讲义 4 — 选择和个体需求理论

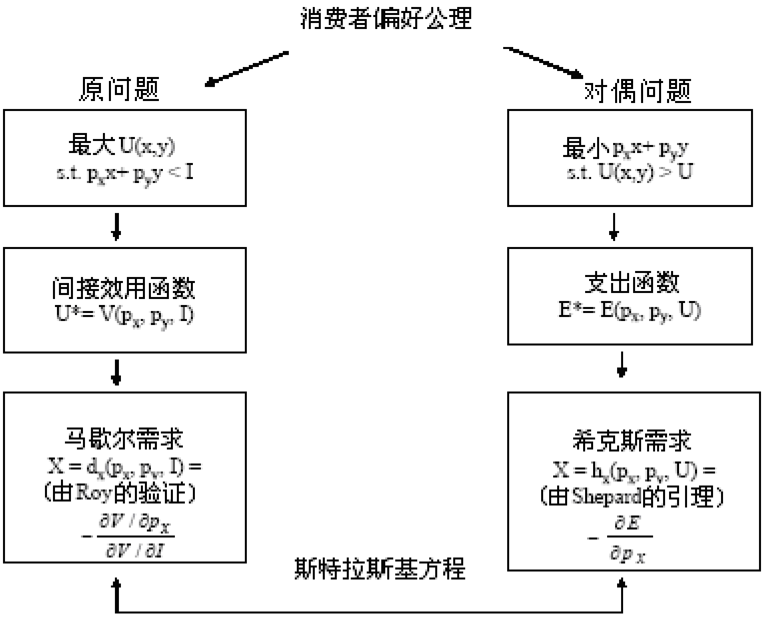
David Autor

14.03 2004 秋季

<u>日程</u>

1. 效用最大化
2. 间接效用函数
3. 应用：礼品赠与 — Waldfogel 的论文
4. 支出函数
5. 支出函数与间接效用函数间的关系
6. 需求函数
7. 应用：食品券 — Whitmore 的论文
8. 收入和替代效应
9. 正常和低档商品
10. 补偿需求和无补偿需求（希克斯的，马歇尔的）
11. 应用：吉芬物品 — Jensen 和 Miller 的论文

路线图：



1　消费者选择理论

1.1　预算约束下的效用最大化

<u>因素</u>：

- 效用函数（偏好）
- 预算约束
- 价格

<u>消费者的问题</u>

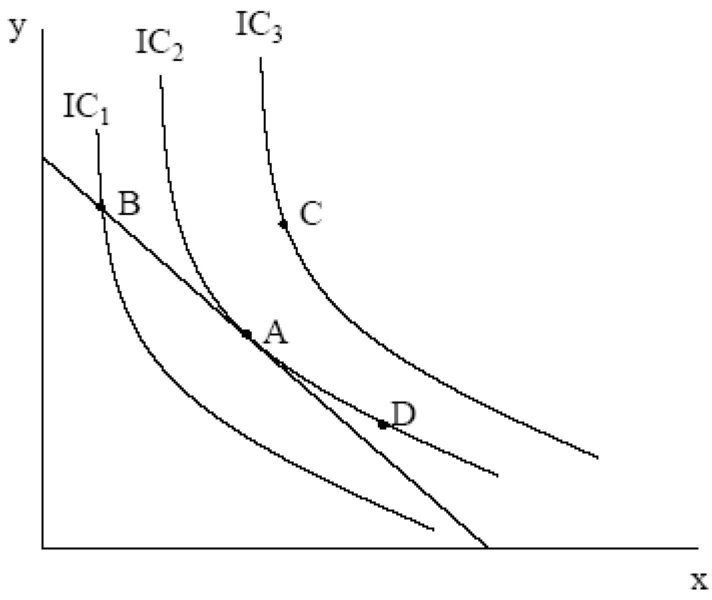
在预算约束下使效用最大

<u>解决方案的特征</u>：

- 预算耗竭（非满足）
- 大多数解答：　心理权衡 ＝货币支付
- 心理权衡是 MRS
- 货币权衡是价格比率

直觉上来看，效用最大化与下面的观点一致：

（注意到预算线的斜率等于$-\frac{p_x}{p_y}$）



这些点中有什么问题呢？

我们能看出 $A^{F} B, A^{I} D, C^{F} A$。为什么一个人应该选 $\boldsymbol{A}$？

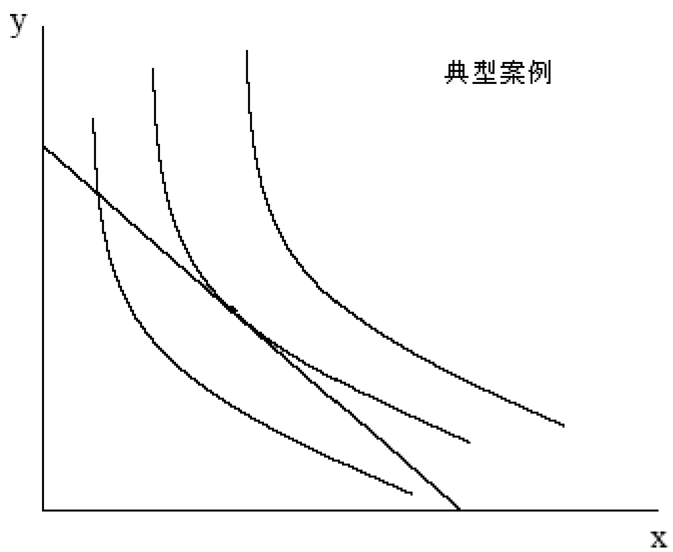
无差异曲线的斜率由 MRS 所给定。

1.1.1 **内部解和边角解[可选]**

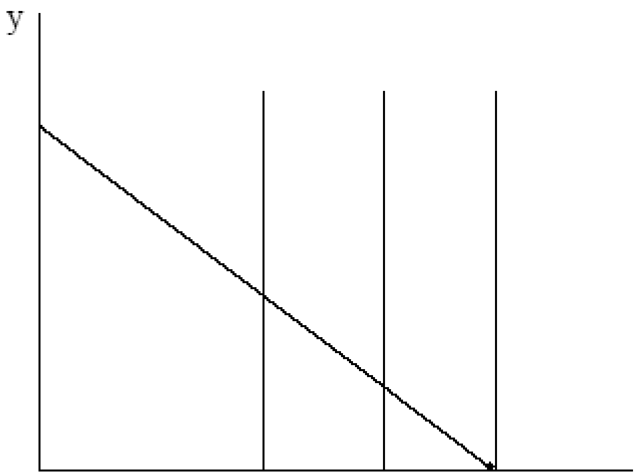
对于这个问题有两种解决方案。

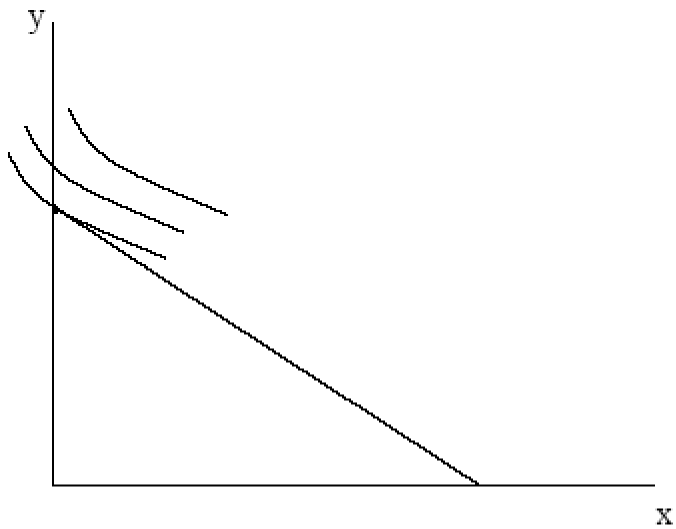
1. 内部解

2. 边角解



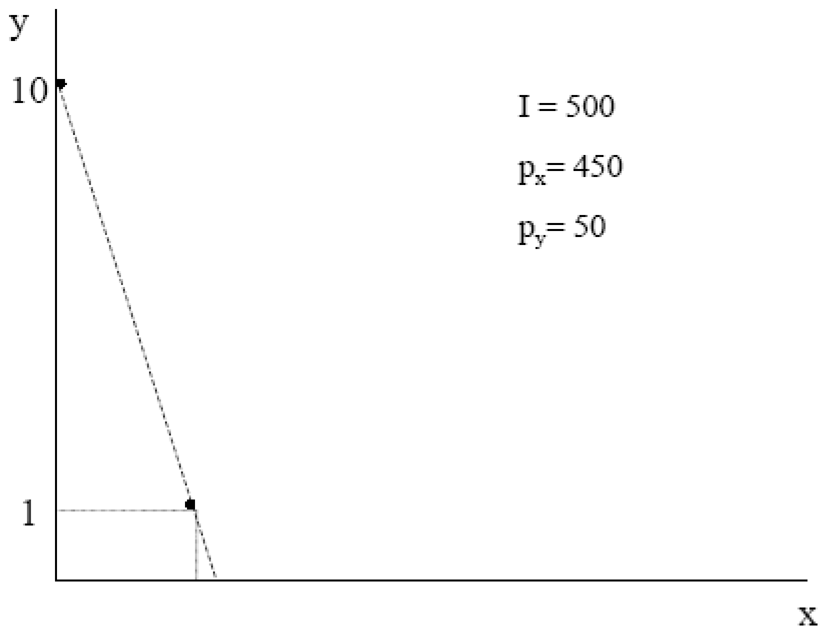
下面是边角解的一个例子。在这个特殊的例子中，无差异曲线的形状表示消费者对商品 y 的消费是无差别的。只有当 x 的消费增加时，效用才会上升。





而在上图中相对于 x，对 y 的偏好充分强以致心理权衡总是低于货币交易。这应该是我们不会买的一些产品的案例。

另一种“边角”解源于不可分割性。



为什么我们不能作这样的预算线，即连接两个点？

这是因为只有两点能够被画出。这是一种“完整性约束”。由不可分割性我们抽象而出。

回到一般的案例中，我们怎么知道消费者的解决方案存在，也就是说，我们怎么知道消费者能够做出选择？

这是因为完全性公理。每种组合都位于一条无差异曲线上，并且因此而能够被排序：$A\,^{I}\,B$, $A \succ B$, $B \succ A$。

1.1.2 消费者问题的数学解答

数学：

$$\begin{aligned} & \max_{x,y} U(x,y) \\ s.t.\ \ p_x x + p_y y &\leq I \\ L &= U(x,y) + \lambda(I - p_x x - p_y y) \\ 1.\quad \frac{\partial L}{\partial x} &= U_x - \lambda p_x = 0 \\ 2.\quad \frac{\partial L}{\partial y} &= U_y - \lambda p_y = 0 \\ 3.\quad \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= I - p_x x - p_y y = 0 \end{aligned}$$

重新安排 1 和 2

$$\frac{U_x}{U_y} = \frac{p_x}{p_y}$$

这意味着在这两种商品之间心理权衡和货币交易是相等的。

3 表示预算过度（不满足）。

同样要注意：

$$\frac{U_x}{p_x} = \lambda$$
$$\frac{U_y}{p_y} = \lambda$$

λ有什么意义？

1.1.3 λ的解释，拉格朗日乘数

在消费者问题的解答中（更特别的，内部解中），有着下面的情况：

$$\frac{\partial U/\partial x_1}{p_1} = \frac{\partial U/\partial x_2}{p_2} = ... = \frac{\partial U/\partial x_n}{p_n} = \lambda$$

这个表达式说明在效用最大化的点上，花在每一个商品上的下一元钱都能产生相同的边际效用。

那么$\frac{\partial U}{\partial I}$是什么？回到拉格朗日算法：

$$\begin{aligned}
L &= U(x,y) + \lambda(I - p_x x - p_y y) \\
\frac{\partial L}{\partial x} &= U_x - \lambda p_x = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial y} &= U_y - \lambda p_y = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial \lambda} &= I - p_x x - p_y y = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial I} &= \left(U_x \frac{\partial x}{\partial I} - \lambda p_x \frac{\partial x}{\partial I}\right) + \left(U_y \frac{\partial y}{\partial I} - \lambda p_y \frac{\partial y}{\partial I}\right) + \lambda
\end{aligned}$$

用$\lambda = \frac{U_x}{p_x}$和$\lambda = \frac{U_y}{p_y}$替代括号中的表达式，结果是零。

我们确定：

$$\frac{\partial L}{\partial I} = \lambda$$

λ等于预算约束的“影子价格”，也就是说它表示通过下一元钱的消费能获得的尤特尔的数量。

这个影子价格定义并不是唯一的。它只定义在单调变换区间上。

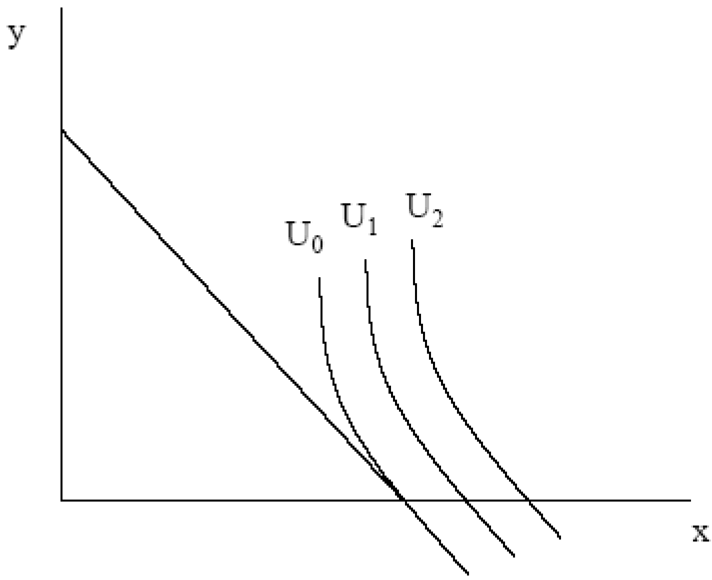
影子价格意味着什么？本质上，它是放松一个单位（例如，一元）预算约束的‘效用价值’。[问：$\partial^2 U/\partial I^2$的标志是什么，为什么？]

不使用包络定理计算，我们也能决定$\partial L/\partial I = \lambda$。在对效用最大化这个问题的解答中，$x^*$和$y^*$已经是最优的了，所以 **I** 的微小变化就不会改变这种选择。因此，**I** 对 **U** 的影响取决于对预算约束的直接影响，而非间接影响（由于最优化改变）对x和y的选择。这种‘包络’的结果只小范围内成立于原问题的解答附近。

<u>边角解：不寻常的案例</u>

在边角解中，消费者完全不购买某种商品，而将整个预算都花在另一种上。

就拉格朗日因子而言，这造成了什么问题？



问题在于当y为正值时切点并不存在。

因此我们也需要加入“非负性约束”：$x \geq 0, y \geq 0$

尽管在中级程度上这个问题不太重要，但在最优化问题中加入这些约束条件也非难事。

1.1.4 一个例题

考虑下面的问题：

$U(x,y) = \frac{1}{4}\ln x + \frac{3}{4}\ln y$

注意这个需求函数满足所有的公理：

1. 完整性，传递性，持续性 [这些是很显然的]

2. 非满足：对所有的$x > 0$有$U_x = \frac{1}{4x} > 0$，对所有$y > 0$有$U_y = \frac{3}{4y} > 0$。换言之尽管上升的比例是下降的（消费的边际效用递减），随着对任一种商品的大量消费，效用持续是上升的。

3. 边际替代率递减：
沿该函数的一条无差异曲线：$\bar{U} = \frac{1}{4}\ln x_0 + \frac{3}{4}\ln y_0$

   全微分得：$0 = \frac{1}{4x_0}dx + \frac{3}{4y_0}dy$

   得出边际替代率 $-\frac{dy}{dx}|_{\bar{U}} = \frac{U_x}{U_y} = \frac{4y_0}{12x_0}$

   x 对 y 的边际替代率随着对 y 的消费而上升，随着对 x 的消费而下降；保持效用水平不变，消费者拥有越多的 y，他为了获得一单位 x 而愿意放弃的 y 就多。

例：

$p_x = 1$

$p_y = 2$

$I = 12$

写出给定价格和收入的该效用函数的拉格朗日算法：

$$\begin{aligned}
& \max_{x,y} U(x,y) \\
s.t.\ p_x x + p_y y &\leq I \\
L &= \frac{1}{4}\ln x + \frac{3}{4}\ln y + \lambda(12 - x - 2y) \\
1. \quad \frac{\partial L}{\partial x} &= \frac{1}{4x} - \lambda = 0 \\
2. \quad \frac{\partial L}{\partial y} &= \frac{3}{4y} - 2\lambda = 0 \\
3. \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= 12 - x - 2y = 0
\end{aligned}$$

重新安排(1)和(2)，我们有：

$$\begin{aligned}
\frac{U_x}{U_y} &= \frac{p_x}{p_y} \\
\frac{1/4x}{3/4y} &= \frac{1}{2}
\end{aligned}$$

这个表达式的解释是 MRS（心理权衡）等于市场交易（价格比率）。

$\frac{\partial L}{\partial I}$是什么？在以前，它等于 λ,，而由(1)和(2)，它等于：

$$\lambda = \frac{1}{4x^*} = \frac{3}{8y^*}.$$

下一元钱收入能购买的一单位 x 的边际效用是 $\frac{1}{4x^*}$，或者 $\frac{1}{2}$ 单位 y 的边际效用是 $\frac{3}{4y^*}$（这样，边际效用的增量是$\frac{1}{2}\cdot\frac{3}{4y^*}$）。从选择最优的$x^*, y^*$ 的角度来定义$\partial L/\partial I = \lambda$，这点是非常重要的。除非我们已经处于最优点，否则包络定理就无法使用。因此，$\partial L/\partial I$也取决于交叉的部分：$\left(U_x\frac{\partial x}{\partial I} - \lambda p_x \frac{\partial x}{\partial I}\right) + \left(U_y \frac{\partial y}{\partial I} - \lambda p_y \frac{\partial y}{\partial I}\right)$。

1.1.5 非负性约束下的拉格朗日算法 [可选]

$$\begin{aligned}
& \max U(x,y) \\
s.t.\ p_x x + p_y y &\leq I \\
y &\geq 0 \\
L &= U(x,y) + \lambda(I - p_x x - p_y y) + \gamma(y - s^2) \\
1. \quad \frac{\partial L}{\partial x} &= U_x - \lambda p_x = 0 \\
2. \quad \frac{\partial L}{\partial y} &= U_y - \lambda p_y + \gamma = 0 \\
3. \quad \frac{\partial L}{\partial s} &= -2s\gamma = 0
\end{aligned}$$

第 3 点表示$\gamma = 0$, $s = 0$,，或都有可能。

1. $s=0,\ \gamma \neq 0$（既然$\gamma \geq 0$那么就一定是$\gamma > 0$）

(a)

$$\begin{aligned} U_y - \lambda p_y + \gamma &= 0 \longrightarrow U_y - \lambda p_y < 0 \\ \frac{U_y}{p_y} &< \lambda \\ \frac{U_x}{p_x} &= \lambda \end{aligned}$$

合并以上两个表达式：

$$\frac{U_x}{U_y} > \frac{p_x}{p_y}$$

消费者想要消费更多的 x 和更少的 y，但是这是不可能的。

2. $s \neq 0,\ \gamma = 0$

$$\begin{aligned} U_y - \lambda p_y + \gamma &= 0 \longrightarrow U_y - \lambda p_y = 0 \\ \frac{U_y}{p_y} &= \frac{U_x}{p_x} = \lambda \end{aligned}$$

这是标准的式子，这里并没有用到非负性约束。

3. $s=0,\ \gamma = 0$

式子同上：

$$\frac{p_x}{p_y} = \frac{U_x}{U_y}$$

这里满足非负性约束条件，所以并没有使消费扭曲。

1.2 间接效用函数

对于任意的：

- 预算约束
- 效用函数
- 一组价格

我们都能获得一组的最优化选择的数量。

$$\begin{aligned} x_1^* &= x_1(p_1, p_2, ..., p_n, I) \\ &\cdots \\ x_n^* &= x_n(p_1, p_2, ..., p_n, I) \end{aligned}$$

于是我们说：

$$\max U(x_1, ..., x_n)\ s.t.\ PX^* \leq I$$

这样得到结果：

$$\max U(x_1^*(p_1,...,p_n,I),...,x_n^*(p_1,...,p_n,I))$$
$$\Rightarrow \quad U^*(p_1,...,p_n,I) \equiv V(p_1,...,p_n,I)$$

即为我们所称的“间接效用函数”。它是在给定价格与收入的情况下最大化的效用价值。

记住区别：

直接效用：从对$x_1,...,x_n$的消费中获得的效用

间接效用：当面对$p_1,...,p_n,I$时得到的效用

例：

$$\begin{aligned}
\max U(x,y) &= x^{.5}y^{.5} \\
s.t.\ p_x x + p_y y &\le I \\
L &= x^{.5}y^{.5} + \lambda(I - p_x x - p_y y) \\
\frac{\partial L}{\partial x} &= .5x^{-.5}y^{.5} - \lambda p_x = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial y} &= .5x^{.5}y^{-.5} - \lambda p_y = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial \lambda} &= I - p_x x - p_y y = 0
\end{aligned}$$

我们得到下式：

$$\lambda = \frac{.5x^{-.5}y^{.5}}{p_x} = \frac{.5x^{.5}y^{-.5}}{p_y}$$

化简为：

$$x = \frac{p_y y}{p_x}$$

代入预算约束中：

$$\begin{aligned}
I - p_x \frac{p_y y}{p_x} - p_y y &= 0 \\
p_y y &= \frac{1}{2}I, \quad p_y y = \frac{1}{2}I
\end{aligned}$$

$$x^* = \frac{I}{2p_x}, \quad y^* = \frac{I}{2p_y}$$

预算被两种商品均分了。

让我们推导这个例子中的间接效用函数：

$$U\left(\frac{I}{2p_x}, \frac{I}{2p_y}\right) = \left(\frac{I}{2p_x}\right)^{.5}\left(\frac{I}{2p_y}\right)^{.5}$$

为什么如此烦琐地计算间接效用函数？因为它能为我们节省时间。我们能直接通过价格和收入来得到消费者的效用，而不必去重新计算每组价格和预算约束的效用水平。当处理个体需求函数时，这样显得尤为简便。作为价格和收入（或效用）的函数，需求函数能给出某个特定的消费者对商品的购买量。

1.3 空白支票原理

消费者理论的一个直接运用是消费者在给定价格，约束以及收入的情况下总是做最优的选择。[一般来说，唯一的约束是消费不能多于收入，但是我们会看见存在其他约束条件的例

子。]

这个观察引出了空白支票原理：相较同等货币价值的实物转移支付，消费者并非更愿意接受现金支付。[这意味着两者之间也许是无差异的。]

就像有空白支票一样，消费者能使用现金买到他们负担得起的任何一种商品组合 —包括那些实物转移支付手段所给予的商品或服务。

给予美国公民的实物转移支付有很多，其中突出的例子如食品券，住房券，健康保险（医疗），教育贷款资助，幼儿看护服务，职业培训等等。[详尽的名单会很长。]

经济学理论提出，相对于等价的现金转移支付，这些实物转移支付手段也会成为对消费者选择的约束条件。

若消费者是理性的，那么对选择进行约束就没有好处。

例如，考虑一个消费者有$I = 100$的收入，面临对两种商品食物和住房的选择。二者一单位的价格分别为p_f, p_h;。

消费者的问题是

$$\max_{f,h} U(f,h)$$
$$s.t. \quad f + h \leq 100$$

政府决定提供 50 单位的住房补助。这意味着消费者现在能买至多 150 单位的住房或者至多 100 单位的食品。消费者的问题是：

$$\max_{f,h} U(f,h)$$
$$s.t. \quad f + h \leq 150$$
$$h \geq 50.$$

而要是政府决定提供 50 单位的现金，那么问题就会变成：

$$\max_{f,h} U(f,h)$$
$$s.t. \quad f + h \leq 150.$$

因而政府的转移支付有两个组成部分：

1. 预算线从I扩展到$I' = I + 50$.

2. 对预算约束征税 $h \geq 50$.

典型的经济学问题是：当仅使用(1)就能提高消费者的福利而政府又不必增加成本的话，为什么要(1)和(2)一起使用？

1.3.1. 一个简单的例子：圣诞节的无谓损失

1993 美国经济评论登载了 Joel Waldfogel 的一篇论文。它提供了一个典型的（也是有争议的）应用空白支票原理的例子

Waldfogel 观察到礼品的赠与同实物转移支付是等价的。因此对于消费者福利，相较简单的给予现金而言它的效率更低。

在 1993 年一月，他调查了大约 150 个耶鲁本科生在 1992 年所收到的节假日礼物：

1. 这些礼物的货币价值

2. 学生愿意付多少钱来买这些他们原本没有的东西

3. 学生愿意接受多少现金来替代这些礼物（通常高于他们愿意支付的 — 一个经济学异常现象。）

出于版权方面的考虑，图片被移除
见图 1：礼品赠与和无谓损失

Waldfogel 计算了每个礼品的“产生”价值$Y_j = V_j / P_j$.

就象理论（和直觉）预测的那样，平均来说，这个价值是非常低的。也就是说相对于等价的现金礼品，实物礼品的价值简直是“毁灭性的”。

Waldfogel 的图 **I** 显著地解释了这个理念：

预算线aa'是原始的预算线。

线bb'是实物转移支付的预算线。

U_1是同预算线bb'相交的最高的无差异曲线。这是消费组合 $\boldsymbol{II}$。

U_2和bb'的交点，记为 $\boldsymbol{III}$，是实物礼品的消费组合。G 的数量取决于礼品赠与者而非接受者。

尽管 $\boldsymbol{III}$ 在bb'上，但它并不是同预算线bb'相交的最高的无差异曲线。

若消费者的选择不受礼品赠与者的约束的话，线cc'是达到U_2效用的实际预算线。

在这个例子中相对于等价的现金转移支付，礼品赠与的无谓损失等于$(b' - c') / p_g$。

这篇文章中一些有趣的现象：

1. 价值“消灭”对远亲来说更大，如，祖父母

2. 价值“保存”对朋友更接近完美

3. 倾向于“消灭”大部分价值的人群，更喜欢付现金。

括号里的东西是标准的错误。既然 0.964 远大于 2 * 0.08，那么价值和价格之间的关系就是统计学上有意义的。

有关价格的价值的推导（回忆$\ln x$的$\partial / \partial x$是$\partial x / x$）

$$\frac{\partial value_i}{\partial price_i} = \frac{\partial value_i}{value_i} \cdot \frac{price_i}{\partial price_i} = 0.964.$$

这就是说，价格上升百分之 1 同价值上升百分之 0.964 是相联系的。

但是，价格和价值水平间还存在一个主要的差别。以指数的形式重写这个等式：

$$\begin{aligned} \ln(value_i) &= -\ln(\exp(0.314)) + 0.964 \ln(price_i) \\ &= \ln\left(\frac{price_i^{0.964}}{\exp(0.314)}\right) \end{aligned}$$

对两边同时取幂：

$$\begin{aligned} value_i &= \frac{price_i^{0.964}}{\exp(0.314)} \\ &= \frac{price_i^{0.964}}{1.37} \\ &= .73 \times price_i^{0.964} \end{aligned}$$

所以对接受者来说，一个$100 的礼品的价值大概只相当于$62。

可以看出为什么用自然对数来表示这些关系很方便。自然对数常用来表示成比例的效果。上面的回归方程式说明了礼品的价值大约等于价格的 96%，再减去 31%。

Waldfogel 的文章引起了出乎意料的大量争论，甚至于在经济学家之间，而他们大部分或许是支持空白支票原理的。

对于许多读者来说，这篇文章似乎成了经济学家的迂腐的一个例证，“他们了解有关价格的一切却对价值一无所知。”那么 Waldfogel 忽略了什么呢？

1.4 支出函数

下面我们来看一个对消费者理论更充分（也更好）的应用：食品券。

在这之前，我们需要一些工具。

到目前为止，我们已经分析了当收入保持不变而价格改变时的问题。我们使用了间接效用函数。

现在我们要分析效用保持不变而支出改变时的问题，我们就要用到支出函数。

这两个问题是相当类似的 — 事实上，它们是“*对偶*”的。

大多数经济学问题都有*对偶问题*，意即一个逆否命题。

例如，选择使利润最大的产量的对偶问题是给定的产量水平的成本最小：成本最小化同利润最大化是对偶的。

同样地，预算约束下效用最大的对偶问题是效用约束下支出最小。

1.1 支出函数

消费者的问题：预算约束下的效用最大化

对偶：效用约束（也就是说，必须达到的效用水平）下的最小支出

这个对偶问题引出了“支出函数”：获得给定水平效用所需的最小支出。

<u>对偶的设置</u>

1. 开始于：

$$\max U(x,y)$$
$$s.t.\ p_x x + p_y y \leq I$$

2. 给定p_x, p_y, I解决 $x^*,\ y^* \Rightarrow v^* = U(x^*,\ y^*)$

   $V^* = V(p_x, p_y, I)$

   V是间接效用函数。

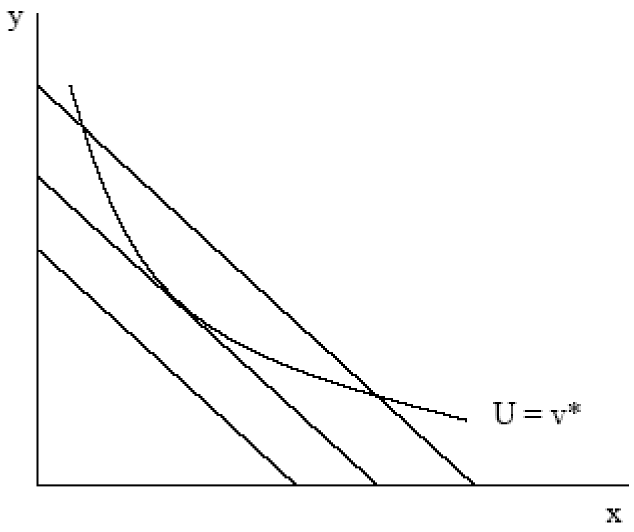
3. 现在解决下面的问题：

$$\min p_x x + p_y y$$
$$s.t. U(x,y) \geq v^*$$

赋 $E^* = p_x x^* + p_y y^*$ 给 $U(x^*,\ y^*) = v^*$.

$E^* = E(p_x, p_y, V^*)$

1.2 **对偶问题的图形表示**



这个对偶问题是给定无差异曲线，选择同它相切的最低的一条预算线。

例：

$$\begin{aligned} \min E &= p_x x + p_y y \\ s.t.\ x^{.5}y^{.5} &\geq U_p \end{aligned}$$

这里 U_p 来自原问题。

$$L = p_x x + p_y y + \lambda\left(U_p - x^{.5}y^{.5}\right)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial x} &= p_x - \lambda .5 x^{-.5} y^{.5} = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial y} &= p_y - \lambda .5 x^{.5} y^{-.5} = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= U_p - x^{.5}y^{.5} = 0 \end{aligned}$$

等式中前两个化简为：

$$x = \frac{p_y y}{p_x}$$

把它代入约束条件 $U_p = x^{.5}y^{.5}$ 得：

$$\begin{aligned} U_p &= \left(\frac{p_y y}{p_x}\right)^{.5} y^{.5} \\ x^* &= \left(\frac{p_y}{p_x}\right)^{.5} U_p,\quad y^* = \left(\frac{p_x}{p_y}\right)^{.5} U_p \\ E^* &= p_x\left(\frac{p_y}{p_x}\right)^{.5} U_p + p_y\left(\frac{p_x}{p_y}\right)^{.5} U_p \\ &= 2p_x^{.5} p_y^{.5} U_p \end{aligned}$$

比较一下对偶问题和原问题的解答？

1.3 支出函数和间接效用函数的关系

我们考察支出函数和间接效用函数的关系。

$$\begin{aligned} V(p_x, p_y, I_0) &= U_0 \\ E(p_x, p_y, U_0) &= I_0 \\ V(p_x, p_y, E(p_x, p_y, U_0)) &= U_0 \\ E(p_x, p_y, V(p_x, p_y, I_0)) &= I_0 \end{aligned}$$

支出函数和间接效用函数是互逆的。

在上面的例子中，我们来证实这一点。

回忆原问题中给出的要素需求x_p^*，y_p^*，它是价格和收入（不是效用）的函数。

对偶问题给出了支出（预算要求），将其作为效用和价格的函数。

$$x_p^* = \frac{I}{2p_x},\ y_p^* = \frac{I}{2p_y},\ U^* = \left(\frac{I}{2p_x}\right)^{.5}\left(\frac{I}{2p_y}\right)^{.5}$$

现在把它们代入支出函数：

$$E^* = 2U_p p_x^{.5} p_y^{.5} = \left(\frac{I}{2p_x}\right)^{.5}\left(\frac{I}{2p_y}\right)^{.5} p_x^{.5} p_y^{.5} = I$$

最后还要注意的是这些乘数，对偶问题中的乘数和原问题的乘数是互为倒数的。

$$\begin{aligned} \lambda_P &= \frac{U_x}{p_x} = \frac{U_y}{p_y} \\ \lambda_D &= \frac{p_x}{U_x} = \frac{p_y}{U_y} \end{aligned}$$

1.5 需求函数

现在我们用支出函数和间接效用函数来得到需求函数。

目前，我们已经解决了下面的问题：

- 效用，作为价格和预算的函数

- 支出，作为价格和效用的函数

我们已经有了一个隐含的需求表。

需求表源自个体的效用函数。

对于任意的效用函数，在其他商品价格以及收入或效用二者之一保持不变的情况下，我们都能求出某种商品作为价格的函数的需求数量

1.1 马歇尔需求（“非补偿”需求）

在前面的例子中：

$$U(x, y) = x^{.5} y^{.5}$$

我们推导出：

$$
\begin{aligned}
x(p_x, p_y, I) &= .5\frac{I}{p_x} \\
y(p_x, p_y, I) &= .5\frac{I}{p_y}
\end{aligned}
$$

我们写出这些需求函数（对个体的）如：

$$
\begin{aligned}
x_1^* &= d_1(p_1, p_2, ..., p_n, I) \\
x_2^* &= d_2(p_1, p_2, ..., p_n, I) \\
&\cdots \\
x_n^* &= d_n(p_1, p_2, ..., p_n, I)
\end{aligned}
$$

我们称之为“马歇尔”需求，以 Alfred Marshall 命名。他最先画出了这样的需求曲线。

1.2 希克斯需求（“补偿”需求）

同样我们推导出：

$$
\begin{aligned}
x(p_x, p_y, U) &= \left(\frac{p_y}{p_x}\right)^{.5} U_p \\
y(p_x, p_y, U) &= \left(\frac{p_x}{p_y}\right)^{.5} U_p
\end{aligned}
$$

我们写出这些需求函数（对个体的）如：

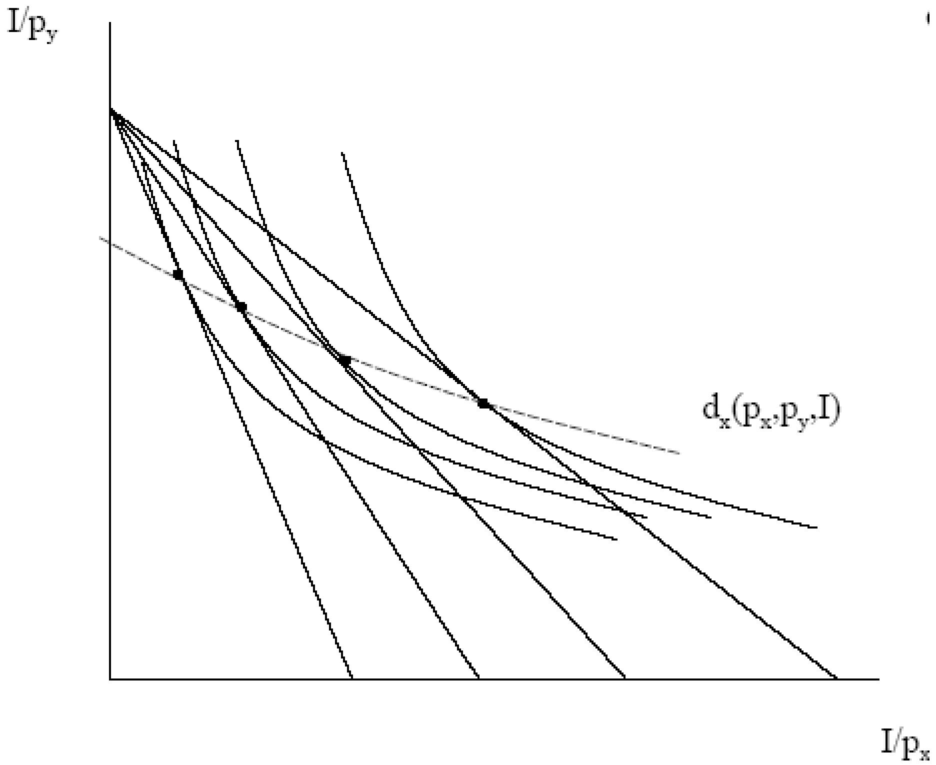
$$
\begin{aligned}
x_{1,c}^* &= h_1(p_1, p_2, ..., p_n, U) \\
x_{2,c}^* &= h_2(p_1, p_2, ..., p_n, U) \\
&\cdots \\
x_{n,c}^* &= h_n(p_1, p_2, ..., p_n, U)
\end{aligned}
$$

我们称之为“希克斯”需求，以 John Hicks 命名。

该需求函数把效用作为一个变量，而不是收入。这是一个重要的区别。

1.3 需求曲线的图形推导

一条 x 的需求曲线，p_x 是 x 的函数



因此，需求函数是固定 I 和 p_y（所有其他商品价格）不变时无差异曲线和预算线的切点的连线。

这是一条什么类型的需求曲线？

马歇尔型的（$d_x(p_x, p_y, I)$）。效用不是固定的，但收入是。

现在，我们掌握了分析食品券计划的工具了。