

令和元年6月20日現在

機関番号：37112

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12884

研究課題名(和文) 飲酒運転撲滅のための光学的血中アルコール濃度計測法の実用化に向けた挑戦的開発研究

研究課題名(英文) Research and development of measuring blood alcohol concentration using photo-plethysmography for elimination of drunk driving

研究代表者

山越 健弘 (Yamakoshi, Takehiro)

福岡工業大学・情報工学部・准教授

研究者番号：70444205

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：諸外国では飲酒運転防止装置の実用化が進み、呼気ガス式手法が一般的になってきたが、様々な問題点がある。そこで、光電容積脈波を利用し、血中成分の吸光特性から指尖部の入射光に対して散乱された光を検出する方法に着目した。しかし、アルコール固有の吸収帯域は水への吸収度が高い近赤外長波長帯域の905 nm, 1185 nm, および1690 nmに存在し、人間の身体のおほとんどが水分であり、検出される光が極めて微弱で、動作や外部環境に敏感でノイズが多く、これを如何に低減できるかの実験検討をまず行い、次いで人を対象とした飲酒負荷実験を行った結果、光電容積脈波にて血中アルコール濃度が予測可能であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光電容積脈波から血中アルコール濃度が計測できれば、従来のような呼気ガス方式の欠点(衛生的な面や頻回のメンテナンスの必要性など)を克服でき、簡便に飲酒運転を撲滅できる可能性がある。それにはアルコール固有の吸収波長帯域(905, 1185, 及び1690 nm)において、光電容積脈波を如何にS/N比を取得できるかが本質的な課題であり、二年間トライアンドエラーで光電容積脈波の精度向上に向けて実験的検討を行ってきた。その後、人を対象とした飲酒負荷予備実験を行い、血中アルコール濃度計測の可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Current, alcohol ignition interlock devices are being installed in vehicles both in Japan and other developed nations. These are generally based on the breathalyzer principle. However, there are practical problems. To overcome these, this study focuses on the use of photo-plethysmogram (PPG) to measure blood alcohol concentration.

Recently, the use of PPG as a non-invasive method of measuring the concentration of substances such as glucose and alcohol in blood has been investigated. However, these measurements are performed in the near-infrared region, where absorption due to water is strong. Since the human body contains mostly water, this results in very weak signals. Thus we have tried raising signal-to-noise ratio of PPG using newly developed integrating sphere method, and investigated the effect of external electromagnetic waves. Finally, periodic optical measurements using the newly developed device were made simultaneously with collection breathalyzer.

研究分野：生体情報計測工学

キーワード：光電容積脈波 飲酒負荷実験 血中アルコール濃度 アルコール固有の吸収波長

1. 研究開始当初の背景

科学技術は人間生活の“豊かさ、利便性”の追求のもとで、凄まじい勢いで発展してきた。移動手段としての「車」も、その生活利便性の故に車社会は益々拡大している。確かに、豊かさや利便性は貧しさや不便さよりも良いが、科学技術の発展は、自然生態系の破壊や環境破壊、公害など、負の遺産ももたらした。自動車は通勤、運送、レジャーなど、利便性の高い乗り物として重宝されている反面、悲惨な交通事故の発生は後を絶たない。総務省統計局(平成27年1月5日交通局交通企画課報告)によれば、平成26年中の交通事故死者数は4,113人であり、未だに約2時間に1人が死亡しているのが実態である。特に飲酒運転は、極めて危険な犯罪行為ともいえ、平成25年中の飲酒運転事故件数は4,335件(平成26年警察白書)であり、毎年減少傾向にあるが、その撲滅には至っていないのが実情である。

このような飲酒運転事故防止策として、「飲んだら乗らない」という“運転者の意識改革”，あるいは「飲んだら乗らせない」という“地域社会あげての啓発活動”が進められているが、「飲んだら乗れない」という“車をロック”する積極策、いわゆるアルコール・イグニッション・インターロック装置が欧米を中心とした先進諸国で注目され始め(B. Hok et al., *IEEJ Sens J*, **10**, pp. 10-15, 2010), 既にスウェーデンで実用化が進んでいる(http://www.etsc.eu/documents/PILSKOG_Alcolock.pdf). この場合、血中アルコール濃度(blood alcohol concentration; 以下、BACと略す)を検知する技術が必須であり、これまでエタノール臭気センサを利用した間接的手法、精神運動パフォーマンスを利用する方法(K. Matsumura et al., *Percept Mot Skills*, **109**, pp. 841-850, 2009), 呼気ガスを分析する方法(K.A. Gibb et al., *Ann Emerg Med*, **13**, pp. 516-520, 1984)などが提案されてきたが、実用化されているのは呼気ガス方式のみである。この方式はマウスピースを用いるため、使用に対する煩わしさ・煩雑さや衛生面の問題、検出精度維持のためのガスセンサの定期的メンテナンスの問題、なりすましの防止策など、解決すべき多くの課題が残されている。マウスピースを使わずに吐息で検出する方法も検討されている(L. Lindberga et al., *Forensic Sci Int*, **168**, pp. 200-207, 2007)が、ガスセンサを用いる以上、上記の課題は残される。そこで本研究では、申請者らがこれまで基礎研究を進めてきた光電容積脈波を用いた非侵襲光学的アルコール濃度計測法(パルス・アルコメトリ; pulse alcometry と称する)(山越他, *生体医工学*, **50**, pp. 237-247, 2012)に基づく、世界初の実用化を目指した挑戦的開発研究を行うものである。

2. 研究の目的

日常的に報道されているように、飲酒運転による交通事故は後を絶たず、依然として大きな社会問題となっている。申請者らはこれまで近赤外光を用いた非観血的(非侵襲)血液成分計測のための革新的・独創的な方法論を提案し、その基礎的成果を国内外の学会、学術論文誌等に公表し、高い国際的評価を得てきた。本研究では“飲酒運転撲滅”を目指す「飲んだら乗れない」システム開発を目標に、光学的アルコール濃度計測法の実用化を目指した挑戦的開発研究を行うものである。

3. 研究の方法

本研究ではパルス・アルコメトリの実用化を目指す上で極めて重要な以下の挑戦的課題を取り上げ、各年度で課題解決してきた。なお、以下の被験者実験は、福岡工業大学倫理審査委員会承認後、実験同意が得られた健常成人を対象としている。

1) 平成28年度：アルコール吸光波長帯域における高精度・高感度生体光計測システムの構築

アルコール固有の吸収波長805 nm(吸収度小), 1165 nm(吸収度中), 及び1690 nm(吸収度大)(山越他, *電気学会論文誌 C*, **132**, pp.2059-2064, 2012)の3波長においてアルコールの吸収が中程度である1185 nm, そして最も水の吸収が高く、最もアルコールの吸収が高い1690 nmについて重点的検討を行った。まず、1185 nmと1690 nmのLEDと、当該波長 ± 7 nm程度の半値幅の光干渉フィルターを用いた光計測システムを構築(試作)し、健常成人男性10名の被験者計測を行った。

2) 平成29年度：光電容積脈波にノイズがのる原因として電磁波の影響に焦点を当てて検証

アルコールに感度を持つ1185 nm波長のPPG計測時における、外部からの電磁波を遮断する電磁シールドルーム内/外でのS/N比の条件で右手指尖部にPPG計測装置を装着しそれぞれ60秒間計測を行い(被験者は車椅子で移動)S/N比を比較した。

3) 平成30年度：側方散乱式PPG計測法を用いた飲酒負荷予備実験

水の吸収が高い波長における PPG 計測は、側方散乱式 PPG 計測法 (Y. Yamakoshi *et al.*, *J Biomed Opt*, **22**, pp. 067001-11, 2017) が有効であることを利用し、指治具を改良し、血中アルコール濃度が計測可能か、飲酒不可実験を行った。健康成人男性 5 名を対象に、上野式算定法により算出された量を飲酒して貰い、呼気アルコール濃度 (ALC mini, 東海電子(株)) 0, 0.15, 0.25, 0.5 mg/L をターゲットとし、その時点で右手人差し指 PPG 計測を行った。

4. 研究成果

平成 28 年度：アルコール吸光波長帯域における高精度・高感度生体光計測システムの構築

健康成人男性 10 名を対象に PPG 計測実験を行った。その結果、LED にて世界で初の 1690 nm の PPG を検出することに成功した。この波長で PPG を計測できた意義はとて高く、光を用いた血中アルコール濃度計測の可能性の光が見えた成果であった。次なる課題は如何に S/N 良く PPG を検出することである。

平成 29 年度：光電容積脈波にノイズがのる原因として電磁波の影響に焦点を当てて検証

PPG の S/N 比を低下させる原因の一つとして外部からの「電磁波」の影響があるのではないかと仮定し、アルコールに感度をもつ 1185 nm 波長の PPG 計測時における、外部からの電磁波を遮断する電磁シールドルーム (減衰性能 40dB) 内/外の S/N 比の比較検討を目的とした試験を行った。健康成人男性 12 名を対象とし、電磁シールド内/外の条件で右手指尖部に PPG 計測装置を装着し、それぞれ 60 秒間計測を行い S/N 比を比較した。また、PPG と同期していることを確認するために心電図計測も行った。その結果、電磁シールド内/外で S/N 比に有意な差が無いことを確認した。この結果より、電磁波は PPG 計測の精度に影響を与えないことが判った。

平成 30 年度：側方散乱式 PPG 計測法を用いた飲酒負荷予備実験

健康成人男性 5 名を対象に、上野式算定法により算出された量のアルコール飲料を飲酒して貰い、呼気アルコール濃度 (breath alcohol concentration; BrAC) 0, 0.15, 0.25, 0.5 mg/L をターゲットとし、その時点で右手人差し指に PPG 計測装置を装着し、90 秒間計測を行った。図 1(a)のように、1 名の被験者の光学密度 (OD^{1185} ; differential optical density of 1185 nm: 1185 nm の動脈血成分) と BrAC の相関係数は 0.93 と非常に強い相関が確認された。また、図 2(b)のように経時変化のトレンドから、BrAC が上昇そして下降するにつれ、 OD^{1185} が追従することが確認された。図 2(a)は規準化された OD^{1185} の 5 名分相関図、図 2(b)は経時変化である。バラツキはあるものの、血中アルコール濃度計測の可能性を見出せたと考えられる。今後は指治具と受光センサの更なる改良を行い、被験者数を更に増やし、また、呼気ガス式手法及び採血からの血中アルコール濃度を基準とし、血中アルコール濃度を細かく設定して、本格的なアルコール負荷試験を行う価値を見いだせたと考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

Takehiro Yamakoshi, Sensing blood alcohol concentration using photo-plethysmography, *Science Impact*, Peer-reviewed, 2019 (*in press*)

Yasuhiro Yamakoshi, Kenta Matsumura, Takehiro Yamakoshi, Jihyoung Lee, Peter Rolfe, Yuji Kato, Koichi Shimizu, Ken-ichi Yamakoshi, Side-scattered finger-photoplethysmography: Experimental investigations towards practical noninvasive measurement of blood glucose, *Journal of Biomedical Optics*, Vol.22, No.6, Peer-reviewed, 2017, pp.067001-11
DOI:10.117/1.JBO.22.6.067001

[学会発表] (計 9 件)

Atsuhiko Harada, Lee Jihyoung, Peter Rolfe, Shihori Kusaba, Shogo Kabashima, Masahiro Shibata, Takehiro Yamakoshi, Achieving finger photoplethysmogram reliability in the high NIR water absorption band *via* optimization of applied pressure, In: Short Papers of the 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2019

樺島 将吾、原田 敦広、李 知炯、原田 一平、古賀 穂香、橋本 敦、山越 康弘、山越 健弘、飲酒運転撲滅に向けた光学的血中アルコール濃度計測 - 側方散乱光電容積脈波を用いた飲酒負荷による予備検討 -、第 58 回日本生体医工学学会大会生体医工学論文集、2019、P0-M-017
原田 敦広、李 知炯、樺島 将吾、原田 一平、橋本 敦、古賀 穂香、山越 健弘、指尖部長波長光電容積脈波における最大波高値が得られる適切な圧迫圧力についての基礎検討、第 58 回日本生体医工学学会大会生体医工学論文集、2019、P0-M-060

草場 志帆里、李 知炯、福本 悠斗、山越 健弘、受光センサの面積による緑光電容積脈波のSNRと振幅について検討、2018年日本生体医工学会九州支部大会論文集、2019

原田 敦広、西村 拓真、李知炯、草場 志帆里、福本 悠斗、山越 健弘、高精度長波長光電容積脈波計測システム開発研究 - 指尖部における適切な圧迫圧力について基礎検討 -、2018年日本生体医工学会九州支部大会論文集、2019.

樺島 将吾、李 知炯、原田 一平、古賀 穂香、橋本 敦、藤本 理美、横出 瑞己、山越 健弘、飲酒運転撲滅に向けた光学的血中アルコール濃度計測の高精度化 光電容積脈波計測時の電磁波による影響、第57回日本生体医工学会大会生体医工学論文集、2018

Shogo Kabashima, Ippei Harada, Shihori Kusaba, Yuto Fukumoto, Jihyoung Lee, Masahiro Shibata, Takehiro Yamakoshi, Towards optical measurement of blood alcohol concentration with higher accuracy: Comparison of signal-to-noise ratio for finger photoplethysmography with and without electromagnetic shielding, In: Short Papers of the 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2018

Yasuhiro Yamakoshi, Kenta Matsumura, Takehiro Yamakoshi, Jihyoung Lee, Kosuke Motoi, Masahiro Shibata, Peter Rolfe, Ken-ichi Yamakoshi, A novel design of lateral incident radiation-type finger-Photoplethysmography in the wavelength regions blood glucose absorption, In: Book of the World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, 2018

Yasuhiro Yamakoshi, Kenta Matsumura, Takehiro Yamakoshi, Jihyoung Lee, Peter Rolfe, Koichi Motoi, Masahiro Shibata, Yuji Kato, Koichi Shimizu, Ken-ichi Yamakoshi, A novel multichannel laser photoplethysmogram for the detection of side-scattered light in a wavelength with blood glucose absorption, In: Short Paper of the 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2016, FrCT1.2

〔図書〕(計1件)

山越 健弘 他、倉敷印刷株式会社、ドライバ状態の検知・測定技術と運転支援・自動運転への応用、2016、457-468

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

Measuring blood constituents

<http://www.fit.ac.jp/~yamakoshi/detail7.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：李 知炯

ローマ字氏名：(Lee, JIHYOUNG)

所属研究機関名：福岡工業大学

部局名：大学院工学研究科

職名：助教

研究者番号(8桁)：10735583

研究分担者氏名：松村 健太

ローマ字氏名：(Kenta, MATSUMURA)

所属研究機関名：富山大学

部局名：医学部

職名：特任助教

研究者番号(8桁)：30510383

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。