

第 24 届国际统计物理大会记事

汤雷翰¹ 于泳² 周海军³

(1 香港浸会大学物理系 香港九龙塘)

(2 中国科学院物理研究所 北京 100190)

(3 中国科学院理论物理研究所 北京 100190)

1 Cairns 印象

2010 年 7 月 17 日搭乘香港往 Cairns 的国泰午夜航班, 安顿下来后, 眯上眼睛刚进入梦乡, 飞机已开始降落. 第一次踏上南半球的土地, 学生时代的好奇和兴奋未减, 眼前的景色却又一次无情地证明了地球村的有限. Cairns 是澳大利亚东北部的一座海滨小镇, 清新、安逸、平和、山水相依, 天空优雅飞翔的海鸟和海滩上健身慢跑的人影, 让人想起加州、地中海或我们山东半岛的一座座海滨城镇. 如果不是太阳从东往北逆时针移动, 还真不觉得已来到了袋鼠的故乡.

7 月 18 日傍晚英国物理协会 (IOP) 赞助的招待酒会, 为第 24 届国际统计物理大会拉开了序幕. 现今统计物理学界的骨干, 大部分仍是上世纪 70 年代标度和重整化群理论发展时聚集的精英和他们的弟子们, 相互很熟悉, 重逢的喜悦满堂. 接着是土著舞蹈和击鼓表演, 好几位代表加入了他们的行列. 互动时最投入的当然是第 16 届统计物理大会主席 Gene Stanley 教授, 郝柏林、胡岗等多位国内学者和很多在美的中国留学生都参加了他组织的那次波士顿大会, 算起来已时隔 24 年了.

2 大会概况, 玻尔兹曼奖章

国际统计物理大会是国际纯粹与应用物理联合会 (IUPAP) C3 委员会名下的主要会议, 也是国际统计物理学界最重要的盛会, 每三年举行一次, 目的是交流学术成果, 扩大统计物理在学术界的影响, 推动学科自身的发展及跨学科合作. 1995 年第 19 届国际统计物理大会曾在我国厦门召开.

本届统计物理大会共有约 600 位代表正式注册, 其中日本约 130 人, 澳大利亚约 80 人, 韩国约 60 人. 中国内地学者 12 人, 香港 7 人, 台湾地区 19 人, 有北京师范大学的郭文安、中国科技大学的汪秉宏、清华大学及香港中文大学的杨振宁先生、香港科技大学的王国彝、台北中研院物理研究所的胡进赜等人. 四天半的会议, 除了 11 个大会报告外, 还有 64 场分会, 由邀请报告和普通报告组成. 继承以往的传统,

分会场控制在 4 个, 这样与会者基本上不会错过想听的报告. 大会还安排了 4 场张贴报告展示, 论文作者可以有充分时间和其他代表交流.

和以往一样, 大会的高潮是玻尔兹曼奖章的颁发和得奖者的演讲. 玻尔兹曼奖章是国际统计物理界的最高荣誉, 这次授予牛津大学的 John Cardy 教授和巴黎高师 (Ecole Normale Supérieure) 的 Bernard Derrida 教授, 表彰他们分别在二维临界现象和无序及非平衡系统理论方面的原创性贡献.

John Cardy 和 Bernard Derrida 的获奖演讲, 充分体现了两位学者的鲜明个人风格. Cardy 的演讲题为《无所不在的“c”》(The Ubiquitous “c”), 对共形场论做了精彩的回顾, 从黑体辐射 Stefan-Boltzmann 定律发现者们一些鲜为人知的故事讲到二维系统临界指数普适类划分及一维临界系统量子纠缠的描述^[1]. 他提到, 当年 Boltzmann 为解释老师 Stefan 黑体辐射的经验公式, 在量子论出现之前便引入了适用于光子的线性能量-动量关系, 导出 Stefan-Boltzmann 定律这一物态方程. 此类关系重现于各类统计物理模型的临界点低能激发谱中, 并隐含着更深层次的数学结构. 对于二维系统, 共形场论的发展及与涨落有关的中心荷“c”的引入, 将此结构具体地展现在人们面前, 部分地实现了重整化群理论对所有临界普适类进行系统划分这一梦想. Cardy 的演讲穿越统计物理学一百多年的发展历程及经典和量子物理两个世界, 由浅入深, 波澜壮阔, 一气呵成. 正像会场主持人 Tony Guttmann 教授所述, “c”为 Cardy 莫属.

Bernard Derrida 师从于 Philippe Nozières¹⁾ 等法国物理界泰斗, 涉足研究领域甚广, 以揉合精确数值结果与原创性的数学表述见长. 他常常能以独特的方式为一个不易定义的难题建立精确的命题, 在论坛主导的法国理论物理界另树一帜. 在题为《非平衡态系统宏观与微观处理方法》(Macroscopic versus microscopic approaches to nonequilibrium systems) 的获奖演讲中, Derrida 以两端边界化学势差驱动的一维格点粒子迁移模型为例, 介绍了非平衡统计物理的若干最新进展. 相对平衡态, 此类系统可呈现长程关联、时间反演破

1) Philippe Nozières (1932—) 法国物理学家, 在 Grenoble 的劳厄一郎之万研究所工作, 1985 年因对金属电子理论的杰出贡献与 Conyers Herring 分享物理伍尔夫奖

缺、非稳涨落等一系列特异行为。从 2001 年起,由 Derrida 及其合作者构造的一维对称简单排斥过程 (symmetric simple exclusion process) 的严格解^[2]与 L. Bertini 等人发展的宏观涨落理论^[3]相辅相成,部分地解决了如何用分析方法计算非平衡稳态几率分布和非局域自由能函数这一难题,并较圆满地解释了以上提到的非平衡态的诸项特异行为及相互间的因果关系^[4]。由于他们的工作运用了较艰深的数学工具,这一重要进展尚未在物理界引起足够的注意。更多模型的探讨和物理图像的建立,将有助于此项理论研究的进一步发展,并在实际物理体系的分析中获得应用。

3 大会展现的统计物理学的近期成就和热点

在本次会议的报告中,受驱非平衡态系统、玻璃态动力学、胶体和颗粒物质及生物系统的讨论占了很大比重。相比于大会邀请报告中约占半数的模型严格解、场论、量子多体系统的理论与实验等内容,分会邀请报告较多地展示了统计物理与软物质、非线性理论及复杂系统等学科交叉的成果,而众多的一般报告及张贴报告则充分地说明了其在跨学科研究中的生命力。仔细考察会议程序及大小报告的内容(见 <http://www.statphys.org.au/>),可以对领域的现状形成较全面的认识。

参加会议的另一收获是可以跨越时空来回顾那些成为经典的研究工作的成长历程,从最初问题的提出到认识的深化和观念的飞跃,上升到原理的建立及相应分析方法的发展。亲耳聆听当事人叙述过程的精彩环节及同时代其他学者们的评述,了解研究工作的来龙去脉,可谓是不可多得的经历。在 Rodney Baxter 教授完成格点模型严格解的大会报告后,杨振宁教授和 Nishimori 教授就 Onsager²⁾ 的 Ising 模型严格解发表了评论,给大家留下了难忘的印象和启示。反观会议上展示的若干目前最活跃的课题和研究方向,听众也可以静下心来琢磨一番,通过借鉴与比较,对它们的现状和发展前景作出客观的评估。

Onsager 与杨振宁先生的一段轶事^[5]:杨先生在学生时代就着迷于 Onsager 的 Ising 模型严格解,他描述自己细读 Onsager 文章的那段经历是,重复地运用矩阵对易关系,经过冗长的运算,一个自由能的表达式忽然蹦了出来。杨先生一直想搞明白 Onsager 当初求解的思路,机会终于在 1965 年的一次会议返回途中的机场出现了。两人寒暄过后,Onsager 说,那时正处在“二战”年代,没有开会,有很多时间去鼓捣那些转移矩阵,从 $2 \times \infty$ 点阵开始,然后是 $3 \times \infty, 4 \times \infty$,直到 $6 \times \infty$ 点阵,经过艰辛的努力,找到了 64×64 阶矩阵的全部本征值,终于悟出了其中的规律,导出了大家熟悉的公式。功夫不负有心人,可以算是科学研究发现的第一准则。

玻璃态动力学过程中的关联长度和关联时间是会议的另一热点,反映玻璃态这一复杂现象的刻画近几年又取得了

若干实质性的进展。由 Marc Mézard 报告的自旋玻璃空腔理论在量子多体系统中的应用也是大会邀请报告中的一个亮点,这方面的进展值得物理界同行关注。

4 学科在各大洲的分布简况

从各大洲参会代表人数和报告来看,欧洲仍占据着统计物理学的主导地位,其中法国、德国和意大利的力量最强,英国、西班牙、荷兰、北欧诸国及以色列也不乏优秀人才和团队。美国由于国家科研经费导向的原因,原有的统计物理队伍大幅转向生物学,无序系统及非平衡态统计方面的工作骤减,引发理论人才青黄不接的担忧。在亚洲,日本和印度队伍最整齐,尤其是日本,年轻一代训练有素,多年的积累及在数值计算领域的优势,使其整体水平无论在论文的数量和质量上都和欧美相媲美。韩国近年在统计物理学科的投入也很可观,利用多种渠道开拓国际交流,为年轻人在国际舞台上提供学习和锻炼的机会。此届大会有创历史记录 14 个卫星会议,也部分地反映了统计物理学在亚太地区已有了广泛的基础和起飞的态势。

5 北京卫星会议

北京卫星会议由中国科学院理论物理研究所承办,于 2010 年 7 月 8—11 日在中国科学院基础科学园区举行,主题为“统计物理与计算机科学”。会议的报告侧重于统计物理理论及方法在计算机科学和信息科学中的应用,讨论的议题包括基于关联的系统微观相互作用重构,组合优化问题的基态空间结构、相变及搜索算法,压缩传感问题,自旋玻璃平均场理论,复杂网络的演化,Monte Carlo 取样方法在复杂系统中的应用及局限等等。与自旋玻璃理论有关的研究原来在我国几乎空白,经过近几年的努力,已打下一个基础。参会代表共 55 人,来自中国内地和其他十多个国家和地区。



图 1 北京 8 卫星会议代表们合影

2) Lars Onsager (1903—1976) 美国物理化学家,1968 年诺贝尔化学奖得主。生平传记可见 H. C. Longuet-Higgins 和 M. E. Fisher 合著的《Lars Onsager: 1903—1976》一书。(见 <http://www.nap.edu/html/biomems/lonsager.pdf>)

6 香港卫星会议

2010年7月13—16日举行的香港卫星会议由香港浸会大学与香港科技大学联合承办,参会代表约150人,其中内地代表与学生约50人。会议的主题为“复杂性、计算与信息”,汇集了多名国际统计物理界知名学者。除了与主会场及北京卫星会议有部分重叠的玻璃态及信息论方面的报告外,香港会议上生命现象的讨论占了很大比重。



图2 香港卫星会议代表们合影

自2001年第一份人类基因组序列发表以来,统计物理界便积极参与了各项后基因组发展计划,研究注意力也从最初的基因组分析逐步转向对生命过程的物质基础及生命现象本质的探讨。本次会议上,围绕着生物学“结构与功能”这一中心命题,演讲者们通过对具体生命现象的定量分析,从多层次展现其丰富的内涵。以大肠杆菌化学迁移(chemotaxis)这一大家熟知的现象为例,物理学有关分子运动的知识可以帮助建立切合实际的信号传导动力学模型,对“完全适配”这一系统特性展开深入的讨论,进而抽象到计算理论的研究,从自动机(即单个细菌)用随机行走的方法来探寻靶点(养料源)的角度来评估大肠杆菌化学迁移系统的效率。从会议上报道的工作来看,目前的研究尚处于单个生命现象定量描述的阶段,通过实验和建模,收集生物体处理与物种生存和繁衍息息相关的各类“事务”的方法及需满足的约束条件。由于此类过程数量庞大,这类研究还将持续很长一段时间。会议上也有不少关于生物进化的报告,对物种在演化过程中如何找到优化解,何时改变现状去寻找更优的解等问题,提出了初步的思考。可以说,统计物理与生命科学的交叉,已进入多层次、全方位的融合阶段。

7 学科在亚太地区的发展

本届统计物理大会众多的卫星会议,充分反映了亚太地区对统计物理学的关注。在过去的四分之一世纪里,统计物理学经历了与非线性科学、计算机科学、经济学、社会科学、生命科学等领域的广泛交叉与合作,涌现出了很多新的生长点。交叉学科的蓬勃发展,特别是对复杂体系研究的不断深入,为统计物理这门古老的理论学科重焕青春开拓了广阔的空间,为新思维、新概念、新方法的出现提供了肥沃的土壤。本届统计物理大会及卫星会议的一个喜讯是,学科本身对非平衡态及复杂的动力学体系的处理能力的不断提升,展现了强劲的生命力,把握住这一历史性的学科发展机遇,对于处在发展阶段的亚太地区有着特殊的意义。

大会期间,IUPAP C3委员会表决通过2013年的第25届国际统计物理大会由韩国承办,一个主要理由就是促进统计物理学在亚太特别是在中国的深入发展,让本地区更多的年轻人参加到这方面的研究中来。会议期间,很多欧美学者都表达了来中国讲学的浓厚兴趣,也非常愿意以多种形式接收优秀的中国学生加入他们的研究团队。日本和韩国的同行也表示了加强地区内学术交流的友好愿望。相对于欧美和亚洲的若干国家,我国统计物理的研究在覆盖面和深度上都还有很大的改进空间,如何借这个契机,加速我国统计物理的发展,争取在三年后的首尔会议上展现一个全新的局面,是一个十分值得思考的问题。

参考文献

- [1] Cardy J. arXiv: 1008.2331v2
- [2] Derrida B, Lebowitz J L, Speer E R. Phys. Rev. Lett., 2001, 87: 150601
- [3] Bertini L, De Sole A, Gabrielli D *et al.* Phys. Rev. Lett., 2001, 87: 040601
- [4] Derrida B. Fluctuations and large deviations in nonequilibrium systems. In: V. Sidoravicius Ed. *New Trends in Mathematical Physics*. Springer, 2009. 187
- [5] Yang C N. *Selected Papers (1945—1980) With Commentary*. Singapore: World Scientific, 2005. 11—13(译文可见杨振文集(上),华东师范大学出版社,1998. 20—23)