

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：37112

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K03858

研究課題名(和文) ナノシート複合した誘電エラストマーにより発電効率および耐久性の向上方法の開発

研究課題名(英文) Development of method for increasing generation efficiency and durability of nano-sheet reinforced dielectric elastomer generator

研究代表者

朱 世杰 (Zhu, Shijie)

福岡工業大学・工学部・教授

研究者番号：60283032

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：誘電エラストマーデバイスの発電効率および耐久性の向上方法について、純せん断、等二軸などの繰り返し発電試験とともに、代表的なNeo-Hookeanモデル、Gentモデルを利用して、発電エネルギー密度および発電効率を計算した。解析結果と実験結果の比較をしながら、新しい発電方法を提案した。この「台形」発電スキームは、「三角形」スキームより大きい発電エネルギー密度を獲得した。誘電エラストマー発電機のエネルギー密度は800J/kg、変換効率は30%で最も性能の良い結果となった。「台形」スキームにて、大きな伸張比で放電電圧を高く維持し、収縮速度を速くすることが発電性能の向上に有利であることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球環境に配慮しながら産業を発展させ人々の生活を向上させるには、社会全体を高度に省エネ化するとともに、高効率な再生可能エネルギーシステムなどの導入が不可欠である。これらの新しい技術を支える新素材として、ポリマーをベースにしたエネルギーデバイスの研究が急速に進歩している。本研究では、誘電エラストマー発電機は、製作コストが安く、また柔軟で生物と同じような動きができることから、再生可能なエネルギーデバイスになると考えられている。新しい発電スキームの提案はこの研究分野にてブレークスルー効果ができると思う。漏電効果を考慮した解析手法も学術的意義がある。

研究成果の概要(英文)：Pure shear and equi-biaxial loading modes were used to investigate power generation of dielectric elastomer generators to increase energy density of conversion efficiency. The simulation by Neo-Hookean and Gent models was also conducted to get the optimization of the performance of the generators by comparing with the experimental results. A new scheme for power generator was proposed, which gave the maximum energy density of 800J/kg and conversion efficiency of 30%. The results are the best in world and beyond the expected results when the application was made.

研究分野：材料力学

キーワード：誘電エラストマー発電 発電エネルギー密度 発電効率

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

地球環境に配慮しながら産業を発展させ人々の生活を向上させるには、社会全体を高度に省エネ化するとともに、高効率な再生可能エネルギーシステムなどの導入が不可欠である。これらの新しい技術を支える新素材として、ポリマーをベースにしたエネルギーデバイスの研究が急速に進行している。その中でも誘電エラストマーアクチュエーターは、製作コストが安く、また柔軟で生物と同じような動きができることから、人の身近で使用されるロボットや医療器具などのキーデバイスになると考えられている。

この分野では、米国の SRI インターナショナルの研究が電場応答高分子を用いた新しいタイプの人工筋肉を開発している。誘電エラストマーと呼ぶタイプの高分子について、アクチュエーターとして使える性能を達成した。新型アクチュエーターは帯電した 2 枚の電極板の間に誘電体を挟んだもので、一言でいうとゴムのような弾性を持つコンデンサーである。これに電圧をかけると、一方の電極にはプラスの電荷が、反対側の電極にはマイナスの電荷が蓄えられる。電極間に引力が生じ、この力によって誘電体が厚さ方向に収縮し、面方向に伸張する。この変形力は「マクスウェル応力」と呼ばれている。

一方、誘電エラストマーを用いたアクチュエーターを逆駆動することにより得られる電気エネルギーは、人や動物の動きから電気エネルギーを得られることから、各種携帯機器の電源としても期待されている。さらに、再生可能エネルギーの新しい回収手段として、波・水流・風等の周期・大きさに依存しない発電システムを実現することも可能である。

研究代表者は平成 25 年度、ハーバード大学での一年間の研修期間に、誘電エラストマーの発電エネルギー密度の最大化に関する研究に取り組んだ。最も電界誘起弾性変形の大きいアクリル系誘電エラストマーを用い、等二軸繰返し試験により、発電エネルギー密度は 780J/kg を実現した。しかし、アクリル系誘電エラストマー材料の粘弾性が低いため、エネルギー損失や耐久性が低い問題がある。

研究代表は平成 27 年以來、誘電性エラストマーの改良および発電装置の構築に取り組み、アクリル系誘電エラストマーより応力 ひずみヒステリシスループの面積が小さい材料を発見し、アクチュエーターとして高いパフォーマンスを実現した。誘電エラストマー材料の改良により、発電効率および耐久性の向上方法を開発したいと考えた。

### 2. 研究の目的

本研究では、これまでに例のないナノシート複合型の誘電エラストマー複合素材を用い、発電エネルギー密度、発電効率、耐久性などを向上したデバイスと技術方法の開発を目指す。素材の特性とデバイス性能の関連を明らかにしながら、デバイス性能の最適化を行う。このナノ部品を数十 nm~cm のスケールで階層的に組織化した構造を保持したままの柔軟高分子との複合化により、性能向上が期待される。非圧縮異方性超弾性体材料モデルを導入し、電界誘起大変形に対する非線形解析手法を構築して、解析結果と試験結果との比較により新しい誘電エラストマー材料を用い、未利用エネルギーを活用した革新的誘電エラストマー発電デバイスの性能向上を実現する。

### 3. 研究の方法

デバイスの評価法の確立を行った。材料評価用に、動的粘弾性測定装置、複合型エラストマー駆動用高圧電源、等二軸繰返し試験機（複合型エラストマーの特性評価力学特性評価および発電用変形制御のための装置）を購入し、電子回路や Labview 制御プログラムを作成することで、動作デバイスの発電特性評価システムを構築した。二軸繰返し試験機を用いる変位制御純せん断繰返し試験装置と等二軸繰返し試験装置を設計し、独自の負荷装置を作製した。

発電試験装置を用い、発電特性評価試験を行った。半径 20mm の円形エラストマー膜試料が等二軸引張治具に取り付けられ、カーボングリース電極が予備伸張比 2.0 の状態において均一に塗布された。電氣的荷重を印加する前に、等二軸引張状態での DE 膜が充電電路に接続され、予備伸張状態における DE 膜を十分に緩和させた。DE 膜が十分に緩和された後、パソコンにより最大伸張比および引張速度をそれぞれ入力し、LabVIEW ソフトを用いて、等二軸引張治具を連結しているリニアモータ (M-1060-R01K-J, GLM20AP) の可動子を最大伸張比に対応する最大変位まで移動させ、DE 膜が最大伸張比 6.0 の状態まで引張られるように制御した。LabVIEW の制御プログラムにより、リニアモータの可動子が最大変位まで移動すると、充電電路のスイッチを入れた。高電圧電源 (HAR-30P1, Matsusada) が最大伸張比状態での DE 膜に定電流 400  $\mu$ A を印加し、バイアス電圧 2.5kV になるまで充電した後、定電圧 2.5kV を維持するように DE 膜を充電し続けた。充電中の DE 膜において時間とともに変化する電流と DE 膜の両端電圧を電圧入力モジュール (NI-9223, National Instruments) により測定し、DE 膜の真上のカメラを用いて充電中の DE 膜の変形 (t) を測定した。

解析モデルを構築し、代表的な Neo-Hookean モデルと Gent モデルを利用した。解析結果と実験結果の比較をしながら、モデルの修正や新しい試験を行った。電荷漏れを考慮するモデルを用いて計算した結果が実験結果と一致した。

#### 4. 研究成果

2018年度、誘電エラストマデバイスの評価法の確立を行った。材料評価用に、動的粘弾性測定装置、複合型エラストマー駆動用高圧電源、等二軸繰り返し試験機(複合型エラストマーの特性評価力学特性評価および発電用変形制御のための装置)を購入し、電子回路や Labview 制御プログラムを作成することで、動作デバイスの発電特性評価システムを構築した。等二軸繰り返し試験機を用いる変位制御純せん断繰り返し試験装置と等二軸繰り返し試験装置を設計し、独自の負荷装置を作製した。

2019年度、純せん断繰り返しの発電エネルギー密度は 310J/kg、発電効率は 11%でしたが、等二軸繰り返しの発電エネルギー密度は 670J/kg、発電効率は 30%を実現した[1,2]。誘電エラストマデバイスの発電試験とともに、高弾性解析モデルを検討し、代表的な Neo-Hookean モデル、Yeoh モデル、Gent モデルを利用して、純せん断繰り返し試験の最大発電エネルギー密度を計算した。解析結果と実験結果の比較をしながら、今後の試験方法の改良を提案した[3]。

2020年度、ナノシート複合型の誘電エラストマー複合素材の提供は困難であるため、電極材料の改善、発電特性の向上を行った。カーボンナノチューブ(CNT)、カーボングリス、カーボンブラックの3種類の柔軟電極を比較し、CNTがカーボングリスとカーボンブラックより優位性があるが、強化効果に関する研究が必要であることがわかった。エラストマーの複合化および電子回路に関する研究により発電特性の向上方法を調べた。電子回路のパラメータと力学試験条件を最適化して、研究室で最大発電エネルギー密度は 700J/kg、発電効率は 30%を実現した。また、誘電エラストマ発電デバイスの耐久性評価方法の構築を行った。純せん断やダイアフラム式繰り返し変形の厚さ測定用レーザー変位計を購入し、実験データとモデル予測の結果の比較を行った。Neo-Hookean モデルより Gent モデルと Yeoh モデルが良かった[4,5]。

2021年度、ハーバード大学で提案した「三角形」の発電スキームでは、放電過程では電圧が線形的に増加する途中、大変形下の張力損失によって制限されている電圧は上昇し続けることができないことにより、「台形」発電スキームを提案した。発電シートの収縮初期にほぼ弾性的に収縮することによって、電圧垂直に上昇して、高電界下のエネルギーの一部が獲得できて、「三角形」スキームより比較的大きな発電エネルギー密度を獲得した。誘電エラストマー発電機のエネルギー密度は 800J/kg、変換効率は 30%で最も性能の良い結果となった。「台形」スキームにて、大きな伸張比で放電電圧を高く維持し、収縮速度を速くすることが発電性能の向上に有利であることが分かった[6-8]。これは研究計画以外の最も良い研究成果であった。

2022年度、研究中発見した漏電効果について実験および解析研究を行った。純せん断負荷方式の発電実験と理論解析により、長方形ハーベストスキームと三角形ハーベストスキームを用いた誘電エラストマ発電機(DEG)のエネルギー密度と電気エネルギー変換効率に及ぼすDEの短手方向の予備伸張比とバイアス電圧の影響を実験と理論解析に基づいて調べた。DEの長手方向の予備伸張比とバイアス電圧の影響を調べ、次のような結果が得られた[9,10]。

1. 大きい短手方向の予備伸張比の利点は、主にDE膜の静電容量の増加によるものだが、短手方向の予備伸張比が大きいほど、DEの張力が失われやすい、それとも、漏れ電荷量が指数関数的に増加することがわかる。だから、電気エネルギー密度と変換効率は単調増加するが、短手方向の予備伸張比の増大と共に緩和している。

2. バイアス電圧の増加に伴い、DEGの充電電荷量は増加するが、電圧変化量は減少するため、エネルギー密度が初めは増加し、その後、減少する傾向がある。短手方向予備伸張比範囲が2から4まで、バイアス電圧範囲が1.6kVから3kVまで、長方形スキームのエネルギー密度と変換効率の最大値はそれぞれ118mJ/gと17%であり、三角形スキームはそれぞれ203mJ/gと24%である。

3. 電荷漏れを考慮するモデルを用いて計算した結果が実験結果と一致している。短手方向予備伸張比範囲が2から4まで、バイアス電圧範囲が1.6kVから3kVまで、平均誤差率は3%である。

1. Hengtong Cheng, Zhenqiang Song, Shijie Zhu, and Kazuhiro Ohyama, "Theoretical investigation on the energy conversion of dielectric elastomer generator with Gent model," M&M2019 材料力学カンファレンス, Nov. 2-4, 2019, Kyushu University, Japan.
2. Hengtong Cheng, Zhenqiang Song, Shijie Zhu, and Kazuhiro Ohyama, "Methods to Improve Energy Conversion Efficiency of Dielectric Elastomer Generators," Key Engineering Materials, Vol.804, pp. 63-67, 2019.
3. Z.-Q. Song, K. Ohyama, S. Shian, D.R. Clarke, Shijie Zhu. Power generation performance of dielectric elastomer generator with laterally-constrained configuration. Smart Mater Struct 2020;29:015018.
4. Z-Q Song, Sathin S, Li W, Ohyama K, Shijie Zhu. Dielectric elastomer generator with diaphragm configuration. MATEC Web of Conferences 2018;192:01032.
5. Zhenqiang Song, Hengtong Cheng, Kazuhiro Ohyama, Shijie Zhu. Power generation of dielectric elastomer

generator with diaphragm configuration under triangular harvesting cycle. Mechanical Engineering Journal, Vol.7, No.4 (2020) DOI: 10.1299/mej.20-00092.

6. 曲 同歡, 朱 世杰, 宋 貞強, 大山 和宏: “ 散逸性誘電エラストマー発電機の電氣的な散逸挙動に関する性能解析 ” 日本機械学会, 2021 年度年次大会, J031-21, (2021).
7. 曲 同歡, 朱 世杰, 宋 貞強, 大山 和宏: “ 散逸性誘電エラストマー発電機のハーベスティングスキームの最適化に関する研究 ” 日本機械学会, M&M2021 材料カンファレンス, 0S0601, (2021).
8. Shijie Zhu, Tonghuan Qu, Hengtong Cheng, Zhenqiang Song and Kazuhiro Ohyama, Improvement of Energy Density of Dielectric Elastomer Generators, 7<sup>th</sup> International Conference on Renewable Energy and Conservation (ICREC 2022), November 18-20, 2022 | Paris, France
9. 孫德傑, 曲同歡, 朱世杰, 等二軸荷重を受ける誘電エラストマ発電機の劣化特性に関する研究, 日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス, 0S0823(2021)
10. Dejie SUN, Shijie Zhu, Kazuhiro OHYAMA and Muneaki KURIMOTO, Influence of charge leakage on energy density of dielectric elastomer generator with transversely restrained configuration, Mechanical Engineering Journal, Vol.10, No.4 (2023) DOI: 10.1299/mej.23-00077

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名<br>10.Dejie SUN, Shijie ZHU, Kazuhiro OHYAMA and Muneaki KURIMOTO  | 4. 巻<br>10                    |
| 2. 論文標題<br>Influence of charge leakage on energy density of dielectric elastomer generator with transversely restrained configuration | 5. 発行年<br>2023年               |
| 3. 雑誌名<br>Mechanical Engineering Journal  | 6. 最初と最後の頁<br>「 - 」           |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1299/mej.23-00077   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-                     |
| 1. 著者名<br>Song Zhen-Qiang, Ohyama Kazuhiro, Shian Samuel, Clarke David R, Zhu Shijie  | 4. 巻<br>29                    |
| 2. 論文標題<br>Power generation performance of dielectric elastomer generator with laterally-constrained configuration                    | 5. 発行年<br>2019年               |
| 3. 雑誌名<br>Smart Materials and Structures  | 6. 最初と最後の頁<br>015018 ~ 015018 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1088/1361-665X/ab5766   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>該当する                  |
| 1. 著者名<br>Song Zhen-Qiang, Ohyama Kazuhiro, Zhu Shijie  | 4. 巻<br>639                   |
| 2. 論文標題<br>Influence of pre-stretch ratio on the electrical actuation performance of VHB elastomer                                    | 5. 発行年<br>2019年               |
| 3. 雑誌名<br>IOP Conference Series: Materials Science and Engineering  | 6. 最初と最後の頁<br>012008 ~ 012008 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1088/1757-899X/639/1/012008   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-                     |
| 1. 著者名<br>SONG Zhen-Qiang, CHENG Heng-Tong, OHYAMA Kazuhiro, ZHU Shijie   | 4. 巻<br>7                     |
| 2. 論文標題<br>Power generation of dielectric elastomer generator with diaphragm configuration under triangular harvesting cycle          | 5. 発行年<br>2020年               |
| 3. 雑誌名<br>Mechanical Engineering Journal  | 6. 最初と最後の頁<br>20-00092        |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1299/mej.20-00092   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-                     |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>T.Sakano,Z.Q.Song,K.Ohyama,S.J.Zhu,M.Waki and S.A.Chiba                                   | 4. 巻<br>804         |
| 2. 論文標題<br>Simulation of a self-excited power generation system for dielectric elastomer generation | 5. 発行年<br>2019年     |
| 3. 雑誌名<br>Key Engineering Materials   | 6. 最初と最後の頁<br>41-46 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>該当する        |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>H.T.Cheng,Z.Q.Song,S.J.Zhu,K.Ohyama   | 4. 巻<br>804         |
| 2. 論文標題<br>Methods to improve energy conversion efficiency of dielectric elastomer generators | 5. 発行年<br>2019年     |
| 3. 雑誌名<br>Key Engineering Materials   | 6. 最初と最後の頁<br>63-68 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>該当する        |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>M.Weï,W.Li,Z.Q.Song,S.J.Zhu  | 4. 巻<br>804         |
| 2. 論文標題<br>Analysis on mechanical behavior of acrylate dielectric elastomers | 5. 発行年<br>2019年     |
| 3. 雑誌名<br>Key Engineering Materials  | 6. 最初と最後の頁<br>59-64 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>無          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                       | 国際共著<br>-           |

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小林正人, 朱世杰, 千葉正毅, 和氣美紀夫, 竹下誠, 大山和宏 |
| 2. 発表標題<br>ソフトアクチュエータ用誘電体エラストマの材料特性評価        |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会2022年度年次大会, J192-01, (2022) |
| 4. 発表年<br>2022年                              |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>孫德傑, 曲同歡, 朱世杰, 大山和宏                  |
| 2. 発表標題<br>誘電エラストマ発電機の発電特性に及ぼすエネルギーハーベスタスキームの影響 |
| 3. 学会等名<br>日本材料学会第71期通常総会, 426 (2022.5.29-5.31) |
| 4. 発表年<br>2022年                                 |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Seiki Chiba, Masato Kobayashi, Tonghuan Qu, Shijie Zhu, Mikio Waki, Makoto Takeshita, and Kazuhiro Ohyama  |
| 2. 発表標題<br>Examination of factors to improve the elongation and output of dielectric elastomers   |
| 3. 学会等名<br>Proc. SPIE 12042, Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD) XXIV, <a href="https://doi.org/10.1117/12.260371">https://doi.org/10.1117/12.260371</a> (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Dejie Sun, Shijie Zhu, Tonghuan Qu and Kazuhiro Ohyama   |
| 2. 発表標題<br>Influence of Input Voltage on Conversion Efficiency of Dielectric Elastomer Generator with Laterally constrained Configuration   |
| 3. 学会等名<br>The Japan Society of Mechanical Engineers ICM&P 2022 International Conference on Materials & Processing 2022, Okinawa Shichoson Jichi Kaikan, Okinawa, Japan, November 6-10, 2022 (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shijie Zhu, Tonghuan Qu, Hengtong Cheng, Zhenqiang Song   |
| 2. 発表標題<br>Improvement of Energy Density of Dielectric Elastomer Generators  |
| 3. 学会等名<br>7th International Conference on Renewable Energy and Conservation, ICREC 2022, November 18-20, 2022, Paris, France (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>孫德傑, 曲同歡, 朱世杰                  |
| 2. 発表標題<br>等二軸荷重を受ける誘電エラストマ発電機の劣化特性に関する研究 |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会 M&M2021材料力学カンファレンス      |
| 4. 発表年<br>2021年                           |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>曲 同歡, 朱 世杰, 宋 貞強, 大山 和宏         |
| 2. 発表標題<br>散逸性誘電エラストマー発電機の電氣的な散逸挙動に関する性能解析 |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会, 2021年度年次大会              |
| 4. 発表年<br>2021年                            |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>曲 同歡, 朱 世杰, 宋 貞強, 大山 和宏               |
| 2. 発表標題<br>散逸性誘電エラストマー発電機のハーベスティングスキームの最適化に関する研究 |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会, M&M2021材料カンファレンス              |
| 4. 発表年<br>2021年                                  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>曲 同歡, 朱 世杰, 宋 貞強, 大山 和宏                |
| 2. 発表標題<br>散逸性誘電エラストマー発電機 (DEG) のハーベスティングに関する性能解析 |
| 3. 学会等名<br>日本材料学会, 第70期学術講演会                      |
| 4. 発表年<br>2021年                                   |



|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>曲 同歆, 朱 世杰, 宋 貞強, 程 恒通, 大山 和宏    |
| 2. 発表標題<br>誘電エラストマー発電機のエネルギー変換効率に及ぼす散逸因子の影響 |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会年次大会                       |
| 4. 発表年<br>2020年                             |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Sakano Takumi, Ohyama Kazuhiro, Zhu Shijie, Waki Mikio, Chiba Seiki  |
| 2. 発表標題<br>Experimental verification of a self-excited power generation system for dielectric elastomer generation using piezoelectric elements |
| 3. 学会等名<br>SPIE Smart Structures + Nondestructive Evaluation, 2020, Online Only, California, United States                                      |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Hengtong Cheng, Zhenqiang Song, Shijie Zhu, and Kazuhiro Ohyama,  |
| 2. 発表標題<br>Theoretical Prediction and Electromechanical Experiments of Dielectric Elastomer Generators with Equi-biaxial Loading |
| 3. 学会等名<br>International Conference on Power Engineering (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Zhenqiang Song, Hengtong Cheng, Kazuhiro Ohyama, Shijie Zhu   |
| 2. 発表標題<br>Power generation of dielectric elastomer generator with diaphragm configuration under triangular harvesting cycle |
| 3. 学会等名<br>International Conference on Power Engineering (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Hengtong Cheng, Zhenqiang Song, Shijie Zhu, and Kazuhiro Ohyama                                      |
| 2. 発表標題<br>Theoretical investigation on the energy conversion of dielectric elastomer generator with Gent model |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会M&M  |
| 4. 発表年<br>2019年   |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|