

简讯

中国科学院国家数学与交叉科学中心

National Center for Mathematics and Interdisciplinary Sciences, CAS

<http://www.ncmis.cas.cn/>



科研进展

细胞自噬作用的新的调控机制

文:系统所

自噬是指细胞吞噬自身细胞内物质并将其包裹,再与溶酶体融合形成自噬溶酶体,并降解其所包裹的内容物的过程。藉此实现细胞本身的代谢需要和某些细胞器的更新。自噬对于研究肥胖或者癌症等疾病有重要意义

最近由美国伊利诺伊大学 J.K. Kemper 教授实验室主导的一项研究揭示了新的调控自噬的转录机制。FXR 是一种抑制自噬的蛋白,其调控胆汁酸、脂质和葡萄糖的代谢。该研究发现活化的 FXR 通过抑制 CREB 蛋白的转录活性而阻断了自噬。另外也揭示出 CREB 蛋白通过直接转录激活 TFEB 蛋白从而诱导了自噬,而 TFEB 蛋白还促进了 PPAR-alpha 蛋白的表达,由此激

活了肝脏中脂质降解信号通路。

该研究提供了对于调控自噬系统的新的认识,为全面解开不同生理和病理情况下自噬的调控机制迈出重要一步,论文发表在 nature 上。

朱荣助理研究员在美国访问期间参与了该项研究工作,负责 ChIP-seq 基因组数据分析。

相关工作成果发表在:

S. Seok, T. Fu, S. Choi, Y. LI, R. Zhu, S. Kumar, X. Sun, G. Yoon, Y. Kang, W. Zhong, J. Ma, B. Kemper and J. Kemper (2014). Transcriptional regulation autophagy by an FXR/ CREB axis. Nature, 516, 108-111 (04 Dec 2014). doi:10.1038/nature13949.

线性特征值问题的优化算法

文:材料环境部

材料计算中的基于密度泛函理论电子结构计算、非线性特征问题等一些重要算法需要在

每个迭代步求解一个大规模矩阵的部分特征值分解(也即计算目标矩阵多个最大或最小的特征

对); 大数据处理中的一些重要数学模型, 如高维数据降维、矩阵的低秩逼近、协方差矩阵估计等问题的优化求解算法都会涉及到计算一系列大规模矩阵的奇异值分解, 其本质也是部分特征值分解。在求解上面提到的这些科学及工程领域中的数学问题的整体算法中, 部分特征值分解往往占据了其主要计算量。也就是说现有的部分特征值分解算法已经制约了这些数学模型在更高规模应用问题中的适用性; 另一方面, 部分特征值分解计算效率的提升能够带来对上述问题中整体算法效率的改进。

材料环境部刘歆等设计了一种块 Krylov 子空间方法。区别于经典的特征值分解算法, 这种新方法是一种以矩阵为变量的块迭代算法, 因此有更好的可扩展性。新算法 LMSVD 实现了完全自适应的子空间选取方法, 并且克服了一般子空间方法在迭代后期子空间条件数逐渐变差的问题。数值实验表明, LMSVD 算法与著名的 ARPACK 和 PROPACK 软件包中的相关算法, 以及同样是基于优化模型的 LOBPCG 算法相比更高效而稳定。

他们还提出了一种完全不同于已有的收敛性结果的理论分析方法, 第一次通过分析正交约束下迹极大化模型的充分上升性建立了一套以矩阵为变量含有正交约束的极大化问题的子空间算法的收敛性理论。这套理论不但可以保证我

们新方法的全局收敛性, 还解决了 LOBPCG 悬而未决的全局收敛性, 并且对其它非线性目标正交约束的矩阵优化模型的收敛性证明也有重要的参考价值。该工作已经于 2013 年发表(X. Liu, W. Wen and Y. Zhang, Limited memory block Krylov subspace optimization for computing dominant singular value Decompositions, SIAM Journal on Scientific Computing, 35-3 (2013), A1641-A1668.)。LMSVD 的算法源代码自 2012 年 3 月在网上公布后已经有八百多次的下载, 2014 年 6 月起 LMSVD 的源代码可以在 Mathworks 公司 (MATLAB 的开发公司) 的官方平台上公开下载。

针对需求特征对个数较多的情形下, 正交化过程的计算代价逐渐取代矩阵向量乘法变成制约部分特征值分解算法效率的新的计算瓶颈, 他们还设计了两种无正交约束的新模型, 分析了新模型和传统的迹最优化模型的等价性, 并设计了相应的梯度算法 EIGPEN 和高斯牛顿算法 SLRPGN。其中 EIGPEN 还实现了并行化, 应用在电子结构计算中, 计算效率和并行效率都大大超过了已有算法。SLRPGN 实现了无参数化, 也就是不用调节任何算法参数, 包括步长因子, 只需在一个易计算的高斯牛顿方向上使用固定的 1 步长, 即可有非常稳定高效的数值表现, 并且他们还对 SLRPGN 给出了独特的收敛性分析。

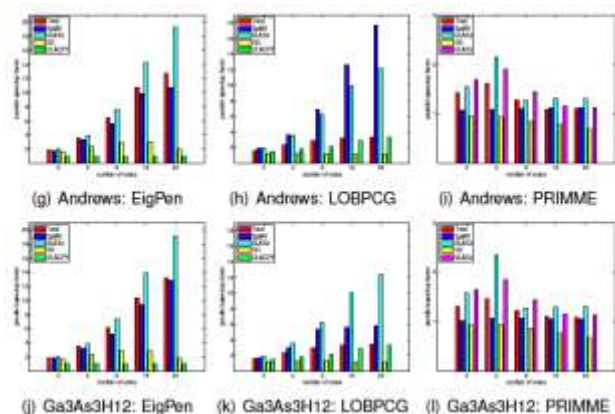


图 1: 三种算法的并行化效率(2-24 核), 红色柱为整体效率. Andrews 和 Ga3As3H12 都是来自电子结构计算的目标矩阵, 大小分别是 60000X60000 和 61349X61349, 这里都要求 600 个最小特征对。

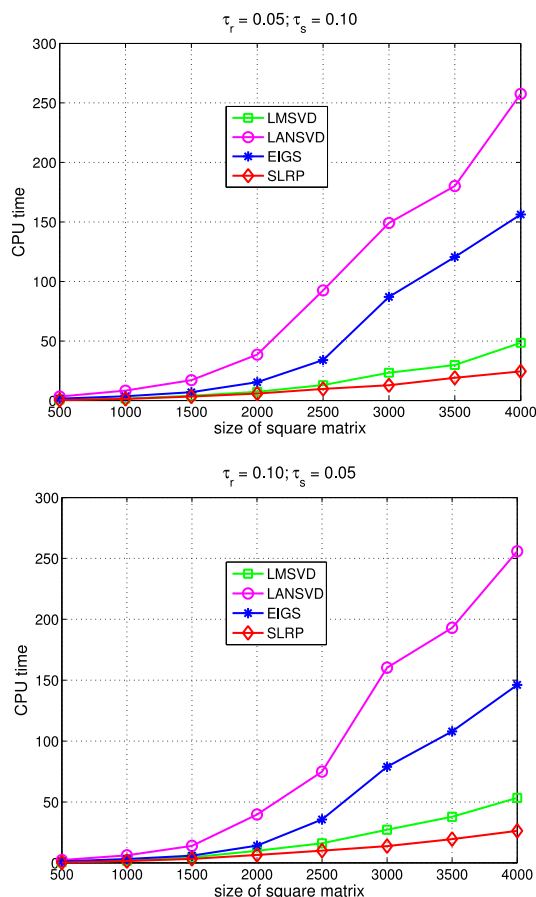


图 2: 四种算法在计算两类稀疏主成分分析中的部分奇异值分解时的表现。

复杂浸润现象的数学理论研究取得进展

文:材料环境部

浸润现象是表面化学和材料领域的一个热门课题。其物理机理曾引起诺贝尔奖获得者 P. DeGennes 在内的很多物理学家, 化学家和材料学家的兴趣。浸润现象也蕴含着丰富的数学问题,

与极小曲面问题和 Capillary 问题有着密切的联系, 一些著名数学家(如沃尔夫奖获得者 L. Caffarelli)也曾在这方面做过重要工作。

平滑匀质界面上的浸润现象可用经典

Young 公式描述, 而对粗糙和非匀质界面, 描述浸润接触角的经典 Wenzel 和 Cassie 公式却不符合实验事实。由于复杂多尺度边条件和自由界面问题的互相耦合, 粗糙非匀质界面上浸润及其接触角滞后现象的理论解释非常困难, 是该领域最基本的公开问题。

基于均匀化方法和变分理论, 材料环境部许现民博士及其合作者系统研究了粗糙非匀质界面上的浸润问题, 推导出新的接触角公式, 对接触角滞后现象进行了严格理论解释。

他们的主要工作包括: 1. 证明了经典 Wenzel 和 Cassie 公式的成立的充要条件, 即当且仅当系统能量达到全局极小时, 这两个公式成立; 2. 推导出一个关于接触角的新的修正 Cassie 公式, 用于定量描述系统能量的局部极小点所对应的宏观接触角。实际问题中, 由于系统能量往往处于局部极小态, 修正 Cassie 公式可以精确描述实验现象; 3. 通过细致分析浸润现象的拟静态发展过程, 从理论上严格刻画了接触角滞后现象; 4. 将上述结果应用于多相渗流等重要工业问题中, 推导出非 Darcy 的新渗流规律。

相关工作发表于 SIAM J. Appl. Math., Arch.

Ration. Mech. Anal., Physica D, Phys. Rev. E 等重要数学和物理杂志中, 引起浸润领域国际知名专家(包括 MIT 的 R. E. Cohen 教授和以色列 Ariel 大学 E. Bormashenko 教授等)的关注。文章 Xu & Wang, Colloid Polym. Sci. 2013 就是被邀请发表在该杂志的一个关于接触角滞后现象的专刊上, 这是该专刊中唯一来自数学领域的文章, 相关工作得到表面科学领域的多次引用, 其中, 最近发表于该领域顶级综述杂志 Surface Science Reports 上的一篇专门介绍浸润问题的综述文章中, H. Yildirim Erbil 评价修正 Cassie 公式与实验数据符合得异常地好 (the new “Cassieonline” approach fitted the experimental data remarkably well), 认为曾被广泛使用的经典 Wenzel 和 Cassie 公式应该被放弃, 而修正的 Cassie 公式将来可能会被使用 (the well-known Wenzel (1934) and Cassie (1945) equations which have been used for longtime ... should be invalid and should be abandoned. However, it is possible that “modified forms” of Cassie's equations can be used in the future...).



4



局部规则如何导致整体行为

文:信息技术部

多个体系统由相互作用多个个体构成, 在物理、生态、政治和社会经济领域无处不在。例如, 小到等离子体、声子、菌落, 大到鱼群、鸟群、人群, 再大到经济系统、社会系统、天体系统, 都可以视为多个体系统。多个体系统经常涌现出各种具有规律的宏观现象, 称之为集体行为, 如超导、漩涡、同步、人群恐慌、经济危机等。具有局部相互作用的微观个体如何导致宏观系统的集体行为, 是系统学研究最基本的科学问题之一。

为了更好地理解非平衡系统的分簇、传递和相变等行为, T.Vicsek 等人 (Phys. Rev. Lett., 1995) 提出了一类著名的自驱动粒子 (Self-Propelled Particle, SPP) 模型 (又被称为 Vicsek 模型): 假设 n 个个体在平面上运动, 其位置 $X_i(t)$ 和角度 $\theta_j(t)$ 的更新方程如下:

$$\begin{cases} X_i(t+1) = X_i(t) + v(\cos\theta_i(t+1), \sin\theta_i(t+1)) \\ \theta_i(t+1) = \arctan \frac{\sum_{j \in N_i(t)} \sin\theta_j(t)}{\sum_{j \in N_i(t)} \cos\theta_j(t)} + \delta_i(t) \end{cases}$$

其中 $\delta_i(t)$ 表示环境噪声。该模型规则简单但不失本质, 抓住了许多系统共性, 有助于理解局部规则如何导致系统整体行为, 吸引了不同领域学者包括兴趣 (目前该论文被引用超过 3000 次, google 数据)。例如, 多位著名生物学家如 William Bialek (美国国家科学院院士)、Simon A. Levin (美国国家科学院院士) 均采纳或引用该模型用于研究生物群体运动。然而, 该模型涉及非线性、非平衡性、强耦合性和动态性, 尚无成熟理论工具严格分析。事实上, 物理学家对该类远离平衡态系统也缺乏成熟工具分析, 只能用平均场方法、流体力学方程等作近似处理但结果很不精确。数学上, 对该模型主要有如下两种近似处理方式: 一种是 A.Jadbabaie 等人将其角度更新方程线性化并忽略噪声的影响, 称之为线性化 Vicsek 模型; 另一种是 F.Cucker 和 S.Smale (菲尔兹奖和沃尔夫奖获得者, 美国国家科学院院士) 将局部相互作用方式修改为全局相互作用方式, 称之为 Cucker-Smale 模型。这两种近似方式均产生了很大影响, 例如, A.Jadbabaie 等人论文获 IEEE George S. Axelby 最佳论文奖, Seung-Yeal Ha 在 2014 年世界数学家大会上报告

了他在 Cucker-Smale 模型方面的研究成果。

对于线性化 Vicsek 模型, A.Jadbabaie 等人证明了当节点构成的加权邻接图满足联合连通条件时, 系统将会同步。但该假设难以验证。G.G.Tang 和 L.Guo 提出了一个随机框架, 即假设所有个体的初始位置服从某种概率分布。在该框架下, 他们给出了仅依赖初始状态和系统参数的同步条件。后来, Z.X.Liu 和 L.Guo 等人有了重要进展, 然而有一个悬而未决的问题是: 系统能同步的最小交互半径是多少?

信息技术部的陈鸽与合作者利用渗流理论对临界连通半径之上的随机几何图所对应平均矩阵的谱隙给出了紧致的理论结果, 得到了线性化 Vicsek 模型同步条件的一个关于交互半径的临界结果: 当个体间的交互半径高于临界连通半径时, 如果速度满足一定条件, 那么系统渐近以概率 1 对任意初始角度都同步; 当交互半径低于临界连通半径时, 对任意大的速度, 系统都渐近以概率 1 存在某些初始角度使得最终不同步。因此在某种程度上解决了随机框架下线性化 Vicsek 模型同步充分条件中交互半径的下限问题。该论文首次发表于 *SIAM Journal on Control and Optimization*, Vol.50, 2012, 并被美国 *SIAM Review* 期刊评选为“SIGEST 论文”重新发表于 2014 年第 3 期。*SIAM Review* 是美国工业与应用数学学会 (SIAM) 的旗舰刊物, 它每年从

SIAM 十多个专业子刊中选出四篇“SIGEST 论文”, 其目的是使更多读者关注近期发表在 SIAM 各专业刊物中具有“普遍兴趣的杰出论文 (outstanding paper of general interest)”。该文入选的理由是“贡献和研究问题的重要性, 论文写作的清晰性, 以及 SIAM 领域的相关性 (the importance of its contributions and topic, its clear writing style, and its accessibility for the SIAM community)”SIAM 将“SIGEST 论文”视为一项奖励, 证书将在 2015 年的 SIAM 授奖仪式上颁发。这是中国大陆学者首次获该项荣誉。

噪声对秩序的影响是物理学家、生物学家和化学家一直关心的问题。Vicsek 模型被提出时, 就通过仿真研究了噪声、次序与个体密度之间的一些相变关系(Phys. Rev. Lett.,1995); Buhl 等人 (Science,2006)利用 Vicsek 模型在模拟沙漠蝗虫 (图 1) 集体运动时发现: 给定噪声, 如果蝗虫密度很高, 系统的很快处于高度有序的状态; 如果密度很低或中等时, 系统将会涌现群体变向并且序参数剧烈波动 (图 2)。T. Shinbrot 和 F. Muzzio (Nature, 2001) 则研究了在一些物理现象例如热波动和机械随机散射中噪声对秩序的促进作用以及背后机制。然而, 这些研究仍停留在物理上近似分析以及模拟阶段, 在数学上几乎没有任何结果。信息技术部的科研人员最近在该模型上取得了一系列进展, 研究意义如下:

数学：提出了一套解耦半确定半随机非线性系统新方法。利用该方法首次给出了原始 Vicsek 模型严格分析结果, 并对一些非齐次 SPP 模型包括 Leader-follow 模型也得出一些分析结果；解决了 A.Jadbabaie 等人在论文中所提噪声如何影响连通性问题；针对很多文献所关心的“鲁棒同步”问题给出了一个明确答案。

物理：揭示了局部规则如何导致系统整体行为，证明了对任意大的密度和任意小的噪声 SPP 系统将会在有序与无序之间切换无穷次。该



图 1: 沙漠蝗虫队列 (图片来自

<http://www.sciencemag.org/content/312/5778/1320/F1.expansion.html>)

结果说明小噪声能破坏系统秩序, 于是严格验证了统计物理学界“噪声能对远离平衡态系统全局行为造成极大波动”这一观点；同时也说明了 Vicsek 模型的秩序关于密度与噪声的相变关系不是传统方式, 并推测该模型相变存在新的形式。

生物：数学上证明了噪声能导致生物集群的转向、分簇、汇聚等行为；一定程度上解释了 J.Buhl 等人(Science,2006)在蝗虫实验中非高密度时群体变向和序参数剧烈波动现象, 并预测高密度时如果时间足够这些现象仍将发生。

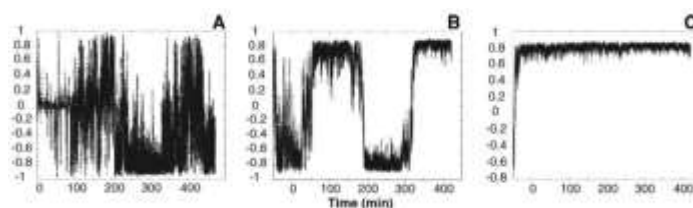


图 2: 序参数演化图 (A、B、C 分别代表低、中、高密度, 图片来自 J.Buhl et al., Science, 2006)

综合新闻

郭雷院士在第19届IFAC世界大会上作大会报告

文:交叉中心办公室



国际自动控制联合会 (International Federation of Automatic Control, 简称 IFAC) 第 19 届世界大会于 2014 年 8 月 24-29 日在南非开普敦隆重举行。数学与系统科学研究院郭雷院士等多人参加了此次会议。本届大会应邀作大会报告的共有 11 位专家, 多数来自世界著名大学、科研机构或科技企业, 郭雷院士是唯一来自中国的大会报告人。这是他继 1999 年在北京举行的第 14 届 IFAC 世界大会之后, 第二次在 IFAC 世界大会上作大会报告。

8 月 27 日上午, 郭雷院士作了一小时大会邀请报告 (Plenary Lecture), 题目是《反馈机制

能够对付多大不确定性?》。众所周知, 反馈是控制论中最核心的概念, 也是一条基本的系统学原理。在控制系统中, 采用反馈的主要目的是消除或减少各种不确定性因素和外界干扰对被控动态系统性能的影响以达到控制目标, 而对这一问题的定量研究一直是控制理论中最重要的主题之一。然而, 反馈机制在对付非线性不确定性系统时的最大能力与根本局限究竟是什么? 虽然在过去半个多世纪中在适应控制和鲁棒控制等相关方向上控制理论都取得了长足进展, 但对这一根本性问题的认识却知之甚少。郭雷在这次大会报告中, 系统介绍了在由他开启的反馈能力研究方向上, 他与合作者近十几年来发现并证明的关于反馈机制最大能力与根本局限的一系列基础性成果, 包括关于反馈能力的临界值和不可能性定理等。报告内容精彩生动, 研究成果深刻漂亮, 富于原创性和启发性, 受到与会专家的广泛赞誉。

IFAC 成立于 1957 年, 是一个以国家组织为其成员的国际性学术组织, 我国是创始国之一, 著名科学家钱学森先生曾担任 IFAC 第一届理事会成员。IFAC 每三年举行一届世界大会, 致力

于反映世界范围内控制理论与应用发展的新成果和新趋势, 是世界自动控制领域规模最大、影响深远的国际盛会, 近几届会议代表注册人数都超过两千人。

2014 年特征值问题的计算方法研讨会召开

文:刘颖

2014 年 7 月 15~16 日, 由国家自然科学基金委员会、国家重点基础研究发展计划、国家数学与交叉科学中心、科学与工程计算国家重点实验室等资助的特征值问题的计算方法研讨会在京召开。中国科学院数学与系统科学研究院林群院士、崔俊芝院士以及来自国内外高校、科研院所的 50 余位专家、学者出席了会议。会议由计算数学所副所长周爱辉研究员主持。

研讨会围绕模拟物质微观结构等的偏微分方程特征值问题的计算方法最新进展以及困难

与挑战主题展开。美国加州大学戴维森分校柏兆俊教授、新加坡国立大学包维柱教授、复旦大学龚新高教授、湘潭大学黄云清教授、中科院软件中心孙家昶研究员、美国劳伦斯伯克利国家实验室杨超研究员、美国韦恩州立大学张智民教授等 12 位专家学者做了报告, 内容涉及特征值问题的可计算模型与自适应离散, 稳定的非线性迭代法与快速的代数求解器, 以及 E-级计算等方面。

此次研讨会加强了特征值问题计算领域专家合作交流, 推动了数学与相关科学的交叉研究。

计算数学基础知识培训班举行

文:吴继萍

2014 年 7 月 5 日至 7 日, 交叉中心主办的“计算数学基础知识培训班”举行。来自全国各地的

50 多位学者和学生参加了此次课程。

开幕式上, 林群院士代表交叉中心致辞。

他首先对来自国内外不同领域的学者及学生表示欢迎。他指出,本次培训班有着重要意义。自电子计算机出现,五十年代后,科学与工程计算越来越离不开计算数学,国内几乎所有数学系都开设计算数学专业,并拥有越来越多的研究生。在发展中出现了越来越多的专题,每个专题又切分为许多子课题,分散成许多人群。而将一盘散沙统一到一个源头,找到它们的共同体,进行重新整合,该培训班成为必要的活动。

培训班期间,河南许昌学院赵艳敏的团队做了总体演讲以及现场演出,这种表现形式引起了热烈的讨论。其他各校师生都围绕一个公式,从不同角度讲述了自己对微积分,随机计算、概率统计、级数、多元微积分以及计算数学等的教学与研究体会,特别是计算数学的教学也与高等数

学教学相统一。来自美国圣地亚哥州立大学的沈善普教授依照数学发展的历史,给大家讲述了微积分概念的发展以及融合。来自美国内华达州立大学的杨鸿涛教授对比中美两国微积分教材的差别,介绍了美国高等数学教育的现状。来自天津财经大学张书华教授介绍了他领导的金融数学团队的创业经过。北京大学的计算数学专家胡俊等也到场指导。多位年轻教师、研究生和中学生,甚至小学生的演讲或发言,生动活泼,具有很大的趣味性和启发性,为今后的教学与讲学提供了新模式。

此次培训班也为来自计算数学、数学教育、金融数学等不同领域的学者和学生提供了交流合作的平台,有效地促进了不同领域的交叉融合。

学术动态

综合报告四十一： Richard Stanley 漫谈组合学中交错置换的研究进展

文/图:陈绍示



2014 年 8 月 7 日上午 10 点, 麻省理工学院 Richard Stanley 教授应国家数学与交叉科学中心与数学机械化重点实验室邀请在数学院新南楼 420 做了题为“A Survey of Alternating Permutations”的综合报告。数学院的科研人员, 部分访问学者及研究生 20 余人出席了报告会, 其中包括万哲先院士和美国北卡州立大学 Erich Kaltofen 教授。报告由数学机械化重点实验室副主任李子明研究员主持。

Stanley 教授讨论了交错置换 (Alternating Permutations) 的计数问题及其在组合拆分, 概率论和有限群的表示论中的相关应用。特别的,

他概述了交错置换对应的欧拉数的指数生成函数的 Andre 公式的三种证明。在报告最后, 提出了与最长交换置换有关的许多未解决的问题。在访问期间, 他参观了数学院新楼一楼的展览馆, 并与李子明研究员, 陈绍示博士讨论了 Andre 公式和 Riccati 方程的联系, 向我们介绍了与 D-finite 函数相关的未解决的许多问题。

Stanley 教授现为 MIT 应用数学教授。1971 年在组合学家 Gian-Carlo Rota 指导下获得哈佛大学博士学位。他是国际组合学界的领袖人物之一。其所著两卷本《计数组合学》是该领域的经典, 并以此获得 2001 年度美国数学会的 Steele

数学论述奖。他是2006年国际数学家大会一小时报告人之一。1995年,当选美国国家科学院

院士,1998年当选美国艺术与科学院院士。2003年,获得Rolf Schock数学奖。

综合报告四十二: Edwin Wang 教授谈癌症个性化医疗

文/图:生物医学部



2014年10月27日上午,加拿大国家科学院资深研究员、麦吉尔大学的生物信息学中心教授Edwin Wang应国家数学与交叉科学中心的邀请在数学院南楼作了题为“Cancer personalized healthcare: A systems biology approach”的综合报告。国家数学交叉中心副主任闫桂英研究员主持报告并Edwin Wang教授颁发了讲座证书。

Edwin Wang教授在报告中主要介绍了其在癌症系统生物学和个性化医疗领域取得的最新研究成果。他主要介绍了构建的癌症特征网络框架(Cancer hallmark network framework)和针对肿瘤预测药物靶点的强有力的算法

eTumourKiller,以及近期研究的热点问题。他还分享了其在交叉学科研究中的成功经验,报告深入浅出,引发了与会者对相关问题的热烈讨论。来自科学院和北京大学医学部等科研机构的师生参加了此次讲座。

癌症系统生物学和个性化医疗均是当前生物研究的热点与前沿领域,对于改善人类医疗,攻克复杂疾病具有重大意义。

Edwin Wang博士,加拿大国家科学院资深研究员、麦吉尔大学生物信息学中心教授。他带领的研究团队描绘了第一个人类癌症细胞信号通路图谱,开发了领先的鉴定分子标志物的算法。提出癌症特征分子网络计算框架将传统的癌症特征描述转化为量化网络模型,从而整合癌症组学数据,用于建模和发展假说。主编了癌症系统生物学领域内的第一部专著。成为美国癌症研究学会(AACR)癌症系统生物学智库(Think Tank)的三十名专家之一,担任著名期刊PLoS

Computational Biology 的编委。最近由诺贝尔奖获得者 Hartwell 博士主编的大学《遗传学》教科书 (2014 年版) 介绍了他的实验室以及分子网

络模块和癌症的关系的工作。他利用计算系统生物学的手段来开发了多项针对肿瘤个体化医疗的分子诊断技术。

数学文摘

2014年菲尔兹奖揭晓

菲尔兹奖是国际数学联盟颁发的世界性奖项，被誉为“数学界的诺贝尔奖”，每四年颁奖一次，过去78年间颁奖18次，共56人得奖（格里戈里·佩雷尔曼拒绝领奖）。该奖项有一特殊规定：获奖人年龄不得超过40岁。奖金为15000加拿大元（约合85000人民币）。

2014年的菲尔兹奖被授予以下四位杰出的数学家：

阿图尔·阿维拉（Artur Avila）

阿图尔·阿维拉，1979年出生于里约热内卢，拥有法国和巴西双重国籍，现任职于巴黎狄德罗大学和巴西国立纯数学与应用数学研究所。阿图尔因为在动力系统和分析等方面的杰出贡献被授予菲尔兹奖。他将重正化作为一种统一原则的想法改变了整个动力系统领域的面貌。

阿图尔最著名的研究在混沌理论和动力系统领域，这些领域所研究的对象是这样的系统：它们随着时间推移而变化，但初始状态的微小差异会导致大相径庭的结果，比如天气模式。“蝴蝶效应”就是用来描述这种系统的比喻——因为

天气是一个混沌系统，所以蝴蝶扇动翅膀可能导致数百千米之外的地方发生飓风。

在这个领域里，阿维拉的主要贡献之一是：明确了有一大类动力体系最后一定会落入两种结果之一。这些体系要么会演化成稳定状态，要么会演化成混沌随机状态——虽然不能精确预测，但可以用概率语言来描绘。

曼纽尔·巴尔加瓦（Manjul Bhargava）

曼纽尔·巴尔加瓦，1974年出生于安大略，拥有加拿大和美国双重国籍，现任职于普林斯顿大学。曼纽尔因为在几何数论领域引入一些强有力的新方法，计算了小秩环并界定了椭圆曲线的平均秩而被授予菲尔兹奖。

代数理论里有一类基本问题：整系数多项式（比如 $3x^2 + 4xy - 5y^2$ ）都有哪些特征。18世纪-19世纪伟大的数学家高斯开发出了一种强有力的工具，可以处理这样的多项式，但前提是这些多项式不超过二次。巴尔加瓦仔细研究了高斯的著作并融入了大量几何学和代数学的独到见解，成功地把高斯的工具扩展到了更高次方的领域，

大大扩展了数论学家研究这些基本数学对象的能力。

马丁·海尔 (Martin Hairer)

马丁·海尔，奥地利人，现居英国，任职于华威大学。由于马丁在随机偏微分方程理论方面的杰出贡献，尤其是为这些方程建立了一套正则性结构理论，而被授予菲尔兹奖。

微分方程在数学、物理学和工程学里都有广泛应用。它能描述那些随着时间变化的过程，比如一颗炮弹出膛之后的运动，或者是股票和债券价格变化的趋势。微分方程有很多不同类型：常微分方程只有一个变量，而偏微分方程则处理多个变量。确定性微分方程是可以预先算好的，如果不考虑测量误差，那么一颗炮弹在什么时候运

行到哪里是没有疑问的；而随机微分方程则有随机因素在里面，一杯咖啡里糖粒的运动和一支股票在某一时刻的价格都不是能够完全决定的。

随机偏微分方程传统上对于数学家来说很难处理，海尔开发了一种新的理论框架，让这些方程变得简单许多，不但开启了许多新的纯数学方向，也对科学和工程中的应用有重大意义。

玛利亚姆·米尔扎哈尼 (Maryam Mirzakhani)

玛利亚姆·米尔扎哈尼，1977年出生，伊朗人，现居美国，任职于斯坦福大学。玛利亚姆因为对黎曼曲面及其模空间的动力学和几何学的突出研究而被授予菲尔兹奖，成为有史以来第一位荣获此奖项的女性。

(作者：Olak 文章来源：果壳网)

忆潘师



那是我第一次看见潘承洞先生，厚厚的眼镜，高高的个子。风靡一时的《哥德巴赫猜想》多次

提及的另外两位数学家之一从传说中走了出来。多年以后，我终于找到了属于自己的研究风格和领域，但遗憾的是，我再也无法聆听潘师的教诲和意见了。

—

1978年10月初，考取山东大学的我第一次坐上火车，千里迢迢从南方来济南报到。几天后，数学系举行新生开学典礼，一位风度翩翩、满头银发的老教授上台讲话，他便是系主任张学铭教

授。张先生讲了一番欢迎、鼓励的话后，忽然向我们推介起一位年轻数学家，讲他如何如何了得，说完以后便把他请了出来，与同学们见面，那正是潘承洞先生。那是我第一次看见潘师，厚厚的眼镜（两千多度），高高的个子（一米八四）。当时我只有15岁，尚未发育成熟。如果站在他身边，应该会差一个脑袋。

那年潘师四十四岁，正值壮年。就在几个月前，潘师因为在哥德巴赫猜想研究方面取得的卓越成就，由讲师越级晋升为教授。值得一提的是，那也是我唯一一次聆听张学铭先生讲话，第二年他便调离母校，到我后来工作的浙江大学，在那里创建了控制理论专业。那次典礼有点奇怪，数学系有好几位名教授，有两位还是民国年代留美归来的，张先生为何要向同学们独独隆重地介绍潘师呢。后来我猜测，这不仅因为潘师成就突出，还因为那会儿张先生已知自己不久要南下，预见潘师将会接任他的系主任和数学研究所所长职位。

说起潘师，那正是我报考以“文史哲”见长的山东大学的主要原因。我参加高考那年，徐迟发表了风靡一时的报告文学《哥德巴赫猜想》，可以说就像当年的毛选一样人人必读。记忆里我首先看到的是《中国青年报》的转载，那是在父亲任教的中学公厕里，一位老先生正在兴奋地捧读，他一边读一边讲给我听。

这篇报告文学的主人翁是数学家陈景润，同时该文也多处提及另外两位数学家，让他们也出

了大名，那便是王元和潘承洞。原本我就比较喜欢数学，文科出身的父亲又历经“反右”和“文革”磨难，觉得学理科会相对安全一些。读了这篇报告文学以后，我更坚定了数学作为自己未来专业和人生奋斗目标信念。可是，陈景润和王元都是在中国科学院数学研究所，那里不招收本科生，而潘承洞任教的山东大学每年会在浙江招收二十来名学生。因此，虽然我的总分超出山大的录取线不少，山大仍进入了我的视野。

可是对我来说，选择志愿的困难依然存在。那年山大数学系只在浙江招收两个专业的学生，即自动控制和电子计算机，每个专业各招两名，并没有数学或计算数学专业。虽然如此，我依然报考了山东大学的自动控制专业，并被录取了。现在回想起来，那是一次既冒险又盲目的“曲线救国”。同时这也说明了，数学和潘师对我是多么有吸引力。

好在我的勇气给我带来的运气不差。首先，山大的自动控制是偏理论的，可以称作控制理论，要学许多基础数学课程。其次，从第二学期开始，在潘师的授意下，从全系一年级三个专业（包括自动控制但不包括电子计算机）中挑选出十八位学习优秀、年龄偏小的同学组成一个“小班”。其时，科大“少年班”和会下围棋的宁铂正红遍大江南北。78级数学专业里有不少同学是当年山东省中学数学竞赛优胜者，他们也没有经过高考就被免试录取，故而“小班”成员多数出自数学专业。我们班也有四位，其中有我和后来赫赫有名的郭

雷。因为大家年龄都比较小(最小的只有十三岁),因此被称作山大的“少年班”。

二

终于等到了开学,潘师指定楼世拓和姚琦两位老师给我们上课,主要讲授分析技巧和初等数论,从中也介绍一些著名的数论问题和猜想,他们略带神秘的授课方式,引发了同学们的学习兴趣和热情。加上因为是选拔进来的,机会难得,更为大家珍惜。与此同时,美而难的数论也渐渐地使得不少人望而却步。半年以后,只留下四位同学;又过了一年,就剩王炜和我两个人了。我和王炜则一直跟潘老师研习数论,从学士论文做到博士论文,而楼姚两位老师是我们的启蒙老师。

现在回想起来,如果当初我填写的志愿是比较时髦的电子计算机专业的話,恐怕就难实现跟潘师做数论的梦想了,因为无法入选“小班”。到大二暑假来临时,我已基本上确定将来跟潘师做数论,因此潘师和系里都建议我从自动控制专业转到数学专业,甚至把我的寝室也做了调整,与数学专业的同学同住。万万没想到的是,我换专业的申请没被教务处批准,即便系主任潘师亲自出面也无济于事。这样一来,三四年级我不得不修一些与数论毫不相干的课程,比如最优控制理论、集中参数控制、线性系统理论、自动调节原理等等,同时也错过了若干数学专业的必修和选修课程。

不过,有所失也有所得,大学最后两年,我不仅认识了控制论的命名人、“信息时代之父”维纳(他有两部自传且都有中译本),同时加深了与同班同学郭雷等的友谊,也做了一回从无线电厂调入山大的彭实戈老师的学生(他俩后来取得的成就使其成为山大和山大人的骄傲)。1982年7月的一天,我把即将赴中科院系统所深造的郭雷带到潘师家。至今我都记得师母开门以后,潘师见到郭雷说的第一句话,“久仰!久仰!”这可是一个大数学家对一个即将离校的本科生说的(他对大器晚成的彭老师也多有提携)。仅从这点也可以看出,为何潘师后来能领导一所大学,成为一位著名的教育家。

1934年农历四月十四日,潘师出生于苏州的一个旧式大家庭,因为父亲喜欢八仙之一的吕洞宾,且潘师与这位道士同生日,遂起名承洞。1952年,潘师毕业于苏州桃坞中学,这是美国基督教圣公会创办的教会学堂,后来成为上海圣约翰大学附属中学。在潘师之前,中华民国总统严家淦、化学家张青莲和刘元方、文学家钱锺书、热工程物理学家钱钟韩等也出自该校。潘师毕业那年刚好高校院系调整,也波及中学,桃坞中学变成了苏州第四中学(如今名望不复当年)。而潘师在北大就读时,跟随留学牛津和普林斯顿的闵嗣鹤先生一直到研究生毕业,才分配来山东大学。

从我决定以数论作为自己专业,到博士毕业前一年,潘师几乎每年都有大事发生。1981年,

潘师出版专著《哥德巴赫猜想》(与胞弟潘承彪合著)。1982年,潘师与陈景润、王元一起,获得了国家自然科学一等奖。1983年,潘师因为患直肠癌动了第一次手术。1984年,潘师出任山东大学副校长。1985年相对平静,1986年夏天和冬天先后出任青岛大学校长和山东大学校长(迟迟当选院士则是在五年以后)。因此,无论读本科还是做研究生,我都没有机会聆听潘师的正式授课。不过,有一次他来听我们的数学分析课,课后发表讲话,并就课上的一道例题即兴发挥,推导出了更为深刻漂亮的结果。这一高屋建瓴的思想对我很有启发,甚至在我后来指导自己的研究生时也派上用场。

我在山大念书时,潘师曾邀请华罗庚、柯召、陈景润和王元四位数论大家一同来学校,让全校同学在操场上得见慕名已久的数学传奇;陈景润和王元后来还曾来山大出席大师兄于秀源的博士论文答辩会(依据我的记事本,是在1983年1月22日下午),这些给予全校尤其数学系同学们以极大的鼓舞。于老师是中国首批十八位博士学位获得者之一,他和潘师也为山大争了光。说到王元先生,我本人后来与他有着十多年的交往。元老曾多次来浙江大学为我的研究生授课,为我的随笔集《数字与玫瑰》写过书评,还为我的每一本数论著作和数学文化类书籍题写扉页书名。而那次,无疑是我头一回见到元老。



中国解析数论三驾马车,左起:王元、陈景润、潘承洞。

(南方周末资料图)

三

潘师并非埋头死读书或研究的人,他有许多业余爱好,乒乓球、桥牌、象棋等样样精通,并且曾在母校北京大学、山东大学以及省市比赛中获奖。不仅如此,他还通过这些博弈和比赛,提高了社会观察和人际交往的能力,这为后来他从事的行政领导工作打下了基础。潘门弟子中,王炜擅长桥牌,我则可能是第一个与他对弈象棋的。当潘师听说我中学时就参加过成年象棋比赛,还在地区一级棋类运动会拿过名次,便邀请我到 he 家里下棋。我们对弈过三五回,互有胜负,胜率各占六四开,潘师占优。棋如其人,潘师有大将风度,从来落子无悔,与此同时,他却允许我偶尔悔棋。

虽然我把潘氏兄弟的《哥德巴赫猜想》翻得稀烂,却从没有对潘师取得世界性成就的那几个经典问题做过深入探讨或研究。这是我的两个终生遗憾之一,另一个遗憾是没有和潘师单独合过影。众所周知,潘师在算术级数上的最小素数问

题、素数分布的均值定理和哥德巴赫猜想等领域均有开创性的重大贡献。在这方面,王炜、展涛、李红泽、刘建亚这几位先后留校的师兄弟较好地继承了潘师的学术遗产,他们各自在不同的方向上做出了出色的工作并把研究内容拓展到自守形式等领域。这自然离不开潘师的栽培和鼓励,同时他对每一位弟子都予以了关怀。

潘师很早就意识到,应该让学生们自己去探寻、开辟新的研究领域。为此,他派大师兄于秀源去剑桥大学,师从大数学家阿兰·贝克研习超越数理论。而师妹们也各有所长,郑志勇在代数数论领域的工作让他较早获得了国家杰出青年基金和香港求是基金的资助;张文鹏、翟文广、蔡迎春坚持研究解析数论,分别在 L 函数均值估计问题、Dirichlet 除数问题、加权筛法的推广和应用等领域颇有建树和成就,文鹏并在大西北开垦出一片数论的沃土;而王小云和李大兴则在数论的应用——密码学领域开拓出一片新天地,特别是师妹王小云,巾帼不让须眉,破解了数个国际通用的密码,名扬海内外,也让我们师兄弟为之骄傲。

我的硕士论文题目《一类数论函数的均值估计》灵感来自于潘承彪教授来山大讲学时所提的问题,对潘师来说应该是小菜一碟,他却亲自推荐给《科学通报》发表。那是在 1984 年,此文让我获得了山东大学首届研究生论文大赛一等奖,也是理科惟一的一等奖。不久,潘师邀请了匈牙利数学家、沃尔夫奖得主爱多士来山大讲学,

让我有机会与这位国际数学界的传奇人物关起门来讨论数论问题,他的研究风格和趣味让我一见倾心。遗憾的是,我没有做出爱多士当年写给我的问题,没有成为爱多士一(至多是爱多士二)。这里我想说明,在中国存在着对爱多士工作的某种偏见,认为它们是一些孤立的问题或解答。事实上,费尔马时代的数学家也对费尔马持有同样的看法。可是,这些看似零散的问题却引导我们到数学的深处。

聊以自慰的是,多年以后,我不仅游历了这个世界上的每一处数学圣地,也终于找到了属于自己的研究风格和领域,把组合数论的技巧与若干经典(解析或代数)数论问题相结合,产生了一系列有趣而不失深度的新问题和新结果。特别地,把加性数论和乘性数论结合起来,引入了椭圆曲线理论等现代工具,构造出被外国同行称为“阴阳方程”的一类丢番图方程。此外,我还提出了平方和完美数问题,使之与斐波那契孪生素数一一对应,这与十八世纪欧拉将完美数问题与梅森素数一一对应遥相呼应。遗憾的是,我再也无法聆听潘师的教诲和意见了。此情此景,就像早逝的家父(潘师的校友)不知道我后来成为诗人一样。

潘师不仅在学术上给予我们充分的信任和自由,在进行学术交流方面也非常支持。读研期间,我和王炜曾多次去北京参加学术研讨会或查阅资料,去合肥参加第三次全国数论会议(攻读硕士学位的郑洪流以及潘师叔的弟子张益唐也

同行),我还曾到广西桂林和吉林长白山参加了两次非数论专业的研讨会。我有时候寻思,自己后来对旅行的热爱也可能与他老人家当年的“纵容”有关。潘师虽是大数学家,一校之长,却与我们无拘无束,言谈举止时有妙语。记得潘师多次在中秋和元旦佳节邀我们去他家吃饭,有一次还笑着告诉我们,适才巩俐女士(她的父母是山大经济学系老师)打电话来要请客,被他谢绝了。

正是在山大读研期间,我开始迷恋上了写诗。那自然要花费许多时间和精力,没想到潘师却予以理解、宽容,从未批评过我,甚至在某些场合,还因此在别人面前夸奖我。时光如梭,我在山大九年零三个月的生活就要结束,即将开启人生新的旅程。可能是因为在北方生活得太久了,我有些想念南方,潘师和师母李老师分别是苏州人和上海人,他们在热情挽留之余,予以了充分的理解和支持。潘师亲自为我写推荐信给上海交通大

学的数学系主任,而我最后落户杭州,也是因为潘师和系里邀请来的一位客人的缘故。

1995年春天,潘师来杭州开会,住在北山路的华北饭店,我去探望他,陪他去西湖散步。在白堤上潘师鼓励我说,西湖这么美,在杭州做数学应该是挺享受的。就像从前一样,潘师步履矫健,那时他的直肠癌手术做成功已经十多年了,我们都认为他不会有任何问题了。没想到第三年,他便因为癌细胞复发去世了,年仅六十三岁,那是在1997年岁末,我刚到美国乔治亚大学访问不久,无法赶回来送别潘师。同样不巧的是,那年是我写诗的空白年,故而没有写下纪念潘师的任何诗作。直到2014年初夏,我回济南参加潘师诞辰八十周年纪念会,才在火车上吟得一首,弥补了这个遗憾。

(文章来源:南方周末)