



解説 血液脈波信号処理に基づくアルコール摂取状態検知手法の研究－高信頼度の飲酒運転防止センサの開発を目標として－

著者	大村 泰久, 田村 進, 清水 康弘, 福田 幸史, 小島 和真, 井澤 義弘
雑誌名	理工学と技術 : 関西大学理工学会誌 = Engineering & technology
巻	19
ページ	15-18
発行年	2012-11-16
その他のタイトル	Studies on Pulsation-Signal-Based Alcohol-Intake Detection Techniques
URL	http://hdl.handle.net/10112/7501

血液脈波信号処理に基づくアルコール摂取状態検知手法の研究

—高信頼度の飲酒運転防止センサの開発を目標として—

大村 泰久^{*}、田村 進^{**}、清水 康弘^{***}、福田 幸史^{****}、
小島 和真[#]、井澤 義弘[#]

Studies on Pulsation-Signal-Based Alcohol-Intake Detection Techniques

Yasuhisa OMURA, Susumu TAMURA, Yasuhiro SHIMIZU, Koji FUKUDA,
Kazuma KOJIMA, Yoshihiro IZAWA

従来のアルコール検知手法

2007年9月に改正道路交通法が施行され、飲酒運転に対する罰則が強化された現在においても飲酒運転による多くの交通事故が発生しており、車社会が進んだ日本では飲酒運転を事前に防ぐセンサの開発が急務であることは言うまでもない。現在のアルコール検知手法は呼気中アルコールの性質を利用したものが主流であり、警察による飲酒検問や2009年8月にトヨタ自動車と日野自動車が開発したと発表した飲酒運転防止装置もこの手法に基づいている。しかし、呼気中アルコールを利用した手法には、周囲雰囲気中の影響や検知用の端子寿命、経年精度劣化、精度較正、呼気量の個体差などの多くの乗り越えるべき課題がある。当然であるが、精度の高い一般的な方法は侵襲的な血液分析である。しかしこの手法は検知に時間を要することや侵襲的手法であることなど飲酒運転防止装置へは不向きであることは言うまでもない。

新しい手法の提案

これに対し、われわれは指の血液（動脈）流が波打つ動作を光吸収の強弱信号に置き換える手法を応用した（photoplethysmography）。この手法は、血液中の

ヘモグロビンが酸素を運ぶ性質があることを使って血液中の酸素量を計測する手段として実用化されている（Pulse Oximetry）。

パルスオキシメトリは指先などに光を照射して、透過光又は反射光強度を評価することで酸素飽和度を算出するよく知られた非侵襲医療用センシング技術である。酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンが特定の波長で異なった吸光度を示すことを利用し、典型的なパルスオキシメトリは赤外光と赤色光の2色を光源として酸素飽和度を算出している。

われわれは、図1に示すように、指に照射した特定の波長の光（光源はLED）が骨によって反射されて戻ってきた光を分光学的方法（スペクトル分解して考察する方法）によってアルコール摂取状態であることを検知する手法を新たに提案した。これまでに研究室の学生約20名（23～24歳）を被験者とし、5～7%のアルコールを含むビール350cm³の飲酒前後に検知実験を行い、実現可能性を示すことができた^[1]。

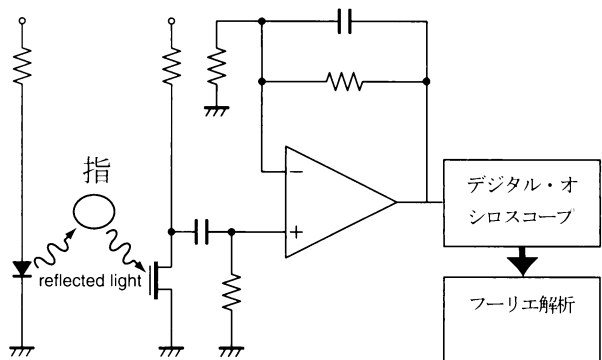


図1 指の脈波から血液・血流の情報を得る測定系

原稿受付 平成24年7月17日

^{*}システム理工学部 電気電子情報工学科 教授

^{**}システム理工学部 電気電子情報工学科 准教授

^{***}現在：(株)村田製作所

^{****}現在：(株)スズキ

[#]理工学研究科 システムデザイン専攻
博士課程前期課程

血液脈波の分光学的評価方法

我々は、波長の異なるLEDを光源として得られた血液脈波信号を図1の装置を使ってフーリエ変換(データを時間領域から周波数領域へと変換する)し、飲酒の影響が強く現れる特徴的なスペクトルに焦点を当てた。図2は、脈波信号をフーリエ変換した例である。

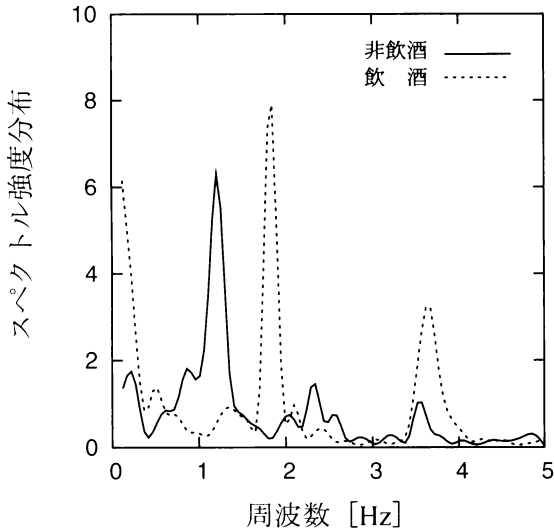


図2 脈波のスペクトルの例

飲酒によって、脈波の基本周波数が高くなるだけでなく、強度も強くなる。特に第二高調波成分が強くなる傾向がある。このことから、血液脈波の高調波強度比を観察し、高調波比の経時的変化の解析結果がアルコール摂取状態を判別する重要な情報を含むことを明らかにした。図3は一例である。

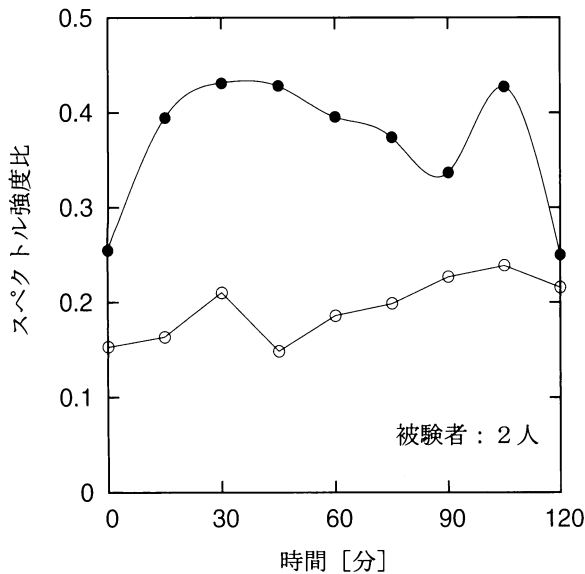


図3 高調波強度比の経時変化

加えて、図4に示すように、対照実験として同条件で行った市販の呼気アルコール濃度センサの経時変化は時間が経過すると共に呼気中アルコール検知量が単調減少し120分経過後にはほぼ検知できなくなるが、提案した手法では、図3に示しているように、120分経過後も飲酒情報を保持し続けることも明らかにした。また、提案した解析手法が適切であることを理論的に示すことによって^[2, 3]、提案した手法がアルコール摂取状態を判別できる有用な方法になりえることを明らかにした。

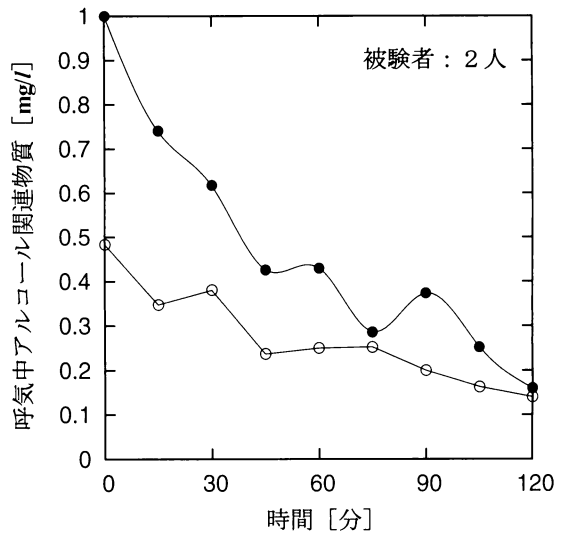


図4 呼気中アルコール検知器で調べた結果

喫煙、コーヒーなどによる悪影響の調査とその抑制

初期の検討では、飲酒が血液脈波に与える影響を純粹に抽出する手法を検討して、ある程度の成果を得た。しかし、現実世界では、飲酒するときにはほぼ同時に喫煙、あるいはコーヒーも摂取することが多い。喫煙とコーヒー摂取はいずれも人の神経に影響を及ぼすことが知られており^[4]、その影響を排除する必要がある。

図5は、喫煙の有無が脈波のスペクトルに与える影響を調べた結果である。喫煙は、脈波信号を弱め、飲酒の判定を難しくする傾向がある。

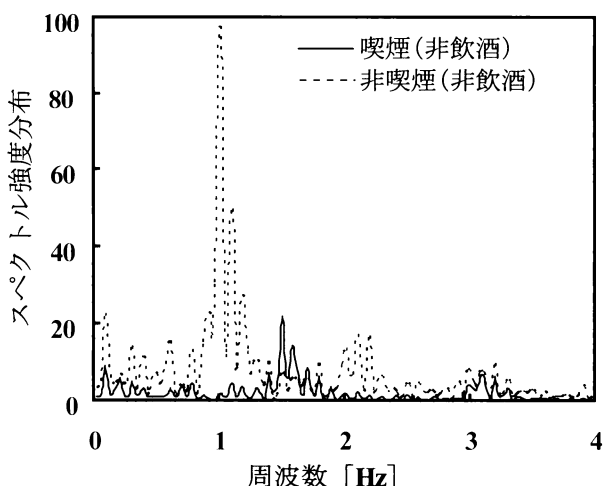


図5 喫煙直後の脈波スペクトル

われわれはこのような喫煙の悪影響を大幅に抑制する方法を考案し、実際にその効果の検証を続けている。図6はその手法を示している。脈波に与える呼吸の影響を取り込んだ二種類のスペクトル強度比を使って、飲酒によるスペクトル強度比データが現れる領域を調べた結果である。図中に破線で示している領域 (Zone) 内に飲酒データが集中している。この事実に基づき現在、飲酒のデータだけが集中する領域を作り出すための信号処理アルゴリズムの開発に全力を集中している。

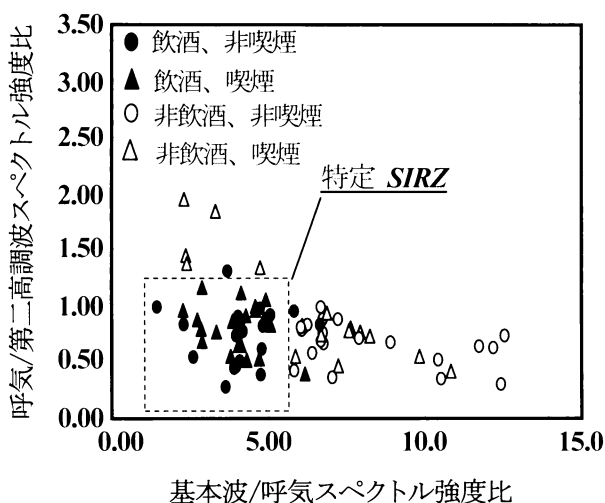


図6 特定スペクトル強度比領域 (SIRZ) の存在

生体インピーダンスによる飲酒検知手法の提案

これまで、図1に示した光の吸収を利用した飲酒検知手法の研究を紹介した。我々はこれに加えて、図7に示すような指の生体インピーダンスに現れる信号を解析することによって飲酒時に特有な信号スペクトルを見出す試みも行ってきた。

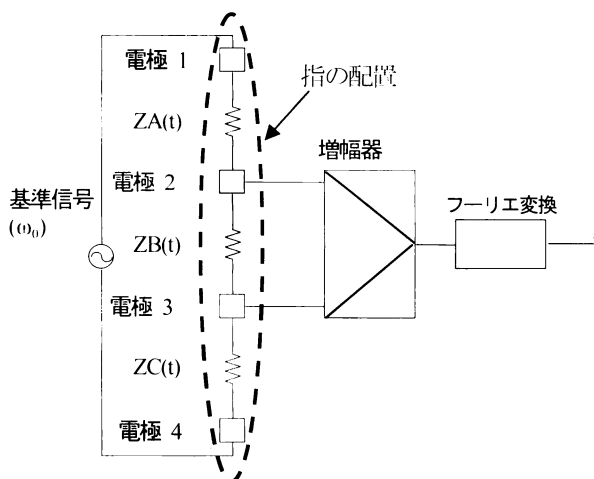


図7 生体インピーダンスの測定系

図7では、四電極法を使って局所インピーダンスを正確に評価することが出来る。基準信号を外部から与えた後、生体の血液脈波が生体インピーダンスを変調する現象を応用している。基準信号周波数が生体インピーダンスの振動周波数で変調されるので、そのサイドバンドの周波数スペクトルを解析する。

増幅後の信号のフーリエ変換後には、図2や図5と同様のスペクトル分布が得られるが、そのスペクトル強度の時間変化は、生体インピーダンス特有の振る舞いを示す^[7]。被験者による多様性も光を使った検知方法と同様に現れる。

そこで、われわれは、被験者間のデータのばらつきを抑制するため、被験者のBMI値を使って、スペクトル強度比を「規格化」することとした。この手法でスペクトル強度比の関係を整理したものが、図8と図9である。ここで、 R_{13} は基本波と第三高調波の強度比。 R_{23} は第二高調波と第三高調波の強度比である。

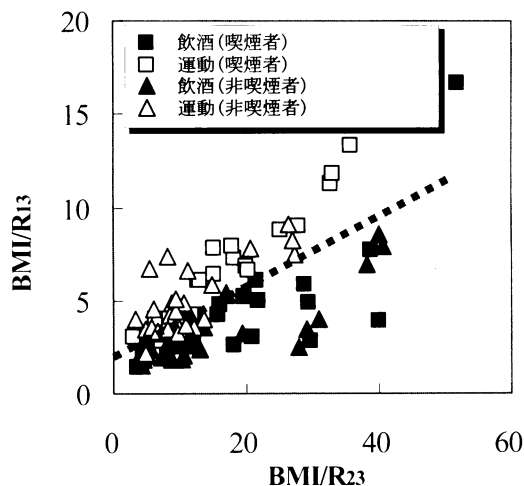


図8 規格化スペクトル強度比の関係(1)

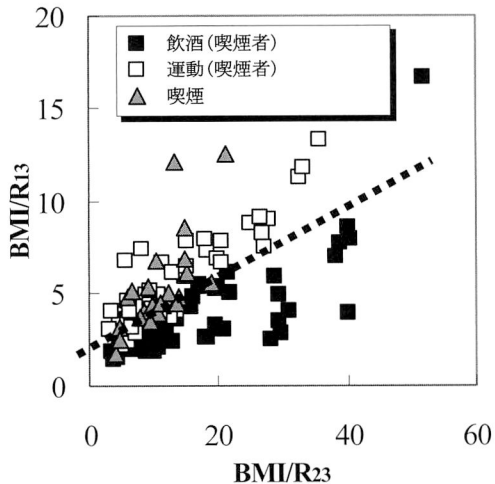


図9 規格化スペクトル強度比の関係(2)

図8および図9から、飲酒状態とそれ以外の状態のデータ集団を分離することが可能であると見込まれる。データ分離のアルゴリズムがおおよそ妥当であることが明らかとなり、喫煙の悪影響も受けにくいアルゴリズムになっていることがわかる。

まとめ

この研究では、飲酒運転防止用のセンサーとして適用可能な手法を二種類検討してきた。それぞれに手法の特徴があると同時に、得られる情報が異なっていることも明らかとなってきた。また、それぞれの手法の特徴にあわせて、課題を克服してきた結果、実際にセンサー機器として使用が可能な見通しを得ることが出来た。

今後の課題

提案手法で利用した血液脈波や生体インピーダンスは血圧や年齢、指の太さ、爪の色などの様々な要因に影響を受けることが知られている。また、アルコールの分解速度も被験者の体型などの要因に影響を受ける。現在、このような個体差をさらに抑制するために信号処理手順の見直しを進めている。

この手法による飲酒運転防止センサが実現できれば、非侵襲かつ低コストだけでなく、周囲雰囲気の影響を受けないことから、飲酒運転防止手段として大きく社会貢献できることは間違いのないであろう。

参考文献

- [1] Y. Shimizu and Y. Omura, "Spectroscopic Characterization of Impact of Alcoholic Intake on Diversity of Blood-Pulse Waveform," Proc. ICROS-SICE Int. Joint Conf. 2009 (ICCAS-SICE) (Fukuoka, Aug., 2009), pp. 1132-1136.
- [2] Y. Shimizu and Y. Omura, "Theoretical Base of Alcoholic-Intake Detection Using Blood-Pulse Signals and New Findings," Proc. IEEE Sensors 2010 Conf. (Hawaii, Nov., 2010), pp. 1216-1221.
- [3] Y. Shimizu and Y. Omura, "Advanced Spectroscopic Characterization of Impact of Alcoholic Intake on Variation in Blood-Pulse Waveform," IEEE Sensors J., vol. 11, pp. 1998-2006, 2011.
- [4] 福田幸史、清水康弘、田上良祐、田村進、大村泰久, "Spectroscopic Characterization of Impact of Alcoholic Intake on Blood-Pulse Waveform (IV)", 第58回応用物理学関連学術講演会、予稿番号 24a-KU-9.
- [5] Y. Izawa, S. Tamura, and Y. Omura, "Advanced Method to Mask Smoking Effect on Alcoholic Intake Detection Based on Photoplethysmogram Signal Analysis", IEEE Sensors Conf. 2012 (Taipei, Oct.) (発表予定)
- [6] K. Kojima and Y. Omura, "Spectroscopic Study on Impact of Alcohol Intake on Bio-Impedance of Human Body", Tech. Dig. IEEE IMFEDK 2011 (Osaka, May, 2011), pp. 128-129.
- [7] Y. Omura and K. Kojima, "Spectroscopic Study and Analysis on Impact of Alcohol Intake on Bio-Impedance of Human Body", Proc. IEEE Sensors Conf. 2011 (Ireland, Oct., 2011), pp. 1648-1651.
- [8] K. Kojima, S. Tamura and Y. Omura, "Advanced Technique to Suppress Subject Variety for Bio-Impedance Based Alcohol-Intake Detection", IEEE Sensors Conf. 2012 (Taipei, Oct.) (発表予定).