

可拓数学的形成与发展机制

陈 俊

广东工业大学物元分析研究所, 广州, 510090; 济南陆军学院, 济南, 250029

摘要 可拓数学是可拓学的定量化工具. 本文从哲学基础和学科自身发展与完善的内在因素等角度分析了可拓数学产生与发展的机制, 结果表明可拓数学是数学方法处理不相容问题的必然产物.

关键词 可拓数学; 可拓数; 可转换性

中图分类号 014

著名科学史学家 R. K. 默顿在《科学兴趣的中心转移》一文中指出: “科学兴趣的中心问题是各类科学自身发展的结果, ...科学家们的研究课题和方向受当时社会结构中的价值观和兴趣的影响, 如果科学家不能决定科学兴趣的转移, 那么该项科学内容就会受到科学外部的影响.” 这些对科学发展的精辟分析, 恰好言中可拓数学形成与发展机制. 象任何类型的科学一样, 可拓数学的形成与发展不能不具有其基础, 也不可避免地具有自身发展和完善的内在机制.

1 可拓数学形成与发展的哲学基础

可拓数学与其他科学一样, 其任务在于研究客观事物, 探求客观世界的发展规律. 为人们认识世界、改造世界提供有效而方便的工具. 客观世界的各种事物处在相互联系、相互依存之中, 使得客观世界变得纷繁复杂. 同时, 各种事物又处在不断运动、不断变化之中, 使得客观世界变得奇变莫测. 客观世界的复杂性主要表现在物质的运动形式的多样性. 大千世界, 物质的运动形式多种多样, 现代科学将物质的运动形式归纳为以下 7 类: 机械运动、电磁运动、热运动、化学运动、原子运动、生命运动和思维运动. 在这 7 类运动中, 前 5 类运动形式基本上是在无生命意义的、纯客体的范畴内进行的; 它们对物质基本要素(质量、能量、信息)的依赖关系主要依附于质量和能量, 对信息量涉及极少; 运动的转化表现为质量变化、能量增减、质量转换, 等等. 因此, 这 5 类运动形式表现为低层次简单运动. 后 2 类运动是在有生命意义、带有主体特征的范畴里进行, 它们对物质基本要素的依赖关系主要依附于信息, 而物质和能量只是信息的载体; 其运动的转化主要是信息的传递与更新, 因此, 这 2 类运动形式表现为高层次的复杂运动.

综上所述, 列于表 1.

人们对低层次的简单运动形式研究较早, 运用经典数学就可以建立其数学模型, 可是, 对高层次复杂运动形式的研究起步较晚. 尽管 19 世纪数学已进入一个空前繁荣时期, 无论其深度还是广度都得到很大发展, 但是, 对复杂生命运动等的研究还无突破, 因此, 恩格斯在其《自然辩证法》中指出, 到 19 世纪末, 数学在生物学中的应用等于零^[1]. 究其原因是多方面的, 数学为这种研究所提供的工具是不力的, 也就是说, 复杂的物质运动形式在经典数学中是很难建立其数学模型, 客观需要就提出了要进一步发展经典数学. 1965 年 Zadeh 教授创立了模糊数学, 将经典数学推进了一步, 也为研究复杂运动形式开辟了新的途径, 但离不相容问题的解决还有距离, 这

就需要数学的再前进, 在理论上、方法上有所突破, 建立新体系, 提供新工具, 因此不相容问题的数学描述与处理推动数学向可拓数学前进.

表 1 物质运动形式表

运动形式	运动的范畴	对物质基本要素的依附	运动的转化内容	运动的层次
机械运动 电磁运动 热运动 化学运动 原子运动	在无生命的 纯客体范畴内	主要是质量和能量, 涉及信息量极少	质量变化 能量增减 质能互换 能量转换	低层次简单运动
生命运动 思维运动	在有生命意义、 带有主体特征 的范围内	主要是信息, 物质与能量 只是作为信息的载体	主要是信息的 传递与更新	高层次复杂运动

运动形式的多样化体现物质的动态特征. 运动形式的多样性及各种运动形式的相互转化必然使物质的基本量(质量、能量、信息) 处于确定与非确定的矛盾之中, 体现在客观事物的关系上就是四性: 确定性、随机性、模糊性和可转化性. 后 3 类构成了客观事物的不确定性, 每一类各表现为形式逻辑 3 大定律的某种亏缺.

事物的随机性——或此或彼

它是同一律亏缺造成的; 它的对立面是必定性; 随机性只涉及事物的数量, 不涉及事物的质量(包括能量和信息).

事物的模糊性——亦此亦彼

它是排中律亏缺造成的; 它的对立面是精确性; 模糊性只涉及事物的数量, 也涉及事物的质量(包括能量和信息).

事物的可转化性——彼此互变

它是矛盾律亏缺造成的; 它的对立面是稳定性; 可转化性涉及事物的质量(包括能量和信息), 有时信息起着决定性的作用.

从层次上来讲, 物质基本量的这 3 种不确定性中, 可转化性高于模糊性, 模糊性高于随机性. 可转化性是高级形态的不确定性, 它比随机性、模糊性更具有一般和普遍的意义.

在多种形式的运动中, 随机性、模糊性、可转化性这 3 种不确定性同时存在. 比较而言, 随机性在简单运动中表现更为突出, 模糊性和可转化性在复杂运动中占据主要地位. 在复杂的大系统中, 量值所具有的明显的不确定性主要表现在模糊性和可转化性特征上. 模糊数学的建立, 为人们研究事物的模糊性提供了有力工具, 这时人们理所当然地要发生研究“ 兴趣的中心转移问题”, 进而把注意力投向事物可转化性的数学描述和处理, 可拓论以事物可转化性的规律为研究对象, 而可拓数学作为其有力的数学工具, 其研究内容将十分丰富. 事物的可转化性的数学描述和处理推动数学向可拓数学前进.

客观世界中除了运动的复杂性, 事物的可转化性外, 在对客观事物的认识分类过程中, 不难发现, 所见事物的类, 多数情况是没有清楚地规定出能够判定作为对象的事物是否属于该类的准则. 这种没有确切地定义的“ 类” 是与人类的思维有关的, 尤其在人工智能、模糊识别、信息处

理方面是起重要作用的概念,这一概念由 1965 年 Zadeh 教授创立的模糊数学得以解决。

深入研究发现,事物的类除了这种不分明状态外,还有一类重要性质,例如,当人们将物质分为导体和绝缘体两大类时,对诸如锗、硅、砷等物质,它们既导电又不导电,同时具有导体和绝缘体的性质;又如亚金属,它既具有金属的性质又具有非金属的性质,等等。类似这种临界事物在客观世界中很多,这说明客观事物的分类中除了模糊性之外,还有分类中类间的临界事物的存在性。传统数学没有涉及这点,从而引起了在传统数学中难以解决的“罗素悖论”^[2]。而临界事物在人类生活中对社会进步、科学发展都有着密切关系,人们不能不对它进行研究,它的解决在传统数学体系中难以达到,这需要扩展数学体系,因此,临界事物的存在性的数学描述和处理推动数学向可拓数学前进。

2 可拓数学形成与发展的内在力量

可拓数学的形成与发展有其内在的根据。诺贝尔奖金获得者赫伯特·西蒙在研究新兴学科时指出:“最终产生的新兴学科来自科学的需求和机会,而不是人为的……。”同样,可拓数学亦有自身的形成机制和发展模式。

2.1 可拓数学的形成与发展是数学体系发展的需要

数学经过漫长的发展过程,到 19 世纪末变量数学时期进入结束阶段,而跨进了现代数学开始发展的新时期。在现代数学发展时期,数学家提出了许多新的理论,创立了许多影响巨大的分支,使它在数学史上是一个具有特色的时代,在此时代,数学取得前所未有的飞速发展,一个崭新的数学体系建立了。

事物总是在不断进步,不断发展的,揭示客观事物相互联系及运动规律的科学也在不断进步,不断完善,数学也不例外。从数学本身发展规律来看,其发展与社会实践是密切相连的,这点主要表现在:一是社会实践从以下 3 个方面影响着数学的发展:社会实践向数学提出新的问题;刺激数学向这个或那个方向发展;提供检验数学结论真理性的唯一标准。二是社会条件直接影响数学的发展。

当前科学发展的趋势是各门科学的“数学化”,也就是数学同各门科学的相互渗透。自然科学、技术科学与数学的渗透是众所周知的,研究社会现象、解决社会问题的社会科学也正在与数学紧密结合,社会科学的数学化向数学研究提出了新的任务,要求大大扩充现在应用的数学工具,尤其要建立和发展为解决复杂社会问题所需要的各种数学分支。这在经典的数学体系中是无法实现的,而必须对现有体系进行改造、扩展。

时代进入 20 世纪后半叶,由于科学技术的高度发展,使社会发展对人类真正成为“一个大社会”,要求社会和自然更加综合化、系统化,社会和自然要和谐地共同发展,社会实践活动所面临的问题是复杂的大系统,这样,实践向数学提出了新的研究任务,要求不仅要研究事物的确定性,还要研究事物的不确定性,不仅要研究事物的简单运动形式,还要研究复杂的运动形式。经典数学体系只在一定的范围内才显示其完美性,当超出事物的确定性,该体系的完美性就不复存在。社会实践的要求就要突破原有的数学体系,使研究不确定性的模糊性成为可能,实践并没有就此满足,还要求进而研究事物的可转化性,这就要把数学进而推进到可拓数学,建立研究事物可转化性的数学工具,把数学体系推进到一个新的完美阶段。

社会条件对数学发展的影响,综观数学的发展史就很清楚了。当前我国对外改革开放,对内开拓进取,既给可拓数学的形成与发展提供了良好的环境,同时也提出了许多新的研究课题,为

可拓数学的形成与发展提供了营养,注入了活力。

2.2 可拓数学的形成与发展是数学研究对象发展的需要

数学是以现实世界的空间形式和数量关系作为自己的研究对象,在实施研究时将具体内容抛开了,而只在纯粹形态上对这些形态和关系进行研究,即进行了数学的抽象。例如在研究事物的数量关系时,暂时撇开事物的实际内容,仅仅从抽象的数去进行研究。如在简单的计算中, $5+3$ 既可以理解为5架飞机加3架飞机,也可以理解为5家公司加3家公司。在数学里撇开飞机、公司,而只是研究 $5+3$ 的运算规律,掌握了这些规律,那就不论是飞机、公司,还是工程项目或其它,都可按此规律进行计算;乘、除等运算也都是研究抽象的数,而抛开了具体的内容。另外,数学中的许多概念也都是从现实世界中抽象出来的。如几何中的“直线”这一概念,并不是指现实世界中的拉紧的线,而是将现实中线的质量、弹性、粗细等性质都抛开了,只留下了“向两方无限延伸”这一属性,但是,现实世界中是没有向两方无限延伸的线。此外,数学方法本身也是抽象的。物理学家为了证明自己的理论总是通过实验的方法,而数学家证明一个完整的定理却不能“实验”的方法,必须用推理和计算。

数学在研究问题时抛开了具体内容而研究抽象的数与形,但是,离开内容的形式和关系是不存在的,数学的形式和关系不能绝对地同内容无关。因此,数学按它的本质企图实现这种割裂是企图实现一种不可能的事情,这就是在数学本质中的根本矛盾。这种矛盾是认识的普遍矛盾在数学方面的特殊表现。一般来说,数学反映和研究的客观事物、现象,都是将这些事物、现象粗糙化、简单化了,把它从自然界的普遍联系中割裂开了,然后运用自己的一套公理体系系统进行演绎推理,从而找出其中的规律来。随着社会的发展,科学的进步,人们认为数学过分强调数学的公理演绎的特征是一个危机。因此,纯数学与实际应用不幸脱节的局面必须经历一个批判性的修正阶段,而进入两者紧密结合的新时代。现代数学与数学自身的发展要求实行一次大的改变,要求对其研究对象进行改造,可拓论在再次建立纯数学与应用科学的有机结合方面进行一种尝试,它朝着科学的统一化与综合化的方向,沿着自然科学与社会科学相结合的道路努力,而它的工具可拓数学试图解决数学本质中的根本矛盾,把研究对象从事物的数量关系与空间形式扩展到事物的质、特征和量值,把数学命题与所考察事物的具体意义更加紧密地联系起来研究,把单纯的数与质结合起业研究,从某种意义上来说,可拓数学把数学的研究对象数和形推到一个高层次来研究。所以,可拓数学的形成与发展是数学研究对象发展的需要^[2,3]。

2.3 可拓数学的形成与发展是数学研究方法发展的需要

进展快,分工细,交缘广,结合多,相互渗透,相互借鉴,密切联系,协同发展,不受传统分科束缚,在新的实践和理论的基础上不断产生新的分支和新的联系,从初步的本质认识不断发展到更深的本质认识,这就是现代科学发展的特点。

在学科日益加速发展与分化的情况下,跨学科的横断性基础研究与综合性研究就显得非常重要。我们且不谈其它学科,就看数学本身也在实现不同领域间的对立统一(吴学谋,泛系分析与科学方法论,内部资料,1981)。

历史上,欧氏几何统一了它以前的研究,笛卡尔沟通了代数和几何学。数理逻辑与集合论也可看成是从特有角度对数学进行统一研究的尝试。1872年克莱因在爱尔郎根提纲中曾提出用群的观点来统一当时杂乱的几何。1930年毕尔霍夫建立格论,对射影几何、点集论都有应用,当时是一种对代数的统一。1938年,布尔巴基的数学原本开始出版,企图从数学公理结构出发以非常抽象的方式叙述全部现代数学,他们就是用结构这一中心概念来统一数学,依研究结构的

异同来划分数学专题. 1948 年, 爱伦伯克和麦克伦的范畴论则是企图把数学的基础建立在范畴与函子的基础上. 另外, 代数模论、泛函分析以及现代数学的拓扑化倾向等都体现了数学的某些统一趋势.

数学除了自身的统一、综合外, 还在实行跨学科的综合研究. 自运筹学诞生以后, 1946 年出现了电子计算机, 1948 年出现了维纳的控制论, 申农提出了通信的数学理论, 50 年代以来, 霍夫曼和霍尔等人研究组合数学取得很大进展, 并且广泛应用于实验设计、规划理论、网络理论、信息编码等, 1954 年出现了工程控制论, 1956 年杜邦公司采用了一种安排计划和组织生产的数学方法——统筹方法, 1957 年庞特里雅金发现最优控制的变分原理, 贝尔曼创立了动态规划理论, 1960 年出现了卡尔门滤波和可控性概念, 进一步发展了随机过程在制导系统中的应用, 1968 年出现了范围很广的系统科学.

现在传统的学科界线不断被打破, 学科与理论在分与合的对立统一发展中, 学科间既有分工细的倾向, 又存在越来越密切的联系, 并且越发展越趋向于综合. 用一种或几种学科的方法研究另一种学科的研究对象是当前学科发展最有前途的方向.

数学是辩证的辅助工具和表现方式, 数学从形式与量的分析这个侧面, 从辅助工具与表现方式这个角度是跨学科的, 而且从根本上数学就是与方法论相联的. 联合国教科文组织调查分析当代科学研究工作时指出其特点: 一是各门学科的数学化; 二是生物学研究的突飞猛进. 后一特点也离不开学科的数学化. 因此, 数学化是当代科学研究的特点, 也是抵挡不住的潮流. 另外, 学科间交流的活跃, 不同领域材料的综合整理, 这一切向科学提出了许多本质上的新问题, 也刺激了数学与科学方法论对新的基础、新的形式的研究. 而可拓数学顺应了这一需要, 实行了定性与定量相结合, 自然科学与社会科学的交融, 是对科学方法论的发展.

历史和现实都表明, 数学已进入一个崭新的时代. 在这个时代, 许多老学科将得到进一步的发展, 新学科将层出不穷地涌现, 可拓数学是这数学花园中的一株新苗, 它的出现是客观的需要, 是历史的必然, 并有着强大的生命力, 它将作为一砖一瓦为数学大厦的建立尽职尽责, 使数学这一古老科学焕发新的青春, 把数学为人类的服务提高到一个新的水平, 把数学的作用推进到一个新境界.

参 考 文 献

- 1 陈俊. 可拓数学与科学方法论. 济南陆军学院学报, 1997, (1): 18~ 19
- 2 蔡文. 物远模型及其应用. 北京: 科技文献出版社, 1994. 4, 125
- 3 He Bin, Chen Jun. Research outline on Extension Mathematics. ACM SIGICE Bulletin, 1997, 22(3): 10~ 16

(下转第 95 页)

Go in Knowledge Economy and Carry out Knowledge Management

Liu Qiang Huang Yipeng Chen Tianhuan

Office of Scientific Research Administration GDUT, Guangzhou, 510090

Abstract With the coming of knowledge economy, the future of human beings and prosperity of society are all more dependent on the scientific knowledge's originality, spread and application than ever before. The article particularly describes the specificity and contents of knowledge economy, and put emphasis on the importance of knowledge management in knowledge economy.

Key words knowledge economy; originality; knowledge management

(责任编辑: 利 民)

(上接第 86 页)

Research on Development of Extension Mathematics

Chen Jun

Research Institute of MEA GDUT, Guangzhou, 510090; Jinan Army Institute, Jinan, 250029

Abstract Extension mathematics is the quantitative tool of Extenics. From the philosophy view and inherent development factors of a new science, the development mechanism of extension mathematics is introduced in this paper, which shows that extension mathematics is a natural outcome of advances in mathematics for dealing with non-compatible problems.

Key words extension mathematics; Extenics; transformability

(责任编辑: 利 民)