

連載

常識のエビデンス④

“おいしさ”のエビデンス

おいしさのしくみを探る食感性工学

相良泰行

“おいしさ”のエビデンス

おいしさのしくみを探る食感性工学

相良泰行 SAGARA Yasuyuki 東京大学大学院農学生命科学研究科

人の味覚は五味などといわれますが、同じ甘いものでもおいしいと感じるものもあれば、まずいと感じるものもあります。いったい“おいしい”とはなんなのでしょう。今回は新しい学問領域「食感性工学」の紹介です。

食品の「おいしさ」や「食嗜好」を理工学的手法で計測し、数量化された情報を得る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、食にまつわる人の心理学的要因を抽出して、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いけません。

「食感性工学」は、消費者が感じる「おいしさ」や「食嗜好」の動態を計測・評価し、これを食品の生産やサプライ、さらにビジネスや社会へ展開する方法論までを包括した新しい学問分野です。その研究領域には、食情報のセンシングと評価、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、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および販売戦略の手法までが含まれ、国内外の食品関連学会や食品業界から商品開発や販売戦略に革新的な改善をもたらす新しい科学技術の出現として注目されています。

食感性工学の提唱

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ました。

従来、「アメニティ」は主に生活環境の快適さを表す言葉として用いられてきましたが、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ました。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ます。

食生活のアメニティを表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」で表現されるでしょう。食品に対する人の味覚や嗜好を何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ージメント、さらにはマーケティングの戦略に革新的な改善がもたらされるものと期待されます。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いけません。

従来、このための技術を開発することは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ました。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、結果の利用にあたっては、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ります。

関連科学技術の進展

一方、近年になって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ました。「人の食嗜好」の計測・評価にとくに要望される理想的条件は、「非破壊・遠隔・高速度」の3条件です。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研究・開発が進められています。

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ます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、食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ます^{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ます⁴⁾。食嗜好に関しては、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・嗅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ります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かたちで、バイオセンサ、とくに各種の人工脂質膜や高分子膜を利用した、味覚やにおいのセンサが実用化されつつあります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も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ます。

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ます。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」として提唱してきました¹¹⁻¹⁵⁾。

食感性工学の領域

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

によって制御されるべき感覚的欲望」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しています。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ます。

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ます。

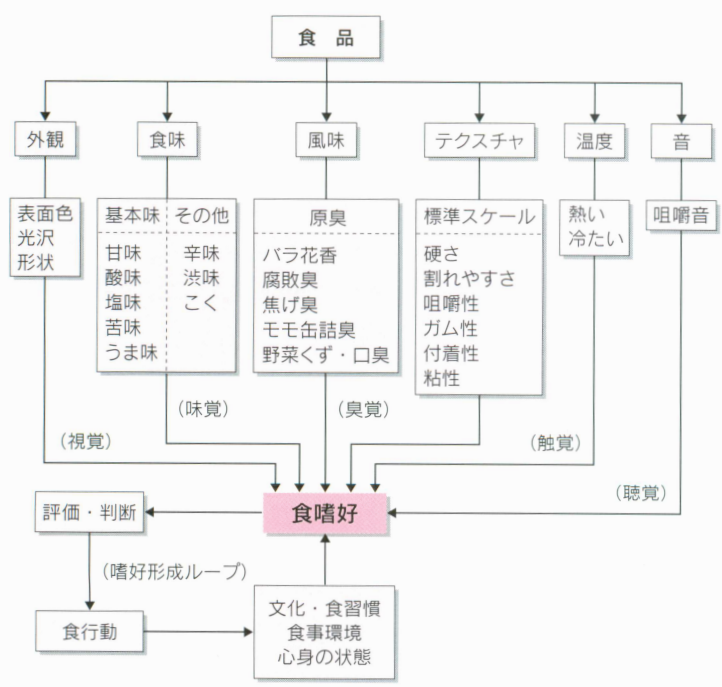
食嗜好計測・評価技術の役割

食嗜好形成ループ

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します。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します。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」などがあげられ、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、特徴づけられています。

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ります。次に個人が遺伝的にも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、「おいしそう」などと予断して食行動を起こします。また、咀嚼の過程では食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します。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ます。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ます。筆者はこのパターンを「嗜好形成ループ」と名付けています。



① 食嗜好の多層構造と食行動

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ますが、ある地域や民族または嗜好強度のレベルなど、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さまざま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する嗜好基盤の抽出が可能です。この基盤のうえにたって先端技術を利用した嗜好の計測・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ます。

人の味覚や嗜好は一見きわめて主観的ですが、計測・評価技術の役割は、これらに客観的で、可能なかぎり物理的なスケールを与えることです。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、得られた情報を我々の食生活や食品産業の多方面にわた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」の技術的目的です。

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ます。これが「人間は視覚動物である」といわれる理由です。視覚以外の感覚器官のなかで、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ます。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

づけられます。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す。食品の属性のなかで、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ます。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すが、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ます。

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ました。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、酵素センサなど、多種多様な生物化学センサが開発されてきました。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もたせることにありました。しかし、味覚を代行する化学センサには多種類の化学物質を選択的に、または、同時に検知し、それらの化学量をも受容する機能をもたせる必要があるため、その実現が困難視されてきました。とくに、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す。調理における「隠し味」はこの効果を経験的に利用したものです。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」機能が要求されます。

近年、ここに述べた要求を満たす味覚センサやお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ました。

食感性工学の構築

前提条件

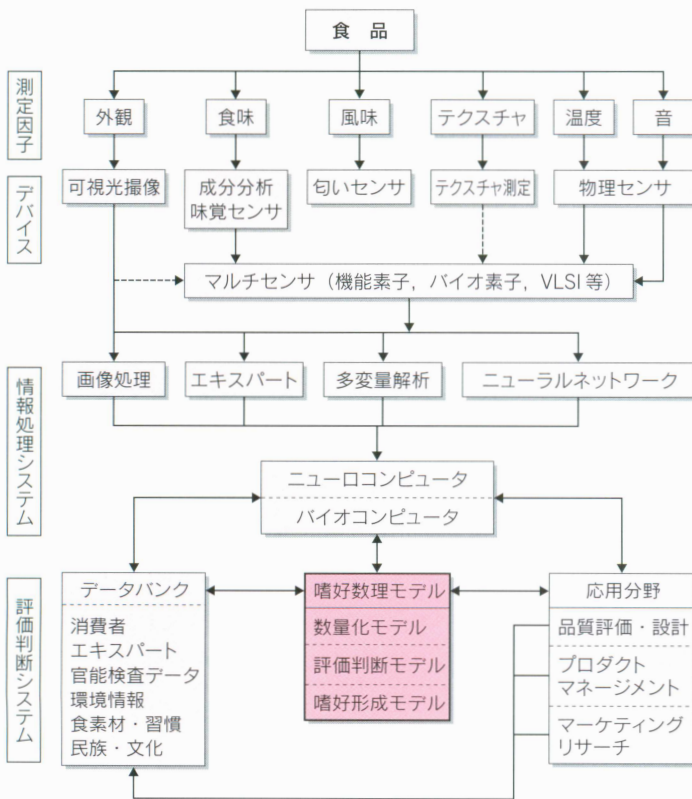
現在考えられる食嗜好の計測・評価システムと、これを含む食感性工学の全体像を②に示しました。この図に示した領域は基本的に①に示した人の食嗜好と摂食行動に関する諸要因を計測・評価技術と各種の数理モデルで置換したものです。したがって、嗜好の物理化学的計測に必要な人を対象とした生体情報計測の領域は含まれていないことを認識しておく必要があります。この領域には「バイオエレクトロニクス」と称される広大な研究領域で開発される先端技術、とくに電子応用技術の成果を導入することを念頭におくにとどめ、簡

略化のためにこの図にはとくに示していません。しかし、そのなかで将来、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うえで、個々に示してあります。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」などがこれに相当します。

センシングデバイス

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す。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「おいしさ」を評価する部分であり、現在でも食品の外観・成分・味覚などの評価

に用いられている手法です。食嗜好の観点にたてば、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します。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・評価されています。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ることで評価され、「食味計」単体として市販されています。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ます。



② 食嗜好の計測システムと食感性工学の領域

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す。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ますが、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ます。

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す。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、その特性がいかん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ます。

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でしょう。データバンクのなかには、消費者の嗜好動向、食品企業でテイスタとよ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ます。

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、解析システムのなか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ます。つまり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、プラントの制御等に利用されることになるでしょう。

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、

などがあげられます。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ります。

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ありません。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ます。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、おい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りません。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す。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ます。

そこで、ここ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おきました。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いえます。

そ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ます。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ます。その結果、たとえば従来、社長の“鶴の一声”で決まったとい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もって実用化されることが期待されます。

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ですが、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ります。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ります。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ます。

参考文献

- 1) 相良泰行：光センシングによる青果物選別システムの開発動向。日本食品工業学会誌 1996；43(3)：215-224.
- 2) A.W. Logue. 木村定訳：食の心理学。青土社；1994.
- 3) ダイアン・アッカーマン。岩崎徹ほか訳：感覚の博物誌。河出書房新社；1996.
- 4) 徳永史生ほか：生物のスーパーセンサー。津田基之編。共立出版；1997. p.17.
- 5) 山本 隆：おいしさの評価にかかわる脳機能。日本官能評価学会誌 1999；3(1)：5-9.
- 6) 都甲 潔：味覚計測へのセンサ利用の現況。ジャパンフードサイエンス 1998；37(3)：31-37.
- 7) 都甲 潔：食と感性。光琳；1992.
- 8) 外池光雄，匂いセンサ。テクノインテグレーション 1992；8(7)：56-60.
- 9) 松野 玄：水晶振動子脂質膜においセンサの開発動向。平成7年度農業施設学会秋期シンポジウム講演要旨集 1995. p.26-31.
- 10) 池田岳朗ほか：茶飲料に対する消費者の嗜好評価システムの開発。日本味と匂学会誌 2001；8(3)：499-502.
- 11) 相良泰行：食嗜好の計測・評価と先端技術。日本食品工業学会誌 1994；41(6)：456-466.
- 12) 相良泰行：食嗜好のセンシングから食品感性工学の展開にむけて。食品工業 1997；6(30)：16-32.
- 13) 相良泰行：最新の食嗜好技術の動向。ジャパンフードサイエンス 1998；37(3)：23-30.
- 14) 相良泰行：おいしさを探る感性工学。日本味と匂学会誌 2001；8(2)：153-159.
- 15) 佐藤邦夫ほか：感性マーケティング。プレジデント社；1996.