

《智能简史》2：第一个大脑

这一讲我们说说有智能以来的进化史上的第一次突破，那就是 5.5 亿年前第一个大脑的出现。你可能觉得那个大脑必定是非常简陋的，可能没多少功能……恰恰相反。

那个大脑的主人是现今所有有大脑的动物的祖先。甚至我们的主要身体结构，连大脑的基本功能都跟它没有本质的不同。我很怀疑进化是一出手就发现了最优解。

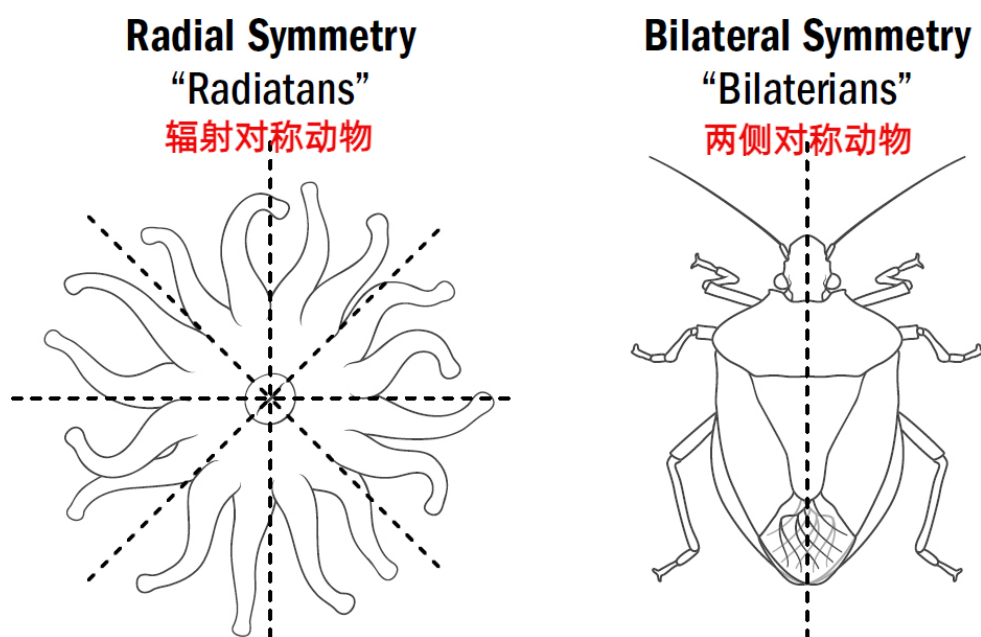
那个大脑这么厉害，是因为它需要解决跟我们现在相同的问题：出去找吃的。

上一讲我们说了珊瑚虫，它获得食物的方法是守株待兔，只要会反射性地捕捉食物就可以，真不需要太多智能。而如果你要主动移动，你就得知道怎么前往食物的地点，怎么远离危险，问题可就多了。最早的单细胞生物倒是有这个能力，会游向食物也会远离危险的化学物质，靠自带的蛋白质推进器就行。但是多细胞的生物，身体各个部位有不同的功能，你怎么协调和判断呢？

最早的大脑，结构虽然简单，但是整个设计思想却是极为深刻。当然我们不应该说“设计”，一切都是自然演化的结果，但你会赞叹于大自然的鬼斧神工。

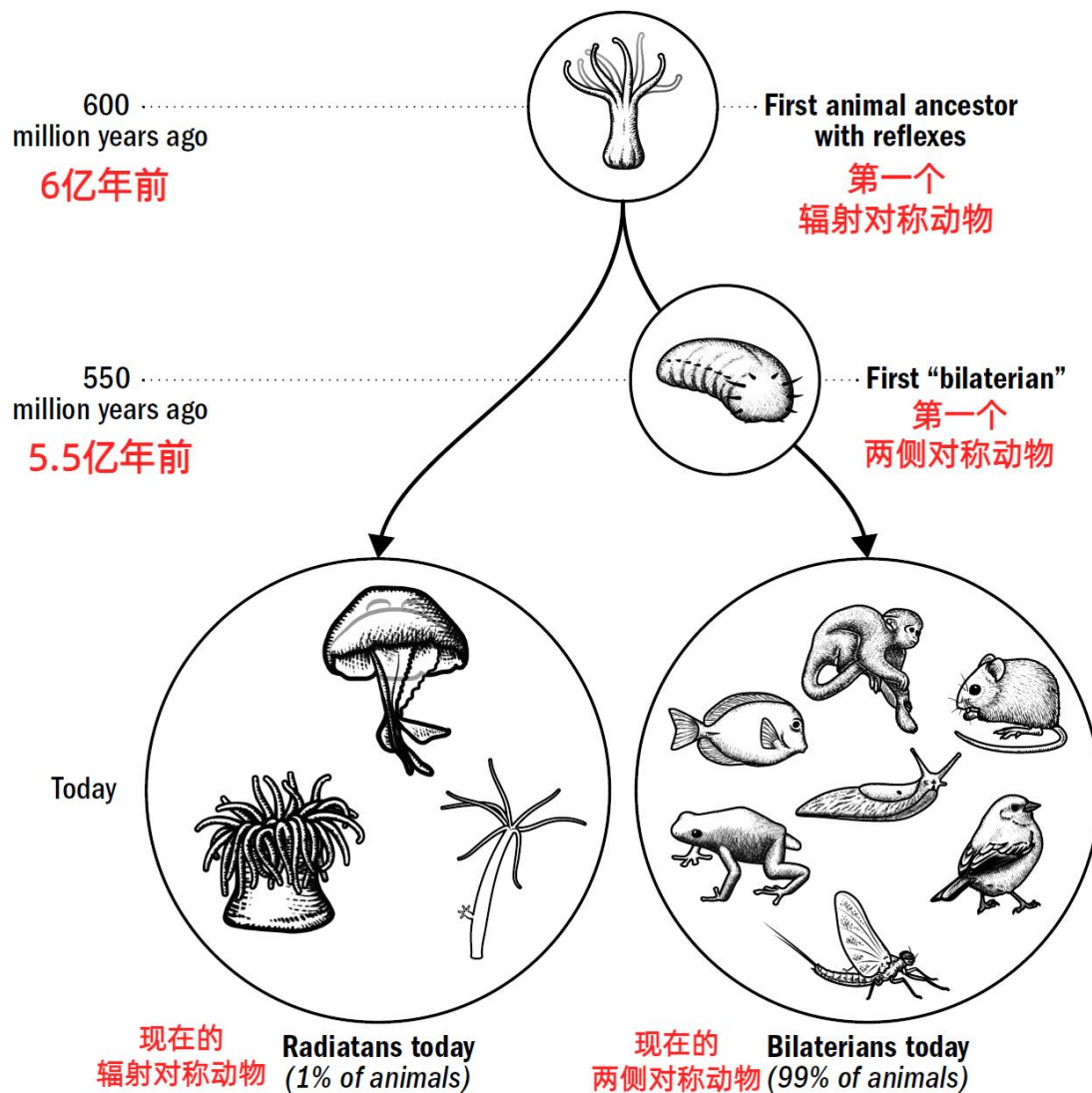
✱

你注意到没有，几乎所有动物的身体都是左右对称的，学名叫「两侧对称动物（Bilateria）」，它们占了地球动物总量的 99%。其余那 1%，像珊瑚虫、海星、水母这些动物，则具有中心旋转对称性，叫「辐射对称动物（Radiata）」。这两种体型有什么讲究吗？

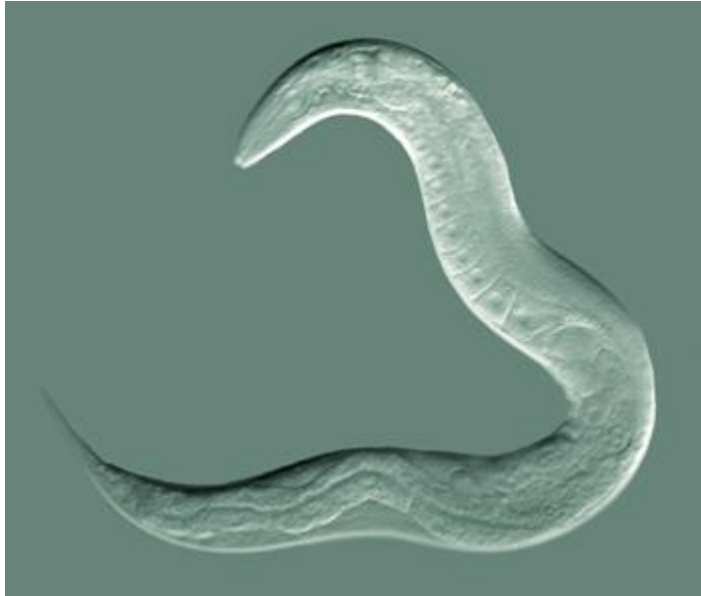


你绝对不想当辐射对称动物。它们都没有大脑，智力是去中心化分布的，关键是它们的消化系统只有一个开口 —— 吃东西和排泄，都从这里走.....

最早动物出现在距今 6 亿年前，都是辐射对称的。到 5.5 亿年前，才演化出了第一个两侧对称动物，现在地球上所有的两侧对称动物都是它的后代，包括我们在内。



这第一个两侧对称动物，是个线虫（nematodes）。它的样子跟今天的线虫差不多，像个特别小的泥鳅。



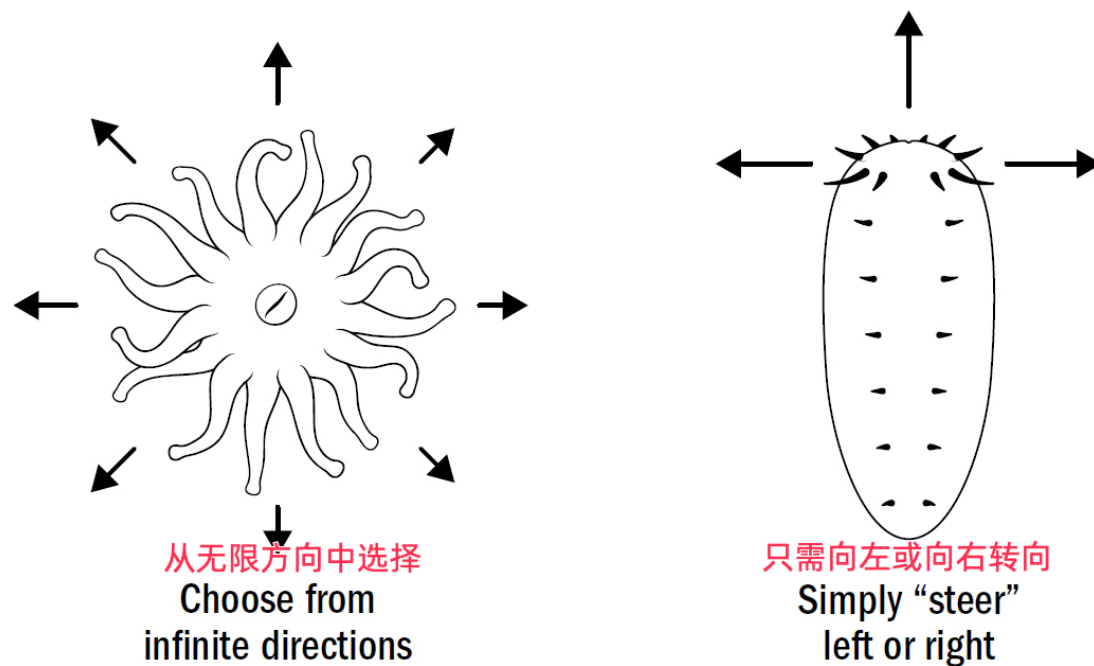
它有大脑，有肌肉，有胃，有嘴 —— 而且有屁股：食物从嘴进，从屁股出来，引领了当时动物界的文明生活。

人脑有 850 亿个神经元，而线虫的大脑只有几百个神经元。线虫还没有视觉，寻找食物只能靠嗅觉。但就是这样，线虫已经能做非常了不起的事情。

你做个简单实验，立即就能看出来它有智能。把线虫放到一个培养皿里，培养皿的某个角落有一小块食物。你会发现线虫绝不是做随机游走运动，它绕来绕去，很快就能顺着气味把食物给找到。

这个移动力首先跟身体的两侧对称性有关系。辐射对称动物要向食物移动，必须在身体的每个方向都装上探测装置和运动装置，这很不值得。

而两侧对称动物只要会向前走，再加上左右转向的功能，就可以去任何地方。



今天我们所有的交通工具，从自行车、飞机到扫地机器人，都是采用两侧对称设计。这就是最好的方案。

✱

有了移动力，要想趋利避害，线虫还必须掌握三个最基本的能力。

第一是你得会判断好坏。食物是好的，高温、异味和强光是坏的，可线虫是怎么“知道”的呢？

这个机制是在神经元层面实现的。好东西会激活「正价神经元」，坏东西激活「负价神经元」。神经元对信息发起了投票，如果激活的正价神

神经元多于负价神经元，就说明前进方向正确，否则就有必要转向或者逃跑。

第二是你得会权衡。负责探测食物的神经元明确表示前方有食物，但是负责探测危险的神经元又说那里有危险的味道，那你是去还是不去呢？这是两个不同维度的事情，不能直接做加减法。生活真是充满 tradeoff。

这就是为什么线虫需要一个大脑。大脑会把各方面的信息整合起来，做一个权衡。你不能别人怎么刺激就怎么反应：这个事儿到底是利益大于危险，还是危险大于利益，你得权衡一番。

为此你还需要第三个能力，那就是对自身状态的了解。比如说你现在是饱还是饿。

如果你现在比较饱，那个地方哪怕食物再多，只要有危险也就不去了。而如果你很饿，那就值得冒险。饱和饿的信号是身体通过释放一些化学神经物质传输的，全网广播，供大脑参考。

其实具备这些能力就能制造一个扫地机器人：灰尘就如同食物，撞墙就如同遇到危险，电量低就是饿了……但是线虫比现在任何扫地机器人都聪明。

✱

线虫居然有一种学习能力，叫「联想学习」。说白了就是巴甫洛夫的条件反射。

如果你每次给喂狗之前都摇下铃，狗就会把铃声和食物联系在一起。下次只是摇铃，没给吃的，它也会流口水。这是一种*非自愿*的联想，也就是你想不学都不行，你想消除这个记忆都消除不了。

在实验室里，你每次播放一个什么声音，就电击一下受试者的手，那么几次之后，一播放这个声音，受试者就会不由自主地把手往回缩。意志力在这里没有用。这就是为什么战场上下来的士兵听到巨响就会蹲下躲避。就算你把老鼠的大脑给切除了，它的身体该反射还是会发生反射。

联想学习是一种直接在神经元层面进行的学习，但是辐射对称动物经过了6亿年的演化都没掌握。这种能力是我们两侧对称动物独有的。这是因为我们面对的环境更复杂多变，我们必须参考更多的线索。而哪怕是线虫，联想学习的能力也有极高的水平。

比如一段时间内，线虫经常在盐的附近发现食物，它就会把盐和食物联系在一起，这就是「习得」。过段时间，环境变了，盐附近没有食物了，线虫对盐的反射就会减弱，这叫「消退」。再过一段时间，又在盐的附近发现食物，线虫会迅速重新建立联系，这叫「自发恢复」。

线虫还知道，最有用的线索往往距离得到奖励的时间比较近；如果现场有多个线索，它会选择信号最强的优先学习；如果有一个刺激不管有没有奖励总是出现，它会将其标记为背景噪音；而且一旦发现了一个非常明确的线索，线虫会忽略其他的线索，因为没必要再考虑它们.....

班尼特特别强调，这是一种持续的学习。线虫从未停止训练，因为环境始终都在变。对比之下，我们今天所有的 AI 模型都有个训练截止日期：你好不容易炼制一个自动驾驶 AI，明天政府宣布改成左侧通行，它会无所适从。

✱

线虫大脑最让我震惊的能力，是它有情感。

比如你观察一个线虫，发现当它吃饱了的时候，它会游动的很慢，好像心情挺愉快；如果它感到威胁，它会快速游动，好像很害怕。这些就是情感。

你立即就会抗议，说这些只是线虫的*行为*而已，这就是对外界刺激做出的有效反应，凭什么说其中有情感呢？当然我们不相信线虫有「有意识」的情感，意识太高级了。但我们的确可以说线虫有情感 ——

情感和「只是对刺激做反应」的区别是，情感会在刺激消失之后，仍然持续一段时间。

有个捕食者来抓线虫，线虫立即逃跑，你可以说这只是对刺激的反应。但捕食者很快就走远了，可这个线虫还是惊慌失措，还在逃跑，这怎么解释呢？在一些科学家眼中，这就是情感状态：线虫正在被恐惧的情感所笼罩。



为什么进化要给线虫情感？这种行为难道不是多余的吗？其实情感很有用，这是因为自然环境中总是有各种不确定性。

就拿恐惧来说，遇到第一个捕食者，你不但应该感觉到这个捕食者的威胁，而且应该感觉到这个环境就有问题。如果你是处在一个危险的环境之中，那么表面上那个捕食者是走了，可是再有别的捕食者来怎么办？所以你应该保持一段时间的警觉，这就是情感的作用。

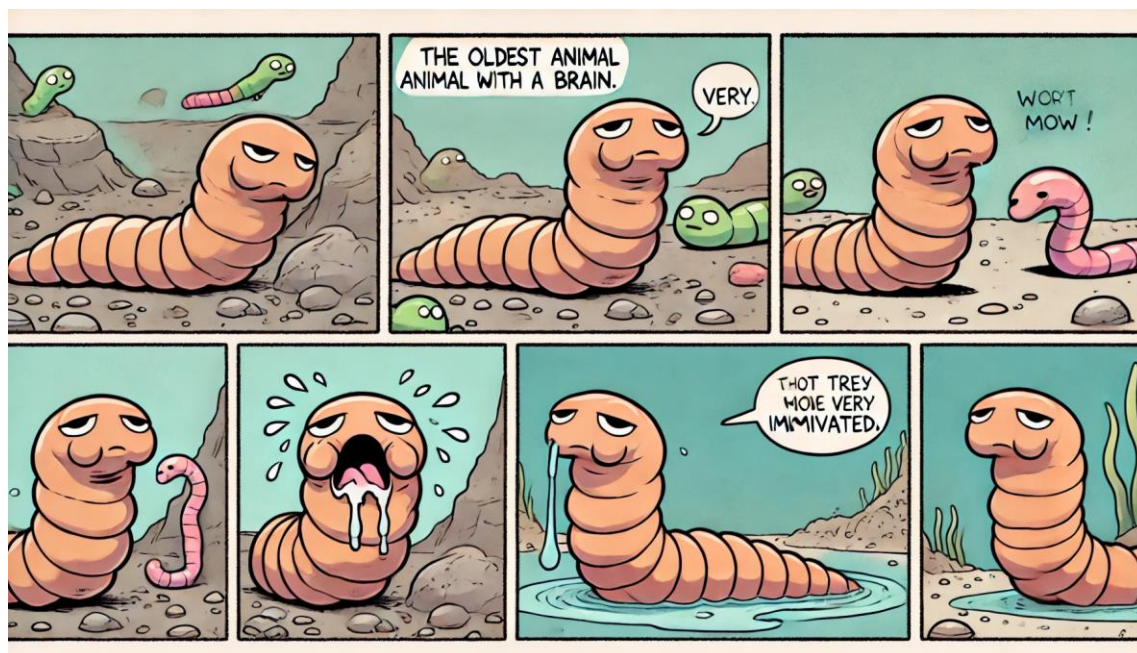
发现第一口食物，线虫不但应该吃掉它，而且应该感到高兴——因为有一就有二，高兴情绪能让它卖力地在附近多找一会儿。这正如扫地机器人遇到一片灰尘比较多的地方，就应该在那里多转转，假设附近会有更多的灰尘。

情感能让我们的行为更有持续性。

我们说线虫有情感，还因为它大脑里有多巴胺和血清素！我们知道多巴胺的作用是刺激动物「想要」一个什么东西，提供动力去追逐奖励；而血清素则提供满足感，感觉很享受，很愉悦，可以暂时停止追逐。附近有食物，多巴胺会让饥饿的线虫立即大吃特吃，甚至吃过量；终于吃饱了，血清素会让线虫安定下来。这些怎么就不是情感呢？

✱

更厉害的是，线虫还会抑郁。



这跟对压力的反应有关。遇到一个捕食者，这就是一种急性压力，线虫会立即进入「战斗或逃跑」状态。它的大脑会分泌肾上腺素等激素——是的，线虫有人也有的激素——给肌肉提供更多能量，把像生殖、免疫这些耗费能量的身体功能暂停，并且释放一些阿片类物质止疼。

等威胁彻底过去，线虫需要先进入「恢复」状态，大吃一顿、多睡一会儿，继续止疼和关闭生殖功能，然后才能重新回归正常状态。

进化把这一切设定得都挺好。威胁感有时候会迟迟不去，那么线虫就会进入慢性压力状态。研究者可以在实验室通过不断刺激线虫 30 分钟，模拟这个状态。

线虫应对慢性压力的方法跟急性压力相似，只有一个关键区别：它同时会分泌不少血清素。血清素会让线虫躺平。

简单说，线虫麻木了。也可以说是习得性无助了。

这就是最基础的抑郁症。进化这么安排也有道理，因为如果周围有持续的威胁，自己乱跑乱动似乎更危险，还不如装死不动，也许过段时间威胁就会过去。

只是这个机制一直传承到人类社会，才出了问题。我们所面临的日常压力与生死无关，我们不需要战斗也不需要逃跑，压力情感只是扰乱了我们的身体机能。如果赶上慢性压力直接麻木，那就是抑郁症。当然你可以用调节激素的办法应对一阵儿，但总归很难战胜进化的设定。

✱

线虫的智能，就是我们作为动物的底色。以下这些行为逻辑，我们还以为很高大上，殊不知只要是个两侧对称动物、有个脑子就会做 ——

1. 趋利避害，但不能只知道向前，得会调整方向；
2. 整合信息，权衡多方意见再做决定；
3. 持续学习，不能故步自封；
4. 行为要体现情感，讲个一惯性，不能没心没肺。

也许这就是生而为动物在世上存活的底层逻辑，这是 5.5 亿年进化验证的最佳策略。



划重点

线虫的智能，就是我们作为动物的底色，也是动物在世上存活的底层逻辑：

1. 趋利避害，但不能只知道向前，得会调整方向；
2. 整合信息，权衡多方意见再做决定；
3. 持续学习，不能故步自封；
4. 行为要体现情感，讲个一惯性，不能没心没肺。