【奨励賞研究】

心拍変動時における高周波心電図を用いた個人識別

川口 哲

東京都市大学大学院 総合理工学研究科

1. はじめに

バイオメトリクス認証とは、生体情報を用いた個人識別である。現在バイオメトリクス認証は指紋認証や顔認証などの様々な認証方法が使われているが、残留した指紋や顔写真等から不正に認証されてしまう脆弱性がある。そこで、新たな生体情報として複製や盗用が困難である心電図に着目した。特に安静時において心電図の高周波帯域に存在する高周波心電図(HFECG)が個人識別に寄与する特徴量とされている。本研究では、心拍変動時におけるHFECGの波形を従来手法通りに利用した場合の個人識別の性能評価を行う。また、性能低下の改善案として HFECG から抽出・選択した時系列特徴量を用い、心拍変動時においても個人識別が可能な手法を提案する。

2. 実験方法

2.1 計測方法

健康な20代の男性被験者 A~G に対し、上半身脱衣・座位姿勢の心電図を、NASA 誘導にて計測した。サンプリング周波数は 1000Hz、アナログフィルタは 0.5~300Hz であった。心拍変動時の心電図を計測するため、エルゴメータを用いて運動負荷を与えた。目標となる心拍数を得るために与える負荷には個人差があるので、負荷は被験者ごとに可変とした。求める目標心拍数は、安静時心拍数を 100%とした場合、120%、140%、160%の心拍数とし、それぞれ5分間計測した。

2.2 解析方法

(1) 前処理

計測した心電図をフィルタリング処理し、HFECG が含まれる周波数帯である 40~150Hz 帯域を抽出した。個人識別に用いるデータセットを作成するため、心電図の R 波のピーク値の時間を基準として一拍毎に HFECG の切り出しを行い、目標心拍数ごとに振り分けた。

切り出した HFECG の波形から tsfresh という Python の特徴量抽出ライブラリを使用し、複数の時系列特徴量を抽出した。抽出した特徴量の中には冗長な特徴量も含まれるため、個人識別に寄与すると示唆される特徴量を選択した。その際に使用したデータは、被験者 5 名の安静時 15 拍分の HFECG から抽出された特徴量である。計測した被験者 7 名中 5 名を 1 群とし、組み合わせを変え、計 21 群それぞれに対し、選定処理を行った。個人識別に使用し比較するデータとして、21 群に対して 3 群以上に選ばれた特徴量と、HFECG 波形を用いた。

(2) 個人識別

3 層のニューラルネットワーク(教師あり学習)を用いた 5 名の個人識別を行った。学習には各被験者の安静状態の 15 拍分のデータを、識別には被験者 A の各心拍変動時の 50 拍分のデータと、被験者 B~E の安静状態の 50 拍分のデータを用いた。評価指標は被験者 A の正解率を使用し、学習と識別を 10 回繰り返した平均を比較した。

3. 結果・考察

Fig.1 に心拍変動時の個人識別結果を示す。Fig.1 内の Wave segment は従来手法通りの HFECG の波形を用いた結果であり、Selected features は本提案手法の結果である。両凡例末尾のかっこ内の数字は学習・識別に用いた一拍毎の特徴量の数である。

従来手法では心拍数が上昇すると共に正解率が大幅に低下した。これは HFECG の波形をそのまま使用していたことが、心拍変動時の波形の乱れに対応できず低下したと考えられる。一方で、提案手法での正解率は安静時よりも低下したが、従来手法よりも遥かに向上した。結果的に個人識別に有効な特徴量を選定できたと示唆された。

また、個人識別に用いる特徴量の数が従来手法より 60%削減できた。

これより、提案手法を用いることで正解率が向上でき、学習・識別に要する計算コストを下げ、学習時間の短縮が可能とも推察された。

今後は多様な心電図変化に汎用的かつ有効な特徴量の精査を行う。

Fig.1 Personal identification when heart rate fluctuates

4. 参考文献

- 1) Futoshi Tashiro, et al., "Individual identification with high frequency ECG : Preprocessing and classification by neural network", Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2011, pp.2749-2751