

目次

p.2 略語集

p.3 緒言

p.13 官能評価実験

p.25 実験結果

p.32 近赤外分光法を用いた生理応答計測との比較

p.40 考察とまとめ

p.49 謝辞

略語集

IMP	Inosine 5'-monophosphate
CPP	Conditioned Place Preference
VAS	Visual Analog Scale
NIRS	Near-infrared spectroscopy
fMRI	functional Magnetic Resonance Imaging
TRP	Transient Receptor Potential
TDD	(Z,Z)-4,7-Tridecadienal
GC	Gas Chromatography
MS	Mass Spectrometry

1. 緒言

だしは料理のベースとなるものであり、材料となる動植物を様々に加工し水を仲立ちとして素材が有している特有の旨みや香りを抽出した水溶液であると言える。だしという言葉は当然日本語であるため日本料理に特有のものであるように感じる。しかしだしを使用するということは素材が有している旨みと香りを抽出した水溶液を料理に使うことである考えると、世界中で同様の水溶液が料理のベースとして使用されている。例えばフランス料理ではビーフやチキンなどの肉類、魚や焼いたガラなどを主原料とし複数の香味野菜と長時間煮込むことでブイヨンと呼ばれる旨みの詰まったスープを調製している。さらに煮詰めて濃度を濃くすることでフォンと呼ばれる濃厚なスープを調製し、シチューやソースなどのベースとして使用している。中華料理においても同様に湯（タン）と呼ばれるだしが料理のベースとなっている。中国各地で展開されている料理スタイルにもよるが、特に広東料理においては使用する原料等の違いにより頂湯・上湯・二湯とランク付けがされている[1]。また白湯と呼ばれる、鶏肉などを原料とし強火で長時間炊き上げることで油脂やゼラチン質を乳化させた白濁した濃厚なだしも使用される。

これらのブイヨン・フォンや湯は基本的に生の素材が出発原料である。厨房内において原料となる肉やガラ、香味野菜をローストするなど必要な下処理を施し、長時間煮込むまたは煮詰めるという工程を経て得られている。そのため大きな熱履歴がかかり、素材が持つ風味に加えてたんぱく質や糖類の熱分解やメイラード反応、油脂類の酸化に伴う複雑な生成物が風味に大きな影響を与えている。

それに対し、日本料理のだしはすでに加工された素材からその良い部分を引き出すという手法をとる。一番だしを例にとると、昆布を水に浸漬し 60°C 程度で 1 時間程ゆっくり加熱することで昆布だしを抽出する。昆布を取り出したのちに 90°C まで加温し、薄く削った鰹節を投入する。数分後に漉し布を

通すことで一番だしが調製される[2]。加熱時間が短く熱履歴が小さいため、素材が持つ風味をそのまま生かしている。日本料理のだしの特徴は、素材に対して煮る・干す・燻すなどの手間をかけ、厨房に入る前にだし原料として適切な状態へ仕立て上げられていることである。

日本ではだしの原料として昆布と鰹が広く使われている。鰹は古くから食用に供されていることが知られており、縄文時代のものと推定される日本各地の貝塚から鰹の骨が出土している[3]。

718年の養老律令には鰹節の前身と考えられる堅魚、煮堅魚、堅魚煎汁が貢納品として記載されている。また927年の延喜式においても養老律令同様に堅魚、煮堅魚、堅魚煎汁が貢納品として重要視されている。堅魚とは生の鰹を干したものと考えられている。煮堅魚は鰹を煮たなまり節のようなものを干しあげたものと推定されている。堅魚煎汁は鰹を煮た汁を煮詰めて（煎じて）濃縮したものであると推定されている。濃縮しているため調味料のように使用したと考えられ、貢納品としても珍重された[4]。このように古くから日本では鰹を煮た汁を料理に利用してきた。

江戸時代の料理書である料理物語において「だし」という用語が登場している。その中ではだしの引き方について述べた一文があり、鰹を削り煮だすこと、煮すぎではよくないこと、二番だしにも使用できることが記載されている。このことから、少なくとも江戸時代においては料理にだしを使うという概念があったといえる。

日本においてだしの原料となるものは鰹以外にも様々ある。カタクチイワシやマイワシ、ウルメイワシを塩水で煮てから干しあげた煮干し（いりこ）、トビウオ（アゴ）の煮干しや焼干し、ソウダカツオやサバ・アジの節など、日本各地それぞれの地にて入手できる物を活用している。次の表とグラフ（表 1-1）は平成 28 年から令和 1 年の水産加工品の生産量推移をまとめた

ものである。

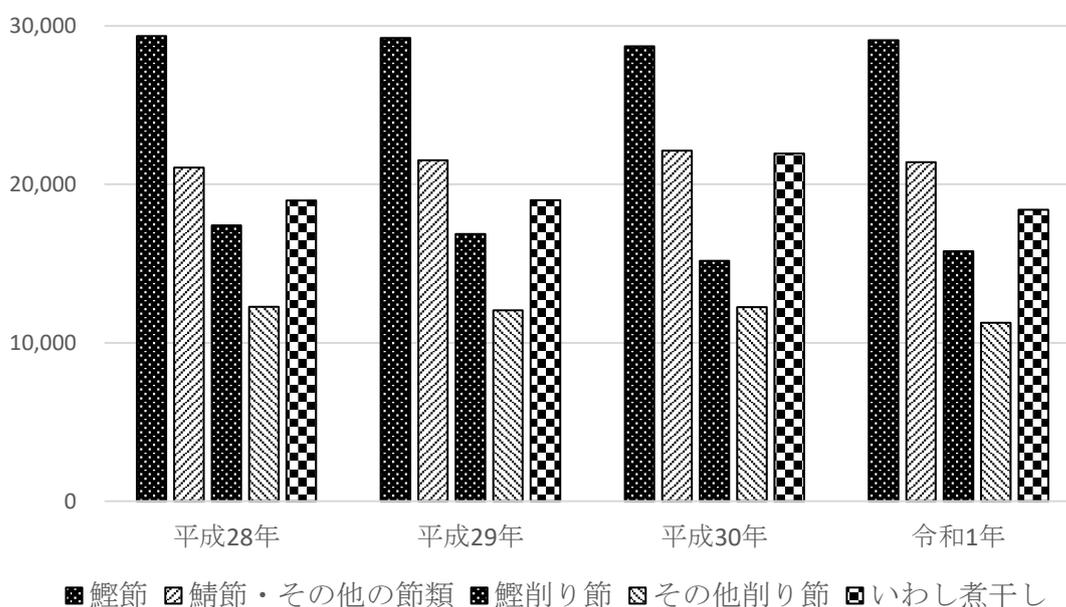
鰹節および鰹削り節の生産量が他のだし原料と比較し多いことがわかる。このことから鰹節が日本料理になくてはならないことが分かる。

表 1-1 年度別水産加工品生産量

	平成 28 年	平成 29 年	平成 30 年	令和 1 年
鯉節	29,352	29,240	28,712	29,104
サバ節・その他の節類	21,060	21,521	22,131	21,402
鯉削り節	17,405	16,872	15,178	15,779
その他削り節	12,276	12,052	12,251	11,252
いわし煮干し	18,988	18,992	21,951	18,397

(単位は t、農林水産省水産加工統計調査より抜粋・加工)

水産加工品生産量推移



鰹節は様々な工程を経て作られる。原料となる鰹の魚体に含まれる脂質量が多すぎても少なすぎても上質な鰹節が得られないとの報告がある[5]。生または解凍した鰹は切り分けられ、形を整えたのちにお湯で煮る工程を経る。これを煮熟と呼び、魚体のたんぱく質を凝固させ水分を抜く工程である。これによりなまり節が得られる。

次は薪や木のチップを用いて燻しながら乾燥させる工程である。これを焙乾と呼ぶ。焙乾後に魚体を休ませるあん蒸をすることで魚体内の水分の偏りを均一にする。この焙乾・あん蒸を繰り返すことにより、魚体が乾燥すると共に魚体表面には燻煙由来のタール分が付着する。燻煙中にはフェノール分が多く含まれ、殺菌・抗酸化作用がある。また独特の香気を有することから、焙乾工程により魚体の乾燥・殺菌保存・香気賦香がなされることとなる[6]。焙乾により得られる鰹節を荒節と呼び、薄く削ったものが花かつおとなる。

得られた荒節は表面にタール分が付着しているため、これを削り取りカビをつける工程を行う。カビ付けと天日干しを数回繰り返したものが本枯れ節と呼ばれ、非常に硬く保存性に優れた節に仕上がる。カビの作用により節内の水分が抜かれ保存性が高まる。また脂質が代謝されることで脂肪酸へと変化していく[7]。また付着しているフェノール類も代謝を受けて変化するとの報告がある。フェノール類は香気成分としても有用であることから、風味に影響を及ぼすと考えられる[8]。また、カビ付け部には鰹節の主要なうま味成分であるイノシン酸(5'-IMP)生成酵素の活性が高いとの報告がある[9]。これらの効果により、本枯れ節から引いただしは濁りが少なく上品な風味を持つものとして使用される。

鰹節や鰹だしがなぜおいしく感じるのか、様々な研究がなされてきた。成分分析の分野からは呈味成分や香気成分について報告例がある。福家らは鰹節の本枯れ節から一番だしを調製し、各種の呈味成分分析を行った。結果、種々の遊離アミノ酸類が検出され、なかでもヒスチジンがメインであること

を示した。また核酸類も検出され、うま味成分として知られる IMP が豊富であると述べている[10]。山崎らは鰹節と煮干しのだし汁に含まれる呈味成分を比較し、鰹だしにはアラニン・リジン・ヒスチジン・IMPが多いことを示した[11]。うま味という感覚は人間にとって生得的に好ましいことが示唆されており[12]、呈味成分分析からおいしさにつながるデータが得られている。

一方、飲食物にとって香りの良しあしもおいしさには非常に重要である。鰹節や鰹だしの香気についても様々報告があり、数百種類の香気成分が同定または推定されている[13, 14]。

動物行動学実験においても天然鰹だしに対する嗜好性およびやみつき（報酬効果）について後述するように報告例があり、香りが重要な役割を果たしていることが分かってきた。

サンプルに対する報酬効果の有無を動物行動学的に測定する方法として CPP test(Conditioned Place Preference)がある。これは明るい環境の箱と暗い環境の箱を連結して自由に行き来が出来るような装置である。最初にモデル動物を装置に一定時間放しておき、自由に行動できるようにする環境順化を実施する。その際、どちらの箱にどれ位の時間滞在したのかを測定する。次に暗い箱で水を与える条件付けと明るい箱で測定するサンプルを与える条件付けを繰り返し行い、どちらの箱に行けば水またはサンプルが貰えるのかを学習させる。最後に水またはサンプルを提示しない状態で一定時間装置を自由に行動できるようにし、どちらの箱にどれ位の時間滞在したのかを測定する。環境順化時と最後の自由行動時の滞在時間を比較し、明るい箱の滞在時間が環境順化時より有意に延びていれば、条件付けしたサンプルには報酬効果があると判断する方法である。

この試験を用い、川崎らは天然鰹だしにデキストリンを加えたサンプルには報酬効果があることを示した。また嗅覚を麻痺させることにより、報酬効

果の発現がなくなることを報告している。このことから、香りというものが嗜好性や報酬効果の発現に重要な役割を果たしていることが分かった。そのことから味覚刺激と嗅覚刺激を分離して再構成する方法を用いてさらなる研究を行っている。

天然鰹だしの呈味成分分析を行い、アミノ酸や核酸類を定量して鰹だしの味質を模しただし味溶液を調製した（詳細な内容成分と割合は後述）。この溶液を用い、だし原料や香気抽出方法の違いによる香気抽出物を調製し嗜好性に影響を与えるのか実験を行った。

鰹荒節を原料に、水蒸気蒸留法・含水アルコール抽出法・超臨界二酸化炭素抽出法の3種を用いて鰹荒節の香気抽出物を調製した。味質の再構成液であるだし味溶液と、だし味溶液に上記3種の香気抽出物を添加した溶液を調製し、2ビン選択試験による嗜好性試験を行った。結果、超臨界二酸化炭素抽出法による香気抽出物を添加した溶液に有意な嗜好性が確認された。嗅覚麻痺させることで嗜好性が発現しないことから、鰹荒節の超臨界二酸化炭素抽出物の香りが嗜好性発現に関与することが分かっている。だし原料違いについては荒節・本枯節・荒節表面のタール質・まぐろ節・煮干しから超臨界二酸化炭素抽出法で香気抽出物を調製、同様の嗜好性試験を実施した。結果、荒節の超臨界二酸化炭素抽出物が最も嗜好性が高いとの結果が示されている[15]。

次にこの鰹荒節の超臨界二酸化炭素抽出物とだし味溶液を用いて CPP 試験を実施している。だし味溶液にデキストリンを加えた溶液（味質とカロリーのみ）では報酬効果が見られなかったものの、だし味溶にデキストリンと鰹荒節の超臨界二酸化炭素抽出物を加えたもの（味質・カロリー・香り）には報酬効果が確認できた[15]。これらの実験から、鰹だしに対する嗜好および報酬効果の発現には香りが大きく関与しており、香りの質も影響していることが分かった。

以上の得られた結果はモデル動物を使用した動物行動学実験の結果である。現象の把握や理解には大きく役立つものの、人間に対してそのまま外装して解釈することが可能であるかは不明である。

よって本研究の目的は、鰹節の香気に着目し人を用いた官能評価実験を行うことで、日本食をおいしく食べることに欠かせない鰹節の香りが美味しさにどのように影響を与えるのかを明らかにすることである。

伏木は人が感じる美味しさには4つの要素が関与しており、それぞれ「生理的」「報酬的」「文化的」「情報」であると述べている[16]。その考えを基に、中野らは飲食品の美味しさに対し生理的要素を除いた3つの要素がどのように関与しているのかを評価し、重回帰分析により各要素の寄与度を算出する評価系を開発している[17]。本研究ではこの評価系を用いて官能評価実験を行った。これまでに本評価系を応用した報告例は味と香りが一体となった系であり、香りの有無に着目した評価実験は行っていない。

そこで本研究は中野らが開発した評価系が香りに着目した系に拡充できるかを検証することがもう一つの研究目的である。

以降、実験方法等について述べていく。

参考文献

1. 森枝卓士 and 味の素食の文化センター, *料理すること : その変容と社会性*. 食の文化フォーラム. Vol. 31. 2013: ドメス出版. 270p.
2. 高橋拓児, *和食の道 : 未踏の美味追求のために「和食を科学する」*. 2015: IBC パブリッシング. 155p, 図版 [15] p.
3. 河野一世, *かつお節とかつお節だしに関する調理科学的・食文化的考察*. 日本調理科学会誌, 2008. **41**(1): p. 2-10.
4. 宮下章, *鰹節*. *ものと人間の文化史*. Vol. 97. 2000: 法政大学出版局. x, 372p.
5. 和田俊, *かつお節 : その伝統から EPA・DHA まで*. 1999: 幸書房. xv, 108p, 図版 4 枚.
6. Suzuki, T. and M. Motosugi, *Changes in volatile flavor compounds and antioxidant activity of absorbed phenolic compounds of dried bonito stick (katuo-bushi) during smoking process*. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology*, 1996. **43**.
7. ディミチレヴェント and 和田俊, *かつお節製造における脂質変化及び脂質組成からの市販製品の品質評価*. *油化学*, 1994. **43**(6): p. 470-478.
8. Doi, M., et al., *Degradation and O-methylation of phenols among volatile flavor components of dried bonito(Katsuobushi) by Aspergillus species*. *Agricultural and biological chemistry*, 1989. **53**(4): p. 1051-1055.
9. 森川典子, 吉松藤子, and 荒川信彦, *本枯節かびつけ部のイノシン酸生成酵素の存在 本枯節水だし汁のイノシン酸生成機作について (第1報)*. *日本家政学会誌*, 1987. **38**(12): p. 1069-1072.
10. 福家真也, *かつお節のエキス成分*. *日本食品工業学会誌*, 1989. **36**(1): p. p67-70.

11. 山崎吉郎, *鰹節および煮干しだし汁中の呈味成分の比較*. 日本家政学会誌, 1994. **45**(1): p. 41-45.
12. Steiner, J.E., *Behavior manifestations indicative of hedonics and intensity in chemosensory experience*, in *Olfaction and Taste XI*. 1994, Springer. p. 284-287.
13. Yajima, I., et al., *Volatile Flavor Components of Dried Bonito (Katsuobushi) I. On Basic, Acidic and Weak Acidic Fractions*. Agricultural and Biological Chemistry, 1981. **45**(12): p. 2761-2768.
14. Yajima, I., et al., *Volatile flavor components of dried bonito (katsuobushi) II. From neutral fraction*. Agricultural and Biological Chemistry, 1983. **47**(8): p. 1755-1760.
15. Amitsuka, T., et al., *A Study of an Aroma Extraction Method and Evaluation of the Aroma Extract Contribution to the Palatability and Reinforcement Effect of Dried Bonito Using Mice*. Journal of nutritional science and vitaminology, 2014. **60**(5): p. 328-333.
16. 伏木亨, *人間は脳で食べている*. ちくま新書. Vol. 570. 2005: 筑摩書房. 194p.
17. Nakano, K., et al., *Analyzing comprehensive palatability of cheese products by multivariate regression to its subdomains*. Food Sci Nutr, 2013. **1**(5): p. 369-76.

2. 官能評価実験

緒言で触れたとおり、おいしさには生理的・報酬・食文化・情報という4つの要素が関与するとの考えに基づき、中野らは生理的な要素を除いた3つの要素に関連する質問項目をそれぞれ設定し(表 2-1)、統計学的解析でおいしさにどのような要素がどのように関与しているのかを把握する評価系を作成している。中野らはこの評価系を用い、市販チーズの官能評価実験を行っている。消費者によく知られているパッケージやラベル等を同様にして中身を変えた場合、おいしさの要素が変化するか実験を行っている。その結果、報酬とともに食文化がおいしさの要素として寄与してくることを報告している[1]。

同様に中村らは評価系を一部改変し、日本酒と料理のマッチングについて実験を行っている。その結果、評価パネルの属性差により、報酬とともに情報の要素がおいしさに関与することを示している[2]。

この官能評価系を用い、鰹節の香りに対する嗜好性要因を探る目的で本項で述べる通り官能評価実験を実施した。具体的には鰹節の呈味成分と香気成分を分離して再構成させ、それぞれがどのように美味しさに寄与するのかを検討することで香りが嗜好性要因に及ぼす影響を解析・評価した。

本研究は龍谷大学人を用いた研究に関する倫理委員会の承認を得て実施した。

表 2-1 各要素に対する質問項目

要素	質問項目
報酬	A1. やみつきになりそうな味わいである
	A2. ついつい手がのびるような味わいである
	A3. 一口食べたらもう一口食べたくなる味わいである
	A4. この食品は満足感がある味わいだ
	A5. 油脂分、甘味、うま味など、それらが豊富だからおいしい
食文化	B1. 食べ慣れている味わいである
	B2. 同じまたは似たような味わいのものを食べたことが有る
	B3. 何度もこの食品を食べたことがある
	B4. 家族（親・兄弟・配偶者等）はこの味わいが好きだと思う
	B5. 子供のころから好きな味わいである
情報	C1. この食品は見た目においしそうである
	C2. 宣伝やクチコミで見たり聞いたりしたことがある
	C3. 身体に良いという話を聞いている食品である
	C4. この食品の食材・原料に対する安心感がある
	C5. この食品は高価そうだと思う

● 官能評価の被験者

官能評価の被験者は龍谷大学に所属する教職員及び学生から被験者を募り、計 84 名の協力を得た。実験にあたり、被験者には実験前に評価実験への参加同意書を記入してもらい、被験者の健康と安全に配慮して実験を行った。

● 実験時間と場所

官能評価実験は被験者が食事を摂る直前や食事を摂った直後を避け、被験者が極端に空腹でも満腹でもない時間に実施した。

被験者は実験室内のテーブルに並んで座ってもらい、隣や前の被験者との仕切りは設けずに実施した。被験者に対して実験中および実験と実験のインターバルの時間に会話することは極力控えるよう実験を実施した。

● 官能評価試料

・ だし味溶液の調製

官能評価は川崎らが報告している既報[3]の鰹だしの呈味成分分析を参考に「だし味溶液」を調製した。このだし味溶液は 14 種類のアミノ酸、2 種類の核酸および食塩から成り立っており、表 2-2 のような組成となっている。食塩量は川崎らが報告のバランスから変更し、飲用時 0.5%となるように調製した。すべてのアミノ酸類・核酸類は食品・調味料もしくは食品添加物グレードのものを使用した。

アスパラギン酸・ロイシンは田辺三菱製薬株式会社より入手した。グルタミン酸・スレオニン・プロリン・イノシン酸・グアニル酸は味の素株式会社より入手した。セリン・ヒスチジン・アルギニン・チロシン・バリン・イソロイシンは協和発酵バイオ株式会社より入手した。グリシンは日本火薬フードテクノ株式会社より入手した。アラニンは株式会社

武蔵野化学研究所より入手した。メチオニンはアルプス薬品工業株式会社より入手した。

食塩は鳴門塩業株式会社より入手した。

水は Volvic（キリンビバレッジ株式会社）を使用し調製した。

表 2-2 だし味溶液の成分組成

化合物	添加量(%)
Asparagine	0.0015
Glutamic acid	0.0057
Serine	0.0009
Glycine	0.0011
Histidine	0.0124
Arginine	0.0028
Threonine	0.0007
Alanine	0.0018
Proline	0.0014
Tyrosine	0.0007
Valine	0.0008
Methionine	0.0008
Isoleucine	0.0003
Leucine	0.0009
IMP	0.015
GMP	0.005
NaCl	0.50

- ・ 鯉荒節香気抽出物の調製

検討に使用する鯉節の香気抽出は既報[4]を参考に実施した。粉碎した鯉荒節を超臨界二酸化炭素抽出装置（日本分光株式会社）の抽出カラムに充填した。抽出温度は 40℃、二酸化炭素の流量は 10 ml/min、圧力は 25 MPa で抽出を行い、香気抽出物を得た。鯉荒節は株式会社マルハチ村松より入手した。

- ・ 鯉荒節香気抽出物の乳化製剤化

上記にて得られた香気抽出物は香気が非常に強く、実験に使用する際に添加率が低くなりすぎて誤差が大きくなる可能性があることと、油分を含んでいるため評価溶液に不均一に混合してしまう可能性があった。よって上記 2 点の懸念を解消するため、乳化物として実験に使用した。

乳化物の調製は既報を参考に行った（日本国特許第 4713298 号）。具体的には、抽出物を鎖脂肪酸トリグリセリドで希釈し、グリセリンで希釈したポリグリセリン脂肪酸エステルを乳化剤として添加して TK ホモジナイザー（特殊機化工業）にて乳化物を調製した。また、鯉荒節超臨界抽出物を加えずに上記と同様の乳化物も調製し、香気のない乳化物も併せて調製した。

- ・ 官能評価溶液の調製

調製された乳化物はそれぞれ上記のだし味溶液に 0.02%添加し、官能評価実験に使用した。調製したそれぞれの溶液は 500ml 入りの密封できるキャップ付き茶瓶に入れ、サンプル調製時から官能評価実験終了時までには光や香気揮発の影響を極力減らすようにした。（図 2-1）

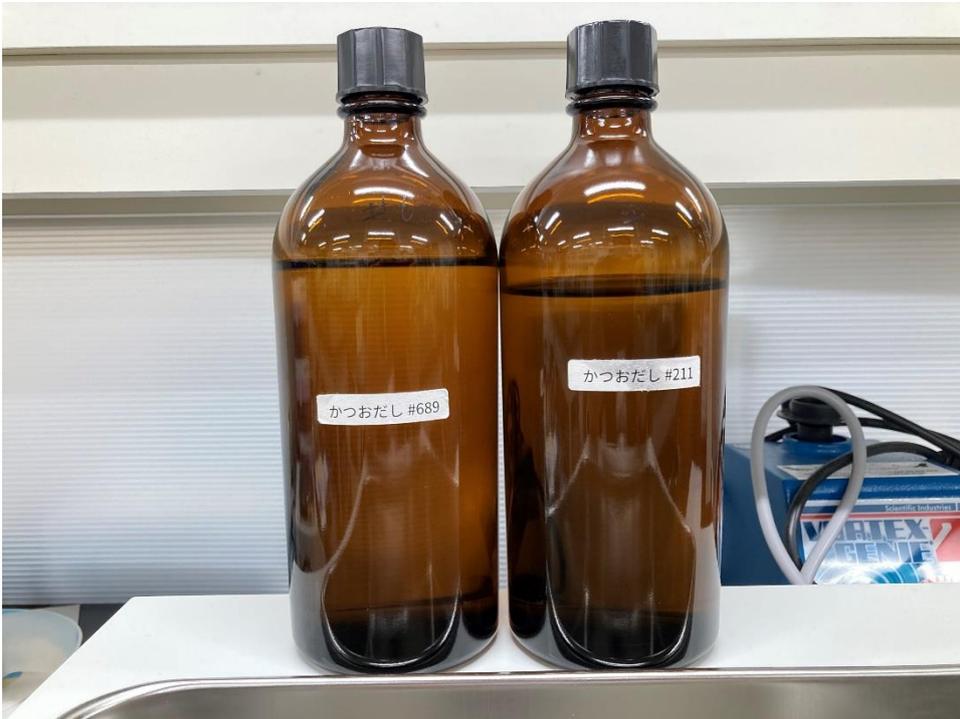


図 2-1 遮光ビンで保管したサンプル

● 評価サンプルの提供方法

上記のように調製され、香気のない乳化物を添加しただし味溶液（以降 D 溶液）と鱈荒節香気抽出物の乳化物を添加した香り付きだし味溶液（以降 D+A 溶液）は茶瓶に入れ、60°Cに設定されたウォーターバス（図 2-2, AS ONE smart water bath TB-2NC)にて加温・保温を行った。

サンプルは耐熱性のディスプレイザブルプラスチックカップに 20ml ほどを入れ、3桁の乱数を記したシールを貼付して被験者へ提供した。摂取量は特に指定せず、各被験者に一任した。

D 溶液と D+A 溶液の評価は溶液ごとに実施し、片方の溶液を評価後ウォッシュアウトのためのインターバルを 5~10 分程度行った後にもう片方の溶液を続けて評価するスケジュールで実施した。インターバル時には溶液調製に使用した常温の水（Volvic）を被験者に提供した。

順序効果をランダム化するために、被験者の半分は D 溶液→D+A 溶液の順にサンプルを提示し、残りの半分は逆の提示順で官能評価試験を行った。

サンプルは各評価時にそれぞれ提供し、サンプルの温度ができるだけ同じになるように配慮した。



図 2-2 サンプルの保温に使用したウォーターバス

- 官能評価シート

評価に用いたのは前述の中野らが開発した美味しさ評価シートである。ダミーの質問を加えた計 17 問の質問項目（5 段階評価）及び全体的な美味しさを示す 100mm の VAS(Visual Analog Scale)にチェックを入れる形で実施した。

(図 2-3)

- 各項目の数値化方法

質問項目の 5 段階評価は、「全くそう思わない」にチェックされていた場合を 1 点、「非常にそう思う」にチェックをされていた場合を 5 点とし、数値化を行った。VAS では左末端の「全くおいしく無かった」を 0、右末端の「非常においしかった」を 100 とし、チェックされた場所と 0 の間の長さを測定することで数値化を行った。

- 統計解析ソフト

統計解析には IBM SPSS Statistics 24.0.を使用した

実験結果について、次項で述べる。

おいしさの評価: Profile of Palate Element(PPE)

食品： かつおだし #XXX 日付 年 月 日 時間：
 氏名： 年齢： 代 性別 男 / 女 一番長い居住都市：

食べる前に記入してください

Q.1 この食品を食べるのは初めてですか？ はい / いいえ

Q.2 この食品に対してアレルギーはありますか？ 有 / 無

Q.3 以下の質問について、最も近いと思うところに☐を記入してください

	全くそう 思わない	わずかに そう思う	やや そう思う	とても そう思う	非常に そう思う
1. この食品は見た目においしそうである	<input type="checkbox"/>				
食べた後に記入してください					
2. 食べ慣れている味わいである	<input type="checkbox"/>				
3. やみつきになりそうな味わいである	<input type="checkbox"/>				
4. 同じまたは似たような味わいのものを食べたことがある	<input type="checkbox"/>				
5. ついつい手がのびるような味わいである	<input type="checkbox"/>				
6. 宣伝やクチコミで見たり聞いたりしたことがある	<input type="checkbox"/>				
7. 何度もこの食品を食べたことがある	<input type="checkbox"/>				
8. 身体に良いという話を聞いている食品である	<input type="checkbox"/>				
9. 一口食べたらもう一口食べたいくなる味わいである	<input type="checkbox"/>				
10. 家族（親・兄弟・配偶者等）はこの味わいが好きだと思う	<input type="checkbox"/>				
11. この食品の食材・原料に対する安心感がある	<input type="checkbox"/>				
12. 子供のころから好きな味わいである	<input type="checkbox"/>				
13. この食品は高価そうだと思う	<input type="checkbox"/>				
14. この食品は満足感がある味わいだ	<input type="checkbox"/>				
15. 油脂分、甘味、うま味など、それらが豊富だからおいしい	<input type="checkbox"/>				
16. この食品は香り・匂いがいいと思う	<input type="checkbox"/>				
17. 予想した味わいと同じであった	<input type="checkbox"/>				

Q.4 この食品はどれくらいおいしかったですか？ 下記VASに線を引いて下さい

全くおいしく無かった |—————| 非常においしかった

何かご意見等ありましたらご記入ください

ご協力頂き
有難うございました

図 2-3 美味しさ評価シート

参考文献

1. Nakano, K., et al., *Analyzing comprehensive palatability of cheese products by multivariate regression to its subdomains*. Food Sci Nutr, 2013. **1**(5): p. 369-76.
2. Nakamura, R., et al., *Evaluation of the comprehensive palatability of Japanese sake paired with dishes by multiple regression analysis based on subdomains*. Biosci Biotechnol Biochem, 2017. **81**(8): p. 1598-1606.
3. Kawasaki, H., et al., *Preference for Dried Bonito Broth in Olfactory-Blocked or Taste Nerve-Sectioned Mice in the Two-Bottle Choice Test*. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2008. **72**(11): p. 2840-2846.
4. Amitsuka, T., et al., *A Study of an Aroma Extraction Method and Evaluation of the Aroma Extract Contribution to the Palatability and Reinforcement Effect of Dried Bonito Using Mice*. Journal of nutritional science and vitaminology, 2014. **60**(5): p. 328-333.

3. 実験結果

● VAS によるおいしさの総合評価

VAS にて得られたそれぞれの溶液の評点を比較した。

その結果、香りを添加していないだし味溶液（A 溶液）のスコアは 57.02 ± 22.08 ，香りを添加しただし味溶液（D+A 溶液）のスコアは 71.96 ± 17.89 （それぞれ平均値 \pm S.D）であった。よって香りを添加しただし味溶液のスコアが高いとの結果が得られた。対応のある t 検定を行うことで、香りを添加しただし味溶液は添加していないだし味溶液に比較して有意にスコアが高いとの結果が得られた（ $p < 0.01$ ）。（図 3-1）

以上のことから、鰹節の香りを添加することは有意においしさの総合評価を高めることを明らかにした。

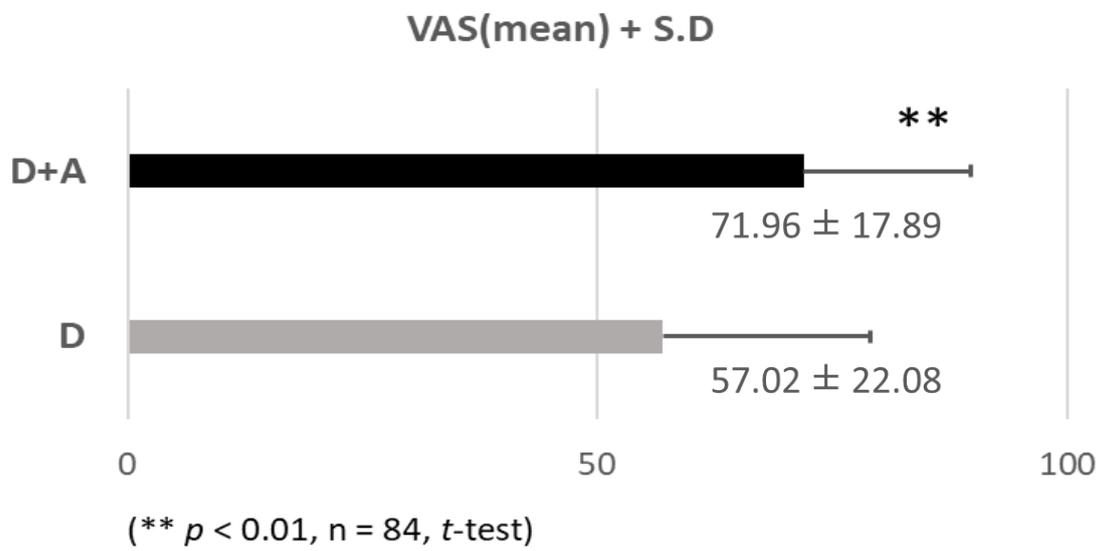


図 3-1 各だし味溶液の VAS 値

● 因子抽出・解析

おいしさの構成要因として「報酬」「文化」「情報」の三要因を仮定しているが、今回の実験系が3要因に分類できるかどうかを検証する必要がある。そこで探索的因子分析により分類が可能か検証を行った。

被験者から得られたそれぞれの質問項目に対する5段階評価スコアをもとに、天井効果やフロア効果を示している質問項目があるかどうか確認を行った。

また、それぞれの質問項目がどの要素に関するのかを相関係数をもとに算出し、当初の設定と異なり他の要因高い相関を示す質問項目があるか確認を行った。

因子抽出・分析には主因子法を用いカイザーの正規化を伴うプロマックス法を採用した。それぞれの質問項目に対する因子負荷量は表 3-1 のとおりである。

この結果から、因子負荷量 > 0.646 とすることで3因子に分離することができる(表 3-2)。その結果報酬について4項目、食文化について2項目、情報について3項目を選抜し重回帰分析へ供した。

● 重回帰分析結果

因子解析の結果により絞り込まれたそれぞれの構成要因(報酬: 4項目、食文化: 2項目、情報: 3項目)のスコアを独立変数とし、VASで得られたおいしさ評価のスコアを従属変数とした重回帰分析を、それぞれのだし味溶液から得られた評点に対して実施した。結果、D溶液およびD+A溶液ともそれぞれ報酬に関連する標準化係数 β が最も高く、統計学的有意である結果を得た。(表 3-3)

以上のことから、それぞれの溶液の総合的なおいしさには報酬の要素が寄与していて、鰹荒節抽出物添加は報酬的な要素から有意なおいしさ向上に寄与したと考えられる。

表 3-1 それぞれの質問項目に対する因子負荷量

	質問項目	因子負荷量			共通性
		因子1	因子2	因子3	
報酬	A1	0.953	-0.106	0.031	0.812
	A2	1.000	-0.107	-0.007	0.859
	A3	0.842	-0.043	0.121	0.778
	A4	0.561	0.318	-0.027	0.637
	A5	0.724	-0.131	0.123	0.508
食文化	B1	0.380	0.360	0.088	0.524
	B2	0.185	0.720	-0.073	0.686
	B3	-0.073	0.872	0.043	0.705
	B4	0.506	0.466	-0.091	0.724
	B5	0.431	0.483	-0.098	0.633
情報	C1	0.111	-0.041	0.404	0.205
	C2	-0.272	0.646	0.172	0.314
	C3	-0.092	0.164	0.681	0.495
	C4	0.046	0.072	0.653	0.502
	C5	0.184	-0.029	0.688	0.617

表 3-2 因子負荷量 > 0.65 にて絞り込まれた項目

	質問項目	因子負荷量			共通性
		因子1	因子2	因子3	
報酬	A1	0.953			0.812
	A2	1.000			0.859
	A3	0.842			0.778
	A4				0.637
	A5	0.724			0.508
食文化	B1				0.524
	B2		0.720		0.686
	B3		0.872		0.705
	B4				0.724
	B5				0.633
情報	C1				0.205
	C2				0.314
	C3			0.681	0.495
	C4			0.653	0.502
	C5			0.688	0.617

表 3-3 各サンプルの統計学的データ

D 溶液

予測変数	標準化係数 β	有意確率	R^2	F 値(df ₁ , df ₂)
報酬	0.688	0.000**	0.600	39.951 (3, 80)**
食文化	0.123	0.344		
情報	-0.036	0.674		

(** $p < 0.01$)

D+A 溶液

予測変数	標準化係数 β	有意確率	R^2	F 値(df ₁ , df ₂)
報酬	0.701	0.000**	0.538	31.040(3, 80)**
食文化	0.084	0.453		
情報	-0.058	0.522		

(** $p < 0.01$)

4. 近赤外分光法を用いた生理応答計測との比較

人間の官能評価実験から、鰹節の香りを添加することで有意に総合的なおいしさが向上し、その要因として報酬が主要因であることを示してきた。本研究で用いた官能評価実験はサンプルを喫食した際の感覚や考えを質問項目に沿って回答する方法を取る。パネルには可能な限り直感的に回答してもらうよう促しているが、主観評価である以上はどこかにバイアス等が入る可能性は否定できない。よってパネル数を増やして統計学的な観点からその危険性を排除するように工夫をしている。

サンプルを評価するときどのように感じているのか、人間の生理応答反応を直接的に測定することで把握をする試みは様々あり、多種多様な測定装置及び測定方法が存在する。生理応答測定指標には自律神経系、中枢神経系、内分泌系、作業能率、疲労等がある[1]。非侵襲で測定可能な自律神経系の指標には血圧、心電図、瞳孔対光反射、精神性発汗などが使用される。中枢神経系には脳波、脳磁気など、内分泌系では唾液に含まれるストレスホルモンであるコルチゾール測定等がある。これらの指標を測定することで、パネルがどのような状態であるのかを把握する取り組みが非常に多数報告されている。

だしに関与する研究においても生理応答計測を用いた検証例がある。石崎らはパネルに単純作業負荷をかけ、鰹だしを継続摂取した時としない時を比較している。ストレスマーカーである唾液中のコルチゾールおよび疲労度の指標であるフリッカー値を測定することで、鰹だしがストレスと疲労を抑制する傾向を示すことを報告している[2]。森滝らは昆布と鰹節の合わせだしをサンプルとして実験を行っている。フリッカー値と心拍変動スペクトル測定により、合わせだしが疲労度および自律神経活動にどのように関与するの

かを報告しており、合わせだしの香りを嗅ぐだけでも副交感神経活動が有意に活発になることを示している[3]。

おいしさと生理応答計測を関連付けた例もあり、頭部の特定部位の血流変化がさらに飲食したいという摂食モチベーションに関連するとの報告がある。NIRS (Near-infrared spectroscopy、近赤外分光法) は近赤外光の反射を測定することで神経活動に伴って惹起される血流量の変化を計測手法である[4]。NIRS は近赤外光を照射するプローブと反射光を計測するプローブが一对となっている。血中に存在する酸素が結合したヘモグロビンは近赤外光を吸収する性質を持つ。神経活動に伴いエネルギーが必要となった部位へ酸素等を送り込むため血流量が増加すると近赤外光の反射が減衰することを応用し、血流量の変化を経時的に測定する仕組みである。外部より近赤外光をあてるため、近赤外光が透過できる範囲が測定限界であり、体内深部の血流変化を測定することは難しい。

この方法は近赤外光プローブを計測したい部位へ巻き付けるだけで測定でき、実際の飲食時に近い姿勢や環境で測定可能であることが利点である。(図4-1)

そのほかに酸素が結合したヘモグロビンの性質を活用した生理応答測定として、核磁気共鳴による fMRI(functional magnetic resonance imaging, 機能的磁気共鳴画像法)も知られている。この方法を用いると体内深部の情報を高解像で得ることができる。非侵襲であるが装置が大掛かりで高価であり、非常に強い磁気場や機械の大きな作動音などが発生する。そのため実際の飲食時に近い姿勢や環境を整えることが難しいことから、飲食時のおいしさに関与する生理応答反応を測定するには不向きと言える。



図 4-1 光トポグラフィ装置 ETG-4000 (株式会社日立メディコ製)

美味しそうな飲食物を見たりその香りを感じたりした際、食べたいと感じて唾液が出てくるような経験をすることがある。唾液は唾液腺より分泌され、血液が原料となっている。つまり唾液を分泌するためには唾液腺への血液流入が必要となる。この唾液腺への血液流入変化を測定することで、食べたいと感じた時の生理応答を計測できるとの原理である。

大きな唾液腺は耳下腺・顎下腺・舌下腺の3つであり、そのほかに小規模な唾液腺が存在する。この中で耳下腺の活動とこめかみ部の血流応答に相関関係が存在するとの報告がある[5]。このことを応用しこめかみ部の血流応答をNIRSを用いて測定することで、もっと食べたいという摂食モチベーションの有無を測定する流れである。(図4-2)

松本らはこの方法を用い、鰹だしについて各種測定を行っている。鰹だしに対し十分に食経験を有するパネルに対し、本研究で使用したものと同じだし味溶液および鰹荒節超臨界抽出物を添加しだし味溶液を提示し、NIRSによるこめかみ部の血流応答を測定している。

測定のスキームは図4-3に示した。一回の測定セッションではサンプルを2度提示し、コントロール条件ではだし味溶液/だし味溶液の順でNIRSのデータを測定、テスト条件ではだし味溶液/香気抽出物添加溶液で測定を行っている。

その結果、コントロール条件では有意な血流応答反応が見られないものの、鰹荒節抽出物添加条件では有意な血流応答反応が見られたことを報告している[6]。NIRSと同時に行った官能評価結果からも、香気抽出物の添加により有意に嗜好性が向上する結果が得られている。

以上のことから、鰹荒節抽出物を添加しだし味溶液はもっと食べたいという摂食モチベーションを惹起するサンプルであると解釈できる。

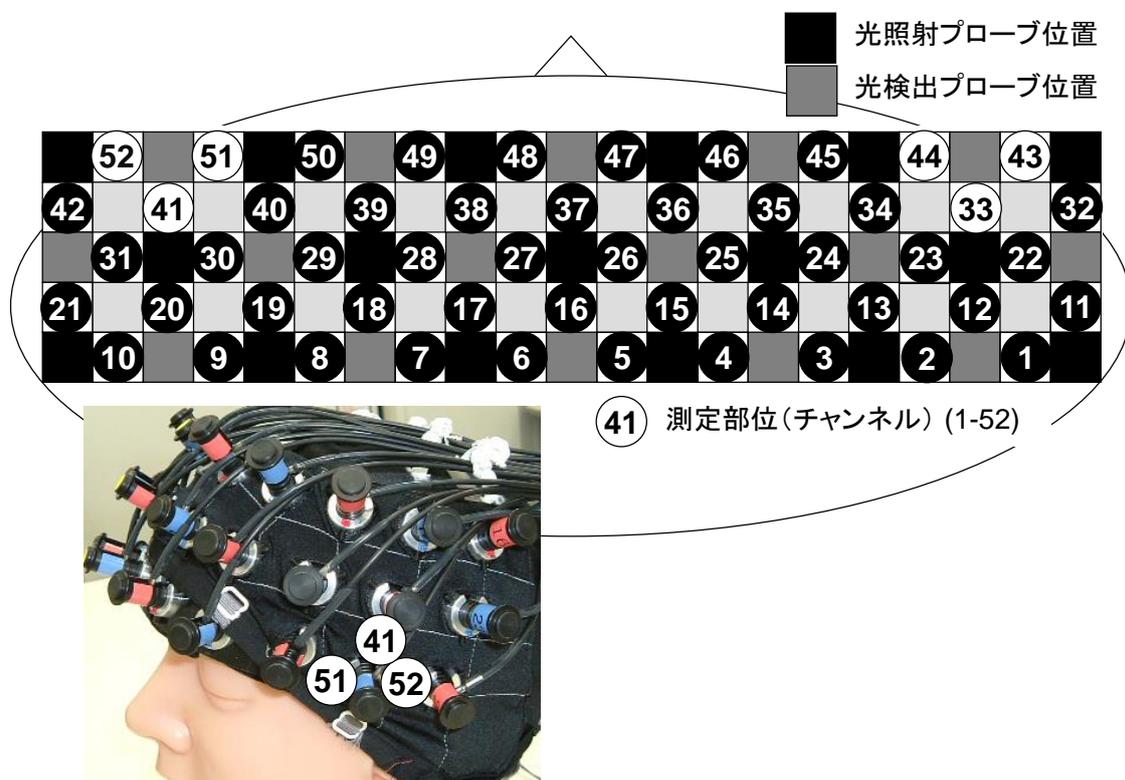
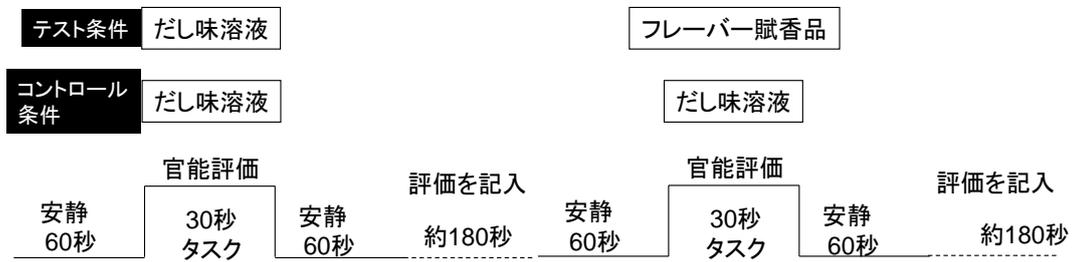


図 4-2 NIRS 計測部位 (3×11 の 52 チャンネル)

着目したこめかみ部の左右 3 チャンネルを白丸数字で示した

(斉藤司 かつおだしの嗜好性に寄与する香気成分の研究, 博士論文, 2015
より抜粋)

(a)



(b)

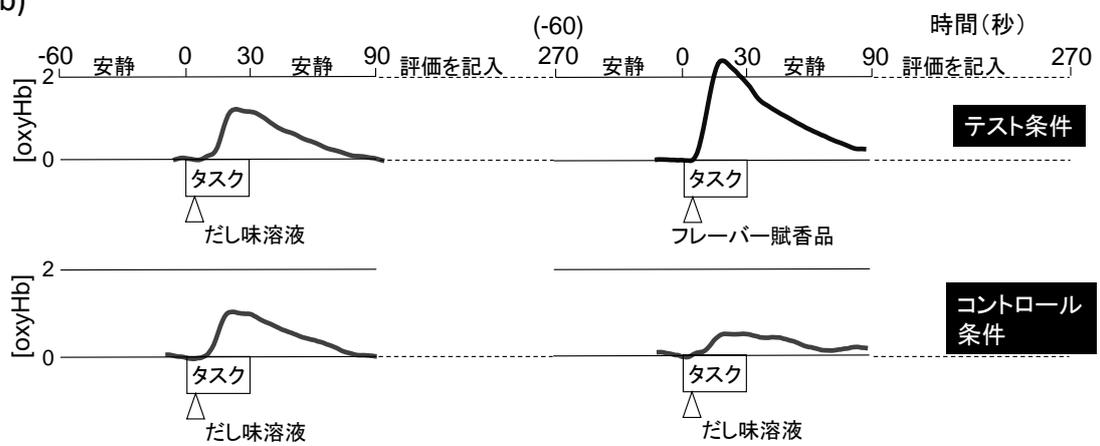


図 4-3 (a) 1セッション (2日間) の実験デザイン (b) テスト条件、コントロール条件において Ch 51 で記録された唾液腺血流応答例 (斉藤司, かつおだしの嗜好性に寄与する香気成分の研究, 博士論文, 2015 より抜粋)

この NIRS による生理応答測定結果は、本研究の官能評価実験によって見出された鯉荒節香気抽出物の添加により総合的なおいしさが向上し、その主要因が報酬の要素であるとの結果と非常に一致することが分かった。

以上より、本研究で実施した官能評価実験結果と、既報である NIRS を用いた人間の生理応答測定から得られる結果が一致するとの見解を得ることが出来た。

参考文献

1. 宮崎良文, *主観評価と生理応答の対応*. 日本官能評価学会誌, 1997. **1**(1): p. 37-42.
2. 石崎太一, et al., *鰹節だし摂取が単純作業負荷時の精神疲労・ストレスおよび作業効率に及ぼす影響*. 日本食品科学工学会誌, 2007. **54**(7): p. 343-346.
3. 森滝望, 井上和生, and 山崎英恵, *出汁がヒトの自律神経活動および精神疲労に及ぼす影響*. 日本栄養・食糧学会誌, 2018. **71**(3): p. 133-139.
4. 福田正人, *NIRS 波形の臨床判読 : 先進医療「うつ症状の光トポグラフィ検査」ガイドブック*. 2011: 中山書店. 116p.
5. Sato, H., et al., *Application of near-infrared spectroscopy to measurement of hemodynamic signals accompanying stimulated saliva secretion*. Journal of biomedical optics, 2011. **16**(4): p. 047002.
6. Matsumoto, T., et al., *Dried-bonito aroma components enhance salivary hemodynamic responses to broth tastes detected by near-infrared spectroscopy*. J Agric Food Chem, 2012. **60**(3): p. 805-11.
7. Saito, T., et al., *Aroma Compounds Contributing to Dried Bonito*. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 2014. **61**(11): p. 519-527.

5. 考察・まとめ

人間の官能評価実験結果から鰹節の香りに対する嗜好性の要因として報酬の要素が主であることを示した。このことは既報の動物実験結果と一致するものであり、また人間の生理応答研究から報告されていることとも一致することが分かった。本実験において、鰹節という日本文化に根差した香りによるおいしさへの寄与は報酬的要素が主であり、文化的要素や情動的要素がほとんど寄与していないという結果は非常に興味深い。

食品が持つ報酬的要素として、熱量が高いことや甘さが強いといった栄養学的な要素が考えられる。今回実験に使用しただし味溶液には糖質を添加していない。賦香に使用した荒節香気抽出物の乳化剤製剤および香気のない乳化剤製剤には油脂分が含まれているが、両サンプルに同量の乳化剤製剤を添加しているため、サンプル間の熱量差はないものとして考えられる。また添加率が 0.02% であることから乳化剤製剤に起因する熱量は無視できるほど小さいと考えられる。だし味溶液に含まれるアミノ酸や核酸類由来の熱量も微々たる量である。よって D 溶液と D+A 溶液の熱量由来による報酬的要素を考慮に入れる必要性はないと考えられる。このことから、サンプルに添加した香気が効果の要因であると言える。

香り成分の添加により味質が変化や強調して感じられることは種々報告されている。黒林らは香味野菜のセロリに含まれるフタライド類がチキンブrossのコクを増強し、味質であるうま味や甘味が強化することを報告している[1]。Lawrenceらは食品の香りが塩味増強に寄与することを述べている[2]。また飯泉らは砂糖様の甘い香気を有する Ethyl maltol を砂糖水に添加することにより甘さの感覚強度が上昇し、NIRSによる生理応答計測によりこめかみ部の血流が増強することを報告している[3]。

香気成分の添加量や存在量は非常に少なく、香気成分が舌に存在する味覚受容体を刺激した結果としてこのような味質の変化が起きたと考えるのは考えにくい。よってこれらの現象は嗅覚と味覚の情報が脳内で相互作用して起きたと考えるのが妥当と思われる。本実験においても、鯉節香気による嗅覚がだし味溶液に含まれるうま味などの味覚感覚と相互作用し、報酬的な感覚が増強して感じられた可能性は考えられる。

哺乳類の中には特定の香気成分に反応し、行動が変化することがある。フェロモンなどが知られている。例えば、オオカミの尿を嗅ぐことで野生のエゾシカやマウスが忌避行動をとることが知られている。忌避行動を起こしたエゾシカやマウスは、以前にオオカミの尿を嗅いだことがない *naïve* 個体であった。つまりオオカミと遭遇した恐怖体験がない群であり、忌避する理由を知らないはずである。しかし行動に変化を生じたことから、生得的に特定の香りに対する行動がプログラムされていると考えられる。その成分が特定され、香気成分であるピラジン類 (2,6-dimethylpyrazine, trimethylpyrazine, 3-ethyl-2,5-dimethylpyrazine) の複合体であることが報告されている [4]。

このように鯉節香気の中に人間の行動をコントロールするような効果を示す特異な香気成分が影響した可能性も考えられる。しかし人間にはフェロモンを探知する鋤鼻器が存在するとの報告は無い。またフェロモンに相当する物質の発見例も無いことから、他の動物で見いだされているいわゆるフェロモンに相当する香気成分が今回の結果に影響を与えた可能性は極めて低いと考えられる。

Nilsson らは哺乳類を捕食する哺乳動物 4 種に対し、哺乳類の血に含まれる代表的な香気成分である *trans*-4,5-epoxy-2(*E*)-decenal を塗布した木片を与える行動学実験を行った。結果、4 種とも血を塗布した木片と同様に上記香気成分を塗布した木片に対して有意に嗜好性や興味を示す行動を取ること

を報告している[5]。このことは種を超えて attractive な特定の香気成分が存在する可能性を示している。このような事例から、鰹節を代表する特定の香気成分が嗜好性に与える可能性が考えられる。

一般に食品に含まれる香気成分は数十から数百種類におよび、その複雑な組み合わせと含有割合が食品の特有の香りとして認知されている。しかしその中には特定の香気成分単独でも十分に食品の香気を表現する代表になるものがある。例えばバニラの香気成分であるバニリン、クミンの香気成分であるクミンアルデヒド、紫蘇の香気成分であるペリラルアルデヒドなどが挙げられる。

香気成分の中には嗅覚受容体以外の受容体に反応するものがあることが知られている。温度受容や痛覚などの侵害受容に関与する TRP チャンネル (transient receptor potential) にはいくつかのサブファミリーが存在する。そのいくつかには香気成分がリガンドとして作用することが知られている[5]。冷感に関与する TRPM8 には薄荷やペパーミントの重要香気成分であるメントールが作用し、それによりメントールを塗った部分は実際に冷感を感じる。ほかにも温感に関与する TRPV3 にはカンファー、TRPA1 にはシナモンの重要香気成分であるシンナムアルデヒドやワサビや芥子の重要香気成分であるアリルイソチオシアネートがリガンドとなる。TRPA1 は三叉神経などの感覚神経に発現し[6]、アリルイソチオシアネートが作用することでツンとした辛味(痛み)を感じると言われている。つまり、香気成分が体性感覚に作用する事例がある。

そのほかにもリン脂質や脂肪酸などのトランスポーターである CD36 が脂質に対する嗜好性に関与することを示唆する報告がある[7]。また李らは CD36 が嗅上皮に高密度で発現していることを示し、嗅覚に対する関与の可能性に言及している[8]。都築らは CD36 の活性部位と考えられるペプチド鎖

を合成し、様々なリガンドアッセイを行っている。その中でリノール酸などの長鎖不飽和脂肪酸が高い活性を示すことを見出しているが、飽和アルデヒドの tridecanal などの香気成分が高い活性を示すことを報告している。斉藤らは鰹節の重要香気成分の一つとして(Z,Z)-4,7-tridecadienal(TDD)を発見した[9]。この TDD が弱いながらペプチドに対して活性を示すことを明らかにしている[10]。

前述の通り鰹節の香気成分は数百種類存在している。有富らは様々な原料から調製しただしの官能評価を行い、鰹節の香気特徴は多岐にわたることを報告している[11]。また斉藤らは GC-MS 匂い嗅ぎにより 10 品の重要香気成分を絞り込み、この組み合わせによりある程度鰹節の香りが成り立つことを示している[9]。これらのことは、鰹節の香気は単一の香気成分で代表できないことを示している。

(GC-MS 匂い嗅ぎ：ガスクロマトグラフ(GC)により分離した香気成分の一部を外部に出力するポートを備え、直接人間の鼻で分離した香気を嗅ぐことができる装置。分離された香気成分は鼻で嗅ぐタイミングと質量分析計(MS)に導入されるタイミングが同期しており、人間の鼻で検知できた香気成分が質量分析計により同定・推定できる手法)

以上のことから、嗅覚以外の体性感覚や未だ知られていない受容メカニズムに対して鰹節の特定の香気成分が反応し、嗜好につながっている可能性は否定できないものの、嗅覚受容体を経由して鰹節に含まれる単一の化合物が嗜好性や報酬効果を惹起したとは考えにくい。

河野らは鰹だしや鳥だしなど 5 つのだしに対する嗜好意欲を日本人と中国人で比較している。それによると日本の中国の鳥だしに対する嗜好意欲は日中で有意差がなかった一方、本枯節・荒節から調製した鰹だしに対しては

日本人が中国人に対して有意に嗜好意欲強度が高いことを報告している [12]。

このことは、これまでの議論で述べてきた特定香気成分が人に対してフェロモンの働きをしたことによる効果であることを否定するものと考えられる。また、鰹だしの特定の香気成分が嗅覚以外の体性感覚等に関与していたとしても、日本人と中国人で嗜好意欲に差があることからそれは人にとって本質的に好ましい刺激であるわけではないと考えられる。日本人が鰹だしに対する嗜好性を後天的に獲得した結果であると考えられる。

NIRS による生理応答実験からも鰹だしに対する嗜好性獲得が後天的であることを示唆する結果が得られている。第 4 項において鰹荒節超臨界二酸化炭素抽出物を添加することによる生理応答反応について本研究との整合性を述べた。松本らはさらに鰹荒節超臨界二酸化炭素抽出物の香気分析を行った結果 [9] を用いて鰹荒節の香気を似せた香料を調製している。鰹節の香気構成要素である燻煙様香気が入っている香料と入っていない香料を調製し、だし味溶液に添加して NIRS によるこめかみ部の血流応答を測定した。結果、燻煙様香気が入っていないサンプルでは有意な血流増強が見られなかったものの、燻煙様香気が入ったサンプルでは有意な血流増強が見られた。このことから、松本らは単純に香りを添加することだけで血流増強が起こるのではなく、香りの質を判断した結果として血流応答が起きたと述べており、だしの風味を経験した際の記憶が関与していることに言及している。

人間が香気に対する嗜好性を獲得することは先天的なものを完全には否定できないが、主に後天的な結果によるものと考えられる。綾部らは 2 歳児と 9~12 歳の小児、成人に対して、糞臭の香気成分である skatole を充満させたボックスとバラの香気成分である 2-phenylethylalcohol を充満させたボックスを用意し、どちらのボックスを選択するか実験した。その結果、小児

と成人は 2-phenylethyl alcohol のボックスを有意に選択したが、2 歳児は有意差がなかった。このことから、skatole の匂い—糞臭の連合学習は後天的に起こり、香気の質に対する意味付けがその後の行動に影響することを述べている[13]。

マウスにおいても香りに対する嫌悪学習をすることが知られている。これらのことは香り自体に対して嗜好性や嫌悪を示しているのではなく、香りを経験した際の記憶や情報が香りにリンクし、次回以降その香りを感じた際にその記憶や情報がフィードバックされると解釈できる。

繰り返し刺激を与えることでその刺激が好ましいものとして学習する単純接触効果が知られているが、香り刺激に対しても同様に接触回数を増やすほど嗜好性を獲得することが報告されている。

動物行動学実験より、デキストリン（つまり炭水化物）を加えた鰹だしには報酬効果があることが示されていることは前述した。川崎らは離乳期のマウスに鰹だしを与えたマウスが与えなかったマウスと比較して、成長後の鰹だしに対する嗜好性が有意に高くなることを示している[14]。人間を含めた生物にとって、生きていくために栄養を取る必要があることは明らかである。そのために炭水化物や油脂、たんぱく質、ビタミン類などを日々摂取している。日本人は食事で摂取した熱量において炭水化物由来の割合が諸外国より多く[15]、幼少時から主食である米（炭水化物）とともに鰹だしを使用した汁物や副菜などを摂取していることが特徴である。そのような食事の結果、鰹だしの香りの記憶が食事という報酬の代表として刷り込まれたと推定できる。

まとめ

これまでの結果と議論をまとめる。

動物行動学実験からは鰹節の香りに報酬効果が見られる。そのことが人間に外挿できるか本研究においておいしさ評価系を用いた人間の官能評価研究を実施した。結果、人間においても鰹節の香りを添加することで総合的なおいしさが向上し、その要素が報酬によるものであることを示した。

さらに松本らは NIRS を用いた生理応答反応の研究結果から、鰹節の香りはもっと食べたいと思わせる摂食モチベーションを起こすことを述べている。

幼い時から何度も食事において鰹だしを経験することによって鰹だしの風味に対して繰り返し学習し、鰹だしの香りが食事の栄養的価値の代表として記憶に刷り込まれることが本研究結果の要因と推定される。これは伏木が言及していること[16]を強く支持する結果である。食文化由来の香りの記憶であるにもかかわらず、その効果は食文化や情報の要因を抑えて報酬が主要因になるほど強力であることが官能評価から明らかとなった。

これら動物行動学・人間の官能評価・人間の生理応答の3つの面から、鰹節の香りには報酬的でもっと食べたいと感じさせる効果があることが強く示唆されると結論付けられる。

また今回適用した美味しさ評価系が、飲食物の香りの差による美味しさの質の違いを評価することに応用拡大が可能であることを示した。

参考文献

1. Kurobayashi, Y., et al., *Flavor enhancement of chicken broth from boiled celery constituents*. Journal of agricultural and food chemistry, 2008. **56**(2): p. 512-516.
2. Lawrence, G., et al., *Odour–taste interactions: A way to enhance saltiness in low-salt content solutions*. Food Quality and Preference, 2009. **20**(3): p. 241-248.
3. Saito-Iizumi, K., et al., *Ethylmaltol odor enhances salivary hemodynamic responses to sucrose taste as detected by near-infrared spectroscopy*. Chemosensory Perception, 2013. **6**(2): p. 92-100.
4. 柏柳誠, 長田和実, and 宮園貞治, *オオカミ尿由来の恐怖のにおい P-mix が引き起こすエゾシカの忌避・恐怖行動*. におい・かおり環境学会誌, 2016. **47**(2): p. 112-118.
5. 富永真琴, *温度受容の分子機構*. 日本薬理学雑誌, 2004. **124**(4): p. 219-227.
6. 辛島裕士, *炎症性疼痛と TRPA1*. 日本ペインクリニック学会誌, 2017. **24**(4): p. 308-317.
7. Sclafani, A., K. Ackroff, and N.A. Abumrad, *CD36 gene deletion reduces fat preference and intake but not post-oral fat conditioning in mice*. American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 2007. **293**(5): p. R1823-R1832.
8. Lee, S., et al., *Expression of CD36 by Olfactory Receptor Cells and Its Abundance on the Epithelial Surface in Mice*. PloS one, 2015. **10**(7): p. e0133412.
9. Saito, T., et al., *Aroma Compounds Contributing to Dried Bonito*. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 2014. **61**(11): p. 519-527.

10. Tsuzuki, S., et al., *A Search for CD36 Ligands from Flavor Volatiles in Foods with an Aldehyde Moiety: Identification of Saturated Aliphatic Aldehydes with 9-16 Carbon Atoms as Potential Ligands of the Receptor*. *J Agric Food Chem*, 2017. **65**(31): p. 6647-6655.
11. 有富菜穂子, et al., 魚節だしおよび煮干だしの官能評価用語の収集と整理. *日本官能評価学会誌*, 2010. **14**(1-2): p. 34-39.
12. 河野一世, かつお節とかつお節だしに関する調理科学的・食文化的考察. *日本調理科学会誌*, 2008. **41**(1): p. 2-10.
13. Ayabe-Kanamura, S., T. Kobayakawa, and S. Saito, *Odor preferences Which do children: in two-year-old prefer a rose-like odor or a skatol odor?* *The Japanese Journal of Research on Emotions*, 2003. **10**(1): p. 25-33.
14. 川崎寛也, 山田章津子, and 伏木亨, 「鰹だし」風味の食餌の初期経験が後の嗜好性に及ぼす影響. *Journal of Cookery Science of Japan*, 2003. **36**(2): p. 116-122.
15. 堤伸子, *国際比較から見たわが国の食料消費の特徴*. *日本家政学会誌*, 1996. **47**(11): p. 1065-1071.
16. 伏木亨, *人間は脳で食べている*. ちくま新書. Vol. 570. 2005: 筑摩書房. 194p.

6. 謝辞

本研究を遂行しこのような博士論文としてまとめることが出来たのは、多くの方々にご指導・ご協力頂いた賜物であります。紙面ではありますが、ここに謝意を申し上げます。

本研究をまとめるにあたり、終始熱心なご指導ご鞭撻を頂き、論文発表の機会を与えてくださいました龍谷大学大学院農学研究科教授 伏木亨博士に心より篤く御礼申し上げます。

本研究にあたり、ご指導と温かい励ましを頂きました龍谷大学大学院農学研究科教授 山崎正幸博士、同教授 山崎英恵博士、同教授 石原健吾博士、甲子園短期大学生生活環境学科専任講師 中野久美子博士に心より感謝申し上げます。

本研究遂行にあたり、実験計画立案、実施やデータ解析に多大なご協力を頂きました龍谷大学大学院農学研究科修士2年 中村葵氏、同原田歩実氏、龍谷大学農学部卒業生 北濱佳那氏、同本田紗己氏に心より感謝申し上げます。

本研究に携わる機会を与えてくださり、本研究遂行にご理解とご指導を頂きました長谷川香料株式会社代表取締役会長 長谷川徳二郎氏、同代表取締役社長執行役員 海野隆雄氏、同代表取締役副社長執行役員 知野善明氏、同前取締役副会長 故 近藤隆彦氏、同前取締役専務執行役員 故 南木昂氏に謹んで感謝申し上げます。

本研究に携わる道筋をつけて頂き、篤いご指導と激励を頂戴しました長谷川香料株式会社前専務執行役員 齊藤司博士、同前執行役員 岩本実博士に謹

んで篤く感謝申し上げます。

本研究を遂行するにあたり、ご理解・ご指導と篤い励ましを頂きました長谷川香料株式会社常務執行役員 中村哲也博士、同執行役員 菅原俊也氏、同非常勤参与 五味俊彦氏（前常務執行役員）、同非常勤参与 荒川利彦氏（前常務執行役員）、フレーバー研究所第2部長 前田知子氏、同第6部副部長 原口賢治氏、同総合研究所研究企画部副部長 中村明朗博士に篤く感謝申し上げます。

同時に社会人学生として入学し、激励と情報交換の機会を頂きました龍谷大学大学院農学研究科博士後期課程3年 中村元計修士（一子相伝なかむらご主人）、同才木充修士（直心房さいきご主人）、同高橋拓児修士（木乃婦ご主人）、同農学研究科卒業生 竹中徹修士（京料理清和荘ご主人）、同村田知晴修士（菊乃井若主人）に感謝申し上げます。

官能評価実験のパネルを快く引き受けて頂いたり、筆者を励まし支えてくださいました皆様々に御礼申し上げます。

本研究を進めるにあたり煩雑な事務手続きを進めて頂き、温かい励ましを頂きました龍谷大学農学部伏木研究室 石井真紀氏、同花淵聡子氏に感謝申し上げます。

最後に、惜しめない教育の機会を頂き、家族として温かく見守っていただいた両親、姉に心より感謝申し上げます。

2020年11月

網塚 貴彦