

位置和轨迹信息在短暂消失目标复原过程中的作用^{*}

张学民 姚 林 鲁学明

(应用实验心理北京市重点实验室,北京师范大学心理学院,北京 100875)

摘 要 研究发现在多目标追踪任务中,即使视野中的所有物体同时消失长达几百毫秒,被试也能成功地完成追踪任务。Horowitz 等(2006)认为这种能力主要是依靠把刺激消失时的目标信息保存在一种离线存储(off-line memory)记忆当中。这样,当刺激再现时,被试就可以把当前画面与存储的内容进行比较来区分目标和非目标。本研究的目的在于探讨目标位置、运动轨迹等信息在目标复原过程中的作用。结果发现:(1)目标再现位置与消失位置相同时,被试的成绩最好,这说明在目标复原过程中利用了基于位置匹配的策略。(2)当目标再现位置与其消失前的运动方向一致或位于其消失前的运动轨迹上时,成绩较对照条件(目标再现于运动轨迹的法线方向)要好,这说明被试能够利用目标运动的轨迹和方向等信息。(3)当追踪的目标数量增加时,目标运动轨迹和方向等信息在复原过程中的相对作用下降,且被试只能利用1~2个目标的轨迹和运动方向信息。

关键词 多目标追踪,目标复原,任务切换假说,位置信息,轨迹信息。

分类号 B842

1 问题提出

1.1 多目标追踪范式

多目标追踪(MOT, Multiple Object Tracking)实验范式是用来研究运动情景下视觉注意加工规律的。在经典 MOT 范式中,首先呈现 8 到 24 相同的视觉目标(可以是点、加号、圆圈、图像等),随后其中的一部分通过某种方式突出(通常是闪烁几次)而被标记为目标;然后所有视觉目标在场景中以随机独立的方式运动,被试的任务是追踪被突出的那部分视觉目标(称作探测刺激)。追踪一段时间之后(5~15s),场景中的一个视觉目标闪烁几次,被试要判断该目标是否属于探测目标子集中的一个(或者是在追踪完成后要求被试挑选出所有的探测刺激)。自 Pylyshyn 和 Storm 在 20 世纪 80 年代描述了该实验范式^[1]以来,有大量的实验表明,观察者确实能够在视野范围内追踪 4~5 个独立运动的目标,并且能达到 90% 左右的正确率(一般不低于 85.6%)^[2,3]。

1.2 MOT 任务中对短暂消失目标的追踪

MOT 研究为如何“追踪”并“维持”视觉目标提

供了证据,并使能够进行前概念选择和多目标追踪的“基本视觉目标”的概念操作化。除了发现被试可以成功地追踪 4~5 个独立运动的目标外, Scholl 和 Pylyshyn 发现,如果 MOT 范式中被追踪的目标以特定的方式消失并重现,它们可以作为连续的存在被追踪,例如,如它们可以沿着某恒定的轮廓进行删除或复原,也可以从一个掩蔽(occluding surface)后面穿过(即使这个掩蔽的边缘可能是不可见的)^[4]。Yantis 也报告了保持视觉目标客体性(persistence of objecthood)的证据,他发现当视觉目标消失很短的时间或看起来只是被遮掩掉的时候,客体性并不会消失^[5]。更令人惊奇的是,即使视野中的所有物体同时消失的时间长达几百毫秒(200~900ms),被试也能成功地完成追踪任务(正确率达 85%)^[6~8]。

如果说被试成功完成多目标追踪任务依靠的是在前注意阶段给目标分配索引,并且对其时空属性(spatiotemporal properties)进行编码,那么当所有物体突然消失时,时空属性特征的连续一致性遭到破坏,被试却能以较好的成绩完成追踪任务。这又是为什么呢?或者说被试是靠什么来区分目标和非目标以及当消失的目标再现时被试又是怎样去复原目

收稿日期:2007-06-14

^{*} 应用实验心理北京市重点实验室 2007 年度规划项目资助。

通讯作者:张学民, E-mail: xzmzhang@bnu.edu.cn

标信息的呢?

1.2.1 对暂时消失的目标能用似动来解释吗? 似动知觉是实际上不动的静止物体很快地相继刺激视网膜上邻近部位所产生的运动知觉,是一种运动知觉错觉。研究表明 β 运动(一种典型的似动现象)受两个刺激物先后呈现的时间间隔长度的影响。在一般情况下,间隔时间短于 0.03s 或长于 0.2s 都不会产生似动现象。而在 MOT 实验中,研究者发现即使场景中物体消失的时间长达 900ms,被试也能继续完成追踪任务。在如此长的时间内,物体的运动显然不能被看作是运动知觉错觉,而是属于长距离(long-range)似动^[9]。Alvarez 等人发现,在物体消失的同时要求被试完成一项较高难度的视觉搜索任务,其追踪成绩几乎不会受到影响,而且搜索任务的成绩可以达到正常水平^[10]。这说明物体消失时,被试已经把注意力从追踪任务转移到搜索任务,而追踪任务此时是不需要认知资源的。因此,似动是很难解释个体是怎样追踪短暂消失的物体的。

1.2.2 在线加工假说(the on-line hypothesis) 该假说认为对短暂消失物体的追踪在性质上与对可见目标的追踪是一样的。视觉系统把刺激的消失看作是被短暂的遮掩掉了,但个体可以利用非常态知觉(amodal perception)来继续追踪任务。在 on-line hypothesis 看来,物体消失时被试继续着对目标的追踪,因而被试对目标再现的位置是存在预期的,并且这种预期有助于完成追踪任务^[11]。也研究发现,当给被试提供遮挡线索或目标是相继消失时(两者都有利于对目标再现的位置进行预测),其成绩并没有显著的提高^[10]。此外,有研究还发现即使目标出现在其预期的位置上,被试的追踪成绩也不会比遮挡或暂时消失的成绩更好^[7, 11]。

1.2.3 任务切换假说(switching hypothesis 或是 the off-line hypothesis) 在上述基础上,Horowitz 等人认为人类的视觉注意系统存在一种分时(time-sharing)操作机制,它允许注意在多个视觉任务之间进行切换。这样,当多目标追踪任务中的物体突然消失时,个体的注意力可以被暂时转移至另外的任务上。从而我们就不难理解为什么在物体消失的这段时间里,被试可以同时完成一项高难度的视觉搜索任务。Horowitz 同时认为这种多任务之间的分时操作具有非常重要的生态学意义,日常生活的很多活动都要受到突发事件的干扰,如果个体不能在多个任务间进行注意切换的话,那对个体的生存是非常危险的,如追捕猎物或躲过天敌的追捕,避开前道路上的障碍物等^[10]。

视觉注意系统的这种分时操作要求存在一种灵活的存储机制——它能够在任务切换时存储当前任务的关键信息。具体的说,在 MOT 实验中,刺激突然从视野消失触发了一种离线存储(off-line memory)机制,它能把视觉画面的当前信息保存下来。在刺激再现时,被试就可以把当前画面与存储的内容进行比较来区分目标和非目标,从而继续完成追踪任务。

既然对消失目标的追踪依赖于这种离线存储,那么它存储的主要内容是什么呢?在 MOT 任务中,所有刺激在特征属性(feature properties)(如颜色、形状、大小等)上是完全一样的,目标和非目标的区别只体现在时空属性上。因此,要继续对消失目标的追踪,存储的内容应当包括刺激的时空属性。Keane 和 Pylyshyn 认为当物体消失后只有目标的位置信息得到保存^[11],而 Fencsik 等人则认为系统存储的不仅是位置信息,还包括目标运动方向及轨迹信息^[12, 13]。

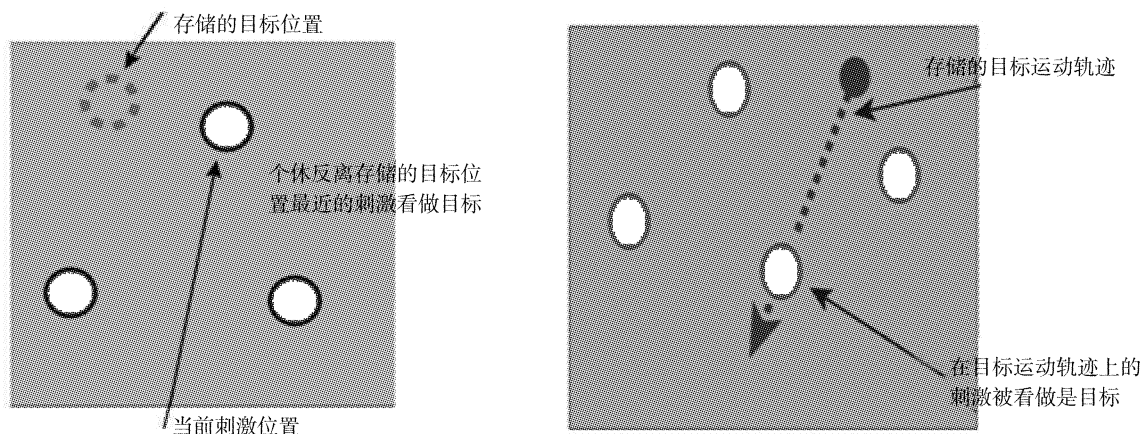


图1 Location-Matching(左)和 Trajectory-Matching(右)

在 MOT 任务中,目标和非目标的特征属性完全相同,只有对刺激的时空属性(如位置、运动轨迹和方向、速度等信息)进行编码和表征,才能维持目标的一致性(identity),并完成追踪任务。然而当目标短暂消失并再现后,这些信息又是怎样帮助个体去区分目标和非目标的呢? Fencsik 等人认为目标复原可能存在两种不同的机制:即基于位置的匹配(Location-Matching)和基于运动轨迹的匹配(Trajectory-Matching,见图1)。前者指的是个体把当前画面刺激的位置与存储的目标位置进行比较,并把离记忆中目标位置最近的刺激看作是目标;而后者认为目标复原依靠的是存储目标的运动轨迹,当一个刺激再次出现在目标的运动轨迹上时,它更有可能被确认为目标^[12,13]。

已有的研究表明,位置信息在复原目标时扮演着十分重要的角色^[11~13]。当刺激再现于其消失的位置上时,被试的追踪成绩是最高的,这表明被试在恢复目标时确实利用了基于位置匹配的策略。此外,也有研究报告被试可能同时还采用了基于运动轨迹匹配的策略,但运动轨迹信息对提高追踪任务成绩的作用是相当有限的^[12,13]。为什么会存在这种差异呢? Place 和 Horowitz 发现视觉系统对目标运动轨迹信息的加工是相当粗糙的,在其实验中,被试被要求判断指定的箭头是以逆时针还是顺时针方向偏离目标方向的。结果发现,要达到70%以上的正确率,箭头偏离方向要大于30°,更为重要的是,该研究发现当要判断的对象为非目标时,被试的成绩停留在概率水平,也就是说被试完全没有加工非目标的运动轨迹信息^[14]。此外 Tripathy 也发现在 MOT 任务中被试最多能保持5个目标的位置信息,但对于轨迹信息其成绩要差得多,并且追踪(保持)目标的轨迹信息要比保持其位置信息需要更多的注意资源^[15]。由此,我们认为在 MOT 任务的目标复原过程中,个体确实利用了目标位置、运动轨迹等信息,但由于加工和保存轨迹信息需要更多的注意资源,其在目标复原过程中的作用是非常有限的。

本研究的主要目的是基于上述研究,针对以往研究中对消失目标信息恢复过程中的认知机制存在的争议和不确定性,深入探讨位置和轨迹信息在消失目标恢复中的机制。具体研究问题为探讨在 MOT 任务中,当目标短暂消失时视觉系统会存储哪些信息以及个体利用这些信息去复原目标时所采取的策略。在本实验中,我们首先通过变换刺激再现的位置来验证基于位置匹配策略的存在;其次,通过

追踪目标数量的变化,我们可以操纵追踪任务的注意负荷,并预期在低负荷(较少的追踪目标)的条件下,个体能够更好的利用轨迹信息来复原目标信息。以此来探讨位置和轨迹信息在目标暂时消失后复原过程中的作用。

2 研究方法

2.1 被试

北京师范大学在校本科生18人,男4名,女14名,年龄18~24岁。视力或矫正视力正常,颜色知觉能力正常。所有被试均在预定的时间内完成实验。并获取一定报酬。

2.2 实验仪器与材料

实验仪器为 P4 2.4Hz 计算机,显示器为17英寸平面 CRT 显示器,分辨率为800×600,垂直刷新频率为85Hz。实验时,显示屏距被试约50cm,所有刺激呈现在显示屏正中央37.6°×28.2°的矩形内。在所有实验序列中,刺激均是由黑色背景上的8个白色的圆环构成,大小为2.6°,环形宽度为0.11°。

实验过程采用 MOT 程序控制,每次实验序列均由425帧画面构成,累计时长5000ms。实验开始时,刺激在屏幕上的位置是随机的。运动开始时,刺激在 X 和 Y 方向被随机赋予一定的速度(每帧速度在0.036~0.112°之间),其运动轨迹均为直线。所有刺激运动的平均速度约为6.5°/s。当物体运动到屏幕边缘时,其 X 和 Y 方向上的速度方向发生逆转,这样刺激便看起来像是被“弹”回来的。整个运动运动过程是一个平滑而又连续的运动画面。

2.3 实验设计

本实验采用4×5的被试内设计,两个自变量分别为:(1)追踪目标的数量(Target Number, TN):1、2、3或4个,实验要求被试按键判断某一给定刺激是目标还是非目标,同时记录被试的正确率;(2)刺激再现位置(Reappearance Position, RP)(如图2所示)

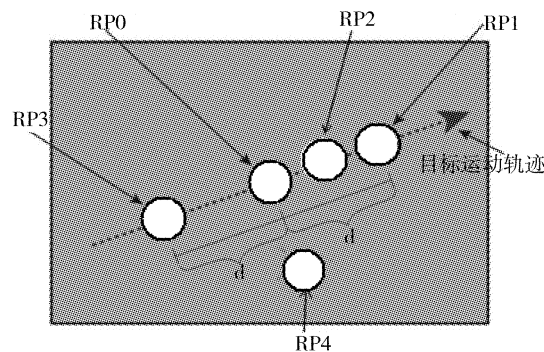


图2 实验变量:目标再现位置

RP_0 : 目标消失的位置

RP_1 : 目标按原有状态运动时出现的位置

RP_2 : 目标按原有状态运动时, 前进轨迹上的一点, 其中 $|RP_0RP_2| = |RP_2RP_1|$

RP_3 : 目标原有运动轨迹上的一点, 其中 $|RP_3RP_0| = |RP_1RP_0|$

RP_4 : 目标运动轨迹外一点(轨迹的法线方向), 其中 $|RP_4RP_0| = |RP_1RP_0|$

2.4 实验程序

实验在隔音、照明度为 130lux 的实验室中进行, 屏幕背景为黑色。每次实验开始时, 8 个白色圆环出现在屏幕的某一随机位置上。之后, 刺激中的一部分(可能是 1 个、2 个、3 个或 4 个)连续闪烁一定时间(470ms)被标记为目标。随即所有对象在屏幕中央 $37.6^\circ \times 28.2^\circ$ 的矩形内按既定轨迹运动, 要求被试注意追踪目标。

追踪过程持续 2~3s 后, 所有物体在突然消失 480ms 后再次出现并继续运动 1~2s。最后所有物体停止运动并且其中的一个被标记为红色(实心圆), 被试的任务是判断该红色圆是目标还是非目标, 并按键做出反应(实验过程如图 3 所示)。正式实验前先进行 20 次练习实验, 被试掌握规则后开始正式实验。实验总次数为 400 次, 整个实验大概需要 35~40min。

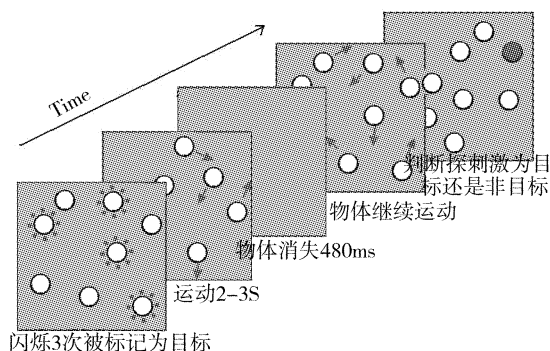


图 3 实验程序示意图

3 结果分析

全体被试均在预订的时间内完成全部实验, 全部被试的数据均符合实验的要求。不同实验条件下(目标再现位置(RP) × 追踪目标数量(TN))的正确率见表 1。对全体实验数据进行 4×5 的重复测量方差分析, 结果如下:

3.1 目标数量的主效应

目标数量(TN)的主效应达到了显著性水平, F

$(3, 51) = 17.017, p < 0.001$ 。从表 1 中, 我们可看出当要求追踪的目标数目增加时, 被试反应的正确率有明显的下降趋势。这说明, 在 MOT 中当追踪目标数增加时, 注意负荷增大, 任务难度增加, 被试的追踪成绩相应地出现下降。多重比较结果表明, 追踪目标数目为 1 和 2、3 和 4 之间并不存在显著差异($p > 0.05$), 但 1、2 和 3、4 之间的差异却达到了显著水平($p < 0.001$)。

表 1 被试在不同实验处理条件下的正确率

正确率(%)		目标再现位置(RP)					
		RP0	RP1	RP2	RP3	RP4	均值
目标数量	1	0.961	0.978	0.994	0.989	0.931	0.971
	2	0.987	0.939	0.972	0.967	0.947	0.962
	3	0.956	0.917	0.983	0.899	0.836	0.918
	4	0.950	0.873	0.956	0.908	0.887	0.915
均值		0.963	0.927	0.976	0.941	0.900	0.942

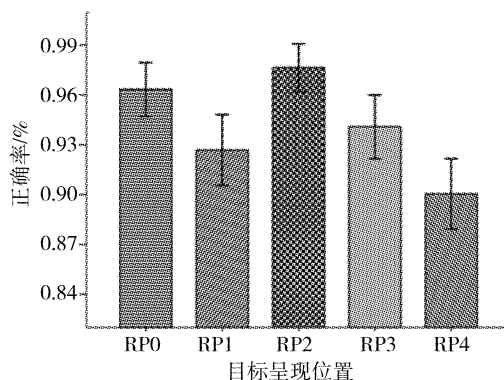


图 4 不同再现位置(RP)下的正确率

3.2 目标再现位置的主效应

目标再现位置(RP)的主效应同样达到了显著性水平, $F(4, 68) = 10.103, p < 0.001$ 。这说明目标短暂消失后, 其再现位置确实影响了被试的追踪成绩。图 4 显示当目标再现位置为 RP0 和 RP2 时, 被试反应的正确率要高于其他条件。

多重比较的结果表明, RP0 条件下的正确率要显著高于 RP1、RP4($p < 0.05$) (虽然 RP0 的正确率要高于 RP3 下的正确率, 但这种差异并不具备统计上的显著性, $p = 0.436$)。这说明目标再现的位置会影响目标的复原过程。当目标再现位置与其消失时的位置相同时, RP0 的成绩好于其他条件则说明在复原目标时, 被试确实是把离记忆中的目标位置最近的刺激看作目标, 即采用了基于位置匹配的策略。这一结论进一步得到了来自 RP2 条件下的数据的支持。多重比较的结果同样显示 RP2 条件下

的成绩要显著高于其他条件($p < 0.05$),而 RP2 和其他条件的差别在于其与 RP0 的距离不同(RP2 是其他条件的 1/2),这说明目标再现位置偏离消失位置的量越小,它被成功复原的几率就越大,这与基于位置匹配的思想是一致的。从图 5 我们还可看出 RP2 下的成绩反而要稍于 RP0(多重比较结果表明两者并不存在显著差异, $p = 0.862$),这与基于位置匹配的策略是相矛盾的,因为后者认为 RP0 条件下的成绩要高于 RP2 条件下的成绩。我们将在后面详细讨论这个问题。

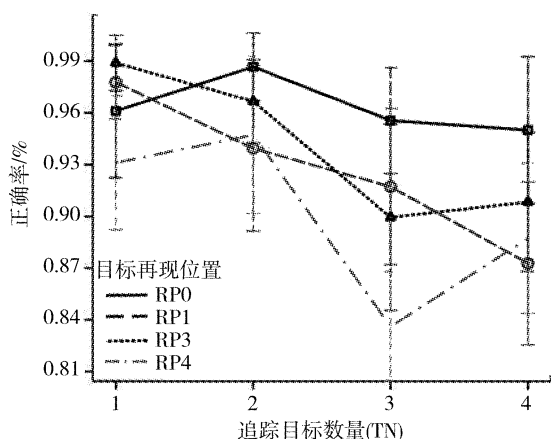


图5 不同实验条件下被试反应的正确率

此外,我们还比较了 RP3 和 RP4 条件下的成绩,结果表明 RP3 下的成绩要显著高于 RP4 ($p < 0.05$)。然而,根据基于位置的匹配策略,这两者之间的成绩应该不存在显著区别的(因为 $|RP_3 RP_0| = |RP_4 RP_0|$),这又是为什么呢?我们认为虽然 RP3 和 RP4 与 RP0 的距离是相等的,但由于 RP3 还位于目标运动的轨迹上,而目标的运动轨迹信息也是有助于恢复目标的,所以 RP3 的成绩要比 RP4 好。Keane & Pylyshyn^[7]在其实验中发现 RP1 和 RP2 的成绩要显著低于 RP0 和 RP3,而在本实验中我们发现 RP2 条件下被试具有极高的正确率(其原因将在后面详细讨论),并且 RP1 和 RP3 下的成绩也不存在显著差异($p > 0.05$)。这种结果的差异可能来源于实验任务的细微差异,在 Keane 和 Pylyshyn 的实验中^[7],目标运动方向是随机的,其速度大小也时刻在变化,而在本实验中,目标的运动轨迹为直线,运动速度保持不变,因此在这种条件下被试可能会利用目标运动的方向信息来预期其再现时的位置。而这种预期是有助于提高被试在 RP1 和 RP2 条件下的成绩。

3.3 交互作用分析

重复测量的方差分析表明,目标再现位置和追踪目标数量的交互作用显著, $F(12, 284) = 2.843$, $p = 0.001$ 。从图 5 中我们可发现,当 TN = 1 时,RP0、RP1、RP3 三种条件下的正确率并没有显著差别($p > 0.05$),当 TN 增加到 2 时,RP1 的成绩有明显的下降($p < 0.05$),而 RP0、RP3 的成绩保持相对稳定;当 TN 增加到 3 时,RP3 的成绩也有了显著的下降($p < 0.01$)。这表明当任务要求的注意负荷加大时,最先影响到的是目标运动方向、轨迹方面的信息。而当 TN = 4 时,RP0 仍不见明显的降低($p > 0.05$),这说明被试能存储至少 4 个目标的位置信息。

此外,通过比较 RP4 和 RP1、RP3 的成绩我们发现,当 TN = 1 时,RP1、RP3 的成绩要显著高于 RP4 ($p < 0.05$),但当 TN = 2 时,他们之间便不存在显著差异了($p > 0.05$),这说明被试对目标运动方向和轨迹的编码加工和储存能力的是有限的,在同一时间,被试只能加工 1 ~ 2 个目标的运动方向和轨迹信息。

4 讨论

上述实验结果表明,被试在恢复短暂消失的目标时,不仅利用了目标的位置信息(存在基于位置匹配的策略),还能利用目标运动的方向、轨迹信息。但是随着追踪目标数量的增加,任务要求的注意负荷加大时,被试所能利用的目标运动方向、轨迹等方面的信息就越有限。

4.1 为何会出现 RP2 条件下的高正确率?

根据基于位置匹配的假说,当目标再现的位置距其消失时的位置越远时,该目标被成功追踪的可能性就越小,但在我们的实验中却发现被试在 RP2 条件下具有与 RP0 相近(甚至略高)的成绩,我们认为这可能有两种原因:

第一种可能是被试认为目标在消失的这段时间里仍在继续运动,从而被试会预期目标出现的位置。这样,当目标再现在 RP2 位置时,被试便更有可能正确地把它标记为目标。虽然 Pylyshyn 等人在一系列实验中已经证实在对目标的连续追踪过程中,被试并没有对目标再现位置进行猜测^[7, 11]。但由于在我们采用的多目标追踪任务中,目标的运动轨迹为直线且其速度保持不变,在这种情况下被试应该是能很容易预测到目标消失后的位置的。如果 RP2 下的高正确率是由于被试预期目标出现位置的话,

那么我们也应在 RP1 条件下观察到较高的成绩,这与我们的实验结果是不相符的。因此,我们认为 RP2 条件下的高正确率可能与被试对目标再现位置存在预期作用(位置不变),这说明 RP2 的高正确率可能来自两方面的原因,即位置信息和轨迹信息的作用。

另一种可能是因为被试对目标消失和再现的位置出现了错误的知觉。基于位置匹配的假说认为当目标再现位置偏离其消失时的位置越小时,被试的成绩更好。因此,当被试对目标消失时的位置出现了错误知觉,如把它知觉为其起运动方向靠前的某一点(RP0 和 RP2 之间)时,被试知觉到的目标消失时和再现时的距离就要变小,成绩也就越高。已有研究报告被试确实可能存在这种错误知觉,即被试把目标消失的位置知觉为比其实际位置向前的某一点^[16]。

4.2 是存储容量的差异还是“遗忘”速度的差异?

研究中发现,在复原短暂消失的目标过程中,被试能够利用 4 个或 4 个以上目标的位置信息,但能利用的关于目标运动轨迹和运动方向的信息要相对更少(1~2 个)。导致这种差异一方面可能是因为负责存储目标消失时,视觉画面中相关信息的这种离线存储(off-line memory)记忆存在一定的容量限制。但同时也存在另一种可能,即虽然这种离线存储记忆能够保存所有目标的位置、轨迹、运动方向等方面的记忆,但这些信息在“遗忘”的速度上存在差异,如随着目标消失时间的延长,最先丧失的是关于目标运动轨迹和方向方面的信息,研究也发现,相对于位置信息,目标运动轨迹信息的加工和保存需要更多的注意资源,更容易收到注意负荷的影响^[15]。此外,本研究还给我带来其它一些疑问,如当刺激突然消失时,除了目标位置、运动轨迹、方向之外,是否还保存了其他方面的信息? 这些信息能保存多长时间? 这些问题也是我们需要进一步探讨的问题。

5 总结

综上所述,本研究可以得出如下结论:

(1) 目标再现位置与消失位置相同时,被试的成绩最好。这说明在目标复原过程中存在基于位置匹配过程。

(2) 当目标再现位置与其消失前的运动方向一致或位于其消失前的运动轨迹上时,成绩较对照条件(目标再现于运动轨迹的法线方向)要好,这说明

被试能够利用目标运动的轨迹和方向等信息。

(3) 当追踪的目标数量增加时,目标运动轨迹和方向等信息在复原过程中的相对作用下降,且被试只能利用 1~2 个目标的轨迹和运动方向信息。

参 考 文 献

- 1 Pylyshyn Z W, Storm R W. Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism. *Spatial Vision*, 1988, 3: 1~19
- 2 Pylyshyn Z W. Visual indexes, preconceptual objects, and situated vision. *Cognition*, 2001, 80: 127~158
- 3 Pylyshyn Z W. *Seeing and visualizing: It's not what you think*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books, 2003
- 4 Scholl B J, Pylyshyn Z W. Tracking multiple items through occlusion: Clues to visual objecthood. *Cognitive Psychology*, 1999, 38: 259~290
- 5 Yantis S. Perceived continuity of occluded visual objects, *Psychological Science*, 1992, 6: 182~186
- 6 Alvarez G A, Wolfe J M, Horowitz T S et al. Limits on Multielement tracking. *Journal of Vision*, 2001, 1(3): 347, 347a
- 7 Keane B P, Pylyshyn Z W. Is motion extrapolation employed in multiple object tracking? Tracking as a low-level, nonpredictive function. *Cognitive psychology*, 2006, 52: 346~348
- 8 Keane B P, Pylyshyn Z W. Does tracking disappearing objects in MOT involve predicting the locus of reappearance? *Journal of Vision*, 2003, 3(3): 583, 583a
- 9 Bex P J, Baker C J. Motion perception over long interstimulus intervals. *Perception & Psychophysics*, 1999, 61: 1066~1074
- 10 Alvarez G A, Horowitz T S, Arsenio H C, et al. Do multielement visual tracking and visual search draw continuously on the same visual attention resources? . *Journal of Experiment Psychology: Human Perception & Performance*, 2005, 31: 643~667
- 11 Horowitz T S, Birnkrant R S, Fencsik D E, et al, How do we track invisible objects? . *Psychonomic Bulletin & Review*, 2006, 13: 516~523
- 12 Fencsik D E, Horowitz T S, Kliege S B, et al. Target reacquisition strategies in multiple object tracking. *Journal of Vision*, 2004, 4(8): 370, 370a
- 13 Fencsik D E, Horowitz T S, Place S S, et al. Target tracking during interruption in the multiple-object tracking task [Abstract]. *Journal of Vision*, 2005, 5(8): 28, 28a
- 14 Place S S, Horowitz T S. Which way did it go? Measuring trajectory information in multiple object tracking. [Abstract], *Journal of Vision*, 2005, 6(6): 767, 767a
- 15 Tripathy S P. Severe loss of positional information when tracking multiple dots. *Journal of Vision*, 2003, 3(9): 340, 340a
- 16 Freyd J J, Finke R A. Representational momentum. *Journal of Experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1984, 10: 126~132

The role of location and trajectory information in the recovery of moving objects

ZHANG Xue-Min, YAO Lin, LU Xue-Ming

(Beijing Key Lab for Applied Experimental Psychology, School of Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875)

Abstract

In Multiple Object Tracking task, participants can successfully track 4 ~ 5 targets even though all the stimuli (typically, 8 objects) disappeared for several hundred milliseconds during the tracking time. One theory by Horowitz, (other authors) states that the relevant information of targets was stored into a so-called off-line memory when the stimuli disappeared. The successful tracking of re-appeared targets is then based on the comparison between the information obtained from the present display and the information that was stored. According to my knowledge, there are few studies to investigate what information was stored. The goal of the present study was to tap into this question by examining the effect of target location and trajectory on the target tracking.

Eighteen undergraduates in Beijing Normal University participated in this study. They were 18 ~ 24 years old. They all reported to have normal or correct - to - normal vision and normal color perception. Two dependent variables, Target Number and Re - appearance Position were manipulated in a within - subject design (see details in the second part of the paper). The experimental procedure was controlled by Multiple Object Tracking program (developed in the lab). Participants pressed one of the two keys to judge the presented stimuli as target or non-target. Response accuracy was recorded by computer. The principle analysis was 4×5 analysis of variances (ANOVAs).

The results showed a significant main effect of Target Number. Accuracy decreased with the increase of target number. The main effect of Re-appearance Position was also significant. The targets re-appeared in the same location as where it disappeared were easier to track than the targets in the different location were. No significant interaction between Target Number and Target Location was observed.

The findings of the present study indicated that at least three types of information (target location, target trajectory, and target number) were encoded into the off-line memory. The re-appearance of the stimuli serves as a strong cue to retrieve the stored information. Targets were distinguished from the distractors based on this information then they were successfully tracked after they are re-presented. Furthermore, this information only can be retrieved efficiently when there are less than 2 targets. With the increase of target number, the effects of target location and trajectory became smaller. Further research should be focused on how the target number interacts with target location and trajectory.

Key words multiple object tracking, target recovery, task switching hypothesis, location information, trajectory information.