

永远年轻的复杂性科学先驱

——纪念“遗传算法之父” John Holland 教授

韩靖 中国科学院数学与系统科学研究院



摄于北京紫竹公园 2002年10月

2015年8月10日，我们震惊而沉痛地得知，John Henry Holland，著名的“遗传算法之父”，复杂自适应理论的提出者，复杂系统研究的先锋人物，美国密歇根大学计算机系教授、心理学系教授，美国圣菲研究所的创始人之一，于2015年8月9日在美国安阿伯家中病逝，享年86岁。美国圣菲研究所网站主页[1]、美国《华盛顿邮报》[2]、美国《纽约时报》[3]、美国《科学家》杂志[4]等都迅速刊登了他的讣告和纪念文章。

Holland教授是我们复杂系统研究中心的顾问，曾担任数学与系统科学研究院的国际学术顾问。他同时是中科院数学与系统科学研究院系统科学研究所创办的刊物《Journal of Systems Science and Complexity》的顾问，并为这个刊物的发展做出了重要的贡献。Holland教授是我们的老朋友，他曾于2002年，2004，2005，2006，2009，2010，2011和2012年访问我们研究院和复杂系统研究中心，每次来访他都举办学术报告会向我



2006年摄于北京植物园，我们的复杂适应性理论研讨班

们展示他的最新想法和成果，同时他对我们复杂系统中心进行指导和学术讨论。2006年的初夏我们曾经就如何把自适应控制和复杂适应性理论相结合的问题集中讨论了一周，其中有一天晚上和他探讨到深夜十一点多。与Holland教授的讨论对我们启发很大，促使我们开启了基于博弈的控制系统的新方向。Holland教授也是我本人2003年在圣菲研究所博士后期间的指导老师，十几年的老朋友。我曾八次接待他在中国的访问，并非常有幸从2001年开始几乎每年都和他见面探讨学术以及人生的问题，保持了十几年的邮件通讯。我

们痛失一位伟大的指导者、合作者和真诚的老朋友！我们表示沉痛的哀思，并衷心祈祷老先生一路走好！

适应性研究

Holland教授一生都在追寻适应性理论，从创建遗传算法、分类器系统（classifier system）、回声模型（Echo）到边界与信号模型（boundary and signals），从来没有偏离过“适应性”这个主题，而“积木”（building blocks）的概念则贯穿于他一生的研究之中，这是他通过适应性来构建复杂性的关键点。

在遗传算法中，他创造性地把生物遗传的概念首次引入计算机程序，给出了“积木”在通过种群交叉变异的演化过程中数量变化的“图式定理”，让计算机开始具有通过“繁衍”而适应以及学习的机制。在上世纪60-70年代计算机还处于雏形阶段大家还忙着做编译器、操作系统的时候，他已经超前地意识到计算机通过适应来学习的重要性，在当时是与主流人工智能专家系统通用问题求解的研究大相径庭的。他于1975年出版了他的开创性的著作《Adaptation in Natural and Artificial Systems》，已被引用五万次以上，并已用多种语言翻译出版（中文版是我中心当时的博士后张江翻译）。虽然书刚出版的时候反响不大，一开始只有Holland教授带着几个研究生单枪匹马埋头苦干，但到80年代后开始吸引了一大批研究人员。我曾于2003年随Holland先生参加遗传算法与进化计算大会（GECCO），规模达到五六百人，参会人员大多数不是他的弟子，就是徒孙，或者徒孙的弟子。遗传算法已成为一种通用的计算机优化和搜索方法，并得到广泛应用[1]。他的工作是进化计算领域的一个重大转折点[3]。

Holland教授并没有满足和止步于遗传算法，因为他知道遗传算法对付不了复杂的解结构，特别是具有层级的基于规则的解结构。作为一个探索先锋，在大多数人仍然沉浸在相对成熟容易出成果出文章的遗传算法研究时，他结合认知心理学、经济学提出了分类器系统，为计算机搭建了一个精巧而又具有适应性的基于规则的专家系统。和传统专家系统不一样的是，这个分类器系统允许相互矛盾的规则共存并通过市场机制来竞争，通过“水桶算法”强化学习来改善系统的性能，并且结合遗传算法不断生成新规则。这个体系的构建是如此的独特和巧妙，不仅仅对人工智能，对认知心理学也是一份难得的洞见！这个

系统可以对非常复杂的问题进行求解，是目前能看到的结构最灵活、让计算机具有最大限度的创造力的算法框架，具有巨大的潜力。他的学生利用这个分类器系统实现了自适应的煤气管网线系统这一博士论文工作而获得了1985年度的总统青年研究者奖。分类器系统的研究成果被写入了Holland教授与心理学家Keith Holyoak等合著的《Induction: Processes of Inference, Learning, and Discovery》中并于1989年出版，对认知科学做出了影响深远的贡献[2]。

他随后出版的书《Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity》（1995年）和《Emergence: From Chaos to Order》（1998年），则介绍了他在复杂自适应系统理论的思考和成果，在复杂系统研究领域具有极大的影响力，这两本书都被我国学者翻译成中文。他于2012年出版的书《Signals and Boundaries: Building Blocks for Complex Adaptive Systems》中，介绍了构造具有层级结构的复杂系统的两个基本要素：边界和信号。边界使得多个Agent可以形成层级结构，并且与信号一起使得系统呈现出越来越复杂的现象。这是他从生物学中得到的重要启发，这一工作又让大家感觉到他在研究思路上的大跳跃。在与癌症病魔作斗争的最后2年里，他还为牛津出版社编写了一本复杂系统的介绍性小书《Complexity: A Very Short Introduction》（2014年）。

Holland教授一生都在从事他心爱的科学研究。即使在70岁之后，无论在体格上还是精神上，他还是像年轻人一样：他可以跳着下楼梯，在密歇根湖上驾驶帆船，他具有研究生一样高涨的热情，头脑思维高度的开放和具有创造力，记忆力也比一般的年轻人都强，他说话经常旁征博引，他了解并记住来自各个学科领域的知识之多

让人惊讶。他曾对我说过：我没有觉得自己的脑袋比年轻的时候笨了，反而有越来越多的想法。他身边经常带着一个小本子，在开会或者听会，坐飞机等空闲碎片时间里，总会看见他本子上写写画画琢磨他的想法。所以即使是在七、八十岁的时候，他的研究仍然是勇往直前，并不是呆在一个舒适安全的区域内发表一些论文颐养天年，而是继续作为探索先锋，开创冒险性的新领域。

学科交叉

Holland教授的研究是独特的，具有非常鲜明的个人特色和个人风格，是典型的学科交叉研究模式：遗传算法结合了进化理论，分类器系统则结合了经济学和心理学，回声模型结合了生态学，边界与信号模型则结合了生物学等。他本科就读于MIT的物理系，随后到密歇根大学攻读数学博士学位，在没完成数学博士论文之前，他转去一个新成立的项目“通讯科学”并获得了美国（应该是世界上）第一个真正意义的计算机博士学位。诺贝尔物理奖得主M.Gellman在他的著作《夸克与美洲豹》中是这样评价Holland的：“他清晰而风趣地解释了复杂适应系统（特别是基于计算机的CAS）的重要性质。沿此道路，他为经济学、生态学、生物演化和思维研究都提供了非常宝贵的洞见”。

Holland常说，他经常从与别的领域的人（包括语言学家、音乐家、诗人）交谈中得到很多好主意。“我自己独特的个人看法是：有很多科学家，在某个领域挖得很深，已经深到在那个时代人类所能达到的极限深度了，然后就枯竭了。而我认为很多最有创造性的科学发现的核心是那些经过深思熟虑的隐喻，而跨学科研究是产生丰富隐喻的来源。” [3]

兴趣和名声

Holland教授的研究主要是被强烈的好奇心和研究本身带来的乐趣而驱动，而不是外界的肯定和名声。他说做研究就像他小时候在地下室和小伙伴们发明游戏一样具有乐趣。他对除了学术研究本身之外的事兴趣不大，除非别人邀请，否则他不会四处去演讲宣传他的学说。他说曾经有一段时间他主持一个实验室，得积极找大量经费，他搞了一阵觉得花时间申请经费太没乐趣了，后来就再也不组织实验室了，再后来连经费也懒得申请了，除非是别人申请的时候拉上他。所以他后来的研究生都得自己去找奖学金，然后Holland就会带着他们在科学领域里自由翱翔。他的学生毕业后进入学术界继续从事适应性方面研究的比例很大。这是非常难能可贵的，因为作为导师他激发起学生对这个领域的研究热情和兴趣，最终学生们打造了一个遗传算法进化计算的王国。在他80岁生日的学术会议中，他的一位学生在发言里幽默地讲到：John把我们宠坏了，以至毕业后刚在学术职位上都有点不适应！Holland就是这么一个人：当无人鼓掌的时候，他一个人做着自己的心爱的研究乐此不疲；出名了，有一群人跟着他讨论他也很开心地和大家交流毫无保留地分享他的想法。他说过“我有一辈子都做不完的想法，所以我从来不用担心有人从我这里偷一个想法。” [1]

关于名声，他曾在邮件里写道：“如果你不在意是否成名，而仅仅是去跟随你的内心的想法而工作，这条路是走得通的。并且，意外地，名声往往取决于原创的想法，而不是发表多少篇论文，因此长远来说，（专注于原创工作）将来成名的可能性更大。我从来不用担心自己是否成名，只要我的学生们还觉得我的想法有趣就足够了。所以现在我告诉我的学生们：如果你想跟随自己

的想法去做研究，就去找一个保护人，像资助达芬奇的那位贵族。”他多次跟我提到当年他的保护人就是他的博士论文导师Arthur Burks（曾经跟著名的冯诺依曼一起工作研究元胞自动机），总是在系里站出来为他说话保护他，使得他能跟从自己的兴趣去做研究，而不是进入“论文大战”。他一生中并没有主动去追逐名声，不过他获得了各种各样的荣誉，例如：麦克阿瑟天才奖，是美国跨领域学术最高奖项之一；莫尔电机学院颁发的Pender奖，莫尔电机学院曾制造出世界上第一台计算机；IEEE Neural Network Society颁发的先锋奖；进化程序学会颁发的终身成就奖；计算机科学世界大会颁发的终身成就奖等。

赤子之心

Holland先生也是一位非常受人爱戴、平易近人的朋友。他具有招牌式的爽朗的大笑，狡洁淘气的幽默，以及骨子里的天性乐观和与人为善。正如《复杂—诞生于混沌与秩序边缘的科学》一书作者Waldrop书中所说“他有一个真正快乐的人的坦率和好脾气。不喜欢Holland几乎是不可能的。”圣菲研究所的前任所长曾对我说过：Holland是圣菲研究所的大熊猫，标志性人物，具有独特魅力，总能吸引一群人围扰在他身边。为Holland先生85岁生日而制作的一本纪念册（此后经修改成为一本书《Aha..... That is Interesting!: John Holland, 85 Years Young》, [5]）中，从他的女儿们到学生们，从同事们到朋友们，包括美国科学院院士，复杂系统研究领域的著名科学家，以《哥德尔、艾舍尔、巴赫》一书闻名的侯世达，美国著名诗人等，通过一些小事的叙述甚至诗歌，从不同的角度展现他的方方面面，特别是他杰出的才华和人格魅力。如果留意圣菲研究所讣告网页下Holland的同事、朋友和未曾谋面只是因为读了他的书受到启发的粉丝的留言，会看到

Holland教授的学术和人格的巨大影响力。他天生幽默乐观，总能从一件事、一个人中看到好的一面。他很少抱怨，即使生命最后几年被癌症折磨的时候也不和朋友抱怨什么，还依然觉得能继续他的研究是件很幸运的事情。他对任何人都给予发自内心的尊重，他从来不以一个大科学家的身份而自居，他不需要去证明或者感觉自己比别人聪明。他总是耐心地聆听别人跟他讲述研究工作，并且总会挖掘出别人研究工作中的亮点并加以鼓励。Waldrop说“与John的谈话总会让你感觉自己更聪明了。” [4]

他就是这么一个人：台上作学术报告的时候他会充分展现一个大科学家的睿智和风度，台下他能和三岁小孩玩上半个小时疯狂幼稚的游戏；他能和聪明敏锐的诺贝尔奖得主不卑不亢地热烈讨论科学问题，也能在饭店吃饭的时候和服务员套家常开玩笑逗得大家很开心；当住着五星级豪华宾馆他会好奇地看看有特色的设施，而住着百来元人民币的园区公寓他也欣然地赞叹地点之方便；别人送给他的贵重的礼物他会由衷感谢收藏，而来自学生粉丝的十来元人民币的纪念品他也打包到自己小小的旅行箱里带回美国家中摆在书架上。他生活得怡然自得，他热爱并享受生活中点点滴滴的卑微小事，他曾在邮件里写道“我相信就是这些‘小事’使生活变得快乐，特别是当它们成为研究这个‘主菜’的调味剂”。诺贝尔物理学奖得主Philip Anderson在SFI讣告留言中除了称赞他对SFI和复杂系统研究作出的重要贡献之外，还写道“不要忘了，他还是个可爱的人”。

Holland先生和中国很有缘，他非常喜欢中国，除了多次来访我院，他还多次在中国—圣菲研究所复杂系统暑期学校授课并于2005年担任校长。他在中国有为数不少的朋友，更不用提粉丝。他对中国文化非常着迷，他喜欢中国的古典

音乐，米芾的书法，李白的诗和中国的山水画。他与世无争的性格，超然物外的专注，待人真诚的一片赤子之心，不正像一位超凡脱俗的得道高人吗？！

永远怀念我们的Holland先生。

参考文献

- [1] Complexity science giant John Holland passes away at 86, SFI website: <http://www.santafe.edu/news/item/in-memoriam-john-holland/>, Aug. 10, 2015.
- [2] Goodbye to the genius who changed the way we think (and you didn't even know it), Washington Post, Aug.19, 2012. <http://www.washingtonpost.com/blogs/monkey-cage/wp/2015/08/19/goodbye-to-the-genius-who-changed-the-way-we-think-and-you-didnt-know-even-know-it/>.
- [3] John Henry Holland, computeried evolution dies at 86, New York Times, Aug. 19, 2015. http://www.nytimes.com/2015/08/20/science/john-henry-holland-computerized-evolution-dies-at-86.html?_r=0.
- [4] Computer Science Pioneer Dies, The Scientist, Aug. 21, 2015. <http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/43802/title/Computer-Science-Pioneer-Dies/>
- [5] Aha..... That is Interesting! John H. Holland, 85 Years Young. World Scientific, 2014. <http://www.amazon.com/Aha-That-Interesting-Exploring-Complexity/dp/9814619868>