

Science Matters: 最新最大的交叉学科

林磊

(美国加州圣何塞州立大学物理系, 加州 圣何塞 95192, Email: lui2002lam@yahoo.com)

科学是什么? 答案就是“自然界一切事物都是科学的一部分”。一般所说的“自然科学”其实是关于简单系统的科学; 人文学/社会科学——与人有关的学问——属于复杂系统的科学。本文讨论两种文化(人文学与“科学”)的起源并澄清有关问题。文“理”交融的提法是有问题的, 因为人文学也是科学。Science Matters 这门新的交叉学科涵盖与人有关的所有学问, 其观点是: 从复杂系统的角度, 把人文学与社会科学看作是自然科学的一部分来研究。我们以历史物理学为例, 说明 Science Matters 是如何运作的。

一、科学是什么

大约 2600 年前, 希腊的泰勒斯(Thales)首次提出了“万物理论”: 万物都是水做的^①。其后, 亚里士多德(Aristotle) (公元前 384-322 年)在同一平台上研究了宇宙的各个方面的, 包括天文、物理、生物、逻辑、伦理和政治^[1]。换言之, 他对现代大学所有系里的科目都感兴趣。这不是偶然的。把知识分隔成不同的学科只是最近几百年的事情, 更多的是为了方便, 而不是由于知识本质上的理由。毕竟, 哲学博士——一个大学授予的最高学位——中的“哲学”指的是“爱智慧”——一切智慧。

知识在本质上的统一性有其物质基础。关于我们的宇宙或世界的知识可以分为两大类: 与人无关的和与人有关的。比如, 牛顿力学三定律就是与人无关的学问, 意思是如果有外星人的话, 外星人也会发现同样的定律, 虽然并不叫这个名字。与人有关的学问的例子是文学与舞蹈。外星人的舞蹈很可能与我们的舞蹈不同, 因为他们可能有三只脚而不是两只。

与人无关的学问就是我们一般说的“自然科学”; 与人有关的学问就是人文学与社会科学。然而, 这种说法是不准确的。人类是由原子组成的“智人”物质系统, 这些原子与“自然科学”系统中的原子是一样的。所以与人有关的一切学问都应该是自然科学的一部分, 因为自然科学的对象包括所有物质系统。由此只能得出一个结论^[3]:

科学 = 自然科学 = “物理”科学 + 人文学 + 社会科学。

换言之, “自然界中的一切事物都是科学的一部分”。这个结论古希腊人是理解的。如果现在有一些人不了解, 是因为“科学”二字被误解了或误用了。

二、文“理”两分的由来

一万多年前的地球上, 我们的祖先开始对这个世界——包括他们身边的环境和天上星星——产生了好奇。好奇心不单是人性的需要, 更使那些观察世界而了解真相的人们从中受益。根据达尔文的演化论, 好奇心让人们在进化过程中生存下来。

在“智人”的各种活动中, 文学是对自然的反思和了解。在此, 自然指的是与人有关或无关的物质系统, 包括秋天的落叶、四季与气候的变化、月光对恋人的影响、不同空间中人们的相处, 以及体内或体外发生的事情引起的大脑中的思维变化。当作家把这些写下来的时候, 他们以自己身体的探测器(视觉、触觉、嗅觉、听觉等)作为主要的探测手段, 以大脑作为主要的信息处理器。此外, 后代的作家也会从前人的著作中获益。

随着时间的推移, 对某类现象的观察和了解进展得快一点。这过程在 400 多年前由伽利略开始。其成功基于三个要素: (1) 选择了简单的系统(比如从斜坡上滑下的物体)来研究; (2) 在建构理论时采取大胆和重大的近似(比如把滑下的物体近似为“点粒子”); (3) 用自己身体以外的探测器和信息处理器。令人惊讶

作者简介: 林磊 香港大学学士、美国哥伦比亚大学博士、加州圣何塞州立大学物理教授与中国科学院、中国科协客座教授。林磊教授发明了世界上 3 种液晶中的 1 种: 碗形液晶 (1982)、复杂系统研究中新的一种典范: 活性行走 (1992) 和一门新的学科: 历史物理学(2002), 发表了 160 多篇论文和 11 本专著。Science Matters (World Scientific 出版) 和 Partially Ordered Systems (Springer) 两套英文丛书创始人与主编, 《物理》和《科普研究》编委, 国际液晶学会创始人, 中国液晶学会共同创办人。

^① 管子对水也有偏爱^[2]。他说: “人, 水也。男女精气合, 而水流形。”等等。

的是，这个方法对处理像人这么复杂的系统也管用。比如，人们对受重力吸引的自由落体运动作出预言和进行准确的测量。能够做到这一点，并非因为落体本身是简单的，而是因为我们可以把落体近似地视为一个简单的东西；例如，从高楼坠下的人体与文学中描述的人体是同一个复杂的人体，但在物理研究中，我们认为坠下的人体是一个“点粒子”，即尺寸为零的理想粒子。这个近似之所以生效是因为地球（重力来源）的尺寸远大于人体的尺寸。此外，我们可以用数码相机把下坠的人体拍下来，并与计算结果比较。在此过程中，我们会用到计算器或计算机。

这一类研究被称为“自然科学”，主要包括非生物系统，但也不排除生物系统，比如下坠的人体和其他相对简单的生物体。然而，所谓“自然科学”其实是关于简单系统的科学，而人文学/社会科学——与人有关的学问——属于复杂系统科学的范畴，因为人类是宇宙中最复杂的系统。在大学中，前者称为“理”科，后者称为“文”科。

正如上文指出的，自然科学的成功是因为它挑选了一些相对简单的现象作为研究对象，而文学停留在以人类这个复杂系统的复杂方面作为研究对象——比如傲慢与偏见。当研究逐渐深入，专业化不可避免，形成两个不同的集团，即文学行业中的作家和研究自然科学的科学家。因为作家用他们的身体作为工具，所以只有具有高度身体敏感和大脑神经原适当网络的人才能成为好的作家，而科学家需要其他品质——比如高度的自信，才能成功。

目前的情况是：社会科学包括人类学、企业管理、经济学、教育学、环境科学、地理学、政治学、法学、心理学、社会福利、社会学以及女性研究。哲学、宗教、语言学、文学、艺术和音乐构成人文学。根据它的特性，历史应是社会科学的一部分，但在一些大学里——例如斯坦福大学，它被列为人文学。

在人文学中，文学、音乐和艺术的目的是用文字、色彩、声音、语言或形状来刺激人的大脑，通过神经原和它们的连接方式^[4]，引起愉快和美感，或是相反的感受。在这个过程的两端，作为某种形式的计算机，创作者和接受者的大脑发挥着重要的作用。这些学科都是复杂系统，对它们的科学研究还处在初始阶段，这就是为什么我们把人文学同社会科学区分开，因为对社会科学的研究已处于中等阶段。语言学是对文字和话语中所使用的工具的研究，它支持上述三个学科。

严格来说，文“理”交融的这个提法是有问题的，因为人文学属于复杂系统，而这里的“理”指的是简单系统的理。从方法论的角度来说，用简单系统的有关方法来处理复杂系统可能是无效的。正确的做法是确认人文学本来就是科学的一部分（见第一节），作为复杂系统，应该以复杂系统的科学来处理。然而，怎么办呢？

三、Science Matters

Science Matters（简称 Scimat）^②是最新最大的交叉学科^[5]，涵盖与人有关的所有学问，其观点与方法：继承亚里士多德的优良传统，运用物理（特别是统计物理）和其他学科的成功经验，从复杂系统的角度，把人文学与社会科学看作是自然科学的一部分来研究。

过去，很多从科学的角度来研究人文学的工作以“科学与X”、“X的科学”和“X的哲学”的名称出现，X在这里可能是文化、艺术、文学、科学、社会等等。然而，X本来就是科学的一部分，此处的“科学”指的是“简单系统的科学”。所以这一类的描述方式是有误导作用的。比如，“科学与文化”这个说法暗示了科学与文化是两种不同性质的东西，甚至是相互对抗的。其实，两者都是了解自然的工作。为避免误会需要一个新的名词，就是“science matters”。

复杂系统没有严格的定义。一般来说，复杂系统由众多的、相互作用的部分组成，每一部分可能有不少的“内态”，并具有依据外部变化的适应能力^[6]。在操作上，复杂系统可定义为大学中所有科目的研究对象，传统的物理、化学和工程系的科目除外。

所有物质系统都是由原子或分子在不同层次凝聚而成。从尺度上来说，由小到大，我们有夸克（或超弦）、核子（中子与质子）、原子（核子加电子）、分子、凝聚态（液体与固体）、简单的生物系统、人体器官和人。众所周知，在每一层次都存在“涌冒”现象，就是一些从下一层次很难预言的物质性质。比如，水的流动性就是不能从水是由H₂O分子组成的这个事实推导出来。为了描述和理解每一层次的涌冒现象，我们并不需要

^② Scimat 还没有正式的中文译名。从内容来说，或可暂时翻为“人科”。

从最低的层次出发。比如，要描述水的流动并不需要从夸克的层次开始，甚至不需要从分子的水平开始。事实上，根据几个简单的对称性原理，物理学家得出一个描述水流动的唯象方程——Navier-Stokes 方程，这一方程现在仍广为应用。另一方面，也可以从分子水平来了解水的各种性质。同样的，要了解与人有关的复杂现象，可以从不同的层次着手，比如“唯象层次”和“真实性层次”^[7]。

此外，从 80 年代以来，通过对简单和复杂系统的研究，发现了几条普适的关于自然界的原理。这些原理可以同时应用在“自然科学”和人文学/社会科学，生物体和非生物体。我们这里说的是分形、混沌和活性行走^{[6,8]③}。从侧面来说，这些事实也说明了 Scimat 的研究方向是可行的。历史物理学^[7,9] 就是一个成功的例子。我们在下面将简单地介绍历史物理学的研究工作，其中提到的许多研究方法相当普适，也可用于众多的其他学科。

四、历史物理学

历史是对过去事件的研究，是不可重复的，不像物理学那样能够做可控制的实验。大部分历史学家因此认为历史不能成为一门科学。虽然过去有一些重要的学者认为历史像物理一样，也可以用科学的方式进行研究并得出一些定律，可是，历史至今仍然没有成为一门科学，我们认为这是因为历史学家没有受到足够的科学训练。

历史学研究的对象是个多体系统，在这个系统中，单体是人，在本文中称为“粒子”。每一个粒子都是经典的（非量子力学的）、可分辨的。由于尺寸、年龄和种族等方面的差异，这个多体系统也是一个由不同种类组成的系统。历史研究的对象是一个包含必然性和偶然性的随机经典系统——也就是包含概率描述的理论系统，可以通过统计物理关于随机系统的理论^[6,10]来研究。在这里，必然性开始只是一个假设，其存在只能通过实践来检测；偶然性来自没有包括在研究系统中的所有因素，在复杂的处境中是很难避免的。偶然性在随机系统的理论中可通过“噪声”来描述。

事实上，定量性的历史定律的确存在。比如，几十年前，英国学者理查生 (Richardson) 把世界上发生的战争，及死伤人数做了一个统计^[11]，发现总体来说，大的战争出现的数目比较少，小规模的最多。这个结果可以用幂律曲线（即变数 y 正比于自变数 x 的某次方）表现。令人惊异的是，在自然界有许多复杂系统，如地震、城市人口的分布也莫不如此。虽然人类战争的爆发和规模从偶然性来说与某些历史人物的个人行为有关，但它们并不能改变符合幂函数的特性。因此，人类历史的发展与很多复杂系统有着共性。同样的，中国历史上从秦朝到清朝（公元前 221 年到 1912 年）每一个皇帝统治的年数也服从幂律分布（幂指数为 -1.3 ± 0.5 ）^[3]，可见中国皇帝统治也是复杂系统的一种。这些是采用统计方法来研究历史的例子。

用建模方法和活性行走可以描述经济历史学中的正反馈现象。比如，劣势产品最终有可能赢得市场。例子之一是“QWERTY”键盘赢了其他更高明的键盘而变为目前唯一存在的键盘^[7,9]。另一个例子是“个人电脑”（PC）后来居上，在市场占有率上大大超过了比它设计优越的苹果电脑。

另一个研究工具就是计算机模拟方法，也就是真实性层次的研究。比如，爱斯泰尔 (Axtell) 等^[12]模拟了美国亚利桑那州东北部的一个村落的发展。模拟结果与量化的历史数据相吻合。这些数据是根据以冲积地貌学、孢粉学和年论气候学为基础的古环境学研究重建的。例如，在公元前 400 年至 1400 年，家庭的数量有两个高峰；模拟复制了这两个高峰。模拟还复制了居住空间分布的演化。这项研究发现居民和地貌中的异质至关重要。这个模拟从一个由古环境的重建地貌开始，然后在这个地貌中放进人口——代表个体居民的人造居民。模拟具体描述了 5 个居民部落以及从历史数据中猜想的居民法规。这个模型包括 14 个合理选择的参变量，加上为了最优化而准备的 8 个可调节的参变量。

此外，很多时候，可以用复杂系统领域中常见的、极其简单的方法得出很有意思的结果。齐普夫图 (Zipf plot) 就是一个例子。给出一个数字序列，先把这些数字按从大到小重排，相同大小的数字只保留一个，得出一个从左往右单调下降的函数，这就是齐普夫图。很多齐普夫图中的函数是幂函数^[4]。令人意外的是，中国朝代寿命的齐普夫图却以双直线的形式出现^[3]。朝代寿命定义为同一朝代各个皇帝统治的年数之和。从秦

③在活性行走模型中，一个粒子（行走者）会改变地貌——一个可以改变的势 (fitness) ——的空间分布。改变的地貌反过来又将影响粒子下一步的行走。例如蚂蚁就是这样一个活性行走者。活性行走模型已经成功地应用于模拟从“自然科学”到社会科学中的很多现象^[3,13]。

朝到清朝，把各朝代寿命以单调下降的形式重排，每一朝代赋予一个等级（R）。唐朝是寿命最长的朝代（朝代寿命为 290 年），R 为 1，以下类推。图 1 给出朝代寿命随 R 变化的曲线，曲线分为两个直线部分，说明如果一个朝代的寿命小于 57 ± 2 年，那么它的可能寿命以 3.5 ± 0.1 年的间距跳跃，换言之，如果一个朝代能够撑过 3.5 年，那么，它就可以再活 3.5 年，如此类推。如果一个朝代的寿命大于 57 年，那么它的可能寿命以 25.6 ± 0.1 年的间距跳跃，换言之，如果一个朝代能够撑过 25.6 年，那么，它就可以再活 25.6 年，如此类推。所以，中国朝代寿命是“量子化”的，57 年是一个阈值。这个双直线效应究竟是由于外部条件（比如天气）的周期性变化，或者是系统的自组织动力学行为而引起的，尚待研究。

事实上，这个现象在自然界是一个相当普遍的现象^[15]。比如，一个饭店在开始一年最容易垮掉，如果它能够撑过两年、三年，那么它就可能存在得更久。商业界中的公司也有这个情况。在一些第三世界国家，由于贫穷、医疗水平低等原因，有些人会在很小的时候死去。在某个国家，小孩通常只有活过 13 岁，才可能活得更久。

上面所举的几个例子说明历史学的研究除了叙述外应该还有更多的东西，单是描述历史发生的过程是不够的。通过借用物理和复杂系统研究中常用的几个方法，我们可以解释许多历史现象并发掘出一些隐藏着的历史定律。

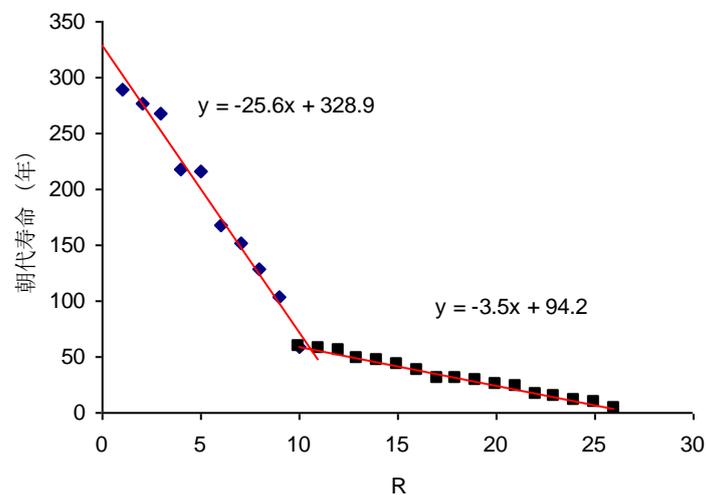


图 1 朝代寿命随等级 R 变化的曲线。

五、Science Matters 的前景

达·芬奇可能是历史上最后一个能够同时掌握多门科学/技术和艺术的人。他没能把他众多的工程设计变为现实，更不要说变为产品，是因为他没有足够的研究经费和一个超大的研究团队，而且当时的社会并不存在一个适当的工业体系。在知识爆炸的当代，没有一个人再能像达芬奇一样渊博而深入地掌握众多学科。这样做也没必要。我们要做的就是鼓励人们成为跨两个学科的专家。当两科专家的数目足够多时，世界上的所有学科都会连接起来，任何两门学科都能直接或间接相互交流，彼此受益。我们谈的是交叉学科在教育^[16,17]、研究^[3,7,13]和科普^[18-20]三方面的繁荣发展。这里指的不单是历史物理学和 Scimat，而是所有的交叉学科。

为了促进往这个方向的发展，第一届 Scimat 国际会议(见图 2)于 2007 年 5 月 28—30 日在葡萄牙的海边小镇 Ericeira 举行，由 Maria Burguete 和林磊担任共同主席。会议有 15 个邀请报告，报告人来自美国、欧洲和中国，内容包括“舞蹈的本质”（报告人：Leonor Beltrán）、“计算化学的哲学”（Burguete）、“通过科学表达的文化”（Paul Caro）、“欧盟的研究与发展策略”（Gilbert Fayl）、“科学与艺术中的面孔学”（Brigitte Hoppe）、“历史物理学”（林磊）、“中国的科学传播”（李大光）、“科学哲学与中国科学”（刘兵）、“全球化时代的科学史”（刘钝）、“科学伦理与新技术”（Maurizio Salvi）、“科学的三脚架：传播、哲学和教育”（Nigel Sanitt）。很多报告提出了富于启发性问题，与会者讨论热烈。会议录将于 2008 年初作为 Science Matters 丛

书中的一本出版。

会议结束前成立了“国际 Science Matters 委员会”(负责人:林磊)。委员会的短期目标是推广与推进 Scimat 这门最新最大的交叉学科,落实与监督下一届和以后每两年举行一次的国际会议;长期目标是成立国际学会和建立国际学术期刊。对 Scimat 有兴趣的人士可联系林磊,电邮: lui2002lam@yahoo.com。



图 2 第一届 Scimat 国际会议海报

参考文献:

- [1] G.E.R. Lloyd. *Early Greek Science: Thales to Aristotle*. New York: Norton, 1970.
- [2] 刘大椿. 科学哲学. 北京: 中国人民大学出版社, 2006. 272.
- [3] L. Lam. Active Walks: The First Twelve Years (Part II). *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 2006, 16: 239-268.
- [4] S. Pinker. *How the Mind Works*. New York: Norton, 1997.
- [5] L. Lam. *Science Matters: A Unified Perspective*. *Science Matters: A Unified Perspective*, eds. M. Burguete and L. Lam. Singapore: World Scientific, 2008.
- [6] L. Lam. *Nonlinear Physics for Beginners: Fractals, Chaos, Solitons, Pattern Formation, Cellular Automata and Complex Systems*. Singapore: World Scientific, 1998.
- [7] L. Lam. *Histophysics: A New Discipline*. *Modern Physics Letters B*, 2002, 16: 1163-1176.
- [8] 林磊. 活性行走——图样形成、自组织和复杂系统. *物理*, 2000, 29: 531.
- [9] 林磊. 文理交融的“历史物理学”. 新兴交叉学科, 刘国奎编. 北京: 清华大学出版社, 2003. 73-83.
- [10] W. Paul and J. Baschnagel. *Stochastic Processes: From Physics to Finance*. New York: Springer, 1999.
- [11] L. F. Richardson. *Statistics of Deadly Quarrels*. Pittsburgh: Boxwood, 1960.
- [12] R.L. Axtell et al. *Population Growth and Collapse in a Multiagent Model of the Kayenta Anasazi in Long House*

Valley. PNAS, 2002, 99: 7275-7279.

- [13] L. Lam. Active Walks: The First Twelve Years (Part I). International Journal of Bifurcation and Chaos, 2005, 8: 2317-2348.
- [14] G.K. Zipf. Human Behavior and the Principle of Least Effort. Cambridge, MA: Addison-Wesley, 1949.
- [15] L. Lam et al. The Bilinear Effect in Complex Systems. 2007 年预印本.
- [16] L. Lam. The Two Cultures and The Real World. The Pantaneto Forum, 2006, Issue 24. www.pantaneto.co.uk.
- [17] L. Lam. Integrating popular science books into college science teaching. The Pantaneto Forum, 2005, Issue 19. www.pantaneto.co.uk.
- [18] L. Lam. Science Communication: What Every Scientist Can Do and a Physicist's Experience. 科普研究, 2006, 1(2): 36-41.
- [19] L. Lam. This Pale Blue Dot: Science, History, God. Tamsui: Tamkang U. P., 2004.
- [20] L. Lam. New concepts for science and technology museums. The Pantaneto Forum, 2006, Issue 21. www.pantaneto.co.uk.

摘要: 一切事物都是科学的一部分。文理交融的提法是有问题的, 因为人文学也是科学。Science Matters 这门新的交叉学科涵盖与人有关的所有学问, 其观点是: 运用物理和其他学科的成功经验, 从复杂系统的角度, 把人文学与社会科学看作是自然科学的一部分来研究。我们以历史物理学为例, 说明 Science Matters 是如何运作的。

关键词: 科学的本质; 交叉学科; 文理交融; 两种文化; 复杂系统; 活性行走; 历史; 历史物理学; Science Matters

Science Matters: The Newest and Biggest Interdiscipline

Lui LAM

(Physics Dept., San Jose State University, San Jose, CA 95192, USA. Email: lui2002lam@yahoo.com)

Abstract: Everything in nature is a part of science. Integrating humanities with science is thus a misleading issue, since humanities are science too. Science Matters is the new interdiscipline about all human-dependent knowledge, treating humans as complex systems and using the experience gained in physics and other disciplines. Histophysics is presented as an example on how to do this.

Key words: nature of science, interdiscipline, integrating humanities with science, the two cultures, complex systems, active walks, history, histophysics, science matters