

复合运动刺激视觉追踪的初步研究^{*}

张学民^{**1} 舒 华¹ 李永娜¹ 孙 晨² 张桂芳¹ 周义斌¹ 白仲琪¹

(¹应用实验心理北京市重点实验室, 北京师范大学心理学院, 认知神经科学与学习国家重点实验室, 北京, 100875)

(² Department of Psychology, Rice University)

摘 要 本实验采用多目标追踪和复合刺激研究范式, 将注意追踪和知觉的整体优先性两个研究领域中的知觉组织规律相结合, 对单一和多个复合刺激进行注意追踪研究。结果表明: 在单一或多个复合刺激追踪过程中, 同样遵循静态知觉组织原则; 不同知觉组织形式对知觉加工有不同的影响, 突出的颜色变化可以促进知觉组织加工。

关键词: 多目标追踪 复合图形 知觉组织

1 引言

复合刺激加工是视觉搜索与知觉加工的重要研究领域, 在现实生活中, 我们接触的大部分信息都是具有一定的复杂性和运动变化的。在复合运动刺激加工过程中, 注意和知觉起着十分重要的作用。对复杂运动刺激的注意与知觉加工的研究具有重要的理论和实践意义, 该问题的研究可以探讨复杂运动信息的注意和知觉加工规律, 也有可能应用于提高人和机器界面的交互作用效率, 避免注意和知觉加工的错误(如注意瞬脱、非注意盲等)。视觉系统是整体加工还是局部加工也是一直争论的一个问题。特征检测模型和特征整合理论认为视觉系统最初加工图象是局部的, Marr 的视觉计算理论也认为视觉系统最初加工局部关系, 然后才进行整体加工, 这种观点在视知觉研究中有着重大的影响^[1-3]。

在知觉研究领域, Navon^[4]提出了复合刺激的研究范式, 并通过研究发现整体加工的反应时优势以及整体和局部加工的干扰作用。在复合刺激加工的研究中, 整体优先性被认为是知觉加工的一般规律^[1, 6]。韩世辉等^[6]研究发现, 被试辨别复合刺激中的整体和局部图形的封闭性时, 表现出显著的整体优先性。Navon^[5]的研究也发现, 无论复合刺激局部水平的颜色或形状的变化, 知觉加工表现出对整体水平的偏好, 整体水平优先得到加工, 而局部水平后得到加工。但是, 也有研究者认为, 对复合刺激的加工并不是严格按照先整体后局部, 可能还有其他的认知过程参与^[7], 其中, 注意就是影响整体和局部加工的一个重要的认知过程。Miller^[8]提出注意资源分配是产生整体优先性的重要原因, 并比较了目标呈现在整体水平、局部水平以及同时呈现整体和局部两个水平时被试反应时的差异, 发现注意资源分

配对整体和局部加工有显著影响, 注意更容易分配到整体水平上, 而较难分配到局部水平上。刺激呈现之后, 被试的注意首先被整体水平特征吸引, 而对局部特征加工需要进一步注意聚焦, 所以整体加工具有优先性。Stoeffler 研究发现^[9], 如果实验中控制刺激呈现对注意的吸引, 被试对整体和对局部的反应时差异消失, 这说明注意在整体与局部知觉加工中起着一定的调节作用。

对于运动复合信息加工的研究同时涉及注意追踪和知觉加工。注意追踪的研究主要有如下的理论和相关研究, 基于特征的理论将刺激视为颜色、方位和空间频率的复合信息, 对局部特征的注意可以增强对物体的知觉加工; 基于位置的理论将刺激视为整体的信息流, 强调空间信息的重要性; 基于物体的理论认为观察者注意目标时, 往往会将目标视为整体, 而后对局部特征进行加工。多目标追踪范式(Multiple Object Tracking, MOT)是 Pylyshyn 等^[10-13]研究运动物体注意追踪的范式, 用于被试追踪视野范围内随机运动的对象时, 对目标的空间或非空间特征变化进行反应。以往追踪实验的研究发现^[12, 13], 被试最多只能对 5 个目标进行有效的追踪(追踪的正确率达到 90% 以上)。与静态信息的视觉注意加工一样, 注意也同样限制了视觉系统对动态信息的加工能力, 在多目标追踪的过程中注意的优先性也起十分重要作用^[14]。以往的追踪研究中主要是针对简单运动对象, 而复合刺激研究中主要是探讨静态复合刺激。本研究尝试从追踪的角度探讨复合运动刺激的注意和知觉加工规律。具体研究问题如下: 单个复合刺激颜色和知觉组织的变化对注意追踪及知觉加工的影响; 多个(5 个)复合刺激颜色和知觉组织的变化对注意追踪及知觉加工的影响。

^{*} 应用实验心理北京市重点实验室建设项目资助(项目号: jd100270541)。

^{**} 通讯作者: 张学民, 男。E-mail: xzmzhang@bnu.edu.cn

2 研究方法

2.1 被试选取

被试为北京师范大学本科学生 33 人, 年龄 18~22 岁, 其中男 15 人, 女 18 人, 所有被试为右利手, 视力或矫正视力正常, 颜色知觉正常。

2.2 实验仪器和材料

仪器为 PIV2.4、17 寸 CRT 纯平计算机, 分辨率为 1024×768, 垂直刷新频率 75Hz。实验过程采用 MOT 程序控制。实验材料为红色和绿色的复合刺激图形, 即由小字母组成的大字母, 红色颜色参数为

RGB(255, 0, 0), 绿色颜色参数为 RGB(0, 255, 0)。大字母大小为 2.180×2.870, 小字母大小为 0.360×0.450。实验室照明恒定为 130Lux 左右。

2.3 实验设计

本实验采用 2×2×4 被试内设计, 三个自变量为: 对象数目(1 和 5, 目标分别为 1 和 3 个); 目标颜色变化(初始颜色为红色, 追踪后目标颜色不变或变为绿色/大小字母颜色均变化); 目标特征变化(小字母变化、大字母变化、大小字母都变化, 大小字母都不变)。要求被试判断目标与追踪前相比形状是否发生变化, 同时记录被试的反应时间和正确率。

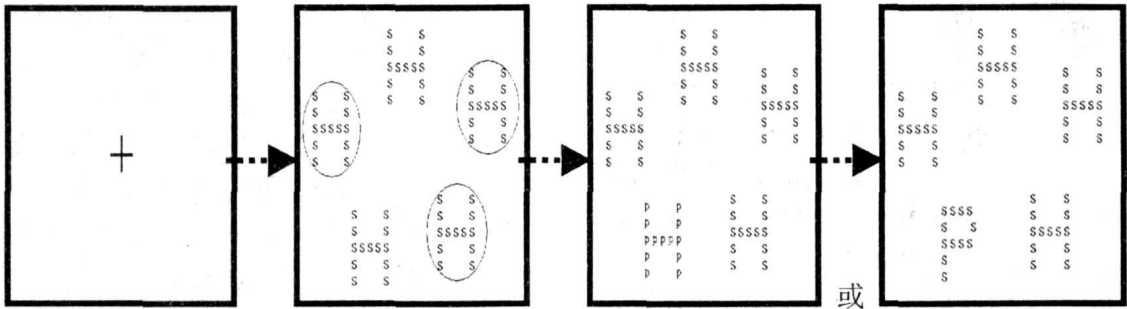


图 1 追踪 5 个复合刺激图形

2.4 实验程序

实验在隔音、照明 130Lux 实验室中进行。屏幕背景为黑色, 每次实验开始时, 先在屏幕中央呈现白色注视点“+”1s 之后, 所有刺激呈现, 目标闪烁三次, 每次 50ms。随即所有对象在屏幕中央 10×10cm 的正方形内随机运动, 要求被试注意追踪目标(当对象为 1 个时, 闪烁对象即为目标; 当刺激数目为 5 个时, 闪烁的 3 个对象为目标)。

追踪过程持续约 3s 之后, 追踪目标中的大字母或小字母形态发生变化(变为“p”或者“q”), 或大小字母都改变(大小字母变化相同, 即同时变为“p”或者“q”), 或变为“p”、“q”之外的任意字母。当追踪目标最终变化为“p”或者“q”时(无论大小字母变化), 按键盘上相应的“p”或“q”键, 如果变为“p”、“q”之外任意字母, 按空格键。正式实验前每种处理练习共 32 次, 练习要求 100% 正确后进行正式实验。正式实验中每做 40 次休息 1 分钟, 全部实验为 320 次。指导语提示被试在保证正确的前提下反应越快越好。

3 实验结果

本实验考虑到任务的难度(运动追踪和复合知觉)以及注意与知觉研究中对反应时间的要求, 删除反应时大于 2000ms 和正确率低于 80% 的被试数据(实际大部分正确率均在 90% 以上), 有效被试 33

人。实际各实验条件下的平均正确率在 96% 之上, 具体分析如下:

3.1 反应时重复测量分析的结果

通过对对象数量、目标颜色变化、大小字母特征变化三个因素进行重复测量方差分析发现, 对象数量的主效应显著 ($F(1, 31) = 76.484, p < 0.001$); 目标颜色变化 ($F(1, 31) = 185.056, p < 0.001$) 的主效应显著; 大小字母特征变化主效应显著 ($F(3, 93) = 37.250, p < 0.001$)。对象数目和颜色变化交互作用显著 ($F(1, 31) = 94.974, p < 0.001$), 颜色变化和目標大小字母特征变化的交互作用显著 ($F(3, 93) = 15.678, p < 0.001$), 对象数目和目標大小字母变化的交互作用显著 ($F(3, 93) = 35.052, p < 0.001$), 三个因素交互作用也达到了显著水平 ($F(3, 93) = 3.150, p < 0.05$)。这说明对象数量、颜色和目標知觉组织特征及其交互作用对复合刺激的知觉组织加工有显著影响。

3.2 单个刺激条件下不同实验处理差异分析

基于各因素主效应及交互作用显著, 进行进一步多重比较分析, 结果发现单刺激颜色不变和改变时, 大小字母的不同知觉组织下反应时的变化趋势和反应速度差异接近(见图 2), 具体如下: 小字母变(颜色变化差异显著)、大字母变(颜色变化差异显著)、大小字母都变(颜色变化差异不显著)呈现反应时降低趋势(见表 1), 大小字母都不变时, 反应时略

有增加,颜色变化差异显著(见表1),这可能是被试追踪期待变化所至。从总体结果看,颜色都不变时,小字母变和大小字母都不变两者差异不显著;在颜色变化情况下,大小字母都不变化与小字母变化的反应时差异显著(见表1),这说明颜色变化加快目标识别。当刺激的局部特征和整体特征只有一个变化时,颜色的变化情况会带来反应时的显著差异,颜色变化的反应时明显小于颜色不变的反应时(见表1);但当刺激的局部和整体特征都发生变化时,颜色的促进效应不显著(见表1)。

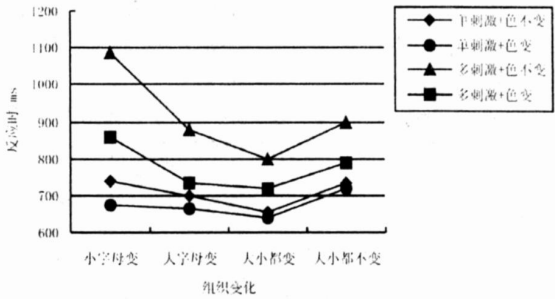


图2 各处理下的反应时间

表1 单个刺激条件下各处理间的多重比较结果(重复测量分析后的多重比较)

实验处理	小变 + 颜色不变	大变 + 颜色不变	大小都变 + 颜色不变	大小不变 颜色不变	小变 + 颜色变	大变 + 颜色变	大小都变 + 颜色变
大变 + 颜色不变	41.688**						
大小都变 + 颜色不变	82.094***	40.406***					
大小不变 + 颜色不变	2.088	-39.000**	-79.406***				
小变 + 颜色变	64.625***	22.938	-17.469	61.938***			
大变 + 颜色变	75.344***	33.656***	-6.750	72.656***	10.719		
大小都变 + 颜色变	99.375***	57.688***	17.281	96.688***	34.750***	24.031*	
大小不变 + 颜色变	19.344	-22.344	-62.750***	16.656	-45.281**	-56.000**	-80.031***

总体来说,上述结果表明:大小字母知觉组织特征(大字母变、小字母变、大小字母都变或都不变)对目标知觉加工的促进作用是不同的。颜色变化对目标识别有一定的促进作用。

3.3 五个刺激条件下不同实验处理的差异分析

在五个刺激的条件下,大小字母目标的不同变化引起反应时的变化趋势与单刺激条件基本一致,

对象数量的主效应显著,总体反应时间较单刺激任务有显著延长趋势(见图2)。同时,大小字母不变的反应时小于小字母变化时的反应时($F(1, 32) = 18.909, p < 0.001$)。为了进一步分析其中的差异,对五个对象的颜色和大小字母组织变化进行多了重比较分析(见表2)。

表2 五个刺激条件下各处理间的多重比较结果(重复测量分析后的多重比较)

实验处理	小变 + 颜色不变	大变 + 颜色不变	大小都变 + 颜色不变	大小不变 颜色不变	小变 + 颜色变	大变 + 颜色变	大小都变 + 颜色变
大变 + 颜色不变	210.625***						
大小都变 + 颜色不变	288.844***	78.219*					
大小不变 + 颜色不变	190.094***	-20.531	-98.750*				
小变 + 颜色变	229.063***	18.438	-59.781	38.969			
大变 + 颜色变	354.250***	143.625***	65.406*	164.156***	125.188***		
大小都变 + 颜色变	368.875***	158.250***	80.031*	178.781***	139.813***	14.625	
大小不变 + 颜色变	299.250***	88.625***	10.406	109.156***	70.188***	-55.000**	-69.625**


多重比较分析的结果表明:在大小字母不变的情况下,无论追踪对象的局部特征、整体特或两者都变化,颜色变化的反应时都明显快于颜色不变的反应时(见表2)。在颜色不变时,大字母变为p或q的反应时和大小字母都不变的差异不显著;而在颜色变化时, $\chi^2(7) = 19.0$, $p < 0.001$, $Z = 3.4$, $\Phi = 0.999$ 。在颜色变化时, $\chi^2(7) = 19.0$, $p < 0.001$, $Z = 3.4$, $\Phi = 0.999$ 。







在颜色变化时, $\chi^2(7) = 19.0$, $p < 0.001$, $Z = 3.4$, $\Phi = 0.999$ 。在颜色变化时, $\chi^2(7) = 19.0$, $p < 0.001$, $Z = 3.4$, $\Phi = 0.999$ 。

	』 (七)	t	p
RT + } - RT + }	12.552	0.000	
RT + } - RT + }	7.046	0.000	
RT + } + } - RT	5.139	0.000	
RT + } + } - RT	7.333	0.000	
RT + } - RT + }	7.666	0.000	
RT + } - RT + }	3.751	0.001	
RT + } + } - RT	-3.676	0.001	
RT + } + } - RT	3.832	0.001	

4⊖

4.1 ⊖ Ψ '(七) オ ー ク
Z バ, Z } *,
オ ー ク ㊦ vi * ㊤ ㊤, - ±
ふ χ 、 χ 、 χ vi *
』 , ② χ *, vi *
㊤. Z ㊦ , χ
vi * ㊦ , ㊤ - χ , -
χ , χ
} (1) ㊤, ㊦ (七) Navon [4,5] ㊦ ㊤
- ㊤ . , Z Ψ ,
バ, K ㊦ ∞ (七)
㊤ ㊦ チ^[1,6]. も ㊦ ㊦
Ψ , (七) オ ー ク - r ㊦ K Ψ ,
㊤ ㊤ xvi , χ オ ー ク
∞ オ xvi .
4.2 ⊖ Ψ '(七) オ ー ク
Z バ, 5 , Ψ , 3
*, ㊤ ㊤ , ㊦ τ , Z ㊦
 , } (七) *, vi * ㊤ ㊤ :
χ * vi * ㊦ , ㊤ - χ , Y -
χ , χ * vi * ㊦ .
Ψ , vi * Z ㊦ § . Z ㊤
㊦ ㊤ ㊤ χ *, セ ㊤ ㊤ ㊤
ー ク ㊤ → . vi, ㊦ ㊤ (1)
vi; } ≍ もブ vi ㊦ .
② χ χ セ (12) χ
χ ブ \ vi * §
→ ㊤ Z ㊤ * ㊤

Z セ(12) χ  バ, 
   
 , も み 』 チ チ  * —
 * 。 ◎ , χ
 vi * 』 ②セ(12) χ \。
 Z  バ,  オ ㄣク(七)
 オ ㄣク Z  ,
 (1) 。 }  (1) vi,
 → , Z オ ㄣクバ —
 オ ㄣク-r^[1]。 * , χ
 オ ㄣク ∞ オ xvi 。
 』  Ψ '(七)オ ㄣク 
 』 \ ②  Ψ '(七)オ ㄣク
 。
 4.3① Z Ψ '(七)オ ㄣク バ
 , 19.
 Z , }
 vi * 』 § 。 Z  ,
   =  
 \ , } ↓ vi *
 』 \ ② } * vi * ; Z  バ,
 } ↓  』 \ ② }
 vi * 。
 | → ≡ → , || 
 , χ \ (
   チ) } vi 』 , Z ⑤
 \ } ∞ (12) 』
 , 19. Z  , (12)  (
 ) 』 チ * , } , 
 , 19. 』 ,
 』 チ  * , }
 (12) 』 , 19. [』
 イ } Z Ψ '(七)オ ㄣク
 バ ,  § (1) , ◎ ,
 』 } vi^[15]。
 5①
 5.1① 』 , Z
 Ψ '  バ, K Ψ '(七)オ
 Z  (1) vi.  K
 Ψ '(七)オ ㄣク-r (七)  』 チ; 』
 Ψ '(七)オ ㄣク  』
 \ ②  Ψ '(七)オ ㄣク 
 。
 5.2①

- 1  .  バ  (1) .
- 2 Brian J. School & Zenon W. Pylyshyn. Tracking Multiple Items Through Occlusion: Clues to Visual Objecthood. *Cognitive Psychology*, 1999, 38, 259—290
- 3 Catherine M. Arrington, Thomas H. Carr Andrew R. Mayer & Stephen M. Rao. Neural Mechanisms of Visual Attention: Object-based Selection of a Region in Space. *Journal of Cognitive Neuroscience*. Cambridge, 2000, 12, 106—117
- 4 Navon, D. Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cogn. Psychol.* 1977, 9, 353—383
- 5 Navon D. What does a compound letter tell the psychologist's mind? *Acta Psychologica*, 2003, 114, 273—309
- 6  , す, . オ Z (1) バ  .  , 1999, 22(6), 500—503

- 7 Bradley C. Love, Jeffrey N. Rouder, Edward J. Wisniewski. A Structural Account of Global and Local Processing. *Cognitive Psychology*, 1999, 38, 291—316
- 8 Miller J. Global precedence in attention and decision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1981, 7(7); 1161—1174
- 9 Stoeffer, T. H. Attentional zooming and the global — dominance phenomenon: effects of level — specific cueing and abrupt visual onset. *Psychological Research*, 1994, 56 (1); 83—98
- 10 Pylyshyn Z. W. The role of location indexes in spatial perception: A sketch of the FINST spatial indexing model. *Cognition*, 1989, 32(1); 65—97
- 11 Pylyshyn, Z. W. Some primitive mechanisms of spatial attention. *Cognition*, 1994, 50(1); 363—384
- 12 Pylyshyn Z. W. Visual indexes in spatial vision and imagery. In: R. D. Wright. (Ed.). *Visual attention*. New York: Oxford University Press, 1998, 215—231
- 13 Pylyshyn Z. W. Is vision continuous with cognition? The case for cognitive impenetrability of visual perception. *Behavioral and Brain Sciences*, 1999, 22(3); 341—423
- 14 Yantis S. Multielement visual tracking: Attention and perceptual organization. *Cognitive Psychology*, 1992, 24 (3); 295—340
- 15 Xuemin Zhang, H. Shu, W. Gao & Y. Gao. Attentional Priority of Visual Selective Attention Processing. *Acta Psychologica Sinica*, 2004, 35(7); 222—230

A Study of the Visual Tracking of Compound Stimulus

Zhang Xuemin¹, Shu Hua¹, Li Yongna¹, Sun Chen², Zhang Guifang¹, Zhou Yibin¹, Bai Zhongqi¹

(¹ Beijing Key Lab of Applied Experimental Psychology, Beijing Normal University, 100875)

(². School of Psychology, Rice University)

Abstract⊖The present experiment was intended to study the the effect of perceptual organized principles and the global precedence of single compound stimuli and multiple compound stimuli by Multiple-Object Tracking (MOT) and a compound stimuli research paradigm. The results showed that the perceptual principles of single compound stimuli and multiple compound stimuli were the same as in static compound stimuli processing conditions. The different complicated compound stimuli had different effects on single and multiple targets perceptual organizations. Salient color changing could facilitate the targets' perception.

Key words: Multiple-Object Tracking (MOT), compound stimuli, perceptual organization