



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	理化学測定法による市販精米の食味の推定
Author(s)	横江, 未央; 川村, 周三
Citation	日本食品科学工学会誌, 56(5), 291-298 https://doi.org/10.3136/nskkk.56.291
Issue Date	2009-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/71296
Rights	© 2009 日本食品科学工学会
Type	journal article
File Information	56_291.pdf



理化学測定法による市販精米の食味の推定

横江未央[§], 川村周三

北海道大学農学研究院

Mathematical Model for Predicting Eating Quality of Commercially Milled Rice from Physicochemical Properties

Mio Yokoe[§] and Shuso Kawamura

Hokkaido University, Kita 9, Nishi 9, Sapporo 060-8589

Eating quality and physicochemical properties of commercially milled rice were examined to develop a model for predicting eating quality of commercially milled rice from physicochemical properties. Prediction accuracy of appearance, hardness and cohesiveness of commercially milled rice from physicochemical properties was low. Translucency, 1000-kernel weight, bulk weight and L_a (amount of compression) were selected as potential variables of a multiple linear regression model for predicting overall flavor. The validation statistics (coefficient of determination: r^2) of the model was 0.41, indicating that the accuracy of the model was limited due to the small range of physicochemical properties and eating quality of rice produced and distributed in Japan. When rice samples were divided into two qualitative rice groups, samples with high eating quality and samples with low eating quality, the probability for correct classification was 73% using the model developed in this study. Thus, this model for predicting eating quality of commercially milled rice has potential for use in classifying rice samples by taste.

(Received Nov. 13, 2008 ; Accepted Jan. 20, 2009)

Keywords : rice, sensory evaluation, physicochemical properties, multiple linear regression analysis, discriminant analysis

キーワード : 米, 官能評価, 理化学測定, 重回帰分析, 判別分析

官能評価法はヒトの五感をセンサとして食味を総合的に評価する最も基本的な手法である。しかし、米の官能評価では多量の試料と多数のパネルを必要とするため、少量の試料で簡便に食味を測定できる理化学測定法の確立が強く望まれている。過去にもいくつかの理化学測定値から官能評価法による食味総合評価を推定する食味推定式の研究が行われている。例えば、竹生ら¹⁾はアミログラフ粘度特性値の中から3変数、およびタンパク質含量と炊飯液ヨード呈色度の合計5変数を用いた食味推定式を作成した。ここで求められた食味推定式は未知試料に対して $r=0.84$ という高い相関係数を示した。しかし近年わが国においては、米の品種改良も進んでいるため、現在流通している米の食味を竹生らの食味推定式で推定することは難しいと思われる。

官能評価法における外観、香り、硬さ、粘り等の各評価項目は食味総合評価と相関があることから、官能評価法におけるそれぞれの評価項目を理化学的に測定することを目的とした食味評価装置の開発が進んでいる。例えば炊飯米の外観を測定する味度メーターや炊飯米外観測定装置²⁾、

米飯の硬さや粘りなどの物性を測定するテンシプレッサ³⁾⁴⁾などがある。また近年、迅速かつ簡便に米の食味の評価を行うことを目的として、機器を用いて官能食味評価を推定する研究が行われている。例えばラビッド・ビスコ・アナライザー（以下RVAとする）による糊化特性から物性を推定する研究⁵⁾や味度メーターとRVAで食味総合評価や物性を推定する研究⁶⁾などが行われている。

しかし、これらの研究では、意図的に食味の差が大きい試料や物性が大きく異なる新形質米などが用いられており、現在一般に日本国内の市場で流通している国産粳精米を測定対象とした場合の推定精度は明らかでない。現在、精米工場などでも簡便な食味評価法が求められ近赤外分光法を利用した食味計が導入され、普及している。しかし食味計はメーカーによって評価値が異なる⁷⁾、官能評価法による食味総合評価との相関は低い⁸⁾などの問題がある。そのため、食味計で測定したいいわゆる食味値は米市場においては信頼される値とは見なされていない。

そこで本研究では、近年開発された食味評価装置も含めた最新の理化学測定法で、現在流通している市販精米の官能評価法における各評価項目の推定がどの程度可能である

〒060-8589 札幌市北区北9条西9丁目

[§] 連絡先 (Corresponding author), yokoemio@bpe.agr.hokudai.ac.jp

かを検討した。さらに、理化学測定法を用いて市販精米の食味推定式の作成を試みた。

実 験 方 法

1. 供試材料

供試材料を表 1 に示した。試料は 2004 年、2005 年、2006 年にそれぞれ全国から収集した新米のうち玄米を用いた。2004 年、2005 年、2006 年の試料数はそれぞれ 18、18、20 点であり、合計で 56 点であった。品種数は 12 品種であり、わが国におけるこれら 12 の品種の作付面積比率は 2007 年の実績で 78% であった。

2. 搗 精

ホクレンパールライス工場（北海道石狩市）で、供試玄米を堅型精米機（サタケ製ニューコンパス精米装置 NCP 100B、NCP150B または山本製作所製ニュースーパーミル YMP-30）を用いてそれぞれ搗精し供試精米とした。供試精米はすべて「パールライス」として市販された精米である。

3. 理化学測定

以下に列記した項目について測定した。

(1) 水 分

炉乾法の 10 g 粒 135℃ 24 時間法で水分を測定し、湿量基準で表した。

(2) 容積重

ブラウエル穀粒計（木屋製作所製）を用いて、容積重を求めた。

(3) 千粒重

砕粒を除く米 1000 粒の質量を測定し、千粒重とした。

(4) 白 度

粉体白度計（ケット科学研究所製 C-100）を用いて白度を測定した。これを、あらかじめ求めた換算式により玄米精米白度計（ケット化学研究所製 C-300）の測定値に換算した。

(5) 色 調

色彩色差計（ミノルタカメラ製 CR-200b）を用い、国際照明委員会の公認表示法である $L^*a^*b^*$ 表色系に則り、米の L^* （明度）、 a^* （赤緑軸）、 b^* （黄青軸）の値を求めた。

(6) 透光度

品質判定機（静岡精機製 RS-2000X）を用いて米粒の光の透過率を測定した。

(7) 胚芽残存率

食糧事務所の判定基準に従い、精米 400 粒の胚芽を胚芽全存粒（1 粒カウント）、半存粒（0.5 粒カウント）、無胚芽粒（0 粒カウント）に肉眼で判定し、胚芽残存率を算出した。

(8) 組 成

精米約 1000 粒を農産物規格規程に従い肉眼で、正常粒、粉状質粒、被害粒、砕粒、着色粒に分類した後、それぞれの質量割合を求めた。

(9) アミロース含有率

表 1 供試材料

No.	生産年	産地	品種
1	2004	北海道芦別市	きらら 397
2	2004	北海道月形町	きらら 397
3	2004	北海道旭川市	ほしのゆめ
4	2004	北海道鷹栖町	ほしのゆめ
5	2004	北海道栗山町	ななつぼし
6	2004	北海道新十津川町	ななつぼし
7	2004	茨城県竜ヶ崎市の	コシヒカリ
8	2004	高知県中村市	コシヒカリ
9	2004	富山県砺波市	コシヒカリ
10	2004	石川県松任市	コシヒカリ
11	2004	新潟県新潟市	コシヒカリ
12	2004	秋田県八竜町	あきたこまち
13	2004	茨城県守谷市	あきたこまち
14	2004	福岡県大木町	ヒノヒカリ
15	2004	山形県余目町	はえぬき
16	2004	宮城県古川市	ひとめぼれ
17	2004	宮城県古川市	ササニシキ
18	2004	青森県十和田市	ゆめあかり
19	2005	北海道鷹栖町	きらら 397
20	2005	北海道妹背牛町	きらら 397
21	2005	北海道雨竜町	ほしのゆめ
22	2005	北海道秩父別町	ほしのゆめ
23	2005	北海道苫前町	ななつぼし
24	2005	北海道小平町	ななつぼし
25	2005	北海道 (ななつぼし：羽幌町 あやひめ：秩父別)	ブレンド米 (ななつぼし 9, あやひめ 1)
26	2005	茨城県常総ひかり	コシヒカリ
27	2005	新潟県北越後	コシヒカリ
28	2005	富山県砺波市	コシヒカリ
29	2005	石川県松任市	コシヒカリ
30	2005	宮崎県宮崎中央	コシヒカリ
31	2005	秋田県男鹿市	あきたこまち
32	2005	茨城県竜ヶ崎市の	あきたこまち
33	2005	宮城県いしのまき	ササニシキ
34	2005	宮城県古川市	ひとめぼれ
35	2005	山形県余目町	はえぬき
36	2005	青森県八戸市	ゆめあかり
37	2006	北海道旭川市	きらら 397
38	2006	北海道沼田町	きらら 397
39	2006	北海道東神楽町	ほしのゆめ
40	2006	北海道鷹栖町	ほしのゆめ
41	2006	北海道小平町	ななつぼし
42	2006	北海道長沼町 北海道	ななつぼし ブレンド米
43	2006	(ななつぼし：上富良野町 あやひめ：上富良野町)	(ななつぼし 9, あやひめ 1)
44	2006	北海道岩見沢市	おぼろづき
45	2006	北海道新はこだて	ふっくりんこ
46	2006	新潟県北越後	コシヒカリ
47	2006	茨城県稲敷	コシヒカリ
48	2006	石川県松任市	コシヒカリ
49	2006	富山県砺波市	コシヒカリ
50	2006	新潟県魚沼	コシヒカリ
51	2006	千葉県君津市	コシヒカリ
52	2006	秋田県男鹿市	あきたこまち
53	2006	茨城県稲敷	あきたこまち
54	2006	山形県尾花沢町	あきたこまち
55	2006	岩手県江刺市	ひとめぼれ
56	2006	山形県余目町	はえぬき

オートアナライザ（ブランルーベ製 TECHNICON SOLID prep II）を用いて、精米のアミロース含有率を測定した。

(10) タンパク質含有率と食味値

近赤外分析計（FOSS TECATOR 製 Infratec 1241 Grain Analyzer）を用いてタンパク質含有率と精米の食味値を測定した。さらに炊飯食味計（SATAKE 製 STA1A）を用いて炊飯米の食味値を測定した。

(11) 脂肪酸度

AACC（American Association of Cereal Chemists）の迅速法に準じた滴定法で米の脂肪酸度を測定した。脂肪酸度の単位（mg. KOH/100 g. DM）は、以下 mg と略記する。

(12) 味度値

東洋精米機製作所製味度メーター（MB-90A）を用いた。専用セルに精米 33g を充填し、前処理層で炊飯した。一定の時間蒸らし、味度メーターで測定した。

(13) 炊飯米外観

既報⁹⁾と同様に、北海道立中央農業試験場で開発された炊飯米外観自動測定装置²⁾を用いて測定した。

(14) 糊化特性

RVA Starch Master（オーストラリア NEWPORT SCIENTIFIC 社製）を用いた。豊島ら¹⁰⁾の方法に準じて行った。

(15) 米飯粘弾性

i) 硬さ粘り計 硬さ粘り計（SATAKE, RHS1A）を用いて、米飯粘弾性を測定した。

ii) テンシプレッサ 岡留の方法に準じて行った^{3,4)}。測定にはテンシプレッサ（タケトモ電機製, My Boy SYSTEM Analyzer and Controller）を用い、米飯 1 粒を対象として低圧縮試験（圧縮率 25%）および高圧縮試験（圧縮率 90%）を行った。

4. 官能評価

(1) 実施方法

旧食糧庁の食味試験実施要領に準じ、多重相対比較法により官能試験を行った¹¹⁾。基準米は 2004 年の試験では北海道芦別市産「きらら 397」、2005 年の試験では北海道鷹栖町産「きらら 397」、2006 年の試験では北海道旭川市産「きらら 397」とした。評価項目は精米外観、炊飯米外観、香り、硬さ、粘り、総合評価の 6 項目とし、評価の範囲は精米外観、炊飯米外観、香り、総合評価では±5、硬さと粘りの評価では±3 とした。官能試験は各生産年の 11 月にそれぞれ行い、合計で 10 日行った。各日のパネルの人数は 43～48 人の範囲であり、全体の平均は 46 人であった。

(2) 官能評価の精度

食味推定式の目的変数は官能評価法における各評価項目の値である。パネルによる各評価値のばらつき（精度）を検討するため、各評価項目の標準誤差を以下に示す式で算出した。

誤差の平方和（Sum Square of Error : SSE, 分散分析における残差変動の平方和）

$$SSE = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$$

x : 各データ

n : 試料数

m_i : 官能試験の各試料におけるパネル数

誤差の不偏分散（Mean Square of Error : MSE, 分散分析における残差変動の分散）

$$MSE = \frac{SSE}{\sum_{i=1}^n (m_i - 1)}$$

標準誤差（Standard Error : SE）

$$SE = \sqrt{\frac{MSE}{n_e}}$$

ここで n_e : 有効反復数（Effective Number of Replications）

$$n_e = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}$$

理化学測定法により官能評価値を推定した場合、推定の精度はこの標準誤差より小さくなることはない。

5. 統計解析

エクセル統計 2003 を用いて、単相関分析、重相関分析、重回帰分析、判別分析を行った。

実験結果および考察

1. 理化学特性と官能評価

表 2 に 56 試料の理化学特性と官能評価の平均値、最高値、最低値および標準偏差を示した。

2. 官能評価の精度

官能評価における同一試料でのパネルの評価の標準誤差を表 3 に示した。官能評価法における標準誤差は評価項目により多少異なるが、ほぼ 0.15 程度であった。

竹生ら¹⁾、有坂ら¹²⁾、黒田ら¹³⁾、福岡ら¹⁴⁾が作成した食味推定式では、複数年に及ぶ試験においても生産年の違いにおける基準米の食味の違いは検討していない。しかし、米は同一生産地、同一品種でも生産年により品質や食味は異なる可能性がある。

本研究の官能試験の基準米は、2004 年が北海道芦別市産「きらら 397」、2005 年が北海道鷹栖町産「きらら 397」、2006 年が北海道旭川市産「きらら 397」である。そこで本研究ではそれぞれ年の基準米に食味の差があるか調べるため、2005 年の試験時に -20℃ で約 1 年間貯蔵した 2004 年の基準米と 2005 年の基準米の食味の差を調べた。同様に、2005 年の基準米を -20℃ で約 1 年間貯蔵し、2006 年の試験時に 2005 年の基準米と 2006 年の基準米との食味の差を調べた。前年の基準米を約 1 年間 -20℃ で貯蔵したため、貯蔵中の食味の劣化はわずかであると考えられる。表 4 に生産

表 2 56 試料の理化学特性と官能評価

評価項目		単位	平均値	最高値	最低値	標準偏差
水分		(%, 135℃)	15.7	16.3	14.5	0.4
容積重		(g/L)	868	878	850	5
千粒重		(g)	20.2	22.5	18.2	0.9
白度		(—)	39	42	36	1
	L*	(—)	60.6	69.0	58.7	1.6
色調	a*	(—)	−0.5	−0.2	−0.9	0.2
	b*	(—)	7.1	8.4	6.3	0.4
透光度		(—)	251	279	219	15
胚芽残存率		(%)	7.3	17.8	0.4	5.1
組成	正常粒	(%)	93.9	98.2	88.2	2.2
	粉状質粒	(%)	2.2	7.9	0.0	1.7
	被害粒	(%)	1.8	5.0	0.3	1.1
アミロース含有率		(%)	18.7	22.3	14.1	1.7
タンパク含有率		(%)	6.6	7.9	4.9	0.6
食味値（生米）		(—)	68	81	57	5
食味値（炊飯米）		(—)	79	87	66	6
脂肪酸度		(mg)	4.5	8.1	1.1	1.3
味度値		(—)	90	94	80	4
炊飯米外観	平均輝度	(—)	128	131	125	2
	つや面積	(Pixel)	710	1048	458	113
	つや強度	(—)	185	186	183	1
糊化特性	最高粘度	(RVU)	340	377	304	21
	最低粘度	(RVU)	178	198	148	10
	ブレークダウン	(RVU)	162	201	121	20
	最終粘度	(RVU)	300	336	237	17
	コンシステンシー	(RVU)	122	146	89	10
硬さ粘り計	硬さ	(N)	40.7	45.6	34.4	2.4
	粘り	(N)	6.4	7.9	4.9	0.8
テンシプレス	L ₁	(mm)	0.53	0.56	0.50	0.01
	A ₁	(J)	19.5	21.8	17.5	1.1
	S ₁	(N)	0.27	0.30	0.24	0.02
	H ₂	(N)	21.66	23.44	19.99	0.78
	L ₄	(mm)	1.92	2.03	1.78	0.04
	S ₂	(N)	4.30	4.87	3.86	0.17
	L ₆	(mm)	2.47	2.88	2.02	0.19
	S ₂ /H ₂	(—)	0.20	0.23	0.18	0.01
官能評価	精米外観	(—)	−0.31	0.27	−1.28	0.35
	炊飯米外観	(—)	−0.11	0.39	−0.90	0.24
	香り	(—)	−0.18	0.13	−0.73	0.16
	硬さ	(—)	−0.07	0.36	−0.45	0.19
	粘り	(—)	−0.01	0.33	−0.38	0.17
	総合評価	(—)	−0.13	0.34	−0.78	0.22

表 3 同一試料でのパネルの評価の標準誤差

評価項目	標準誤差
精米外観	0.14
炊飯米外観	0.14
香り	0.13
硬さ	0.17
粘り	0.17
総合評価	0.16

年が異なる基準米間の官能評価を示した。2005 年産基準米に対して 2004 年産基準米の総合評価は 0.00 であった。一方、2006 年産基準米に対して 2005 年産基準米の総合評価は −0.28 であった。母平均の差の検定では、いずれの評価項目においても 2004 年産基準米と 2005 年産基準米の間に、または 2005 年産基準米と 2006 年産基準米の間にそれぞれ有意な差は認められなかった。また 2004 年、2005 年、2006 年の北海道の米の作柄は、天候不順などによる不作の年はなく、いずれも平年並みの作柄であった。以上のことから本試験では、3 年間の官能試験の基準米はいずれも北

表 4 生産年が異なる基準米間の官能評価

試料	精米外観	炊飯米				総合評価
		外観	香り	硬さ	粘り	
2005 年産基準米に対する 2004 年産基準米の評価	0.31	0.07	-0.17	-0.07	0.15	0.00
2006 年産基準米に対する 2005 年産基準米の評価	-0.15	-0.23	-0.33	0.27	-0.28	-0.28

表 5 官能評価における評価項目間の相関係数（試料数 56）

評価項目	精米外観	炊飯米外観	香り	硬さ	粘り
精米外観	1.00				
炊飯米外観	0.61***	1.00			
香り	0.30*	0.52***	1.00		
硬さ	0.25	0.19	0.04	1.00	
粘り	-0.10	0.21	0.14	-0.24	1.00
総合評価	0.56***	0.70***	0.65***	0.29*	0.28*

*：危険率 5% ($r > 0.263$), **：危険率 1% ($r > 0.341$),

***：危険率 0.1% ($r > 0.428$)

海道産きさら 397 であり、ほぼ同一の食味であったと判断し、各評価項目において基準米の違いによる評価値の補正は行わなかった。

3. 官能評価における評価項目間の相関

表 5 に官能評価における評価項目間の相関係数を示した。従来から精米外観と炊飯米外観には正の相関が認められていた¹¹⁾が、本試験でも同様に危険率 0.1% で正の相関が認められた。炊飯米外観と総合評価は相関係数 (r) が 0.70 (危険率 0.1%) となり、評価項目の中で炊飯米外観が総合評価に最も大きな影響を与えていた。また精米外観、炊飯米外観、香りは危険率 0.1% で、硬さと粘りは危険率 5% で総合評価と有意な相関があった。各評価項目が総合評価とそれぞれに相関があることはこれまでの報告¹⁵⁾と一致した。しかし本試験では、総合評価は特に外観と香りの影響を大きく受け、硬さと粘りの影響は相対的に小さかった。

過去の報告では硬さは総合評価と負の相関があり、炊飯米が硬いと総合評価が低い傾向が認められていたが、本研究では硬さと総合評価に正の相関が認められた。これは、本研究の官能試験では米飯水分が基準米と同じとなるように（全試料の米飯水分の範囲：61.8%～62.6%）精米への加水量を調整しており、さらに現在市販流通している精米は、品種改良や栽培技術、選別技術などによりタンパク含有率が低くて類似した値となり、過去のようにタンパク質含有率が高く硬くてまずいとされていた米はなくなったためである。すなわち、供試した米飯の硬さの範囲は狭まっており、また狭い米飯の硬さの範囲内では、柔らかすぎる米飯より適度に歯ごたえのある米飯が好まれたといえる。

さらに総合評価とその他の評価項目との間で重相関分析

表 6 官能評価の総合評価とその他の評価項目との重相関（試料数 56）

評価項目	重相関係数 r	決定係数 r^2
硬さ**, 粘り**	0.43	0.18**
炊飯米外観***, 硬さ	0.70	0.49***
炊飯米外観***, 粘り	0.70	0.49***
炊飯米外観***, 香り***	0.77	0.59***
精米外観***, 香り***	0.74	0.55***
炊飯米外観***, 香り***, 硬さ**, 粘り*	0.80	0.64***
精米外観***, 香り***, 硬さ**, 粘り***	0.82	0.66***

*, **, ***：危険率 5%, 1%, 0.1% でそれぞれ有意な相関あり、以下同様。

を行い、その結果を表 6 に示した。硬さと粘りの決定係数 (r^2) は 0.18 と低かった。これは、現在わが国で流通している市販梗精米では硬さと粘りの変動幅が小さいためである。この結果から、理化学測定法で炊飯米の硬さと粘りを精度よく測定できたとしても総合評価の推定の精度向上への影響が小さいことが予想された。また、単相関分析の結果から炊飯米外観により総合評価の 49% を説明できた ($r = 0.70$, $r^2 = 0.49$)。さらに炊飯米外観に硬さまたは粘りを加えても r^2 は 0.49 と変わらなかったが、炊飯米外観に香りを合わせると r^2 は 0.59 となり、炊飯米外観と香りで総合評価の 59% を説明することができた。また、精米外観と炊飯米外観を同時に説明変数とした場合、両者の内部相関が強いために一方の寄与率が低下し有意ではなくなった。炊飯米外観（または精米外観）と香り、硬さ、粘りを説明変数とし総合評価を推定したときの r^2 は約 0.65 であった。

以上より、炊飯米外観（または精米外観）と香りを理化学測定法で精度良く推定できれば官能試験の食味を精度良く推定できると考えられるが、総合評価以外の全項目を推定できたとしても、総合評価の 65% までしか推定できないことがわかった。

4. 理化学測定法による官能評価値の推定

(1) 精米外観

官能評価における精米外観および精米外観と相関があると予想される理化学測定項目との間で重相関分析を行った。その結果、色調 b^* 、粉状質粒割合、胚芽残存率、色調

表 7 官能評価の硬さと理化学測定項目との重相関分析 (試料数 56)

理化学測定機器	理化学測定項目	決定係数 r^2
近赤外分析計, オートアナライザ	タンパク含有率***, アミロース含有率**, 脂肪酸度*	0.26***
近赤外分析計, オートアナライザ, テンシプレッサ	硬さ圧縮量 L_4 (テ)*, タンパク含有率***, アミロース含有率**, 硬さ圧縮量 L_1 (テ)*, 脂肪酸度*	0.40***
オートアナライザ, 硬さ粘り計	硬さ (硬)**, 脂肪酸度*, アミロース含有率*	0.30**
近赤外分析計, オートアナライザ, テンシプレッサ, RVA	硬さ圧縮量 L_4 (テ)**, タンパク含有率***, アミロース含有率***, 最高粘度 (R)*, 脂肪酸度*	0.41***

(テ): テンシプレッサ, (硬): 硬さ粘り計, (R): RVA

表 8 官能評価の粘りと理化学測定項目との重相関分析 (試料数 56)

理化学測定機器	理化学測定項目	決定係数 r^2
RVA	最終粘度 (R)*	0.08*
テンシプレッサ	付着量 L_3 (テ)*, 付着性 A_6 (テ)*	0.22***
テンシプレッサ, RVA	付着性 A_6 (テ)**, 付着量 L_6 (テ)***, コンシステンシー (R)**, 粘りピーク値 S_1 (テ)**, 付着性 A_3 (テ)***	0.38***

(テ): テンシプレッサ, (R): RVA

a* で官能評価による精米外観を 59% 推定することができた。また理化学測定値と官能評価値の単相関分析においても色調 b* は精米外観と最も相関係数が高かった。このことから、パネルは精米の黄色みが弱い試料を精米外観が良いとしていることがわかった。また従来から透明感のある米が好まれるとされている¹⁶⁾が、本試験でも透光度と精米外観は危険率 1% で有意な正の相関があった。

(2) 炊飯米外観

官能評価による炊飯米外観および炊飯米外観と相関があると予想される理化学測定項目との間で重相関分析を行った。炊飯米外観は色調 b* で官能評価による炊飯米外観を 55% 推定できた。しかし、b* は精米を測定対象とした値であり、炊飯米を測定したものではない。炊飯米を直接測定対象としている理化学測定では、平均輝度は危険率 5% で有意な相関があったが、味度値、つや面積、つや強度は相関がなかった。これらの結果から、理化学測定法で官能評価法による炊飯米外観評価の推定が難しいことがわかった。これは、外観の良い良食味品種の選択および搗精技術の進歩による外観の向上の結果、炊飯米外観に関わりのある理化学測定値の変動幅が小さくなっているためと考える。

(3) 香り

現在、官能評価の香りをにおいセンサを用いて客観的に評価する手法が開発されつつある。しかし、においセンサは古米臭等の異臭の判定や粳米とは大きく異なるもち臭の検出等に利用が始まったばかりである¹⁷⁾。また、においセンサではどの成分のにおいを測定しているかは不明であり、まだ研究段階である。そのため、古米臭やもち臭に比べて香りの差が小さい新米の炊飯粳米の香りを検出するのは困難であると考え、本試験では香りに関する理化学特性

値の測定はしなかった。

(4) 硬 さ

表 7 に官能評価による硬さと相関があると予想される理化学測定項目の重相関分析結果を示した。硬さでは、まず化学成分のタンパク含有率、アミロース含有率、脂肪酸度を説明変数とする重回帰分析を行った。その結果、化学成分のみを用いたときの r^2 は 0.26 であった。 r^2 が低い要因として、市販精米の炊飯米の硬さの変動幅が小さいこと、さらに炊飯米の硬さはそれぞれの化学成分の量だけでなくタンパク質のアミノ酸組成などにも影響を受けることが考えられる。つぎに、炊飯米の硬さの測定に多くの研究で用いられているテンシプレッサと近年開発された硬さ粘り計のそれぞれを化学成分に加えて重回帰分析を行った。なお硬さ粘り計は 2004 年の試料では測定していないので、2005 年と 2006 年の試料 38 点で重相関分析を行った。決定係数 r^2 はテンシプレッサを加えると 0.39、硬さ粘り計を加えると 0.30 であった。さらに化学成分とテンシプレッサに RVA の測定項目を加えると r^2 は 0.41 であった。現在、理化学測定法による簡便な硬さの測定が求められているが、この結果から、市販精米の官能評価における硬さを理化学測定を用いて高い精度で推定することは、現在のところ困難であることがわかった。

(5) 粘 り

表 8 に官能評価による粘りと相関があると予想される理化学測定項目による重相関分析結果を示した。化学成分のタンパク含有率、アミロース含有率、脂肪酸度は官能評価の粘りと相関がなかった。官能評価の粘りと RVA、テンシプレッサそれぞれの評価項目を用いた重相関分析の r^2 は RVA で 0.08 とテンシプレッサで 0.22 と低かった。ま

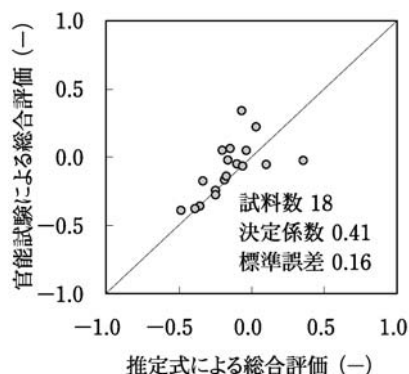


図 1 推定式による食味総合評価と官能試験による総合評価

た RVA とテンシプレッサの両方を用いても r^2 は 0.38 と低かった。以上より、現在の理化学測定法を用いて市販精米の官能評価の粘りを高い精度で推定することはできなかった。

(6) 総合評価

理化学測定項目によって、官能評価法の総合評価を推定する食味推定式を作成した。理化学測定項目を説明変数、官能評価法の総合評価を目的変数とし、変数増減法により重回帰分析を行った。全試料を目的成分の総合評価が低い試料順に並べ、3 の倍数番目の試料を検証用試料、それ以外を推定式作成用試料とした。38 試料を用いて作成した食味総合評価 (y) の推定式は以下のとおりであった ($r^2=0.64$)。

$$y = 1.026 \times 10^{-2} x_1 + 9.570 \times 10^{-2} x_2 + 1.364 \times 10^{-2} x_3 + 2.643 \times 10^{-1} x_4 - 17.14$$

x_1 : 透光度

x_2 : 千粒重

x_3 : 容積重

x_4 : L_6 圧縮量

この式を推定式作成に用いなかった残り (18 試料) のデータで検証した結果を図 1 に示した。 r^2 は 0.41 でありこの精度は、5 変数を用いた竹生ら¹⁾ の食味推定式 ($r^2=0.71$) に比べ精度は悪かった。しかし、本試験で実施した官能評価の標準誤差は、既述したように 0.15 程度であり、官能評価としては十分な測定精度であると考えられる。また、本試験では現在わが国で市販されている国産粳精米のみを測定対象としている。そのため各試料の理化学特性や食味の差は小さく、食味総合評価の変動幅も小さかった。理化学特性や食味評価の変動幅が小さいこと、および官能試験における誤差を考慮すると、理化学測定から官能評価による食味総合評価を推定する際の精度として、本研究で示された精度が上限に近いものと思われる。本試験の試料に新形質米 (高アミロース米や半糯性の低アミロース米) を十数点加え、理化学特性および食味評価の変動範囲を広げると、より高い決定係数での推定が可能になると予想される。

5. 判別分析による食味 (総合評価) の判別

官能試験の総合評価が基準米と有意差がなかったグループと基準米より有意に総合評価が低かったグループに分け、重回帰分析により選択された 4 変数 (透光度、千粒重、容積重、 L_6 圧縮量) を説明変数とし、判別分析を行った。その結果、判別率的中率が 73% であった。よって、本研究で作成した食味推定式は、試料を食味によりグループ分けするには有効であると考えられる。

要 約

近年は、米の品種改良と市場における品種の更新が進んでいるため、現在わが国で流通している米の食味を従来の食味推定式で推定することは困難と思われる。そこで、近年開発された理化学測定法を用いて市販粳精米の食味推定式の作成を試みた。その結果、以下のことが明らかとなった。

(1) 市販粳精米を対象とした官能評価では総合評価は外觀と香りの影響を大きく受け、硬さと粘りの影響は相対的に小さかった。

(2) 官能評価における炊飯米外觀 (または精米外觀) と香り、硬さ、粘りを説明変数とし総合評価を推定したときの決定係数は約 0.65 であった。

(3) 官能評価の各評価項目を理化学測定で推定したときの決定係数は精米外觀、炊飯米外觀、硬さ、粘りのそれぞれで 0.59, 0.55, 0.41, 0.38 であった。

(4) 食味総合評価を目的変数とし、透光度、千粒重、容積重、 L_6 圧縮量の 4 変数を説明変数とした食味推定式の決定係数は 0.64 であった。この 4 変数を説明変数とし、食味総合評価の判別分析を行ったところ、判別率的中率が 73% であり、食味により精米をグループ分けするには有効であると考えられる。

独立行政法人食品総合研究所食品素材科学研究領域長大坪研一博士 (現 新潟大学教授) および鈴木啓太郎博士には、本試験において多くのご助言とご協力をいただいた。北海道立中央農業試験場には炊飯米外觀、アミロース含有率の測定においてご協力いただいた。また、本試験を行うにあたり、試料の提供等においてホクレンパルライス工場の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

文 献

- 1) 竹生新治郎, 渡辺正造, 杉本貞三, 真部尚武, 酒井藤敏, 谷口嘉廣, 多重重回帰分析による米の食味の判定式の設定, 澱粉科学, **32**, 51-60 (1985).
- 2) 柳原哲司, 画像解析による炊飯米の外觀評価, 食科工, **47**, 516-522 (2000).
- 3) 岡留博司, 豊島英親, 大坪研一, 単一装置による米飯物性の多面的評価, 食科工, **43**, 1004-1011 (1996).
- 4) 岡留博司, 豊島英親, 須藤 充, 安東郁男, 沼口憲治, 堀末登, 大坪研一, 米飯 1 粒の多面的物性測定に基づく米の食

- 味評価, 食科工, **45**, 398-407 (1998).
- 5) 大坪研一, 糊化粘度特性に基づく米飯物性・老化性評価装置の開発—3.5 グラムの米粉を用い, ご飯の硬さや粘り, 冷やご飯のなりやすさを 19 分で推定—, 精米工業, **221**, 20-30 (2006).
 - 6) 佐藤弘一, 齊藤真一, 平 俊雄, 味度メーターおよびラピッド・ビスコ・アナライザーを利用した水稻良食味系統選抜, 日作紀, **72**, 390-394 (2003).
 - 7) 飯塚 清, 大関 清, 食味評価装置を利用した米の食味向上 (第 1 報) 機種と食味評価値, 測定成分—, 農業および園芸, **72**, 1185-1191 (1997).
 - 8) 川村周三, 夏賀元康, 河野慎一, 伊藤和彦, 機器分析法と官能試験法とによる米の食味評価, 農業機械学会誌, **58**, 95-104 (1996).
 - 9) 横江未央, 川村周三, 伊藤和彦, 無洗米の品質特性と貯蔵性 (第 1 報) 普通精米および調製法の異なる無洗米の品質特性と貯蔵性, 農業機械学会誌, **67**, 113-120 (2005).
 - 10) 豊島英親, 岡留博司, 大坪研一, 須藤 充, 堀末 登, 稲津脩, 成塚彰久, 相崎万裕美, 大川俊彦, 伊ノ内直良, 不破英次, ラピッド・ビスコ・アナライザーによる米粉粘度特性の微量迅速測定方法に関する共同試験, 食科工, **44**, 579-584 (1997).
 - 11) 川村周三, 農産物や食品の品質測定—人間の五感をセンサとした官能検査 (食味試験)—, 農業機械学会北海道支部会報, **45**, 95-100 (2005).
 - 12) 有坂通展, 佐藤 徹, 市川岳史, 齋藤祐幸, 種田貞義, 棚橋恵, 炊飯特性を用いた食味評価モデルの作成, 北陸農業研究成果情報, **11**, 32-33 (1995).
 - 13) 黒田 晃, 三輪章志, 中村啓二, 北田敬宇, 松本範裕, 北陸地域における米の理化学特性に基づく食味推定式の作成, 北陸作物学会報, **32**, 109-112 (1997).
 - 14) 福岡律子, 平林秀介, 深浦壮一, 八木忠之, ラピッドビスコアナライザーを利用した米の食味評価法, 日本作物学会九州支部会報, **63**, 21-22 (1997).
 - 15) 井邊時雄, 多様な食味嗜好に対応した官能検査法の開発, 研究成果 384 「米の流通・消費の多様化に対応した新食味評価手法の開発」, 農林水産技術会議事務局, 43-54 (2002).
 - 16) 川村周三, 米の搗精と精白米の品質および食味 (第 3 報) 精白米の品質および食味, 北海道大学農学部邦文紀要, **17**, 228-261 (1991).
 - 17) 大坪研一, 米および米飯のにおいと嗅覚の科学, 精米工業, **195**, 10-25 (2002).
- (平成 20 年 11 月 13 日受付, 平成 21 年 1 月 20 日受理)
-