

公认在哺乳动物体内不能合成各种必要的不饱和脂肪酸类,必须从食物摄取。早期认为,摄取单纯是通过细胞膜的渗透作用进行的。但近年来人们进一步了解到,此过程与前列腺素有一定关系。摄取的途径:一是带有乙酰基的蛋白质的作用,二是类似激素的前列腺素与血栓原等自体有效物质 (autocoid) 的作用。即前列腺素与体内的不饱和脂肪酸类代谢是密切有关的。最先讨论这种关系的是 Bergstrom 等^[10]。Van Dorp 曾对这一问题作出评述^[11]。他们又证实某些类型的不饱和脂肪酸类是前列腺素一类物质。具有生物活性的前列腺素在这些生物合成中起很重要的作用^[12]。但必须指出,这种生物合成的过程是在某种酶类、特别是环氧化酶或异构酶的催化作用下促成的^[13]。

不同类型的饱和脂肪酸类对酶 (如环氧化酶) 的活性中心还有竞争作用,它们在前列腺素的合成过程中还能起制约作用^[14]。Wolfe 曾经比较了油酸、亚油酸与亚麻酸在人体内的机制,可见双键的位置是有一定作用的,如有人发现花生四烯与前列腺素的关系。

经过近年来的研究,多饱和脂肪酸类在生理上与合成前列腺素的关系,已逐渐得到阐明,当前我们急需进一步探索它们在治疗学上的作用^[9]与在药理上的作用^[15]。

参 考 文 献

- [1] Burr, g. O. et al.: *J. Biol. Chem.*, 82, 345, 1929.
- [2] 甘景镐等:《中国化学会志》, 5, 71, 1986.
- [3] Beveridge, J. M. R. et al.: *Can. J. Biochem.*, 35, 257, 1957.
- [4] Grandy, S. M.: *J. Clin. Invest.*, 55, 269, 1969.
Spritz, N. et al.: *ibid*, 48, 78, 1969.
Engelberg, H.: *Metabolism*, 15, 796, 1966.
- [5] Gordon, D. T. et al.: *Lipids*, 10, 270, 1975.
- [6] Shipski, V. P.: *Blood lipids & Lipoproteins*, (Ed. G. J. Nelson) 471, Wiley & Sons. N. Y. 1972.
- [7] *Abstracts of papers of ISF/AOAC World Congress*, April 27—May 1, New York, 1980.
- [8] Kuman, Wolf-H. et al.: *Am. Oil Chemists Soc.*, 139, Champaign, Ill. U. S. A. 1977.
- [9] Lands, W. et al.: *Prostaglandins and Cyclic Amp. Biological Chemical Applications*, Academic Press, New York, 1973.
- [10] Berstrom, S. et al.: *Biochim. Biophys. Acta*, 90, 207, 1964.
———: *J. Biol. Chem.*, 239, 4006, 1964.
- [11] Van Dorp, D.: *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 180, 181, 1971.
- [12] ———: *24th. Int. Cong. of Pure Appl. Chem.*, 2, 117, Butterworth, London, 1974. *Recl. Trav. Chem.*, 90, 943, 1971.
- [13] Nugteren, D. N. et al.: *Biochem. Biophys. Acta*, 326, 448, 1973.
- [14] Lands, W. et al.: *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 180, 107, 1971.
- [15] Vane, J. R.: *Nature*, 231, 232, 1971.
Smith, J. B. et al.: *Nature*, 231, 235, 1971.

[本文于 1981 年 4 月 30 日收到]

行为实验与系统分析 II

郭 爱 克

(中国科学院生物物理研究所)

如果一个小的黑色物体镶嵌在黑白反差的随机图案中,人的单眼视觉就难将其与背景区别开来。假使物体与背景的图案一样,单眼就更难分辨。但是,一旦在目标与背景之间有一很小的相对运动,图形就从背景中被鉴别出来。蝇也有类似的本领,它能检测相对于背景而运

动的目标,见图 1。

显然,一个物体的“角”位置信息并不明显地存在于光感受器的输入中。每个光感受器接收的只是与时间有关的光通量,而并不直接接收位置与速度信息。蝇的神经系统是从像流中提取位置与速度信息。那么,蝇的视觉系统采

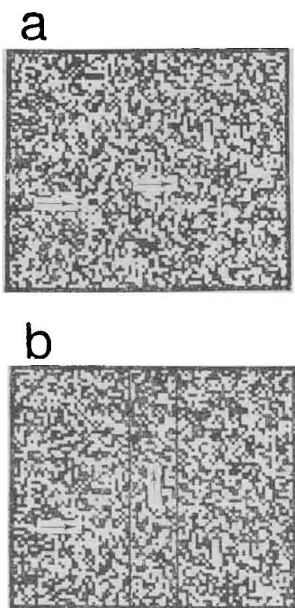


图 1 用以说明图型与背景之间的相对运动效应的随机点图形

a. 图形与背景二者以相同方式沿水平方向运动。图形由随机点构成，垂直走向，消失在背景中。箭头表示反差单元的速度矢量，b. 如果在图形与背景之间相对运动，图形的边界就被识别出来。在这个边界线上速度矢量中断。引自[1]

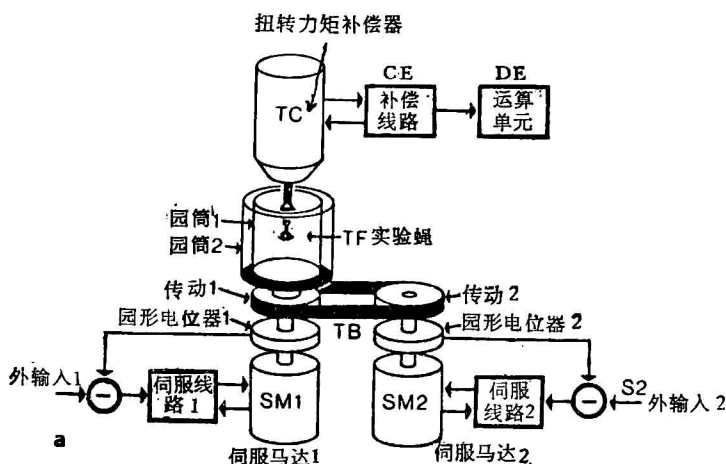


图 2 实验蝇 TF 悬挂在扭转补偿器 TC 上，而 TC 又与补偿线路 CE 相联。CE 的电压输出正比于蝇产生的扭转力矩信号，CE 的输出由 DE 运算。圆筒 1 与 2 分别载有目标图形及背景图形，二者分别由 400Hz 伺服马达控制。(引自[1])

用何种算法来识别运动、位置及相对运动呢？这正是“自上而下”的研究途径应该回答的。这个答案应包括预言系统的行为，制造某种机器或

写出某些程序来按照蝇的方式进行运算。

图 2 给出了实验装置简图^[4]。在图形与背景实验中，图形（可以是一黑色条纹，或为随机点图）围绕 $\pm\phi_0$ 位置振动。在一些实验中背景亦作正弦振动，频率从 0.2 到 8 Hz。

1. 理论背景

研究的目的是为了提出一种运算，从而将输出函数与每一个输入函数联系起来。Poggio 与 Reichardt^[2] 探讨了 n 个输入 1 个输出的系统，用 Volterra 级数展开描述了这样的多输入系统。这样的系统应为非时变的、只有有限记忆的而且可以解析的非线性系统^[3]。在生物信息系统的辨识中，经常可以将高于 2 阶的项舍去，这样的系统可以分解。如图 3 所示。如果一系统具有二个输入，一个输出，这个系统可以分解。如图 4 所示。一个“平滑”的系统可以分解为若干个简单的、标准系统的和。在这个意义上讲，一个多输入的非线性系统可表达为线性系统、相乘系统等的和。这实质为系统的 Taylor 级数展开。

2. 运动信息的运算

显然，在方向性运动的计算中，至少二个感受器来的信号需要加以比较。如果时间平均输出是方向敏感的，那么二个输入之间的相互作用应是非线性的。运动的检测也基于非线性相互作用，等价于二个输入之间相位差的检测。所以，能完成运动检测的最简单运算应为不对称的相乘的相互作用。就是说，二个通道应该是不等价的，否则对不同方向的运动来说，输出就没有区别了。

3. 位置信息的计算

复眼系统的每一单元接收来自单个光感受器的输入，可以完成位置的运算。因为，不动的网膜像应给出零平均输出，所以单一输入的自相互作用至少应为二阶非线性。单输入闪烁检测器可能是

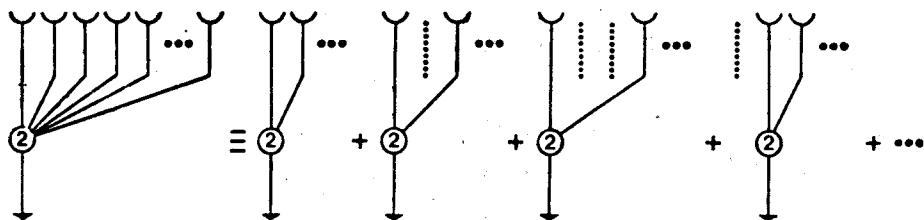


图3 Volterra 二阶非线性系统的分解性质 (引自[2])

蝇计算位置信息的基础。

4. 相对运动信息的计算

如果除了靠近速度矢量中断点的检测器外,其它所有的闪烁检测器都被抑制,相对运动就可以被感知。相对运动导致与背景无关的图形感知。看来,除了单一输入的闪烁检测器外,还要加上来自中心与边缘的方向性运动检测器的信号的计算。如果中心与边缘同步运动或静止,则将抑制闪烁检测器。图5为某些图形相对于背景做正弦振荡时的图解算法。Reichardt与Poggio^[1]分析了图5中各种图解的可能性。其中: a. 表明二个方向灵敏的运动检测器的相互作用。当中心与外周同步运动时,则感受目标的闪烁检测器的抑制达到最大值。当相位差为 180° 时,抑制转为兴奋。b. 由方向不敏感的运动检测器组成。因为运动方向不重要,所以 0° 及 180° 的相位差对于最大的抑制作用是

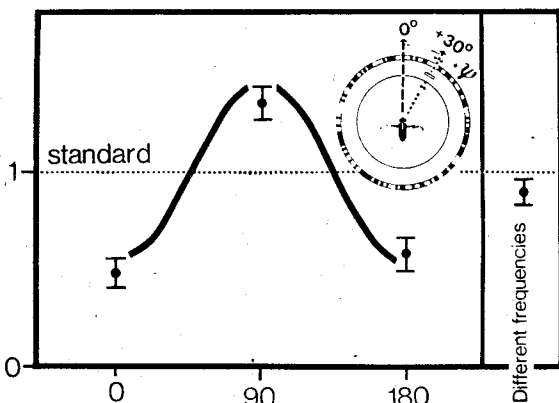


图6 图形与背景的鉴别效应与相位的关系

图形为垂直走向的黑色条纹, 3° 宽, 位于圆筒的下半部。在 φ_0 为 $\pm 30^\circ$ 的位置周围作正弦振荡。背景图形包括随机点图形亦作正弦振荡。一个白色不动屏(12° 宽)处于背景与图形之间。标准反应为背景不动时之反应。引自[4]

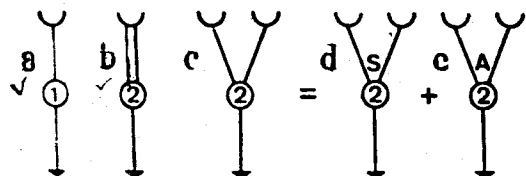


图4 具有二个输入一个输出的 Volterra 二阶非线性系统的分解

(a) 线性项 (b) 自相互作用项 (c) 交相互作用项 (d) 相互作用项中的对称部分(偶), (e) 相互作用项中的反对称部分(奇)。(引自[2])

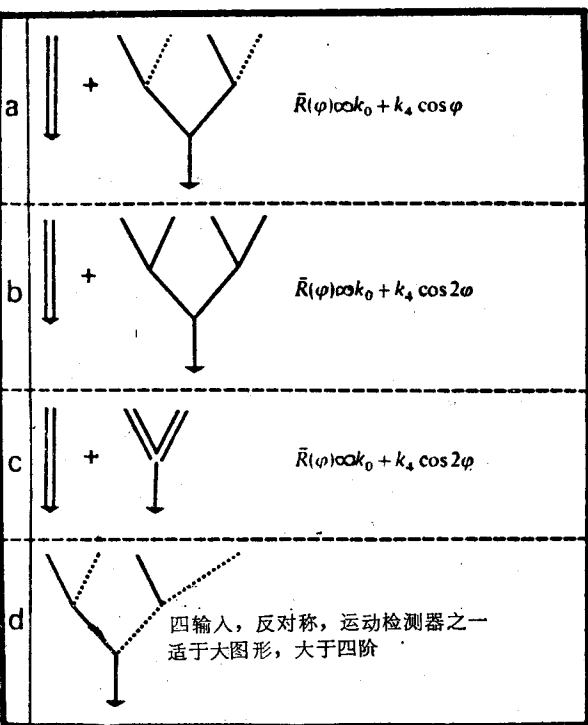
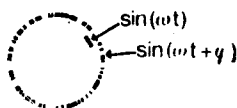


图5 当图形相对于背景作正弦式周期振荡时的图解的性质 引自[1]

等价的。c 与 b 情况类似，以闪烁检测器为基础。d. 运动检测器适用于大视野的运动情况，反应可能包括 $\sin \phi$ 成分。

问题在于蝇视觉系统采用其中的那一种来检测与识别相对运动。图 6 表明若目标与背景的振荡频率相同而相位差为 0° 或为 180° 时，蝇鉴别目标的能力极低。若物体与背景以不同频率振荡时，蝇的反应很强烈。一个不透明的白色屏置于物体与背景之间，并不影响此效应。表明接受目标刺激的感受器与接收背景刺激的感受器之间存在非线性的侧相互作用。相位图在振荡频率为 2.5 Hz 时符合下式：

$$\bar{R} = K_0 + K_4 \cos 2\varphi$$

这与图 6 中的 b、c 情形是符合的。

Reichardt 等^[1]为了进一步检验 b, c 中那一种算法符合蝇视觉系统的实际，设计了新实验。图 7 为实验装置略图。在这些实验中，目标与背景振动的频率和幅度皆相同。从平均反应与相位的关系看，当 φ 为 0° 和 180° 时，蝇不能识别目标。当 φ 为 90° 及 270° 时，识别最佳。可以想像，若提高图形振荡的幅度，将导致兴奋贡献的提高，即使在 φ 为 0° 或 180° 时，蝇对目标亦有趋向反应。此时 $|K_0| > |K_4|$ 。若 $|K_0| < |K_4|$ ，抑制效应将增大，蝇将逃离目标。

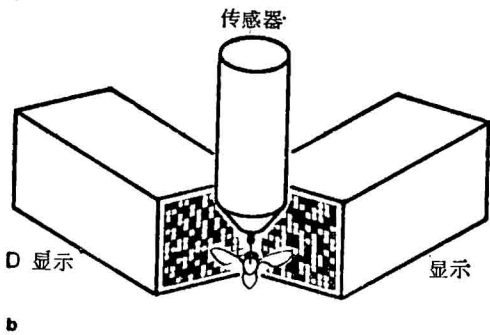


图 7 用二个显示屏代替了图 2 中的圆筒电子线路可产生随机点图 引自 [1]

图 8 表明，在 φ 为 0° 及 180° 时，趋向反应消失（物体与背景等幅度振荡），当提高背景振幅时抑制超过了兴奋，蝇从目标逃开。在 φ 为 90° 时，抑制转为兴奋，蝇趋向目标的反应强度

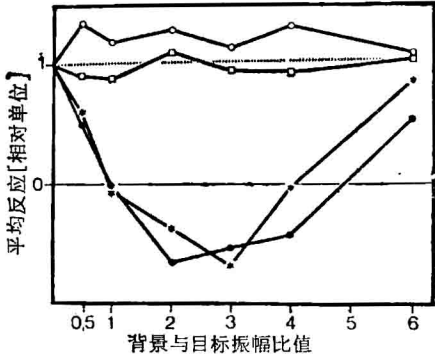


图 8 蝇的趋向反应与相对振幅(背景/物体)的关系
● 相位差为 0° ，○ 相位差为 90° ，* 相位差为 180° ，□ 物体与背景以不同频率振荡(条纹振动频率为 2.5Hz，随机背景振动频率为 1.8Hz)。引自 [4]

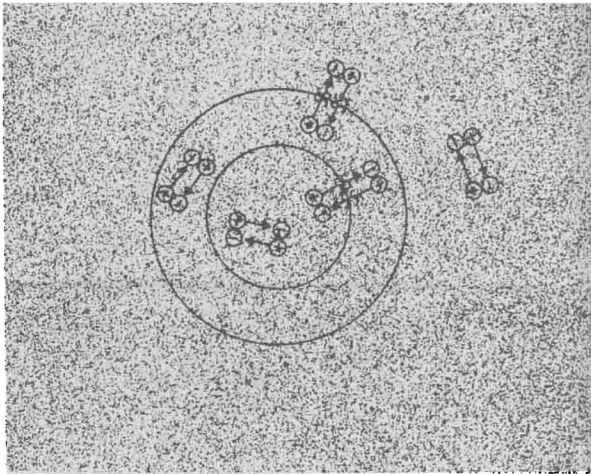


图 9 通过相对运动鉴别图形与背景的效应
圆环与背景含有同样的随机点图形。当图形与背景之间不存在相对运动时，图形“消失”在背景之中。若圆环与背景作相对运动，圆环的边缘就清晰可见。如果一个蝇飞向这样的图形，每一反差单元引起“兴奋”，兴奋用 (+) 表示。若在图案的单元之间不存在相对运动，则在感受器水平上接收的来自图案的信号是运动相参的。它们产生“抑制”来抵消兴奋，“抑制”用 (-) 表示。若圆环对背景做相对运动，相参性遭到破坏。这样，在通过二个边界线时，抑制作用 (-) 消失。这个效应用双重曲线 SS 来表示。如果图形被从背景中分辨出来，就意味着接受图形刺激的神经元变得与接收背景刺激的那一部分神经元的影响无关。引自 [5]

提高。若目标与背景的频率 f_1 及 f_2 不同，则背景与目标的运动成为不相干，抑制项就消失。这个结果也可以借助于图 9 来讨论。这里的图形与背景的图案一致，图形为一圆环。如果他们

彼此之间不做相对运动,环的边界就“消失”了。但是只要图形相对于背景运动,或者以不同的频率振荡,平均的抑制项就在穿过交界时消失,也仅仅在穿过交界时消失。

上述的 Reichardt 等的实验都证明了图 9 中的 b 与 c 是符合的。Reichardt 等^[1]的进一步实验则证明了 b 符合蝇视觉系统的实际,它的独立的运动检测器对运动方向不敏感,但总的反应却是有方向性的。

5. 非线性相互作用的意义

生物网络的定量分析揭示了兴奋与抑制在空间的相互作用是神经系统感觉信息处理的基本原理。在空间分布的信息处理系统中,非线性性的相互作用是非常重要的。非线性的侧抑制的信息加工能力比线性的大得多。因为线性系统遵循叠加原理,而非线性的相互作用,对于由一些简单特征构成的一定组合,具有高度选择性。举例说,加工听觉信息的非线性系统只有谱成分的适当组合出现时,才能引起系统的反应,具有“交响”效果。而线性系统对于其中一个成分出现时就会有反应,而不管其他成分是否存在^[7]。所以,只有在非线性系统中,对于信息的处理才能实现从量变到质变的飞跃。当然这种转变是有代价的,那就是必须对所接收的信息进行筛选与压缩。人们只要想一想我们周围世界的无比巨大的信息量,对于任何一个生物信息系统,都有一个数据压缩过程。生物信息系统的信息处理方式照顾到了两个方面:一方面,为了生存竞争而需要大的信息量,另一方面,为提高效率而需要较低的最必要的信息量。所以,从形式上可以证明,非线性的相互作用是一系列的“与”门连结在一起的逻辑网络^[8,9]。物体-背景相区别的效应是非线性的,没有任何一种线性滤波可以完成这个功能。

一个空间图形可以表示为“基本”元素——如空间频率的集合。如果一个信息处理系统遵循空间叠加原理,那么每个这样的“元素”就可以看作是一个“特征”,一旦知道了每一个基本“特征”引起的反应,就会了解整个系统的输出。但是,侧抑制的非线性作用将改变这种情况,相互作用的空间范围及结构将确定一些新的更为“复杂”的特征。所以,图形的“基本”元素构成的简单特征通过非线性相互作用而“胶”在一起。而只有在这个非线性相互作用之外,二个复杂的特征又变成了互相独立的。这样,非线性的侧相互作用确定着一图形可分解而成的“特征”。

愈来愈多的人们认为,“抑制”与“兴奋”的非线性相互作用可能是不同的生物信息系统的基本原理。

参 考 文 献

- [1] Reichardt, W. et al.: *Biol. Cybernetics*, **35**, 81, 1979.
- [2] Poggio, T. et al.: *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, **40**, 635, 1976.
- [3] Poggio, T. et al.: *Kybernetik*, **12**, 185, 1973b.
- [4] Poggio, T. et al.: *Q. Rev. Biophys.*, **9**, 377, 1976.
- [5] Reichardt, W.: *Theoretical Approaches to Complex Systems* (Ed. by Heim, R and Palm, G), 117, 1978.
- [6] Hartline, H. K.: *Handbook of sensory Physiology*, vol. VII (2) (ed. M. G. F. Fuortes), Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 381, 1972.
- [7] Wilson, J. P.: *The Neurosciences, Third Study Program* (ed. F. O. Schmitt and F. G. Worden), Cambridge, MIT Press, 1974.
- [8] Poggio, T.: *Atti della prima riunione Scientifica* (Campgli, 1973), Soc. Ital. Biofis. pura e Applicata 217, 1974.
- [9] Poggio, T.: *Biokybernetik*, Band V (ed. H. Drischel and p. Dettmar) Jena: VEB Gustav Fischer Verlag 235, 1975.

[本文于 1981 年 1 月 28 日收到]

(上接第 61 页)

- [6] Spink, C. et al.: *Methods Biochem. Anal.* **23**, 1, 1976.
- [7] Podolsky, R. J. et al.: *Biol. Chem.* **218**, 945, 1956.
- [8] Roveri, O. A. et al.: *Biochimica et Biophysica*

Acta **589**, 241, 1980.

- [9] Senior, A. E. et al.: *Arch. Biochem. and Biophys.* **140**, 257, 1970.

[本文于 1981 年 6 月 30 日收到]