

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04290

研究課題名（和文）圧覚・振動覚・温冷覚を包含したマイクロ触覚センサチップの開発

研究課題名（英文）Development of Micro Tactile Sensor Chip Including Pressure, Vibration, and Temperature Sensations

研究代表者

寒川 雅之（Sohgawa, Masayuki）

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：70403128

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：MEMS技術を用いた圧覚・振動覚・温冷覚を複合的に検知できる触覚センサの汎用チップ化の実現を目的として研究を行った。圧覚・振動覚検知については、一つの検知素子に電気的な時間応答特性の異なる圧電素子とひずみ抵抗素子を積層して搭載したチップを試作し、それぞれ異なる応答を同時に得ることに成功した。一方、温冷覚検知については、伝熱の熱源となるヒータをチップ上に集積し、チップ単体での計測を可能とした。さらに、温度計測用の素子の改良と接触部の高熱伝導化により、安定かつ高感度な温冷感計測を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

単一の微小な検知素子で圧覚、振動覚の検知を可能としたことで、時間応答性の異なる需要期から構成される複雑な触覚機能の一部を再現でき、よりヒトの感覚に近い触感のセンシングにつながるものと考えられる。また、高感度な温冷覚検知も可能としたことで、センサチップ単体でヒトの皮膚から物体への伝熱を再現したセンシングが可能となり、マイクロオーダーのガラス表面の僅かな粗さの違いによる温冷感の変化をも検知することが可能となった。

研究成果の概要（英文）：This study was designed to develop a tactile sensor on a universal chip that can compositely detect pressure, vibration, and warm/cool sensations using the MEMS technologies. For pressure-vibration sensing, a chip with a piezoelectric and a strain-resistive elements with different electrical time response characteristics stacked on a single sensing element was fabricated, and different responses were successfully obtained simultaneously for each. On the other hand, for warm/cool sensing, a heater, which serves as a thermal source for heat transfer, was integrated on the chip to enable measurement by the chip standalone. Furthermore, by improving the thermometric element and increasing the thermal conductivity of the contact bump, stable and high-sensitivity hot/cold sensation measurement was achieved.

研究分野：知能機械学・機械システム

キーワード：触覚センサ 振動覚センサ 温冷覚センサ マルチモーダル マイクロヒータ 圧電素子 ひずみゲージ カンチレバー

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

IoT やロボティクスにおいて、五感のセンシングとそれらのデータ化は重要な要素である。視覚・聴覚のセンシングについては、小型で安価な汎用半導体イメージセンサチップや MEMS マイクロフォンチップがあり、それらのデータ化と認識技術が大きく発達してきているが、触覚センサについてはそのような汎用チップ化は実現していない。触覚は圧覚・振動覚・温冷覚などが複合した感覚であり、皮膚内部に存在するさまざまな受容器により感じられている。このような複合的なデータを取得できる触覚センサとして、人の手指を模した形状のものがあるが、汎用性が低く、また小型化・低価格化も難しい。人間と同様に圧覚・振動覚・温冷覚が検知でき、かつチップ上に集積され、低コストで汎用性の高い小型触覚センサと、それによるセンシングが実現できれば、触覚のデータ処理・認識技術の発展にもつながり、人工的な触覚技術がより発達することが期待される。

2. 研究の目的

我々はこれまで、MEMS プロセスにより作製した微小カンチレバー構造を、柔軟なエラストマ中に封止したマイクロ触覚センサチップを開発してきた。このセンサは接触によるエラストマの 3 次元的な変形を、カンチレバー上のひずみ抵抗の変化として検知するとともに、伝熱による温度変化を基板である単結晶シリコンの導電性変化により検知可能である。しかし、これまでのセンサは印加振動に対する出力の周波数特性は単一であったが、ヒトの触覚は振動刺激に対して異なる周波数応答特性をもつ受容器によってもたらされていることが知られている。視覚センシングの場合はヒトの視覚の RGB に対応した波長の光をそれぞれ検知しているが、触覚においても各受容器に対応した検知が必要と考える。また、温冷覚検知についても、熱源が外部にあることで熱流の経路が複雑になり加熱効率と温度安定性が悪いことと、シリコンの導電性が光や外部ノイズなどの影響を受けやすく出力の安定性が低いことが課題であった。そこで、本研究では複数の時間周波数特性をもつ振動検知が可能であり、かつ熱源を集積し安定性が良く高感度な温冷検知が可能な触覚センサチップの実現を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 複数の周波数特性をもつ振動検知部の開発

電気的な過渡応答特性が異なる強誘電体とひずみ抵抗をカンチレバー上に一体形成したセンサを実現するため、その積層構造と作製プロセスを設計し、試作および評価を行った。

(2) 温度検知部のノイズ低減と加熱用ヒータのチップ上集積化

温度検知部のノイズを低減するため、従来の Si 導電性変化を利用した検知から、Au 配線を測温抵抗として用いたセンサを設計試作し、応答を比較した。また、センサチップ上に熱源となる抵抗加熱ヒータを集積化するため、その抵抗線のパターンを設計解析した。設計に基づき、ヒータ集積化チップの試作評価を行った。

(3) 接触部の熱伝導性向上

従来のものに比べて熱伝導性の高いシリコンや金属をセンサの測定対象物との接触部に用いることで、温度変化の応答の大きさと応答速度の向上を目指した。

(4) 温度制御による温冷感計測の安定性向上

センサチップに集積化したヒータへの印加電圧を、チップ上の測温抵抗の計測値をフィードバックすることで制御し、対流や環境温度の影響を低減し、センサチップの温度を安定化する。

4. 研究成果

(1) 強誘電体・ひずみ抵抗集積カンチレバーの試作と評価

図 1 に設計・試作したセンサのカンチレバー部の電子顕微鏡写真を示す。封止エラストマの裏面への回り込みを軽減するため、カンチレバーと基板間の空隙はさらに小さくしている。また、応力を集中させるため、カンチレバーの固定端付近が細くなるように設計し、その部分に PZT 薄膜及び NiCr ひずみ抵抗を積層して配置している。図 2 に PZT の分極-電界特性を示すが、強誘電性のヒステリシス特性を示し、残留分極は $23 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ であった。図 3 に振動を印加した際の、印加振動の振幅に対する PZT からの圧電出力電圧の変化を示す。印加振動振幅に対して圧電出力は線形に増加していることが分かる。図 4 は NiCr ひずみ抵抗の印加静荷重に対する依存性であり、印加荷重に対して線形に変化していることが分かる。

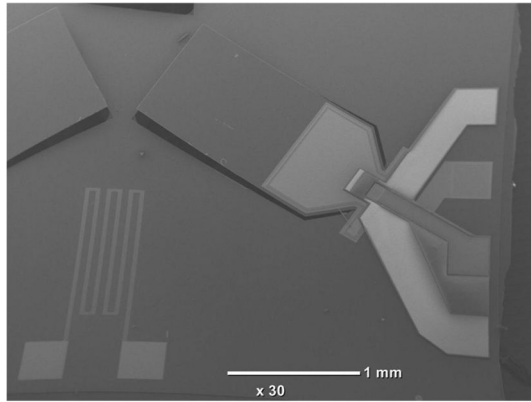


図1 第2次試作センサチップのカンチレバー構造の電子顕微鏡像

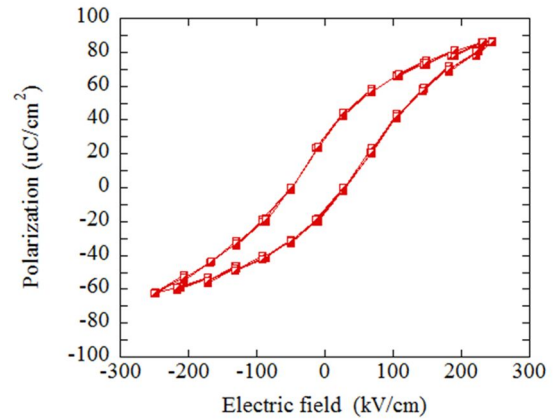


図2 試作センサチップのPZT薄膜のP-Eヒステリシス特性

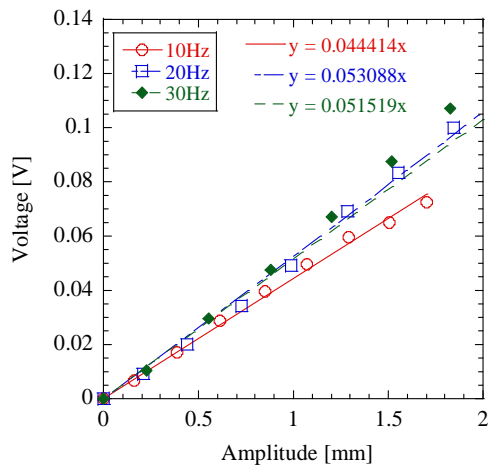


図3 試作センサチップの圧電出力の印加振動振幅依存性

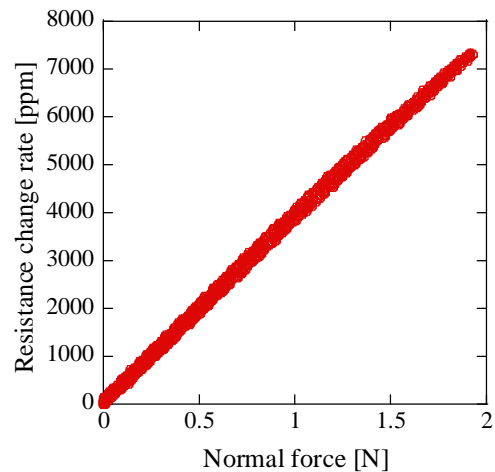


図4 NiCr ひずみ抵抗の印加荷重依存性

(2) 温度検知部改良・ヒータ集積化と有効性評価

センサチップ中央付近に、Au配線を細くしてミアンダ状にした抵抗を配置し、これをヒータとした。なお、Au配線層のパターン変更のみなので、新たなプロセスを追加する必要はなく、パターニング用のフォトマスクの設計を変更するだけで配置が可能である。図5は外部ヒータと集積化ヒータによるセンサチップの昇温特性の比較である。ヒータを集積化することで熱源との間の熱抵抗が小さくなり、外部ヒータによる加熱と比べて早く熱平衡に到達しており、安定性に優れていることが分かる。また、温度計測用の素子もAu配線の測温抵抗を用いることでノイズ低減を図った。図6に集積化ヒータを用いて加熱を行い、Au測温抵抗を用いてガラスの表面加工処理の有無による接触時の温度変化の違いを計測した結果を示す。表面加工により粗さが大きくなったガラスの方が、未処理のものに比べて温度変化のピークが小さいことが分かる。これは、表面粗さが大きくなることで真実接触面積が減少し、接触熱抵抗が増加したことによるものであり、ガラスの表面形態の違いによる温冷感変化を検出できたものといえる。

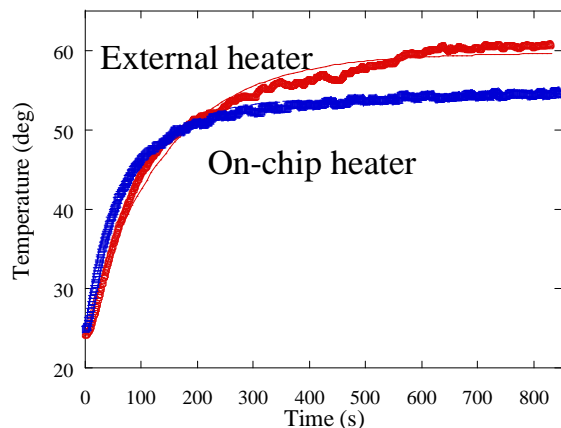


図5 外部ヒータと集積化ヒータによる加熱昇温特性比較

(3) 封止エラストマ・接触部突起の最適化

図 7 に従来のエラストマ材料である PDMS で封止したセンサチップと、高熱伝導性(HTC)シリコンで封止したセンサチップの写真を示す。HTC シリコンは主剤と硬化剤の比率を変更することで、硬さを変えた 3 種類のを試作した。図 8 はこれらをチップ上の集積化ヒータで加熱し、計測対象物(アルミ製治具)に接触させた際の、接触前後の測温抵抗の変化を示す。従来の PDMS に対して、HTC シリコンを用いた場合は接触時の測温抵抗の変化が非常に大きくなっており、主剤の割合が高いほど大きいことが分かる。また、図 8 の右側は、接触直後の変化を拡大したものであるが、主剤の割合が高いほど変化が早くなっている。これは、主剤の方に熱伝導率を高める成分が入っているためであり、封止エラストマの熱伝導率が高いほど応答の大きさと応答速度とも向上することが分かった。

さらに応答性を向上させるため、従来は封止エラストマと同じ材料で形成してきた対象物との接触用の突起に、より熱伝導性の良い金属を用いたセンサチップを試作した。図 9 に Al および Cu を突起材料として用いた場合の、高熱伝導性シリコンによる突起との応答の比較を示す。なお、この測定ではセンサを測定対象物(アルミ)と接触させた状態からヒータで加熱することで温度を上昇させた時の応答を比較している。シリコンの突起に比べて、金属突起では測温抵抗の増加量が小さくなっているが、これは接触物に熱が伝わりやすいことでセンサチップの温度が上昇しにくいからである。また、加熱開始からの変化が金属突起ではシリコン突起に比べて速くなっていることが分かる。指数関数を用いたカーブフィッティングによりそれぞれの応答の時定数を求めると、シリコン突起では 37.4 s だったのに比べ、Al では 3.1 s、Cu では 3.3 s と、1/10 以下となっており、応答速度が大きく改善された。

(4) 温冷感計測時の温度制御手法の開発

本センサでは温冷感接触時の計測対象物への伝熱の違いにより検出するが、研究を進める中で、接触させるためにセンサを近接させることで空気の対流により接触前から伝熱が生じることや、環境温度の変化の影響を受けやすいことが問題であることが分かってきた。従来はできるだけそれらの影響を小さくするため、加熱温度を高くしていたが、接触対象へ与える影響を低減するためにはできるだけヒトの体表温度と違い 30 ~ 40 程度で計測をすることが望ましい。そこで、これらの影響を低減し、体表温度に近い加熱温度で計測を行うための手法を検討した。まず、接触前の対流の影響を防ぐため、あらかじめ接触させた状態から温度を一定に制御し、そこから熱量を増加させた際の温度変化で伝熱の違いを検出する方法を考案し

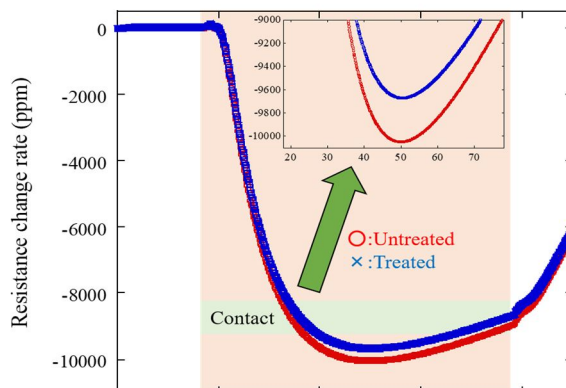


図 6 集積化ヒータと Au 測温抵抗を用いたガラス表面加工有無による接触時温度変化測定結果

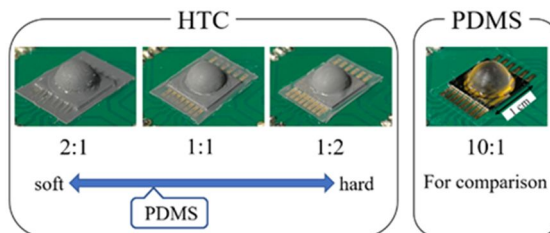


図 7 高熱伝導性シリコンで封止したセンサチップ

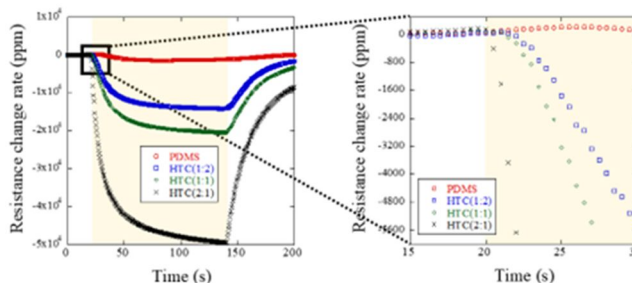


図 8 高熱伝導性シリコンによる接触時応答性の向上

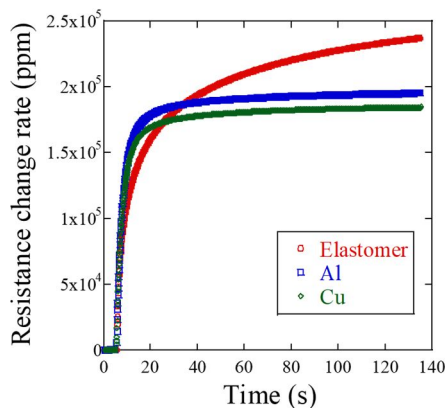


図 9 金属製およびシリコン製接触部突起を用いたセンサの熱応答性比較

た。温度制御には図 10 に示すような測温抵抗の値によりヒータへの印加電圧を制御するフィードバック系を用いた。図 11 にフィードバック制御の有無による加熱時の温度変化の比較を示す。フィードバックを行うことで目標温度に早く到達し、さらに到達後も安定して温度を一定に保つことができることが分かる。図 12 にこの手法を用いて、ポリオキシメチレン (POM) 樹脂とアルミを対象物として応答を比較した例を示す。まず、接触後、フィードバック制御を用いてセンサチップを 30 に安定させ、その後ヒータの印加電圧を増加させて昇温させたときの測温抵抗の変化を示している。図 12(b) は加熱直後の拡大図であり、(c) は加熱直後の変化を時間で微分したものである。POM 樹脂に比べてアルミの方が熱伝導率が高いため、接触部を介して伝わる熱が多くなりセンサチップの温度上昇は小さくなるが、その違いは昇温開始数秒後から現れている。また、図 12(c) の微分したデータでは、差は 1 秒以内に現れていることが分かる。この差はわずかであり、仮に温度制御を行わず対流や環境温度の影響を受けて昇温開始温度が異なると、それに埋もれてしまい差異を見出すことができなくなる。フィードバック制御により正確に測定開始温度を制御することで、ヒトの体表温度に近い低温で、かつ高速に接触物の温冷感の違いの検知を可能としたと言える。

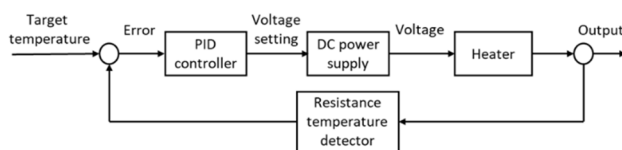


図 10 温度制御のためのフィードバック系ブロック図

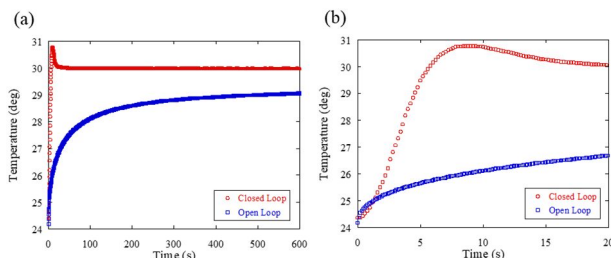


図 11 フィードバック制御の有無による加熱時の温度時間変化

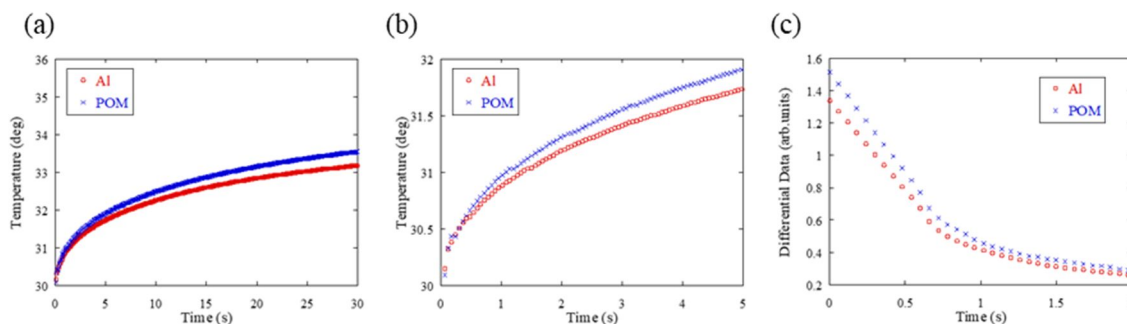


図 12 (a) 温度安定化後の昇温による応答の違い、(b) 昇温開始後 5 秒間の拡大図、(c) 翔央開始直後の変化の微分

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nambu Taisei, Fujihashi Tomoya, Abe Takashi, Sohgawa Masayuki	4. 巻 140
2. 論文標題 Detection of Gripping State Using Tactile Sensors Installed on Handgrip for Tools	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 228 ~ 234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.140.228	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 高橋春暁, 難波勇太, 安部隆, 寒川雅之	4. 巻 139
2. 論文標題 触覚センシングにおける振動覚検知のためのマイクロカンチレバーの作製と評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌E	6. 最初と最後の頁 375-380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.139.375	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 Takumi Takahashi, Shuhei Sato, Takashi Abe, Masayuki Sohgawa	4. 巻 301
2. 論文標題 Tactile sensor using a microcantilever embedded in fluoroelastomer with resistance to cleaning and antiseptic solutions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A	6. 最初と最後の頁 111774
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2019.111774	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 Tomoya Fujihashi, Fumitoshi Suga, Ryoma Araki, Jyun Kido, Takashi Abe, Masayuki Sohgawa	4. 巻 32
2. 論文標題 Tactile Sensor with High-Density Microcantilever and Multiple PDMS Bumps for Contact Detection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 297-304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2020.p0297	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 Abe Yuto, Suga Fumitoshi, Abe Takashi, Noma Haruo, Sohgwawa Masayuki	4. 巻 140
2. 論文標題 Detection Area Evaluation of Tactile Sensor Using Microcantilever Embedded in Elastomer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 272 ~ 277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.140.272	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 Onda Naotaka, Kozuka Takaaki, Abe Takashi, Isshiki Masanobu, Tomeno Satoru, Sohgwawa Masayuki	4. 巻 141
2. 論文標題 Fabrication of Heater-Integrated MEMS Tactile Sensor for Evaluation of Warm and Cold Sensation by Touching Glass	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 343 ~ 348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.141.343	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 Onda Naotaka, Kozuka Takaaki, Abe Takashi, Isshiki Masanobu, Tomeno Satoru, Sohgwawa Masayuki	4. 巻 215
2. 論文標題 Fabrication of heater integrated MEMS tactile sensor for evaluation of warm and cold sensation by touching glass	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Electrical Engineering in Japan	6. 最初と最後の頁 e23370
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eej.23370	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 Takahashi Yuji, Takahashi Takumi, Abe Takashi, Noma Haruo, Sohgwawa Masayuki	4. 巻 142
2. 論文標題 Tactile Sensor with Microcantilevers Embedded in Fluoroelastomer/PDMS for Physical and Chemical Resistance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 91 ~ 96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.142.91	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 Ren Kaneta, Takumi Hasegawa, Jun Kido, Takashi Abe, Masayuki Sohawa	4. 巻 34
2. 論文標題 Redesigned Microcantilevers for Sensitivity Improvement of Microelectromechanical System Tactile Sensors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 677 ~ 682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2022.p0677	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 -

[学会発表] 計44件(うち招待講演 1件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 小河原 周, 安部 隆, 寒川 雅之
2. 発表標題 MEMS触覚センサを用いた皮膚診断のための力・色・温度の複合計測
3. 学会等名 日本機械学会2020年度年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寒川 雅之, 木藤 潤, 安部 隆
2. 発表標題 エラストマ埋込マイクロカンチレバー触覚センサの挙動と解析
3. 学会等名 令和2年度電気学会A部門大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金田 蓮, 安部 隆, 丹羽 英二, 寒川 雅之
2. 発表標題 高ゲージ率Cr-N薄膜及び設計改良によるMEMS触覚センサの感度向上
3. 学会等名 令和2年度電気学会A部門大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 拓海, 安部 隆, 野間 春生, 寒川 雅之
2. 発表標題 エラストマ封止カンチレバー型触覚センサの繰返し耐久性評価
3. 学会等名 第37回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 南部 泰生, 寒川 雅之, 安部 隆
2. 発表標題 把持状況検出のための工具把持部埋込触覚センサとその解析
3. 学会等名 第37回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 恩田 尚隆, 小塚 貴暁, 安部 隆, 一色 眞誠, 留野 暁, 寒川 雅之
2. 発表標題 ガラスの温冷感評価のためのヒータ集積型MEMS触覚センサの作製
3. 学会等名 第37回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 GONG LIQIANG, 高橋 春暁, 安部 隆, 神田 健介, 寒川 雅之
2. 発表標題 ひずみゲージ・圧電体薄膜集積触覚センサの検知部形状の設計・評価
3. 学会等名 第11回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuji Takahashi, Takumi Takahashi, Takashi Abe, Haruo Noma, Masayuki Sohawa
2. 発表標題 Improvement of Durability of Micro Tactile Sensor by Protection of Bonding-Wire with UV Curable Resin
3. 学会等名 The 15th International Conference on Motion and Vibration Control (MoViC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jun Kido, Takashi Abe, Masayuki Sohawa
2. 発表標題 Analysis of Deflection Behavior of Microcantilevers Embedded in Elastomer for Miniature Tactile Sensor
3. 学会等名 The 15th International Conference on Motion and Vibration Control (MoViC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤淳喜, 本間 遼, 安部 隆, 寒川雅之
2. 発表標題 MEMS触覚センサによる樹脂・金属表面質感識別
3. 学会等名 交通・電気鉄道/マイクロマシン・センサシステム合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小河原周, 木藤 潤, 安部 隆, 寒川雅之
2. 発表標題 皮膚診断のためのMEMS触覚センサによる柔軟物内しこり検出
3. 学会等名 交通・電気鉄道/マイクロマシン・センサシステム合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋佑司, 高橋拓海, 安部 隆, 寒川雅之
2. 発表標題 耐水性MEMS触覚センサを用いた吐水力計測
3. 学会等名 交通・電気鉄道 / マイクロマシン・センサシステム合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎雄記, 高橋佑司, 安部 隆, 野間春生, 寒川雅之
2. 発表標題 接触部を交換可能としたMEMS触覚センサ
3. 学会等名 令和3年電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 門田秀人, 小河原 周, 南部泰生, 安部 隆, 寒川雅之
2. 発表標題 皮膚診断のための MEMS 触覚センサの接触部最適化
3. 学会等名 令和3年電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 GONG LIQIANG, 安部 隆, 寒川 雅之
2. 発表標題 マイクロカンチレバー触覚センサにおけるひずみゲージ用NiCr薄膜特性のスputタリング成膜温度依存性評価
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 南雲 光, 恩田 尚隆, 安部 隆, 寒川 雅之
2. 発表標題 温冷感計測用マルチモーダル触覚センサにおけるエラストマ材料の検討
3. 学会等名 電気学会令和3年度E部門総合研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金田 蓮, 安部 隆, 寒川 雅之
2. 発表標題 マイクロカンチレバーの設計改良によるMEMS触覚センサの感度向上
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 佑司, 高橋 拓海, 安部 隆, 野間 春生, 寒川 雅之
2. 発表標題 ボンディングワイヤのUV硬化樹脂封止によるMEMS触覚センサの耐久性向上
3. 学会等名 令和2年電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木藤 潤, 安部 隆, 寒川 雅之
2. 発表標題 MEMS触覚センサにおける弾性樹脂中カンチレバー挙動の分析
3. 学会等名 電気学会交通・電気鉄道 / マイクロマシン・センサシステム合同研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 南部 泰生, 藤橋 智哉, 安部 隆, 寒川 雅之
2. 発表標題 MEMS触覚センサを用いた物体把持状況検出手法の検討
3. 学会等名 電気学会交通・電気鉄道/マイクロマシン・センサシステム合同研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 春暁, 安部 隆, 神田 健介, 寒川 雅之
2. 発表標題 ひずみ・圧電触覚センサのためのPDMS封止カンチレバーによる荷重・振動検知
3. 学会等名 第10回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本間 遼, 寒川 雅之, 米原 洸平, 丹羽 英二
2. 発表標題 Cr-N薄膜ひずみゲージ触覚センサにおける感度・温度特性の熱処理温度依存性
3. 学会等名 第10回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 拓海, 安部 隆, 野間 春生, 寒川 雅之
2. 発表標題 さまざまな洗浄に耐えるフッ素エラストマ封止カンチレバー型触覚センサ
3. 学会等名 第36回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿部 由杜, 菅 史賢, 安部 隆, 野間 春生, 寒川 雅之
2. 発表標題 エラストマ封止カンチレバー型触覚センサの検出エリア評価
3. 学会等名 第36回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本間 遼, 安部 隆, 寒川 雅之
2. 発表標題 摩擦・凹凸感を含む触感提示のためのMEMS複合触覚センサによる質感計測と評価
3. 学会等名 2019年 電気学会 電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寒川 雅之, 高橋 拓海, 富田 亮, 安部 隆, 鳴海 敬倫
2. 発表標題 複合触覚センシングのためのフレキシブル圧力・曲げセンサ
3. 学会等名 電気学会誘電・絶縁材料研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小塚 貴暁, 安部 隆, 寒川 雅之
2. 発表標題 力・光・温度複合触覚センサを用いた濡れによる質感変化の評価
3. 学会等名 電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅 史賢, 藤橋 智哉, 阿部 由杜, 安部 隆, 野間 春生, 寒川 雅之
2. 発表標題 複雑形状物体把持制御のための複数接触部を有する触覚センサ
3. 学会等名 電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takumi Takahashi, Shuhei Sato, Takashi Abe, Haruo Noma, Masayuki Sohawa
2. 発表標題 Tactile Sensor Using Microcantilever Embedded in Fluoropolymer for Water and Ethanol Resistance
3. 学会等名 The 20th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2019 - EUROSENSORS XXXIII) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shu Ogawara, Jun Kido, Takashi Abe, Masayuki Sohawa
2. 発表標題 Detection of Rigid Object Embedded in Skin Model Using Tactile Sensor for Palpation
3. 学会等名 IEEE Sensors 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ren Kaneta, Takumi Hasegawa, Takashi Abe, Masayuki Sohawa
2. 発表標題 Sensitivity Enhancement of MEMS Tactile Sensor by Redesign of Microcantilever and Strain Gauge
3. 学会等名 IEEE Sensors 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 佑司, 高橋 拓海, 安部 隆, 野間 春生, 寒川 雅之
2. 発表標題 物理的・化学的耐久性を兼備するフッ素エラストマ積層コーティング PDMS封止カンチレバー型触覚センサ
3. 学会等名 第38回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎 雄記, 安部 隆, 野間 春生, 寒川 雅之
2. 発表標題 接着剤を用いたMEMS触覚センサの接触部取り外し・交換可能化
3. 学会等名 第38回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 恩田 尚隆, 安部 隆, 寒川 雅之
2. 発表標題 ヒータ集積型触覚センサによる温冷感評価のための温度制御手法の検討
3. 学会等名 第12回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷川 拓海, 金田 蓮, 安部 隆, 丹羽 英二, 寒川 雅之
2. 発表標題 触覚センサ感度のマイクロカンチレバーサイズおよびひずみゲージ形状・材料依存性評価
3. 学会等名 第12回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 門田 秀人, 小河原 周, 寒川 雅之, 安部 隆
2. 発表標題 触診用MEMS触覚センサの接触部改良による圧力低減
3. 学会等名 第38回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 門田秀人, 安部 隆, 寒川雅之
2. 発表標題 触診用MEMS触覚センサの感度向上と接触動作検討
3. 学会等名 電気学会マグネティックス/マイクロマシン・センサシステム/バイオ・マイクロシステム合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水戸部龍介, 長谷川拓海, 高橋悠矢, 紙谷虎太郎, 安部 隆, 野田 実, 寒川雅之
2. 発表標題 バイオセンサ・触覚センサ応用に向けたカンチレバーアレイチップの設計と試作評価
3. 学会等名 電気学会交通・電気鉄道/マイクロマシン・センサシステム合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡固 創, 高橋佑司, 安部 隆, 野間春生, 寒川雅之
2. 発表標題 二つのひずみゲージを搭載したカンチレバー型MEMS触覚センサ
3. 学会等名 令和4年電気学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寒川 雅之
2. 発表標題 圧・振動・温冷複合触覚センサデバイスと応用展開
3. 学会等名 令和4年電気学会全国大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takuma Iwahashi, Naotaka Onda, Hikaru Nagumo, Takashi Abe, Masayuki Sohawa
2. 発表標題 The New Control Method for Detection of Cold-warm Sensation Using a Heater Integrated Tactile Sensor
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro-Nano Technology 2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡固創, 南部泰生, 安部隆, 寒川雅之
2. 発表標題 エラストマシートに封止したMEMS触覚センサによる垂直力・曲げ・ねじり検知
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 門田秀人, 南部泰生, 安部 隆, 寒川雅之
2. 発表標題 エラストマシート封止MEMS触覚センサを用いた人の手による物体把持の計測
3. 学会等名 令和4年度電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 南雲光, 恩田尚隆, 安部隆, 寒川雅之
2. 発表標題 温冷感評価用ヒータ集積型触覚センサの加熱温度低減
3. 学会等名 令和4年度電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 寒川雅之、他63名	4. 発行年 2021年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 500
3. 書名 五感・認知機能の可視化とメカニズム解明 ~データ収集から学習までの具体例・製品開発への応用~	

1. 著者名 寒川雅之、他63名	4. 発行年 2021年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 500
3. 書名 VR / AR技術における感覚の提示、拡張技術と最新応用事例	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 MEMSセンサ	発明者 寒川雅之、野間春生	権利者 国立大学法人新潟大学、学校法人立命館
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-030470	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 MEMSセンサ	発明者 寒川雅之、野間春生、川崎雄記	権利者 国立大学法人新潟大学、学校法人立命館
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-118295	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

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	神田 健介 (Kanda Kensuke) (20446735)	兵庫県立大学・工学研究科・准教授 (24506)	

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