

論文・解説

38

内装質感バーチャル開発 Virtual Development for Interior Feel of Quality

米澤 麻実^{*1}

Asami Yonezawa

福井 信行^{*4}

Nobuyuki Fukui

川口 幸一^{*2}

Koichi Kawaguchi

田中 松広^{*5}

Matsuhiko Tanaka

平山 和幸^{*3}

Kazuyuki Hirayama

要約

お客様の内装質感に対する期待値が高まる中で、マツダは CX-5 以降の新世代商品群において、質感をより高めるため、デザイナーとエンジニアが共創して新しいクラフトマンシップの取り組みを進めている。より高次元の共創を実現するために、基本造形や表面材質などを決めていく開発の極めて初期段階に、新しいクラフトマンシップの評価視点に基づいて実車状態を予測することが重要となる。そのため、これまで部品の表面質感評価に活用してきたバーチャル技術を、内装全体の質感評価が可能となるものに進化させる必要があった。本稿では、お客様に、より高い質感の商品を提供可能とした開発技術の取り組み内容と、CX-5 や新型アテンザの車種開発に適用した事例を紹介する。

Summary

As customer expectations for the feel of interior quality is increasing, we have been promoted new challenge of Craftsmanship by creative cooperation of car graphic designers and engineers in the development of new-generation products including CX-5 and the all-new Atenza. In order to achieve the closer cooperation, it's important to predict the quality of production model based on a viewpoint of new Craftsmanship in the very early stage of product development in which basic shape and surface material are decided. Therefore, our virtual evaluation technique for surface feel of quality needs to be progressed to the evaluation technique of whole interior feel of quality. In this report, we introduce our technique, which makes possible us to provide better feel of interior quality to our customer, and our activities to apply this technique to CX-5 and all-new Atenza.

1. はじめに

近年、欧州市場を中心に内装質感に対するお客様の期待が高まり、いかに効果的に質感を向上させるかが重要な課題である。これまで、優れた造り込み、実用性に裏打ちされた機能美、そしてカスタマーデライトの3つの柱をクラフトマンシップとして、開発に取り組んできた。CX-5 以降の新世代商品群では、更なる質感向上を目指し、従来はエンジニアリング領域に焦点を当てていたクラフトマンシップを、デザイナーのセンスや美意識に関わる領域と統合した新クラフトマンシップに進化させた。

マツダ車のお客様からの声や市場評価の分析結果から、実用性や造り込みに加え、デザイン造形の調和やスッキリ感、

本物感の視点が重要であることがわかった。その結果を踏まえ、「デザインクラフトマンシップ」として評価体系を再構築した。以下にその考え方と評価体系 (Fig.1) を示す。

(1) 調和/スッキリ感

自動車の内装は、多くのパーツで構成され、それらを複数の部署、メンバで開発するため、全体の見映えを、調和がとれ、スッキリした印象に仕上げるのは非常に難しい。そこでデザイン段階から、デザイナーとエンジニアが「形」、「グラフィック」、「表面処理」について一緒に考え、インテリア全体としての調和/スッキリ感の実現を目指す。

*1~5 車両実研部
Vehicle Testing & Research Dept.

(2) 本物感

自然素材の場合は、素材ごとに適切な形状や風合いがある。しかし、自動車に用いる素材は重量やコスト、難燃性や耐候性のために使用できる素材が限定され、自然の素材と異なる印象を受けることがある。1つの原因として、表面の色やツヤ、シボとよんでいる凹凸形状が自然素材と異なるために違和感を与えていることがある。また、見て受ける印象と触ったときの感覚を一致させることも重要となる。

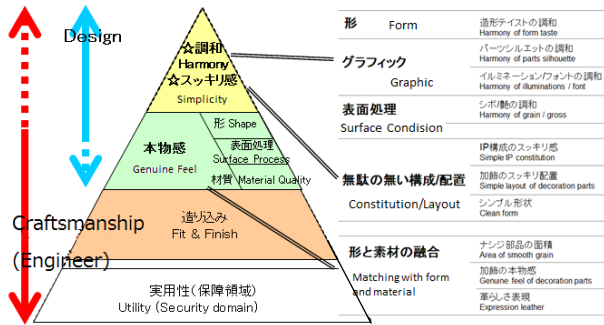


Fig.1 The Concept of New Craftsmanship

デザインクラフトマンシップでは、質感を高めるために、造形や表面材質の仕様を決める段階 (Fig.2) で、実車状態のよし悪しを評価し検証精度を上げる必要がある。我々は、これまでインストルメントパネル (IP) やドアトリムの表面質感の評価用としてバーチャル技術を開発し部品単品に適用してきた⁽¹⁾。その技術の評価対象エリアを内装品全体へ拡大し、適用できるよう技術開発に着手した。

本稿では、質感バーチャルの技術開発の取り組み内容と、CX-5、新型アテンザへの適用事例を紹介する。

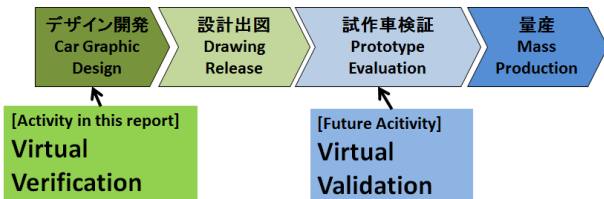


Fig.2 Flow of Vehicle Development and Virtual Timing

2. 質感バーチャル技術の
デザインクラフトマンシップへの適用課題

2.1 質感バーチャルの基本原理

一般的なコンピュータグラフィックス (以下 CG) は Fig.3 に示すような ~ のフローで作成される。フロー内の Surface Mapping では、色の設定や表面材質として使いたい材質画像の貼り付けを行う。そして Lighting で、作成者が対象物を見せたいように表現できるよう光源モデリングを行う。

今回開発した技術では、の段階で表面の凹凸形状や、

異方性反射分布関数 (BRDF : Bidirectional Reflectance Distribution Function) を計測し、結果を表面材質のデータとして使用する。またの段階では、実車評価を行うテスト場光源を計測し、結果を用いて光源モデリングを行う。最後に Rendering の実施前に光学計算させることで、表面で起こる現象を忠実に再現した (Fig.3 の赤枠部)。表面質感評価まで適切に行うことを目的とするこの技術は、美しさや本物らしさを追求する一般的な CG とは一線を画したマツダオリジナルの CG 技術である。

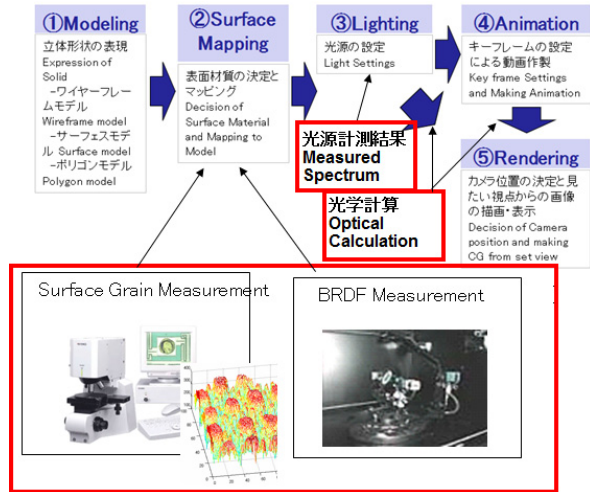


Fig.3 Flow of Making CG

2.2 デザインクラフトマンシップ適用への課題

デザインクラフトマンシップで拡大した評価項目に対し、バーチャル検証を可能とするために、再現すべき項目と、質感バーチャルでの再現状況をまとめた (Table 1)。

Table.1 Virtual Required Contents for Design Craftsmanship Evaluation

評価項目 Evaluation Contents	バーチャルで再現すべき項目 Required Contents for Virtual	Status	Activity
調和/スッキリ感 Harmony / Simplicity	色/Color	△	✓
	ツヤ/Gloss	△	✓
	輝度/Luminance	×	✓
	シボ形状/Grain	○	-
本物感 Genuine Feel	部品形状/Parts Form	△	✓
	部品配置/Parts Arrangement	×	✓

質感をバーチャルで開発するために、「調和/スッキリ感」、「本物感」に関連の深い「色」、「ツヤ」、「輝度」、「部品形状」、「部品配置」の5項目を適切に再現することを目標とした。これらのCG再現に対して、以下の技術的な課題があった。

(1) 色/ツヤ/輝度の再現性の課題

人間が色や光沢を知覚するメカニズムから、車室内の「光源の分光分布」と部品の「材質固有の反射特性」を正しく捕えることが重要となる。お客様が車を見る環境、たとえばショールームの環境光源を適切にする手法を確立すること、また、内装材に使われる色部品や加飾類の適切なBRDF計測手法を確立することが課題であった。

(2) 部品形状再現とモデル容量の課題

対象となる部品の表面形状を正しく評価できる精度を確保し、車室内でIP、ドアトリム他の複数部品を同時に再現し評価可能とする必要がある。バーチャル評価を車種開発に適用するには、実用的な速度で計算できる適切なメッシュの作成手法を確立する必要があった。

3. 課題解決に向けた技術開発

3.1 課題解決

(1) 環境光源の計測とCG内再現

分光放射計 (SR-3AR TOPCON 製) を用いてショールームを模擬したテスト場で分光分布を計測し、更に車室内での分光分布を計測した。Fig.4 にその結果を示す。このような分光分布データを、光源ジオメトリごとに適切に設定した。

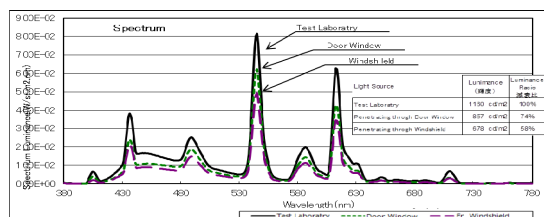


Fig.4 Spectrum of Evaluation Environment

(2) 材料の適切なBRDFの計測

BRDFは、計測方向軸の設定と計測角ピッチの設定に工夫を凝らし、質感再現に重要なレンジについては細密に計測した。これにより、従来手法では黒色のみの再現にとどまっていたが、色部品の計測が可能になった。また通常の設定のままでは高反射材質ではハレーションを起こし、計測ができなかったため、特殊なフィルタの追加、測定光源設定の工夫を行い、高反射材質についても適切なBRDF計測を可能とした。

(3) モデリングの工夫

従来は精度の良いモデルを作成するために細かいメッシュを使用していたが (Fig.5 左)、データ容量が膨大になり、光学計算の際に動きが遅くなり、実用性に耐えない。そこで、部品の折れ線やRを持つ部位 (以下稜線) に対してはメッシュを細密に、広い面積は粗いメッシュを使用し、更に稜線に沿った長辺エッジを持つメッシュを使用することにより、精度を確保しながら、部品単品のモデル容量を抑えた (Fig.5 右)。それによりコックピットの全部品を

一度に評価できるモデルを作成した場合に、従来約180MBのデータ容量になったものを20分の1に抑えることができた。

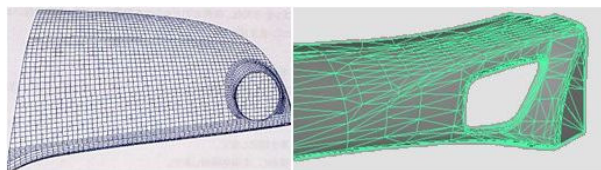


Fig.5 Mesh Shape of Old Method (L) & New Method (R)

3.2 検証

3.1の方法で作成したCGモデルの妥当性の検証結果を以降に示す。

3.2.1 色の検証

実サンプルの色計測データとCGモデルの色出力値をsRGBで比較し、定量的に色の一致性を検証した。

(1) 検証方法

Fig.6のようなφ65mmの同一シボ形状で異なる3色のサンプル1~3に対し、実サンプルはテスト場光源下の車室内で計測を実施した。計測器には光源計測と同じ分光放射計を使用した。サンプルと計測機の配置についてはFig.7に示す。計測角度は、水平面を0°とし20°/45°/60°/85°の4角度とした。

- サンプル1 シボパターン A/黒
- サンプル2 シボパターン A/グレー
- サンプル3 シボパターン A/ライトグレー

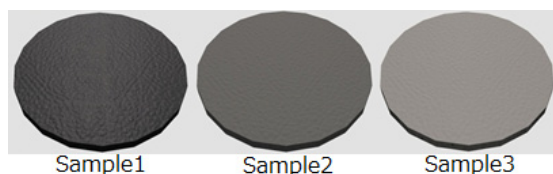


Fig.6 CG Samples for Color Verification

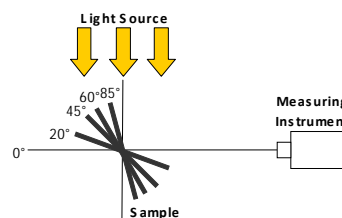


Fig.7 Relation between Measuring Instrument and Samples

CG モデルについては、3.1 (1) で再現した光源下で実サンプルと同角度の CG 画像を作成し光学計算された色値を出力した。

(2) 検証結果

Table 2 は実サンプル計測結果と CG モデルの色出力値の黒色サンプルでの比較の一例である。この結果から、実サンプルと CG モデルの色は、見る角度が変化しても近似しており、色について再現可能と判断した。

Table2 Difference of CG and Sample1 in sRGB

	20°		45°		60°		85°	
	Sample1	CG	Sample1	CG	Sample1	CG	Sample1	CG
sR	41	40	50	51	50	49	41	42
sG	41	41	48	49	50	49	41	41
sB	40	43	46	48	49	48	41	41

3.2.2 ツヤの検証

ツヤは、CG モデルの定量的アウトプットすることができないので、実サンプルと CG モデルを官能評価手法で検証した。

(1) 検証方法

Fig.8 のようなツヤ違いの同じシボ形状サンプル 4~6 を実サンプルと同サンプルの CG モデルをそれぞれランダムに並べ、エキスパート 5 名によりツヤの高いものから順番に並べてもらった。

サンプル4 シボパターン B (梨地) / グロス値 3.9 (60°) / 黒
 サンプル5 シボパターン B (梨地) / グロス値 5.1 (60°) / 黒
 サンプル6 シボパターン B (梨地) / グロス値 8.0 (60°) / 黒

Denshoku を使用



Fig.8 CG Samples for Gloss Evaluation

(2) 検証結果

Fig.9 に官能評価の結果を示す。横軸は実サンプルのツヤの物理特性値であるグロス値⁽²⁾、縦軸はエキスパートが回答したCGモデルのツヤの高さを示す。ツヤの一番高いサンプル 6 については全員が正解した。グロス値が近く実物サンプルでもその違いがわかりにくいサンプル 4 と 5 についても 4 名が正解した。このことからCGモデルでも実サンプル同様に相対的にツヤの高さの違いを評価できる。

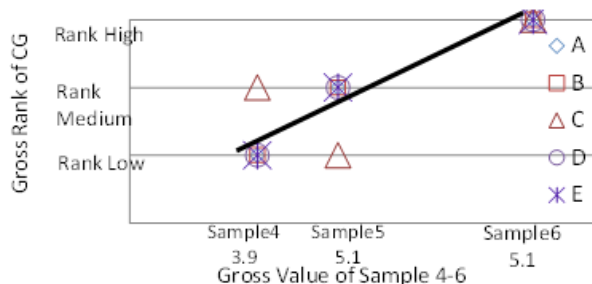


Fig.9 Result of Experts Evaluation

3.2.3 輝度の検証

(1) 検証方法

Fig.10 は CX-5 の実車の金属調加飾 (左) と CG モデルの同部位 (右) である。画像内の A の位置で、実車では 2 次元色彩輝度計 (ICAM DELTA 製) を用いて輝度を計測し、CG モデルは出力値から輝度値を計算し、比較した。



Fig.10 Photo (L) vs. CG (R) for comparing luminance

(2) 検証結果

Fig.11 に実機計測値及びCGモデルの輝度計算値の比較結果を示す。横軸がA部上から下の位置座標、縦軸がその座標に対する輝度値である。金属調加飾の本物感とは、輝度の高さと、金属素材の持つシェード部からハイライト部までの輝度変化の特性が重要であることが過去の研究で明らかになっている⁽²⁾。本結果から実機とCGモデルでその 2 点において非常に近似しており、金属調加飾の本物感についての再現は可能であると判断した。

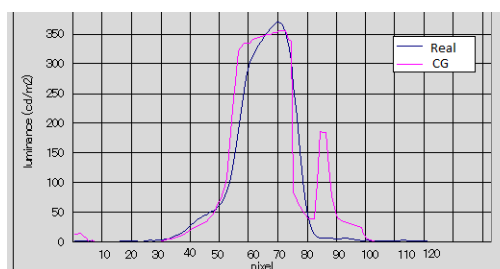


Fig.11 Result of Comparing Luminance Value of Real Parts and CG Model

3.2.4 部品形状精度検証

(1) 検証方法

各部品の稜線などの R を持つ部位に対して、Fig.12 のように図面 (左) と CG (右) モデルでの形状差を比較した。

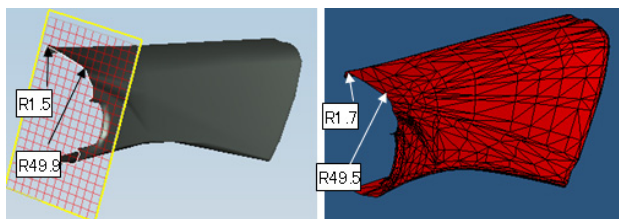


Fig.12 Geometric Difference between Design (L) and CG Model (R)

(2) 検証結果

各部位での形状差が非常に小さいこととエキスパートによる実機と CG モデルとの比較結果から、デザインクラフトマンシップ評価で必要となる形状再現は可能であると判断した。

4. CX-5 / 新型アテンザ開発での適用事例

CX-5 / 新型アテンザで、設計部門からリリースされた CAD データから内製のデータ変換ソフトを使い約 3 日でモデリングを行い、既定の開発日程の中で検証活動を行った。

(1) 新開発シボの実車での質感

CX-5 以降、IP やドアトリムなどの広範囲に新シボを採用している。このサンプルの実用性評価実施後に、この新シボが狙いとする「造形をきれいにさせる適度なツヤ感の実現」を達成できていることを確認した。Fig.13 は CX-5 の CG 例である。



Fig.13 CG of CX-5

(2) 金属調加飾 (サテン調メッキ) の本物感

欧州車を中心に多用されているサテン調メッキを CX-5 以降にも採用している。実車状態で部品毎の輝き感や素材感、配置による加飾の効果、内装全体での統一感などを検証した。

(3) IP / ドアトリムのハイライトの通り方

新型アテンザでは調和感を高めるために、IP とドアトリムで連続性を持った形状を採用した。その連続性を高める素材や形状から決まる光の通り方 (以下ハイライト) がデザイナーの狙いと一致しているかを確認した。Fig.14 はその検証用 CG の一例である。



Fig.14 CG of All-New Atenza

(4) カラー加飾の再現

新型アテンザでは更に新しく採用したカラー加飾の検証も行った (Fig.15)。試作車との比較結果、見た目での特徴は再現できていることが確認できた。カラー加飾については現時点カラーバリエーションを拡げ、再現性の検証中であり、引き続き技術開発の取り組みを行う。



Fig.15 CG of Color Decoration Panel in New Atenza

5. 今後の課題

本取り組みでは、図面段階でデザインクラフトマンシップに基づいた内装質感評価を可能とする質感バーチャル技術確立し、車種開発に活用した。今後は多様化するカラー加飾の再現、質感を向上させる効果のある高輝度、高反射素材の防眩性能のバーチャル評価技術開発に取り組む。

将来的には、評価モデルの実車サイズ化及び 3DCG 化により、試作部品や車両がゼロで見映えの開発ができるまでに発展させたいと考える。

参考文献

- (1) 平山和幸ほか：感性工学を用いた自動車の内装質感に関する設計手法について，日本人間工学会，中国・四国支部 講演論文集，pp.112-113 (2010)
- (2) 福井信行ほか：感性工学を用いた自動車の内装質感に関する設計手法について - 内装表面に関する質感の定量化 - ，可視化情報学会誌，30 巻，Suppl.号，pp.57-62 (2010)
- (3) 森重領介ほか：感性工学を用いた金属加飾の質感メカニズムの解明，日本人間工学会 中国・四国支部 九州・沖縄支部 合同開催支部大会 講演論文集，pp.102-103 (2011)

著者



米澤 麻実



川口 幸一



平山 和幸



福井 信行



田中 松広