

食感性工学のパラダイムと展望

東京大学

相 良 泰 行

冷凍 2003年8月号 別刷

社団
法人 日 本 冷 凍 空 調 学 会

5. 食感性工学のパラダイムと展望

相良 泰行* Yasuyuki SAGARA

1. 食品感性工学の提唱

1.1 感性研究のニーズと現状

近年、楽器・自動車などの設計・生産に人の感性を考慮する試みが始められ、いろいろな分野の学会で「感性」や「アメニティ (amenity)」をキーワードとする研究が発表されるようになってきた。従来、「アメニティ」は主に生活環境の快適さを表わす言葉として用いられてきたが、現在では我々に「快適さ」をもたらす多様な事象を表現する言葉として広く使われるようになってきた。我々の「感性」は生活のアメニティと密接不可分の関係にあるため、感性の研究に基づくアメニティ製品の設計・開発やマーケティングなどに関する分野は、近い将来に学問的にも産業的にも急速な発展が予測されている。

食生活のアメニティを表わす一つの尺度は食物に対する人の「嗜好」の程度であり、これと逆方向の尺度は「嫌悪」で表現されよう。食品に対するおいしさや嗜好をなんらかの理工学的手法で計測し、再現性や客観性の高い情報を得るシステムが確立されることになれば、食品産業分野での新食品の開発やプロダクトマネジメント、さらにはマーケティング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食に関する人の心理的要因を抽出して、これら相互の関連性を明らかにし、最終的には「人の食に対する感性」を定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さきわめて困難とみなされ、一般的には食品に対する人の反応を各種の「官能評価」手法を適用して把握する努力がなされてきた。しかし、官能評価にも再現性や信頼性に疑問が残る場合があり、結果の利用に当たっては、再度人の主観的判断を要するなど、この方法にもさらなる研究が必要とされている現状にある。

1.2 関連科学技術の進展

一方、近年に至り生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の定量的評価技術が実用化されてきた。「おいしさや嗜好」の計測・評価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」である。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もっとも適しており、いわゆる光センシング技術として多方面でその研究・開発が進められている。たとえば、食品や農産物を対象とした光センシングの分野では、近赤外分光法を測定原理とする「米の食味計」や糖酸度センサと画像処理技術を組み合わせた「青果物の選別システム」などが実用化され、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高く評価されている¹⁾。

生理学の分野では、食品栄養学・衛生学の立場から、生命を安全に維持し、健康を保つための人体の機能、さらに、嗜好の発現に寄与する生理現象と心理的動態との関連性を解明する研究が進められている^{2,3)}。バイオエレクトロニクス分野においては、生物が保有している「スーパーセンサ」などのセンシング・通信・判断システムなどのメカニズムの解明が精力的に進められている⁴⁾。嗜好に関しては、視覚・味覚・嗅覚に関する情報のセンシングと判断のメカニズムを分子レベルで物理化学的に解き明かす研究が進み、また、脳波と脳磁場の多点計測により味覚・臭覚のメカニズムを解明するための研究が注目され、これらの研究により脳内食情報処理プロセスの機序が次第に解明されつつある⁵⁾。ここに述べたような研究や開発が進展するにつれ、工学分野でもこれらのメカニズムを模倣する形で、バイオセンサ、特に各種の人工脂質膜や高分子膜を利用した味覚や匂いのセンサが実用化されつつある⁶⁻⁹⁾。さらに知識工学の分野では人の情報処理法を模したファジイ理論や学習機能を持つニューラルネットワーク¹⁰⁾、さらには遺伝子アルゴリズムなどが考案され、その利用は生活のアメニティ化をもたらす電化製品にまで浸透している。

* 東京大学

The University of Tokyo
原稿受理 2003年6月16日

このような現状を踏まえると、個々の工学的な計測技術と官能評価やマーケティング分野で発達してきた多様な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嗜好やおいしさを定量的に評価し、この結果に基づく商品開発や販売戦略の検討にも役立つ技術的・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術研究の分野を「食感性工学」として提唱してきた¹¹⁻¹⁴⁾。

2. 感性の定義

2.1 定義の意義とあいまいさ

「食感性工学」なる新しい研究領域を提唱するにあたり、筆者が苦悩した問題点の一つは「感性」をいかに定義するかという課題である。結論的には現時点でこれを正確に定義することは困難であり、「感性」に関する研究の成果を取り入れながら曖昧さの部分を解消してゆく方法を探らざるを得ないと考えられる。このことは「感性」の研究が現時点では未熟の状態にあり、新しい研究分野として自由度の高い多様で広大な領域が残されていることを意味している。今後は「脳」研究の隆盛に観られるように、いわゆる「知性」をベースにして培われた研究分野の境界領域から感性研究への萌芽が発生・伸長し、これらの萌芽が新領域を創造しながらお互いに刺激し、場合によっては結合しあいながら網状に感性研究の領域を拡大してゆくものと予測される。しかし、「感性」の定義に対する共通認識を深めることは、萌芽的研究の創造と異分野に所属する感性研究者相互の意志疎通を図るのに重要である。したがって曖昧さを残しながら現時点で想定される「感性」を仮に定義しておくことは有意義であると考えられる。

2.2 感性の辞書的定義

「感覚」は「ヒトが外界との関わりの中で五感により日常的に行っている最初の情報処理プロセス」と定義されよう。他方「感性」の定義は感覚ほど単純ではなく、その辞書的定義は『広辞苑』によると、①外界の刺激に応じて感覚・知覚を生ずる感覚器官の感受性、②感覚によってよび起こされ、それに支配される体験内容。したがって、感覚に伴う感情や衝動・欲望をも含む、③理性・意志によって制御さるべき感覚的欲望、④思惟の素材となる感覚的認識などであり、また、対応する英語は[sensibility]となっている。ちなみにほかの国語辞書類でもほぼ同様の定義となっている。そこで、逆に[sensibility]を『研究社新英和大辞典』で引くと、①感覚能力、感性、感覚(capability of sensation, sensitiveness)、②(測量器・植物などの)感度、③(繊細な)感受性、敏感さ(susceptibility, delicacy)、④感情、神経質、神経過敏(sensitive feelings)、⑤物の哀れを知る能力、たし

なみ(delicate sensitiveness or taste)であり、概して事象に対する感覚的・感情的能力を表わす語彙となっており、日本的な定義とはニュアンスが異なることがわかる。特に、sensibilityは感性の概念に含まれる感覚や感受性の能力を表わす語彙として用いられることがわかる。

近年、D. ゴールドマンの著書「EQ-心の知能指数」がベストセラーとなったが、この本の原著名は「Emotional Interigence」であり、翻訳書の「EQ (Emotional Quotient)」とは異なっている。この「EQ」は知性評価の尺度である知能指数「IQ (Intelligent Quotient)」に相当する感性の指標として提案された造語である。いずれにせよemotionが感性に関わる言葉であることに間違いはないが、これに相当する日本語の「エモーション」は単に「情緒・感動」(広辞苑)を意味しており、能力を評価する概念は含まれていない。他方、日本で最近出版された「感性マーケティングの技法」¹⁵⁾の英訳タイトルは「Taste Marketing Method」となっている。一般に、「taste」の意味には「味わうこと」「味覚」「味感」「味」「風味」など、味覚を表わす概念のほかにも「気味(touch, tinge, trace, smack)」「好き嫌い」「鑑賞力」「審美眼」などが含まれる。この本の内容から判断すると、英訳タイトルに含まれる「Taste」は主に「嗜好と嫌悪」を表現する言葉として選択されたものと考えられる。このように、「感性」という概念に一对一に対応する英語は存在せず、感性はsensibility, emotion, spiritual, feeling, tasteおよびpreferenceなどで表現される人の心の動きを包括的に表現する言葉として、すなわち、「知性」や「理性」と区別される心の動きを表現する言葉として使用されている。

2.3 食感性工学の領域

これまでに述べた事由により、筆者は感性の概念を「①外界の刺激に応じて感覚・知覚を生ずる感覚器官の感受能力、②感覚によってよび起こされる感情の動態、③理性・意志によって制御さるべき感覚的欲望」と大まかに定義し、また、「感性」に対応する英語として日本語の「kansei」を採用することを提案する。欧米で定義された4つの基本味に日本が世界に向けて発信した「うまみ(umami)」が5番目の基本味として認知されたように、「kansei」も世界的に認知されることを願っている。

筆者が提唱している食感性工学のイメージは「食情報に関わる感性のモデリングとこれを利用したプロダクトマネージメント」であり、研究領域には食情報のセンシング、生体生理反応機序の解明、センシング情報の感性情報への変換、食にまつわる評価・判断および嗜好形成のモデリング、さらに、これらに基づく新製品の開発・設計および販売戦略などが含まれる。

3. 食嗜好計測・評価技術の役割

3.1 食嗜好形成ループ

図1に人の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。食品はその属性により人に認知され、また人の感性を刺激するとともに育成する。人が感知する食品の属性には「外観」「味」「風味」「テクスチャ」「温度」「音」などが挙げられ、これらの属性が異なることにより食品は人により分類され、特徴づけられている。

特定の食品に対する人の嗜好形成は、まず食品が保有している物理化学的属性を「視覚」「味覚」「臭覚」「触覚」「聴覚」を司る感覚器官、すなわち、「五感」により感知することに始まる。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・習慣により学習され、記憶されてきた判断基準、すなわち「第六感」にそのときの心身の状態・食事環境条件などを加味して、「美味しそう」などと予断して食行動を起こす。また、そしゃくの過程では嗜好に関係する属性の多様な変化をセンシングするとともに、好き嫌いの程度を判断しながらこれらの情報を脳に入力する。最終的にはこれら入力された情報が総合的に評価され、さらに記憶として蓄積され、場合によっては「第六感」に革新的修正がもたらされる。各種の食品に対してこのようなパターンが繰り返され、その学習効果によって嗜好が形成されるものと考えられる。筆者はこのパターンを「嗜好形成ループ」と名付けている。

3.2 定量化システム

人の食嗜好と食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、ある地域や民族または嗜好強度のレベルなどを特定する条件を設定すれば、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、設定した条件を満足する大多数の人々に共通な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・評価システムを駆使することにより、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。

人の食嗜好は一見きわ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、可能な限り物理的なスケールを与えることである。主観的な人の食嗜好に客観的で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などを開発し、これらの情報を我々の食生活や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「食感性工学」の技術的目的である。

3.3 感性計測技術の役割

人の行動様式はその大部分が視覚から得られた情報により決定されている。これが「人間は視覚動物である」と言われる由縁である。視覚以外の感覚器官の中で、味覚は食物の安全性を判断しながら栄養物を摂取し、生命を維持するとともに、人体の発育を司る重要な役割を担っている。また、食物の「おいしさ」を楽しみ、学習するための器官、すなわち嗜好形成の感覚器官として特徴づけられる。しかし、食物の「おいしさ」は五感を総動員して検知されており、技術的にはマルチセンシングの典型例である。食品の属性の中で形や色の識別はCCDカメラの出現によりかなりの高精度でセンシング可能となっている。このほかの属性であるテクスチャ・音・温度などは物理的にセンシング可能であるが、味や香りの測定には複数の化学物質を総合的に検知・評価する、いわゆる化学的センシングが必要とされる。

単一の物理量を計測する物理センサは、圧力計・マイクロホン・温度計などに代表されるように、比較的容易に実用化されてきた。他方、バイオセンサの研究が進むにつれ、微生物センサ、免疫センサ、酵素サミスタなど、多種多様な生物化学センサが開発されてきた。従来、これらのセンサの重要な開発目標は単一の特定物質に対する選択性、すなわち高い識別能力を持たせることにあった。しかし、味覚を代行する化学センサには他種類の化学物質を選択的に、また、同時に検知し、それらの化学量をも受容する機能を持たせる必要があるため、その実現が困難視されてきた。特に、味の強度はその呈味成分間の相互作用により変化することが知られており、たとえばスイカに食塩を少量加えると甘みが強く感じられ、また、調理における「隠し味」はこの効果を経験的に利

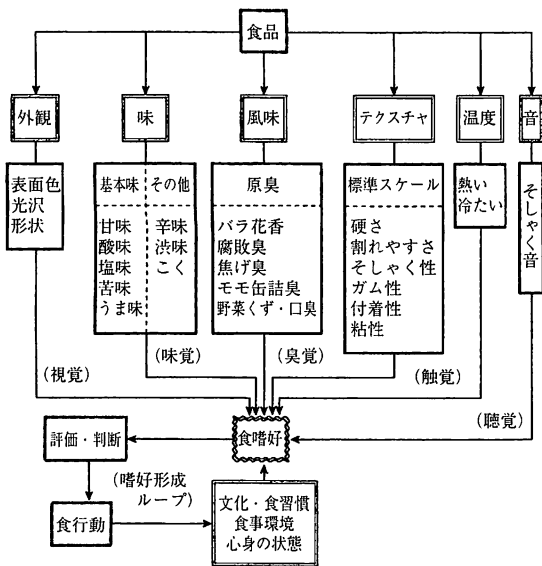


図1 食嗜好の多層構造と嗜好形成ループ

用したものである。このように味覚センサには「個々の呈味物質でなく総合的な味そのものに応答する」機能が要求される。

近年、ここに述べた要求を満たす味覚センサや匂いセンサが開発され、食味評価の分野では官能検査に物理量を導入するための機器として有用視されるようになってきた。

4. 食感性工学の構築

4.1 構築の前提条件

現在考えられる嗜好の計測・評価システムとこれを含む食感性工学の全体像を構築して図2に提唱した。この図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が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こと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、その中で将来食感性工学の領域でも重要と考えられる技術については選択した上で、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」などがこれに相当する。

4.2 センシングデバイス

図2に示した測定因子とデバイスのセクションは食品の属性をセンシングする部分である。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・味など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。現在のところ、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。たとえば、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」単体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になるものと期待されている。

4.3 情報処理システム

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「おいしさ」と人の嗜好と食行動、さらにマーケティングリサーチなど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。

4.4 評価判断システム

最後に残された「評価判断システム」は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などを予測・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など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などによるダイナミックな情報処理手法と

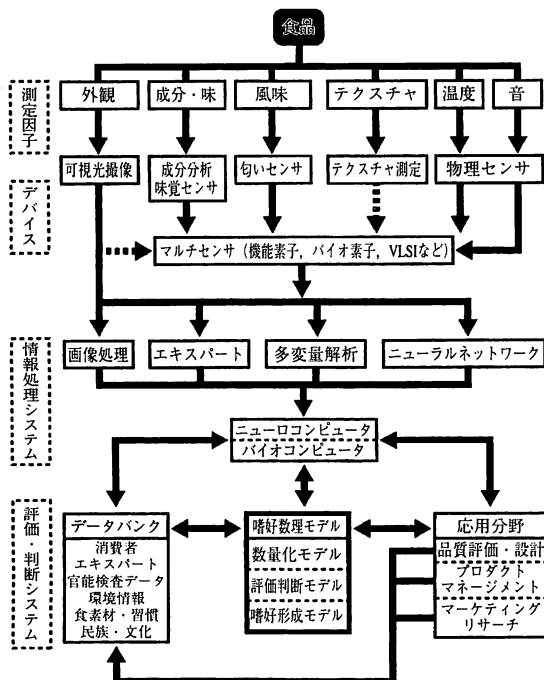


図2 食嗜好の計測システムと食感性工学の領域

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ろう。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・文化に関する情報などが含まれ、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。たとえば、テイスタ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ともに、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ィ理論などを導入することによりプラントの制御など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などが挙げられる。これらのモデルは食品企業の製造・販売戦略に定量的情報を提供することになる。

5. 食感性工学の展望

これまでに述べた「食感性工学」は学術的にまったく新しい分野であり、その領域も広く認知されているわけではない。また、技術的にも完成されていない未知の分野を多く含んでいる。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あることも明白な事実として認識される。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「食感性工学」の領域であり、その特色はセンサなどの計測技術からプロダクトマネジメント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。

ここでは先端計測技術と嗜好数理モデルを利用し、ま

た、逆に従来の官能評価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定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、たとえば従来社長の「鶴の一声」で決まったと言われる新製品の開発戦略など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。

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。食感性工学はこのような研究領域を先取りし、さらに強化・発展する位置づけにある。このように、食感性工学は学際的研究分野として特徴づけられ、その発展は官能評価技術をはじめとし、食品科学、情報科学、システム工学、機械・電子工学、心理学、生理学などの分野の研究者の相互啓発と共同研究により促進されるものと期待されている。

文 献

- 1) 相良泰行：食品工業学会誌，43 (3)，215-224 (1996)。
- 2) A. W. Logue：「食の心理学」(木村定訳)，土社，東京 (1994)。
- 3) ダイアン・アッカーマン：「感覚の博物誌」(岩崎徹・原田大介訳)，河出書房新社，東京 (1996)。
- 4) 徳永史生他：「生物のスーパーセンサー」(津田基之編)，共立出版，p.17，東京 (1997)。
- 5) 山本隆：日本官能評価学会誌，3 (1)，5-9 (1999)。
- 6) 都甲潔：ジャパンフードサイエンス，37 (3)，31-37 (1998)。
- 7) 都甲潔：「食と感性」，光琳，東京 (1999)。
- 8) 外池光雄：テクノインテグレーション，8 (7)，56-60 (1992)。
- 9) 松野玄：「平成7年度農業施設学会秋期シンポジウム講演要旨集」，pp.26-31，(1995)。
- 10) 池田岳朗，日置真由美，相良泰行，永井元：日本味と匂学会誌，8 (3)，499-502 (2001)。
- 11) 相良泰行：日本食品工業学会誌，41 (6)，456-466 (1994)。
- 12) 相良泰行：食品工業，6 (30)，16-32 (1997)。
- 13) 相良泰行：ジャパンフードサイエンス，37 (3)，23-30 (1998)。
- 14) 相良泰行：日本味と匂学会誌，8 (2)，153-159 (2001)。
- 15) 佐藤邦夫，平沢徹也：「感性マーケティング」，プレジデント社，東京 (1996)。