

整体与部件表征在物体图形识别中的作用*

何海东 焦书兰 丁锦红

(中国科学院心理研究所, 北京 100101)

摘要 研究通过三个实验探讨了物体表征及其对识别的影响,特别是整体与部件的关系。实验一主要研究物体整体与部件分别对物体识别的影响;实验二考察部件之间的相对距离、分割方式对物体识别的影响;实验三对自然分割和非自然分割的信息表征特点进行了进一步探讨。结果表明:(1)被试在识别被人为分成几个部分的图形时,可能运用心理操作将各部分“拼凑”起来,然后再进行识别。(2)对物体的表征是多元的,既可以通过整体特征达到对物体的识别,也可以通过局部特征识别物体。(3)部件的表征具有一定独立性,可以通过部分信息完形出整体,而不受物体熟悉度的影响。如果能够识别构成物体的部件以及确定其间的空间关系,就可以实现对物体整体的识别,但部件识别不是物体识别的绝对前提。

关键词 物体,图形,识别,分割,熟悉度。

分类号 B842

1 引言

格式塔心理学家认为,物体是以整体而被知觉的。然而,这种观点还比较笼统,难以精确说明人类表征物体的形状并以此识别这个物体的过程。Marr^[1]从计算机信息加工角度出发,提出了计算视觉理论,按照这一理论,视觉系统首先要对视觉信息进行低层次加工,例如边界觉察、纹理变化等,以获得识别物体所必需的基本元素。然后对这些基本元素进行组织,进而构成一个物体。表象是这一理论的一个重要概念,它包括一些可以从图像表面物理信息推导出的表征元(Token),这些表征元可以指定方向、亮度、大小、位置等的特征值,它们分别对应于物体表面的实际物理变化,如斑点、线条、边缘等,以这些表征元为基础,便可以构成以观察者为中心的关于物体的二维半(2 $\frac{1}{2}$ D)表征。与Marr的计算视觉理论相比,Biederman^[2]的RBC(Recognition By Components)理论更注重高一层次的物体表征,特别是形状表征。该理论认为,任何物体形状都可以被分解为一些有限数量的基本形状单元,Biederman称之为Geon。几个Geon以一定的相互关系构成一个物体,这些Geon本身具有方位不变

性,即从任何角度都应该可以识别,而识别Geon是识别整个物体的前提。Geon的这种方位不变特性,使得我们能够从某一物体的不同方位确认出它是同一个物体。

物体的确可以分解为这些基本的形状单元,这是否意味着我们对物体的表征一定是以这些基本单元为基础的?是否意味着我们识别物体时必须先将物体分解为部分,并将这些部分与表征中的Geon相比较,然后再根据表征中Geon关系达到对物体的识别?

按照Biederman^[2]和Hoffman^[3]的观点,分解物体时是以物体形状出现凸凹,或者表面曲率变化最大的地方为基础的,因为凸凹的地方往往是两个基本形状单元相交叉的地方。根据这种分解原则,Cave和Kosslyn^[4]采用自然分割和非自然分割的方法,对物体识别时是否必须先将物体分解为基本形状单元的问题进行了研究。自然分割是根据物体凸凹,将其分解为“自然”部件;而非自然分割则是随意地对物体进行分解。Cave和Kosslyn假设,如果识别物体时确实需要先将物体分解为基本形状单元,那么在自然分割的方式下,等于已经将物体图形进行了分解,不需要大脑再去分割,因此,自然分割应该更有助于物体识别。然而他们的实验结果却表

本文初稿收到日期:1999-01-08,修改稿收到日期:1999-06-25。

* 国家自然科学基金资助项目(39400042)。

明,自然分割并不比非自然分割更利于物体识别,完整物体图形的识别优于分解物体图形的识别。这一结果说明,将物体表征为部件集合并不是识别物体的必经之路,至少不是唯一途径。

本研究拟进一步探讨物体表征及其对识别的影响,特别是整体与部件的关系。实验一主要研究物体整体与部件分别对物体识别的影响。实验二考察部件之间的相对距离、分割方式对物体识别的影响。实验三对自然分割和非自然分割的信息表征特点进行了进一步探讨。上述三个实验中,都将熟悉性作为一个主要因素,以期了解物体熟悉性是否影响物体表征方式。

2 实验一

本实验所要研究的问题是,识别物体时是否需要将物体的部件先识别出来。在本实验中,我们对物体的线条图进行一定处理,使得物体细节模糊不清,但总体轮廓则未受太大影响。

2.1 被试 本实验有 36 名一年级大学生参加,男女各半,所有被试的视力或矫正视力均在 1.0 以上。

2.2 材料 实验中所用的 40 幅图形均选自 Snodgrass^[5]图集,根据舒华等^[6]用中国被试得到的关于此图集的熟悉度等参数,我们将其中 20 幅图形规定为高熟悉度物体(熟悉度值大于 4),另外 20 幅图形规定为低熟悉度物体(熟悉度值小于 3)。其中个别物体如手枪,虽然熟悉度值为 3.5,但我们认为手枪常见于图书和影像中,故在本实验中被视为高熟悉度物体。每幅图形均以两种方式呈现给被试,一是以原图方式,一是以模糊方式。图形被模糊的方法是,将物体图像点阵分为长宽各 6 个像素的方形区域(图像的大小约为 160×160 个像素)。在每个方形区域内,原来的像素位置被随机打散,例如原来在某一个区域内有 7 个像素在图形的一条线上,被打散之后,这 7 个像素被分散到这个小方形区域中,因而不在于一条线上了。此外,在每个区域中还加上 2 个像素的干扰点,这样,在原来空白的区域中也有随机黑点,进一步降低了局部的可辨认程度。这种处理分别局限在小区域进行,从整体上看,物体图像原有的明暗分布格局并未发生大的变化,轮廓保持不变。

2.3 程序 被试分成两组,一组被试识别原图,另一组被试识别处理后的模糊图;每个被试共识别 40 幅图形。在这里,模糊细节是一个被试间变量,而熟悉度则是一个被试内变量。实验时,被试坐在计算机屏幕前 55 厘米处,物体图形在屏幕上呈现 200 毫

秒,然后被试进行命名,计算机通过声音开关记录被试的反应时,主试记录被试命名的物体名称。

2.4 结果和讨论

各种条件下的平均正确识别反应时及识别正确率见表 1。

表1 各种条件下的平均识别正确率(%)
和正确识别反应时(毫秒)

呈现方式	高熟悉度	低熟悉度
原图呈现	97(963)	80(1423)
模糊细节呈现	79(1469)	53(1650)

注:括号内为正确识别反应时。

识别正确率的 MANOVA 分析结果表明,熟悉度有非常显著的主效应($F(1, 33) = 73.32, P < 0.01$)。高熟悉度图形识别正确率高于低熟悉度图形的识别正确率,即物体的熟悉度值确能反映其图形识别的难易程度。同样,模糊细节也明显降低了被试的识别正确率($F(1, 33) = 31.68, P < 0.01$)。然而,尽管模糊细节影响了被试的识别效率,但在模糊细节的条件下,被试对高熟悉度和低熟悉度物体的识别正确率仍然分别达到了 79% 和 53%。模糊细节和熟悉度的交互作用非常接近显著性水平($F(1, 33) = 3.93, P < 0.056$)。进一步分析发现,高熟悉度和低熟悉度条件下,模糊细节的作用分别为 $F(1, 33) = 29.04, P < 0.01$ 和 $F(1, 33) = 22.43, P < 0.01$,两种条件下的模糊细节的作用程度不同,但作用方向相同。

在正确识别反应时方面,熟悉度的主效应为 $F(1, 33) = 19.41, P < 0.01$;模糊细节的主效应为 $F(1, 33) = 8.92, P < 0.01$,熟悉度和模糊细节没有交互作用。

在模糊细节的条件下,图形细节被打乱,且呈现的时间很短,被试很难将图形先分解成部件再进行识别,因此,图形的正确识别只能归功于图形的整体轮廓特征,或者图形整体的空间明暗分布格局。在识别正确率的分析中,熟悉度和模糊细节的交互作用达到 0.056 的水平,这可能意味着,识别不熟悉物体比熟悉物体更依赖于细节。熟悉度和模糊细节的反应时之间不存在交互作用,由此可见,模糊细节所影响的主要是能否识别物体,而不是识别速度。

3 实验二

从识别物体不必将物体首先分解为部件这一点来说,实验一的结果与 Cave 等的结果是一致的。因此,物体的表征既有整体特征的特征,也有局部特征

的表征。Cave 的实验主要关心的就是局部的表征。在 Cave 的实验中,图形被分解的各个部分在呈现时,其相对位置比较近,这导致各部分之间有很明显的弥合线索,特别是在非自然分割的条件下,这种线索更为明显。根据这种线索,被试可能通过心理操作先将各部分“拼”成一个完整的图形,然后再进行识别,也许这会使图形识别更为容易。假设自然分割确实比非自然分割容易识别,那么,这种“心理操作”对识别物体就会起到阻碍作用,很可能导致 Cave 实验结果的混淆。因此,为了消除这种线索的影响,本实验除了分割方式和熟悉度外,还加入了一个新变量,即在保持各部分之间相对空间关系保持不变的情况下,呈现时改变各部分之间的相对距离。

3.1 被试 参加实验二的被试有 72 名一年级大学生,男女各半,视力或矫正视力均在 1.0 以上。

3.2 材料 实验二从 Snodgrass^[5]图集中选用了 20 幅图形。同样,根据舒华等^[6]的数据,其中 10 幅图为高熟悉度物体,10 幅图为低熟悉度物体。一般每种图形均可分成 3—4 个部件,个别图形分成 2 或 5 个,这取决于物体自身的特点。分割的方法有两种,一种是自然分割,即在线条连接的凹凸处进行分割,被分割的部分是一个独立部件;另一种情形是非自然分割,每个图形被随机分割成与自然分割同样多的部分。

3.3 程序 被试被分成 4 组,每组被试参加以下四种实验处理中的一种:远距离自然分割,远距离非自然分割,近距离自然分割,近距离非自然分割。近距离呈现时,图形各部分之间的相对距离约为 1 厘米(1.04 度视角),与 Cave 等的实验条件大致相同,被试观察各部分时不需要眼动或只需很小的眼动。远距离呈现时,各部分之间在保持相对空间关系不变的基础上,距离增至 10 厘米(10.40 度视角),被试在观察图形时,需要进行较大幅度的眼动。每个被试都对 20 幅物体图形进行识别,这样,在本实验中,距离和分割方式是被试间因素,熟悉度是被试内因素。实验过程与实验一类似,但不同的是,图形停留在屏幕上直到被试做出反应,或达到 15 秒的时间限制时才消失,然后呈现下一个图形。

3.4 结果和讨论

各种条件下的平均正确识别反应时和识别正确率见表 2。

对识别正确率的 MANOVA 分析表明,熟悉度的主效应依然十分显著($F(1, 67) = 166.11, P < 0.01$)。相对距离的作用也非常明显($F(1, 67) =$

表2 各种条件下的平均识别正确率(%)
和正确识别反应时(毫秒)

分割方式	高熟悉度	低熟悉度
自然分割		
远距离呈现	81(3242)	46(5393)
近距离呈现	96(1665)	79(3220)
非自然分割		
远距离呈现	82(3690)	38(4797)
近距离呈现	92(2192)	78(3023)

注:括号内为正确识别反应时。

60.61, $P < 0.01$),相距较远时,识别显得更困难一些,一个可能的原因是,被试在识别过程中,确实需要运用心理操作将图形各部分拼凑起来。熟悉度和相对距离具有明显的交互作用($F(1, 67) = 34.38, P < 0.01$),其中高熟悉度物体的相对距离之间的差异为 $F(1, 67) = 19.06, P < 0.01$;低熟悉度物体的相对距离之间的差异为 $F(1, 67) = 67.01, P < 0.01$ 。这可能是由于较熟悉物体容易表征,当部件之间的相对距离增大时,能够较容易地进行心理操作,从而实现物体识别。相反,不熟悉物体的心理表征较困难,当需要进行进一步心理操作时,难度也相应较大。与 Cave 实验一样,本实验中的分割图形方法对物体识别无显著性影响,分割方法与相对距离之间也没有交互作用,这说明在 Cave 实验中,我们所担心的“弥合”线索并未对实验结果造成混淆。

与正确率相似,不同熟悉度图形的正确识别反应时之间差异显著($F(1, 67) = 56.43, P < 0.01$);相对距离对物体识别也有显著影响($F(1, 67) = 27.69, P < 0.01$);而分割方法的作用不明显;三者之间没有任何交互作用。

4 实验三

为什么分割方法对物体识别没有影响呢?其实,在非自然分割的情形下,随机分割后的部分图形,往往包含几个部件的交叉部分,因此,每个部分所包含的信息也许较自然分割所形成部分中的信息还要多一些。按照 RBC 理论,有限基本部件是构成众多物体的元素,从部分推导这些基本部件的整体形状应该还是比较容易的^[2]。另外,部件之间的空间关系对识别非常重要^[5]。非自然分割情形下,各部件之间的原始空间关系较之将各部件分开并平移更为明显。因此,非自然分割在所含信息量及空间位置关系上可能反而优于自然分割,识别效果应当更好。然而,到目前为止我们所讨论的情形虽然是

物体图形分割开来识别,但每个图形的所有信息都同时存在。在 Cave 等的实验只包括了自然分割条件下不完全图形的识别,如果信息不完整,也许我们能够发现这两种分割方法的差别。因此,在实验三中,我们将比较两种分割条件下不完全图形的识别情况,以证实我们的想法。

4.1 被试 36 名一年级大学生参加本实验,男女各半,视力或矫正视力均在 1.0 以上。

4.2 材料 实验三使用实验二所用的 20 幅图形。但不论是自然分割还是非自然分割,在实验二中可以被分成 3、4、5 部分的图形,在实验三,只有随机选出的 2 部分或 3 部分被呈现出来。

4.3 程序 被试被分成 2 组,一组被试识别非自然分割不完整图形,一组被试识别自然分割不完整图形。图形部分之间均为近距离条件,实验过程与实验二完全相同。

4.4 结果和讨论

我们将实验三的数据与实验二中近距离条件下的数据合并在一起进行分析,这样我们有除熟悉度、分割条件之外的第三个因素,即图形的完整性。同样,只有熟悉度是被试内因素。表 3 是各种条件下的识别正确率和平均正确识别反应时。

表3 实验三各种条件下的平均识别正确率(%)
和正确识别反应时(毫秒)

分割方式	高熟悉度	低熟悉度
自然分割		
完整呈现	96(1665)	79(3220)
不完整呈现	72(4768)	50(5589)
非自然分割		
完整呈现	92(2192)	78(3023)
不完整呈现	89(2444)	71(3808)

注:括号内为正确识别反应时。

对识别正确率的 MANOVA 分析结果表明,图形的完整性具有明显的主效应, $F(1, 68) = 30.3, P < 0.01$, 令人感兴趣的是,分割方法在实验三中产生了明显的主效应 ($F(1, 68) = 8.83, P < 0.01$), 进一步还发现,图形的完整性和分割方法存在明显的交互作用 ($F(1, 68) = 14.81, P < 0.01$)。通过观察表 3 的数据我们发现,产生这些主效应和交互作用的原因是:(1)在非自然分割的条件下,当图形从全部呈现变为部分呈现时,识别正确率没有较大的变化;(2)在自然分割的条件下,当图形从全部呈现变为部分呈现时,识别正确率却下降很多。正如我们实验前所推测的,在非自然分割的条件下,当图形变

为部分呈现时,虽然图形变得不完整了,但由于每一部分往往包含有几个部件的部分信息,被试可以从部分信息中完形补充出更多信息,总体信息损失较小,因而与图形全部呈现时差别不大。而在自然分割的条件下,由于部分呈现时剩下的一个部分就只是一个部件,完全失去了其他部件的信息,没有线索可以推导,因而被试的识别正确率就大大降低。在实验三中,熟悉度的主效应仍然非常显著 ($F(1, 68) = 71.89, P < 0.01$)。但熟悉度和其他两个因素没有任何交互作用。这说明熟悉度只影响物体图形整体的识别,而对部件识别没有太大的影响。这是因为不论是高熟悉度物体图形还是低熟悉度物体图形,在非自然分割的条件下被试都以同样的趋势从部件的部分信息中推导整个部件的信息。事实上, Snodgrass^[6]以及舒华等^[7]的熟悉性数据,只是针对整个物体而言,而不涉及该物体的部件。由于所有物体都是由一些基本部件组成,所以,这些基本部件的熟悉性相差不大。

正确识别反应时与正确率的结果非常一致, MANOVA 分析表明,图形完整性的主效应为 $F(1, 68) = 9.86, P < 0.01$, 分割方法的主效应为 $F(1, 68) = 4.46, P < 0.05$, 熟悉度的主效应为 $F(1, 68) = 30.98, P < 0.01$, 图形完整性和分割方法的交互作用为 $F(1, 68) = 12.98, P < 0.01$ 。同样,也没有其他交互作用。

5 总讨论

目前,认知心理学家主要是通过人识别物体的效率来间接推理物体的内部表征。Biederman 的 RBC 理论^[2]将物体的表征分解为一些基本的元素,类似化学家将物质表示为化学元素这样的逻辑,因此很有吸引力。Cave 等^[5]根据 RBC 理论作如下推理:如果我们确实将物体表征为各个部件的组成,那么我们必须先识别各个部件,确定部件之间的空间关系,然后达到对物体的识别。因此,将物体按自然方式分割,这与头脑工作方式是一致的,相当于用人工方法替大脑做了这部分工作。而非自然分割则干扰了脑的这种工作方式,因此,自然分割将比非自然分割应具有较高的识别效率。然而,Cave 等^[4]的实验结果却表明,这两种方式之间并没有差别。因此他们认为,人识别物体并不需要部件识别出来。那么,整体和部分之间还有没有关系呢?

实验一中我们用细节信息模糊方法证明了整体和部件的关系。结果表明,虽然识别效率在一定程

度上受到影响,但物体在很大程度上仍然可以通过整体的轮廓信息识别出来。这至少说明部件表征并不是物体表征的唯一方式,但也不能完全否认部件表征在物体表征中的作用。

在 Cave 的实验中,由于物体被分解的各部分之间相距较近,被试可能是先将各部分进行心理操作拼凑在一起,然后才开始识别的,这种倾向在非自然分割的条件下最为明显,这种倾向可能导致 Cave 等实验结果的混淆,因此,在实验二中,我们在 Cave 等实验的基础上补充了部件之间距离较远的情形以消除这种倾向。在距离较远的情形下,我们同样发现自然分割和非自然分割无差别。总体而言,距离越远,被试识别的效率越差,然而,我们还发现熟悉度和距离之间有交互作用,这种距离效应对低熟悉度物体影响更大。距离效应使我们相信,虽然也许不存在“弥合”线索,但被试可能确实在进行心理操作,以便将分离的图形“拼凑”起来,然后再进行识别。相对而言,由于高熟悉度物体容易形成鲜明的轮廓,即存在轮廓效应,相应的表征也较容易形成,因此,对其进行心理操作时所需资源较少。

在实验二中,不论自然分割还是非自然分割,关于物体形状的所有信息都呈现在被试面前,被试的任务主要是将这些信息拼凑起来,也许这不能更好地反映信息表征特点。按照我们的假设,在非自然分割的条件下,一个部分往往含有几个部件的部分信息,而且由于这种分割方式保持了各部件连接的部分,部件之间相对空间关系的信息更为明显,因此在非自然分割的条件下或许存在某种信息优势。因此,在实验三中,我们只呈现了实验二中物体某些部分的碎片,结果发现,在这种实验条件下,被试对非自然分割图形识别的效率比自然分割图形更高,与我们的假设一致:非自然分割的一个部分同时包含几个部件的信息,被试可以通过心理操作将各个部件更多的信息完形出来;而在自然分割的条件下,一个部分就是一个部件,而且部件之间被分开,失去了原有的直接空间关系,因而信息反而不如非自然分

割情形下更为充分。实验三的结果实际上是支持 RBC 理论的,即物体的形状表征包含对基本部件的形状表征,基本部件的表征比较容易达到,并且不受物体熟悉度的影响。如果能够识别物体部件、确定其间的相互关系,就可以识别该物体。然而,对部件的识别不一定是物体整体识别的绝对前提。

6 结 论

(1) 被试在识别被人为分成几个部分的图形时,可能运用心理操作将各部分“拼凑”起来,然后再进行识别。

(2) 对物体的表征是多元的,既可以通过整体特征达到对物体的识别,也可以通过局部特征识别物体。但什么时候整体特征具有优势,什么时候局部特征具有优势,尚有待进一步探讨。

(3) 部件的表征具有一定独立性,可以通过部分信息完形出整体,而不受物体熟悉度的影响。如果能够识别构成物体的部件以及确定其间的空间关系,就可以实现对物体整体的识别,但部件识别不是物体识别的绝对前提。

参 考 文 献

- 1 Marr D. Vision. San Francisco: Freeman, 1982
- 2 Biederman I. Recognition-by-components: A theory of human image understanding. *Psychological Review*, 1987: 115—147
- 3 Hoffman D D, Richards W A. "Parts of recognition". In *Visual Cognition*, MIT press, 1985. 65—96
- 4 Cave C B, Kosslyn S M. The role of parts and spatial relations in object identification. *Perception*, 1993, 22:229—248
- 5 Snodgrass J G, Vanderwart M. A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 1980, 6(2):174—215
- 6 舒华,程善元,张厚粲. 253个图形的命名一致性、熟悉性、表象一致性和视觉复杂性评定. *心理学报*, 1989, (4): 389—396

THE ROLE OF REPRESENTATION OF THE WHOLE AND THE COMPONENTS IN OBJECT IDENTIFICATION

He Haidong Jiao Shulan Ding Jinhong

(Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract

Three experiments were conducted to investigate the influences of object representation on its identification, especially the relationship between the whole and the components. Experiment one dealt with how the components and the whole impact on the identification of an object. The second experiment investigated on the role of relative distances and parting methods in identifying an object. Finally, the representation of objects was studied when they were naturally and non-naturally parted. The results indicated that: (1) when an object was separated into parts, mental operations were used to merge them during identification; (2) the object could be identified through either the components or the whole; (3) representation of different components were independent of each other, an object could be figured out regardless of its familiarity. The objects could be identified if their components and their space relationships were obtained. However, identification of components was not the absolute condition for identifying an object.

Key words object, picture, identification, parting, familiarity.