

Multiple-Input/Multiple-Output
Characteristics of Piezo Devices and
Their Applications

YOSHIDA, Tomoya / 吉田, 智哉

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

74

(発行年 / Year)

2018-03-24

(学位授与番号 / Degree Number)

32675甲第427号

(学位授与年月日 / Date of Granted)

2018-03-24

(学位名 / Degree Name)

博士(工学)

(学位授与機関 / Degree Grantor)

法政大学 (Hosei University)

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014765>

博士学位論文
論文内容の要旨および審査結果の要旨

氏名	吉田 智哉
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	第 427 号
学位授与の日付	2018 年 3 月 24 日
学位授与の要件	法政大学学位規則第 5 条第 1 項第 1 号該当者（甲）
論文審査委員	主 査 教授 小林 一行 副 査 教授 滝沢 誠 副 査 教授 鈴木 郁

Multiple-Input/Multiple-Output Characteristics of Piezo Devices and Their Applications

1. 論文内容の要旨

本論文は Multiple-Input/Multiple-Output Characteristics of Piezo Devices and Their Applications（圧電素子の多入力-多出力特性とその応用）と題する論文である。

圧電素子は同じもので狭帯域電気フィルター、電気発振素子、圧電トランス、ブザー、スピーカ、アクチュエータ、イグナイザーなど様々な分野で使われている。これらの用法では入出力が電圧-電流、電圧-電圧、電圧-機械的ひずみ、機械的ひずみ-電圧などと様々な物理量間の間での変換がなされている。このうち例えば機械ひずみと電圧の双方向変換は可逆性と呼ばれ圧電現象の一つの特性と考えられてきた。

本論文では、従来ほとんど使われてこなかった圧電素子に温度差-電圧の変換特性を示す焦電効果も含め、上述の多様な物理量の変換および可逆性を統一的に説明する理論モデルを構築することを第一の目的としている。第二の目的は、このモデルから新たな応用について考察し新たな応用事例を示すことである。第 2 章から第 4 章が本論となる。これらの章は単独の論文になるように構成され、説明上重複記述があるが、それぞれの章が独立した内容となっている。

第 1 章は本論文の目的と従来研究との比較および本論文の構成を述べている。

第 2 章は圧電デバイスの多入力-多出力特性と題して、圧電現象および焦電効果を統一するモデルを構築し圧電デバイスの多入力-多出力および可逆性を含む特性を明らかにした。圧電素子にはフィードバックループが存在し、このループでは変位、温度差、電流、電圧、力と物理量を順次変換し最後に力から変位に戻るというものである。多入力-多出力特性はこのループのどの量にしどの量から出力を得るかで説明ができ、可逆性も注目する量を入力とするか出力とするかの違いで説明できる。

第 3 章はこのモデルの焦電効果による温度差を入力とし電圧を出力とすることと交流電圧入力による機械振動を出力することに注目した。圧電素子の機械振動は音に変換され、これがブザーとして機能する。この一つの圧電素子での二つの変換機能を用いた呼吸センサおよび呼吸不調を知らせるアラーム音発生システムを提案した。このシステムの構成要

素は圧電素子、LED、マイクロプロセッサおよびボタン電池であり小型である。これをマスク内外いずれでの場所でも、装着すると、呼吸にともなうほぼ体温の温度の空気により生じる温度差により電位を発生する。この電位差は数ボルトに達する。これをプロセッサでとらえ、呼吸に応じた変化をLEDで発光する。呼吸停止や低下あるいは上昇など呼吸に異変が生じたとき、プロセッサにより異常状態をブザーでアラームを発生するものである。これを災害現場におけるトリアージに応用することを提案している。

第4章は圧電ブザーを音響管の一端に取り付け、音響管他端がかさ密度の軽い物体近接したときのブザーのインピーダンス変化をとらえる音響管レベルスイッチに応用した。第2章の圧電素子のモデルと音響管モデルからなる総合モデルを構築し実験結果と符合することを示した。

第5章は結論である。第2章から4章での問題の提起とその結果と結論が整理され記述されている。

2. 審査結果の要旨

本論文は多様な応用をもつ圧電現象と焦電効果を総合的に表す理論モデルを構築し、このモデルを基礎とし新規な複数の応用を提案するものである。

第2章で示される理論モデルは、従来、個別的に扱われた様々なデバイスの特性や可逆性を一つのモデルで記述し全体の構造を明らかにしている。とりわけ圧電現象と焦電効果の統一的記述は圧電素子の今後の様々な分野での開発指針を与えている。ここで得られた知見はこの分野では新規である。

第3章では第2章のモデルを基礎に、圧電デバイス単体を簡易型医療補助装置としての呼吸センサおよび呼吸不調を知らせるアラーム発生機能として利用する方法と小型のデバイスを提案している。このデバイスをマスクに装着しトリアージの現場で使えるものを試作している。本方法とデバイスは新規な呼吸センサおよびトリアージデバイスであり、新たな簡易型医療補助装置の可能性を提案している。

第4章の圧電素子を利用した音響管レベルスイッチは、従来検知できなかった軽いかさ密度の粉粒体を450°Cの高温下での有無を検出できる工業計器の可能性を提案している。

なお、当初の題名は「Multiple-Input/Multiple-Output Characteristics of Piezo Devices and Its Applications」であったが、本論文ではピエゾデバイスを応用した複数のアプリケーション例を提示していることから「Multiple-Input/Multiple-Output Characteristics of Piezo Devices and Their Applications」という題目に変更した方が適切であるとの結論に至った。

以上、本論文では圧電現象と焦電効果の理論モデルを新たに構築し従来の個別解釈を統一的に説明している。またこの統一理論モデルを基礎として新規で有用な呼吸センサおよびトリアージデバイスを提案している。さらに全く新規な工業計器としてのレベルスイッチを提案しその有用性を実証している。これらの成果は自然科学的に新規な知見を提示し、

この知見をもとに新たに有用な医療機器および工業計器を提案し、学術的に高く評価できる。よって、本審査小委員会は全会一致をもって提出論文が博士（工学）の学位に値するという結論に達した。

（報告様式Ⅲ）