

复合字母刺激心理旋转加工中的整体优先效应*

邱香^{1,2} 傅小兰¹ 隋丹妮³ 李健³ 唐一源³

(¹中国科学院心理研究所,脑与认知科学国家重点实验室,北京 100101)

(²中国科学院研究生院,北京 100039) (³大连理工大学神经信息研究所,大连 116023)

摘要 采用复合字母材料结合正镜像判断任务,首次揭示了心理旋转加工中的整体优先效应。实验一延长复合字母材料的呈现时间,检验心理旋转实验常用的正镜像判断任务中的视知觉整体优先效应;实验二将实验一的复合字母材料旋转一定角度,考察心理旋转加工中的整体优先效应。结果发现:(1)延长复合字母呈现时间后的字母正镜像判断任务中,被试判断大字母和判断小字母的时间没有显著差异,并且大小字母是否一致对大字母判断和小字母判断的影响无显著差异;(2)在排除了视知觉的整体优先效应存在的情况下,发现心理旋转加工中存在明显的整体优先效应,大字母(整体)旋转条件下的反应时显著短于小字母(局部)旋转条件下的反应时;(3)旋转角度一致性对大字母旋转和小字母旋转条件下的反应时均无显著影响,表明心理旋转的整体优先效应模式可能有别于视知觉加工的整体优先效应模式。

关键词 心理旋转;整体优先效应;复合字母刺激

分类号 B842.1

1 引言

人类在视知觉任务中存在明显的整体优先效应(perceptual global precedence),即物体的整体信息优先于其局部信息被加工。Navon(1977)最先采用复合刺激(即由小字母组成的大字母)发现了这一效应。在Navon的研究中,图形中的大字母代表整体性质,小字母代表局部性质,被试分别完成两个任务,任务一中被试辨别大字母是H还是S,任务二中被试辨别小字母是H还是S。复合刺激中的大小字母可能相同(一致条件,如大小字母都是H),也可能不同(不一致条件,如大字母为H,但小字母是S)。结果发现,被试辨别大字母的反应时(RT)比辨别小字母的RT短;辨别小字母的RT受大字母的影响,当大字母与小字母一致时较短,不一致时较长;而辨别大字母的RT几乎不受小字母的影响(Navon, 1977)。自此,复合刺激成为人们研究视知觉整体/局部加工优势的良好材料,研究者也得到了—系列有关视知觉整体优先效应的重要结论。例如,严霄霏和苏彦捷的研究揭示4~6岁幼儿的整体/局

部干涉效应经历了从相互影响到相互独立再到整体优先的发展过程(严霄霏,苏彦捷,2001);人们采用单侧视野呈现的行为实验方法(严霄霏,苏彦捷,2003;张昕,韩世辉,2004)、研究脑损伤病人的神经生理学方法(Dalrymple, Kingstone & Barton, 2007; Thomas & Forde, 2006)和脑功能成像技术等认知神经科学方法(Han, Weaver & Murray, 2002; Schatz & Erlandson, 2003; Roalf, Lowery & Turetsky, 2006)进行的大量研究都发现,左半球有加工局部特征的优势,右半球有加工整体特征的优势。还有很多研究采用复合刺激探讨了各种可能影响整体优先效应的因素,例如视角大小(Navon, 1977)、注意分配(Dalrymple, Kingstone & Barton, 2007)、网膜位置(Han, Weaver & Murray, 2002)、空间频率(Han, Weaver & Murray, 2002, 2003)、空间位置不确定性(韩世辉,肖峰,1999)、呈现时间和局部元素的数目(Kimchi, 1992)等等。陈霖和韩世辉等人,曾采用复合刺激探讨视觉整体优先效应中“整体”的实质,得到了支持视知觉的整体性质——拓扑性质——大范围优先理论的部分实验证据(韩

收稿日期:2007-10-11

*国家重点基础研究发展计划资助项目(2006CB303101),国家自然科学基金重点项目(60433030)和国家自然科学基金项目(30670699)。

通讯作者:傅小兰, E-mail: fuxl@psych.ac.cn, 电话:010-64850862

世辉,陈霖,1996;陈霖,2005)。

视觉表象 (visual mental image)是指当客体不在眼前时人脑中出现的关于它的图像形式,人们会产生“用心理之眼看”的体验 (Kosslyn, Ganis & Thompson, 2006)。在视觉表象研究中,心理旋转的研究范式最为成熟,影响也最大。心理旋转研究始于上世纪70年代初,Shepard及其同事的研究 (Shepard & Metzler, 1971; Cooper & Shepard, 1973),字母旋转任务范式是他们提出的测量心理旋转的有效工具之一。Shepard等以旋转不同角度的6个正像和6个镜像的字母R为实验材料,在实验中随机地呈现这12个字母中的一个,要求被试判断它是正像还是镜像 (正镜像判断任务)。结果发现,字母旋转的角度越大,被试判断所用的时间就越长。事后被试报告说,他们需要在脑中先把这个字母旋转到正常的正立位置,然后才能作出判断 (Cooper & Shepard, 1973)。这种正镜像判断任务后来成为心理旋转研究中的一个基本任务范式。

目前人们较普遍地接受视觉表象与视知觉机能等价的观点。大量研究表明,在视知觉任务中观察到的许多现象,在视觉表象任务中也能看到,典型的例子如心理旋转效应 (Shepard & Metzler, 1971; Cooper & Shepard, 1973)、距离效应 (王甦,汪安圣,2001)以及视角大小效应 (游旭群,邱香,牛勇,2007)等。既然视知觉任务中存在明显的整体优先效应,那么在心理旋转过程中是否也存在类似的整体优先效应呢?本研究采用复合字母材料,结合心理旋转任务范式研究这个问题。这种结合已有先例,Robertson和Palmer (1983)曾结合复合字母和心理旋转任务,研究了字母旋转对经典的视觉整体优先效应的影响 (Robertson & Palmer, 1983); Paquet (1991)也曾将复合字母与心理旋转任务结合起来,探讨了任务要求、练习以及图形完好性对复合字母旋转的影响 (Paquet, 1991)。但用这种方法来研究心理旋转的整体优先效应,目前尚未见报道。

因为知觉过程发生在其他较高级认知加工之前,所以研究较高级的认知加工中的整体/局部加工优势问题共同面临的一个难题是如何分离或消除知觉中的整体优先效应。研究心理旋转中的整体/局部加工优势问题,要先保证整体特征和局部特征在知觉阶段得到了同等程度的编码,否则即使实验结果表明存在整体优先效应,也很难区分这种整体优势是源自心理旋转加工还是源自心理旋转之前的知觉加工。

在经典的视知觉整体优先效应的实验研究中,靶刺激的呈现时间往往短于150ms。在Navon的实验中靶刺激的呈现时间只有50ms (Navon, 1977)。有研究发现靶刺激呈现时间短于100ms时,只有大字母对小字母的干扰,而靶刺激呈现100ms时,就可以观察到大小字母相互干扰的效应 (Paquet & Merikle, 1984; Rumiati, Nicoletti & Job, 1989)。因此,本研究实验一采用正镜像判断的视觉任务,将靶刺激一直呈现在屏幕上,直到被试做出反应为止,探讨在这样的操作下,正镜像判断的视觉任务中是否仍存在视觉整体优先效应。实验二在实验一的基础上,考察心理旋转中是否存在整体优先效应。在两个实验中,被试的任务都是辨别大字母或小字母是正像还是镜像。

2 实验一

采用复合字母刺激,考察延长靶刺激的呈现时间后的正镜像判断视觉任务中是否存在视觉整体优先效应,为进行后续的心理旋转实验奠定基础。

2.1 被试

20名大连理工大学学生,男10名,女10名,平均年龄为22.3岁 (20岁~26岁),视力或矫正视力正常,无弱视、斜视等视力问题,均为右利手,未参加过类似实验,事后得到一定报酬。

2.2 实验设计

采用2 (任务类型:大字母辨别任务和小字母辨别任务) × 2 (刺激类型:大小字母一致和大小字母不一致)被试内实验设计,任务类型和刺激类型两个自变量均为被试内因素,因变量为被试的反应时和正确率。

2.3 刺激材料

实验材料用Matlab 7.0软件编制,由排成6×9阵列的小字母组成大字母,材料示例见图1(a)。借鉴Robertson和Palmer (1983)实验中的材料类型,每种复合刺激中大小字母的组合都有四种情况:大小字母都是正像 (both),只有大字母是正像 (global),只有小字母是正像 (local),以及大小字母都不是正像 (neither)。在大小字母一致的条件下,大小字母同为正像或镜像;在不一致条件下,大字母正像小字母镜像,或大字母镜像小字母正像。注视点“+”和所有的刺激都呈现在屏幕中央。大字母的大小为6.0cm × 4.0cm (视角5.71° × 3.81°),小字母的大小为0.5cm × 0.3cm (视角0.48° × 0.29°),注视点的大小为0.3cm × 0.3cm (视角0.29° × 0.29°)。在

练习实验中用的字母是 L 和 J,在正式实验中用的字母是 F 和 R。

2.4 仪器和步骤

实验采用 17 英寸 (1024 × 768) 三星显示器和 P 计算机一台。小键盘上的 1、2 键作为反应键。实验程序用 E-prime 1. 编写。

每个被试单独进行实验。被试端坐在计算机屏幕前,右手食指和中指分别放在小键盘的 1、2 键上,眼睛与屏幕齐平,视距为 60cm 左右。实验开始后,在每一个试次,屏幕中央会出现注视点 300ms,随后出现靶刺激,在大字母(或小字母)判断任务中,要求被试判断复合字母中的大字母(或小字母)是正像还是镜像,如是正像就按 1 键,镜像就按 2 键。被试反应后立即进入下一个试次。所有的被试都要完成两种任务,一半被试先完成小字母判断任务,另一半被试先完成大字母判断任务,以平衡任务顺序对实验的影响。每种任务下有 8 个练习试次,64 个正式实验试次;两种任务共有 144 个试次。采用 SPSS 13.0 对数据进行统计分析。实验具体的指导语分两屏呈现,第一屏是介绍复合字母以及大小字母位置上正镜像字母,被试学会区分正镜像后按空格键

进入下一屏;第二屏指导语是:“你的任务是判断复合字母中的大/小字母是否是正像。如果大/小字母是正像,请按 1 键,否则按 2 键。在每一个任务开始时,会出现一个小加号,提示你任务马上开始。一旦图形出现,请又快又准地给出你的选择!”

2.5 实验结果

各种条件下的平均反应时和正确率详见表 1。分别计算判断大字母的反应时和正确率的相关系数 $r=0.15$, $p>0.1$,和判断小字母的反应时与正确率的相关系数 $r=-0.26$, $p>0.1$,在两种任务下反应时与正确率均不存在显著正相关,说明大字母判断和小字母判断条件下都没有出现准确率-速度权衡现象。

剔除平均数三个标准差之外以及错误反应的反应时数据(占全体数据的 4.6%)后,对反应时进行重复测量方差分析发现:任务类型的主效应不显著, $F(1, 19) = 0.38$, $p>0.1$;刺激类型的主效应极其显著, $F(1, 19) = 11.83$, $p<0.001$,大小字母一致时的反应时显著短于大小字母不一致的反应时;任务类型和刺激类型之间的交互作用不显著, $F(1, 19) = 0.04$, $p>0.1$ 。

表 1 实验一中被试在不同条件下的平均反应时、正确率和标准差

刺激类型	反应时 (ms)		正确率 (%)	
	小字母判断任务	大字母判断任务	小字母判断任务	大字母判断任务
一致	674.65 ± 109.60	663.60 ± 106.83	98.13 ± 3.10	98.86 ± 2.93
不一致	695.63 ± 97.55	680.75 ± 114.88	96.38 ± 4.89	97.33 ± 2.44

对正确率进行重复测量方差分析发现:任务类型的主效应不显著, $F(1, 19) = 0.13$, $p>0.1$;刺激类型的主效应不显著, $F(1, 19) = 3.94$, $p>0.05$;任务类型和刺激类型之间的交互作用也不显著 $F(1, 19) = 2.18$, $p>0.1$ 。

2.6 小结

实验一对 Navon 经典的视觉整体优先效应范式略作修改,将靶刺激短暂呈现改成一直呈现至被试反应的形式。为了配合后面的心理旋转实验,将判断复合字母中的大/小字母是 H 还是 S,改成判断复合字母中的大/小字母是正像还是镜像的任务;大小字母一致与否也相应变成大小字母在正像或镜像上是否一致。结果发现,判断大字母和判断小字母的反应时和正确率均无显著差异;虽然在反应时上发现了刺激类型(即大小字母一致性)的主效应,但是刺激类型与任务类型的交互作用不显著,说明大小字母一致与否对大字母判断任务的影响和对小字母

判断任务的影响是没有显著差异的。因此,实验一通过延长靶刺激的呈现时间到被试做出反应,发现在正镜像判断的纯视觉任务中不存在视觉整体优先效应。

3 实验二

在实验一的基础上,实验二探讨心理旋转加工中是否存在整体优先效应。实验一中的正镜像判断任务中复合刺激中的大字母和小字母都是正立的,无须进行心理旋转,实验二则是将实验一的复合刺激中的大字母和小字母分别旋转一定角度,被试需要通过心理旋转完成正镜像判断任务。

3.1 被试

24 名北京高校的学生,12 男 12 女,后因 1 名女生无法按照要求完成任务,其数据被剔除,正式实验被试为 23 名,平均年龄 21.35 岁(18~25 岁),视力或矫正视力正常,无弱视、斜视等视力问题,均为右

利手,以前未参加过类似实验,事后得到一定报酬。

3.2 实验设计

采用 4(旋转角度: 0, 60, 120, 180度) × 2(旋转类型: 大字母旋转, 小字母旋转) × 2(旋转角度一致性: 大小字母旋转角度一致, 大小字母旋转角度不一致)的被试内设计。要求被试将复合字母中的大字母或小字母逆时针旋转到正立位置后, 判断它是正

像字母还是镜像字母。因变量以被试的反应时为主, 同时辅以正确率和旋转速率。

3.3 材料

基于实验一中的刺激材料, 将复合字母中的大字母和(或)小字母分别旋转 0、60、120和 180度, 示例详见图 1。

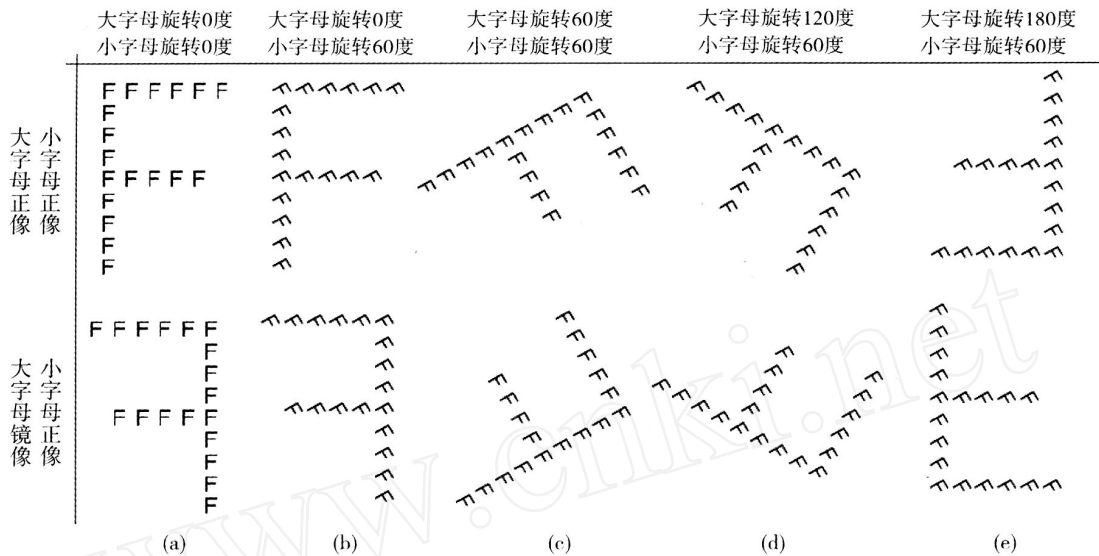


图 1 实验刺激材料示意图

实验一中出现 a刺激, 实验二中 a - e刺激均出现;

a, c刺激属大小字母旋转角度一致条件; b, d, e刺激属大小字母旋转角度不一致条件

3.4 仪器和步骤

实验仪器同实验一。借鉴 Paquet (1991) 实验一中的实验程序, 每个被试单独测试, 在指导语部分告诉被试如何区分旋转了一定角度的字母正像和镜像。实验开始后, 在每一个试次, 会出现一个声音提示被试, 然后屏幕中心出现“+”, 当被试左手按下空格键后, 空屏 50ms, 随后靶刺激出现在屏幕中央, 直至被试作出反应才会消失。被试的任务是判断复合字母中的大字母或小字母是正像还是镜像。每个被试要完成两种旋转类型的判断任务——旋转大字母的判断任务和旋转小字母的判断任务。两种任务的先后顺序在被试间平衡。每种旋转任务下有 16 个练习试次和 256 个实验试次, 两种任务共有 544 个试次。两种任务中间有 1min 的休息时间。实验结束后被试还需接受一份问卷调查, 检查其是否按照指导语要求完成实验任务。实验具体的指导语分三屏呈现, 第一屏是介绍复合字母以及大小字母位置上的正镜像字母, 被试学会区分正镜像后按空格键进入下一屏; 第二屏指导语: “你的任务是判断复

合字母中的大/小字母是否是正像, 而不用管该正像字母是否旋转过, 也不用管复合字母中的小/大字母是什么。如果大/小字母是正像, 请按 1 键, 否则按 2 键。被试明白后按空格键进入第三屏; 第三屏指导语如下: “在每一轮任务开始时, 会出现一个声音提示你, 当你按下空格键后, 复合字母就会出现在屏幕中央, 这时你要又快又准地给出你的反应!”

3.5 结果

各种条件下的平均反应时和正确率详见表 2。大字母旋转条件下的反应时和正确率的相关系数 $r = 0.27, p > 0.1$; 小字母旋转条件下的反应时与正确率的相关系数 $r = 0.10, p > 0.1$, 说明大字母旋转和小字母旋转条件下都没有出现准确率-速度权衡现象。

剔除平均数三个标准差之外的以及错误反应的反应时数据(占全体数据的 5.1%), 对反应时进行重复测量方差分析发现: (1) 旋转角度的主效应极其显著, $F(3, 63) = 193.64, p < 0.001$ 。四种角度之间的两两比较均表明, 字母旋转较大角度条件下

的反应时显著长于字母旋转较小角度条件下的反应时 ($p_s < 0.05$)。 (2) 旋转类型的主效应也达到显著性水平, $F(1, 21) = 5.81, p < 0.05$ 。 大字母旋转条件下的反应时显著短于小字母旋转条件下的反应时。 (3) 旋转角度一致性的主效应显著, $F(1, 21) = 15.32, p < 0.01$ 。 大小字母旋转角度一致时的反应

时显著短于旋转角度不一致时的反应时。 (4) 旋转角度和旋转类型的交互作用显著, $F(3, 63) = 3.41, p < 0.05$ 。 简单效应检验发现四种角度条件下的大小旋转任务间的差异均达到显著性水平 ($p_s < 0.01$)。 其他交互作用均不显著, $F_s < 1, p_s > 0.1$ 。

表 2 实验二中被试在不同条件下的平均反应时、正确率和标准差

旋转角度 一致性	旋转角度 (度)	反应时 (ms)		正确率 (%)	
		小字母旋转	大字母旋转	小字母旋转	大字母旋转
一致	0	673.35 ± 97.03	649.64 ± 24.52	97.26 ± 4.01	98.15 ± 3.22
	60	694.73 ± 110.35	683.47 ± 25.67	99.10 ± 1.49	99.28 ± 3.06
	120	781.58 ± 120.06	700.91 ± 26.08	96.67 ± 4.31	96.41 ± 5.02
	180	1034.10 ± 194.34	959.98 ± 193.57	83.35 ± 13.32	88.35 ± 13.28
不一致	0	709.93 ± 93.61	671.82 ± 17.01	98.07 ± 2.13	97.34 ± 2.86
	60	719.63 ± 110.13	671.71 ± 21.88	98.98 ± 1.45	99.17 ± 1.93
	120	807.31 ± 133.77	728.01 ± 37.40	97.03 ± 3.39	97.21 ± 3.68
	180	1021.40 ± 183.81	975.18 ± 85.76	84.19 ± 3.97	87.33 ± 2.01

对正确率进行重复测量方差分析发现: (1) 旋转角度的主效应极其显著, $F(3, 63) = 40.41, p < 0.001$ 。 除了字母旋转 0 度和 60 度之间, 0 度和 120 度之间的正确率差异不显著外 ($p_s > 0.1$), 其他旋转角度之间的两两比较均表明, 字母旋转较大角度条件下的正确率显著低于字母旋转较小角度条件下的正确率 ($p_s < 0.01$)。 (2) 旋转类型的主效应不显著, $F(1, 21) = 1.61, p > 0.1$ 。 (3) 旋转角度一致性的主效应不显著, $F(1, 21) = 0.03, p > 0.1$ 。 (4) 旋转角度和旋转类型存在显著的交互作用 (见图 2), $F(3, 63) = 3.54, p < 0.05$ 。 简单效应检验发现, 在旋转 180 度条件下大字母旋转的正确率显著高于小字母旋转的正确率, $F(1, 21) = 4.32, p < 0.05$ 。 (5) 其他交互作用均不显著 ($p_s > 0.05$)。

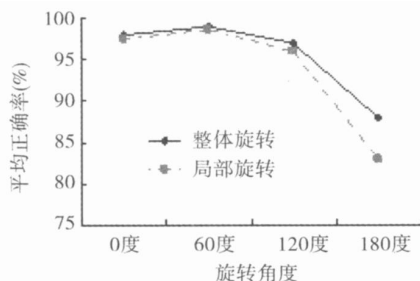


图 2 实验二中旋转角度与旋转类型的交互作用

在心理旋转研究中, 通常会对旋转速率进行分析。 本研究对不同实验条件下的旋转速率也进行了分析, 即对每个被试的反应时数据进行回归分析, 得

到其反应时与旋转角度之间的回归方程, 而回归曲线的斜率就反映了旋转速率 (Cooper & Shepard, 1973)。 对斜率数据进行 2 (旋转类型: 大字母旋转 vs 小字母旋转) \times 2 (旋转角度一致性: 一致 vs 不一致) 的重复测量方差分析的结果表明, 旋转类型的主效应边缘显著, $F(1, 22) = 4.14, p = 0.054$ 。 大字母任务的旋转速率有大于小字母旋转速率的趋势; 旋转角度一致性的主效应不显著, $F(1, 22) = 1.74, p > 0.1$; 两者之间的交互作用也不显著, $F(1, 22) = 1.89, p > 0.1$ 。

3.6 小结

在实验一的基础上, 实验二将复合字母材料和心理旋转任务范式结合起来, 所呈现的靶刺激直至被试作出反应才会消失。 因为要考察心理旋转 (而非视觉) 的整体优先效应, 实验一中的自变量刺激类型 (大小字母在正像或镜像上是否一致), 在实验二中改为旋转角度一致性 (大小字母在旋转角度上是否一致)。 研究结果表明, 在排除视觉整体优先效应之后的心理旋转实验中, 得到了大字母 (整体) 旋转条件下的反应时显著短于小字母 (局部) 旋转条件下的反应时, 表明心理旋转中存在整体优先效应; 而在反应时和正确率数据上旋转角度一致性和任务类型的交互作用都不显著, 表明大小字母旋转角度一致与否对大字母旋转和小字母旋转的绩效均无影响。 另外, 研究还发现, 大字母 (整体) 旋转和小字母 (局部) 旋转条件下的斜率存在边缘显著

的差异,大字母旋转速率较小字母旋转速率有更快的趋势。

4 总讨论

4.1 心理旋转中的整体优先效应

整体/局部加工优势问题源远流长。在心理学史上,构造主义认为知觉的基本单元是独立的局部特征,对整体的知觉其实是各种局部知觉的集合;格式塔学派则认为,整体的结构和组织在知觉中居首要地位,整体大于部分之和(Kimchi, 1992; Navon, 2003)。1977年,Navon首次通过实验得到了视知觉任务中的整体优先效应。在随后的30多年时间里,人们对视觉整体优先效应进行了大量研究并得到了一系列重要的结论。现在,整体/局部加工优势问题的研究已开始从较初级的视知觉系统延伸拓展到其他更高级的认知加工过程。

Rum iati等研究了记忆过程的整体优先效应(Rum iati, Nicoletti & Job, 1989)。在实验中,被试先学习复合字母中的大字母或小字母,然后判断新出现的单个大字母(与复合刺激中的大字母的大小面积一样)或单个小字母(与复合刺激中的小字母的大小面积一样)是否是原先学习过的复合字母中的大字母或小字母。结果发现,被试判断大字母的时间显著短于判断小字母的时间。但是,Rum iati等并未排除视觉的整体优先效应的干扰,因此,依据其结果仍不能断定记忆加工本身存在整体优先效应。

表象加工也是较视知觉加工更高级的认知加工过程(Kosslyn, Ganis & Thompson, 2006)。本研究实验一旨在采取一定措施消除视觉整体优先效应,为实验二探讨心理旋转的整体优先效应奠定基础。前人已有研究发现增加刺激的呈现时间能使视知觉整体优先效应减小(Paquet & Merikle, 1984; Rum iati, Nicoletti & Job, 1989),本研究受此启发将刺激一直呈现在屏幕上直到被试作出反应,结果发现,被试完成大字母判断任务和小字母判断任务的绩效(反应时和正确率)没有显著差异,大小字母一致与否对完成两种任务的绩效也都没有影响。因此,实验一中不存在视觉整体优先效应。Kimchi(1992)指出视觉整体优先效应是一个关于知觉发展过程的现象,主张知觉发生时整体的性质最先被知觉,但这并不意味着在最后的知觉里什么是突出的(Kimchi, 1992)。本研究修改经典视觉整体优先效应实验范式,通过延长靶刺激的呈现时间,使得被试对复合字母中的大字母(整体)和小字母(局部)都能进行充

分的知觉编码,从而在一定程度上保证了对它们的最后知觉基本相同。值得注意的是,实验一为了配合实验二的心理旋转任务,将传统的视知觉整体优先效应的任务形式(判断字母是H或S)改为判断字母是正像还是镜像。视知觉整体优先效应的消除是否也与任务形式的变化有关,这有待进一步研究探讨。

实验二在实验一的基础上,仅将复合字母中的大字母和(或)小字母分别旋转一定角度。实验结果显示:随着旋转角度的增大,被试判断的反应时间也显著延长,这与传统的心理旋转任务的结果一致(Cooper & Shepard, 1973)。更为重要的是,大字母(整体)旋转条件下的反应时间显著短于小字母(局部)旋转条件下的反应时间;在字母旋转180度时,整体旋转条件下的正确率显著高于局部旋转条件下的正确率。这是在排除了视觉整体优先效应的干扰后得到的结果,因此,有理由认为它是心理旋转的整体优先效应。但是,大小字母旋转角度一致与否对整体旋转和局部旋转条件下的绩效(反应时和正确率)都没有显著影响,这暗示心理旋转中的整体优先效应与视知觉任务中的整体优先效应还是有所不同的。

Robertson和Palmer(1983)在其实验一中曾意外发现,当复合字母中的小字母为F时,被试辨别字母正/镜像的反应时与小字母为R时的反应时是有显著差异的,但是在其实验二中他们又没有重复出这种结果。本研究也检验了复合字母中的两个字母F和R是否会在两个实验中的反应时和正确率上有不同的表现。对两个实验分别进行了2(任务类型:大字母任务 vs 小字母任务) × 2(一致类型:大小字母正/镜像一致 vs 不一致) × 2(字母类型:F vs R)的重复测量方差分析,结果在实验一和实验二中没有发现字母F和R之间的任何显著差异,这和Robertson & Palmer(1983)实验二的结果一致。说明实验一中视觉整体优先效应的消除以及实验二中整体优先效应的再度出现并不受字母是F还是R的影响。

4.2 心理旋转整体优先效应的产生机制

陈霖(2005)曾对“视知觉整体优先效应”中的“优先”(precedence)做了严格的界定,认为它应该包含如下两种含义:第一,知觉整体组织是知觉局部性质的基础;第二,整体特征知觉先于局部特征的知觉。整体/局部旋转过程不仅和整体/局部知觉一样存在发生先后的问题,而且由于旋转过程本身具有

明显的时间进程,所以整体旋转和局部旋转在其本身的时间进程上还可能存在着速度快慢的问题。例如,同样是旋转 60 度,如果整体旋转的旋转速度较局部旋转的旋转速度快,那么即使整体旋转和局部旋转同时进行,完成整体旋转所需时间仍比完成局部旋转的时间短。基于以上分析,对心理旋转中的整体优先效应的认知机制,可提出如下四种假设(见图 3):假设 1,整体/局部旋转同时发生,但整体旋转速率快于局部旋转速率;假设 2,整体旋转先于局部旋转进行,两者在旋转速率上相同;假设 3,整体旋转既先于也快于局部旋转;假设 4,整体旋转慢于局部旋转,但是整体旋转先于局部旋转进行。

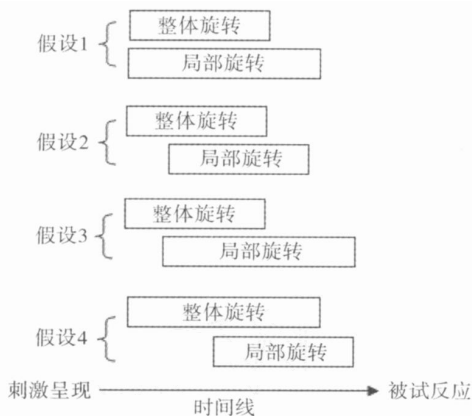


图 3 关于心理旋转中的整体优势效应的几种假设

在传统的心理旋转研究中,人们早已发现,完成不同旋转角度任务的反应时与旋转角度之间的线性方程的斜率可以反映旋转的快慢 (Cooper & Shepard, 1973)。实验二分别分析了被试在整体旋转和局部旋转条件下的大小字母旋转角度一致/不一致时的平均反应时和斜率。由于结果发现,整体旋转和局部旋转之间的旋转速率的差异是边缘显著,本研究只能排除假设 4,仍无法确定前三种假设中哪一种为心理旋转加工中整体优先效应的内在机制。在后续研究中,拟采用 ERP 或 MR 等脑电技术,利用其高时间分辨率和高空间分辨率的生理测量指标验证心理旋转整体优先效应并确定其产生机制。

另外,可能有人对假设 2 提出疑问:既然大小字母旋转任务在知觉阶段都得到了充分的编码加工,两者应同时进入心理旋转阶段,怎么又出现了一个整体旋转先于局部旋转进行呢? Kosslyn 在其表象计算理论中已明确提出,表象加工并不是一个单一的加工过程,它至少可以按照时间进程分为表象产生 (image generation)、表象保持 (image maintenance)

和表象转换 (image transformation) 过程 (Kosslyn, Ganis & Thompson, 2006)。表象转换又包括许多具体的形式如心理扫描、心理旋转、表象折叠等。心理扫描、心理旋转和心理折纸等实验任务的完成均需要上述三个加工子过程的参与。完成本研究中的心理旋转任务时,在知觉加工之后和心理旋转之前应还存在一个表象产生和表象保持加工过程。因此本研究中的整体优先效应有可能是因为整体旋转先于局部旋转进行,这与整体和局部旋转任务在知觉加工过程无先后差异并不矛盾。

4.3 问题和展望

本研究初步探讨了表象加工中整体/局部加工优势问题,首次揭示了心理旋转的整体优先效应现象,拓展了表象加工的研究领域,并将促进人们对高级认知加工过程中的整体/局部加工优势问题的理解。但是,本研究中还存在一些问题。首先,可区分三种形式的整体特征和局部特征:全局与局部 (global vs local)、关系与属性 (relational vs attributional) 和抽象与具体 (abstract vs concrete) (周国梅, 傅小兰, 2004)。而本研究只研究了第一种形式,采用的是 Navon (1977) 对“全局与局部”的界定标准,即大字母代表整体,小字母代表局部。Nisbett 等以关系与属性来界定“整体”和“局部”,研究文化差异对整体/局部特征知觉的影响,发现东方人更偏向整体知觉而西方人则偏向局部知觉 (Nisbett & Miyamoto, 2005)。在心理旋转加工中是否会出现关系与属性或者抽象与具体意义上的整体优先效应呢? 其次,复合刺激和心理旋转范式的结合,使得人们可采用两种不同的任务形式来研究心理旋转中的整体优先效应,一是让被试判断复合字母中指定字母是 F 还是 R,一是让被试判断复合字母中指定字母是正像还是镜像,本研究采用的是后一种实验任务,那么采用前一种实验任务是否也能得到心理旋转的整体优先效应呢? 第三,视觉整体优先效应对许多因素 (如网膜位置,视角大小等) 敏感。在心理旋转中的整体优先效应是否也受类似因素的影响呢? 本研究对许多因素进行了控制,如视角大小 (所有刺激材料视角小于 6°)、任务顺序 (两种任务顺序在被试间平衡) 等,这些因素本身是否也是心理旋转的整体优先效应的影响因素呢? 在未来的研究中,研究者可从不同角度对“整体/局部”进行定义,采用不同的任务形式验证心理旋转的整体优先效应,并可进一步探讨心理旋转的整体优先效应具体存在哪些影响因素。

5 结论

本研究采用复合字母刺激材料结合心理旋转的任务,探讨心理旋转加工中的整体优先效应,得到如下新发现:结果发现:(1)延长复合字母呈现时间后的字母正镜像判断的视知觉任务中,被试判断大字母和判断小字母的时间没有显著差异,并且大小字母是否一致对大字母判断和小字母判断的影响无显著差异;(2)在正镜像判断任务中排除了视知觉的整体优先效应存在的情况下,发现心理旋转加工中存在明显的整体优先效应,大字母(整体)旋转条件下的反应时显著短于小字母(局部)旋转条件下的反应时;(3)旋转角度一致性对大字母旋转和小字母旋转条件下的反应时均无显著影响,表明心理旋转的整体优先效应模式可能有别于视知觉加工的整体优先效应模式。

致谢:感谢大连理工大学神经信息学研究所全体成员在本研究过程中给予的帮助和支持。

参 考 文 献

- Chen, L. (2005). The topological approach to perceptual organization. *Visual Cognition*, 12, 553 - 701.
- Cooper, L., & Shepard, R. N. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images. In W. Chase (Ed.), *Visual Information Processing* (pp. 135 - 142). New York, NY: Academic Press
- Dalrymple, K. A., Kingstone, A., & Barton, J. J. (2007). Seeing trees or seeing forests in simultanagnosia: A attentional capture can be local or global. *Neuropsychologia*, 45, 871 - 875.
- Han, S., Weaver, J., Murray, S., Kang, X. J., Yund, W., & Woods, D. (2002). Hemispherical symmetry in global/local processing: Effects of stimulus position and spatial frequency. *Neuroimage*, 17, 1290 - 1299.
- Han, S., Weaver, J. A., Murray, S. O., Kang, X. J., Yund, E. W., & Woods, D. L. (2003). The effect of wave in low spatial frequency on the global and local perception (in Chinese). *Chinese Science Bulletin*, 48, 2145 - 2148.
- [韩世辉, Weaver, J. A., Murray, S. O., Kang Xiaojian, Yund, E. W., Woods, D. L. (2003). 空间低频滤波对人类整体和局部知觉的影响. *科学通报*, 48, 2145 - 2148.]
- Han, S., & Xiao, E. (1999). Factors affecting the global and local processing of visual compound stimuli (in Chinese). *Acta Psychologica Sinica*, 31, 274 - 283.
- [韩世辉, 肖峰 (1999). 影响视觉复合刺激中整体和局部性质加工的几种因素. *心理学报*, 31, 274 - 283.]
- Han, S., & Chen, L. (1996). The relation of global and local properties: Global precedence (in Chinese). *Journal of Developments in Psychology*, 4 (1), 36 - 41.
- [韩世辉, 陈霖 (1996). 整体性质和局部性质的关系 大范围优先性. *心理学动态*, 4 (1), 36 - 41.]
- Kimchi, R. (1992). Primacy of holistic processing and global/local paradigm: a critical review. *Psychological Bulletin*, 112, 24 - 38.
- Kosslyn, S. M., Ganis, G., & Thompson, W. L. (2006). Mental imagery and the human brain. In: Jing, Q. C., Rosenzweig, M. R., Ydewalle, G. D., et al (Eds.). *Progress in Psychological Science around the World: Neural, Cognitive and Developmental Issues* (Vol 1, pp. 195 - 209). London: Psychology Press
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9, 353 - 383.
- Navon, D. (2003). What does a compound letter tell the psychologist's mind? *Acta Psychologica*, 114, 273 - 309.
- Nisbett, R. E., & Miyamoto, Y. (2005). The influence of culture: Holistic versus analytic perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 467 - 473.
- Paquet, L. (1991). Mental rotation of compound stimuli: The effect of task demands, practice, and figural goodness. *Memory and Cognition*, 19, 558 - 567.
- Paquet, L., & Merikle, P. M. (1984). Global precedence: The effect of exposure duration. *Canadian Journal of Psychology*, 38 (11), 45 - 53.
- Roalf, D., Lowery, N., & Turetsky, B. I. (2006). Behavioral and physiological findings of gender differences in global-local visual processing. *Brain and Cognition*, 60, 32 - 42.
- Robertson, L. C., & Palmer, S. E. (1983). Holistic processes in the perception and transformation of disoriented figures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 203 - 214.
- Rumiaty, R., Nicoletti, R., & Job, R. (1989). Processing of global and local information in memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41, 167 - 181.
- Schatz, J., & Erlandson, F. B. (2003). Level-repetition effects in hierarchical stimulus processing: timing and location of cortical activity. *International Journal of Psychophysiology*, 47, 255 - 269.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701 - 703.
- Thomas, R., Forde, E. (2006). The role of local and global processing in the recognition of living and nonliving things. *Neuropsychologia*, 44, 982 - 986.
- Wang, S., Wang, A. S. (2001). *Cognitive Psychology (in Chinese)*, pp. 225 - 234. Beijing, China: Peking University Press
- [王甦, 汪安圣. (2001). *认知心理学* (pp. 225 - 234). 北京: 北京大学出版社.]
- Yan, X., & Su, Y. (2001). Global precedence of hierarchical figure perception in children (in Chinese). *Acta Psychologica Sinica*, 33, 142 - 147.
- [严霁霏, 苏彦捷. (2001). 幼儿在等级图形知觉中的整体优先现象. *心理学报*, 33, 142 - 147.]
- Yan, X., & Su, Y. (2003). Development of hierarchical form lateralization (in Chinese). *Psychological Development and Education*, 19 (3), 12 - 16.
- [严霁霏, 苏彦捷. (2003). 等级图形加工半球偏侧化的发展. *心理发展与教育*, 19 (3), 12 - 16.]
- You, X., Qiu, X., & Niu, Y. (2007). The effect of visual angle on visual image scanning (in Chinese). *Acta Psychologica Sinica*,

- 39, 200 - 210.
- [游旭群, 邱香, 牛勇. (2007). 视觉表象扫描中的视角大小效应, *心理学报*, 39, 200 - 210.]
- Zhang, X., & Han, S. (2004). Hemisphere asymmetry and selective processing of global and local properties (in Chinese). *Acta Psychologica Sinica*, 36, 507 - 514.
- [张昕, 韩世辉. (2004). 大脑两半球与整体和局部性质的选择性加工. *心理学报*, 36, 507 - 514.]
- Zhou, G., & Fu, X. (2004). Effect of holistic and analytical features on same-different judgment (in Chinese). *Acta Psychologica Sinica*, 36, 681 - 689.
- [周国梅, 傅小兰. (2004). 异同判断加工中整体和局部特征的作用. *心理学报*, 36, 681 - 689.]

The Effect of Global Precedence on Mental Rotation of Compound Stimuli

QIU Xiang^{1, 2}, FU Xiaolan¹, SUIDan³, LIJian³, TANG Yi-Yuan³

¹State Key Laboratory of Brain and Cognitive Science, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

²Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

³Institute of Neuroinformatics and Laboratory for Body and Mind, Dalian University of Technology, Dalian 116023, China)

Abstract

Perceptual global precedence referred to a priority in perceptual processing for the global features of a form or object. This phenomenon was firstly reported by Navon (1977) with compound stimuli (larger letters were constructed from smaller letters, e.g., a large H made up of small Ss). Navon required observers to identify either the large (i.e., global) or the small (i.e., local) letters and found that global letters were identified more rapidly than local letters and also that irrelevant global letters were more difficult to ignore than irrelevant local letters. Perceptual global precedence had been widely replicated within certain boundary conditions (Dalrymple et al., 2007; Roalf et al., 2006; Schatz & Erlandson, 2003; Han Shihui & Chen Lin, 1996; Kimchi, 1992). However, it was still unclear that whether global precedence could exist in other higher cognitive processes, such as mental rotation.

Mental rotation was one typical transformation of mental images, which was reported to be functional equivalence with visual perception. Whether there was an effect of global precedence on mental rotation was explored in the present research.

Compound stimuli combined with rotation task were used in two experiments. Participants were required to judge whether the large letter or small letter of the compound stimulus was in its regular format or left-right mirror. In Experiment 1, 2 (task: identification of normal image / mirror-reversed image for large or small letters) × 2 (stimuli: congruence or incongruence of large-small letters) was designed to eliminate perceptual global precedence through prolonging the duration of target stimuli. Experiment 2 investigated the global precedence on mental rotation with a 4 (rotation degree: 0, 60, 120, 180) × 2 (rotation pattern: rotation of large letters or small letters) × 2 (stimuli: congruence or incongruence of rotation angles of large-small letters) within-subject factorial design.

Repeated measures analyses of variance were conducted separately for the two experiments. In experiment 1, perceptual global precedence could be eliminated by prolonging targets' duration. There was no significant difference between the RTs of identification of normal image for large and small letters, and the congruity of large-small letters had no effect on identification of normal image for large and small letters. However, in experiment 2, when mental rotation was added to the task, large letters were responded more quickly than small letters, though the congruity of rotation angles of large-small letters didn't influence the rotation of large and small letters; in addition, the difference between the rotation speeds of the large letters and small letters reached a marginal significant level.

Based on these results, the conclusion was that global precedence did exist in mental rotation even when perceptual global precedence was excluded in mental rotation task. Time required in global rotation was much shorter than that in local rotation. In addition, neither large letters rotation nor small letters rotation was influenced by the congruity of rotation angles of large-small letters. That was to say, the global precedence in mental rotation was of a little difference from the perceptual global precedence. The present findings not only extended the field of mental image, but also shed light on the research of global precedence in higher cognitive processes, and the method of eliminating perceptual global precedence was also of great significance for future research.

Key words mental rotation; global precedence; compound stimuli