福井大学リポジトリ
UNIVERSITY OF FUKUI REPOSITORY

運動と電気を相互にエネルギー変換する繊維材料に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2023-03-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小松, 丈紘, Komatsu, Tomohiro メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/00029371

博 士 論 文 内 容 の 要 旨

専攻名　総合創成工学専攻

分野名　繊維先端工学分野

氏　名　小松　丈紘

１　論文題目（英文の場合は，和訳を付記すること）

運動と電気を相互にエネルギー変換する繊維材料に関する研究

２　要　　旨（和文 2,000 字程度又は英文 800 語程度にまとめること。）

近年の日本における繊維産業は 1990 年初頭と比較すると事業所数や出荷額などを多くの項目で減少傾向が続いており衰退期に入っている。そこで新たな繊維素材の開発やその実用化が求められている。本研究はこの問題の解決の糸口となり得る分野としてスマートテキスタイルに着目した。スマートテキスタイルは繊維の元来持つ「細い」「長い」「強い」特徴を活かして製品に応用したものである。特に近年のスマートテキスタイルはセンサやマイクロチップを導電繊維テキスタイルに組み込むことでセンシングするようなスマートテキスタイルの研究・開発が盛んに行われている。しかしながら、これらのスマートテキスタイルの多くは外部からの電源供給や充電を必要とするものであり、近年の世界的な人口爆発などによるエネルギー大量消費の問題に拍車をかけてしまう可能性がある。そこで本研究では外部からの電源無くして発電する自己発電型の発電機である摩擦帯電型ナノ発電機 (Triboelectric nanogenerator: TENG)に着目した。TENG は静電気の一種である摩擦帯電と静電誘導により発電する発電機のことであり、2012 年にアメリカの研究グループにより初めて報告された。TENG のメリットは先述の通り自己発電できること、また摩擦が起きるたびに発電可能であるため持続可能な発電システムである。このように TENG はとても有用な発電システムであるが課題もある。それは TENG の用途の多くが発電または発電に基づくセンシングと非常に限定的であり、技術拡大への懸念になり得る。そこで本研究ではその課題解決のために TENG で得た電力を別のエネルギーに変換することを検討した。そのエネルギー変換の技術として、電力を運動に変換するアクチュエータ技術に着目した。つまり、本研究は繊維材料を用いることによって運動と電気を相互的にエネルギー変換するような新たな繊維材料 (相互エネルギー

専攻名	総合創成工学専攻	分野名	繊維先端工学分野	氏名	小松　丈紘

変換型繊維)を開発することを目的とした。

第 1 章では運動から電気へとエネルギー変換するための技術となる TENG と電気から運動へとエネルギー変換するためのアクチュエータ技術についてそれぞれの原理や応用例を述べ、相互エネルギー変換のメカニズムを示すことで本研究の目的を明らかにした。

第 2 章では TENG の開発についての研究報告を行った。繊維ブラシを用いた TENG (Brush-based TENG: B-TENG)を作製しその出力評価を行った。評価については様々な角度からの出力評価を行い、さらに繊維の素材や線径、ブラシの密度について詳細に評価し B-TENG の出力の最適化を行った。これらの評価から B-TENG は垂直方向だけではなく水平方向、斜め方向から出力を得ることが確認された。さらにナイロン繊維ブラシを最適化した B-TENG は 40 N の垂直方向からの接触力において約 6 V の出力を得た。そしてその B-TENG を用いることで角度方向からの接触における出力はその角度が大きくなるごとに減少傾向であった。しかし、その減少率は一般的なフィルムなどを用いた TENG と比較して 20%程度小さかった。このことから本研究で構築した B-TENG は角度方向からの接触に対する発電に有用であり、これはセンサとしての応用の可能性も示唆された。

第 3 章では導電繊維を用いたアクチュエータの駆動メカニズムの解明を行った。産業用に生産されている種々の導電繊維の駆動変位を様々な条件にて評価を行った。導電繊維はその電気抵抗値が低いほど駆動変位が大きくなることが示された。その中でも特に駆動変位の大きかったステンレス繊維に対しては 8 V の印可電圧において 100 μm 以上の駆動変位を示した。これは本研究室で過去に報告した高分子ナノファイバーの同様の試験のときの印可電圧 (200 V)よりも低い印可電圧で約 130 倍の駆動を示した。さらにステンレス繊維の耐久性を測定したところ 24 時間の連続駆動で約 60%の駆動変位を維持した。これは充電の必要となる小型デバイスのバッテリと比較しても十分な耐久性であることが示唆され、ステンレス繊維がアクチュエータ素子としての有用であることを示した。

第 4 章では本研究を総括した。構築した最適化 B-TENG は約 6 V の出力を 40 N 下で得られた。この値はアクチュエータ素子として用いたステンレス繊維の最大駆動である約 100 μm に必要な電力の約 8 V と比較して同程度であった。つまり本研究の目的である運動と電気の相互的なエネルギー変換は可能であることが示唆された。本研究で構築したエネルギー相互変換型繊維の活用例としては①センサと②自己発電型電気デバイスへの展開が可能であると考えられる。特に②に関しては TENG の用途に新たな提案となり、アクチュエータにおいても自己発電 (駆動)可能という新たな可能性を示すものとなった。