

共同研究

製麴管理システムの拡充

松本 健司* 高岩 徳寿* 西堀 哲也**

Enhancement of the Koji Making Management System
MATSUMOTO Kenji, TAKAIWA Norihisa and NISHIBORI Tetsuya

令和6年度に開発した製麴管理システムの県内企業への普及を目的に、システムの完成度を高めた。主要機能である「麴室内のデータ収集（IoT 機能）」と「品温経過予測」を連携させ、操作性向上のためユーザ向けアプリも整備した。品温経過予測処理はライブラリ化して AI モデルの管理を容易にし、ローカルで動作する機能群はコンテナ化することで現場への新規セットアップを簡便化した。

本システムは安価な機材で構成でき、既存設備への後付けにも対応する。これによりデジタル技術導入の障壁が下がり、酒造現場の負担軽減や技能伝承への活用が期待される。

Key words: 清酒、製麴、IoT、時系列予測、情報処理

1 はじめに

日本酒造りは複数の工程からなる。「一麴、二酛、三造り」といわれるように、麴づくり（以下、製麴）は重要な作業工程のひとつである。製麴は昼夜を通した細かな管理が約2日間必要となる負担が大きい作業である。細かな品質管理を実現しつつ、作業者の負担を低減するにはデジタル技術の活用が有効と考えた。令和6年度研究¹⁾では、麴づくりにおけるデジタル技術活用の有効性を確認するために各種機能を試作した。令和6年度研究成果の機能群を以下に示す。

- ・ 麴室 IoT 機能（品温、重量、環境温湿度）
- ・ 帳票入力に関する自作ユーザ用アプリケーション
- ・ 麴の品温変化を予測する機能
- ・ 麴の酵素力価を予測する機能

開発した機能群について、実際の現場で短期間の検証を行った結果、コンセプトについては一定の評価を得た一方で、複数の技術的・運用的課題が明らかとなった。

そこで、本研究では、現場利用と県内企業への横展開を見据え、「導入容易性」「保守性」「実用性」を評価軸として設計を見直すことで、令和6年度に試作したシステムの完成度向上を図った。

2 研究の方法

2.1 システム改良の指針

従来システムの実証結果を踏まえ、前述の3つの観点から整理した主な課題を表1に示す。

表1 従来システム活用における主な課題

概要	詳細
運用柔軟性の欠如	麴室 IoT 機能の通信設定がプログラム中に記述（ハードコーディング）されており、現場での環境変更に対応できない。
利用場所の制限	システム利用環境がローカルネットワーク内に限定され、出先等から情報閲覧できない。
保守コストの高さ	帳票に関するユーザ用アプリケーションの改修にソースコードの書き換えを要し、現場の改善要望を迅速に反映できない。
解析機能のシステム未統合	品温予測処理の実行に Python プログラムの知識を要し、実際のユーザが利用できる状態にない。

これらの課題解決に向け、以下の項目に取り組んだ。

2.2 麴室 IoT 機能の改修

表1で述べた「運用柔軟性の欠如」に対応する取組である。ハードウェア構成は従来設計を継承しつつ、現場での設定変更を容易にするため、ブラウザ経由で Wi-Fi 接続情報やデータ送信先を動的に変更できる仕組みを構築することとした。

* 栃木県産業技術センター 機械電子技術部

** 西堀酒造株式会社

2. 3 情報参照環境のクラウド化

表1で述べた「利用場所の制限」に対応する取組である。場所を問わないデータ閲覧を実現するため、クラウドプラットフォームを導入する。選定にあたっては、「動的な時系列データの可視化」と「帳票データの入力と閲覧」の2点の機能を分離して検討することとした。

2. 4 ユーザ用アプリケーションの再構築

表1で述べた「保守コストの高さ」に対応する取組である。従来システムでは独自開発のユーザ用アプリケーションを使用していたが、保守コストが高いことが課題であった。特に、帳票項目は運用の中で最適化が進むため、現場ニーズに応じた項目追加やUI（ユーザインターフェース）の改善に迅速に対応できる開発環境が必要である。

そこで、従来の開発環境から、開発・修正の工数を大幅に削減できるノーコードプラットフォームへの移行を検討した。本アプリケーションは帳票データの入出力UIを担うため、前述のクラウド化と親和性の高いプラットフォームを選定する。

2. 5 品温予測処理の整理およびバックエンドへの統合

表1で述べた「解析機能のシステム未統合」に対応する取組である。ユーザの利便性向上と運用の属人化解消のため、令和6年度に試作した予測処理機能群について、本研究では、これらを統合した解析基盤を「予測エンジン」と再定義した。

具体的には、分散していた処理ファイルを整理・最適化した上で、バックエンドサーバ上に実装した。これにより、リクエストに応じて動的に予測結果を導き出す仕組みを構築し、専門知識を有しないユーザでも予測処理を活用可能とすることを目指した。

3 結果及び考察

3. 1 システム全体構成

新しく構築したシステムでは、機能を「麴室IoT機能」、「ダッシュボード機能」、「ユーザ用アプリケーション」、「品温経過予測サーバ機能」の4つに再定義し、役割に応じた独立モジュールとして再構成した。

各機能間はAPI（Application Programming Interface）やクラウドを介して連携する、疎結合な構成を採用した。これにより、特定の機能における仕様変更や障害がシステム全体に波及することを防ぎ、システムの保守性と将来的な拡張性を確保した。

システムの全体像を図1に示す。

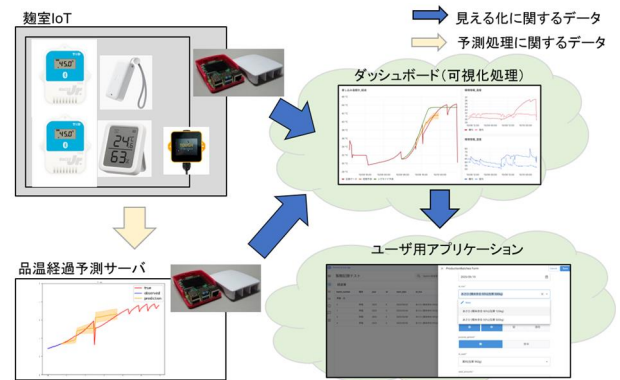


図1 システム構成

なお、品温経過予測サーバはオプション扱いとし、ユーザの要望に応じて利用の有無を柔軟に選択できる仕様とした。

従来システムからの改善の要点を表2に示す。

表2 従来システムの課題に対する改善の要点

項目	概要（詳細は後述）
通信設定の動的化	Web UI 実装により、麴室IoT機能における通信設定変更を容易化（3. 2）
クラウド環境の導入	外部サービスを選定し、既存DBとの安全な接続を構築（3. 3）
アプリ開発基盤の刷新	ノーコード開発環境への移行による、アプリ改修の迅速化（3. 4）
予測処理のAPI化	予測処理のAPI化により、専門知識不要な運用を実現（3. 5）

各機能をコンテナ技術により構築することで、実行環境をパッケージ化し、システムの再現性とセットアップの簡便化を図った。これにより、現場への新規セットアップに要する時間は、動作確認を含めても約1日に短縮された。

また、本システムは汎用ハードウェアおよび無償利用可能なクラウドサービスを活用することで、低コストでの構築を前提とした設計とした。

システム構成に必要な機材一式の費用例を表3に示す。各サーバはRaspberry Pi²⁾シリーズ、センサデータを集計しサーバ送信するゲートウェイにはM5stack³⁾シリーズ、品温管理用の温度計はおんどとり⁴⁾シリーズを想定している。選定するハードウェア構成による部分もあるが、必要最低限の構成であれば、システムは合計1

0 万円以下で安価に構築可能である。

表 3 システム構成機材一式の費用例

システム上の役割	費用の目安
IoT サーバ	¥20,000-
IoT ゲートウェイ	¥5,000-
品温管理用の温度計	¥20,000-/台
品温経過予測サーバ	¥20,000-

3. 2 趣室 IoT 機能の改修

ここでは、表 2 で述べた「通信設定の動的化」の具体的な取組内容について記述する。

趣室 IoT 機能のゲートウェイ (M5Stack) に通信設定用 Web インターフェースを実装した。通信設定画面を図 2 に示す。

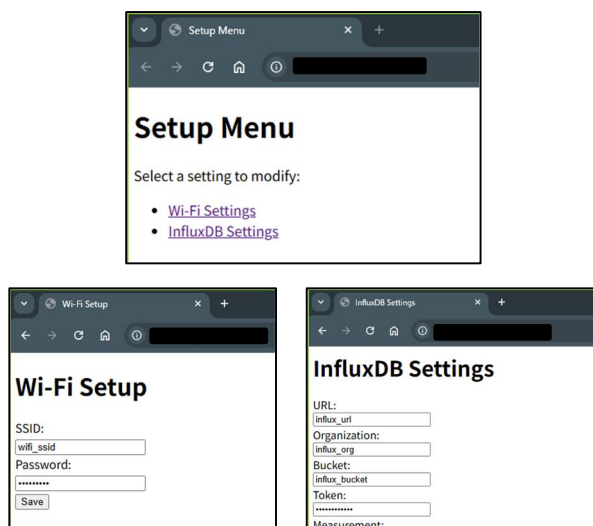


図 2 設定画面

上段：トップページ

下段左：Wi-Fi の設定 下段右：書き込み先サーバの設定

本機能により、ソースコードの改修を伴わない動的な通信設定変更が可能となった。通信設定変更に関する動作プロセスを以下に示す。

(1) アクセスポイント (以下、AP) モードへの自動移行

M5Stack の起動時、既定の Wi-Fi ネットワークへの接続に失敗した場合、自動的に AP モードへと切り替わる。

(2) Web 設定画面の提供

ユーザが PC やスマートフォンから M5Stack に接続し、ブラウザ上で特定の IP アドレスにアクセスすることで、設定用ページが表示される。

(3) 設定項目の更新

当該ページを通じて、Wi-Fi 接続情報 (SSID、パスワード) およびデータ保存先 (データベースの U

RL 等) の変更が可能である。

本改修により、現場での Wi-Fi ルータ交換や保存先サーバの変更が生じた際にも、外部の専門家や開発環境を介することなく再設定が可能となった。

3. 3 情報参照環境のクラウド化

ここでは、表 2 で述べた「クラウド環境の導入」の具体的な取組内容について記述する。用途毎に利用するプラットフォームを分離し、システムの柔軟性と現場での実用性の向上を図った。

(1) 動的な時系列データの可視化

時系列データの可視化基盤には、IoT データのリアルタイム描画および高度なグラフ表示に長けた Grafana Cloud⁵⁾ を選定し、従来システムで構築したダッシュボードをクラウド移行した。

クラウド環境からローカルネットワーク上の時系列データを参照するため、同サービスの PDC (Private Data source Connect) 機能を利用した。これは、ネットワーク外部へポートを開放することなくセキュリティを担保した状態で、安全にデータアクセスするための機能である。

(2) 帳票データの入力と閲覧

帳票データの管理基盤には、ノーコード開発プラットフォームである AppSheet⁶⁾ を選定した。

同プラットフォームを活用したアプリ開発により、独自サーバの構築や複雑なコーディングを排しつつ、項目追加や UI の最適化に要するコストを最小化できる。これにより、現場の改善要望を即座に反映可能な、保守性の高い開発・運用環境を整えた。

3. 4 ユーザ用アプリケーションの再構築

ここでは、表 2 で述べた「アプリ開発基盤の刷新」の具体的な取組内容について記述する。

本アプリケーションは、前述の AppSheet 開発環境を用いて作成した。主な役割は、ユーザが「現場でのデータ入力」および「過去データの参照」を行うための UI である。

アプリケーションを開くと、画面中央のメインビューに関連するデータが一覧表示される。新規データ登録は、メインビュー上のデータ追加ボタンから実行できる。一覧表示されたデータから参照したいデータを選択すると詳細ビューが表示される。詳細ビューでは、データの確認だけでなく修正も可能である。

スマートフォン版アプリケーション画面例を図 3 に示す。なお、記載情報は動作確認用のダミーデータである。

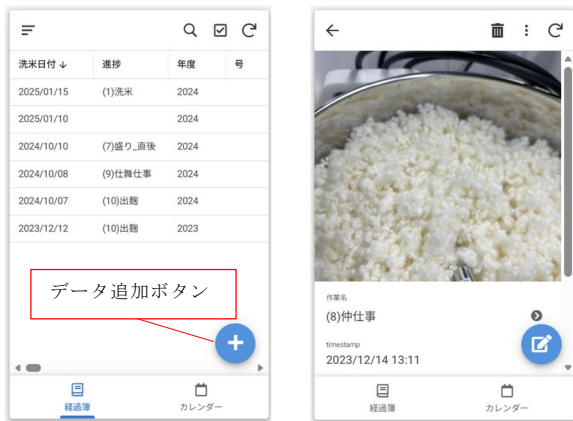


図3 ユーザ用アプリケーション画面例（スマホ版）
左：メインビュー 右：詳細ビュー

本アプリケーションは、スマートフォン、タブレット、パソコンからの利用に対応している。パソコン版アプリケーション画面例を図4に示す。

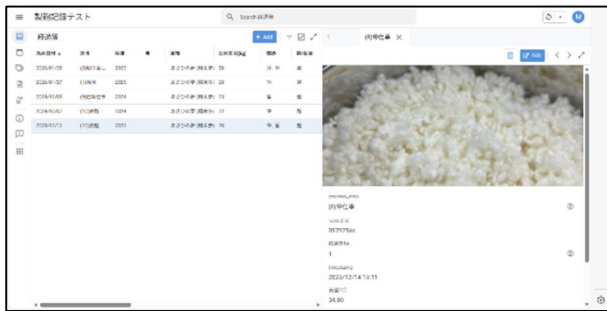


図4 ユーザ用アプリケーション画面例（PC画面）
デバイスに応じ、画面レイアウトが自動調整される。

本アプリケーションの主要な管理項目を表4に示す。

表4 ユーザ用アプリケーションの管理項目

項目名	内容
製麴作業情報	麴の品温、室内の温湿度、作業工程（盛り、仲仕事等）、担当者メモなど。
原材料情報	原料米の種類や精米歩合、使用する種麴、各原料の在庫量など。
使用機材情報	使用機材の設定内容、製麴管理に用いた温度計（センサーID）など。

入力されたデータはクラウド上のデータベースへ即時に同期されるため、遠隔地からでもリアルタイムに状況を把握することが可能となった。

本アプリの特筆すべき機能の一つとして、図5に示すダッシュボード機能との連携が挙げられる。

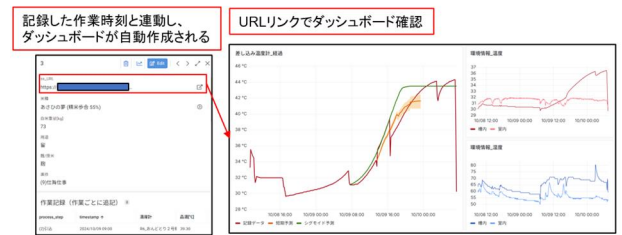


図5 ダッシュボード機能との連携

これは、アプリに登録された製麴開始時刻等の情報を基に、Grafana Cloud 上の時系列データから必要な情報だけを自動抽出してグラフ表示するものである。なお、オプションである品温経過予測機能を有効に設定することで、現在の品温経過に続く予測結果も同一画面上に重畳表示できる。

3.5 品温予測処理の整理およびバックエンドへの統合

ここでは、表2で述べた「予測処理のAPI化」の具体的な取組内容について記述する。

従来の予測処理は、Python 実行環境を構築し関連ライブラリのバージョンを適切に整えたうえで、分散記述された処理プログラムを順番に実行する必要があった。このように、実行に専門知識を要していた品温経過予測処理を、再利用性の高い「予測エンジン（ForecastEngine）」として再定義し、バックエンドサーバへ統合した。サーバ機能の全体像を図6に示す。

品温経過予測サーバ

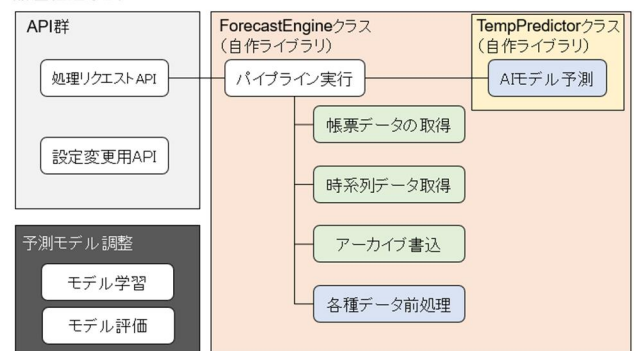


図6 品温経過予測サーバ機能の全体像

再利用を困難にしていた複雑な処理群を整理し、自作ライブラリとして再実装した。具体的には、予測に関する一連の処理（パイプライン）を管理するForecastEngineクラス、およびAI予測アルゴリズムを担うTempPredictorクラスにモジュール化し、外部からのリクエストに応じて処理を実行するAPIサーバとして実装した。

モジュール整理により、「データ取得・加工」の仕組みと「予測アルゴリズム」の本体が分離された。これに

より、現場の環境変化に合わせたデータの取得方法の変更や、将来的な予測モデルの改良を、システム全体の動作に影響を与えることなく独立して実施できるようになり、保守性が大幅に向上した。

また、API サーバとして一連のプロセスはバックエンドで自動実行されるため、ユーザはプログラム実行やデータ操作を意識することなく、図 5 に示したように予測情報を活用することが可能となった。

図 7 に、ユーザのリクエストから予測結果が生成されるまでの処理フローを示す。

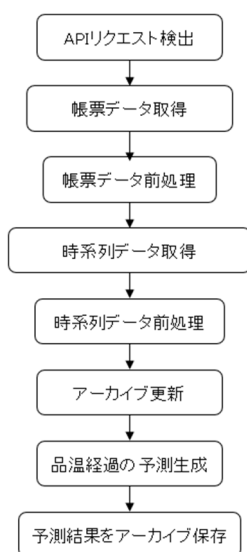


図 7 品温経過予測の処理フロー

4 おわりに

本研究では、令和 6 年度に試作したシステムの検証結果を踏まえ、実運用および県内企業への横展開を見据えた完成度の向上に取り組んだ。その結果、既存設備に後付け可能かつ低コストである製麺管理システムの実装モデルを構築した。

特に、はじめに提示した「導入容易性」「保守性」「実用性」の 3 点を評価軸とし、クラウドプラットフォームやノーコード開発環境を軸とした再構築および妥当性の検討を行った。その結果、以下の通り、県内企業への横展開に資する実用的な成果を得た。

(1) 導入容易性の改善に関する評価

コンテナ技術の採用や通信設定機能の動的化により、新規セットアップに要する時間を 1 日程度に短縮した。また、無償枠が提供されているクラウドサービスの選定や汎用ハードウェアの活用により、システム一式を概ね 10 万円以下の費用で構築できた。これにより、大規模な設備投資を伴わないスモールスタートな導入モデルを確立し、経済的・時間的コストの観点から導入容易性が大幅に向上した。

(2) 保守性の改善に関する評価

ノーコードプラットフォーム (AppSheet) の導入により、現場のニーズに応じた UI 改善や項目追加を、従来に比べ簡便に実施できる環境を整えた。

(3) 実用性改善に関する評価

AI 技術を用いた予測処理を「予測エンジン」として API 化したことで、複雑な環境構築を介さず、必要に応じて機能を選択・追加できる柔軟な解析基盤を構築した。予測エンジンの API 化により、現場データ蓄積と並行して継続的なモデル更新が可能な構成が実現された。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、システムの保守性向上およびアーキテクチャの最適化に関し、イーエルシステム株式会社より技術的助言とご協力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 松本健司ら：「栃木県産業技術センター研究報告」, No. 22, 13-18, (2025)
- 2) “Raspberry Pi”, <https://www.raspberrypi.com/>
- 3) “M5Stack”, <https://m5stack.com/>
- 4) “おんどとり”, <https://www.tandd.co.jp/product/ondotori/>
- 5) “Grafana Cloud”, <https://grafana.com/ja/products/cloud/>
- 6) “AppSheet”, <https://about.appsheet.com/home/>