

特集 ■ 食とVR

味覚センサーによる味の物差し創りと味の見える化



池崎秀和

Ikezaki Hidekazu

インテリジェントセンサーテクノロジー

1. はじめに

人が感じる味は主観的な指標であり、客観的評価が難しいと考えられてきた。例えば、同じコーヒーでも、ある人は苦いと言ひ、ある人は苦くないと言ひ。食品業界では、パネルと言われる官能検査のプロフェッショナルが実際に食して評価が行われている。パネルは、非常に繊細な味の差も識別できる。一方、消費者の生活の質の向上とともに、食へのこだわりも増え、味の好みの多様化が進んでいる。多様化には、例えば、関西風とか関東風と言った地域の食文化の差があり、年齢や性別で好みの差がある。さらに、今、世界中が市場となり大きなビジネスチャンスである一方、食文化の違いは驚異的であり、お互いに理解が難しい。このような多様化には、優れたパネルでも、対応していくことは難しく、パネル間でも意見が違うことは多々起こっている。

一方で、HPLCやBrix計などの化学分析により味を評価する方法も行われているが、この方法は、客観的な分析値を得ることが可能である一方、味物質の種類が莫大であるため、総合的な味が評価できない。さらにコーヒーに砂糖を入れると苦味が消えるといった味の相互作用などは全く評価できない。

そこで、我々は、人の味センサーを模倣した味覚センサーで、世界共通の味の「ものさし」（味の単位）を創り、上記の問題に答えようとしている[1]。味の「ものさし」は、どんなに感性が違う場合でも、お互いを理解できるコミュニケーションツールである。

現在までに味覚センサー（図1）の納入台数は300を超え、味覚センサーは食品、飲料、酒類及び医薬品など様々な分野で、また、研究開発だけでなく、マーケティング、商品開発、営業および品質保証などの分野で大いに活用され、ビジネスにも役立ち始めている。今回



図1 味認識装置 TS-5000Z

は味覚センサーのデータ解析による味の最適設計シミュレータをご紹介します。それは、開発工数の低減、コストダウンや原料数低減による品質の安定化に役に立つものである。

2. 味覚センサーによる味の「ものさし」（味の単位）創り

味覚センサーは生体の味認識メカニズムを模倣したものである。生体の場合は、舌の味細胞の膜表面に呈味物質が吸着すると、細胞膜に電位変化が生じる。この電位変化は特性の異なる味細胞ごとに異なり、その信号が脳に伝達され、神経回路網での計算により、味として認識されていると考えられている。味細胞の表面は、脂質膜で覆われており、我々は、味の受容には、この脂質膜が重要な働きをしていると考え、味覚センサーに脂質膜を用いた。この人工の脂質膜に味物質が吸着すると電圧が変化し、それを味覚センサーの出力とした。そして人工脂質膜の組成を最適設計することで、各々の基本味（苦味、旨味、甘味、酸味、塩味及び渋味）に特異的に応答する人工脂質膜を作った（図2）。図3に渋味センサー

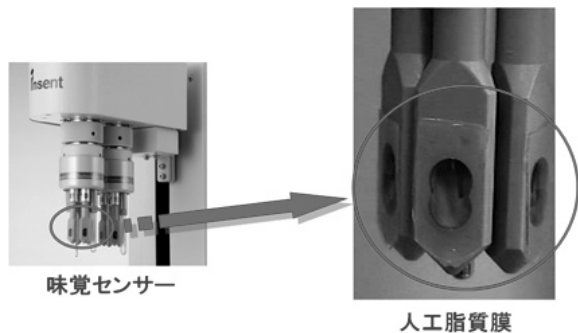


図 2 基本味に選択性の高い人工脂質膜

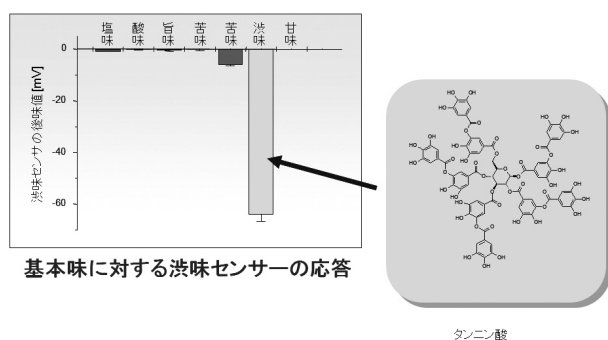


図 3 選択性の例

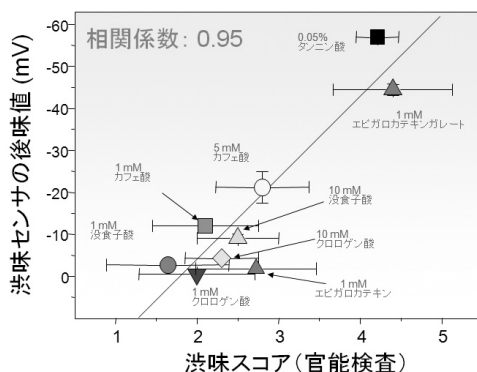


図 4 類似味への応答の例

の例を示す。渋味の代表として赤ワインに含まれるタンニン酸を用いた。タンニン酸には、高い感度を持つ一方、他の基本味には応答せず、選択性が高いことが分かる。一方、渋味物質は、タンニン酸以外にも多く存在し、かつ、渋味の強さはまちまちである。渋味物質に対する渋味センサーの感度と人の感度の相関を図 4 に示す。人が渋味を強く感じるタンニン酸やエピガロカテキンガレートの渋味には、高い感度を持ち、あまり渋味を感じられないクロロゲン酸や没食子酸には、感度はあるものの低く、人との相関が高いことが分かる。また、味物質間では、相互作用がある。コーヒーに砂糖やミルクを入

れるとコーヒーの苦味が消える。図 5 では、渋いタンニン酸の溶液に、各基本味物質を添加した際の人の感じ方と渋味センサーの応答の関係を示す。塩や砂糖を入れると、人は渋味が消えて感じ、その程度に渋味センサーの応答も下がっていることが分かる。

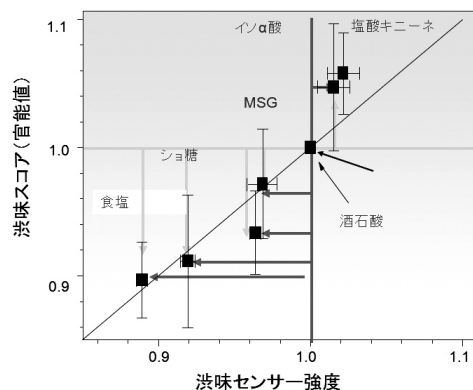


図 5 相互作用の検知例

後味を測定することで、基本味の質の違いも評価できるようになった。後味は、味物質がセンサー表面に吸着する。センサー表面から脱離する速度を測定することで後味を評価できる (図 6)。後味を測定することでキレが評価できる。ビールの場合、苦味の後味が少ないほどキレがよく、高貴な苦味とされている。コクには、余韻と複雑さがある。余韻は、特に旨味 (だしの味) の持続性であり、複雑さは、例えば、かくし味としての微量の苦味物質による味の奥行き感である。前者は旨味センサーの後味で、後者は苦味センサーの先味で評価できる。

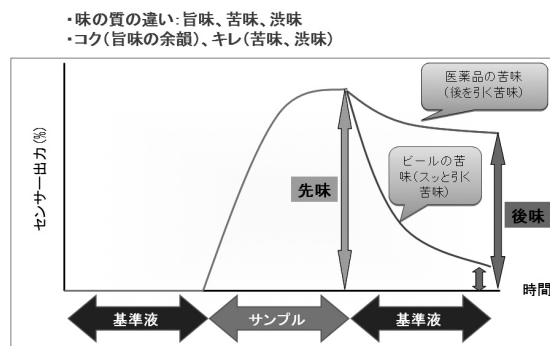


図 6 後味の評価

人の感覚に非常に近いこれらの脂質膜センサーを用いて、味の単位を定義した。人は、1.2 倍の濃度差がないと味の違いを識別できないと言われており、1.2 倍濃度差を味の 1 単位とした。基本味毎に特化したセンサーに対し

て、それぞれの代表的な基本味物質を使って検量線を書いて味の尺度を作った。例えば、渋味の尺度は、渋味の代表物質のタンニン酸を使った。世界発の味の物差しである。苦味、渋味、旨味、甘味、酸味、塩味、苦味の後味、渋味の後味、及び旨味の後味を数値化している（図7）。

名称	味の特徴	有効な食品	センサー名
先味	酸味	クエン酸、酒石酸、酢酸が呈する味	ビール、コーヒー
	苦味・雑味	苦味物質由来で、低濃度ではコク、雑味、隠し味	豆腐、日本酒、スープ
	渋味・刺激	渋味物質由来で、低濃度で刺激味、隠し味	果実
	旨味	アミノ酸、核酸由来の出汁味	スープ、めんつゆ、肉
	塩味	食塩のような無機塩由来の味	醤油、スープ、めんつゆ
後味	苦味	一般食品に見られる苦味	ビール、コーヒー
	渋味	カテキン、タンニン等が呈する味	ワイン、お茶
	旨味コク	持続性のある旨味	スープ、めんつゆ、肉

特に注目すべき味覚項目
 苦味雑味(苦味の先味)
 だし調味料やスープに若干含まれる苦味に由来するコク。
 隠し味。
 旨味コク(旨味の後味)
 スープやめんつゆの旨味の持続性。

図7 味覚センサーで定量化されている味覚項目

上記以外に味認識装置の特長として、下記が挙げられる。

- ・高い分解能：識別分解能は、人の10倍以上あり、工場間差やロット間差と言った微妙な味の差も識別可能である。
- ・データの再現性：人では、過去に味わった味と正確に比較することができない。味覚センサーでは、何年も前のデータと比較ができる。過去の味と今の味が同じであるかを判定することは、官能検査ではどんなに優れたプロでも不可能である。
- ・高耐久性：センサーは約100～400サンプルを評価できる（1サンプル4回繰り返し測定）。

3. 市場調査への応用（消費者の好みの見える化）

食品業界では、食品開発において、消費者の好みの分析、他社製品の分析、および自社製品の差別化が重要である。また、伝統的な食品の場合、嗜好性は地域の差により大きく異なる。図8は冷凍水餃子(日本製と中国製)の地域における嗜好性の違いを表した例である。水餃子の代表的な味として、塩味と旨味コクで図示してある。8名の中国人パネルで官能評価した結果、旨味コクと塩味が濃い中国製の水餃子が好評であった反面、味が薄い日本製の水餃子が不評であった。その違いの理由は食文化の違いであると考えられる。従って、食品メーカーが海外進出する際には、現地の味の嗜好性を把握することが必須であり、味覚センサーはこのような場面で有力なツールとなりうる。

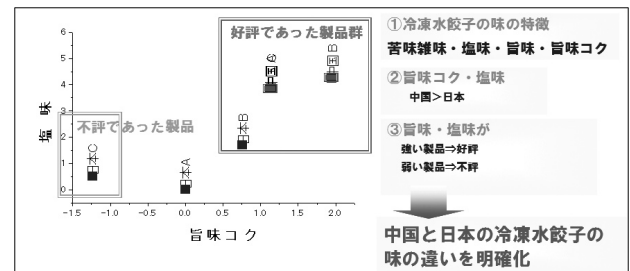


図8 地域による嗜好差の調査（冷凍水餃子）

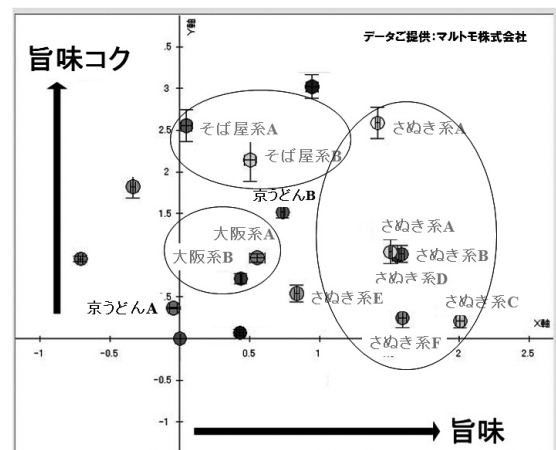


図9 うどん繁盛店マッピング

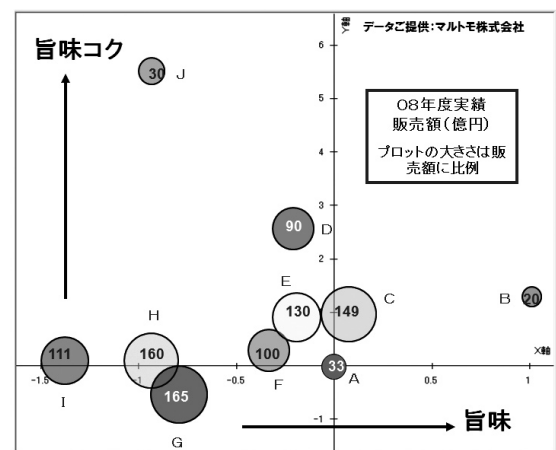


図10 市販濃縮つゆのマッピング

図9と図10はマルトモ株式会社からご提供いただいた。味覚センサーを用いた市場調査の結果である。図9はうどん繁盛店のつゆの味のマッピングであり、主に旨味とコク味（うま味の後味）で表している。日本国内においても、そば屋系、さぬき系、京うどん系、大阪うどん系などのように、地域による嗜好性が全く異なることが分かった。

図 10 は市販されている濃縮つゆの味のマッピングであり、プロットの大きさ（数値）は 2008 年度の販売実績を示す。これらの市場調査と味測定の結果を活かして、商品開発の方向性の明確化ができるようになる。売上実績を味のマップに入れることで、センターがどこであるかが明確になる。主力製品は、量が必要であり、消費者の好みのどこがセンター（中心）かが重要となる。一方、一部の熱烈なファン向けや、個性を出す商品においては、あえて、センターをはずして、どこがよいかを視覚的に分かる。

4. 食品の最適設計への応用

味覚センサーによる「味の物差し」を提供することにより下記の効果が得られている。味の好みの地域差、男女差、年齢差や味のトレンドが味のマップとして見える。また、他社の動向や戦略が見える。そこで、新商品のコンセプトや目標が明確になり、開発が早くなり、どこまで達成したかも数値で見える。

目標を決定した後の商品設計の実例を紹介する（図 11）。これは、キンレイ社が、行列の並ぶ繁盛店のラーメンを製品化（冷凍ラーメン）した際の実データである。赤線は、店舗のラーメンスープであり、目標値なのでこれを基準（ゼロ点）にしている。1 次試作品が青線であり、本物にはば合っているが、一番重要な「旨味コク」が相当劣っている。「旨味コク」は旨味の後味（余韻）であるので、技術者は経験からすぐにとろみと動物性の素材を加えることが分かった。最終試作品が緑色であり、店舗の味と非常に似ていることが分かる。

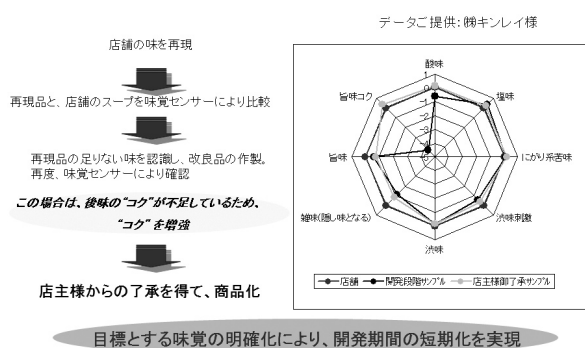


図 11 有名ラーメン店とのタイアップによる商品開発例
* 口絵にカラー版掲載

最近ではさらに進んで、味覚センサーのデータに基づいて、最適計算を用いて、ビジネスで成功されているケースが出てきた。石光商事社では、コーヒー豆の味センサーによるデータベースを作成し、インスタントコー

ヒーやレギュラーコーヒーの最適ブレンドに使われている。味項目毎に許容範囲を設定し、その中で一番コストの低いブレンド比率を最適値探索の計算で求めるものであり、大幅なコストダウンに成功されている [2]。

弊社は、石光商事社の活用事例を参考にして、最適設計シミュレータを作成した。味覚センサーを用いた商品の最適設計方法を図 12 に示す。予め原料のデータベースを用意する。これは、味センサー結果だけでなく、原料の価格を入れることで、コスト最小化の計算も可能となる。さらに数値になりえる特性として、色度計等の色の情報、粘度計等のテクスチャーの情報、また官能検査で香りの情報等も入れることで、より総合的な風味の最適化が図れる。また、焙煎や発酵等の加工プロセスの影響を入れることで、より選択の幅が広がる。目標品を数値化し、最適設計シミュレータにかける。その際に、重要なのが制約条件の設定が可能かどうかである。実際の商品設計では、多くの制約条件のもとで行われている。例えば、コストの制限もしくはコスト最小等（図 12）。その制約条件を設定して、最適設計を計算で行う。計算結果より試作し、味覚センサー及び官能検査で確認し、必要に応じて微調整を行う。色やテクスチャーも各種分析機器を使い数値化できる。それをデータベースに入れると、より総合的な風味の確認ができる。この結果を数値で、お客様へ試食して頂く際に、数値でご提案することで、お客様の納得感が強くなる。

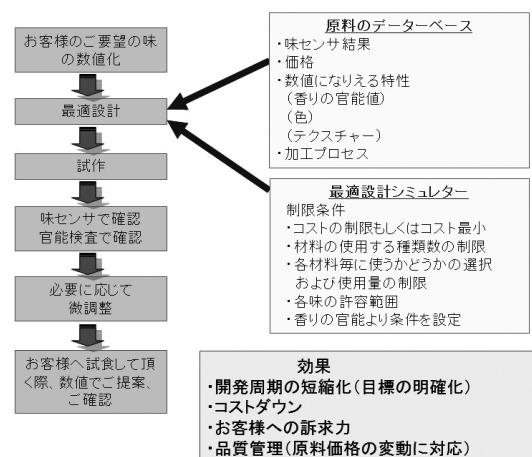


図 12 味覚センサーを用いた商品の最適設計方法

次に実際の例を説明する。インスタントコーヒーの例を示す。インスタントコーヒー 10 種類の味センサー結果を図 13 の左図に示す。原料 1 を目標（ベンチマーク）とした相対評価である。ここで、課題例は、原料 1 を目

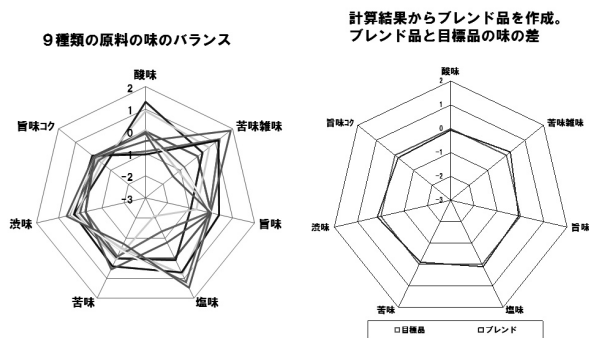


図 13 食品設計シミュレータによる最適ブレンドの例（インスタントコーヒー）

センサー出力（目標品との距離）と官能の相関（相関係数：0.96）

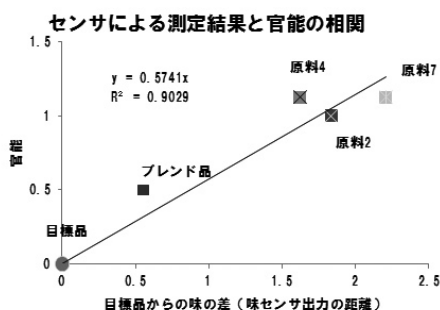


図 14 食品設計シミュレータによる最適ブレンドの例

標品として、残りの9種類の原料から4種類以下の原料を使って、原料1の味を再現する最適ブレンド比率を求めることである。最適計算の結果をもとに試作されたブレンド品と目標品の味覚センサーでの違いを図13の右図に示す。非常に精度よく目標品に近づいていることが分かる。官能検査の結果を図14に示す。官能検査では、目標品に対して味が違えば点数を高くつけるようにした。図の横軸は、味覚センサーでの目標品からの味の距離（計算上）である。官能値と味覚センサーの結果は高い相関があり、さらに官能的にもブレンド品は目標品に近いことが分かる。

生産の現場でも活用の可能性が大きい。今まで安かった原料の価格が高騰したり、輸入ができなくなったりするケースが少なくないと聞いている。最適設計シミュレータにより、どの原料と入替するかを設計でき、コストUPを抑えながら、味の品質は保もつことができる。また、原料の数の制限もできる。従来多くの種類の原料を使っていたものが、効率よく最小限度の種類ですむようになると、製品の安定性UPや生産コストダウンに役に立つ。

5. 最後に

弊社は、味の数値化、視覚化できる味覚センサーを食品業界へ普及させ、食の文化に貢献することを目的としている。味の「ものさし」により、味の好みの地域差、男女差、年齢差や味のトレンドが味のマップとして見える。また、他社の動向や戦略が見える。新商品のコンセプトや目標が明確になり、開発が早くなり、どこまで達成したかも目で確認できる。また、努力し創意工夫して開発された商品の味が見えるため、社内のトップ、バイヤーや消費者に、努力や創意工夫点が正当に評価されるようになる。このように、味覚センサーは営業のプレゼンの強力なツールとなり、特に流通業界への提案には非常に活用されている。さらに、コストダウンおよび賞味期限の設定にも使われている。クレーム対応にも、数値で客観的に答えられる。今後、官能検査の強力なツールとして活用して頂くために、さらなる研究開発を行い、「味の「ものさし」」の世界標準を目指し、食の文化に貢献したい。

味覚は、バーチャルである。味覚は人の脳で感じているからである。味覚センサーは、その人の脳で感じるバーチャル情報を数値で表現するものである。食品開発において、行列ができる商品や皆が認める名品をベンチマークにして、素材や作り方を变えて、低価格で同じ味になる工夫がなされている。これも一種のバーチャルリアリティと考える。しかも、感じ方は、地域、男女や年齢で差がでる。バーチャルリアリティの研究は、食品業界でも今後非常なテーマであり、貢献が大きい。

参考文献

- [1] 都甲潔 編：味覚センサー，朝倉書店（1993）
- [2] 都甲潔 監修：食品・医薬品のおいしさと安全・安心の確保技術，石脇智広“味覚センサーを用いたコーヒー創り”，pp.208-213（2012）

【略歴】

池崎秀和（IKEZAKI Hidekazu）

株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー
代表取締役社長

1986年早稲田大学理工学研究科電気工学専攻修士修了。
アンリツ株式会社入社，九州大学との味覚センサーの研究開発に従事。2002年同社退社。株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー設立，2005年代表取締役社長に就任，現在に至る。工学博士。第34回井上春成賞，第3回ものづくり日本大賞「製品・技術開発」部門特別賞等受賞。