

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 12 月 3 日現在

機関番号：32511

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2014

課題番号：23659266

研究課題名(和文)高周波心電図を用いた一卵性双生児識別システムの開発

研究課題名(英文)Development of personal identification system of identical twins using high frequency electrocardiogram

研究代表者

澤口 聡子(SAWAGUCHI, Toshiko)

帝京平成大学・地域医療学部・教授

研究者番号：90235458

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：高周波心電図HFECGにより各被験者の心拍100拍分のデータを用い、血縁関係のない健康成人を測定した場合、最低識別率約94%、平均識別率約98.9%であるが、抽出部波形により識別精度が落ちる。一卵性双生児間識別率は100%であった。一卵性双生児同一人2回測定(A)、一卵性双生児各自各1回測定(B)、一卵性双生児非血縁成人(C)の3組でAverage Similarityを比較すると、(A)(C)間P値=0.002、(A)(B)間P値=0.049、(B)(C)間P値=0.656(Kruskal-Wallis検定+Steel Dwass多重比較)であった。HFECGにて一卵性双生児識別可能性あり

研究成果の概要(英文)：Biometric individual identification techniques such as fingerprint pattern recognition are widely used. The aim of this study is to develop a highly cost-effective, non-invasive method for the distinction of identical twins. As a new technique, we have developed the HFECG (high frequency component of ECG) identification system. In this report, we proposed the application of this technique to distinguishing identical twins. Identification tests were performed with a neural network based system. Three pairs of identical Japanese twins in their twenties served as the test group while another 130 unrelated healthy Japanese individuals in their twenties served as the control group. Each of their heartbeats were detected and compared using this new method. The result with the three pairs of identical twins was 100% accuracy. There were no difference in discrimination accuracy between the sets of identical twins and the normal unrelated controls.

研究分野：小児社会医学 小児法医学 生涯保健 母子保健

キーワード：個人同定 個人識別 生体指標 高周波心電図 一卵性双生児 個人認証 識別率 一致率

様式 C-19、F-19、Z-19(共通)

1. 共通開始当初の背景

(1) 一人の個人を一人の個人と同定すること、即ち個人同定という概念は、古くから伝統的な法医学や古典的な犯罪学の中に育まれてきた概念である。特に、一卵性双生児における個人同定・個人識別は最も難易度が高い。現代社会では、個人同定の最強システムとして、各個人が有する生体情報を利用して個人認証を行う「バイオメトリクス個人認証システム」が注目されている。バイオメトリクス個人認証では、これまで網膜の静脈走行や指紋のような形態の相違を用いており、声紋や脳波等、生理的生体信号を用いるものは実用化されていない。

(2) 一般に、通常用いられる心電図は多くの健康成人で QRS 波により構成される一定波形をしており、そのままの形では精度の高い個人認証を行うことは不可能なことが明白とされてきた。本研究では、個人毎に異なる波形をもつ高周波帯域の心電図の精度を高め、一卵性双生児間での個人認証可能な手段となり得るかどうかが検討する。

2. 研究の目的

一卵性双生児間でも、網膜の静脈走行や指紋は異なっており、実際に利用されている。バイオメトリクス個人認証では、これまで形態の相違を用いており、声紋や脳波等生理的生体信号を用いるものは実用化されてこなかった。本研究では、個人毎に異なる波形をもつ高周波帯域の心電図の精度を高め、一卵性双生児間での個人認証可能な手段となり得るかどうかが検討する。

3. 研究の方法

(1) 分担研究者石島正之らによって、個人毎に異なる波形を持つ高周波帯域の心電図すなわち高周波心電図 (High Frequency ECG:HFECG) を、個人の生体情報として用いた個人認証システムが開発されてきた。現在、20代はじめの被験者8名で行った結果で、いずれもが95%を超える高い識別率を得ている。本研究は、この方法論を基盤として、非血縁の被験者の個体数を増やすと共に、相当数の一卵性双生児及び二卵性双生児を被験者として一卵性双生児でも個人識別の可能な精度にまで高めることが可能か検討した。HFECG による個人識別について、国内国外において、類似の研究はない。

(2) 非血縁正常被験者について HFECG を施行し、95%以上の識別率を得るかどうかが検討する。95%以上の識別率を得られない場合、ニューラルネットワークにおけるデジタル処理を改善し、識別精度を高める。

(3) 被験者については、昭和大学保健管理センターにおいて、昭和大学医学部学生100~200人に対して、高周波心電図の測定を行う。最終的に、一卵性双生児について高

周波心電図の測定を行い、波形処理と識別率の算出を行う。

(4) 測定システムの改良

被験者の測定数が多くなった場合、このシステムでは、識別率を左右する su 波形の切り出し位置の基準として、通常心電図上の R 波頂点を用いていたが、被験者によってはピーク位置が曖昧となって識別率の低下を招いていた。そこで本研究では、心電図の形状に対応した別の波形を通常心電図より算出し、この波形を頼りに基準位置を特定する新しい手法を提案し、評価を行った。

(5) - 1) 対象となる一卵性双生児の数を増やすため、双生児の公募を行った(測定双子総数3組)。(5) - 2) 第3年度に高周波心電図を測定した非血縁健康成人昭和大学医学部学生240名(20~23歳:男女)について、昨年検討し修正した手法(心電図の形状に対応した別の波形を通常心電図より算出し、この波形を頼りに基準位置を特定する手法)により解析試行。(5) - 3) 最終年度に、非血縁健康成人昭和大学医学部学生110名(20~23歳:男女)について、高周波心電図を測定。(5) - 4) 各被験者の心拍100拍のデータを用い、識別性と similarity を算出した(東京都市大学試行 IGORPRO6.1 使用)。

4. 研究成果

4 - 1. 血縁関係のない健康成人を測定した場合、最低識別率約94%、平均識別率約98.9%であるが、抽出部波形により識別精度が落ちる。4 - 2. 一卵性双生児間識別率は100%

4 - 3. 一卵性双生児同一人2回測定(A)、一卵性双生児各自1回測定(B)、一卵性双生児非血縁成人(C)の3組で Average Similarity を比較すると、(A)(C)間の Levene の等分散性の検定で $F=0.0035$ 、(B)(C)間で $F=0.047\sim 0.055$ であった。Kruskal-Wallis 検定+Steel Dwass 多重比較法で、(A)(C)間 P 値=0.002、(A)(B)間 P 値=0.049、(B)(C)間 P 値=0.656 であった。故に、一卵性双生児であることが識別率に影響しない。4 - 4. まとめ:HFECG による一卵性双生児の識別可能性は高く、この HFECG システムでは心拍数5~10拍で一卵性双生児を識別可能とする。血縁関係と性に異なる個体間の同一性が影響されることはない。4 - 6. 追加解析 SAS9.4 及び Enterprize7.1 による(国立保健医療科学院異動後澤口が試行)。非血縁者5例以下において HFECG でない通常の ECG での検討では、非血縁者間で基本統計で、 χ^2 乗値 0.093 (セルに対する χ^2 乗値は全て 0.05 未満)、Mantel-Henzel χ^2 乗値 0.45、ファイ係数 6.05、一致係数 0.99、ガンマ統計量 = 0.07(ASE=0.08)、Kendall Tau-b=0.07(ASE=0.08)、Stuart Tau-

c=0.07(ASE = 0.08)、SommersD(CIR)=0.07(ASE=0.08)SommersD(RIC)=0.072(ASE=0.080)PearsonCor=0.15SpearmanCor=0.11(正確検定 p>r)、ラムダ統計量(CIR)=0.83(ASE=0.040)、不確実性係数(CIR)=0.94(ASE=0.0085)、Cochran-Mantel-Henzelによる相関統計量 p=0.15、ANOVA統計量 p=0.18、一般関連統計量 p=0.23となった。更に双子間の因子分析を試行したところ、初期と回転後の因子分析図の散布状況は相違している(個体識別に因子分析・クラスター分析が有用であることは他事例でも実証経験がある)。更に、type(双子同一者間・双子別者間・双子第3者間の3typeの2者間比較)を従属変数とし、Average Similarity, SD Similarity, Evaluated HFECGsを説明変数として、cumulative logic modelを用い、Fisher's scoringを最適化手法としてlogistic解析を行った。Stepwise法で変数選択を行った結果、切片項の追加した場合残差 χ^2 乗検定において $p<0.001$ 、average similarityの追加時の包括帰無仮説 β 検定において尤度比 <0.001 、R²乗 = 0.612 スコア <0.001 、Wald=0.021、残差 χ^2 乗検定 $P<0.001$ 、average similarity <0.001 、evaluation HFECG $p=0.002$ 、Average similarityの削除で準完全分離が検出された。Average SimilarityとEvaluated Similarityが正反対の方向で、個人同定の大きな効果を持つ因子であることがわかる。これは上記に記載した追加統計の結果と併せて総合的に判断されるべき事項である。(補足:SAS9.4のANOVA procedureによる非血縁者全例データを用いて、Waller-Dunnett比・LSD・Gabriel・Turkey Student HSD・Bonferroni Dunnett(t)で何れも約50pairで有意差あり($p<0.05$)、Ryan-Einet-Gabriel-Welsh多重範囲検定で有意差なし。国立保健医療科学院異動後、第3者によるfilter等に関する基礎データを含み生データの改ざんが頻回に発生し、この時点で用いた全例データについて生データとの一致を確認不可能な状況が発生しており、全例データの確認が必要。また保管データ、分析データのfile全例が持ち出されており、今後類似の研究が本研究班以外から発表される際には各学会各雑誌において留意が必要。本成果報告においてもPWは破られており、内容に部分的な改ざんが認められた。)

4-7) 思料及び考察

一つの注目すべき事柄は、一卵性双生児であることが、非血縁間成人である場合に比較して、識別率に影響を与えないことである。個体とし3次元的な形態の上では非血縁間成人に比較して遥かに同一性の高い一卵性双生児であるが、個体に動きをもたらず心電図波形においては双方の識別率に相違はない可能性が高い。一般的に考えるな

ら、個体の形態の上で類似しているのであれば、電気成分に基づく心電図波形においても類似しているのではないかと推測される。形態と機能・動きとは、個人同定・個人識別という視点からみると異なるという可能性が高い。形が同じであっても、動きは同じとは限らない。心臓は脳死のあとも拍動を続けるのであるから、心電図の表すものをそのまま精神的なもの心理的のものと置き換えることはできない。一方、個体を規定するという視点からみれば、動きと体の結びつきは一般的に考えるほど密接でなく、個体を特徴づけるにあたり、動き・機能が体により既定される程度は、必ずしも大きくない。敢えて言えば、肉体と精神・心とが、科学が考えてきた様に密接に結びついたものでなく、更に肉体を原因として心・精神が生じるとする仮説の反証可能性をこの時点で否定できない。

HFECGにおける一卵性双生児識別はある程度高い確率で識別可能である。しかしHF成分にこだわらない通常ECGについては更に検討を加える余地を残す結果となっている。

4-8) 引用文献

(1) 高橋順一・京相雅樹・石島正之(2008)生体医工学、46(特別号)、PS2-5-1:251

(2) 田代太志・青山拓矢・京相雅樹・石島正之(2010)生体医工学、48(特別号)PS2-5-1:251

(3) Futoshi Tashiro, Takuya Aoyama, Yuichi Shimatani, Masayuki Ishijima, Masaki Kyoso: Individual Identification with High Frequency ECG-Preprocessing and Classification by Neural Network. Proc. of 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS. ThP 13.2. pp2749: Aug 2011

(4) 田代太志・青山拓也・馬場智紀・京相雅樹・島谷祐一・石島正之(2011)生体医工学、49suppl.1.P2-4-2

5. 主な発表論文等

学会発表: 計3件 (poster1件、指定講演1件、国際学会における特別講演1件、ワークショップ1件(2016))

1) 澤口聡子: 世代を超える同定と認証の在り方、第14回日本胎児治療学会学術集会

2015年11月 横浜 第14回日本胎児治療学会学術集会抄録集 p.17(指定講演) 招待講演

2) Kyoso M, Shimatani Y, Sato K, Yoneyama K, Sawaguchi T: A Preliminary Study to Distinguish Identical Twins using High Frequency Electrocardiogram. International Academy of Legal Medicine DUBAI 2015) Abstract Book

3) Sawaguchi T, Kyoso M, Shimatani Y, Ishijima M, Yoneyama K, Sato

K:Authentication of Identification via Generation.INAPLMS 2016(12th Indo-Pacific Association of Law,Medicine and Science)17-18th September,2016 Bali Indonesia, Abstract Book p.5(Penary Lecture)招待講演

4)Sawaguchi T:Which contribution is possible from social medicine to forensic medicine?INPALMS2016(12thIndo-Pacific Association of Law,Medicine and Science) 17-18th September 2016,Bali,Indonesia Abstract p.7(Workshop)招待講演

5)澤口聡子・京相雅樹・島谷祐一・石島正之・米山啓一郎・佐藤啓造:医療・保健領域への応用の為のペルソナの解離状況の検討、第75回日本公衆衛生学会第10分科会演題番号O-1001-2

2016年10月27日大阪

[学術論文] 4件(和文2本、英文2本)

1) 澤口聡子・京相雅樹・加茂登志子・坂本慎一・李孝珍・中島章博・滝口清昭・河野賢司・米山万里枝・大脇敏之:個人同定に関わる四つの試み(2015)学習院女子大学紀要17:71-78, 査読有

2) Kyoso M, Yoshimoto T, Shimatani Y, Yoneyama K, Sato K, Sawaguchi T: Improvement and Evaluation of an Individual Frequency Identification System using High Frequency Electrocardiogram.ShowaUniv.J.Med.Sci. 26(2):149-157,2014 査読有

3) 澤口聡子・杉崎航・田代太志・石島正之・京相雅樹・島谷祐一・米山啓一郎・佐藤啓造:高周波心電図を用いた一卵性双生児識別の試み、帝京平成大学紀要(千葉キャンパス) 査読有 2014.24(2).2013,445-447

4) Sawaguchi T,Kyoso M,Shimatani Y, Ishijima M,Yoneyama K, SatoK:Previsional Results of Personal Identification among Monozygote Twins Using High Frequency Electrocardiogram(HFECG).IMJ 2017 in print.

[図書・Proceedings] (計2件 Proceeding 1件、English Text Book 1件)

1) Kyoso M, Shimatani Y, Sato K, Yoneyama K, Sawaguchi A. Sawaguchi T: A Preliminary Study to Distinguish Identical Twins Using High Frequency Electrocardiogram.International Journal of Legal Medicine,Volume 126, Issue 1 Supplement, June 2012, p.7.Abstracts of the 22nd Congress of the International Academy of Legal Medicine.

2) Sawaguchi T:Simple Tutorial of Cultivation of Human Resources:For Accrediation of Authentication.Kajima Publishing Co.Jp.2017 in press.
産業財産権 申請・取得(計0件)

[その他]ホームページ等 無し

6.研究組織

(1) 研究代表者 澤口聡子(SAWAGUCHI,Toshiko)帝京平成大学地域医療学部・教授、現在国立保健医療科学院統括研究官 研究者番号:90235458

(2) 研究分担者 米山啓一郎(YONEYAMA,Keiichiro)昭和大学・保健管理センター・教授
研究者番号 60192431

(3)研究分担者 佐藤啓造(SATO,Keizo)昭和大学・医学部・教授 研究者番号 20162422

(4) 研究分担者 島谷祐一(SHIMATANI,Yuichi) 東京都市大学・工学部・准教授 研究者番号 20154263

(5) 研究分担者 京相雅樹(KYOSO,Masaki) 東京都市大学・工学部・准教授 研究者番号:20277825