

# 一个探索恒河猴和熊猴 数量守恒的实验研究<sup>\*1)</sup>

林 国 彬

中国科学院心理研究所, 北京, 100012

## 摘 要

本实验对三只恒河猴和一只熊猴在一系列判断与数量有关的问题上进行训练, 继而让动物对呈现数多少的刺激对进行“同”和“异”的判断。刺激物是画在白色卡片上的黑点, 在设计上排除使动物利用黑点累加面积和卡片亮度作为线索的可能性, 也使动物不可能记住黑点排列的特定模式。本实验共有六项实验程序, 在最后一项中, 把数从 2 到 6 的所有“同”和“异”的刺激对全部呈现给动物。实验结果表明有两只恒河猴和一只熊猴达到所有六项实验程序的预定标准。本文讨论了实验结果在皮亚杰关于数量守恒观点上的含义, 以及据以解释数多少判断的可能的内部过程。

**关键词:** 灵长类动物, 皮亚杰理论, 数量守恒, 同-异判断

## 问 题

皮亚杰的发展心理学主要是研究人类认知结构和技能的个体发展的, 而他的工作又证明是认识论的生物学基础。因此我们认为在系统发展的范围内考虑皮亚杰的理论也是适宜的。最近十多年来, 应用皮亚杰的理论和方法来研究灵长类动物的认知能力已受到广泛的注意。F. Y. Dore 等(1987)<sup>[1]</sup> 对这方面的工作有过全面的总结。

本研究试图探索恒河猴和熊猴的数量守恒问题。守恒是皮亚杰关于儿童认知发展的具体运演阶段的主要指标, 是个体对概念的本质认识能力。对它在灵长类动物身上的表现有过两类研究。一类是对守恒是否存在进行直接测验, 如 Thomas 和 Peay(1976)<sup>[2]</sup> 关于松鼠猴对物体长度守恒的实验测验, 结果证明动物并不掌握守恒。其他学者<sup>[3,4]</sup> 关于黑猩猩对液量和数目守恒的测验也未能得到肯定结论。在此类研究中, 守恒的存在是否需要被试的口头报告作为证据, 专家们始终有不同意见。

第二类研究是对动物掌握守恒的先决技能的训练。研究者们<sup>[5,6]</sup> 认为, 对刺激物的数量方面作出同-异辨认和反应的能力是掌握守恒的至关重要的先决技能, 因为只有对刺激物的量的同和异具有区分和判断能力, 才能真正掌握守恒。P. Czerny 和 R. K. Thomas(1975)<sup>[5]</sup> 经过训练, 当只有体积提供唯一的系统线索时, 松鼠猴能对刺激物进行同-异判

\* 本实验在北京大学心理系动物实验室进行, 该系杨华和王彦玲二位同学参加本实验工作。

1) 本文于 1991 年 1 月 17 日收到。

断。Pasnak(1979)<sup>[6]</sup>则利用学习定势系列训练恒河猴对物体质量方面的同异作出正确的辨别判断。本实验试图在以前关于恒河猴数多少概念形成的研究(张忠标<sup>[7]</sup>, 林国彬等<sup>[8]</sup>)的基础上, 采用同时性同-异判断的实验程序, 训练和测验三只恒河猴和一只熊猴对数多少同或异的判断能力, 以探索它们是否具有数量守恒的能力。

## 方 法

**被试** 被试为三只恒河猴(*Macaca mulatta*)和一只熊猴(*Macaca assamensis*)。佳佳: 恒河猴, 雌性, 实验开始时为五岁半, 实验室生, 早期家养过半年。在两年前曾接受过数多少辨别的训练, 一年前又接受过数多少概念的高次抽象判断的训练。美灵: 恒河猴, 雌性, 实验开始时为一岁零八个月, 实验室生。从未接受过任何训练。豆豆: 恒河猴, 雌性, 两岁, 购自北京动物园, 野生。在本实验前未接受过任何训练。小三: 熊猴, 雄性, 两岁, 购自北京动物园, 笼生, 曾家养过。本实验前未接受过任何训练。

**实验装置** 实验装置为推式威斯康星通用测试仪(WGTA)的改良装置。装置中有两个平行排列的抽屉式刺激呈现盒。两盒间距离3厘米, 盒大为 $12 \times 14 \times 15$ 立方厘米。呈现盒正面有 $12 \times 14$ 平方厘米的无色透明有机玻璃, 刺激卡片在玻璃后面1厘米的地方呈现。整个装置为深灰色。每只呈现盒下方有一食物坑, 用来放置强化物。每天实验训练时, 动物用运输笼被送进 $35 \times 40 \times 50$ 立方厘米的实验用笼中, 实验笼放在高60厘米的铁架上, 动物面对实验装置。动物看不见坐在实验装置后面操作的实验者, 但实验者可以通过前方墙上的镜子观察到动物的行为反应。实验装置安放在一只高70厘米的平台上, 并可以在平台上前后滑动。装置正面有一可以通过滑轮上下升降的屏板, 当屏板放下时动物看不见刺激呈现盒。每次试验时升起屏板以呈现刺激, 并将整个装置推向动物, 动物反应后将装置拉回, 并放下屏板, 以准备下次试验。动物进行二择一反应, 每次反应是将呈现盒往里推进装置, 如反应正确, 可在下方露出的食物坑内得到强化物; 如反应错误, 动物不得改正, 实验者随即拉回装置。

**刺激物** 刺激物是 $13 \times 11.5$ 平方厘米的白色卡片上的黑色圆点。也就是说每张刺激卡片上分别都有2—6个黑色圆点。根据Thomas<sup>[9]</sup>和张忠标<sup>[7]</sup>获得的结果, 在相差为1的条件下, 灵长类动物判断数多少的上限为7:8, 因此在本实验中使用的刺激数目为2—6。为使每张卡片上的明度和同一数目圆点的总面积得到控制, 黑色圆点的直径有三种: 2.5厘米、1.9厘米和1.4厘米。每张卡片上的刺激数目随机地由一种、两种或三种的圆点组成。每张卡片上按 $4 \times 4$ 个方格位置随机地排列这些圆点以免出现固定的圆点排列模式。每个数目都各自有25张卡片, 每张卡片又都可以按正放和倒放两个方向呈现, 所以每个数目都有50种的呈现模式, 以形成该数目的刺激库。实验中每一个数都是随机地从各自的刺激库中抽取一张卡片, 以随机的方向并随机地在左或右刺激呈现盒中呈现给被试动物。

**实验程序** 在正式训练以前先进行预备性训练, 让实验动物熟悉实验者和实验情景及实验要求。正式训练有以下六个程序:

1. 前训练 I: 训练目的是使动物对数目3和5形成辨别。这两个数的刺激卡片在左和右侧呈现盒呈现的次数均占每天40次试验的一半(即20次), 其中数目5为阳性刺激

物,如动物反应正确,予以强化。训练的标准是动物被试连续两天达到80%的正确率(即40次试验中有32次正确),达到标准后即进入下一程序训练。

2.前训练Ⅱ:刺激数目为2、4、6。每次试验都随机地呈现其中两个数。每对数目中的大数为阳性刺激。每天40次试验中要求左右两侧均有一半的机会呈现阳性刺激。训练标准同上。

3.前训练Ⅲ:刺激数目为2、3、4、5和6五个数目。每次试验均随机地呈现其中两个数,并要求在每天40次试验中每个数被组对和彼此搭配的机会大致相等。其它操作程序和训练标准同程序1和2。

4.同异测验Ⅰ:这一程序是要训练动物对两个刺激的数目的相同或相异作出正确辨认。使用的刺激数目为5和3。组成的相异数刺激对为5—3,相同数刺激对为3—3。每天各对分别呈现20次。当呈现刺激对3—3时,动物反应右侧(以主试的位置为准)刺激为阳性反应,可以得到食物强化。当呈现刺激对5—3时,数目5总是呈现在左侧,数目3总是在右侧,要求动物对5反应(即推左侧),并予以强化。这里所用的每个刺激卡片同样都是从各自数目的25张卡片中随机抽取出来的,因此刺激对3—3的两个刺激数目的圆点面积和排列模式在每次试验中都是互不相同的。训练标准同前。

5.同异测验Ⅱ:本程序使用的刺激数目有2、4、6三个数。组成的相异数刺激对分别为6—4,6—2和4—2,相同数刺激对分别为6—6,4—4和2—2。实验时,六对刺激随机呈现,但每对刺激在每天呈现的次数要大致相等(即6—7次)。相异数和相同数刺激对的呈现方法和强化方法以及对于数目刺激的说明均同程序4,训练标准同前。

6.同异测验Ⅲ:使用的刺激数目有2、3、4、5和6,因此组成的相异数刺激对共有10对,相同数刺激对5对。在相异数刺激对中,两数相差为1的有4对(即2—3,3—4,4—5和5—6),两数相差为2的有3对(即2—4,3—5和4—6),两数相差为3的有两对(即2—5和3—6),两数相差为4的只有1对(即2—6)。实验训练时相同数和相异数刺激对随机呈现,同异各半,但要求相异数刺激对中两数相差1的和两数相差2和3的在同一天实验中呈现次数大致相等,以求在本程序之内每天训练的难度大体均衡。其它同程序4和5的说明,训练标准同前。以上六个程序的刺激数目和刺激数目配对列于表1中。

表1 每个实验程序的刺激数目和刺激数目配对

实验程序	刺激数目	刺激数目配对
(1)	3, 5	
(2)	2, 4, 6	
(8)	2, 3, 4, 5, 6	
(4)	3, 5	5—3, 3—3
(5)	2, 4, 6	6—4, 6—2, 4—2; 6—6, 4—4, 2—2
(6)	2, 3, 4, 5, 6	6—5, 5—4, 4—3, 3—2, 6—4, 5—3, 4—2, 6—3, 5—2, 6—2; 6—6, 5—5, 4—4, 3—3, 2—2

## 结 果

除恒河猴豆豆以外,其它三只猴在各个程序达到训练标准所需的试验次数见表 2。从表 2 可以看到,三只猴都完成了全部六个程序的训练任务。它们在达到每个程序训练标准时最后两个实验日的平均正确反应率和“连续正确反应(run)”的显著性水平见表 3 所示。

表 2 每只猴完成各个程序达到标准所需试验次数

程 序	被 试	美灵	佳佳	小三	豆豆
1		920	580	506	1155*
2		80	100	60	—
3		120	60	60	—
4		230	320	180	—
5		120	210	60	—
6		200	160	80	—

\* 在连续 30 个实验日 1155 次试验的训练之后, 豆豆仍没有达到第 1 个程序的预定标准, 因而被中止训练。

表 3 达到各个程序的训练标准时连续两个实验日的平均正确反应率(%)  
和连续正确反应(run)的显著性水平

程 序	被 试	美 灵		佳 佳		小 三	
		%	run(P<)	%	run(P<)	%	run(P<)
1		85	.01	88.35	.01	88.35	.01
2		80	.01	83.35	.01	90	.01
3		81.25	.01	81.65	.01	85	.01
4		82.5	.01	86	.01	85	.01
5		83.75	.01	86.75	.01	81.65	.01
6		83.75	.01	87.5	.01	81.25	.01

示。图 1 是三只被试猴在第 1 个程序训练中的学习曲线, 图 2 是三只被试猴在第 4 个程序训练中的学习曲线。

我们知道,本实验前三个程序是用来使被试猴形成数多少概念的,在这三个程序的训

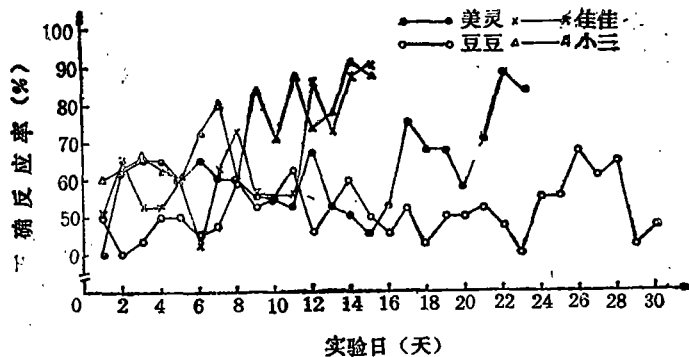


图 1 四只猴在程序 1 中的学习曲线

练中,数值范围不断扩大,最后动物形成了抽象的数多少概念。从统计结果看,三只猴都十分顺利地达到第2、3个程序的训练标准(它们只需60—120次试验便达到了),但它们对第1个程序的训练显然表现出了相对的困难,其中美灵需920次,小三需506次试验才达到训练标准,这显然与它们没有任何以往的实验经验有关。

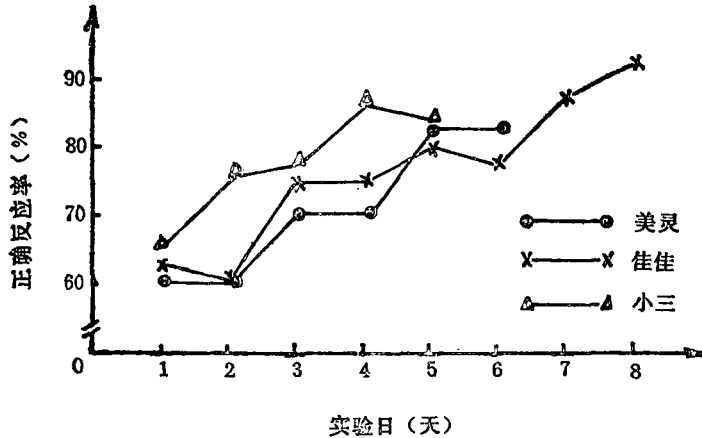


图2 三只猴在程序4中的学习曲线

后三个程序是用来对动物的数多少同异判断进行测验的。三只猴出色地通过这三个程序的训练目标。虽然这里正确反应的准则与前面三个程序不同,但三只猴同样以比第1个程序低得多的试验次数达到第4个程序的训练标准(分别为230次、320次和180次),并以更低的试验次数完成最后两个程序。对两个数的多少的同和异能够进行正确的判断,表明动物已在更高的水平上形成相当稳定的数多少概念。同时,从整个实验情况来看,程序1和4的训练分别对各自以后程序的训练存在着明显的迁移。

## 讨 论

近期的研究<sup>[7,8,9]</sup>业已表明,灵长类动物经过训练能够获得数多少的概念,但对掌握数的守恒的研究尚属空白。我们考虑到,在人类儿童身上,对数的守恒是较先获得的<sup>[10]</sup>,因此我们可以想象,灵长类动物经过训练是否能比较容易地获得数守恒能力呢?

综观近年来应用皮亚杰理论来研究动物的工作,可以得出十分不同的结论。Thomas和Walden(1985)<sup>[11]</sup>提出一个十分保守的观点,认为一些皮亚杰理论中的概念,如客体存继性(object permanence)和守恒可能不宜被用来在动物身上研究,因为必须要有口头报告作为证据。但是Dore和Dumas(1987)<sup>[11]</sup>对这种看法并不以为然,认为没有必要为这种研究设置种种障碍。

在本实验中,三只实验动物对数多少的同-异判断是成功的,这同皮亚杰(1968)<sup>[12]</sup>关于数量守恒的证据的表述看来有着直接的关系。皮亚杰曾对Mehler和Bever(1967)<sup>[13]</sup>的研究报告作过这样的评论:“只有在呈现两排相等的数,而其中一排较分散或较挤时;或者至少在两排数目不变而长度不同时,才能表现出数量的守恒。”这似乎是皮亚杰对数量守恒的证据的一个经典性的说法。在本实验中,动物对数多少的“同”的判断的证据是很清楚的,这里对“异”的判断只是作为一种控制条件,以确保动物对同和异进行有区别

的判断。因此我们似乎有理由说,本实验中动物对“同”的判断的证据比皮亚杰在评论 Mehler 和 Bever 的研究时所描述的证据要更为确凿,因为他这里所描述的只是一种“至少”的要求。在 Mehler 和 Bever 的研究中,用以表示数目的刺激物的大小都是相同的,允许被试根据刺激物的累积面积或体积作出“相等”的判断。在本实验中,卡片上黑点的大小是随机变化的,判断只由数多少本身作出。

谈到守恒,还有一个问题必须提出,就是在本实验中,正确判断是否是动物对数目辨别物在知觉上相等的一种感知能力的反映呢?如果是这样,那就谈不到是对数量的守恒了。但是公正的解释应该是,我们在这里已经提供了比皮亚杰所要求的更为确凿的守恒的证据。然而人们还可以提出保守的意见,认为知觉判断和真正数量守恒之间的区分应该有被试的口头报告(如 Thomas 和 Walden[1985]<sup>[11]</sup>)但是这个问题已经超出本文内容的范围。无论如何,如果以为本研究并没有为数量守恒提供证据的话,那么它至少也为数量守恒的先决条件(数多少同-异判断能力)提供了很好的证据。

Davis 和 Perusse (1988)<sup>[14]</sup> 提出过动物可以用来进行数量判断的若干种可能的内部过程。但是 Terrell 和 Thomas (1990)<sup>[16]</sup> 则主张只有两种内部过程可以解释所有关于动物利用数的研究。这两种过程是数数(counting)和原型匹配(prototype matching)。研究者们对数数这一动物内部过程尚有不同意见,认为是否存在这一过程要依研究者所用的定义和标准而定。Terrell 等<sup>[16]</sup> 认为数数这一过程在动物研究中至今还不能说已经得到充分的证实,而原型匹配理论则可以用来解释任何一个关于动物数能力的研究。根据这种理论,被试通过经验,可以获得一系列代表特定数量范围的项目的一般性表象(average representation,或称为原型),这些一般性表象可以是很精确的(例如“3”,“7”等),也可以是不精确的(如“许多”)。它们可以在绝对的基础上(如“3”)或者相对的基础上(如“多”或“少”)被用来进行数量判断。这种理论应用到本实验,我们可以认为,动物在训练过程中,通过原型匹配获得了数多少的概念,以此为基础,使它们的辨别性数量判断(实验中前三个程序)和同-异数量判断(后三个程序)才得以顺利完成。在这里,除了所要求的数多少判断之外,同-异判断是额外的第二个种类的判断。

本实验经历了连续三个月的高强度训练,才得以完成预定的课题任务,可见灵长类动物获得数量守恒(或守恒的先决技能)还是相当困难的。这与人类儿童能自然获得这种先决技能并掌握守恒相比较,是有着本质的差别的。国外一些研究<sup>[16]</sup> 用教儿童逻辑运算及有关技能和规则的方法来加速儿童掌握守恒,使他们认识到物质世界一定过程的运转,使他们的反应以恒等性或可逆性为基础。这些便是皮亚杰所指的儿童在学会守恒的同时,也理解了守恒。当然,灵长类动物不可能达到这样高的水平。Czerny 和 Thomas<sup>[6]</sup> 曾指出,成年灵长类动物具有表征性智力阶段(如具体运演阶段)中的某种能力。但这并不是说它们的认知能力已达到儿童具体运演阶段的水平。我们知道,皮亚杰对儿童认知发展阶段的划分是根据结构整体性原则进行的,并不依照个别行为的出现来确定,而且从低级阶段到高级阶段是一种有机的而不是互相孤立的过程,低级的特点成为高级特点的组成部分,低级是高级特点的基础。儿童一般要到七、八岁才开始掌握守恒、其认知发展进入具体运演阶段。因此,我们以为,把灵长类动物具有儿童表征性智力阶段中的某种能力同儿童认知发展相应阶段的认知水平相提并论是十分错误的,认为两者完全等同更是荒

谬的。皮亚杰的理论是在研究儿童认知发展的基础上建立起来的,如果把把这个理论直接应用来研究动物的认知发展是不可取的,但能否借用皮亚杰理论框架中的某些概念、观点和方法,来对动物认知发展过程的某些心理特点进行研究和阐述,则是值得进一步探讨的问题。

## 小 结

三只恒河猴和一只熊猴在实验室条件下接受概念性的数多少辨别判断训练,并在此基础上进行数多少的同-异测验。结果证明有三只猴能够根据习得的数多少概念对数的同异进行正确判断。得到的证据证明,三只猴经过训练能够掌握数量守恒,或者说具有掌握数量守恒的先决技能。

## 参 考 文 献

- [1] Dore, F. Y. and Dumas, C. Psychology of animal cognition: Piagetian studies, Psychological Bulletin, 1987, Vol. 102, No. 2.
- [2] Thomas, R. K. and Peay, L. Length judgments by squirrel monkeys: Evidence for conservation? Developmental Psychology, 1976, vol. 12, No. 4.
- [3] Woodruff, G., Premack, D. and Kennel, K. Conservation of liquid and solid quantity. Science, 1978, 202.
- [4] Muncer, S. J. "Conservation" with a chimpanzee. Developmental Psychology, 1983, 16.
- [5] Czerny, P. and Thomas, R. K. Sameness-difference judgments in saimiri sciureus based on volumetric cues. Animal Learning and Behavior, 1975, vol. 3(4).
- [6] Pasnak, R. Acquisition of prerequisites to conservation by macaques. Journal of Experimental Psychology, Animal Behavior Processes, 1979, 5.
- [7] 张忠标,恒河猴学习辨别数多少能力的实验研究,心理学报,1989年,第1期。
- [8] 林国彬、龚文合:恒河猴对数多少概念的高次抽象判断,心理学报,1989年,第3期。
- [9] Thomas, R. K. et al, Conceptual numerosness judgments by squirrel monkeys. American Journal of Psychology, 1980, 93, 2.
- [10] 克雷奇等著,周先庚译:《心理学纲要》,文化教育出版社,1985。
- [11] Thomas, R. K. and Walden, E. L. The assessment of cognition development in human and non-human primates. In E. S. Watts (Ed), Nonhuman primate models for human growth and development, New York: Alan R. Liss, Inc. 1985.
- [12] Piaget, J. Quantification, conservation, and nativism. science, 1968, 162.
- [13] Mehler, J., and Bever, T. G. Cognitive capacity of very young children. Science, 1967, 158.
- [14] Davis, H. and Perusse, R. Numerical competence in animals: Definitional issues, current evidence, and a new research agenda. Behavioral and Brain Science, 1988, 11.
- [15] Terrell, D. F. and Thomas, R. K. Number-related discrimination and summation by squirrel monkeys on the basis of the number of sides of polygons, Journal of Comparative Psychology, 1990, vol. 4 No. 3.
- [16] R. M. 利伯特著,刘范等译:《发展心理学》,人民教育出版社,1986。

## A STUDY ON CONSERVATION OF QUANTITY IN RHESUS MONKEYS AND ASSAMESE MACAQUE

Lin Guobin

*Institute of Psychology, Academia Sinica*

### Abstract

The purpose of this study was to apply Piaget's theory and methods to investigate the cognitive abilities of rhesus monkeys and assamese macaque. Do monkeys have prerequisite skills for conservation of quantity? Are there any evidences for conservation of quantity in monkeys? And specifically, might they respond differentially to equivalent and unequivalent numerousness cues? Four monkeys were trained to make sameness-difference judgments of numerousness. Several controls were used to insure that the monkeys did not merely learn specific stimulus properties or patterns of stimuli. Three monkeys responded significantly and differentially to pairs of same numerousness versus pairs of different numerousness. They met criterion in 80, 160, and 200 trials respectively on the final task. The discussion includes problems of Piaget's theory and method involving conservation of quantity in primates and possible underlying processes to explain the numerousness judgments.

**Key words:** Primate, Piaget's theory, Conservation of quantity, Sameness-difference judgment