

ポリ塩化ビニル板とトナー印刷による接触帯電を用いた腕動作認識システム

平野 夢得¹ 重宗 宏毅² 澤田 秀之³

早稲田大学大学院先進理工学研究科¹

芝浦工業大学工学部²

早稲田大学理工学術院³

1. はじめに

様々なセンサやカメラを用いて、高精度に人体動作の検出と認識を行う手法が提案されている[1]. 我々はこれまでに接触帯電に着目し、PTFE 板周辺にマイナス電位を形成させ、これを用いてシンプルなシステム構成で腕動作の認識ができることを示した[2]. しかし本手法で認識できる動作は、PTFE 板が単一極性にのみ帯電することから 2 パターン程度に限られていた. 本研究では、両極性の電位を板上に形成させるため、印刷に使われるトナー中の電荷制御剤に着目する. ここでは、トナーを用いて特定のパターンをポリ塩化ビニル (PVC) 板に印刷し、これに接触帯電を行うことでプラス電位も容易に形成できることを示す. 両極性電位の形成によってより多くのジェスチャが認識可能となり、様々なインタラクションへ応用可能であることを報告する.

2. トナーによる電位形成

本研究では、トナーを利用してポリ塩化ビニル (PVC) 板に両極性電位を形成する. 以下、両極性電位の形成方法について述べる.

2.1 トナーの電気的性質

印刷で使用されるトナーは摩擦によって帯電する. このときの帯電量や極性は、トナーに含まれる電荷制御剤と呼ばれる成分に大きく依存する[3]. 本研究では、摩擦によってプラスに帯電するトナーを使用した.

2.2 ポリ塩化ビニル板上の電位分布

本研究では、図 1 に示すように A4 サイズの PVC 板左半分にレーザープリンタを用いてトナーを印刷した. PVC は帯電列よりマイナスに帯

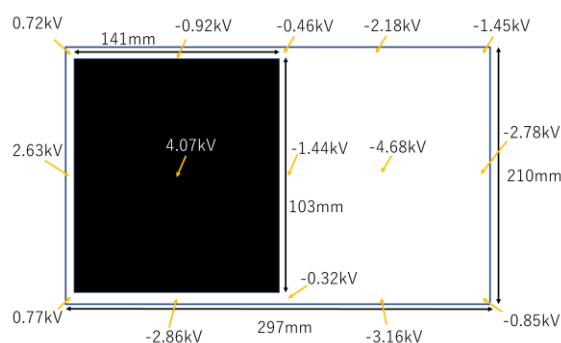


図 1 トナーが塗布された PVC 板

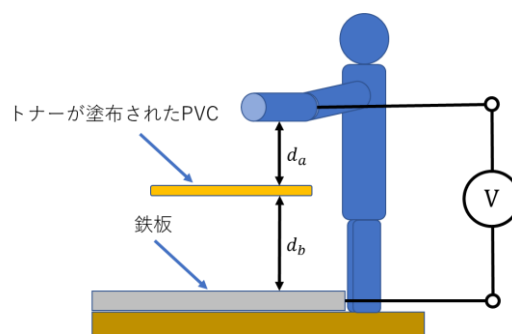


図 2 実験環境

電することが知られている. 今回使用したトナーはプラスに帯電することから、PVC 板を接触帯電させることで両極性電位を板上に形成できる. 図 1 に PVC 板を 5 回摩擦させた際の表面電位を示しているが、この電位から、トナー部分はプラス、PVC 部分はマイナスの電位になっていることがわかり、PVC 板上に両極性電位が形成できていることが確認できる.

3. 実験手法

右腕に電極を直接貼り付け、トナーが塗布された PVC 板周りで動作を行うことによって変化する人体の電位変化を測定する. 測定した電位にノイズ除去処理を施し、動作に対応する信号を切り出す. 切り出された信号から特徴量を抽出し、サポートベクターマシン (SVM) および多層パーセプトロン (MLP) によって識別を行う. 今回は速度の異なる 4 種類の左腕動作パターンを識別した. 実験手法の詳細を以下に述べる.

The arm movement recognition system using contact charging to a polyvinyl chloride sheet printed with toner

1Y. Hirano, School of Advanced Science and Engineering, Waseda University

2H. Shigemune, Faculty of Engineering, Shibaura Institute of Technology

3H. Sawada, Faculty of Science and Engineering, Waseda University

3.1 実験条件

図2に、今回の実験環境の概要を示す。人体と鉄板の間にトナーが塗布されたPVC板（接触により帯電済み）を吊るし、左腕をPVC板より上下方向、左右方向の計4方向へ移動する。各動作の移動速度を、「速い」、「普通」、「遅い」の3段階として実験を実施したため、合計で12パターンの測定値を得た。各パターンはPVCより5cm離れた位置で10回測定した。動作ごとの平均速度を表1に示した。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。鉄板とPVC板間の距離 d_b は一定とした。

表1 各動作の平均速度

平均速度 [mm/s]	遅い	普通	速い
左→右方向	320	960	3390
右→左方向	190	760	2000
上方向	150	460	1300
下方向	120	380	1030

3.2 ノイズ処理および切り出し

図3に各動作によって得られる電圧波形の一例を示す。これらは動作に該当する部分の切り出した波形であり、ハムノイズを除去するためのノイズ処理を施している。測定値より、動作によって波形の概形が異なることがわかる。これはPVC板上に両極性電位が形成されているためである。さらに、動作の速度によって波形のピーク値が異なることもわかる。

3.3 特徴量抽出

切り出した波形から特徴量として、電圧のピーク値と波形の尖度を抽出した。尖度とは正規分布と比較した際の波形の鋭さを表す統計量である。抽出した特徴量を用いてSVMとMLPのモデル化およびモデルのテストを行った。

4. 実験結果

各々のパターンにつき10回の動作を行い、得られた120データのうち切り出し可能であった112データを基に識別を行った。112データからランダムに選んだ84データをモデルの学習に用い、残り28データを使ってテストした。なお、112データの特徴量それぞれにおいて、平均が0、分散が1となるようにあらかじめ変換を施した。

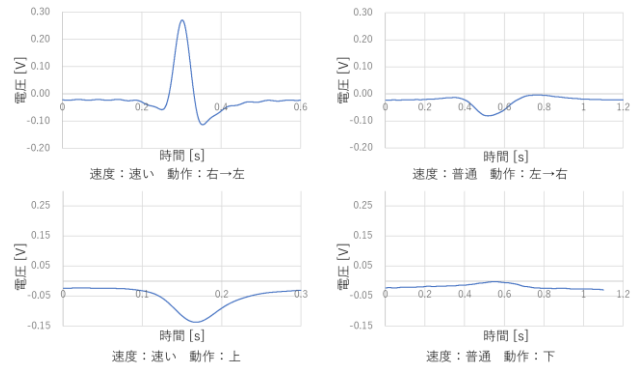


図3 各動作の電圧波形例

SVMで識別した結果、認識率は89.3%であった。遅い速度で行った右→左方向への動作が、遅い速度で行った左→右方向動作または遅い動作で行った上方向動作と誤認識された。また、普通速度で行った右→左方向の動作が、遅い速度で行った右→左方向動作と誤認識された。誤認識されたパターンにはいずれも遅い動作が入っていたため、遅い動作を抜いた9パターンで同様に識別したところ、認識率は100%となった。

MLPで識別した結果、認識率は92.9%であった。MLPでは遅い速度の右→左方向動作が普通速度の下方向動作または遅い速度の上方向動作と誤認識された。こちらも遅い速度のパターンを抜いて識別を行った結果、認識率は95.7%に向上した。MLPの場合は、普通速度の上方向動作が速い速度の上方向動作と誤認識された。

どちらのモデルにおいても動作速度が遅くなるパターンほど多くの誤認識がみられたが、これは遅い速度のパターンの区別がつきにくいために起きたと考えられる。速度が遅くなるほど波形のピーク値が小さくなるため、学習したモデルがほかのパターンの波形と混同した可能性が考えられる。

5. まとめ

トナーがプラスに帯電することを利用した腕部動作の認識手法を提案した。簡易な回路構成かつPVC板にトナー印刷を施すだけで、12パターンの腕動作を良好に認識可能であることを示した。印刷するパターンを変えることでさらに多くの認識が可能となり、多様なインタラクションへの応用が期待できる。今後は印刷パターンを複雑化し、かつ特徴量の検討を進め、認識率の向上を目指す。

参考文献

- [1]Chen Zhao et al., UIST 2014, pp. 527-534, 2014.
- [2]平野 他, 第81回全国大会講演論文集, pp. 265-266, 2019.
- [3] 大久保, 日本画像学会誌, 43, pp345-350, 2004.