

## 健康な食事を化学物質なしで満足な美味しさに変える電気味覚技術

研究代表者

宮下 芳明

明治大学総合数理学部

共同研究者

青山 一真

東京大学

中村 裕美

東京大学



左から宮下芳明、青山一真氏、中村裕美氏

## 1. 研究の背景と達成目標

日本人の食塩摂取量は WHO が掲げる食塩摂取基準と比較して非常に多い。塩分のとり過ぎは、高血圧・慢性腎臓病などの生活習慣病の発症や重症化を招きやすく健康に関する社会課題である。厚労省が設定した目標量を達成するためには、今の食塩摂取量を 20%以上低減させる必要がある。しかし塩分を控えた食事（減塩食）に対して「味が薄い」と感じる人も少なくなく、減塩食を続けるうえでの阻害要因となっていた。そこで、電気を使い、塩味の基となる塩化ナトリウムやうま味の基となるグルタミン酸ナトリウムなどが持つイオンの働きを調整すれば、疑似的に食品の味を濃くできるようになるはずであり、本研究ではそれを狙った。これにより、何らかの我慢を強いることなく、満足な美味しさを実現したまま減塩を達成し、人々の身体的な健康だけでなく、精神的な健康にも貢献できると考えた。

- ① 電解質溶液を使用し、電気刺激による味増強効果の調査を行い、その効果を明らかにする。また、効果を最大化する刺激波形を設計する。
- ② 実際の食品を食べるときには、視覚や嗅覚も伴ったマルチモーダルな体験となるため、その状況下での調査を行い、効果を明らかにする。
- ③ 減塩生活を行っている人たちによる実使用調査を行うとともに、味の質的な変化についても調査を行い、その効果を明らかにする。また、日常的な食生活で使用できる電気味覚食器を設計する。

といった達成目標を設定し、「薄味の減塩食が通常の食事と同じ味に感じられる」ことを目標としていた。減塩食は塩分 30%減とされていることが多いので、1.4 倍程度の効果が数値的な目標となる。

## 2. 主な研究成果と社会、学術へのインパクト

付随する研究成果としては甘味制御の成功、飲み物の後味の制御への成功、任意の味を再現するディスプレイの発明、遠隔の味通信システムの発明など、多くの研究成果があるが、研究テーマに即した最終成果についてのみを記す。塩味を 1.5 倍に増強できる刺激波形を発明し、日常的な食生活で使用できるデバイスの開発に成功した。減塩生活者 36 名(女性 13 名, 男性 23 名, 平均年齢 58.3 歳, 減塩継続期間 2~300 ヶ月)による評価実験によって「美味しくなる」ことも実証した。

- ① 多くの基礎研究を積み重ね、陰極刺激と陽極刺激を組み合わせた刺激波形が最良であるところにたどり着いた。
- ② お味噌汁や酢豚など減塩食品を用いた質的な評価を③における評価と同時に行った。
- ③ 減塩生活者 36 名による評価実験により効果を明らかにし、日常的に使用できるデバイスも開発した。企業による商品化も計画されている。



図 1 最終版のデバイス

表1 減塩生活者である実験参加者

番号	性別	年齢	減塩継続期間	食生活の特徴
1	女性	60歳	10ヶ月	減塩の味噌汁をさらに半分に薄めている。
2	男性	65歳	60ヶ月	自分で料理をすることは嫌いである。
3	女性	64歳	60ヶ月	家庭での調理に対するこだわりは強い。
4	男性	47歳	36ヶ月	昔はよく味噌汁を飲んでしたが、今は一切飲まなくなった。
5	男性	65歳	7ヶ月	「これはOK」と自分の中でルールがあり、具体的に減塩に取り組んでいるわけではない。
6	男性	55歳	8ヶ月	家族の好みも考慮しながら減塩を行っている。
7	男性	64歳	18ヶ月	減塩は面倒だが、ある程度は慣れた。本当はラーメンが食べたいと強く思っている。
8	女性	53歳	120ヶ月	「これはOK」と自分の中でルールがあるが、減塩に取り組んでいるかは怪しい。
9	女性	57歳	6ヶ月	減塩はものたりない。塩気が足りないと、いまいち味がしまらない。食事が楽しくなくなる。
10	男性	56歳	50ヶ月	ほとんど減塩に着手しないまま、脱落した。食の楽しみを削いでまで取り組みたくない。
11	女性	61歳	40ヶ月	単純に調味料を半分にしている。食べる量を減らして摂取塩分を減らしている。
12	女性	60歳	36ヶ月	減塩調味料を用いて、薄味の食事を心がけている。
13	男性	65歳	125ヶ月	減塩調味料や出汁を活用しているが、メニューを考えたり調理に難しさを感じている。
14	男性	54歳	66ヶ月	減塩には慣れて不満を感じていない。
15	女性	45歳	24ヶ月	薄味には慣れたが、薄い味噌汁は美味しくない。
16	男性	56歳	2か月	減塩継続の難しさを常に感じ、カレーやレモンの味でごまかすところから開始している。
17	男性	51歳	2か月	減塩継続の難しさを頻繁に感じている。麺類が好きで週2、3回食べている。汁物は毎日飲む。
18	男性	62歳	300ヶ月	今はルーチンの食事内容で、週1回だけ褒美的な食事（ハンバーグ、カレー等）を食べている。
19	女性	65歳	24ヶ月	減塩食は、売られている食品では物足りないと思う。
20	女性	53歳	12ヶ月	減塩調味料を購入して薄味を心がけているが、味付けが難しく、物足りないと感じている。
21	男性	65歳	150ヶ月	減塩調味料を購入し、薄味を心がけているが、味に物足りなさを感じる。
22	男性	61歳	240ヶ月	減塩に関する取り組みについて、今は減塩調味料を使っている程度である。
23	男性	58歳	16ヶ月	外食は週1回、麺類は毎日、汁物は週2、3回食べている。
24	男性	51歳	60ヶ月	減塩調味料や食材を購入し、日々薄味で調理しているが、薄味でものたりない。
25	男性	62歳	60ヶ月	減塩調味料を購入しているが、味付けが難しい。週3回ラーメンを食べている。
26	男性	54歳	72ヶ月	日々薄味の食事を心がけているが、特別何かしているわけではない（出汁は濃くしている）。
27	男性	65歳	120ヶ月	市販の調味料や総菜を希釈して使っている。インスタントラーメンを週2回食べる。
28	男性	59歳	36ヶ月	減塩調味料を用いて、日々薄味にしているが、味の物足りなさを感じている。
29	男性	61歳	12ヶ月	薄味と野菜中心の生活を心がけている。
30	女性	43歳	120ヶ月	減塩調味料を使う他、出汁や酢で味をごまかす対応をしているが、味に物足りなさを感じている。
31	男性	65歳	42ヶ月	日々の食事を薄味にして、酢や香辛料で味をごまかしている。出来合いのものは買わなくなった。
32	男性	65歳	180ヶ月	減塩調味料を購入し、日々の食事を薄味にしている。
33	女性	64歳	60ヶ月	健康的な食への興味も高い。減塩調味料を購入して、薄味調理を行っている。
34	男性	59歳	180ヶ月	減塩調味料を使う他、調味料をあまり使わないで薄味にするようにしている。味付けが難しい。
35	女性	57歳	12ヶ月	減塩表示の食料品を買い、日々薄味を心がけている。
36	女性	50歳	12ヶ月	減塩の調味料や食材を購入し、出汁や香辛料を使って調理している。

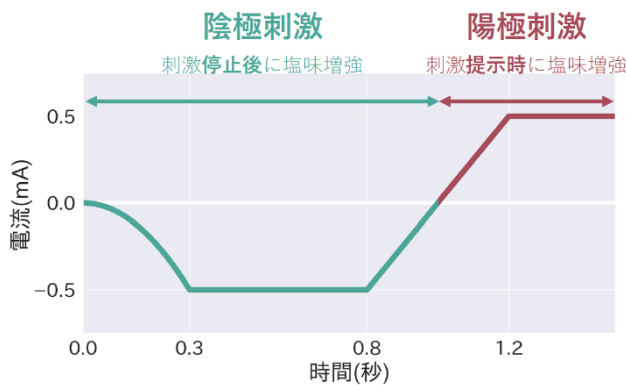


図2 刺激波形の概形

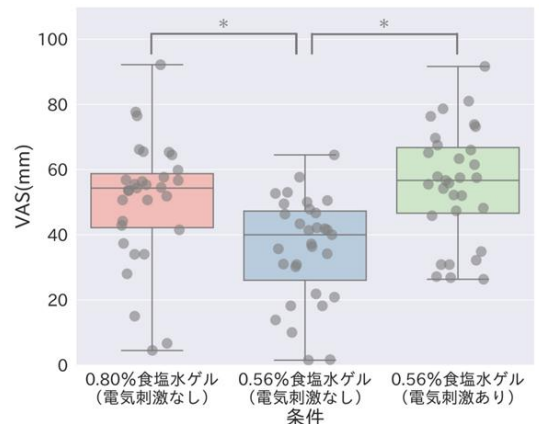


図3 評価実験の結果

### 3. 今後の展開

本デバイスは、キリンホールディングスと共同で、今後も改良を続け、2023年か2024年には発売まで実現したいと考えている。研究成果を活用し、おいしさによる精神的な満足感と栄養面から導かれる健康の両方を、減塩の食生活を送る方々に提供していきたい。



図4 テレビ朝日 サンデーLIVE!! ニュースランキング「減塩食をおいしく！最新研究取材」

### 4. 発表実績

1. 鍛治慶亘, 安蔵健司, 佐藤愛, 宮下芳明. 減塩生活者を対象とした電気味覚による塩味増強効果の調査, インタラクシオン 2022, pp. 97 - 104, 2022.
2. 「Lasting Impact Award」(10年間、多く引用され広くインパクトを与えた論文に与えられるもの)を受賞。Hiromi Nakamura, Homei Miyashita. Augmented Gustation using Electricity, ACM Augmented Human International Conference 2011 (AH2011), 34:1-2, 2011. 国際会議 Augmented Humans 2021 (2021年2月22-24日)
3. 大塚勇人, 青山一真, 宮下芳明. 陰極刺激による塩味増強効果の定量化, 第2回神経刺激インタフェース研究会, 2020.
4. DCEXPO2019 Innovative Technologies 2019 受賞 : 明治大学・東大・大阪大「電気刺激による味覚操作手法」
5. Saraha Ueno, Kazuma Aoyama, Hiromi Nakamura, Homei Miyashita. Controlling Temporal Change of a Beverage's Taste Using Electrical Stimulation, Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, No. LBW0239, pp. LBW0239:1--LBW0239:6, 2019.
6. 鍛治慶亘, 上野新葉, 青山一真, 中村裕美, 宮下芳明. 電気味覚で甘味を制御する手法, 第27回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2019) 論文集, 2019.
7. Hiromi Nakamura, Tomohiro Amemiya, Jun Rekimoto, Hideyuki Ando, and Kazuma Aoyama, "Anodal Galvanic Taste Stimulation to the Chin Enhances Salty Taste of NaCl Water Solution", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 33, No.5, pp.1128-1134, (2021)
8. 大野雅貴, 青山一真, 雨宮智浩, 葛岡英明, 鳴海拓志, "口腔内への電気刺激による辛味の増強効果", 第26回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, オンライン, 2021年9月
9. 田中壮・鳴海拓志・中村裕美・雨宮智浩・葛岡英明・青山一真, "多電極味覚電気刺激における味覚生起閾値の調査", メディアエクスペリエンスとバーチャル環境基礎研究会, 日本-沖縄, 2022年3月
10. 大野雅貴・鳴海拓志・峯大典・松本啓吾・雨宮智浩・葛岡英明・青山一真, "舌部への陽極電気刺激による辛味増強効果の評価", メディアエクスペリエンスとバーチャル環境基礎研究会, 日本-沖縄, 2022年3月