

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22560377

研究課題名(和文)手のひら伝播信号による個人認証システムの開発

研究課題名(英文)Person Authentication System Using Intra-Palm Propagation Signal

研究代表者

中西 功(NAKANISHI, Isao)

鳥取大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80243377

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：手のひら伝播信号が生体認証に用いることを提案した。幾種類かの専用測定器を作成し、棒状電極による接触性を向上させたり、手のひらの大きさに合わせて電極を配置させたり、ガイドを設けることで接触位置の安定化を図ったりすることが必要であることも確認した。伝播スペクトルを個人特徴とし、識別にサポートベクターマシン(SVM)を導入することで22～24%の識別率が得られた。さらに伝播スペクトル成分の個人内分散と個人間分散の比較より、識別に適した周波数成分が存在し、それらだけを用いることで識別率が改善できることが確認できた。

研究成果の概要(英文)：We proposed to use intra-palm propagation signals as biometrics. Firstly, we made several dedicated measuring devices, and comparing them we confirmed that increasing the contact reliability between electrodes and a skin, adjusting electrode position according to palm size, and stabilizing electrode position on a palm by placing guidelines are effective for improving verification performance. Next, using intra-palm propagation spectrum as individual feature and support vector machine for verification, we confirmed that EER was approximately 22-24%. Moreover, by examining intra-individual and inter-individual variations at each frequency element in intra-palm propagation spectra, we confirmed that there are distinguished frequency elements for verification.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学

キーワード：バイオメトリクス

1. 研究開始当初の背景

ユビキタスネットワーク社会では、人と人、あるいは、人とシステムがネットワークを通して電子的に対峙するため、本人であるか否かを確認する個人認証が非常に重要になる。従来、そのような個人認証には磁気カードや IC カード、パスワードが用いられていたが、カードは盗難や偽造の危険性があり、パスワードは本人が忘れるといった問題が存在した。そこで、近年、生体特徴(バイオメトリクス)を用いた個人認証が注目を集めている。代表的なものとしては、指紋や虹彩、静脈、顔、音声、署名などがあり、入室管理や利用者管理の分野で実用化されている。

バイオメトリクス認証は身体の特徴や行動的特徴を用いることから、カードやパスワードのようになくしたり、忘れたりといった問題が生じないために非常に便利である。しかしながら、従来のバイオメトリクスは、一度きりの認証を想定したものがほとんどである。しかし、利用者管理の面から考えると、一度きりの認証ではセキュリティ性は低い。利用者本人が認証を行い、利用者制限を取り除いた後に他人が本人に成り代わり利用(いわゆる“なりすまし”)したとしてもそれを防ぐ、検出するすべはない。

そのような詐称を防ぐには一度きりでなく継続して認証を行う必要がある。そして、その一つのアプローチとして、握るや触る、動くといった継続した動作に伴うバイオメトリクスを用いることが考えられる。従来、そのようなバイオメトリクスとしては歩行があるが、応用がかなり限定される。

一方、ほとんどのバイオメトリクスは体の外部に露出するため、偽造物を作りやすいという問題点を持つ。実際、顔や虹彩は、身近で手に入るものを用いて作成した偽造物により市販の認証装置を詐称できたという報告もある。静脈は体内情報であるために偽造が難しいとされるが、それでも模造物による登録・照合が可能との報告もある。このような人工物による詐称は、対象が生体であるかどうかを検出するための生体検知機能を併用することで解決できるとされているが、そのためのセンサーや機構が別途必要になる。

そこで、研究代表者はバイオメトリクスとして人体伝播信号に着目している。体の組成(脂肪や水分、筋肉など)は個人毎に異なることから、人体に信号を伝播させ、その伝播具合を調べることでそれが本人のものかどうかを照合することが可能になる。

さらに携帯電話やコンピュータ、乗り物の利用者が、電話やマウス、ハンドル(グリップ)などを握る際に伝播信号を用いて認証が実現できれば、利用者は無意識で生体情報を提示できるため、継続認証が可能になる。加えて、人体伝播信号は体内情報であり、耐詐称性は高い。また、生体に信号を直接伝播させるため、その信号を用いた生体検知が実現できれば、付加的な装置も必要なく模造物へ

の対応も可能になる。

これまでの研究では、前腕部において市販の汎用測定器を用いて実験を行い、単純なスペクトル比較に基づく特徴抽出ならびに照合により 20 人の被験者において 70%の照合率を実現した。

しかしながら、認証精度はまだ十分でなく、かつ、人体伝播信号による個人認証を具現化するためには前述の応用例を想定した環境を構築し、評価する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、手のひら伝播信号による認証システムを開発し、人体伝播信号による個人認証の具現化を図る。具体的には、携帯電話やコンピュータ、乗り物の利用者の継続認証を想定し、電話やマウス、ハンドルを模擬した手のひら伝播信号発生器ならびに検出器(センサー)を作成し、認証性能の検討・改良を行う。さらにそれを用いて多くの被験者による実験を行い、データベースを構築する。一方で認証エンジンを FPGA 等により LSI 化し、信号発生・検出器(AD/DA 変換器)も含めたスタンドアロン型認証システムを開発する。

現在、バイオメトリクス個人認証の研究は一度きりの認証を想定したものがほとんどであるが、利用者認証の面で考えるとそれでは“なりすまし”を防ぐことができない。利用者認証には継続的な認証が不可欠であるが、継続的な生体情報の提示は利便性を損なうため、継続的認証の研究はほとんど行われていない。本研究は継続認証を実現することを特色とし、具体的には、携帯電話やコンピュータの利用者を想定し、手のひら伝播信号による個人認証を検討する。利用者は無意識で生体情報を提示できるため、利便性を損なうことはない。なお、人体伝播信号による個人認証は研究代表者の独創であり、世界で唯一である。

本研究の結果として、利便性を損なうことなく利用者の継続的認証が可能になり、一度きりの認証で問題となるなりすましを防ぐことができる。また、スタンドアロン型認証システムを開発することで、実現性をより明確に示すことができる。さらに当該分野において継続認証の必要性を提起することにもつながる。

3. 研究の方法

(1) まず初めに汎用の電極や信号発生器、波形観測器(オシロスコープ)、周波数解析器(スペクトルアナライザ)等を用いて手のひらにおける伝播信号の測定法や特徴について調べる。さらに小規模な被験者数による実験を行い、認証性能の確認を行う。特徴の抽出や照合は汎用 PC において処理する。なお、基本的にはこれまでの研究で得られた知見に基づき行うが、認証精度を向上させるため、特徴抽出法や照合法に関しても再検討する。

(2)より確からしい精度を検証するため、専用の測定器を作成する。具体的には、携帯電話やマウス、ハンドルを模擬して手のひら伝播信号を発生させるための電極を配置したものを作成する。特に汎用測定器により得られる知見を基に手のひら部分での最適な電極の配置場所や方法を探る。

(3) 専用測定器を用いて多くの被験者により測定を行い、手のひら伝播信号のデータベースの構築を行う。特に人体伝播信号の経年変化に関しては十分に検討されていなかったため、一年間にわたり定期的に測定を行う。

(4) 作成した専用測定器を用いて手のひら伝播信号の測定を行い、認証性能の検討を行う。特徴の抽出や照合はこれまでと同様に汎用 PC において処理する。なお、同時に進めるデータベースの構築に伴い得られる知見や改善を順次取り入れ、認証精度を向上させる。

(5) 特徴抽出処理と照合処理の部分（認証エンジン）を LSI 化することを試みる。具体的には汎用の FPGA ボードを用いて認証エンジンを実装、動作させる。また、FPGA を用いることで常に最新の認証エンジンを実装することが可能になる。

(6) 認証 LSI (FPGA) を核とし、信号発生器 (DA 変換器)、検出器 (AD 変換器) 等の周辺機器を含めてスタンドアロンで動作する認証システムを開発する。継続認証を運用するための制御などについては認証 LSI にその機能を持たせる。

4. 研究成果

(1) 手のひら部分での伝播信号の取得に関して、以下の点について検討を行った。

測定部位について

手のひらの大きさは、平均的な成人男性の場合、114mm×82mm である。ただし、親指や小指の付け根の部分は神経支配帯がありノイズが発生しやすい。よって、実際に測定に使用できるのは手のひら中央部だけとなる。

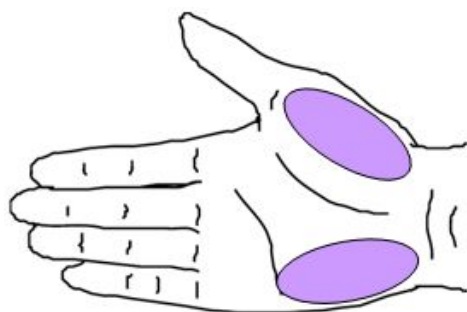


図1 神経支配帯の位置

電極について

これまでの前腕部での測定では、直径38mm(ゲル状パッド部分も含む)の電極を用いていたが、前述の通り手のひらで電極が取り付けられる部分は非常に小さいものとなる。一方、電極を小さくすると接触抵抗が増す。しかしながら、受信側の入力インピーダンス(抵抗)が十分に大きい場合にはその問題は無視できることが分かった。

また、電極の形状については、平板電極は上述のとおり大きさの面で適さず、皮膚との接触の面でも問題が生じる。それに対し、棒状の電極であれば、接触部分の面積を小さくでき、比較的安定した接触が実現できる。

手のひら伝搬と空気伝搬の比較

伝播信号が真に手のひら上を伝搬しているかどうかを確認するため、空気伝搬の場合の伝達特性との比較を行った。

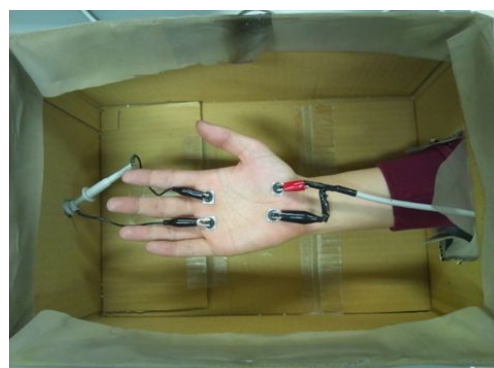


図2 実験風景

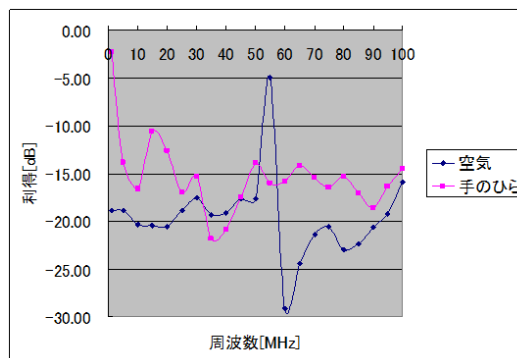


図3 手のひらと空気の伝搬特性

結果、手のひらと空気の伝搬信号のスペクトルの形状は異なることから、信号は手のひらを伝搬していることが確認できた。

(2) 汎用測定器による成果を基に5種類の専用の測定器を作成した(図4)。石膏を用いて手形を型取り、異なる電極配置をしたものを4つ作成し、コンピュータマウスを改造して電極素材が異なるもの(銅板)を一つ用意した。

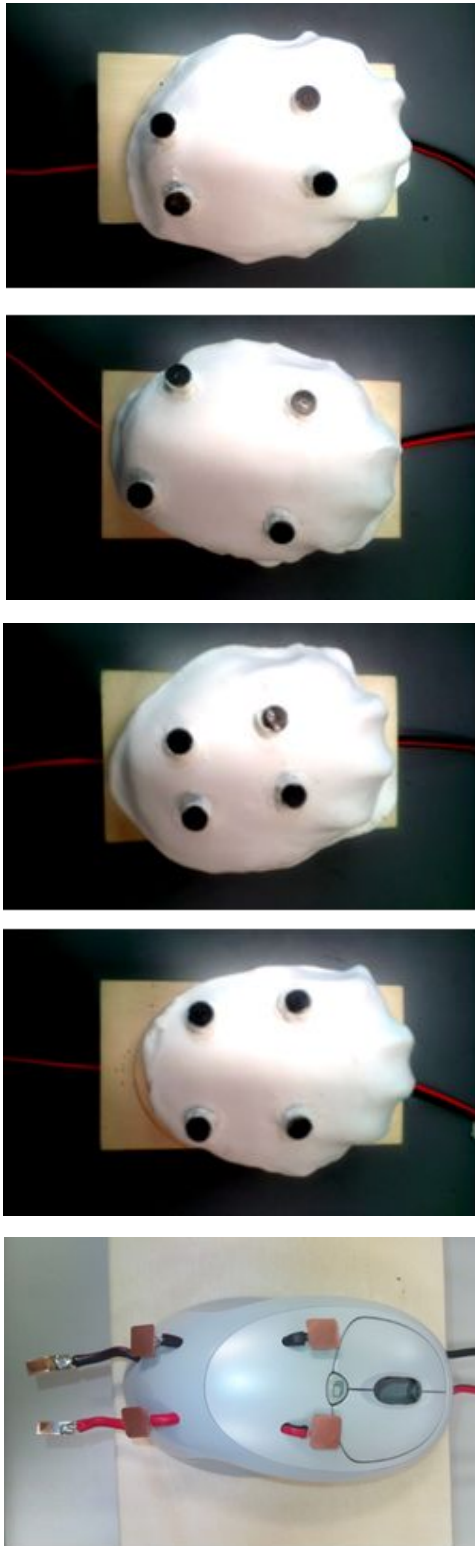


図4 専用測定装置

(3) 作成した5種類の専用測定器を用いて研究室の学生21名から一人当たり60データを取得し、データベースを作成した。測定期間は1日あたり5時間の間隔を空けて2回、計30日間である。

(4) 作成したデータベースを用いて認証性能を評価した。

ユークリッド距離による識別

まず、ユークリッド距離に基づく識別法により性能評価を行った。個人特徴としては、1MHz~100MHzまでの1MHz毎の周波数成分(計100点)を用いた。評価値は等誤り率(EER)を用いた。結果として、5種類の専用測定器の平均で46%程度であった。

SVMによる識別

ユークリッド距離に基づく単純な識別法では十分に識別することができなかった。そこで、強力なパターン分類器の一つであるサポートベクターマシン(SVM)を導入して評価を行った。個人特徴としては、手のひら伝搬スペクトル100次元を10等分割(10次元)したもの中から最適なものを事前に探索して用いた。

学習用データは本人40データ、他人も一人あたり40データとした。評価用データは本人20データ、他人400データ(20データ×20名)である。SVMに必要なパラメータは最適なものを探索した。

結果は、EERが約22~24%となり、識別性能が向上することが確認できた。また、電極配置による認証性能の大きな違いは認められなかった。これは、被験者の手のひらの大きさも個人毎に異なるため、それらの変動が相殺(平均)されたものと考えられる。

以上のことから手のひら伝播信号が個人認証に用いることができることは確認できたが、実用化を考えた場合、識別性能がまだ十分ではない。そこで、識別に至るすべての過程を見直すことにした。

専用測定器の改良

まず、専用測定器の改良に着目した。先に作成した専用測定器では、電極の接触状態や手のひらの大きさの違いによる影響などが十分に検討できていなかった。そこで、棒状電極とすることで確かな接触状態を確保し、手のひらの大きさによる違いを吸収するために大きさの異なる3つの測定器を作成、さらにガイドの有無による影響を調べるために両方のタイプを用意し、合計6つの新しい専用測定器を作成した。



(a)ガイド無し (b)ガイド有り

図5 新しい専用測定装置

これらの新しい測定器を用いて11名の被験者を用いて伝搬信号測定し、識別性能を

評価した。識別にはユークリッド距離を用いた。結果を表1に示す。

表1 専用測定装置の性能比較 (%)

石膏タイプ	マウスタイプ・銅板	ガイド無・銅棒	ガイド有・銅棒
49.9	48.7	47.9	46.7

これらの比較より、三つの改良（棒状電極による接触性向上、手のひらの大きさに合わせた電極配置、ガイドを用いた接触位置の安定化）が、識別性能の向上にわずかであるが有効であることが確認できる。ただし、被験者が11名なので、信頼性は十分ではない状況である。

特徴抽出に関する改良（1）

次に特徴抽出に関する改良を試みた。これまでは手のひら伝搬スペクトルを個人特徴として評価を行ってきた。しかし、認証性能の向上のためには個人差を強調する処理が必要となる。そこで多変量解析法の一つである、主成分分析を導入した。多次元データの中には情報量の少ない変数が含まれることがあり、主成分分析は複数の変数を合成し、情報量を多く含む新たな変数を算出することができる。

なお、の新しい測定装置による測定データの量はまだ十分ではなかったため、識別性能の評価には以前の測定装置によるデータベースを用いた（以降の評価でも同様である）。識別にはユークリッド距離を用いた。

結果、EERの改善は見られなかった。主成分分析は、すべてのデータの分散が最大となるように新たな変数を求めるため、それにより個人間の分散だけでなく、個人内の分散も大きくなったため、EERの改善に繋がらなかったのではと考える。

一方、従来は特徴数が100次元であったのに対し、累積寄与率90%で8次元元、80%で5次元まで次元数を削減できた。次元数が削減できれば、テンプレートの情報量（記憶容量）が削減でき、計算機資源の軽減の面で有効である。

特徴抽出に関する改良（2）

バイOMETRICS認証では個人内変動および個人間変動が認証性能に影響を与える。主成分分析は個人間の分散のみに着目した手法と言え、導入することで次元数は大幅に削減できたが、識別性能の改善は図れなかった。そこで、伝搬スペクトルの各周波数成分における分散を調べることで、個人内、個人間変動について検討を行った。

具体的には、同一被験者の伝搬スペクトルを用いて周波数ごとに分散を算出した。これにより個人内分散が求まる。個人内分散が小さいということは個人内変動が小さいことを意味する。また、全ての被験者の伝搬スペ

クトルを用いて周波数ごとに分散の算出を行った。これにより個人間分散が求まる。個人間分散は大きいほど個人間変動が大きいことを示す。よって、個人内分散が小さく、個人間分散が大きい周波数を見出し、それを利用することで認証性能の向上が期待できる。

結果を図6に示す。測定器は図4の上から3番目のものである。横軸は周波数、縦軸は分散の値を表しており、分散が大きいほど変動が大きいことを示す。AからUは各被験者の個人内分散を表す。個人内分散は被験者ごとに60データ全てを用いており、個人間分散は被験者ごとの60データの集合平均を基に算出を行っている。

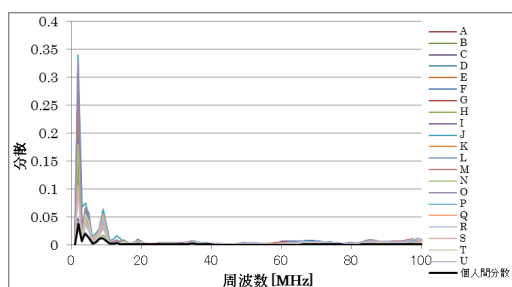


図6 個人内分散と個人間分散の比較

これらの比較より、個人間分散が個人内分散を上回る周波数は見受けられなかった。

しかし、一部の被験者に着目するとそのような周波数は存在することがわかった。そこで、「個人間分散 - 個人内分散」の差が降順となるように周波数を優先させて評価を行った。具体的には、全ての伝搬スペクトルから「個人間分散 > 個人内分散」となる周波数を探索し、この差が大きい周波数を優先させる。次に、差が0、またはマイナスとなる時、「個人間分散 < 個人内分散」となる周波数を探索し、この差が小さい周波数を優先させた。

結果を図7に示す。測定器は図4の上から3番目のものである。横軸は各次元数、縦軸はEER [%]である。

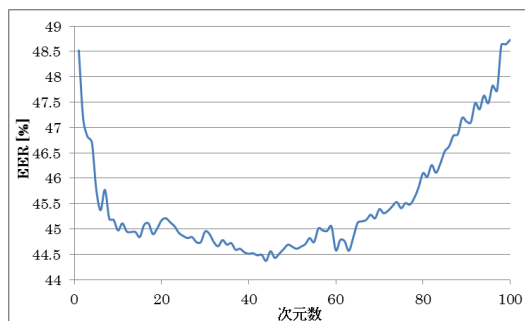


図7 次元数によるEERの変化

次元数100の場合が従来結果に相当する。これより、EERが4%程改善する次元数があることが確認できる。言い換えれば、個人内・個人間変動を考慮して周波数を選択することで認証性能は向上することが分かった。以上の結果より、手のひら伝搬信号におい

て、識別に適した周波数成分が存在し、それらだけを用いることで識別率が改善できることが確認できた。これまでは、白色信号を伝搬信号として用いてきたが、短時間での測定では、白色性が実現されず、スペクトル成分の変動が照合率を劣化させていたと考える。今後は、照合に適した周波数成分だけを含むはずみ波（複合正弦波）を伝搬信号とすることで、スペクトル成分の変動を抑圧でき、さらには位相成分を特徴量に用いることも期待できる。これに関しては今後の課題である。

(5) 特徴抽出処理と照合処理の部分（認証エンジン）をLSI化するため、高速AD/DA変換機能を備えた汎用のFPGAボードを購入したが、認証エンジンの実装を試みるまでには至らなかった。

(6) 認証LSI（FPGA）を核とし、信号発生器（DA変換器）、検出器（AD変換器）等の周辺機器を含めてスタンドアロンで動作する認証システムを開発する予定であったが、こちらの方も着手するには至らなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 10件)

稲田 高志, 手のひら伝搬信号を用いたバイオメトリクス認証における識別性能の改善, 平成 25 年度鳥取大学工学研究科修士学位論文, 査読無, 2014, pp. 1-59

大串 達, 手のひら伝搬信号認証における多変量解析に基づく特徴抽出法の検討, 平成 25 年度鳥取大学工学部卒業論文, 査読無, 2014, pp. 1-30

稲田 高志, 大串 達, 中西 功, 李 仕剛, 手のひら伝搬信号による個人認証の研究, 第 15 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム講演論文集, 査読無, 2013, pp. 229-231

I. Nakanishi, T. Inada, and S. Li, Performance Evaluation of Intra-Palm Propagation Signals as Biometrics, Proc. of 2013 International Conference on Biometrics and Kansei Engineering (ICBAKE2013), 査読有, 2013, pp. 91-94

稲田 高志, 曾谷 勇太, 中西 功, 李 仕剛, 手のひら伝搬信号による個人認証の試み(続報), 第 2 回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム予稿集, 査読無, 2012, pp. 73-79

稲田 高志, 曾谷 勇太, 中西 功, 李 仕剛, 手のひら伝搬信号による個人認証の試み, 電子情報通信学会第 1 回バイオメトリクス研究会資料, 査読無, 2012, pp.39-44

稲田 高志, 中西 功, 李 仕剛, Biometric Authentication Using Intra-Palm Propagation Signals, Proc. of International

Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2012), 査読有, 2012

中西 功, 曾谷 勇太, 稲田 高志, 李 仕剛, 人体伝搬信号による個人認証の研究 ~ 1vs1 SVM 導入による性能改善 ~, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, SIP2011, 2012, pp. 293-297

曾谷 勇太, SVM に基づいた人体伝搬信号による個人認証, 平成 23 年度鳥取大学工学研究科修士学位論文, 査読無, 2012, pp. 1-65

稲田 高志, 手のひら伝搬信号によるバイオメトリクス認証, 平成 23 年度鳥取大学工学部卒業論文, 査読無, 2012, pp. 1-31

〔学会発表〕(計 5件)

中村 和雅, 稲田 高志, 中西 功, 李 仕剛, 手のひら伝搬信号に関する検討, 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2012 年 10 月 20 日, 鳥根大学

稲田 高志, 中村 和雅, 中西 功, 李 仕剛, 手のひら伝搬信号の認証性能評価, 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2012 年 10 月 20 日, 鳥根大学

稲田 高志, 中村 和雅, 中西 功, 李 仕剛, 手のひら伝搬信号による個人認証の研究 -新しい測定器による測定-, 電子情報通信学会総合大会, 2013 年 3 月 20 日, 岐阜大学

大串 達, 稲田 高志, 中西 功, 李 仕剛, 手のひら伝搬信号の個人内・個人間変動の検討, 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2013 年 10 月 19 日, 岡山大学

稲田 高志, 大串 達, 中西 功, 李 仕剛, 手のひら伝搬信号認証における入力信号に関する検討, 電子情報通信学会総合大会, 2014 年 3 月 20 日, 新潟大学

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等: なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中西 功 (NAKANISHI, Isao)

鳥取大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 80243377

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし