

# ニューラルネットワークを用いた 床面圧力センサによる靴の種類の識別

上村 宙<sup>1</sup> 由谷 哲夫<sup>2</sup> 渋谷 敦子<sup>2</sup> 湯村 翼<sup>1</sup>

**概要:** 人物の移動を追跡する動線分析には、カメラを用いた画像認識による方法が多く提案される。しかし、カメラを用いた動線分析では、遮蔽物による死角が生じるという欠点がある。また、プライバシー侵害の懸念もある。これらの問題は、動線分析に床面圧力センサを用いることで回避することができる。そのためには、同一人物の靴を同定する必要がある。そこで本研究では、圧力センサ上に靴を置いた際の圧力分布を元にニューラルネットワークを用いて靴の種類を識別する手法を開発する。スニーカー、上靴、サンダルの3種類の靴を用意してデータを収集し、識別モデルを作成した。このモデルの正答率は82.6%であった。実環境での運用を見据えると、計測時間や耐久性に課題があり、さらなる改善が必要である。

## 1. はじめに

小売店や工場、倉庫、公共施設など人が多く行き交う場所では、リスク回避や効率化を進めるために人の状態を把握したり、人物を追跡したりすることが求められている。これらの要求に対して、近年ではカメラを用いた画像認識による手法が提案されている [1][2]。カメラを用いる方法では、監視カメラを流用できるなどの利点はあるが、人同士や物が重なって死角になってしまっている所では検出できない。また、カメラはプライバシー上の問題から設置することが困難な場所が多くあり、利用場所が限られる。

カメラの代わりに床面に設置する圧力センサなどを使用することにより、死角やプライバシーの問題を回避することが出来る。たとえば、高解像度な圧力センサを用いて人物の追跡を行う研究 [3] や、近傍電磁界式センサを用いて足の判別や足の向きの推定を行っている研究 [4] などがある。

圧力センサの一つとして、感圧導電シート Velostat を用いたものがある [5]。Velostat は圧力が掛かると電気抵抗が減るという性質を持つため、電圧の変化を測定することによって圧力を計測できる。Velostat を用いたセンサの利点として、安価であること、検出点の配置や密度を容易に変化させられること、ポータビリティが高いことなどが挙げられる。

圧力センサを用いて動線分析を行うためには、靴の種類などから人物の同定を行う必要がある。そこで本研究では、Velostat を用いた圧力センサで得たデータから、ニューラ

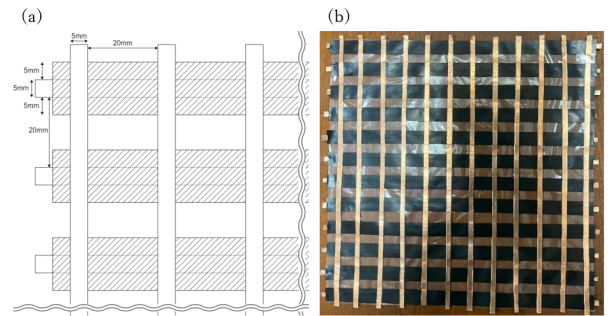


図 1 (a) 圧力センサの構造. (b) 実際に作成した圧力センサ

ルネットワークを用いて靴の識別を行う。

## 2. 圧力センサの構造

圧力センサには、Velostat と銅箔テープ、Arduino を使用した。Velostat は、圧力を加えると電気抵抗が弱まり通電しやすくなるシート状のセンサである。

本研究では、著者の先行研究である、『床面圧力センサ開発における感圧導電シート分離方式の検討』 [6] において、最も性能が良かった帯状分離型 (平行) を採用した。銅箔テープの幅は5mm、間隔を20mmとし、縦横12本ずつの計144点を計測できるセンサを作成した (図1)。

圧力の計測は、片面12本の銅箔テープに順に送電し、それぞれの銅箔テープに送電されている間に、もう片面の銅箔テープの電圧を測定することによって行った。制御用のマイクロコントローラとして使用したArduinoでは、0~5Vの入力電圧を4096段階のアナログ入力として受け取ることが出来る。この計測を100ms毎に行うことで圧力の変化を計測する。

<sup>1</sup> 北海道情報大学

<sup>2</sup> First Four Notes 合同会社

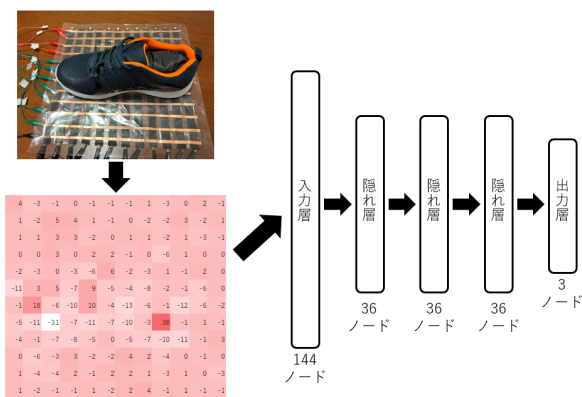


図 2 ニューラルネットワークの構造

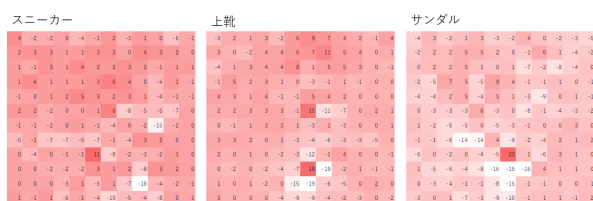


図 3 収集したデータの例

### 3. 識別モデル

#### 3.1 ニューラルネットワークの構造

ニューラルネットワークへの入力をセンサの圧力分布、出力をスニーカー、上靴、サンダルの三種類とした。

入力層はノード数 144 個、隠れ層はノード数 36 個で 3 層、出力層のノード数は 3 個となっている。活性化関数は ReLU を使用し、Optimizer は確率的勾配降下法で学習効率は 0.1 とした。

#### 3.2 学習用データの収集

分類対象としてスニーカー、上靴、サンダルの三種類の靴を用意した。それぞれの靴には 1.5kg の重りを入れた。

測定ではまず、センサ上に何も置いていない状態で 10 秒以上待機したうえでキャリブレーションを行う。そして、靴をセンサ上に載せ 10 秒待機してから圧力分布を記録する。この測定をそれぞれの靴で 5 回ずつ行う計 15 回の測定を 1 セットとして、10 セット測定を行い、計 150 個のデータを収集した (以下、データセット 1)。

学習に使う train データ、validation データ、test データの比は 70:15:15 とした。そのため 150 個のデータの内訳は 105 個が train データ、22 個が validation データ、23 個が test データとなる。データの振り分けはランダムに行った。

また、別のデータセットとして、上記で収集した 150 個のデータに対し、90 度、180 度、270 度の回転を行った合計 600 個のデータセットも作成した (以下、データセット 2)。データセット 2 でのデータの振り分け比はデータセット 1 と同じように 70:15:15 とした。

真のクラス	予測されたクラス		
	1	2	3
1	6	2	2
2	0	9	0
3	0	0	4

図 4 判別結果

### 3.3 学習結果

データセット 1 を用いたモデルの正答率は 82.6% となり、データセット 2 を用いたモデルの正答率は 60.1% となった。

判別結果は図 4 の通りである。データセット 1 では、スニーカーの圧力データのみ誤判定をしており、スニーカーでの正答率は 60.0% となっている。

データセット 2 では、すべての靴で誤判定をしている。それぞれの正答率はスニーカーが 62.5%、上靴が 45.5%、サンダルが 72.7% となっている。

## 4. 考察

データセット 1 では、スニーカーの場合においてのみ誤判定をしている。これは、スニーカーの底がほかの二つの靴と比較して大きかったためであると考えられる。靴の底が大きいと、圧力が分散してしまうため靴の特徴を圧力センサで捉え辛くなってしまふ。

データセット 2 では、正答率がデータセット 1 と比較して 20% ほど減少している。これは、センサの検出点による感度の偏りをデータセット 1 では学習できるが、データを回転させているデータセット 2 では学習できず、ノイズとなってしまっているためだと考えられる。感度の偏りが出してしまう原因として、Velostat の電気抵抗が一樣ではないことや、センサ作成時での誤差、使用による劣化などが考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、感圧導電シート Velostat を用いた圧力センサでのニューラルネットワークを用いた靴の識別を行った。研究に用いた靴は 3 種類で、学習後のモデルでの正答率は 82.6% であった。

本研究では、靴の中に重りを入れて識別を行ったが、実際には人の動線分析での使用を主眼に置いて開発を行っている。そのため、人の動線分析を行う際には以下のような問題が起きる可能性がある。本研究では、靴の中に 1.5kg の重りを入れてデータを収集したため、靴の特徴を捉え辛かったが、動線分析を行う際は人がセンサ上を歩くため、圧力が測定可能な範囲を超えてしまう可能性がある。また、動線分析を行うには広い範囲で圧力を測定する

必要があり、複数のセンサを使用する必要がある。しかし、結果からシート自体の特徴も併せて学習していると判明した。そのため、センサ毎にモデルを作成しなければならない可能性がある。さらに、正確な圧力分布を用いるためにセンサ上に靴を置いてから10秒待ってから記録したが、実際には正確な圧力分布を取得できるまで待つことはできない。他にも、今回作成した床面圧力センサは耐久力が低いため、歩行時にかかる力や長期間の使用に耐えることが出来ない可能性がある。

そのため今後は、今回判明した課題の解決し、より想定しているケースに対応できるように、センサとアプリケーションのさらなる開発を行ってきたい。

## 参考文献

- [1] 原田典明, 青木勝, 三上明子, 峯下聡志, 斎藤志傑. 人の行動を「見える化」する動線解析技術と活用例. NEC 技報, vol. 64, no. 3, pp. 16–21, 2011.
- [2] John Krumm, Steve Harris, Brian Meyers, Barry Brumitt, Michael Hale, and Steve Shafer. Multi-camera multi-person tracking for easy living. In *Proceedings Third IEEE International Workshop on Visual Surveillance*, pp. 3–10, 2000.
- [3] 森武俊, 星名真幸, 森下広, 原田達也, 佐藤知正. センシングフロアによる人の識別・追跡. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集, 2003.
- [4] 川合諒, 高橋祐介, 宮野博義. 電波式シート型センサを用いた人物足跡認識. 情報科学技術フォーラム講演論文集, vol.13, no.3, pp. 119–120, 2014.
- [5] S. Suprpto, A. Setiawan, H. Zakaria, W. Adiprawita, and B Supartono. Low-cost pressure sensor matrix using velostat. In *2017 5th International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology, and Biomedical Engineering (ICICI-BME)*, p. 137 – 140, 2017.
- [6] 上村宙, 由谷哲夫, 渋谷敦子, 湯村翼. 床面圧力センサ開発における感圧導電シート分離方式の検討. 第31回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2021) 論文集, 2023.