

ウォーターカラーイリュージョンによる知覚的白さの変化について

井澤 尚子

有彩色2色を用いた場合の白色の見えの変化に着目し、ウォーターカラーイリュージョン（水彩錯視）による図柄を用いて、知覚的白さを比較する実験を行った。知覚的白さを上げる色の組み合わせは、青（内側の色）-黄（外側の色）、次いで青-ピンクとなり、青が染み出す図柄が知覚的白さを上げるという結果を得た。さらに、白色度の異なる染色布のスケールを用いて白色の評価を行い、ウォーターカラーイリュージョンによる知覚的白さ変化の定量化は可能であるかを検討した。結果、ウォーターカラーイリュージョンを用いた図柄の方が、知覚的にも白色度が向上していることが確認された。また、知覚的白さを上げる組み合わせの白色度点をスケールの白色度点へプロットした結果、白色度間の差がほぼ同数であることから、白色度変化の定量化が可能であることが示唆された。

キーワード：ウォーターカラーイリュージョン 白色度 白さ知覚 有彩色

1. はじめに

知覚的白さに関する研究は多く行われているが、それらの研究では周囲の色を考えないで、その色をもどのようにすれば知覚的な白さが向上するかの研究だけであった。しかし、我々のこれまでの研究では、有彩色と白色が隣接した場合の白色の見え方には「白さの度合いの違い」が感じられ、白色知覚にも影響しているという実験結果を得たことから、白色知覚への周辺色の影響を考察するために有彩色5色と白の色紙を用い実験を行った。有彩色2色と白の同化パターン、対比パターン、同化パターンを用いた3段階の評価実験から、最も白さに影響を与える色として青の選択率が高いことを報告した。さらに、青色の影響を受けた白色は他の色に比べ発光しているように感じられることから、知覚的に白色度が上がるという知見を得た¹⁾。

また、有彩色2色と白の同化パターンを用いた実験結果から、有彩色1色の同化パターンに比べ、

有彩色2色を用いた同化パターンの方が白色知覚に複雑な影響を与えていることがわかった¹⁾。

本研究で用いた「ウォーターカラーイリュージョン（水彩錯視）」とは、内側-外側に有彩色2色を用いて図柄の輪郭を描くことで、内側の色が水彩絵の具を用いたように滲んで感じられる錯視現象のことをいう。

これまで、ウォーターカラーイリュージョンを用いた「知覚的白さ」の比較実験はなされていない。このウォーターカラーイリュージョンを用いることで、知覚的白さの向上が認められれば、これまで白色度を上げるために行われてきた、化学的漂白剤、青み付け、蛍光増白剤等を付加²⁾しなくても、知覚的に白色度を上げることが可能となる。このことは、布を用いた服飾デザインやインテリアデザインなどにも有効であると考えられる。

これらのことから、本研究の実験1では有彩色2色を用いた場合の白色の見えの変化に着目し、ウォーターカラーイリュージョン（水彩錯視）による図柄を用いて、知覚的白さを比較する実験を行い、知覚的白さを上げる色の組み合わせを検討

した。さらに、実験2では実験1の実験結果から、有彩色2色の組み合わせを選び、10パターンの図柄を描き、白色度の異なる染色布18枚で作ったスケールを用いて白色の評価を行った。このことから、ウォーターカラーイリュージョンによる知覚的白さ変化の定量化は可能であるか検討することを目的とした。

2. 実験方法

2-1 〈実験1〉 最も白色度向上に効果のある色の組み合わせの決定

①実験場所・被験者

東京家政学院大学 女子学生15名(19～20歳)

②試料

白色度の異なる5種類の用紙(Npi上質グリーン70(日本製紙(株)製造)、okマットカード(株吉岡製造)、ニューVマット(株吉岡製造)、アラベール(竹尾製造)、ゴールドンマット(株吉岡製造))ごとに、有彩色2色10パターン(青-ピンク、青-黄、赤-緑、赤-青、青-橙)の図柄を描いたもの25枚を用いた。有彩色の表記は(内側の色)-(外側の色)を表した。

先行研究³⁾では、ウォーターカラーイリュージョンの効果を上げるには、

- ・曲線を用いる
- ・有彩色2色には明度差の大きい補色を用いると報告されている。これらを参考に図柄(図1)を決定し、uni POSCA(三菱鉛筆(株)製造)、uni PROCKEY(三菱鉛筆(株)製造)を用いて図柄を描き、試料を作成した。

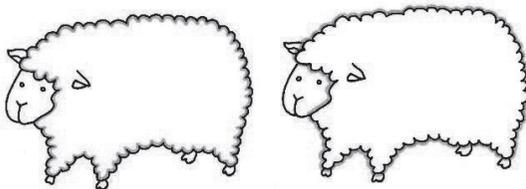


図1 実験に使用したウォーターカラーイリュージョンの図柄

③観察時期 2010年12月

④観察条件 北空昼光、晴天の日、観察時間10

時～14時、太陽光での観察を心掛けた。

⑤質問内容 全用紙を提示し、白さの順位を聞いた。用紙ごとに、ウォーターカラーイリュージョン図柄の白いと感じる色の組み合わせの順位を聞いた。各用紙で、一番白いと感じた図柄5パターンの白さの順位を聞いた。

2-2 〈実験2〉 相対関係で決められた白色度を定量化する

①実験場所・被験者

東京家政学院大学 女子学生12名(18～21歳)

②試料

i. 実験1で最も白色度が高いと評価された用紙(アラベール)に、有彩色2色(青-ピンク、青-黄、赤-緑、赤-青、青-橙)を用い、図柄(図1と同様)を描いたもの5枚10パターンを使用した。有彩色の表記は(内側の色)-(外側の色)を表した。試料作成の条件は、前述と同様である。

ii. 白色度の異なる染色布18枚⁴⁾で作ったスケール(a～r)(図2)を使用した。

※スケールの記号は小文字を用いたが表1、図11では大文字で表記されている。

iii. スケールの作成⁴⁾

ポリエステル布を蛍光増白染料および分散染料で染色し、視感評価と色度座標から18種の染色布(原布含む)を選択した。染色布はISO白色度対応高速分光光度計CMS-35SPX型(村上色彩技術研究所製)で標準イルミナントD65下における測定をした。この染色布をスケールに使用した。スケールを図2、スケールの染色濃度と測色値を表1に示す。

③観察時期 2011年12月

④観察条件 北空昼光、晴天の日、観察時間10時～14時、太陽光での観察を心掛けた。

⑤質問内容 図柄とスケールを照らし合わせ、白さを評価した。

ウォーターカラーイリュージョン図柄の白いと感じる部分と同じ白さのスケールをa～rから選んだ。

⑥選ばれたスケールのCIE白色度を計算式より求めた。

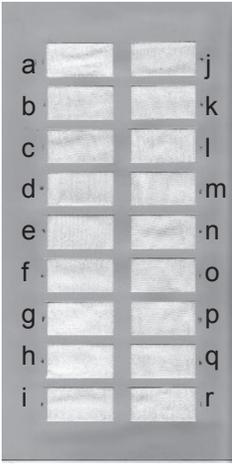


図2 評価用スケール
(記号は小文字で表示)

表1 標準イルミナント D65 下におけるスケールの測色値 (記号は大文字で表示)

試料	染色濃度(%)	X ₁₀	Y ₁₀	Z ₁₀	x ₁₀	y ₁₀	L* ₁₀	a* ₁₀	b* ₁₀	C* ₁₀	h
A	FWA1.0、青0.0025	84.28	87.56	117.21	0.2916	0.3029	94.98	2.4	-14.58	14.78	279.35
B	FWA2.0	89.83	92.87	120.83	0.296	0.306	97.17	3.25	-12.89	13.29	284.16
C	FWA0.3	87.65	90.92	111.36	0.3023	0.3136	96.38	2.68	-8.68	9.09	287.18
D	FWA0.03	85.57	89.81	99.58	0.3112	0.3266	95.92	0.78	-2.07	2.21	290.67
E	FWA1.5、黄0.002	88.09	91.89	111.71	0.302	0.315	96.78	1.78	-8.21	8.4	282.25
F	FWA0.04	86.06	90.14	101.4	0.31	0.3247	96.05	1.11	-3.01	3.21	290.23
G	FWA1.5	89.31	92.3	119.39	0.2967	0.3066	96.94	3.3	-12.46	12.89	284.84
H	FWA4.0	89.94	93.4	121.15	0.2954	0.3067	97.39	2.52	-12.7	12.95	281.24
I	FWA0.1	86.72	90.48	105.57	0.3067	0.32	96.2	1.74	-5.42	5.69	287.77
J	赤0.0006	80.41	84.71	88.74	0.3167	0.3337	93.76	0.18	1.56	1.57	83.59
K	緑0.001	81.46	86.43	90.05	0.3158	0.3351	94.5	-0.95	1.91	2.14	116.51
L	青0.0014	80.75	85.77	91.92	0.3125	0.3319	94.21	-1.12	0.13	1.13	173.4
M	紫0.001	80.14	84.56	90.35	0.3142	0.3315	93.69	-0.08	0.32	0.33	103.31
N	原布	85.28	90.22	93.97	0.3165	0.3348	96.09	-0.5	1.96	2.02	104.31
O	FWA.01	84.78	89.28	96.3	0.3136	0.3302	95.7	0.24	-0.28	0.37	310.28
P	FWA0.05	85.1	89.47	98.01	0.3122	0.3282	95.78	0.5	-1.28	1.38	291.45
Q	FWA0.07	86.21	90.07	103.53	0.3081	0.3219	96.03	1.52	-4.43	4.68	288.91
R	FWA1.0、緑0.0005	88.53	91.66	117.33	0.2976	0.3081	96.68	3	-11.71	12.09	284.36

3. 結果および考察

3-1 実験1について

用紙の測色値を表2に示す。測色には「ISO白度対応高速分光光度計 CMS-35SPX」を使用した。

表2 各用紙の測色値

	L*	CIE-W
A : Npi 上質グリーン70	87.77	75.79
B : ok マットカード	92.68	78.89
C : ニューV マット	93.35	88.30
D : アラベール	95.22	100.42
E : ゴールデンマット	93.87	88.18

次に、被験者が評価した用紙の白さの順位を図3に示す。

被験者が評価した白さの順位は、D、E、C、B、Aであり、これは測色結果とほぼ同じ傾向を示している。

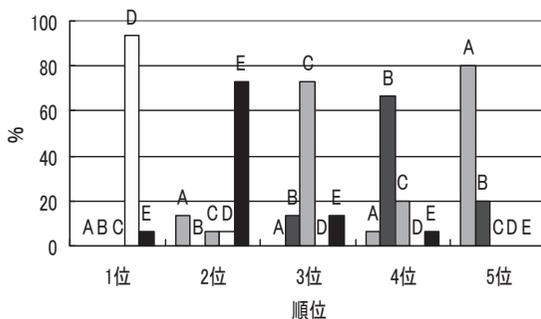


図3 用紙の白さの順位

次に、用紙別の白さ順位1位の色の組み合わせを表3に示す。

A (Npi 上質グリーン70) では、青-黄が47%、青-ピンクが33%である。

B (ok マットカード) では、青-ピンクが40%、青-黄27%、赤-青20%である。

C (ニューV マット) では、青-黄が53%、青-ピンク27%、赤-青が20%である。

D (アラベール) では、青-黄が54%、赤-青が20%である。

E (ゴールデンマット) では、青-ピンクが46%、青-黄27%、赤-青が20%である。

これらからどの用紙においても、青-黄、青-ピンクにみられる、内側青との組み合わせが白さを感じる傾向にあることがわかる。

表3 用紙別白さ順位1位の色の組み合わせ

[単位: %]

	青-ピンク	青-黄	赤-緑	赤-青	青-橙
A : Npi 上質グリーン70	33	47	7	13	0
B : ok マットカード	40	27	0	20	13
C : ニューV マット	27	53	0	20	0
D : アラベール	13	54	0	20	13
E : ゴールデンマット	46	27	0	20	7

次に、各用紙で一番白いと感じた図柄5パターンの白さの順位を聞き、最も白いと感じた色の組み合わせを図4に示す。

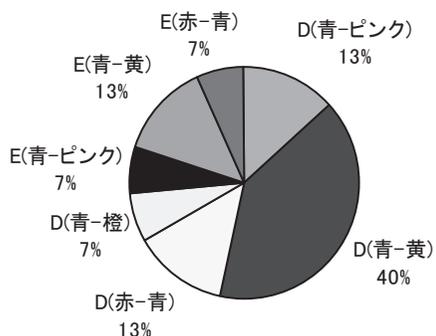


図4 各用紙1位における最も白さを感じる組み合わせ

最も白く感じるとの評価を得たのは、D（アラベール）の青-黄で40%、次いでDの青-ピンク、Dの赤-青、E（ゴールデンマット）の青-黄がそれぞれ13%である。

D（アラベール）、E（ゴールデンマット）は、用紙の白さの評価でも1位、2位であり、土台色としての効果も加味されていると考えられる。

3-2 実験2について

図柄とスケールを照らし合わせ、同じ白さであると評価した結果を図5～図9に示す。

青-ピンク（図5）で評価が高かったのは、スケールaの33.3%である。青-黄（図6）ではスケールbが25.0%、赤-緑（図7）ではスケールiが33.3%である。赤-青（図8）では、スケールqが33.3%、青-橙（図9）では、スケールcとqがともに25.0%であった。

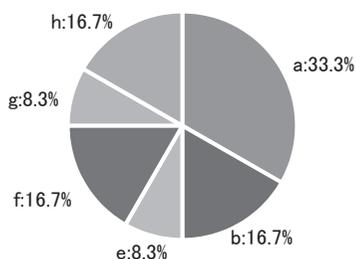


図5 図柄とスケールの評価結果（青-ピンク）

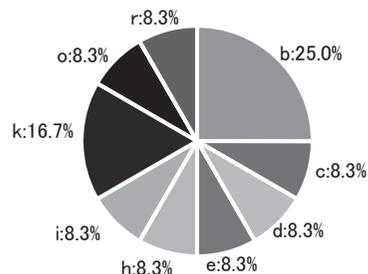


図6 図柄とスケールの評価結果（青-黄）

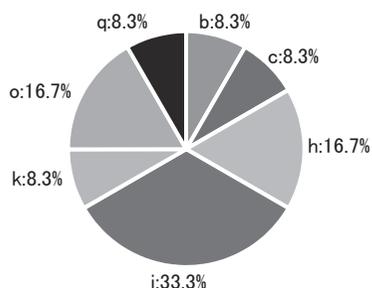


図7 図柄とスケールの評価結果（赤-緑）

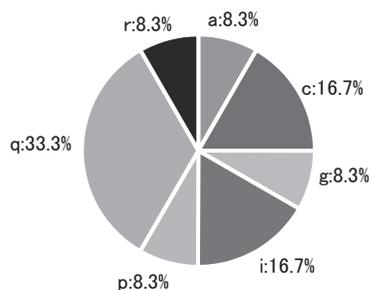


図8 図柄とスケールの評価結果（赤-青）

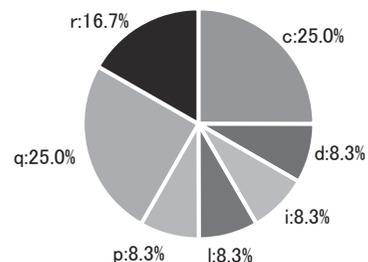


図9 図柄とスケールの評価結果（青-橙）

次に、各図柄1位のスケールの白色度を計算式⁵⁾より求め、表4に示す。日本では、1991年にCIE白色度式をJISに採用している。

表4 用紙および各図柄1位のスケールの白色度

	L*	CIE-W
アラベール (用紙)	95.22	100.42
a	94.98	153.09
b	97.17	149.61
c	96.38	129.7
i	96.2	114.86
q	96.03	110.1

これらから、CIE白色度(CIE-W)を見ると、各図柄1位のスケールの白色度は、用紙(アラベール)の白色度よりも高いという結果が得られた。これは、ウォーターカラーイリュージョンを用いた図柄の方が、知覚的にも白色度が向上しているということである。

次に、スケールに用いた染色布の色度点に、各図柄組み合わせの評価結果1位をプロットしたものを図10に示す。

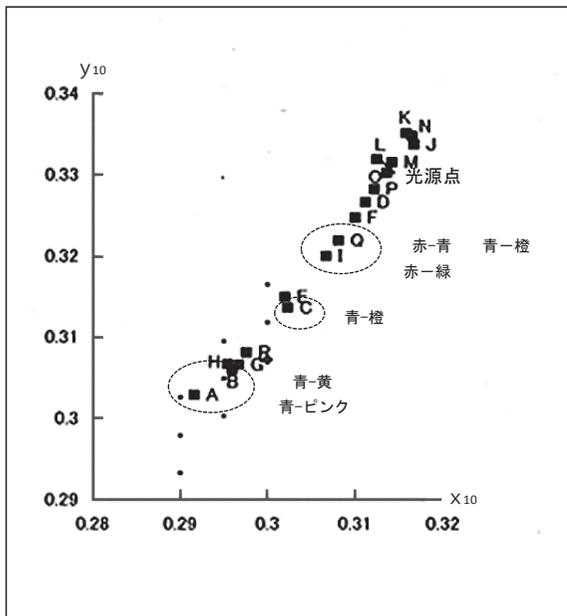


図10 各図柄組み合わせ1位の白色度点

これを見ると、AとB、C、IとQの3ブロックで考えた場合、ほぼ均等な間隔にプロットされていることがわかる。特に、表4より青-黄(b)、青-橙(c)、赤-青(q)の白色度を見ると、bとcは19.91の差、cとqは19.6の差であり、ほぼ20の差であることから、定量化は可能と考えられる。

4. 結論

実験1では、白色度の異なる用紙に有彩色2色を用いて「ウォーターカラーイリュージョン」による図柄を描き、その図柄の知覚的白さを比較する実験を行い、知覚的白さを上げる色の組み合わせを検討した。

実験2では、実験1の結果から最も白いと評価された用紙(アラベール)に、有彩色2色(青-ピンク、青-黄、赤-緑、赤-青、青-橙)の組み合わせによるウォーターカラーイリュージョン図柄5枚10パターンを描き、その図柄と白色度の異なる染色布18枚で作ったスケールを照らして、知覚的白さの評価を行った。次に、スケールの白色度を計算式より求め、さらに各図柄組み合わせ評価結果1位を白色度点にプロットした。実験の結果から、ウォーターカラーイリュージョンによる白色度変化の定量化は可能かを検討した。

実験1から、各用紙1位の有彩色の組み合わせで、最も白く感じる組み合わせは、青(内側の色)-黄(外側の色)が53%、青-ピンクが20%となり、青が染み出す図柄が知覚的白さを上げるという結果が得られた。

現在は、青み付けを増すことで知覚的な白色度を上げることができるとして、染料や蛍光物質を付加して白色度を上げている。しかし本実験結果は、これらの要素を使うことなく、知覚的白さを上げることが可能であることを示唆するものである。

また、ウォーターカラーイリュージョンは、囲まれた図柄の中に見られる錯視である。このことから、錯視効果が有効に働く大きさの検討については、今後の課題としたい。

実験2から、青(内側の色)-ピンク(外側の

色)、青-黄、青-橙の内側青の図柄の白色度が高く、これはウォーターカラーイリュージョン効果により、内側の青が染み出すからであり、青みが知覚的白さを上げるという結果が得られた。

各ウォーターカラーイリュージョン図柄の白部分と染色布スケールを照らし合わせた結果、各図柄1位のスケールの白色度は、いずれも用紙（アラベール）の白色度より高く、知覚的白さの向上と合致する。この各図柄1位の染色布スケールは、蛍光物質を付加して青み付けされたものである。この実験結果からも、ウォーターカラーイリュージョンを用いることで、青み付けをすることなく、知覚的白さを上げることが可能と考えられる。

さらに、スケールに用いた染色布の色度点に、各図柄1位をプロットした結果から、ほぼ均等な3ブロックに分けられ、特に、青-黄 (b)、青-橙 (c)、赤-青 (q) の白色度は、bとc、cとqでほぼ同量の差であることから、白色度変化の定量化は可能であることが示唆された。

謝辞

本実験の用紙の測色にあたり、ご協力いただいた村上色彩技術研究所の馬場護郎先生、鈴木健一氏にお礼を申し上げます。

本稿は、「日本色彩学会 第42回全国大会」「日本色彩学会 第43回全国大会」において発表した

内容⁶⁾⁷⁾をもとに、加筆をしてまとめたものである。本稿を執筆するにあたり、ご助言をいただいた慶應義塾大学名誉教授 鈴木恒男先生に、深く感謝を申し上げます。

引用文献

- 1) 井澤尚子：白さ知覚に与える隣接有彩色の影響、東京家政学院大学紀要 第53号、東京家政学院大学 33-37 (2013)
- 2) 日本色彩学会 編：「新編色彩科学ハンドブック [第2版]」、(財)東京大学出版会、289-298 (1998)
- 3) B.Pinna,G.Brelstaff and L.Spillmann：Surface color from boundaries:a new'watercolor'illusion,Vision Research 41 2669-2676 (2001)
- 4) 内田洋子、大住雅之、馬場護郎：3種のLED下における白さの見え、日本色彩学会誌、35 Supplement、96-97 (2011)
- 5) 日本色彩学会 編：「新編色彩科学ハンドブック [第2版]」、(財)東京大学出版会、292-293 (1998)
- 6) 井澤尚子、鈴木恒男：ウォーターカラーイリュージョンによる知覚的白さの向上、日本色彩学会誌、35 Supplement、114-115 (2011)
- 7) 井澤尚子、鈴木恒男：ウォーターカラーイリュージョンによる白色度変化の定量化、日本色彩学会誌、36 Supplement、154-155 (2012)

(受付 2016.3.24 受理 2016.7.11)