运动类型和速度显著影响速度知觉

**摘要** 速度知觉是运动知觉的一种，与时间知觉也有一定关系。本实验探究了前人研究中较少涉及的运动本身对速度知觉的影响，检验出运动类型和速度都对速度知觉有显著性影响，并且对实验结果中一些值得讨论和进一步研究的地方提出了合理的可能解释。

**关键词** 速度知觉 运动类型 速度

1 前言

速度知觉是运动知觉的一种，与时间知觉也有一定关系。能否正确估计物体的运动速度，在人的实践活动中有重要意义。然而，速度知觉除了受到观察的误差影响之外，还有许多因素影响人们的速度知觉。

首先，运动视差导致人们对不同距离的物体的速度知觉之间存在差异，因为环境中物体的相对距离决定了它们在视网膜影像上相对运动的大小，所以即使两个物体的实际速度相等，远处的物体看上去也比近处物体运动得慢。Williams和Sekuler（1984）的研究表明，当一个刺激物的各微小组成部分的运动状态存在差异时，视觉系统可以整合各个部分的运动信息，形成一个全局的一致性的运动感知。在此基础上，当刺激物不是以一个单一的速度运动，而是包含一个速度分布时，我们的视觉系统能够整合不同的速度并且取平均形成一个整体的速度感知，即将平均速度知觉为整体的速度，这种机制的精确度和当刺激物只有单个速度时的知觉机制一样（Watamaniuk & Duchon, 1992）。

Stocker, A. A.和 Simoncelli, E. P.（2006）总结到，速度知觉显著依赖于刺激物的属性而非物理上的运动。例如，速度知觉受刺激物的对比度的影响，低对比度的刺激物的速度通常显得更慢，而高对比度的刺激物的速度通常显得更快，即使他们的实际速度相等（Stone, L. S., & Thompson, P. ,1992）。又如，条纹的大小、角速度、刺激物呈现的空间频率也会影响速度知觉，条纹越窄、角速度越大、空间频率越高的刺激物在知觉上更快（Diener, H. C et al.，1976）。

然而，前人关于速度知觉的研究多是平面上的水平运动或者点图（Williams & Sekuler，1984; Diener, H. C et al.，1976），更多关注运动本身之外的因素，较少关注运动类型和实际速度的影响。本实验将探究不同运动类型运动（水平/垂直/平面）和不同运动速度（40像素点每秒/80像素点每秒）下的速度知觉有无显著性差异，并且将探究速度知觉的准确性。预期结果为运动类型和运动速度对速度知觉有显著性影响。

2 方法

**2.1 被试**

被试为81名北京大学心理与认知科学学院或者其他院系心理学双学位的学生，年龄在18-22岁之间，46位女性，35位男性，所有被试均为右利手，视力或矫正视力正常。

**2.2 仪器和材料**

本实验使用显示器为20-in ViewSonic，分辨率为1920×1080，刷新频率为60Hz，操作系统为Windows7的电脑，被试在提供的电脑上使用心羽心理实验系统软件，通过键盘按键完成实验。

平面运动的小方块边长为5像素，运动最长距离为400像素。

**2.3 实验设计**

本实验采用2（运动速度）×3（运动类型）的双因素组内设计。自变量一为运动速度，有两个水平：40像素点/s和80像素点/s。自变量二为运动类型，有三个水平：水平、垂直和平面运动，水平和垂直运动指小方块在一个平面内沿水平或垂直方向运动，平面运动指亮点从里到外或者从外到里运动，表现为小方块的边长由5像素到最长距离400像素或者从400像素到5像素。因变量为被试的估计相对误差，操作性定义为被试估计小方块或亮点到达终点的时间与小方块或亮点实际到达终点的时间的差值除以实际时间（时间的单位为ms），即估计相对误差=（估计时间-实际时间）/实际时间，估计误差为正数表示被试估计太迟，负数表示估计太早。

实验对潜在的额外变量进行了控制。首先，为克服运动方向带来的误差，每种运动类型又有两种相反方向（左右、上下和里外），一个运动速度一个运动类型中的两种相反方向的数据视为一个整体来研究。其次，为了避免任务顺序对实验结果产生影响，比如有可能被试逐渐疲劳导致后面的估计误差较大，本实验中各种任务的顺序是随机的，以此来平衡任务顺序的可能的影响。

**2.4 实验程序**

首先，被试注册并登录心羽心理实验系统，进入实验界面后，阅读指导语，“屏幕上将出现运动的亮点或正方形，运动有三种形式：亮点从右向左或从左向右水平运动，亮点由上至下或由下至上竖直运动，正方形从里向外或从外向里作平面运动。请注意观察它的运动速度，这个亮点或正方形按这个速度运动一定距离后就消失了，但它其实仍在按原来的速度继续移动着。请在你认为它正好到达终点时按键盘上的＂G＂键，此时亮点或正方形将出现在其实际运动位置。然后屏幕下方会出现你估计的运动时间和实际的运动时间的差值（负值表示你估计得太早，正值表示你估计得太迟，绝对值越小表明你估计得越准确）。请尽量估计准确。明白这段话的意思后，点击“确定”按钮开始。”

被试点击确定后，开始进行实验。屏幕上出现亮点或者小方块，随机出现以下运动形式之一：亮点从右向左或从左向右水平运动，亮点由上至下或由下至上竖直运动，正方形从里向外或从外向里作平面运动。被试仔细观察亮点或小方块的运动速度。一段时间后，亮点或小方块从屏幕消失，但实际上它还在继续运动，被试需要根据他观察到的运动速度，估计小方块或亮点到达终点的时间，当被试认为它正好到达终点时按下“G”键，此时亮点或正方形将出现在其实际运动位置。然后屏幕下方会出现被试估计的运动时间和实际的运动时间的差值（负值表示估计得太早，正值表示估计得太迟，绝对值越小表明估计得越准确）。然后重复。试次之间的间隔为1000ms。两种运动速度、三种运动形式、组成了6种任务，如表一所示，每个任务做4次（两个相反的运动方向各做2次），被试总共需要完成24个任务。实验结束后，统计运动速度、运动方向和估计相对误差，存储到Excel文件中。

**表1 不同任务的运动类型和运动速度**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 任务编号 | 运动类型 | 运动速度（单位：像素点/s） |
| 1 | 水平 | 40 |
| 2 | 水平 | 80 |
| 3 | 垂直 | 40 |
| 4 | 垂直 | 80 |
| 5 | 平面 | 40 |
| 6 | 平面 | 80 |

3 结果

保留全部1942个数据，使用SPSS 22进行分析，对不同运动速度和不同运动类型下的估计相对误差进行描述性统计，结果如表2所示。

**表2 不同运动速度不同运动类型下的估计相对误差（*M*±*SD*）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 水平 | 垂直 | 平面 |
| 40像素点/s | -0.061±0.131 | -0.068±0.140 | -0.142±0.232 |
| 80像素点/s | 0.067±0.199 | 0.051±0.183 | -0.017±0.216 |
|  |  |  |  |

首先，对数据进行2（40像素点每秒/80像素点每秒）×3（水平/垂直/平面）的双因素重复测量方差分析。由于运动类型和交互作用的数据都不满足Mauchly球形检验（*p*=.029, *p*<.001），以下使用Greenhouse-Geisser矫正结果。结果显示，速度的主效应显著，*F*(1，322)=209.771, *p*<.001, *partial* η2=.394，说明不同的速度下被试的估计相对误差有显著性差异；运动类型的主效应显著，*F*(1.332，630.185)=40.546, *p*<.001, *partia*l η2=.112，说明不同的运动类型下被试的估计相对误差有显著性差异；速度和运动类型的交互作用不显著，*F*(1.837，591.630)=.102, *p*=.888。

然后使用Bonferroni法进行成对比较。对速度进行分析，40像素点/s下的估计相对误差显著小于80像素点/s(*MD*=-0.124, *p*<.001)。对运动类型进行分析，水平运动的估计相对误差与垂直运动没有显著性差异(*p*=.611)，平面运动的估计相对误差显著小于水平运动(*MD*=-0.083, *p*<.001)，平面运动的估计相对误差显著小于垂直运动(*MD*=-0.071, *p*<.001)。不同速度和不同运动类型的估计相对误差如图1所示。

对任务1~6的数据使用单样本t检验和0比较。结果显示，任务1的估计相对误差和0有显著性差异，*t*=-8.386, *df*=322, *p*<.001；任务2的估计相对误差和0有显著性差异，*t*=6.065, *df*=322, *p*<.001；任务3的估计相对误差和0有显著性差异，*t*=-8.891, *df*=323, *p*<.001；任务4的估计相对误差和0有显著性差异，*t*=5.050, *df=*323, *p*<.001；任务5的估计相对误差和0有显著性差异，*t*=-11.057, *df*=323, *p*<.001；任务6（平面运动，80像素点/s）的估计相对误差和0没有显著性差异，*t*=-1.482, *df*=323, *p*=.139>.05。

对单个任务中的两个相反运动方向的数据使用配对样本t检验进行分析。结果显示，任务1的两个运动方向的估计相对误差没有显著性差异，*t*=-.020, *df*=158, *p*=.984；任务2的两个运动方向的估计相对误差没有显著性差异，*t*=.507, *df*=159, *p*=.613；任务3的两个运动方向的估计误差没有显著性差异，*t*=-.574, *df*=159, *p*=.567；任务4（垂直运动，80像素点/s）的两个运动方向的估计相对误差存在显著性差异，从上到下的估计相对误差显著低于从下到上，*t*=-3.286, *df*=160, *p*=.002；任务5的两个方向没有显著性差异，*t*=-.208, *df=*159, *p*=.836；任务6的两个方向没有显著性差异，*t*=-.129, *df*=160, *p*=.897。

4 分析与讨论

本实验结果显示，运动类型和速度的主效应显著，说明运动类型和速度对速度知觉有显著性影响，与预期结果相符。通过将各任务的估计相对误差与0进行单样本t检验，得到的结果表明任务1~5的速度知觉和实际速度有显著差异，而任务6（平面运动，80像素点/s）的速度知觉准确。除任务4（垂直运动，80像素点/s）外，其余任务的两个相反运动水平下的估计相对误差均没有显著性差异。

成对比较的结果显示，水平和垂直运动的估计相对误差没有显著性差异，而平面运动的速度估计比水平和垂直运动更准确。本实验中的水平和垂直运动都是在一个平面内的运动，而平面运动是在不同平面间的空间运动，我们合理推测，人类的视觉系统对空间运动的速度知觉比二维的平面运动更加准确。

我们进一步观察各任务数据与0的单样本t检验的结果发现，速度为40像素点/s的运动（任务1、任务3、任务5）的t值均为负数，而速度为80像素点且和0有显著性差异的运动（任务2、任务4）的t值均为正数。说明40像素点/s的运动中人们倾向于高估速度，而80像素点/s的运动中人们倾向于低估速度。我们推测这是因为在速度知觉任务中，视觉上的线索不足以准确地估计速度，人们更依赖于先前的经验（Torralba, A., 2003），而人们日常生活中经常接触的速度在某个范围内，这个范围大于40像素点/s而低于80像素点/s，被试参照这个范围进行速度估计，所以导致了相同速度下方向一致的有偏估计。这个范围具体是从多少到多少，还有待进一步地研究。

关于任务4（垂直运动，80像素点/s）的两个相反运动方向（从上到下/从下到上）的估计相对误差存在显著性差异的实验结果，我们认为可以解释为，人们在日常生活中更熟悉的是从上到下的运动（比如东西的掉落），而对从下到上的运动不那么熟悉，对运动的熟悉程度影响了速度知觉的准确性，更熟悉的任务中估计准确性更高。至于为什么任务2（垂直运动，40像素点/s）没有出现差异而任务4（垂直运动，80像素点/s）出现了，我们推测是因为更快的速度（80像素点/s）放大了熟悉程度对速度知觉准确性的影响效果，40像素点/s的放大效果还不足以视结果出现显著性差异，而80像素点/s却能够。

综上所述，本实验探究了前人研究中较少涉及的运动本身对速度知觉的影响，检验出运动类型和速度都对速度知觉有显著性影响，并且对实验结果中一些值得讨论和进一步研究的地方提出了合理的可能解释。

**参考文献**

Williams, D. W., & Sekuler, R. (1984). Coherent global motion percepts from stochastic local motions. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, *18*(1), 24-24.

Watamaniuk, S. N., & Duchon, A. (1992). The human visual system averages speed information. *Vision research*, *32*(5), 931-941.

Stocker, A. A., & Simoncelli, E. P. (2006). Noise characteristics and prior expectations in human visual speed perception. *Nature neuroscience*, *9*(4), 578-585.

Stone, L. S., & Thompson, P. (1992). Human speed perception is contrast dependent. *Vision research*, *32*(8), 1535-1549.

Diener, H. C., Wist, E. R., Dichgans, J., & Brandt, T. (1976). The spatial frequency effect on perceived velocity. *Vision Research*, *16*(2), 169-IN7.

Torralba, A. (2003). Modeling global scene factors in attention. *JOSA A*, *20*(7), 1407-1418.