

多色記憶と単色記憶の比較

木暮雅樹・内川恵二

東京工業大学大学院 総合理工学研究科 物理情報システム創造専攻

〒226-0026 横浜市緑区長津田町 4259

1. はじめに

私達は日常生活において時間的にまたは空間的に離れた色を比較する時など頻繁に色の記憶を用いている。色記憶の過去の研究では単色の記憶を調べているが、私達は日常風景において同時に多くの色を観察しており、多色を記憶する実験を行う必要がある。また、多色刺激として自然風景画像を記憶する過去の研究¹⁾があるが、パターン情報の関与という弊害がある。そこで本研究では、日常風景での色記憶のメカニズムを解明することを目的として、パターン情報を持たない多色モンドリアン刺激を用いて多色の記憶特性を調べ、単色の記憶特性と比較した。

2. 実験

2.1 方法

2.1.1 装置と刺激

刺激の呈示には、パーソナルコンピュータ (Power Macintosh G3) とディスプレイ (SONY GDM-2000 TC, 20 インチ, 640×480 表示 75 Hz) を用いた。実験ブースは暗室で、視距離は 90 cm であった。

呈示される色刺激および背景の色は、OSA 均等色空間の色票を模擬したものである。 $(L, j, g) = (-2, 0, 0)$ の色票の輝度が 10 cd/m^2 になるように OSA 色票 424 枚の輝度を正規化し、さらに実験でのマッチング操作を円滑にするために

L, j, g それぞれが 1 刻みで色票が存在するように OSA 色空間を補間して刺激色票を作った。

背景は $L = (-2, 0, 0)$ 、輝度が 10 cd/m^2 の灰色で、背景上の中央に色刺激が呈示される。色刺激はテスト色のみからなる単色刺激と、テスト色を含む異なる 5 色で構成される多色刺激の 2 種類がある (図 1)。

多色刺激はそれぞれ色の異なる 5 つの長方形パッチを重ね合わせて作るモンドリアン図形である。自然風景画像と比較してパターン情報が極めて弱いため、パターン情報の寄与が小さい条件下での色記憶を調べることができると考え

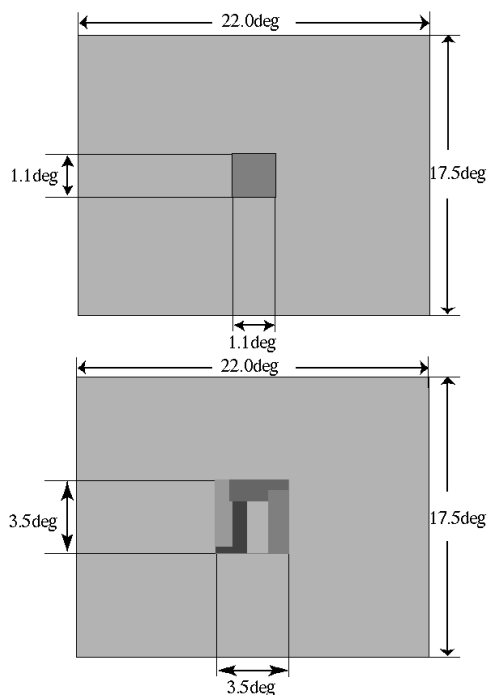


図 1 単色刺激 (上) と多色刺激 (下) の呈示画面。

た。多色刺激の各色の面積はすべて単色刺激の面積と等しくなるよう設定した。

多色刺激を構成する色は、OSA 色空間においてテスト色を中心とする球（半径が OSA 色差 = 2）に含まれる L, j, g が 1 ステップの色票群から無作為に選んだ 4 色とテスト色の合計 5 色である。テスト色として、L = -1 平面から 12 色、L = +1 平面から 13 色を、色空間に均等に分布するように選んだ（表 1、図 2）。色記憶が色差のみで決まるのであれば再認色はテスト色の周りに均等に分布することが考えられ、そうでないならば、何らかのゆがみを持った分布になると考えられる。

表 1 25 テスト色の OSA 座標、輝度および色度²⁾

テスト色番号	OSA色票番号	L	j	g	L(cd/m ²)	x	y
1	167	-1	-3	-1	11.246	0.287	0.266
2	169	-1	-3	3	11.415	0.235	0.276
3	173	-1	-1	-3	11.869	0.34	0.294
4	175	-1	-1	1	12.48	0.283	0.311
5	180	-1	1	-5	12.915	0.4	0.322
6	182	-1	1	-1	12.888	0.339	0.346
7	184	-1	1	3	12.817	0.276	0.367
8	189	-1	3	-3	12.982	0.4	0.369
9	191	-1	3	1	13.793	0.332	0.399
10	196	-1	5	-5	12.218	0.469	0.386
11	198	-1	5	-1	13.632	0.396	0.426
12	200	-1	5	3	14.107	0.327	0.463
13	264	1	-3	3	15.697	0.247	0.286
14	267	1	-1	-3	16.771	0.337	0.3
15	269	1	-1	1	16.368	0.286	0.314
16	273	1	1	-5	16.438	0.385	0.322
17	275	1	1	-1	17.516	0.335	0.342
18	277	1	1	3	17.578	0.282	0.362
19	282	1	3	-3	18.053	0.384	0.361
20	284	1	3	1	18.079	0.331	0.385
21	288	1	5	-5	18.397	0.445	0.378
22	290	1	5	-1	19.718	0.381	0.407
23	292	1	5	3	20.666	0.326	0.439
24	296	1	7	-3	19.33	0.441	0.425
25	298	1	7	1	20.408	0.382	0.46

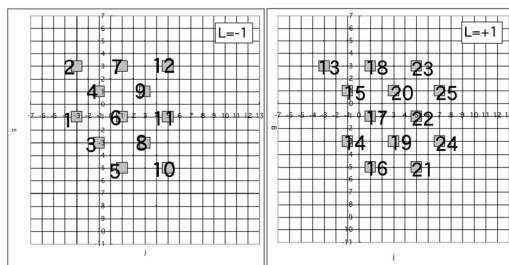


図 2 OSA 色空間に均等に分布する 25 テスト色。

2.1.2 手続き

刺激呈示の流れを図 3 に示す。単色刺激および多色刺激を 1 s 観察した後 10 s 記憶し、記憶した色を再認する。単色条件と多色条件は別セッションで行う。1 セッションは各テスト色を 1 回ずつテストする合計 25 試行からなる。多色条件では、多色刺激の個々の色を別々に記憶するのではなく、全体的なイメージを記憶するように指示した。また、両条件において色を言葉などで符号化して記憶しないように指示した。

再認は調整法によるマッチングで行った。マッチング過程の最初に、背景色をテスト色とする色刺激（マッチング開始刺激）が 1 s 呈示され、テンキーの操作により色刺激の L, j, g を独立に 1 増加または減少した色刺激が 500 ms 呈示される。多色条件の場合は、1 回のキー操作によって刺激中の 5 色すべてが同時に同じ方向にシフトする。また、マッチング過程に限り、被験者は直前に呈示された色刺激のみ何回でも見直すことが許される。色空間をはみ出してしまうために色を変化させることができない場合は警告音によって知らせ、この場合も直前の色刺激が再呈示される。

2.1.3 被験者

大学院生 5 名（22～25 歳，男性 4 名，女性 1 名。うち 1 名は著者）が被験者として参加した。視力正常または矯正視力正常で、色覚正常。実験の目的をよく理解し、マッチング操作を十分に習熟した上で本実験に臨んだ。

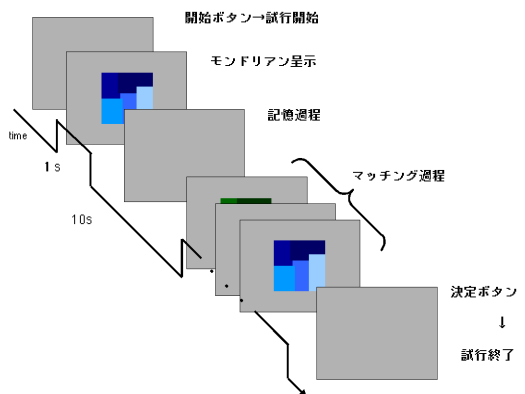


図 3 刺激呈示の流れ。

2.2 結果

$L = -1$ 平面上の12テスト色の単色条件，多色条件での再認色の(j, g)分布をそれぞれ図4，図5に示す．図4～5において—はテスト色，テスト色の最も近くにある中実のシンボルはそのテスト色の再認色の平均を表す．再認色の平均と同じ形で中空のシンボルが個々の再認色を表す．再認色の（中空の）シンボルの大きさはその色に再認した回数を表す．図4～5を見ると，両条件とも，再認色が均等に分布しているテスト色は少ない．これは色記憶が色差のみで決定されないことを示している．

単色条件ではテスト色よりもjおよびgの絶対値が大きくなる方向，つまり彩度が上昇する方

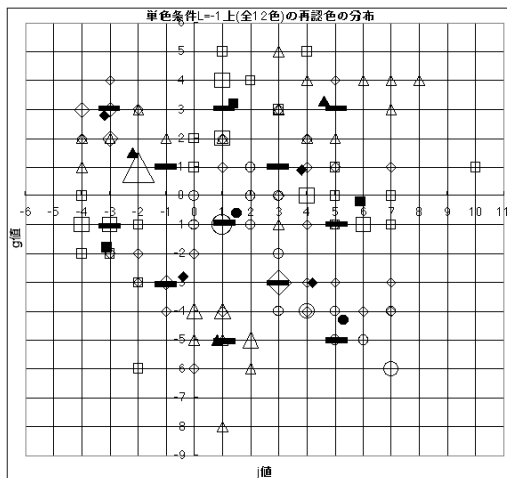


図4 $L = -1$ 平面上12テスト色の単色条件での再認色の分布．

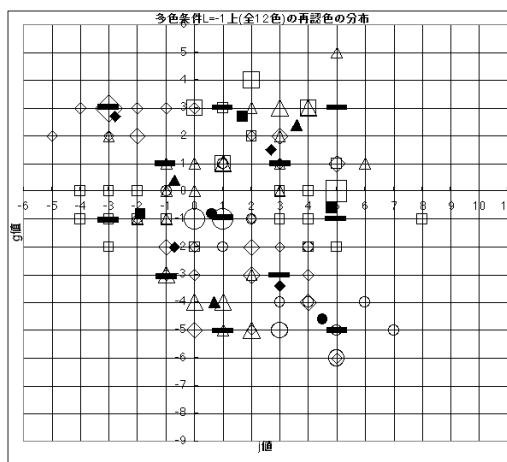


図5 $L = -1$ 平面上12テスト色の多色条件での再認色の分布．

向に再認色がシフトする傾向が見られる．多色条件では逆にjおよびgの絶対値が小さくなる方向，つまり彩度が低下する方向に再認色がシフトする傾向がみられる．そこで以下のように ΔL ， Δj ， Δg を次のように定義してテスト色から再認色へのシフト量を比較した（図6）．

$$\Delta L = \text{再認色のL値} - \text{テスト色のL値}$$

$$\Delta j = \text{再認色のj値の絶対値} - \text{テスト色のj値の絶対値}$$

$$\Delta g = \text{再認色のg値の絶対値} - \text{テスト色のg値の絶対値}$$

ΔL が正のシフトはテスト色よりも明るい色への再認を，負のシフトは暗い色への再認を表す．再認色とテスト色でj値およびg値の正負が逆転することはなかったことから， Δj および Δg が正のシフトは再認色の彩度上昇，負のシフトは彩度低下を表す．図6を見ると上記の傾向がよくわかる．

$L = +1$ 平面上の13色についても同様の傾向が見られた．

4. 考察

単色の再認色は彩度が上昇，多色の再認色は彩度が低下した．単色の再認色の彩度が上昇することはこれまでの研究結果³⁾と一致している．では多色の再認色の彩度が低下したのは何に起因するのであろうか．次のように考えた．多色刺激は近い5色からなるため色恒常性を強く誘発すると考えられる．多色刺激を構成する色の中で最も彩度の低い色を照明光成分としてとらえ，その分を差し引いた色を刺激の色として記憶するとする．一方，マッチング開始刺激は無

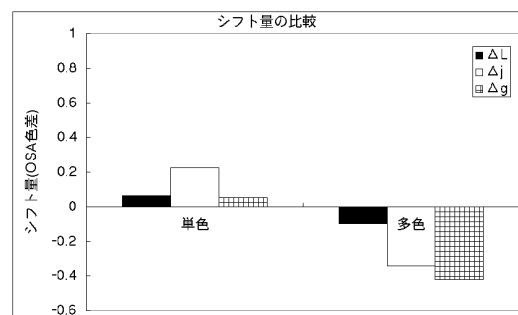


図6 2条件でのシフト量．

彩色を中心色とするため照明光成分は白色であると判断して、記憶した（実際よりも彩度の低い色を）白色照明下で再認する。実験ではすべてのテスト色は無彩色でないため、多色刺激に共通する色みを差し引いて記憶しているとすれば、多色の再認色は彩度が低下することになる。上記の仮説が成立するならば、彩度の高い開始色からマッチングした多色の再認色の彩度は彩度の低い開始色からマッチングした場合よりも高くなり、また単色の再認色の彩度はマッチング開始色の彩度の影響を受けないはずである。

そこで追加実験として、マッチング開始刺激の中心色をテスト色よりも彩度の高い色に設定して単色、多色に対して主実験と同様の再認実験を行った。マッチング開始刺激の中心色は主実験の25テスト色に対して表2に示す4色を設定した。この4色は対応するすべてのテスト色よりもそのj値、g値の絶対値が大きい。

追加実験の実験結果から、主実験と同様にテスト色から再認色へのシフト量を求めた。その結果を図7に示す。

図6～7を見ると、単色条件ではともに彩度が上昇しているのに対し、多色条件はマッチング開始色の影響を受けていることがわかる。また、開始色の彩度を高くすることによって多色の再認色の彩度が上昇に転じている。この結果は上の仮説を支持している。単色の再認色の彩度上昇が大きくなっており、単色と多色の再認色の彩度変化量には差がみられる。この差の原因を探ることは今後の課題である。

表2 追加実験のマッチング開始刺激の中心 OSA 座標、輝度、色度と対応するテスト色

開始色番号	OSA色票番号	L	j	g	L(cd/m ²)	x	y	対応するテスト色の条件
1	167	1	7	3	20.49	0.349	0.476	j > 0かつg > 0
2	169	1	7	-5	18.15	0.474	0.405	j > 0かつg < 0
3	173	1	-1	-3	16.771	0.337	0.3	i < 0かつg < 0
4	175	1	-3	3	15.697	0.247	0.286	i < 0かつg > 0

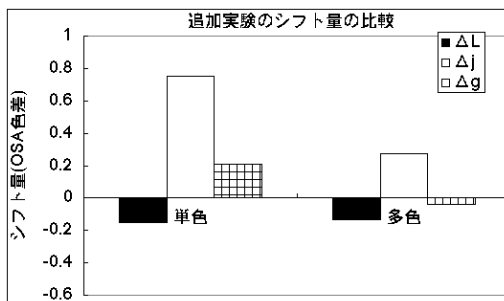


図7 追加実験の2条件でのシフト。

5. まとめ

本実験では、単色刺激の記憶と多色刺激の記憶を調べ、両者を比較した。その結果、記憶が色差のみで決定されないことがわかった。また、単色の再認色は彩度が上昇するが、多色の再認色は刺激マッチングの開始色に影響を受けることがわかった。単色と多色の再認色の彩度変化の差について色恒常性に基づく説明を試みた。

文 献

- 1) M. A. Francis and R. J. Irwin: Stability of memory for colour in context. *Memory*, **6**, 609-621, 1998.
- 2) 内川恵二：色覚のメカニズム。朝倉書店、1998.
- 3) S. M. Newhall, R. W. Burnham and J. R. Clerk: Comparison of successive with simultaneous color matching. *Journal of the Optical Society of America*, **47**, 43-56, 1957.