

不同色光背景对白光色貌的影响

——同时颜色对比^{*1)}

许宗惠 林仲贤 郭素梅 潘广铖

中国科学院心理研究所

北京理工大学

摘 要

本实验采用双眼匹配法,测试了人眼在不同色光背景的作用下,颜色视觉的变化。测量了色诱导前后白色反应野的色貌位移并表示在国际照明学会(CIE) 1931年色度图上。

实验表明:在红、绿、蓝和黄诱导光影响下,白光基本上呈现出接近于这些色光的补色。这种由色诱导引起的颜色并不完全等同于补色,而存在着一些偏移。

这些结果为我们进一步理解视觉过程提供线索。

一、前 言

人们都知道一种单纯的颜色放在不同的色背景上会引起不同的色觉。Frans Gerritsen^[1]曾用各种有色纸片成功地演示了这类颜色诱导现象。由此可见,颜色感觉并不完全决定于光波的物理成分一波长。对视场中一块颜色的感觉,受相邻区域的其它颜色影响而发生变化的现象称为同时颜色对比。这种诱导现象早就引起人们的兴趣。H. Helmholtz (1866)、E. Hering (1887)、A. Kirschmann (1891)、F. W. Edridge-Green (1914)、J. H. Parsons (1924)^[2]、K. Motokowa (1949)^[3]、W. R. T. Brown (1952)^[4]、J. A. S. Kinney (1962)^[5]、A. Valberg (1974)^[6]、T. Hasegawa (1977)^[7]以及C. Ware和W. B. Cowas (1982)^[8]等都曾对同时颜色对比进行了研究。

然而,一般说来有关此方面的研究对现象的描述比较多,尤其是早期研究所采用的仪器比较简单,控制条件不够严格,对反应色的色貌变化缺乏客观的色度标定。这种对色觉缺乏定量的研究,正是传统心理学的不足之处。本研究借助C.I.E.色度坐标值,通过心理物理实验及颜色测量把这类主观色貌的变化予以量化,以期为进一步探讨颜色视觉机制提供线索。

二、实验方法和仪器装置

方法 我们使用双眼匹配法(haplosopic)研究颜色诱导现象。这种方法能使被试者

* 本研究得到国家自然科学基金资助,张家英同志参加了部分工作。

1) 本文于1990年5月28日收到。

的双眼分别处于不同背景光的作用下(左右眼互不干扰),判断两半视场的颜色视觉是否相同。实验视场见图1,其中A为诱导野,能分别呈现不同的色光背景。B为反应野,呈现的白光色度始终不变。C为匹配野,能产生各种色光与B视野匹配。

仪器 呈现同时颜色对比现象的装置大致分为:颜色纸片、旋转色盘、颜色阴影以及光学仪器等。

本实验使用可变背景光匹配仪呈现颜色刺激。仪器装置见图2。卤钨灯 S_1 、 S_2 和 S_3 各自透过滤光片R、G、B在积分球IS内混光。 D_1 、 D_2 和 D_3 分别调节着色光红、绿、蓝的混合比例。混合成的弥散光通过出射光孔、直角棱镜 P_1 和透镜 L_1 投射到组合棱镜 P_2 的中央。在 P_2 的大棱镜斜面上,除了中央部分留有半个透明的椭圆形小孔外,其余部分都镀有铝膜。被试者通过目镜 L_2 看到一个半圆形的光斑,这就是右眼的匹配野C,该匹配野始终呈现在黑背景上。左面的光路与之对称,

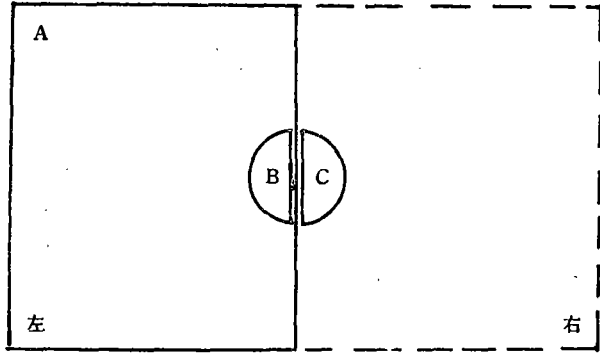


图1 双眼视场

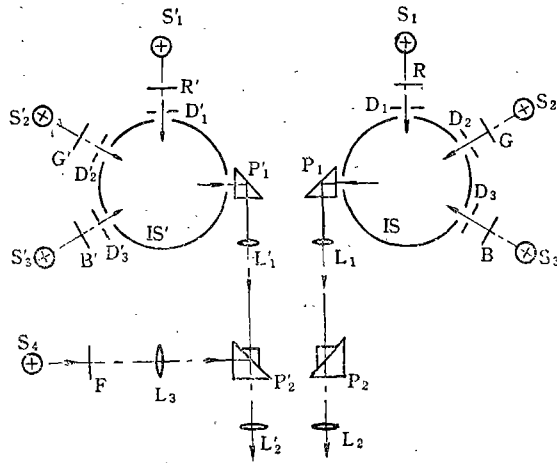


图2 仪器光路图

- $S_1, S_2, S_3, S_1', S_2', S_3', S_4$ 为光源;
- R, G, B, R', G', B'为滤色片;
- $D_1, D_2, D_3, D_1', D_2', D_3'$ 为光阑;
- P_1, P_2, P_1', P_2' 为棱镜;
- $L_1, L_2, L_1', L_2', L_3$ 为透镜;
- IS, IS'为积分球;
- F为彩色透明胶片。

组成相应的反应野B。同侧的背景光源 S_4 透过有色透明胶片F和物镜 L_3 ,在 P_2 的铝膜上作 45° 反射,再经过 L_2 形成环绕反应野的诱导野A。

右积分球的三基色红、绿、蓝和左积分球的反应光以及背景光红、绿、蓝、黄的色度坐标见表1。反应野和诱导野的亮度分别为 $11.5\text{cd}/\text{m}^2$ 和 $5\text{cd}/\text{m}^2$ 。反应野和匹配野组成约为

表1 反应光和色光的色度坐标

类 别		色 度 坐 标	
		x	y
反应光	白	0.361	0.419
	基色光		
	红	0.721	0.280
	绿	0.341	0.598
	蓝	0.149	0.062
背景红	红	0.701	0.285
	绿	0.295	0.648
	蓝	0.150	0.035
	黄	0.532	0.442

2°的圆视场。诱导野约为20°。

被试者 两名大学生（一男一女），年龄分别为21岁和20岁，双眼视力均在1.2以上，色觉正常。正式实验前，经过6天练习后，掌握了色匹配的技巧，能比较熟练地调节基色光的混合比例。

实验程序 实验分为两步进行。首先要求暗适应的被试在左右眼都无背景（黑背景）的条件下进行目视匹配；调节匹配野的基色比例，直到与反应野的白光相匹配。为了缩短实验时间，我们固定R的光量。被试者调节G、B的光量，二分钟左右就能完成一次匹配。此时所测的匹配野的色度值为色诱导前的

的白光色貌。然后呈现诱导野，要求被试者在色背景条件下，以同样方式进行目视匹配。此时所测的数据为色诱导后的反应光的色貌位移。在呈现红背景时，为了达到比较理想的目视匹配，我们将绿滤光片换成蓝绿色滤光片后，再进行实验。

在每种色光背景（红、绿、蓝和黄）的诱导前后，各做4次色度匹配。每当匹配以后，就用B_{M-2}型彩色亮度计测定匹配野的三刺激值，经校正后再计算出色度坐标。为了避免可能引起的彩色干扰，每天只做一种色光背景下的色匹配实验，约60分钟。实验时要求被试者注视视场中心，并用可调头架固定其头部。

三、实验结果与讨论

实验数据列于表2-5。两个被试者的实验结果分别见图3-6和7-10。图中“·”表示色光背景诱导前，反应野的色度坐标；“+”则表示诱导后的色度坐标。

表2 红光诱导前后白光色貌的色度

类别	次序	被 试 者 A		被 试 者 B	
		x	y	x	y
诱导前	1	0.347	0.389	0.357	0.414
	2	0.350	0.390	0.358	0.415
	8	0.355	0.399	0.352	0.401
	4	0.352	0.395	0.357	0.412
诱导后	1	0.251	0.540	0.250	0.540
	2	0.252	0.536	0.253	0.537
	8	0.252	0.546	0.252	0.540
	4	0.254	0.537	0.254	0.539

表3 绿光诱导前后白光色貌的色度

类别	次序	被 试 者 A		被 试 者 B	
		x	y	x	y
诱导前	1	0.356	0.400	0.351	0.394
	2	0.358	0.399	0.350	0.408
	8	0.351	0.386	0.345	0.390
	4	0.354	0.392	0.360	0.407
诱导后	1	0.366	0.275	0.361	0.278
	2	0.340	0.257	0.383	0.294
	8	0.369	0.262	0.344	0.270
	4	0.342	0.253	0.374	0.287

表4 蓝光诱导前后白光色貌的色度

类别	次序	被 试 者 A		被 试 者 B	
		x	y	x	y
诱导前	1	0.353	0.400	0.355	0.396
	2	0.353	0.398	0.362	0.419
	8	0.346	0.385	0.355	0.399
	4	0.348	0.386	0.349	0.393
诱导后	1	0.526	0.388	0.496	0.426
	2	0.481	0.397	0.545	0.412
	8	0.515	0.381	0.532	0.425
	4	0.536	0.393	0.538	0.421

表5 黄光诱导前后白光色貌的色度

类别	次序	被 试 者 A		被 试 者 B	
		x	y	x	x
诱导前	1	0.353	0.396	0.352	0.402
	2	0.346	0.390	0.360	0.410
	8	0.354	0.409	0.357	0.412
	4	0.348	0.392	0.364	0.417
诱导后	1	0.205	0.326	0.201	0.329
	2	0.194	0.299	0.230	0.289
	8	0.197	0.294	0.195	0.313
	4	0.190	0.297	0.205	0.353

在诱导野的色光作用下,原先在黑背景时左右匹配的白光色貌发生了明显变化。左眼在红背景的影响下,中间的反应光(白光)呈现蓝绿色,绿背景下,呈现品红色,蓝背景下,呈现橙黄色,而黄背景下,呈现蓝色。由此可见,同时颜色对比使反应野呈现的白光色貌基本上接近于背景光的补色(见图3-10)。这个结果与 Kinney (1962)^[6] 和 Valberg (1974)^[6] 等的实验结果比较一致。

Hasegawa (1977)^[7] 认为由同时颜色对比所引起的颜色与补色之间存在着偏差。一个比较明显的现象是受蓝背景影响的反应色,其白光色貌比诱导色的补色更红些。本实验证实了由蓝背景诱导的白光色貌,与它的补色相比确实偏红,即向长波位移。以上表明,

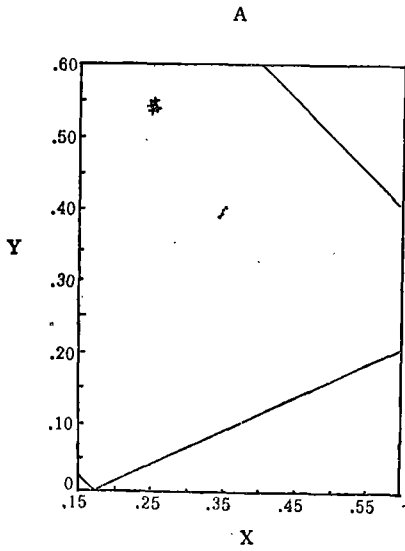


图 3 红光诱导前后白光色貌的色度

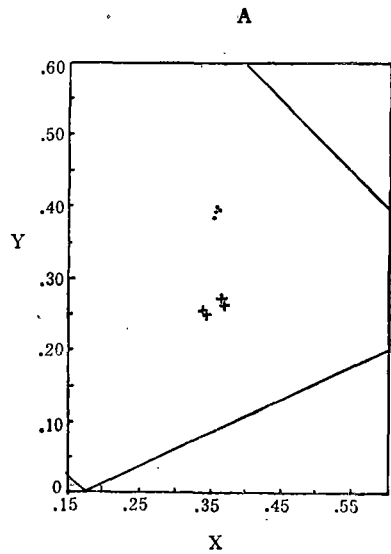


图 4 绿光诱导前后白光色貌的色度

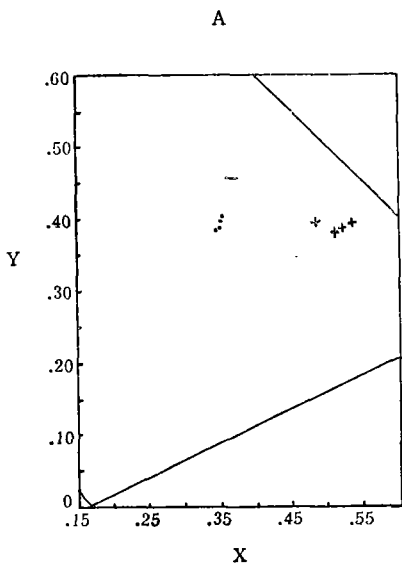


图 5 蓝光诱导前后白光色貌的色度

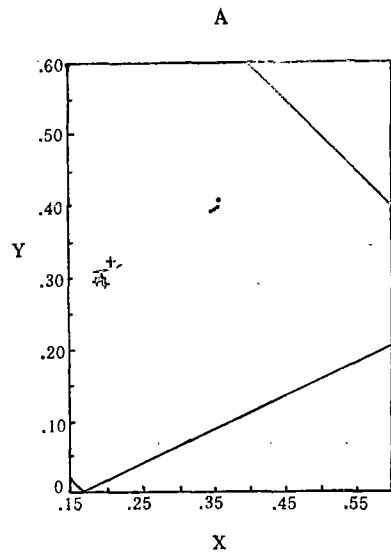


图 6 黄光诱导前后白光色貌的色度

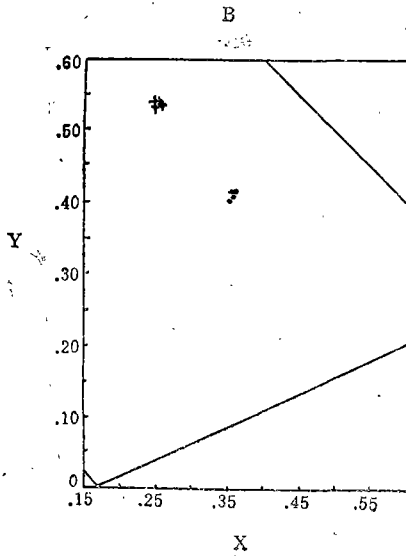


图7 红光诱导前后白光色貌的色度

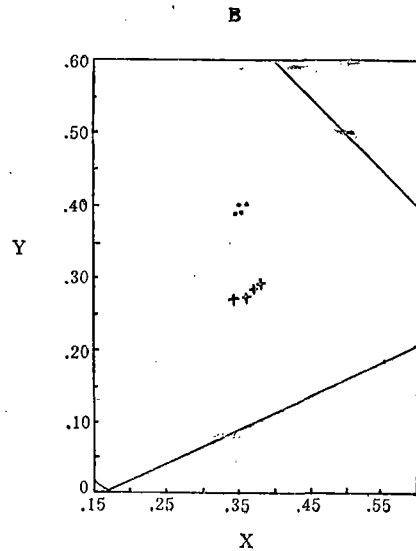


图8 绿光诱导前后白光色貌的色度

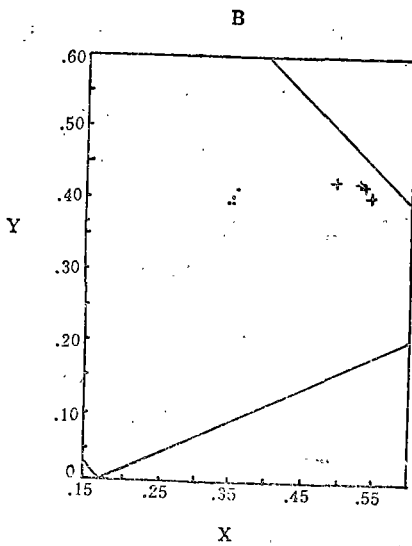


图9 蓝光诱导前后白光色貌的色度

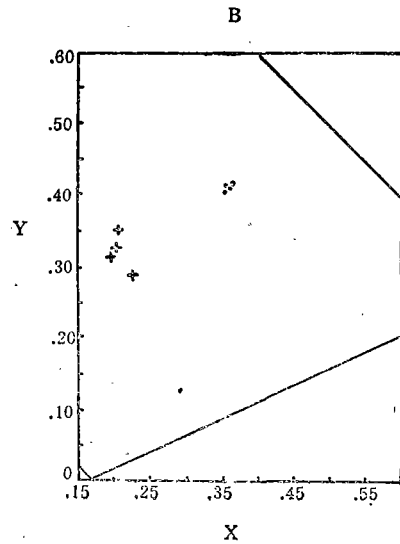


图10 黄光诱导前后白光色貌的色度

由诱导引起的白光色貌并不完全等同于该背景色的补色,而会产生一些偏移。

双眼注视进行同时颜色对比时,几乎在背景色呈现的同时,反应色的色貌便发生显著变化。它并不像相继颜色对比那样,需要事先适应几十秒钟。这种现象可能涉及到它们具有不同的生理机制。相继颜色对比主要是在同一空间上发生前后作用的选择性抑制所致^[9]。而同时颜色对比很可能是空间诱导所引起的侧抑制起着主要作用。有关颜色分辨机制的研究(主要应用了显微光谱光度法和单一神经原记录法),基本上确认视网膜上存在着三类不同的感光细胞:红敏锥体、绿敏锥体和蓝敏锥体。它们分别对长波、中波和短波敏感。我们认为从侧抑制的角度来讲,这三类细胞的兴奋会降低邻近区域内同类细胞的感受性。例如:蓝敏细胞的兴奋会降低周围其它蓝敏细胞的感受性,而同时周围的

红敏细胞和绿敏细胞的敏感性却相应地提高了。所以,原先由红、绿、蓝光混合而成的白光,因红、绿成分的相对增加,而呈现出两者的混合光——黄色光。这种侧抑制不仅会发生在视网膜上,也可能在更高的视觉系统水平上,包括侧膝状体 and 大脑皮层。本实验通过心理物理的方法,仅就从侧抑制方面对同时颜色对比进行初步分析。它的复杂机制尚待进一步探索。

参 考 文 献

- [1] Gerritsen Frans, Theory and Practice of Color. Van Nostrand Reinhold Company. New York. 1975.
- [2] Graham, C.H. et al., Vision and Visual Perception, Chap 16, New York, Wiley, 1965.
- [3] Motokowa, K., Physiological induction in human retina as basis of color and brightness contrast. J. Neurophysiol. 1949, 12, 475—488.
- [4] Brown, W.R.T., The effect of field size and chromatic surrounding on color discrimination. J. opt. Soc. Amer., 1952, 42, 837—844.
- [5] Kinney, J.A.S., Factor affecting induced colors. Vis. Res., 1962, 2, 503—525.
- [6] Valberg, A., Color induction: Dependence on luminance, Purity and dominance or complimentary wavelength of inducing stimuli. J. Opt. Soc. Amer. 1974, 64, 1531—1540.
- [7] Hasegawa, T., Simultaneous color contrast: Deviations of the induced color from directions of complimentary color. In Color 77 (Edited by Billmeyer and Wyszecki), 339—341.
- [8] Ware, C. and Cowas, W.B., Changes in perceived color due to chromatic interactions. Vis. Res. 1982, 22, 1353—1362.
- [9] 许宗惠等, 不同色光照明后相同白光色貌的色位移—相继颜色对比, 心理学报, 1988, 第2期。

INFLUENCE OF BACKGROUND WITH DIFFERENT COLORED LIGHTS ON THE COLOR APPEARANCE OF WHITE LIGHT

Xu Zonghui Lin Zhongxian Guo Sumei

Institute of Psychology, Academia Sinica

Pan Guangyue

Beijing University of Science and Engineering

Abstract

In this experiment the shifts of induced colors in a white test field were measured on background of different colored lights by using haploscopic method. The color shifts were measured and shown on the CIE 1931 color diagram.

The results indicated that on the different inducing background of red, green, blue and yellow, a white light roughly appeared to have a hue complementary to those lights respectively. There were some deviations of induced color from directions of complementary colors. These results may provide clues to further the understanding of the visual process.