

在数学的边缘

——关于数学学科的信息与计算科学专业

黄力民, 何建军

(中国计量学院 数学系, 浙江 杭州 310018)

[摘要] 现有信息与计算科学专业的设置定位存在诸多问题, 实际办学亦有困难。本科数学学科下除数学专业之外的专业应当是怎样的? 为了走出信息与计算科学专业的困境, 一个合理的方案是改为设置更加宽泛、立足数学在其他领域应用的数学应用专业。

[关键词] 数学学科的专业设置; 数学应用专业; 信息与计算科学专业

[中图分类号] O1; G642

[文献标识码] A

[文章编号] 1005-2909(2006)01-0036-05

教育部数学与统计学教学指导委员会数学类教学指导分委员会《关于信息与计算科学专业办学现状与专业建设相关问题的调查报告》中指出信息与计算科学专业的定位是:“信息与计算科学专业是数学学科下的一个理科专业, 应该主要研究信息技术的核心基础与运用现代计算工具高效求解科学与工程问题的数学理论与方法……或更简明地说, 研究定向于信息技术、计算技术的数学基础。^[1]”据调查报告列举的统计数字, 截至2002年7月全国有301所学校设置信息与计算科学专业, 2001年招生22719人, 在校学生47709人。从那以来, 信息与计算科学专业的设置面与培养规模在继续扩大, 而报告认为专业办学现状中的问题如吃不准专业内涵、教学不规范、各学校差别大、质量难以保证、专业师资缺乏、专业教材缺乏却少有改观。

对于信息与计算科学专业办学过程中面临的种种问题, 还需各方继续努力求得解决, 看来也很有必要从专业设置的源头进行探讨。

一、信息与计算科学专业定位的困难

在1998年前的普通高等学校专业目录中, 数学学科之下的专业是数学、应用数学、计算数学、概率论与数理统计、运筹学与控制论。尽管数学界关于

纯粹数学与应用数学的关系、分野从未有过一致的看法, 但这5个专业确实被当作数学的分支, 是真正的数学专业。不能得知研究制定1998年专业目录的专家之初衷是什么, 但调查报告对现行专业目录信息与计算科学专业的界定显然不像是数学学科的分支, 比方我们也可以说航空航天技术的数学基础、核技术的数学基础、机械工程的数学基础等等。当然, 信息技术、计算技术可能是更重要的技术, 信息技术、计算技术可能需要更多一点的数学基础。

如何区别信息与计算科学专业与信息技术、计算技术类专业本身? 调查报告指出:“多个学校的信息与计算科学专业不在数学系(例如在电讯工程、计算机、生命科学学院)。^[1]”然而这种情况目前还是存在, 而且绝不是个别的。何况调查报告并未说明质疑这种做法的理由是什么, 因而是否应当被质疑也没有肯定的答案。设想一下, 某学校信息工程学院既有实践性很强的信息工程专业, 又有偏重其数学基础的信息与计算科学专业, 不见得就很不妥。

宽泛的专业内涵势必要求信息与计算科学专业容纳更多的课程, 增大设计教学计划的难度, 其严重后果不言自明。

当今社会已形成计算机的文化环境, 一切经济科技活动、公共事务与日常生活均有计算机的影响。

* [收稿日期] 2006-02-24

[作者简介] 黄力民(1945-), 男, 湖南湘乡人, 中国计量学院教授, 从事数学研究。

在计算机影响下的教育环境中,数学学习活动发生了很多的变化,这是一个值得研究的课题。需要指出的是计算机的强大影响也有负面的,它对于严谨的数学知识体系的颠覆与解构、对于主要体现于抽象思维与逻辑推理能力的数学素养的离心反叛,都是不可忽视的——当学生体会到使用 MATLAB 求解定积分、常微分方程初值问题是如此轻而易举,他学习理论数学的积极性会大受打击。有专家早已注意到这种情况——用计算机可以做出关于三角形的许多结果,但是“这年头,你能找到一个居然知道什么是(三角形)中线的孩子,那就很幸运了”^[2]。

高等学校的专业虽然不是职业,但不可否认它蕴含着职业指向,信息与计算科学专业的职业指向可能是极不明确的。一个专业的社会知名度与认同度绝不是可以轻视的问题,至少招生与就业就直接受其影响。当今我国社会尚未建立普遍的职业准入制度(例如建筑学、法学、教育学专业的毕业生不能直接从事建筑师、律师、教师职业而必须再接受短期的职业训练,这是发达国家常见的做法),大学本科教育基本是专才教育,这一定位决定了对一个本科专业的诠释必须包含职业性质的成分。在社会就业比例大体不变而接受高等教育人群的比例增大的情况,高等教育专业的职业内涵应当更加明确。信息与计算科学专业的难堪之处还在于:对于信息与计算技术产业而言,它不需要直接研究信息技术、计算技术的数学基础,因为有人专门研究;对于数学界而言,又不能限定只研究信息技术、计算技术的数学基础而不研究其他知识领域的数学基础。

近年来有大量不具有或很少具有数学学习兴趣的学生进入数学系学习。在中学教育的状况没有较大改变的情况下,中学生中对数学学习有兴趣的比例大体不变(计算机显然也影响了学生的数学学习兴趣的提升)。随着进入大学学习的人数比例的提高,当然进入数学系学习的也相应增加,则其中对数学学习有兴趣的比例必然下降。这是不可忽视的严重事实,各学校在教学实践中早已深有体会,教师、学生的痛苦自不待言。调查报告指出“有个别学校以高等数学代替数学分析”。学生数学基础差、学习兴趣低,显然是办学当局以高等数学代替数学分析的主要原因,或者说是现实、无奈的选择吧。退一步

说,如果界定信息与计算科学专业不是真正的数学类专业,则以高等数学代替数学分析亦无大错。

二、在抽象性与应用性之间

大学数学系担负培养专门数学工作者的任务,数学与应用数学专业即是。但即便如此,该专业学生的未来去向仍包括了非数学的方面。

数学系培养的另一类人才,现在被列入信息与计算科学专业,它比数学专业必然要少一些数学,既要有数学的基本特点,还要能从数学角度考察与解决实际问题,因此要有较宽的数学知识面(甚至高于数学专业)。数学以外的知识,按“教指委”意见就是信息技术、计算技术或信息技术的核心基础与运用现代计算工具高效求解科学与工程问题。必须面对的难题是——信息与计算科学专业在多大程度上具有数学的特质?它应当包含多少数学的内容?它必须留足数学之外的空间以容纳哪些课程?

数学的现状“一方面是其内在的统一性,另一方面是外界应用的更高的自觉性”,数学的两种趋势是“从外部寻求新问题和在内部追求统一”^[3]。然而抽象性与应用性哪一个更重要?这一视点使纯粹数学与应用数学之争难分难解,数学教育的定位也与此密切相关。20世纪数学界的一大事项是认同于数学是人类的理性产物,如爱因斯坦所言数学“是人类思维独立于经验之外的产物”。抽象性特征的凸显正是数学进步与数学知识体系臻于完善的表现,因此抽象性对于数学专业的学生尤其重要。大学数学专业教育体现于此,不仅反映在数学内容中的严密逻辑推理,也包括构建数学概念与理论过程的抽象化。从教育学原理的角度看,抽象性比应用性更难于为学生接受,特别是应用性早在初等教育阶段即已深深植入学生头脑,而抽象性常常体现为更多更难、可能有违于常理的理论。迪厄多内(Jean Dieudonné)对数学的这一特点有精彩论述:“一方面……大部分科学即使今天仍然很少需要超过‘经典’数学范围的任何东西;另一方面,在数学的演进中发生了真正的突变,与‘经典’数学对象——数和形——相当不同的新的‘数学对象’创造了出来。与‘经典对象’相比,这些对象具有严格得多的抽象性(它们在任何方面都得不到看得见的‘形象’的支持)。”^[4]

但在数学教育的具体操作方面,数学专家对于纯粹数学与应用数学的看法仍然存有很大的分歧,以下举两个极端的例子。

一本《高等代数》教材称:“高次方程求根的问题还远远没有解决。特别是在应用方面,方程求根是一个重要的问题,这个问题是相当复杂的,它构成了计算数学的一个分支,在这里我们就不讨论了。^[5]”从计算问题难度与规模无止境的角度说,无论计算机功能强大到什么程度,数学与现实总可以提出计算机无法完成的问题。但是在绝大多数常见情形下,应当明确高次方程求根是一个已经解决的问题,例如用 MATLAB 求解一个 1000 次代数方程,不到 30 秒钟即出结果。为了坚守抽象性竟舍不得拿出一句话来提及计算机,该教材对于计算实践的拒绝可说是惊人的。

另一种情况是,一本《数学分析》教材前言所列 4 条编写指导思想竟没有一条论及数学抽象性。相反其第 2 条谈到“加强建立数学模型的思想 and 训练,增加实际应用的内容”倒有说法:“力图使学生……初步具有数学来自实践、用于实践的认识。^[6]”“数学来自实践、用于实践”之说实在大悖于当今数学界对于数学的主流认识!在数学的应用大行其道的时代为什么要强调抽象性?迪厄多内有着精辟的解释:“数学家的任务是求出‘经典’时代传下来的或直接来自物理学中新发现的问题的解。他们发现这有可能办到,但只能通过创造新的对象和新的方法,而这些对象和方法的抽象特征对于它们的成功是必不可少的。^[4]”该《数学分析》教材列有大量应用问题,像“通讯卫星电波覆盖地球面积”^[7],不过是中学数学的计算球冠面积,却勉强地将其附会于多元积分的应用,实属小题大做。为了突出应用,该书涉及了其他课程或分支的许多内容:插值(Lagrange、Hermite);外推法;Newton - Cotes 求积公式;Romberg 数值积分法;Gauss - Legendre 求积公式;数学建模;微分形式;热传导方程;快速 Fourier 变换;经济数学之边际成本与收益、最大利润原理、最优价格;偏微分方程广义解等。如此大面积的延伸与扩展,教学效果会怎样呢?

从求得数学抽象性与应用性的某种均衡的角度出发,可以这样考虑信息与计算科学专业的数学课

程:是否具备较高的数学素养应当主要体现于抽象思维与逻辑推理能力,通过安排经典的、适量的纯粹数学课程来达到此目的,然而与数学专业比较又只能提最基本的要求,设置一道纯粹数学的底线是必要的。其次用大量门类的数学课程构成第二层次,限于教学时数与学生的接受能力,这些课程的教学目的应当明确为“学习、掌握多种数学工具,对数学素养的训练与培育不作要求”,通俗地说就是体现“浅尝辄止”与“不求甚解”。

“教指委”规定的专业基础课有 8 门——数学分析、高等代数、解析几何、计算机概论、程序设计与算法语言、微分方程、物理学、概率统计^[8],可以将其中数学分析、高等代数、微分方程列为数学素养的底线课程(微分方程或可去除)。这 3 门课程若以 420 ~ 450 学时计,约占理论总学时的 1/6,约是工科学生全部数学训练时间的 1.8 倍,用以体现数学类人才的基本特征。数学分析与高等代数课程目前所受到的挑战主要是:整个教学计划须有更大的空间以容纳铺天盖地的数学应用与计算机技术;纯粹数学研究的深入与扩展反衬数学分析与高等代数之陈旧。但是,在纷繁的变局中不变的恰恰是数学分析与高等代数是数学知识的基础与核心。因此,既要坚守数学分析与高等代数的基础与核心作用,又可使用计算机作为辅助学习工具,这可能是较为现实的改革方向。

在内容与范围方面,大凡各种专业知识已用到的数学工具在第二层次课程要尽可能涉及。这种课程与教材的理想状态是:能包含该分支的基本内容、材料较新、篇幅偏少、能通过计算机将数学方法与实际运用直接衔接。例如数值类课程关于算法收敛性、误差分析的内容通常只针对某特定方法才有效且理论上较难学生不易接受,可大量缩减。代之以通过计算实践获得关于改善算法的体验,如参数的配置、步长的选取、算法的替换等。我们不可回避或忽视数学理论在计算实践上的尴尬:试比较计算机能力的升级与新算法的提出哪一个更有效?对于研究理论数学的人而言,对一种现成算法的任何微小改进都是成果,而不考虑在计算机实践中运行速度、内存占用、结果精度等的效果是不是可以察觉的。但计算机能力的一次升级可能使新算法黯然失色。

对计算所需时间的忍耐程度,大多数领域的计算问题可以在分、小时的数量级,至于像拦截导弹之类问题必须将计算时间限制在秒以内,只是很极端的情形。

又如现时常用的微分方程数值解教材的主要问题之一是将其当作数学来研究,Soblev 空间、广义导数之类的概念学生难以接受;有较多的收敛性、误差的理论推导;计算实例(特别是复杂问题)很少。另一问题是不含数学物理方程内容,因学时限制数学物理方程又难于列入教学计划^[9]。可以将数学物理方程中关于典型方程的建立、定解问题提出,方程分类、适定性内容纳入其中,不再开设数学物理方程;缩减理论内容,全部内容压缩到 30 学时(建议学时 72,还不包括数学物理方程^[8])。

对于终身从事数学研究或教学的人,即使在其受教育阶段未学习数学史课程,一般会自觉地了解数学的发展史。那么对于非数学专业,有必要开设简明的数学史课程。

三、与计算机结合——计算机环境下的数学学习

在 1998 年国际数学家大会上,俄籍德国数学家 Yuri I. Manin 说:我确信在未来潜在的数学家圈子里必有一个小圈子,其中人们的思想更适合于编写计算机程序而不是证明定理。在上个世纪他们大概会去证明而如今则不会。我非常怀疑,例如说,Euler 在今天会不愿花大量时间去编软件,因为他曾花了大量时间去力图计算月球位置的时间表;我也相信 Gauss 同样会在屏幕前花大量时间^[10]。

信息与计算科学专业学生当然要学习、掌握计算机(语言、工具、专用软件)的基本技能及算法、编程能力,但目前易于忽视的是怎样在计算机环境下学习数学。这一目标的设置不仅是更好地学习数学,对于计算机能力的学习与运用也具有促进作用。某些数学命题的猜想可用计算机进行先期的数字论证。例如使用 MATLAB 等现成数学软件通过数值或图形验证函数与其 Taylor 多项式的关系、函数与其 Fourier 级数部分和的关系。以往的学习依靠已有知识及个人直觉很谨慎持重地设置命题,现在完全可以放开手脚在更大的范围做数字试验,达到一定的积累程度再进入推导。诚然,具体的个别的数字例

子比逻辑推理要苍白无力得多,但对于随意选取的多个数字例子若都指向同一结论(计算机可以毫不费力地算出结果),则这个命题肯定值得去研究。在相反的情形,若有数字例子显示某猜想不成立,当然就可以简单地否定。即使在前计算机时代,数学家解决问题也极少采用正面进入的方式而通常会采用合情推理一类的非演绎方式,这与数学专著、文献、教材的表述方式大相径庭。在计算机学术环境的影响下这一操作方式将更加卓有成效,当然学生所受训练也应随之改变。

对于可化为有限数学的问题例如组合规划论的指派问题、四色问题、幻方、有限单群分类等,可在计算机上进行穷举搜索或对成百上千种情况进行计算,一方面可直接获得结果,另一方面可对所有可能的情形进行分析以获得关于理论推导的有益启示。

关于模拟技术是否列入数学学科范围尚有争议。数学的思维方式之一是总要在面对无法解决的问题时构建新的数学理论,例如针对事物发生的不确定性而有概率论与统计,针对不能精确求出理论解而有数值方法,针对不能准确判明事物的属性而有模糊数学,针对具体人对不确定问题看法各异而有效用理论等。如此说来,模拟技术也是数学方法之一。模拟过程的特点是要进行超大规模的数值计算,这正是计算机的特长,反之也可以说计算机促进了模拟技术的发展。

四、数学的边缘——不是“数学”的数学类专业

对于数学学科而言,即使考虑到高等学校专业目录即将进一步压缩,也不可能只设一个数学专业。因此,问题就归结为在数学学科下数学专业之外是什么?迪厄多内在谈到纯粹数学与应用数学时指出:“数学的这两部分比起别的学科来有更多的区别……两者实际上是极不相同的思维过程,或许称为‘数学’和‘数学的应用’会更好些……数学家讨论的‘对象’与工程师和物理学家处理的对象根本没有相同的性质^[11]。”

举例说,计算数学中的某些算法很像出自于形象思维:计算 n 次多项式的值时若增添 $(n-1)$ 个括号,乘法计算次数便从 $n(n+1)/2$ 降为 n (即 Horner 算法);在二维 Poisson 方程差分解法菱形五点公式

的基础上,会联想到矩形五点公式,进而有九点公式(或称20点公式),这个思维递进过程带有非数学色彩。克莱因(Morris. Kline)有一调侃说法:“为了激怒纯数学家,应用数学家宣称,纯数学家能发现任何求解中的困难,而应用数学家却能对任何困难求解。”这是对迪厄多内说法的注脚。

关于应用数学、数学的应用、数学建模的界限虽然难以形成一致的意见,但大体可以这样区分:应用数学有规范的学科含义(例如国家颁布的学科专业目录);数学建模的理念是:研究对象一定是具体问题一般不将方法与结论延伸、不强调问题的物理背景、不局限用什么数学方法、问题通常没有解能有一定程度的较合理的解释即可;除“应用数学”与“数学建模”以外的可归入“数学的应用”。迪厄多内的上述说法给出了一个启发——索性在数学学科之下设置数学专业和数学应用专业,也就是说数学学科的“数学”之外是“数学应用”。

与信息与计算科学专业相比,设置数学应用专业显而易见的好处是:

1.专业的职业指向明确,易于为公众与社会所接受。社会与公众对于数学的态度既有敬畏一面——数学很难很艰深,神通很大;出于招生、就业、用人等现实考虑又有恐惧一面——数学不能解决他的问题,好看不中用。那么现在数学应用专业与数学专业有着明显的界限,有可能扬长避短。

2.有先天的区位优势,各种专业、行业都要利用数学工具,但这里是正宗的数学。

3.办学思路更明确,有利于制定更合理的专业培养计划。

4.从数学发展史看,那些发端于应用问题的数学研究最终又成为抽象理论,我们今天所理解的“应

用数学”与“数学”其实并没有严格的界限。在大学本科教育阶段不着意区分“数学”与“应用数学”有其实际意义,而“数学应用”则肯定地不复归到纯粹数学。

5.如果数学界在是否保留信息与计算科学专业问题上难以形成一致意见,可以在数学应用专业规定若干专业方向,使其主流部分具有原信息与计算科学的特点。

6.对纯粹数学内容学习要求的降低,能适应学生数学基础差、学习兴趣低的现实状况。除数学分析、高等代数两、三门数学课程外其他的数学类课程只当数学工具来学,当然要容易得多。

[参考文献]

- [1] 教育部数学与统计学教学指导委员会数学类教学指导分委员会.关于信息与计算科学专业办学现状与专业建设相关问题的调查报告[J].大学数学,2003(1):1-5.
- [2] 戴维·盖尔.蚁迹寻踪及其他数学探索[M].(朱惠霖译)上海:上海教育出版社,2001.227-228.
- [3] 美国国家研究委员会.振兴美国数学—90年代的计划[M].上海:世界图书出版公司,1993.
- [4],[11] 让·迪厄多内.当代数学:为了人类心智的荣耀[M].上海:上海教育出版社,1999.2;21.
- [5] 王萼芳.高等代数[M].北京:高等教育出版社,2003.28-29.
- [6],[7] 陈纪修.数学分析[M].北京:高等教育出版社,1999.前言;下册288页.
- [8] 教育部数学与统计学教学指导委员会数学类教学指导分委员会.信息与计算科学专业教学规范(试行稿)[J].大学数学,2003,(1):6-10.
- [9] 李荣华.微分方程数值解法[M].北京:高等教育出版社,1996.
- [10] 中国数学会报道[J].中国数学会通讯,2000(1):16.

In the borderline of mathematics:

A reflection for the specialty of information and computing science

HUANG Li - min , HE Jian - jun

(Department of Mathematics, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: There are some defects and problems in the specialty of information and computing science, the paper put forward a proposal to offere the specialty of applications of mathematics, which is more broad.

Key words: specialty offered of mathematics subject; specialty of information and computing science; specialty of applications of mathematics