

线索提示对表征动量的影响*

翟 坤 张志杰**

(河北师范大学教育学院心理系, 石家庄, 050024)

摘 要 研究结合线索提示和表征动量范式, 实验 1、2 均采用 2 有无线索(有线索, 无线索) × 4 诱导期间时距(1250ms, 1750ms, 2250ms, 2750ms)混合实验设计, 探讨线索呈现的加工阶段和时距对表征动量的影响。实验 1 恒定保持间隔时距, 在不同时距的诱导期间呈现线索, 发现线索主效应不显著, 但表征动量呈减小趋势; 时距主效应不显著。实验 2 变化诱导时距, 在恒定的保持间隔呈现线索, 发生向后偏移现象, 线索主效应显著; 时距主效应不显著。研究结果表明, 随着注意的增加, 表征动量效应减小; 注意时距不显著影响表征动量, 而注意阶段显著影响表征动量。研究结果为表征动量的双加工理论提供了实证支持。

关键词 关键词 表征动量 线索 注意 双加工理论

摘要 1 引言

表征动量(representational momentum)指运动刺激最终位置的记忆会沿着刺激运动的方向发生向前偏移的现象(Freyd & Finke, 1984)。其经典的研究范式是, 静止的诱导刺激按照一定的规则在水平方向以不同的位置相继呈现, 形成一种内隐的水平运动(向左/向右), 观察者为诱导刺激最终位置的判断呈现向前的偏移。其中, 第一个诱导刺激呈现到最后一个诱导刺激消失之间的时间为诱导期间, 诱导着被试形成运动感知; 最后一个诱导刺激消失到探测刺激呈现之间的时间为保持间隔。表征动量受多种因素的影响, 如刺激特征、呈现方式、背景特点以及观察者特征等(Hubbard, 2005)。近来许多研究者关注注意特征对表征动量的影响(Kerzel, 2002; Kerzel, 2003a; Hubbard, Kumar & Charlotte, 2009)。

Hubbard, Kumar 和 Charlotte (2009)在时程相等的最后一个诱导刺激期间(250ms)和保持间隔(250ms)分别给被试呈现与最终位置重合的空间线索, 结果发现, 线索呈现在保持间隔时减小偏移的程度显著大于线索呈现在诱导期间减小偏移的程度, 说明注意阶段影响表征动量, 而注意时程不影响表征动量。但是 Hubbard 等(2009)的结论存在一定的局限, 因为在表征动量加工的时间进程中, 最后一个诱导刺激(记忆刺激)期间只是诱导期间的一部分, 是被包含与包含的关系, 不能把记忆刺激期间等同于诱导期间。表征动量是一种错误的感知运动。最有效的表征动量仅在即时反应的瞬间保持, 进入长

时记忆前开始减弱, 以确保长时记忆信息的真实性。Kerzel (2002)与 Freyd 和 Johnson (1987)的研究均发现, 当保持间隔增大到一定程度时, 表征动量将消失。因此, 产生运动感知的诱导期间是相对长的时程, 而保持间隔是相对短的时程。因此, 虽然不能通过操作诱导期间与保持间隔的相等时程来探讨注意阶段和注意时程对表征动量的影响, 但是可以分别改变诱导期间和保持间隔的时程, 这正是本研究试图解决的问题。

Kerzel (2003a)的研究发现, 改变诱导刺激轨迹的长短对表征动量的影响不显著。目前为止, 研究者一致认为, 在一定的速度范围内, 速度越快, 向前偏移量越大(张志杰, 肖凤, 黄希庭, 2010; Munger & Minchew, 2002; Poljansek, 2002)。邱成平 (2008)在运动速度不变的情况下, 通过同时增大或缩小运动时间和运动轨迹从而形成不同的扩展条件, 结果发现, 不同扩展条件下的表征动量没有显著差异。结合上述研究, 我们发现在诱导刺激运动速度不变的情况下, 通过改变运动轨迹而产生的诱导期间时程差异对表征动量没有显著影响。如果在不同时程的诱导期间控制被试的注意时, 表征动量存在显著差异, 则认为注意时程的变化影响表征动量。然而, 保持间隔的时程变化显著影响表征动量效应。Freyd 和 Johnson (1987)研究发现, 随着间隔时间的增大, 最终位置的向前偏移程度呈倒 U 型曲线, 以确保长时记忆信息的真实性。具体来说, 在保持间隔为 10 ~ 100ms 时, 保持间隔与偏移量成线性关系; 保持间隔为 200 ~ 300ms 时, 偏移量达到并保持峰值,

* 本研究得到河北师范大学博士基金项目(W2007B21)资助。

** 通讯作者: 张志杰。E-mail: zhangzhj_mail@yahoo.com.cn

然后下降(Kerzel, 2002; Freyd & Johnson, 1987)。梁建春和黄希庭(2002)也发现,在保持间隔为 10 ~ 100ms 时,保持间隔与偏移量成线性关系。由于保持间隔的变化显著影响表征动量,如果在不同保持间隔的控制被试的注意时,表征动量存在显著差异,我们没有办法分离是保持间隔本身时程的变化还是注意时程的变化对表征动量造成了影响。

因此,本研究结合线索提示和表征动量范式,在速度不变的情况下,通过在改变诱导刺激的个数形成不同保持时程的诱导期间(1250ms, 1750ms, 2250ms,

2750ms;实验 1)和时程不变的保持间隔(250ms;实验 2)分别呈现线索,探讨注意阶段和注意时程对表征动量的影响。实验 1 假设,如果在不同保持时程诱导期间呈现的线索对表征动量的影响没有显著性差异,则说明注意时程不影响表征动量,注意加工阶段影响表征动量;反之亦然。实验 2 假设,如果诱导期间改变时,在相同保持时程的间隔时间呈现线索对表征动量的影响不显著,则说明注意时程不影响表征动量,注意阶段影响表征动量;反之亦然。图 1 是以诱导期间时程 2750ms 为例的实验流程示意图。

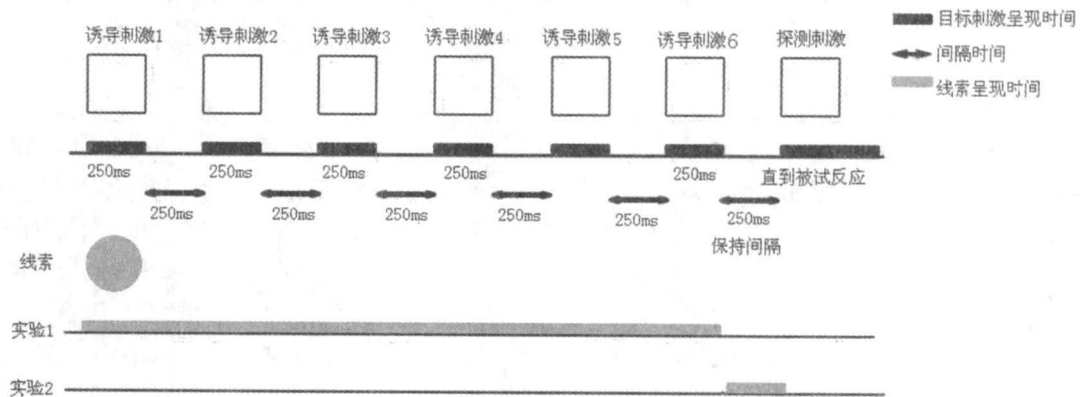


图 1 诱导期间时程为 2750ms 时的很实验流程和实验程序示意图

注:在速度不变的情况下,诱导刺激的个数和运动轨迹的长度被同时改变,形成不同保持时程的诱导期间。呈现 3 个诱导刺激时,诱导期间时程为 1250ms;呈现 4 个诱导刺激时,诱导期间时程为 1750ms;呈现 5 个诱导刺激时,诱导期间时程为 2250ms;呈现 6 个诱导刺激时,诱导期间时程为 2750ms。保持间隔的时程恒定不变,为 250ms。

2 实验 1

2.1 被试

32 名在校本科生和研究生,男女各半,随机均分为 4 组,各组的诱导期间时程分别为 1250ms, 1750ms, 2250ms, 2750ms。被试年龄 23 ~ 26 岁,均未参加过类似实验。

2.2 实验设计

采用 2 有无线索(有线索,无线索) × 7 探测位置(-15, -10, -5, 0, +5, +10, +15) × 4 诱导期间时程(1250ms, 1750ms, 2250ms, 2750ms)的混合实验设计,其中有无线索和探测位置为组内因素,诱导期间时程为组间因素。

2.3 刺激和仪器

实验目标刺激为黑色屏幕中心水平线上从左向右(或从右向左)依次呈现 N 个边长为 40pixels 的白色正方形。前 $N-1$ 个为诱导刺激,其中第 $N-1$ 个为记忆刺激,第 N 个为探测刺激。本实验中, N 的取值为 4, 5, 6, 7。线索是直径为 40pixels 的红色实心圆,呈现在目标刺激的最初位置。计算机彩色显示

器 17 寸,分辨率 1024 × 768 pixels,刷新频率 75Hz。实验程序用 E-prime2.0 编制。

2.4 实验程序

如图 1 所示,以诱导期间时程 2750ms 为例介绍实验程序。在黑色屏幕中心水平线上从左到右(或从右到左)依次呈现七个边长为 40pixels 的白色正方形。每个诱导刺激呈现 250ms,相邻诱导刺激的间隔时间为 250ms。直径为 40pixels 的红色实心圆作为线索在诱导期间呈现,即从诱导刺激 1 呈现到记忆刺激消失期间,时距为 2750ms。电脑屏幕左右边框的水平距离为 800pixels。对于向右运动的刺激,诱导刺激 1 距屏幕左边框 300pixels,诱导刺激 2 距左边框 340 pixels,依此类推,记忆刺激距左边框 500pixels 处;向左运动的刺激,诱导刺激 1 距左边框 500pixels,诱导刺激 2 距左边框 460pixels,依此类推,记忆刺激距左边框 300pixels。线索与在诱导刺激 1 重合。记忆刺激和线索同时消失 250ms 后呈现探测刺激,探测刺激有 7 个位置: -15, -10, -5, 0, +5, +10, +15,单位为 pixel。0 表示探测刺激与记忆刺激在同一位置,绝对值表示探测刺激与记忆刺

激的水平距离;沿运动方向,探测刺激在记忆刺激的前面用“+”,后面用“-”。被试的任务是判断记忆刺激与目标刺激的位置是否相同。一半被试按“S”键做相同反应,按“L”键做不同反应;另一半被试反之。反应后,黑色屏幕垂直轴上方 1/4 处呈现白色“+”,按空格键进入下一个 trial。

被试首先做 20 次有反馈(正确或错误)的练习实验。练习实验从正式实验中抽取,探测刺激与记忆刺激的位置相同与不同 trial 次数的比例是 1:1。正式实验无反馈,每个被试要完成 112 个随机呈现的 trials,2 有无线索(有线索,无线索)×7 探测位置(-15, -10, -5, 0, +5, +10, +15)×2 运动方向(向右、向左)×4 次重复。整个实验持续约 25min,中间安排被试适当休息。需要说明的是,在本研究中,运动方向的变化是为了避免被试的定势效应,减小实验误差,运动方向效应并不是研究的目的。

2.5 结果分析

每个被试数据符合以下两种情况之一时,将被删除:(1)反应时 > 2000ms 或 < 200ms 的次数超过 10%;(2)反应正确率 > 90% 或 < 10% (Freyd & Finke, 1984; Hubbard, 2005; Hubbard, Kumar & Charlotte, 2009)。初步分析实验数据,所有被试的数据资料符合要求。

“相同”反应的偏移加权均数指,各个探测刺激的位置(包括方向和距离)与在此位置做相同反应次数的百分比之积的和,再除以所有 trials 中做相同反应次数的百分比 (Hubbard & Lange, 2010; Hubbard & Courtney, 2010; Hubbard, 2010)。偏移的加权均数公式:

$$f(a) = \frac{\sum d * (n_i/m)}{(\sum n_i)/N}$$

$f(a)$ 为每个被试的“相同”反应的偏移加权均数, d 为探测位置(-15, -10, -5, 0, +15, +10, +15), n 为在每个探测位置的做出相同反应的次数, m 为重复次数, N 为每个被试所完成的 trial 次数。加权均数的正负表示偏移方向,“+”表示沿着诱导运动方向向前偏移,“-”表示向后偏移。加权均数的绝对值表示偏移程度,绝对值越大说明偏移程度越大。加权均数显著大于零,说明发生了表征动量。

无线索条件下,诱导期间的时程为 1250ms ($M = 15.98, SE = 4.02$), $t(7) = 3.97, p < .01$; 1750ms ($M = 17.40, SE = 2.88$), $t(7) = 6.04, p < .01$; 2250ms ($M = 15.69, SE = 4.34$), $t(7) = 3.62, p <$

.01; 2750ms ($M = 14.78, SE = 1.66$), $t(7) = 8.92, p < .001$,最终位置记忆的偏移加权均数均显著大于零,说明表征动量显著。在有线索条件下,诱导期间的时程为 1250ms ($M = 13.56, SE = 4.85$), $t(7) = 2.79, p < .05$; 1750ms ($M = 15.40, SE = 2.11$), $t(7) = 7.29, p < .001$; 2250ms ($M = 13.33, SE = 2.42$), $t(7) = 5.50, p < .01$; 2750ms ($M = 13.72, SE = 2.78$), $t(7) = 4.94, p < .01$,最终位置记忆的偏移加权均数均显著大于零,说明表征动量显著。

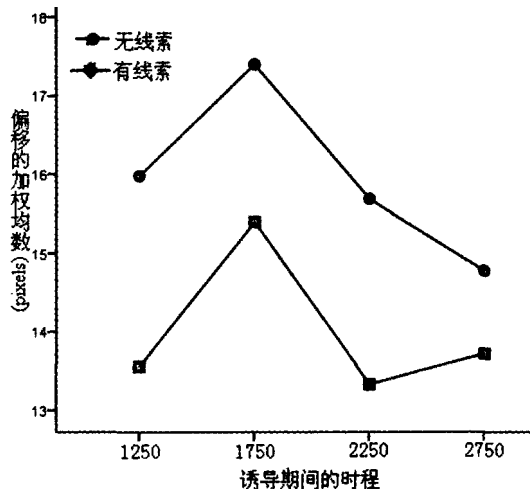


图2 实验1 有无线索提示在不同诱导时程下偏移的加权均数

对“相同”反应的偏移加权均数进行 2(有无线索)×4(诱导期间时程)方差分析,其中有无线索为组内效应,诱导期间时程为组间效应,结果发现,有无线索的主效应不显著, $F(1, 28) = 1.52, p > .05$ 。如图 2 所示,呈现线索时,向前偏移的程度呈减小的趋势。诱导期间时程的主效应不显著, $F(3, 28) = .11, p > .05$ 。有无线索与诱导期间时程的交互作用不显著, $F(3, 28) = .40, p > .05$ 。

3 实验 2

3.1 被试

32 名在校本科生和研究生,男女各半,随机均分为 4 组,各组的诱导期间时程分别为 1250ms, 1750ms, 2250ms, 2750ms。被试年龄 23 ~ 26 岁,均未参加过类似实验。

3.2 实验设计 同实验 1。

3.3 刺激和仪器 同实验 1。

3.4 实验程序

实验 2 的实验程序与实验 1 基本一致。所不同的是,线索呈现在时程相同的保持间隔。

3.5 结果分析

依据实验1筛查数据的方法对实验2数据进行初步整理,所有被试的数据资料符合要求。

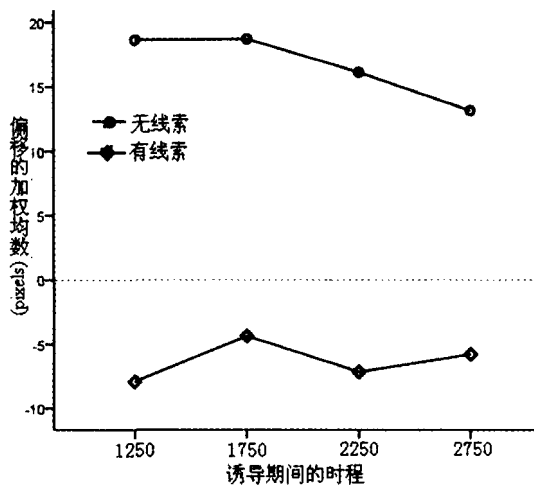


图3 实验2有无线索提示在相同保持间隔
时程下偏移的加权均数

无线索条件下,诱导期间的时程为1250ms ($M = 18.63, SE = 4.90$), $t(7) = 3.80, p < .01$; 1750ms ($M = 18.69, SE = 3.40$), $t(7) = 5.49, p < .01$; 2750ms ($M = 13.12, SE = 3.12$), $t(7) = 4.20, p < .01$,最终位置记忆的偏移加权均数均显著大于零,说明表征动量显著;诱导期间的时程为2250ms ($M = 16.10, SE = 7.87$)时,最终位置记忆的偏移加权均数均不显著大于零, $t(7) = 2.05, p > .05$,说明不存在表征动量。在保持间隔呈现线索条件下,诱导期间的时程为1250ms ($M = -7.91, SE = 1.62$), $t(7) = -4.873, p < .05$; 2750ms ($M = -5.78, SE = 1.25$), $t(7) = -4.64, p < .01$,最终位置记忆的偏移加权均数均显著小于零,说明与表征动量效应相反;诱导期间的时程为1750ms ($M = -4.37, SE = 3.73$), $t(7) = -1.171, p > .05$; 2250ms ($M = -7.15, SE = 4.88$), $t(7) = -1.464, p > .05$,最终位置记忆的偏移加权均数均与零没有显著差异,说明不存在表征动量效应。

对“相同”反应的偏移加权均数进行2(有无线索) $\times$ 4(诱导期间时程)方差分析,其中有无线索为组内效应,诱导期间时程为组间效应,结果发现,有无线索的主效应显著, $F(1, 28) = 42.82, p < .001, \eta^2 = .61$ 。如图3所示,呈现线索时,最终位置向后偏移。诱导期间时程的主效应不显著, $F(3, 28) = .35, p > .05$ 。有无线索与诱导期间时程的交互作用不显著, $F(3, 28) = .20, p > .05$ 。

4 讨论

本研究通过在一系列时程不同的诱导期间和时

程不变的保持间隔分别呈现线索,探讨注意阶段和注意时程对表征动量的影响。结果发现,第一,呈现线索比无线索时,最终位置向前偏移减小,甚至发生向后偏移,说明注意增大导致表征动量的减小甚至消失,与 Hayes 和 Freyd (2002), Hubbard 等 (2009) 研究结论一致。第二,在诱导期间有无线索提示对表征动量的影响不显著,但是呈现线索时,向前偏移呈减小的趋势,与 Hubbard 等 (2009) 的结论一致;而线索在保持间隔呈现时,最终位置发生向后偏移,与 Kerzel (2003a) 和 Hubbard 等 (2009) 研究结果一致。在不同加工阶段呈现线索时,表征动量存在差异显著,说明线索的提示作用不稳定,更容易受到时间因素的影响。第三,在一系列时程不同的诱导期间 (1250ms, 1750ms, 2250ms, 2750ms) 和时程不变的保持间隔 (250ms) 分别呈现线索,线索阶段主效应显著,而线索时程主效应不显著,说明注意阶段显著影响表征动量,注意时程不显著影响表征动量。同一空间线索分别在诱导期间和保持间隔呈现时,表征动量效应存在显著差异,也就是说,注意阶段影响表征动量,说明表征动量是控制加工过程;而在改变诱导期间时程时,无论有无线索的呈现,表征动量效应均无显著性差异,说明表征动量一定存在自动化加工过程。由此可知,本研究从线索提示方面验证了表征动量的双加工理论 (Hubbard, 2005, 2006)。

本研究结果验证了位于水平运动轨迹最初位置的非目标刺激作为线索的前提假设。如果假设非目标刺激作为线索,其提示被试将注意转移到最终位置附近,有利于对最终位置的正确定位。由图2可知,有线索时的向前偏移程度小于无线索时的向前偏移程度;由图3可知,有线索时的向后偏移程度小于无线索时的向前偏移程度。通过比较我们发现,有线索时判断最终位置与实际最终位置的距离比无线索时该距离小,说明呈现线索有利于对最终位置的正确定位,与线索假设一致。

线索的新异性和注意域的集中性增大激活程度,所以线索提示的时间差异导致最终位置激活程度的不同。Kerzel (2003b, 2006) 认为,目标刺激的诱导运动使视觉系统激活了一系列不同的空间位置,从而产生运动表象。当目标刺激停止运动后,激活沿着运动方向继续扩散,并且最终位置前面位置比后面位置得到更多激活,甚至抑制后面位置的激活,因此最终位置发生向前偏移。在最初位置呈现线索时,线索的激活与表征动量的激活叠加,相对增大了最终位置的激活程度,被试能够较正确的判断最终

位置。线索呈现在诱导期间时,被试的注意能够从线索转移到目标刺激上,导致目标刺激比线索的激活大,所以发生向前偏移现象。而线索在保持间隔闪现时,被试的注意更可能被新异的线索捕获,激活中心在最初位置,所以目标刺激显著向后偏移。

虽然没有研究者对诱导时程是否影响表征动量进行研究,但是在大量表征动量的相关研究中,做匀速运动的诱导刺激所呈现的时程是不同的,例如,Hubbard(2010)的研究中诱导期间为1250ms,Johnston和Jones(2006)为1750ms,Hubbard等(2009)为2250ms,在这些研究中均发现了表征动量。这些都说明诱导刺激使被试形成运动感知,而这种运动感知是相对稳定的,所以不影响表征动量。另外,虽然Kerzel(2003a),Hubbard等(2009)和邱成平(2008)的研究讨论中没有涉及到诱导时程的问题,但是从他们的研究结果均可推测:在匀速运动条件下,诱导期间的时程不影响表征动量。本研究无线索条件下的结果验证了该观点。然而,针对保持间隔的研究有很多。Freyd和Johnson(1987)的研究发现,在保持间隔为10100ms时,保持间隔与位置量成线性关系;在保持间隔在200-300ms时,位置量达到峰值,然后下降。也就是说,随着保持间隔的最大,向前偏移量呈倒U型曲线。Kerzel(2002)研究发现,当位置达到一个峰值后,位置会随着保持时间间隔的增加下降。梁建春和黄希庭(2002)发现,在RI为10-100ms时,保持时间间隔与位置量成线性关系。虽然各个研究的结果不同,但是这些都说明保持间隔的时程影响表征动量。综上,在无线索条件下的表征动量加工进程中,诱导期间时程不显著影响表征动量,保持间隔时程显著影响表征动量。

本研究中,线索呈现在诱导期间时,最终位置向前偏移;而呈现在保持间隔时,最终位置向后偏移。并且这种差异是不随诱导时程的变化而变化的,与无线索条件下表征动量的效应一致。Kerzel(2003b;2006)提出的眼动理论认为,当眼睛追踪运动的刺激时,运动刺激最终位置的记忆向前发生偏移,这种向前偏移与视网膜信息和视网膜外信息的异步加工有关。线索呈现在诱导刺激的最初位置,提示了记忆刺激的定位。线索在保持间隔瞬间闪现时,被试没有足够时间将线索在其消失之前注视到中央凹;当线索消失后,可能注视到线索位置并补偿线索的提示作用,导致最终位置的记忆向线索偏移。线索位置和保持间隔均不变,所以诱导期间时程的变化不会对表征动量造成影响。线索在长时程的诱导期间

呈现时,被试的眼动扫描均能够从线索转移到最终位置,这种转移方向与诱导运动方向相同,所以向前偏移显著并且无显著差异。

5 结论

通过以上实验及分析,本研究得出以下结论:

(1)线索减小向前偏移程度,说明随着注意增加,表征动量减小。(2)与最终位置不重合的空间线索受时间因素的影响。在诱导期间呈现线索,存在显著表征动量;在保持间隔呈现线索,最终位置发生向后偏移。(3)在一系列时程不同的诱导期间和时程不变的保持间隔分别呈现线索,发现线索阶段主效应显著,而线索时程主效应不显著,说明注意阶段显著影响表征动量,注意时程不显著影响表征动量。

参考文献

- 黄希庭,梁建春.(2002).内隐时间表征的实验研究.心理学报,34,235-241.
- 邱成平.(2008).不同时空扩展水平下的动量表征.硕士学位论文.西南大学.
- 张志杰,肖凤,黄希庭.(2010).不同动态下的内隐时间特征.心理科学,33,540-543.
- Freyd, J. J., & Finke, R. A. (1984). Representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 10, 126-132.
- Freyd, J. J., & Johnson, J. Q. (1987). Probing the effect for representational momentum. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 23, 443-446.
- Hayes, A. E., & Freyd, J. J. (2002). Representational momentum when attention is divided. *Visual Cognition*, 9, 8-27.
- Hubbard, T. L. (2005). Representational momentum and related displacements in spatial memory: A review of the findings. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 822-851.
- Hubbard, T. L. (2006). Computational theory and cognition in representational momentum and related types of displacement: A reply to Kerzel. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 174-177.
- Hubbard, T. L. (2010). Auditory imagery: empirical findings. *Psychological Bulletin*, 136, 301-329.
- Hubbard, T. L., & Courtney, J. R. (2010). Cross-modal influences on representational momentum and representational gravity. *Perception*, 38, 851-862.
- Hubbard, T. L., & Lange, M. (2010). Prior probabilities and representational momentum. *Visual cognition*, 18, 1063-1087.
- Hubbard, T. L., Kumar, A. M., & Charlotte, L. (2009). Effects of Spatial Cueing on Representational Momentum. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35, 666-677.
- Johnston, H., & Jones, M. R. (2006). Higher-order pattern structure influences auditory representational momentum. *Journal of Ex-*

- perimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 2 - 17.
- Kerzel, D. (2002). Attention shifts and memory averaging. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55, 425 - 443.
- Kerzel, D. (2003a). Attention maintains mental extrapolation of target position: Irrelevant distractors eliminate forward displacement after implied motion. *Cognition*, 88, 109 - 131.
- Kerzel, D. (2003b). Centripetal force draws the eyes, not memory of the target, toward the center. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 29, 458 - 466.
- Kerzel, D. (2006). Why eye movements and perceptual factors have to be controlled in studies on "representational momentum". *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 166 - 173.
- Munger, M. P., & Minchew, J. H. (2002). Parallels between remembering and predicting an object's location. *Visual Cognition*, 9, 177 - 194.
- Poljansek, A. (2002). The effect of motion acceleration on displacement of continuous and staircase motion in the frontoparallel plane. *Psiholoska Obzorja/Horizons of Psychology*, 11, 7 - 21.

The Effects of Cues on Representational Momentum

Zhai Kun, Zhang Zhijie

(Department of psychology, Hebei Normal University, Shijiazhuang, 050024)

Abstract Memory of the final location of a moving target is often displaced in the direction of anticipated target motion, and this forward bias is termed representational momentum(RM). The present research examined the effects of cues on representational momentum. The research included two experiments, 64 undergraduates and graduates participated in the two experiments, respectively. In experiment 1, there were six inducing stimuli, each inducing stimulus was presented 250ms, and there was a 250ms ISI between successive inducing stimuli. The cue, a red circle, was presented at the same location as the first inducing stimulus and during the entire duration of inducing stimulus motion. The inducing stimulus and probe were white square shapes 40pixels in width and in height and were presented against a black background. The probe was located at one of seven horizontal positions relative to the final location of that inducing stimulus: -15, -10, -5, 0, +5, +10, or +15pixel. Each participant took 112 trials (2 cues [present, absent] ? 7 probes [-15, -10, -5, 0, +5, +10, +15] ? 2 directions [leftward, rightward] ? 4 replications) in a different random order. In each trial, the participant was asked to press a key to indicate whether the location of the probe was the same or not from the final location of the inducing stimulus, and then entered the next trial. In experiment 2, the procedure was the same as in Experiment 1, with the following exception: the cue was presented during the final retention interval.

The experiments resulted in three important findings. First, when the cue was presented simultaneously with the inducing stimulus, forward displacement of target did not significantly decrease, relative to when a cue was absent. Second, presentation of the cue during the retention interval, displacement of the target was opposite to the direction of inducing stimulus. Third, the different durations during which the cue was presented during the inducing stimulus motion did not significantly influence the representational momentum.

These results suggested that timing of the cue, rather than duration, determined the influence of the cue on displacement. More importantly, the cue provided information regarding the final location of the probe, suggesting that representational momentum was a control process. The different durations within inducing stimulus motion, did not significantly influence the representational momentum, which suggested that representational momentum was at least partly automatic. Further researches should be conducted to verify the two-process theory of representational momentum.

Key words representational momentum, cue, attention, the two-process theory