

视觉运动信息加工及其影响因素

丁锦红 王东晖 王 净

(中国科学院心理研究所,北京,100101)

1 引言

与颜色视觉一样,运动视觉也是视觉系统的一个基本维度,为了适应环境,所有动物都有这样的机制。运动视觉可以提供运动物体某些方面(如形状、质地等)的信息;也可以提供一些线索来帮助观察者搜索或进行准确地深度与距离判断。因此,知觉运动的能力影响着人对视觉经验的解释。运动信息加工受到许多因素的影响。

2 视觉运动信息加工

2.1 加工机制

在较高等动物的视觉系统中,视网膜及外侧膝状体(LGN)内没有特定的运动觉察细胞。运动觉察发生在视网膜和LGN对视觉信息加工之后。但在视网膜和LGN内存在两类与运动觉察有关的细胞。一是感受野较小的X细胞,它能对持续的光强度变化反应,可以对视觉信息进行线性整合。二是感受野较大的Y细胞,它对光变化的反应是暂时的,而对视觉信息作非线性整合。

虽然边缘部分和中央窝在运动方向和速度大小的辨别阈限接近,但视网膜的中央窝和边缘部分对运动的觉察存在着明显差异。在一定范围内边缘部分的运动觉察能力比中央窝更强。对于朝向中央窝运动的知觉潜伏期要比离开中央窝运动的知觉潜伏期短。对于运动开始的反应时也表现出相同的规律。中央窝部位能准确地知觉一个运动物体的方向,而边缘视觉则会产生很大错误。另外,边缘部分下部比上部具有更强的知觉能力。

大脑两半球对视觉运动信息的加工也表现出的不对称性,具有皮层部位特异性。在运动的辨别过程中,右半球的枕叶、颞叶和顶叶区的视觉诱发电位(VEP)幅度增加,而左半球相应部位的视觉诱发电位则没有增加。运动信息的提取始于枕叶,而进一步的加工则在颞叶和顶叶进行。

2.2 运动信息整合

物体运动时,其空间位置随时间而变化。因此,空间和时间就成为运动知觉的重要线索。视觉运动知觉

就是依赖于对运动目标的空间和时间信息整合而完成的。在时间特性上,运动结构中的点在呈现50—85ms时,视觉系统就可以觉察运动的结构。这是从目标中抽取最少数目的点所需要的时间。在空间特性方面,如果缺乏足够的空间信息,视觉系统就无法进行准确的运动知觉。例如,“小孔问题”(Aperture Problem)。对目标的表面特征知觉取决于对取样所获得的不同位置点的整合。单位时间内取样的数目增加,将会使知觉成绩提高。运动信息的空间整合主要发生在与运动方向平行的方向范围内;而垂直方向上较少。在空间—时间整合过程中,取样时间和取样点的数量之间存在着权衡。如果每次取样点较少,则总取样时间就长;相反,则总取样时间就短。

在速度整合过程中,视觉系统可以把视野中运动点的速度整合起来,产生与这些点的平均速度接近的速度知觉;在不同速度的运动点的辨认中,总是以这些点的平均速度为判断基线。来自不同速度点的整体平均速度的差别阈限与来自相同速度点的整体平均速度的差别阈限接近。另外,速度大小的整合与方向整合过程一致,因此,这两种加工机制可能是相同的。

运动信息加工可能是由局部到整体,又从整体到局部的复杂过程。视觉系统首先分析运动模式的局域特征,并且比较不同时刻同一特征的空间位置,进而确定局域运动方向和速度大小。它可分为以下几个阶段:(1)局部信号的确定。(2)局部速度信号的矢量平均。(3)对一定区域内的运动方式(如移动、转动、扩展或缩小等)的总体证据进行评价。

3 视觉运动信息加工的影响因素

一个运动目标,除运动特性外,它还包括如颜色、形状和大小等特征。由于这些特征的空间位置随时间而变化,所以,它们将影响到视觉运动知觉。此外,观察者的某些特性(如眼动、经验等)也对运动知觉产生影响。

3.1 颜色

电生理学研究表明,大脑皮层对运动的分析是在颞叶上沟后部进行的,而颜色编码细胞则主要分布在V₄部位。因此,对颜色和运动信息的加工是相互独立

的、平行的。运动加工区域内的细胞不对颜色反应。但也有一些研究者认为,颜色在似动觉察中确实起了重要作用。在知觉神经通路中,一些基本特征(如颜色、运动、深度和形状等)加工之间有明显的交互作用。例如,颜色对运动知觉的影响受到观察距离的制约。运动知觉也可以驱动颜色知觉、颜色扩散知觉以及运动区域的深度关系知觉等。颜色和运动的加工通路可能不同,但通路之间又相互影响,它们之间的关系是双向的。

3.2 对比度

在运动方向的判断中,对比度也同样起作用。有人用两帧图形交替呈现的方法让观察者判断运动方向。当两帧图形的对比度都很低时,方向判断很困难,而当增加任何一帧图形的对比度时,都有助于运动方向的判断。视觉系统觉察运动的最优空间位移(Optimal Displacement)和最小运动觉察阈限(Dmin)也受刺激的对比度的影响。这可能是由于视觉系统的生理学特性引起的,而不是刺激的物理特性。在追踪运动目标过程中,背景亮度的变化将影响对整个视野总体亮度水平的知觉。例如,当目标从亮区域向暗区域移动时(对比度增加),知觉到的总体亮度下降;而目标反方向运动时(对比度减少),则知觉到总体亮度水平增加。

3.3 刺激呈现时间间隔

似动现象中,两亮点之间有时间间隔(ISI)时所觉察到的运动要比无时间间隔时所觉察到的运动速度更快。尽管两种情况下的时间频率和空间距离相等。ISI还影响到二阶运动(Second-Order Motion)觉察中的加工特征。在有ISI情况下,二阶运动觉察成绩受到掩蔽刺激特征的严重影响,这说明这种条件下的觉察机制是以特征为基础的;相反,在无ISI情况下,成绩几乎不

受影响,则此时是使用运动能量进行觉察的。同时,刺激的呈现时间对主观运动也有影响,呈现时间越长,主观运动速度越慢。

3.4 形状和大小

在运动知觉中,刺激的非颜色特征并不都等同地被用来进行运动加工的;单独的形状信息不能提供较强的线索,它必须和其他视觉信息相互作用,才能促进运动方向的确定。目标大小对运动知觉也有影响。例如,“小孔问题”就是一个典型的例子。

3.5 眼动

运动知觉过程中,运动信号是产生眼动的驱动力。当眼睛注视一个运动目标时,就产生追踪运动。眼睛的平滑追踪运动(Smooth Pursuit)在运动知觉中起重要作用。此过程中的随意眼动控制系统包含四个功能性成份:即计划(Planning)、控制(Monitoring)、取样(Sampling)和连接(Switching)。其中前三个成份实现预测功能。在这里,头一眼协调系统对追踪过程中的随意眼动的控制起重要作用。运动目标的知觉和眼动之间存在着交互作用的关系。平滑追踪时,眼睛的最大速度约为90度/秒。在追踪过程中,眼球还会产生不随意的微小震颤,以获得持续的网膜像。同时,运动后效也是眼球震颤的结果。

人的期望也会影响眼动模式。例如,阅读母语材料读者的注视点大都落在语意群的适当位置上,这是由于语意期望被激活而引起的。同样,对目标运动的速度和方向的期望也影响其后的追踪反应过程。当预测到运动方向发生变化时,眼睛便产生预期追踪运动。因此,视觉运动知觉不仅有自下而上的加工,也有自上而下的加工。