

総説特集 うま味研究会 公開シンポジウム

「食べ物のおいしさにおけるうま味の役割-多感覚の相互作用」-6

経験と文化による味覚・嗅覚の変化

小早川 達

(国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人間情報研究部門)

日常的に使用される「味」という言葉は、味覚と同義ではない。「味」は、五感を始めとする様々な感覚や食品に関する先行情報に基づいて構築される複合感覚である。同じ食品を口にしても、食経験や食文化が異なる消費者同士では「味」の知覚に違いがみられることがある。ある食品を口にした消費者が、どのような「味」を感じているのかについて知るためには、多感覚間の相互作用に焦点を合わせる必要がある。本稿では、我々が行った味覚と嗅覚の相互作用に関わる行動実験を紹介しつつ、「味」の知覚に及ぼす味覚と嗅覚の時間特性、食品の消費経験、食文化について検討した。

キーワード: 「味」、味覚、嗅覚、経験、文化

はじめに

嗅覚・味覚などの化学受容感覚は、我々の日常生活における「食事」と直接結びついている。これらの感覚に異常が生じると、生活の質は著しく阻害される。

一般的に使用される「味」という言葉は、味覚(基本五味)、嗅覚(香り)、痛覚(辛味)、触覚(食感)、聴覚(咀嚼に伴って口の中で生じる音)、更には食品に関する様々な知識(先行情報)から構成される複合感覚を表している。すなわち、「味」とは、舌から入力される感覚を指す「味覚」と同義ではない。しかしながら、味覚以外の感覚が食物認知に関与していることを意識する機会は少ない。そのため、「味」に対する違和感が生じた場合、味覚に障害があるのでは?と思ってしまうということが往々にして起こる。事実、耳鼻咽喉科を受診した患者を対象とした調査報告^{1), 2)}によると、味覚の低下を訴える患者の中には、味覚ではなく嗅覚が低下していた者が相当数含まれていた。以上を踏まえると、「味」について検討する際には、味覚だけでなく他の感覚との

相互作用を考慮する必要があるといえる。そこで本稿では、近年、我々が行った味覚と嗅覚の相互作用に関する研究の幾つかを紹介し、「味」に関する考察を深めていく。

味覚・嗅覚の相互作用に及ぼす時間特性の影響

食物認知において、味覚と嗅覚は欠くべからざる感覚である。味覚と嗅覚の関係性を知るため、これまでに数多くの研究が行われてきた。味覚と嗅覚の関係をより深く知るためには、嗅覚以外の感覚と味覚の関係や、味覚以外の感覚と嗅覚の関係について検討し、それらの関係と味覚と嗅覚の関係を比較することも有効であろう。我々は、様々な時間差で二種類の刺激を提示し、それらの刺激が同時に提示されたと感じたか否かを判定してもらう同時性判断課題を実施した。従来の同時性判断課題では、多感覚間相互作用における時間特性の解明を目的として、視覚と聴覚³⁾⁻⁵⁾、視覚と触覚^{3), 6)}、聴覚と触覚³⁾といっ

Consumption experience and food culture change gustatory and olfactory perception

Tatsu Kobayakawa : Human Informatics Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Tsukuba Central 6, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8566, Japan ; E-mail: kobayakawa-tatsu@aist.go.jp ; TEL : + 81-29-861-6730 ; Fax : + 81-29-861-6730

小早川 達

た刺激の組み合わせが用いられている。我々は、味覚と嗅覚、味覚と視覚、嗅覚と視覚の組み合わせを用いて同時性判断課題を実施した。

味覚や嗅覚といった化学受容感覚は、刺激が液体や気体であるため、物理刺激である視覚、聴覚、触覚に比べて刺激の制御が難しい。味覚刺激や嗅覚刺激を用いた同時性判断課題では、圧力変化や温度変化を生じさせることなく味細胞や嗅粘膜を刺激できることや、高い立ち上がり精度で刺激を提示できることが重要となる。Evansら⁷⁾は高い精度で嗅覚誘発電位を計測するための必要条件として、(1) 触覚による三叉刺激系への刺激を防ぐために空気の流れの中に嗅覚刺激をパルス状に挿入すること、(2) 最大刺激濃度の70%が50ミリ秒以内で立ち上がること、(3) 空気には50%以上の湿度および体温と同等の温度を与えることが望ましいと提言した。彼らによる提言は、現在、化学受容感覚を扱う研究者の間で国際的な共通基準となっている。Kobalら^{8), 9)}は、空気の流れの中に嗅覚刺激をパルス状に挿入すると共に、50%以上の湿度と体温と同等の温度を与える機構を備えた嗅覚刺激提示装置を開発した。高速超音波ガスセンサを用い、毎分7.56Lの流量において嗅覚刺激が最大濃度の70%まで立ち上がるために要した時間を計測したところ、国際基準を満たす16ミリ秒を示した¹⁰⁾。一方、味覚刺激提示装置に関しては、先述した嗅覚刺激における基準を味覚刺激に置き換えた上で開発が試みられた。Kobayakawaら^{11), 12)}は、世界で唯一、これらの基準を満たした味覚刺激提示装置の開発に成功した。この刺激提示装置では、体温と同等の温度を保った水の流れの中に食用色素で赤く着色した味覚刺激をパルス状に挿入している。光センサを用いて水および味覚刺激の透過率を計測することにより、毎分20mLの流量における味覚刺激の立ち上がり時間を算出したところ、最大濃度の80%まで立ち上がるために要した時間は16.5ミリ秒であった¹²⁾。我々は、Kobayakawaらが開発した味覚刺激提示装置とKobalらが開発した嗅覚刺激装置を用いて同時判断課題を実施した¹³⁾。課題実施中は、終始、提示刺激の実時間モニタリングを行い、1試行ごとに刺激が受容器に到達した時刻を厳密に算出した。

味覚刺激として1Mの食塩水、嗅覚刺激として空気を送って気化させた鶏がらスープのニオイ、視覚

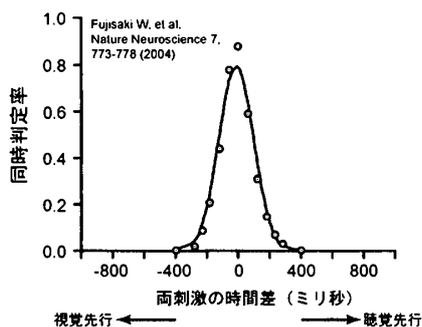
刺激として赤色発光ダイオード(LED)を用い、刺激と刺激の時間差を-800ミリ秒から+800ミリ秒の間で変化させた。実験協力者には、1試行ごとに二種類の刺激が同時に提示されたと感じた場合は「1」、非同時と感じた場合には「2」と指で示すよう教示した。各刺激の組み合わせにおける同時判定率を図1に示す。横軸が刺激と刺激の時間差、縦軸が「同時」と判定した率である。参考として、図1-(a)に聴覚と視覚の組み合わせにおける同時判定率を示した⁴⁾。聴覚と視覚の組み合わせにおいては、刺激と刺激の時間差が400ミリ秒になると、ほぼ100%の確率で二つの刺激は非同時に(別々のタイミングで)提示されたと知覚されていた。一方、図1-(b)に示した味覚と視覚の組み合わせ、図1-(c)に示した嗅覚と視覚の組み合わせでは、刺激と刺激の時間差が600ミリ秒になると、ほぼ100%の確率で二つの刺激は非同時に提示されたと知覚されていた。以上の結果を踏まえると、ほぼ100%の確率で非同時と判定されるためには、聴覚と視覚の組み合わせに比べて味覚と視覚、嗅覚と視覚の組み合わせの方がやや長い時間差を必要としたが、同時判定率の分布は、いずれの組み合わせにおいても釣鐘型を示すことが分かった。組み合わせに関わらず、同時判定率の分布の形状がほぼ同一であったという結果からは、味覚や嗅覚といった化学受容感覚も、視覚や聴覚といった物理感覚と同等程度の時間分解能を有しているということが示唆された。

その一方で、図1-(d)に示した味覚と嗅覚の組み合わせでは、刺激と刺激の時間差が600ミリ秒を超えても、両者を非同時と知覚することは容易でなく、その傾向は嗅覚が味覚よりも先に提示された場合に強く認められることが示唆された。

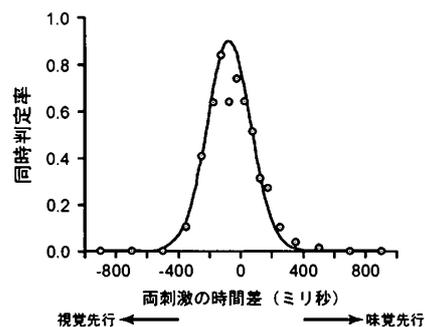
味覚刺激と嗅覚刺激の時間差を-800ミリ秒から+800ミリ秒の間で変化させた場合に得られた結果について考察する前に、もうひとつの同時性判断課題について述べる。刺激と刺激の時間差を-2000ミリ秒から+2000ミリ秒の間で変化させ、味覚と嗅覚の組み合わせにおける同時性判断課題を実施したところ、図1-(e)に示した結果が得られた。すなわち、同時判定率の分布は、視覚と聴覚(図1-(a))、味覚と視覚(図1-(b))、嗅覚と視覚(図1-(c))と同様の釣鐘型を示すことが分かった。味覚刺激と嗅覚刺激の時間差を±2000ミリ秒の間で変化させた同時性判断課

経験と文化による味覚・嗅覚の変化

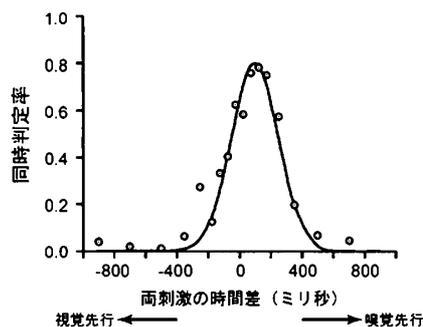
(a) 聴覚と視覚の組み合わせ



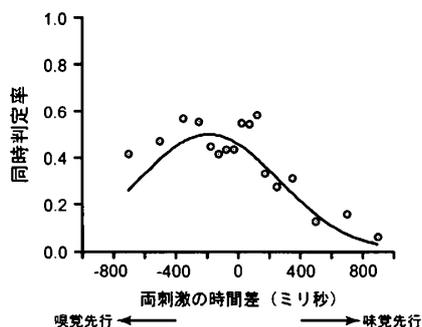
(b) 味覚と視覚の組み合わせ



(c) 嗅覚と視覚の組み合わせ



(d) 味覚と嗅覚の組み合わせ (±800 ミリ秒)



(e) 味覚と嗅覚の組み合わせ (±2000 ミリ秒)

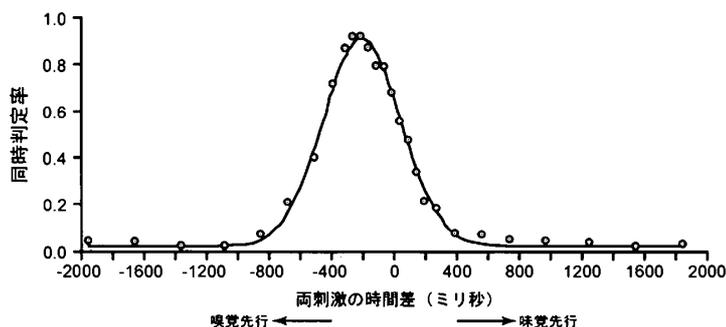


図1 同時判定率の分布

題では、時間差が小さい試行がなるべく続かないようにシーケンスを組んだ。味覚と嗅覚の組み合わせにおける二つの同時性判断課題を比較すると、±800ミリ秒の場合のように両刺激間の時間差が小さい試行が連続することにより、同時判定率は釣鐘型から押し潰された平坦な形状へと変化することが示唆された。日常の食事場面を思い返すと、食品を咀嚼するリズムに合わせて、味細胞に味覚刺激が、咽頭経由で嗅粘膜に嗅覚刺激が到達している。換言すれば、食事場面では、味覚刺激と嗅覚刺激が各受容器に到達するタイミングに大きなズレはないと考えられる。このような日常の経験が、小さい時間差で味覚刺激と嗅覚刺激が連続的に提示された場合における同時性判断の不正確さを誘引しているのかも知れない。また、味覚と嗅覚の組み合わせにおける同時性判断の不正確さは、味覚と嗅覚の一体感、延いては「味」の解明に対して時間特性という観点から寄与する可能性がある。

味覚・嗅覚の相互作用に及ぼす消費頻度の影響

食品の消費経験によって、消費者の嗜好性に変化

が生じることは多くの研究で報告されている。その一方で、感覚強度（どの程度強く感じるか）といった心理物理学的側面に対して消費経験が及ぼす影響に関する報告はほとんどない。そこで我々は、缶コーヒーを用い、燕下後5分間にわたって苦味と香りに対する連続強度評定を実施した。

連続強度評定は、一般的には公的な訓練を受けたパネルを対象に実施される。換言すれば、訓練を受けていない消費者が連続強度評定を行うことは困難であると考えられている。そこで我々は、評定する風味特性に対して注意を向けやすいような工夫を施すことにより、消費者が容易に連続強度評定を行うことができる評定システムを開発した¹⁴⁾。この評定システムは、主要装置と表示装置から構成されている。主要装置は、ロードセルとバネが納められた小箱である。バネの片側はロードセルに接続されており、もう片側にはヒモが結び付けられていた。ヒモは箱の外に導出されており、その先端には直径2cmのリングが取り付けられた。リングの可動域はストッパーによって10cmに制限されており、人差指でリングを引っ張ったり、バネの張力でリングが引き戻される現象を利用して、実験協力者は感覚強度

小早川 達

を評定した。リングの位置情報は張力としてバネを経由してロードセルに伝わり、電圧として出力された。出力された電圧は増幅され、パソコンに内蔵されたA/D変換ボードによって感覚強度に対応するデジタル値として1ミリ秒ごとに記録された。表示装置は、実験協力者に評定に関する教示を与えるため、かつ、感覚強度をリアルタイムで視覚フィードバックするために設置した液晶ディスプレイである。

消費経験が缶コーヒーの苦味や香りに対する感覚強度に及ぼす影響について検討するため、日常生活における缶コーヒーの消費頻度に基づいて、実験協力者を二群に分けた。缶コーヒーを週に1本以上摂取すると回答した実験協力者を高消費群、1本未満であると回答した実験協力者を低消費群に分類した。取得した感覚強度の時系列データに関しては、嚥下の2.5秒後から295.5秒後までの区間を5秒ごとの59の時間枠に分割し、各時間枠における感覚強度の平均を算出した。

高消費群と低消費群における苦味および香りに対する感覚強度の時間依存性を図2に示した¹⁵⁾。苦味に対する感覚強度に関しては、高消費群と低消費群の間で有意差が認められる時間枠は観察されなかった一方、香りに対する感覚強度については、低消費群に比べて高消費群の方が有意に高い値を示す時間枠が観察された。以上の結果から、缶コーヒーを高い頻度で摂取すると、缶コーヒーの香りを有意に強く感じるようになることが示唆された。食品を消費する機会が増えるほど、その食品の「味」に対する親近性は上昇する¹⁶⁾。消費経験という潜在学習によって食品に対する親近性が高まった結果、食品の香りを強く知覚するようになったのかも知れない。

高消費群と低消費群における苦味および香りに対する感覚強度の時間依存性を図3-(a)に示した¹⁷⁾。高消費群では苦味に比べて香りに対する感覚強度の方が有意に高い時間枠が存在した一方、低消費群では感覚強度が有意に異なる時間枠は観察されなかつ

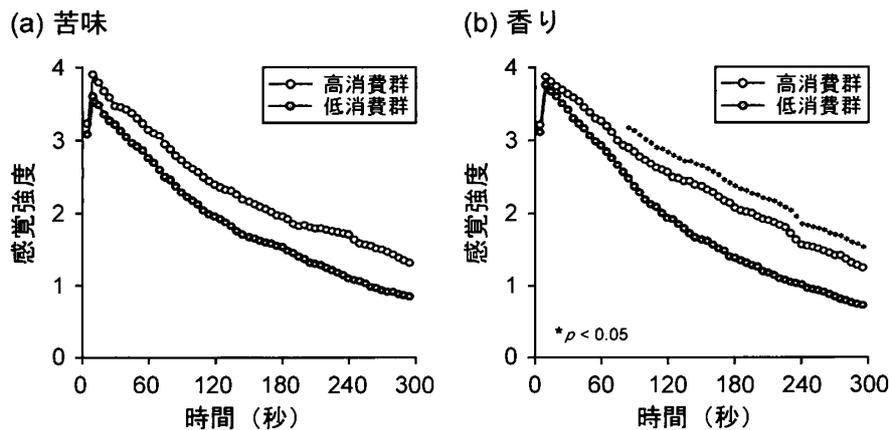


図2 苦味および香りに対する感覚強度の時間依存性の群間比較

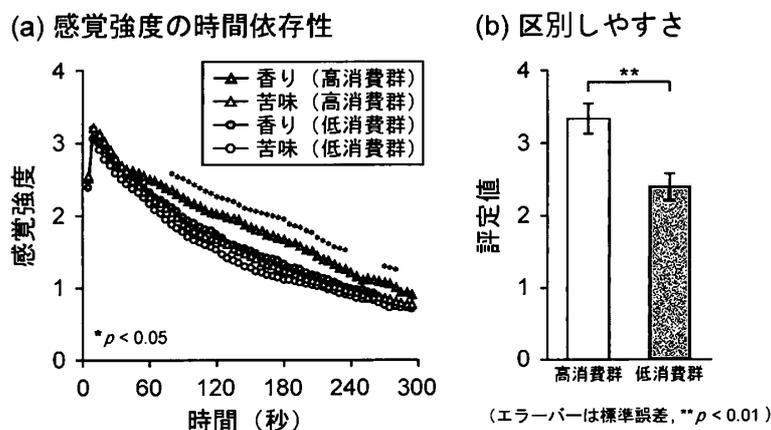


図3 苦味と香りに対する感覚強度の時間依存性と区別しやすさの群間比較

経験と文化による味覚・嗅覚の変化

た。換言すれば、高消費群は、缶コーヒーの苦味と香りを有意に異なる強度で知覚していたことが分かった。また、実験協力者に対し、苦味と香りの間の区別しやすさを評定してもらったところ、低消費群に比べて高消費群の方が有意に高い評定値を示した(図3-(b))。これらの結果から、缶コーヒーを高い頻度で摂取すると、缶コーヒーの苦味と香りを区別しやすくなることが示唆された。経験に伴って環境から情報を抽出する能力が向上することは知覚学習と呼ばれ、日常生活の中で継続的に生じる行動の変容と捉えられている^{18), 19)}。これを踏まえると、高消費群で示された結果は、日常生活における缶コーヒーの消費頻度という知覚学習の結果であると推察される。

以上のように、食品の消費経験によって、その食品を口にしたときに感じる「味」の強度が変化することが示唆された。食品メーカーは、どのような消費者を開発商品のターゲットに据えるかというコンセプトに合わせて、市場調査のパネルを選定することが肝要であろう。

味覚・嗅覚の相互作用に及ぼす食文化の影響

食品関連企業は、商品の開発段階において、訓練パネルによる「味」の官能評価を行っている。訓練

パネルによる「味」の官能評価の有用性は言わずもがなである一方、訓練パネルによる評価が必ずしも消費者による評価と一致するとは限らないという現象に関しても枚挙に暇がない。官能評価で頻繁に用いられる尺度のひとつに、味質に対する感覚強度の評定がある。しかしながら、日常の食事場面において、消費者が味質に対する感覚強度を意識しているとは考えづらい。むしろ、「甘い」や「しょっぱい」といった味質にどの程度容易に注意が向くかという尺度の方が、日常の食事場면을如実に表しているように思われる。そこで我々は、ある味質に対する気づきやすさを「感知しやすさ (noticeability)」と定義することとした。

Gotowら²⁰⁾は、羊羹を用いて、基本五味(甘味、塩味、酸味、苦味、うま味)に対する感知しやすさと感覚強度の評定を実施した。実験に参加した消費者は、香りを感知できないよう鼻をつまんだ状態(鼻腔閉鎖条件)と、通常の食事場面と同様に香りを感知できるよう鼻をあけた状態(鼻腔開放条件)で一口サイズの羊羹を十分に咀嚼してから飲み込んだ。飲み込んだ直後に、基本五味に対する感知しやすさと感覚強度を評定した。その結果、鼻腔閉鎖条件、鼻腔開放条件ともに、最も感知しやすく、最も高い強度を示した味質は甘味であり、次にうま味が続いた。各味質における感知しやすさと感覚強度の関係

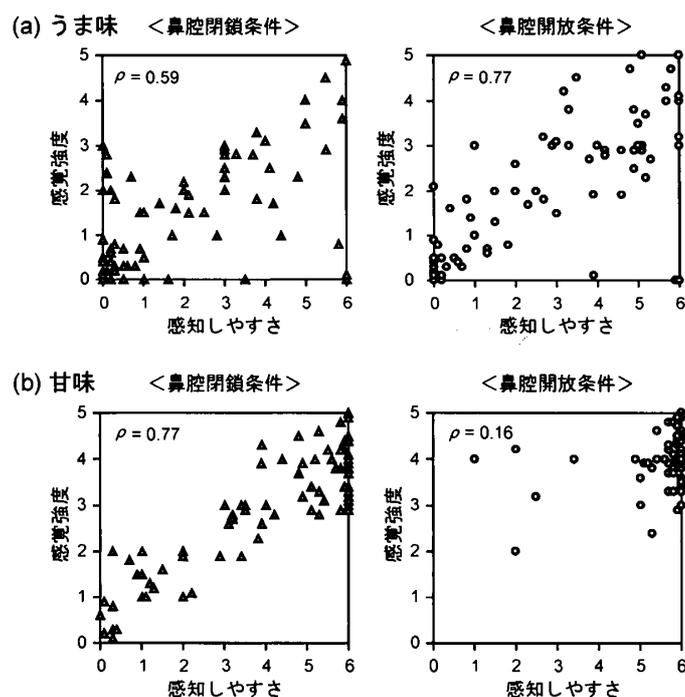


図4 日本人における羊羹のうま味と甘味に対する感知しやすさと感覚強度の関係

小早川 達

に及ぼす香りの影響について検討するため、散布図を作成した。うま味における感知しやすさと感覚強度の関係を図4(a)に示した。感知しやすさと感覚強度の評定値を用いて、鼻腔条件ごとにスピアマンの順位相関係数 (ρ) を算出したところ、鼻腔閉鎖条件の値は0.59、鼻腔開放条件の値は0.77であった。鼻腔条件間で相関係数の差の検定を行った結果、鼻腔閉鎖条件に比べ鼻腔開放条件の方が有意に高い相関を示した。うま味に関しては、羊羹の香りによって両尺度間の相関が有意に高くなった。一方、図4(b)に示した甘味における感知しやすさと感覚強度の関係では、うま味の場合と正反対の結果が観察された。甘味の鼻腔閉鎖条件では0.77、鼻腔開放条件では0.16という相関係数が得られた。鼻腔条件間で相関係数の差の検定を行った結果、鼻腔閉鎖条件に比べ鼻腔開放条件の方が有意に低い相関を示した。すなわち、羊羹の香りによって両尺度間の相関が有意に低くなったわけである。甘味の鼻腔開放条件における感知しやすさと感覚強度の関係をみると、感覚強度の評定値は中程度以上に広く分布している一方、感知しやすさに関しては、ほとんどの実験参加者が非常に高い値を示した。このような現象が、甘味の鼻腔開放条件における両尺度間の相関を低下させた原因であると推察される。我々は、甘味の鼻腔開放条件で観察された感知しやすさと感覚

強度の関係を「線形性の破れ (linearity breaking)」と呼んでいる。

以上の実験結果から、線形性の破れが生じるための必要条件のひとつとして、食品の香りを知覚できることが挙げられる。この他に、(1) 甘味であること、(2) 最も感知しやすい味質であること、(3) 最も強く感じる味質であること、(4) 馴染みのある食品であること、などが必要条件ではなかろうかと考えた。そこで、四番目に挙げた可能性について検討するため、食文化の異なる日本人とドイツ人を対象に、日本人にもドイツ人にも馴染みのある食品としてプレーンなマシュマロを、日本人には馴染みがあるがドイツ人には馴染みのない食品として羊羹を用い、基本五味に対する感知しやすさと感覚強度の評定を行った。評定は、鼻腔閉鎖条件と鼻腔開放条件で実施した。その結果、食品(マシュマロ、羊羹)、群(日本人、ドイツ人)、鼻腔条件(閉鎖、開放)に関わらず、基本五味の中で最も感知しやすく、最も強く感じた味質は、甘味であることが分かった。

群ごと、鼻腔条件ごとに、マシュマロの甘味に対する感知しやすさと感覚強度の関係を図5に示した。感知しやすさと感覚強度の評定値を用いて、スピアマンの順位相関係数を算出したところ、日本人の鼻腔閉鎖条件では0.83、鼻腔開放条件では0.63、ドイツ人の鼻腔閉鎖条件では0.78、鼻腔開放条件で

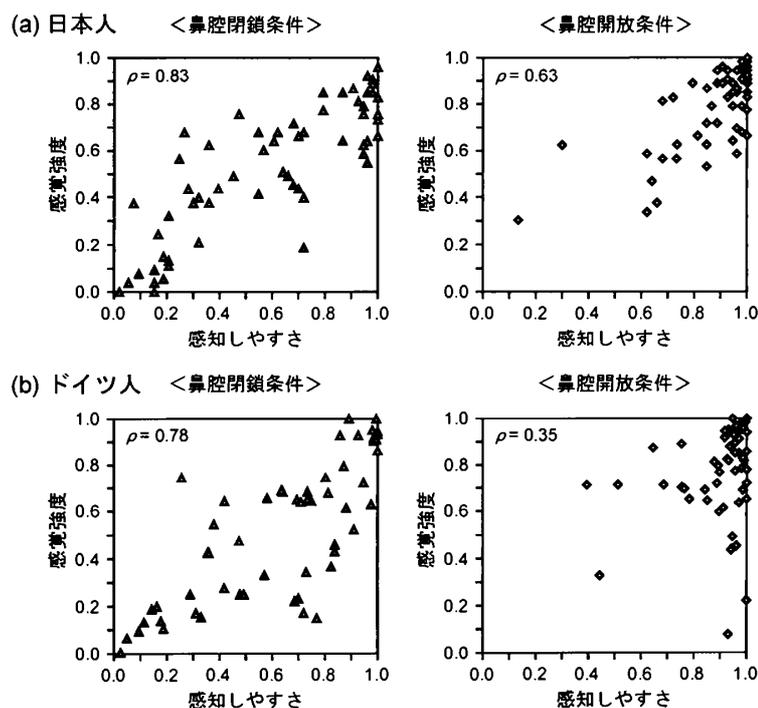


図5 日本人とドイツ人におけるマシュマロの甘味に対する感知しやすさと感覚強度の関係

経験と文化による味覚・嗅覚の変化

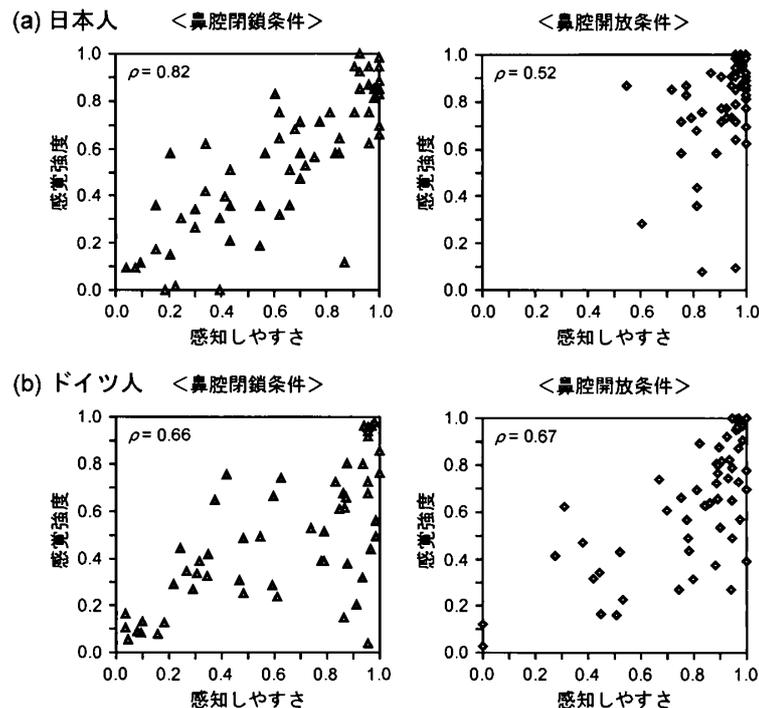


図6 日本人とドイツ人における羊羹の甘味に対する感知しやすさと感覚強度の関係

は0.35であった。群ごとに鼻腔条件間で相関係数の差の検定を行った結果、日本人、ドイツ人の両群において、鼻腔閉鎖条件に比べ鼻腔開放条件の方が有意に低い相関を示した。

また、群ごと、鼻腔条件ごとに、羊羹の甘味に対する感知しやすさと感覚強度の関係を図6に示した。感知しやすさと感覚強度の間の相関係数は、日本人の鼻腔閉鎖条件で0.82、鼻腔開放条件で0.52、ドイツ人の鼻腔閉鎖条件で0.66、鼻腔開放条件で0.67であった。群ごとに鼻腔条件間で相関係数の差の検定を行ったところ、日本人とドイツ人で異なった結果が認められた。すなわち、日本人では、鼻腔閉鎖条件に比べ鼻腔開放条件の方が有意に低い相関を示した一方、ドイツ人では、鼻腔条件間で相関係数に有意差がみられなかった。

以上の日本人とドイツ人の比較から、馴染みのある食品を摂取した場合に、香りを知覚できる鼻腔開放条件において感知しやすさと感覚強度の間に線形性の破れが観察されることが分かった。その一方で、馴染みのない食品を摂取した場合には、この現象が観察されることはなかった。換言すれば、馴染みの食品であれば、香りを頼りに、いとも容易く特定の味質（マシュマロや羊羹であれば甘味）に気づくことができるが、馴染みのない食品ではそうはい

かない。同じ食品を食べていても、食べ慣れている人と初めて食べる人とは「味」の感じ方が異なる可能性がある。初めは馴染みのない食品であっても、どれくらい食べ続ければ、馴染みのある食品で観察された現象が生じるようになるのかということもまた実に興味深い検討課題である。

おわりに

本稿では、我々が実施した3つの行動実験について紹介した。行動実験は、日常生活に近い環境で計測を行うことが可能であるという利点をもつ。ヒトの食物認知は、消費経験や文化、多感覚間の相互作用から影響を受ける。精度の高いデータを取得するためには、時として厳密な統制を必要とする。その一方で、できる限り自然な状態で消費者の食行動を観察することもまた常に心掛けたい。日々、食品を口に、「味」を感じている自分自身こそが最も身近な研究の道標である。

謝辞

マシュマロと羊羹を用いた日本人とドイツ人の比較文化研究は、公益財団法人サッポロ生物科学振興財団 第一回（平成24年度）研究助成を受けて実施された。また、各研究は、部分的にJSPS科研費

小早川 達

26245073 の助成を受けた。また、本稿で報告した研究にご協力頂いた国立研究開発法人 産業技術総合研究所の後藤なおみ氏に深謝致する。

文 献

- 1) Fujii M, Fukazawa K, Hashimoto Y, Takayasu S, Umemoto M, Negoro A and Sakagami M: Clinical study of flavor disturbance. *Acta Otolaryngologica* 553, 109-112 (2004)
- 2) 北野雅子, 小林正佳, 今西義宜, 坂井田寛, 間島雄一: 嗅覚障害に合併する味覚障害の検討. 日本耳鼻咽喉科学会會報 112, 110-115 (2009)
- 3) Fujisaki W and Nishida S: Audio-tactile superiority over visuo-tactile and audio-visual combinations in the temporal resolution of synchrony perception. *Experimental Brain Research* 198, 245-259 (2009)
- 4) Fujisaki W, Shimojo S, Kashino M and Nishida S: Recalibration of audiovisual simultaneity. *Nature neuroscience* 7, 773-778 (2004)
- 5) Zampini M, Guest S, Shore DI and Spence C: Audio-visual simultaneity judgments. *Perception and Psychophysics* 67, 531-544 (2005)
- 6) Takahashi K, Saiki J and Watanabe K: Realignment of temporal simultaneity between vision and touch. *Neuroreport* 19, 319-322 (2008)
- 7) Evans WJ, Kobal G, Lorig TS and Prah JD: Suggestions for collection and reporting of chemosensory(olfactory)event-related potentials. *Chemical Senses* 18, 751-756 (1993)
- 8) Kobal G: Pain-related electrical potentials of the human nasal mucosa elicited by chemical stimulation. *Pain* 22, 151-163 (1985)
- 9) Kobal G and Hummel C: Cerebral chemosensory evoked potentials elicited by chemical stimulation of the human olfactory and respiratory nasal mucosa. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 71, 241-250 (1988)
- 10) Toda H, Saito S, Yamada H and Kobayakawa T: High-speed gas sensor for chemosensory event-related potentials or magnetic fields. *Journal of Neuroscience Methods* 152, 91-96 (2006)
- 11) Kobayakawa T, Endo H, Ayabe-Kanamura S, Kumagai T, Yamaguchi Y, Kikuchi Y, Takeda T, Saito S and Ogawa H: The primary gustatory area in human cerebral cortex studied by magnetoencephalography. *Neuroscience Letters* 212, 155-158 (1996)
- 12) Kobayakawa T, Ogawa H, Kaneda H, Ayabe-Kanamura S, Endo H and Saito S: Spatio-temporal analysis of cortical activity evoked by gustatory stimulation in humans. *Chemical Senses* 24, 201-209 (1999)
- 13) Gotow N and Kobayakawa T: Construction of a measurement system for simultaneity judgment using odor and taste stimuli. *Journal of Neuroscience Methods* 221, 132-138 (2014)
- 14) 小早川達, 後藤なおみ: 消費者パネルによるコーヒー飲料の風味特性に対する連続強度評定. 日本味と匂学会誌 21, 167-178 (2014)
- 15) Gotow N, Moritani A, Hayakawa Y, Akutagawa A, Hashimoto H and Kobayakawa T: High consumption increases sensitivity to after-flavor of canned coffee beverages. *Food Quality and Preference* 44, 162-171 (2015)
- 16) Ayabe-Kanamura S, Schicker I, Laska M, Hudson R, Distel H, Kobayakawa T and Saito S: Differences in perception of everyday odors: A Japanese-German cross-cultural study. *Chemical Senses* 23, 31-38 (1998)
- 17) Gotow N, Moritani A, Hayakawa Y, Akutagawa A, Hashimoto H and Kobayakawa T: Development of a time-intensity evaluation system for consumers: Measuring bitterness and retronasal aroma of coffee beverages in 106 untrained panelists. *Journal of Food Science*, doi: 10.1111/1750-3841.12880.
- 18) Bende M and Nordin S: Perceptual learning in olfaction: Professional wine tasters versus controls. *Physiology and Behavior* 62, 1065-1070 (1997)
- 19) Hughson AL and Boakes RA: Passive perceptual learning in relation to wine: Short-term recognition and verbal description. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 62, 1-8 (2009)
- 20) Gotow N, Kobayashi T, Kobayakawa T: Retronasal aroma allows feature extraction from taste of a traditional Japanese confection. *Flavour* 2, 1-9 (2013)

<著者紹介>

小早川 達

- 1992年 東京大学工学部計数工学科 卒業
- 1994年 東京大学大学院修士課程工学研究科 修了
- 1994年 通商産業省 工業技術院 生命工学工業技術研究所 研究員
- 1999年 博士(工学)取得 (東京大学)
- 2006年 独立行政法人 産業技術総合研究所 主任研究員
- 2010年 独立行政法人 医薬品医療機器総合機構(転籍出向) 主任専門員
- 2011年 独立行政法人 産業技術総合研究所(復職) 主任研究員
- 2015年 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 主任研究員

