

# 恒河猴对数多少概念的高次抽象判断<sup>1)</sup>

林国彬 龚文合

(中国科学院心理研究所, 北京)

## 摘要

本实验训练三只恒河猴在多个非概念性和多种概念性的符号线索指令下, 对同时呈现的从2到7三个数目刺激的多少概念进行高次抽象判断。一只被试猴学会了在三种符号线索交替指令下能对多、中、少作出正确的选择判断, 出色完成全部程序的13个训练课题, 其他两只猴成绩差些。本实验进一步证实了恒河猴具有抽象的数多少概念。实验还表明恒河猴能对中间数值作出正确判断, 说明动物具有客观对象量值的序列概念。实验中符号线索实际上是语汇性符号, 具有指代意义, 在这种抽象符号指令下的数多少概念判断是更高层次的抽象判断。

## 问题

高次符号问题(Higher Order Sign Problem)最初是F. Weigl在1941年设计来度量人对不同颜色和形状的客体进行分类时从一个维度转移到另一个维度的能力的(见King, J. E. et al<sup>[1]</sup>)。这也是一种对抽象能力的测验, 这种方法可用来对灵长类动物进行复杂学习的实验研究。它的一般程序是要呈现一个符号线索, 它暗示着哪种刺激维度是同正确反应有关。因此不同的符线索指令着动物根据与此有关的特定刺激维度进行正确反应。这类研究在探索灵长类动物概念性的抽象水平方面有重要意义。

本研究是利用这种高次符号问题方法对恒河猴数多少概念的抽象能力进行测验的一种尝试。Dooley和Gill<sup>[2]</sup>曾用两组物体教黑猩猩进行数量判断, 两组物体代表一对成比例的数。每次呈现一对数, 并给以一个语汇符号, 代表“哪个多些?”或“哪个少些”? 然后让动物作出反应, 黑猩猩很少发生错误。这个研究证实了黑猩猩能够完成概念性的相对数多少判断, 但它的最大缺点是缺少中间数序。因为同时区分出一个数大于一个数并小于另一个数的能力表明着动物能在量值的次序关系上进行判断。Thomas和Chase<sup>[3]</sup>利用三个灯泡作为符号线索指令松鼠猴对三张卡片上的黑点数目进行选择判断, 当一只灯亮时要求对小的数反应, 三只灯亮时对大数反应, 两只灯亮时对中间数反应。这里的符号线索并不具备概念性意义, 而且与要求选择的三个数有着直接的对应关系。这就大大增强了符号线索的暗示价值, 而降低了它们的抽象程度。为避免上述两个缺陷, 我们设计了

1) 本文于1988年10月31日收到。

• 本实验是在北京大学心理系动物实验室进行的, 承蒙该系生理心理学教研室的老师和工作人员大力协助, 谨致衷心谢意。

本文曾在1988年11月召开的中日科学技术合作协定第二届中日实验动物研究开发专题(灵长类动物研究开发)讨论会上宣读, 摘要收入该讨论会文集(英文本)。

本研究为国家自然科学基金资助项目, 项目编号: 85030130。

本实验。

## 方 法

**被试:** 被试为三只恒河猴 (*Macaca mulatta*)。佳佳, 雌性, 实验开始时为四岁半, 在实验室出生, 早期曾家养过半年, 在本实验前一年曾受过二择一反应的数概念训练<sup>[4]</sup>; 欢欢, 雌性, 一岁半, 实验室生, 无实验经验; 乐乐, 雄性, 约一岁半, 野生, 无实验经验。

除星期天外, 每天上午对被试进行实验训练。实验期间全天对动物实行供食控制(给食约为正常食量的三分之二)。实验时以花生米、瓜子、松子、葡萄干和苹果等为强化物。

**刺激物:** 本研究中的刺激物可分两类:

第一类为数目刺激, 即在 $14 \times 14$ 厘米<sup>2</sup>的白色卡片上分别画有2—7个黑色圆点。根据 R.K. Thomas<sup>[6]</sup>的研究, 在相差为1的条件下松鼠猴的数多少概念判断的极限为7:8, 因此在本实验中最大数刺激定为7。为使每张卡片上的明度和黑色圆点的总面积得到一定控制, 圆点的大小有三种, 直径分别为24毫米、18毫米和12毫米。每张卡片上的数目由两种或三种大小的圆点组成。为使圆点在每张卡片上的排列模式得到控制, 将圆点在卡片上按等分 $4 \times 4 = 16$ 格的位置随机地排列起来, 从2到7的每个数都有25张卡片, 上面黑色圆点的大小搭配和排列模式都各不相同。每张卡片又都可以按四个方向呈现, 所以每个数都有 $25 \times 4 = 100$ 种呈现模式。也就是说, 每一个数都有100个排列模式来代表它。实验中每一个数在每一次试验中都是随机抽取其中一张卡片, 并以随机的方向和在随机的位置呈现给动物。从而动物在实验中只能根据数多少本身作出反应, 而不可能根据构成这些数的圆点的排列模式或明度和刺激面积进行判断, 也不能依据数目的位置来判断。在实验中, 按照实验程序的各个课题的不同要求, 都分别同时向动物呈现三个不同的数目刺激。

第二类刺激物为符号线索。符号线索又分为非概念性符号线索和概念性符号线索。非概念性符号线索共有三个: 即 $14 \times 14$ 厘米<sup>2</sup>白色卡片上的绿三角形、红三角形和黑三角形。在实验中, 每次试验同三个数目刺激一起同时呈现一个符号线索。符号线索在实验中具有语汇意义, 它对动物的正确反应具有指令性作用。在本研究中, 当呈现绿色三角形时要求动物对三个数中的最大数进行反应; 当呈现红色三角形时, 要求对最小数反应; 当呈现黑色三角形时要求对中间数反应。概念性符号线索也有上述三种颜色, 每种颜色各有25张卡片, 它们各自画有大小各异的不同图形, 如五角星、半圆形、墨水瓶, 各种不规则图形等。每张卡片又可按两个方向呈现, 因此每种颜色的概念性符号线索各有50种不同变式的刺激图形。这些概念性符号线索的语汇意义是同非概念性符号线索一样的: 当呈现绿色图形时, 即指令动物对三个数目刺激中的最大数反应; 红色图形指令动物对最小数反应; 黑色图形指令动物对中间数反应。但动物在这里必须排除符号线索中不同图形和不同大小这两个刺激维量的干扰, 因此只有颜色本身才具有指令的语汇意义, 动物必须对颜色这一维度进行抽象, 所以这种符号线索是概念性的。

**实验装置:** 实验装置为修订推式威斯康星通用测试仪(详见林国彬等<sup>[6,7]</sup>, 1982)。利用其中三个刺激呈现盒, 每一个呈现一个数目刺激。在测试仪前边的屏板上有一透明夹板, 用以呈现符号线索的卡片。这样, 每次试验都同时向动物呈现三个数目刺激和一个符号线索。

**实验程序:** 在正式训练开始以前先作预备性实验,除了使动物熟悉实验情景的例行程序(详见林国彬<sup>[6]</sup>,1982)以外,还进行红绿颜色(刺激物为红绿三角形)的二择一辨别训练,直到被试动物连续两天达到90%的正确反应为止。此外还向每个被试动物施以连续四天的辨别学习定势的训练(H. F. Harlow<sup>[8]</sup>),以使动物进一步适应实验中刺激多变的情境。

正式训练有以下13个程序,实验按这些程序的先后次序进行:

1, G357: 数目刺激为3, 5, 7三个数,非概念性符号线索为绿色正三角形,每次试验三个数目刺激都随机地同时呈现在三个刺激呈现盒上。对7的反应为正确反应,受到强化。

2, G2—7: 数目刺激是随机地从所有数目刺激卡片中抽取三张数目各不相同的卡片,如2—4—6, 2—6—7, 3—4—5, 2—3—4, 3—5—6等。非概念性符号线索同G357。对三个数目中最大数的反应为正确反应,受到强化。

3, R357: 数目刺激为3, 5, 7三个数。非概念性符号线索为红色正三角形。对数目3的反应为正确反应,受到强化。

4, R2—7: 数目刺激的呈现同程序G2—7,非概念性符号线索为红色三角形。每次试验对三个数目中最小数的反应为正确反应,受到强化。

5, RG357: 随机交替使用程序R357和G357,二者每天各使用20次试验。使用R357时对“3”反应为正确,使用G357时对“7”反应为正确。

6, RG2—7: 随机交替使用R2—7和G2—7两个程序,二者每天各使用20次。使用R2—7时对三个数目中最小数反应为正确,使用G2—7时对最大数反应为正确。

7, CRG357: 数目刺激同RG357,但符号线索不再是红三角形或绿三角形,而是各种形状和大小的红色或绿色的图形。当概念性符号线索为红色时对“3”反应为正确,当概念性符号线索为绿色时,对“7”反应为正确,分别予以强化。

8, CRG2—7: 数目刺激的呈现同RG2—7,概念性符号线索同CRG357。当符号线索为红色时对三个数目中最小数反应为正确,当符号线索为绿色时,对最大数反应为正确,分别予以强化。

9, B357: 数目刺激为3, 5, 7三个数,非概念性符号线索是一个黑色正三角形。对中间数“5”的反应为正确反应,受到强化。

10, B2—7: 数目刺激的呈现同R2—7,非概念性符号线索同B357。每次试验对三个数目中的中间数反应为正确反应,受到强化。

11, RBG357: 数目刺激为3, 5, 7三个数,非概念性符号线索是随机地使用红、绿或黑色的三角形,每种颜色的符号线索在同一天的实验中平均使用13—14次(40/3)。由三角形的颜色决定对哪个数目的反应是正确的。

12, CRBG357: 数目刺激同RBG357,符号线索不再是三种颜色的三角形,而是每次试验随机地使用各种形状和大小的红、绿或黑色的图形,由概念性符号线索的颜色决定对哪个数目的反应是正确的。

13, CRBG2—7: 数目刺激呈现方法同R2—7,概念性符号线索的呈现同CRBG357。各种红色符号线索指令动物对每次试验的三个数目中最小数进行反应;各种

黑色符号线索指令对中间数进行反应;各种绿色符号线索指令对最大数进行反应,并分别受到强化。

每只猴子每天给予40次试验的训练。对每一程序的课题的训练,要求被试动物连续两天达到80%(32/40)的正确反应率和 $P < .01$ 的“连续正确反应”(“Run”)为止(详见 R. K. Thomas等关于“Run”的说明, Thomas et al<sup>[8]</sup>)。一个课题达到这一标准后,即开始下一课题的训练。

## 结 果

有一只猴(佳佳)完成了全部程序的训练任务,并全部达到预定的标准。还有一只猴

表 1 三只猴完成课题达到训练标准所需的试验次数

训 练 课 题	被 试		
	佳佳	乐乐	欢欢
1, G357	350	500	550
2, G 2—7	100	150	200
8, R357	690	680	1350
4, R 2—7	240	120	80
5, RG357	200	440	1280*
6, RG 2—7	160	560	
7, CRG357	480	640	
8, CRG 2—7	200	280	
9, B357	80		
10, B 2—7	160		
11, RBG357	160		
12, CRBG357	80		
13, CRBG 2—7	80		

\*欢欢在本课题1280次试验后未达到训练标准而中止实验

表 2 三只猴达到课题训练标准时连续两天的平均正确反应百分率和“连续正确反应”(Run)的显著性水平

	佳 佳		乐 乐		欢 欢	
	%	Run	%	Run	%	Run
1, G357	89	.01	90	.01	85	.01
2, G 2—7	90	.01	92	.01	89	.01
8, R357	86	.01	85	.01	83	.01
4, R 2—7	83	.01	84	.01	83	.01
5, RG357	82	.01	88	.01		
6, RG 2—7	82	.01	84	.01		
7, CRG357	84	.01	87	.01		
8, CRG 2—7	87	.01	83	.01		
9, B357	89	.01				
10, B 2—7	85	.01				
11, RBG357	84	.01				
12, CRBG357	82	.01				
13, CRBG 2—7	84	.01				

(乐乐)完成前8个程序(直至CRG 2—7)的训练任务,并达到这些程序的预定标准。第三只猴(欢欢)只完成前4个程序(至R 2—7)的训练任务,也达到这些程序的预定标准。欢欢在其后的RG357课题中始终表现出反应混乱的状态,并渐渐出现动机水平和食物兴奋性下降,以及反应迟缓注意涣散等现象,往往不能完成一天40次试验的指标。因此在课题RG357上施行过1280次试验而达不到预定标准的情况下,终于停止了对它的训练。每只猴完成每个程序达到预定标准所需的试验次数见表1。它们在达到标准时连续两个实验日的平均正确百分率和“连续正确反应”(Run)的显著性水平见表2。图1表示三只猴在第三个程序的课题R357中的学习曲线。

从实验结果可以看到,三只猴子的作业水平存在着明显的个别差异。佳佳在实验中反应稳定而又迅速,除了课题R357从绿色符号线索转换为红色符号线索使反应形成逆转(690次试验达标)以及课题CRG357第一次引入概念性符号线索(480次试验达标)以外,其余所有课题都以较少的试验次数达到训练标准。甚至在第一次引用黑色符号线索时,也只用两天的80次试验就达到训练标准,并且在最后两个最复杂的课题(CRBG357和CRBG 2—7)训练中也以同样80次试验达到标准。乐乐一般都要用较多的试验次数才能达到训练标准,大部份训练课题对它来说似乎都比较困难。欢欢在课题R357训练中就用了一个多月的时间(1350次试验)才达到实验标准,在课题RG357训练中又用一个多月时间,还是没有达到训练标准。在整个实验的五个月的连续不断训练中,它的健康状况受到一定程度的影响,所以最终会出现上面说到的那些行为表现。

## 讨 论

从被试的作业来看,欢欢只完成前四个课题的训练任务,成绩最差。尽管如此,她仍然能在绿三角形指令下选择最大的数目,在红三角形指令下选择最小的数目。这里的大小数都是相对的,属于抽象的概念。因此本研究证实恒河猴具有数多少概念是毋庸置疑的,进一步验证了以前的研究结果<sup>[3-5]</sup>。佳佳和乐乐的成绩明显地比欢欢好(见表1,2),在她们的训练中,概念性符号线索本身已经摆脱开图形的形状和大小的影响,而成为单纯的颜色概念,它是一种抽象的维度,是动物用以进行大、中、小数目抽象判断的一种指令符号。这种高层次的符号实际上已经在训练中获得了语汇的意义,就是说,当呈现绿色图形时,它就成为最大数目的指代,意谓“选出最大数”,红色图形意谓“选出最小数”,黑色图形意谓“选出中间数”如此等等。Savage-Rumbaugh<sup>[9]</sup>认为,动物能够在表征的水平上使用抽象符号是语言能力的先决条件。他的黑猩猩经过训练不仅能够明瞭代表特定食物或工具的符号的指代意义,而且还能用另外的语汇符号标明这些符号是属于食物类还是属于工具类<sup>[10]</sup>。恒河猴是否具有这一类符号表征的能力,我们还没有得到充分证据,这是属于进一步研究的工作。

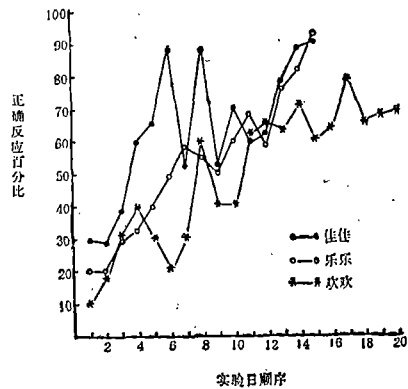


图1 三只被试猴在课题 R357 中的学习曲线

本实验中佳佳能够根据黑色符号线索对属于中间的数作出正确选择,表明它具有同时区分出这个数小于大数并大于小数的能力。这种能力表明动物的正确选择是建立在客观对象的量值的次序关系基础之上的。如果没有这种关于量值的序列概念,动物的正确反应是不可能的,而且说动物具有数多少概念也是不充分的。Brown, D. P. F. et al<sup>[11]</sup>要求4—9岁儿童,黑猩猩和恒河猴以多个刺激客体的颜色为符号线索进行“全部”、“一些”(Some)、“一个”和“无”的选择反应。结果证明,儿童能很快掌握这四个量值的关系,黑猩猩和恒河猴对“一些”的选择反应的作业就要差些。Brown认为,这里最重要的量值关系是“一些”,因为“全部”、“一个”和“无”的问题都可以用简单的策略加以解决,唯有“一些”则需要被试具有关于量值的序列概念。这里的“一些”就是一个中间的量值,对它的掌握在动物数多少概念的抽象判断中是极其重要的一环。Thomas等人<sup>[12]</sup>在松鼠猴身上进行的概念性体积大小和长度的抽象判断研究中,也都说明了这一点。但是灵长类动物是否能表现出其它序列关系的判断能力,例如根据数的多少或客体的大小对刺激物进行分类或重新排列,还有待研究证明。

美国乔治亚大学R. K. Thomas教授在私人通信中曾对本实验中,被试猴对“2”和“7”的刺激卡片是否有机记忆的问题提出了质疑。他以为,那些可以进行相对判断的数目的卡片由于不断变化着的偶合,就较少可能被机械记忆,但动物有可能死记住那些有“2”的卡片总是属于最小数,有“7”的卡片总是最大。如真发生这种情况,就会影响实验结果。我们认为这种情况是不大可能发生的,因为上面已经提到,每个数都有100个不同的排列模式,三个数同时呈现时便可能有 $100 \times 100 \times 100$ 种偶合发生,在这种情况下要死记住某一有“2”或“7”的特定卡片是不可能的。这对智力正常的成人来说恐怕也是极其困难的。那么被试猴会不会从概念上死记住这两个数,一个总是最小,一个总是最大。我们以为这种可能是存在的,但这种情况在程序设计上似乎是无法避免的。在一定意义上说这种情况也正是我们所期望的,因为我们正是要训练动物形成数多少的概念。

## 小 结

1. 本实验中三只猴都能对数目刺激的概念性“多”和“少”作出正确选择判断,进一步证实了恒河猴具有抽象的数多少概念。

2. 本实验中概念性的符号线索已经摆脱开图形的具体形状和大小的干扰,而成为单纯的颜色概念,它是动物据以进行数多少概念判断的具有指代意义的语汇性符号。在这种抽象符号指令下的数多少判断是更高层次的抽象判断。

3. 实验结果还表明,恒河猴能在黑色符号线索指令下对中间的数值作出正确选择判断。这种能力表明动物具有客观对象量值的次序关系概念或量值的序列概念。

## 参 考 文 献

- [1] King, J. E. et al, Complex learning by primates. In J. L. Fobes and J. E. King(eds): Primate behavior, Academic press, 1982.
- [2] Dooley, G. B. & Gill, T., Mathematical capabilities of Lana Chimpanzee. In G. H. Bourne (Ed. ), Progress in ape research. Academic press, 1977.
- [3] Thomas, R. K. & Chase, L., Relative numerosness judgments by squirrel monkeys. Bulletin of the psychonomic society, 1980, vol. 16(2)
- [4] 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, 1,

- [5] Thomas R. K et al, Conceptual numerosness judgments by squirrel monkeys. *American Journal of psychology*. 1980, Vol. 93(2)
- [6] 林国彬, 万传文, 邵郊, 刘范, 灵长类动物初级抽象概括能力的比较实验研究, (I) 金丝猴对实物到照片和画片的概括, *心理学报*, 1982, 2。
- [7] 林国彬, 万传文, 高芳圃, 刘范, 灵长类动物初级抽象概括能力的比较实验研究, (I) 金丝猴对刺激物大小关系的概括, *兽类学报*, 1983, 1。
- [8] Harlow. H. F., The formation of learning set, *psychological review*, 1949, 56, 51—65
- [9] Savage-Rumbaugh, E. S., Acquisition of functional symbol usage in ape and children. In H. L. Roitblat et al (eds): *Animal Cognition*, 1984, pp. 291—308
- [10] Rumbaugh, D.M. and Savage-Rumbaugh et al, The relationship between language in Apes and Human Beings. In J. L. Fobes and J. E. King (Eds): *Primate behavior*, Academic press, 1982.
- [11] Brown, D. P. F. et al, Ability of Chimpanzee to respond to symbols of quantity in Comparison with that of children and monkeys. *Journal of Comparative and physiological psychology*, 1978, 92, 815—820
- [12] Thomas, R. K. & Ingram, D. K., Conceptual volume judgments by squirrel monkeys. *American Journal of Psychology*. 1979, Vol. 92, 1.

## CONDITIONAL ABSTRACT JUDGEMENT WITH NUMEROUSNESS CONCEPT BY RHESUS MONKEYS

Lin GuoBin Gong wenHe

*Psychology Institute of Academia Sinica*

### Abstract

With nonnumerousness dimensions(eg. pattern, size area and configuration) controlled, three cards with 2 to 7 black-filled circles were presented on each trial, If a conceptual red figure was presented on the screen of the revised WGTA as the conditional cue, the monkey was reinforced for selecting the cards with the fewest circles. If a green one was presented, response to the card with the most circles was reinforced. And if a black one was presented, the card with the intermediate number of circles was the correct one. At first, the monkey was trained under only one condition per session (40 trials a day), then two and finally all the three conditional cues were presented randomly and concurrently per session. Only one monkey met the criteria on all training tasks. Another monkey succeeded through selecting the lowest or the highest number when red or green conditional cue was used concurrently. And the last one terminated her progress when red conditional cue and green conditional cues were used in a session. It is concluded that the rhesus monkeys are not only capable of relative numerosness judgement, but also capable of relating the numerosness conception with conceptual color cue. Additional discussion is concerned with the relationship of our study with language learning in primates.