

结果一致。

利用突触可塑性,可以建立条件反射形成的模型,可以建立有学习能力的联想记忆网络等<sup>[3,4]</sup>。神经网络的自组织能力,可使脑形成有特殊功能的信息处理机构,使脑能不断改进其信息处理能力。这是目前电子计算机所不具备的。日本从1982年开始,预计用10年研制第五代电子计算机,其特点之一是具有自适应的联想功能。据报道其自适应功能主要是以脑的这一功能为蓝本的。

## 结 语

上面介绍了一些脑信息处理的特点,目的是为了解脑内信息处理功能,并为新型的信息处理机器的研制提供线索。脑计算机的设计,原则上是为了能积累经验,以适应将要遇到的变化的环境。可靠性、灵活性和适应能力是其主要目标。而目前电子计算机则是以每一次处理之间相互隔离(或不相影响)为前提的。其存贮内容可很快清除和写入,而脑则不能。两者

各有其优缺点。将两者的信息处理能力结合起来,可能是构造更加强有力的脑力劳动的工具的一个方面。

## 参 考 文 献

- [1] Neumann, J. Von: *The Computer and Brain*, 1958.
- [2] Wilshaw, D. J. et al.: *Nature (Lond.)* 222, 960, 1969.
- [3] Kohonen, T.: *Associative Memory*, Springer-Verlag, 1977.
- [4] 中野馨: *アソシアトロン*, 昭晃堂, 1979.
- [5] Palm, G.: *Biological Cybernetics*, 36, 19, 1980.
- [6] Gilbert, P. F. C.: *Brain Res.*, 70, 1, 1974.
- [7] Gevarter, W. B.: 1977 *Proc. International Conference on Cybernetics and Society*, pp 694—698, 1977.
- [8] Whitefield, I. C.: *Cybernetic Problems in Bionics* (Oestreicher, H. L. ed.) p 1005, 1968.
- [9] Muller, F. J. et al.: *J. Theor. Biol.*, 41, 97, 1973.
- [10] Brindley, G. S.: *Proc. Roy. Soc. B.*, 168, 361, 1967.
- [11] Nagano, T. et al.: *Biological Cybernetics*, 32, 1, 1979.

[本文于1983年6月24日收到]

# 有单眼线索与无单眼线索的深度信息处理方式

姚 国 正

(中国科学院生物物理所,北京)

一般认为体视(相对深度知觉)主要是双眼的视觉功能,是由双眼视差产生的。根据刺激图像的性质,体视大体上可以分成两类:一类是有单眼线索的,另一类则无单眼线索。所谓单眼线索,可以是 Helmholtz 的轮廓图形<sup>[1]</sup>, Kaufman 的亮度模式<sup>[2]</sup>,也可以是 Ramachandran 的主观轮廓<sup>[3]</sup>。在立体图对中,所有这些图形或模式一律可用单眼加以识别。而无单眼线索的立体图对——例如 Julesz 的随机点立体图对——则不含任何可供单眼识别的图形或模式<sup>[4]</sup>。根据上述分类,视差也可分成两种:一种是图形或模式之间的视差,另一种是对应点之间的

视差。除视差体视外,我们不久前曾观察到一种新的体视现象,即“双眼透视”。这种深度知觉与视差无关,仅由刺激图像之间的结构差异决定<sup>[5]</sup>。双眼透视看来也是一种无单眼线索的体视现象。本工作对由随机点质地构成的上述两类立体图对所产生的体视现象作了分析比较,对空间滤波在体视中的作用作了初步的考察,目的是要说明人脑处理深度信息的方式,探讨人的深度信息处理系统的模式结构。

## 一、方 法

设计两类由随机点质地构成的立体图对,

## 二、结 果

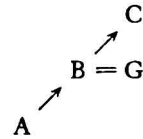
### 1. 有单眼线索的立体图对体视现象实验

这种立体图对的图形是随机点质地构成的三个长方形，视差分别为  $0.5^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $-0.5^\circ$ 。两图的象元无对应关系，两个正方形边框大小相同(图 1)，记为：

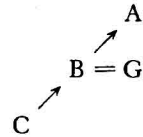
$$A_L \neq A_R, B_L \neq B_R, C_L \neq C_R$$

$$G_L = G_R$$

在立体镜下，长方形 B 和边框 G 处在同一深度位置上，A 在 B 的前面，C 在 B 的后面，记为：



把左图和右图对调，则深度层次颠倒，得：



由于在立体镜下图 1 投射到两眼视网膜对应位置上的象元是不同的，因此这里没有对应点视差。但图 1 的三个长方形是能用单眼识别的，因此有理由把单眼图形看成是一个整体，可以比较它们的位置。这一位置比较即图形视差的检测可由双眼视差检测单元完成<sup>[6-7]</sup>，由此产生深度知觉。两个单眼图形之间的象元不同可能会引起双眼竞争现象，但竞争并不妨碍体视。在某些情况下，体视的形成反而会抑制双眼竞

第一类具有鲜明的单眼图形线索，但左右两图的象元并不存在对应关系，即在对应位置上象元的大小、形状和亮度都不同(图 1)。第二类不含任何单眼的线索，但左右两图之间有某种对应关系；根据对应关系的不同，它又分成三种：(1) 图形部分不同，但背景相同(图 2)；(2) 图形和背景都相同；(3) 图形相同，但背景不同(图 3)。

上述两类共四种立体图对中的图形均由三个长方形组成，它们分别代表交叉视差(图形向内侧相对移动 2 毫米)、零视差(图形无相对移动)、不交叉视差(图形向外侧相对移动 2 毫米)。

在立体镜下观察上述立体图对所产生的体视现象。观察距离是 25 厘米，三个长方形的视差分别等于  $0.5^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $-0.5^\circ$ 。受试者是两名成年男子，他们体视正常，有观察随机点立体图对的经验。

为了叙述的方便，本文采用下列记号：

A、B、C 分别表示立体图对的上、中、下三个长方形图形(参见图 1)。

G 指图 1 的正方形边框，也指图 2 和 3 的背景。

L、R、下标记号，分别代表立体图对的左图和右图。

= 表示左右两图对应位置上的象元相同，也指深度知觉位置相同。

$\neq$  表示两图对应位置上的象元不同。

$\nearrow$  指深度位置离观察者远。

$\supset$  指包含关系。

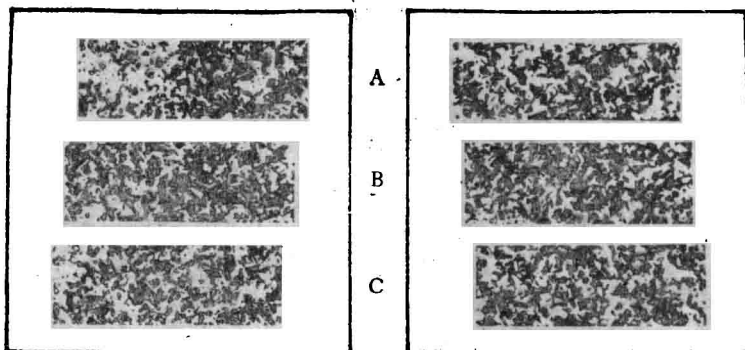


图 1 由随机点质地构成的有单眼线索的立体图对在立体镜下能看到一个三层的阶梯。两图位置对调，阶梯随之颠倒。

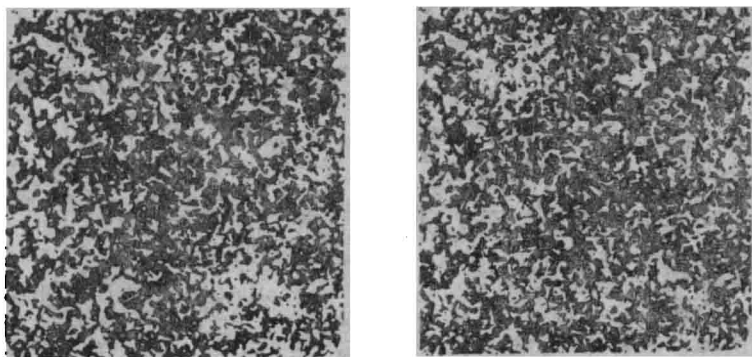


图2 无单眼线索的立体图对,背景部分相同,但图形不同

在立体镜下三个长方形都落在背景后面,而且它们在深度位置上没有差别。两图对换,上述深度知觉位置保持不变。

争<sup>[8]</sup>。对换两图位置,图形的交叉视差变成不交叉视差(或相反),深度位置自然就随之改变。

由此看来,有单眼图形线索的立体图对的深度知觉是由模式图形的视差决定的,与图形的细节无关。其深度信息处理的方式是:先进行单眼的图形识别,再比较两个图形的水平位置差即检测视差,由此产生深度知觉。这与古典的体视理论<sup>[4,9]</sup>是一致的。

## 2. 无单眼线索的立体图对的体视现象实验分三种情况分别描述如下

(1) 图形不同但背景相同的立体图对(图2)的实验:用同样质地的随机点把图1边框所围定的空白区补满(同时撤去边框),单眼的图形线索便消失,图1变成图2。在图2中:

$$G_L = G_R$$

$$A_L \neq A_R, B_L \neq B_R, C_L \neq C_R$$

它产生的深度知觉位置为:

$$A = B = C$$

两图左右位置对换,图形的深度位置保持不变。

由于图2无单眼的图形线索,因此无从检测图形视差。若视差是产生体视的唯一的信息来源,则图2不应产生体视,现在却产生了。可见,图2的体视现象必定是由其它深度信息引起的。

要构成信息必然含有某种差别。图2左右

两个图像的差别用单眼一般是无法辨别的。但在立体镜下,两图象元相同的背景部分发生融合,看上去明亮而清晰;两图象元不同的图形部分则出现双眼竞争现象,看上去暗淡而模糊。双眼观察图2时出现的这一差别可使图形和背景区分开来。根据透视原理,明亮清晰的总是显得近些,暗淡模糊的则总是显得远些。因此,图2的图形和背景会在深度位置上分开,从而产生立体感。两图位置对调,融合和竞争的关系并不改变,所以图形的深度知觉位置保持不变。

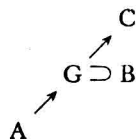
由此可见,图2的深度知觉是由双眼透视产生的,而与视差无关<sup>[5]</sup>。其深度信息处理的步骤是:先双眼汇合,然后相同部分发生双眼融合,不同部分出现双眼竞争。只要融合和竞争之间的差异足够大,背景和图形就在深度上分开,形成立体感<sup>[9]</sup>。

(2) 图形和背景都相同的立体图对的实验:使图2中的三个长方形左右相同,就得到 Julesz 的典型随机点立体图对<sup>[4]</sup>。在此图对中:

$$G_L = G_R$$

$$A_L = A_R, B_L = B_R, C_L = C_R$$

在立体镜下,长方形B和背景G连成一片,A在背景之前,C在背景之后,即:



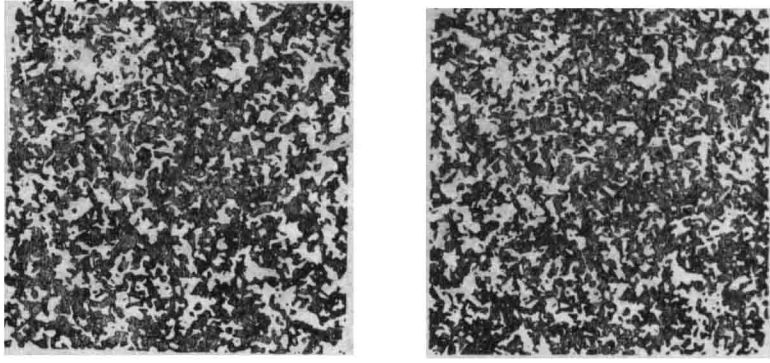
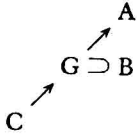


图3 没有单眼线索的立体图对,图形相同,但背景不同

在三个长方形图形之间有对应点视差信息,在图形和背景之间又有双眼透视信息。在立体镜下,三个长方形浮现在背景之上,它们的深度分成三个层次,构成一个三层阶梯。两图对换,阶梯颠倒,但它们仍在背景之上。

两图对换, A 和 C 的深度位置互换,得



由于这种立体图对左右两个图像的像元相同,背景和图形都能融合,因此存在对应点的视差。对应点视差可由双眼视差检测单元检测出来。视差相同的点联成一个深度平面。这种联合是视觉系统协调作用的结果。在协调过程中,视觉系统完成了两个图像的匹配即双眼的识别任务<sup>[10]</sup>。

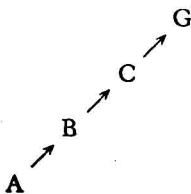
所以, Julesz 的这种典型立体图对的深度知觉是由对应点视差决定的。其深度信息处理的方式是:先发生双眼融合,再检测对应点的视差,并识别图形,然后在两眼图像匹配的基础上产生深度知觉。

(3) 图形相同但背景不同的立体图对(图3)的实验:把 Julesz 型立体图对的背景部分变成左右不同,即得图3,其中:

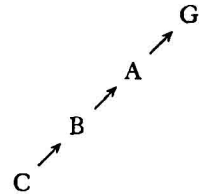
$$G_L \approx G_R$$

$$A_L = A_R, B_L = B_R, C_L = C_R$$

它引起的深度知觉位置是:



两图位置对换后深度位置变成:



在图3中,由于三个长方形图形相同而背景不同,因此在图形和背景之间有双眼透视作用,图形总是浮现在背景之上<sup>[5]</sup>。又由于三个长方形图形左右两边的象元是对应的,因此在三个长方形之间又有对应点的视差作用,图形按视差的大小和方向又分成三个不同的层次<sup>[4]</sup>。两图对调,视差符号改变,三个长方形的深度位置颠倒;但按透视原理,它们仍在背景前面。

由此可知,图3的深度知觉是由双眼对应点视差与双眼透视共同确定的。实际上,它是实验(1)和实验(2)所示体视现象联合作用的结果。这表明对应点视差和双眼透视作用是彼此独立的,它们由平行通道分别处理。

### 三、讨 论

#### 1. 空间滤波在体视中的作用

对上述四种立体图对的深度信息处理方式所作的和分析比较都是在空间域内进行的。我们知道,双眼视差和立体图对的空间频谱是有联系的<sup>[11]</sup>,由视差产生的体视现象也可以在空间频率域内加以分析<sup>[12]</sup>。

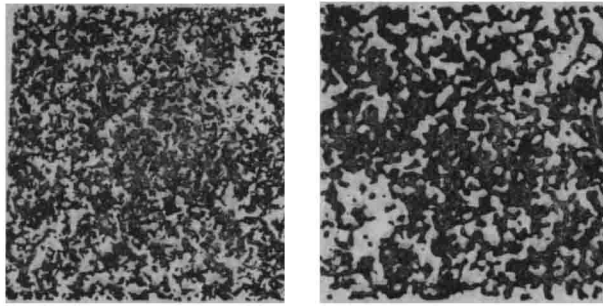


图 4

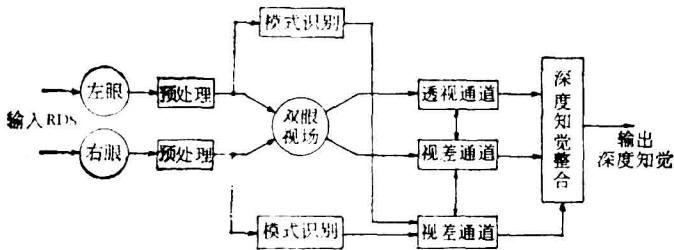


图 5 人的深度信息处理系统模式图

立体图对的图像一般是由各种空间频率成分组成的。而空间滤波，就是选取一些频率成分，而摒弃另一些，从而改变图像的内在结构，改变立体图对原有的对应关系，把有用的信息提取出来。对具有双眼透视的立体图对来讲，这是十分自然的，因为每一个频率成分都携带着视差信息。但对具有双眼视差的立体图对来讲，情况似乎就不是这样。因为空间滤波改变了立体图对原有的对应关系，这将破坏立体图对原有的融合、竞争状态，使双眼透视现象消失。而实际上，一些双眼透视立体图对经空间滤波处理后仍然具有双眼透视现象。这说明上述推想是不正确的。关于空间滤波在体视中的作用，可用下例说明。

对图 3 中的右（或左）图进行低通滤波处理，构成一个新的立体图对（图 4）。图 4 的左图和右图看上去是完全不同的，它既没有相同的对应点，又没有相同的图形。但是，在立体镜下它能引起立体感，而且其立体感和图 3 的完全相同。从空间域的观点看，除非视觉系统对图 3 的左图（或右图）作同样的低通处理，否则图 4 就不能产生深度知觉，更不会产生与图 3 完全一样的深度知觉。因此，至少可以这样说：

在产生深度知觉之前，不仅双眼视差，而且双眼透视信息，都在空间频率域内作了预处理。预处理的位置不妨假设它紧接在左右两眼图像输入之后。

## 2. 人的深度信息处理系统的模式结构

根据上述实验结果和讨论 1，对人的深度信息处理系统模式图可试用图 5 表示。

如图所示，双眼刺激（随机点立体图对）由两眼视网膜接收后在空间频率域内进行图像预处理。预处理的输出信号分成两路：有单眼线索的进行模式识别，无单眼线索的则汇合成双眼复合视场。双眼的复合信号又分成两路：一路进入视差通道，另一路进入透视通道，分别处理这两种深度信息。在这两个通道之间则存在抑制性相互作用。单眼的模式信号进入另一视差通道，检测模式之间的视差。在两个视差通道之间也存在抑制性相互作用。经各通道处理后的信息被送到更高的层次上进行整合，最后以深度知觉的形式输出，即为人所感知。

## 参 考 文 献

[1] Ogle, K. N.: *The Eye* (ed. Davson, H.), vol. 4,

(下转第 47 页)

其中只有3只母兔受孕,所产子兔健在,无畸形。一只雌兔与正常雄兔交配亦受孕,产子兔7只,健在无畸形。受照组家兔,所产子兔,一般4—7只/窝,雌雄比例与正常兔无明显差异。

### 5. 睾丸病理学检查

照射结束时,分别将1、2、3及对对照组的雄兔,摘除左侧睾丸作病理检查。其重量见表2。

1、2组摘除的睾丸,没有称重,但与正常组相比,均有不同程度的体积缩小。睾丸发生病理学改变:照射达1.35拉德时即有睾丸生精上皮受损,呈现层次减少,排列紊乱,A型精母细胞消失等病理变化,累积剂量达27.0拉德时,可出现生精细胞枯竭、细胞自溶的现象,而达84.5拉德时其病理改变同上述二组大致相似,仅受损程度略有不同。对照组无异常发现。停照1年后观察,1.35拉德组都基本恢复正常;27.0拉德组,2/6恢复正常,4/6稍有恢复;84.5拉德组大部分恢复。

表2 睾丸重量

对照组		第3组兔(84.5拉德)			
编号	睾丸重(克)	编号	睾丸重(克)	编号	睾丸重(克)
1	3.5	1	2.5	4	2.3
2	3.5	2	1.6	5	1.7
3	3.0	3	1.0	6	3.4

### 三、讨 论

本实验用快中子对三组家兔行全身慢性照射,累积剂量分别达1.35、27.0和84.5拉德,均随累积剂量增加,出现不同程度的精子数减少,

活动度降低,死亡数增高,后二组有的睾丸明显萎缩,体积缩小,这与精母细胞的数量减少,以及精子细胞和未成熟精子的丧失有关。生精上皮出现不同程度的破坏现象,主要是由于射线损伤了增殖和分化的A型精原细胞,加之在精子发育的早期阶段,射线就阻断了连续的生精过程,最终导致生精细胞的枯竭<sup>[3]</sup>。

停照后1年,三个剂量组均有不同程度的恢复。1.35和27.0拉德组所造成的损伤是可逆的,短期内即可自然恢复。

睾丸和其它组织器官相比,对于小剂量分次照射的累积效应更为敏感。小剂量连续照射也可能造成永久性不育。我们的初步实验证明,每日照0.005、0.1拉德,累积剂量分别为1.35、27.0拉德,受照动物没有明显的放射病反应,而睾丸的变化确较为明显。油田查体中发现,测井工人接受的中子剂量,一般不超过最大容许量,无典型的放射病临床表现,但有的人反映性功能减退和不育。这是否因中子对睾丸的相对生物效应较大有关但难肯定。我们实验曾证明<sup>[4]</sup>,中子剂量越小时,生物效应,越大,剂量增加,效应反而下降。此次实验也表明,低剂量组睾丸的变化反而明显,但三个剂量组之间无显著性差异。

病理观察承蒙山东省中医药研究所张培德大夫及本院病理室协助,特此致谢!

### 参 考 文 献

- [1] Neary, G. J.: *Chronic Radiation Hazard*, Pergama, Press, London, 1957.
- [2] Tcnes, T. D. et al.: *Health, Phys.*, 11, 519, 1965.
- [3] 沈煜民等:《生物化学与生物物理进展》,2,54,1980.
- [4] 史纪兰、黄权光:《职业医学》,6, 10, 1982.

[本文于1983年4月6日收到]

(上接第24页)

Chap. 15, New York and London, Academic Press, 1962.

- [2] Kaufman, L.: *Amer. J. Psychol.*, 77, 393, 1964.
- [3] Ramachandran, V. S. et al.: *Nature*, 242, 412, 1973.
- [4] Julesz, B.: *Sci.*, 145, 356, 1964.
- [5] 姚国正等:《科学通报》,4, 248, 1983.
- [6] Barlow, H. B. et al.: *J. Physiol.*, 193, 327, 1967.

- [7] Hubel, D. H. et al.: *Nature*, 225, 41, 1970.
- [8] Ogle, K. N. et al.: *Vision Res.*, 7, 89, 1967.
- [9] 姚国正等:《生理科学》,10, 15, 1982.
- [10] Julesz, B.: *Amer. Sci.*, 62, 32, 1974.
- [11] 郑竺英等:《心理学报》,2, 195, 1980.
- [12] 姚国正:《生物化学与生物物理学报》,3,229,1981.

[本文于1983年5月30日收到]