

评统一进化理论

——与陈继明先生商榷

钱 韦 孔宏智 刘 忠 杨冬之

(中国科学院植物研究所系统与进化植物学开放研究实验室, 北京 100093. Email: qianwei@ns.ibcas.ac.cn)

摘要 从生物进化的角度出发, 对陈继明先生的统一进化理论进行了评述. 该理论从熵增原理出发, 试图用微观粒子的运动规律将物理进化、生物进化和人类的发展统一起来. 但在将微观粒子多样性理论应用于其他系统时, 忽略了包括生物系统在内的各系统本身的结构与运动特性; 在把生命及其支持系统抽象为微观粒子时, 又忽略了系统内部各组分之间和系统与外部环境之间的相互作用. 根据其理论, 动力学选择将导致系统进化速率随时间推移而增加. 但是, 这些与自然界中存在的进化事实不相符合. 生物界和人类社会是复杂多样的, 其进化不能简单地等同于物理系统的进化; 生物多样性不是生物进化的动力和原因, 而是进化的结果. 此外, 阐述了现代综合进化论的基本原理, 指出了其他学科的理论与方法在运用于生物和人类进化领域时应注意的问题.

关键词 进化论 自然选择 微观粒子 多样性 适应

达尔文进化论问世 140 年以来, 所体现的一大特点就是它具有强大的理论吸纳和扩展能力. 但是, 除生物学外的各门自然科学乃至社会科学在对该理论的完善和传播做出巨大贡献的同时, 也曾经造成很多不必要的误解. 而且近一个半世纪中, 对达尔文进化论的所谓修正、质疑直至彻底否定的努力从来都没有停息过^[1]. 陈继明先生的文章^[2](以下简称陈文) 根据物理原理和数学方法, 提出一种可贯穿物理进化、生物进化和人类发展的统一进化理论, 再次印证了达尔文进化论的这种波及能力, 为理解广义进化过程做出了一次大胆的尝试. 然而, 该理论本身所带来的统一效应, 远远不及它所引发的疑问更为广泛, 并且该理论在论证方法上有不足以服人之处, 在许多关键问题上甚至曲解了达尔文进化论. 作为研究具体生物在自然界中进化问题的工作者, 我们认为有必要从生物进化的角度与陈先生进行讨论, 希望能够为澄清生物进化的本质问题做出努力.

1 统一进化论的本质

陈文从热力学第二定律出发, 通过剖析体系微观粒子多样性增长的各种模式(绝对数量增长、分支化、高层化等)以及相应的选择机制(动力学选择、高层化选择和自然选择), 推导出一个可以解释从基本粒子到人类社会这一广义进化过程的统一进化理论^[2]. 然而我们认为, 该理论之所以冠以“统一”之名, 是因为理论中摒弃了包括基本粒子、行星、生物乃至人类社会等一切物质运动的特殊性, 而将它们等同处理为文中未经严格定义的“微观粒子”所致. 在此前提下, 给出微观粒子多样性 D 与各微观粒子存在状态 n_s 之间的关系式, 以推论的形式讨论了 D 值关于 n_s 的单调性和极值, 最后重新复原各种“微观粒子”的自然属性, 并将上述微观粒子多样性的理论不加区分地应用于一切自然和社会体系中. 在这个简化过程中, 如果相应的数学抽象假设抓住了具体问题的本质, 且数学推导是合理的和正确的, 则从数学上来说, 可以初步构成一个描述物质运动多样性动态的理论.

然而问题就出在这里. 在自然界的各等级系统中, 某一等级适用的运动规律是否可以机械地套用到另一等级之上? 具体而言, 从微观粒子多样性概念出发得出的理论, 是否可以直接地运用到生物进化领域? 我们认为, 陈文在这个问题上片面的.

首先, 在处理多样性 D 与微观粒子 n_i 的关系时, 生物个体、种群乃至生态系统被视为单纯的微观粒子的简化, 否定了生物之间存在着复杂的相互作用这一事实. 然而这些相互作用对于物种或个体而言构成了它们的生态环境的重要部分, 对于生态系统而言则是系统内物质流和能量流传递的途径以及系统维持和发展的纽带. 也就是说, 生物之间的相互关系是生命及其支持系统中最重要的结构成分^[3]. 从耗散结构理论而言, 这种组分间的非线性相互作用是在能量耗散过程中远离平衡的开放体系从无序走向有序的必要条件^[4]. 将其从描述生物进化的理论中剥离没有任何经验的和理论上的根据. 而且, 陈文中体系多样性的增长模式也较少考虑生物界中的事实. 例如, 即使是在捕食者-被捕食者这一简单生态系统中, 通过平均各状态微观粒子的数量(平均化)即可使系统多样性达到最大值的现象, 无论在哪种情况下都是不可理解的. 再如, 在森林群落的演替过程当中, 基于物种间的竞争和相互依存关系, 物种多样性的最大值并不出现在能量流与物质流达到动态平衡的顶级群落中, 而是向演替的中期偏移^[3], 这与高层化发展将最大限度地增加微观粒子多样性的理论完全不符.

其次, 我们认为, 在有等级结构的复杂系统内, 较低层次的运动规律(如孟德尔遗传学定律)虽然是较高层次(如种群水平的进化)运动的基础, 但由于体系的结构和功能的变化, 它的作用不是主导性质的. 反之, 将较高层次的运动规律应用到较低层次, 则完全失去了其存在的物质条件. 因此, 陈文在将生命从细胞到生态系统视为微观粒子的简化过程中, 忽略了生命系统中最为本质的组成与结构特性来讨论其动态特征; 在将理论扩展应用到别的等级结构时, 又忽略了各结构的运动特征, 这种抽象和推论的方法并不合理. 所以, 该理论只是关于理论中定义的体系多样性与微观粒子状态的动态描述, 而不是有关生物的进化理论, 更不能作为广义进化的一个统一理论.

2 多样性与进化

陈文把生物多样性的增长作为进化过程的唯一标度, 认为进化是在能量推动下生物多样性增长的结果, 并且将其推广到广义进化领域^[2]. 显然这一论点误解了生物进化的本质与核心. 陈文中将系统内部微观粒子的状态变化作为进化的根本动力, 没有考虑到环境与生物之间的相互作用. 但是在自然界中, 离开了生物对一定环境的适应, 进化会成为不可思议的事情^[1,5,6]. 微观粒子的内部状态, 数量的变化和系统复杂性程度(即体系多样性)仅代表了进化上的可能性, 它们只构成进化的必要条件, 并不一定就会发生进化. 在进化史中, 类似寒武纪、白垩纪和第四纪等物种多样性发生急剧变化的原因目前虽仍有争论, 但有一点各方都同意, 就是当时的地球环境发生重大变化, 导致生物适应的条件发生了相应的变化, 与环境有着直接的因果关系^[6,7]. 另外, 多样性代表的是生物个体或群体之间的歧异性, 它仅反映了生物进化中的分支进化(cladogenesis), 即系统发育的分支格局, 而没有反映进化过程中祖先与后裔之间渐进的、逐步积累但不增加物种多样性的前进进化(anagenesis). 后一过程在生物界的发展史中是客观存在的^[1,8,9]. 所以, 多样性并不一定与进化程度呈正相关. 从根本上说, 恰恰是生物进化导致了在一定地质时期内生物多样性的变化, 而不是相反.

生物进化的核心现象不是系统多样性的增长而是适应。不能适应环境的生物不能生存,这在生物界是一条公理。达尔文进化论认为,进化就是生物在适应不断变化的体外环境这一根本动力的驱动下,反应规范不断发生改变的结果。并且从适应的基础来说,只有可遗传的适应才能对生物的进化有所贡献。由于环境的不确定性、遗传基础的相对稳定性和某些相关变异的维持,不同生物的适应能力是相对的,由此使得生物之间的存活能力、繁殖能力有所区别,最终造成它们对环境适应能力的差异^[5,10]。正是在此基础上,生物的进化与发展才能够得以进行,才造就了世界上有机体的极度的多样性。

3 进化的机制

对生物适应进化机制的不同解释导致了不同的进化学说。陈文认为,在动力学选择、高层选择和环境选择的作用下,微观粒子体系将不断地完善其内部结构,并与外界环境相协调^[2]。然而,这种解释存在许多疑问。首先,宇宙微观粒子体系的行为是否有一个决定性的目的?否则为什么微观粒子多样性增长在总体要求下的构建行为必须超过分解行为?其次,层次越高的结构,“其内部结合能越低,因而越不稳定”^[2]。在微观粒子多样性必须增长的总体要求下,“构建又必须超过分解”^[2],那么,其推论必然是,随着时间的推移,进化的速率将会越来越快,大绝灭和大发展交织的频率也将越来越高,而且高层选择和环境选择对此协调的作用不大,因为这种进化的动力来自系统内部的动力学过程,它们只是在该过程的基础上进行的。这样的话,如果宇宙微观粒子体系多样性必须要求增长^[2],会出现动力学选择作用下进化的不断加速,导致完全与自然历史不相符合的结论。但是,如果否定了这种必然性,则统一进化论完全失去了其立论的基础,因为它的本质是一个关于体系多样性增长的理论。最后,在自然界中,协调总是相对的,而组分之间随时间和环境的动态变化则是绝对的,由此导致生物的进化中存在一个当前适合度和进化灵活度相平衡的问题。在特定环境下,只要生物种群的当前适合度达到最大,则任何偏离这一平衡点的遗传变异,无论它是不是高层化结构,都将成为进化中的遗传负荷,在自然选择作用下其基因频率将下降^[11,12]。而且在自然选择系数极高的情况下,不适应成为绝对的,动力学选择、高层选择将完全失效。

达尔文在赖尔的地质学和马尔萨斯人口理论的启发下,从讨论动植物在家养下的变异出发,综合他对全世界动植物进化现象的观察和思考,提出在生物不断变化的事实下,自然选择是“最主要的但不是独一无二的变异的手段”,从而建立了伟大的达尔文进化论。进化论的核心是自然选择学说,它认为自然选择的过程就是生物适应的过程^[10]。达尔文曾经将个体在生境中的存活能力(差异生存)作为生物更适应自然选择过程的标准和终极目的。现代综合进化论对此进行了修正,进一步将生物个体能够更加有效地繁殖后代(差异繁殖)作为适应成功的标志^[11,13]。在膜翅目昆虫如蜜蜂和蚂蚁中,由于它们特殊的单倍二倍性遗传方式,这一标志则被更直接地定义为能够最大效率地传递遗传物质(差异遗传)^[14]。所有这些生存与繁殖上的差异是由生物的表现型引起的,受到一个或多个基因位点的调控。从这个意义出发,进化可定义为种群内基因频率随时间的变化过程,并且种群遗传学证明了只要种群不是纯系,自然选择就能在种群水平上通过对表现型的优胜劣汰,间接地对基因型产生影响^[8,15,16]。

值得一提的是,现代综合进化论以大量的理论和实验证明,除了自然选择以外,突变、随机遗传漂变和基因流动因能改变种群内的基因频率,所以也是影响进化的动力学因素^[8,11,12]。

这一理论事实上纠正了魏茨曼这位比“达尔文还达尔文”^[15]的学者关于自然选择是唯一进化动力的片面理解。但是,所有这些因素造成的变化仍然要经自然选择的作用来协调它们与环境之间的关系,选择出最适合环境的基因组合类型。种群遗传学证明,由于选择的动力学特征和频率制约选择机制的存在,自然选择在维持种群内遗传多样性方面发挥着平衡性的作用,而且这些过程都必须与具体的环境联系起来考虑^[1,8]。目前,对于许多生物的复杂结构的起源而言,自然选择学说仍是最为合理的。比如性别分化现象,虽然其中仍有较多的困惑,但有性生殖的自然选择意义是明确的,即:生物一方面通过有性生殖获得大量的基因重组,另一方面通过显隐性关系使一部分与当前环境不协调的突变以杂合体的形式保存下来,从而提高了进化的灵活性,使进化路线能适应变化生境的选择作用而具有重大的进化意义^[6,16]。性别的起源与退化都是由自然选择造成的,它与增加系统的多样性没有直接的关系。归根结底,自然选择就是适应的机制,而适应总是与生物生存的具体环境有关的。

4 生物进化与人类进化

从最广义的意义来说,生物界的进化是物质(matter)自我繁育创新的结果,而人类社会的进化是精神(mind)自我创新的结果^[17]。它们之间存在可以相互借鉴的地方,进化论中的某些原理和方法也可以比较顺利地应用于体质人类学中。但是,进化发展到人类社会以后,适应的内涵和外延均发生了扩展和变化,不仅需要从生物属性上加以考察,更重要的是要考虑社会文化属性方面的改变^[17,18]。同时,现代综合进化论中适应的标准从差异生存向差异繁殖的修正,使自然选择这一生物进化规律在应用于人类社会时失去了主导地位。同样的原因,陈文中的3种选择机制也不能直接用于分析人类社会。从发展的特点而言,人类社会的进化主要表现为外在性的文化进化而非微观粒子多样性的上升;从发展的动力而言,是学习与教育而非能量推动着人类文化的积累与创新;从发展的机制来看,它更多的带有获得性遗传的特征而与高层化无关^[1,18]。最后,人类历史的发展表明,原始社会人类受制于环境的压力较大,他们与环境之间的和谐程度远比此后的任何一个社会时期高,且迄今为止可持续发展无论是从理论上还是从实践上都面临着进化历史积淀的强大阻力。人类社会将来也许会发展到一个对内和对外都高效和谐的阶段,但其中的矛盾不可能消失,而是通过法律、伦理道德、政治、经济、婚姻和家庭制度等这些社会文化关系来进行协调,与自然选择、动力化选择、高层化选择和环境选择没有逻辑上的必然联系。社会达尔文主义者就曾经因为机械地将生物进化的原则用于解释人类进化,而招来广泛的批评^[1,13]。人类社会是运动的最高级形式,它的进化必须站在文化人类学的角度全面地加以观察,任何低层次运动形式包括达尔文进化论如果不加审查地直接应用,必然产生极其荒谬的结论。

5 结论

达尔文进化论之所以被称之为生命科学的统一理论,并不是由于理论的缔造者们宣称它无懈可击,更不是它有能力解释各门分支学科中的具体问题,而是因为它以不可辩驳的证据证明了生物形态结构和生理功能的进化是自然历史过程的结果,而绝对不是一个理论。同时,它利用自然选择学说,合理地解释了适应进化的基础、起源和机制。这一切在19世纪使得生物学终于摆脱了自然神学的桎梏和博物学的传统思维方式,成为一门真正的可以通过研究来理解的科学。在20世纪,它又综合了遗传学、古生物学、动物学和植物学等学科的研究成果,

为生命现象提供了一整套公认的解释方式、标准和看待问题的基础,从而成为整个生命科学的学科范式^[19]。达尔文进化论决不是十全十美的,它在某些方面仍然存在着不足,特别是亟需和现代发育生物学相结合,从基因调控的水平上来研究生物性状的变异与进化的机制与过程,从而深入地研究物种起源这一古老而核心的生命现象。这必将促使生物学在 21 世纪达到一次全面的综合,再次为人类理解多样化的生物世界做出巨大贡献。在这个激动人心的时代,物理学、数学等学科将与生物学有机地结合,提供崭新的研究思路和研究手段。但值得注意的是,这种结合不应是机械的和片面的,更不能将某一领域内的理论简单地推而广之。它必须从生命的角度出发,站在自然历史的基础上,通过详尽地研究和分析真实的生命现象才有可能对生命科学做出贡献。在 20 世纪, DNA 双螺旋的发现者们之运用物理学达到的分子的综合,种群遗传学的先驱们之运用概率论达到的进化论的综合,都做出了卓越的典范。我们期待着在这一趋势推动下,人类在 21 世纪能为过去曾经发生了而且现今还在发生着的、极其壮丽的生物进化^[20]做出新的诠释。

参 考 文 献

- 1 Futuyma D J. Evolutionary Biology. 2nd ed. Massachusetts: Sinauer, 1986. 8
- 2 陈继明. 统一进化理论刍议. 科学通报, 1999, 44(16): 1786~1792
- 3 Odum E P. Fundamentals of Ecology. 3rd ed. Philadelphia: Saunders, 1971
- 4 Nicllis G, Prigogine I. Self-organization in Nonequilibrium Systems. New York: Wiley, 1997
- 5 方宗熙. 达尔文主义. 北京: 高等教育出版社, 1959. 227
- 6 张 昀. 生物进化. 北京: 北京大学出版社, 1998
- 7 Simpson G G. The Meaning of Evolution. London: Oxford University Press, 1950. 240
- 8 Dobzhansky T. Genetics and the Origin of Species. 3rd ed. New York: Columbia University Press, 1953
- 9 汤彦承, 路安民. 塔赫他间著《有花植物多样性与分类》读后记述. 植物分类学报, 1998, 36(2): 178~192
- 10 Darwin C. The Origin of Species, by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life. 6th ed. Chicago: Rand, McNally & Company Publishers, 1872. 5
- 11 Merrell D J. Ecological Genetics. London: Longman, 1981
- 12 Hartl D L, Clark A G. Principles of Population Genetics. Massachusetts: Sinauer, 1997. 259
- 13 Mayr E. The Growth of Biological Thought. Cambridge: Harvard University Press, 1982
- 14 Hamilton W D. The genetical evolution of social behavior. Journal of Theoretical Biology, 1964, 7: 1~52
- 15 Kimura M. The Neutral Theory of Molecular Evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 1983
- 16 Stebbins G L. Variation and Evolution in Plants. New York: Columbia University Press, 1957
- 17 Huxley J. The emergence of Darwinism. Journal of the Linnean Society of London, 1958, 56(1): 1~14
- 18 Seward A C. Darwin and Modern Science. Cambridge: Cambridge University Press. 1909. 465
- 19 Kuhn T S. The Structure of Scientific Revolution. Chicago: The University of Chicago Press, 1962
- 20 达尔文 C. 著. 周建人, 叶笃庄, 方宗熙, 译. 物种起源. 北京: 三联书店, 1954. 594

(1999-11-29 收稿)