

# 工作记忆内容对空间返回抑制的影响<sup>\*</sup>

赵 静<sup>1</sup>, 潘 毅<sup>2</sup>

(1. 浙江理工大学 心理研究所, 杭州 310018; 2. 杭州师范大学 心理系, 杭州 310036)

**摘 要:**工作记忆内容能够以相对自动化的方式引导视觉选择性注意。研究的目的在于考察工作记忆内容对空间返回抑制的影响。实验一要求被试在客体工作记忆保持阶段完成返回抑制任务, 结果发现无论返回抑制任务目标是否与工作记忆内容匹配都出现了返回抑制效应。实验二要求被试在空间工作记忆保持阶段完成返回抑制任务, 结果发现当目标落在记忆空间上时返回抑制效应消失。因此, 空间返回抑制仅会受到基于空间工作记忆的视觉注意引导的影响。

**关键词:**工作记忆; 视觉注意; 空间返回抑制

**中图分类号:**B842.5

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-5184(2010)01-0042-05

## 1 引言

Posner, Cohen(1984)采用空间线索化范式的研究发现, 当外源性线索与目标之间的呈现时间间隔(stimulus onset asynchrony, SOA)小于 300ms 时, 被试对出现在线索化空间上的目标的反应时要快于对出现在非线索化空间上的目标的反应时; 然而, 当 SOA 大于 300ms 时却出现了反转现象, 即对出现在线索化空间上的目标的反应时慢于对出现在非线索化空间上的目标的反应时<sup>[1]</sup>。这种现象后来被称为返回抑制(inhibition of return, IOR)效应, 它反映了人类对复杂环境的适应性<sup>[2,3]</sup>。

返回抑制效应可以在 SOA 长达 3000ms 的条件下出现<sup>[4]</sup>, 因此, 返回抑制可能会涉及某些记忆成分参与其中的信息保持过程。例如, Castel, Pratt, Craik(2003)采用双任务范式研究了工作记忆在空间返回抑制中的作用, 实验是在注意探测任务中间插入一个涉及工作记忆的次任务。当次任务涉及非空间工作记忆时, 实验结果发现了返回抑制效应; 而当次任务涉及空间工作记忆时, 结果却没有发现返回抑制效应, 这说明空间返回抑制与空间工作记忆可能占用共同的资源<sup>[5]</sup>。在长 SOA 条件下线索化空间位置可能被贴上“目标不可能在此出现”的标签并保持在空间工作记忆中, 因此, 空间返回抑制的内在机制其实就是注意对贴有记忆标签的空间位置的抑制作用<sup>[6]</sup>。当空间工作记忆资源被其他任务所占用时, 这种基于空间记忆的标签机制就会受损, 因此表现为返回抑制效应的降低甚至消失。

近年来, 工作记忆与选择性注意之间的交互作用逐渐成为一个热点研究领域<sup>[7]</sup>, 研究者也越来越关注工作记忆对空间返回抑制的影响。然而, 已往研究主要考察的是返回抑制的内在记忆机制, 研究者通过比较有无记忆任务两种条件下的返回抑制效应来揭示不同类型的工作记忆在返回抑制信息保持中的作用<sup>[5,8]</sup>。研究首次尝试考察工作记忆内容对空间返回抑制的影响, 实验中不同条件下的工作记忆负载是恒定的, 通过比较返回抑制目标与工作记忆内容匹配和不匹配两种条件下返回抑制效应来揭示基于工作记忆内容的视觉注意对空间返回抑制的影响。

依据 Desimone & Duncan(1995)提出的偏向竞争模型(biased competition model), 工作记忆内容对于解决视场中多个物体之间的注意资源竞争起着关键作用, 工作记忆中积极保持的信息表征会以自上而下的方式增强早期视觉皮层中与之匹配的知觉表征, 从而使得视场中与工作记忆内容匹配的刺激表征最终取得竞争优势而被注意优先选择<sup>[9]</sup>。已有大量研究证据表明, 这种基于工作记忆内容的视觉注意机制既可以由工作记忆中的空间信息引发<sup>[10,11]</sup>, 也可以由工作记忆中的客体信息引发<sup>[12-14]</sup>。鉴于此, 研究通过两个实验分别考察工作记忆中的空间信息和客体信息对空间返回抑制效应的影响, 实验要求被试在工作记忆保持阶段完成一个返回抑制任务, 通过比较返回抑制目标与工作记忆内容匹配和不匹配两种条件下的返回抑制效应的

<sup>\*</sup> 基金项目: 杭州市重点学科建设项目, 浙江省自然科学基金(Y207628)。

通讯作者: 潘毅, E-mail: panyirich@zju.edu.cn。

差异来揭示基于工作记忆内容的视觉注意对返回抑制的影响。

2 实验一

实验采用双任务范式,要求被试在客体工作记忆任务的保持阶段完成一个空间返回抑制任务,以考察工作记忆中的客体信息对空间返回抑制的影响。50%试验(trials)中返回抑制任务目标的颜色与工作记忆中的客体颜色匹配,而在其余试验中两者不匹配。如果客体工作记忆内容能够使得视场中与之匹配的物体获得注意偏向并因此而影响返回抑制的话,文章预期仅在不匹配条件下可以观察到经典的空间返回抑制现象,而在匹配条件下返回抑制效应将会消失。

2.1 方法

2.1.1 被试

11 名在校大学生参加了实验,年龄 19~24 岁,视力或者矫正视力正常,无色盲,右利手且没有参加过类似实验。被试实验结束后获得一定的报酬。

2.1.2 实验材料和仪器

实验程序采用 E-prime1.2 编制,实验由一台 Pentium IV 计算机控制,刺激呈现在 15 英寸彩色 CRT 显示器上,屏幕分辨率为 1024×768pixels,刷新率为 85Hz。被试通过一个标准键盘对刺激做反应,被试眼睛距离屏幕中心约 57cm。记忆材料为彩色方块(2°×2°),其颜色可能为红、绿、蓝、黄或紫。返回抑制任务的目标为一个彩色小托架,其大小为 1.5°×1.5°,位于其底部或顶部的开口大小约为 1°,小托架的颜色也可能为红、绿、蓝、黄或紫。所有刺激均呈现在灰色背景上。

2.1.3 实验设计与过程

采用 2(线索有效性:有效或无效)×2(工作记忆与目标的关系:匹配或不匹配)被试内设计。被试按空格键开始每一次试验,单次试验流程见图 1。首先呈现中央注视点 500ms,接着于屏幕中央呈现一个彩色方块(记忆项)1000ms,要求被试记住方块的颜色直到该次试验结束。然后两个方框分别在注视点两侧同时呈现 500ms,每个方框大小为 2°×2°,每个方框的中心距离中央注视点 7°,接着其中一个方框突然增亮(线索)100ms。经过 400ms 的延迟之后于其中一个方框内呈现一个彩色小托架(目标)300ms,要求被试在看到小托架出现时尽量准确快速地对其开口方向用右手做按键反应,向下按“j”键,向上则按“l”键。经过 1500ms 延迟后,于屏幕

中央呈现一个彩色方块(记忆测试项),此时要求被试判断该方块的颜色是否与记忆项的颜色相同,两者相同则按“a”键,否则按“d”键。这里要求被试尽量反应正确,但对反应速度不做要求。记忆测试项直到被试做出按键反应后才会消失。

整个实验中有 50%试验中小托架的颜色与记忆项的颜色匹配,另外 50%试验中两者不匹配;空间线索的有效性为 50%。实验包括四个处理,每个处理含有 40 次试验。各处理条件下的试验次序随机安排,线索和小托架的呈现位置(注视点左侧或右侧)以及小托架的开口方向也在实验中做了平衡。整个实验约需 20 分钟,期间被试可稍作休息。

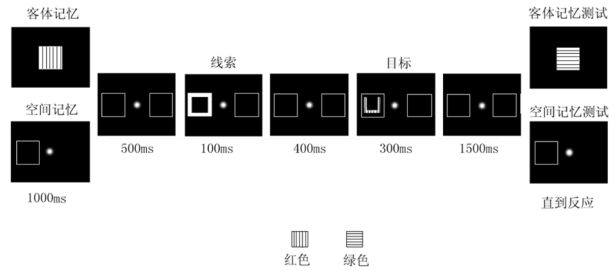


图 1 实验一和实验二中的程序和刺激示例

2.2 结果与分析

返回抑制任务的平均错误率为 9%,客体工作记忆任务的平均错误率为 6%,各种处理条件下的返回抑制任务和记忆任务错误率见表 1。对返回抑制任务错误率和记忆任务错误率分别进行 2(线索有效性)×2(工作记忆内容与目标的关系)重复测量方差分析没有发现任何效应达到统计显著性( $p>0.05$ )。

表 1 实验一中各处理条件下返回抑制任务和工作记忆任务错误率(%)

	匹配		不匹配	
	有效	无效	有效	无效
空间返回抑制	0.091	0.074	0.094	0.098
客体工作记忆	0.045	0.034	0.094	0.071

对返回抑制任务的反应时进行分析仅包括工作记忆和返回抑制任务都正确反映的试验数据,各处理条件下的平均正确反应时见图 2。采用 2(线索有效性:有效或无效)×2(工作记忆内容与目标的关系:匹配或不匹配)的重复测量方差分析,结果显示线索有效性的主效应显著,被试对落在线索提示空间上的目标的反应时( $M=698ms$ )要显著慢于对落在非线索提示空间上的目标的反应时( $M=653ms$ ), $F_{(1,10)}=7.028$ , $p=0.02$ ,表明存在基于空间的返回抑制效应;被试对与工作记忆内容匹配的目标的反应时( $M=670.5ms$ )快于对与工作记忆内容不匹配的目标的反应时( $M=681ms$ ), $F_{(1,10)}=16.181$ , $p=0.024$ ,表明工作记忆内容易化了对视场中与之匹配

的物体的反应;然而,两自变量的交互效应没有达到统计显著性, $F_{(1,10)}=0.007, p=0.936$ ,表明基于客体工作记忆的视觉注意并不影响空间返回抑制效应。

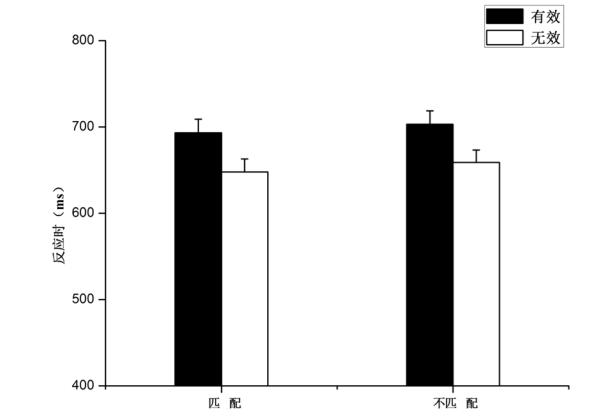


图 2 实验一中各处理条件下的返回抑制任务平均正确反应时及其标准误

3 实验二

实验二考察工作记忆中的空间信息对空间返回抑制的影响,要求被试在空间工作记忆任务的保持阶段完成一个空间返回抑制任务。50%试验中返回抑制任务目标落在记忆空间位置之上(匹配),而另 50%试验中目标落在非记忆空间位置之上(不匹配)。如果空间工作记忆能够自动引导注意选择记忆空间上的物体并因此而影响返回抑制的话,那么仅在不匹配条件下可以观察到返回抑制效应,而在匹配条件下返回抑制效应将会消失。

3.1 方法

基本与实验一方法类似,不同之处在于以下几点。另外 11 名在校大学生参加了实验,记忆材料为  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$  的黑色方框,要求被试记住该方框呈现的空间位置(注视点左侧或右侧)。50%试验中返回抑制目标落在记忆空间位置之上,而在另 50%试验中目标落在非记忆空间上。整个实验共有四个处理,每个处理含有 32 个试验。

3.2 结果与分析

返回抑制任务的平均错误率为 5%,空间工作记忆任务的平均错误率为 11%,各种处理条件下的返回抑制任务和记忆任务错误率见表 2。对返回抑制任务错误率进行 2(线索有效性) $\times$ 2(工作记忆内容与目标的关系)重复测量方差分析没有发现任何效应达到统计显著性( $p_s>0.05$ )。对工作记忆任务错误率分析仅发现工作记忆内容与目标关系的主效应显著, $F_{(1,10)}=22.847, p=0.001$ ,在匹配条件下的记忆错误率( $M=3.5\%$ )明显低于不匹配条件下的记忆错误率( $M=10.1\%$ )。

表 2 实验二中各处理条件下返回抑制任务和工作记忆任务的错误率(%)

	匹配		不匹配	
	有效	无效	有效	无效
空间返回抑制	0.059	0.086	0.034	0.047
空间工作记忆	0.058	0.011	0.137	0.066

对返回抑制任务的反应时进行分析仅包括工作记忆和

返回抑制任务都正确反映的试验数据,各处理条件下的平均正确反应时见图 3。采用 2(线索有效性:有效或无效) $\times$ 2(工作记忆内容与目标的关系:匹配或不匹配)的重复测量方差分析,结果显示线索有效性的主效应不显著, $F_{(1,10)}=0.003, p=0.956$ ;被试对与工作记忆内容匹配的目标的反应时( $M=696ms$ )快于对与工作记忆内容不匹配的目标的反应时( $M=715ms$ ), $F_{(1,10)}=5.236, p=0.045$ ;两自变量的交互作用显著, $F_{(1,10)}=8.359, p=0.016$ ,在匹配条件下线索有效试验反应时快于线索无效试验反应时,但这种差异没有达到统计显著性, $t_{(10)}=-2.026, p=0.07$ ;而在不匹配条件下线索有效试验反应时却慢于线索无效试验反应时, $t_{(10)}=2.260, p=0.047$ ,出现了典型的空间返回抑制效应。

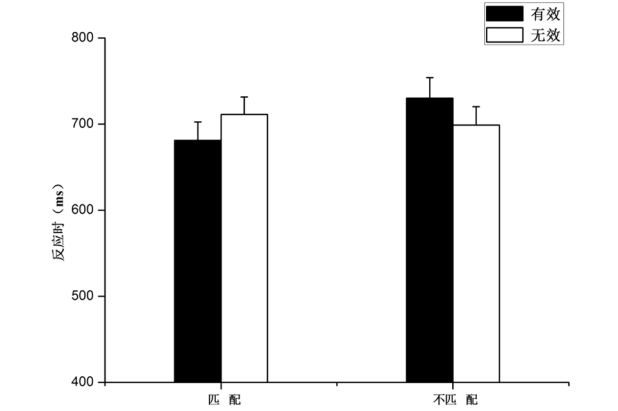


图 3 实验二中各处理条件下的返回抑制任务平均正确反应时及其标准误

4 讨论

已往研究表明当前工作记忆中积极保持的信息表征能够自动引导视觉注意<sup>[11,13]</sup>,与此一致,研究结果显示与工作记忆内容匹配的返回抑制任务目标优先获得了注意偏向。当返回抑制任务目标与记忆项具有相同颜色(实验一)或落在记忆空间位置上(实验二)时,被试对目标的探测反应时明显加快,这就表明工作记忆内容能够引导注意优先选择视场中与之匹配的信息表征。然而,在实验一中尽管客体工作记忆内容会引导视觉注意并因此易化了与之匹配的返回抑制任务目标的加工,但是这种自上而下的注意控制过程并没有影响到空间返回抑制,表现为返回抑制效应的产生和大小并不依赖于目标是否与客体工作记忆内容相匹配。相反,在实验二中空间工作记忆内容不仅使得记忆空间优先获得了注意偏向,并且这种基于工作记忆的视觉注意还影响到了空间返回抑制,表现为当目标落在记忆空间上时返回抑制效应消失了。这种结果是由于客体和空间工作记忆引导视觉选择性注意的不同时间进程所导致的。根据偏向竞争模型,工作记忆中的信息表征会以自上而下的方式增强早期视觉皮层中与之匹配的知觉表征,从而使得视场中与工作记忆内容匹配的信息表征取得竞争优势而被优先选择<sup>[9]</sup>。因此,工作记忆对视觉注意的引导作用发生于视野中与工作记忆内容匹配的知觉表征的形成之际。于是在研究范式下,客体工作记

忆对注意的引导作用必定发生在匹配目标出现在视野之时,而此时返回抑制早已形成,故基于客体工作记忆的视觉注意并不能阻止返回抑制效应。与此相反,空间工作记忆对注意的引导作用在整个记忆保持阶段都存在,因为空间表征的形成不依赖于客体目标的出现。而相比之下,返回抑制效应产生的时间较为滞后,故当目标落在记忆空间位置上时返回抑制效应会被这种自上而下的注意控制过程所阻止。

实验二结果显示,相对于不匹配条件下的任务绩效,被试在匹配条件下不仅对返回抑制目标的反应更快,而且记忆错误率也显著降低。这表明空间工作记忆能够自动引导视觉注意选择记忆空间,并且这种自上而下的注意过程对于工作记忆积极保持空间信息起着有益的复述作用,这与 Awh 等人提出的基于注意的复述(attention-based rehearsal)观点是一致的。Awh 等人认为,空间工作记忆内容能够影响空间注意的分配,视觉注意会选择工作记忆中积极保持的空间位置,空间注意是空间工作记忆正确保持空间信息所必需的内在复述机制<sup>[10-11]</sup>。这种基于注意的复述机制也进一步表明空间工作记忆对视觉注意的引导作用发生于整个记忆保持阶段。

已往研究大多是通过比较单任务(仅返回抑制任务)和双任务(工作记忆任务+返回抑制任务)条件下的返回抑制效应来考察返回抑制的内在记忆机制,一般的研究结果是,相比于单任务条件下的空间返回抑制效应来说,涉及空间工作记忆的双任务条件下的空间返回抑制效应减少甚至消失,而涉及非空间工作记忆的双任务条件下的空间返回抑制效应不变<sup>[5,8]</sup>。因此,空间返回抑制依赖于空间工作记忆,其内在机制其实就是注意对保持在工作记忆中的线索化位置加以选择性抑制。相反,研究的实验逻辑是通过比较返回抑制任务目标与工作记忆内容匹配和不匹配两种条件下的返回抑制效应来考察基于工作记忆内容的视觉注意对返回抑制的影响,在同一实验中各处理条件下的工作记忆类型和负荷水平都是不变的,故研究结果不能简单地用空间返回抑制的内在记忆机制来解释。例如,在实验二中匹配和不匹配两种条件所涉及的空间工作记忆任务是相同的,按照空间返回抑制依赖于空间工作记忆这种观点,两种条件下的返回抑制效应都会因为额外的空间工作记忆任务的干扰而减少甚至消失。然而,实验二结果却显示,返回抑制效应在匹配条件下消失了而在不匹配条件下仍然存在。因此,研究进一步推进了已往相关研究,深化了人们对工作记忆和返回抑制的交互关系的理解。

## 5 结论

当返回抑制任务目标与工作记忆内容匹配时,空间返回抑制效应会受到基于空间工作记忆的视觉注意的影响,而工作记忆中的非空间信息并不影响空间返回抑制。

## 参考文献

- 1 Posner M I, Cohen Y. Components of visual orienting. In: H. Bouma, D G. Bouwhuis. Eds. *Attention and performance X: Control of Language Processes*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates, 1984; 531—556.
- 2 Klein R M. Orienting and inhibition of return. In: Michaels Gazzaniga. Ed. *The cognitive Neurosciences*. 3rd Edition. Five Cambridge Center Cambridge: MIT Press, 2004; 545—559.
- 3 Klein R M, Macinnes W J. Inhibition of return is a foraging facilitator in visual search. *Psychological Science*, 1999, 10: 346—352.
- 4 Samuel A G, Kat D. Inhibition of return: A graphical meta-analysis of its time course and an empirical test of its temporal and spatial properties. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2003, 10: 897—906.
- 5 Castel A D, Pratt J, Craik F I M. The role of spatial working memory in inhibition of return: Evidence from divided attention tasks. *Perception & Psychophysics*, 2003, 65: 970—981.
- 6 Klein R M. Inhibitory tagging system facilitates visual search. *Nature*, 1988, 334: 430—431.
- 7 Olivers C N L. Interactions between visual working memory and visual attention. *Frontiers in Bioscience*, 2008, 13: 1182—1191.
- 8 Chou W L, Yeh S L. Location- and object-based inhibition of return are affected by different kinds of working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2008, 61: 1761—1768.
- 9 Desimone R, Duncan J. Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 1995, 18: 193—222.
- 10 Awh E, Jonides J, Reuter-Lorenz P A. Rehearsal in spatial working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1998, 24: 780—790.
- 11 Awh E, Jonides J. Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 2001, 5: 119—126.
- 12 Downing P E. Interactions between visual working memory and selective attention. *Psychological Science*, 2000, 11: 467—473.
- 13 Soto D, Hodsoll J P, Rotshtein P, et al. Automatic guidance of attention from working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 2008, 12: 342—348.
- 14 Pan Y, Xu B, Soto D. Dimension-based working memory-driven capture of visual selection. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2009, 62: 1123—1131.



# The Influence of Working Memory Contents on Spatial Inhibition of Return

Zhao Jing<sup>1</sup>, Pan Yi<sup>2</sup>

(1. Institute of Psychology, Zhejiang Science and Technology University, Hangzhou 310018;

2. Department of Psychology, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036)

**Abstract:** Working memory (WM) contents can guide visual selective attention in a relatively automatic fashion. The present study aimed to explore the influence of WM contents on space-based inhibition of return (IOR). Participants in Experiment 1 were asked to perform the IOR task during the retention interval of an object WM task. The results showed significant spatial IOR effects regardless of whether the IOR task target matched WM contents. However, when participants in Experiment 2 were asked to perform the IOR task during the retention interval of spatial WM, the IOR effect disappeared in the condition where the IOR task target fell on the space that being actively held in WM. The current findings imply that IOR can be modulated only by the attentional guidance from spatial WM.

**Key words:** working memory; visual attention; spatial inhibition of return