论文

大小 Stroop 任务下的双向干扰效应

陈安涛^①, 林瑞文^②, 何春红^③, 张灵聪^②, 郝兴昌^②^① 西南大学心理学部, 认知与人格教育部重点实验室, 重庆 400715;^② 闽南师范大学教育科学学院, 漳州 363000;^③ 浙江师范大学教师教育学院, 金华 321004

E-mail: xscat@swu.edu.cn

收稿日期: 2015-06-28; 接受日期: 2015-08-10

国家自然科学基金(批准号: 61431013, 31170980, 81271477)资助

doi: 10.1360/N052014-00217

摘要 在认知控制的研究中, 自动化理论是解释干扰效应产生机制的主流观点. 不过, 该理论基本是围绕如何解释单向干扰而发展出来的, 缺乏对双向干扰产生机制的深入探讨. 另一方面, 双向干扰的稳定性和普遍性也有待研究. 本研究设计了一个新任务, 大小 Stroop 任务, 以调查双向干扰. 该任务同时向被试提供两类信息, 语义(字义)的“大”和“小”, 以及视觉(字号)的“大”和“小”, 构成一致(字义与字号相同)和不一致(字义与字号不同)两类刺激. 要求被试分别以口头和按键两种方式根据字义或字号作反应, 发现两种反应方式下都出现了双向干扰(字义显著地干扰字号, 字号反过来也显著地干扰字义). 本研究在不改变刺激、被试和实验程序的情况下, 在口头和按键两种反应方式下均获得了双向干扰, 首次有力地证明了双向干扰是一种普遍存在的现象. 根据本研究的任务特点和实验结果, 对认知控制的自动化理论做了一定的发展: 在自动化连续体上增加了阈限假设, 既区分了自动加工和受控加工, 也区分了不同程度的自动加工. 发展后的理论既能充分地说明单向干扰也能较好地解释双向干扰.

关键词

认知控制

大小 Stroop 任务

双向干扰

自动化连续体

认知控制(cognitive control)是近 40 年来认知心理学的研究热点之一. 一般将认知控制界定为个体在控制一个自动加工(automatic processing)的同时执行另一个受控加工(controlled processing)的现象. 事实上, 认知控制这一研究领域的形成与自动加工和受控加工的区分有密切关系^[1]. 认知控制的研究植根于 20 世纪中叶的一系列重要文献^[2-4]中. 不过将不同路线的研究整合起来进而形成一个界定清晰的研究领域则是从 1975 年开始的, 其中 Posner 和 Snyder^[5],

Shiffrin 和 Schneider^[6], Norman 和 Shallice^[7], 以及 Baddeley 和 Hitch^[8]做出了重要贡献. 他们的主要工作之一就是区分了自动加工与受控加工^[1], 进而形成有关认知控制的(早期)自动化解释. 特别是, Posner 和 Snyder 将颜色词 Stroop 任务^[9,10]看作区分自动加工与受控加工的典型范例, 认为该任务中单词阅读代表了自动加工(快速且不受干扰, 但能产生干扰), 而颜色命名代表了受控加工(缓慢易受干扰). 不过, Posner 和 Snyder 对自动加工和受控加工进行了定性

引用格式: 陈安涛, 林瑞文, 何春红, 等. 大小 Stroop 任务下的双向干扰效应. 中国科学: 生命科学, 2015, 45: 1140–1147

Chen A T, Lin R W, He C H, et al. Bidirectional interferences in a large-small Stroop task. SCIENTIA SINICA Vitae, 2015, 45: 1140–1147, doi: 10.1360/N052014-00217

和绝对的区分: 一个加工或者是自动的或者是受控的, 这种二元论观点很快受到同行的质疑。

Kahneman 和 Treisman^[11]观察到, 所谓的自动加工也会受到干扰, 而所谓的受控加工也会表现出自动化的特点。随后多个研究发现 Stroop 任务中阅读加工会受其他心理状态影响, 表明文字阅读并不是完全自动化的^[12,13](虽然有研究认为这些结果并不足以否定文字阅读的自动化^[14-16])。因此, 从 1980 年代中期开始, 研究者提出不能绝对地将认知活动区分为自动的或受控的, 它们更可能处在一个自动化的连续体上(continuum of automaticity)^[11,17]。基于自动加工连续体的实验证据, Cohen 等人^[17]提出了平行分布加工(parallel distributed processing)模型。该模型认为一个加工的自动化属性依赖于加工通道的力度(strength), 而力度则由训练量决定^[18,19]。虽然该模型的后续发展更关注注意调控对自动加工(干扰)的抑制机制^[20,21], 但关于自动化的基本观点(训练量影响加工通道力度, 进而影响加工的自动化属性)没有变化^[1]。根据这个观点, 两个加工在自动化连续体上的相对位置决定了干扰的方向^[21]。例如, Stroop 任务中单词阅读在自动化连续体上的位置较之颜色命名更靠近“完全自动化”一端, 因此单词阅读能够对颜色命名产生干扰。连续论的观点更符合练习决定自动化的基本假设^[6]: 练习的程度可以由时间来连续地刻画, 因此自动化也应该是连续变化的。连续论观点也能够合理地解释先前的争议性结果: 某自动加工之所以会受到干扰, 因为它还没有达到“完全自动化”, 因此会被具有更高自动化水平的加工干扰; 某受控加工之所以会表现出自动化的特点, 是因为它在连续体上的位置偏向于“完全自动化”一端, 其加工是部分自动化的(partial automatic)。可见, 认知控制的自动化解释经历了从二元论到连续论的发展。

理论解释一方面引导着实验研究, 另一方面也必须解释实验结果。认知控制的实验研究基本以各种干扰效应为研究对象, 这些干扰效应可概括为单向(unidirectional)干扰和双向(bidirectional)干扰两大类。单向干扰指自动化程度高的加工干扰自动化程度低的加工, 但自动化程度低的加工不会反过来干扰自动化程度高的加工。采用 Stroop 范式, 大多数研究只发现单词阅读干扰颜色命名, 少量研究在特定实验处理(实际上使颜色命名相比单词阅读更为自

动化)下发现颜色命名会干扰单词阅读, 但它们实际上都属于单向干扰^[10]。双向干扰通常指在刺激和反应不变的情况下, 靶维度和分心维度互换都可以获得干扰。例如, 如果 Stroop 任务中单词阅读干扰颜色命名, 反过来颜色命名也干扰单词阅读, 就可认为出现了双向干扰。曾经有研究认为, 根据严格的标准(刺激、反应和实验程序不变, 只互换靶维度与分心维度), 是无法得到双向干扰的^[10,22,23]。不过, Melara 和 Mounts^[24]在标准 Stroop 任务中精心地平衡了单词和颜色的知觉辨别度, 在这种非常特定的条件下获得了双向干扰(Stroop 效应和 Stroop 反转效应), 只是它们的效应值均较小且较易消失。相似地, MacLeod 和 Dunbar^[25]在对颜色命名与形状命名进行训练的研究中发现, 当训练处于中等水平时发现了双向干扰。这些研究结果暗示双向干扰是可能存在的。最近, Grégoire 等人^[26,27]将音符名称(如“LA”)标在五线谱的不同位置上, 以受过多年音乐训练的音乐家为被试(他们均能熟练地根据音符的名称和位置发声), 发现音符名称和音符位置会相互干扰。该研究在刺激和反应相同的条件下获得了双向干扰, 证明双向干扰是存在的。不过, Grégoire 等人使用的被试(音乐家)和刺激材料(音符)都较为特殊, 这限制了其结果的生态学效度^[28]。而且该任务也难以得到广泛应用, 因为招募有多年音乐训练经验的被试并不容易。如果使用普通被试和普通材料也能获得双向干扰, 则能更有力地证明双向干扰的存在。

如果双向干扰是普遍存在的现象, 则有必要更新已有理论解释。从前面回顾可知, 无论是自动化的二元论观点还是连续论观点, 都没有提出明确的假设来解释双向干扰。当前研究, 尝试在普通被试(普通专业大学生)中使用普通材料(常用的文字材料)检查是否存在双向干扰。通过对已有研究的分析, 推测当任务中靶维度和分心维度的自动化水平较为接近时更易获得双向干扰, 因此在当前研究中设计了一个新的 Stroop 类型任务。在该任务中, 向母语为汉语的被试呈现汉字(“大”和“小”), 同时变化这两个字的视觉尺寸(字号)。要求被试或者根据字号判断刺激是“大”还是“小”, 或者根据字义判断刺激是“大”还是“小”。例如, 对于字号大的“小”字, 在字义上应判断为“小”而在字号上却应判断为“大”, 此时字号和字义向个体提供了不一致(即冲突)信息。如前所述, 根据

字义所做的语义大小加工是自动化的^[16,29]。另一方面, 根据字号所做的视觉大小加工被认为是部分自动化的(partial automaticity)^[30], 即字义加工和字号加工都是自动化的, 但前者的自动化程度高于后者, 期望在当前任务下获得稳定的双向干扰。在 Stroop 类型的任务中, 口头报告与手动按键是两种常用的反应方式, 本研究也让被试采用口头和按键两种反应来完成大小 Stroop 任务, 以检查相关干扰效应的稳定性。

本研究共使用 4 个刺激材料: 字号大的“大”和“小”, 字号小的“大”和“小”。招募两组被试参加实验, 要求他们分别根据字义和字号作反应, 不过一组被试是通过口头报告作反应(口头组), 另一组被试则通过手动按键作反应(手动组)。当前研究关注的是干扰效应(通过不一致条件与一致条件的对比决定), 而在两个条件之间刺激的视觉差异是平衡的, 因此刺激的视觉差异不会与干扰效应混杂。最后, 鉴于已有研究通过反应时分布分析^[31]发现, 典型的 Stroop 效应会随着平均反应时的增加而增大^[32], 本研究也将通过反应时分布分析检验当前任务的 Stroop 类型属性。

1 研究方法

1.1 被试

口头组被试是随机选取自某高校的本科生和研究生 18 名(女 10 名, 男 8 名), 年龄范围 17~26 岁, 视力或矫正视力正常。手动组被试则是随机选取某高校的本科生和研究生 17 名(女 10 名, 男 7 名), 年龄范围 17~25 岁, 视力或矫正视力正常。所有被试均签署了实验知情同意书。

1.2 实验任务

被试首先接受 20 个试次的练习, 正确率达到 85% 以上者才能进入正式实验。正式实验分为两个组块, 每个组块包括 80 个试次。在两个组块之间, 要求被试闭眼休息 3 min。无论是口头组还是手动组, 根据字义作反应和根据字号作反应的顺序在被试间随机平衡。在每个组块开始之前屏幕上会出现指导语。根据任务的不同指导语分为两种。对字义作反应组块中, 指导语为“请根据字的意思报告, 当屏幕中出现‘大’字时, 立即说‘大’(立即按下 q 键); 出现‘小’字时, 立即说‘小’(立即按下 p 键)。请快速准确地作出反

应”对字号作反应组块中, 指导语为“请根据字的尺寸大小报告, 当屏幕中出现尺寸较大的字时, 立即说‘大’(立即按下 q 键), 出现尺寸较小的字时, 立即说‘小’(立即按下 p 键)。请快速准确作出反应”。

1.3 刺激材料和实验仪器

刺激材料是两种字号的汉字“大”、“小”(字体为宋体), 刺激材料汉字呈现在屏幕中央, 被试的眼睛距离屏幕约 70 cm。字号较大的汉字“大”(长宽分别为: 5 cm×4.5 cm, 视角为 4.09°×3.67°)、字号较大的汉字“小”(5 cm×4.5 cm, 4.09°×3.67°)、字号较小的汉字“大”(3 cm×2.5 cm, 2.46°×2.05°)、字号较小的汉字“小”(3 cm×2.5 cm, 2.46°×2.05°)。字体是白色, 屏幕背景设置为黑色。实验程序由 E-prime 编制运行, 通过计算机呈现刺激和记录反应。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 85 Hz。

1.4 实验程序

首先出现一个 800~1200 ms 的黑色随机空屏, 然后呈现 400 ms 的注视点(白色的“+”, 屏幕背景为黑色)。最后呈现目标刺激, 被试按键之后消失(但如果被试在 1500 ms 之内不按键, 刺激也会消失)。口头组的反应由高灵敏度话筒记录其反应时间, 随后由坐在被试侧后的主试通过键盘按键记录下口头报告的内容(大或小; 由主试按下 p 或 q 键)。手动组可以自主按键以对任务作出反应, 反应时和正确率由计算机自动记录。

2 结果分析

2.1 口头组结果分析

首先对被试在不同实验条件下的正确率进行统计分析。以字义为目标信息的一致与不一致条件下的平均正确率分别为 95.7% 和 97.5%, 以字号为目标信息的一致与不一致条件下的平均正确率分别为 96.2% 和 89.1%。对正确率的重复测量方差分析显示, 任务变量(字义、字号)的主效应显著, $F(1,17)=7.68$, $P=0.01$; 一致性变量(一致、不一致)的主效应显著, $F(1,17)=4.71$, $P=0.04$; 任务变量和一致性变量的交互作用也显著, $F(1,17)=11.50$, $P<0.01$ 。简单效应分析表明, 在字义任务中一致性效应(干扰效应)不显著,

$t(17)=1.35$, $P=1.9$; 在字号任务中一致效应显著, $t(17)=3.27$, $P<0.01$ 。

在对反应时进行统计分析时, 排除错误试次和平均反应时 ± 2.5 个标准差之外的极端数据。在对字义作反应实验数据中去除的数据量为 4.9%, 在对字号作反应的实验数据中去除数据量为 9.6%。口头组各条件下平均反应时结果和统计显著性见图 1A。对反应时的重复测量方差分析显示, 任务变量(字义、字号)的主效应显著, $F(1,17)=54.89$, $P<0.001$; 一致性变量(一致、不一致)的主效应显著, $F(1,17)=98.72$, $P<0.001$; 任务变量和一致性变量的交互作用也显著, $F(1,17)=77.21$, $P<0.001$ 。简单效应分析表明, 在字义任务中干扰效应显著, $t(17)=2.64$, $P=0.0175$; 在字号任务中一致效应也是显著的, $t(17)=10.30$, $P<0.001$ 。因为反应时在一致条件下较之不一致条件下更短(图 1A), 但正确率却更高, 因此被试在任务操作上不存在速度-准确率权衡。

在去除错误试次和超出 ± 2.5 个标准差(standard deviation, SD)之外的极端试次之后, 将保留下来的试次按反应时大小进行排序。再将每个被试所有可用试次分为 5 等份, 即 5 个反应时分区(Q1, Q2, Q3, Q4 和 Q5), 分别计算每个分区中一致与不一致的平均反

应时, 这样可以分别画出字义为目标信息和字号为目标信息时的反应时分布图, 图 1B)。反应时分布分析的统计结果表明, 对于根据字义作反应的实验结果, 分区主效应显著, $F(4,68)=563.28$, $P<0.001$, 一致性主效应显著, $F(1,17)=6.94$, $P=0.017$, 分区与一致性交互效应也显著, $F(4,68)=4.08$, $P=0.019$ 。对于根据字号作反应的实验结果, 分区主效应显著, $F(4,68)=237.56$, $P<0.001$, 一致性主效应显著, $F(1,17)=105.98$, $P<0.001$, 分区与一致性交互效应也显著, $F(4,68)=14.76$, $P<0.001$ 。

2.2 手动组结果分析

以字义为目标信息的一致与不一致条件下的平均正确率分别为 98.6%和 95.5%, 以字号为目标信息的一致与不一致条件下的平均正确率分别为 99.2%和 95.5%。对正确率的重复测量方差分析显示, 一致性变量(一致、不一致)的主效应显著, $F(1,16)=49.38$, $P<0.001$, 其他的主效应和交互效应均不显著 $F_s<1$ 。

在对反应时做统计分析时, 排除错误试次和平均反应时 ± 2.5 个标准差之外的极端数据。在对字义作反应实验数据中去除的数据量为 4.6%, 在对字号作反应的实验数据中去除数据量为 4.5%。手动组各条件下平均反应时结果和统计显著性见图 2B。重复测量方差分析表明, 任务变量(字义、字号)的主效应不显著, $F(1,16)=1.69$, $P>0.05$; 一致性变量(一致、不一致)的主效应显著, $F(1,16)=83.98$, $P<0.001$; 任务变量和一致性变量的交互作用显著, $F(1,16)=10.52$, $P<0.01$ 。简单效应检验分析表明, 根据字义作反应时, 干扰效应显著, $t(16)=4.34$, $p<0.01$; 根据字号作反应时, 一致效应也显著, $t(16)=7.14$, $P<0.001$ 。因为反应时在一致条件下较之不一致条件下更短(图 2A), 正确率却更高, 所以被试在任务操作上不存在速度-准确率权衡。

在去除错误试次和超出 ± 2.5 个 SD 之外的极端试次之后, 将保留下来的试次按反应时大小进行排序。再将每个被试所有可用试次分为 5 等份, 即 5 个反应时分区(Q1, Q2, Q3, Q4 和 Q5), 分别计算每个分区中一致与不一致的平均反应时, 这样可以分别画出字义为目标信息和字号为目标信息的反应时分布图, 图 2B)。反应时分布分析的统计结果表明, 对于根据字义作反应的实验结果, 分区主效应显著, $F(4,64)=525.99$, $P<0.001$, 一致性主效应也显著,

图 1 口头组的反应时方差分析和分布分析结果

A: 口头组各条件下的平均反应时和统计结果, *: $P<0.05$; **: $P<0.01$; ***: $P<0.001$; B: 口头组各条件的反应时分布分析结果

图2 手动组的反应时方差分析和分布分析结果

A: 手动组各条件下的平均反应时和统计结果。*: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$; ***: $P < 0.001$; B: 手动组各条件的反应时分布分析结果

$F(1,16)=18.87$, $P=0.001$. 不过, 分区与一致性交互效应不显著, $F(4,64)=1.88$, $P=0.18$. 对于根据字号作反应的实验结果, 分区主效应显著, $F(4,64)=253.26$, $P<0.001$, 一致性主效应显著, $F(1,16)=50.99$, $P<0.001$. 而且, 分区组与一致性交互效应也显著, $F(4,64)=12.44$, $P<0.001$.

3 讨论

口头组和手动组得到的结果模式是相同的. 无论反应方式是口头报告还是手动按键, 当目标信息是字义时, 不一致条件下反应时显著慢于一致条件下反应时, 说明此时的分心信息(字号)对基于字义的反应有显著干扰效应. 有趣的是, 当目标信息是字号时, 不一致条件下反应时也显著慢于一致条件下反应时, 说明此时的分心信息(字义)对基于字号的反应也有显著干扰效应. 两个组的反应时分布分析结果一致地表明, 无论是以字义为目标信息还是以字号为目标信息, 不一致条件与一致条件的反应时之差(干扰效应)都随着平均反应时的增加而显著地变大, 这一特点与典型 Stroop 效应的反应时分布分析结果一致^[30], 说明当前任务具 Stroop 类型任务的性质. 因

此, 本研究利用普通文字材料并以普通大学生为被试, 获得了显著的双向干扰: 字义加工显著地干扰字号加工, 字号加工反过来也显著地干扰字义加工. 更重要的是, 这里的双向干扰是在刺激、反应和程序完全相同的情况下, 仅通过交换靶维度和分心维度而获得的, 符合双向干扰最严格的定义^[10]. 这也是首次在两种反应方式(口头报告和按键反应)下同时获得显著的双向干扰. 这些研究结果有力地证明了双向干扰是普遍存在的现象.

如前言部分所述, 已有理论缺乏解释双向干扰的假设与文献中没有提供这种现象存在的可靠证据有关^[10,26]. 当前结果促使思考如何解释双向干扰. 将双向干扰与已经得到较好解释的单向干扰加以比较有助于解释双向干扰. Stroop 效应是单向干扰的典型例子^[10], 其中单词阅读是自动化的, 而颜色命名是受控的. 而当前任务中字义加工与字号加工都是自动化的(当然二者的自动化程度有差别). 虽然在文献中连续论观点似乎取代了二元论观点, 但实际上这两个观点各有其优缺点. 二元论忽视了自动化是由训练决定因而是连续变化的事实, 但它强调加工可区分为自动的与受控的则有其合理性; 连续论强调加工的自动化是连续的, 但不重视自动与受控的区分. 在此, 提出首先要区分自动加工与受控加工, 再区分自动加工的自动化程度. 这意味着自动化的二元论观点和连续论观点需要整合.

本研究组认为应该在自动化的连续体上设置一个区分自动加工和受控加工的阈限, 在该阈限以上的则为自动加工、以下则为受控加工; 而且自动加工还存在程度的差别, 即存在较高程度的自动化和较低程度的自动化. 这里的阈限可以理解为训练量: 使一个加工刚好处在控制加工与自动加工之间状态的训练量, 这意味着阈限可能是一个范围或者“地带”. 进一步地, 提出以下假设来解释认知控制: 自动化的加工会干扰其他加工, 无论另一个加工是自动化的还是非自动化的; 而非自动化加工不会干扰其他加工, 无论另一个是自动化的还是非自动化的. 这个假设既可以解释单向干扰也可以解释双向干扰: 单向干扰是因为任务中一个加工为自动化, 另一个加工为非自动化; 双向干扰是因为任务中两个加工均为自动化. 当前解释符合相关研究的任务特点. 在颜色词 Stroop 任务^[9,10]中只能得到单向干扰, 原因在于单

词阅读是自动化的, 而颜色命名是非自动化的. 当前任务获得了双向干扰, 原因在于字号加工和字义加工都是自动化的. 相似地, 音乐家对音符的唱名和位置均非常熟悉(自动化)是 Grégoire 等人^[26,27]观察到双向干扰的决定因素.

必须要说明的是, 虽然相关文献对自动加工和受控加工有详细的界定, 但这些界定都是现象学的描述, 而缺乏在机制水平上的界定^[1]. 因而目前还没有办法客观地评估某个加工是自动的还是受控的. 不过, 当前研究或许可提供区分自动加工与受控加工的思路: 如果 A 加工能单向地干扰 B 加工, 则 A 是自动的而 B 是受控的; 如果 A 加工和 B 加工能相互干扰, 则这两个加工都是自动化的. 显著的干扰效应可以作为一种客观指标来判断一个加工是自动的还是受控的. 当然, 更直接的评估方法有待进一步研究. 另一个重要问题是, 为什么较低自动化会干扰较高自动化? 这是解释双向干扰的关键. 虽然自上而下的注意调节(抑制)能在一定程度上削弱自动加工的效率^[33,34], 但没有证据表明注意调节能够阻断(block)自动加工. 实际上, 自动化加工被认为是弹道式的(ballistic), 一旦受到启动就必须完成^[15,35]. 这意味着只要一个加工是自动化的, 无论其自动化程度是高还是低, 都会强制地自动执行. 尽管自动加工可能不需要注意资源^[5], 但需要使用必要的知觉、工作记忆等加工资源^[34,35]. 因此, 两个自动执行的加工在(非注意)资源上的竞争, 可能是低自动加工干扰高自动加工的主要原因. 相反, 注意调节可以阻断非自动

化的受控加工, 因此受控加工是无法干扰自动加工的^[20]. 有趣的是, 两种反应方式对标准效应和反转效应产生了相反方向的影响, 这可能与两种反应方式下加工通道不同有关: 同样的刺激由于加工通道不同, 自动化程度可能会出现反转. 在今后的研究中, 有必要利用认知神经数据从内部过程来做进一步的分析. 最后, 当前研究还获得了一些有趣的结果, 例如, 字号对字义干扰, 口头反应下大于手动反应下, 而字义对字号的干扰, 则是手动反应下大于口头反应下. 这些结果可能反映了反应方式对控制效率的影响, 但要说明其具体机制还需要更多的研究.

4 结论

本研究设计了一个新颖的大小 Stroop 任务, 采用普通文字材料、以普通大学生为被试, 发现了显著的双向干扰: 字义加工会显著干扰字号加工, 字号加工也会显著干扰字义加工. 而且, 当前的双向干扰是在不改变刺激材料、反应方式和实验程序的情况下, 仅通过交换靶维度和分心维度而获得的. 此外, 当前任务在口头反应和按键反应两种方式下均获得了双向干扰. 因此, 当前研究首次严格地证明了双向干扰是一种普遍存在的现象. 为解释双向干扰, 更新了认知控制的自动化解释: 首先需要区分自动加工和受控加工, 进一步需要区分自动加工之间的自动化程度; 自动加工能受控加工, 受控加工不能干扰自动加工, 而两个自动加工可以相互干扰.

参考文献

- 1 Botvinick M M, Cohen J D. The computational and neural basis of cognitive control: charted territory and new frontiers. *Cogn Sci*, 2014, 38: 1249–1285
- 2 Lashley K S. The problem of serial order in behavior. In: Jeffress L A, ed. *Cerebral Mechanisms in Behavior: the Hixon Symposium*. New York: Wiley, 1951. 112–136
- 3 Atkinson R C, Shiffrin R M. Human memory: a proposed system and its control processes. In: Spence K W, Spence J T, eds. *The Psychology of Learning and Motivation*. New York: Academic Press, 1968. 89–195
- 4 Miller G A, Galanter E, Pribram K H. *Plans and the Structure of Behavior*. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1960
- 5 Posner M I, Snyder C R R. Attention and cognitive control. In: Solso R L, ed. *Information Processing and Cognition: the Loyola Symposium*. Hillsdale: Erlbaum, 1975. 55–85
- 6 Shiffrin R M, Schneider W. Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending. *Psychol Rev*, 1977, 84: 127–190
- 7 Norman D A, Shallice T. Attention to action: willed and automatic control of behavior. In: Davidson R J, Schwartz G E, Shapiro D, eds. *Consciousness and Self-Regulation: Advances in Research and Theory*. New York: Plenum Press, 1986. 1–18
- 8 Baddeley A D, Hitch G H. Working memory. In: Bower G H, ed. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and*

- Theory. New York: Academic Press, 1974, 8: 47–89
- 9 Stroop J R. Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol*, 1935, 18: 643–662
 - 10 Macleod C M. Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychol Bull*, 1991, 109: 163–203
 - 11 Kahneman D, Treisman A. Changing views of attention and automaticity. In: Parasuraman R, Davies D R, Beatty J, eds. *Varieties of Attention*. New York: Academic Press, 1984. 29–61
 - 12 Dery C, Campbell N K, Lifshitz M, et al. Suggestion overrides automatic audiovisual integration. *Conscious Cogn*, 2014, 24: 33–37
 - 13 Lifshitz M, Aubert B N, Fischer A, et al. Using suggestion to modulate automatic processes: from Stroop to McGurk and beyond. *Cortex*, 2013, 49: 463–473
 - 14 Greene M R, Fei-Fei L. Visual categorization is automatic and obligatory: evidence from Stroop-like paradigm. *J Vis*, 2014, doi: 10.1167/14.1.14
 - 15 Eidels A, Ryan K, Williams P, et al. Depth of processing in the stroop task: evidence from a novel forced-reading condition. *Exp Psychol*, 2014, 61: 385–393
 - 16 Augustinova M, Ferrand L. Automaticity of word reading: evidence from the semantic stroop paradigm. *Curr Dir Psychol*, 2014, 23: 343–348
 - 17 Cohen J D, Dunbar K, McClelland J L. On the control of automatic processes: a parallel distributed processing account of the Stroop effect. *Psychol Rev*, 1990, 97: 332–361
 - 18 Chen A, Tang D, Chen X. Training reveals the sources of stroop and flanker interference effects. *PLoS One*, 2013, 8: e76580
 - 19 Chen Z, Lei X, Ding C, et al. The neural mechanisms of semantic and response conflicts: an fMRI study of practice-related effects in the Stroop task. *Neuroimage*, 2013, 66: 577–584
 - 20 Zhang L, Ding C, Li H, et al. The influence of attentional control on stimulus processing is category specific in Stroop tasks. *Psychol Res*, 2013, 77: 599–610
 - 21 Polk T A, Drake R M, Jonides J J, et al. Attention enhances the neural processing of relevant features and suppresses the processing of irrelevant features in humans: a functional magnetic resonance imaging study of the Stroop task. *J Neurosci*, 2008, 28: 13786–13792
 - 22 Akiva-Kabiri L, Henik A. A unique asymmetrical stroop effect in absolute pitch possessors. *Exp Psychol*, 2012, 59: 272–278
 - 23 Paley S R, Olson D R. Spatial and verbal rivalry in a Stroop-like task. *Can J Psychol*, 1975, 29: 201–209
 - 24 Melara R D, Mounts J R. Selective attention to Stroop dimensions: effects of baseline discriminability, response mode, and practice. *Mem Cognit*, 1993, 21: 627–645
 - 25 MacLeod C M, Dunbar K. Training and Stroop-like interference: evidence for a continuum of automaticity. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, 1988, 14: 126–135
 - 26 Grégoire L, Perruchet P, Poulin-Charronnat B. About the unidirectionality of interference: insight from the musical Stroop effect. *Q J Exp Psychol*, 2014, 67: 2071–2089
 - 27 Grégoire L, Perruchet P, Poulin-Charronnat B. The musical Stroop effect: opening a new avenue to research on automatisms. *Exp Psychol*, 2013, 60: 269–278
 - 28 Zakay D. Can the “musical stroop” task replace the classical stroop task? Commentary on “The musical Stroop effect: opening a new avenue to research on automatisms” by L. Gregoire, P. Perruchet, and B. Poulin-Charronnat (*Experimental Psychology*, 2013, vol. 60, pp. 269–278). *Exp Psychol*, 2014, 61: 78–79
 - 29 Glaser M O, Glaser W R. Time course analysis of the Stroop phenomenon. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 1982, 8: 875–894
 - 30 Epstein W, Broota K D. Automatic and attentional components in perception of size-at-a-distance. *Percept Psychophys*, 1986, 40: 256–262
 - 31 张德玄, 周晓林. 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*, 2007, 15: 545–551
 - 32 Chen A, Bailey K, Johnson B, et al. Neural correlates of stimulus and response interference in a 2-1 Mapping Stroop Task. *Int J Psychophysiol*, 2011, 80: 129–138
 - 33 Besner D, Stolz J A, Boutlier C. The Stroop effect and the myth of automaticity. *Psychon B Rev*, 1997, 4: 221–225
 - 34 Tan J, Zhao Y, Wu S, et al. The temporal dynamics of visual working memory guidance of selective attention. *Front Behav Neurosci*, 2014, 8: 345
 - 35 Braver T S, Paxton J L, Locke H S, et al. Flexible neural mechanisms of cognitive control within human prefrontal cortex. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2009, 106: 7351–7356

Bidirectional Interferences in a Large-small Stroop Task

CHEN AnTao¹, LIN RuiWen², HE ChunHong³, ZHANG LingCong² & HAO XingChang²

1 Key Laboratory of Cognition and Personality of Ministry of Education, Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2 School of Educational Science, Minnan Normal University, Zhangzhou 363000, China;

3 College of Teacher Education, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China

In the studies of cognitive control, the automatic theories are popular to interpret the generation of interferences. However, they are basically developed to address uni-directional interferences. The generation mechanisms of bidirectional interferences are still unclear. On the other hand, the stability and universality of bidirectional interferences need to be strictly examined. In the present study, we designed a novel congruity task, the large-small Stroop task, to investigate bidirectional interferences. This task included two dimensions of size information, semantic “large” and “small”, visual “large” and “small”, by which two kinds of stimuli (congruent and incongruent) were generated. Subjects were instructed to execute orally reporting or manually pressing to specific target information (semantic or visual size), and the results showed that there were bidirectional interferences under the two response ways. Therefore, the present study strongly demonstrated that bidirectional interferences are robust and universal phenomena. Based on the present task parameters and results, we developed the automatic theories for cognitive control. We added a threshold hypothesis in the continuum of automaticity, by which we can separate controlled processing from automatic processing, and also differentiate high automatic processing and low ones. The analyses and discussions showed that the updated theory can accommodate both uni-directional and bidirectional interferences.

cognitive control, large-small Stroop task, bidirectional interferences, continuum of automaticity

doi: 10.1360/N052014-00217