

総説

おいしさの食感性モデルによる 緑茶飲料の開発

Development of Green Tea Beverage Utilizing a Food
Kansei Mode for Palatability



相良 泰行*
Yasuyuki Sagara

“Kansei” Engineering had been proposed as the new fields of science and technology that pursues the methodology, technology and system that scientifically quantify the consumer preference. A “food kansei model” has been developed to describe the mechanism for taking place the palatability of each consumer, and applied to the designs, optimization of processing conditions and marketing strategies for new food products. The practical design of flavor and taste-active components in green tea beverages were carried out based on the proposed model, using the data set obtained from instrumental analyses and sensory evaluation performed by three consumer groups belonging to different social categories. The preferable intensities of sensory factors and the concentration ratio of the components were estimated for each consumer group. Relatively high levels of roast and sweet flavor components were found to cause higher smoothness that was preferred by female students. In contrast, female and male office workers preferred the samples containing greater amount of flowery flavor and total amino acid, which allowed higher thickness and fragrance. The marked effect of plastic bottle designs was demonstrated on the palatability score of sensory evaluation, and then a procedure was presented to select the optimum combination of test green tea and the design of plastic bottle.

1. はじめに

近年、健康・自然志向を背景に緑茶飲料市場は着実に拡大しており、市場規模は過去5年間で2倍以上に成長し、飲料市場の中で最も成長性の高いカテゴリーとなっている。このため、飲料メーカー各社は差別化の図れる製品の開発に努力を傾注し、数ヶ月の短期サイクルで数多くの新商品を発売している。しかし、その商品寿命はますます短命化する傾向にある。他方、コンビニエンスストアの発展は著しく、平成12年現在、総店舗数は3万5,000店、総売上は5兆9,000億円となっている。また、全

国清涼飲料工業会の調査によれば、コンビニエンスストアを訪れる消費者の半数が清涼飲料を購入する目的で来店し、そのほとんどが清涼飲料を店内または自販機で購入すると回答している。このような現状から、緑茶飲料メーカーは多様な店舗内のショウケースに生き残り、さらには市場をも拡大していくヒット商品の開発やマーケティング戦略にも有用な方法の導入を熱望している現状にある。また、これらの現状にブレークスルーをもたらす新しい科学技術の構築は、飲料メーカーに限らず食品産業界全

* 東京大学大学院農学生命科学研究科 農学国際専攻 教授

体の課題としてクローズアップされている。

「食感性工学」はこれらの課題を解決するために有用なパラダイムと方法論を展開している新しい研究領域である。その主要な開発目標には、社会的属性の異なる消費者の食嗜好特性の把握、マーケティング戦略上ターゲットとすべき消費者群の抽出、その消費者群が求めている香味および機能性などの品質設計および設計された新商品を生産するための製造条件を最適化する手法などが含まれる。すなわち、消費者を起点とする顧客満足型の新商品を設計・製造する手法を開発することにある。

本稿では、おいしさの生起過程における五感コミュニケーションのプロセスを定量的に解析するために考案した「食感性モデル」の概要と、このモデルを緑茶飲料製品の香味およびペットボトルの設計に適用し、ヒット商品の開発に貢献した事例を紹介する。

2. 新食品開発手法の特異性

消費者の食嗜好にマッチした製品を設計する際に、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。通常、大部分の工業製品に対する欲求は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、これら欲求の実現に関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「こく」が感じられることなど、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。消費者を起点とした食品の開発を進めるためには、開発と生産に関与する技術者が、まず消費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り、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などを確立する必要がある。これらの特異性と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、先ずその背景と開発に至った経緯について次節以降に紹介する。

3. おいしさの要因

食品の属性に関する物理化学量とヒトの感覚量との関連について詳細を述べる前に、おいしさに影響を与える要因を定めるべきであろう。個人ではなく、一般の事象としておいしさを捉えると、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は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ことを知るにより、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。

知覚的要因とは、食品の有する外観・成分・構造などに由来する外的刺激要因を指し、摂食により

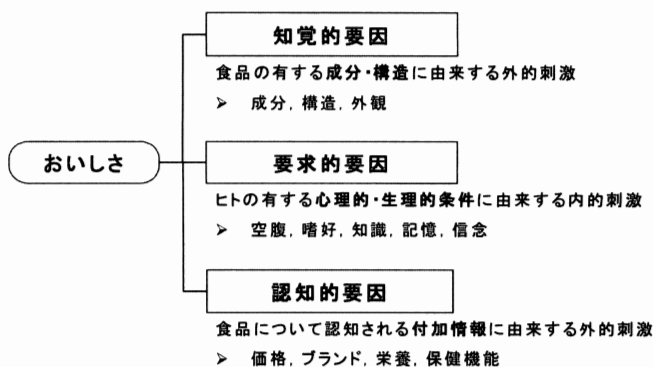


図1 おいしさに影響を及ぼす因子

味、香りあるいはテクスチャ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。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状態を通じておいしさに影響する要因である。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・コミュ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屬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。

4. 食感性のモデリング

4.1 五感コミュニケーション

食品の「おいしさ」はヒトの知覚器官を総動員して評価されるが、そのプロセスでは「五感コミュニケーション」が重要な役割を演じている。例えば、鼻をつまんでジュース飲むと味に変化が生ずる。これは鼻をつまむという行為が味覚と嗅覚との間のコミュニケーションを阻止したためである。また、筆者らは酸っぱいリンゴは硬く、甘いリンゴは柔らかく感じることを、さらに本稿で述べるように、緑茶製品のペットボトルを介して直感的・無意識的に認知される製品付加情報は中身の香味評価に多大な影響を及ぼす。これらの事実は知覚器官単一で「おいしさ」が評価されることは滅多に無いことを示唆している。したがって「おいしさ」の創出技術には五感コミュニケーションの効果を評価する方法論が求められる。

先に述べたように「食感性工学」の主な目的は、「食」にまつわるヒト個人の五感コミュニケーション、さらには消費者間のコミュニケーションを起点とした顧客満足型の新食品開発や加工プロセスの最適化などに役立つパラダイムと手法を開発する事にある。食感性工学の根幹をなす「食感性モデル」は、このような「おいしさ」の生起・伝搬過程を定量的に表現・評価することを目的とした数理モデルである。

4.2 食感性要因の相互関連性

おいしさの生起過程に関与する食品の属性と、この属性を対象とするヒトの五感コミュニケーション要因およびこれら要因間の相互関連性を表す「食感性モデル」の概念図を図2に示した。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「製品開発に役立てる」ことにある。ここに述べたような前提条件の下で、さらに後で述べる緑茶飲料製品開発への応用を念頭に置いて、食感性に関わる因子を想定した。すなわち図に示すように、食品は「物理化学的屬性(茶飲料設計要因の成分)」と「(製品に付加している)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。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。

4.3 物理化学的屬性から感情に至る過程

食品の物理化学的屬性が味覚・嗅覚・触覚により甘味や酸味として知覚され(経路①)、知覚と嗜好が合致するときに(経路②)、感情、すなわちおい

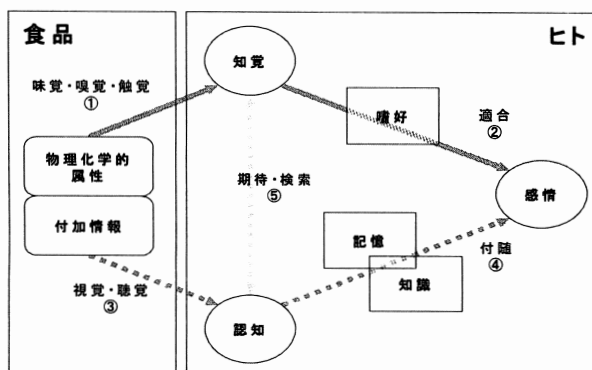


図2 「おいしさ」の食感性モデル

表 1 食感性モデリングで定義される変数と係数

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

備考:「嗜好」「記憶」については、係数として扱うものとする

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消費者の嗜好に合えば、おいしさが感じられるものと解釈する。

4.4 情報から感情に至る過程

この経路は食品の情報が視聴覚により認知され(経路③)、認知に関連する記憶ないし知識が想起され、それらに付随する感情が生じるとする経路(経路④)である。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。

4.5 知覚と認知の対応経路

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(経路⑤)。例えば、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、甘味と酸味と僅かな苦味が知覚されると、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。これとは対称的に、飲用前にグレープフルーツジュースであることが認知されていれば、甘味と酸味と僅かな苦味が期待される。

5. 食感性モデルの定量化

これまで述べた各過程を数理モデルとして扱うためには、各因子を変数または係数と定め、これらの変数・係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の扱う変数・係数を示した。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行われる。

食感性変数間の関係を定量化するための数式やモデルを「食感性関数」と定義する。例えば、食品の成分から知覚が生じ、知覚と嗜好から感情が生じる2つの過程について線形関係を仮定できるならば、次に示す線形回帰式を用いることができる。

$$P_N = a_1 \cdot I_1 + a_2 \cdot I_2 + \Lambda + a_M \cdot I_M \quad (a_1 \sim a_M: \text{係数}) \quad (1)$$

$$L = H_0 + H_1 \cdot P_1 + H_2 \cdot P_2 + \Lambda + H_N \cdot P_N \quad (2)$$

複数の食品試料について、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、かつ試料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。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) やマルチスブ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。さらに、食感性モデルに含まれるすべての要因とそれらの測定データセット間の相互影響評価には、例えば、容器デザインの香味評価に及ぼす影響を大まかに分析する手法として、構造方程式モデリングが有用である。

6. 緑茶飲料設計への応用

無糖茶飲料市場において、消費者嗜好の推移を把握し、香味や容器などの設計に反映させることは市場の創出・拡大と販売高の向上を促進するのに不可欠の開発努力といえる。ここに示した食感性モデリングの例では、先ず製品情報と認知の影響は無いものとし、成分と知覚および知覚・嗜好とおいしさの関数を求めることにした。また、当該年およびある地域における消費者の緑茶飲料に対する感性を明らかにし、最終的にはシミュレーションによりターゲットとする消費者の嗜好特性に適合する香味仕様を明らかにした。次に、付加情報効果を評価した例として、市場に長期間定着しているブランド商品の魅力構造を探索するために、ペットボトルのデザインが香味の官能評価スコアに及ぼす影響を評価した事例について紹介する。

6.1 機器分析および官能評価

複数の成分配合割合を調製した緑茶飲料試作品8サンプルについて、一般パネル240名を対象に7点尺度による官能評価を実施し、各サンプルの香味およびおいしさに関する評価データを入手した。パネル240名の内訳は、女子高・女子大生、20-30代OLおよび20-50代社会人男性がそれぞれ80名であった。これらのパネルグループは、事前の市場調査によりターゲット消費者群として抽出・選定したものである。またGCおよびHPLCを用いた機器分析を行い、香気成分および呈味成分量を測定した。

6.2 知覚因子の導出

緑茶飲料について知覚される因子を明らかにするため、17項目の官能評価データに因子分析を適用し、香味の特徴を評価する4つの独立な知覚因子、すなわち「緑茶感(こく)」、「すっきり感」、「まろやかさ」、「香り」を抽出した。これらの知覚因子により香味特性の約70%が評価されることが分かった。また、香味設計の面では、販売戦略の観点から

ターゲットとすべき消費者の嗜好度に対応して、これらの知覚因子に関連する成分の濃度調整や新成分の添加により、消費者の嗜好に適合した香味仕様を設計することが可能となることを意味している。このような香味設計法を実現するためには、次項に示すように、これらの知覚因子と嗜好度、すなわち総合的な「おいしさの程度」との関係を示す感性関数を求める必要がある。

6.3 知覚因子と嗜好度の関連性

緑茶の香味特性を評価するために抽出した4つの知覚因子は香味特性を評価するのに有用な指標ではあるが、これらの因子の嗜好度、すなわち「おいしさ」に対する寄与度の定量的割合は不明である。知覚因子の嗜好度に対するプライオリティを定量的に明らかにするためには、両者間の感性関数を求め、得られた関数からそれぞれの因子の寄与度を決定する必要がある。

ここでは4つの知覚因子と嗜好度との関係が線形であると仮定し、感性関数が重回帰分析により近似できるものと考えた。得られた偏回帰係数の推定値から、嗜好度に対して第1因子は、他の3つの因子に比べて、約2倍の寄与度を有することが明らかとなった。

これまでの段階では香味特性の約70%を評価できる知覚因子を抽出し、それらの嗜好度に対する寄与度を定量的に評価する指標が感性関数として得られたことになる。すなわち、香味設計に当たって検討すべき知覚因子のプライオリティが定量的指標として明らかにされたことになる。しかし、このプライオリティに従って、具体的に知覚因子を操作するためには、次に述べるように知覚因子と操作要因である香味成分との感性関数を求める必要がある。

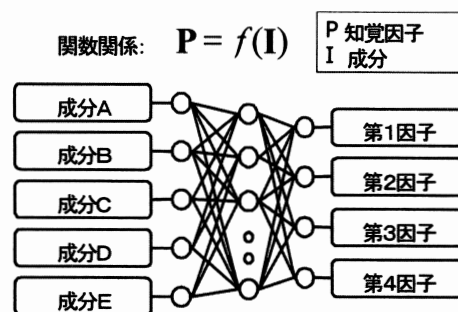


図3 ANNモデルの構造

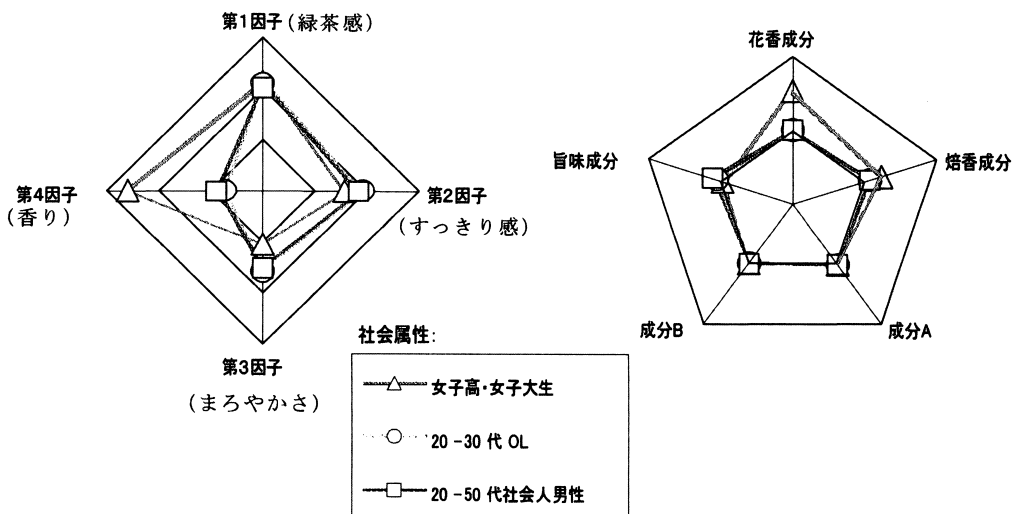


図4 消費者の社会属性による嗜好度の相違

6.4 香味成分と知覚因子の関連性

機器計測により定量化された香味成分の濃度と知覚因子との関係については、従来の研究により非線形の関係が想定されるため、図3に示すニューラルネットワーク(Artificial Neural Network: ANN)モデルを用いて両者の関係を近似した。ANNはヒトの脳内に存在するニューロンネットワークの機能を模倣した数理モデルであり、多変量の入出力データセットの間に存在する非線形の間数関係を近似するのに有用なモデルとして知られている。また、解析結果は3変数の応答曲面として表示することが可能である。しかしながら、モデルの構造設定や操作法に不確定要素が含まれるため、このモデルの近似精度を常に評価する必要がある。本節の課題についてANNモデルを適用した結果、知覚4因子すべてについて、決定係数0.99以上、標準誤差は0.03以下の精度で近似が可能であり、特に焙香成分の増加が第1因子の増加に寄与することが明らかとなった。

販売戦略上ターゲットとすべき消費者群の嗜好特性に適合した緑茶飲料を製造するための成分配合を決定するためには、これまでに得られた嗜好度-知覚因子-成分濃度の関係を示す感性関数を用いて最適配合を探索する必要がある。この探索の手法としては、次節に示すように、香味成分濃度を操作して、最適な嗜好度を予測するシミュレーションが有用である。

6.5 最適配合の探索

官能評価用のサンプルを調製した濃度範囲において、成分量を変化させたときの知覚因子および嗜好度を、得られた感性関数を用いて予測することにより、最も高い嗜好度を与える成分の組み合わせを探索した。その結果、焙香成分を多く配合することにより、第1因子が増加し、嗜好度の高い茶飲料が調製されることが予測された。また、消費者の社会的な属性による嗜好の相違を考慮し、女子高・女子大生、20-30代OLおよび20-50代社会人男性の3つの社会属性ごとに一連の解析法を適用することにより、それぞれの社会属性を有する消費者に最適な茶飲料の香味成分配合法を検討した。その結果、図4に示すように、女子高・女子大生には花香と焙香成分を多く配合し、甘みを感じさせる設計が望ましく、また20-30代OLおよび20-50代社会人男性には旨味成分を多く配合し、味の濃さを感じさせる設計が望ましいことが分かった。

6.6 パッケージデザインの効果

食感性モデルの付加情報-認知-記憶-知識-感情(嗜好度)の経路を利用して、緑茶製品のペットボトルのデザインが香味の官能評価スコアに及ぼす影響を評価した事例について紹介する。

緑茶の魅力構造を調査するためにあるコンビニエンスストアにおける緑茶製品の購買履歴データより、長期にわたって良く売れている2つの既製品

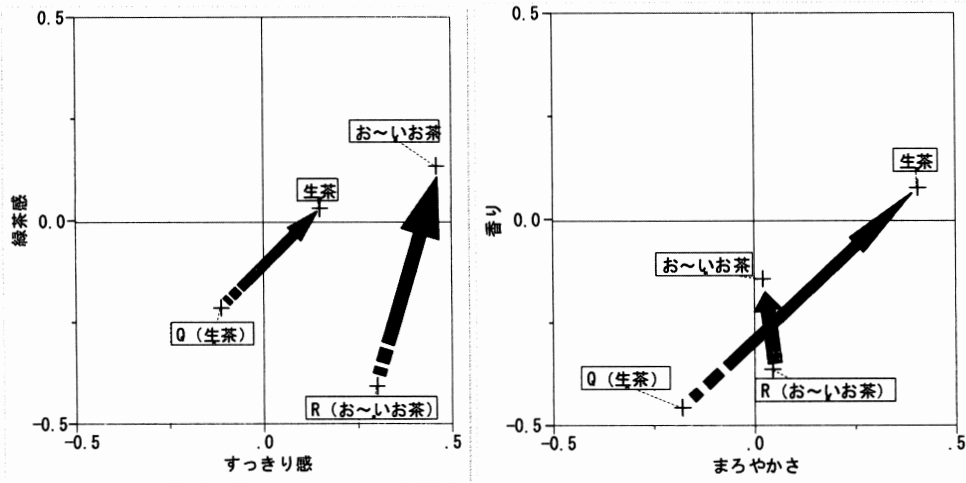


図5 パッケージデザインによる香味への情報効果

「生茶」および「お〜いお茶」をサンプルに選び、首都圏数箇所にてこれらをサンプルとする消費者パネルによる官能調査を行った。消費パネルは20～40代の男女180～250名であり、調査の実施回数は5回である。評価方法はペットボトルを消費者に提示するか否かによるオープンおよびブラインド評価、すなわちパッケージ情報の有無による香味の評価であり、評価用語30項目による7段階評価法を採用した。これらの評価スコアに対する主成分分析から、6.2項で述べたような香味に関する4つの知覚因子、すなわち「緑茶感（こく）」、「すっきり感」、「まろやかさ」、「香り」が抽出された。図5はこれらの知覚空間におけるペットボトルの香味評価に対する情報効果を示したものである。

例えばブラインドテストによる「生茶」の香味の評価スコアは、ペットボトルを提示するオープン評価により、いずれの知覚因子スコアにおいても各段の増大を示している。このことは市場に定着している商品に付加されている情報がペットボトルを介して香味の評価に劇的な効果をもたらすことを意味している。すなわち、新商品の設計においては、香味だけでなく、同時にパッケージやTVコマーシャルなどの設計・制作指針を検討することが重要である。さらに、本稿では述べていないが、知覚と認知の相互関連性も明らかにする必要がある。

ここに述べた「調査」手法は、香味とパッケージの試作品に対して適用することにより、「設計」手法

として役立つことが可能である。その結果、この両者の組み合わせで実現不可能な知覚因子が例えば「さわやかさ」であれば、これをTVコマーシャルなどのコミュニケーション媒体を通じて補完することが可能である。すなわち宣伝媒体の製作指針として反映させるべきである。

7. 将来展望

本稿では「食感性モデル」の概要とその適用例について紹介したが、成熟した市場に向けた商品寿命の長いヒット商品を開発するために最も肝要なことは、消費者を起点とするトータル・エンジニアリングをプロジェクトとして実施することである。しかし、食品の香味設計から新食品製品の開発に至る過程で必要な食品属性の計測手法、操作する付加情報、官能評価項目など、取得すべき変数データの具体的内容ひとつとっても、感性モデリングには未だ多くの課題が残されている。また量的変数と質的変数の両方が存在し、それらの関数関係も様々であることから、複数のケモメトリクス手法やデータマイニング手法を応用することが必要と考えられる。

しかしながら、本モデルはこれをコンポーネントとして組み込んだ五感センサの小型・モバイル化、または本モデルを適用した嗜好好評価尺度の標準化などの技術向上により、将来期待されているユビキタス時代の到来にも対応した食情報機器の開発、さらには少子高齢化社会に対応したフードシステム構

築ツールとして利用されるものと考えられる。

参考文献

1. 相良泰行：「食品感性工学」，朝倉書店，東京（1999）
 2. 相良泰行：日本官能評価学会誌，3 (2), 87 (1999)
 3. 相良泰行：日本味と匂学会誌，8 (2), 153 (2001)
 4. 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, 553-556 (2002)
 5. 相良泰行：おいしさをさぐる食品感性工学：化学工業日報社 (2004)
-