

进一步实验作出回答。

参 考 文 献

- [1] Harry, J. W.: *Vision Res.*, 14, 1185, 1973.
[2] Gibson, J. J. et al.: *J. Exp. Psychol.*, 20, 453, 1937.
[3] 同[1]。

- [4] McCollough, C. et al.: *Science*, N. Y., 149, 1115, 1965.
[5] Hubel, D. H. et al.: *J. Physiol. Lond.*, 148, 574, 1959.
[6] Hubel, D. H. et al.: *J. Physiol. Lond.*, 195, 215, 1968.
[7] Dow, B. M. et al.: *J. Neurophysiol.*, 36, 79, 1973.

[本文于 1980 年 9 月 23 日收到]

双眼立体视觉融合时人为噪音的耐受能力

张 成 秀 郑 竺 英

(中国科学院生物物理研究所)

在长期的进化过程中,人和高等动物的视觉、听觉系统得到了很好的发展,不仅灵敏度高(即阈值低),而且选择性好(即信噪比高、抗干扰能力强)。人和高等动物的眼睛和耳朵都是成对的,这不仅能增加感受信息的可靠性和通道容量,而且通过两侧感受信息的比较分析综合,能够反映客观物体的空间特性和随时间的变化。例如用两只耳朵感受声音在时间上的差异,可以分辨声源来自何方,具有定向功能;利用两眼的视差作用能够判断所见目标的距离,具有立体感。这些生物学上的优点在工程技术上已得到广泛应用。大自然的启示使人们受惠不小。而在抗干扰、增加可靠性、使信息传输不失真等方面,视觉和听觉也给予人们很多启发。视觉系统有抗噪音干扰的能力。例如, Julesz^[2,3] 将两张随机点立体图对,一张图分别加上不同类型的噪音:散焦,有规律的改变 20% 的图象元素,面积大小改变 10% 以上,而另一张图保持不变,当双眼观察时,立体图形还可感知。这说明双眼视觉的信噪比较高,如果能弄清其原理,并将之应用于工程技术和医学等方面,将是十分有益的。为此我们开展了这方面的研究。

方 法

为适应我们实验的要求,我们选择了凸出的波浪图形为试验图形,并用黑白随机点为质

地,波浪图形的方程为: $Z = 15 \sin [\omega(X + Y)]$ 其中 Z 为深度轴坐标, X, Y 分别为横,纵两坐标, ω 为频率,即 $2\pi/T$ (在这里 T 取为 20)。示意于图 1 上。

根据视差原理,在计算机上产生波浪形立体图对上各点所在位置的数据,再根据数据绘制成图。用 TQ-16 型电子数字计算机,采用 ALGOL 60 算法语言编制程序^[4]。

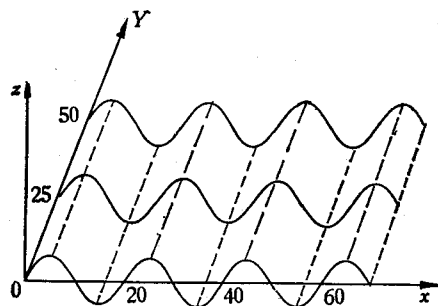


图 1 波浪图形的示意图

首先产生随机点,即图上每一点是黑还是白色的,应当是随机的,在编制程序后由计算机自动给出。同时根据视差,由计算机将某一点在立体图对的左图或右图上的位置算出。再根据计算机数据将每一点按照是黑或白准确地画在两张图对的一定位置上,由此得到图 2,当左眼看左图,右眼看右图时,就能融合成一个有立体感觉的波浪图形。

假设这样做成的立体图对是没有噪音的

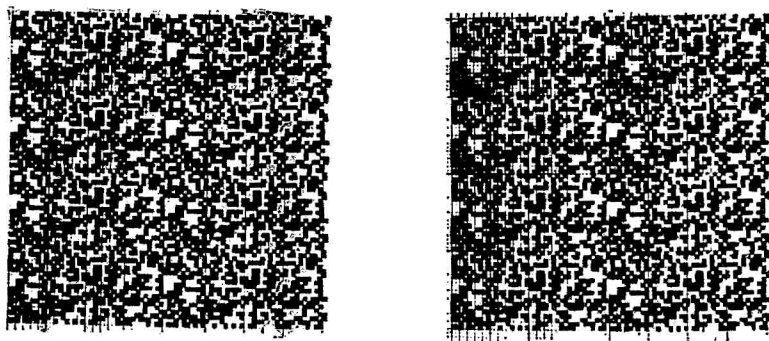


图 2 无噪音图对

(即两张立体图对精确反应了每一点是黑或白,并准确地位于对应位置上)。

在制作不同量随机噪音的立体图对时,我们是将立体图对中的一张,改变它的一定量的点子的状态。即黑的改为白的,白的改为黑的。用此法在图上产生了相对的噪音。为了使改变的点子是随机出现的,需在计算机上产生随机点序号范围内的伪随机数,使产生的伪随机数量与原有图的随机点的数量的比分别为:10%、20%、25%、30%。并将一对立体图中之一张

按序号加上上述量的随机噪音,例:一张图中有10%的随机点按照序号,每逢上相同的伪随机数,该点就发生变换,黑点变为白点,白点则变为黑点。20%、25%、30%的噪音图制作同上述方法。

然后,将这些带有不同量随机噪音(10%、20%、25%、30%)的图分别和无噪音的图配成图对,组成一套具有定量信噪比的立体图对(图3)(由于是用随机点组成图形,所以噪音是相对左右两张图对而言的,就其中一张而言,不存

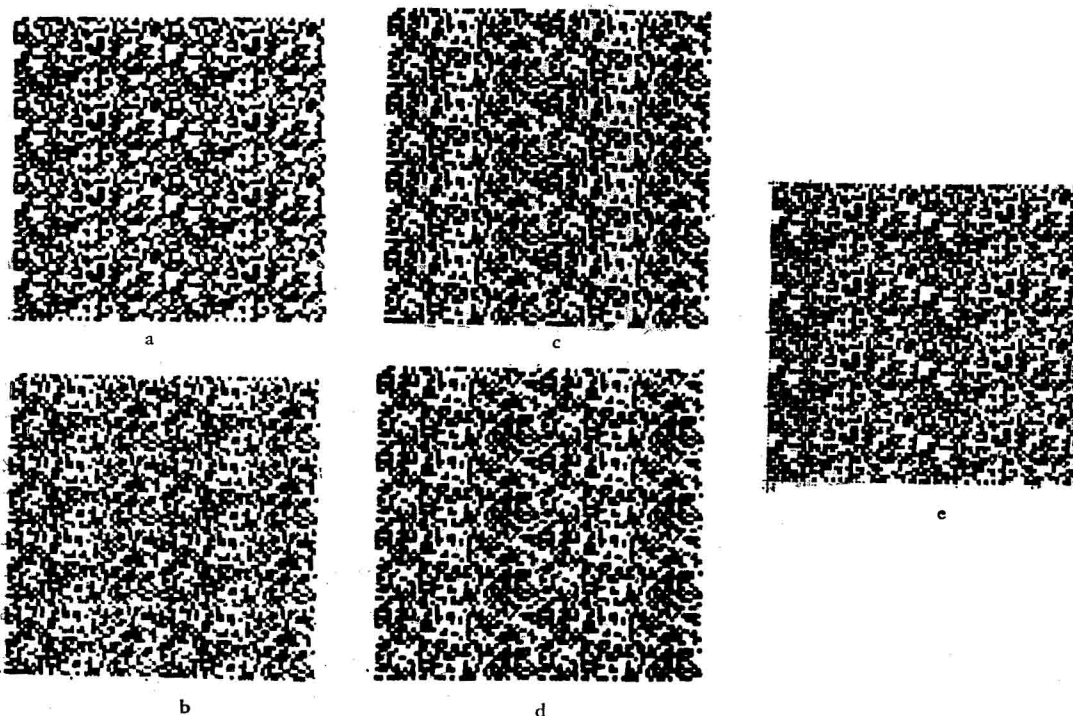


图 3 不同程度噪音图对

a: 加10%噪音 b: 加20%噪音 c: 加25%噪音 d: 加30%噪音 e: 无噪音图 (观察时 a,b,c,d,分别与e配对, a, b, c, d 分别放在左边, e 放在右边)

在所谓绝对的噪音。因此如果将噪音加在右图上,然后和原来的左图配成图对,其结果和上面是等同的)。

被试者 103 人,其中成年人 33 位,小学生 70 位,要求观察者的矫正视力 1.0 以上,并且是非体视育,通过立体镜观察上述的一套具有定量信噪比的波浪形随机点立体图对。一般说,如有立体感,波浪形数秒就可看出;如超过 2 分钟仍看不出立体图形,则为噪音掩模了立体感。每个观察者按照噪音量呈现的三种不同顺序:随机地给出每一种量的噪音,顺序地将噪音量由小到大给出,逆序即噪音量由大到小,进行观察,103 个人共进行了 309 次观察实验,每次又包括无噪音 10%、20%、25% 和 30% 噪音五种图对的观察。然后对观察结果进行统计分析。

图的大小每张为 $4 \times 4\text{cm}^2$,放在放大两倍的体视镜内观察,观察时受试者可根据自己的目间距和视力状况,自由调节图片的观察距离,使观察达到最清晰程度。被试者正式测试前让他们观察别的图象的立体图对,以便熟悉观察方法。

结 果

由表 1 可见,被试者对波浪图形的随机噪音的耐受阈限成人 为 24.5%,儿童则大于 30%,儿童较成人耐受能力强。统计学上显著性测验表明两个样品百分率间的差别是显著的。根据离散性百分率的 t 检验法:

对于 25% 噪音图对:

$$t = \frac{|P_1 - P_2|}{S_{(P_1 - P_2)}} = 3.22 > 1.98, (0.95 \text{ 置信$$

表 1 对具有不同量噪音的立体图对观察结果

观察图对	被试者观察结果	儿童 70 位(小学三年级学生,年龄 9—10 岁)	成人 33 位
		能够见到立体波浪的人数占儿童总数的百分比	能够见到立体波浪的人数占成人总数的百分比
无噪音图对		100%	100%
10%噪音图对		100%	100%
20%噪音图对		100%	100%
25%噪音图对		77%	45%
30%噪音图对		67%	18%

区间),说明 P_1, P_2 间(即儿童成人间耐噪率)有显著性差异。差异的 0.95 置信区间为 $(P_1 - P_2) \pm 1.98S_{(P_1 - P_2)} = (32 \pm 20)\%$,即儿童耐噪音比成人高 12% 到 52%。

对于 30% 噪音图对:

$$t = \frac{|P_1 - P_2|}{S_{(P_1 - P_2)}} = 4.64 > 1.98, \text{即差异显}$$

著。百分率差数的 0.95 置信区域为 $(P_1 - P_2) \pm 1.98S_{(P_1 - P_2)} = (49 \pm 21)\%$,即儿童耐噪音比成人高 28% 到 70%。

由上还可看出,对 30% 噪音图对儿童成人间的差异比对 25% 噪音图对的差异还要大。

参 考 文 献

[1] [英] John F. Young (李永新译):《机械人》,1978 年。
[2] Julesz, B.: *Bell System Technical Journal*, 39(5), 1125, 1960.
[3] Julesz, B.: *Scientific American*, February, 1965.
[4] 郑竺英等:《心理学报》,1980 年第二期,第 195 页。

[本文于 1980 年 10 月 31 日收到]