

恒河猴和鸽子对空间构型的辨别和 初级抽象概括的比较实验研究^{1)*}

陈 劭 夫

中国科学院心理研究所

摘 要

六只恒河猴和七只鸽子用作实验动物。实验目的是试图比较它们对不同空间构型的辨别和概括能力。首先训练它们辨别一对组成成份相同但其空间排列不同的构型。然后用其它排列变化的刺激测验它们。共使用了三个系列的刺激物,即不同颜色、不同形状、不同大小组。结果表明恒河猴能对不同的空间构型进行概括但鸽子仅能依靠局部线索进行反应。并且,刺激物的形状和大小因素的相互作用对作业有显著影响,其它因素均无影响。

比较心理学在比较各种动物的视觉辨别能力时,除了测验它们对外界刺激物的个别特性的辨别之外,还常要检验其对外界刺激物各组成成分进行综合的能力。研究动物对刺激物组成成分按不同空间位置排列的空间构型的辨别能力和初级抽象概括能力正是这样的研究。然而,有关这类研究目前材料尚少。在灵长类动物的实验中,Polidora和Thompson^(1,2)做过关于恒河猴视觉图示中刺激物关系的研究。Robinson⁽³⁾, Zimmermann⁽⁴⁾, Snyder⁽⁵⁾以及林国彬等^(6,7)做过各种灵长类动物以关系为线索进行概括的实验。在鸟类的实验中,Herrnstein和Loveland⁽⁸⁾, Siegal和Honig⁽⁹⁾, Urcuioli和Nevin⁽¹⁰⁾做过鸽子的简单的概念形成的实验。这些研究的重点多为动物的初级抽象概括能力或自然概念的形成,所用刺激物多为单一因素或自然景物。但是,在大体上适合于两物种动物习性的条件下来比较它们的某些视觉辨别能力的实验研究仍感缺乏。本实验以恒河猴和鸽子为实验动物,它们是两种在进化阶梯上相差较远,大脑结构不同,然而又都具备视觉优势的动物。本实验的目的是用比较法研究如下问题:恒河猴和鸽子能否辨别不同的空间构型?它们能否以空间构型各因素间的关系为基础进行初级抽象概括?并且检查在构型的组成成分中颜色、形状和大小因素对动物的辨别有无影响。

方 法

(一) 实验动物

1) 本文于1984年4月16日收到。

* 本文是根据刘范、邵郊导师指导下的硕士研究生论文中部分实验结果写出的。实验中得到北京大学心理系生理心理教研室和动物房的同志们的大力协作,在此一并致谢。

1. 野生恒河猴(*macaca mulatta*)三只,一雄二雌;实验室繁殖恒河猴三只,二雄一雌。年龄在1.5—5.5岁间。其中2号、6号猴在本实验开始的一年半前做过对立体刺激物及其照片的概括实验。其余四只均未进行过任何实验和训练。

2. 鸽子七只,四雄三雌,体重在300g—400g之间。它们均未进行过任何实验和训练。

(二) 实验装置

1. 灵长类用推式辨别学习装置^[6,7]。

2. 鸟类用掀翻式辨别仪、仪器为中灰色,大小为长35cm、宽35cm、高40cm。仪器中部主体为一刺激呈现盘,上方有并排的两个食物坑(相距11cm)。实验时置刺激片于食物坑上,负刺激片背后有卡条,可将食物坑挡住而且掀不开刺激片。动物如啄开或掀翻正刺激片则可吃到下方坑内的食物。刺激呈现盘上方有一透明挡板,每次试练完毕将挡板推入,动物便看不到刺激片及坑内食物。刺激呈现盘上方18cm处有一照明灯管,在整个实验期间作为固定光源。灯的上方为一透明玻璃,玻璃上方置一镜子,实验者可通过镜子观察动物的反应。

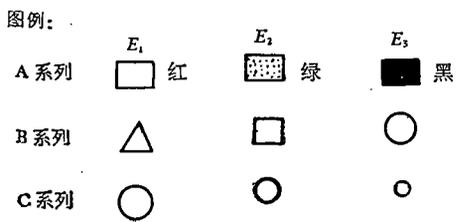
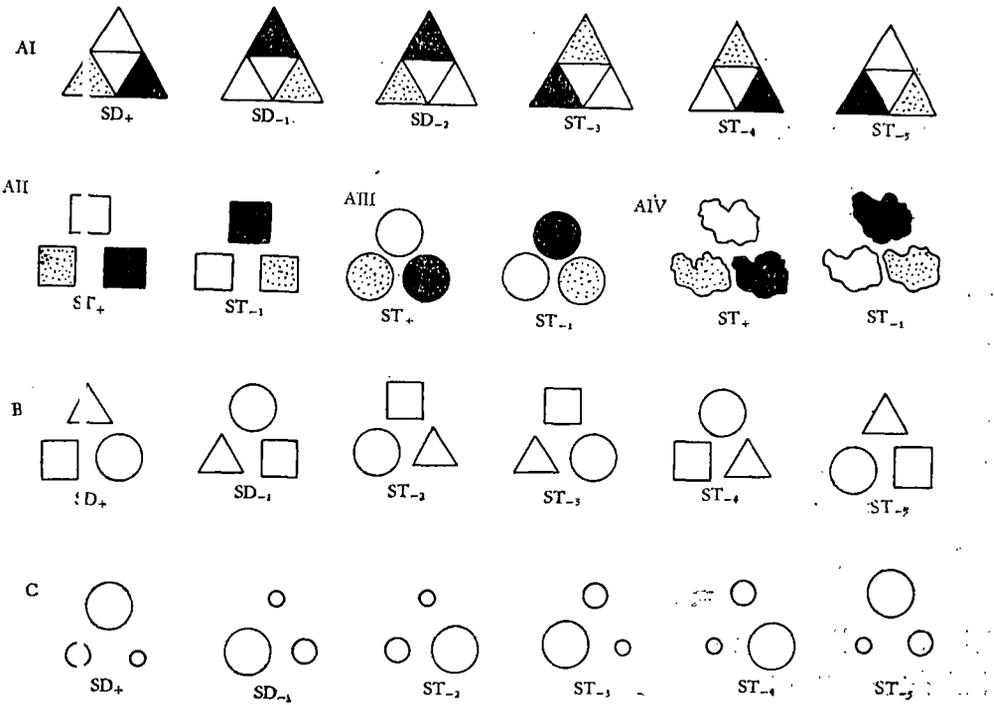


图 1 刺激系列(A II、A III、A IV 仅示部分刺激)

(三) 刺激物

1. 供恒河猴用的刺激物:分为A、B、C三个系列。每个系列由三种不同的成份构成,分别为 E_1 、 E_2 和 E_3 ,见图1。

A系列(颜色不同组):A I组 $E_1E_2E_3$ 均为边长4cm的等边三角形。依 $E_1E_2E_3$ 的空间构型分布排出6种不同形式,其中辨别训练用 SD_+ SD_- ,其余为测验用刺激。A II组 $E_1E_2E_3$ 均为正方形,A III组 $E_1E_2E_3$ 均为圆形,A IV组 $E_1E_2E_3$ 均为相同的不规则图形。其面积、颜色、空间构型同A I组,均为测验用刺激。

B系列(形状不同组): E_1 为边长4cm的等边三角形, E_2 为边长2.6cm的正方形, E_3 为半径1.5cm的圆形,其面积大致相等,均为红色。 SD_+ SD_- 为辨别刺激物,余为测验用刺激。

C系列(大小不同组): $E_1E_2E_3$ 分别为半径1.5cm、1.0cm、0.5cm的圆形,均为红色。 SD_+ SD_- 为辨别刺激,余为测验用刺激。

每一个由 $E_1E_2E_3$ 构成的空间构型均由相同质地的色纸剪成。纸的厚度为0.01mm。以14×14cm灰塑料片为背景。每个构型贴在背景片中央一边长8cm的等边三角形区域内。

2. 供鸽子用的刺激物:其形状、颜色、质地、空间构型、分组方法均同供恒河猴用的刺激,按相同比例缩小。

(四) 实验程序

1. 前期训练:旨在对未进行过实验的动物进行适应性训练,以便使其熟悉实验情景。

(1) 恒河猴的前期训练:方法见林国彬等^[6,7]所用的实验方法。

(2) 鸽子的前期训练:先控制鸽子的进食量,使其体重减到原体重的80%。每只鸽子均单独放在实验笼中。每日喂食时,将仪器上的食物盒内放少许食物(如高粱粒等),然后将笼门打开,并拉开挡板露出两侧食物盒,使鸽子可啄食盒内的谷粒。如此五天后,用背景片(无刺激图形)轮流将一侧食物盒挡住,另一侧则只挡1/3部分。全遮与部分遮的左右顺序为半随机的。逐渐增加背景片遮挡食盒的部分直到完全遮住食物盒,以致鸽子须用嘴啄开背景片方可吃到食物。此后同时使用两个食物盒,无论动物啄开哪侧均可得到食物,但每次仅许打开一侧背景片。待动物可按要求完成掀片取食的动作后,结束前期训练。

2. 正式实验:在正式实验期间,对所有实验动物实行进食控制,每日实验前均剥夺进食12小时以上。正式实验依不同的刺激系列而分为三个实验,每一实验又分为辨别训练和测验两个部分。

(1) 恒河猴的实验

实验(I):辨别训练的具体方法是以刺激物A I组中 SD_+ 和 SD_- 为二择一辨别刺激物,对实验动物进行训练。阳性刺激在左右侧呈现的次数每一实验日内相等,其排列顺序预先按半随机方式编好。(在整个实验期间采用固定反应时的方法,用液晶电子计时器计时。)本实验采用“不改正”训练程序。当动物出现位置偏好时(即连续在一侧反应10次),即采取位置校正程序^[9,10]。本实验规定动物的日正确反应率连续三天达到或超过85%(即

在40次试练中有34次正确反应($P < 0.001$)作为训练合格标准。规定这样的标准是为了使动物能稳定熟练地辨别这两种刺激物以便进行测验。

测验部分: A I组以 SD_+ST_{-2} , SD_+ST_{-3} , SD_+ST_{-4} , SD_+ST_{-5} 为测验刺激对, 在每日的40次 SD_+SD_{-1} 辨别试练中穿插6次测验, 每两次测验的间隔和测验刺激对出现的先后顺序为半随机的, 但间隔不得少于4次试练, 测验刺激对每实验日内不得重复出现三次或连续出现两次。测验时无论动物选择正确与否均可得到食物强化。待每对测验用刺激都累积呈现10次后结束测验。

A II、A III、A IV组的迁移测验均以A I组中 SD_+SD_{-1} 为辨别刺激, 以A II、A III、A IV组中 ST_+ST_{-1} , ST_+ST_{-2} , ST_+ST_{-3} , ST_+ST_{-4} , ST_+ST_{-5} 为测验刺激对, 在每日的40次试练中穿插6次测验。测验刺激的排列原则以及食物强化的方法与A I组的方法相同。待A II、A III、A IV三组中每对测验用刺激都累积呈现10次后, 测验结束。休息5日, 然后开始进行实验(II)。

实验(III)以B系列中的 SD_+SD_{-1} 为辨别刺激进行训练。方法、程序与实验(I)A I组中所用的相同。待动物的正确反应连续三日达到或超过85%时, 结束训练。测验时以 SD_+ST_{-2} , SD_+ST_{-3} , SD_+ST_{-4} , SD_+ST_{-5} 为测验刺激对。实验(II)结束后休息5日进行实验(III)。

实验(IV)以C系列中 SD_+ST_{-1} 为辨别刺激, 以 SD_+ST_{-2} , SD_+ST_{-3} , SD_+ST_{-4} 和 SD_+ST_{-5} 为测验刺激。方法和程序与实验(I)A I组及实验(II)中所用的相同。

(2) 鸽子的实验 实验程序及所用刺激物与恒河猴的实验相同, 但每个实验日仅进行20次试练。在测验部分, 也采取在20次试练中间以测验的原则和方法, 直到每对刺激的测验次数累积达到10次时结束。

结 果

(一) 恒河猴和鸽子对不同空间构型觉察的成绩: 表1和表2分别为恒河猴和鸽子在A I、B、C系列中达到训练标准所需试练次数。对恒河猴和鸽子在A I、B、C系列的辨别训练中达到标准所需试练次数的平均数加以比较其结果如图4所示。从上述图表中可

表 1 恒河猴在A I、B、C系列的辨别训练中达到标准所需试练次数。括号内为达到标准的三天正确反应平均百分数

刺 激	系 列	A I	B	C
实 验 动 物 代 号	2	600(96.0)	520(90.8)	440(93.3)
	6	440(99.1)	120(99.2)	240(93.3)
	11	640(91.7)	320(91.2)	240(91.7)
	12	520(95.0)	360(95.0)	320(93.3)
	14	880(93.3)	280(93.3)	240(90.0)
	15	920(88.3)	120(98.3)	120(97.5)

表 2 鸽子在 A I、B、C 系列的辨别学习中达到标准所需试练次数。括号内为达到标准的三天正确反应平均百分数

刺 激 系 列	A I	B	C
3	820(96.7)	900(91.7)	790(90.0)
5	960(96.7)	820(93.3)	920(92.5)
8	780(91.7)	640(91.7)	800(91.7)
12	880(90.8)	820(91.7)	840(97.5)
15	540(91.7)	500(92.5)	480(94.2)
16	640(88.3)	520(90.8)	440(90.0)
18	920(90.0)	880(90.8)	780(92.5)

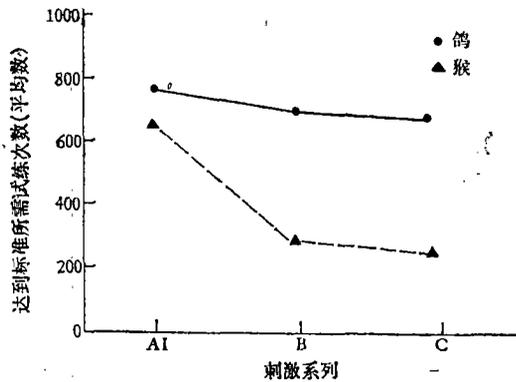


图 2 恒河猴与鸽子的比较：在不同刺激系列中达到训练标准所需试练次数的平均数

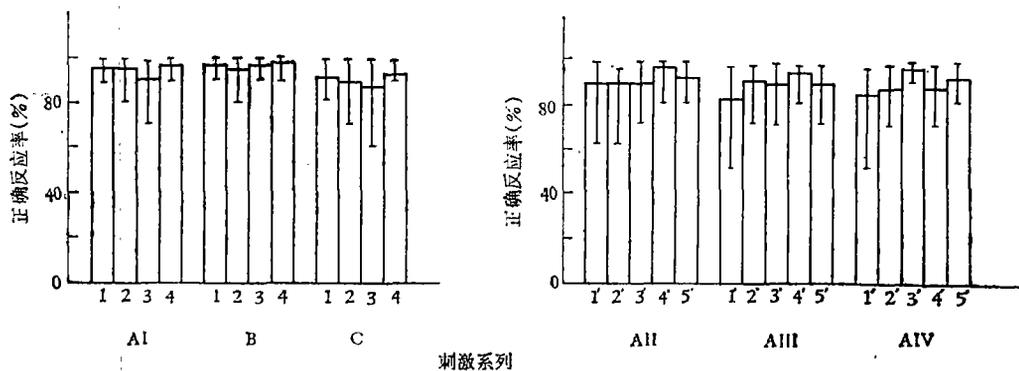


图 3 恒河猴在不同系列测验中的平均成绩

1=SD+ST-2; 2=SD+ST-3; 3=SD+ST-4; 4=SD+ST-5 1'=ST+ST-1; 2'=ST+ST-2;
3'=ST+ST-3; 4'=ST+ST-4; 5'=ST+ST-5

以看出恒河猴在A、B、C三系列的辨别作业的进步，亦即具有问题间学习的趋向。鸽子则没表现出这种趋向。

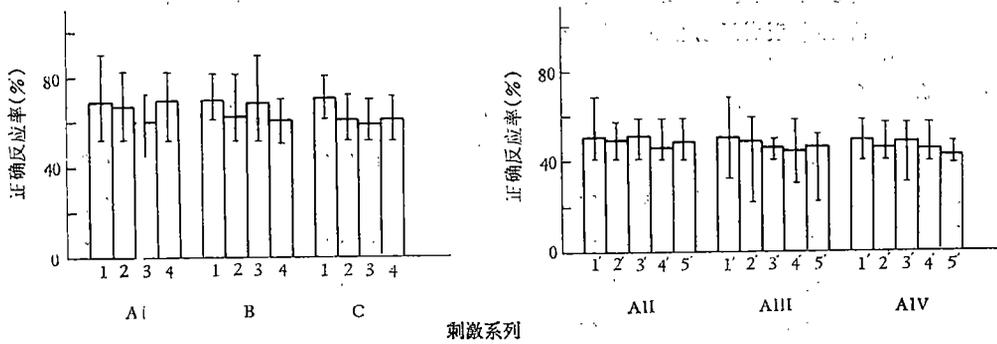


图4 鸽子在不同刺激系列测验中的平均成绩

1=SD+ST₋₂; 2=SD+ST₋₃; 3=SD+ST₋₄; 4=SD+ST₋₅ 1'=ST+ST₋₁; 2'=ST+ST₋₂; 3'=ST+ST₋₃; 4'=ST+ST₋₄; 5'=ST+ST₋₅

(二) 恒河猴和鸽子对不同空间构型的辨别的成绩: 图3(A)系根据恒河猴在A I、B、C系列中的测验的平均成绩绘出的。图4(A)为鸽子在A I、B、C系列中的测验平均成绩。从中可以看出恒河猴的正确反应率几乎均在90%以上($P < 0.001$)而鸽子的成绩均未超过75%($P \geq 0.1$)。

(三) 恒河猴和鸽子在迁移测验中的成绩: 恒河猴和鸽子在A I、A II、A III的测验中的平均成绩见图3(B)和图4(B)。从中可以看到恒河猴的正确反应率多在90%以上($P < 0.001$), 又有个别刺激对为85%($P < 0.05$)。恒河猴在迁移测验中的成功作业似可表明它们能够以空间构型各因素间关系为基础进行初级抽象概括。鸽子的成绩均低于75%($P \geq 0.1$), 且均低于其在A I、B、C系列中的最低平均正确反应率。

(四) 恒河猴在A I、B、C系列中的平均测验成绩: 在这三种因素的相互作用对作业的影响方面, B、C系列间的差别是显著的($P < 0.01$), 即刺激物的不同形状和大小因素间的作用对作业有显著影响。

讨 论

1. 从图4中可以看出, 鸽子在A I、B、C三个系列训练中达到标准所需平均试练次数无明显差异, 而恒河猴的则显出相当大的差异, 这在A I与B系列的辨别训练中尤为突出($P < 0.001$)。这表明恒河猴在三系列间的作业具有问题间学习的趋向。鸽子没表现出这种趋向, 但从表2中可以看出在B、C系列中达到标准所需次数在大多数动物中也有所减少。这似乎说明以前的学习经验可能对后来的作业起作用。在A I系列中恒河猴达到标准所需平均试练次数与鸽子无明显差异($P > 0.5$), 似乎可以认为脊椎动物在单一辨别学习任务中的学习能力与其分类学上的地位并无高度相关。它们在B、C系列问题间的作业中的明显差异, 似可说明对系列辨别学习任务的学习能力与动物进化的地位及其大脑皮层的复杂性有密切的联系。这也说明检验动物对多种问题的学习能力可能是一种度量 and 比较动物界各物种智力水平的较为合适的方法。

2. 在A I、B、C三个系列中的测验中, 五对测验用刺激中有三对具有相同的局部成分。例如在A I中, SD₊与ST₋₅上部都是红色三角, SD₊ST₋₂左下部都是绿色三角,

SD_+ST_{-4} 右下方均为黑色三角。虽然这五对刺激中的某局部成份的空间位置都是相同的(SD_+),但每一刺激对作为完整的整体来说都是不同的。恒河猴在 A I、B、C系列中测验成绩都很好,说明它们在辨别训练时不仅仅依靠刺激物的某些局部线索,而是更多地利用整体的构型。鸽子的测验成绩似可说明它们仅仅是依靠于某些局部线索作出反应的。在 A I 系列中,大多数鸽子在 SD_+ST_{-2} 这一对刺激的测验中成绩较好,而在 SD_+ST_{-4} 中成绩最差,见图 4 (二者差异的考验结果 $0.05 > P > 0.01$)。由于 ST_{-2} 与 SD_{-1} 在空间构型上最为相似,都是上方为黑三角;而 ST_{-4} 与 SD_+ 均为右下方是黑三角,我们似可得到这样的印象,即鸽子在本实验情景下可能是以黑三角这样的局部线索进行反应的。此外,在整个 A I、B、C系列的测验中作为阳性刺激的 SD_+ 在每对刺激中都存在,鸽子只要以此局部线索进行反应即能取得好成绩,这也说明了它们在 A I、B、C系列的测验成绩比 A II、A III、A IV 为好的原因。在 A I、B、C系列测验中,鸽子的成绩很相近,并且有相似的选择偏好,(例如尖角、小圆点等。)这些线索可能是动物通常作为在进化发展过程中形成的“视觉特性”而予以重点注意的范畴,因而对于动物来说可能是一种优势线索。

3. 在 A II、A III、A IV 组的测验中,其实实验情景与 A I、B、C系列截然不同,因为辨别训练时所用的阳性刺激(SD_+)不再在测验刺激对中出现。动物必须依据一些已经掌握的某些其它线索对新的刺激进行辨别。因此, A II、A III、A IV 中的测验可以看做是一种迁移测验。由于迁移测验中所采用的刺激对与辨别训练用刺激对(A I SD_+SD_{-1})在组成成分的形状上不同,而其变化的线索均为组成成分的位置关系的变化(即空间构型的变化)。测验结果表明恒河猴能够将辨别训练中掌握的图形的相互关系带到其它以此关系变化的空间构型的测验任务中去,这似可说明它们具有分析和概括一个空间构型的能力。鸽子在 A II、A III、A IV 中的测验成绩都处于机遇水平,并且都不如在 A I、B、C 系列测验中的成绩。这表明由于鸽子不能识记复合刺激的各部分相互关系,当它们所利用的某些局部线索改变后,对空间构型的辨别学习便受到了影响。在本实验中,依据能否以局部线索认识某一空间构型的原则可将所有刺激物分为三个层次(如结果中所述)。动物在这三个不同层次中的作业则可能表现出它们的认知能力是处于认知发展的哪个阶段。通常认为空间构型知觉的发展可能是与大脑皮层结构的进化发展密切相关的。在本实验中恒河猴在各类测验中的好成绩似可说明它们具有很好的空间构型知觉,并且可以空间构型各因素间的关系为基础进行初级抽象概括,这可能是一种较高级的认知能力。鸽子在辨别训练、测验和迁移测验中的成绩表现了一种趋向,即它们倾向于选择图形的突出特点,而不能对整个构型的关系进行概括。很有可能,鸽子的空间构型知觉仅处于发展的初级阶段,即能初步感知一个复杂图形但还不能将其完全视为知觉的整体而认识到其局部的关系。当然,这仅是一种推测,有待进一步的实验来验证。

4. 对恒河猴在 A I、B、C 三系列中的测验成绩进行多因素分析的结果表明刺激物组成成份的形状和大小因素的相互作用对作业的影响是显著的。但是在动物作业方面,颜色与形状之间,颜色与大小之间以及三因素之间的相互影响是不显著的。从 A I、B、C 系列的组成成份来看,每一系列的 6 种图形仅为其不同因次的空间排列的变化。B、C 系列的颜色均为红色,它们之间的相互影响显著,这似乎表明了恒河猴对颜色不同的刺激物的辨别成绩比对形状或大小不同的刺激物的辨别好得多。尽管形状、大小间的相互影响

显著,恒河猴仍能在测验中取得好成绩。这就使我们推测如果恒河猴具有分析空间构型各成份间相互关系的能力,则一些可能对作业产生影响的因素便显得不那么重要了。因为动物可能会利用比单一线索更为有效的多种线索。

小 结

在本实验的条件下,恒河猴和鸽子都能觉察到一个空间构型,但鸽子主要以局部因素为线索进行反应,恒河猴则主要是对构型的整体进行反应。因此,恒河猴对几种不同的空间构型的觉察存在着问题间学习的趋向,而鸽子则没表现出这种趋向。

恒河猴能对一组总体形式和组成成份相同而组成成份的空间位置不同的构型进行辨别,而鸽子的辨别比恒河猴困难。

恒河猴可以将学会的辨别迁移到由其它组成成份按同样排列方式构成的空间构型中去。它们具备以空间构型各因素间关系为基础进行初级抽象概括的能力,鸽子则没表现出这种能力。

在本实验的过程中恒河猴的辨别作业受形状和大小因素的共同作用的显著影响而没受到其它因素的影响。

参 考 文 献

- [1] Polioola, V. J. & Thompson, W. J., Stimulus correlates of visual pattern discrimination by monkeys: areas and contour, *J. of Comp. & Physiol. Psychol.*, 58, 264—269, 1964.
- [2] Polioola, V. J. & Thompson, W. J., Stimulus correlates of visual pattern discrimination by monkeys: pattern complexity, *Perceptual and Motor Skill*, 21, 71—79, 1965.
- [3] Robinson, J. S., Conceptual basis of the chimps performance on the sameness-difference discrimination problem, *J. of Comp. & Physio. Psychol.*, 48, 195—197, 1955.
- [4] Zimmermann, R. R., Form generalization in the infant monkey, *J. of Comp. & Physiol. Psychol.*, 55, 918—923, 1962.
- [5] Snycer, D. R. et al., A comparison of developmentally progressive intellectual skills, in Chivers, D. J. et al. (eds.) *Recent Advances on Primatology*, New York, 945—948, 1978.
- [6] 林国彬, 万传文, 邵郊, 刘范, 灵长目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*, 2, 233—238, 1982.
- [7] 林国彬等, 灵长目动物初级抽象概括能力的比较实验研究(II)—金丝猴对刺激物大小关系的概括, *兽类学报*, 3, 27—33, 1983.
- [8] Herstein, R. J. and Loveland, D. H., Natural concepts in pigeons, *J. of Exp. Psychol.: Animal Behavior Process*, 2, 285—302, 1976.
- [9] Siegel, R. K. & Honig, W. K., Pigeon concept formation, *J. of the Exp. Analysis of Behavior*, 13, 335—390, 1970.
- [10] Urcioli, P. J. & Nevin, J. A., Transfer of hue matching in pigeons, *J. of Exp. Analysis of Behavior*, 24, 149—155.

DISCRIMINATION AND GENERALIZATION OF SPATIAL CONFIGURATION: A COMPARATIVE EXPERIMENTAL STUDY ON RHESUS MONKEYS AND PIGEONS

Chen Shaofu

(Institute of Psychology, Academia Sinica)

Abstract

Six monkeys (*macaca mulatta*) and seven pigeons were used as Ss in the experiment. The purpose is to make a comparative study of the discrimination and generalization abilities of the animals in spatial configurations. They were first trained to discriminate a pair of figures consisting of the same three elements but different in spatial configuration. They were then tested with other pairs of stimuli consisting of the same elements but modified in arrangement. Three sets of stimuli were used in the experiment. The stimuli of set A differed in color, set B in shape and set C in size. The result showed that the monkeys generalized [different spatial configurations but the pigeons only responded with certain partial cues. Also, except for the interaction between the shape and size of the stimuli, the physical facts of the stimuli had **no significant effects** on performance.