

Delta 图分析方法及其在冲突控制研究中的应用*

张德玄^{1,2} 周晓林²

(¹杭州师范学院基础医学部, 杭州 310036) (²北京大学心理学系, 北京 100871)

摘要 近年来, 反应时分布分析方法被应用于冲突控制研究领域, 以弥补只计算平均反应时和错误率的不足。所谓 delta 指的是不一致条件与一致条件反应时之差, 即冲突效应量。冲突效应量随反应时间的变化图称为 delta 图。与该分析方法相应的理论模型包括双通路模型和激活 - 抑制模型。本文介绍了 delta 图分析的具体方法及其与冲突控制理论模型的关系, 然后列举了有关的研究例证, 并强调了其优缺点与适用范围。

关键词 冲突控制, delta 图, 双通路模型, 激活 - 抑制模型。

分类号 B841

为适应复杂而多变的环境, 灵活的行为反应需要认知控制系统来选择情境中的相关信息, 组织并优化信息处理通路。解决信息处理过程中相互冲突的反应倾向是认知控制系统的一项重要功能。对冲突控制的研究往往采用一些选择反应任务。在选择反应任务中, 一种刺激要求一种特定反应 (例如左手按键) 而另一种刺激则要求另一种反应 (例如右手按键)。带有冲突的选择反应任务常见的有 Stroop, Simon 和 Eriksen flanker 范式。在这些冲突任务中, 与任务相关的刺激带有与任务无关的信息 (如 Stroop 任务中的语义, Simon 任务中的目标位置, Eriksen flanker 任务中的边侧干扰项), 这些无关信息受到大脑的自动加工, 并产生一种反应倾向。当这种自动产生的反应倾向与任务要求的反应一致时, 反应就加快; 不一致 (冲突) 时, 反应就延缓, 同时错误率也增加。不一致情况下的反应时减去一致情况下的反应时称为效应量, 反映解决冲突所需要的额外的处理时间。

多数研究者在比较冲突效应时, 只计算各条件下的平均反应时和错误率, 而忽视了冲突效应量如何随着反应速度的变化而变化, 从而忽略了很多有用的信息。事实上, 反应时分布分析方法早已被证

明是一种研究信息处理机制的有力工具, 可以挖掘出很多关于信息处理机制的有用信息^[1,2]。近年来, 在认知控制的研究中, 也有一些研究者使用这种分析方法, 巧妙地检验其假设的模型, 从而揭示冲突控制的内在机制。本文的目的就是介绍这种反应时分布分析方法, 并追溯其用于冲突控制研究的发展历程。

1 Delta 图分析方法

1.1 反应时分布等分法 (Vincentizing)

多数研究都是通过由一定数量的个体组成的样本来估计总体。采用反应时分布分析方法, 首先要解决的问题是如何从多个个体的反应时分布形成反映群体的反应时分布。目前通常采用的解决方法是一种非参数计算方法, 由 Vincent 于 1912 年最先使用, 所以这种方法也常称为 Vincentizing。Ratcliff 对这一方法做出了里程碑式的贡献^[1]。通过 Monte Carlo 模拟研究, Ratcliff 声称这种方法得出的群体分布确实是个体分布的平均, 其变异反映着个体的变异, 分布的形状也是个体分布形状的平均。这种方法简便易行, 特别适合被试数较多, 但每个被试条件单元格只有 10~20 个反应时的情况。Vincentizing 的具体方法介绍如下。

首先把每个被试条件单元格的反应时按升序排列。这时假设有 n 个反应时数据 T_1, T_2, \dots, T_n , 要把它等分为 q (一般情况下 $q < n$) 组 (quantiles)。把每个反应时数据复制 q 份, 形成 $n \times q$ 个数据, 即 $T_{(1)}, T_{(1)}, \dots, T_{(1)}, T_{(2)}, T_{(2)}, \dots, T_{(2)}, T_{(3)}, \dots$ 在这个

收稿日期: 2006-09-07

* 国家 '97' 攀登计划 (95 - 专 - 09), 中国自然科学基金 (30070260, 30470569, 60435010) 和中国总理教育基金 (01002, 02170) 资助。

通讯作者: 周晓林。E-mail: xz104@pku.edu.cn

直, 这... 时, 其... 中的第 j... 积概率等... 反应时间为... 就是该被试... 图 1 表示以

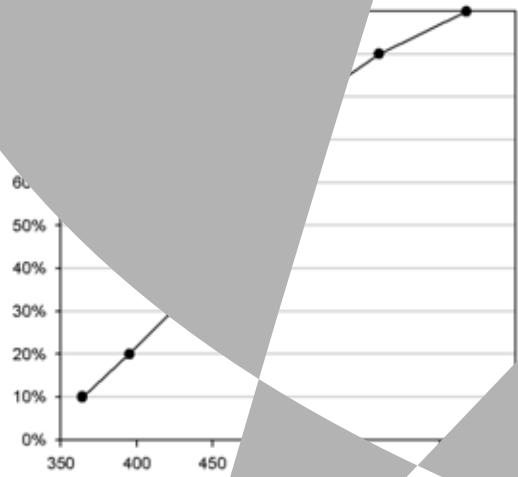


图 1 反应时分布示意图

为求得 S 个... 同条件下的总体反应时分布, 只需从每个... 单元格的 q 个等分值中, 按顺序每次取一个等... 值, 求 S 个等分值的均数, 就可得出该群体的 q 个等分值, 构成该条件下群体反应时累积分布。

1.2 delta 图的得出

Delta 图由 De Jong, Liang 和 Lauber 首先提出 [3]。Delta 指的是不一致条件与一致条件反应时的冲突效应量。冲突效应量随反应时间的变化图称为 delta 图。Delta 图分析法的前提条件是, 冲突效应量... 与反应时的正常变异本身关系不大。... 无关... 的随机波... 于这一前提, ... 方法可以揭示出冲突... 的时间进程, 即冲突效应如何随反应速度的... 而变化。其具体方... 在冲突反应... 一致条

件下的群体反应时累积分布。以 q=10 为例, 如图 2 表示。一致条件下的反应时分布的第 j 个等分值记为 $t_c^{(j)}$, 不一致条件下的反应时分布的第 j 个等分值记为 $t_i^{(j)}$ 。这时, 第 j 等分的冲突效应量 (delta) 就是 $t_i^{(j)} - t_c^{(j)}$, 第 j 等分的平均反应时 (mean) 就是 $(t_i^{(j)} + t_c^{(j)})/2$ 。作图表示 delta 随 mean 而变化的图就是 delta 图, 如图 3 所示。Delta 图... 关信息的干扰程度随时间而变化的... 无关信息的抑制强度随时间而

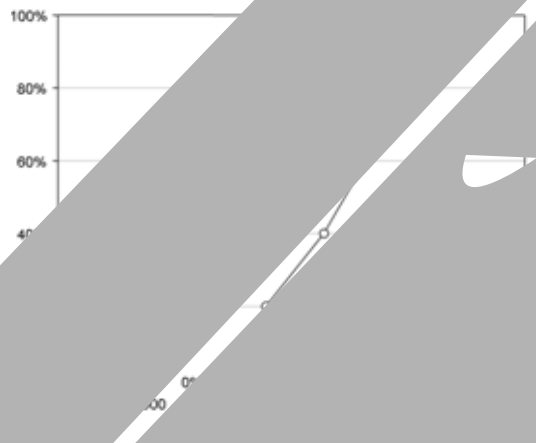


图 2

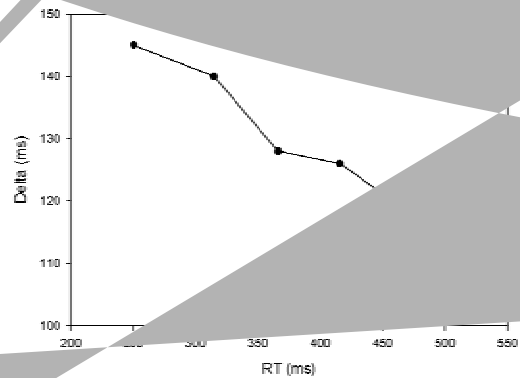


图 3 Delta 图示意

2 Delta 图分析的理论模型

2.1 双通路或双加工模型

在 Simon 任务的研究中, Simon 效应常由 Kornblum 等人的双通路假说来解释 [4]。双通路假说认为, 刺激的相关与无关属性中不同... 工。在 Simon 任务中...



图 4 激活 - 抑制模型示意图

无关维度的激活 - 抑制的具体过程是，刺激的

trial 之间。

最近 Burle 等人还结合考察了线索 - 启动 (cue-priming) 范式和 Simon 效应, 结果提示这两种效应统一于激活 - 抑制机制^[10]。所谓线索 - 启动范式是指在目标出现之前先呈现一个和目标反应无关的线索, 其中有两种条件, 一种是线索提供与目标一致的信息, 另一种是线索提供与目标不一致的信息。其效应量就是一致与不一致条件下的反应时差异。通过系统地改变线索和目标之间的时间间隔 (SOA) 来观察线索对效应量的影响。典型的线索 - 启动范式例子就是 IOR^[11]和 Eimer 等人^[8,12,13]的掩蔽的启动 (masked priming)。IOR 和掩蔽的启动范式区别在于线索。IOR 的线索总是明显可见的,

趋势和 LRP 比较了正常手位和交叉手位情况下的 Simon 效应,发现二者机制不同^[24]。类似的,Vallesi 等人^[25]及 Wiegand 和 Wascher^[26]比较了水平方向和垂直方向的 Simon 效应,通过反应时分布的变化趋势,结合 LRP,反映出这两种 Simon 效应可能基于不同的神经机制。最近有人发现口头报告也能观察到类似按键反应的 Simon 效应^[27],Wuhr^[28]在此基础上系统比较了口头报告和手动反应在垂直和水平方向上的 Simon 效应,结果与前述研究相似,即,口头报告的 Simon 效应量,在水平方向上随反应时延长而减小,在垂直方向上随反应时延长而增大。

4 小结

以上的研究实例说明了 delta 图分析方法及其激活-抑制模型在冲突控制研究中可以发挥其独到的优势。关于是否在脑中存在抑制机制,Burle 等人^[29]总结了选择反应时任务中反应抑制的生理学证据,包括来自肌电、脑电和经颅磁刺激(TMS)的研究结果。尽管如此,到目前为止,delta 图斜率变化及其激活抑制解释还没有得到直接的神经成像证据。进一步的研究也许可以设置不同的条件以调节不同的抑制水平,利用 delta 图作为行为指标区分不同的选择抑制水平,观察前额叶的脑血流变化。如果 delta 图更负的斜率对应着前额叶抑制区更多的活动,则该结果可以成为更加可信的证据支持这一假说。另外,在冲突控制研究中,激活-抑制模型还不可能完全取代其他的假说。至少在 Simon 效应中,维度重叠^[4,30]、反应编码^[31]、注意转移^[32]等等各种理论模型都有它们各自的适用范围。在现实生活或冲突任务实验中,激活-抑制模型中的直接激活和选择性抑制也不一定都会出现。例如在一种实验范式中,所有可能出现的字母数字随机地对应于左手或右手,这时刺激-反应联结可能就不足以产生直接激活的效应。另外,直接通路的激活也不是冲突效应的必要条件,知觉因素也可能导致 flanker 效应^[33]和 Simon 效应^[34]。所以在应用激活-抑制模型解释 delta 效应

[1] Nigg J. T. Is ADHD a comorbidity disorder? *Psychological Bulletin*, 2001, 127(5): 541~598

[2] Carter C S, Kohn P, Chaderjian M, et al. Abnormal processing of Inrelevant Information in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Psychiatry Research*, 1995, 56(1): 61~70

[3] Biederman J, Faraone S V, Snidman N, et al. Perceptual and response interference in children with attention-deficit hyperactivity disorder, and the effects of methylphenidate. *Psychophysiology*, 1999, 32(4): 419~429

[4] Cronk E A, Jennings J R, van der Molen M W. Sensitivity to interference and response contingencies in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 2003, 44(2): 214~226

[5] Ridderinkhof K H, Scheres R, Oosterlaan J, et al. Delta in the study of individual differences: New tools for response inhibition deficits in ADHD that are eliminated by methylphenidate treatment. *Journal of Experimental Psychology*, 2004, 114(2): 145~155

[22] Scherens R, Oosterlaan J, Buitrago M M, et al. Functional impairments with response inhibition in children with developmental disorder of clinical significance. *Journal of Clinical Child Psychology*, 2004, 33(5): 569~580

[23] Ridderinkhof K H, Scherens R, Oosterlaan J, et al. Alcohol consumption and performance errors in medication-naïve ADHD. *Journal of Clinical Child Psychology*, 2003, 32(5601): 2209~2211

[24] Wascher S, Kuderer S. Validity and boundary conditions of automatic re-orientation in the Simon task. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 2000, 26(1): 31~75

[25] Vallbo A B, Mountcastle V B, Schiffman H R, et al. Horizontal and vertical Simon effect: Present understanding and mechanisms? *Cognitive Brain Research*, 2000, 8(1): B33~B44

[26] Wascher S, Kuderer S. Aspects of

[27] ... response ... for the ... in the ... *Psychological Science*, 2005, 31: 453~463

[28] ... Vu K P L. Mixing local ... and ... trials: Influence of stimulus ... on ... compatibility effects. *Memory & Cognition*, 2002, 30(2): 281~293

[29] ... The Simon effect in vocal responses. *Psychologica*, 2006, 121(2): 210~226

[29] Burle B, Vidal F, Tandonnet C, et al. Physiology of response inhibition in choice reaction time tasks. *Memory and Cognition*, 2004, 56(2): 153~164

[30] Kornblum S, Stevens G T, Whipple A, et al. The irrelevant stimulus: 1. The time course of response and stimulus response consistency effects in Stroop stimuli, Simon tasks, and their factorial combinations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2002, 25(3): 689~705

[31] Hommel B. Orienting and ... Determinants of ... and ... spatial information. *Psychologische Forschung*, 2001, 65(1): 1~11

[33] Gratton C. ... *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1988, 14(2): 477~496

[34] Van Veen B D, ... *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1996, 22(2): 455~476

Delta 图分析方法及其在

董翔 1,2 侯晓 1,2
1. 杭州师范学院教育科学学院, 杭州 311121
2. 北京师范大学心理学部, 北京 100875

【摘要】本研究采用反应时(RT)分布分析方法, 考察了 incongruent 和 congruent 条件下 RT 分布的差异。研究假设在 incongruent 条件下 RT 分布的右尾比 congruent 条件下更重。结果发现, incongruent 条件下 RT 分布的右尾确实比 congruent 条件下更重。这一结果支持了本研究提出的假设。本研究的方法为考察 RT 分布及其相关因素提供了一种新的思路。