

食品の味わいと味覚・嗅覚

Relation between Food Flavour and Gustation and Olfaction

小早川 達*[§] 後藤なおみ*

Tatsu Kobayakawa

Naomi Gotow

味覚・嗅覚などの化学受容感覚は日常の「食する」という行動と直接結びついており¹⁾、それらの感覚が生活に対してもたらす豊かさや潤いは生活の質の維持に大きな影響を及ぼす。また日常生活の中の「食」という行為は、日々連綿と続けられ、文化として根付いていく。例えば日本においては中国や南蛮からの影響を受けつつ独自の発展を遂げてきた和食・和菓子の文化がある。古くは安土桃山時代から朝廷御用達を務め、千年以上の歴史をもつ老舗和菓子店の店主は「和菓子は五感の芸術である」と著書に記している²⁾。このように食行動には味覚だけでなく様々な感覚が関わっているという認識が学術分野以外においても認識されている点は興味深い。しかしながら五感の中でも味覚と嗅覚が食における「味」の認識に大きな役割を果たしていることは間違いないだろう。一般に、食物や食行動について話題にする場合、「味」という表現が頻繁に用いられるが、この「味」とは純粋な「味覚」と等価ではない。しかしながら実際の食行動において、味覚以外の感覚モダリティの関与を意識する機会が多いとは言えず、「味」に対する違和感は「味覚」の異常に結び付けられやすい。実際に味覚の低下を訴えて来院した患者を対象とした調査では、味覚の低下を訴える患者の多くは、味覚機能ではなく嗅覚機能が低下していたと報告¹⁾されている。このような嗅覚情報と味覚情報の取り違いについては、健常者を対象としたモモヤナシなどの香気成分に含まれる酪酸エチルを用いた実験においても報告されている。例えば酪酸エチルは味覚を生じさせないにも関わらず、実験協力者は明らかに味を感じると評定した。しかし鼻をつまんだ状態で酪酸エチルを味わうと、「味」の最大80%が消失した³⁾。また店頭に並ぶ食品の多くには食品安全基本法によって認可された香料が添加されている。例えば、オレンジ味と記載されている無果汁の飲料の場合、香料、ショ糖もしくは人工甘味料、クエン酸などを添加することでオレンジの風味を再現している。口腔経由で香料が摂取される場合、香料は「フレーバー」と呼ばれ、オレンジ味という表記に示されるように「味」を構成する大きな要素のひとつであると考えられる。

フレーバーと味覚の相互作用を扱った研究に関しては、味覚刺激の感覚強度に及ぼすフレーバーの増強効果や抑制効果について数多くの報告がある。バニラの香りによるアスパルテームの甘さ強度の上昇⁴⁾、レモンの香りによるクエン酸の酸味の増強とバニラの香りによる酸味の抑制⁵⁾、サッカリンを口に含んだ場合のベンゾアルデヒドの検知閾値の低下⁶⁾などの報告がされている。その他にも嗅覚刺激の提示部位（鼻腔提示あるいは口腔提示）の判断⁷⁾、嚥下の生起頻度や生起までの所要時間の計測⁸⁾、甘いという知覚的特徴の共有を利用した記憶課題⁹⁾、幼児から成人までを対象とした発達心理学的研究¹⁰⁾、高齢者と青壮年の比較など¹¹⁻¹⁴⁾、様々な角度から両者の関係の解明が試みられている。

食品開発企業では一般的に上記の味覚と嗅覚が混然一体となったものを「味」とし、その味を専門の官能評価パネルが多様な角度から評定を行っている。しかしながらしばしば官能評価パネルが出した結論と一般消費者の評定の間の乖離が問題になる。普段の食事場面においては企業内での官能評価とは異なり、全神経を食品に向けるということはない。むしろ談笑しながら、もしくはテレビを見るなどの「ながら」で食事をとることが大半であろう。その中で我々が感じている「味」とはなんだろう、という視点に立ち、新たに「感知しやすさ（味のわかりやすさ）：Noticeability」という評定項目から味覚と嗅覚の関係性を捉えた実験を行った¹⁵⁾。「ながら」の状態でも他の事にも注意が向いている状況下でも“わかりやすい”味質は意識にのぼりやすいのではないかと考えたわけである。また本実験では香りが味質の感知しやすさに対する影響を調べるために「鼻を摘んだ状態—味覚に及ぼす口腔香気の影響を排除した一状態（鼻腔閉塞条件）」と「鼻を摘まない嗅覚が通常通りにある状態（鼻腔解放条件）」の二条件を設けた。また実験に用いる食材としてポピュラーな和菓子である「羊羹」を用いた。19~26歳の大学生86人（女性50人、男性36人、平均年齢±SD=20.3±1.1歳）が実験に参加した。実験参加者に鼻腔閉塞条件と鼻腔解放条件において、一口サイズの羊羹を噛み砕きその後飲み込んでもらった。羊羹を飲み込んだ直後に甘味、塩味、酸味、苦味、うま味に対する「感知しやすさ」および「感覚的強度」の評定を行った。感

* 独立行政法人産業技術総合研究所人間情報研究部門
(Human Informatics Research Institute, Advanced Industrial Science and Technology (AIST))

[§] 連絡先 E-mail : kobayakawa-tatsu@aist.go.jp

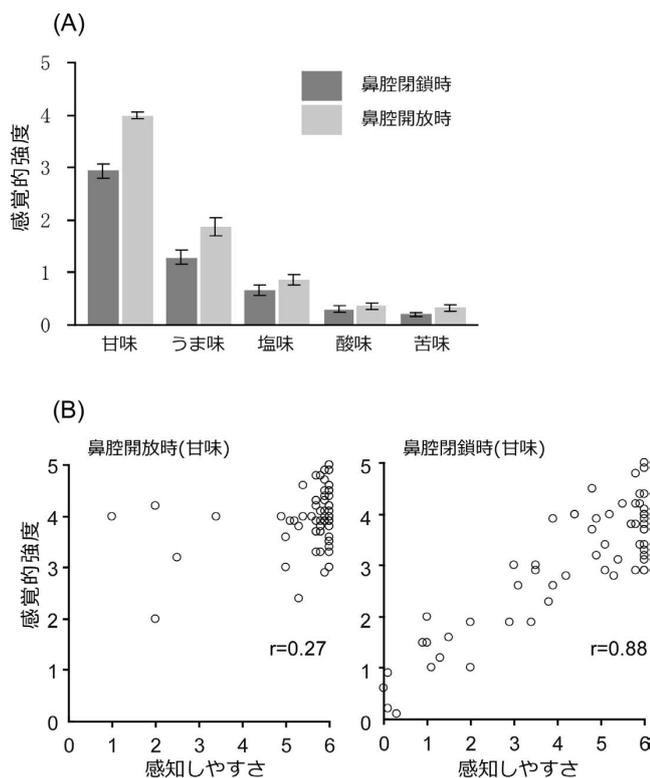


図1. 鼻腔開放時と閉鎖時における、感覚的強度ならびに感知しやすさと感覚的強度の関係性

覚的強度を鼻腔開放条件下と鼻腔閉鎖条件下で比較を行った場合 (図1-A), 甘味, うま味, 塩味については有意な増大が観察された。単体の化学物質の味覚物質を使った実験では嗅覚情報によって味覚の強度が増強されることが数多く示されている。今回の実験では一般の食品を用いた場合においても, 単体の化学物質を用いた場合同様, 嗅覚情報によって味覚の感覚的強度が増強されることが明らかとなった。また味質の感知しやすさと感覚的強度の関係を調べた。図1-Bは鼻腔開放条件と鼻腔閉鎖条件下における甘味の感知しやすさと感覚的強度の関係を示したものである。鼻腔開放条件下における感知しやすさと感覚的強度の相関係数は0.27, また鼻腔閉鎖条件下では相関係数は0.88であり, 両条件の間で有意な差が認められた (甘味以外の四味では条件間の相関係数の差は認められなかった)。鼻腔開放時では感覚的強度が2.5-5の間でばらついており, 一方, 感知しやすさがほとんどの実験参加者において, 最大値の6 (つまり甘味がわかりやすい) に張り付いてしまっており, これが相関係数を低減させた理由である。つまりこの結果はヒトが嗅覚情報を用いて特定の味質の存在をたやすく検知していることを示す。つまりヒトは嗅覚情報を手がかりにして味質を認知していることが示された。

さて, ヒトは嗅覚情報を手がかりにして特定の味質をたやすく検知できると述べたが, これは普遍的に起こるのであろうか? これを確かめるために, 食文化の異なる日本人

とドイツ人の実験参加者を対象に, 羊羹だけではなく, マッシュマロを用いて同様の実験を行った。日本人を対象とした実験には, 産業技術総合研究所における特別講義の一環として, 19~30歳の大学生63人 (女性45人, 男性18人, 平均 \pm SD = 20.02 \pm 1.36歳) が参加した。ドイツ人を対象とした実験には, Justus Liebig University Giessen に在籍する18~30歳の大学生55人 (女性39人, 男性16人, 平均 \pm SD = 22.29 \pm 2.68歳) が参加した。それぞれの実験参加者群に日本人には馴染みはあるがドイツ人には馴染みがない食品として羊羹を, また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ッシュマロを用意した。これらの食品を前述の実験と同様に鼻腔開放条件と鼻腔閉鎖条件下において, 噛み砕きその後飲み込んでもらった。その直後に甘味, 塩味, 酸味, 苦味, うま味に対する「感知しやすさ」および「感覚的強度」の評定を行った。図2にその結果を示す。実線枠で囲った3箇所, つまり日本人における羊羹, また日独におけるマッシュマロにおける相関係数 (スピアマンの ρ) は, 鼻腔開放時において鼻腔閉鎖時より小さかった。この相関係数をフィッシャーの z 変換に基づき検定を行ったところ, 5%未満の危険率で有意差が認められた。一方ドイツ人における羊羹は両条件間において有意な差は認められなかった (図2点線枠)。マッシュマロはドイツ人にも日本人にも馴染みがある食品であり, そのため両国民とも嗅覚情報を手がかりにした特定の味質を容易に検知できている。しかしながら, 羊羹はドイツ人には馴染みがないために, 嗅覚情報に基づく容易な検知ができなかった。つまり嗅覚情報に基づく特定の味質の容易な検知のためには, 事前にその食品がどのようなものかを知っておく必要がある。換言すれば, 食品についてよく知らなければその嗅覚情報を有効に使えない, ということがこの結果は示していた。

前述のように味覚と嗅覚の相互作用について述べられている報告が数多くある。しかし味覚・嗅覚の相互作用を他の感覚との相互作用と比較する観点では従来の研究報告においては乏しい。そこで筆者らのグループは同時性判断課題¹⁶⁾を用いて, 味嗅覚の相互作用が他の感覚と同等かどうかの検証を行った。同時性判断とは二種類の刺激を短い時間差を設けて提示を行い, 二種類の刺激が主観的に同時か, 同時でないかの判断を行わせる心理物理課題であり, 一般的には異なる感覚モダリティ (聴覚と視覚など) 間の感覚間相互作用の時間特性の解明のために用いられる。

筆者らはこの同時性判断課題を味覚と嗅覚の組み合わせに対して適用した。もし味覚・嗅覚の組み合わせにおいて, 他の感覚の組み合わせと応答の様子が異なる場合, 二つの可能性が考えられる。つまり

- (I) 味覚や嗅覚が化学受容感覚であるため, 応答が遅く他の感覚の組み合わせと異なる
- (II) 味覚・嗅覚が化学受容感覚であることとは無関係に,

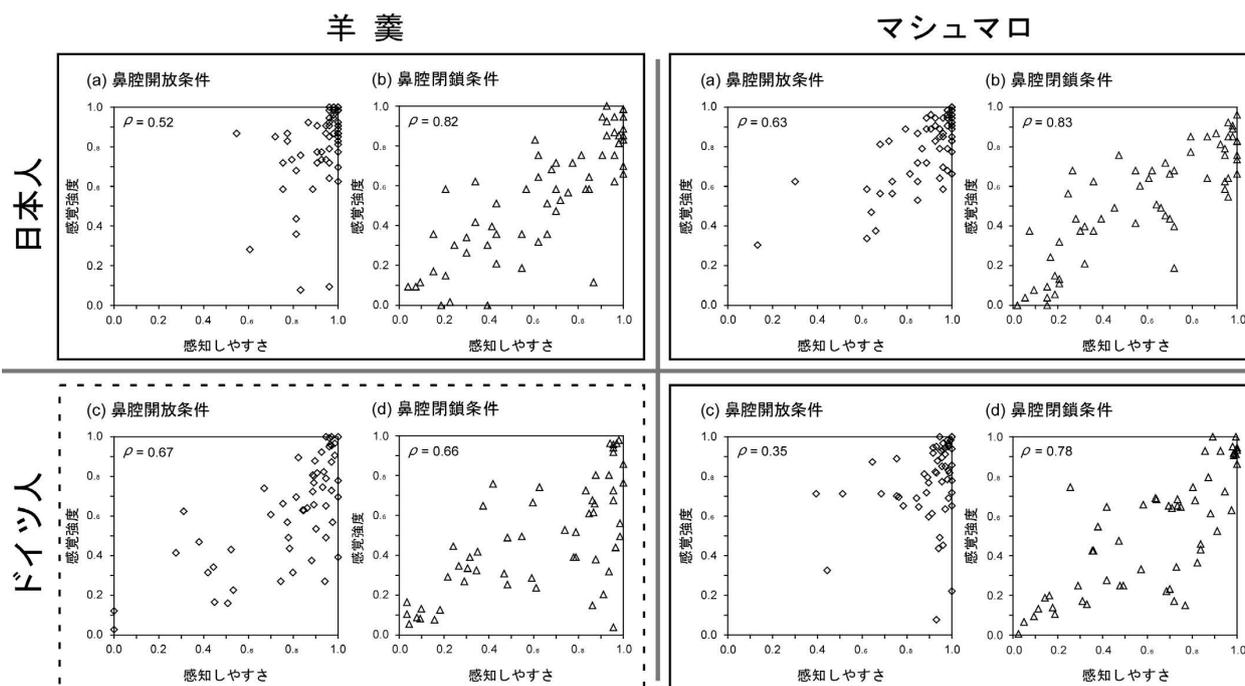


図2. 実験素材に羊糞とマシュマロ、実験参加者に日本人とドイツ人を用いた鼻腔開放時と閉鎖時における感知しやすさと感覚的強度の関係性

これらの組み合わせが特別であり、他の感覚の組み合わせと異なる

の両方のケースが考えられる。もし (I) であるならば味覚刺激もしくは嗅覚刺激を物理刺激と組み合わせた場合でも、聴覚・視覚などの物理刺激を組み合わせた場合と異なる様子を示すはずである。そこで筆者らは、「味覚・視覚」「嗅覚・視覚」「味覚・嗅覚」の組み合わせで同時性判断課題を試みた。いずれにしても本課題を味覚と嗅覚に対して用いるためには、両刺激を物理刺激と同様にミリ秒の精度で制御することが不可欠であり、具体的な刺激方法については文献¹⁷⁾を参考にされたい。

これらの味覚・嗅覚・視覚刺激の刺激提示タイミングをコンピュータによって制御を行い、3種類の組み合わせ(味覚 vs. 視覚, 嗅覚 vs. 視覚, 味覚 vs. 嗅覚)について検討を行った。味覚刺激として1Mの食塩水、嗅覚刺激として空気に鶏ガラスープを通して着臭したものをを用いた。また視覚刺激としては赤色のLEDを用い、それぞれの刺激提示タイミングを-800ミリ秒から800ミリ秒の時間差を持たせ、その際の実験参加者には二種類の刺激のタイミングが同時と感じたか、非同時と感じたかを刺激提示後に指で示すように指示を行った。図2にその結果を示す。図3-(A), (B)はそれぞれ「味覚・視覚」「嗅覚・視覚」の組み合わせで、同時性判断を行った結果である。縦軸は被験者が「同時」と認知した確率を示す。横軸は両刺激の時間差を示している。「味覚・視覚」「嗅覚・視覚」の組み合わせは共に時間差が600ミリ秒以上離れば、ほぼ100%それらの刺激を別々に来た、と感じることを示している。また図3-

(C)は「視覚・聴覚」の組み合わせの結果¹⁶⁾であり、「味覚・視覚」「嗅覚・視覚」とほぼ同一の確率分布を示していた。これらの結果は味嗅覚のような化学受容感覚も、物理感覚と比較した場合、その同等の時間分解能を有することを示す。しかし一方で図3-(D)は「味覚・嗅覚」の組み合わせにおいては600ミリ秒の差があっても確実に分離して検知できるとは限らず、味嗅覚のタイミングを分離して認知することが困難であることがわかり、この条件の下では味覚と嗅覚の一体感が生じていることが示唆された。また両刺激のずれ時間の正負(提示される順番)によって非対称性が強いことも示唆していた。いずれにしても、味嗅覚の同時性判断の確率分布は他の「味覚・視覚」「嗅覚・視覚」「視覚・聴覚」の組み合わせとは明らかに異なることがわかった。

前述の実験では二つの刺激の時間差が最大800ミリ秒であったが、これを最大2000ミリ秒まで延長して実験を行った。すると「味覚・嗅覚」の組み合わせにおいて同時と判断する確率分布は「味覚・視覚」もしくは「嗅覚・視覚」のそれとほぼ同一になった(図3-(E))。後者の実験においては、味覚刺激と嗅覚刺激のタイミングの差が短い条件ができるだけ続かないように実験条件を設定した。これらの二つの実験から、味覚と嗅覚の一体感が生じるためには、味覚と嗅覚のタイミングが近接している環境(条件)が続くことが必要であることがわかる。これを普段の食行動から考えると、食品を咀嚼している間は咀嚼のリズムに合わせて、周期的に味覚刺激と口腔内から咽頭経由の嗅覚情報が入力されている状態に相当すると考えられた。

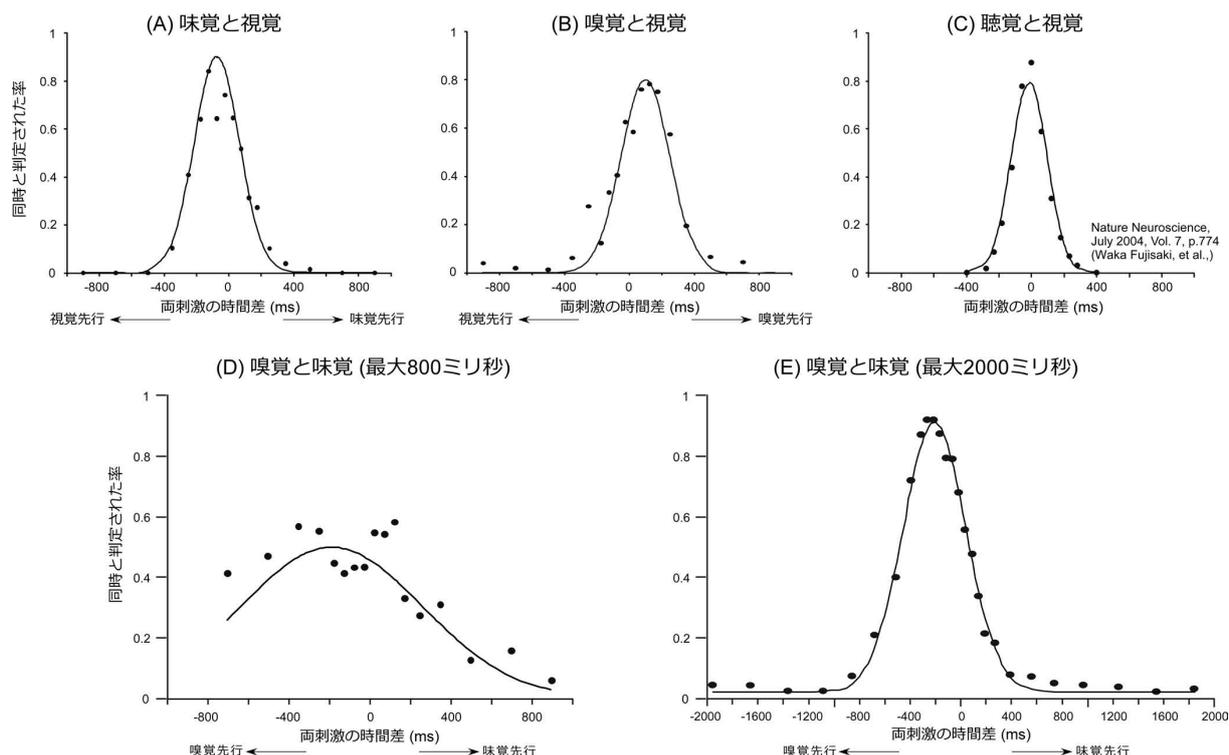


図3. 視覚, 嗅覚, 味覚の組み合わせによる同時性判定課題

味覚・嗅覚の関係性は他の五感の関係とは異なっており、ある条件下では分離が難しくなることが示唆された。味覚と嗅覚の分離の困難さが前述の嗅覚障害に起因する「味」の違和感につながり、「味覚」の異常に結び付けられる原因になっていると考えられる。

これらの結果からわかるように「味」とは思ったより実に複雑なものである。本稿においては味覚と嗅覚の関係から「味」を捉えることを試みているが、実際にはこの他に辛味などの痛覚、食感を生じさせる硬さ知覚やテクスチャ知覚などの触覚、温感、咀嚼音といった聴覚などが複雑に絡んでいる。また羊羹を用いた実験において、嗅覚の情報を有効に用いるためには、その食品を知っていることが不可欠であることが示された。これは舌や鼻からの情報だけではなく、脳からのトップダウンの情報の流れが「味」の認知に関わっていることを示しており、普段の食生活の有り様により食品の「味」の認知が変わる、ということの意味する。

このように食品開発に携わる企業が食品の味を設計する際には「味覚」だけではなく、他の感覚、またその土地の食習慣などの多様な要因についても考慮する必要があるだろう。

文 献

1) Deems, D. A., Doty, R. L., Settle, R. G., Moore-Gillon, V., Shaman, P., Mester, A. F., Kimmelman, C. P., Brightman,

V. J. and Snow, J. B. Jr. (1991), Smell and taste disorders, a study of 750 patients from the University of Pennsylvania Smell and Taste Center, *Arch. Otolaryngol., Head Neck Surg.*, **117**, 519-528
 2) 黒川光博 (2005), 「虎屋 和菓子と歩んだ五百年」, 新潮社, 東京
 3) Murphy, C. and Cain, W. S. (1980), Taste and olfaction: Independence vs interaction, *Physiol. Behav.*, **24**, 601-605
 4) Sakai, N., Kobayakawa, T., Gotow, N., Saito, S. and Imada, S. (2001), Enhancement of sweetness ratings of aspartame by a vanilla odor presented either by orthonasal or retronasal routes, *Percept. Motor Skill.*, **92**, 1002-1008
 5) 坂井信之, 石原祐子 (1998), 味と匂いの調和が味覚感受性に及ぼす影響, 第28回日科技連官能評価シンポジウム発表論文集, pp. 177-122
 6) Dalton, P., Doolittle, N., Nagata, H. and Breslin, P. A. (2000), The merging of the senses: Integration of sub-threshold taste and smell, *Nat. Neurosci.*, **3**, 431-432
 7) Stevenson, R. J., Oaten, M. J. and Mahmut, M. K. (2010), The role of taste and oral somatosensation in olfactory localization. *Q. J. Exp. Psychol. (Colchester)*, 1-17 [Electric publication ahead of print].
 8) Welge-Lüssen, A., Husner, A., Wolfensberger, M. and Hummel, T. (2009), Influence of simultaneous gustatory stimuli on orthonasal and retronasal olfaction, *Neurosci. Lett.*, **454**, 124-128
 9) Stevenson, R. J. and Oaten, M. J. (2010), Sweet odours and sweet tastes are conflated in memory, *Acta Psychologica*, **134**, 105-109
 10) Oram, N., Laing, D. G., Hutchinson, I., Owen, J., Rose, G., Freeman, M. and Newell, G. (1995), The influence of flavor

- and color on drink identification by children and adults, *Dev. Psychobiol.*, **28**, 239-246
- 11) de Graaf, C., Polet, P. and van Staveren, W. A. (1994), Sensory perception and pleasantness of food flavors in elderly subjects, *J. Gerontol.*, **49**, 93-99
- 12) Kremer, S., Bult, J. H., Mojet, J. and Kroeze, J. H. (2007), Food perception with age and its relationship to pleasantness, *Chem. Senses*, **32**, 591-602
- 13) Kremer, S., Bult, J. H., Mojet, J. and Kroeze, J. H. (2007), Compensation for age-associated chemosensory losses and its effect on the pleasantness of a custard dessert and a tomato drink, *Appetite*, **48**, 96-103
- 14) Tuorila, H., Niskanen, N. and Maunuksela, E. (2001), Perception and pleasantness of a food with varying odor and flavor among the elderly and young, *J. Nutr., Health Aging*, **5**, 266-268
- 15) Gotow, N., Kobayashi, T. and Kobayakawa, T. (2013), Retronasal aroma allows feature extraction from taste of a traditional Japanese confection, *Flavour*, **2**, 1-9
- 16) Fujisaki, W. and Nishida, S. (2009), Audio-tactile superiority over visuo-tactile and audio-visual combinations in the temporal resolution of synchrony perception, *Exp. Brain Res.*, **198**, 245-259
- 17) Gotow, N. and Kobayakawa, T. (2014), Construction of a measurement system for simultaneity judgment using odor and taste stimuli, *J. Neurosci. Methods*, **221**, 132-138