

# 黒板照明と視力

川 上 元 郎\* 荒 井 俊 男\*\*

## Relationship between Lighting on Chalkboard and Visual Acuity

Genro KAWAKAMI, Toshio ARAI

This report discusses the visual acuity to color of chalk under the various illuminance. At No.612 class room, some Landolt's circles colored by chalk were observed by several students to rank the visual acuity changing the illuminance on chalkboard from 50 lx to 500 lx.

As a result almost students could show their ability of visual acuity 1.0 under illuminance over 170 lx on chalkboard. Also discriminating the illustration drawn by red or blue chalk was more difficult than by white or yellow one.

### 1. 緒 言

昭和 58 年度に本学電子工学科，照明工学研究室に研究生として 4 月に来室された株式会社青井黒板製作所の田口正明氏は黒板専用照明の開発研究をして同年 7 月には帰社された．その結果は既に著者のひとり（川上）と共著で報告をしている<sup>1)</sup>．

その研究の実施中に各色のチョークにより黒板に書かれた文字や図形の見えと照度との関係についても調査実験したが，十分な結論を得られないうちに田口氏は帰社しなければならなくなったので一時中止した．その後，当研究室のみで補充実験をし，一応の結論を得たので報告をする．

### 2. チョークと黒板の色

チョークに関しては JIS（日本工業規格）があって，S 6009（焼石こう製白墨）および S 6010（炭酸カルシウム製白墨）がそれらである．共に黒

板などに使用する白墨で，実は着色してあるものは，この規定によらない．JIS では白色だけについて規定されている．

色チョークで市販されているものは現在 7 色あって，よく利用されている順に並べると白，黄，赤，青，緑，茶，紫だそうである<sup>2)</sup>．これらの中で実験に用いたのは日本理化学工業株式会社の Dustless Chalk（炭酸カルシウム）の白，黄，赤，

表 1 チョークの色の測色値

色	状態	Y%	x	y	H	V	C
白	1	63.78	.3067	.3153	4.3 B	8.3	0.3
	2	49.76	.3041	.3148	3.2 B	7.4	0.6
黄	1	69.07	.4814	.4203	9.4 Y	8.5	6.2
	2	51.11	.3548	.3969	2.4 GY	7.5	4.3
赤	1	20.42	.3988	.2569	5.1 RP	5.1	11.5
	2	22.15	.3662	.2806	5.2 RP	5.3	7.2
青	1	35.7	.2215	.2466	0.6 PB	6.5	8.3
	2	34.3	.2499	.2800	8.0 B	6.4	5.1
黒板の色		10.32	.2849	.3468	7.0 G	3.7	2.7

備考：状態 1 はチョークを水で練り固めた面の色，  
状態 2 はチョークを点板面に塗り付けた色．

\* 電子工学科教授

\*\* 電子工学科助手

昭和 59 年 9 月 26 日受理

青の4色で、その測色値を表1に示す。

黒板に関するJISとしてはS 6101(黒板通則)があって、つぎのように分類されている。

(1) 木製黒板, (2) 鋼製黒板, (3) ほうろう黒板および(4) プラスチック黒板。

実験に用いた黒板はS 6043(鋼製黒板)で色は暗緑色である。その色彩はJIS S 6101の3.の規定に適合しなければならないとある。その規定によれば、有彩色の暗色の場合は明度は4以下で、彩度は4以下であることとある。

実験に用いた黒板の色の測定値は表1に示したとおり適合色であった。

### 3. 黒板に書かれた図形

視標とし用いられた図形は視力の測定に用いられるランドルト環である。その寸法は外径が8 mm, 16 mm, 22.5 mm および 30 mm の4種である。

ランドルト環の寸法の詳細は図1に示す。

4種の視標はチョークを水で練りつぶし、水彩えのぐ状にしたものを用意し筆先で100 mm×100 mmの鋼製の小板の中央に描かれた。したがって図形の輪郭は単に直接的にチョークで書いたものに比べて鮮明である。また色は表1に示す「状態1」に近似して仕上がっている。

なおこの小板の裏面四隅にはマグネットシートの小片が接着されていて、黒板の随所にこの小板を取外し自在に張り付けることができるようにした。この考慮の結果、張り付け方いかんにより、

ランドルト環の切れ目を左右上下自在に向けることができた。

## 4. 第1実験

### 4.1 実験の場所、日時および被験者

場所は本学の6号館1階612教室で、日時は昭和58年6月16日から12月17日にわたり、主として午後の後半の教室未使用時に行なわれた。612教室は前報<sup>1)</sup>に写真で示した613教室と同形である。

被験者は本学の男子学生4名および女子学生2名、それに教員が1名参加した。

### 4.2 照明条件

視標を照明するために図2に示すような照明器具が用意された。

枠の左右の辺の裏面には後向に20 W 白色蛍光灯ランプが、それぞれ1灯ずつ縦に取付けてあり、正面から蛍光灯の光は直接には見えない。

前報で示したように、この教室には正面に単面の寸法が900 mm×1800 mmの暗緑色の手動上下黒板(株式会社東京黒板製作所製)が2基左右並置されている。その右下の単板の中央に張り付けた前述した鋼製小板の視標が、器具の枠の中央から明瞭に観察でき、所定の照度でむらが少なく照明されるように照明器具は設置された。

実際には教室全体は暗くし、器具のみを点灯して視標およびその近傍のみを50 lx, 100 lx, 200 lx および 500 lx の4種の照度で照らした場合の視力について調査した。

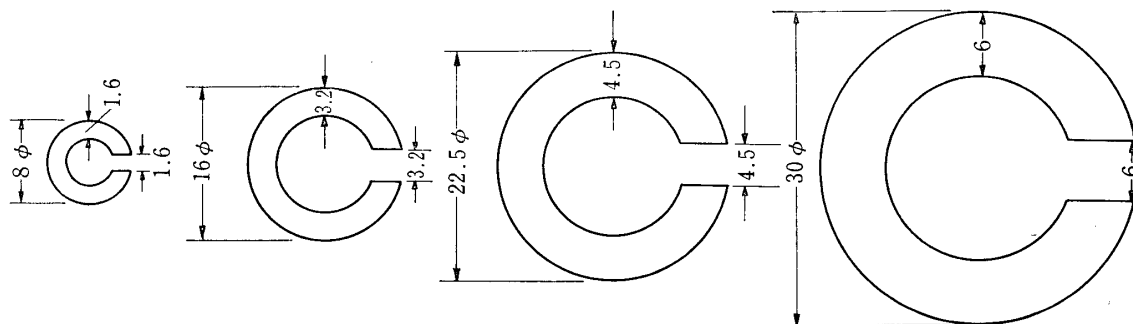


図1 視標としてのランドルト環寸法 [mm]

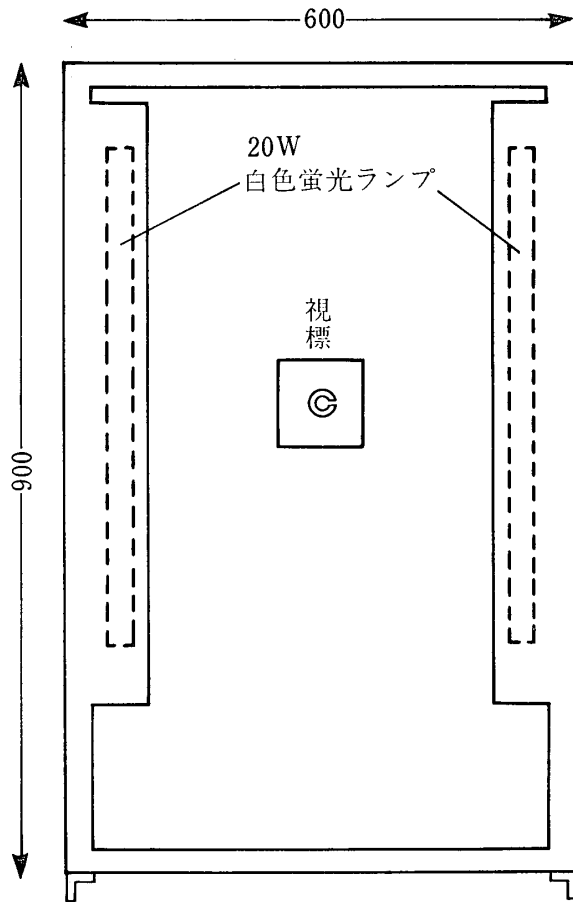


図 2 照明器具寸法 [mm]

#### 4.3 視標の掲示方法

視標の掲示に当たり、まず大きさ別、照度別に分けて実験した。したがって、ある被験者が、ある寸法の視標について、ある照度下で実験する場合に色別、ランドルト環の切れ目の方向別をランダムに組合せて順次に掲示するのを1回分のコースとした。

実験に用いたデータ・シートを表2に示す。このシートは視標の大きさごとに替えた。1列目は実施順番号で、2列目のWは白、Yは黄、Rは赤およびBは青で色別が示され、3列目には切れ目の方向別が示されている。よく見ると同じ色と方向との組合せの掲示が2度実施される。この理由は後述する。

被験者は視標が掲示される黒板上の点に対して法線方向の最後列の位置に正座して観測した。この位置は黒板面よりちょうど 1080 cm の距離に

表 2 データ・シート

日付				時刻	
氏名				性別	
年齢		ランドルト環の寸法			
実施 順番	照 度 (lx)				
	50	100	200	500	
1	Y 右	Y 下	B 左	B 下	
2	Y 上	W 左	W 左	Y 右	
3	R 左	R 右	Y 右	R 上	
4	W 上	W 上	R 右	Y 左	
5	R 下	R 下	W 右	W 左	
6	W 右	W 上	B 右	R 上	
7	R 下	R 右	B 左	W 下	
8	B 下	Y 上	R 左	W 右	
9	B 下	Y 左	B 上	B 右	
10	B 右	B 下	R 右	Y 下	
11	Y 下	R 左	Y 左	B 左	
12	Y 下	B 左	Y 左	R 下	
13	Y 上	R 左	B 上	Y 右	
14	W 左	Y 上	R 上	B 右	
15	W 上	B 上	W 下	W 下	
16	W 下	B 上	R 上	W 右	
17	B 左	B 下	Y 右	Y 下	
18	W 左	Y 右	Y 上	W 左	
19	Y 右	R 上	R 左	R 右	
20	R 右	Y 左	W 上	W 上	
21	W 右	W 左	R 下	R 下	
22	B 右	R 上	W 右	W 上	
23	B 左	W 下	R 下	R 右	
24	R 左	W 右	B 下	Y 上	
25	B 上	B 右	B 下	Y 左	
26	R 右	Y 下	B 右	B 下	
27	Y 左	B 左	Y 下	R 左	
28	Y 左	R 下	Y 下	B 左	
29	B 上	Y 右	Y 上	R 左	
30	R 上	R 右	W 左	Y 上	
31	W 下	W 下	W 下	B 上	
32	R 上	W 右	W 上	B 上	
正答	50	100	200	500	
W					
Y					
R					
B					

あった。

検者は照明器具のランプを所定の照度に調光し黒板の所定の位置に視標をデータ・シートに示された順に掲示していった。そして被験者に切れ目の方向を答えさせ、その答をデータ・シートの4







表 5 〈当り〉の現われる確率

〈当り〉の数 $k$	〈当り〉〈はずれ〉 $C_n^k$	$P_k$
0	(3/4) <sup>8</sup> 1	0.100
1	(1/4) <sup>1</sup> (3/4) <sup>7</sup> 8	0.267
2	(1/4) <sup>2</sup> (3/4) <sup>6</sup> 28	0.312
3	(1/4) <sup>3</sup> (3/4) <sup>5</sup> 56	0.208
4	(1/4) <sup>4</sup> (3/4) <sup>4</sup> 70	0.087
5	(1/4) <sup>5</sup> (3/4) <sup>3</sup> 56	0.023
6	(1/4) <sup>6</sup> (3/4) <sup>2</sup> 28	0.003
7	(1/4) <sup>7</sup> (3/4) <sup>1</sup> 8	0.000
8	(1/4) <sup>8</sup> 1	0.000

上下左右を順不同に、それぞれ2回示した場合に被験者がへそ曲りに、いつも「上」とばかりに答えても8回試行で2回は当る勘定になるから、 $k$ が2の場合が最高値、すなわち31.2%を示すのは当然のことであろう。

ところが試行回数は8回に限られているから、場合によっては一生懸命に答えても全く当たらない場合もあり得る。そんな場合、すなわち $k$ が0の場合も10%もあることを物語っている。

今度は、一生懸命に答えようとして7回以上当る場合はどうだろうか。表によれば絶対といってよいくらい7回以上当りそろふことは無いことを物語っている。ところが実験をしてみると7回以上ランドルト環の切れ目の方向を当てる被験者は大勢いた。これはどうゆうことであろうか。

このような場合、統計的手法の考え方によれば、「明確に判別できていて、決してでたらめに答えていないからである」と推論する。したがって本実験では正答数が7または8であった場合は、その判別は確かになされたものと取扱いデータを整理した。

本実験ではランドルト環の切れ目を上下左右に順不同で2回提示したが、後刻気が付いたのであるが少々厳密でありすぎた。もしも統計的手法で一般に行なう危険率5%以下の推定をするのであれば、上下左右に順不同で1回提示し、正答数が4であった場合を判別したものと取扱って十分であった。そうすれば実験時間も半減し容易であっ

たろう。

## 6.2 3要因の有意差検定

表3および表4ともに○、●または⊖に示された組合せの条件の場合はランドルト環の切れ目が確かに判別されたことを示している。被験者の間およびチョークの色の間には判別された数に違いが認められたが、これはやむを得ないことであろう。いずれの被験者の場合も、またいずれのチョークの色の場合もランドルト環の径の大きいほうが、また照度が高いほうおよび点灯ランプが増せば判別されているが、これも当然の事態であろう。

ところで第2実験で行った点灯別の視標面上の照度を調べるとCの場合は34lx、Bの場合は70lx、B+Cの場合は108lx、A+Bの場合は132lxおよび全の場合は170lx\*であった。一方、第1実験で行った視標面上の照度は50lx、100lx、200lxおよび500lxであって、第2実験と比較する場合に少々整理しなければならない。

そこで第1実験の500lxのデータ、第2実験のCおよびA+Bのデータはカウントから除き、Bのデータは50lxのカウント1に対応させ、カウント0.5と半減させる。B+Cは100lxに、全は200lxに対応させて、それぞれカウント1とする。

表3および表4の中の○はカウントから除く。⊖は0.5に、●は1にカウントすることを示している。

このような方針で整理してカウントを実験別、被験者別およびチョークの色別の3水準に割付けた値を表6に示す。

これらカウントを三元配置法で解析をして表7に示すような分散分析表を得た。これを見て次のような判断ができる。

・チョークの色について カウントの上からいっても判別するのに明らかに差異があると分析された。これは4種のチョークの色について図4に示すようにカウント合計の小さい方から並べて

\* 前報図2(c)に等しい。図4に示す713教室は新設ゆえにやや明るい。

表 6 カウント数一覧表

被 験 者 実 験 チョーク の色	MTA		MTY		MTN		MSY		FRT		FMY		TGK	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
白	3	3.5	9	7.5	7	6	8	5	9	7.5	12	10	8	7.5
黄	3	3	9	7.5	7	7	8	6	10	7.5	12	10	9	7.5
赤	2	2	8	7	4	5	4	4.5	9	7	9	7.5	5	5
青	2	1	7	7	5	6	4	5	9	7.5	9	7.5	7	7

表 7 分散分析表

	ss	$\phi$	ms	$F_{obs}$	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
D : チョークの色別	39.94	3	13.31	38.0**	3.16	5.04
S : 被験者別	259.80	6	43.30	123.7**	2.66	4.01
T : 実験別	9.86	1	9.86	28.2**	4.41	8.29
交互作用 D × S	13.35	18	0.74	2.1	2.19	3.08
D × T	3.30	3	1.10	3.1	3.16	5.09
S × T	7.49	6	1.25	3.6*	2.66	4.01
誤差 E	6.22	18	0.35			

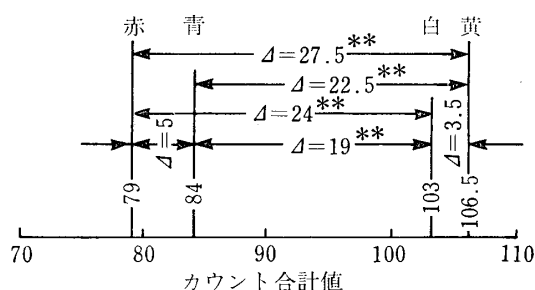


図 4 チョークの色の水準間の差の検定

水準間の差を求めると赤と青および白と黄の間には判別するのに特に差異があるとはいえないが、青と白との間には明らかな差異があると分析された。すなわち、赤または青のチョークを用いる場合は、暗い場所の黒板に小さい文字や図形を描くのは注意しなければならないことを物語っている。

このような原因のひとつは黒板の色とチョークの色との対比によるものと考えられる。まず表 1 に示されている測色値から色差を求めたところ、黒板色と白は 48.6, 黄は 64.8, 赤は 64.2, 青は

44.7 と計算され相関しない。次に明度差 ( $\Delta L^*$ ) を求めたところ白とは 45.44, 黄とは 48.13, 赤とは 13.90 および青とは 27.87 と、完全に相関をする。したがって赤および青チョークの色は鮮やかにするよりも明るい色に仕立てるように設計したほうが判別しやすいことになって望ましいことになる。

・被験者について この度の実験に参加した被験者の視力はさまざまであった。このような条件から得た結果であるから、前記のチョークの色についての結論は、かなり普遍性があると推論してよいだろう。

・実験について カウントの上からは差異があると分析された。ところが要因をみると被験者と実験との間には多少の交互作用があったと分析されている。すなわち、ある被験者は実験間に差異があったが別の被験者にはなかったことを物語っている。各被験者別に実験間の差の検定を行ったところ、MTA, FRT および FMY の 3 名は明らかに差異があると分析されたが、残りの被験者



4名は特に差異があるとはいえないと分析された。2種の実験は、それぞれ照度レベルが等しくなかったのでデータを取捨、加減してカウントを得ている。したがって実験についての結論は少々すっきりしない。

### 6.3 視力と黒板照度

視力 1.0 の眼は視標の寸法が直径 7.5 mm のランドルト環の切れ目を 5 m の距離から辛うじて認め得る。この実験は約 10 m の距離の最後列に正座して、直径 8 mm, 16 mm, 22.5 mm および 30 mm の視標を観測していかると、それぞれ視力約 2, 1, 0.7 および 0.5 の判別を試みたことになる。

黒板の文字や形が視認できる基準を視力 1.0 と仮定し表 3 および表 4 のデータを見ると被験者 MTA, MTN および MSY の3名は視力 0.7 以下しか判別できない場合が多いことが示されている。彼らを最後列にすわらせることは好ましくない。この教室では天井灯の全部を点灯しても黒板面は 170 lx しか得られないが、彼らといえども中列より前にすわらせれば十分に学習はできる。

他の被験者4名は最後列でも、まず十分に学習ができる。

黒板面照度が 350 lx (JIS Z 9110 基準値) に達している 713 教室で追試してみるとよい。

## 7. 結 論

1) 視標としてランドルト環の切れ目を上下左右の4方向を順不同で提示する場合は、4方向とも正答であれば十分に危険率5%以下で、その切れ目を判別したものと認めてよい。本実験はその点少々念を入れすぎた。

2) チョークの色については白および黄のチョークで描かれた文字や図形は共に十分に視認できるが赤および青は暗い場所の黒板に小さい文字や

図形で描かれた場合、共に十分には視認できない。

3) チョークの色の視認度は明度に相関するから鮮やかな色にするよりも明るい色に仕立てるようにしたほうが望ましい。

4) 教室は暗室にして視標のみを照明した場合と教室全体を明室にした場合との視認度の差異の有無は被験者によって、まちまちで、差異のある被験者らは皆、暗室での視認のほうがよかった。

5) 実験を行った教室の天井灯を全部点灯した場合、被験者の中には最後列の席からでは視力 1.0 の能力を発揮できない者もいた。しかし彼らも中列より前の席にすわらせれば視力 1.0 で黒板面の文字や図形を十分に視認できるであろう。照度が JIS の基準値に達している 713 教室で追試してみる必要がある。

## 8. 結 言

本研究は本学の研究生として昨 58 年度に実験をして行かれた株式会社青井黒板製作所の田口正明氏が丁寧にデータを整理し、実験用具の一部もよく保存して行かれたので追試が可能であった。

またその追試は本 59 年度の当研究室の卒業研究生である多田裕之君が主になってデータを集め整理した。そして被験者には彼の学友が協力してくれた。

上記関係者に改めて深甚な感謝の意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- 1) 田口正明, 川上元郎: 東京工芸大学紀要 6-1 (1983), 74-90.
- 2) 株式会社青井黒板製作所企画室: AOI 普通教室 (1982), 15.
- 3) 川上元郎: 色彩研究 11-3 (1964), 52.
- 4) アンドレ ヴェスロー, 広田 純訳: 推計学の知識 (昭 27: 白水社) 38.