心 理 学 报
第3期 ACTA PSYCHOLOGICA SINICA 1990年

对交替呈现的立体图对的双眼立体视觉的探讨[1)]

方俐洛 高 晶 朱计超
中国科学院心理研究所，北京

摘 要

本实验用APPLE II微机控制的同视机，选用医用三级检查图片中的彩色和黑白两种立体图对，对30名被试进行实验。结果表明：(1)在同视机条件下，当双眼图象交替闪烁相位的交替频率平均在7 Hz以上时，双眼立体视觉形成。(2)双眼刺激交替呈现时，彩色图对的立体感闪烁融合阈值约为33Hz，黑白图对的立体感闪烁融合阈值约为25Hz，两者差异十分显著($P<0.0001$)。

前 言

自1883年物理学家Wheatstone发现双眼视差在立体视觉中的作用，并发明实体镜，开创现代空间知觉实验以来，人们对双眼立体视觉进行了大量而长久的研究[1,2]。Brewster设计的三棱镜实体镜(或透镜式实体镜)在研究和应用中广为流传，为目前一般形成立体图象的通用仪器。另一种产生立体感的手段是使用特别的一张双色叠加的复合立体视觉图，通过特别的染色滤光片去观察，就可以产生立体深度觉的效应。在临床上为了诊断与治疗的方便，通常通过同视机(又称弱视镜)令被试用双眼同视三级图片来进行检查[3]。一级图片为同时知觉图片，在同视机下，两个图形在感觉上应该联合成一个完整的图画；二级图片为融合视图片，这是两张基本相同而又需要互相补充的画片；三级图片为立体视图对，在检查时使用具有轻度分离位置的融合画片，在同视机下形成立体感。

长久以来，大量的研究涉及双眼立体视觉的空间特性。Sherington[4]曾用闪烁实验探讨了双眼单视的生理机制。他令被试双眼视网膜接受闪烁灯光，而对每眼网膜光亮的明暗时间间隔可以准确变动。他的实验表明：(1)闪烁相位相同，即双眼接受的光刺激其明暗间隔相同，则可形成双眼单视。(2)交替闪烁相位，即一眼的暗相与另一眼的亮相相对时，可形成双眼单视。(3)不对称闪烁，即双眼闪烁间隔不同，但每眼的位相仍一致，则双眼可形成单视。(4)明显的不对称闪烁，即双眼闪烁的间隔明显不同，则不能形成双眼单视，只能右眼或左眼感受印象，另眼暂时受到抑制。(5)明显的不对称闪烁且亮度也不同，即双眼闪烁的间隔明显不同，而且其亮度也不同时，则接受亮度更大的那只眼的印象起主要作用，或完全排除它眼。Sherington的研究涉及双眼单视的时间特性。他的实验说明，每眼视网膜印象的形成是独立的，完全的，且是同时的。

1) 本文于1989年7月18日收到。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本实验的目的是利用由计算机控制的同视机令立体图对分别呈现于左右眼。且取交替闪烁相位呈现方式，亦即利用同视机物镜中各自的灯光控制呈现时间和相位，使左右两眼相继接受立体图对的刺激，一眼的暗相与另一眼的亮相相对，来探讨立体视觉的时间特性、其形成和变化过程。

实　　验

一、被试

实验用18—23岁青年人共30名，男24人，女6人。被试视力正常（或矫正视力正常）；并经过必要的眼科隐斜检查，在正常范围内[5]。有正常立体觉。

二、实验仪器

实验用APPLE II计算机控制的同视机进行。使用APPLE II计算机配接6522程控接口芯片构成精密频率发生器。其产生的脉冲通过RS触发器的Q$\overline{Q}$及达林顿晶体管分别驱动同视机左右灯泡，以实现程序控制同视机左右两光源的交替闪烁。再由被试控制一个联到接口的开关，就可把被试的反应采回微机，仪器系统框图如图1。

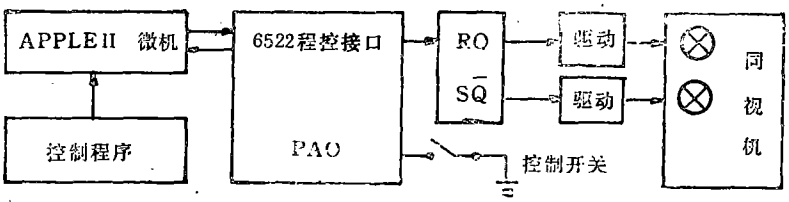

图1　仪器系统框图

实验用光源为2.5V，0.3A白炽灯泡，目镜中心部分照度为8.1LUX。

实验选用医用三级检查图片中的立体图对，分别插入同视机的左右两个物镜部。通过预试，设图片由计算机控制以1—40Hz的交换频率交替呈现给被试。每种频率呈现时间固定为2.7秒，然后变换成下一种频率。令被试双眼在左右目镜部观看。被试的反应由控制开关被按下时的即时频率存入数据。当实验完成时，全部结果自动打印。

三、实验方法

实验用最小变化法，即极限法。刺激呈现按两个顺序进行：由低频到高频（1 Hz—40Hz）交替呈现为递增系列。由高频到低频（40Hz—1 Hz）交替呈现为递减系列。递增与递减系列随机交替进行，以防止固定起始点所形成的定势和对测试效果的影响，避免和减少测试时被试的期待或习惯，按压开关的迟缓误差，以及灯泡余辉的影响等。

实验用彩色和黑白两种立体图对。彩色图对为六个不同颜色的彩色灯笼，黑白图对为黑白条纹相间的圆锥体。

在实验中，要求被试者在以下四种情况按下开关：

递增系列——1.刚刚觉得两眼看到的图象成立体时（刚有立体感）。

2.刚刚觉得已成立体的图象不再闪烁时（刚无闪烁感）。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

递减系列——1.刚刚觉得立体图象开始闪烁时（刚有闪烁感）。
2.刚刚觉得立体图象分成两个图象时（刚无立体感）。

检查被试是否真正形成立体感的方法是在被试反应后，立即令被试报告1.所见彩色图对中的六个灯笼的远近次序；2.所见黑白图对中的圆锥体的圆锥朝向（朝里或朝外）。在实验中，将物镜端的彩色图对和黑白图对的左右两个图片随机对调，以避免被试凭记忆报告。

每名被试做六次试验，三次递增，三次递减，每两次试验间休息两分钟。在正式实验前进行充分的练习，直到被试熟悉实验仪器、实验要求和操作为止。

实验结果及讨论

实验结果按彩色与黑白图对的递增与递减系列；刚有立体感与刚无立体感；刚有闪烁感与刚无闪烁感列于表1，对各对应项进行了T考验，统计结果亦列在表1中。

表1 实验结果及对应各项T考验（单位Hz）

图片	彩色				黑白			
实验序列	递增	递减	递增	递减	递增	递减	递增	递减
感觉	刚有立体感	刚无立体感	刚无闪烁感	刚有闪烁感	刚有立体感	刚无立体感	刚无闪烁感	刚有闪烁感
平均值	7.64±3.54	7.68±4.49	33.01±3.55	33.43±3.50	7.07±3.54	7.68±4.61	24.79±3.59	25.53±3.46
T 值	0.05		0.915		1.193		1.887	
P 值	0.9594		0.6343		0.2343		0.0597	

表1中对应项的T考验结果表明：无论在彩色图对还是在黑白图对中，递增系列的刚有立体感与递减系列的刚无立体感之间，以及递增系列的刚无闪烁感与递减系列的刚有闪烁感之间都没有显著性差别。故而，我们据此计算出彩色图形和黑白图形的立体感阈值和立体感闪烁融合阈值，并列于表2。同时对彩色图形立体感阈值与黑白图形立体感阈值；彩色图形闪烁融合阈值与黑白图形闪烁融合阈值进行T考验，将结果列于表2。

表2 立体感阈值和立体感闪烁融合阈值（单位Hz）

	彩色图对	黑白图对	T 值	P 值
立体感阈值	7.41±3.38	7.12±3.28	−0.72	0.5198
闪烁融合阈值	32.97±2.82	24.87±3.02	−24.81	<0.0001

在双眼视觉中，一个外界物体的形象通过单视的视觉系统，在每只眼睛的视网膜上各自形成一个独立的视象，它们以神经冲动的形式传递到大脑的视觉皮层，两眼黄斑部所分

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

别接受的物象在脑内被综合成一个完整的具有三度空间的单一印象。在通常情况下，人们是用双眼同时观看物体，同时来自两眼的神经冲动在皮层结合起来形成一个单一的具有深度感的视象。在我们的实验中，人的双眼不是同时接受物体形象的刺激，而是相继接受呈交替闪烁相位的刺激。实验结果表明，在用同视机观看条件下，当交替闪烁相位的交替频率平均在 7 Hz以上时，双眼立体视觉就能形成。也就是说，相继由两眼传入的神经冲动亦可以在皮层结合起来形成一个单一的具有深度感的视象，尽管此时人们有明显的闪烁感。

我们尚未查到前人关于立体视觉产生的这种研究报道。以往的文献多是关于双眼同时接受刺激的研究。根据本实验的结果，我们认为，Jules随机点立体图提示的双眼立体感形成和再认的框图（见图 2）适用于在双眼同时接受刺激的情况，而在双眼相继接受刺激时，立体视觉形成的框图应如图 3 所示。当一眼接受刺激后，另一眼再接受刺激，一眼的亮相与另一眼的暗相相对，并且交替频率平均高于 7 Hz时，双眼物象混合而形成立体感。

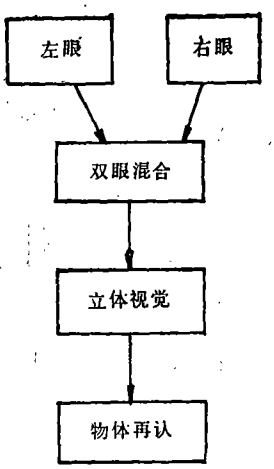

图 2　JULES随机点立体图提示的双眼立体视觉框图

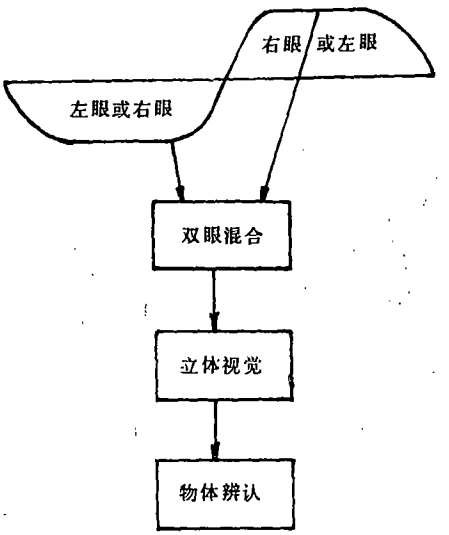

图 3　交替呈现立体图片的立体视觉形成的框图

本实验还涉及立体视觉的闪光融合频率问题。实验结果表明，彩色图对的立体感闪烁融合阈值为32.967Hz，黑白图对的立体感闪烁融合阈值为24.867Hz。两者之间的差异十分显著（$P<0.0001$）。马谋超等人[6]曾指出，在较低亮度上，白光的融合频率低于任何色光。在我们的实验中，黑白立体感闪烁融合阈值明显低于彩色立体感闪烁融合阈值。

结　　论

1.我们用APPLE II微机控制的同视机进行了立体视觉形成的时间特性的研究。实验结果发现，在同视机条件下，当双眼图象交替闪烁相位的交替频率平均在 7 Hz以上时，

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

双眼立体视觉形成。当交替频率升高时，立体视觉一直存在。到目前为止，我们尚未查到同类研究的文献报道。

2. 本实验结果表明，双眼刺激交替呈现时，彩色图对的立体感闪烁融合阈值约为33Hz，黑白图对的立体感闪烁融合阈值约为25Hz，两者差异十分显著($P<0.0001$)。黑白图对立体感闪烁融合阈值明显低于彩色图对立体感闪烁融合阈值。

参 考 文 献

[1] 赫葆源等，实验心理学，北京大学出版社1983年，637—641。
[2] 荆其诚等，人类的视觉，科学出版社，1987年，130—132。
[3] 上海一医眼科教研室，眼科学，人民卫生出版社，1977年，103—105。
[4] George J. Epstein, Strabismus—a clinical handbook, Balakiston, 1948。
[5] 方俐洛等，正常青年人隐斜及融合力的测定，中华眼科杂志，1980年第2期。
[6] 马谋超等，亮度对白光和色光临界融合频率的影响，心理学报，1981年第4期。

THE BINOCULAR STEREOSCOPIC VISION TO THE PICTURES PRESENTED ALTERNATELY ON STEREOGRAMS

Fang Liluo Gao Jing Zhu Jichao

Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences

Abstract

The color and black-white stereograms for medical use were viewed by 30 Ss through an amblyoscope, which was controlled by Apple II computer. The results indicate that (1) binocular sterescopic vision is formed when alternate frequency of alternate flash phase of binocular pictures is over 7 Hz; (2) when binocular stimuli are presented alternately, the stereoscopic flicker fusion threshold to the color stereogram approximates to 33 Hz and that to the black-white stereogram approximates to 25 Hz. The different of the two thresholds is very significant ($P<.0001$).

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net