

时间在生物进化中的作用

The Role of Time in Organism Evolution

徐钦琦

(中科院古脊椎动物与古人类所、周口店国际古人类研究中心,研究员 北京 100044)

达尔文留下的两个问题

1859年英国博物学家达尔文(1809~1882)撰写的《物种起源》一书出版。这是一部奠定生物进化理论基础的著作,而且一直被世界公认为是科学发展史上的光辉里程碑之一。

但是,生物进化问题并没有完全解决,其中比较突出的有两个问题。

1. 达尔文所描述的生物进化是渐进的,连续的。人们称它为“生物进化的线性模式”。但事实上,生物在绝大部分的时间内,其形态大体上是保持不变的。

例如北京猿人在北京的周口店地区至少生活了26万年之久(距今24~50万年),与北京猿人共生的哺乳动物的种类很多,约有100种。然而在这26万年内,这100种动物的形态基本上没有改变。这一类现象在生物的进化史上是非常普遍的,古生物学家称它为“长期的形态停滞”现象。与此相对照,在生物进化史上的某些时刻,生物的形态却在突然之间发生了醒目的变异。与此同时,整个生物群的面貌亦常常随之而发生相应的变化,即许多旧的种类消失了,它们被另一些新的种类所取代了。古生物学家称这种变化为“生物的进化事件”。据美国古生物学家雷佩宁(1987)统计,在过去的670万年内,共发生过11次这样的事件。从老到新,雷佩宁称它们为事件1~事件11。它们分别发生在距今670、480、425、370、320、260、190、100、50、12.7及1.1万年前。雷佩宁(1984)认为,上述事件总是发生在草地的最大的扩展期的末尾。

芙尔芭(1985)在研究了非洲晚新生代的哺乳动物的进化与气候变迁的关系后,得到了与雷佩宁相似的见解。芙尔芭认为,这种草地的扩展“是以森林和林地面积的缩小为代价的。它很可能是由全球性的温度下降及与此相伴随的降水带的移动所引起的”。显然,芙尔芭所讲的“全球性温度下降”相当于古气候学家所谓的“冰期”。于是按照雷佩宁、芙尔芭等的观点,在生物进化事件与全球性气候变迁

之间存在着耦合关系,因为事件通常发生在冰期的晚期或末尾(徐钦琦,1989;1990;1992;1996)。

从上述11次事件之间的间隙看,它们似没有呈现精确的“周期性”。地学研究的最新成果表明,这种不精确的周期性才是自然界的正常现象。“回归年”的周期性似乎很精确,但是事实上,每个回归年的气候乃是各不相同的,因此这种春夏秋冬的周期性,严格地讲也是不精确的。所以地质学家把地球史上各种不精确的周期性称之为旋回。据古生物学家研究,上述11次事件在世界上的各大洲,大体上都是同时发生的。

为了解释生物进化过程中长期的形态停滞和迅速的形态变化现象,美国古生物学家埃尔德雷奇和古尔德(1972)提出了间断平衡理论,国内有人主张译成点断平衡学说。人们称它为“生物进化的非线性模式”。

人们不禁会问,在过去的670万年内,为什么生物群的面貌早不发生变革,晚不发生变革,为什么偏偏就在那11次事件发生的时刻,全世界的生物群的面貌才同时发生变革呢?在当前的世界上,还没有人能回答这个问题。这是第一个问题。

2. 如果生物进化如达尔文所言,是渐进的连续的,那么生物的种类应随着生物的进化而越来越多,即呈“树”状。这种下小上大的树在旧日的教科书上常可见到,人们称它为“进化树”。但是,在生物的进化史上,上述进化树式的进化模式似乎很少。与之相反,我们常常见到“金字塔”式的进化模式。近年来报刊杂志上频频介绍的“寒武纪大爆发”或“澄江动物群”的出现便是一例。事实上,“大爆发”式的进化模式才是进化史上最为常见的。几乎每个门类的繁盛时期都呈大爆发的模式,古生物学家称之为“辐射演化”。

随着生物的不断进化,由辐射演化所产生的许多分枝,有的延续下来了;有的则先后绝灭了。最后往往留下少数几枝残存到今天,如腕足类、哺乳动物中的奇蹄类等;或者整个门类完全绝灭,如恐龙类、菊石类、四射珊瑚类、蜓类等。总之,大爆发式或金字塔式的进化模式在生物进化史上可谓是比比

皆是,非常普遍。

为什么会产生这样的现象呢?这又是当代生物进化论者很难回答的。

生物学与物理、化学的不同以及 “协同论”所给予的启示

严格地讲,上述两个问题并不是近几年才出现的。早在 30 多年前,在笔者上大学时就已经存在了。

在过去的 30 多年内,作为一名古生物学家,我一直在反复思索这两个问题。近几个月,我似乎有点“顿悟”的感觉,愿在此提出来,与学界一起探讨。

我们都曾学过物理学与化学。在做物理实验或化学实验时,不论在白天做,或黑夜做;不论在春、夏、秋、冬等不同的季节做,尽管做实验的时间各不相同,但实验的结果却是共同的。

在生物学中,情况却不是这样的。在我看来,这正是生物学不同于物理学、化学的地方。

生物学的研究对象是生物,它既有生命,又有寿命。每个生物个体都有生、老、病、死的过程。为了便于理解我在这里举一个简明的例子。

1996 年春,我的一个朋友(时年 58 岁)因意外事故,右手的桡骨和尺骨都断了。在医生们的积极治疗下,花了整整一年多的时间,他的这两块骨头才刚刚愈合,但活动起来,总不如以前了。据医生讲,完全复原已不可能了。与他相对比,在 1996 年 9 月,我这位朋友的儿子(时年 15 岁)在体育课上因意外事故而骨折,也是右手的桡骨与尺骨都折断了。在同样的医护治疗下,才一个多月的时间,两块骨头就完全愈合,在以后的行动中并没有留下任何后遗症。

同样的疾病,同样的医疗条件,为什么复原的时间竟差 10 多倍?为什么一个留下了后遗症;而另一个则没有?问题显然就在于两者的年龄不同。由此例可见,一个具体的生物的早期与晚期有着明显的差异。在生物的早期,它的生命力非常旺盛,因此具有很大的可塑性。但是在生物的晚期,它的生命力已非常微弱了,其可塑性也自动地消失了。

1967 年德国科学家托姆提出了“协同论”。协同论是一门研究完全不同学科中存在的共同本质特征的横断学科。它通过分析类比,来描述各种系统和运动现象中从无序到有序转变的共同规律。它认为,各种系统千差万别,如激光中的原子和光子,生物系统中的动物和植物,社会系统中的工厂、农村、团体和个人,它们的性质完全不同,但它们从无序向有序转变的机制却是类似的,甚至是相同的,遵从共同的规律。所以协同论是从横向研究不同学科

的共同规律,从而开创了一个全新的科学研究之路,使人们更易于从一个已知领域进入一个未知领域,把一个学科的成果推广到另一个学科。

按照协同论的原理,对于一个生物门类而言,无论它包括的物种、属、科、目……等是处于何种不同的级别,但它们与生物个体均相类似,既有生命,又有寿命。所以在它们的早期,其生命力也非常旺盛,也会有很强的可塑性;但到了它们的晚期,其生命力也会很微弱,因而其可塑性也就很小了。

根据上述原理,我们回过头来,再观察生物的进化历史,那么许多难解的现象就可能有了。大爆发式的进化模式之所以出现在该门类的早期阶段乃是合情合理的,因为那时该门类的生命力非常旺盛,因而可塑性很强,于是大爆发式的辐射演化才能形成。随着进化历史的延续,这个门类的生命力逐渐衰退,从而使许多分枝先后绝灭了。这也是理所当然的。等到该门类的进化进入晚年阶段,其生命力已很微弱,当然不可能再出现大爆发式的辐射演化。相反,那残存的少数几枝,只能逐渐地走向衰亡,最终绝灭而已。总之,金字塔式的生物进化模式的存在是有其深层次的原因的。这样才符合上述的生物进化的规律。

时间与生物的进化的相关性

最后我们来讨论“生物进化事件”出现的时间问题。

据各国火葬场的统计,每年的冬末春初乃是老年人正常死亡的高峰期。许多国内外知名的元老人物也多是在冬末春初逝世的。故此,按照协同学原理,生物种类的绝灭或更替也应发生在“冬末春初”。据雷佩宁、芙尔芭等研究,生物的进化事件总是发生在冰期的晚期或末尾,恰好相当于地球气候变化“大年”的“冬末春初”。

庄子在“逍遥游”中曾说道:“朝菌不知晦朔,蟪蛄不知春秋,此小年也。楚之南有冥灵者,以五百岁为春,五百岁为秋;上古有大椿者,以八千岁为春,八千岁为秋,此大年也”。现代科学的研究结果表明,在地球的历史上,存在着多种尺度的气候变迁,如 2.1 万年、4.1 万年、10 万年、260 万年、320 万年等等。尽管这些“大年”的长度不是固定的,也未必呈现精确的周期性,但是其旋回性却是清楚的,这在地球表层留下了清晰的记录。

回顾过去 670 万年内的生物进化的历史,正如雷佩宁(1987)所记述的,哺乳动物的 11 次进化事件之所以都发生在冰期的晚期或末尾,现在看来,这恰恰都是有原因的,因为它们恰好相当于大尺度气候变迁“大年”的“冬末春初”。(下转第 51 页)

开发区中的创业服务中心。其主要功能在于,扶持大学创办各种小型高技术开发公司,加快大学科研成果向产品的转化过程。这种创新中心一般由 NSF 资助。创新中心通过多种方式扶持这些高技术公司或技术持有者(个人),具体包括:提供开发经费;提供实验室服务;提供车间服务(中试时期);提供计算机房服务以及有关技术、经济、法律等方面的咨询服务等。这些措施旨在帮助高技术公司尽快将其科研成果产业化。另一方面,这些高技术公司为使自己的科研成果早日带来盈利或尽快出售给有实力的大企业,因而它们大多侧重于开发研究和应用研究,这使美国的大学更直接地参与产业界的技术创新活动。

三、美国大学参与技术创新的若干启示

首先,国家科技政策的引导和倾斜在促使美国大学的科研面向产业领域的技术创新上起着重要的推动作用。

NSF 早期也主要资助基础研究,但自 60 年代以来,出于政治、军事和经济等方面的考虑,则将资

助重点转向了有应用前景的科研课题。这是导致美国大学注重技术创新的主要社会原因。

其次,美国企业界特别是实力雄厚的大企业重视与大学在技术创新方面的合作,使美国大学的科研工作能与生产紧密相联。

这种“产—学”合作的科研模式,一方面使大学直接接触到生产领域中存在的各类科学技术问题,从而科研更有针对性;另一方面,大学可借此机会获得充足的科研经费,加快科研进程。

第三,美国大学创办的高技术公司主要从事技术开发工作,而非一般的高科技产品的贸易和经营,因而这类公司能出很多科研成果且实用性较大,其转化为商品的速度也较快。

总之,美国大学参与技术创新的历史过程及其具体方式对我国高等院校的科研工作和我国的科技管理工作均有一定的借鉴作用。

参考文献

[1] Arthur Gerstenfeld,《Science Policy Perspectives: USA—Japan》,Academic Press,1982

[2] 郑积源,《科学技术简史》,上海人民出版社,1986

(责任编辑 肖庆山)

(上接第 7 页)

位吻合的 RNA 分子残留下来。他们发现在 65 536 个序列中,有两个序列与 T4 酶结合。一个是天然存在的调控序列,另一个则是新的序列。得到的序列可以通过 PCR 技术而大量扩增。戈尔德等发现新的 RNA 序列具有阻遏多聚酶活性的效果。如果制出足够多的新的序列大概就可以用于防止 T4 感染。应用分子进化是基于传统进化理论形成的一个新的生物技术领域,具有广阔的应用前景与潜在的巨大的商业价值。有朝一日,它或许可能生产出从疫苗到工业用触媒,且本质上无限多的甚或全新的生物高分子。有的学者认为它的重要意义可能远远超过今天的 DNA 重组技术。当然,为使应用分子进化不以幻想告终,需要有好的设计、高新技术装备和为生成符合设计的相应的序列所需的巨大开支,还需要应用分子进化者具有超乎寻常的毅力与耐性。

应用分子进化的主要宗旨在于应用,而非探讨进化机制与生物系统类缘关系。从这个意义上讲,也可以认为应用分子进化研究算不上是分子进化学的一个动向。不过,也有学者试图应用此方法探讨理论问题,如为验证生命起源的 RNA world 假说。这种方法正被用于寻求那些在生命起源中发挥过重要作用但在后来进化过程中消失了的 RNA 分子,以解开生命起源之谜。(责任编辑 蔡德诚)

(上接第 12 页)

几点探索性见解

最后,我们想对未来生物进化问题的研究提出如下三点初步见解,以供各界学者进一步探讨时思考:

1. 在未来的生物学基本理论研究中,应考虑时间对生物的制约作用。这是生物学区别于物理学与化学的根本特征。

2. 对于生物的个体或生物的不同分类级别而言,它们都是有一定寿命的。所以值得注意的是:在它们的早期,它们的生命力是旺盛的,它们的可塑性很强,因此常常出现辐射演化现象或大爆发现象;但在它们的晚期,由于生命力微弱,可塑性自行消失,所以它们那几个残存的分枝的命运只能是逐渐走向衰亡,最后绝灭而已。

3. 在地球的历史上,不仅存在着“回归年”,而且还存在着各种不同尺度的气候变迁的“大年”。而大年的冬末春初乃是各级生物进化事件发生的时刻。过去 670 万年内 11 次生物进化事件的发生可以用这个观点去解释;在此以前的各种生物进化事件,也许也可以用这个观点去解释。

(责任编辑 蔡德诚)