

食品受注量の機械学習による予測と最適生産計画 手巻おにぎりの場合

2019SS026 伊藤明璃

指導教員：鈴木敦夫

1 はじめに

本研究では、コンビニエンスストア向けに食製品を製造する A 社から実際の出荷数データを提供してもらい、出荷数の予測を機械学習を用いて解決することを考える。現在、A 社では過去の経験に基づいて出荷数を予測し、その予測に基づいて生産計画を立て、食製品を製造している。そのため、出荷数の予測が外れることもあり、その際には、出荷数を多く見積もりすぎると、食製品を破棄することとなる。また、出荷数を少なく見積もりすぎると、受注後に再度食製品を製造することとなる。そのため、出荷数を精度良く見積もる必要がある。過去に食製品の受注量を予測した先行研究が三浦研究室で行われた ([1],[2],[3],[4],[5])。本研究はその題材を引き継いでいる。

今回は、過去の出荷数をもとに機械学習を用いて、手巻おにぎりについて「時系列予測」、「初出荷予測」に分類して出荷数の予測を行った。実績値と予測値による相対誤差の平均を最小化すること、時系列予測では得られた予測結果から最適生産計画を作成することを目的とする。また、時系列予測、初出荷予測ともに出荷数の予測値と実績値の相対誤差の平均を 10 % 以内にするを目標とする。

問題解決にあたっては、A 社に提供してもらったデータを使用した。プログラム言語の Python で利用できる Prophet を用いて時系列予測、scikit-learn の中のランダムフォレスト回帰を用いて初出荷予測を行った。また、時系列予測における最適化計算では、csv 形式のファイルに結果を出力する。

2 時系列予測

本章では長期間継続して販売されている定番商品の予測の流れを説明する。

2.1 問題解決のアプローチ

A 社から提供してもらった出荷数のデータから「納品日」、「出荷数」、「商品名」を抽出して使用する。Prophet を用いて出荷数の時系列予測を行う。Prophet とは Facebook が公開している OSS ライブラリで、Python によって比較的容易に時系列予測が行えるものである ([6])。

2.2 結果

商品コード:10040559 の出荷数のデータを用いてプログラムを実行した。2013 年 4 月 23 日から 2016 年 8 月 27 日までのデータを用いて、2016 年 8 月 28 日から 2016 年 9 月 27 日までの 30 日間の出荷数を予測し、実績値と比較した。出荷数と外部変数をまとめたものを Prophet に読

み込ませてプログラムを実行した。Prophet は過去の出荷数から、この商品の今後、予測される出荷数をプロット図と数値で示してくれる。30 日間の出荷数を予測した結果、予測の上下限範囲内に入った日数は 30 日、相対誤差の平均は 3.34 % であった。

2.3 訓練データの期間と予測精度の関係

訓練データの期間を変更して予測を行った。プログラムの実行結果をもとに相対誤差の平均を求めると表 1 となる。

表 1 出荷数の予測結果

訓練データの期間	年周期あり		年周期なし	
	予測の上下限範囲内に入った日数(日)	相対誤差の平均(%)	予測の上下限範囲内に入った日数(日)	相対誤差の平均(%)
1年	7	16.13	24	11.08
2年	17	10.31	18	13.53
3年	22	8.76	19	17.92
全体	30	3.34	27	14.68

結果より、訓練データの期間が 3 年以上、年周期ありの場合、精度の高い予測ができると考えられる。

2.4 最適生産計画

本節では、前節で得られた予測結果をもとに翌日の生産数を決定する最適生産計画の定式化を示す。

2.4.1 記号と変数の定義

定数

ξ : 出荷数を表す確率変数

$f(\xi)$: 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

α : 生産数に対し余ることを許容する割合

β : 生産数に対し不足することを許容する割合

変数

x : 生産数

$S(x)$: 不足する個数の期待値

$E(x)$: 余る個数の期待値

2.4.2 定式化

1. 余る個数の期待値の割合を α までにする条件のもとで不足する個数の期待値を最小化する問題

目的関数

$$\min S(x) = \mu - x + \int_{-}^x F(\xi) d\xi \quad (1)$$

制約条件

$$E(x) = \int_{-}^x F(\xi)d\xi \leq \alpha x \quad (2)$$

2. 不足する個数の期待値の割合を β までにする条件のもとで余る個数の期待値を最小化する問題
目的関数

$$\min E(x) = \int_{-}^x F(\xi)d\xi \quad (3)$$

制約条件

$$S(x) = \mu - x + \int_{-}^x F(\xi)d\xi \leq \beta x \quad (4)$$

式の説明

- (1) 不足する個数の期待値の最小化
- (2) 余る個数の期待値は生産数の α 以下
- (3) 余る個数の期待値の最小化
- (4) 不足する個数の期待値は生産数の β 以下

2.4.3 結果

誤差率 $\alpha=0.1$, $\beta=0.1$ として作成した定式化をもとに Excel を用いて最適生産計画を求めると, $x=9188.69$ のとき不足する個数の期待値は 8.41 の最小値をとる. また, $x=8388.68$ のとき余る個数の期待値は 24.03 の最小値をとる. したがって, 不足する個数の期待値を最小化する場合は 9188 個, 余る個数の期待値を最小化する場合は 8388 個商品を生産すれば良いということが分かる.

3 初出荷予測

本節では, 発売初日の出荷数の予測の流れを示す. ランダムフォレスト回帰を用いて, 予測を行った. ランダムフォレスト回帰は複数の決定木を作成し, 複数の予測を使って精度を向上するアンサンブルの手法である ([7]).

3.1 結果

A 社から提供してもらった初出荷のデータから「納品価格」「出荷店舗数」「出荷数」「初出荷日」「商品名」を抽出して使用する. 95 の新商品の初出荷のデータを用いて訓練データ 90, テストデータ 5 としてプログラムを実行した. 外部変数は納品価格, 具の種類, 出荷店舗数, 季節とする. 具の種類は, 植物系魚介系動物系の分類を 0-1 変数で表す. 季節は 0:3~5 月, 1:6~8 月, 2:9~11 月, 3:12~2 月である. 予測した結果は過去の初出荷のデータを用いて, 他の初出荷商品の予測される出荷数をプロット図と数値で示してくれる. 予測結果から相対誤差の平均を求めると, それぞれ訓練データが 8.81%, テストデータが 6.96%, 全体では 8.71% となった.

3.2 使用方法

前節の予測では各外部変数について, 説明変数の係数が出力される. 出荷数の予測結果と新商品の外部変数のデー

タを用いて, 新商品の出荷数の予測を行う. 予測で得られた説明変数の係数をまとめると表 2 となる.

表 2 説明変数の係数

	納品価格	植物系	魚介系	動物系	出荷店舗数	季節
説明変数の係数	-14.55	-761.3	528.34	232.96	9.7	60.41

新商品 1 を納品価格 70 円, 出荷店舗数 450, 2023 年 1 月に発売される鮭の手巻おにぎりとする. 出荷数の予測値は各外部変数の値の積和によって求めることができるため, 新商品 1 の出荷数の予測値は 4056 となる.

4 おわりに

本研究は, コンビニエンスストア向けに製造する食製品の出荷数の予測を行うものである. 時系列予測と初出荷予測の 2 つに分類して予測を行った. 時系列予測により, 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, 無駄なく食製品を生産することが可能となる. さらに得られた予測結果をもとに翌日の出荷数の最適な生産計画を立てることができる. また, 初出荷予測では新商品の販売初日の出荷数を予測するプログラムを作成した. よって, A 社が扱う手巻おにぎり全ての出荷数の予測が可能となった. 初出荷予測は過去の出荷数データがないため, 予測が困難であったが, 目標である相対誤差の平均 10% 以下を達成することができた. 今後の課題は, 時系列予測はどの製品に対しても精度の高い予測ができるか検討すること, 初出荷予測は大きく予測を外している箇所があるため, 読み込ませる外部変数を調整することである.

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受注量の予測. 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] 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. 南山大学 理工学部 システム数理学科 2018 年度 卒業論文 (2019)
- [3] 今川武始, 西川真吾: コンビニエンスストア向け食製品工場の受注量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)
- [4] 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)
- [5] 杉隆成: コンビニエンスストア向け食製品の受注量予測. 南山大学大学院 理工学研究科 2019 年度 修士論文 (2020)
- [6] Sean J. Taylor, Benjamin Letham: Forecasting at Scale. The American Statistician, 72:1, 37-45 DOI:10.1080/00031305.2017.1380080 (2018)
- [7] 毛利拓也, 北川廣野, 澤田千代子, 谷一徳: scikit-learn データ分析 実装ハンドブック. 秀和システム, 2022