

微博上的数学漫游 (连载五)

歌之忆 <http://weibo.com/wildmath>

二十世纪，人类从电气时代迈入了信息时代。伟大的时代需要伟大的数学。而这个伟大时代的主要缔造者，正是一群才华横溢的数学家——诺伯特·维纳、冯·诺依曼、阿兰·图灵、克劳德·香农，还有他们杰出的同行。这一群为第二次世界大战立下卓越功勋的先驱者，以移山填海之势，彻底打破了种种樊篱之见，冲开了旧有的学术屏障，勾画出前所未有的技术帝国的蓝图。在历史的定格中，他们不仅是超一流的数学家，更是从控制论到通信理论、从计算机科学到人工智能、从博弈论到行为科学等一大批新兴学科的开山祖师。正是他们以深邃的洞察力和强悍的冲击力，用无坚不摧的数学，奠定了信息化社会的技术基础，创造出了史诗般的丰功伟绩。



香农喜爱 Dixieland 爵士

■ 每一个稀世天才，都有一颗孤独的灵魂。论才具，香农在麻省理工的硕士论文，把开关电路与逻辑联系在一起，被誉为二十世纪最重要的硕士论文；其攻读数学博士学位的论文，研究的却是遗传学。孤绝的才华，让年轻的香农常常陷入精神的迷乱，只好拿起他的单簧管，沉迷于迪克西兰（Dixieland）爵士乐中。

南方的迪克西兰热爵士，是自由的，是放浪的，也是焦虑的。它征服了芝加哥，征服了纽约，征服了美国，也征服了香农。博士毕业，24岁的香农迈入普林斯顿高等研究院，追随大数学家外尔做博士后。信息论尚在孕育，置身在遥不可及的科学巨星爱因斯坦、哥德尔的身边，香农满是憧憬和焦灼。

论智力，尚在麻省理工读研究生时的香农已是才华毕现。他甚至还参加了飞行训练。但教练在一众学员中发现香农超凡绝伦，于是向校长建言：请中止香农危险的飞行训练，让科学天才去做更伟大的事业！康普顿校长断然拒绝：你不能



德国数学家外尔（1885-1955）

在麻省理工这样杰出的大学，满是醉心于探索的天才，而非唯唯诺诺的书呆子。闪耀着天马行空创造力的家伙，往往在孩提时代就已经开始了无拘无束的探索。香农十岁时，就把发报机搭到自家牛栏的铁丝网上，和邻居小朋友玩起了莫尔斯电码。一个伟大的理论，萌芽于一个孩子为之着迷的游戏。

从十岁就开始玩通信的香农，长大后在密西根大学继续攻读电子工程与数学，在麻省理工念研究生时期展现出惊人的创造力，经过贝

因为香农有才华就禁止他去冒险，这对学生的身心健康没有好处！

只有真正的教育家而非政客，才有资格去做大学校长。而康普顿不愧是麻省理工历史上最伟大的校长。正是他一手将麻省理工学院从普通的技工学校变成执世界工程之牛耳的超一流大学。鼓励学生大胆冒险，容忍学生的恶作剧，则几乎是历任麻省理工校长的美德。剥夺冒险精神，就是摧残创造力。

循规蹈矩只能造就平庸，唯人性的张扬与精神的自由才能成就奔放无羁的创造力。麻省理工学院的学生们曾经伪造证件，从西海岸竞争对手加州理工学院偷运出对手的镇院之宝加农炮；他们趁黑夜把消防车弄上学校主楼楼顶。精确的计算与大胆的创意，才有了如此之多符合名校气质的高级恶作剧。



香农前妻诺玛



香农

尔实验室的一段熏陶，终于在普林斯顿高等研究院正式开始了酝酿信息论的深刻思考。他身后不仅是伟大的物理学家爱因斯坦和数学家外尔，还有一代雄才冯·诺依曼。

香农以一个工程师的敏锐，抛弃了对信息内容的追究，单纯从传输的视角定义了信息的测量方式。在香农眼里，“我爱你爱你爱爱爱你你爱你”，和“我恨你恨你恨恨恨你你恨你”，这两串符号的信息量完全一样。“爱”换成了“恨”，符号变了，概率结构却依旧，信息量只与符号出现的概率有关。

信息量不关乎“爱”与“恨”，但攀登学术最高峰，却多有爱恨交加的精神史。在普林斯顿，约翰·纳什如此，香农也几近崩溃。在最残酷的奋斗中，他的新婚妻子诺玛离他而去。香农终生几乎未在公开记录中谈及前妻。事实上，两人曾经在分手 20 多年后一度相逢，香农问：你当初为何离我而去？！

爱情故事的开局大多雷同。麻省理工的香农与拉德克里夫女子学院的诺玛，舞会相识后旋即闪婚。香农踏入普林斯顿高等研究院之后，沉醉于自身的研究，几乎不与外界沟通。诺玛反复告诫香农——你这样太病态了！你得去看心理医生。但香农却不以为然。于是在一顿大吵之后，诺玛毅然离家出走。

19 岁嫁给香农的诺玛转眼离开了香农，从东海岸跑到好莱坞当上了电影编剧，又嫁给了同行巴尔兹曼。夫妻两人果然志同道合，一同加入了共产党。于是他们成了冷战时期标准的赤色分子。一天，正在家门口的诺玛被一位大美女叫住：我也叫诺玛（Norma）。警察正在山下记录你家访客的车牌。你们快逃！

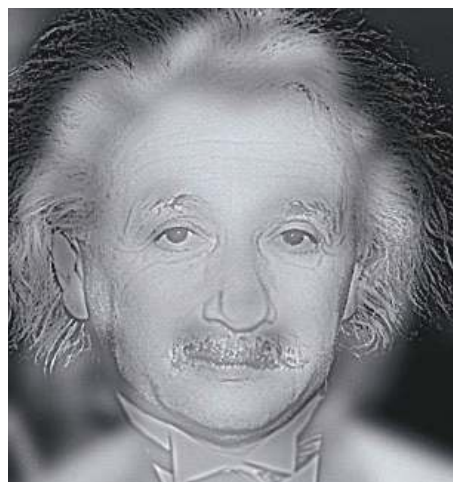
从此，诺玛跟随巴尔兹曼，开始了几十年颠沛流离的欧洲流亡生涯。不过在诺玛看来，与其在普林斯顿给香农尊贵的同事爱因斯坦沏茶，远不及在欧洲同毕加索聊天那般惬意。当然，诺玛更是无法忘记最初提醒她逃走的另一个诺玛——她就是诺玛·珍妮·摩登森（Norma J. Mortenson），日后红极一时的性感明星玛丽莲·梦露。

童年时代遭受过极度屈辱的玛丽莲·梦露，有着一颗水晶般的心，为人厚道善良。尚未成名的她出手搭救香农的前妻诺玛，并不令人意外。性感女郎让无数男子遐想连篇，这当中物理学家表现尤其不够镇定。霍金曾说：假如能坐上时间机器，他一定要去拜会两个人，一位是伽利略，另一位则是梦露。

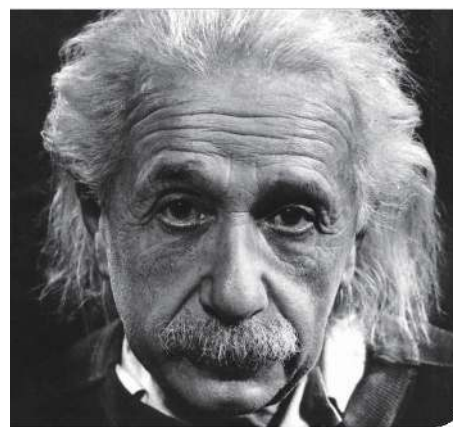
霍金何止想寻访梦露，他在卧室挂了梦露的玉照，外加一幅他与梦露的合成照片。第一流的物理学之所以美，因为第一流的物理学家青春永驻。据说爱因斯坦对梦露也是情有独钟，这启发了麻省理工的奥德·欧丽瓦（Aude Oliva）。她在《新科学家》发表了一幅窥探心灵的画：远观是迷人的梦露，近看是深邃的爱因斯坦。



梦露



梦露与爱因斯坦混合像



爱因斯坦



霍金

梦露与爱因斯坦多少也算门当户对——2012年的“福布斯已故名人收入排行版”上，两位名流并列第七名，他们照片的版税年收入都达到1000万美元。当年被梦露搭救的诺玛原本是犹太富家千金，而香农只是一介书生。两人重逢后香农告白：我过得很好，妻子贤惠、孩子出色，我已经有了23辆汽车！

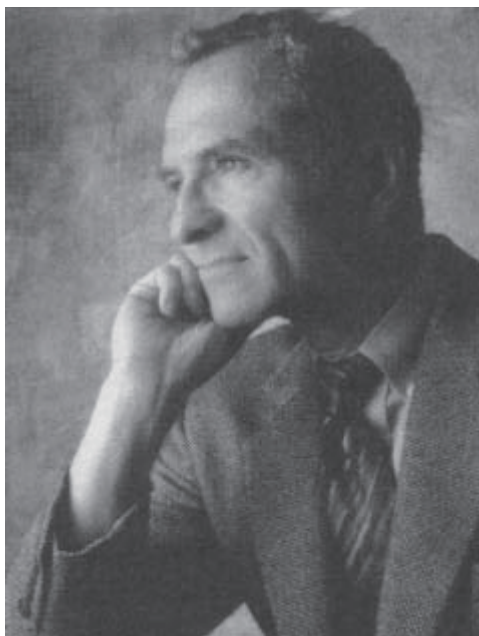
香农告诉诺玛，现在的他生活美满富足，与22年前不可同日而语。当年，他那犹太富豪丈母娘根本不信一个数学博士能挣什么钱，越俎代庖将小两口的寓所装修成一副现代气派，令香农耿耿于怀。时过境迁，功成名就的数学博士1956年到

麻省理工做教授时，年薪是惊人的1万7千美元，远远高于同行。

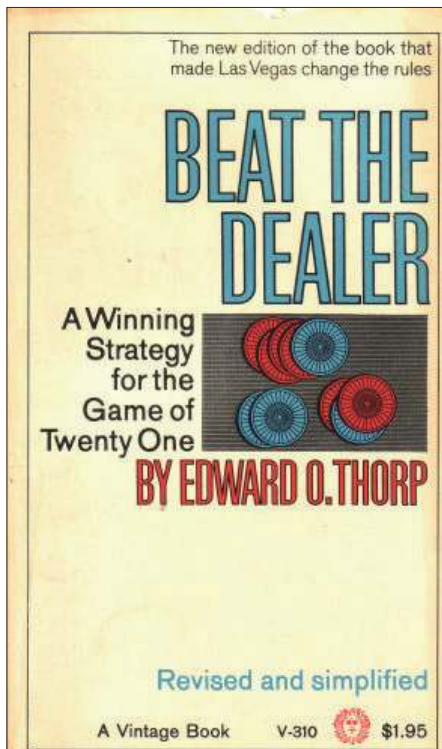
其实香农并不是个痴迷金钱的数学家。有人曾借用香农在麻省理工的办公室，吃惊地发现这里竟然还有过期未兑现的大额支票！香农的第二任妻子贝蒂，发现他居然把生活积蓄全都存在了支票账户，分毫利息皆无。香农，似乎仅仅是个创立了信息论的数学家，一个专注于学问而对金钱毫无感觉的学者。

但有人却天生痴迷金钱。有位出生于大萧条时期的数学博士，从一门心思抠钱发展到钻研赌博术，靠精深的概率计算，琢磨出玩21点的取胜之道。他将心得写成论文，祈求当时麻省理工唯一的数学院士香农来推荐发表。香农问了一堆刁钻的问题，得到满意的回答，于是断定，此人的确干出了名堂。

向来心事缜密的香农，断定此人还有猛料。毕竟21



美国数学家索普（1932-）



21 点

点只是赌场里的陪衬。一番旁敲侧击之后，来人招认，他还想进一步钻研轮盘赌。如此正中香农下怀。于是两人合谋发明一个设备，带到赌场大干一场。现代金融史上杀伤力无穷的“量化投资”，由此掀开帷幕。这位访客正是先驱者爱德华·索普（Edward O. Thorp）。

索普的名作《打败庄家》

在洛杉矶加州大学取得数学博士学位的索普，在信息论创始人香农的鼎力相助下，发表了《财富密码：21 点取胜之道》；他弄到 1 万美元杀入拉斯维加斯赌场，短短数日便翻了一番，由此一举成名。1962 年出版《战胜庄家》，更是风靡世界。由赌博催生出的概率论，成为赌场高手所向无敌的利器。

中国历来不乏清高的读书人，却鲜有玩得活色生香的学者。1956 年香农刚刚 40 周岁，8 年前他创造的信息论已让世界为之瞠目。某天晚上香农兴起，拉上同事凯利（John L. Kelly）脱下鞋去爬麻省理工滑溜溜的大礼堂顶。警察过来了，大



麻省理工学院：左图：楼顶上的消防车；右图：香农和凯利攀爬的 Kresge 礼堂顶



美国科学家凯利 (1923 - 1965)

名鼎鼎的罗伯特·法诺 (Robert Fano) 教授赶紧跑来道歉：这两人可是贝尔实验室顶尖的科学家。

50 年代的学术界已有人把香农同爱因斯坦相提并论。但香农的同事们却说这不公平：就人类的日常生活而言，香农远比爱因斯坦重要！他们更愿意去这么比——在贝尔实验室，智力最接近于香农的人是凯利——这是一位二战退役的飞行员，一位大大咧咧、雪茄不离口的物理学博士，桥牌的绝顶高手。

训练有素的数学家往往是好厨师，他们善于把身边的食材烹饪成一桌美味佳肴；而训练有素的物理学家却更像是好猎手，他们善于抓住稍纵即逝的机会去捕获一切“学术猎物”。当卓越的猎手遇上卓越的厨师，学术便被注入了鲜活的灵魂，凡夫俗子眼中杂乱无章的世界，才层层显现出它真正的意蕴。

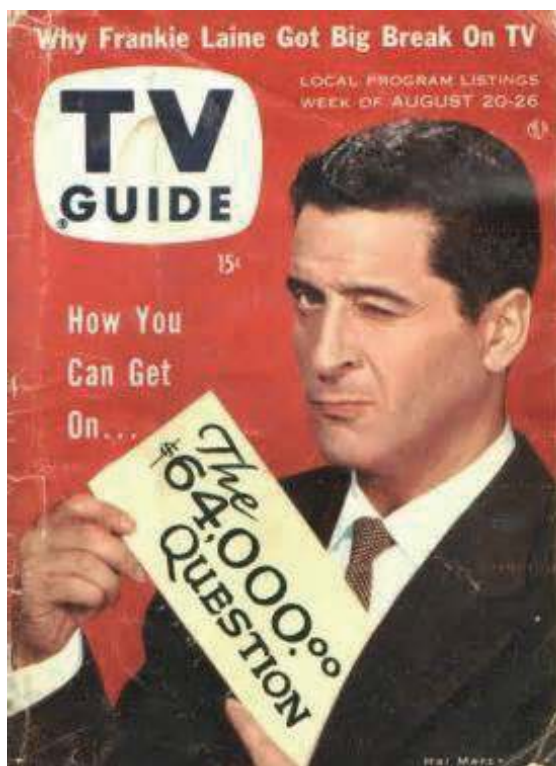
香农声名鹊起时，无数东施效颦的论文都冠以“信息论”的时髦标签，但物理学博士凯利没有去凑这份热闹，贪玩的他琢磨

起一档“64000 美元问答”的电视闯关游戏：闯过一关奖金增加一倍，闯关失败则分文不取。凯利独出心裁地观赏了这个节目。令人吃惊的是：他从中发现了投资策略与信息论之间的绝妙联系。

50 年代风靡美国的“64000 美元问答”电视娱乐节目，火爆堪比“中国好声音”。银屏上的选手们在竞猜答案，银屏下的观众却在玩更大的竞猜游戏——他们踊跃下注去赌谁将胜出。不过，东海岸的节目要迟三个小时才在西海岸播出。于是，西海岸的投机赌客会通过电话打听好谁是赢家，再去下注。

身在东海岸贝尔实验室的凯利，用与众不同的眼光去分析这种电视竞猜游戏。西海岸的观众，事先能搞到谁是赢家的谜底，这样下注等于是利用内幕消息炒股。但炒股时若你真有了内线信息，料你不敢投下全部身家，以免倾家荡产；可你若过度小心却也会错失良机。左右为难之境，究竟该如何下注？

现实中的人经常处在不确定的境地。抛一次



64000 美元电视竞答



香农和妻子贝蒂

硬币，你无法预测究竟是正面朝上还是背面朝上——数学不回答这个问题，数学只宣称：若重复这样抛一万次硬币，大约有五千次左右是正面朝上。而究竟是哪些轮次正面朝上，它依旧无法告诉你。但这样的数学真理已足以让智者找到战胜不确定性的法宝。

一个电视娱乐节目，让贝尔实验室的高手凯利把投资策略与通信技术这风马牛不相及的两个领域扯到了一起：最高的资本增长指数率等价于通信中的传输速率。换种说法：资本的增长指数率与内幕消息的不确定性之和为常数。物理学博士凯利，在投资理论与信息论之间，架设了一座令人炫目的金桥。

不确定性并非万劫不复的深渊，相反，它是智者通往胜境的桥梁。噪声给通信带来了不确定性，但香农战胜了它。香农能以几乎无错的方式去传输消息；不可靠的内幕消息给投资带来了不确定性，但凯利战胜了它。凯利只需恰当地调整资金投入比例。极致的凯利与极致的香农，相会于无限风光之巅。

贪婪的人，总是妄图打破机会的天平；谨慎的人，常常不敢去接受机会的馈赠；只有真正的智者，才懂得平衡地享受机会。凯利的美妙论文，象香农一样发表在贝尔实验室的期刊上。其通篇只引用了两篇不朽之作，一篇是香农的《通信的数学理论》，另一篇则是冯·诺伊曼的《博弈论和经济行为》。

香农在普林斯顿时就曾纠结于如何命名他研究的“不确定性”。冯·诺伊曼建议——你就命名它为“熵”吧！本来物理学上就有“熵”，但没几个人能整明白。



香农



匈牙利数学家瑞尼 (1921-1970)

二战期间，匈牙利的反犹恶浪剥夺了青年瑞尼 (Alfréd Rényi) 上大学的机会，但他在数学竞赛中脱颖而出，侥幸上了大学，不料刚毕业就被关进集中营。瑞尼勇敢地逃了出来。半年之后，他父母也被抓进集中营。于是，瑞尼伪装成纳粹分子，拿着假证件闯进集中营，假借“逮捕”之名，救出了自己的父母。

从集中营逃出生天的瑞尼，后来投身到泛函分析大师黎兹 (F. Riesz) 门下。他的同门师兄拉多 (T. Radó) 参加过第一次世界大战，在西伯利亚战俘营开始学数学，然后千里逃亡回来。英勇无畏的瑞尼，后来成为匈牙利科学院数学研究所所长，在概率论、信息论和哥德巴赫猜想上作出了出色成就。

研究“不确定性”的高手，也会遭遇不确定性的尴尬。瑞尼有句名言——“数学家就是把咖啡变成定理的机器”，如今却被张冠李戴成了爱多士的名言。不过，瑞尼还有一句值得记取的名言：“不开心的时候，只要去做做数学，立马就会开心起来；开心的时候，依然去做做数学，就会一直开心下去”。

瑞尼可以一直开心地去研究数学，但香农却不能。香农 21 岁以一篇硕士论文打开数字逻辑之门、开创了现代集成电路工业；24 岁以一篇博士论文揭示了遗传之规律；32 岁更以一篇旷世之作开辟了现代通信技术产业；40 岁后转战股市取得惊人业绩。但是，改变了世界的天才，却无法摆脱命中注定的孤独。

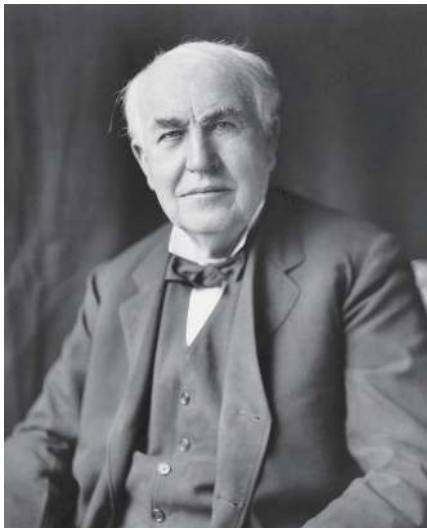
将来若有人找你论战，你就不战而胜了！凯利当然明白什么是熵：不确定性每降低一个比特，就等价于一万个基点的资产收益——财富倍增。

那个曾经忘记去兑现大额支票的香农、那个居然把积蓄全部存进支票账户的香农，最终应验了其导师的断言——此人做任何事都将是天才。50 年代后期，这位数学家开始投资股市，到 1986 年他的基金已位于巴伦 (Barron) 共同基金业绩排行榜首。长达三十多年，基金年收益率高于 28%，业绩超过了巴菲特。

从赌场到股市，无数的传奇来自对“机会”的数学研究。去赌场狂碰运气的卡尔达诺输得一塌糊涂；而从伽利略计算骰子的组合开始，费马、帕斯卡、惠更斯、伯努利、棣莫弗及至香农，纷纷加入了对机会的讨论。数学家们在机会面前不仅仅展示了冷峻的理性，也展示了狂野的血性。



匈牙利数学家爱多士 (1913-1996)



美国发明家爱迪生 (1847-1931)

香农、图灵和冯·诺依曼，共同开启了信息时代的远航。香农定义了测量信息的基本单位：比特 (bit)。你抛出一枚硬币，正面朝上还是背面朝上，仅仅不过 1 个比特；某个嫌犯究竟犯了罪还是无罪，最多也不过 1 个比特。信息量不解读内容、不解读人心，但它却承载了我们心灵最深处的柔情与悲愤。



美国数学家杜布 (1910-2004)

40 岁后的香农，纯然是独孤求败的境界。向他讨教的人，发现每个问题都被他搞透了。沉思者无心出门，偶尔一次去英国开会，到会场时未被认出。窃窃私语中，大家知道香农来了，顿时簇拥围了上来——有人笑称：这般轰动，无异于开物理学大会，发现牛顿大驾光临！而那一刻的香农，多么孤独！

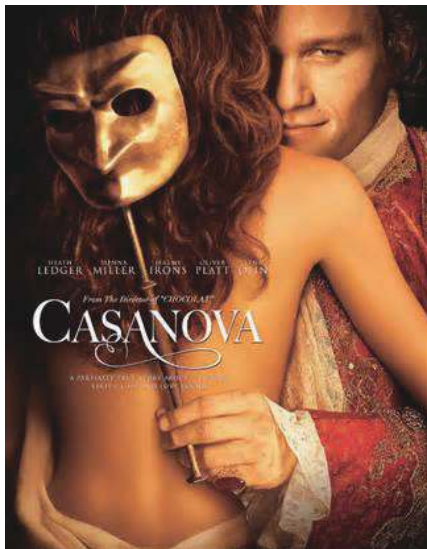
19 世纪后期，香农的先辈远亲爱迪生，用电灯照亮了整个世界；之后，爱迪生和特斯拉、威斯汀豪斯竞相角逐电气化，成就了光电帝国。但美利坚的富强，绝不仅仅是因为两次世界大战占了便宜。二十世纪强、弱电行业开始分离，美国本土培养的卓越人才撼动了世界。而香农，正是划时代的标志。



匈牙利数学家福雷斯·黎兹 (1880-1956)

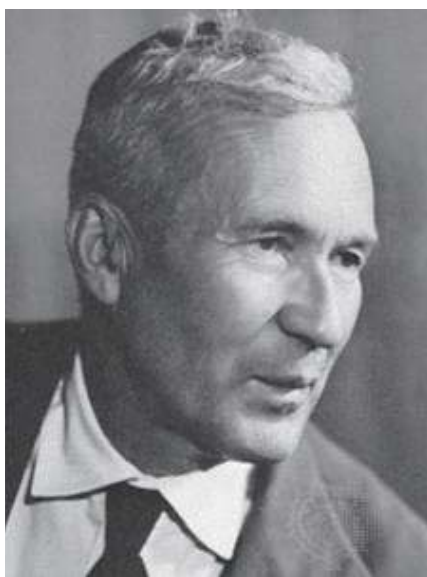
1956 年，香农回到 MIT。两年前，42 岁的图灵自杀身亡；而一年之后，54 岁的冯·诺依曼因癌症病逝。二战前在普林斯顿，冯·诺依曼帮助香农确立了信息熵的概念。在二战绝密的 X 计划期间，香农与图灵探讨过他研究的信息单位——比特。到 1957 年，开创信息时代的三大巨头，只剩下时年 41 岁的香农。

天才离不开足以比肩的智慧去磨砺，否则锋芒不再。40 多岁的香农，几近退休之态，研究生上门找他讨教问题，见他总是沉迷于单簧管，他已不再乐意教学。瑞尼的导师黎兹更是夸张。这位牛人上课，要带上一位副教授和一位助教。副教授去念他的讲义，助教上黑板去板书，而黎兹自己却闭目养神。



意大利冒险家卡萨诺瓦（1725-1798）

杜布抨击了香农理论，但他自己的弟子、统计学家布莱克维尔（David H. Blackwell）却迷上了信息论，甚至培养出通信理论的杰出人才。据说杜布后来多次声称，他一生犯了两大错误：第一是低估了香农；第二是定义错了“上鞅”——赌徒离开赌场时输了钱，叫“下鞅”比叫“上鞅”更为自然。



前苏联数学家柯尔莫哥洛夫（1903-1987）

对随机现象极富洞察力的思考，成就了香农的理论。但他的论文发表后，概率论名家杜布（Joseph L. Doob）却公开抨击香农的数学靠不住。香农的思想脱胎于概率论的大数定律，而哈佛出身的杜布也是玩大数定律起家的。香农毫不理睬概率权威的恶评。半个世纪后有了盖棺定论：全部23个定理，完全正确。

从掷骰子到打扑克，人类对随机性的许多认识往往来自赌博。若没有赌博，很难想象概率论和信息学是何种形式。历史上赫赫有名的花花公子、冒险家卡萨诺瓦，赌博成瘾，输钱时必定加倍下注——只要输赢机会均等，大多会把赌本加倍赢回来。如此高风险的玩法，后来就促成了数学上的“鞅”论。



美国统计学家布莱克维尔（1919-2010）

与杜布相比，50年代初的苏联甚至将香农理论称作蒙昧主义的糟粕。此时，一代数学大师柯尔莫哥洛夫强势出手，不仅支持了香农的理论，甚至揭示了更为深刻的本质——这位对概率论进行了公理化的巨匠，提出了极为不凡的见解：表面上看概率论是信息论的基础，实际上信息论比概率论更为基本！