

食品工場のコンビニエンスストア向け新商品の受注量予測

2015ss085 山田啓介 2015ss087 山口素

指導教員：三浦英俊

1 はじめに

本研究はコンビニエンスストア向けに弁当を製造する A 社との共同研究である。A 社は主に S 県, Y 県のコンビニエンスストアに納品する食製品を製造している。

A 社の扱う製品は、パック、弁当、直巻、手巻、チルド、御飯、寿司の 7 個のカテゴリーに分類化されている。また A 社ではコンビニエンスストアへの食製品の配送を 1 便, 2 便, 3 便 (朝, 昼, 夜) に分けて行っている。

2 研究目的

A 社は食品を製造するにあたり事前に生産数を予測している。しかし、正確な受注予測が難しいのが現状である。そのため本研究では新製品の受注数の予測をより正確にできるようにすることを目的とする。配送される便のうち、2 便, 3 便にはおおよその生産数の事前通知があるが、1 便だけには事前通知が無いいため予測が非常に困難なものになっている。そのため私たちは 1 便に重点を置き分析を進める。過去に受注予測について行われた研究がある [1] が、本研究では日次について予測を行い、予測と実績の誤差を 10% 以内とすることを目標とする。

先に述べた 7 つのカテゴリーのうち、人気の高い弁当カテゴリーを分析する。弁当カテゴリーには「チキン南蛮弁当」や「麻婆炒飯」、「幕の内弁当」などがある。

予測の手順は以下の通りである。

- (1) 各弁当の初発 (新商品の初日の第 1 便の受注個数) を調べる。
- (2) 弁当を種類ごとに分け、店舗当たりの初発 (新商品の初発を、その商品を発注した店舗数で割ったもの) の平均を出す。
- (3) 初発や実績をもとに数理計画問題を用いて 4 個程度のグループに分ける。
- (4) 各グループの変化率を算出し予測式をたてる。
- (5) 新商品をグループにあてはめ、予測式を用いて予測を行う。

実際にグルーピングを行うことで、新商品や類似商品の場合でも予測の精度を上げることができる。また誰でも経験に頼らず予測を立てることができるようになる。

3 弁当の傾向

新商品の受注量の変化にはいくつかの傾向がある。

(1) 食製品

- 食製品の打ち切りと新しい食製品の製造開始は、あらかじめ決まったスケジュールによって、週あたり数個

の入れ替えがある。

- 新製品は、まったく新しい種類のものもあれば、既存の製品を改良したものもある (例えば弁当のおかずの種類を一部変更する, など)。
- 食製品の打ち切りと新しい食製品の製造開始は、火曜日に行われることが多い。
- すなわち、月曜日を最後としていくつかの打ち切りがあり、翌日火曜日に新食製品が登場するのである。
- 新商品のコンビニエンスストアからの受注数は、一般に初日が最も多く、日にちが経過するにつれて減少する。
- 週末は受注数が増加する。
- 火曜日は、新しい食製品が始まる日なので、その影響から受注数は少なくなることが多い。

(2) 受注量の変化

受注量の変化の傾向として、販売初日と最終日で受注量の差が少なく変化が少ないものと、図 1 のように初日と最終日で大きく差があり日にちを追うにつれ受注量が減っていくものの 2 つに大別される。

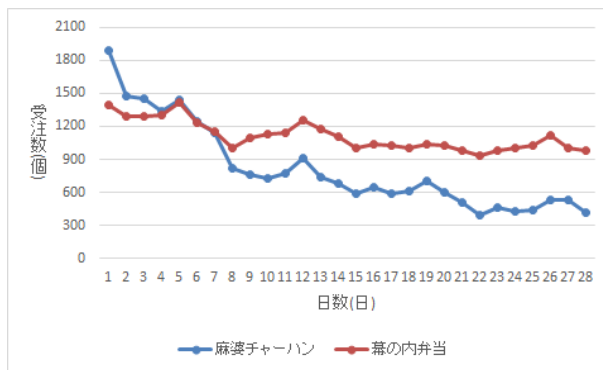


図 1 受注数の変化

4 新商品の初発予測が困難である理由

新商品の初発予測が困難である理由として、新商品であるため過去のデータが無いこと、過去の同名商品や類似商品の初発にばらつきがあることが挙げられる。表 1 のように、名前に炒飯とつくものでも商品によって初発に大きな差がある。

表1 初発のばらつき

商品名	推奨時店数	初発	1店舗当たりの初発
麻婆炒飯	305	1030	3.38
高菜チャーハン&唐揚げ弁当	309	837	2.71
たっぷり野菜のあんかけ炒飯	65	428	6.58
たっぷり野菜あんかけ炒飯	158	531	3.36
麻婆炒飯	611	1438	2.35
麻婆炒飯	620	1542	2.49
麻婆&海老チリ炒飯	620	3664	5.91
海老チリ&豚バラあんかけ炒飯	629	1813	2.88
豚肉とたけのこのあんかけ炒飯	630	1617	2.57
肉あんかけチャーハン	65	277	4.26
常温あんかけチャーハン	649	1864	2.87
野沢菜チャーハン鶏唐揚げ弁当	183	453	2.48
麻婆チャーハン	658	1886	2.87
チャーハン&油淋鶏	664	1763	2.66
チャーハン&チキン南蛮弁当	668	1810	2.71
チャーハン&タルタルチキン南蛮弁当	691	1487	2.15

5 グループピング

各グループの第28日の受注量に制約を与え、各グループの初発の差が最小になるように数理計画問題を解きグループピングを行う。また、この結果を用いて新商品の初発、1日後、1週間後の予測を行う。2012年～2017年に販売された新商品のうち、初発が火曜日から販売期間が4週(28日)である191商品についてグループ分けを行う。初発が全商品の初発平均の200%以上のは割引セールや有名人とのコラボ商品であることなど外的要因の影響が大きいと考えられるため、グループピングから除外した。

5.1 記号と変数の定義

以下のように記号と変数を定義する。

I :商品集合

K :グループ集合

l :グループ数

D :ばらつき

$q_i^{(n)}$:商品 i の第 n 日店舗当たり第一便受注数 ($i \in I, n = 1, 28$)

$S_k^{(n)}$:グループ k に属する商品の第 n 日第一便初発受注数の最大値 ($k \in K, n = 1, 28$)

$s_k^{(n)}$:グループ k に属する商品の第一便初発受注数の最小値 ($k \in K, n = 1, 28$)

$$x_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{商品 } i \text{ はグループ } k \text{ に属する} \\ 0 & \text{商品 } i \text{ はグループ } k \text{ に属さない} \end{cases}$$

5.2 定式化

定義した記号と変数を使用し以下のように定式化を行う。

目的関数

$$\text{Minimize } \max_k |S_k^{(1)} - s_k^{(1)}|$$

s.t.

$$S_k^{(n)} = \max_i x_{ik} q_i^{(n)} \quad (k \in K, n = 1, 28) \quad (1)$$

$$s_k^{(n)} = \min_i x_{ik} q_i^{(n)} \quad (\sum_i x_{ik} > 0) \quad (k \in K, n = 1, 28) \quad (2)$$

$$|S_k^{(28)} - s_k^{(28)}| \leq D \quad (3)$$

$$\sum_k \max_i x_{ik} = l \quad (4)$$

$$\sum_k x_{ik} = 1 \quad (i \in I) \quad (5)$$

制約式 (1), ..., (5) は以下の内容を表す。

- (1) グループ k に属する商品の第 n 日店舗当たり受注数の最大値
- (2) グループ k に属する商品の第 n 日店舗当たり受注数の最小値
- (3) 全てのグループについて所属する食製品の $q_i^{(28)}$ の最大値と最小値の差を D 以下とする制約
- (4) グループ数を l とする制約
- (5) 全ての商品は必ず1つのグループに属する制約

5.3 結果

グループ数 l を4に設定し第28日のばらつき制約をそれぞれ設定し解いた結果、第28日のばらつき制約を1.4以下にした時の、グループ内の商品数、グループ毎のばらつきは、グループ別の受注数の変化はそれぞれ以下の通りである。

表2 グループ数4の時の第1,28日のばらつき

	第1日	第28日
	1.68	1.00
	1.61	1.20
	1.60	1.30
	1.20	1.40
	1.20	1.50
	1.03	1.60

表3 第28日ばらつき制約1.4以下の時の結果

グループ	A	B	C	D
商品数	16	25	133	17
$S_k^{(1)}$	2.21	4.26	3.14	3.37
$s_k^{(1)}$	1.02	3.10	1.94	2.18
第1日ばらつき幅(個)	1.19	1.16	1.20	1.19
$S_k^{(28)}$	1.44	1.20	1.20	2.67
$s_k^{(28)}$	0.04	0.02	0.02	1.28
第28日ばらつき幅(個)	1.40	1.18	1.18	1.39

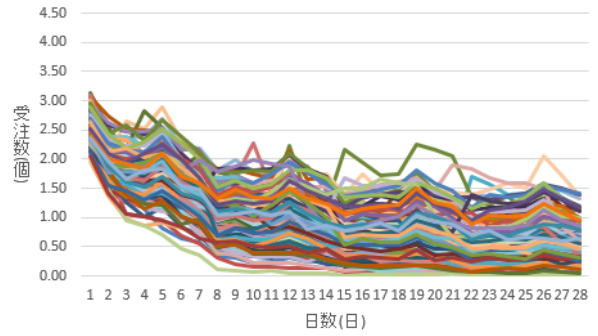


図4 受注数推移(グループC)

表4 第28日ばらつき制約1.4以下の時各グループの代表的な弁当

グループ	弁当例
A	ねぎ塩豚カルビ弁当, ロースカツカレー
B	グリルチキンステーキ弁当, 牛焼肉弁当
C	ロースとんかつ弁当, ミックスプレート
D	幕の内弁当, 明太のり弁当

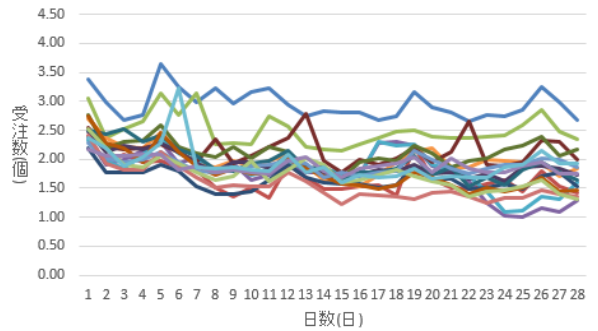


図5 受注数推移(グループD)

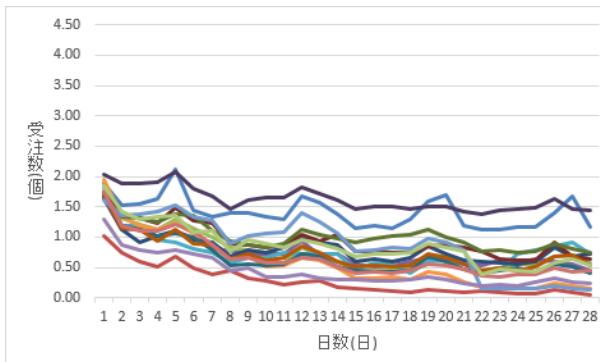


図2 受注数推移(グループA)

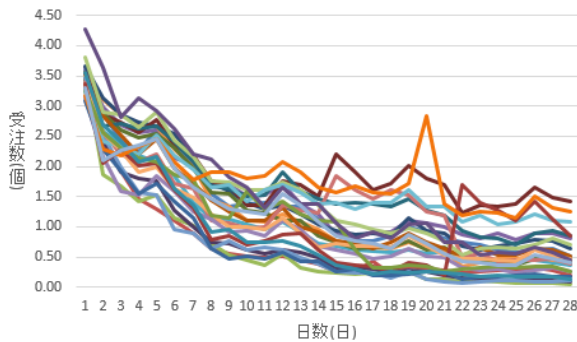


図3 受注数推移(グループB)

6 受注量予測

第5章のグループピングを用いて日次予測を行う。2014年に現在の工場が稼働し始めた点を踏まえ、グループピングの結果から2014年以前の商品をの除いたものを用いて以後受注量予測を行う。2014年以前の商品を除いた各グループの商品数と弁当例は表5の通りである。

表5 グルーピングから2014年以前の商品を除いた結果

グループ	商品数	弁当例
A	16	ねぎ塩豚カルビ弁当, ロースカツカレー
B	2	
C	103	ミックスプレート, 他多数
D	15	幕の内弁当, 明太のり弁当

6.1 予測係数

各商品の第 n 日の予測係数を

$$\text{第}n\text{日予測係数} = \begin{cases} \text{第}n\text{日の実績/店舗数} & (n=1) \\ \text{第}n\text{日の実績/第}n-1\text{日の実績} & (n>1) \end{cases}$$

とし、各グループの予測係数を算出する。2014年に現在の工場が稼働し始めた点を踏まえ、2014年~2017年の受注実績から予測係数の算出を行う。各グループの各日の予測係数は表6の通りである。

表 6 各グループの各日の予測係数

グループ	第 1 日	第 2 日	...	第 28 日
A	1.93	0.75	...	0.87
B	3.91	0.80	...	0.74
C	2.59	0.76	...	0.89
D	2.54	0.85	...	0.98

6.2 予測式

予測に用いる式は以下の通りである。

$$\text{第 } n \text{ 日予測値} = \begin{cases} \text{第 } n \text{ 日予測係数} \times \text{店舗数} & (n = 1) \\ \text{第 } n \text{ 日予測係数} \times \text{第 } n - 1 \text{ 日実績} & (n > 1) \end{cases}$$

予測を行う商品の名前に「ロースカツカレー」または「ねぎ塩豚カルビ弁当」と含まれている場合はグループ A の予測係数を、「幕の内弁当」または「明太のり弁当」と含まれている場合はグループ D の予測係数を、それ以外の場合はグループ C の予測係数を使用し予測を行う。

6.3 結果

2018 年の商品の予測結果は図 6 の通りである。また、弁当カテゴリーの全商品の予測の誤差の平均は 9.0% である。

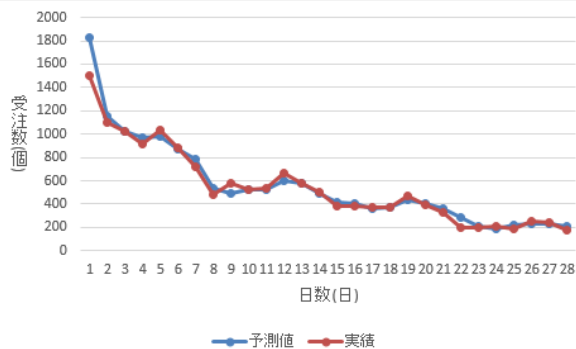


図 6 日次予測結果（和風ハンバーグ弁当）

7 第 2 便・第 3 便の予測

第 2 便、第 3 便の予測を第 1 便予測と同じグルーピングを用いて、第 2 便、第 3 便それぞれの変化率を用いて同様に行う。便によって異なるグループに属する商品がでないよう、各便それぞれの実績を用いたグルーピングではなく第 1 便のグルーピングを使用する。結果の一部を図 7、図 8 に示す。また、第 2 便、第 3 便の予測の誤差はそれぞれ 9.2%、13.5% である。

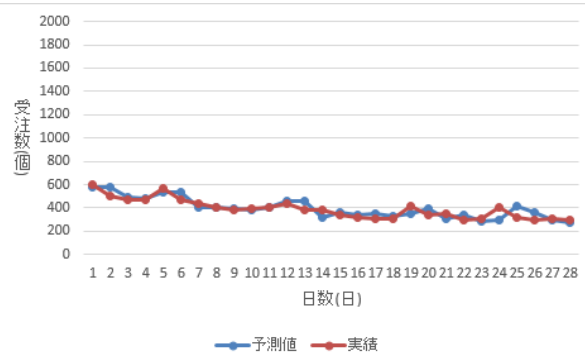


図 7 日次予測（第 2 便, 明太のり弁当）

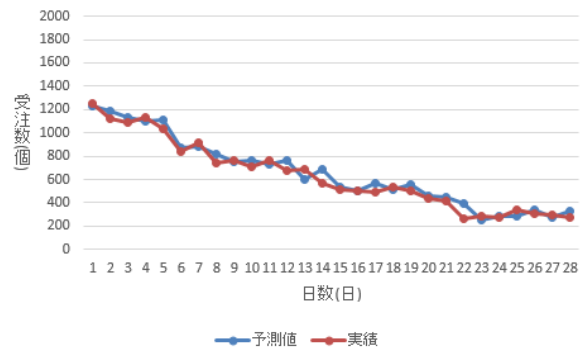


図 8 日次予測（第 3 便, 和風ハンバーグ弁当）

8 今後の課題

第 2 便、第 3 便の予測については、本研究では第 1 便の予測に重点を置いていること、便によって異なるグループに属する可能性があることから第 1 便の実績を用いたグルーピングを使用した。結果としては第 2 便、第 3 便の予測についてもある程度満足の結果となったが、結果によっては第 2 便、第 3 便のグルーピングについては再検討する必要があったかもしれない。また、今回は弁当カテゴリーの商品のみについて予測を行った。他のカテゴリーについては弁当カテゴリーと同様の予測方法で良い結果が得られるか検証する必要がある、良い結果が得られなければ他の予測方法を検討する必要があるため、これを今後の課題とする。

参考文献

- [1] 市橋舞美・加藤優貴：「コンビニエンスストア向け食製品の受注量予測」。2017 年度南山大学理工学部卒業論文,2018。