

6. 木材着色塗装における複合色の数値化研究

—素地着色CCMの検討—

大野善隆*** 玉造公男***

1. はじめに

地球的規模で環境保護が求められている今日、森林保全の立場から良質な木材の入手が危ぐされている。本県の家具産業にとって主たる原材料である木材の入手難は、産業の継続を左右するものである。この状況下においては、今まで活用されていなかった未利用材、低質材を優良材と同様に活用することが必要であり、そのためには表面処理を主体とした塗装技術の開発が不可欠である。特に着色（調色）技術の改善および向上が緊急の課題である。

本年度は、この調色技術の改善および向上を目指した基礎研究として、素地着色におけるCCM(Computer Color Matching) 試験を実施し、木材の特性と着色剤との関係を把握するとともに、調色精度の向上と木材塗装における製品の高付加価値化について検討した。

2. 方法

2.1 供試材料

- ①木材—天然木突き板張り合板（樹種：ニレ、ナラ、サクラ、ニヤト）4種類
- ②着色剤—素地着色用染料系アルコール性ステイン（3色：Y（イエロー）、R（レッド）、B（ブラック））
- ③塗料—ポリウレタン系サンディングシーラー及び5部艶消シクリヤー

2.2 試料の作成

CCM計算のデータベースに使用する基礎データ用試料と、CCM計算の調色目標に使用

する目標色試料を作成した。各試料のステイン濃度設定を表1～2に、また、塗装工程を表3にそれぞれ示した。

2.3 CCMシステム及び測色方法

今回使用したCCMシステムは、測色機器（分光光度計）と計算機とCCMプログラム（繊維・染織用）とで構成し、試料の測色は、木目を避け比較的均一な部分を選んで行った（測定径8mmφ）。

- ・分光光度計（ミノルタ製 CM-1000）
- ・計算機(NEC製 PC-9801UX)
- ・CCMプログラム（京都市染織試験場開発ソフト）

2.4 目標色試料のCCM計算及び試験着色結果の検討方法

CCM試験の手順を図1に示した。

基礎データ用試料を測色し、CCM計算に必要な基礎データを入力した後、目標色試料を測色してCCM計算を実施した。ここで得られたCCM計算濃度と既知の目標色実績濃度との関係を比較検討（数値判定）した。次にCCM計算濃度による試験着色試料を作成し目標色試料との比較検討（色差判定及び目視による比較判定）を行った。目視判定として、合格のものは○、近似合格のものは△、不合格のものは×とした。

また、重回帰による修正計算の可能性を検討するため、得られたデータを対数(\log_2)変換して線形モデルとして取り扱い、繊維・染色のCCMで一般に用いられている次のモデル式を

***塗装技術研究室

用いて重回帰分析を行った。

「実績濃度」= $a_0 + a_1$ 「計算濃度」+ a_2 「計算濃度」²+ (誤差)

表1 基礎データ用試料のステイン濃度(W%)

濃度階段	1	2	3	4	5	6	7
着色剤							
各原色	0	1.0	2.5	5.0	10	20	40

表2 目標色試料のステイン濃度(W%)

ステイン試料No	Y	R	B
1	4.0	0.5	0.5
2	8.0	1.0	1.0
3	3.0	1.5	0.5
4	6.0	3.0	1.0
5	3.0	1.0	1.0
6	6.0	2.0	2.0
7	3.0	0.5	1.5
8	6.0	1.0	3.0
9	2.0	2.0	1.0
10	4.0	4.0	2.0
11	2.0	1.5	1.5
12	4.0	3.0	3.0
13	2.0	1.0	2.0
14	4.0	2.0	4.0
15	1.0	3.0	1.0
16	2.0	6.0	2.0
17	1.0	2.0	2.0
18	2.0	4.0	4.0
19	0.5	3.0	1.5
20	1.0	6.0	3.0

表3 試料の塗装工程

工程	内 容
素地着色	ステインをスプレー塗布 (口径1.0mm 空気圧1.0kg/cm ² 噴出量100cc./min 塗着量40g/m ²)
乾 燥	室内放置24時間
下 塗 り	サンディングシーラーをスプレー塗布 (空気圧2.0kg/cm ² 他は素地着色と同じ)
乾 燥	室内放置24時間
研 磨	研磨紙(#400) で空研ぎ
上 塗 り	5部艶消しクリヤーをスプレー塗布 (素地着色と同じ)

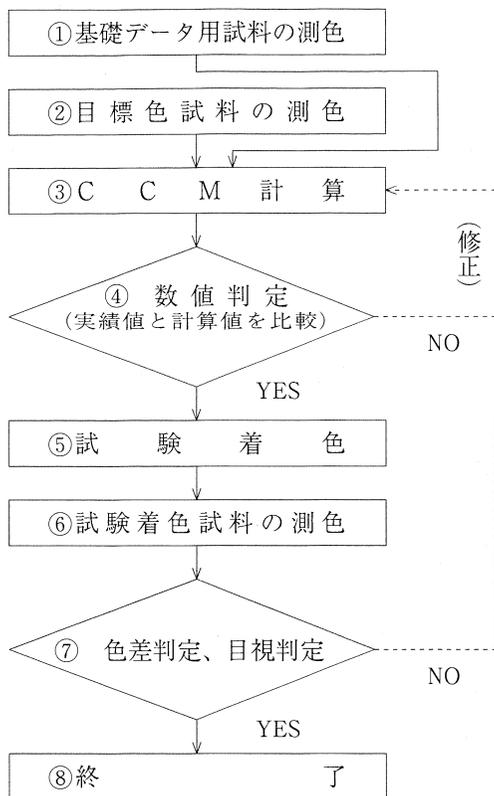


図1 CCM試験のフローチャート

3. 結果及び考察

3.1 CCM計算濃度と目標色実績濃度との比較

CCM計算濃度と目標色実績濃度との関係を3色(Y、R、B)に分けて図2～13に示した。

Yは、ナラ材、サクラ材、ニレ材の順で実績濃度より計算濃度が過少に算出された。逆にRは、赤色系材であるニャトー材において実績濃度より計算濃度が過多に算出された。また、Bはどの木材においても実績濃度と計算濃度とが近似した安定な結果が得られた。この結果から個々の着色剤には色剤によって着色性に違いが有る上に、材種に基因する木材自身の色の影響が大きいと考えられる。

3.2 CCM試験着色試料と目標色試料との比較

CCM計算濃度による試験着色試料と目標色

試料との比較結果(色差判定及び目視による比較判定)の一例としてニレ材の結果を表14に示した。

色差 ΔE 判定では、目標色20色中、2色が異常値($\Delta E=10$ 以上)を示し、目視判定では3色が不合格であった。 $\Delta E=3\sim 4$ を境界に合否が分かれたものが多かったが、中には ΔE が22や18という異常値を示したにもかかわらず目視判定では合格と判定された試料もあり、色差判定と目視判定の結果は必ずしも一致しなかった。この結果から色の領域ごとに目視判定の合否境界が異なり、色差も異なるものと考えられる。

3.3 CCM計算濃度の重回帰分析(重回帰式のあてはまり具合の検定)

CCM計算濃度の重回帰分散分析結果を表4~15に示した。

残差平方和(回帰からの残差変動)は、着色剤間ではY、R、Bの順に小さく、木材種間では着色剤間より小さく、ニレ、ナラ、サクラ、ニャトーの順に大きかった。F比(重回帰式のあてはまり具合の検定比)についても類似の傾向が認められ、着色剤間ではY、R、Bの順に大きく、また木材種間ではニレ、ナラ、サクラ、ニャトーの順に小さかった(最大175~最小12)。また寄与率(重回帰式のあてはまり精度)についても類似の傾向が認められた(最大0.95~最小0.65)。この結果から着色剤のCCM精度は、Y、Rが低く、Bが高いこと、また淡色木材に比較して濃色木材において低いことが明らかとなった。なお、想定したモデル式へのあてはまりがよい場合は、 a_0 、 a_1 、 a_2 の各係数を用いて計算濃度から予測濃度を求めることも可能であるが、繊維・染色の例に比較してあてはまりが良くなかったので、予測計算(修正計算)はしなかった。

以上の試験結果全体から、素地着色によるCCMの一次調色としては、高精度の結果が得られたと考察される。しかし、CCM計算の基になる基礎データ用試料や目標色試料における測色データのバラツキが、CCM計算に誤差をもたらし、マッチング精度を低下させている最大原因と考えられるので、今後は、木材固有の木目や木材色の影響を取り除いて測色する方法を検討することが必要である。

4. まとめ

CCMを用いた素地着色について、次の結果を得た。

- ①着色剤の着色性は色剤により異なり、Bは実績濃度と計算濃度とが近似したが、YやRについては、差異が認められた。また、濃色木材においては、実績濃度と計算濃度との差異が大きいことから、素材それ自体の色が大きく影響しているものと考えられる。
- ②色差判定と目視判定との結果は、必ずしも一致していないことから、色領域(ゾーン)ごとに調色許容範囲が異なることが予想される。
- ③素地着色CCMの一次調色としては、調色精度の高い結果が得られ、ワイピング着色や塗膜着色等への応用化が期待できる。

今回の素地着色CCMの結果から、一般に繊維・染色で利用されているCCMシステムは、測色方法の改善、基礎データの修正や実績データの補正など今後解決して行かなければならない課題は残るものの、木材着色塗装のCCMとして充分利用可能なことが確認できた。

本研究の実施にあたり、CCMソフトの貸与、試料の測色、研究方法に対する助言等ご協力をいただいた、京都市染織試験場 井上 進氏に対し深く感謝の意を表します。

5. 参考文献

- 1) 徳島県工業試験場報告:CCMを使った合成
メリヤス染色条件のデータベース化
(1991)
- 2) 加工技術:染色工場とコンピューター利用
26, 7, 12, (1991)

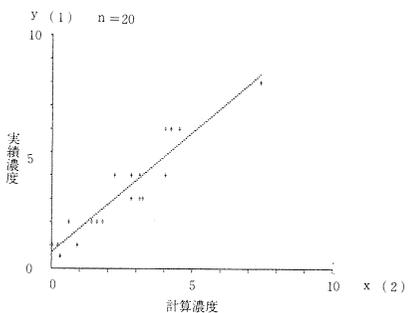


図2 実績濃度と計算濃度の関係 (ニレ・Y)

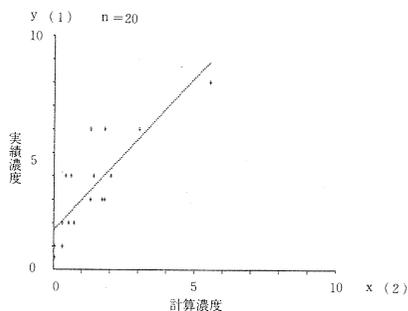


図5 実績濃度と計算濃度の関係 (ナラ・Y)

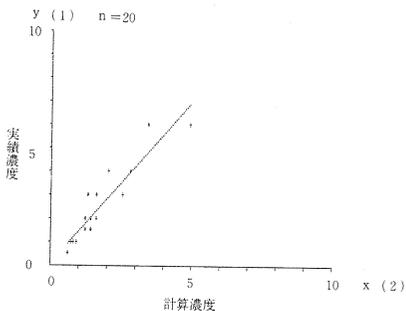


図3 実績濃度と計算濃度の関係 (ニレ・R)

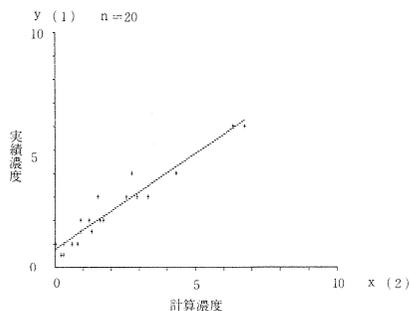


図6 実績濃度と計算濃度の関係 (ナラ・R)

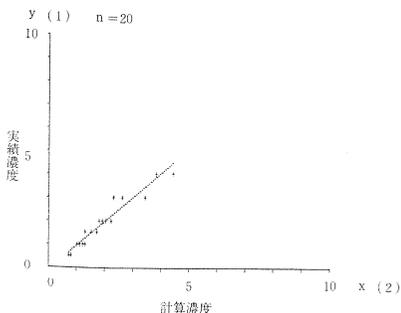


図4 実績濃度と計算濃度の関係 (ニレ・B)

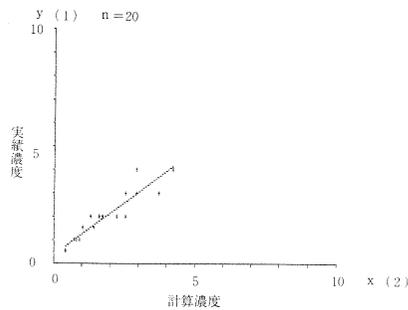


図7 実績濃度と計算濃度の関係 (ナラ・B)

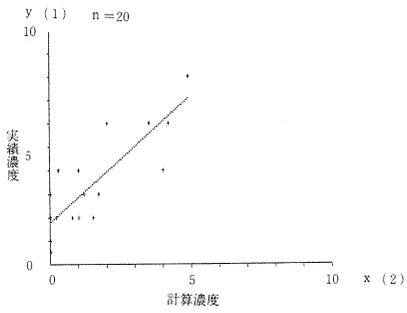


図8 実績濃度と計算濃度の関係 (サクラ・Y)

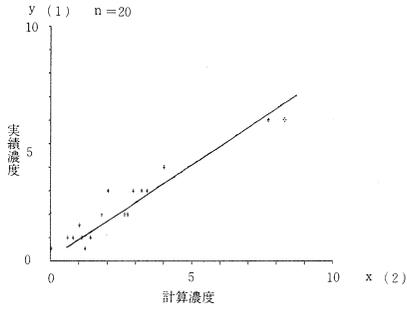


図9 実績濃度と計算濃度の関係 (サクラ・R)

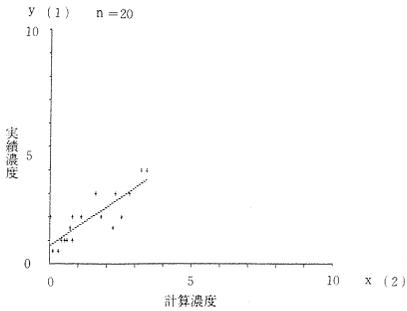


図10 実績濃度と計算濃度の関係 (サクラ・B)

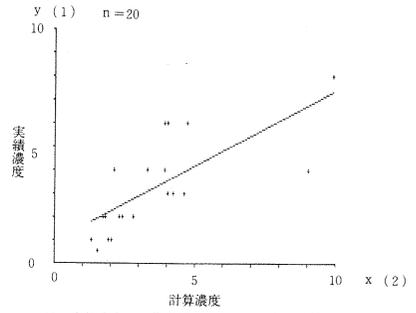


図11 実績濃度と計算濃度の関係 (ニャトー・Y)

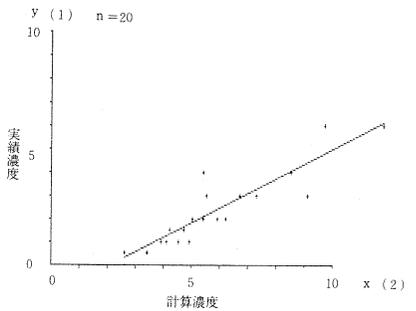


図12 実績濃度と計算濃度の関係 (ニャトー・R)

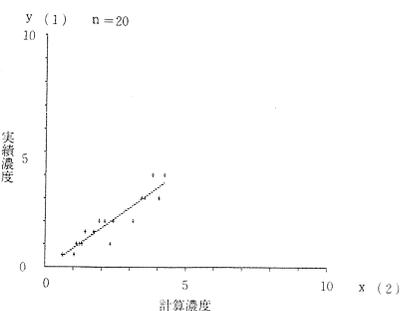


図13 実績濃度と計算濃度の関係 (ニャトー・B)

表4 分散分析表ニレ・Y

要因	平方和	自由度	分散	F比
回帰	17.5976	2	8.7988	47.68**
残差	3.13724	17	.184544	
計	20.7348	19		
係数 $a_0=.704682$ $a_1=.60416$ $a_2=.0838737$ 寄与率=0.849				

表10 分散分析表サクラ・Y

要因	平方和	自由度	分散	F比
回帰	9.39216	2	4.69608	12.55**
残差	4.49158	12	.374298	
計	13.8837	14		
係数 $a_0=1.63095$ $a_1=.409299$ $a_2=-.017488$ 寄与率=0.676				

表5 分散分析表ニレ・R

要因	平方和	自由度	分散	F比
回帰	17.6353	2	8.81766	49.89**
残差	3.00492	17	.17676	
計	20.6402	19		
係数 $a_0=.302313$ $a_1=1.53889$ $a_2=-.245923$ 寄与率=0.854				

表11 分散分析表サクラ・R

要因	平方和	自由度	分散	F比
回帰	12.377	2	6.16887	25.52**
残差	3.38441	14	.241743	
計	15.7221	16		
係数 $a_0=.159642$ $a_1=.658327$ $a_2=.0642716$ 寄与率=0.785				

表6 分散分析表ニレ・B

要因	平方和	自由度	分散	F比
回帰	13.7639	2	6.88196	175.00**
残差	.668529	17	.039325	
計	14.4324	19		
係数 $a_0=-.274819$ $a_1=1.53481$ $a_2=-.210188$ 寄与率=0.954				

表12 分散分析表サクラ・B

要因	平方和	自由度	分散	F比
回帰	12.6337	2	6.31684	56.65**
残差	1.56111	14	.111508	
計	14.1948	16		
係数 $a_0=.613239$ $a_1=.650742$ $a_2=.0591661$ 寄与率=0.890				

表7 分散分析表ナラ・Y

要因	平方和	自由度	分散	F比
回帰	5.809	2	2.9045	12.25**
残差	3.08188	13	.237068	
計	8.89088	15		
係数 $a_0=1.64934$ $a_1=.448354$ $a_2=.0206803$ 寄与率=0.653				

表13 分散分析表ニャトー・Y

要因	平方和	自由度	分散	F比
回帰	16.1885	2	8.09426	17.39**
残差	7.91391	17	.465524	
計	24.1024	19		
係数 $a_0=-1.41795$ $a_1=2.60438$ $a_2=-.421679$ 寄与率=0.672				

表8 分散分析表ナラ・R

要因	平方和	自由度	分散	F比
回帰	17.5654	2	8.78271	77.33**
残差	1.81715	16	.113572	
計	19.3826	18		
係数 $a_0=.630384$ $a_1=.692299$ $a_2=-1.87075$ 寄与率=0.906				

表14 分散分析表ニャトー・R

要因	平方和	自由度	分散	F比
回帰	17.3084	2	8.65419	44.16**
残差	3.33187	17	.195992	
計	20.6402	19		
係数 $a_0=-5.53044$ $a_1=3.51088$ $a_2=-.34754$ 寄与率=0.839				

表9 分散分析表ナラ・B

要因	平方和	自由度	分散	F比
回帰	12.7223	2	6.36117	121.06**
残差	.840702	16	.0525439	
計	13.563	18		
係数 $a_0=.312438$ $a_1=.92073$ $a_2=-.079009$ 寄与率=0.938				

表15 分散分析表ニャトー・B

要因	平方和	自由度	分散	F比
回帰	12.3899	2	6.19495	51.56**
残差	2.04256	17	.12015	
計	14.4324	19		
係数 $a_0=-.304158$ $a_1=1.00093$ $a_2=.0168024$ 寄与率=0.858				

表14 CCM計算の結果 (ニレ材)

試料 No	ステイン (3原色)	ステイン濃度 (実績濃度) (%)	CCM計算 (計算濃度) (%)	既知処方との 比較 (%)	ΔL Δa Δb	ΔE	判定
1	Y	4.0	4.02	0.5	0.97	2.37	○
	R	0.5	0.64	28.0	-2.14		
	B	0.5	0.80	60.0	-0.30		
2	Y	8.0	7.38	-7.8	-0.54	2.07	○
	R	1.0	0.85	15.0	-1.28		
	B	1.0	1.28	28.0	-1.53		
3	Y	3.0	3.09	3.0	-0.73	22.51	○
	R	1.5	1.44	-4.0	-10.34		
	B	0.5	0.65	30.0	-19.98		
4	Y	6.0	4.47	-25.5	1.99	4.01	△
	R	3.0	2.48	-17.3	-3.39		
	B	1.0	1.16	16.0	-0.81		
5	Y	3.0	2.77	-7.7	-0.53	18.61	○
	R	1.0	0.94	-6.0	-1.26		
	B	1.0	1.13	13.0	-18.56		
6	Y	6.0	4.01	-31.7	-1.52	4.03	△
	R	2.0	1.41	-29.5	-1.93		
	B	2.0	1.93	-3.5	-3.20		
7	Y	3.0	3.16	5.4	-3.39	3.68	○
	R	0.5	0.56	12.0	-0.77		
	B	1.5	1.72	14.7	-1.20		
8	Y	6.0	4.19	-30.2	-0.38	3.81	△
	R	1.0	0.74	-26.0	3.32		
	B	3.0	2.60	-13.3	-1.84		
9	Y	2.0	1.57	-21.5	1.42	3.56	×
	R	2.0	1.59	-20.5	-2.74		
	B	1.0	1.26	26.0	1.78		
10	Y	4.0	3.10	-22.5	4.24	5.57	×
	R	4.0	2.82	-29.5	-1.02		
	B	2.0	1.92	-4.0	3.47		
11	Y	2.0	1.82	-9.0	1.54	2.87	△
	R	1.5	1.22	-18.6	-0.20		
	B	1.5	1.54	2.7	2.41		
12	Y	4.0	2.22	-44.5	-1.74	1.78	○
	R	3.0	1.65	-45.0	-0.38		
	B	3.0	2.27	-24.3	0.06		
13	Y	2.0	1.39	-30.5	0.12	2.59	△
	R	1.0	0.82	-18.0	0.54		
	B	2.0	2.24	12.0	2.53		
14	Y	4.0	2.83	-29.2	-2.09	3.21	○
	R	2.0	1.55	-22.5	-1.40		
	B	4.0	4.37	9.3	-2.00		
15	Y	1.0	0.87	-13.0	-2.44	2.49	○
	R	3.0	2.48	-17.3	0.02		
	B	1.0	0.96	-4.0	0.49		
16	Y	2.0	0.61	-69.5	-2.30	3.74	△
	R	6.0	4.91	-18.2	-2.69		
	B	2.0	1.96	-2.0	-1.21		
17	Y	1.0	0.21	-79.0	-2.61	3.74	△
	R	2.0	1.19	-40.5	-2.68		
	B	2.0	1.78	-11.0	-0.09		
18	Y	2.0	0.61	-69.5	-0.79	3.95	×
	R	4.0	2.03	-49.3	-2.59		
	B	4.0	3.81	-4.8	-2.87		
19	Y	0.5	0.30	-40.0	-0.13	1.94	○
	R	3.0	2.14	-28.7	-1.92		
	B	1.5	1.30	-13.3	0.26		
20	Y	1.0	0.02	-98.0	0.47	3.56	△
	R	6.0	5.33	-11.2	-2.69		
	B	3.0	3.38	12.7	-2.29		