

文章编号: 1000-5471(2011)01-0215-05

字谜问题解决中的策略调用^①

沈承春, 张庆林

1. 西南大学 西南民族教育与心理研究中心, 重庆 400715; 2. 西南大学 心理学院, 重庆 400715

摘要: 以分解、组合和组分 3 种策略的字谜问题为实验材料, 采用事件相关电位技术探讨字谜问题解决中 3 种策略调用过程的脑内时程动态变化, 结果发现: 谜面出现后的 300~500 ms 和 600~800 ms 两个时段内, 3 种策略产生不同程度的分离, 其中 300~500 ms 时间段可能反应了调的过程, 600~800 ms 时间段可能反应了用的过程. 这似乎表明策略调用可能存在两个阶段的认知加工过程.

关键词: 字谜问题; 问题解决策略; 组合; 分解

中图分类号: B842

文献标志码: A

问题解决策略是对人们在解决问题过程中搜索问题空间、选择算子时所使用的各种方式方法的统称^[1], 它是影响问题解决效率的重要心理因素之一^[2-3]. 问题解决策略研究中涉及儿童数学问题方面的研究最为普遍. 辛自强等以小学数学方程题为材料, 发现策略的获得是一个由错误到正确、由多种尝试到选择其一、由一般到专门的演化过程^[4]; 陈尚宝、沃建中对 142 名 8~11 岁儿童进行了加法等值问题测试, 结果发现, 儿童在策略使用的数量上没有显著的年级差异, 但在不同学习成绩的被试之间存在明显的不同^[5]. 用数的运算等简单数学问题作为儿童问题解决策略研究的材料符合儿童心智发展的水平, 然而随着心智的发展, 到成人阶段, 用简单数学问题做研究材料任务显得简单, 因此不适合^[6]. 而字谜问题常被用来研究成人的问题解决, 罗劲等人为研究顿悟问题解决设计了一种猜谜作业, 通过呈现谜语答案来催化顿悟过程, 利用功能性磁共振成像 (fMRI) 技术精确记录人类的大脑在实现顿悟的一瞬间的活动状况^[7]; 邱江等人同样以字谜为实验材料, 采用事件相关电位 (ERP) 技术从加工的时间过程上探索了问题解决过程中顿悟的神经机制^[8].

字谜问题可以利用象形、会意、假借、联想等各种谜语创作手法(即形成规则)使谜面与谜底巧妙搭配^[9], 字谜问题可以根据其形成规则来分类, 不同规则的字谜问题解决需要调用不同的策略. 如加法规则的字谜问题解决需要调用组合策略, 减法规则的字谜问题解决则需要调用分解策略, 而加减法规则的字谜问题解决则需要调用组分(组合分解)策略. 因此, 以加法规则、减法规则和加减法规则 3 种不同难度的字谜为实验材料的研究, 可以通过分析组合、分解和组分 3 种不同水平的策略调用时所诱发的 ERP 成份, 探索不同水平的策略在问题解决中的特征.

1 方 法

1.1 被 试

20 名国内某高校的大学生或硕士研究生, 年龄范围 21~28 岁, 平均年龄 24 岁. 被试均以普通话作为

① 收稿日期: 2010-05-10

基金项目: 教育部人文社会科学重大项目(04JJZDZH014), 西南大学国家重点学科建设项目(NSKD06002).

作者简介: 沈承春(1981-), 男, 贵州大方人, 硕士研究生, 主要从事情绪与创造性的研究.

通信作者: 张庆林, 教授, 博士生导师.

日常语言, 右利手, 视力或矫正视力正常, 对由计算机呈现的刺激材料无阅读障碍. 所有被试均自愿参加实验, 做完实验后均获取适量报酬.

1.2 刺激材料

实验是以字谜为材料, 字谜分为谜面和谜底. 谜面长度为 4 个汉字, 谜底为 1 个汉字, 出现在字谜中的汉字均为高频字. 所有谜面和谜底被制成黑底白字图片, 所有的字都是宋体加粗, 谜面为 16 号宋体, 谜底为 18 号宋体. 被试眼睛离计算机屏幕约 60 cm.

根据字谜形成规则, 实验中的字谜分为 3 类: ① 分解策略, 如: 谜面“昨日归去”, 谜底“乍”, 被试需要将“昨”看成是由“日”和“乍”组成, 然后将“日”去掉得“乍”; ② 组合策略, 如: 谜面“一月建交”, 谜底“胶”, 被试需要将“月”和“交”结合起来组成“胶”; ③ 组分策略, 如: 谜面“降价一半”, 谜底“阶”, 被试需要将“降”和“价”进行拆分, 然后将拆分的偏旁部首组合成“阶”.

1.3 实验程序

单个实验的流程图如图 1 所示. 实验任务是在出现谜面时被试如果猜出来就按 1, 猜不出来不按键; 当呈现谜底时, 如果所呈现的谜底和被试想法一致就按 1, 不一致就按 2. 实验采用单因素被试内设计, 实验共有 ABC 3 种策略(A: 分解; B: 组合; C: 组分), 实验中用 ABC、BAC 和 CAB 的方式来平衡顺序效应. 每种条件下包含 60 个试次, 其中前 10 个是练习, 每个练习末尾都让被试选择是否再练习一遍: “我已经学会解决该类字谜”(按 1 键), “我还需要重新练习一遍”(按 2 键), 后 50 个是正式实验(练习材料在正式实验中不会出现). 正式实验中, 每做完 10 个试次, 电脑会自动向被试呈现正确率, 以激发被试的参与积极性.

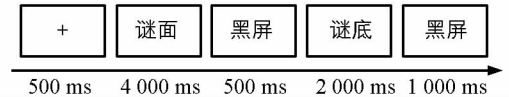


图 1 字谜呈现的流程图

1.4 EEG 记录和分析

使用德国 Brain Products 公司的 ERP 记录与分析系统, 按国际 10-20 系统扩展的 64 导电极帽记录 EEG, 以双耳乳突的连线作为参考电极, 双眼外侧安置电极记录水平眼电(HEOG), 右眼上下安置电极记录垂直眼电(VEOG). 每个电极处的头皮电阻保持在 10 k Ω 以下. 滤波带为 0.05~80 Hz, 采样频率为 500 Hz/导. 完成连续记录 EEG 后离线处理数据, 自动校正 VEOG 和 HEOG, 并充分排除其他伪迹. 根据本实验的目的, 只分析谜面呈现时按 1 键(即猜出来)以后诱发的 ERP, 并分别对“分解”、“组合”和“组分”3 种策略的 EEG 进行叠加. 波幅大于 $\pm 80 \mu\text{V}$ 者被视为伪迹自动剔除. 分析时程为谜面出现后 2 000 ms, 基线为刺激出现前 200 ms. 根据实验所得到的 3 种策略的 ERP 总平均图(图 2), 在头皮前部、中部和后部选择 20 个电极位置进行二因素重复测量的方差分析. 二因素分别为策略类型(分解、组合、组分)和记录点(AF3, AF4, FPz, F1, F2, F3, F4, Fz, FC3, FC4, FCz, C3, C4, Cz, CP3, CP4, CPz, P3, P4, Pz). 方差分析的 p 值采用 Greenhouse Geisser 法校正.

2 结 果

2.1 行为数据

被试平均反应时和正确率见表 1. 统计结果表明, 反应时主效应显著, $F(2, 57) = 11.516, p < 0.001$; 正确率主效应亦显著, $F(2, 57) = 5.198, p < 0.01$, 因素水平间两两比较差异性均在 0.01, 水平显著. 这一结果表明, 组合策略的调用难以分解策略的调用, 而组分策略调用又难以分解和组合, 即分解容易, 组合较难, 组分更难, 三者难度上为线性增长关系.

表 1 3 种字谜问题的平均反应时和正确率

	平均反应时/ms	标准差	正确率/%	标准差
分解	1 864.413	44.113	86.5	18.982
组合	2 222.275	53.808	69.2	16.013
组分	2 665.550	50.705	62.5	15.814

2.2 脑电数据

根据总平均图可以发现(图 2), 分解、组合和组分 3 种策略都出现了 N1, P2 等早成份, 策略类型(即 3 种条件)主效应不显著, 这与已有的字谜研究结果较为一致^[6]. 在分解与组合的比较中发现(图 3), 在 600~800 ms 时段, 分解与组合诱发出一个更正的晚期正成份 LPC(late positive component). 组分与分解的比较(图 4)以及组分与组合的比较(图 5)则发现, 在 300~500 ms 时段内, 与分解和组合相比, 组分诱发出一个更明显的 ERP 正成份, 该正成份的峰潜伏期大约在 400 ms 左右(图 4, 图 5), 应属于 P300 成份的一个子成份. 随后, 在 600~800 ms 时段, 组分与分解和组合相比又诱发出一个更明显的晚期正成份 LPC(图 4, 图 5). 由于 3 种策略条件所诱发的 ERP 总平均图显示, 800 ms 以后 3 种条件诱发的 ERP 成份趋于一致, 因此采用平均振幅法对 300~800 ms(间隔 100 ms)的时间窗口进行二因素重复测量的方差分析.

统计结果表明, 时窗 300~500 ms 和 600~800 ms 内, 任务类型的主效应显著, $F(2, 18)=7.011$, $p<0.05$; $F(2, 18)=7.215$, $p<0.05$. 进一步作多重比较发现, 在分解与组合的比较中, 600~800 ms 时段内, 分解与组合相比诱发出一个更明显的晚期成份 $F(1, 19)=7.821$, $p<0.05$. 组分与分解的比较, 以及组分与组合的比较中, 在 300~500 ms 时段, 组分与分解相比诱发出一个更明显的成份 $F(1, 19)=9.002$, $p<0.05$; 组分与组合相比诱发出一个更明显的成份 $F(1, 19)=8.901$, $p<0.05$. 在 600~800 ms 时段内, 组分与分解和组合相比都诱发出一个更明显的晚期正成份, $F(1, 19)=8.726$, $p<0.05$; $F(1, 19)=9.113$, $p<0.05$.

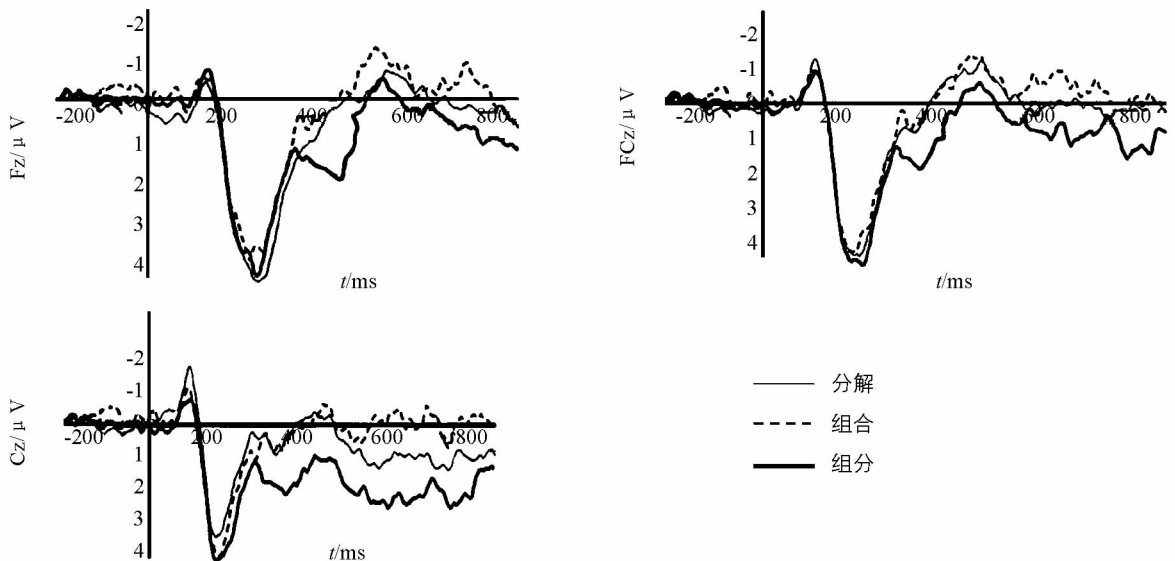


图 2 不同策略在 Fz, FCz 和 Cz 点所诱发的 ERP 总平均图

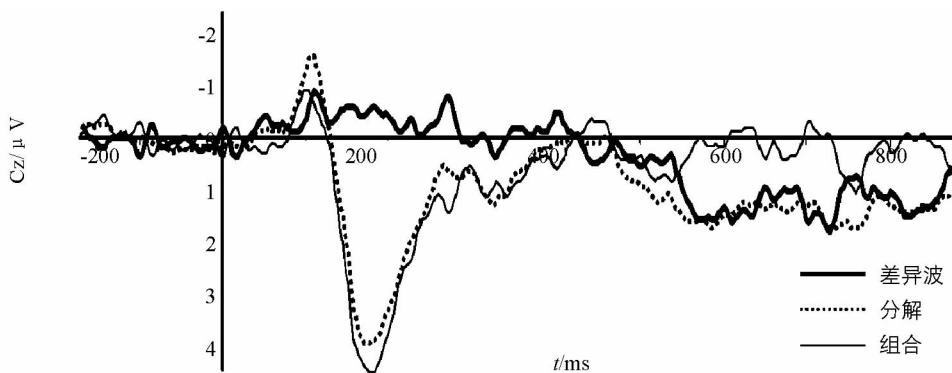


图 3 分解、组合和差异波(分解-组合)的 ERP 总平均图

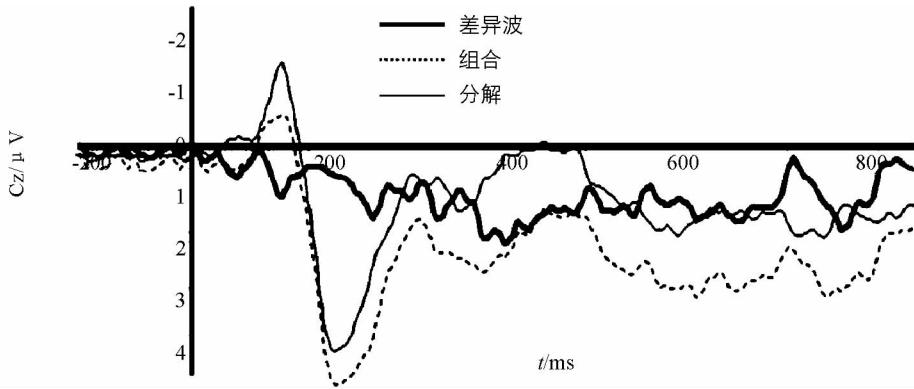


图 4 组分、分解和差异波(组分-分解)的 ERP 总平均图

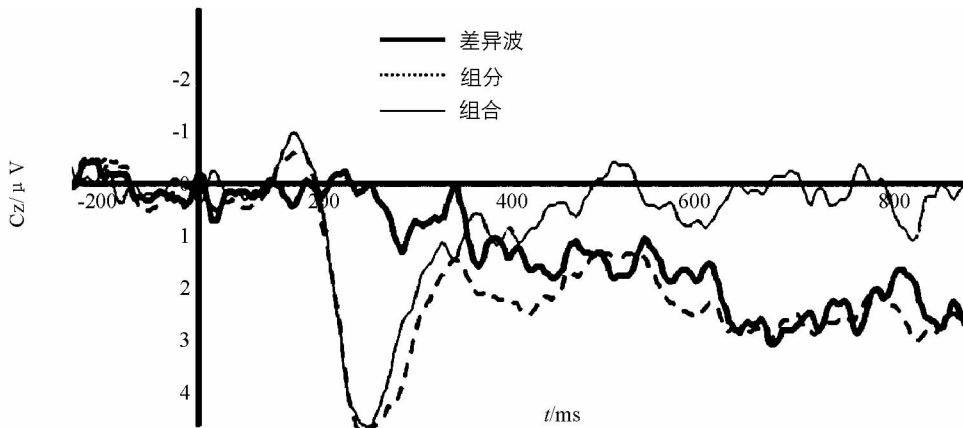


图 5 组分、组合和差异波(组分-组合)的总平均图

3 讨 论

实验程序中谜面均为 4 个汉字, 谜底为 1 个汉字, 实验结果显示, 3 种策略条件下所诱发的 N1 和 P2 无差异, 这表明三者视觉加工程度基本一致, 刺激物理属性得到较好的控制. 然而在大约 300 ms 时, 3 条线开始出现不同程度的分离(图 2), 其中, 在分解与组合的比较中, 600~800 ms 时段分解与组合相比诱发出更明显的 LPC, 差异达到显著程度. 然而从差异波图 4 和图 5 看, 无论组分减分解还是组分减组合, 在 300~500 ms 和 600~800 ms 两个时段, 差异都达到显著程度. 从行为结果上来看, 分解、组合、组分 3 种策略的难度呈线性增长, 然而差异波并没有显示出分解、组合、组分三者难度上的递增关系, 而是组合、分解、组分这样的递增. 策略调用包括两个过程, 即调的过程和用的过程. 从差异波来看, 300~500 ms 时段的 P300 可能反应了调的过程. 实验程序中, 每一种条件的正式实验之前都有一个练习, 10 个试次的练习足够让被试掌握一种策略, 所以在正式实验中, 被试可以在很短的时间内(400 ms)激活刚刚所掌握的那种策略. 由于组分策略要涉及到部分组合和部分分解的策略, 故相对于单一的分解、单一的组合来说策略的调的过程显得要难一些, 因此策略调的过程也要相对复杂一些, 故在 300~500 ms 时段差异波(组分-分解和组分-组合)出现了显著的 P300. 而组合和分解策略都属于单一策略, 因此调的过程没有差异, 如图 3 差异波没有出现这个 P300 成份.

P300 系 Sutton 等 1965 年所发现, 是一个含有多个子成份的家族, 其潜伏期的范围可长达 700 ms 以上^[10]. Donchin 等人的研究发现, 峰潜伏期为 400 ms 的 P300 与资源分配和整合等高级认知活动有关^[11]. 以上提到的 300~500 ms 时段的 P300 这个成份是在组分与分解、组分与组合的差异波中出现, 而组分是一个包含有部分分解和部分组合的复合策略, 因此, 相对于分解、组合来说, 组分有一个复杂的认知资源整合的过程.

策略调用的第二阶段是用, 600~800 ms 的 LPC 也许反应了这一过程. 有研究表明, 600~800 ms 的 LPC 反应了汉字词义的加工^[12], 词义加工是一个语言组织的过程. 3 种策略用的过程有不同的加工过程. 首先, 分解策略的使用先要在谜面中找到 1 个目标字, 然后将目标字拆分成两个部件, 选出其中一个部件作为谜底(单个汉字), 例如, 将谜面中“昨日归去”中的“昨”分解为“日”和“乍”, 得到谜底“乍”. 其次, 组合策略的使用则是首先在谜面中找到 2 个目标字, 再把这 2 个目标字合成一个字(谜底), 例如, 将谜面“一月建交”中的“月”和“交”选出来, 并组成一个字“胶”. 而组分策略的使用也是首先在谜面中找到 2 个目标字, 然后将这 2 个目标字分别拆分成 2 个部件, 再从这 4 个部件中选择 2 个部件组合为一个字(谜底), 例如, 在谜面“降价一半”中选出“降”和“价”, 将其拆分, 然后在拆分出来的 4 个偏旁部首中找到可以组合成一个字的 2 个部件, 最后得到谜底“阶”. 可见, 用的过程是一个语言组织的过程, 与已有研究较为一致^[12].

参考文献:

- [1] 林崇德, 杨治良, 黄希庭. 心理学大辞典 [M]. 上海: 上海教育出版社, 2004.
- [2] FUNKE U. Complex Problem Solving in Personnel Selection and Training [M] //Frensch P A, Funke J. Complex problem solving: The European Perspective. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1995: 219 - 240.
- [3] BECKMANN J F, GUTHKE J. Complex Problem Solving, Intelligence, and Learning Ability [M] //Frensch P A, Funke J ed. Complex problem solving: The European Perspective. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1995: 177 - 200.
- [4] 辛自强, 愈国良. 问题解决中策略的变化: 一项微观发生研究 [J]. 心理学报, 2003, 35(6): 786 - 795.
- [5] 陈尚宝, 沃建中, 罗 良. 8~11 岁儿童解决加法等值问题的策略发展特点 [J]. 心理发展与教育, 2005: 17(2): 17 - 23.
- [6] SIEGLER R S, STERN E. Conscious and Unconscious Strategy Discoveries: A Microgenetic Analysis [J]. Journal of Experimental Psychology: General, 1998, 127(4): 377 - 397.
- [7] 罗 劲. 顿悟的大脑机制 [J]. 心理学报, 2004, 36(2): 219 - 234.
- [8] 邱 江, 罗跃嘉, 吴真真, 等. 再探猜谜作业中“顿悟”的 ERP 效应 [J]. 心理学报, 2006, 38(4): 507 - 514.
- [9] 朱新秤, 李瑞菊, 周冶金. 谜语问题解决中线索的作用 [J]. 心理学报, 2009, 141(15): 397 - 405.
- [10] 魏景汉, 罗跃嘉. 认知事件相关脑电位教程 [M]. 北京: 经济日报出版社, 2002: 32 - 34.
- [11] DONCHIN E, COLES M G H. Is the P300 Component a Manifestation of Cognitive Updating [J]. The Behavioral and Brain Sciences, 1988(11): 357 - 427.
- [12] 魏景汉, 匡培梓, 张东松, 等. 全视野汉字词义联想的 ERP 特征与汉字认识的 ERP 甄别 [J]. 心理学报, 1995, 27(4): 413 - 421.

The Activation and Adoption of Strategies in Solving Character Riddle Problem

SHEN Cheng-chun, ZHANG Qing-lin

1. The Research Institute for Education and Psychology of Southwestern Ethnic Groups, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. School of Psychology, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: There are three kinds of riddles used as experimental material, of them the rules are different. By the technology of event-related potentials (ERP), the character of strategies in riddle problem-solving is analyzed. At last it is found: Within the two stages of 300—500 ms and 600—800 ms, the ERPs of the three strategies are different. It seems that 300—500 ms reflects the process of the activation of strategies and 600—800 ms reflects the process of adoption. That means the Activation and Adoption of Strategies is a two-stage cognitive process.

Key words: riddle-problem; problem-solving strategy; combination; decomposition