

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

松井秀憲* 橋爪崇弘† 矢谷浩司†

東京大学工学部電子情報工学科*
東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻†

1 はじめに

多くの人が日常的に飲酒を楽しんでいるが、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、ユーザが飲酒量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。そこで我々は、飲料中に入れることでアルコール濃度をユーザに示唆できる氷型スマートデバイスを提案する。ユーザが摂取した飲料の量を推定する手法は多く知られているため [1, 2], それらの手法と我々の氷型デバイスを組み合わせることで、ユーザのアルコール摂取量を推定するシステムが実現される。本稿では、市販の酒類のアルコール濃度を推定する予備実験・氷型スマートデバイスに向けたプロトタイプの実装・氷型スマートデバイスによって実現されるアプリケーションについて報告する。

2 関連研究

2.1 アルコール濃度の推定手法

飲料のアルコール濃度推定手法の一つとして、スペクトロメータを用いて水とエタノールの吸収スペクトルの違いを計測する光学的な手法が知られている。Benesら [3] は、複数の近赤外 LED と光検出器を用いることで、高価なスペクトロメータを使わずにアルコール濃度を推定する小型の装置を考案した。この装置では、3個の近赤外 LED の光がセル内の試料を透過し、光検出器でそれらの透過光強度を測定することで、アルコール濃度を推定できる。3個の LED (1200 nm · 1300 nm · 1450 nm) は、水とエタノールの吸光度の差が大きい点をピーク波長として持つように選ばれている。Benes らは 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生成した。高い精度での推定に成功しているが、ビールとワインで異なるモデルを利用して推定を行っており、酒類の種類も 2 つと限られている。我々は Benes の手法がより多種の酒類に対応できることを検証し、これを氷型デバイスに拡張することを目指す。

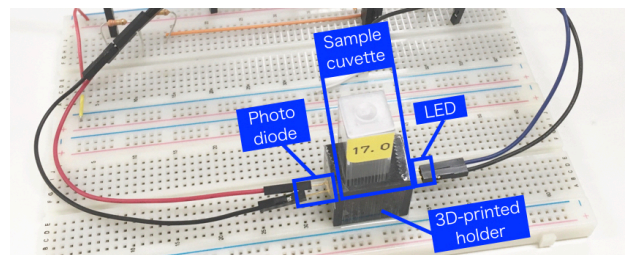


図1: 市販の酒類のアルコール濃度を推定するために使用した測定装置。右側の近赤外 LED で照射した光がセル内の試料を透過し、その透過光強度が左側のフォトダイオードで測定される。この図では 17.0 vol % のアルコール水溶液を試料に用いている。

2.2 飲料に関するスマートデバイス

Lesselら [2] は、コップの重量を計測することでユーザが摂取した飲料の量を推定するコースタ型デバイスを提案した。Dand [1] が開発した Cheers は、キューブ型デバイスに搭載した加速度センサの値から、ユーザがどれだけ飲料を摂取したかを推定する機構を備えている。このようにユーザの飲料摂取量を推定する様々な形状のスマートデバイスが考案されているため、本研究では飲料のアルコール濃度推定に焦点を当てている。

3 アルコール濃度推定のための予備実験

Benes の手法 [3] を氷型デバイスに適用できるかどうかを検証するため、図1のような測定装置を作成し予備実験を行った。3D プリンタで作成した黒いホルダは、試料を入れたセル、LED1 個、フォトダイオード 1 個を固定できる。Benes の装置で使用されたものと同様のピーク波長を持つ 3 個の近赤外 LED を 1 個ずつ挿入し、透過光強度の測定を行った。

3.1 アルコール水溶液を用いたモデル生成

飲料のアルコール濃度を推定するために、0.0 vol % から 50.0 vol % までの 32 種類のアルコール水溶液を用いて透過光強度を測定し、透過光強度とアルコール濃度の間のモデルを生成した。各濃度において 5 回行った測定の平均値を、その濃度における透過光強度として採用した。結果は以下のように高い決定係数を持つ線形モデルが得られた。ここで 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。

$$\begin{aligned} 1200 \text{ nm} \quad I_{1200} &= 2.279c + 778.292 \quad \text{with } R^2 = 0.977 \\ 1300 \text{ nm} \quad I_{1300} &= 6.013c + 608.767 \quad \text{with } R^2 = 0.983 \\ 1450 \text{ nm} \quad I_{1450} &= 1.046c + 45.251 \quad \text{with } R^2 = 0.979 \end{aligned}$$

3.2 市販の酒類のアルコール濃度推定

前節の線形モデルを用いて、市販されている酒類のアルコール濃度を推定する実験を行った。多様な種類の酒

Investigating an Optical Alcohol Concentration Estimation Method for Smart Ice Cubes

Hidenori MATSUI*, Takahiro HASHIZUME† and Koji YATANI†

*† Interactive Intelligent Systems Laboratory,
The University of Tokyo

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan
{matsui, hashizume, koji}@iis-lab.org

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。

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
発泡性リキユール	リキユール (はっ酵乳含有)	3	-43.44±2.38	-2.67±0.41	3.09±0.18
	リキユール 1	3	0.70±0.98	9.62±0.68	7.97±0.19
	リキユール 2	5	5.01±2.42	11.79±0.45	9.47±0.19
	リキユール 3	9	0.74±1.83	11.62±0.29	9.84±0.17

類に対する測定可能性を検証するために、ワイン・ビール・日本酒・焼酎・ウイスキー・ウォッカ・リキユールを含む 18 種類のアルコール飲料を用いた。LED1 個を照射した時の透過光強度を測定し、前節の線形モデルの逆関数に代入することでアルコール濃度推定値を求めた。これを 3 個の LED について繰り返した。

この実験結果を表1に示す。同一試料において、ラベル記載値と最も近いアルコール濃度推定値を太字で示している。これらの値から、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る。しかしながら、ビールや発泡性リキユ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。前者については、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、透過光強度が大きくなったため生じた誤差であると考えられる。後者については、はっ酵乳の白い沈殿物が光の透過を阻害し、透過光強度が小さくなったためと考えられる。このような誤差を修正することが今後の課題である。

4 氷型スマートデバイスのプロトタイプ実装

ユーザが日常の飲酒行為の中で使用できるよう、図1のような透過光測定機構を小型の氷型デバイスとして作成することを目指す。その前段階として、アクリル板で作成した 2 つの防水ケース (H: 55 mm × W: 59 mm × D: 15 mm と H: 54 mm × W: 43 mm × D: 20 mm) を利用し、簡易的な氷型デバイスのプロトタイプを作成した (図2)。2 つのケースそれぞれに LED を実装した基板と光検出器を実装した基板を入れ、2 つの基板はワイヤにより電氣的に接続させた。ケース同士は 5 mm の間隔を空けて連結させた。飲料は 2 つのケース間の中空構造を通過し、その両側の LED とディテクタによってアルコール濃度推定が実現される。電源として単 3 電池 1 本を用い、通信と制御には BLE モジュールを搭載したマイ

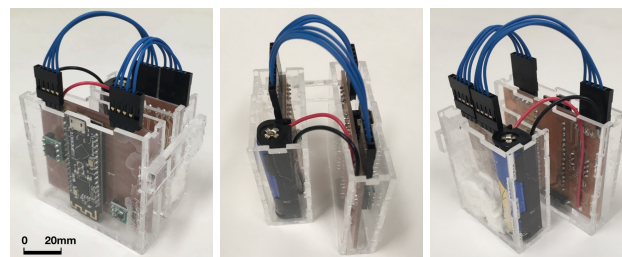


図2: 氷型スマートデバイスに向けたプロトタイプ。

コンボードである Bluno Nano を用いた。

LED は、Benes の手法を拡張し近赤外領域から可視光領域までの広い波長領域をカバーするように計 6 つを搭載した。複数の LED を組み合わせることで、飲料中の食品添加物による影響をキャリブレーションできる可能性があると考えられる。可視光領域の LED は、RGB にそれぞれ対応する 625 nm, 525 nm, 470 nm のピーク波長を持つ 3 個を採用した。近赤外 LED は予備実験時と同じピーク波長の 3 個を用いた。紫外光はアクリル板に吸収される性質を持ち、十分な透過光強度を観測できなかったため、ここでは不採用とした。

5 氷型スマートデバイスによって実現されるアプリケーション

ユーザの飲酒量に応じて氷型デバイスが異なる色に光り、飲酒のコントロールを促すアプリケーションが考えられる。周囲の音楽に合わせて青色の LED が点滅することで飲酒時のムードを高めることや、ユーザのアルコール摂取量が多い時には赤く点滅することで注意喚起し、飲酒を抑制することができる。

Bluetooth で通信ができるため、スマホと連携して飲みすぎたユーザにアラートを出したり、日々のアルコール摂取量をスマホに記録したり、といったアプリケーションが実現される。さらに 6 つそれぞれの LED を照射した時の透過光強度を特徴としてデータを集めれば、酒類以外の様々な飲料の識別も可能となり、ユーザが飲んだ飲料の詳細なトラッキングも行える。

6 おわりに

本稿では、近赤外 LED 光の透過光強度を用いて飲料のアルコール濃度を推定する予備調査を行った。その結果、飲料中の食品添加物の存在により誤差が生じるという問題はありますが、提案手法の有用性が示された。また氷型スマートデバイスに向けたプロトタイプの実装を行い、今後の実装の足がかりとした。今後は、より小型かつ完全に密封された氷型スマートデバイスを作成し、より正確にアルコール濃度を推定できる手法について調査を進めたい。

参考文献

[1] Dand, D.: Cheers: Alcohol-aware Strobing Ice Cubes, Proc. CHI EA '13, pp.2795-2796, ACM (2013).
 [2] Lessel, P., Altmeyer, M., Kerber, F., Barz, M., Leidinger, C. and Krüger, A.: WaterCoaster: A Device to Encourage People in a Playful Fashion to Reach Their Daily Water Intake Level, Proc. CHI '16, pp.1813-1820, ACM (2016).
 [3] Benes, R.: Method and Device for Determining an Alcohol Content of Liquids, US Patent 8,106,361 (2012).