

习得性空间联结的迁移依赖于语义工作记忆*

王 力 陈安涛

(西南大学心理学院, 认知与人格教育部重点实验室, 重庆 400715)

摘 要 采用练习迁移范式与双任务范式相结合的设计来探讨练习所习得的空间联结在工作记忆中如何表征。被试先进行不一致空间的刺激—反应映射练习任务, 五分钟后, 随机迁移到单任务(Simon 任务)或者双任务(Simon 任务+语义工作记忆负荷任务或空间工作记忆负荷任务)。结果发现: 不一致的练习能使单任务出现反转的 Simon 效应, 但语义工作记忆负荷会使反转的 Simon 效应消失, 而空间工作记忆负荷却对反转的 Simon 效应没有影响。实验结果表明练习产生的空间联结依赖于语义工作记忆。

关键词 Simon 效应; 位置联结的迁移; 工作记忆; 语义编码

分类号 B842

1 引言

在人类行为控制研究领域, Simon 效应(Simon effect)是人类知觉—行为关系的一个重要现象, 其最早由 Simon 和 Small(1969)发现。它是指, 当对非空间特性的刺激(如, 颜色、形状等)做空间反应(如, 按左键或右键, 口头报告左或右)时, 即使刺激呈现的位置与任务要求无关, 刺激位置也会影响空间反应。具体表现为, 刺激位置和反应位置在同侧(一致条件)下的操作, 较之在对侧(不一致条件)下的操作, 表现更好(反应更快, 正确率更高)(Lu & Proctor, 1995)。关于 Simon 效应产生机制, 得到广泛认可的解释是双通道模型(Dual-route models)(Barber & O'Leary, 1997; De Jong, Liang, & Lauber, 1994; Kornblum, Hasbroucq, & Osman, 1990; Umiltà & Zorzi, 1997)。该模型包含两条通路, 一条为受控(间接)通路, 另一条为自动(直接)通路。在受控通路中, 相关刺激属性通过短时联结激活任务所要求的反应; 在自动通路中, 无关刺激位置通过长时记忆联结自动激活该位置同侧的反应。自动通路中的长时联结是由日常生活中的大量练习或遗传基因所决定, 因此具有不可改变性(Iani, Rubichi, Gherri, & Nicoletti, 2009)。如果这两条通路所激活

的反应一致, 则会加快反应; 如果不一致则会产生冲突进而延迟反应。近来, 对 Simon 效应产生机制有一种新的解释, 即反应辨别假说(Response discrimination hypothesis)(Ansorge & Wühr, 2004; Wühr & Ansorge, 2007; Wühr, Biebl, & Ansorge, 2008)。该观点认为, 表征刺激位置的编码和表征反应位置的编码在工作记忆(Working Memory)中发生交互作用才能产生 Simon 效应。

Simon 效应十分稳定, 经过大量练习, 该效应只会减小却不会消失(Shor, Hatch, Hudson, Landrigan, & Shaffer, 1972; Simon, Craft, & Webster, 1973)。但是, 当采用练习迁移范式(Practice-Transfer Paradigm), 即在练习阶段完成一定数量不一致的空间刺激—反应映射练习任务(比如, 左边刺激按右键, 右边刺激按左键)后, 再完成迁移阶段的 Simon 任务, Simon 效应却很容易减小(Tagliabue, Zorzi, Umiltà, & Bassignani, 2000)甚至反转(即, 一致条件下的反应要慢于不一致条件的反应)(Proctor & Lu, 1999)。这种现象较为普遍, 不仅当练习阶段和迁移阶段的刺激均为视觉形态时, 而且当练习阶段的刺激为听觉形态, 迁移阶段的刺激为视觉形态时都可以发生(Tagliabue, Zorzi, & Umiltà, 2002)。甚至, 当练习阶段和迁移阶段的刺

收稿日期: 2011-02-23

* 国家自然科学基金项目(31170980)资助。

通讯作者: 陈安涛, E-mail: xscat@swu.edu.cn

激属于不同的空间维度(比如, 刺激反应水平方向或竖直方向呈现)(Vu, 2007), 或者当练习阶段和迁移阶段刺激的空间信息分别由不同的方式(比如, 物理位置、箭头、位置词)传递时, 都会发生(Notebaert, De Moor, Gevers, & Hartsuiker, 2007; Notebaert, Gevers, Verguts, & Fias, 2006; Proctor, Yamaguchi, Zhang, & Vu, 2009; Rottermann & Vu, 2009)。

Tagliabue 等(2000)认为, 练习阶段刺激位置到不一致空间反应的练习形成的长效的短时联结(Long-Lasting Short-Term Associations)在迁移阶段仍然保持激活, 影响受控(间接)通路中任务所要求的反应, 从而使 Simon 效应消失或反转。Zorzi 和 Umiltà (1995)认为刺激到反应的映射关系在工作记忆中表征为短时联结, 当任务要求不再需要时, 这种短时联结就会移出工作记忆。然而, 练习迁移范式中反转 Simon 效应的产生说明, 当先前任务和当前任务有一定维度重叠时, 即使长效的短时联结与当前任务要求无关, 也会进入工作记忆中影响任务所要求的反应。此时, 进一步探究习得的空间联结在工作记忆中的表征方式将有助于理解迁移发生的潜在机制。Proctor, Yamaguchi, Zhang 和 Vu (2009)认为物理位置形成的空间联结依赖于视觉空间编码。在他们的研究中, 研究者将含有不同空间属性的刺激(物理位置、箭头、位置词)分别分配到练习和迁移阶段以观察其相互影响。他们相信刺激属性对迁移效应的影响, 可以说明练习阶段形成的联结的性质。结果发现, 除了物理位置和位置词间不能发生迁移外, 其他刺激属性间均可以发生迁移。由于箭头兼有视觉空间编码和视觉语义编码两种形式, 而物理位置只能与箭头相互迁移, 据此他们认为对物理位置进行不一致反应而形成的空间联结表征为视觉空间编码。然而, Rottermann 和 Vu (2009)认为位置词和物理位置间之所以不能迁移, 是因为练习阶段和迁移阶段刺激呈现方式有很大差异(物理位置呈现在屏幕左侧或右侧, 位置词呈现在屏幕中央)。为了使练习阶段和迁移阶段的任務更相似, 他们在练习阶段内隐地操作不一致联结的关系, 即要求被试在练习阶段也根据刺激颜色进行按键反应(如, 红色按左键, 绿色按右键), 但刺激位置和反应位置均为不一致条件。结果发现, 位置词和物理位置间也可以发生迁移, 产生反转的 Simon 效应。因此, 我们并不能排除物理位置的空间联结在工作记忆中表征为语义编码的可能性。

在以往研究中, 考察任务表征方式最直接的方

法就是加载不同类型的工作记忆负荷(Kim, S. Y., Kim, M. S., & Chun, 2005; Park, Kim, & Chun, 2007)。根据多重资源理论假说(Navon & Gopher, 1979), 竞争同一心理资源的任务之间会发生相互干扰, 但在占用不同心理资源的任务之间则不会相互影响。因此, 当任务中的分心物为语义编码时, 语义工作记忆负荷能够减小分心物的干扰; 当任务中的分心物为空间编码时, 空间工作记忆负荷能减小分心物的干扰。这也间接反映了工作记忆中语音环或视觉空间模板各自功能的不同(Baddeley, 2003)。本研究将练习迁移范式(e.g., Proctor & Lu, 1999; Tagliabue et al., 2000)和双任务范式(e.g., Kim et al., 2005; Zhao, Chen, & West, 2010)相结合, 直接调查练习阶段习得的空间联结的性质。具体地来讲, 被试首先要完成大量不一致空间的刺激—反应映射练习, 以确保随后的 Simon 效应出现反转。在迁移阶段的任務中, 被试仅完成 Simon 任务, 或者在进行 Simon 任务时在工作记忆中保持语义或空间信息。对于习得的空间联结的性质, 我们做出以下预期: 如果习得的空间联结在工作记忆中表征为空间编码, 那么空间工作记忆(Spatial Working Memory)负荷将会消除迁移阶段反转的 Simon 效应, 而语义工作记忆(Verbal Working Memory)负荷将对反转的 Simon 效应没有影响。相反, 如果习得的空间联结在工作记忆中表征为语义编码, 那么语义工作记忆负荷将会消除反转的 Simon 效应, 而空间工作记忆负荷将不会影响反转的 Simon 效应。当然, 如果习得的空间联结既可以表征为语义编码, 又可以表征为空间编码, 那么语义工作记忆负荷和空间工作记忆负荷都会影响反转的 Simon 效应。

为了考察以上预期, 我们进行了两个实验。实验一的迁移阶段包括三个任务: 第一组被试仅仅完成 Simon 任务, 第二组被试要完成带有语义工作记忆负荷的 Simon 任务, 而第三组被试要完成带有空间工作记忆负荷的 Simon 任务。语义工作记忆负荷任务的刺激是视觉形态的七个汉字, 空间工作记忆负荷任务的刺激是同一假字的四个空间位置。为了更进一步地检验实验一的结果, 实验二中, 我们将语义工作记忆负荷任务的汉字通过声音呈现, 而空间工作记忆负荷的假字用方块代替。

2 实验一

2.1 方法

2.1.1 被试 83 名 19~25 岁大学生自愿参加本次

实验, 其中男生 21 名, 女生 62 名, 均为右利手。所有被试均报告视力正常或矫正正常, 无色盲色弱。所有参加实验的被试均得到一定报酬。

2.1.2 实验仪器和材料 实验采用计算机呈现刺激和键盘反应, 计算机配置如下: 显示器为联想 LX-GJ556D, 17 寸彩显, 分辨率为 1024×768, 颜色为真彩色, 刷新率为 85 Hz。用 Eprime 编制运行实验程序, 刺激呈现时间、反应时均由计算机自动记录。被试距离屏幕约 65 cm, 在亮度一致的实验室里单独参加测试, 屏幕背景为灰色。在练习阶段, 刺激为白色圆圈, 直径大小为 1.6 cm (1.41°), 呈现在屏幕的左侧或右侧, 距离屏幕中点 7 cm (6.17°); 在迁移阶段, Simon 任务的刺激为红色圆圈和绿色圆圈, 刺激呈现的位置和大小与练习阶段刺激的呈现方式相同。

语义工作记忆负荷任务的刺激为中文汉字。每个试次出现七个汉字, 在如下十四个汉字中随机选

择: 人, 刀, 大, 水, 天, 口, 月, 立, 山, 上, 手, 石, 女, 火。汉字材料选自《汉字频度统计表》(贝贵琴, 张学涛, 1988)中的一级和二级常用字。平均笔画数为 3.5 ± 0.9 , 字频为 $89.0 \pm 6.5\%$ 。汉字的字体为 Courier New, 字号为 20 号并加粗, 呈现方式为灰底黑字, 视角为 $0.88^\circ \times 0.88^\circ$ 。随机选择的七个汉字竖直排列于屏幕中央。

空间工作记忆负荷任务的刺激为同一黑色假字的四个空间位置, 假字大小为 $0.8\text{cm} \times 1.0\text{cm}$, 字体为 Courier New, 字号为 16 号并加粗, 呈现方式为灰底黑字, 视角为 $0.71^\circ \times 0.88^\circ$ 。每个试次的刺激随机出现在屏幕中央的八个固定位置(2 列×4 行)中的四个。水平方向上两个假字间的距离为 1.7cm (1.50°), 竖直方向上两个假字间的距离为 1.0 cm (0.88°), 汉字或者假字的边缘距 Simon 任务刺激的位置大约为 4 cm (5.29°)。

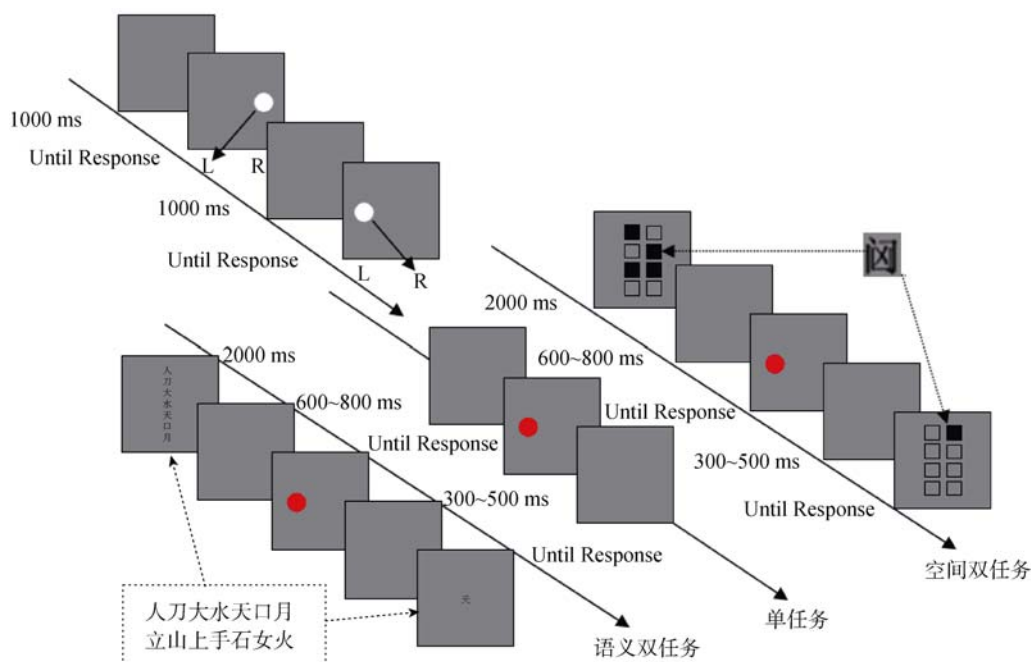


图 1 实验不一致的空间练习任务(上部分, L 代表左反应, R 代表右反应)和迁移阶段语义双任务、单任务和空间双任务(下部分由左到右)实验流程图

2.1.3 程序 本实验为 2 (一致性: 一致, 不一致) × 3 (任务类型: 单任务, 语义双任务, 空间双任务) 混合设计: 一致性为被试内因素, 任务类型为被试间因素。所有被试首先要完成不一致的空间映射的练习任务, 训练之后休息 5min, 再参加迁移阶段的测试任务(如图 1)。在迁移阶段, 被试被随机分配到三个测试任务中: 25 个被试进行单任务(Simon 任务), 29 个被试进行语义双任务(Simon 任务+语义工

作记忆负荷任务), 29 个被试进行空间双任务(Simon 任务+空间工作记忆负荷任务)。练习阶段, 要求被试对左边的刺激用右手食指按“O”键, 右边的刺激用左手食指按“Q”键。迁移阶段, 三个测试任务中的 Simon 任务是相同的, 都要求被试根据刺激的颜色进行反应, 忽视刺激的位置。一半被试对红色的刺激按左键(“Q”键), 绿色的刺激按右键(“O”键); 另一半被试则相反。

在两个双任务中,工作记忆负荷的指导语是“记住假字的空间位置”或“记住所呈现的汉字”。为了完成后面的再认测试,每个试次开始的时候,被试要默记四个空间位置或七个汉字,完成 Simon 任务后,被试要判断屏幕上出现的一个位置或汉字是否是要求识记中的一个。四个空间位置或七个汉字呈现的时间为 2000 ms,接下来有 800 ms 的空屏;空屏消失后,呈现 Simon 任务的刺激,此时要求被试在保持四个空间位置或七个汉字的同时,根据刺激的颜色做出按键反应。反应后,会出现 300~500 ms 的空屏,接着出现探测刺激(一个空间位置或一个汉字),要求被试判断这个探测刺激是否是之前所识记过的:空间双任务要求被试判断假字所占的位置是否是所识记的四个位置中的一个,而语义双任务要求被试判断出现的这个汉字是否是之前所识记的七个汉字中的一个。如果是,就用左手中指按键盘上方的数字键“1”键;否则,用右手中指按“0”键,两种反应的比例为 1:1。双任务的探测刺激直到做出反应后才消失。

练习阶段有 188 个试次,迁移阶段的双任务有 88 个试次,单任务有 48 个试次。前八个试次均为练习,不纳入统计分析。要求被试尽量又快又准确的做出按键反应。

2.2 结果和讨论

本实验和后续实验,练习阶段任务和迁移阶段的单任务要剔除反应时在 150 ms~1500 ms 之外的试次,而迁移阶段的双任务要剔除反应时为 250 ms~2500 ms 之外的试次,总的剔除率小于

1.5%。此外,迁移阶段反应时数据时仅保留 Simon 任务和工作记忆负荷任务都正确的试次。分别对练习阶段和迁移阶段的反应时和错误率进行分析。

2.2.1 练习阶段 为了考察练习效应,我们将所有试次按实验时间顺序均分为早、中、晚三个阶段(见表 1),并作为被试内因素,任务类型(单任务,语义双任务,空间双任务)作为被试间因素,进行 3×3 的重复测量方差分析。结果发现,仅有阶段的主效应显著, $F(2, 160) = 5.43, p < 0.01$ 。进一步事后分析表明,早期的反应(443.37 ± 82.62 ms)要显著的慢于中期的反应(432.82 ± 79.17 ms),中期的反应(432.82 ± 79.17 ms)慢于晚期的反应(426.39 ± 74.37 ms)。逐渐提高的行为表现说明被试在练习阶段形成了不一致的空间反应联结。此外,任务类型的主效应以及阶段和任务类型间的交互作用都不显著, $F_s < 1$ 。单任务、语义双任务和空间双任务的平均错误率分别为 $2.03 \pm 1.67\%$, $1.14 \pm 0.99\%$ 和 $1.03 \pm 0.79\%$ 。由于错误率很低,并且不存在速度准确性权衡的问题,不再对错误率做进一步分析。

2.2.2 迁移阶段 语义工作记忆负荷任务的错误率($11.03 \pm 5.94\%$)与空间工作记忆负荷任务的错误率($13.69 \pm 6.88\%$)没有显著的差异, $t(56) = 1.57, p > 0.12$,并且语义负荷任务的反应时(1038.53 ± 263.79 ms)与空间负荷任务的反应时(973.42 ± 201.72 ms)的差异也不显著, $t(56) = 1.13, p > 0.26$ 。这说明,两个工作记忆负荷任务的难度是相当的。因此,可以排除任务难度对主任务实验结果的影响。

表 1 实验一和实验二个任务在练习阶段的反应时(ms)和错误率(%) ($M \pm SD$)

实验	任务	早		中		晚	
		反应时	错误率	反应时	错误率	反应时	错误率
实验一	单任务	444.58±75.01	3.12±3.41	435.40±86.73	1.32±1.60	427.94±78.70	1.64±1.32
	语义双任务	430.81±84.59	1.34±1.52	420.68±77.45	1.03±1.30	415.22±70.63	1.03±1.38
	空间双任务	454.73±87.83	1.94±2.40	442.39±75.20	0.90±1.37	436.01±75.33	0.69±0.97
实验二	语义双任务	423.80±121.75	2.96±2.70	414.43±105.70	1.76±2.79	393.49±87.60	1.36±1.80
	空间双任务	403.69±72.49	2.08±2.26	386.60±59.67	1.58±2.00	374.63±37.43	1.69±1.87

表 2 实验一和实验二各任务在迁移阶段的反应时(ms)和错误率(%) ($M \pm SD$)

实验	任务	一致条件		不一致条件		Simon 效应
		反应时	错误率	反应时	错误率	
实验一	单任务	527.68±82.55	4.76±4.65	496.39±73.47	0.10±2.50	-31**
	语义双任务	714.40±121.36	1.83±2.93	718.76±125.22	1.69±2.48	4 ^{ns}
	空间双任务	773.77±143.17	0.93±1.83	751.38±137.50	0.76±1.38	-22*
实验二	语义双任务	737.58±157.49	2.16±2.93	747.01±170.30	1.40±2.53	10 ^{ns}
	空间双任务	774.34±144.78	1.65±2.58	742.35±122.72	0.58±1.21	-32*

注: ns 代表不显著, * < 0.05, ** < 0.01.

对被试的反应时数据(见表 2)进行 2×3 的重复测量方差分析。结果表明, 任务类型的主效应显著, $F(2, 80) = 34.77, p < 0.001$, 一致性的主效应显著, $F(1, 80) = 9.27, p < 0.003$, 两者的交互作用也显著, $F(2, 80) = 3.96, p < 0.02$, 说明三个任务的一致性效应显著不同。为了进一步理解两个因素的交互作用, 对每个任务的一致性效应单独进行检查。进一步简单效应分析发现, 单任务一致条件下的反应(527.68 ± 82.55 ms)要显著

的慢于不一致条件下的反应(496.39 ± 73.47 ms), $F(1, 80) = 10.17, p < 0.01$; 同样, 空间双任务一致条件下的反应(773.77 ± 143.17 ms)要显著的慢于不一致条件下的反应(751.38 ± 137.50 ms), $F(1, 80) = 6.04, p < 0.05$; 然而, 语义双任务一致条件与不一致条件的反应无显著差异, $F < 1$ 。以上结果说明, 单任务和空间双任务会出现反转的 Simon 效应, 而语义双任务会使反转的 Simon 效应消失(见图 2 左)。

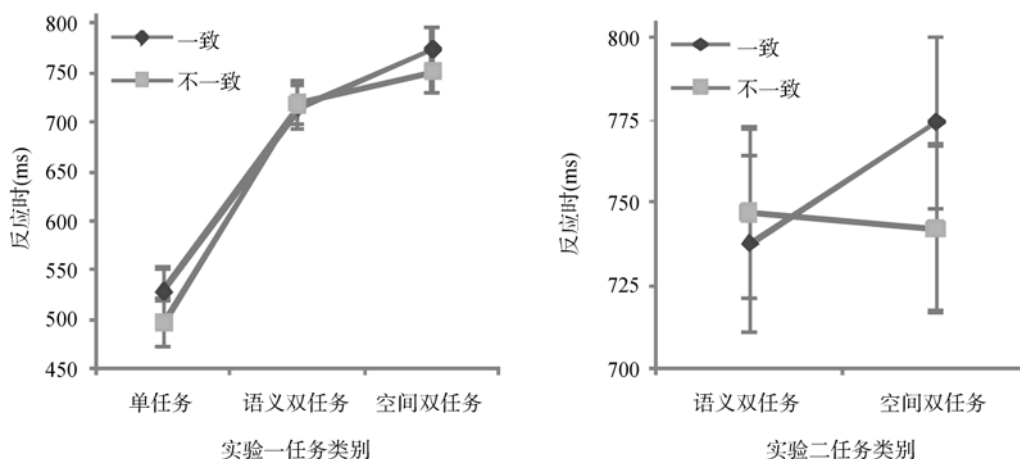


图 2 实验一(左)和实验二(右)各任务在一致不一致条件下的反应时

对被试的错误率(见表 2)同样进行 2×3 的重复测量方差分析。统计结果表明, 一致性的主效应显著, $F(1, 80) = 11.41, p < 0.001$, 任务类型的主效应显著, $F(2, 80) = 6.40, p < 0.003$, 并且两者的交互作用显著, $F(2, 80) = 8.52, p < 0.001$ 。进一步简单效应分析发现, 单任务一致条件下的错误率($4.76 \pm 4.65\%$)要显著的高于不一致条件下的错误率($1.00 \pm 2.50\%$), $F(1, 80) = 26.52, p < 0.001$; 但是, 语义双任务和空间双任务的一致条件和不一致条件的错误率均无显著差异, $F_s < 1$ 。

与先前的研究(e.g., Proctor & Lu, 1999; Proctor, Yamaguchi, & Vu, 2007; Vu, 2007; Vu, Proctor, & Urcuioli, 2003)一致, 本实验在单任务条件下出现反转的 Simon 效应。重要的是, 我们发现语义工作记忆负荷可以消除反转的 Simon 效应, 而空间工作记忆负荷却对反转的 Simon 效应没有影响。从这一点上来说, 实验一的结果说明反转的 Simon 效应主要依赖于语义工作记忆。但是, 已有研究证明, 语义负荷任务中的汉字加工中并不是直接的语义加工, 其会涉及到空间加工。此外, 空间负荷任务中的假字带有一些语言属性(Dong et al., 2005)。在这种情况下, 并不能保证实验一中的语义工作记忆负荷和

空间工作记忆负荷分别仅占用语音环和视觉空间模板。因此, 尚不能完全肯定习得的空间联结依赖于语义工作记忆。

3 实验二

为了弥补实验一中刺激材料的不足, 同时更严格地检验实验一的结果, 我们进行了实验二。中文汉字为象形文字, 以视觉形式呈现时, 其结构属性可能会有视觉空间模板的参与; 而假字的偏旁部首使其含有语音属性, 因而无法排除语音环的作用(Dong et al., 2005)。为了确保语义工作记忆负荷和空间工作记忆负荷分别占用工作记忆中的语音环和视觉空间模板, 在语义工作记忆负荷任务中, 我们将语义负荷任务的汉字通过声音呈现; 在空间工作记忆负荷任务中, 我们将假字换成黑色方块。为了聚焦于适当刺激的工作记忆负荷的影响, 在本实验中我们只调查双任务条件。

3.1 方法

3.1.1 被试 51 名 19~25 岁大学生自愿参加本次实验, 男生 29 名, 女生 22 名, 均为右利手。其中, 25 名被试参加语义双任务, 26 名被试参加空间双任务。被试均报告视力正常或矫正正常, 无色盲色弱。

所有参加实验的被试均得到一定报酬。

3.1.2 仪器, 刺激, 程序 任务类型为被试间因素, 有两个水平: 语义双任务和空间双任务。除了以下的变化外, 本实验的仪器, 刺激, 程序与实验一相同。实验中, 语义工作记忆负荷任务的汉字以声音的形式呈现, 每个声音(11 KHz)持续的时间为 640 ms。七个随机选择的汉字逐一播放, 总共持续的时间为 4480 ms, 最后的探测刺激持续的时间为 640 ms。音量大小为 80 dBA, 通过耳机呈现给被试的双耳。另外, 实验一中空间负荷任务中的假字被黑色的实体方块所取代。

3.2 结果和讨论

3.2.1 练习阶段 同实验一, 将所有试次按实验时间顺序均分为早、中、晚三个阶段, 并将该因素作为被试内因素, 任务类型(语义双任务, 空间双任务)作为被试间因素, 对反应时数据进行 3×2 的重复测量方差分析。结果(见表 1)表明, 阶段的主效应显著, $F(2, 98) = 9.91, p < 0.001$, 进一步事后分析表明, 早期的反应(413.55 ± 99.22 ms)要显著的慢于中期的反应(400.24 ± 85.68 ms), 中期的反应(400.24 ± 85.68 ms)慢于晚期的反应(383.87 ± 66.89 ms)。这个结果表明被试在练习阶段形成了不一致刺激位置到空间反应的联结。此外, 任务类型的主效应以及阶段和任务类型间的交互作用均不显著, $F_s < 1$ 。语义双任务和空间双任务的平均错误率分别为 2.08%, 2.12%。由于错误率很低, 且不存在速度准确性权衡的问题, 不再对错误率做进一步分析。

3.2.2 迁移阶段 语义工作记忆负荷任务的错误率($10.68 \pm 5.82\%$)与空间工作记忆负荷任务的错误率基本没有差异($13.50 \pm 6.97\%$), $t(49) = 1.57, p > 0.12$ 。但是, 空间工作记忆负荷任务的反应(1042 ± 276.78 ms)要显著的慢于语义工作记忆负荷任务(765.67 ± 204.26 ms), $t(56) = 4.04, p < 0.001$ 。这个结果表明空间负荷任务可能难于语义工作记忆负荷任务。在这一条件下, 如果难度对实验结果发生影响, 也应该是空间负荷使反转的 Simon 效应消失, 而不是语义负荷。

将反应时数据(见表 2)进行 2×2 的重复测量方差分析。结果表明, 任务类型和一致性的主效应都不显著, 分别为 $F < 1, F(1, 49) = 1.60, p > 0.21$, 但是, 两者的交互作用显著, $F(1, 49) = 5.39, p < 0.01$ 。进一步简单效应分析发现, 语义双任务中的一致条件与不一致条件的反应无显著差异, $F < 1$, 空间双任务一致条件下的反应(774.34 ± 144.78 ms)要显著

的慢于不一致条件下的反应(742.35 ± 122.72 ms), $F(1, 49) = 6.56, p < 0.05$ 。与实验一中的结果一致, 在空间双任务条件下产生反转的 Simon 效应(-32 ms), 但是在语义双任务条件却不会产生(见图 2 右)。

同样, 对相同因素的错误率(见表 2)进行 2×2 重复测量方差分析。统计结果表明, 一致性的主效应边缘显著, $F(1, 49) = 3.79, p = 0.057$; 但是, 任务类型的主效应并不显著, $F(1, 49) = 1.95, p > 0.17$, 并且两者没有交互作用, $F < 1$ 。

语义工作记忆负荷任务的七个语音刺激会直接进入工作记忆中的语音环中(Baddeley, 2003; 鲁忠义, 张亚静, 2007), 并且黑色方块的空间工作记忆负荷仅涉及视觉空间模板的加工。即使语义工作记忆负荷任务的难度要低于空间工作记忆负荷任务的难度, 我们同样得到与实验一一致的结果: 语义工作记忆负荷可以消除反转的 Simon 效应, 空间工作记忆负荷对反转的 Simon 效应没有影响。由于空间负荷要难于语义负荷, 这一结果反向的排除了任务难度对实验结果影响的问题, 进一步支持了习得的空间联结依赖于语义工作记忆的观点。因此, 我们证实习得的空间联结在工作记忆中表征为语义编码。

4 总讨论

在实验一单任务条件下, 我们得到反转的 Simon 效应, 这与已有研究是一致的(e.g., Proctor & Lu, 1999; Proctor et al., 2007, 2009; Tagliabue et al., 2002; Tagliabue et al., 2000; Vu, 2007; Vu et al., 2003)。重要的是, 实验一结果表明, 工作记忆负荷对反转 Simon 效应的影响取决于工作记忆负荷的类型: 空间工作记忆负荷对反转的 Simon 效应没有影响, 而语义工作记忆负荷却可以使反转的 Simon 效应消失。同样, 实验二中, 我们再次验证了实验一的结果。虽然实验二中语义工作记忆负荷为听觉形态, 但其与实验一中视觉的语义工作记忆负荷影响效力一样, 都使反转的 Simon 效应消失。视觉的语义工作记忆负荷和听觉的语义工作记忆负荷的初级加工通道并不相同, 但在更深层次的高级加工上均为语义编码。除了说明语义负荷对不一致空间联结的影响不存在加工通道特异性外, 这似乎也暗示先前不一致的联结对当前任务的影响也发生在高级加工阶段, 即反应选择阶段。总之, 这两个实验结果都支持习得的空间联结依赖于语义工作记忆。

基于反应辨别解释的观点, Zhao 等人(2010)对 Simon 任务加载不同类型的工作记忆负荷, 发现语义工作记忆负荷使 Simon 效应消失, 而空间工作记忆负荷对 Simon 效应没有影响。在本研究中, 工作记忆负荷也是加载在迁移阶段的 Simon 任务上, 此时就产生一个问题: 语义工作记忆负荷会不会只影响了迁移阶段的 Simon 任务而使 Simon 效应消失, 却没有影响习得的空间联结? 假如以上推测成立, 那么习得的空间联结将会在此基础上进一步反转 Simon 效应。然而, 在单任务条件下, 习得的空间联结必须克服产生 Simon 效应的倾向后才能发生反转。在这种情况下, 语义双任务条件下反转的 Simon 效应一定会大于单任务条件下反转的 Simon 效应。不过, 我们实验结果并没有出现以上趋势。这说明语义工作记忆负荷的确影响了习得的空间联结, 同时也说明练习阶段习得的空间联结具有较高的优先性(Iani et al., 2009)。相应地, 可以得出如下结论: 习得的空间联结依赖于语义工作记忆。

与 Proctor 等人(2009)的研究不同, 本研究提供了习得的空间联结依赖于工作记忆的语义编码的直接证据。在 Proctor 等人(2009)的练习迁移范式中, 位置词和箭头、箭头和物理位置间才能发生迁移, 物理位置和位置词间却不能迁移。但是, 从这个实验结果不能直接说明物理位置形成的空间联结在迁移阶段表征为视觉空间编码。因为物理位置呈现在屏幕左侧或右侧, 能直接与反应位置产生重叠; 而位置词呈现在屏幕中央, 其含义才能与反应位置产生重叠。这使个体更倾向于将练习阶段和迁移阶段的任务分离开。虽然箭头也呈现在屏幕中央, 但是箭头朝向能使个人将注意自动转向其所指方向, 箭头朝向也直接与反应位置产生重叠。Rottermann 和 Vu (2009)控制这一差异后, 物理位置和位置词间也发生了迁移。此外, Notebaert 等人(2007)利用混合范式(mixed-tasks paradigm)同样发现来自双语被试第一语言的位置词与物理位置享有共同的表征。Notebaert 等人(2006)利用练习迁移范式发现, 外显的空间信息(物理位置)和内隐的空间信息(数字在心理坐标轴上的位置)可以相互迁移。结合本实验的结果, 可以合理地认为物理位置的习得的空间联结在工作记忆中实际上表征为语义编码。

对于如何解释 Simon 效应产生的机制, 存在两种的主流观点, 即双通道理论模型(Barber & O'Leary, 1997; De Jong et al., 1994; Kornblum et al., 1990; Umiltà & Zorzi, 1997)和反应辨别假说

(Ansorge & Wühr, 2004; Wühr & Ansorge, 2007; Wühr et al., 2008)。不过, 现有研究并不能彻底地鉴证孰是孰非, 所以在不同的产生机制下, 练习迁移范式中习得的空间联结的影响方式也会不相同。在双通道理论模型下, 在受控(间接)通路中, 习得的空间联结所激活的反应会在工作记忆中与任务要求所激活的反应产生交互作用。两者相同则加快反应, 两者不同则延迟反应。前者在刺激位置与反应位置对侧(不一致条件)时才发生, 而后者在刺激位置与反应位置同侧(一致条件)时才发生。然而, 在自动(直接)通路中, 自动激活的反应与习得的空间联结所激活的反应会不同, 但是习得的空间联结激活的反应会占优势。因此, 在不一致条件下反应会加快, 一致条件下反应会减慢, 从而产生反转的 Simon 效应。另一方面, 反应辨别假说也可以解释练习迁移范式中反转 Simon 效应的产生。Zhao 等人(2010)的实验说明刺激、刺激位置和反应位置在工作记忆中表征为语义编码, 我们的实验说明习得的空间联结在工作记忆中也表征为语义编码。在执行迁移阶段的 Simon 任务时, 工作记忆中习得的空间联结会诱发刺激位置产生与其不一致的反应编码, 进而与任务所要求的反应产生交互作用。若该反应的编码与任务要求的反应编码一致则加快反应, 若两者编码不一致则产生冲突而延迟反应。因此, 在练习阶段习得的空间联结会使迁移阶段的 Simon 效应反转或者消失。当然, 这两种解释还有待进一步验证。未来研究需要在揭示 Simon 效应产生机制的基础上, 探究习得的空间联结影响 Simon 效应的潜在机制。

5 结论

本研究采用练习迁移范式与双任务范式相结合的设计发现: 空间工作记忆负荷对反转的 Simon 效应没有影响, 而语义工作记忆却能使反转的 Simon 效应消失。结果表明, 通过练习所习得的空间联结依赖于语义工作记忆。

参 考 文 献

- Ansorge, U., & Wühr, P. (2004). A response-discrimination account of the Simon effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30(2), 365-377.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829-839.
- Barber, P., & O'Leary, M. (1997). The relevance of salience: Towards an activational account of irrelevant

- stimulus-response compatibility effects. *Advances in Psychology*, 118, 135–172.
- Bei, S. Q., Zhang, X. T. (1988). *Statistics of Chinese characters in frequency*. Beijing, China: Electronics Industry Press.
- [贝贵琴, 张学涛. (1988). *汉字频度统计*. 北京: 电子工业出版社.]
- De Jong, R., Liang, C. C., & Lauber, E. (1994). Conditional and unconditional automaticity: A dual-process model of effects of spatial stimulus-response correspondence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 731–750.
- Dong, Y., Nakamura, K., Okada, T., Hanakawa, T., Fukuyama, H., Mazziotta, J. C., et al. (2005). Neural mechanisms underlying the processing of Chinese words: An fMRI study. *Neuroscience Research*, 52(2), 139–145.
- Iani, C., Rubichi, S., Gherri, E., & Nicoletti, R. (2009). Co-occurrence of sequential and practice effects in the Simon task: Evidence for two independent mechanisms affecting response selection. *Memory & cognition*, 37(3), 358–367.
- Kim, S. Y., Kim, M. -S., & Chun, M. M. (2005). Concurrent working memory load can reduce distraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(45), 16524–16529.
- Kornblum, S., Hasbroucq, T., & Osman, A. (1990). Dimensional overlap: Cognitive basis for stimulus-response compatibility-a model and taxonomy. *Psychological Review*, 97(2), 253–270.
- Lu, C. H., & Proctor, R. W. (1995). The influence of irrelevant location information on performance: A review of the Simon and spatial Stroop effects. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2(2), 174–207.
- Lu, Z. Y., & Zhang, Y. J. (2007). The effects of phonological loop of the working memory in Chinese reading comprehension. *Acta Psychologica Sinica*, 39(5), 768–776.
- [鲁忠义, 张亚静. (2007). 工作记忆中的语音回路对汉语阅读理解的影响. *心理学报*, 39(5), 768–776.]
- Navon, D., & Gopher, D. (1979). On the economy of the human-processing system. *Psychological Review*, 86(3), 214–255.
- Notebaert, W., De Moor, W., Gevers, W., & Hartsuiker, R. J. (2007). New visuospatial associations by training verbospatial mappings in the first language. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(6), 1183–1188.
- Notebaert, W., Gevers, W., Verguts, T., & Fias, W. (2006). Shared spatial representations for numbers and space: The reversal of the SNARC and the Simon effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(5), 1197–1207.
- Park, S., Kim, M. S., & Chun, M. M. (2007). Concurrent working memory load can facilitate selective attention: Evidence for specialized load. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(5), 1062–1075.
- Proctor, R. W., & Lu, C. H. (1999). Processing irrelevant location information: Practice and transfer effects in choice-reaction tasks. *Memory & Cognition*, 27(1), 63–77.
- Proctor, R. W., Yamaguchi, M., & Vu, K. P. L. (2007). Transfer of noncorresponding spatial associations to the auditory Simon task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(1), 245–253.
- Proctor, R. W., Yamaguchi, M., Zhang, Y. M., & Vu, K. P. L. (2009). Influence of visual stimulus mode on transfer of acquired spatial associations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(2), 434–445.
- Rottermann, A., & Vu, K. P. L. (2009). Reversing the Simon effect with prior practice of noncorresponding location words. *Human Interface and the Management of Information. Designing Information Environments*, 5617, 287–295.
- Shor, R. E., Hatch, R. P., Hudson, L. J., Landrigan, D. T., & Shaffer, H. J. (1972). Effect of practice on a Stroop-like spatial directions task. *Journal of Experimental Psychology*, 94(2), 168–172.
- Simon, J. R., Craft, J. L., & Webster, J. B. (1973). Reactions toward the stimulus source: Analysis of correct responses and errors over a five-day period. *Journal of Experimental Psychology*, 101(1), 175–178.
- Simon, J. R., & Small, A. M., Jr. (1969). Processing auditory information: Interference from an irrelevant cue. *Journal of Applied Psychology*, 53(5), 433–435.
- Tagliabue, M., Zorzi, M., & Umiltà, C. (2002). Cross-modal re-mapping influences the Simon effect. *Memory & Cognition*, 30(1), 18–23.
- Tagliabue, M., Zorzi, M., Umiltà, C., & Bassignani, F. (2000). The role of long-term-memory and short-term-memory links in the Simon effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26(2), 648–670.
- Umiltà, C., & Zorzi, M. (1997). Commentary on Barber and O'Leary: Learning and attention in S-R compatibility. *Advances in Psychology*, 118, 173–178.
- Vu, K. P. L. (2007). Influences on the Simon effect of prior practice with spatially incompatible mappings: Transfer within and between horizontal and vertical dimensions. *Memory & Cognition*, 35(6), 1463–1471.
- Vu, K. P. L., Proctor, R. W., & Urcuioli, P. (2003). Transfer effects of incompatible location-relevant mappings on a subsequent visual or auditory Simon task. *Memory & Cognition*, 31(7), 1146–1152.
- Wühr, P., & Ansorge, U. (2007). A Simon effect in memory retrieval: Evidence for the response-discrimination account. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(5), 984–988.
- Wühr, P., Biebl, R., & Ansorge, U. (2008). The impact of stimulus and response variability on S-R correspondence effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34(3), 533–545.
- Zhao, X., Chen, A. T., & West, R. (2010). The influence of working memory load on the Simon effect. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(5), 687–692.
- Zorzi, M., & Umiltà, C. (1995). A computational model of the Simon effect. *Psychological Research*, 58(3), 193–205.

The Transfer of Acquired Spatial Associations Relies on Verbal Working Memory

WANG Li; CHEN An-Tao

*(School of Psychology, Key Laboratory of Cognition and Personality of Ministry of Education,
Southwest University, Chongqing 400715, China)*

Abstract

The Simon effect refers to the fact that responses are faster when the stimulus location corresponds to the location of the assigned response than when it does not, which is a robust phenomenon. However, practicing with an incompatible mapping from location to responses can eliminate or even reverse a subsequent Simon effect. But, it is still unclear about how the acquired incompatible association was represented in the working memory (WM). In the present study, we conducted two experiments to investigate this question through using practice-transfer design combined with dual-task paradigm. Subjects first received sufficient practice with an incompatible mapping from location to response, i.e., pressing right key to left stimulus or left key to right stimuli, then were randomly transferred to the single task (only Simon task) or one of two dual-tasks (concurrent spatial WM load + Simon tasks; concurrent verbal WM load + Simon tasks) 5 minutes later.

In Experiment 1, the dual-tasks were traditional configuration: the stimuli of the verbal WM load task were true Chinese characters, and the stimuli of the spatial WM load task were pseudo-characters. In the two dual-tasks, Subjects were asked to memorize the four locations or the seven characters, and they expected to have a recognition test after having completed the Simon tasks. If the probe was in the same location as one of the pseudo-characters or identical to one of the seven characters presented in the memory display, subjects were to press the “1” key with the left middle finger. Otherwise, they were to press the “0” key with the right middle finger, and the proportions of the two responses were 50% and 50%, respectively. The results showed a reversal Simon effect in the single task, which is consistent with previous findings. Importantly, the results showed that the verbal WM load eliminated the reversal Simon effect, but the spatial WM load had no influence on the reversal Simon effect.

However, the employment of Chinese characters in the verbal WM load task could be problematical, since it has been demonstrated that Chinese characters may engage spatial processing in addition to verbal processing; on the other hand, pseudo-characters may have some linguistic properties. Therefore, it is premature to conclude that the acquired associations are represented as verbal codes in WM. In order to address the limitations of Experiment 1, in Experiment 2, the stimuli of WM load task were the Chinese characters presented through auditory modality in the verbal WM load task and the pseudo-characters were replaced with black filled squares. The characteristics of these stimuli may ensure that the verbal WM load and spatial WM load occupied the phonological loop and the visuospatial sketchpad of the working memory, respectively. The results showed significant reversal Simon effects in the spatial dual-task, but no normal or reversal Simon effect was observed in the verbal dual-task, which perfectly accords with Experiment 1. Hence, we can confirm that the acquired associations are represented as verbal codes in WM. Straightforwardly, the present study strongly suggested that the transfer of acquired associations relies on the verbal working memory.

Key words Simon effect; transfer of location associations; working memory; verbal codes