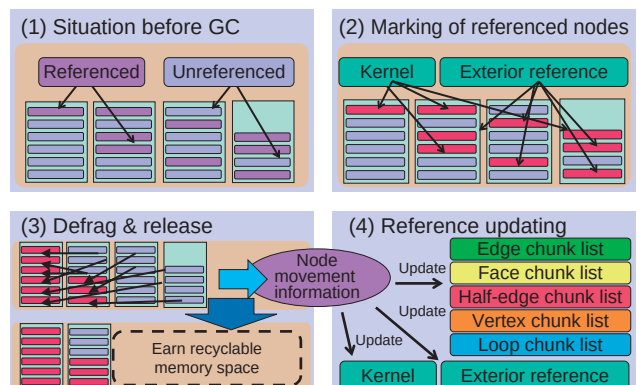


Fig. 6 Garbage collection

れていない要素で満たされ続け、システムのメモリを際限なく浪費する。

図中の(2)は、カーネルの内外から参照されている要素と参照されていない要素とを識別する目的で、参照されているすべての要素にマークをつけた状態を示す。

図中の(3)は、(2)に続いて、参照されている全要素について非断片化処理をおこなうと同時に、参照されている要素が一つもなくなったチャンクが占有していたメモリは順次解放した状態を示す。また、この過程での要素の全移動情報を記録する。

図中の(4)は、カーネルの内外において、すべての要素の参照元が(3)で記録した移動情報をもとに更新されることを示す。

Mark-Sweep-Compact 法を採用したのは、本カーネルが扱うポリゴンメッシュのハーフエッジデータ構造が各要素間の相互ループ参照であるため、相互ループ参照を扱えない他の GC 実装パラダイム(参照カウンタ⁽⁴⁾、他)を採用することは本システムの位相要素管理には適さなかったからである。

前節で述べたように、本実装ではメモリ確保要求に応じた領域は必ずカレントチャンクから確保することになっているが、カレントチャンクにはスイープ処理⁽³⁾や圧縮処理が明らかに不要な未確保領域が常に存在しており、他のチャンクに対して例外的な事項が多い。そこで、一連の Mark-Sweep-Compact 処理の適用をカレントチャンク以外の飽和したチャンクのみに限定した。このことにより、カレント以外のチャンクについてはすべて飽和していることを前提としてアルゴリズムを記述することができ、カレントチャンク専用の処理が不要となることで実装が容易になるばかりでなく、パフォーマンス上も有利になる。

以上の設計により、シンプルかつ実用上高効率な GC 機構を実現した。

4.2. フィッティング技術

ClassA データ作成では、クレイモデルの 3D 測定データを入力としてデザイン形状を維持した ClassA サーフェスデータを作成する。従来この工程では手動での曲面生成をおこない、その後測定データと曲面データとの形状傾向や離れ距離を評価し、手動での修正を繰り返していた。この作

業は多大な工数を必要とするため、従来より測定データから意匠形状を反映した曲面形状を自動的に作成する仕組みは数多く考えられている。これを「測定フィッティング技術」と定義する。

従来の測定フィッティング技術では、クレイモデルのうねりや測定時の誤差をそのまま出力に反映させてしまうため、ClassA データとして必要な曲面の品質が保てなかった。そこで、本システムではデザイン形状を維持しながらも、クレイモデルのうねりや測定誤差を除去し、ClassA 品質を満たした曲面を生成する。これを「インテリジェントフィッティング技術」と定義し、以下ではこの技術の概要と従来技術との出力品質の違いを記す。

まず従来技術による結果を示す。Fig. 7 (a)は測定データの光の映りこみ(ハイライト)を模擬的に再現した図である。このように、測定データには細かなノイズや段差が存在する。Fig. 7 (b) は従来技術である最小二乗法によるフィッティング(Least Square Fitting: LSF)をおこなった結果のハイライトを示し、Fig. 7 (c) は曲率 G2 の値を表示している。測定データのノイズにより出力面に段差やよれが生じており、曲率 G2 も波打っているのがわかる。このような乱れが存在する場合、ClassA 品質としては不適格である。

次に、インテリジェントフィッティング技術の概要と結果を示す。

曲面の品質を保ち、また曲面間の連続性を維持するためには、曲面の接線 G1、曲率 G2 をコントロールする必要がある。さらに、前述のように曲率のうねりは品質に影響を与えるので、曲率 G2 の変化率もコントロールする必要もある。

これらをコントロールするために、本システムでは「しなり(Stiffness)」という概念を導入する。Fig. 8 のように、実物のモデルに金属の定規を押し当てた場合、表面の傾向に追従するが、細かな凹凸は無視される。これは、この定規自体が硬さを持っており、ある一定以上には曲がらないためである。この概念を数学的な制約条件としておきかえ、フィッティング時に条件として与えることで、ClassA 品質を保った曲面を出力する。

Fig. 9 (a)、Fig. 9 (b) は、この概念を導入した出力曲面を示す。Fig. 7 (b)、Fig. 7 (c) と比較すると、測定データの傾向を維持しながらも、滑らかなハイライトおよび G2 の変化を持っていることがわかる。しかし、ここまでは単面ご

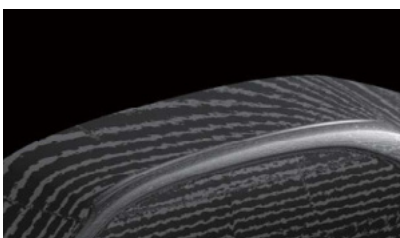


Fig. 7 (a) Scanned polygon

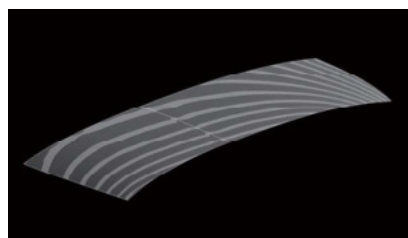


Fig. 7 (b) Highlight of LSF surface

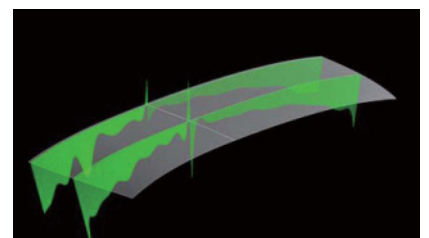


Fig. 7 (c) Curvature plot of LSF surface

とにフィッティングをおこなっているため、曲面の境界部にて位置や曲率に段差が生じている。

そこで、この問題を解決する「マージ技術」について述べる。

最終的な ClassA データは、互いに連続性を持った複数の曲面から成り立っている。ここでいう連続性は、位置 G0、接線 G1、曲率 G2 をいう。従来、接続する状態を一意に定めることで、連続性を保障する手法がとられていた。しかし、この手法では接している箇所の外側にて大きなうねりが生じるため、ClassA 品質として不適格である。

本システムでは、「連続性を保つ」ということを数学的な制約条件におきかえ、接続する状態にも自由度を持たせることで、全体のうねりを小さくしたまま連続性を保つ。Fig. 10 (a), Fig. 10 (b) は、このシステムを導入した出力曲面を示す。接している箇所にて位置および曲率の連続性を保ちながらも曲面のうねりを抑えていることがわかる。

4.3. 高速かつ高精度な ClassA サーフェス作成技術 Honda の ClassA データ作成においては、デザイナーのイ

メージを具現化するために、キャラクタラインと呼ばれる線を基準として、流れるようなハイライトを通す曲面構成が必要とされている。さらに設計要件を満たすためには、高い精度が要求される。Honda では、市販 CAD では実現不可能だったり、多大な工数を要する複雑な形状を簡単に作成するため、最新の技術を用いて独自の CAD システムの開発をおこなってきた。しかし、近年の自動車デザインは、形状が複雑化し、その曲面数も 5 年前と比較して約 2 倍となっており、ClassA データを作成する現場においては、さらなる高速化、高精度化が求められていた。そこで、本システムの ClassA サーフェス作成機能では、伝統的なデータ作成コマンドのノウハウを継承すると同時に、その高速化、高精度化を実現しながら、185 機能にも及ぶコマンド群の開発をおこなった。

代表的な例として、Fig. 11 に示す曲線のスムージング機能を挙げる。曲線のスムージング機能では、構成点を直接選択し動かすことができる、直感的な操作を実現することによって、曲線修正工数を減らすことに成功した。また、コントロールポイントを用いた修正や、5 次曲線で端末の G2 連

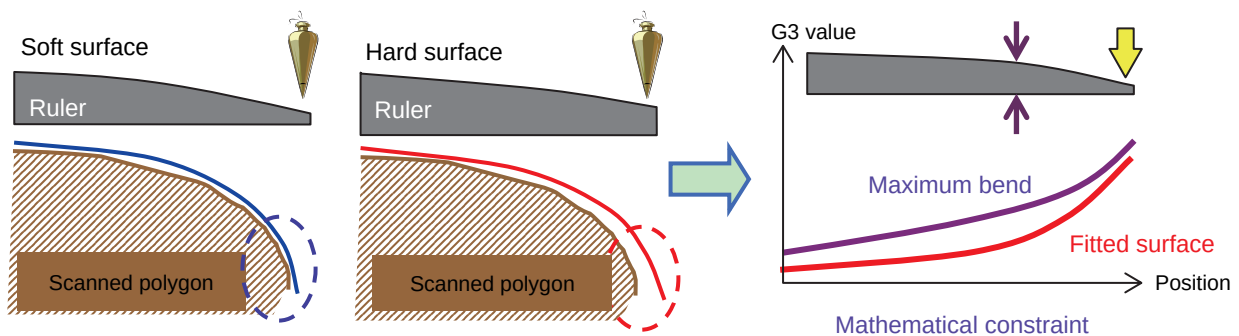


Fig. 8 Concept of stiffness

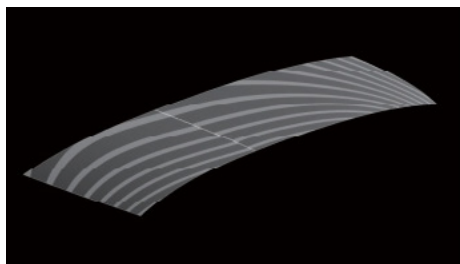


Fig. 9 (a) Highlight of intelligent fitting surface

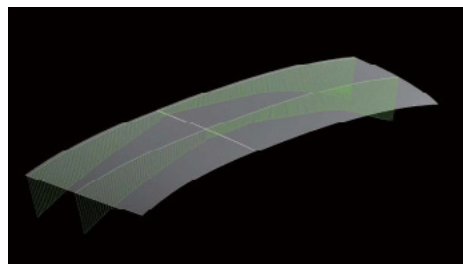


Fig. 9 (b) Curvature plot of intelligent fitting surface

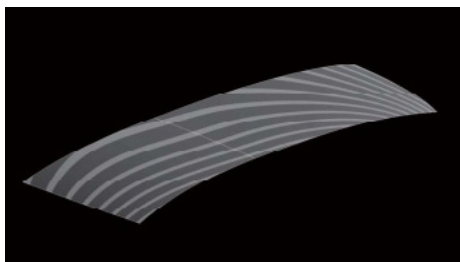


Fig. 10 (a) Highlight of merged surface

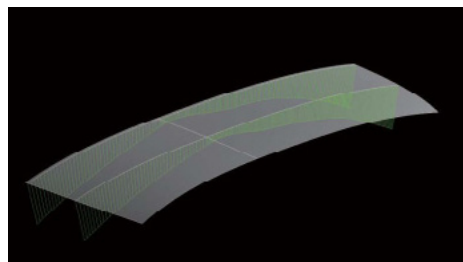


Fig. 10 (b) Curvature plot of merged surface

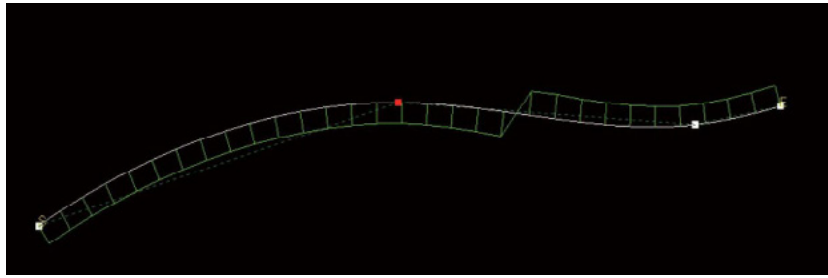


Fig. 11 Curve editing

続性を保ちながらの修正も可能とし、カーブ修正の幅を広げ、修正工数削減と、連続性の精度を高めた。

曲面においては、四辺の Coons 面を応用した Honda 独自の四辺面作成コマンドの開発をおこなった。従来のシステムでは3次の曲面で作成されていたため、曲面内部の曲率傾向が乱れることがあったが、本システムでは5次C2面で四辺面を作成することにより、内部連続性を格段に高めることができた。Fig. 12は従来システムと本システムによる四辺面の断面線曲率を示す。

さらに、フィレット面の作成の高速化と、曲面品質の高精度化をおこなった。フィレットとは、曲面と曲面とが作り出す角に丸みをつけた形状である。自動車の表面には曲率半径が 2.5 mm 未満の突起があってはならないという、保安基準を満たすための重要な要素でもあり、ClassA サーフェス数の約10%を占めている。本システムでは、フィレット作成アルゴリズムの刷新により、計算速度の高速化と、サポート面との G2 連続を強化したフィレット面の作成を実現した。高速化技術においては、従来の交線計算に代わって、サポート面上の法線ベクトルと断面平面の法線ベクトル、さらにサポート面の法曲率を用いて、フィレット計算をおこなう手法を開発した。また、サポート面との G2 連続の強化においては、周辺曲面の微分値情報である、境界横断導関数(Cross Boundary Derivative: CBD)を入力として、段階的な Gordon 面張りにより、周辺面との G2 接続を満たしたフィレット面の開発をおこなった。さらに、計算アルゴリズムの刷新だけでなく、Fig. 13に示すフィレット面作成と曲面品質評価機能が連動するインターフェイスによって、フィレット作成の工数削減に貢献した。

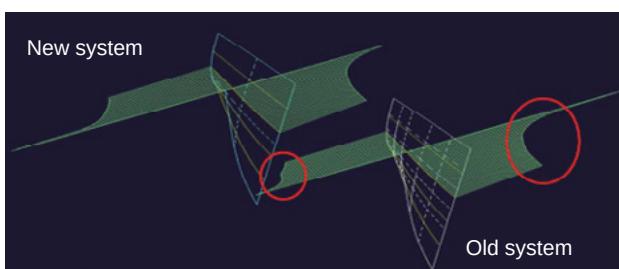


Fig. 12 Four-boundary surface

4.4. グローバルデフォメーション技術

スタイリングデザインの熟成過程でクレイモデルが変更されると、それに応じて作成した ClassA データも更新しなければならない。従来システムでは、既存曲面の数学パラメータを繰り返し操作することでデータ修正をおこなっていた。この作業は、目標の曲面形状を得ることに対して間接的な修正手法であるため、試行錯誤による形状操作に多大な時間を要した。そのため、時には曲面を再作成した方が早い場合もあった。このような ClassA データ作成方法では、クレイモデルの変化に ClassA データの更新が追いつかない。

本システムでは、デザイナーの審美的視点で、形状の目標を直接的に入力することを曲面形状の修正の手段とし、より直感的に効率よく既存面群を修正する技術を開発した。本手法は、直接的な形状目標を入力とすることからターゲットドリブンモデリング(Target Driven Modeling: TDM)と呼び、本節ではその新技術による実装例を紹介する。

4.4.1. ハイライトコントロール

ハイライトコントロールとは、ターゲットドリブンモデリングの考えを、ClassA データの品質評価基準のひとつである2次元ハイライトに適用したものである。既存の曲面群に対して目標とするハイライトを指定することで、目標のハイライトになるように曲面群を変形させる機能であ

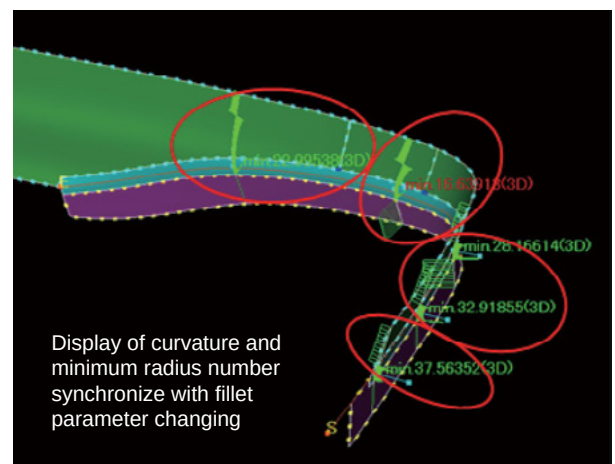


Fig. 13 Creation of fillet with dynamic evaluation

る。Fig. 14に目標のハイライトに対する出力結果を示す。図上部が変形前であり、下部がその結果を示す。図中の青線は曲面群のハイライトを可視化したものである。本例では、黄線で示したハイライトが白線を通るように変形をおこなった。変形結果の曲面群に対してハイライトを可視化したところ、指示した白線上にハイライトが通っていることが確認できる。

4.4.2. 曲率コントロール

曲率コントロールとは、既存の曲線に対して曲率プロットの目標線を入力することで既存の曲線を変形する機能である。従来システムでは、曲線のコントロールポイントや通過点の位置をひとつずつ繰り返し調整することで目標の曲線を得ていた。本機能はターゲットドリブンの考えに基づき、既存の曲線と目標の曲率プロットを入力するだけで、既

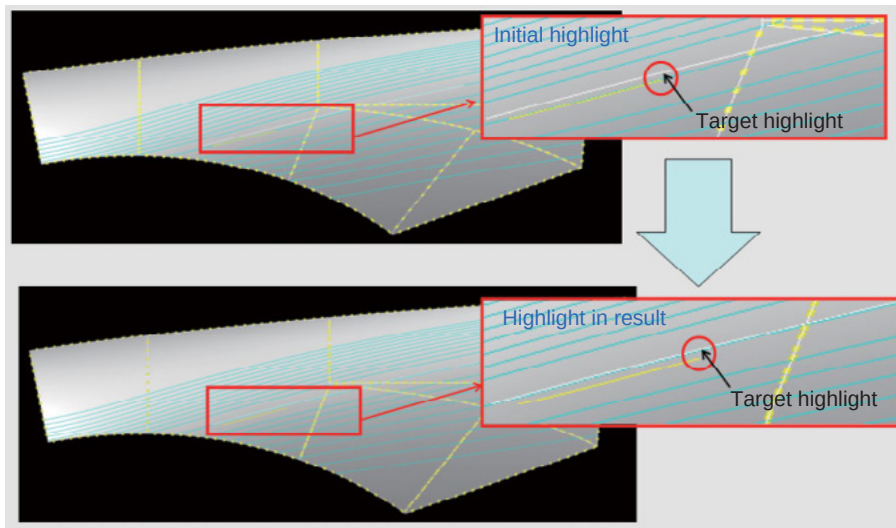


Fig. 14 Highlight control in sample case

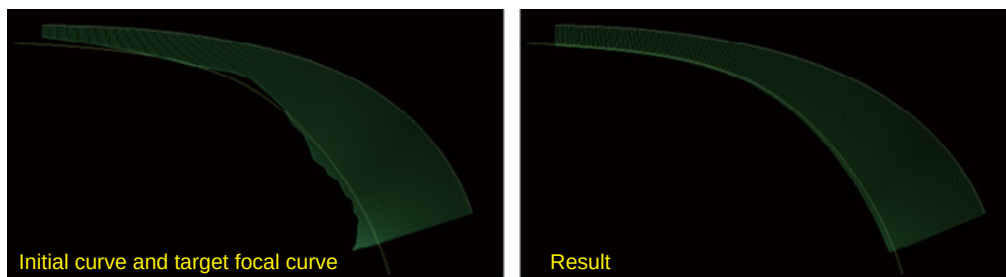


Fig. 15 Curvature control in sample case

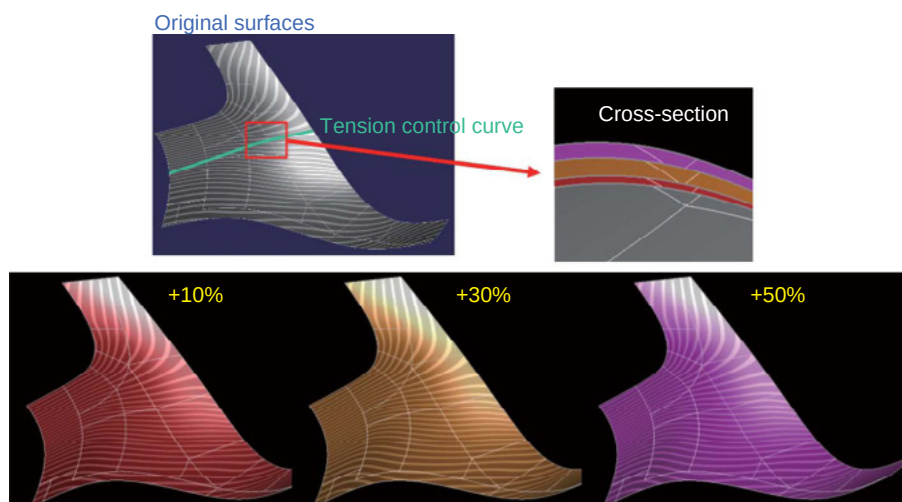


Fig. 16 Tension control in sample case

Table 1 Modeling time by parts (hours)

Production model	Recent model	Past model A	Past model B
Applied system	New system	Past system	Past system
Modeling time of parts L	235 h	823 h	340 h
Modeling time of parts M	134 h	188 h	440 h
Modeling time of parts N	125 h	225 h	169 h
Total modeling time	494 h	1236 h	949 h

Table 2 Reduction ratio by parts (%)

Model	vs. Past model A	vs. Past model B
Reduction of modeling time (total time)	60%	48%

$$\% = (\text{Past model X} - \text{Recent}) / \text{Past model X}$$

Table 3 Modeling time by styling phase (hours)

Production model	Recent model	Past model X	Past model Y	Past model Z	Ave.(X,Y,Z)
Applied system	New system	Past system	Past system	Past system	Past system
Styling phase P	92 h	190 h	129 h	182 h	167 h
Styling phase Q	202 h	823 h	340 h	230 h	464 h
Styling phase R	932 h	2204 h	1029 h	1453 h	1562 h

$$\text{Ave.}(X,Y,Z) = (X+Y+Z)/3$$

Table 4 Reduction ratio by styling phase (%)

Phase	Phase P	Phase Q	Phase R
Reduction of modeling time (average for phase)	45%	56%	40%

$$\% = (\text{Ave.}(X,Y,Z) - \text{Recent model}) / \text{Ave.}(X,Y,Z)$$

Table 5 Analysis of effect by main functions implemented on new system

No.	Function	Model	Computing time* in past system	Computing time* in new system	Reduction of computing time
1	Fitting surface on measured mesh	Fig. 17 (a)	13 min.	3 min.	77%
2	Fillet surface (Class A)	Fig. 17 (b)	14 sec.	3 sec.	79%
3	Blending surface (Class A)	Fig. 17 (c)	18 sec.	2 sec.	89%
4	Matching surface (Class A)	Fig. 17 (d)	64 sec.	35 sec.	45%
5	Global deformation (Deformation)	Fig. 17 (e)	15 h	1.5 h	90%
6	Highlight control (Deformation)	Fig. 17 (f)	1 h	43 sec.	99%

* Computing time represents the total computing time for iterative operations.

存の曲線を目標の曲率プロットを描くような曲線に変形する。Fig. 15では、既存の曲線に対して目標の曲率プロットを指示することで、指示通りの曲線が得られたことが確認できる。

4.4.3. 曲面テンションコントロール

曲面テンションコントロールは、既存の曲面群に対して、面の張り具合(テンション)を調整する機能である。修正する曲面群上にテンションを操作するための曲線を定義する。現在の曲面群の張り具合を0とし、±100%でその程度を変化させることを可能とする。これにより、もう少し張りを強くしたいといったデザイナーの視点での曲面群のコントロールが可能となる。Fig. 16では、既存曲面群に対しそれぞれ

10%, 30%, 50%のテンション増をおこなった結果である。入力形状の意匠形状をよく保っているため結果の全体像ではわかりにくい。操作を定義した曲線上の断面で比較すると、その程度に応じて曲面群の張りが強くなっていることが確認できる。

5. 本システムにおける工数削減効果とその分析

システム開発の目標値である ClassA データ作成工数 50%削減に対して、実際の製品開発過程を通してClassAデータ完成までの効果検証をおこなった。さらに、機能別の効果について分析した。

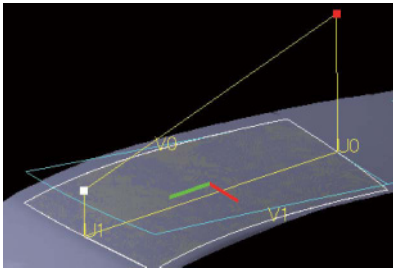


Fig. 17 (a) Fitting surface

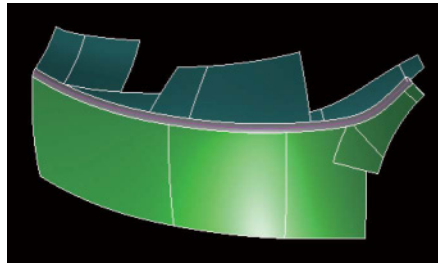


Fig. 17 (b) Fillet surface

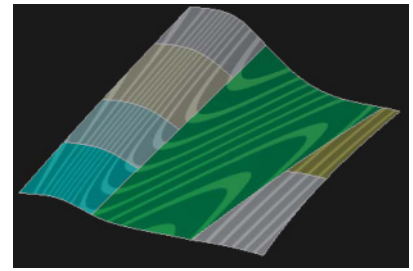


Fig. 17(c) Blending surface

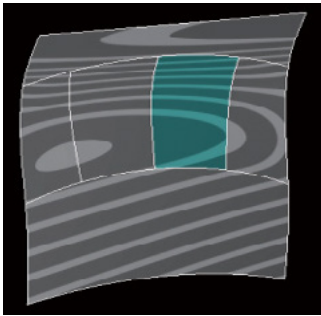


Fig. 17 (d) Matching surface

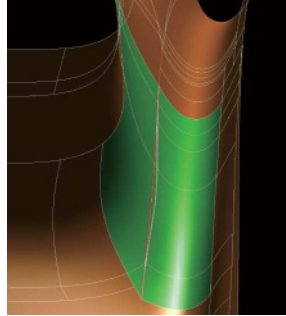


Fig. 17 (e) Global deformation

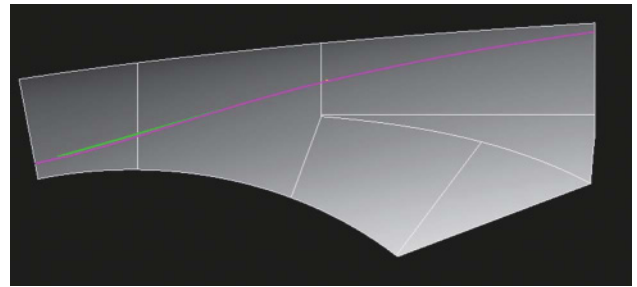


Fig. 17 (f) Highlight control

5.1. 本システムにおける工数削減効果

デザイン部位ごとの ClassA データ作成に要した時間と工数削減率は Table 1, Table 2 のとおりであった。

デザイン開発フェーズごとの ClassA データ作成に要した時間と工数削減率は Table 3, Table 4 のとおりであった。

車種や部位、デザイン開発フェーズにより 10% 前後の効果のばらつきが認められるものの、新システムの目標値は達成されたといえる。

5.2. 工数削減効果の分析

Table 5 は本システムに実装した主な機能の効果を整理したものであり、Fig. 17 のモデルはそれぞれの出力形状を示したものである。Table 5 中の時間は形状完成までの操作に要したシステムの総計算時間を表し、システムユーザが形状確認や操作方法の選択に要した時間は含まれていない。

Table 5 における効果量が最大の機能 No.6 と最小の機能 No.4 では 2 倍以上の差が認められることから、その原因を分析した。本システム開発において根本的に新しい計算アルゴリズムを採用した機能 No.1 と 2、および従来システムにはなかった新たなアプローチを適用した機能 No.3, 5, 6 においてはシステム目標に対して十分な工数削減効果が発揮できていることがわかる。一方で、機能 No.4 は 45% の時間短縮を実現したものの、他の機能より効果が少ない。これは、旧システムにおいてマッチングサーフェス機能の熟成が進んでいたために、新システムでの手法の改善が顕著な差を発揮しなかったためである。

6. まとめ

- (1) ClassA データ作成工数の 50% 削減を目標として新システムを開発し、目標を達成した。
- (2) 新システムにおいては、独自のソフトウェア基盤を構築したうえで、ClassA データ作成機能を開発した。
- (3) ClassA データ作成機能においては、ClassA データ作成作業における三つの作業フェーズに着目し、各フェーズの機能に独自の新技术を適用した。

7. あとがき

本システムの開発では、システム開発者と ClassA データの作成現場においてプロジェクトメンバが一丸となって知恵と工夫を絞ってきたことで高い目標を達成できた。思うに、当プロジェクトの成果には ClassA データ作成の効率化に加えて、もうひとつの価値がある。それは、チャレンジングな目標に向かってメンバ全員の力で試行錯誤し諸課題を解決した経験そのものであり、これはまた継続的に次世代の技術を生み出し続けるための人材的な糧に他ならないと信じている。

参考文献

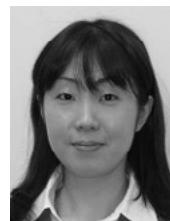
- (1) Kettner, L.: Using generic programming for designing a data structure for polyhedral surfaces, Computational Geometry Theory and Applications, Vol. 13, p. 65-90(1999)

- (2) Alexandrescu, A.: Small-Object Allocation, Modern C++ Design, Addison Wesley, p. 77-95(2001)
- (3) Jones, R., Lins, R.: Mark-Compact Garbage Collection, Garbage Collection Algorithms for Automatic Dynamic Memory Management, John Wiley & Sons, p. 97-114 (1996)
- (4) Jones, R., Lins, R.: Reference Counting, Garbage Collection Algorithms for Automatic Dynamic Memory Management, John Wiley & Sons, p. 43-72(1996)

■ 著 者 ■



篠原 智義



春原 慶子



坂居 三郎



勝部 弘嗣



井出 大介



原 宗生



金田 健