和食ファミリーレストランの需要予測と最適発注量

2014SS074 佐藤祐斗
指導教員：三浦英俊

1　はじめに

本研究で研究対象にした和食ファミリーレストランでは現状, 毎回に発注する量が多く, その分期限切れや傷みによる食材廃棄が多いという問題がある. 数ある食材の中, メニューの入れ替わり等で廃止になる食材や入れ替わり直後での売り上げの不安定などが生じるため, 今回は 1 年を通して提供されることが保証されており, 季節の変動が大きく 1 食辺りの使用量に誤差が生じない天ぷらの食材についてシミュレーションを利用して需要予測を行い, 最適発注量を求める. 天ぷらの食材は主に大エビ, 小エビ, 天魚, 野菜 2 種, オクラであり, 野菜は季節毎に変わる. また, 天ぷら食材は, 魚介類には代替物がないが野菜類は代替物が存在することが特徴である. そこで, シミュレーションによる発注システムについて考える.

2　在庫管理

魚介類は冷凍庫, 野菜類は冷蔵庫保存である. それぞれの i 日目の在庫量を,($i-1$ 日の在庫量) + (i 日の発注到着量) − (i 日の使用量) で求める. 発注は水, 金, 日曜に発注を行い, リードタイムは 2 日である. なお, シミュレーションにおいては単位辺りの在庫管理費用は 1 日につき a 円とし, 上に述べた順に 400 本/箱,300 本/箱,30 個/袋,75 本/袋である. 収納可能最大在庫は小エビが 3 箱（袋）, 他が 4 箱 (袋) である.

表 1　2016 年 7 月の小エビ在庫量

日	月	火	水	木	金	土
					1 日 1250	2 日 1054
3 日 879	4 日 762	5 日 1023	6 日 933	7 日 841	8 日 1152	9 日 984
10 日 1194	11 日 1094	12 日 1813	13 日 1721	14 日 1512	15 日 2111	16 日 1862
17 日 1907	18 日 1559	19 日 1774	20 日 1670	21 日 1520	22 日 1401	23 日 1217
24 日 1451	25 日 1351	26 日 1668	27 日 1565	28 日 1478	29 日 1364	30 日 1148
31 日 1393						

表 1 は 2016 年 7 月の小エビ在庫量のデータだが, このデータより 200(本) を下回ったのは一度もなく, 収納可能最大在庫量を超過している日も存在し, 保管費用のロスが大きいといえる. 現状発注の方法は団体予約の有無や平日祝日の前年度売り上げを見て予想している.

3　データ

対象の和食ファミリーレストランでは商品 (料理) の売上データと発注データを元に現在の在庫データを算出する. データは 2016 年 3 月から 2017 年 2 月までの 1 年間であり, 直接注文する際に自動で入力されるので信頼性の高いデータであり, この 1 年の天ぷらの売れ行きについて, 季節は冬よりも夏の方が売れ行きがいいこと, 外国人観光客の団体予約や季節限定メニューは売上平均, 売上標準偏差にはほとんど影響はなく, 最も影響を与えていたのは天候 (台風) や祝日であることが分かった. また祝日によって変動する標準偏差も, 平日祝日で分割して考えた場合では標準偏差も安定していた.

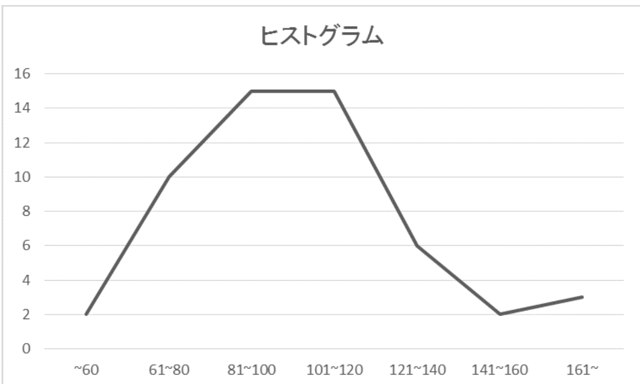
4　乱数

売上データの曜日ごとの分布を調べる. これはシミュレーションを行うにあたって, 乱数の発生方法を確定させるためである. 次の表とグラフは火曜日の小エビの売上データの分布図である.

図 1　火曜日の分布図 1

区間	階級値	度数
〜60	2	2
61〜80	10	12
81〜100	15	27
101〜120	15	42
121〜140	6	48
141〜160	2	50
161〜	3	53

図 2　火曜日のヒストグラム



ここでは火曜日のデータのみを示したが, 他の曜日についてもヒストグラムは中央部分が高い頻度を示しており, 一様分布よりはむしろ正規分布を仮定したほうが妥当で

あると考える．売上データの平均と標準偏差を基に架空の売上データをシミュレーションを利用して作成する. 次のように乱数を発生させ,1 日毎の使用量を作成し, それに見合った発注量を求める．標準正規分布に従って乱数を発生させるには Box-Muller 法がある.Box-Muller 法とは, 一様分布に従う確率変数から標準ガウス分布に従う確率変数を生成させる手法であり, 確率変数 X 及び Y が互いに独立で, ともに (0,1) 上での一様分布に従うものとする. このとき,

$$Z_1 = \sqrt{-2\log(X)}\cos 2\pi Y$$

$$Z_2 = \sqrt{-2\log(X)}\sin 2\pi Y$$

によって定義される Z_1,Z_2 は, 平均 0, 分散 1 の標準ガウス分布 $N(0,1)$ に従う互いに独立な確率変数となる．このように標準正規分布に従った架空の売上データは負の値を示すことがあるが, その際の売上は 0 として扱う.

5　シミュレーション

今回は 2 つの発注法を用いてシミュレーションを行う.

- 定量発注法 $\cdots$ ある発注点に達した場合にある一定値の発注を行う方法
- 収納可能最大在庫発注法 $\cdots$ 発注点は存在せず, 毎回の発注で収納可能在庫を超えない最大量を発注する方法

シミュレーションを行うにあたって, 食材を冷蔵庫または冷凍庫で管理するための在庫管理費用を S(円/年), 欠品日数を y(日/年) とする. 在庫管理費用は

$$S = \sum_{i=1}^{365} A_i$$

A_iは i 日目の在庫管理費用であり, 単位あたりの在庫管理費用を a(円/日) とする.

y : 1 年において在庫量が負の値になった日の数

在庫量はその日の閉店時であり, 発注到着は開店時とする．欠品日数 y は 1 以下に収めたい.
収納可能最大在庫発注法では収納可能最大在庫を 1200 とし, 定量発注も収納可能最大在庫発注も 1 本単位で発注するわけではなく,400(本/箱) の箱単位であるため, 発注量は 400 の倍数になっている．以上の条件を下に 100 回のシミュレーションを行った.

6　発注点と発注量

定量発注法において, 発注点と発注量を定める必要がある. 今回発注点と発注量の候補として 1 つ発注点を設けたのだが, 結果として欠品日数 y の値が安定しなかった. 原因として小さい発注点ではリードタイムの関係性上, 同じ発注量で 2 日間使用するが, 火曜日納入では唯一次の納入まで 3 日間の空きがあるため, ずれが生じてきてしまうためである. また, 在庫管理費用 S を最小化する際に在庫量が負の値になってしまった場合, 納入しても在庫が追い付かないという事が起きてしまう. 従って, 発注点を 1 つに限定する際, 定量発注法を用いるよりも収納可能最大在庫発注法を用いた方が適しているといえる.
そこで今回, 新たに発注点を 2 つ設けてシミュレーションを行った.

7　考察

発注点を 2 つ用いてシミュレーションを行った結果が下の図である.

表 2　シミュレーション結果

x_1	300	300	400	400	400	500
x_2	100	200	100	200	300	100
S	92585	115316	107700	126225	147883	1354001
y	42.802	35.703	16.040	14.614	12.000	4.693
x_1	500	500	500	600	600	600
x_2	200	300	400	100	200	300
S	142936	162182	184124	169445	171817	179655
y	3.851	3.545	2.802	1.634	1.089	0.733
x_1	600	600	700	700	700	700
x_2	400	500	100	200	300	400
S	197967	221071	204292	205111	207687	215487
y	0.851	0.782	0.436	0.366	0.347	0.218
x_1	700	700	800	800	800	800
x_2	500	600	100	200	300	400
S	234840	256870	240563	240644	241060	243852
y	0.208	0.208	0.238	0.0495	0.0297	0.0396
x_1	800	800	800			
x_2	500	600	700			
S	252078	270779	294525			
y	0.0198	0.0396	0.0297			

x_1,x_2 はそれぞれ発注点 1, 発注点 2 であり, 在庫量が x_1 を下回ると 400 だけ発注し, さらに x_2 を下回ると 800 を発注する. また,y が 0.5 の場合 5 年に 1 回欠品が生じるという事を示し,S の末尾 a は省略してある.x_2 が x_1 の半分以下の場合, 対応する S と y にほとんど相違がないことが分かる. しかし, 半分以上になると x_2 が 100 上がるに対し S は約 $20000a$ 上がっていくため, その時の y の振れ幅に大きく依存してくる. 条件より 1 以下の y で最も S が小さいの発注点は 600 と 300 である. 現状のやり方は 1 年で $434039a$ 円であったので約 4 割に抑えることができた.

参考文献

[1] 松井泰子, 根本俊男, 宇野毅明:『入門オペレーションズリサーチ』. 東海大学出版会,2008.

[2] 伏見正則:『乱数』. 東京大学出版会,1989.