Aromug: 糖分摂取量低減を補助する スマートマグカップの設計と基礎評価

真弓 大輝[1] 中村 優吾[2,3] 三崎 慎也[1] 松田 裕貴[1,3] 安本 慶一[1]

概要：普段何気なく飲んでいる飲料には多くの糖分が含まれている．砂糖入り飲料は私たちの生活の中で主な糖分摂取源となっており，過剰な糖分摂取は血糖値上昇や糖尿病リスクを上昇させることが知られている．そのため，糖分摂取量を低減する必要がある．これまで糖分摂取量を削減する方向に後押しする方法がいくつか提案されているが，短期的なアプローチに留まっており，習慣的に糖分が控えめな飲料の選択を促す有効的な解決策は見つかっていない．本研究では，飲むという行為に香りを付与することで，ユーザの知覚する甘さを増幅する「Aromug」を提案する．実際の糖分摂取量を低減しつつ，コンテキストアウェアな香り情報を提供することで，知覚される甘さを増幅し，日常的に飲料から摂取する糖分量を低減するシステムの実現を目指す．本稿では，アイスコーヒーと各種フレーバーの組み合わせの官能評価を行い，香りによって知覚する甘さ増幅の有効性を評価した．実験の結果，無糖コーヒーとチョコレートの香りの組み合わせは，香りなしの場合に比べ有意差が確認された．また味の甘さに関して，年齢やコーヒーを飲む頻度で嗜好に差が見られ，コンテキスト・アウェアな香り情報提示のための知見を得た．

Aromug: Design and Basic Evaluation of a Smart Mug to Assist in Reducing Sugar Intake

DAIKI MAYUMI[1] YUGO NAKAMURA[2,3] SHINYA MISAKI[1] YUKI MATSUDA[1,3]
KEIICHI YASUMOTO[1]

1. はじめに

私たちが普段何気なく飲んでいる飲料には，多くの糖分が含まれている．特に発展途上国では，都市化の進展と飲料のマーケティングにより，砂糖入り飲料の消費量が劇的に増加している [1], [2]．結果として，世界の糖尿病患者数は年々著しく増加傾向にある [3], [4]．過剰な糖分摂取は，血糖値の上昇，糖尿病のリスク上昇，メタボリックシンドロームの原因となる内臓脂肪の増加に繋がることが知られている [5], [6], [7]．また，高カロリーの飲料を 1 日約 114g，4 年間飲み続けることによって，2 型糖尿病の発症リスクが 16 %上昇すること，1 日に 1 杯の高カロリー飲料を水やお茶などのゼロカロリー飲料水に置き換えることで，糖尿病リスクは 2〜10 %減少することが報告されている [8]．

1 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology
2 九州大学
Kyushu University
3 国立研究開発法人科学技術振興機構 さきがけ
JST PRESTO

(a) Aromug の外観 (b) Aromug の使用イメージ

図 1 Aromug のデバイス外観と使用例

糖分摂取量を削減する方向に人々を後押しする方法がいくつか提案されている．Hoenink らは，飲料水の栄養成分表を表示し，糖分含有量を意識させる方法を提案している [9]．また，Villinger らは，コーヒー店などで利用されるシュガーシェイカーの砂糖を出にくくすることにより，糖分使用量の削減を促す方法 [10] を提案している．これら

© 2022 Information Processing Society of Japan

の手法によって，一時的に砂糖が少ない清涼飲料水の選択や砂糖の使用量削減を促すことが可能である．しかし，習慣的に砂糖が多く含まれる清涼飲料水を好んで飲んでいる人々にとって，砂糖の少ないまたは無糖の飲料水は，味が物足りなく感じられることが多い．結果的に，糖分含有量が少ない飲料を選択するという習慣が長続きせず，甘い飲み物を常飲する元の生活に戻ってしまうケースが多い．そのため，徐々に糖分使用量を低減できるように対象者を補助する解決策が求められる．

本研究では，実際の糖分含有量を減らしつつも，飲料を飲む際に知覚する甘さを維持するための方法として，香りを用いたアプローチを検討する．味覚のうち 75〜95 %は香りによる影響であることが知られている [11]．また，香りによって体感する甘さが増幅される効果が確認されている [12]．本研究では，これら知見を根拠とし，日常生活に溶け込む情報技術を活用して，飲むという行為中にタイミング良く香り情報を提示することにより，知覚される甘さを増幅するシステムの実現を目指す．具体的には，我々が飲み物を飲む際に日常的に使用する道具であるマグカップに着目し，飲むという行為の動作センシング機能と，コンテキスト・アウェアな香り情報の提示機能を備えたスマートマグカップ「Aromug」を提案する（**図 1**）．本稿では，Aromug のプロトタイプシステムを提示し，飲み物を飲む際に Aromug から提示するのに最適な香りフレーバーを探索するための実験結果を紹介する．初期実験では被験者 7 名に対して，アイスコーヒーと計 6 種類の香りフレーバーを同時に試飲した際の味の満足度，味の甘さ，味の濃さを評価した．その後被験者 33 名に対して，糖分量の異なるアイスコーヒー 3 種類と初期実験の中で評価の高かった 3 種類の香りフレーバーを同時に試飲した際の味の満足度・味の甘さ・味の濃さに関する官能評価を行った．実験の結果，味の感じ方には個人差があるものの，無糖コーヒーに対して香りを付与することで甘さが増幅することが示された．また，年齢やコーヒーを飲む頻度によって味の甘さの感じ方に差が見られ，コンテキスト・アウェアな香り情報の提示の可能性が示唆された．

2. 関連研究

2.1 嗅覚デバイスに関する研究

近年，様々な種類の嗅覚デバイスとそれを用いたインタラクションが提案されている．Wang らの研究 [13] では，ピアス型，ネックレス型，顔に装着するオンフェイス型の香りデバイスを提案し，社会的受容性，快適性および装着者と観察者の双方が感じる匂いの強さなどを評価している．Amores らの研究 [14] では，スマートフォンから遠隔操作可能で，生体情報や文脈情報に基づいて香りの強さや頻度を変えることができるネックレス型の香りデバイスを提案している．Dobbelstein らの研究 [15] では，日常生活で利用可能なウェアラブル香りデバイスを開発し，個人の香りの通知を受けることが可能である．また VR と嗅覚デバイスを用いたマルチモーダルな体験を与えるため，Brooks ら [16] はペパーミントの香りを用いて冷たさを表現したり，カプサイシンの香りを用いて熱さを表現するなど，香りによって VR 空間での体験を拡張する仕組みを開発している．本研究では，飲み物を飲む際に日常的に使用するマグカップに着目して，受容性が高く，日常生活に溶け込むことが可能な嗅覚インタフェースを模索するとともに，それを用いて，知覚する甘さを増幅しながら，実際の糖分摂取量を削減するためのインタラクションを検討する．

2.2 嗅覚が味覚に与える影響

風邪を引いて鼻が詰まったり，鼻を摘んで食事を行なった際，味を感じなかったり，感じ取りにくい経験はないだろうか．これは味覚が嗅覚に依存していることがわかる身近な体験の 1 つである．また，嗅覚が味覚に与える影響の例としてかき氷のシロップが挙げられる．かき氷で使用される代表的なシロップとして，いちご味・レモン味・ブルーハワイ味などがある．これら 3 種類のシロップは甘味，旨味，塩味，苦味，酸味の数値は全てほとんど同じ数値であるが味わいがそれぞれ異なる．赤いシロップといちごの香りでいちご味を表現するなど，視覚および嗅覚情報の提示によって異なる味わいを表現している．

Ranasinghe らの研究 [17] では，味覚（電気刺激）と嗅覚（香り）を一緒に作動させることで実際の飲み物に似せるデジタル機器の開発を行なっている．結果として，電気刺激と香りによって味覚の拡張を報告しており，異なるフレーバー間の対照実験では異なる味を認識することに成功している．しかし，香りによって味覚の拡張を表現することに成功しているものの，日常的な糖分摂取量の削減といった，行動変容を促すためのインタラクションをどのように設計するかという点については，明らかになっていない．

3. Aromug のコンセプト

3.1 ユースケースシナリオ

ここでは，Aromug が実際にどのように活用されるのかについてユースケースシナリオを紹介する．

30 歳の会社員，太郎は出勤前の朝食は，パンとミルクコーヒーが定番である．太郎は大の甘党であり，ホットコーヒーや紅茶には毎度ミルクと角砂糖を 4 つ入れる習慣がある．出勤時には，会社内で 3 回ほど甘さたっぷりのミルクコーヒーを，仕事から帰宅後は，食事と一緒にビールを飲む．就寝前にはミルクティーを飲みながら読書をする習慣がある．そんな太郎の妻は，夫の血糖値が高めであることを気にかけており，糖分摂取量を控えてほしいと望んでいた．

ある日，健康診断で太郎の血糖値が境界域に達したこ

© 2022 Information Processing Society of Japan

とをきっかけに，妻から「Aromug」をプレゼントされる．Aromug は，飲み物を飲む際に，甘さを増強するアロマが提示されるスマートマグカップである．太郎は，Aromug を用いて減糖生活を始めることを決意する．そして，会社内で飲み物を飲む際には，必ず Aromug を使用することにした．太郎は，Aromug の甘さ増強効果が知りたくなり，ホットコーヒーを Aromug に注ぐ．そして，入れるミルクと角砂糖の量をいつもより減らし，Aromug で試飲した．すると飲むと同時に Aromug から甘い香りが噴射され，いつもとは違うが甘さのあるミルクコーヒーの味わいを楽しんだ．この時，太郎は普段飲むミルクコーヒーに近い満足感を体感した．これなら，砂糖控えめでも，問題ないかもしれないと太郎は思った．太郎は，Aromug で飲み物を飲む体験が大変気に入り，紅茶や白湯も Aromug に注ぐようになった．太郎は Aromug の利用頻度が高くなるにつれて，わずかな甘さを楽しめるようになっていた．そして，ミルクコーヒーや，紅茶を砂糖なしで飲む習慣が身につき始めていた．Aromug を利用してから，数週間後，久しぶりに太郎は，定番だった甘さたっぷりのコーヒーを口にした．このとき，太郎は，自分がこんなに甘いコーヒーを常飲していたのかと驚いた．そして，糖分入れすぎは体に良くないなと改めて反省した．数ヶ月後，いつしか，太郎は，Aromug なしでも甘さ控えめの飲み物を選択するようになっていった．

3.2 システム設計

本研究では，人々の行動変容に効果的なアプローチとして近年注目を集めているナッジの活用を考える．ナッジとは，人々の判断や行動を穏やかにより良い方向へと後押しすることを目的として，環境側に仕掛けられた小さな手掛かりのことである．ナッジの提唱者である Thaler および Sunstein の論文では，ナッジとは「選択肢を禁じたり，経済的インセンティブを大きく変えたりすることなく，人々の行動を予測可能な方法で変化させる，選択アーキテクチャのあらゆる側面」と定義されている [18]．最近では，視覚，聴覚，嗅覚など，様々な感覚器官に作用する sensory nudges [19] が注目を集めている．本研究グループにおいては，センシング・アクチュエーション機能を備えた IoT システムによって sensory nudges をコンテキスト・アウェアに制御し，実世界の行動 X を仮想世界の表現 Y へとリフレーミングすることにより，主体的な行動変容の誘発を狙う IoT data-driven Nudge (IoT Nudge) [20] を基本コンセプトに，様々なインタラクティブ・システムを構築してきた．例えば，視覚を用いた介入として，食べるという行動を絵に色を塗るというタスクにリフレーミングすることで，健康的な食生活を後押しする eat2pic システム [21] や手指の衛生行動を仮想植物型エージェントに対する水やりにリフレーミングすることで，定期的な手指消毒行動を後押しする INSHA システム [22] が代表的である．また嗅覚を用いた介入として，調理動画と連動して食材の香りを噴射することで，購買行動を後押しするためのナッジシステムの開発を進めてきた [23]．本研究では，これらの知見に基づき，糖分摂取量低減を促進するべく，視覚・嗅覚に作用するコンテキスト・アウェアなナッジシステムの実現を目指す．

本研究では，飲料に含まれる糖分量を減らしつつ，コンテキスト・アウェアな香り情報の提示によって，飲料を飲む際に知覚する甘さを増幅するためのスマートマグカップである「Aromug」を提案する．Aromug は，マグカップ型のデバイスであり，飲むという行為の動作センシング機能と，コンテキスト・アウェアな香り情報の提示機能を備えている．Aromug は飲むという行為中の香り情報提示をタイミング良く制御することにより，知覚される甘さを増幅することを狙っている．図 1 に Aromug の初期プロトタイプシステムを示す．現状は，図 1(a) に示すようにマグカップと香り提示デバイスを簡易的に取り付けたデバイスとなっている．プロトタイプの香りデバイスには，株式会社アロマジョインの Aroma Shooter*1を使用した．また，マグカップの底面には，図 1(b) に示すように，IMU センサ（MetaMotionR+）*2を搭載している．

Aromug では，ユーザがマグカップを掴んでから飲み物を飲むまでの区間を認識して，香りを噴射する．3 回飲み物を飲む動作を取る場合における，底面に設置した IMU センサから得られるセンサデータと噴射タイミング（ピンク部分）の関係を示したものを**図 2** に示す．このセンサデー

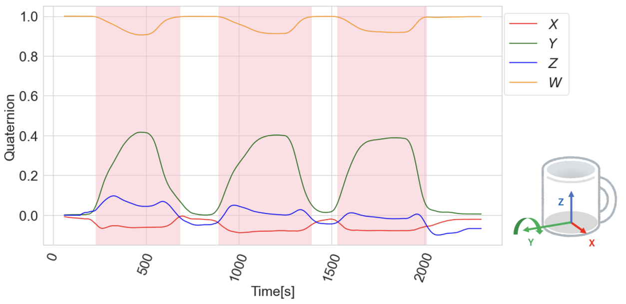

図 2　IMU センサデータと噴射タイミングの例

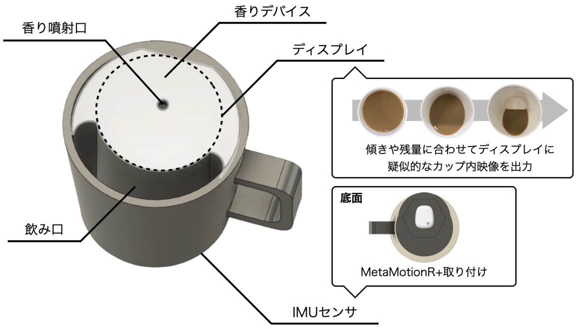

図 3　Aromug の設計イメージ

*1　https://aromajoin.com/products/aroma-shooter
*2　https://mbientlab.com/metamotionr/

© 2022 Information Processing Society of Japan

タは，机上に置かれたマグカップを基準とした姿勢の変動量（クォータニオン）を示している．飲む動作によって，クォータニオンの y 成分，w 成分ともに変化が見られる．装着方向の関係から，飲む動作に Y 軸周りの回転動作が多いことが y 成分に現れているものと考えられる．結果，ピンクで示した部分が一連の飲む行動を示しており，この区間で匂いを噴射することが適していると考えられる．

このように，Aromug は底面のセンサを用いて，ユーザがマグカップを持ってから，飲み物を一口飲み終わるまでの間を特定し，香りを噴射する設計となっている．現状は，閾値ベースの手法に留まっているが，今後は，機械学習手法を用いた動作認識のアプローチも検討し，最適な香り提示制御の実現を目指す．また将来的には，香り提示デバイスや IMU センサを内側に組み込み，外見がマグカップのように見えるデバイスの開発およびマグカップ上部にディスプレイを取り付け，視覚による介入を目指す（**図 3**）．

3.3 リサーチクエスチョン

以上を踏まえ，本研究では，甘い香りがユーザの味覚に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし，フレーバーおよびアイスコーヒーの糖分量の違いに着目した調査を行う．具体的には，以下のリサーチクエスチョンに回答する．

- **RQ1: 全体で分析した場合では，糖分量を削減し香りを付与した場合の味の感じ方は，通常時と比較して違いはあるか？**
- **RQ2: 年齢別に分析した場合では，糖分量を削減し香りを付与した場合の味の感じ方は，通常時と比較して違いはあるか？**
- **RQ3: 普段からコーヒーを飲む頻度別に分析した場合では，糖分量を削減し香りを付与した場合の味の感じ方は，通常時と比較して違いはあるか？**

4. 調査実験

本研究では，各種フレーバーが味覚に及ぼす影響を調査するために，Aromug のプロトタイプを用いて感覚的な官能評価実験を実施した．実験にはアイスコーヒーを使用し，糖分量の異なる 3 種類のアイスコーヒーと各種フレーバーの味の評価を行うためのアンケートを実施した．調査票配布時に，本研究の目的と方法および調査参加者への倫理的配慮について，口頭と文書による説明を行った．本研究は，著者が所属する組織の倫理委員会承認のもと実施した．（承認番号：2020-I-16）

4.1 参加者

官能評価実験は初期実験と本実験の計 2 回行った．初期実験では所属研究室の学生 7 名（男性 7 名）が参加し，年齢は 20 代から 30 代であった．本実験では大学生および大学の事務員 33 名（男性 15 名，女性 18 名）が参加し，年齢は 20 代から 50 代であった．また本実験の被験者の年齢，性別および普段からコーヒーを飲む頻度に関する分布を**表 1** に示す．被験者の健康状態は問題なく（風邪や発熱などの症状はない），味覚や嗅覚についても正常な状態で実験は行われた．

表 1 被験者の情報

性別	年齢		飲む頻度	
	20 代	30 歳以上	多い	少ない
男性	9	6	8	7
女性	11	7	8	10

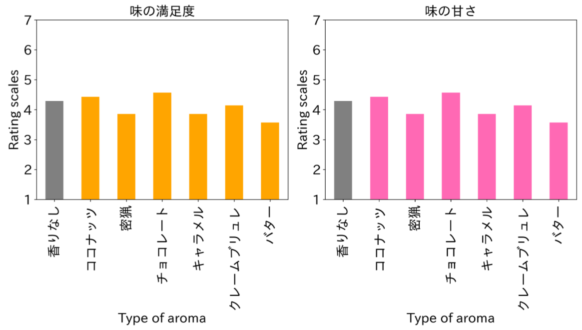

図 4 フレーバーの違いによる味覚変化の実験結果

4.2 実験概要

本実験では，ベースの飲み物として無糖，微糖，多糖の糖分量の異なる 3 種類のアイスコーヒーを用意し，Nahon ら [12] の結果に基づき，甘い香りのフレーバー用いて実験を行なった．実験は香りを嗅ぐ順番によるバイアスを防ぐため，**表 2** に示すように香りの順番が異なる 3 種類の実験パターンを用意し実施した．また香りによるバイアスを防ぐため，各刺激の間に 5 分間の休息および水を飲んでもらった．各試行後，試飲に対するアンケートに回答してもらった．アンケートには，7 段階のリッカート尺度を採用し，被験者には，飲んだ時に知覚した，味の満足度，味の甘さ，味の濃さについて評価してもらった．

初期実験では，アイスコーヒーと 6 種類のフレーバー（ココナッツ・密猟・チョコレート・キャラメル・クレームブリュレ・バター）との組み合わせを評価した．本実験では，初期実験でアイスコーヒーとの評価が高かった 3 種類のフレーバー（ココナッツ・チョコレート・クレームブリュレ）を用いて評価実験を実施した．

5. 実験結果

5.1 初期実験結果

図 4 に無糖アイスコーヒーとフレーバーの違いによって知覚する味の満足度，味の甘さの結果を示す．各種フレーバーに対する評価は，基準となる香りなしの場合の無糖アイスコーヒーと比較する．

実験の結果より，味の満足度，味の甘さの両方の評価項目において，ココナッツ，チョコレートの評価が基準より

© 2022 Information Processing Society of Japan

表 2　実験の種類

	実験 1	実験 2	実験 3
C1	無糖コーヒー	無糖コーヒー	無糖コーヒー
C2	無糖＋ココナッツ	無糖＋チョコレート	無糖＋クレームブリュレ
C3	無糖＋チョコレート	無糖＋クレームブリュレ	無糖＋ココナッツ
C4	無糖＋クレームブリュレ	無糖＋ココナッツ	無糖＋チョコレート
C5	微糖コーヒー	微糖コーヒー	微糖コーヒー
C6	微糖＋ココナッツ	微糖＋チョコレート	微糖＋クレームブリュレ
C7	微糖＋チョコレート	微糖＋クレームブリュレ	微糖＋ココナッツ
C8	微糖＋クレームブリュレ	微糖＋ココナッツ	微糖＋チョコレート
C9	多糖コーヒー	多糖コーヒー	多糖コーヒー

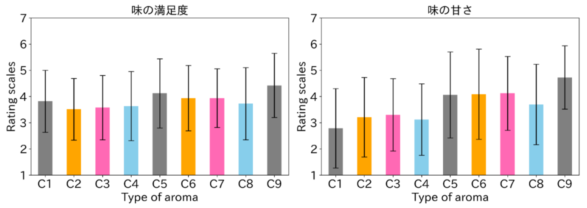

図 5　フレーバーの違いによる味覚変化の実験結果（被験者全員）

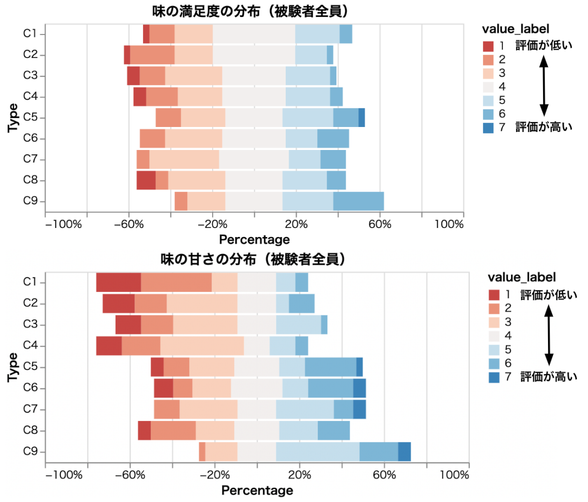

図 6　被験者全員の実験結果の分布（上：満足度，下：甘さ）

上回る結果となった．またダイエット効果が期待されるバターコーヒーを再現するため，バターの香りを用いたが評価は上がらなかった．本実験では甘い香りを中心にフレーバーを選択したが，すべてのフレーバーで結果が有意に上昇することはなく，その中でもココナッツ，チョコレートのフレーバーの評価が基準を僅かに上回る結果となった．砂糖が入っていない無糖コーヒーに香りを付与することで味の満足度，甘さの評価が高くなる傾向が見られ，香りの提示によって糖分摂取量を低減させる可能性が示唆された．

続いて，初期実験で評価の高かったフレーバーを 3 つ選定し，被験者 33 名に対して無糖，微糖，多糖の糖分量の異なる 3 種類のアイスコーヒーとフレーバーの違いによる味覚変化の実験結果を示す．

5.2　全体の分析結果（RQ1）

一つの目のリサーチクエスチョンは，被験者全体で分析した場合では，糖分量を削減し香りを付与した場合の味の感じ方は，通常時と比較して違いはあるかであった．

図 5 に被験者全員に対する評価の平均値および標準偏差の結果を示す．C1〜C9 は表 2 の実験 1 に記載のフレーバーと対応している．ここでコーヒーと各種フレーバーの組み合わせは，それぞれの香りなしのコーヒーを基準として評価する．味の満足度に関して，それぞれ基準となるコーヒーに対して香りを付与した場合の評価は基準を上回ることがなかった．つまり，現状のシステムでは香りによる介入で味の満足度を向上させることが難しいことが示唆された．味の甘さに関しては，香りを付与していない無糖コーヒーに比べ，ココナッツ，チョコレート，クレームブリュレの香りを付与した際に基準を上回る結果が得られた．しかし，微糖コーヒーに関しては香りを付与しても基準とほとんど変わらない結果となり，多糖コーヒーと同等の甘さを感じる結果は得られなかった．

続いて，2 組の標本に対応があるときに有意差検定として用いられる Wilcoxon の符号順位検定を使用し，味の甘さの評価で基準値を上回った各種フレーバーの組み合わせの評価を定量的に比較した．無糖コーヒーと各種フレーバーの組み合わせの検定結果を**表 3** にまとめる．検定の結果，無糖コーヒーとチョコレートの組み合わせでは，基準となる香りなしの無糖コーヒーに対して有意差が認められ，ココナッツ，クレームブリュレに関しては有意差はなく香りによる甘さへの影響は確認されなかった．

意見の偏りを可視化するため，7 段階のリッカート尺度で得たアンケート結果の分布を**図 6** に示す．上図は味の満足度に関する分布を示し，下図は味の甘さに関する分布を示している．1 に近いほど評価が低く，7 に近いほど評価が高いことを示している．

味の満足度に関しては，分布に大きな偏りは見られず個人的な嗜好の偏りはデータから散見されなかった．味の甘さに関しては，無糖コーヒーは評価の低い 1 や 2 をつける人が多く，香りを付与することで評価の低い 1 や 2 をつける人の割合が減少する傾向が見られた．微糖コーヒーにチョコレートを付与した際には基準よりも 5 の評価が増え，基準に対して甘さの評価が高くなる傾向に繋がったこ

© 2022 Information Processing Society of Japan

表 3　被験者全体の無糖コーヒーの甘さに関する検定結果

比較する 2 組	p 値	有意差 ($p \leq 0.05$)
無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋ココナッツ	9.758×10^{-2}	-
無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋チョコレート	1.641×10^{-2}	✓
無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋クレームブリュレ	9.508×10^{-2}	-

表 4　年齢別の無糖コーヒーの甘さに関する検定結果

	比較する 2 組	p 値	有意差 ($p \leq 0.05$)
20 代	無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋ココナッツ	8.918×10^{-2}	-
	無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋チョコレート	3.222×10^{-2}	✓
	無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋クレームブリュレ	2.557×10^{-1}	-
30 歳以上	無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋ココナッツ	7.477×10^{-1}	-
	無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋チョコレート	2.482×10^{-1}	-
	無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋クレームブリュレ	2.059×10^{-1}	-

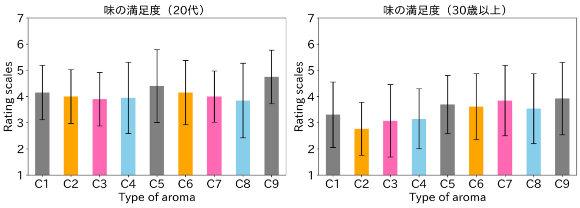

図 7　フレーバーの違いによる味の満足度の結果（年齢別）

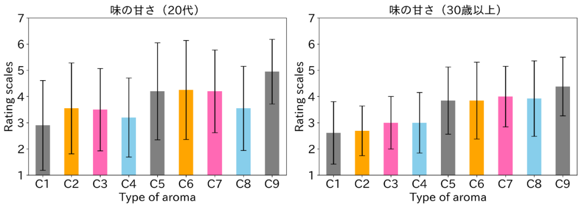

図 8　フレーバーの違いによる味の甘さの結果（年齢別）

とがわかった．一方，微糖コーヒーに対しては香りを付与した場合でも基準と大きく変化することがなかったため甘さに対する有意差は得られなかった．

5.3　年齢別分析結果（RQ2）

二つの目のリサーチクエスチョンは，被験者を年齢別で分析した場合では，糖分量を削減し香りを付与した場合の味の感じ方は，通常時と比較して違いはあるかであった．

年齢の違いによる味覚の評価を行うため，被験者を「20 代」（20 名）と「30 歳以上」（13 名）の 2 つのグループに分け分析を行なった．味の満足度，味の甘さに関する評価の平均値および標準偏差の結果を**図 7**，**図 8** に示す．

味の満足度に関して，基準よりも評価が高くなるフレーバーはほとんどなかった．30 歳以上の場合，微糖コーヒーとチョコレートの組み合わせは基準より評価が高くなったが，有意に高くなることはなく，被験者全体での評価と変化はなかった．図 8 に示す味の甘さに関しては，20 代と 30 歳以上で結果に変化が見られた．両グループともに無糖コーヒーと相性の良い組み合わせとして，チョコレートとクレームブリュレの評価が高くなった．しかし，20 代では無糖コーヒーとココナッツの香りの組み合わせが基準と比べて最も評価が高くなった．

続いて，Wilcoxon の符号順位検定を使用し，基準値を上回った無糖コーヒーと各種フレーバーの組み合わせの評価を定量的に比較した．年齢別に無糖コーヒーと各種フレーバーの組み合わせの検定結果を**表 4** にまとめる．検定の結果，20 代のグループにおいて無糖コーヒーとチョコレートのフレーバーの組み合わせで有意差が確認された．しかし，その他のフレーバーに関しては有意に香りが甘さに影響を与える結果は得られなかった．

年齢別に評価した結果，20 代のグループで無糖コーヒーとチョコレートのフレーバーの組み合わせが甘味増幅に有効であることが示された．また，20 代に比べ 30 歳以上の人は評価が全体的に低い傾向が見られたが，評価に有意差は見られなかった．

5.4　コーヒーを飲む頻度別分析結果（RQ3）

三つの目のリサーチクエスチョンは，被験者を普段からコーヒーを飲む頻度別に分析した場合では，糖分量を削減し香りを付与した場合の味の感じ方は，通常時と比較して違いはあるかであった．

普段コーヒーを飲む頻度別に味覚の評価を行うため，被験者を「よく飲む」（16 名）と「少ない」（17 名）の 2 つのグループに分け分析を行なった．「よく飲む」はアンケート項目の 7 段階のリッカート尺度で 5 以上を選んだ人で構成した．味の満足度，味の甘さに関する評価の平均値および標準偏差の結果をそれぞれ**図 9**，**図 10** に示す．

味の満足度に関して，基準よりも評価が高くなるフレーバーはほとんど確認されなかったが，普段からコーヒーを飲むグループでは，香りを付与した際と基準は評価がほとんど変わらない傾向が見られた．しかし，普段からコーヒーを飲まないグループでは香りを付与した際の評価は基準に比べ差が見られた．味の甘さに関しては，普段からコーヒーを飲む頻度によって結果が異なった．普段からコーヒーを飲む人は無糖コーヒーと組み合わせる香りの評価が高くなる傾向が見られた．しかし，普段からコーヒー

© 2022 Information Processing Society of Japan

表 5　飲む頻度別の無糖コーヒーの甘さに関する検定結果

	比較する 2 組	p 値	有意差 ($p \leq 0.05$)
よく飲む	無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋ココナッツ	1.111×10^{-2}	✓
	無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋チョコレート	1.112×10^{-2}	✓
	無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋クレームブリュレ	1.237×10^{-1}	-
少ない	無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋ココナッツ	5.211×10^{-1}	-
	無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋チョコレート	6.077×10^{-1}	-
	無糖コーヒー＆ 無糖コーヒー＋クレームブリュレ	4.169×10^{-1}	-

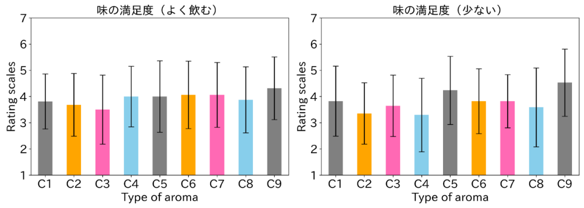

図 9　フレーバーの違いによる味の満足度の結果（飲む頻度別）

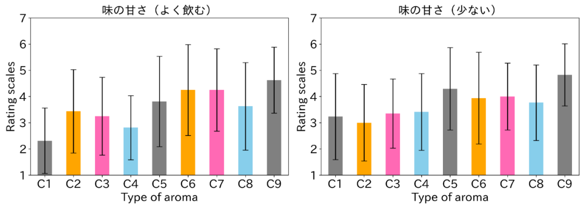

図 10　フレーバーの違いによる味の甘さの結果（飲む頻度別）

を飲まない人は香りを付与しても香りが甘さを引き出す要因とはならない傾向が見られた．

続いて，Wilcoxon の符号順位検定を使用し，基準値を上回った無糖コーヒーと各種フレーバーの組み合わせの評価を定量的に比較した．普段からコーヒーを飲む頻度別に無糖コーヒーと各種フレーバーの組み合わせの検定結果を**表 5** にまとめる．検定の結果，普段からコーヒーをよく飲むグループにおいて無糖コーヒーとココナッツ，チョコレートの 2 つの組み合わせで有意差が認められ，クレームブリュレに関しては有意差が認められなかった．

6.　ディスカッション

6.1　全体分析結果（RQ1）

味の甘さに関しては基準より有意に甘く感じる香りフレーバーが見られたが，味の満足度に関してはすべての組み合わせにおいて基準を上回ることはなかった．これにはいくつかの要因が考えられる．一つは本実験で使用した香りデバイスは香りが噴射される間，人が知覚できるほどの音が鳴る点である．普段飲み物を飲む際には体験しない音が満足度を下げる原因となった可能性がある．また他の要因として，嗅覚に作用する効果だけでは満足度は得られなかったことが考えられる．今後は，嗅覚だけでなく，視覚による介入が味の満足度に与える影響の調査が必要である可能性が示唆された．

また味の甘さの評価では，微糖コーヒーにチョコレートのフレーバーを付与した際に有意差が確認されたが，その他のフレーバーに関しては有意差は確認されなかった．個々人によって好みのフレーバーは異なるが，チョコレートフレーバー以外にも一般的に甘さが増幅するフレーバーの探索が必要であることがわかった．

6.2　年齢別分析結果（RQ2）

味の満足度に関しては 20 代 30 歳上では評価は変わらず，被験者全体での評価と差異はなかった．しかし，味の甘さに関してはグループ間で評価が分かれた．20 代のグループではココナッツフレーバーを付与した際の評価が高くなり，30 歳以上のグループではクレームブリュレフレーバーを付与した際の評価が高くなる傾向が見られた．これは年齢によって香りの感じ方に変化があることを示しており，加齢とともに人の嗅覚機能が低下することに影響していることが考えられる．実際に Wysocki らの研究 [24] では，男性は 20 代，女性は 40 代で嗅覚の低下がみられるという報告があり，これら結果との関連性が示された．本実験で得られた年齢の違いによる香りの感じ方に関する知見は，今後の実験デザインに利用される．

6.3　コーヒーを飲む頻度別分析結果（RQ3）

普段からコーヒーを飲む人は，本実験で使用したコーヒー自体が水っぽく，味が薄いと感じたことで，特に無糖コーヒーの甘さの基準の評価が低い傾向であった．コーヒー本来の深みやコクによって味の感じ方に影響を与えることが示唆されたため，今後深みやコクが強いコーヒーでの実験を行い，評価していく必要がある．また普段からコーヒーを飲む人は，ココナッツフレーバーの評価が他のフレーバーに比べて高い傾向にあった．これはクレームブリュレフレーバーとココナッツフレーバーの香りの好みが飲む頻度別で傾向が異なることを示しており，今後個々人の属性に応じた香りの選択をする際の知見となる．

7.　おわりに

本稿では，Aromug を提案し，糖分摂取量を低減させるための基礎評価としてアイスコーヒーの甘味増幅に最適なフレーバーを探索するための実験結果を示した．実験の結果，アイスコーヒーにフレーバーを付与することによって味の満足度は有意に上がらなかったが，味の甘さは有意に上昇することが示された．特に無糖コーヒーに対して，

© 2022 Information Processing Society of Japan

チョコレートのフレーバーを付与した際に味の甘さ増幅が確認された．またユーザの属性によって知覚される味の感じ方に変化が見られ，今後のコンテキスト・アウェアな香り情報提示のための知見が得られた．今後は味の甘さだけでなく，味の満足度も向上するためのシステム設計を行なっていく．また香り提示だけでなく，視覚や聴覚情報を用いた甘さ増幅についても検討を進めていく．

謝辞　本研究の一部は，JST さきがけ（JPMJPR21P7）の助成によって行われた．

参考文献

[1] V.S Malik, W.C Willett, and F.B Hu. Global obesity: trends, risk factors and policy implications. *Nature Reviews Endocrinology*, Vol. 9, No. 1, pp. 13–27, 2013.

[2] Gitanjali M Singh, Renata Micha, Shahab Khatibzadeh, Peilin Shi, Stephen Lim, Kathryn G Andrews, Rebecca E Engell, Majid Ezzati, Dariush Mozaffarian, Global Burden of Diseases Nutrition, and Chronic Diseases Expert Group (NutriCoDE). Global, regional, and national consumption of sugar-sweetened beverages, fruit juices, and milk: a systematic assessment of beverage intake in 187 countries. *PloS one*, Vol. 10, No. 8, p. e0124845, 2015.

[3] World Health Organization. Diabetes. Available online: `https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes`. Accessed: 2022-02-25.

[4] Matthias B Schulze, JoAnn E Manson, David S Ludwig, Graham A Colditz, Meir J Stampfer, Walter C Willett, and Frank B Hu. Sugar-sweetened beverages, weight gain, and incidence of type 2 diabetes in young and middle-aged women. *Jama*, Vol. 292, No. 8, pp. 927–934, 2004.

[5] V.S Malik, Y Li, A Pan, L De Koning, E Schernhammer, W.C Willett, and F.B Hu. Long-term consumption of sugar-sweetened and artificially sweetened beverages and risk of mortality in us adults. *Circulation*, Vol. 139, No. 18, pp. 2113–2125, 2019.

[6] Quanhe Yang, Zefeng Zhang, Edward W Gregg, W Dana Flanders, Robert Merritt, and Frank B Hu. Added sugar intake and cardiovascular diseases mortality among us adults. *JAMA internal medicine*, Vol. 174, No. 4, pp. 516–524, 2014.

[7] Sanjay Basu, Paula Yoffe, Nancy Hills, and Robert H Lustig. The relationship of sugar to population-level diabetes prevalence: an econometric analysis of repeated cross-sectional data. *PloS one*, Vol. 8, No. 2, p. e57873, 2013.

[8] Jean-Philippe Drouin-Chartier, Yan Zheng, Yanping Li, Vasanti Malik, An Pan, Shilpa N. Bhupathiraju, Deirdre K. Tobias, JoAnn E. Manson, Walter C. Willett, and Frank B. Hu. Changes in Consumption of Sugary Beverages and Artificially Sweetened Beverages and Subsequent Risk of Type 2 Diabetes: Results From Three Large Prospective U.S. Cohorts of Women and Men. *Diabetes Care*, Vol. 42, No. 12, pp. 2181–2189, 10 2019.

[9] J.C Hoenink, J.M Stuber, J Lakerveld, W Waterlander, J.WJ 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. *ISBNPA*, Vol. 18, No. 1, pp. 1–11, 2021.

[10] K. Villinger, D.R Wahl, K. Engel, and B. Renner. Nudging sugar portions: a real-world experiment. *BMC nutrition*, Vol. 7, No. 1, pp. 1–5, 2021.

[11] B. Lyman. *A psychology of food: More than a matter of taste.* Springer Science & Business Media, 2012.

[12] D.F Nahon, J.P Roozen, and C.D Graaf. Sweetness flavour interactions in soft drinks. *Food chemistry*, Vol. 56, No. 3, pp. 283–289, 1996.

[13] Yanan Wang, Judith Amores, and Pattie Maes. On-face olfactory interfaces. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–9, 2020.

[14] Judith Amores and Pattie Maes. Essence: Olfactory interfaces for unconscious influence of mood and cognitive performance. In *Proceedings of the 2017 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 28–34, 2017.

[15] David Dobbelstein, Steffen Herrdum, and Enrico Rukzio. inscent: A wearable olfactory display as an amplification for mobile notifications. In *Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*, pp. 130–137, 2017.

[16] Jas Brooks, Steven Nagels, and Pedro Lopes. Trigeminal-based temperature illusions. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–12, 2020.

[17] Nimesha Ranasinghe, Gajan Suthokumar, Kuan-Yi Lee, and Ellen Yi-Luen Do. Digital flavor: towards digitally simulating virtual flavors. In *Proceedings of the 2015 ACM on international conference on multimodal interaction*, pp. 139–146, 2015.

[18] Richard H. Thaler and Cass R. Sunstein. *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness.* Springer, Bloomington, IN, USA, 2008.

[19] Han-Seok Seo. Sensory nudges: The influences of environmental contexts on consumers’ sensory perception, emotional responses, and behaviors toward foods and beverages. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2020.

[20] Yugo Nakamura and Yuki Matsuda. Iot nudge: Iot data-driven nudging for health behavior change. In *Adjunct Proceedings of the 2021 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 51–53, 2021.

[21] Rei Nakaoka, Yugo Nakamura, Yuki Matsuda, Shinya Misaki, and Keiichi Yasumoto. eat2pic: Food-tech design as a healthy nudge with smart chopsticks and canvas. In *2021 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and other Affiliated Events (PerCom Workshops)*, pp. 389–391. IEEE Computer Society, 2021.

[22] Sopicha Stirapongsasuti, Kundjanasith Thonglek, Shinya Misaki, Yugo Nakamura, and Keiichi Yasumoto. Insha: Intelligent nudging system for hand hygiene awareness. In *Proceedings of the 21st ACM International Conference on Intelligent Virtual Agents*, pp. 183–190, 2021.

[23] Daiki Mayumi, Yugo Nakamura, Yuki Matsuda, Tomokazu Matsui, Shinya Misaki, Keiichi Yasumoto, and Junko Nohara. Aroma nudges: Exploring the effects on shopping behavior in a supermarket. In *International Workshop on Digital Nudging and Digital Persuation (DNDP’22)*, pp. 1–11, 2022.

[24] Charles J Wysocki and Avery N Gilbert. National geographic smell survey: effects of age are heterogenous. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1989.

© 2022 Information Processing Society of Japan