

不同注意对视觉工作记忆外部特征绑定的影响*

孙娜娜 吕晓蕾 李寿欣

(山东师范大学心理学院, 济南 250014)

摘要:采用变化觉察范式,在工作记忆保持阶段插入客体特征辨别或视觉搜索次任务,探讨基于客体的注意和基于空间的注意对视觉工作记忆外部特征绑定表征的影响。结果发现,与单特征相比,两类次任务均对外部特征绑定的记忆成绩损耗更大。这表明视觉工作记忆中外部特征绑定的表征比单特征消耗更多基于客体的注意和更多基于空间的注意。

关键词:视觉工作记忆;外部特征绑定;基于客体的注意;基于空间的注意

中图分类号:B842.5

文献标识码:A

文章编号:1003-5184(2020)04-0331-07

1 引言

视觉客体包含不同维度的特征,如形状、颜色等,这些特征由不同脑区负责加工(Mecklinger & Pfeifer, 1996),然后绑定为一个整合的客体,这个过程被称为特征绑定(feature binding)(Treisman, 1998)。通过特征绑定,更多信息被识记且心理活动得以有效运作(Luck & Vogel, 1997; Wheeler & Treisman, 2002)。视觉工作记忆(visual working memory, VWM)是对视觉信息进行暂时存储和加工的容量有限的系统(Baddeley & Hitch, 1974; Luck & Vogel, 1997)。VWM既存储特征水平也存储客体水平(特征绑定)的信息(Hu, Hitch, Baddeley, Zhang, & Allen, 2014)。注意对视知觉的特征绑定起重要作用(Treisman & Gelade, 1980)。但特征绑定在VWM中的保持是否消耗以及消耗何种类型的注意?研究结论不一致。

研究者依据注意选择的视觉信息类型将注意划分为三类:基于特征(feature-based)的注意(Boynton, 2009)、基于客体(object-based)的注意(Chen, 2012; Duncan, 1984)和基于空间(space-based)的注意(Posner, 1980)。基于特征的注意指向客体某一维度的特征,它的选择不受空间限制(Treisman & Gelade, 1980)。基于客体注意的选择对象是由多种特征或分布在多个空间位置的特征绑定而成的视觉客体,这些特征可获得时间上的平行加工(Driver, Davis, Russell, Turatto, & Freeman, 2001; Duncan, 1984)。基于空间的注意选择某一空间位置作为注意焦点,加工焦点内的信息并抑制非焦点信息,它可以将注意从某一位置引导至另一位置(Theeuwes,

Kramer, & Irwin, 2011)。这三类注意以及其他感觉通道的注意在信息选择的过程中均受中央执行系统的调控,该功能由执行注意来完成(Allen, Baddeley, & Hitch, 2006)。

研究者探讨了执行注意对VWM特征绑定保持的作用,在VWM保持阶段加入次任务(如倒减任务)消耗执行注意,发现次任务对单特征和特征绑定的记忆成绩造成同等程度的损耗,表明VWM中特征绑定的保持不需要额外的执行注意(Allen et al., 2006; Allen, Baddeley, & Hitch, 2014; Allen, Hitch, Mate, & Baddeley, 2012)。另有研究者在VWM保持阶段插入占用基于客体的注意次任务考察了该类注意在VWM特征绑定保持中的作用,发现特征绑定的记忆成绩受到的损耗大于单特征,说明特征绑定在VWM中的保持依赖更多基于客体的注意(Shen, Huang, & Gao, 2015)。根据重入加工模型(reentrant processing)(Koivisto & Silvanto, 2012),特征绑定形成后,会有依赖于注意的从高级视觉区域到初级视觉皮层的重入加工,以检验特征绑定的正确性,而对简单特征的觉察不需要该过程。Shen等(2015)认为因为重入加工具有与基于客体的注意选择类似的神经机制,因此在VWM保持阶段,与单特征相比,特征绑定的保持消耗更多基于客体的注意。

基于空间的注意对VWM特征绑定保持的作用研究结论不一致。有研究者采用双任务范式,在VWM保持阶段插入消耗基于空间的注意的字母位置辨别任务(Yeh, Yang, & Chiu, 2005)、兰道环开口朝向的判断任务(Johnson, Hollingworth, & Luck,

* 基金项目:国家自然科学基金项目(31871100)。

通讯作者:李寿欣, E-mail: shouxinli@sdu.edu.cn。

2008)和视觉搜索任务(Shen et al., 2015)发现,特征绑定与单特征的保持受到次任务同等程度的影响,即特征绑定在 VWM 中的保持不需要额外的基于空间的注意。然而,采用多客体追踪(multiple object tracking, MOT)次任务的研究发现,特征绑定的记忆成绩受损的程度显著高于单特征,表明 VWM 中特征绑定的保持比单特征消耗更多基于空间的注意(Fougnie & Marois, 2009)。但 MOT 任务的完成依赖对客体一位置绑定的记忆,消耗基于客体的注意,而非基于空间的注意(Hollingworth & Maxcey - Richard, 2013);另外, Fougnie 和 Marois (2009)将该任务贯穿在 VWM 的保持和提取阶段,特征绑定消耗更多基于空间的注意可能源自记忆提取时的决策阶段,不一定是保持阶段,而其他研究者将次任务仅呈现在 VWM 的保持阶段,这也可能导致了研究结论的不一致。

近来, Ecker, Maybery 和 Zimmer (2013) 提出 VWM 中存在两种不同类型的绑定:内部特征绑定和外部特征绑定。内部特征绑定指组成绑定的特征来自同一视觉客体的内部(如具有内部填充颜色的形状);外部特征绑定指组成绑定的特征来自不同的视觉客体或者绑定由客体和背景整合而成。Ecker 等(2013)采用变化觉察范式,以带背景的抽象立体图形为材料,探讨了 VWM 中这两种绑定的加工机制。内部特征绑定和外部特征绑定分别采用立体图形形状和内部填充颜色的绑定与立体图形形状和背景颜色的绑定。结果发现,在对立体图形形状进行检测时,内部特征绑定条件下,若探测项目是原记忆项目,内部填充颜色能促进对立体图形形状的反应;而外部特征绑定条件下,背景颜色不能促进对立体图形形状的反应。研究者认为,与外部特征绑定相比,内部特征绑定更加自动化。因此, VWM 中外部特征绑定的保持可能比内部特征绑定消耗更多的注意,但消耗哪些类型的注意?尚不清楚。因而,有必要进一步探讨与单特征相比,外部特征绑定的保持是否需要更多基于客体的注意和更多基于空间的注意。由于基于客体的注意选择的对象可以是由分布在多个空间位置的部件或多种特征绑定而成的整合客体(Driver et al., 2001),因此,外部特征绑定的保持可能需要更多基于客体的注意;同时,由处于不同位置的两特征整合而成的外部特征绑定保持过程中,需要注意在不同位置之间进行转换,因此,外部特征绑定的保持可能也消耗更多基于空间的注意。由此,采用 Ecker 等(2013)研究中的实验材料,使用

单项目检测的变化觉察范式,在 VWM 的保持阶段加入消耗基于客体或基于空间的注意的次任务,设计两个实验考察不同注意对 VWM 外部特征绑定的作用。实验 1 采用客体特征辨别次任务,探讨基于客体的注意对 VWM 外部特征绑定表征的影响;假设 1,与单特征相比,外部特征绑定的保持消耗更多基于客体的注意。实验 2 采用视觉搜索次任务,探讨基于空间的注意对 VWM 外部特征绑定表征的影响;假设 2,与单特征相比,外部特征绑定的保持消耗更多基于空间的注意。

2 研究方法

2.1 实验 1 基于客体的注意对 VWM 外部特征绑定保持的作用

2.1.1 被试

参考前人研究(Shen et al., 2015),设置先验效应量值为 0.40,采用软件 Gpower3.1,计算出统计检验力达到 0.95 时,在 0.001 显著性水平上,所需被试量为 20 人。实验 1 被试为 24 名本科生(其中男生 9 人),平均年龄为 18.5 岁($SD = 1.29$ 岁),右利手,视力或矫正视力正常,无颜色视觉问题。实验结束后给予被试适量报酬。

2.1.2 实验设计

2(次任务:有/无) \times 3(记忆任务:背景颜色/客体形状/外部特征绑定)被试内设计,有次任务指要求被试完成在 VWM 保持阶段插入的客体特征辨别任务;无次任务指要求被试忽略该任务。外部特征绑定指立体图形形状与背景颜色的绑定。因变量为探测项识别正确率。

2.1.3 实验材料

记忆项的材料为抽象的、难以命名的带背景颜色的立体图形(见图 1)。立体图形的形状为 8 种具有 6-8 个角的形状,大小约为正方形背景的 50%,在这些形状上添加一定的空间深度使之具有三维立体效果;形状的内部填充颜色为灰色,背景颜色为 8 种难以命名的颜色,RGB 值为:颜色 1(136, 137, 1),颜色 2(133, 4, 130),颜色 3(67, 157, 43),颜色 4(77, 139, 188),颜色 5(255, 219, 3),颜色 6(247, 2, 219),颜色 7(255, 139, 131),颜色 8(2, 236, 243)。共有 64 种图形。每个图形视角大小为 $2.4^\circ \times 2.4^\circ$ 。

记忆项由三个带背景颜色的立体图形组成,图形的形状和背景颜色从各特征维度中随机选出并加以组合,同一特征不会重复出现在同一记忆项的两个图形中。记忆项的三个图形水平排列,分别呈现于屏幕中心和两侧距屏幕中心 2.5° 的水平线上。

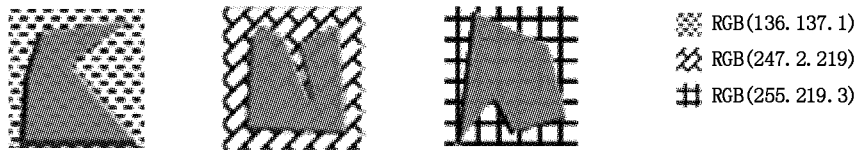


图1 记忆项示例

探测项只包含一个图形。记忆背景颜色、客体形状和外部特征绑定条件下,探测项分别为不规则形状的颜色、黑色的难以命名的边框和带背景颜色的立体图形(见图2)。探测项呈现在屏幕中心下方 2.5° 的位置。

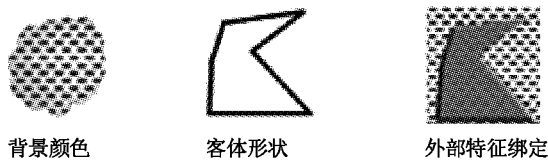


图2 探测项示例

注:纹理代表的颜色 RGB 值同图1

参考 Duncan(1984)的研究,客体特征辨别任务的材料(框-线刺激,见图3)为方框和线条重叠组成的图形。其中,方框的宽度和高度均为 0.67° ,一个宽度为 0.20° 的开口位于方框左侧或右侧的中部;线条的长度为 1.53° ,位于方框的中心位置且垂直于方框的开口。线条的类型分为短线(由 $0.05^\circ \times 0.1^\circ$ 的黑色光点组成)和点线(由 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ 的黑色光点组成)两种。因此,方框与线条各包括一个特征:方框的开口朝向(左,右)和线条的类型(短线,点线)。掩蔽刺激宽度为 1.62° ,高度为 2.10° 。

2.1.4 仪器和程序

采用 Eprime 2.0 软件编制程序,实验在计算机上

进行,计算机屏幕为19英寸,分辨率为 1024×768 ,刷新频率为100Hz。被试与屏幕之间的距离为57cm。

单一试次实验流程见图3。实验开始时,屏幕中央先呈现注视点“+”500ms,空屏500ms后,呈现记忆项1000ms,空屏500ms后呈现框-线刺激200ms,掩蔽刺激200ms后呈现关于框-线刺激的一个问题(方框的开口朝向或线条的类型两个问题中的一个),要求被试按键反应。方框的开口朝左按“F”键,朝右按“J”键;线条的类型为断线按“F”键,点线按“J”键,超出2000ms不反应问题消失。空屏500ms后呈现探测项,要求被试判断探测项与记忆项相比是否发生变化,未变化按“F”键,变化按“J”键,2000ms不反应探测项消失,进入下一个试次。记忆背景颜色、客体形状和外部特征绑定条件下,探测项不变的项目分别为记忆项中随机的某个颜色特征、某个形状特征和某一图形,探测项变化的项目分别为记忆项以外的某个颜色特征、某个形状特征和记忆项中随机两图形特征的交换。与记忆项相比,探测项变化与不变化试次各占50%。要求被试尽量准确地做出反应。

实验分为6个Block,在被试间采用拉丁方平衡顺序效应。每个Block包括12个练习试次和36个正式试次,正式实验共216个试次,且随机呈现。完成实验共需约30分钟。

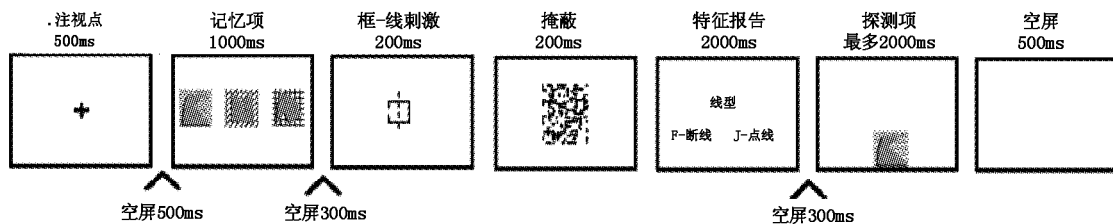


图3 实验1流程图(探测项为特征绑定不变的条件)

注:纹理代表的颜色 RGB 值同图1,下同

2.1.5 结果与分析

对不同实验条件下的识别正确率进行次任务与记忆任务两因素重复测量的方差分析,结果显示,次任务的主效应显著, $F(1,23) = 87.16, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.79$,无次任务条件下的识别正确率显著高于有次任务的条件;记忆任务的主效应显著, $F(1,23) = 59.29, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.72$,事后比较发现,记忆背景颜色条件下的识别正确率显著高于记忆客体形状,

$p = 0.001, \text{Cohen's } d = 0.87$,和记忆外部特征绑定的条件, $p < 0.001, \text{Cohen's } d = 1.96$;记忆客体形状条件下的识别正确率显著高于记忆外部特征绑定的条件, $p < 0.001, \text{Cohen's } d = 1.49$ 。次任务和记忆任务的交互作用显著, $F(1,23) = 8.85, p < 0.005, \eta_p^2 = 0.28$,简单效应分析发现,记忆背景颜色条件下,有无次任务的识别正确率差异边缘显著,无次任务时的记忆成绩高于有次任务时, $p = 0.051, \text{Cohen's } d = 0.43$;记忆

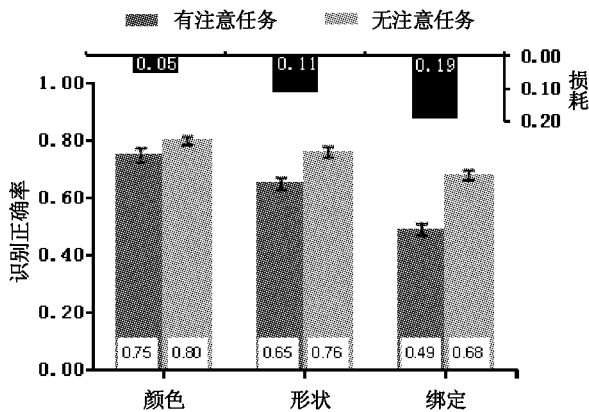


图4 实验1不同实验条件下的识别正确率及损耗

注:各条件下的损耗分别是无注意任务减去有注意任务的识别正确率,误差线代表一个标准误

客体形状和外部特征绑定条件下,无次任务时的记忆成绩均高于有次任务时, $p_1 < 0.001$, $Cohen's d_1 = 1.04$; $p_2 < 0.001$, $Cohen's d_2 = 1.55$ 。

用无次任务减去有次任务的识别正确率作为不同记忆任务条件下次任务对记忆任务的损耗。对损耗进行配对比较的结果表明,特征绑定条件下的记忆成绩损耗大于背景颜色和客体形状的条件, $t_1(23) = 3.64$, $p_1 < 0.001$, $Cohen's d_1 = 1.23$; $t_2(23) = 2.56$, $p_2 < 0.05$, $Cohen's d_2 = 0.66$ 。

2.1.6 讨论

实验1发现,VWM保持阶段插入消耗基于客体注意的次任务后,外部特征绑定的记忆成绩损耗大于背景颜色及客体形状的。这表明与单特征相比,VWM中外部特征绑定的保持需要更多基于客体的注意,这与Shen等(2015)关于基于客体的注意在VWM内部特征绑定保持的作用研究一致。基于客体的注意主要作用于整个的客体(Chen,2012),而基于空间的注意主要负责加工不同位置上的表征(Theeuwes et al.,2011)。组成外部特征绑定的两特征占据不同的位置,那么,外部特征绑定的保持是否需要更多基于空间的注意?实验2对此加以探讨。

2.2 实验2 基于空间的注意对VWM外部特征绑定保持的作用

2.2.1 被试

参考前人研究(Shen et al.,2015),设置先验效应量值为0.40,采用软件Gpower3.1,计算出统计检验力达到0.95时,在0.001显著性水平上,所需被试量为20人。实验2被试为24名本科生(其中男生9人),平均年龄为19.38岁($SD = 1.91$ 岁),右利手,视力或矫正视力正常,无颜色视觉问题。实验结束后给予被试适量报酬。

2.2.2 实验设计

2(次任务:有/无) \times 3(记忆任务:背景颜色/客体形状/外部特征绑定)被试内设计。有次任务指要求被试完成VWM保持阶段插入的视觉搜索任务;无次任务指要求被试忽略该任务。因变量为探测项识别正确率。

2.2.3 实验材料

记忆项和探测项的材料同实验1。

视觉搜索任务的材料:目标为黑色正立的字母“T”,非目标干扰为经过顺时针旋转(90°、180°或270°)的字母“T”、正立或经过顺时针旋转(90°、180°或270°)的字母“L”及字母“L”的水平镜像,所有字母大小均为0.5° \times 1.0°,搜索项为八个字母,两个字母并排为一对,四对字母分布在屏幕四个对角距中心16.2°的位置(见图5)。

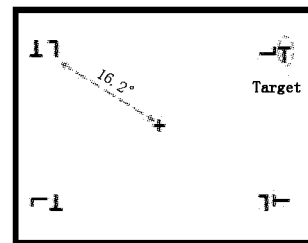


图5 视觉搜索项示意图

(注:白色虚线为提示,正式实验中不呈现)

2.2.4 仪器和程序

仪器同实验1。

参考Shen等(2015)的研究,与实验1程序不同的是:注视点消失后呈现的空屏为250ms,次任务采用视觉搜索任务,在该任务中,要求被试判断正立的字母“T”是否出现,是按“F”键,否按“J”键。其他同实验1。单一试次实验流程见图6。

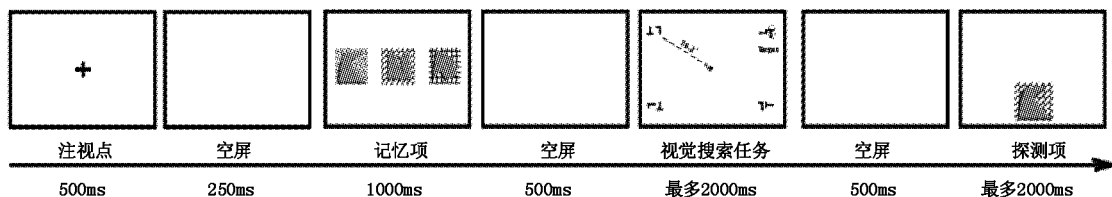


图6 实验2流程图(探测项为特征绑定变化的条件)

2.2.5 结果与分析

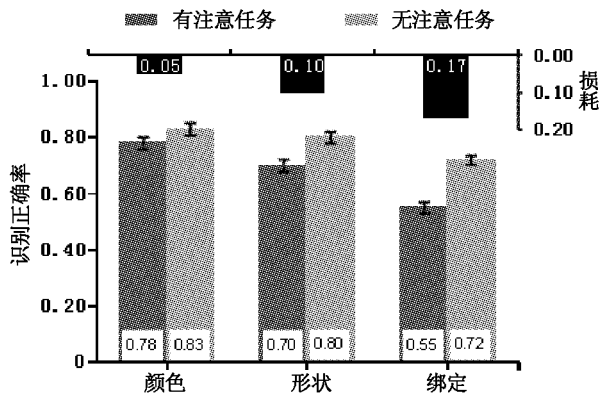


图7 实验2不同实验条件下的识别正确率及损耗

注:各条件下的损耗分别是无注意任务减去有注意任务的识别正确率,误差线代表一个标准误

对不同实验条件下的识别正确率进行次任务与记忆任务两因素重复测量的方差分析,结果显示,次任务的主效应显著, $F(1, 23) = 53.35, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.70$, 无次任务条件下的识别正确率显著高于有次任务条件;记忆任务的主效应显著, $F(1, 23) = 33.21, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.59$, 事后比较发现,记忆背景颜色条件下的识别正确率显著高于记忆客体形状, $p = 0.024, Cohen's d = 0.60$, 和记忆外部特征绑定的条件, $p < 0.001, Cohen's d = 1.40$;记忆客体形状条件下的识别正确率显著高于记忆外部特征绑定的条件, $p < 0.001, Cohen's d = 1.17$ 。次任务和记忆任务的交互作用显著, $F(1, 23) = 9.11, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.28$, 简单效应分析发现,记忆背景颜色、客体形状和外部特征绑定的条件下,无次任务时的记忆成绩均高于有次任务时, $p_1 < 0.05, Cohen's d_1 = 0.44$; $p_2 < 0.001, Cohen's d_2 = 1.21$; $p_3 < 0.001, Cohen's d_3 = 1.51$ 。

用无次任务减去有次任务的识别正确率作为不同记忆任务条件下次任务对记忆任务的损耗。对损耗进行配对比较的结果表明,外部特征绑定条件下的记忆成绩损耗大于背景颜色和客体形状的条件, $t_1(23) = 4.25, p_1 < 0.001, Cohen's d_1 = 1.02$; $t_2(23) = 2.44, p_2 < 0.05, Cohen's d_2 = 0.63$ 。

2.2.6 讨论

实验2显示,VWM保持阶段插入消耗基于空间的注意的视觉搜索次任务对外部特征绑定的记忆成绩的损耗大于对背景颜色及客体形状的。这与Fougnie和Marois(2009)研究发现一致,该研究采用双任务范式,在VWM任务的保持和提取阶段插入MOT任务,发现相较于记忆项在同一位置序列呈现,记忆项在不同位置同时呈现的条件下,MOT任

务对特征绑定的记忆成绩损耗比单特征更大。这提示,外部特征绑定的保持机制可能与其需要将分布在不同位置的特征整合在一起有关。

3 总讨论

采用带背景的抽象立体图形为实验材料,在VWM保持阶段,实验1插入客体特征辨别次任务以消耗基于客体的注意,实验2插入视觉搜索次任务以消耗基于空间的注意,探讨不同注意对VWM外部特征绑定表征的影响。结果发现,与单特征相比,外部特征绑定的记忆成绩损耗更大。

3.1 基于客体的注意对VWM外部特征绑定表征的影响

在实验1中,采用双任务实验范式,要求被试在VWM任务保持阶段完成消耗基于客体的注意的客体特征辨别次任务,比较次任务对单特征和外部特征绑定的记忆成绩的损耗。结果显示,次任务对外部特征绑定的记忆成绩的损耗大于单特征。根据重入加工模型(Koivisto & Silvanto, 2012; Shen et al., 2015),消耗基于客体的注意的重入加工检验对特征绑定的稳固和加强是必要的,但简单特征的觉察不需要重入加工。由立体图形和背景颜色组成的外部特征绑定的保持过程中,重入加工检验会巩固已形成的外部特征绑定,但其组成特征的保持不需要重入加工。因此,外部特征绑定的保持消耗更多基于客体的注意。

3.2 基于空间的注意对VWM外部特征绑定表征的影响

Fougnie和Marois(2009)采用的是引起争议的MOT次任务,且该任务贯穿在VWM的保持和提取阶段,与此不同,实验2采用经典的消耗基于空间的注意的视觉搜索次任务(Shen et al., 2015),且排除提取阶段的决策过程,将次任务置于VWM的保持阶段,结果仍发现,次任务对特征绑定的记忆成绩损耗大于单特征,这提示外部特征绑定的保持消耗更多基于空间的注意。根据工作记忆多成分模型(Multiple-Component Model)(Logie, 1995, 2011),视空模板可以分为被动的视觉缓存(visual cache)和基于空间积极的复述系统(inner scribe)两部分。复述系统能对保持在视觉缓存中的编码进行复述,且这个过程会消耗基于空间的注意(Williams, Pouget, Boucher, & Woodman, 2013)。在由立体图形和背景颜色整合而成的外部特征绑定的保持过程中,立体图形与背景颜色处于不同的位置,基于空间的注意可能会对这两个位置不断进行扫描,不断刷新相应位置上的表征来促进VWM。当插入视觉搜索任务后,基于空间的注意被占用,导致用于外部特

征绑定的保持所需的基于空间的注意不足,因此,记忆成绩受到损耗。而在立体图形或背景颜色的保持过程中,个体只需将基于空间的注意维持在其中某一特征上并对其进行复述,不需要在两者之间进行转换,因而,立体图形或背景颜色的记忆成绩较少受到视觉搜索任务的影响。

当多个外部特征绑定项目同时呈现,且客体特征位于不同的位置,需要基于空间的注意以位置地图(Treisman & Gelade, 1980; Treisman, 1998)或在空间上相继选择的方式(Luck & Ford, 1998),来明确组成外部特征绑定的两特征之间的空间关系,从而对客体的内外部特征进行正确的绑定,并通过不断刷新相应位置上的特征,使得外部特征绑定得以保持。外部特征绑定的保持需要基于空间的注意投入有一定的神经科学基础。研究表明,顶叶皮层是进行特征绑定的重要脑区,左侧或双侧顶枕叶皮层受损的病人能正确识别单个特征,但对特征进行绑定加工存在困难(Friedman - Hill, Robertson, & Treisman, 1995; Robertson, Treisman, Friedman - Hill, & Grabowecky, 1997);对正常被试的研究发现,与搜索特征相比,对特征绑定的搜索引起右脑顶上皮层更程度的激活(Corbetta, Shulman, Miezin, & Petersen, 1995)。研究还发现,进行空间定位和空间注意转换均激活顶上皮层,且右脑的激活程度高于左脑(Corbetta, Miezin, Shulman, & Petersen, 1993; Haxby et al., 1991);与注意客体的特征相比,注意客体的空间位置对右脑的顶叶皮层有更强的激活(Shafritz, Gore, & Marois, 2002)。上述研究表明,特征绑定的表征与基于空间的注意可能有相同或近似的神经基础。另有研究发现,如果客体特征之间的空间关系需要进行明确,负责空间注意的右脑顶叶皮层就会被激活,促进特征绑定。例如,记忆项目同时呈现的条件下,特征绑定的识别比单特征对右脑的顶内沟和顶上皮层的激活程度更高,但记忆项目在同一位置序列呈现时,特征绑定和单特征的识别对该脑区的激活程度没有差异(Shafritz et al., 2002);对双侧顶枕叶受损的病人进行的研究也发现,相比记忆项目在中央注视点以序列方式呈现,同时呈现记忆项目时,被试在特征绑定任务中出现了更多的错误(Friedman - Hill et al., 1995)。这些研究说明,特征绑定过程中,顶叶皮层的作用可能与空间信息的加工有关。

4 结论

与单特征相比,消耗基于客体或基于空间的注意的次任务均对外部特征绑定的记忆成绩造成更大的损耗,说明在视觉工作记忆中外部特征绑定的表征比单

特征消耗更多基于客体和更多基于空间的注意。

参考文献

- Allen, R. J., Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2006). Is the binding of visual features in working memory resource - demanding? *Journal of Experimental Psychology: General*, 135(2), 298 - 313.
- Allen, R. J., Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2014). Evidence for two attentional components in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory & Cognition*, 40(6), 1499 - 1509.
- Allen, R. J., Hitch, G. J., Mate, J., & Baddeley, A. D. (2012). Feature binding and attention in working memory: A resolution of previous contradictory findings. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 65(12), 2369 - 2383.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 47 - 89). New York, NY: Academic Press.
- Boynton, G. M. (2009). A framework for describing the effects of attention on visual responses. *Vision Research*, 49(10), 1129 - 1143.
- Chen, Z. (2012). Object - based attention: A tutorial review. *Attention Perception & Psychophysics*, 74(5), 784 - 802.
- Corbetta, M., Miezin, F. M., Shulman, G. L., & Petersen, S. E. (1993). A PET study of visuospatial attention. *Journal of Neuroscience*, 13(3), 1202 - 1226.
- Corbetta, M., Shulman, G. L., Miezin, F. M., & Petersen, S. E. (1995). Superior parietal cortex activation during spatial attention shifts and visual feature conjunction. *Science*, 270(5237), 802 - 805.
- Driver, J., Davis, G., Russell, C., Turatto, M., & Freeman, E. (2001). Segmentation, attention and phenomenal visual objects. *Cognition*, 80(1), 61 - 95.
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(4), 501 - 517.
- Ecker, U. K., Maybery, M., & Zimmer, H. D. (2013). Binding of intrinsic and extrinsic features in working memory. *Journal of Experimental Psychology General*, 142(1), 218 - 234.
- Fougnie, D., & Marois, R. (2009). Attentive tracking disrupts feature binding in visual working memory. *Visual Cognition*, 17(1 - 2), 48 - 66.
- Friedman - Hill, S. R., Robertson, L. C., & Treisman, A. (1995). Parietal contributions to visual feature binding: Evidence from a patient with bilateral lesions. *Science*, 269(5225), 853 - 855.
- Haxby, J. V., Grady, C. L., Horwitz, B., Ungerleider, L. G., Mishkin, M., Carson, R. E., ... Rapoport, S. I. (1991). Dissociation of object and spatial visual processing pathways in human extrastriate cortex. *Proceedings of the National Academy*

- of Sciences*, 88(5), 1621 – 1625.
- Hollingworth, A. , & Maxcey – Richard, A. M. (2013). Selective maintenance in visual working memory does not require sustained visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39(4), 1047 – 1058.
- Hu, Y. , Hitch, G. J. , Baddeley, A. D. , Zhang, M. , & Allen, R. J. (2014). Executive and perceptual attention play different roles in visual working memory: Evidence from suffix and strategy effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40(4), 1665 – 1678.
- Johnson, J. S. , Hollingworth, A. , & Luck, S. J. (2008). The role of attention in the maintenance of feature bindings in visual short – term memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34(1), 41 – 55.
- Koivisto, M. , & Silvanto, J. (2012). Visual feature binding: The critical time windows of V1/V2 and parietal activity. *Neuroimage*, 59(2), 1608 – 1614.
- Logie, R. H. (1995). *Visuo – spatial working memory*. Hove, UK: Erlbaum.
- Logie, R. H. (2011). The functional organization and capacity limits of working memory. *Current Directions in Psychological Science*, 20(4), 240 – 245.
- Luck, S. J. , & Ford, M. A. (1998). On the role of selective attention in visual perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(3), 825 – 830.
- Luck, S. J. , & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390(6657), 279 – 281.
- Mecklinger, A. , & Pfeifer, E. (1996). Event – related potentials reveal topographical and temporal distinct neuronal activation patterns for spatial and object working memory. *Cognitive Brain Research*, 4(3), 211 – 224.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32(1), 3 – 25.
- Robertson, L. , Treisman, A. , Friedman – Hill, S. , & Grabowecky, M. (1997). The interaction of spatial and object pathways: Evidence from Balint’s Syndrome. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(3), 295 – 317.
- Shafritz, K. M. , Gore, J. C. , & Marois, R. (2002). The role of the parietal cortex in visual feature binding. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(16), 10917 – 10922.
- Shen, M. , Huang, X. , & Gao, Z. (2015). Object – based attention underlies the rehearsal of feature binding in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(2), 479 – 493.
- Theeuwes, J. , Kramer, A. F. , & Irwin, D. E. (2011). Attention on our mind: The role of spatial attention in visual working memory. *Acta Psychologica*, 137(2), 248 – 251.
- Treisman, A. (1998). Feature binding, attention and object perception. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 353(1373), 1295 – 1306.
- Treisman, A. M. , & Gelade, G. (1980). A feature – integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97 – 136.
- Wheeler, M. E. , & Treisman, A. M. (2002). Binding in short – term visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131(1), 48 – 64.
- Williams, M. , Pouget, P. , Boucher, L. , & Woodman, G. F. (2013). Visual – spatial attention aids the maintenance of object representations in visual working memory. *Memory & Cognition*, 41(5), 698 – 715.
- Yeh, Y. , Yang, C. , & Chiu, Y. (2005). Binding or prioritization: The role of selective attention in visual short – term memory. *Visual Cognition*, 12(5), 759 – 799.

The Influence of Different Attention on Binding of Extrinsic Features in Visual Working Memory

Sun Nana Lv Xiaolei Li Shouxin

(School of Psychology, Shandong Normal University, Jinan 250014)

Abstract: Two experiments were designed to explore the role of object – based attention and space – based attention in retaining binding of extrinsic features in visual working memory. Participants performed a change – detection task with single probe while a secondary object – based feature report task or a space – based visual search task was inserted during the retention interval to consume object – based attention or space – based attention. Both experiments showed that bindings were more impaired by a secondary task than features. These experimental results suggest that maintaining extrinsic feature binding in visual working memory requires more object – based attention and more space – based attention than maintaining features.

Key words: visual working memory; binding of extrinsic features; object – based attention; space – based attention