

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01240

研究課題名(和文) 摩擦発電機の高出力化および高電界下におけるトライボロジー現象に関する研究

研究課題名(英文) Improvement of triboelectric power generator output and study of tribological phenomena in large electric field

研究代表者

谷 弘詞 (Tani, Hiroshi)

関西大学・システム理工学部・教授

研究者番号：40512702

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：摩擦発電機の発電出力を向上することと、それを用いた摩擦発電機の実用的デバイス構造を提案することを目標として研究を行い以下のことを明らかにした。(1)イオン液体をPVDFフィルムに10-20ppmの添加することで、摩擦帯電電荷の電荷密度が増加して摩擦発電出力が2倍以上増加すること、イオン液体添加PVDFフィルムをポーラスにすることで発電量を2倍とすることが可能であることが分かった。(2)試作した摩擦発電機を200Gの衝撃を与える加速試験を行った。約 10×10^6 回の接触・分離に相当する回数においても、帯電フィルムの著しい摩耗は見られなかったため、摩擦発電機としての耐久性は十分であると判断された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって見出したイオン液体添加ならびにポーラス化による摩擦発電機の出力向上によって、出力を約4倍にする指針を見出すことが出来たことは画期的である。これにより摩擦発電機の実用化に大きく貢献できると考えられる。また、厳しい加速試験でその耐久性についても確認できた。さらに、摩擦中に摩擦面から発生するトライボ電子を用いて、電場によって摩擦生成物の生成をコントロールすることが出来ることを示した。このことは電場による摩擦係数のコントロール可能性を示しておりトライボロジーにおける新しい知見と考えられる。

研究成果の概要(英文)：The research was conducted with the goals of improving the power output of a triboelectric power generator and proposing a practical device structure for a triboelectric power generator. As a result, the following were found. (1) The charge density of the triboelectrification increases by adding a very small amount of ionic liquid (10-20 ppm) to the PVDF film, and the triboelectric power output increases by a factor of two or more. Furthermore, it was found that the amount of charge density increased to two times by the porous composite PVDF film with ionic liquid. (2) The prototype triboelectric power generator was subjected to an acceleration test in which a large impact of 200 G was applied. No significant wear of the charged films was observed even after about 10×10^6 contact/separation cycles, indicating that the triboelectric power generator has sufficient durability.

研究分野：トライボロジー

キーワード：トライボロジー トライボケミカル反応 摩擦発電 イオン液体 帯電

1. 研究開始当初の背景

圧電素子やエレクトレットを用いた振動発電と同様に、摩擦発電も世界的に研究が進められており、様々なアプリケーションが提案されている。その中でも、申請者が開発を進めている摩擦発電機は、フレキシブルかつシンプルな構造で発電を行うことが出来るため、低コストで製造可能であり、実用化できれば IoT センサ用電源など多岐に渡る技術として社会へ貢献可能であると考えられる。しかし、現状の摩擦発電機は数 $100 \mu\text{W}$ レベルであるため、用途拡大にはさらなる発電量増加が要求される。また、摩擦帯電により発生する数 10kV/m にもなる高電界下での異種材料の摩擦におけるトライボロジー現象は明らかにされていない。さらには摩擦によってより大きな摩擦帯電が可能な材料についての知見も少ない。

広く知られている帯電列は、2種類の材料の組合せによって発生する摩擦帯電量が異なることを示している。従来、摩擦帯電は悪い現象と考えられ、帯電しないための材料の組合せを工夫する、材料に導電性を持たせるなどの研究が多くなされてきた。しかし、摩擦発電においては、より帯電する材料の開発が必須となる。摩擦帯電は、材料表面の清浄性、面粗さ、材料の構造（不純物や層構造など）によって大きく影響される。そのため、これらの材料の影響因子と摩擦帯電量との関係を明らかにすることで、より大きな発電量を得ることが可能となる。当然、摩擦帯電量が増加すれば、摩擦する2面間には大きな電場が作用する。摩擦材料としては非導電性の樹脂フィルムが使用されるため、電場による微小放電によるフィルム表面の損傷や分解や相手面への分解生成物の付着などが発生する可能性がある。これらの現象の有無を明らかにし、摩擦発電の耐久性に問題ないことを示すことが、実用化の指針となると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、摩擦発電機の発電出力を世界最高レベルにすることと、それを用いた摩擦発電機の実用的デバイス構造を提案することである。そのために、(1)帯電フィルムの帯電電荷密度増加のための樹脂材料・構造の検討、(2)極薄膜イオン液体を用いた摩擦帯電出力の向上、(3)帯電により高電場中にさらされる帯電面の接触繰返しにおけるトライボロジー現象を明らかにして、高出力摩擦発電機的设计指針を明らかにする。

摩擦帯電に関する研究は、帯電を防止するための研究が多く、摩擦帯電量を増加させ、摩擦発電出力を飛躍的に増加させるための研究は少ない。そこで本研究では、帯電材料としてイオン液体分散樹脂を用いた比誘電率・導電率の影響、およびポーラス構造による比表面積の影響を検討し、樹脂材料・構造と帯電の関係を明らかにする。このような、帯電材料の複合化・構造化による帯電量増加に関する研究は極めて独創的である。さらに高電場中で接触を繰返す帯電表面の摩耗現象の解明と信頼性の確保は、その実用化には必須であり、学術的にもトライボプラズマの摩耗への影響を明らかにすることにつながる独創的なテーマである。

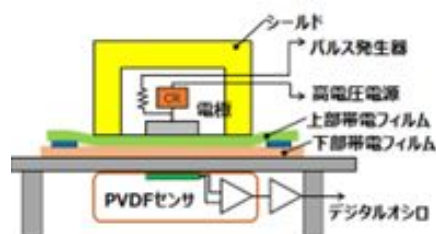
3. 研究の方法

(1) 帯電フィルム内の空間電荷量分布測定方法確立

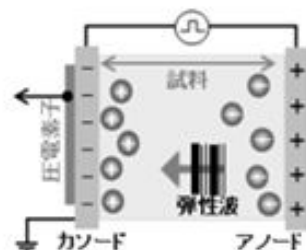
摩擦発電機の出力向上には帯電材料の誘電率と材料の帯電電荷密度を増加させることが必要である。電荷密度を測定する手段は表面電位計やファラデーカップを用いた測定が一般的であるが、材料内部の電荷密度分布計測までは出来ない。本研究では、複合・ポーラス樹脂フィルムもサンプルとして扱うため、図1に示すようなパルス静電応力法 (PEA法) を用いて接触・分離を繰返す樹脂フィルム内の空間電荷量の測定を試みた。PEA法はパルス電界で樹脂内の電荷に衝撃を与えた際の音響信号から空間電荷分布を求める手法である。2種類の帯電フィルムを電動計測スタンドの上部ユニットと固定部に固定し、上部ユニットを繰返し上下してフィルムを帯電させて、接触分離回数を変化させてフィルム内の空間電荷密度をPEA法で測定した。上部ユニットの押付け圧を一定にするため、フォースゲージを介して上部ユニットを取付け、一定の押付け圧で上下運動が繰返し可能である。この装置によって、後述する樹脂・ナノワイヤ複合フィルムやイオン液体添加帯電フィルムの帯電電荷量および膜方向分布を計測して、帯電特性を明らかにした。

(2) イオン液体添加 PVDF 複合膜による摩擦発電出力の向上

イオン液体はカチオンとアニオンからなる液体のため、摩擦帯電で発生した電荷を効率的に非導電性フィルム内に蓄積することが可能と考えて、比誘



PEA空間電荷測定器の構造



PEA空間電荷測定法の原理

図1. 空間電荷測定方法の概要

電率が高く非導電性であるポリフッ化ビニリデン (PVDF) フィルムにイオン液体を添加して、摩擦発電出力の向上を検討した。図 2 に示すイオン液体 (1-ヘキシル-3-メチルイミダゾリウムビス(トリフルオロ-メタンスルホニル)イミド; ヘキシル) を PVDF フィルムに添加するために調製した。ポリ (フッ化ビニリデン-co-トリフルオロエチレン: VDF-co-TrFE) とジメチルアセトアミド (DMAC, C₄H₉NO) の溶液を調製し、そこにイオン液体を加えて混合した。次に、図 3 に示すように、PVDF フィルムをフィルムアプリケーターでガラス板上に薄く延ばし、80 °C で 50 分間加熱して作製した。複合フィルムの厚さは約 30 ~ 50 μm であった。イオン液体濃度はポリ (VDF-co-TrFE) の量に対して 0 から 50ppm まで変化させた。

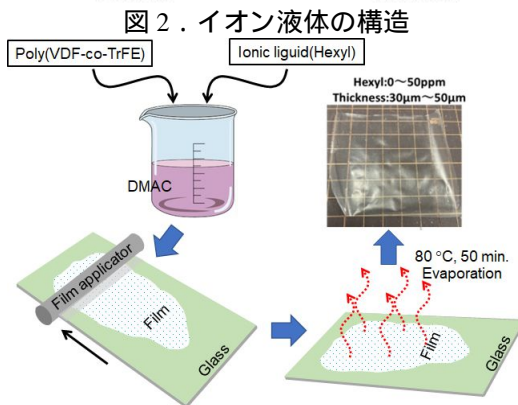
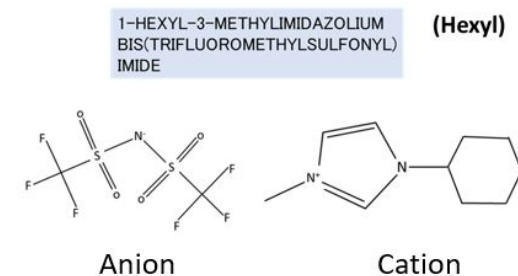


図 3. 帯電フィルムの作成方法

次に、図 4 に示すように、円柱状の凹凸を有するシリコンゴム上に、導電布と同じ構造を有する PVDF 複合フィルムとポリアミドフィルムを電極として配置し、摩擦発電機を作製した。その発電出力とイオン液体添加量との関係を図 5 に示す。イオン液体を 20ppm というわずかな量添加することで、発電量が 2 倍以上増加していることが分かる。一方、比誘電率は変化していなかったことから、イオン液体を添加することによって、帯電電荷量が変化すると推定された。そこで、PEA を用いてフィルム内の空間帯電量分布を比較した。フィルムの厚さを 140μm として比較したところ、図 6 のようにイオン液体を 20ppm 添加したものは、電荷密度が大きくなりよりフィルム表面から深いところまで電荷が分布していることが分かった。これによりイオン液体のような電荷保持材料を極微量添加することで効果的に帯電密度を増加させて、摩擦発電機の出力向上がなされると考えられる。

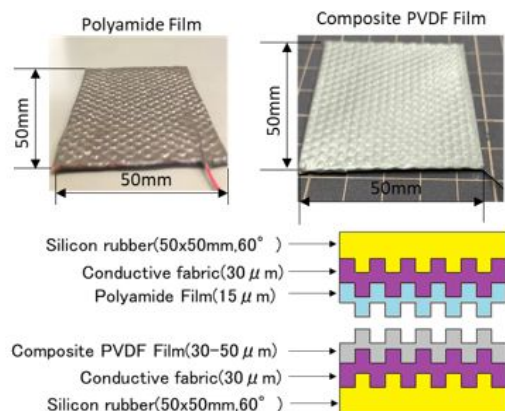


図 4. 摩擦発電機の構造

(3)イオン液体・PVDF 複合膜のポーラス化による発電量の向上

イオン液体を 20ppm 添加することで出力が 2 倍以上に増加することが分かったので、さらにポーラス化することで出力向上を目指した。PVDF 複合膜作成時にフッ化炭素系溶剤である Vertrel-XF を添加して加熱時に蒸発させてポーラス化させた。Vertrel-XF 添加を増加させると比誘電率は徐々に低下するが、摩擦発電機の出力は図 7 に示すように 30%の添加量で最大となり約 2 倍以上の出力を示し、その後低下した。空間電荷量分布を PEA で測定したところ、Vertrel-XF の添加量 30%で最大の電荷密度を示した。すなわち、ポーラス化して気体-固体界面をフィルム内に導入することで、フィルム内の電荷密度が増加することが分かった。

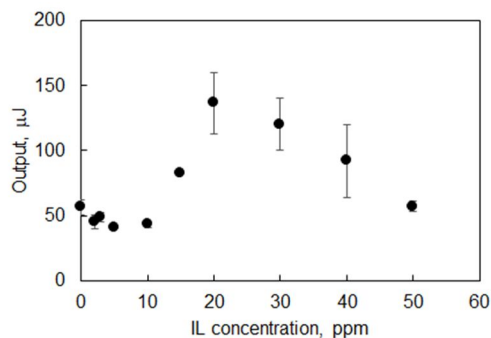


図 5. イオン液体添加量と発電量の関係

(4) 高電場中におけるトライボロジー現象

摩擦発電機の耐久性を確認するため、ポーラスポリアミドとポリアミドを帯電フィルムとした摩擦発電機を図 4 と同様に作成し、タイヤに組み込み、ドラム試験機で時速 50km で回転させ、その出力をモニタした。タイヤとドラムの接地面に発電機が侵入した際に発電するが、その際の加速度は約 200g と極めて大きい。15000km (約 10 × 10⁶ 回の接触・分離に相当) 後においても帯電フィルム面は損傷を受けず、発電出力はわずかに低下したのみであった。このことから、図 4 のような構造で摩擦発電機を作成すれば、耐久性の観点では問題はないと判断した。

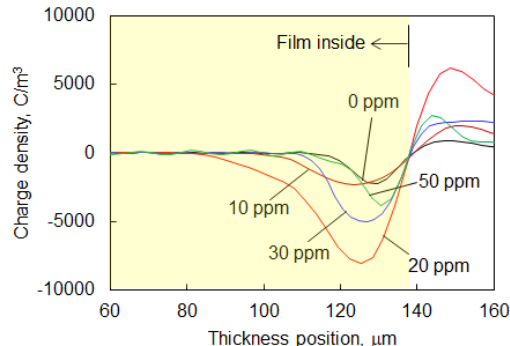


図 6. フィルム内空間電化密度分布比較

次に、高電場中におけるトライボロジー現象として潤滑油の分解に着目した。そこで、ポリフェニルエーテル潤滑油で摩擦試験後の摩擦面に不定形炭

素膜が形成されるという現象が確認されていることから、DLC 膜上にペンタフェニルエーテル(5P4E)を約 5nm の平均膜厚で塗布して、電場を印加しつつ摩擦試験を行った。摩擦試験ピンはガラスレンズを用い、上部より摩擦接触面をレーザー加熱しつつ窒素環境中で試験を行った。その結果、図 7 に示すように、加熱・電場なしの場合の摩擦係数が約 0.13 に対し、加熱 200℃、印加電圧 -20V の場合摩擦係数は 0.02 と約 1/5 に低減した。

摩擦試験後には摩擦ピンの表面に図 8 に示すように電圧を印加した場合に不定形炭素膜のトライボフィルムが生成されていた。このことから、高電界中で摩擦することで、5P4E が分解して不定形炭素が生成されたと考えられる。5P4E の分解には摩擦中のトライボ電子の発生が電場により加速されるため、このような電場効果として現れると推定し、5P4E に電子線を照射して同様に不定形炭素が生成されるかどうかを確認したところ、電子線照射によって不定形炭素が生成された。以上のことから、トライボ電子の摩擦面からの発生を電場でコントロールすることでトライボフィルムの生成をコントロールできる可能性があることが分かった。

4. 研究成果

本研究では以下の成果を得た。

- (1) PEA 測定により摩擦帯電により帯電した電荷の空間分布を比較することで、摩擦発電機の出力向上の指針を得ることが出来ることが分かった。
- (2) イオン液体を PVDF フィルムに 10-20ppm の極微量添加することで、摩擦帯電電荷の電荷密度が増加して摩擦発電出力が 2 倍以上増加することが分かった。
- (3) さらに、イオン液体添加 PVDF フィルムをポーラスにすることで発電量を 2 倍とすることが可能であることが分かった。
- (4) 試作した摩擦発電機を 200G の大きな衝撃を与える加速試験を行った。約 10×10^6 回の接触・分離に相当する回数においても、帯電フィルムの著しい摩耗は見られなかったため、摩擦発電機としての耐久性は十分にであると判断された。
- (5) 高電場中でポリフェニルエーテル油(5P4E)を摩擦したところ、電場を印加した場合に大きく摩擦係数が減少した。試験後にはピンに不定形炭素膜が形成されており、この不定形炭素膜が摩擦を減少させたと推定された。その確認のため電子線を 5P4E に照射して変化を調べたところ、不定形炭素の生成が確認されたことから、電場印加によってトライボ電子の発生量が増えて、5P4E の構造変化が促進されたと考えられる。

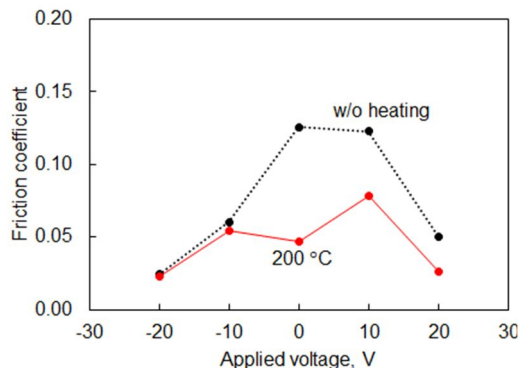


図 7. 5P4E の高電場中での摩擦係数

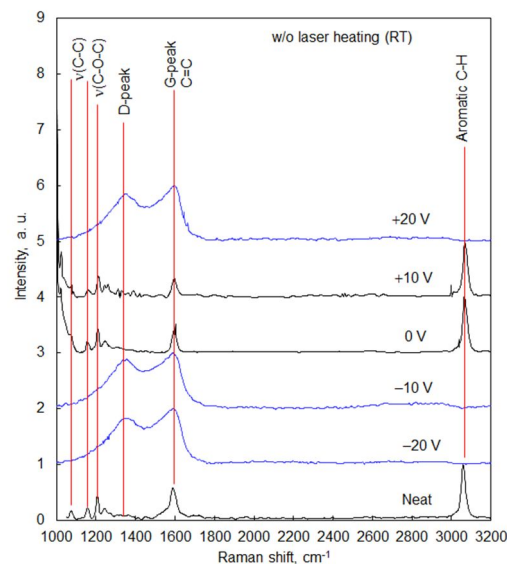


図 8. 摩擦試験後のトライボフィルムのラマンスペクトル

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Tani Hiroshi、Lu Renguo、Koganezawa Shinji、Tagawa Norio	4. 巻 29
2. 論文標題 Control of head smear generation by diamond-like carbon films using an external electric field	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Microsystem Technologies	6. 最初と最後の頁 295 ~ 300
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00542-023-05421-0	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -
1. 著者名 Yakata Kenji、Kurafuji Hiroshi、Tani Hiroshi、Lu Renguo、Koganezawa Shinji、Kawada Shouhei、 Tagawa Norio	4. 巻 17
2. 論文標題 Effects of Oxygen on Smear Formation in Heat Assisted Magnetic Recording System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Tribology Online	6. 最初と最後の頁 348 ~ 355
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2474/trol.17.348	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -
1. 著者名 Lu Renguo、Tani Hiroshi、Koganezawa Shinji、Hata Masayuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Alkylated Polyphenyl Ethers as High-Performance Synthetic Lubricants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Lubricants	6. 最初と最後の頁 275 ~ 275
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/lubricants10100275	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -
1. 著者名 Tani Hiroshi、Izutani Yuki、Lu Renguo、Koganezawa Shinji、Tagawa Norio	4. 巻 69
2. 論文標題 Electric Field Effect on Friction Coefficient of Diamond-Like Carbon Film Heated by Laser Irradiation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Tribology Letters	6. 最初と最後の頁 103
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11249-021-01482-2	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

〔学会発表〕 計45件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件）

1. 発表者名 Hiroshi Tani, Makoto Toyoda, Shouhei Kawada, Renguo Lu, Shinji Koaganezawa, Norio Tagawa
2. 発表標題 External electric field effect to head smear generated from disk with PFPE lubricant film in heat-assisted magnetic recording
3. 学会等名 2022 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenji Yakata, Hiroshi Kurafuji, Hiroshi Tani, Renguo Lu, Shinji Koganezawa, Shouhei Kawada, Norio Tagawa
2. 発表標題 Effects of Oxygen Concentration on Smear Formation in HAMR System
3. 学会等名 2022 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koki Hosoda, Hiroshi Tani, Renguo Lu, Shinji Koganezawa, Shohei Kawada, Norio Tagawa, Takahiro Fujiwara, Kyota Sugioka, Kenichi Kuroda, Mutsuki Sugimoto, Yukio Nakao
2. 発表標題 Estimation of tire wear using multiple tribocharge sensors mounted inside tire
3. 学会等名 2022 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryo Kawakami, Hiroshi Tani, Shohei Kawada, Rengo Lu, Shinji Koganezawa, Norio Tagawa
2. 発表標題 Development of counting system of people passing on floor mat using triboelectric power generation
3. 学会等名 2022 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Tone, Hiroshi Tani, Shinji Koganezawa, Renguo Ru, Shohei Kawada
2. 発表標題 Monitoring radial load force of rolling bearing using triboelectric sensor
3. 学会等名 2022 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Renguo Lu, Kazufumi Kontani, Hiroshi Tani, Shohei Kawada, Shinji Koganezawa, Norio Tagawa
2. 発表標題 EFFECT OF ELECTRIC CURRENT ON FRICTION BEHAVIOR OF LUBRICANT MOLECULES
3. 学会等名 2022 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 紺谷 和史、陳誠、呂 仁国、川田 将平、谷 弘詞、小金沢 新治、多川 則男
2. 発表標題 電流印加時の潤滑油分子挙動のその場観察
3. 学会等名 日本機械学会2022年度年次大会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 紺谷和史, 陳誠, 呂仁国, 川田将平, 谷弘詞, 小金沢新治
2. 発表標題 ToF-SIMSによるポリフェニルエーテルのトライボ反応膜の解析
3. 学会等名 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会IIP2023
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 細田 昂希, 嶋内 友哉, 谷 弘詞, 小金沢 新治, 呂 仁国, 川田 将平, 藤原 崇博, 杉岡 恭太, 黒田 賢一, 杉本 睦樹
2. 発表標題 並列配置型圧電フィルムによるタイヤ摩耗状態の推定
3. 学会等名 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会IIP2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 朱 洋威, 谷 弘詞, 小金沢新治, 呂 仁国, 川田 将平
2. 発表標題 イオン液体添加 PVDF ポーラス膜による摩擦発電出力の向上
3. 学会等名 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会IIP2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川上 凌, 谷 弘詞, 小金沢 新治, 呂 仁国, 川田 将平, 黒木崇史, 中尾 凌, 南山 偉明
2. 発表標題 摩擦発電マットを用いた入退室判別システムの開発
3. 学会等名 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会IIP2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 陳誠, 紺谷和史, 呂仁国, 川田将平, 谷弘詞, 小金沢新治
2. 発表標題 電場における油性剤分子挙動のその場観察
3. 学会等名 日本機械学会関西支部2022年度学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 今井健人, 呂仁国, 川田将平, 谷弘詞, 小金沢新治
2. 発表標題 潤滑油のトライボ化学分解に及ぼす摺動面電流の影響
3. 学会等名 日本機械学会関西支部2022年度学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 信岡 祐哉、川上 凌、谷 弘詞、川田 将平、呂 仁国、小金沢 新治
2. 発表標題 摩擦発電機を用いた通過人数計測マットの開発
3. 学会等名 日本機械学会関西支部2022年度学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 嶋内 友哉、細田 昂希、谷 弘詞、川田 将平、呂 仁国、小金沢 新治
2. 発表標題 並列圧電フィルムによるタイヤ摩耗の推定
3. 学会等名 日本機械学会関西支部2022年度学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 谷弘詞, 泉谷裕毅, 池本真規, 川田将平, 呂仁国, 小金沢新治, 多川則男
2. 発表標題 レーザ加熱・交流電場下におけるDLC摩擦によるポリイン・グラフェン複合膜の生成
3. 学会等名 日本トライボロジー会議2022秋福井
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 紺谷和史, 呂仁国, 川田将平, 谷弘詞, 小金沢新治, 多川則男
2. 発表標題 摺動面の電流制御によるポリフェニルエーテルのトライボロジー特性の評価
3. 学会等名 日本トライボロジー会議2022秋福井
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Tani, Renguo Lu, Shinji Koganezawa, Norio Tagawa
2. 発表標題 Control of Head Smear Generated from DLC Films Using an External Electric Field
3. 学会等名 The 30th ASME Annual Conference on Information Storage and Processing Systems (ISPS2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷弘詞, 呂仁国, 小金沢新治, 多川則男
2. 発表標題 加熱されたDLCからの炭化水素油生成プロセス
3. 学会等名 日本トライボロジー会議2021春東京
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河田 圭司、谷 弘詞、呂 仁国、多川 則男、小金沢 新治
2. 発表標題 表面増強ラマンを用いた加熱されたDLC表面の構造変化
3. 学会等名 日本機械学会2021年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷 弘詞、呂 仁国、小金沢 新治、多川 則男
2. 発表標題 光電子アシストCVD法で成膜した潤滑膜によるDLCスミアの低減
3. 学会等名 日本機械学会2021年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷 弘詞、泉谷 裕毅、呂 仁国、小金沢 新治、多川 則男
2. 発表標題 外部電場によるレーザ加熱されている DLC の摩擦係数制御
3. 学会等名 日本トライボロジー会議2021秋
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 朱 洋威、谷 弘詞、小金沢 新治、呂 仁国、川田 将平、多川 則男
2. 発表標題 イオン液体添加PVDF複合膜による摩擦発電出力の向上
3. 学会等名 日本機械学会情報知能精密機械部門講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 蔵藤 裕志、谷 弘詞、川田 将平、呂 仁国、小金沢 新治、多川 則男
2. 発表標題 熱アシスト磁気記録におけるヘッドスミア発生メカニズムに関する研究（湿度の影響）
3. 学会等名 日本機械学会関西支部第97期定時総会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 豊田 眞實, 谷 弘詞, 川田 将平, 呂 仁国, 小金沢 新治, 多川 則男
2. 発表標題 熱アシスト記録におけるヘッドスミア発生に対する外部電場の影響
3. 学会等名 日本機械学会関西支部第97期定時総会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池本 眞規, 谷 弘詞, 呂 仁国, 小金沢 新治, 川田将平
2. 発表標題 交流電場中のDLC膜の摩擦特性
3. 学会等名 日本機械学会関西支部2021年度関西学生会卒業研究発表講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計4件

産業財産権の名称 状態計測装置、センシング軸受、状態計測システム、状態計測方法、および状態計測プログラム	発明者 谷弘詞	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-13726	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 摩擦発電機	発明者 森田陽明, 谷弘詞	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-028897	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 帯電フィルムおよび摩擦発電機	発明者 谷弘詞	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-207253	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 着用具、および身体に電流を供給する方法	発明者 谷弘詞	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-001151	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

!関西大学学術情報システム
https://gakujo.kansai-u.ac.jp/profile/ja/02f91ba1a514aCf7d9a0fc0d6.html
谷弘詞研究紹介
https://wps.itc.kansai-u.ac.jp/tani/

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	呂 仁国 (Lu Renguo) (90758210)	関西大学・システム理工学部・教授 (34416)	

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
---------	---------