

对比察觉双眼总合的空间频率效应

孙兰春 姚海顺 冯家璋

摘要: 利用自己研制的实验装置和实验软件, 进行了对比察觉的双眼总合问题的研究。测定了中国人单眼和双眼的对比察觉阈值, 取得了满意的实验结果。

关键词: 对比察觉、双眼总合、阈值、空间频率。

一、引 言

双眼总合 (Binocular summation) 在视觉研究中是一个经典问题。早在1943年, Pirenne就指出^[1], 如果把两只眼睛看成是两个独立的察觉器, 在用双眼察觉时就有可能发生概率总合 (Probability summation)。然而1974年Thorn和Boynton指出^[2], 如果同时刺激视网膜相应点可能导致双眼总合超过概率总合。

1965年Campbell和Green指出^[3], 在对比察觉中存在双眼总合问题, 正弦波光栅刺激的单眼察觉阈值比双眼察觉阈值高1.4倍。1984年G. E. Legge^[4]研究了对比察觉和对比辨别的双眼总合问题。但是他仅仅研究了 0.5C/DEG 正弦波光栅的双眼总合问题, 他们指出单眼察觉阈值是双眼的1.5倍。

对比察觉中的双眼总合通常用单眼和双眼对比察觉阈值之间的差值来评价。但另外也有一种替代的方法, 就是研究单眼和双眼对某一固定对比度刺激的性能差别 (Performance differences)。阈值差和性能差都可以通过测量一个心理学测量函数来得到。

我们采用前种方法, 在同一条件下分别测定中国人单眼和双眼的对比察觉阈值, 进而通过阈值差来评价双眼总合。

我们进一步研究了空间频率在 0.5-7C/DEG 范围内的九个空间频率的对比察觉的双眼总合问题。本文主要详细叙述了这一研究结果。

二、实 验

1. 仪器及主要工作条件

整个实验装置为本实验室所研制, 选用 IBM8503 CRT 单色监视器作为显示装置, 用来呈现正弦波垂直光栅刺激。该显示器的平均亮度为10cd/m², 边缘有一暗框环绕。视距在114cm时, 光栅的水平张角为8.3度, 垂直张角为6度。

实验中使用不同空间频率的正弦波光栅, 如图1所示。这些光栅的亮度分布是亮暗交替的, 但亮暗的变化是渐变的, 其波形为正弦波, 波峰 (高亮度) 用 L_{max} 表示, 波谷 (低亮度) 用 L_{min} 表示, 定义对比度 C 为:

$$C = (L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min})$$

光栅的空间频率则是指“每度视角内正弦波的周数”，一般用cpd表示。图1中A和B两个光栅，B的空间频率就是A的二倍。

在整个实验过程中，对比度都保持在CRT的线性范围内。

正弦波变化电压是由一台HP3314A可编程函数发生器产生。函数发生器的输出频率，位相，波形和电压大小。通过一台AST 286计算机控制，并经过缓冲电路输送给显示器，以便显示所需要的光栅刺激。

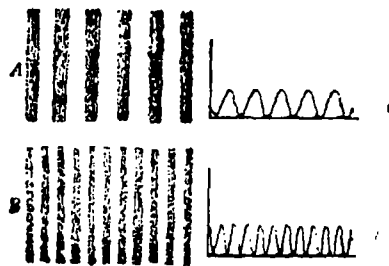


图1 正弦波光栅

2. 实验方法

对比察觉阈值用心理物理学中测定阈值时常用的调整方法测定。每个观察者在测定每个阈值时，都要做两次实验。一次逐渐增加对比度直至刚好能看见条纹为止。一次逐渐降低对比度直至刚好看不见条纹为止。取这两次读数的平均值作为对比察觉阈值。

观察者经过20分钟的暗适应后，采用自然瞳孔观察目标光栅。观察者应在牙印架上用牙咬住一个预先做好的牙印，以便固定头部位置，保证实验过程中观察者的双眼对准显示器中心不变。观察者通过按动两个按键中的一个指示看到或看不到的光栅，按键提供的信息反馈给计算机，计算机再控制增加或减小光栅的对比度。对比度按0.000436的步长变化（即正弦波振幅变化0.2mV）。

在每组实验中，九个空间频率的光栅随机地呈现给观察者。每一空间频率观察者都要做六组实验，取平均值为阈值。在单眼观察中，左右眼交替进行测定，取两只眼的平均值为单眼阈值。

3. 观察者

本实验需六名年龄在20-28岁之间的青年为观察者。他们均具有正常颜色视觉和正常视力或矫正后正常视力，并具有一定的实验能力，但并不了解本实验的全部细节。

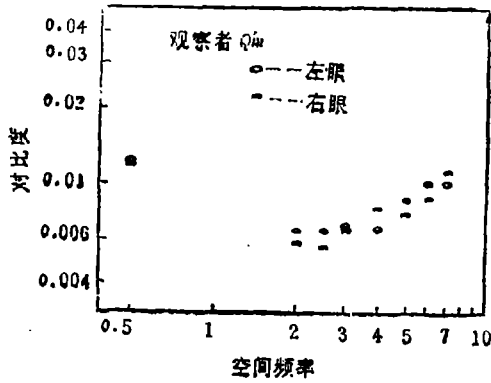
三、实验结果

在单眼实验中，被试者用一只眼睛观察光栅。另一只眼用黑绒布罩遮住。在双眼实验中则用二只眼睛观看相同的光栅。每一组实验中，九个空间频率的光栅随机地呈现给观察者。每一个被试者做六组实验，其平均值为测试结果。

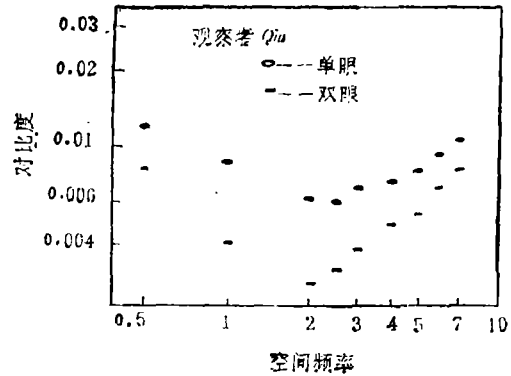
图2给出目标光栅平均亮度为10尼特时，观察者QGA的对比察觉阈值随空间频率的变化。图中对比度和空间频率均以对数坐标做图。图2(a)是QGA的单眼察觉阈。其中圆圈表示左眼数据，圆点表示右眼数据。

图2(b)是QGA在相同条件下测得的双眼察觉阈和单眼察觉阈（通常取左右两只眼睛的平均值作为单眼察觉阈）。

双眼总合的大小我们用单眼与双眼的察觉阈值之比 R 评价（ $R = \text{单眼阈值} / \text{双眼阈值}$ ）。表1是观察者QGA的所有测量值。



(a) 观察者QGA的左右眼察觉阈



(b) 观察者QGA单眼与双眼的察觉阈

图2 观察者QGA的对比察觉阈随空间频率的变化

表1 观察者QGA的对比察觉阈值及阈值比

空间频率	左 眼	右 眼	单 眼	双 眼	阈值比 R
0.5	0.0124	0.0120	0.0122	0.00826	1.48
1.0	0.00869	0.00869	0.00869	0.00413	2.10
2.0	0.00652	0.00587	0.00620	0.00283	2.19
2.5	0.00652	0.00565	0.00609	0.00326	1.87
3.0	0.00696	0.00674	0.00685	0.00391	1.75
4.0	0.00674	0.00804	0.00739	0.00500	1.48
5.0	0.00869	0.00761	0.00815	0.00543	1.50
6.0	0.01022	0.00891	0.00957	0.00696	1.37
7.0	0.01022	0.0113	0.01076	0.00826	1.30

图3是根据六名观察者测得的结果求平均值得到的曲线。其中圆圈表示单眼察觉阈值，圆点表示双眼察觉阈值。这两条曲线虽然相似，但并不平行。如果我们用 R 表示单眼阈值与双眼阈值之比，则 R 值不等于常数，它随空间频率而变。这些结果将在下文中讨论。

图4是 R 值随空间频率的变化，其中空间频率是以对数坐标画图。

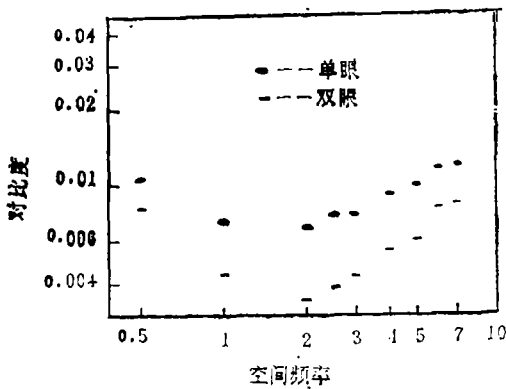


图3 平均亮度10尼特时单眼和双眼对比察觉阈

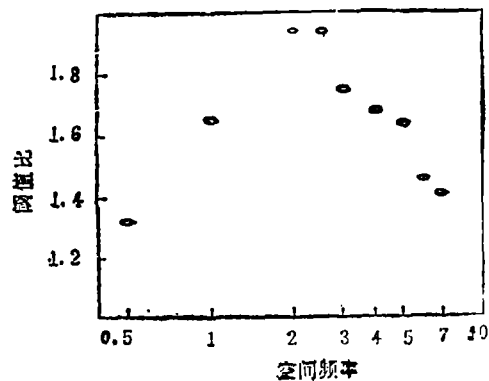


图4 单眼和双眼的阈值比

我们所测定的正弦波光栅刺激的单眼和双眼察觉阈值，虽然例数不多，但结果比较有规律。图 3 和图 4 概括我们的测量结果。

四、讨 论

从图 2 和图 3 的这些结果看出：其一，空间频率在 0.5 到 7 周/度范围内，对比察觉阈值有明显的通带特性，空间频率在 2 ~ 2.5 周/度范围内察觉阈值最低，即对比敏感度最高，最低对比察觉阈单眼为 0.006，双眼为 0.003。其二，单眼与双眼的察觉阈值明显不同，存在双眼总合问题。

我们用 R 值的大小来讨论双眼总合的能力。如果 R 值等于 1，则说明单眼和双眼的阈值相等，即不存在双眼总合问题，如果 R 值等于 2，即说明双眼的察觉能力是单眼察觉能力的总合，也可称做完全总合。如果 R 值在 1 到 2 之间，我们可以称做部分总合。从图 4 中我们可以看到，在对比察觉中存在不同程度的双眼总合，不同空间频率双眼总合能力不同。在察觉能力最大即阈值最小的空间频率 2 ~ 2.5 周/度之间，双眼总合能力最大， R 值接近于 2，也可以说接近完全总合。

参 考 文 献

- [1] Pirenne M. H., Nature, 152, (1943) 698-699
- [2] Thorn F. and Boynton R. M., Vision Res., 14 (1974) 445-458
- [3] Campbell F. W. and Green D. G., Nature, 208, (1965) 191-192
- [4] Gordon E. Legge, Vision Res., 24 (1984) 373-383

Spatial Frequency Effect on Binocular Summation of Contrast Detection

Sun Lanchun Yao Haishun Feng Jiazhang

Abstract

In this paper the problem of binocular summation has been investigated by means of the apparatus and self-produced software. The contrast detection thresholds of the Chinese were measured for monocular and binocular viewing, and the satisfactory results are obtained.

Key words: Contrast detection, Binocular summation, Threshold, Spatial frequency