

振動付与・音再生・流量変化によって 飲料の過剰摂取を防止するスマートストロー

辻 凌弥* 大西 鮎美* 寺田 努* 塚本 昌彦*

概要. 飲料の過剰摂取は、私たちに様々な悪影響を及ぼす可能性がある。飲料摂取量の自己制限は困難なため、満足感を保ちつつ摂取量を制御するシステムが求められる。そこで本研究では、ストローでの飲料摂取時の感覚を変化させることで、満足感を下げずに飲料摂取量を調整するストロー型のシステムを提案する。提案システムは、振動付与、音再生、流量変化という三つの機能をもつ。これらにより本来の摂取量よりも飲料を多く飲んだとユーザを錯覚させ、摂取量を減少させることを狙う。振動付与機能は飲料を飲んだときにストローを振動させ、音再生機能では水を勢いよく飲んだときの音を再生し、流量変化機能ではストローの太さを細くすることでストローの流量を制限する。提案システムの各機能の効果を検証するために、それぞれの機能と機能オフの計 4 種類の状態のストローを使って被験者に同じ量を飲んだと思うまで飲料を摂取させた。実験結果より、今回採用した三つの機能は不快ではなかったものの、飲料摂取量に有意な減少はみられなかった。

1 はじめに

飲料の過剰摂取は、私たちに様々な悪影響を及ぼす可能性がある。例えば、糖類を含む飲料の過剰摂取は糖尿病や肥満、心臓病のような生活習慣病のリスクを高める [1]。アルコール飲料の過剰摂取は、身体的および精神的な健康に様々な悪影響を与える [2]。また、運動前の過剰な飲料摂取は、低ナトリウム血症や胃腸の不快感を引き起こし、運動パフォーマンスに悪影響を与える可能性がある [3, 4]。そのため、これらのような悪影響が発生しないように、飲料の過剰摂取を防止する必要がある。

しかし、飲料の摂取量を制限すると、制限に伴い飲料に対する満足感が低下するため、自己制限や制限継続には強い意思が必要である。そのため、満足感を保ちつつ摂取量を制御する手法が求められる。満足度を維持したまま飲料摂取量を調整する手法として、先行研究では拡張現実を用いてコップの長さを変化させ、飲料摂取量を調整する手法が提案されているが [5]、ヘッドマウントディスプレイの着用が必要で、日々の飲料摂取量の調整での利用は難しい。

そこで本研究では、日常生活における様々な場面で使用可能で、使用者の満足度を下げずに飲料摂取量を調整するストロー型のシステムを提案する。先行研究により、ストローに振動・音・圧力変化の三つの物理的な刺激を与えることで飲料がない状態で吸引感覚が生じることが明らかにされている [6]。そ

こで、飲料摂取時にも同様の手法を応用して、ストローに物理的な刺激を与えることで摂取量の錯覚を引き起こし、満足感を下げずに飲料摂取量を調整できるのではないかと考えた。なお環境・エコロジーの観点より、今後は箸やコップ、ストローなどは自分のものを持ち歩くことが増えると予想されるため、個人の目的に合わせた個人用食器の高度化は今後の期待が大きい。

提案システムは、振動付与・音再生・流量変化という三つの機能をもつ。これらにより本来の摂取量よりも飲料を多く飲んだとユーザを錯覚させ、摂取量を減少させることを狙う。振動付与機能では、ストローを振動させて飲料摂取時のストローの触覚を変化させる。音再生機能では、水を勢いよく飲んだときの音を飲料摂取時に再生する。また、流量変化機能ではストローの太さを細くすることでストローの流量を制限する。

評価実験では、振動付与・音再生・流量変化を個別に機能させた状態と、全ての機能をオフにした状態の提案システムを用いて、それぞれの状態で被験者が同じ量を摂取したと思うまで飲料を摂取させる。その際の飲料摂取量を比較することで、提案システムによって飲料摂取量の錯覚を引き起こすことができるかを調査する。

本論文では以降、2 章で関連研究を紹介し、3 章では提案システムについて説明する。4 章では評価実験と実験結果に関する考察について述べる。5 章では今後の展望について議論し、6 章で本論文をまとめる。

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 神戸大学大学院工学研究科

2 関連研究

2.1 飲料摂取量に影響を与える要因に関する研究

飲料摂取量に影響を与える要因に関する研究は、数多く行われている。飲料の見かけの量は摂取量に影響を与える。Wansink らは、スープが自動で補充されるボウルを開発し、そのボウルを用いてスープが消費されるたびに消費した量のスープを補充した場合、通常のボウルと比較してスープの消費量が73%増加したと報告した [10]。

容器の色は飲料摂取量や喉の潤い具合に影響を与える。Genschow らは、赤いコップを用いる場合は、青いコップを用いる場合と比べて飲料摂取量が減少することを明らかにした。これは、赤い色は回避行動を促すためだと説明されている [11]。Gueguen らは、コップの色が喉の潤い具合に影響について調査した。被験者は、青色、緑色、黄色、赤色のコップを用いて一定量の飲料を飲んだ後、喉の潤い具合を主観的に評価した。その結果、コップの色が寒色であるほど喉が潤ったように感じ、暖色であるほど喉が潤わないように感じるということがわかった [12]。

容器の手触りは飲料摂取の満足度に影響を与える。Risso らは容器の手触りが炭酸水を飲むときの感覚に与える影響を調査した。被験者は、手触りが異なる三つのプラスチックコップを用いて一定量の炭酸水を飲み、炭酸水の満足感や炭酸の強さといった項目を主観的に評価した。その結果、何にも覆われていないプラスチックのコップを用いた場合は、紙やすりやサテンで覆われたプラスチックのコップを用いた場合よりも炭酸水を飲んだ際の満足感が上昇し、炭酸が薄く感じられた [13]。

また、容器の形状は飲料摂取量に影響を与える。Raghubir らは、容量が同じコップから飲料を摂取する場合、細く長いコップを用いるほうが、太く短いコップを用いるよりも無意識に飲料を多く飲んでしまうことを明らかにした [14]。鳴海らは拡張現実感によってコップの長さを変化させ、飲料摂取量を調整する手法を提案した。この手法ではヘッドマウントディスプレイを用いることでコップの見かけ上の長さを変化させており、コップを短く見せることで飲料摂取量は減少し、長く見せることで増加すること、さらにこのような効果は短期にも長期にも同様に現れることを明らかにした [5]。

これらの研究から、コップなどの飲料摂取時に用いる容器の色や形状を変化させることで、飲料摂取量や満足度を無意識に変えられると考えられる。これらの研究の中でも鳴海らの手法では [5]、満足度を維持したまま飲料摂取量を調整することが可能だが、ヘッドマウントディスプレイの着用が必要で、日々の飲料摂取量調整に利用するのは難しい。加えて、本節で紹介した研究では、コップなどの飲料が入った器を意識して見る必要がある。飲料摂取量を

制御するシステムは、日常生活の様々な場面で使用できるように、ユーザーが無意識のときでもシステムにより飲料摂取量を制御できる必要がある。そこで本研究では、飲料摂取時に用いる道具であり、持ち運び可能で様々な種類の飲料に使用できるストローに着目し、日常生活における様々な場面で使用可能で、使用者の満足度を下げずに飲料摂取量を調整するストロー型のシステムを提案する。

2.2 ストローでの飲料摂取時の感覚に関する研究

ストローの素材が飲料摂取時の感覚に与える影響を調査した研究はいくつか存在する。Jonsson らは、様々な素材のストローの風味や口当たりを被験者に評価させた。その結果、プラスチックとコーンスターチのストローの評価が高く、紙、パスタ、米、小麦のストローの評価が低かった [15]。Pramudya らは、冷たいお茶を飲むときに、銅やステンレスのストローを使用した場合は、シリコンや紙のストローを使用した場合よりも飲料摂取時の感覚や情動反応に優れた影響を与えることを明らかにした [16]。また、池らはストローの素材や形状の違いが炭酸飲料の飲み心地に変化を与えることを示した [17]。しかし、これらの研究はストローの素材や形状そのものを変化させているため、1本のストローのみを用いたときに飲料摂取時の感覚を変化させることはできない。飲料の種類や場面、使用者によって、飲料の過剰摂取を防止する効果を使用したい場面と使用したくない場面がある。よって、本研究では飲料の過剰摂取を防止する効果のオンオフを制御するために、ストローの素材や形状そのものは変化させない。

また、ストローへの刺激付与によって、吸引感覚を提示する研究も存在する。Hashimoto らは、ストロー型の吸引感覚提示デバイスを提案している。ストローで食品を吸飲する際に感じる要素である振動・音・圧力変化の三つの刺激をストローに付与し、飲料がない状態でコーラやシェイク、もちなどの吸引感覚を生じさせている [6]。

ストローへの刺激付与によって、飲料摂取時の感覚を変化させる研究も存在する。中村らは、舌に電気刺激が与えられることで感知できる電気味覚を活用し、ストローを用いて飲料を介在した電気味覚の提示を行う手法を提案している [18]。

本研究では、ストローに刺激を付与し、使用者の飲料摂取時の感覚を変化させて、実際よりも飲料を多く摂取したと錯覚させることを目指す。付与する刺激は、Hashimoto らの研究 [6] を参考に、振動付与・音再生・流量変化の三つとした。吸引感覚を提示可能な刺激は、飲料摂取時にも感覚を大きく変化させて飲料摂取量を錯覚させられるのではないかと考えたためである。

3 提案システム

本章では、実際よりも飲料を多く摂取したと錯覚させることで、使用者の満足度を下げずに飲料の過剰摂取を防止するストロー型のシステムについて述べる。

3.1 想定される使用場面

ここでは、提案システムの完成形(以下、スマートストロー)が実際にどのような場面で使用されるかについて紹介する。

- 血糖値が上昇しており、清涼飲料水の摂取を控えようと試みるも我慢できずに常飲している人がある。そのような人がスマートストローを常に持ち歩き、清涼飲料水を飲む際にはスマートストローを常に使用することで、我慢せずに清涼飲料水の摂取量を制限できる。
- 激しい運動の合間に水分を補給する際、水を多く飲んだという満足感は得たいが、腹部に水を溜めすぎるとその後の運動に支障が出る場面がある。そのような特定の場面でスマートストローを使用することで、水を多く飲んだ際の満足感を得つつも、飲料摂取量を抑えて運動のパフォーマンスに支障が出ないようにする。
- カフェや飲み会のような、飲料摂取の満足感は多く得たいが、飲料代の節約やアルコールの過剰摂取防止のために多量の飲料摂取をしたくない場面がある。そのような場面でスマートストローを使用することで、飲料摂取の満足感を得つつも、飲料の過剰摂取を防止できる。

3.2 システム構成

提案システムは、振動付与・音再生・流量変化によって使用者の飲料摂取時の感覚を変化させ、実際よりも飲料を多く摂取したと錯覚させる。

提案システムの構成を図1に示す。提案システムは、振動モータ、スピーカ内蔵マイコンモジュール Atom Echo[19]、ロボットアーム、流量センサ [20] で構成され、これらはすべてストローに取り付けられている。Atom Echo は、各機能のオンオフの制御を行う。使用者は、Atom Echo のボタンを用いて各機能のオンオフを切り替える。ストローの本体は ABS フィラメントを用いて 3D プリンタで作成した。ロボットアームを用いてストローの一部分を圧迫するために、ストローの被圧迫部にはゴム素材を使用した。ストローの飲み口には直径 12mm の市販のプラスチックストローの先端部分を取り付けた。

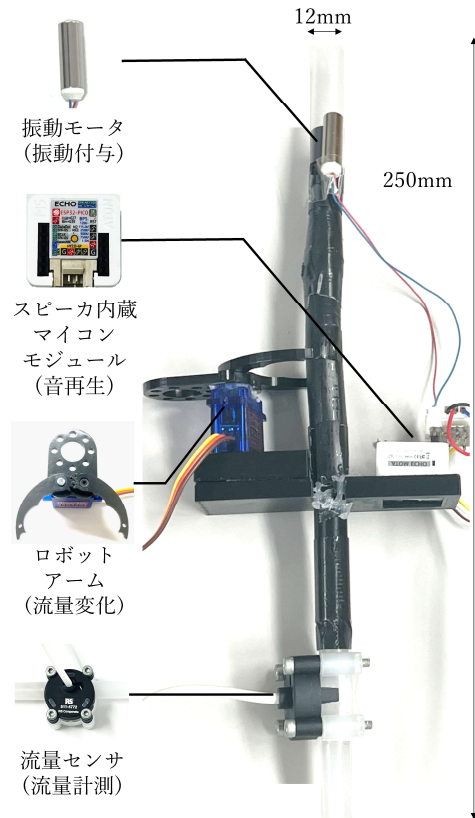


図 1. 提案システム

3.3 システムの機能

振動付与機能

振動付与機能では、振動モータを用いてストローを振動させて飲料摂取時のストローの触覚を変化させる。水を多く飲んだときのストローの震えを再現することで、より多く飲んだと感じると考えたためこの機能を実装した。また、飲料を飲んでいないときにストローが振動すると不自然に感じるため、流量センサを利用して飲料を飲んでいるときのみストローを振動させる。

振動付与機能では、飲料を飲んだときに振動モータが約 240 Hz の振動周波数で振動する。最適な振動の大きさを選定するために、第一著者は振動周波数が約 240 Hz, 約 120 Hz, 約 60 Hz のそれぞれの場合で水を飲んだ。その結果、振動周波数が大きいほど、過去に多量の水を飲んだ際に感じたストローの震えに近い感覚が得られたため、振動周波数を約 240 Hz に選定した。

音再生機能

音再生機能では、Atom Echo 内蔵のスピーカを用いて、あらかじめ録音してある水を勢いよく飲んだときの音を再生する。飲料摂取時に水を勢いよく

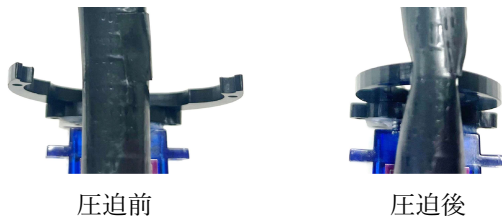


図 2. ロボットアームを用いてストローの一部分を圧迫する様子

飲んだときの音を聞くことで、より多く飲んだと感じると考えたためこの機能を実装した。また、飲料を飲んでいないときに音を再生すると不自然に感じるため、流量センサを利用して飲料を飲んでいるときのみ音を再生する。

音再生機能では、飲料を飲んだときに水を勢いよく飲んだときの音が約 60 dB で再生される。最適な音量を選定するために、第一著者は音量が約 70 dB、約 60 dB、約 50 dB のそれぞれの場合で水を飲んだ。その結果、音量が大きいほど喉の潤いが増すように感じたが、約 70 dB の音量は飲料摂取の妨げになるほど大きく、不快に感じた。一方で約 60 dB の場合は、ストローで意識的に音を出して水を飲んだときと同じくらいの音量で不快感がなく、満足感を維持しつつ飲料の過剰摂取防止効果を大きくするのに最も適当だと考え、音量を約 60 dB に選定した。

流量変化機能

流量変化機能では、ロボットアームを用いて図 2 のようにストローの一部分を圧迫し、ストローの太さを細くすることで流量を制限する。流量を制限して水を吸うのに必要な力を大きくすることでより多く飲んだと感じると考えたためこの機能を実装した。

流量変化機能では、ストローの隙間が約 4 mm になるようにストローを圧迫する。

流量計測

流量センサは、ストローに液体が流れるとパルス信号を出力する。パルス信号のクロック数を計測することで、流量を算出する。

4 評価実験

提案システムで用いる振動付与・音再生・流量変化の有効性を評価するために実験を行った。実験では、振動付与、音再生、流量変化を個別に機能させた状態と、全ての機能をオフにした状態（機能オフ）の計 4 種類の状態の提案システムを用いて、それぞれの状態で被験者が同じ量を摂取したと思うまで飲料を摂取させる。その際の飲料摂取量を比較し、それぞれの機能が摂取量を錯覚させる効果があるかど



図 3. 実験の様子

うかを確認する。

実験の様子を図 3 に示す。実験での飲料は、飲料の元々の味によって結果に差が出る可能性があると考えたため、水を選んだ。また、コップの水の残量が見えることにより、飲料摂取量が変化する可能性があると考え、視覚的な要素が飲料摂取量に与える影響を可能な限り排除するために、使用するコップを黒いテープで覆い、コップの水の残量が見えないようにした。飲料摂取量は、飲料摂取の前後のコップの重さを市販のはかりで測定し、記録した。被験者は 20 代男性 10 名である。

4.1 実験手順

被験者は、以下の手順で実験を行った。

1. 喉の渇きの影響を可能な限り排除するために、被験者は喉の渇きが無くなったと感じるまで、自由な量の水を飲む。このとき、提案システムを用いた飲料摂取に慣れるために、機能オフの提案システムを用いる。
2. 被験者は、再び機能オフの提案システムを用いて、自由な量の水を飲み、飲んだ水の量を感覚で記憶する。このときの飲料摂取量を ref [mL] とする。
3. 被験者は、提案システムを用いて 4 回水を飲む。飲む量は ref と同じ量になるように飲む。
4. 被験者に機能の効果について質問紙調査を行う。

被験者は、手順 3 において、喉の渇きを維持するために必要に応じて休憩をとった。休憩をとった場合、手順 1 と手順 2 を再び経てから手順 3 を再開した。4 種類の状態のストローを使用する順番は、順番による偏りが結果に出ないように被験者ごとに変更した。

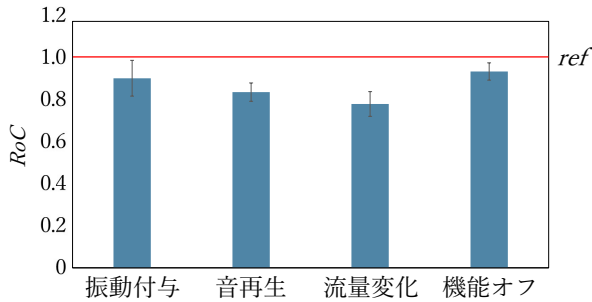


図 4. RoC の被験者平均

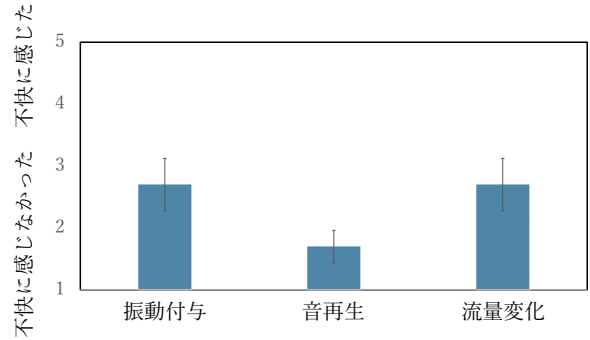


図 5. 不快に感じたかどうかの各機能ごとの結果の平均

4.2 評価方法

実験では、機能ごとの飲料摂取量の変化を測定した。評価指標は、鳴海らの実験 [5] を参考に、RoC (Rate of Change) とした。

$$RoC = \frac{\text{各状態の飲料摂取量 [mL]}}{\text{ref [mL]}} \quad (1)$$

RoC は各条件の飲料摂取量と *ref* の比率であり、RoC の値が 1 を上回れば *ref* よりも多くの量の水を飲んだことになる。RoC の値を調べることで、使用者が通常と同じ量を飲んだと認識しているときに、それぞれの機能が飲料摂取量を減少させる効果があるかどうかを評価できる。

実験後には、提案システムを用いた際の不快感や飲料摂取の感覚、感想を明らかにするため、質問紙調査を行った。評価項目は以下の三つとした。

- 不快に感じたか
- 飲料摂取の感覚 (飲みやすさ、味、変化を感じた箇所など) はどうだったか
- 機能に関する感想

不快に感じたかについては、リッカート尺度を用いて 5 段階 (1: 不快に感じなかった, 2: どちらかというと不快に感じなかった, 3: どちらともいえない, 4: どちらかというと不快に感じた, 5: 不快に感じた) で調査した。飲料摂取の感覚はどうだったか、機能に関する感想については自由記述とした。

4.3 実験結果

ストローの 4 種類の状態ごとの RoC の被験者平均を図 4 に示す。図のエラーバーは標準誤差を示し、赤線は *ref* を示す。振動付与、音再生、流量変化をそれぞれ個別に機能させた状態が、機能オフと比べて飲料摂取量が減少した。しかし、被験者内 1 要因分散分析を行った結果、有意差はなかった。

各機能の不快感について質問紙調査を行った結果の平均を図 5 に示す。図のエラーバーは標準誤差で

ある。被験者内 1 要因分散分析を行った結果、有意差はなかった。各機能での差はなかったもの、図 5 の通り、被験者は各刺激に対して強い不快感は覚えていなかった。よって、実験結果から、今回採用した三つの刺激は不快度合いは大きくなかったものの、飲料摂取量を錯覚はさせられていないということがわかる。

4.4 飲料摂取の感覚や感想等の質問紙調査の結果と考察

振動付与機能の飲料摂取の感覚 (飲みやすさ、味、変化を感じた箇所など) はどうだったかという質問では、10 名の被験者のうち 6 名からは、振動付与機能を用いた場合は水を飲みづらくなったという趣旨の意見を得た。よって、RoC の被験者平均には有意な差はなかったことから飲んだ量に関して錯覚させられるとはいえないものの、振動付与機能は飲料摂取の感覚や体験を変化させる可能性がある。振動付与機能に関する感想では、振動の大きさが大きくて違和感があったという趣旨の意見が得られた。そのため、振動の大きさを変更することで、振動付与機能の有効性が高まる可能性がある。

音再生機能の飲料摂取の感覚 (飲みやすさ、味、変化を感じた箇所など) はどうだったかという質問では、10 名の被験者のうち 3 名からは、音再生機能 (一定) を用いた場合は飲料摂取の感覚がやや変化したという意見を得た。よって、RoC の被験者平均には有意差はなかったが、音再生機能は飲料摂取の感覚を変化させる可能性はある。しかし、10 名の被験者のうち 7 名からは、音再生機能を用いた場合は飲料摂取の感覚の変化を感じなかったという趣旨の意見を得た。そのため、音再生機能は現時点では効果が小さい可能性がある。

音再生機能に関する感想では、音の種類や大きさ、提示方法に違和感があり変更したほうがよいという趣旨の意見が得られた。よって、このような違和感を解消することで、音再生機能の有効性が高まる可能性がある。しかし音再生は不快感の質問紙の結果

からは不快であったわけではなかったため、被験者は普段の飲料摂取時と異なったことに違和感を覚えた可能性がある。飲水時の音は振動や流量と比べても感じ取りやすく、被験者にとって普段の飲料摂取時にも感じているなじみのある感覚であったために、違和感に気づきやすかった可能性がある。実際の飲料摂取の音に近づけつつ徐々に音を変化させるなどで、違和感が解消できる可能性があると考えている。

流量変化機能の飲料摂取の感覚(飲みやすさ、味、変化を感じた箇所など)はどうだったかという質問では、10名の被験者のうち5名からは、流量変化機能を用いた場合は水を吸うときに抵抗感を感じたという趣旨の意見が得られた。よって、RoCの被験者平均には有意な差はなかったが、流量変化機能は飲料摂取の感覚を変化させる可能性はある。

流量変化機能に関する感想では、ストロー全体を圧迫することでより効果が高まりそうという趣旨の意見も得られた。提案システムでは、ストローの一部分のみを圧迫しているため、ストローのより多くの部分を圧迫するように設計することで、制限可能な流量がより大きくなり、流量変化機能の有効性が高まる可能性がある。

5 議論と展望

評価に関しては、今回の実験では三つの機能を個別に稼働させて効果を検証したが、機能を組み合わせた場合の調査をする必要がある。これにより効果のある刺激の組合せを探っていく。

機能面では、刺激を一定に保つのではなく、徐々に大きくするなどの変化を加えることを検討する。刺激の変化をシステムに取り入れることには、違和感や不快感の軽減、飲料摂取量の錯覚効果を高めること、の二つの目的があると考えている。以下で、付与する刺激の強さを可変にする方法をいくつか整理し展望を述べる。

違和感や不快感の軽減

システムが与える刺激を可変にすることで、刺激自体に気づかれにくくして、自然な飲料摂取の感覚に近いと感じさせ、違和感や不快感を軽減する。例えば、大きな音をいきなり流すと使用者が違和感を覚える可能性が高いため、はじめは気づかれない程度の小さな刺激から与えて、徐々に刺激を大きくして制限効果を高める。

飲料摂取量の錯覚効果をより高める

人間は刺激の絶対値よりも相対的な変化を感じやすい可能性がある。例えば、徐々に刺激を強くしていくと、飲む勢いが強くなってきたと錯覚し、勢いを弱めるために飲む勢いを自ら減らす方向に調整する可能性がある。

可変機能の設計案と評価方法

上述の二つの目的をふまえ、可変機能の設計案を示す。

一つ目は、瞬間的な飲料摂取量が多い場合は刺激を強くし、少ない場合は刺激を弱くする方法である。これによって、刺激の強さが常に一定の場合と比較して、使用者が刺激に対してより敏感に反応し、飲料摂取時の感覚の変化が大きくなることで、飲料の過剰摂取防止効果が高まる可能性がある。また、飲料摂取量に応じて刺激が自然に変化するため、常に一定の強さの刺激が継続する場合と比べて飲料摂取時の自然さが増し、違和感や不快感を軽減できる可能性がある。

二つ目は、飲料を一定以上の勢いで連続して飲む際に刺激の強さを徐々に強くする方法である。これによって、飲料摂取開始時には刺激が弱く設定されるため、飲料摂取開始時に強い刺激を急に受けることが無くなり、違和感や不快感を軽減できる可能性があると考えられる。また飲料摂取の勢いは変化していても関わらず、飲料摂取の勢いが増したと使用者を錯覚させることができ、飲料の過剰摂取防止効果が高まる可能性がある。

違和感や不快感、飲料摂取量の変化が、刺激の強さそのものではなく、刺激の強さを可変にしたことによる影響であることを確認するためには、評価実験では、飲料摂取時に付与する刺激の総量は刺激が一定の条件と同量にして比較する必要がある。

6 まとめ

本論文では、飲料の過剰摂取を防ぐために、振動付与、音再生・流量変化の三つの機能によって使用者の飲料摂取時の感覚を変化させ、実際よりも飲料を多く摂取したと錯覚させるストロー型のシステムを提案した。評価実験では、提案システムの各機能の効果を検証するために、振動付与、音再生、流量変化を個別に機能させた状態と機能オフの計4種類の状態の提案システムを用いて、被験者に同じ量を摂取したと思うまで飲料を摂取させた。その際の飲料摂取量を比較したが、有意差はなかった。質問紙調査の結果等をふまえ、満足感を与えつつ違和感を解消させる刺激方法を検討した。

参考文献

- [1] World Health Organization: WHO Calls on Countries to Tax Sugar-Sweetened Beverages to Save Lives, <https://www.who.int/news/item/13-12-2022-who-calls-on-countries-to-tax-sugar-sweetened-beverages-to-save-lives> (Accessed 2024-08-07).
- [2] M. Roerecke and J. Rehm: Alcohol Intake Revisited: Risks and Benefits, *Current Atheroscle-*

- rosis Reports*, Vol. 14, pp. 556–562 (Aug. 2012).
- [3] R. P. Silva, T. Mündel, J. L. Altoé, M. R. Saldanha, F. G. Ferreira, and J. C. B. Marins: Pre-exercise Urine Specific Gravity and Fluid Intake during One-Hour Running in a Thermoneutral Environment-A Randomized Cross-Over Study, *Journal of Sports Science & Medicine*, Vol. 9, No. 3, pp. 464–471 (Sep. 2010).
- [4] H. W. Nolte, T. H-Butler, T. D. Noakes, and C. S. J. Duvenage: Exercise-Associated Hyponatremic Encephalopathy and Exertional Heat-stroke in a Soldier: High Rates of Fluid Intake During Exercise Caused Rather than Prevented a Fatal Outcome, *The Physician and Sportsmedicine*, Vol. 43, No. 1, pp. 93–98 (Jan. 2015).
- [5] 鳴海拓志, 鈴木瑛二, 櫻井 翔, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 拡張現実感を用いたコップの見かけの大きさ変化による飲料消費量の調整, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 23, No. 3, pp. 103–113 (Mar. 2018).
- [6] Y. Hashimoto, N. Nagaya, M. Kojima, S. Miyajima, J. Ohtaki, A. Yamamoto, T. Mitani, and M. Inami: Straw-like User Interface: Virtual Experience of the Sensation of Drinking Using a Straw, *Proc. of the 2006 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pp. 50–es (June 2006).
- [7] D. Mayumi, Y. Nakamura, Y. Matsuda, S. Misaiki, and K. Yasumoto: Aromug: Mug-type Olfactory Interface to Assist in Reducing Sugar Intake, *Proc. of the 2022 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 183–187 (Sep. 2022).
- [8] D. Mayumi, Y. Nakamura, Y. Matsuda, S. Misaiki, and K. Yasumoto: Kaolid: A Lid-type Olfactory Interface to Present Retronasal Smell towards Beverage Flavor Augmentation, *Proc. of the 13th International Conference on the Internet of Things*, pp. 1–8 (Nov. 2023).
- [9] J. C. Hoenink, J. M. Stuber, J. Lakerveld, W. Waterlander, J. W. J. Beulens, and J. D. Mackenbach: The Effect of on-Shelf Sugar Labeling on Beverage Sales in the Supermarket: a Comparative Interrupted Time Series Analysis of a Natural Experiment, *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, Vol. 18, No. 1, pp. 1–11 (Apr. 2021).
- [10] B. Wansink, J. E. Painter, and J. North: Bottomless Bowls: Why Visual Cues of Portion Size May Influence Intake, *Obesity Research*, Vol. 13, No. 1, pp. 93–100 (Jan. 2005).
- [11] O. Genschow, L. Reutner, and M. Wänke: The Color Red Reduces Snack Food and Soft Drink Intake, *Appetite*, Vol. 58, No. 2, pp. 699–702 (Apr. 2012).
- [12] N. Gueguen: The Effect of Glass Colour on the Evaluation of a Beverage’s Thirst-Quenching Quality, *Current Psychology Letters*, Vol. 2, No. 11, pp. 1–6 (Mar. 2003).
- [13] P. Risso, E. Maggioni, R. Etzi, and A. Gallace: The Effect of the Tactile Attributes of a Container on Mineral Water Perception, *Beverages*, Vol. 5, No. 23, pp. 1–8 (Mar. 2019).
- [14] P. Raghurir and A. Krishna: Vital Dimensions in Volume Perception: Can the Eye Fool the Stomach?, *Journal of Marketing Research*, Vol. 36, pp. 313–326 (Aug. 1999).
- [15] A. Jonsson, K. Andersson, A. Stelick, and R. Dando: An Evaluation of Alternative Biodegradable and Reusable Drinking Straws as Alternatives to Single-Use Plastic, *Journal of Food Science*, Vol. 86, No. 7, pp. 3219–3227 (July 2021).
- [16] R. C. Pramudya, A. Singh, and H. S. Seo: A Sip of Joy: Straw Materials Can Influence Emotional Responses to, and Sensory Attributes of Cold Tea, *Food Quality and Preference*, Vol. 88, pp. 1–10 (Mar. 2021).
- [17] 池 鮎人, 佐藤浩一郎, 寺内文雄: 炭酸飲料の飲み心地を向上させるストロー形状の提案, 日本デザイン学会, 第 67 回春季研究発表大会, pp. 384–385 (2020).
- [18] 中村裕美, 宮下芳明: 飲食物+電気味覚, 第 18 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 (WISS 2010) 論文集, pp. 204–206 (Dec. 2010).
- [19] M5Stack: Atom Echo, <http://docs.m5stack.com/en/atom/atomecho> (Accessed 2024-08-07).
- [20] RS PRO: RS Pro Beverage Flow Meter, <https://jp.rs-online.com/web/p/flow-sensors/5114772> (Accessed 2024-08-07).