

# 6岁儿童的类别学习能力： 类别表征、注意和分类策略\*

刘志雅<sup>1</sup> 宋晓红<sup>1</sup> Carol A. Seger<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>华南师范大学心理应用研究中心, 广州 510631) (<sup>2</sup>Colorado State University, Fort Collins, USA, CO 80523)

**摘要** 探讨了6岁儿童的类别学习能力、类别表征和分类策略。62名儿童参加了实验, 实验1采用了“5/4模型”类别结构, 实验2采用了“3/3类别结构”。结果发现: 6岁儿童已经具备了一定的类别学习能力; 相对于原型表征, 6岁儿童更倾向于进行样例表征; 6岁儿童在注意上具有定位在高典型性特征维度上的能力, 但不具备定位在区分性特征维度上的能力; 在类别学习策略上主要采用单维度分类策略和规则加例外的分类策略。

**关键词** 类别学习; 儿童; 原型; 样例; 分类策略

**分类号** B842; B844

## 1 前言

类别学习能力是人类的基本能力, 人类通过分类来进行信息的检索, 把纷繁复杂的世界知识进行有序的组织。当遇到新的事物或刺激时, 这种世界知识的组织方式, 将决定这些新信息如何有效地存储, 以至于决定了随后的推理或者行为反应。类别学习的研究一直备受关注, 特别是学习了某个新的类别知识后形成的类别表征(Ashby & Maddox, 2005)。

在类别学习的实验研究中, 通常会预先创设某个新的类别, 例如一种新的物种(如图1)或者几何图形。通常是逐个呈现每个样例(如表1中有9个样例), 要求被试判断该样例属于A类还是B类, 主试对其判断的正误给予反馈。这样, 通过多次的刺激反应的学习后, 直到被试达到了预先设定的学习标准(例如连续3轮的平均正确率达到75%或者90%), 被试就习得了一个新的类别知识。然后通过迁移探测, 了解类别知识的表征模型是规则、原型还是样例。

原型理论认为(Rosch & Mervis, 1975; Smith, Chapman, & Redford, 2010; Coutinho, Couchman, Redford, & Smith, 2010), 类别学习实质上是学习类别的原型。当遇到一个新的样例时, 哪个类别的原型与之最相似, 人们会把它归类到这个类别之中。根据该模型, 表1的9个样例(A1~A5, B1~B4, 0和1代表各特征维度值, 有4个特征维度分别为眼睛、耳朵、触角、身体)经过分类学习后, 最终习得的学习结果是原型A0和B0(如图1)。样例理论认为(Medin & Schaffer, 1978; Kruschke, 1992; Nosofsky, 1992), 类别学习的实质是学习类别中的每个样例。当遇到一个新样例时, 哪个类别更多的样例与之更相似, 人们会把它归类到哪个类别之中。根据该模型, 表1的9个样例经过分类学习后, 最终习得的学习结果不形成原型, 而是完全记住了这9个样例。规则理论(Ashby & Maddox, 2005; Seger & Cincotta, 2006)认为, 类别学习的实质是习得决定性的特征, 即“规则”, 如果一个新样例符合这个“规则”时, 人们就会把它归类到这个类别中。

收稿日期: 2010-11-05

\* 国家社会科学基金教育学一般项目(BBA100018); 教育部人文社会科学研究青年基金项目(08JCX004); 广东省高等学校人文社会科学研究基地项目(09JDXMXLX02); National Institutes of Health, USA, (R01 MH079182)。

通讯作者: 刘志雅, E-mail: zhiyalu@scnu.edu.cn; Carol A. Seger, E-mail: seger@lamar.colostate.edu

表 1 实验 1“5/4 模型”的类别结构表

	A				B				
	眼睛	耳朵	触角	身体	眼睛	耳朵	触角	身体	
A1	1	1	1	0	B1	1	1	0	0
A2	1	0	1	0	B2	0	1	1	0
A3	1	0	1	1	B3	0	0	0	1
A4	1	1	0	1	B4	0	0	0	0
A5	0	1	1	1					
A0	1	1	1	1	B0	0	0	0	0

注: 该类别结构由 Medin 和 Schaffer (1978) 提出, 相似刺激 A1 和 B1、A1 和 B2、A2 和 A1、A2 和 A3

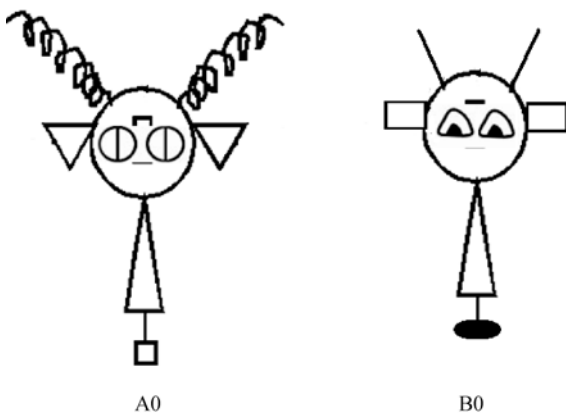


图 1 实验 1“5/4 模型”中的原型样例 A0 和 B0

本研究的研究问题是, 探索 6 岁儿童的类别学习能力、类别表征和分类策略。其研究意义和研究假设有以下三个方面:

第一, 为何探索 6 岁儿童的类别表征? 成人类别学习表征是原型还是样例, 目前仍然存在着分歧, 本文试图通过探索 6 岁儿童类别学习的表征情况, 为这个重大的理论问题提供证据。我们设想认为, 相对于原型表征, 6 岁儿童更倾向于进行样例表征。

Medin 和 Schaffer (1978), Nosofsky (1992), Smith 和 Minda (2000), Minda 和 Smith (2002), Rehder 和 Hoffman (2005), Lafond, Lacouture 和 Cohen (2009), 刘志雅和莫雷(2009)研究使用了一个称之为“5/4 模型”的实验技术模型, 巧妙地探测了成年人类别学习后的类别表征是原型还是样例, 如表 1 和图 1。根据原型理论的假设, 对刺激 A1 的学习成绩会优于 A2。因为 A1(1110)和原型 A0(1111)有三个特征重叠而更相似, 而 A2(1010)和原型 A0 和 B0 都有两个特征重叠而具有相同的相似性。根据样例理论的假设, 刺激 A2 的学习成绩会优于 A1。因为 A2 和 A 类型中两个样例高相似(A1 与 A3), 和 B 类型中所有样例都不相似。刺激

A1 和 A 类别中的一个样例 A2 高度相似, 却和 B 类别中的 2 个样例相似(B1、B2)。

Medin 和 Schaffer (1978), Nosofsky (1992), Smith 和 Minda (2000), Minda 和 Smith (2002), Rehder 和 Hoffman (2005), Lafond 等 (2009)研究中 A2 的学习成绩优于 A1, 结果支持了样例理论; Rehder 和 Hoffman (2005)研究中的 A1 和 A2 迁移正确率差异不显著, 但通过模型拟合法以及眼动数据分析法支持了样例模型。上述的这些研究表明, 类别学习后习得的类别表征究竟是原型还是样例, 目前仍然存在着分歧(Hayes, Foster, & Gadd, 2003; Hoffman & Rehder, 2010), 本文试图通过探索 6 岁儿童类别学习的表征情况, 为这个重大的理论问题提供证据。

第二, 为何探索 6 岁儿童的类别学习能力? 6 岁儿童是进入正规学校教育的重要时期, 探索这个时期儿童类别学习的能力, 特别是内部认知机制具有重要的意义。我们设想认为, 6 岁儿童已经具备了一定的类别学习能力。

当前, 儿童归纳推理的发展研究表明儿童具有一定运用类别知识解决问题的能力(Wilburn & Feeney, 2008)。Sloutsky 和 Lo (1999), Sloutsky, Lo 和 Fisher (2001)的研究发现, 4~5 岁儿童依赖知觉相似性而不能运用类别知识进行推理; 7~8 岁儿童可以运用已有的类别知识进行特征推理; 11~12 岁的儿童则完全运用类别知识进行推理。这说明, 6 岁儿童可能在类别知识的运用上处于一个转折时期。6 岁儿童在类别形成上如何表征类别知识的, 则可能是产生这个转折的深层次原因。方富熹、方格和郗慧媛(1991)的研究表明, 6~7 岁的儿童有能力解决部分与整体关系问题, 并指出 6 岁可能是儿童理解类别等级的一个关键时期。阴国恩(1996)研究表明, 3~5 岁儿童倾向采用大小维度进行自由分类, 6~7 岁儿童倾向采用形状维度进行自由分类, 这说明, 6

岁可能是儿童掌握更高抽象水平分类能力的重要时期。

6岁儿童具备了什么水平的类别学习能力? Welder和Graham(2001), Gelman(2009)发现2岁半的儿童就懂得使用类别标签来标示外界事物,这启示低龄儿童具备了一定的类别学习能力。然而,从当前主要的类别学习模型分析,样例模型对儿童能力发展水平的要求最低,儿童只需要简单记忆若干个样例的分类情况就可以了;规则模型则需要中等程度的抽象能力,儿童要从杂乱无章的样例中抽象出如“弯曲触觉的是A类”这样的规则;原型模型需要儿童具有高度的抽象能力,对每个特征维度的特征都要进行抽象概括,因此,对儿童能力发展水平的依赖程度最高。基于上述分析,本文推测,6岁的儿童具有一定的类别学习能力,相对于原型表征,6岁儿童更倾向于进行低抽象程度的样例表征,在一定条件下,部分儿童习得中等抽象程度的规则模型,如采用单维度分类策略。

6岁儿童是否具有习得原型的能力? Bomba和Siqueland(1983)的研究发现,三个月的婴儿就能对点状图的原型产生习惯化,表明他们能够从简单的样例中抽象出原型。Ford(2003)的研究结果表明,6岁儿童可以选择注意到类别中高典型的特征。然而,Cole, Frankel和Sharp(1971)研究表明,10岁以上的儿童,才能通过规则进行类别学习,说明10岁以上的儿童才具备中等程度抽象能力。Krascum和Andrews(1993)研究表明,年幼的儿童可以通过样例来表征类别的整体相似性进行类别学习,说明低龄儿童不具备原型表征的能力。综合上述,三个月婴儿观察到了具有原型理解能力,而当前幼儿期儿童的实验研究却不能获得相一致的结果,我们分析认为,低龄的儿童可能仅仅具有一定原型理解的基础能力,例如理解类别特征的典型性能力,但要表征原型,可能还要习得其它的一些能力,如理解类别间的区分性能力。

第三,决定6岁儿童类别学习能力的因素是什么?探索6岁儿童在注意能力和分类策略上处于什么水平,将有利于深层次揭示儿童类别学习的认知机制。我们设想认为,6岁儿童在注意上可能具有定位高典型性特征维度上的能力,但不具备定位在区分性特征维度上的能力。在类别学习策略上可能掌握了较高水平的规则加例外的分类策略。

抽象原型,学习者可能需要具备两方面条件(Billman, 1992; Nosofsky, 1987; Goldstone & Steyvers,

2001; Kalish & Kruschke, 2000)。条件一,具有识别“高典型性特征维度”的能力。典型性指的是,某一个特征维度最常出现的特征占总特征的比例。条件二,具有识别“区分性特征维度”的能力。区分性特征维度指,该维度上的典型特征只出现在一个类别里。

因此,我们试图从两个实验分别探测6岁儿童的识别“高典型性特征维度”的能力和识别“区分性特征维度”的能力。实验1采用的是“5/4类别结构”,在该类别结构中,每个维度的区分性是不同的。如果6岁儿童对“5/4类别结构”中的四个维度注意权重不同,即对高诊断性维度赋予更多的关注,那么表明6岁儿童具备了识别“高典型性特征维度”的能力。实验2采用“3/3类别结构”,在组成该类别结构的四个维度中,有两个维度是有区分性的,有两个维度是没有区分性的。因此实验2是为了探讨区分性特征维度和非区分性特征维度的学习。如果儿童对区分性维度赋予更多的注意,那么表明了儿童发展了识别“区分性特征维度”的能力。

传统的类别学习中,不论何种类别结构,几乎都是假定学习者对各特征维度有同等程度的注意的,这成为了类别学习实验研究中最严重的缺陷之一。因此,类别学习中注意的研究一直引起心理学家们广泛的关注,例如Nosofsky(1987), Minda和Smith(2002), Kalish和Kruschke(2000), Rehder和Hoffman(2005), Hoffman和Rehder(2010)等。目前,最直接有效地探讨类别学习中对各特征维度的注意的技术当属眼动研究技术,通过注视率、注视时间等方法可以探测出被试在各特征维度上的注意权重。由于对低龄儿童进行眼动探测有一定的难度,例如,长时间的注视屏幕,保持头部不动等。因此在本研究中我们采用另外一种探测注意的技术方法—模型拟合法来探测低龄儿童的注意能力。

模型拟合中的参数估计法(Rehder & Hoffman, 2005)是研究类别学习中注意的另外一种技术。该方法即预先假设学习者在各个维度上的注意权重为一个未知的参数,并遵循某个类别学习模型进行学习(原型模型或者样例模型),然后通过实验后获得的具体行为数据来估计出被试的该学习模型的注意权重参数。虽然模型拟合获得的注意权重仍然属于事后的探测,不如眼动探测实时直接,但仍不失为一种研究注意的有效方法,特别是在低龄儿童类别学习的研究上更显示其优点。模型拟合法,弥补了传统类别学习研究中对学习者注意权重分析

的缺失,更精细地分析学习者的类别学习过程。在分类学习的研究中采用模型拟合的方法,除了能够精细的探测学习者对每个维度的注意权重之外,它还为以后的研究者提供了一种数据分析的方法。

模型拟合法是一种用实验获得的数据来拟合已有模型的数学分析方法,其目的是通过数学分析检验该实验数据与现有的哪个理论模型更吻合。得益于计算机技术和数学分析技术的应用和发展,模型拟合法引入类别学习领域,引发了类别学习进入了一个全新的领域,计算模型。国内目前仍未有该研究方法的详细介绍。这种方法的基本原理见附件,主要的操作和条件有:

第一,定义模型和参数。根据现有的理论确定数学模型,如原型模型(MPM)和样例模型(GCM)。对有关的变量和参数进行说明,如对 GCM 与 MPM 两个模型都有五个参数  $w_1, w_2, w_3, w_4$  和  $C$  的含义和取值范围进行说明。

第二,对每个被试的行为数据进行参数估计。由于参数不同,所以理论的曲线也很多条,参数估计的方法是找到一条和被试行为数据最接近的理论曲线,这条最接近的曲线下的参数值作为该被试的参数值。由于要进行成千上万次的迭代,并依赖一定的算法,实现这个目的需要通过计算机编程。目前通常使用 Matlab 软件编程,采用遗传算法或者爬山算法。

第三,模型拟合。每个被试的参数估计出来后,就可以通过平均得到样本参数,进而代入得到该样本的理论曲线,有几个理论就有几个曲线。然后,比较不同的理论曲线和实验获得的行为曲线间的吻合程度,一般用总方差,通过差异检验就可以检验该实验样本的数据和现有的哪个模型更吻合。

模型拟合法的实施需要一定的条件,一是理论思想成熟,如原型模型和样例模型;二是可操作性,可量化,如有成熟的数学模型。这种研究技术在儿童类别学习领域的引入,有利于节约被试数量和深层次揭示认知实质。

## 2 实验 1

### 2.1 方法



**2.1.1 被试** 随机选取 32 名广州市某幼儿园大班儿童参加了实验 1,均为 6 周岁,  $M=6.44$ ,  $SD=0.16$ ,有效数据为 31 个,一名儿童没有完成实验。

**2.1.2 材料** 采用“5/4 模型”的类别结构和新物种图片材料,见表 1 和图 1。

如表 1 所示, A1-1110 和原型 A0 更相似,而 A2-1010 和原型 A0 和 B0 具有相同的相似性。如果被试习得的类别表征是原型的话,那么被试的 A1 学习成绩应该优于 A2。A2 和 A 类别中 A1、A3 这两个样例高度相似,各有 3 个特征相同,而和 B 类型中所有样例都不相似;刺激 A1 和 A 类别中的一个样例 A2-1010 高度相似,却和 B 类别中的 2 个样例相似(B6-1100、B7-0110),因此如果被试习得的类别表征是样例,那么被试的 A2 学习成绩应该优于 A1。

同时,我们还可以看出每个特征维度的典型性,维度一和维度三的典型性为  $(4/5+3/4)/2=0.775$ ,维度二的典型性为  $(3/5+2/4)/2=0.55$ ,维度四的典型性为  $(3/5+3/4)/2=0.675$ 。典型性指的是,某一个特征维度最常出现的特征占总特征的比例,反映了类别类别的家族相似性,典型性高,说明类别内的成员之间相似性高。本实验试图探索 6 岁儿童是否更加关注高典型的特征维度。

为了避免被试对某些维度的偏好,如偏好通过眼睛来分类,将眼睛、耳朵、触角、身体这四个特征使用拉丁方平衡得到四种顺序(即:眼睛、耳朵、触角、身体;耳朵、触角、身体、眼睛;触角、身体、眼睛、耳朵;身体、眼睛、耳朵、触角)分别赋予类别结构中的维度一,维度二,维度三,维度四。因此就形成了四种不同的学习材料,32 被试各 8 名被试接受一种材料。

**2.1.3 程序** 通过 Eprime 1.1 编程,在一个安静的教室里对每个被试单独进行实验。实验指导语呈现在电脑屏幕上并且由主试读给被试听。告知外星球来了一些小动物,一些是咬人会中毒的,一些是咬人不会中毒的(分别代表 A 类或者 B 类)。每次呈现一张图片,要求他们按键盘上相应的键进行判断,并立刻给与反馈。用键盘上贴上“”“”标签代表两类动物,这两个标签在键盘上的顺序也进行了平衡。

每九张图片一轮,直到连续三轮判断的正确率达到 90% 停止学习。如果被试 50 轮仍然未能达到 90% 的正确率标准,也停止学习。在实验中,被试每完成 4 轮就安排休息一次。

### 2.2 结果与分析

使用 SPSS 17.0 统计软件进行统计分析,模型拟合使用 Matlab (r2009a)编程。

**2.2.1 类别学习能力分析** 如果 6 岁儿童没有类别学习能力,那么儿童对新物种图片的分类正确率

应该处于 50%的水平。计算了所有儿童在 50 轮实验中的正确率,并与几率水平(0.5)作出比较发现,儿童类别学习成绩显著高于几率水平,  $t(49)=17.407$ ,  $p<0.01$ ,说明了 6 岁的儿童具有一定的类别学习能力,通过实验室形成了新的类别知识。

通过计算了儿童的达标比率(75%, 90%),了解儿童的类别学习能力处于什么样的水平。连续三轮达到 75%正确率的儿童人数有 20 人,占被试总人数(31)的 64.5%;连续三轮达到 90%正确率的儿童人数是 4 人,占被试总人数的 12.9%。这说明,6 岁儿童虽然具有一定的类别学习能力,但整体的水平还是较低。

### 2.2.2 类别学习表征分析

#### (1) A1、A2 的正确率分析

在 Nosofsky (1992)以及 Minda 和 Smith (2002)运用“5/4 模型”时对于研究被试类别学习时是习得原型还是样例采用的是比较 A1 和 A2 的正确率,如果 A1 的正确率高于 A2,说明被试习得的是原型;如果 A2 的正确率高于 A1 的正确率,说明被试习得的是样例。因此在本实验中也计算了 A1 和 A2 的正确率,在两种达标标准条件下 A1 和 A2 的正确率如表 2 所示:

表 2 实验 1 在两种达标标准条件下 A1 和 A2 的正确率

达标标准	A1	A2
75%	0.686	0.692
90%	0.766	0.862

通过对 A1、A2 的正确率进行了统计检验,以此来考察儿童习得的类别表征。在 75%的达标标准下的儿童,  $t(19)=-0.143$ ,  $p>0.05$ ,差异不显著,也就是说区分不出达到 75%正确率的儿童在类别学习时形成的表征是原型还是样例。然后统计了达到 90%正确率的儿童的实验数据,  $t(3)=-1.195$ ,  $p>0.05$ ,差异也不显著。也就是说针对于通过实验设定的两个正确率标准的儿童来说,他们在完成分类时所习得的类别表征在原型和样例上是差异不显著的。但是,从表 2 的数据中我们可以看出 A2 的正确率有大于 A1 的正确率的趋势,说明了儿童在类别学习中有习得样例表征的倾向。为了进一步分析儿童在类别学习中形成的类别表征是什么,我们又对实验 1 的数据进行了基于模型拟合的数据分析。

#### (2) 模型拟合分析

采用了模型拟合数据的方法分别分析了在这两种达标标准下,儿童的类别学习是习得的原型

还是样例。模型拟合是以儿童在对这九个样例的正确率为基础,采用 3000 次迭代得出儿童在本次实验中与原型模型和样例模型的方差,与哪个模型方差越小,说明与哪个模型假设的观点更接近。另外,通过模型拟合还可以得到学习者在每个维度上的注意权重  $W_k$ ,每个  $W_k$  介于 0 到 1 之间,各维度权重之和是 1。在这两个达标标准下,拟合的样例模型(GCM)和原型模型(MPM)的平均方差如表 3 所示:

表 3 实验 1 在两种达标标准条件下拟合的样例模型和原型模型的平均方差

达标标准	样例模型(GCM)	原型模型(MPM)
75%	0.572	0.675
90%	0.783	0.984

结果表明,对于两种达标条件的儿童,拟合的样例模型(GCM)的平均方差均显著小于拟合原型模型(MPM)的平均方差,  $t(19)=-9.820$ ,  $p<0.01$ ,  $t(3)=-5.936$ ,  $p<0.01$ 。模型拟合的结果证明了在实验 1 的类别学习中,相对于原型表征,儿童更倾向形成样例表征。

2.2.3 内部信息加工分析 上述的结果表明 6 岁儿童更倾向进行样例表征。为什么 6 岁的儿童不能进行原型表征呢?我们分析认为,原型的表征可能需要两方面条件(Billman, 1992; Nosofsky, 1987; Goldstone & Steyvers, 2001; Kalish & Kruschke, 2000)。第一,具有识别“高典型性特征维度”的能力。对于典型性的研究,前人进行了一系列的探索。例如,Lei 等人(2010)通过运用典型性评定研究了典型性高低不同的样例的效应,为典型性效应提供了认知神经方面的解释。在本研究中,我们进行了典型性特征维度的研究。特征典型性指的是,某一个特征维度最常出现的特征占总特征的比例。从表 1 类别结构看,维度一和维度三的典型性为  $(4/5+3/4)/2=0.775$ ,维度二的典型性为  $(3/5+2/4)/2=0.55$ ,维度四的典型性为  $(3/5+3/4)/2=0.675$ 。第二,具有识别“区分性特征维度”的能力。区分性特征维度指,该维度上的典型特征只出现在一个类别里。从表 1 类别结构看,四个维度均属于区分性特征维度(实验 2 将探讨区分性特征维度和非区分性特征维度的学习)。

以模型拟合数据中得到儿童在在四个特征维度上分配的注意权重( $W_k$ )作为因变量,统计 31 名被试在四个特征维度的平均注意权重,如表 4。



表 4 实验 1“5/4 类别结构”的四个特征维度的平均注意权重

维度(D)	维度一(D1)	维度二(D2)	维度三(D3)	维度四(D4)
注意权重( $W_k$ )	0.352	0.049	0.309	0.289

四个特征维度两两  $t$  检验结果表明,  $W_1 = W_3 = W_4 > W_2$ , 表明了 6 岁儿童显著对高典型性的特征维度(维度一、三、四)予以更多的注意, 而对低典型性的特征维度(维度二)予以更少的注意。说明, 6 岁儿童具有识别“高典型性特征维度”的能力。

实验 1 类别结构中四个维度均属于区分性特征维度, 实验 2 将改用具有区分性特征维度和非区分性特征维度的类别结构, 探讨儿童是否具有识别“区分性特征维度”的能力。

**2.2.4 学习策略分析** Rouder 和 Ratcliff (2004); Ashby 和 Maddox (2005); Smith 等 (2010) 的研究中提出了类别学习中存在三种学习策略, 一种是单维度规则策略, 即寻求某个标准特征来对所有的样例进行归类; 一种是规则加例外策略, 寻求标准特征

对绝大多数的样例进行归类, 同时记住某些例外的样例, 最后完全归类正确; 一种是信息整合策略, 通过对维度规则的整合或者特征的叠加, 即前者形成联合规则或者后者抽象出原型, 进而对所有的样例进行正确归类。

从实验 1 中学习材料的特征概率上看, 以单维度策略(规则策略)可以做出 69% 的正确率判断(特征概率判断在各个维度不均等, 这样考虑所有特征维度的单特征维度概率), 以规则加例外策略可以做出 81% 的正确率判断, 以信息整合策略(如原型、三个维度的特征整合)可以做出 89% 以上的正确率。

分析 6 岁儿童的类别学习策略, 根据儿童的在实验中每一轮的正确率, 绘制了 75% 正确率达标的 20 名儿童的学习曲线, 如图 2。

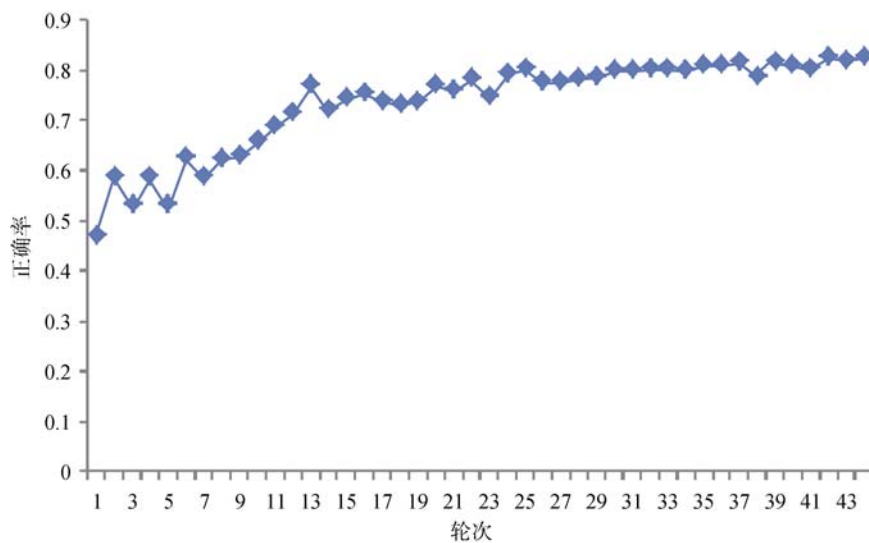


图 2 实验 1“5/4 模型”类别结构下各轮次反应的平均正确率

从图 2 看到, 儿童学习过程可以分为三个阶段:(1)1~13 轮, 正确率从 50% 上升到 75%; (2)13~29 轮, 正确率稳定在 75%; (3)29 轮以后, 正确率稳定在 81%。

研究表明, 6 岁的儿童仅在 80% 表现出平稳的态势, 说明儿童只运用了规则加例外的策略, 即一方面寻求标准特征对绝大多数的样例进行归类, 同时也记住某个例外的样例。该研究结果与刘志雅和莫雷(2009)在成人研究上的结果不一致, 成人的类别学习在 69%、83% 和 89% 三种正确率

标准时均表现出平稳的态势, 三种学习策略交替使用, 而 6 岁的儿童只观察到了规则加例外的学习策略。

图 2 的学习曲线再次表明, 6 岁儿童是具有一定的类别学习能力的, 在分类中可能掌握并运用了“单维度规则策略”和“规则加例外策略”, 但不具备掌握高水平的信息整合策略的能力。

综合上述, 实验 1 的结果表明, 6 岁儿童是具备一定的学习能力的; 相对于原型表征, 更倾向形成样例表征; 能够注意类别中高典型性特征维度, 但

在类别结构的整体学习上, 仍不具备抽象原型的能力; 在学习策略上, 采用了单维度规则策略和规则加例外策略。

然而, 实验 1 采用的类别结构中, 四个特征维度都具有区分性, 因此无法探测儿童能否识别特征维度的区分性, 可能是儿童不能识别特征维度的区分性, 使儿童不能抽象原型。因此在实验 2 中采用另外一种不同的类别结构, 即“3/3 类别结构”来探讨儿童是否具有识别特征维度区分性的能力。“3/3 类别结构”中的样例也是由四个维度构成, 该结构与实验 1 中采用的“5/4 类别结构”最大的区别是有两个维度是有区分性的, 有两个维度是没有区分性的, 因而实验 2 中试图采用该类别结构去探测儿童是否具有识别区分特征维度的能力。此外, 实验 1 采用了九个样例的类别学习, 可能样例太多,

对 6 岁儿童来说超出了其短时记忆容量, 因此, 实验 2 改用了 6 个样例的类别结构(“3/3 类别结构”), 进一步探讨 6 岁儿童类别学习能力。

### 3 实验 2

探讨 6 岁儿童在“3/3 类别结构”上的类别学习能力, 区分性特征维度的注意加工, 类别表征, 以及学习策略。

#### 3.1 方法

**3.1.1 被试** 36 名广州市某幼儿园大班参加了实验, 均为 6 周岁,  $M=6.43$ ,  $SD=0.16$ , 有 2 名儿童没有完成实验, 有效数据是 34 个。

**3.1.2 材料** 在实验 2 中, 改用了另外一种类别结构, 称为“3/3 类别结构”(Yamauchi, Love, & Markman, 2002), 有 6 个样例。类别结构如下表 5。

表 5 实验 2 中“3/3 类别结构”表

	A					B			
	耳朵	触角	眼睛	身体		耳朵	触角	眼睛	身体
A1	1	1	1	1	B1	1	1	0	1
A2	1	1	0	0	B2	0	1	1	0
A3	0	0	1	1	B3	1	0	0	0
A0	1	1	1	1	B0	1	1	0	0

注: 该类别结构由 Yamauchi, Love, & Markman (2002) 提出。

关于类别学习表征研究, 从表 5 可以看出, 刺激 A2(1100)是 A 类的成员, 却是 B 的原型。如果儿童学习形成原型表征, 根据原型理论的假设, 那么 A1(1 1 1 1)的分类要优于 A2(1 1 0 0); 如果学习是样例学习, 接受分类学习的被试同时记住了 A1 和 A2, 那么他们在 A1 和 A2 的分类成绩上的差异应该是不显著。

关于区分性特征维度的注意加工研究, 从表 5 可以看出, 两个类别在特征维度一和维度二在原型上是相同的, 特征值都为 1, A0(1111), B0(1100), 因此这两个特征维度为非区分性维度; 而特征维度三和维度四在原型上是不同的, 特征值分别为 1 和 0, 因此这两个特征维度为区分性维度。通过观测儿童在这两种不同性质特征维度上的注意权重, 来探索 6 岁儿童在区分性特征维度的注意加工。

采用类似实验 1 的新物种图片, 两个类别的原型如图 3, 材料也是经过了拉丁方处理形成了四种顺序的类别结构。34 名有效被试中, 四种顺序的类别结构分别有 8, 8, 9, 9 名被试接受。

**3.1.3 实验程序** 同实验 1。

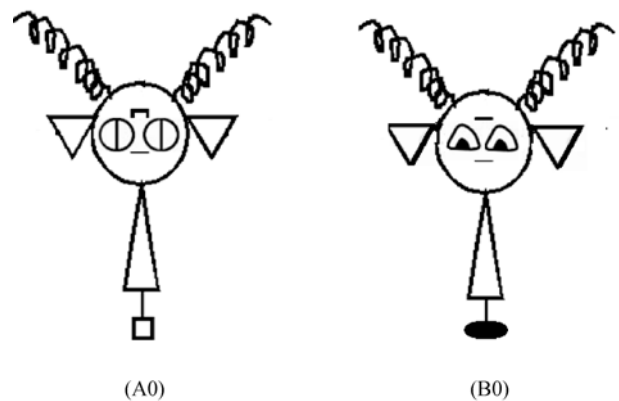


图 3 实验 2 中原型 A0 和 B0

#### 3.2 结果与分析

同实验 1, 使用 SPSS 17.0 统计软件进行统计分析, 模型拟合使用 Matlab (r2009a)编程。

**3.2.1 类别学习能力分析** 同实验 1 的研究结果一致, 儿童类别学习成绩显著高于几率水平,  $t(49)=4.321$ ,  $p<0.01$ , 说明了 6 岁的儿童具有一定的类别学习能力, 在实验室形成了新的类别知识。

再次计算了儿童在达标比率(75%, 90%)上的

通过率, 以了解儿童的类别学习能力处于什么样的水平。连续三轮达到 75% 正确率的儿童人数有 19 人, 占被试总人数的 55.9%; 连续三轮达到 90% 正确率的儿童人数是 4 人, 占被试总人数的 11.8%。再次说明, 6 岁儿童虽然具有一定的类别学习能力, 但整体的水平还是较低。

### 3.2.2 类别学习表征分析

#### (1) A1、A2 的正确率分析

不同于“5/4 模型”的分离技术, “3/3 模型”假设, 如果儿童类别学习形成原型表征, 那么 A1(1111)的分类要优于 A2(1100); 如果学习是样例表征, 那么在 A1 和 A2 的分类成绩上的差异应该是不显著。两种达标标准下 A1、A2 的分类正确率见表 6。

表 6 实验 2 两种达标标准下儿童 A1、A2 的分类正确率

达标标准	A1	A2
75%	0.613	0.527
90%	0.653	0.588

结果表明, 在两种达标条件下, A1 和 A2 的分类正确率差异不显著,  $t(18)=1.511, p>0.05$ ;  $t(3)=0.684, p>0.05$ , 6 岁儿童仍然表现出样例的类别表征。为了更加细致的探讨 6 岁儿童的类别表征, 同实验 1,

表 8 实验 2 儿童在“3/3 类别结构”中各个维度上的平均注意权重

维度(D)	维度一(D1)	维度二(D2)	维度三(D3)	维度四(D4)
注意权重( $W_k$ )	0.326	0.235	0.190	0.248

对四个注意权重两两进行  $t$  检验, 差异均不显著, 即  $W_1 = W_2 = W_3 = W_4$ , 表明儿童不能识别特征维度的区分性。结合实验 1 的结果表明, 儿童在类别学习中, 可以注意到类别内的典型性特征, 但对类别间区分性特征却不能注意, 这说明, 6 岁儿童没有表征原型的能力, 可能与儿童在注意能力上的不能定位于类别间区分性特征维度有关。Nelson (1984), Ward 和 Scott (1987) 的研究也表明, 儿童注意加工能力的不足, 将严重阻止他们抽象原型特征。

**3.2.4 学习策略分析** 从特征维度的特征概率上看, 以单维度策略(不加区分地采用单维度判断)可以做出 58% 的正确率判断; 从诊断性特征维度的特征概率上看, 以单维度策略(先确定诊断性的特征维度)可以做出 67% 的正确率判断; 以规则加例外策略可以做出 83% 的正确率判断, 以信息整合策略(三个维度的特征整合)可以做出 90% 以上的正

对 34 个有效的实验数据进行了模型拟合分析。

#### (2) 模型拟合分析

在这两个达标标准下, 拟合的样例模型(GCM)和原型模型(MPM)的平均方差如表 7 所示。

表 7 实验 2 在两种达标标准条件下拟合的样例模型和原型模型的平均方差

达标标准	样例模型(GCM)	原型模型(MPM)
75%	0.187	0.197
90%	0.120	0.170

与实验 1 的结果一致, 拟合样例模型(GCM)的平均方差均显著小于拟合原型模型(MPM)的平均方差,  $t(18)=-2.602, p<0.05$ ;  $t(3)=-3.515, p<0.05$ 。

实验结果还表明, 学习样例少的情况下(6 个), 儿童仍然倾向于进行样例表征。在类别学习中没有习得原型的类别表征, 可能与其自身的认知发展特点相关。

#### 3.2.3 内部信息加工分析

如表 5, 特征维度一(D1)和维度二(D2)为非区分性维度, 而特征维度三(D3)和维度四(D4)为区分性维度。统计了通过模型拟合产生的四个维度注意权重系数见表 8。

准确率。

分析 6 岁儿童的类别学习策略, 同实验 1, 根据儿童在实验中每一轮的正确率, 绘制了 75% 正确率达标的 16 名儿童的学习曲线, 如图 4。

从图 4 看到, 儿童学习过程可以分为三个阶段: (1)1~10 轮, 正确率从 50% 上升并稳定在 58%; (2)10~20 轮, 正确率稳定在 67%; (3)25 轮以后, 正确率稳定在 83%。

结果表明, 6 岁的儿童在 58%、67% 和 83% 正确率上表现出平稳的态势, 说明儿童可以运用单维度规则策略和规则加例外的策略, 即一方面寻求标准特征对绝大多数的样例进行归类, 同时也记住某个例外的样例。与实验 1 结果不同, 还观察到了单维度规则的学习策略。

此外, 实验 2 维度一、二是不具有诊断性的, 维度三、四才具有诊断性, 所以被试要根据单维度进行类别判断时, 产生了两种情况, 一种是需先确定



诊断性的特征维度(理论值是 67%), 另一种是不加区分地采用单维度判断(理论值是 58%)。进一步分析观察到了单维度规则的学习策略, 如图 4, 我们还发现儿童在前 10 轮, 正确率恰好稳定在 58% 左右, 即可能说明, 儿童一开始的前 10 轮类别学习

是不加区分的采用单维度策略, 10~20 轮进入确定了诊断性的特征维度后的单维度策略。这可能表明, 儿童类别学习可能要经历两个重要的阶段, 一个是对维度特征进行平等加工阶段, 另一个是对维度特征进行重点加工的阶段。

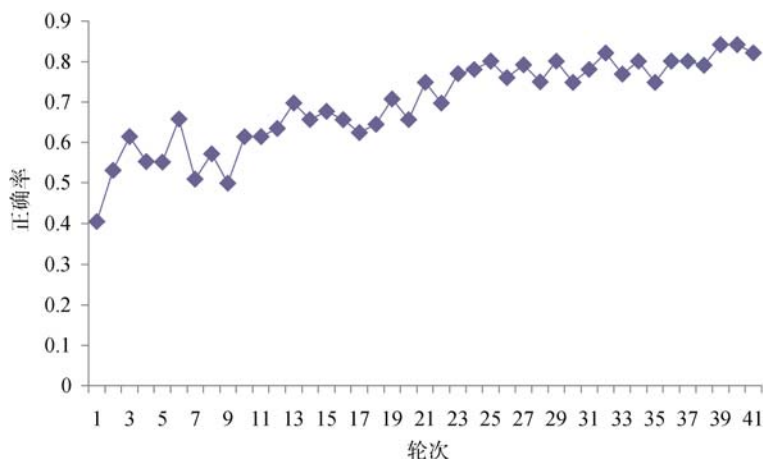


图 4 实验 2“3/3 类别结构”下各轮次反应的平均正确率

图 4 的学习曲线再次表明, 6 岁儿童是具有一定的类别学习能力, 在分类中可能掌握并运用了“单维度规则策略”和“规则加例外策略”, 但不具备掌握高水平的信息整合策略的能力。

## 4 讨论

关于儿童学习能力的研究, Siegler 和 Chen (2008) 研究认为, 以往研究多是揭示不同年龄阶段具有什么样的学习能力, 而当前的研究者则致力于揭示某个时期儿童的整个学习过程和学习策略发展变化的认知机制。并主张采用“微观发生法”来精细分析儿童的学习和发展。本研究基于这种思想, 采用经典的类别学习任务, 运用模型拟合数据分析技术, 深入地探索了 6 岁儿童类别学习能力和认知机制, 从类别表征、注意和学习策略三个角度揭示儿童类别学习的认知机制。

关于儿童类别学习能力, Inhelder 和 Piaget (1958) 指出, 2 岁到 5 岁半的儿童分类标准不固定, 5 岁半到 7 岁的儿童逐步具有按照一个固定标准分类的能力, 7 岁以上儿童分类能力才趋于完善。也就是说, 5 岁半到 7 岁的儿童是类别学习中形成稳定学习策略的阶段, 而且 6 岁儿童是进入正规学校教育的重要时期, 探索这个时期儿童类别学习的能力, 特别是内部认知机制具有重要的意义。实验 1 和 2 的结果表明, 6 岁儿童是具备一定的学习能力的,

该研究结果和近年来大多数研究者的发现是一致的。Siegler (2002) 等认为, 学习过程给与反馈, 6 岁的儿童在“动物矩阵”任务中具备了稳定的学习和迁移能力。这说明, 如果具备适合的条件, 6 岁的儿童具备一定类别学习能力。这些适合的条件, 例如及时反馈, 材料有趣, 和任务简单等。尽管如此, 6 岁儿童的类别学习能力和成人水平相比仍然有显著的差距。

关于儿童的类别表征, 实验 1 和 2 模型拟合的结果均表明, 相对于原型表征, 儿童更倾向形成样例表征。如文前所述, 三种主要的类别学习模型对被试抽象能力要求是不同的, 样例模型要求最低, 规则模型次之, 原型模型则需要儿童具有较高的抽象能力。而 6 岁这个时期, 由于抽象能力仍有待发展, 难以对每个维度的特征都进行抽象概括, 这样, 6 岁儿童更倾向于进行低抽象程度的样例表征。

关于儿童类别学习中的注意能力, 实验 1 的结果表明, 6 岁儿童在注意能力上, 能够把注意力放在高典型性特征维度上。这个结果与支持儿童具有原型表征能力的研究一致 (Bomba & Siqueland, 1983)。但是, 仅仅依靠儿童在注意上具备了识别特征的典型性能力来推测儿童具有表征原型的能力是不充分的。典型性反映了类别内某个特征出现的频率, 表现了事物的个别属性; 而原型则反映了类别内多个特征出现的频率, 表现了事物的整体

属性。因此, 儿童要具原型表征的能力, 应该在具备了掌握典型性能力的基础上, 进一步获得对多个特征维度的整合能力, 才能表征原型。目前, 儿童整合多个特征维度能力的发展问题仍有待进一步研究。

实验 2 的结果还发现, 6 岁儿童在注意能力上, 不能把注意力放在用于区分类别的特征维度上。这表明, 6 岁的儿童不能比较两个类别的差异性, 这可能预示着儿童仍然不能跨类别地处理信息。著名的类包含实验表明了低龄的儿童不能正确回答“有 5 朵红花和 3 朵黄花, 红花多还是花多?”这类问题 (Inhelder & Piaget, 1958; Anaki & Bentin, 2009), 但这些研究仅仅揭示了儿童不能处理不同上下层次的类别信息, 而本研究则进一步揭示了低龄儿童在同级类别水平上也不能跨类别地处理信息。

关于儿童的类别学习策略, 实验 1 和 2 的结果表明, 儿童采用了单维度规则策略和规则加例外学习策略。这表明 6 岁的儿童懂得运用需要一定抽象能力的规则策略来进行分类。儿童在识别了典型性特征后, 还可以进一步抽象出如“有某特征的是 A 类”的规则, 并且在依靠该规则不能完全正确分类的情况下, 并不放弃这个规则, 甚至额外地记住了某个例外的样例来提高分类成绩。这个研究结果与 Li, Zheng, Gao, Gao 和 Lin (2005) 等的研究结果一致, 他们的研究表明儿童在分类推理学习时, 规则的复杂性对他们的学习成绩有影响, 即运用单维度的规则最容易, 其次是双维度的规则, 运用三维度的规则最难。Bunge 和 Zelazo (2006); Casey, Giedd 和 Thomas (2000) 研究表明, 儿童在规则选择能力上不如成人, 主要是指成人更快地选用高诊断性的规则和放弃低诊断性规则。本研究则揭示了 6 岁儿童具有抽象规则的能力, 可能在抽象规则的效率上, 仍然有待进一步的发展。

特征整合理论 (Treisman & Gelade, 1980) 认为特征的整合经历两个阶段, 第一阶段为分散注意阶段, 主体对客体进行平行加工, 自动地对特征进行登记。第二阶段为集中注意阶段, 主体对客体进行控制加工, 实现特征的整合。本实验中 6 岁儿童的类别学习能力的探索可能揭示了这时期儿童可能也经历这两个重要的发展阶段, 即“特征平等加工阶段”和“特征重点加工阶段”。在特征平等加工阶段, 儿童自动对各维度特征不加区分地进行平等加工, 这是一种不需要付出认知努力的低层次加工。正如实验的结果显示, 儿童在最初的类别学习中,

正确率低, 没有形成高水平的分类策略, 是因为他们平均的加工各个维度特征。在特征重点加工阶段, 儿童有意识地对某些特征维度进行重点加工, 这是一种需要认知努力的高层次加工。正如在本实验的结果中显示, 儿童在后期的类别学习中, 随着反馈的进行, 儿童意识到某些特征具有更重要的意义, 如诊断性高, 因而对其进行重点加工, 最终形成更高层次的分类策略。本实验中 6 岁儿童的类别学习能力的探索也预示了成年人的类别学习能力可能具有更高阶段, “策略加工阶段”, 这个阶段的主体对客体的加工超越了特征, 并通过抽象规则、整合原型、联合规则等方式自动化地进行分类。

综合上述, 本研究采用了经典的类别学习任务, 运用了模型拟合分析技术, 探讨了 6 岁儿童的类别学习能力, 以及类别表征、注意和学习策略。取得了一些重要的发现, 但是也存在着不足。第一, 没有比较多个年龄阶段儿童类别学习能力。虽然, 该研究根据微观发生法的思想较深入地探索了 6 岁儿童类别学习的认知过程, 但是, 如果能够从不同年龄层面来比较儿童类别学习中类别表征、注意和学习策略的发展, 就能更系统、更全面地揭示儿童类别学习能力的发展, 为类别学习的认知模型提供更有力的依据。第二, 两个实验采用的类别学习任务对 6 岁儿童来说在难度上仍然偏难, 即使实验 2 采用了六个样例的分类任务。本研究中, 能够完全正确分类所有样例的被试总共才 8 名儿童。Minda, Desroches 和 Church (2008) 研究也表明儿童在学习非线性分离类别 (实验 1 和 2 均采用非线性分离类别) 的成绩是很差的。因此, 未来采用线性分离类别结构, 难度更低的学习任务, 在多个年龄层次继续进行研究, 将进一步丰富本研究的结果。

## 5 结论

6 岁儿童是具备一定的学习能力的; 6 岁儿童以样例表征的模式进行类别学习, 相对于原型表征, 更倾向形成样例表征; 6 岁儿童在注意能力上, 能够识别类别中高典型性特征维度, 但不能识别类别间的区分性特征维度; 6 岁儿童在类别学习策略上, 采用了单维度规则策略和规则加例外策略。初步揭示 6 岁儿童的类别学习处于“特征平等加工阶段”和“特征重点加工阶段”重要发展时期。

## 参 考 文 献

- Anaki, D., & Bentin, S. (2009). Familiarity effects on categorization levels of faces and objects. *Cognition*, 111,

- 144-149.
- Ashby, F. G., & Maddox, W. T. (2005). Human category learning. *Annual Review of Psychology*, *56*, 149-178.
- Billman, D. (1992). Modeling category learning and category use: Representation and processing. In B. Burns (Ed.), *Percepts, concepts and categories: The representation and processing of information* (pp. 414-448). New York: Elsevier Science.
- Bomba, P. C., & Siqueland, E. R. (1983). The nature and structure of infant form categories. *Journal of Experimental Child Psychology*, *35*(2), 294-328.
- Bunge, S. A., & Zelazo, P. D. (2006). A brain-based account of the development of rule use in childhood. *Current Directions in Psychological Science*, *15*, 118-121.
- Casey, B. J., Giedd, J. N., & Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*, *54*, 241-257.
- Cole, M., Frankel, F., & Sharp, D. (1971). Development of free recall learning in children. *Developmental Psychology*, *4*, 109-123.
- Coutinho, M. V. C., Couchman, J. J., Redford J. S., & Smith, J. D. (2010). Refining the visual-cortical hypothesis in category learning. *Brain and Cognition*, *74*(2), 88-96.
- Fang, F. X., Fang, G., & Xi, H., Y. (1991). A re-exploration of the ability of free classification in preschoolers. *Psychological Science*, (1), 16-22.
- [方富熹, 方格, 郗慧媛. (1991). 学前儿童分类能力再探. *心理科学*, (1), 16-22.]
- Ford, R. M. (2003). Task variations and attention shifts in young children's category learning. *International Journal of Behavioral Development*, *27*(6), 495-504.
- Gelman, S. A. (2009). Learning from others: Children's construction of concepts. *Annual Review of Psychology*, *60*, 115-140.
- Goldstone, R. L., & Steyvers, M. (2001). The sensitization and differentiation of dimensions during category learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*, 116-139.
- Hayes, B. K., Foster, K., & Gadd, N. (2003). *Prior knowledge and subtyping effects in children's category learning. Cognition*, *88*, 177-199.
- Hoffman, A. B., & Rehder, B. (2010). The costs of supervised classification: The effect of learning task on conceptual flexibility. *Journal of Experimental Psychology: General*, *139*(2), 319-340.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York, NY: Basic Books.
- Kalish, M. L., & Kruschke, J. K. (2000). The role of attention shifts in the categorization of continuous dimensioned stimuli. *Psychological Research*, *64*, 105-116.
- Krascum, R. M., & Andrews, S. (1993). Feature-based versus exemplar-based strategies in preschoolers' category learning. *Journal of Experimental Child Psychology*, *56*, 1-48.
- Kruschke, J. K. (1992). ALCOVE: An exemplar-based connectionist model of category learning. *Psychological Review*, *99*, 22-44.
- Lafond, D., Lacouture, Y., & Cohen, A. L. (2009). Decision-tree models of categorization response times, choice proportions, and typicality judgments. *Psychological Review*, *116*(4), 833-855.
- Lei, Y., Li, F. H., Long, C. Q., Li, P., Chen, Q. F., Ni, Y. Y., et al. (2010). How does typicality of category members affect the deductive reasoning? An ERP study. *Experimental Brain Research*, *204*, 47-56.
- Li, H., Zheng, C. J., Gao, X. M., Gao, S., & Lin, C. D. (2005). The influence of complexity and reasoning direction on children's causal reasoning. *Cognitive Development*, *20*(1), 87-101.
- Liu, Z. Y., & Mo, L. (2009). Prototype and exemplar on classification and inference learning. *Acta Psychologica Sinica*, *41*, 44-52.
- [刘志雅, 莫雷. (2009). 两种学习模式下类别学习的结果: 原型和样例. *心理学报*, *41*, 44-52.]
- Medin, D. L., & Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, *85*, 207-238.
- Minda, J. P., Desroches, A. S., & Church, B. A. (2008). Learning rule-described and non-rule-described categories: A comparison of children and adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *34*(6), 1518-1533.
- Minda, J. P., & Smith, J. D. (2002). Comparing prototype-based and exemplar-based accounts of category learning and attentional allocation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *28*, 275-292.
- Nelson, D. G. K. (1984). The effect of intention on what concepts are acquired. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *23*, 734-759.
- Nosofsky, R. M. (1987). Attention and learning processes in the identification and categorization of integral stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *13*, 87-108.
- Nosofsky, R. M. (1992). Exemplars, prototypes, and similarity rules. In A. Healy, S. Kosslyn, & R. Shiffrin (Eds.), *From learning theory to connectionist theory: Essays in honor of William Estes K.* (pp. 149-167). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Rehder, B., & Hoffman, A. B. (2005). Thirty-something categorization results explained: Selective attention, eye-tracking, and models of category learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *31*(5), 811-829.
- Rosch, E., & Mervis, C. B. (1975). Family resemblances: Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, *7*, 573-605.
- Rouder, J. N., & Ratcliff, R. (2004). Comparing categorization models. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*, 63-82.
- Seger, C. A., & Cincotta, C. M. (2006). Dynamics of frontal, striatal, and hippocampal systems during rule learning. *Cerebral Cortex*, *16*, 1546-1555.
- Sloutsky, V. M., & Lo, Y. -F. (1999). How much does a shared name make things similar? Part 1: Linguistic labels and the development of similarity judgment. *Developmental Psychology*, *35*, 1478-1492.
- Sloutsky, V. M., Lo, Y. -F., & Fisher, A. V. (2001). How much does a shared name make things similar? Linguistic labels, similarity, and the development of inductive inference. *Child Development*, *72*, 1695-1709.
- Siegler, R. S., & Chen, Z. (2008). Differentiation and integration: Guiding principles for analyzing cognitive change. *Developmental Science*, *11*, 433-448.
- Siegler, R. S., & Svetina, M. (2002). A microgenetic/cross-sectional study of matrix completion: Comparing

- short-term and long-term change. *Child Development*, 73, 793–809.
- Smith, J. D., & Minda, J. P. (2000). Thirty categorization results in search of a model. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 3–27.
- Smith, J. D., Chapman, W. P., & Redford, J. S. (2010). Stages of category learning in monkeys (*Macaca mulatta*) and humans (*Homo sapiens*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 36, 39–53.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97–136.
- Ward, T. B., & Scott, J. (1987). Analytic and holistic modes of learning family-resemblance concepts. *Memory and Cognition*, 15, 42–54.
- Welder, A. N., & Graham, S. A. (2001). The influence of shape similarity and shared labels on infants' inductive inferences about nonobvious object properties. *Child Development*, 72, 1653–1673.
- Wilburn, C., & Feeney, A. (2008). Do development and learning really decrease memory? On similarity and category-based induction in adults and children. *Cognition*, 106, 1451–1464.
- Yamauchi, T., Love, B. C., Markman, A. B. (2002). Learning nonlinearly separable categories by inference and classification. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 585–593.
- Yin, G. E. (1996). The influence of geometric attribute difference of materials on 3-7-years-old children's classification criterion. *Psychological Science*, (5), 262–264.
- [阴国恩. (1996). 材料的几何属性差异对 3-7 岁儿童分类标准的影响的研究. *心理科学*, (5), 262–264.]

## Six-year-old Children's Ability on Category Learning: Category Representation, Attention and Learning Strategy

LIU Zhi-Ya<sup>1</sup>; SONG Xiao-Hong<sup>1</sup>; Carol A. SEGER<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> Center for Studies of Psychological Application, South China Normal University, Guangzhou 510631, China

<sup>(2)</sup> Colorado State University, Fort Collins, USA, CO 80523

### Abstract

This paper explores 6-year-old children's category representation and learning strategies. Category learning is a fundamental ability through which human beings acquire and organize new knowledge about the world (Ashby, 2005), and is critical for normal cognitive development.

There are three major theories or models of how categories are represented: Rule-based, Prototype-based, and Exemplar-based models. Rule-based models assume that category learning is a process of discovering an explicit rule to maximize accuracy (Ashby, 2005; Seger, 2006). Prototype-based models assume that stimuli are categorized on the basis of their similarity to category prototypes stored in memory (Rosch & Mervis, 1975; Smith, Chapman, & Redford, 2010; Coutinho, Redford, & Smith, 2010). A category prototype is generally defined as the average, or most typical, member of a category. Exemplar-based models assume that the categorization of a new exemplar is based on the similarity of the new exemplar to the representations of all previously encountered exemplars stored in memory (Medin & Schaffer, 1978; Kruschke, 1992; Nosofsky, 1992).

Previous studies suggest that 6-year-old children have developed some ability to use category knowledge to solve problems (Wilburn & Feeney, 2008; Sloutsky & Lo, 1999; Sloutsky & Fisher, 2001). Furthermore, several critical aspects of category learning are acquired at this age. Fang, Fang, & Xi (1991) pointed out that 6-year-old is a critical period for children to learn to understand the relation between the whole and the part of a subject. Yin (1996) further suggested that 6 years is an important age to learn superordinate categories (for example, the category “furniture”).

Two category structures were used in this study. Experiment 1 used the “5/4 category structure” from Medin and Schaffer (1978) and experiment 2 used the “3/3 category structure” from Yamauchi, Love, & Markman (2002). The category structures were adapted in order to be able to identify which kinds of representation the children were forming: rule, exemplar or prototype. 62 6-year-old children took part in the experiments. During each trial, an individual exemplar was presented, the participant was asked to infer and

indicate which category (A or B) the exemplar belonged to, and feedback as to whether the subject was right or wrong was provided. After a number of such trials of inference and feedback, participants reached the learning criterion and were considered to have formed new category knowledge. A mathematical technique of “Model Fitting” was introduced to analyze the data from two experiments. Different models were used to examine whether childrens’ responses were best fit by exemplar or prototype models, to identify which features the children paid attention to, and to identify which classification strategy children used.

Experiment 1 showed that 6-year-old children were able to learn the 5/4 categorization task and reach criterion. Model fitting analyses of category representation found that these children tended to form exemplar representations rather than prototype representations. On measures of distribution of attention, 6-year-old children could identify and pay more attention to the more typical dimensions. Finally, when learning strategy was examined, 6-year-old children used either a single-dimension or rule-plus-exception strategy to classify the items. Experiment 2 using the 3/3 task found similar results to experiment 1, but further found that 6-year-old children could not integrate their processing of the most important distinctive dimensions across the two categories. This result was consistent with the findings of Inhelder & Piaget (1958), and Anaki & Bentin (2009) that 6-year-old children could not process information across different categories.

**Key words** category learning; children; prototype; exemplar; categorization strategy