

ロジスティクス工学

09 洗練された価格付け

宮本 裕一郎

miyamoto あつと sophia.ac.jp

上智大学 理工学部 情報理工学科

目次

洗練された価格付け

- 収益管理とは

- 限界収益による収益管理

- 動的価格付けによる収益管理

洗練された価格付け

収益管理とは

限界収益による収益管理

動的価格付けによる収益管理

とあるアパレル企業の販売例

表 1: 価格と需要の関係 (数値例)

価格	需要	収益
\$250	875	\$218,750
\$500	750	\$375,000
\$750	625	\$468,750
\$1,000	500	\$500,000
\$1,250	375	\$468,750
\$1,500	250	\$375,000

- ▶ 過去の履歴から、価格と需要の関係は大体わかっている。いくらで販売すべき？

価格と需要の関係

D : 需要, p : 価格

$$D = 1000 - 0.5p$$

$$D \geq 0, p \geq 0, D = 1000 - 0.5p$$

という条件のもとで

$p \times D$ を最大にするような価格 p を決めれば良い。

横軸が p , 縦軸が D のグラフに直線

$$D = 1000 - 0.5p$$

を描いて直感的に見てみよう。

複数の価格で顧客を分ける（差別化）

- ▶ 価格を固定するならば, $\operatorname{argmax}_{p \geq 0} \{p(1000 - 0.5p)\} = 1000$ が最適な

価格となる.

- ▶ 顧客を2つのグループ
 1. 高い価格でも購入するオシャレさん
 2. 安くなったら購入する庶民

に分ける.

- ▶ 最初に高い価格 p_1 で販売し, その価格で売れなくなってきたら価格 $p_2 (< p_1)$ で販売する.
- ▶ p_1, p_2 をそれぞれいくらに設定するのが良いだろうか?

図に描いて直感的に見てみよう.

- ▶ 顧客を3つのグループに分ける（価格を3段階に設定する）場合は？
- ▶ 究極的には, 価格を連続的に変化させれば取りこぼしがなくなる.
しかし, それは実際には
 - ▶ 運用の問題, 信用の問題,などから無理がある.

収益管理

- ▶ 商品の価格を柔軟に変化させることによって、従来の枠組みを超えた利益を被るための理論と実務の体系を**収益管理 (revenue management)** という。
- ▶ 報酬管理 (yield management) ともよばれる。
- ▶ ものが高ければ売れないし、安ければたくさん売れるが、たくさん売るのがいつでも良いわけではない。
- ▶ Selling the right inventory unit to the right type of customer, at the right time, and for the right price.
- ▶ 1980 年代の American Airlines での収益の 40%以上が収益管理によるものだと言われている。
- ▶ 歴史的には、航空業界で最初に導入され、次いでホテルやレンタカーで導入された。今では多くの業種で利用されている。

収益管理が特に有効に働く業界の特徴

- ▶ 陳腐化資産を対象とする.
 - ▶ ある時が来ると製品価値がなくなる.
 - ▶ あるいはモノの価値が時間経過にともなって極端に下がる.
- ▶ 需要の変動が激しい.
- ▶ 基本的には容量が限られている.
 - ▶ あるいは, それ以上のサービスとしようとする, 極端に費用がかさむ.
- ▶ 顧客が, 価格やサービスに対する感覚が異なる, いくつかの種類に分かれる.
 - ▶ 例) 洋服におけるオシャレさんと庶民
 - ▶ 例) 航空旅客におけるビジネスマンと観光客
- ▶ モノは事前に販売される.

このような状況のもとでは, 収益管理の効果が特に大きい. 航空会社はその一例である.

洗練された価格付け

収益管理とは

限界収益による収益管理

動的価格付けによる収益管理

とある航空便の例

▶ ビジネス客

- ▶ 金はある.
- ▶ 決まった日に乗りたい.
- ▶ 払い戻しができると嬉しい.

▶ レジャー客

- ▶ 安いほうが良い.
- ▶ 日程がちょっとずれてもいい.
- ▶ 払い戻しなしでもいい.

▶ 正規料金: \$250,
払い戻しあり

▶ 格安料金: \$100,
払い戻しなし

▶ 合計 16 席

表 2: 正規枠需要とその確率

需要	0	1	2	3	4	5	6	7 以上
確率	0.05	0.11	0.28	0.22	0.18	0.10	0.06	0

- ▶ 格安価格ならば、十分たくさん売れると仮定する.

正規枠と格安枠をいくつずつにすれば良い？

限界収益

限界収益

ひとつずつ売るものを増やすときの期待収益の増分を**限界収益 (marginal revenue)** という。

- ▶ 需要の最大値を n , 正規枠需要が i となる確率を p_i で表す.
 - ▶ 正規枠が 0 \Rightarrow 正規枠の期待売上数は 0
 - ▶ 正規枠が 1 \Rightarrow 正規枠の期待売上数は $1 \times (p_1 + p_2 + \cdots + p_n)$
 - ▶ 正規枠が 2 \Rightarrow 正規枠の期待売上数は $1 \times p_1 + 2 \times (p_2 + \cdots + p_n)$
 - ▶ 正規枠が k \Rightarrow 正規枠の期待売上数は $\sum_{i=0}^{k-1} i p_i + k \sum_{i=k}^n p_i$
- ▶ よって一般に, 正規枠が $k-1$ から k に増えるときの期待収益の増分は
 - ▶ (正規価格) $\times \sum_{i=k}^n p_i$ である.
- ▶ これが格安価格を下回らない間は正規枠を増やせば良い.

前のページの数値例で妥当な正規枠の数を計算してみよう！

洗練された価格付け

収益管理とは

限界収益による収益管理

動的価格付けによる収益管理

動的価格付け

- ▶ 一般に、売上などの実績は需要予測通りにはならない.
- ▶ 売上実績が得られるたびに、その時点で最良の価格に設定し直すという方策も考えられる.
- ▶ そのような方策を動的価格付け (dynamic pricing) という.

動的価格付けの例

- ▶ 毎日、正規客（\$250）が来る確率 $p_s = 0.2$ ，格安客（\$100）が来る確率 $p_k = 0.7$ ，どちらも来ない確率 $p_0 = 0.1$ ，両方来る確率が0であるとする。
- ▶ 例えば現在，便が出発するまで10日，残り座席数は5であるとする。
- ▶ 客が来たら座席を売るべきか？ 売らずに温存するべきか？ どうやって判断する？
- ▶ 残り日数を t ，残り座席数を n とし，その場合の最大収益の期待値を $D(n, t)$ とすると，以下の再帰方程式が成り立つ。

$$\begin{aligned} D(n, t) = & p_s \max\{D(n, t-1), 250 + D(n-1, t-1)\} \\ & + p_k \max\{D(n, t-1), 100 + D(n-1, t-1)\} \\ & + p_0 D(n, t-1) \quad (n > 0, t > 0) \\ D(n, t) = & 0 \quad (n = 0 \text{ or } t = 0) \end{aligned}$$

この再帰式を（動的計画法によって）解くことで，残り日数・残り座席数ごとの最大収益の期待値を計算できる。

動的価格付けの一般論

- ▶ より一般に, m 種類のお客が存在し, 種類 j のお客が来る確率が p_j で収益が r_j とすると, 再帰方程式は

$$D(n, t) = \sum_{j=1}^m p_j \max\{D(n, t-1), r_j + D(n-1, t-1)\} + p_0 D(n, t-1)$$

となる.

- ▶ さらに, 航空便は他の便と一緒に乗り継いで使われることも多い. 例えば, 香港からロサンゼルスへ行く際に, 香港から東京, 東京からロサンゼルスへの便を使うという具合である.

動的価格付けの一般論の続き

- ▶ 更により一般に、 l 種類の便があり、それぞれ座席数が n_1, n_2, \dots, n_l あるとき、種類 j のお客が種類 i の便で使う座席数が a_{ij} であるとする

$$\begin{aligned} D(n_1, \dots, n_l, t) \\ &= \sum_{j=1}^m p_j \max\{D(n_1, \dots, n_l, t-1), r_j + D(n_1 - a_{1j}, \dots, n_l - a_{lj}, t-1)\} \\ &\quad + p_0 D(n_1, \dots, n_l, t-1) \end{aligned}$$

となる.

- ▶ 大手航空会社では、 m や l 、さらには n_1, \dots, n_l は大きな数なので、この再帰方程式を正確に（厳密に）解くのは計算時間の観点から困難である。
よって線形最適化問題として近似して解くという手法も存在する。