

复杂性是什么？

郭元林¹, 金吾伦²

(1. 天津大学社会科学及外语学院, 天津 300072; 2. 中国社会科学院哲学所, 北京 100732)

摘要: 文章详细分析了复杂性在日常语言、科学和哲学语境中的语义, 阐明了复杂性语义的多义性和模糊性, 并且指出造成这种现象的原因是没有人们共同接受的度量复杂性的标尺和框架。

关键词: 复杂性; 系统; 混沌边缘

中图分类号: N031 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003 - 5680(2003)06 - 0022 - 07

从目前的研究状况来看, 复杂性的意思非常含混, 其所涉及的内涵和指称五花八门, 有时甚至不知所云, 也特别容易引起歧义。正因为如此, 关于复杂性也就有种种不同的定义, 据美国记者约翰·霍根(John Horgan)在其著作《科学的终结》中所讲, 麻省理工学院的物理学家塞思·劳埃德(Seth Lloyd)通过电子邮件向他提供了一份关于复杂性定义清单, 他统计了一下有 45 种, 现在不妨列举如下:

信息熵, 算法复杂性, 算法信息量, 费希尔信息, Renyi 熵, 自描述代码长度, 纠错代码长度, Chernoff 信息, 最小描述长度, 参量个数或自由度或维数, Lempel - Ziv 复杂性, 共有信息或通道容量, 演算共有信息, 相关性, 储存信息, 条件信息, 条件演算信息量, 计量熵, 分形维, 自相似, 随机复杂性, 混和, 拓扑机器容量, 有效或理想的复杂性, 分层复杂性, 树形多样性, 同源复杂性, 时间计算复杂性, 空间计算复杂性, 基于信息的复杂性, 逻辑深度, 热力学深度, 语法复杂性, Kullback - Liebler 信息, 区别性, 费希尔距离, 分辨力, 信息距离, 演算信息距离, Hamming 距离, 长幅序, 自组织, 复杂适应系统, 混沌边缘。^[1]

当然, 关于复杂性的定义还远不止于以上这 45 种, 例如, 比较常见的就有: 描述复杂性、原始复杂性、内禀复杂性、潜在复杂性。另外, 德国的弗里德里希·克拉默(Friedrich Cramer)还提出根本复杂性、临界复杂性、亚临界复杂性三个关于复杂性的定义; 美国的威弗(Warren Weaver)提出了

组织的复杂性和非组织的复杂性。同时, 国内学者也提出了一些关于复杂性的定义, 如清华大学的吴彤教授给复杂性下的定义就有: 结构复杂性、边界复杂性、运动复杂性、客观复杂性、认识复杂性、文本的意义复杂性; 此外, 钱学森等也提出了关于复杂性的定义。

既然有如此众多的复杂性定义, 那么人们就应该清楚地知道“什么是复杂性”和“什么不是复杂性”, 但情况却并非如此。因为这些定义涉及的内容千差万别, 定义的方式、标准也各不相同: 有的用计算机语言、有的用自然科学知识、有的用日常描述语言、有的用哲学思辨。它们没有给出关于复杂性的统一和明确的尺度, 它们之间有些没什么关联、有些却可能互相矛盾。按某一定义, 某对象是复杂的; 但根据别的定义, 这个对象却并不复杂。为了使我们的论证不至于过分空泛, 我们下面将分析一些定义, 看它们说了些什么, 它们之间的关系如何。下面我们首先说明复杂性在日常语言中的意义, 然后再分析它在科学和哲学语境中的意义。

一 日常语言中的复杂性意义

“复杂性”是一个名词, 来源于形容词“复杂”, 在《现代汉语词典》中, 还没有收入“复杂性”这个词。在汉语中, “复杂”一词的意思为“(事物的种类、头绪等)多而杂”, 例如人们通常说的“情况复杂”、“问题复杂”、“关系复杂”即为此意。复杂性科学是英语 Sciences of Complexity 的汉译名, “复杂性”

算法复杂性、算法信息和算法随机性实际上是关于复杂性的同一个定义, 只不过是不同的名称。因此, 这里关于复杂性的定义实际是 44 个, 而不是 45 个。

【收稿日期】 2002 - 12 - 10

【作者简介】 郭元林(1968 -), 男, 哲学博士, 天津大学社会科学及外语学院教师;
金吾伦(1937 -), 男, 中国社会科学院哲学所研究员、博士生导师, 山西大学科学技术哲学研究中心兼职研究员。

对应于 Complexity,“复杂”对应于形容词 Complex。在《朗文当代英语词典(Longman Dictionary of Contemporary English)》中,形容词 complex 被解释如下:

1. 难于理解、解释或处理,不清楚或不简单;
2. 由许多密切相关的部分所组成的;
3. (词或句子)由主要部分和其余部分组成的。

在该词典中,complexity 被解释为:在 1、2 两项意义下,具有 complex 的性质或处于其状态。

总观以上汉语和英语解释,“复杂(complex)”的词义内容包括两个方面:本体论方面,它指事物的组成杂而多;认识论方面,它指难于理解和解释,不容易处理,不清楚。另外,“复杂性(Complexity)”指“复杂”的性质或状态。

再从词源学的角度来看,complex 来源于拉丁语词 complexus, complexus 又从拉丁语词 complecti 转化而来,complexus 为名词或形容词,complecti 为动词,它的意思是拥抱、怀抱、围绕、编织。Complecti 由拉丁语动词 plectere 加前缀 com- 组合而成,plectere 的原意为辫辫子,com- 的意思为合在一起。由上面的词源分析可知,complex 最早的意思就是指辫辫子、缠绕、编织,后来它的意义转化为:把许多东西结合到一起。这就是“复杂(complex)”的本体论意义,后来又引申出它的认识论意义。

通过以上分析,我们清楚了“复杂(complex)”和“复杂性(complexity)”在日常语言中的意义。但是,它们在科学语境中的意义是什么呢?肯定与日常语言中的意义有联系,可是无疑其内容将更丰富、更复杂。

二 科学语境中的复杂性意义

(一)混沌边缘、混沌、自组织

混沌边缘是复杂性的定义之一,也是国内外近十几年来非常时髦的一个词汇,它被用在两本书的书名中。这两本书分别是:《复杂性:诞生于秩序与混沌边缘的科学》^[2];《复杂性:混沌边缘的生命》。由于这些书的广泛传播和圣塔菲学派的影响,再加上混沌边缘本身词义的模糊性,这一术语已被应用到许多不同的领域,例如科学、哲学、经济、管理等。其实,这一术语最早来源于元胞自动机的实验。圣塔菲研究所的研究人员诺曼·帕卡德(Norman Packard)和克里斯托弗·朗顿(Christopher Langton)在元胞自动机的实验中,研究动力行为和计算能力的关系时,提出一个这样的假说:对于元胞自动机来说,能完成复杂计算的规则,最有可能在有序和混沌状态之间转变的相变阶段(即在混沌边缘)被发现。当然,他们认为这一假说得到了实验支持。但是,后来梅拉尼·米切尔(Melanie Mitchell)、詹姆斯·克拉奇菲尔德(James·P·Cratchfield)和彼得·哈拉伯(Peter·T·Hraber)发表了一篇论文:《动力学、计算和混沌边缘:再考察》^[3]。该论文指出,他们三位研究人员也做了类似于帕卡德和朗顿所做的实验,但得到了完全不同的结果,因此他们认为对原来实验结果的解释是错误的。

尽管对帕卡德和朗顿所提出的假说有不同的看法,帕卡德还是对这一假说进行了包装,于 20 世纪 80 年代末期推出

了混沌边缘这一概念,以作为复杂性的定义。同时,其意义也远远超出了原来狭窄的元胞自动机范围,变得十分宽泛。现在,混沌边缘的一般意义是指:“在高度有序和稳定的系统(比如晶体)内部不可能诞生新生事物,另一方面,完全混沌的或非周期的系统,比如处于湍流状态的流体或受热气体,则将趋于更加无形。真实的复杂事物——变形虫、契约贸易者以及其它一些类似的东西,则恰好处于严格的有序和无序之间。”^[4]正是在这一意义下,人们提出混序组织、混序管理。把在元胞自动机实验中得到的假说,推广到由人组成的团体或组织中,其使用效果如何,是很值得怀疑的。

如果我们说得通俗一点,混沌边缘就是指:复杂性只能出现于严格的有序和混沌之间。对此,我们马上就可找到一个不同甚至矛盾的复杂性定义。美国气象学家洛伦兹(E. N. Lorenz)被人称为“混沌之父”,是“蝴蝶效应”概念的提出者,是混沌理论的开创者,他于 1963 年发表了混沌理论方面的奠基性论文《确定性非周期流》。他就认为:“实质上,复杂性常常用来指对初始状态的敏感依赖性以及与这种敏感依赖性相联系的每一件事。”^[5]我们知道,混沌理论最早研究数学迭代,正因为如此,混沌理论中的“混沌”就是指对初值的敏感依赖性。因此,从这个意义上说,洛伦兹认为复杂性与混沌常常是同义词,但又不完全相同,他说:“有时要在‘混沌’和‘复杂性’之间做一个鉴别,前者涉及时间上的不规则性,后者意味着空间上的不规则性。这两种类型的不规则性常常同时发现,例如像在湍流流体中那样。”^[6]在这里,洛伦兹又把复杂性的意义等同为空间上的不规则性,而把混沌的意义等同为时间上的不规则性。

与前面“混沌边缘”概念相对照,那么我们很容易发现,这些有关复杂性的内涵和指称是完全不同的,甚至是矛盾的。根据混沌边缘的定义,复杂性只能出现于严格的有序和混沌之间,因此湍流流体将趋于更加无形,不具有复杂性;而洛伦兹却认为,复杂性大体上就是混沌(对初值的敏感依赖性),复杂性意指空间上的不规则性,因此湍流流体就具有复杂性。所以,很明显,根据不同的复杂性定义,对复杂性就有不同的结论。当然造成这种混乱还有一个值得注意的原因,那就是“混沌”一词意义的模糊性。混沌的英文对应词是 chaos,在混沌边缘的定义中,混沌的意思为无序、乱七八糟,即英文中的 disorder。而 E. N. 洛伦兹使用的“混沌”却指对初值的敏感依赖性,或指有序程度的最高的状态。因此,一些词的意义和用法非常模糊,容易造成种种误解和混乱,复杂性和混沌就是这样的词。

尼科里斯和普利高津在他们的著作《探索复杂性》中所探索的复杂性就是指自组织,他们甚至使用了这样的标题——物理-化学系统的自组织:复杂性的诞生。他们认为生物系统当然具有复杂性,然而单摆振动、重物自由落体都是简单的,处于平衡态的液体或气体由于无秩序无规律也不具有复杂性。但是,自组织却能通过与环境交换物质或能量使系统从无序状态转变为有序状态,具有生物系统所特有的属性,所以自组织就是复杂性。他们在该书第二章的结尾处,总结得到了复杂性的一些基本要素,他们这样写道:“在结束

本章时,我们要强调,当还无法对复杂性给出准确明了的定义时,我们得到它的一些基本要素:在远离平衡态条件下和出现适当的非线性情况下进行分支的能力;在超过分支点后对称破缺的出现;以及宏观范围相关作用的形成和维持。^[47]很明显,这些复杂性的基本要素也是自组织的基本要素,《探索复杂性》全书所研究的都是自组织现象。

用自组织来定义复杂性,其意思也不同于混沌边缘和混沌(对初值的敏感依赖性)。自组织意指系统从混沌(无序)到有序的过程或具有这种性质的系统,强调的是对称破缺、形成有序的动态结构。而混沌边缘却强调复杂性既不能无序,也不能高度有序,而要介于两者之间。同样,自组织和混沌(对初值的敏感依赖性)所指的东西也不一样,它们之间的关系难以一下子说清,所以这里就不详述了。

前面我们分析和比较了三个关于复杂性的定义,看到不同的定义者从不同的研究领域,根据不同的需要对复杂性进行阐释和说明,结果得到了不同的“复杂性”。我们之所以能对它们进行比较,是由于它们有共同的定义角度——有序和无序之间的关系和转化。下面我们再分析和比较一些有关的复杂性定义,它们是通过计算机与形式语言或符号来定义的。

(二)描述复杂性、原始复杂性、代数复杂性

如果选定一种语言,对某图形、模式或物体进行描述,那么其描述长度(the length of its description)就可用来定义或刻画这些图形、模式或物体的复杂性,用这种方法定义的复杂性叫描述复杂性。描述长度值的大小依赖于背景知识和粗粒化程度。对于同一事物,由于背景知识或粗粒化程度不同,描述长度就会不同,例如一个描述“正方形的面积等于它的边长的平方值”,对于不知道正方形为何物的人来说是不可理解的,不是一个合适的描述,必须把这个描述扩充为“四边相等且顶角都为直角的四边形的面积等于它的边长的平方值”。很明显,描述长度变长了,因此描述复杂性依赖于描述语言、背景知识和粗粒化程度,具有一定的主观性。为此有人提出了原始复杂性的定义,该定义是指:“用双方事先共享(且彼此均知道事先共享这一事实)的语言、知识及理解,将一个已知粗粒化程度的系统描述给远处某人时,所用最短

信息的长度。^[48]在原始复杂性中,双方拥有共同的语言、知识及理解,避免了描述复杂性的任意性,具有了一定的公共性和客观性。代数复杂性与前面两个定义具有相似的内涵,它是指解决一个问题所需要的代数计算次数,用它可以标度所解决问题的复杂程度。但是,对于同一个问题,由于采用的计算方法不同,解决该问题所需要的计算次数也不同,因此代数复杂性依赖于算法。

(三)计算复杂性、算法复杂性、有效复杂性

计算复杂性和算法复杂性也与前面的三个定义很相似,只不过它们把计算机作为定义的工具。计算复杂性的含义是指:解决一个问题所耗费的计算资源的数量,其中计算资源主要包括空间和时间。空间指保存计算的中间结果所需的存储器的大小。时间又包括串行时间和并行时间,串行时间指完成所有原始步骤所需要的总时间;而并行时间是指多人多机同时进行计算,完成问题所耗费的总时间。算法复杂性又叫算法信息量,它是于20世纪60年代由三位创始者分别独立提出的,这三位中有两位是美国人,他们是格里高里·蔡廷(Gregory Chaitin)和雷·索洛莫诺夫(Ray Solomonoff),另一位是前苏联数学家安德里·N·柯尔莫哥洛夫(Andrei·N·Kolmogorov)。算法信息量的定义为:“假想一个理想的多功能计算机,它可贮存无限大的信息量(或者信息存贮量有限,但可随需要而任意扩充容量)。这个计算机配备有特殊的硬件和软件。然后,他们(指创始者)考虑一个特殊的信息串,并寻求一个计算机程序,使计算机打印出这一信息串,随后停机。一个最短的程序长度就是该信息串的算法信息量。^[49]把计算复杂性与算法复杂性结合起来就能得到复杂性的又一个定义——逻辑深度,其含义为:在普适计算机上,执行前面最短程序所耗费的计算资源,该计算资源主要指时间,可用指令步数或时钟拍数来度量。

算法复杂性度量信息串的随机性,一个信息串越随机,越不可压缩,它具有的算法复杂性也就越大。例如,两个符号串具有相同的长度(20个字母):
ababababababababababab
jfdkliuyrewkajbczmai
第一个符号串的可压缩性大,其最短程序写为:打印(print)ab 10次;而第二个符号串由于我们找不到理论、算法或规则来压缩它,因此其最短程序就得写为:在

有序、无序和混沌是三个意义非常模糊、混乱的概念,他们完全可以指相反的意思。在混沌边缘的定义中,无序指无秩序、无规则、无规律性和随机性,有序指有秩序、有规则、有规律性和非随机性,而在这里混沌是无序的另一个名称。在此意义下,E.N.洛仑兹所指的时间上的不规则性(混沌)和空间上的不规则性(复杂性)即为无序,在这儿混沌与无序也为同义词。而在自组织理论中,有序、无序却与上面有完全不同的意义。在那里,有序和无序通过对称破缺来比较和鉴别,有序和无序是一对相对的概念;相比较来说,无序有较大的空间或时间对称性,有序则指较小的时间或空间对称性。从另一方面来说,对称性程度高则有秩序、有规则、有规律性而无随机性;反过来,对称性程度低则无秩序、无规则、无规律性而随机性大。我们以一个符号串为例来说明这一点,非常随机的符号串,其对称性就低,从而无秩序、无规则;相反,完全规则、无随机性的符号串,其对称性就高,从而有秩序、有规律性。在自组织理论中,从无序到有序是通过对称破缺来实现的。因此,自组织理论中,无序指对称性高,但有秩序;而有序指对称性低,但无秩序。这与混沌边缘定义中的无序和有序的内涵正好相反。至于混沌,在自组织理论中,一般指无序(对称性高),例如普利高津的著作《从混沌到有序》(order out of chaos)中的混沌即为此意,从混沌到有序意指通过对称破缺形成有组织的结构,这样的混沌称为平衡态混沌。而非平衡态混沌意指有序(对称性低、无规则、无秩序)。有序、无序和混沌这些截然相反的内涵在不指明的情况下随意乱用,引起了非常多的歧义和误解,应引起特别注意。谨防语言陷阱!

打印(print)后面写上整个符号串。因此,算法复杂性就是随机性,根据此定义就会得出这样的结论:猴子在计算机键盘上随便敲出的字符串要比莎士比亚的文章具有更大的复杂性。另外,算法复杂性还具有不可计算性,即对于一个信息串,我们无法找到导致进一步压缩的所有理论、算法和规则,所以我们只能确定算法复杂性的上限值,而无法找到它的下限值。正因为如此,盖尔曼(Murray Gell-Mann)提出了有效复杂性,他认为:“有效复杂性,大致可以用对该系统或数串的规律性的简要描述长度来表示。”^[10]就以信息串为例来说,算法复杂性强调的是随机性,而有效复杂性强调的却是非随机性、规律性。完全随机的信息串具有最大算法复杂性,但由于没有任何规律性,因此对规律性的描述长度就为零,那么它的有效复杂性就为零。另外,完全规则的信息串,它的算法复杂性几乎等于零,但它的规律性非常简单,因此规律性的描述长度也就很短,即它的有效复杂性非常接近于零。因而我们可得到这样的结论:对于给定长度的信息串来说,当它的算法复杂性最大或最小时,其有效复杂性等于零或接近于零;当算法复杂性取中间值时,其有效复杂性达到最大值。这也就是说,如果信息串想要具有很大的有效复杂性,那么它就既不能太随机,也不能太规则。

对于一个信息串来说,我们也可采用无序和有序的概念来描述它的随机性和规则性。这里,无序指无秩序、无规则、无规律性和随机性,有序指有秩序、有规则、有规律性和非随机性。在这种意义上,它们与混沌边缘中的有序和无序各自有完全相同的内涵。对信息串来说,完全随机最无序,完全规则最有序,从有序到无序或从无序到有序是两种极端情形之间的转变。因此也可以这样说,当处于严格有序或严格无序时,有效复杂性为零或接近于零,介于两者之间时,有效复杂性才会达到最大值。从中我们可以看到,有效复杂性等价于混沌边缘所定义的复杂性。M·盖尔曼把有效复杂性与复杂适应系统联系起来,指出复杂适应系统的运作需要有介于有序与无序之间的条件,即算法复杂性适中、有效复杂性最大的环境,生命在这里才能发生进化。

(四) 语法复杂性

前面这些不同的复杂性定义既有区别又有联系,它们对复杂性给出了不同的标度。下面介绍语法复杂性,在语法复杂性中由于语言分类体系不同,也会得出不同的复杂性标度。语法复杂性是对形式语言的复杂性进行标度的。20世纪50年代,乔姆斯基(N·Chomsky)把串行生成的语言分成四大类,这四大类由简单到复杂依次为:正规语言、上下文无关语言、上下文有关语言、递归可数语言。20世纪60年代,又出现了对并行生成语法的分类体系,称为林登梅耶(L·Lindenmayer)分类。这两个分类体系对形式语言的复杂性的度量是不同的,“林登梅耶分类中较为简单的一个层次,可能跨越乔姆斯基分类的几个复杂性阶梯。有些看起来‘简单’的语言,可能处于相当高的复杂性层次。例如, $\{R^n L^n, n > = 1\}$ 不是正规语言,而是上下文无关语言, $\{R^n L^n M^n, n > = 1\}$

进而达到上下文有关语言。”^[11]很明显,形式语言由于分类体系的不同,而会处于不同的复杂性层次。

(五) 系统的复杂性

系统与复杂性有密切的关系,因此利用系统来定义复杂性也是一种方法。我们下面分析和比较几个关于系统的复杂性定义。德国学者弗里德里希·克拉默(Friedrich Cramer)在其著作《混沌与秩序——生物系统的复杂结构》中,以系统为定义的对象,给出了一个复杂性的定义,他认为:“复杂性可以定义为系统表明自身方式数目的对数,或是系统可能状态数目的对数: $K = \log N$,式中K是复杂性,N是不同的可能状态数。这个定义借自于信息论(information theory)。系统越复杂,它所携带的信息越多。如果两个系统各自有M和N个可能状态,那么组合系统的状态数目是两者之积 $M \cdot N = \log M + \log N$ 。”^[12]他还在该书中,以算法复杂性为基础定义了根本复杂系统,其含义为:“一旦程序大小变得与试图描述的系统相提并论,系统就不再是可编程的。当结构不再是可描述的——即当描述他的最小算法具有的信息比特数,可与系统本身进行比较时——我称为根本复杂系统。”^[13]根本复杂系统具有的复杂性就是根本复杂性(fundamental complexity)。克拉默还根据复杂度,区分了亚临界复杂性、临界复杂性和根本复杂性。表面上看,克拉默所定义的复杂性非常精确,但系统可能状态数目却随着对系统描述角度不同而不同,不是一个固定的数目;对于同一个系统,由于选择的问题不同,考察的方面不同,其可能状态数会发生变化,从而系统的复杂性也会发生变化。因此,这个复杂性定义也具有随意性和主观性。

我国著名科学家钱学森认为复杂性是系统的属性,明确指出:“所谓‘复杂性’实际是开放的复杂巨系统的动力学,或开放的复杂巨系统学。”这是一个比较含混的定义,如何鉴别复杂巨系统?复杂巨系统中的“复杂”是什么意思呢?这些都是很大的问题,对复杂巨系统也没有精确的定义,其中“复杂”的含义也不十分明了。如果仅以此定义来看,很可能陷入循环定义的怪圈,用“复杂”来定义“复杂”。不过,钱学森从研究方法上,在简单性与复杂性问题之间划了一道比较模糊的绝对界线,他认为:“凡是不能用还原论方法处理或不宜用还原论方法处理的问题,都是复杂性问题,复杂巨系统就是这类问题。”^[14]复杂性科学中的复杂性即为此意。通过研究方法,原则上区分了简单性与复杂性问题,但同样是复杂性问题,其复杂程度一样吗?它们之间如何进行比较,这仍然是一个“复杂”问题。

美国学者赫伯特·A·西蒙(Herbert Alexander Simon)提出了分层复杂性的概念,所谓分层复杂性就是指复杂系统的层级结构——复杂系统由子系统构成,这些子系统又有它们的子系统,如此一级一级地组成复杂系统,形成层级结构。赫伯特·A·西蒙在其著作《人工科学》中,专门用第七章——“复杂性的构造”来讨论分层复杂性,他说:“我的中心思想

原文有误, $M \cdot N = \log M + \log N$ 不成立,应改为:……两者之积 $M \cdot N$,其复杂性 $K = \log M \cdot N = \log M + \log N$ 。

是,要构造一门关于复杂系统的比较正规的理论,有一条路就是求助于层级理论。从经验上说,我们在自然中观察到的大部分复杂系统都呈现出层级结构。根据理论,我们可以期望,在一个复杂性必然是从简单性进化而来的世界中,复杂系统是层级结构的。层级结构在其动态过程中有一性质,即可分解性,它大大地简化了层级结构的行为。近可分解性也简化了复杂系统的描述,使人们较易理解,系统发育或繁殖所需信息何以能够在合理范围内储存起来。^[15]他还特别指出:层级系统的进化速度比规模相当的非层级系统快得多。赫伯特·A·西蒙的分层复杂性是以复杂系统为基础的,但他没有给复杂系统下一个精确的定义,只是给了一个模糊和简略的界定,他说:“我将不对‘复杂系统’下一个正式定义。粗略地说,我所谈的复杂系统指的是由许多部件组成的系统。这些部件之间的相互作用不是简单的。在这种系统中,整体大于部分之和。这不是在终极的、譬喻的意义上说的,而是在需要的实用意义上说的。也就是说,已知部件的性质和它们相互作用的规律,也很难把整体性质推断出来。”^[16]由此定义,我们很难看出复杂系统的精确内涵和外延是什么,实质上这个定义和一般的系统定义差别不大。特别需要指出的是,西蒙所讨论的复杂系统是指行为科学中遇见的一些特定复杂系统,由此形成的关于复杂系统的理论不能应用于社会科学、生物科学和物质科学中所观察到的其它复杂系统,但对它们有启示意义。

前面三个利用系统定义的复杂性,其差别是明显的,一个是系统状态数目的对数,另一个是开放的复杂巨系统的动力学,最后一个是复杂系统的层级结构。它们之间虽然有一定的联系,但是根据不同的定义仍能够得出不同的“复杂性”。

以上我们从秩序、系统、形式语言或符号、以及计算机等方面列举了不少的复杂性定义,它们都是相对比较具体的、抽象程度不高的定义。下面我们再列举一些抽象的、哲学的、形而上学的复杂性定义,看它们是否指出了什么是复杂性、什么不是复杂性。

三 哲学意义上的复杂性

在颜泽贤等主编的《复杂系统演化论》中,对复杂性进行了如下定义:

1. 复杂性是客观事物的一种属性。
2. 复杂性是客观事物层次之间的一种跨越。
3. 复杂性是客观事物跨越层次的不能够用传统的科学学科理论直接还原的相互关系。^[17]

把上面的这个定义说得通俗一点,复杂性是跨越层次之间的不可以直接还原的相互关系。它以层次性为基础,强调层次的跨越,客观事物只有在层次跨越时才表现出复杂性。这与分层复杂性有点相似,但与前面的许多复杂性概念十分不同。

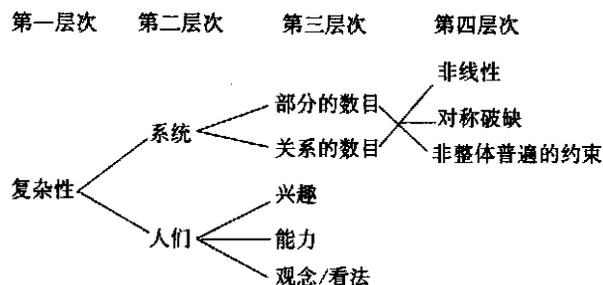
清华大学的吴彤教授提出了客观复杂性的概念,客观复杂性包括三个方面:结构复杂性、边界复杂性、运动复杂性。其中结构复杂性又可分为:分形结构复杂性和非稳定结构复

杂性。运动复杂性也可分为:分岔运动意义的复杂性、突变运动复杂性、混沌运动意义的复杂性。同时,他还总结出客观复杂性具有如下性质:不稳定性,多连通性,非集中控制性,不可分解性,涌现性,进化过程的多样性以及进化能力。这个客观复杂性的定义主要是从自组织理论等系统科学中总结出来的,有丰富的内容,有较高的概括性和抽象性,比前一个定义有更多的内涵,但它们定义的角度不同,观察的方面不同。

前面两个哲学方面的复杂性定义,是从本体论的角度进行描述的。下面介绍两个从认识论角度进行定义的复杂性概念,第一个复杂性定义是由布鲁斯·埃得摩纳兹(Bruce Edmonds)提出的,其含义为:“在得到关于某物的组成部分和这些部分之间的相互关系几乎全部信息的情况下,用某种语言对该物的整体行为进行精确的形式表述的困难程度。”^[18]由这个定义得到的复杂性依赖于主体的认识,主体选择的语言不同、注意的困难类型不同、语言的形式表述的类型不同都会造成不同的“复杂性”。其次,弗鲁德(Robert L. Flood)和卡生(Ewart R. Carson)提出了一个认识论的复杂性定义,并对复杂性概念进行了分解,他们说:“通常,我们把我们难理解的任何事物与复杂性联系起来。”^[19]他们认为事物是客观的思维对象,但不够具体,因此把系统当作事物的一个具体实例来分解复杂性。他们之所以用系统代替事物来分解复杂性,是由于他们认为复杂性和系统有密切相关的内涵。他们从《韦伯第三国际词典(Webster's Third International Dictionary)》关于复杂(complex)的释义中选择两个作为复杂性(complexity)的常识定义,这两个释义为:

1. 有许多相关的部分、模式或要素,以致难于充分理解;
2. 表现为包括许多部分、方面、细节和观念,因此为了理解和处理需进行充分的研究和分析。

这个复杂性的常识定义涉及两个方面:一方面是认识主体,即认识者;另一方面是事物的复合结构,它由许多相联系的部分或要素构成,即系统。因此,他们把复杂性分解为下图:^[20]



从上图可明显地看出,复杂性依赖于认识者的兴趣、能力和观念。

四 复杂性语义混乱的原因分析

综上所述,我们不厌其烦地列举、分析和比较了如此多的复杂性定义,其目的就是想弄明白“什么是复杂性”或“复杂性是什么”,但是我们发现难尽人意。正如圣塔菲研究所出版的著作中所写道的:“复杂性几乎是一个神学概念,许多

人都在谈论它,但没有人知道它真正是什么。^[21]每个复杂性定义都提供了一个不同的度量复杂性的标尺,没有找到一个度量复杂性的共同标尺,有多少定义就几乎能得到多少种“复杂性”,因此,至少可以说没有人们共同接受的一个复杂性定义。这是为什么呢?我们知道,复杂和简单是客观事物的属性,正如长和短、轻和重、冷和热是客观事物的属性一样,不同的是,长短、轻重、冷热是事物的单质属性,相对比较具体明确,而复杂和简单却是事物的复合属性,相对比较含混。由此产生的结果是,目前人类找到了测量长度、质量和温度的共同标准和操作规则,也得到了共同的测量结果。例如,以长度为例来说,人类利用共同的测量工具和方法,在测量结果上达成了一致。特别是在牛顿力学体系内,所有的人对长度、质量和温度等的测量结果都能达成一致,不会因人而异。之所以如此,是由于人类找到了共同接受的标准和框架。但对于“复杂和简单”来说,人类至少目前还没有找到这样共同接受的度量标准和框架,存在着各种各样的度量“复杂和简单”的标尺,因此就会产生各种各样的“复杂性”。

对任何事物的任何属性进行描述,首先必须找到大家共同可接受的描述标尺,否则人们就在描述结果上不能达成一致,会产生混乱。例如,要谈论物体运动的快慢,比较运动速度的大小,必须首先指明参考系,否则便是无意义的。同样,谈论七色光也是相对于有正常视觉的人来说的,而对于色盲患者来说同样是没有意义的。如果一些别的人种,他们的测量长度的体系与我们的不同,假设我们的测量值是 X ,而他们的测量体系正好使他们的测量值 $Y=1/X$,二者成反比例关系,那么我们与他们在度量长度方面就正好有相反的结果,对长和短的描述也会完全相反。我们与他们生活在不同的世界,二者并无优劣对错之分。在相对论体系中,长度、时间、质量、同时性的测量结果依赖于所选择的参考系,由不同的运动参考系会得到不同的测量结果,不指明参考系,而去谈论长度值、时间值、质量值和同时性,是毫无意义的事情。

在牛顿力学体系内,人们有共同的测量长度、质量和温度的框架,能得到共同的测量结果。尽管如此,我们能否问:“什么是长的(性质)”,“什么是热的(性质)”,“什么是重的(性质)”。很明显,这样的问题叫人难以回答,觉得这样提问是有问题的。在有明确的人们共同接受的度量标尺的条件下,能把长和短(或轻和重、冷和热)截然分开吗?长短是事物的连续性质,二者之间没有明确的界线,它们相比较而存在,事物只有在比较时,才能显示出长短,没有绝对的“长”和绝对的“短”。如果非要在二者之间进行明确的区分不可,那么只能进行人为的规定划界,比如说以1米为界,1米以上(含1米)为长的,1米以下为短的。

由于有种种不同的复杂性定义,产生了各种不同的度量复杂性的标尺,因此要谈论复杂性,必须指明:复杂性是根据什么定义的,复杂性的度量标尺是什么,否则谈论复杂性便是毫无意义的事情,只会带来无谓的争论。即使在指明了复杂性定义和标尺的前提下,也只能进行复杂或简单程度的比较,不能把复杂性和简单性截然区分开来。例如,计算复杂性通过所耗费的计算资源,只能描述所解决问题的复杂或简

单程度,在简单和复杂问题之间没有明确的界线,只有通过人为的划界,才能区分二者。因此,在许多定义中,复杂性是复杂程度的代名词,其意思就是指复杂或简单的程度,没有绝对的“复杂性”,也没有绝对的“简单性”。

目前,没有关于复杂性的统一定义,将来也不可能产生统一的复杂性定义,这是由于人类的主体间性所致。关于美的体验、审美标准,由于人们的需求、生活经历、文化传统等的不同,人们很难达成一致。更不用说价值观、生活方式之间的冲突。在这儿,人们容易犯的一个错误是,在不指明复杂性度量标尺的前提下谈论复杂性,并把这样的复杂性当作绝对的复杂性,让所有人都来接受它,当作统一的度量标尺。例如,中国人民大学的苗东升教授指出:“尽管不能苛求现在就给出符合科学规范的复杂性统一定义,却也应该也能够探讨它同简单性之间的区别。办法之一是讨论复杂性的根源。”^[22]在该篇文章中,苗东升教授列举了13类复杂性的根源,它们分别是:系统规模、系统结构、开放性即环境、动力学特性、非平衡态、不可积性、不可逆过程、非线性、不确定性、主动性与能动性、系统组分智能、人类理性、人类非理性。在分析完这些复杂性的根源之后,他说:“上述考察虽不完备,至少可以表明确实存在本质上属于复杂性的对象领域,简单性与复杂性有性质上的区别。”^[23]我们从他的关于复杂性根源的分析中,很明显地看出,他的复杂性与简单性的划界大体上是以系统科学以前的传统科学为标准 and 框架的,传统科学不能解决的就是复杂性,能解决的就是简单性。意识或未意识到、指明或未指明复杂性的度量标尺是一回事,有没有是另外一回事。决不能因为未意识到或未明确指出复杂性的度量标尺,就认为这样能找到绝对普适的复杂性,让所有人都能接受,这是不可能的。任何意义的复杂性,都有其特殊的度量标尺,这个度量标尺有其适用范围和局限性。再比如,有人认为,对于个人来说,能解决和弄清楚的问题,就是简单的,否则就是复杂的。同一个问题或任务,相对于某人来说是简单的,但对另一个人来说却非常复杂。之所以如此,这是以人的认识能力为度量复杂性的标尺的结果。其实在许多情况下,人们用“复杂”所指的就是难懂、难处理、难解决,例如高等数学比初等数学复杂、相对论比牛顿力学复杂,就是指难理解、难学。

总而言之,复杂性的定义和标尺多种多样,它的意义也非常模糊和混乱,特别容易引人误入歧途。但我们并没有说复杂性是虚无缥缈的东西,是事物随意主观的属性,只不过是说复杂性是一度量标尺条件下的复杂性。正如运动是事物的客观属性一样,不指明运动的参考系,就无从谈论运动的快慢,比较运动速度的大小。如果两个人选定不同的运动参考系,而去争论物体运动的快慢,这是无意义的、无结果的,无所谓对错的,因为两个人处在不同的体系中。同样,没有统一的复杂性的定义和度量标尺,也会引起无谓的哲学争论,因为处于不同的度量体系,就会得到不同的度量结果,不同的度量体系之间无所谓优劣、无所谓对错。维特根斯坦认为,哲学混乱的两大主要来源是语言混乱和本质主义倾向。语言混乱是由误解语言造成的,本质主义倾向即为寻找一般

的和共同的东西。^[24]目前,复杂性研究中的语言混乱现象是明显的,由于复杂性的语义混乱,同一个词“复杂性”,其意义却大相径庭。同时,还要归纳复杂性的本质特征、共同性质,这无异于缘木求鱼,只能造成虚假的哲学问题。哲学的任务在于语义明晰,在于批判地考察问题,在于不断地澄清问题,而不是要制造虚假问题。

维特根斯坦认为追求定义和共同本质就会产生哲学问题,语义的明晰在于语言的运用。^[25]我们前面考察了“复杂性”的语义,并分析了一些引起语义混乱的原因。但我们并不是说复杂性研究没有意义,而是要注意“复杂性”语义的明晰,避免无谓争论。

【参 考 文 献】

- [1][4]约翰·霍根. 孙雍君等译. 科学的终结[M]. 呼和浩特:远方出版社,1997. 329、292.
- [2]米歇尔·沃尔德罗普. 陈玲译. 复杂:诞生于秩序与混沌边缘的科学[M]. 北京:生活·读书·新知三联书店,1998.
- [3]Cowan, G., D. Pines, and D. Meltzer, eds., Complexity: Metaphors, Models, and Reality, SFI Studies in the Sciences of Complexity, Proc. Vol. XIX, Addison - Wesley, 1994, pp. 497 - 513.
- [5][6]E. N. 洛仑兹. 刘式达等译. 混沌的本质[M]. 北京:气象出版社,1997. 156、158.
- [7]尼科里斯,普利高津. 罗久里等译. 探索复杂性[M]. 成都:四川教育出版社,1986. 83.
- [8][9][10]M. 盖尔曼. 杨建邺等译. 夸克与美洲豹[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,1998. 34、36、49.

- [11]郝伯林. 复杂性的刻画与复杂性科学[J]. 科学. 1998 (3):8.
- [12][13]弗里德里希·克拉默. 柯志阳等译. 混沌与秩序——生物系统的复杂结构[M]. 上海:上海科技教育出版社,2000. 285、286.
- [14]许国志主编. 系统科学[M]. 上海:上海科技教育出版社,2000. 299.
- [15][16]赫伯特·A·西蒙. 武夷山译. 人工科学[M]. 北京:商务印书馆,1987. 197、167.
- [17]颜泽贤等主编. 复杂系统演化论[M]. 北京:人民出版社,1993. 50.
- [18]Heylighen, Francis, Johan Bollen and Alexander Riegler, eds., The Evolution of Complexity, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999, p. 7.
- [19][20]Flood, R. L., Carson, E. R., Dealing with Complexity: an Introduction to the Theory and Application of Systems Science, New York: Plenum Press, 1988, p. 20, p. 25.
- [21]Stein, D., ed., Lectures in the Sciences of Complexity, SFI Studies in the Sciences of Complexity, Addison - Wesley Longman, 1989, p. xiii.
- [22][23]苗东升. 论复杂性[J]. 自然辩证法通讯. 2000(6): 88、90.
- [24][25]维特根斯坦. 李步楼译. 哲学研究[M]. 北京:商务印书馆,2000.
- [26]Weaver, Warren, “Science and Complexity”, Scientist, 1948, 36(4): pp. 536 - 544.

(责任编辑 成素梅)

(上接第 18 页)

【参 考 文 献】

- [1]斯宾诺莎著. 贺麟译. 伦理学[M]. 北京:商务印书馆, 1981. 103.
- [2]爱因斯坦文集(第一卷)[M]. 许良英等译. 北京:商务印书馆,1976. 279.
- [3]B·罗素. 宗教与哲学[M]. 北京:商务印书馆,1982. 123.
- [4]J·A·艾耶尔. 语言、真理与逻辑[M]. 上海:上海译文出版社,1981. 106.
- [5]16 - 18 世纪西欧各国哲学[M]. 北京:商务印书馆,1975. 16.
- [6]伊夫林·凯勒著. 赵台安,赵振尧译. 情有独钟[M]. 北京:

生活·读书·新知三联书店出版,1987. 216、219.

- [7]Sandra Harding and Merrill Hintikka. Discovering Reality: Feminist Perspectives on Epistemology, Metaphysics, Methodology and Philosophy of Science. Dordrecht: Reidel.
- [8]Morwnna Griffiths and Margaret Whitford, Fiminist Perspectives in Philosophy, The Macmillan Press Ltd. 1988
- [9]Griffin, Susan. Rape: The Power of Consciousness. San Francisco: Harper and Row. 1979. 31.
- [10]Jaggar Alison M. Feminist Politics and Human Nature. Totowa, N.J.: Rowman and Allanheld. chap. 1983. 11.
- [11]Elizabeth D. Harvey and kathleen Okruhlik edited, Wom en and Reason. the University of Michigan Press. 1992.

(责任编辑 袁 瑛)