



信任的演化

本活动是**博弈论 (Game Theory)** 的入门介绍，更具体来说，是围绕着著名的「囚徒困境」 (**Prisoner's Dilemma**)，以及**正规博弈、策略、合作/背叛 (cooperation/defection)、协作 (collaboration)** 等核心概念所设计的学习活动。

本活动以数学的方式分析两位对手玩家之间（一种简化的）竞争情境，并探讨在什么条件下，玩家能够发展出**合作策略**，从而获得**双方互利**的结果，而不是采取敌对式的竞争策略。博弈论及此类分析方法，广泛应用于**经济学、政治学、冲突解决**等领域，同时也在**演化生物学**中用来研究不同物种之间的竞争与合作行为。

本活动改编并使用**Nicky Case**设计的线上互动游戏《信任的演化 (The Evolution of Trust)》 (<https://ncase.me/trust/>)。该游戏的理论基础来自 **Robert Axelrod** 的经典著作《合作的演化 (The Evolution of Cooperation)》 (英文原版: Basic Books, 1984)。

参与对象

- **建议年龄**: 14 岁以上
- **先备知识**: 不需要任何数学背景

不过，部分逻辑推理（例如辨识悖论、进行推论）可能需要较成熟的数学思维能力。

- **补充说明**:

虽然本活动并非政治或伦理课程，但其结论与延伸意涵可能引发价值观与意识形态上的讨论。

活动准备

- 一堆「硬币」与一些纸张
- 硬币数量理想上为「学生人数 × 30 枚」

这些「硬币」可以是面额较低的真实硬币或以干豆、鹰嘴豆、义大利面碎、坚果，或任何便宜且大小一致的小物品替代。

若希望降低准备成本，可透过**减少每组学生可进行的最大游戏回合数**，来降低每位学生所需的硬币数量。

- 教师使用一台电脑，连接投影机或大萤幕，以便全班学生能共同观看模拟结果并进行讨论。

引言

今天，我们要探索数学中可能会让你感到惊喜的一个主题，博弈论（Game Theory），它广泛应用在政治、经济、冲突解决，甚至是演化生物学之中。在博弈论里，我们会讨论所谓的正规博弈（formal games）。这指的是游戏必须满足以下条件：有两个或以上的参与者（玩家），必须做出理性决策，目标是达成某个让自己在游戏中「获胜」的结果。

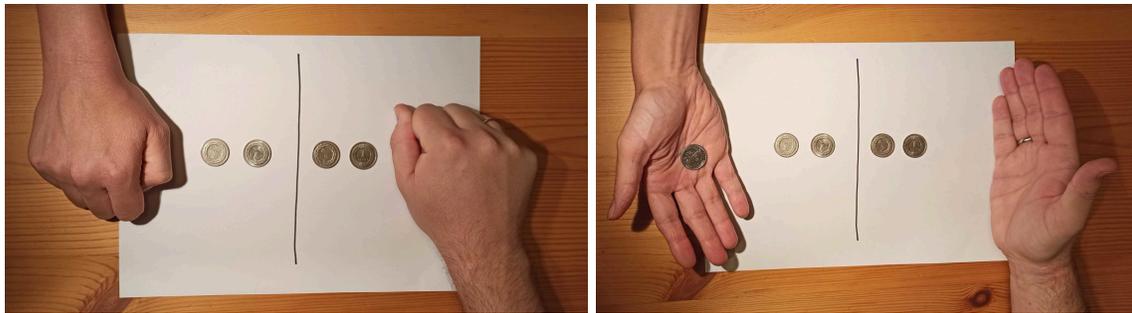
每一位玩家都可以发展出自己的策略（strategy），也就是一套做决定的规则。这些规则会受到博弈环境和其他玩家的行为所影响。像是西洋棋或扑克牌很显然就是博弈，但其实现实生活中也有很多情境可以被视为「博弈」，例如：在竞争市场中订价的零售商、进行地缘政治谈判的政府、在生态系中演化适应的生物物种，这些都可以用博弈模型来分析。

接下来，我们将玩一个非常简单的游戏，但它可能会带来非常深刻的思考。

游戏规则 (单回合)

这是一个**两人博弈**，两位玩家彼此面对面坐在桌子两侧。桌子中央放一张纸，纸上用一条线分成左右两半，类似棋盘上楚河汉界。这张纸代表一台**金钱机器（Money Machine）**，运作方式如下：

- 先放 **4 枚硬币**，每一侧放 **2 枚**。
- 再发给每位玩家 **1 枚硬币**。
- 每位玩家可以选择把自己的硬币藏在手掌中放在纸上靠自己右侧的位置或者不放硬币(空手但紧握不显露出来)。若玩家 A 选择放硬币的话，则玩家 B 可获得 3 枚硬币(原本A侧桌上的2枚加上A玩家掌中的1枚)，同一回合内，玩家 B 也必须同时间做出选择。
- 为达到同时，建议两玩家可在桌下隐密进行放不放硬币的动作，同时将手拿到桌上，并同时公开以表公平。
- 游戏的目标就是获得最多的硬币。



此例中，右侧玩家会赢得左侧桌面及手掌中的 3 枚硬币

单回合分析：囚徒困境

先收集学生在游戏后的感受与他们采用的策略。接着，我们来帮以下两种操作命名：

- **合作 (Collaborate)**：放入一枚硬币，让对手获得回报
- **背叛 (Cheat)**：不放硬币，不给对手任何回报

最佳策略是什么呢？

如果你的对手选择合作，若你也合作，得到 +2，若你背叛，得到 +3，因此，你的结论是背叛比较好。

如果你的对手选择背叛，若你合作，损失 -1，若你背叛，得到 0，因此，背叛仍然比较好。

结论是在任何情况下，选择背叛都是比较好的策略。

然而，同样的逻辑也适用于你的对手，所以你的对手也会得出「背叛比较好」的结论。结果就是你们两人都选择背叛，最后谁都没有赚到钱。

但如果你们两人都选择合作，其实结果会更好：两人各得到 +2

这就是所谓的困境（dilemma）。

为什么叫做「囚徒困境」？

这个博弈也被称为囚徒困境（Prisoner's Dilemma），因为有一个不同但结构相同的故事版本：

有两名小偷被抓进监狱。每个人可以指控对方（背叛）或者保持沉默（合作）。

若两人都沉默（合作） → 各判 1 年徒刑

若一人指控、另一人沉默 → 指控者 当场释放

→ 沉默者判 3 年徒刑

若两人都指控 → 各判 2 年徒刑

每个囚徒经思考后都会发现，不论对方怎么做，背叛都是比较好的选择。

但因为双方都这样想，最后两人都选择指控，结果两人都被判 2 年徒刑。

然而，如果两人都选择合作（沉默），其实只需要被判 1 年徒刑。

游戏规则 (多回合)

在**单次博弈**中，即使双方合作可能带来更好的结果，**背叛仍然是较好的选择**，因为存在选择合作却被欺骗的风险，而你仅有一次机会。你也许可以用言语说服对手合作，但你永远无法确定对方是否会遵守承诺。

然而，如果博弈是**重复进行的**，情况就会改变。这时候，你除了依据博弈规则之外，还可以根据**对手过去的行为**来决策。

重复博弈规则: 每位玩家一开始有 **10 枚硬币**，另外还有一堆 **40 枚硬币（银行 Bank）**，用来补充机器每回合结束后，银行会重新补满机器，使机器再次有 **4 枚硬币**。

游戏会进行多个回合，目标依旧是**累积最多的硬币就是赢家**。

请进行 10 个回合的游戏，并尝试设计出一套自己的策略。当你和一位同学完成游戏后，请更换对手，再重新开启新的游戏。

最后，请学生和全班分享观察结果和自己所采用的策略。老师请把学生使用的策略写在黑板上。

以下列出可能会出现的一些常见策略：

永远背叛者、永远合作者、以牙还牙者(模仿对手上一轮的操作)、记仇者(只要对手曾经背叛自己就一路选择背叛到底)....

与学生讨论每一种策略的优缺点

关键洞察: 没有任何策略在所有情况下都是绝对最好的。

实践：证明不存在一种策略，可以在不考虑对手策略的情况下，永远是最佳策略。（提示：设想你的对手是**永远背叛者**，那么最佳策略是什么？如果你的对手是**记仇者**，那么最佳策略又是什么？）

结论：

无法在完全不考虑对手策略的情况下，保证得到最佳结果。这一点和**棋类游戏**不同，例如在象棋中，你通常应该总是尝试下出当下对自己最有利的一步棋，而对方也是，所以是存在当下最好的决策，但此处没有。

重点：重复进行博弈，是建立信任所必须的条件。过去的历史行为可以帮助你评估对手。此外，也必须存在未来再次相遇的可能性，因此博弈应该在**回合数不确定**的情况下进行。

练习证明：如果玩家知道总共会进行多少回合，那么原本的困境会再次出现；也就是说，你可以证明最佳策略会变成**永远背叛**。（在最后一回合时，已经没有未来可以影响，因此最佳策略是背叛。既然你和对手在最后一回合都会选择背叛，那么真正有意义的最后一回合就变成倒数第二回合，因此在那一回合背叛也是有利的。依此类推（用数学归纳法的想法），双方最终都会选择永远背叛。）

不过，这个归纳推理在现实情境中是否合理呢？这也很值得讨论。

电脑模拟

现在使用电脑来模拟数百场博弈并分析结果。这能帮助我们更清楚地理解，究竟哪一种策略最好。

教师打开电脑并连接投影机，让全班一起观看，并进入 Nicky Case 的网页游戏《**信任的演化 (The Evolution of Trust)**》 (<https://ncase.me/trust/>)。你可以直接跳到第 3 节「**One tournament**」。

我们比较五种策略：让不同策略的对手进行所有可能的配对对战，再比较结果。

注意：

如同游戏中的提示，可以先「下注」或让每位学生都下注猜测结果。你也可以逐一分析每一组对战的结果。可以忽略游戏中关于第一次世界大战的故事注解。

重点结论: 赢家是以牙还牙者。别人怎么对你，你就怎么对别人。这个策略同时具备愿意合作，也能防御他人的剥削（对背叛会回应）。更重要的是这个策略之所以有效，是一个**数学事实**，并不是任何人类伦理强加出来的结果。

观察博弈的演化

现在，让我们模拟一种情境：有许多玩家，而每位玩家都固定采用一种策略。这些玩家之中，有些人的表现会比较好（赢家），有些人的表现会比较差（输家）。假设输家决定改变策略，去模仿赢家的策略。那么长期来看会发生什么事？族群是否会演化到「每个人都采用同一种策略」的状态呢？

在这个线上游戏中，请前往第 4 节 **Repeated Tournament**。跟着它的说明一步一步慢慢看，理解为什么 **COPYCAT（以牙还牙者）** 会再次赢得游戏。

不信任

虽然看起来 **COPYCAT（以牙还牙者）** 是一种有效的策略，但这其实是一个非常脆弱、敏感的博弈。很多原因都可能让情况改变：

- 模拟显示，如果每组对战的回合数变少，**COPYCAT 以牙还牙者**就不再是最佳策略。

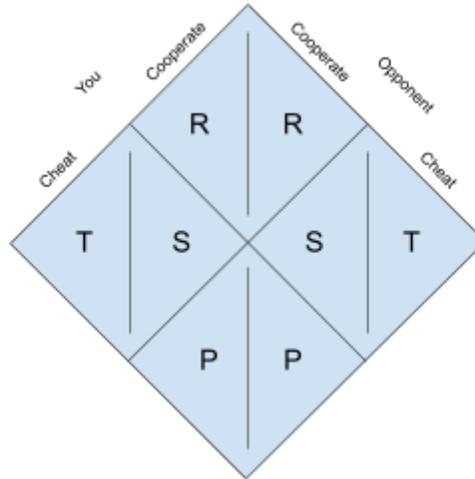
当互动次数很少（例如只有一回合）时，没有足够时间建立信任与合作，此时 **CHEATER（永远背叛者）**可能会得到更好的报酬。

- 如果改变报酬结构，会发现最佳策略也会跟着改变。

一个重要的观察是，这个游戏是一种**非零和博弈（non-zero-sum game）**。意思是两位玩家可以同时获益，形成双赢局面，这有助于促进合作。在这个游戏中，双赢的来源是因为机器会「产生新的金钱」。

相反地，若是**零和博弈（zero-sum game）**，那么一方的收益必然等于另一方的损失。在零和博弈中，就很难发展合作，因为不存在可以共同追求的整体利益。

实践：请参考图表中的权衡关系（trade-offs）。



R = 双方合作时的报酬

S = 被背叛者的报酬

T = 背叛的报酬

P = 双方背叛时的报酬

Part 1: 请排列 R P S T 的大小关系使博弈能够鼓励合作。

答案：

$$T > R > P > S$$

Part 2: 找出一个条件，使得「合作」比「一半时间赢、一半时间输（也就是双方交错轮流背叛、缺乏合作）」更好。

答案：

$$R > \frac{T+S}{2}$$

这两个不等式定义了一个「囚徒困境博弈」。

失误

假设玩家有一个很小的机率会发生失误，导致他做出与其策略原本意图相反的行动。在这种情况下，例如 COPYCAT（以牙还牙者）可能会陷入一连串互相报复的循环，永远无法停止。

请引入一些能处理这种随机失误的新策略：

- **COPYKITTEN（小猫模仿者）**：类似 COPYCAT。若对手上一回合是「合作」，它就模仿合作；但只有在对手**连续两回合都背叛**时，它才会背叛。它比 COPYCAT 更宽容。
- **SIMPLETON（单纯者）**：一开始合作。之后若对手合作，就重复自己上一回合的行动；若对手背叛，就改做与自己上一回合相反的行动。
- **RANDOM（随机者）**：以 50/50 的机率随机选择合作或背叛。

尝试用这些新玩家进行博弈模拟，并观察。

沙盒（Sandbox）

试着找出一个游戏的状态（给出玩家的数量与类型、报酬设定、博弈规则），不须每个玩家都相同条件，满足以下其中一种结局：

- 随机的（随机者）会获胜。
- 合作者（永远合作者）会获胜。
- 两种不同类型的玩家能够存活下来。
- 三种不同类型的玩家能够存活下来。
- 其他

总结

回顾所有关键点，并展开讨论吧！

以下列出一些切入点

- 未来有重复博弈的可能
 - 如果没有时间彼此学习，就无法建立合作。
 - 如果没有未来可以影响，也无法建立合作。
- 存在双赢的可能性
 - 在零和博弈中无法合作。
但现实生活中的大多数情境都是**非零和博弈**，允许所有玩家都获得某种程度的利益。
 - 请回想 **T、R、S、P** 之间的数学限制条件。
- 低误解率
 - 适度的宽容是有利的，能够克服一些小型误解或失误。
- 不存在与其他玩家无关的最佳策略，策略必须根据环境与对手调整。
- 不要意气用事
 - 如果你只追求个人最佳结果，或只想胜过别人，就无法建立合作。
- 不要先背叛
 - 如果被背叛，你必须做出回应；
 - 但如果先背叛，会建立不信任，而合作就需要花时间重新建立。
- 对合作与背叛都要做出回应
 - 如果没有回应，会导致被利用，或导致不信任。
- 不要过度耍小聪明
 - 让其他玩家能理解你的策略。这能建立信任，因为结果会更可预测。

数学背景与参考资料

本活动是基于 Nicky Case 所设计的游戏 《信任的演化 (The Evolution of Trust)》 (<https://ncase.me/trust/>)。

理论基础来自 Robert Axelrod 的著作：

- 《合作的演化 (The Evolution of Cooperation)》 (1984)
- 以及《合作的复杂性 (The Complexity of Cooperation)》 (1997)

更多资料请参考 <https://ncase.me/trust/notes/>

创作分享!

分享于社群平台上请标志 #idm314信任 和 #idm314。

© 2025 Daniel Ramos

本作品采用以下许可协议：[知识共享署名 4.0 国际许可协议](#)。