測色の歴史と発展(8)

前号より続く

木村哲也
須賀茂雄

5.2.3 JIS Z 8722:2009 反射試料に対する照明及び観測の条件[24](続)

3-2）幾何条件 c（de：8°）

試料をあらゆる方向から均等に照射し、試料からの鏡面反射成分を含む試料面の法線とのなす角 10°以下(例 8°)の反射光を受光する（**図 45**）。受光光線束には、中心線に対し 5°以上の傾きを持つ光線が含まれてはならない。また、受光の方向は、試料の法線と一致しないことが望ましい。鏡面反射成分を除くために用いる光トラップは、平滑な鏡面からの正反射光を少なくとも 95%は除くことが望ましい。

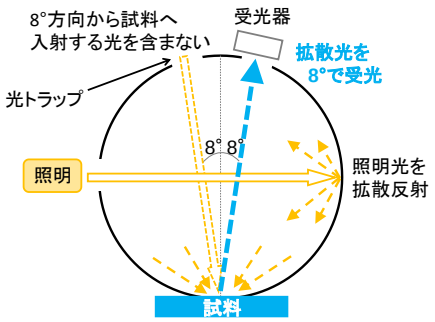


図 45　幾何条件 c（de：8°）

4-1）幾何条件 d（8°：di）

試料面の法線に対して光軸がなす角度が 10°を超えない(例 8°)一つの光線束で試料を照射し、試料からの鏡面反射成分を含んであらゆる方向へ反射する光を集積して受光する（**図 46**）。照射光線束には、中心線に対して 5°以上の傾きを持つ光線は含まれてはならない。

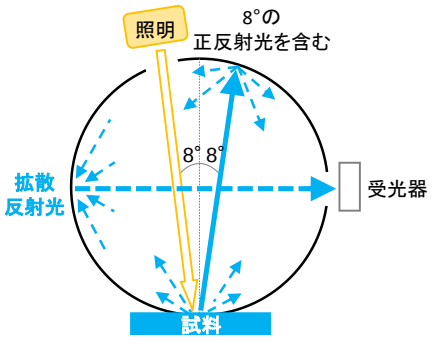


図 46　幾何条件 d（8°：di）

4-2）幾何条件 d（8°：de）

試料面の法線に対して光軸がなす角度が 10°を超えない(例 8°)一つの光線束で試料を照射し、試料からの鏡面反射成分を除いてあらゆる方向へ反射する光を集積して受光する（**図 47**）。照射光線束には、中心線に対して 5°以上の傾きを持つ光線は含まれてはならない。鏡面反射成分を除くために用いる光トラップは、平滑な鏡面からの正反射光を少なくとも 95%は除くことが望ましい。

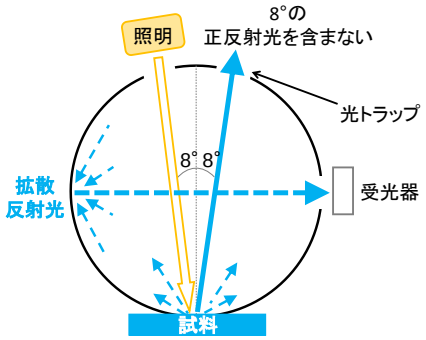


図 47　幾何条件 d（8°：de）

5.2.4 JIS Z 8722:2009 透過試料に対する照明及び観測の条件

1-1）幾何条件 e（0°：0°）

試料面の法線方向から照射し、その透過光の方向で受光する（**図 48**）。照明及び受光光線束には、その中心線に対し 5°以上の傾きを持つ光線が含まれてはいけない。なお、照明光線束の中心線の傾きは、試料面の法線に対して 2°以内とする。

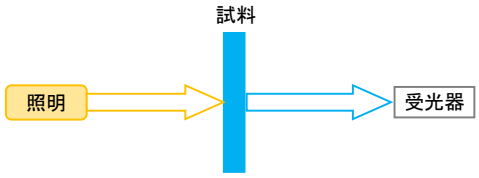


図 48　幾何条件 e（0°：0°）

2-1）幾何条件 f（0°：di）

試料面の法線方向から照射し、試料からの正透過光を含むすべての方向に透過する光を集積して受光する（**図 49**）。照射光線束には、その中心線に対し 5°以上の傾きを持つ光線が含まれてはならない。なお、

照射光線束の中心線の傾きは、試料面の法線に対して 2°以内とする。また、積分球を用いる場合は、すべての開口の和は、積分球内面の全面積の 10%を超えてはならない。

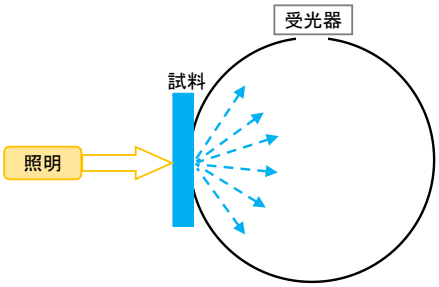


図 49　幾何条件 f（0°：di）

2-2）幾何条件 f（0°：de）

試料面の法線方向から照射し、試料からの正透過光を含まないすべての方向に透過する光を集積して受光する（**図 50**）。照射光線束には、その中心線に対し 5°以上の傾きを持つ光線が含まれてはならない。なお、照射光線束の中心線の傾きは、試料面の法線に対して 2°以内とする。また、積分球を用いる場合は、すべての開口の和は、積分球内面の全面積の 10%を超えてはならない。

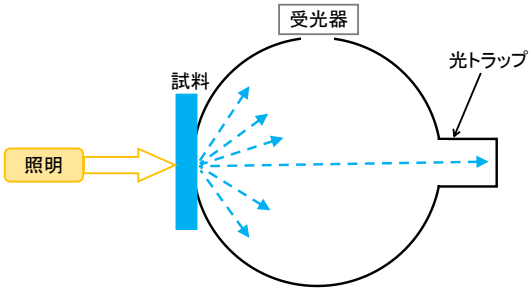


図 50　幾何条件 f（0°：de）

3-1）幾何条件 g（de：0°）

試料をあらゆる方向から照射し、試料面の法線方向に透過する試料からの正透過光を含まない光を受光する（**図 51**）。なお、受光光線束の中心線の傾きは、試料面の法線に対して 2°以内とする。また、積分球を用いる場合は、すべての開口の和は、積分球内面の全面積の 10%を超えてはいけない。

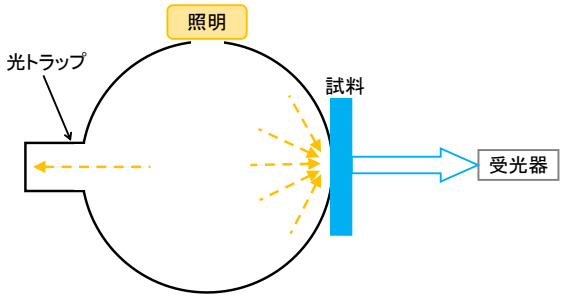


図 51　幾何条件 g（de：0°）

3-2）幾何条件 g（di：0°）

試料をあらゆる方向から照射し、試料面の法線方向に透過する試料からの正透過光を含む光を受光する（**図 52**）。なお、受光光線束の中心線の傾きは、試料面の法線に対して 2°以内とする。また、積分球を用いる場合は、すべての開口の和は、積分球内面の全面積の 10%を超えてはいけない。

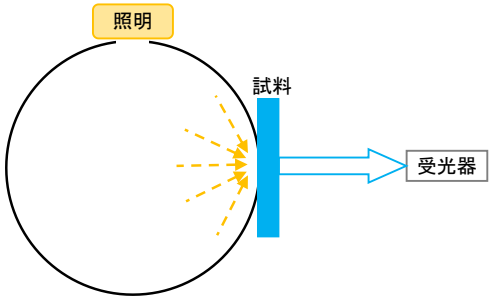


図 52　幾何条件 g（di：0°）

4）幾何条件 h（d：d）

試料をあらゆる方向から均等に照射し、あらゆる方向に透過する光を集積して受光する（**図 53**）。
また、積分球を用いる場合は、すべての開口の和は、積分球内面の全面積の 10%を超えてはならない。

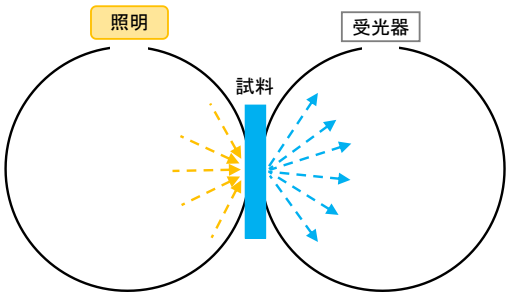


図 53　幾何条件 h（d：d）

測定する試料の表面及び内部構造によって、反射測定によっても透過測定によっても、人の目にはいろいろ異なって見える。そのため、測定の条件は重要であり、

また色を管理する上でもわかりやすい条件で、人の眼の受ける感覚と類似した測定が大切である。

5.2.5　照明および観測の条件の違いによる測色結果

測定する試料の表面及び内部構造によって、反射測定によっても透過測定においても、人の目にはいろいろ異なって見える。

一例として、試料の材質・表面状態・色を変えたときの各照明及び観測結果[25]を**表 9、図 54** に示す。照明および観測条件を 45°x：0°を基準にとり他の条件と比較すると、全体としての色差は人の目で判断できるような色差になる。試料が茶色のアセテート繊維の場合、照明光が拡散光の場合と、一方向から照明しその拡散反射光を受光する場合で、変化量が明度の違いに現れるものと彩度の違いに現れるものがあった。また青いアクリル繊維の場合、色相の差が大きいため、ずれの方向が異なった結果となった。更に青のアクリル板やステンレス板の場合のように一般的に光沢の高い試料は、正反射光を含む・含まないで大きく異なる。このように、測定の照明及び観測条件は重要であり、実際に使用される状況に見合った条件、また色を管理する上でもわかりやすい条件での測定が大切である。

5.3　色の測定方法

人間は、光が当たった物体からの反射光または透過光を眼で受け、視神経を介して大脳で色感覚として感じ取り、色として判断する。この大脳への刺激を色の三刺激と呼び、色の測定にはこの三刺激値が必要になる。1986 年の“測色観測者に関する CIE 標準”は、各波長で色刺激関数 $\varphi_\lambda(\lambda)$の値に各等色関数の値を乗じ、その積の各組を全可視スペクトルに対応する 360～830nm の範囲に渡って積分することにより、色刺激の CIE 三刺激値が得られると勧告した。(積分は波長間隔 $\Delta\lambda$ を 1nm として数値加算を行ってよい。) CIE 1931 標準表色系(2°視野)では添え字をつけずに、CIE 1964 標準表色系(10°視野)では添え字 10 を用いて規定している。三刺激値の計算式を次に示す。

表 9　照明および観測条件の違いによる測定値

試料	照明観測条件	X	Y	Z	L*	a*	b*	Gs (60°)	h_{ab} (°)	C^*_{ab}	ΔE^*_{ab}	ΔL^* (明度差)	ΔH^*_{ab} (色相差)	ΔC^*_{ab} (彩度差)
繊維・アセテート/茶	45°x:0°	11.23	8.34	5.06	34.68	24.35	17.42	0.7	35.6	29.9	—	—	—	—
	de:8°	7.27	5.26	3.24	27.46	22.70	14.64		32.8	27.0	7.91	-7.22	1.37	2.93
	di:8°	7.60	5.52	3.38	28.17	22.79	15.00		33.3	27.3	7.12	-6.51	1.12	2.65
	8°:de	8.66	6.92	4.52	31.62	17.38	14.73		40.3	22.8	8.07	-3.06	2.15	7.16
	8°:di	8.58	6.97	4.62	31.74	16.20	14.44		41.7	21.7	9.17	-2.94	2.72	8.24
繊維・アクリル/青	45°x:0°	8.47	8.49	37.03	34.98	1.26	-47.92	0.3	-88.5	47.9	—	—	—	—
	de:8°	10.49	9.27	39.76	36.50	11.06	-48.57		-77.2	49.8	9.94	1.52	9.64	1.87
	di:8°	10.52	9.33	39.78	36.61	10.80	-48.40		-77.4	49.6	9.69	1.63	9.41	1.65
	8°:de	11.59	9.87	39.65	37.61	14.30	-46.53		-72.9	48.7	13.38	2.62	13.09	0.74
	8°:di	11.59	9.96	40.42	37.77	13.60	-47.14		-73.9	49.1	12.68	2.79	12.31	1.12
アクリル板/青	45°x:0°	3.09	2.30	16.53	16.99	15.73	-46.93	86.9	-71.5	49.5	—	—	—	—
	de:8°	3.63	2.63	16.83	18.50	17.94	-44.95		-68.2	48.4	3.33	1.51	2.76	1.09
	di:8°	6.61	5.68	20.36	28.59	11.28	-34.39		-71.8	36.2	17.65	11.60	0.27	13.30
	8°:de	4.45	3.20	17.64	20.83	19.60	-42.58		-65.3	46.9	6.97	3.84	5.20	2.62
	8°:di	7.96	6.86	22.38	31.49	11.80	-32.97		-70.3	35.0	20.51	14.50	0.85	14.48
色紙/緑	45°x:0°	17.36	25.52	21.21	57.58	-36.41	14.06	2.7	158.9	39.0	—	—	—	—
	de:8°	18.19	26.99	22.67	58.97	-37.98	13.92		159.9	40.4	2.10	1.39	0.68	1.42
	di:8°	18.27	27.07	22.80	59.04	-37.88	13.83		159.9	40.3	2.09	1.46	0.74	1.30
	8°:de	18.66	27.74	23.11	59.65	-38.51	14.36		159.5	41.1	2.97	2.07	0.46	2.07
	8°:di	18.64	27.73	23.36	59.64	-38.57	13.93		160.1	41.0	3.00	2.07	0.88	1.98
ステンレス板/高光沢	45°x:0°	0.28	0.31	0.33	0.91	-1.97	1.00	611.0	153.1	2.2	—	—	—	—
	de:8°	1.37	1.39	1.68	11.89	0.20	-0.36		-60.6	0.4	11.27	10.98	1.82	1.80
	di:8°	51.54	52.72	57.87	77.71	-0.42	3.95		96.1	4.0	76.87	76.80	2.83	1.76
	8°:de	1.30	1.33	1.63	11.48	-0.13	-0.57		-102.9	0.6	10.84	10.57	1.80	1.63
	8°:di	62.72	65.02	76.54	84.49	-2.38	0.25		174.1	2.4	83.58	83.58	0.84	0.18

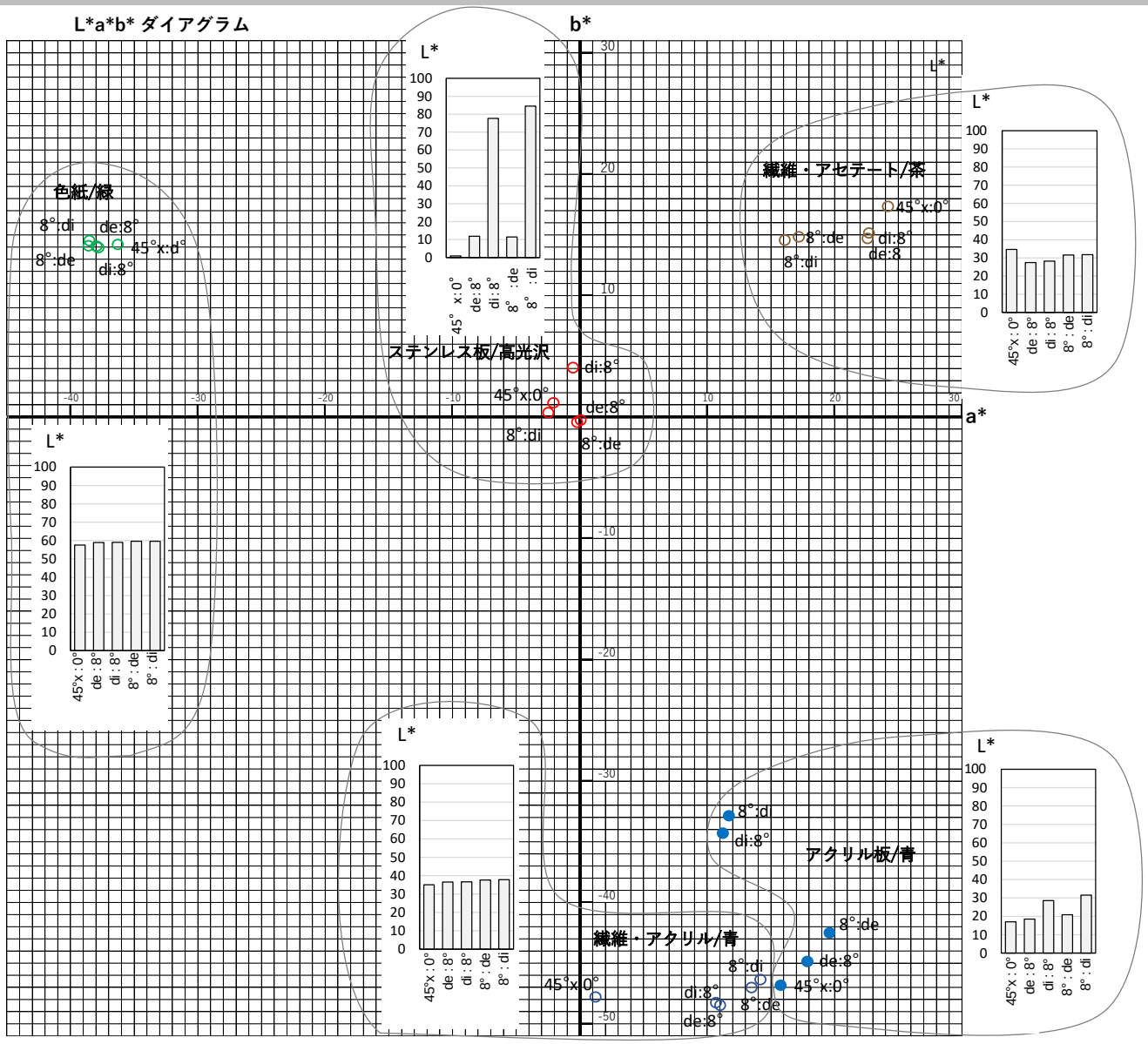


図 54　照明および観測条件の違いによる測定値

$$X = k\sum_{\lambda}\varphi_{\lambda}(\lambda)\bar{x}(\lambda)\Delta\lambda$$

$$Y = k\sum_{\lambda}\varphi_{\lambda}(\lambda)\bar{y}(\lambda)\Delta\lambda$$

$$Z = k\sum_{\lambda}\varphi_{\lambda}(\lambda)\bar{z}(\lambda)\Delta\lambda$$

$$X_{10} = k\sum_{\lambda}\varphi_{\lambda}(\lambda)\bar{x}_{10}(\lambda)\Delta\lambda$$

$$Y_{10} = k\sum_{\lambda}\varphi_{\lambda}(\lambda)\bar{y}_{10}(\lambda)\Delta\lambda$$

$$Z_{10} = k\sum_{\lambda}\varphi_{\lambda}(\lambda)\bar{z}_{10}(\lambda)\Delta\lambda$$

X、Y、Z は三刺激値

k は規準化係数

$\bar{x}(\lambda)$、$\bar{y}(\lambda)$、$\bar{z}(\lambda)$は標準観測者の等色関数

実用上は、波長範囲 380～780nm に渡って波長間隔⊿λを 5nm として加算しても差し支えないため 5nm 間隔で計算しても良い。また、光源が反射または透過物体などの二次光源の場合、色刺激関数 $\varphi_{\lambda}(\lambda)$は次のように評価される相対色刺激関数 $\varphi(\lambda)$で置き換えられる。

$$\varphi_{\lambda}(\lambda) = R(\lambda)S(\lambda)$$

または $\varphi_{\lambda}(\lambda) = \tau(\lambda)S(\lambda)$

R(λ)：試料の分光立体角反射率
（または分光放射輝度率、分光反射率）

S(λ)：測色用の光の相対分光分布

τ(λ)：試料の分光透過率

この場合、規準化係数 k と k_{10} は、全ての波長について、R(λ) ＝1 または τ(λ)＝1 の物体に対して Y＝100 となるように選ぶ。

$$k = 100 / \sum_{\lambda} S(\lambda)\,\bar{y}(\lambda)\Delta\lambda$$

$$k_{10} = 100 / \sum_{\lambda} S(\lambda)\,\bar{y}_{10}(\lambda)\Delta\lambda$$

そのとき、$\bar{y}(\lambda)$が CIE 分光比視感度関数 V(λ)と同

じであるため、他の物体に対する Y の値は R(λ)の場合は視感立体角反射率、τ(λ)の場合は視感透過率に等しい。

色の測定方法には、分光測色方法と刺激値直読方法の 2 つがある。

5.3.1　分光測色方法

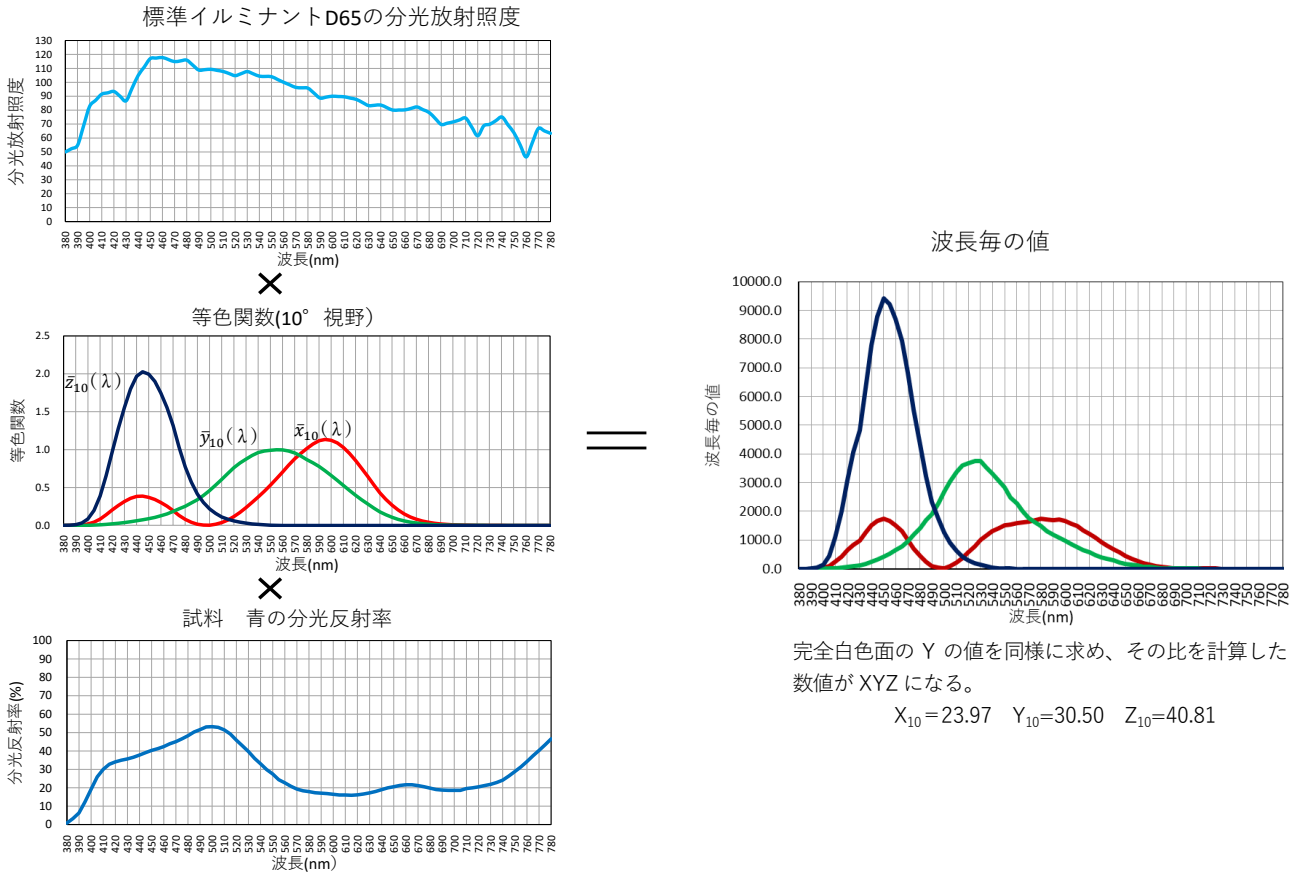
分光測色方法は、試料の視感立体角反射(透過)率を分光測光器で測定し、標準のイルミナントまたは補助標準イルミナント(「4.2 光の定義」参照)と CIE 1931 測色標準観測者の等色関数または CIE 1964 測色補助標準観測者の等色関数(4.1.3 項及び 4.1.4 項)を乗じて、計算によって三刺激値を求める方法である。

JIS Z 8781-3(測色―第 3 部:CIE 三刺激値)では、“測色観測者に関する CIE 標準”と同様に規定している。実際の手順では、色刺激関数 $\varphi_\lambda(\lambda)$は、測色用の光の相対分光分布 S(λ)、試料の分光立体反射率 R(λ)又は試料の分光透過率 τ(λ)の積なので、**図 55** のようにイルミナントと等色関数と分光反射率を波長毎に掛け合わせて、380～780nm まで積分し、その値に規準化の数値を乗じて、XYZ の値を求める。従って、試料の分光立体角反射(透過)率を求めることが極めて重要である。

【参考文献】

24）JIS Z 8722:2009　色の測定方法－反射及び透過物体色

25）スガ試験機(株)　技術資料



完全白色面の Y の値を同様に求め、その比を計算した数値が XYZ になる。

X_{10}＝23.97　Y_{10}=30.50　Z_{10}=40.81

図 55　分光測光器を使用した三刺激値 XYZ の求め方