

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04304

研究課題名（和文）介在型柔軟デバイスを用いた触知覚を増幅させるなぞり指示ナビゲーション

研究課題名（英文）Tactile-Tracing instruction navigation that amplifies tactile sensation using an intervening flexible device

研究代表者

竹囲 年延（<Toshinobu, Takei）

弘前大学・理工学研究科・助教

研究者番号：60517712

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、手のひらと物体の間に薄型で柔軟な構造を介在させてなぞることで、微小な凸形状と凹形状手のなぞり触知覚を増幅させる新しい構造デバイスを発見した。そして、その微小凹凸形状をそのデバイスが通過するときにおきるそのデバイス変化を力学的にシミュレーションした。その結果から、その増幅メカニズムを明らかにした。その上で、実際にその構造をもつデバイスを開発または発見し、実際に増幅できることを確認した。次に、その増幅を測定するセンサデバイスシステムを開発した。その開発したセンサデバイスシステムを通して、幾つかの微小凹凸に対して、なぞり触感が増幅していることを客観的に確認することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は次の点にあると考える。これまで20年来、難しいとされていた微小な凹形状のなぞり触感の増幅が可能になった。またそのデバイスの増幅メカニズムを数値シミュレーションで明らかにした。社会的意義は次の点にあると考える。このデバイスを使うことで、特別な訓練を受けていない人でも、簡単にかつ瞬時に歪面の触知覚を増幅させることが可能になった。これにより、モノづくりの現場にて、特別な訓練を受けた限られた人だけでなく、広い範囲の人々が微小凹凸の検出作業が可能になると期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we discovered a new structural device that amplifies the tactile sensation of tracing minute convex and concave shapes by interposing a thin and flexible structure between the palm and an object. Then, we mechanically simulated the device change that occurs when the device passes through the fine irregularities. From the results, we clarified the amplification mechanism. Then, we developed or discovered a device with this structure and confirmed that it could actually amplify. Next, we developed a sensor device system to measure the amplification. Through the developed sensor device system, it was possible to objectively confirm that the tracing tactile sensation was amplified for some fine unevenness.

研究分野：触覚，力覚

キーワード：触感増幅

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

熟練した職人は軍手をはめて鉄板をなぞることで、歪面の触知覚を増幅させて、車のボディ面の不良を検出している。経験が少ない人でも、歪面の触知覚を増幅させるデバイスが求められている。そのために、皮膚の内部の構造や神経と触知覚に関する研究や、なぞり方(手の動かしかた)と触知覚の増幅に関して研究がされているが、これまでに開発いたっていない。特に微小な凹み形状のなぞり触感を増幅させることは困難であった。

2. 研究の目的

我々は手のひらと物体の間に介在させて、薄型で微小凹凸のなぞり触知覚を増幅させる柔軟な新しい構造物を開発する。それを用いながら触知覚を増幅させる最適ななぞり方について調査を行う。

3. 研究の方法

なぞり触感を増幅させる新たな構造を発見するために、これまで分かっているデバイス構造を3Dプリンタや簡単に入手できるもの(例えば100円均一ショップから購入できる)を使って再現する。そこから、試行錯誤的に長さや角度および材料の太さなどのパラメータを変更して、試行錯誤的に構造を作成する。触感増幅をテストできる簡便なキットを用意することで、開発の速度と方向性を高めていく。

触知覚を増幅させる最適ななぞり方について調査を行うために、触感増幅を客観的に可視化できるセンサデバイスを構成する。過去にひずみゲージをなぞる物体の表面と指の腹に配置することで、皮膚変形を測定できるデバイスセンサを開発している。そのデバイスセンサを指と触感増幅デバイスとの間に介在させることで、触感増幅デバイスが及ぼす皮膚の変化量を測定する。

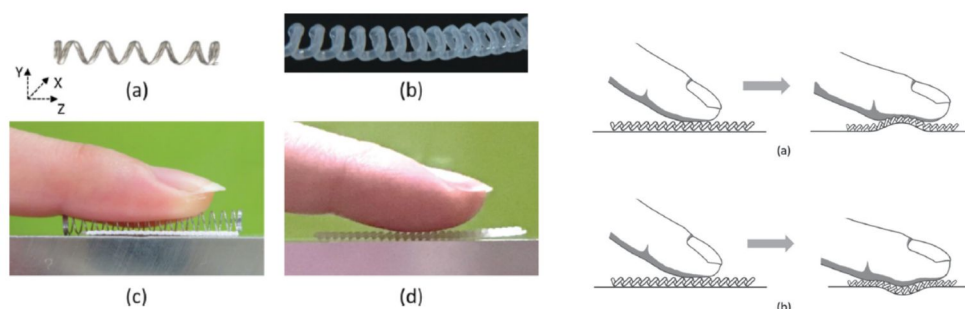
上記の増幅デバイスとそれをセンシングするシステムにより、どのような形状の凹みに対して、どこまで増幅効果があるかを調査する。

物理的なデバイスや皮膚の変形から触感の増幅効果を測定する一方で、人間の脳が増幅を認識していることを脳波測定デバイスを使って、客観的に観測できないか試行錯誤を行う。

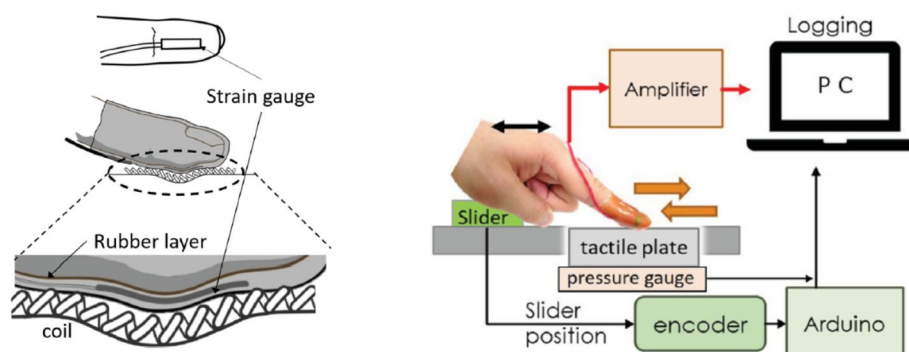
4. 研究成果

本研究での成果は次の通りである。

・薄型で手のひらと物体の間に介在させて、微小な凸形状と凹形状手のなぞり触知覚を増幅させる柔軟な新しい構造物のデバイスを発見した。そのデバイスとそのデバイスの使い方を下の図に示す。

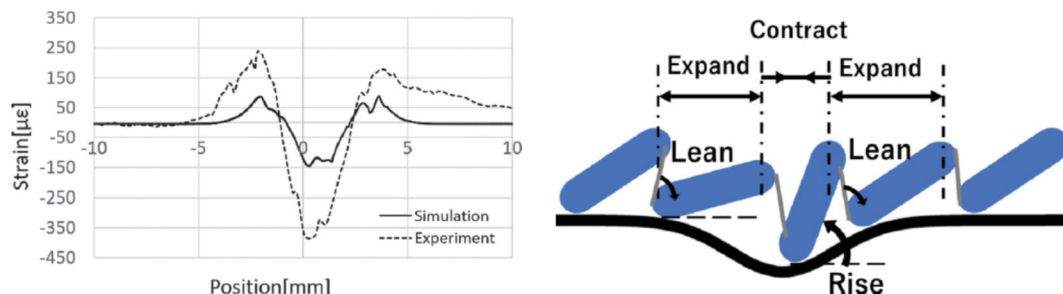


・その構造をもつデバイスとその増幅を客観的に測定するセンサデバイスシステムも開発した。そのセンサデバイスとその測定システムを下の図に示す。

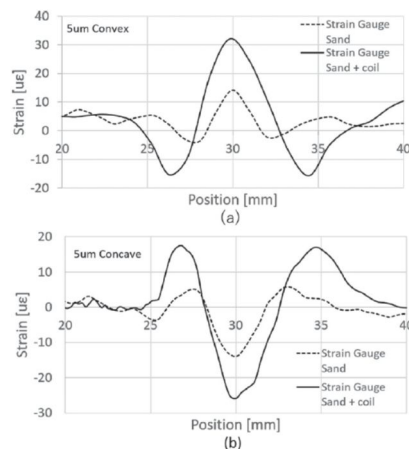


様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

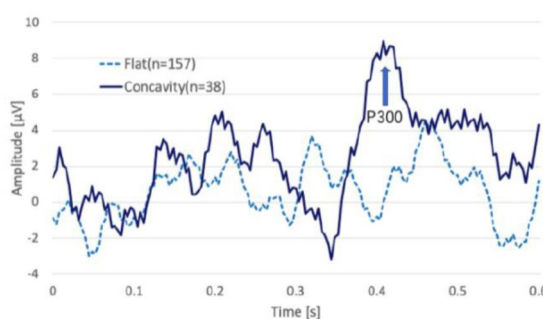
・その構造の増幅メカニズムを力学的な数値シミュレーションを通して明らかにした。シミュレーションの結果とセンサデバイスを使った実験の比較を図に示す。また、凹み面を通過するときのコイルエレメントの運動を表した図も下に示す。



・なぞり触感の増幅を相関が高いと考えるセンサデータから、触感の増幅を観測することができた。高さ、および、深さ 5µm の触覚プレートを用いた増幅デバイス(スパイラルコイル)を使ってなぞった場合と、それを使わないでなぞった場合のセンサデバイスからの出力信号を下の図に示す。上の段が凸形状を、下の段が凹み形状をなぞったとき結果である。実線が増幅デバイスを使ってなぞった時で、振幅が何もつけないでなぞった時のデータを表す点線に比べて大きいことが確認できる。



・測定した脳波を使った統計解析の結果から、触感の増幅を認識できていることを観測できる可能性が高いことを示した。下に、脳波計を使って、脳の事象関連電位 P300 の電圧を測定した結果を示す。色の濃い線が、増幅デバイスを使った場合であり、0.3-0.4 秒の前あたりにピークがあることから、増幅デバイスにより微小な凹みも認識できていることが観察できる。



5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Mitsuhiro Ando, Ryusuke Tokumine, Toshinobu Takei, Hiromi Mochiyama	4. 巻 6
2. 論文標題 Tactile Scanning for Detecting Micro Bump by Strain-sensitive Artificial Skin	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 7541-7548
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LRA.2021.3098473	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 Takei Toshinobu, Ni'izeki Tetsuya, Ando Mitsuhiro, Mochiyama Hiromi, Imanishi Etsujiro, Fujimoto Hideo	4. 巻 35
2. 論文標題 Spiral coil beneath fingertip enhances tactile sensation while tracing surface with small undulations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 295 ~ 307
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/01691864.2020.1860816	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6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 竹田年延, 栗野夏希, 鈴木紫乃, 安藤潤人
2. 発表標題 なぞり触感を増幅する新たなタッチレンズ構造の調査と製作
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2022 (ROBOMECH2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高見 景亮, 佐久間 航輝, 竹田 年延, 和坂 俊昭, 藤本 英雄
2. 発表標題 指先の微小凹凸なぞり時に起きるP300の検出実験
3. 学会等名 第23回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹田年延, 粟野夏希, 鈴木紫乃, 安藤潤人
2. 発表標題 なぞり触感を増幅する新たなタッチレンズ構造の調査と製作
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2022 (ROBOMECH2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村謙太, 竹田年延, 渡邊良祐, 藤本英雄, 望山洋, 今西悦二郎
2. 発表標題 微小凹凸に対するスパイラルコイル型・剣山型タッチレンズの触感増幅調査
3. 学会等名 第22回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新関鉄矢, 竹田年延, 望山洋, 藤本英雄, 今西悦二郎
2. 発表標題 なぞり触感増幅デバイスを介したひずみゲージ出力信号の伝達モデル
3. 学会等名 第22回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹田年延, 泉館直哉, 安藤潤人, 望山洋, 藤本英雄
2. 発表標題 微小凹凸のなぞり触感を増幅させるスパイラルコイル
3. 学会等名 日本機械学会メカトロニクス講演会2019 (ROBOMECH2019)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 大西公平, 内村裕, 野崎貴裕, 斉藤佑貴, 辻俊明, 安藤潤人, 竹岡年延, 望山洋, 吉元俊輔, 澤田秀之, 寒川雅之, 野間春生, 丸山尚哉, 下ノ村和弘, 溝口貴弘, 浅井洋, 北村知也, 横倉勇希, 川合勇輔, 外32名	4. 発行年 2023年
2. 出版社 株式会社シーエムシー出版	5. 総ページ数 340
3. 書名 ハプティクスとその応用 力触覚の伝送・記録・再現・表示 Haptics and Its Applications: Transmission, Record, Reproduction, and Display of Haptics Sensation	

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 凹凸増幅部材及び凹凸検出方法	発明者 竹岡年延, 他	権利者 弘前大学, 他
産業財産権の種類、番号 特許、特許7233649	取得年 2023年	国内・外国の別 国内

〔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	望山 洋 (Mochiyama Hiromi) (40303333)	筑波大学・システム情報系・教授 (12102)	

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