

パン小売業の DX 化に向けた業務支援システムの試作と展望

○森 雅也¹, 大前 佑斗², 豊谷 純²

¹日大生産工 (院), ²日大生産工

1. はじめに

パン小売業（製造小売）は、リテールベーカリーとも称され、店舗内でパンを製造し、それを消費者に直接販売する事業形態をもつ。リテールベーカリーでは、集客や販売促進のために多様な商品展開が求められる一方で、大量生産や広域流通を可能とする産業製パンと比較して、商品の消費期限が短く廃棄が発生しやすい。したがって、食品ロスを削減し、それに伴う利益を最大化するためには、商品ごとの適正な仕込み量（基本的な販売数や集客に資する陳列数などの合算値）を正確に推定することが重要である。しかし、この仕込み量の推定は、販売経験に基づく専門知識を必要とし、少人数で運営されるリテールベーカリーでは、人材育成コストが高く属人化しやすい傾向にある。

このような背景において、著者らはこれまでに、仕込み量を推定する統計モデル¹⁾と機械学習モデル²⁾を構築し、さらに、推定モデルを組み込んだLINE Botに基づく業務支援システムを開発した²⁾。そして、業務支援システムの有用性を検証するために、リテールベーカリーの実店舗で試行運用を行い、操作性や利便性などに関してアンケート調査²⁾とヒアリング調査を実施した。本稿では、これら一連の活動と、そこから得られた課題と改善案について報告する。また、パン小売業におけるDX化の展望と、それに対する業務支援システムの貢献について議論する。

2. 業務支援システムの開発と試行運用

著者らは最初の取り組みとして、統計モデルの1つである一般化状態空間モデルから、1つの商品に限定した仕込み量の推定モデルを構築し、その有効性を観測データから評価した¹⁾。このモデルを採用した理由は、仕込み量が欠損を含む非負整数の時系列データで構成されており、加えて、仕込み量の推定において、事前のヒアリング調査で得られた店舗従業員のドメイン知識を反映させるためである。結果は、

訓練性能とテスト性能に僅かな乖離があるものの、訓練データとテストデータの平均値を返すベースラインよりも推定誤差が小さいことが確認された。また、仕込み量の推定には、曜日情報（火曜日、水曜日、土曜日）と気候情報（総降水量）が特に重要であることが示唆された。

これらの知見を活用し、著者らは次の取り組みとして、機械学習モデルの1つであるLightGBMから、1つの商品に限定した仕込み量の推定モデルを構築した²⁾。本モデルに変更した理由は、LightGBMが時系列データに関する数多くの研究で優れた性能を示しており³⁾、従来のモデルよりも高い推定性能が期待できると考えたためである。特徴量には、時系列性を考慮するためのラグ特徴量と基本統計量に加えて、外因性として、祝日・曜日・月の情報と降雨情報を採用した。結果は、訓練性能とテスト性能に乖離がほとんどなく、訓練データとテストデータの平均値を返すベースラインと比較して、推定誤差が小さいことが確認された。

著者らは、仕込み量の推定における属人化を解消するために、LightGBMに基づく推定モデルを組み込んだ業務支援システムを開発した。このとき、ユーザーインターフェースには、教育・学習コストを最小限に抑えるために、老若男女が慣れ親しんでいるチャットアプリであるLINEを採用した。また、システムアーキテクチャでは、クラウドプラットフォームであるHeroku上にDockerによる実行環境を構築し、データベースサービスにHeroku Postgresを、LINEとの連携にLINE Messaging APIを、バックエンドの処理にFastAPIを採用した。

開発した業務支援システムの画面例を図1に示す。LINE Botの主要機能は、前日の仕込み量と当日の売上量を入力することで、翌日の仕込み量の推定値を算出し提示する機能と、過去の入力履歴を参照する機能の2つである。このLINE Botを個人トークだけでなくグループト

Development and Future Prospects of a Business Support System
for Digital Transformation in the Retail Bakery Industry

Masaya MORI, Yuto OMAE and Jun TOYOTANI



図1 業務支援システムの画面例
(LINEスクリーンショット)

一クにも対応させ、対象の実店舗において約1ヶ月間の試行運用を行った。

3. アンケート調査とヒアリング調査に基づく業務支援システムの課題と改善案

アンケート調査は、店舗従業員（40代女性）1名を対象に実施された。結果として、業務支援システムの堅牢性・使いやすさ・ユーザー体験に関してはポジティブな回答が得られ、受容性の高さが示唆された。一方で、業務への定着性についてはややネガティブな回答があり、「これまでの業務で入力の習慣がなかったため継続できなかった」という、習慣化の壁が理由として挙げられた。また、推定モデルの信頼性に関しては中立的な回答が得られ、「売上量と相違ない日が多い一方で、異なる日もあるため様子を見たい」という、安定的な推定への懸念が理由として挙げられた。

以上から、今後の改善案として、システムの利用を促す能動的な仕組みが必要であると考えられる。例えば、売上量が確定する閉店時間にメッセージを送信する仕組みは、習慣形成のきっかけとして有効であると推察される。また、推定モデルには、店舗キャンペーンや周辺イベントといった不定期開催の情報が考慮されていない。そのため、更なる推定性能の向上には、推定モデルの改修だけでなく、データセットの拡充が必要であると考えられる。

最後に、店舗オーナーにヒアリング調査を行ったところ、従業員の意見に基づく改善案に加えて、仕込み量を一括ではなく朝・昼・夜の三分区分で推定し、売れ行きに応じて仕込み量を調

整できるようにしたいという意見が得られた。この実現には、現在よりも短い時間間隔で計測されたデータセットが必要である。そのため、前述の推定モデルの改善と同様に、データセットの拡充が主要な課題であると認識している。

4. パン小売業におけるDX化の展望と貢献

DX化の実現がもたらす将来的な展望として、店舗オーナー（熟練者）の経験知に依存しない自律的な店舗運営の確立が挙げられる。開発した業務支援システムは、店舗運営において重要な仕込み量の推定を標準化し、店舗運営における熟練者への属人性を低減する。これにより、熟練者が現場に不在の場合でも、高効率な店舗運営が可能になると期待される。その結果、熟練者の人材不足という制約を受けずに、店舗拡大とそれに伴う収益の向上に貢献できると考えられる。これまでの研究による知見は、これらの実現に向けた重要な基盤となる。

5. まとめ

本稿では、パン小売業のDX化に向けた、これまでの活動と、そこから得られた課題と改善案について報告した。また、DX化の実現がもたらす展望と、それに対する業務支援システムの貢献について議論した。今後は、業務支援システムの改善と、対象店舗の拡大に伴う多角的な意見の収集に取り組んでゆく。

参考文献

- 1) 森雅也, 大前佑斗, 豊谷純, リテールベーカリーにおける一般化状態空間モデルを用いた仕込み量の予測と分析, 日本情報ディレクトリ学会誌, vol.23, no.1, 2025, pp.94-103.
- 2) 森雅也, 大前佑斗, 豊谷純, リテールベーカリーにおける仕込み量予測モデルの構築とLINE Botを用いた業務支援アプリケーションの開発, 電子情報通信学会技術研究報告集（LOIS研究会）, vol.125, no.118, 2025, pp.17-22.
- 3) Timothy Hall and Khaled Rasheed, A survey of machine learning methods for time series prediction, Applied Sciences, vol.15, no.11, 2025, article number 5957.