

面对复杂性科学,要探索科学认识方法的新范式

To Seek Scientific Recognizing New Methods for Complexity Science

肖显静

(中科院研究生院人文学院,副教授、博士

北京 100039)

还原论的方法论原则、实验经验和数学方法,促进了近现代科学的产生和蓬勃发展,由此上述原则、方法也备受当代众多科学家的推崇,且被认为在研究自然时是普遍有效的。^[1]但未来的科学认识方法难道应该永远遵循这个范式吗?本文拟对这一问题进行具体分析。

一、有什么样的自然观 就有什么样的认识方法

科学是人对自然的认识。它是以人的自然观作为预设前提的,并且在这样的基础上产生相应的认识方法。史前人类没有科学、没有文字而只有口头文化,没有现代人关于知识和真理的概念体系和任何自然规律的概念,没有因果决定论的自然观,也没有近现代科学所认可的那种事物间的机械的和物理的相互作用的概念。他们只有通过想象来认识事物,认为宇宙中发生的事情是善恶两种力量作用的结果。因此,他们是用人格化的力量来解释事物的运动变化的。在他们的世界观中,拟人化的神对世界以及人类的干涉具有无限性,因此,对任何事情不可能得到可靠的预测;世界成了一个反复无常的世界;自然现象也被人格化和神化了,被看作是神意下的壮举,而根据神化的自然观是不可能获得对世界的有效认识的。

到了公元前六世纪,在这样的神化自然观盛行的同时,一种新的哲学思维模式——古希腊哲学诞生了。它可分为两种趋向:一是机械论的世界观;一是内在目的论的自然观。前者主要体现在阿那克西曼德、赫拉克利特、留基伯、毕达哥拉斯等对世界本原的直观探索上,具有机械还原论的内涵。他们探寻世界的成分、组成和它的运行等等;开始仔细思考、推论和证明自然的法则,形成对自然的独特的看法。不过,由于那时,科学尚处于萌芽状态,人们对自然的上述认识是以思辨和直观的方式进行的。后者主要体现在亚里士多德所坚持的事物的本性是事物运动的原因上。也正因为这样,他认为应

从事物的本性中寻找事物运动的原因。根据亚里士多德的内在目的论,是不可能通过干预自然,即通过实验方法来认识事物的。

在中世纪,神学自然观占据主导地位。自然哲学被迫处于神学和宗教的婢女地位,柏拉图和其他古人的宇宙论和物理学被用来阐明创世纪。在这样的世界观中,自然仍然是神秘的,人对自然仍然怀有敬畏之情,这也正是含有神学目的论的思想产生的源头。不过,人是上帝的创造者,可以按照自己的意愿处理一切非人的存在物的观念已出现,这是人类中心主义的萌芽。另外,亚里士多德的学说成为宗教神学的教条。这一点也在物理学词源变化上体现出来。拉丁语名词“physica”、“physicus”分别表示“物理学”和“物理学家”。它们取自古希腊著作中“physis”一词,一般译为“本性”(nature)。对亚里士多德来说,“physis”或事物的本性是该事物具备了它自身特征和行为方式的内在原因,正是这一本性引起了事物所有的自然的变化。自然作为一个集合概念,也就包括了拥有这一本性的所有事物。物理学家就是考察这些事物及其自然变化的人。这既是中世纪物理学与近代物理学共用“物理学”这一名称的由来,也是中世纪物理学不能取得成功的一个重要内因。

总之,从苏格拉底到中世纪宗教神学再到文艺复兴时期的炼金术家,大都相信自然是有魔力的、神性的或者是充满了精神和智慧的。这是自然的附魅的观点。它们将自然看作是带有生命的,或者是有精神的力量,由此形成了心灵与世界交织在一起的观念、泛灵论的以及种种宗教的思想。在这样的思想指导下,是不可能如同近现代科学运用还原论的方法论原则和实验方法去认识自然的。这显然不利于人类对自然进行正确的认识。

从16世纪开始,人类的理性被唤醒了,它的潜在能量被发挥出来,开始了构建关于世界的理论,开始了控制世界的工作。而这一切只有在对世界进行了祛魅,批判了世界之神性论、泛灵论的观念及宗教思想,清除它们的影响,把作为知识和价值中

心的上帝赶下台来,才有可能建构新的认识论。

可以说,近现代科学正是在发扬光大了古希腊机械论自然观的基础上进行的。伽利略拒绝了亚里士多德的内在目的论,坚持实验方法和数学方法,将研究转移到物质的外在物理特征上面,对事物进行机械论的因果解释。而后进一步,牛顿在坚持自然是简单的信念基础上,对培根的归纳经验论和笛卡尔的数学唯理论做出了系统的综合,完成了经典力学的知识体系,确立了机械简单性的自然观。它主要表现在下列几方面。

1. 自然的规律性 它表明自然具有机械性的确定性、固有的秩序、决定性、必然性和单一因果关联等。它在古代就被人们所意识,并且被植根于某种神教的思想和社会管理的实践中。

2. 自然的外在分离性 它包括两个方面:一是自然与人,二是自然中的各个组成要素。它们之间是完全分离和独立的,只存在外在关系而没有内在关联。自然界中系统的性质等于各要素之和。

3. 自然的还原性 它包含两个方面:一是物质的存在是有层次的,无限可分的;二是高层次的可以还原为低层次。

4. 自然的祛魅 近现代自然科学通过对世界的还原以及日益严格的数学和物理的解释,抛弃了有机论、目的论、非决定论,由此自然就成为一个如机械钟表样精确的不含经验、情感、意志和目的的存在。

当然,自然的机械简单性除表现在上述方面外,还表现为绝对时空观;时间的外在性、非生命性和对称性;自然的对称性、可逆性、相似性、最优性。

这种自然观,是一种机械简单的信念,它导致了科学家们在对自然的认识方法上采用了相应的简单性原则。具体体现在:由于相信自然具有确定性的规律,所以就将对自然的研究焦点放在探求自然的规律上,而不研究或很少研究非决定性规律的现象;由于相信自然是可以分离的,所以在对自然进行认识时,不研究事物之间的内在联系,而只是研究事物之间的外部关系;由于相信自然是可以还原的,所以就不是通过认识整体来认识部分、认识高层次来认识低层次,而是遵循还原论的原则,只通过认识部分来认识整体,只通过认识低层次来认识高层次;由于否定人与认识对象之间的内在联系,不相信自然具有经验性,所以也就不研究人与自然组成的系统和事物之间的内在联系,不研究事物的经验方面,仅从外部通过实验和测量的方法对认识对象进行干预控制。

总之,通过上面的论述可以看出,科学认识的自然观和方法论历来是紧密联系在一起的。有什么样的自然观,就有什么样的对自然进行认识的方法

论原则和具体的方法。现在的问题是:近现代科学所采用的上述方法论原则和具体的方法其合理性到底怎样呢?

近现代科学所取得的巨大成就表明了近代科学所应用的方法论原则和具体的科学方法的合理性。但是,根据上面的论述,方法论和自然观是对应的。一种方法论和具体的方法是在一定的自然观的基础上形成的,前者的合理性是立足于后者之上的。否则合理就可能变为不合理。由此可见,近代科学所应用的方法论的合理性也是相对的,而不是绝对的。它只在机械简单性的自然观下才是合理的。随着人们对自然的进一步认识,在建立了新的自然观的背景下,近代科学所应用的那些方法论原则和具体的方法将会显示出它的缺陷,一种新的认识论原则和新的认识方法将会诞生。下面的论述将表明这一点。

二、近代科学认识方法对自然的简化

根据上面的论述,如果自然本身确是机械简单的,那么,近现代科学所应用的方法论原则和具体的认识方法就是合理的,没有缺陷、错误,无需批判发展;倘若自然本身并不是机械的简单的存在,那么,就要指出它在新自然观背景下的欠缺,就要发展新的方法论原则和具体的方法。

那么,自然本身是机械简单的吗?现在人们已经认识到并不完全是这样的。复杂性科学对自然界中复杂性现象的研究表明,在自然界中,模糊性、非线性、混沌、分形等复杂性现象是大量存在的,自然界存在结构的复杂性、边界的复杂性、运动的复杂性,具体体现在:不稳定性、多连通性、非集中控制性、不可分解性、非加和性、涌现性、进化过程的多样性以及进化的种种能力上。^[2]除此之外,自然的复杂性还表现在对自然的规律性、分离还原性、祛魅等特征的反动上。由此又展现了自然的非决定论的规律性、自然的内在关联性和非还原性、自然的经验目的性的另一面。

但是,近现代科学活动中尚没有意识到上述的关联性,从而在科学研究中仍在普遍遵循简单性的方法论原则和实验数学法,仍在研究中对自然进行种种方式的简化。如近现代科学在对自然进行认识时,关注的往往是简单性的现象,较少关注复杂性现象,不去发现或者忽视了复杂性现象。而且,即使在发现了复杂性现象之后,往往为认识的“有效性”和“可操作性”而采用了简化的方法对自然进行了简化,同时也为了追求认识的“确定性”,避免数学上的复杂性,对复杂性现象大多做了线性的简单处理,“把复杂性约化为某个隐藏着的世界的简单性。”^[3]具体表现在:把模糊性约化为清晰性,把非线

性约化为线性,把混沌运动约化为周期运动,把分形对象约化为整形对象。^[4]如此所造成的自然的外在分离性、还原性和自然的祛魅,也恰恰造成了“自然是简单”的假象。这是对自然的一种庸俗的简化。如,对于伽利略的单摆等时性原理,通常是用一个其解可以线性叠加的线性微分方程来表示的,但是,这一方程只在摆动角度很小的情况下才成立;当摆动角度增大时,就要用非线性方程来表示它了。显然,单摆的等时性(线性关系)只是非线性振动的线性近似。依此而言,现在很多人还把近现代科学称作简单性科学。

至于近代科学所应用的方法论原则和具体的实验和数学方法,在一定程度上也是对自然的简化。如方法论上的还原性原则的应用,就是在否认自然存在不可还原性、分离性、经验性的基础上进行的,由此导致它只对不具有这些特性的自然的那一部分进行研究,或在不考虑这些特性甚至对这些部分进行简化的情况下进行。这不符合自然本身的存在状态,仍然是对自然的一种简化。

对于科学实验,它是在主客二分的基础上进行的。即把人当成了自然的旁观者,与自然不具有内在的关联,而只具有外在的关系。而且,它也把自然看作是分离的,即系统和系统之间、系统和要素之间、要素和要素之间被看成是分裂的、加和性的,仅有外在关系而无内在关联,不受其他要素的内在影响。由此使得人与自然之间、自然内部各要素之间在空间上分离,在基本性质上彼此独立;由此而认为当某一部分从整体(系统)中取出来后,它仍旧是未取出前的样子。大卫·格里芬对此加以了评论:“对实验室实验的偏爱从哲学上反映出了唯物论的、非生态的假设:万物从根本上与其环境相分离,因而(举例来说)科学家们将人类或丛林中的动物身上的细胞取走而拿到实验室中根本不能得到实质性结论。它反映出了还原论的假设,即一切复杂事物都要比分化中的基本组成缺乏自决,因而它们应当具有同样强的实验室重复性。”^[5]

不仅如此,在主客二分的基础上,科学实验作用于自然的方式通常有3种:一是纯化或简化自然对象;二是强化或再现自然现象;三是延缓或加速自然过程。这3种作用方式的实施虽然使自然过程以纯粹的、典型的形式表现出来,暴露它们在自然发生的条件下无法暴露的特性,有利于人们对此认识,但是,它们都是在对自然进行分离、简化、纯化、控制和还原的基础上进行的。

关于数学方法,它在科学中的作用是巨大的。它是测量和科学理论演绎推理的基础,并且使得人们对自然的认识呈现出准确性、简洁性、普遍性、不变性。关乎这一切的合理性的检验就在于:应用于物理世界中的数学概念框架是否就是世界的基本

建构?古代的毕达哥拉斯学派对此持肯定态度,伽利略和近现代的许多科学家对此也持肯定态度。他们认为自然这本书是用数学的语言写成的,从而在研究自然时必须广泛地应用数学。

但是,数学的真理性(这里指的是与客观世界的一致性)并没有保证。非欧几何的创立就不是人们在认识自然的基础上产生的,而是在先验地规定几个公理的情况下按照演绎规则发明的。但是,后来爱因斯坦将它应用于物理学的研究中,创立了广义相对论。这意味着什么呢?意味着数学和物理学在认识自然过程中的关系的改变。过去人们是从对自然的认识中发现数学的,由此数学也就和物理学密不可分,两者统称为“数理科学”。而现在人们可以从先验的概念框架来演绎、发明(不是发现)数学。数学不是奠基于经验之上,因而与物理学相分离。但是,物理学在研究自然时,往往又要使用这样的数学。由此导致数学方法的应用是在运用人们所发明的而非完全发现的思维产物的情况下,以及在数学的真理性没有保证的情况下进行的。这一点在现代科学的研究中体现得越来越明显。这样一来,数学或者是对自然的一种经验抽象,或者是人类思维依据一定的规则的建构。它在一定程度是外在于自然的,是用自然中的抽象来规定自然,或是将世界纳入到人类先验规定的数学体系中。这一过程舍弃了自然的定性的、经验的方面,或将自然的定性方面还原简化为定量的方面,从某种意义上说是对自然的一种抽象、还原、简化、量化。它在数字化世界的过程中,造成了事实世界与价值世界的分离,使自然失去了它的丰富性和本真性。

上面的论述比较充分地说明,近代科学方法论和具体的科学方法的应用,从某种程度上是对自然的简化,不能完全认识自然的复杂性方面或具有复杂性特性的那一部分自然。如果我们没有注意到这一点,一味运用简单性的原则和具体的简化方法对复杂性现象进行简化处理,约简为简单性,就会在简化自然的过程中,获得对自然的简单化的、不全面、不正确的认识。

当然,这里对近现代科学所运用的方法论和具体的方法的批判并不是完全的否定。它的应用具有历史的必然性。没有此,近现代科学是不可能产生的,人类对自然的认识也就不会达到今天人类所达到的水平,人类也就不可能由此再深入认识到自然还具有哪些复杂性,从而人类也就不会意识到它的欠缺,而去寻找更加有效的方法,以获得对自然的更加全面正确的认识。这充分表明了它在认识自然中的必要性,但是,它又不是充分的。下面的论述将涉及这一点。

三、复杂性科学需要新的科学认识方法

为了获得对复杂性系统的真理性的认识,我们在对自然界中的复杂现象进行研究时,观念上应该从简单走向复杂、从线性走向非线性、从整形走向分形,用一种复杂性的思维代替简单性的思维;针对复杂性现象的特点,要用新的适合复杂性系统特征的特定的方法去认识事物,以获得对自然界的完整准确的认识。为此“必须抓住复杂性的本质特征,抓住被经典科学简化掉的那些产生复杂性的因素,按照不同于经典科学的思路建立全新的模型。”^[6]

1. 针对不同的复杂性现象,探讨合适的研究方法 目前复杂性科学涉及多个方面,主要研究自然界中的模糊现象、非线性现象、混沌运动、分形等。它们所呈现的复杂性不是简单性的线性组合,更不可能被简单性所覆盖,是不可以还原为简单性的。如对于非线性系统,往往存在间断点、奇异点,在这些点附近的系统行为完全不允许作线性化还原处理,否则,就处理掉了非线性系统的非线性因素,从而也就人为地消除了相关的复杂性行为。因为这些因素恰恰就是非线性系统出现分叉、突变、自组织等复杂行为的内在根据。对此必须探讨新的有效的研究方法加以认识。从目前的情况看,虽然取得了一定成绩,但还仅仅是个开始。

2. 更多地研究规律展现的现象 如果我们深入分析,就会发现:当我们观察周围的世界时,不是更多地观察到世界的规律,而是看到了这些规律展现的结果。这是两个不同的领域。“展现的现象——结果要比统治它们的规律复杂,因为它们并不遵守由规律展现的对称。所展现的复杂的非对称结构的结果却可能由对称的简单的规律来统治。”^[7]这就是说,我们周围的非对称的结果并不允许我们根据规律来推演。将事物分成规律和结果,以借助于规律的理论透过现象去理解世界是必要的,但远不是充分的。“世界的结构不可能只由已知的自然规律来解释。”^[8]

由此我们可从两个不同的途径来研究自然。一种是更多地被自然的简单性和对称性所吸引,对要素进行分析,在更靠近自然规律的地方工作,以暴露自然隐藏着的对称性。这是粒子物理学家的着眼点,也是他们宣称自然简单性的基础。另一种是对整体系统进行分析,更多地研究自然的复杂性展现的非对称性而不是规律自身,更多地被自然的复杂性而不是被它的规律所吸引。这是生态学家和气象学家的着眼点,也是他们宣称自然是复杂的基础。前者可以看作是研究自然的柏拉图途径,后者可以看作是研究自然的亚里士多德途径。不同的研究途径获得的是对自然本质的不同的认识。

3. 应该研究向下的因果关系 既然复杂性科学认为事物之间存在内在的联系,是一个有机的整体,那么对系统和要素进行研究时就既不能像近现

代科学那样采用分割的方法,也不能像它那样,认为所有的原因都是侧向和向上发展的,只从同层次的或低层次的实体那里为高层次的实体寻找原因;而应该换一种思维方式,用整体的观念去观察思考问题,在对部分(低层次)运动的起因进行研究时,就必须要从与之相比的同层次、低层次或高层次那里去寻找。实际上,高层次也可以成为低层次的原因。这种规律之间的相互关系称为向下的因果关系(downward causation)。还原论者向来否认向下的因果关系。其实,随着科学的发展,这样的因果关系是不难设想的。

4. 应该研究自然的经验性 自然的经验性表明近现代科学对自然完全祛魅,从而不研究所有事物的经验方面,如情感、意志、语言、智能、文化等,是不恰当的。当然,定义与自然界相关的这些经验方面是一件非常困难的事。不过它们有一些外在的行为效应,故可以通过科学观察实验,检验这些行为的效应、判断智能等的存在。生物心理学、生物社会学就是依据这一原理来确认动物经验性的存在的。虽然我们不能直接观察到动物是否具有智能,但是我们可以想象,动物如果具有智能等的话,它应该怎样行动。而且当只能用智能才能解释这些行为时,我们一般也就说它们可能具有智能。

这里的意思并非说动物的复杂行为与智能的存在相伴随。在一些情况下,复杂行为并不意味着智能存在。这可能是由它们的本能引起,也可能是人类把一心想要看到的那些联系和巧合与动物的某些偶然表现相联,赋予动物以智能;还可能是人类忽视了“习得经验”(rules of thumb),对它们的行为进行了复杂的解释。

鉴于上述情况,一个基本的思路就是,如果我们能够用更简单的解释来说明动物的复杂行为,那么我们就应该用简单的解释;当用所有的简单解释并不能解释动物的某种复杂的行为时,此时只能用智能的存在去解释它们的复杂行为,这时我们就有比较充分的理由相信动物具有智能。

对于自然界中的目的性,也需要我们采取一种新的认识方法。在近现代科学中,对事物的解释采用的是因果解释框架,认为,“过去是运动的决定性的原因”。而在自组织系统中,目的性概念反映的恰恰是一种“未来的决定性”,即当下的还不存在的终极状态或目标对系统起着现实的“吸引和引导”作用,使得系统朝着终极目标和状态迈进。在此过程中,不仅存在着原因对结果的现实作用,而且存在着结果对原因的作用。发生着原因和结果之间的相互作用。这是因果观念的一次革命性变革,相应地需要我们进行方法上的变革。

从上面的论述可以看出,复杂性科学不仅需要世界观上的变革,也相应地需要方法论和具体的研

科学发现的重要动力之一：科学之美

One of the Main Motive Forces of Scientific Discovery: the Beauty of Science

睦 平

(嘉应学院,副教授 广东 514015)

谈到美学,人们很容易联想到自然美和艺术美等具体的感性上的美。对自然科学领域中的科学之美,大多数人则不易感受到。这是因为科学之美与艺术美仍是两种不同形式的美。从美学的角度来分,美有两个特征显著的不同层次。一个是事物以其外在的感性形式所呈现的美,这种美是外在的、易感受到的,如美的自然景色,美的音乐,美的雕塑、绘画、建筑物,以其形象、声音、色彩作用于人的感官,唤起那些观赏者主体内心中的和谐共鸣,产生美的享受。第二个是事物以其内在结构的和谐、秩序而具有的理性美,这是一种比较抽象的美,它虽然要通过感官接受外来事物的信息而反映到意识中去,但并不那么直接和迅即,它是外界信息所引起的一系列反应经过同构变换,并被理性加工之后所形成的美的映像,我们可称之为美的意识或美的观念。而自然科学中的科学美更多的表现是其理

性之美。

当然,在追求美的道路上,尽管人们在科学和艺术中领略到的美不尽相同,但其中还是有共性的。一位科学家说过:“科学家的灵窍,诗人的心扉,画家的慧眼,这里所感受到的都是同样的和谐、同样的优美、同样的富有韵律和节奏。大自然的视野如诗如画。”无论是科学家,还是画家、诗人、哲学家,都是在试图用不同的工具描画一幅尽可能简化的和容易理解的“世界体系(Cosmos)”:画家用的是线条、色彩;诗人用的是词藻;哲学家用的是概念和原理;而自然科学家则是使用逻辑和数学的“语言”。

一、历来的大科学家们, 都感悟到科学的和谐之美

究方法上的变革——从还原论走向整体论、从实验和数学方法走向其他可能出现的新方法。目前,虽然人们已经从传统科学所反映的自然观和方法论原则中,从复杂性科学对复杂性现象所进行的初步研究以及这种研究所体现的自然观和方法论原则中,意识到了复杂性的自然观和非还原主义的方法论,但是,还没有找到能够完全有效和正确地认识复杂性系统的具体方法。这是复杂性科学所面临的重大难题。一旦在这点上获得突破,那么,复杂性科学必将快速深入地展开,人类对复杂性现象的认识也必将跃上一个新的台阶。这是科学的发展、社会的进步、可持续发展战略的实施的必然趋势。

不过,这里需要说明的是,自然的复杂性并不绝对意味着不可以用还原性原则和具体的实验数学方法对此进行简化处理。其理由,一是自然的复杂性是由自然的简单性演化而来的,复杂性现象中存在简单性;二是在没有找到更有效的方法对复杂性现象进行研究时,不可以停下人类认识的脚步。此时可以,而且应该采用已经存在的方法对此加以研究,以期获得对它的进一步认识。但是,必须清楚,在应用简单性原则进行研究时,应该以不损害科学认识的正确性为原则。否则,就会获得对复杂

性现象的不正确的认识。这不仅会阻碍科学的发展,而且与现实世界的实际相违背。况且,对于有些复杂性系统,用简单性科学方法建立的模型去描述往往显得繁难而无效,用复杂性科学方法建立的模型去描述反而显得简单而有效。

一句话,已到了对传统科学方法进行认真的反思批判,以寻求、确立新的科学方法的时候了。

参考文献与注释

- [1] 为了明确所讨论问题有针对性,这里的近现代科学包括从哥白尼的日心说开始到量子力学、相对论的一部分。
- [2] 吴彤. 科学哲学视野中的客观复杂性. 系统辩证学学报, 2001(4): 45-46
- [3] 普里高津, 斯唐热. 从混沌到有序. 上海译文出版社, 1987, 41
- [4][6] 苗东升. 把复杂性当作复杂性来处理——复杂性科学方法论. 科学技术与辩证法, 1996(1)
- [5] 大卫·格里芬. 后现代科学. 马季方译. 中央编译出版社, 1995, 34
- [7][8] Joun D. barrow, is the world simple or complex?, in the The Value of Science, Oxford Ammesty Lectures Series, 1999, Edited by Wes Williams, Westview Press. P84, P84

(责任编辑 蔡德诚)