

迅速な麴の品質評価方法の開発

Development of rapid quality evaluation method for koji

会津若松技術支援センター 醸造・食品科 齋藤嵩典

本研究では、作業者の経験値に左右されず、煩雑な作業を伴わない麴の品質評価方法として、画像解析ソフトウェア「ImageJ」を用いた品質評価方法の開発を行った。光学スキャナで読み取った麴の画像を解析することで、輝度値を基に麴1粒ずつの破精（はぜ）込みを数値化することができた。これにより、製造した麴の品質評価項目の1つとして利用できる可能性を見出した。

Key words: 麴、ImageJ、破精

1. 緒言

清酒製造業界では、「1 麴、2 甑、3 造り」という言葉があるように、麴の品質は清酒の発酵において重要な役割を担っている。現場で簡単に確認できる麴の品質評価方法として、製造した麴の味、香り、手ざわりや外観などから麴の品質を評価する方法があるが、作業者の経験と勘に頼る部分が大きく、定量的な評価ができていない。また、麴の持つグルコアミラーゼなどの酵素力価を測定する方法は一般的に行われている。この方法は定量的な評価方法として利用されているが、煩雑な作業を伴い、高価な分析機器が必要になるなど、企業の現場で実施することが難しい場合もある。

近年、麴の外観に着目し、麴の画像から麴の品質評価を行う研究が進められている。本多らは実体顕微鏡で撮影した麴の画像から、麴菌の菌体量が推定できることを見出した¹⁾。また、入江らは画像解析を活用したAI技術により、麴1粒ずつの破精の多少を判定し、希望する麴の破精分布を得るための製麴条件を予測するモデルの構築を行った²⁾。このように、画像解析を活用することで、麴の品質を迅速に評価することができるようになると考えられる。生物分野で用いられる画像解析ソフトとしては「ImageJ」が広く利用されている。高堂らは酒造用原料米の浸漬時の裂傷について、ImageJを使用した画像解析により、水浸裂傷の定量的な評価を行っている³⁾。本研究では、ImageJを活用して、麴の破精を数値化する手法の開発に取り組んだ。

2. 実験

2. 1. 麴画像の撮影

麴は令和4酒造年度に福島県内の複数の清酒製造企業で製造され、精米歩合40%の山田錦を原料とした麴を撮影対象とした。麴菌の種類は、グルコアミラーゼ活性の高い市販の種麴1種に限定して撮影した。

撮影方法として、工業用カメラと光学スキャナ（GT-X830、セイコーエプソン（株））を検討した。工業用カメラでは、外部の光源の影響を受けないようにするた

め、卓上暗室内で作業を行った。さらに、麴の透過光画像を得るために、麴をLEDビューア上に並べて撮影した。光学スキャナでは、透過光画像を得るために「フィルムスキャンモード」に設定して撮影した。また、麴1粒ずつが重ならないよう3Dプリンタで格子状の治具を作成した（図1）。治具は麴を並べるときのみ使用し、撮影時は外した。

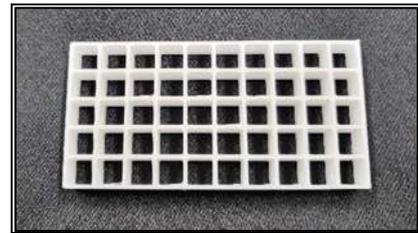


図1 麴撮影用の治具

2. 2. 画像解析

画像解析ソフトウェア「ImageJ」を活用して、画像解析を行った。撮影した麴のカラー画像を8bitのグレースケール画像に変換し、2値化処理を行うことで、画像から麴1粒ずつの抽出を行った。さらに、麴1粒ずつの輝度値から麴の破精を定量し、麴50粒の輝度値ヒストグラムを作成した。

2. 3. 酵素力価測定

麴のグルコアミラーゼ、 α -アミラーゼ、酸性カルボキシペプチダーゼは国税庁所定分析法に基づき測定した⁴⁾。

3. 結果と考察

3. 1. 麴画像の撮影

麴50粒の画像を工業用カメラ、光学スキャナで撮影し、ImageJで画像処理を行った（図2、図3）。黒からだんだんと白くなるグレースケールのルックアップテーブルを16カラーに変更することで、グレースケールでは気づきにくいバックグラウンドの不均一さを確認することができる⁵⁾。工業用カメラを使用した撮影方

法では、外部の光源の影響、LED ビュアーの光源そのものの不均一さにより、バックグラウンドが安定しなかった。これにより、正しく輝度値が読み取れない可能性がある。本研究では、バックグラウンドが均一で再現性良く撮影できる光学スキャナを使用することとした。

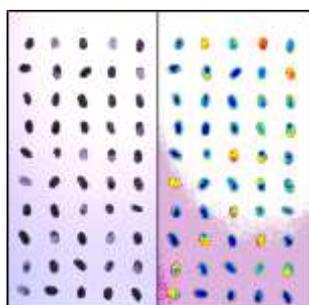


図2 工業用カメラで撮影した麴
(左：グレースケール、右：16カラー)

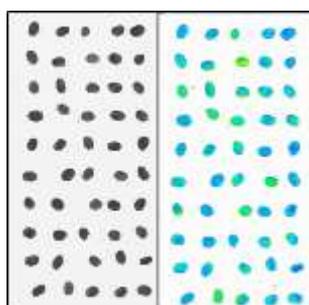


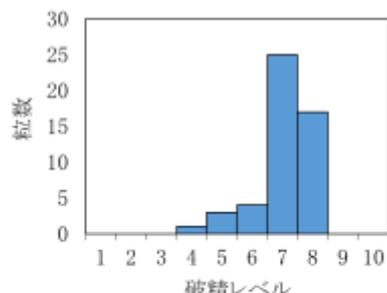
図3 光学スキャナで撮影した麴
(左：グレースケール、右：16カラー)

3. 2. 画像解析

原料米・精米歩合・種麴を限定して、酵素力価（グルコアミラーゼ、 α -アミラーゼ、酸性カルボキシペプチダーゼ）が異なる3種類の麴を画像解析し、麴1粒ずつの輝度値の中央値を用いてヒストグラムを作成した（図4、図5、図6）。撮影対象とした麴の中で、図4で使用した麴は全ての酵素力価が最も高く、図6で使用した麴は全ての酵素力価が最も低い。また、図5の麴は平均値に近いグルコアミラーゼ活性を示した麴である。なお、ヒストグラムの横軸は1に近づくほど破精が少なく、10に近づくほど破精が多いことを示している。

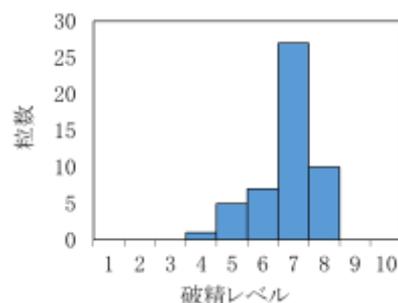
酵素力価の最も高い図4の麴では、酵素力価の低い図5、図6の麴と比較して、クラス8に分類された麴が最も多かった。さらに、酵素力価の低下に伴い、クラス8に分類される麴の数が減少していくことがわかった。各ヒストグラムにおける輝度値の中央値は、図4で74.18、図5で77.48、図6で81.50となっている（最小0、最大255）。数値が小さいほど画像としては

黒に近づくので、麴の破精が多いということを示している。麴の破精込みが良いほど酵素力価が高い、という経験則を裏付ける結果となった。今後、さらに麴画像データの収集を行い、酵素力価と輝度値（破精）との相関関係を調査する予定である。



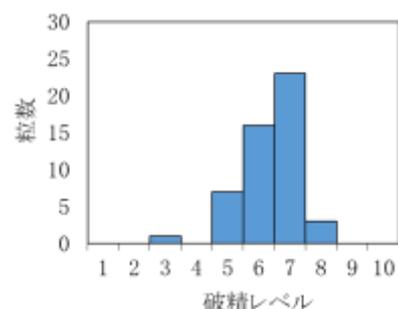
グルコアミラーゼ	478(U/g)
α -アミラーゼ	888(U/g)
酸性カルボキシペプチダーゼ	3702(U/g)
輝度値の中央値	74.18

図4 酵素力価の高い麴



グルコアミラーゼ	282(U/g)
α -アミラーゼ	394(U/g)
酸性カルボキシペプチダーゼ	1815(U/g)
輝度値の中央値	77.48

図5 酵素力価の平均的な麴
(平均的なグルコアミラーゼ活性の麴)



グルコアミラーゼ	124(U/g)
α -アミラーゼ	212(U/g)
酸性カルボキシペプチダーゼ	1317(U/g)
輝度値の中央値	81.50

図6 酵素力価の低い麴

4. 結言

新たな麴の品質評価方法として、ImageJ を活用した手法の開発に取り組んだ。麴の撮影に光学スキャナを使用することで、再現性良くバックグラウンドが均一な麴画像を撮影することができた。さらに、ImageJ を使用して、麴 1 粒ずつの輝度値を抽出することで、麴 50 粒の破精の多少をヒストグラムとして可視化することができた。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、酵母開発・頒布事業で実施している麴分析の検体の残部を使用しました。当該事業をご利用いただいている福島県内の清酒製造企業の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 本多裕之、画像解析による麴菌体量の推定、生物工学会誌、1995、第 73 巻、第 5 号、409-412
- 2) 入江彰一、AI 技術による清酒麴造り、日本醸造協会誌、2020、第 115 巻、第 11 号、688
- 3) 高堂泰輔、酒造用原料米の水浸裂傷の定量評価、日本醸造協会誌、2019、第 114 巻、第 11 号、697-706
- 4) 標準分析法注解編集委員会、酒類総合研究所標準分析法注解、公益財団法人日本醸造協会、2017
- 5) 三浦耕太・塚田祐基、ImageJ で始める生物画像解析、株式会社学研メディカル秀潤社、2016