

脳波による個人認証の研究 —分割周波数帯域での EEG スペクトルの 1vs1SVM での認証—

吉川 拓也[‡] 福田 紘尚[†] 中西 功[‡] 李 仕剛[‡]

[†] 鳥取大学工学部 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町 4-101

[‡] 鳥取大学大学院工学研究科 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町 4-101

E-mail: [‡] m13t3037@faraday.ele.tottori-u.ac.jp, {nakanishi,li}@ele.tottori-u.ac.jp

あらまし 我々は、個人認証への脳波の利用を試みている。脳波は、脳内から自発的に発生し、意識せずに生体情報の提示が可能である。さらに、電極を取り付けることにより検出されるため、秘匿性に優れている。また、だれもが脳波を利用することができるので、利便性に優れている。我々は、運転者認証を想定し、運転中の被験者から検出された脳波を用いて識別性能の評価を行ってきた。従来までの識別方法は、テンプレートデータと照合用データとの類似によって求められた。しかし、認証率は、高くはなかった。そこで、EEG の周波数帯域を複数の領域に分割し、各周波数帯域で認証を行い、そして個人毎に認証率が良い周波数帯域だけを用いて、1vs1SVM による認証実験の評価を行った。被験者が 30 人の場合での照合実験では、EER は 31% であった。

キーワード バイオメトリクス, 脳波, 個人認証, 1vs1SVM

Person Authentication using EEG —Verification Based on 1vs1SVM using Divided EEG Spectra—

Takuya Yoshikawa[‡] Hironao Fukuda[†] Isao Nakanishi[‡] Shigang Li[‡]

[†] Faculty of Engineering, Tottori University 4-101 Koyama-minami, Tottori, 680-8552 Japan

[‡] Graduate school of Engineering, Tottori University 4-101 Koyama-minami, Tottori, 680-8552 Japan

E-mail: [‡] m13t3037@faraday.ele.tottori-u.ac.jp, {nakanishi,li}@ele.tottori-u.ac.jp

Abstract We have proposed to the use the electroencephalogram (EEG) for person authentication. The EEG is spontaneously generated from the brain, and can be detected by attaching the electrodes on the scalp. Therefore, it becomes highly confidential information. We have assumed the driver authentication and have evaluated the verification performance of EEGs which are measured from subjects who are driving. In conventional studies, verification performance was evaluated ed by the similarity between the template data and verification data. In this paper, we divide the frequency bands of the EEG into several regions, perform verification in each frequency region, and evaluate the verification performance using only the distinguishable frequency region by 1vs1SVM. In experiments using 30 subjects, the EER of 31% was obtained.

Keyword Biometrics, Electroencephalogram (EEG), Person Authentication, 1vs1SVM

1. はじめ

近年、生体情報を用いたバイオメトリクス認証が、発達している。バイオメトリクス認証は、生体情報を登録した IC チップを内蔵したバイオメトリクスパスポートや、金融機関の ATM、企業内の入退室管理などに利用されている。なぜなら、個人認証技術の重要度が高まったためである。

主に、用いられている生体情報は、指紋や、虹彩や手のひら静脈などである。それらの利点は、パスワードを覚える必要がないことや、IC カードを持つ必要がないことである。しかし、欠点は、認証後の利用者の入れ替わりに対応できないことである。さらに、指紋や虹彩は、体の表面に露出しているため、それらの情

報が盗まれる危険性がある。対策は、体の内部の情報を用いることや、無意識に生体情報を提示できるものを用いることである。

そこで、我々は、脳波の利用を試みている。脳波は、脳内から自発的に発生し、意識せずに生体情報の提示が可能である。さらに、電極を取り付けることにより検出される[1]ために秘匿性に優れている。また、誰もが脳波の利用を利用することができ、利便性に優れている。応用例としては、飛行機や船、公共交通機関の運転手が考えられる。さらに、飲酒運転や居眠り運転の検出を個人認証と組み合わせることが可能ならば、非常に興味深いものである。

従来、運転者認証を想定し、運転中の被験者から検

出された脳波を用いて識別性能の評価を行って来た[2]。従来までの識別方法は、テンプレートと照合用データとの類似を求めたものである。しかし、認証率は高くなった。

そこで、本論文では、EEGの周波数帯域を複数の領域に分割し、個人毎に認証率が良い帯域を見つけ、その帯域だけを用いて 1vs1SVM による識別性能の評価を行う

2. 脳波を用いた運転者認証

運転者認証は、運転中に、個人認証の行うことである。さらに、脳波を用いた認証は、認証の意識することなく行うことができる。

脳波測定には、実際に被験者に運転を行ってもらったのが最良であるが、事故の危険性がある。そこで、研究室内に経路トレースと簡易運転シミュレータという2つ仮想環境を構築した。

経路トレースとは、経路映像を見て自身との記憶の照合を行う中で、その時の脳波を測定する実験のことである。図1は、経路トレース時の映像の一部を示す。



図1 経路トレース時の映像の一部

簡易運転シミュレータとは、ゲーム機を用いて実際の運転に近い環境を再現し、運転中の脳波を測定する実験のことである。図2は、簡易運転シミュレータの映像の一部である



図2 簡易運転シミュレータ時の映像の一部

3. 特徴抽出

脳波は、大きな個人内変動を持っている。故に、脳波から直接認証のための個人特徴を抽出するのは、困難である。そこで、脳波にFFTを行うことによりパワースペクトルを算出する。さらに、算出されたパワースペクトルでの α 波帯域と β 波帯域をそれぞれ分割し、それぞれの帯域毎に、平均スペクトルを算出する。それぞれの平均スペクトルは、個人特徴であり、認証に用いる。図3は、帯域でのパワースペクトルやその平均を示す。

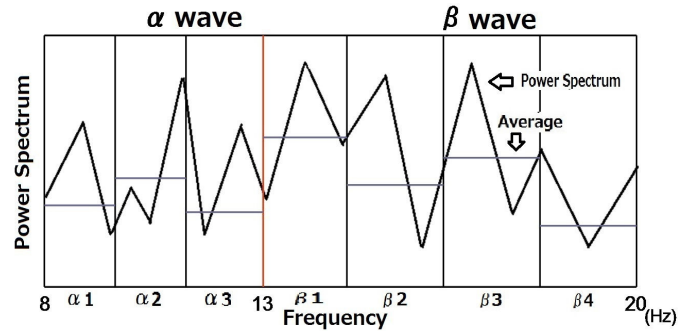


図3 分割されたパワースペクトル

4. サポートベクターマシン (SVM)

照合部分に、サポートベクターマシン (SVM) [3]を用いる。SVMは、教師あり学習を用いたパターン分類器の1種であり、2つのクラス間の距離が最大になるように学習することにより、未学習データに対して高い識別性能を発揮する[4]。

しかし、SVMは、本来2分類器であるため、照合に用いる場合は拡張必要である。その拡張としては、1vsAllSVMと1vs1SVMがあり、1vsAllSVMは、本人と他人データの偏りが生じる[5]。そこで、偏りが生じない1vs1SVMを用いる。

認証の流れは、図4で示す。登録用では、脳波は、FFTを用いて解析され、そして、正規化される。次に、各利用者の学習モデルは、平均パワースペクトルを学習モデルとして、SVMによって作成される。

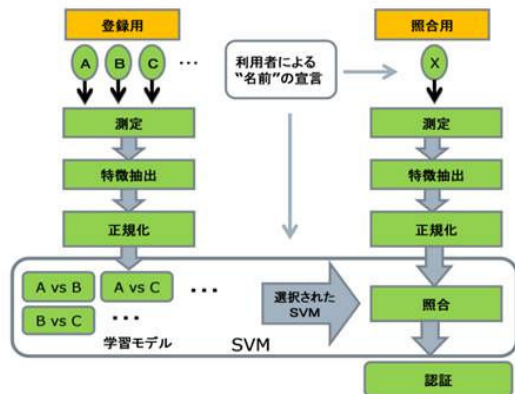


図4 認証の流れ

照合用では、初めに、利用者は、“名前”の宣言を行う。利用者の脳波を測定し、登録用と同様に前処理を施した後、SVMで評価を行う。このとき用いるSVMは、最初に宣言してもらった利用者に関連するSVMだけである。SVMによる評価値は、実数で与えられ、符号関数で「+1」か「-1」にする。そのあと、各利用者SVMにおいて「+1」を出力したSVMの数を数える。この「+1」の数がしきい値以上であれば本人、未満なら他人とする。

5. 認証実験

5-1 測定条件

測定条件では、被験者数は30人であり、1日1回、1週間以上の間隔で、1人当たりの10回測定した。そして、測定環境では、図5のような条件下で構築している。被験者とスクリーンの間の距離は、130cm、スクリーンの大きさを横110cm、縦83cmである。脳波計には、brain builder unit[6]を用いた。その外観を図6に示す。電極の装着配置は、10/20法で定義される前頭極の部位(FP1)に対応する。

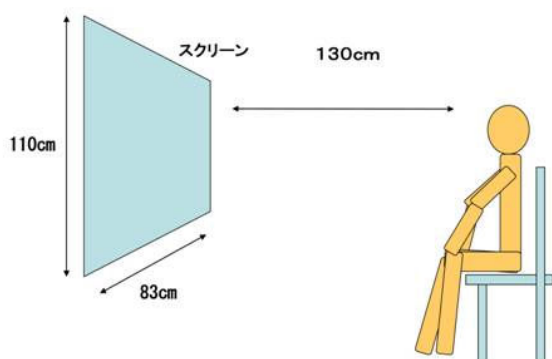


図5 測定環境



図6 脳波計

5-2-1 全体帯域での認証評価

初めに、EEGの全周波数帯域(8~20Hz)を用いて、認証性能の評価を行った。学習データの数は、5個の本人データと5個の他人データである。テストデータの数は、5個の本人データと145個(5個×29人)の他人データである。性能は等誤り率(EER)で評価した。EERは、本人拒否率(FRR)と他人受け入れ率(FAR)が等しくなる点のことである。FRRは本人を他人と判定した率であり、FARは他人を本人と判定した率である。

結果は、図7、8に示す。簡易運転シミュレータと経路トレースでのEERは、30%であった。よって、識別性能は、大幅に向上しなかった。

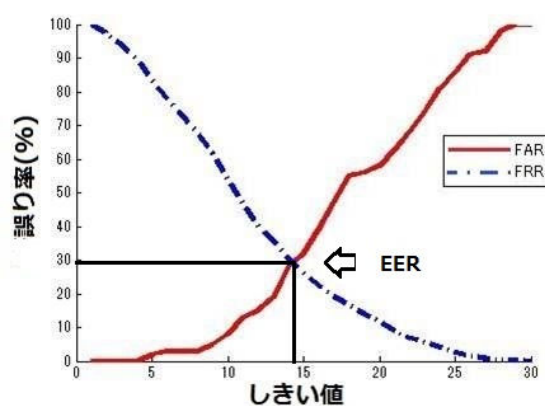


図7 簡易運転シミュレータ時の結果

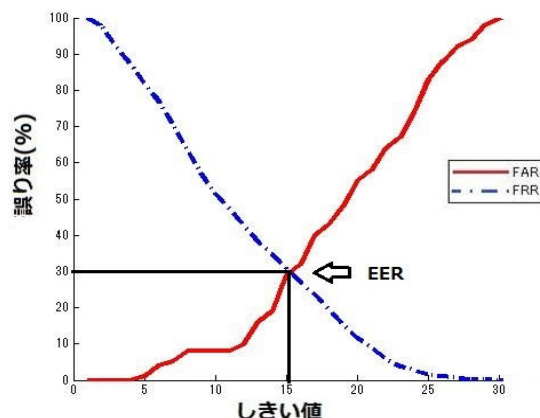


図8 経路トレース時の結果

5-2-2 個人特徴を有する周波数帯域での認証

個人特徴を有する周波数帯域だけを用いて認証性能の評価を行う。求め方は、EEGの周波数帯域での α 波帯域を3分割、 β 波帯域を4分割し、分割帯域毎に、平均パワースペクトルを求め、それらを用いて、1vs1 SVMにする認証性能の評価を行う。そして、個人にとって1番認証率が良い周波数帯域を見つける。

表1 簡易運転シミュレータ時の認証率(%)の結果

被験者	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\beta 1$	$\beta 2$	$\beta 3$	$\beta 4$
1	69.7	76.2	62.8	60.7	67.9	74.1	71
2	77.2	72.8	57.6	68.6	67.6	74.5	73.5
3	77.9	67.2	57.6	64.8	75.2	70.7	63.5
4	76.2	74.5	63.1	82.1	67.6	79.3	80.7
5	70.7	77.6	64.5	60	64.5	71.4	76.6
6	82.8	78.3	48.6	66.9	68.3	74.1	74.5
7	86.2	69.7	66.6	63.8	80.3	77.2	77.6
8	73.5	87.6	72.8	72.8	75.2	82.1	74.8
9	73.5	70.3	60.7	62.1	68.3	71	75.5
10	75.2	69.7	60.3	64.5	73.8	74.1	85.2
11	76.9	72.4	80	62.8	68.3	74.5	85.2
12	73.5	68.6	70	67.6	65.2	73.1	74.8
13	83.1	62.8	60.7	63.8	66.6	79	82.4
14	75.9	69	62.1	68.3	75.2	72.1	70.3
15	72.8	65.9	61	62.4	53.1	74.1	65.5
16	71.4	75.5	63.8	70.3	69	73.8	74.8
17	51.7	64.8	40	68.3	75.5	67.9	65.9
18	80.3	87.2	93.8	61.4	83.5	88.6	90.7
19	66.6	65.5	62.8	61.7	67.6	77.2	69.7
20	79	72.1	64.1	59.7	70.7	84.1	74.5
21	65.2	64.8	58.3	65.9	69.3	76.6	69
22	66.9	69.7	63.5	64.8	68.3	69.3	65.9
23	77.2	57.6	61.7	71	57.6	66.6	74.1
24	87.6	76.6	53.1	63.5	78.3	85.9	85.2
25	77.2	72.4	59.3	62.1	75.2	67.2	76.2
26	71.4	70.7	61	63.1	63.5	75.5	73.1
27	84.5	83.5	66.2	53.8	82.4	89.3	80.7
28	61	69	63.5	67.6	70	60	69.3
29	69.7	67.6	73.8	57.9	73.5	77.2	78.3
30	79.3	60	61.4	59.3	67.9	71.7	66.6

表2 経路トレース時の認証率(%)の結果

被験者	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\beta 1$	$\beta 2$	$\beta 3$	$\beta 4$
1	71.8	67.5	67.1	61.1	69.6	61.8	67.9
2	78.2	62.9	76.8	67.9	74.6	70	68.9
3	73.9	56.8	73.2	62.5	65.4	66.4	60.4
4	76.1	67.5	75.7	63.2	70	65	66.1
5	73.6	64.6	69.6	78.6	73.6	61.8	72.5
6	72.1	61.8	71.1	61.8	77.5	78.9	76.4
7	77.5	66.8	70.7	60	67.9	62.5	65
8	73.6	89.3	63.9	84.3	85.7	86.1	68.9
9	76.8	66.1	70.7	57.9	57.9	59.3	68.2
10	76.1	83.9	57.9	64.6	74.3	69.6	78.9
11	75.4	62.9	74.3	57.5	71.1	63.9	73.2
12	74.3	60.4	70	66.4	73.6	64.6	68.6
13	72.1	76.8	67.9	74.3	61.1	68.9	85.7
14	89.3	65.7	78.2	71.1	81.8	72.5	65.7
15	71.8	61.4	64.6	53.9	59.3	59.6	48.9
16	61.1	65.7	93.6	62.9	68.6	65.7	69.6
17	77.5	66	61.2	73.5	76.5	66.9	60.3
18	83.2	93.6	81.1	56.4	82.1	94.3	93.6
19	76.8	66.1	72.5	44.6	65.7	66.1	71.1
20	60.4	71.1	53.9	53.2	61.8	70.7	73.2
21	82.1	58.9	68.9	64.6	73.9	71.4	60.4
22	82.5	66.1	66.1	58.6	69.3	70.4	69.3
23	76.4	78.6	76.1	62.5	74.6	70.4	63.2
24	77.5	65.7	69.3	63.9	68.6	72.1	76.8
25	76.4	66.1	67.9	62.1	70	60.7	62.9
26	68.2	71.1	70.7	72.9	75.4	50	52.5
27	89.3	83.2	68.6	66.8	80.7	79.6	86.4
28	77.1	78.9	72.9	61.1	77.5	53.9	66.4
29	69.3	85.4	85.4	58.2	76.8	88.6	73.2
30	80.7	59.6	80	60.7	72.5	57.9	63.9

表1, 2は、簡易運転シミュレータ時と経路トレース時の認証率(%)を示し、個人特徴を有する周波数帯域に色付けされている。これから、認証率が1番良い帯域は、被験者に異なっていることがわかる。

次に、個人特徴を有する周波数帯域だけを用いて認

証性能の評価をした。その場合、個人特徴を有する周波数帯域での平均パワースペクトルは、1次元データである。

図9, 10に簡易運転シミュレータ時と経路トレース時の結果を示す。簡易運転シミュレータの場合でEERが30%、経路トレースの場合でEERが31%であった。全帯域を用いた場合も個人特徴を有する周波数帯域を用いた場合もEERは、ほぼ同じであった。これは、個人特徴を有する周波数帯域を用いる有効性が、次元数が1次元に減少することにより相殺されたためだと思われる。個人特徴の次元が少ない場合には、SVMが十分にその性能を発揮することができない。

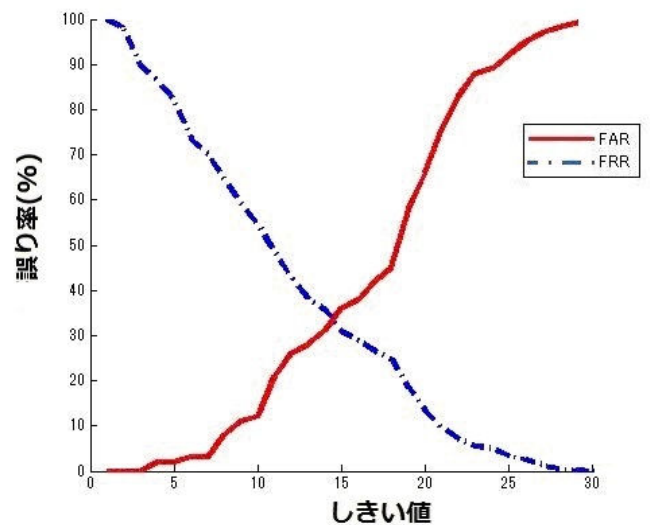


図9 平均パワースペクトル(1次元)を用いた場合の結果(簡易運転シミュレータ時)

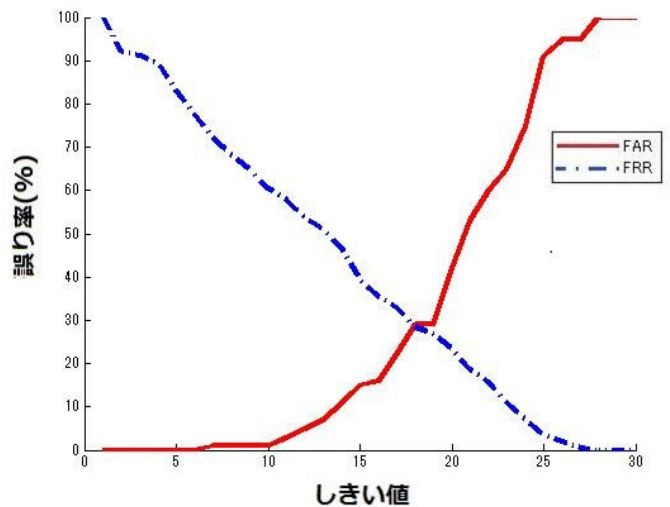


図10 平均パワースペクトル(1次元)を用いた場合の結果(経路トレース時)

そこで、個人特徴の次元数を増加させ、認証性能の評価を行った。具体的には、個人特徴を有する周波数帯域を5つに分割し、それぞれの平均パワースペクトルを算出し、そして、学習および照合には5つの平均パワースペクトルを用いて評価を行った。認証性能の評価では、表1で色づけされた個人特徴を有する周波数帯域を用いた。

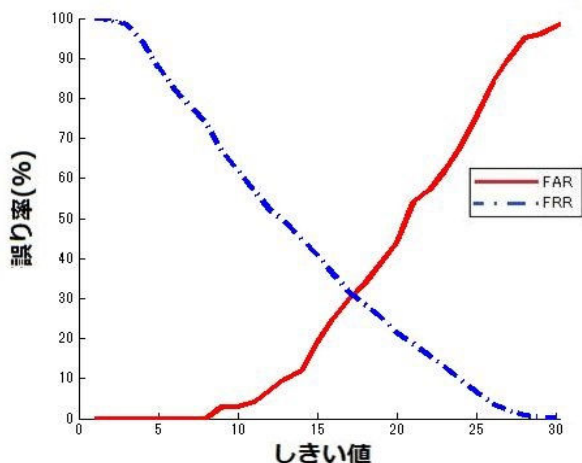


図 11 平均パワースペクトル(5次元)を用いた場合の結果(簡易運転シミュレータ時)

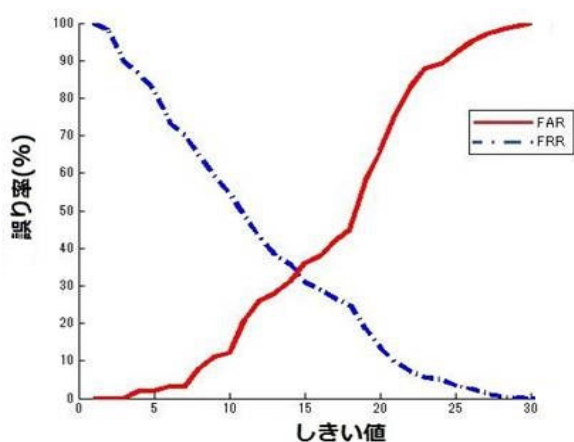


図 12 平均パワースペクトル(5次元)を用いた場合の結果(経路トレース時)

図 11, 12 に簡易運転シミュレータ時と経路トレース時の結果を示す。簡易運転シミュレータの場合、EER が 32%、経路トレースの場合、EER が 31%であった。結果から、平均スペクトルの次元数を上げて、識別性能は、改善されなかったことから、個人特徴にスペクトルを用いるのではなく、他の新しい特徴を用いる必要があると考えられる。

今後の課題は、新しい特徴抽出の検討を行うことである。

6. まとめ

本研究では、EEG の周波数帯域を複数の領域に分割し、分割した帯域をすべて用いて認証性能の評価を行った。また、分割された帯域ごとに認証を行い、認証率の良い帯域だけを用いて、1vs1SVM による認証性能の評価を行った。結果として、全帯域を用いた場合、簡易運転シミュレータと経路トレースともに、EER は 30%であった。一方、個人特徴を有する周波数帯域を用いた場合、簡易運転シミュレータ時の EER は 30%、経路トレース時の EER は 31%であった。さらに、個人特徴を有する周波数帯域を用いた場合の平均パワースペクトルが 1 次元データであるため、次元数を 5 次元に増加させ、認証性能の評価を行った。結果として、簡易運転シミュレータ時の EER は 32%、経路トレース時の EER は、31%であった。すべての条件において、EER は、ほとんど同じだった。故に、個人特徴をスペクトルで行うのではなく、他の新しい特徴を検討する必要がある。

今後の課題として、新しい特徴抽出の検討が挙げられる。

文 献

- [1] 大熊輝雄, 松岡洋夫, 上埜高志, “脳波判読 step by step 「入門編」”, 医学書院, 東京, 2006
- [2] I. Nakanishi, S. Baba, K. Ozaki, and Shigang Li, "Using Brain Waves as Transparent Biometrics for On-Demand Driver Authentication", International Journal of Biometrics, 2013
- [3] T. Joachim, “SVM-light Support Vector Machine”, HP <http://svmlight.joschms.org/>
- [4] N. Cristianini, J s-Taylor, 大北剛訳, “サポートベクターマシン入門”, 共立出版, 2005
- [5] Y. Sodani, I. Nakanishi, Shigang Li, Introduction of 1vs1 SVM Into Biometrics Authentication Using Intra-body Propagation Signals, Proceedings of the IEEE Region 10 Conference, pp 1617-1621, Nov.2010
- [6] Brain Function Research Center, HP <http://www.alphacom.co.jp/bfrdc/soft.htm>