《复杂》
【美】梅拉妮.米歇尔
2017.4.1–2017.4.10

- 复杂本身
  - 复杂系统的共性
    - 复杂的集体行为
      - 个体组分组成的大规模网络，个体简单，无中间控制，集体形为复杂难预测
    - 信号和信息处理
      - 利用及产生信号和信息
    - 适应性
      - 学习进化，增加生存机会
  - 复杂系统定义
    - 由大量组分组成的网络，不存在中央控制，通过简单运作规则产生出复杂的集体行为和复杂的信息处理，并通过学习和进化产生适应性。
      - 自组织（self-organizing）
        - 如果系统有组织的行为不存在内部和外部的控制者或领导者，则也称之为自组织
      - 涌现（emergent）
        - 由于简单规则以难以预测的方式产生出复杂行为
  - 度量复杂性
    - 香农熵度量
      - 不可取，有些熵不可计算
    - 算法信息量度
      - 描述规则性所需要的信息量就是它的算法信息量
        - 如"打印AC数次"
        - 结构可预测性越大，有效的复杂性越低
        - 最小规则集原则
    - 逻辑深度
      - 用最合理的方法生成某个事物进需处理的信息量等同于这个事物的复杂性
        - 无实际方法
    - 热力学深度
      - 理论意义，无实际方法
    - 用计算能力度量复杂性
      - 反例：图灵机不复杂，但可以有复杂的计算
    - 统计复杂性
      - 与算法信息量类似
    - 分形维
      - 自相似性
      - 将几何结构从各边分成X等份，不断重复这个过程，每次得到的将是前一次的x维数幂个拷贝
    - 层次性
      - 与分形观点相似
      - 如下向上
  - 等待卡诺
    - 需要适当的概念词汇表和适当的数学
    - 牛顿最终创造了所需的词汇
- 预测与测量
  - 力学
    - 运动学
      - 描述物理如何运动
    - 动力学
      - 解释物体为何遵循运动学定律
        - 牛顿三定律
      - 现代动力学
        - 代数拓扑学
          - 几何学的扩展
            - 对初始条件敏感
        - 庞加莱
          - 预测变得不可能
  - 量子力学
    - 测不准原理–海森堡
      - 对于其位置知道得越多，对于其动量就知道的越少，反之亦然
      - 限制于对量子世界微观粒子的测量
  - 混沌系统
    - 对于其初始位置和动量的测量如果有极其微小的不精确，也会导致长期预测的巨大误差。
      - 对初始条件的敏感依赖性
      - 逻辑斯蒂映射
        - 逻辑斯蒂模型
          - 设定好出生率、死亡率以及最大种群承载能力，可以算出下一代的种群数量
          - 是抛物线
        - X(t+1)=R*xt(1–xt)
          - R 出生率和死亡率合成数
          - x，承载率
        - 最终状态（吸引子）
          - 不动点
          - 周期
          - 混沌
            - 对于任何能产生混沌的R值，只要X0有不确定性，t在于某个值时变得无法预测
    - 混沌的共性
      - 通往混沌的倍周期之路
        - 映射分叉图，用吸引子作为R的函数
          - R越大，倍周期吸引子越多，当R达到3.56994时，是混沌的发端
      - 费根鲍姆常数
        - 新的周期倍增比前面的周期倍增出现的速度快大约4.6692016倍
    - 思想革命
      - 看似混沌的行为有可能来自确定性系统，无涉外部的随机源
      - 简单的确定性系统，长期变化，原则上也无法预测
      - 混沌中的秩序——混沌系统可以预测
- 信息
  - 来自于热力学
    - 能量
      - 做功的潜力
        - E=mc2
      - 能量守恒
    - 熵
      - 对不能转化成功的能量的度量
        - 对无法做功而只能转化成热的能量的测量
      - 熵总是不断增加直至最大，要减少熵，就要做功
        - 是唯一区分过去和未来的基本物理定律
          - 时间之前
            - 时间不可逆
            - "未来"可以定义为熵增的时间
    - 麦克斯韦小妖
      - 1929年，西拉德，将熵与信息联系起来
        - 小妖测量和进行判断时（必然会擦除记忆），不可避免地会增加熵。
      - 通过回答YN获得信息
  - 香农信息
    - 信息论，1948
      - 密码学
      - 生物信息学
    - 香农熵
      - 用信息源的熵来定义信息量
        - 发送者发送的可能微观状态的数量的函数
    - 发送源的熵（信息量）用信息的可能性定义，而与信息的"意义"无关
- 计算
  - 希尔伯特的三个问题
    - 数学是不是完备的？
      - 否，不是所有数学命题都可以用一组有限的公理证明或证否
    - 数学是不是一致的？
      - 如果不一致，整个数学都会崩塌
    - 是不是所有命题都是数学可判定的？
      - 有明确的程序，在有限的时间内告诉我们是真还是假
      - 否，图灵机
- 进化
  - 达尔文理论
    - 存在进化，所有物种都来自共同的祖先，生命的历史就是物种呈现树状分化
    - 生物数量超出资源承载能力，就会资源竞争，从而导致自然选择
    - 生物性状会遗传变异
    - 进化是通过细微的有利变异不断累积逐渐形成的
    - 根据以上观点，自然选择不存在设计者，是机遇自然选择和漫长的时间造就的，熵的减少是自然选择的结果
  - 现代综合
    - 自然选择是进化和适应的主要机制
    - 进化是渐进的
    - 宏观尺度上的现象，比如新物种的产生，可以用基因变异和自然选择的微观过程来解释
  - 分子生物学
    - 细胞–细胞核–大分子染色体–DNA（脱氧核糖核酸）
      - DNA由双螺旋结构的，ACGT碱基组成
      - 可以编码构成蛋白质的氨基酸
        - 三个碱基对应一种氨基酸
    - 大小包含排序
      - 基因
        - 基因是由DNA的序列片段组成
          - 一个基因对应于一个特定的蛋白质
          - 基因如何构造蛋白质
            - 在细胞核中转录，mRNA反拷贝DNA
            - 在细包质中翻译，tRNA反密码结合
              - 细胞的闪存卡
            - 核糖体将氨基酸从tRNA分子上分离下来合成蛋白质
            - 收到停止信号后，将蛋白质释放进细胞质
        - 基因是相互重叠的
          - 它们各自编码不同的蛋白质，但是共用DNA核甘酸
        - 基因可以在染色体上移动，甚至移动到其他染色体上
          - 跳跃基因是导致生物多样性的机理之一
        - 单个基因可以编码多个蛋白质
          - 蛋白质10万种
          - 人类基因组只有25000个基因
        - 生命的复杂性来自于基因网络而不是单独基因
          - 功能基因
            - 编码用于细胞结构和运转的蛋白质
          - 调控基因
            - 与目标功能基因的DNA开关结合
            - 随机布尔网络
              - 考夫曼
                - 生命具有复杂化的内在趋势，而这独立于自然选择的任何趋势
        - 即使DNA序列不发生变化，基因也可能会生变化
          - DNA甲基化
          - DNA上有开关
        - 非编码RNA对基因和细胞的功能具有调控作用
    - 有丝分裂
      - 身体发育、修复和日常维持的必要过程
    - 减数分裂
      - 二倍体生物在产生卵子和精子时就是减数分裂
- 自我复制的计算机程序
  - 计算机可以自我复制
    - 信息的双重使用
      - 字符串
      - 字符串所代表的意义
  - 遗传算法
    - 期望的输出就是特定问题的解
    - 输入包括两部分
      - 候选程序群体
      - 适应性函数
  - 元胞自动机
    - 冯 诺依曼发明。别名：非冯诺依曼体系
    - 四类元胞机
      - 不管初始状态如何，最终图样不再变化
      - 不管初始状态如何，最终要么不变，要么循环
      - 大部分初始状态会产生看似随机的行为
      - 有序与随机的混合——局部结构简单，但可以移动
  - 粒子计算
    - 区域之间的界线和碰撞就是对信息进行处理
  - 如何进行类比
    - 计算机可以进行类比，如模仿者，可以理解一种非常幼级的意义
  - 计算机模型
    - 囚徒困境
      - 收益矩阵
      - 加入社会规范
        - 有执法者来惩罚非执法者
        - 如果周围有惩罚者，非惩罚者就会演化得更倾向于惩罚，而被惩罚的背叛者也会演化得更愿意合作。
        - 元规范能促进并保持群体中的合作
      - 加入空间结构
        - 空间相邻关系的存在会促进合作
        - 地域性有利于合作
    - 在自私但具有适应性的个体组成的缺乏领袖的群体中会产生合作
      - 友善 / 报复 / 宽恕 / 明确原则
    - 所有的模型都是错的，但是有一些有用
- 网络
  - 网络的定义
    - 是由边连接在一起的节点组成的集合
    - 网络思维主要只的是节点关系
  - 小世界网络
    - 节点
      - 高连接度的节点：中心节点（hub）
    - 边
      - 前5个随机重连会将平均路径长度平均减少一半
  - 无尺度网络
    - 度分布幂次关系
    - 网络稳健
      - 删除hub会带来很大的影响
  - 幂率关系
    - 四分幂比例律
    - 分形原理解释
    - 最省力原则
    - 人们希望语言没有歧义
    - 齐普夫定律
      - 发送者将信息量最大化的同时希望成本最小