

文章编号: 1006 8309(2003) 02 0037 03

# 视觉搜索的非对称性研究综述

李永梅 曹立人

(浙江大学心理与行为科学学院, 浙江 杭州 310028)

摘要: 对视觉搜索的非对称( asymmetry in visual search) 的研究有助于了解前注意视觉加工的基本特征, 理解视觉搜索中前注意加工的内部机制。文章对最近几十年视觉搜索中非对称现象的研究作了回顾, 对其最新进展作了概要介绍, 对产生这种搜索非对称性现象的原因进行了分析比较。在此基础上对研究视觉搜索非对称现象的意义进行了探讨, 并对视觉搜索中非对称性研究的应用前景作了展望。

关键词: 视觉搜索的非对称; 视觉基本特征; 特征花牌; 熟悉性

中图分类号: B842.1 文献标识码: A

视觉搜索的实验范式是了解视觉注意机制的一种途径。典型的视觉搜索任务要求被试在由干扰子和靶子组成的刺激系列中搜索靶子项目, 搜索效率一般用反应时( RT)  $\times$  组量( SET SIZE) 的搜索斜率函数表示。当反应时不依赖于组量变化时, 称之为有效搜索( efficient of search), 即平行搜索, 最有效的搜索条件是: 靶子具有单一的显特征, 且干扰子都是同质的。当反应时随组量的变化而协变时, 称之为低效搜索( least efficient of search), 即系列搜索。最低效的搜索条件是: 靶子和干扰子具有相同的基本特征, 且干扰子是异质的。有效的搜索在保证正确率的前提下很快反应, 没有速度- 正确率权衡, 与低效的搜索相比,

很少受注意需求量和感觉因素的影响。

## 1 视觉搜索非对称现象及其探索

Neisser( 1963) 首先发现并研究了视觉搜索的非对称现象。所谓视觉搜索的非对称是指: 以反应时为指标, 在刺激 B 中搜索刺激 A 与在 A 中搜索 B, 搜索效率不一样, 且有显著差异<sup>[1]</sup>。在特征搜索和联合搜索中, 都存在搜索的非对称现象。典型的搜索非对称的实验由 Treisman 设计( 见图 1), 因为额外的垂直线至少表明四种基本特征: 方向、大小、长短、交叉、线的终端。而这些特征增大了靶子与干扰子之间的差异, 使得带交叉的圆能进行视觉前注意搜索。

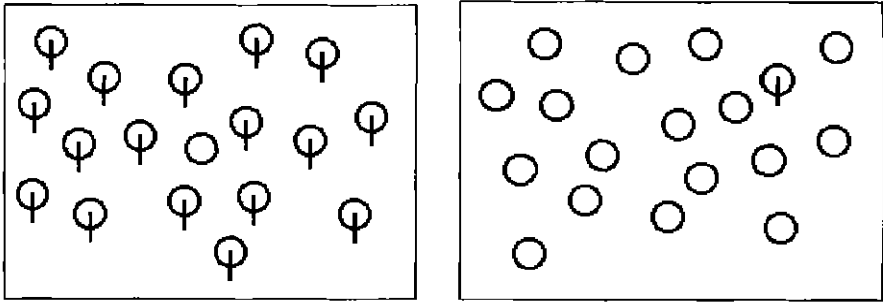


图 1 典型的视觉搜索非对称性实验。左边的图形是要求在带交叉线的圆中搜索圆; 右边的图形是要求在圆形中搜索带交叉线的圆。

视觉搜索的非对称性是视觉基本特征的前注意或平行加工的结果。认知心理学家把在某个突出维度上与其他干扰物显著不同的靶子称为“特征花牌”( feature singleton), 如颜色、运动、方向、凹面、封闭的拓扑特征<sup>[2- 4]</sup>, 而这些都是视觉系统进

行前注意加工的基本特征, 在搜索具有这些基本视觉特征的靶子, 即特征花牌时, 显示容量效应可以忽略。许多实验证实: 寻找一个基本特征的存在比搜索它的缺失要有效的多, 如: Treisman( 1988) 发现在直线轮廓中搜索弯曲线轮廓比较容

作者简介: 李永梅( 1978 ), 女, 山东泰安人, 硕士研究生。

易,反之则不易,这是因为在视觉搜索任务中,弯曲是基本特征,能在直线轮廓中突显<sup>[5]</sup>。因此,对视觉搜索的非对称现象的研究可作为理解视觉基本特征的依据。

近几年来,随着对视觉搜索的不断研究,又发现了新的非对称现象,如: Kristjansson 和 Tse (2001) 发现这样一种非对称性:在弯曲连续的图形中搜索弯曲不连续的图形,为平行搜索,反之则为系列搜索;在圆中搜索椭圆为平行搜索,反之则为系列搜索<sup>[6]</sup>。Previc 和 Naegle (2001) 用 3-D 图形做空间视觉搜索的实验,发现搜索图形的上部和下部效率是不同的,上部的搜索效率要高一些<sup>[7]</sup>。社会属性特征的搜索也有非对称性,Levin (1996, 2001) 用实验方法研究跨种族脸图搜索的非对称现象。作业任务有两个,一个是从相同种族脸图中搜索异族脸,另一个是从异族脸图中搜索某一种族的“原型”脸,并通过“原型脸”进行歪曲以提高或降低种族的特异性特征。结果显示让被试在相同种族脸图中搜索异族的脸图比反之容易,并由此推出是被试的社会认知关系和脸的种族的不同造成了这种搜索非对称<sup>[8]</sup>。这些实验均采用受语言环境影响较小的图形做实验材料,从而分析出哪些是视觉系统进行前注意加工的基本特征。

除了物理性的视觉特征,抽象的意义特征也能造成视觉搜索的非对称。Shen 和 Reingold (2001) 用以汉语为母语和以英语为母语的被试来搜索汉字组成的刺激,发现:非常态显示的字更容易被发现,而英语为母语者比汉语为母语者搜索更快,更有效。在 U-F (unfamiliar-familiar, 熟悉的干扰子中搜索不熟悉的靶子) 情况下,搜索非对称性和搜索效率受到熟悉的刺激和不熟悉刺激之间低水平特征不同的影响;在汉语人群中,当干扰子是熟悉的时,搜索更有效,而靶子的熟悉性或新颖性不是显著的因素<sup>[9]</sup>。Malinowski 和 Hübner (2001) 以斯拉夫人和德国人做被试,探讨靶子熟悉性对搜索绩效的影响。斯拉夫人既对拉丁字母 N 熟悉,也对西里尔字母镜像 N 熟悉,而德国人仅对字母 N 熟悉,实验是要求在 N 中搜索镜像 N,对德国被试而言为 U-F 搜索,对斯拉夫人而言为 F-F (familiar-familiar, 熟悉的干扰子中搜索熟悉的靶子) 搜索。实验发现,两种条件下两类被试都能进行有效的搜索。对此的解释是:过度学习的刺激行为可作为基本特征<sup>[10]</sup>。而对 Malinowski 和

Hübner 中的斯拉夫人在 F-F 条件下的搜索而言, N 与镜像 N 两者之间因为有低水平特征的不同(斜线的倾斜方向不同),从而使相似程度减弱,因而有比较快的搜索。因为熟悉性受到社会经验的影响及文化背景的影响,在视觉搜索作业中,刺激熟悉性是一重要变量。

## 2 影响视觉搜索非对称的因素

### 2.1 基于相似性的搜索非对称

Duncan 和 Humphreys (1989) 的刺激相似性理论认为目标搜索是由目标-干扰子之间的相似性和干扰子彼此之间的相似性决定的。目标与干扰子之间的相似性越小,干扰与干扰子之间的相似性越大,越容易组群,形成局部对比,从而使靶子突显。但是当靶子与干扰子间的差异足够大,例如用两种颜色做刺激,那么在搜索中两者都会突显,并且非对称将消失。这一方面是因为各个颜色维量之间为替代性特征,另一方面是由韦伯定律所决定。在方位、运动搜索中,靶子本身的特征性质不重要,而是靶子-干扰子之间的局部对比对靶子的突显起了关键作用<sup>[11]</sup>。

### 2.2 基于熟悉性的搜索非对称

除了相似性,视觉材料的熟悉性也制约着搜索效率。熟悉性并不是视觉模式本身的特性,它与被试对于此视觉模式的经验有关,即熟悉性具有可学习性。Wang (1994) 认为靶子与干扰子之间熟悉性的不同是平行搜索的必要条件,由于熟悉的项目激活度小,新颖的项目激活度大而导致上述结果。由此得出推论:熟悉性可作为基本特征。当靶子和干扰子都是熟悉的或新颖的时,在激活性上就没了区别,所以注意搜索就以系列方式进行<sup>[12]</sup>。Malinowski (2001) 认为在熟悉的干扰子中搜索熟悉的靶子是容易的,因为:在显示系列中,干扰子的数目一般要大于目标的数目,所以熟悉的干扰子使背景项目更容易组群,并且熟悉的干扰子也容易组群。由此得出:干扰子的熟悉性,而不是靶子与干扰子之间熟悉性的不同决定了搜索的效率<sup>[10]</sup>。两者都强调了刺激熟悉性的重要性。

### 2.3 基于原型-偏离假说的搜索非对称

此理论与强调干扰子的熟悉性相反,与强调靶子、干扰子之间熟悉度的差异具有异曲同工之效。根据这个假说:基于原型刺激(熟悉的刺激)的偏离变形具有更多的激活性,因此,在垂直的线组成的干扰子中搜索一条倾斜的线的靶子比反之容易,因为倾斜的线比垂直的线多了倾斜的特征,因

此有更多的激活性。新颖的刺激比原型的刺激具有更大的激活性,从而使得在低激活性的干扰子中搜索高激活性的靶子较快,而在高激活性的干扰子中搜索低激活性的靶子则慢得多。

#### 2.4 数量化的解释<sup>[13]</sup>

用目标值(T)和干扰子值(D)的差值与干扰子值的比值  $C(C = (T - D)/D)$ , 作为度量目标与干扰子之间的相对差异量的指标。并有假设: 目标搜索效率(K)与 C 值绝对值的函数关系为  $K = f(|C|)$ , 那么在目标大于或小于干扰子时分别存在一个  $C_p$  值, 使得  $C = C_p$  时  $K = 10$  毫秒/项目。当  $C \geq C_p$  时  $K < 10$  毫秒/项目, 目标搜索呈平行搜索, 当  $C < C_p$  时,  $K > 10$  毫秒/项目, 目标搜索呈系列搜索。所以造成搜索非对称的原因可能是: 一个条件的 C 值处于平行搜索范围内, 而另一条件的 C 值属于系列搜索的范围。若两种条件的 C 值都处于平行搜索范围内时, 其目标搜索出现搜索对称性

#### 2.5 三个理论的比较:

三个理论都可对在 U-F 情况下的有效搜索作出解释。相似性理论解释是: 不熟悉的靶子和熟悉的干扰子的相似性小, 使干扰子容易组群, 形成局部对比, 从而使靶子突显。但当靶子、干扰子角色互换时, 相似性程度一样, 就有不一样的搜索效率。熟悉性理论的解释是: 高的搜索绩效或产生于干扰子的熟悉性, 靶子的新颖性, 或产生于靶子新颖性和干扰子的熟悉性两者的结合。原型-背离假说则认为视觉搜索的非对称产生于靶子的激活性大小, 不熟悉的靶子具有更大的激活性, 因此可得到更多的注意加工。正如前面所提到的, 相似性理论不能解释在相同的刺激材料中, 不同的刺激条件, 如 U-F 与 F-U 条件下, 靶子与干扰子, 干扰子与干扰子之间的相似性差异一致, 却有不同搜索效率。而熟悉性理论却能很好地解释在 U-F 与 F-F 情况下均为有效搜索的现象, 是干扰子的熟悉性对搜索的非对称起了决定作用。原型-背离假说则可视为熟悉性理论的一个特例。数量化的解释是从阈限的角度对搜索的非对称性进行定义的, 它用数学语言来解释视觉搜索的非对称性, 为视觉搜索的非对称性判断提供了一个工具。在某种可量化材料的视觉搜索中, 可用于解释和预测其非对称现象。另外, 运用信号检测理论, 从信号-噪音比的角度来考虑, 靶子、干扰子噪音水平的不同和平行加工的有限容

量也可用来解释视觉搜索的非对称性现象。

#### 3 搜索非对称现象研究中的几个问题

现在的这些研究以不同的对象, 从不同的侧面对视觉搜索的非对称这种现象进行了研究, 比较一致的结论是这种现象的存在可作为视觉基本特征存在的依据, 至少在物理特征上是这样。但不同认知学家重复相似的实验, 在实验结果及结果的解释上却不一致。例如, Wang 等人的研究显示在 F-F 条件下, 搜索效率为低效的, 而 Malinowski 和 Hübner 的实验却得出在 F-F 条件下搜索高效的结果。显然这些研究结果并不一致, 从而得出不同的推论, 一方强调靶子与干扰子之间熟悉性的差异, 另一方强调干扰子熟悉性的重要。造成结果矛盾的原因可能是没有很好的控制额外变量, 如, 刺激材料间低水平特征不同的影响, 也可能是不同地区的被试采用了不同的搜索策略, 每一种解释都有不同的支持者。这种情况只会造成越来越多的重复实验, 所以, 以后的研究可考虑用生理反应跟踪实验过程, 用生理指标来度量实验数据, 克服局限性。另外还需注意的是:

3.1 许多关于搜索非对称的实验, 其实验设计本身就是非对称的。因此, 在实验设计时, 应把整个背景考虑进去<sup>[13]</sup>。

3.2 自从发现了视觉搜索的非对称现象之后, 人们在许多方面对其进行了研究, 既有具体的特征, 也有抽象的特征。这些特征是否就是形成视觉搜索不对称的根本原因, 还有待研究。

#### 4 研究视觉搜索非对称的意义及展望

在视神经研究中, 研究者把有效的视觉搜索作为某种基本视觉特征觉察器存在的依据。搜索具有前注意基本特征的靶子比搜索缺失那种特征的靶子要容易, 因此, 视觉搜索不对称现象在辨别作为基本特征的刺激维度时具有重要作用。以前对搜索的非对称的研究多停留在刺激的物理维度方面, 近年来, 心理学家们更多地注意具有社会意义的抽象维度方面。视觉搜索的非对称还表明: 干扰项的特点对某些靶子的搜索速率有影响。这提示搜索的实质不是简单的寻找靶子, 而是在加工靶子与干扰项的关系。

另外, 在实际生活中, 人们经常要从事某种视觉搜索任务(如, 复杂仪器中的特定信号搜索), 如何让信号从视觉“噪音”中突显以提高工效, 如何通过特定的显示设计使用户能优化分配注意资

(下转第 43 页)

[ 8 ] Zaphiris P, Mtei L. Depth vs breadth in the arrangement web links [ J/OL ]. Available at <http://otall.umd.edu/SHORE/bs04/>, 1997.

[ 9 ] Kevin L, Mary C. Web page designs: implication of memory, structure and scent for information retrieval[ D ]. CHI 98 • 18– 23 APRIL 1998, PAPERS: 25– 32.

[ 10 ] Balcytiene A. Exploring individual processes of knowledge construction with hypertext[ J ]. Instructional Sci-

ence, 1999, 27: 303– 328.

[ 11 ] Christof van N, Miriam P, Herre van O. The influence of structure and reading– manipulation on usability of hypertexts[ J ]. Interacting with Computers, 1999, 12: 7– 21.

[ 收稿日期] 2002-08-13  
[ 修回日期] 2002-10-30

( 上接第 39 页 )

源, 以达到缩短平均搜索时间, 迅速从多个干扰项中查找到目标, 也可从搜索的非对称研究中得到启发。

从对视觉搜索非对称研究的发展趋势来分析, 作为理解前注意视觉的一种工具, 可在此基础上进一步探讨这种现象的生理原因。另外, 既然视觉搜索的非对称是视觉基本特征的前注意加工的结果, 那么可把能在搜索中突显的特征应用于计算机界面设计, 从而使人类的认知加工更符合“认知经济原则”。

参考文献:

[ 1 ] Rosenholtz R. Search asymmetries? What search asymmetries? [ J ]. Perception & Psychophysics, 2001, 63( 3 ): 476– 489.

[ 2 ] Nagy AL, Cone SM. Asymmetries in simple feature search for color [ J ]. Visual Research, 1996, 36( 18 ): 2837– 2847.

[ 3 ] Royden CS. Visual search asymmetries in motion and optic flow fields[ J ]. Perception & Psychophysics, 2001, 63( 3 ): 436– 444.

[ 4 ] Hulieman J, Winkel WT, Boselie F. Concavities as basic features in visual search: Evidence from search asymmetries[ J ]. Perception & Psychophysics, 2000, 62( 1 ): 162– 174.

[ 5 ] Treisman A, Gormican S. Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries[ J ]. Psychological Re-

view, 1988, 95( 1 ): 15– 48.

[ 6 ] Kristjansson A, Tse PU. Curvature discontinuities are cue for rapid shape analysis[ J ]. Perception & Psychophysics, 2001, 63( 3 ): 390– 403.

[ 7 ] Previc FH, Blume JL. Visual search asymmetries in three– dimensional space[ J ]. Vision Research, 1993, 33( 18 ): 2697– 2704.

[ 8 ] Levin DT, Angelone B. Visual search for a socially defined feature: What causes the search asymmetry favoring cross– race faces? [ J ]. Perception & Psychophysics, 2001, 63( 3 ): 423– 435

[ 9 ] Shen J, Reingold EM. Visual search asymmetries: The influence of stimulus familiarity and low level features[ J ]. Perception & Psychophysics, 2001, 63( 3 ): 464– 475.

[ 10 ] Malinowski P, Hübner R. The effect of familiarity on visual search performance: Evidence for learned basic feature [ J ]. Perception & Psychophysics, 2001, 63( 3 ): 458– 463.

[ 11 ] Toph HC, Nothdurft. Feature analysis and the role of similarity in preattentive vision [ J ]. Perception & Psychophysics, 1992, 52: 355– 375.

[ 12 ] Wang QQ, Cavanagh P, Green M. Familiarity and popout in visual search[ J ]. Perception & Psychophysics, 1994, 56( 5 ): 495– 500.

[ 13 ] 马艳云, 沈模卫, 水仁德. 数量化维度的特征搜索 [ J ]. 心理科学, 2001, 24( 3 ): 283– 285.

[ 收稿日期] 2002-07-23  
[ 修回日期] 2002-10-30