

- [3] Basar, E.: *J. Life sci.*, **4**, 37—58, 1974.
- [4] ———: *Biophysical and Physiological Systems Analysis*, Addison-Wesley, 1976.
- [5] ———. et al.: *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, **43**, 500—501, 1977.
- [6] ———: *Biol. Cybernetics*, **34**, 1—19, 1979.
- [7] ———: *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, **43**, 500, 1977.
- [8] ———: *Biol. Cybernetics*, **34**, 21—30, 1979.
- [9] ———: *Intern. Symposium "Quantification of EEG II"*, Vevey, Switzerland. April 30—May 4, 1975.
- [10] ———: *Biol. Cybernetics*, **20**, 137—143, 145—160, 161—169, 1975.
- [11] ———. et al.: *3rd European Meeting on Cybernetics and Systems Research*, Vienna, April 20—23, 1976.
- [12] ———: *Biol. Cybernetics*, **25**, 27—40, 41—48, 1976.
- [13] ———: *Intern. Evoked Potentials symposium*, Nottingham, Sept. 4—6, 1978.
- [14] ———: *2nd European Congress of EEG and Clinical Neurophysiology*, Salzburg, 1979.
- [15] ———: *Kybernetik*, **12**, 45—54, 1972.
- [16] ———: *Pflugers Arch. ges Physiol.*, **292**, 191—213, 1968.
- [17] ———: *Kybernetik*, **12**, 133—140, 1973.
- [18] ———: *Digest of the 10th Intern. Conf Med. Biol. Eng.*, Dresden, 1973.
- [19] ———: *Pflugers Arch.*, **304**, 121—135, 1968.
- [20] Gonder, A. and E. Basar: *Biol. Cybernetics*, **31**, 193—204, 1978.
- [21] Ungan, P. and E. Basar: *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, **40**, 516—520, 1976.
- [22] Ungan, P. and E. Basar: *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, **43**, 501, 1977.
- [23] Ungan, P. and E. Basar: *2nd European Congress of EEG and Clinical Neurophysiology*, Salzburg, 1979.
- [24] Basar, E.: *Progress in Cybernetics and systems Research*, Vol. III, 428—436, 1978.
- [25] Basar, E.: *Journal of Biomedical Engineering*, **2**, 9, 1980.
- [26] Basar, E.: *EEG-Brain Dynamics, Relation between EEG and Brain Evoked potentials*, Elsevier, 1980.

[本文于 1982 年 4 月 26 日收到]

神经网络中的回响现象

汪云九

(中国科学院生物物理研究所, 北京)

在神经网络中进行着各种各样的兴奋波, 其中有一种持续出现的周期性兴奋波, 叫做回响 (reverberation), 引起人们的兴趣。因为回响与脑电中的 α -节律、神经系统的学习和记忆、心肌组织中兴奋性传导等等生理现象有密切关系。由于神经网络理论的进展, 为描述回响提出种种数学模型, 又由于现代电子计算机的发展, 为研究和模拟回响提供了必要的手段, 所以近年来关于这一现象的研究, 取得不少进展。许多有名的神经网络理论家从不同角度涉足过这一领域。有关神经网络理论的专著中必有这一部分的内容。研究回响现象已成为研究神经网络理论的基础。现在我们将回响研究的情况作一简要介绍。

回响波举例

假设一些可以兴奋的单元 (如神经元, 心肌细胞等), 排成一条环状线。每一个单元在接受外来刺激或来自其他单元的刺激, 并超过阈值后, 可处于兴奋状态。设兴奋态可持续一个单位时刻, 然后进入“不应期”。所谓不应期就是在这段时间内这个单元即使受到超过阈值的刺激, 也不会发生兴奋。我们假设不应期持续二个单位时刻。再规定每一个单元兴奋后可激发左右二个相邻单元在下一时刻兴奋。由这样一些特性的单元构成的一条环状线, 在受到外来的阈上刺激后, 先在刺激点发生兴奋, 然后兴奋波向二侧传播 (图 1a, b), 最后二个兴奋波在环状线的另一边相遇而互相抵销 (图 1c, d)。这

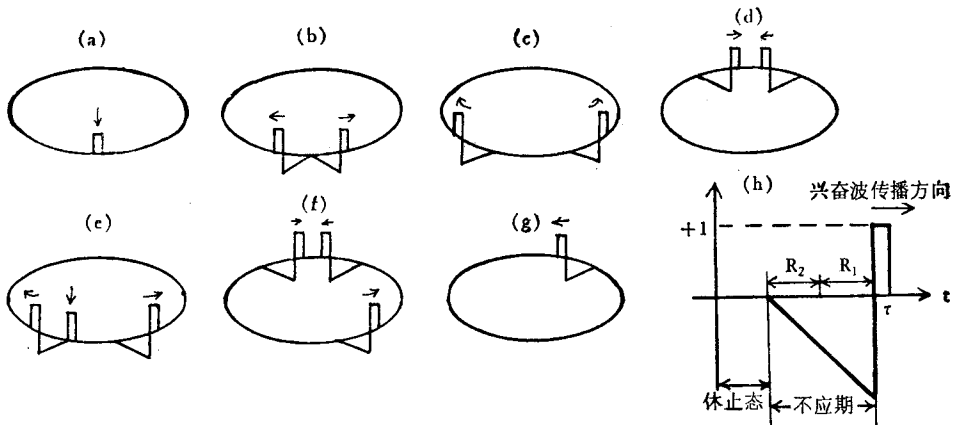


图1 环状线上回响的产生

受到外界刺激(a)后,产生二个相反方向传播的兴奋波(b)(c),当它们相遇后就会互相抵消(d)。如果在(c)状态一个兴奋波的后沿给予第二次刺激(e),就可以产生第三个兴奋波(f),在第一、二个波互相抵消后,第三个波形可以在环状线上不停地运行(g)。(h)是一个兴奋波的细节描述。

种抵消是因为每一兴奋的前沿正巧遇到处于不应期的对方的细胞。但是,如果在适当位置和适当时刻给予第二次刺激,那么可以在环状线上出现第三个兴奋波,在第一、二个兴奋波互相抵消以后,第三个兴奋波可以继续环状线上传播,周而复始,永不停息(图1e, f, g)。这就是一维介质中的回响波。

如果可兴奋单元排列成平面上的点阵,每一单元可与它最接近的四个单元相联系,其他的特性如上段所述,那么在适当时间和地点给予第二次刺激,可产生二维网络的回响现象(图2)。在这组图中可看到兴奋波不断涌现出来,然后向四周扩散,在点阵的边缘消失。这个过程可无休止地进行下去,在一定程度上类似声波在山谷中的回声,故得“回响”一名。

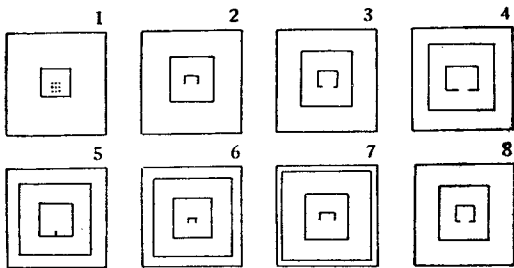


图2 平面网络中回响的产生

此图是 $30 \times 30 = 900$ 个神经元组成的网络,其中兴奋波用细线表示,每一方框旁的数字编号表示时间过程。可以看出(2)与(7)的中央部分完全一样,(3)与(8)完全一样。

除了使用“二次刺激法”,还可以用其他一些办法来产生回响。如 Farley 发现在一种“疏松联系”的随机网络中,只要一次刺激就可产生回响^[1]。福岛在“神经网络与自组织”一书中指出^[2],在包含一个“不应区”的网络中,设置一个可移走的障碍物,只要一次刺激也可产生回响(图3)。

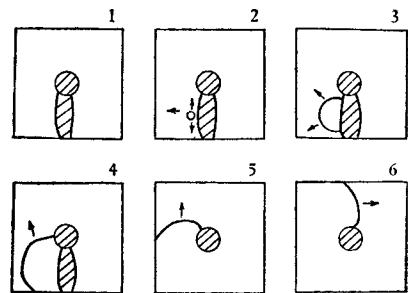


图3 一次刺激产生的回响

(1) 包含一个固定障碍物(位于方框中央的圆圈)和一个可移走的障碍物(长条形)的网络;(2)在可移走障碍物附近给予一次刺激;(3)(4)产生兴奋波并向外扩散;(5)障碍物移走;(6)兴奋波可围绕中央不停地旋转。

回响的概念最早是 Lashley (1942) 在研究视觉的皮层结构时提出的。后来在心理学领域和生理学领域内陆续有人注意到这一问题。其中值得一提的是,控制论创始人 N. Wiener 和心脏学专家 Rosenbluth 在这方面做过出色的工作。他们在研究心肌细胞的兴奋性传播问题

时,观察到此类现象,并加以模型化。由于他们的工作年代已久(1946),以及使用了较深奥的数学方法,此处不拟作深入介绍,有兴趣的读者,不妨参看飞田武幸的文章^[3](登载在“数理を通して見た生命”寺本英、山口昌哉编,第二章)。

回响的数学理论

描述回响现象的数学模型有许多种。选择何种模型来研究常取决于研究人员的专长和模拟方法的方便程度。本文只介绍使用较多的一种,即 Caianiello 方程。

神经网络的数学理论,自 1943 年 McCulloch 和 Pitts 创建以来(他们的神经元方程简写为 M-P 方程),经过一个理论上完善和发展阶段,到了 1961 年意大利理论物理学家 E. Caianiello 在 M-P 方程基础上又有新的改进和提高^[4]。

Caianiello 关于神经网络(脑)的模型由二部分组成,第一部分称做神经方程(Neuronic Equation,简写为 N-E),另一部分叫做学习方程(Mnemonic Equation,简写为 M-E)。前者描述神经网络在短时程内的活动,而后者刻画长时程内神经网络组织结构的变化,常用来研究神经网络的学习、记忆之类的问题。Caianiello 还提出一个假设:绝热假设(Adiabatic Hypothesis)。这是一个从物理学中借用来的名词,用来假设神经网络中的两种活动(短时程和长时程),可以分别考虑,不必混在一起。由于回响现象常在固定结构的神经网络中研究,所以我们这里只介绍 N-E 方程。

假设 t 时刻第 i 个神经元所处的状态用 $U_i(t)$ 表示(图 4)。 $U_i(t)$ 可取三种状态之任一种:兴奋态,休止态和不应态。如神经元受外界刺激后,刺激量之总和超过阈值 θ_i ,就可以从休止态达到兴奋态,并保持 τ 时刻,为简单起见,本文中取 $\tau = 1$,然后处于不应期(设绝对不应期长 R_1 ,相对不应期长 R_2 , R_1 和 R_2 为正整数),最后回恢到休止态。设 $a_{ij}^{(r)}$ 是 r 时刻前第 j 个神经元对第 i 个神经元之作用系数(或称联系系数)。在这里时间坐标离散化,所

以 r 可取 0 或其他正整数。因为神经元的活动符合时、空总和特性,设第 i 个神经元受到的外界刺激为 $P_i(t)$,所以,神经网络的状态可以用下式表示:

$$U_i(t) = 1 \left[\sum_{j=1}^N \sum_{r=0}^H a_{ij}^{(r)} U_j(t-r) + P_i(t) - \theta_i(t) \right]$$

$$1[x] = \begin{cases} 1 & \text{当 } x > 0 \\ 0 & \text{当 } x \leq 0 \end{cases}$$

$$i = 1, 2, \dots, N, r = 0, 1, \dots, H_0 \quad (1)$$

为了体现神经元具有不应期的时间特性,假设 $a_{ij}^{(r)}$ 作如下变化:

$$a_{ij}^{(r)} = \begin{cases} -L & \text{当 } 0 \leq r \leq R_1 \\ -f(r) & \text{当 } R_1 \leq r \leq R_1 + R_2 \\ 0 & \text{当 } R_1 + R_2 \leq r \end{cases} \quad (2)$$

(1)式中 $1[x]$ 表示一个单位阶跃函数。 H 是一正整数,表示在这网络中考虑的最久远的影响。公式(2)中的 L 表示一个很大的正整数, $f(r)$ 是一个单调减少的函数,当 $f(R_1) = L$, $f(R_1 + R_2) = 0$, 这样安排以后,网络中每一个神经元有不应期特点。

从方程(1)和(2)可看出, Caianiello 神经方程描述了神经元的时空总和特性,不应期和阈值特性,也反映了神经元之间的相互作用。Caianiello 的神经方程与 M-P 方程比较起来,

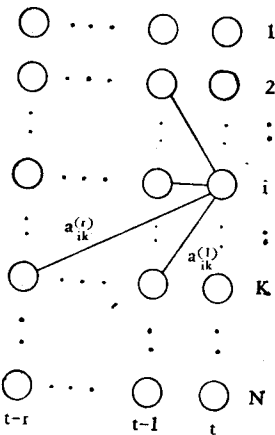


图 4 Caianiello 神经方程的图示
符号见正文

考虑到不应期和时间总和,所以更适合于研究回响现象。

理论成果

从理论上考虑,研究回响现象就是研究在一个特定的神经网络中回响是如何产生,它们的周期和强度如何,网络的诸参数($a_{ij}^{(r)}$, θ_i , R_1 , $R_2, \dots$)如何影响回响波。或相反,给定回响的周期、强度等指标以后,如何设计一网络去产生符合要求之回响,诸如此类等等。

迄今为止,在回响的理论研究方面,进行了不少工作,也取得不少进展,特别是容易入手的齐次网络中的回响现象,成果较多,而关于非齐次网络中的回响现象,没有做多少工作。即使是齐次网络的情况,问题也没有完全解决。这一方面由于各研究者使用的模型和方法不尽相同,更重要的一个方面是由于神经元固有的非线性特性,使得这一问题不可能取得完美的解决。

Caianiello 本人及其同事,对 N-E 方程使用代数方法进行了一系列研究^[5]。在这些研究中首先把公式(1)转变成等价的向量表达式:

$$v_{m+1} = \sum_{r=0}^L A^{(r)} 1[v_{m-r}] - s \quad (3)$$

其中 v_{m+1} 就是 $m+1$ 时刻的状态向量, v_{m-r} 就是 $m-r$ 时刻的状态向量。 s 是外加刺激。 $A^{(r)}$ 是 $N \times N$ 矩阵 $A^{(r)} = (a_{ij}^{(r)})$ 。 $1[x]$ 是单位阶跃函数。 L 为正整数。 对于 $L=0$ 以及 $1/2 A 1 - s = 0$ 的情况称之为正规系统。 在正规系统中,如果联系矩阵的秩为1, $\text{rank } A = 1$, 则有二种回响,一种回响波的周期为一,另一种周期为2。

此外, Caianiello 等还研究了任意给定一种回响后,找出联系矩阵、阈值等参数应满足的条件,以保证网络能产生所需的回响。 Caianiello 还研究了正规系统没有回响的条件等等。

Accardi 于 1971 年提出^[6]: 由 N 个神经元组成的网络,如果联系矩阵 $A = (a_{ij})$ 的秩为 K 。 在经历一个瞬态过程以后,网络可以取得的状态数 R (亦即最大可能状态的回响)是:

$$R \leq 2^N + 2 - 2^{N-K+1} \quad (4)$$

当 $K=1$ 时,这一结果正巧就是 Caianiello 关于正规系统的结论。

日本学者 T. Kurokawa (黑川) 用集合论的方法在 n 维空间中对回响进行一般性研究以后,找出一维齐次连续介质中回响产生的必要充分条件^[7]:

$$(1) r = 1, \text{ 即周期为 } 1$$

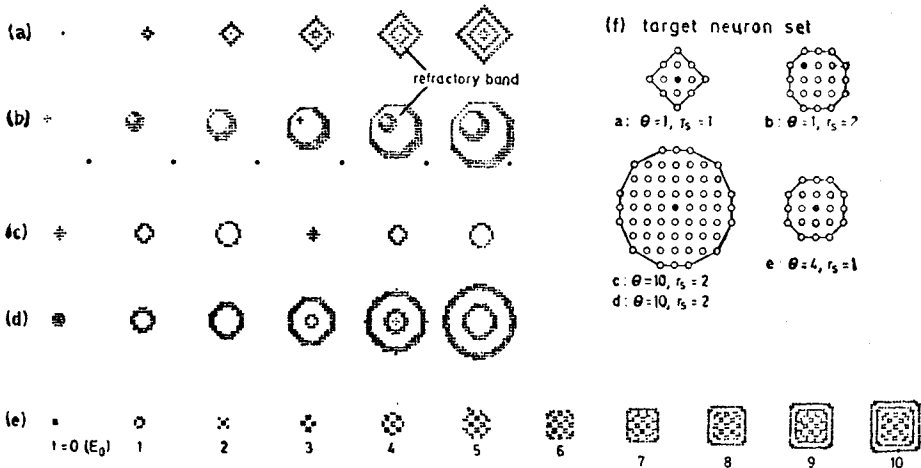


图5 离散神经网络中回响的例子

图中每一黑点表示一个兴奋神经元。(a) 同构网络中的回响, (b) 非同构网络中回响, 其中兴奋波传播速度与方向有关, (c) 高阈值网络中回响, 因为阈值太高, 兴奋波无法向四周扩散, (d) 与 (c) 一样的网络, 但初始刺激范围较大, 所以兴奋波可以向四周扩散, (e) 一种少见的回响现象, (f) 以上各例中神经元间联系图以及各种参数, θ 是阈值, r_s 是不应期。

条件 $2\rho_0 \geq \theta > \rho_0$ 及 $\sigma - |c| \geq \rho_0 + \hat{\theta}$

(2) $r = 2$, 即周期为 2

条件为: $2\rho_0 \geq \theta$, $\sigma - |c| \geq 2\theta$ 及

(3) $r \geq 3$ 周期大于等于 3

条件为 $2\rho_0 \geq \theta$, $\sigma - |c| \geq 2\theta$ 及

$$r_s \leq 2 + \frac{2|c| - 2\rho_0}{\sigma - |c| - \hat{\theta}}$$

其中 r 是回响周期, θ 是网络阈值, ρ_0 初始兴奋范围, σ 神经元对附近神经元的作用半径, c 是一表征同构性的量。当然, 对于一维离散介质中的情况, 也有较完善的结果。例如 Kuwakawa 举出的一些实例也是很有兴味的(图5)。

Amari (甘利, 1975) 研究了一维和二维齐次网络中兴奋波的传导和回响, 也发现在一维网络中, 只能传导一定类型的兴奋波; 不论初始波形如何, 最后变成若干种类型中的一种; 而且兴奋波的类型与网络的参数有关。因此, 从某种意义上来说, 神经网络能对输入讯号进行分类。同时, 甘利还给出研究一般性齐次网络的代数理论。

计算机和其他方式的模拟

由于神经元具有非线性特性, 所以, 凡是较好地描述神经元或神经网络的模型, 必包括一个非线性函数项在内, 如 NE 方程中就有一个单位阶跃函数。这就使得神经网络的模型研究, 遇到困难。从数学上来说, 非线性方程常常不易得到完美的分析解。现在由于电子计算机技术的发展, 在计算机上模拟神经网络不仅成为可能, 而且相当方便, 所以, 近年来这一方面的工作开展较多。回响现象的计算机模拟, 不仅给人以许多直观的生动结果, 而且还由此得到一些新的发现和结果。

回响现象的计算机模拟, 最早较著名的工作是 Farley 等于 1960 年进行的。Farley 的神经网络模型由 1296 个神经元组成, 在平面上排列成 36×36 的方阵, 每个神经元有兴奋性、阈值、不应期等性质, 而这些神经元之间的联系是随机的, 联系概率是神经元之间距离的一个分布函数。他研究了二种情况, 一种称之为“近的

紧密的联系”网络, 另一种称之为“远的松散的联系”网络。对于后者, 即使是一次刺激也会在网络上激起弥散性的持续的兴奋波。这是一种很有趣而且值得注意的现象。一次刺激产生回响波的现象对于某些类型的决定性神经网络也是正确的。神经网络中一点或数点受到刺激后, 兴奋波向外扩散, 同时, 在兴奋波后方拖着一条不应带。在“近联”神经网络中, 由于神经元之间的联系范围小于不应带宽度, 兴奋波不可能回过头来使不应带后方的神经元兴奋, 所以兴奋波一直向外扩散到边界才消失。但是, 在“远联”决定性神经网络中, 情况则有所不同。因为神经元之间联系大于不应带的宽度, 兴奋波有可能使处于不应带后方的神经元兴奋, 从而出现第二个兴奋波, 具备产生回响的条件。

Annios 从 1969 年到 1980 年发表一系列文章, 在回响的计算机模拟方面作出的工作最多。他用数字计算机模拟了 1000 个神经元的网络。纵观 Annios 的工作, 主要取得了这样一些结果:

(1) 神经网络在接受刺激以后, 经历一段时间的瞬态历程, 网络就处于周期性活动的状态。在 Annios 的网络中可观察到周期态有 2—50 个不等, 并认为网络的细微结构并不显著地影响周期活动的出现以及它们的周期。

(2) 高联 (high connectivity) 网络与低联 (low connectivity) 网络表现出不同的反应。高联网络对外界刺激表现出多种多样的反应 (图 6), 虽然每次刺激是相同的, 但是由于网络所处的原始状态不同, 所以反应方式也不一样。可以认为这种网络的个性较“活泼”。反之, 低联网络对于外界刺激, 常常用同一模式作出反应, 显得比较“呆板”。

(3) 其他因素, 如抑制性作用等, 对网络的活动也有一定影响。抑制性作用的引入, 会使网络在刺激后的瞬态过程延长, 而且还对回响的周期性有一定程度的作用。

(4) 讨论了回响现象与一些生理过程 (α 节律、Parkinson 病等) 的关系。

在神经网络的模拟方面 (包括回响现象的研究), 还有些更大规模的工作在进行, 如 Wittie

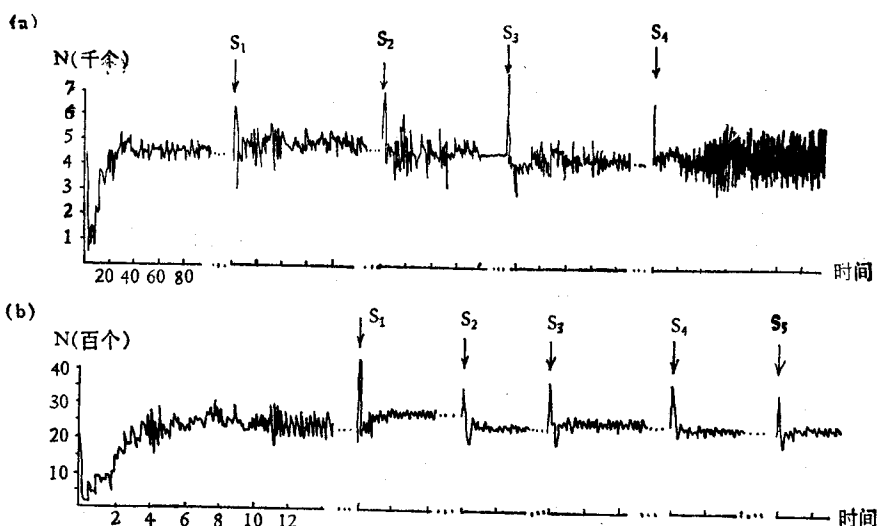


图6 高联网络 (a) 和低联网络 (b) 中的回响波

纵坐标是网络内某时刻兴奋神经元数目 N ，横坐标是时间尺度(单位任取)。 s_i 表示第 i 次外界刺激的开始时刻。

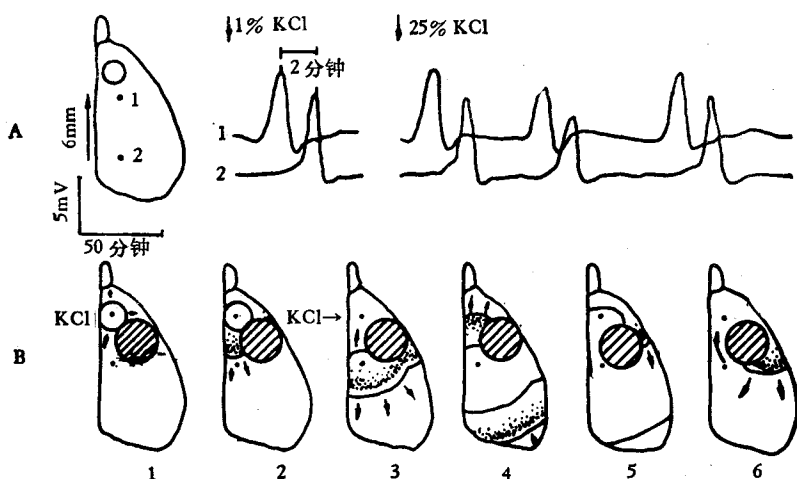


图7 皮层上 CSD 波的传播与回响生理模型

(A) 行中曲线表示不同浓度 KCl 刺激下不同地点记录到的 CSD 波形。(B) 行各图表示在皮层上人为制造障碍物(阴影区)后,二次刺激产生的回响。在(3)位置给予第二次刺激,在(4)(5)(6)各图中可看到围绕障碍物的回响。

(1974) 搞了个计划,叫做脑组织结构模拟系统 BOSS (Brain Organization Simulation System), 可以模拟多达 8,000 个神经元和 80,000 个突触的神经网络。

Shibata 和 Burcs 提出的皮层上扩散性压抑 (Cortical Spreading Depression, CSD) 是回响现象的一种生理模型^[9]。在皮层、海马区、新皮层等区域的局部地区加以一定浓度的氯化钾 KCl

刺激,引起这一地区神经元细胞的去极化,钾离子从去极化神经元释放,在细胞外空间积累,并向外扩散,使邻近神经细胞去极化,如此,“自繁殖”式地进行下去,一直到边界为止。用适当方法可以使得 CSD 波在皮层上不停地传播 (图 7)。

最后介绍一下,用电化方法模拟神经兴奋波的传导和回响现象。这一方法比较简单,也

有兴味。在一个盛有浓硝酸液的容器中放入一根铁丝,由于硝酸的作用,在铁丝表面形成一层薄薄的稳定的膜,如果用亚铅棒触动铁丝,就会在触动区形成茶褐色的膜并逐渐向外扩散,极象兴奋性在神经纤维上的传播。这一方法最早是 Lillie (1918) 提出。日本东京大学工学院南云仁人教授等在此基础上,用铁丝网模拟神经网络,观察到云彩状扩散的回响图形,颇为漂亮。

研究回响的意义

回响现象的理论意义首先在于它与学习、记忆等脑的高级功能有关。Amari、Annios 等人的工作表明,不同的外界刺激常常引起不同类型的回响,也就是说,外界信息可以在神经网络内部得到反映,并不断地在其中流转,象早期电子计算机中的存贮器——水银延迟线。所以,人们往往把回响现象看作神经系统中的短期记忆过程。而神经网络中的长期记忆和学习过程,现代的理论大多建立在“突触修正说”之上的。也就是说,在学习和记忆过程中,神经元之间的突触传递效率发生某种变化,而这种变化取决于兴奋波在这一通路上重复出现次数和使用情况。当这种变化以某种形式固定下来,就表明神经网络就已经学会,并记忆了某项事物。所以,神经网络对外界刺激产生一定形式的回响,回响的进行修正了突触传递效率,突触传递效率的变化就是学习和记忆。这就是现代脑和神经理论工作者对回响现象感兴趣的原因。

脑电波中的 α 节律是一种有规律的大约每秒十周左右的振动波形,但它的起因始终是个谜。Farley 在最初研究回响现象时,把神经网络中处于兴奋状态的神经元个数作为纵坐标,把时间作为横坐标,绘曲线,发现它与 α -节律极为相似(图 8)。因此, Farley 认为 α -节律是随机联系非线性网络,特别是“远的松散的”随机网络产生的波形。Annios 也有一些工作联系 EEG 中的 α 节律来进行的。

Annios 认为帕金森 (Parkinson) 症是由于

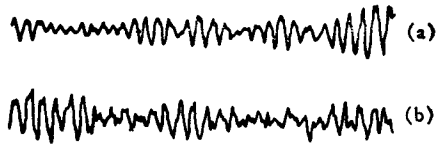


图 8 计算机模拟神经网络的活动与脑电波中 α -节律的比较

(a) Farley 的随机网络中兴奋神经元数目的变化过程;
(b) 脑电波中 α 节律。

控制骨骼肌运动的运动神经元群中抑制性功能的降低造成的。图 9 是他的理论描述。 α 运动神经元组成一个群体,它们受到来自上级的兴奋性和抑制性输入,以及肌紧张感受器来的兴奋性反馈。在帕氏症患者身上,由于抑制性的减少而使得肌肉紧张性增高,所以骨骼肌运动的调节过程表现出象磨损了的齿轮箱带动的机械运动。Annios 报告说,低于平均值的抑制性,就可以产生这种行为;当过多的神经元作出过高反应后,下一时刻必然是过低的反应,因为过多神经元的过高反应,随着的必然是许多神经元处于不应期,如此进行着近似痉挛式的肌肉运动。

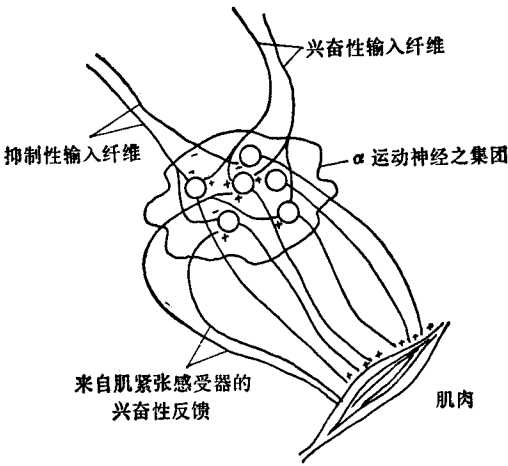


图 9 Annios 关于帕金森氏症的理论解释

心肌细胞的兴奋性传导也是回响现象的生理背景之一。心脏的有节律活动,依赖于心肌细胞的种种参数,心肌细胞兴奋性传导上的种种变化,引起心脏活动的异常变化。这是早为 Wiener 和 Rosebluth 注意到的问题。此处不作深入探讨。

结 语

回响是神经网络中一种基本的兴奋性活动,具有广泛的生理意义。近年来,在建立了回响的数学模型以后,在理论上,以及计算机模拟等方面都取得了不少进展。但是,非齐次神经网络的研究,工作还不多。回响现象的模拟和研究还有待于更接近实际的神经网络。

参 考 文 献

[1] Farley, B. G.: *Self-Organizing Systems* (eds.

Marshall, C. Y. et al.), Spartan Books, Washington D. C., 1962.

[2] 福島邦彦: 神経回路と自己組織化, 共立出版株式会社, 1979。

[3] 寺本英等编: 数理玄通してみた生命, 岩波書店, 1975。

[4] Caianiello, E. R.: *J. Theoret. Biol.*, **2**, 204, 1961.

[5] ——— et al.: *Neural Networks* (ed. Caianiello, E. R.), Springer-Verlag, 1968.

[6] Accardi, L.: *Kybernetik*, **8**, 163, 1971.

[7] Kurokawa, T.: *Biol. Cybernetics*, **21**, 139, 1976).

[8] Anninos, P. A.: *Kybernetik*, **13**, 24, 1973.

[9] Reshodko, L. V. et al.: *Biol. Cybernetics*, **18**, 181, 1975.

[本文于 1982 年 7 月 19 日收到]

氨 基 酸 与 性 分 化

轮虫 *Hydatina sentia* 在一般情况下,行孤雌生殖。但在环境条件显著不利时,如水池趋于枯干,或山洪暴

发池水突然稀释,或气温骤变等,轮虫可以进行性转化,产生一定数量雄虫,形成受精卵来适应不利环境。

在人工单个培养条件下分别用十七种氨基酸处理,得到结果见左表。

另外进行了一组有氨基酸存在下加糠蝦眼柄激素(每个眼柄用 20 毫升培养基稀释,氨基酸浓度同前)。结果如下:

处 理 (浓度为万分之一当量)	处理数 (个)	雄虫出现的% (平均)
对 照	490	33
Met	180	81
Thr	180	71
Cysh	180	61
Ser	105	85
Gly	105	71
Glu	60	57
His	60	73
Trp	70	83
Tyr	75	29
Ala	40	67
Arg	30	50
Cys	50	50
Asp	30	65
tau	20	40
Phe	20	67
Val	20	40
Lys	20	75

处 理	处理数(个)	雄虫% (4次实验平均)
对照	90	20
Met	90	78
眼柄激素	90	70
Met+眼柄激素	90	53
对照	50	34
Ser	50	81
眼柄激素	50	81
Ser+眼柄激素	50	30

目前基因调控问题,正从多方面进行研究,以上在 50 年代中期我们所得的结果(未发表)从微量氨基酸与性分化关系这个角度提供一点素材,可供思索。

[沈淑敏 刘荣臻 马顺福]

科技活动

显微光度技术学习班在京举办

受中国细胞生物学会委托,北京师范大学生物系细胞生物学研究室于 1983 年 2 月 28 日至 3 月 12 日举办显微光度技术学习班,将系统介绍静态和流动显微光度技术的原理、方法和应用,内容包括吸收、荧光、反射、透射扫描、光谱分析和流式细胞光度术和分类术(FCM 和

FCS)。来自全国的生物学、医学、农林、地质、石油、冶金和矿业的科技人员八十余人利用这一机会互相交流和学习,以促进此项技术在我国的发展和运用。

1979 年 4 月师大曾举办过同样学习班。

[师 学]