

圧電シートを利用したマットセンサー

1. はじめに

当社ではこれまでにふっ素材料を用いた有機圧電シートの開発¹⁾及びその応用品として異常振動検知システムの開発²⁾を進めてきた。

当社のふっ素系有機圧電シートは、ふっ素材料自体の特徴と圧電特性を発現させるシート構造の工夫によって、従来の有機系(ポリマー系)圧電材料では実現出来なかった100℃以上での高温でも利用可能となっている。また、高温高湿環境(85℃・85%RH)においても圧電特性が失われないといった特徴がある。更に、有機系圧電材料共通の特徴である大面積化が容易であり、これらの特徴を生かしたアイテムとしてマットセンサーを開発したので紹介する。

2. 検知メカニズム

2-1) 圧電シートの機能

最初に圧電シートの機能を簡単に説明する。圧電シートは圧電材料の一つの形態であり、圧電材料には多くの無機系・有機系材料が存在する。また、機能発現メカニズムも数種類あるが、ここでは簡単のために、当社の有機圧電シートの機能発現メカニズムを例に説明する。

Figure1に示すように、圧電材料には、力を加えると電圧が発生するという圧電効果と、電圧を加えると変形するという逆圧電効果がある。今回のマットセンサー用途では、圧電効果を利用し、圧電シートに力を加えることによって発生する電圧を信号として利用している。

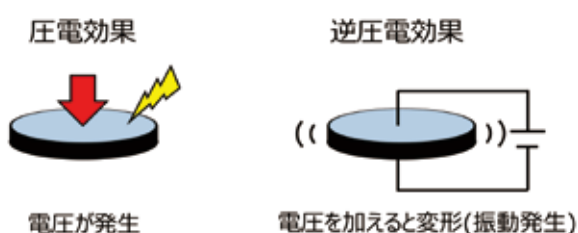


Figure1 圧電シート機能発現メカニズム

2-2) 従来型マットセンサーの検知メカニズム

多くのマットセンサーは、Figure2に示すような接点式と呼ばれる手法を採用している。接点式は、センサー内部に設けられた接点同士が押圧によって接触することで導通が起り、押圧を検知するといったものである。検知メカニズムとしては非常にシンプルであり、理にかなった方式であると言える。一方、この方式では接点同士を隔てる構造(例えばスペーサー)が必要であり、大面積のセンサーの場合は構造が複雑になることが想定される。また、構造の経時劣化による影響も考慮しなければならないと考えられる。

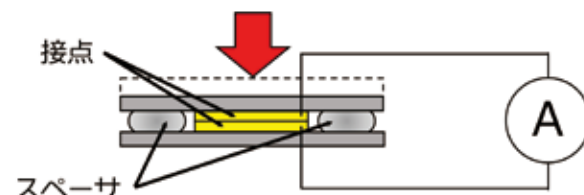


Figure2 接点式センサーの検知メカニズム

2-3) 圧電シートによる検知メカニズム

Figure3に圧電シートによる検知メカニズムを示す。センサーは、圧電シートとその両面に配置した電極といったシンプルな構造であり、押圧を受けて圧電シート自体が厚さ方向に歪むことで発生する電圧を検知する。スペーサーを必要とせず、また、薄型の大面積センサーを比較的容易に作製することが出来る。

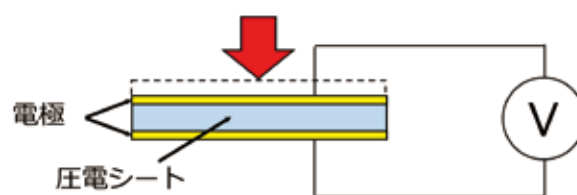


Figure3 圧電シートの検出メカニズム

当社の圧電シートは、シート面に対して垂直方向から力を検知する。一方、他の圧電材料には、面方向への力(引

張り・圧縮・ねじり)の力を検知するタイプも存在する。マットセンサーとして利用する場合は、当社のタイプのように、垂直方向の力のみを検知出来ることも用途によっては利点となるのではないかと考えられる。

次に、圧電シートによる力の検知方法について補足する。

一般に無機系・有機系を問わず、圧電材料は力が加わった瞬間に電圧を発生し、それによって力を検出することが出来る。逆に、力が加わり続けた状態では電圧を発生せず、静的な力の検知が出来ない。

一方、マットセンサーとして利用する場合には、力が加えられた瞬間に加え、力が加えられている状態(=人・モノが乗った状態)も継続的に検知したいというニーズも存在する。

Figure4は、圧電材料の応答性と、マットセンサーとして利用する場合に求められる応答性の違いを図示したものである。図のように、継続的な力を検知するためには、圧電材料からの出力電圧波形をマットセンサーに適した形に変換する必要がある。今回は、専用制御回路を設計して波形変換を行うことで対応した。

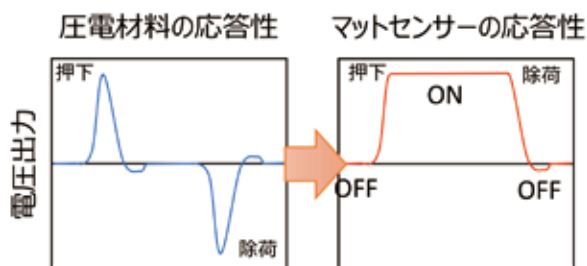


Figure4 圧電材料の応答性とマットセンサーの応答性

3. 開発内容

3-1) 目標性能の設定

マットセンサーの性能指標として、JIS B 9717-1:2001 (機械類の安全性-圧力検知保護装置-第1部:圧力検知マット及び圧力検知フロアの設計及び試験のための一般原則)を参考とした。これは工場などに設置するマットセンサーに対する要求特性をまとめたJISである。今回は本JISを参考に、Table1に示す特性を満足するマットセンサーの開発を進めた。

3-2) マットセンサー構造の検討

前記の要求特性を満たすマットセンサーの構造を検討した。押圧のセンシング自体は、前記の通り圧電シートと電極からなるセンサーというシンプルな構造で実現することが出来る。

しかし、このセンサー自体は数百マイクロンという非常に薄いものであり、また、機械強度も十分ではない。機械的特性、耐候性(防水性能)、電気特性を満足するための種々の構造を検討することによって最適構造を確定した。

Table1 試験項目・条件

試験項目	試験条件
力学特性	
耐久性試験	200万回 垂直・斜め 室温
	100万回 斜め14.5度 -20℃、50℃
振動試験	1⇄30Hz/上下・左右・前後/5分間ずつ
静荷重試験	φ11/750N/8h、φ80/2000N/8h
耐衝撃試験	R:10mm/1kg/落下高さ:1000mm
耐候性	
防水試験	IP6X
サイクル試験	-20℃(12h)⇄50℃(12h)×10
熱老化試験	66℃/90日 室温8年暴露相当
高温高湿試験	40℃/90-95%RH/56日
高温試験	50℃/72時間
低温試験	-30℃/72時間
電気特性	
絶縁耐圧試験	AC0.72kV/1mA、DC1kV/100MΩ以上

3-3) 性能評価方法と結果

性能試験は前出のJISに準拠して実施した。各試験前後及び試験中にマットセンサーに力を印加することで出力される電圧を測定し、マットセンサーの押圧検知性能を評価した。

耐久性試験については、JISに準拠した試験装置を作製し試験を実施した。Figure5はその一例であり、これは垂直方向の荷重に対する耐久性試験機であり、200万回の耐久性試験を実施した。

今回開発したマットセンサーは、Table1に示す特性を満足していることを確認している。

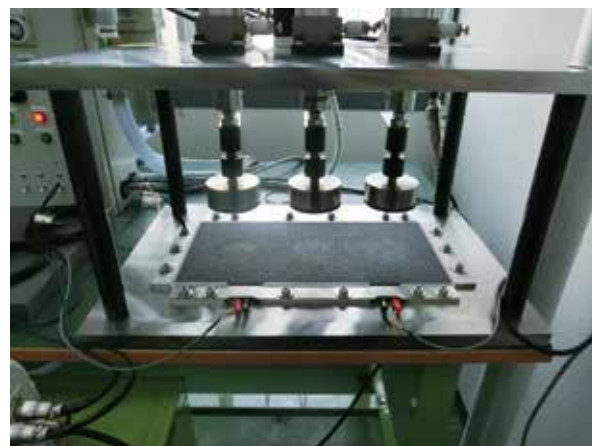


Figure5 耐久試験機(一例)

4. 開発品の特徴

Figure6に開発したマットセンサーシステムの外観を示す。本システムは、マットセンサー（右側）と制御回路（左側）から構成され、制御回路は出力波形変換を行うためのものである。

本システムでは、マットセンサーに押圧が加わると制御回路のLEDランプが点灯する仕組みとなっている。制御回路は、更なる小型化や機能拡張が可能である。

制御回路の機能拡張性としては、例えば、しきい値設定機能を追加することで任意の大きさの力に関してのみ検知することが可能となる。また、圧電シート両面に設置する電極をパターン化することにより、力の分布を検知することも可能となる。更に、ワイヤレス通信機能を内蔵すれば、IoTデバイスとして利用出来、遠隔地でのモニタリングも可能となる。



Figure6 開発したマットセンサーシステム

5. まとめ

ふっ素系有機圧電シートを利用したマットセンサーについて紹介した。今回はJIS B 9717-1:2001の要求特性に準拠したマットセンサーを開発することが出来た。圧電シート自体はメカニカルな機構がなく長期に亘って利用することが可能で、マットセンサーとしても長期の性能安定性が期待出来る。

用途に応じて大きさや形、検出感度などの設計も可能であり、また、圧電センサー自体は数百マイクロメートルと非常に薄型でフレキシブルであるので、薄型マットセンサーとしての応用も考えられる。これらの特徴を活かし、安全・安心に関わるセキュリティ分野、ヘルスケア分野などへの活用が考えられ、読者の皆さまからのご要望にも応えていきたいと考えている。

6. 謝辞

今回のマットセンサー開発においては、出力電圧波形の変換回路の設計・開発において、関西大学 田實佳郎先生（システム理工学部電気電子情報学科教授・関西大学理事）から多大なるご協力をいただきました。感謝申し上げます。

7. 参考文献

- 1) 田實 佳郎, 米田 哲也: バルカー技術誌. No.26, 12-17 (2014)
- 2) 羽根田 誠, 佐藤 央隆, 米田 哲也, 油谷 康: バルカー技術誌. No.36, 3-6 (2019)



米田 哲也

研究開発本部
先行技術開発部 新領域開発チーム