

発泡性飲料摂取時における主観的炭酸強度の操作システム VRFIZZの提案

web見て

室井 政輝¹ 井上 亮文¹

概要：炭酸飲料は、飲んだ際の清涼感や刺激、甘味や酸味などの味覚（口腔内）刺激を提供するが、キャップや栓を開けてから時間が経つにつれて炭酸が抜けてしまう。炭酸をつぎ足したり、電気刺激などの物理的要因による炭酸強度を增幅させるアプローチがある。本研究で提案する VRFIZZ システムは、クロスモーダル効果を使って炭酸強度を仮想空間内に実際の炭酸飲料と同じような見た目の炭酸飲料を用意する。その際、仮想空間内にある炭酸飲料の気泡量を増減させることで、ユーザが感じる炭酸強度を操作する。本稿では、VRFIZZ システムを用いた実験により、主観的炭酸強度が視覚情報によって操作できる範囲を調査する。

1. はじめに

自分でがんばれ

情報技術を用いて摂取中の食品の味を即時的に変える研究が盛んに行われている。これまでの研究は、食べ物を対象としたものが多い [1][2]。本研究では、食事を構成するもう1つの要素である飲料に注目する。

飲料に関しては、口腔内の味や温度の感じ方を変える研究が多くされている [3][4]。仮想現実感（以降 VR）を使用しない飲料に対しての光や色、香りの複合効果についての研究がある [5][6][7]。拡張現実感（以降 AR）や VR と飲料を使った研究では、飲料の摂取量を変える研究がされている。また、電気刺激を口腔内に提示することで、炭酸強度を増強する研究がされてきた [8]。

しかし、VR を使って主観的炭酸強度の強弱や操作を試みた実験は少ない。本研究では、以上の研究で検証できていない VR による視覚効果と口腔内刺激による炭酸強度の操作を試みる。

2. 関連研究

本章では、我々が行う研究の立ち位置を明確にする。まず、飲料に対する感覚の複合効果は、人の感覚にどのような影響を与えるかについて議論する。そして、本研究の要となる感覚間相互作用を使用して主観的炭酸強度を操作する研究について議論する。

飲料の味覚操作に関する研究

2.1 飲料に対する研究

奥田らは、飲料に色や香りをつけた際にどの味覚が想起されるかを調査した [3]。この実験ではミネラルウォーターに6種の色刺激と4種の香り刺激を組み合わせて付与し

た。それらの水溶液の色と香り刺激の寄与度について検討した。その結果、各味覚を想起させる一番近い色と香りの組み合わせが明らかになった。

Ranasinghe らは、味覚、嗅覚、視覚の3つの感覚を用いて、既存の味を增幅させるグラス型デバイスを開発した [5]。著者らは、デバイスを通じ、3つの感覚を同時に提示することで、ユーザの体験が向上すると期待した。その結果、個々の刺激を与えた場合と比較してすべての刺激を与えた方が、より豊かな味覚体験をもたらした。

川井くんのはXRじゃない

2.2 飲料とXR 飲料の容量操作に関する研究

鳴海らは、飲料を消費する環境要因のうち、透明な容器の形状が与える影響に着目した [9]。AR を用いてコップの見た目の背の高さを変えた場合、飲料消費量を操作できるのかを検証した。実験の結果、コップの見た目を変えてユーザに提示した場合、一口あたりの飲料消費量を増減両方向に調整可能なことが示唆された。

川井らは、実際の水位を変化させることで飲料の摂取量を減少させる「可動底グラス」を提案した [10]。飲料が注がれた際にグラス内の水位が高くなり、摂取する際に水位が低くなるため、ユーザは飲料の摂取量が多いと感じる。実験の結果、一部被験者に効果を確認できたが、水位の可変に気付いた被験者への効果は少なかった。

これらは視覚や嗅覚で味を変えるアプローチだが、口腔内刺激を操作しようとする研究ではない。

2.3 飲料と電気味覚

野村らは、下に電気刺激を提示することで、炭酸が口腔内に与える刺激の増幅を検討した [8]。非伝導性素材のコップの側面にステークラーの針を刺し、そこから液体に微弱

¹ 東京工科大学

な電流を流すことで、舌へ刺激を提示している。実験の結果、被験者全員が炭酸の強さに変化があったと感じた。

このように、飲料と感覚刺激に関する研究は多くされている。本研究では、鳴海らのアプローチのように感覚間相互作用を使った主観的炭酸強度の操作をする。

3. VRFIZZ

3.1 システム概要

VRFIZZ の概要を図 1 に示す。本研究では、人の視覚・聴覚・触覚の間で発生する感覚間相互作用を用いて、発泡性飲料の主観的な炭酸強度を操作することを目的としている。

ユーザは HMD を付けた状態で透明な容器に入った現実の炭酸飲料を口に含む。VRFIZZ は同時に、透明な容器に

現実の炭酸飲料

飲料を摂取する際、仮想炭酸の気泡量を現実の炭酸飲料よりも増強・減少することで、ユーザの口腔内の主観的な炭酸強度を操作する。

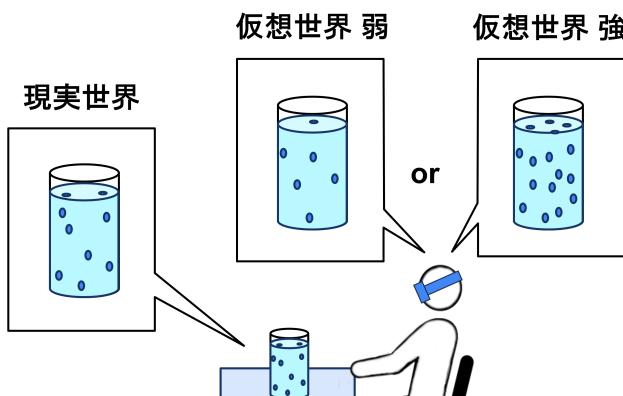


図 1 システム構成

3.2 仮想炭酸飲料の視覚的強度操作

仮想炭酸は上述の通り、透明な容器に入った炭酸飲料の CG である。仮想炭酸の液体 CG 内部では、気泡の発生・浮上・消失が繰り返されている。ユーザが違和感を感じないようにするために、仮想炭酸の水位は現実世界の炭酸飲料の水位と同期する。

VRFIZZ はユーザの主観的な炭酸強度を視覚刺激で操作する。具体的には、仮想炭酸における単位時間あたりの気泡発生量および容器側面に付着する気泡の数を変更する。この操作方法は、開封したての炭酸飲料の気泡量と、気の抜けた炭酸飲料の気泡量が変わるという経験則に基づく。

4. 実装

システム構成図を図 2 に示す。はじめに、HMD を通して仮想炭酸飲料をユーザに提示する。今回、HMD は VIVE

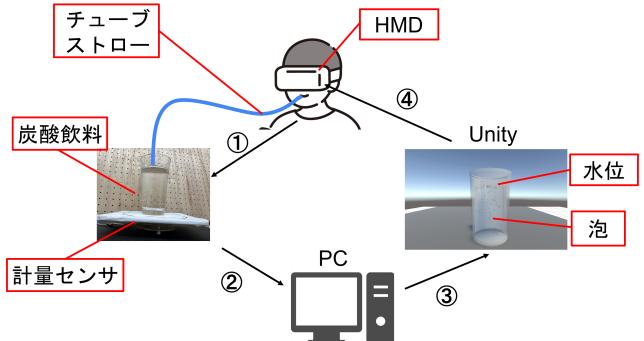


図 2 システム構成図

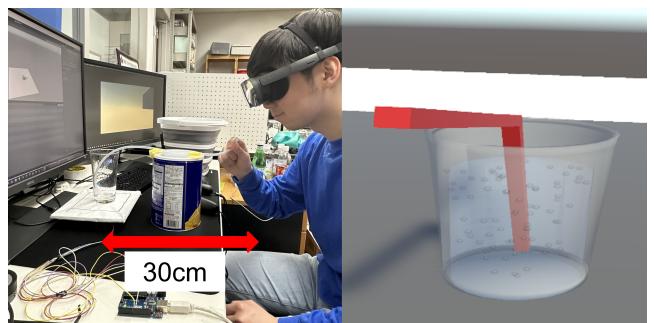


図 3 実装

XR ELITE を使用した。仮想炭酸飲料の気泡は Unity の Particle System で作成した。次に、ユーザは現実の炭酸飲料を摂取する。ユーザは常に HMD で視界が遮られている。実験飲料を零してしまわないよう、被験者はコップを持たずにシリコンチューブを通して炭酸飲料を口に含んでもらう。そして、計量センサで現実の炭酸飲料減少した重さを計測する。計量センサは SC113（ロードセル）を使用し、減少した重さに応じて Unity 上の仮想炭酸飲料の水位を同期させた。

実際に使用している様子を図 3 に示す。ユーザとグラスの距離は 30 cm ある。チューブストローはユーザの口までまっすぐ届かないため、グラスとユーザの間に台座を用いて固定している。

使用した 7 段階の仮想炭酸飲料の気泡量を図 4 に示す。気泡量は 1 秒あたりに表示される個数で決め、気泡量 1 は 21 個、気泡量 7 は 81 個と設定した。各気泡量間は 10 個の差がある。

5. 評価実験

5.1 実験手順

実験の様子を図 5 に示す。実験飲料は、味覚・視覚の影響を避けるため、無味無臭の市販の炭酸とした。被験者はまず、強度 2・4・6 の仮想炭酸の CG を HMD で視聴し、同時に対応した強さの炭酸飲料を口に含んでもらった。この口腔内刺激を、以降の実験における基準としてもらった。

その後、被験者は、現実の炭酸（実験 1：3 種類の強度、

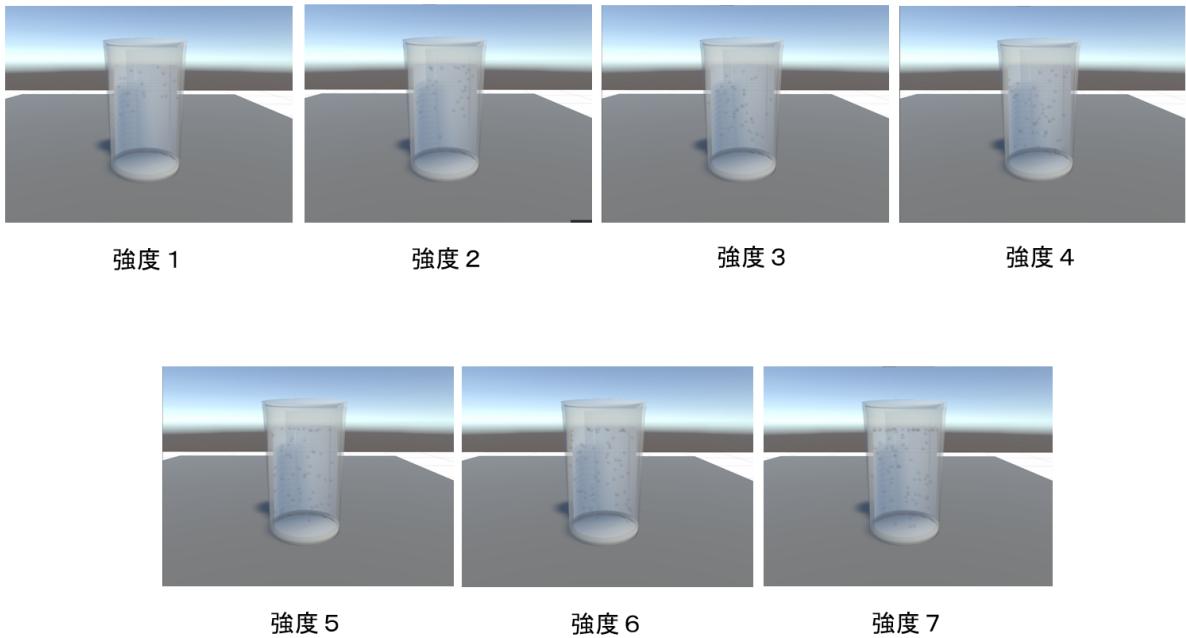


図 4 7段階

実験2:1種類の強度、後述)と仮想炭酸のCG(7種類)をランダムに組み合わせたものを提示され、その際に感じた主観的な炭酸強度を1から7の数値で回答した。その際、予備実験で記憶した3つの炭酸強度を参考にしてもらった。

強度の異なる炭酸を連続して口に含む前に水で口をゆすぐ、それをバケツに吐き出してから、次の炭酸を口に含んでもらった。被験者が炭酸を嚥下し続けると、実験開始時と実験後半で体内の水分量が変わり、口腔内刺激に対する反応が変わる可能性がある。被験者は水で口をゆすいでバケツに吐き出してから炭酸を口に含み、その炭酸も飲み込まずにバケツに吐き出してもらった。



図 5 実験の様子

5.2 実験1(3種類の炭酸を用いた実験)

5.2.1 炭酸飲料の選定

実験1には、20代の男性9人、女性1人が参加した。炭酸強度ごとにシステムが与える影響が変わる可能性があるため弱・中・強の3種類の炭酸を使用した。各炭酸強度の設定として、商品ページに記載されている情報を基に4種類の炭酸を購入し、試飲した。その結果、図6にあるサンペレグリノを弱炭酸、サンガリアを中炭酸、ウィルキンソンを強炭酸と設定した。予備実験では弱炭酸に対して仮想炭酸の強度2、中炭酸に対して仮想炭酸の強度4、強炭酸に対して仮想炭酸の6を組み合わせて被験者に提示した。被験者は、現実の炭酸3種類と仮想炭酸7種類の組み合わせである合計21種類に対してその主観的炭酸強度を回答した。



図 6 左から弱・中・強の炭酸

5.3 実験 1 結果

点いらない

現実炭酸として弱炭酸を提示された時の被験者の主観的炭酸強度を図 7、現実炭酸として中炭酸を提示された時の被験者の主観的炭酸強度を図 8、現実炭酸として強炭酸を提示された時の被験者の主観的炭酸強度を図 9 に示す。以降、実験パターンの表記を、弱炭酸を使った仮想炭酸の強度 7 の組み合わせの場合（弱、7）、強炭酸を使った仮想炭酸の強度 1 の場合（強、1）とする。

弱炭酸と仮想炭酸の強度の組み合わせでは、仮想炭酸の強度が強くなるにつれ、主観的な炭酸強度が強くなった感じる被験者が多かった。しかし、弱炭酸はもともとの刺激が少ないため、仮想炭酸の強度を操作しても、**大きな変化は見られなかった。**

中・強炭酸に比べて

中炭酸と仮想炭酸の強度の組み合わせでは、仮想炭酸の強度が弱くなると、口腔内の刺激は弱くなったと感じる人が多かった。しかし、仮想炭酸の強度が強くなる（中、7）を提示しても、口腔内の刺激は基準となる仮想炭酸の強度 4 付近にとどまった。**中1-3は右上がり、以降は頭打ち、**

強炭酸と仮想炭酸の強度の組み合わせでは、全体でみると仮想炭酸の強度 1 と強度 7 で大きく差が生まれた。しかし、基準の仮想炭酸の強度が 6 だったのに対し、被験者のほとんどが（強、6）の強度で 6 より低い回答をしていた。

実験順序（中、1）と（弱、7）を表 1 に、実験順序（中、2）と（弱、6）を表 2 に、実験順序（強、5）と（弱、5）を表 3 に示す。3つ表のように被験者は、弱炭酸と仮想炭酸の組み合わせの実験前に、中炭酸・強炭酸の実験を行う順番（場面？順序？ところ？）があった。弱炭酸は仮想炭酸の基準が 2 なので、（弱、7）や（弱、6）の場合、より主観的炭酸強度が強く感じられることを期待した。しかし、強炭酸を口に含んだ後に弱炭酸を口に含んだ際、期待した結果が得られなかった。実験間に水で口をゆすいでも明らかに炭酸強度が違ったため、強弱の変化が見られなかつと考えられる。また、実験回数が多いため炭酸が抜け、弱炭酸の炭酸強度の判別が難しくなった可能性がある。**段落評価実験を行っている際に気づいた点や感想をアンケートで答えてもらった。**その結果、実験を重ねるうちに予備実験で行った現実炭酸と仮想炭酸の組み合わせを忘れてしまい、前に口に含んだものとの相対評価になってしまったとの意見があった。

(中,1)→(弱,7)における被験者の回答

表 1 (中, 1) と (弱, 7)

	(中, 1)	(弱, 7)
被験者 1 の回答	4	1
被験者 5 の回答	3	1

現実炭酸として弱炭酸を提示された時の
被験者の主観的炭酸強度

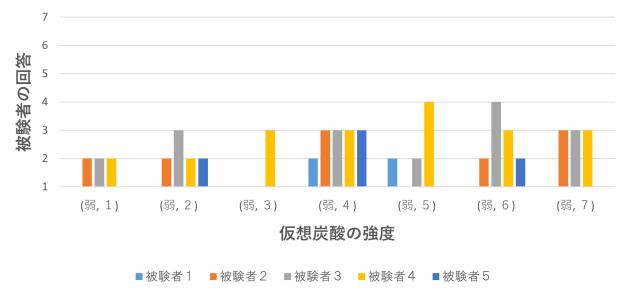


図 7 現実炭酸として弱炭酸を提示された時の被験者の主観的炭酸強度

現実炭酸として中炭酸を提示された時の
被験者の主観的炭酸強度

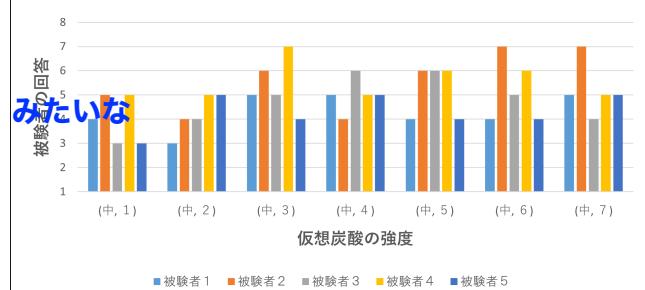


図 8 現実炭酸として中炭酸を提示された時の被験者の主観的炭酸強度

現実炭酸として強炭酸を提示された時の
被験者の主観的炭酸強度

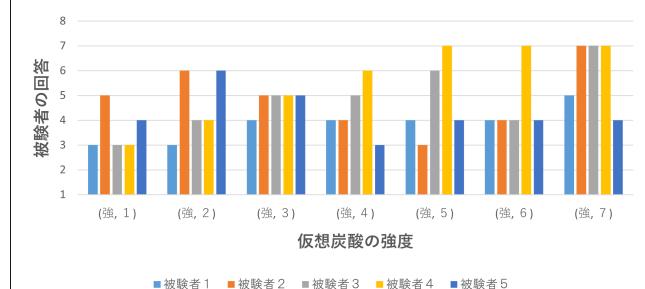


図 9 現実炭酸として強炭酸を提示された時の被験者の主観的炭酸強度

表 2 (中, 2) と (弱, 6)

	(中, 2)	(弱, 6)
被験者 1 の回答	3	1
被験者 5 の回答	5	2

表 3 (強, 1) と (弱, 5)

	(強, 1)	(弱, 5)
被験者 2 の回答	5	1
被験者 5 の回答	4	1

5.4 実験 2 (現実飲料の統一)

実験 2 には、20 代の男性 10 人が参加した。実験 1 の結果から、1 番強弱の変化が見られた炭酸に着目し、強炭酸だけで実験を行った。予備実験では強炭酸に対して仮想炭酸の 4 を組み合わせて被験者に提示した。被験者は、現実の炭酸 1 種類と仮想炭酸 7 種類の組み合わせである合計 7 種類に対してその主観的炭酸強度を回答した。現実の炭酸を 1 つに絞ることで、試行回数が減り、実験中に炭酸が抜けることを防ぐことができる。また、前後の口腔内刺激による相対評価を減らし、より視覚刺激での評価を期待した。

5.5 実験 2 結果

現実炭酸として強炭酸を提示された時の、被験者の主観的炭酸強度を図 10 に示す。強炭酸のみの実験にした場合、実験 1 の 3 種類の現実炭酸を使った場合より、被験者の主観的炭酸強度の変化が大きく出た。

仮想炭酸の基準強度（強、4）より仮想炭酸の強度が（強、1）に近づくにつれて、被験者の主観的炭酸強度は弱くなつた。反対に、仮想炭酸の強度が（強、7）に近づくにつれて、被験者の主観的炭酸強度は強くなつた。使用する炭酸を 1 つに絞ったため、実験順序による相対評価が少なくなつた。

最後に、評価実験を行っている際に気づいた点や感想をアンケートで答えてもらった。その結果、現実空間のストローの可動域が広すぎたため、仮想空間のストローとマッチしていないように見えたとの回答があった。ストローの形状の都合上、現実炭酸を摂取する際に台座に手がぶつかると現実空間と仮想空間内で相違が出ててしまうため、台座を用いて被験者に提示していた。今回、ストローの固定が実験中に緩くなってしまったことが原因だと考える。

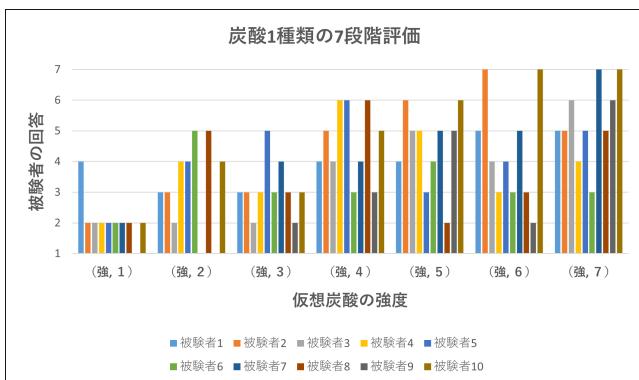


図 10 実験 2 の結果

6. おわりに

本論文では、食事に対する感覚間相互作用のうち飲料に着目した。具体的に、炭酸飲料の口腔内刺激と視覚情報に着目した。仮想現実を用いて炭酸強度を操作できる VRHMD を使用した VRFIZZ を開発した。

実験 1 の結果、VR 上の炭酸の泡の増減を提示することで、ユーザーの口腔内刺激を変化させる可能性が示唆された。

しかし、実験後半で基準とした炭酸強度を忘れたとの声があった。複数の炭酸を使用すると、前後に口に含んだ炭酸強度との相対評価になってしまっていた。

実験 2 では、実験 1 よりも主観的炭酸強度の増加・現象が大きくなつた。

よって、炭酸に対する VR 上の泡の増減による感覚間相互作用の効果は確認できた。

今後の課題として、被験者が VRFIZZ を使用している際、よりリアルな炭酸を飲んでいるような実験を模索する必要がある。具体的に、ユーザが日常的に摂取する飲料を再現した際の、VRFIZZ の効果があるのかを確かめる。実験アンケートより、現実空間と仮想空間の実験環境を揃える必要がある。

参考文献

- [1] 大用拓也, 岡嶋克典. 拡張現実感とクロスモーダル効果を用いた減塩化. 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2018-9.
- [2] 鳴海拓志, 谷川智洋, 梶波崇, 廣瀬通孝. メタクッキー：感覚間相互作用を用いた味覚ディスプレイの検討 (I; 特集gt; 香り・人・システム). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 15, No. 4, pp. 579–588, 2010.
- [3] 奥田紫乃, 荒金美幸, 竹村明久, 岡嶋克典. 清涼飲料水の予想されるおいしさと味覚に対する色と香りの複合効果. 日本官能評価学会誌, 第 19 卷, pp. 99–105, 2015.
- [4] 上堀まい, 伊藤弘大, 藤田和之, 伊藤雄一. 口腔内への温度提示と食品の温度が食体験と味覚に与える影響. 日本感性工学会論文誌, Vol. 22, No. 2, pp. 113–120, 2023.
- [5] Nimesha Ranasinghe, PictureThi Ngoc Tram Nguyen, PictureYan Liangkun, PictureLien-Ya Lin, Author PictureDavid Tolley, and PictureEllen Yi-Luen Do. Vocktail: A virtual cocktail for pairing digital taste, smell, and color sensations. MM '17: Proceedings of the 25th ACM international conference on Multimedia, pp. 1139–1147, October 2017.
- [6] 岡田和也, 一川誠. 容器の色彩による飲料についての味覚強度の変動. VISION, Vol. 33, No. 3, pp. 117–138, 2021.
- [7] 石橋賢, 中嶋名菜. Led 発光が透明液にもたらす味覚への影響. 感性工学, Vol. 21, No. 3, pp. 125–129, 2023.
- [8] 伊吹野村, 崇文小池. 電気味覚による炭酸飲料の刺激増幅に関する基礎検討. 第 82 回全国大会講演論文集, Vol. 2020, No. 1, pp. 567–568, 02 2020.
- [9] 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, 2018.
- [10] 川井那由多, 井上亮文, 星徹. 可変底グラス: 実水位の変化による飲料の摂取量減少方法. サイバースペースと仮想都市研究会, pp. 25–30, 2017-3-10.