

電気味覚における塩味増強の電流・周波数特性の測定実験

Matsumoto, Yukiaki / 松本, 晋堯

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

64

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

7

(発行年 / Year)

2023-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00026376>

電気味覚における塩味増強の電流・周波数特性の測定実験

Experimental Measurement of Current and Frequency Characteristics of Saltiness Enhancement in Electric Taste

松本 晋堯

Yukiaki Mtumoto

指導教員 中村壮亮

法政大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程

In this study, the experiment was conducted by applying an electrical stimulus to saline solution. The experimental data were analyzed to investigate the effects of current and frequency in saltiness potentiation. We also investigated the characteristics of frequency and current during saltiness potentiation.

Key Words : *electric taste, saltiness enhancement, enhancement effect*

1. はじめに

味覚は人間が生きていく上で必要不可欠なものである。味覚は飲食体験に強く影響し、生命維持に必要な栄養素や満足感を得るための基本的な活動である。近年では、肥満や高血圧などの生活習慣病が、食事による過度の食物摂取によって引き起こされ、社会問題化している。生活習慣病を防ぐためには、食事量を制限し、味付けを控えた健康的な食品を摂取することが必要である。

しかし、一般に健康食品は、味覚成分の濃度が低いため、満足感が得られない。つまり、濃度が高いほど味は濃くなる。そのため、人間はしばしば味覚と栄養素のトレードオフに直面する。味覚刺激は、健康と味のトレードオフを解決する可能性を持っていると考えている。

電気味覚は、非侵襲的に感覚神経を電氣的に刺激し、味覚の誘導、抑制、増強を行うことが出来るのではないかと考えている。

また、電気味覚とは舌に電気刺激を与えることで生じる味覚である。味覚検査にも用いられており、舌の上に電極を当てて味覚障害の程度を測定することができる。電気刺激で感じられる味質には個人差があるが、金属味・塩味・酸味・苦味などがある。また、陽極と陰極では異なる味質が再現でき、特に陰極では提示中に塩味を阻害し、停止時に強い塩味を感じさせることが報告されている [1]。

2. 研究目的

本研究の目的は、電気刺激を利用して酸味・塩味を再現し、飲食時に電気味覚を付与することで、飲食物の味

を変化させることである。また、飲食時に電気味覚を付与し味の増幅を行うことで、好みの味で食事を楽しむができると考えられる。

本研究の貢献は以下の通りである。

以前から使用していた電気刺激装置を使用し周波数値と電流値を変化させて被検者に電気刺激を提示する。

参考文献の手法を参考にしてデータを集めて分析を行い電気刺激時における電流値、周波数値の特性を評価する。

3. 提案手法

(1) 電気味覚装置

本研究で用いる電気味覚システムの回路構成を示したブロック図を図 1 に示す。また 実際に電気味覚システムを構成する機器を接続した様子を図 2 に示す。電気味覚システムでは、信号発生器から電圧指令を定電流制御回路に入力し、定電流制御回路において電圧が電流に変換される。そして、定電流制御回路から出力された電流がストローに配置された電極を介してユーザに電気刺激が提示される。信号発生器は PC と接続し、PC 画面上で電流値や周波数といったパラメータや直流刺激や交流刺激といった設定を行うことが可能である。本研究では、信号発生器として analog discovery2 を用いている。なお、人体のインピーダンスは高いことから定電流制御回路の後段には、昇圧用のカレントミラー回路が接続されている。また、定電流制御回路で使用しているオペアンプに電源電圧を供給するために直流安定化電源を用いており、昇圧用のカレントミラー回路に DCDC コンバータに

よる電源供給を行っている。

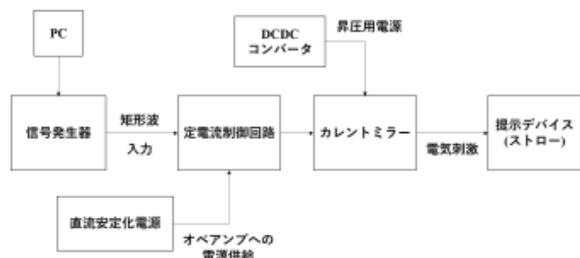


図1 電気味覚システムブロック図

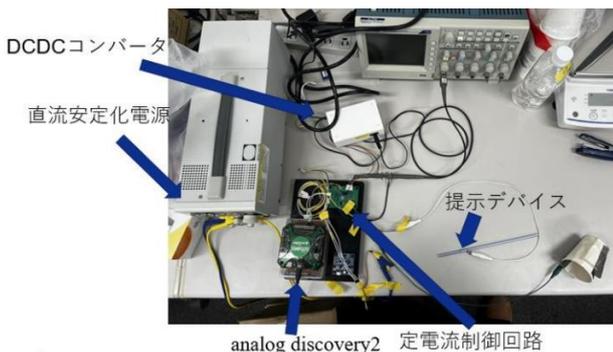


図2 電気味覚システム

(2) 実験概要

本実験では電流値、周波数値、食塩水の濃度を变化させて塩味増強の確認と特性の調査を行う。

実験環境は、室温 25℃、液温 15℃に統一して行った。ストローを用いて電気味覚を活用し、舌の中央に刺激を与えるものとする。与える電気刺激はパルス波とし、実験で使用する食塩水の食塩は国産の塩、水は純度 99.9%の蒸留水を使用した。

また、食塩水を作成する際に使用した電子天秤は 0.01[g]まで測れる装置を使用し、食塩水を作成した。

与える電気刺激はパルス波とし、提示濃度は 0.6,1,2,3[%],周波数 0.1~1[Hz](0.1Hz 刻み)、

1~10[Hz](1Hz 刻み)とする。提示濃度と電流を固定し周波数をランダムで变化させて、塩味増強の評価を行った。

(3) 実験手順

実験手順を以下に示す。

まず初めに、提示濃度 0.6%を口に含んでもらい、食塩水の濃度を確かめてもらう。食塩水の濃度を覚えた後、蒸留水で口を洗浄してもらう。洗浄後、電気刺激を提示したストローを使用し、提示濃度 0.6%の食塩水を口に含んでもらい、電気刺激時の食塩水の濃度を被験者に記憶してもらう。被検者は記憶を頼り実験者があらかじめ用意しておいた 0.1%刻みの濃度 0.6%から 1.5%の食塩水を飲み比べてもらい該当する濃度を選択する。

一連の流れを提示濃度 0.6%、1%、2%、3%をすべて行い、被験者が選んだ評価を記録する。

4. 実験結果

実験結果を付録1に示す。

5. 考察

付録1に載せた実験結果をもとに分析を行った。

被験者が回答した結果に周波数と電流値の影響があるのかどうか確認するために回帰分析を行った。

提示濃度 0.6%の時の回帰分析の結果を表1に示す。

表1 提示濃度 0.6%の時の解析結果

提示濃度0.6%						
回帰統計						
重相関 R	0.155879					
重決定 R2	0.024298					
補正 R2	0.019383					
標準誤差	0.222878					
観測数	400					
分散分析表						
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F	
回帰	2	0.491115	0.245558	4.9433234	0.007576	
残差	397	19.72078	0.049675			
合計	399	20.2119				
	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%
切片	0.807973	0.029144	27.72334	6.96893E-95	0.750677	0.865269
周波数[Hz]	0.010765	0.003432	3.13655	0.001836851	0.004018	0.017513
電流値[μA]	8.8E-06	3.99E-05	0.22072	0.825424259	-7E-05	8.72E-05

表1の解析結果より、周波数の p 値が有意差 5%以下になっているため、被験者の回答に対して影響を与えているのがわかる。電流値の p 値は有意差 5%以下ではないため被検者の回答に対して影響を与えていないのがわかる。

しかし、表1の重決定係数 R2 が 0.024298 となっている。これは、提示濃度 0.6%の時では被検者ごとの回答はばらつきが大きいことを示している。

よって、提示濃度 0.6%の時は周波数が塩味増強に影響を与えているが、全体として回答にばらつきが大きく生じている。ばらつきが生じた原因として食塩水の作成に誤差が生じているからではないかと考えている。食塩水は電子天秤で作成しているが、人が作っているため誤差が生じたのではないかと考えている。

提示濃度 1%の時の解析結果を表2に示す。

表2 提示濃度 1%の時の回帰分析

提示濃度1%						
回帰統計						
重相関 R	0.332161					
重決定 R2	0.110331					
補正 R2	0.105849					
標準誤差	0.173931					
観測数	400					
分散分析表						
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F	
回帰	2	1.4894	0.7447	24.61668667	8.35E-11	
残差	397	12.00998	0.030252			
合計	399	13.49938				
	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%
切片	1.283066	0.022744	56.41425	1.1277E-191	1.238353	1.327779
周波数[Hz]	0.016616	0.002678	6.203716	1.38689E-09	0.011351	0.021882
電流値[μA]	-0.0001	3.11E-05	-3.27831	0.001136352	-0.00016	-4.1E-05

表2の解析結果より、周波数と電流値の p 値が有意差 5%以下になっているため、被験者の回答に対して影響を

与えているのがわかる。

表 2 の重決定係数 R2 が 0.110331 となっている。これは、提示濃度 1% の時では被検者ごとの回答はばらつきが大きいことを示しているが提示濃度 0.6% よりもばらつきは少ないことを示している。しかし、重決定係数 0.1 であることからばらつきが大きいのもわかる。

ばらつきが大きく生じた原因として、被験者が選択する食塩水を手作業で行っているためばらつきが大きくなったのではないかと考えている。

提示濃度 2% の時の解析結果を表 3 に示す。

表 3 提示濃度 2% の時の回帰分析

提示濃度 2%								
回帰統計								
重相関 R	0.511923							
重決定 R2	0.262065							
補正 R2	0.258347							
標準誤差	0.132085							
観測数	400							
分散分析表								
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F			
回帰	2	2.459736	1.229868	70.49389519	6.33E-27			
残差	397	6.926239	0.017446					
合計	399	9.385975						
	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
切片	2.295649	0.017272	132.913	0	2.261693	2.329604	2.261693	2.329604
周波数 [Hz]	0.013732	0.002034	6.750795	5.2331E-11	0.009733	0.01773	0.009733	0.01773
電流値 [μ A]	-0.00023	2.36E-05	-9.76804	2.43471E-20	-0.00028	-0.00018	-0.00028	-0.00018

表 3 の解析結果より、周波数と電流値の p 値が有意差 5% 以下になっているため、被験者の回答に対して影響を与えているのがわかる。

表 3 の重決定係数 R2 が 0.262065 となっている。これは、提示濃度 2% の時では被検者ごとの回答はばらつきが大きいことを示している。ばらつきが大きくなった原因として、被験者が選択する食塩水を手作業で行っているため誤差が生じてばらつきが大きくなったのではないかと考えている。

提示濃度 3% の時の回帰分析を表 4 に示す。

表 4 提示濃度 3% の時の回帰分析

提示濃度 3%								
回帰統計								
重相関 R	0.240991							
重決定 R2	0.058077							
補正 R2	0.053331							
標準誤差	0.117728							
観測数	400							
分散分析表								
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F			
回帰	2	0.33926	0.16963	12.23901153	6.95E-06			
残差	397	5.50234	0.01386					
合計	399	5.8416						
	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
切片	3.120529	0.015394	202.7055	0	3.090265	3.150794	3.090265	3.150794
周波数 [Hz]	0.006209	0.001813	3.42454	0.000680017	0.002644	0.009773	0.002644	0.009773
電流値 [μ A]	7.52E-05	2.11E-05	3.570791	0.000399546	3.38E-05	0.000117	3.38E-05	0.000117

表 4 の解析結果より、周波数と電流値の p 値が有意差 5% 以下になっているため、被験者の回答に対して影響を与えているのがわかる。

表 3 の重決定係数 R2 が 0.058077 となっている。これは、提示濃度 3% の時では被検者ごとの回答はばらつきが大きいことを示しているが提示濃度 0.6%、1%、よりもば

らつきは少ないことを示している。しかし、重決定係数 0.1 であることからばらつきが大きいのもわかる。

6. 結論

回帰分析の結果より提示濃度 0.6% では周波数が塩味増強に影響を与えており、提示濃度 1%、2%、3% では電流と周波数が塩味増強に影響を与えている。しかし、すべての提示濃度の回帰分析の結果から、重決定係数 R2 の数値より、ばらつきが大きくなってしまった。ばらつきが大きくなった原因として手作業で被験者が選択できる食塩水を作っているため誤差が生じてしまったためだと考えている。電子天秤は性能がよいほどデリケートな機材になってくる。例えば、電子天秤を使用する場所が地表からの高さを制限するものであったり、風よけを使用したり、電子天秤の電源を入れてから一定時間たたなければ大きな誤差が生じるなどがある。本実験ではできる範囲で気を付けていたが、より丁寧かつ慎重な使い方をおこなえばよりばらつきの少ない結果が得られるのではないかと考えた。

謝辞：本研究に取り組むに当たり、お忙しい中ご指導してくださった指導教員の中村壮亮先生および望月典樹さんに感謝申し上げます。お二人にご指導いただいたことは研究のみならず、私の人生の糧になったと感じております。重ねてお礼申し上げます。情報科学部小池崇文教授には、共同研究を進めていく中で、電気味覚に関する知識や研究の内容、方針について多くのご助言を頂きました。深く御礼申し上げます。また、日頃の議論を通して多くの知識や意見、アドバイスを頂いた同研究室の皆様、実験の実施に際して、快く協力してくださった被験者の皆様に感謝します。

付録 1

被験者 1 の実験データを以下に示す。

250 μ A	被験者1				
	周波数[Hz]	濃度[0.6%]	濃度[1%]	濃度[2%]	濃度[3%]
	0.1	0.9	1.4	2.2	3.1
	0.2	1.1	1.6	2.3	3.3
	0.3	0.9	1.1	2.5	3.2
	0.4	1	1.2	2.2	3.3
	0.5	1.1	1.5	2.1	3.3
	0.6	0.9	1.1	2.4	3.2
	0.7	0.7	1.3	2.3	3.1
	0.8	0.8	1.5	2.4	3.3
	0.9	1.1	1.4	2.2	3.2
	1	1.1	1.3	2.2	3.1
	2	0.9	1.3	2.3	3.2
	3	0.8	1.2	2.2	3.1
	4	0.9	1.4	2.2	3.1
	5	0.7	1.2	2.2	3.1
	6	0.7	1.2	2.3	3.2
	7	1	1.1	2.3	3.1
	8	0.8	1.3	2.4	3.1
	9	0.9	1.3	2.3	3.4
	10	0.8	1.1	2.1	3.2

500 μ A	被験者1				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.8	1.4	2.4	3.1
	0.2	0.7	1.3	2.3	3.1
	0.3	0.8	1.1	2.3	3.2
	0.4	0.7	1.4	2.3	3.1
	0.5	0.8	1.4	2.2	3.2
	0.6	0.8	1.3	2.2	3.1
	0.7	0.7	1.1	2.3	3.1
	0.8	0.7	1.2	2.2	3.1
	0.9	0.7	1.4	2.3	3.1
	1	0.8	1.2	2.3	3.1
	2	0.8	1.3	2.1	3.2
	3	0.7	1.2	2.2	3.1
	4	0.8	1.3	2.1	3.1
	5	0.7	1.1	2.3	3.2
	6	0.7	1.2	2.1	3.2
	7	0.7	1.4	2.2	3.1
	8	0.7	1.1	2.2	3.1
	9	0.8	1.2	2.3	3.1
	10	0.7	1.3	2.3	3.2

750 μ A	被験者1				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.7	1.0	2.1	3
	0.2	0.9	1	2.1	3.1
	0.3	0.8	1	2.1	3.1
	0.4	1.1	1.2	2.1	3.1
	0.5	1.2	1.3	2.2	3.2
	0.6	1.3	1.3	2.1	3.1
	0.7	1.3	1.3	2.1	3.1
	0.8	1.4	1.4	2.1	3.2
	0.9	1.3	1.4	2.2	3.2
	1	1.4	1.4	2.1	3.2
	2	1.5	1.5	2.1	3.2
	3	1.6	1.5	2.1	3.3
	4	1.4	1.7	2.3	3.2
	5	1.6	1.7	2.3	3.2
	6	1.5	1.8	2.3	3.2
	7	1.6	1.9	2.1	3.3
	8	1.6	1.8	2.2	3.2
	9	1.5	1.8	2.3	3.3
	10	1.5	1.8	2.3	3.4

1000 μ A	被験者1				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.8	1.8	2	3.2
	0.2	1	1.4	2	3.3
	0.3	0.7	1.5	2	3.1
	0.4	0.6	1.3	2.1	3.1
	0.5	1.1	1.2	2	3.2
	0.6	1.3	1.5	2.1	3.3
	0.7	0.9	1.3	2	3.3
	0.8	1.2	1.3	2	3.4
	0.9	1	1.4	2	3.4
	1	1.4	1.6	2.1	3.4
	2	1.5	1.5	2	3.3
	3	1.3	1.4	2.1	3.4
	4	1.5	1.7	2.1	3.2
	5	1.7	1.7	2.2	3.3
	6	1.7	1.8	2.2	3.4
	7	1.7	1.9	2.2	3.2
	8	1.7	1.9	2	3.3
	9	1.6	1.7	2.2	3.2
	10	1.7	1.7	2.2	3.3

被験者 2 の実験データを以下に示す。

250 μ A	被験者2				
	周波数[Hz]	濃度[0.6%]	濃度[1%]	濃度[2%]	濃度[3%]
	0.1	0.7	1.5	2.1	3.1
	0.2	0.7	1.4	2.2	3.2
	0.3	0.7	1.2	2.3	3.1
	0.4	0.7	1.4	2.4	3.2
	0.5	0.7	1.5	2.3	3.2
	0.6	0.7	1.6	2.3	3.2
	0.7	0.7	1.7	2.3	3.2
	0.8	0.7	1.6	2.2	3.2
	0.9	0.8	1.6	2.3	3.2
	1	0.8	1.6	2.2	3.1
	2	0.8	1.7	2.2	3.2
	3	0.8	1.8	2.2	3.2
	4	0.7	1.8	2.2	3.1
	5	0.7	1.8	2.2	3.2
	6	0.8	1.7	2.1	3.1
	7	0.8	1.8	2.2	3.1
	8	0.8	1.8	2.1	3.2
	9	0.7	1.8	2.1	3.1
	10	0.7	1.9	2.1	3.3

500 μ A	被験者2				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.8	1.1	2.1	3.2
	0.2	0.8	1.2	2.1	3.3
	0.3	0.8	1.2	2.2	3.1
	0.4	0.8	1.1	2.1	3.1
	0.5	0.8	1.2	2.1	3.1
	0.6	0.8	1.2	2.1	3.2
	0.7	0.8	1.1	2.1	3.1
	0.8	0.7	1.2	2.2	3.2
	0.9	0.7	1.2	2.1	3.2
	1	0.7	1.2	2.1	3.1
	2	0.8	1.3	2.2	3.2
	3	0.7	1.2	2.1	3.1
	4	0.7	1.2	2.1	3.2
	5	0.7	1.2	2.1	3.3
	6	0.7	1.2	2.2	3.2
	7	0.7	1.2	2.1	3.3
	8	0.7	1.2	2.1	3.2
	9	0.7	1.1	2.1	3.3
	10	0.7	1.1	2.2	3.1

750 μ A	被験者2				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.8	1.1	2.1	3.1
	0.2	0.7	1.2	2.1	3
	0.3	0.7	1.2	2.1	3
	0.4	0.7	1.2	2.1	3.3
	0.5	0.8	1.2	2.1	3.2
	0.6	0.7	1.1	2.2	3
	0.7	0.7	1.1	2.1	3.4
	0.8	0.7	1.2	2.1	3.2
	0.9	0.7	1.1	2.1	3.3
	1	0.7	1.2	2.1	3.2
	2	0.7	1.1	2.1	3.4
	3	0.7	1.1	2.1	3.4
	4	0.7	1.1	2.1	3.4
	5	0.7	1.2	2.1	3.2
	6	0.7	1.1	2.1	3.1
	7	0.8	1.1	2.1	3.3
	8	0.7	1.1	2.1	3.4
	9	0.7	1.1	2.2	3.2
	10	0.7	1.1	2.2	3.4

500 μ A	被験者3				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	1.1	1.1	2.2	3.1
	0.2	1.1	1.2	2.2	3.1
	0.3	0.8	1.1	2.2	3.2
	0.4	1	1.3	2.1	3.3
	0.5	1.1	1.2	2.4	3.1
	0.6	1.1	1.1	2.4	3.3
	0.7	1.2	1.3	2.1	3.2
	0.8	1.2	1.4	2.3	3.1
	0.9	1.2	1.2	2.3	3.2
	1	1.2	1.4	2.3	3.1
	2	1.2	1.3	2.3	3.2
	3	1.2	1.3	2.2	3.2
	4	1.2	1.2	2.3	3.3
	5	1.2	1.3	2.3	3.2
	6	1.2	1.3	2.4	3.1
	7	1.2	1.3	2.2	3.3
	8	1.2	1.3	2.3	3.2
	9	1.2	1.3	2.5	3.2
	10	1.2	1.3	2.4	3.2

1000 μ A	被験者2				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.7	1.1	2.1	3.3
	0.2	0.8	1.1	2.1	3.1
	0.3	0.7	1.1	2.1	3.3
	0.4	0.8	1.2	2.1	3.4
	0.5	0.8	1.1	2.1	3.4
	0.6	0.8	1.1	2.1	3.4
	0.7	0.9	1.1	2.1	3.3
	0.8	0.9	1.1	2.1	3.3
	0.9	0.8	1.2	2.1	3.3
	1	0.8	1.2	2.1	3.1
	2	0.7	1.1	2.1	3.4
	3	0.8	1.1	2.1	3.4
	4	0.7	1.2	2.1	3.4
	5	0.7	1.2	2.1	3.4
	6	0.7	1.1	2.1	3.4
	7	0.8	1.1	2.1	3.4
	8	0.8	1.1	2.1	3.4
	9	0.8	1.1	2.1	3.2
	10	0.8	1.1	2.1	3.2

750 μ A	被験者3				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.6	1.1	2	3.1
	0.2	0.7	1.1	2	3.3
	0.3	0.7	1.2	2	3.4
	0.4	0.6	1.1	2	3.4
	0.5	0.6	1.1	2.1	3.3
	0.6	0.7	1.1	2.1	3.2
	0.7	0.7	1.1	2.1	3.4
	0.8	0.7	1.2	2.1	3.4
	0.9	0.7	1.2	2.1	3.4
	1	0.7	1.1	2.2	3.3
	2	0.7	1.1	2.2	3.1
	3	0.7	1.2	2.1	3.3
	4	0.7	1.2	2.1	3.3
	5	0.6	1.3	2.1	3.4
	6	0.6	1.2	2.1	3.4
	7	0.6	1.2	2.1	3.3
	8	0.6	1.2	2.2	3.3
	9	0.6	1.1	2.1	3.4
	10	0.6	1.1	2.1	3.4

被験者 3 の実験データを以下に示す。

250 μ A	被験者3				
	周波数[Hz]	濃度[0.6%]	濃度[1%]	濃度[2%]	濃度[3%]
	0.1	0.7	1.2	2	3.1
	0.2	1.1	1.2	2.2	3.1
	0.3	1.1	1.1	2.2	3.1
	0.4	0.9	1.2	2.3	3.1
	0.5	1.1	1.2	2.3	3.1
	0.6	0.9	1.2	2.3	3.1
	0.7	1	1.3	2.5	3.1
	0.8	1.2	1.3	2.5	3.1
	0.9	1.1	1.4	2.6	3.1
	1	1	1.4	2.6	3.2
	2	1.1	1.4	2.6	3.1
	3	0.7	1.5	2.7	3.1
	4	1	1.5	2.7	3.1
	5	1	1.4	2.8	3.1
	6	1.2	1.5	2.8	3.2
	7	1.2	1.5	2.8	3.1
	8	1	1.5	2.8	3.1
	9	1.1	1.5	2.7	3.2
	10	0.9	1.5	2.7	3.1

1000 μ A	被験者3				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.7	1.3	2.2	3.3
	0.2	0.7	1.3	2.2	3.3
	0.3	0.7	1.3	2.2	3.4
	0.4	0.7	1.3	2.2	3.3
	0.5	0.7	1.3	2.2	3.3
	0.6	0.7	1.2	2.2	3.4
	0.7	0.8	1.3	2.1	3.3
	0.8	0.8	1.2	2.3	3.4
	0.9	0.8	1.2	2.2	3.4
	1	0.8	1.2	2.2	3.3
	2	0.8	1.3	2.3	3.2
	3	0.8	1.3	2.3	3.4
	4	0.8	1.2	2.3	3.3
	5	0.8	1.3	2.2	3.3
	6	0.8	1.3	2.2	3.2
	7	0.8	1.4	2.4	3.4
	8	0.7	1.3	2.3	3.3
	9	0.7	1.3	2.4	3.3
	10	0.6	1.3	2.4	3.3

被験者 4 の実験データを以下に示す。

250 μ A	被験者4				
	周波数[Hz]	濃度[0.6%]	濃度[1%]	濃度[2%]	濃度[3%]
	0.1	0.6	1.1	2.1	3.1
	0.2	0.7	1.1	2.1	3.2
	0.3	0.7	1.1	2.1	3.2
	0.4	0.7	1.2	2.2	3.1
	0.5	0.7	1.2	2.2	3.1
	0.6	0.7	1.2	2.2	3.2
	0.7	0.8	1.3	2.3	3.2
	0.8	0.8	1.3	2.3	3.3
	0.9	0.8	1.2	2.3	3.3
	1	0.9	1.3	2.4	3.3
	2	0.8	1.4	2.6	3.3
	3	0.8	1.4	2.6	3.2
	4	0.8	1.4	2.6	3.3
	5	0.8	1.4	2.6	3.2
	6	0.8	1.4	2.6	3.2
	7	0.7	1.4	2.6	3.2
	8	0.7	1.4	2.6	3.1
	9	0.8	1.4	2.6	3.2
	10	0.7	1.4	2.6	3.2

1000 μ A	被験者4				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.7	1.2	2.1	3.2
	0.2	0.7	1.2	2.1	3.1
	0.3	0.8	1.2	2.1	3.1
	0.4	0.8	1.2	2.1	3.1
	0.5	0.8	1.2	2.1	3.2
	0.6	0.8	1.2	2.1	3.3
	0.7	0.8	1.2	2.2	3.3
	0.8	0.9	1.3	2.3	3.4
	0.9	0.9	1.3	2.3	3.4
	1	0.9	1.3	2.3	3.4
	2	0.8	1.3	2.3	3.2
	3	0.8	1.3	2.2	3.2
	4	0.8	1.2	2.2	3.2
	5	0.8	1.2	2.2	3.3
	6	0.8	1.2	2.2	3.3
	7	0.8	1.2	2.3	3.2
	8	0.8	1.3	2.3	3.3
	9	0.8	1.2	2.4	3.2
	10	0.8	1.3	2.4	3.2

500 μ A	被験者4				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.8	1.1	2.1	3.1
	0.2	0.8	1.1	2.1	3.1
	0.3	0.8	1.2	2.2	3.2
	0.4	0.8	1.2	2.1	3.2
	0.5	0.8	1.2	2.1	3.1
	0.6	0.9	1.2	2.1	3.4
	0.7	0.9	1.3	2.1	3.1
	0.8	0.8	1.3	2.2	3.2
	0.9	0.8	1.2	2.1	3.3
	1	0.8	1.2	2.1	3.3
	2	0.8	1.3	2.2	3.2
	3	0.8	1.3	2.1	3.2
	4	0.8	1.3	2.1	3.2
	5	0.8	1.3	2.1	3.3
	6	0.7	1.2	2.2	3.3
	7	0.7	1.3	2.1	3.2
	8	0.7	1.2	2.1	3.2
	9	0.7	1.3	2.1	3.1
	10	0.7	1.2	2.2	3.1

被験者 5 の実験データを以下に示す。

250 μ A	被験者5				
	周波数[Hz]	濃度[0.6%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.7	1.1	2.1	3
	0.2	0.7	1.1	2.1	3.1
	0.3	0.8	1.2	2.2	3.2
	0.4	0.8	1.3	2.1	3.1
	0.5	0.8	1.3	2.1	3.2
	0.6	0.9	1.1	2.1	3.1
	0.7	0.9	1.2	2.1	3.2
	0.8	0.9	1.2	2.1	3.4
	0.9	0.9	1.1	2.2	3.4
	1	1	1.3	2.2	3.2
	2	0.9	1.3	2.3	3.2
	3	1.2	1.3	2.3	3.2
	4	1.1	1.5	2.4	3.3
	5	1.1	1.5	2.3	3.3
	6	1	1.4	2.4	3.5
	7	1	1.3	2.4	3.4
	8	0.9	1.2	2.3	3.3
	9	1	1.2	2.5	3.4
	10	0.8	1.3	2.3	3.2

750 μ A	被験者4				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.7	1.1	2.1	3
	0.2	0.7	1.1	2.1	3.1
	0.3	0.7	1.2	2.1	3.2
	0.4	0.7	1.1	2.1	3.2
	0.5	0.8	1.1	2.1	3.2
	0.6	0.8	1.1	2.1	3.1
	0.7	0.8	1.1	2.1	3.1
	0.8	0.9	1.2	2.2	3.3
	0.9	0.9	1.2	2.2	3.3
	1	0.8	1.2	2.2	3.3
	2	0.8	1.1	2.2	3.1
	3	0.8	1.1	2.2	3.3
	4	0.8	1.1	2.1	3.2
	5	0.8	1.2	2.1	3.3
	6	0.8	1.2	2.1	3.2
	7	0.8	1.2	2.1	3.3
	8	0.8	1.2	2.1	3.2
	9	0.8	1.2	2.2	3.2
	10	0.8	1.2	2.1	3.2

500 μ A	被験者5				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.7	1.1	2.1	3.1
	0.2	0.7	1.1	2.1	3.1
	0.3	0.7	1.3	2.3	3.1
	0.4	0.8	1.2	2.2	3.1
	0.5	0.9	1.3	2.1	3.1
	0.6	0.8	1.2	2.1	3.1
	0.7	0.8	1.2	2.3	3
	0.8	0.9	1.3	2.1	3.1
	0.9	0.8	1.5	2.3	3
	1	0.9	1.4	2.2	3.1
	2	0.8	1.3	2.2	3.1
	3	1	1.3	2.2	3.1
	4	0.9	1.4	2.3	3.1
	5	0.8	1.4	2.4	3.2
	6	0.8	1.3	2.3	3.1
	7	0.8	1.4	2.3	3.1
	8	0.9	1.4	2.4	3.1
	9	0.8	1.4	2.2	3.2
	10	0.9	1.4	2.3	3.1

750μA	被験者5				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0	0.6	1.0	2.0	3
	0.1	0.7	1.2	2.1	3
	0.2	0.7	1.2	2.0	3.1
	0.3	0.7	1.3	2.1	3
	0.4	0.7	1.2	2.1	3.1
	0.5	0.8	1.2	2.1	3.1
	0.6	0.8	1.2	2.1	3.1
	0.7	0.8	1.3	2.1	3.1
	0.8	0.7	1.4	2.1	3.1
	0.9	0.7	1.2	2.2	3.1
	1	0.8	1.2	2.1	3.1
	2	0.8	1.2	2.2	3
	3	0.9	1.3	2.2	3
	4	0.8	1.2	2.2	3
	5	0.8	1.3	2.1	3
	6	0.7	1.3	2.1	3
	7	0.8	1.3	2.2	3
	8	0.7	1.3	2.1	3
	9	0.8	1.2	2.1	3
	10	0.8	1.3	2	3

1000μA	被験者5				
	周波数[Hz]	濃度0.6[%]	濃度1[%]	濃度2[%]	濃度3[%]
	0.1	0.6	1.2	2.0	3.1
	0.2	0.7	1.1	2.1	3
	0.3	0.7	1.2	2.2	3.1
	0.4	0.6	1.1	2.2	3.1
	0.5	0.7	1.2	2.1	3
	0.6	0.7	1.2	2.2	3
	0.7	0.7	1.3	2.1	3.1
	0.8	0.7	1.3	2.1	3.1
	0.9	0.8	1.2	2.2	3.1
	1	0.8	1.2	2.2	3
	2	0.8	1.3	2.1	3
	3	0.7	1.2	2	3
	4	0.8	1.3	2.1	3
	5	0.8	1.3	2.1	3
	6	0.8	1.2	2	3
	7	0.8	1.2	2	3
	8	0.8	1.2	2.1	3
	9	0.8	1.3	2.1	3
	10	0.8	1.2	2.2	3

参考文献

- 1) Hettinger, Thomas P and Frank, Marion E, “ Salt taste inhibition by cathodal current ”, Brain Res Bul, vol.80 No.3, pp.107-115, 2009
- 2) 中村 裕美, 宮下 芳明, “ 陰極刺激の提示と停止による塩味知覚感度制御 ”, インタラク ション 2013 論文集, pp.103-110, 2013.
- 3) 野村伊吹, 小池崇文: 電気味覚による炭酸飲料の刺激増幅に関する基礎検討, 情報処理学会第 82 回全国大会, 2020.
- 4) 有賀幸香, 小池崇文: 電気刺激を用いた酸味・塩味の再現によるスープの味覚変化, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol.20, CS.1, pp.13-18, 2015.
- 5) 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 ” Received April 20, 2021; accepted August 9, 2021.