

食嗜好の計測・評価と先端技術
—食品感性工学の提唱—

相 良 泰 行 (東京大学農学部)

シリーズ「食品の嗜好」 (第5回)

食嗜好の計測・評価と先端技術

—食品感性工学の提唱—

相 良 泰 行 (東京大学農学部)

はじめに

食品に対する人の味覚や嗜好を数量化する技術が確立されることになれば、食品原料となる生物資源の有効利用・新食品の開発・マーケティング戦略等に革新的な改善がもたらされるものと期待される。しかし、人の嗜好を工学的な方法で計測・評価するためには、食品の物質的要因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「特定の食べ物に対する感情」を定量化しなければならない。従来、このための技術を開発することは絶望的と認識され、一般には食品に対する人の反応を「官能検査」を基本とする手法により把握する努力がなされ、目的に応じた検査方法の標準化・マーケティングへの応用などが進められてきた。しかし、現状では検査結果に物理的なスケールを含めることが困難である。例えば、この検査結果と対象食品の成分分析結果との対照がなされたとしても、その食品の食味・嗜好を的確に把握するには困難を伴い、検査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。

しかし、近年、「米の食味計」や「果物の糖度センサ」に代表されるように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。一方、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進むに伴い、このメカニズムを模倣する形で、化学センサ、特に各種の膜を利用した味覚・においセンサ、ファジー理論や学習機能を持つニューラルネットワークなどが知識工学の分野で急速な発展をとげつつある。このような現状を踏まえると、個々の技術のシステム化により、従来不可能と考

えられてきた食品の味覚や嗜好を定量的に計測し、これにマーケティング手法から得られる数量化手法を組み合わせることで、食品に対する消費者の味覚や嗜好の評価、ひいては商品開発戦略にも役立つ技術的・学問的領域の構築が可能となる兆しが見えてきたと判断される。ここでは、この領域をカバーする新しい学術的分野を、例えば、「食品感性工学」と仮称して提唱し、その具体的な内容をおおまかに概説する。

嗜好の多層構造と食行動

図1に食嗜好に影響を及ぼすと考えられる諸要因の多層構造と食行動との関連性を示す。特定の食品に対する人の嗜好は、先ずその食品が保有している物理化学的屬性をいわゆる五感などで感知し、次に個人が遺伝的に持っている官能的気質や生まれ育ってきた文化・習慣により学習・記憶されてきた判断基準に、そのときの心身の状態・食事環境条件を加味して、「見ただけで嫌い」「美味しそう」「まずそう」「少しなら食べられそう」などと予断して食行動を起こし、最終的にはその結果が総合的に評価され、さらにこのパターンが繰り返して学習される事によって形成されるものと考えられる。

このことは喫茶・喫煙・飲酒に関する人の挙動として典型的に示され、その特色は新嗜好の形成による多様性と習慣化をもたらす保守性にある。喫煙を例に採ると、タバコ製造会社では新製品の開発により消費者の嗜好の変化と多様性に対処する一方で、戦前に発売を始めた銘柄の生産を現在も継続して保守性に対処している。さらに、未経験の食品素材に対する拒絶反応は嗜好の保守性を明瞭に示している。筆者の経験によれば、近年、インドネシアではカップラーメンが爆発的に消費されるよう

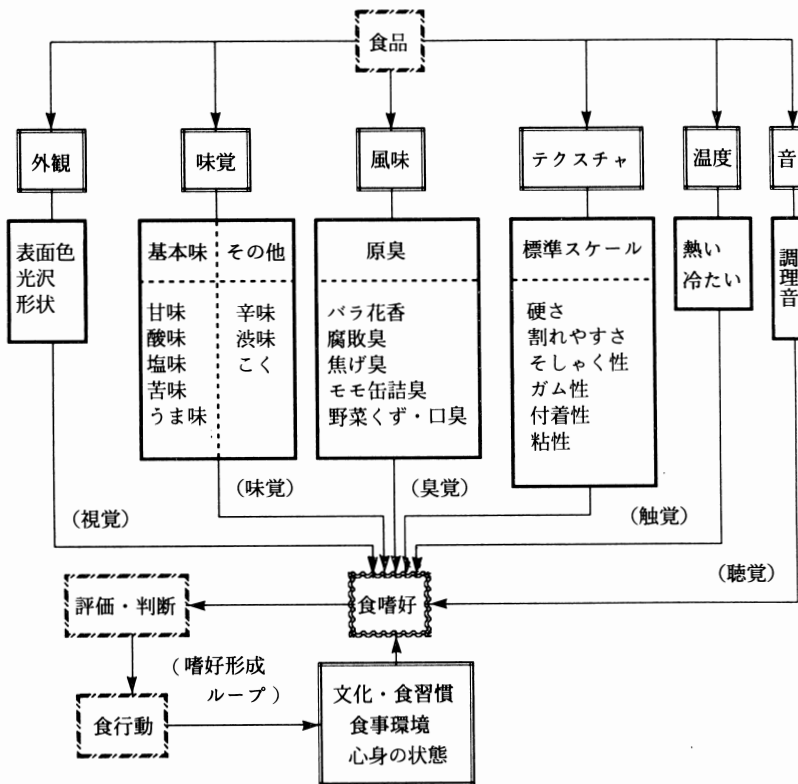


図 1 食嗜好の多層構造と食行動

になってきたが、これはラーメンに類似したビーフンや中華麺を食べてきた経験があったためである。しかし、日本式の「ザルソバ」にはほぼ完璧な拒絶反応が示される。これは先ず「ぱさぱさ」したソバ麺、鼻を刺激するワサビや生ネギ等の素材に対する反応に、「つけ麺」形式の食べ方に対する拒否反応が重なったためと考えられる。また、嗜好の強度は食品素材や加工・調理の程度によっても異なり、主食である御飯や食パンに対しては弱く、多様なスパイスを駆使した調理食品に対しては強く発揮される。

このように、人の食嗜好・行動はその個人が生まれ育った自然・経済・文化・民族・教育程度などの条件により影響を受けることが知られているが、ある地域や民族を特定すれば、マーケティング分野で用いられている様々な統計的数量化手法を適用することにより、そこに居住している大多数に共通する嗜好基盤の抽出が可能である。この基盤の上に乗って先端技術を駆使した嗜好の計測・評価システムを構築することにより、個人の嗜好にも一定の物理的スケールを与えることが可能と考え

られる。

計測・評価技術の役割

人の味覚や嗜好は一見極めて主観的であるが、計測・評価技術の役割はこれらに客観的で物理的なスケールを与えることである。例えば、時間を例に採ると、主観的な時間として生物時計が関与する時間がある。すなわち、航空機利用による時差ボケや空腹感（腹時計）であったり、長く感じる退屈な講演や待ち合わせ時間、短く感じる恋人同士のデートの時間であったりする。しかし、一方で我々は国際的に標準化された、時計という器具で正確に計れる客観的な時間、すなわち物理的な時間スケールを保有している。この簡単な例のように、主観的な人の食嗜好に客観的・物理的なスケールを与えるためのデバイスとこれによって得られる信号の伝達・処理・評価・記憶装置とこれら进行操作するための数理モデル等を開発し、これらの情報を食品産業の多方面に渡る目的に効果的に利用できるシステムの構築こそが、ここに提唱する「食品感性工学」の役割である。

嗜好計測・評価システム

現在考えられる嗜好計測・評価システムと食品感性工学の領域を提案して図2に示す。この図に示されるように、ここに示した領域は基本的に図1に示した人の嗜好と摂食行動に関する諸要因を計測・評価技術と各種の数理モデルで置換したものである。したがって、嗜好の物理化学的計測に必要な人を対象とした生体情報

計測の領域は含まれていないことを認識しておく必要がある。この領域には「バイオエレクトロニクス」と称される広大な研究領域で開発される先端技術、特に電子応用技術の成果を導入する事を念頭に置くにとどめ、簡略化のためにこの図には特に示していない。しかし、その中で将来食品感性工学の領域でも重要と考えられる技術については個々に示してある。たとえば、図中の「マルチセンサ」や「ニューロおよびバイオコンピュータ」等

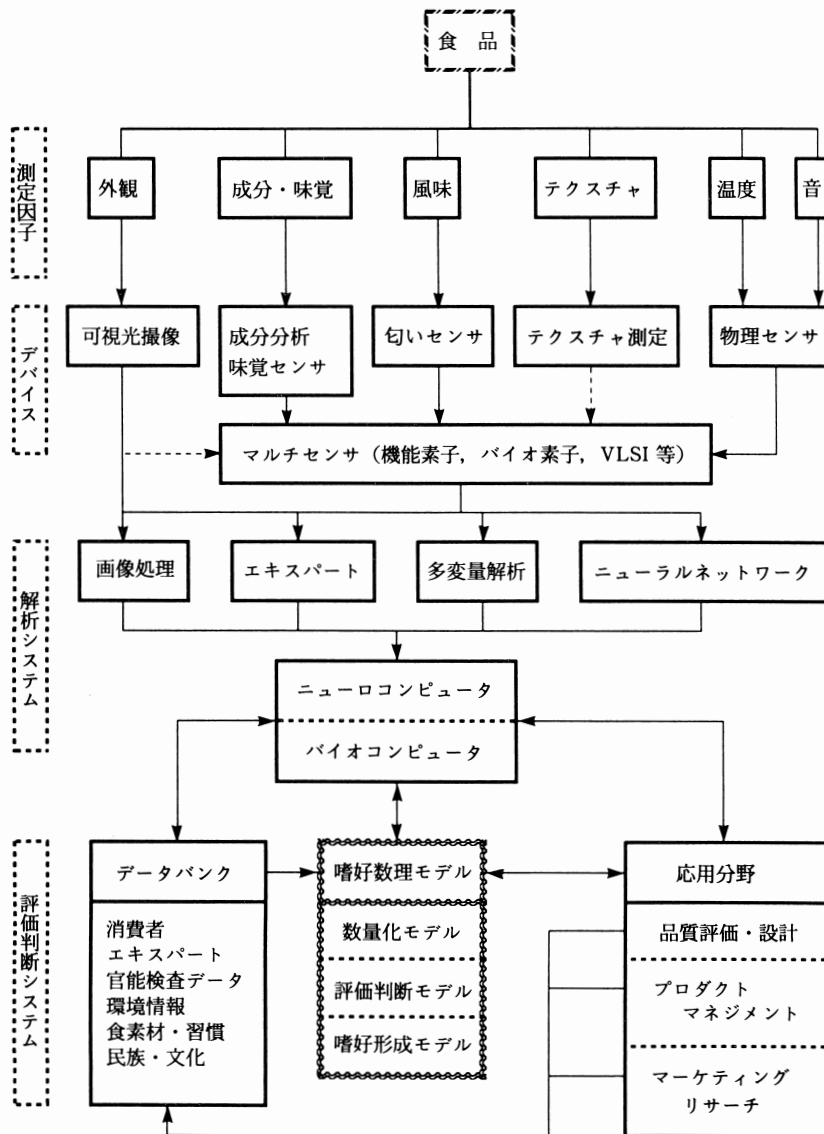


図 2 嗜好計測・評価システムと食品感性工学の領域

がこれに相当し、これらの嗜好に関連する機能については簡単に概説する。

測定因子とデバイスは食品の属性を計測するセクションであり、解析システムのなかで画像処理からニューラルネットワークに至る個々の解析手法は計測によって得られた信号に基づき「美味しさ」を評価する部分であり、現在でも食品の外観・成分・味覚等の評価に用いられている手法である。食嗜好の観点に立てば、センサからこれらの解析手法に至る領域は、ある食品を人が摂取する場合に、食品の属性が人の生理的变化に及ぼす影響を物理化学的な「強度」として客観的に把握する領域に相当する。現在の処、食品の属性は各種のセンサとこれに直結した解析手法を用いて個々に測定・評価されている。例えば後にも示すように、米の食味は近赤外スペクトルアナライザと多変量解析もしくはニューラルネットワークを組み合わせて評価され、「食味計」として市販されている。しかし、将来は個々のセンサの機能を高度に集積し、ハード的に一体化した「マルチセンサ」が開発され、非破壊的な遠隔測定が可能となるものと期待されている。

ニューロおよびバイオコンピュータは食品と人の計測から得られる物理化学的な「美味しさの強度」と人の嗜好と食行動、さらにマーケティングリサーチ等の応用分野を結合し、これらの情報を効率的・総合的に処理する、いわゆる情報処理を担当するセクションである。このセクションの情報処理機器としては現存する超大型コンピュータを当面利用できるが、嗜好は元来人の脳が関与する情報処理の典型的な例であり、これには生物が行っている情報処理を模倣した新しいコンピュータの導入が望ましく、現在、電子および情報工学の分野での開発競争が熾烈となっているこれら2つのコンピュータの実現が待たれる。

最後に残されたセクションは人の食嗜好、すなわち食べ物に対する人の感情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部分である。嗜好の数理モデルをグループ分けすると、

- 1) 食品と人の嗜好に関連する計測データを数量化するためのモデル、
- 2) 数量化されたデータに基づき食品の品質とこれに対する人の嗜好のマッチング度合いを評価し、さらに食行動や新製品に対する消費傾向等を予測・判断するためのモデル、
- 3) 個人またはある特定の地域に居住する消費者の大多数に共通する嗜好の特性を抽出し、その特性がい

かにして形成されてきたかを探り、さらに将来どのように変化してゆくかを予測するための嗜好形成モデル、

等になるものと考えられる。

これらのモデル群の構築には前に述べたようにバイオコンピュータ等によるダイナミックな情報処理手法と嗜好に関する信頼性の高い膨大なデータバンクが必要となる。

データバンクの中には、消費者の嗜好動向、食品企業でテイスターと呼ばれているエキスパートの官能検査手法に関する情報、特定の食品に関する成分・栄養・官能検査蓄積情報、地域の自然環境情報、食素材・食習慣に関する情報、民族・文化に関する情報等が含まれ、これらの情報はコンピュータによる嗜好数理モデルの構築に利用される。例えば、テイスターの官能検査手法は各種センサまたはマルチセンサで計測された食品の嗜好特性に関する情報と共に、解析システムの中のエキスパートシステムやニューラルネットワーク、さらに嗜好数理モデルの構築に利用される。すなわち、食品製造プラントの操作や品質検査で神様と称されているエキスパートの主観的検査・評価手法が、誰でも操作・利用できる客観的なシステムに置き換えられ、さらにその評価結果はファジー理論等を導入する事によりプラントの制御等に利用されることになろう。

嗜好数理モデルの応用分野には、1) 人の嗜好を加味した食品の品質評価とこれに基づく品質設計、2) 品質設計に基づく商品プロダクトマネージメント、3) 嗜好の評価と予測に基づくマーケティングリサーチ等が挙げられる。嗜好の計測・評価とこれらの応用分野の接点については次回に概説することとし、本稿では嗜好の計測システムに近い例として、現在実用化されている「食味計」、「果実の選別システム」および「果実の糖度・熟度センサ」を題材にしてその技術レベルを紹介すると共にハード面における計測技術の将来展望を行うことにする。

実用システムの技術レベル

現在実用化されている食味や嗜好に関連する計測・評価システムの具体例として「食味計」と「青果物の画像処理選別システム」「果実の糖度・熟度センサ」をとりあげ、その技術レベルを紹介する。特に、青果物の選別システムとセンサを選んだ理由は、これらのシステムが嗜好の計測法として理想的な非破壊・遠隔・高速度測定を目標として開発されていることによる。ちなみに、この

システムでは1秒間当たり果実3個に相当する処理速度を達成している。

(1) 米の食味計

図3に米の食味計の計測・評価システムの概念図を示す。このシステムの開発に当たっては、先ず走査型近赤外線吸収スペクトルアナライザにより材料の赤外線吸収特性曲線を測定し、これらのスペクトルの中から食味成分の吸収波長帯が特定されると共にその含有量が推定された。次に、機器分析によって得られた食味成分含有量のデータから官能検査結果を予測し、両者を結合する試みが行われた。はじめ両者の間には線形関係が存在するものと仮定され、線形主成分重回帰分析が行われた。しかし、その結果は「食味」と「成分量」の関係に非線形性が含まれることを示した。すなわち、この方法は本来変量が線形な変化をする場合に有効な方法であり、食味の推定には非線形多変量解析が必要と考えられた。そこで、図4に示すように入力層のユニット数を①白度、②水分、③アミロース、④脂肪酸度、⑤タンパク質の5ユニット、中間層20ユニット、出力を食味の総合評価指数の1ユニットで構成されるニューラルネットワークが考えられ、教師信号には官能検査データが入力された¹⁾。このニューラルネットワークと多変量解析手法との対応関係は、入力層—中間層間が非線形主成分分析に、中間

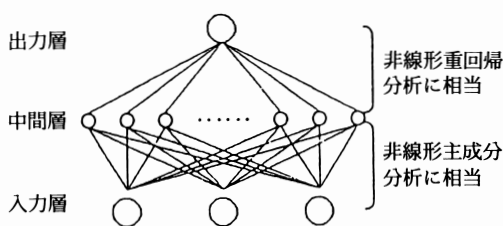


図4 ニューラルネットワークと非線形多変量解析¹⁾

層—出力層間が非線形重回帰分析に相当する。このような手法を導入したことにより官能検査から得られる食味を、計測された米の食味成分から良好に推定する事が可能になった。

このシステムの核心的な点は、粒状または粉状の材料のまま成分分析を行い、炊飯した後の食味を予測していることにある。このようなシステムの開発が成功した要因は、先ず、主食である嗜好性の低い米を測定対象に選んだことであり、次に標準化された官能検査の手法とその信頼性の高い結果に対する評価法が確立されていたことである。このことが成分分析結果と官能検査データを相関させるための数理モデルに信頼性をもたらしたものと考えられる。特に、ニューラルネットワークの学習プロセスに用いる教師信号の普遍的信頼性が官能検査結果から得られた意義は大きいと考えられ、人の嗜好に関する数量化手法の重要性が浮き彫りにされている。このことは、現在、このシステムをコーヒー豆や牛肉に適用する研究が進められているにもかかわらず、このような嗜好性の高い材料に関する官能検査手法や得られたデータの解釈に疑問が残り、結果的には成分量と食味評価指数との間の高い相関が得られていない現状にも示されている。

(2) 青果物の画像処理選別システム

青果物を選別する目的は、所定の基準により対象物の等級・階級を揃え、その基準に基づく等階級レベルの品質を保证する事にある。したがって、選果機の基本的な機能は「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。しかし、人が人為的に定める「基準」は青果物の種類、品質を評価する指標のマーケティング面での重要度などにより多様であり、選別のための測定項目も当然品目別に異なる。その選別方法の大別すると、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、

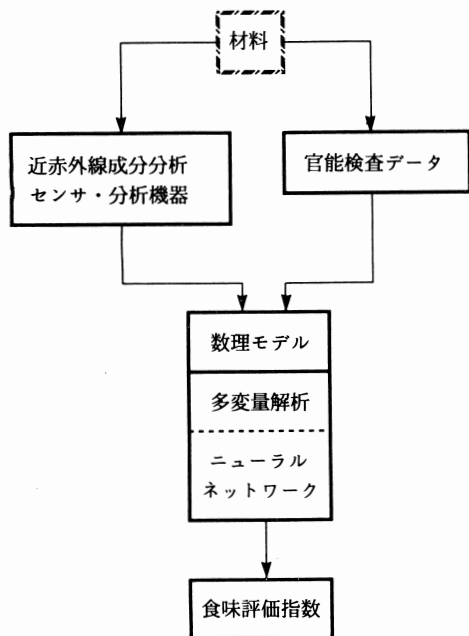


図3 米の食味計測・評価システム

損傷、味覚等に基づいて選別する「等級選別」に分けられる。

選別の機械化は、先ず球形果実を対象として、機械的な篩いを用いて果実のサイズにより選別する「形状選別機」に始まり、次に果実の重量を機械的秤で計って選別する「重量選別機」が開発された。この段階で施設では、これらの階級選別機のみが用いられ、等級選別は選別人の主観的判断に委ねられ、階級選別前後で多大の労力を

費やして行われた。次の段階では、重量選別機にロードセルやフォースコイルを用いる「電子秤重量選別機」が開発され、現在では国内におけるこの方式の普及率は60%以上と推定されるほど技術的にも信頼性が高く、安定・定着した装置となっている。

一方、形状選別にはカーテンビームを用いて光学的に果実のサイズを計測する方式が導入され、次にモノクロムカメラで撮影した撮像を画像処理して果実の形状を抽

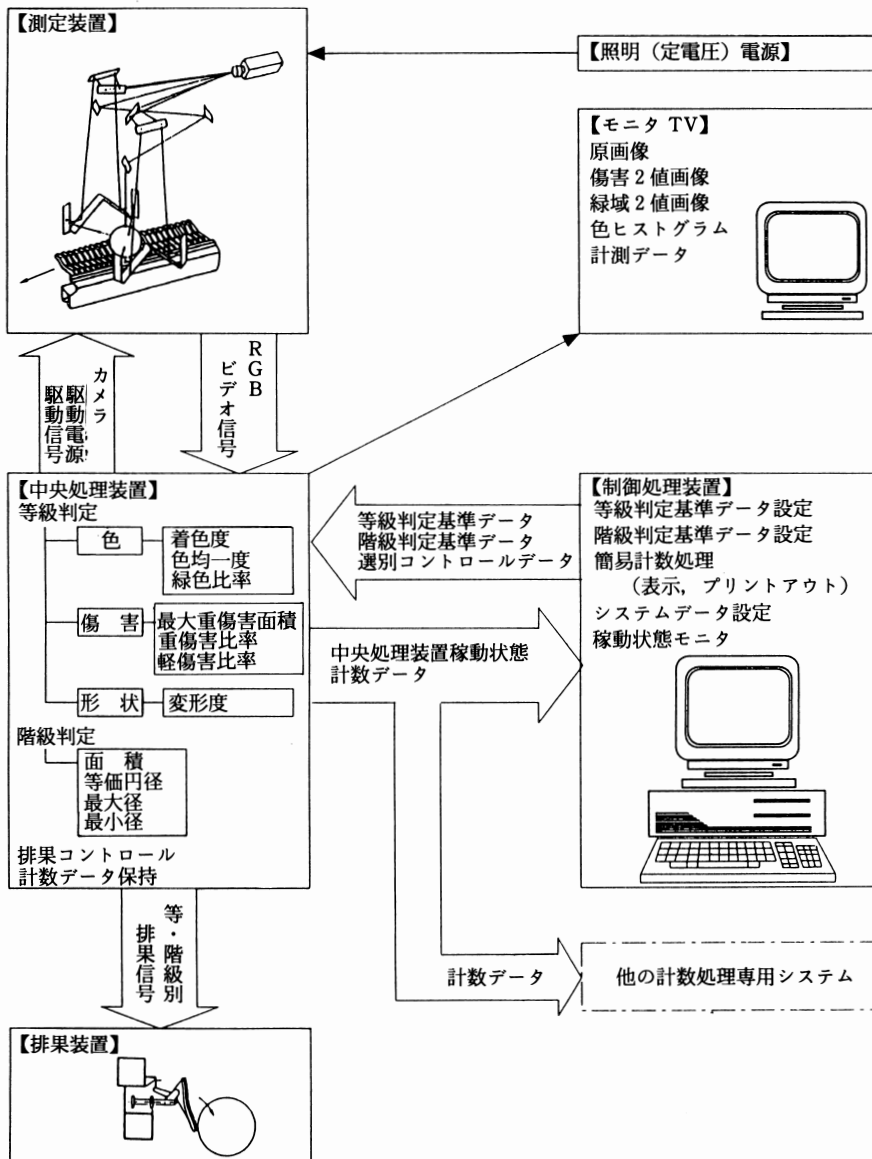


図 5 カラーグレーダの画像計測制御システム²⁾

出する「画像処理式形状選別機」が開発された。これにより複雑な形状を有するキュウリ等の長物青果物の選別も可能となった。この装置ではキュウリの「長さ」「太さ」「曲がり」「鼻曲がり」「体積」等の測定が画像処理により計測され、ここに至って等級選別要因の一部が機械的に判別可能となり、等階級同時選別への道が開かれた。さらに、撮像センサをカラーカメラに変えることにより、果実表面色の着色度・傷に関する詳細な外観の等級判別情報と階級判別要因とを総合的に解析・判定して選別する機能を持つ「カラーグレーダ」が開発され、主に落葉果実の選別ラインに導入されてきた。

図5は主に落葉果実の選別に用いられている「カラーグレーダ」の画像計測制御システムの概略図²⁾である。図に示すように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、モニターTVで構成される。整列供給装置によって計測部に供給された果実の表面をハロゲンランプで均一に照明し、数枚の反射ミラーと1台の新しく開発された「高分解能 R. G. B. リニアイメージセンサカラーカメラ」を組み合わせることにより、果実全表面の約 5/6 の画像を検出する。この装置の開発の段階では、果実表面の全面情報を画像として検出するために、複数のカメラを多方向に設置したり、果実を回転させて機械的スキャンを行うなど色々工夫が試みられた。また、色に関する情報は光源のスペクトル組成で異なるため、均一な照明技術の開発が成功の重要な

ファクターであった。最終的にこの方式が選択されたのは、ミラーの占有面積が少なく、ハロゲンランプの設置スペースを確保する事ができるなどの技術的利点とミラーを主体にして計測部を構成できることから、装置コストが安価になるためである。

カメラの R. G. B. 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られ、精算事務処理等に利用される。

このシステムの構成は図2に示した食品感性工学の領域と類似しており、ここでも色や形状の画像処理技術を等級選別に適用するための課題は等級規格、すなわち嗜好関連要因の客観化と数量化であり、次に述べる内部品質判定を含めた等級選別の完全自動化を進めるに当たり最大の課題となっている。

(3) 果実の糖度・熟度センサ

等級選別要因のなかでも、青果物内部の品質を判別する自動計測技術の出現は、選別機の開発当初からの長年

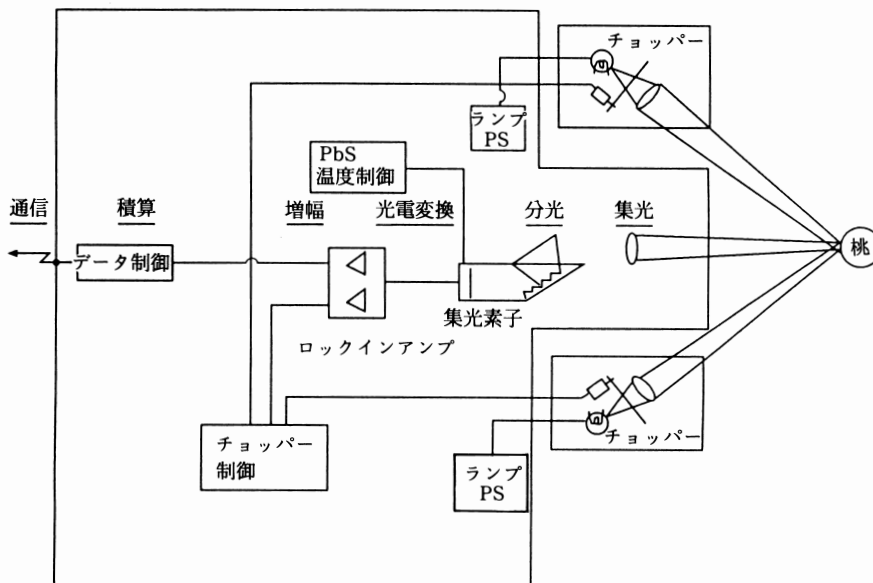


図6 糖度センサーの計測ブロックダイアグラム³⁾

の夢であったが、現在では「内部構造」に関してスイカの打音・密度計測による判別が可能となり、また、電磁波、特に近赤外線の反射スペクトル分析による「糖度センサ」「熟度センサ」が開発され、選別ラインへ実装されるに至っている。これら内部品質の測定システムについては一部に性能に関する客観的評価に疑問は残るものの、選別システム全体としては世界的な工業技術レベルからみても、農業分野で開発された画期的な技術として注目を集めている。現在では、対象青果物の「重量」「形状」「外観」「内部品質」等の判別要因を品目の特性と重要度に応じて選択し、それらの判別要因を自由に組み合わせることで自動的かつ総合的に判断する選別システムを構築し、等階級の同時選別を行う方式が可能となっている。特に、近年、人間の主観的評価と労力に頼ってきた等級選別のメカトロニクス化が急速に進展したことにより、青果物の客観的非破壊品質判定に実用化の道が開かれてきた点は、特筆すべきであろう。

前に述べたように、カラーグレーダの計測部に糖度センサを設ける方式が実用に供されるようになってきた。この原理は、果実の近赤外線吸収スペクトルもしくはこれの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「近赤外線分光分析法」に基づいている。図6に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³⁾。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数理モデルを用いて果実の糖度を算出する。

図7はリンゴ(品種:サンふじ)を対象として、光センサと屈折糖度計による糖度の相関を求めて図示したものである。この場合には高い相関が示されているが、他の果実・品種に対しては相当低い相関も示されている現状にある。このため、モモなどでは光を照射する果実表面の位置をレーザービームで特定し、複数箇所の測定データの平均値を採用するなど、両者の相関を高めるための計測手法が開発されつつある³⁾。

現在、糖度センサと同様に「熟度センサ」が開発の途上であり、一部の施設で導入され始めている。しかし、このセンサの実態は必ずしも明らかにされていない。ここでは、果実の熟度を表す物理的指標として表皮のクロロフィル含量と果実の硬度を電磁波の吸収度と相関させ

て検出し、これらを組み合わせて1つの熟度指標としている方式を紹介する。

この方式の測定原理を説明するために、果実の熟度による電磁波の吸収度の変化を示す概念図を図8に示す⁴⁾。未熟な果実に照射された電磁波は果実硬度が高いため、果肉表面付近のインピーダンスが小さく、電磁波の吸収深度も小さくなる。この結果、入射電磁波に対する反射電磁波の割合が大きくなる。熟度が進むにつれて吸収電磁波の割合が大きくなり、反射波の割合が小さくなる。この反射波の割合が顕著に変化する電磁波の波長帯を選び、クロロフィルの吸収波長帯から得られた情報を組み合わせて熟度指標を算出する。

図9は西洋ナシ(品種:ル・レクチェ)の貯蔵中における電磁波の反射特性の経日変化を示す⁴⁾。波長帯400~700nmの範囲からは果実表面色の情報が得られ、特

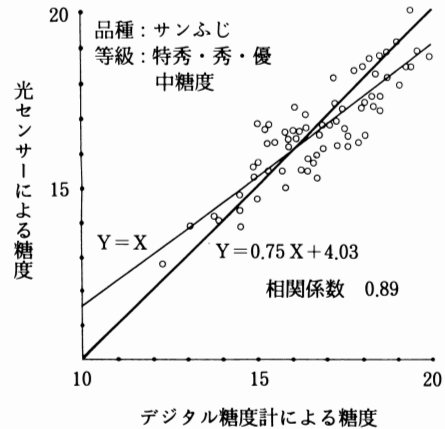


図7 光センサと糖度計による測定値の相関³⁾

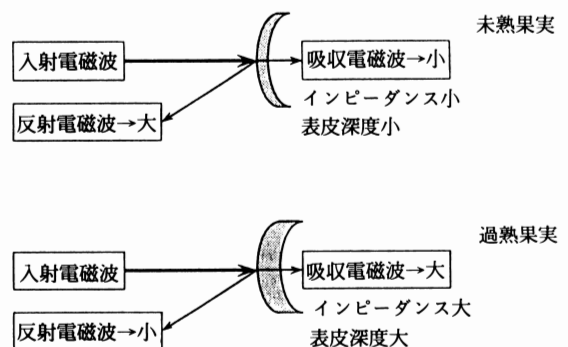


図8 熟度変化による電磁波吸収・反射特性の変化⁴⁾

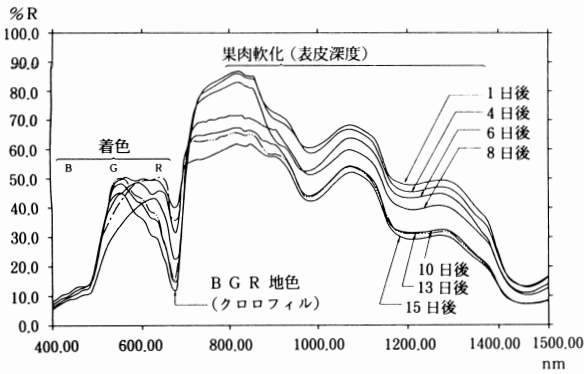


図 9 西洋なし (ル・レクチェ) の熟度変化と光吸収スペクトル⁴⁾

に 680 nm 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。果実硬度の変化は 800 nm 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。

先端技術の動向と将来展望

(1) センシング・デバイス

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な方法であり、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 RGB 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⁵⁾・においセンサ⁶⁾等が近い将来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。バイオフィトンの発光は生体を構成するミ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。表 1 の「遅延発光測定」はバイオフィトン計測の一例で、紫外線をクロロフィルに照射するとクロロフィルを構成している分子の基底状態にある電子が励起され、準安定状態を経由して再び基底状態に復帰するときに放出される極微弱な蛍光を測定する方法である。一般に遅延光の光度は弱いものの減衰時間が長く、この発光のパターンを画像として計測することにより、生体からのメッセージを受け取ることが可能になるものと考えられている。バイオフィトンの計測技術は光センシングにおける未踏極限技術として紹介されており⁷⁾、現時点では人の皮膚表面から放射されるバイオフィトンの画像計測が試みられている段階にあるが、この計測法が確立されれば次のステップは人の感情変化を画像パターンから推測する可能性を探ることになる。

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。

(2) 感性モデリング・システム

食品感性工学の全システムの中で、最大の課題は人の味覚・食嗜好の形成過程のモデリングであろう。現存する技術の中ではニューラルネットワークの利用が有効であると考えられるが、この手法の難点は米の食味計の項で述べたように、教師信号として客観性の高い官能検査結果が必要とされることである。この問題を解決するためには、先ず生物の脳が行っている、興味のある部分や必要とする部分にウェイトをおいた柔軟な並列情報処理を模倣した、いわゆるバイオコンピュータ的な情報処理法の開発が必要であろう。理想的には官能検査データを必要とせず、マルチセンサで計測された物理化学的情報に基づき、人の感性、ここでは嗜好そのものまたはそれらの形成過程を数量化する手法の開発が望ましい。すなわち、嗜好モデリング・システムの構築に関連する領域

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 バイオフォトン測定	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)
電磁特性 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 電子スピニング共鳴法	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 油脂中の固体脂含有量，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
音響特性 打音解析 超音波透過・反射法 超音波顕微鏡 光音響分光法	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 (可視光パルス照射による発生音響スペクトル解析)
バイオセンサ 脂質膜味覚センサ 水晶振動子式においセンサ 酵素センサ 微生物センサ 免疫センサ	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)
力学的特性 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	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 かみごこちの数量化
温度 放射温度計 水晶温度計	非破壊遠隔測定，サーモグラフィによる温度分布 体内温度遠隔精密測定—消化器官の温度と感情変化

の進展が期待される。このためには次に示すマーケティング手法の中で従来から用いられている統計的数量化手法と上述した各種のデバイスによる計測結果とを有機的に結合するための手法を確立することが重要と予測される。

(3) マーケティングの評価・判断システム

米国の大学院ではビジネススクールのなかに新製品開発のための戦略的マーケティング手法を組織的に学べる、いわゆる「プロダクト・マネージメント」のコースを設けているところが多いが、日本ではこのような講座を設けている大学は数少ない現状にある。食品感性工学はこのような研究領域を先取りする位置づけにある。そ

こでは前項で述べた先端計測技術と嗜好数理モデルを利用し、また、逆に従来の手法を数理モデル構築のアイデアとして還元しながら消費者の食嗜好を高度に数量化してゆくプロセスが進展するものと予測される。これに伴って、より物理的で客観性の高さに裏付けされたマーケティング手法の開発も多方面で進展するものと考えられる。その結果、例えば従来社長の「鶴の一声」で決まったと言われる新製品の開発戦略等に客観的な判断材料を提供する「食品消費予測・判断システム」が選挙開票結果の予測システムと同程度の信頼性を持って実用化されることが期待される。

お わ り に

このシリーズのなかで筆者に与えられた課題は「嗜好を計測・評価するための先端技術」を紹介することであった。しかし、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らない。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。さらに、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明白な事実として認識されている。そこで、このシリーズ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」の領域であり、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、また当学会の研究活動が比較的手薄であった消費者の感情・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。読者の御批判

が頂ければ幸いである。

今回は本稿では比較的手薄であった「嗜好」の計測・評価技術に基づく新しいプロダクト・マネージメントやマーケティング戦略について、さらなる夢を描いてみたい。

文 献

- 1) 保坂幸男：機器分析による味覚の予測（日本食糧新聞社），p. 3-4 (1992).
- 2) 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).
- 3) 岡部政之：桃・ネクタリン用近赤外糖度センサ，アグリビジネス，4, (14) p. 65 (1989).
- 4) 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（JA 全農，施設・資材部），p. 13 (1993).
- 5) 都甲 潔：味覚センサ（朝倉書店，東京），p. 155 (1993).
- 6) 松野 玄・山崎大輔・萩田英治・御厨健太：計測自動制御学会講演要旨集，No. DS 61-2 (1992).
- 7) 稲葉文雄：計測と制御 32, 915 (1993).

(平成 6 年 3 月 22 日受理)