

智慧是什么：一个从信息角度的思考

“自然给了生命自由，生命却用它寻找秩序”

赵亮

<liangzhao@acm.org>

京都大学未来智慧研究会

前言

我是从 2015 年 4 月开始思考“智慧是什么”这个问题的。那时山口荣一老师创办京都大学 ELP (老总班)，邀请我讲一次信息科学方面的课。为此我准备了一个介绍近期信息科学技术发展的综述，虽然不觉得很有趣但想可以给大家一个全面的参考吧。但开课前一小时，山口老师来邮件说不要综述，ELP 要传授的不是知识，而是智慧。

这让我傻眼了，因为我从来没想到什么是智慧。接下来的一周我基本上就是闭关状态，从调查智慧的定义开始，思考我能讲个什么样的信息科学方面的智慧课。那一周的调查和思考，虽然肤浅但却是个改变了我人生的转折点。在那之前我一直研究一个狭小的科研领域，也不讨厌但也不很喜欢，对其他事情，包括人，生活，社会，甚至新的科研方向都没有多大兴趣，觉得自己没有余力考虑那些。这些在经过那一周思考后渐渐改变了。

信息科学方面的智慧课？很自然地我把当时开始火起来的人工智能 (AI) 当作了考察对象，把内容定在了对智慧是什么，什么样的人智能才算有智慧的探讨。这个主题让我觉得有趣，幸运的是 ELP 的同学们也对此感兴趣。虽然我讲的应该说很好，但在人工智能的浪潮和大家兴趣的支持下，我有幸在之后的 7 年里每年都和 ELP 的同学们深入讨论一次（要知道 ELP 每年会根据学生评价替换掉 1/4 的课的）。这样的机会促使我每年都要调查更新更广更深的认知，还要思考和更新自己的理论。而愿意支付高昂学费参加 ELP 的同学们的见识也常常很有意思（虽然我常常发现他们自己并没意识到这一点），有人甚至在合宿时和我一直讨论几个小时到深夜直到被别人抗议而不得不结束。这样深度的交流和思考让我很享受。

2022 年 ELP 换了委员长。新委员长用一门领域狭窄但是更实用的机器学习课取代了我的课（之后我们会讲到学习是智慧的一部分）。所幸我还有其他途径继续思考。从 2017 年起我得以加入京都大学亚洲领袖奖学金项目 (AFLSP) 并擅自为其设计了一套培训计划。这个培训在历届 AFLSP 委员会领导和同事，项目监管 BXAI，以及大多数同学们的支持下一直运营发展至今。其中每月一次的研究会要求来自不同领域的同学们轮流分享和讨论各自的研究，这个跨学科的活动让我得以俯瞰很多领域的学问，亦有同学一直鼓励我思考，能一直带着这个项目实属幸运。另外，时不时地会有人给我机会与不同的人分享并讨论我的思考，虽然讲完就结束的活动不清楚效果如何，但对我来说这令我得以不断地思考和更新。后来，2020 年我决定开一门面向全校研究生的跨学科课程，标题选为《信息智慧论》，意为从信息角度思考智慧。每年十几堂课迫使自己尽量系统

地整理和思考，我也要求听课的同学们分享和讨论。每年都是这样，从备课的痛苦到和同学们有意思的讨论，再到从同学们的发表中学习的过程让人开心。让我高兴的是同学们的评价大多也很好，有不止一个人告诉我这是 TA 在京大几年上过的最好的课之一。

时间到了今天，虽然我知道自己仍很无知，应该说是更无知了，但就我看得到的范围而言我觉得这些年的思考让我比以前知道的多很多了。更重要的是我想通了很多事情，这让我很开心。我想我已经找到了智慧的定义，即，智慧就是生存，可以用学习和自由选择来实践，而智慧/生命的意义在于发现和传承优良信息。这个认识让我可以站在一个高而客观的角度理解生活，生死，人，社会，世界，让我的理解和预测变得丰富而圆满。写这本书也是按照这个理解来的，希望这个分享能帮助读者思考生命，人，生活，科研，社会，人工智能等周围的世界。这个理解可以帮助大家清晰地思考过去和今天，预测明天，懂得生命的意义，如果你深入领悟的话。如果读者读后有种恍然大悟，觉得自己可以轻松而且透彻地理解包括人生在内的世界的感受的话，那将是我的幸运。

注 1: 读者可能会发现本书有些内容和前人的思考重复或者相近，或者矛盾。我能发现出处的都标注引用了，没有标注的那些或者是我不知道的，或者是我觉得是常识不需要标注的。欢迎大家的指教，包括出典，讨论，建议，批判等。我要说明的是，本书和常见的学术研究著作不同，我不特意主张哪些理论是我的独创哪些不是，因此我也不特意全面列举和批判已有认识。我认为知识是全人类（全生命）共享（public domain）的，重要的是如何给读者提供一个清晰漂亮有说服力的理论。哪个理论/说法是谁的贡献，前人的认识是怎样错了，我的认识又有多正确这类事在学术探讨上有价值，需要并且我也很清楚的话我也会讨论的，但在知识共享的意义上这种探讨不是我的重点。当然我欢迎感兴趣的读者深入讨论。

注 2: 基于上述信念，我对使用 AI 帮助写作没有抵触，本书也部分使用了 AI (ChatGPT。我注明了哪些章节)。

注 3: 本书的一个重要的不足或者说是课题是缺乏定量分析。读者可以把书中的内容当作一种学术理论（信息智慧论）或者思想，如何理解请自我判断。事实上，即便有科学验证的论文也不一定就是对的，因为科学不意味正确（可能对也可能错）。我有很多有趣的科研 idea 但缺乏足够的时间和人手来做，期待有愿意一起挑战的同学们参加进来。

注 4: 本书中引用了许多图片信息。笔者的作品以外的包括少数 Public Domain 的和大多数有版权的。我以为，因为本书的目的主要在于教育所以这样的引用属于 fair use。但如果有版权等问题的话请来联系通知我删除。

谢辞

首先我想感谢山口荣一老师，他的洞察开启了我的思考并进而改变了我的生命。当然也离不开京大 ELP 同学们的讨论，质疑和好评，特别是和冈本桑的讨论很刺激。ELP 以外，选了信息智慧论这门课的同学给我分享了很多在不同领域的深入思考和疑问，这非常有帮助。而 AFLSP 的同学和老师也教了我不少不同领域的专业知识，有些同学对我的信息智慧论感兴趣并加入讨论。我特别要感谢一直帮助/鼓励我思考的佚名同学。还要感谢很多人对本书提出的宝贵意见，出于篇幅原因在此不能一一致谢。

最后我要感谢 ChatGPT（注：不是开发它的公司）和给它提供学习信息的全人类。

课程反馈

为方便读者理解本书内容，我把选过这门课的同学的反馈（日文的中文翻译）收录于下。除了极少数是邮件直接发给我的以外，其他都是期末的匿名反馈。请注意这些反馈不是直接针对这本书而是针对那门课的。书和课的区别在于，书的内容更全面和深入，逻辑上也更严谨，适合个人的学习和思考；而课上有书里没有的口头交流和深入探讨。

中文翻译

- 非常具有京大特色，这是有意义的研究生课程。课程也是少人数授课，便于进行讨论，参与的学生背景各异，可以进行非常具有学科交叉且实质性的讨论。
- 这是一门非常重要的讲座。
- 虽然生命是个非常有趣但难以把握的课题，本课从信息熵的角度以通俗易懂的方式向没有理科背景的人讲解，并通过丰富的具体例子（包括图片和视频）进行说明，让我拓宽了视野，受益匪浅。
- 我抱着既然进了京大就听点与众不同有些特别的内容的动机选修了这门课，结果每一堂课都超出了我的预期，我真的觉得非常幸运。老师通过信息熵的角度让我们思考人类和社会，提供了在全世界只有在这个地方才能学到的思考方式。与那些能够描绘光彩未来的学生们一起进行讨论的时光，既非常愉快又十分宝贵。非常感谢赵老师和一起上课的同学们，感谢你们提供了这样精彩的课程，真心感谢！
- 这是我大学六年中最有趣和最有意义的课程之一。我学会了从不同的视角重新审视自己的知识和思考，通过讨论理解和完善新的想法，体会到了这种过程的乐趣和重要性。此外，这也是一个能够广泛且深入地思考未来社会和人生的宝贵机会。
- 我有一种满足感，觉得自己正在听只有在京都大学这个地方才能听到的独特观点。能够听到优秀学生的想法也是非常宝贵的体验。
- 这是一门非常刺激的课。我觉得老师倾听学生意见的态度最大化了本课的效果。正因为是少人数授课，且每位同学都拥有不同的专业背景，才使得能够进行有趣的讨论。我认为自己在输出能力方面也得到了提升。
- 这门课程的内容是教科书上没有的，这一点非常好。
- 主题很有趣。由于是少人数授课，能够通过讨论加深对问题的思考。
- 正如在课程大纲中写的那样，这是一门具有京都大学特色的个性课程。在讨论中，

来自不同背景的学生和老师积极交换意见，大家都获得了深刻的见解。特别好的一点是本课结合最新的新闻内容探讨飞速发展的 AI、LLM 以及如何思考人类智能的问题，让我学到了新的知识。

日文原文

- 非常に京大らしく、大学院で行う意義のある授業だと感じた。授業も少人数でディスカッションが行いやすく、それぞれバックグラウンドの異なる学生が参加していたため、非常に学際的で実のある話ができたと感じた。
- 素晴らしく重要な講義でした。
- 非常に興味深いけれども実態を掴みにくい生命とは何か？ テーマを、情報エントロピーの視点で理系知識のない人にもわかりやすく、豊富な具体例（画像、動画含め）で説明してくださり、自分の視野が広がり、大変勉強になりました。
- 京大にせっかく入ったから色んな、そして少し変わった話を聞きたいな、というモチベーションで授業を履修しましたが、全てが期待以上の講義で、本当に幸運だったと思います。先生には情報エントロピーで人間と社会を考えると、世界中で今この場所でしか学べない考え方を示して頂き、未来を鮮やかに思い描いている学生達とディスカッションできた時間は本当に楽しくて貴重でした。趙先生、一緒に授業を受けた学生さんたち、素晴らしい講座を提供いただき、本当にありがとうございました。
- 大学6年間で最も楽しく有意義な授業の一つでした。自分の知識や考えを別の視点から捉え直し、ディスカッションを通して新たな考えを理解しブラッシュアップすることの楽しさや大切さを学ぶことができました。また、これからの社会や人生について広く深い考察を行うことができる貴重な機会となりました。
- 京大の今この場所でしか聞けない考えられない話を聞いているという満足感がありました。優秀な学生の考え方を聞いたことも良かったです。
- とても刺激的な授業だった。学生の意見を聴く先生の姿勢が、授業の効果を最大化していると感じる。少人数だからこそ、別々の専門分野を持つ大学院生だからこそ可能な面白い議論ができた。アウトプット力も高められたと思う。
- 教科書に載っていないような内容だったことが良かった。
- テーマが面白かった。少人数のため議論により考えを深められた。
- シラバスにあったとおり、京大らしく、個性的な講義でした。ディスカッションではそれぞれの異なるバックグラウンドから学生・講師も含めて、活発な意見交換ができ、深い洞察が得られました。特に進展が著しい AI や LLM、人間の知性をどう考えるのかについて、最新のニュースも交えながら、新たな学びが得られたことが良かったです。

Contents

前言	i
谢辞	iii
课程反馈	iv
1 信息智慧论概要	1
1.1 对智慧的传统认识	2
1.2 从信息角度思考智慧	4
1.3 生命与智慧	5
2 现代科学对宇宙, 地球, 生命, 人类和人类社会的认识	15
3 生命与秩序	19
3.1 薛定谔对生命的考察	19
3.2 自然, 生命, 人类	22
3.3 人类社会	28
3.4 信息与人类社会, 未来生命	30
4 智人繁荣的秘诀	33
4.1 智人支配地球的路程	33
Bibliography	42
A Appendix A	44

List of Figures

1.1	病毒在生物学里被认为不是生命，但从信息角度来看本文持相反意见。 .	6
1.2	美国国家航空航天局 (NASA) 公开的火星照片。左: <i>NASA 2026</i> , 右: <i>Techeblog 2015</i>	6
1.3	朴素的想法: 也许我们可以用一个系统的有序程度来区别物质和生命 (笔者作)。	7
1.4	物理界也存在着有序 (熵低) 现象, 如雪花 (<i>BBC Earth 2026</i>)。	7
1.5	薛定谔的思考: 一维 (熵) 不够的话用二维 (熵 + 时间) 来区分物质和生命 (笔者作)。	8
1.6	新冠病毒的变异种 (<i>Nature 2022</i>)。	9
1.7	科学研究例: 从布拉厄的行星运动大数据到开普勒的行星运动三大定律, 再到牛顿的万有引力定律 (<i>Public Domain</i>)。	10
1.8	研究是什么 (包括非科学的认知)。其中优良信息的获得和传递是生命的本质。(笔者作)	10
1.9	京大的暗黑果蝇实验 (<i>Kyoto University 2010</i>)。	13
2.1	<i>Cosmic Calendar (Efbrazil 2026)</i> 。	17
3.1	物质三态 (<i>Solids and Liquids 2026</i>)。	20
3.2	RUNE 的茶水供应器 (笔者摄影)。	21
3.3	冷水 (蓝色分子) 热水 (红色分子) 混合在一起会自然地得到温水, 反之不然。	21
3.5	分子生物学的中心法则 (<i>Extended Central Dogma 2026</i>)。	23
3.4	世界七大奇迹 (<i>Seven Wonders of the Ancient World 2026</i>)。	23
3.6	人类之系统树 (<i>系統樹 2026</i>)。	24

3.7 公元 1400 年以后的世界战争 (<i>Global Deaths in Conflicts Since the Year 1400 2026</i>)。	25
3.8 普拉齐克情绪轮总结了西方心理学对感情的认识 (プルチックの感情の輪 2017)。	26
3.9 俄罗斯方块 (<i>Tetris Game 2026</i>)。	27
3.10 联合国的可持续性发展目标 (Public Domain)。	29
3.11 三种生命信息载体的关系 (实线: 自然演变, 虚线: 主导地位。笔者作)。	30
4.1 各种古人类的复原像 (<i>John Gurche, Smithsonian Institution 2024</i>) . . .	34
4.2 智人 (<i>Homo Sapiens</i>) 征服地球过程的示意图 (Public Domain) . . .	35
4.3 脑神经网络示意图 (https://www.adecogroup.jp/power-of-work/220)	39
4.4 Boids 示意图(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210650217301700)	41

List of Tables

Chapter 1

信息智慧论概要

智慧是什么？让我们先从一些朴素的观察开始思考这个问题。

很多人觉得智慧和知识有密切联系但是又不一样，可二者到底什么地方不一样呢？对此，我们通常觉得没有知识的人不能说有智慧。这个朴素的观察提示我们知识是智慧的一部分。那二者的区别，即“智慧 – 知识”，是什么呢？

这个问题一点也不自明。我们需要了解什么是知识和什么是智慧。为此很自然地我们要先翻字典读文献看看前人是怎么认识的。2015年4月的时候我就是这么做的。我查阅了广辞苑（日本最权威的词典），也读了维基百科上关于智慧的介绍。让我震惊的是，这么重要的问题居然没有一个可以让我接受的简洁回答。即便是对看起来似乎很明确的概念“知识”，前人（主要是哲学家）的探讨也既不甚严谨更不好懂。而对智慧的定义看起来就更虚没法用了（见 1.1）。我毫不怀疑前人们尽了他们最大的努力来思考这个重要问题，而作为结果我们今天看到的是他们能做到的最好的探讨了。我觉得自己不可能比他们做的更好，如果我也和他们用同一种模式来思考的话。

于是我很快就放弃仔细研究前人认识的想法了。我相信那就像个浩瀚的大海，在我找到让我满意的答案（如果有的话）之前我会被淹死在里面的。我期待的不是那样一个结果，而是个严谨切实可行的定义以帮助我们思考诸如人工智能能否拥有智慧这个问题（比如说我们要开发出什么样的人工智能大家会说TA有智慧）。对此，我发现前人的定义只针对人但是对人又没有定义，可以说前人是把对智慧的定义归结到对人的定义但对人的理解却只有一些模糊不清，缺乏甚至没有科学依据的假设（比如说人是神造出来的支配世界的生命）。这样的定义无法思考人工智能是否有智慧，甚至无法思考除人以外的生命的智慧。这不仅是不科学，而且是太自大了，虽然前人的说法不同程度地包含精辟的分析和理解。所以我决定换个角度，从信息的角度来思考这个问题。现在看来这样的思考是有意思的。

1.1 对智慧的传统认识

让我们先简单复习一下前人的思考吧。为此我决定引用 ChatGPT 的回答。事实上我自己也调查过，但 ChatGPT 给出来的回答和我调查过的内容比并没有什么奇怪的，而且覆盖的内容还更广更深入（只是希望它没搞错!）。以下本节的内容由 ChatGPT 5.2 在 2026 年 2 月 5 日生成。我有意省略了用的问题提示 (prompt)，因为 ChatGPT 的回答并不完全按照我的意图来，为此我不得不追问和修改了很多次才得到这个让我看起来还接受的结果，为避免读者混乱我省略了提示，请读者专注思考下面的内容。

ChatGPT 5.2 的输出, 2026/02/05 - begin

一、西方智慧传统

西方思想普遍把智慧理解为“以理性辨识世界的结构，并在判断中保持清明”。在古希腊，柏拉图在《理想国》中提出智慧是对真理的认识，他在洞穴寓言中写道：“他们只看到影子，不见真实”（英译：“They would only see the shadows of the artifacts.”，《Republic》VII）。这意味着智慧来自对表象之下真相的洞见。随后，亚里士多德在《尼各马可伦理学》中指出“智慧 (phronesis) 是关于可变事物的正确思考”（英译：“Practical wisdom is a true and reasoned state of capacity to act with regard to human goods.”）。这使智慧成为一种基于理性的判断能力。在罗马时代，沉思录中记载：“人的心灵会因自己的判断而受扰乱，而非事物本身”（英译：“The soul becomes dyed with the color of its thoughts.”）。这类思想共同构成了西方智慧的核心——通过理性澄明、辨别真伪，并在行动上作出审慎与稳健的决定。

二、中华智慧传统（儒、道、佛）

中华思想将智慧理解为“在和谐、心性与时机中实现合宜之道”，强调人与人、人与自然之间的整体关系。儒家经典《论语》中孔子多次提及“知者不惑”，例如《论语·为政》中说：“知者不惑，仁者不忧，勇者不惧。”这一句直接说明智慧是“不被迷惑”的能力。道家则强调顺应自然之道，老子在《道德经》中说：“上善若水，水善利万物而不争。”智慧因此不是控制，而是柔顺、通达、合乎自然。佛教的智慧在于洞见无常与执著，《般若心经》中“照见五蕴皆空，度一切苦厄”，表示智慧是一种看穿现象本质、从而解除痛苦机制的能力。整体来说，这些传统共同把智慧理解为一种“心性澄明而又顺势而行”的生活能力。

三、印度智慧传统（奥义书、瑜伽、佛教印度时期）

印度思想将智慧视为对意识本质与实在本质的洞见。《奥义书》反复强调“梵我一如”，如《摩诃那罗延奥义书》中的名句：“Tat tvam asi”（“你即那”），指出个人意识与宇宙实在同源，智慧来自理解这种统一。瑜伽哲学（《瑜伽经》）则强调心智净化，帕坦伽利开篇即说：“瑜伽即止息心念的波动”（梵文：“Yogaś citta-vṛtti-nirodhaḥ”）。佛教在印度时期的智慧观更集中在“无住相”，《金刚经》中“应无所住而生其心”成为般若思想的核心。这些文本共同构成印度智慧传统的基础，即智慧是从错误认知中解脱、看清

意识本质、并通过修炼获得内在自由。

四、波斯智慧传统（祆教、光明哲学）

波斯智慧强调“善念—善言—善行”与“光明—黑暗”的精神象征体系。祆教经典《阿维斯陀》中最具代表性的句式即：“Humata, Hukhta, Hvarshta”（意为“善念、善言、善行”），显示智慧并非停留于思想，而是思想、语言与行动三者的统一。在中世纪伊朗哲学中，苏赫拉瓦迪提出“光明哲学”，其在《智慧的光》（Hikmat al-Ishraq）中写道：“光是存在的本源，而智慧是理解光的途径。”在此传统中，智慧被理解为一种不断驱散“内在阴暗”，走向“更高层级光明存在”的能力。

五、伊斯兰智慧传统（哲学、经文、苏非）

伊斯兰世界的智慧由启示、理性和伦理三者构成。《古兰经》第二章第 269 节说：“真主把智慧赐予他所意欲者；谁获得智慧，已经获得大量的福分。”智慧在伊斯兰思想中意味着识别善恶、做出正义判断。哲学传统如伊本·西那在《治愈之书》（Kitab al-Shifa）中写道：“智慧在于认识事物的原因与目的。”苏非思想则强调心灵净化，鲁米在诗句中说：“当心灵明亮时，世界变得明亮。”（英译：“When the soul lies down in that grass, the world is too full to talk about.”）。在这些传统中，智慧是一种将理性、信仰与心灵光明统一起来的能力。

六、非洲智慧传统（Akan、Ubuntu）

非洲智慧注重社区经验、关系修复与实践洞见，而非抽象理论。在西非阿坎文化中，谚语是智慧的主要载体，比如著名的阿坎谚语：“Wisdom is not purchased in the marketplace.”（智慧不能在市场上买到），它强调智慧来自生活经验与代际传承。南部非洲的 Ubuntu 精神中，常见名言是：“A person is a person through other persons.”（人因他人而为人），呈现出非洲智慧对社会关系与共同体和谐的重视。智慧在这里不是孤立个体的思维能力，而是维系群体生存的道德力量。

七、原住民智慧传统（美洲、澳洲、大洋洲）

原住民智慧强调人与自然、祖先及土地的连结。在北美拉科塔传统中，《黑麋鹿之言》（Black Elk Speaks）中有句著名话：“所有的生命之环都是连在一起的。”（英译：“The power of the world always works in circles.”）。这种智慧认为自然不是资源，而是亲族，是知识来源。澳洲原住民“梦幻时光”（Dreamtime）的叙述中常说：“故事是土地留下的路线”，意指智慧来自祖先通过故事与歌线（Songlines）所传递的宇宙秩序。在这些传统中，智慧是一种与世界合一、与自然协作的认识方式。

八、日本、韩国与东亚其他传统

这一地区的智慧强调心态的纯净、行动的简洁与关系的温和。日本禅宗格外强调洞察的直接性，《无门关》第一则中说：“直指人心，见性成佛”，这一句显示智慧是直观地看到心的本来状态，而非逻辑推导。老子影响下的日本思想中，也有“和敬清寂”（茶道四规）被视为智慧的体现。韩国传统（如禅修与儒释道合流思想）则强调“心清而明”，常引用禅语“明镜亦非台”，意为智慧来自心念的澄明。整体而言，这些传统把智慧视为

一种生活方式：清静、诚恳、节制、自持。

九、北欧、凯尔特、斯拉夫智慧

北欧传统把智慧与命运意识、勇气和代价联系在一起，在《诗体埃达》(Poetic Edda) 中有句经典：“智者知道命运不可违，但依旧要前行。”(英译：“The coward believes he will live forever if he holds back in the battle; but in old age he shall have no peace.” 其中强调智慧包含勇气与清醒。) 凯尔特传统(尤其德鲁伊体系)在《塔列辛之歌》(Book of Taliesin) 中写道：“我从风中学，从树中学，从河流中学。”—显示智慧是自然观察力。斯拉夫传统则强调苦难带来洞见，在陀思妥耶夫斯基的作品中反复出现类似思想，如《罪与罚》中：“苦难乃通向觉醒之路。”(俄文意译)。这些传统中的智慧，是与命运、自然和精神深度相连的一种认识。

十、现代跨学科智慧(心理学、伦理学、系统思维)

现代世界将智慧视为“在复杂性中做出稳健判断”的综合能力。虽然现代研究没有单一经典文本，但一些极具影响力的观点可作为“当代原典”。例如心理学家 Baltes 在关于“柏林智慧范式”的文献中写：“智慧是关于人生根本问题的专家知识。”(英译：“Wisdom is expert knowledge in the fundamental pragmatics of life.”)。当代理论家 Grossmann 则指出：“智慧来自从多角度看问题，并承认不确定性。”(英译：“Wise reasoning involves intellectual humility and recognition of the limits of one’s knowledge.”)。在伦理与系统思维中，作者们强调智慧是对长期后果的敏感性与对人际复杂性的理解，这些构成了现代社会中最广义的智慧含义。

最终总结：虽然文化差异巨大，但智慧普遍包含三层含义：

1. 洞察世界的真实状态，理解事物之间的关系与后果。
2. 在不确定、冲突和多重目标中保持清晰判断。
3. 让判断落实为合宜、善良、长远的行动。

ChatGPT 5.2 的输出, 2026/02/05 - end

1.2 从信息角度思考智慧

上述 ChatGPT 的回答可以理解为我们人类目前为止对智慧常见认识的一个总结。当然不是完全的，读者可能也不认可其中的一部分。事实上我们可以从中看到很多描述实际上只是知识，比如说 Baltes 的说法。作为一个信息科学的研究者，我对上述探讨依赖对人类这个物种的假设不能苟同。这样的考察最大问题是我们无法用它来思考人类以外的智慧。

为什么我们要思考非人类的智慧呢？这么说吧，当年称霸地球的恐龙都可以灭绝的话，那人类也可能在未来灭绝，而取代人类统治地球的生命可能和人类完全不同。显然

用依赖对现在的人类的假设来定义智慧的做法对思考未来生命是有问题的。另外，科学认为地球只是宇宙中一个渺小的存在，宇宙其他地方存在外星人的可能性不能肯定是零。显然我们不能期待一个依赖地球人的智慧定义也适用于外星人。最后，就算我们无视未来生命和外星人，眼前的人工智能就不能简单地用人的思考方式来判断是否智慧。

所以我决定找个更普遍的，看起来可以适用于人类也可以适用于非人类的智慧定义。在 2015 年 4 月的那一周里，经过对前人认识和对人工智能的思考以后，我想，也许“智慧 - 知识 = 随机选择？”后来我把它写成了下述公式，有点难懂的随机这个词改成了自由。

$$\text{智慧} = \text{学习} + \text{自由选择}$$

请注意这个公式不是数学的加法。我用这个公式想表达的是：(1) 智慧是行动。应该有个动词来表达但我不知道合适的中文，在日语里我造了一个动词“智慧する”来表达。(2) 智慧行动是学习和自由选择这两种行动的组合。前者是决定性/确定性的，同样的输入可以得到同样的输出，而后者是非决定性/不确定性/随机的，同样的输入可能有不同的输出（可以不是真正的随机，如果读者懂真正的随机和伪随机的区别的话。不懂也没关系）。

本书将围绕这个公式探讨。敏锐的读者可能已经注意到了我把对智慧的定义（悄悄地）推给了对生命的定义上，因为我说到想要一个可以普遍适用于所有生命的智慧定义。我这样做的原因是，为了定义智慧我们需要有比“智慧”更基础的概念，为此前人用了“人类，”而我想以“生命”（加上宇宙和时间）作为更基础的概念来思考智慧以及如何变得更聪明。

1.3 生命与智慧

为了思考生命与智慧的关系，请读者闭上眼睛自问一下：我是为什么而活的？

（你是闭上眼睛自问着的吗？）

（真的？）

这个关于自己人生意义的问题，我想绝大多数人都会在某个人时候思考过。那读者的答案是什么呢？你是否满意自己的答案呢？我很想听听大家的分享。

前人们当然也思考过。从有资料记载的 2000 多年前到今天，我们有过非常多的探讨，可能每个人都有不同的答案。影响回答的有个基本而朴素的观察：生命和物质不同。物质就是石头，水，空气，桌子，垃圾等东西，研究物质的学问叫物理（化学等其他的所谓自然科学可以理解为物理学的一个分支）。物质服从自然规律（自然规律的意思就是物质服从的规律）。而生命，我们直观地觉得是有别于物质的，即生命有不服从自然规律的时候。

举例而言，急刹车时我们的身体会不由自主地前倾，这是因为我们的身体由物质组成服从自然规律中的惯性定律的缘故。所以生命体服从自然规律。但我们也觉得生命还有些用自然规律难以解释的地方，比如说一个人在危机时会（因为想起爱着的人而）爆发出不可思议的力量，又比如说做非理性的自我牺牲等事。这些看起来用自然规律难以解释的生命现象常常被称为精神，心，魂等。这些单词今天也还在被用着，虽然我们其实不清楚定义。人文社会学主要就是研究这些不能用简单地用自然科学来解释的，主要是和人有关的事。而从物质和精神两方面来理解生命的思考方式叫做二元论。

近代，随着我们对生命认知的深入，精神的存在慢慢地在被科学否定。今天精神这个词更多的是用于描述某种心理活动，或者大脑活动引起的意欲，能力，状态等。而科学（具体来说，生物学）更是干脆无视生命看起来有不服从自然规律的一面而把生命定义为（1）能自我繁殖，（2）有新陈代谢，（3）有细胞壁的存在。请注意这个定义把病毒排除了，因为病毒不能自我繁殖（病毒可以繁殖但不能自我繁殖。病毒的繁殖需要借助宿主的繁殖系统），也没有新陈代谢（不吃不喝不拉不撒），并且也没有被称为细胞壁的东西（见图1.1）。相信很多人对此有违和感，因为我们经常说杀死病毒（这在之前的新冠期间是常用语），但如果病毒不是生命那就不能说杀死了（没有生怎么能说死呢），而只能说是破坏病毒。

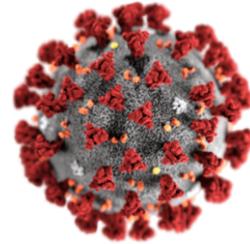


图 1.1: 病毒在生物学里被认为不是生命，但从信息角度来看本文持相反意见。

生物学对生命的定义无视了我们早期朴素的观察，即生命看起来有不服从自然规律的时候。这种无视是为了让生物学更科学更严谨，但也让人困惑。我用下面的例子说明生物学定义让人困惑的地方。请参照下面两张地球外星球的照片（图1.2a 和图1.2b）。请读者凭直觉判断，哪个照片看起来更像是生命存在可能性的？



(a)



(b)

图 1.2: 美国国家航空航天局 (NASA) 公开的火星照片。左: NASA 2026, 右: Techeblog 2015

相信绝大部分人会说图1.2b，因为图1.2a看起来杂乱无章而图1.2b里面有个工整的金字塔看起来像是人工产物。这个例子说明生物学的定义没有反映我们的基本认识，即，生命的基本特征是高度有序而不是乱糟糟的。这个朴素的观察其实是正确的。据估计人

体是由 37 兆个细胞组成的，如果没有高度的秩序就不可能完成统一的行动。如果细胞们都可以自由行动，那人体就不成立了。所以生命确实是高度有序的系统，而生物学对此不提，至少没有明确指出。

那，从我们这个朴素的观察出发是否可以用一个系统的有序程度来判断生命与否呢？这个想法假设我们可以定量地分析一个系统的有序程度并且存在一个阈值，大于阈值的是生命，小于阈值的是物质（图1.3）。好消息是我们有一个分析系统有序程度的量，熵。

熵（entropy）这个概念是用来定义一个系统混乱程度（不确定性）的量。它最早是克劳修斯于 1865 年提出来分析热力学（物理学的一个分支，研究诸如蒸汽机工作原理的。）定律的。之后玻尔兹曼于 1870 年研究统计力学（也是物理学的一个分支）时提出了一个用微观状态来定义宏观混乱程度的统计力学熵的定义。再到后来，1949 年香农提出了一个基于出现概率的信息熵的定义。这些概念我们以后再详细介绍。这里我们只需要知道它们是用来描述一个系统混乱程度/不确定性的量，熵越高系统越乱，熵越低系统越有序。

举例而言，图书馆书架上的书是按领域分类了的，这种井井有条的状态就是图书系统有序的表现。因此我们可以很容易地找到想要找的书。而如果把书随机乱摆在桌子上，那图书系统就是个乱糟糟的状态，作为结果我们不容易找到想要读的书。对应井井有条状态的熵低（容易把握），而对应乱糟糟的状态的熵高（不容易把握）。



图 1.4: 物理界也存在着有序（熵低）现象，如雪花 (BBC Earth 2026)。

多高度有序的物质，比如说雪花（图1.4）。它的井井有条看起来让人惊叹，如果按照雪花的样子设计一个宇宙空间站，大家都会为之叫绝，认为是人类智慧的精美产物，特别是没看过雪花的人。我们也可以制造出其他精美的人工物。比如说用圆规画个圆，圆的熵就很低（有半径就固定了。），但它不是生命。所以，用熵这一个量来区分生命与物质的想法看起来行不通。



图 1.3: 朴素的想法：也许我们可以用一个系统的有序程度来区别物质和生命（笔者作）。

让我们回到区分生命与物质的问题上。既然熵可以刻画一个系统的混乱状态，那给熵加个负号就可以得到一个描述系统有序程度的量。这个负熵越大系统越有序。有了这个刻画系统有序程度的量以后，我们还需要一个可以区别生命和物质的阈值。然而，很快我们就可以发现这个阈值找不到，因为自然界里也存在着很

但我们也不必丧气。1944 年埃尔温·薛定谔（1933 年诺贝尔物理学奖得主）用升维的方法给了我们一个漂亮的回答（薛定谔，《生命是什么》）。这里升维指的是，在熵以外再加上时间，用这二维的量来区别物质和生命¹。具体说来薛定谔的考察是，物质系统都要服从热力学第二定律，随着时间的推移熵会越来越高（= 越来越混乱）直到崩溃毁灭；而生命，虽然作为物理存在身体要服从热力学第二定律，但生命试图让自身的熵维持在一个低水准状态（这就是生存的意义!!）。参见示意图1.5。

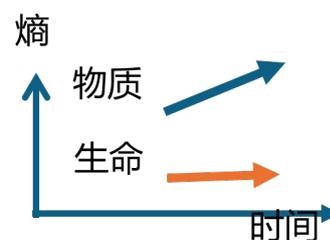


图 1.5: 薛定谔的思考：一维（熵）不够的话用二维（熵 + 时间）来区分物质和生命（笔者作）。

那生命是如何做到这一点的呢？薛定谔推测是代谢。即，生命吃低熵的食品排熵高的排泄物，差值用来抵消身体自然增的熵（为简单起见薛定谔说食物里有负熵）。这个考察原理上符合我们朴素的观察：食物精美（熵低）而排泄物杂乱（熵高）；我们不会反着来去吃喝熵高的排泄物（抱歉这话可能有点恶心），就算吃，我们也排泄不出熵低的精美食品。薛定谔的这个考察意味着环保是不可能改善环境的，因为自然和生命本就有熵增的趋势，而包括人在内的生命为了生存更是要把熵高的排泄物排放到周围环境中去，这当然会导致环境的熵更高。所以，环保的意义不是改善环境（做不到），而是在于减缓环境混乱崩溃的过程。当然，热力学第二定律针对的是封闭的系统，而地球不是封闭的，所以地球本身有可持续性发展的可能（这要把熵高的废弃物排到地球外去）。

薛定谔的考察和对生命的古典思考吻合。即，物质服从自然规律，而生命不服从自然规律中的热力学第二定律。这个观察说明生命，作为自然界的一个存在首先它有一个自然熵增（即变得更混乱或者说更自由）的趋势，而生存则是让生命体维持在一个熵低（即有序）的状态。我用一句话来总结这个观察。

“自然给了生命自由，生命却用它寻找秩序。”²

自然的特征是自由，熵增，混乱，系统崩溃，更新系统；而生命则意味着制约，熵减，秩序，维持系统。请注意后者（即生命）不是自然的，是需要努力的，这个努力就叫生存。另一个必须补充的是，虽然生命的本质在于秩序，但过高的秩序同时意味着多样性的缺失，这对生存也是威胁，在面临环境变化的时候不适应。维持自由和秩序的平衡是生存最大的问题，之后我们还会看到一些例子并更加深层地思考这个问题。

1970 年代以后，薛定谔提出的负熵（他用的是化学熵）的概念慢慢地不流行了。而信息熵慢慢地被认为是生命更本质的特征。为说明这个，首先让我们考察一下生命最明显的特性，遗传变异。遗传是信息的传递，上一代的信息遗传给下一代。在这个过程中

¹升维是个常用的解决看似无解的人文社会问题的方法，参见我们对国会规模变迁的考察（赵亮，谷本明子，吕文若，《最方便的议员定数》，大山达雄编著，《选举，投票，公共选择的数理》，共立出版社，2022 年。日文）。

²这句总结参考了顾城《一代人》里的：“黑夜给了我黑色的眼睛，我却用它寻找光明。”的诗句。

中常常会发生突然的基因突变（变异）。遗传变异使得子代和父代大体相同但又有点小区别。遗传是高度有序的信息复制行为，而变异是自由的熵增，因为已经适应了环境的基因信息突然出现了事先无法预期的变化。在自然选择的过程当中，不适应环境的变异种会被淘汰，而适应环境的类别则存活下来。这是个信息（遗传信息）的传递和自由选择的过程。在这个过程中生命维持着一个熵低（总的基因信息没有变化）但更适应环境的状态。

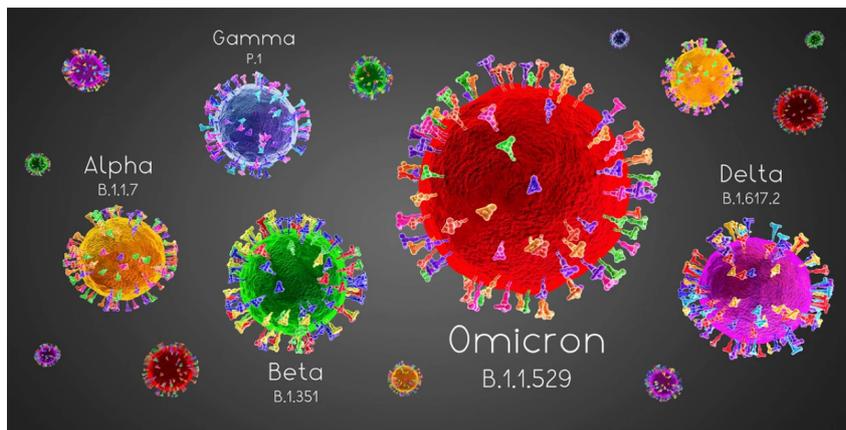


图 1.6: 新冠病毒的变异种 (*Nature* 2022)。

新冠期间，我们常听说新冠病毒的变异种（图1.6）。其实变异种应该有更多，只是绝大多数在被人类命名之前就消灭了，被命名的是更适应与环境和人类共存的，这表现为毒性小而传染力强的特征。通过基因的遗传变异来实现遗传信息的有发展的传承是生命最基本的特征，

而病毒符合这个特征，所以我认为病毒是生命的一种。是自我繁殖还是宿主繁殖，有没有代谢，有没有细胞壁，这些基于物理的观察都不是本质的，能发现并传承优良信息才是生命最基本特征的观察。优良指的是熵不高但是适应力更强的意思。上述理论常被称为新二元论，即，用物质和信息来理解生命。

发现和传承优良信息这件事其实我们很熟悉。举个例子。第谷·布拉厄 (1546-1601) 是丹麦贵族，天文学家，占星术士和炼金术士。他以对天体精密和全面的观察著称。据称他 17 岁就说过下述的话 (<https://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E7%AC%AC%E8%B0%B7%C2%B7%E5%B8%83%E6%8B%89%E5%8E%84>)。

“我研究过所有现有星表，但它们中没有一个和另一个相同。用来测量天体的方法好比天文学家一般多，而且那些天文学家都一一反对。现在所需要的是一个长期的，从一个地点来测量的计划，来测量整个天球。”

布拉厄积累了大量优良的观察结果，用现在的话就是大数据，他用这些数据可以做很精确的预测（占星术需要），虽然很辛苦但给了他名声。但这些大数据的真正价值直到开普勒 (1571-1630) 变成他的助手之后才显示出来。开普勒从这些大数据中发现了著名的，后来被称为行星运动三定律的三个法则。没有布拉厄的大数据我们无法发现这三个定律，然而开普勒的努力让我们从大数据中解放了！我们不需要那么大量看似乱七八糟的数据了。我们只需要三个简单的定律，就可以根据初始条件很容易地算出任何一颗行星的运动轨迹。从大量的数据到三个简单的规律，这个方法其实就是我们人类一直在做的，这个过程真正的意义在于信息熵减少了但知识增加了。所以我们可以看到科研就是发现并传承优良信息。开普勒的工作对牛顿 (1642-1727) 影响很大，启发牛顿发现了



图 1.7: 科学研究例: 从布拉厄的行星运动大数据到开普勒的行星运动三大定律, 再到牛顿的万有引力定律 (Public Domain)。

万有引力定律。从三个定律到一个定律, 我们又一次发现人类是怎样努力地找到熵低但是更广的优良信息的。其实, 所有的科研都科研用这个观察 (图1.7) 来说明解释。

这里给做科研的读者分享个“秘密” (说它是“秘密”因为我发现很多资深教授也不懂): 什么是科研工作的创新 (novelty)? 我们发表, 写论文, 答辩的时候经常会被问到研究的创新点。通常的人会把研究中自己做的那一部分拿出来讲, 强调这是先行研究中没有的。可是, 相信很多人都有这样的经验, 那就是提问的人常常并不因此释怀, 反而会更怀疑这个研究有没有创新。我所在的学院就有这么一个资深教授, 总在学生答辩的时候问人家创新点 (这是应该的), 但通常学生越解释自己做的工作他越不接受, 反而会更加质疑这个工作的意义, 否定同学们的工作。为此同学们大都很头疼, 不止一个在答辩时落泪的。

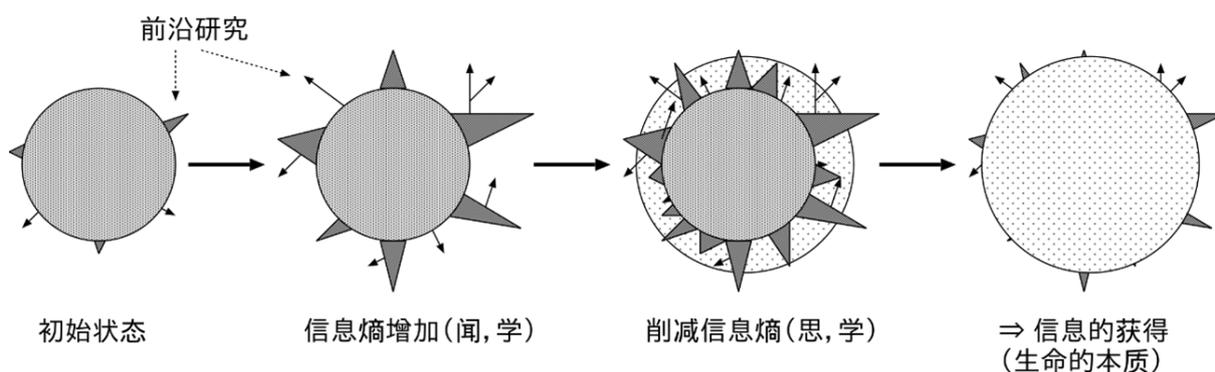


图 1.8: 研究是什么 (包括非科学的认知)。其中优良信息的获得和传递是生命的本质。(笔者作)

其实这是因为大家没有充分理解什么叫创新。新工作不等于创新, 因为新工作就像基因突变, 绝大多数情况下是失败 (所以被质疑), 即便成功了也只是像图1.8中的一个棱角或者刺, 扎在我们 (教授们) 现有的认知上, 让熵增加, 让人混乱。所以越讲自己

独自完成的新东西，问的人就越不舒服，因为这让人越混乱。真正的创新指的是在扩大我们认知的同时熵还低的那种（图1.8最右边的图）。某教授期待的就是这样的一个说明，虽然他没能准确表达出来（很多搞了多年科研的人也不清楚）。研究工作，包括论文，不是有新东西就是好的。我们通常先做文献调查，把现在人类的认知简洁明了地勾画出来，指出现有的让大家不舒服/混乱的前沿发现，然后结合自己的工作用一个简洁明了的理论把这种混乱的情况统一收拾掉，用熵不高的理论扩大人类的认知，这才是（我们期待的）知识的创新。

以开普勒为例，如果他观察到了一个布拉厄的大数据里没有的行星的运动，这是个新东西但没啥意思，在布拉厄的大数据面前这点工作不但不算什么，更只会让大家更乱（要记的东西多了。他的观察数据可能还包含错误）。而他努力从布拉厄的大数据里总结出行星运动三定律，这相当于用了一个大圆（注意圆的熵很低）把以前看似乱糟糟的大数据（人类对行星运动的认知）全部统一，连还没有观察到的数据都能搞定。用很低的熵大大扩大了我们的认知，这才是真正的创新。

再举个数数的例子。早期人类只会用手指数 1 到 10，发明加法以后我们发现 10 不够用了，混乱了，于是发明了自然数，在只增加了一点点信息的情况下大大扩大了我们数数的范围（1 到无穷大）。而减法促使人类引入了 0 和负整数，同样在只增加了一点点信息的情况下大大扩大了我们数数的范围。而乘法促使人类发明了有理数（可以写成两个整数商的数），但依然熵不高。根号 2（即， $\sqrt{2}$ ）不是有理数的发现导致了人类近两千年的混乱，直到数学家导入了实数（real number）的概念才解决了这个问题。实数的概念不好理解，但考虑到之前人类近两千年的混乱，导入实数概念所增加的信息熵不算大。请让我再强调一下：导入这些数数方法的意义（真正意义上的 novelty）不在于新，而在于因为它们的导入可以帮助我们容易地解决一些大问题。

综上所述，我们可以观察到生命的遗传变异，人类的认知，科学研究，等等，都有共通的地方，那就是发现和传承优良信息。它们共通的原因是因为，这是生命最基本的特征。

用这个观点我们再思考一下智慧。请读者再读读1.1节里列举的目前为止我们对智慧的理解，看看是否那些理解可以用发现和传承优良信息这个生命最基本的特征来重新书写。我认为这个工作不难，答案是 Yes。请注意一部分前人的理解强调了确定性的信息（道德规范等），另一部分提到了非确定性（自然，超越等）。这正是我前面指出的公式，智慧就是生存（生命活动），可以通过学习与自由选择实现。

让我对上述关于智慧实现的理论再补充一下。学习对生命/智慧的重要性大家经常说就不提了。关于自由（选择）对生命/智慧的重要性，文学作品和生物学里经常谈，我另外给个人工智能的例子。AlphGo 是 DeepMind 开发的围棋人工智能。它在 2016 年战胜了当时世界最强的人类棋手柯洁（之后，打遍人类无敌手的它就被隐退了。它的后续是现在鼎鼎大名的 AlphaFold）。2016 年 1 月 7 日 AlphaGo 的开发人员在 Nature 上发了一篇文章《Master the game of Go with deep neural networks and tree search》介绍它的核心技术（Silver et al., 2016）。让我们看看它的概要（原文英

文，中文翻译主要由 ChatGPT 提供)，其中下划线是我加注的关键词。

“围棋一直被认为是人工智能在传统游戏中面临的巨大挑战，因为它具有巨大的搜索空间，以及对棋盘局势和落子进行评估的困难。我们在此介绍一种全新的计算机围棋方法，利用“价值网络”来评估棋盘局势，并使用“策略网络”来选择走法。这些深度神经网络通过一种新颖的方式进行训练，结合了从人类专家对局中进行的有监督学习以及从自我对弈中进行的强化学习。在不进行前瞻搜索的情况下，这些神经网络下出的棋可以达到当前最先进的蒙特卡洛树搜索程序的水平，而这些程序通常会模拟成千上万局的自我对弈。我们还引入了一种新的搜索算法，将蒙特卡洛模拟与价值网络和策略网络结合在一起。通过这种搜索算法，我们的程序 AlphaGo 在对其他围棋程序的对局中取得了 99.8% 的胜率，并以 5 比 0 的战绩击败了人类欧洲围棋冠军。这是历史上第一次有计算机程序在全尺寸围棋比赛中击败人类职业棋手，这一成就曾被认为至少还需要十年才能实现。”

“The game of Go has long been viewed as the most challenging of classic games for artificial intelligence owing to its enormous search space and the difficulty of evaluating board positions and moves. Here we introduce a new approach to computer Go that uses ‘value networks’ to evaluate board positions and ‘policy networks’ to select moves. These deep neural networks are trained by a novel combination of supervised learning from human expert games, and reinforcement learning from games of self-play. Without any lookahead search, the neural networks play Go at the level of state-of-the-art Monte Carlo tree search programs that simulate thousands of random games of self-play. We also introduce a new search algorithm that combines Monte Carlo simulation with value and policy networks. Using this search algorithm, our program AlphaGo achieved a 99.8% winning rate against other Go programs, and defeated the human European Go champion by 5 games to 0. This is the first time that a computer program has defeated a human professional player in the full-sized game of Go, a feat previously thought to be at least a decade away.” (英文原文)

读者可以看出它其中最重要的两点技术一个是机器学习（监督学习和强化学习），另一个是蒙特卡洛模拟，即随机地模拟下棋并采用其中最好的一招。由此我们可以看出，AlphaGo 最重要的技术就是学习加自由选择。如果我来定论文标题的话，我会用《Master the game of Go with machine learning and random search》来强调这一点。看起来 DeepMind 的人没意识到自己的算法的本质，当然也可能是他们故意隐蔽的。除 AlphaGo 以外，另一个广为人知的例子是生成系 AI，特别是基于 Stable Diffusion 的生成系 AI，同样也是基于机器学习和随机选择的。这个以后再详细介绍。

学习和自由选择是生命生存/智慧的两个特征。有意思的是我所在的京都大学也注重这个。京都大学的基本理念是“自由”和“调和。”后者不说，关于前者读者不妨在网上查查京都大学毕业式的照片，相信你会理解什么是所谓自由的学风的（虽然近些年加强集中管理了。这个的理由之后我们再讨论）。



图 1.9: 京大的暗黑果蝇实验 (Kyoto University 2010)。

我讲一个标志京大自由学风的科研，号称世界第二长科学实验的暗黑果蝇实验（第一长的是沥青滴漏实验。但难度远远低于暗黑果蝇实验）。这个研究假设有眼睛的生物一直呆在黑暗中繁殖会渐渐失去视觉。为验证这个猜想他们选用果蝇做实验（因为好养而且繁殖快，两周繁殖一代）。这个实验从 1954 年开始一直做到现在，2011 年发了第一篇论文。50 多年才发一篇论文的理由很简单，因为一直没有发现果蝇失去视觉。事实上 2011 年的那篇论文也就只是汇报了经过了 50 年 1300 代（相当于人的 32500 年）的暗黑果蝇依然没有失去视觉。这样的结果当然发不了像样的学术期刊，但是京大还是允许他们继续做，继续给经费。这是因为京大相信自由研究的气氛可以促进各种新奇的想法，可能，就像基因突变一样，绝大多数的新奇想法到最后得不到有意思的结果，但没有新奇的想法拿不到诺奖级别成果的（顺便说一句，京大称崭新的科研想法为变态想法，变态在京大据说是褒义词³。以前我和一个外校的老师说我去了一个叫做综合生存学馆的研究生院，那个老师想了想说，有点京大风格，让我不知如何接）。类似暗黑果蝇实验的研究看起来在中国，至少是在现在被称为急功近利型科研主义的中国，是很难想象的。

总结

在这一章里我简述了本书的主要内容。其中最中心的概念是熵，一个表达系统混乱程度的量；最中心的理论学说是关于物质与生命的区别的，即，物质系统的熵会自然地不断增加，而生命则试图抑制自身熵的增加，我们可以简单地说“自然趋于无序，而生命追求秩序”（请注意秩序太多也会导致无序，这个以后再详谈）。本书在这一考察的基础上，结合生物学，物理学，人类学，脑科学，认知科学和人工智能等领域的最新研究成果进行深入探讨。同时，结合前人对智慧的理解，时事分析，我们将探讨环境问题，学术发展变迁，智人的生存，人类社会的进步，创新，人工智能，未来生命等话题。通过这些探讨，我们可以进一步思考上述观点，以及智慧即生命活动，可以由学习和自由选择来实践的观点。接下来的内容，即便读者没有学过信息科学或理科知识也不必担心，我试图写个大家都能懂的内容。有时候也会有些数学公式什么的，但不懂那些公式也应该问题不大。

³2025 年 3 月 28 日传来了被称为名副其实的数学界诺奖的阿贝尔奖给了京大柏原正树教授的消息。这是此奖的第一个亚洲人。这位老师据称也很变态，经常在校园里脚踩木屐带墨镜骑山地车。

注：本书假定生命存在（不是游戏或者其他形式被设计出来的虚拟存在），拥有有限的认知能力（我们每个人都可以认知世界，但不能认知全部世界），有自由选择的可能（与此相对的观点是世上所有事情都是决定性的，爱因斯坦是这种观点的代表）。请注意自由选择可以不是自己决定的（如基因突变），所以和自我无关，与所谓的自由意识更无关。

Chapter 2

现代科学对宇宙，地球，生命，人类和人类社会的认识

生存是什么？上一章我们谈到用生存来定义智慧，那么，什么是生存呢？关于这个问题的探讨比关于智慧是什么要多无数倍。为了节约时间（时间就是生命！），让我们只看看当前的主流认识吧。请注意，虽然接下来的介绍是现在主流的科学认识，也是本书内容的重要参考和依据，但这只是现在的主流认识，过去有过不一样的认识，现在也有不一样的思考，今后还可能出现其他认识。什么样的认识可以相信需要读者自己的思考和判断。

首先，谈生命需要从世界（即宇宙）的诞生开始。人类对宇宙的兴趣自古就有。对SF感兴趣的人应该听过 Star Trek（星际迷航）影视系列。这个系列讲述的是一艘太空飞船探索宇宙的故事。2021年10月13日，曾经在星际迷航中扮演过船长的 William Shatner 以 90 岁的高龄搭乘宇宙飞船飞到外太空并且安全返回，实现他多年飞向太空的夙愿（https://en.wikipedia.org/wiki/Blue_Origin_NS-18）。让我们引用他扮演的 Kirk 船长的名言“Risk is our business.”来表达人类对探险宇宙的渴望吧。

主要宗教认为世界（包括人类）是神或某种超自然存在创造的并且这一点不能被质疑（就像数学中的公理和法律中的宪法一样）。这个出发点是科学和宗教最根本的区别，科学允许自身被质疑。关于世界是否是神或超自然存在创造的这个说法科学既无法证明也无法反驳，所以现在宗教和科学共存着的。虽然历史上有过宗教有打击科学的极端运动，但后来他们发现自己不能否定科学，而科学也不能否定神创造人的核心假设，就乐意接受甚至用科学来解释和完善教义了。科学家中就有很多信宗教的（<https://www.christiantoday.co.jp/articles/33252/20240203/world-mission-report-february-3.htm>）。众所周知的例子包括牛顿和爱因斯坦¹。有趣的是爱因斯坦曾经说过上帝不扔骰子的话，关于这个的意思我们以后讨论智慧时还会

¹不过看起来爱因斯坦不是传统意义上的宗教信者。虽然他经常提及神，但他更愿意被认为是不可知论者。参见<https://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E7%88%B1%E5%9B%A0%E6%96%AF%E5%9D%A6%E7%9A%84%E5%AE%97%E6%95%99%E8%A7%82>。

提到。

科学对宇宙的认识是, 宇宙大约 138 亿年前诞生, 在那之前什么也没有, 包括时间也没有 (这和宗教的前提不矛盾!)。大约 138 亿年前, 有一个点突然“爆炸”, 宇宙就这样诞生了, 之后宇宙一直在不断膨胀。相信这样一个简单粗暴的说法让人不好接受, 特别是“宇宙诞生之前时间也没有”不好理解, 但这是目前唯一可以解释为什么我们可以看到星星在相互远离的现象 (所谓的宇宙膨胀理论)。138 亿年这个时间就是用我们观察到的星星相互远离的速度 (加速度) 倒推得到的。对此感兴趣的读者建议读读霍金的《时间简史》。

认识宇宙对思考生命是个重要的事, 特别是关于生命是如何诞生的这个话题。和上述还有个依据的宇宙诞生理论比, 关于生命诞生的科学学说就只能用想象 (或者瞎编, 诡异这类词) 来形容了。比如说一个主流理论说生命诞生在一个充满营养和生命组成部分的汤里, 本来没有生命的, 突然不知道怎么的就诞生了。即便经过了多年的科学实验, 目前我们的科学还是不能直接从物质造出生命来, 这清楚地说明目前科学的尴尬, 它对生命是如何诞生的说明或者不对或者不够。在这一点上宗教的说明简洁明了: 生命是神或超自然存在创造的 (所以我们无法认知是很正常的)。这和笛卡尔的“我思故我在”的哲学思想异曲同工, 都是干脆回避对 (目前无法认知的) 问题的讨论, 而是 (找个说法) 假设这个前提然后把讨论的对象放到其他事情上去。

总之, 目前科学对生命是如何诞生的说法都是猜想, 缺乏足够让人信服的证据。虽说如此, 我们还是可以通过化石, DNA 等推测出生命诞生后的一些事情, 包括地球生命大约是 40 亿年前后诞生的², 自然演化 (又称进化论), 五次大灭绝等事情。这对考察智慧至关重要, 因为本书认为智慧是生存活动, 这个定义意味着在生命诞生以前没有智慧。事实上我们可以认为“信息”在生命诞生之前也没有, 因为没有生命就没有信息的载体 (DNA 等)。

关于人类, 科学发现认为人类不是从生命诞生就存在的, 而是在漫长的物种演化过程当中演化出来的, 所以我們的大脑里有一部分和爬虫类的大脑相似并不奇怪。但和人类最近的生命是黑猩猩。我们的祖先从和黑猩猩同等 (可能还更差点) 的智力发展到今天这样聪明的过程被称为认知革命, 具体来说, 在距今约 6 百万年前人类祖先和黑猩猩分开了, 而在约 2 百万年前的时候人类的大脑变成三倍大了, 这标志着人类拥有了压倒性优势的智力, 人类开始了对地球的支配。有意思的是通常宗教和人文学不认可或者无视这个科学的说法, 他们通常假设或默认人是一种特别的存在, 和其他物种不同, 生来就优越, 肩负着管理地球 (甚至宇宙) 的使命, 并且这将永远持续下去, 不容置疑。这种说法和中国古代帝王自认自己 (天子!) 生来就是统治者的模式一样, 目的只是为了维护自己统治地位的正统性 (赫拉利在著书《人类简史》里称之为 fiction, 中文翻译成八卦, 以后还会讨论)。

相对来说我们对人类社会的演变要更清楚一些, 因为距今更近资料更多。这包括早年的游牧时代, 然后是农业革命和定居, 定居以后人类社会越来越集中, 从村落到城镇,

²读者不妨想想生命的出现年代是如何推测出来的。

再到大城市，国家，以及超国家的联合比如说欧盟和联合国。在这个过程中人类社会的秩序越来越高（与之相对的是组成社会的个人的自由度越来越少，就像组成生命的细胞那样），比如说工业革命导致大量的农村人口移居城市（我们在中国的改革开放过程中亲眼看到了），以及交通革命引起的政治经济全球化。而现代的信息革命则帮助人类不用物理移动就可以连在一起，当前以机器学习为主的 AI 革命更是给人类提供了最大限度的均一性。原因是因为机器学习给的结果是从大数据当中找到的最有可能发生的推测，这通常意味着平均值（期待值）。由此我们可以推测未来的人类社会将会更加统一，秩序会越来越高，虽然时不时地会有反复（当前世界正在发生多极化）。第三章我们还要更深入地讨论这个话题。

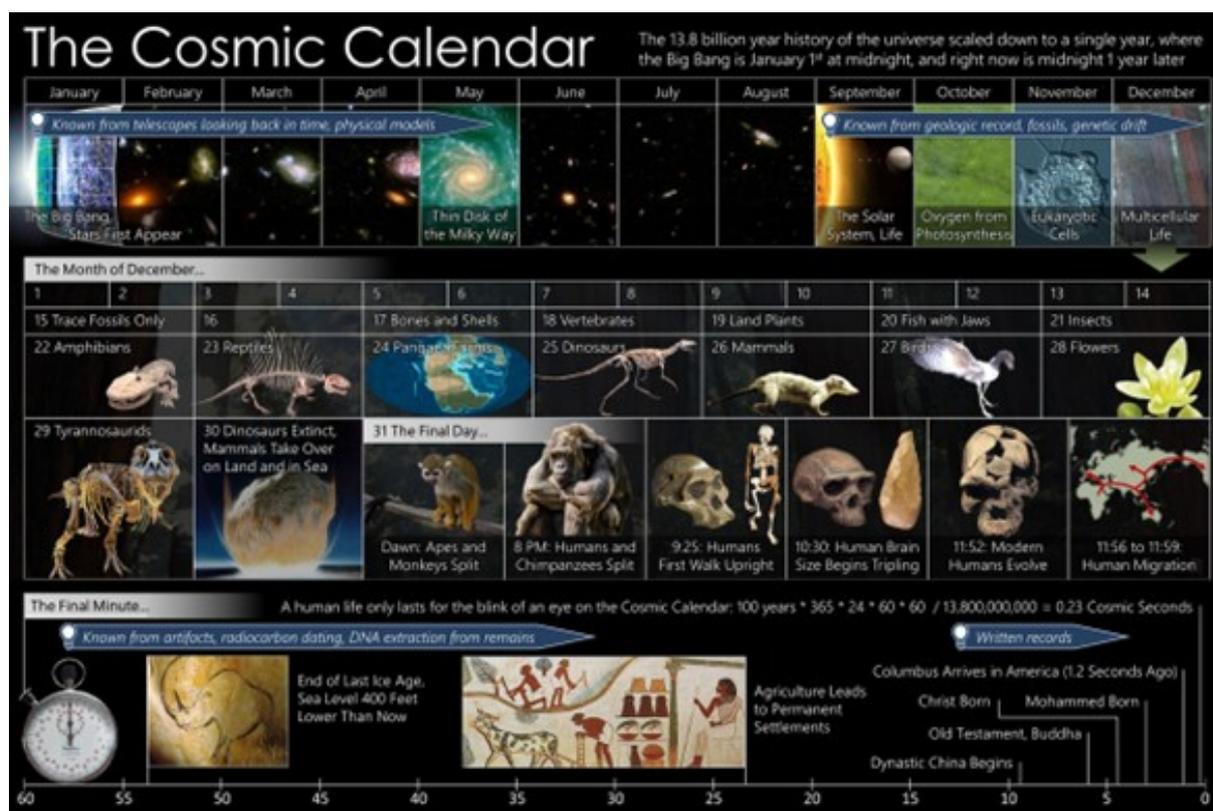


图 2.1: Cosmic Calendar (Efrazil 2026)。

为了更容易把握宇宙 138 亿年的时间规模，萨根把宇宙的历史等比缩成一年的日历来表示（图2.1）。在这个年历里，宇宙诞生在 1 月 1 日 0 点 0 分 0 秒，而现在就是 12 月 31 日 24 点。希望读者能够大概记住这个日历，因为历史可以帮助我们更准确地思考眼下和推测未来。请注意在这个日历上我们熟知的强者霸王龙是 12 月 29 日出现的，维持了一天在 30 号就灭绝了。但是请不要笑它，因为人类的历史，从和黑猩猩分家算起的话不过才 4 个小时，谁知道能不能维持到可以和霸王龙一样长呢。

作为一个对宇宙，地球，生命，人类和人类社会的总结，读者可能会对本章到此为止的介绍感到不满，因为太简单粗糙了。请不要着急，我没试图做更详细介绍的原因是因为有更好的介绍资料。下述两个视频是理解本书内容的重要基础，我也觉得很不错，请读者把这两个视频当做本书的一部分来视听。一定要听哦，不然之后的内容可能会不

容易理解。

- 视频 1 (英文, 7 分钟): The Known Universe by AMNH <https://www.youtube.com/watch?v=17jymDn0W6U>
- 视频 2 (日文, 2020 年 4 月版, 65 分钟) : 地球そして生命の誕生と進化 <https://www.youtube.com/watch?v=-mKu5dIns4c>
- 视频 2 (英文, April 2020): <https://www.youtube.com/watch?v=SkeNMoD1HUU>

todo: 如有读者知道一个好的中文版介绍视频的, 还请联系作者。

Chapter 3

生命与秩序

本章我们主要考察生命（与非生命不同）的特征。这个考察从 1940 年代薛定谔的思考开始。我们将用热力学第二定律和熵等概念来帮助我们思考。

3.1 薛定谔对生命的考察

生命是什么？上一章我们考察了科学对宇宙和生命的基本认识。知道了虽然还有很多关键事情含混不清甚至稀里糊涂但科学对此已经有了一定的认识（还没看视频的读者请务必看哦，不然会影响对下面的阅读）。特别是第二个视频中提到了熵这个概念以及它对分析生命的意义。这个探讨最早是薛定谔开始的，下面我们更详细些地介绍一下。

薛定谔因为对量子力学的突出贡献而获得 1933 年的诺贝尔物理学奖。其实他对生命科学研究也有卓越贡献。在《生命是什么》（1944）的前半部分，他从一个物理学家的角度探讨了遗传的机制。这个探讨对 1953 年 James Watson 等人发现 DNA 双螺旋结构起了重要的启发 (https://en.wikipedia.org/wiki/What_Is_Life%3F)。Watson 等人也因此获得了 1962 年的诺贝尔生理学或医学奖¹。

更有意思的是薛定谔在《生命是什么》的后半部分还探讨了更深刻的生命与物质（非生命）的区别。他认为物质服从热力学第二定律而生命则不然（这个说法不甚严谨，之后我们会更准确地讨论）。这个说法和古人“物质服从自然规律而生命不服从（某些）自然规律”的观察吻合，具体来说薛定谔认为热力学第二定律就是生命不服从的一个自然规律（再强调一下，这只是个方便的说法，之后我们还会有更准确的讨论）。

那么热力学第二定律是什么？为了解释这个定律，我们需要先知道物理学里对秩序方向的认识。让我们先考察一下秩序。请看图3.1。图3.1表现了物质的三种形态：气体，

¹Watson 是个有争议的科学家。他因为对黑人的歧视发言而失去了在西方科学界的地位和名声，为了维生不得不把诺贝尔奖章拍卖，而买下奖章的俄罗斯富豪把奖章还给了他以示对他的尊重。2017 年，89 岁的他去了中国深圳，帮助中国建造了一个以他的名字命名的生命科学中心，主要研究癌症精准治疗。参见https://www.sohu.com/a/132988090_114731。

液体，和固体。请读者猜一下哪个代表气体，哪个液体，哪个固体。

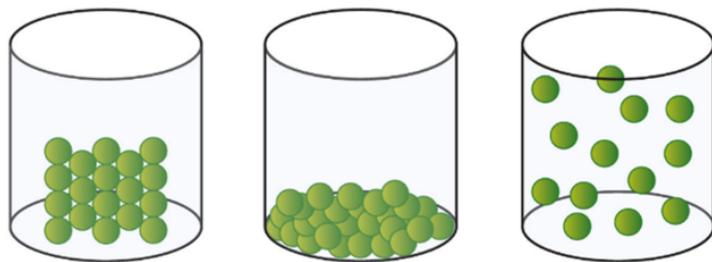


图 3.1: 物质三态 (*Solids and Liquids* 2026)。

答案是，从左到右分别代表固体，液体，和气体。相信不会有人搞错的，但请读者想想自己为什么会这样认识呢？

理由很简单，因为秩序不同：固体秩序高，即分子之间的联系紧密牢固不容易变形（所以叫固体）；气体的秩序低，分子之间几乎没有联系，可以自由活动，无法

维持一个稳定形状；而液体的秩序则介乎两者之间。

秩序是一个描述由两个以上成分组成的系统的状态的基本概念。这个概念在人文社会和科学研究的领域里常用。人文社会研究通常用来做定性分析，比如说社会秩序，虽然没有严谨定义但大家都知道大概想要说什么；而科学研究需要定量分析，熵就是这样的一个量。熵最早是 1865 年克劳修斯提出的热力学定义【热量 ÷ 温度】²。普朗克则用了玻尔兹曼在 1870 年提出的统计力学定义【 $k \ln(W)$ 】，其中 k 是玻尔兹曼常数， W 是系统的微观状态数， $\ln()$ 是自然对数³。它用来刻画一个系统的混乱程度（或者可以称为自由度），数值越高系统越混乱（秩序越低）。信息学领域也有个熵的定义，1949 年香农给的用来描述概率变量不确定性的量 $-\sum P_i \ln(P_i)$ ，其中 P_i 是概率变量等于 i 的概率。这三个定义看起来很有联系但究竟是否是同一个概念目前还没有完全被证明或被否定，虽然在某些条件下存在证明（如 Jaynes, 1965）但尚未得到普遍承认。

物理学观察到自然界里的熵（秩序）是有方向的。那就是随着时间的推移一个系统的熵只会增加，换句话说就是秩序会自然的越来越乱。让我们看个例子。京大有个食堂叫 RUNE (ルネ)，10 年前换了茶水供应系统。之前的系统有一个出热水的水龙头和一个出冷水的水龙头，用户可以自己调节得到希望的水温和水量。而新系统改成了图 3.2 的按钮式，按一下出一杯热水或冷水，这个过程不能被中止。这让想要喝温水的用户头疼（除非我们有时间可以等热水慢慢变成温水）。为了喝到温水我们需要 3 个杯子，一杯接热的，一杯接冷的，还有一空杯子用来混合前两杯。显然这很浪费，要三个杯子喝两杯水。RUNE 的工作人员注意到了这个现象，特意贴了个说明请大家只用一个杯子（以节约洗杯子水费）。这让人绝望，只好先喝一杯冷的（冰的!），再喝一杯热的（烫的!），让它们在胃里去混合成温水⁴。

²Entropy 是克劳修斯创造的单词，据称意为一个系统不受外界影响时朝内部最稳定状态发展的趋势。而熵是胡刚复在 1923 年普朗克来中国讲学时想到的翻译，意为热量（除以温度得到）的商。参见 <https://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E7%86%B5>。

³对数指的是一个数的数量级。比如说 1000 的常用对数是 $\log(1000) = 3$ （1 后面有 3 个零），10000 的常用对数是 $\log(10000) = 4$ ，等等。自然对数用的是 $e = 2.71828\dots$ 的数量级，通常用 \ln 表示。

⁴等了 10 年，这个系统终于在 2025 年 3 月 24 日更换成和从前一样的水龙头式了!!

冷水热水混合成温水，这个常识其实就是我们观察到的秩序方向。怎么讲？我们知道水是由很多运动着的水分子组成的。热的水分子运动的快，冷的水分子运动的慢。热水和冷水混合后，运动快的热分子和运动慢的冷分子混在一起，导致有的地方水温高有的地方低（图3.3）。之后分子间会发生碰撞接触，热分子把热量传给冷分子，水会慢慢变成更均匀的温水。请注意，冷水热水混在一起会自然地变成温水，而温水不会自然地变成一半热一半冷，这是个单方向的变化！说它表示自然界里秩序的方向的理由是，冷水热水混合前的状态和混合后的状态比，混合前有序（热冷分明），而混合后混乱（热冷混乱，参见图3.3）。这个例子告诉我们自然界里的秩序是从有序走向无序的，这是个单方向的变化。



图 3.2: RENE 的茶水供应器（笔者摄影）。

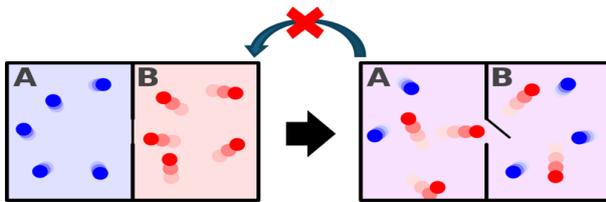


图 3.3: 冷水（蓝色分子）热水（红色分子）混合在一起会自然地得到温水，反之不然。

实际上这个单方向变化的现象对水以外也适用。描述它的自然定律被称为热力学第二定律。克劳修斯总结到“从低温热源传热到高温热源，必须伴随着系统的变化”。意思是，用前面水的例子来说，冷水热水混到一起不会自然地变成热水越来越热冷水越来越冷（即，冷分子传热给热分子），要想发生这样的变化，系统自身需要有变化（比如说加入其他东西）。而普朗克则给了另外一种描述，即“自然界的变化只会让系统的熵增加”。这就是我们刚刚叙述过的秩序的方向（从有序到无序）。需要注意的是这个自然规律针对的是封闭的系统。如果系统不封闭则可能不成立。比如说，假设有一杯由热分子和冷分子组成的温水（图3.3右图）。如果我们可以观察到分子运动的快慢并且控制中间的阀门使得热分子聚集到左边冷分子聚集到右边，那我们就可以得到左边是热水右边是冷水的系统。这是个无序到有序的结果，但不是自然的结果，需要某种系统变化，系统外的努力才能实现。

热力学第二定律是个广泛被使用的经验法则。它是物理学家总结了大量观察后得到的。当然经验法则会让人有些担心它是否普遍成立，因为我们的观察总是有限的。事实上对它的质疑一直也都存在（科学允许自身被质疑！）。最著名的两个被称为【时间之箭】和【麦克斯维妖】。前者指出此定律假设了时间的不对称性（即时间不能倒流），而证明时间不能倒流看起来办不到，因为除了时间以外的全部物理学理论都是对称（空间对称）的，用对称的理论去证明不对称的现象看起来有问题。换句话说，我们可以说熵增的方向和时间增的方向一致⁵，但看起来很难证明它是单向的。关于麦克斯维妖我们

⁵35 岁以上的人应该对此共鸣！无论是想要回到年轻时的愿望，还是期待长生不老梦想，本质上都

以后再详细讨论。

有怀疑就有回答。关于热力学第二定律的成立与否，爱因斯坦说过“我相信它是唯一一个不会被推翻的，拥有普遍意义的物理理论”（West, 2017, p14。原文是“*It is the only physical theory of universal content which I am convinced will never be overthrown...*”）。从中我们可以看出爱因斯坦对热力学第二定律的相信甚至超过了他自己最伟大的发现之相对论理论！爱因斯坦也有可能搞错，但既然连他这样伟大的物理学家都是那样认为的，我们可以推断要否定热力学第二定律不是个简单的事。那我们就假设热力学第二定律成立并以此为基础继续探讨。如果有一天我们发现它的问题了（爱因斯坦认为不会发生），那时我们再回过头来重新探讨。以下，让我们假设热力学第二定律的成立吧。

3.2 自然，生命，人类

从热力学第二定律我们可以得到一个结论，一个封闭系统的熵（= 混乱程度）会越来越高直到崩溃（即，变成其他形式）。如果宇宙是封闭的，这意味宇宙的终极结果是崩溃灭亡（在历史上这种结果被称为热寂）。假如地球是封闭的，地球也会越来越乱直到崩溃。不过读者目前大可不必担忧，因为地球不是封闭的（太阳在不断地给地球输入能量，地球也在不断地对外辐射热量）。但是，热力学第二定律告诉我们地球有个走向毁灭的自然趋势。这个趋势不只是地球有，包括人在内的任何物理系统都有。比如说一个封闭的人会自然的头脑越来越混乱（这可能是人类发明监狱这种制度的理论背景）。请注意这里我用了一个关键词【自然】，因为这是自然规律（热力学第二定律）所指出的现象。

另一方面，正如薛定谔所观察的，生命的特征是生存，生存是维护生命体的有序状态，而不是老老实实地服从热力学第二定律揭示的从混乱走向毁灭（即，衰老死亡）的自然趋势。从这个意义上说，我们可以说物质（物理系统）和生命拥有相反的特征：前者有个越来越混乱直到崩溃毁灭的趋势，而后者有个维持自身秩序阻止混乱灭亡的倾向。

那生命是如何做到尽量维持自身秩序不走向混乱灭亡的呢？薛定谔认为是靠代谢，即吃进低熵的食物排出高熵的废弃物，在这个过程中得到负的熵用以抵消身体自然增长的熵。这个说法有说服力，因为我们可以观察到我们吃食物和排泄废物上有单向性。但它至少不适用于不做代谢活动的病毒。近些年来，我们觉得信息代谢才是生命更本质的特征。目前对这方面的考察不多，下面的描述主要是我自己的思考（可能与前人的思考有重复，欢迎指出）。

我们首先可以注意到遗传是生命延续最重要的特征。这个延续极为强韧，亲子鉴定就是基于这个现象。事实上，就算隔了几万年，也许几百万年也是如此，后代和先代也不会有多大变化（参见第一章介绍的暗黑果蝇实验）。读者应该为此惊叹！！被我们称为世界七大奇迹的建筑物（图3.4），除了埃及大金字塔（约 6, 7 千年）以外都没有保留过是想走一条时间倒流的方向，这就是生命的基本特征（生存）。而时间的方向是熵的方向，是自然的方向。热力学第二定律意味着生命的衰老死亡本质上是不可避免的。

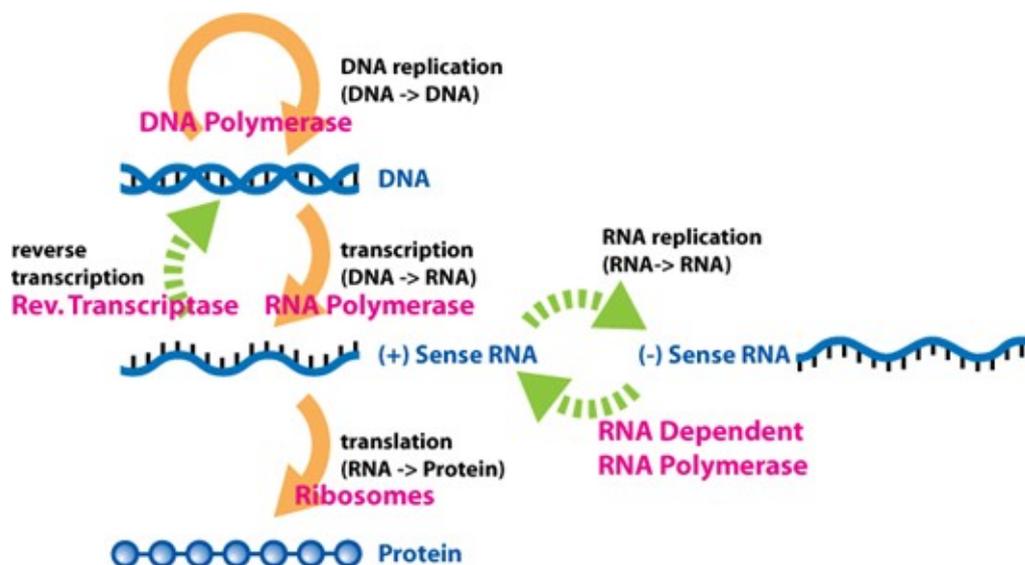


图 3.5: 分子生物学的中心法则 (Extended Central Dogma 2026)。

几千年。对比一下我们可以发现拥有强韧的遗传信息传递能力的生命才是真正不可思议的世界奇迹。

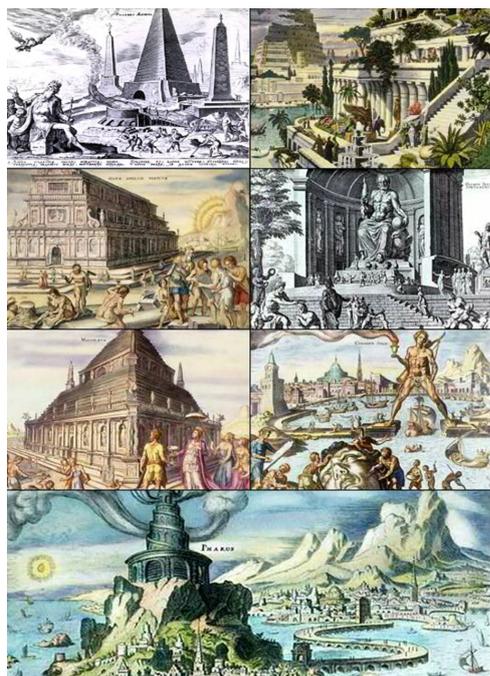


图 3.4: 世界七大奇迹 (Seven Wonders of the Ancient World 2026)。

比的遗传信息差异，见下。

“We studied human population structure using genotypes at 377 autosomal microsatellite loci in 1056 individuals from 52 populations. Within-population differences among individuals account for 93 to 95% of genetic variation; differ-

对遗传的过程科学已有很准确的理解，虽然我们还不能造出一个人工生命。研究这个领域的学问叫做分子生物学。前述发现 DNA 的 Watson 等人是这门学问的早期创始者。分子生物学的研究观察到了一个中心法则 (central dogma)。它叙述了生物体中三种大分子 (DNA, RNA, 蛋白质) 之间遗传信息的传递关系，见图3.5。请注意中心法则说遗传信息不能从蛋白质传递到 RNA 或者 DNA (其他类型的传递是可以并且是时刻都在被执行的标准流程)。这可能是目前我们还不能从零制造出生命的主要原因。

遗传是个精密而强韧的信息复制过程。它是如此准确，以至于我们现在可以有准确的亲子鉴定，而不是只看不那么可靠的长相。我们也因此有了精确的生物分类。当然也有对人类遗传信息的考察。有意思的是，基于人类遗传信息的考察表明，尽管世界上的人外表/文化/习惯等有很大差异，但遗传信息其实是非常接近的。有研究表明只有几个百分

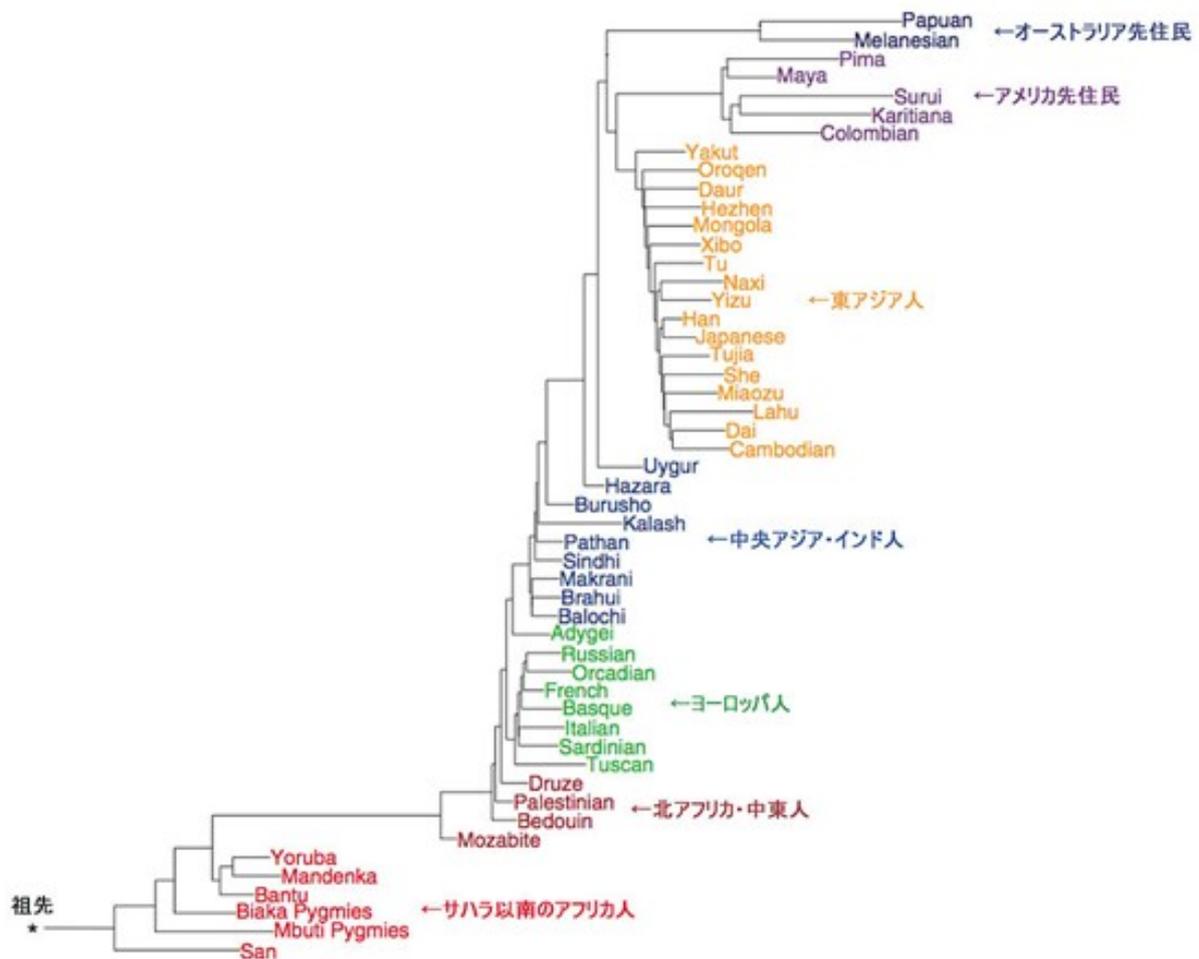


图 3.6: 人类之系统树 (系統樹 2026)。

ences among major groups constitute only 3 to 5%.” (Rosenberg et al., 2002)

这意味着现存的人类在很久以前可能是一支。规模更大的人类遗传信息研究提供了更多证据，比如说图3.6的研究结果。它显示了汉族人和日本人的遗传信息非常接近，甚至比居住在中国的少数民族还要近。更重要的是这些研究揭示了现有人类来源于（数百万年前的）同一支祖先，甚至还给我们勾画出了人类的演变过程，即，我们的祖先发祥于非洲南部，然后依次扩大到非洲北部，欧洲，中亚/印度，东亚，澳大利亚和美洲。这可以从遗传基因的远近关系看出来⁶。人类的大迁移在我们之后讨论人类社会的时候还会再谈到。

人类由同一支祖先由来，相信这对大多数人来说也没有多大意外。意外的是，既然如此（本是同根生），为什么我们会有那么多纷争与自相残杀（相煎何太急）呢？要知道从古到今世界总是分久必合合久必分，纷争/战争从来就没有消失过（图3.7）。为什么会这样呢？

心理学的研究结果给了我们一个解释。那就是在人类的感情当中，我们生来负面感情更多更强烈。心理学里的常识是，人最强烈的感情不是爱，而是憎恨（这可能是个会

⁶请注意这只是个推测，真实情况如何不能仅从这个观察准确判断。



图 3.7: 公元 1400 年以后的世界战争 (*Global Deaths in Conflicts Since the Year 1400 2026*)。

让很多人失望的科学发现。我们之后还会讨论这个事情)。图3.8是现代西方心理学对人类感情的总结 (美国心理学家普拉齐克发明的情绪轮), 我们可以看出其中正面感情大约占 1/3, 负面感情大约占 2/3, 而最强烈的感情 (内圈) 里, 可以算作正面的有恍惚 (ecstasy) 和热爱/崇拜 (adoration), 只占其中的 1/4。在中国也我们常说人有七情。这七情指的是“喜, 怒, 哀, 惧, 爱, 恶, 欲” (儒家), 或“喜, 怒, 忧, 惧, 爱, 憎, 欲” (佛家), 或“喜, 怒, 忧, 思, 悲, 恐, 惊” (中医)。其中正面感情大约也是 1/3 甚至更少, 这和西方心理学的总结吻合 (我们有共通的祖先!)。基于这个观察我们可以理解为什么人类会更容易进入到负面情绪当中了, 那么这个世界当然就很容易发生争执, 分裂, 斗争, 纷争, 和自相残杀了。

需要提及的是人生来负面情绪多而且强烈的这个事实在现实生活中被充分地利用着, 特别是政治和商业。政治表面就需要对抗很容易理解。商业利用则遮遮掩掩不敢曝光。比如说, 谷歌前 CEO 的 Eric Schmidt 就在斯坦福大学的课上说过 CEO 们让公司 (特别是社交网络公司) 利益最大化的最有效方法就是煽动人们的愤怒 (他用的英文原文是 *outrage*)。但是 2025 年 3 月 22 日我确认的时候他的这个视频已被删除, 请参见下述网站的介绍: https://note.com/panda_lab/n/nf0f0229f8c6b, <https://barrons.jiji.com/article/6309>。

可是, 人为什么会负面情感更多更强烈呢? 心理学家们不知道, 但物理学家不觉得意外, 因为负面感情最自然。热力学第二定律告诉我们任何物理系统都有个越来越混乱

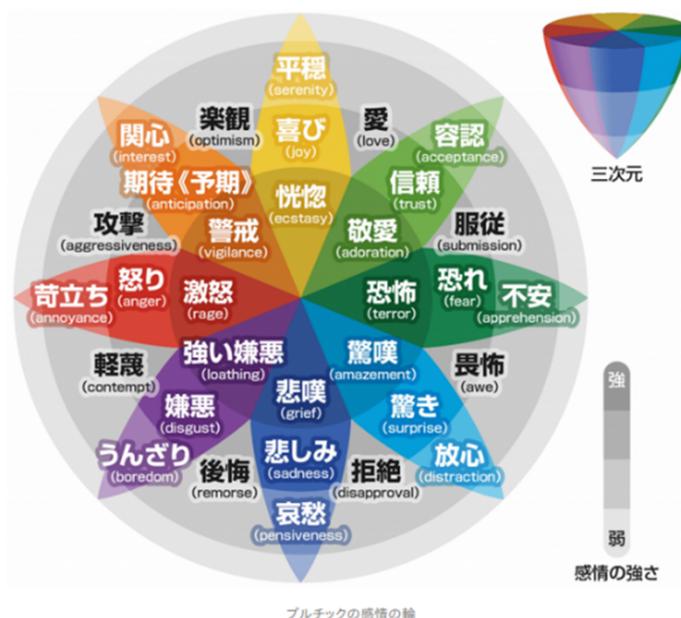


图 3.8: 普拉齐克情绪轮总结了西方心理学对感情的认识 (プルチックの感情の輪 2017)。

(或者说越来越自由) 直到崩溃灭亡 (转换成其他形态) 的自然趋势。显然, 这个自然趋势和推动分裂对抗纷争的负面情绪在方向上是吻合的。故我们可以说人生来负面情感更多更强烈是因为我们都是自然产物的缘故。从这个角度分析, 我相信负面情感是人, 也是所有生命, 先天就具有的。

负面情绪更自然这一点我相信读者都会有体验。它不需要努力或提醒就可以出现 (正面情绪则相反)。举例而言, 排队或堵车的时候如果被加塞了人都会冒火 (按喇叭抗议, 而被按喇叭的人也会骂骂咧咧)。又比如说恋爱, 为了爱我们要付出很多努力, 如果意外看到 TA 和其他异性亲密的时候, 通常会一下子负面情绪爆满 (读者可以看到有很多人失恋后做出极端事情的报道)。再比如说教育, 我们从小反复被教育要有正面情感比如说宽容大量, 尊老爱幼, 信赖, 忠诚, 乐观, 爱等等, 这是因为正面情感不自然, 需要专门教育和培养才能学到, 而负面情感通常不被纳入教育内容, 因为我们自然就有。

那为什么人除了负面情绪也还有正面情绪呢? 这大概是因为这样更适合生存的缘故。生存意味着维持自身秩序, 而拥有适当正面情绪的人更容易维护自身和周围的环境/人形成共生, 久而久之, 拥有适当正面情绪基因的群体就占优势了。这一点从我们日常生活中的经验来看很显然。类似的考察包括道金斯在《自私的基因》(Dawkins, 1976) 里的分析: 纯利他 (需要正面情感) 和纯利己 (就负面情感足以) 的群体不如既有利他也有利己行为 (负面正面情感都有) 的群体更容易生存。即便如此, 我猜测, 对人而言, 正面情感, 也许先天也有但后天的影响更大。

负面情绪与自然/自由, 正面情绪与生命/秩序相通的观点还可以从文化角度看出。东西方文化有个明显的区别: 东方文化讲究调和 (京大的理念之一就是调和!) 与共生, 比如说山水画里的人物画小点以示人在自然面前的渺小和共生; 而西方文化讲究自由和战胜自然, 画里的人物通常很大以示人的伟大和对自然的支配。我曾经为此请教过京都

市立艺术大学日本画学的浅野教授，去之前我漠然地理解这是东西方文化的差异但不知道为什么会有这样的差异。浅野教授告诉我原因是中国日本等东方国家自古以来常有大规模的自然灾害（到今天也是），所以自古以来对自然界有敬畏之心，故而强调人和人调和以及人和自然的共生，因为这样在自然灾害时更容易生存；而欧洲没有那么频繁而又严重的自然灾害，所以对自然界没有强烈的敬畏，更看重人的伟大和战胜自然时的得意。这可以解释为什么东方文化更强调集体秩序，而西方文化更强调个人自由的缘故。

如果确实是这样的话，那东西方的人其实并没有本质区别（我们都起源于同一支祖先！）。文化不同是因为我们需要适应的生活环境不同所造成的。换言之，如果所有的人共用一个环境，那我们就不会有文化的差异，更不会有因为文化不同（如宗教）引起的纷争和自相残杀了。这就是为什么联合国特别强调 SDGs 等全球性问题的原因。不过，正如我们已经了解的一样，人生来就是负面情绪更多更强，所以想要煽动分裂和纷争很容易（因为自然），而想要维持正面联系/秩序/和平则是逆水行舟需要很多努力，而且还容易被破坏。请大家想想世界过去发生的事和现在正在发生的事，看看是不是这个道理。

但读者也不必灰心丧气。看起来人类在经过了多年的演化，特别是经历了悲惨的事情比如说两次世界大战以后，比以前更注重正面情绪，理性和共通理念了。这当然有助于维护社会秩序和人类群体的生存。在这里我用个例子来说明，即使没有人强迫，人类也确实存在可以共享/追求秩序减少混乱的理念的。

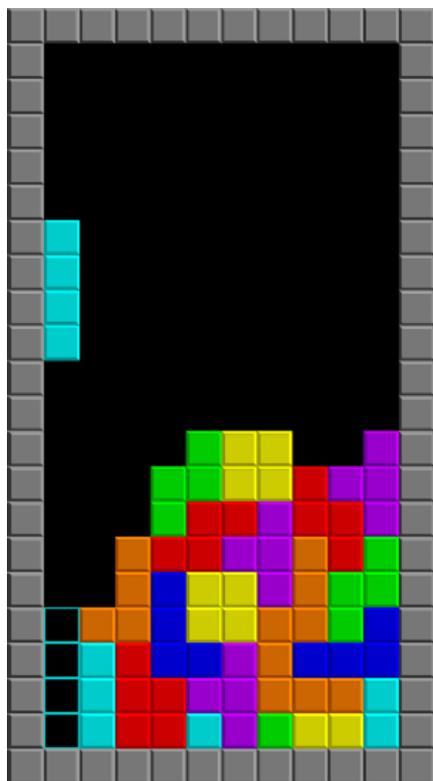


图 3.9: 俄罗斯方块 (*Tetris Game 2026*)。

俄罗斯方块是有史以来最受人欢迎的电子游戏之一（图3.9）。这个游戏是俄罗斯数学家阿列克谢·帕吉特诺夫 (Alexey Pajitnov) 在 1984 年发明的 (<https://www.bbc.com/zhongwen/simp/world-69096423>)。它玩法很简单。游戏画面顶部不断地掉下部品（7 种四格骨牌之一）。部品落到画面底部或者已固定部品上了就会被固定。如果固定的部品堆里存在从左到右没有空白空间的一排，那这一排就可以被消掉，部品堆的高度可以下降一排。当剩余部品堆的高度抵达画面顶部的时候游戏结束。玩家要做的是在部品尚未固定以前通过移动或回转尽量让它们在固定的时候可以形成能被消掉的一排，消掉的排数就是游戏的分数。它是有史以来最受人欢迎的游戏之一 (https://mp.weixin.qq.com/s/e1HsEuLOurYc_NViDv6HMq)。

有意思的是为什么这么简单的一个游戏会让人如此着迷。对此俄罗斯方块的发明者帕吉特诺夫曾这样分析过：“人类都有一种内在欲望，那就是‘从混沌中创造出秩序’。《俄罗斯方块》的系统虽然简单，但却能从根本上满足这种欲望。”而《俄罗斯方块效应》(Ackerman, 2016) 的作者丹·阿克曼 (Dan Ackerman) 认为：“《俄罗斯方块》让无序变得有序。这就像人们每天都要

对抗日常生活中从天而降、五彩斑斓的随机事件和无休止的琐事冲击。”（以上引用了https://mp.weixin.qq.com/s/e1HsEuL0urYc_NViDv6HMQ的内容）。看起来帕吉特诺夫等人认识到了人类拥有（和熵增的自然规律对抗的）减熵（生存）欲望而俄罗斯方块恰好迎合了人类的这种生存欲望。我认为这样的利用方法是值得赞赏的，而那些靠迎合甚至煽动负面情绪来实现利益最大化的政治/商业行为应该被唾弃。

3.3 人类社会

前面我们从薛定谔的思考出发用秩序/熵的概念和热力学第二定律考察了自然与生命，人。这个考察让我们观察到物质和生命有个本质区别，即，物质有个熵增，即本质上越来越混乱直到崩溃毁灭的自然趋势，而生命则试图维持自身的秩序阻止混乱崩溃的趋势。拥有物质存在的生命体这两种特征皆有，并且也最终会灭亡（这意味着要想永生就必须摆脱对某个固定物质存在的依赖。我们在下一节里还会讨论这个话题）。有趣的是人的情感也有这样的特征：和熵增的自然趋势吻合的负面情感生来更多更强烈，而和熵减的生存趋势吻合的正面情感看起来主要是后天努力学的。所以“人之初性本善”的说法，从科学角度来看是错误的，准确的说法是“人之初性本恶，而后学习善。”

在这一节里我们把考察对象从个体扩大到人类社会。首先我们发现，一点不意外，人类社会也可以用上述自然（即物质）和生命的观点来分析考察。比如说，和自然的熵增趋势相吻合的社会概念包括混乱，自由，冒险，自然，创造，批判，破坏，多样性等；与之相对的，和生命的熵减趋势吻合的社会概念包括秩序，制约，理性，真理，科学，协调，法律，统一性等。社会这两种特征都有。从对生命和人情感的认知上我们可以猜到，前者更自然更多更强烈而后者更像生命一样需要努力才能实现。让我们考察一些具体例子吧。

对新鲜事物的好奇心是人生来就有的，比如说宇宙探索。这种对新鲜事物的好奇心是自然的，不需要努力我们就有（之后我们还会更深入地讨论好奇心和教育）。与之相对的，人又有对真理，美，一统天下等的欲望，这些可以看作是与追求秩序的生命趋势吻合的。之后我们还会对什么是美这个话题进行考察。

在政治上我们可以看到有很多例子。比如说奥巴马和拜登的政策更倾斜于生命特征，强调秩序和人为操作（奥巴马推行全民医保，拜登回归国际条约，新冠期间要求戴口罩和打疫苗等），而特朗普的政策更具有自然特征，强调自由和自然选择（退出巴黎气候协定和世界卫生组织，重视美国自身的 MAGA 政策，对本质上是加强统一秩序的 DEI（多样性，公平性，包括性）运动的否定等）。这些年的国际政治，特别是美国的政治，可以用秩序和自由的反复来描述，虽然大多数人更习惯称秩序为左而自由为右。对此《三国演义》的开头就总结，“话说天下大事，分久必合，合久必分。”很明显“分”对应自由（自然），“和”对应秩序（生命）。

“分久必合，合久必分”的总结看到了人类社会的一个现象。它表面上看是个正确的

总结，但其实深度不够。仔细看历史的话我们会发现人类社会并非是简单的分与合的反复，而是在反复的过程当中，社会的内部联系和整体秩序在不断加强，人类社会也因此变得越来越大越团结和有序：从古代的家庭到村落，村落到城镇，城镇到城市，国家，跨国组织（如欧盟），再到联合国。在这个演变的过程当中，因为我们并不知道怎样做最好所以会出现反反复复。比如说之前的政治经济全球化搞了一些年出现了很多难以解决的问题（例如精英统治的弊端），而新冠期间缺乏弹性和自由的强行管制更让很多人非常难受，所以新冠结束后世界各地涌现了反对精英主义（Elitism）的民粹主义者（populist），其中最大的代表者就是特朗普，但也包括其他的很多人包括意大利首位女性总理的梅洛尼（Giorgia Meloni）。这些人强调自己代表多数民众，故而支持自由，反对过度的秩序，显然这是普通民众的自然倾向。我们可以预料今后将会有段时间的国际社会分裂。



图 3.10: 联合国的可持续性发展目标（Public Domain）。

不过，从对生命的特征和人类历史的考察中我们不难预料，在经过一段分裂时期之后人类社会又会出现全球性秩序，并且那将比以往的做法更加洗练，和平，宽广，自由。这是从“天下大事，分久必合，合久必分”的总结中看不到的。我们也要指出，一个封闭的人类社会逃不出更加混乱直至灭亡的自然命运，而秩序高意味着系统自由度更低，更容易走向封闭，所以我们需要调和秩序和自由的平衡。目前联合国主要把治理地球系统内部秩序（包括改善贫困，平等，环境，福祉等）当作工作的中心，参见可持续发展目标 SDGs（图3.10。SDGs 的口号“Leave no one behind.”就是个典型的代表），未来的主要使命应该主要是帮助人类走出地球。

政治以外的例子也是比比皆是。比如说笔者曾经参加过多次日本小学中学自治体的

运动会。都没有个人项目，所有项目都是团体比赛，连赛跑也以集体为单位，把个人得分加起来算总分。很显然这是日本用来教育和维护社会秩序的一个方法，坚韧的社会秩序可以帮助日本社会在自然灾害面前尽可能地平稳度过，就像我们知道的例子那样。再比如说体育，最早是用来提高个人生存能力的，而近代包括奥林匹克运动会等体育比赛更多的目的是用来维护秩序的。音乐和舞蹈最早是用来帮助人类社会实现更高秩序而出现的（很明显人类具有通过音乐和舞蹈来实现更高秩序的能力的）。很多人喜欢追星，推星，演唱会，有些人甚至可以说是到了着迷的阶段了。为什么呢？因为这样的环境和人追求秩序的心理共鸣。而艺术，因为它的洗练程度高，欣赏起来需要更多的后天学习和努力。总之这些都是社会可以用来形成和维护秩序的手段（感兴趣的读者不妨查一下“面包和马戏”）。

3.4 信息与人类社会，未来生命

之前我们讨论过，和现在科学（生物学）对生命的定义比较，优良信息的获取和传递看起来是生命更本质的特征。这个特征也可以看作是生命与物质的区别，因为我们可以认为物质没有贮存信息的能力，更不要说获取和传递了。硬盘和 U 盘可以储存信息，但那些信息不是硬盘 U 盘可以用来维护生存（熵减）的。本节将更深入地讨论这个观察。

麻省理工学院天文学教授 Max Tegmark 是个很有影响力的人物。他在 2017 年的著书《Life 3.0》(Tegmark, 2017) 里阐述了他对生命形态的认知，即，生命有 3 种形态：生命 1.0 只能通过遗传进化，比如说细菌；生命 2.0 除了遗传以外还拥有大脑，可以实现后天的进化，比如说人；这两种生命都依赖于某个固定的物理身体，而生命 3.0 是未来的生命，可以摆脱某固定的物理身体，在虚拟环境中存在并进化（凡看过阿凡达，黑客帝国，Upload 等 SF 题材的电影电视的读者应该很熟悉这种概念）。

让我们从信息的角度考察一下 Tegmark 的生命 3.0 的概念，因为我们认为获取和传递优良信息才是生命更本质的特征。我们可以注意到生命 1.0 的生命信息载体只有遗传基因，生命 2.0 的生命信息载体除了遗传基因以外还有大脑，而生命 3.0 的生命信息载体除了遗传基因，大脑以外还有不依赖某固定物理身体的载体，让我们沿用现在的说法称之为云（cloud）吧。参见图 3.11。

比较这三种生命信息载体，遗传基因是最原始也是最强韧的，现代人穿越回千年以前估计和那时候的人也不会有多大身体上的差异的；大脑则具有非常强的可塑

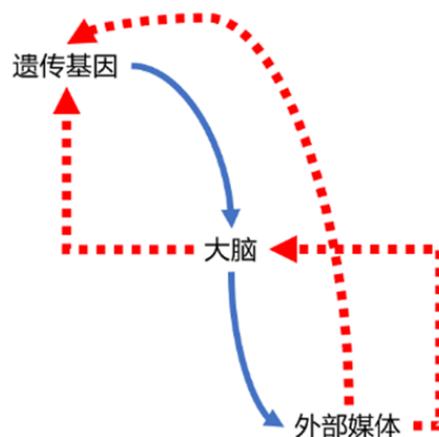


图 3.11: 三种生命信息载体的关系 (实线: 自然演变, 虚线: 主导地位。笔者作)。

性，现代人穿越回哪怕 10 年前也会比那时候的人拥有巨大知识上的优势（对炒股的人来说哪怕穿越回几分钟之前也可能赚得巨额的金钱）；而云可以预计将远比大脑灵活和丰富多彩，可以应对任何大脑（更不用说基因）都无法迅敏和正确处理的认知任务。从这个角度来说，我相信会出现一个生命 2.5 的形态，这个形态由现有生命与外部信息载体结合（比如说 cyborg）。马斯克（Elon Musk）在推进的 neuralink 项目 (<https://neuralink.com/>) 就是想要实现这样的一个形态。

对比上述三种生命信息载体，随着时间的推移，最重要的信息载体有个从遗传基因到大脑，再从大脑到外部载体的变化过程。这主要是因为灵活性和处理能力的缘故。与此同期的，社会秩序也有个从遗传基因主导到后天努力主导，再到与机器（云）融合程度主导的变化过程。我们先从前者谈起。

直到数十年前这个世界都还是遗传基因主导社会的。简单地举几个例子：

- 血统决定论：皇室贵族的特权就是建立在这种观念上的，而穷人家出身的人无论如何努力也难以提高其社会地位。这种从几千年前的封建社会以来的观念直到现在世界上都还有，比如说包括日本在内的君主立宪制国家。
- 基于基因的偏见和歧视：比如说种族歧视，肤色歧视，性别偏见。举例而言，笔者在研究中了解到投票权平等运动在 1880 年最初提出时的口号是 “One Man, One Vote”，可见当时女性不在平权运动的范围内，至少是不受重视的。
- 身体条件对社会地位等的决定作用：比如说古代打仗需要穿厚厚的盔甲用沉重的武器，强壮的身体（很大程度上取决于遗产信息）是幸存的必要条件。

而现代社会一个重要的特征就是把主导社会的因素从先天就定下来的基因转变为后天的努力（主要是大脑的活动）。这包括废止君主制，针对种族歧视，肤色歧视，性别偏见的各种平等运动，近些年来牙买加等国检讨废止君主立宪制 (<https://www.theguardian.com/world/2024/dec/13/jamaica-king-charles-republic>) 就是这一历史潮流中的一个标志性政治运动。同样，“One Man, One Vote” 的口号在 1960 年代被改为了 “One Person, One Vote” 直到今天，这清晰地表达了现代人类对靠先天遗传信息决定社会地位待遇的制度的否定，转而把后天的努力作为评价一个人的指标，虽然也许遗传信息会多多少少间接影响一个人后天的表现。现代战争也不需要很强壮的身体了，而智力活动则越来越重要，今天无人机在战争中的活跃已经明显地说明了这个事实。最后，中国女性裹小脚的陋习也从 1880 年代开始到辛亥革命时期慢慢地被废止了。

未来，我毫不怀疑主导社会的因素将会从大脑活动转变为生命与外部信息载体的融合，教育就是其中一个正在被强烈挑战中的领域（关于这个话题，以后我们还会进一步讨论 AI 对教育的冲击）。在这个演变过程当中，毫无疑问信息的存在将会比物理存在更重要。为此 2024 年是个象征性的一年，我认为可以称之为信息超越物理元年，因为 2024 年物理学诺贝尔奖和化学诺贝尔奖都奖给了人工智能的开发者（共享）。通常做科研的人对自己的研究都有自负，认为自己的工作做得比别人好，否则就没有动力继续做科研了。这种自负越是水平高的人就越强。所以读者可以想象评判诺贝尔奖的世界顶级

科学家们有多不情愿把这样重要的奖分给非专业人士的。但是 2024 年他们给了，而且一给就是两个奖项。这是研究物理存在的科学家们宣布输给了搞信息处理的人工智能专家的败北宣言，象征着在科研领域中人脑输给了电脑，信息的重要性超过了物理的存在。

人脑输给电脑，信息的重要性超过物理存在的事情正在各个领域里进行中。下围棋玩游戏就不说了。炒股中人工智能开始取代交易员的事是二十几年前就开始的了（举例而言，高盛在 2003 年导入 AI 做交易并因此把纽约本部 600 名交易员裁掉了 598 人，剩下两人也降格为听 AI 指示的角色。参见东洋经济在线版，2023 年 11 月 28 日，原文为日文，<https://toyokeizai.net/articles/-/715152?display=b>）。金融领域，Fintech 的公司已经超越传统银行，数字货币将慢慢侵蚀甚至取代已经用了数千年的货币。巨大 IT 公司如 GAMA (Google, Apple, Meta, Amazon)，微软，BAT (Baidu, Alibaba, Tencent) 等已经基本上全面渗透，也许可以说是已经控制了我們大部分的日常生活。而交通领域中无人驾驶正在接近普及，这意味着不久的将来人工智能将取代人脑驾驶车辆。ChatGPT 为首的 AI 正在从根本上改变我们学习，科研，做生意，创作的套路。甚至连更新换代通常很缓慢的战争也在发生变化：最近的战争开始大量使用装备了人工智能的无人机，这些无人机在开火的时候还有人控制，随着无人机对抗的升级，我毫不怀疑在不久的将来会出现自己选择目标自动开火的全自动武器。

京都大学有不少引以自豪的诺贝尔奖。其中之一是山中伸弥教授因为发现 iPS 细胞而得到 2012 年医学生理学奖。iPS 是一种多能干细胞，理论上讲它可能可以帮助我们用自己的细胞培养出任何一个身体器官 (https://en.wikipedia.org/wiki/Induced_pluripotent_stem_cell)。这给了我们希望，可以在不久的将来实现替换掉身上任意一个器官的医学。这种医学被称为再生医疗，我们期待它可以取代目前受排斥反应困扰的器官移植（移植他人的器官通常会有很严重的排斥反应，难以普及）。但是请思考一下。假如再生医疗实现了的话，那很显然人体的物理存在就会变得更不重要了，因为出问题了可以很容易换个新的呀。那，那时候对人来说什么东西更重要呢？只可能是信息。目前储存在大脑里，未来更多的是储存在外部媒体里的信息。所以再生医疗也是一个强力推进信息革命的应用。

信息革命的近期结果将是人工智能部分取代人的智能。未来的人类可能会是生命 2.5，即人机结合。与之同步的是人类社会正在逐步地从基因为中心（生命 1.0）的观念转变为大脑活动为中心（生命 2.0）的观念，今后还将逐步地转为以虚拟环境活动为中心（生命 2.5）的观念上。这一点从最近这些年的粉丝文化，推活（日语“推し活”），网游，网红，虚拟文化可以很容易看出民众对此趋势的准确捕捉。而经济上实体经济与虚拟经济的分离，特朗普第二次上台后虚拟通货的进一步扩大势力（不知道比特币是什么的读者不妨查查比特币的走势），可以让我们窥探在背后推动社会变革的势力的思维。

综上所述，我们可以看到信息的重要性超过物理存在，人脑输给电脑的事情正在全方位地进行中。这不禁让我们担忧今后的人类该朝什么方向发展。人类可以像电影 *Wall-E* 里那样什么都不做全靠忠实的 AI 来养活自己吗？还是说像电影 *终结者* 里那样和机器人战争吗？我们之后将通过智慧的考察，特别的，对人工智能能否获得智慧这个问题的考察，认真思考这个重要的问题。

Chapter 4

智人繁荣的秘诀

前面我们介绍了熵的概念，热力学第二定律，以及薛定谔对生命的考察，即自然界（物理）有个越来越无序指导崩溃的趋势而生命则试图让自己保持有序。这意味着生存的本质在于优良信息的获得和共享（传递给后代）¹。

我们还谈到了早期的生命（所谓生命 1.0）没有大脑，只能通过遗传和变异来获取和传递优良信息给后代。这种靠遗传变异得到的信息是先天定下来的，无法和其他生命共享，所以这样的生命应该只有个体活动，虽然不排除出现自我组织的可能性（我们之后会详细介绍自我组织）。而之后出现的生命，除了生命 1.0 的特征以外还拥有大脑等可以后天存储和处理信息的机制（所谓生命 2.0），其中当然包括我们人类。大脑里的信息，不像先天遗传信息那样强悍可以数百万年甚至更久都能保持高度一致，但可以灵活更新和创造，多多少少也可以影响遗传信息改变（比如说通过大脑的判断更改栖息地，挑选饮食和配偶，从而间接地影响后代的遗传基因。而现在的人类则更是可以通过编辑基因直接影响遗传信息）。

就人类而言，直到上个世纪还是遗传信息占据压倒性主导地位的。典型的例子包括世袭制，门当户对，近亲结婚，种族歧视，性别偏见等，这些直到今天也还有（如君主立宪制）。但近百年以来，我们可以清晰地看到大脑信息慢慢地显得越来越重要。

之前的探讨只考虑了个体的生命，这一章我们谈谈群体，特别是现代人类，生物学上的分类叫做智人（Homo Sapiens）的，是如何利用大脑信息来形成高度社会秩序并且得以繁荣的。

4.1 智人支配地球的路程

请读者先看看图4.1中复原的古人类像，能否分辨出那个是我们现代人的直接祖先。

根据John Gurche, *Smithsonian Institution* 2024的说明，这些复原的古人类像从

¹优良应该如何定义呢？对此我还在研究当中，请读者原谅我现在用适应环境这个模糊的说法来说明。

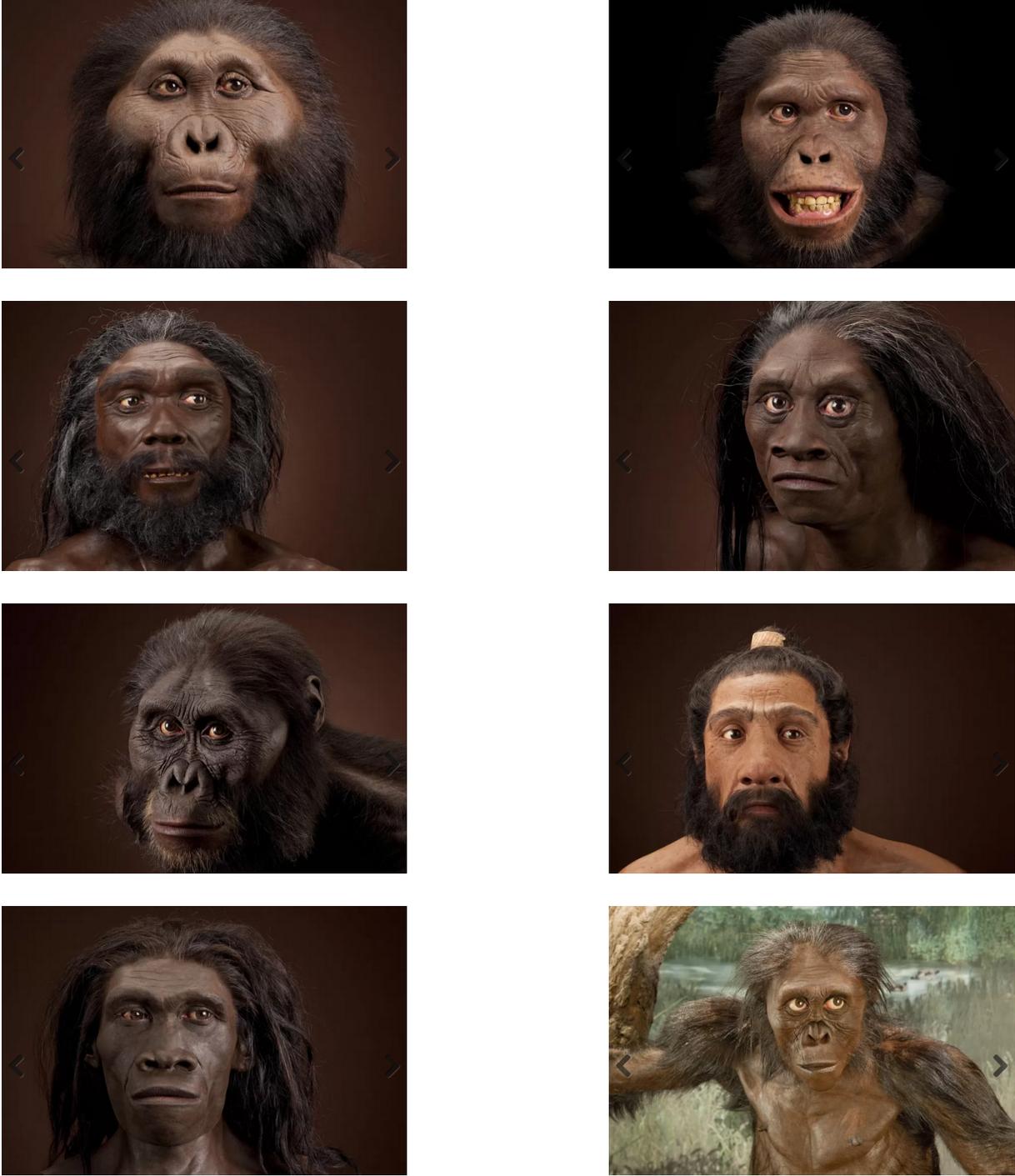


图 4.1: 各种古人类的复原像 (John Gurche, Smithsonian Institution 2024)

上到下，从坐到右分别是鲍氏傍人 (*Paranthropus boisei*)，非洲南方古猿 (*Australopithecus africanus*)，海德堡人 (*Homo heidelbergensis*)，弗洛勒斯人 (*Homo floresiensis*)，阿法南方古猿 (*Australopithecus afarensis*)，尼安德特人 (*Homo neanderthalensis*)，直立人 (*Homo erectus*)，阿法南方古猿之露西 (生活在约 320 万年前，从被发现的 1974 年到 2000 年前后被视为人类最早的祖先，直到另一个推测生活在约 440 万年前的阿尔迪的发现)。

科学考察分析这些都不是现代人 (智人, *Homo Sapiens*) 的直接祖先，而是都已经灭绝了的人属。而现代人的祖先，被推测如图 4.2 中红色箭头所示，约 20 万年前从非洲南部出发，经由北非，欧洲，亚洲，大洋洲，北美洲，南美洲，逐渐征服了地球。

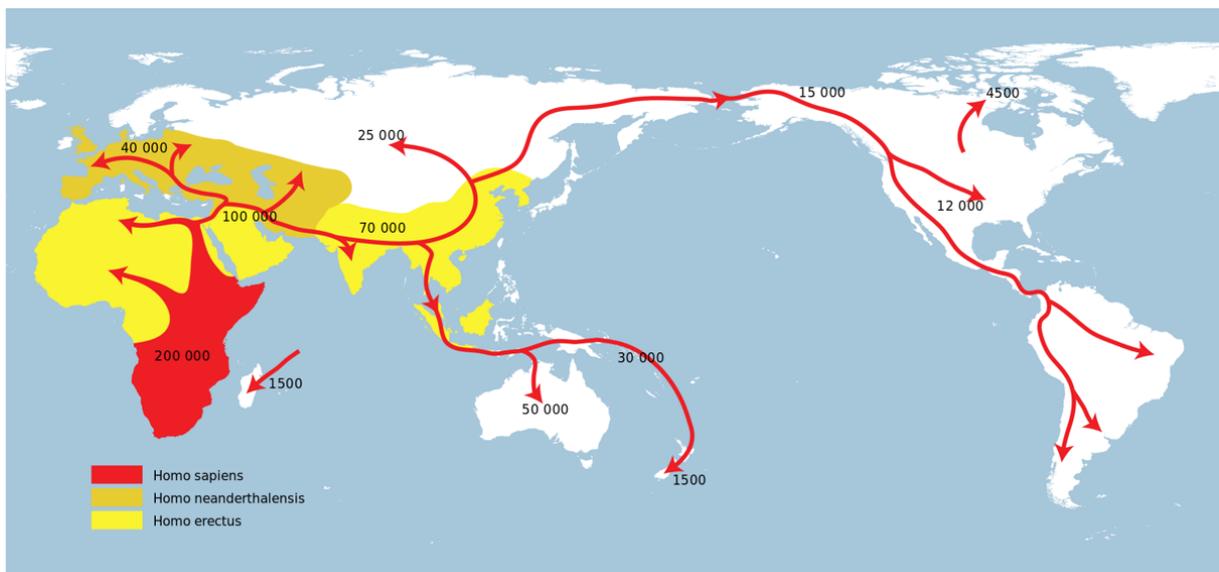


图 4.2: 智人 (*Homo Sapiens*) 征服地球过程的示意图 (Public Domain)

所有现存人类都属于同一支叫做智人的人属，其他人属皆灭绝了的发现让我们困惑：是什么导致智人幸存而其他人属灭绝呢？

关于人类得以幸存并且主导地球的原因，大脑聪明是个唯一合理的解释，因为人类的身体看起来不能说有优势。那为什么就人类大脑聪明呢？之前流行的说法包括会直立行走，会用语言沟通，会用火来搞熟食物，会制造工具，大脑大等。这些观察看起来确实重要，但有个问题，那就是没办法说明为什么其他人属会灭绝，因为人家也会直立行走，用语言沟通，用火搞熟食物，也会制造工具，脑也不小。并且，通过对化石的考察，我们发现尼安德特人比智人身体更强壮大脑也稍稍大一些，那为什么不是他们而是智人主导地球了呢？

现在的说法是因为智人擅长八卦 (虚构, *fiction*) 而其他人属推测不会 (人类简史, 尤瓦尔·赫拉利著, 林俊宏译, 2014)。怎么讲？这个说法主要基于对人类大脑处理能力上限，即邓巴数 (*Dunbar's number*) 的一个观察。罗宾·顿巴是个英国的人类学家。他在 1990 年代提出，灵长类的大脑新皮质的大小决定了可以维持紧密关系的上限。对人类而言这个上限大概是 100 到 230 之间，通常人们使用 150。这个数决定了一个集团或团队规模的上限 (这里我们假设成员之间都互相熟悉)。

邓巴数这个概念和我们的常识相符。笔者曾经在京大博物馆的展览中确认，大猩猩的集团一般不超过 10 几 20 只（多了就会分裂），而智力更高的黑猩猩则可以组成更大的，由 5,60 只组成的集团，据称还有 100 只大小的。而人类也和黑猩猩差不太多。古代人类的遗迹可以证明这一点。笔者还有个现代的例子：我曾经带学生去京大芦生演习林实习。林长石原老师等带着我们在演习林参观时介绍了一处遗迹，说这是半个世纪左右前（非政府派遣）来此森林采伐树木的人自发组织的村落，最多的时候有 100 人左右。请读者看看自己的手机或 SNS 联系人，也许有几百甚至上千，但是，包括亲戚朋友长辈老师等，能有多少人你称之为熟悉？邓巴数提示我们这个数目大概不超过 150 人。

从对邓巴数的考察我们有理由推测人类自然能组成的集团有上限，多了就会自然分裂，举例而言，被称为最简人类社会的游群（Band Society）大概不超过 30 到 50 人（https://en.wikipedia.org/wiki/Band_society）。尼安德特人的群体被推测是 10 到 30 人（<https://en.wikipedia.org/wiki/Neanderthal>）。而同年代的智人（我们的祖先！）的群体大概也差不多。那导致尼安德特人灭绝和智人生存的原因是什么呢？有研究主张是我们的智人祖先“帮助”了尼安德特人的灭绝（<https://www.nationalgeographic.com/culture/article/140820-neanderthal-dating-bones-archaeology-science>）。考虑到尼安德特人比智人身体强壮，大脑体积甚至还稍稍大一点，我们不难得到结论那就是一个智人大概是打不过一个尼安德特人的，而一个智人群体想要战胜一个尼安德特人群体当然也是件困难的事。那我们的祖先如何“帮着”人家灭绝的呢？

一个合理的推测是，智人会虚构。即，我们的祖先会发明出封建迷信宗教信仰，进而团结更多人构成更大的集团。一个智人打不过一个尼安德特人吗？那两个打一个胜算就大了吧。我们不难想象在几万年前，我们的一个智人祖先代表自己所在的群体去找到另外一个智人群体告诉他们我们都是太阳神的子孙，联合起来去把霸占资源的尼安德特人赶走吧，如果他们不服就把他们消灭掉。

对这样的虚构，作为现代人的我们已经熟悉的不能再熟悉了。每天我们都可以听到各种各样的宗教，信仰，主义，思想。这些虚构对现代社会的影响已经远远超过物质。古代战争可能以争夺资源为目的，而近代现代战争则大多是为了各种各样的虚构（如图3.7所示）包括所谓文明的冲突。举例而言，直到 20 世纪 70 年代在美国和加拿大都还有针对原住民儿童的大规模“同化”活动。在这些活动当中，大批原住民儿童被强制地从父母身边带到寄宿学校接受洗脑式教育，不听话的儿童则被虐待，强奸，甚至致死。在美国这样的政策从 1819 年执行到 1970 年代，超过数万的儿童成为受害者，为此 2014 年 10 月 26 日当时的美国总统拜登公开道歉，说这是美国历史的污点（<https://www.bbc.com/news/articles/c704z4qxzeno>, accessed: 2026-02-12）。而在加拿大，从 1828 年到 1997 年有大约 15 万的原住民儿童被强制送到寄宿学校接受“教育”，上千的儿童被埋在寄宿学校地下却没有死亡记录（https://en.wikipedia.org/wiki/Canadian_Indian_residential_school_gravesites, accessed: 2026-02-12）。中国有句俗话，恻隐之心人人皆有。但如上述例子所示，此外我们还能从书籍资料电影电视里了解到，所谓恻隐之心不适用在有虚构的情况下：为了某种“大义”人可以灭亲。现代人都如此，我们可以相信我们古代的祖先在对付包括尼安德特人

在内的其他人属时也是不会客气“帮助”他们灭绝的。

虚构与人类社会

在人类社会的发展过程中，“虚构”（fiction）始终扮演着一种极为关键但又常被忽视（准确的说是“熟视无睹”）的角色。从信息的角度来看，虚构并非单纯的“错误信息”或“瞎吹”，“八卦”，而是一种能够在群体中实现超高效传播、并促成协同行动的结构性的虚拟信息机制。尤其值得注意的是，强有力的虚构往往并不依赖其真实性，而是依赖其在人类情感层面的动员能力。

首先，一类尤为常见且高效的虚构，是建立在负面情绪，例如怨恨、恐惧与敌意之上的信息。这类虚构通常通过构建“我们”与“他们”的对立关系来强化群体内部的凝聚力。例如，“我们是某种神圣血统的继承者，应当联合起来纠正或消灭不信者”之类的叙述，其信息结构简单但具有高度动员性。这种机制在历史上被广泛用于战争的正当化，同时也被转化为商业竞争、组织扩张、政治、甚至意识形态传播的工具。负面情绪在信息传播中的优势在于其高唤醒性（high arousal），能够显著提高信息的记忆度与传播速率。其理由我们在3.2已经阐述。

相比之下，利用正面情绪（如爱、希望与期待）的虚构同样存在，但其动员强度通常较弱。这类叙事更倾向于构建长期的认同与稳定结构，例如家庭观念、共同体理想或对未来的愿景。尽管其即时爆发力不如负面情绪驱动的叙事，但在维持社会秩序与制度延续方面具有不可替代的作用。从信息论角度看，也许我们可以认为这两类虚构分别对应“快速扩散的高噪声信号”与“低噪声但稳定的长期信号”。

进一步而言，人类社会中的诸多宏观结构，本质上都可以被理解为不同层级的虚构系统。例如迷信、宗教、信仰、思想体系、主义、国家乃至公司与法人，均属于通过共享叙事所维系的“信息共同体”。这些结构并非物理实体，而是存在于人类认知网络中的分布式表征。虽然可能存在与之相联系的物理实体，比如说领头人，办公楼，领土等，但那些并非是最主要的，都可以根据需求和情况调整。这些虚构之所以能够长期存在，不是因为它们在物理上的存在，而是它们在个体之间建立了反复传播的信息，在适当的机制辅助下使得大规模协作成为可能。

值得强调的是，进入近代以后，虚构的运作方式发生了重要变化。它不再仅仅依赖叙事与象征，而是逐渐与“客观证据”（科学）的表象结合，例如数据、统计与量化指标。舆论调查、统计模型乃至（伪）科学，都可以被视为“信息权威化”的工具，它们通过赋予某种叙事以“看似客观”的外观，从而提高其说服力与传播效率。类似 SDGs、Society 5.0 或某些政治口号（如 MAGA）等概念，往往同时具备叙事性与数据包装的双重结构，使其在现代信息环境中具有更强的扩散能力。这标志着虚构已经从“故事驱动”演化为“叙事—数据混合驱动”的新阶段。

展望未来，数据科学和人工智能的介入将进一步放大这一趋势。数据科学可以提供（看似）坚固的论述。而 AI 不仅可以生成文本与图像，还能够基于用户心理特征进行高度定制化的信息生成，从而实现“虚构个性化”。这意味着虚构将不再是单一叙事，而是动态适配于不同个体认知偏好的信息流。实际上，这一过程已经在广告推荐、社交媒体

算法，内容生成系统和经济中得到广泛应用。近几年的选举更是让人看到了这种虚构个性化在政治上（对非采用者）的降维打击。可以预见，未来的虚构将呈现出更高的精细度与更强的操控潜力。

上述所有机制之所以能够成立，一个根本原因在于人类认知本身的结构性偏向。人类倾向于相信自己愿意相信的事物，而对不愿接受的信息进行忽视或否认。这种“选择性信念”使得虚构能够在缺乏真实性的情况下依然获得广泛传播。此外，网络时代的中伤行为与虚假新闻之所以泛滥流行，并非技术本身带来的，而是人类（智人）认知机制在新媒介环境中的自然延伸。

因此，在评估一个虚构的社会功能时，其“真实性”或“可实现性”并非最关键的指标。更重要的问题在于：它是否能够组织起足够规模的群体行动。从信息的角度看，能够形成大规模同步行为的故事，即使在事实层面并不成立，依然具有“功能性真实”的地位。这一现象提示我们，“智慧”若被理解为对信息的高级处理能力，那么其中一个可以适用在人类上的核心维度，正是在于识别并理解这些虚构机制如何塑造人类社会的结构与行为。

虚构的机制

人类是如何实现虚构的呢？这可能不是个可以简单回答的问题，但我们可以从信息论与神经科学的交叉视角来看看。脑内的虚构生成机制可以被理解为两种相互张力的过程：一方面是信息处理中的“变异”，另一方面是理性对这些变异进行“压缩与组织”。前者提供素材，后者赋予结构；前者趋向无序，后者趋向秩序。这一对立统一的过程，构成了虚构生成的基本动力学。

首先，在大脑的信息处理过程中，始终存在某种程度的“随机扰动”或“突发性偏移”。这种现象可以类比为信息在神经网络中传播时产生的微小偏差、联想扩散或非线性跃迁（突发奇想等）。这种过程对应于熵的上升，即系统不确定性/杂乱性的增加。这并非异常，而是神经系统的自然属性：感知输入的不完备性、记忆的重构性以及联想机制的开放性，都会不断引入新的、随机的、未被验证的组合。这些“偏离现实”的信息片段，正是虚构的原始种子。

进一步而言，这种“变异性生成”具有重要的适应性意义。如果大脑完全以确定性方式运作，则只能重复既有模式，难以应对环境的不确定性。正是由于存在这种带有随机性的生成机制，人类才具备想象、假设与创造的能力，进而才有突破已有知识局限性的可能性。因此，虚构的种子并不是认知缺陷，而是复杂认知系统中不可或缺的一部分（注：不是副产物），是进化过程行为的一部分。这种进化过程的一部分和遗传过程中的基因突变完全是一个道理。

然后，和遗传过程中的基因突变一样，仅有变异并不足以形成具有社会影响力的虚构。我还不怀疑（和基因突变一样）绝大多数的虚构都是不成功的，悄悄地消灭在还没有被多少人知道的时候。第二个关键过程在于理性系统对这些原始素材进行加工与重组。通过思考、学习与逻辑推演，大脑会对分散可能还是很随机的杂乱信息片段进行筛选、压缩与结构化，使其呈现出某种连贯性与可传播性。从信息论角度看，这一过程对

应于熵的降低，即从高不确定性的状态向低不确定性的结构转化。这种“降熵”可能不消除所有的不确定性，但整体是将其组织为可理解、可记忆、可传播的信息模式。

在这一阶段，虚构开始从“片段化的胡思乱想”转变为“系统化的故事”。例如，零散的恐惧体验可以被整合为关于某种威胁的完整故事；模糊的愿景可以被加工为具有目标与路径的意识形态。理性在此并非简单地追求真实，而是更倾向于构建“内部一致”的解释框架。只要一个叙事在逻辑上自治、在情感上可接受，它就具备了被广泛传播的条件。

值得强调的是，这两个过程并非线性顺序，而是持续循环与相互作用的。新的信息变异不断产生，理性不断对其进行选择重组删减，而已有的故事结构又反过来影响后续的认知与联想路径。这种反馈机制使得某些虚构逐渐被强化、稳定，并嵌入个体与群体的认知体系之中。

因此，从更抽象的层面看，虚构可以被理解为“在熵增与熵减之间反复的信息结构”。其生成依赖于无序带来的可能性空间，而其稳定则依赖于有序带来的可传播性与可执行性。若将“智慧”视为对信息流动与结构的高阶调控能力，那么理解并把握这一反复并螺旋性上升的过程，正是区分浅层认知与深层认知的重要标志之一。

上述理论可以从近期我们对大脑思考模式的考察（脑神经科学）中找到证据。

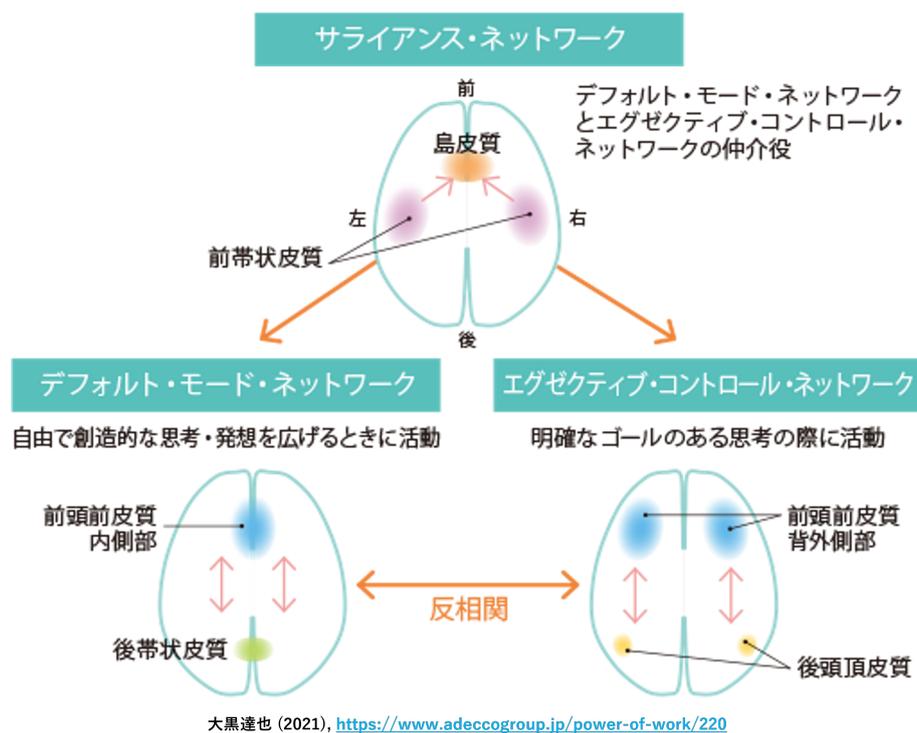


图 4.3: 脑神经网络示意图 (<https://www.adeccgroupp.jp/power-of-work/220>)

图4.3是东京大学教授大黑达也网站中摘抄过来的有关脑神经网络的示意图（原文日语）。从中我们可以看到，人脑中存在三种关键的大尺度功能网络，它们在认知与信息处理过程中相互协同：其一是缺省模式网络（Default Mode Network, DMN），主要分布于内侧前额叶皮层、后扣带皮层及顶叶内侧区域，从名字就看出它在个体处于放松静

息状态时活跃，负责自由创造或拓广思考；其二是执行控制网络（Executive Control Network, ECN），核心区域位于背外侧前额叶皮层与顶叶外侧皮层，负责有明确目标导向的思考；其三是突显网络（Salience Network, SN），以前岛叶与前扣带皮层为枢纽，主要功能在于从内外环境中筛选出具有重要性的刺激，并在需要时动态调节 DMN 与 ECN 之间的切换。整体而言，这三种网络构成了人类在“内在思维—外在任务—信息筛选”之间进行高效切换的神经基础。

了解前面我对智慧的思考的读者应该可以容易地从这些脑神经科学的理解推测其深层机理：缺省模式网络对应突变，即随机选择，它在放松静息状态活跃正合自然法则（熵增），由此我们可以说人的自由创造是自然的，不费力就可以做到（而不是大家常说的很难）；而执行控制网络负责的正相反，它对应的是学习，特别是寻找规律控制熵不要增加（太多），这是生命的特征，是需要努力才能做到的。这三种网络结构是人类虚构行为的基础。有意思的是，通常我们或者缺省模式网络或者执行控制网络活跃，不会两者同时活跃。但有时候也有两种同时工作的情况，特别是经过训练的人，这种时候就是人做非凡事情的状态：高度集中也高度自由。我猜测正面心理学里讲的所谓心流（flow）可能就是这种状态。那个以后再说。

虚构与秩序

本章的最后我再补充介绍一下虚构与秩序。前面讲过现代社会依赖各种各样的虚构来建立和维护秩序。比如说宗教，信仰，或者主义在很多国家的作用甚至超过法律。在这些虚构不那么强大的国家，纪律（包括法律）就要发挥更多作用，否则就难以维护秩序了。

以日本为例。日本人的宗教信仰不能说强。大家一般新年的时候去神社参拜祈祷好运（神道），而结婚要去教堂（基督教），每年过情人节也过圣诞节，但人死的时候要请和尚超度（佛教）。此外，日本有 1.2 亿人口，但在文科省（相当于中国的教育部，也负责宗教等）登记的宗教的信者人数合计 1.8 亿。单纯平均，一个人信仰 1.5 个宗教。这在很多其他地方的宗教信者看来是不可想象的，因为通常每个宗教都不允许信者再信其他宗教。由此可以看出日本人对虚构不是那么虔诚的。但日本社会有很强社会行为规范。历史学家，元东京大学副校长的羽田正曾在被人问为什么日本人那么团结的时候回答说有 3 个原因：

1. 不给人添麻烦（有事尽量自己做），
2. 遵守纪律，
3. 读空气。

这种大家从小就被灌输了的行为规范，可能也是常年和自然灾害斗争的结果，在宗教信仰等虚构不强大的日本至关重要。

无独有偶。上述羽田先生总结出来的三条规则在其他地方也有被发现。信息科学中有个模拟鱼群鸟群聚集现象的概念叫 Boids。最早是 1986 年 Reynolds 提出的。之前生物学家一直纳闷对为什么那么多的小鱼小鸟可以成群结队组成大规模集团，难道它们

拥有某种很高级的智能？Reynolds 认为可能不是。他提出的 Boids 就是模拟鱼群鸟群的，其中只要求每个 Boid 观察周围情况（local information）并且按照下述三个原则调整自身的位置，方向和速度（见示意图 4.4）。

1. **Alignment**（对齐）：观察周围 Boids 的运动方向并朝其平均方向调整自身的运动方向。
2. **Cohesion**（结合）：观察周围 Boids 的位置并朝着其中央靠拢。
3. **Separation**（分离）：观察周围 Boids 的位置，如果太近了就朝着外围运动。

有趣的是，即便初始位置和运动向量都是随机的，上述 3 原则可以帮助 Boids 很快形成大集团。

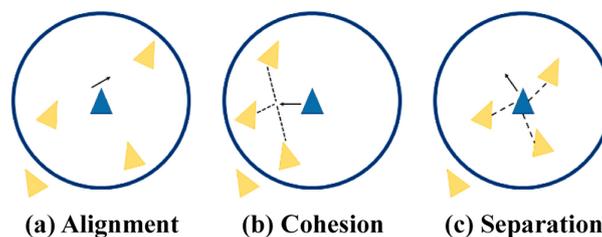


图 4.4: Boids 示意图 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210650217301700>)

我数年前有个研究领导力的学生。她研究的叫共同领导（Shared Leadership）。针对共同领导应该如何形成她做了大量的调查，最后从调查结果总结出了三个原则，和上述 Boids 的三原则非常吻合。这个我们之后再讨论。

总结这一章，我们讨论了虚构对人类社会的重大意义并指出它的生成其实就是一种智慧形式。我们还从脑神经科学的角度探讨了虚构可能是如何形成的机制。最后我们讨论了对虚构不是很相信的社会是如何用强有力的规则来维护秩序的。其中历史学家，计算机研究者，还有领导力的研究者在各自己的领域里注意到了其实本质看起来一样的理论。这些内容可以解释智人繁衍的秘诀。

Bibliography

- Ackerman, Dan (2016). *The Tetris Effect: The Game that Hypnotized the World*. PublicAffairs. ISBN: 1610396111.
- BBC Earth* (2026). URL: <https://www.bbcearth.com/news/17-surprising-facts-about-snow> (visited on 02/05/2026).
- Dawkins, R. (1976). *The Selfish Gene*. Oxford University Press. ISBN: 9780198575191.
- Efbrazil* (2026). URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cosmic_Calendar.png (visited on 02/05/2026).
- Extended Central Dogma* (2026). URL: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26070240> (visited on 02/05/2026).
- Global Deaths in Conflicts Since the Year 1400* (2026). URL: <https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Wars-Long-Run-military-civilian-fatalities.png> (visited on 02/05/2026).
- Jaynes, E. T. (1965). “Gibbs vs Boltzmann Entropies”. In: *American Journal of Physics* 33.5, pp. 391–398. DOI: 10.1119/1.1971557.
- John Gurche, Smithsonian Institution* (2024). URL: <https://humanorigins.si.edu/multimedia/slideshows/reconstructed-faces> (visited on 02/11/2026).
- Kyoto University* (2010). URL: https://www.kyoto-u.ac.jp/static/ja/news_data/h/h1/news6/2010/110301_1.htm (visited on 02/05/2026).
- NASA* (2026). URL: <https://www.nasa.gov/humans-in-space/humans-to-mars/> (visited on 02/05/2026).
- Nature* (2022). URL: <https://www.nature.com/articles/d41587-022-00001-5> (visited on 02/05/2026).
- Rosenberg, Noah A., Jonathan K. Pritchard, James L. Weber, Howard M. Cann, Kenneth K. Kidd, Lev A. Zhivotovsky, and Marcus W. Feldman (2002). “Genetic Structure of Human Populations”. In: *Science* 298.5602, pp. 2381–2385. DOI: 10.1126/science.1078311.
- Seven Wonders of the Ancient World* (2026). URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Seven_Wonders_of_the_Ancient_World (visited on 02/05/2026).
- Silver, David et al. (2016). “Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search”. In: *Nature* 529, pp. 484–489. DOI: 10.1038/nature16961.

- Solids and Liquids* (2026). URL: https://saylordotorg.github.io/text_the-basics-of-general-organic-and-biological-chemistry/s11-02-solids-and-liquids.html (visited on 02/05/2026).
- Techeblog* (2015). URL: <https://www.techeblog.com/nasas-curiosity-rover-discovers-replica-of-egypts-great-pyramid-on-mars/> (visited on 02/05/2026).
- Tegmark, M. (2017). *Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence*. Allen Lane. ISBN: 9780241237199.
- Tetris Game* (2026). URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9c/Typical_Tetris_Game.svg (visited on 02/05/2026).
- West, G.B. (2017). *Scale: The Universal Laws of Growth, Innovation, Sustainability, and the Pace of Life in Organisms, Cities, Economies, and Companies*. Penguin Press. ISBN: 9781594205583.
- プルチックの感情の輪 (2017). URL: <https://swingroot.com/plutchik-emotion/> (visited on 02/05/2026).
- 尤瓦尔·赫拉利著, 林俊宏译 (2014). 人类简史: 从动物到上帝. 中信出版社. ISBN: 9787508647357.
- 系統樹 (2026). URL: <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%B3%BB%E7%5C%B5%B1%E6%A8%B9> (visited on 02/05/2026).

Appendix A

Appendix A

Appendix text.