

ビール業界におけるSCMについて

M2004MM002 坂野 豪彦

指導教員 澤木 勝茂

1 はじめに

ビールというのは、基本的に作り溜めができず鮮度が重視される傾向が強いとされている。そのため精度の高い需要予測、需要変動に瞬時に対応する仕組みが必要とされている。また工場出荷から店頭までの時間を短縮していかに鮮度を保ち発注回数を少なくしてコスト削減をするかということが求められる業界である。本論文では2005年度のビールの需要量をもとに予測値との誤差を計算し、ビールの最適な需要予測方法を求める。またビールを発注するトータルからビール缶の最適発注量、発注回数をもとめるとともに物流センターの最適配置問題にもふれて物流センターの最適配置問題についても考察する。

1.1 ビールの性質

1. ビールは重たく大きいため、工場出荷後から店頭までの時間を短縮しなければならない。
2. エリアごとの需要予測をすることで工場間の転送をなるべく少なくしなければならない。

需要予測についての4つの予測方法を以下に述べる。

2 加重移動平均法

2.1 変数

- F_{mn} : m 年における n 月の加重移動平均の予測量
- α : 重み係数
- D_{mn} : m 年の n 月の実際の需要量
- β_n : n 月における季節変動数

2.2 定式化

$$\alpha_0 = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_N$$

$$F_{mn} = \frac{\alpha_1 D_{mn-2} + \alpha_2 D_{mn-3} + \dots + \alpha_{N+2} D_{m1}}{\alpha_0}$$

これに季節変動を考慮して

$$F_{mn} = \frac{\beta_n (\alpha_1 D_{mn-2} + \alpha_2 D_{mn-3} + \dots + \alpha_{N+2} D_{m1})}{\alpha_0}$$

ここにおける β_n の季節変動は以下のように求める。

$$D_{01} + D_{11} + D_{21} + \dots + D_{m1} = S_1$$

$$D_{02} + D_{12} + D_{22} + \dots + D_{m2} = S_2$$

$$D_{03} + D_{13} + D_{23} + \dots + D_{m3} = S_3$$

⋮

$$D_{0n} + D_{1n} + D_{2n} + \dots + D_{mn} = S_n$$

$$S_1 + S_2 + \dots + S_n = S$$

求めた S を月数 n で割り $\frac{S}{n}$ とする

そして各々のその n 月における S_n を $\frac{S}{n}$ で割る。
即ち

$$\beta_n = \frac{S_n n}{S}$$

$$F_{mn} = \frac{S_n n}{S} \left(\frac{\alpha_1 D_{mn-2} + \alpha_2 D_{mn-3} + \dots + \alpha_n D_{m1}}{\alpha_0} \right)$$

3 需要指数法

3.1 変数

- F_{mn} : m 年における n 月の予測値
- D_{mn} : m 年における n 月の需要量
- δ_n : n 月の需要指数

3.2 定式化

まず N 月における需要指数 δ_n をもとめる。

$$\delta_n = \frac{1}{m-1} \left(\frac{D_{1n}}{D_0 n} + \frac{D_{2n}}{D_1 n} + \dots + \frac{D_{mn}}{D_{m-1n}} \right)$$

つまり需要指数は

$$\delta_n = \frac{1}{m-1} \left(\sum_{k=1}^m \frac{D_{kn}}{D_{k-1n}} \right)$$

よって需要予測の定式化は以下ようになる。

$$F_{mn} = \delta_n D_{m-1n}$$

4 指数平滑法

4.1 変数

- n : 期間
- D_{mn} : m 年における n 月の需要量
- α_n : n 月の平滑化定数
- F_{mn} : m 年における n 月の予測値
- δ_n : n 月の需要指数

4.2 定式化

$$F_{m+1n} = F_{mn} + \alpha_n (D_{mn} - F_{mn})$$

の関係より

$$F_{m+1n} = \alpha_n D_{mn} + \alpha_n (1 - \alpha_n) D_{m-1n} + \dots + \alpha_n (1 - \alpha_n)^{m-1} D_{1n} + (1 - \alpha_n)^m F_{1n}$$

となる。これでは信頼性に欠けるので予測値の修正を行う。修正には δ を用いることによって

$$F_{mn} = \alpha_n \delta_n (D_{m-1n}) + \alpha_n (1 - \alpha_n) \delta_n^2 D_{m-2n} + \dots + (1 - \alpha_n)^{m-1} \delta_n^m F_{1n}$$

5 季節変動法

5.1 変数

- A_m : m 年における需要量の平均値
- D_{mn} : m 年における n 月の需要量
- a : 基準需要量における重み係数
- b : 季節変動値における重み係数
- β_{mn} : m 年における n 月季節変動
- F_{mn} : m 年における n 月需要予測値
- f_{mn} : m 年 n 月までの傾向を加えた基準需要量

5.2 定式化

$$\beta_{mn} = \left(\frac{D_{mn}}{f_{mn}} \right) b + (1 - b) \beta_{m-1n}$$

$$n = 1, 2, 3, \dots, N \quad m = 1, 2, 3, \dots, M$$

ただし、初年度は前年の前例がないため初年度は以下のように過去 5 年間における同月の需要量をその年の平均需要で割ってそれを平均化したものとする。

$$\beta_{1n} = \frac{\left(\frac{D_{1n}}{A_1} + \frac{D_{2n}}{A_2} + \dots + \frac{D_{Mn}}{A_M} \right)}{M}$$

次に基準需要量は次のようにする。

$$F_{mn} = \frac{D_{mn}}{B_{mn}} a + f_{mn-1} (1 - a)$$

詳しくは〔1〕〔2〕〔5〕を参照せよ。

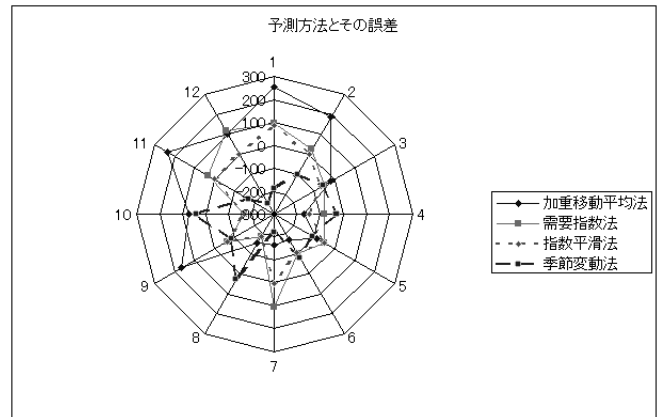
5.3 需要予測の方法

これまでに 4 つの需要予測方法を試してきた。この 4 つの需要予測方法の各月の誤差とをレーダーチャートで表したのが以下である。これを見てもわかるように一番誤差の少なかった順に指数平滑法、需要指数法、季節変動法、加重移動平均という結果になった。

指数平滑法がよかった理由として過去 6 年間のデータを使うことができ豊富なデータがある中で最適平滑定数を定めることができた。またビールのような季節変動の激しい商品は前年の同月の需要量が非常に重要になる。その利点をうまく引き出している指数平滑法が 1 番適した理由と考えられる。

6 最適発注量の決定

資材を購入して倉庫に保管し製造現場の要求に応じて出庫するまでに必要とする費用はその発生の順にしたがって、発注費用、在庫維持費の為の費用および資材の購買価額の 3 種に分類できる。



- 購買価額 : 資材の購買価額は製造原価の大半を占めているものであって重要な費用項目である。
- 発注費用 : 1 回の発注によって生ずるすべての費用である。
- 在庫維持費用 : 年間の平均在庫量の維持によって発生する費用である。

詳しくは〔3〕を参照せよ。

6.1 ビールとの繋がり

ここではビール業界での EOQ についての関係を述べておく。

一般に市場に出回っている缶はそのリサイクル率は 70 % ~ 80 % の間とされている。そのリサイクル缶を使った時の場合のことも考え、実際の新品の缶の発注量はどのくらいがよいかをこの章で考える。

6.2 変数

- r : ビール缶の回収率
- D : ビールの需要量
- C_m : ビール缶購買コスト
- C_r : リサイクルによるビール缶の購買コスト
- v : 回収したビール缶でまた缶を作る割合
- km : ビール缶発注費用
- kr : リサイクル缶の発注費用
- hm : ビールの在庫維持費 (百分率)
- hr : リサイクル缶の在庫維持費用 (百分率)
- Q_m : ビール缶注文数量
- Q_r : リサイクル缶の補充量

6.3 定式化

$$TC = \frac{D}{Q_m} km (1 - rv) + \frac{D}{Q_r} krrv + \frac{1}{2} Q_r hr Cr + \frac{1}{2} hm Q_m C_m + D((1 - rv) C_m + rv C_r)$$

これから最適購入量 (EOQ_m) リサイクルによる最適補充量 (EOQ_r) をもとめていく。最適購入量 (EOQ_m) を求めるために TC_m TC_r を Q_m, Q_r で微分すると以下になる。

$$EOQ_m = \sqrt{\frac{2kmD(1-rv)}{hmCm}}$$

$$EOQ_r = \sqrt{\frac{2krDrv}{hrCr}}$$

制約条件として $Q_r \leq Q_m$ とする. ラグランジュ乗数を使うと

$$\frac{\partial}{\partial Q_m} = -\frac{D}{Q_m^2} km(1-rv) + \frac{1}{2} hmCm +$$

$$\frac{\partial}{\partial Q_r} = -\frac{D}{Q_r^2} krrv + \frac{1}{2} hrCr -$$

$$\frac{\partial}{\partial \lambda} = Q_m - Q_r$$

を導くと

$$= \frac{krhmrvCm + km(1-rv)hrCr}{2(km(1-rv) - krrv)}$$

になり TC が最小になるような Q_r, Q_m はそれぞれ

$$Q_m = \sqrt{\frac{2D(km(1-rv) - krrv)}{hmCm + hrCr}}$$

$$Q_r = \sqrt{\frac{2D(krrv - km(1-rv))}{hmCm + hrCr}}$$

6.4 結果

アサヒビールの名古屋工場のスーパードライの出荷量は大瓶 (633ml) 換算で 5.8 億本になるそうです. そのビールの出荷量の半分は 350ml 缶だそうなので逆算したところ 5.2 億本になる. その 5.2 億本を本社の月別の売上割合で名古屋工場の各月の出荷量を導いたところ 1 月の出荷量は 2160 万本になった. 1 月の出荷量 2160 万本を元に普通缶の購買費用 65 円 (1 本) リサイクル缶 75 円 (1 本) とし, ビールの現在の回収率 (r) 72 % と回収したビール缶からまた缶を作れる割合 ν 70 % とし $rv=50.4$ % で計算し発注費用を増減させて発注回数を求めると以下ようになる.

表 1 発注費用と発注回数の関係

発注費用 (万円)	100	200	300
缶の発注量 (百本)	11529	16304	19969
発注回数	9.37	6.623	5.4
リサイクル缶発注量	10733	15178	18843
発注回数	10.06	7.11	5.73

発注費用 (万円)	400	600	1000	1600
缶の発注量	23058	28240	36458	46116
発注回数	4.68	3.8	2.91	2.3
再生缶発注量	21758	26648	34402	43516
発注回数	4.9	4.05	3.13	2.4

6.5 考察

普通の缶とリサイクルの製作コストの差を 10 円にしたが表 1 をみても分かる通り発注回数ではそんなに大差はでなかった. 1 本あたりの格差が 10 円はとても大きな差であるが, 発注回数にはそこまで今研究では反映されなかった

7 物流センターの最適配置問題

この節では, ビールの配送計画を考える. 現在アサヒビールには中部地区では名古屋工場内, 守山区新守西, 小牧に物流センターを持っているが現存の物流センターに加えて新たに物流センターを建設するとしたらどこが一番良いか, また限られた候補地の中で L 個の候補地を考えた場合のどこどこが一番最適な候補地かを 0-1 整数計画法で解いていく. なお販売店はユニー, アピタを選んだ. スーパーの物流センターについては [4] を参照せよ.

8 物流センターを 8 つの候補地から選ぶ場合

ここでは, 8 つの候補地から L 個の最適な場所を選んだ場合について考える. 現在ビールの物流センターは愛知県内で守山区と小牧にそれぞれ物流センターをもっているが, 実際にその立地がビールに関して最適に配置されているかを考える.

8.1 変数

- I : 物流センターの候補地数
- J : 販売店数
- M : 物流センターを建てる数
- D_{ij} : 物流センター候補地 i から販売店 j までの距離

とする.

$$B_i = \begin{cases} 1 & \text{(候補地 } i \text{ に物流センターを立地する時)} \\ 0 & \text{(候補地 } i \text{ に物流センターを立地しない時)} \end{cases}$$

$$A_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{(候補地 } i \text{ から販売店 } j \text{ へビールが輸送される時)} \\ 0 & \text{(候補地 } i \text{ から販売店 } j \text{ へビールが輸送されない時)} \end{cases}$$

8.2 定式化

以上の記号を使い定式化すると目的関数は

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J D_{ij} A_{ij}$$

となりこれを最小化して制約条件

$$\sum_{i=1}^I B_i = M$$

$$A_{ij} \leq B_i \quad (i = 1, \dots, I \quad j = 1, \dots, J)$$

$$\sum_{i=1}^I A_{ij} = 1 \quad (j = 1, \dots, J)$$

を考えていく.

8.3 結果

物流センターの候補地 $M=2$ とし、守山区、小牧、阿久比、一宮市、豊田市、三好、緑区、安城市の中からどこが一番最適かを計算したところ最短総距離は 937.3km となり守山区、と安城市に物流センターを建てるのが最適解ということになった。以下にその割り振りを表す。

表 2 店舗の割り振り

守山区	香久山店、千代田橋店、名古屋北店、長久手店、新守山店、緑区、鳴海店、港店、名古屋南店、東海通店、瀬戸店、今池店、中村店、大曽根店、黒川店、守山店、岩倉店、柴田店、アラタマ店、神野店、正保店、かい場店、滝ノ水店、江南店、江南西店、稲沢店、大口店、木曽川店、小牧店、桃花台店、高蔵寺店、尾西店、一宮店、小牧店、稲沢店
安城市	刈谷店、向山店、豊田元町店、豊川店、知立店、蒲郡店、岡崎北店、豊明店、食品館、大府店、阿久比店、東海荒尾店、知立店、国府店、安城店、新城店、豊明店、碧南店、西尾駅東店、乙川店、常滑店、武豊店、阿久比店、矢作店、安城店、豊川店、三河安城店

8.4 考察

表 2 の結果から一番最適な場所は守山区と安城市ということが解った。ただ今回は調査した対象がユニー、アピタという限定的なものだったとはいえ商業施設は同業他社は少なからず立地の上では拮抗しているといえる。そう考えた場合他の業種であるコンビニ、酒の販売店をしらべてみてもそう食い違いのない結果が得られると考えられる。

9 今ある物流センターに加えもう一つ建設する場合

ここでは、今ある守山区、小牧に加えもう一つ物流センターを建てる場合どこが一番いいかを候補地、阿久比、一宮市、豊田市、三好、緑区、安城市の中から考える。

9.1 定式化

以上の記号を使い定式化すると目的関数は

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J D_{ij} A_{ij}$$

となりこれを最小化して制約条件

$$B_i = 1 \quad i = 1, 2$$

$$\sum_{i=3}^I B_i = 1$$

$$A_{ij} \leq B_i \quad (i = 1, \dots, I \quad j = 1, \dots, J)$$

$$\sum_{i=1}^I A_{ij} = 1 \quad (j = 1, \dots, J)$$

を考えていく.

9.2 結果

もう一つ物流センターを建てるとしたら一番最適な場所は総距離で 862.2km で安城市という結果がでた。

9.3 考察

もう一つの立地場所は安城市という結果が得られた。これは愛知県を北部、中部、南部と 3 つに分けた場合南部のほとんどの店を受け持つ形となり、その数は 26 店舗にもなり非常に重要な地点ということがわかる。

また安城に物流センターを建設することで総距離を短縮できその結果、ビールの鮮度や輸送費といった面でメリットを享受できると考えられる。

参考文献

- [1] 児玉 正憲, 北原 慎輪, OR による在庫管理システム, pp.100-115
- [2] アサヒビール IR 情報, 月次データ, <http://www.asahibeer.co.jp/ir/monthlydata/>.
- [3] 南川利雄, 倉林良雄 資材管理 pp78-88
- [4] 杉下多栄, 鷲見彩子 スーパーチェーン店の最適配送計画卒業論文
- [5] 奥谷 弘樹, 坂野 豪彦, 丸善の在庫管理, 卒業論文, pp.15-17