

食物の認知感情評価に関する行動・ 神経科学的研究¹⁾

坂井 信之²⁾・小早川 達³⁾

斉藤 幸子³⁾・今田 純雄⁴⁾

(受付 2001 年 5 月 9 日)

序

人間にはそれぞれ、好きな食物や嫌いな食物がある。食物に対する好みには、「蓼食う虫も好き好き」ということわざの示すとおり、大きな個人差が見られる。このような食物に対する好みの個人差は、どのようなメカニズムによって形成されるのだろうか。

まず、生得的な嗜好があげられる。Steiner (1974) は、誕生直後の新生児に種々の味覚刺激や嗅覚刺激を与え、そのときの新生児の反応を観察した。たとえば、新生児の口に甘味刺激を含ませると、その子は笑顔に似た表情を作り、刺激提示用のスポイトに吸いつく。反対に、酸味刺激や苦味刺激を含ませると、しかめっ面をし、それらの刺激を口から押し出そうとする。種々の味覚刺激に対するこのような反応は、ラットにおいても同様に見られ、生得的なものであると考えられている。甘い食物は生物にとってエネルギー源となる糖を含むものが多いので、それらの食物を積極的に摂取した方が生きていく上で都合がよい。反対に、食物は腐敗すると酸味

1) 本研究は広島修道大学総合研究所調査研究費「食物の認知感情評価に関する行動・神経科学的研究」(1999-2000年度)による研究成果の一部である。実験2の遂行において広島修道大学人文学部那須文香さん、花木僚子さん、日高由貴絵さんの協力を得た。ここに記して感謝します。

2) 科学技術振興事業団科学技術特別研究員

3) 産業技術総合研究所(旧生命工学工業技術研究所)

4) 広島修道大学人文学部

を示すようになるし、アルカロイド性の毒を含む食物は苦味を呈することが多いため、これらの味のする食物は避けた方がよい。

Bartoshuk の研究グループは、各人の味覚（特に甘味と苦味）に対する感受性の違いが食物嗜好の基礎をつくると考えている (Duffy and Bartoshuk, 1996)。PROP と呼ばれる化学物質 (6-n-propyl-thiouracil) を口にすると、多くの人は苦味を感じる。ところが、その苦味に対する閾値が高い人 (non taster) や、同じ濃度の水溶液に対して極端に強い苦味を感じる人 (super taster) がいる。PROP 味に対する個人差は、日本人にも同様に見られ、約 2 割の人が極端に閾値が高く、PROP 水溶液に対して苦味をそれほど感じないこと、反対に約 1 割の人は PROP 水溶液に対して極端に強い苦味を感じる事、などがわかった (坂井・今田, 1998b)。Bartosuk らは、調査に協力した人を PROP 味に対する感受性に基づいて分類し、PROP 味を強く感じる人は甘味も強く感じる事、PROP 味を強く感じる人はある種の野菜に対しても強い苦味を感じる事などを報告した (Duffy and Bartoshuk, 1996)。日本人を対象とした研究では、PROP 味に対する感受性の個人差については確認できたが (坂井・今田, 1999a)、その感受性と食物嗜好との間に有意な相関関係を見出すことはできなかった (坂井・今田, 1999b)。

一方、ニオイに対する生得的な嗜好については、現在のところ一貫した結果は得られていない。たとえば Steiner (1974) は新生児に様々な種類のニオイを嗅がせ、その顔面表情を観察した。新生児たちは、バナナ、バニラ、バターのニオイに対しては、摂乳動作を示しながら笑顔を見せ、えびや腐った卵のニオイに対しては、口をすぼめる嫌悪反応を示した。一方、Engen (1986) は 1～2 歳児のニオイ嗜好性 (ジメチルサルファイド⁵⁾、酪酸⁶⁾、アミルアセテート⁷⁾、ラベンダー) を調べたが、子供たちはそれらのニオイに対して一貫した嗜好 (あるいは嫌悪) を示さなかった。さらに、齊

5) 腐ったキャベツのようなニオイを呈する。大人は不快感を示す。

6) ツンとした酸敗臭を呈する。大人は不快感を示す。

7) バナナ様のニオイを呈する。大人は快と評価する。

坂井・小早川・斉藤・今田：食物の認知感情評価に関する行動・神経科学的研究

藤・綾部・小早川・藤本（1996）は幼児にバラ臭と口臭とを提示して、どちらの方を好むかを調べた。2歳児では、嗜好の差を示すものはほとんどいなかった。4歳児になると、ほぼ半数がどちらかに嗜好を示すようになったが、その嗜好は両方のニオイに対してほぼ同数であった。これらの結果は、ニオイに対する生得的な嗜好の存在を積極的に支持するものではない。ニオイの嗜好形成に関しては、個人の経験によるところが大きいと考えられる（Engen, 1982）。

専門学校生および大学生を対象として、食物への嗜好およびその嗜好理由を記載させるという研究が行われた（坂井・今田, 1998a；長谷川・坂井・今田, 2000）。その結果、大学生らは食物に対する好き嫌いの理由として、感覚要素を挙げることが多いこと、またその中でも特に味覚と嗅覚に言及することの多いことが判明した。特に、嫌いな食物に対しては、味覚よりも嗅覚に言及するものが多く見られた。我々は日常生活において、食物の呈する感覚情報を味覚として（すなわち「味」として）表現することが多い（Rozin, 1982；坂井・今田, 1998a）。すなわち、主観的には「味」であっても、味覚生理学的な観点からすると、味と匂いの複合刺激が嗜好（嫌悪）形成に関与している可能性が大きい。

食物に対する嗜好は、各人の幼い頃からの食経験に基づいて形成される。たとえば、なんらかの食物を摂取した後で嘔吐や吐き気など内臓不快感を感じると、その後その食物に対して、ヒトや動物は忌避を示すようになる（Schafe and Bernstein, 1996；坂井, 2000a）。反対に、摂取した後で不調だった体調が改善されたり、効果的に栄養補給を行うことができた食物に対しては嗜好を示すようになる（Capaldi, 1996；長谷川, 1996）。このような食物に対する好悪の形成は、食物の呈する感覚特性と摂取後の経験（内臓感覚）との連合学習によって形成される（坂井, 2000a）。

以上のことから、ヒトや動物は、食物の呈する感覚情報と、摂取時また摂取後の種々の情報とを連合学習し、脳内に食物イメージを形成すること、また次にその食物が提示された際には、その食物に対する食物イメージが

喚起され、その食物に対する認知感情評価が行われることが考えられる。本研究は、食物に対する認知イメージの形成とその脳機構を明らかにすることを目的におこなわれたものである。

本研究は、ヒトを対象とする認知神経科学的研究とラットを対象とする行動神経科学的研究に大別できる。ヒトを対象とする認知神経科学的研究では、すでに形成された食物イメージが、食物の呈する味あるいはニオイの知覚にどのような影響を与えるかという問題を取りあげる。また、ラットを対象とする行動神経科学的研究では、ラットに新奇な味とニオイを対提示することによって、新しい食物イメージを形成させ、その脳機構を解明することを目的とする。

実験1 ヒトにおける、嗅覚による味覚の増強効果⁸⁾

多くの人はバニラのニオイを嗅ぐと、「甘い」と表現する。「甘い」という形容詞は元来砂糖などの呈する味覚を指す言葉である。石原・坂井(1998)は、バニラ臭を提示し、「このニオイのする食物は、どのような味がすると思いますか」という質問をおこなった。その結果、バニラのニオイが甘い食物を連想させることを見いだした。ヒトは幼い頃から、バニラのニオイのする甘い食物を摂取することによって、バニラのニオイと甘味とを連合学習させてきたと考えられる。それゆえに、バニラのニオイを嗅ぐと、甘味という感覚イメージを連想すると考えられた(坂井, 2000b)。

実験1では、人工甘味料に対する甘味評定が、バニラのニオイを提示した場合と提示しなかった場合とで、どのように変化するかということを調べる。同じ濃度の甘味飲料であっても、バニラのニオイはそれを嗅いだヒトに甘味を想起させるから、バニラのニオイを提示された条件下で評定したときの方がより甘く感じられる、と予想される。

8) 本実験は、“Enhancement of sweetness of aspartame by vanilla odor presented either by the orthonasal route or by the retronasal route.”として *Perceptual and Motor Skills* 誌に掲載された。

実験には、20代から30代の健康な男女が参加した。実験参加者は、実験開始の2時間前から飲食および喫煙をしないように教示された。味覚刺激として、人工甘味料である α -L-アスパルチル-L-フェニルアラニンメチルエステル（アスパルテム，味の素株式会社）の0.2%溶液，嗅覚刺激としてバニラ臭を呈するバニリンの1.5M溶液を用いた。味覚刺激は，提示装置により，30秒ごとに舌の一部に提示された。嗅覚刺激は，酸素流量調節器（Flow Gentle，小池メディカル社製）により，鼻腔あるいは口腔に挿入されたチューブを介して提示された。

実験は3つの期間で構成された。第1期間は，実験参加者に味覚刺激装置による味覚刺激の提示，嗅覚刺激の提示，および味覚の強度評定を訓練する期間であった。最初に実験参加者に対して，味覚提示装置を用いて舌縁に提示されるアスパルテムの甘味を感じるかどうかを確認した。次に，30秒ごとのアスパルテム提示を繰り返し，アスパルテムを提示したときに甘味が感じられ，洗浄液である蒸留水が提示されたときには味が感じられなくなることを確認した。最後に，甘味を感じたときには，その強度を図1に示すような尺度を用いて評定する（ただし小数も使用可）訓練を数試行おこなった。第2期間と第3期間は実験の主要な部分であり，実験参加者の半数は第2期間にニオイの口腔内提示を受け，第3期間にニオイの鼻腔内提示を受けた。残りの実験参加者は，第2期間に鼻腔内提示，第3期間に口腔内提示を受けた。ニオイの口腔内提示では，全40試行のうち半分の20試行で，味覚刺激の提示と同期して，ニオイ刺激を口腔内に挿入されたチューブを用いて提示した。残りの20試行ではニオイ刺激は提示されなかった。ニオイ提示有試行とニオイ提示無試行はランダムに繰り返された。ニオイの鼻腔内提示では，ニオイ刺激が鼻腔内に挿入されたチューブを用いて鼻腔内に直接提示された以外は，口腔内提示と同じであった。

鼻腔内提示条件の場合，味覚刺激が単独で提示された時の強度評定値は 2.59 ± 0.19 であったが，嗅覚刺激を伴う場合は 3.41 ± 0.14 となり，この差は

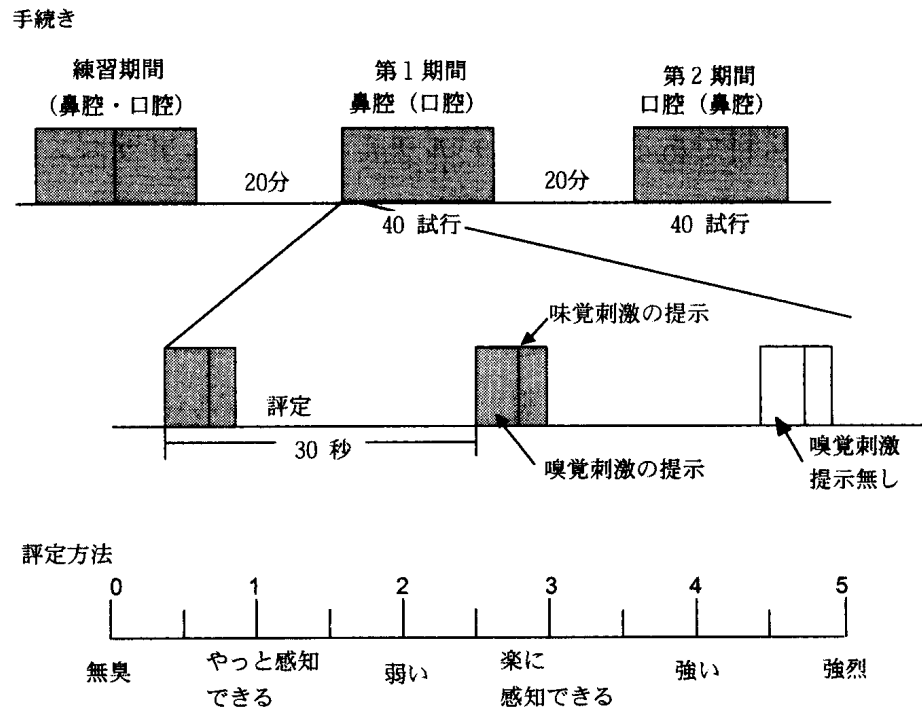


図 1 実験 1 の手続きと評価方法 (詳細は本文を参照)。

有意であった ($t=4.93$, $p<0.001$) (図 2 左)。また、味覚刺激単独提示時の味覚強度評価を100としたとき、嗅覚を伴って提示された味覚刺激に対する強度評価は、 147 ± 13.6 (平均 \pm 標準誤差)であった。口腔内提示条件の場合にも、同じような有意な甘味知覚増強効果が見られた (図 2 中)。すなわち、味覚刺激が単独で提示された時の強度評価値は 2.48 ± 0.20 であったが、嗅覚刺激を伴う場合は 3.18 ± 0.14 となった ($t=4.18$, $p<0.001$)。また、増強率は、 167 ± 38.6 (平均 \pm 標準誤差)となり、これは口腔内提示条件と有意な差を示さなかった ($t=0.48$, $p>0.1$) (図 2 右)。つまり、本実験の手続きを用いると、ニオイを提示した経路に関係なく、甘味強度知覚が増強されることが明らかとなった。

本研究より、ニオイの提示中に提示されたアスパルテームの甘味は、ニオイを提示しなかった場合の甘味評価値に比べて、より強く評価されることがわかった。この結果は、多くの先行研究の結果と一致する (Frank, van der Klaauw & Schifferstein, 1993; 國枝, 1993, 1994)。さらに、甘味の増強作用は、ニオイを口腔内に提示したときも、ニオイを鼻腔内に提示したと

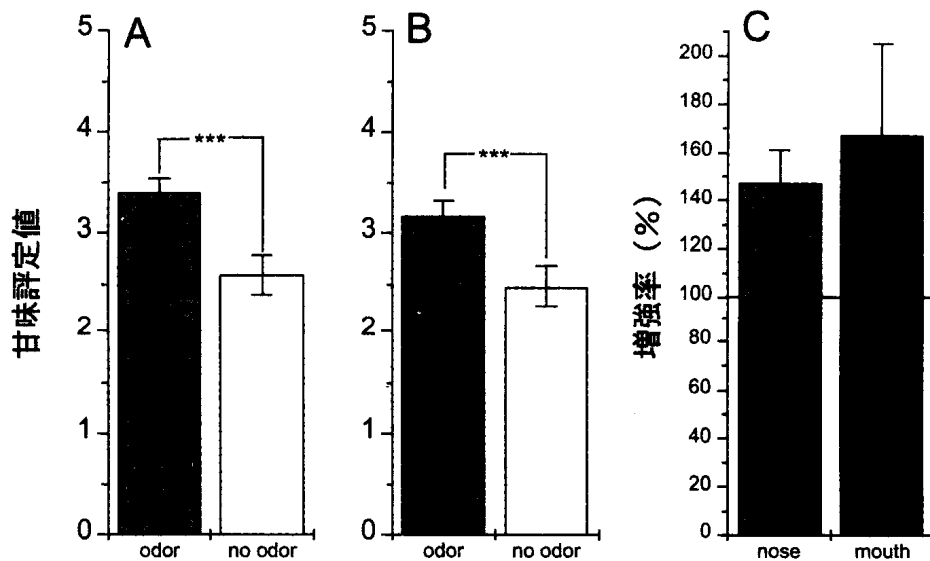


図2 実験1の結果。バニラのニオイを鼻腔に提示したとき (A) も、口腔に提示したとき (B) も同じように甘味増強が見られる。Cは、ニオイ提示無条件の甘味強度評定値を100としたときの増強率を示している。***: $p < .001$

きも同じように見られた。ニオイを口腔内に提示したときに見られる甘味増強は、バニリンが味細胞を直接刺激した影響を否定できないが、鼻腔内にニオイを提示したときには、バニリンが味細胞を刺激したとは考えがたい。従来の研究では、提示される味覚溶液にニオイ物質を溶かし込んだものであったため、ニオイ物質が味細胞を刺激した可能性も否定できなかった。しかしながら、本研究で、鼻腔内にニオイを直接提示したときにも同じような甘味増強効果が見られたことから、この味覚増強効果は、味細胞のレベルで起こっているのではなく、中枢で起こっていると考えることができる。

先行研究において、味覚と嗅覚が質的に類似する場合に限り、味覚増強効果が見られることが見いだされている。例えば、坂井・石原 (1998) は、シヨ糖溶液にミルク香料、ミント香料、レモン香料のいずれかを添加した場合に知覚される甘味の強度を、ニオイを添加されていないシヨ糖溶液の甘味強度と比較した。その結果、ミルク香料とレモン香料を添加した場合に甘味増強効果が見られた。さらに、味覚刺激にクエン酸溶液を用いた場合には、レモン香料を添加した時にのみ酸味増強が見られた。この研究で

は、実験参加者に対してニオイに対する印象を質問紙法により調査し、ミルク香料に対しては「甘い」、レモン香料に対しては「甘い」あるいは「酸っぱい」という印象を感じたことを明らかにしている。このことから、「甘い」という印象を喚起したミルク香料やレモン香料はショ糖溶液の甘味を増強させ、「酸っぱい」という印象を喚起したレモン香料はクエン酸溶液の酸味を増強させたといえる。つまり、ニオイにより喚起された感覚イメージと味覚の質とが一致したときに、増強が起こると考えられる。本研究では、すでに一般的に「甘い」と形容されるバニリン（バニラ臭）をニオイ刺激として用いたために、甘味増強が起こったと考えることができる。

我々人間は生後これまでの食経験を通じて、様々な味覚、嗅覚体験を持っており、人を対象とした研究では、すでに様々な感覚イメージが形成されていることを前提としなければならない。そこで、味覚と嗅覚の連合学習がどのように形成されているのかということを調べるために、生後の食経験を実験的に統制できるラットを用いて、次の実験を行った。

実験2 ラットにおける風味知覚形成⁹⁾

動物は食物の持つ感覚特性と、その食物を摂取した後の身体への影響とを容易に学習することができる。例えば、動物はある食物を摂取した後で吐き気や嘔吐など内臓不快感を感じると、その食物の持つ感覚特性を記憶し、以後そのような感覚特性をもつ食物を提示されてもそれを摂取しない。この現象は味覚嫌悪学習と呼ばれている（坂井，2000a）。このとき、動物が、実際に口の中に入れなければ感じることでできない味覚のみを手がかりとして利用しているのであれば、その食物が猛毒を含んでいると、その食物を一口齧るだけで生存があやしくなる。そのため、食物を摂取しなくとも感じることでできる嗅覚を手がかりとして学習した方が都合がよい。

9) 本実験は、「ラットにおける風味知覚形成に関する行動学的研究」という演題で第34回日本味と匂学会（2000年）において発表した。発表論文は、日本味と匂学会誌，第7巻，第3号485－488ページに掲載された。

Sakai and Yamamoto (2001) は、あるニオイが付けられたサッカリン溶液と別のニオイが付けられたキニーネ溶液をラットに対提示し、ニオイと味の関係を連合学習させた。数回（2 から 5 回）の対提示を行うだけで、ラットは容易にニオイと味の関係を学習し、サッカリンと対提示されたニオイのする水とキニーネと対提示されたニオイのする水を選択させると、ラットはサッカリンと対提示されたニオイのする水を選好することがわかった。扁桃体や帯状回、眼窩前頭皮質など情動学習に関係すると考えられている脳部位を破壊された動物は、この学習を正常に獲得することができなかったことから、この学習は味覚と嗅覚の間に生じた連合学習というよりは、味覚により喚起された情動と嗅覚との連合学習であると考えられた。

さらに、同じ実験手続きを用いて、キニーネと対提示されたニオイのする水とニオイのしない蒸留水との間で選択を行わせると、ラットはキニーネと対提示されたニオイのする水の摂取を避けた。つまり苦味と連合されたニオイに対する忌避を示した。ところが、サッカリンと対提示されたニオイのする水と蒸留水との間で選択させても、両方とも同じ程度の摂取を見せること、すなわち甘味と対提示されたニオイのする水に対する嗜好は示さないことがわかった（坂井・今田、未発表）。

しかしながら、実験 1 の結果から示唆されたのは、「味覚と嗅覚の質における連合」であり、これらの研究により示された「味覚により喚起された情動と嗅覚の連合学習」とは方向性が異なっている。そこで、ラットにおいて、味覚と嗅覚の質を連合学習させる実験パラダイムを確立する必要がある。

我々が注目したのは、食塩欠乏状態におかれたラットは、普段なら忌避するほどの高濃度の食塩水を摂取するという現象、すなわち食塩渴望であった。健常な動物に、あるニオイと高濃度食塩水の対提示を前もって行っておき、その動物を食塩欠乏状態におく。もしラットが、ニオイと塩味という味質を連合することができるのであれば、食塩欠乏状態におかれたラットは、食塩と対提示されたニオイのする水を、たとえその水に食塩が含ま

れていなくとも、選好すると考えられる。

本実験では、実験開始時の体重が 250 g 前後のウィスター系雄性ラット 25 匹を被験体として用いた。ラットは、気温 25℃、湿度 60% に維持された動物飼育室内に設置された個別ケージで飼育された。水の摂取は実験装置内でのみ許されたが、餌の摂取は以下に記載されている場合を除いて自由に行うことができた。なお、食塩欠乏は前もって一度経験しておいたほうが、次に食塩欠乏状態になったときに、より多くの食塩水を摂取するようになることが知られている (志村, 1995)。そこで本研究では、本実験に移る前に前もってすべての動物に対して食塩欠乏を経験させた。

本実験は以下に示すように 5 つの手続きから構成された。①摂水トレーニング：装置内で 5 分以内に 8 ml の水を摂取できるようにトレーニングを行った。ラットは飼育ケージ内で絶水操作を受け、実験装置内でのみ摂水を許可された。一日 2 回のトレーニングを一週間から 10 日行うことによって、すべての動物が時間内に規定量の水を摂取することができるようになった。②連合学習：摂水トレーニング終了後、ラットにニオイと食塩水の対提示を行った。嗅覚刺激はコーヒー香料とグレープ香料（いずれも高砂香料のご厚意による）の 2 種類を、また味覚刺激は 0.3 M 食塩水と蒸留水の 2 種類を用いた。味覚刺激と嗅覚刺激の組み合わせはカウンターバランスを行なった。すなわち半数のラットはコーヒー＋食塩水、グレープ＋蒸留水の対提示を、残りの半数はグレープ＋食塩水、コーヒー＋蒸留水の対提示を受けた。この対提示は 5 回（2 日半）行った。③食塩欠乏処置：5 回目の対提示が終わった後、半数のラット（フロセミド群）にフロセミド（利尿降圧剤）7.5 mg を腹腔内に注射することにより、ラットを食塩欠乏状態においた。なお、フロセミドの注射は 2 時間の間隔をおいて再度（計 2 回）行った。残りのラット（生理食塩水群）にはフロセミドの代わりに生理食塩水を注射した。2 回目の注射から 2 時間後、実験装置内で蒸留水を与え、その後通常の餌の代わりに無塩のコンデンスミルクを与えた。④テスト 1：食塩欠乏処置の翌日の朝、ラットにコーヒー香料を混ぜた蒸留水とグレー

香料を混ぜた蒸留水を提示し、自由に選択させた。⑤テスト2：食塩欠乏処置の翌日の夕方、ラットに0.3 M 食塩水と蒸留水を提示し、自由に選択させた。

フロセミドを注射すると、体液バランスが一時的に崩壊するため、水の摂取量が激増する。そのため、フロセミド群と生理食塩水群の液体の摂取量が異なる。以上のことより、データの解析には、全体の摂取量のうち食塩水と連合されたニオイのする水（あるいは食塩水）を摂取した割合（%）、すなわち嗜好率を用いることとした。

連合学習における嗜好率の結果を図3に示す。健康な状態での香料が添加された0.3M 食塩水に対する嗜好率に群間差は見られなかった ($F(1, 114) = 1.33$, $p > .10$, 図3)。

食塩欠乏状態におかれたテスト時には、フロセミド群と生理食塩水群との間に有意な差がみられた。テスト1における嗜好率では、フロセミド群の嗜好率が生理食塩水群のそれより有意に大きかった ($t(23) = 2.17$,

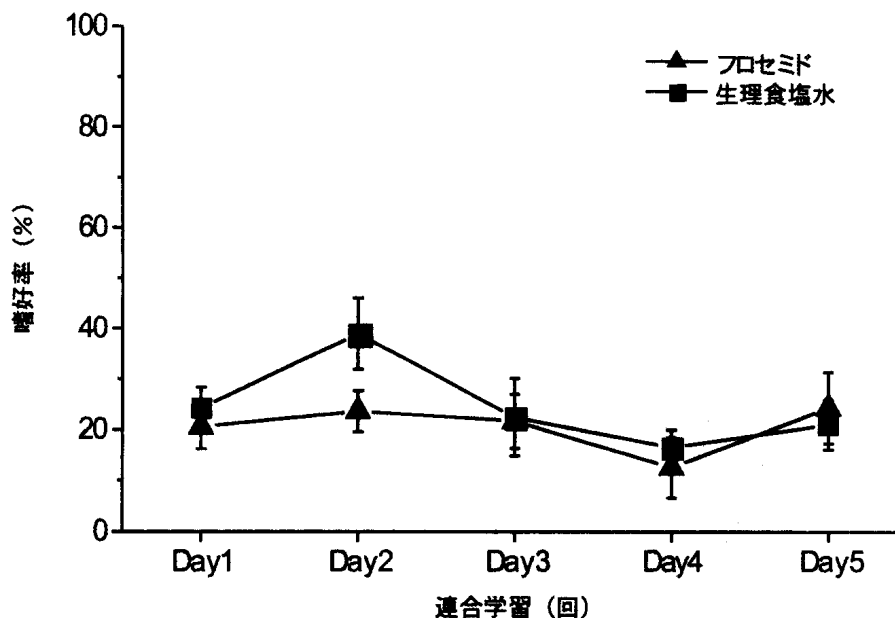


図3 連合学習時におけるニオイづけられた食塩水に対する嗜好率。嗜好率は、全摂取量に対するニオイづけられた食塩水摂取量の割合を百分率で示した。このことから、健康なラットはニオイづけられた食塩水をあまり摂取しないことがわかる。

$p < .05$, 図 4A)。さらに, テスト 2 における 0.3M 食塩水に対する嗜好率も, フロセミド群の嗜好率は生理食塩水群のそれより有意に大きかった ($t(23) = 13.63$, $p < .001$, 図 4B)。

本実験から, ラットは食塩水と香料の対提示を先行経験することにより, 香料の呈するニオイを食塩の味の手がかりとして利用できることがわかった。すなわち食塩欠乏状態におかれたラットは, 先行経験したニオイと食塩水との対提示の結果 (すなわち味と匂いの連合) に基づき, そのニオイのする溶液を摂取した。言い換えれば, フロセミド群のラットは食塩水の味質 (塩味) とニオイの質 (コーヒーあるいはグレープ) とを連合し, その記憶を食塩欠乏状態下の食塩摂取行動に利用したと考えられる。一方で, 食塩欠乏状態におかれなかった生理食塩水群のラットは食塩水と連合されたニオイのする水を忌避する傾向にあった (図 4A)。一般に健康なラットは 0.3 M 食塩水を忌避する傾向にあることから, これらのラットは, 食塩水

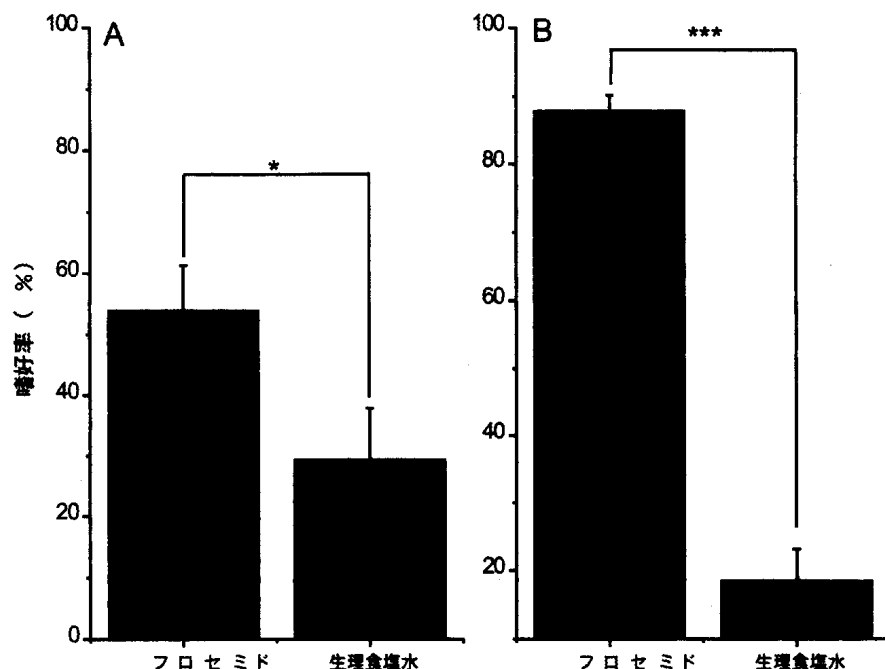


図 4 テスト時における嗜好率。A : 前もって食塩水と連合されたニオイのする水に対する嗜好率。B : 0.3M 食塩水に対する嗜好率。いずれの場合も, フロセミドを注射され, 食塩欠乏状態にあるラットの嗜好率は高い。* : $p < .05$, *** : $p < .001$

坂井・小早川・斉藤・今田：食物の認知感情評価に関する行動・神経科学的研究から喚起される情動性情報（不快）とニオイとを連合し、そのニオイに対して忌避行動を示したと考えられる。以上のことより、ラットは、嗅覚と味覚の質的情報間の連合学習と情動性情報間の連合学習の両方を行っており、溶液選択時には、自分の置かれた状況によって、どちらの情報を利用するかということを可塑的に変化させていることが考えられる。

本研究ならびに Sakai and Yamamoto (2001) から、ラットは味覚と嗅覚を連合学習し、さらに、それぞれの感覚の質的情報と情動性情報とを独立に連合学習しうることが示唆された。今後、この学習を支えている脳神経機構を明らかにすることによって、ヒトにおける風味知覚あるいは食物の心的イメージの形成機構に関する理解を進める手助けになることが期待される。

総 合 論 議

本研究では、ヒトや動物がどのようにして食物を認知し、選択しているかということに関する認知・行動神経科学的研究を行った。実験1では、一般に「甘い」と表現されるバニラのニオイを添加すると、人工甘味料溶液の甘さがより強く感じられることを確認した。また、ニオイ刺激を鼻腔内に直接与えたとき、すなわち口腔内に入らないようにしたときにも、このような味覚増強効果が見られたことから、バニラのニオイが口腔内の味蕾を刺激して増強効果が起こるというわけではないことが明らかとなった。このことから、バニラのニオイによる味覚増強効果は、脳内で起こっている可能性が示唆される。つまり、これまでの生後経験により形成された「バニラ臭＝甘い」という認知イメージが、甘味の知覚に影響をおよぼしたと考えられる。この研究方法を用いれば、バニラ臭を鼻腔内に直接提示することによって、アスパルテームに対する脳応答が、どのレベルで、またどのような形で増大するか否かを認知神経科学的に確認することが可能になる。

実験2では、ラットに、高濃度食塩水と特定のニオイを対提示しておく

と、その後、そのラットが食塩欠乏状態に置かれたときに、そのニオイのする水を選好するようになることがわかった。このことは、ラットが、味覚の質的情報と嗅覚とを連合学習することができ、その連合学習に基づいた食物イメージを利用して、食物選択を行なっていることを示唆している。実験 1 に示したように、ヒトにおける嗅覚と味覚の連合学習も同じメカニズム、すなわち自己のこれまでの食経験に基づいて「バニラ臭＝甘い」という食物イメージが形成されたと考えることができる。さらに、大脳皮質味覚野を破壊されたラットは、食塩欠乏状態におかれても、以前高濃度食塩水と対提示されたニオイのする水に対して選好を示さない (坂井・今田, 準備中)。これらのラットも、通常の動物と同じように、食塩欠乏状態に置かれると、高濃度食塩水に対して強い選好を示すことから、大脳皮質味覚野を破壊しても食塩欲求行動自体に影響はないと考えられる。すなわち、大脳皮質味覚野を破壊すると、味覚の質と嗅覚との連合学習が障害を受けることが示唆される。

実験 1 と実験 2 の結果をあわせて考えると、ヒトや動物はそれぞれの食経験を通じて食物イメージを形成し、食物の感覚情報の入力があったときに、その食物イメージが活性化される。活性化された食物イメージは、食物の認知、選択に影響を及ぼす。また、食物イメージの活性化には、大脳皮質味覚野が関与している可能性が考えられる。

本研究の結果から、ヒトや動物は、食物の呈する感覚情報に基づいた食物イメージを自己の経験を通じて形成し、その食物イメージに基づいて食物に対する情動反応を喚起し、何を食べるか何を食べないかという食物選択を行っていることが示唆された。人の食物に対する価値判断においては、ここで述べた感覚性要因や経験の要因に加えて、食物の提示される文脈 (Sakai, Kataoka and Imada, submitted) や食物に関する社会・文化的態度あるいは信念 (Rozin, Fischler, Imada, Sarubin and Wrzesniewski, 1999) などに関わっている。今後、本研究で行った実験手続きを発展・改良し、これらのより高次の認知判断に関する認知・神経科学的研究が行われていく

坂井・小早川・斉藤・今田：食物の認知感情評価に関する行動・神経科学的研究
べきであろう。

文 献

- Capaldi, E. D. 1996 Conditioned food preferences. In E. D. Capaldi (Ed.), *Why we eat what we eat*, Washington DC: American Psychological Association. pp. 53–82.
- Duffy, V. B and Bartoshuk, L. M. 1996 Sensory factors in feeding. In E. D. Capaldi (Ed.) *Why we eat what we eat*, Washington DC: American Psychological Association. pp. 145–172.
- Engen, T. 1986 Children's sense of smell. In H. L. Meiselman & R. S. Rivlin (Eds), *Clinical measurement of taste and smell*, New York: Macmillan Publishing. pp. 316–325.
- Frank, R. A., van der Klaauw, N. J. and Schifferstein, H. J. 1993 Both perceptual and conceptual factors influence taste-odor and taste-taste interactions. *Perception and Psychophysics*, 54, 343–354.
- 長谷川芳典 1996 食物の好みと嫌悪の形成. たべる—食行動の心理学 (中島義明・今田純雄編) 朝倉書店, pp. 166–185.
- 長谷川智子・今田純雄・坂井信之 2000 食物好悪の理由についての発達の検討 (2)—幼児と大学生における好悪の理由の比較—, 日本心理学会第64回大会
- 石原裕子・坂井信之 1998 食品に対するイメージについての研究—味, 匂を中心に—. 日本味と匂学会誌 5, 407–410.
- 國枝里美 1993 フレーバーが味覚強度に及ぼす影響—甘味に関する一考察—, 第23回日科技連官能検査シンポジウム発表論文集, 185–191.
- 國枝里美 1994 フレーバーと呈味の相互作用, 第24回日科技連官能検査シンポジウム発表論文集, 215–222.
- Rozin, P. 1982 “Taste-smell confusions” and the duality of the olfactory sense. *Perception and Psychophysics*, 31, 397–401.
- Rozin, P., Fischler, C., Imada, S., Sarubin, A. and Wrzesniewski, A. 1999 Attitudes to food and the role of food in life in the U. S. A., Japan, Flemish Belgium and France: Possible implications for the diet-health debate. *Appetite*, 33, 163–180.
- 斉藤幸子・綾部早穂・小早川達・藤本雅子 1996 ニオイの快不快の形成：幼児におけるニオイの快不快と弁別. 日本味と匂学会誌 3, 656–658.
- 坂井信之 2000a 味覚嫌悪学習とその脳メカニズム, 動物心理学研究, 50, 151–160.
- 坂井信之 2000b 嗅覚に対するイメージの形成とその脳メカニズム, 人間科学研究, 2, 15–27.
- 坂井信之・今田純雄 1998a 食行動における嗅覚の役割, 広島修大論集, 39, 41–66.

- 坂井信之・今田純雄 1998b 日本人大学生における PROP 味知覚, 日本味と匂学会誌, 5(3), 415-418.
- 坂井信之・今田純雄 1999a PROP 味知覚と 4 基本味強度知覚との関連性, 日本味と匂学会誌, 6, 677-680.
- 坂井信之・今田純雄 1999b 食物新奇性恐怖と味覚感受性の関連性, 日本心理学会第63回大会
- 坂井信之・石原裕子 1998 味と匂いの調和が味覚感受性に及ぼす影響. 第28回日科技連官能検査シンポジウム発表論文集, 117-122.
- Sakai, N., Kataoka, F. and Imada, S. The contrast effect in evaluating the palatability of drinks. *Perceptual and Motor Skills* (submitted).
- Sakai, N., Kobayakawa, T., Gotow, N., Imada, S. and Saito, S. 2001 Enhancement of sweetness of aspartame by vanilla odor presented either by the orthonasal route or by the retronasal route. *Perceptual and Motor Skills*, in press.
- Sakai N and Yamamoto T 2001 Effects on excitotoxic brain lesions on taste-mediated odor learning in the rat. *Neurobiology of Learning and Memory*, 75, 128-139.
- Schafe, G. E. and Bernstein, I. L. 1996 Taste Aversion Learning In E. D. Capaldi (Ed.), *Why we eat what we eat*, Washington DC: American Psychological Association. pp. 31-52.
- 志村 剛 1995 食塩摂取行動の発現機構. 大阪大学人間科学部紀要 21, 175-197.
- Steiner, J. E. 1974 Innate, discriminative human facial expressions to taste and smell stimulation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 237, 229-233.

Summary

The Behavioral and Cognitive Science of the Mechanism concerning Perception and Evaluation for the Foods

Nobuyuki Sakai¹, Tatsu Kobayakawa², Sachiko Saito² and Sumio Imada³

¹Domestic Research Fellow of the Japan Science and Technology Corporation

²Human Perception and Cognition Group, Neuroscience Research Institute, AIST

³Hiroshima Shudo University

In this study, two experiments were executed to reveal the brain mechanisms underlying the perception and evaluation for odor and taste of the foods. According to the psychophysical studies about perception of odor and taste of the foods, humans evaluate the foods based on sensory images of foods that have been developed through their daily lives. The first experiment presents an example of the effect of the sensory image on the perception of the sweetness in humans. In this experiment, the participants reported enhancement of sweetness ratings for aspartame when the taste stimuli were presented with a vanilla odor. Because there was little possibility that the vanilla odor stimulated the taste receptors, we could show that the “odor-induced taste enhancement” is elicited by the odor perception. Thus, it is suggested that the sensory image for the vanilla odor affects the perception of the sweetness. The second experiment aimed to reveal the developing mechanisms of this kind of sensory image in rats. First, the rats were presented the pairings of the odor and the 0.3 M NaCl solution. Then, the rats were received the furocemide to develop the sodium deficiency. The rats under sodium appetite ingested the water flavored with the odor that had been paired

with NaCl. On the other hand, the rats under natural sodium balance avoided ingesting the water flavored with the odor that had been paired with NaCl. Thus, we concluded that the rats could develop the sensory image for the foods based on the association between the taste and the odor. The similar mechanism may occur also in humans.