

特集③人間工学のための計測手法

第3部：心理計測と解析 (2)¹

—官能評価による計測と解析—

市原 茂²

1. 官能評価とは

アメリカのフードテクノロジストの団体である Institute of Food Technologists (IFT) の定義によれば、官能評価は、「五感によって知覚される食物や物の特性に対する反応を喚起したり、測定したり分析したり、解釈するのに用いられる科学的な学問分野」と定義されている。この定義に従えば、官能評価は食物や物の特性を五感で捉え、評価するための学問ということになる。

官能評価は1940～1950年代に米軍軍隊食の受容性の研究が行われたことを契機にして食品工業を中心に大学にも広まったとされている¹⁾。日本では、1950年代の中頃に日本科学技術連盟（日科技連）に研究会が組織され、心理学者や生理学者、統計学者や産業界の専門家たちが集まって検討を重ねたのが、本格的な研究の始まりとされている。この検討の集大成として、ハンドブックの出版に結びついた²⁾。

官能評価は、当初は官能検査といわれ、最初は、品質管理の一環として用いられた。官能検査から官能評価に名称が変わった理由の一つとして、検査には判定基準があるが、高度成長期になると、判定基準のない場合にも、製品の価値を定めなくてはならなくなったことがあげられる。一方で、官能検査と官能評価の手法は共通のものであり、官能検査でも製品に対する嗜好や個人差を扱ってきた経緯もあることから、両者の厳密な区別はないともいえる。

このような流れの中で、1996年に、日本官能評価学会

が設立され、産・民・学の官能評価研究者が参加することになった。

官能評価に関する規格については、日本工業規格やISOで定められている。日本工業規格については、1979年にJIS Z9080官能検査通則が制定され、次いで1990年にJIS Z8144官能検査用語が制定された。これらのJIS規格は、その後、国際規格であるISOと整合させるために、それぞれ「官能評価分析—方法」と「官能評価分析—用語」に改訂された。国際的には、ISOから官能評価に関する一連の国際規格が発行され、それらは、必要に応じて改定が繰り返され、官能評価の研究者たちの多くは、これらのISOの規格を視野に入れて研究を進めている。

2. 官能評価の特徴

官能評価では、試料の評価者の集団のことをパネルといい、個々の評価者のことをパネリストと呼ぶ。

官能評価では、試料の属性を分析的に試験するタイプのものを分析型官能評価、製品に対する嗜好を調べるものを嗜好型官能評価というように区別し、目的に応じて使い分けをする。分析型官能評価における評価者は、一定基準以上の感覚能力を有し、かつ、その判断基準を一定に保つように訓練を受けた評価者（分析型パネルという）である。分析型官能評価では、パネルは、自分の感覚で試料を評価するのであるが、その評価にパネル自身の嗜好が入り込まないように訓練を受ける。パネルは、感覚によって試料の特性をとらえる測定器のような役割が期待されており、感度が鋭く、かつ、安定した判定基準を保つことが必要条件とされている。パネリスト間のデータのバラツキが大きくならないように訓練すること

1 受付：2015年6月5日 受理：2015年7月17日

2 ㈱メディア・アイ 感性評価研究所

Research Institute for Sensory Evaluation, Media Eye Corporation

もあり、一般のパネルに比較すると、データの分散は小さくなる。データのバラツキが大きくなるように訓練してからデータを取ることは、人間工学や心理学の領域ではあまり考えられないが、分析型の官能評価の場合は、パネルが測定器の役割を期待されているということがあるために、このような訓練を行うのである。

一方、嗜好型官能評価においては、評価は一般の評価者（嗜好型パネル）によってなされる。ここで問題になるのは、パネルの感覚能力とその安定性ではなく、パネルがどの母集団から抽出されたかということである。嗜好型官能評価では、試料に対する嗜好が測定される。

嗜好型官能評価における嗜好型パネルは、人間工学や心理学における実験参加者と大きな差はないが、分析型官能評価における分析型パネルは、官能評価に独自のものといえる。

3. 官能評価の手法

官能評価には、様々な手法があるが、大きく分けて「識別試験法」「順位法」「一対比較法」「格付け法」「採点法」「SD法」「QDA法」「時系列評価法」^{2~4)}などがあり、その他に心理物理学的測定法として「調整法」「極限法」「恒常法」「マグニチュード推定法」「適応的方法」「信号検出理論」なども用いられる⁵⁾。これらの多くは、心理学で用いられる手法であるが、識別試験法と時系列評価法、QDA法は、官能評価に独自の手法である。

これらの手法の概要をまとめると以下ようになる。

(1) 識別試験法

「識別試験法」は、主に、試料間の差の有無や評価者の識別能力の有無を判定するのに用いられる。その手法には、2点試験法、3点試験法、1対2点試験法、配偶法などがある。配偶法以外の手法は、いずれも2項検定を用いている。例えば3点試験法では、3つの試料を1組にし、その内の2つは同じ試料、1つは異なる試料にする。この中の異なる試料を選ぶのが評価者の課題である。一人の評価者が n 回識別実験を行ったときに、 k 回正答した場合に、評価者は、試料を識別できるといえるのかということの問題にする。評価者に識別能力がない場合、正解する確率は $1/3$ 、誤答する確率は $2/3$ であることから、 n 回中 k 回以上正答する確率は、2項分布の式から (1) 式ようになる。

$$P = \sum_{x=k}^n \frac{n!}{x!(n-x)!} \left(\frac{1}{3}\right)^x \left(\frac{2}{3}\right)^{n-x} \quad (1)$$

ここで、 $P < 0.05$ ならば、危険率5%水準で有意となり、評定者には識別能力はないとする帰無仮説は棄却される。

(2) 順位法

「順位法」は、複数の試料の強度を順序づけする手法である。得られるデータは、尺度の水準でいうと順序尺度ということになり、データの統計処理も順序尺度のデータの取り扱い方に従う。順位相関、順位の一貫性係数、ページの検定、順位検定などを行う。

(3) 一対比較法

「一対比較法」は、たくさんの試料の強度を評価する際に、順位法のようにすべての試料を一度に順位づけするのではなく、それらの試料を対にして取り上げ、2者択一的に、どちらの強度が強い（あるいは、どちらが好きか）を答える手法である。その方法としては、一人の評価者が一対比較を行う際の判断の1次元性を問題にする一意性の係数、複数の人間が一対比較の判断を行う際の判断の一貫性を問題にする一貫性の係数、一対比較のデータから試料の感覚強度の尺度化を行うサーストンの一対比較法、ブラッドレーの一対比較法、シェフェの一対比較法などがある。なお、サーストンとブラッドレーの一対比較法は、評価者にどちらが良いかというような2者択一判断をさせるものであり、シェフェの一対比較法は、2者択一判断をさせると同時に、一方が他方よりもどれくらい良いかというような評定もさせる手法である。

(4) 格付け法

「格付け法」は、評価者が試料を上、中、下のように分類する手法である。試料ごとに各評価の度数を求め、クロス χ^2 乗検定を行って、試料による評価の違いを検定することが多い。

(5) 採点法

「採点法」は、心理学などでは評定法といわれている方法に対応するものである。採点法では、試料の感覚強度を5段階や7段階などで評定するが、その際、評定者は、各評定段階の心理的な間隔が等間隔になるように評定することが要求される。評定値が1と2の間の差と、4と5の間の差は、感覚尺度上で等間隔でなくてはならない。そうすることで、採点法によって得られたデータは、尺度の水準でいうと間隔尺度を満たしたものとして取り扱うことができる。採点法のデータについては、平均値の差の検定、分散分析、積率相関係数などの統計解析を行うことが多い。

(6) SD法

「SD法」は、反対の意味を持つ形容詞を尺度の両端に置いた多くの評定尺度群を用いて、試料の特性を主観的印象の観点から明らかにしようとするものである⁶⁾。各尺度に対する評定の平均を求め、それらのプロフィール（セマンティックプロフィール）を描くことで試料の特性を記述する。さらに、得られたデータを因子分析す

ることで評価の構造を明らかにし、さらに、因子得点を求めることで試料の特性を別の角度から明らかにする。「SD法」は、嗜好型の官能評価に分類される。

手法の開発時期はそれほど新しいものではないが、最近の官能評価で用いられることが多い「QDA法」と「時系列評価法」については、次の章で紹介する。また、「心理物理学的測定法」については、本稿では省略する。

4. QDA法と時系列評価法

QDA法と時系列評価法は、すでに述べたように、官能評価に独自の手法で、官能評価の領域で使用されることが多くなっている。以下に、その概要を説明する。

4-1. QDA法

評価者自身に試料の感覚的特徴を記述させ、記述された特徴について強度評価をさせる方法を記述型官能評価というが、QDA法 (Quantitative Descriptive Analysis: 定量的記述的試験法) は、いくつかある記述型官能評価の一つである⁷⁻⁹⁾。記述型官能評価には、この他にフレーバプロファイル法、テクスチャプロファイル法などがある。

QDA法は1970年代の中頃にStone等⁷⁾によって提案された方法で、例えば、食品を評価する時に、その特性を表現する様々な言葉を尺度にして評価するものである。線尺度かカテゴリ尺度を評価尺度にして、よく訓練された分析型パネル (QDAパネル) が試料を評価する。QDAパネルの人数は、6～20人が望ましいとされている。

QDA法は、以下の手順に従って実施される^{8,9)}。

Step 1: 言葉だし

評価対象とする試料をパネルに提示し、それらの試料の特性を記述していく。なお、必ずしもすべての試料を提示する必要はない。

Step 2: 話し合い

言葉の意味を評価者間で確認させ、言葉を集約させる。異なる言葉でも同じ意味ならば一つに統合し、複数の特性を示唆する複雑な言葉は、より単純な言葉に分解する。

Step 3: 特性表現用語の決定

議論を通して、パネル全体で抽出された言葉の一つ一つを吟味し、共通して認識できる表現用語だけを残していく。

Step 4: 試し評価

実際に評価を行う試料からいくつかを選び、強度評価の練習を行う。

Step 5: 尺度あわせ (キャリブレーション)

試し評価の結果、パネル間で評価にばらつきが生じた特性に関して、用語の定義の確認や評価尺度のすりあわせを行う。

Step 6: パネルの評価精度が目的のレベルに達したら、すべての試料を対象にして線尺度、あるいは、カテゴリ尺度を用いて特性の強度を評価する。

Step 7: 試料毎に各特性の評価結果の平均値を求め、分散分析を行って属性毎に試料間の評定値の差の検定を行ったり、主成分分析を行って各試料の特性の違いを分析する。

<事例>

図1は、蕎麦つゆの特性表現用語の例である⁹⁾。この例

<p>香り (15種)*</p> <p>粉っぽい香り カツオだしの香り 甘い香り 雑節の香り たばこの灰の臭い 魚の干物の生臭さ しょうゆの香り 生臭い 青臭い 木の香り コゲ臭 酸味を減じる香り スモーク臭 昆布だしの香り 香ばしい香り</p>	<p>風味 (7種)**</p> <p>しょうゆ風味 スモーク風味 カツオ節風味 さきいか風味 香ばしい風味 昆布だし風味 雑節風味</p>	<p>味 (9種)</p> <p>甘味 塩味 旨味 酸味 苦味 渋味 えぐ味 コク 後味***</p>
<p>食感 (2種)</p> <p>収斂感 舌にまとわりつくベタッとした食感</p>		

図1 蕎麦つゆの特性表現用語⁹⁾ (*香り: 食する前に食品から漂う香り, **風味: 食べたときに鼻腔を通じて感じる食品の香り, ***後味: 食品を飲み込んだあと、10秒後に感じる味)

Fig. 1 Terms of sensory attributes for soba soup⁹⁾. (*Orthonasal Aroma, **Retronasal Aroma, ***Aftertaste 10 seconds after swallowing products.)

では、これら33種の用語を用いて19種類の試料について線尺度を用いて評価を行っている。線尺度で測定した評価データを主成分分析したところ、2つの主成分で説明率が60.6%になり、第1主成分の主成分負荷量が正の高い値を示したのは、「しょうゆ風味」「ココ」「香ばしい風味」で、負の高い値を示したのは「たばこの灰の臭い」、「さきいか風味」、「ベタっとした食感」であり、第2主成分の主成分負荷量が正の高い値を示したのは「生臭い」、負の高い値を示したのは、「カツオだしの香り」、「昆布だし風味」、「カツオ節風味」であった。

4-2. 時系列評価法

ある試料が一定時間提示されている間に感じる感覚強度の時系列的な変化を連続的に評価する手法で、Time Intensity (TI) と Temporal Dominance of Sensation (TDS) とがある。

TIの場合、1回の測定で測定できるのは、一つの感覚属性のみであり、用いた試料が複数の感覚を生じさせるとき、それらの感覚の時系列的変化をすべて測定するためには、感覚属性の数だけ繰り返して測定しなくてはならない。

一方、TDSは、試料が提示された時に生じる複数の感覚の時系列変化を同時に測定する方法で、複数の感覚の時系列変化を同時に効率的に測定することができ、また、一つの試行で一つの感覚属性しか測定できないTI法と比較すると、同時に生じる他の感覚の影響を受けにくい利点があるとされている。

以下に、TIとTDSの実施法、及びデータ解析法について解説する。

4-2-1. TI法

TI法は、知覚される感覚強度の時系列的変化を記録し、得られた関数形の特徴を様々なパラメータを用いて記述する方法のことで、その実施の手順や結果の分析法は下記のとおりである。

<実施の手順>

試料を提示した時に感じる感覚の強さの時系列的変化を測定するために、パネルは、目盛りをつけない線尺度を用いて、時々刻々変化する感覚強度を答える。コンピュータを用いて、カーソルの動きで感覚強度を示す。一番左端を0 (no perception)に対応とし、スケール上で、感覚の強さに応じてカーソルを動かす。例えば、試料の提示時間が2分間とすると、その間に変化する感覚強度を、1秒に1回か2回の割合で測定する^{10,11)}。

<データ処理>

①測定時刻ごとに、全被験者、全繰り返しデータの平均

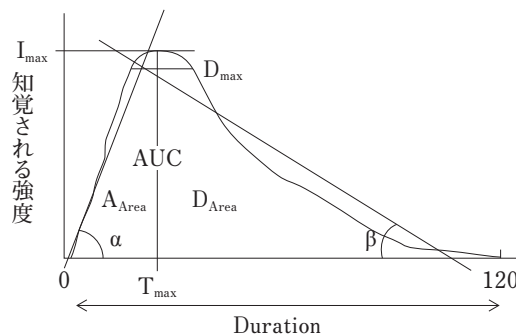


図2 典型的なTI曲線とそのパラメータ¹⁰⁾

Fig. 2 Typical TI curve and a set of parameters commonly derived from it.

をとる。

②図2のようなグラフを作成し、以下のパラメータを求める。

AUC : TI関数の曲線下の面積

A_{area} : TI関数の曲線の増加曲線下の面積

D_{area} : TI関数の曲線の下降曲線下の面積

T_{max} : 強度が最大値に達するまでの最短時間

I_{max} (V_{max}) : ピークにおける最大強度

Duration (Dtot) : total duration全持続時間

α : 増加回帰直線の傾き

β : 下降回帰直線の傾き

D_{max} : Y軸の値が0.9×V_{max}より高い時の時間間隔 (duration)

なお、これらのパラメータは、すべて求める必要はなく、研究者によって使用するパラメータが異なる場合もある。

<事例>

Pineau等¹¹⁾は乳製品に対する味覚の時系列変化をTIとTDSを用いて測定し、両手法による結果の比較を行っている。そこで、まずTIを用いた実験について紹介する。

試料：5種類の日常の食品。調べた味覚の属性は、酸味、チーズ臭（発酵）、粘つく、とろける、フルーティ、スモーキー（燻製のような）、脂っこい、ナッツの味がする、パスティ（焼いたパイ）、塩味。

実験手続き：パネリストが口に試料を入れたらスケールの左端をクリックする。次に、パネリストは、感じる感覚の大きさに応じてスケール上でカーソルを動かした。なお、スケールには、目盛りは打たれてなく、データは、2秒に1回の割合で記録された。測定時間は120秒で、各食品、各属性で3回繰り返したので、一人のパネリストが行った実験の回数は、計150回であった。

結果：試料FCに対するTIの結果は、図3の通りであった。さらに、上述のパラメータの内、V_{max}、T_{max}、D_{max}を

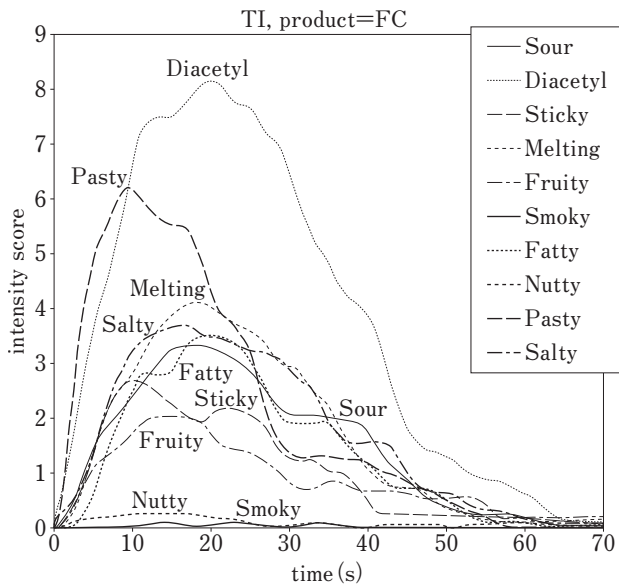


図3 試料FCのTI曲線¹¹⁾

Fig. 3 TI curves for product FC¹¹⁾.

求めた。

4-2-2. TDS法

TDS法は、試料を見たり、味わったり、嗅いだりしている時に生じる複数の感覚の時系列変化を同時に測定する方法である。一つの試行で一つの感覚特性しか測定できないTI法と比較すると効率的で、さらに、同時に生じる他の感覚の影響を受けにくい (halo-dumping effectが生じにくい) 利点があるとされている¹¹⁾。

TDSの事例として、Pineau等¹¹⁾の乳製品に対する味覚研究を取り上げる。なお、彼らは、すでに述べたようにTIでも同じ研究を行っており、両者の比較を行っている。

<測定法>

- ① 試料をパネリストに提示した時に生じる複数の感覚属性の時系列的変化を同時に測定する。
- ② パネリストは、知覚に変化を感じる度ごとに (強度や質の変化)、どの属性が一番強いかを判断する。
- ③ 試料の提示時間は120秒であった。
- ④ 属性を示すボタンが画面に提示され続けるが、パネリストは、瞬間毎に一番印象の深い属性のボタンを押し続け、別の感覚が強く湧き起こったときは、そちらにシフトする。

<データ処理>

- ① すべてのパネリスト、すべての繰り返しのデータをもとに、各時点において、一番強いと判断された属性の割合 (優位比率) を求める (図4)。

この例では、4人のパネリストが同じ味覚テストを2回繰り返しているが、例えば、甘味に関して、各回

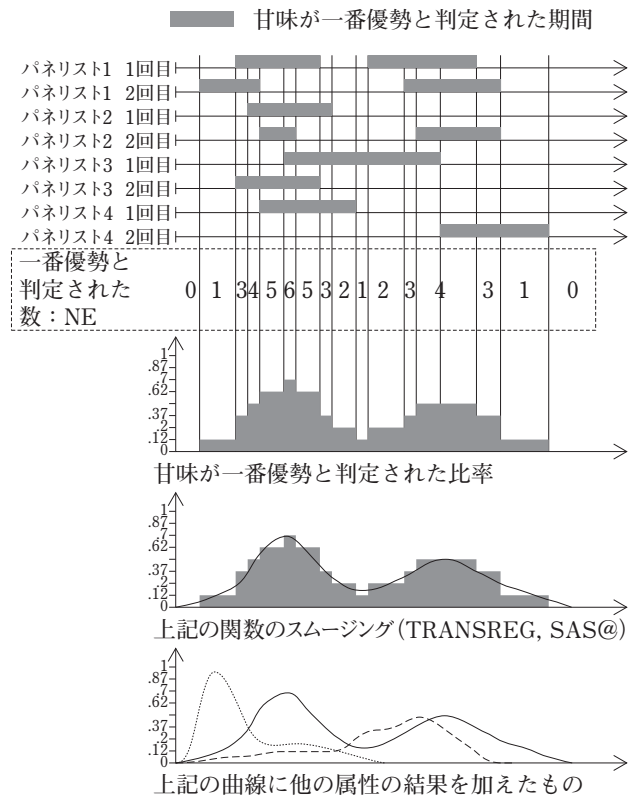


図4 TDS曲線の求め方¹¹⁾

Fig. 4 Methodology to compute TDS curves¹¹⁾.

で甘味のボタンが押された時間を (秒単位で) 記録し、それぞれの時点毎に、8個のデータを加算する。今回は、4人のパネリストが測定を2回繰り返したので、同じ時点でボタンが押される回数は最大で8回である。ある時点で計4回ボタンが押されたとすると、ボタンが押された割合 (優位比率) は、4/8で、0.5ということになる。

- ② 優位比率の変化過程を、横軸に経過時間をとって示す (図4)。
- ③ ②で得られた関数は、階段状に変化したものになるため、SASのTRANSREGを用いてスプライン関数を求め、関数のスムージングを行い、これをTDS曲線とする (図4)。
- ④ 同様に、すべての属性についてTDS曲線を求め、図に描く (図4)。

<結果>

関数のスムージングを行い、求めたTDS曲線の例が図4である。

次に、下記の式により、求めた優位比率の5%有意点の計算を行った。つまり、属性が選択される比率 P_s がチャンスレベル P_0 よりも大きくなる最小の値を求めた。

$$P_s = P_0 + 1.645 \sqrt{\frac{P_0(1-P_0)}{n}} \quad (2)$$

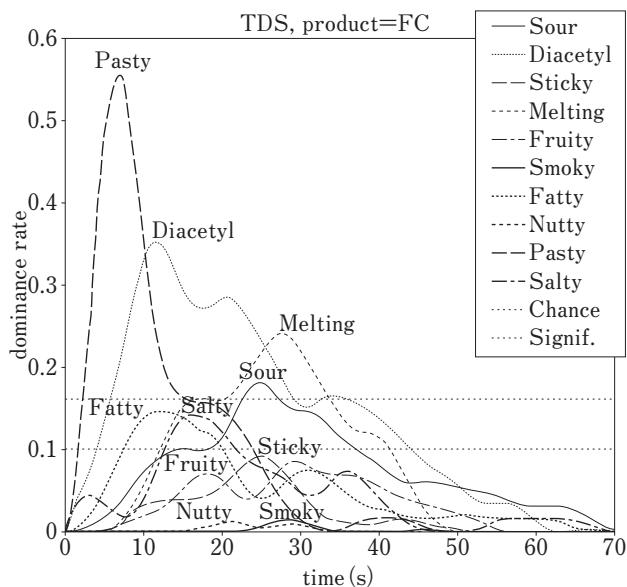


図5 試料FCのTDS曲線¹¹⁾
 Fig. 5 TDS curves for product FC¹¹⁾.

なお (2) 式において、

P_s : 属性が選択される確率が有意になる (チャンスレベル P_0 よりも大きくなる) 最低の値. TDS曲線のあらゆるポイントで、有意になる確率の最低値.

P_0 : チャンスレベル ($P_0 = 1/P$: P は、調べる属性の数)

n : 試行数. 被験者数×繰り返し数

である.

計算の結果、5%有意点は、0.162になった.

図5は試料FCに対して求めたTDS曲線の例である. 図5の図中の点線 (優位比率 P_s が0.162に相当) よりも上の値がチャンスレベルよりも上の点を示している.

さらに、求めたTDS曲線に関して、上述のTIにおいて求めたパラメータの V_{max} , T_{max} , D_{max} を、ここでも求めた.

<TIとTDSの結果の比較>

TI曲線とTDS曲線が似た形になった試料もあったが、多くは、似た形にならなかった. またTI曲線とTDS曲線の相関係数を求めたところ、3つのパラメータの中で、 V_{max} は全試料について有意な相関を示したが、 T_{max} は有意傾向にとどまり、 D_{max} については有意ではなかった.

彼らによれば、これらの食い違いは、個人差や訓練の仕方に起因する可能性もあるが、TDSよりもTIに生じやすいといわれる同時に生じる他の感覚の影響 (halo-dumping effect) が関係していることは否めないということである.

以上がTIとTDSの概要である. これらの手法は、味覚や嗅覚のようにその感覚の質や量が時々刻々変化するような試料を対象にした時に、その変化の仕方を記述するうえで有効な指標といえる.

一方、これらの手法によって得られたTI曲線やTDS曲線の場合、これらの曲線の形を示すのに、 V_{max} や D_{max} のようなパラメータを用いたり、スプライン関数を用いたりしているが、その関数形の背後に何らかのモデルを想定するものではなく、スムージングを行っただけであるともいえる. 両手法ともすべてのパネリストを込みにした平均値から関数形を求めているが、パネリストによって、その関数形が全く異なる場合に、これらをまとめて平均を求めるといって問題がないのか、懸念も無い. この点についての検討が今後も必要になるかもしれない.

5. おわりに

官能評価では、心理学などの他の領域で用いられている手法も使われているが、官能評価に固有の手法も存在する. 特に食品の領域では官能評価に固有の手法が用いられることが多く、製品開発等に有効に活用されている.

一方、現状の製品開発の現場では、十分に吟味することなく現在流行している手法を選択してしまう例や、その職場で長年使われている手法を無批判に使い続けてしまう例などが、少なからず存在する.

たくさんある官能評価手法の中から、最適の手法を選択するためには、それぞれの手法に対する深い理解と、手法の適用に対する柔軟な姿勢が必要と思われる.

参考文献

- 1) 山口静子: 日本官能評価学会 (編) 官能評価士テキスト, 第1章官能評価とは, 3-8, 建帛社, 東京, 2009
- 2) 日科技連官能検査委員会 (編): 新版官能検査ハンドブック, 日科技連, 東京, 1973
- 3) 佐藤 信: 統計的官能検査法, 日科技連, 東京, 1985
- 4) 市原 茂, 梶谷哲也: 感性製品の効果的な開発と評価: 感性・官能評価を活用して, <http://contendo.jp/store/contendo/Product/Detail/Code/J0010333BK0022882001/>, メディア・アイ, 東京, 2014
- 5) 市原 茂: 日本色彩学会 (編) 新編色彩科学ハンドブック第3版, 第9章色の心理, 1.1 精神物理学的測定法, 418-432, 東京大学出版会, 東京, 2011
- 6) 市原 茂: セマンティック・ディファレンシャル法 (SD法) の可能性と今後の課題, 人間工学, 45(5), 263-269, 2009
- 7) Stone H, Sidel JL, et al: Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis, Food Technology, 28, 24-34, 1974
- 8) 飯塚佳子, 森田香絵, 他: 定量的記述分析法 (QDA法) の特徴と展望, 日本官能評価学会誌, 6(2), 138-145, 2002

- 9) 今村美穂：記述型の官能評価／製品開発におけるQDA法の活用, 化学と生物, 50(11), 818-824, 2012
- 10) Peyvieux C, Dijksterhuis G: Training a sensory panel for TI: a case study, Food Quality and Preference, 12, 19-28, 2001
- 11) Pineau N, Schlich P, et al: Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time-intensity, Food Quality and Preference, 20, 450-455, 2009

著者情報



市原 茂 (いちはらしげる, 正会員)

1972年千葉大学卒業, 1980年東京都立大学(現首都大学東京)大学院博士課程単位取得退学, 1987年文学博士. 東京都立大学人文学部助手, 中京大学文学部講師, 同助教授, 東京都立大学人文科学研究科助教授, 同教授, 首都大学東京人文科学研究科教授を経て, 2013年株式会社メディア・アイ感性評価研究所長. 首都大学東京名誉教授. 専門領域: 知覚心理学, 感性評価ほか. 日本官能評価学会監事, 日本人間工学会会員, 日本心理学会会員ほか.

連絡先: shigeru.ichihara@gmail.com