

接触部を交換可能な 高感度超小型触覚センサチップ

新潟大学 工学部 工学科

機械システム工学プログラム

准教授 寒川 雅之

2022年11月17日

従来技術とその問題点

- 少子高齢化、コロナ禍等の社会情勢により、リモートでの作業やコミュニケーションの需要が高まっている
- 現状は視覚・聴覚情報のみの伝達。より高度な作業やリアリティの高いコミュニケーションの実現のためには、触覚の伝達が必要
- 接触により生じる荷重や摩擦、振動といった触覚のデータ化を行う触覚センサが重要

従来技術とその問題点②

従来、力を計測するセンサとしては、ロードセルや力覚センサが用いられているが、

- 小型・軽量化に限度
 - 数万円以上と高価
 - 過負荷による損傷のリスク
- 等の問題がある。

従来技術とその問題点③

前掲の問題を解決するため、MEMS(microelectromechanical systems)を用いた触覚センサの研究開発が行われている。

- 小型化が容易
- 大量一括生産による低コスト化が可能

しかし、触覚を計測する以上、本質的に接触を伴うため、接触部分の摩耗や破損は避けられないという問題点がある。また、耐久性を上げると感度が低下するというジレンマがある

新技術の特徴・従来技術との比較

- 接触部を検知素子と分離し、再剥離可能な接着剤もしくは治具などで固定することで、従来技術の問題点であった、接触部の交換を可能とすることに成功した。
- 本技術の適用により、接触により摩耗や破損が生じた場合、接触部だけを取り外し新しいものに交換することで、再度使用可能となり、コスト低減につながる。
- 用途によって接触部の形状や材質を変更することも可能となる。

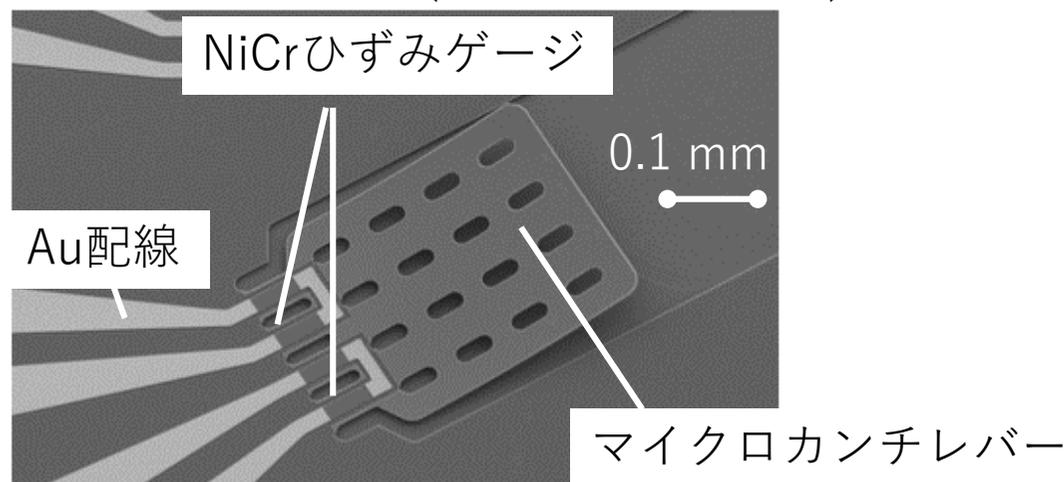
新技術の特徴・従来技術との比較②

- カンチレバーの設計改良による感度向上
 - 固定端部を狭くし、その部分にひずみゲージを配置→ひずみ集中による高感度化
 - ひずみゲージを2つ配置することで、対辺2ゲージ法によるブリッジ計測が可能となり、感度が1ゲージ法と比べて2倍にでき、温度補償もより有効に
- 本技術の適用により、ひずみゲージ単体での感度は従来の4~6倍、対辺2ゲージ法の採用により8~12倍に向上できた。

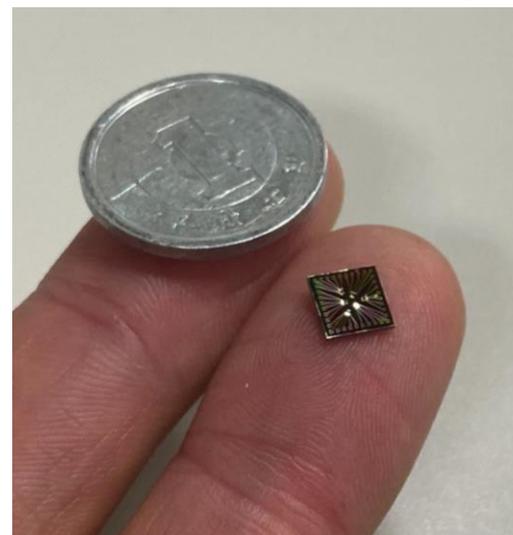
MEMS触覚センサの作製方法

- 微細加工技術によりシリコンウェハ上に微小立体構造(カンチレバー)を一括形成
→チップに裁断
→弾性樹脂(エラストマー)による封止

微小立体構造(カンチレバー)



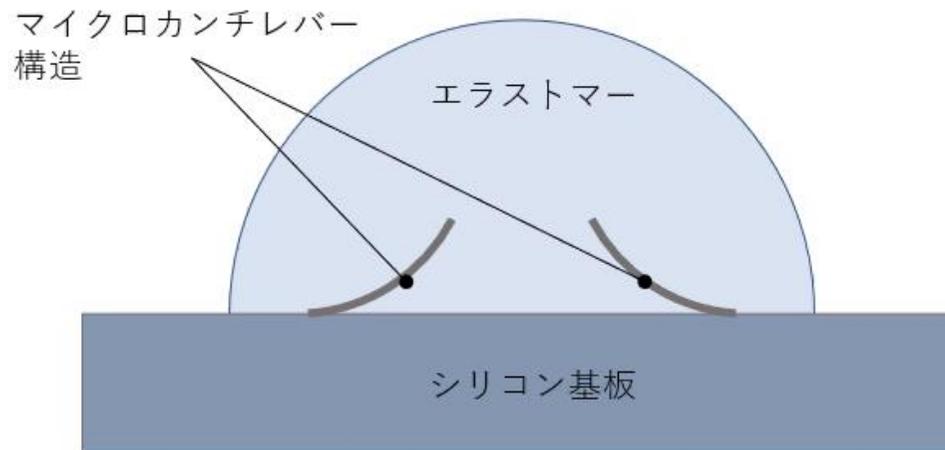
裁断後のチップ



MEMS触覚センサの検知原理

- 接触によりエラストマーに荷重印加
→変形によりカンチレバーのたわみが変わる
→ひずみゲージ抵抗の変化

センサの構造と検知原理



接触部の摩耗・破損

- 触覚を計測するということは、本質的に接触をともなう
 - 接触部の摩耗→センサ感度の変化
 - 過剰せん断荷重による破損→センサチップごと交換

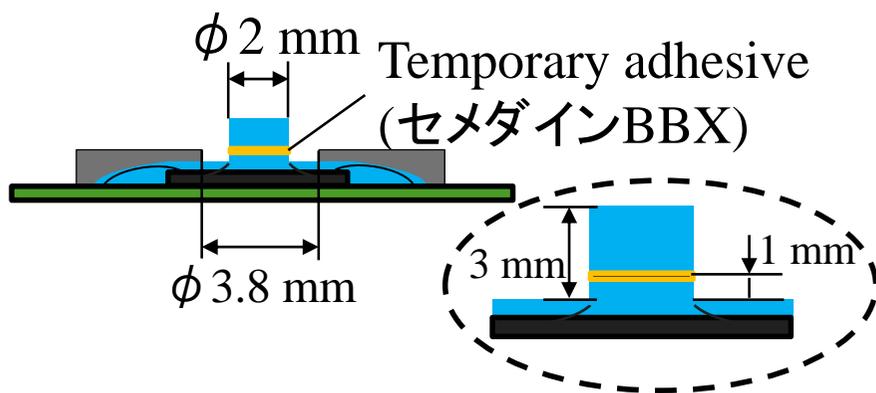


接触部が破損したセンサ

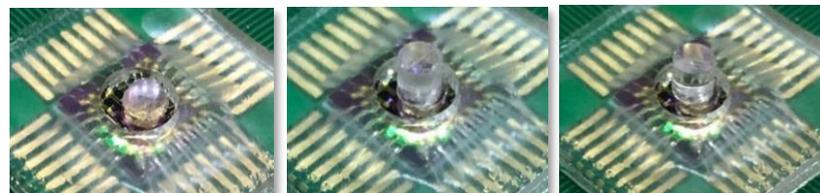
接触部交換可能触覚センサ

- カンチレバーをエラストマーで封止後、別途作製した接触部を剥離可能な接着剤で固定
- 別の形状、材質のものにも交換可能

仮止め用接着剤を用いた実装例



同一センサチップでの接触部交換例



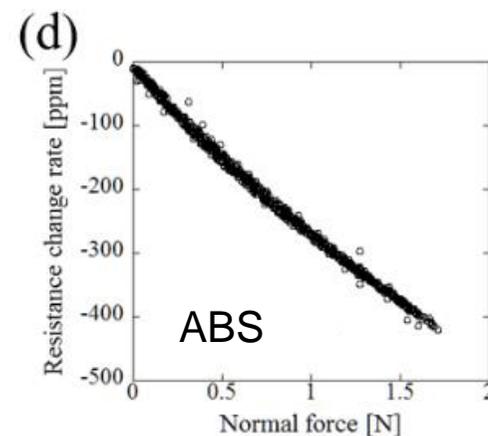
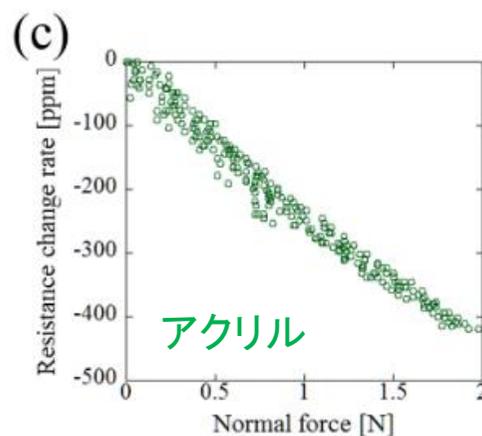
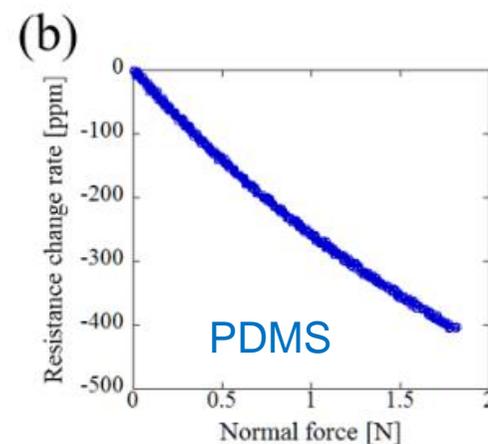
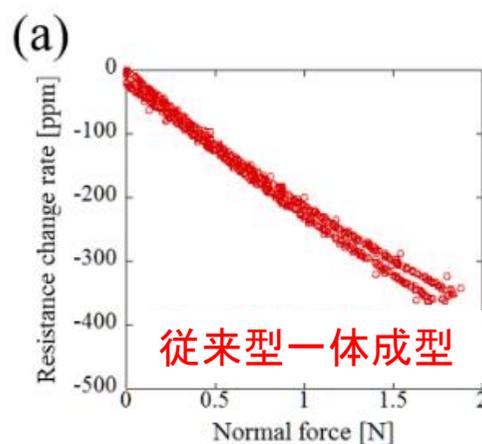
半球

円柱

アクリル

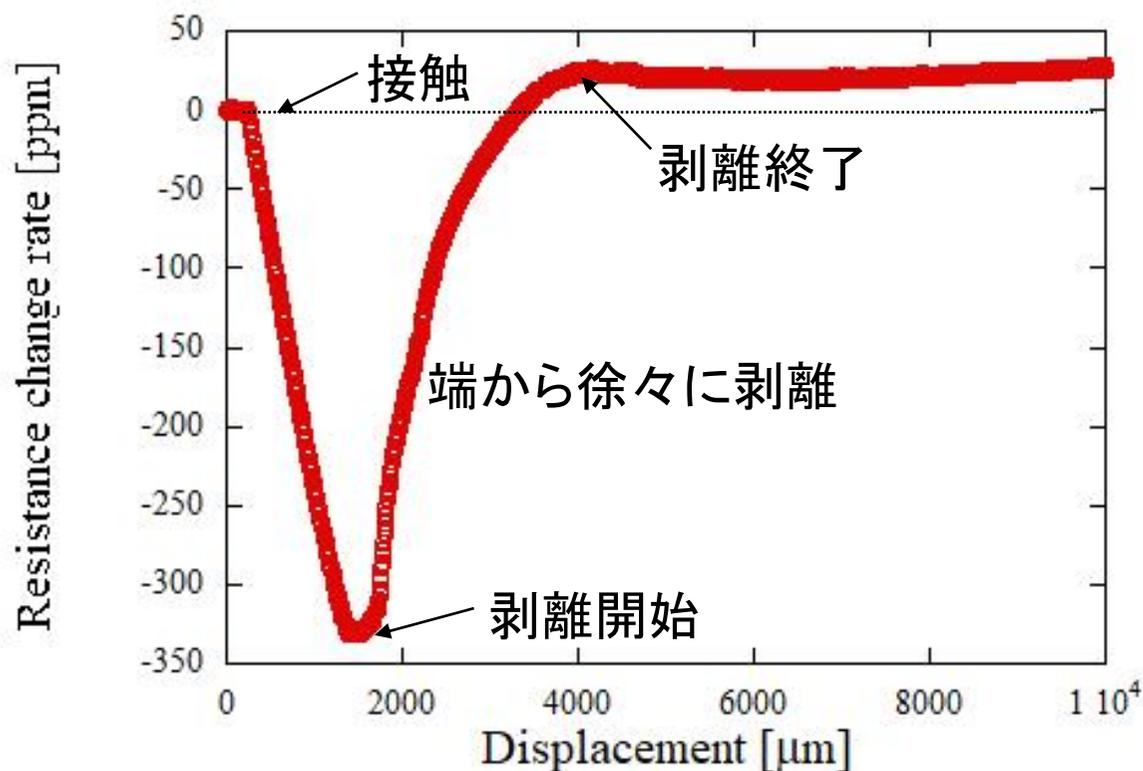
接触部を交換した場合の応答比較

- 接触部を交換可能にしてもセンサの感度は同程度に保たれる
- 同じセンサチップを使用できるため、作製バラつきによる感度差がなく、交換してもほぼ同等の感度を示す



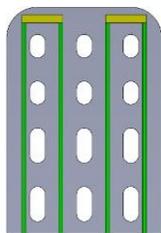
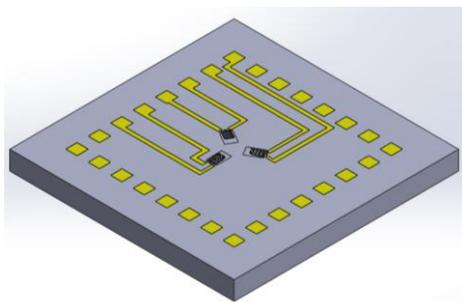
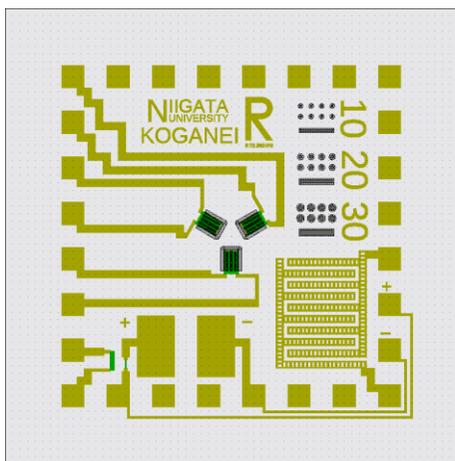
過剰せん断荷重印加時

- 接触部が一体化していないため、過剰なせん断荷重が印加された場合、固定部が剥離することでセンサチップ本体には破損が生じない

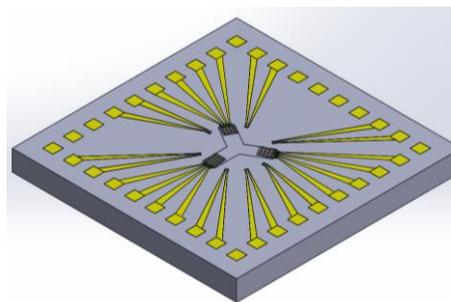
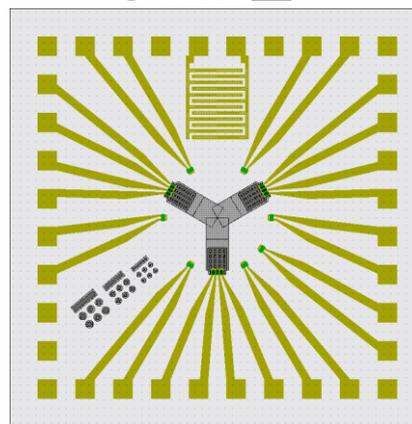


新設計センサと従来の比較

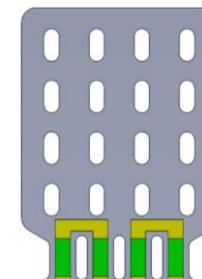
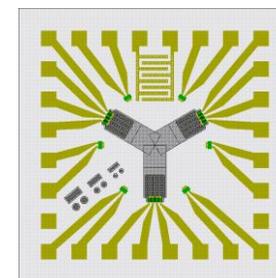
従来センサ



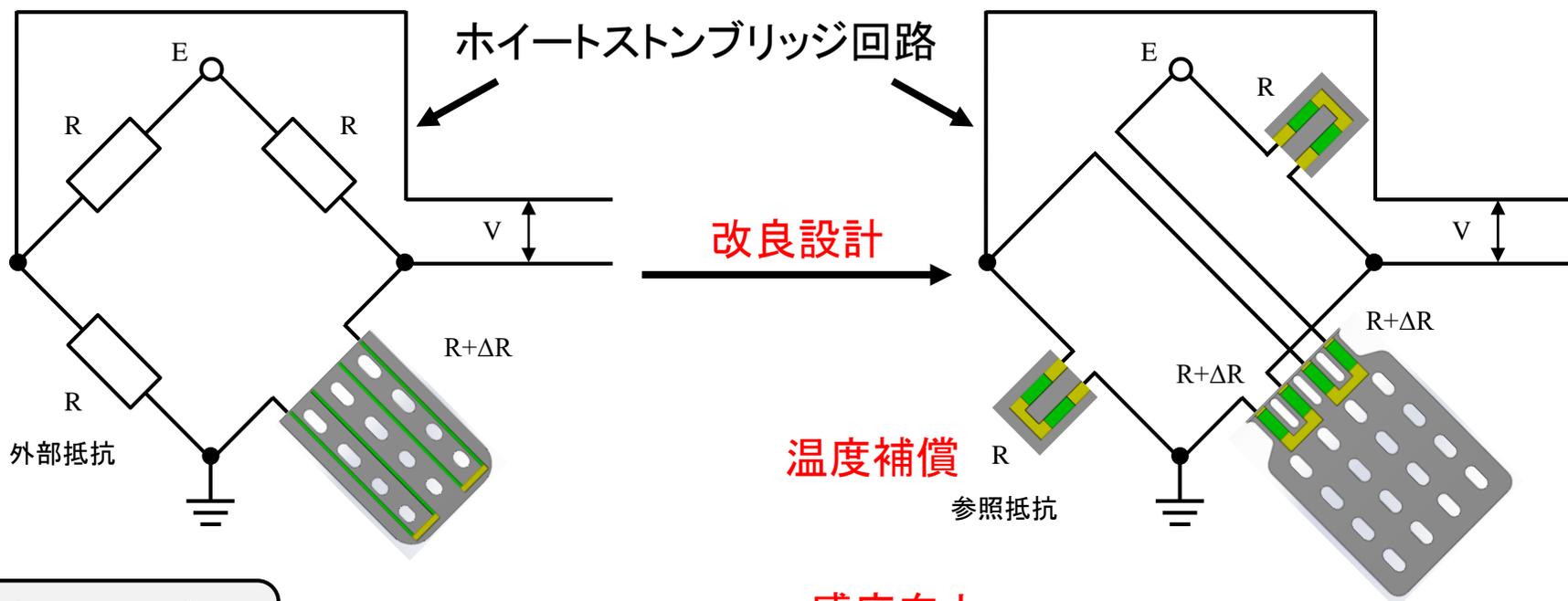
新設計センサ
5 mm□



3 mm□

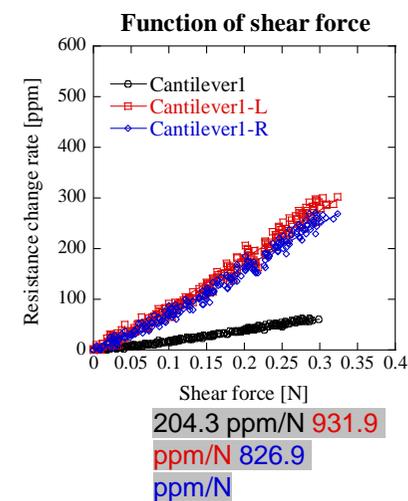
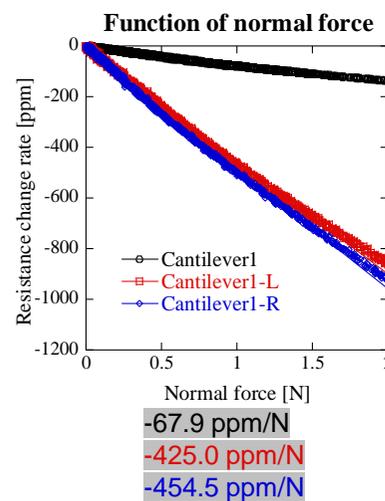
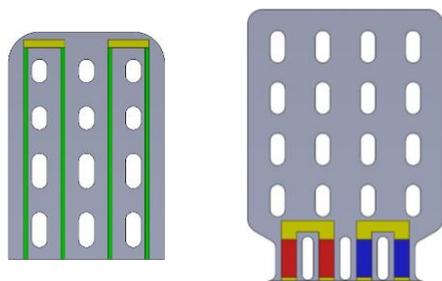
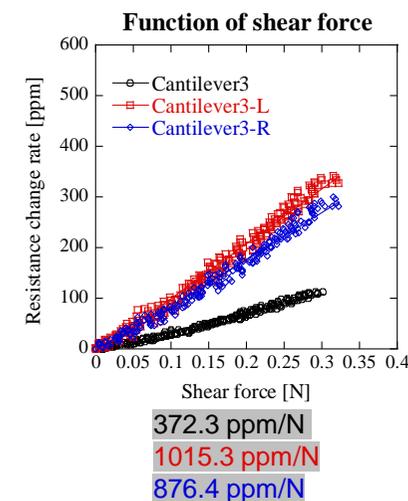
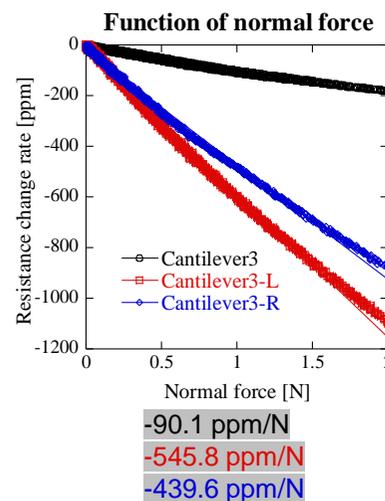
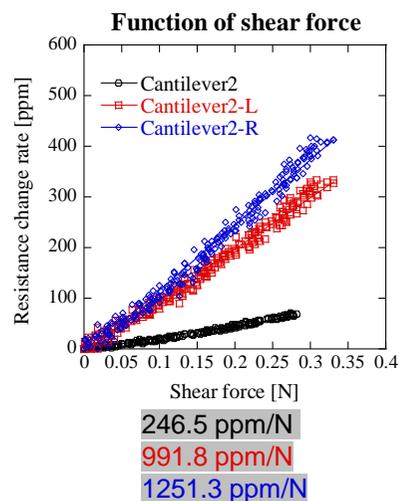
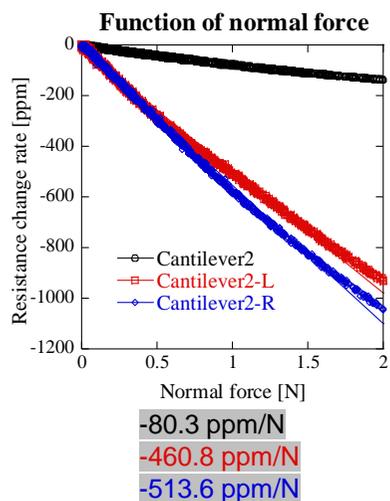


設計変更と対辺2ゲージ法による計測



カンチレバー形状	長方形	感度向上	固定端に圧縮応力集中
電気回路	1ゲージ法 $V = \frac{1}{4} \cdot K_S \cdot \varepsilon \cdot E$	感度向上	2ゲージ法 $V = \frac{1}{2} \cdot K_S \cdot \varepsilon \cdot E$
抵抗値	6 kΩ	汎用性向上	120 Ω

従来との感度の比較



垂直荷重感度: 約6倍
せん断荷重感度: 約4倍

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、繰り返し接触させて触覚計測を行うロボットの物体把持部や、過負荷がかかりやすい皮膚性状評価や靴底圧力計測などの生体評価に適用することで、摩耗・破損時の交換のメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、接触部の形状や材質が変更可能なことで、用途に合わせて接触面積を変化させたり、硬度を調整したりできる効果も期待される。
- また、達成された高感度化に着目すると、より小さい荷重の計測を要する細かい手触りの数値化が必要な分野や用途に展開することも可能と思われる。

実用化に向けた課題

- 現在、試作を繰り返し、センサチップを高歩留まりで作製可能であることは確認済み。しかし、カンチレバーのエラストマーによる封止方法や基板への実装については効率が悪く、量産化に対応した手法の開発が必要。また、更なる低コスト化も必要。
- 現在、コスト低減のための作製プロセスの見直しとウェハ大口径化について検討を進めており、また、封止・実装方法についても量産化に対応できる手法を開発中。

企業への期待

- 量産化に対する課題については現在、NEDOのプロジェクトにより共同研究企業と開発を進めており、2024年までに実現を目指す。
- ロボットをはじめ、触覚の計測が必要なあらゆる分野での企業で、本技術は有用であると考える
 - サンプルの提供が可能であり、現状サンプルを試用してみたい企業との共同研究もしくは技術提供が可能。
 - センサチップ設計からのカスタマイズも可能であり、用途に合わせてセンサを開発してみたい企業との共同研究も希望

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : MEMSセンサ
- 出願番号 : 特願2021-118295
- 出願人 : 国立大学法人新潟大学、
学校法人立命館
- 発明者 : 寒川雅之、野間春生、川崎
雄記

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : MEMSセンサ
- 出願番号 : 特願2022-030470
- 出願人 : 国立大学法人新潟大学、
学校法人立命館
- 発明者 : 寒川雅之、野間春生

産学連携の経歴（任意）

- 2011年 JST A-STEP FSステージ探索タイプに採択
- 2015年 JST A-STEP FSステージ探索タイプに採択
- 2015年 JST MP探索試験に採択
- 2019年 JST A-STEP 機能検証フェーズ 採択
- 2020年- 大学発ベンチャー Con-Tact社共同設立
- 2021年- hakkai株式会社と共同研究
- 2022年-2024年 NEDO 官民による若手研究者発掘支援事業に採択

お問い合わせ先

新潟大学地域創生推進機構

TEL 025-262-7554

FAX 025-262-7513

e-mail ; onestop@adm.niigata-u.ac.jp