

立石賞功績賞の受賞記念講演概要

生体を模倣した感性バイオセンサの研究開発と実用化

九州大学大学院 システム情報科学研究院 主幹教授・研究院長 都 甲 潔

「味」とは

私たちが感じる「味」という観念は非常にあいまいである。それは、人が「味」を感じる要因が非常に多岐に渡っていることに起因する。

図1においしさを構成する要因を示す。舌で感じる味(味覚)、聞こえてくる音(聴覚)、鼻で感じる匂い(嗅覚)、舌触りとか歯ごたえ(触覚)、見た目(視覚)といった五感に加え、その場の雰囲気やその時の体調や気分、さらにその人が生まれ育った食環境などの要因が複雑に絡み合っ「味」の評価が行われる。人はその食品から入ってくる情報全てを統合して「味」を感じるのである。

ここで、このあいまいな「味」を客観、主観という観点からみると2種類に分類することができる。一つは「舌で感じる味」であり、もう一つは「脳で感じる味」である。「脳で感じる味」は主観であり、現代科学では数値化・定量化できない。一般に私たちが「味」と言うときには、「脳で感じる味」のことであり、これは味覚のみならず、聴覚、嗅覚、触覚、視覚がすべて融合した感覚となっている。ところが「舌で感じる味」は客観である。それは人がどのよ

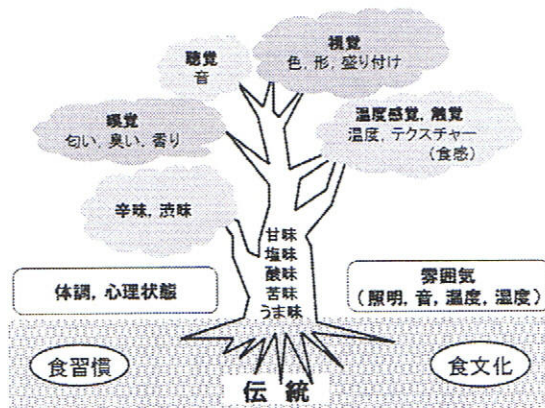


図1 おいしさの構成要因

うにして味を感じるのかをみることで判る。

舌には味蕾(みらい)を構成する味細胞があり、甘味、塩味、酸味、苦味、うま味の五つの味に選別化学物質をして受容する。

水に溶けた化学物質は舌の味細胞にくっつく。そして、図2に示すとおり、その情報が電気的変化となり、神経を伝わり(ここまでが客観)、脳で知覚される。味細胞をおおう生体膜は、タンパク質が埋まった脂質膜の構造をしている。そこでこの生体膜を模倣した人工の膜を作り、舌で味を感じるプロセスを機械で再現し、電圧の変化を捉えることに成功したのが味覚センサである。

味覚センサ

九州大学発のベンチャー会社である(株)インテリジェントセンサーテクノロジーから販売され

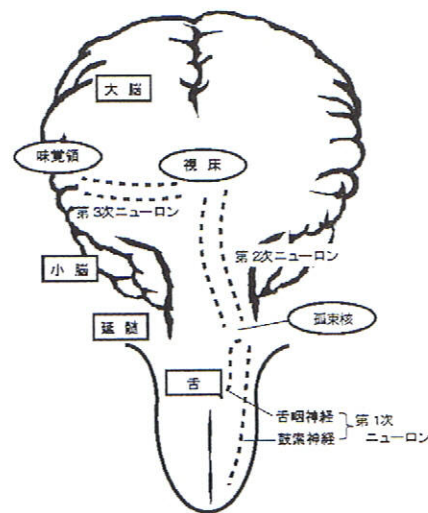


図2 化学物質の受容から味の認識まで

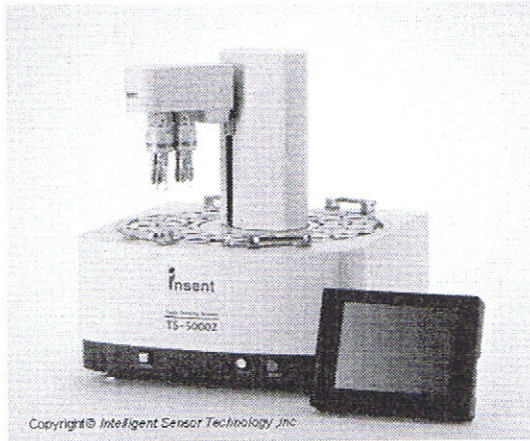


図3 味認識装置 TS-5000 Z
(インテリジェントセンサーテクノロジー社製)

ている味認識装置 TS-5000 Zを図3に示す。本装置はタッチパネルを使うことでどんなに機械に疎い人でも操作できるようになっている。また、1台のサーバーで複数の味認識装置をコントロールできる。

味覚センサの原理は生体系とほとんど同じである。化学物質が膜と相互作用し、それが電圧に変換され、その情報がケーブルを伝ってコンピュータに行く。20年前の開発当初は、8本のセンサ出力のパターンから味を判定するという方法をとっていたが、改良を重ね、最近では各センサ（脂質/高分子膜）が各味質に対応するという広域選択性（global selectivity）を実

現している。つまり、各々の膜は酸味によく応答、塩味に応答といった具合に各味質に特異的に応答する。複数種類の脂質/高分子膜の電圧出力から、味質と味強度が判定できる。味細胞の寿命は約10日だが、味覚センサの受容膜では1年以上であることからわかるように、安定して味の計測を行うことができる。

この味覚センサを用いることで、人が感じている味を、客観的に測ることができる。例えば、「苦い」とか「キレ・コクがある」などと感覚的に捉えているビールの味もグラフで表すと図4のように一目瞭然である。とてもわかりやすく比較することができる。

また、測ったデータから、その食品に似た味のものを探すことも可能となる。その例として、巷でよく知られている「プリンに醤油を足すとウニの味」、「麦茶+牛乳+砂糖はコーヒー牛乳」（図5）など。この味の不思議を解説した著書が『プリンに醤油でウニになる』（ソフトバンククリエイティブ、2007年）。また、2009年に飛鳥新社より出版した『ハイブリッド・レシピ』では、味の足し算の事例を実験により実証し、驚きのレシピとして70例ほど解説している（図6）。2004年に設立された(株)味香り戦略研究所では、味覚センサを用いた食品データや食に関わるサービス・コンテンツを提供して

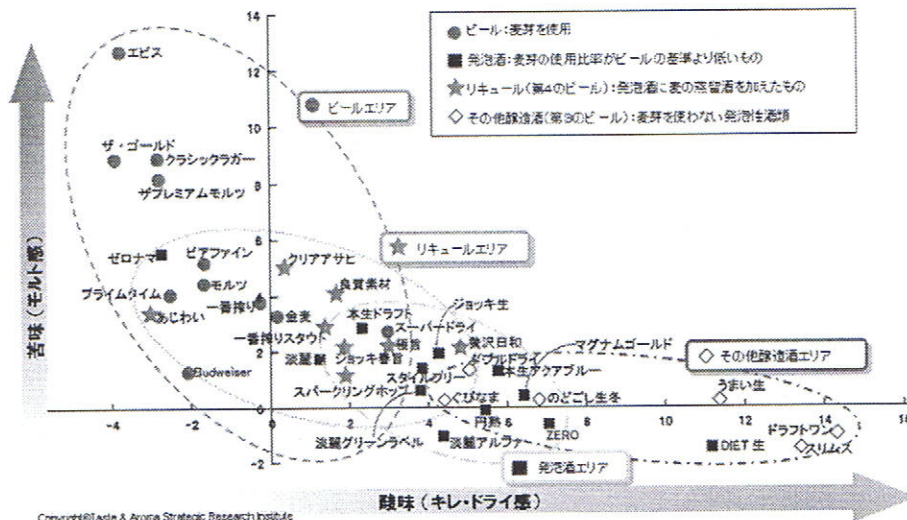


図4 ビール、発泡酒、リキュール、その他醸造酒のテイストマップ

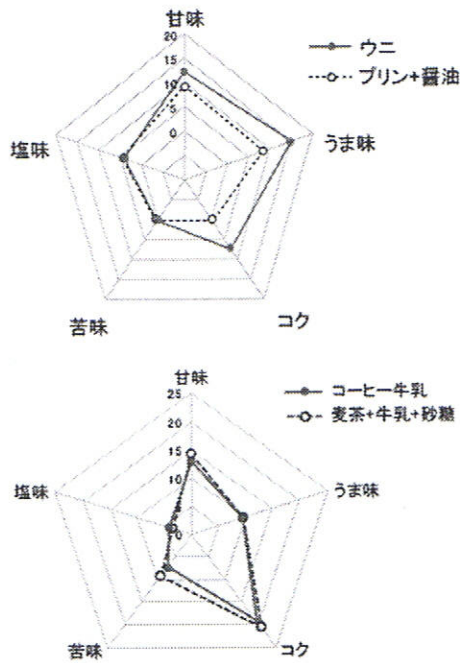


図5 味パターン (上) ウニと「プリン+醤油」, (下) コーヒー牛乳と「麦茶+牛乳+砂糖」



図6 都甲 潔の著書

いるが、これらの本を著作するにあたっては協力を受けている。図4も同社の提供である。

味覚センサは今まで客観的に捉えることが困難だった味の世界にもものさしを持ち込むことに成功した。実用・商品化された味覚センサは食品業界や医薬品業界、研究機関等でも数多く利用され、商品開発や製品検査の現場で活躍して

いる。

また、食の安全・安心が強く求められる昨今、味覚センサを用い食品製造過程における異物の混入等を簡易迅速に検出できるため、味覚センサは食品の安全管理や品質維持にも利用されている。これをさらに発展させ、味覚センサにより、食品の感性情報ならびに安全性に関する情報を客観的かつ定量的に指示するルール及びマニュアルを作ることが可能である。この「品質記述ツール」の創造により、日本は高品質な食糧生産のための国際的リーダーシップを形成し、かつ世界をリードする食に関する知識集約型社会を作り上げることができる。もちろん、味覚センサ技術と食品の品質記述ツールは、今後世界のデファクトスタンダードとなる可能性を大いに持っている。

さらに、味覚センサは人によって感じ方に違いのある味に対する主観的尺度を客観的な数値で表せるため、自分の味の許容度や好みを確認でき、新しい味への挑戦や苦手と感じている食品を克服、他の食品に置き換えるといった「食育」の観点でも利用されている。

医療分野では、味覚センサを利用することで常に安定した医療介護食の供給を可能とし、また将来は味覚障害者のためのインプラント型味覚センサの実現につながるといった重要な効果も期待でき、医療福祉の方面にも大きな福音をもたらすものである。

以上のように、味覚センサはこれまで主観の支配していた食品の世界に客観的のものさしを初めて提供し、広く食品、医薬品、流通、情報通信、教育関連等の業界に大きな貢献をなすものである。

匂いセンサ

最近では嗅覚の分野にも著しい発展が見られる。匂い分子は、嗅細胞の受容体に結合し、嗅球という脳神経で匂いの識別がなされるが、1種類の匂い分子はいくつかの受容体に結合し、また1つの受容体は複数種類の匂い分子を受容する、

ということが見いだされている。これは匂い分子の部分構造や特徴を複数のレセプターで受容するというメカニズムに至る。

このような受容機構を模倣することで、匂いも味と同様に識別できないかと考え、匂いセンサの研究を行っており、2007年には匂いセンサを搭載したロボット（図7）を開発した。このロボットは、匂いセンサ、カメラ、接触センサを搭載し、各部屋を巡回し、目で見、鼻で匂いを嗅いで安全を確認し、もし火災臭があれば通報する、というものである。

また、爆薬を超高感度で検出する匂いセンサ（electronic dog nose）の開発にも成功している（図8）。爆薬分子を受容する部分に抗体を用い、その変化を表面プラズモン共鳴法（SPR）で検出する、というものである。このセンサを用いることで、数pptから数十pptという低濃度のTNTを検出することができる。1pptという濃度は、ドーム球場を角砂糖で埋め尽くし、その中の角砂糖1個にあたるというのだから、このセンサはとてつもない感度を持つことになる。現在このセンサのポータブル化を進めているところである。

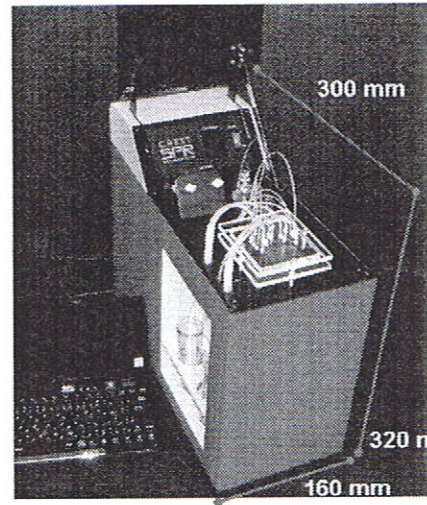


図8 SPRセンサ試作器

ら、このセンサはとてつもない感度を持つことになる。現在このセンサのポータブル化を進めているところである。

以上、味覚センサと匂いセンサ、つまり感性バイオセンサについて紹介してきたが、人間の感性である「味」と「匂い」をテーマに、人から学び人を模倣する形の研究開発は、それをまた人に還元するという一つのサイクルを生み出すことで、人間と機械の調和を図ることに貢献していると言えよう。今後、開発を推し進めることで、この人間と機械の関係がさらに深く結びついていくものと確信するものである。

[参考文献]

- 1) 都甲 潔：ハイブリッド・レシピ，飛鳥新社（2009）
- 2) 都甲 潔：プリンに醤油でウニになる，ソフトバンククリエイティブ（2007）
- 3) 都甲 潔：感性の起源，中央公論新社（2004）
- 4) 都甲 潔編著：感性バイオセンサ，朝倉書店（2001）
- 5) K. Toko: "Biomimetic Sensor Technology", Cambridge University Press（2000）

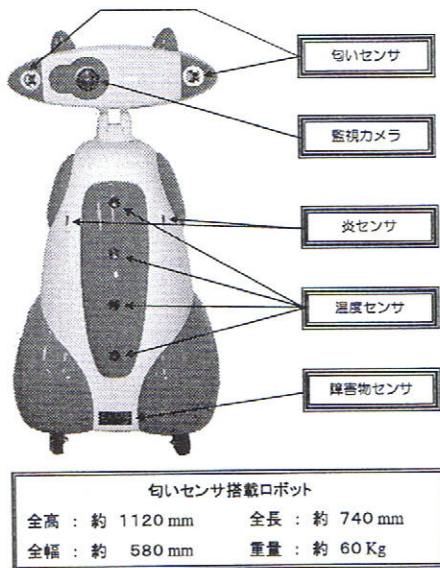


図7 匂いセンサ搭載ロボット