

3. 炊飯米の外観とその測定法

柳原 哲 司*

はじめに

ご飯の食味は主に、外観、香り、味、粘り、硬さといった要素で総合的に構成されるといわれており、全国で広く実施されている食味官能試験ではこれらの項目毎に評点を付ける方法が採用されてきた³⁾。すなわち、おいしいご飯とは「外観、香り、味が良く、程良い粘りとやわらかさ」を備えたご飯と表現することができる。

一方北海道が1980年代以降、良食味米品種選抜法として導入してきた食味関連測定項目は、アミロース含量、蛋白質含有率、アミログラム特性および米飯粒のテクスチャーである⁴⁾が、これらはいずれもご飯の食味構成要素の中で主に「粘り」と「やわらかさ」の向上をターゲットとしたものであった。その結果、1990年代以降に開発された北海道米品種は、それ以前の品種に比較して格段に「粘り」と「やわらかさ」が向上し、近年では府県良食味銘柄と同レベルの評価も得ている²⁾。しかし、今後北海道米の食味をさらにワンステップ向上させるためには、新たな食味構成要素の向上に視点を移す必要がある。筆者らは、その新たな要素として炊飯米の「外観」を取り上げることとした。

米の食味を構成する評価項目の中で、炊飯米の外観についてはその重要性が指摘されながら^{3),4),5)}も機器分析による客観的な数値化が難しく、これまでは官能試験による相対評価に頼るしかなかった。また近年需要が伸びている、外食や中食産業で使用される米の場合には、炊飯米の外観は直接商品性と結びつく場合が多く、家庭で消費される一般米以上にその重要性が高いと思われる。

そこで筆者らは、炊飯米外観の客観的機器評価法として、近年パソコンレベルでの利用が可能となった画像解析を応用することを試みた⁶⁾。画像解析を応用した機器測定の特徴として、①感覚の個人差を排除できる、②照明など測定条件の統一が容易になる、③同一基準での数値評価が可能となることなどがあげられ、従来の官能評価に比較して、より高精度で効率の高い評価が期待できるためである。

本稿では、この評価法開発に関わる技術的な検討結果と将来的な応用の可能性について述べる。

1) 画像解析による炊飯米外観測定法の開発

(1) 測定装置の概要

炊飯米外観測定システムは大きく①少量炊飯シャーレ、②少量炊飯装置、③炊飯米画像取り込みシステム、④画像解析・データ処理装置(PC)から構成される(図Ⅲ-3-1)。

少量炊飯シャーレは直径75mmのステンレス製で、フタ部分には内部の水蒸気を効率良く透過するフィルターがはめ込まれている。また、シャーレ内部は測定時にライティングの反射を防ぐため黒色のコーティングが施してある。このシャーレを用いると、15g程度の白米による少量炊飯が可能で、通常の炊飯釜とほぼ同様の炊き上がりが見られる。

少量炊飯装置は、一度に24個のシャーレが収納可能で、温度プログラマーにより炊飯条件が自由に設定できる。

炊飯米画像取り込みシステムは、CCDカメラ、リングライト、照度計、ターンテーブルが一体化されており、少量炊飯された炊飯米表面の画像を一定の照度条件で連続的にデジタル画像として取り込める仕組みとなっている。



図Ⅲ-1-1 炊飯米外観測定システムの概要

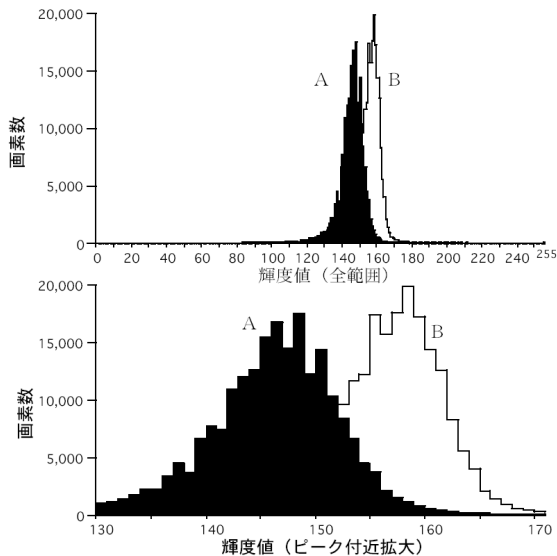
(2) 測定システムの開発

①炊飯米外観測定パラメータの検討

炊飯米の外観は北海道で実施されている官能評価項目に従い、「白さ」と「つや」の2項目に分けて評価することとした。まず、炊飯米の「白さ」が画像解析から得られるどのような測定値と関連があるかを把握するために、官能評価による炊飯米の白さが明らかに異なると評価された2種類の米、AおよびB両試料(Aに比較して

*上川農業試験場 078-0387 上川郡比布町

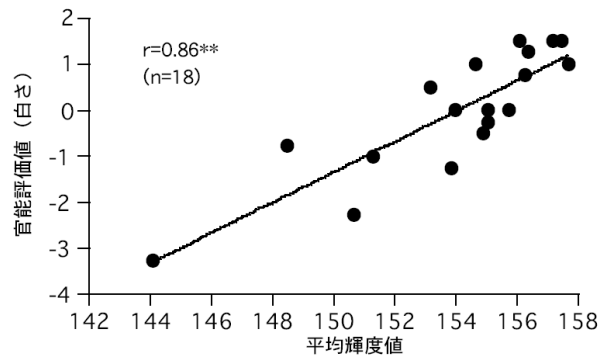
B試料は明らかに「白い」と評価される)のデジタル画像を用いて輝度成分の比較をおこなった。両画像はともに全220,800画素から構成されたモノクロ濃淡画像であり、図Ⅲ-3-2にAB両画像の輝度毎のヒストグラム(=輝度分布)を示した。



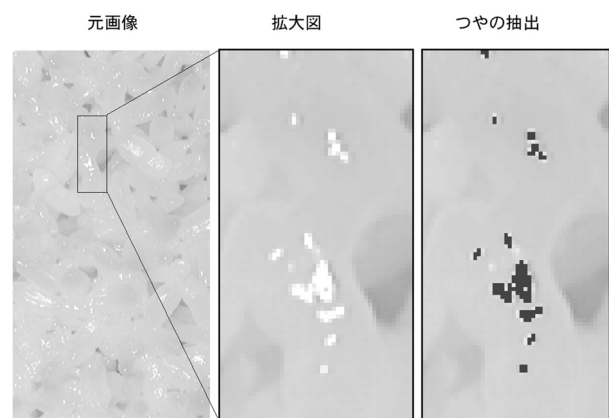
図Ⅲ-3-2 試料A, B炊飯米の輝度分布の比較³⁾

図Ⅲ-3-2上には、0~255の全輝度範囲での輝度分布を示した。両試料とも輝度値150付近に明瞭なピークを持つことがわかった。このことは、それぞれの炊飯米画像は極めて均質な輝度をもつ画素で構成されていることを示しており、このピーク位置が両画像の全体的な明るさを端的に示すと考えられることから、この違いが炊飯米の白さの違いとして知覚されるものと推測された。そこで両画像の輝度分布の違いをより詳細に比較するため、ピーク付近を拡大したのが図Ⅲ-3-2下である。両試料を比較すると、ピークはAよりB方が高位置にあり、より高輝度の画素で構成されていることが示されている。この分布の違いを数値として示すために、全画素の平均値(平均輝度)を求めるとAは144、Bは156と計算され、官能評価の結果と対応する結果となった。そこで、品種および産地・圃場の異なる18点の評価用試料を用い、同様の手法により平均輝度値を求め、官能評価値との関係を示したのが図Ⅲ-3-3である。両者は $r=0.86$ と有意な(1%水準)高い相関関係を示し、平均輝度値が高い米は白いと評価されることが示された。以上から、平均輝度値は炊飯米の白さを測定するためのパラメータとして採用した。

次に、「つや」を示す測定パラメータの検討をおこなった。検討にあたり、まず人が炊飯米のつやとして認識している部位の輝度的な特徴を明らかにしようとした。図



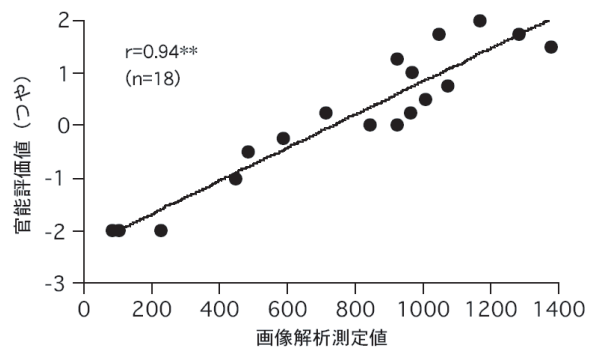
図Ⅲ-3-3 平均輝度と官能評価による米飯白さの関係³⁾



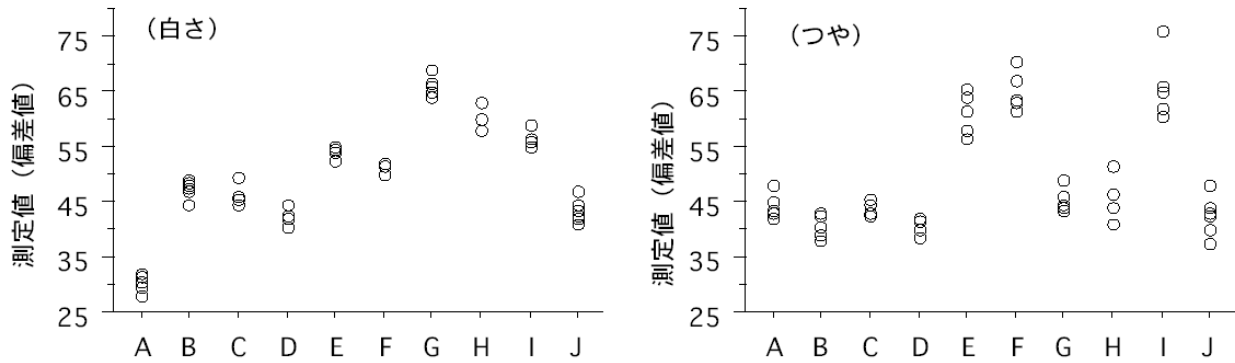
図Ⅲ-3-4 つや部分の拡大と抽出³⁾

Ⅲ-3-4に示されたように、炊飯米画像上でつやと認識できる部位を順次拡大していくと、炊飯米の「つや」とは、画像上で一定以上の高い輝度をもつ画素の集合部位であることが確認できた。そのため適当な閾値を設定し、つやとして認識される部分の画素だけを、画像全体から抽出することが可能となり、その面積(画素数)を比較するとつやの多少が測定できると予想された。

先と同様に18点の評価用試料を用い、画像解析により



図Ⅲ-3-5 画像解析測定値と官能評価によるつやの関係³⁾



図Ⅲ-3-6 画像解析測定値のばらつき程度

抽出した高輝度部分の画素数と、官能評価との関係を検討した結果、図Ⅲ-3-5に示したように「つや」の測定値は官能評価と良好な整合性を示し、画像解析により炊飯米の「つや」を客観的に数値化できることが示された。

(3) 測定精度と効率

本システムでの測定値のばらつき程度を検討するために、炊飯米の外観が異なると推定された10品種(A~J、北海道米、府県品種各5点)について、各品種6反復の少量炊飯を行い、画像解析測定値を得た。項目間の比較を容易にするため、測定値を各項目毎の偏差値に変換し、図Ⅲ-3-6に示した。

「白さ」測定値の反復間のばらつきは小さく、様々な試料間の比較を高い精度で測定できると考えられた。また、「つや」測定値の反復間のばらつきは平均輝度値よりも若干大きかったが、試料間の比較には十分用いることができると考えられた。

次に本測定システムを用いて多数の試料を効率良く測定するためのプロトコールを作成した。加水量、温度上昇パターン、炊飯後放置時間等について検討を加え、表

表Ⅲ-3-1 標準測定プロトコールの設定

測定セクション	測定過程	測定条件
炊飯シャーレ	精米	
	秤量・洗米	15g, 2回洗米
	加水・浸漬	1.6倍量, 10分
	加熱炊飯	105°C, 40分
	放置	20分
自動測定用ターンテーブル	画像取り込み	20回積算, 4角度 しぼり解放, 7.0lux
専用解析ソフト	画像解析	

Ⅲ-3-1のような標準測定プロトコールを作成した。これに従えば1日100点以上の測定が可能である。

また、外観測定後の炊飯米試料はそのまま食味官能試験やテクスチャー分析に用いることも可能であることから、育成材料の効率的な食味評価技術としても有効な手法となりうる。

2) 炊飯米外観測定の応用事例

(1) 北海道品種の測定事例

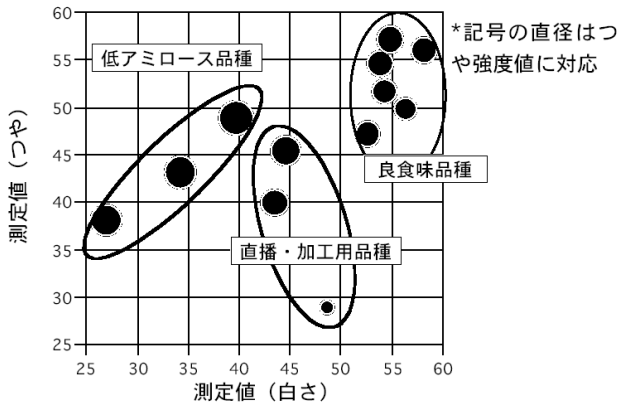
2001年産北海道米品種について、本システムによる炊飯米の外観評価を試みた。供試試料は表Ⅲ-3-2に示した163点(11品種, 16地点)である。炊飯米外観の測定方法は標準測定プロトコールに従った。また、「つや」として抽出した画素数に加えて、つや抽出部分の平均輝度値をつや強度値として求め、プロットの大きさの違いとして示した。

表Ⅲ-3-2 供試品種一定
(2001年中央農試奨励地試験資料より)

供試品種名	品種用途	地点数		供試点数
		標肥区	多肥区	
ほしのゆめ	うるち良食米	16	5	21
きらら397		15	5	20
ほしたろう		15	5	20
ななつぼし		16	5	21
あきほ		13	4	17
ゆきまる		14	4	18
はなぶさ	低アミロース (飯米用)	14	5	19
あやひめ		16	4	20
北海288号*		1	0	1
きたいぶき	他用途	1	0	1
吟風		1	0	1
上育438号*		3	0	3

*「北海288号」および「上育438号」は奨励地試験供試系試験である。

図Ⅲ-3-7に北海道における品種別の炊飯米外観測定結果を示した。



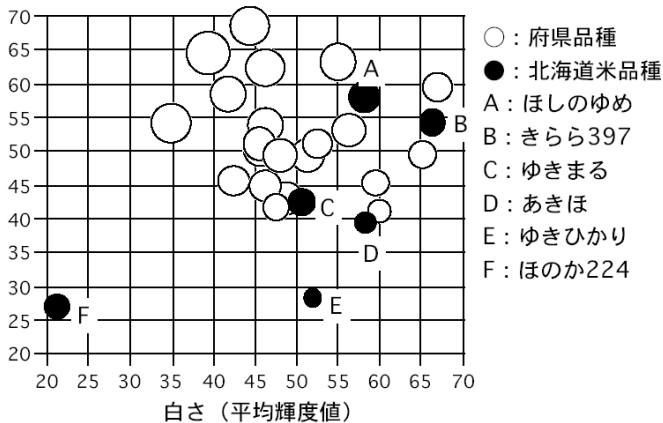
図Ⅲ-3-7 北海道米品種の炊飯米外観評価
(2001年中央農試奨決現地試験・標肥区)

北海道米品種の炊飯米外観は、品種の特性により大きく3つに分けることができた。良食味品種群(「ほしのゆめ」, 「ほしたろう」, 「きらら397」, 「ななつぼし」, 「あきほ」, 「ゆきまる」)は相対的に白くつやがあると評価される位置に分布し、つや強度はほぼ同様の値であった。低アミロース品種群(「あやひめ」, 「はなぶさ」, 「北海288号」)は「白さ」が特に低く、「つや」もやや低めであるが、つや強度が高い特徴を示し、炊飯米の外観上はうるち米品種と明確に区別されることが確認された。

(2) 府県品種との比較

図Ⅲ-3-8は北海道米の炊飯米外観の特徴を府県良食味品種と比較した結果である。図の横軸には「白さ」の測定値、縦軸には「つや」の測定値を配置して、各品種の外観的特徴を2次元平面にプロットした。また、プロットした点の大きさはつやの強度を示しており、同一の位置であれば点が大きいほどつや部分の明るさが強いことを示している。

北海道品種の炊飯米外観は、府県良食味品種と比較して、白さの点では優るが、つやに関する特性値が低い傾

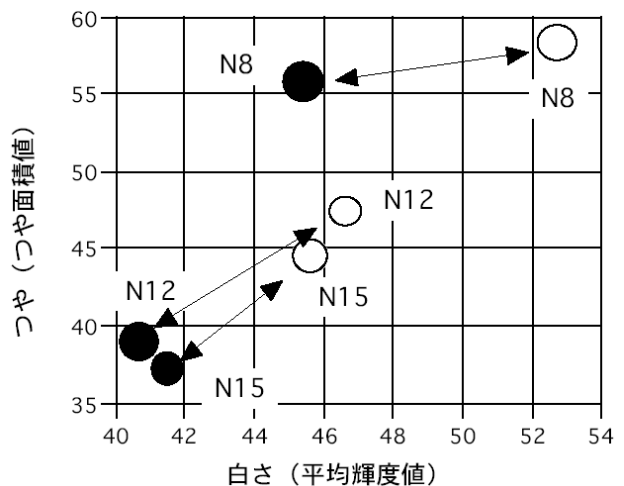


図Ⅲ-3-8 北海道米および府県品種の炊飯米外観の比較
注) 記号の直径はつや強度に対応

向にあり、それが官能評価で劣る要因となっていることが明らかとなった。このように、本測定装置では、官能評価における優劣が推定できるだけでなく、炊飯米外観の質的な差異や現在不足している特性について明らかにできる優点があり、稲育種に利用することにより、白くてつやのある次世代良食味品種の開発に役立てることができる。

(3) 施肥条件と炊飯米外観の関係

次に水稲生産現場における窒素施肥量と未熟粒の混入が炊飯米の外観に及ぼす影響について検討した。図Ⅲ-3-9は、同一圃場において窒素施肥量を3段階に変化させ(8, 12, 15kg/10a, 8kgが標準施肥量)たときの炊飯米の外観を検討した結果である。測定は各窒素施肥量区の試料を整粒(○)と未熟粒(●)に分けておこなった。



図Ⅲ-3-9 施肥量、玄米品質と炊飯米外観の関係
○：整粒，●：未熟粒，数字はN施肥量
注) 記号の直径はつや強度値に対応

炊飯米の白さ、つやとも整粒・未熟粒にかかわらず、窒素施肥量が増加するに従い値が低下し、外観が劣る事が示された。また、整粒に比較して未熟粒の炊飯米の値は明らかに低く、未熟粒の混入が炊飯米の外観低下に大きな影響をおよぼすことが、あらためて数値として確認された。

以上から、過剰な窒素施肥は炊飯米の外観に悪影響を与え、未熟粒の混入も炊飯米の外観を低下させる大きな要因であることが確認された。このように本装置による外観測定を、各生産現場毎に行うことにより、それぞれの地域での有効な品質向上技術の選定などに活用できると考えられる。

(4) 今後の利用場面と可能性

この評価技術は現在のところ実用化に向けて検討中であり、少量炊飯から測定までを含めた一体型測定装置の

開発が進められており、次のような利用場面が想定される。①良食味米品種開発現場での選抜検定法としての利用、②米生産地域では、栽培法による品質変動の評価として、③米飯加工・流通場面においては、炊飯、保存状態による炊飯米外観の品質管理指標として利用、また、④ブレンドによる炊飯米品質の評価指標として。これら生産から消費に至る様々な場面で利用されることにより、北海道米品質の高位・均質化を通じた利用拡大に役立つことが期待される。

※本試験は、静岡製機株式会社ならびに株式会社藤原製作所との共同研究により実施したものであり、本稿執筆に当たり両社担当各位のご協力に謝意を表します。

引用文献

- 1) 北海道立中央農業試験場. “優良米の開発試験プロジェクトチーム第I期(昭和55~61年度)の試験研究成果”. 北海道立農業試験場資料, **19**, 63-76(1988).
- 2) 日本穀物検定協会. “米の食味ランキング”. 1-30(2000).
- 3) 農林省食糧研究所. “米の食味試験, 食糧—その科学と技術”. **4**, 13-28(1961).
- 4) 竹部新治郎. “米の味”. 食の科学, **1**, 79-86(1971).
- 5) 竹部新治郎. “米の食味”. 全国米穀協会, 1987, p. 1-77.
- 6) 柳原哲司. “画像解析による炊飯米の外観評価”. 日食工誌, **47**, 516-522(2000).