

白暨豚动作学习能力的初步研究

王克雄 王 丁 刘仁俊

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

提 要

本文详细记述了一头雄性白暨豚对一系列简单动作, 包括听声音、碰手、接受抚摸、侧身和仰躺等的学习和掌握过程, 分析了白暨豚学习这些动作的一般规律。讨论了学习过程中白暨豚的某些心理现象。初步评价了白暨豚的记忆能力。

关键词 白暨豚, 学习能力, 动物行为, 动物训练

一种新行为模式的形成过程就是学习^[1]。尽管还没有充分的理由相信动物分类地位的高低和其学习能力的强弱有着必然的联系, 但是, 许多研究者仍更感兴趣于那些分类地位较高的动物之学习能力。海洋哺乳动物, 尤其是鲸类动物, 可能是它们的分类地位和生活环境与人类相差较远, 因此, 尽管有许多关于它们的拟人化的传说, 但是直到本世纪四十年代以后, 才开始有人较为系统地观察它们的行为和学习能力^[2]。其后, 随着鲸类动物人工饲养技术的提高和动物学习理论的进一步发展, 鲸类动物, 尤其是宽吻海豚(*Tursiops truncatus*)等几种普遍饲养的鲸类, 便成了许多心理学家和神经生理学家的研究对象, 并且在行为、认知、智力和脑的生理学等研究领域取得了一定的进展^[3]。

淡水豚是鲸类动物中较为原始的一类。虽然它们的脑结构、行为和使用工具的能力并不亚于其他种^[4], 但是有关它们的学习能力, 还缺少较为系统的工作。白暨豚(*Lipotes vexillifer*)是我国特有的一种淡水豚, 由于其数量稀少, 已越来越引起人们对这一物种生存命运的关注。近几年, 随着白暨豚的生态学、形态学、行为生物学和声学研究的逐步深入, 以及白暨豚人工饲养获得成功, 人工饲养条件下繁殖白暨豚的计划已开始实施。研究这一物种的学习能力, 一方面可以分析这一物种行为产生和发展的机制, 为白暨豚和其他种鲸类的个体发生史的研究提供参考; 另一方面还可以更有效地控制和利用白暨豚的某些行为, 为白暨豚的物种保护作出贡献。本文的结果还可为白暨豚在人工条件下的繁殖研究和其他动物训练提供参考。

1 实验的基本条件

实验对象为一头年龄约13岁的雄性白暨豚“淇淇”, 体长约2.05m, 体重约125kg。实验水池呈圆形, 直径15m, 水深1.5—2.5m。

1991年5月5日收到; 1994年7月25日修回。

1.1 实验时间和内容 1987年7月13日—7月17日和1990年4月13日—4月17日, 动物学习听声音, 并以抬头出水或不抬头出水的方式告诉训练员听见或没听见声音; 1988年4月20日—9月23日、1989年6月12日—9月22日和1990年6月1日—7月22日, 动物学习用吻碰训练员伸入水中的手, 接受训练员抚摸身体、仰泳、侧身和在训练员身边仰躺等动作。

1.2 学习方式(即训练方法) 采用传统的操作条件反射(Operant conditioning)强化动物的正确回应的方法训练动物。人与豚之间的联系信号(即Bridge信号), 选用超声哨发出的声音。强化物是非条件性的, 即豚的食物——鱼。同时, Bridge信号亦可起到奖励和强化作用^[5]。

2 结果与分析

2.1 听声音学习

两次实验均采用频率为10—48kHz的水下纯音信号作为刺激物, 但前一次实验, 信号的持续时间为5s, 后一次的持续时间小于1s。由于在此之前, 豚已完全习惯了抬头等待训练员将鱼投入口中的操作, 所以, 训练之初, 豚对刺激信号的回应率为0, 即不管是否有信号发出, 一游到训练位置便抬头等食。两次学习中的进展情况见表1。

表1 听声音学习实验结果

Tab. 1 The results of training by listening to sound

| 训练 Training | | | 测验 Testing | | 结果 Result | | 重复 Review | |
|------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------|
| 日期 Date | 节 No. of sections | 次 Times | 节 No. of sections | 次 Times | 回应率 Response rate | 虚警率 Faulty alarm rate | 节 No. of sections | 次 Times |
| July 13—22, 1987 | 11 | 110 | 13 | 130 | 100% | 3.1% | 89 | 1222 |
| Apr. 13—23, 1990 | 12 | 82 | 14 | 118 | 99.2% | 3.3% | 51 | 595 |

训练节指连续进行多次训练的一段时间, 一般每天进行3节训练, 每节时间约20—30min。训练次数指动物的动作回应与Bridge信号的联配次数, 每节约进行8—15次训练。训练员向动物显示刺激物的次数, 则称为提示次数, 若动物学会了某一动作, 只要训练员显示刺激物, 豚就会以90%以上的回应率对提示物作出回应。虚警率是没有刺激物出现而动物却表现出回应的回应率。

在训练后期和测验期间, 有时故意推迟发出刺激信号, 豚会在训练位置等待较长时间, 并注意水下换能器是否发声, 等待时间可达30—40s, 如果仍不给信号, 豚会游开, 或用吻左右拨动水中的水听器。动物作出回应与信号发出的间隔时间约1s左右。这些现象和高的回应率及很低的虚警率充分说明, 水下声信号和动物抬头等食动作已完全建立了条件反射。动物学会了听声音, 并以抬头的方式告诉训练员已听到声音。能够较快学会这一动作的鲸类还有虎鲸(*Orinus orca*)、鼠海豚(*Phocoena phocoena*)、伪虎鲸(*Pseudorca crassidens*)、宽吻海豚和亚河豚(*Inia geoffrensis*)等^[6]。尽管实验设计的难易程度

有些差别,但似乎并不影响动物对训练员意图的理解。

第二次实验对第一次实验的节省百分数=100×(第一次实验的训练次数—第二次实验的训练次数)/第一次实验的训练次数。即:

$$S_s = 100 \times (110 - 82) / 110 = 25.5\%$$

从表1也可以看出,两次训练达到相同的回应率所需训练节数几乎相等,这说明两次学习尽管内容相似,但动物仍象学习两种不同的动作。同时,节省百分数也很低,也说明前一次动作的学习对后一次学习的正的影响不明显。总之,这种现象至少证明动物在后一次学习过程中,记忆恢复很慢。一方面是由于两次实验的间隔时间太长,另一方面可能是两次实验中,信号的持续时间有较大差异引起的。

2.2 学习碰手、接受抚摸、侧身和仰躺等动作

训练动物学习这几个动作时,训练员是站在水中,这一点和学习听声音不同。所以在正式开始学习训练之前,必须让动物克服恐惧心理,习惯从训练员手中取食鱼。

表2列出了1988、1989和1990年学习实验的进展情况。表中的回应率是根据最后一节训练的结果计算的,其后的复习阶段,回应率均保持在这一水平。

表2 手喂鱼和碰手学习实验结果

Tab. 2 The results of training by hand-feeding and hand-touching

| 日期 Date | 学习内容 Task | 训练 Training | | 测验 Testing | 重复 Review | |
|--------------------------|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------|------------------------------|-------------------------------------|
| | | 节/次 No. of sections /Times | 累计时间 Total time (min) | | 日期 Date | 节/次 No. of sections /Times |
| Apr. 20—25, 1988 | 手喂鱼 Hand-feeding | 10/119 | 325 | 100% | Apr. 28— Sep. 23, 1988 | 375/4125 |
| Apr. 28— May 15, 1988 | 碰手 Hand-touching | 28/90 | 535 | 100% | May 16— Sep. 23, 1988 | 347/3817 |
| June 12, 1989 | 手喂鱼 Hand-feeding | 2/5 | 44 | 100% | June 13— Sep. 22, 1989 | 237/2607 |
| June 13—15, 1989 | 碰手 Hand-touching | 10/36 | 181 | 100% | June 16— Sep. 22, 1989 | 207/2211 |
| June 1, 1990 | 手喂鱼 Hand-feeding | 2/3 | 35 | 100% | June 1— July 22, 1990 | 126/1134 |
| June 1, 1990 | 碰手 Hand-touching | 1/9 | 20 | 100% | June 1— July 22, 1990 | 125/1125 |

从表中可以看出,3年中前一年的学习明显对后一年的学习有正的影响,具体表现为累计学习时间逐年减少。现在首先假设每年的碰手学习是完全独立的,那么它们各自的回应率与训练节数之比分别为(1988—1990年): $K_1 = 0.036$ 、 $K_2 = 0.1$ 、 $K_3 = 1.00$ 。说明每年的学习速率均不一样,第一年学习最慢,第三年学习最快。同样求得每年的回应率与

训练次数之比分别为 $K'_1 = 0.011$ 、 $K'_2 = 0.028$ 、 $K'_3 = 0.11$ 。说明每年学习过程中，每次的 S-R 对偶联系加强的程度也不一样，第一年最弱，第三年最强。其次假定每年动物学习的速率一样，那么很明显，第一年学习的起点为 0，即 $b_1 = 0$ ，则第二年的起点水平 $b_2 = 1 - K_1 \times (\text{第二年学习所用训练节数}) = 1 - 0.036 \times 10 = 0.64$ ，第三年的起点水平 $b_3 = 1 - K_1 \times (\text{第三年学习所用训练节数}) = 1 - 0.036 \times 1 = 0.96$ 。第三年学习起点水平最高。以上是一种理想化的分析，而实际上，3 次学习实验中动物的学习速率、起点水平都不是恒定的。下面分析第二年实验的实际学习曲线。图 1 曲线的回归式为：

$$Y = 0.439 + 0.0398X \quad (n = 10 \ r = 0.623 > r_{0.10}) \quad (1)$$

将(1)式的两系数分别与上文的 b_2 和 K_2 相比较，很容易发现在第二年的学习中，实际的起点水平和学习速率比理想状态低。但是图 1 至少可以说明两个问题，第一，上文的假设学习线为一直线是正确的，曲线的斜率可以作为动物学习速率高低的一种量度，曲线的截距可以作为学习起点水平的量度；第二，理想状态的分析和实际学习曲线有差异，尤其是动物学习的速率差异较大。

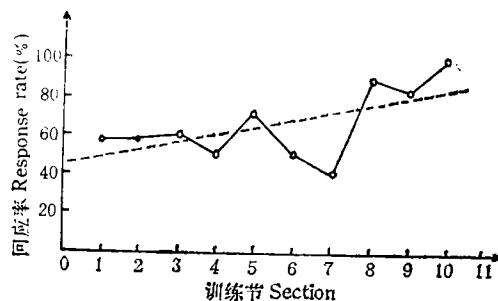


图 1 1989 年碰手学习曲线

Fig. 1 The learning curve for hand-touching in 1989

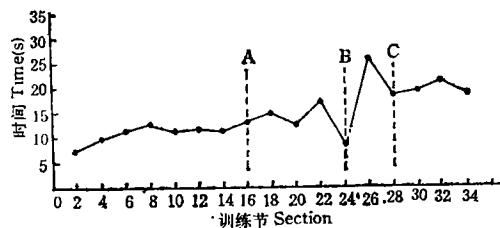


图 2 抚摸动作学习曲线

Fig. 2 The learning curve for hand-stroking

1989 年和 1990 年，动物学习碰手动作的节省百分数分别为， $S_{2-1} = 100 \times (90 - 36)/90 = 60\%$ 和 $S_{3-2} = 100 \times (36 - 9)/36 = 75\%$ ，1990 年对 1988 年的节省百分数 $S_{3-1} = 100 \times (90 - 9)/90 = 90\%$ 。比较这 3 个节省百分数和上文的 S_s ，可以明显看出，碰手学习实验中，动物的记忆恢复较快，后一年只花较少的时间就能使动物的状态恢复到前一年的水平。这一方面是学习的间隔时间不长，只有 1 年时间，另一方面，学习的内容是完全相同的，这两点都和听声音学习不一样。

接下来的一个动作是让豚接受训练员对其头、颈部的抚摸。由于训练的目的是要求动物接受较长时间的抚摸，这完全是量的增加，对动物而言，要建立这样一个量的概念几乎是不可能的，至少是非常困难的，所以引入了一结束信号表明动作完成是很有必要的。图 2 是这一动作的学习曲线(1989 年 6 月 19 日—7 月 1 日)。

从 A 处开始，引入碰豚右侧鳍肢作为动作结束信号，B 和 C 之间的 5 节训练员更换，C 后和 B 前的训练节训练员相同。曲线的回归式分别为：

$$\text{第 } 1-16 \text{ 节训练 } Y = 8.13 + 0.312X \quad (n = 16 \ r = 0.781 > r_{0.05}) \quad (2)$$

$$\text{第 } 16-34 \text{ 节训练 } Y = 12.31 + 0.616X \quad (n = 18 \ r = 0.512 > r_{0.05}) \quad (3)$$

第 1—34 节训练 $Y = 6.936 + 0.441X$ ($n = 34$ $r = 0.742 > r_{0.05}$) (4)

比较(2)和(4)的回归系数得: $t = 0.679 < t_{0.05,45}$

比较(3)和(4)的回归系数得: $t = 0.745 < t_{0.05,45}$

但是,比较(2)和(3)的回归系数得: $t = 6.758 > t_{0.05,29}$

所以说(4)的回归系数和(2)及(3)的回归系数无明显差异,但是(2)和(3)的回归系数却有区别,即在 A 的前后,动物所表现出的学习潜力有显著差异,其主要原因是引入了碰豚的右侧鳍肢作为抚摸动作的结束信号,这就给豚以较明确的指示,动物在此操作发生前不会离开训练员,即将量的学习变成了一般动作的学习。为了让豚在训练员身边侧转身体,我们采用了连续逼近的方法训练动物。第一步是训练动物让训练员摸其右侧鳍肢,这一动作在 1988 年和 1989 年各作过一段时间,表 3 列出了比较情况。

表 3 摸右鳍肢学习实验结果

Tab. 3 The results of training by hand-stroking the right flipper of the dolphin

| 训练 Training | | 测验 Testing | | 重复 Review | |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------|------------------------------|
| 日期 Date | 节/次 No. of sections/times | 节/次 No. of sections/times | 回应率 Response rate | 日期 Date | 节/次 No. of sections/times |
| May 25— June 23, 1988 | 46/345 | 7/56 | 95% | July 1— Sep. 23, 1988 | 189/2079 |
| June 24— June 30, 1989 | 8/53 | 3/27 | 100% | July 2— Sep. 22, 1989 | 185/2040 |

第二次学习对第一次学习的节省百分数 $S_T = (345 - 53)/345 = 84.6\%$ 。两年学习各自的回应率与训练次数之比分别为 2.8×10^{-3} 和 1.9×10^{-2} , 后者远大于前者, 后一次学习明显受到前一次学习的正的影响, 动物的记忆恢复较快。接下来的几个动作连续性很强, 表 4 列出了动物学习的结果。

表 4 仰身动作分解学习实验结果

Tab. 4 The results of learning a series of actions by the dolphin lying on back

| 训练 Training | | | 测验 Testing | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| 日期 Date | 学习内容 Task | 节/次 No. of sections/times | 节/次 No. of sections/times | 回应率 Response rate |
| July 12— Aug. 4, 1989 | 压右鳍侧身 lying on side | 14/84 | 3/35 | 89.1% |
| Aug. 5—15, 1989 | 摸左鳍 Stroking left flipper | 17/149 | 3/43 | 100% |
| Aug. 16—29, 1989 | 仰身 lying on back | 16/122 | 3/35 | 97.1% |

动作学习的内容尽管有一定程度的相似, 但动物学习后一个动作时并未受到前一个动作的正迁移作用, 或者说迁移作用极小。第二期和第三期学习各自的节省百分数分别为 -77.4% 和 18.2% , 3 期学习的回应率和学习节数之比分别为 0.069、0.060 和 0.061, 非

常接近。至此,动物侧身学习结束。摸右鳍和动物侧转身体形成了条件反射。1990年6月1—2日,让豚回忆侧身和仰身动作,分别只做了7次和20次训练,动物的动作回应就达到了100%的水平。仰身动作的节省百分数为83.6%,并且仰身停留的时间 $6.5 \pm 1.5\text{s}$ 也比上一年结束训练时的仰身停留时间5—6s稍长。

根据以前训练的经验,为了延长豚仰躺的时间,我们引入了以手触摸豚的腹面作为仰躺动作的结束信号。在1989年,为了延长豚侧身时间,也引入了手触摸豚水中右侧鳍肢作为侧、仰身状态结束的信号。下面对这两期训练作一个比较(图3)。

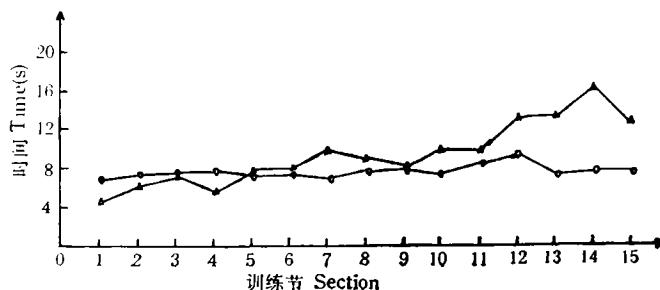


图3 侧身和仰身动作学习曲线

Fig. 3 The learning curve for lying on side and on back

两曲线的回归式分别为

$$1989 \text{ 年: } Y = 7.29 + 0.0725X \quad (n = 15 \ r = 0.510 > r_{0.10})$$

$$1990 \text{ 年: } Y = 4.42 + 0.679X \quad (n = 15 \ r = 0.970 > r_{0.05})$$

两回归式的回归系数有显著差异。出现这种情况的主要原因是由于1989年的侧身和仰身动作对豚来说完全是新的,而1990年的仰身动作是一种复习提高作业。动物在学习过程中要形成一量的概念若没有一定的控制条件是不可能的。为了延长某一动作的保持时间,引入一结束信号是很有必要的,但是它对学习效果的影响必须在动物习惯该动作之后才能明显地表现出来。

2.3 仰泳行为的学习

人工饲养条件下,白暨豚或多或少地出现仰泳行为,但无明显的规律。这种自然行为对强化和弱化也极为敏感。表5列出了强化和弱化这一动作的进展情况。弱化是采用在豚出现仰泳行为后或仰泳期间,训练员向豚的位置击水的方法进行的。

比较表5中的两回归式的系数,可以看出,在强化和弱化动物的某种行为时,强化比弱化的效果更好些,当然,这也与动物对该动作习惯的程度和弱化的方式有关。

2.4 白暨豚的恐惧心理和情绪反应

动物饲养之初,其恐惧心理最明显的反应是活动范围缩小,潜水时间加长。当训练员站在水中训练动物时,豚的活动范围更加缩小,活动区是池中离训练员位置最远的小区。在豚接食训练员手中之鱼时,其身体大部分离训练员保持最大距离,仅吻端靠近训练员。接食后,豚会叼着鱼到池中离训练员最远端区进食。这些行为在训练阶段自始至终存在,只不过程度不同而已。

表 5 仰泳的强化和弱化比较
Tab. 5 Comparison between fading in and fading out for swimming on back

| 日期 Date | 学习内容 Task | 记录项目 Item | 训练节 Section | | | | | | | | | | 回归式 Regression equation | |
|-------------------|------------------|--------------------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-------------------------------|--|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| July 1—4, 1989 | 强化 Fading in | 时间 Time(min) | 40 | 10 | 10 | 15 | 20 | 20 | 15 | 10 | 10 | 4 | 13 | $Y = 1.25 + 0.78X$ ($r = 0.914 > r_{0.05}$) |
| | | 仰泳次数 Times of swimming on back | 2 | 1 | 4 | 7 | 7 | 11 | 8 | 7 | 9 | 15 | 8 | 20 |
| | | 强化次数 Reinforcement times | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 6 | 4 | 4 | 9 | 5 | 15 |
| | | 平均仰泳次数 Average times per 5 min | 0.25 | 0.5 | 2 | 2.3 | 1.8 | 2.8 | 2.7 | 3.5 | 4.5 | 7.5 | 10 | 7.7 |
| Aug. 3—9, 1989 | 弱化 Fading out | 时间 Time (min) | 20 | 15 | 25 | 22 | 15 | 15 | 15 | 20 | 18 | 20 | 15 | $Y = 2.77 - 0.27X$ ($r = 0.672 > r_{0.05}$) |
| | | 仰泳次数 Times of swimming on back | 15 | 10 | 14 | 10 | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| | | 弱化次数 Extinction times | 0 | 2 | 14 | 10 | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| | | 平均仰泳次数 Average times per 5 min | 3.8 | 3.3 | 2.8 | 2.3 | 1.0 | 0.67 | 0 | 0.5 | 0.56 | 0 | 0.3 | 0 |

情绪反应的表现是动物在训练中拒绝靠近训练员，或用吻咬或碰训练员或训练区的一些工具。有时训练员在起水中止训练时，豚会用尾巴向训练员击水。还有一种较特殊的情绪反应，即突然离开训练员，在池中以极高的速度游动 1—2 圈，然后突然停住，频繁地出水呼吸。这种行为多发生在连续 2—3 次完成动作而未得到食物奖励的情况下。此时若再施以食物，豚的进食速度会明显下降，戏鱼时间会加长。

3 讨论

3.1 白暨豚学习能力的研究方法

目前通过训练动物，观察、记录动物的行为表现来研究动物的学习能力，这种方法在研究鲸类动物的学习能力领域使用较为普遍^[7]。因为鲸类动物有多种多样的行为形式，它们的运动反应能力、模仿能力和对声音的响应能力都较强，这些特征决定了通过分析行为来研究学习能力较合适。另外，这类动物的生活环境与陆生动物有较大差异，这也在一定程度上限制了某些神经生理学技术的应用。

白暨豚数量稀少，捕捉困难，目前情况下使用传统的动作学习方法，研究其学习能力较合适。本文仅从这方面做了努力。白暨豚辨别学习能力和解决问题能力等的研究有待进一步工作。在进行动作学习研究时，有两个问题值得注意。首先是学习作业的内容，要在学习过程中始终保持其学习欲望。学习欲望的大小与动物学习的内驱力是一致的，可以通过剥夺食物的时间来测量。内驱力水平高，促成动物完成正确回应的机会就大。但是如果打乱了动物的正常进食节律，动物常会出现拒食行为，训练便无法进行，这也值得注意。食物奖励固然重要，目前的研究发现，条件强化物，比如给动物体表喷水或抚摸动物等，在学习过程中也能起到较好的使用效果。鲸类动物的听觉系统很发达，白暨豚也具有听觉优势，所以，第二个问题是，学习的环境要避免过强噪声的干扰。另外，动物在完成多次学习作业后，疲劳的发生也影响学习效果。总之，研究白暨豚的学习能力，可以根据下式来安排实验^[8]，同时也可根据它来分析白暨豚的学习能力。即 $P = D \times H \times K \times V - I$

其中 P 为反应发生的概率；D 为学习欲望，即内驱力；H 为某一动作得到强化的次数；K 为强化物的强度，如鱼的数量和质量；V 为刺激物的强度，如声音信号的强弱等；I 为反应的难易，动物健康状况等。

上式中各因子的影响有大小之分，考虑时难免带有主试者的主观成分，同时对这些因子的度量也值得研究。

3.2 白暨豚的记忆能力

本文采用后一期的学习对先一期学习的节省百分数来研究白暨豚的记忆能力。从上文的几个节省百分数来看，其值大于 50% 的，都是两次内容相同的学习，且间隔时间不足半年。而小于 50% 的，间隔时间长达 2 年，且学习的内容有一定的差异。这说明了节省百分数较好地反映了动物的记忆恢复快慢的程度。图 1 的学习曲线与纵轴的交点值，可以考虑作为白暨豚在该期实验之前对碰手动作记忆保留的最低水平。影响白暨豚记忆恢复的因素有很多，首先是复习，其次是学习中断的时间，还有动物本身的一些情况和回忆时的环境条件。

总之,白暨豚具有较强的长时记忆能力,即学会某一动作所花的时间(指天数)是该动作记忆保持时间的0.4—0.5倍。比如,学习接受训练员触摸其右鳍动作(包括复习)用时4个月,而记忆保持时间可达9个月或更长。

3.3 白暨豚的认知能力

在训练动物仰躺时,采用的分步训练是简单的刺激-回应。在三阶段训练完成之后,白暨豚在收到训练员的提示后,完全省去了中间过程,直接地仰躺在训练员的身边。此行为已从简单的刺激反应上升为整体行为,具有较强的目的性。这说明白暨豚在这方面具有较强的认知能力。尽管认知这一概念的内容还比较模糊,尤其是对鲸类而言,但是动物在学习过程中经验的获得是可以作为认知能力的一部分度量。值得注意的是,白暨豚在学习表4的内容时,为什么后一次学习并未得到前一次学习经验的支持?尽管两次学习的内容和要求达到的标准都十分相似。这一方面只能说明白暨豚在这方面的认知能力较差,另一方面也说明研究这种动物认知能力的复杂性。

3.4 白暨豚学习能力的初步评价

评价一种动物的学习能力,仅从其动作学习能力这一项指标来讨论显属轻率。建议从下面几个方面来评价白暨豚的学习能力,即操作工具能力、概念学习能力、概念记忆能力、行为多样性、参考物的使用能力及声模仿能力。Eisenberg (1986) 曾根据一些作者的研究成果,给宽吻海豚的社群和认知特性作了综合评价,除概念学习能力是未知数外,其余项目或为1(不很发达)或为4(高度发达)或中间值。总分为17个单位^[7]。由于白暨豚还有许多项目未作研究,所以,未知数太多,目前还难以进行综合评价。但是,白暨豚的操作工具能力、概念记忆能力、行为多样性及声模仿能力均很强,可评为 $3 \times 4 = 12$ 个单位,由于这种评价方法主观因素多,因此寻求一种更客观的评价鲸类动物学习能力的方法也是很有意义的。

参 考 文 献

- [1] 赫保源等编。实验心理学。北京:北京人民出版社。1983: 661—808。
- [2] Karandeyeva O G. Behaviour peculiarities and training of dolphins in captivity. *Zhurnal Vyshey Nervnoy Deyatel'nosti* (J. Higher Nervous Activity), 1969, **19**(1):55—58.
- [3] Overland M. Cetacean Behaviour, Learning and Communication. Advisory Committee on Marine Resources Research, Scientific Consultation on Marine Mammals. Bergen, Norway. 31 Aug. — 9 Sep., 1976. ACMRR/MM/SC/74.
- [4] Gewalt W. Orinoco-freshwater dolphin (*Inia geoffrensis*) using self-produced air bubble 'ring' as toys. *Aqu. Mamm.*, 1989, **15**(2):73—79.
- [5] 王丁、景荣才。白暨豚的声训练。水生生物学报。1990, **14**(2): 138—144。
- [6] Chun N., Pugh K. and Thomas J. Training a false killer whale for an underwater audiogram. *Proceeding of I. M. A. T. A. Conference*. 1986:42—47.
- [7] Eisenberg J. F. Dolphin behavior and cognition: Evolutionary and ecological aspects. In: *Dolphin Cognition and Behavior: a Comparative Approach* (ed. by R. J. Schusterman, J. A. Thomas and F. G. Wood). Lawrence Erlbaum. 1986: 261—270.
- [8] 邵郊等译。比较心理学:现代概观。北京:科学出版社。1984: 514—516。

STUDY ON THE LEARNING CAPABILITY FOR A SERIES OF ACTIONS IN BAIJI

Wang Kexiong, Wang Ding and Liu Renjun

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

Abstract

In this paper, a male Baiji (*Lipotes vexillifer*) was trained by the method of operant conditioning to learn a series of actions, including listening to sound, hand-touching, accepting stroke, lying on side, lying on back, etc. The general rules of learning the above actions were analysed and some mental phenomena of the Baiji during the learning process were discussed. The Baiji had a strong ability for long-term memory and showed some cognitive ability in certain aspects. The method for training Baiji for some actions is useful for studying the learning capability of the Baiji.

Key words *Lipotes*, Learning capability, Animal behaviour, Animal training