

理性看待科学的数学化

白欣,李长青

首都师范大学物理系,北京 100048

纵观科学发展史,可以看出科学发展的过程往往伴随着科学的数学化过程。数学化对自然科学发展有着不可磨灭的作用,对社会科学的发展也具有重要影响。科学的数学化问题,也引起了数学界、科学界、哲学界、社会科学界的广泛重视。科学数学化问题涉及到自然科学、社会科学、人文科学、哲学、数学及其间相互关系的再认识,对这个问题的研究,有助于增加对人类科学知识体系的总体把握,也有助于揭示自然界与人类社会发展的共同规律,而对共同性的认识也是对差异性认识的前提和条件。但在强调科学的数学化的作用和趋势时,应注意考虑是否一切科学都能数学化?对这一点,学界目前尚未形成统一认识,缺乏对科学数学化的判定依据,本文对此做一初步探讨。

1 什么是科学的数学化?

科学是关于自然、社会和思维的知识体系,一般可分为自然科学、社会科学和人文科学。科学的任务是揭示事物发展的客观规律,探求客观真理,作为人们改造世界的指南。数学是研究现实世界的空间形式和数量关系的科学,具有抽象性、精确性、广泛性等特点。“所谓科学的数学化,主要是指各门科学日益把数学和数学方法作为本门学科研究事物和现象的量,深刻认识和把握事物现象的质的重要工具和表达方式。”^[1]其含义包括两个方面:① 数学作为工具应用于其他自然科学及某些社会科学;② 仿照数学的逻辑思维方法,建立一整套科学的公理化体系^[2]。数学的应用是科学发展所必需的,是科学进一步公理化的基础。历史证明,数学的应用与公理化的方法对科学的发展具有重大意义。

数学中的逻辑推理方法本身也有同样的产生过程。且重要的不仅仅是可重复性本身,而是现实关系所客观具有且反映在算术的基本概念和逻辑推论的法则中的稳定性和明确性^[3]。可见,科学数学化的目的是使科学具有数学的确定性。

科学的数学化发展过程要经历 4 个阶段:① 数据和资料的收集、分析和解释;② 科学原理和经验定律的定量表述;③ 数学模型的建立、研究和证实;④ 利用数学模型获得科学见解^[4]。这 4 个阶段中,只有突破了第 3 个阶段才可以说实现了科学的数学化,所以科学数学化的标志是数学模型的建立。而数学模型是指对于现实世界的一个特定对象,为了一个特定目的,根据特有的内在规律,做出一些必要的简化假设,运用适当的数学工具,得到的一个数学结构。所以判断科学能否数学化时,应注意 2 个关键性问题:① 科学建立数学模型的关键要有一个“特定的目的”,即科学本身需要数学化,科学需要数学的确定性与逻辑性说明问题;② 根据科学本身“特有的内在规律”,能否仿照数学的逻辑思维方法,建立一整套公理化体系。具备这 2 个特点的科学才能实现数学化。

2 自然科学与社会科学的数学化

数学向自然科学的渗透,可以说从古代就开始了,这从古代

天文学只有借助数学才能发展即可见一斑。自然科学真正的数学化,起始于伽利略时代。在伽利略看来,上帝把这种严格的数学必然性赋予了大自然,宇宙这本书是“用数学语言写出的”^[5]。为了把落体的加速度问题变成可研究的问题,伽利略首先将关于距离与时间的概念给予确切的数学形式。伽利略在数学的动力学方面迈出了最初的、也是最难的一步。17 世纪由于笛卡尔、伽利略改变了科学中的方法论,使得科学得到史无前例的力量,把科学和数学紧紧地结合起来。伽利略以后,物理学的数学化加快了步伐。从牛顿力学到麦克斯韦的电磁场理论,再到 20 世纪的相对论和量子力学,物理学与数学越来越密不可分。

化学在近代也开始广泛运用数学方法,拉瓦锡的氧化学说、道尔顿的原子论、阿佛加德罗的分子说等,都推动了化学定量化、理论化发展。20 世纪以来,量子力学开始溶入化学,由此产生了量子力学、结构化学、计算化学等新的分支,现代化学已达到高度的数学化。

1857 年,孟德尔进行了生物遗传实验,生物学开始了应用数学的历程。随着分子生物学、细胞生物学、神经生物学的兴起和发展,生物学已成为高度精确化的科学。

近代科学的起源有 2 个重要的切入点:① 对“变化率”的研究,即常量数学与变量数学的研究;② 对统计问题的分析。在这 2 个切入点的基础上,大部分自然科学数学化了,一部分社会科学也在尝试着运用数学工具来说明问题。

关于经济学的数学化,法国经济学家古诺的《财富理论数学原理的研究》(1838)一书开始用数学来表达某些经济规律,被认为是“数理经济学”的开端。1944 年,著名数学家冯·诺依曼与经济学家合著的《对策论和经济行为》出版,该书把对策论引入经济学研究中,使得经济学数学化的程度进一步提高,经济学也越来越离不开数学分析了。随着数学与语言学的日益结合,数理语言学应运而生,它以数理逻辑、集合论和统计数学等为工具,重在为机器翻译和通讯技术设备提供有关语言结构的精确资料。历史学研究也开始尝试运用数学方法,历史学家杰弗时·巴勒克拉夫认为:“就方法论而言,当代史学的突出特征可以毫不夸张地说是‘计量史学’。”^[6]计量历史学运用数学方法和以计算机为工具,对历史现象进行研究,试图揭示定性分析所不能描述的历史规律^[7]。

除了经济学、语言学、历史学外,其它社会科学也不同程度地开始了数学化的过程,产生了诸如定量社会学、文献计量学、情报计量学等学科。可见,社会科学研究中运用数学方法的范围也在不断的扩大^[8]。

可以看到数学化的思想正在越来越深入地影响着自然科学与社会,数学化的强大力量使我们感觉到似乎科学的数学化进程是不阻挡的。科学的数学化是万能的吗?一切科学都可以实现数学化吗?回答这一问题首先应对科学的数学化的功能及必要性有一个清醒的认识。

3 数学化是不是科学的灵丹妙药?

17、18世纪以来,由于物理学的成功,深刻地影响了人们的生活。现代生活水平的整体改变,主要是由物理学所带来的。这激发人们思考:物理学为什么能成功?原因是物理学数学化了。数学能用确定的语言来描述不理解的东西,更精确、定量地说明事物的原理,更精确地科学预见。于是人们认为科学的确立、科学的精确性与物理学相仿。而科学的数学化与机械论的自然观、哲学观由此相伴而生。17、18世纪,科学领域中只有力学、数学达到了较高的发展水平,17世纪机械论代表者笛卡尔明确宣称:“科学的本质是数学。”^[9]笛卡尔相信科学服从于不变的数学定律,而且由于延展和运动都可用数学表达,所以一切现象都可以用数学来描写。由科学直接激发的数学的活力就变得占支配地位了。

然而科学数学化的发展方式并不是万能的,必须控制在一定范围内。如果涉及到人的信仰、价值观念、道德判断等一系列极为复杂的人为因素时,就无法采用伽利略的数学化方式来研究。否则人类生活中富有声、色、香,充满了喜、乐、爱、美的现实世界将变成一个冷、硬、无色、无声的沉闷世界,一个量的世界,一个可用数学计算的运动着的单调世界;这实际上等于把人赶出了他们生活的舞台。这显然是不科学的。日本学者小山庆太指出:即使在物理学中,也并非什么都可以转化为数学语言,即使可以转化为数学语言,也不一定具有可解性,以人类社会为研究对象的社会科学受到的制约就更大。

作为数学化程度最高的物理学尚且如此,更不要谈社会科学了。一方面,社会科学更看重思想性,在现代理论中思想是没有办法量化的,而且思想也是不需要量化;另一方面,社会科学与哲学的现象比较复杂,多有定性信息,较少定量的信息,而且随机因素多,条件又经常改变,因此,它们需要的数学工具更多,需要建立的数学模型更加复杂,碰到的是更大量的数据,数学化的困难更大,不准确性也愈加明显。

而且经济学、历史学的数学化也存在一些弊端。大量的经济问题更容易用统计的、经济的、历史的和其他方法解决^[10]。西方学者对经济学数学化反思后认为,数学在经济学中的应用仍然存在着由其自身条件所决定的一些局限性,因此不能过分迷信数学在经济学中的作用^[11]。对历史学的数学化,也存在着一些矛盾:①历史学研究中根本的问题是如何找到准确的历史资料,历史资料的来源往往是前后矛盾的,计算的结果必然是不可靠的;②要使计量分析的成果有说服力,必须引用大量数据,而历史数据总是有限的,计量史学的多数计算结果并不能产生令人很信服的结论^[12]。再如,文学、艺术是以人的情感和想象为特征的,其自身并无数学化的要求,更希望创新而不是要求更高的精度。

可见,许多科学(主要是社会科学)是不“需要”数学化的,这些科学的内在原因或自身的特点使其并不以追求确定性、逻辑性为目的,或者数学给予的确定性并不能说明一切问题。这说明要把各种复杂的社会现象都进行准确的定量描述既无可能,也无必要,各种定性分析方法迄今仍是社会科学研究必须采用的有效方法。人之所以为人的特性就在于其本性的丰富性、微妙性、多样性和多面性。因此,数学绝不可能成为一个真正的人的学说,因为数学的首要 and 最高的法则就是无矛盾性,它所能把握的仅仅是那些摆脱了矛盾的对象,只是那些具有始终如一的本性和真理性的对象,而人类生存的基本要素是矛盾,人根本没有单一的或同质的本性。自然科学的方法强调的是同质的连续性,而文化科学的方法强调的是异质的间断性。

这说明任何抽象概念,包括关于数的概念,由于它本身特有

的抽象性,所以在其意义上是有局限的:①在应用到任一具体对象时,它只反映了对象的一个方面,因此只能给出关于对象的很不全面的观念。例如,常有这样的情况:有了一些数据但是关于事情的本质却说明得很少;②不能没有任何条件地到处应用抽象概念,不能把算术运用到任一具体问题,而不判断在这里运用算术是否有意义^[3]。比如,说到加法时,只是想象地把对象联合起来,而这些对象本身当然什么事情也没有发生。但是如果把加法运用于对象的实际联合,可能使算术加法根本不适用。例如,物体迭放在一堆可能要折坏;野兽放在一起可能会有这个把那个吃掉的情况;“加在一起的”物质可能发生化学反应。可见真理是很具体的,而数学是抽象的。

因此,科学数学化的前提是这门科学是否需要数学化——是否需要数学的确定性,用数学的语言表示结果。科学数学化的过程具有“要”与“不要”的差别,即一门科学如果希望搞清科学本身是什么的时候,才希望这门科学数学化,这门科学才有了数学化的前提。在探讨科学数学化的问题时,应关注科学数学化的局限性。

4 结论

讨论科学数学化的局限性时,除讨论数学的局限性外,在判断科学能否数学化问题时,应注意2个关键性问题:①科学建立数学模型的关键要有一个“特定的目的”,即科学本身需要数学化,科学需要数学的确定性与逻辑性说明问题;②要根据科学本身“特有的内在规律”,能否仿照数学的逻辑思维方法,建立一整套公理化体系。具备这2个特点的科学才能够实现数学化。

在探讨科学数学化的问题时,应更为关注科学数学化的局限性而不是广泛性。这样可以避免陷入新的机械观,能够更清晰的认识科学的数学化问题。科学中数学化趋势的增长促使数学本身走向繁荣,对科学本身来说,同样可以更清楚的认识学科的发展方向,使科学与数学都得到发展。

注:本文系国家自然科学基金资助项目(11002094)的成果之一。

参考文献

- [1] 何钟秀 主编. 科学学纲要[M]. 天津: 天津科学出版社, 1981: 153.
- [2] 沈文建. 科学中的数学化[J]. 湘潭大学学报: 社会科学版, 1985(4): 5.
- [3] 亚历山大洛夫, 等. 数学, 它的内容、方法和意义[M]. 第1卷. 北京: 科学出版社, 1984: 16-17.
- [4] Maynard Thompson. 科学中的数学化[J]. 自然杂志, 1983(6): 415-417.
- [5] 丹皮尔. 科学史[M]. 上册. 北京: 商务印书馆, 1997: 199.
- [6] 杰弗里·巴勒克拉夫. 当代史学理论主要趋势 [M]. 上海: 上海译文出版社, 1987: 131.
- [7] 胡凯, 曹定华. 数学方法在史学研究中的地位[J]. 自然信息, 1988(5-6): 50-53.
- [8] 黄泰安. 论 20 世纪社会科学发展的数学化趋势[J]. 陕西师范大学学报: 哲学社会科学版, 1997(1): 82-88.
- [9] 克莱因. 古今数学思想 [M]. 第 2 卷. 上海: 上海科学技术出版社, 1979: 28.
- [10] 沙玉英. 关于经济学数学化的思考 [J]. 技术经济与管理研究, 2000(3): 79-80.
- [11] 傅莲. 西方学者关于经济学数学化现象的若干反思[J]. 经济学动态, 1997(12): 65.
- [12] 葛懋春 主编. 历史科学概论[M]. 济南: 山东教育出版社, 1983: 466.

(责任编辑 陈广仁)