

# 色彩と光沢の塗装質感におよぼす影響

デザイン学科・写真学科

安武正剛・渡辺 学・小池亜依・内藤郁夫\*・飯岡正麻

Effects of Color and Gloss on Quality Sensibility of Coated Surface

by

Seigo YASUTAKE, Manabu WATANABE, Ai KOIKE, Ikuo NAITO\*, Masao IIOKA

## 1. 緒 言

素材の質感は色彩と光沢感や透明感等により表現される。このため素材の持つ質感をいかに工業製品や生活用品に生かすかは製品価値をも左右する重要な要因である。このため、工業製品の塗装はツヤ消し・ツヤ有り塗装の他、メタリック・パール塗装と高品質化、高機能化してきた。これらはいずれも光の反射挙動の問題であり、反射率と角度依存性に帰結する。おもに光沢感は質感を表わす重要な要因である。

光沢を含むサンプルでは、観測する角度によりその色彩が大きく変化する。このため、ある特定の角度では白く、他の角度では色彩が深く知覚される。現在、光沢は鏡面光沢度 (Gs) で、色彩はマンセル系またはCIE-L\*a\*b\*系でそれぞれ独立して評価される。このため、見かけ上の色彩と表色値とは一致しない。デザイン素材の分野においては光沢を含む色彩評価法の確立が必要である。

塗膜の色彩や光沢測定法については西脇<sup>1)</sup>、相沢ら<sup>2,3)</sup>、松田と鬼頭<sup>4)</sup>、近藤<sup>5)</sup>、馬場<sup>6)</sup>、吉田<sup>7)</sup>、服部ら<sup>8)</sup>、岩崎と竹下<sup>9)</sup>など多くの研究者により報告されている。しかし相沢<sup>3)</sup>や近藤<sup>5)</sup>が指摘した様に、光学的光沢度と視覚的値との間には食い違いが存在する。いわゆる心理的効果であり、塗膜の質感についても多くの報告がある。田畑ら<sup>10-12)</sup>は塗装を「肉持ち感」・「光沢感」・「平滑感」より考察している。さらに松田<sup>13)</sup>はこれら

の形容詞の物理的意味を検討した。一方、松井ら<sup>14,15)</sup>は「金属感」と「シルキー感」より塗膜を評価している。

自動車塗装のように曲面で評価される塗装面では、光沢と拡散反射光とを同時に観測し評価しなければならない。森下ら<sup>16)</sup>は塗装曲面の観測位置の変化による「色彩の深み」と明度・彩度を評価している。しかし、塗装光沢と色彩との相互影響についてはあまり研究されておらず、松田と鬼頭<sup>4)</sup>により明度が高い程光沢感が低いと報告されている。相沢ら<sup>3)</sup>は光沢度に従い色相・明度・彩度ともに変化する事を報告している。感性における色彩感と光沢感の関係とくに、色相・明度・彩度いずれが光沢感とに影響を及ぼすかを明確にするため、本研究では標準色表にニス掛けして検討した。これら一連の研究により光沢の質感に及ぼす影響を明確にし、光沢を含む色彩評価法の確立と色彩感や光沢感の塗装質感への影響を明確にすることを目的にしている。

## 2. 実 験

### 2-1. サンプル作成

日本色研の新配色カード175Cより、無彩色6色と有彩色16色 [赤系 (日本色研コード: V2), オレンジ系 (V4, V5, V6), 黄系 (V8), 緑 (V11, V12, dp12, b12, V13), 青系 (V16, b16, lt16+, V17, V18, b18)] を選択し、無光沢色票とした。この16色の有彩色と白色と黒色の配色

色名	記号	L*	a*	b*	H	V	C
赤	V2	48.44	62.72	24.63	3.6R	4.7	14.1
	●	43.51	70.12	32.90	4.6R	4.3	16.0
橙	V4	58.02	56.73	48.36	8.5R	5.7	14.2
	●	54.92	60.22	62.22	9.3R	5.4	15.8
	V5	65.74	41.08	59.51	2.7YR	6.5	12.6
	●	62.16	45.05	75.96	2.9YR	6.1	14.9
	V6	74.02	18.90	62.81	8.5YR	7.3	10.5
	●	71.09	20.28	75.41	8.9YR	7.0	12.2
黄	V8	83.35	-2.65	82.00	5.0Y	8.2	11.5
	●	81.24	-3.34	93.02	5.4Y	8.0	13.1
緑	V11	59.92	-51.06	37.66	0.7G	5.8	10.4
	●	56.59	-56.84	45.25	0.3G	5.5	11.7
	V12	54.76	-55.12	22.04	3.5G	5.3	10.3
	●	50.74	-63.93	26.33	3.0G	4.9	11.7
	dp12	50.26	-34.87	9.15	6.3G	4.8	6.5
	●	45.67	-41.18	11.44	5.5G	4.4	7.4
	b12	66.51	-42.85	17.91	3.9G	6.5	8.0
	●	63.25	-46.49	20.18	3.5G	6.1	8.7
	V13	50.85	-54.26	13.16	6.1G	4.9	9.9
	●	46.76	-65.38	15.98	5.4G	4.5	11.6
青	V16	44.92	-19.71	-25.46	6.0B	4.4	7.3
	●	39.01	-24.29	-28.58	4.8B	3.8	8.2
	b16	62.87	-23.83	-23.64	5.1B	6.1	7.5
	●	57.76	-27.12	-25.70	4.4B	5.6	8.3
	lt16+	67.77	-20.81	-18.13	4.8B	6.6	6.1
	●	64.60	-22.46	-18.85	4.2B	6.3	6.5
	V17	42.06	-6.27	-34.75	1.9PB	4.1	8.5
	●	37.02	-7.59	-38.79	1.4PB	3.6	9.3
	V18	40.80	4.07	-40.22	5.3PB	3.9	9.8
	●	34.75	5.58	-44.58	5.1PB	3.4	10.4
	b18	53.94	-3.80	-35.77	3.2PB	5.2	9.0
	●	50.63	-5.20	-38.20	2.7PB	4.9	9.6

●…光沢面

表1 色票Aの物理測定値

カードにアサヒペン製アスペンラッカースプレークリヤ（透明樹脂，ニトロセルロール＝アクリル樹脂）を2回配布し，光沢色票を作成した（ $GS=91.2\pm 0.5$ ）。

これらの色票（無光沢16色，光沢18色，サンプルサイズ：44mm×60mm）は黒色台紙に貼付した（サンプル色票A）。心理測定で選択する色票Bは以下の方法で作成した。色票Aに近い色を（株）光村推古書院発行の「カラーアトラス」（5510色）よりそれぞれ20～40色選択し，黒色台紙に貼付した（色票B）。

## 2-2. 測定および表色

色票Aの物理的表色は（株）ミノルタカメラ製測色計CM-2002型（ポリクロマティック積分球方式）を使用して測定した。この装置は6500K 2°視野でのCIE-L\*a\*b\*値，HVC値を表示する。色票Aの票色値を表1に示す。任意の角度における測定にはKK大塚電子製マルチ瞬間測光システム7000型で測定した。サンプルの鏡面光沢度は，KKスガ試験機製デジタル変角光沢計UGV-5Dで測定した。

女子学生25名を被験者として暗室中で測定した。光源には（株）モリテックス製MH-150L型装置に1.50m オプティカルファイバーと（株）ケンコー製色温度変換フィルターを使用し，0.5mの距離より色表Aを照明した。サンプル面での照度は色温度5500K・照度1500lxに調整した。照明角度（ $\theta^1$ ）と観測角度（ $\theta^2$ ）は，1） $\theta^1=0^\circ$ ， $\theta^2=45^\circ$ （ハイライト方向），2） $\theta^1=30^\circ$ ， $\theta^2=45^\circ$ （ハイライト方向），3） $\theta^1=30^\circ$ ， $\theta^2=-60^\circ$ （シェード方向）とした（図1）。色票Aと等色色表を色票Bより選択した。光沢サンプルの対比較法で行なった。

## 3. 結果

### 3-1. 票色値の測定

光沢によりどのように色彩が変化するかを検討した。まず0.02～0.10mmの透明フィルムを無光沢グリーンA色票（日本色研コード：V13）に重ね，色彩を検討した。いずれの透明フィルムを利用し

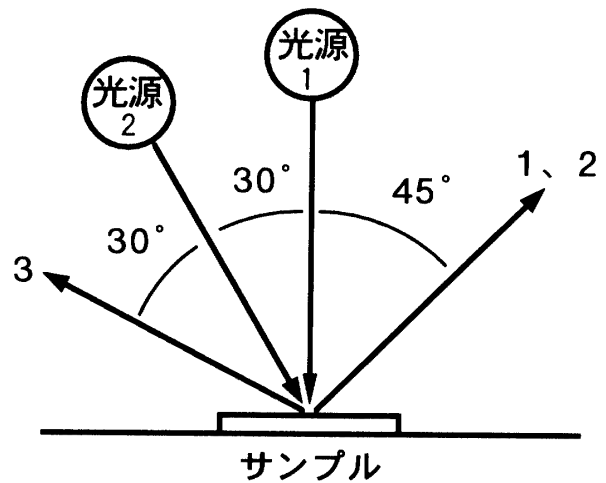


図1 照明及び観測方向

ても，正反射角（ $\theta^1 = \theta^2$ ）での観測では色票はキラツキ感の強い白色として観測された。これは表面反射光が強すぎるためであり，オリジナル色票の色彩変化は検討できない。さらに色票と透明フィルムとの接着にも問題がある。このため，オーバーコートニスを使用して無光沢色票を塗装し，以下の研究を行った。正反射方向からの観測では（入射角＝観測角＝20～75°），いずれのサンプルにおいても表面反射光が著しく強い。このため塗装した色票は白く知覚され，色彩は評価できない。また，服部ら<sup>81</sup>や森下ら<sup>16)</sup>の報告より明らかな様に，表面反射光が観測できない角度においても色彩は変化する。このため， $\theta^1=0^\circ$ （方法1）および30°（方法2）， $\theta^2=45^\circ$ で観測した（いずれもハイライト方向）。また， $\theta^1=30^\circ$ ， $\theta^2=-60^\circ$ で観測した（方法3）。 $\theta^1$ ， $\theta^2$ を図1に示す。

色票A（無光沢色票・光沢色票それぞれ16色）の見え方をアンケートより調査した。種々の照明法により色票Aを被検者に提示し，拡散光で照明した色票Bより最も近い色を選択した。図2に光沢および無光沢グリーンA色票（V13）において選択された色票BのCIE-L\*，a\*，b\*値およびメタメリック彩度（Cab\*）の分布を示す。それぞれの値の平均値を観測方向での観測値とし，矢印で図2中に示した。いずれの無光沢色票においても，

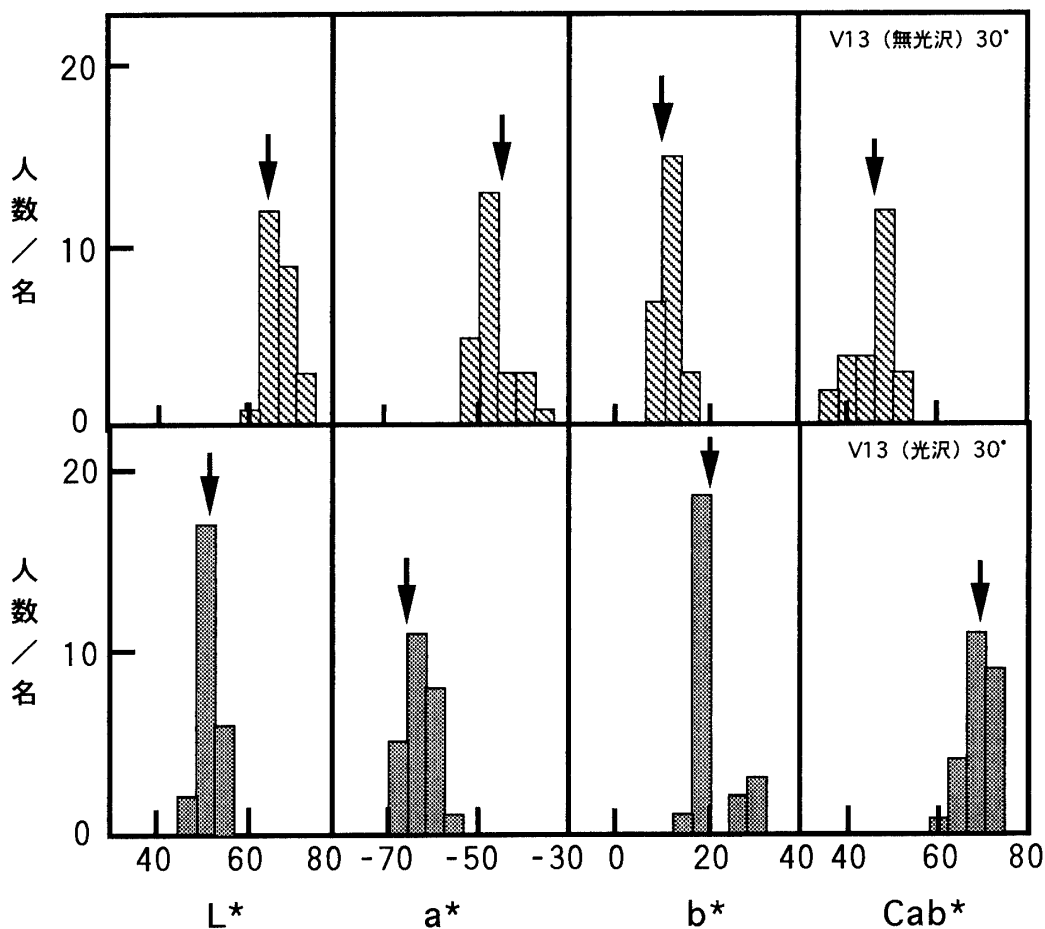


図2 グリーン色票のCIL-L\*a\*b\*値及びCab\*の分布

0° 照明により観測した表色値は30° での値にくらべ、明度は高く ( $\Delta L^* < 5$ )、彩度は逆に減少していた ( $\Delta Cab^* < 8$ )。非塗装面では照明観測角度により同一色票でも表色値は大きく変化した。塗装面ではほぼ一定であった。種々の角度で測定した結果を表2に示す。いずれの角度でも表色値に大差はないので方法2 ( $\theta^1 = 30^\circ$ ,  $\theta^2 = 45^\circ$ ) を用いて以下の検討を行った。表3にアンケートにより測定した表色値を示す。

### 3-2. 塗装の色彩への影響

相沢ら<sup>2)</sup>は塗装により色相も変化すると報告している。表面コートによる色彩変化を明確にするため、方法2で測定した光沢色票と無光沢色票のa\*値をb\*値に対してプロットした(図3)。光沢色票のプロットは原点と無光沢色票プロットの延

表2 V13塗装サンプルの表色値 (平均)

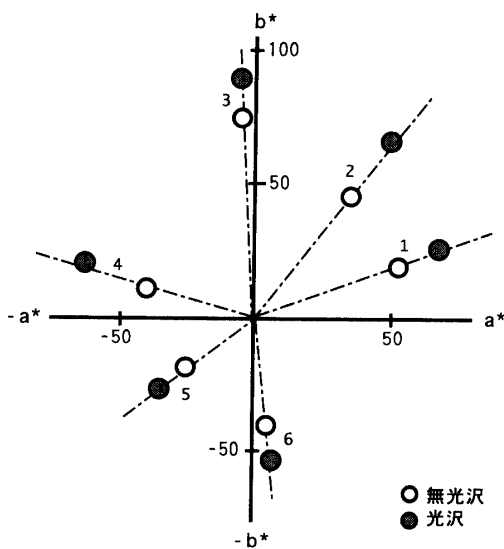
方法	照明角 /deg	観測角 /deg	グリーン色票表色値			備考
			L*	a*	b*	
1	0	45	51.27	-65.37	18.52	ハイライト方向
2	30	45	50.86	-65.50	19.92	ハイライト方向 (基準照明、観測条件)
3	30	-60	52.17	-63.67	17.39	シェード方向

長線上に位置した。この事は表面コートによりメトリック色相角が変化しない事を示している。

塗装面における光沢の影響を明確にするため、光沢色票と無光沢色票のCab\*値をL\*値に対してプロットした(図4)。いずれの色票でも塗装により明度は低下するが彩度が上昇した。個々の点は散乱するが、光沢色票のプロットは無光沢色票の

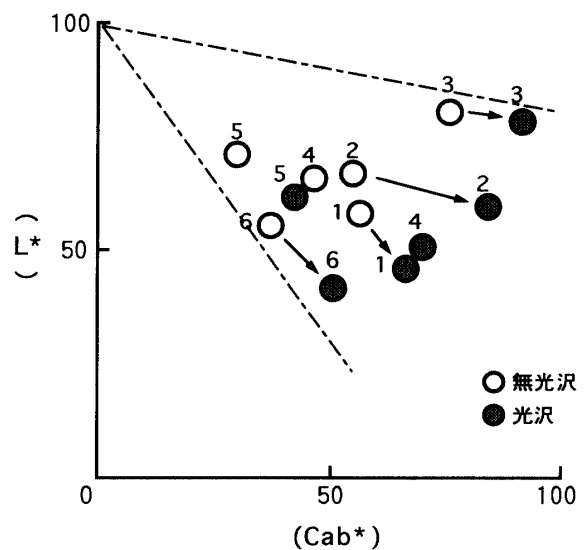
表3 心理測定による色票表色値 (平均値)

色票	記号	光沢面			無光沢面			色差 / ΔE
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	
赤	V2	46.50	60.61	24.13	59.42	52.94	16.92	16.66
橙	V4	56.19	53.48	53.49	61.23	48.76	34.99	19.74
	V5	59.97	45.45	69.70	67.24	32.55	44.88	28.90
	V6	71.27	17.23	85.25	75.67	11.53	58.02	28.17
黄	V8	79.48	-2.88	90.07	82.22	-5.11	74.01	16.43
	V11	62.52	-48.38	50.61	59.42	-42.42	30.81	21.20
	V12	56.93	-58.55	35.89	64.21	-46.74	21.83	19.74
	dp12	58.57	-50.91	23.51	69.40	-34.75	16.06	20.83
緑	b12	62.88	-48.04	21.94	70.94	-33.22	14.95	18.26
	V13	50.86	-65.50	19.92	63.66	-44.52	9.55	26.67
	V16	47.90	-34.94	-34.08	65.82	-26.36	-23.13	22.69
青	b16	61.38	-31.48	-26.64	70.93	-23.29	-17.96	15.29
	lt16+	67.80	-25.27	-20.63	74.41	-19.42	-15.02	10.47
	V17	51.83	-21.24	-40.22	58.97	-12.63	-33.68	12.69
	V18	41.71	3.36	-50.83	55.64	1.83	-35.84	20.52
	b18	56.23	-13.29	-33.83	64.71	-9.02	-27.83	11.22



(1: 赤 2: 橙 3: 黄 4: 緑 5: 水色 6: 青)

図3 光沢色票と無光沢色票の平均評価値 a\*, b\*プロット



(1: 赤 2: 橙 3: 黄 4: 緑 5: 水色 6: 青)

図4 光沢色票と無光沢色票の平均評価値 L\*, Cab\*プロット

点と白色の点 ( $L^*=100, a^*=b^*=0$ ) との延長線上にプロットされる。

### 3-3. 色相の光沢感への影響

6色の光沢サンプル [青色 (V18), 緑色 (V13), 黄色 (V8), 赤色 (V2), オレンジ (V5), 水色 (b16)] に白と黒の光沢サンプルを加えて、一対比較法より光沢感を調査した (方法2)。これらの色票の $45^\circ$ 入射- $45^\circ$ 受光による鏡面光沢度 ( $G_s$ ) はほぼ一定の大きい値であり ( $91.2 \pm 0.5$ ), 拡散反射率の影響は無視しうる<sup>注1)</sup>。光沢感 (一対比較法パラメーター) は  $V8 < V13 < V5 < b16 < V18 < V2$  の順に増加した (図5)。これより, 黒サンプルを除き, 明度の低いサンプル程光沢感が大きい事を示す。相沢ら<sup>2,3)</sup>は光沢感が明度に比例することを報告している。著者らの光沢サンプルの検討でも光沢感は明度に比例していた<sup>17,18)</sup>。色彩を認識した後光沢を認識するとすると, 光沢面と無光沢面の明度差 ( $\Delta L^*$ ) に光沢感が関係すると期待できる。光沢感の一対比較法パラメーターを  $\Delta L^*$  に対してプロットすると, 良い直線関係が成立した (図6)。しかし, 彩度差 ( $\Delta Cab^*$ ) に対して一対比較法パラメーターをプロットしたが個々の点は散乱した。これより光沢感は主に  $\Delta L^*$  値に比例し, 彩度には依存しないと結論できる。塗装曲面を観察する場合, 強く光沢を知覚できる場所とできない場所を同時に観察する。明度の低い色票程光沢感が高い。これらより, まず色彩を認識した後光沢を認識するのではないかと推論した。

### 4. まとめ

16色の色票を選択し, 塗装の光沢感への影響を検討した。色票を透明クリヤラッカーで塗装し, 鏡面光沢度一定の色票を作成した。色相は変化しないが, 塗装により明度が低下し彩度は上昇した。これらの結果を基に光沢感を検討した。光沢感は塗装面と非塗装面の明度差が大きい程大きい。しかし, 黒サンプルの光沢感はV8とV13との間に位置し, その理由がまだ明確でない。

「光沢感」は, 「深み感」や「透明感」「キラッ

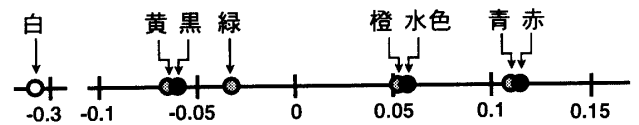


図5 光沢感の一対比較法パラメーター

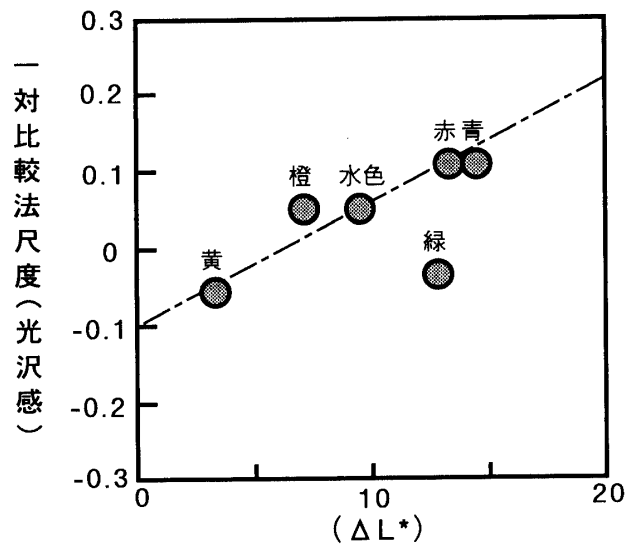


図6 光沢感の一対比較法尺度と  $\Delta L^*$  との関係

キ感」とも密接に関係すると期待できる。塗装面の「質感」を考察する場合, 多くの感性を表わす形容詞との関係をさらに定量的に検討する必要がある, 現在研究を進めている。

最後に自動車用塗装サンプルを貸与戴いた, 日産自動車 (株) デザイン本部北島巳佐吉氏に深謝いたします。

注<sup>1)</sup>ろ紙の $45^\circ$ 入射- $45^\circ$ 受光による $G_s$ 値は5以下であり, 拡散反射率による影響は無視しうる

### 参考文献

- 1) 西脇慈円「色彩紙の光沢」応用物理, 25, 370-374(1956)。

- 2) 相沢 正, 渡辺哲夫, 西条博之, 川上元郎「光沢度と色度との相関正の視覚的評価に関する研究 (I) 光沢度が色におよぼす影響」製品科学研究所報告, No.63,23-32(1970).
- 3) 相沢 正「塗装の色と光沢」塗装技術1971年5月170-179.
- 4) 松田守弘, 鬼頭完爾「塗膜の光沢感を規定する因子」計測自動車学会論文集, 17(6),645(1981)
- 5) 近藤暁弘「塗膜面の光学的特性とアピアランス」表面, 27(3),228-242(1989).
- 6) 馬場護郎「パール・マイカペイントのフロップ感の評価」1991年第8回色彩工学コンファレンスpp.31-34.
- 7) 吉田豊彦「塗料技術における光沢と色彩の測定」塗装技術, (1992)No. 3,79-83.
- 8) 服部 寛, 中島毅彦, 伊藤信広, 北信之, 高田直弥, 杉山正実「メタリック塗装の測定方法」1992年第9回色彩工学コンファレンス, pp.11-14.
- 9) 岩崎新二, 竹下辰男「塗膜の光沢が色彩に及ぼす影響」宮崎県工業試験場・宮崎県食品加工研究開発センター研究報告(1992) No.37, 117-121.
- 10) 田畑 洋, 吉本照子, 田中信吾, 原田宏昭, 橋本光雄「自動車の塗膜質感評価法」自動車技術, 44(4),16-21(1990).
- 11) 田畑 洋, 田中信吾「消費財の表面処理—塗膜の質感と見栄え—」塗装工学36(10),473-479(1991).
- 12) 吉本照子, 田畑 洋, 奥山文雄, 所 敬「材質感の生理心理的研究—塗膜質感における眼球の焦点調節反応—」Human Interface(1990), 5,125-128.
- 13) 松田守弘「塗装質感の計量化」工業塗装, No.118,46-53(1992?).
- 14) 松井美知子, 桑野浩一, 戸知俊彦, 佐竹いずみ, 日本色彩学会誌, 18,80(1994).
- 15) 松井美知子「塗膜外観評価」繊維学会誌, 51,190(1995).
- 16) 森下未来子, 川内恵二, 辻 紘良「自動車の塗装における深み感の形成因子-2(色の見え効果)」日本機械学会第1回交通・物流部門大会講演論文集, (1992)301-304.
- 17) 内藤郁夫, 江崎月霞, 釣木信康, 飯岡正麻「絹布の色彩と光沢」デザイン学研究, 42(4),41~46(1995).
- 18) 安武正剛, 内藤郁夫, 飯岡正麻, 投稿中