

塗膜厚みの質感への影響

Effects of Coated Thickness on Perceived Qualities in Coated Glossy Surface

デザイン学科, 写真学科

安 武 正 剛, 笠 井 智 美
内 藤 郁 夫, 飯 岡 正 麻

Seigo YASUTAKE, Tomomi KASAI, Ikuo NAITO, Masao HIOKA

要旨

6色相で、光沢度一定で透明塗装量の異なるサンプルをそれぞれ6点ずつ作成した。標準サンプル2点を加え、色相ごとに女子学生40名に提示し、塗装質感を順位法で測定した（塗装質感：光沢感・透明感・深み感・肉持ち感・金属感・平滑感・シルキー感）。いずれの質感も塗装量の増加に従い増加した。色別に質感を塗装量に対しプロットすると、相関係数 >0.8 の単回帰直線が成立した。またその傾きは色に関係なく一定であった。最も塗装量の影響を受ける質感は透明感であり、光沢感や深み感ではその影響が小さい。

Abstract: Six color chips were coated transparent vernish to obtained six steps of the amount in each color. Effects of thickness of coated layer on perceived qualities were studied by means of a rank test of 40 girl students (qualities, i.e. gloss sense, transparent sense, deepness sense, thickness sense, metallic sense, planarity sense, silkiness sense). The qualities increased with increasing the vernish amount. When the quality parameters were plotted against the amount of the vernish, good linear relationships were obtained in each color with high correlation coefficients > 0.85 . In each quality, a slope of the relation is equal to each other color. The transparent sense is the most affected by the amount. On the other hand, the effect on the gloss sense and deepness sense are smallest in the other senses.

1. 緒言

本来塗装は素材の保護や新たな機能発現のための方法として発展してきた。現在、このような基本的な範疇を大きく越え、塗装は製品の付加価値をも創造する重要な要因にまでなっている。このため、ツヤ消し・ツヤ有り・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。しかし、その表現する質感は主に光沢や色彩と形状により誘起される心理的効果である。

塗装質感も多くの研究者により研究されている。田畑らは塗装の形状より質感との関係を検討し、質感として「色味の強さ」・「明るさ」・「あざやかさ」・「つやの大きさ（光沢感）」・「つやのよさ（光沢感）」・「なめらかさ（平滑感）」・「深み感」・「厚み感（肉持ち感）」・「透明感」・「うつりこみのきれいさ（平滑感）」・「好き」をあげている¹⁾。さらに彼らは塗装の「肉持ち感」・「光沢感」・「平滑感」を詳細に検討している²⁻⁴⁾。松井らは「金属感」と「シルキー感」を検討している^{5,6)}。これらの報告は、光沢と共に色彩の影響の重要性を指摘してはいるが、それらの質感に及ぼす個々の影響が充分検討されたとは言い難い。

これらの質感の中で、「深み感」については多くの研究者により詳細に検討され、色彩の影響と「奥行き感」で構成される事が報告されている⁷⁻¹⁴⁾。しかし一部の研究では被験者数が極端に少なく、研究条件にも疑問の残るものもある。我々は色彩

の3属性(明度, 彩度, 色相)それぞれが多くの塗装質感に影響を及ぼすと推論している。このため, 可能な限りサンプルや観測条件を揃え, 物理的な一項目の質感に及ぼす影響を検討している。表色値や光沢度の多くの項目を一定に揃え, 明度または彩度の塗装質感へ及ぼす影響を検討した(検討した塗装質感: 透明感, 光沢感, 深み感, 肉持ち感, 平滑感, 金属感, シルキー感)¹⁵⁻¹⁷⁾。「深み感」と「肉持ち感」は明度の増加に従い減少したが, 他の質感は明度の増加に従い増加した。彩度と質感の関係も検討した。「平滑感」と「シルキー感」は彩度の減少に従い減少したが, 他の質感は増加した。さらに, 色相の質感に及ぼす影響も明らかにした。「透明感・深み感」はブルー側で, 「肉持ち感」はレッド側で, 「シルキー感」はグリーン側で弁別の能力が高い。一方, 「光沢感」は色相の影響を受けないことを報告した。

しかし実際の塗装では, 5~9層まで塗り重ねられる漆器でも明らかのように, 多層にわたり塗装が行われている。我々も2層構造(着色体と透明層)までは検討したが, 多層構造まで検討するには至っていない。このため, まず透明塗装の厚みの質感おける影響を検討している。図1にサンプルの模式を示す。前回の検討では¹⁸⁾, 塗装量を4段階変えたサンプルについてSD法で検討し, 塗装量に比例して質感尺度値が増加する事を明らかにした。しかし, 1)Gs値の標準偏差が大きい。2)4段階の塗装量での検討であり, その量の制御も不十分であった。このため1サンプルでの結果が散乱しても, 影響の程度を評価する事が困難であった。今回塗装量を6段階に調整し, 順位法で検討した。また比較を容易にするため, 観測角度を変えて検討した。

2. 実験

2. 1. サンプル

日本色研事業(株)新配色カード175Cより, 6色[赤色(V2), オレンジ色(V5), 黄色(V8), 緑色(V13), 青色(V18), 水色(b16)]

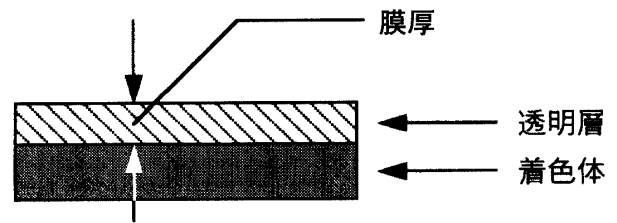


図1 サンプルの模式(着色体の上にクリアラッカーを吹き付け塗装した)

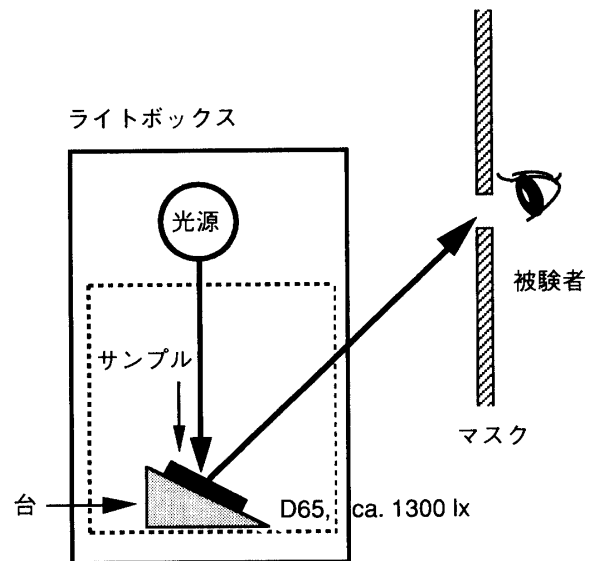


図2 観測装置の概略

質感	説明文	
透明感:	不透明な	— 透明な
肉持ち感:	厚みがない	— 厚みがある
光沢感:	艶がない	— 艶がある
深み感:	深みがない	— 深みがある
金属感:	金属の様でない	— 金属の様な
平滑感:	粗い(凸凹した)	— 滑らかな
シルキー感:	ゴツゴツした	— しなやかな

図3 質感説明文

を選択した。これらの色票に, シンナーで希釈したアサヒペンKK製ラッカースプレークリア(透明ニス)を吹き付け, 透明塗装した。乾燥後さらに塗装を繰り返す, 各色票8点以上の光沢色票を作成した。塗装量は重量法で測定した。これらより60度鏡面光沢度(Gs)一定のサンプルを6点選択した。

これらの色票を50mm×40mmに切断し、60mm×50mmの黒台紙に張り付けてサンプルとした。作成したサンプルの表色値はグレタ社製スペクトロリノ（45°入射-0°受光，分光方式）で7回測定して平均した。これら60度鏡面光沢度（Gs）は，スガ試験機製デジタル変角光沢計UGV-5D（60°入射-60°受光）で7回測定して平均した。質感観測条件（照明角度：-30度，観測角度：15度，20度光沢度測定用マスクを使用した）での相対反射光強度も測定した²⁰⁾。さらに切断した残りの面の中心線平均粗さ（Ra）²¹⁾も触針式表面粗さ計KK東京精密製Surfcom474A型で測定した（カットオフ値：0.25mm）。塗装量とCIE-L*a*b*表色値，60度鏡面光沢度を表1に示す。

2. 2. 質感計測

サンプルの照明（D65光）にはケンコー製デライトボックスB2 Multi型を使用した（D65光源，ca.1300lx）。照明装置内に同色彩サンプルが6点と基準となるサンプル2点（サンプル番号：B3，B5）をおき，計8点の中から質感の程度を評価しなければならない。比較し易いように30度の台をデライトボックス中に置き，台の上に8サンプルをおいて順位法で質感を評価した。サンプルの照明角度は-30度，観測角度は15度である。この角度では強い表面反射光が観測できない。サンプルより430mmの距離にマスクを設置して観測した（マスク窓：130mm×10mm）。図2に装置の概略図を示す。被験者は男女学生それぞれ40名である。調査した塗装質感は一般的な塗装質感の，「透明感」，「肉持ち感」，「光沢感」，「深み感」，「金属感」，「平滑感」，「シルキー感」の7質感であり，まず質感の説明文（図3）を提示した後調査した。

3. 結果及び考察

3. 1. サンプルの表面形状

前回，我々は透明ニスそれぞれ4段階にスプレー塗装し，塗装量と質感の関係をSD法で検討

した¹⁷⁾。塗装量の増加に従い質感尺度値は増加した。しかし，鏡面光沢度の平均偏差が比較的大きかった事や各色彩で4点しかサンプルを使用しなかった事より，個々の結果は散乱した。このため，

表1 サンプルの塗装量と鏡面光沢度，表色値

Sample No.	amount/g m ²	Gs60°	L*	a*	b*	C*ab
red / R-0	0.00	10.7	47.37	70.64	25.44	75.87
R-1	26.12	87.97	43.58	71.54	33.45	78.98
R-2	53.64	93.28	43.65	71.93	32.16	78.79
R-3	76.74	92.38	44.16	72.52	29.11	78.15
R-4	91.48	95.1	43.15	71.79	30.25	77.90
R-5	113.91	92.74	43.79	71.72	28.24	77.08
R-6	130.24	95.16	43.38	71.03	27.92	76.32
R ave. ¹⁹⁾	-	92.77	43.62	71.76	30.19	77.87
R Δ ¹⁹⁾	-	1.74	0.25	0.33	1.77	0.78
orange / O-0	0.00	12.00	67.67	41.38	67.98	79.58
O-1	22.36	88.52	61.63	46.70	74.93	88.29
O-2	50.34	97.02	65.40	40.03	73.96	84.10
O-3	74.99	91.93	61.23	45.33	75.23	87.83
O-4	93.83	94.94	61.99	44.73	74.71	87.08
O-5	116.73	95.82	63.91	39.00	73.56	83.26
O-6	130.8	96.46	63.78	37.72	72.94	82.12
O ave. ¹⁹⁾	-	94.12	62.99	42.25	74.22	85.45
O Δ ¹⁹⁾	-	2.59	1.37	3.34	0.74	2.29
yellow / Y-0	0.00	10.6	85.52	-2.32	84.30	84.34
Y-1	28.7	89.66	82.10	-0.65	94.68	94.69
Y-2	51.78	96.00	82.99	-2.21	89.81	89.84
Y-3	68.25	96.92	82.30	-2.59	87.18	87.21
Y-4	92.32	97.54	81.13	-3.17	84.71	84.77
Y-5	111.18	94.04	80.78	-3.74	84.06	84.14
Y-6	128.01	95.08	81.25	-3.37	85.33	85.39
Y ave. ¹⁹⁾	-	94.87	81.76	-2.62	87.63	87.67
Y Δ ¹⁹⁾	-	2.02	0.70	0.81	3.08	3.06
green / G-0	0.00	10.20	53.03	-58.65	14.81	60.49
G-1	26.18	90.36	48.96	-60.23	15.72	62.25
G-2	56.98	96.24	49.29	-60.10	15.82	62.15
G-3	73.91	92.80	48.93	-60.80	16.32	62.95
G-4	97.79	96.38	48.62	-60.00	15.84	62.05
G-5	111.27	96.98	48.66	-60.03	15.97	62.12
G-6	133.26	96.06	48.76	-59.45	15.87	61.53
G ave. ¹⁹⁾	-	94.8	48.87	-60.1	15.92	62.18
G Δ ¹⁹⁾	-	2.15	0.19	0.28	0.15	0.28
sky blue/SB-0	0.00	6.00	62.04	-28.70	-20.60	35.38
SB-1	24.48	86.41	57.61	-28.90	-23.80	37.46
SB-2	53.53	92.74	58.43	-28.70	-23.30	37.02
SB-3	79.55	91.88	58.20	-30.60	-20.50	36.87
SB-4	96.41	95.22	57.78	-30.30	-20.60	36.61
SB-5	118.57	93.73	58.91	-29.90	-19.60	35.93
SB-6	131.86	96.92	56.87	-30.70	-20.50	36.88
SB ave. ¹⁹⁾	-	92.82	57.97	-29.90	-21.40	36.80
SB Δ ¹⁹⁾	-	2.47	0.55	0.69	1.47	0.35
blue / B-0	0	10.50	41.05	4.18	-44.03	44.23
B-1	25.71	88.24	36.46	2.86	-41.45	41.54
B-2	58.55	92.62	34.22	2.32	-41.30	41.37
B-3	73.88	92.07	36.73	4.34	-44.37	44.58
B-4	95.62	94.82	33.85	4.60	-42.95	43.20
B-5	113.78	96.60	36.40	4.52	-44.28	44.51
B-6	137.93	94.60	36.10	4.50	-44.28	44.50
B ave. ¹⁹⁾	-	93.16	35.63	3.86	-43.10	43.28
B Δ ¹⁹⁾	-	2.18	1.06	0.84	1.21	1.25

a, specula glossness at 60 deg.; b, average value of coated samples; c, average deviation of coated samples.

表2 サンプルの塗装量と平均質感評価値

Sample No	Coated amount /g m ²	investigated value of the perceived quality						
		transparent sense	thickness sense	gloss sense	deepness sense	planarity sense	metallic sense	silkeness sense
R-1	26.16	2.6	2.4	1.6	2.6	1.1	1.7	1.9
R-2	53.64	3.3	2.7	1.6	3.1	2.4	3.0	2.9
R-3	76.74	3.8	4.2	4.1	3.7	3.4	2.9	3.4
R-4	91.48	4.9	4.2	4.6	4.3	4.2	3.9	4.8
R-5	113.91	5.4	5.7	6.1	5.5	4.8	4.9	4.5
R-6	130.24	5.6	6.4	6.7	5.6	6.6	5.7	6.4
standard 1, B-3		4.9	4.7	5.3	5.0	6.2	6.6	5.5
standard 2, B-5		5.6	5.8	6.0	6.3	7.5	7.4	6.7
O-1	22.36	4.1	2.5	1.8	2.0	1.5	1.6	1.6
O-2	50.34	3.0	3.1	2.1	3.0	2.8	2.4	2.5
O-3	74.99	3.5	4.0	3.7	2.2	3.3	3.6	3.3
O-4	93.83	4.7	4.3	4.3	3.9	5.0	4.8	4.2
O-5	116.73	5.0	4.4	6.2	5.0	4.7	5.3	5.0
O-6	130.73	6.2	5.0	7.4	5.0	6.4	4.7	6.3
standard 1, B-3		4.7	6.1	5.8	7.1	5.5	6.3	6.1
standard 2, B-5		5.0	6.7	7.4	7.9	6.9	7.3	7.0
Y-1	28.7	3.1	2.5	1.3	3.2	1.3	2.1	1.4
Y-2	51.78	3.4	3.4	2.7	3.6	2.8	2.5	2.7
Y-3	68.25	4.1	3.6	3.0	3.8	2.7	3.5	3.1
Y-4	92.32	4.1	4.2	4.2	4.2	4.6	3.9	4.3
Y-5	111.18	5.2	5.0	5.4	4.4	4.9	4.0	5.1
Y-6	128.01	6.3	5.5	5.5	4.6	6.7	5.9	6.5
standard 1, B-3		4.8	5.8	6.3	5.9	5.9	6.6	5.9
standard 2, B-5		5.2	6.2	7.7	6.5	7.1	7.8	7.1
G-1	26.18	3.4	1.9	1.6	2.1	1.0	1.7	1.4
G-2	56.98	4.2	2.9	2.8	3.1	2.3	2.4	2.3
G-3	73.91	4.7	4.8	3.7	3.9	3.8	3.4	3.7
G-4	97.79	5.0	4.0	4.5	4.9	4.2	4.4	4.2
G-5	111.27	4.5	5.1	5.5	5.2	4.7	4.5	4.9
G-6	133.26	6.4	6.5	6.2	5.4	6.8	5.8	6.6
standard 1, B-3		3.9	5.0	5.3	5.3	6.1	6.4	6.1
standard 2, B-5		4.2	6.1	6.5	6.2	7.2	7.5	7.0
SB-1	24.48	3.7	2.4	1.2	2.2	1.3	2.1	1.4
SB-2	53.53	4.5	2.5	2.5	2.8	2.5	3.0	2.1
SB-3	79.55	4.6	3.8	4.2	3.7	3.8	3.2	3.7
SB-4	94.41	4.9	4.5	4.1	3.7	4.6	4.1	4.3
SB-5	118.57	5.1	4.9	5.4	4.1	5.4	4.5	5.3
SB-6	131.86	5.6	5.5	5.8	5.3	6.2	5.0	6.4
standard 1, B-3		3.7	5.8	5.7	6.8	5.6	6.8	5.7
standard 2, B-5		3.9	6.8	7.0	7.6	6.7	7.5	7.2
B-1	25.71	2.7	2.1	1.8	2.3	1.1	1.7	1.0
B-2	58.55	2.9	2.8	2.7	2.8	2.5	3.0	2.2
B-3	73.88	3.5	3.2	3.3	3.2	3.5	4.2	3.9
B-4	95.62	3.6	4.2	3.8	3.9	3.6	4.2	3.6
B-5	113.78	3.7	4.3	4.4	4.3	4.9	4.4	4.7
B-6	137.93	4.6	4.6	5.0	4.6	5.5	3.5	5.7

鏡面光沢度の平均偏差の小さいサンプルを各色彩8点以上作成し、60度鏡面光沢度がほぼ一定のものを各色彩で6点ずつ選択した。さらに、観測条件である照明角-30度・観測角15度での反射光強度(相対値)も測定し、いずれのサンプルでもほぼ一定である事を確認した²⁰⁾。塗装の有無により表色値や光沢度は大きく変化するが、塗装量を変えてもこれらの値はほぼ一定であった(表1)。触針式表面粗さ計を使用し²¹⁾、中心線平均粗さ(Ra)を測定した。塗装量約2 gm⁻²(1回塗装)ではRa=ca. 0.4 μmと一定であった。これより、塗装表面はほぼ均一とみなせる。

3. 2. 質感測定

本研究では、標準サンプル2点と6段階の塗装

表3 サンプルの塗装量と平均質感評価値を修正した値質感尺度値

Sample No	Coated amount /g m ²	scale value of the perceived quality						
		transparent sense	thickness sense	gloss sense	deepness sense	planarity sense	metallic sense	silkeness sense
R-1	26.16	-5.2	-2.3	-1.7	-1.8	-5.7	-10.8	-4.0
R-2	53.64	-2.9	-1.8	0.4	-1.0	-3.7	-7.6	-2.3
R-3	76.74	-1.5	0.9	1.2	-0.1	-2.1	-7.6	-1.5
R-4	91.48	2.0	1.0	1.9	0.9	-1.0	-5.2	1.8
R-5	113.91	3.8	3.9	3.6	2.8	-0.1	-2.4	4.8
R-6	130.24	3.9	5.1	4.3	2.9	2.6	-0.4	3.4
O-1	22.36	-2.3	-10.5	-2.4	-10.8	-4.2	-7.4	-7.2
O-2	50.34	-10.0	-8.5	-2.0	-8.4	-2.2	-5.9	-5.1
O-3	74.99	-6.7	-5.2	-0.3	-7.5	-1.4	-3.4	-3.3
O-4	93.83	2.1	-4.2	0.4	-6.0	1.2	-1.1	1.3
O-5	116.73	4.8	-3.8	2.5	-3.4	0.7	0.0	0.7
O-6	130.73	12.7	-1.7	4.0	-3.2	3.3	-1.2	3.8
Y-1	28.7	-8.7	-15.4	-4.8	-6.7	-5.5	-5.5	-5.3
Y-2	51.78	-6.8	-10.8	-3.0	-5.5	-3.1	-4.7	-3.1
Y-3	68.25	-2.7	-9.8	-2.7	-4.9	-3.2	-2.5	-2.4
Y-4	92.32	-2.3	-6.6	-1.0	-3.4	-0.2	-0.8	-0.5
Y-5	111.18	4.5	-2.5	0.8	-2.9	0.4	-0.8	0.7
Y-6	128.01	11.0	0.2	0.9	-1.4	3.3	0.5	3.1
G-1	26.18	-2.0	-3.6	-3.8	-5.1	-6.8	-6.2	-8.2
G-2	56.98	4.3	-1.7	-2.0	-2.9	-4.6	-4.9	-6.2
G-3	73.91	8.3	1.6	-0.5	-1.1	-2.0	-3.2	-3.2
G-4	97.79	11.0	0.2	0.7	1.1	-1.3	-1.5	-2.2
G-5	111.27	7.0	2.1	1.4	1.8	-0.4	-1.3	-0.7
G-6	133.26	22.7	4.7	3.5	2.1	3.2	0.9	3.0
SB-1	24.48	1.3	-4.9	-4.7	-8.9	-6.1	-11.8	-3.9
SB-2	53.53	9.6	-4.7	-2.7	-7.4	-3.7	-9.2	-2.9
SB-3	79.55	10.7	-2.0	-0.2	-5.4	-1.3	-8.6	-0.7
SB-4	94.41	13.3	-0.6	-0.4	-5.3	0.0	-5.8	0.1
SB-5	118.57	15.7	0.2	1.6	-4.3	1.6	-4.8	1.4
SB-6	131.86	20.4	1.3	2.1	-1.6	3.0	-3.2	2.8
B-1	25.71	-6.8	0.1	-0.8	0.4	-1.5	-34.1	-5.8
B-2	58.55	-5.5	1.3	0.9	1.3	0.6	-16.4	-2.8
B-3	73.88	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
B-4	95.62	3.0	3.8	2.8	3.4	2.2	2.0	1.0
B-5	113.78	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
B-6	137.93	13.4	4.6	5.0	4.7	5.0	-8.8	6.6

表4 回帰直線の相関係数(CC)

quality / color	red	orange	yellow	green	sky blue	blue	ave. CC	Δ
transparent sense	0.889	0.817	0.820	0.841	0.889	0.850	0.851	0.025
thickness sense	0.900	0.869	0.831	0.896	0.827	0.902	0.871	0.029
gloss sense	0.922	0.910	0.901	0.984	0.953	0.990	0.943	0.032
deepness sense	0.933	0.804	0.812	0.920	0.820	0.953	0.874	0.062
planarity sense	0.947	0.862	0.910	0.917	0.995	0.954	0.931	0.035
metallic sense	0.910	0.800	0.808	0.953	0.844	0.816	0.855	0.051
silkeness sense	0.828	0.880	0.966	0.933	0.963	0.926	0.916	0.041
total ave. CC and Δ for female students							0.892	0.039

表5

qualities / color	Red	Orange	Yellow	Green	Sky Blue	Blue	average	Δ
transparent sense	0.193	0.158	0.188	0.188	0.156	0.178	0.176	0.013
thickness sense	0.075	0.078	0.119	0.071	0.062	0.058	0.077	0.014
gloss sense	0.057	0.060	0.060	0.066	0.063	0.052	0.060	0.004
deepness sense	0.050	0.072	0.051	0.073	0.061	0.041	0.058	0.011
planarity sense	0.075	0.064	0.082	0.087	0.084	0.057	0.075	0.010
metallic sense	0.097	0.068	0.062	0.066	0.093	0.092	0.080	0.014
silkeness sense	0.085	0.100	0.079	0.101	0.078	0.093	0.090	0.009

量での質感の比較である。0度照明-45度観測によるSD法では、質感の差の知覚が困難であった。このため、照明角を-30度に観測角を15度に設定した。この角度では光源の写り込みがない事を確認した。また、同一色彩サンプル6点での比較があるので、順位法で測定した。被験者数で平均し

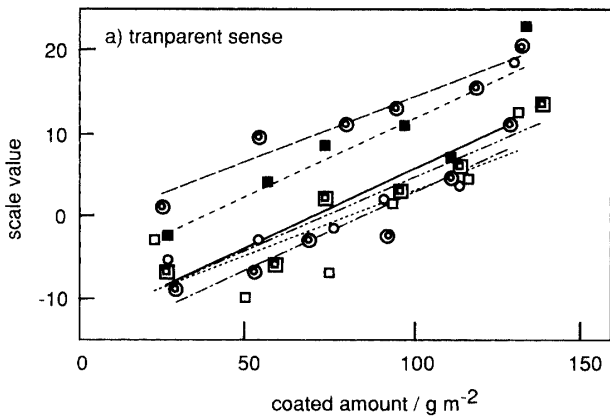


Fig. 4-1. Plots of scale values of the transparent sense vs. coated amount of transparent varnish. Color: red (○, —), orange (□, ·····), yellow (●, - - -), green (■, - - - -), sky blue (⊙, - - -) and blue (■, - - -).

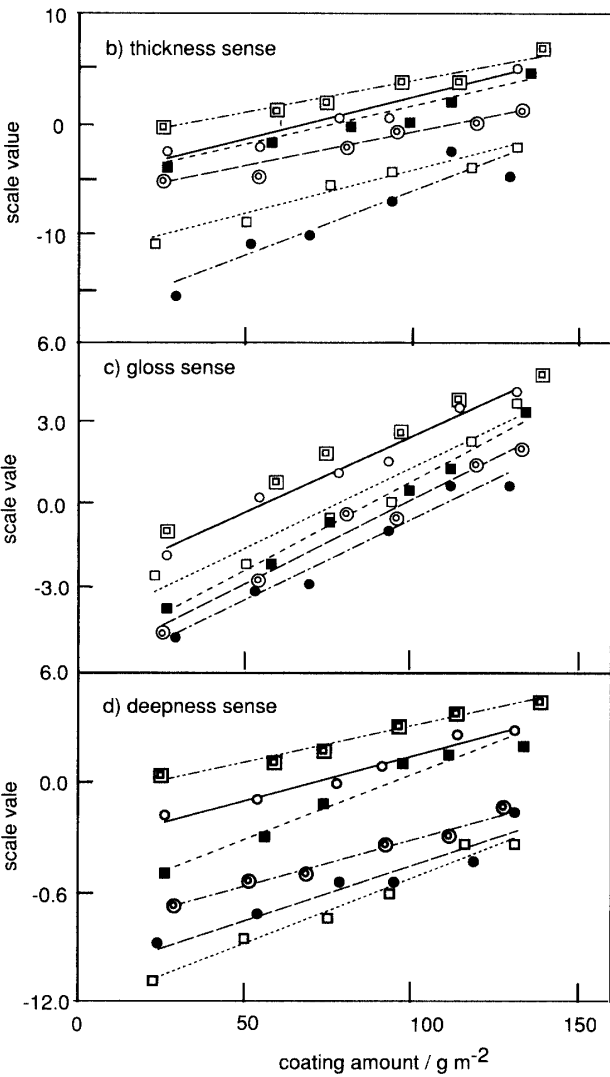


Fig. 4-2. Plots of scale values of the thickness sense, gloss sense and deepness sense vs. coated amount of transparent varnish. Color: red (○, —), orange (□, ·····), yellow (●, - - -), green (■, - - - -), sky blue (⊙, - - -) and blue (■, - - -).

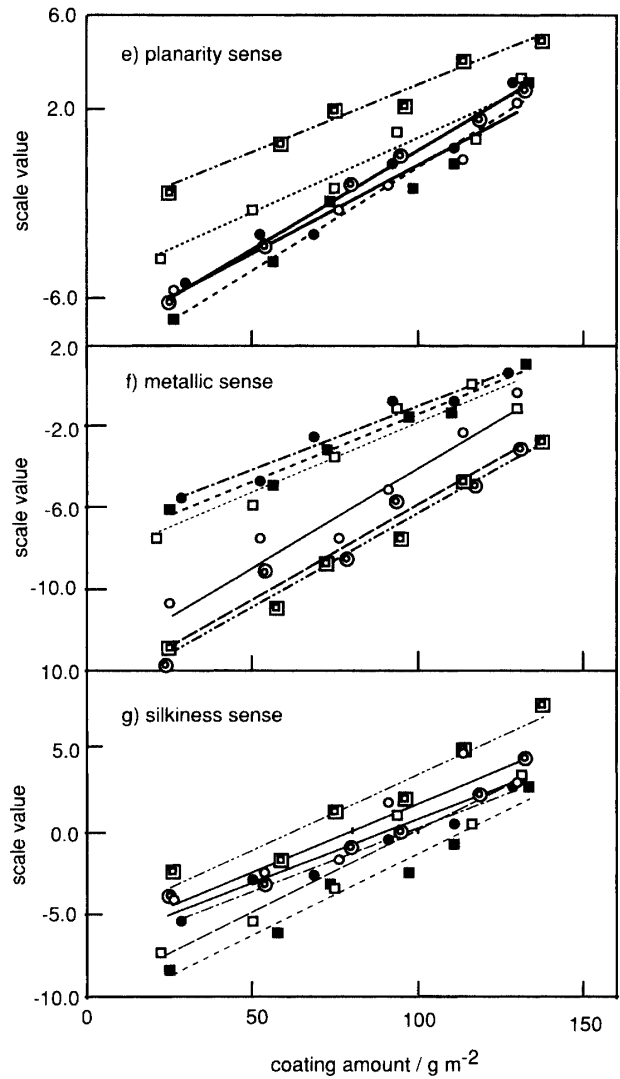


Fig. 4-3. Plots of scale values of the planarity sense, metallic sense and silkiness sense vs. coated amount of transparent varnish. Color: red (○, —), orange (□, ·····), yellow (●, - - -), green (■, - - - -), sky blue (⊙, - - -) and blue (■, - - -).

図 4 塗装量と質感尺度値の関係

た質感評価値 (M) を表 2 に示す。いずれの質感でもサンプル全ての質感で平均偏差は女子学生の結果より男子学生の結果が大きい。このため、女子学生の結果を利用して以降検討した²²⁾。

いずれの色彩においても、塗装量の増加に従い平均質感評価値が増加し、SD法での調査結果¹⁸⁾と一致した。これらの値は同一色彩での比較であるので、他の色彩サンプルとの比較が困難である。他色彩サンプルとの比較が可能な様に、標準サンプル 2 点 (サンプル記号: B 3, B 5) を同時に測定した。この標準サンプルの尺度値をそれぞれ 2.0, 4.0 として、式 1 より平均質感評価値を修正した (以降、修正値を質感尺度値と呼ぶ)。

$$S = (D_5 - D_3) \times (M - B2) / (4.0 - 2.0) + 2.0 \quad (1)$$

この式において、S と M は個々のサンプルの質感尺度値と平均質感評価値である。D₃ と D₅ は標準色票の評価値 (B 3, B 5) である。算出した質感尺度値を表 3 に示す。

3. 3. 塗装量と質感尺度値との関係

塗装の質感に及ぼす影響を検討するため、塗装量¹⁹⁾ に対し質感尺度値をプロットした (図 4)。いずれの質感尺度値も塗装量の増加に従って増加し、良い直線関係が成立した。このため、単回帰直線 (式 2) に近似し、その相関係数 (CC) と傾き (f) より検討した。

$$S = fW + B \quad (2)$$

この式において、S は質感尺度値、W は塗装量、B は切片である。

表 4 に色相別に計算した質感の回帰直線の相関係数と表 5 にその傾きを示す。いずれの色彩においても、塗装量と質感尺度値の間には平均偏差 (全平均 ± 0.040) の小さい高い相関係数 (CC > 0.85) が成立した [CCave = 0.851 ± 0.025 (透明感), 0.871 ± 0.029 (肉持ち感), 0.938 ± 0.037 (光沢感), 0.874 ± 0.062 (深み感), 0.931 ± 0.035 (平滑感),

0.855 ± 0.051 (金属感), 0.916 ± 0.041 (シルキー感)]。一部の色彩 (オレンジ) では相関係数の平均値 (CCave) が約 0.845 となった。この色彩では、サンプルの Gs 値や L* 値の偏差 (平均値: ΔGs = 2.59, ΔL* = 1.37) が大きいため CCave が低くなったと推論した。これより、観測したいずれの質感尺度値も塗装量と著しく強い相関関係が成立する事が明らかである²³⁾。

相関係数は 2 つのファクターの関連性の程度を示すが、回帰直線の傾きは一方の因子 (塗装量) の他方 (質感) における寄与の程度を示す。特に表色値と鏡面光沢度が一定のサンプルにおいて、質感尺度値の違いは塗装膜厚にのみ依存すると確信できる。先の検討¹⁸⁾ でも推論した結果であるが、何れの色相でも塗装量と尺度値との間に平行関係が成立した。傾きの平均偏差 (全平均 ± 0.011) も著しく小さい [fave = 0.177 ± 0.013 (透明感), 0.077 ± 0.014 (肉持ち感), 0.060 ± 0.004 (光沢感), 0.058 ± 0.011 (深み感), 0.075 ± 0.010 (平滑感), 0.080 ± 0.014 (金属感), 0.090 ± 0.009 (シルキー感)]。表色値や鏡面光沢度が一定なので、測定した質感尺度値が塗装量だけに依存して変化した事を強く支持している。

服部らは「深み感」がその色彩と「奥行き感」で形成されると報告している²⁴⁾。我々の使用したサンプルの表色値や光沢度はほぼ一定であり、Ra 値より明らかな様に微視的な表面形状もほぼ同じである。このため、透明塗装量 (厚み) による種々の質感知覚の程度が変化する。「深み感」の変化は「奥行き感」の影響であり、塗装量の増加により「奥行き感」が増加したと結論できる。

質感項目の間で膜厚の影響の程度を比較する事は困難である。0 度照明 - 45 度観測での SD 法での検討ではデータが散乱したが¹⁸⁾、本研究でも同様の結果を得た。我々の観測条件で、透明塗装の厚みの影響を最も受ける質感項目は回帰直線の傾きで判定できる。「透明感」で最も塗装厚みの影響を受け (知覚し易く), 「光沢感」や「深み感」ではその影響が小さいと結論できる。

4. まとめ

透明塗装の厚みの質感に及ぼす影響を、順位法で検討した（質感：透明感，肉持ち感，光沢感，深み感，平滑感，金属感，シルキー感）。塗装厚みの増加に従い観測した塗装質感が増加する。色相別に質感尺度値を塗装量に対してプロットすると，良い直線関係が成立した。いずれの相関係数も0.8以上となり，その傾きも等しい。回帰直線の傾きより，最も塗装量の影響を受ける質感は「透明感」であり，「光沢感」や「深み感」はその影響が小さい。

参考文献

- 1) 吉本照子，田畑洋，原田宏昭，成瀬信子，山田由美子「自動車用塗膜の官能評価6－色と質感－」日科技連感応検査シンポジウム，pp.101(1988).
- 2) 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)
- 3) 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)
- 4) 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商店調節反応－」Human Interface,5, 125-128, (1990).
- 5) 松井美知子，桑野浩一，戸知俊彦，佐竹いづみ「塗装のシルキー感，金属感の評価尺度」日本色彩学会誌，18,80-81, (1994).
- 6) 松井美知子：塗膜外観評価，繊維学会誌，51,190, (1995).
- 7) 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（色の見えの効果）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.
- 8) 服部寛，久保田毅，松田守弘，沢村隆光，田淵一郎「自動車の塗装における深み感の定量化」第22回日科技連感応検査シンポジウム，(1992) pp.67.
- 9) 和田隆志，川澄未来子，鈴木敬明「塗装深み感の要因解析」豊田中央研究所R&Dレビュー，30(3),17-28, (1995).
- 10) 川澄未来子，内山祐司，辻 紘良，石原利員「カラーシミュレータによる塗装深み感の評価と設計への応用」映像情報メディア学会誌，52(4),528-534, (1998).
- 11) 松田守弘，服部寛，田淵一郎，沢村隆光「塗装の深み感向上技術」工業塗装，No.131,29-35, (1994).
- 12) 大萩成男，狭間好彦，西村武「色の深み三属性および色濃度との関係」色彩学会誌，19,42-43, (1995).
- 13) 大萩成男，狭間好彦，西村武「着色物体の「深み感」と色彩の関係」照明学会誌，81(11),947-957, (1997).
- 14) 大萩成男，狭間好彦，西村武「着色体の「深み感」と色の濃さ」および「黒み」の関係」照明学会誌，82,859-868, (1998).
- 15) 内藤郁夫，安武正剛，飯岡正麻「塗装面における色彩感と光沢感の関係」デザイン学研究，44(2),29-34, (1997).
- 16) 内藤郁夫，安武正剛，飯岡正麻「色相と彩度の塗装質感への影響」デザイン学研究，45(5),61-67, (1999).
- 17) 内藤郁夫，藤井善博，安武正剛，飯岡正麻，金子かつこ「明度の塗装質感への影響」デザイン学研究，47(1),25-34, (2000)
- 18) 大星沙衣子，内藤郁夫，安武正剛，飯岡正麻，未発表結果
- 19) 塗装膜厚を検討するべきではあるが，塗膜の比重・色票への浸透など厚さを決定するに当たり不明な点が多いので，直接塗装量を使用した。
- 20) 20度測定用マスクを使用し，標準板の20度入射－20度受光でのGs値を86.5に調整した。いずれの色彩でも，30度入射－15度受光での反射光強度は塗装量に関係なく一定である（塗装量による反射光量の最大変化量： ≤ 0.1 ）。

反射光量の最大値はY色票(1.6)で, 拡散反射光量によると結論できる。

21) JIS B 0601-1982

この測定法は触針式測定法であるので, 柔らかい表面の測定では傷が付く。非接触法での結果が表面状態の知見を正確に与える。しかし, 前者の測定法の結果は後者に比べ小さいが, ほぼ比例関係が成立する。[内藤郁夫, 鈴木忠, 木下堯博「印刷物表面粗さの検討」日本印刷学会論文集, 31(3),203-209 (1994).]

22) 男子学生での塗装量と質感評価値との回帰直線の相関係数は女子学生の結果より小さい。

23) 相関係数の判定において, 0.708以上の値では強い相関関係が成立すると判定される [田中敏, 山際優一郎「新訂ユーザーのための教育・心理統計と実験計画法」教育出版, (1997) 188.] 本研究では, $R > 0.85$ を特に強い相関関係があると分類した。

24) 服部寛, 中島毅彦, 寺田重雄, 和田隆志, 久保田毅, 松田守弘「自動車の塗装における深み感の形成因子」自動車技術論文集, 25(1), 124-128 (1994).