

味覚と嗅覚の情報処理

Processing of Information on Taste and Smell Sensation

相島鐵郎



近年、分子生物学的手法により、舌の味蕾や鼻の嗅上皮に存在する受容たん白質が化合物の味や香りを感知、送られた信号を脳が認識するという味覚と嗅覚の基本的な仕組みは解明された。しかし、その詳細なメカニズムについては未知な部分が多い。現在、味や香りを測定できる機器は存在せず、それが可能なのは味覚と嗅覚のみである。私たちの味覚や嗅覚を検出器として味や香りを測定する官能評価は、食品の研究開発には不可欠の分析法となっている。官能評価が生み出す膨大で複雑なデータはケモトリックス手法で処理、情報を抽出する。

キーワード：味覚, 嗅覚, 官能評価, ケモトリックス, 情報処理

1. はじめに

フランス革命時、美味学の創始者として有名なブリア・サヴァランは著書「美味礼賛」で、「君がどんなものを食べているか言ってみたまえ、君がどんな人であるか言い当ててみせよう」と述べている⁽¹⁾。食べ物に対するし好の根は深く、最近の追跡調査は妊娠中に母親の食事から血中に移る香りを生後も胎児が記憶していたり、母乳に移行する食品の香りが離乳食に対する乳幼児のし好や成長後の食品選択を左右するという事実を明らかにした。

食糧の自給自足時代、私たちの先祖が手にした獲物の安全性を判断する基準は香りと味であった。一般に腐敗臭と苦味は危険信号であり、遺伝的にそれらを認識できた家系は生き残り、できない血統は絶えた。

本稿では、まず簡単に味覚と嗅覚メカニズム研究の現状を述べ、次に実際に食品の研究開発に広く利用されている五感を検出器とする品質測定法、つまり官能評価とそのデータ解析法について紹介したい。

2. 味覚・嗅覚メカニズム

1960年代以降、生化学的な手法を駆使して探索された味や香り成分の受容たん白質は、その存在すら確認できなかった。しかし1990年代初頭、BuckとAxelは遺伝子工学的な手法により香り成分の受容たん白質をコードする遺伝子群を発見⁽²⁾、2004年のノーベル医学・生理学賞を受賞した。以来、味覚と嗅覚メカニズムに関する研究の進展は急である。

味は水溶性の低分子化合物が呈する生理活性で甘、塩、酸、苦、うま味の5基本味に分類される。味は舌表面に存在する約1万個の味蕾が含む受容たん白質が甘味や苦味成分を感知したり、ナトリウムや水素イオンが舌上皮のイオンチャネルを通過するときに生じる信号が脳に送られ認識される。

一方、香り成分は天然界に40~50万はあるといわれ、うち約7,000化合物の存在が食品中に確認されている。香りでは原臭の存在は確認されていないため、分類基準はあくまでも構成元素と化学構造であり、香りの特徴を反映する分類法はない。一般に食品香気の成分組成は非常に複雑であり、例えばコーヒーの香りには700以上の化合物が関与する。

さてBuckとAxelは、嗅覚の本体である約350種類の受容たん白質は生体内でシグナル伝達を担うGたん白質であり、細胞膜を貫通するアミノ酸鎖が細胞外に構成する立体空間により香り成分を特異的に感知するとい

相島鐵郎 (株)化学・感覚計量学研究所
E-mail aishima@chemsensmetrix.com
Tetsuo AISHIMA, Nonmember (Chemometrics and Sensometrics Laboratory, Saitama-shi, 330-0842 Japan).
電子情報通信学会誌 Vol.95 No.5 pp.427-431 2012年5月
©電子情報通信学会 2012

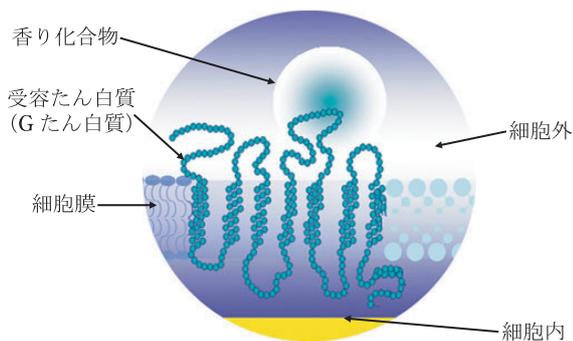


図1 嗅覚の感知メカニズム 受容たん白質が細胞外に形成する空間に香り化合物がトラップされる。

うメカニズムを提示した (図1)。しかしGたん白質は結晶し難く、X線回折による立体構造の解明が困難である。

3. 官能評価

分析機器からの出力は特定波長領域の電磁波吸収や化合物のイオン量であり、味や香り自体の情報は得られない。味センサや香りセンサと名乗る装置もしかり、検出原理が未解明な味や香りを測ることはできない。

私たちの五感を検出器として、味や香りを直接測定するために誕生したのが官能評価である。五感による評価といえば、ワインのソムリエのように経験豊かな専門の鑑定家が多分野で活躍している。しかし科学的な見地からは、たった一人の評価ではその人の味覚、嗅覚機能に関する保証の欠如に加え、一人の1回だけの評価結果には統計的な検定も適用できず、信頼性に欠けるといわざるを得ない。

3.1 官能評価の定義

官能評価は「食品や食品素材が視覚、嗅覚、味覚、触覚、聴覚により感知されるとき、それらに対する反応を引き起こし測定、分析するための科学の一分野」と定義されている⁽³⁾。官能評価は人間を分析機器とするため、疲労、慣れ、錯覚、環境などが結果に影響を及ぼさないように、多くのルールを守りながら細心の注意で作業を進める⁽⁴⁾。官能評価手法は、①サンプルの味や香りの特性を個別に認識してそれらの強度を定量する分析的な手法、②消費者の嗜好を調べる手法に大別される。

3.2 パネルと尺度

評価作業是一群の人々、つまり官能評価パネルで行う。分析的なパネルは味覚や嗅覚の感度試験に加え表現能力も考慮して少人数を選定、十分な訓練を経てから評価作業に従事する。一方、嗜好パネルでは選考試験はせず、商品購入の対象となる消費者群から地域、性別、年

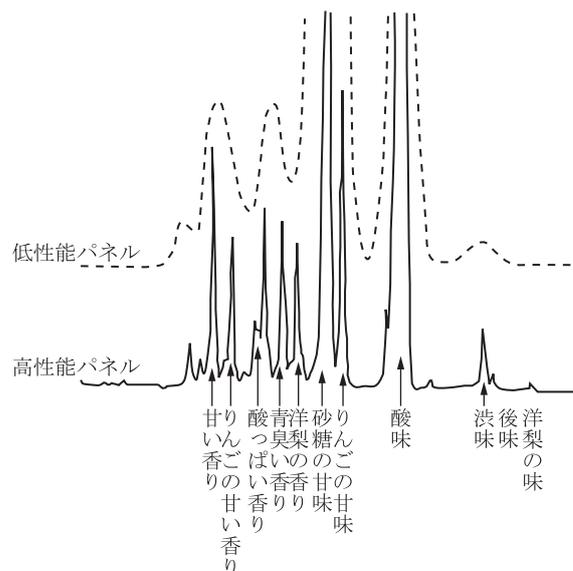
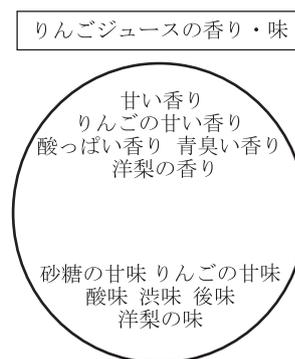


図2 官能特性計量法の原理 クロマトグラフィー分析のように個々の味や香り特性を識別し、それらの強度を定量する。

齢などを考慮して数百人規模で選び出す。

分析的なパネルはサンプルに感じる官能特性の強度を線尺度で、一方、好き嫌いの程度はカテゴリー尺度で整数値として定量化する。カテゴリー尺度は嗜好の程度を「非常に好き」から「非常に嫌い」まで9段階の言葉で表示し、パネルは自分の嗜好に最もよく対応するカテゴリーを選ぶ。一方、線尺度は長さ15 cm程度の水平な直線上で何も感じなければ左端をチェック、強度に応じてチェック位置を右に移す。左端を0、右端を100として、チェック位置を小数点以下まで定量化するので実数データが得られる。

3.3 官能特性計量法

分析的な手法の中で情報が最も豊かなのが官能特性計量法である⁽⁵⁾。この評価法は味覚、嗅覚が正常で表現力も豊かな6~12人の十分に訓練したパネルで行う。まずパネルはサンプルの味、香り、外観、食感などの官能特性を適切に表現する言葉を選び、次にそれらの強度を線尺度により定量する (図2)。評価結果は各特性の平均値を算出しレーダチャートで図示、更に分散分析により

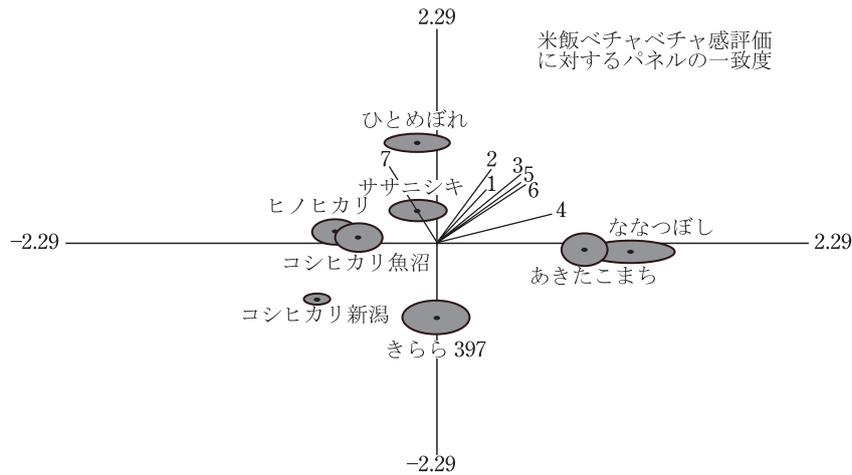


図3 プロクラステス分析のコンセンサスプロット 灰色のだ円の面積は全体的な評価のばらつき度合いを、原点から伸びる直線の向きはパネルリスト7の評価傾向が他の6人とやや異なることを示す。

強度の違いを統計検定する。

4. ケモメトリックス

1960年代、IBM360などの汎用コンピュータの普及に伴い、分析化学分野でも多変量解析を駆使するデータ解析が始まった。1970年代初頭、Woldはスウェーデン語で化学と計量学を組み合わせた新造語 kemometri を創案、それが英訳され chemometrics となった。ケモメトリックスは、「数学的手法や統計的手法を適用し最適手順や最適実験計画を立案・選択するとともに、化学データから得る化学情報量の最大化を目的とする手法からなる化学の一分野」と定義されている⁽⁶⁾。

4.1 官能評価とケモメトリックス手法

官能評価から得られるデータは、[サンプル×特性・パネル(変数)]行列となる。ケモメトリックス分野ではサンプル数に比べ変数の数が圧倒的に多いデータを解析対象とする必要上、特有の解析手法として主成分回帰分析を発展させた PLS 回帰分析、判別分析に品質管理機能を付加した SIMCA、プロクラステス分析などが考案されている⁽⁷⁾。

得られた官能評価データに、まず適用するのが主成分分析である。主成分分析は変数間の相関を利用して情報量の損失が最小となるように次元数を減少させるため、生データでは見ることが不可能な多次元空間におけるサンプル同士の相互関係を可視化できる。

近年、官能評価分野でよく利用されているプロクラステス分析は、複数の多次元データが構成する立体構造を幾何学的な変換を通じて可能な限り合致(コンセンサス)させてから主成分分析をするため、パネルの評価傾向の一致度、評価値のばらつき度合い、サンプルや官能

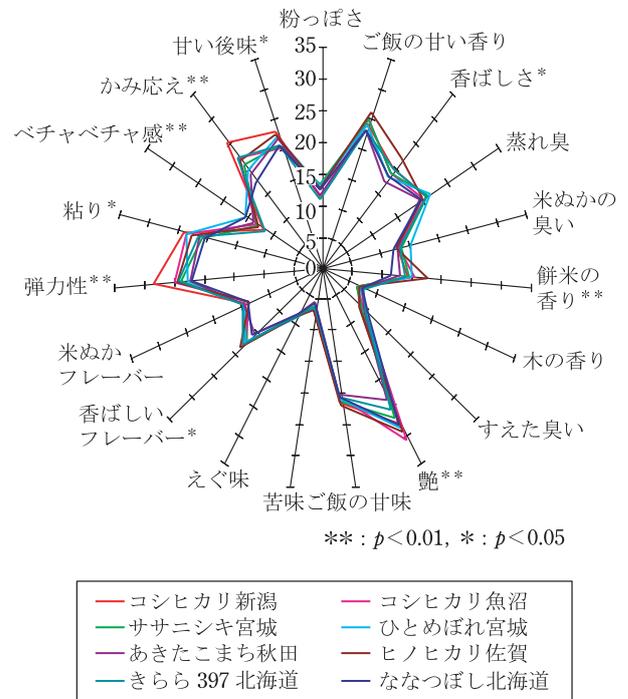


図4 8種米飯の官能特性レーダチャート

特性の相対的な位置関係を図示できる(図3)。

PLS 回帰分析は目的変数が一つのデータに適用する PLS1 と目的変数が複数のデータを解析する PLS2 に分かれる。PLS1 を適用すると、数百の化合物群から味や香りの鍵となる重要成分を選び出せる。一方、PLS2 は官能特性の定量値と多人数の嗜好パネルから得たデータを結び付けサンプル、パネル、官能特性の相互関係を解析できる。

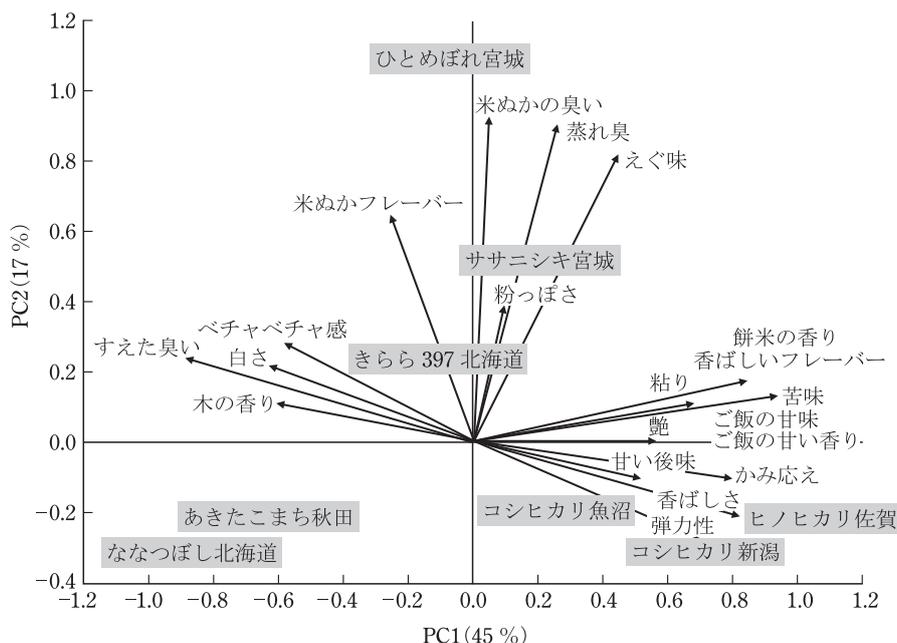


図5 米飯評価データの主成分分析バイプロット 20次元空間に分布する米飯サンプルの官能的な特徴と相互関係がよく分かる。

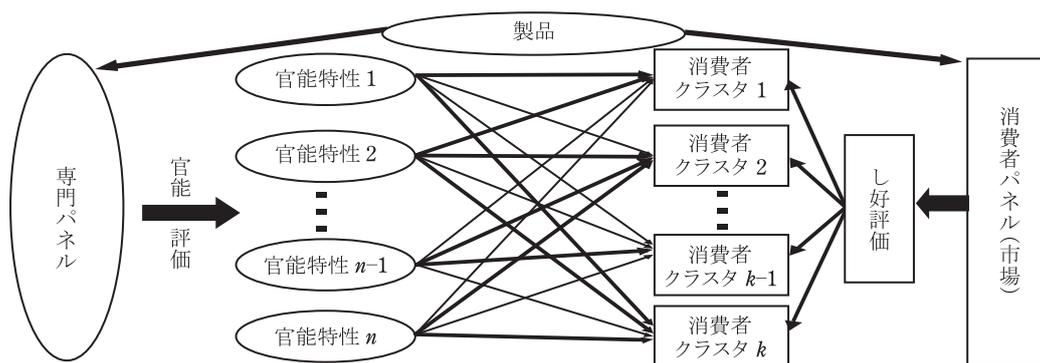


図6 官能特性計量法データと多様な嗜好の消費者パネルから得た評価データの統合

5. 官能評価の応用例

近年、お米は消費者の多様な嗜好に対応するため、多くの品種銘柄が流通している。それらの価格は品種はもとより産地ごとにもかなり異なる。果たして価格の違いに見合うだけの品質の違いはあるのであろうか、参考に官能評価の結果を紹介したい⁽⁵⁾。

5.1 官能評価による米飯の評価

主要8品種の市販包装炊飯米を官能特性計量法で評価した。まずパネルは予備的な話し合いで20官能特性を選定、次に各々の特性強度を線尺度で定量した。分散分析では、「香ばしさ」「餅米の香り」「ベチャベチャ感」「弾力性」「かみ応え」などに有意差が見いだされた(図4)。主成分分析結果を図5に示す。

また114名の嗜好パネルは同じ8種炊飯米に対する総

合的な嗜好、外観、香り、味、食感の好き嫌いを9点嗜好尺度で評価した。総合的な嗜好は新潟産コシヒカリが最高で北海道産きらら397、秋田産ササニシキ、魚沼産コシヒカリ、佐賀産ヒノヒカリが続き、北海道産ななつぼしが最低であった。

5.2 プリファレンスマッピング

米飯の官能特性を測定したデータと嗜好データを統合するとプリファレンスマッピング (Pref Map) が描ける(図6)。Pref Mapからは製品間の特徴比較、嗜好の似た消費者のグループ化、各グループに好まれる製品の特徴、消費者が好む製品の特性予測など、商品開発に有益な情報が得られる。Pref Mapには種々の作成法があるが、代表的なのは主成分分析を利用する主成分 Pref Map、応答曲面を描き出す最適化 Pref Map (図7)、PLS2 回帰分析による PLS Pref Map である。

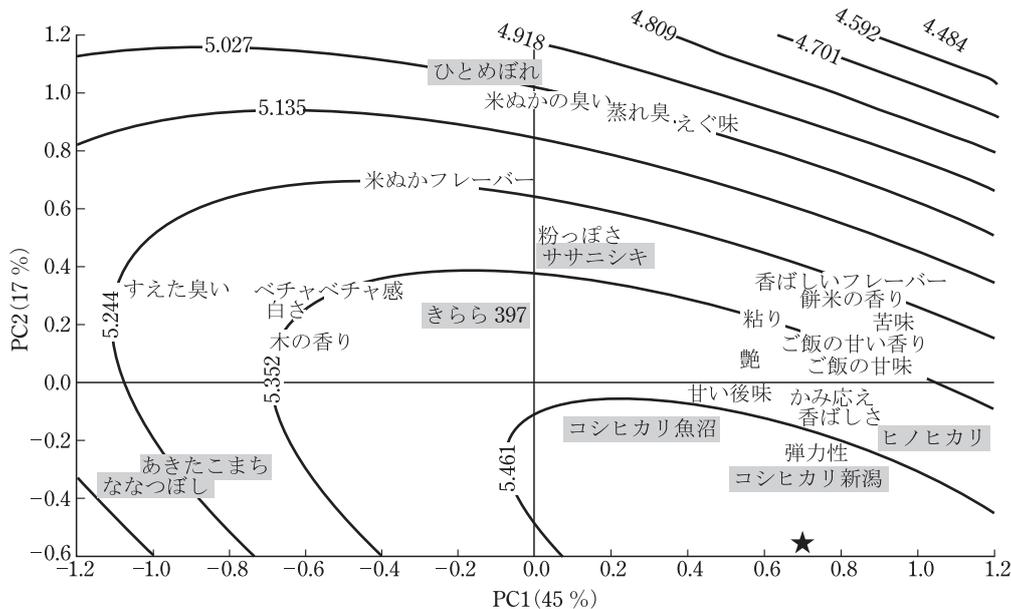


図7 米飯評価データから描いた最適化 Pref Map。だ円はし好得点の等高線を，星印は最も好まれると推定されるお米の位置を示す。

6. 今後への期待

本稿では味覚や嗅覚を駆使する官能評価とそのデータ解析の現状について紹介した。今後、味覚や嗅覚の分子生物学的な研究が進展し、感覚・知覚的なメカニズムが解明され、真の意味での「味覚と嗅覚の情報処理」が執筆されることを期待したい。もし将来、多様な受容たん白質の立体構造の解析が進み化学構造と味や香りとの関係が解明されれば、真の味や香りセンサも開発され、分析的な官能評価は不要になるかもしれない。しかし嗜好評価に代わり、人々の好き嫌いを測れる機器の登場までは想像できない。

食品の研究開発を専門とする筆者による拙稿が、全く異なる分野で日々研さんを積まれている電子情報通信学会の皆様に対し、いささかなりとも刺激となり得るならば幸甚である。

文 献

(1) Brillat-Savarin, 関根秀雄(訳), “美味礼賛,” p. 21, 白水社, 東京, 1963.

(2) L. Buck and R. Axel, “A novel multigene family may encode odorant receptors : a molecular basis for odor recognition,” Cell, vol. 65, no. 1, pp. 175-187, 1991.

(3) IFT, “Sensory evaluation guide for testing food and beverage products,” Food Technol., vol. 35, no. 11, pp. 50-57, 1981.

(4) L.M. Poste, D. A Mackie, G. Butler, and E. Larmond, 相島鐵郎(訳), “食品ラボにおける官能評価(1), (2),” 日食科工誌, vol. 48, no. 4, no. 5, pp. 311-320, pp. 378-392, 2001.

(5) 相島鐵郎, “プリファレンスマッピングによる美味しさの評価,” 化学と生物, vol. 46, no. 11, pp. 791-799, 2008.

(6) B.R. Kowalski, “Analytical chemistry as an information science,” Trends Anal. Chem., vol. 1, no. 3, pp. 71-74, 1981.

(7) B.G. M. Vandeginste, D.L. Massart, L.M.C. Buydens, S. De Jong, P.J. Lewi, and J.S.-Verbeke, Handbook of Chemometrics and Qualimetrics : Part A and B, Elsevier, Amsterdam, 1998.

(平成 23 年 11 月 30 日受付 平成 23 年 12 月 16 日最終受付)



あいしま てつお
相島 鐵郎

昭 44 北大・農・農化卒. 昭 46 同大学院修士課程了. 同年(株)キッコーマン入社. 食品香気の研究に従事. 昭 54 東大農博. 昭 59~61 プリテイシユコロンビア大博士研究員. 平 14 (株)化学・感覚計量学研究所代表取締役, 著書「ケモメトリックス」など.