

# においを出力し唾液分泌量増加を促す メガネ型ウェアラブルシステムの実装と評価

鷺野 海<sup>1,a)</sup> 大西 鮎美<sup>1,b)</sup> 寺田 努<sup>1,c)</sup> 塚本 昌彦<sup>1,d)</sup>

**概要：**唾液は人体にとって重要な分泌液であり、唾液分泌量が低下すれば舌炎や口内炎などの口腔疾患のみならずさまざまな弊害が生じる。このような弊害への対処としては、唾液分泌の増加が望ましいが、唾液分泌量の減少は日常的に起こりうるため、常時唾液分泌量を増加させられる環境が必要である。そこで本論文では、においを出力し唾液分泌量増加を促すメガネ型ウェアラブルシステムを提案し、提案システムによる5秒間、10秒間、30秒間、60秒間のにおい噴射によって唾液分泌量が増加するかを確認した。実験の結果、10秒間と60秒間のにおい噴射は唾液分泌量を有意に増加させ、増加した唾液分泌量はそれぞれ約0.09g、0.12gであった。また、5秒間、10秒間、30秒間、60秒間のにおい噴射では、60秒間の噴射が最も唾液分泌を促した。

## 1. はじめに

唾液は人体にとって重要な分泌液であり、唾液分泌量が低下すれば舌炎や口内炎などの口腔疾患のみならずさまざまな弊害が生じる [1]。唾液の働きは、主に食物摂取に関する作用と口腔内の恒常性を保つ作用の2つに大別でき、他に発音補助などがある [2,3]。唾液分泌量は加齢とともに低下し、高齢者ではしばしば唾液分泌の低下による口腔内の異常が生じる [4]。また、唾液分泌の低下は加齢のみならず、医療による副作用 [5]、感情の変化 [6]、ストレスにも誘導され [7,8]、誰にでも日常的に起こりうる。

唾液分泌量の減少による弊害に対処するには、唾液分泌量の増加が望ましい。唾液分泌量の減少は原因が多岐にわたるため、原因の排除または解決が困難であり、症状が発症してから対処する対症療法とならざるを得ない場合が多い。対症療法には、人口唾液や唾液代替物といった唾液以外のもので口腔内を湿潤にする方法があるが、効果は短時間であり患者への恩恵は限定的である [9]。また、唾液分泌を増加させる方法としては、唾液分泌促進剤の投与がおこなわれているものの、薬剤の内服は医師による処方と全身管理が必要であり、副作用の発生も確認されている [9]。市販の口渇緩和ドロップもあるが [10]、ドロップを常時なめ

ることは現実的でないため、唾液分泌が望まれる場面で唾液を分泌できるとは限らない。したがって、唾液分泌が必要な場面でいつでも唾液を分泌させる手法が必要である。

日常生活のなかで効果的に唾液分泌を促す手法として、筆者らは柑橘系のにおいを与える手法に着目した。におい刺激により唾液分泌を促す研究は多く行われており、柑橘系のにおい刺激により唾液分泌量が増加することがわかっている [11-13]。他にも、対象者自身の唾液分泌量を増加させる方法として、熱による刺激 [11,14,15]、唾液腺のマッサージ [16-18]、電気刺激 [19,20] が挙げられる。しかし、これら3つの刺激は対象者に物理的な刺激を与えるため日常生活での使用を考えると現実的ではない。また、筆者らの研究によって唾液腺のマッサージや熱による刺激と比較するとにおい刺激が唾液分泌量を最も増加させることがわかっている [21]。

以上をふまえ本研究では、唾液分泌量の減少を検知してにおいを出力し、唾液分泌を促進するメガネ型ウェアラブルデバイスを提案する。提案デバイスでは、唾液腺付近に備えた光センサの値から唾液分泌量を常時測定して唾液分泌量の減少を検知し、減少時に柑橘系のにおいを出力して装着者の唾液分泌を促す。筆者らの以前の研究 [21] にて唾液分泌量の増加を促すメガネ型ウェアラブルシステムは提案・実装しているものの、以前の提案システムはにおいを鼻先に届けることが難しく、唾液分泌量を増加させないことを確認した。本論文で提案するシステムは鼻先ににおいを届けられることを確認しており、システムの評価実験も行う。

<sup>1</sup> 神戸大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Kobe University, Kobe,  
Hyogo 657-8501, Japan

a) kai-washino@stu.kobe-u.ac.jp

b) ohnishi@eedept.kobe-u.ac.jp

c) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

d) tuka@kobe-u.ac.jp

提案システムの評価実験では、実装したシステムによるにおい噴射が唾液分泌量を増加させたかを確認し、唾液分泌を効果的に促すにおいの噴射時間を調査した。なお、検証項目が多く煩雑になってしまうことから、本論文における評価実験ではにおい噴射機能のみを評価し、先行研究 [22–26] や筆者らの以前の研究 [27] において、一定程度唾液分泌量を測定できることが示されている光センサによる唾液分泌の測定機能は、評価の対象外とした。

本論文の貢献を以下に記す。

- 唾液分泌量の減少を検知してにおいを出力し、唾液分泌を促すメガネ型ウェアラブルシステムを提案した。
- 提案システムによる 10 秒間と 60 秒間のにおい噴射が有意に唾液分泌量を増加させることを確認し、10 秒間と 60 秒間のにおい噴射では 60 秒間のにおい噴射が最も唾液分泌量を増加させ、その平均増加量は 0.12 g であった。

本論文は以下のように構成される。2 章で関連研究を紹介し、3 章で提案システムについて説明する。4 章で提案システムのおい噴射機能の評価実験について述べ、5 章で実装や調査について議論し、最後に 6 章でまとめる。

## 2. 関連研究

本章では、においにより唾液分泌を促す手法および光センサを用いた唾液分泌量の計測方法についての先行研究を紹介する。

### 2.1 においにより唾液分泌を促す研究

においにより唾液分泌を促す研究は多く行われている。東岡らは、スダチ精油とスダチ風人口香料のどちらのにおい刺激においても、30 秒間の刺激によって安静時唾液分泌量と比べて唾液分泌量が 1.5 倍から 2 倍増加したと報告している [11]。Lee らはレモン果汁によって、唾液分泌量が増加することを明らかにした [12]。伊藤の研究ではブラックペッパーオイルとカルダモンオイルをにおい刺激として、ホホバオイルを無臭対照試料として用い、唾液分泌量の変化を調べている [28]。ブラックペッパーオイル刺激時とカルダモンオイル刺激時では、安静時およびホホバオイル刺激時と比べ、どちらの刺激時も唾液分泌量は有意に大きかった。また、牛肉やチョコレートのにおいを嗅ぐと唾液分泌量が有意に増加することもわかっている [13]。これらの研究によって、さまざまな香料を嗅ぐことは人の唾液分泌を促進させることが明らかにされている。

以上の関連研究により、本研究では唾液分泌量の増加を促す刺激にはにおい刺激を採用する。

### 2.2 光センサを用いた唾液分泌量の計測方法

近赤外光は生体透過性が高い波長の光であり、近赤外光

が頭部に照射されると頭部のさまざまな構成成分により吸収と散乱をうけて減衰する [29]。構成成分の中で近赤外光の吸光度が変化する主な成分は血液中のヘモグロビン酸素代謝変化であるため、近赤外光によってヘモグロビン濃度 (Hb) が取得できる。こめかみ部の Hb の変化は唾液分泌量と相関があることがわかっているため [22, 29]、近赤外光によって唾液分泌量を推定できる。

Sato らは、 $695 \pm 20$  nm と  $830 \pm 20$  nm の波長の光を使用し近赤外線分光法を用いることで計測できる Hb と味覚刺激時の唾液分泌量に有意な相関関係があることを示した [22]。この研究では、シヨ糖液と蒸留水を飲んだ際の唾液分泌量と光センサで測定した Hb 反応に有意な相関があることを示し、唾液分泌量の計測に光センサを用いることを提案している。

Matsumoto らは、香りが唾液血行動態反応に影響を及ぼし、光センサによってそれを測定できることを明らかにした [23]。この研究では 695 nm と 830 nm の近赤外レーザーダイオードを頭の様々な部位に照射し、反射した光を発光部から 30 mm 離れた場所に設置された検出器で受光した。それらの光に対し近赤外分光法を用いることで、唾液の血行動態反応を光学的にイメージングした。

Hirabe らは、副交感神経が優位になると光センサの値が変化し、同時に唾液分泌量が増加することを明らかにした [24]。クラシック音楽鑑賞時や振動刺激を与えた際に副交感神経活動は優位になり、その際心拍数の減少、瞳孔の収縮、唾液分泌量の増加がみられた。また、副交感神経が優位になった際、頭部への光センサの測定値の積分値に変化があった。

他にも、杉野らはゲル状食品を摂取した際に唾液分泌量が増加し、それを光センサにて計測できることを示した [25]。耳下腺付近に近赤外光を照射し、Hb を取得した。甘いゲル状食品と無味のゲル状食品を食べた際の Hb に有意差がみられ、唾液分泌量にも違いがあった。また、斉藤はかつおだしのおいしさが唾液腺の活発化を促し、それを光センサにて計測できることを示した [26]。こめかみ部に近赤外光を照射し、かつおだしの香りを嗅ぐと嗅いだ約 30 秒後に Hb が増加したと報告している。

これらの先行研究から、光センサによって唾液分泌量を計測できることが明らかになっている。よって、本研究が目指す日常的に唾液分泌量を計測するシステムには、この光センサを用いた唾液分泌量の計測方法を採用する。

## 3. 提案システム

提案するメガネ型ウェアラブルシステムを図 1 に示す。提案システムはレモンのにおいの噴射機能と光センサによる唾液分泌量測定機能を有している。

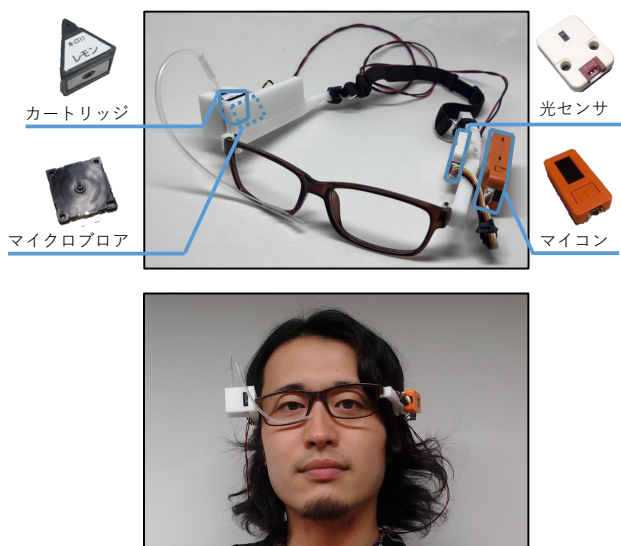


図 1 唾液分泌量増加を促すメガネ型ウェアラブルシステム

### 3.1 実装

提案システムが上記の 2 つの要件を満たすために、提案システムには空気吐出部、におい源、小型マイコンモジュール、光センサを搭載したメガネ型ウェアラブルシステムとする。提案システムが常時動作可能であるためには、日常生活で装着している必要があり、独立したウェアラブルシステムである必要がある。また、ユーザの操作を必要としないために、唾液分泌量の測定と唾液分泌の促進のためににおい噴射を小型マイコンモジュールが制御する。

空気吐出部は小型マイコンモジュール (M5StickC, M5Stack) で制御されており、におい源に対して空気を送り対象者ににおい刺激を与える。空気吐出部はマイクロプロア (MZB1001T02, 村田製作所) を使用し、におい源にはレモンのアロマカートリッジ (N-CT11: レモン, Aromajoin Corporation) を用いる。におい源には 2 つの穴があり、側部の穴に空気を吐出すると、もう一方の上部の穴からレモンのにおいが噴射される。穴から噴射されたにおいはチューブを通過し、装着者の鼻元に届く。

## 4. 評価実験

提案システムで与えるにおい刺激が対象者の唾液分泌量を増加させるか、におい刺激を与える時間によって唾液分泌量が異なるかの 2 点を確認するため、評価実験を行った。なお、本実験は神戸大学大学院工学研究科人を直接の対象とする研究倫理審査委員会の承認 (承認番号 04-16) を得て実施した。

### 4.1 調査内容

被験者は提案システムを装着し、におい刺激を与えられた際の唾液分泌量を被験者自身で測定する。においの噴射時間による唾液分泌量の増加量を確かめるため、においを

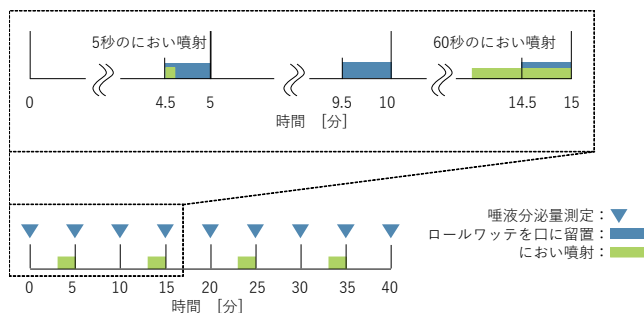


図 2 実験手順

5 秒間、10 秒間、30 秒間、60 秒間噴射した際の唾液分泌量を比較した。被験者は健康な 20 代男性 12 名であり、唾液分泌量の測定はワッテ法 [30-32] を用いて行う。

### 調査方法

実験手順を図 2 に示す。まず、被験者は 1 回目の唾液分泌量の測定を行い、5 分間安静状態で待機する。5 分経過後、被験者は 2 回目の唾液分泌量の測定を行い、1 回目の測定後と同様に 5 分間安静状態で待機する。このような唾液分泌量の測定と 5 分間の安静をあと 7 回繰り返し、被験者は計 9 回唾液分泌量を測定する。また、奇数回目の唾液分泌量の計測時にはにおい刺激を与えず、偶数回目の唾液分泌量の計測時にはにおい刺激を与える。

提案システムによる刺激以外が唾液分泌量の増減に与える影響を取り除くため、実験は 25 °C から 30 °C の室温の室内で行い、被験者には実験中および実験前で以下の事項を指示した。まず、実験中の被験者には机でデスクワークまたは Web ブラウジングをし安静状態を保つよう指示した。実験の 1 時間前から実験が終わるまでは食事、睡眠、喫煙を、30 分前から実験が終わるまでは飲料の接種を禁止した。また、実験中は実験場所付近での他者の飲食と喫煙を禁止した。

### におい刺激の与え方

本実験では、におい刺激の噴射時間を 5 秒間、10 秒間、30 秒間、60 秒間の 4 種類用意した。弱におい刺激に対しては約 30 秒間の刺激で嗅覚刺激が発生し、強におい刺激に対しては嗅覚順応は約 60 秒間で発生するため [33]、嗅覚順応が発生すると考えられる 30 秒と 60 秒をにおい刺激の時間とした。また、嗅覚順応の発生前に十分に唾液分泌量が増加している可能性があるため、より短い 5 秒間と 10 秒間のにおい噴射も用意した。

5 秒間、10 秒間、30 秒間のにおい噴射は唾液分泌量の測定開始と同時に開始し、60 秒間のにおい噴射は唾液分泌量の測定開始の 30 秒前から開始した。例えば図 2 のように、5 秒間のにおい噴射の場合は、ロールワッテを舌下部に留置したと同時ににおいが噴射され始め、その 5 秒後におい

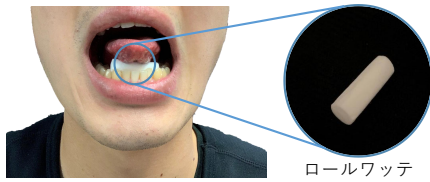


図 3 ワッテ法での唾液分泌量測定の様子

いの噴射は終了するが、ロールワッテはにおい噴射が終了した 25 秒後に被験者によって取り出される。30 秒間や 60 秒間のにおい噴射の場合は、ロールワッテが舌下部に留置されている間にはにおいが噴射され続ける。また、60 秒間のにおい噴射の場合は、ロールワッテの留置時間は他のにおい噴射と同様に 30 秒で行う必要があるため、ロールワッテを舌下部に留置する 30 秒前から刺激を開始する。また、1 度の実験で 4 回行われるにおい刺激はそれぞれ噴射時間が異なり、何回目のにおい刺激を何秒間の噴射時間に設定するかは、噴射時間を与える順番によって唾液分泌量に影響が出ないようにするために、被験者 3 人群ごとに変更した。

#### 唾液分泌量の測定方法

唾液分泌量を直接測定でき、測定の際に被験者はあまり動かなくても測定できるため、被験者の唾液分泌量の測定はワッテ法 [30–32] を用いた。図 3 にワッテ法を用いた唾液分泌量測定の様子を示す。この測定法では、まず被験者の舌下部に幅約 10 mm、長さ約 30 mm のロールワッテを留置して、口を軽く閉じさせる。そして、30 秒後にロールワッテを取り出し、留置前後のロールワッテの重量変化により吸湿された唾液分泌量を測定する。測定毎に新しいロールワッテを使用し、それぞれのロールワッテの重量は事前に測定する。ワッテ法は舌下部にロールワッテを留置するだけの簡単な測定方法のため、実験前に数回練習してもらった後、実験中は被験者自身が舌下部にロールワッテを留置する。

#### 4.2 結果

図 4 に、においを噴射する 5 分前の唾液分泌量とにおいを噴射中の唾液分泌量を示す。図のエラーバーは標準誤差を示し、\*\* は  $p < 0.01$  で、\* は  $p < 0.05$  で有意であることを示す。におい噴射の 5 分前の唾液分泌量とにおいを噴射中の唾液分泌量を標本とした  $t$  検定を、噴射時間 5 秒間、10 秒間、30 秒間、60 秒間それぞれに対して行った。その結果、10 秒間と 60 秒間のにおい噴射中の唾液分泌量は 5 分前の唾液分泌量よりも有意に大きかった (10 秒間:  $t(11) = 2.985; p < 0.01$ , 60 秒間:  $t(11) = 2.6533; p < 0.05$ )。よって、提案システムの 10 秒間と 60 秒間のにおい噴射は唾液分泌量を増加させるといえる。

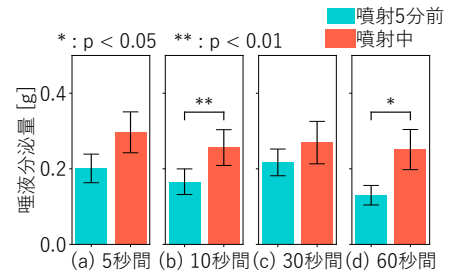


図 4 におい噴射の 5 分前とにおい噴射中の唾液分泌量

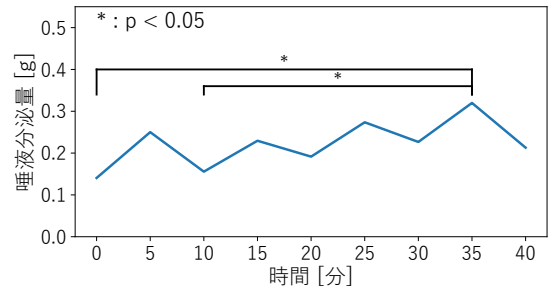


図 5 被験者の平均唾液分泌量の推移

図 5 に被験者の平均唾液分泌量の推移を示す。折れ線は 12 人の被験者の平均唾液分泌量を示し、\* は  $p < 0.05$  で有意であることを示す。5 分時、15 分時、25 分時、35 分時ににおい刺激を行っているため、唾液分泌量がにおい刺激の無い前後 5 分時の唾液分泌量と比較して大きい。また、時間推移による唾液分泌量への影響を調べるため、時間 9 条件で 1 要因被験者内分散分析を行い、分散分析の結果、時間の主効果に有意差がみられた ( $F(8, 11) = 3.66; p < 0.01$ )。また Bonferroni 法による多重比較を行った結果、0 分時と 35 分時の唾液分泌量、10 分時と 35 分時の唾液分泌量に有意差がみられた。

#### 4.3 考察

まず、4 種類の噴射時間による唾液分泌量の増加量についての  $t$  検定の結果、10 秒間と 60 秒間のにおい噴射のみしか有意差は無かったものの、5 秒間と 30 秒間のにおい噴射時間によって唾液分泌量は増加していた。唾液分泌量は体調や感情によって左右されるため、これらの要因が結果に影響を与えた可能性はあると考えている。

また、平均唾液分泌量の推移について、0 分時と 35 分時、10 分時と 35 分時の唾液分泌量に有意差が確認されたため、4 回のにおい刺激によって有意に唾液分泌量が増加したといえる。平均唾液分泌量において、0 分時と 10 分時の唾液分泌量と比較して 35 分時の唾液分泌量が有意に増加しているということは、におい噴射の時間を変更してどのような順番で与えたとしても 4 回目のにおい噴射を行うと唾液分泌量が増加するということである。よって、1 回目は 60 秒間のにおい噴射、2 回目は 30 秒間のにおい噴射、3 回目は 10 秒間のにおい噴射、4 回目は 5 秒間のにおい噴

射を与えると、1回目と2回目と4回目のおい噴射で唾液分泌量を増加させることができ、この場合は5秒間のおい噴射も有効になりうる。

## 5. 制限

本論文では、おいを出力し唾液分泌量増加を促すメガネ型ウェアラブルシステムを実装し、実装したシステムのおい噴射による唾液分泌量の変化について、おい噴射の時間ごとに調査を行った。調査の結果、提案システムの10秒間と60秒間のおい噴射には唾液分泌量を増加させる効果があり、おい噴射時間による唾液分泌量の増加量に有意差は無いものの、60秒間のおい噴射が唾液分泌量を最も増加させるとわかった。

結果より、提案システムによる唾液分泌量の増加量は十分であると考えている。平常時の唾液分泌量が30秒のワッチ法で0.1gもしくは0.14gを超えていればドライマウスを防げるため[30,34]、10秒間と60秒間のおい噴射による0.09gと0.12gの唾液分泌量の増加は十分であり、唾液分泌量の減少によっておきる弊害を抑制するのに十分であると考えられる。

一方で、今回の被験者には口腔内環境が乾燥気味な人もいたが、ドライマウスと医療機関で診断されてはいない。よって、ドライマウスの症状がより深刻な人を対象とした場合に同様の結果となるかは検証が必要である。

実装したシステムや調査内容をブラッシュアップするために、次の点を今後検討していく。

本論文では、提案システムのおい噴射による唾液分泌量の増加を促進する効果のみを評価対象としたが、光センサによる唾液分泌量の推定の精度も調査する必要がある。筆者らの研究によって光センサによる唾液分泌量の推定はある程度出来ることが示されているものの[27]、評価は十分ではないうえに調査した光センサは提案システムで用いたセンサと異なるため、光センサによる唾液分泌量の推定精度を調査する必要がある。同時に、精度の向上も行っていく必要がある。

また、唾液分泌を促進する手法と唾液分泌量の測定方法は他の手法も検討する必要がある。唾液分泌を促進する手法に関して、チョコレートなどの他のにおいも唾液分泌量の増加に効果があるとわかっているため、それらのおいも検討する必要がある。また、おいを鼻先に噴射できるように設計すると、唾液分泌量がより増加する可能性もある。おい噴射以外にも、温熱刺激や電気刺激やマッサージによる手法もリラックス時などの特定の状況では使える可能性がある。唾液分泌量の測定方法に関しては、唾液分泌量と嚥下の回数に相関関係があるため[35]、嚥下回数による唾液分泌量の測定も検討する。

今回の調査において、20代男性を対象に調査を行ったが、唾液の分泌量は年齢によっても異なるため[4]、異なる

年齢層に対しする調査、女性に対する調査を行う必要がある。また、調査は実験室内の統制された環境下だったため、提案システムの日常利用ができるか、唾液分泌量が減少する要因のストレスや緊張がある状態でも提案システムによって唾液分泌が促進できるかを調査する必要がある。

今後の展望として、提案システムによって唾液分泌量の減少を日常的に抑えられた際に、実際に口臭などの口腔疾患が予防されるのかどうか、医学的にドライマウスの治療方法として本提案システムが有用かどうかを調査することで、ヘルスケアデバイスとして用いることができると考えている。そのためにも、提案システムを日常的に使用しユーザの口腔環境がどのような変化するのかを調査していく必要がある。

## 6. まとめ

本論文では、おいを出力し唾液分泌量増加を促すメガネ型ウェアラブルシステムを実装、評価した。評価実験の結果、提案システムの10秒間と60秒間のおい噴射は有意に唾液分泌量を増加させ、それぞれ唾液分泌量を0.09g、0.12g増加させることがわかった。今後は提案システムが他の年齢層や女性や日常生活をおくっているユーザに対しても唾液分泌を促進するかどうかや、唾液分泌量の測定手法の精度を調査する。

**謝辞** 本研究の一部は、JST CREST(JPMJCR18A3)の支援、公益財団法人アイコム電子通信工学新興財団からの助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] M. Edgar, C. Dawes, and D. O'Mullane: Saliva and Oral Health, *British Dental Journal* (Jan. 2004).
- [2] 老木浩之, 山本悦生, 大村正樹, 日野 恵, 水上千佳司, 小形哲也, 宗田由紀, 田辺牧人, 池窪勝治: 口腔内諸症状と唾液分泌能, *日本口腔・咽頭科*, Vol. 6, No. 2, pp. 151-157 (Feb. 1994).
- [3] H. Mese and R. Matsuo: Salivary Secretion, Taste and Hyposalivation, *Journal of Oral Rehabilitation*, Vol.34, No. 10, pp. 711-723 (Sep. 2007).
- [4] M. Turner and J. A. Ship: Dry Mouth and Its Effects on the Oral Health of Elderly People, *American Dental Association*, Vol. 138, No. 1, pp. 15-20 (Sep. 2007).
- [5] 植田栄作, 木村 剛, 谷田豊宏, 岡本哲郎, 岡本敦子, 森 仁志, 山本哲也, 尾崎登喜男: 唾液分泌低下—その原因と唾液分泌低下に伴う口腔障害, *口科誌*, Vol. 52, No. 5, pp. 227-234 (Sep. 2003).
- [6] N. M. R. Thie, T. Kato, G. Bader, J. Y. Montplaisir, and G. J. Lavigne: The Significance of Saliva During Sleep and the Relevance of Oromotor Movements, *Sleep Medicine Reviews*, Vol. 6, No. 3, pp. 213-227 (June 2002).
- [7] T. K. Imamura, Y. Yoshino, S. Yamachika, H. Ishii, N. Y. Watanabe, H. Inoue, and Y. Nakagawa: Inhibition of Pilocarpine-induced Saliva Secretion by Adrenergic Agonists in ICR Mice, *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, Vol. 39, No. 12, pp. 1038-1043 (Dec. 2012).

- [8] 中川洋一: 口腔乾燥に関する用語の定義, 歯薬療法, Vol. 35, No. 1, pp. 28–34 (May 2016).
- [9] H. KHO: Understanding of Xerostomia and Strategies for the Development of Artificial Saliva, *The Chinese Journal of Dental Research*, Vol. 17, No. 2, pp. 75–83 (Dec. 2014).
- [10] 石島 勉, 広瀬哲也, 平井敏博, 青木 聡, 雪野英一郎, 渡部 茂: 味覚受容器を刺激する唾液分泌促進剤の臨床的評価, 日本補綴歯科学会誌, Vol. 38, No. 3, pp. 636–643 (June 1994).
- [11] 東岡紗知江, 比嘉仁司, 本田 剛, 中道敦子, 本釜聖子, 永尾 寛, 市川哲雄: スダチのにおい刺激および温熱刺激による唾液分泌促進補助法の考案, 老年歯科医学, Vol. 29, No. 1, pp. 3–10 (July 2014).
- [12] V. M. Lee and R. W. A. Linden: An Olfactory—Parotid Salivary Reflex in Humans?, *Experimental Physiology*, Vol. 76, No. 3, pp. 347–355 (Nov. 1990).
- [13] C. Proserpio, C. D. Graaf, M. Laureati, E. Pagliarini, and S. Boesveldt: Impact of Ambient Odors on Food Intake, Saliva Production and Appetite Ratings, *Physiology & Behavior*, Vol. 174, No. 15, pp. 35–41 (May 2017).
- [14] A. Lee, S. Guest, and G. Essick: Thermally Evoked Parotid Salivation, *Physiology Behavior*, Vol. 87, No. 4, pp. 757–764 (Mar. 2006).
- [15] T. Mukaibo, T. Nakamoto, Y. Kondo, M. Kidokoro, A. Imamura, C. Masaki, and R. Hosokawa: Thermal Influence of Saliva Secretion ex Vivo in the Mouse Submandibular Gland, *Scientific Research*, Vol. 3, No. 1, pp. 83–88 (Jan. 2013).
- [16] K. Ono and K. Uchiyama: Evaluation of a New Salivary Gland Massage with Oil for Elderly Nursing Home Residents, *Physical Therapy & Rehabilitation*, Vol. 3, pp. 129–131 (Feb. 2017).
- [17] H. Koga, Y. Usuda, M. Matsuno, Y. Ogura, H. Ishii, J. Solis, A. Takanishi, and A. Katsuma: Development of Oral Rehabilitation Robot for Massage Therapy, *Proc. of 2007 6th International Special Topic Conference on Information Technology Applications in Biomedicine*, pp. 111–114 (Nov. 2007).
- [18] 徳間みづほ: 唾液腺マッサージの実際, 老年歯科医学, Vol. 20, No. 4, pp. 356–361 (Mar. 2006).
- [19] N. Bhashin, S. Reddy, A. K. Nagarajappa, and A. Kakked: A Study on Duration of Effect of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Therapy on Whole Saliva Flow, *The Journal of Contemporary Dental Practice*, Vol. 16, No. 6, pp. 479–485 (June 2015).
- [20] N. Takahashi, H. Nakamura, T. Narumi, M. Hirose, and K. Aoyama: Electrical Stimulation Promotes Saliva Secretion: Proposition of Novel Interaction via Saliva Secretion, *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA'20)*, pp. 1–7 (Apr. 2020).
- [21] K. Washino, A. Ohnishi, T. Terada, M. Tsukamoto: Wearable System for Promoting Salivation, *Proc. of the Augmented Humans international conference 2021 (AHs 2021)*, pp. 215–222 (Feb. 2021).
- [22] H. Sato, A. N. Obata, I. Moda, K. Ozaki, T. Yasuhara, Y. Yamamoto, M. Kiguchi, A. Maki, K. Kubota, and H. Koizumi: Application of Near-infrared Spectroscopy to Measurement of Hemodynamic Signals Accompanying Stimulated Saliva Secretion, *Journal of biomedical optics*, Vol. 16, No. 4, pp. 1–8 (Apr. 2011).
- [23] T. Matsumoto, K. Saito, A. Nakamura, Tsukasa Saito, T. Nammoku, M. Ishikawa, and Kensaku Mori: Dried-Bonito Aroma Components Enhance Salivary Hemodynamic Responses to Broth Tastes Detected by Near-Infrared Spectroscopy, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 60, No. 3, pp. 805–811 (Jan. 2012).
- [24] H. Hirabe, M. Inoue, K. Gora, T. Sato, S. Nishimura, M. Yamaoka, A. Kumakura, S. Ono, H. Wakasa, E. Nakayama, K. Abe, and K. Ueda: Facial Vibrotactile Stimulation Activates the Parasympathetic Nervous System: Study of Salivary Secretion, Heart Rate, Pupillary Reflex, and Functional Near-Infrared Spectroscopy Activity, *BioMed Research International*, Vol. 2014, pp. 1–9 (Jan. 2014).
- [25] 杉野将尉, 若尾庄児, 丘上美紗子, 渡部加苗, 小泉玲子, 住 正宏, 大川禎一郎, 碓井晋平, 小幡重希子: 近赤外分光法によるゲル状食品摂取時の唾液分泌評価に関する研究, 日本味と匂学会誌, Vol. 21, No. 3, pp. 307–310 (Dec. 2014).
- [26] 斉藤 司: かつおだしのおいしさに寄与する香気成分, におい・かおり環境学会誌, Vol. 47, No. 6, pp. 401–410 (Nov. 2016).
- [27] 鷺野 海, 大西鮎美, 寺田 努, 塚本昌彦: こめかみ部の血流の測定から唾液分泌量を予測するメガネ型ウェアラブルシステムの設計と実装, 情報処理学会研究報告, Vol. 2021-HCI-199, No. 20, pp. 1–7 (Dec. 2021).
- [28] 伊藤 晃, 山村千絵: アロマオイルのニオイ刺激による唾液分泌促進効果—ブラックペッパーオイルとカルダモンレモンオイルの場合—, 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, Vol. 14, No. 2, pp. 134–144 (Aug. 2010).
- [29] 酒谷 薫, 岡田英史, 星 詳子, 宮井一郎, 渡辺英寿: NIRS—基礎と演習—, 新興医学出版社 (Jan. 2012).
- [30] F. Takahashi, T. Koji, and O. Morita: Oral Dryness Examinations: Use of an Oral Moisture Checking Device and a Modified Cotton Method, *Prosthodontic Research & Practice*, Vol. 5, No. 1, pp. 26–30 (Apr. 2006).
- [31] L. Strazdins, S. Meyerkort, V. Brent, R. M. D'Souza, D. H. Broom, and J. M. Kyd: Impact of Saliva Collection Methods on sIgA and Cortisol Assays and Acceptability to Participants, *Journal of Immunological Methods*, vol. 307 No. 1–2, pp. 167–171 (Dec. 2005).
- [32] K. Ichikawa, S. Sakuma, A. Yoshihara, H. Miyazaki, S. Funayama, K. Ito, and A. Igarashi: Relationships Between the Amount of Saliva and Medications in Elderly Individuals, *Gerodontology*, Vol. 27, No. 2, pp. 116–120 (May 2011).
- [33] J. E. C. Muniz and W. S. Cain: Olfactory Adaptation, *Handbook of Olfaction and Gustation, 1st Edition. UC San Diego* (1995).
- [34] 船山さおり, 伊藤加代子, 濃野 要, 人見康正, 宮崎秀夫, 井上 誠, 五十嵐敦子: ワッテ法と吐唾法による唾液分泌量の比較, Vol. 38, No. 2, pp. 95–101 (Dec. 2008).
- [35] J. D. Rudney, Z. Ji, and C. J. Larson: The Prediction of Saliva Swallowing Frequency in Humans from Estimates of Salivary Flow Rate and the Volume of Saliva Swallowed, *Archives of Oral Biology*, Vol. 40, No. 6, pp. 507–512 (June 1995).