

特集：MAZDA CX-60

23

## ロジウムホワイトプレミアムメタリックの開発 Development of Rhodium White Premium Metallic

松田 隆臣<sup>\*1</sup> 岡本 圭一<sup>\*2</sup> 藤本 智宏<sup>\*3</sup>  
Takaomi Matsuda Keiichi Okamoto Tomohiro Fujimoto  
山根 貴和<sup>\*4</sup> 平野 文美<sup>\*5</sup>  
Takakazu Yamane Fumi Hirano

### 要 約

マツダは「カラーも造形の一部」という考え方の基、魂動デザインの造形をより美しく見せるための表現を追求し、これまでにブランドを象徴するカラーとしてソウルレッドプレミアムメタリック、マシーングレープレミアムメタリック及びソウルレッドクリスタルメタリックを量産化した。これらのカラー開発は、デザイナーと社内外の関係者が一同に集まり、デザインの意図を理解しながら材料開発と生産技術開発を同時に行うプロセス「TAKUMINURI 開発プロセス」により、実現してきた。これまで、マツダでは地球環境に配慮した塗装工程を目指してアクアテック塗装を展開することで、材料機能や工程機能を高めながら、工程集約を実現してきた。また、培ってきた材料や工法の技術の積み重ねを活かすことにより、塗膜層の数を増やすことなく高意匠カラーを実現している。

今回、魂動デザインの進化にあわせて新たな価値をお客様に提供するカラーとして「緻密な金属感」と「白さ」を両立させたロジウムホワイトプレミアムメタリックを開発した。デザイン、開発、生産技術及びサプライヤーが連携した「TAKUMINURI 開発プロセス」の進化、及び技術の進化を紹介する。

### Abstract

Based on the idea that “Color is a part of design”, Mazda pursued expressions to make the Kodo Design look more beautiful. So far, we have mass-produced Soul Red Premium Metallic, Machine Gray Premium Metallic, and Soul Red Crystal Metallic as colors that symbolize the brand. These color developments have been realized by the “TAKUMINURI development process”, which is a process in which designers and related parties inside and outside the company gather together to develop materials and production technologies at the same time while understanding the intent of the designers. Until now, Mazda has developed Aqua-tec paint as a process that promotes the consolidation of processes while enhancing material functions and process functions, aiming for a painting process that is friendly to the environment. By applying established technologies to color development, we are developing sophisticated colors without increasing film layers.

We have developed Rhodium White Premium Metallic that has both “brightness” and “whiteness” as a color that provides customers with new value in line with the evolving Kodo design. This article introduces the evolution of “TAKUMINURI development process” and technical evolution by co-creation activities by Design, R&D, Production Engineering and suppliers.

**Key words** : Materials, Paint, Process, Design, Color, Development, Rhodium White Premium Metallic

### 1. はじめに

マツダデザインを象徴する「魂動デザイン」は、2012

年に国内導入した初代 CX-5 から新世代商品群を順次拡大してきた。また、新 MAZDA3 から始まった新世代のスマール商品群からは、魂動デザインの表現の幅を広げ

\*1,5 車両技術部  
Painting, Trim & Final Assembly Engineering Dept.

\*3 ボデー開発部  
Body Development Dept.

\*2 デザイン本部  
Design Div.

\*4 車両実研部  
Vehicle Testing & Research Dept.

ながら進化を続けている。この中で、カラー開発は「カラーも造形の一部である」という考え方の基に進めてきた。2012年にはマツダが歴代こだわってきた赤色について「鮮やかさ」と「深み」を両立させた「ソウルレッドプレミアムメタリック」を、2016年にはスカイアクティブテクノロジーなど「マシンの美学の追求」というマツダのヘリテージの表現として「緻密な金属質感」と「深み」を両立させた「マシーングレープレミアムメタリック」を市場導入した。更に、2017年には「鮮やかさ」と「深み」をより進化させた「ソウルレッドクリスタルメタリック」を市場導入した<sup>(1)</sup>。今回、魂動デザインの進化にあわせて新たな価値をお客様に提供するカラーとして、ロジウムホワイトプレミアムメタリックの開発に着手した (Fig. 1)。



Fig. 1 Rhodium White Premium Metallic

## 2. マツダの塗装の取り組み<sup>(2)</sup>

自動車塗装は、電着・シーラー・中塗・上塗などの多様な材料の塗布と焼付乾燥を繰り返した複層膜で構成される。このため、塗料中に含まれるシンナーなどの揮発性有機化合物 (以下、VOC) の排出や、常時温湿度をコントロールしている塗装ブースなどの塗装設備で多くのエネルギーを消費 (CO<sub>2</sub> 排出) している。マツダの車両工場から排出する VOC の 95%、CO<sub>2</sub> の 60% を塗装工場が占めており、塗装工程の環境対策は非常に重要な課題である。

この課題に対して、マツダでは継続的な環境対策に取り組んでいる。2002年には中塗工程を上塗工程に集約し、中塗の塗装ブース及び乾燥工程を削減したスリーウェットオン塗装を開発、導入した。更に2009年には、中塗の塗膜機能を上塗に統合することで中塗工程を削減し、VOC と CO<sub>2</sub> を同時に削減可能な世界トップレベルの環境性能をもつアクアテック塗装を開発し、現在は各工場に水平展開を進めている (Fig. 2)。

アクアテック塗装は、各材料の機能を高めることで塗膜に必要な機能を集約している。中塗が担っていた耐チップング性などの機能を高機能なベースコート層、クリヤコート層に分配、集約することで中塗層を削減可能にしている。

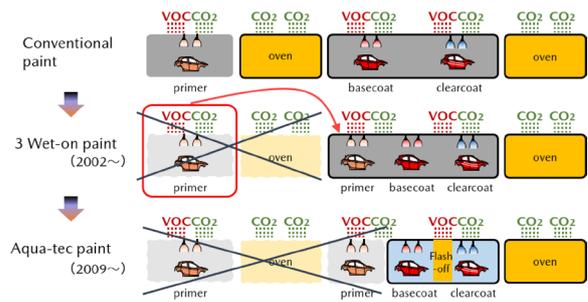


Fig. 2 Process Transition of Topcoat

また、工程面においては、各工程に求められる機能を高めることで省エネルギー・省スペースを実現している。つまり、材料・工程いずれも必要な機能を定義して、その機能を高めながら集約している。

カラー開発においては、スリーウェットオン塗装やアクアテック塗装で培ってきた材料設計、機能設計及び塗膜設計技術を活かして一層ごとの塗膜の機能を高めることで、塗膜数を増やすことなく意匠性と生産時の環境性能を両立させながら、技術を積み上げてカラーを進化させてきた (Fig. 3)。

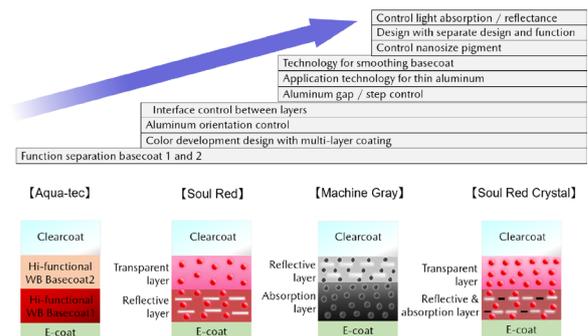


Fig. 3 Technology Expansion to Sophisticated Color

## 3. 実現に向けたカラー開発

### 3.1 開発ターゲット

魂動デザインの進化にあわせて新たに提供したいロジウムホワイトプレミアムメタリックの価値として、「金属質感と白さの更なる進化」を開発ターゲットとした。また、「お客様が車を見たときに感じていただきたい質感表現」を、以下のように定めた (Fig. 4)。

- ① 白くなめらか
- ② 緻密な金属感
- ③ 艶やかな潤い

特に、②の「緻密な金属感」については「粒子感がなく、面で金属的に輝く」というマシーングレープレミアムメタリックと共通の質感表現をターゲットとしている。更に、これまでの高意匠カラーと同様に塗膜数を増やす

ことなく、他色と同じ生産工程で意匠性と環境性能を両立させることを前提とした。

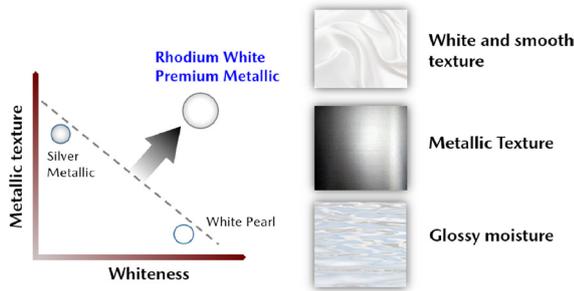


Fig. 4 Target Image of Rhodium White Premium Metallic

3.2 カラー開発プロセス

カラー開発は、デザイン部門、開発部門、生産技術部門が順番に業務をボタンタッチしていく従来のプロセスではなく、デザインや社内各部門の技術者と塗料サプライヤーが一同に集まり、材料開発と生産技術開発を同時に行う「TAKUMINURI 開発プロセス」を取り入れてきた (Fig. 5)。

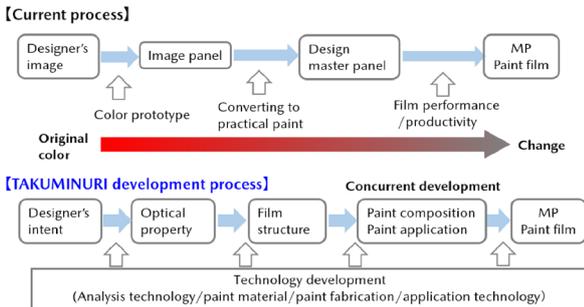


Fig. 5 Transformation of Color Development

これはデザインの意図を関係者が理解し、それを技術者が共有できるよう光学特性に変換し、塗膜構造の決定と並行して技術開発を進めていくプロセスである。今回も提供したい価値から表現したい特性を定義し、光学特性に変換した (Fig. 6)。

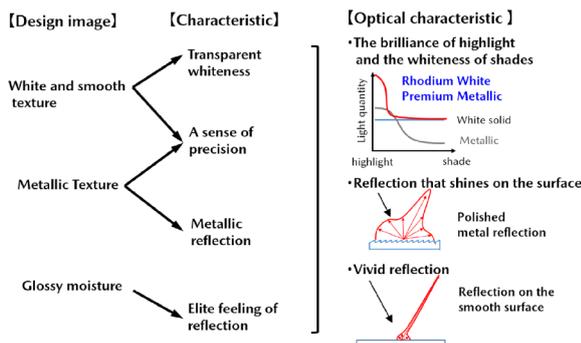


Fig. 6 Conversion to Optical Characteristics

3.3 塗膜構想

ねらいの光学特性を実現するため、塗膜内に入射する光の経路に沿って、各塗膜層の機能を構想設計した。具体的には第1ベースコート層を拡散反射層、第2ベースコート層を正反射層に機能分担した構想とした (Fig. 7)。

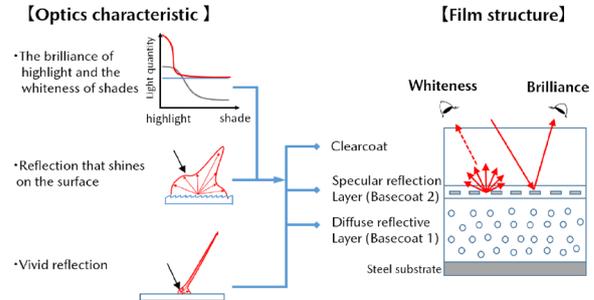


Fig. 7 Conversion to Film Structure

3.4 シミュレーション技術の活用

次に、塗膜構想を実際の塗膜構造に反映するプロセスに進む。従来は、実際に多数の試作 (イメージ板) により、評価と修正を繰り返し、最後はデザイナーの感性で塗膜構造を決定していた。今回の塗膜構造設計においては、モデルベース開発の考え方を取り入れ、光学シミュレーション技術を用いて、ねらいの光学特性を達成する塗膜中の制御因子を確認した。その結果、「輝き」と「白さ」の制御因子が光輝材であるアルミフレークの「大きさ」と「隙間」であることを確認できた。「輝き」重視の意匠の場合はアルミフレークを大きくする、もしくはフレーク間の隙間を狭くすることが有効で、「白さ」重視の意匠の場合はアルミフレークを小さくする、もしくはフレーク間の隙間を大きくすることが有効である (Fig. 8)。

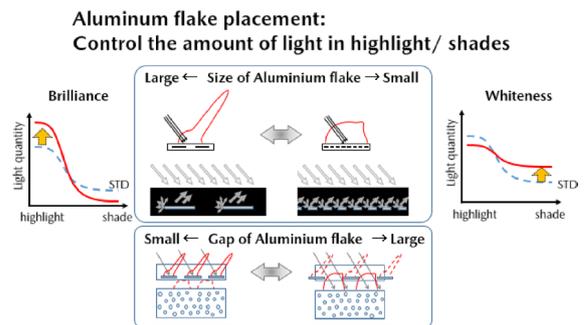


Fig. 8 Confirmation of Control Factor by Simulation

シミュレーション結果から、アルミフレークの大きさと隙間をコントロールした試作 (イメージ板) を最小限作製し、その中からカラーデザイナーの感性により最終カラーを決定した。これにより、デザイナーの意図を机上で作り込むことが可能となり、作製数も劇的に削減することができた。また、制御因子をあらかじめ明らかにすることで、技術的課題がより早期に明らかになり、これらのことから開発の効率化が可能となる (Fig. 9)。

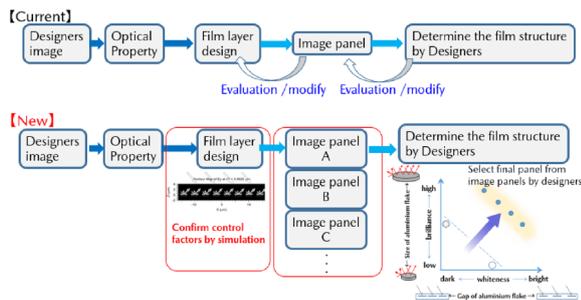


Fig. 9 Process of Decide to Final Film Structure

3.5 技術的課題解決の取り組み

上記プロセスによって設計した塗膜構造を実現するための技術的課題は以下の4点である (Fig. 10)。

- (1) 第1ベースコートの平滑化
- (2) アルミフレークの開発
- (3) 塗膜中のアルミフレークの配向制御
- (4) 塗膜中のアルミフレーク間の隙間制御

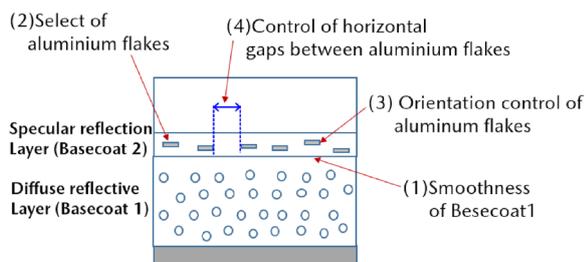


Fig. 10 Technical Challenges of Rhodium White Premium Metallic

各層でねらいの光学特性を発揮するには、この塗膜構造を材料と工法（塗り方）で高精度に再現することが必要である。つまり、理想の塗膜を実現するために、塗膜の構造因子のばらつきを従来よりも高いレベルで制御することが必要である。各課題への取り組みについて以下に述べる。

(1) 第1ベースコート層の平滑化

正反射層にアルミフレークを配列させるためには、その下層である第1ベースコート表層の凹凸形状を制御し、平滑にすることが重要である。表面を平滑にするには、塗装時の塗料粒子を小さくし、積み上げていくことが有効であると考えた (Fig. 11)。塗装時の塗料粒子を小さくするには、塗装時の吐出量を少なくし、塗料を霧化させるために塗装機から与えられるせん断力を効率的に塗料に与えることが有効である。塗料中の固形分を従来よりも増やすことと、下地（電着膜層）への紫外線透過を抑制する能力を高め、膜厚を薄くすることを開発要件として塗料開発を行った。この結果、従来のホワイトパール色の第1ベースコート膜よりも約20%薄膜化した塗料を開発した。更に、塗料使用量が削減できたことで、環境への配慮にも対応できている。

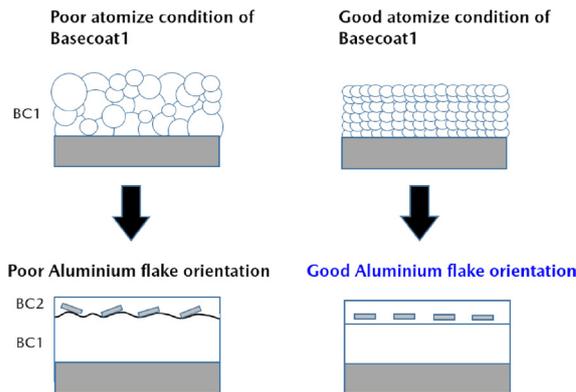


Fig. 11 Smoothness of Basecoat 1

(2) アルミフレークの開発

シミュレーション結果より、アルミフレークの大きさが「輝き」と「白さ」の制御因子であることを3.4節で述べた。アルミフレークは粒径、粒形分布、厚み及び表面形状（平滑性）などのさまざまなパラメーターを有しているが、これらのばらつきを制御することが重要である。マシーングレードプレミアムメタリックやソウルレッドクリスタルメタリックの開発を通じて培った高輝度アルミフレークの技術を進化させ、表面が平滑で、粒形分布が狭く、人間が車両を見たときに視覚分解できる限界サイズよりも小さなアルミフレークを開発した (Fig. 12, 13)。

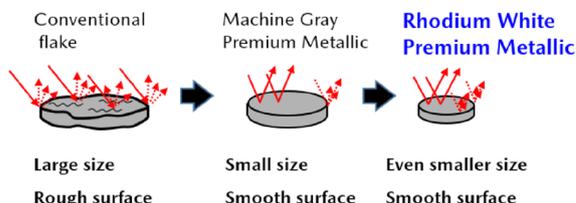


Fig. 12 Small and Smooth Aluminum Flake

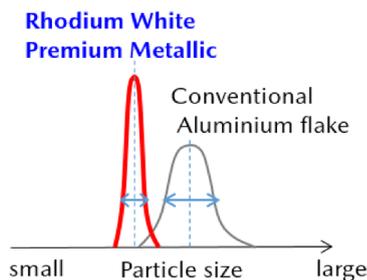


Fig. 13 More Uniform Particle Size Distribution of Aluminum Flake

(3) 塗膜中のアルミフレークの配向制御

ねらいの光学特性を発揮するには、塗膜中のアルミフレークの配向を制御し、並行に配列させる必要がある。この制御には、正反射層である第2ベースの膜厚を薄くすることが有効である。また、溶剤や水分などの塗料中の揮発成分の蒸発を利用した「体積収縮効果」を大きくすることが有効である (Fig. 14)。

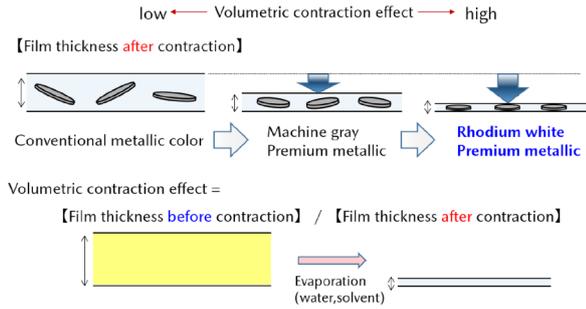


Fig. 14 Volumetric Contraction Effect

この効果を大きく得られるよう塗料開発を行った。具体的には、体積収縮後の膜厚を従来以上に薄くしながらも、体積収縮前の膜厚を厚くするため塗料中の固形分を低くした。固形分を低くすることにより、塗装中のタレなど不具合発生の懸念があるが、粘性を最適化することで品質を確保した。その結果、体積収縮効果を従来色の約4倍まで拡大した塗料を開発し、アルミフレークの高配列を達成した。また、第2ベースコート層を薄膜化することによる耐チップング性の低下が懸念されるが、塗膜の破断エネルギーを高める設計を織り込むことで意匠性と塗膜性能を両立させている。

(4) 塗膜中のアルミフレーク間の隙間制御

塗膜中のアルミフレークの隙間（水平方向における配置）を制御するには、「塗料状態でのアルミフレークの分散性が確保できていること」及び「塗料を均一に塗り重ねて塗膜にしていくこと」が不可欠である。塗料状態でのアルミフレークの分散性が確保できるよう塗料開発を行った。具体的には、アルミフレークと塗料中の成分である樹脂、溶剤及び添加剤などの相互作用を最適化することで分散性を確保した（Fig. 15）。

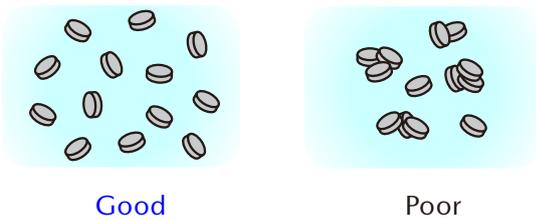


Fig. 15 Dispersion of Aluminum Flake in Paint

塗料を塗り重ねていく工法については、以下のステップで決定した。まず、塗料が塗装機によって霧化されたときの塗装パターン中にアルミフレークが均一に配置できるよう塗装条件の最適化を行った。吐出量や塗装機のベル回転数など塗装時の設定パラメーターと、塗料の粒子径分布やアルミフレークの分散状態を確認しながら塗装条件を決定した（Fig. 16）。

次に、均一な塗料粒子を塗り重ねていく塗装軌跡について、これまでに培ってきた膜厚シミュレーション技術を使用し、軌跡の適正化を行った。

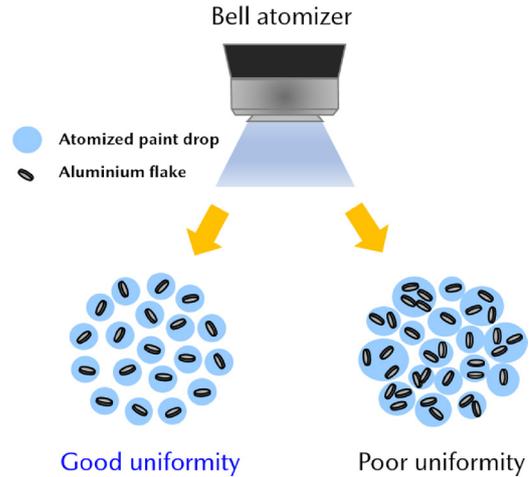


Fig. 16 Dispersion of Aluminium Flake in Atomized Paint

また、これらの工法が安定して維持できる工程管理も重要である。例えば、塗装中の塗料吐出が安定せず、脈動した場合は、塗膜中のアルミフレーク間の隙間が変わってしまい、意匠に影響がでてくる。塗装パラメーターの常時モニタリング管理や定期的なメンテナンス項目などを設定し、工程管理方法を確立した。

更に、塗料の製造管理においては、前述のシミュレーション技術をつかって塗料中の顔料やアルミフレークの管理幅を決定し、原料サプライヤーや塗料サプライヤーの協力により原料レベルから高い管理を実施した。

4. 開発結果

今回開発したロジウムホワイトプレミアムメタリックは、ハイライト領域で従来のシルバーメタリック色を大幅に上回る金属質感（明るさ）を有し、かつ、シェード領域でもホワイトパール色同等の白さ（明るさ）を有している（Fig. 17）。更に、「緻密な金属質感」においては、従来のホワイトパール色と比較して粒子感が少なく、かつ、金属調の輝き（フリップフロップ）を高いレベルで表現できている（Fig. 18）。

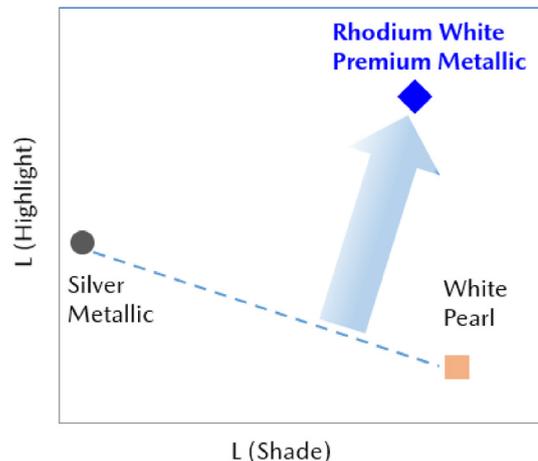


Fig. 17 Color Level of Rhodium White Premium Metallic

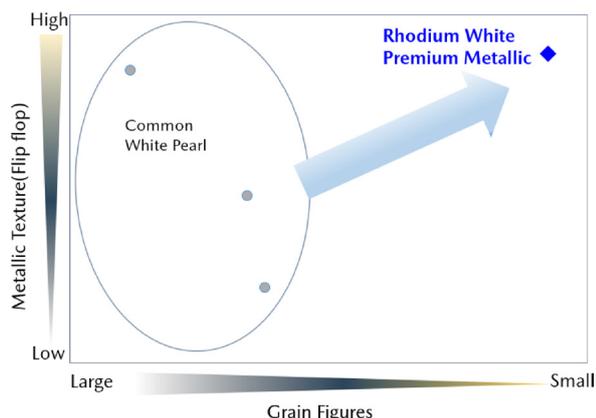


Fig. 18 Metallic Texture of Rhodium White Premium Metallic

このように、開発ターゲットとした、①白くなめらか、②緻密な金属質感、③艶やかな潤いを達成することができた。また、これまでの高意匠カラーと同様に塗膜数を増やすことなく、他色と同じ生産工程で意匠性と環境性能を両立させることができています。

## 5. おわりに

これまで培ってきた「TAKUMINURI カラー開発プロセス」に新規開発したシミュレーション技術を取り入れ、社内外の関係者が課題解決の共創活動を行ったことにより、デザイナーのイメージをそのままに、従来にない質感のカラーを市場導入できた。今後もさまざまな技術課題に取り組むことで技術レベルを引き上げながら、お客様に感動していただける新しい意匠性のカラーを継続的に開発していく。

最後に、ロジウムホワイトプレミアムメタリックの開発にご協力いただいたサプライヤー、関係者の皆様に感謝の意を表したい。

## 参考文献

- (1) 平野文美ほか：ソウルレッドクリスタルメタリックの開発、[マツダ技報, No.34, pp.87-92 \(2017\)](#)
- (2) 篠田雅史ほか：VOC と CO<sub>2</sub> を同時削減する新塗装技術「アクアテック塗装」、自動車技術, Vol.70, pp.77-82 (2016)

## ■ 著 者 ■



松田 隆臣



岡本 圭一



藤本 智宏



山根 貴和



平野 文美