

CVS向け弁当の需要予測

宗澤 拓郎

1. はじめに

当今CVS(コンビニエンスストア)の弁当類は、店の主要商品に育っているのみならず、現代人の生活様式に大きな影響を与えるようにまでなっている。首都圏には50種類もの弁当を1日5万食以上製造し、200店ものCVSに配送している大手メーカーが存在し、全国では300社の大小弁当メーカーが生産活動を行っており、弁当産業は年間総額1兆円を越える一大産業に成長している。

CVSにおける弁当類の販売量は、当日の曜日、イベント、季節、天候等によって変動するが、常温流通による非保存食のため、生産開始後24時間以内の販売を遵守する必要があり、余剰品は廃棄処分となるため、発注量はリスクとのトレードオフ事象である。当日の発注量は毎朝各店長の判断によって決定され、CVSチェーン本部のホストコンピュータを通じて各製造メーカーに発注されるが、各メーカーは朝、昼、夕食用に納入時間が定められているので、弁当製造所要時間、配達所要時間を考慮すると、当日の発注量を予測して先行的に独自の需要予測による見込生産を行なうことが必要となる。したがってメーカーとしては予測値が受注値より大きければ廃棄対象品となり大きな実損を生じ、予測値が受注値より少なければ急に追加生産を必要とし、生産効率の面からコストアップの原因となるので、できるだけ予測値精度を上げる必要性に迫られている。現在はベテランがKKD(経験と感と度胸)により推定しているが、手間がかかるうえ、大きな変動に対応できず精度が悪いという問題点がある。そこでCVS向け弁当メーカーのための需要予測の研究を行なった。

2. 予備調査

本研究の対象としたCVS向け弁当メーカーX社は、

むねざわ たくろう 筑波大学大学院 経営システム科学科

〒112 文京区大塚3-29-1

受理 92. 12. 24

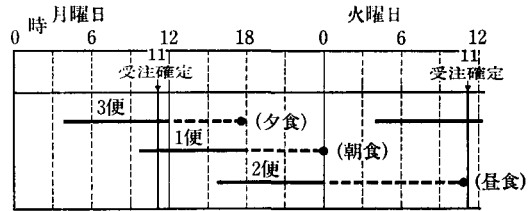


図1 製造タイムスケジュール

東京郊外に工場を有し、都内150店以上のCVSに約50種類の弁当を1日約5万食納入している大手メーカーの1つである。図1に製造タイムスケジュールを示してあるが、毎朝11時にCVSチェーン本部のコンピュータを通じて自社端末に各弁当の発注確定値が入力される。昼食用の2便は受注生産となるので問題はないが、朝食用の1便、夕食用の3便は、タイムスケジュールのようにKKDによる独自の需要予測値にもとづきそれぞれ朝4時、9時から先行的に見込生産を行なっている。しかし午前11時に各弁当の受注値を受信すると、ただちに予測値との差を計算し生産数量の変更指示が出され、不足分は特急小ロットでの追加生産が行なわれる。その追加生産方式は、追加量が15-20位までは家庭用の大型調理器具での生産が可能であるが、それ以上は小型プラントを動かす必要があり、手間の点からコストアップの要因となる。したがって、当面の目標誤差を|20|以内とおき、KKD予測より精度の高い簡単な推定方法を見いだすことを目的とした。なお解析の対象としては、300-500食/日の割合で長期的(1年以上)に安定生産している代表的な2品目、ポーク弁当、紅鮭弁当をとりあげた。

2.1 発注量に影響する主要因

弁当の発注量に影響すると思われる主な要因は、1)曜日、2)季節、3)休日、連休、正月、お盆等のイベント、4)天候、5)過不足に対する店長の心理的判断、が考えられるが、店長の心理は定量化しにくいので除き、残った4要因に着目した。

2.2 実データのマクロ解析

図2は代表的な一例としてポーク弁当の発注量とKKD予測値の実績値の傾向を見るため1990年12月1日から

1991年1月31日までの部分データを、月曜日から月曜日までを1週間ごとに区切ってプロットしたものであるが、これらの実績値推移データより次のことがいえることがわかった。

- 1) 明らかに週ごとに一定の傾向をもつ繰り返してある。
- 2) 週内曜日ごとに前半が低く後半が高くなる。
- 3) 全体として大きな季節的変動をもつようである。
- 4) 正月連休などのイベントの日は大きく変動し特異的傾向を示す。

図3は、週内変動の一例として紅鮭弁当の部分データを示したものである

が、2便と3便の間に一定の相関関係がうかがわれ、かつ2便と3便間で1日のずれがあるので、単純に3便の予測に2便の受注値が使えないかと考え、2便と3便の間の単回帰分析を行なったが、目標誤差|20|に対し誤差が20-40と大きくなったため採用しなかった。

3. 数式モデル

3.1) 数式モデル

実データのマクロ解析結果から、大枠として各週の平均値の推移を季節変動としてとらえ、週内の曜日ごとに曜日係数で補正することとし、さらにイベントおよび天候補正を加えるモデルを考え数式化すると式(1)のように簡単な1次式で表わせる。

$$Y_{1,w} = K_{i,w} * M_i + E - C \quad (1)$$

$Y_{i,w}$: 第*i*週 ω 曜日の予測値 $K_{i,w}$: 第*i*週 ω 曜日の推定曜日係数 M_i : 第*i*週の平均値 E : イベント補正 C : 天候補正

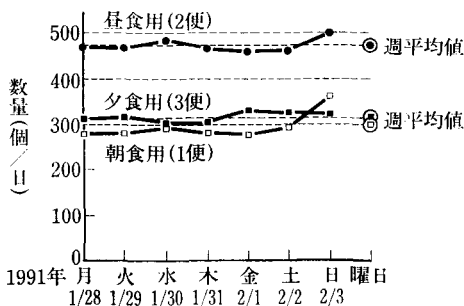


図3 週内変動例(紅鮭弁当)

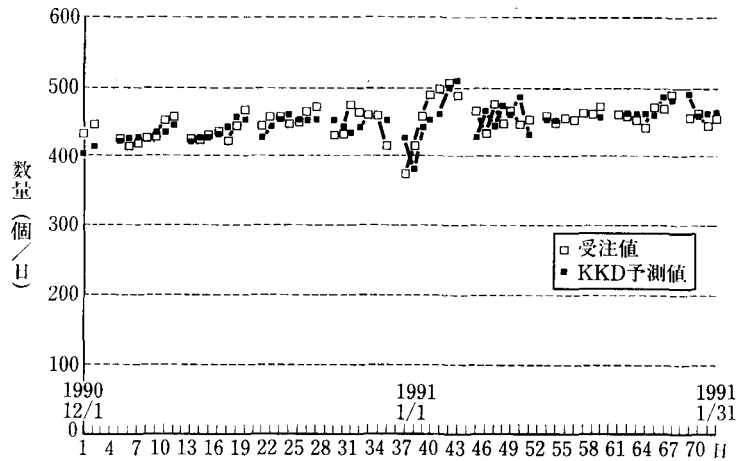


図2 受注値, KKD予測実例推移 (ポーク弁当)

3.2) 日曜係数の推定

週ごとに受注値の週平均を1として各曜日の係数を計算し平均をとると表1のようになる。しかし全計算値をプロットしてみると、図4にその一部を示してあるが、必ずしも一定ではなく季節的に少しずつ変動していることがわかる。そこで推定曜日係数 K_w に最適な追従性を付与するために指数平滑法によって推定することとした。すなわち $\alpha K_{i,w} + (1-\alpha)k_{i,w}$ とおき、トライアルの結果 $\alpha=0.9$ として、次の週の推定曜日係数 ($K_{i+1,w}$) は(2)式で計算することとした。

$$K_{i+1,w} = (9 * K_{i,w} + k_{i,w}) / 10 \quad (2)$$

$K_{i,w}$: 第*i*週 ω 曜日の推定曜日係数 $k_{i,w}$: 第*i*週 ω 曜日の実績曜日係数

表1 曜日変動係数の週平均値

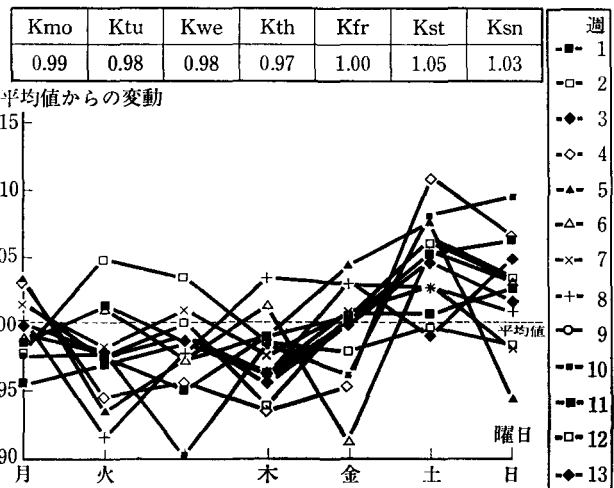


図4 曜日係数の変動

週w曜日の実績曜日係数

$$k_{i,w} = y_{i,w} / \sum_{w=1}^7 (y_{i,w}) / 7 \quad (3)$$

$y_{i,w}$: 第i週w曜日の受注値

3.3) 週平均値の推定

次の週の平均値を推定するため過去1年間の3点移動平均をとって見たが、

- 1) 正月, 5月連休, お盆など大きく変動する所があるため, 遅れを生じる.
- 3) 翌年必ずしも同じように移動するかどうかわからない. (1990年10月と91年10月とでは平均で40近い差がある)
- 4) 1年以上の実績データが必要で, 新製品など実績のないものには使用できない.

という理由から, 移動平均法では予測精度が上がらないと考え, 別なデータ追従方式による翌週平均値の推定方法をとることにした. このためいろいろトライアルを行なった結果, 週末に受注値実績の週平均値(m_i)をとり, 式(4)のように毎日の予測値誤差(=予測値-受注値)の単純週平均により補正して翌週の平均値を推定する方法が, 翌週の週平均値の上昇または下降傾向を折り込んだ推定ができ, かつ予測値の精度がよいことがわかったので, 本方式を採用することとした.

$$M_i = m_i - 1/2 \sum_{w=1}^7 (B_{i,w}) / 7 \quad (4)$$

m_i : 第i週の確定値週平均

$B_{i,w}$: 第i週w曜日予測値ばらつき

$$m_i = \sum_{w=1}^7 (y_{i-1,w}) / 7 \quad (5)$$

$$B_{i,w} = Y_{i,w} - y_{i,w} \quad (6)$$

$$\text{予測値ばらつきの週平均} : \sum_{w=1}^7 (B_{i,w}) / 7 \quad (7)$$

3.4) イベント, 天候補正

過去1年間のデータを全体的に検討し, イベント補正および天候補正を表2, 表3のように仮定した.

イベント補正: 各イベント日につき標準値に対する変化を調べ, おおよその傾向をつかんで3種類のパターンに分類して決めたものである.

天候補正: 図4において大きく下に外れている値は調べてみるといずれも雨天のためであることがわかった.

これら補正値の根拠は, 目標誤差を|20|としたのでそれ以上のばらつきは補正することを原則とし, 最少レベルで(+20), ついで $20*2=40$, $20*2*2=80$ ということ

表2 イベント補正

ランク	内容	補正值
E 1	正月, お盆, ゴールデンウィーク	+80
E 2	連休	+40
E 3	単独休日, 連休前日	+20

表3 天候補正

	内容	補正值
C	雨	-20

とした. これ以上に細かく調整すると実用上煩雑で使用できなくなることを恐れたからである.

4. 予測精度の評価法

予測値は受注値に対してプラス・マイナスの方向にばらつくが, 誤差の絶対値が小さいほど精度が高いといえる. 予測精度の評価方法として, 予測値誤差($B_{i,w}$)の単純平均をとると, プラス・マイナスが相殺されて意味がなくなってしまうので, 絶対値の平均を考えたが, 中心からのばらつきをより拡大して評価するために二乗誤差(予測値と確定値の差の二乗式(8))を用いて比較することとした. したがって予測精度の目標としては, 前述したように毎日の予測値の誤差が|20|以下, すなわち二乗誤差の週平均が400以下となることを目標とした.

$$\text{二乗誤差} : S_{i,w} = (B_{i,w})^2 = (Y_{i,w} - y_{i,w})^2 \quad (8)$$

$$\text{二乗誤差の週平均} : \sum_{w=1}^7 (S_{i,w}) / 7 \quad (9)$$

5. 推定式による予測の実行と改良

5.1) 予測の実行

推定式(1)による実際の予測は, マッキントッシュ上で表計算ソフトExcelにデータを入力して逐一計算した.

予測実行例の一部を表4に示す. 操作方法を紹介すると

- 1) 週末にまず今週の週平均を出す行欄を計算し, 次週の週平均の推定値(M_i)を式(4)により求める. (Mac上では単に前週の週平均行欄(罫で網かけしている部分)をコピーして今週の平均行欄にペーストすればよい)
- 2) ついで次週の曜日係数($K_{i+1,w}$)数を全部推定して入力しておく. (同様にExcel上では, 最初に各欄ごとに計算式(2)を全部定義しておけば, 単に今週の曜日係数($K_{i,w}$)を次週の曜日係数($K_{i+1,w}$)の欄にコピー&ペーストすればよい)
- 3) 実績曜日係数($k_{i,w}$)は式(3)により計算する. (Excel上ではあらかじめ $k_{i,w}$ 欄に式(3)を定義し

表 4 予測値計算実施例 (ポーク弁当1991/2-3)

日	曜日	天気	KKD 予測値	確定値 y _{i,w}	曜日係数 K _{i,w}	実績 曜日係数 k _{i,w}	補正值 E,C	予測値 Y _{i,w}	予測値 誤差 B _{i,w}	KKD 誤差	予測値 二乗誤差 S _{i,w}	KKD 二乗誤差
25	月	晴	450	446	0.98	1.00		454	8	4	66	16
26	火	晴	450	442	0.99	1.00		441	-1	8	1	64
27	水	晴	450	429	0.99	0.97		448	19	21	365	441
28	木	曇	440	416	0.99	0.94		437	21	24	460	576
1	金	晴	430	445	1.01	1.00		444	-1	-15	0	225
2	土	曇	460	463	1.02	1.04		463	0	-3	0	9
3	日	晴	460	467	1.02	1.05		462	-5	-7	25	49
			週平均	444			M _i	441	6	32	131	197
4	月	晴	425	453	0.98	1.01		437	-16	-28	272	784
5	火	曇	450	441	0.99	0.98		443	2	9	5	81
6	水	曇	450	439	0.99	0.98		435	-4	11	17	121
7	木	晴	450	446	0.98	0.99		436	-10	4	94	16
8	金	雨	450	437	1.01	0.97		449	12	13	146	169
9	土	晴	455	461	1.03	1.03		446	-15	-6	215	36
10	日	晴	465	463	1.03	1.03		460	-3	2	11	4
			週平均	449			M _i	451	-5	5	109	173

ておけば、週末に自動的に計算される)

4)予測値 (Y_{i,w}) の計算は式(1)により計算する。

(Excel 上ではあらかじめ欄に式(1)を定義しておけば、自動的に予測式が次の1週間分表示される)

5)その日の確定値(y_{i,w})を入力すると、定義式(6),(8)に従って自動的にその日の予測値の誤差(B_{i,w}), および予測精度としての二乗誤差(S_{i,w})が計算され表示される。(Excel上では最初にB_{i,w}, S_{i,w}欄をそれぞれ(6),(8)式で定義しておけば、コピーペーストにより自動表示される)

6)つぎつぎにこれを繰り返し週末になると週平均が定義式(7),(9)で計算される。(Excel上では1)の処理により自動的に計算される)

7)イベントは、該当日の補正值欄にあらかじめ適当な補正值を入力しておけば(1)式により自動的に計算し補正してくれる。天候補正も同様に当日補正值欄に-20と入力しさえすればよい。

8)以上の操作はMacのExcel上では、最初にそれぞれの欄の定義をしておきさえすれば、後は毎週末にコピーペーストにより次週分すべての定義を行なうことにより、毎日受注値を入れるたびにつぎつぎに自動的に計算されていくので操作は非常に

簡単である。

5.2) 改良点

本予測値推定式は当初過去1年間のデータにもとづき導入したものであるが、その後約1年経過してさらにもう1年間のデータにより上記方法で計算した結果にもとづいて、対象の広範性と現場で使用を考慮して、データへの追従性と簡便性を重視して以下の改良を行なった。

- 1)追従性を上げるためネガティブフィードバックの考え方を取り入れ、式(1)による予測値に対し式(10)のように前日のばらつきによる補正を行なった。これは前日のばらつき(B_{i,w-1})が(+)であれば推定値が大きすぎたことになるのでそのぶんマイナスする。ばらつきが(-)の時は逆にプラスするもので、1/2の係数が掛けてあるのはハンティング防止のためである。

$$Y_{i,w} = K_{i,w} * M_i - (B_{i,w-1})/2 + E - C \quad (10)$$

- 2)イベント補正值については当初仮定したとおりでよいことがわかった。

雨天による天候補正は原則として-20としたが、実際問題として1便(朝食)では午前11時に注文を受けて翌日納品され、3便(夕食)では店長が朝9時に判断して注文したものがその日の夕方に納品されるなど、大きな時間

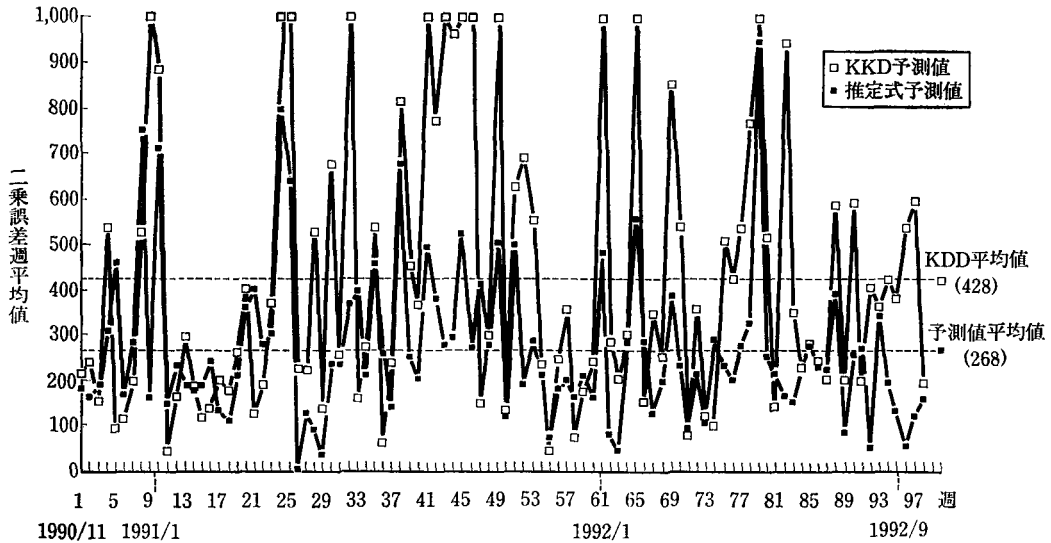


図 5 予測精度比較例 (ポーク弁当)

的ずれがある。したがって実際問題として店長の予測においては、天候の影響は考慮しにくいことを意味している。ここで対象としているのは弁当製造メーカーレベルの予測であり、また過去2年間のデータチェックしてみても必ずしも雨天に下がっているとはいえないことがわかった。故に雨の影響は雨が降った場合および翌日台風などで確実に雨になるという場合以外は影響ないものと考え、次に述べる別な形での補正に含めることとし、原則として天候補正は行なわないこととした。

3)ときどき週単位で発注量が大きく変動することがある。このような場合同じ符号で大きなばらつきがづつて起こるので、3日以上そのようなばらつきがづつていた場合は、 M_i の推定がずれていることになるので、ばらつき大きさにより10単位での補正を行なうこととする。

4)以上整理すると予測値推定式は下記の式(10)で表わされる。

$$Y_{i,w} = [9K_{i-1,w} + y_{i-1,w} / \sum_{w=1}^7 (y_{i-1,w}) / 7] / 10^*$$

$$[\sum_{w=1}^7 (y_{i-1,w}) / 7 - 1/2 \sum_{w=1}^7 (Y_{i-1,w} - y_{i-1,w}) / 7]$$

$$- (Y_{i,w-1} - y_{i,w-1}) / 2 + E \quad (10)$$

9. 予測結果の評価

1)以上の予測値推定式を用いてポーク弁当および紅鮭弁当につき1990年11月から92年10月まで2年間にわたって予測を行なった。ポーク弁当について、この方法による予測結果と実際にベテランがKKDで行なった予測結果との予測精度を比較したものが図5に例示してある。

図5では1000以上の二乗誤差は全部1000にして表示してあるが、KKD予測に比べ二乗誤差平均値が1000以上にもなる大きなばらつきがないのが最大のメリットで、過去2年間の二乗誤差平均値は268であるから平均的誤差は $\sqrt{268} = 16.4$ となり目標値誤差|20|以下は十分達成しており、KKD予測の二乗誤差平均値428に対しては $\sqrt{268} / \sqrt{428} = 0.80$ と予測精度はよくなっている。

2)同様に紅鮭弁当でもこの2年間の予測実績は二乗誤差平均値が240であった。平均的誤差は $\sqrt{240} = 15.5$ では目標値誤差|20|は同様にクリアしている。KKD予測の二乗誤差は353だったので $\sqrt{240} / \sqrt{353} = 0.82$ とよい。これらの評価結果から本予測値推定式は十分実用に供するといえる。

7. まとめ

CVSベンダーのための弁当の需要予測を行ない、

- 1)簡単な数式モデルにより比較的精度の高い予測が可能で表計算ソフト上で簡便に使用可能になった。
- 2)データに対する追従性はよく、2年間のテスト結果からみて全種類の弁当の予測に使用可能である。

[謝辞] 本研究を進めるにあたり筑波大学、森村英典教授にご指導いただいたこと、またデータの解析にあたり同大学、今井久子、酒井正子両氏のご協力を得たことを合わせて感謝いたします。

参考文献

- 1) バタチャリヤ, ジョンソン, 簗谷千風訳; 初等統計学 (1982) p.87-