

刺激的知觉辨认难度与大脑两半球间的分布式加工*

蔡厚德

(南京师范大学教科院脑与行为实验室, 南京 210097)

摘要 采用半视野速示术将标准刺激在中间视野呈现, 比较刺激以不同偏心视角(3.5°, 5°和 6.5°)在左或右视野同时呈现, 以检查不同偏心视角引起比较刺激知觉辨认难度的改变对汉字大写数字奇一偶概念同/异判断任务在大脑两半球间分布式加工的影响。结果显示: 随偏心视角的增大正确反应时和错误百分数均显著提高; 三种视角条件下左右手的正确反应时均有明显的右视野(左半球)优势; 3.5°视角右视野(左半球)呈现时右手反应明显快于左手, 5°视角右视野(左半球)与左视野(右半球)呈现时均为右手反应明显快于左手, 6.5°视角右视野(左半球)与左视野(右半球)呈现时均为左手反应明显快于右手。这些结果提示: 本研究条件下只有比较刺激在 6.5°偏心视角呈现时刺激和反应可能出现大脑两半球间分布式加工, 3.5°和 5°视角呈现时可能为左半球单独加工。6.5°视角刺激呈现的分布加工明显由于大视角呈现时比较刺激辨认难度与注意要求的提高所致。

关键词 任务难度, 分布式加工, 半视野速示术, 偏心视角。

分类号 B842.2

1 引言

半视野速示测验中左右视野差异的解释有两种模式:“直达模式”(direct access model)和“胼胝体传递模式”(callosal relay model)。“直达模式”假设, 每一脑半球加工直接投射给它的视觉刺激, 与其自身对刺激的加工能力无关;“胼胝体传递模式”则强调, 在视觉刺激信号投射至非优势半球时有必要将其经胼胝体传递至优势半球进行加工。区别哪种模式在一项任务加工中起主要作用的方法之一是检查被试对分别呈现在左右视野的刺激进行加工的左右手反应速度^[1]。由于左右视野与两脑半球间为交叉投射关系, 左右脑半球交叉支配两手的随意运动, 因此, 根据“直达模式”应预测左视野—左手比左视野—右手反应更快; 右视野—右手比右视野—左手反应更快; 而根据“胼胝体传递模式”则应预测是负责刺激优势加工脑半球的对侧手反应更快, 而与刺激所呈现的视野无关。

但以上判断的成立还需一个前提, 就是刺激与反应加工必定由同一个脑半球负责^[2]。已有研究^[1,3,4]显示, 两项无关但同时进行的任务需要由同

一个脑半球加工比分别由两个脑半球加工有更明显的干涉现象, 这可能是因为任何一个脑半球的资源都是有限的, 同时进行多项任务加工会导致负荷“过载”(overload)。还有研究^[5]表明, 完成单一任务时如果将不同成份在大脑两半球间进行分布式加工似乎更为有效。这一研究检查了英文字母形、名以及卡通人脸的比较任务, 发现当刺激呈现在反应用手对侧视野时反应更快, 尤其是有明显右视野(左半球)优势的任务加工(字母名的匹配)干涉现象最为显著, 表现为左手反应最快。但如果以 go/no go 反应代替原有的选择反应, 这种分布加工的优势效应就不复存在了。这提示, 增加任务的反应要求会引起反应决策与执行加工难度的提高, 此时将刺激与反应加工在两半球间进行分布式处理能够提高大脑的工作效率^[2]。但研究者对知觉加工变量(降低面罩明度, 以先后呈现代替同时呈现)的改变并未有效减低干涉水平。近期研究^[6~9]提供的一系列证据表明, 那些计算复杂的任务加工在“苛刻注意条件”下启用两半球分布式加工能充分调动两半球潜在资源来提高加工效益。张武田等^[10]也发现, 两半球加工的增益只出现在较难的汉字音、义加工水平, 而不在

收稿日期: 2003-03-02

* 江苏省哲学社会科学“十五”规划基金项目成果(编号: 04JYB013)、江苏省教育厅自然科学基金项目(编号: 2002JKYTSJB122)。

通讯作者: 蔡厚德, E-mail: Caihoude@163.com

较简单的字形加工水平。考虑到已有研究^[5]对知觉变量的改变并没有实质影响视觉的信息输入,而仅使其更易储存,本研究试图通过增加刺激呈现的偏心视角以提高刺激的知觉辨认难度和注意加工要求,这种“偏心视角效应”得到了一些研究^[11,12]的验证。本实验选择汉字大写数字奇一偶概念同/异判断这一有明显右视野(左半球)优势效应的任务加工^[13],通过改变比较刺激呈现的偏心视角,同时控制反应用手,以考察刺激知觉难度的改变对大脑两半球分布式加工的影响。预计比较刺激在较大偏心视角条件下可能更有利于分布式加工的出现。但根据“直达模式”预测,较小偏心视角呈现条件下可能出现刺激呈现视野同侧用手反应更快,较大偏心视角呈现时出现刺激呈现视野对侧用手反应更快;而根据“胼胝体传递模式”则预测,较小偏心视角呈现条件下可能会出现刺激加工优势视野的同侧用手反应更快,较大偏心视角呈现时出现优势视野的对侧用手反更快。

2 方法

2.1 被试

大学生 120 名(男女各 60 名,年龄 20~22 岁),经利手十项标准^[14]检查均为右利手,且视力正常。他们被随机分为 6 组,每组 20 名(男女各 10 名)。根据比较刺激呈现的偏心视角和反应用手,6 组被试分别对应 3.5°-左手,3.5°-右手,5°-左手,5°-右手,6.5°-左手,6.5°-右手。

2.2 材料

刺激由 8 个汉字大写数字(贰、叁、肆、伍、陆、

柒、捌、玖)组成,笔划数 6~9($M = 8.75$)。叁和捌作为标准刺激在中间视野呈现,同时有一比较刺激在左视野或右视野呈现。根据数字奇一偶概念的同/异,6 组刺激对(叁一伍,叁一柒,叁一玖,捌一贰,捌一肆,捌一陆)为同判断,其余 6 组刺激对(叁一贰,叁一肆,叁一陆,捌一伍,捌一柒,捌一玖)为异判断。每一被试共进行 2×12 组刺激对的测试。每一汉字刺激上下占 3.5°视角,左右占 3°视角。

2.3 仪器与测试

刺激呈现以及反应时和错误百分数的记录由 Intel-586 计算机控制。测试时要求被试将下颌置于屏幕前的观测架上,两眼距屏幕 35cm。每次测试时由被试用拇指按压空格键启动计算机在屏幕中心呈现一“+”字,被试两眼需注意凝视出现的“+”字。1 秒钟后“+”字消失,同时在中间视野和左视野或中间视野和右视野出现一对汉字数字刺激。被试须根据字对的奇一偶概念同/异,尽可能快地用左或右手的中指按压“同”键,或食指按压“异”键。数字对的呈现顺序是随机的,比较刺激在左右视野的呈现是半随机的,同/异判断结果按 ABBA 和 BAAB 的方式排序。数字对的呈现时间为 50ms。

3 结果

120 名被试的平均正确反应时和平均错误百分数的实验结果见表 1。对数据进行 3×2×2(偏心视角×反应用手×呈现视野)的多因素方差(ANOVAs)分析,偏心视角和反应用手为组间变量,呈现视野为组内变量。

表 1 汉字大写数字奇偶概念同/异判断的平均正确反应时 (ms)和平均错误百分数(括号内为 SD)

反应用手	3.5°				5°				6.5°			
	左视野		右视野		左视野		右视野		左视野		右视野	
	反应时	百分数	反应时	百分数	反应时	百分数	反应时	百分数	反应时	百分数	反应时	百分数
左	1192.64	12.9	1093.43	14.6	1298.78	18.8	1236.78	16.6	1263.60	24.3	1192.10	12.4
手	(90.89)	(10.9)	(78.50)	(12.8)	(52.92)	(9.8)	(48.24)	(8.9)	(65.73)	(14.6)	(57.86)	(8.8)
右	1180.78	16.6	1034.80	14.6	1153.67	20.1	1044.42	17.2	1376.95	31.9	1296.36	24.3
手	(132.87)	(9.3)	(112.93)	(11.3)	(105.69)	(15.3)	(98.54)	(17.1)	(75.32)	(13.9)	(71.25)	(10.2)

正确反应时的 ANOVAs 分析排除反应时超过两个标准差的测验数据(约 5%)。结果表明,偏心视角主效应显著 $[F(2,114)=9.34, p<0.01]$,3.5°和 5°视角之间 $[F(1,76)=6.58, p<0.01]$ 、3.5°和 6.5°视角之间 $[F(1,76)=15.37, p<0.01]$ 以及 5°和 6.5°视角之间 $[F(1,76)=17.21, p<0.01]$ 均有

显著差异。偏心视角×呈现视野也有明显的偏心视角主效应 $[F(2,114)=6.02, p<0.01]$,3.5°和 5°视角之间 $[F(1,76)=5.03, p<0.01]$ 、3.5°和 6.5°视角之间 $[F(1,76)=5.21, p<0.01]$ 以及 5°和 6.5°视角之间 $[F(1,76)=7.39, p<0.01]$ 差异均显著。这些结果提示,随着比较刺激偏心视角的增加,知觉加

工难度有明显提高。呈现视野主效应显著 $[F(1, 114)=14.51, p<0.01]$,这一效应在偏心视角 \times 呈现视野 $[F(2, 114)=21.71, p<0.01]$ 和反应用手 \times 呈现视野 $[F(1, 114)=11.56, p<0.01]$ 均差异显著,提示有与偏心视角和反应用手无关的右视野(左半球)加工优势。在偏心视角和反应用手之间出现了有意义的交互作用 $[F(2, 114)=9.69, p<0.001]$ 。 5° 视角呈现右手反应明显快于左手 $[F(1, 38)=23.87, p<0.01]$, 6.5° 视角左手反应明显快于右手 $[F(1, 38)=9.31, p<0.01]$, 3.5° 视角只有右视野—右手反应明显快于左手 $[F(1, 38)=6.34, p<0.01]$ 。

平均错误百分数结果的 ANOVAs 分析表明,偏心视角主效应显著 $[F(2, 114)=4.62, p<0.025]$ 。考察偏心视角 \times 反应用手,只在 3.5° 和 6.5° 视角之间差异显著 $[F(1, 76)=8.92, p<0.01]$;考察偏心视角 \times 呈现视野,也只在 3.5° 和 6.5° 视角之间差异显著 $[F(1, 76)=8.26, p<0.01]$ 。反应用手主效应显著 $[F(1, 114)=4.82, p<0.05]$,这一效应只在 6.5° 视角右视野呈现时用左手反应有显著意义 $[F(1, 38)=4.54, p<0.05]$ 。呈现视野主效应显著 $[F(1, 114)=5.10, p<0.05]$,这一效应也只在 6.5° 视角呈现用左手反应时有显著意义 $[F(1, 19)=5.27, p<0.05]$ 。

4 讨论

本研究通过改变汉字大写数字比较刺激呈现的偏心视角来增加其知觉加工难度,假定在较大视角条件下加工难度会明显提高,从而有利于出现刺激与反应加工在大脑两半球间的分布式效应。实验结果基本支持了这一假设。正确反应时与错误反应百分数均有显著的偏心视角主效应。比较刺激在 6.5° 视角呈现的正确反应时均明显长于 3.5° 和 5° 视角, 5° 视角呈现也显著长于 3.5° 视角;错误反应百分数在 6.5° 视角明显高于 3.5° 视角。这表明随着比较刺激偏心视角的增大,出现了明显的“偏心视角效应”,即被试对呈现在距离中心注视点较近处的靶刺激比远离的能更快更正确地定位和观测^[11,12]。Carrasco 等的实验^[11]提示,这可能与皮层的放大效应、空间分辨率和一侧化相互作用等视觉因素的影响有关。但 Wolf, O'Neill 和 Bennett^[12]的研究证据表明,主要是因被试对中心注视点处刺激的注意分配偏好所致。据此我们推测,由于本研究采取了标准刺激和比较刺激分别在中心视野和左或右视野

同时呈现的范式,被试只有在正确辨认中心注视点处标准刺激的同时,将注意分配在周边视野以辨认比较刺激。比较刺激呈现的偏心视角越大,辨认加工难度和注意分配要求也就越高。

本研究结果出现了差异显著的视野主效应,即在三种偏心视角条件下用左或右手反应均为右视野更快,表明大脑左半球在汉字大写数字的奇—偶概念同/异判断加工中有明显的优势,这重复了我们已有的发现^[13]。重要的是本研究中正确反应时的左半球优势效应不受偏心视角增加与反应用手改变的影响,在这种前提下只需考察偏心视角改变与反应用手之间的相互关系,便可提示刺激加工难度对大脑两半球间分布式加工的影响,也可以判别本项任务加工中是“直达模式”,还是“胼胝体传递模式”起主要作用。既然三种偏心视角呈现条件下都是左半球负责刺激的认知加工,那么,如果任何一种视角条件下反应出现了右手优势,则提示刺激加工和反应加工由左半球单独完成,因为右手的随意运动主要受对侧的左半球控制;假如反应出现了左手优势,则表明刺激与反应在大脑两半球间进行了分布式加工,即左半球负责刺激加工,而右半球负责反应加工。由图 1 可知, 3.5° 视角右视野呈现时右手反应明显快于左手, 5° 视角左右视野呈现时均为右手反应明显快于左手,提示 3.5° 和 5° 视角呈现时左半球可能既负责刺激加工,又编码和控制右手的反应执行。但 6.5° 视角左右视野呈现时均出现了左手反应明显快于右手,提示刺激与反应加工在左右半球间存在分布优势效应。比较刺激的偏心视角从 3.5° 和 5° 增至 6.5° ,刺激与反应加工从由左半球单独完成,转变为在左右半球间分布加工,这明显由于比较刺激加工难度的提高所致。错误反应百分数的结果(图 2)也显示,只有比较刺激呈现偏心视角增加至 6.5° 时错误百分数才有明显提高。而且,右视野—左手相对于右视野—右手,以及左视野—左手相对于左视野—右手的错误百分数均明显要低。其中,右视野—左手反应的错误百分数最低。Green^[6]曾发现,增加反应加工难度引起了两半球分布式加工效应的出现。本实验增加了比较刺激的辨认难度和注意要求,也出现了类似的结果。这些证据都提示,刺激或反应任务加工难度的提高都可能导致大脑两半球分布式加工优势效应的出现。这一解释得到了近期研究^[7~10]提出的相关理论假设的支持,即加工任务难度的提高会增加任务计算的复杂性,加工所需的注意资源也会随之增多,此时启

用两半球间的分布加工和相互作用的优势才会表现出来。相反,如果较为简单的加工条件下采用两半球间的分布式加工,两半球间信息的相互作用势必需要消耗额外的加工资源,结果反而会导致加工效率的下降。

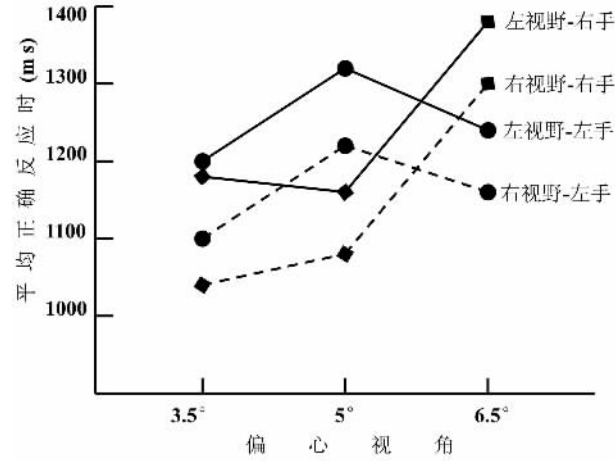


图1 比较刺激以三种偏心视角(3.5°, 5°, 6.5°)在左视野或右视野呈现时左手和右手的平均正确反应时。图中以实线示左视野呈现,虚线示右视野呈现,实心方块示右手反应,实心圆示左手反应。

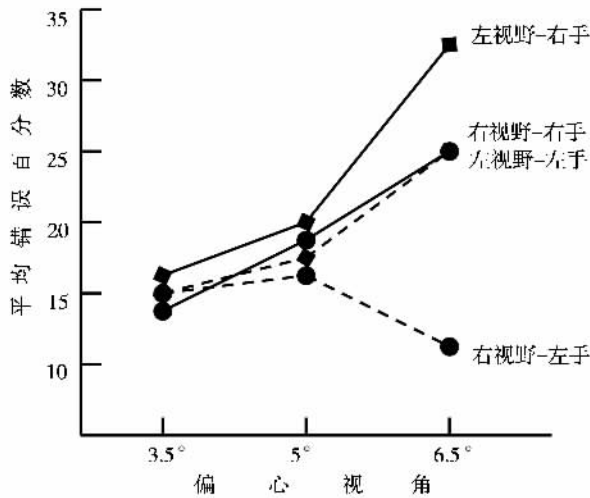


图2 比较刺激以三种偏心视角(3.5°, 5°, 6.5°)在左视野或右视野呈现时左手和右手反应的平均错误百分数。图示同图1。

由于本实验结果出现了与偏心视角和反应用手无关的右视野(左半球)优势,并未出现“直达模式”预计的反应用手与刺激呈现视野间典型的交互作用^[1]。但是,以往支持“直达模式”的证据一般来自所采用的任务加工可以由任何一个脑半球来完成的研究资料,如真/非词判别或阅读任务^[1,15]。如果采用有明显大脑功能一侧化的任务,则会倾向于出现

与“胼胝体传递模式”一致的结果^[15]。本实验采用了具有较强右视野(左半球)优势的加工任务,左视野(右半球)对刺激的加工能力明显处于劣势,无论用左手还是右手反应均出现了明显的左半球优势,这似乎支持“胼胝体传递模式”。不过,这一模式也仅与刺激加工难度相对较易的3.5°和5°视角条件相符,而在相对较难的6.5°视角则必须考虑由于知觉任务难度增加所引起的刺激与反应在大脑两半球间可能出现的分布式加工。

致谢:审稿专家对本文初稿提出了宝贵意见,编辑对文章的发表付出了辛勤劳动,在此一并谢忱。

参 考 文 献

- 1 Waldie K E, Mosley J L. Hemispheric specialization for reading. *Brain and Language*, 2000, 75:108~122
- 2 Hellige J B. Hemispheric asymmetry: what's right and what's left. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1993. 168~206
- 3 Kinsbourne M, Hiscock M. Asymmetries of dual-task performance. In: J B. Hellige (Ed.) *Cerebral hemisphere asymmetry: method, theory and application*. New York: Praeger, 1983
- 4 Caroselli J S, Hiscock M, Roebuck T. Asymmetric interference between concurrent tasks: an evaluation of competing explanatory models. *Neuropsychologia*, 1997, 35 (4): 457~469
- 5 Green G. Effects of intrahemispheric interference on reaction times to lateral stimuli. *Journal of Experimental Psychology: human perception & performance*, 1984, 10: 292~306
- 6 Belger A, Banich M T. Costs and benefits of integrating information between the cerebral hemispheres: a computational perspective. *Neuropsychology*, 1998, 12(3): 380~398
- 7 Weissman D H, Banich M T. The cerebral hemispheres cooperate to perform complex but not simple task. *Neuropsychology*, 2000, 4(1): 41~59
- 8 Banich M T, Passarotti A M, Janes D. Interhemispheric interaction during childhood. I. Neurological intact children. *Developmental Neuropsychology*, 2000, 18(1): 33~51
- 9 Passarotti A M, Banich M T, Sood R K, et al. A generalized role of interhemispheric interaction under attentionally demanding conditions: evidence from the auditory and tactile modality. *Neuropsychologia*, 2002, 40: 1082~1096
- 10 Zhang W, Feng L. Interhemispheric interaction affected by identification of Chinese characters. *Brain and Cognition*, 1999, 39: 93~99
- 11 Carrasco M, Evert D L, Chang I, et al. The eccentricity effect: target eccentricity affects performance on conjunction searches. *Perception & Psychophysics*, 1995, 57: 1241~1261
- 12 Wolfe J M, O'Neill P, Bennett S C. Why are there eccentricity effects in visual search? Visual and attentional hypotheses. *Per-*

- ception & Psychophysics, 1998, 60: 140~156
- 13 Cai H. An experimental study on functional hemispheric lateralization in cognitive processing arabic numerals and numerals in capitals of Chinese characters (in Chinese). *Acta Psychologica Sinica*, 1996, 28(2): 209~214
(蔡厚德. 阿拉伯数字和汉字大写数字认知的大脑功能一侧化实验研究. *心理学报*, 1996, 28(2): 209~214)
- 14 Li X. The distribution of left and right handedness in Chinese people (in Chinese). *Acta Psychologica Sinica*, 1983, 15(3): 268~275
(李心天. 中国人的左右利手分布. *心理学报*, 1983, (3): 268~275)
- 15 Springer S P, Deutsch G. *Left brain, right brain: perspectives from cognitive neuroscience*. 5th ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1998. 111~113

TASK DIFFICULTY IN PERCEPTUAL IDENTIFICATION OF STIMULUS AND DISTRIBUTING PROCESSING ACROSS TWO HEMISPHERES

Cai Houde

(Lab of Brain and Behavior, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract

Tachistoscopic visual half-field test was used to examine effects of an early perceptual factor of stimuli on the distributing processing across two hemispheres. An odd-even conceptual decision task on pairs of numerals in capitals of Chinese characters was given to subjects involving three different eccentricities (3.5°, 5° and 6.5°) of comparative numerals in order to vary the perceptual processing demands of the stimuli. The results showed that the reaction times were slower and the percentage of errors higher while increasing eccentricity of the comparative stimuli. There was a superiority of correct reaction speed for RVF(LH) presentation, regardless of eccentricities and responding hands. A comparison of the left and the right hand indicated that response with the left hand was more rapid than with the right hand at 6.5°, and response with the right hand was more rapid than with the left hand at 3.5° and 5°. These results suggest that the stimulus and response processing for this task tend to be distributed across the two hemispheres at 6.5°, and operated at 3.5° and 5° by the left hemisphere independently. The effect of distributing processing appeared at 6.5° could result from more difficult perceptual and attentional demands of the comparative stimuli.

Key words task difficulty, distributing processing, tachistoscopic visual half-field test, eccentricity.