

コンビニエンスストア向け食製品生産工場の受注量予測システムの構築

2016SS015 今川武始 2016SS047 西川真吾

指導教員：三浦英俊

1 はじめに

本研究は食製品の日時予測を行う研究である。食製品のデータはコンビニエンスストア向けに食製品を製造する A 社から提供していただいている。図 1 のように A 社は主に S 県、Y 県のコンビニエンスストアから食製品を受注し生産、配送を行っている。A 社の扱う食製品は、パック、弁当、直巻、手巻、チルド、御飯、寿司の 7 個の 카테고リーに分類化されている。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 便のように朝、昼、夜の 3 回に分けて行っている。

A 社は、食製品を製造するにあたり事前に生産量を予測している。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量の予測をより正確に行うことを目的とする。本研究を行うことで新製品や類似製品の場合でも対応することが出来、誰でも予測を立てられるようになる。

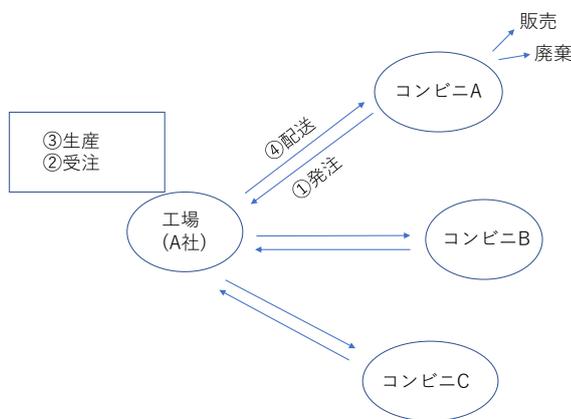


図 1 受注から配送までのモデル図

また食製品やその受注量には以下のような傾向がある。

- 火曜日に新製品の販売が始まる。
- 受注量は日々減少する傾向がある。
- 土日は受注量が多い。

2 日次予測について

予測には主に日次予測、週次予測、月次予測の 3 種類がある。日次予測とは、翌日の受注量を予測することである。週次予測とは 7 日後から 15 日後についての 1 日ごとの受

注量を予測することである。月次予測とは 1 ヶ月後の 1 日ごとの受注量を予測することである。本研究では日次予測のみを行っている。

3 研究の流れ

2012 年から 2019 年の食製品のうち 2012 年から 2017 年の食製品の受注量データを用いてグルーピングを行い、グループごとの予測に必要な係数を求める。2018 年以降の食製品の受注量データを用いて予測を行う。また、キーワードによる日次予測を行う。予測は実績と予測値の誤差率を 10 % 以下にすることを目標とする。

4 予測する食製品について

A 社はパック、弁当、直巻、手巻、チルド、御飯、寿司の 7 個の 카테고リーの食製品を扱っている。弁当については、既存研究 [1] ですで行われており、その手法を同様に用いて 4 個の 카테고リー、直巻、手巻、御飯、寿司について予測を行って予測精度を検証する。

5 食製品の傾向

食製品の受注量の日ごとの推移には以下のような傾向がある。

(1) 食製品

- 食製品の打ち切りと新製品の製造開始は、火曜日に行われることが多く、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、既存の食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。
- 月曜日を最後としていくつかの打ち切りがあり、翌日火曜日に新製品が登場するのである。
- 新製品のコンビニエンスストアからの受注量は、一般に初日が多く、日にちが経過するにつれて減少する。
- 週末は受注量が増加する。
- 火曜日は、新製品が始まる日なので、その影響から受注量は少なくなることが多い。

(2) 受注量の推移

受注量の推移の傾向は食製品ごとに異なり、図 2 のように初日と第 28 日目で受注量の差が少なく変化が少ないものや、図 3 のように初日と第 28 日目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などがある。



図2 受注量推移の例, 手巻 辛子明太子



図3 受注量推移の例, 手巻 ベーコンエッグ

6 食製品の初発予測が困難である理由

食製品の受注量には、土日は週日と比べて増加するが、全体としては日数が経過するにつれて減少する傾向があるので、翌日の受注量を予測する日次予測は、当日の受注量が分かれば予測はそれほど難しいものではない。しかし、食製品の生産の始まる初日は、前日のデータがないため予測が難しい。

7 誤差率について

誤差率とは実績に対する実績と予測値の差の割合である。誤差率が低いほど誤差が少なく予測精度が高い。

図4はグルーピングを行った手巻きベーコンエッグの実績と予測値の誤差を表したグラフである。初日から第28日目までの誤差率の平均は7.42で比較的精度の高い予測が出来ている。

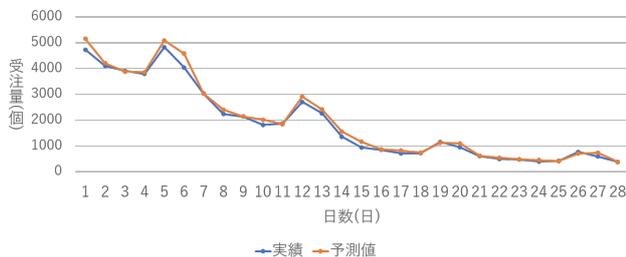


図4 手巻 ベーコンエッグ 実績と予測値の誤差

8 一店舗当たりの受注量について

一店舗当たりの受注量とは食製品の受注量を店舗数で割ったものである。表1のように同じ受注量でも店舗数が異なれば一店舗当たりの受注量は異なる。

表1 一店舗当たりの受注量

食製品名	店舗数	受注量	一店舗当たりの受注量
A	100	5000	50
B	10	5000	500

9 日次予測の手法

日次予測の手法として前日の一店舗当たりの受注量に予測係数をかけることでその次の日の受注量を予測するという手法を用いる。用いる予測係数と予測式について述べる。

9.1 記号の定義

$q_i^{(n)}$: 食製品 i の第 n 日の一店舗当たり受注実測数

$\hat{q}_{ij}^{(n)}$: 食製品 i の第 j 日に行う第 n 日の一店舗当たり受注予測数

$c_k^{(n)}$: グループ k に割り当てた食製品の第 n 日の受注予測係数

9.2 予測係数

各製品の第 n 日の予測係数を

$$c_k^{(n)} = \begin{cases} \text{グループ } k \text{ に所属する食製品 } i \text{ の} \\ q_i^{(1)} \text{ のグループ内平均 } (n = 1) \\ \text{グループ } k \text{ に所属する食製品 } i \text{ の} \\ q_i^{(n)} / q_i^{(n-1)} \text{ のグループ内平均 } (n = 2, \dots, 28) \end{cases}$$

とし、各グループの予測係数を算出する。

9.3 予測式

予測に用いる式は以下の通りである。

$$\hat{q}_{i0}^{(1)} = \text{店舗数} \times c_k^{(1)} \quad (1)$$

$$\hat{q}_{in-1}^{(n)} = c_k^{(n)} q_i^{(n-1)} (n = 2, \dots, 28) \quad (2)$$

予測値とは予測式の変数に値を当てはめた数値であり、予測式 (1),(2) は以下の内容を表す。

- (1) 初日は $n = 1$ の時で、店舗数×初日の予測係数で予測値を求める。
- (2) $2, \dots, 28$ 日は $n = 2, \dots, 28$ の時で、前日の受注量×その日の予測係数で予測値を求める。

10 グルーピングについて

食製品の受注量の推移は、食製品の種類ごとに傾向があるので、同じ受注推移の傾向を持つ食製品をグルーピングして、日次受注予測を行う食製品をいずれかのグループに割り当てて予測を行う。グルーピングを行うことで、新製品や類似製品の場合でも予測の精度を上げることが出来る。

10.1 グルーピング方法

初発や実績を元に数理計画問題を用いて 2012~2017 年の食製品を 2~4 個程度のグループに分けていく。初発とは予測したい食製品の初日の第 1 便の受注量である。

10.2 記号と変数の定義

既存研究 [1] から引用し以下に記号と変数を定義する。

I : 食製品の集合

K : グループの集合

l : グループ数

D : グループに割り当てる食製品の第 28 日の受注量の上下限の差の制約。

$q_i^{(n)}$: 食製品 i の第 n 日の一店舗当たり第一便受注量 ($i \in I, n = 1, 28$)

$S_k^{(n)}$: グループ k に割り当てた食製品の第 n 日の一店舗当たり第一便初発受注量の最大値 ($k \in K, n = 1, 28$)

$s_k^{(n)}$: グループ k に割り当てた食製品の第 n 日の一店舗当たり第一便初発受注量の最小値 ($k \in K, n = 1, 28$)

$x_{ik} =$

$$\begin{cases} 1 & \text{食製品 } i \text{ をグループ } k \text{ に割り当てる} \\ 0 & \text{食製品 } i \text{ をグループ } k \text{ に割り当てない} \end{cases}$$

10.3 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

$$\text{Minimize } \max_{k \in K} |S_k^{(1)} - s_k^{(1)}|$$

制約式

$$S_k^{(n)} = \max_{i \in I} x_{ik} q_i^{(n)} (k \in K, n = 1, 28) \quad (3)$$

$$s_k^{(n)} = \min_{i \in I} x_{ik} q_i^{(n)} \left(\sum_{i=1}^I x_{ik} > 0 \right) (k \in K, n = 1, 28) \quad (4)$$

$$|S_k^{(28)} - s_k^{(28)}| \leq D \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^l x_{ik} = 1 (i \in I) \quad (6)$$

制約式 (3),..., (6) は以下の内容を表す。

(3) グループ k に割り当てた食製品の第 n 日一店舗当たり受注量の最大値

(4) グループ k に割り当てた食製品の第 n 日一店舗当たり受注量の最小値

(5) 全てのグループについて割り当てた食製品の $q_i^{(28)}$ の最大値と最小値の差を D 以下とする制約

(6) 全ての食製品を必ず 1 つのグループに割り当てる制約

4 個のカテゴリー手巻, 直巻, 寿司, 御飯についてグルーピングを行った。そのうち手巻についてのみ取り上げる。

10.4 手巻 グルーピング結果

グループ数 l を 2 に設定し第 28 日のばらつき制約を 3.0 以下にした時に、以下のようにグループごとに特徴が見られた。

表 2 グループの代表的製品

グループ	食製品名
手巻 A	手巻おにぎり 炙り焼国産牛カルビ
手巻 B	手巻おにぎり サーモンわさび

手巻 A は主に肉系, 韓国系などの味の濃い食製品が多かった。手巻 B は魚介系などの味があっさりした食製品が多かった。

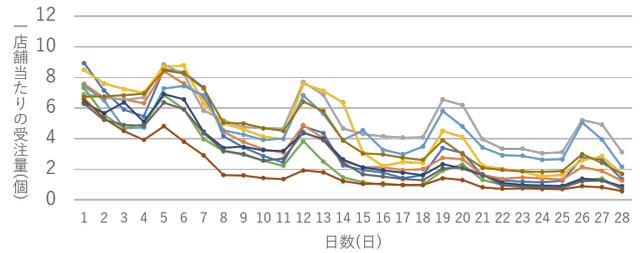


図 5 手巻 A

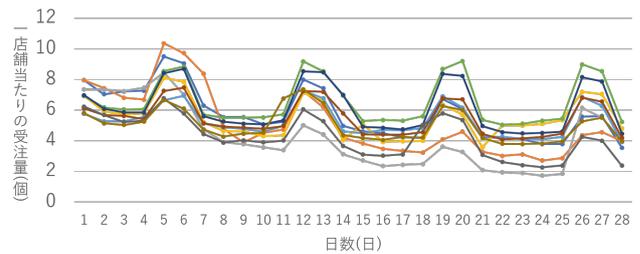


図 6 手巻 B

手巻 A は手巻 B と比べて図 5 のように初発受注量が高く第 28 日目にかけて受注量が下がっていく傾向がある。手巻 B は手巻 A と比べて図 6 のように初発受注量が高くは第 28 日目にかけて受注量が下がってはいくが手巻 A ほどは下がらない傾向がある。

11 誤差率の検証

グルーピングを行った 4 つのカテゴリーについて、グルーピングをしなかった場合と比べ、初発誤差率と初日か

ら第 28 日目までの誤差率の平均がどれだけ変化したのかを調べ結果を表 3 に示した。

表 3 グルーピングした場合の誤差率検証結果

カテゴリー	初発	全体
(単位：%)		
手巻	22.17	8.58
直巻	11.41	10.66
寿司	18.66	11.30
御飯	16.80	8.50

手巻はグルーピングを行うことで初発誤差率を 0.20 %、初日から第 28 日目までの誤差率の平均を 0.50 % 下げることが出来た。直巻はグルーピングを行うことで初発誤差率を 31.97 %、初日から第 28 日目までの誤差率の平均を 2.18 % 下げることが出来た。寿司はグルーピングを行うことで初発誤差率が 3.53 %、初日から第 28 日目までの誤差率の平均が 0.36 % 上がってしまった。御飯はグルーピングを行うことで初発誤差率は 2.30 % 上がってしまったが、初日から第 28 日目までの誤差率の平均を 3.43 % 下げることが出来た。

12 年度別の初発平均

2012 年から 2018 年の手巻、直巻、寿司、御飯の年度別の 1 店舗あたりの初発平均を調べ結果を表 4 に示した。

表 4 年度別の初発平均の表

年度別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
(単位：個)							
手巻	8.52	7.83	6.99	6.29	6.03	6.23	5.83
直巻	7.95	6.24	7.12	6.66	6.08	5.45	5.44
寿司	3.40	2.35	2.07	2.10	2.32	2.74	2.30
御飯	3.63	2.64	2.37	2.27	2.22	2.17	2.08

表 4 を見ると、2012 年から 2014 年にかけて手巻、直巻、寿司、御飯ともに受注量が減少している。2014 年からは寿司の受注量が増加しており、手巻、直巻、御飯の受注量は減少している。以上の結果から 2012 年、2013 年の食製品のデータを使わず 2014 年以降の食製品のデータを用いてキーワードによる初発予測を行う。

13 キーワードによる初発予測

食製品の名前には、同じ名前の食製品や同じ種類の食製品があるので、キーワードごとに分け日次受注予測を行う食製品をいずれかのキーワードに割り当てて日次予測を行う。キーワードによる日次予測を行うことで食製品の初発予測精度を上げることが出来る。

4 個のカテゴリーのうち、寿司を取り上げ予測を行った。寿司の名称から 1 つのキーワードを選び、キーワードの多いものを 10 個選び表 5 に示した。データは 2014 年から 2017 年の 93 個の食製品の 1 店舗あたりの初発を使用した。「～個入り品」はいなりが複数個入っている食製品を示す。「&商品 (複数)」は 2 種類の食製品が入っている食

製品を示す。「(L) 製品」は消費期限が少し長い食製品を示す。その他はキーワードに当てはめることができなかった食製品を示す。

13.1 寿司キーワード 結果

表 5 キーワード 1 店舗あたりの初発受注量の平均

キーワード	初発の平均
いなり	2.44
寿司おむすび	3.75
手巻寿司	2.31
～個入り商品	2.35
&商品 (複数)	1.82
助六寿司	1.50
ちらし寿司	1.20
山梨限定いなり	3.22
(L) 商品	2.60
その他	2.04

13.2 寿司キーワード 検証

キーワードによる予測を行うことによってグルーピングをした場合と比べて初発誤差率がどれだけ変化したのかを調べ結果を表 6 に示した。

表 6 寿司 誤差率比較

	初発
(単位：%)	
グルーピング	18.66
キーワード	13.10

キーワードによる初発誤差率の平均は 13.10 であり、グルーピングのみによる初発誤差率の平均が 18.66 と比較して約 5.5 % 低下した。

14 まとめ

本研究では既存研究 [1] で行われた弁当というカテゴリーの食製品をグルーピングをすることによって日次予測精度を上げるという手法を他のカテゴリーの食製品でも使うことができるのか検証を行った。1 つのカテゴリーについては精度が下がってしまったが、他のカテゴリーについては弁当と同様に予測精度を上げることができた。また精度が下がってしまったカテゴリーもキーワードによる初発予測を行うことで予測精度を上げることができた。

参考文献

- [1] 山口 素, 山田 啓介: 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, 南山大学理工学部卒業論文, 2019.