

路。

参 考 文 献

- [1] Hartline, H. K.: *Science*, **164**, 3877, 1969.
- [2] 汪云九:《生物化学与生物物理进展》, 1975年, 第4期, 第60页。
- [3] Tomita, T.: *J. Neurophysiol.*, **21**, 1958.
- [4] Ratliff, F. et al.: *Vision Res.*, **14**, p. 1155, 1974.
- [5] Knight, B. W. et al.: *J. Gen. Physiol.*, **56**, p. 421, 1970.
- [6] Furman, G. G. and Frishkopf, L. S.: *J. A. S. A.*, **36**, p. 2194, 1964.
- [7] Ratliff, F. et al.: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **62**, p. 733, 1969.
- [8] Reichardt, W.: *Kybernetik*, **1**, p. 57, 1961.
- [9] 陈霖、顾凡及:《生物化学与生物物理学报》, 1978年, 第10卷, 第4期, 第321页。
- [10] Varjú, Von D.: *Kybernetik*, **1**, p. 200, 1962.
- [11] Melzak, Z. A.: *Information and Control*, **5**, p. 163, 1962.
- [12] Gawrónski: *Digest of the 7th International Conference on Medical and Biological Engineering*, Stockholm, p. 204, 1967.
- [13] 汪云九、郑竺英等:《科学通报》, 1965年, 3月号, 第262—263页。
- [14] Harth, E. et al.: *Kybernetik*, **10**, p. 32, 1972.
- [15] 福島邦彦: *システムと制御* **16**, 6, p. 441
- [16] 上海生理研究所成象信息处理组:《上海生理所科研论文汇编》(1966—1975年)p. 305—310。

[本文于1978年11月28日收到]

付立叶 (Fourier) 分析在视觉信息加工中的应用

赵 冠 美

(中国科学院生物物理研究所)

引 言

付立叶分析是一种谐波分析,是用于研究自然界中各种振动和波动现象的有效而通用的工具。它最初应用于热学、电学,后来又逐渐扩展到无线电、通讯理论等多种技术领域。相应地,它有一套完整的数学理论,即付立叶变换。近代、正交变换除付立叶变换外,其他如 Walsh 变换, Z 变换等对数字信号处理都是很有用的。

Abbe (1842—1905 年)和 Rayleigh(1842—1919 年)首先把付立叶分析的方法用于分析和综合光学系统,形成了显微镜衍射成象理论,奠定了付立叶光学的基础^[1]。由于技术上的限制和理论的艰难性,直到 70 年代这一概念才得到较为普遍的应用。例如在图象恢复、图象识别、侧视雷达和全息照像等方面都成功地使用了付氏分析。致使付立叶分析成为成象系统的理论基础,使古老的光学焕发出新的生命力。

人和动物的视觉系统可看作光学系统与神经系统的复杂组合。它们所处理的信息与光学

系统加工的信息基本上一样,主要是空间的亮度分布。早在 19 世纪后期 Helmholtz 就开始考虑把付立叶分析用来解释视觉现象。但是他没有获得成功,其失败的原因在于他把时间域中表示光的颜色的光波与空间域中表示光强在空间分布的光波混淆了。直到 60 年代,光学中定义了空间频率的概念后,生物学家才能把付立叶分析方法运用到视觉系统中来,从而解释了许多视觉现象并提出了各种视觉信息加工的模式。

空间频率与付立叶级数

我们已知,通讯系统加工的信息如电压,电流等是随时间而变的,是时间的函数,其频率是指单位时间内正弦波重复的次数,一般以周/秒即赫芝表示。听觉系统也是这样。而光学系统与视觉系统中所加工的则是空间信息。所谓空间信息,这里是指光的亮度在空间的分布状况、比如一张黑白照片是由许多不同灰度的亮度分布组成的。在光学信息加工中,最基本的亮度分布是正弦分布。如图 1(a)所示。在这种条

纹结构中,最黑处表示最暗、最白处表示最亮,亮度在空间呈正弦变化如图 1(b) 所示。通常把正弦条纹的一白一黑称为一线对。空间单位长度上线对的数目定义为空间频率,一般以线对数/毫米(或周/每度视角)表示。在数学上可用下面的方式表示。若正弦波条纹的亮度分布

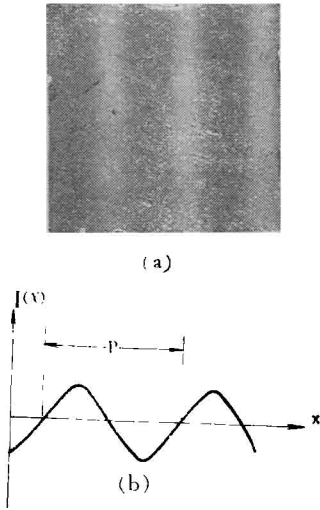


图 1 (a) 正弦波条纹(引自 Campbell)
(b) 正弦波条纹的亮度变化

是 $I(x) = \sin \frac{2\pi}{p} x$, 因为

$$I(x + p) = \sin \left[\frac{2\pi}{p}(x + p) \right] = \sin \frac{2\pi}{p} x,$$

则定义: p ——空间周期,亮度变化一次所占的空间度量。

$1/p$ ——空间频率、单位空间度量上亮度重复变化的次数。

有了空间频率的概念之后,就可对空间的任何亮度分布进行付氏分析了。

付立叶分析理论指出:对于周期为 p 的函数 $f(x)(f(x + p) = f(x))$,只要它满足单值与分段连续就可展成付立叶级数,即

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \cos \frac{2\pi}{p} nx + b_n \sin \frac{2\pi}{p} nx \right] \quad (1)$$

其中

$$a_0 = \frac{2}{p} \int_0^p f(x) dx$$

$$a_n = \frac{2}{p} \int_0^p f(x) \cos \frac{2\pi}{p} nx dx$$

$$b_n = \frac{2}{p} \int_0^p f(x) \sin \frac{2\pi}{p} nx dx$$

付立叶展式的物理意义是:任意一个在空间呈非正弦周期性变化的亮度分布是由无限个空间频率不同的正弦波叠加而成的。例如图 2(a) 所示的方波光栅,其亮度如图 2(b) 所示,在一个周期内可解析地表示为:

$$I(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x < \frac{p}{2} \\ -1 & \frac{p}{2} \leq x < p \end{cases} \quad (2)$$

根据公式组(1),(2)的展式为:

$$I(x) = \frac{4}{\pi} \left\{ \sin \frac{2\pi}{p} x + \frac{1}{3} \sin 3 \frac{2\pi}{p} x + \frac{1}{5} \sin 5 \frac{2\pi}{p} x + \dots \right\} \quad (3)$$

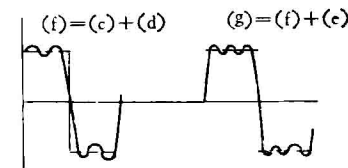
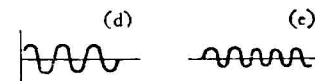
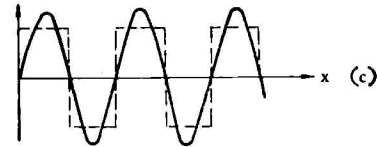
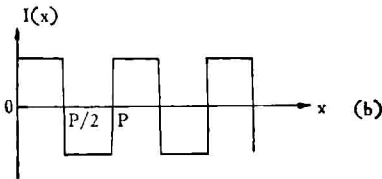
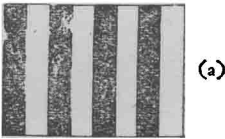


图 2 方波光栅的付立叶展式示意图

$I(x)$ 的付氏展式(3)可以用图 2 中的各图直观地表示出来。(c) 是一次谐波,即基波 $\frac{4}{\pi} \sin \frac{2\pi x}{p}$, (d) 是三次谐波 $\frac{1}{3} \frac{4}{\pi} \sin 3 \frac{2\pi x}{p}$, (f) 是(c) 与(d)的叠加,显然它比(c) 要接近方波(b),...。可以看出,每叠加一项高次谐波就对波形进行了一次修整,使叠加成的波上、下底修平,边角变锐,从而更接近于方波。因此,空间任一非正弦周期性的亮度分布都可以近似地看作若干个正弦亮度分布之和。

视觉信息加工中空间频率的引进

对视觉信息加工的研究,几十年来从不同的角度,用不同的方法,进行了大量的工作。1938 年美国神经生理学家 Hartline 提出把感受野的概念用于视网膜神经节细胞的研究。后来又有不少研究工作者把感受野的概念推广到了膝状体以及视皮层。

Lettvin (1960) 等人用一些简单的图形作为视觉刺激。他把青蛙的视觉特征与其捕获食物和逃避敌害的行为反应联系起来。根据实验结果,他们把神经节细胞分为五类,并称之为特征检测器。

在用空间条纹作为视觉刺激的研究中,Enroth-Cugell 和 Robson(1966)^[2]用显示在示波器荧光屏上的不同条纹作为刺激信号,研究了猫的网膜神经节细胞的反应。他们发现:当条纹在不同方向运动时,这些细胞都一样有反应。但是有这么一类细胞,其中每一个细胞只对一定范围的空间频率有反应,具有带通特性。而这些独立的神经节细胞的对比敏感性函数与人的整个对比敏感性函数相比通频带要窄得多。这一发现为窄带空间频率通道的存在提供了生理学基础。Cooper 和 Robson (1968)以及 Campbell, Cooper 和 Enroth-Cugell (1969)^[3]发现,猫的侧膝体细胞与神经节细胞一样,它们对所有的运动方向都有反应。但不同的细胞只对一定范围的空间频率有反应。从这两个结果可以看出,在视觉系统中网膜一级与侧膝体一级对运

动方向并没有选择性,但对空间频率则是有选择性的。那么视皮层细胞是否也有此种特性呢? Hubel 和 Wiesel (1959, 1962 和 1965) 对猫, (1968) 对猴子所作的电生理实验说明,视皮层的特性与网膜和侧膝体是不一样的,他们很出色地证明了:当边和条纹通过视皮层感受野时,这些细胞对边或条形的朝向是很敏感的。后来 Campbell 等人又定量地测出了猫的视皮层细胞对朝向的敏感性,同时还测出了各个细胞的最优朝向。饶有兴味的是,对于这些细胞,当条纹在其最优朝向上移动时它们有反应;可是,就条纹的空间频率而言,它们并不对该方向上各种频率的条纹都反应,而只是对一定范围的空间频率才有反应,而且不同的细胞对空间频率反应的范围也是不同的。还有一些依据说明,猴子的视皮层细胞也有同样的特性。从这些工作可以看出,猫与猴的皮层细胞对朝向与空间频率都是有选择性的。

综上所述,对空间频率具有选择性,这是高等脊椎动物的神经节细胞,侧膝体细胞和视皮层细胞所共有的特性,各个细胞的差异则表现于它们所选择的空间频率范围有所不同。因此可以认为,在高等脊椎动物的视系中,存在着空间频率通道,这说明用付立叶分析的方法来研究视觉信息加工是有一定的生理学基础的。但是人的视系是否也有这种特性呢?一些研究工作者认为,人的视皮层感受野的性质似乎与猫和猴的相似。虽然还没有对人进行过电生理的实验,但可以从心理物理实验,从视觉感知的一个侧面来说明人的视系也具有付立叶分析的特征。

付立叶分析用于视觉信息加工的几个例子

1. 人的视系中存在着独立的窄带空间频率通道

说明人的视系中存在独立的窄带空间频率通道,其最基础的工作是 Campbell^[4]等人于1968 年作出的。根据付立叶理论,一个具有单位振

幅、空间周期为 p 的方波函数,可以看作若干个频率是基频的奇数倍的正弦波之和[参看公式(3)]。

条纹图形的对比定义为:

$$C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

其中

$I_{\max}$ ——最大亮度

$I_{\min}$ ——最小亮度

在示波器上显示出试验条纹,条纹的宽窄即空间频率和对比可以调节。把刚刚可以感知条纹存在时的对比称之为阈值对比,并定义阈值对比的倒数为条纹的对比敏感性。实验在较宽的空间频率范围内进行,测出了人对正弦波条纹的对比敏感性(图 3),它是空间频率的函数,其中各类实验点的意义由图注说明。对比敏感性还可以从人脑视皮层区的头皮上记录的对条纹刺激所产生的诱发电位而测得。注意,诱发电位是一个客观的物理指标,这样就去掉了“心理”两字。

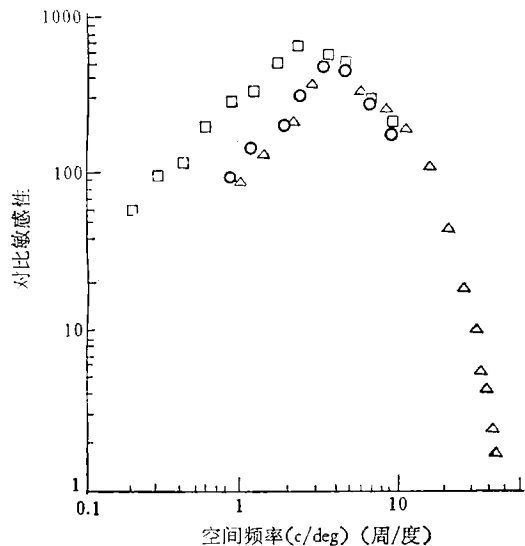


图 3 正弦波条纹的对比敏感性

观察者 F. W. C. 亮度 500 烛光/米² 观察距离是 285 厘米,孔径 2°×2° (Δ); 观察距离是 57 厘米,孔径 10°×10° (□); 孔径 2°×2° (○)(引自 F. W. Campbell)

如果在示波器上交替显示相同频率的正弦波条纹与方波条纹并记录它们的阈值对比。其

结果示于图 4 的上部,(○)代表对正弦波的对比敏感性,(□)代表对方波条纹的对比敏感性。计算出每一空间频率下方波条纹与正弦条纹的敏感性的比率,作图于图 4 的下部,以·表示。从此图可以看出,在频率高于 0.8 周/度时,方波/正弦波的敏感性比率非常接近 $4/\pi$ 。它恰好是方波条纹的基频振幅与相同频率的正弦波振幅的比值。因此,这一结果表明方波条纹的阈值

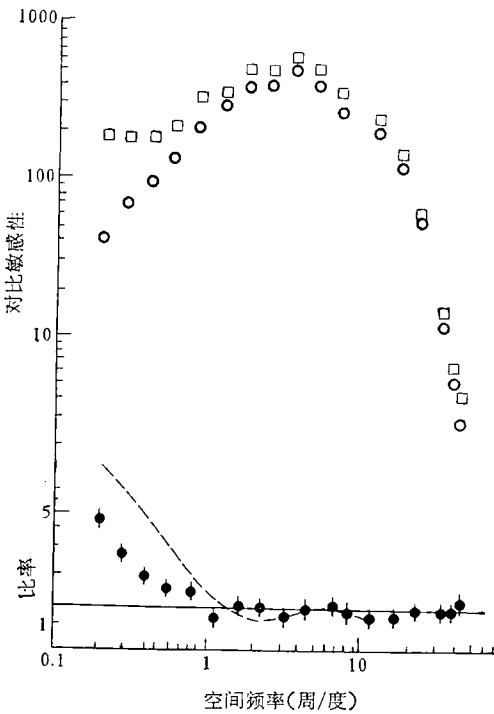


图 4 在亮度 500 烛光/米²下,受试者 J. G. R. 对正弦波条纹(○)和方波条纹(□)的对比敏感性的比较

在每一空间频率下,敏感性的比率作图于下部(小线段表示平均±S.E.)通过比率 $4/\pi = 1.273$ 处划一根直线。虚线表示存在峰值检测机制而预计的比率(引自 F. W. Campbell)

仅由它的付氏展式的基波阈值对比所确定。这就是说,在空间频率高于 0.8 周/度时方波的高次谐波对它的阈值是没有影响的。类似的实验可对矩形波和锯齿波进行,其结果都是一样的。即在一个较宽的空间频率范围上,条纹的阈值对比仅由波型的付立叶基波的振幅确定。在此结论的基础上,我们就可根据付氏理论推算一些对复杂波型的阈值对比而不必去做大量的实验。

为了证明存在独立的窄带空间频率通道,

在实验中需保持正弦/方波对比的比率为 $4/\pi$ 。观察者同时升高正弦与方波条纹的对比使二者可以从形状上区分开来,并记录此时正弦波条纹的对比(图 5(□))。对于单独测得的正弦波的阈值对比(图 5 中(○)所示),如果将其频率缩小 3 倍,振幅扩大 3 倍,这些点就落到(·)上,与(□)重合得很好。这表明如果(□)是 $\sin x$ 的阈值对比,则(○)就是 $1/3 \sin 3x$ 的阈值

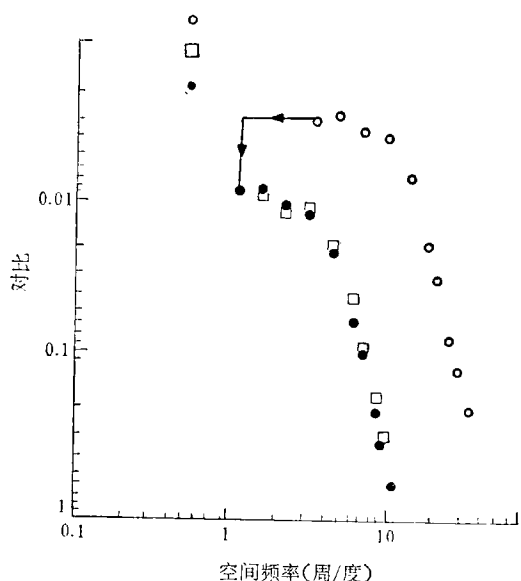


图 5

□——正弦波条纹恰与具有相同基频振幅的方波相区别的对比水准。○——单独测得的正弦波的条纹的阈值对比, ●——○经过频率缩小 3 倍, 振幅扩大 3 倍变换所得(引自 F. W. Campbell)

对比,两者的关系正好就是基波与三次谐波的关系。因此要使正弦波能够与同基波振幅的方波相区别,必需使方波的三次谐波达到它自身的阈值。换句话说,当三次谐波低于它自身的阈值时,它对显示一个方波是没有贡献的,这时所看到的只是正弦波而不是方波。观察锯齿波可以得出同样的结果。从上面的实验可以得出如下的结论:人的视觉系统中存在着若干个独立的空间频率通道,每一个通道都是一个窄带滤波器,它们之间的频率之差不会超过一个倍频程,每一通道有它自己的阈值和对比敏感性。而所有通道的对比敏感性包罗就构成了整个视觉系统的对比敏感性。如果把视觉系统的特性看作是一个宽带滤波器,把它与峰值检测器相

连,则正弦/方波对比的比率就如图 4 中下面部分的虚线所示。这显然与实验结果相差较大。

2. 人的视觉系统中颜色后效应隶属于图形的付氏主要分量的取向

前面我们已经提及 Hubel 和 Wiesel 在猫和猴子的视皮层记录到了有对边或条形朝向敏感的细胞。1965 年 McCollogh^[5]在对人的视觉系统的颜色后效应的研究中指出:人的颜色后效应是在视觉系统中边检测机制的意义上产生的。例如,把橙色背景上黑色垂直条纹与在蓝色背景上的黑色水平条纹作为适应图形。在适应之后再观看无色背景(见封二图 6(a))的条纹,受试者会报告说垂直条纹呈蓝-绿色,水平条纹呈橙色。如果受试者把头旋转 90°,则他所感觉到的颜色就互相对换,垂直条纹呈橙色,水平条纹呈蓝-绿色。如果让观察者看封二图形(b),他就会说在垂直方向是蓝-绿色,水平方向是橙色。

1976 年 J. G. May^[6]等与 Green^[7]等进行了另一些实验。他们用作适应的图形是红色的水平棋盘(边的方向是 0°与 90°)与绿色的菱形棋盘(边的方向是 45°与 135°),如封二图 7(a)。适应之后观察无色的图形(b)。观察者报告说,取向是 0°与 90°的条纹呈红色,取向是 45°与 135°的条纹呈绿色。这表示适应图形边的取向与检验图形的取向一致。后效应的颜色也一致。这一结果与 McCollogh 关于颜色后效应结论的推断是矛盾的。按照 McCollogh 的推断,(b)中水平与垂直条纹的颜色应是绿色,倾斜条纹应是红色。对于这个矛盾,May 与 Green 作了如下的解释:颜色的互补后效应是隶属于图形的付立叶主要分量的取向,而不是图形本身的朝向。

对图 7(a)中水平棋盘与菱形棋盘可以计算出其付氏展式的各个分量,它们分别示于图 8 中的(a)和(b)。图中各圆点的面积代表分量的大小。从付立叶分析来看,图 7(a)中水平棋盘的付氏主要分量在 45°与 135°的方向上,因此推断它的互补色应在此方向上出现,这与实验结果图 7(b)中的斜条呈绿色一致。而图 7(a)中菱形棋盘的付氏主要成分在水平方

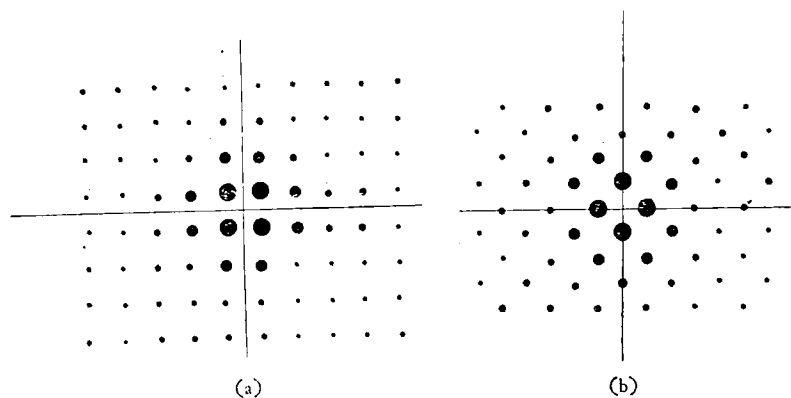


图 8 水平棋盘与菱形棋盘的付氏分量分布示意图

向与垂直方向,因此图 7(b) 中的水平条纹和垂直条纹呈红色。依同样道理,如果适应图形仍然是图 7(a),检验图形是 (c)。则可得到如图 (c) 下方所标记的颜色后效应。这个结果似乎与 McCollough 所认为的隶属于方向的颜色后效应相一致,但是应该注意到,这时适应图形与检验图形的付氏主要分量的取向是相同的。May 和 Green 的实验说明,视觉系统对朝向的检测(至少表现在颜色后效应上)实际上是对图形的付立叶分量进行检测。这从另一个角度说明了人的视觉信息加工是以空间频率分析这一方式进行的。

3. 视觉系统对空间图形的综合

上述几项实验已比较清楚地说明了人的视觉系统中存在着独立的窄带空间频率通道,视觉系统对空间频率有检测能力。但要说明视觉系统的功能如同一个付氏分析器,还必须说明各个付氏分量可以在脑中进行综合而重建视觉图象。那么视觉系统中是否有这种综合的能力呢? 这自然是一个很值得研究的问题。1972 年 Maffei 和 Fiorentini^[6] 设计了既简单而又有说服力的实验。

当两个在空间作正弦变化的亮度分布进行光学地叠加时,人们便会感知这个叠加而成的图形是一个周期性的图型,其亮度分布就是这两个分量的和。但是我们几乎无法知道,人们所感知的图型是两个分量分开传入大脑然后进行综合的结果呢,还是以已经综合好了的

图型传入大脑再予以整个儿的处理? 可以设想,如果大脑有这么一种机制,它的功能是对正常视觉条件下网膜像的各个分量进行加工,那么这个机制也一定会对从两个眼睛分开传入的信息进行综合。

最简单的实验是对方波分布的头两项谐波检验双眼综合的结果。在两个示波器上分别显示出基波和三次谐

波,它们的振幅比是 3:1。显示图型的频率、振幅和位相均可进行调整。当两个图型分开呈现给网膜时,即一个眼睛输入一个图型,另一个眼睛输入另一个图型(以下称为双视 dichoptic),这时观察者所感知的图型是非常接近于两个图型先进行光学叠加再呈现给眼睛(以下称为单视 Monoptic)时所感知的图型,他们基本上都感知到一个方波图型。这表明,当一个周期图型的头两个谐波分量分开呈现给眼睛时,人们就会感觉到一个按照付立叶理论进行综合所预期的图型。若使基波的对比是其阈值的五倍。调整三次谐波的对比,分别记录下在单视条件下和在双视条件下感知的图型当它最接近方波时三次谐波的对比。实验是在比较低的对比,在几个不同的空间频率上进行的。结果示于图9。从这个实验可以看出两点: 1. 单视与双视的结

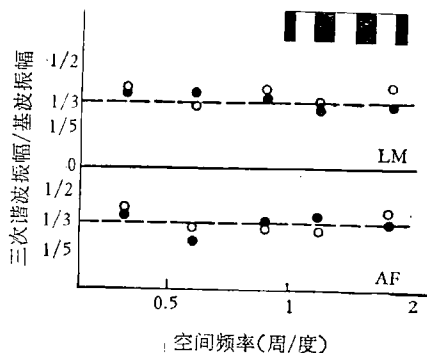


图 9

○——单视时三次谐波的对比与基波对比之比
●——双视时三次谐波的对比与基波对比之比
(引自 Maffei 等)

果非常一致；2. 三次谐波与基波对比的比值接近 $1/3$ ，这与付立叶理论的预期值相等，因此所感知的综合图形与付立叶综合理论一致。

进一步对矩形波做实验。矩形波的基波、二次谐波的振幅分别是 $(4m \sin \pi r)/\pi$ ， $(4m \sin 2\pi r)/2\pi$ (m 是矩形波的对比， r 是它的占空因素)，如果占空因素取作 $1/3$ 与 $1/4$ ，此时二次谐波的振幅是基波的 0.5 与 0.7 倍，实验中把基波的对比 (C_F) 升高到阈值对比 (C_T) 的 $2, 4$ 和 10 倍。在每个 C_F 下受试者调整二次谐波的对比，使感知的图型接近于占空因素是 $1/3$ 与 $1/4$ 的矩形波。在五个不同的频率上进行了测量，结果示于图 10，图中纵轴代表对比的倒数。当 $r = 1/3$ 时，二次谐波的振幅刚好是基波的一半，此时 $C_F = 2C_T$ ，所以二次谐波振幅从理论上应等于 C_T 。实验结果所记录的二次谐波

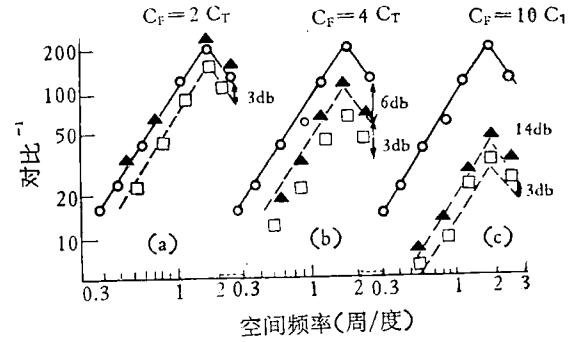
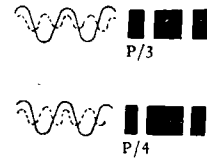


图 10

○——基波的对比敏感性；▲——占空因素是 $1/3$ 时二次谐波的对比(倒数)；□——占空因素是 $1/4$ 时，二次谐波的对比(倒数)，(引自 Maffei 等)

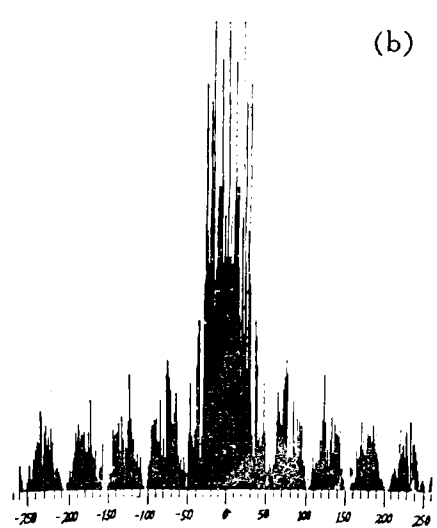
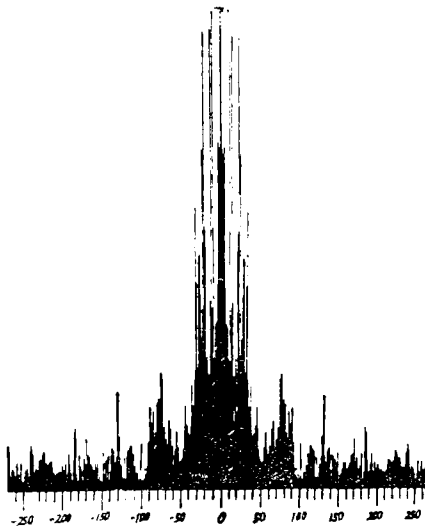
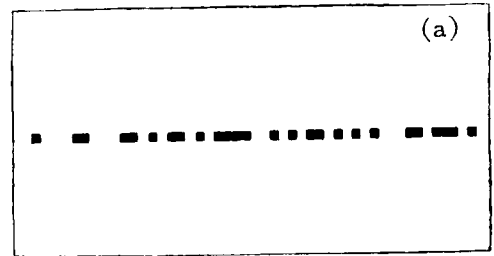
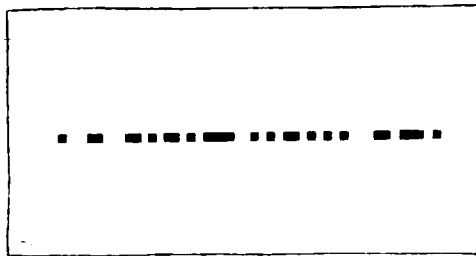


图 11

(a) 随机点质地构成的空间抛物线在左右视网膜上的投影图；
(b), (a) 的频谱

的对比(▲)刚好落在阈值对比线上。与理论预计附合得非常好(a)。在其它情况下实验的结果与理论预计也符合得很好。不过随着 C_F 的增加,例如当 $C_F = 10C_T$ 时,从(c)可看出实验结果与理论推断就不那么符合了。上面几个视觉综合实验证明了大脑具有对分开呈现于两眼的图型按付立叶分析进行综合的能力,因此,在一定条件下,可以把大脑近似地看作是一个频率分析器。

4. 双眼视差在频谱中的反映

前面已从不同的角度表明了人的视系具有付氏分析与综合的能力。在解决,解释人的立体感知中付立叶分析的效用如何呢?众所周知,人在观察立体目标时,目标在两眼网膜上的投影是两个含有视差信息的立体图对。我们^[9]把一对含有视差的立体图对进行付立叶变换,计算出它们各自的频谱,然后再比较左右两眼立体图对在频谱上所反应出来的差别。所用的空间图型是一条抛物线,其解析表达式为:

$$\begin{cases} X^2 + Y^2 = 100^2(Z+10), & -500 \leq X \leq 500 \\ y = 0 \end{cases} \quad (4)$$

从已知的深度和视差的关系可以得出上面这条抛物线在左右两个网膜上的投影图。用随机点质地构成的投影图对如图 11(a) 所示。付立叶理论告诉我们,对非周期性的函数可以进行付立叶变换以求出与它对应的频谱。一维的离散付立叶变换式是:

$$F(k) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} f(n) e^{-i2\pi nk/N} \quad (5)$$

本例中, $f(x)$ 就是图 11 中 (a) 所示值,它只取 0、1 两个值。(b) 图是由 (a) 经公式 (5) 算得的频谱。在频谱空间可以看出,与左右两眼相对应的频谱高峰的位置不一样,左眼频谱高峰位置向高频移动了一些,而右眼频谱高峰位置则向低频移动了一些。由于两个投影图中只含有视差,因此可以认为频谱高峰位置的移动蕴含着视差信息。

讨 论

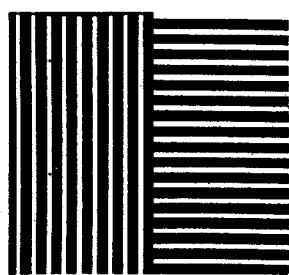
从 60 年代后期至今,引用了光学中空间频

谱分析的方法,用电生理和心理物理实验等方法对视觉系统进行了大量的研究工作。虽然付立叶分析方法可以很成功地解释不少视觉现象,但是付立叶理论是一种研究线性系统的工具,对非线性系统并不适用。而视觉系统中的阈值概念恰恰是一种典型的非线性特性。虽然它可以用分段线性的方法来处理,但要全面地描述视觉系统的特性与功能,使用非线性分析方法也许更为恰当。当然,这是一件困难的工作。另外,到目前为止,付氏分析只能看作是解释视觉系统某些功能的一个方法,但它并不一定是最好的和唯一正确的方法,例如 Walsh 变换用于图象信息处理时,实验表明所取的频道(分量)数 2^4 与对人进行的心理物理实验结果是近似符合的。因此除了付立叶变换外其它一些正交变换在视觉加工中的作用还有待研究。另外,付氏分析中起作用的参数包括频率,振幅(对比)和位相。本文列举的例子中只限于对频率和对比的讨论,位相问题没有提及。事实上相位在图象处理中是一个必须考虑的因素。而在研究视差与频谱的关系中,有一类立体图对的视差在振幅频谱上是没有反映的,它只表现在位相频谱中。因此研究频谱分析在双眼立体视觉中的应用时,也不能忽视位相频谱的作用。鉴于上述,位相在视觉辨认中的作用是一个很值得研究的问题。这方面的工作目前已有报道。

参 考 文 献

- [1] Goodman, J. W. (美)著,詹达三等译:《付立叶光学导论》,科学出版社,1976年。
- [2] Enroth-Cugell, C. et al.: *J. Physiol.*, **187**, 517—552, 1966.
- [3] Campbell, F. W. et al.: *J. Physiol.*, London **203**, 223—235, 1969.
- [4] Campbell, F. W. et al.: *J. Physiol.*, **197**, 551, 1968.
- [5] McCollough, C.: *Science*, **149**, 1115, 1965.
- [6] May James, G. et al.: *Science*, **192**, 4235, 1976.
- [7] Mare Green et al.: *Science*, **192**, 4235, 1976.
- [8] Maffei, L. et al.: *Nature*, **240**, 479—481, 1972.
- [9] 中国科学院生物物理研究所五室:《生物化学与生物物理进展》,1976年,第3期,第31页。

[本文于 1979 年 2 月 15 日收到]

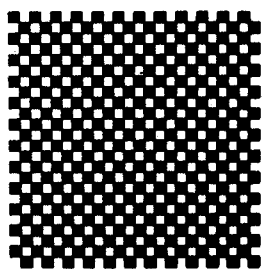


6 (a)

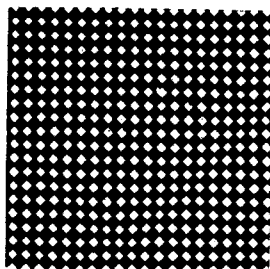


6 (b)

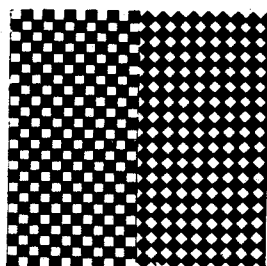
图 6 检验图形



7 (a)



7 (b)



7 (c)

图 7 (a) 适应图形, (b), (c) 检验图形(引自 May 与 Green)

会议简讯

全国核苷酸类药物会议召开

全国核苷酸类药物会议于 1979 年 11 月下旬在广东省新会县召开。会议由国家医药管理总局主持。参加会议的有十五个省市的有关专家、教授、医生、药检及科技人员共一百余人。会议就核苷、核苷酸类药物的发展前途,现有药品的临床评价及其管理、使用和生产、价格、质量及基础研究问题进行了讨论。

专家们认为,此类药物的研究十分活跃,前景广阔,近年已出现不少临床上有效的抗病毒、抗肿瘤及抗代谢疾病的核苷、核苷酸类药物,如能用化学方法对天

然核苷、核苷酸进行结构改造,会给新的有效药物的筛选带来极大的方便,也会使药品的成本大大降低。出席会议的医务工作者认为现在使用的一些核苷、核苷酸类药物如腺三磷、胞三磷、胞二磷胆碱、聚肌胞及 5-氟尿嘧啶脱氧核苷等作为治疗药物或辅助治疗药物有一定疗效,但必须根据临床实践和药理实验来确定这类药物的适应症,不能把它当成医治百病的万能药。

(会议秘书组)