

# 食むヒトを「測る」

(独) 産業技術総合研究所 主任研究員  
小早川 達 (こばやかわ たつ)

## Profile — 小早川 達

1994年、東京大学大学院修士課程工学系研究科計数工学専攻修了。同年、通商産業省工業技術院生命工学工業技術研究所（現・独立行政法人産業技術総合研究所）入所。現在は同所ヒューマンライフテクノロジー研究部門マルチモダリティ研究グループ主任研究員。1999年、東京大学にて博士（工学）取得。専門は計測工学。主な著書は『講座「感覚・知覚の科学」第4巻』（分担執筆、朝倉書店）、『新編感覚・知覚心理学ハンドブック Part 2』（分担執筆、誠信書房）など。



量子力学の発展の中で理論物理学者ヴェルナー・ハイゼンベルグは「不確定性原理」を提唱し、その解釈を巡って大論争が巻き起こった。「素粒子レベルの極小対象の観察には、高エネルギーの電磁波が必要だが、このような電磁波は観察対象をはじき飛ばしてしまうため、結果として観察対象の位置を同定することができない」——食とヒトの関わりを考えると、筆者はこの解釈に思いを馳せる。脳機能計測、そして心理学的手法は、この解釈が暗喩する命題とどのように向かい合っていけるだろうか。

## 脳は嘘をつかない？

1996年、筆者らは脳から自然に発生する脳磁場（MEG）を計測することによりヒトにおける一次味覚野の同定に成功した（Kobayakawa et al., 1996）。国際誌への掲載に伴いプレス発表を行なって以降、様々な方々からFAQ（Frequently asked question）とも言うべき質問を頻繁に受けるようになった。「脳を測れば消費者がその食品をおいしいと思っているかわかりますか？」というQである。この質問を受けるたび、筆者は笑顔で（“それなり”に）応対するが、内心では「またか……」と嘆息をもらしている。

そのプレス発表から数ヵ月後のある日、記事を目にした日清食品株式会社の安藤宏基代表取締役社長から直々にご招待を賜り、講演させて頂く機会を得た（よくぞ弱冠20代の若造@当時は招いたものだ、と今にして思う）。この講演のときにも予想を裏切ることなく先述のFAQが

出たわけだが、安藤社長は質問に至るまでの背景も語ってくれた。生タイプ麺を採用したカップラーメン「(初代) 日清ラ王」の開発中、一般から消費者パネルを集めてアンケート調査を実施したところ、「確かにおいしいが、この設定価格（300円台）を出してまで買わない」との回答が返ってきたという。彼女たちからのネガティブな反応に気落ちしつつも、ここは勝負とばかりに発憤興起して「ラ王」を市場に投入したところ、嬉しい誤算となる爆発的ヒット商品に大化けした。このような一連の顛末をふまえて安藤社長は「消費者パネルはきっと嘘をついていたに違いない」と考え、「脳を測れば消費者パネルの嘘を見抜けるのではないかと」と、当時最新鋭の脳機能計測に期待を寄せたのである。

## 味覚の生理紀行：「タン」発 — 「ブレイン」行

味覚は生理学的、心理学的に甘味、塩味、酸味、苦味、うま味の基本五味に分類される。味覚の教科書でよく見かけるヒトの舌上における味覚分布地図は実のところ誤りであり、味質によって感受性の高い舌の部位が異なるというような明確な分布は認められないことが味嗅覚関連の学会では定説になっている。実際、筆者らが行なった実験からも舌の先端部や奥ではすべての味質を感じることができ、苦味とうま味に関しては舌の奥で特に強く感じる傾向にあることがわかっている。

ノーベル生理・医学賞を受賞したアクセル博士らによって達成された嗅覚受容体の同定以降、

彼らが用いた手法を味覚に応用することで味覚受容体の探索が行われてきた。味覚については味質ごとに異なる受容体が舌上に発現しており、現段階において甘味、苦味、うま味に対する受容体（もしくは受容体の複合体）はすでに同定され、塩味および酸味に対する受容体はそれぞれの候補が発見されている状況にある。

旧世界ザルの一種であるマカクザルにおける味覚の神経投射経路については、舌の前方は鼓索神経、後方は舌咽神経を経由して延髄孤束核から視床後内側腹側核小細胞部 (VPMpc)、そして大脳皮質の一次味覚野に投射することがわかっており、一次味覚野からは高次味覚野と考えられる眼窩前頭皮質へ投射するといわれている。このようなマカクザルにおける神経投射がそのままヒトに当てはまるかどうかについては、今なお不明な点が数多く残されている。

### ブレインはかく語りき

パソコンの発達を追い風に、視覚や聴覚に関する研究においては視覚なら視覚だけ、聴覚なら聴覚だけを単独に刺激することが比較的容易である。ところが、味覚に関してはそうそう単純な話ではなく、味のついた液体を舌上に垂らすと味覚と同時に触覚も刺激されてしまう。筆者が工業技術院生命工学工業技術研究所に入所した1994年当時、世界のどこにも味覚だけを刺激できる提示装置は存在しなかった。そこで筆者らはまず、味覚刺激提示装置の開発に取りかかることとなった。幾多の試行錯誤の結果、約40ミリ秒で水から味覚刺激に切り替わり、かつ触覚（切り替わり時の圧力変化）を生じない刺激提示装置が完成した。この装置を用いて刺激間隔30秒、刺激提示回数40試行で食塩水を提示しMEGの計測を行なったところ、図1(a)と(b)に示した磁場波形と磁場分布が得られた。食塩水における最短潜時は約120ミリ秒であり、最短潜時で賦活する脳部位として中心溝より後方に位置する頭頂弁蓋部と島皮質の移行部（以後、Area G）が推定された（図1(c)）。最短潜時で賦活する脳部位に関しては味質間で有意差があるとはいえなかった一方、最短潜時

に関しては味質によって異なることがわかった。例えば人工甘味料溶液における最短潜時は約250ミリ秒と、食塩水における最短潜時との間に有意差が認められている。このような味質間における最短潜時の違いは味質による受容機構の差異に起因する、と筆者は考えている。

先述した筆者らによる味覚誘発MEG計測の結果に対し、機能的核磁気共鳴画像法 (fMRI) や陽電子放射断層撮影法 (PET) を用いて味覚の脳機能計測を行なっている海外の研究者らは強く反発した。一次味覚野の場所に関する彼らの主張と筆者らの主張が、中心溝を挟んで真向から対立したのである。fMRIやPETでは脳の血流変化を見ているため、これらの計測手法を用いて刺激の提示開始から特定の脳部位が賦活するまでの潜時（電氣的活動の時間的遷移）を追うことは原理的に不可能である。そこでfMRIやPETを計測手法とする研究者らは、マカクザルと同一の脳部位で血流変化が見られた結果を根拠とし、マカクザル同様、ヒトにおいても中心溝より前に位置する前頭弁蓋部が一次味覚野であると主張している。筆者らが実施した味覚誘発MEG計測においても、確かに前頭弁蓋部の賦活は推定された。しかし前頭弁蓋部

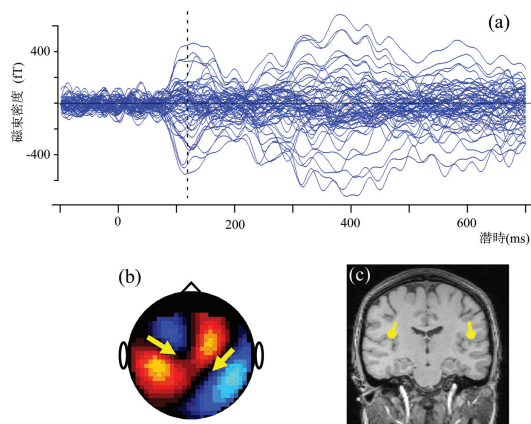


図1 味覚誘発磁場による第一次味覚野の同定  
(a) 全頭型MEG計測装置の磁場センサーの時系列信号。一本の時系列データが1個の磁場センサーに対応する。  
(b) (a)の点線の潜時（刺激提示開始から約120ミリ秒後）における脳表面上の磁場分布。青い範囲が磁場の湧き出し、赤い範囲が磁場の吸い込みを示す。黄色の矢印は分布から計算される電流素である。  
(c) (b)の磁場分布から計算された脳活動部位。黄色の点および線は電流素の方向を示す。

の賦活が推定された潜時は Area G の潜時よりも長かったことから、前頭弁蓋部は味覚の一次野ではなく高次野である、と筆者は考えている。

さて、fMRI や PET を計測手法とする研究者らを説得しヒトにおける一次味覚野の場所に関する議論に白黒をつけるためには、fMRI もしくは PET を用いて Area G の賦活を示す必要があった。そこで、筆者らは従来の fMRI や PET において Area G の脳血流変化が捉えにくかった原因を味覚刺激の提示方法に求めた。視覚や聴覚において一次感覚野の活動を計測する場合、視覚ならば短時間切替の格子パターン、聴覚ならば単ビーブ音を実験協力者に繰り返し見せたり聞かせたりする。一方、従来の味覚における脳機能計測では数秒間にわたって連続的に味溶液を提示しており、視覚や聴覚で見られる短時間切替による刺激提示方法を採用してはいなかった。このような状況をふまえ、筆者らは味溶液と水を短時間で切り替えて交互に提示する刺激方法を用い、熊本大学医学部と共同で fMRI による脳血流変化の計測を実施した (Ogawa et al., 2005)。その結果、fMRI においても MEG 計測における Area G とほぼ同一の部位で賦活が観察され、さらに前頭弁蓋部の賦

活も認められた (図 2)。この結果が国際誌に掲載されて以降、Area G における賦活を支持する海外の研究者からの報告が徐々に増えてきた。換言すれば、従来の fMRI や PET を用いた脳機能計測では適切な刺激提示方法を採用せずに一次味覚野の活動を捉えようとしていた、ということになる。

ヒトにおける一次味覚野の必要条件とは味覚刺激に対して最短潜時で賦活する脳部位であることをいい、一次味覚野と一次味覚野に投射する視床後内側腹側核小細胞部 (VPMpc) の間に直接神経繊維の連絡があることが十分条件となる。先述した MEG および fMRI を用いた筆者らの研究において Area G の賦活が観察されたことから、必要条件は満たされたと言えよう。一方、十分条件に関しては、MRI で得られる画像の一種である拡散強調画像法を用いることによって Area G と VPMpc の間に神経繊維の連絡があるかどうかを追跡することができる。筆者らは首都大学東京健康福祉学部と共同で拡散強調画像法を用いて脳の MRI 画像の撮影を行なった。その結果、Area G 付近から VPMpc への神経繊維の連絡は観察された一方、筆者らの主張と対立する研究者らが主張する前頭弁蓋部付近

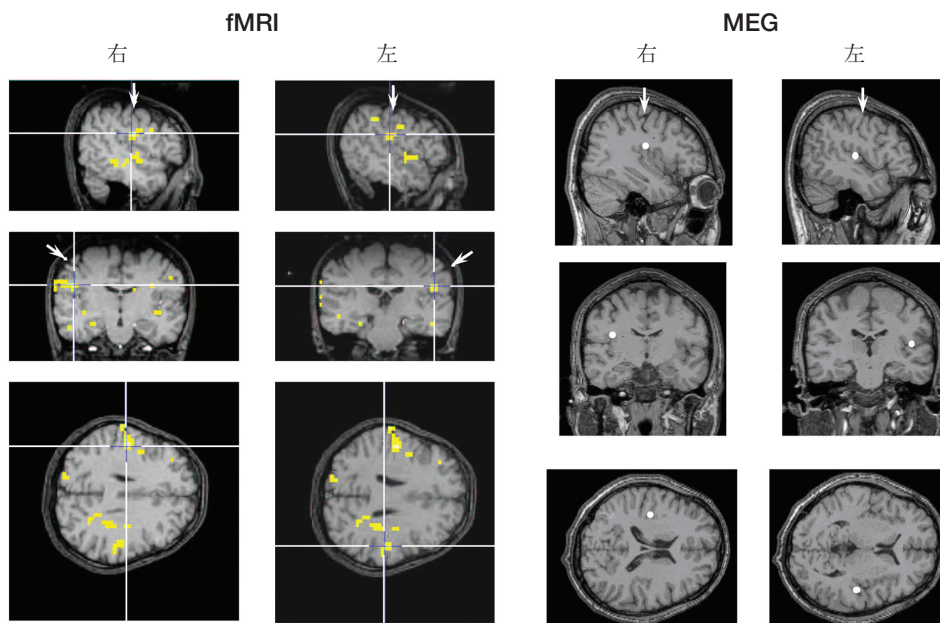


図 2 短時間刺激による fMRI と MEG による味覚関連部位の計測  
MEG による計測結果として最短潜時における脳活動部位を示した。白の矢印は中心溝を表す。

と VPMpc の間に神経連絡は認められなかった。

このような十数年にわたる研究の上に今がある。これから先も計測技術の進歩と手に手を携え、ヒトの味覚に関わる脳機能の解明をめざす。

### フラジール ― こわれものにつき取扱注意

話は「(初代)日清ラ王」に戻る。発売前に行なったアンケート調査の結果と実際の爆発的ヒットの間に、なぜズレが生じたのか。果たして発売前に脳機能計測を実施していれば、本当に消費者パネルの「嘘」を見抜けたのだろうか。

アンケート調査のために集めた消費者パネルだが、其の実ほとんどが主婦だった。ここで勘の良い読者の皆様はピンときたのではないだろうか。そう、学術論文に「実験協力者は無作為に集めた」と書きつつも、「真に“一般的かつ普遍的”な人選だったか？」という例の FAQ である。「ラ王」を食した彼女たちは、きっと嘘をついたわけではなかった。恐らく、先着 300 名様・お一人様一点限りの大特価たまごあらばママチャリ 30 分余裕でクリアという彼女たちにとって、300 円台のカップラーメンはお財布に痛すぎたのである。結局のところ、「ラ王」にまつわる予想外の快進撃は、ただ単に主たる購買層が主婦ではなかった、というオチに尽きるのではなかろうか。

昨今、巷では「ニューロマーケティング」という言葉が知名度を増してきている。先述した安藤社長からの 15 年前の Q も、今なら「ニューロマーケティングへの期待」と換言できる。新商品の開発部隊は死力を尽くしている、その先に待ち構える鷹の目を射ぬくために脳機能計測を活用できないか、というのが Q に潜む真の意図だったように思う。このような Q に対し、15 年が経った今でも、筆者は答えあぐねている。

ヒトの味覚に関する脳機能は一次味覚野の場所にさえ決着がついておらず、各脳部位の機能に至っては数少ない研究報告においてですらカオス状態の感が否めない。一次野の部位が異なるだけで、従来の脳機能計測の結果における解釈が根本から変わってしまうのである。また、

味覚は「食」の観点においても嗅覚と深く関わっており、両感覚の統合についても研究が進められている。

味覚単独を扱うにせよ、味覚と嗅覚の相互・統合作用を扱うにせよ、脳機能計測には「すごそう」という印象がつきまとう。確かに計測装置の購入や維持管理に要する費用、計測に費やす労力や時間を考えれば、おいそれとは手を出し難い手法なのかもしれない。その一方で心理学的手法に関しては、他分野の専門家から「専門知識がなくてもできるアンケート調査」という一種のプロトタイプの反応を受けることが多く、これには「心理学的手法を人間計測の手段として用いる計測工学屋」というスタンスの筆者ですら困惑を隠せない。

情動や価値判断を伴う心理指標 ― 例えば「おいしい―まずい」を尋ねた瞬間、実験参加者がもっていた心象は変容してしまうかもしれない。このように考えると、心理学的手法には冒頭の不確定性原理のアナロジーが当てはまるのではなかろうか。さすれば、研究者が次にすべきは「観察対象を量子井戸に閉じ込めること」である。すなわち、心理学的には「評定対象に即した適切な文脈を見失わないこと」に相当する、と筆者は考える。心理学的手法により緻密かつ丁寧に評定対象を捉えることができたならば、その先に脳機能計測による本当のブレイクスルーが待っているのではなかろうか。そんなことも“実現可能”な未来を筆者はめざしている。

### 文 献

- Kobayakawa, T., Ogawa, H., Kaneda, H., Ayabe-Kanamura, S., Endo, H. & Saito, S. (1999) Spatio-temporal analysis of cortical activity evoked by gustatory stimulation in humans. *Chemical Senses*, 24, 201-209.
- Ogawa, H., Wakita, M., Hasegawa, K., Kobayakawa, T., Sakai, N., Hirai, T., Yamashita, Y. & Saito, S. (2005) Functional MRI detection of activation in the primary gustatory cortices in humans. *Chemical Senses*, 30, 583-592.