

D65 蛍光ランプ照明下で測定した全分光ラジアン스ファクタに基づく白色度

Whiteness Base on the Total Spectral Radiance Factor Measured Under D65 Fluorescent Lamp

片山一郎 Ichiro Katayama 近畿大学
内田洋子 Hiroko Uchida 倉敷市立短期大学

Kinki University
Kurashiki City College

Keywords: 白色度, 全分光ラジアン스ファクタ, D65 蛍光ランプ, 蛍光増白染料.

1. はじめに

蛍光増白染料で処理した白色試料群を視感評価した結果と, 分光放射輝度計を用いて視感評価用光源下で測定した全分光ラジアン스ファクタに基づいて算出した各種白色度との関係を検討した. さらに, 分光光度計の測色値に基づく白色度との比較を行った.

2. 白色度視感評価実験

36 種類のポリエステル布白色試料を準備し, それらの内の 18 種ないし 17 種を用いて, 三つの視感評価実験を行った. 実験装置, 実験手順および被験者は共通である. D65 蛍光ランプ (以下 FL-D65) を装着した光源ボックスを用い, 被験者はすべての試料を同時に比較し, 白さの順位付けを 5 回繰り返し行った. 光源の色度は $(x_{10}, y_{10}) = (0.315, 0.332)$, 条件等色指数による等級は CD であった. 試料呈示面の照度は約 1200 lx, 被験者は正常色覚を有する 39 名であった. 5 回繰り返した順位付け結果の一致性を検定したところ, 実験 I では被験者 39 名中 38 名の結果が有意, 実験 II および III では 39 名全被験者の結果が有意であった. 繰り返し結果の一致性が有意であった被験者について, 正規化順位法によって白さの間隔尺度を構成し, 実験 I では被験者 38 名, 実験 II および III では 39 名の平均値を算出した.

試料の測色には, 光源の UV 出力を D65 相当に調節した ISO 白色度対応高速分光光度計 (CMS-35SPX, 村上色研製) を用いた. さらに, 視感評価用光源ブースおよび分光放射輝度計 (Specbos1211UV, JETI 製) を用い, 0° 照明 45° 受光の条件で試料の全分光ラジアン스ファクタを測定した. ただし, 試料の鏡面反射成分の影響で Y_{10} 値が変動するため, 三刺激値を算出す

る際には, 分光光度計で測定した Y_{10} 値を用いた. 図 1 は FL-D65 下で実測した全分光ラジアン스ファクタから算出した試料の色度分布である. 図中の 2 本の斜線は, FL-D65 に対する CIE 白色度の適用限界である.

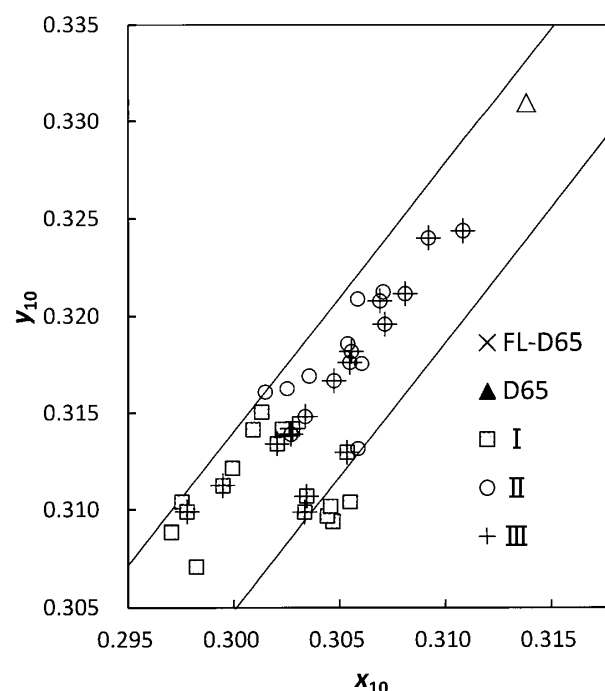


図 1 実験で用いた試料の色度分布

3. 評価対象白色度式

白色度式はその構造から, 一つの三刺激値で表すタイプ, 二つないし三つの三刺激値の組み合わせによって表すタイプ, 明度と彩度の関数として表すタイプ, 基準白色点からの色差として表すタイプ, およびその他の構造を有するタイプの 5 種類に分類できる¹⁾. 各タイプに該当する白色度式 16 種類を選定し, 白色度に関連すると考えられるメトリック 3 種を加え, 合計 19 の白色度式を評価対象とした.

4. 分析結果

いずれかの実験において視感評価結果と有意

表 1 視感評価結果と各種白色度との単相関係数, 予測性能の順位および無相関検定の結果

		X_{10}	Y_{10}	Z_{10}	Hunter L	L^*	Berger	Stenius	CIE	Uchida	Taube	Hunter1	Fukuda	Grum
FL-D65	実験 I	-0.001	0.524	0.306	0.521	0.521	0.416	0.318	-0.009	0.819	-0.006	-0.039	-0.060	0.414
	実験 II	0.752	0.778	0.752	0.777	0.776	0.578	0.748	0.521	0.792	0.527	0.500	0.469	0.809
	実験 III	0.564	0.694	0.539	0.691	0.691	0.458	0.538	0.376	0.798	0.376	0.359	0.346	0.624
CMS-35SPX	実験 I	-0.033	0.524	0.274	0.521	0.521	0.461	0.306	-0.039	0.770	-0.019	-0.076	-0.100	0.351
	実験 II	0.743	0.778	0.718	0.777	0.776	0.559	0.725	0.492	0.737	0.523	0.481	0.443	0.785
	実験 III	0.569	0.694	0.521	0.691	0.691	0.443	0.531	0.371	0.624	0.383	0.359	0.342	0.602
		X_{10}	Y_{10}	Z_{10}	Hunter L	L^*	Berger	Stenius	CIE	Uchida	Taube	Hunter1	Fukuda	Grum
FL-D65	実験 I	9	2	8	3	4	5	7	11	1	10	12	13	6
	実験 II	7	3	6	4	5	9	8	11	2	10	12	13	1
	実験 III	6	2	7	3	4	9	8	10	1	11	12	13	5
	median	7	2	7	3	4	9	8	11	1	10	12	13	5
CMS-35SPX	実験 I	10	2	8	3	4	5	7	11	1	9	12	13	6
	実験 II	5	2	8	3	4	9	7	11	6	10	12	13	1
	実験 III	6	1	8	2	3	9	7	11	4	10	12	13	5
	median	6	2	8	3	4	9	7	11	4	10	12	13	5
		X_{10}	Y_{10}	Z_{10}	Hunter L	L^*	Berger	Stenius	CIE	Uchida	Taube	Hunter1	Fukuda	Grum
FL-D65	実験 I		*		*	*				**				
	実験 II	**	**	**	**	**	*	**	*	**	*	*	*	**
	実験 III	*	**	*	**	**		*		**				**
CMS-35SPX	実験 I		*		*	*				**				
	実験 II	**	**	**	**	**	*	**	*	**	*	*		**
	実験 III	*	**	*	**	**		*		**				*

**: 1%, *: 5%

な正の相関を示した白色度式および関連メトリック値について, 視感評価結果との単相関係数, 予測性能の順位および無相関検定の結果を表 1 に示す. 表中の FL-D65 は視感評価用光源下で測定した全分光ラジアンスファクタに基づく結果を, CMS-35SPX は分光光度計の測定値に基づく結果をそれぞれ示している. 視感評価用光源下での測定値に基づく結果からは, Uchida 白色度式が最も予測性能が優れ, Y_{10} がそれに次ぐことがわかる. しかし, CMS-35SPX の測定値に基づく結果からは, Uchida 白色度式と Y_{10} の順位が入れ替わっている. ただし, すべての実験について, 視感評価結果と有意水準 1% で相関するのは Uchida 白色度式のみである. 表 1 を通覧すると, ほとんどの白色度式について, CMS-35SPX の測定値に基づく結果は, 視感評価用光源下での結果に比較して, わずかに単相関係数が低下する傾向が認められる. Y_{10} およびメトリック明度の単相関係数が測定方法によらず一致しているのは, CMS-35SPX の測定値に基づいて算出しているためである. そこで, Y_{10} およびメトリック明度を除外した予測性能の順位を求めたところ, 白色度

式の予測性能の順位は試料の測定方法によらず, ほぼ一致していた. 視感評価結果との単相関係数の順位, 無相関検定の結果から判断すると, Uchida 白色度式の予測性能が最も優れているといえる. CIE 白色度式は, いずれの実験結果とも単相関係数が低く, 予測性能は不十分であった.

5. まとめ

視感評価用光源下で測定した全分光ラジアンスファクタに基づき算出した各種白色度と視感評価結果を比較した. その結果, Uchida 白色度式の予測性能が最も優れていた. それに対して, CIE 白色度式は, 三つの視感評価実験のいずれの結果とも単相関係数が低く, 予測性能が低いことが明らかとなった. また, 分光光度計の測色値に基づく白色度と比較すると, 試料の測定方法に関わらず, 白色度式の予測性能の相対的な順位はほぼ一致していた.

参考文献

- 1) I. Katayama *et al.*: Comparison of various whiteness formulae based on results of whiteness evaluation experiments. Proc. AIC 2012, 610-613.