# 飲料の透過光スペクトルデータの収集とそれを利用した飲料判定の手法について

植野 友祐 黄田 雅春 石川 博 横山 昌平 計計

† 静岡大学情報学部 〒 432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1 †† 大分工業高等専門学校 〒 870-0152 大分県大分市大字牧 1666 ††† 首都大学東京システムデザイン学部 〒 191-0065 東京都日野市旭ヶ丘 6-6 ††† 静岡大学情報学部 〒 432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

E-mail: †cs13501@s.inf.shizuoka.ac.jp, ††m-hirota@oita-ct.ac.jp, †††ishikawa-hiroshi@sd.tmu.ac.jp, ††††yokoyama@inf.shizuoka.ac.jp

あらまし 健康や宗教上の理由からアルコールを避ける人がいるが、多くの飲料においてアルコールの有無を目視で判別することは困難である。このような場合では、避けるべき成分の有無を実際に飲んで判別することはできない為、機器による検査が必要である。また、飲料を測定する為、衛生上の理由から、非接触・非破壊の検査が望ましい。その為、光の反射や透過を利用する、分光器による計測が飲料の成分測定によく用いられている。本研究では、将来、スマートフォンなどの汎用携帯機器に分光器が搭載されることを想定し、グラスに入った飲料に対して非接触・非破壊で内容物の検査ができる簡易な検査手法を提案した。本実験では可視光線、赤外線、紫外線の3つの光源を用い、グラスに入った飲料の分光解析に可視光線が有効であることを示した。また、炭酸飲料における時間経過と分光結果の相関を見出した。最終的に、飲料を判定する複数の手法についてその正答率を測定し、他種の飲料について本手法を適用し、その有効性を検証した。これらの実験の結果から、簡易的な環境において本手法による飲料の判定が可能であることが示された。

## キーワード 分光器, 可視光線, 波形間距離

## 1. はじめに

コーラや緑茶といった飲料において,同じ種類の飲料の中で多様な商品が流通しており,それらを目視によって見分けることは困難である.また,飲料に含まれるアルコールは,視覚によって有無を判断することが難しく,飲食店において宗教的な理由から飲酒を避ける人にとって,飲料を口に含む前に,添加の有無や種類を判断することが必要である.

食品加工の分野では、成分分析に分光解析が用いられている.分光解析とは、成分を分析したい対象に光線を照射し、その反射光または透過光を、分光器によって測定しその特徴を得る手法である.分光器は光のスペクトルを測定するセンサ機器である.[1]分光器に入射された光は、分光器内部の回折格子によって波長ごとの光に分光される.これは、プリズムによって光が七色に分かれる現象と似ている.分光された光は、CMOSイメージセンサによってその強度が測定される.これにより、分光器による入射光のスペクトルは、横軸を光の波長、縦軸をその強度としたグラフを得ることができる.分光解析には分光器が必要不可欠であり、食品の成分分析に利用されていることから、分光解析は飲料の判定にも有効であると考えられる.

しかし、分光器は従来、大型かつ高価なセンサであり、分光解析にかかるコストも非常に大きかったが、近年の急速な技術革新により廉価な小型センサが登場している。図1に小型分光



図 1 分光器:C12666MA(左) と C11708MA(右)

器を示す. また、分光器から得られたデータを処理するためのマイコンボードも、複雑な電気回路を組むことなく使用できようになり、簡易的な解析が行えるようになった.

そこで本研究では、飲料の特定を主目的として、可視光線を含む、近赤外から紫外線までの光源を用いた飲料の判定手法について提案する。これらの光線はその波長によって区分され、一般的に、紫外線は  $10-380\,\mathrm{nm}$ 、可視光線は  $380-740\,\mathrm{nm}$ 、近赤外線は  $740\,\mathrm{nm}-2.5\,\mu$  m の波長を持つ。これにより、将来的に簡易的な味覚に頼らない飲料成分の判定が行えると期待される。

#### 2. 関連研究

#### 2.1 分光解析における関連研究

広瀬ら[2]は、養殖クロマグロの含有脂質の測定において、クロマグロの可食部からサンプルを採取し、近赤外光の透過スペクトルを測定することでその含有脂質を推定する手法を提案した。この手法では、サンプルの透過光スペクトルを測定することで透過度を算出し、実際にサンプルの含有脂質を測定することで相関を見出した。しかし、サンプルがどの帯域の近赤外線を透過するかどうかを事前に調べておく必要があるため、近赤外分光ではサンプルに対してその組成を判定することに有効である。

櫻田ら[3] は、建造物の太陽光反射率を知るために、建造物に使われる塗料の反射率を可視光分光と近赤外分光を組み合わせて測定した。この研究では、太陽光の反射を塗料によって調整することで、建造物が熱を蓄積することを防ぎ、周辺温度を上昇させるヒートアイランド現象の防止に有効であると考えられている。地表に届く太陽光の主成分は可視光線域の波長を持つため、この例では可視光分光が必要とされている。

山田[4] は、飲料に含まれる鉄の濃度を計算する為に、紫外線、可視光線を透過させ、その吸光度を測定した。飲料に対して試薬 1、10-フェナントロニンを加えると、鉄を含む化合物が生成される。この化合物は 508nm の波長の光を吸収し、一定濃度以下では、その吸光度とモル濃度に強い相関が現れる。山田はその相関係数を求め、吸光度からモル濃度を計算したが、使用した飲料には他に 508nm に吸収特性を持つ物質が含まれていたため、誤差を生じた。

Liu ら [5] は,コーラに含まれる糖分を始めとする溶性固形物の含有量と,コーラの pH を測定した.Micelle Electrokinetic Chromatography(MEKC) と呼ばれる従来の方法では時間や労力,金銭的コストがかかる.これらを改善する為に可視光分光と近赤外分光を利用し,より高速に溶性固形物と pH の測定を可能にした.

近赤外分光では、測定対象の組成を調べることが可能であるものの、未知のサンプルについて、どのサンプルと同じものなのかを判定することは難しいと考えられる。一方で可視光分光では、人間の目で識別できる帯域の光を扱うことから、測定対象が無色透明であったりする場合には透過光の測定によって判断することは難しい、紫外線は帯域が可視光線に近く、可視光と同様に判定ができると期待できるが、一般的に健康への影響が考えられる。しかし、光源としてLEDを選べば、影響が少なく問題ない。

## 2.2 データ比較における関連研究

苅米ら[7], 福本ら[8] は、レシピ間類似度の算出手法を提案した。 苅米らは、料理に含まれる食材を要素としてベクトルを作り、料理ごとのベクトルからコサイン類似度を求め、料理間の類似度とした。 福本らはコサイン類似度を求める際に、全ての食品が等価に扱われていることを問題とし、それらに重み付けをすることで、さらに有効な判定手法を得た.

中村ら[9]は、時系列データの効率的な類似度を測定する手



図 2 透過光スペクトル測定の概要図



図3 4種のコーラ

法を提案した.既存の類似度測定手法ではデータ整合やノイズ,計算コストの問題があるため,コサイン類似度を応用した比較手法を導入した.この研究では,時系列データの n 番目と n+1 番目のデータから n 番目のベクトルを生成し,比較する 2 つの時系列データの同じ番号のベクトルでコサイン類似度を求め,2 つのコサイン類似度列を用いた Dynamic Type Warping(DTW) 法によって類似度を計算した.

料理に用いられる食品をベクトル化することで,比較の難しいデータを比較しやすくするコサイン類似度は,本研究においても,比較手法として有効ではないかと考えられる.

#### 3. 提案手法

本手法では、分光解析によって飲料の透過光スペクトルを測定し、既存データとの類似度を計算し飲料の判定を行う.透過光の測定の概要を図2に示す.まず、光源から出た光を飲料に透過させ、その透過光を分光器で測定してスペクトルを得る.そして、得られたスペクトルをあらかじめ測定しておいた飲料のスペクトルと比較する.その後、比較によって得られた類似度が最も小さい飲料を判定結果として提示する.

#### 3.1 飲料の透過光スペクトルの測定

本研究で使用する飲料はコーラを用いる. 種類はコカ・コーラ, コカ・コーラゼロ, ペプシ・コーラ, キリンメッツコーラを利用する. これらは外見が非常に類似しており, 視覚による区別は難しいと考えられる. 使用するコーラを図3に示す. これらは非常に広く流通しており, 手に入りやすく廉価なため,サンプルの採取に有利である.

飲料の透過光スペクトルは、光源からの光を飲料に当て、その透過光を分光器で測定することで得られる。その測定には環境光の影響を除外する必要があるため、暗室が必要である。本研究では簡易的な飲料判定を目的としているため、部屋を暗く



図 4 製作した暗室



図 5 製作した近赤外・紫外線分光用容器

して暗室にする方式は目的と反する. そこで, 持ち運び可能で 飲料と光源, 分光器のみを覆う暗室を製作する.

#### 3.2 測定環境の整備

暗室の製作には 3D プリンタを用いる. 製作に用いるフィラメントは可視光線を透過するため, 黒色のビニールテープを用いて内側を覆う. 暗室内にはコップを設置出来るようにする. コップの種類の違いが計測結果に影響を与えうることを考慮し, 飲料を入れる容器は全て同じコップを用いる. 近赤外線及び紫外線は水分を透過できる距離が可視光線に比べ短く, コップを透過できない可能性がある. したがって, 専用の容器を製作する. 容器の厚さは 10mm 以下とする. 図 4 に実際に製作した暗室を示す. 図 5 に実際に製作した近赤外線・紫外線用容器を示す.

#### 3.3 透過光スペクトルの測定

本研究では分光器に浜松ホトニクス製マイクロ分光器 C12666MA と同社製ミニ分光器 C11708MA を用いる. これらは受光部に指向性を持ち、透過光を分光器に対して垂直に入射しなければならない. したがって、分光器と飲料、光源を直線上に配置する. 測定されたスペクトルは Arduino YUN を用いて TCP/IP によるソケット通信を用いて PC へ転送する. PC ではサーバプログラムを用意し、逐次スペクトルデータを受信する.

スペクトルデータは 256 個のデータからなり, 0 から 255 の 番号が振られている. これは分光器の個体ごとに決められた変

換係数と変換式を用いて,波長に変換することが出来る.また,分光器は波長特性を持つため,得られたスペクトルを補正する必要がある.この補正係数も分光器の個体ごとに与えられており,補正を行う.

補正後のスペクトルデータをファイルに保存する. 測定時に は測定対象を識別するタグを入力しておき,保存されるスペク トルデータにタグを付与する.

#### 3.4 時間経過によるスペクトルの変化の発見

測定によって得られたスペクトルデータは分光器からのノイズを含んでいるため、ノイズを除去する必要がある。多数の同じ飲料のスペクトルデータを平均することでノイズを低減できると考えられる。しかし、炭酸飲料は開栓後、時間経過によって炭酸ガスを放出するため、開栓直後と時間経過後ではスペクトルデータが変化することが考えられる。したがって、開栓後と時間経過後のスペクトルデータを合わせて平均することは判定の際に誤差を生じる可能性がある。

そこで、1時間連続で測定したコーラのスペクトルデータから 100 件ずつ、先頭を1件ずつずらして移動平均をとり、それら1件ごとに、新しく開栓直後のコーラと十分に放置されたコーラを比較し、類似度の変化から時間経過によるスペクトルの変化を発見する。これにより、比較に適したスペクトルデータを選ぶことができる。

#### 3.5 比較に用いる手法

本手法では、スペクトル同士の比較において、波形間距離を導入した。2つのスペクトルにおいて、同じ波長における強度の差の2乗を距離として計算し、256要素の距離の総和を波形間距離とする。1要素での距離で負の値を持つ場合、距離の総和が0になる可能性があり、異なるスペクトルを同一のものと判定する可能性があるため、2乗することでそれを防ぐ。

また、DTW も導入した. これは本来、信号処理などに用いられる手法であり、異なる長さの2つの波形を比較する手法である. 本手法で用いる場合、長さが同じ波形同士の比較となるが、アルゴリズム上は長さが同じ波形について実装可能であり、使用可能である.

さらに、コサイン類似度を利用した比較手法も導入した. コサイン類似度は 2 つの長さ n を持つデータをそれぞれ n 次元ベクトルとし、そのベクトルがなす角から  $\cos$  を求めることで得られる. 類似度が 0 の場合、2 つのデータは重なり、類似度が 1 の場合、ベクトルが直交することを表している. 透過光スペクトルを 256 次元のベクトルとし、そのコサイン類似度を用いて判定を行う.

# 4. 実 験

可視光線,近赤外線,紫外線の各光源について,飲料の透過 光スペクトルを測定し,本手法に有効な光源を選ぶ.また,時 間経過による透過光スペクトルの変化を観測する.そして,比 較手法を用いて飲料の判定を行い,その正答率を計算し,精度 の高い判定手法を決定する.さらに,非炭酸飲料への応用とし て,ティーバッグを利用する紅茶について測定を行う.時間経 過による変化の観点から,紅茶が飲むのに適した状態,すなわ ち飲み頃かどうかの判定を行う. 最後に, アルコールの有無を 判定するためにコカ・コーラとトリス ハイボールを混ぜたコー クハイについて判定を行う.

光源の比較実験では、コーラとしてコカ・コーラ、コカ・コーラゼロ、ペプシ・コーラ、キリンメッツコーラを使用した。光源が可視光線の場合はこれらをコップに注ぎ、近赤外線、紫外線の場合は専用の容器に注いだ。比較用データとして 1000 件のスペクトルを連続して測定した。

時間経過によるスペクトルの変化を観測する実験では、使用する飲料にペプシ・コーラを使用した. 1 時間で 1500 件のデータを測定し、それらの移動平均を 1400 件計算した. そして、それら 1 件ごとと、開栓直後のペプシ・コーラ、開栓して 1 日放置したペプシ・コーラをそれぞれ測定した 10 件のデータを比較した. 比較には波形間距離を用いた.

比較手法の評価実験では、既に得ている4種のコーラのスペクトルデータから、開栓直後に測定された100件のみを抽出し、それらの平均を比較用スペクトルデータとした。そして新たに4種のコーラについて、開栓直後のスペクトルデータを100件測定し、1件ごとに比較用スペクトルデータとの比較を行い、100回の判定を行った。そのうち、使用したコーラと判定できたものを正解とし、正解数を100で割ったものを正答率とした。

紅茶の飲み頃判定実験では、紅茶として Liption YELLOW LABEL TEA を使用した。紅茶はコーラより透過率が高いため、ND フィルターを用いて光源の減光を行った。今回用いる ND フィルターの透過率は ND8 とした。

まず、比較用データを得るために、紅茶の計測を行った。紅茶のパッケージにはティーバッグを浸してから 1 分後に飲むと書かれているため、ティーバッグを熱湯に浸してから 1 分 10 秒以上計測を行った。ティーバッグを揺らした場合、その抽出のされ方にばらつきが出るため、ティーバッグは固定して計測を行った。その後、計測開始から  $50\sim70$  秒間のスペクトルデータについて平均を計算した。それらを 5 回繰り返し、5 回の計測結果について大きな差がないかどうかを確認した。その後、5 回の平均スペクトルを比較用データとした。

そして、改めて紅茶の計測を行い、比較用データとの波形間 距離を逐次計算した.波形間距離が閾値以下になるまでの時間 を測定し、パッケージに書かれた1分との差異を確認した.

コークハイの判定実験では、コーラとしてコカ・コーラを、ハイボールとしてトリス ハイボールを使用した. 比率は 1:1 では透過率が高く、測定できなかったため、2:1 とした. 1000 件の透過光スペクトルを測定し、最初の 100 件の平均を比較用データとした. 比較用データと、1000 件のデータのそれぞれとの波形間距離を計算し、時間経過による波形間距離への影響を調べた. そして、同様に 2:1 の割合で混ぜたコークハイと比較用データとの比較を行い、100 回の判定を行った. そのうち、コークハイとして判定できたものを正解とし、正解数を 100 で割ったものを正答率とした.

## 4.1 光源比較での実験結果

4種のコーラに対する可視光線の透過光スペクトルを図 6,近 赤外線の透過光スペクトルを図 7,紫外線の透過光スペクトル

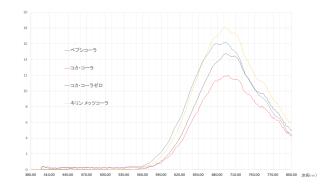


図 6 可視光線の透過光スペクトル

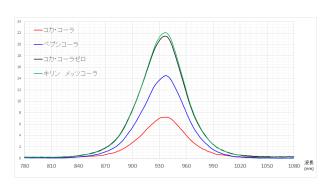


図7 近赤外線の透過光スペクトル

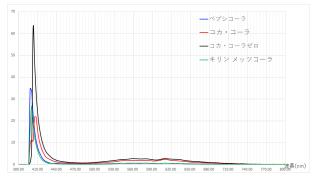


図8 紫外線の透過光スペクトル

を図8に示す.可視光線の透過光スペクトルは,4種のコーラについて有意な差が確認できた.透過光スペクトルが上にあるほど,その飲料はよく光を通すので,色が薄いと考えられる.

近赤外線ではコカ・コーラゼロとキリン メッツコーラのスペクトルが重なっている。これはどちらもゼロカロリーのコーラであることが原因と考えられる。糖分を含みカロリーのあるペプシ・コーラとコカ・コーラのスペクトルがゼロカロリーのものより下に振れていることも理由として挙げられる。

紫外線についても同様にスペクトルが重なっている上,可視 光線と比べて帯域が狭い分,利用できる情報が少ない.したがっ て,本手法において有効な光源は,可視光線であるといえる.

#### 4.2 時間経過によるスペクトル変化の実験結果

ペプシ・コーラの移動平均スペクトルデータに対する開栓直後のペプシ・コーラのスペクトルデータとの波形間距離を図9に,放置したペプシ・コーラのスペクトルデータとの波形間距離を図10に示す.両方のグラフについて,横軸は何件目のスペクトルとの比較であるかを表しているが,スペクトルは一定

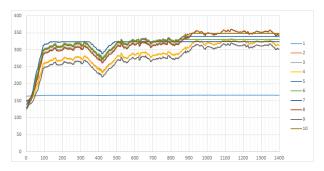


図 9 開栓直後のペプシ・コーラとの波形間距離

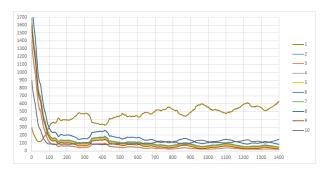


図 10 放置したペプシ・コーラとの波形間距離

時間ごと連続して測定されているため、横軸は比較用データのペプシ・コーラが測定開始からどれくらい時間が経ったものかを示しているといえる.

開栓直後のペプシ・コーラとの比較では、最初は波形間距離が小さくなっており、徐々に大きくなっている。これは、測定し始めのペプシ・コーラには炭酸が含まれており、炭酸が含まれているコーラ同士の比較となっているため、波形間距離が小さくなっていると考えられる。一部他のスペクトルと異なる形状のスペクトルが含まれているが、これは配線や分光器、通信におけるエラーによるものではないかと考えられる。

放置したコーラとの比較では、最初は波形間距離が大きくなっており、徐々に小さくなっている。これは、開栓直後のペプシ・コーラの場合と逆であり、測定し始めのコーラは炭酸を含んでいるため、放置されて炭酸の抜けたコーラとの比較で波形間距離が大きくなっていると考えられる。こちらも他のスペクトルと異なる形状のスペクトルが含まれているが、やはりハードウェアの障害ではないかと考えられる。

#### 4.3 比較手法の評価結果

波形間距離と DTW による比較結果を表 1 に,再実験での結果を表 2 に示す。また、コカ・コーラとキリン メッツコーラにおけるコサイン類似度の計算結果の一部を表 3 に示す。表 3 において、横は比較用データの何件目と比較したかを、縦は何回目の比較実験かを表す。

まず、コサイン類似度について、図6に示されている最もスペクトルの差が大きいコカ・コーラとキリンメッツコーラにおいても、非常に1に近い値が得られ、判定が困難であることが分かった。これは、横軸のスケールに対して縦軸のスケールが小さいことに起因すると考えられる。縦軸と横軸を同じ縮尺にした場合、図6のよりも潰れたグラフとなり、スペクトルから

表 1 比較手法による飲料判定の正答率

	波形間距離	DTW
コカ・コーラ	99%	99%
コカ・コーラゼロ	28%	31%
ペプシ・コーラ	1%	1%
キリン メッツコーラ	21%	23%

表 2 気泡除去後の飲料判定の正答率

	波形間距離	DTW
コカ・コーラ	99%	99%
コカ・コーラゼロ	53%	28%
ペプシ・コーラ	48%	40%
キリン メッツコーラ	81%	87%

得られたベクトルがなす角は非常に小さくなる.スペクトルの 特定の波長に重み付けをすることも考えられるが、コーラ同士 の判定の場合、ピーク波長などの特徴を持つ帯域は非常に近い ため、重み付けをしてもコサイン類似度が1に近づくことが考 えられる.したがって、本実験におけてコサイン類似度は適し ていないことが分かる.

波形間距離・DTW のどちらも、コカ・コーラを除く3種類のコーラにおいての正答率が低くなっている。これは、コップ表面に付着した泡に寄るものと考えられる。泡は光源からの光を散乱させてしまうため、光の透過度が下がってしまう。コカ・コーラ以外の3つのコーラは、透過度が下がった結果、それぞれ別のコーラと誤判定されてしまうが、コカ・コーラについては元々透過率が低いため影響が少なく、誤判定が無かったと考えられる。そこで、コップを叩いて泡を除去し、再実験を行った。

再実験では、コカ・コーラを除くいずれのコーラも正答率の上昇が見られた。これにより、泡による正答率への影響が確認出来た。波形間距離と DTW の精度の差については、コカ・コーラゼロとペプシ・コーラでは波形間距離の方が高精度であり、キリン・メッツコーラでは DTW の方が高精度であることが分かった。特にコカ・コーラゼロについては、正答率に約2倍の差があり、波形間距離の方が高精度であるといえる。

DTW は全てのデータとの比較を行うためノイズに弱いという性質があり、DTW の正答率が低い理由として挙げられる。分光器からのノイズによる波形の上下はハードウェアの制約上除去出来ないものがあり、安定する為には長時間および多くのデータが必要になるが、測定対象が炭酸飲料のため、炭酸の存在がボトルネックになっていると考えられる。冷たい緑茶などの時間経過の影響を受けにくい飲料であれば、ノイズが低減され、DTW の精度向上が見込まれる。

#### 4.4 紅茶の飲み頃の判定結果

図 11 に熱湯にティーバッグを浸してから 50 秒  $\sim$ 70 秒後の透過光スペクトルを示す。図 10 では、5 回の計測結果について、大きな差がないことが示されている。また、図 6 と比較すると、紅茶の方がコーラよりもピーク波長が低いことが分かる。また、コーラには無い 2 つ目の極値があることが分かる。これにより、紅茶はコーラよりも橙・黄色に近い色が強いと考えら

表 3 コカ・コーラとキリン メッツコーラにおけるコサイン類似度

	1 件目	2 件目	3 件目
1 件目	0.975413781	0.986578899	0.983353568
2 件目	0.969514468	0.980638836	0.984689865
3 件目	0.963903697	0.975065641	0.983433211
4 件目	0.973068911	0.984686142	0.984111188
5 件目	0.9690175	0.981674009	0.983989272
6 件目	0.971637515	0.982472124	0.983802129
7件目	0.96948855	0.981492701	0.985164785
8 件目	0.970623762	0.983415141	0.981640043
9 件目	0.967975705	0.979012147	0.984064147
10 件目	0.970129374	0.981530163	0.980759211

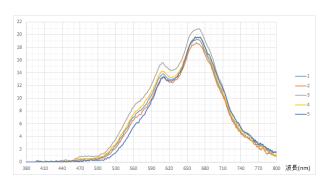


図 11 紅茶の透過光スペクトル

表 4 閾値ごとの紅茶の飲み頃判定に要する時間

閾値	判定時間
100	66 秒
150	47 秒
200	53 秒

れる.また、コーラと同様、380nm~570nmの、青や緑色のスペクトルが見られないことが分かる. 再現性もあり、コーラと異なる特徴を持つことから、これを比較用データとして用いることが出来るといえる.

表 4 に、 関値を 100,150,200 としたときの紅茶の飲み頃判定に要した時間を示す. 関値が 100 のときと 200 のときでは丁度目標である 1 分をまたぐようになっており、100 と 200 の間に最適な関値があることが期待されたが、150 の場合は 47 秒とより早く比較用データに近づいているため、これは外れ値ではないかと考えられる. 紅茶の成分の広がり方は一様ではなく、ティーバッグに近い部分がより濃く抽出されるため,温度や茶葉の揺れ具合、ティーバッグの位置などの影響を受けることが原因として挙げられる. 紅茶のパッケージに書かれた 1 分という待ち時間が目安であると考えるならば、55 秒から 64 秒の間で判定出来る関値が望ましいと考えられる。

## 4.5 コークハイの判定結果

図 12 にコークハイの 100 件の平均透過光スペクトルを,図 13 にコークハイの比較用データと透過光スペクトルとの波形間距離を示す.表 5 に,コークハイの判定結果を示す.波形間図 9,10 と比較して,時間経過による波形間距離の推移が見られないことが分かる.これは,コーラに比べてハイボールの炭

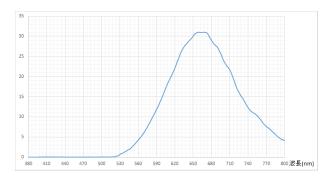


図 12 コークハイの透過光スペクトル

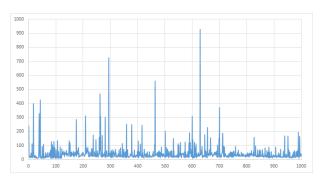


図 13 比較用データとコークハイとの波形間距離

表 5 コークハイにおける判定の正答率

	波形間距離
コークハイ	85%

酸が弱いために、炭酸ガスの影響が小さくなっていることが原 因と考えられる.

また、時折大きなノイズが混ざっているが、1000件の波形間距離のうち、波形間距離が200を超えたものは19件である。表5にも示されている通り、正答率への影響は少ないと考えられる。表5では、極めて高い判定結果となったが、これはコークハイが他のコーラに比べてスペクトルが安定していることと、トリスハイボールが混ざったことで色が薄くなり、他のコーラとの距離が大きくなっていることが理由として挙げられる。ただし、計測し始めは気泡が発生しているため、誤判定を起こすことがあった。

図 12 と図 6 を比較すると、コークハイの透過光スペクトルのピーク波長は 670nm 前後となっており、他の 4 種のコーラの透過光スペクトルにおけるピーク波長の 690nm よりも短い.これは、トリス ハイボールが薄い黄色に着色されており、混ざった結果、色が黄色に近づいたことが原因と考えられる.このように、飲料の混合物では、透過光スペクトルの変化が顕著であることが考えられ、飲料判定における判断材料の一つとすることができる.

# 5. おわりに

本研究では、飲料の特定を主目的として、分光解析を用いた 飲料の判定手法について提案した。実験より、見た目の類似し た飲料において可視光線に有意な透過光スペクトルの差がある ことを確認できた。したがって、可視光線による判定が有効で あることが示された。また、飲料の種類によって、時間経過による透過光スペクトルの変化が確認できた。そして、波形間距離を用いることで、提案手法により飲料の種類の判定が可能であることが分かった。さらに、提案手法の応用として、紅茶における飲み頃の判定を行い、目標時間の前後10秒での判定が可能であることが分かった。また、コーラ2:トリスハイボール1の割合で混ぜられたコークハイについて、判定が可能であることが分かった。

今後の課題として、コーラの判定では近赤外線で糖質の有無と透過光スペクトルの相関が考えられたため、可視光線と近赤外線を組み合わせた判定手法の拡張や、容器によらない飲料判定の手法の提案が挙げられる。また、氷を含む飲料などの測定の難しい飲料の判定なども挙げられる。紅茶の判定については、より多数のスペクトルデータを利用した飲み頃判定の精度向上や、他種の紅茶、緑茶における提案手法の有効度の確認等が挙げられる。

#### 文 献

- [1] https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/mini-spectro\_kacc0002j.pdf
- [2] 広瀬あかり、吉武政広、小野寺純、大場邦夫、榊原卓哉、伊藤暁、芦田慎也、椎名康彦:近赤外分光分析法による養殖クロマグロの脂質含有測定、日本水産学会誌、日本水産学会、Vol.82、No.5、pp.753-762、2016.8
- [3] 櫻田将至, 福澤公夫, 沼尾達弥, 稲垣照美, : 可視光線およ び近赤外線領域において顔料の種類が塗膜の日射反射特性に及 ぼす影響, 材料, 日本材料学会, Vol.58, No.1, pp.62-68, 2009.1
- [4] 山田一人:紫外・可視分光光度計による飲料中の鉄の濃度計算, 東北地区国立大学等技術職員研修技術発表会, 2008.9
- [5] Fei Liu, Yong He: Use of Visible and Near Infrared Spectroscopy and Least Squares-Support Vector Machine To Determine Soluble Solids Content and pH of Cola Beverage, Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol.55, pp.8883-8888, 2007
- [6] http://www.kurabo.co.jp/el/room/infrare/page3\_4.html
- [7] 苅米志帆乃,藤井敦:料理どうしの類似と組合せに基づく関連 レシピ検索システム,言語処理学会,第14回年次大会発表論 文集,pp. 959-962, 2008.
- [8] 福本亜紀, 井上悦子, 中川優:食材の重要度と食品群を考慮したレシビ間類似度の算出手法, 第4回 データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 情報処理学会, d9-2, 2012.3
- [9] 中村哲也, 瀧敬士, 野宮浩揮, 上原邦昭:電子情報通信学会論文誌 D, 電子情報通信学会, Vo; J91-D, No.11, pp.2579-2588,