

深層学習による黒にんにくの製造パラメータの最適化

[研究代表者] 山本義幸 (工学部土木工学科)

研究成果の概要

黒にんにくの製造は、生にんにくを特定の条件下で発酵・熟成させるプロセスである。この特殊な食品はその独特な風味と高い栄養価により、多くの人々から好まれる一方、製造過程では多くの課題がある。特に、製造環境の管理によって品質が大きく左右されるため、その管理方法は非常に重要である。現状では、製造環境の管理は主に担当者の経験に依存する形で行われており、その経験と直感に基づいた判断が製造全体の成果に大きな影響を与えている。この結果、品質基準を達成することが難しい場合があり、目標の不良品率を達成できない場合が不規則に生じている。この問題を解消するため、製造パラメータと品質との間の関連性を明確にすることが急務である。しかしながら、製造環境には一定の制約があり、全てのパラメータを観測・制御することは難しいという現実がある。そのため、この課題を克服するための新たなアプローチが求められている。本研究は、製造場の3D形状計測と計算流体力学(CFD)解析を駆使し、深層学習による製造環境のモデリングに取り組んだ。現実の温度分布を、担当者のヒアリングを通じて、CFDで試行錯誤的なパラメータ設定で再現した。CFD解析により得られた温度分布は、特定のブロックごとでとりまとめ、ニューラルネットワークの正解データとして取得できるようにした。ニューラルネットワークでは、入力データとして、流速、圧力等となる。現実の環境を想定すると、CFDでのメッシュは非常に細かくせざるを得ない部分もあり、そのままでは、大規模なニューラルネットワークになってしまうため、部分的なメッシュのマージの必要性が明らかになった。さらに、製造環境の温度だけでなく、湿度、風速等の要素をも予測可能とするための改良も進行中である。これらの取り組みは、黒にんにくの製造過程をさらに改善し、その品質向上を達成するための実践的な道筋を示すものであり、今後の研究で更なる進展が期待されている。

研究分野：空間情報

キーワード：深層学習、計算流体力学、ニューラルネットワーク

1. 研究開始当初の背景

黒にんにくの製造は、基本的には生にんにくを特定の条件下で発酵・熟成させるプロセスにより行われている。この特殊な食品はその独特な風味と高い栄養価により、多くの人々から好まれる一方、製造過程では多くの課題がある。特に、製造環境の管理によって品質が大きく左右されるため、その管理方法は非常に重要となる。

現状では、製造環境の管理は主に担当者の経験に依存する形で行われており、その経験と直感に基づいた判断が製造全体の成果に大きな影響を与えている。この結果、品質基準を達成することが難しい場合があり、目標の不良品率を達成できない場合が不規則に生じている。この問題を解消するため、製造パラメータと品質との間の関

連性を明確にすることが急務となっている。しかしながら、製造環境には一定の制約があり、全てのパラメータを観測・制御することは難しいという現実がある。そのため、この課題を克服するための新たなアプローチが求められている。

近年、人工知能の一つである深層学習の進歩により、製造プロセスの最適化に大きな可能性が見られる。深層学習は、大量のデータからパターンを学習し、それを基に新たな情報を予測する能力を持つ。これを黒にんにくの製造に応用することで、経験的に、また暗黙的に決定されてきた製造パラメータを自動化し、最適化することが期待されている。しかし、深層学習を有効に活用するためには、まずはこれまでの経験的な決定過程から重要

なパラメータを抽出し、それらを明確にする作業が必要である。そして、そのパラメータと品質との関連性を深層学習が適切に捉え、予測することが可能かどうかを検討することが求められている。このようなアプローチを採ることで、黒にんにくの製造プロセスの効率化と品質向上が達成される可能性があり、その結果、製造業全体のパフォーマンス向上に繋がることを期待できる。

2. 研究の目的

本研究は、黒にんにくの製造プロセスの最適化を目指し、深層学習の適用可能性を探求する。経験知に基づいた製造パラメータと品質の関係を数理的に解明し、その関係性を深層学習で理解することが研究の主要な目標である。そのために、製造場の3D形状計測と計算流体力学(CFD)解析を用いて、現実の温度分布を再現した。そのデータと製造場の設定パラメータを扱う深層学習モデルの構築を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 3Dレーザスキャナによる製造場の形状計測

本研究では、3Dレーザスキャナを用いて製造場の形状計測が行われた。3Dレーザスキャナは、レーザ光を放射し、その反射を検出することで空間の形状を取得する。製造場の大きさや複雑さにより、単一の観測位置から全体をカバーすることは困難であったため、製造場の複数箇所から観測した。次に、各観測位置から得られた点群データを一つの座標系に結合した。このプロセスにより、複数箇所から得られた点群データが一つの座標系で表現され、製造場全体の3Dモデルが生成された。

この3Dモデルは、製造場の形状、大きさ、配置物の位置等を詳細に把握するための基礎情報となった。さらに、このモデルはCADソフトウェアにインポートすることが可能であり、工場のレイアウト変更、設備の更新などのための詳細な分析やシミュレーションに利用可能である。

(2) CFD解析

本研究では、黒にんにくの製造過程における熱伝達と流体の挙動を明らかにするため、計算流体力学(CFD)解析を行った。この解析は、製造環境の温度分布や流体の流れを理解し、最適な製造条件を導き出す目的で実施

した。

(3) 深層学習モデルの検討

本研究では、CFD解析の結果を基に、製造パラメータを推論する深層学習モデルを検討した。本ケースの場合、黒にんにくの品質も扱うモデルから、理想的な温度分布を基に、製造パラメータを推論するモデル等、モデル自体も複数想定される。これについては、計算量や作業コストを鑑みて、実用上利用可能なモデルを検討する。

4. 研究成果

(1) 3Dレーザスキャナによる製造場の形状計測結果

3D形状計測結果から、製造場の形状をmmレベルで取得できるようになった。現地では、計測しづらい空間も、3Dレーザスキャナの計測結果を活用すれば計測できるメリットを確認した。

(2) CFD解析結果

CFDの解析結果について、担当者と検証した。計算条件としては、密閉空間を前提(流入孔・流出孔は設定)としているが、現実には製造場への出入りもあり、入口側の熱分布が解析結果よりも低いなどの相違を確認した。再現性の向上のため、モデルの設定の検討事項を確認した。

(3) 深層学習モデルの検討結果

本研究では、CFD解析結果を基に、最適な製造パラメータを明らかにする深層学習を行うためのパイプラインを開発した。深層学習モデルの入出力データの設定は、複数考えられる。これにおいて、計算量を考えると、CFD解析結果を複数の区域に分割し入力し、製造パラメータを推論する深層学習モデルが現実的と考えられた。また、本モデルは、CFD解析の結果だけでなく、製造過程の様々なパラメータも考慮に入れることは可能である。これにより、製造場の状況に応じてモデルの予測性能を向上させることが可能となる。これは、特に製造過程の微調整や問題解決に有用であり、黒にんにくの品質改善に寄与することが期待される。

今後の展望として、提案モデルの適用範囲を広げ、製造場の他の要素(例えば、湿度、風速等)の予測も可能にすることを考えている。さらに、モデルの解釈性を向上させ、具体的な製造過程の改善策を導き出すことについても課題とする。