

高齢者のおいしさを探り設計する食感性モデル

相良 泰行

Sagara Yasuyuki

東京大学大学院農学生命科学研究科

1. はじめに

筆者は消費者が感じる「おいしさ」や「食嗜好」の動態を解明して数量化し、これをビジネスや社会へ展開する方法論を包括した「食品感性工学」のパラダイムを提唱している。また、これらの研究開発の成果をわれわれの食生活に役立てるための具体的アイデアとして、少子高齢化社会の到来に対応した「安全と安心をとどける食育社会システム」の構想を提唱した¹⁾。

本稿では、高齢者が感じる「おいしさ」を定量的に把握し、新しい健康・介護食の開発や加工条件を探索するためのコア技術として有用と考えられる「食感性モデル」について概説する。

2. 食感性モデルの必要性和特徴

近年、食生活における消費者の嗜好の多様化を背景に、従来から行われてきた大量効率生産技術を主体とした生産者を起点とする商品開発・生産方式に代わり、消費者が求めている味、香りおよび機能性を明らかにし、それを製品として実現する、いわゆる消費者起点商品開発の必要性が指摘されてきた^{2~6)}。

このような方法により食品開発を行う際に、まず問題となるのは、消費者の求める味や香りと、開発段階における新製品の設計要素が大きく乖離している点である。他の工業製品、例えばノート型パソコンの場合、消費者の求める仕様は、ハードディスク容量は80GB以上、重量は1,000g以下、またバッテリーによる駆動時間は5時間以上、といったように消費者自身によって数値的に表現することが可能であり、これら消費者欲求の実現に

係わる工学的な要因は既知であることが多い。

これに対して食品の場合、例えば緑茶飲料では、消費者の求める香味は「すっきり感」があり「緑茶の濃さ」が感じられること、といった具合に感覚的な表現がなされるが、開発担当者がこの香味を実現する茶葉の品種、あるいは加工方法などの最適条件をあらかじめ理解していることは稀であろう。高齢者を対象にした食品開発を行うためには、開発と生産に関与する技術者が、まず高齢者の求める味や香りの具体的イメージを共有ないし共感する必要がある、またその具体的イメージを実現する設計・製造法を探索する必要がある。すなわち、マーケティングによって得られる食嗜好の定量化された情報とこれに基づく商品機能・品質の設計および最適製造法の確立に対処する必要性がある。

これらの必要性に対処する方法論としての食感性モデリングについて、次節以降に紹介するが、その前提として、まずヒトが食品から甘受しうる3つの機能について述べる。

3. 食感性モデリングのターゲット

一般に食品は3つの機能を有しているとされている⁷⁾。一次機能として、エネルギー源や体をかたちづくる成分としての「栄養機能」が挙げられ、糖質、脂質、たん白質などの成分がこれに関与する。また二次機能として、食べる喜びを感じとらせる「感覚刺激機能」があり、味・匂い・色・テクスチャーといったおいしさに関与する要素がこれに関連する。加えて、三次機能として代謝機能・自然治癒力・免疫力を維持・増進する「生体調節機能」がある。現在、オリゴ糖、カテキン、

DHA（ドコサヘキサエン酸）、大豆イソフラボンおよびGABA（ γ -アミノ酪酸）など、多くの食品成分が生体調節に係わる機能性素材として注目されており、また消費者による食品成分の生体調節機能への関心も大きな広がりを見せている。ただし、三次機能の特徴は、特定成分の効果が自覚されるまでに長期的な食品摂取を要し、かつ成分と機能性の対応が比較的明瞭である点にある。

これに比較して二次機能、すなわち「感覚刺激機能」は、摂取と同時にその機能の効果が実感されること、また複数の成分の相乗効果により深みのある香味およびおいしさが生じるなど、成分と機能性が複雑に作用していることを特徴とする。このように、「おいしい」、つまり感情に訴える程度が大きい嗜好性の高い食品を開発する際には、消費者が欲求している感覚刺激機能をいかに高く実現するか、ということが重要な課題となる。すなわち、栄養補給や代謝促進に優れた機能を有する高齢者用食品を開発したとしても、高齢者に「おいしさ」の程度が満足されなければ摂取されず、せっかく開発された食品の機能も利用されないことになる。そのために、開発段階の試作品について、高齢者に感じられる感覚刺激機能の強度を定量的に評価し、またこの機能に影響する設計・製造上の要因・条件を明らかにする手法の開発が重要となっており、「食感性モデリング」の役割はこれらの課題を克服するためのツールを提供することにある。

4. おいしさの要因

個人ではなく、一般消費者の事象として、おいしさに影響を与える要因を探ってみると、その要因は単純ではない。あんパンを例にとると、焼きたてであること、甘味のあること、歯ごたえのあることなどがおいしさの要因と考えられるが、人によっては甘味のあることは好ましくなく、また甘いものが好きな人でも満腹時にはあんパンにおいしさを感じないと考えられる。さらに、小豆に北海道大納言、砂糖に氷砂糖を用いたと知ることにより、さらにおいしく感じられることも予測される。これらの要因はおいしさを感じるヒトを主体として、図1に示すように知覚的要因、要求的要因および認知的要因の3つに大別される。

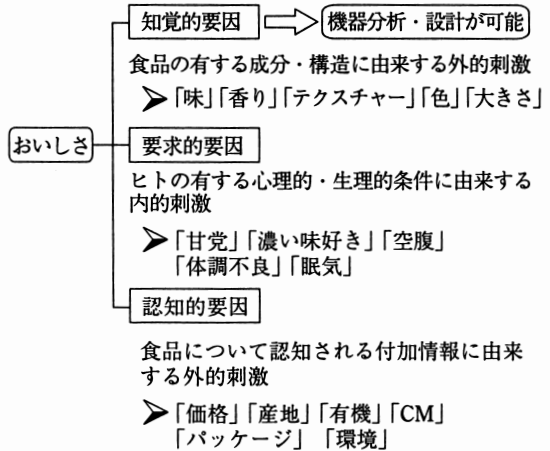


図1 おいしさに影響を与える要因

4.1 知覚的要因

知覚的要因とは、食品の有する外観・成分・構造、すなわち物理化学的の属性に由来する外的刺激要因を指し、摂食により味、香りあるいはテクスチャーなどの知覚を生じることを通じておいしさに影響する要因である。例えば清涼飲料について、グルコースに由来する甘みと、クエン酸に由来する酸味の両者を通じて「清涼感のあるおいしさ」が感じられる場面において、おいしさの要因は、知覚的要因すなわち適当なグルコースおよびクエン酸濃度であるといえる。

4.2 要求的要因

要求的要因とは、ヒトの有する心理的・生理的条件に由来する内的刺激要因を指し、甘党、濃い味好き、あるいは空腹であるといったヒトの嗜好や生理的状态を通じておいしさに影響を及ぼす要因である。「蓼食う虫も好き好き」と言われる通り、同じ食品についても食べるヒトによって感じられるおいしさが異なることが多い。また同じヒトでも、体調がすぐれなかったり、空腹であったりすることによって、同じ食品に感じられるおいしさに大きく差のあることは誰も経験している。このような場合には、おいしさの要因は要求的要因であり、食品に起因する要因ではなく、それを摂食するヒトの条件により説明される。

4.3 認知的要因

認知的要因とは、食品について認知される付加情報に由来する外的刺激要因を指し、食品の価格、企業イメージ、パッケージデザイン、宣伝・コミ

ユニケーション情報あるいは消費する場面・環境など、可食部の物理化学的属性以外の製品属性や消費状況から生じる認知を通じておいしさに影響する要因である。例えば、薬理的に効果のない薬を鎮痛薬として与えると30%の人に鎮痛効果が認められるといったプラセボ効果は医薬の分野で有名だが⁸⁾、これと同様においしさについても、より高価であること、有名企業の製品であること、あるいは好ましいパッケージデザインであることが認知されると、その食品を摂取した際に感じられるおいしさは高まる傾向が知られている。このとき、おいしさの要因は認知的要因であり、食品の付加情報がおいしさを左右したといえる。

5. 食感性のモデリング～おいしさが生じる過程～

前提条件とおいしさの要因

図2に上述した要因の相互関連性を考慮した「食感性モデル」を示した。このモデルはおいしさ

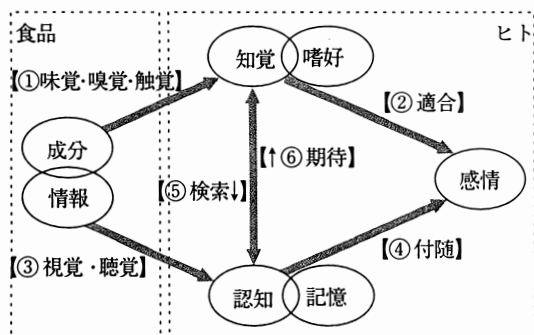


図2 食感性モデル

や食嗜好発現のメカニズムを概念的に示した、今田やFiskeのモデルを発展させたものである^{9,10)}。このモデルを考案した目的は、「個人」が「食行動の短期間」に「感情変化(おいしさ)」を生起するプロセスを「定量的に評価」して「製品設計に役立てる」ことにある。ここに述べたような前提条件の下で、食感性に係わる因子を想定した。すなわち図に示すように、食品は「物理化学的属性」と「情報」、他方、ヒトは「知覚」と「嗜好」、「認知」と「記憶」、そして「感情(おいしさ)」を有するものとした。

「物理化学的属性」は、知覚的要因としておいしさに影響する食品の成分・構造を指し、対照的に「情報」は、認知的要因としておいしさに影響

する食品の付加情報を指すものとする。具体例として、溶液系食品の試料についてGC-MSにより計測される揮発性成分に関する質的データは「成分」であり、同じ試料の包装材料に記載される商品名、メーカー、原材料などのデータは「情報」として扱うものとする。

「知覚」は、外界の知覚的要因が感覚器官に与える刺激作用を通して、ヒトの脳内に生じる有意義な対象を指し、5つの基本味を含む多次元の属性により構成されると考えられる。また「嗜好」は、知覚された対象ないし属性から生じるおいしさのパターンを指し、その主な機能は長期間の学習により形成されてきた「食嗜好のスケール」により、直感的においしさを評価することにある。すなわち、要求的要因としておいしさに影響する因子と考えられる。

「認知」は、外界の認知的要因が、やはり視聴覚を主とする感覚器官を通して、ヒトの脳内に生じるイメージを指し、「記憶」はこのイメージと関連する知識・体験・連想などを指すものとし、広義の要求的要因としておいしさに影響する。また最後の「感情」は、おいしさにはほぼ等しいが、仕事上がりのビールに感じる爽快なおいしさ、高級料理店のフォアグラのポワレに感じる滋味のあるおいしさなど、食品ごとに多様性が認められる。以下に、これら因子を介しておいしさが生じる過程を説明する。

6. おいしさが生ずるプロセス

6.1 成分から知覚への経路

おいしさの生じるプロセスのうち、本モデルで扱う最も基本的な経路は、まず食品の成分が味覚・嗅覚・触覚により甘味や酸味としてそれらの強度と共に知覚され(経路①)、知覚と嗜好が「適合」するときに(経路②)、感情、すなわちおいしさが生じるとする経路である。例えば、グレープフルーツジュースにおいしさを感じる時、その過程としては、まずグレープフルーツに含まれる糖、有機酸およびリモニンなどの成分が、それぞれ甘味、酸味および苦味などの知覚を生じ、甘酸っぱさとほのかな苦みを好む嗜好に合えば、おいしさが感じられるものと解釈する。

6.2 情報から感情への経路

前項で説明した経路に並行する経路として、食

品の情報が視聴覚により認知され（経路③）、認知に関連する知識ないし記憶が想起され、それら記憶に「付随」する感情が生じるとする経路（経路④）が考えられる。再びグレープフルーツジュースを例にとると、「フロリダ産」、「低農薬栽培」などの付加情報が認知されると、現地で搾り立てのジュースを飲んだ旅行の記憶や、低農薬で健康に安心であるという知識が呼び起こされ、それらに付随する感情が生じるということは大いに起こり得ると考えられる。

6.3 知覚と認知の双方向対応経路

上述した2つの経路はそれぞれ独立ではなく、相互に影響し合い、補完する関係にあると考えられる。飲用前には何のジュースか分からない飲料を飲むことにより、甘味と酸味とわずかな苦味が知覚されることから、「検索」を伴う推測により原料がグレープフルーツであることが認知される、という場合（経路⑤）も考えられる。対称的に、飲用前にパッケージや成分標記によりグレープフルーツジュースであることが認知されており、甘味と酸味とわずかな苦味が「期待」されることも考えられる（経路⑥）。

7. モデルの定量化

これまで述べた各要因と経路を用いて食感性を数理モデルとして扱うためには、各要因を変数と定め、変数間の関係を関数として記述する必要がある。表1に食感性モデリングで扱う変数を示した。対象とする食品について、表に示す評価方法

により各変数のデータを取得したのち、データの性質に即した関数を当てはめることにより、食感性モデリングが可能となる。

7.1 食感性変数

成分 (I: Ingredients) は量的変数であり、通常ベクトル量であると考えられる。香りが重要な食品においては、例えばGCによるRT (Retention Time: 保持時間) ごとのピーク面積値が成分データに相当すると考えられる。基本的には従来から食品科学の専門分野ごとに用いられてきた多様な分析手法が有効であると考えられるが、より広域の食品、飲料全般やお惣菜などについて消費者の感性を明らかにする際には、味覚センサーや匂いセンサーなど汎用性・識別性の高い計測手法が望まれる。

また知覚 (P: Perception) も同様に量的変数であり、ベクトル量であると考えられる。一般の食品は、塩味、酸味、歯ごたえ、焦げ香など、複数の独立な属性をもつ知覚を生じると考えられる。これは適切な項目による官能評価により量的な数値としてデータを得ることが可能である。また、感情 (L: Liking Score 嗜好度) も同様に官能評価により数値データを得ることが可能と考えられる。

嗜好 (H: Hedonic Scale) については、味や香りの好みを問うアンケートにより評価することは困難と考えられる。具体的な食品サンプルを摂取することなしに、香味に関する好みを回答することには大きな評価誤差が生じることが知られている。嗜好については、専門パネルや消費者が複数の試

表1 食感性モデリングの変数 (食感性変数)

因子	変数	内容	尺度	評価方法
成分	I	Ingredients:成分	連続	機器分析
情報	A	Additional Information:付加情報	名義	操作因子
知覚	P	Perception:知覚	連続	官能評価 因子分析
嗜好	H	Hedonic Scale:嗜好尺度	連続	官能評価 回帰分析
認知	C	Cognition:認知	名義	記述的評価 テキストマイニング
記憶	M	Memory:記憶	名義	記述的評価 テキストマイニング
感情	L	Liking Score:嗜好度	連続	官能評価

料の香味と嗜好度について評価した結果について、多変量解析を用いて相関係数または偏回帰係数などの指標を算出することにより、評価することが望ましい。

情報 (A: Additional Information) は、JAS法の定める食品表示基準に準拠する範囲において、生産者が商品へ任意に付加することが可能であるが、食品素材・流通形態により限定される容器・包装などの素材・形状から意図しない情報が認知されることも起こり得る。成分表示など、量的に扱うことも可能な面もあるが、製品名、包装形態やTV-CFなど、一般には質的変数として扱われると考えられる。

認知 (C: Cognition) および記憶 (M: Memory) は、自由記述・会話記録などにテキストマイニングなどの手法を適用して抽出することによりデータ化することが可能と考えられる。また、記憶については、食経験を問うアンケートによって得られるデータも利用可能と考えられる。いずれにしても質的な変数であるために、データベース構築あるいはパーティションなどの分析手法を用いることにより、他の変数との関連性を明らかにすることが望まれる。

7.2 食感性関数

成分から知覚が生じ、知覚と嗜好から感情が生じる過程は、認知の影響を無視するとき、それぞれ以下の式により表される。

$$P=f(I) \quad (1)$$

$$L=f(P, H) \quad (2)$$

ここで、Iは成分、Pは知覚、Hは嗜好、Lは嗜好度を表す。Iは食品により異なり、Hはヒトにより異なる変数と考えられる。もし(1)、(2)の両過程について線形の関係を保定できるならば、次に示す線形回帰式を用いることができる。

$$P_N = a_1 \cdot I_1 + a_2 \cdot I_2 + \dots + a_M \cdot I_M \quad (a_1 \sim a_M: \text{係数}) \quad (3)$$

$$L = H_0 + H_1 \cdot P_1 + H_2 \cdot P_2 + \dots + H_N \cdot P_N \quad (4)$$

複数の食品サンプルについて、機器計測による成分量と、官能評価による知覚および嗜好度のデータに上記の式をあてはめ、最小二乗法により係数を推定することにより、これらの関数を明らかにすることが可能となる。一般に、食品は多成分系であり、かつサンプルの作製および評価可能な数量には限りがあるという制約のため、PLS (Partial Least Squares: 部分最小二乗法) は有効な分析

手法である¹¹⁾。また成分量と香味強度には非線形性が認められることも多いため、ニューラルネットワーク (Artificial Neural Network: ANN) やマルチスプラインによる応答曲面法などを適用する妥当性は高いと考えられる¹²⁾。

さらに、このモデルを社会属性の異なる消費者ごと、例えば女子高生、社会人男性、高齢者などに、適用することにより、対象とする消費者の嗜好特性を満足させる香味仕様を決定する指針が得られる。またサンプルの作製が、製造につながる設計要素についての統計的な実験計画により行われたならば、最適な設計方法の導出も可能であると考えられる。

8. ユビキタス社会システムへの展望

高齢者に「安全と安心をとどける食育社会システム」の構想を実現するためには、本稿で述べた「食感性モデル」をコア技術とし、最新の周辺テクノロジーを導入する必要があると考えられる。すなわち、このシステムには、食品原料や製品の生産と流通過程における安全性をモニターするトレーサビリティ技術、テキストマイニングを利用した同時多サイトにおける官能評価手法、食育標準メニューサービス、食素材の栄養価・機能性・安全性に関するデータを関係者全てに提供する機能などを総合的に含ませる必要があろう。また、このシステムの効率的な運用と利用を達成するためには、ユビキタス環境に対応した感性センシング機器、食感性モデルおよびシステムなどの開発や、これらをユビキタス・ネットワークに組み入れた双方向通信システムの整備により、地域社会における食情報の共有化を図る必要性もある。

ユビキタス・ネットワークを利用したシステムでは、従来の視聴覚情報の遠隔通信網に加えて、味覚・嗅覚情報および地域・年齢・性別や食経験による嗜好の定量的な差異に関する情報を「いつでもどこでも安価に」交換することが可能になるとともに、高齢者自身の食感性に適合するレストランや料理の検索や、栄養だけでなく望ましい香味摂取を目的とした食育プログラムの開発と利用も実現可能と考えられる。

参考文献

- 1) 相良泰行：冷凍, 78 (912) p.815 (2003)
- 2) 相良泰行：冷凍, 78 (910) p.658 (2003)
- 3) 相良泰行：「食品感性工学」, 朝倉書店, 東京 (1999)
- 4) 相良泰行：日本官能評価学会誌, 3 (2) p.87 (1999)
- 5) 相良泰行：日本味と匂学会誌, 8 (2) p. 153 (2001)
- 6) M. Nagamachi : Applied Ergonomics, 33(3) p.89 (2002)
- 7) 川岸舜朗：「生物化学実験法38」, 学会出版センター, 東京 (1996)
- 8) L. Lasagna et al. : American J. Medicine 16 , p.770 (1954)
- 9) 今田純雄：日本官能評価学会誌, 6 (1) p.3 (2002)
- 10) Fiske S. T. : " Affect and cognition " , Hillsdale, NJ, Erlbaum (1982)
- 11) Pihlsgard et al. : J. Agric. Food Chem., 47(10) p.4346 (1999)
- 12) Wailzer et al. : J. Med. Chem. 44 (17) p. 2805 (2001)
- 13) 池田岳郎, 日置真由美, 永井元, 相良泰行：日本味と匂学会誌 9 p.553 (2002)
- 14) 吉田倫幸：計測と制御 41 p.696 (2002)。
- 15) 本庄巖編：CLIENT 21 (10) 中山書店 (2000)



さがら・やすゆき

東京大学大学院農学生命科学研究科農学
国際専攻 (教授)

1972年 東京大学大学院農学系研究科
博士課程中退, 東京大学農学
部助手に採用

1985年 同上講師昇任

1997年 同上助教授に昇任

2003年 同上教授に昇任—現在に至る

○論文：食品の冷凍・凍結乾燥・食品感性工学分野

○著書：食の先端科学, 食品感性工学 (朝倉書店)

パワー全開! フードテクノロジー

出展申込受付中

第9回 国際食品素材/添加物展・会議

ifia JAPAN 2004

International Food Ingredients & Additives Exhibition and Conference

見つけよう! 元気の処方箋

第2回ヘルスフードエキスポ

HFE JAPAN 2004
Health Food Exposition & Conference

2004年5月26日(水)~28日(金) 東京ビッグサイト西1・2ホール

■主催：食品化学新聞社 ■資料請求・ご出展お問合せ先：ifia JAPAN2004運営事務局 (E.J.クラス&アソシエート日本支社内)
〒102-0074 東京都千代田区九段南2-2-5 九段ビル TEL: 03-5212-7071 FAX: 03-5212-6091
Website: <http://www.ejkjapan.co.jp> e-mail: bamba@ejk-japan.co.jp