

食品受注量の機械学習による予測と最適生産計画 —直巻きおにぎりの場合—

2019SS094 吉田健人
指導教員 鈴木敦夫

表 1 商品の誤差率

商品	相対誤差	訓練データの日数	年周期
商品 1	3.599	519	有
商品 2	8.830	519	有
商品 3	9.188	611	有
商品 4	9.497	530	有
商品 5	15.56	530	有
商品 6	19.99	566	有
商品 7	24.84	231	無
商品 8	34.76	264	無

1 はじめに

本研究では、コンビニエンスストア向けに商品を製造している A 社の受注量予測と生産計画を機械学習の手法を用いて解決することを考える。現在、A 社では予測を担当する人が長年の経験から受注量を予測し、生産計画を立てている。受注量予測の負担を軽減するために、直巻きおにぎりについて、機械学習を用いた予測を行う。

予測は、月次予測と初出荷の予測の 2 通り行う。月次予測のために提供を受けたデータは、商品によってデータの期間が異なっている。本研究では、月次予測を 200 日以上販売が続いている商品について行った。過去の研究に初出荷の商品の生産量の推移を予測した研究があり、前日の納品数やセールの有無を外部変数にすることで予測の精度を上げられることがわかっている ([1])。最適生産計画では、月次予測の結果を使用して、過不足が発生したときにかかる費用の期待値を最小化する生産数を求める。初出荷の予測は提供を受けたデータのすべての商品について行っている。

2 月次予測

商品の出荷数は、日が経つごとに減少することが知られている ([2, 3, 4]) が、長期間売れ続けている商品もあるため、その時系列予測を行った。

2.1 月次予測の方法

200 日以上販売が続いている商品に対して Python の Prophet を用いて予測を行う。Prophet はトレンド、週や年の周期を考慮して日次予測を行えるソフトウェアである ([5])。提供を受けたデータに気象庁と goo 天気気象データ ([6, 7]) の外部変数として追加したデータを作成した。最後の 30 日間をテストデータに、それ以外の日を訓練データにして学習と予測を行った。予測値をデータと比較し、相対誤差を求める。

2.2 月次予測の結果

8 種類の商品について最高気温を外部変数にして相対誤差を四捨五入して 4 桁まで求めた結果を下の表 1 に示した。

結果からデータの期間が長いほど予測結果が良くなる傾向が有ると言える。データが 1 年以上の期間がある商品では、外部変数を加えなかった場合と比べて、月次や週次の予測に 1 % 以上小さくなった。

3 最適生産計画

月次予測を行った商品について、Excel を用いて計算する。月次予測で予測した受注量を平均として、結果の標準偏差を求め、正規分布を仮定し、余る個数と不足する個数の期待値を計算する。一方を生産数の何倍か以内に収め、他方を最小化する生産数を求める。

3.1 モデルの作成

以下のように記号を定める。

変数

x : 商品の生産数

定数

a : 商品が余る個数の範囲 (割合)

b : 商品が不足する個数の範囲 (割合)

関数

$\phi(\xi)$: 平均 μ , 分散 σ の正規分布の分布関数

$Fp(x)$: 余る個数の期待値, $\int_{-\infty}^x (x - \xi)\phi(\xi)d\xi$

$Fq(x)$: 不足する個数の期待値, $\int_x^{\infty} (\xi - x)\phi(\xi)d\xi$

不足する個数の最小値

目的関数

$$\min. Fq(x) \quad (1)$$

制約条件

$$\begin{aligned} Fp(x) &\leq ax & (2) \\ x &\in \{0 \cup N\} & (3) \end{aligned}$$

余る個数の最小値

目的関数

$$\min. \quad Fp(x) \quad (4)$$

制約条件

$$\begin{aligned} Fq(x) &\leq bx & (5) \\ x &\in \{0 \cup N\} & (6) \end{aligned}$$

式の説明

- (2) 余る個数は生産量の a 倍以下にする.
- (5) 不足する個数は生産量の b 倍以下である必要がある.
- (3)(6) x は生産数なので非負整数である.

3.2 計算結果

生産数を増やすと、余る個数の期待値は単調増加、不足する個数の期待値は単調減少なので、制約条件を満たす個数と満たさない個数の境界で最小値をとる。この日の予測値は 5011 である。

商品が余る個数の範囲 (割合) : 0.01 として不足する個数の期待値の最小化を計算すると、4429 個となった。予測値とは 582 個の差があった。予測値は、余る個数の期待値が生産数の約 0.047 倍で制約条件を満たさなかった。

商品が不足する個数の範囲 (割合) : 0.01 として余る個数の期待値の最小化を計算すると、5682 個となった。予測値とは 671 個の差があった。予測値は、不足する個数の期待値が生産数の約 0.047 倍で制約条件を満たさなかった。

不足する個数の期待値の最小化とは、予測値よりも多く生産するか、少なく生産するか、という違いに加え、予測値との差も異なっており、どちらも計算する意味があることがわかった。また、制約条件を強くするほど予測値との差が縮むわけではないこともわかった。

4 初出荷の予測

4.1 初出荷の予測の方法

Python から呼び出すことのできる scikit-learn を用いてランダムフォレストで予測を行う。変数を与えてデータの 95 % を学習に使用し、5 % を予測させた。予測値をデータと比較し、商品ごとに相対誤差を求め、その平均を求めた。

4.2 初出荷の予測の結果

変数に納品価格、具材 (植物系、動物系、魚介系)、おおきなおむすびシリーズ、こだわりおむすびシリーズ、販売開始の季節、出荷可能店舗数を入れ、出荷数が 1500 以下のグループ (以後グループ A) と 1501 以上のグループ (以後グループ B) に分けた。特にデータを季節の変数順に並べたときに最も結果が良くなった。

最大の深さは、グループ A が 2、グループ B が 5 としたとき、テストデータの相対誤差の平均は、グループ A が約 15.21、グループ B が約 10.44、全体では約 11.31 となった。

しかし、この変数も並び順によって差があり、他の 4 つの並べ方で予測した結果の全体の相対誤差の平均は 17.84 であった。

5 おわりに

本研究では、食製品の受注量予測と最適生産計画の作成を行った。月次予測では目標を達成できたが、初出荷の予測では達成できなかった。最適生産計画では、制約条件の中で過不足の個数の期待値を最小化する生産数と予測値に差があり、予測値とは別に最適な生産数を計算する意味を確かめることができた。初出荷の予測では、事前に販売したデータを使用することができたらもう少し改善するかもしれないと考えている。

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. 南山大学 理工学部 システム数理学科 2017 年度 卒業論文 (2018)
- [2] 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. 南山大学 大学院 理工学研究科 2019 年度 修士論文 (2020)
- [3] 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—. 南山大学 大学院 理工学研究科 2019 年度 修士論文 (2020)
- [4] 山田啓介, 山口素: 食品工場のコンビニエンスストア. 南山大学 理工学部 システム数理学科 2018 年度 卒業論文 (2019)
- [5] Sean J. Taylor Benjamin Letham: Forecasting at Scale. The American Statistician, Vo. 72, No. 1, pp. 37-45 (2017)
- [6] 気象庁: 気象庁 Japan Meteorological Agency. 最終閲覧日 2022/12/22
- [7] goo 天気: goo 天気—天気予報/防災情報. 最終閲覧日 2022/12/22
- [8] 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予測システムの構築. 南山大学 理工学部 システム数理学科 2019 年度 卒業論文 (2020)