

令和 2 年 5 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03189

研究課題名(和文)非線形圧電振動評価法の確立と小型強力超音波デバイスへの応用

研究課題名(英文)Evaluation method about nonlinear piezoelectric vibration for miniaturized ultrasonic transducer

研究代表者

森田 剛 (MORITA, Takeshi)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：60344735

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,400,000円

研究成果の概要(和文)：圧電材料を強力超音波デバイスに応用するには、現在一般的に用いられている線形定数評価では不十分であり、非線形性が重要な指標となる。このような研究背景において、等価回路上で誘電率や力係数は線形として扱い、コンプライアンスや損失係数が応力に対する非線形性を持つことを見出した。この知見をもとに、(1)圧電材料のハイパワー特性評価法の確立と、(2)ランジュバン振動子の非線形振動解析、(3)小型超音波モータへの応用を実施することにより、本研究で目標とした非線形圧電振動評価法の確立と小型強力超音波デバイスへの応用についての成果を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

圧電材料評価における非線形振動の重要性を指摘し、圧電非線形振動の評価方法を確立した。この評価方法による測定結果を圧電材料製作方法にフィードバックすることにより、優れた圧電材料を実現することが可能になった。本研究では、その応用展開例としてランジュバン振動子と小型圧電モータを取り上げ、提案手法の妥当性を検証することを示した。

この研究をさらに展開することにより、工学、化学、生物学、医療分野に現在広く応用されている強力超音波デバイスの性能向上に大きく貢献することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：For applying piezoelectric materials to power ultrasonic devices, evaluation with the linear parameters is insufficient, and nonlinearity is an important index. Based on such research background, we found that the permittivity and force coefficient can be treated as linear parameters on the equivalent circuit, and the nonlinearity concerning compliance and loss coefficients as a function of stress is essential. In this study, we carried out the following research topics; (1) a proposing the method for evaluating high-power characteristics of piezoelectric materials, (2) nonlinear vibration analysis of Langevin transducer, and (3) small ultrasonic motors. These results established the studies on the nonlinear piezoelectric vibration evaluation method and the application to small high-intensity ultrasonic devices, which was the goal of this research project.

研究分野：強力超音波応用デバイス

キーワード：強力超音波 非線形振動評価 圧電現象

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

圧電材料を超音波モータ等の強力超音波デバイスに応用する際には、ハイパワー駆動時の非線形振動によって損失が増大し、限界振動速度の低下を引き起こすという問題がある。これを避けるためには圧電材料のハイパワー特性の向上や非線形振動を避けるようなデバイス設計が必要不可欠であるが、非線形振動のモデリング手法や圧電ハイパワー特性の定量的な評価方法が確立されていないことが課題となっていた。

2. 研究の目的

(1) 圧電材料のハイパワー特性評価法の確立

圧電材料の非線形振動モデリング手法、非線形圧電振動の評価法を確立する。これを用いて、圧電材料のハイパワー特性を定量的に評価し、ハイパワー特性向上のための材料開発指針を得る。

(2) ランジュバン振動子の非線形振動解析

強力超音波振動子として一般的なランジュバン振動子を対象に、デバイス全体の非線形振動モデリングを行う。さらに、ボルトの歪みを測定可能なランジュバン振動子を製作し、ボルトの軸力に応じたアドミッタンス特性の変化を考案したモデルで解析することで、ボルトの締め付けによって圧電体にかかる予圧とハイパワー特性の関係について評価する。

(3) 小型超音波モータへの応用

本研究で提案する圧電ハイパワー特性評価法を用いて選定したハイパワー特性に優れた非鉛圧電振動子をステータに用いて、小型超音波モータを試作し、実デバイスでの特性評価を行う。

3. 研究の方法

圧電材料のハイパワー駆動時の非線形振動は、大振幅の歪みに起因する高次弾性振動が原因である。そこで、以下のように圧電方程式に高次弾性項を導入した。

$$T_1 = c_{11}^E S_1 + c_{11(3)}^E S_1^3 + e_{31} E_3$$

$$D_3 = e_{31} S_1 + \epsilon_{33}^S E_3$$

ここで T_1 , S_1 , E_3 , D_3 はそれぞれ応力、歪み、電界、電束密度であり、 $\overline{c_{11}^E}$, $c_{11(3)}^E$, $\overline{e_{31}}$, $\overline{\epsilon_{33}^S}$ は 1 次の弾性定数、3 次の弾性定数、圧電 e 定数、誘電率である。添字は圧電横効果を例としたが、圧電縦効果でも同様の手法が有効であることを確認している。一般的に用いられる圧電方程式に加えて、歪みの 3 次項 $c_{11(3)}^E S_1^3$ を考慮することで、3 次弾性振動を考慮することができる。この非線形圧電方程式を元に、図 1 に示す非線形圧電等価回路や図 2 に示す非線形伝達マトリックスのように、非線形振動モデリングが可能になる。

非線形圧電等価回路の回路方程式は以下ようになる。

$$L \frac{di_m}{dt} + R_0 i_m + \eta i_m^3 + \frac{1}{C_0} \int i_m dt + \xi \omega^3 \left(\int i_m dt \right)^3 = V$$

高次弾性を電気回路上で等価に表すため、非線形パラメータ η , ξ を導入することで、等価コンプライアンス C 及び等価損失 R が動電流 i_m の増減に従って変化する。非線形圧電等価回路を用いてアドミッタンスの共振共振特性をフィッティングすることで、非線形パラメータの値を推定することができ、高次弾性定数 $c_{11(3)}^E$ の値を求めることができる。材料間での高次弾性定数 $c_{11(3)}^E$ の値を比較することで、ハイパワー特性の定量的な評価が可能になる。本研究では、非線形圧電等価回路を用いて多種類の圧電材料のハイパワー特性評価を行った。

非線形伝達マトリックスは非線形圧電方程式から導出される分布定数系の圧電振動モデルであり、圧電材料内部の応力分布解析や異種材料を接続した実デバイスに近い振動解析を可能にする。本手法を用いて、ランジュバン振動子の非線形圧電振動モデルを考案し、予圧と圧電非線形特性の関係性を評価した。

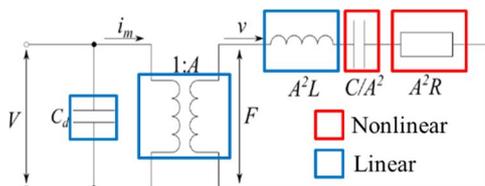


図 1 非線形圧電等価回路

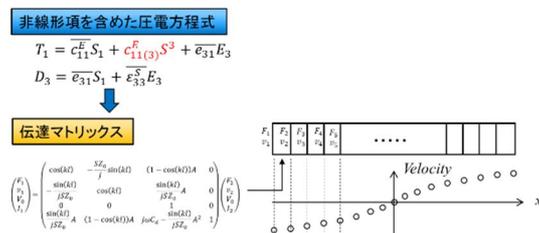


図 2 非線形伝達マトリックス

4. 研究成果

(1) 圧電材料のハイパワー特性評価

非線形圧電等価回路を用いたハイパワー特性評価法によって、以下の 6 種類の圧電材料の高次弾性定数の測定を行った。

チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)セラミックス
 チタン酸ジルコン酸バリウム チタン酸バリウムカルシウム (BZT-BCT)セラミックス
 ニオブ酸カリウムナトリウム (KNN)セラミックス
 チタン酸ビスマスナトリウム-チタン酸バリウム (BNBT)セラミックス
 ビスマス層状構造強誘電体(BLSF)セラミックス
 ニオブ酸リチウム(LN)単結晶

振動子の形状は全て板状で、分極方向は厚み方向である。PZT、KNN、BLSFはA社製、BZT-BCTはB研究室製、BNBTはC社製、LN単結晶はD社製のものを用いた。これらの振動子の厚み方向に電界をかけ、長手方向縦振動の基本共振周波数付近でのアドミッタンスカーブを測定した。測定したアドミッタンスカーブを非線形圧電等価回路にフィッティングすることで、3次弾性定数 $c_{11(3)}^E$ を推定した。 $c_{11(3)}^E$ は複素数で表されるため、実部を c_{3r} 、虚部を c_{3i} としてそれぞれ算出した。ただし、LN単結晶振動子については高電圧でのアドミッタンス測定を行う際に大振幅で振動させたことにより破断してしまっただけ、より短時間での測定が可能な電氣的過渡応答測定法⁽¹⁾を用いて測定した。

PZT、KNN、BZT-BCTの3次弾性定数虚部の絶対値 $|c_{3i}|$ の逆数と、1次弾性定数 $\overline{c_{11}^E}$ 、圧電 d 定数 d_{31} の関係を図3.4に示す。どの材料においても、1次弾性定数の増加と圧電 d 定数の減少に従って、 $|c_{3i}|$ は減少する傾向を示した。すなわち、ハード系圧電セラミックスのように、圧電材料内部のドメイン壁の動きが抑制された材料では、 $|c_{3r}|$ 、 $|c_{3i}|$ が減少すると考えられる。

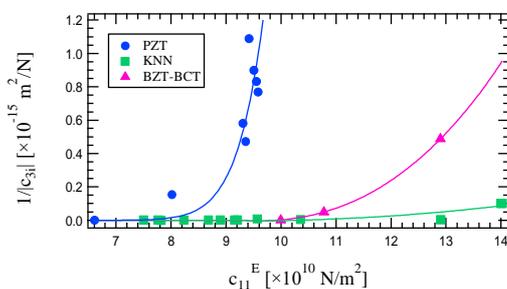


図3 $|c_{3i}|$ の逆数と1次弾性定数の関係

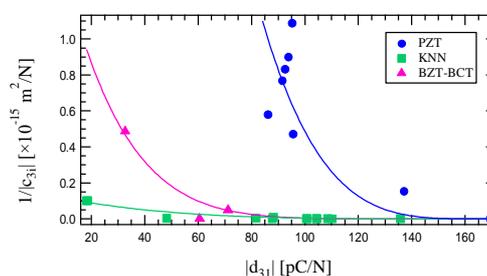


図4 $|c_{3i}|$ の逆数と圧電定数の関係

PZT、KNN、BZT-BCT、BNBT、BLSF、LN単結晶のそれぞれの材料で、最も3次弾性定数の絶対値が小さいものを選び表1に示す。LN単結晶は圧電セラミックスに比べて高次弾性定数の絶対値が小さく、セラミックスの結晶粒界やドメイン壁が高次弾性定数の絶対値を大きくする要因となっていることが明らかとなった。これは今後のハイパワー向け圧電材料開発の指針になると期待される。非鉛圧電セラミックスでは、BNBT、BLSFの2材料はPZTよりも絶対値の小さい高次弾性定数を示しており、ハイパワー応用分野での非鉛化に有望な圧電材料を発見することができた。

表1 各材料の高次弾性定数の値

	c_{3r} [N/m ²]	c_{3i} [N/m ²]
PZT	-9.6×10^{15}	1.2×10^{15}
KNN	-3.3×10^{16}	9.9×10^{15}
BZT-BCT	-1.0×10^{17}	2.1×10^{15}
BNBT	-1.4×10^{15}	3.2×10^{14}
BLSF	-1.2×10^{15}	7.5×10^{12}
LN	6.6×10^{13}	4.1×10^{13}

(2) ランジュバン振動子の非線形振動解析

非線形伝達マトリックスを用いて、図5に示すような形状のランジュバン振動子の非線形振動解析を行った。金属部の非線形性については考慮せず、線形伝達マトリックスを用いて計算を行った。製作したランジュバン振動子を図6に示す。ボルトの中央部に歪みゲージを張り付けられる構造となっており、後述するようにボルトの歪みを測定して圧電部の圧縮予圧を求める。圧電体にはE社製のハード系PZTを用いた。

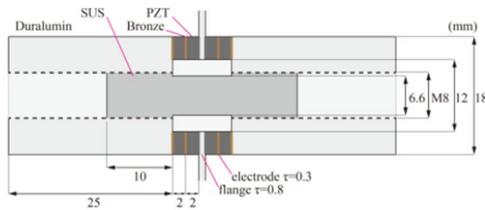


図5 ランジュバン振動子の断面形状

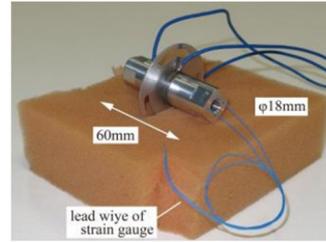


図6 製作したランジュバン振動子

ボルトの締めトルクを増加させながら測定したアドミッタンスの測定結果を、非線形モデルによってフィッティングすることで、圧縮予圧による圧電体の物性値の変化を測定した。例として、締めトルクを 25 Nm とした際のアドミッタンス測定結果とフィッティング結果を図 7 に示す。フィッティング結果は測定結果によく一致しており、提案する非線形モデルの妥当性を示している。また、各締めトルクで圧電部にかかる予圧はネジ部分の摩擦など様々な要因が複雑に影響し、締めトルクから計算することが困難なため、歪みゲージを用いてボルトの歪みを直接測定し、圧電部にかかる予圧を計算した。圧電部にかかる予圧と得られた物性値の関係を図 8 に示す。圧縮予圧の増加に従って、Q 値とヤング率が増加しており、これらは圧電材料の物性変化と共に、金属部材やネジ部分も含めたランジュバン振動子全体の摩擦損失の低減や振動伝播特性の変化を含んでいると考えられる。比誘電率と圧電定数については、圧電材料の物性変化と捉えることができ、比誘電率は予圧約 140-180 MPa で最大値を示し、圧電定数は予圧の増加に従って減少した。高次弾性定数については、図中に E 社製ハード系 PZT とソフト系 PZT の細棒振動子を用いて測定した値を破線で示した。今回測定した高次弾性定数は C203 の細棒振動子で得られた値とほぼ一致しており、圧電材料の高次弾性がデバイス全体のハイパワー特性に強く影響を及ぼすことを示している。また、高次弾性定数の圧縮予圧への依存性は見られず、予圧に対して安定しているということが明らかになった。これにより、ランジュバン振動子の最適予圧は、線形の物性値に依存していることが明らかとなった。

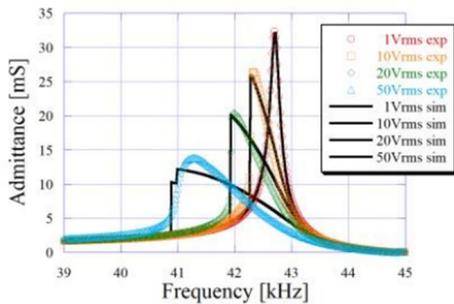


図7 締めトルク 25 Nm におけるアドミッタンス測定値と計算結果

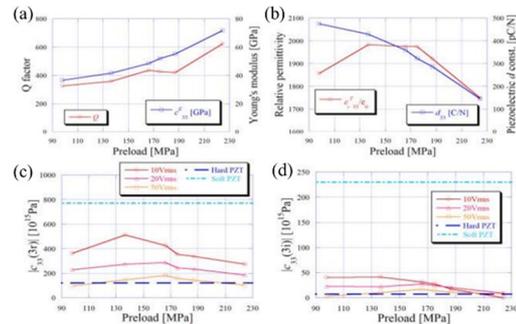


図8 予圧と各物性値の関係

- (a) Q 値・ヤング率 (b) 比誘電率・圧電定数
- (c) 高次弾性定数の実部 $c_{33(3r)}$
- (d) 高次弾性定数の虚部 $c_{33(3i)}$

(3) 小型超音波モータへの応用

本研究で提案する圧電材料のハイパワー特性評価法において、優れたハイパワー特性を示した非鉛圧電材料である BNBT セラミックスを用いて、小型超音波モータを製作し、特性評価を行った。ただし、BNBT は圧電定数が低いため、積層型圧電素子 (MLPT: Multi layer piezoelectric transducer) 化して変位を拡大し、振動子の直動変位をロータの回転モーメントへと変換するため、弾性フィン型超音波モータ⁽³⁾の原理を用いた。

製作した小型超音波モータの外観とロータ部の構造を図 9 に示す。本超音波モータは 5mm × 5mm × 8mm の BNBT の積層型圧電素子 (平均層厚 46.5μm × 140 層) の上部にベリリウム銅 C1720 製の弾性フィン (傾き角 15°) が 4 つと回転の軸となるシャフトが接着されており、この 4 つの弾性フィンで積層型圧電素子の直動変位を回転モーメントへと変換し、ロータを回転させる。ロータにはベアリングを介して上部から予圧が与えられ、弾性フィンに押し付けられる形となっている。予圧はコイルばね (ばね定数 0.118 N/mm と 0.765 N/mm の 2 種類) によって与えられており、シャフト上部にはコイルばねを上から押さえつけるパーツがナットで固定されており、このパーツを移動させてばねの長さを変えることで、予圧を調整している。

試作した超音波モータの性能を評価するため、ロータの回転速度を測定した。ファンクションジェネレータ(NF WF1948)と電力増幅器(NF 4010)を用いて電圧を印加し、1.5 A 以上の大電流が流れるため、トランスを利用して電流を増幅して超音波モータの駆動を行った。ロータ表面の速度をレーザードップラー速度計(Cannon P-20Z)で測定し、ロータの周長から回転速度を算出した。印加電圧とロータ速度の関係を図 10 に示す。予圧は 2 N と 3 N でそれぞれ測定を行い、それぞれの周波数で最大の回転速度が得られるように駆動周波数を変化させた。駆動周波数は予圧 2 N で 60.2 kHz、予圧 3 N で 60.0 kHz と予圧の上昇に従ってわずかに小さくなった。最大回転速度は予圧 2 N で 898 rpm、予圧 3 N で 922 rpm となり、高速な回転が得られた。

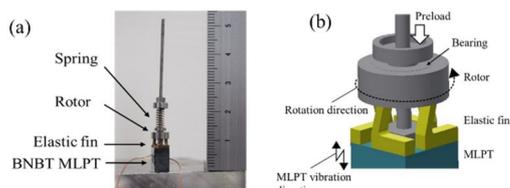


図 9 (a) 製作したモータの外観 (b) ロータ部の構造

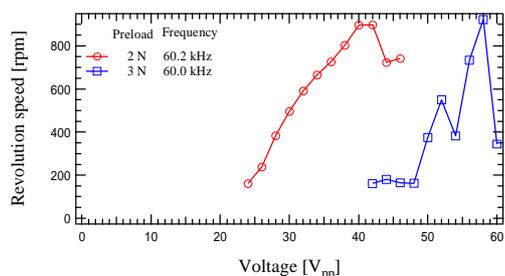


図 10 駆動電圧とロータ回転速度の関係

< 引用文献 >

1. M. Umeda, K. Nakamura and S. Ueha, "The measurement of high-power characteristics for a piezoelectric transducer based on the electrical transient response", *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol.37 pp.5322-5325, 1998
2. K. Ohbayashi: "Piezoelectric Properties and Microstructure of (K,Na)NbO₃-KTiNbO₅ Composite Lead-Free Piezoelectric Ceramic", T. Ogawa(Ed.), *InTech*, 2016
3. T. Uchiki, T. Nakazawa, K. Nakamura, M. Kurosawa and S. Ueha, "ULTRASONIC MOTOR UTILIZING ELASTIC FIN ROTOR", *IEEE 1991 Ultrasonic Symposium*, pp.929-932, 1991

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 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Miyake Susumu, Kasashima Takashi, Yamazaki Masato, Okimura Yasuyuki, Nagata Hajime, Hosaka Hiroshi, Morita Takeshi	4. 巻 57
2. 論文標題 Quantitative evaluation method for nonlinear characteristics of piezoelectric transducers under high stress with complex nonlinear elastic constant	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 07LB14 ~ 07LB14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7567/JJAP.57.07LB14	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 Miyake Susumu, Ozaki Ryohei, Hosaka Hiroshi, Morita Takeshi	4. 巻 93
2. 論文標題 High-power piezoelectric vibration model considering the interaction between nonlinear vibration and temperature increase	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 93 ~ 101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.ultras.2018.10.014	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 Chen Kang, Irie Takasuke, Iijima Takashi, Morita Takeshi	4. 巻 114
2. 論文標題 Acoustic focusing to the waveguides utilizing double parabolic reflectors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 072902 ~ 072902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1063/1.5086086	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 Miyake Susumu, Kasashima Takashi, Yamazaki Masato, Okimura Yasuyuki, Nagata Hajime, Hosaka Hiroshi, Morita Takeshi	4. 巻 57
2. 論文標題 Quantitative evaluation method for nonlinear characteristics of piezoelectric transducers under high stress with complex nonlinear elastic constant	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 07LB14 ~ 07LB14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7567/JJAP.57.07LB14	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 Yokozawa Hiroki、Twiefel Jens、Weinstein Michael、Morita Takeshi	4. 巻 56
2. 論文標題 Dynamic resonant frequency control of ultrasonic transducer for stabilizing resonant state in wide frequency band	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 07JE08 ~ 07JE08
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7567/JJAP.56.07JE08	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 該当する

1. 著者名 Ozaki Ryohei、Liu Yaoyang、Hosaka Hiroshi、Morita Takeshi	4. 巻 82
2. 論文標題 Piezoelectric nonlinear vibration focusing on the second-harmonic vibration mode	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 233 ~ 238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.ultras.2017.04.009	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 Yokozawa Hiroki、Twiefel Jens、Weinstein Michael、Hosaka Hiroshi、Morita Takeshi	4. 巻 262
2. 論文標題 Dynamic control of the resonant frequency of ultrasonic transducer	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 64 ~ 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2017.04.052	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 該当する

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Takeshi Morita
2. 発表標題 Evaluation method for high-power piezoelectric materials and devices
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonic Symposium (IUS 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Susumu Miyake, Takashi Kasashima, Masato Yamazaki, Yasuyuki Okimura, Hajime Nagata and Takeshi Morita
2. 発表標題 Nonlinear elastic constants measurements for various piezoelectric materials
3. 学会等名 International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naruhiko Iwama, Susumu Miyake and Takeshi Morita
2. 発表標題 Nonlinear elastic coefficients of piezoelectric material in Langevin transducer analyzed with transfer matrix
3. 学会等名 International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeshi Morita
2. 発表標題 Resonant frequency control method for R-SIDM
3. 学会等名 IEEE 3M-NANO 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩間 成裕, 三宅 奏, 森田 剛
2. 発表標題 ボルト締めランジュバン振動子の非線形モデル化および非線形弾性係数の測定
3. 学会等名 超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム(USE2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Susumu Miyake, Takashi Takashima, Masato Yamazaki, Yasuyuki Okimura, Hajime Nagata and Takeshi Morita
2. 発表標題 Investigation of the nonlinear elastic constant of PZT and lead-free piezoelectric materials for the high power application
3. 学会等名 International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Yokozawa, J. Twifel, M. Weinstein and T. Morita
2. 発表標題 The resonant frequency ratio controllable ultrasonic transducer
3. 学会等名 International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Morita
2. 発表標題 Ultrasonic-assisted hydrothermal method for thick piezoelectric films
3. 学会等名 International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2017) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森田剛, 三宅奏, 笠島崇, 山崎正人, 永田肇
2. 発表標題 強力超音波デバイス用圧電材料の非線形特性評価方法
3. 学会等名 日本音響学会2017年秋季研究発表会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Susumu Miyake, Tomohiro Harada, Hiroyuki Shimizu, Sumiaki Kishimoto and Takeshi Morita
2. 発表標題 Elastic fin type ultrasonic motor using (Bi,Na)TiO ₃ -BaTiO ₃ multilayer piezoelectric transducer
3. 学会等名 International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅奏, 原田智宏, 清水寛之, 岸本純明, 森田剛
2. 発表標題 (Bi,Na)TiO ₃ -BaTiO ₃ 積層圧電素子を用いた弾性フィン型超音波モータ
3. 学会等名 2019年度精密工学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅奏, 原田智宏, 清水寛之, 岸本純明, 森田 剛
2. 発表標題 (Bi,Na)TiO ₃ -BaTiO ₃ の 33 効果のハイパワー特性評価と弾性フィン型超音波モータへの応用
3. 学会等名 第40回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム(USE2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅奏, 森田剛
2. 発表標題 5次弾性定数を考慮した33効果における非線形圧電振動のモデル化
3. 学会等名 2020年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京大学 新領域創成科学研究科 人間環境学専攻 人間支援デバイス分野
<http://www.hsd.k.u-tokyo.ac.jp>

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