

视觉空间关系判断的分离与协同^{*}

晏碧华 游旭群^{**} 屠金路

(陕西师范大学心理学系, 西安, 710062)

摘 要 采用任务表征相互影响范式, 通过三个实验探讨了类别空间关系判断和数量空间关系判断的加工特性和相互关系。结果表明: (1) 先行类别关系启动有利于数量空间关系判断, 对类别空间关系判断没有影响; 先行数量关系启动对两个判断任务均无影响。(2) 先行类别关系干扰降低两个空间关系判断的绩效, 先行数量关系干扰对两个空间关系判断没有影响。(3) 先行类别关系对空间关系判断的启动和干扰效应不局限于特定条件, 具有普遍性。研究提示, 右脑为优势半球的数量关系加工以左脑为优势半球的类别关系加工为基础, 支持视觉空间认知加工既分离又协同的观点。

关键词: 视觉空间关系判断 类别空间关系 数量空间关系

1 引言

Kosslyn 主张有两个独立的子系统加工视觉空间关系^[1, 2]: 类别空间关系描述的是一个客体相对于另一个客体的位置、方向等空间特征; 数量空间关系是指一个客体相对于另一个客体的精确尺寸距离。他进而提出两种空间关系有着不同的神经心理基础, 大脑左半球编码类别空间关系比编码数量空间关系容易, 右脑长于编码数量空间关系。Jager 等^[3]对所有有关类别与数量空间关系的研究进行了总结, 认为类别与数量加工是分离的, 在对数量空间关系编码时右半球有明显优势, 能证明“类别关系加工在左脑”的证据还存在争议。而 Laeng 等对有关单侧视野技术研究的元分析则表明两类加工在两个半球上是分离的^[4]。在所有研究中, 最有说服力的是脑损伤病人研究结果。辨认测验和空间记忆研究发现^[5, 6], 左脑受损的病人类别任务的错误要多于数量任务, 而右脑受损的病人数量任务错误多, 支持了双分离。

影响两类空间关系分离的因素有: 刺激特性与刺激呈现方式。刺激特征不清晰时类别关系判断绩效降低^[7]; 刺激呈现时间越短数量关系判断越好^[8]; 呈现角度对判断无影响^[9]; 任务难度。刺激任务难度增加, 分离越明显^[10]; 反应方式。口头报告和手动操作反应都不影响分离^[11]; 性别。对两个任务的判断无性别差异^[12]; 左右利手。只在右手利手被试上才有两类加工的分离, 且在右手利性与分离之间呈正相关^[2]; 年龄。老年人的数量关系编码绩效显著降低^[11, 13]。

可见, 类别与数量空间关系在大脑两半球上的

功能分离在一定条件下更加明显。那么, 两类空间关系判断之间有无联系呢? 本研究采用任务表征相互影响范式, 通过加入先行任务刺激表征作为启动和干扰刺激探索两个任务的加工特性和相互关系, 进而为功能与机制的一致性、为视觉空间认知加工的协同性提供佐证。

2 实验一

考察同时拥有类别表征和数量表征的先行信息分别作为启动和干扰刺激时对空间关系判断的影响。本系列实验中的启动/干扰是指先前呈现刺激对后续加工的促进/抑制作用。

2.1 被试

本科生 20 名, 男女各 10 名, 均为明显右利手(直系亲属中无左利手), 视力或矫正视力正常。

2.2 实验设备、材料与设计

实验程序由 Java 语言编制, 17 英寸清化同方显示器和 PIII-800MHZ 计算机, 屏幕刷新频率 85 赫兹, 该软件平台对反应时的记录精度可达 ms。被试与屏幕距离约为 55cm。

基本刺激为圆点—粗线刺激, 黑色目标白色背景, 圆点直径 0.5cm, 粗线 8cm×0.5cm, 粗线有水平和竖直两种形式。通过改变圆点的位置来控制测试的难度水平。类别任务中, 圆点被置于粗线上下/左右 1.5cm 之内为难度测试、之外为容易测试。数量任务中, 圆点距粗线 1.5cm 之处为边界线, 边界线上下/左右 0.5cm 之内为难度判断, 其余位置为容易判断。这样, 类别任务有 8 个、数量任务有 16 个刺激形式。多个实验证实该刺激结构及其难度水平设计能反映两类空间关系在运算模式上的分离^[2, 13, 14]。

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金项目 30570602 资助, 教育部新世纪优秀人才支持计划项目 NCET-05-0862 资助。

^{**} 通讯作者: 游旭群, 男, E-mail: youxun@snnu.edu.cn

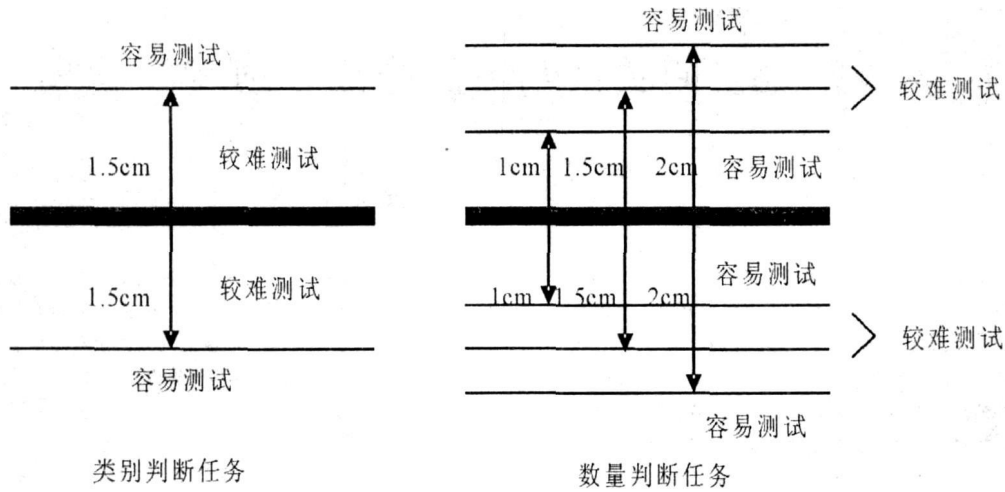


图 1 实验一、二采用的刺激结构(水平方向)

本系列实验均为“任务类型×插入刺激性质”被试内设计。实验流程为：

“+”提示 200ms ⇒ SOA350ms ⇒ 插入刺激 300ms ⇒ SOA350ms ⇒ 任务刺激 100ms ⇒ 判断 ⇒ 间隔 1000ms

插入刺激中，无关刺激是正方形（4cm×4cm），启动和干扰刺激是正方形—细线（8cm）刺激。正方形与细线的距离有 1.5cm 之内/外两种。作为启动刺激时，正方形与细线的关系和任务刺激中圆点与粗线的关系是同方位且在数量任务中还是同数量表征的，作为干扰刺激时是反方位且在数量任务中是不同数量表征的。

2.3 实验任务与程序

类别任务判断圆点是否在粗线的上/右方，数量任务判断圆点是否距离粗线 1.5cm 之内。操作右小键盘的 1 键和 2 键做“是”、“否”反应。两个任务均设置了 6 个练习测试和 96 个正式测试。正式测试中，插入无关、启动、干扰刺激各 32 次，较难和容易测试各 48 次，水平、竖直方向刺激各 48 次，各种条件下的“是”、“否”反应各一半。刺激呈现顺序均随机化处理。首先进行类别任务判断，被试休息 3 分钟随机呈现水平方向和竖直方向的粗线及边界线，要求被试掌握 1.5cm 距离，在 6 次练习测试后再次学习记忆。数量任务正式测试中边界线不存在，被试根据记忆判断。

2.4 结果与分析

表 1 类别和数量空间关系判断插入不同刺激的平均反应时(ms)和错误率(%)

任务方式	插入刺激性质	反应时间	错误率
类别任务	无关刺激	628.80(189.25)	3.44(0.67)
	有数量表征的类别关系启动	631.37(156.64)	3.21(0.65)
	有数量表征的类别关系干扰	826.65(274.56)	5.35(0.97)
数量任务	无关刺激	982.65(271.51)	8.59(2.01)
	有数量表征的类别关系启动	716.19(178.28)	8.61(1.89)
	有数量表征的类别关系干扰	1126.11(201.17)	11.74(2.84)

反应时的方差分析表明，任务主效应显著， $F(1, 19) = 72.26, p < 0.001$ ，显示了两个任务的分离，插入刺激主效应显著， $F(2, 38) = 52.14, p < 0.001$ ，插入刺激和任务类型两个因素交互作用显著， $F(2, 38) = 5.67, p < 0.05$ 。简单效应检验表明，插入启动刺激比无关刺激使数量判断时间缩短， $F(1, 19) = 14.85, p < 0.001$ ，而对类别任务判断无影响， $F(1, 19) = 0.19, p > 0.05$ ；干扰刺激使两种判断时间延长，类别： $F(1, 19) = 12.45, p < 0.001$ ，数量： $F(1, 19) = 8.64, p < 0.01$ 。对错误率的简单效应检验表明，干扰刺激使两个任务判断的错误率显著增加，类别： $F(1, 19) = 151.42, p < 0.001$ ，数量： $F(1, 19) = 270.3, p < 0.001$ 。

同时具备类别和数量表征的启动刺激对类别关系判断没有影响，而对数量关系判断有启动效应。Niebauer^[14] 曾用无数量表征的类别启动得到同样结果。综合本实验和 Niebauer 的发现，有必要进一步探索无类别表征的数量关系对两个任务判断的启动影响。本实验还发现，干扰刺激降低了两个任务判断的成绩，那么，是先行的类别表征还是先行的数量表征带来的干扰呢？

3 实验二

旨在探索无类别表征的数量关系作为先行信息时对两个任务的启动和干扰作用，并探索无数量表征的类别关系的干扰作用。

3.1 方法

另 20 名被试且基本条件、任务刺激均同实验一。无类别表征的数量关系插入刺激采用两条平行的细线, 细线之间距离有 1.5cm 之内/外两种。无

表2 类别和数量空间关系判断插入不同刺激的平均反应时(ms)和错误率(%)

任务方式	插入刺激性质	反应时间	错误率
类别任务	无关刺激	689.57(197.35)	3.67(1.35)
	无类别表征的数量关系启动	678.45(189.47)	3.89(1.03)
	无类别表征的数量关系干扰	684.46(191.67)	3.78(1.12)
数量任务	无数量表征的类别关系干扰	947.62(254.73)	6.52(2.88)
	无关刺激	917.46(213.91)	8.99(2.01)
	无类别表征的数量关系启动	920.86(221.81)	9.03(2.22)
	无类别表征的数量关系干扰	919.43(217.62)	9.13(2.31)
	无数量表征的类别关系干扰	1237.57(402.13)	13.69(3.86)

主要检验结果显示, 无类别表征的数量关系作为启动刺激时没有易化两个任务的判断, 类别: $F(1, 19) = 2.28, p > 0.05$, 数量: $F(1, 19) = 1.31, p > 0.05$; 作为干扰刺激时对两个任务也无影响, 类别: $F(1, 19) = 3.45, p > 0.05$, 数量: $F(1, 19) = 0.87, p > 0.05$ 。无数量表征的类别关系干扰使两个任务反应时增加, 类别: $F(1, 19) = 68.94, p < 0.001$, 数量: $F(1, 19) = 110.43, p < 0.001$ 。在错误率上, 只有无数量表征的类别关系干扰使两个任务错误率增加, 类别: $F(1, 19) = 19.53, p < 0.001$, 数量: $F(1, 19) = 27.38, p < 0.001$ 。

结果表明, 无类别表征的数量关系先行信息没有启动和干扰作用, 无数量表征的类别关系先行信息有干扰作用。结合实验一可得, 先行的类别表征作为启动刺激时有利于数量关系判断, 作为干扰刺激时降低两个任务判断成绩。

4 实验三

采用点—图形刺激检验实验一、二结果的普遍性。

4.1 方法

另有 20 名被试并基本条件同前。基本刺激为点—多边形刺激, 多边形大小 $4\text{cm} \times 4\text{cm}$ 。类别任务 16 个, 点位于多边形上/外且无距离与方向要求。数量任务 16 个, 点位于多边形外且有东南西北四个方向, 点到多边形的最近直线距离有大/小于 1cm 两种。预实验证实了该任务设计能检验空间关系在运算模式上的分离。



图2 实验三采用的任务刺激和插入的启动/干扰刺激示例

插入刺激中无关刺激同前, 启动和干扰刺激是

数量表征的类别关系干扰刺激采用的正方形—细线结构同实验一, 且其距离恒定 1.5cm。两个任务分别设置 128 个正式测试, 四种先行信息各 32 次。

3.2 结果与分析

小正方形 ($1\text{cm} \times 1\text{cm}$)—大正方形 ($4\text{cm} \times 4\text{cm}$) 刺激。类别任务的启动刺激是用“小正方形位于大正方形图形之上/外”启动“点位于多边形之上/外”, 干扰刺激则反之。数量任务是用同/反方位的大小正方形关系启动/干扰点—多边形数量任务。在数量任务判断前, 用间距 1.0cm 的两点在四个方位上随机呈现, 被试掌握其距离, 而后根据记忆判断。类别任务要求判断点是否位于多边形上, 数量任务判断点是否距离多边形 1cm 之内。

4.2 结果与分析

表3 类别和数量空间关系判断插入不同刺激的平均反应时(ms)和错误率(%)

任务方式	插入刺激性质	反应时间	错误率
类别任务	无关刺激	857.80(189.25)	5.46(1.23)
	类别关系启动	869.37(196.64)	5.67(1.33)
	类别关系干扰	1126.63(284.57)	8.75(2.67)
数量任务	无关刺激	988.68(267.58)	7.58(2.44)
	类别关系启动	897.59(183.27)	7.67(2.39)
	类别关系干扰	1229.81(251.34)	11.65(4.52)

在反应时上, 启动刺激使数量任务判断的时间缩短, $F(1, 19) = 5.70, p < 0.05$, 没有使类别任务判断的时间缩短, $F(1, 19) = 1.19, p > 0.05$ 。干扰刺激使两种判断时间延长, 类别: $F(1, 19) = 11.79, p < 0.001$, 数量: $F(1, 19) = 48.79, p < 0.001$ 。在错误率上, 干扰刺激使两个判断错误率增加, 类别: $F(1, 19) = 23.97, p < 0.001$, 数量: $F(1, 19) = 40.51, p < 0.001$ 。可见, 类别启动有利于数量判断, 类别干扰降低两种判断绩效。证实实验一、二结果具有普遍性。

5 讨论

5.1 类别空间关系和数量空间关系的加工特性和相互关系

探讨两种空间关系联系的研究较少。Niebauer 利用无数量表征的类别启动得出数量关系判断易受

到启动的结论。本研究则发现,类别启动有利于数量关系判断,类别干扰降低两种判断成绩。加之“单纯”的数量关系作为启动和干扰刺激时对判断均无影响,不仅说明了两类关系的分离,也说明了数量关系判断是以类别关系作为基础的,在进行数量关系加工时自动地就对类别关系进行了加工。可见,客体之间的相对位置信息对判断其距离是重要的。脸部加工的研究证实了这一点。当人们识别一张普通脸时运用类别关系就可以了,比如眼睛在鼻子上面等类别关系。要认识一张“特别”的脸,就要运用脸各部分之间精确的距离关系。为什么倒立脸不易识别?因为其类别关系被打乱,使数量关系判断受到影响。当客体采用正常方式呈现时,通过类别关系就可识别出来;而当客体以新奇方式呈现时,数量加工就要重新计算。可见,没有基本的类别关系,数量关系就不能良好加工。

5.2 视觉空间认知加工在左右脑上的分离与协同

类别和数量空间关系加工特性的分离源于不同的脑基础,其相互联系又说明了左右脑是一个和谐整体。Kosslyn 在提出两个子系统学说之初就指出,每个半球都能加工两类空间关系^[1]。Sergent 对割裂脑病人的研究也发现两个分离的半球都有表征两类空间关系的能力,只不过程度不同^[15]。可见,分离只是说明了两类空间关系在两个半球上的相对优势效应。

在视觉空间认知中,左脑对图形的识别与再认有优势,这和它擅长进行语义加工有关,而右脑更擅长于空间定位、动轨迹判断、空间操作等任务^[16],甚至因为一条直线有三维效果,fMRI 也发现线段判断任务激起的是右脑低级皮层^[17]。在新奇客体加工上,Marsolek 等^[18]提出左脑是抽象的意义的,可从不断变化的形式与范例中抽取一般表征;右半球是具体的,善于加工非常态的客体信息。在空间关系判断中,Laeng 等^[19]发现,在编码新奇和熟悉客体时运用了不同的运算机制,右脑会辨认“被歪曲的”客体,当客体熟悉后保存下来的空间关系就是定性的联系,数量关系即可获得自动加工。可见,从更宽泛的意义上看,右脑空间操作与定位的自动实施和具体的“实物”承载有着密切联系。并且,在视觉空间的协同中,不仅要考虑左右大脑,还要考虑如视初级皮层与高级皮层、背侧与腹侧系统等因素。那视觉空间在两条通路和左右大脑上是如何协调的?其加工机制是怎样的?这些都是值得探讨的问题。

6 参考文献

- 1 Kosslyn SM. Seeing and imagining in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychological Review*, 1987, 94(2): 148—175
- 2 Kosslyn SM, Koenig O. Evidence for two types of spatial representations: Hemispheric specialization for categorical and coordinate relations. *Journal of Experimental Psychology: Perception and Performance*, 1989, 15: 723—735
- 3 Jager G, Postma A. On the hemispheric specialization for categorical and coordinate spatial relations: A review of the current evidence. *Neuropsychologia*, 2003, 41: 504—515
- 4 Laeng B, Chabris C, Kosslyn SM. Asymmetries in encoding spatial relations. In: K. Hugdahl & R. Davidson. (Eds.). *The asymmetrical brain*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2003, 309—339
- 5 Laeng B. Constructional apraxia after left or right unilateral stroke. *Neuropsychologia*, 2006, 44: 1595—1606
- 6 Kessels RC, Postma A, De Haan EHF, et al. Lateralization of spatial—memory processes in humans: Evidence on spatial span, maze learning and memory for object locations. *Neuropsychologia*, 2002, 40: 1465—1473
- 7 Cowin EL, Hellige JB. Categorical versus coordinate spatial processing: Effects of blurring and hemispheric asymmetry. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1994, 6: 156—164
- 8 Wilkinson D, Donnelly N. The role of stimuli factors in making categorical and coordinate spatial judgment. *Brain and Cognition*, 1999, 39: 171—185
- 9 周荣刚, 张侃. 基于线索的视觉空间关系判断. *心理学报*, 2004, 36(2): 127—132
- 10 Baker DP, Chabris CF, Kosslyn SM. Encoding categorical and coordinate spatial relations without input—output correlations: new simulation models. *Cognitive Science*, 1999, 23(1): 33—51
- 11 Bruyer R, Scailquin JC, Coibion P. Dissociation between categorical and coordinate spatial computations: Modulation by cerebral hemispheres, task properties, mode of response, and age. *Brain and Cognition*, 1997, 33: 245—277
- 12 Wisniewski AB. Sexually—dimorphic patterns of cortical asymmetry, and the role for sex steroid hormones in determining cortical patterns of lateralization. *Psychoneuroendocrinology*, 1998, 23: 519—547
- 13 游旭群, 杨治良. 视觉空间关系识别中的认知加工特性. *心理学报*, 2002, 34(4): 344—350
- 14 Niebauer CL. A possible connection between categorical and coordinate spatial relation representation. *Brain and Cognition*, 2001, 47: 434—445
- 15 Sergent J. Processing of spatial relations within and between the disconnected cerebral hemispheres. *Brain*, 1991, 114: 1025—1043

(下转第 120 页)

4 结论

4.1 当个体伸手对客体位置进行判断时, 对对侧空间客体位置的变化感知更加敏感和准确, 同时对距离呈现中心较远的客体的位置判断成绩较好, 而客体呈现时所在的半空间对左右手的客体位置判断成绩并没有产生一致的影响。

4.2 在视触空间位置信息整合时, 随着空间信息加工任务难度的增大, 个体通过手、胳膊的关节以及本体感觉所获得的对空间位置信息的表征的准确度可能会下降, 而视觉对触动觉的引导作用开始显现出来并变得比较重要。

5 参考文献

- 1 Brugger P, Regard M. Processing of spatial locations: hemispac effects during encoding but not recall. *Neuropsychologia* 2000, 38: 864—872
- 2 Roll P, Roll R. Proprioception as a link between body space and extrapersonal space. In: J. Paillard. (Ed.). *Brain and space*. Oxford University Press 1991: 112—132
- 3 Rossetti Y, Meckler C, Prablanc C. Is there an optimal arm posture? Deterioration of finger localization precision and comfort sensation in extreme arm—joint postures. *Exp. Brain Res* 1994, 99: 131—136
- 4 Jackson SR, Roger N, Stephen R. Noninformative Vision Improves Haptic Spatial Perception. *Current Biology*, 2002, 12: 1661—1664
- 5 Lempert H, Kinsbourne M. Effect of laterality of orientation on verbal memory. *Neuropsychologia*, 1982, 20: 211—214
- 6 Hillis JM, Ernst MO, Banks MS. Combining sensory information: Mandatory fusion within, but not between, senses. *Science*, 2002, 298: 1627—1630
- 7 徐敏. 手动对视觉空间搜索任务影响的实验研究. 浙江大学硕士学位论文, 2001

The Interaction of Visual and Haptic Judgement of Object Location

Luan Yifu, Qian Xiying

(Department of Psychology and Behavioral Science, Zhejiang University, Hangzhou, 310028)

Abstract Based on the processing of spatial location information, the haptic location processing and the integration of location information between vision and haptic were discussed in the present study. The results of two experiments show that, when people reached out their hands and judge the object location, they performed better in the object location in the contralateral space, and reacted on objects positioned in the periphery of the presentation board more accurately than those positioned nearer the center. There was no difference between the performance of left hand and right hand whatever stimulus was perceived from the left or right hemispaces; under the conditions of vision and haptic integration, the more complex the tasks, the worse the accuracy of the representation of spatial location information gained by haptic and the more important the guidance of vision to haptic.

Key words: haptic, the visual-haptic integration, object location judgement

(上接第 116 页)

- 16 Postma A, Winkel J. Sex differences and menstrual cycle effects in human spatial memory. *Psychoneuroendocrinology*, 1999, 24: 175—192
- 17 Fink GR, Marshall JC. 'Where' depends on 'what': A differential functional anatomy for position discrimination in one versus two-dimensions. *Neuropsychologia* 2000, 38: 1741—1748
- 18 Marsolek CJ. Dissociable neural subsystems underlie abstract and specific object recognition. *Psychological Science*, 1999, 10: 111—118
- 19 Laeng B, Shah J, Kosslyn SM. Identifying objects in conventional and contorted poses: Contributions of hemisphere—specific mechanism. *Cognition*, 1999, 70: 53—85

Dissociation and Cooperation in Visuospatial Relations Judgment

Yan Bihua, You Xuqun, Tu Jinlu

(Department of Psychology, Shaanxi Normal University, Xi'an, 710062)

Abstract Three experiments were designed to test the connection of two spatial relations judgment with the paradigm of tasks—interaction-with-others. Simple dot-line stimuli spatial relation tasks and ecological dot-figure tasks were conducted. The results of Experiment 1 and Experiment 2 showed that a categorical prime could speed up the processing of a coordinate task and did not affect categorical judgment. A categorical interference could both cut down the performance of the categorical and coordinate processing. There was an absence of priming and interference effects in the two tasks with a previous coordinate prime and a coordinate interference respectively. The results of Experiment 3 implied that the effect of Experiment 1 and Experiment 2 was a relatively general phenomenon. The research suggested that there were dissociation and cooperation in visuospatial relations judgment.

Key words: Visuospatial relations judgment, categorical spatial relations, coordinate spatial relations