

动物的经典条件反射和操作条件反射学习行为

尚玉昌* (北京大学生命科学学院 北京 100871)

摘要 概述了经典条件反射和操作条件反射的特征、形成过程和适应意义。

关键词 经典条件反射 操作条件反射 欲求行为 报偿 迷宫 斯金纳箱

1 经典条件反射

1.1 经典条件反射的特征 经典条件反射(classical conditioning)的原理最早是被俄国生理学家巴甫洛夫(Ivan Pavlov)阐明的,他的主要兴趣是研究狗的消化活动,最初是对狗在渴望得到食物时大量分泌唾液进行观察。他认为,狗在实际得到食物之前分泌唾液不太可能是一种先天反应。有足够的理由认为,此时动物已经学会了把某种信号或食物的气味与食物本身联系起来,分泌唾液正是由于这种学习引起的。因此在渴望得到食物时,狗就会对一个预示着食物即将到来的新刺激做出流唾液的反响,这是在旧反应和新刺激之间形成的联系。

此后,巴甫洛夫便开始研究这种联系,为了能对反应作定量分析而在狗的面颊上开一小孔,把唾液引流到体外的漏斗中,然后收集起来进行测定。试验方法是先把1条饥饿的狗固定在实验台上并给予各种刺激,其中的一个刺激是食物,当把食物送入口中时它就会分泌唾液。接着在给食之前先提供一个原初不会引起流唾液的刺激如灯光或铃声,相隔数日后再次给予这两种刺激,先给灯光再给食物,然后在只给灯光时看看狗还流不流唾液,结果如图1所示。虽然灯光起初不会引起流唾液,但经过30次与食物结合后,只有灯光刺激而没有食物时也会引起流唾液。随着试验次数的增加,唾液分泌量也会增加,但使狗做出反应的时间却会缩短。

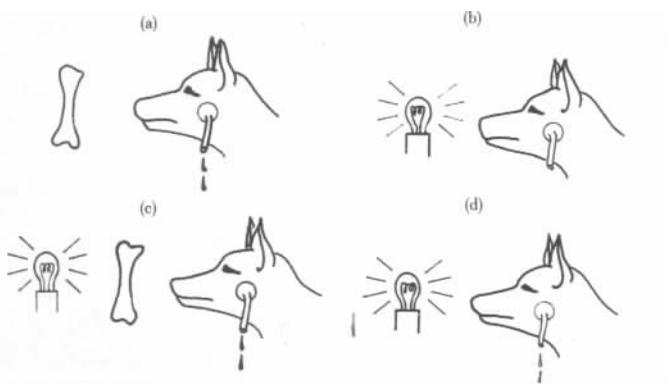


图1 狗的条件反射形成过程

一般说来,如果开始时动物对某个刺激(如食物)有一个特定的先天反应,那么这个刺激就叫无条件刺激,因为动物不必经过学习就会对它做出反应。如果

一个刺激原本是不会引起动物做出反应的,但它在无条件刺激之前多次重复出现后便能引起动物做出反应了,那么这个新刺激就叫条件刺激,这一整个过程就叫条件反射,甚至软件动物门头足纲八腕目的章鱼(Octopus)也能形成条件反射(图2)。

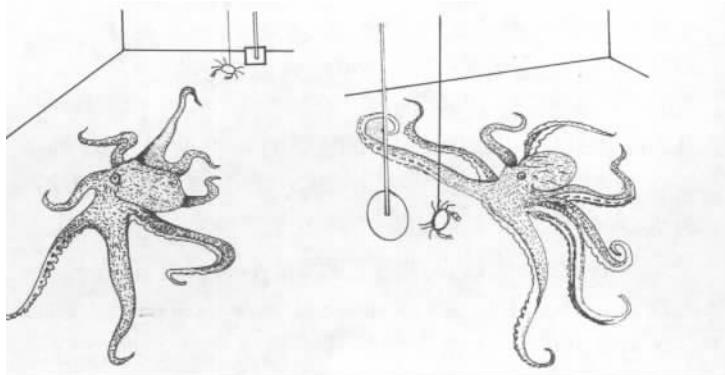


图2 章鱼能够学会把一个条件刺激(方的或圆的图形)与食物(螃蟹)联系起来形成条件反射

在条件反射的形成过程中,无条件刺激和条件刺激的出现顺序非常重要,条件刺激必须先于无条件刺激出现,条件刺激是作为无条件刺激将要出现的信号,如果条件刺激出现在无条件刺激之后它就会变得毫无价值。

通常在条件刺激和无条件刺激之间还存在着一个最佳间隔时间,试验表明:这个最佳间隔时间是0.5 s,即条件刺激比无条件刺激早出现0.5 s最为有效。条件反射的建立是靠把一个陌生刺激与一种报偿(如获得食物、得到温暖或获得自由等)结合在一起,因此可以说这是一种正强化作用。如果使一个刺激同一个痛苦的或不愉快的事件相结合,那就是一种负强化作用,例如:可以把某种声音同电击狗的左爪垫联系起来,经过多次结合之后,狗一听到这种声音虽然没有电击的情况下也会把左脚抬起来。鸟类在尝吃了1~2次味道不好的有毒昆虫之后就能学会躲避它们,这就是在自然条件下形成的有利于动物生存的条件反射。

如果条件刺激(如灯光或铃声)频频出现而其后没有无条件刺激(如食物或其他报偿)出现,那么这两种刺激之间的联系就会逐渐消失,例如:拿狗看到灯光就分泌唾液这一条件反射来说,如果不是不断地同时给予食物刺激它就会慢慢衰退,这种现象就叫消退

* 教授,动物生态学家

(extinction)。

消退和强化是正和反两个方面,如狗对铃声的流唾液反应因无食物强化而逐渐减弱,直到完全没有反应。但消退后重新再建同一条件反射,其速度就会快得多,这说明消退并不意味着完全取消了当初的学习所得,而是使它受到了抑制。所谓自发恢复现象(spontaneous recovery)就可以证明这一点,即已消退的反应隔一定时间可自发恢复其强度。如对铃声连续7次不予强化,唾液滴会由10滴减少为3滴,反应间隔时间会由3s增加到13s,但休息23min后当再次听到铃声时,唾液滴恢复到了6滴,而反应间隔时间缩短到了5s。对条件反射的抑制可以来自体内,如上所述,消退是体内抑制积累的结果;也可以来自体外,如果在一个条件反射训练过程中,突然给予一个新的强烈条件刺激,那么原来的条件反射就会消失。

1.2 经典条件反射的适应意义 卡伦·霍利斯(Karen Hollis)用试验检验了下面的一个假说,即经典条件反射的适应意义是可使动物对一些重要事件提前做好准备。她主要是研究毛腹鱼(*Trichogaster trichopterus*)的领域行为和生殖行为。本文只介绍她关于毛腹鱼条件攻击反应(conditioned aggressive responses)的试验。当面对1条企图入侵领域的外来鱼时,雄性毛腹鱼会将全部的鳍直立起来迅速接近入侵者,如果入侵者不做出屈服的姿态或者不后退,它就会使冲突升级为可能导致严重受伤的战斗,它会嘶咬对方并用尾击水冲击对手敏感的侧线器官。根据博弈论(game theory)预测,当双方争夺的资源价值很高时最有可能发生会导致严重受伤的战斗。这一预测在毛腹鱼得到了证实,对毛腹鱼来说,成功地保卫领域是极为重要的,因为雌鱼不会与一条没有领域的雄鱼配对,因此任何一种能够增加保卫领域成功率的行为都会被自然选择所保存。对那些能预知竞争对手入侵的信号形成条件反应就能使领域主人提前做好战斗准备,随时可以迎击对手。在自然界,随着入侵者逼近领域边界,入侵者本身会在无意中发出视觉、化学或机械信号显示领域入侵已迫在眉睫。

Hollis的研究表明,1条雄性毛腹鱼如果能对一个暗示即将发生入侵的信号形成经典条件反射,那么它在攻击战斗中就更可能取胜。Hollis选择两条身体大小和战斗力大体相等的雄鱼作为研究对象饲养在水族箱的两端,中间用隔离物把它们分开。然后训练其中1条雄鱼在观察对方15s(无条件刺激)之前先给予10s的灯光刺激(条件刺激)。对另一条雄鱼也作同样的处理,但两种刺激并不耦联。在作此训练后将水族箱中的隔离物拿掉使它们相遇,但拿掉前先给予灯光信号。结果发现对灯光已形成了条件反射的雄鱼在保卫领域时总是占优,它的摆尾击水和攻击次数明显

多于对手。由于灯光有助于提高体内雄激素的浓度,所以已形成条件反射的鱼总能赢得战斗的胜利。攻击能力越强就越有机会在保卫领域的战斗中取胜并能增加交配的机会。

2 操作条件反射

1938年,心理学派的动物行为学家斯金纳(B.F. Skinner)发表了一部重要著作“生物的行为”,他一生都在实验室内研究动物的学习行为,但构成他研究学习行为基础的就是操作条件反射(operant conditioning),又称工具条件反射(instrument conditioning)。操作条件反射同经典条件反射有几点重要区别,前者没有所谓的条件刺激,也不是靠条件刺激与无条件刺激相结合而形成条件反射,它的形成是起自动物的一种随意活动,而且是欲求行为(appetitive behavior)的结果。所谓欲求行为就是在动物生理需求驱动下的一种行为表现,如饥饿驱使动物到处觅食,性欲驱使动物积极向异性求偶等。另外,在操作条件反射的建立过程中,刺激和反应都必须先于报偿(reward),即先接受刺激,再作出行为反应,最后才得到报偿,这一点区别很重要。

在操作条件反射的早期研究中,行为学家常常使用所谓的“问题箱”(problem boxes)或斯金纳箱(skinner box),意思是人为给动物制造一个问题让其解决,并观察动物解决问题的能力、方法和速度。例如:可以把猫放到一个问题箱里,此时它就会想方设法逃出去,它会到处冲撞试图找到出口。最后它可能因某一个偶然性动作而踩踏了1块木板,门便通过人设计的机关而自动打开了,于是猫便逃出箱外获得了自由(即得到了报偿)。如果把逃出的猫再关入问题箱,使这一过程不断重复,猫就能越来越快地从问题箱中逃出来,最后猫便能学会把踩板和开门这两件事联系起来。此时如果再把猫放入箱中,它就会为了开门而直接去踩板。操作条件反射就是这样建立起来的(图3)。

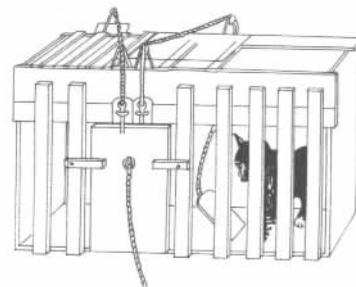


图3 研究操作条件反射的“问题箱”或斯金纳箱

桑代克(E. Thorndike)是美国最著名的动物心理学家,他的理论在动物心理学和教育心理学中占统治地位长达半个世纪之久。他做了一系列经典试验,如上述训练猫为了出笼而踏板或拉绳等。其实,马戏团驯兽员一直是用操作条件反射的原理训练动物。但Thorndike是第1个系统地研究操作条件反射的人,并

提出了相应的学习理论,即“刺激-反应理论”(stimulus-response theory)。他认为,如果动物做出反应后得到的是某种报偿或生理满足,那么这种反应出现的概率就会增加,但如果反应后得到的是一种相反的不愉快后果,那么这种反应出现的频率就会下降。

操作条件反射主要就是驯练动物为了获得报偿而完成一种任务,例如驯练鼠去压 1 个杠杆和驯练鸽子去啄 1 个圆盘。操作条件反射建立的基本过程是让动物依据某一信号必须做一件事才能得到报偿,例如:行为学家想训练动物在听到蜂音器发出声响的时候去压杆,起初 1 只饥饿的动物是随机运动的,也许当蜂音器发出声响的时候它偶尔压了 1 次杆,此时食物立刻出现(得到报偿)。以后,食物的每次出现都是在这—特定的场合下,这种情况有助于增加这一特定场合出现的概率,直到最后建立起一个可靠的刺激-反应链。

操作条件反射的训练主要是在迷宫和斯金纳箱中进行的。迷宫实际是一个道路系统,在每一个叉路口都只有一个正确的选择可以通向最终的目标,其他所有选择都会把动物引向一个盲端。起初,动物是随机选择道路的,但只有到达最终的目标才能得到报偿(食物或返巢等)。检验动物学习能力的一个重要标准是看动物需要多少次训练才能毫无错误地(即不会走进死胡同)达到最终目标。迷宫的难度取决于叉路口的多少,即动物需要选择道路的次数。最简单的迷宫是丁字形迷宫,动物只面临 1 次选择。施奈拉(T.C. Schneirla)曾把 1 种蚂蚁(*Formica incerta*)放入一个含有 6 个选择点和许多弯道的迷宫中,迷宫的尽头是蚁巢,因此该迷宫的报偿是返巢(图 4)。经过 28 次训练后有 8 只蚂蚁毫无错误地返回了蚁巢。8 只大白鼠经过训练也能学会走同一类型的迷宫。试验数据表明:大白鼠的学习行为与蚂蚁很相似,但学习速度比蚂蚁快。此外还有更重要的区别,当蚂蚁学会了在一个复杂的迷宫中认路后,再让它反过来走这个迷宫,它就只能从头学,就好像这是一个新迷宫一样。相反,大白鼠在同样情况下则能从以前的经验中获得一些效益。

斯金纳箱是 Skinner 为研究动物的学习行为而设计的实验装置,箱内可放置实验动物,并含有 1 个操纵系统(如可供鸽子啄击的圆盘或可供大白鼠去压的杆)和一个自动递送食物的系统(提供报偿以鼓励学习)。利用操作条件反射可以训练动物学会各种新的甚至是很复杂的技能,如小兔弹钢琴、鸭子套圈和鸽子打乒乓球等(图 5)。鸽子学会打乒乓球的动力是谁把球推送到对方乒乓球台的底线处,谁就能自动获得食物报偿。

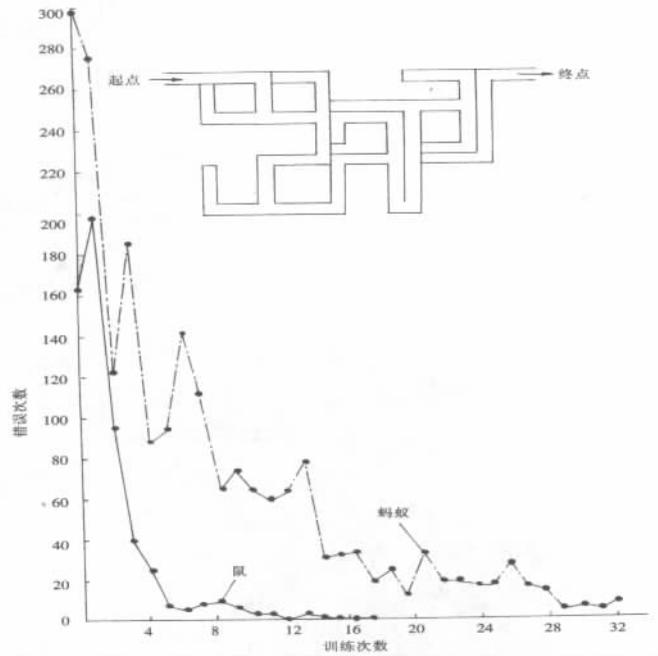


图 4 训练大白鼠和蚂蚁走迷宫,大白鼠比蚂蚁能更快地学会走迷宫
行为学家最喜欢用鼠类进行操作条件反射试验,因为鼠类终生都怀有好奇心。长期以来,操作条件反射是行为学家和心理学家的主要研究工具。心理学派曾对动物的行为和学习能力提出过很多新的见解,但它们的研究对象只限于少数几种实验动物(主要是鼠和鸽),而且完全脱离了动物的自然环境,因此有很大的局限性。

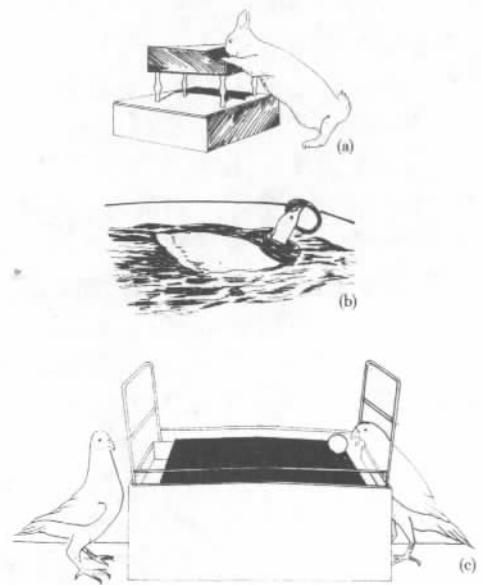


图 5 利用操作条件反射训练动物学会各种技能
(a) 小兔弹钢琴, (b) 鸭子往自己脖子上套圈, (c) 鸽子打乒乓球
(BF)