

特集

食感性工学のパラダイムと実用技術への展開 II 消費者起点産業の創造に向けて



感性モデリング

池田岳郎／相良泰行

1. 感性モデリングとは

1-1 食品の機能

一般に食品は3つの機能を有しているとされている。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、たんぱく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・テクスチャといった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。これら3つの機能のうち、食品開発において、特に嗜好性の高い食品を設計する場面においては、二次機能すなわち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。そのため、開発段階の試作品について感覚刺激機能の高さを定量的に評価し、またその要因を明らかにする手法の開発が重要となっている。

1-2 感覚刺激機能の定量評価手法

食品の有する感覚刺激機能を定量的に評価する手法は、ヒトを利用する手法と機器を利用する手

法の2つに大別される。官能評価に代表されるヒトを利用する手法では、現実にはヒトが対象の食品を摂食した際に生じる味、香りおよびおいしさの程度を比較ないし絶対的に評価することによる定量化が行われる。ここで官能評価について、いくつかの問題点が指摘されている。まず、評価結果に官能評価パネルの体調・気分や、評価が行われる場所・環境といった要素が影響するために、再現性の高い評価結果の導出が困難であることが指摘されている。また、信頼性の高い結果を得るために複数パネルによる評価が行われるが、一般の食品開発の現場周辺においてパネルを募り、時間の確保を得ることは存外に難しく、簡便性は高くない。さらに食品成分の差異が微少であり、言われてみれば気付く程度には香味に影響を与えているものの、明確には評価結果に差が生じないという評価精度の問題も指摘されている。

機器を利用する手法は、対象とする食品の種別と計測対象要因により多数あり、比較的汎用性の高い計測機器としては、糖酸度センサー、GC-MS、粘弾性測定装置などが挙げられる。機器の性能にも依るが、官能評価について指摘される再現性、簡便性、および評価精度の問題は、機器計測においては改善ないし軽減されるが、一方において、機器計測により評価される物理量とヒトの感覚量とは必ずしも比例する関係にないことから、別途、計測値と味、香り、あるいはテクスチャの評価値との関連性を明らかにしておく必要

いけだ がくろう

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

2003— 10. 30.

39

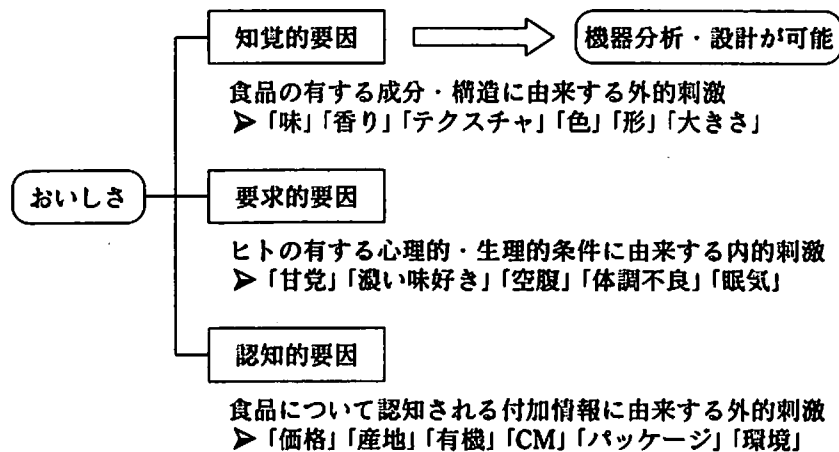


図1 おいしさに影響を与える要因

が生じる。ここに感性モデリングの必要性があり、感性モデリングの主な目的は、この物理量と感覚量との関連性を明らかにすることにある。

2. 「おいしさ」とは

2-1 おいしさの要因

物理量と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。おいしさに影響する要因は、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・構造に由来する外的刺激を指し、摂食により味、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。例えば飲料について、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。

次に、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。「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、体調が優れなかったり、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ところである。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、おいしさは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。

最後に認知的要因とは、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、可食部の成分・構成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、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。

2-2 おいしさが生じる過程

図2に上述した要因の相互関連性を考慮した食に関する感性を表すモデル、すなわち「食感性モデル」を示した。この図に示すように、食感性に関わる因子として、食品は「成分」と「情報」、ヒトは「知覚」と「嗜好」、「認知」と「記憶」、

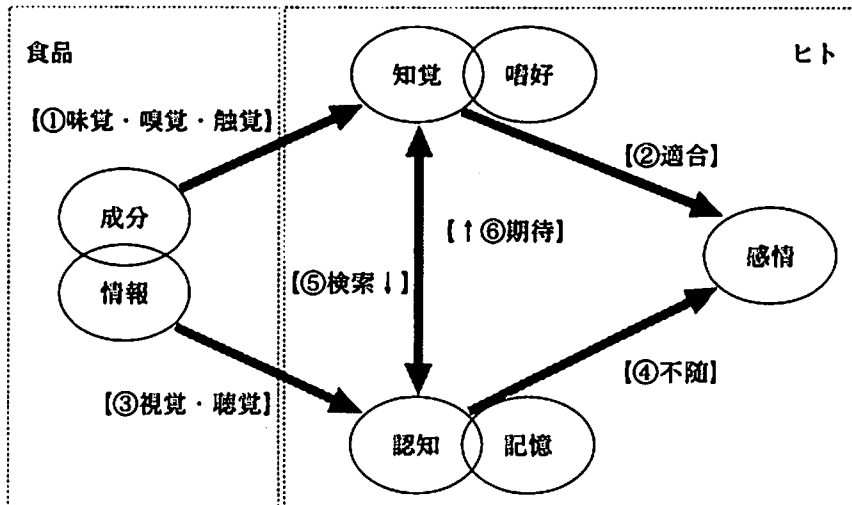


図2 食感性モデル

そして「感情」を有するものとした。おいしさの生じる過程のうち、本モデルの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とき、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。

また、これ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）、認知に関連する記憶ないし知識が想起され、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。

加えて、これら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、甘味と酸味と僅かな苦味が知覚されることから、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、甘味と酸味と僅かな苦味が期待されることも考えられる（経路⑥）。

2-3 食嗜好関数

前述の各過程を数理モデルとして扱うために、各因子を変数と定め、変数間の関係を関数として記述する必要がある。成分から知覚が生じる過程、および知覚と嗜好から感情が生じる過程は次式により表される。

$$P = f(I)$$

$$L = f(P, H)$$

ここで、Iは成分 (Ingredients)、Pは知覚 (Perception)、Hは嗜好 (Hedonic Scale)、Lは感情すなわちおいしさ (Liking Score) 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である。もし、各過程において線形の関係を仮定できるならば、次のような式を用いることができる。

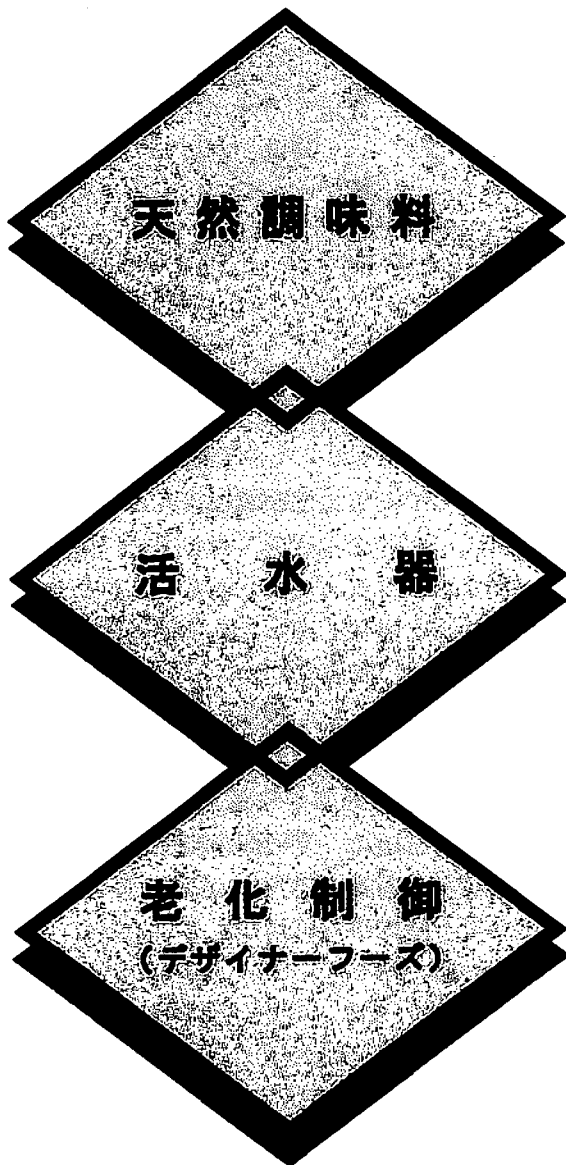
$$P_N = a_1 \cdot I_1 + a_2 \cdot I_2 + \dots + a_M \cdot I_M \quad (a_1 \sim a_M: \text{係数})$$

$$L = H_0 + H_1 \cdot P_1 + H_2 \cdot P_2 + \dots + H_N \cdot P_N$$

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（味・香り）および感

食感

健康と天然の
おいしさを求めて



創業以来、3つの柱を
大切に育ててきました。



NIKKEN FOODS CO., LTD.

日研フード株式会社

本社工場：静岡県袋井市春岡723-1

〒437-0122 TEL 0538(49)0121 FAX 0538(49)0126

東京営業所：東京都千代田区麹町2-10 日研麹町ビル

〒102-0083 TEL 03(5276)1331 FAX 03(5276)1380

大阪営業所：大阪市淀川区西中島5-1-8-305 ニッケンビル3F

〒532-0011 TEL 06(6304)2091 FAX 06(6304)2095

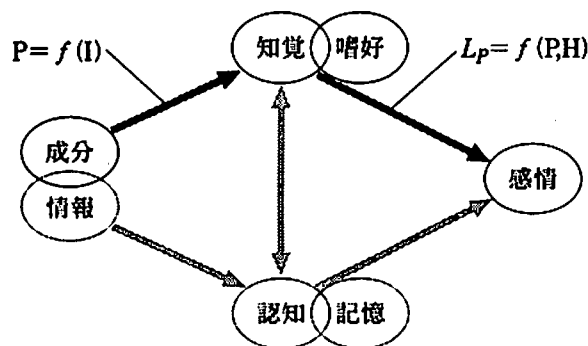


図3 解析対象経路

情（おいしさ）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、これらの関数関係を明らかにすることが可能となる。以下に、緑茶飲料を題材にして、消費者の感性モデリングを行った例を述べる。

3. 食感性モデリング ～緑茶飲料を対象として～

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。ここに示したモデリングの例では、図3に示すとおり、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より、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、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合致する望ましい香味仕様を明らかにした。

3-1 機器計測および官能評価

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、2002年4月に一般パネル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を評価した。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。またGC (Agilent 6890) およびHPLC (島津 LC-10Avp) を用いた機器計測を行い、香気成分および呈味成分量を測定した。

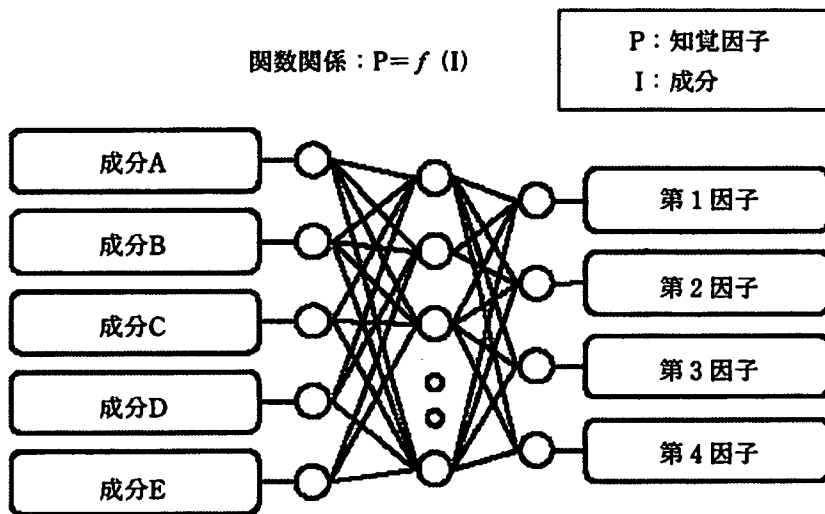


図4 ニューラルネットワークモデルによる解析例

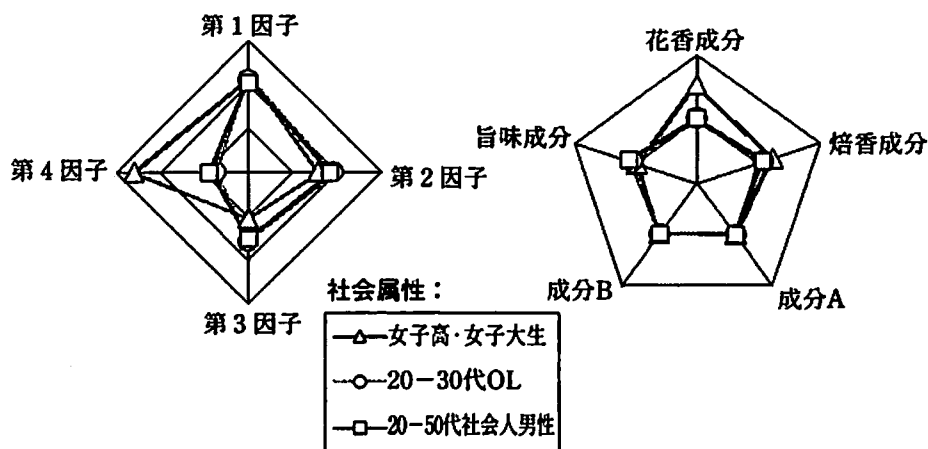


図5 社会属性ごとの最適設計

3-2 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た。相関係数行列から求まる主成分について、固有値が1より大きい成分の数を共通因子数と定め、バリマックス法による因子軸の回転を行ったのち、因子得点の推定値を算出した。その結果、4つの独立な知覚因子が抽出され、寄与率はそれぞれ19.7%、23.8%、14.1%および10.4%であった。

3-3 知覚因子と嗜好度の関連性

上述した方法により抽出した知覚因子と嗜好度との関係が線形であると仮定し、重回帰分析によ

る近似を行った。決定係数は0.53、標準誤差は0.75であった。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倍の影響度を有することが明らかとなった。

3-4 成分と知覚因子の関連性

機器計測により定量化された各成分の濃度と知覚因子との関係については、非線形の関係が想定されるため、図4に示すニューラルネットワークモデルを用いて両者の関係を近似した。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。

3-5 シミュレーションによる最適配合の探索

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、得られた関連性の上で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の配合法を検討した。その結果、図5に示すとおり女子高・女子大生には、花香と焙香成分を多く配合し、甘みの感じられる設計が望ましく、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、味の濃さを感じられる設計が望ましいことを明らかにした。

このように食感性モデリングは、対象とする食品について、現在の消費者の知覚・嗜好と成分の関連性を定量的に明らかにし、香味設計の方向性に示唆を与えるのみならず、当該製品の販売戦略およびプロダクトマネージメントに利用可能なデータを提供する手法であるといえる。

4. 将来展望

今回紹介した例には含まれないが、パッケージデザインあるいは成分の由来などの情報を操作することにより、食品に対する情報付加がヒトの感性に与える影響を定量的に評価することも可能である。また、将来的には認知された内容を自由記述・会話記録データ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、認知ないし記憶が食感性に与える影響を評価することも可能と考えられる。さらに、非言語的に脳の活動を反映するEEG (Electroencephalography: 脳波記録) あるいは脳における情報処理過程に関連するEP (Evoked Potential: 誘発電位) の計測・分析を通じ、感性に関わる神経生理学的な活動を明らかにするとともに、嗜好と関連する生理指標を導出することにより、さらに客観的な生理データに基づく感性モデリングも可能になると考えられる。

参考文献

- 1) 相良泰行編: 食の先端科学. 朝倉書店, 1999
- 2) 相良泰行編: 食品感性工学. 朝倉書店, 1999
- 3) 相良泰行: 食品感性工学の提唱. 日本官能評価学会 3: 87~95, 1999
- 4) 相良泰行: おいしさを探る感性工学. 日本味と匂学会 8: 153~159, 2001
- 5) 池田岳郎、日置真由美、永井元、相良泰行: 消費者の感性を考慮した茶飲料設計手法に関する研究 (1). 日本味と匂学会誌 9: 553~556, 2002
- 6) 相良泰行: 食品感性工学の理念と展開. 月刊フードケミカル 2002-2: 38~44, 2002
- 7) 今田純雄: 心理学からみた食の現在. 日本官能評価学会誌 6: 3~9, 2002
- 8) Fiske, S. T.: Affect and cognition. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1982
- 9) 後藤文夫: プラシーボとプラシーボ効果の判別を誤ってはならない. ターミナルケア 6: 77~79, 1996
- 10) Tominaga O and Kobayashi T: Sensory Modeling of Coffee with a Fuzzy Neural Network. J. Food Sci. 35: 363~368, 2002
- 11) 吉田倫幸: 快適さの客観的計測と評価. 計測と制御 41: 696~701, 2002
- 12) 本庄 巖編: CLIENT 21 No. 10 感覚器. 中山書店, 2000