

# 视觉运动 Simon 效应和认知 Simon 效应的 影响因素及机制\*

王 力 张栋文 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** Simon 效应是指与反应要求无关的刺激位置和反应位置在同侧时, 个体反应更快更准确的现象。对于 Simon 效应的产生机制, 大多数研究者认为, 在不同实验情境中获得的 Simon 效应有共同的产生机制。但是, 越来越多的证据显示, 在刺激形式、排列方式、刺激—反应规则以及反应方式等因素的影响下, 存在两种不同性质的 Simon 效应, 即视觉运动 Simon 效应和认知 Simon 效应。视觉运动 Simon 效应源于刺激位置自动激活其同侧反应所产生的影响, 认知 Simon 效应源于转译生成的编码间的相互干扰, 两者分别与背侧通路和腹侧通路的加工有关。

**关键词** Simon 效应; 反应时分布; 单侧化准备电位; 视觉运动 Simon 效应; 认知 Simon 效应

**分类号** B842

## 1 引言

刺激反应相容性 (Stimulus Response Compatibility, SRC) 是影响人类动作控制和反应选择的重要因素之一, 它由 Fitts 和 Seeger 于 1953 年首次提出。具体而言, 当对空间位置(左侧或右侧)做空间反应(按左键或右键)时, 刺激位置和反应位置在同侧(左侧按左键/右侧按右键: 一致条件)较之对侧(左侧按右键/右侧按左键: 不一致条件)反应更快、正确率更高(e.g., Proctor & Lu, 1999; 梁娟, 金志成, 2007)。此时, 空间位置为靶刺激。1967 年, Simon 和 Rudell 发现一种特殊的刺激反应相容性现象。当个体对刺激的非空间特征(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, 刺激呈现的空间位置对其操作成绩(反应时和正确率)有明显影响, 这种任务后来被命名为 Simon 任务(Hedge & Marsh, 1975)。比如, 在一个标准的 Simon 任务中(图 1), 要求被试对颜色做按键反应(红色按左键、绿色按右键), 同时忽略颜色呈现的空间位置。当颜色块随机地

呈现在屏幕的左侧或右侧时, 被试的反应受到颜色呈现位置的影响: 当颜色呈现的位置与其指代的反应在同侧(红色在左侧、绿色在右侧)时的操作成绩, 显著地优于颜色呈现的位置与其指代的反应在对侧(红色在右侧, 绿色在左侧)时的操作成绩。此时, 空间位置为非靶刺激。刺激呈现的位置与其指代的反应在同侧时为一致条件(图 1 左), 在对侧时为不一致条件(图 1 右)。一致条件下的反应时通常短于不一致条件下的反应时, 后者减去前者所得反应时之差即为 Simon 效应。

从 Simon 效应发现至今, 研究者们发现当操控刺激形式和呈现方式, 比如, 刺激形式为视觉或听觉(e.g., Roswarski & Proctor, 2003), 排列方式为水平或垂直(e.g., Vallesi, Mapelli, Schiff, Amodio, & Umiltà, 2005; Wiegand & Wascher, 2005)时, 可以产生 Simon 效应。此外, 当反应方式不同时, 比如, 反应为按键(e.g., Ansorge & Wühr, 2009)、口语报告(e.g., Wühr, 2006)、单手移动(e.g., Wiegand & Wascher, 2007a)、双手交叉按键(e.g., Wallace, 1971; Wascher, Schatz, Kuder, & Verleger, 2001), 也会出现 Simon 效应。在 Simon 效应产生机制的众多理论解释中, 最具有代表性的为双通道理论模型和反应辨别假说。双通道理

收稿日期: 2011-06-03

\* 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

论模型(Iani, Rubichi, Gherrri, & Nicoletti, 2009)认为, Simon 效应源于受控(间接)通路和自动(直接)通路的相互影响。相关的刺激属性(比如, 颜色)在受控通路中通过短时联结激活任务所要求的反应, 无关的刺激位置在自动通路中通过长时联结自动激活其同侧的反应。如果这两条通路中所激活的反应一致, 则反应加快; 如果不一致则产生冲突进而延迟反应。反应辨别假说则认为, Simon 效应主要源于工作记忆中表征刺激位置和表征反应位置编码间的交互作用(Ansorge & Wühr, 2004; Wühr & Ansorge, 2007; Wühr, Biebl, & Ansorge, 2008; Zhao, Chen, & West, 2010)。虽然这两种理论对 Simon 效应产生机制有不同观点, 但是在各自角度下, 他们都认为在不同实验情境中获得的 Simon 效应有共同的产生机制。

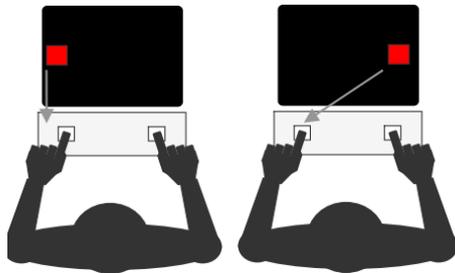


图1 标准的 Simon 任务样例。刺激呈现在屏幕的左侧或右侧, 要求被试根据刺激颜色进行按键反应。此时, 刺激位置是任务的无关维度。如果要求看见红色方块按左键, 那么当红色方块出现在屏幕左侧(一致条件, 如图左)时相对于其出现在右侧(不一致条件, 如图右)时, 反应更快、正确率更高(引自: Proctor, Miles, & Baroni, 2011)。

然而, 通过反应时分布分析(Response Time Distribution Analysis)和单侧化准备电位(Lateralized Readiness Potential, LRP)分析, 近年来有研究(Wascher et al., 2001; Wiegand & Wascher, 2005, 2007a, 2007b)发现在不同实验操作中存在两种不同性质的 Simon 效应。Wascher 等人(2001)发现: 视觉刺激的 Simon 任务, 在双手正常放置反应条件下, Simon 效应随着反应时延长而减小, 且不一致条件会出现 LRP 的早期偏移; 但双手交叉反应和听觉刺激条件下, Simon 效应却随着反应时延长逐渐增大, 且不一致条件不会

出现 LRP 的早期偏移。Wiegand 和 Wascher (2005)也证实了 Simon 效应的不同外在表现, 并在此基础上正式提出两种不同机制的 Simon 效应。一种为视觉运动 Simon 效应(Visuomotor Simon effect), 是一种同侧反应视觉运动易化而产生的短暂 Simon 效应, 其会随着反应时延长而减小或消失, 同时在不一致条件下会出现 LRP 的早期偏移。另一种为认知 Simon 效应(Cognitive Simon effect), 源于表征刺激位置和表征反应位置的认知编码在反应选择阶段的相互干扰, 其会随着反应时延长而保持稳定甚至增大, 并且在不一致条件下不会出现 LRP 的早期偏移。

## 2 两种 Simon 效应的区分指标

### 2.1 反应时分布分析

反应时分布分析最早由 Vincent 于 1912 年使用, 也被称为 Vincentizing (张德玄, 周晓林, 2007), 主要用来考察冲突效应量如何随着反应速度的变化而变化, 是探究 Simon 效应潜在加工性质的最常用方法(Pellicano, Lugli, Baroni, & Nicoletti, 2009)。De Jong, Liang 和 Lauber (1994)最早用其评估 Simon 效应的时间进程, 其具体方法如下: 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, 并将其各自等分为五组, 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, 即得到每组 Simon 效应的大小。以各组的平均反应时为横坐标, Simon 效应的大小为纵坐标, 可以作出 Simon 效应的反应时分布图, 即 Delta 图(如)。在 Delta 图上, 可以很容易地观察到 Simon 效应随着时间进程如何变化。结合反应时分布分析的结果, 研究者认为: 视觉运动 Simon 效应随着反应时延长而逐渐减小甚至消失(如图 2A, 水平 Simon 任务); 而认知 Simon 效应随着反应时延长保持稳定或逐渐增加(如图 2A, 垂直 Simon 任务, 视觉刺激在注视点上下位置随机出现, 要求被试根据刺激属性按上键或下键)(Wascher et al., 2001; Wiegand & Wascher, 2005, 2007a, 2007b)。此外, Wiegand 和 Wascher (2007a)强调视觉运动 Simon 效应的 Delta 图并不一定线性下降, 由于自动激活需要相应时间, Simon 效应也可能会随着反应时延长先增加后减小。比如, Delta 图为倒 U 曲线或者倒 J 型曲线, 都可以看作视觉运动 Simon

效应。回顾以往研究的反应时分布结果,也可以发现存在这两种不同性质 Simon 效应。De Jong 等人(1994)实验中所得 Simon 效应随着反应时延

长而减小(Hommel, 1994), 而 Wascher 等人(2001)发现当刺激为听觉刺激或者双手交叉反应时, Simon 效应会随着反应时延长而增大。

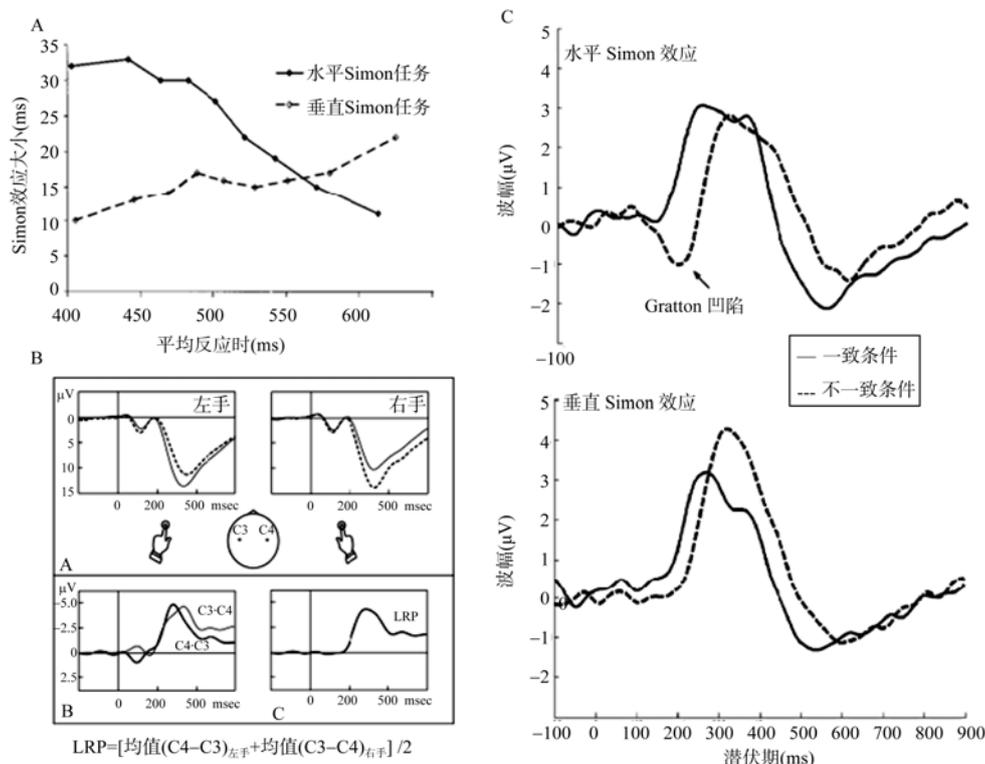


图 2 A 为水平和垂直 Simon 效应的 Delta 图(引自: Wiegand & Wascher, 2005 实验一); B 为单侧化准备电位示意图(引自: Praamstra, 2007); C 为水平 Simon 任务和垂直 Simon 任务一致条件和不一致条件试次的 LRP 平均值(修改自 Vallesi et al., 2005)。

## 2.2 单侧化准备电位

选择性运动激活事件相关电位(ERPs, Event-related brain potentials)的新测量指标——单侧化准备电位(LRP) (Gratton, Coles, Sirevaag, Eriksen, & Donchin, 1988)——为 Simon 效应产生机制的研究打开了窗口。LRP 成分体现了反应手对侧运动皮层的激活, 在外显反应的前几百毫秒, 反应手对侧运动皮层相对于同侧运动皮层会出现较大的负波, 主要反映了对与反应手同侧刺激反应的早期准备(见图 2B) (Praamstra, 2007; 陈立翰, 2008)。采用 LRP 来研究 Simon 效应主要是受双通道理论模型中自动激活观点的启发(Leuthold, 2010)。该观点认为, 无论刺激呈现的位置与反应位置是否一致, 刺激位置都会自动激活其同侧的

反应, 使运动皮层做出反应的早期准备。因此, 当刺激位置与反应位置不一致时会出现不正确的反应激活, 即 LRP 的早期偏移。在标准 Simon 任务不一致条件下, 刺激呈现后 170 ms 到 200 ms 之间, 会出现依赖于刺激位置的 LRP 的早期负性偏移, 之后出现依赖于任务所要求反应的 LRP 正性偏移, 进而形成 Gratton 凹陷 (Gratton-dip) (如图 2C, 水平 Simon 任务); 然而, 在有些情况下(比如, 刺激反应垂直排列, 双手交叉反应等), Simon 任务的不一致条件却不会出现 LRP 的早期偏移(Vallesi et al., 2005; Wascher et al., 2001; Wiegand & Wascher, 2005)。因此, LRP 是否出现早期偏移也是区分 Simon 效应性质的指标: 视觉运动 Simon 效应在不一致的条件下会出现 LRP 的早期偏移(如图 2C,

水平 Simon 任务), 而认知 Simon 效应在不一致条件下并不会出现 LRP 的早期偏移(如图 2C, 垂直 Simon 任务)(Wascher et al., 2001; Wiegand & Wascher, 2005, 2007a, 2007b)。

### 3 影响 Simon 效应性质的因素

许多研究都发现存在两种不同性质的 Simon 效应, 通过对比分析这些研究, 我们尝试从以下四个方面来分析影响 Simon 效应性质的因素。

#### 3.1 刺激形式

Simon 任务的刺激都有两个维度: 相关维度和传递空间信息的无关维度。相关维度指定了所要求的空间反应; 无关维度传递的空间信息影响所要求的空间反应。在 Simon 任务中会有不同形式的刺激, 有些相关维度在不同的感觉通道加工(比如, 听觉刺激和视觉刺激), 有些无关维度传递空间信息的方式不同(比如, 物理位置, 箭头, 位置词)。Wascher 等人(2001)发现, 当水平方向 Simon 任务的刺激为视觉形态时, 产生视觉运动 Simon 效应; 当刺激为听觉形态时, 则产生认知 Simon 效应。在视觉 Simon 任务中, 刺激位置快速地自动激活其同侧反应, 而任务要求的反应需要一定时间才能完成加工。因此, 在任务所要求反应执行之前, 自动激活的反应就会随着时间延长而消失, 从而对所要求反应的影响也就逐渐减小, 所以 Simon 效应会随着反应时延长而减小。然而, 在听觉 Simon 任务中(如, 声音刺激在左耳或右耳随机出现, 要求被试根据音调的高低按左键或右键), 刺激位置和反应均需要一定时间才能形成认知编码, 时间越长编码间的干扰越大, 因此 Simon 效应会随着反应时延长而增大。Pellicano 等人(2009)采用传统信号(箭头和位置词)作为刺激, 来观察该类 Simon 效应的的时间进程。结果发现, 当箭头作为刺激时, 所产生的 Simon 效应随着反应时变化保持稳定; 而当以位置词作为刺激时, 所产生的 Simon 效应则随着反应时延长而增大(Proctor, Yamaguchi, Zhang, & Vu, 2009)。两组反应时分布之所以不同, 是因为箭头传递的空间信息的认知编码的形成较快速且持续时间长, 能在较短时间内影响任务所要求的反应; 而位置词传递的空间信息的认知编码需要较长时间才能形成, 随着反应时延长其影响就越大。但是, 这两种刺激所产生的 Simon 效应都是源于认知编码间的

干扰, 其本质属于认知 Simon 效应。Schankin, Valle-Inclán 和 Hackley (2010)将刺激随机呈现在左眼或者右眼, 同时控制刺激在单眼中的位置(如, 注视点的左侧或者右侧)。结果发现, 标准 Simon 效应(即在单眼中刺激呈现的位置与反应位置同侧比异侧反应更快的现象)和单眼 Simon 效应(即接收刺激的眼睛与反应位置同侧较不同侧反应更快的现象)是不同的: 标准 Simon 效应随着反应时延长而减小, 且在不一致条件下出现 LRP 的早期偏移, 即视觉运动 Simon 效应; 而单眼 Simon 效应却基本稳定, 且在不一致条件下不会出现 LRP 的早期偏移, 即认知 Simon 效应。前者刺激位置的激活十分短暂, 后者单眼的位置对反应的影响时间相对较长。

#### 3.2 排列方式

在 Simon 任务中, 视觉刺激的不同排列方式也会形成不同性质的 Simon 效应, 其典型代表为水平方向 Simon 效应和垂直方向 Simon 效应, 两者分别属于视觉运动 Simon 效应和认知 Simon 效应。Wiegand 和 Wascher (2005)研究发现, 实验一中当刺激位置只与反应手的空间生理结构位置匹配时, Simon 效应会随着反应时延长而减小, 并且会出现 LRP 的早期偏移; 实验二中当刺激的水平维度和垂直维度混合时, 水平方向 Simon 效应随着反应时延长而减小且出现 LRP 的早期偏移, 而垂直方向 Simon 效应却随着反应时延长而增大且不会出现 LRP 的早期偏移(Buetti & Kerzel, 2008; Vallesi et al., 2005; Wühr, 2006)。水平方向和垂直方向 Simon 效应的不同表现主要由于两者产生机制的不同: 水平方向 Simon 效应主要源于刺激位置自动激活其同侧的反应, 这个过程快速且短暂, 因此反应越快冲突越大; 而垂直方向 Simon 效应源于表征刺激位置和表征反应位置编码间的相互干扰, 由于编码的形成需要一定时间才能建立, 因此反应越慢冲突越大。由上可推, 同样的反应执行时间会对两者有不同的影响。Wiegand 和 Wascher (2005)实验三给予反应时间压力和实验四延长刺激—反应时间, 结果发现, 反应时间越长则垂直方向 Simon 效应就越大, 刺激—反应时间越长则水平方向 Simon 效应就减小。同样, Vallesi 和 Umiltà (2009)通过实验设置来延迟反应选择、反应执行和刺激鉴别的过程, 发现反应时间的延迟使水平 Simon 效应减小, 却对垂直

Simon 效应没有影响。

此外,其他的实验操作也很好证明了水平方向和垂直方向 Simon 效应性质的不同。Vu (2007) 采用练习迁移范式,发现位置到反应的不一致练习仅有 72 个试次就足以使水平方向 Simon 效应发生反转,而在完成 600 个试次时才可以使垂直方向 Simon 效应消失。Wühr 和 Biebl (2011) 让被试在执行水平和垂直 Simon 任务同时完成工作记忆负荷任务,发现水平方向 Simon 效应依赖于空间工作记忆,而垂直方向 Simon 效应则依赖于语义工作记忆。

### 3.3 刺激—反应规则

一般情况下,当实验任务为固定的刺激—反应规则(比如,红色按左键,绿色按右键)时,所产生 Simon 效应的性质就由刺激形式、排列方式共同决定。然而,当刺激—反应规则随机变化(比如,规则 1: 红色按左键,绿色按右键;规则 2: 红色按右键,绿色按左键)时,刺激形式和排列方式就不再起决定作用,只会产生视觉运动 Simon 效应。Wiegand 和 Wascher (2007b) 实验中的刺激反应垂直排列(垂直 Simon 任务),并且有刺激—反应规则固定和随机变化两种情况,每个试次的刺激—反应规则取决于刺激出现之前的线索提示。结果发现,当刺激—反应规则固定时,垂直 Simon 效应随着反应时延长而增大,即产生认知 Simon 效应。但是,当刺激—反应规则随机变化时,垂直 Simon 效应却随着反应时延长而逐渐减小,即获得视觉运动 Simon 效应(e.g., Valle-Inclán & Redondo, 1998)。同样,Wiegand 和 Wascher (2007a) 进一步实验发现,当对水平方向的刺激采用同一只手的两个手指反应时,刺激—反应规则固定产生认知 Simon 效应,而规则随机变化却产生视觉运动 Simon 效应。这些研究都发现,当刺激—反应规则随机变化时,先前规则固定时获得认知 Simon 效应的 Simon 任务却产生了视觉运动 Simon 效应。

### 3.4 反应方式

同刺激—反应规则的影响一样,反应方式对 Simon 效应的性质也有决定性的作用。Wascher 等人(2001)发现,当视觉刺激水平呈现且反应为水平的左右按键时,刺激位置的编码与反应的生理解剖结构编码一致,刺激位置能自动激活其同侧反应,产生视觉运动 Simon 效应;而当双手交

叉反应时,刺激位置与反应位置的生理解剖编码相反,需要以认知编码来表征反应,只能产生认知 Simon 效应。同样,同一只手的两个手指反应时,其生理解剖结构编码与刺激位置编码也不一致。Wiegand 和 Wascher (2007a) 对标准 Simon 任务采用同一只手的两个手指反应时产生认知 Simon 效应;而反应方式为单手的食指移动时,只能以运动参数来表征反应,从而产生视觉运动 Simon 效应。这是由于刺激位置能自动激活以运动参数表征的反应。与此类似,Lehle, Cohen, Sangals, Sommer 和 Stürmer (2011) 发现当反应为单手上/下移动按键时,垂直方向上单侧呈现的刺激也会出现 LRP 的早期偏移。Buhmann, Umiltà 和 Wascher (2007) 实验发现,在标准 Simon 任务中,当反应为双手食指按键时产生视觉运动 Simon 效应,而当反应为双手拿木棒分别按对侧键(位于食指按键下层)时则产生认知 Simon 效应。但是,当一只手正常按键一只手拿木棒按对侧键时,反应目标没有空间维度之分,被试只能根据空间生理解剖映射来反应。此时,无论是食指按键还是木棒按键都产生视觉运动 Simon 效应,只有当生理结构与反应目标的空间维度混合时才会产生认知 Simon 效应。

综上所述,刺激形式、排列方式、刺激—反应规则及反应方式都会影响 Simon 效应的性质。但这些因素却有不同的影响等级,刺激—反应规则和反应方式对 Simon 效应的性质具有优先决定性,而刺激形态和呈现方式的影响依赖于特定的刺激—反应规则和反应方式。在信息加工过程中,这四种因素基本通过两种途径来发挥影响:刺激形式和排列方式决定刺激编码方式,而刺激—反应规则和反应方式决定反应表征。这进一步说明反应表征方式对 Simon 效应性质有着关键作用。然而,后三种影响因素的探讨主要集中在视觉形态的 Simon 任务中,听觉形态、触觉形态的 Simon 任务是否仍具有普遍性却鲜有探索。此外,上述因素均属于客观因素,至于主观因素如期望、情绪、动机等能否影响 Simon 效应的性质,仍需要进一步探究。至于刺激形式、排列方式、刺激—反应规则和反应方式如何影响 Simon 效应的性质,我们将结合不同性质 Simon 效应的产生机制进一步介绍。

## 4 不同性质 Simon 效应的认知机制

近年来,Simon 效应存在两种不同机制的观

点越来越受到认可(Buetti & Kerzel, 2009; Castel, Balota, Hutchison, & Logan, 2007; Proctor et al., 2011; Treccani, Milanese, & Umiltà, 2010)。这两种不同产生机制围绕两种基本观点展开:(i)自动激活理论(Kornblum, Hasbroucq, & Osman, 1990; Simon & Small, 1969)认为,与反应无关的表征刺激空间位置的编码会自动激活其同侧反应。如果自动激活的反应与任务要求的反应一致,则会加快反应选择;如果两者不一致,自动激活的反应则干扰任务所要求的反应,导致反应时延长、错误增加。双通道理论模型是自动激活理论的典型代表。(ii)转译理论(Hasbroucq & Guiard, 1991; Hedge & Marsh, 1975; Wallace, 1971)认为,Simon效应的产生是由于刺激和反应位置通过认知编码(如,左或右)方式表征,并在反应选择阶段进行匹配。如果两个编码一致,则反应加速、错误减少;如果两个编码不一致,则反应减慢、错误增加。反应辨别假说在转译理论上发展完善起来。以此为基础,结合不同实验操作对 Simon 效应的影响,两种不同 Simon 效应的内在加工机制逐渐发展起来。核心观点的形成主要是受刺激形态和呈现方式两种因素的启发,而补充观点的形成主要归于对刺激—反应规则和反应方式两因素影响的思考。

#### 4.1 核心观点

Wascher 等人(2001)认为,视觉运动 Simon 效应之所以会随着反应时延长而减小,是因为刺激位置自动且快速激活的反应会随着时间延长消退或者被抑制,LRP 的早期偏移直接证明这一点。但是,感觉运动激活的启动加工有一些先决条件:激活是视觉的一个特性,所要求的运动必须与生理解剖结构匹配。在日常生活中,视觉系统对行为有重要的指导作用,比如,把握需要对目标精确的定位和反应手的运动监测,日常生活中的长期练习使视觉系统与运动系统建立较强的联结,而听觉系统与行为联结之间则缺乏相应的练习。进而,在较自然的状态下,只有视觉刺激才会发生感觉运动激活。除了刺激形式的影响外,排列方式所要求的加工方式也决定了 Simon 效应的性质,如先前所述的水平 Simon 效应和垂直 Simon 效应。基于自动激活理论和转译理论,Wiegand 和 Wascher (2005)对两种不同机制的 Simon 效应进行详细解释。视觉运动 Simon 效应是一种同侧反

应视觉运动易化所产生的短暂 Simon 效应。当刺激位置和空间反应的生理解剖结构匹配时,刺激位置会自动激活其同侧反应。如果激活的反应和任务要求的反应一致则易化反应;两者不一致时在行为上会延迟正确反应的执行,并且可以观察到 LRP 的早期偏移。但是,自动激活快速且短暂,会随着时间延长消失或者被抑制,从而对任务要求的反应影响也就逐渐减小,因此视觉运动 Simon 效应会随着反应时延长而逐渐减小。认知 Simon 效应是一种转译生成的认知编码间的相互干扰所产生的累积 Simon 效应,刺激位置和反应位置首先会被转译成以相对位置来表征的认知编码,如果两个编码不一致则会产生冲突进而延迟反应,这使得不一致条件不会出现 LRP 的早期偏移。但是,由于刺激位置和反应位置转译成认知编码的过程需要一定时间的积累,时间越长则冲突越大,因此认知 Simon 效应会随着反应时的延长而保持稳定甚至增大。

#### 4.2 补充观点

在 Simon 任务中,即使刺激位置缺少相应的空间生理映射(如,刺激反应垂直呈现),某些情况下也会产生视觉运动 Simon 效应。比如,刺激—反应规则变化时,垂直方向 Simon 任务会产生视觉运动 Simon 效应(Wiegand & Wascher, 2007a, 2007b)。研究者认为变化的反应规则打破了单一的刺激—反应联结,由刺激编码转译至反应编码的策略就行不通。此时,刺激特征编码和反应位置编码的联结、反应位置编码和执行反应的空间解剖结构编码的联结需要重新建立,尤其后两者的联结特别重要。这种联结只能通过反应位置和执行反应的空间生理解剖结构的共同空间特征(如,自我相对的空间位置)来表征反应,就会与刺激的空间位置的表征重叠,进而刺激的空间位置自动启动其同侧的反应,产生视觉运动 Simon 效应。Wiegand 和 Wascher (2007a)的实验结果说明,视觉运动 Simon 效应不仅与刺激位置和反应接收器间(如,手)的映射关系和刺激—反应规则的变化有关,还与运动参数的表征有关。比如,当 Simon 任务的反应方式为单手移动时,可以观察到垂直方向上单侧呈现的刺激也会出现 LRP 的早期偏移(Lehle et al., 2011; Valle-Inclán & Redondo, 1998)。在这种情况下,为了启动反应,反应键相对位置的认知编码会被转换成能被运动系统识别

的编码,而这种编码可以是接收器生理状态(即生理解剖结构编码)的表征,也可由运动参数来定义。当由运动参数来表征时,刺激位置能自动激活其同侧反应,从而产生视觉运动 Simon 效应。此外,当目标刺激编码与生理解剖结构编码相干扰或者差异较大时,认知编码就会占优势(Buhlmann et al., 2007)。同样,当反应在空间表征和行为之间涉及较复杂的映射关系时,比简单的按键反应更可能诱发认知 Simon 效应(e.g., Bub & Masson, 2010)。

在核心观点中,自动激活的概念(Logan, 1988)说明视觉运动 Simon 效应的产生机制并不会涉及工作记忆的加工。然而,有研究(Wühr & Biebl, 2011; Zhao et al., 2010)发现工作记忆负荷会影响标准的 Simon 效应。这就产生了问题,两种不同机制的 Simon 效应到底是由于加工方式的不同,还是由于刺激加工过程中最基本的表征方式的不同?Bernier 和 Grafton (2010)发现大脑皮层的同一区域可采用以注视点为中心或以身体为中心两种方式来表征刺激的位置,前者依赖于视觉系统提供的位置,而后者依赖于身体在空间的位置。那么是否以注视点为中心则产生视觉运动 Simon 效应,而以身体为中心则产生认知 Simon 效应?核心观点在一定程度上能解释刺激形式和排列方式所决定的 Simon 效应的性质,却没有说明刺激—反应规则变化和某些反应方式(如,单手移动)时产生视觉运动 Simon 效应的原因。与核心观点不同,补充观点更加强调反应表征对 Simon 效应性质的影响(Wühr et al., 2008),并且说明了反应规则的变化和反应方式(如,单手移动)产生视觉运动 Simon 效应的具体加工机制。然而,反应方式这一因素的影响机制仍需要进一步探索。反应的执行最终完成需要两步表征:对反应位置的表征(反应位置编码)和对执行反应手的空间表征(反应的空间解剖结构编码)。不同的反应方式对这两者会有不同的影响,比如双手交叉会影响反应的空间解剖结构编码,双手拿木棒分别按对侧键反应会影响反应位置编码。因此,未来研究需要重视这两种不同表征与 Simon 效应性质的具体关系。

## 5 不同性质 Simon 效应的神经机制

在上述认知机制的基础上,Buhlmann 等人(2007)进一步分析了两种效应的深层加工,并说

明了可能的神经机制。他们认为:认知 Simon 效应主要以行为目标为导向,依赖于目标的译码,是高水平的加工,发生在反应选择阶段,可能与腹侧通路(ventral stream)的加工有关系;而视觉运动 Simon 效应则不同,是低水平的加工,与背侧通路(dorsal stream)加工有关。腹侧通路为“what 通路”,将客体信息从早期的视觉皮层区域(VC)传递至颞下皮层(inferotemporal cortex),连接视觉信息来支持发生在下游区域的高水平的认知加工(比如,客体再认、将被执行的反应的决定、高水平的认知推理);背侧通路为“where 通路”,将客体在视野中位置的信息从视觉皮层传递到顶叶皮层(posterior parietal cortex),支持直接连接在通路末端的运动皮层执行的行为表现(比如,客体位置、形状的鉴别,视觉引导行为所需的感觉运动变化的执行)(Milner & Goodale, 2008; Ungeleider & Mishkin, 1982)。但是,腹侧通路上知觉信息的认知表征相对较慢,而背侧通路上视觉运动控制的加工快速、短暂(Buhlmann et al., 2007)。这就决定了在不同的 Simon 任务中,需要时间累积认知编码的表征和短暂视觉运动的激活。前者使 Simon 效应随着反应时延长而逐渐增大,即认知 Simon 效应;而后者使 Simon 效应随着反应时延长而逐渐减小,即视觉运动 Simon 效应。

尽管腹侧和背侧通路相对来说是分离的,但是它们的分离并不完全(Caligiore, Borghi, Parisi, & Baldassarre, 2010; 张航,傅小兰,2005),两条通路的信息加工可以部分整合,主要在视觉运动信息流晚期的前阶段和高级视觉加工阶段,还有顶叶皮层。但是,既定任务的反应时间决定了两条通路的影响程度,在这种情况下加工通道甚至该通道的机能都可能发生改变(Buhlmann et al., 2007)。比如,当双手交叉反应时,双手正常反应能产生视觉运动 Simon 效应的任务却产生了认知 Simon 效应。因此,当背侧通路加工占主导作用时可能产生视觉运动 Simon 效应,当腹侧通路加工起主导作用更可能产生认知 Simon 效应。Forstmann, van den Wildenberg 和 Ridderinkhof (2008)的研究在一定程度上说明了背侧通路在视觉运动 Simon 效应中的作用,他们将标准水平方向 Simon 任务的脑功能成像在不同反应速度下进行分析,结果发现与刺激位置同侧的不正确反应在快速反应下前辅助运动皮层(pre-SMA)激活更强。

然而, 两条通路 with 两种 Simon 效应的关系尚缺乏充分的研究证据, 所以神经机制方面将会是未来的研究重点。由于 Simon 任务的加工过程较为快速, 仅借助于高空间分辨率的功能性核磁共振(fMRI)技术, 难以分离具体的神经通路。将高时间分辨率的事件相关电位技术(ERP)和 fMRI 技术相结合, 有可能找出两种不同机制 Simon 效应的神经通路。鉴于此, 我们可以在不同时间进程下, 对比分析两种典型的 Simon 任务(比如, 水平方向 Simon 任务和垂直方向 Simon 任务)的脑功能成像, 构建其信息加工的连接通路, 探究冲突产生及冲突解决神经机制, 及其与腹侧通路和背侧通路的具体关系。此外, 除了典型的排列方式产生不同性质 Simon 效应外, 我们还可以比较刺激—反应规则变化和反应方式(如, 水平刺激双手反应和垂直刺激单手移动)产生的 Simon 效应的神经通路的异同。

## 6 问题与展望

综合分析两种机制的研究, 我们可以发现, 不同性质 Simon 效应的产生是由具体实验情境或操作所需的加工机制来决定。然而, 两种 Simon 效应的发现主要源于对所得数据的反应时分布分析和 LRP 数据的分析。近来研究者怀疑, 水平和垂直方向 Simon 任务的 LRP 可能会受到不同的旁侧事件相关电位的影响(L-ERP) (Leuthold, 2011; Praamstra, 2007)。水平方向的 LRP 会受到来自运动皮层的刺激相关反应激活成分的污染, 而垂直方向的 LRP 却不会。但是, 在实验中要得到纯净的 LRP 成分却十分困难。为了避免水平方向上刺激单侧呈现所激活的与感觉属性相关的 N1 成分, Wiegand 和 Wascher (2005) 的实验中刺激双侧呈现, 但是, 在 200~300ms 时间窗口内, 双侧呈现的刺激除了会诱发与目标刺激选择有关的不对称 N2pc 成分外, 还会诱发与刺激反应联结和反应相关的不对称的 N2cc 成分; 垂直方向的刺激诱发的 N2pc 成分在左右半球激活程度一样, 并不会出现偏移, 而 N2cc 成分会有很大部分不可见 (Praamstra, 2007)。在这种情况下, 无论是单侧呈现的刺激, 还是双侧呈现的刺激, 都会使水平方向和垂直方向上的 LRP 不具有可比性。此种情况下, LRP 成分是否具有划分 Simon 效应性质的效力仍值得探讨。此外, 由于两种不同机制 Simon

效应的研究还处于发展阶段, 有很多问题需要思考和探索, 具体需要从以下两个方面展开:

### 6.1 扩大研究范围

该领域的现有研究主要通过操控视觉形态 Simon 任务的排列方式、刺激—反应规则或反应方式(e.g., Wiegand & Wascher, 2007a, 2007b)来观察 Simon 效应, 对其他形态 Simon 任务的研究却鲜有涉及。因此, 为了探索这两种不同机制的划分是否具有普遍性, 应该进一步扩宽 Simon 效应的研究领域。就听觉刺激来说, 当垂直呈现、反应规则随机变化或者单手移动反应时, Simon 效应的性质如何? 就排列方式来说, 除了水平方向和垂直方向 Simon 效应外, 国外研究还发现一种直交的 Simon 效应(Orthogonal Simon effect), 即当对垂直方向的刺激进行水平反应时可以观察到上—右/下—左的反应优势(Bae, Cho, & Proctor, 2009)。比如, 红绿色块随机出现在注视点的上方或下方, 要求红色按左键, 绿色按右键, 当红色出现在注视点下方和绿色出现在注视点上方时, 反应较快。但是, 目前还没有研究来说明, 直交 Simon 效应是属于视觉运动 Simon 效应还是属于认知 Simon 效应, 或者两者都不是, 这都需要进一步研究。

### 6.2 扩展应用研究

Simon 效应的理论研究有利于人类理解信息加工规律, 同时其对实践应用也有重大意义。工程心理学首先将这一规律运用到人机交互系统的设计中, 使信号的呈现位置与反应安排尽可能一致, 以提高工作效率并且减少错误。不同性质的 Simon 效应提示, 对不同的任务情境应该有不同的操作安排、不同的反应策略。比如, 双手作业时, 当信号和反应装置水平呈现时, 反应速度应该放慢; 当信号和反应装置垂直排列时, 反应速度可以稍微加快。在不同情境中, 不同反应安排、不同控制要点可以使我们的行为更有效率、更少出错。然而, 这两种不同的效应是在标准实验室研究中得到的, 在真实复杂的自然情景中是否还有明显的不同, 仍需要进一步验证。

## 参考文献

- 陈立翰. (2008). 单侧化准备电位的含义和应用. *心理科学进展*, 16(5), 712-720.
- 梁娟, 金志成. (2007). 西蒙效应研究新进展. *心理科学*, 30(2), 471-473.

- 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.
- 张航, 傅小兰. (2005). 视觉的知觉-动作双系统理论中的论争. *心理科学进展*, 13(1), 1-9.
- 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.
- Bae, G. Y., Cho, Y. S., & Proctor, R. W. (2009). Transfer of orthogonal stimulus-response mappings to an orthogonal Simon task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(4), 746-765.
- Bernier, P.-M., & Grafton, S. T. (2010). Human posterior parietal cortex flexibly determines reference frames for reaching based on sensory context. *Neuron*, 68(4), 776-788.
- Bub, D. N., & Masson, M. E. J. (2010). Grasping beer mugs: On the dynamics of alignment effects induced by handled objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(2), 341-358.
- Buetti, S., & Kerzel, D. (2008). Time course of the Simon effect in pointing movements for horizontal, vertical, and acoustic stimuli: Evidence for a common mechanism. *Acta Psychologica*, 129(3), 420-428.
- Buetti, S., & Kerzel, D. (2009). Conflicts during response selection affect response programming: Reactions toward the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(3), 816-834.
- Buhlmann, I., Umiltà, C., & Wascher, E. (2007). Response coding and visuomotor transformation in the Simon task: The role of action goals. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(6), 1269-1282.
- Caligiore, D., Borghi, A. M., Parisi, D., & Baldassarre, G. (2010). TRoPICALS: A computational embodied neuroscience model of compatibility effects. *Psychological Review*, 117(4), 1188-1228.
- Castel, A. D., Balota, D. A., Hutchison, K. A., Logan, J. M., & Yap, M. J. (2007). Spatial attention and response control in healthy younger and older adults and individuals with alzheimer's disease: Evidence for disproportionate selection impairments in the Simon task. *Neuropsychology*, 21(2), 170-182.
- 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.
- Fitts, P. M., & Seeger, C. M. (1953). S-R compatibility: Spatial characteristics of stimulus and response codes. *Journal of Experimental Psychology*, 46, 199-210.
- Forstmann, B. U., van den Wildenberg, W. P. M., & Ridderinkhof, K. R. (2008). Neural mechanisms, temporal dynamics, and individual differences in interference control. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(10), 1854-1865.
- Gratton, G., Coles, M. G. H., Sirevaag, E. J., Eriksen, C. W., & Donchin, E. (1988). Pre- and poststimulus activation of response channels: A psychophysiological analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14(3), 331-344.
- Hasbroucq, T., & Guiard, Y. (1991). Stimulus-response compatibility and the Simon effect: Toward a conceptual clarification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17(1), 246-266.
- Hedge, A., & Marsh, N. W. A. (1975). The effect of irrelevant spatial correspondences on two-choice response-time. *Acta Psychologica*, 39(6), 427-439.
- Hommel, B. (1994). Spontaneous decay of response-code activation. *Psychological Research*, 56(4), 261-268.
- 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.
- 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.
- Lehle, C., Cohen, A., Sangals, J., Sommer, W., & Stürmer, B. (2011). Differential dynamics of spatial and non-spatial stimulus-response compatibility effects: A dual task LRP study. *Acta Psychologica*, 136(1), 42-51.
- Leuthold, H. (2011). The Simon effect in cognitive electrophysiology: A short review. *Acta Psychologica*, 136(2), 203-211.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95(4), 492-527.
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2008). Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia*, 46(3), 774-785.
- 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.
- Praamstra, P. (2007). Do's and don'ts with lateralized event-related brain potentials. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(2), 497-502.
- 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., Miles, J. D., & Baroni, G. (2011). Reaction time distribution analysis of spatial correspondence effects. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(2), 242-266.
- 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.
- Roswarski, T. E., & Proctor, R. W. (2003). The role of instructions, practice, and stimulus-hand correspondence on the Simon effect. *Psychological Research*, 67(1), 43-55.
- Schankin, A., Valle-Inclán, F., & Hackley, S. A. (2010). Compatibility between stimulated eye, target location and response location. *Psychological Research*, 74, 291-301.

- 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.
- Simon, J. R., & Small, A. M., Jr. (1969). Processing auditory information: Interference from an irrelevant cue. *Journal of Applied Psychology*, 53(5), 433–435.
- Treccani, B., Milanese, N., & Umiltà, C. (2010). Influence on Simon and SNARC effects of a nonspatial stimulus-response mapping: Between-task logical recoding. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(5), 1239–1254.
- Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In D. Ingle, M. Goodale, & R. Mansfield (Eds.), *Analysis of visual behavior* (pp. 549–586). Cambridge, MA: MIT Press.
- Valle-Inclán, F., & Redondo, M. (1998). On the automaticity of ipsilateral response activation in the Simon effect. *Psychophysiology*, 35(4), 366–371.
- Vallesi, A., Mapelli, D., Schiff, S., Amodio, P., & Umiltà, C. (2005). Horizontal and vertical Simon effect: Different underlying mechanisms? *Cognition*, 96(1), B33–B43.
- Vallesi, A., & Umiltà, C. A. (2009). Decay of stimulus spatial code in horizontal and vertical Simon tasks. *The Journal of General Psychology*, 136(4), 350–373.
- 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.
- Wallace, R. J. (1971). S-R compatibility and the idea of a response code. *Journal of Experimental Psychology*, 88(3), 354–360.
- 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.
- Wühr, P. (2006). The Simon effect in vocal responses. *Acta Psychologica*, 121(2), 210–226.
- 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. (2011). The role of working memory in spatial S-R correspondence effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37(2), 442–454.
- 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.

## The Influencing Factors and Mechanisms of the Visuomotor Simon Effect and Cognitive Simon Effect

WANG Li; ZHANG Li-Wen; ZHANG Ming-Liang; CHEN An-Tao

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

**Abstract:** The Simon effect refers to the phenomenon in which responses are faster and more accurate when the stimulus location and the location of the assigned response correspond than when they do not. Researching this effect is important to understand perception-action relations. In the domain of Simon effect, most researchers thought that a common mechanism was involved in the Simon effect which was obtained under different experimental conditions. However, There is a growing number of evidence demonstrating that there were two different kinds of Simon effect, namely, Visuomotor Simon effect and Cognitive Simon effect. These two types of Simon effect could be affected by the stimulus form, arrangement mode, response rule and response manner. The Visuomotor Simon effect was due to the spatial code of a stimulus activating a congruent response, while the Cognitive Simon effect originated from the interaction between the code represented the stimulus position and the code represented the response position. The ventral stream and the dorsal stream were thought to be related with the Cognitive Simon effect and Visuomotor Simon effect, respectively.

**Key words:** Simon effect; response time distribution; lateralized readiness potential; visuomotor Simon effect; cognitive Simon effect