功能短句的语义成分对两可自然物体分类的影响

王哲¹, 严璘璘¹, 孙宇浩^{1*}, 傅小兰^{2,3*}

1. 浙江理工大学心理学系, 杭州 310018;

2. 中国科学院心理研究所, 北京 100101;

3. 中国科学院大学, 北京 100049

* 联系人, E-mail: sunyuhao@zstu.edu.cn; fuxl@psych.ac.cn

2016-07-18 收稿, 2016-08-26 修回, 2016-08-29 接受, 2016-11-21 网络版发表

教育部人文社会科学研究项目(15YJC190022)、浙江省自然科学基金(LQ16C090003, LY16C090005, LY13C090005)和国家自然科学基金(31100737, 31371032, 61375009)资助

摘要 已有研究发现, 用自然语言短句描述物体功能会影响人们对两可物体的分类. 本研究请96名大学生阅读多个经过设计、筛选的两可物体, 用自然语言呈现其“正常功能”和“异常功能”, 以此恒定并且排除掉自然语言中必然出现的句法成分, 保留语义成分, 以此考察语义成分对物体命名的特异效应. 实验结果表明, 人们在正常功能条件下将两可物体分类为人造物的比率显著高于在异常功能条件下将两可物体分类为人造物的比率, 而且物体功能的合理程度评分越高, 被分类为人造物的可能性就越大. 研究提示, 人们对物体功能的理解在人造物分类过程中起关键作用, 研究结果支持基于用途的人造物分类模型.

关键词 人造物, 分类, 设计, 功能, 意图

人造物(如椅子、桌子和书本等)和人们日常生活密切联系. 这类物体和自然物(如动物和植物)有不同的认知神经加工机制, 此假设已得到行为实验、脑损伤病例和神经功能成像等实验证据的支持^[1~3]. 人造物概念加工的内部过程是怎样的? 基于意图的模型^[4,5]认为, “设计意图”是人造物概念的核心成分; 人们通过推测一件物体创造者的“设计意图”给物体分类, 并据此进行各种与物体知识有关的推理. 支持这个观点的实验证据主要是人造物的分类、命名和推理会受到“设计功能”(intended function)的影响^[6~11]. 然而基于用途的模型^[12~14]提出, “使用目的”是人造物概念的核心成分(图1); 在特定语境(context)中, 人与物体的互动关系(物体的功能)将物体的各种属性(如物体的外形和材质)与某种“使用目的”联系起来, 使人造物概念的语义组织得以自洽(coherence), 进而能完成各种与物体知识有关的推理. 这个观点既可以解

图1 基于用途的人造物概念加工模型^[12~14]

Figure 1 A utility-based artifact concept processing model^[12~14]

释设计功能的作用, 又可以解释与设计意图无关的功能对人造物分类、命名和推理任务的影响^[15~17]. 从第三方的角度看, 上述两种观点的相同在于, 二者都是基于目的(purpose-based)^[18]的解释; 两种观点的区别在于, 当人们对人造物概念做分类和知识推理时, 究竟是以物体的“创造者”还是以“使用者”的目的为

引用格式: 王哲, 严璘璘, 孙宇浩, 等. 功能短句的语义成分对两可自然物体分类的影响. 科学通报, 2017, 62: 394–399

Wang Z, Yan L L, Sun Y H, et al. The semantic component of the short functional depiction affects categorization of the ambiguous naturally formed object (in Chinese). Chin Sci Bull, 2017, 62: 394–399, doi: 10.1360/N972016-00605

判定依据。

孙宇浩等人^[13]用短句(自然语言)描述物体的功能,发现物体的功能对领域水平的物体分类(人造物/自然物)有显著影响,即描述物体的功能会导致被试倾向于将物体分类为人造物而不是自然物。但因为短句本身既包括语义信息(semantic information)又包括语法信息(syntactic information),所以仍需寻求更直接的证据表明语义信息会产生特异的作用。如果能在实验条件和控制条件下保持短句的语法信息恒定,同时操控短句的语义信息作为自变量,那么,实验结果就能显示出语义信息对人造物分类的特异性效应。

本研究将实验的关键自变量设定为物体功能的合理程度(plausibility)^[16]。基于用途的模型提出,如果功能合理,人们就能把物体的功能、承载功能的外形和当前语境联系起来;如果功能不合理,物体的功能、外形和当前语境就不能匹配。例如,如果某个物体的外形被描述为“在细长的几根枝条上,长着几层重叠和相邻的树叶,它们被很多密集的细丝连接成了相当厚的一大片”;那么“用它在身上披着遮挡雨水”就是合理的(plausible),“用它在地上滚动着运东西”就是不合理的(implausible)。

实验任务沿用短句范式^[12~14],即被试用自然语言描述两可物体的外形、材质、成因¹⁾和功能,并给物体命名。功能分为两个条件:“合理功能”或“不合理功能”。如果功能短句的语义信息会影响物体的分类,则以被试将物体命名为某种人造物的反应数量为指标,“合理功能”条件下的成绩应该显著高于“不合理功能”条件下的成绩。

1 方法

(i) 被试。大学本科生102人(男53,女49),平均年龄20.7岁(最低18岁,最高24岁)。经询问,被试

表示知情同意参与本研究。

(ii) 材料和设计。实验材料共有6个项目。各项目都包括描述物体外形、材质和自然成因的短句。组间设计,将被试随机分配到2种实验条件中(物体功能的合理性高和低)。6个项目功能合理性较高和较低条件下的详细内容见表S1。

每个项目都要求被试自由命名、评估物体功能的合理程度(1~9级)、陈述命名理由。

(iii) 纸笔测试。实验在安静教室中进行。手册包括1个封页和6个测试页面。指导语说明实验考察人们如何分类物体,不考察个性或智力,要求被试按自己的判断回答。实验持续约15~20 min。

2 结果

根据命名反应的编码规则(详见附录1),将102名被试的反应分为4类,即人造物范畴(A)、自然物范畴(N)、模糊反应(如“占卜用的东西”)和无效反应(如“不知道”)。编码者间一致性Cohen's Kappa = 0.91。6名被试因无效反应达50%(3个项目)被剔除。96名有效被试(合理性高、低条件下,被试各有49和47人)的有效反应552项,占总反应数95.83%。

做三重统计分析。(i) 操纵核查(manipulation check)。比较每个实验材料项目在“功能合理性高”和“功能合理性低”两种条件下得到的评分是否有显著差别。确保实验自变量的变化确实操纵了物体功能的合理性。(ii) 根据操纵核查结果剔除无效项目;考察有效项目的功能合理性评分和分类频次的关系。(iii) 考察合理性、分类和理由之间的关系。

2.1 自变量操纵的核查

比较6个项目在实验设定的合理性高、低条件下得到的合理性评分发现4个项目(土块、树叶、龟壳、

表1 高合理性和低合理性条件下6个项目的合理性评分的平均值(和标准差)^{a)}

Table 1 The mean rating of the 6 items under high and low plausible conditions (and SD)^{a)}

合理性	土块	树叶	龟壳	藤条	树枝	竹枝
高	6.00(2.08)	5.69(2.05)	6.57(2.02)	5.33(2.02)	5.14(2.48)	4.78(2.48)
低	4.23(2.39)	3.62(2.12)	4.21(2.16)	4.49(2.06)	5.02(2.06)	4.49(2.15)
<i>t</i> (94)	3.83***	4.83***	5.47***	1.99*	0.26	0.60

a) 双尾检验, *: $P < 0.05$; ***: $P < 0.001$

1) 根据以往研究^[13],为两可物体描述一种自然成因可避免功能信息产生天花板效应,更好地说明功能信息会影响物体分类

藤条)符合自变量操纵,2个项目(树枝、竹枝)未实现自变量操纵(表1).剔除两个操纵无效的项目,留下4个操纵有效项目做下列分析.

2.2 分类偏向

统计每种条件下各被试的3种分类频次(最大4,最小为0).定义“分类偏向”(D)为人造物范畴和自然物范畴的频次之差($D=A-N$, 分别表示被试的命名全都属于人造物或自然物.以被试为随机变量时,最小值-4,最大值+4).该指标综合反映分类倾向^[19].表2为汇总后结果.以分类偏向(D)为因变量,做以下3种分析.

(i) 高、低合理性条件的两水平独立样本 t 检验.结果显示,合理性效应显著, $t(94)=2.63$, $P=0.01 < 0.05$, 说明被试的分类在功能合理性高的条件下,偏向人造物范畴的程度大于功能合理性低的条件.此结果意味着描述物体功能短句中,语义成分对物体分类有影响,而自然形成的成因信息会被忽略.

(ii) 以被试为随机变量($N=96$),合并两种条件反应,计算功能合理性(1,9)和分类偏向(-4, +4)的相关性, $\text{Pearson's } \rho(95)=0.324$, $P=0.001$.某被试给物体功能的合理性评分越高,其分类就越偏向人造物领域,而自然形成的成因信息会被忽略掉.

(iii) 以项目为随机变量($N=8$),合并两种条件下的反应,计算功能合理性(1,9)和分类偏向(-49, +49)的相关性, $\text{Pearson's } \rho(7)=0.75$, $P=0.03$.物体功能的合理性和分类偏向显著正相关表明,某项目的功能合理性评分越高就越可能被分类为人造物,而自然形成的成因信息会被忽略.

2.3 命名的理由

整理所有被试命名物体的理由.首先排除无效理由(如“猜的”,详见附录2),得到有效理由262项(如“形状”,占总数75.9%).有效理由编码3类:外形、功能和成因(编码规则详见附录1).编码者间合理性,

$\text{Kappa}(\text{形状})=0.81$, $\text{Kappa}(\text{功能})=0.87$, $\text{Kappa}(\text{成因})=0.87$.统计每个被试命名各项目的理由类型和频次(表3).

以理由的列举频次为因变量,做2(功能合理性:低和高) $\times$ 3(理由类型:形状、功能和成因)重复测量方差分析.结果显示,合理性主效应显著, $F(1,80)=7.26$, $P=0.009$;理由类型的主效应显著, $F(2,160)=29.93$, $P<0.001$;交互作用不显著.结果说明,(i) 功能合理性对命名理由的影响模式及其对分类偏向的影响模式完全相同,说明命名理由的总数量与分类偏向密切联系,一定程度上反映被试命名之前的思考过程.(ii) 3种理由的重要程度不同.从频次上看,功能最重要,外形其次,成因最不重要.简单效应分析表明,合理性高、低两种条件下,列举功能频次的差异边缘显著, $F(1,80)=3.30$, $P<0.07$;列举外形频次的差异不显著, $F(1,80)=0.09$, $P=0.76$;列举成因频次的差异也不显著, $F(1,80)=0.19$, $P=0.65$;结果表明,物体功能合理性对理由列举造成的影响也有差别,功能受影响最大,其他两种属性未受影响.上述两个结果也显示,功能短句的语义成分影响了被试的反应.

3 讨论

本研究主要得到3个成果.(i) 实验证实了操纵物体功能合理性的技术是有效的,可以用不同版本的短句描述物体的功能,并且通过对照分离出短句中的语义成分和句法成分,比较好地解决了以往研究中语义因素和句法因素容易混淆的问题.(ii) 实验发现了即使实验明确告知被试物体是自然形成的,物体功能的合理性仍能显著影响被试的分类.因为自然形成的物体不存在所谓“设计意图”,所以这个研究说明,即使完全不存在设计意图的作用,人们仍然可以顺利地加工人造物概念.(iii) 实验发现了在功能合理性高的条件下,分类反应偏向人造物范畴的程度较强;在功能合理性低的条件下,分类反应偏向人造物范畴的程度较弱,这意味着人的目的、物体

表2 功能合理性高低条件下人造物反应和自然物反应的频次之差的平均数(和标准误)

Table 2 The Mean (and SE) of artifact response frequency minus natural things response frequency under high and low plausible conditions

合理性	反应的类型			人造物-自然物
	人造物(A)	自然物(N)	两者皆非	
高	3.27(0.14)	0.49(0.11)	0.18(0.07)	2.78(0.24)
低	2.62(0.17)	0.81(0.13)	0.32(0.09)	1.81(0.28)

表 3 被试给人造物反应和自然物反应列举的 3 类理由频次均值(标准误)

Table 3 The Mean (and SE) of the 3 kinds of naming reasons for artifact and natural thing

合理性	理由		
	外形	功能	成因
高	0.42(0.05)	0.68(0.05)	0.16(0.04)
低	0.31(0.05)	0.53(0.06)	0.19(0.04)

的属性和环境的互动关系越紧密,被试将物体分类为人造物的倾向越强。总之,3个发现都很好地符合基于“使用目的”的人造物加工模型。

孙宇浩等人^[12]曾使用物体命名任务和自由列举任务,探测物体的成因影响物体分类的中间过程,发现在不同成因条件下,被试列举物体功能作为理由的数量有显著差异(平衡其他变量后,被试将物体分类为人造物的反应较多,则列举的功能属性也较多;反之则较少);但是列举物体成因或意图的数量极少(少到无法做统计分析)。成因和功能的共变提示,物体的成因影响物体分类的中间步骤可能是激活物体的功能。之后,王哲等人^[14]发现,“角色效应”(代表主动角色的人称代词“你”会阻断物体成因对分类判断的影响),即人称代词变化既能影响被试列举功能的数量,又能影响物体分类的结果;故认为人称代词、物体功能和分类判断三者的关系可能是人称代词激活物体功能,而物体功能影响分类判断。本研究直接探测物体功能(语义信息)对人造物概念加工的影响。如果再加上(人工制造条件的)物体成因和(第二)人称代词都能激活物体功能的预设(assumption),那么基于“使用目的”的观点就可以同时解释“成因效应”^[12]和“角色效应”^[14],即两个效应共同的认知路径都是通过先激活物体的功能(一个共同的中间步骤)再影响物体分类的认知输出。这在理论上进一步发展了基于“使用目的”的理论。

近期国外也有同类研究显示,在自由玩耍任务和

物体迫选任务中,儿童^[20]和成人^[18]都会选择物体的功能和物体所在的任务情景能正确匹配的选项,而不顾这些物体的真实尺寸和任务的实际需求有巨大的差别(这个现象被称为度量误差, scale error)。这些发现提示,功能和情境的匹配是人们理解人造物的优先考虑,为了确保物体的“使用目的”能实现,人们甚至会忽略掉物体其他属性(如尺寸)和情境的不匹配。

本研究还显示,当物体功能的表征被激活之后,纯粹发生在概念加工的语义层面的加工能阻断物体成因对人造物分类的影响。这意味着“人造物”这个词的字面意思与概念内涵不完全一致。从语词和概念的关系看,语词本身只是概念的一种名称标签,提示概念拥有某种重要属性。实际上,当物体概念的重要属性不止一个时,仅提示某个重要属性可能会导致语词标签错过物体概念的其他重要属性甚至本质属性(如书本,字面意思是“被制造成一本一本的书”,而实际意思包含着“可用来阅读”的功能)。因此,就复杂的物体概念而言,当前使用的语词标签有可能是一个不够准确的名称。鉴于“功能”(或用途)比成因更重要的发现,本研究组认为,“人造物”这个标签很可能是把这类物体概念中的一个非本质属性作为这类物体的名称标签,而其他的名称(如“人用物”)或许是更准确的语词标签。

在认知神经层面,自从Martin等人^[21]最早采用物体属性产生任务(property production)和脑功能成像技术探测到物体相联的动作知识(如和儿童玩具货车相联的动作知识是“拉”)的提取过程会调控颞叶后皮层(posterior temporal cortex)的活动之后,脑功能成像实验多次验证与物体相联的动作知识与左颞皮层的后部区域密切联系,这个区域的中心部位是颞中回的后部(pMTG),恰好在MT(主要加工视觉运动的区域)前部^[3,22]。因此,本研究提示,不仅“成因效应”和“角色效应”都有可能伴随pMTG的活跃,而且物体分类和属性推理等任务(不仅是物体属性产生任务)也有可能和pMTG的活跃有关。

参考文献

- 1 Caramazza A, Shelton J R. Domain-specific knowledge systems in the brain the animate-inanimate distinction. *J Cogn Neurosci*, 1998, 10: 1-34
- 2 Levin D T, Takarae Y, Miner A G, et al. Efficient visual search by category: Specifying the features that mark the difference between artifacts and animals in preattentive vision. *Percept Psychophys*, 2001, 63: 676-697
- 3 Martin A, Wiggs C L, Ungerleider L G, et al. Neural correlates of category-specific knowledge. *Nature*, 1996, 379: 649-652

- 4 Bloom P, Markson L. Intention and analogy in children's naming of pictorial representations. *Psychol Sci*, 1998, 9: 200–204
- 5 Bloom P. Intention, history, and artifact concepts. *Cognition*, 1996, 60: 1–29
- 6 Defeyter M A, German T P. Acquiring an understanding of design: Evidence from children's insight problem solving. *Cognition*, 2003, 89: 133–155
- 7 Diesendruck G, Markson L, Bloom P. Children's reliance on creator's intent in extending names for artifacts. *Psychol Sci*, 2003, 14: 164–168
- 8 Truxaw D, Krasnow M M, Woods C, et al. Conditions under which function information attenuates name extension via shape. *Psychol Sci*, 2006, 17: 367–371
- 9 Casler K, Kelemen D. Reasoning about artifacts at 24 months: The developing teleo-functional stance. *Cognition*, 2007, 103: 120–130
- 10 Asher Y M, Kemler Nelson D G. Was it designed to do that? Children's focus on intended function in their conceptualization of artifacts. *Cognition*, 2008, 106: 474–483
- 11 Kelemen D, Seston R, Saint Georges L. The designing mind: Children's reasoning about intended function and artifact structure. *J Cogn Dev*, 2011, 13: 1–25
- 12 Sun Y H, Wang Z, Fu X L. The specific contribution of object's origin on artifacts categorization (in Chinese). *Chin Sci Bull (Chin Ver)*, 2006, 51: 2851–2859 [孙宇浩, 王哲, 傅小兰. 物体的成因影响人造物分类的特异性. *科学通报*, 2006, 51: 2648–2656]
- 13 Sun Y H, Wang Z, Liu Y, et al. Naturally-formed objects categorized as artifacts: Effect of objects' functional depictions (in Chinese). *Chin Sci Bull (Chin Ver)*, 2010, 55: 398–402 [孙宇浩, 王哲, 刘烨, 等. 物体功能抑制自然的成因对人造物分类的影响. *科学通报*, 2010, 55: 148–153]
- 14 Wang Z, Sun Y H, Fu X L. “You” is different: Inhibition from a second person functional depiction to object's history's influence on object naming (in Chinese). *Acta Psychol Sin*, 2009, 41: 283–291 [王哲, 孙宇浩, 傅小兰. 用“你”表述物体的功能会抑制成因对分类的影响. *心理学报*, 2009, 41: 283–291]
- 15 German T P, Barrett H C. Functional fixedness in a technologically sparse culture. *Psychol Sci*, 2005, 16: 1–5
- 16 Kemler Nelson D G, Frankenfield A, Morris C, et al. Young children's use of functional information to categorize artifacts: Three factors that matter. *Cognition*, 2000, 77: 133–168
- 17 Kemler Nelson D G, Russell R, Duke N, et al. Two-year-olds will name artifacts by their functions. *Child Dev*, 2000, 71: 1271–1288
- 18 Casler K, Hoffman K, Eshleman A. Do adults make scale errors too? How function sometimes trumps size. *J Exp Psychol Gen*, 2014, 143: 1690–1700
- 19 Gelman S A, Bloom P. Young children are sensitive to how an object was created when deciding what to name it. *Cognition*, 2000, 76: 91–103
- 20 Casler K, Eshleman A, Greene K, et al. Children's scale errors with tools. *Dev Psychol*, 2011, 47: 857–866
- 21 Martin A, Haxby J V, Lalonde F M, et al. Discrete cortical regions associated with knowledge of color and knowledge of action. *Science*, 1995, 270: 102–105
- 22 Martin A. The representation of object concepts in the brain. *Annu Rev Psychol*, 2007, 58: 25–45

补充材料

表 S1 实验材料

附录 1 自由命名, 无效反应的确定和有效反应的编码

附录 2 命名理由的编码规则

本文以上补充材料见网络版 csb.scichina.com. 补充材料为作者提供的原始数据, 作者对其学术质量和内容负责.

Summary for “功能短句的语义成分对两可自然物体分类的影响”

The semantic component of the short functional depiction affects categorization of the ambiguous naturally formed object

WANG Zhe¹, YAN LinLin¹, SUN Yu-Hao^{1*} & FU XiaoLan^{2,3*}

¹ Department of Psychology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;

² Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

³ University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

* Corresponding authors, E-mail: sunyuhao@zstu.edu.cn; fuxl@psych.ac.cn

Artifacts (e.g., chair, desk, books) are closely related with peoples' daily life. Evidences have been accumulated from behavior experiment, brain damage patient, and neural functional imaging to show that the cognitive neural processing mechanisms are different for artifacts and natural kinds. The intention-based model assumes that people categorize an objects' by reasoning the creator's intent. Evidence for this model are about "intended function" effect in categorization, naming, and reasoning studies. However, the utility-based model assumes that using-goal is determining how people categorize an object. The interaction between people and objects make object's properties related the using-goal so that the semantic organization of an artifact concept is coherent. This model can explain evidence from study on both intended function and non-intended function. From a third-party perspective, the commonalty of these two models is that they are both purpose-based and the key difference between them is that the creator's versus the user's purpose influences artifact concept's categorization and reasoning.

Previous studies used a natural language depiction-based free naming task but seldom separate syntactic component from the semantic component in these depictions. In this study, we recruited 96 participants and manipulated the plausibility of 6 objects' function by creating plausible and implausible versions of function depiction to explore how the plausibility of an object's function affects participants' categorization judgment. The study had two key findings: The plausibility of an object's function affects participants' naming, rating, and reasoning of an artifact. Participants categorize ambiguous depictions of objects as artifacts when objects' function is plausible and categorize them as natural kinds when their function is implausible. The correlation analysis showed that the more plausible an object's function is the higher possibility that participants categorize it as an artifact. In summary, presenting the semantic component of an object's function make ambiguous object categorized more as artifacts.

Wang et al. found the role effect which showed that positive role word "you" can illuminate object history effect on categorization judgment. Namely, the role word can affect both the amount of function listed and the object categorization. These findings suggest that role word, object function, and categorization judgment are in a linear mediation relation: role word activate object function, and object function activation categorization judgment. In this current study, we directly probe and proved that the semantic component of object function has effect on artifact concept processing. If with the assumption that both the object man-made formation history and the second person role word can activate object function, then the purpose-based theory can explain both the formation effect and the role effect indicating that the two effects have a common mediating step: first to activate object's function, then have effect on next cognitive output. Therefore, this point developed the purpose-based model.

artifact, categorization, design, function, intent

doi: 10.1360/N972016-00605