

乳化量最大化を目指したエスプレッソ抽出制御システムの開発 — マシンを制御し質を評価するシステム“Connoisseur.” —

1. 背景

エスプレッソの抽出は特定の圧力と温度を用いて短時間で行われるものである。この方法により、コーヒーから濃厚な風味を引き出すことができるが、温度や圧力の微妙な変化によって品質が大きく左右される問題が存在する。家庭用エスプレッソマシンは多くの場合、アナログ制御により温度の一貫性が確保できず、その結果として品質にばらつきが生じる。一方で、業務用マシンでは温度設定は可能であるものの、実際にどのような温度で抽出されているかを知る手段がない。これらの課題は、エスプレッソの品質を向上させること、そしてバリスタの技術を向上させることにとって大きな障害となっている。

2. 目的

本プロジェクトでは、エスプレッソマシンの精密な制御と、抽出品質の客観的な評価を可能にするソフトウェアを開発することを目的としている。このソフトウェアによって、エスプレッソの抽出温度をリアルタイムで監視・制御し、抽出されたエスプレッソの品質を画像解析によって評価することができるようになる。このようなアプローチにより、バリスタは抽出プロセスをより細かく制御し、一貫した高品質なエスプレッソを提供できるようになる。また、この技術は家庭用と業務用の両方のエスプレッソマシンに適用可能であり、エスプレッソの品質向上とバリスタの能力拡張の両方に寄与する。

3. 開発の内容

本プロジェクトでは、エスプレッソマシンの完全自動制御とエスプレッソの品質評価をコンピュータによって行うシステム“Connoisseur.”を開発した。機能面では、精密な温度制御、自動ポンプ操作、直感的な情報表示、スタンドアローンでの運用、泡の量を分析する機能を実装した。

結果として、自作の基板を使用した制御システムを構築し、抽出温度と乳化量の制御において顕著な改善を実現した。さらに、システムを利用して温度を変更することで、エスプレッソの風味を一貫して変化させることに成功した。

本プロジェクトで開発したものは以下の3つである。システムの概略図を図1に示す。

- ① 自動制御ソフトウェア
- ② ハードウェアと制御基板
- ③ 乳化量解析システム

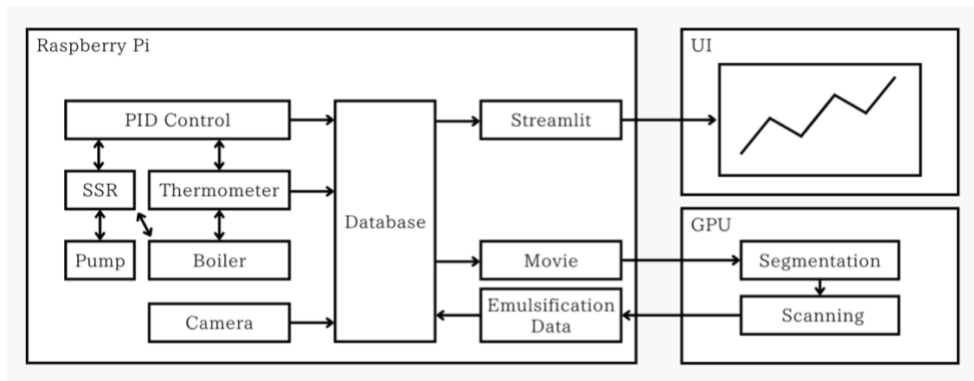


図 1: システム概略図

① 自動制御ソフトウェア

Raspberry Pi と Streamlit を用いた自動制御ソフトウェア(図 2)には抽出状況の可視化や設定値の変更の機能がある。また、本体に取り付けたディスプレイだけでなくブラウザからその情報を閲覧することが可能である。

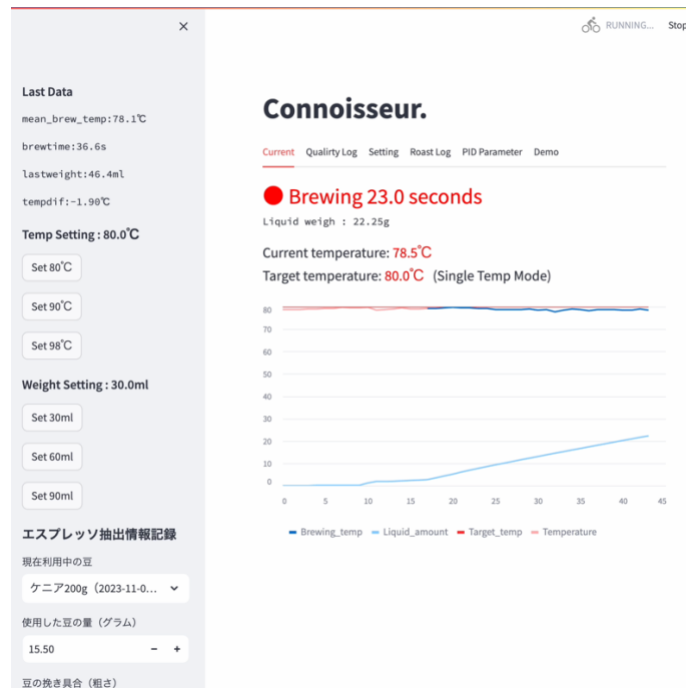


図 2: 自動制御ソフトウェア

② ハードウェアと制御基板

Rancilio 社 Silvia というシングルボイラーマシン(図 3)に半導体スイッチング素子を接続し、ヒーターとポンプを制御している。また、抽出状況の可視化のため、重量計、カメラ、温度計を使用している。そして、それらを制御する基板(図 4)を作成した。



図 3:ハードウェア



図 4:作成した基板

③ 乳化量解析システム

Web アプリケーションを通して乳化量を解析することができるシステムを開発した。自動制御ソフトウェアのボタンを押すことで、抽出したエスプレッソの動画を外部サーバへ送信し、処理した動画を受け取ることができる(図 5)。

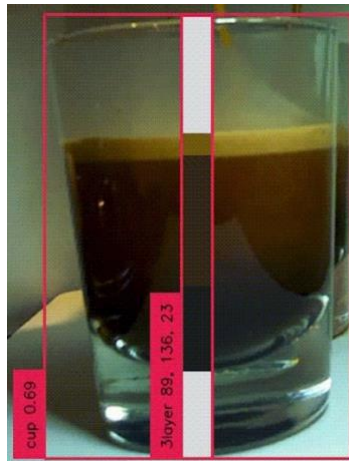


図 5:乳化量の解析システム

4. 従来の技術(または機能)との相違

Connoisseur.は、エスプレッソマシンの自動制御と品質評価の分野において、類似のソフトウェアと比較して評価と拡張性の面での新規性と優位性を持っている。これらの特徴により、Connoisseur.は従来の技術や機能と比較して、エスプレッソの抽出と品質管理における新たなスタンダードを提供する。その結果、エスプレッソマシンの使用経験を大きく向上させ、コーヒー産業における品質と効率の新たな基準を設定することが期待される。

- ① 画像解析による品質評価: Connoisseur.は、抽出されたエスプレッソの画像を分析し、泡の量を基に品質を評価する機能を持つ。これまでの製品では見られなかった、泡の量の変動を統計的に有意な差を持って捉えることが可能であるため、エスプレッソの品

質を新たなレベルで客観的に評価することができる。

- ② **Raspberry Pi を使用した拡張性と接続性**: Connoisseur は Raspberry Pi を利用して開発されており、これによりセンサーの拡張やクラウド接続、API 連携が容易になる。これは、ユーザがシステムをカスタマイズしやすくし、さらにはデータをリアルタイムで分析・共有することを可能にする。

5. 期待される効果

Connoisseur.によって、エスプレッソの抽出と評価に関わる複数の分野において、以下のような効果が期待される。

- **バリスタの作業の数値化**: バリスタは抽出条件を数値データとしてリアルタイムにモニタリングし、調整することが可能になる。これにより、抽出過程の精密な制御が可能となり、一貫して高品質なエスプレッソを提供できるようになることが期待される。
- **品質評価機能による安定性**: 抽出されたエスプレッソの品質を画像解析によって客観的に評価する機能は、製品の品質を安定させる上で重要な役割を果たす。これにより、バリスタの技術に依存することなく、一定の品質基準を満たすエスプレッソの提供が可能になる。
- **コーヒーマシン業界のスマート化**: Connoisseur.の導入は、エスプレッソマシンにおけるスマート技術の利用を加速する。センサーの拡張やクラウド接続、データの共有と分析により、業界全体の技術革新が促進されることが予測される。
- **バリスタ技能の普及**: バリスタの高度な技術が一般化され、より多くの人が高品質なコーヒー体験を享受できるようになる。バリスタに必要な技能の敷居が低くなることで、コーヒー文化の裾野が広がることが期待される。
- **データ科学および機械学習分野の活性化**: エスプレッソの抽出データと品質評価データの収集・分析により、コーヒー抽出の最適化、品質予測モデルの開発、個人の好みにも合わせたカスタマイズ推薦など、データ科学と機械学習の応用が進む。これにより、消費者一人ひとりに最適なコーヒー体験の提供が可能になることが期待される。

以上のように、Connoisseur.の開発によってもたらされる効果は、バリスタの作業の数値化、品質の安定化、業界のスマート化、バリスタ技能の普及、データ科学および機械学習分野の活性化に及び、これらの変化はエスプレッソの提供方法および消費者体験に革命をもたらすことが期待される。

6. 普及(または活用)の見通し

- **事業者向け提供**: Connoisseur.は、高品質なコーヒー豆とセットでカフェやレストランなどの事業者提供される予定である。これにより、事業者は継続的に高品質なエスプレッソを提供できるようになり、顧客満足度の向上とリピーターの増加が見込まれる。
- **消費者向け販売**: 家庭用市場においては、オンライン通販を通じて Connoisseur.を消費者に販売する計画である。簡単な操作性と低コストでの導入可能性が、家庭用エスプレッソマシン市場における新たな選択肢として注目されることが期待される。

7. クリエータ名(所属)
岡田 拓真(立命館大学)