

信号博弈：二元情形

- 信息经济学
- 湖南大学课程

模型设定

- 代理人: 信号发送方 (如求职者)
- 委托人: 行动方 (如公司)
 - 也可以称委托人为信号接收方

博弈进行如下:

1. 自然根据某个概率分布决定发送方的类型
2. 发送方私下观察到自己的类型后, 发送某个信号
3. 行动方收到信号后, 选择行动 $a \in A$. 博弈结束.

信号博弈的核心假设: 信号发送行为**有成本**, 并且信号成本与发送方的类型有关.

信号博弈的核心假设: 信号发送行为**有成本**, 并且信号成本与发送方的类型有关.

信号成本的例子:

- 高能力的求职者可以通过获取 985 高校文凭来证明自己
- 传统银行通过投入巨额资金建设标志性总部大楼来传递其稳健经营的信号
- 企业经营者通过购置奢侈品 (如豪华轿车) 来向生意伙伴展示其财务实力
- 生物学中的“累赘原理”: 动物通过高成本特征来传递基因优势的信号.
 - 如孔雀开屏, 昆虫求偶鸣叫, 等等.

信号博弈最知名的应用在劳动力市场:

- Spence, Michael (1973). “Job Market Signaling.” *Quarterly Journal of Economics*.

劳动力市场信号模型的核心假设:

- 雇主无法直接观察求职者的某些**特质**
- 这些**特质**将影响求职者未来的生产力, 进而决定其对雇主的价值.

劳动力市场信号: 二元模型

假设市场仅存在两类求职者:

- 第一类求职者的生产力为 1, 占比为 α
- 第二类求职者的生产力为 2, 占比为 $1 - \alpha$

劳动力市场是**充分竞争**的, 即求职者工资等于市场对其生产力的期望.

如果雇主可以直接观测到求职者的生产力, 雇主会:

- 给第一类 (低生产力) 求职者支付低工资 1,
- 给第二类 (高生产力) 求职者支付高工资 2.

劳动力市场中的逆向选择现象

现实中, 雇主一般无法直接观测到求职者的生产力 (**隐藏信息**)

- 由于雇主无法区分两类求职者, 当两类求职者同时存在于市场时, 每个求职者的工资均为 $2 - \alpha$

若高生产力群体觉得工资过低而退出市场, 市场上将只有低生产力群体, 并且平均工资将跌至 1 (发生逆向选择现象)

- 劳动力市场逆向选择的成因与阿卡洛夫柠檬市场完全相同

劳动力市场中的逆向选择现象

现实中, 雇主一般无法直接观测到求职者的生产力 (**隐藏信息**)

- 由于雇主无法区分两类求职者, 当两类求职者同时存在于市场时, 每个求职者的工资均为 $2 - \alpha$

若高生产力群体觉得工资过低而退出市场, 市场上将只有低生产力群体, 并且平均工资将跌至 1 (发生逆向选择现象)

- 劳动力市场逆向选择的成因与阿卡洛夫柠檬市场完全相同

为了避免逆向选择现象, 高生产力群体可以通过投资某个有成本的公开信号, 来将自己与低生产力群体区分开.

教育作为信号

假设存在某个公开的可观测信号 E (比如教育水平).

求职者可以通过付出一定的努力来获得对应的教育水平 E

- $E \geq 0$ 为非负实数
- 更高的 E 可以解读为更高的学历, 也可以解读为更多的教育年限
- 为便于描述, 我们后面使用第二种解读, 即 E 表示求职者的教育年限

教育的获取成本因求职者类型而异:

- 第一类求职者获得 E 年教育的成本为 E :

$$C_1(E) = E$$

- 第二类求职者成本仅为 $E/2$:

$$C_2(E) = E/2$$

为了简化分析, 我们假设教育只有信号作用, 即教育不提升个体生产力 (无人力资本效应).

- 后面我们将放松该限制.

二元模型中存在两类可能均衡:

- 分离均衡 (信号 E 具有筛选作用)
- 混同均衡 (信号 E 无筛选作用)

使用的均衡概念为精炼贝叶斯均衡 (perfect bayesian equilibrium), 它由三个部分组成:

- (1) 雇主的后验信念
- (2) 雇主提供的工资
- (3) 求职者的信号发送策略

使用的均衡概念为精炼贝叶斯均衡 (perfect bayesian equilibrium), 它由三个部分组成:

- (1) 雇主的后验信念
- (2) 雇主提供的工资
- (3) 求职者的信号发送策略

均衡条件:

1. 给定雇主的后验信念, 其提供的工资等于其对于求职者产出的预期
2. 给定雇主提供的工资, 求职者的信号发送策略是激励相容的
3. 给定求职者的信号发送策略, 雇主的后验信念符合贝叶斯法则

自我实现的预言

劳动力市场信号博弈均衡中, 最核心的要素是雇主对求职者生产力的后验信念.

雇主关于求职者的均衡信念是**自我实现的** (或**自我验证的**):

- 雇主根据后验信念制定的工资方案将引导求职者做出相应的教育决策;
- 求职者的教育决策又会反过来验证雇主的信念.

一般将这种包含自我验证信念的均衡称为**自我实现的预言** (**self-fulfilling prophecy**).

均衡 = 自我实现的预言

考虑如下教育门槛为 $E^* \in [1, 2]$ 的分离均衡:

- 雇主的后验信念和对应的工资方案如下:
 - 教育程度低于 E^* 者生产力为1, 支付工资1
 - 教育程度达到 E^* 者生产力为2, 支付工资2
- 给定上述工资方案, 第一类求职者会选择 $E_1 = 0$, 第二类会选择 $E_2 = E^*$.
 - **请验证:** 求职者的教育选择是激励相容的.
- 给定求职者的教育选择, 雇主的后验信念满足贝叶斯法则.

均衡 = 自我实现的预言

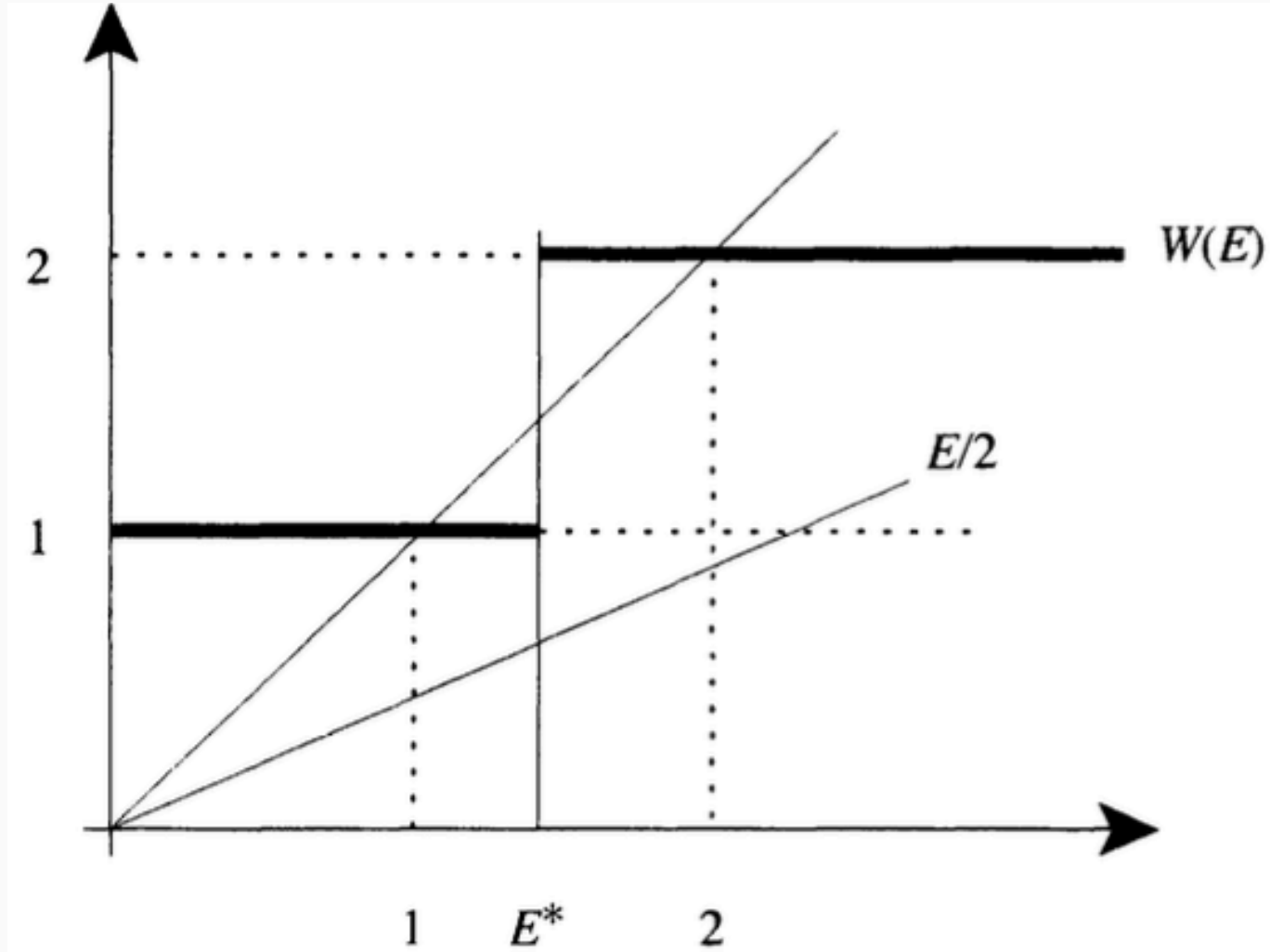
考虑如下教育门槛为 $E^* \in [1, 2]$ 的分离均衡:

- 雇主的后验信念和对应的工资方案如下:
 - 教育程度低于 E^* 者生产力为1, 支付工资1
 - 教育程度达到 E^* 者生产力为2, 支付工资2
- 给定上述工资方案, 第一类求职者会选择 $E_1 = 0$, 第二类会选择 $E_2 = E^*$.
 - **请验证:** 求职者的教育选择是激励相容的.
- 给定求职者的教育选择, 雇主的后验信念满足贝叶斯法则.

均衡 = 自我实现的预言:

- 求职者的教育选择由雇主的后验信念 (以及相应的工资方案) 决定
- 这些教育选择又反过来验证了雇主后验信念的合理性

分离均衡图示



预期的力量 (The power of expectation)

如果均衡表现为自我实现的预言, 博弈往往会存在多个均衡: 不同的预期对应不同均衡.

(一个非正式的例子) 考虑如下恋爱博弈中的两种可能均衡:

1. 张三**预期女友会与他分手**, 于是在这段感情中总是有所保留、不肯付出全部. 女友觉得张三缺乏担当, 遂与其分手
 - ——张三的预期自我实现了

预期的力量 (The power of expectation)

如果均衡表现为自我实现的预言, 博弈往往会存在多个均衡: 不同的预期对应不同均衡.

(一个非正式的例子) 考虑如下恋爱博弈中的两种可能均衡:

1. 张三**预期女友会与他分手**, 于是在这段感情中总是有所保留、不肯付出全部. 女友觉得张三缺乏担当, 遂与其分手
 - ——张三的预期自我实现了
2. 张三**预期女友会严肃对待这段感情**, 相信两人会走向婚姻. 于是, 张三对这段感情十分投入、愿意做出长远规划. 女友十分满意, 两人最终组成了家庭.
 - ——张三的预期再次自我实现了

预期的力量 (The power of expectation)

如果均衡表现为自我实现的预言, 博弈往往会存在多个均衡: 不同的预期对应不同均衡.

(一个非正式的例子) 考虑如下恋爱博弈中的两种可能均衡:

1. 张三**预期女友会与他分手**, 于是在这段感情中总是有所保留、不肯付出全部. 女友觉得张三缺乏担当, 遂与其分手
 - ——张三的预期自我实现了
2. 张三**预期女友会严肃对待这段感情**, 相信两人会走向婚姻. 于是, 张三对这段感情十分投入、愿意做出长远规划. 女友十分满意, 两人最终组成了家庭.
 - ——张三的预期再次自我实现了

预期是多么的重要! 无论面临多大的困难, 务必做个乐观、自信的人!

- “*I'd rather be optimistic and wrong than pessimistic and right.*” — unknown

回到我们关于劳动力市场的例子.

- 显然, 每个不同的教育门槛 $E^* \in [1, 2]$, 都对应着不同的分离均衡.
- 由于我们假设信号投资对生产力无任何促进作用, 均衡的 (帕累托) 效率关于信号门槛 E^* 严格递减
- $E^* = 1$ 对应的分离均衡是最高效的, 而 $E^* = 2$ 对应的分离均衡则最低效.

回到我们关于劳动力市场的例子.

- 显然, 每个不同的教育门槛 $E^* \in [1, 2]$, 都对应着不同的分离均衡.
- 由于我们假设信号投资对生产力无任何促进作用, 均衡的 (帕累托) 效率关于信号门槛 E^* 严格递减
- $E^* = 1$ 对应的分离均衡是最高效的, 而 $E^* = 2$ 对应的分离均衡则最低效.

哪个才是真实劳动力市场中会出现的门槛值 E^* 呢?

- 我们的模型无法回答这个问题: 任何 $E^* \in [1, 2]$ 都可以构成均衡

多重均衡问题:

- 很多学者认为, 研究博弈均衡的主要目的在于**预测**最终的博弈结果
- 当存在多个均衡时, 博弈论无法给出关于博弈结果的准确预测.

当博弈出现多个均衡时, 研究者一般有两种可能反应:

1. 多重均衡说明我们使用的均衡概念有问题, 需要对均衡进行进一步精炼:
 - 对纳什均衡精炼 \implies 子博弈完美均衡, 精炼贝叶斯均衡等
2. 多重均衡恰恰体现了博弈均衡结果中内在的不确定性, 这种不确定性无法通过对均衡进行再精炼来消除. 最终会出现哪种均衡结果, 取决于模型之外的因素, 比如文化、社会规则、历史习俗等等.

多重均衡问题

在劳动力市场信号博弈这个例子中, 哪个分离均衡会成为博弈结果, 取决于雇主 (或社会) 对门槛 E^* 的预期.

- 当社会预期本科学历即可找到理想工作时, 希望就业的同学本科毕业后即可进入职场
- 当社会预期硕士学历才能找到理想工作时, 希望就业的同学就必须读到硕士.

社会预期是如何决定的? 比如, 为何在美国, 中学毕业后不上大学直接就业被视为常态、甚至受到鼓励; 而在中国, 同样的选择却被斥为“不学无术”?

- 我不知道. 据我所知, 应该还没有人可以给出关于社会预期决定因素的确切答案.
- 许多聪明人曾提出过许多关于社会预期的聪明理论, 甚至发展出若干专门的研究领域: 社会心理学、传播学、相当一部分的历史与哲学 (比如黑格尔关于“时代精神”的讨论), 等等.
- 这些理论都很有意思, 有的甚至很有洞见, 但它们大多仍局限于事后的解释.

分离均衡性质小结

二元信号博弈中的分离均衡具有如下性质:

1. 存在连续多个均衡:
 - 任何门槛 $E^* \in [1, 2]$ 都对应着一个特定的分离均衡.
2. 可以根据分离均衡的 (帕累托) 效率对它们进行排序:
 - 由于我们假设信号投资对生产力无任何促进作用, 均衡效率关于信号门槛 E^* 严格递减
 - $E^* = 1$ 对应的分离均衡是最高效的, 而 $E^* = 2$ 对应的分离均衡则最低效.

最有效率的均衡不一定是分离均衡,有可能是混同均衡:

- 当低生产力求职者占比较低 ($\alpha < 0.5$) 时,相比于 $E^* = 1$ 时的分离均衡,两类求职者都倾向于选择混同均衡
- 因为对第二类求职者而言,支付信号成本实现分离的净收益低于被误认为平均生产力 $2 - \alpha$ 的收益.

一般而言,当低生产力群体规模较小时,高生产力群体更愿意接受混同均衡:

- 混同均衡中不用付出信号成本;并且由于 α 很小,平均工资不会被低生产力群体拉低很多.

从社会福利的角度来看: 两类求职者同时存在的**混同均衡**是社会最优的.

- 这是因为我们假设教育投资纯粹是无谓损失

但是, 混同均衡仅在 (a) 低生产力群体规模较小或 (b) 高产出群体保留效用较低时存在.

- 否则, 高产出群体会认为工资过低而选择退出市场.

征税可提升市场效率

- 若要提升分离均衡的市场效率, 可以对教育投资征税.
 - 直观解释: 征税提高了教育信号的筛选效率, 降低了维持类型筛选信号所带来的福利损失
 - 税收收入最后可均分给所有市场参与者 (转移支付)

征税可提升市场效率

- 若要提升分离均衡的市场效率, 可以对教育投资征税.
 - 直观解释: 征税提高了教育信号的筛选效率, 降低了维持类型筛选信号所带来的福利损失
 - 税收收入最后可均分给所有市场参与者 (转移支付)
- 记教育投资税率为 t
 - 当求职者“购买”教育年限 E 时, 除了原本的成本 $C(E)$ 外, 还需额外承担 Et 单位的税收

征税可提升市场效率

证明: 当 $E^* \in [\frac{1}{1+t}, \frac{1}{0.5+t}]$ 成立时, 市场存在如下分离均衡:

- 高产出人群选择 $E = E^*$,
- 低产出人群选择 $E = 0$.

证明留作练习, 你需要验证在该分离均衡中:

1. 高产出人群不会伪装成低产出人群
2. 低产出人群不会伪装成高产出人群.

取 $E^* = \frac{1}{1+t}$, 并记人均转移支付为 k .

税收最后会均分给所有参与者, 因此人均转移支付等于人均税收收入: $k = \frac{t(1-\alpha)}{1+t}$

两类求职者的均衡净收入如下:

- 低生产力人群: $1 + k$
 - 工资为 1, 转移支付为 k
- 高生产力人群: $2 - \frac{0.5+t}{1+t} + k$
 - 工资为 2, 转移支付为 k , 承担的税收和教育信号成本分别为 $t/(1+t)$ 和 $0.5/(1+t)$

包含教育税收的最优分离均衡

当税率 t 很大时, 转移支付 $k = \frac{t(1-\alpha)}{1+t}$ 趋近于 $(1 - \alpha)$. 此时, 两类求职者净收入均收敛于 $(2 - \alpha)$:

- 这恰好是混同均衡的结果: 高产出群体的教育年限无限接近零
- **直观解释:** 高税率提高了教育信号的筛选效率, 只需要很低的教育年限 E^* 就可以区分两类求职者

包含教育税收的最优分离均衡

当税率 t 很大时, 转移支付 $k = \frac{t(1-\alpha)}{1+t}$ 趋近于 $(1 - \alpha)$. 此时, 两类求职者净收入均收敛于 $(2 - \alpha)$:

- 这恰好是混同均衡的结果: 高产出群体的教育年限无限接近零
- **直观解释:** 高税率提高了教育信号的筛选效率, 只需要很低的教育年限 E^* 就可以区分两类求职者

不同于之前的混同均衡, 这种包含征税的分离均衡对低生产力求职者占比 α 没有限制, 并且重现了混同均衡的结果.

- 因此, 通过对教育投资征税, 可以在保留教育的信息筛选功能的同时, 消除无谓损失.