

食品の嗜好性には種々な要因が絡むが、なかでも味、香り、テクスチャー、色の4要素がおいしさを決定づける大きな要因となる。現在、食生活の多様化に対応し、種々のタイプの食品が世に出されているが、おいしいことが売れるための必須条件であることには変わりがない。この嗜好性の判定は最終的に人の官能に頼っているのが現状だが、これをいかに客観的に評価していくかが、食品開発においても重要な課題となりつつある。本稿では、嗜好の客観的評価法に取り組む分析・計測技術の進展についてみていく。

●Advanced Technologies for Measurement and Evaluation of Food Preference

食嗜好計測・評価の先端技術

東京大学農学生命科学研究科 生物プロセス工学研究室 相良 泰行

はじめに

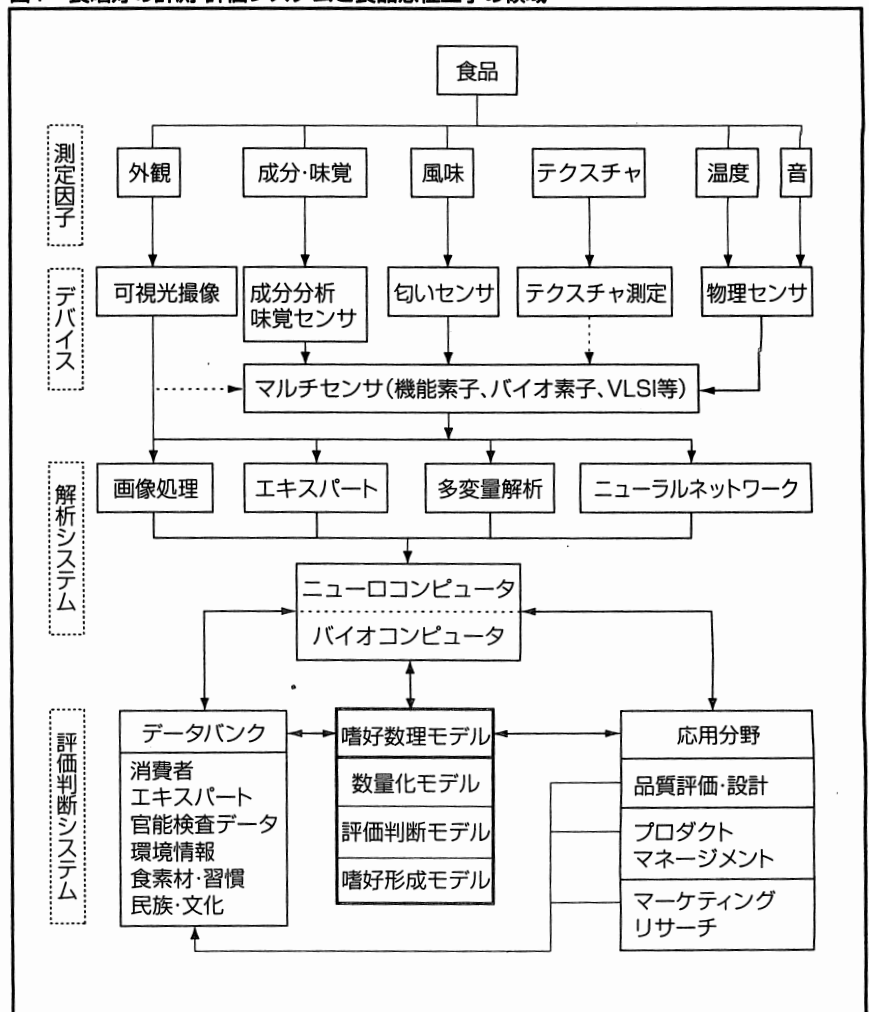
食品に対する人の味覚や嗜好を物理的に計測し、再現性・客観性の高い数量化された出力結果を得るシステムが確立されることになれば、従来の官能検査法を支援する強力なツールとなり、ひいては新食品のプロダクトマネジメント分野の戦略に革新的な改善をもたらされるものと期待される。このようなシステムを構築するためには、食品が保有している物質的属性と人の心理的要因を抽出して、これらの相互関連性を明らかにし、最終的には「人の食品に対する感性」を数量化しなければならないと考えられる。従来、このための技術を開発することは絶望視され、一般には食品に対する人の反応を「官能検査」手法を用いて把握する努力がなされてきた。しかし、官能検査にも再現性や信頼性に疑問が残る場合が多く、結果の利用に当たっては、再度人の主観的評価・判断を必要とする現状にある。

近年、生物体や食品を対象とした電磁波による非破壊成分分析や品質評価技術が実用化されてきた。また、バイオエレクトロニクス分野におけるセンシング・通信・判断システム等の解明が急速に進むに伴い、これらのメカニズムを模倣する形で、バイオセンサ、特に各種の脂質膜を利用した味覚・匂いセンサが実用化されつつある。さらに、知

識工学の分野ではファジ理論や学習機能を持つニューラルネットワーク・モデルの利用が、多方面にわたり進展してきた。このような現状を踏まえると、個々の計測技術と官能検査やマーケッ

ティングの数量化手法を統合してシステム化することにより、従来不可能と考えられてきた食品に対する消費者の味覚や嗜好を定量的に評価し、この結果に基づく商品開発・販売戦略の検討に

図1 食嗜好の計測・評価システムと食品感性工学の領域



も役立つ技術的・学問的領域の構築が可能と考えられる。筆者はこの領域をカバーする新しい学問を「食品感性工学」として提唱している¹⁾。

食品の味覚や嗜好のセンシングに特に要望される理想的条件は、非破壊・遠隔・高速度の3条件であり、しかも同時にこれらを満足する計測・情報処理であろう。今のところ、このような条件を満足する情報伝達媒体としては電磁波が最も適しており、いわゆる光センシング技術として多方面でその開発・利用が進展してきている。ここでは、まず著者が提唱している「食品感性工学」の全体像を示し、次に、食品感性工学のシステムを小規模ながら実現化している代表例として、「米の食味計」と「青果物の画像処理選別システム」をとりあげて、その成功に寄与した要因を探り、さらに、「果実の糖度・熟度センサ」の測定原理とその他のセンシング技術について概説する。

1. 食品感性工学の領域

筆者が提唱している食品感性工学の領域を図1に示す。この図に示されるように、その領域は大まかに3つのセクションに分けられる。第一は食品の属性を検出するための「デバイス」を開発するセクションで、第二はこれによって得られる出力信号と官能検査やマーケティング手法等から得られるソフト情報とを結合し、人の嗜好に客観的・物理的なスケールを与えるための解析・モデリングを担当する「解析・情報処理」のセクションである。第三のセクションは人の嗜好、すなわち食べ物に対する人の感性を数量化して、目的に応じた数理モデルを構築する、主にソフトウェアを担当する「評価判断システム」部門である。第二と第三のセクションの中間部分に位置するのはニューロおよびバイオコンピュータであり、情報処理の中核としての役割を果たす。ここに提案した食品感性工学の領域は、学術的な発展の方向性を示す一つのガイドラインであり、さらに、現在、企業内に設置されている官能検査室や生理関連研究室を組織的に整理・統合して、その機能を強化するためのベーシックプランとして役立つものと考えられる。

2. 米の食味計

図2に米の食味計の計測・評価システムの概念図を示す。このシステムでは近赤外分光法により供試材料の呈味成分量を測定し、この含有量のデータから多変量解析やニューラルネットワーク等の手法を駆使して、最終的には官能検査で得られる食味値を算出している。このシステムの特徴は原材料を供試して、炊飯後の食味評価指数を推算している点にある。このシステムは、食品感性工学の領域と方法論を小規模なレベルで具示したミニチュアモデルとしての意義を持ち、このようなシステムの開発に果たすセンシング技術と官能検査の役割が具体的に認識される好例でもある。

3. 青果物の選別システム

青果物を対象とした選別システムの基本的な機能は「人為的に定めた基準に従って、非破壊で全数を検査し、その基準を越える青果物と基準以下のものに仕分ける」ことにある。その選別方法を大別すると、規格の大小基準に相当する重さや大きさに基づいて選別する「階級選別」と品質基準に相当する外観、損傷、味覚等の要因に基づいて選別する「等級選別」に分けられる。

光センシングによる選別システムの代表例として、図3にR.G.B.カラーカメラをセンサとする「カラーグレーダ」の計測システムを示す³⁾。計測処理部はカメラ、照明装置と反射ミラー、中央処理装置、制御処理装置、モニタTVで構成される。整列供給装置によって計測部に毎秒約3個の速度で供給された果実の表面を均一に照明し、高分解能の「リニア・イメージセンサ・カラーカメラ」により果実表面の画像を検出する。カメラの出力信号は中央演算装置に送られ、等級の判定要因として表面色(着色度、均一性、緑色比

率)、障害(最大重障害面積、重障害比率、軽障害比率)、形状(変形度)に関する情報に加工される。また、階級の判定要因として表面積、等価円径、最大および最小径などが計算される。これらの情報は制御処理装置から送られる等階級判定基準データと比較され、最終的に等階級が判定される。判定結果は等階級別排果信号として排果装置に送られ、その排出ソレノイドを駆動する。中央処理装置の計数データは制御処理装置や他の計数処理専用システムに送

図2 米の食味計測・評価システム

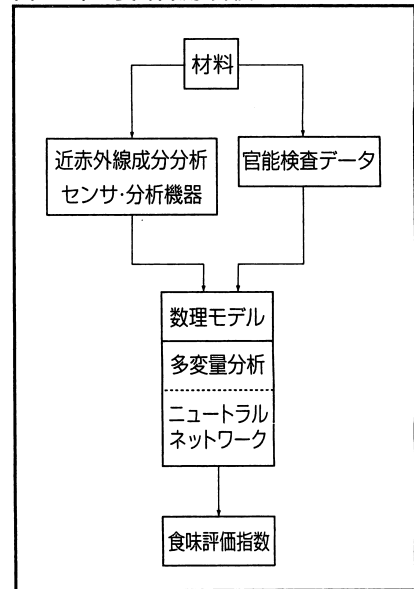


図3 青果物カラーグレーダの計測システム

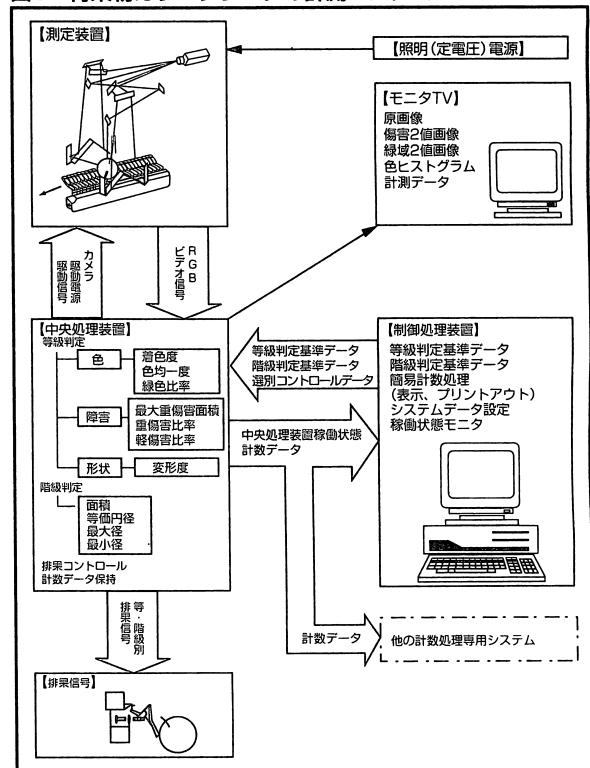


図4 光糖度センサの計測方法

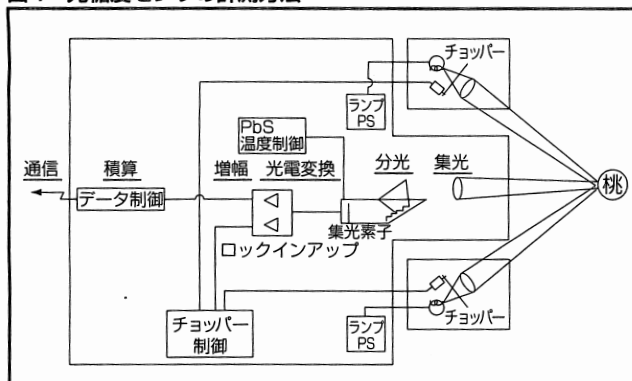
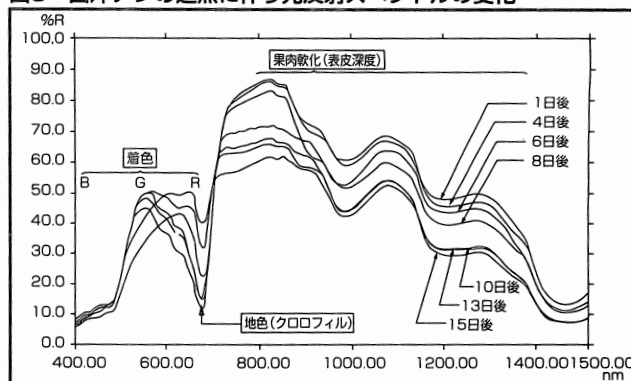


図5 西洋ナシの追熟に伴う光反射スペクトルの変化



られ、精算事務処理等に利用される。

4. 糖度・熟度センサ

落葉果実を対象とする共選施設では、1990年頃からカラーグレーダの計測部に「光糖度または熟度センサ」を設置し、果実の糖度と熟度に関連する情報を検出して、等級判別を行うシステムが導入されてきた。

(1) 糖度センサ

このセンサの測定原理は、果実の近赤外線吸収スペクトルもしくはこの2次微分スペクトルの中から、果実の糖度と最も相関の高い波長を選び、その波長の吸光度と糖度の検量線を利用して果実の糖度を予測する方法、すなわち「近赤外分光分析法」に基づいている。図4に実用装置の一例として、計測原理を説明するためのブロックダイアグラムを示す⁴⁾。まず、コンベア上の果実に光を照射して果実表面からの反射光をレンズで集光し、これを分光器にかけて所望の波長の近赤外線のみをとりだす。次に受光素子で電気信号に変換し、それぞれの波長の反射強度を求め、最後に別途実験から求めた糖度との検量線を用いて果実の糖度を推算する。なお、現在では、反射光の代わりに透過光を測定する「糖度・酸度同時測定センサ」も開発され、実用化されている。

(2) 熟度センサ

現在、糖度センサと同様に「熟度センサ」の導入が進んでいる。ここでは、果実の熟度を表す物理的指標として糖度、果皮色、表皮のクロロフィル含量および果実の硬度を、光の吸収度と相関させて検出し、これらを組み合わせて1つの

熟度指標を推算する試みを紹介する。

図5は西洋ナシ(品種:ル・レクチュエ)の貯蔵中における電磁波の反射特性の経日変化を示す⁵⁾。波長帯400~700nmの範囲からは表面色の情報が得られ、特に680nm付近はクロロフィルの吸収波長であり、果実表面の着色度を表す情報として利用される。果実硬度的変化は800nm近傍の波長を採用することにより検出可能と考えられる。電磁波の反射特性は果実の種類・品種により変化するので、実際にはそれぞれの果実・品種を対象として、ここに示したような反射特性を計測し、検出・処理しようとする情報が顕著に現れる波長を選択して演算処理し、熟度指標を算出する方法が採られている。計測システムは「カラーグレーダ」に先述べた糖度センサと類似の装置を組み合わせたものである。

5. その他のセンシング技術

食品に対する嗜好を決定する様々な要因のなかで、食品の属性と人の感性に関する要因を測定する方法およびデバイスの適用例を、将来予測も含めて表1に示した。この表にまとめた計測法は主に非破壊遠隔測定が可能で、これらに人の感情変化を計測するのに有用と予測される

方法を加えている。ここに掲げた手法はその大部分が現在でも周知の代表的技術で、食品の外観はR.G.B.カラー撮像管と画像処理技術、味覚や風味は近赤外成分分析法や最近脚光を浴びている各種のバイオセンサ、特に脂質膜等を用いた味覚⁶⁾・匂いセンサ⁷⁾等が利用可能で有力なデバイスとして挙げられる。デバイスの分野で残された問題は信頼性の高いテクスチャの計測と評価法であり、古くて新しい問題の代表格でもある。いずれにせよ食品の多様な特性を総合的に計測し、物理量として出力するマルチセンサの出現が待たれる領域である。

人の感情変化を非接触で計測する可能性を秘めている方法に、バイオフィトン(Biophoton)の計測法が挙げられる⁸⁾。バイオフィトンの発光は生体を構

表1 理工学的計測・分析手法の食品分野への適用例

計測対象・方法・デバイス	適用例・(適用予測例)
電磁波吸収特性	表面色測定 分光分析 赤外線成分分析 遅延発光測定 X線CTスキャン 原子吸光分析 バイオフィトン測定
電磁特性	RGB撮像管・画像処理システムによる品質判定・分級成分分析 米の食味計、青果物の糖度・熟度センサ、卵の判別 蛍光によるアフラトキシン検出、茶・ミカンの分級(内部構造の画像処理、ステレオロジー) 無機成分の微量分析(人の感情、嗜好に対する感性)
音響特性	インピーダンス測定 静電容量測定 誘電率測定 核磁気共鳴画像解析 電子スピン共鳴法
バイオセンサ	水分・糖度の測定、熟度の評価と判別 水分・密度の測定—スイカ空洞果・熟度の判別 水分測定、果汁の糖度、青果物の熟度判別 油脂中の個体脂含有量、成分分布、拡散係数の測定 遷移金属の測定、油脂や乾燥食品・貯蔵米の酸化
力学的特性	果実の空洞果検出、固有振動数等の力学的物性計測 大豆の含水率、牛乳の脂肪含量、断面層エコー撮影 弾性・密度・粘性等の力学的物性と分布画像計測(可視光/バルス照射による発生音響スペクトル解析)
温度	成分・味覚の検知、(味覚・嗜好の数量化) におい成分の検知、(におい・嗜好の数量化) 糖・酸・脂質・尿酸等の検出とプロセス計測制御 糖・酸・抗生物質等の検出とプロセス計測制御 ホルモン・血液型等の測定(感情変化の検出)
放射温度計	圧縮・引張試験 クリープ試験 共鳴振動法 細線加熱法 テクスチュロメーター
水晶温度計	力学物性・強度特性の計測 粘弾性特性の計測とそのモデリング 弾性係数、容積等の遠隔測定 液状・半固形材料の粘性・性状変化の検出 かみごちの数量化
	放射温度計 非破壊遠隔測定、サーモグラフィーによる温度分布 体内温度遠隔精密測定・消化器官の温度と感情変化

成するマイクロな物質系から生体全体のマクロな系に至るあらゆるレベルで観測されており、生命を維持している生体からの光のメッセージと考えられている。発光の特性は生命活動や生理機能の発現・変化に応じて変化することが次第に明らかにされてきた。この他に感情変化の測定には免疫センサによるホルモン・血液型(血液型が嗜好形成に関与するものであれば)の検出、細線加熱法による体液性状変化の検出、水晶温度計の体内投入による体内温度遠隔精密測定等が有効になるものと予測している。最近、新聞紙上に水晶温度計による消化器官内温度の測定法が医療先端技術として紹介されていたが、美味しいとかまずいとか感じながら消化するときの胃腸内消化反応速度差を温度差として検出することが可能であれば、嗜好の計測技術の面からも興味ある問題ではある。

おわりに

食嗜好は人の感情に由来する度合

いが大きく、このために単に食品の嗜好関連要因を計測して、その特徴を抽出し、美味しさに客観的なスケールを与えるだけでは、嗜好の計測が完成したことになる。また、技術面では、人の感情の変化を遠隔かつ高速で計測・評価する方法の開発が究極の課題となることも明らかである。しかし、「感情の変化」を測定する事は現存する技術レベルではとうてい到達不可能な課題でもあることも認識されている。そこで、本稿では嗜好関連技術の現状を概観することよりも、この分野の将来を見越した学問・技術のあるべき姿を「夢として」思い切って大胆に描いてみることに重点を置いた。その結果がここに提唱した「食品感性工学」であり、その特色はセンサ等の計測技術からマーケティング手法の開発に至る流れをシステム化して取り扱うための基礎科学としての側面を有し、また、消費者の感情・購買意欲を対象とする応用科学の新分野も包含している点にあると言える。

＜参考文献＞

- 1) 相良泰行: 日本食品工業学会誌, 41(6) 456 (1994)
- 2) 保坂幸男: 機器分析による味覚の予測, p.3 日本食糧新聞社 (1992)
- 3) 前田 弘: 青果物の選別包装施設におけるメカトロニクス化に関する研究, 東京大学 博士論文 (1991)
- 4) 岡部政之: アグリビジネス, 4(14) 65 (1989)
- 5) 木村美紀夫: 近赤外線分析法による果実の非破壊品質評価について, p.13, JA全農施設・資材部 (1993)
- 6) 都甲 潔: 味覚センサ, p.155 朝倉書店 (1993)
- 7) 松野 玄他: 計測自動制御学会講演要旨集, No.DS61-2 (1992)
- 8) 稲葉文夫: 計測と制御32.915 (1993)

相良泰行(さから やすゆき)

＜略歴＞

- 昭和47年 東京大学大学院博士課程中退、同農学部助手
 昭和60年 講師となり現在に至る。
 昭和63年 2年間インドネシア・教育文化省(ポゴール農科大学大学院)に派遣

＜趣味＞

音楽・写真・精神分析。特に精神分析手法の数量化により感性工学の充実を図り、趣味と実益を兼ねたいと夢見ている。

グローカンパニー社製 (USA)

ミネラルイースト

セレン マグネシウム 亜鉛
 鉄 グルタチオン その他

シティメックス社製 (香港)

緑茶ポリフェノール

CTP-95
 ポリフェノール含有量70%以上

総代理店 セティカンパニーリミテッド 食品原料課

〒107 東京都港区南青山2-2-8DFビル Tel.03-3403-0333 Fax.03-3404-4472