



公立大学法人富山県立大学

News Release

事務局教務課

【本発表に関すること】

担当：情報研究係 中村 電話：0766-56-7500（内線）1229

【研究に関すること】

担当：知能ロボット工学科 講師 野田堅太郎

電話：0766-56-7500（内線）1635

電子メール：k_noda@pu-toyama.ac.jp

令和3年7月28日

ねずみのヒゲが触覚情報を伝えるしくみを微小力センサで計測

富山県立大学 学長 下山 勲、工学部知能ロボット工学科 野田 堅太郎 講師らは、エバーハルト・カール大学テュービンゲン 医学部 Cornelius Schwarz 教授らとともに、ねずみのヒゲが触覚情報を伝えるしくみを世界で初めて直接計測しました。学長・講師らが研究開発してきた微小力センサを応用し、極微小な多方向の力を同時に計測することで、ヒゲを通して伝わる振動を計測することが可能となったものです。この研究により、ねずみがどのように周囲の物質の表面を知覚しているかを解明することができるようになることが期待されます。

本研究の成果は、著名な国際的学術雑誌である「Nature^(*)」の姉妹誌にあたる「Scientific Reports^(*)」誌に発表され、令和3年6月30日付で掲載・公開されています。

(1) 課題名： Conveyance of texture signals along a rat whisker

(2) 研究メンバー： Maysam Oladazimi, Thibaut Putelat, Robert Szalai, **Kentaro Noda**, **Isao Shimoyama**, Alan Champneys, Cornelius Schwarz

(3) 所属組織： エバーハルト・カール大学テュービンゲン^{(*)3}、ブリストル大学^{(*)4}、ロザムステッド農業試験場^{(*)5}、富山県立大学

(4) 論文概説：

本研究論文において、本学の下山学長、野田講師らは、エバーハルト・カール大学テュービンゲンの Cornelius Schwarz 教授らとともに、MEMS^{(*)6}を応用し、プローブ状のシリコン構造体にピエゾ抵抗素子^{(*)7}を多数配置することによって多方向の接触力を計測可能な微小力センサを実現し、ねずみのヒゲがどのように力を伝えているかを直接計測する方法を初めて計測しました。これにより、ねずみがヒゲによって周囲をどのように知覚しているのかを解き明かす足がかりを初めてつかみました。

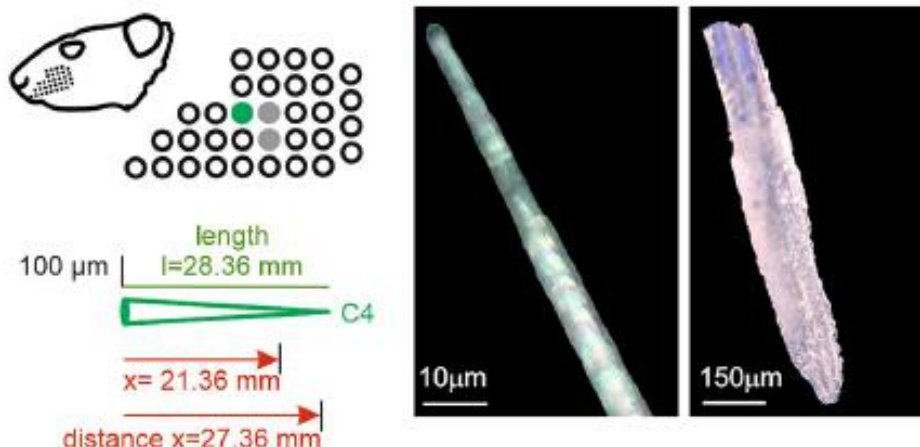


図1.ねずみヒゲの形状（論文誌 Figure 1(a), (b)）

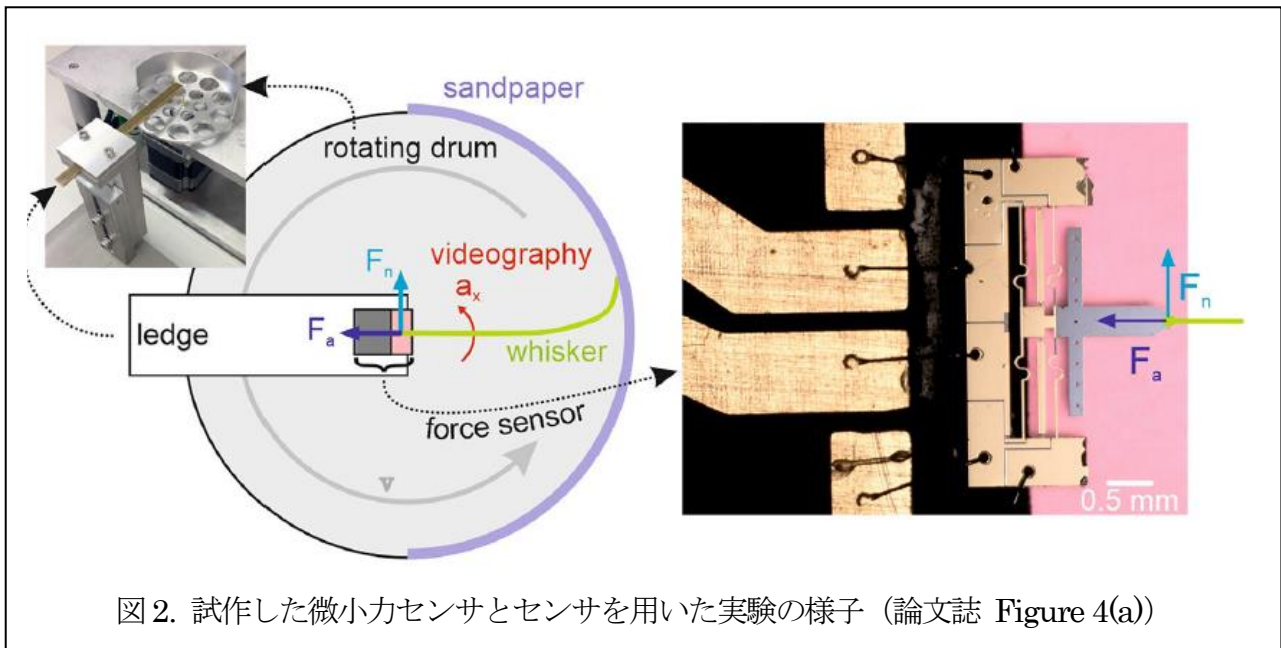


図 2. 試作した微小力センサとセンサを用いた実験の様子 (論文誌 Figure 4(a))

(5) 論文背景 :

ねずみはヒゲで物体の表面をなぞることで、暗闇の中でも正確に周囲の状況を知ることができ、物体表面の摩擦のざらつきなどもヒゲで触れることで識別できると考えられています。ヒゲを用いたねずみの探索行動が存在することはこれまでによく知られていたのですが、ねずみのヒゲは長さや硬さが異なるものが混じっており、また細長く非線形^(*)に変形するために、ヒゲと物体とが接触した感覚がどこまで正確に伝わっているのかがわかっていませんでした。このため、ねずみがヒゲで物体に触ったとして、ざらつきや摩擦のような細かな触覚情報をどこまで見分けられるかは正確にはわかっていませんでした。

エバーハルト・カール大学テュービンゲンの Cornelius Schwarz 教授らは、ねずみがどのように周辺の環境、特に触覚情報を見分けているかに関して研究を進めており、数学的・画像的にねずみのヒゲがどのように変形するかの解析を行ってきました。しかし、市販の力センサでは構造が大きく、また極微小な多方向の力を同時に計測することができないため、従来方法だけでは、カメラでヒゲの変形をとらえるなど間接的にしかヒゲの特性を評価することができず、実際のねずみのヒゲが伝える触覚情報を計測することは不可能でした。

そこで、本学下山学長・野田講師らとともに、下山学長・野田講師らが研究を行ってきた、シリコンピエゾ抵抗を用いた微小力センサを応用し、実際のねずみのヒゲに伝わる力を直接計測する方法を実現したのが今回の研究となります。この微小力センサは、幅 500 μm 、長さ 2 mm の大きさで μN の多軸方向の力を一度に計測することが可能です。下山学長・野田講師らは Cornelius Schwarz 教授らとともにこのセンサ上に太さ 100 μm の実際のねずみのヒゲを取り付ける方法を確立し、ヒゲの先端で物体をなぞった際にヒゲを通して伝わる振動を直接計測することに初めて成功しました。この成果は、ねずみがヒゲを用いて周囲の環境を知覚する触覚メカニズムを解き明かすための新しいまた有効な足がかりになると期待されます。この成果は学術的に評価され、国際的学術雑誌である「Nature」の姉妹誌に当たる「Scientific Reports」誌に発表、査読を経て、掲載されることが決定しました。

(6) 用語解説：

- (*1) Nature： 国際的な総合学術雑誌であり、科学技術を中心としたさまざまな学問分野からの査読済みの研究雑誌を掲載している。2019 Journal Citation Reports によると世界で最も引用されている科学ジャーナルの一つであり、非常に権威の高い論文誌の一つである。
- (*2) Scientific Reports： Nature 誌の姉妹誌でありオープンアクセスジャーナル（誰もが無料で読むことができるオンラインジャーナル）である。
- (*3) エバーハルト・カール大学テュービンゲン：ドイツの総合大学。
- (*4) ブリストル大学：イギリスの総合大学。
- (*5) ロザムステッド農業試験場：イギリスの農業研究機関。
- (*6) MEMS： Micro Electro Mechanical Systems（微小電機械システム）の略称。半導体集積回路作成技術をはじめとしたマイクロ加工技術を応用し、 μm サイズ（1 mm の 1/1000 倍）の微小な構造体を作成し、微小なセンサやアクチュエータなどを実現する学術分野。
- (*7) ピエゾ抵抗素子：力が加わることによって電気抵抗値が大きく変化する、ピエゾ抵抗効果を有する素子のことである。今回のデバイスでは、特にピエゾ抵抗効果が大きいシリコンを用いて作成しており、力計測によく利用される金属ひずみゲージよりも一桁以上は高い感度を有しており、 μN オーダの微小力を計測することができる。
- (*8) 非線形：加えられた入力と出力とが比例関係にない状態。今回のヒゲの場合だと、ヒゲ先端に加えられた微小な力に対してヒゲの根元に伝わる変形が必ずしも比例しない可能性がある。