

論文・解説

35

## 高仕上がりベース塗料の開発 Development of High Quality Appearance Basecoat

森 淳 哉\*<sup>1</sup> 久保田 寛\*<sup>2</sup> 重 永 勉\*<sup>3</sup> 山 根 貴 和\*<sup>4</sup>  
 Junya Mori Hiroshi Kubota Tsutomu Shigenaga Takakazu Yamane  
 神 田 輝 夫\*<sup>5</sup> 大 関 武\*<sup>6</sup> 常 岡 辰 夫\*<sup>8</sup>  
 Teruo Kanda Takeshi Ohzeki Tatsuo Tsuneoka

### 要 約

近年、お客様の塗装仕上がり外観に対する要求が高まる中で、業界他社の塗装仕上がり外観の向上が進んでいる。そこで、マツダの標準塗装系である3ウェットオン塗装での外観品質の向上を目的として、塗装仕上がり外観に最も影響を与えるベース塗料の開発を行った。

本研究では、現行塗料での艶感・平滑性の形成メカニズムを明らかにし、それに基づいたベース塗料の改良を行うことにより、業界上位レベルの塗装仕上がり外観を達成することができた。本稿では、開発ベース塗料の技術内容や効果について報告する。

### Summary

In recent years, appearance of other companies' cars has improved as customer demand for appearance has been increasing. To achieve improvement of appearance at three-layer wet paint that is Mazda's standard paint system, basecoat that has the biggest influence on appearance has been developed.

In this research, formation mechanism of current paint on gloss and smoothness was clarified, and high rank appearance in industry could be achieved by improving basecoat based on the mechanism. This paper reports technical contents and effects of newly developed basecoat.

### 1. はじめに

3ウェットオン塗装は、マツダが世界に先駆けて開発し、VOC（揮発性有機化合物）とCO<sub>2</sub>の排出量低減に大きな効果をあげている<sup>(1)(2)(3)</sup>。一方で、お客様の塗装仕上がり外観に対する要求の高まりから<sup>(4)</sup>、3ウェットオン塗装での外観品質向上への取り組みも非常に重要なものとなっている。そこで本研究では、業界上位レベルの塗装仕上がり外観を達成するために、塗装仕上がり外観に最も影響を与えるベース塗料の開発とそれに合わせた中塗り塗料の最適化を行った。本稿では、塗装の艶感・平滑性の形成メカニズムに基づいた塗装仕上がり外観の改善手法やその効果について報告する。

### 2. 塗装仕上がり外観の評価方法

塗装仕上がり外観の評価は、一般に外観の測定機器として広く用いられているWAVESCAN-DOI（BYK-Gardner製）によって測定されたWa（艶感を表す）とWd（平滑性を表す）を指標として行った（Fig.1）。

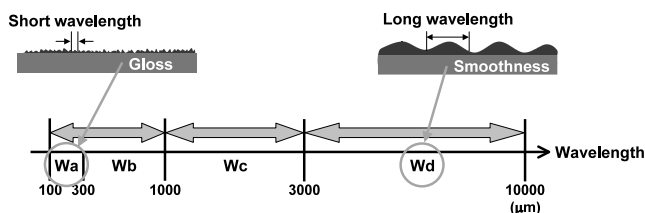


Fig.1 Indicator of Paint Appearance

\*1~4 技術研究所  
Technical Research Center

\*5~8 車両技術部  
Painting, Trim & Final Assembly Engineering Dept.

### 3. 塗装仕上がり外観の形成メカニズム

#### 3.1 艶感 (Wa) の形成メカニズム

3ウェットオン塗装開発時の知見より<sup>(1)(2)(3)</sup>、僅かに存在する「ベース/クリア層間の混ざり(以下、混層)」と「下層からの溶剤揮発」に着目して、Waの形成メカニズムの検証を行った。

現行系の上塗り各層(ベース塗料、クリア塗料、ベース/クリア=1/1混合塗料)の硬化挙動(温度に対する各層の粘度挙動)をソリキッドメータにより測定した。溶剤のスムーズな揮発という観点から、塗膜の理想的な硬化挙動は、[ベース層] [ベース/クリア混層] [クリア層]の順に順序良く硬化(粘度上昇)していくことである(Fig.2)。しかし、現行塗料では、[ベース/クリア混層]が最も低い温度で硬化を始め、続いて[ベース層] [クリア層]の順に硬化が進んでいることがわかった(Fig.3)。また、現行ベース塗料の溶剤組成を見ると、Table 1に示す通り、クリア層の硬化開始温度(約120℃)よりも沸点の高い溶剤が多く含まれていることがわかった。これらの結果から、現行塗料の組み合わせでは、①ベース/クリア混層の硬化により焼付初期でのベース塗料中の溶剤揮発が阻害されること、②高沸点の溶剤が多く含まれていることの2点から、[ベース層] [クリア層]の硬化過程(=それぞれの層の粘度が高くなった状態)で溶剤の揮発が進み、クリア層の肌の低下が発生していると考えられる。

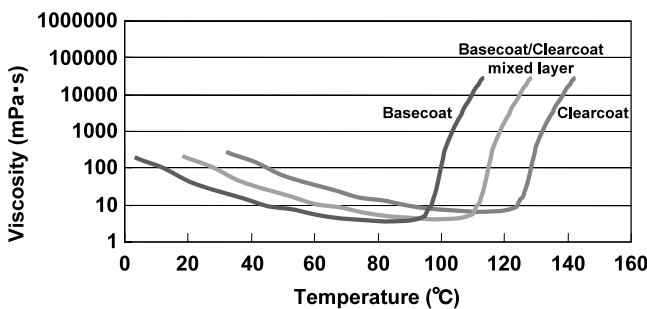


Fig.2 Ideal Curing Behavior of Top Coat Paint

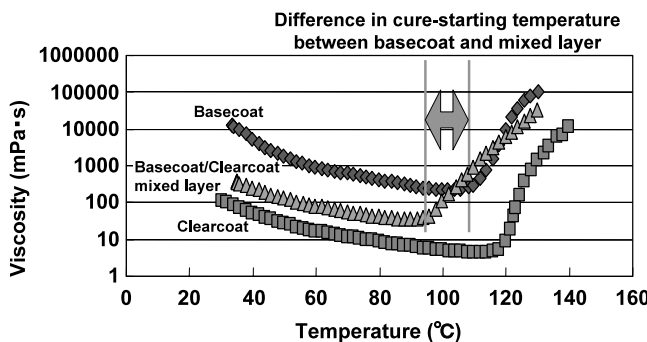


Fig.3 Curing Behavior of Current Top Coat Paint

つまり、現行塗料のWaは、ベース/クリア混層の低い温度での硬化により、ベース塗膜中の溶剤(特に高沸点溶剤)の抜けが阻害され、その残存溶剤が硬化途中の高粘度なクリア塗膜を通過して揮発する過程で形成されていることがわかった(Fig.4)。

Table 1 Solvent Composition of Current Basecoat

Solvent		Amount (wt%)	Boiling point (°C)	
Internal solvent	Aromatic hydrocarbon B	31	135~145	
	Alcohol C	7	118	
	Aromatic hydrocarbon A	6	111	
	Ester B	6	127	
	Ester A	2	77	
	Aromatic hydrocarbon G	2	159~166	
External solvent	Ketone C	1	115	
	Aromatic hydrocarbon B	13	111	
	Ester A	4	77	
	Ester B	3	127	
	Ketone C	3	115	
	Ether K	2	170	
	Dilution solvent	Aromatic hydrocarbon I	0~3	180~290
		Aromatic hydrocarbon D	0~10	285~196
		Ether K	0~3	170

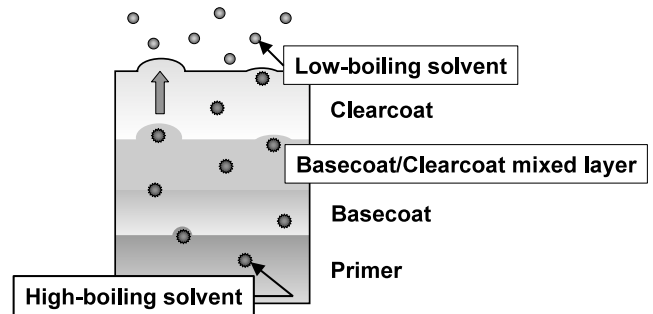


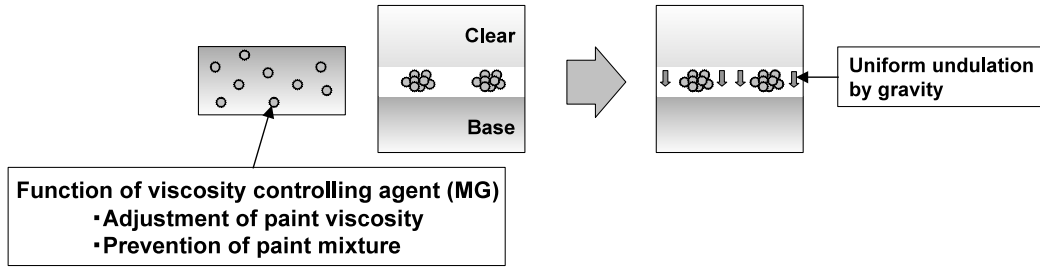
Fig.4 Formation Mechanism of Paint Gloss (Wa)

#### 3.2 平滑性 (Wd) の形成メカニズム

Waと同様に、3ウェットオン塗装開発時の知見より<sup>(1)(2)(3)</sup>、Wdの形成にも「ベース/クリア混層」が大きく影響することがわかっている。それをもとに推定したWdの形成メカニズムをFig.5に示す。水平面では、縦方向に重力による均一なズレが発生するのに対して、垂直面では、凝集した高粘度の粘性制御剤(MicroGel: 以下、MG)と低粘度のベース/クリア混層部との粘度差により、縦方向にズレムラが発生していると推定される。

MGとベース/クリア混層の粘度差が垂直面のWdに影響を与えていることを明らかにするために、MGとベース/クリア混合塗料の塗料硬化時の最低溶融粘度を測定し、その結果と垂直面のWdとの関係を調べた。それぞれの結果をFig.6, 7に示す。図より、塗料混層部のMGと樹脂は粘度差が大きく(Fig.6)、MGと混合塗料の粘度差と垂直面のWdの間に相関がある(Fig.7)ことから、高粘度のMGと低粘度のベース/クリア混層部との粘度差が垂直面でのWdの形成要因であることがわかった。

【Horizontal dimension】



【Vertical dimension】

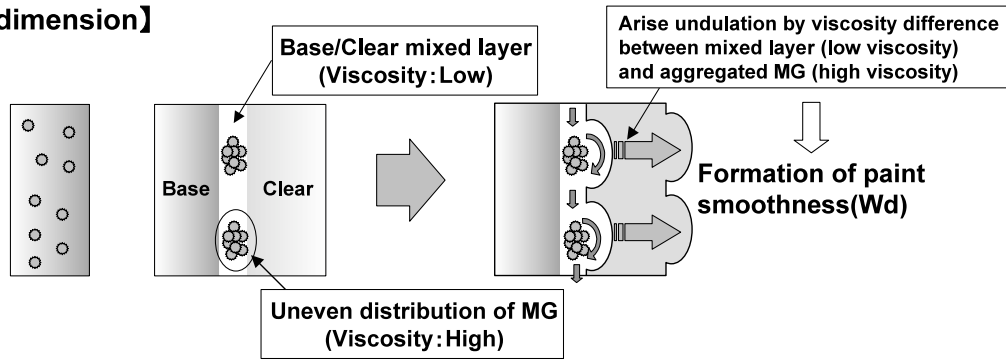


Fig.5 Formation Mechanism of Paint Smoothness (Wd)

4. 塗装仕上がり外観の改善手法

4.1 艶感 (Wa) の改善手法

Waの形成メカニズムに基づいた改善手法と具体的な対策案をFig.8に示す。まず、ベース/クリア間の混層抑制に関しては、ベース塗料中の塗料樹脂をクリア樹脂と混ぜにくいものに変更し、塗料樹脂の表面張力(以下、SP値:塗料同士のセパレート性を表す指標で、差が大きいほどセパレート性が高いことを示す)を調整することで、クリア塗料とのSP値の差を0.2拡大させた。また、混層の硬化開始前に溶剤を揮発させるために、ベース塗料中の溶剤について高沸点溶剤から低沸点溶剤への置き換えを行った (Table 2)。

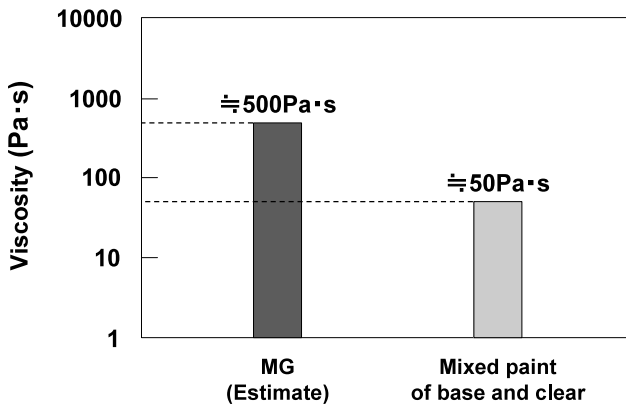


Fig.6 Viscosity Comparison between MG and Mixed Paint

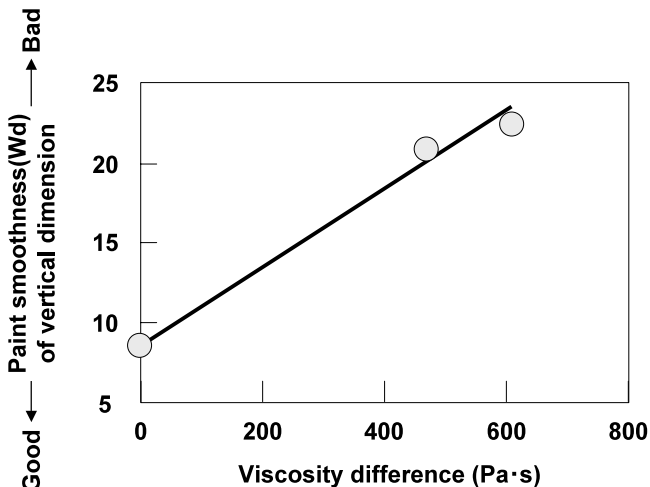


Fig.7 Relationship between Viscosity Difference of MG/Mixed Paint and Paint Smoothness(Wd) of Vertical Dimension

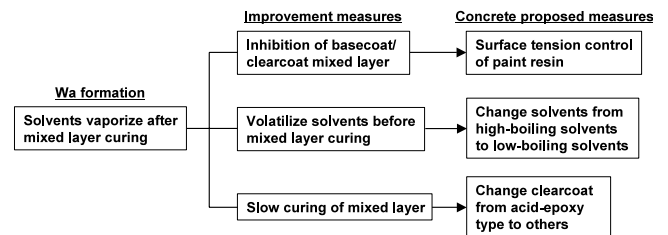


Fig.8 Improvement Measures of Paint Gloss (Wa)

Table 2 Comparison of Solvent Composition between Current Basecoat and Developed Basecoat

Solvent	Boiling point (°C)	Current basecoat (wt%)	Developed basecoat (wt%)	
Internal solvent	Aromatic hydrocarbon B	135~145	31	27
	Alcohol C	118	7	4
	Aromatic hydrocarbon A	111	6	5
	Ester B	127	6	7
	Ester A	77	2	11
	Aromatic hydrocarbon G	159~166	2	-
	Ketone C	115	1	-

4.2 平滑性 (Wd) の改善手法

Wdの形成過程では、塗料の粘度を調整し混層を抑制するために添加しているMGの凝集や粘度挙動が問題であった。MGの削減によるWdの改善を行うために、MGの代替として溶解型粘性制御剤(Non Aqueous Dispersion：以下、NAD)を導入した。NADとMGの特性の違いをTable 3に示す。また、NADの働きとWd改善のメカニズムをFig.9に示す。NADはMGに比べ粒子間の相互作用(粘度発現)が弱いため、Wd形成の要因になっている凝集が起こりにくいという特徴がある。また、Fig.9に示すように、NADは焼付時の熱で熔融フローすることで塗膜間のセパレート性が向上し、混層が抑制される。この2つの働きにより、Wdの改善を図った。

Wdの改善手法をFig.10にまとめた。また、現行ベース塗料と開発ベース塗料の粘性制御剤(MG, NAD)の配合量とSP値を比較した結果をTable 4に示す。開発塗料では、Wd形成の要因であるMGの半量をNADに置き換え、MGの凝集によるWd形成の抑制に加え、アクリル樹脂のSP値を向上させ混層を抑制することにより、Wdの改善を行った。

Table 3 Characteristic Difference between MG and NAD

	Viscosity controlling agent MG (MicroGel)	Melting viscosity controlling agent NAD (Non Aqueous Dispersion)
Application	Viscosity control of paint	
Particle form	Dispersion in solvent	
Presence of cross-linking	Presence	Absence
Particle diameter	40nm~	100nm~
Interparticle interaction	Strong (Cohesion:Strong)	Weak (Cohesion:Weak)
Particle hardness	Hard	Soft
Viscosity expression	Viscosity expression by NonVolatile(NV)	Melting and flowing by heat during paint baking

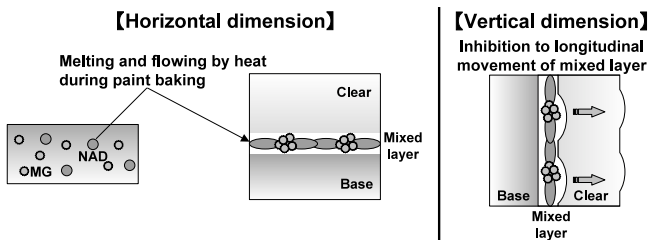


Fig.9 Function of NAD and Improvement Effect of Paint Smoothness (Wd)

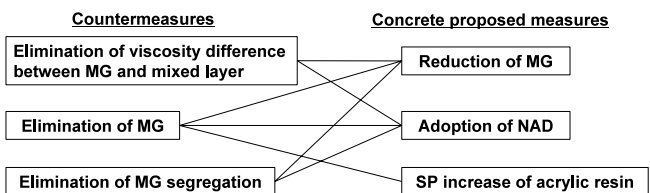


Fig.10 Improvement Measures of Paint Smoothness (Wd)

Table 4 Comparison of MG, NAD Amount and Solubility Parameter (SP) between Current Basecoat and Developed Basecoat

	Current basecoat	Developed basecoat
MG (wt%)	10	5
NAD (wt%)	0	5
SP of acrylic resin (Surface tension)	10.5	10.7

5. 耐ダスト性の向上

これまでに述べた手法で改良したベース塗料を生産ラインに導入し、高い塗装仕上がり外観レベルを確保するには、異種または同種の塗料ダストが付着した時の馴染み性(以下、耐ダスト性)を向上させる必要があった。以下にその取り組み内容を示す。

5.1 ベース塗料による改良

内板部のクリア塗料を塗布する時のダストによる外観低下を改善するために、ベース塗料の改良を検討した。塗料ダストによる外観低下の推定メカニズムをFig.11に示す。MGが塗膜表面に均一に分布すれば、ベース/クリア間のセパレート性が高まり、クリアダストの影響を小さくすることが可能となる。しかし、MGが凝集し、MGが存在しない場所が発生すると、その場所は十分な耐ダスト性を得ることができないために外観低下が発生する。

耐ダスト性の向上に対する具体的な対策として、ベース塗料中のMGの均一分散を実現するために、MG種/量の見直しや樹脂配合/種類の見直し、ベース塗料の製造方法の見直しを検討した。その中で、製造方法の変更(MGをあらかじめ樹脂に溶解したものを混合する方法から、MGを直接塗料に混合する方法に変更)が最も耐ダスト性と外観の向上に効果があることがわかった。以上のようなベース塗料の改良により、耐ダスト性および外観(WaおよびWd)を向上させることができた。

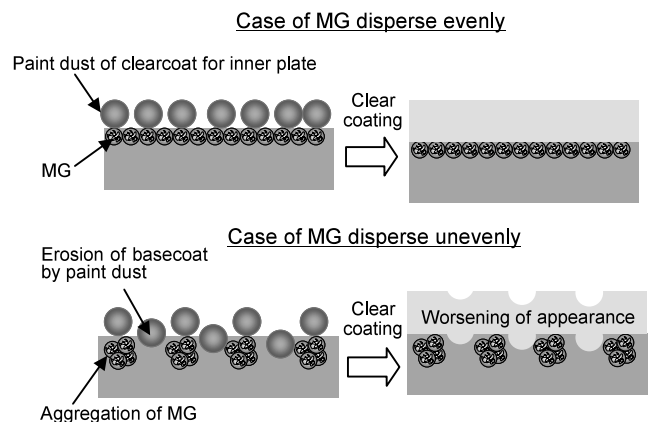


Fig.11 Estimated Mechanism of Appearance Worsening by Paint Dust

5.2 中塗り塗料による改良

更に耐ダスト性および外観を向上させるためには、ベース塗料に加え中塗り塗料の改良も実施する必要があった。生産ラインでのトライアルの結果、外板ベース塗料の塗布から内板クリア塗料塗布までのインターバルが短い(=ベースの溶剤が揮発しにくい)ラインで、ダストによる外観悪化が顕著であったことから、耐ダスト性を向上させるためにはベースの溶剤揮発が重要であることがわかった。ベースの溶剤揮発が十分でない場合は、ベース層の固形分が低い状態(=粘度が低い状態)になり、塗料ダストの影響を受けやすくなる。そこで、溶剤の揮発を阻害する要因は、中塗り層とベース層の混層と考え、混層を抑制することで、ベース中の溶剤を速やかに揮発させ、耐ダスト性を向上させることとした(Fig.12)。

中塗り/ベース間の混層を抑制するためには、中塗り塗料中のMGを均一に分散させて、セパレート性を高める必要がある。そこで、中塗り塗料の改良を行い、MGの均一分散化を図った。具体的には、中塗り塗料生産時のMG分散時間の延長と添加剤(顔料分散剤)の増量および希釈溶剤の変更(極性溶剤の添加)が有効であることがわかった。

ベース塗料と中塗り塗料の改良により、耐ダスト性が向上し、ダストによる外観(WaおよびWd)の低下を改善することができた。また、中塗り塗料を開発ベース塗料に合わせて最適化することによって、一般面(ダストなし部)の外観品質も併せて向上させることができた。

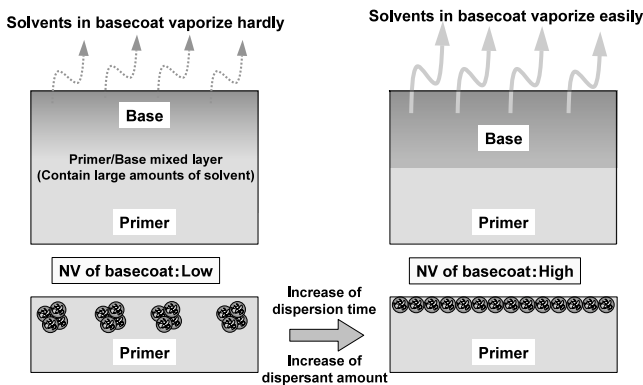


Fig.12 Improvement of Paint Dust Resistance by Primer Modification

6. まとめ

現行塗料での艶感(Wa)と平滑性(Wd)の形成メカニズムを明らかにし、それに基づいたベース塗料の改良を行うことにより、水平面、垂直面ともに現行塗料よりも大幅に塗装仕上がり外観が向上し(水平面: Wa = 14.8, Wd = 14.8 / 垂直面: Wa = 16.11, Wd = 29.19), 目標(業界上位レベル)の塗装仕上がり外観を達成することができた(Fig.13)。なお、本開発ベース塗料は、2006年8月

より量産導入を開始した。

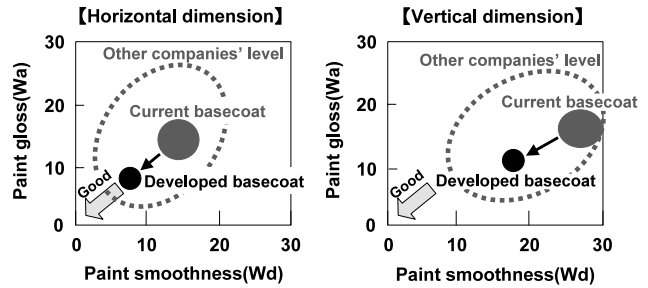


Fig.13 Improvement of Appearance by Newly Developed Basecoat

参考文献

- (1) 重永ほか：環境にやさしい新塗装技術の開発，マツダ技報，No.21，p.205-210（2003）
- (2) 渡邊：溶剤型3WET塗装技術，TECHNO-COSMOS，Vol.17，p.50-51（2004）
- (3) 山根ほか：環境にやさしい3ウエットオン塗装技術の開発，自動車技術，No.57，No.5，p.68-73（2003）
- (4) 吉田：自動車カラーの変遷と将来動向 カラーデザインと塗色設計，自動車技術，No.57，No.5，p.4-9（2003）

著者



森 淳哉



久保田 寛



重永 勉



山根 貴和



神田 輝夫



大関 武



常岡 辰夫