

# 关于样例学习中样例设计的若干研究

许永勤 朱新明

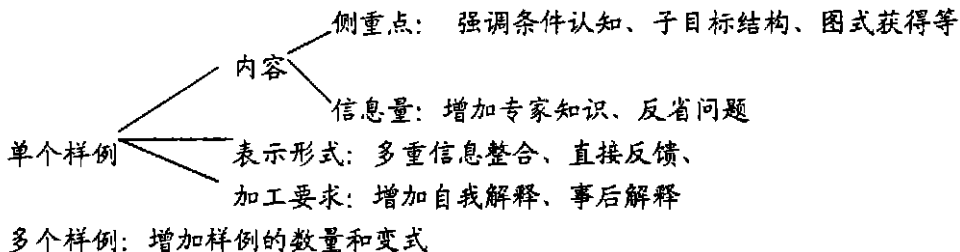
中国科学院心理研究所 (北京 100101)

**摘要** 样例学习是人的自适应学习的主要方式之一,它在认知技能获取的早期阶段起着尤其重要的作用。该文主要对样例学习的历史背景、当前存在的几种样例学习方向进行了综述,并对将来的研究进行了展望。

**关键词** 样例学习,自我解释,子目标结构,认知负荷

**分类号** B849:G44

样例学习是指从具有详细解答步骤的事例中归纳出隐含的抽象知识来解决问题。近年来,许多学者开始由利用样例来补充说明观点,转向将样例作为学习的主要指导方法<sup>[1-3]</sup>。随着样例学习的有效性得到普遍证实,人们的研究一方面集中于样例学习的加工机制,另一方面则集中于如何设计有效的样例,使之更符合学生的学习规律,从而提高学生的迁移和问题解决技能。当前,人们的研究主要集中在第二个方面,即如何设计样例和问题来提高学习的效率。其主要研究方向如下所示:



## 1 历史背景

样例学习加工机制的研究主要有两个方向: ①从问题解决角度研究人类的认知技能获取; ②从人工智能角度研究机器学习。认知技能获取的研究,主要经历了三个阶段: 第一阶段大约在 60 年代,研究范围集中于知识贫乏领域,所关心的问题则由影响解题困难的原因,逐步转向解决一个具体问题的加工过程。在此阶段,开始使用口语报告这种分析方法。1972 年,纽厄尔和西蒙在《人类的问题解决》一书中,介绍了许多重要的理论概念,如问题空间、搜索树及产生式系统等。该领域的特点是:大多数的中间状态都可以表示为实物状态;第二个阶段在 70 年代,发展了两个相关领域:决策和推理。其特点是从一系列的心理

本文于 1999-09-20 收到,修改稿于 1999-12-13 收到。

推理中得出结论。随后, 人们的研究范围集中于知识丰富领域, 最初研究方向为新手和专家的对比, 如新手和专家在信息表征、推理方式上的差异等; 第三个阶段在 80 年代, 人们的研究重点集中于如何由新手变成专家, 最初的方向分为练习效应、运动技能以及迁移的共同因素模型。当前, 大多数的研究集中于指导在认知技能获取的作用, 尤其是样例的作用<sup>[4]</sup>。

在机器学习领域, Neves (1970) 首次提出了“自适应产生式系统”的概念, 即: 如果一个产生式系统能通过“考察例题或解决问题”来获取新的产生式, 从而扩大解决问题的范围或提高解题效率, 则这个产生式系统被称为“自适应的产生式系统”。1978 年, Neves 最先用这一观点研究学科知识的自适应学习, 随后, Anzai, Neves, Anderson 等从自适应产生式系统的角度, 对人的“做中学和例中学”进行了大量研究, 如 Anderson 的 ACT 理论、Neves 的组块理论、以及有关类比推理的研究等<sup>[5]</sup>。

## 2 当前研究方向

当前, 随着样例学习的有效性得到普遍证实, 人们的研究转向如何设计样例和问题, 来促进学生的问题解决和迁移, 并对学生在样例学习时的加工机制作了深入研究。在样例学习的观点及相对应的样例设计形式上, 主要有以下四个方向:

### 2.1 Catrambone 的子目标学习模型

Carambone 等在研究中发现, 学习了样例的学生通常不能解决与例题稍有偏差的问题, 即不能利用所学的知识进行迁移。其原因如下: 学生在学习样例时, 若仅直接给他们呈现解题步骤, 则可导致学生仅仅记住这些解题步骤, 而不是解决问题的子目标结构; 学生的问题表征只能是一个大的单一目标, 以及达到这一目标所需的许多步骤<sup>[6]</sup>。因此, 他认为, 如果改变样例的设计形式, 使之产生不同的目标结构, 并清晰地表示出子目标、达到子目标所需的策略和方法以及子目标间的等级关系, 则会改变学生的问题表征, 从而有利于学生学习的迁移。

基于以上原因, Catrambone 在样例解题步骤中的子目标处, 加上标签 (label), 以此引导学生建立子目标。他所采用的学习材料为“泊松分布”的概率问题, 在求总和 (sum) 及总平均数 ( $\lambda$ ) 的子目标处, 加上标签, 来引导学生注意这一线索, 形成子目标。在对实验组 (加标签) 与控制组 (无标签) 的实验结果进行比较之后, 发现前者学习的迁移效果较大, 且在他们的口语报告中, 更多地涉及了求子目标的过程。Catrambone 对他的实验结果进行了解释, 并提出样例学习的子目标模型: (1) 样例中的一个线索 (cue 或 label) 会使学生将一系列解题步骤组合在一起; (2) 将步骤进行组块之后, 学生会试图对组块的原因进行自我解释; (3) 自我解释的结果导致了子目标的形成<sup>[7]</sup>。

由此可见, Catrambone 在样例设计中, 将强调问题解决的目标结构作为设计的主要原则, 并在子目标处加上标签, 引导学生对子目标的学习。而建立了子目标结构表征的学生之所以能够有效地进行迁移, 可能存在三个原因: (1) 目标结构表征本身是有意义的, 将知识有机的结合在一起。(2) 若解决具有相同子目标、不同解决方法的问题时, 学生可通过寻求先前知识 (补漏) 来解决问题; (3) 若所有的解决方法都不能达到子目标, 学生可在较少的

搜索空间来寻找错误之处<sup>[8]</sup>。

## 2.2 朱新明的条件建构—优化理论与示例演练教学设计

朱新明等通过口语报告的研究方法,系统地研究了学生在语义丰富领域(如代数、几何、物理)的学习特点,揭示了人在示例学习中,通过“条件建构”和“条件优化”直接获取信息的加工过程<sup>[9,10]</sup>。在样例学习过程中,人们首先从问题情境中发现关键线索,并以此为条件与适当的认知操作联系起来,形成产生式,此阶段称为条件建构。然后,通过对条件的精细加工,逐步修改和完善所获得的产生式,此阶段为条件优化。在深入研究的基础上,朱新明提出了产生式获取的“条件建构和条件优化”理论,该理论主要包括以下三个观点:(1)人的领域特定知识和问题解决技能可以表征为一系列的产生式,获取了产生式也就掌握了相应的知识和问题解决技能;(2)通过示例学习可直接获取产生式规则,不必经过陈述性知识的阶段,这一过程是通过条件建构和条件优化两个阶段来完成的;

(3)在示例学习中,通过加强学生对产生式条件部分的认知,使学生发展出顺向推理的问题解决技能,有效地促进知识的获取及认知技能的发展。

基于以上学习理论,朱新明从示例学习的角度出发,提出了示例演练教学法,其学习材料是根据以下原则设计的:(1)以“有解的例题+问题+小结”为基本单元组织学习材料,使学生通过考察例题和解决问题获取产生式规则,并在小结中用言语陈述所学的规则;(2)每个例题提供一个产生式规则的实例,并在答案中进行解释;(3)问题是成组安排的,一般是在一个问题后紧接着一个子问题,并在子问题中引导被试对前一个问题的求解过程进行解释,将被试的注意力集中于产生式的条件部分;(4)在问题和小结的旁边都附有标准答案,使学生能够对自己的解答得到即时的反馈。由此可见,在设计样例时,他们把加强条件认知作为主要的设计原则,强调各个规则的适用条件,并利用各种样例变式,引导学生对产生式的条件部分进行精细加工,如在设计物理浮力问题时,将不同的漂浮和浸没条件进行细化和归类,以此来提高学生的理解水平和解题技能<sup>[11]</sup>。

## 2.3 John. Sweller 的认知负荷理论与强调各种信息表征的外在整合

John. Sweller(1987)等认为,人在样例学习中,会消耗大量的认知资源,因此若从减轻不必要的认知负荷的角度来设计问题,将有助于学生的学习和问题解决。其认知负荷理论如下:(1)在处理具有高认知加工的任务时,图式获得和规则自动化是主要的学习机制,它们补充有限的工作记忆,并强调高度有效的长时记忆,问题的相似性有助于规则自动生成,其不同性有助于图式获取。(2)有限的工作记忆,使人们很难同时加工多种信息,而在某些信息存在着相互作用时,必须同时进行加工。(3)当某种材料含有多种信息相互作用的高层次时,其结果将加重认知负荷。如果学习内隐的知识所需要的认知负荷相对较低时,由于材料外在的呈现方式所引起的认知负荷可能不重要,反之,这种教学设计所引起的认知负荷可能是至关重要的部分<sup>[12]</sup>。

基于以上观点,John. Sweller 等在设计样例时,主要考虑以下两个方面:(1)减少手段—目的分析策略的使用,如在样例中设置自由目标;(2)实现多重信息的外部整合,如在几何领域中,将图形和文字整合在一起,在代数领域中将文字和方程整合在一起,以及实

现声音和文字的整合等<sup>[13-15]</sup>。因而,他们的研究结果对教学材料的设计有一定的参考性。

#### 2.4 Mary L. Gick 和 Keith J. Holyoak 等对类比迁移的研究

Mary L. Gick 和 Keith J. Holyoak 等 (1983) 认为,学习者在利用样例解决新的问题时,表现为基于相似性的问题解决,分为四个阶段:(1) 构建源问题和靶问题的心理表征;(2) 选择源问题;(3) 对源问题和靶问题的各个成分进行匹配;(4) 将匹配过程作进一步概括,来产生解决靶问题的程序。该观点认为,先前的样例导致学习者对问题类型的概括,并在随后的问题解决中进行了正确的图式归纳,从而有利于随后的问题解决和迁移。随后,他们进一步探讨了增加样例的数量和变式,直接呈现图式,被试的先前知识及增加详细阐述等因素对类比迁移各个过程的影响。结果表明,增加样例变式和详细阐述可显著地影响随后的问题解决,而直接呈现图式的效果不显著。在此,不再作详细赘述<sup>[5]</sup>。

#### 2.5 Chi 等人的自我解释效应与增加专家知识

Chi (1989) 等的研究发现,优生之所以能够从样例学习中获取更多的信息,是由于他们产生了大量的自我解释,在这些解释中,他们细化和扩展了样例解决的动作执行的条件,并将动作与条件联结在一起,另外还对问题解决的目标结构进行了详尽阐述<sup>[16]</sup>。Adrienne. Y. Lee (1998) 认为,尽管样例学习的有效性已得到了普遍证实,但仍存在着一些不足之处,表现为:(1) 样例并不能充分地提供专家如何思考问题的信息,它只展示了专家思考的结果;(2) 样例不能把学生所需的大范围的技能都表示出来;(3) 设计合适的具有难度等级的样例非常困难<sup>[17]</sup>。

Chi (1994) 在实验中,采用了引发的解释来提高学生的理解水平。她认为,自我解释是一种建构性的推理活动,具有连续性、片断性的特点,有助于学生随时修正最初的心理模型。在这一过程中,学生尝试着将新知识融入到已有的先前知识中去,因而,自我解释效应具有普遍性。在他的样例设计中,共穿插了 21 个问题,来引导学生进行自我解释,以此来影响学生对问题的理解水平<sup>[18]</sup>。在 Adrienne. Y. Lee 的实验中,将专家如何解决问题的详尽阐述的信息加入样例中,并在样例的最后提供反省问题,来引发学生的自我解释,以此加大样例提供的信息量,从而促进学生的学习。然而,由于优生在样例的学习中,能够自发地产生大量的自我解释,无需提供额外的引导,因而,这种样例的设计更有利于差生的学习。在他的实验中,也考察了反省问题的类型及被试的先前知识对学习的影响。

以上的样例设计原则,都是采用加入学生学习的知识量的方法,所采用的方式包括详尽阐述(提供的解释)和引发的解释,结果发现:此种样例设计与学生类型存在交互作用,差生更能从中受益;被试的先前知识水平是影响学生学习效果的因素之一。

### 3 对样例学习问题的思考

与传统的学习相比,样例学习的优越性主要表现在以下四个方面:(1) 学生在解决问题时,更多地求助于样例而不是规则,因而,样例学习易化了认知技能的获取;(2) 提供了问题解决的正确形式,将学生的注意力引向与学习有关的部分,有效地防止了错误学习和“手段-目的”分析策略的使用,从而减轻了学生的认知负荷,提高了解题效率;(3) 样例

学习中提供了大量的例题和问题,明确表明了与学习有关的关键成分:规则的功能、适用条件及在具体情境中的操作,从而有利于学生正确归纳所学规则,并根据问题的解决方法进行分类;(4) 样例学习改变了学生被动接受知识的地位,极大地调动了他们的学习积极性。因而,样例学习有助于培养学生的思维能力,提高他们的问题解决技能。

随着样例学习的有效性得到普遍证实,人们的研究转向样例学习如何促进问题解决和迁移,即样例学习在认知技能获取中的作用。围绕这一方向,他们主要探讨了如何设计样例和问题,来促进认知技能的获取。综上所述,任何一种样例设计原则,如改变学生的内在表征、减轻认知负荷以及建立新旧知识的联结等都是建立在对样例学习机制进行深入分析之上的。但是,对于各种学习理论的适用范围、以及如何在具体的学习情境中应用这些理论等问题还有待于进一步的澄清。此外,影响样例学习的因素有学习材料、学习者及学习情境,目前,围绕学习者因素和学习情境因素进行的研究还为数不多,对样例学习中的个体差异、非智力因素(情感、动机等)的影响等问题,有待进一步作深入研究。

## 参考文献

- [1] Fred G W Cpass, Jeroen J G, Van Merriënber. Variability of worked examples and Transfer of Geometrical Problem-solving skill: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 1994, 45(1): 29- 39.
- [2] JiuL. Q uilici, Richard E Mayer. Role of examples in how student learn to categorize statistics problems. *Journal of Educational Psychology*, 1996, 88: 1- 3.
- [3] Brian H Ross. Generalizing from the use of earlier examples in problem solving. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 1990, 16(1): 42- 55.
- [4] Kurt Vanlehn. Cognitive skill acquisition. *Annual Psychology Review*, 1996, 47: 513- 539.
- [5] Novick L R, Holyoak. Mathematical problem solving by analogy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 1991, 17(3): 398- 415.
- [6] Richard Catrambone, Keith J Holyoak. Learning subgoal and methods for solving probability problem. *Memory and Cognition*, 1990, 18(6): 593- 603.
- [7] Richard Catrambone .The subgoal learning model: Creating better examples so that student can solve novel problems. *Journal of experimental psychology: general*, 1998, 127(4): 355- 367.
- [8] Richard Catrambone .Generalizing solution Procedures learned from examples. *Journal of experimental psychology: learning, memory and cognition*, 1996, 22(4): 1020- 1031.
- [9] Zhu X M, Simon H A. Learning mathematics from examples and by doing. *Cognition & Instruction*, 1987, (4): 137- 166.
- [10] Zhu X M, Lee Y F, Simon H A, Zhu D. Cue recognition and cue elaboration in learning from examples. *Proceedings of National Academic of Science. U. S. A*, 1996, 93: 1346- 1351.
- [11] 朱新明, 李亦菲, 朱丹. 人的自适应学习示例学习的理论与实践. 中央人民广播大学出版社, 1997.
- [12] Paul Chandler , John Sweller. Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 1991, 8(4): 293- 332.
- [13] Paul Chander, Jhon Sweller. Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of experimental psychology: general*, 1990, 119(2): 176- 197.
- [14] Wangari Mwangi, John Sweller. Learning to solve compare word Problems: The effect of example Format and generating self- explanations. *Cognition and Instruction*, 1998, 16(2): 173- 199.
- [15] Martin Leung, Renaelow, John Sweller Learning from equations or words. *Instructional Science*, 1997, 25: 37- 70.
- [16] Micheline T H Ghi. Self- explanation: How Students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive science*, 1989, 13: 145- 182.
- [17] Arienne Y Lee , Laura Hutchison. Improving learning from examples: through reflection. *Journal of experimental psychology: Applied*, 1998, 4(3): 187- 210.
- [18] Micheline T Chi. Eliciting self- explanations improves understanding. *Cognitive science*, 1994, 18: 439- 477.