

人体と物体との接触帯電により空間に生じる電位分布を利用した腕動作検出

平野 夢得[†] 重宗 宏毅[‡] 臺原 学[‡] 澤田 秀之[‡]
 早稲田大学先進理工学部[†] 早稲田大学理工学術院[‡]

1. はじめに

様々なセンサを用いて、高い精度で人体動作の検出と認識を行う手法が提案されている。しかし、これらのシステムの多くは、大規模な光学システムや複雑な電子回路を要する[1]。動作検出システムがより日常生活の中に溶け込むには、簡易なセンシング技術が肝要である。

本稿では、シンプルな回路構成で身体動作の検出を可能とするシステムの構築を目的として、人体と物体間の接触帯電現象に着目する。帯電によって生じる電場を利用して、人体腕部の動作認識を行う手法を提案する。

2. 測定原理

本研究では、接触帯電を利用して人体電位を測定する。以下、測定原理を述べる。

2.1 接触帯電

二つの物体を接触させることによって、両物体は帯電する[2]。この現象を接触帯電と呼ぶ。帯電量は接触面積に従って増加し、この接触面積の増加は摩擦現象等によっても起こる[2]。本研究では、腕と物体を摩擦させることで帯電量を増加させて実験を行う。

2.2 静電気現象に対する人体の性質

静電気に対して、人体はおおよそ導体として振る舞う[2]。導体はその表面に等電位面を形成する。予備実験により、人体も部位によって電位が変化しないことを確認した。予備実験は 3.1 の実験環境下で実施し、腕、額、膝裏の 3 部位で測定した。その結果、電位の差はほとんど見られなかった。よって、ある部位が動くことで起こる人体表面の電位変化は、別の部位に貼り付けた電極でも測定できる。

3. 実験手法

右腕に電極を直接貼り付け、帯電物体周りで

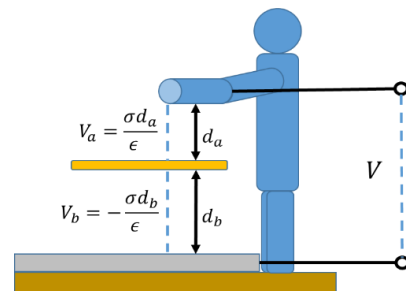
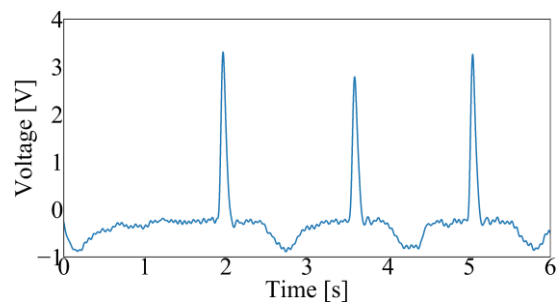
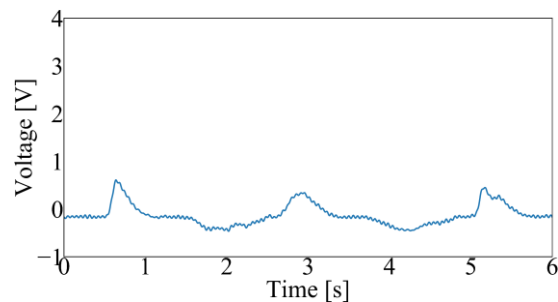


図1 実験環境の概要



(a)変位速度「速い」における電圧波形例



(b)変位速度「普通」における電圧波形例

図2 速度ごとの電圧波形例

動作を行うことによって変化する人体電位変化を測定する。測定した電位変化にノイズ処理を施し、動作に対応する信号を切り出す。切り出された信号より特徴量を抽出し、サポートベクターマシン (SVM) によって識別を行う。今回は初期位置や速度の異なる 6 種類の左腕動作パターンを識別した。各実験手法を以下に述べる。

3.1 実験条件

図1に、今回の実験環境の概要を示す。人体と

Arm motion detection using potential distribution generated by contact between a human body and an object

[†]Y. Hirano, M. Daihara, School of Advanced Science and Engineering, Waseda University

[‡]H. Shigemune, H. Sawada, Faculty of Science and Engineering, Waseda University

鉄板の間に接触帯電により帯電した絶縁体を吊るし、左腕を絶縁体より上方向へ移動する。絶縁体は帯電列を考慮し、帯電量の多くなる PTFE とした[3]。変位速度は、「速い」、「やや速い」、「普通」、「やや遅い」、「遅い」の5段階とし、それぞれ 2000 mm/s, 1100 mm/s, 300 mm/s, 150 mm/s, 100 mm/s を基準として実験を行った。また、腕を移動する際の開始位置は、PTFE を基準に 0 mm, 50 mm, 100 mm, 150 mm の4段階とした。開始位置 0 mm とは、PTFE と左腕が接触している状態である。速度と開始位置をそれぞれ組み合わせて実験を行った。今回の実験では、人体と鉄板の間にコンデンサが形成されているモデルを仮定し、人体-鉄板間の電位差をオシロスコープにて計測することにより、間接的に人体の電位変化を得る。図1より、人体と鉄板間の電位差 V は、

$$V = \frac{\sigma}{\epsilon}(d_a - d_b)$$

と表される。ここで σ は電荷の面密度、 ϵ は誘電率である。ただし、実際にはコンデンサ間から漏れる電場や充放電の関係で、上式の結果と一致はしない。今回 d_b は一定(60cm)とした。

3.2 ノイズ処理

図2に得られる電圧波形の一例を示す。この波形はハムノイズの影響を考慮し、あらかじめノイズ処理を施したものである。図2(a)および(b)は、速度の異なる場合の電圧波形の例を示している。この図より、波形変化は移動速度が大きいほど増加することがわかる。

3.3 切り出しと特徴量抽出

ノイズ除去の後、波形の切り出しを行う。例として図2(a)にはピークが3個存在するが、このピーク一つに対し、1回の腕の動作が該当する。これらの波形をそれぞれ切り出した。また、切り出した波形から、電圧の最大および尖度の2つの特徴量を抽出し、SVM を用いて識別した。尖度とは正規分布と比較した際の鋭さを表す統計量である。

4. 実験結果

図3に識別結果を示す。これは5つの速度と4つの開始位置の全20パターンから適当に選んだ、表1に示す6パターンについての識別結果を表している。各々のパターンにつき10回の動作を行い、得られた60データのうちランダムに選んだ42データをSVMの学習に用い、残り18データを使ってテストした。なお、60データの特徴量それぞれにおいて、平均が0、分散が1となるよう

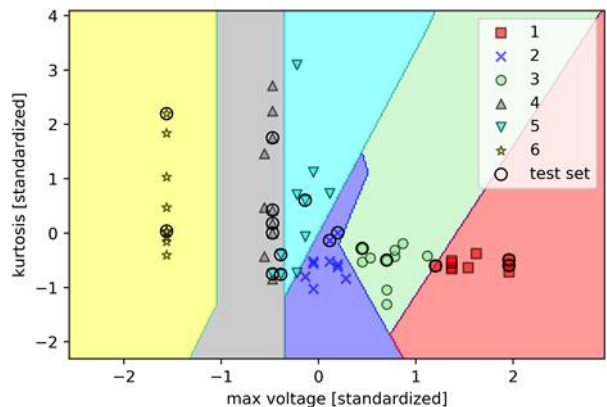


図3 SVMでの認識結果

表1 識別を行ったパターン

パターン	速度	開始位置
1	速い	0 mm
2	やや速い	0 mm
3	速い	50 mm
4	普通	0 mm
5	やや速い	150 mm
6	普通	100mm

にあらかじめ変換を施した。図3において丸い枠で囲まれているプロットがテストデータである。認識率は83.3%であった。誤認識された3つは、パターン5が4と出力された。これはパターン5の電圧の最大値が小さかったことが原因であると考えられる。

表1より、開始位置が一定であり、速度のみが異なるパターンに注目すると、これらのパターンは速度が減少すると電圧の最大値が減少し、尖度の分布が広がることをわかる。また、速度が一定で、かつ開始位置が異なるパターンに注目すると、これらのパターンも開始位置が大きくなると電圧の最大値が減少し、尖度の分布が広がる傾向がある。これらは、速度の減少等により波形変化が小さくなったり緩やかになったりすることが原因であると考えられる。

5. まとめ

物体の帯電現象に着目し、これに基づく腕部動作の認識手法を提案した。簡易な回路構成かつPTFEといった材料のみで、良好に認識が可能であることを示した。今後は更に動作パターンを追加し、手動で行っていた処理を自動化する。

参考文献

[1] J. Shotton et al., CVPR 2011, Colorado Springs, CO, USA, pp. 1297-1304, 2011.
 [2] 村田雄司, “静電気の基礎と帯電防止技術”, 日刊工業新聞社, 1998.
 [3] 労働省産業安全研究所編, “静電気安全指針”, 1988.