

軽量, 柔軟, 加工が容易な線状センサ 「振動計測による剪断力推定手法開発」 ～極細径ピエゾワイヤセンサを用いた手法について～

東京電機大学 工学部 機械工学科 教授 井上 淳

研究目的・背景

物体の接触力を計測するセンサは種類が多く, 圧力, 剪断力, 振動等の計測対象や求められる精度により必要となる仕様が異なる. しかし, これらのセンサには**非平面の計測が困難**であり, センサの**大きさや厚さ**がある点が問題である. これらの問題を解決するために, 実際の人間の動作, ロボットや機器の動作を計測について極細径ピエゾワイヤセンサを円形に加工したセンサを用いた. そして, **振動計測**を行うことにより**剪断力推定**を行う手法開発を目的とした.

技術の概要

極細径ピエゾワイヤセンサによる 剪断力の推定

計測対象: 振動

使用センサの特徴: 軽量, 柔軟,
耐水性, 耐久性, 高感度

直径 : 0.5[mm]

形状 : 円形状

(長軸: 15[mm], 短軸: 10[mm])

メリット

- ・曲面に沿った計測が可能
- ・センサ部分が薄く, 軽量
- ・計測対象の運動に影響が少ない
- ・薄型圧力センサ併用により剪断力の分類精度向上
- ・将来的に布への縫込みが可能

応用例

- ・人間の動作中に発生する剪断力計測
例) 手や足の胼胝形成予測
- ・工具, 機械に発生する剪断力計測
例) 部品の品質管理



極細径ピエゾワイヤセンサ計測部



足趾上部に発生する剪断力計測

想定される用途

人間の動作,
ロボット等の機器における剪断力計測

従来技術より優れている点

軽量, 柔軟で加工が容易

共同研究機関

無し(2025年4月時点)

特許情報

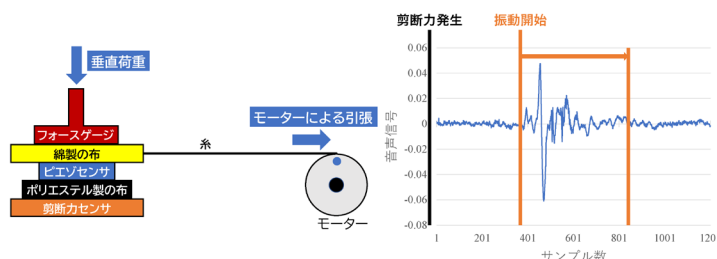
線状センサ装置、繊維状センサ装置、
剪断力の検出方法(特願2022-201144)

	リアルタイム性	足部全面計測	曲面計測	剪断力計測	商用化
A. フィルム型力覚センサ	○	×	×	×	×
B. サーモグラフィ	×	○	○	×	×
C. 剪断力センサ	○	×	×	○	×
D. スマホによる足サイズ測定	△	○	△	×	○
本技術	○	○	○	○	×

実験

- ・糖尿病患者の靴処方時を想定し、靴下と靴の素材間の剪断力発生を模した
- ・フォースゲージを用い、重ねた素材に垂直荷重を加え、モーターを用いた引張実験を実施

1. 剪断力発生後に生じる振動を切り取り
2. ローパスフィルタ(1000[Hz])
3. 離散フーリエ変換
→パワースペクトル密度算出

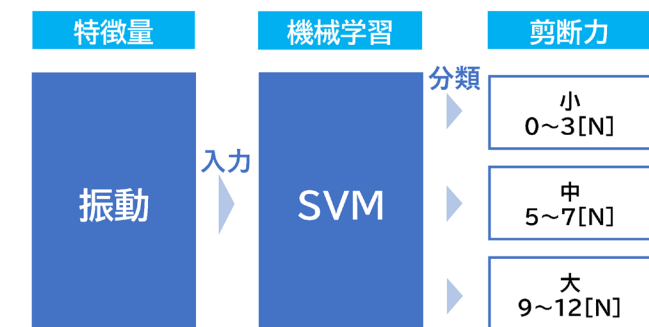


実験装置概要

計測される振動波形

剪断力分類の手法

- 特徴量 : 振動から算出した
パワースペクトル密度
- 機械学習 : SVM
(サポートベクターマシン)
- 分類クラス: 3クラス
小 0~3[N] 中 5~7[N] 大 9~12[N]



剪断力推定手法

分類結果

SVMを使用した分類精度の結果

- ①極細径ピエゾワイヤセンサによる

振動計測値のみを用いた場合**78.4%**

- ②極細径ピエゾワイヤセンサによる

振動計測値と**垂直荷重**を用いた場合**93.1%**

真のクラス	小	95.5%	4.5%	0.0%
	中	3.8%	90.4%	5.8%
	大	0.4%	6.2%	93.4%
	推定クラス	小	中	大

糖尿病患者にとって危険な、大きい剪断力の発生時に高い推定精度

- ②振動計測値と垂直荷重を用いた場合の分類精度混合行列

今後の展望

- ・異なる状況下での剪断力推定の実施・更なる高精度が得られる機械学習手法の検討
- ・剪断力だけでなく、圧力の推定も同時に行う手法の検討