

飲料のアルコール濃度計測を行う スマートアイスキューブの試作と評価

松井 秀憲^{1,a)} 橋爪 崇弘^{2,b)} 矢谷 浩司^{2,c)}

概要: 過度な飲酒は、健康面や社会的な面で様々な問題を引き起こし得る。アルコール摂取量を自動的に計測し、ユーザの飲酒を定量的に管理することが可能となれば、これらの問題の予防に貢献できる。しかしながら、アルコール摂取量を計測する上で知る必要があるアルコール濃度について、これを手軽に計測するスマートデバイスは知られていない。そこで我々は、近赤外・可視光 LED と光検出器を搭載し、水とアルコールの光吸収特性を利用してアルコール濃度計測を行うスマートアイスキューブを提案する。本研究で作成したプロトタイプは 3 x 4 x 5 cm の直方体であり、ユーザがこのデバイスをグラスの中に入れて、通常の飲酒行為を妨げることなく濃度計測が行われる。本稿では、プロトタイプを用いて市販のアルコール飲料のアルコール濃度を計測した実験結果を報告し、実現されるアプリケーションについて議論する。

Designing a Smart Ice Cube with Beverage Alcohol Concentration Sensing

HIDENORI MATSUI^{1,a)} TAKAHIRO HASHIZUME^{2,b)} KOJI YATANI^{2,c)}

1. はじめに

アルコール飲料は、人々のコミュニケーションを促進する潤滑油の役割を果たす他、冠婚葬祭のような重要な儀式において欠かせない存在である。しかしながら、アルコール飲料によって健康面や社会的な面での問題がしばしば引き起こされる。短時間に多量の酒類を摂取することは急性アルコール中毒を引き起こす可能性がある他、慢性的な酒類の摂取はアルコール依存症を引き起こし、これは肝臓の病気や抑うつ [1] といった健康面での問題や、家庭内暴力といった社会的な問題とも密接に関わっている。

アルコール摂取量をコントロールすることは、そのような中毒症状や健康的・社会的な問題を予防する助けになる。厚生労働省は、アルコール摂取量は成人男性で 1 日に 40 g 以下、成人女性で 1 日に 20 g 以下となることが望ましいと



図 1: 本研究で作成したスマートアイスキューブでビールのアルコール濃度を計測している様子。

Fig. 1 Our smart ice cube prototype device measures alcohol content of beer.

¹ 東京大学大学院 学際情報学府
Interactive Intelligent Systems Laboratory,
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,
The University of Tokyo

² 東京大学大学院 工学系研究科
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

a) matsui@iis-lab.org

b) hashizume@iis-lab.org

c) koji@iis-lab.org

しており [2], また日本以外でも各国が類似のガイドラインを公表している [3]. これらのガイドラインの遵守にはアルコール摂取量を把握することが必要であり, これを支援するスマートフォンアプリケーションが開発されている. 例えば, AlcoDroid Alcohol Tracker *1は, 自身が飲んだ酒類のアルコール度数と摂取量を手入力することで日々の飲酒状況を記録し, 飲酒習慣の改善に役立てることができる. しかし, お酒を飲んだ後の酔った状態では記録を忘れる可能性が大いにあり, 飲酒記録のデータは潜在的に集まりづらいつと考えられる. また, 飲食店で未知の混酒を頼んだ場合, そのアルコール度数を知ることは難しく, そもそもアルコール度数を記録すること自体が困難である場合がある.

そこで我々は, 近赤外・可視光 LED と光検出器を搭載し, 水とアルコールの光吸収特性を利用してアルコール濃度計測を行うスマートアイスキューブを提案する (図 1). ユーザはこのデバイスをグラスの中に入れておくだけで, 通常の飲酒行為を妨げることなく濃度計測を行うことができる. 本研究で作成したプロトタイプは $3 \times 4 \times 5$ cm の直方体であり, 飲料が入り込むための中空構造を有している. この構造により飲料中を透過した光の強度を測定することができ, ここからアルコール濃度が導かれる. 本稿では, 実験用のセルを用いて行ったアルコール濃度計測のための予備実験と, 上述のプロトタイプの実装, そしてプロトタイプを用いてアルコール飲料を計測した実験結果を報告し, 実現が想定されるアプリケーションについて議論する.

2. 関連研究

2.1 飲料の識別手法

飲料は平均的に 1 日のカロリー摂取量の 21% を占めている [4] ことから, 摂取した飲料を自動的に特定することは, 人の健康状態を管理する上で有用である. 食品化学等の分野における飲料識別の研究では, 飲料中を通過した近赤外光のスペクトルを計測する近赤外分光法 [5] が広く用いられている. この手法は高精度での識別を可能にする [6] 一方で, 計測に利用される分光器は非常に高価であり, 日常生活で用いられるスマートデバイスに組み入れるには非現実的である. Lester ら [7] は, 分光器の代わりに安価な電子部品を用いることでこの課題を克服し, 8 つの LED とカラーセンサを実装した棒状のセンサープロトタイプによって, 10 種類の飲料を 60% の精度で識別した. 本研究は, アルコール濃度の検知を目的としたスマートアイスキューブの実現可能性を検討する点において, 上述の研究とは異なる.

2.2 飲料のアルコール濃度推定手法

飲料のアルコール濃度推定においても, 飲料識別と同様に近赤外分光法が効果的な手法である. Gallignani ら [8] は, 吸収スペクトルを波長方向に微分して得られる微分スペクトルを用いて, ビール・ワイン・ウィスキー・ラムといった 21 種類の酒類のアルコール濃度を高精度で推定した. 彼らの手法では, エタノールの吸収スペクトルのピーク位置である 1693 nm 付近の微分スペクトルの極大値 (1680 nm) と極小値 (1703 nm) の微分吸光度の差を利用し, 酒類中の水とエタノール以外の成分の影響を除去している. しかし, 微分スペクトルを用いる手法には高い波長分解能で吸光度計測を可能にする分光器が不可欠であり, 前項で論じたように安価なデバイスでアルコール濃度推定を行う場合は異なるアプローチが求められる.

Benes ら [9] は, 水またはエタノールの吸収スペクトルが極大または極小となる波長の近赤外 LED (1200 nm, 1300 nm, 1450 nm) と光検出器を用いる安価なアルコール濃度推定デバイスを考案した. 3 個の LED のうち 1 個で試料中の光の散乱を補正し, 残る 2 個を用いて, 試料のアルコール濃度と, 砂糖のような水とエタノール以外の物質の濃度を推定することができる. このデバイスを用いて, 24 種のワインのアルコール濃度を 0.28 vol % SECV (交差検証法による推定値の標準誤差) で, 28 種のビールのアルコール濃度を 0.06 vol % SECV で推定するモデルをそれぞれ生成した. Benes の手法は高い精度でのアルコール濃度推定を達成しているが, 推定対象飲料をデバイスに移し替えるという付加的なタスクが必要であるため, 日常生活で飲酒をする際に用いられるとは考えづらい. そのため, 我々は彼の手法を参考にしつつ, スマートアイスキューブとしてグラスにデバイスを入れておくだけで濃度計測ができる機構を実装する.

2.3 飲料に関するスマートデバイス

水分摂取量の不足は日常的な問題として認識されており [10], 水分摂取を促すためのスマートデバイスが考案されてきている. 市販のボトル型スマートデバイスである H2OPal Smart Bottle Hydration Tracker *2 や, コースター型のスマートデバイスを用いる WaterCoaster [11] は, ユーザの水分摂取量を推定し, スマートフォンでの通知やゲーミフィケーションアプリを用いて適切な水分摂取を促す.

酒類の飲み過ぎを防ぐことを目的としたキューブ型デバイスである Cheers [12] は, 搭載した加速度センサの値から酒類の摂取量を推定し, 内蔵した LED の光フィードバックによって飲み過ぎを知らせる. また Cheers は環境音のビートに合わせて LED が点滅する機能を備えており,

*1 AppBrain, AlcoDroid Alcohol Tracker. <https://www.appbrain.com/app/alcodroid-alcohol-tracker/org.m.alcodroid>

*2 Out of Galaxy Inc., H2OPal Smart Bottle Hydration Tracker. <https://www.h2opal.com/>

特にバーのような音楽が流れている暗い環境でインタラク션을促す効果がある。MARTINI®が開発中のスマートアイスキューブ*3は、飲食店で用いられることが想定されており、グラスが空になったことを検出して自動的に次の一杯を頼むことができる。

Butz と Schmitz によるピアマット型デバイス [13] は、パブやカラオケでのインタラク션을促すことを目的としている。一つのアプリケーション例として、グラスをマットに置くことやマットの向きによって、歌への投票やフィードバックを行うことを挙げている。IllumiMug [14] は、中の飲料の温度や水位を、側面に縦に設置された LED 配列の点灯パターンによって知らせることができるカップである。注ぐべき水位の目安を知らせることでカクテル作成を支援したり、暑い飲み物が冷めて安全に飲めるようになった事を知らせたり、といったインタラクティブなアプリケーションを提示している。

このように飲料の温度・水位やその摂取量をセンシングしたり、インタラク션을促したりする様々な形状のスマートデバイスが考案されている。本研究はアルコール濃度推定に焦点を当てており、上述のシステムと合わせて利用することにより、アルコールに関する情報を追加でユーザに提供できるようになる。

2.4 アルコール依存症患者を支援するアプリケーション

更生のための治療を受け禁酒に成功したアルコール依存症患者であっても、彼らの 50% が 2 年以内にアルコール依存症を再発してしまう [15]。アルコール依存症患者が自身の飲酒を管理することを支援するため、Wang ら [16] は呼気アルコール検出器とスマートフォンアプリケーションを組み合わせたシステムである SoberDiary を提案した。類似のシステムとして、治療目的のために患者がスマートフォンアプリケーションに自身の情報を記録するもの [17] や、飲酒運転をしてしまった人が、保護観察期間中に再び飲酒運転を侵さないことを支援するシステム [18] などが挙げられる。いずれもスマートフォンアプリケーションにユーザ情報を記録することで飲酒の管理を目指したシステムであり、直接酒類をセンシングすることを目指した本研究とは異なるものである。

3. アルコール濃度計測のための予備実験

Benes のアルコール濃度推定手法 [9] では、ビールとワインで異なる推定モデルを構築しており、推定した酒類の種類も 2 種と限られている。他の飲料においても Benes の手法が利用できるか確認するため、彼の装置のものと同一ピーク波長を持つ近赤外 LED 3 個を用意し、飲料の透過光強度を測定する予備実験を行った [19]。測定のために、試

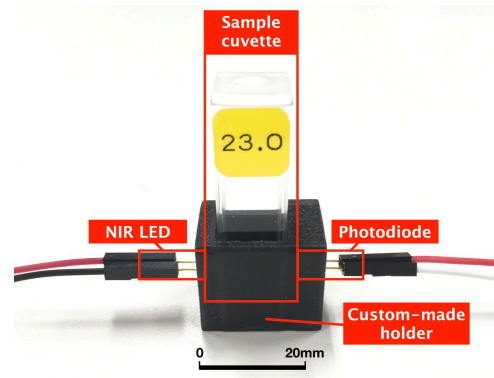


図 2: 予備実験で用いた装置。セル (cuvette) 内に入れた試料の吸光度を計測する。左側の近赤外 LED で照射した光がセル内の試料を通過し、その透過光強度が右側のフォトダイオードで測定される。この図では 23.0 vol % のアルコール水溶液を試料に用いている。

Fig. 2 The apparatus we used in our preliminary study. This measures light absorption of a liquid in the cuvette in-between. An infrared LED emits light from the left side, and a photodiode on the right receives. In this example, we use 23.0 vol % alcohol aqueous solution.

料を入れたセルと、セルを照射する LED、透過光を計測するフォトダイオードが固定できるように 3D プリンタで黒いホルダを作成し、図 2 のような機構を用意した。ここで、太陽光中に含まれる近赤外光が測定値に与える影響を除去するため、測定は夜間の室内照明のもと一定の環境光条件下 (370 lx) で行った。

アルコール水溶液を用いた場合には、以下の回帰式で示されるように、非常に高い線形性を示す測定結果が得られた。(I_λ はピーク波長 λ nm の LED の透過光強度、 c はアルコール濃度 (vol %) を表している)。

$$1200 \text{ nm} : I_{1200} = 2.279c + 778.292 \text{ with } R^2 = 0.977$$

$$1300 \text{ nm} : I_{1300} = 6.013c + 608.767 \text{ with } R^2 = 0.983$$

$$1450 \text{ nm} : I_{1450} = 1.046c + 45.251 \text{ with } R^2 = 0.979$$

一方、市販されている酒類のアルコール濃度を、上述の線形モデルを用いて推定する実験においては、多くのアルコール飲料においてグラフ記載値に近い値を推定できていることがわかった (表 1)。特に、ピーク波長が 1450 nm の LED が高い精度での推定を実現できることが確認された。一方、ビールや発泡性リキュール等の炭酸ガスを含む飲料では濃度が過大に推定され、はっ酵乳を含む飲料では濃度が過小に推定される結果となった。これは、光が炭酸ガスの気泡を透過することで液体に吸光される量が少なくなり相対的に透過光強度が大きくなったため、はっ酵乳の白い沈殿物による光の透過の障害により透過光強度が小さくなったためと考えられる。

4. スマートアイスキューブのプロトタイプ実装

予備実験から、近赤外 LED の透過光測定によってアル

*3 <https://www.bacardilimited.com/new-martini-smart-cube-technology-makes-waiting-bar-thing-past/>

表 1: 市販の酒類のアルコール濃度推定結果. 推定値は平均 ± 標準偏差. 同一試料における最良推定値を太字で示す. ([19] より再掲.)

Table 1 Alcohol concentration estimation results with commercially-available beverages. The estimation is represented as the mean ± *SD*. The bold font represents the best estimation. (Cited from [19])

試料	記載値 (vol %)	推定値 (vol %)			
		1200 (nm)	1300 (nm)	1450 (nm)	
ワイン	白ワイン	11	10.16±1.79	15.93±0.22	13.00±0.13
	発泡性ワイン	13	9.55±2.93	16.73±0.24	14.12±0.30
	赤ワイン 1	11	4.79±1.84	14.88±0.68	11.95±0.31
	赤ワイン 2	13.5	5.99±2.73	15.92±0.43	12.87±0.21
ビール	ラガー	5	1.58±1.28	10.08±0.19	7.62±0.16
	スタウト	5	-3.01±1.99	10.02±0.57	7.21±0.17
日本酒	日本酒 1	14	11.16±2.57	18.19±0.54	15.50±0.10
	日本酒 2	15-16	8.46±2.24	18.94±0.55	16.68±0.26
蒸留酒	ウイスキー	40	32.38±2.20	45.01±0.24	41.02±0.32
	ウォッカ	40	33.13±2.65	45.52±0.52	42.06±0.21
	芋焼酎	25	19.07±1.07	28.31±0.53	24.24±0.07
	麦焼酎 1	12	6.45±1.09	15.05±0.79	12.11±0.09
	麦焼酎 2	20	14.48±1.45	23.21±0.42	19.59±0.11
発泡性リキキュール	リキキュール (はっ酵乳含有)	3	-43.44±2.38	-2.67±0.41	3.09±0.18
	リキキュール 1	3	0.70±0.98	9.62±0.68	7.97±0.19
	リキキュール 2	5	5.01±2.42	11.79±0.45	9.47±0.19
	リキキュール 3	9	0.74±1.83	11.62±0.29	9.84±0.17

アルコール濃度推定を行えることが示されたため, 次に我々は, 同手法を組み込んだスマートアイスキューブのプロトタイプ実装を行った.

透過光測定を行うため, 図 3 (a) のように飲料が入り込むための中空構造を設け, 両側に LED と光検出器をそれぞれ PCB (プリント基板) 上に設置した. 光源と光検出器には, 前節の結果から 1450 nm のピーク波長を持つ近赤外 LED と, 800 nm から 1700 nm の近赤外領域に感度を持つフォトダイオードを採用し, さらにユーザに光のフィードバックを与えるための RGB LED も搭載した. 2 枚の PCB はワイヤで電気的に接続されており, マイコンボードには Bluetooth Low Energy の System-on-Chip を搭載している RedBearLab BLE Nano 2^{*4} を, 電源には小型で高出力電圧をもつリチウムイオンポリマーバッテリーを採用した. ここでキューブは密封されているため, 電力受信用のコイルを内蔵し, バッテリーを無線給電により充電できるようにした. また, キューブの密度を上げて飲料中に沈ませるためにキューブの下側に重り (20g) を 2 個搭載し, 中空構造が常に鉛直方向を向くようにした. これにより, 飲料の透過光強度が安定して計測できるだけでなく,

*4 <https://redbear.cc/product/ble-nano-2.html>

表 2: プロトタイプで計測した 12 種類の飲料. 炭酸飲料は Carbonated, 濃い色を持つ飲料は Colored にチェックが入っている.

飲料名	アルコール濃度 (vol %)	Carbonated	Colored
ミネラルウォーター	0		
ノンアルコールビール	0	✓	
スパークリングワイン	3	✓	
ラガービール	5	✓	
スタウトビール	5	✓	✓
レモンリキキュール	5	✓	
オレンジリキキュール	5	✓	✓
白ワイン	10		
赤ワイン	11		✓
日本酒 1	13.5		
日本酒 2	19		
ウイスキー	37		✓
ウォッカ	37.5		

炭酸ガスが中空構造から空気中に抜けることになり, 前節で報告されたような炭酸ガスによる濃度推定誤差を改善する狙いがある.

スマートアイスキューブの外側のキューブ部分は, アクリル板で各面を作成したのちアクリル板用の溶着剤で箱を組み立てて, シリコン系シーリング剤を隙間に埋めることで防水性を高めている. さらに, 環境光が近赤外光の計測値に与える影響を最小限に抑えるため, 外側を黒いスプレー塗料で塗ることで, 図 1 のようなキューブを作成した. キューブの大きさは 32.3 × 41.3 × 52.8 mm であり現状でもガラスの中に入れて使えるサイズとなっているが, 今後はより小さい重りを採用したり, マイコンボードを直接 PCB にはんだ付けしたりすることで, さらなる小型化が見込まれる.

5. プロトタイプを用いたアルコール飲料の計測実験

本研究で作成したスマートアイスキューブのプロトタイプを用いて, 10 種類のアルコール飲料と 2 種類のアルコールを含まない飲料を計測する実験を行った.

5.1 実験手順

表 2 が実験に用いた 12 種類の飲料であり, ラベルに記載されたアルコール濃度が記されている. このうち, ビール 3 種, リキキュール 2 種, スパークリングワインは炭酸飲料であり, スタウトビール, オレンジリキキュール, 赤ワイン, ウイスキーは濃い色を持つ飲料である. それぞれの要素は, Carbonated, Colored のカラムのチェックマークに対応している.

本研究のアルコール濃度推定には近赤外光の計測を用い

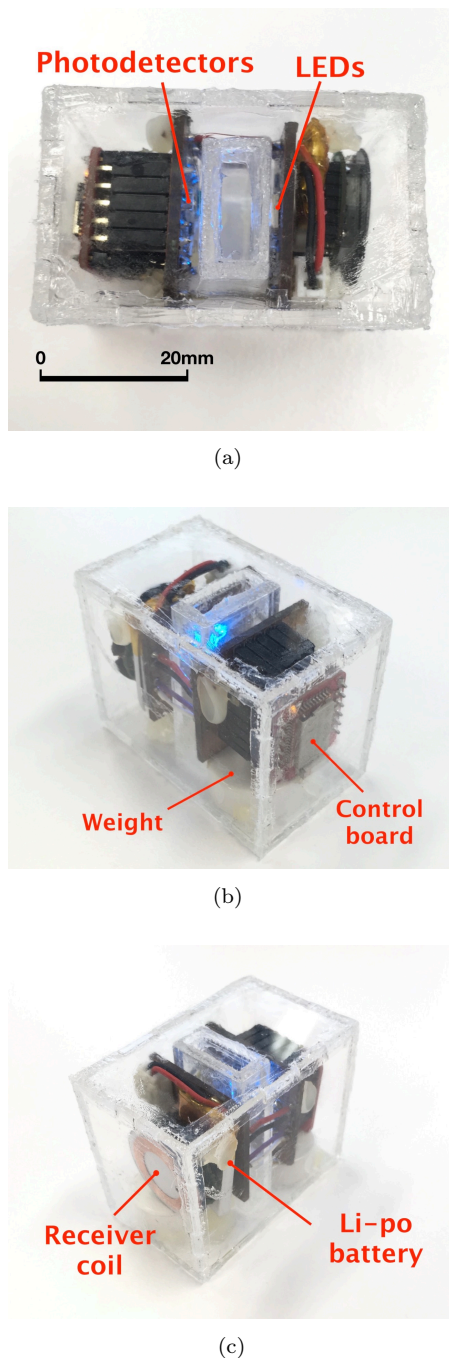


図 3: 本研究で作成したスマートアイスキューブの塗装前の様子。
Fig. 3 Our smart ice cube prototype device (before painted in black).

るので、環境光に含まれる近赤外光によって生じる影響を検証する必要がある。近赤外光は主に太陽光に含まれ、室内照明光にも一部含まれていると考えられる。単純化のため、日常生活の中で飲酒するシチュエーションを環境光の明るさという観点から再考すると、以下の3つに分類できる。

- (A) 晴れている日の昼間に屋外のテラス席で飲酒をする時。直射日光は遮られているものの、最も明るい条件。
- (B) レストラン、居酒屋、または家庭の室内のように、明るい室内で飲酒をする時。室内照明下という、2番目

に明るい条件。

- (C) バーやクラブのように、暗い店内で飲酒をする時。室内照明を弱く点灯させた、最も暗い条件。

これらの条件を再現するような光環境を用意し、それぞれの条件下で計測を行った。3つの条件下で計測した時の環境光の照度は、毎計測時に測った値を平均すると、(A)は 1898 ± 143 lx, (B)は 692 ± 247 lx, (C)は 39 ± 8 lxであった。ここで各照度は平均 \pm 標準偏差 lx で表されている。また、各飲料と環境光条件での計測は、ガラス内でのキューブの向きを90度ずつ変えながら4回行った。これは、光源に対するキューブの向きによる計測誤差の影響を調べるためである。

近赤外フォトダイオードの値は0から4095までの整数値にAD変換され、マイコンボードからBLE通信によってPCに送られる。計測にあたっては、環境光の影響を除外するため、近赤外LEDをオンにした時とオフにした時それぞれの時のフォトダイオードの値を読み取り、その差分を計測値として採用した。

5.2 結果

3種類の環境光条件(A)から(C)において、12種類の飲料に対して計測を行い、アルコール濃度と近赤外透過光強度をプロットしたものが図4である。すべての環境光条件において、濃い色の酒類(スタウトビール、オレンジリキュール、赤ワイン、ウィスキー)の計測値に大きな誤差が見られたが、それらを除いた場合の回帰式は高い決定係数を示した。濃い色を持たず炭酸を含む飲料と、炭酸と濃い色のどちらにも該当しない飲料の間に大きな計測値の差は見られず、予備実験で見られた炭酸による影響は軽減されたとみなせる。各計測時のエラーバーは小さく、キューブの向きによる計測誤差は生じないと結論づけられる。3つの環境光条件における回帰直線はほぼ同じ傾きを示しており、追加の実験によってさらなる検証が必要ではあるが、環境光の影響は切片にのみ及ぶと考えられる。すなわち、事前に何らかの方法で環境光の照度を測りキャリブレーションを行うことができれば、様々な環境で本スマートアイスキューブが濃度推定できるということを意味する。

5.3 考察

濃い色の酒類に計測値のシフトが見られたことから、すべての酒類のアルコール濃度推定のためには、飲料の色の濃さに応じて計測値に補正をかける必要があると考えられる。また、黒色のスタウトビールなどと比べれば薄いものの、ラガービールも黄色に呈色しているが、測定値は比較的正確なアルコール濃度の値を推定できている。したがって、どの程度の呈色を例外と見なすのかという検討が今後必要である。

6. アプリケーションシナリオ

本デバイスによって実現が想定されるアプリケーション例を述べる。

6.1 お酒を飲めない人のためのアルコール検出

アルコールアレルギーを発症している人や、妊娠中の女性など、アルコールを摂取してはいけない人が一定数存在する。しかし、飲料にアルコールが含まれていないことを確かめることは難しい。飲料中のアルコールを検出したスマートアイスキューブが赤く点滅するようなアプリケーションがあれば、そのような人たちが安心して飲料を飲むことを支援できる。

6.2 カクテルの作成支援

自分好みのアルコール度数のカクテルを、割材や原液の量を測ることなく作るのは難しい。スマートアイスキューブがアルコール度数に応じた光フィードバックをリアルタイムで与えることができれば、カクテル作成を支援することが可能である。

6.3 飲酒ペースを抑制することの支援

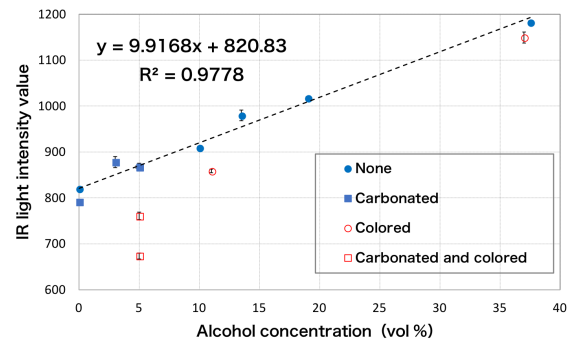
アルコール飲料を早く飲みすぎることは、急性アルコール中毒等の症状を引き起こす。スマートアイスキューブ内部のLEDの点滅スピードを変えて、飲酒のペースをユーザにフィードバックすることができれば、そのような中毒症状を予防することに繋がる。

7. おわりに

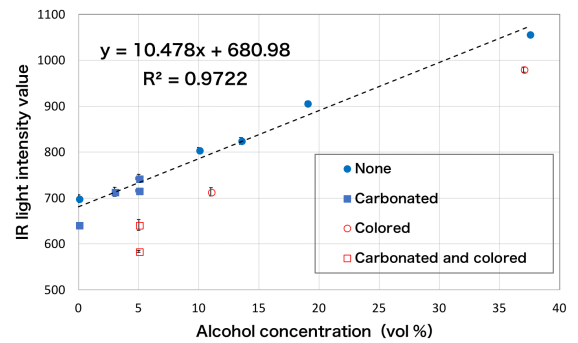
本稿では、アルコール摂取量の管理を支援することを目的に、飲料のアルコール濃度計測を行うスマートアイスキューブの提案を行った。セル内に試料を入れて近赤外光の透過光強度を計測する予備実験を行い、1450 nmのピーク波長を持つLEDがアルコール濃度推定に効果的であることを明らかにしたのち、このLEDを搭載して透過光強度計測機構を備えた小型のスマートアイスキューブのプロトタイプを実装した。プロトタイプを用いて、飲酒時に考えられる3つの環境光条件下で市販の酒類を計測する実験を行い、濃度推定に関する有望な結果とさらなる改良に向けた今後の方針が得られた。

参考文献

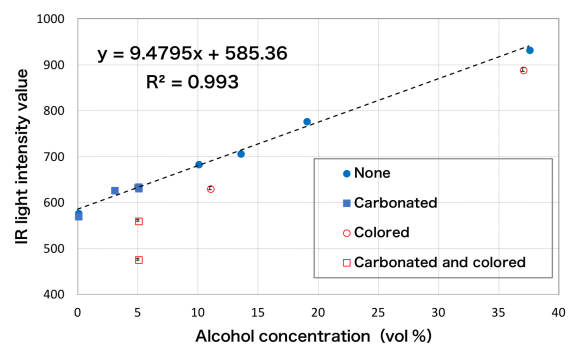
- [1] Ann, R., Petra, B., Toby, F., Ken, P., Joseph, B. and Trifonoff, A.: *The Social Context of Alcohol Use in Australia*, National Centre for Education and Training on Addiction (NCETA), Adelaide, Australia (2009).
- [2] Ministry of Health, Labour and Welfare: The second term of National Health Promotion Movement in the twenty first century (Health Japan 21), available



(A) 屋外のテラス席を想定した光条件下での計測結果



(B) 明るい室内での計測結果



(C) 暗い室内での計測結果

図 4: プロトタイプを用いた飲料の計測結果。炭酸飲料 (Carbonated) を四角、炭酸を含まない飲料を丸で、濃い色に呈色している飲料 (Colored) を赤、濃い色を持たない飲料を青でプロットしている。どちらにも当てはまらない飲料は None と記されている。4 度の計測の平均値をプロットで、標準偏差をエラーバーで示している。

Fig. 4 Estimation results using our prototype device. The square, round, red, and blue dot represent carbonated, still, colored, and transparent beverages, respectively. “None” means still and transparent beverages. Each dot and error bar represents the mean of the four measurements and its standard deviation.

from <http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/kenkounippon21/en/kenkounippon21/mokuhyou05.html> (accessed 2018-4-23).

- [3] The International Alliance for Responsible Drinking (IARD): Drinking Guidelines: General Population, available from <<http://www.iard.org/policy-tables/drinking-guidelines-general-population/>> (accessed 2018-4-23).

- [4] Duffey, K. J. and Popkin, B. M.: Shifts in patterns and consumption of beverages between 1965 and 2002, *Obesity*, Vol. 15, No. 11, pp. 2739–2747 (2007).
- [5] Pasquini, C.: Near Infrared Spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications, *Journal of the Brazilian Chemical Society*, Vol. 14, pp. 198–219 (2003).
- [6] Chen, Q., Zhao, J., Fang, C. and Wang, D.: Feasibility study on identification of green, black and Oolong teas using near-infrared reflectance spectroscopy based on support vector machine (SVM), *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Vol. 66, No. 3, pp. 568–574 (2007).
- [7] Lester, J., Tan, D., Patel, S. and Brush, A. J. B.: Automatic classification of daily fluid intake, *Proceedings of the 4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, pp. 1–8 (2010).
- [8] Gallignani, M., Garrigues, S. and de la Guardia, M.: Direct determination of ethanol in all types of alcoholic beverages by near-infrared derivative spectrometry, *Analyst*, Vol. 118, pp. 1167–1173 (1993).
- [9] Benes, R.: Method and device for determining an alcohol content of liquids, US Patent 8,106,361 (2012).
- [10] Vasey, C.: *The Water Prescription: For Health, Vitality, and Rejuvenation*, Healing Arts Press (2006).
- [11] Lessel, P., Altmeyer, M., Kerber, F., Barz, M., Leiding, C. and Krüger, A.: WaterCoaster: A Device to Encourage People in a Playful Fashion to Reach Their Daily Water Intake Level, *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp. 1813–1820 (2016).
- [12] Dand, D.: Cheers: alcohol-aware strobing ice cubes, *CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp. 2795–2796 (2013).
- [13] Butz, A. and Schmitz, M.: Design and Applications of a Beer Mat for Pub Interaction, *In Extended Proceedings of The Seventh International Conference on Ubiquitous Computing*, Tokyo, Japan (2005).
- [14] Poppinga, B., Fortmann, J., Müller, H., Heuten, W. and Boll, S.: IllumiMug: Revealing Imperceptible Characteristics of Drinks, *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational*, NordiCHI '14, New York, NY, USA, ACM, pp. 923–926 (2014).
- [15] McKay, J. R., Franklin, T. R., Patapis, N. and Lynch, K. G.: Conceptual, methodological, and analytical issues in the study of relapse, *Clinical Psychology Review*, Vol. 26, No. 2, pp. 109 – 127 (2006).
- [16] You, C.-w., Wang, K.-C., Huang, M.-C., Chen, Y.-C., Lin, C.-L., Ho, P.-S., Wang, H.-C., Huang, P. and Chu, H.-H.: SoberDiary: A Phone-based Support System for Assisting Recovery from Alcohol Dependence, *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '15, New York, NY, USA, ACM, pp. 3839–3848 (2015).
- [17] Hsu, P.-Y., Lee, Y.-H., You, C.-W., Chuang, Y., Huang, M.-C. and Wang, H.-C.: Learning How Clinicians Use Self-logged Behavior Data when Managing Patients with Alcohol Use Problems in a Clinical Setting, *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*, UbiComp '17, New York, NY, USA, ACM, pp. 73–76 (2017).
- [18] Hsu, P.-Y., Lin, Y.-F., Huang, J.-L., Chang, C.-C., Lin, S.-Y., Lee, Y.-H., You, C.-W., Chuang, Y., Huang, M.-C., Tseng, H.-T. and Wang, H.-C.: A Mobile Support System to Assist DUI Offenders on Probation in Reducing DUI Relapse, *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*, UbiComp '17, New York, NY, USA, ACM, pp. 77–80 (2017).
- [19] 松井秀憲, 橋爪崇弘 and 矢谷浩司: 氷型スマートデバイス向け光学的アルコール濃度推定手法の調査, 情報処理学会第 80 回全国大会 (2018).