

# 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

上村 宙\* 由谷 哲夫† 渋谷 敦子† 湯村 翼\*

**概要.** 人の移動の軌跡を分析する動線分析の実現方法のひとつとして、床面圧力センサが用いられる。床面圧力センサの開発において、用いられる感圧導電シートの分離方式がセンサの精度に影響を与える可能性がある。そこで本研究では、床面圧力センサの開発において、感圧導電シート Velostat の分離方式が与える影響を調査した。比較実験を行うため、Velostat の両面に銅箔テープを格子状に貼り、各点の電圧を計測する仕組みの4種類の圧力センサを開発した。実験の結果、送電する銅箔テープに対して平行となる向きに分離した帯状分離型(平行)が床面圧力センサに最も適していることが明らかになった。また、問題点として、センサに圧力をかけた瞬間の大幅な電圧低下や、計測値の取得に時間を要することも明らかになった。

## 1 はじめに

人の移動の軌跡を分析する動線分析は、様々な技術によって実現される [1][2]。カメラを用いた分析 [3] は手軽に導入することが出来るが、人や物が重なっている所はデータを取ることができない、プライバシーの面で懸念があるといった課題がある。一方、床面圧力センサで行う導線分析 [4][5][6][7] は、人や物の重なりが問題にならず、プライバシー保護の観点からも受け入れられやすいと考えられる。また、設置コストが低く、持ち運びや設置も容易に行うことができるという利点がある。さらに、構造が単純であるため状況に応じて密度や形状を容易に変更できる。

床面圧力センサの開発方法のひとつが、感圧導電シートを用いるという方法である [8]。感圧導電シートを用いて物体検出を行う研究もある [9]。感圧導電シートを床面圧力センサに用いる場合、観測点を格子状に設置することが一般的である。その際、感圧導電シートの分離方式が圧力計測に影響を与えることが考えられる。特に、靴の種類を同定して人物推定を行うような高精度の導線分析では、適切な分離方式の選択が重要となる。そこで本研究では、床面圧力センサの開発を想定し、感圧導電シートの分離方式がもたらす影響を調べた。感圧導電シート Velostat を用いて3つの分離方式の圧力センサを開発し、計測実験によりそれらの方式を比較した。

## 2 圧力センサ開発

圧力センサの開発には、Velostat と銅箔テープ、Arduino 使用した。Velostat は、圧力を加えると電

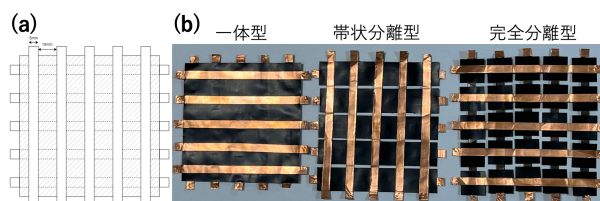


図 1. (a) 圧力センサの構造.(b)3 種類の感圧導電シート分離方式。

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。センサは、Velostat を銅箔テープで格子状に挟み込む構造とした(図 1(a))。本研究では、銅箔テープの幅は 5mm、間隔は 10mm とし、縦横 5 本ずつの計 25 点を計測できるセンサとした。

上記の基本構造をもとに、3 種類の Velostat 分離方式の圧力センサを開発した(図 1(b))。なお、帯状分離型では Velostat と銅箔テープが平行となる面と垂直となる面をそれぞれ送信側と受信側のいずれで用いるか区別したため、センサの種類としては 4 種類とみなす。

1. 一体型：分離しない

2. 帯状分離型：帯状に分離

(a) 帯状分離型(平行)：送電する銅箔テープに対して平行となるように接続

(b) 帯状分離型(垂直)：送電する銅箔テープに対して垂直となるように接続

3. 完全分離型：格子点毎に分離

本研究では、片面 5 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計測した。制御用のマイクログリッド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

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

\* 北海道情報大学

† First Four Notes 合同会社

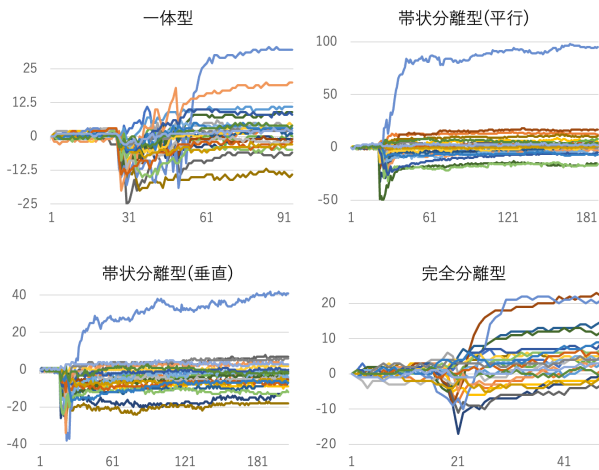


図 2. 25 点の計測値の時間変化. 縦軸, 横軸のスケールはグラフに異なる.

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測定する.

### 3 実験

#### 3.1 概要

評価実験では, 中央の格子点に 350g の重りを置き, 数値の変化が 4 秒以上の間±1 の範囲に収まり安定するまで, 全点の圧力変化を測定した. 4 種類のセンサに対し, 各センサ毎に 5 回ずつ測定を行った.

#### 3.2 結果

図 2 は, 全 25 点の計測点の計測値の時間変化を示す. 縦軸は計測値であり, 初期値との差分として示される. 横軸は計測開始からの経過時間 (秒) である. 各グラフは 1 回分の計測結果であり, それぞれ初回の実験データを使用した.

図 3 のヒートマップは, センサに重りを置く前後の計測値の差を示す. 値は絶対値であり, 5 回の計測の平均値である.

#### 3.3 考察

実験結果から, センサに圧力をかけた瞬間に電圧が急降下していることがわかる. 原因としては, Velostat の抵抗が変わったことによる電流の乱れと, 格子点や GND に繋いでいる箇所からの電流の逆流が考えられる.

圧力をかけていない点への影響が最も少ない分離方式は, 帯状分離型 (平行) であった. その理由は, 2 つの観点から考察できる. ひとつは, Velostat が分離されていることによって, 一体型と比較して電流の漏出量が少ないことである. もうひとつは, 帯状分離型 (水平) や完全分離型とは異なり, 分離するための隙間が送信側に必要ないため, 銅箔テープが

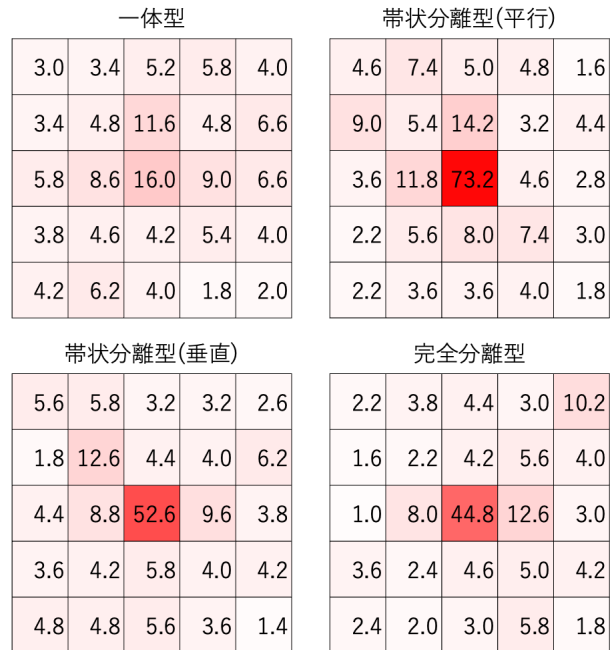


図 3. 25 点の計測値のヒートマップ.

短くなったことである.

### 4 おわりに

本研究では, 床面圧力センサ開発における感圧導電シート Velostat の分離方式の影響を調べた. 実験により, 計測点のうちの一点に圧力がかった際の周囲への影響を調べた. 実験結果から, 送電する銅箔テープに対して水平となる向きの帯状分離型が最も周囲への影響が少ないことが明らかになった. しかし, 周囲への影響が完全に遮断されているわけではない. また, 複数点に圧力をかけた場合の実験も実施していない. さらに, 問題点として, 圧力をかけた瞬間に大幅に電圧が低下してしまうことや, 正確な値が出るまでに時間がかかることも明らかになった. これらの問題は床面圧力センサを用いて導線分析をする際の障壁となる可能性がある. そのため, 今後もさらなる開発, 検証を行う.

### 参考文献

- [1] Patrick Connor and Arun Ross. Biometric recognition by gait: A survey of modalities and features. *Computer vision and image understanding*, Vol. 167, pp. 1-27, 2018.
- [2] Abdullah S Alharthi, Syed U Yunas, and Krikor B Ozanyan. Deep learning for monitoring of human gait: A review. *IEEE Sensors Journal*, Vol. 19, No. 21, pp. 9575-9591, 2019.
- [3] 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.

- [4] A floor sensor system for gait recognition. In *Fourth IEEE Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies (AutoID'05)*, pp. 171–176. IEEE, 2005.
- [5] Alex M Grau, Charles Hendee, John-Ross Rizzo, and Ken Perlin. Mechanical force redistribution: enabling seamless, large-format, high-accuracy surface interaction. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 4137–4146, 2014.
- [6] Alvaro Muro-De-La-Herran, Begonya Garcia-Zapirain, and Amaia Mendez-Zorrilla. Gait analysis methods: An overview of wearable and non-wearable systems, highlighting clinical applications. *Sensors*, Vol. 14, No. 2, pp. 3362–3394, 2014.
- [7] Takatoshi Yoshida, Narin Okazaki, Ken Takaki, Masaharu Hirose, Shingo Kitagawa, and Masahiko Inami. Flexel: A modular floor interface for room-scale tactile sensing. In *Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 1–12, 2022.
- [8] 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.
- [9] L. Yuan, H. Qu, and Jia. Li. Velostat sensor array for object recognition. In *IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 22, NO. 2*, pp. 1692–1704, 2022.

## 未来ビジョン

本論文では、感圧導電シート Velostat を用いた床面圧力センサの開発、検証を行った。本論文では4種類の構造しか記載できなかったが、銅箔テープを三層にしたタイプなどの開発も行っていた。今後は密度、強度、精密性の観点から、さらに構造の検討を行っていききたい。

また、このセンサは安価でポータビリティが高く、カスタム性も高いため、様々な分野への応用が考えられる。本論文では、導線分析を主眼に置いて研究を行ったが、例えば、センサの上を歩くことによる足腰の疾患の検出や寝相

の記録、ヨガなどで適切な姿勢を保っているか判定する仕組みなどを考えている。今後の研究では、本論文でも主眼に置いていた導線分析に関して、ディープラーニングなどを用いて検証していきたい。また、人物を同定する過程で歩く際の圧力の変化から個人情報をごれほど推測できるのかも検証していきたい。