

Go/No - Go 范式中非反应手状态 对 Simon 效应性质的影响*

王 力 张栎文 张明亮 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 go/no - go 范式改进的 Simon 任务来考察非反应手的状态对 Simon 效应性质的影响。结果发现: 实验一要求非反应手放在除了反应键盘和桌面之外的任何位置, 不会产生 Simon 效应; 实验二要求非反应手放在桌面的固定位置, 产生的 Simon 效应随反应时增大而减小, 即视觉运动 Simon 效应; 实验三要求非反应手放在固定的非反应键上, 产生的 Simon 效应却随反应时增大而增大, 即认知 Simon 效应。这说明非反应手状态能影响 Simon 效应的性质。

关键词 Simon 效应 反应时分布分析 视觉运动 Simon 效应 认知 Simon 效应

1 引言

Simon 效应(Simon effect)是人类知觉 - 行为关系中的一个重要现象, 最早由 Simon 和 Rudell (1967)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)时, 刺激呈现的位置会影响空间反应, 即当刺激位置和反应位置在同侧(一致条件)较之对侧(不一致条件)表现更好(反应更快, 错误率更低)(Lu & Proctor, 1995)。在标准 Simon 任务中, 要求被试对呈现在左边或右边的色块做左或右的按键反应(比如, 红色按左键, 绿色按右键), 同时忽略色块出现的位置。此时, 当色块的位置与反应位置同侧(比如, 红色呈现在左边, 绿色呈现在右边)时, 被试反应更快, 错误率更低。

双通道理论模型(dual - route models)(De Jong, Liang, & Lauber, 1994; Eimer, Hommel, & Prinz, 1995; Kornblum, Hasbroucq, & Osman, 1990)认为与刺激位置一致反应的自动激活是 Simon 效应产生的根本原因。在 go/no - go 范式改进的 Simon 任务中, 刺激在注视点的左边或右边随机出现, 但刺激呈现的位置与任务要求无关, 被试只对某个特定刺激进行反应(比如, 红色), 而当出现另一个刺激(比如, 绿色)时则抑制反应。此时, 刺激位置与反应位置会产生一致或不一致的关系。根据双通道理论模型, go 信号呈现的位置会自动激活同侧的反应。若激活的反应与任务所要求的反应一致则会加快正确的反应, 若两者不一致则干扰正确的

反应。这两种情况下的反应时之差即为 Simon 效应。然而, 在 go/no - go 范式改进的 Simon 任务中, 当非反应手放在膝盖或座椅扶手上时, 却不会出现 Simon 效应(Ansorge & Wühr, 2004, 2009; Sebanz, 2003)。但是, 在简单反应时任务中, 当非反应手被动地放在反应键上时, 却可以产生显著的 Simon 效应(Hommel, 1996; Ivanoff & Klein, 2001)。此外, Ansorge 和 Wühr (2004)也发现, 在 go/no - go 范式改进的 Simon 任务中, 当要求用非反应手启动每个试次时, 可以产生 Simon 效应。基于此, Ansorge 和 Wühr (2004, 2009)主张反应辨别假说(Response Discrimination Hypothesis), 认为只有表征刺激位置的代码和用空间特征表征反应位置的代码在工作记忆中发生交互作用才会产生 Simon 效应。在 go/no - go 范式改进的 Simon 任务中, 反应或不反应都只与同一位置相关。此时, 非反应手对 Simon 效应产生有决定性的作用。当非反应手不起参照作用时, 个体更倾向于用非空间特性来表征反应(比如, 按键或不按键), 就不会与表征刺激位置的代码产生干扰, 进而不会产生 Simon 效应。但是, 当非反应手对反应起参照作用时, 个体则倾向于用空间特性来表征反应, 就会产生 Simon 效应。

近年来, 研究(Wascher, Schatz, Kuder, & Verleger, 2001; Wiegand & Wascher, 2005, 2007a, 2007b)发现不同的反应表征会产生不同性质的 Simon 效应: 一种为视觉运动 Simon 效应(Visuomotor Simon effect), 主要与视觉运动信息的快速传递有关, 依赖于以空间生理解剖结构表征的反应; 一种为

* 本研究得到国家自然科学基金项目(31170980)的资助。

** 通讯作者: 陈安涛。E-mail: xscat@swu.edu.cn

认知 Simon 效应 (Cognitive Simon effect), 主要与代码间的相互干扰有关, 依赖于以相对位置表征的反应。区分这两种 Simon 效应的最直接方法是反应时分布分析 (Response time distribution analysis) (De Jong et al., 1994; 张德玄, 周晓林, 2007)。它是探究 Simon 效应潜在加工机制的最常用方法 (Pellicano, Lugli, Baroni, & Nicoletti, 2009), 利用它可以考察冲突效应量与反应速度之间的关系。Wiegand 和 Wascher (2005) 通过反应时分布分析发现, 视觉运动 Simon 效应大小随着反应时延长而逐渐减小, 而认知 Simon 效应大小随着反应时延长而增大或者保持稳定。Wiegand 和 Wascher (2007a) 特别强调视觉运动 Simon 效应的反应时分布并不一定线性下降, 由于自动激活需要相应时间, Simon 效应随着反应时延长也会先增加后减小。比如, 反应时分布成倒 U 曲线或者倒 J 型曲线, 均可视为视觉运动 Simon 效应。因此, 反应时分布分析的结果反映了 Simon 任务的反应表征方式。

在实际情境中, 个体对身体周边空间的表征由视觉和触觉信息共同决定 (Macaluso & Maravita, 2010)。Bernier 和 Grafton (2010) 发现当感知的内容不同时, 被试可以灵活地选择刺激编码的参照框架。这说明感知内容不同会使个体自动选择不同的表征方式。然而, 在 go/no - go 范式改进的 Simon 任务中, 以往研究 (Ansorge & Wühr, 2004; Hommel, 1996; Ivanoff & Klein, 2001) 侧重于非反应手能否提供参照对 Simon 效应产生的影响, 却忽视了非反应手感知内容对 Simon 效应的影响。假若非反应手感知内容影响反应的表征方式, 那么当与任务无关的非反应手状态即感知内容不同时, 个体会以不同的空间特性来表征反应, 进而会产生不同性质的 Simon 效应, 具体为: 当不需要采用空间特性来表征反应时, 则不会产生 Simon 效应; 当采用空间生理解剖结构来表征反应时, 会产生视觉运动 Simon 效应; 而当采用相对位置的认知编码来表征反应时, 则会产生认知 Simon 效应。本研究采用 go/no - go 范式改进的 Simon 任务, 通过操控非反应手的状态以及进一步的反应时分布分析来探究以上假设。三个实验中非反应手的感知内容均不相同, 实验一要求非反应手放在除了反应键盘和桌面之外的任何位置; 实验二要求非反应手放在桌面固定的位置上; 实验三要求非反应手放在固定的非反应键上。若获得 Simon 效应, 我们将进一步通过反应时分布分析来考察非反应手的状态对 Simon 效应性质的影响。

2 实验一

考察当非反应手不能提供参照时能否产生 Simon 效应。

2.1 被试

22 名 19 ~ 25 岁大学生自愿参加本次实验, 其中男生 11 名, 女生 11 名, 均为右利手, 视力正常或矫正正常, 无色盲或色弱。所有参加实验的被试均得到一定报酬。

2.2 实验仪器和材料

实验采用计算机呈现刺激和键盘反应, 计算机的配置如下: 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 85Hz, 反应装置为键盘。用 Eprime 编制实验程序, 刺激呈现时间、反应时均由计算机自动记录。被试距屏幕的距离约为 65cm, 在亮度一致的实验室里单独参加测试, 屏幕背景为灰色。刺激为红色和绿色方块, 大小为 $0.8\text{cm} \times 0.8\text{cm}$ ($0.71^\circ \times 0.71^\circ$), 呈现在注视点的左边或右边。注视点大小为 $0.4\text{cm} \times 0.4\text{cm}$ ($0.3^\circ \times 0.3^\circ$), 刺激与注视点的距离为 3.7cm (6.26°)。

2.3 实验设计

采用 2 (一致性: 一致, 不一致) $\times 5$ (反应时等分组: 1 组, 2 组, 3 组, 4 组, 5 组) 的被试内设计。自变量为一致性和反应时等分组, 而反应时等分组是将收集的反应时数据由小到大排列后均分为 5 等份。因变量为反应时和错误率。

2.4 实验程序

实验开始后, 首先会出现 800ms 的空屏, 接着出现 500 ~ 800ms 的注视点, 随后会在注视点左边或右边出现红色或绿色方块, 被试做出反应后立即消失, 最长不超过 1000ms。一半被试要求其看到红色方块时用左手食指按“Z”键, 而看到绿色方块时不做反应, 非反应手即右手放在除键盘和桌面之外的任何位置; 另一半被试要求其看到绿色方块时用右手食指按“/”键, 而看到红色方块时不做反应, 非反应手即左手放在除键盘和桌面之外的任何位置。红色方块和绿色方块出现的比例为 1:1。每个被试需完成 128 个试次, 其中前 8 个为练习试次, 不纳入统计分析。

2.5 结果分析

在本实验及后续实验中, 均剔除三个标准差之外以及反应错误的的数据 ($< 1\%$)。反应时数据结果见表 1。错误率包括虚报和漏报两部分, 虚报是指

不应该反应却作出反应,而漏报是指应该反应却没有反应。由于实验中总体错误率较低(见表2),均小于1%,本实验及后续实验的错误率仅分析一致性这一因素。反应时分布分析的具体步骤(De Jong et al., 1994; 张德玄,周晓林,2007)如下:首先分别

将每个被试的一致条件和不一致条件的反应时数据由小到大进行排列,并将各自等分为5组,进而求每组的均值;然后在同组中用不一致条件的均值减去一致条件的均值,即可以得到每组 Simon 效应的大小。

表 1 三个实验中一致和不一致条件下的反应时和标准差 (ms)

实验	一致条件		不一致条件		Simon 效应值 (不一致 - 一致)
	M	SD	M	SD	
实验一	403	39	406	43	2 ^{ns}
实验二	386	39	399	46	13 ^{**}
实验三	383	33	394	37	11 ^{**}

注:ns 代表不显著, * <.05, ** <.01

表 2 三个实验中一致和不一致条件下的错误率和标准差 (%)

实验	一致				不一致			
	漏报		虚报		漏报		虚报	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
实验一	.14	.01	.86	.02	.45	.02	.41	.01
实验二	0	0	.29	.01	0	0	.29	.01
实验三	.35	.01	.46	.01	.12	.01	.50	.02

对反应时数据进行重复测量方差分析发现,反应时等分组主效应显著, $F(4, 84) = 394.70, p < .001$,而一致性的主效应不显著, $F(1, 21) = .39, p = .54$,说明没有产生 Simon 效应;两者交互作用也不显著, $F(4, 84) = 1.78, p = .14$ 。由于本实验中不存在 Simon 效应,因此没有必要考察在不同反应时等分组下的 Simon 效应。实验结果说明当非反应手不能为反应的执行提供任何参照时就不会产生 Simon 效应。对漏报率和虚报率的一致性分别进行配对 T 检验发现,漏报率的一致条件(0.14%)与不一致条件(0.45%)差异不显著, $t < 1$;虚报率的一致条件(0.86%)与不一致条件(0.41%)差异也不显著, $t < 1$ 。

3 实验二

考察当非反应手固定在桌面的固定位置时,其对 Simon 效应产生的决定作用以及该 Simon 效应的性质。

3.1 被试

21 名 19~24 岁大学生自愿参加本次实验,其中男生 9 名,女生 12 名,均为右利手,视力正常或矫正正常,无色盲或色弱。所有参加实验的被试均得到一定报酬。

3.2 实验仪器、材料、设计及程序

除了反应装置不同外,实验仪器、材料、设计以及程序基本与实验一相同。本实验用鼠标进行反应,并要求被试将非反应手的食指放在桌面与反应

手对称的固定位置上,使两食指间的距离和键盘上“Z”键和“/”键的距离相等。如果左手食指按鼠标左键反应,则要求被试非反应手即右手食指放在桌面的固定位置上;如果右手食指按鼠标右键反应,则要求被试非反应手即左手食指放在桌面的固定位置上。

3.3 结果分析

对反应时数据(见表1)进行重复测量方差分析发现,反应时等分组主效应显著, $F(4, 80) = 444.41, p < .001$,一致性的主效应显著, $F(1, 20) = 8.48, p < .01$,说明非反应手放在桌面的固定位置上,使 go/no-go 范式改进的 Simon 任务产生了显著的 Simon 效应;两者交互作用不显著, $F(4, 80) = 1.07, p = .37$ 。进一步对各反应时组的一致性进行配对 T 检验显示,除第五组外 $t < 1$ 外,第一组至第四组一致条件下的反应时均显著小于不一致条件的反应时, $t_s > 2.6, p_s < .05$ 。比较反应时递增的五组可以发现,Simon 效应的反应时分布图成倒 J 型曲线,即随着反应时增大先有增大趋势而后逐渐减小(见图3左),说明获得视觉运动 Simon 效应(Wiegand & Wascher, 2007a)。一致条件和不一致条件的漏报率均为 0,而一致条件和不一致条件的虚报率均为 0.29%。

4 实验三

探索非反应手固定于非反应键上时,其对 Simon 效应产生的决定作用以及该 Simon 效应的性质。

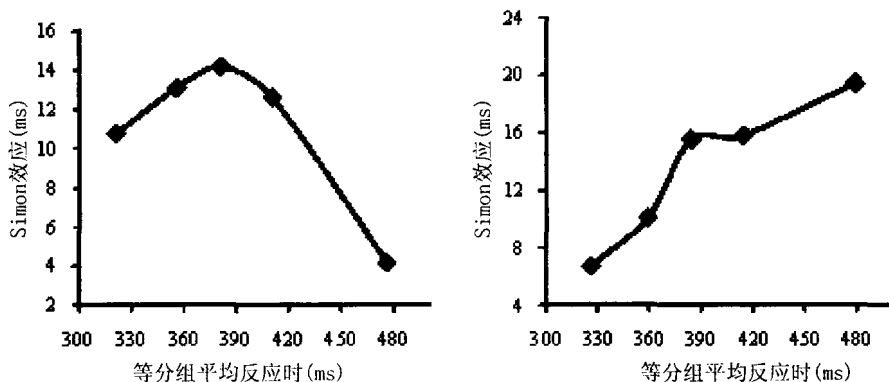


图3 实验二反应时分布图(左)和实验三反应时分布图(右)

4.1 被试

26名19~23岁大学生自愿参加本次实验,其中男生14名,女生12名,均为右利手,视力正常或矫正正常,无色盲或色弱。所有参加实验的被试均得到一定报酬。

4.2 实验仪器、材料、设计及程序

除了非反应手的位置不同外,实验仪器、材料、设计以及程序基本与实验一相同,本实验要求被试将非反应手食指放在固定的非反应键上。如果左手食指按“Z”键反应,则要求被试非反应手即右手食指放在“/”键;如果右手食指按“/”键反应,则要求被试非反应手即左手食指放在“Z”键。

4.3 结果分析

对反应时数据(见表1)进行重复测量方差分析发现,反应时等分组主效应显著, $F(4, 100) = 320.14, p < .001$,一致性的主效应显著, $F(1, 25) = 10.93, p < .01$,说明非反应手放在非反应键上可以产生 Simon 效应;两者交互作用边缘显著, $F(4, 100) = 2.32, p = .06$ 。进一步对各反应时等分组的一致性进行配对 T 检验,显示除了第一组外 $t(25) = 1.51, p > .05$,其余四组一致条件下的反应时要显著小于不一致条件的反应时, $t_s > 2.7, p_s < .05$ 。对比反应时递增的五组可以发现,Simon 效应随着反应时增大而逐渐增大(见图3右),说明获得认知 Simon 效应(Wiegand & Wascher, 2005, 2007a)。对漏报率和虚报率的一致性分别进行配对 T 检验发现,漏报率的一致条件(0.35%)与不一致条件(0.12%)差异不显著, $t(25) = 1.44, p > .05$;虚报率的一致条件(0.46%)与不一致条件(0.50%)差异也不显著, $t < 1$ 。

5 讨论

本研究通过操控 go/no-go 范式改进的 Simon

任务中非反应手的状态发现:当非反应手不放在与反应手相对的位置上时,不会产生 Simon 效应;当非反应手放在与反应手对称的桌面固定位置上时,产生视觉运动 Simon 效应;当非反应手放在与反应键对称的固定非反应键上时,则产生认知 Simon 效应。实验结果,除了说明非反手的状态是产生 Simon 效应的关键因素,更重要的是,说明非反应手的状态即感知内容可以影响 Simon 效应的性质。结合三个实验的结果,接下来从以下几个方面进行讨论。

从 Simon 效应产生角度来说,Shiu 和 Kornblum (1999)认为 go/no-go 任务中 Simon 效应的产生源于刺激位置与反应位置有一定程度的重叠而导致反应的自动激活。然而,本研究支持反应辨别假说(Ansorge & Wühr, 2004; Wühr & Ansorge, 2007; Wühr, Biebl, & Ansorge, 2008)的核心观点,即用空间特征或者空间标签来表征反应是产生 Simon 效应的必要条件。实验一中 go 反应的位置与刺激位置有维度重叠但不能产生 Simon 效应,而实验二和实验三中当非反应手放在某一固定位置时却能产生 Simon 效应。对比这两种情况可以发现,Simon 效应的产生与非反应手的位置有关。实验一中非反应手的位置并不能为反应的执行提供空间信息,而实验二和实验三中非反应手的位置能对反应起参照作用,使其可以采用空间特征来表征反应。这说明以空间特性表征反应是 Simon 效应产生的关键(Ansorge & Wühr, 2004; Hommel, 1996; Ivanoff & Klein, 2001)。

从 Simon 效应的性质来说,反应时分布结果说明实验二中产生了视觉运动 Simon 效应,而实验三中产生了认知 Simon 效应(Wiegand & Wascher, 2005, 2007a)。进一步分析可以发现,这两种不同性质 Simon 效应的产生与非反应手的状态即具体的感知内容有关。非反应手的感知内容促使个体采用

不同的空间编码来表征反应,而这种反应表征方式又影响 Simon 效应的性质。实验二中桌面上的固定位置不会受到非反应手的任何影响,被试完全可以忽略位置的存在,而更加注重非反应手的状态。此时,个体倾向于用空间生理解剖结构的编码来表征反应,产生视觉运动 Simon 效应。实验三中非反应手放在非反应键上,被试必须谨慎保持非反应手的状态以防止启动非反应键。此时,被试更倾向于参照非反应键的位置而形成相对的认知编码,产生认知 Simon 效应。虽然个体可以根据感知内容灵活选择表征方式,但是又与 Bernier 和 Grafton(2010)支持的个体可以灵活选择参照框架的观点有所不同。Bernier 和 Grafton(2010)的研究是从刺激位置编码角度出发,发现依赖于视觉系统的目标刺激会以注视点为中心来表征刺激位置,依赖于本体感觉系统的刺激则会以身体为中心来表征刺激位置;而我们的研究是从反应位置的编码角度出发,发现反应表征取决于非反应手的感知内容。

此外,本研究为具身认知(Wilson, 2002)的观点提供了证据。具身认知观点认为“认知是包括大脑在内的身体的认知,身体的解剖学结构、身体的活动方式、身体的感觉和运动体验决定了我们怎样认识和看待世界”(叶浩生, 2010)。这种具身性是第二代认知科学的重要特征(李其维, 2008),促进了认知神经科学发展。在由 go/no-go 范式改进的 Simon 任务中,非反应手的状态与任务要求毫无关系,但是当非反应手的感知内容不同时,大脑能够灵活的选择表征方式,产生不同性质的 Simon 效应。在本研究中,感知内容是由身体(手)和环境(实验设置情境)接触所决定,而这种身体感知环境的结果进一步决定大脑将采取哪种方式来加工任务。这说明大脑会根据不同的情境或感觉灵活地选择加工方式,但这种加工方式受限于身体的感知内容。这种由不同感知内容而产生的不同性质的 Simon 效应正是具身认知观点的体现。Tversky 和 Hard(2009)要求被试描述图片中两个客体的空间关系。当图片中仅是这些客体,被试会自动从自己的空间角度描述;但是,当图片中存在他人时,大多数被试会从他人的角度描述。这从另外一个角度说明认知机制受限于具体情境,体现了具身认知的思想。当然,具身认知的内涵十分丰富,未来还需要从更多角度深入探讨。

6 结论

(1)以空间特征或空间标签来表征反应是 Si-

mon 效应产生的关键。

(2)非反应手的状态即感知内容可以决定 Simon 效应的性质。

参考文献

- 李其维. (2008). “认知革命”与“第二代认知科学”刍议. *心理学报*, 40(12), 1306 - 1327.
- 叶浩生. (2010). 具身认知: 认知心理学的新取向. *心理科学进展*, 18(5), 705 - 710.
- 张德玄, 周晓林. (2007). Delta 图分析方法及其在冲突控制研究中的应用. *心理科学进展*, 15(3), 545 - 551.
- 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.
- Ansorge, U., & Wühr, P. (2009). Transfer of response codes from choice - response to go/no-go tasks. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(6), 1216 - 1235.
- Bernier, P., & Grafton, S. T. (2010). Human posterior parietal cortex flexibly determines reference frames for reaching based on sensory context. *Neuron*, 68(4), 776 - 788.
- 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.
- Eimer, M., Hommel, B., & Prinz, W. (1995). S - R compatibility and response selection. *Acta Psychologica*, 90, 301 - 313.
- Hommel, B. (1996). S - R Compatibility Effects Without Response Uncertainty. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 546 - 571.
- Ivanoff, J., & Klein, R. M. (2001). The presence of a nonresponding effector increases inhibition of return. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(2), 307 - 314.
- 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.
- Macaluso, E., & Maravita, A. (2010). The representation of space near the body through touch and vision. *Neuropsychologia*, 48(3), 782 - 795.
- Pellicano, A., Lugli, L., Baroni, G., & Nicoletti, R. (2009). The Simon effect with conventional signals: a time - course analysis. *Experimental Psychology*, 56(4), 219 - 227.
- Sebanz, N. (2003). Representing others' actions: just like one's own? *Cognition*, 88(3), 11 - 21.
- Shiu, L. P., & Kornblum, S. (1999). Stimulus - response compatibility effects in go - no - go tasks: a dimensional overlap account. *Perception & Psychophysics*, 61(8), 1613 - 1623.
- Simon, J. R., & Rudell, A. P. (1967). Auditory S - R compatibility: the effect of an irrelevant cue on information processing. *Journal of Applied Psychology*, 51(3), 300 - 304.

- Tversky, B. , & Hard, B. (2009). Embodied and disembodied cognition: Spatial perspective - taking. *Cognition*, 110(1), 124 - 129.
- 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.
- Wascher, E. , Schatz, U. , Kuder, T. , & Verleger, R. (2001). Validity and boundary conditions of automatic response activation in the Simon task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(3), 731 - 751.
- Wiegand, K. , & Wascher, E. (2005). Dynamic Aspects of Stimulus - Response Correspondence: Evidence for Two Mechanisms Involved in the Simon Effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(3), 453 - 464.
- Wiegand, K. , & Wascher, E. (2007a). Response coding in the Simon task. *Psychological Research*, 71(4), 401 - 410.
- Wiegand, K. , & Wascher, E. (2007b). The Simon effect for vertical S - R relations: changing the mechanism by randomly varying the S - R mapping rule? *Psychological Research*, 71(2), 219 - 233.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625 - 636.

The Status of the Nonresponding Hand Affect Simon Effect in the Go/No - Go Task

Wang Li, Zhang Liwen, Zhang Mingliang, Chen Antao

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

Abstract The Simon effect arises if a spatial response feature is used to represent one or more responses in working memory. Previous studies have found that the go/no - go task, in which stimuli are the same as the standard Simon task, generates the Simon effect only when the participants use the spatial feature to represent response by referring to the location of the nonresponding hand. However, the participants can select flexibly the reference frame for action according to sensory context. Further, the reference frame determines whether spatial anatomical code or the cognitive spatial code is used to represent the one response in the go/no - go task. Thus, we believe that sensory context of the nonresponding hand may affect the nature of the Simon effect in the go/no - go task. If the spatial anatomical code is used to represent the response, then the visuomotor Simon effect may arise; if the cognitive spatial code is used, then the cognitive Simon effect may arise.

To explore the hypothesis, we implemented three experiments. In the experiments, the stimuli were red or green squares presented in left or right physical locations. Participants were instructed to perform a spatial response to one color and refrain from responding to another color. But the status of the nonresponding hand were different. Specifically, in Experiment 1, the participants were only required to press one key by index finger of one hand and put the nonresponding hand on any place except the desk and keyboard; in Experiment 2, the participants were asked to put their nonresponding hand on a fixed location of the desktop; in Experiment 3, the participants were instructed to put their nonresponding hand on a fixed key (e. g. , if the response key was "Z" then put the nonresponding hand on "/", and vice versa). Moreover, if the Simon effects was obtained in the experiments, we would further explore the different mechanism of Simon effect with reaction time (RT) distribution analysis. To that end, the correct RTs of each participant were vincentized in separate experimental condition (i. e. , rank - ordered RTs were divided into equally sized quantiles, and the mean RTs were grouped into equally spaced quantiles).

The results showed that in Experiment 1, the Simon effect was not obtained, $F(1, 21) = .39, p = .54$, while it was obtained in Experiment 2 ($F(1, 20) = 8.48, p < .01$) and in Experiment 3 ($F(1, 25) = 10.93, p < .01$). Moreover, the RT distribution analysis showed that the size of Simon effect in Experiment 2 was rather stable from the first to fourth quantile but disappeared in the fifth quantile, and it increased from the first to the fifth quantile in Experiment 3. The results demonstrate that representing the response by the spatial feature is the prerequisite for the generation of the Simon effect. Moreover, the results implied that the nature of the Simon effect relies on the sensory context of the nonresponding hand.

Key words Simon effect, RT distribution analysis, visuomotor Simon effect, cognitive Simon effect