

恒河猴数相加能力的初步研究^{* 1)}

林国彬 龚文合

中国科学院心理研究所, 北京, 100012

摘 要

本实验训练恒河猴对两组其和不超过 8 的刺激实体(卡片上的黑色圆点)进行相加, 再与第三组刺激实体进行数多少的比较判断。实验共有 9 个训练程序, 课题逐次由易到难, 刺激的数目也由少到多。有一只恒河猴达到了全部 9 个程序的训练标准。证明恒河猴的确具有学会把两个数进行相加的能力。这种相加不可能是数数的结果, 极有可能是在知觉上将它们融合或接合在一起。

关键词: 恒河猴、数相加、数量辨别、知觉融合

问 题

高等动物具有什么样的数能力, 以及怎样解释动物在实验条件下所能达到的数能力, 目前国外研究者还有不同的见解。Capaldi, E. J. 和 Miller, D. J. (1988, 1989)^[1-3]认为, 大鼠能够对继时性的强化事件的数目进行数数(count), 而且是自动进行的, 因而这种数能力不是初级的, 而是很复杂的, 甚至能够达到 Gelman and Gallistel (1978)^[4]用来说明幼儿数数的正式标准。但是, Terrell, D. F. 和 Thomas, R. K. (1990)^[5]等人坚决否定动物具有数数的能力, 他们的实验动物松鼠猴虽然能够辨别多少不同的实体, 但他们认为, 作为据以完成这种辨别的神经行为过程的, 并不是数数。Rumbaugh, D. M. 和 Savage-Rumbaugh, E. S. 等人(1987, 1988)^[6, 7]的实验证明, 黑猩猩能够将两个 5 以下的数进行相加(summation), 但作者认为, 它们只是将在空间上分开的数加以合并(combine), 实际上是知觉上的融合(fusion)。至于谈到以图形(如圆点或其它几何图形)为刺激实体的数辨别, Rumbaugh 则认为动物在实验中只不过获得一种知觉常模(perceptual norm), 而不是数概念本身, 这种知觉常模是同时呈现的有限数目(例如“3”)的刺激实体所固有的。由此看来, 作者对灵长类动物的数能力持有相当保留的态度。我们知道, 动物对知觉常模的识别, 实际上是对非数线索的利用, 是数能力以外的一种心理过程。因此这种看法实际上是否认动物具有数能力。

我们在以前工作^[8, 9]的基础上设计了本实验研究, 旨在探查恒河猴在数相加方面所具有的数能力。Terrell 和 Thomas (1990)^[5]曾测查过松鼠猴对两个多边形边数的相加能力。他们认为用原型匹配(prototype matching)过程来解释松鼠猴的成绩是适宜的。我们在本实验中则以白色背景上的不同数目黑色圆点作为刺激实体呈现给动物。黑色圆点

* 本实验是在北京大学心理系生理心理教研室动物实验室进行的, 谨向有关老师和工作人员致谢。

1) 本文于 1991 年 4 月 15 日收到。

共有三组,每次同时呈现,但动物必须将右边和中间的数目进行相加,再同左边数目比较,然后作二择一反应。考虑到本实验作业难度较大,所以训练逐次由简到繁分为9个程序,刺激实体的数目也由少到多。在本文中作者试图对动物数能力的神经行为过程进行初步探讨。

方 法

被试: 被试动物为两只恒河猴(*macaca mulatta*)和一只熊猴(*macaca assamensis*): 阿顿,恒河猴,雄性,实验室生,实验开始时3岁半,实验前一年受过数匹配训练;乐乐,恒河猴,雄性,实验室生,实验开始时3岁半,实验前两年受过数多少辨别训练(林国彬等,1989)^[6];小三,熊猴,雄性,约三岁,购自北京动物园,实验前8个月作过数同异判断实验(Lin Guobin, 1990)^[9]。从星期一到星期五,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,约为正常量的一半。实验时以苹果、花生米、葡萄干、松子、瓜子为强化物。

刺激物: 刺激实体为白色卡片上的黑色圆点,卡片面积为 13×11.5 厘米²。每张卡片上分别都有1至6个黑色圆点,圆点直径有2.4厘米、1.8厘米和1.2厘米三种,每张卡片上的圆点随机地由以上三种组成,以控制每张卡片的明度和圆点总面积。圆点按一定格式在卡片上随机排列(见图1)。每个数目都各自有25张卡片,每张卡片又可以以两个方向呈现,所以每个数目都有50种呈现模式,以形成该数目的刺激库,实验中每一次试验的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呈现在左、中、右的位置上。另外还有一张没有黑圆点的白卡片,代表数目“0”。

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(参看Lin Guobin, 1990^[9]),利用其中三个呈现盒,每盒呈现一个数目刺激,每次试验同时向被试呈现三个数目刺激。

实验程序: 本实验共有9个程序,自始至终在每次试验中都同时呈现三个数目刺激(即三张卡片)。但是要求被试动物只对左边和中间的刺激作出二择一反应。在这种情况下,被试必需将右边的数目与中间数目相加,并同左边数目进行比较(左右以实验者为准)。当左 $>$ 中+右时,左为阳性刺激;当左 $<$ 中+右时,中间为阳性刺激。被试对右边反应都不受强化,呈现刺激时避免出现左=中+右的情况。

被试训练的标准是连续两天达到80%的正确率,一个程序达标后即开始下一个程序的训练。每个被试每天接受30次试验的训练,如果被试在一个程序中连续10天无一天达到80%的正确率,也开始下一个程序的训练,如果仍然连续10天无一天达到80%正确率时,则被淘汰。现将每个程序说明如下:

程序1,选定一张数目为2,一张数目为4的卡片,每次试验都用这两张卡片随机呈现在左边和中间,右边始终为0。数目4为阳性刺激,它在每天训练中呈现于左和中间的机率各为50%。

程序2,每次试验都从刺激库随机抽取数目刺激2和4,随机呈现在左边和中间,右边始终为0,其它同程序1。

程序3,每次试验都随机呈现刺激库中的数目刺激2、4和6于左边和中间,右边仍为0,大数为阳性刺激。每天这三个数的呈现次数大致相等。

程序 4, 数目刺激为 1, 2, 3, 4, 5 和 6, 其它同程序 3。

程序 5, 左边数目刺激为 4, 右边数目刺激为 2, 中间则随机交替呈现 1, 3 和 4。每次试验要求动物将中间和右边的数相加, 相加后如大于左边, 则中间为阳性刺激, 否则左边为阳性刺激。

程序 6, 左边数目刺激为 4, 右边随机呈现 0 或 2, 中间随机呈现 1, 3 或 6, 其它同程序 5。

程序 7, 左边数目刺激为 4, 右边随机呈现从 0 到 6, 中间为 1 到 6, 但在一个试验中, 中间和右边的和不大于 8^[8,9]。其它同程序 6。

程序 8, 左边随机呈现 2 或 4, 右边为 0 到 6, 中间为 1 到 6, 其它同程序 7。

程序 9, 左中右都随机呈现 1 到 6。在本程序中, 左 < 中 + 右 的机率约为 67%, 左 > 中 + 右 的机率为 33%。其它同程序 7。刺激呈现请见图 1 示例。

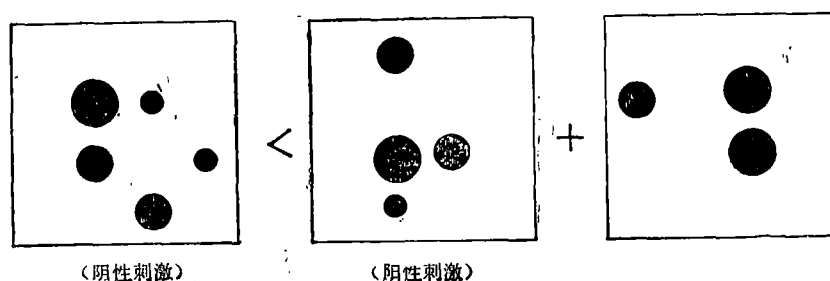


图 1 程序 9 中一个试验的刺激呈现图示

为了明了起见, 现将各实验程序的刺激呈现情况列于表 1。

表 1 每个实验程序的数目刺激安排

实验程序	刺 激 安 排			说 明
	左	中	右	
1	2, 4	2, 4	0	固定刺激
2	2, 4	2, 4	0	随机刺激
3	2, 4, 6	2, 4, 6	0	同
4	1-6	1-6	0	同
5	4	1, 3, 4	2	同
6	4	1, 3, 6	0, 2	同
7	4	1-6	0-6	同
8	2, 4	1-6	0-6	同
9	1-6	1-6	1-6	同

结果和讨论

有一只恒河猴(阿顿)完成了全部训练项目。另一只(乐乐)在完成前 4 个实验程序后因健康原因而中止训练。这两只猴完成每个程序达到预定标准所需的试验次数和达标时

连续两天的正确反应百分率见表 2。第三只猴(小三)在程序 1 的头 10 天训练中没有一天达到 80% 的正确率,第 9 天和第 10 天的正确率分别为 57% 和 67%。因此按规定进行第 2 个程序的训练,训练中被试小三又连续 10 天没有一天达到 80% 的正确率,第 9 天和第 10 天的正确率都是 53%,因此被淘汰。

表 2 两只猴达到各程序训练标准所需的试验次数和达标时连续两天的平均正确反应率

实验程序	阿 顿		乐 乐	
	试验次数	达标时正确率(%)	试验次数	达标时正确率(%)
1	120	88.5	150	88.5
2	90	83.5	270	80
3	270	81.5	240	83
4	210	85	300	83.5
5	60	85		
6	150	88.5		
7	120	80		
8	120	81.5		
9	60	87.5		

在前 4 个实验程序中,右边的数目刺激均为 0,因此被试乐乐在完成这 4 个程序的训练时,无需将中间和右边的数目进行相加。但从它的作业中已明显看出它具有相对的数多少辨别能力。被试阿顿的全部训练作业完成得较为顺利,它在程序 5 和 9 的训练中都各只用了两天便达到训练标准。我们可以初步断定阿顿具有在训练中把中间和右边数目进行相加的能力。但是我们知道,从程序 5 到程序 9 的训练中,多数试验的中间数目本来就大于左边,或者左边大于中间与右边的和。我们无法断定在这些试验中被试是否将中间和右边的数目进行相加,因为不相加也可能进行正确的反应,如 $4 < 5 + 1$, $3 < 4 + 2$, $5 > 3 + 1$ 等。因此这些试验对训练动物数相加能力来说,意义不大。只有那些中间数目本来小于左边,在同右边数目相加之后才大于左边的试验,才对训练作业具有意义。这类试验共有 179 次,占全部试验 510 次的三分之一强。现在我们把动物在这些试验中的成绩单独统计出来,列于表 3。

表 3 阿顿在程序 5—9 的有意义试验中的成绩

程序	有意义试验次数	正确反应次数	正确反应率(%)	与随机反应的差别显著性水平
5	29	24	82.8	.01 < p < .002
6	44	35	79.5	.01 < p < .002
7	55	45	81.8	.001 < p < .0001
8	31	25	80.6	.01 < p < .002
9	20	17	85	.02 < p < .01

从表 3 可以看出,被试阿顿在全部要求进行数相加的程序中,对其中有意义试验的正

确反应率除程序 6 为 79.5% 以外,其余都在 80% 以上。我们对阿顿的成绩用二项分布近似值进行了与随机反应的差别的显著性考验,证明它们的差别都是显著的(见表 3)。至此,我们可以确信,阿顿在 5—9 的程序中确乎把中间和右边数目进行相加,因为不然的话,它的正确反应是不可能的。

本实验结果和 Rumbaugh, D. M.^[6] 及 Terrell, D. F. 等^[5] 的发现具有相似之处。他们对黑猩猩和松鼠猴进行训练,证明它们都具有数相加的能力。Rumbaugh 向黑猩猩呈现两对以巧克力丸作为刺激实体的数目刺激,要求动物将每一对进行相加,然后对大数作出反应。两只黑猩猩在每对相加后的和不超过 8 的情况下取得良好成绩。Terrell 向松鼠猴呈现两对黑色不规则多边形,要求动物将每对多边形的边数进行相加,然后对小数作出反应。有一只松鼠猴完成边数和的比例分别为 6:8 和 7:8 的两个课题的训练,并取得较好成绩。这两个研究所用的训练办法、程序和完成训练的标准等同本实验都有较大不同,因此课题之间的难易程度亦有所差别,这里就不赘述了。

近年来对于动物数能力的内部神经行为过程的讨论较为热烈^[1,5,6], 研究者们都是根据各自实验的实际情况提出各自的见解。Capaldi^[1] 以为大鼠能够利用事件(跑跑道)的数目作为辨别的线索,并对其进行数数。我们以为,在他们的实验中,每件事物都是以相继的方式出现的,事件之间都存在时序的问题。因此,与其说利用事件数目作为辨别线索,倒不如说大鼠利用时序进行反应。Rumbaugh^[6] 和 Terrell^[5] 在实验中都是同时向动物呈现两组要求对其进行辨别的数目刺激,在这种实验条件下,他们都没有得出结论说,动物是在对组成数目的两组刺激实体(巧克力丸或多边形的边数)进行数数。在本实验条件下,我们虽然没有记录动物在每次试验的反应时,但根据动物差不多每次都能进行迅速反应的情况,我们可以推测,被试阿顿极少可能在每张卡片上的圆点数数之后进行相加,再作出数多少的比较判断。但是实验结果业已表明,被试在训练中确实把中间和右边的数目相加起来了。我们推测,这种相加极可能是在知觉上将它们融合或接合(fuse or join)在一起了(Rumbaugh^[6], Terrell^[5])。动物要根据这种融合或接合作出数多少的比较判断,而在这个过程中,数概念不可能不参与其中。因此我们认为,这种融合或接合并不是如 Rumbaugh 所认为的那样只是一种简单的知觉过程,而是动物数能力的一种表现形式。当然,这些只是我们的一种推测,还需要有进一步的实验来验证此种推测。

本实验在训练程序的设计方面注意到了由易到难、刺激数目由少到多的顺序渐进过程。对相加后的和的数值范围也作了控制(不超过 8),但本实验还没有涉及二数和与左边数目的差数的下限,以及和的数值本身的上限。这些都是进一步研究要做的工作。

小 结

本实验训练恒河猴将两个数目进行相加,再与第三个数目进行数多少的比较判断。有一只被试动物达到全部 9 个实验程序的训练标准,证明恒河猴的确具有学会把两个数进行相加,其和不超过 8 的能力。

参 考 文 献

- [1] Capaldi, E. J. and Miller, D. J. Counting in rats: Its functional significance and the independent cognitive processes that constitute it, *Journal of Experimental psychology: Animal Behavior Processes*, 1988, vol. 14, No. 1.
- [2] Capaldi, E. J. et al, A conditional numerical discrimination based on qualitatively different reinforcers. *Learning and Motivation*, 1989, 20.
- [3] Capaldi, E. J. et al, Numerical aspects of nonreinforcement: The same-phase nonreinforcement procedure, *Animal Learning and Behavior*, 1988, 16(4).
- [4] Gelman, R. and Gallistel, C. R. *The child's understanding of number*. 1978, Harvard University Press.
- [5] 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. 104, No. 3.
- [6] Rumbaugh, D. M. et al Summation in the Chimpanzee, *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 1987, vol. 13, No. 2.
- [7] Rumbaugh, D. M. et al Addendum to "Summation in the Chimpanzee", *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 1988, vol. 14, No. 1.
- [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] Lin Guobin, Wang Yanling and Yang Hua: Sameness-difference judgments of numerosness by monkeys, *The International Journal of Comparative Psychology*, 1990, Vol. 3, No.4.

A STUDY ON SUMMATION IN RHESUS MONKEYS

Lin Guobin Gong Wenhe

Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences

Abstract

In this research, we presented on each trial three cards with 2 to 6 black-filled circles to monkeys. The monkeys were required to sum two of the three numbers and to determine which one (the sum or the third one) had the greater number of dots. The monkeys were trained on nine tasks but only one monkey met the criterion of all tasks. We concluded that monkeys were able to learn to sum up two numbers together, Our explanation is that the monkey's performance is due to perceptual fusion.

Key words: rhesus monkey, summation, number discrimination, perception fusion