

食品受注量の機械学習による予測と最適生産計画 お弁当の場合

2019SS076 竹川のか

指導教員：鈴木敦夫

1 はじめに

本研究はコンビニエンスストア向けに食製品を製造及び納品する A 社からデータ提供を受けて行われた。現在、A 社では過去の経験から受注数を予測し、それぞれの食製品の生産数を決め、生産している。この方法を用いている現状では大きく予測を外してしまうことがあり、受注数に対して生産数が足りなかったり、逆に生産した食製品が余ったりするということが問題点として挙げられている。そのため精度の良い受注数予測をし、無駄を失くすことが目標である。さらに、本システムを用いると A 社の社員であれば誰でも精度が良く簡単に出荷数の予測ができること、そして誰でも生産計画を立案できることも目標とする。

本研究は三浦研究室で過去に実施されていた研究を引き継いで実施された ([1],[2],[3],[4])。今回は A 社が製造する食製品の中で弁当を研究対象とし、定番商品の月次予測と新商品の発売初日の出荷数予測の 2 つに分けて研究を行った。

2 定番商品の月次予測

2.1 研究方法

- 元データの内、最後の 30 日分をテストデータとし、それ以外を訓練データとする。
- Prophet を使用し、外部変数を取り入れて、訓練データからその後 30 日分の出荷数を予測する。Prophet では週次や年次の季節性の周期的変化を取り入れて予測することができるのだが [5]、今回は全て年次の変化を考慮せずに予測をする。使用した外部変数は表 1 の通りである。
- テストデータの予測値と実績値を比較する。その際には相対誤差を使用し、その平均を 10% 前後にすることを目標とする。

表 1 予測に用いた外部変数

名前	外部変数の値			
祝日	0:祝日以外	1:祝日		
天気 1	0:雨,雪	1:曇り	2:晴れ	
天気 2	0:雨,雪あり	1:雨,雪なし		
9 時の天気	0:雨,雪	1:曇り	2:晴れ	
12 時の天気	0:雨,雪	1:曇り	2:晴れ	
15 時の天気	0:雨,雪	1:曇り	2:晴れ	
出荷店舗数	各日の出荷店舗数			

2.2 結果

各弁当の最も良い結果を表 2 に示す。

表 2 最も良い結果であった場合の外部変数と相対誤差の平均

	外部変数	相対誤差の平均 (%)
弁当 X	祝日/出荷店舗数	15.45
弁当 Y	祝日/天気	11.79
弁当 Z	祝日	9.83

2.3 考察

相対誤差の目標値を弁当 Y,Z は達成できたが、弁当 X は達成できなかった理由と、各弁当で最も良い結果となった場合の条件が異なる理由は 2 つあると考える。1 つ目は元データの期間の違いである。弁当 X のみ全期間の約 96% が 2020 年であった。2020 年は新型コロナウイルス感染症流行が始まった年であったため、外部変数を取り入れても出荷数の予測がしづらかったのではないかと考える。2 つ目は出荷店舗数の違いである。弁当 X の出荷店舗数は最大で 463 店舗、最小で 316 店舗であり、その差が 147 と最も大きかった。極端に少ない期間があったため、「出荷店舗数」を用いると良い結果が出た。今回の予測は全て年周期なしで行ったため、1 年以上のデータを用いて年周期ありで予測をするより精度の高い予測ができると考えている。

3 定番商品の月次予測の最適生産計画

定数

- p : 製品が余ったときの 1 個あたりのコスト
- q : 製品が足りなかったときの 1 個あたりのコスト
- ξ : 予測生産数
- α : 生産数に対し余ることを許容する割合
- β : 生産数に対し足りないことを許容する割合
- $\phi(\xi)$: 平均 μ , 分散 σ^2 の正規分布の密度関数
- $F(\xi)$: 平均 μ , 分散 σ^2 の正規分布の分布関数

変数

- x : 実際の生産数

定式化

目的関数

$$\min. \quad p \max \left(0, \mu - \frac{3}{4}x + \frac{1}{2}(\mu - x)F(x) \right) + q \max \left(0, \frac{1}{4}x + \frac{1}{2}(x - \mu)F(x) \right) \quad (1)$$

制約条件

$$\mu - \frac{3}{4}x + \frac{1}{2}(\mu - x)F(x) \leq \alpha x \quad (2)$$

$$\frac{1}{4}x + \frac{1}{2}(x - \mu)F(x) \leq \beta x \quad (3)$$

$$x \geq 0 \quad (4)$$

各式の説明

- (1) 製品が余る又は足りない場合の総コストの最小化
- (2) 余る個数の期待値は許容する余る個数以下
- (3) 足りない個数の期待値は許容する足りない個数以下
- (4) 実際の生産数は 0 以上

4 新商品の発売初日の出荷数予測

4.1 研究方法

1. 合計 152 種類の弁当の発売初日の出荷数データを用いて予測を行う。
2. 予測には scikit-learn のライブラリの中から、ランダムフォレストを使用する。
3. テストデータの割合は全体のデータの 10% とする。
4. 13 種類の外部変数を使用する。表 3 に使用した外部変数を示す。
5. 訓練データ、テストデータどちらも実績値と予測値の相対誤差を求め、その平均を 10% 前後にすることを目標とする。

表 3 予測に用いた外部変数

名前	定義	
納品価格	各商品の納品価格	
出荷店舗数	出荷店舗数	
チキン南蛮	0:商品名に「チキン南蛮」なし	1:商品名に「チキン南蛮」あり
炒飯	0:商品名に炒飯なし	1:商品名に炒飯あり
チンジャオロース	0:商品名に「チンジャオロース」なし	1:商品名に「チンジャオロース」あり
ジャンバラヤ	0:商品名に「ジャンバラヤ」なし	1:商品名に「ジャンバラヤ」あり
唐揚げ	0:商品名に「唐揚げ」なし	1:商品名に「唐揚げ」あり
海苔弁当	0:商品名に「海苔弁当」なし	1:商品名に「海苔弁当」あり
山賊焼	0:商品名に「山賊焼」なし	1:商品名に「山賊焼」あり
カレー	0:商品名に「カレー」なし	1:商品名に「カレー」あり
幕の内	0:商品名に「幕の内」なし	1:商品名に「幕の内」あり
定番	複数回発売された商品は初回の発売を 0 とし、それ以降は 1, 2, ... とする。	
発売年	発売年が 2015 年, 2016 年, 2017 年, ... のとき 0, 1, 2, ...	
発売月	発売月が 12, 1, 2 月のとき: 0 3, 4, 5 月のとき: 1 6, 7, 8 月のとき: 2 9, 10, 11 月のとき: 3	

4.2 結果

相対誤差の平均は訓練データで 7.87%, テストデータで 9.48% となった。予測結果は図 1 の通りである。

4.3 考察

相対誤差の目標は達成できたが、個々の予測結果を見ると大きく予測を外しているものもあった。訓練データの中



図 1 新商品の発売初日の出荷数予測結果

で相対誤差が 20% 以上であった 10 品目に着目すると予測が外れる弁当の特徴が 2 つ分かった。1 つ目は極端に出荷店舗数が少ない (又は多い) こと、2 つ目は実績値で全体をグループ分けしたときに、大多数を占めるグループに属していないことである。以上より、予測を実行する前にパラメータの調整をすることでより精度の高い予測ができると考えている。

5 おわりに

本システムを用いると、A 社の社員であれば誰でも、取り扱っている弁当の生産数を精度良く予測することが望まれる。まず定番商品の月次予測を Prophet を用いて行ったことにより、定番商品の 1 ヶ月先までの生産数の見通しを立てることができ、1 日目の予測を使用することで、次の日に実際どれだけ生産するか、最適な生産計画を立てることができる。そして新商品の発売初日の出荷数予測をすることにより、A 社が取り扱う弁当全ての生産数を予測することができた。

参考文献

- [1] 永井聖人:『コンビニエンス店舗向け新商品の受注量週次予測』。2019 年度南山大学大学院理工学研究科修士論文, 2020。
- [2] 杉隆成:『コンビニエンスストア向け食製品の受注量予測—長期製品の日次予測 新商品の月次予測—』。2019 年度南山大学大学院理工学研究科修士論文, 2020。
- [3] 今川武始, 西川真吾:『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』。2019 年度南山大学理工学部卒業研究, 2020。
- [4] 山田啓介, 山口素:『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』。2018 年度南山大学理工学部卒業研究, 2019。
- [5] Sean J. Taylor, Benjamin Letham:“Forecasting at Scale”. *The American Statistician*, 72:1, 37-45, 2018。