

ケプストラム解析を用いた脳波個人認証の検討

A Proposal for Brainwave Biometrics with the Cepstral Analysis Method

霧 浩二
Koji Tsuru

1. はじめに

個人認証に身体情報を用いる指紋や顔認証などのバイオメトリックス認証は、セキュリティを重視する用途に広く使われるようになってきた。しかし、現在の認証システムは、登録時に保存した登録データ(主に画像データ)をもとに、検査時に取得した認証データと比較検証するため、人工指や顔写真などの提示で、“成りすまし”などの詐称を完全に防ぐことは困難であるという報告がなされている[1]。今後、個人認証の利用が拡大すればするほど、生体情報による個人認証では、脆弱性への懸念も拡大するという問題を抱えている。

脳波 (EEG) は、頭皮上の電極から記録した生体内部からの情報である。この脳波から手や足の動きを読み取り、身体障害者用義肢等の制御が検討されている。体を動かすイメージ (運動想起) や、視覚や聴覚などの感覚器からの入力、筋肉を動かすなどの運動器官の制御により、脳の特定期間から特徴的な脳波信号が出力される。そして、これら脳波信号のうち周波数帯域、位相同期・非同期、賦活位置などは、有意な個人差があることが分かっている。このような脳波における個人差の違いは、1930年代から障害の遺伝的診断のため測定されてきた。そして、90年代の終わりより、健常者の脳波を個人の識別に用いた研究が行われるようになった。この脳波を用いた個人認証が実現できれば、様々な脳の活動を個人の特徴量として用いることができるので、従来の生体認証の弱点であった生体の数少ない指紋や顔などの特徴量を用いる方法よりも、セキュリティを高めることができ、また、生体情報の偽造などを防ぐことができる生体検知も容易に実現できる。

脳波を用いた個人認証の研究には、主に3つの種類がある。1つは、通常時の脳波を用いた研究である[2-4]。Poulos は、 α 、 β 、 γ 、 θ 波の各脳波帯を用いて、72-84%の個人識別が可能であるとの報告した[5]。また、安静時の α 波を用いた研究も多く行われている。Paranjape は、目を開けた時と閉じたときの脳波から個人識別の検討を行った[6]。2つ目は、特定の動作を指示したときに出てくる脳波を用いた個人認証である[7]。Marcel は、動作や言語を想起したときの脳波などを用いた個人の識別を行った[8]。3つ目は、報告は少ないが、記憶に関連する脳波の陽性振幅P300を用いた個人認証がある[9]。

本報告では、2番目の被験者に動作を指示し、その動作を想起したときの脳波による個人認証について検討を行った。従来の方法と新たなケプストラム法による特徴抽出を用いた方法の2つで個人認証を行い、個人識別率を比較した。その結果、ケプストラム法による個人認証は、従来の周波数帯域法より、少ない特徴量でも高い個人識別率を得

られることを明らかにし、0.2 (20%)の等価エラー率を得た。

2. 実験方法

2.1 解析データ

本報告で用いた脳波データは、グラーツ工業大学が提供している脳波データを用いた[10]。このデータは、9人の脳波データからなり、測定日の違いにより2つのデータセットに分かれる。これらのデータは、動かす部分(右手、左手、両足、舌)を被験者に教示し、その後各運動部分を動かす想起した時の脳波である。データには、教示期間2秒と教示後の動作想起4秒の6秒間の脳波が含まれている。サンプリング周波数は250Hzである。脳波測定用の電極は、10-20法で22か所測定されているが、本報告では、前後左右の脳波の違いが分かるFz, C3, C4とPzの4電極を用いた。また、各データセットにそれぞれ想起する各運動部位あたり288個の脳波データがあり、瞬き等のアーチファクトを含むデータを除去して使用した。第1日目のデータセットをトレーニング用のデータとして用い、第2日目のデータセットを試験用のデータとして用いた。

2.2 特徴抽出

脳波データから特徴を抽出するために、従来からある周波数帯域法とケプストラム法を用いた。周波数帯域法、40Hzまでの周波数範囲で対数振幅スペクトラムを求め、さらに2Hz毎に帯域を取り特徴とした。ケプストラム法は、音声認識で広く用いられている方法である。本報告では、各電極から記録された脳波の対数振幅スペクトラム信号に、離散コサイン変換(DCT)して、特徴量を求めた。特徴量は、4つの電極から得られた値を、低次元から取って特徴量(4→8→12...)として用いた。

2.3 判別

本報告の識別は、一般的な線形判別法(LDA)とマハラノビス距離を用いた判別法(MD)を用いて行った。

2.4 等価エラー率

マハラノビス距離を閾値として用いることにより、全被験者の平均から他人受入率(FAR)と本人拒否率(FRR)を求めた。そして、等価エラー率(ERR)は、FARとFRR曲線の交点より求めた。

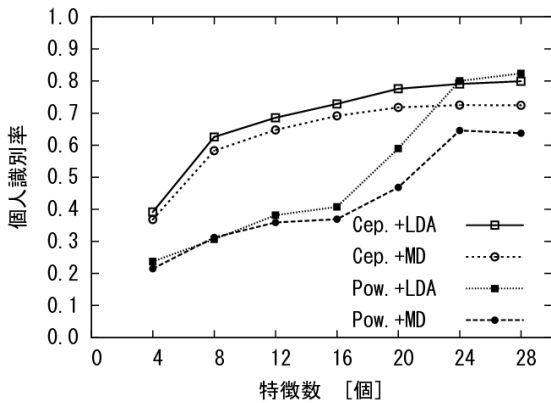


図1 2つの特徴抽出法の個人識別率

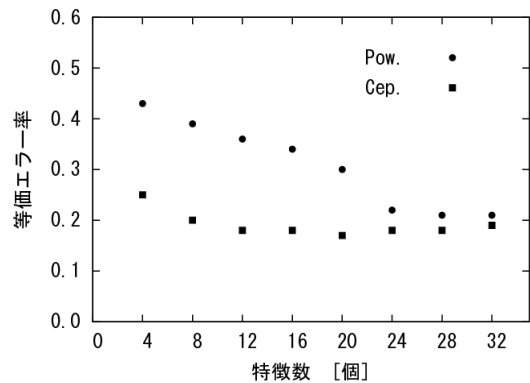


図2 脳波個人認証の等価エラー率

3. 実験結果

図1に9人の被験者の識別率の平均値を示す。特徴抽出は、周波数帯域法(Pow.)とケプストラム法(Cep.)で行い、それぞれをLDAとMDで判別した。判別器による違いは大きくなかったが、LDAを用いた結果がわずかに良い結果を示した。周波数帯域法による特徴抽出は、少ない特徴量では、低い識別率を示したが、ケプストラム法による特徴抽出を行った場合は、少ない特徴量でも、約60-70%という比較的良好な識別率を示した。但し、9人の被験者の中では、識別率が40%程度と低い被験者もいたが、90%を超える被験者もいて、個々人の間でのばらつきは大きかった。

図2にマハラノビス距離を閾値として用いた時の等価エラー率を周波数帯域法とケプストラム法で比較した結果を示す。ケプストラム法は、少ない特徴量で低い等価エラー率0.2(20%)を示した。特徴数が多くなると、2つの方法は同じERR値に近づいた。等価エラー率は、バイオメトリック個人認証システムの性能を評価する指標として用いられている。サンプル数が少ないので信頼性には欠けるが、本報告のEERは、商用の顔認識システムのEERよりも1桁程度高い。

4. 考察

本実験の結果から、ケプストラム法を用いた個人認証が、従来の周波数帯域法よりも、少ない特徴量で有効に識別できた。これは、ケプストラム法で用いられるDCTが有効に脳波情報を圧縮していることが分かる。

脳波による識別率において、個々人の間に大きな差があったことは、今後の研究において、重要な問題となる可能性がある。個人認証においては、どの人も使える普遍性がシステムとして重要である。脳波を用いた機器制御の研究においても、判別が困難な被験者が、ある一定割合で存在することが報告されている[11]。脳波個人認証を実現する上で、ほとんどの人で識別可能な脳波活動を用いた方法の探求が必要である。また、本報告では、被験者数が限られていたため、EERの信頼性も低いと考えられる。今度は、試験対象を増やしてデータの信頼性を増すことも重要である。さらに、同一人物において、脳波の特徴が永続的に観測されるかということも、今後の検討課題である。

5. 結論

本報告では、脳波を用いた個人認証の検討を行った。特徴抽出として、ケプストラム法が、周波数帯域を用いた方法より、少ない特徴量で個人を識別できることを明らかにし、等価エラー率として、0.2(20%)を得た。

謝辞

有意義なコメントを頂きましたグラーツ工科大学BCI研究所のGert Pfurtscheller, Brendan Z. Allison, Josef Fallnerに深く感謝致します。

参考文献

- [1] 鈴木雅貴, 宇根正志, “生体認証システムの脆弱性と生体検知技術の研究動向”, 金融研究, Vol.28, No.10 (2009).
- [2] Riera, A., Soria-Frisch, A., Caparrini, M., Grau, C. and Ruffini, G., “Unobtrusive biometric system based on electroencephalogram analysis”, EURASIP J. Adv. Signal Process, p.1-8 (2008).
- [3] Miyamoto, C., Baba, S. and Nakanishi, I., “Biometric person authentication using new spectral features of electroencephalogram (EEG)”, Proc. 2008 Int. Symp. Intelligent Signal Processing and Communications Systems (2008).
- [4] Fei Su, Liwen Xia, Anni Cai and Junshui Ma, “Evaluation of recording factors in EEG-based personal identification: A vital step in real implementations”, Proc. IEEE Int Systems Man and Cybernetics (SMC) Conf., p.3728-3731(2010).
- [5] Poulos, M., Rangoussi, M., Chrissikopoulos, V. and Evangelou, A., “Person identification based on parametric processing of the EEG”, Electronics, Circuits and Systems, 1999. Proceedings of ICECS '99. The 6th IEEE International Conference, p.283-286 (1999).
- [6] Paranjape, R. B., Mahovsky, J., Benedicenti, L. and Koles, Z., “The electroencephalogram as a biometric”, Proc. Canadian Conf. Electrical and Computer Engineering, p.1363-1366 (2001).
- [7] Bao, X., Wang, J. and Hu, J., “Method of Individual Identification Based on Electroencephalogram Analysis”, Proc. Int. Conf. New Trends in Information and Service Science, p.390-393 (2009).
- [8] Marcel, S. and Millan, J. D. R., “Person Authentication Using Brainwaves (EEG) and Maximum A Posteriori Model Adaptation”, Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Trans., vol.29, p.743-752 (2007).
- [9] Touyama, H. and Hirose, M., “The Use of Photo Retrieval for EEG-Based Personal Identification”, Lecture notes in Computer Science, Springer Berlin, V5068, p.276-283 (2008).
- [10] Brunner, C., Leeb, R., Müller-Putz, G., Schlögl, A. and Pfurtscheller, G., “BCI Competition IV: Data sets 2a”, <http://www.bbci.de/competition/iv/> (2008).
- [11] Allison, B., Luth, T., Valbuena, D., Teymourian, A., Volosyak, I. and Graser, A., “BCI Demographics: How Many (and What Kinds of) People Can Use an SSVEP BCI?”, Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Trans., Vol.18, p.107-116 (2010).