

触覚提示技術の新展開： 痛み、疑似力覚、振動

電気通信大学 情報理工学研究科 情報学専攻
教授 梶本 裕之

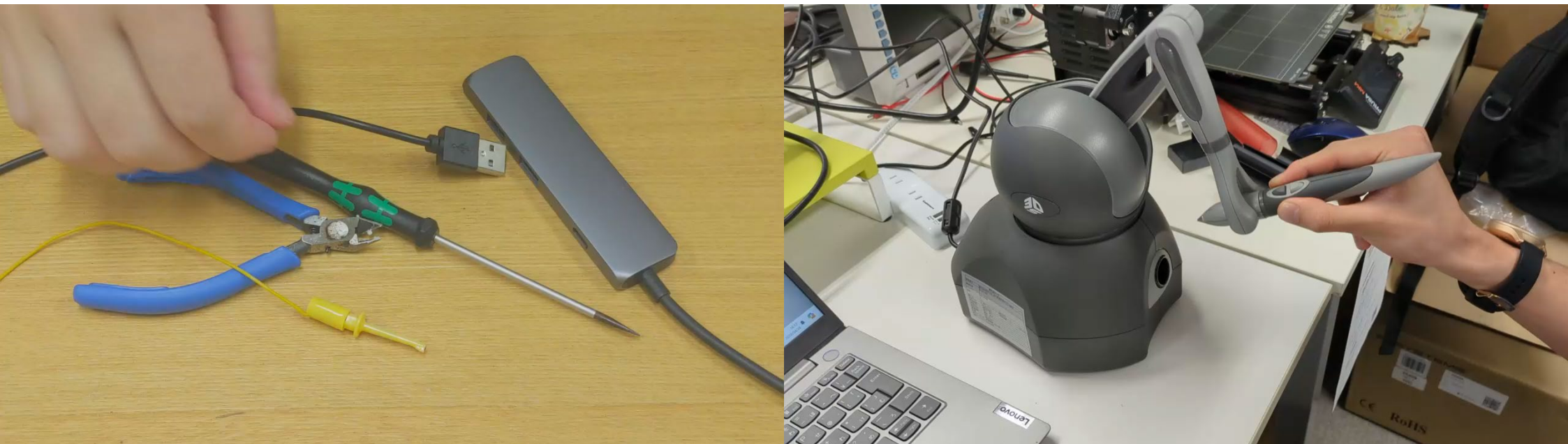
2024年5月14日

触覚提示技術の重要性



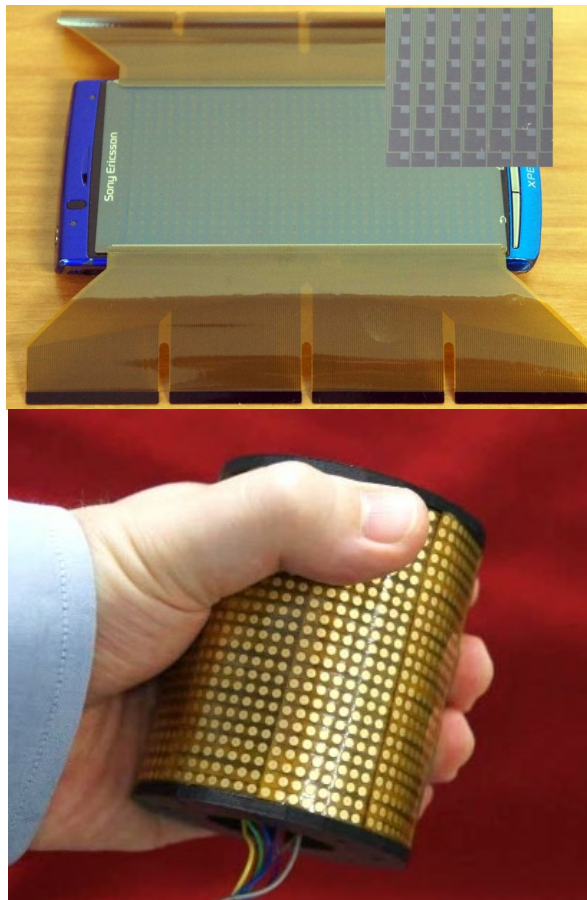
- バーチャルリアリティ、遠隔操縦、遠隔コミュニケーションの要素として
- 日用品はすべて触覚提示装置。「手触り」は製品の一要素。触る価値は「操作性」にとどまらない

触覚提示技術の一般的な課題



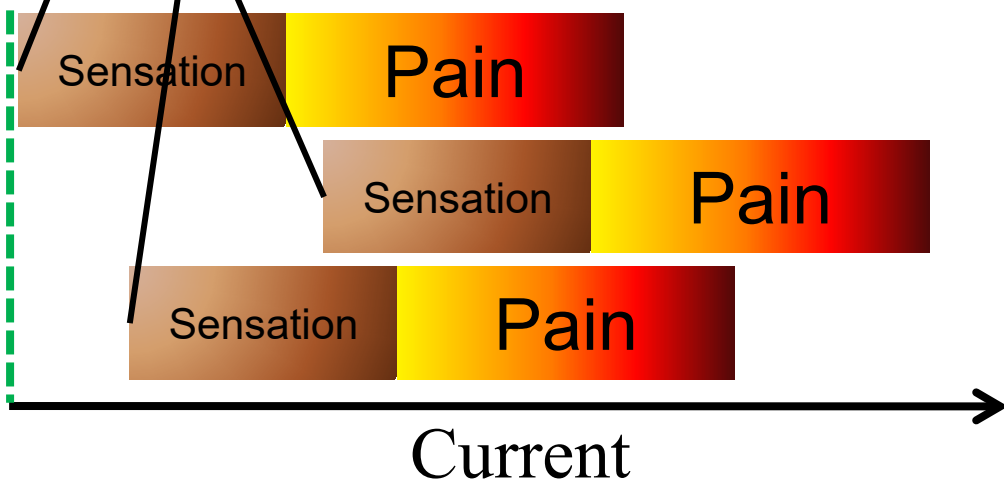
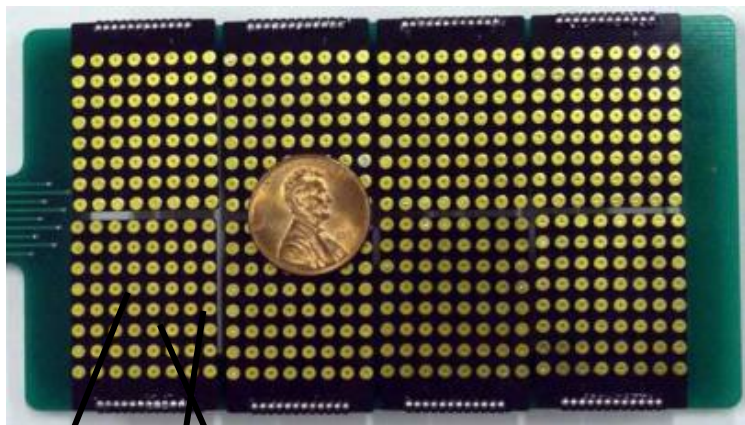
- 課題 1 : **分布的な触覚**まで提示することが難しい
(人間は鉛筆を持った瞬間に 6 角形と認識できる)
- 課題 2 : **力の感覚**まで提示する際には大型化してしまう

我々の解決策：電気触覚ディスプレイ



- 電流制御された高電圧の電極群により、高い解像度の触覚提示を容易に実現可能（ある電極を刺激電極、周囲の電極をグランドとして高速にスキャンする手法）
- ウェアラブル用途、ポータブル用途で利用可能
- 力覚提示装置と組み合わせることも可能
 - － 柔らかさ感提示、形状提示などの実績

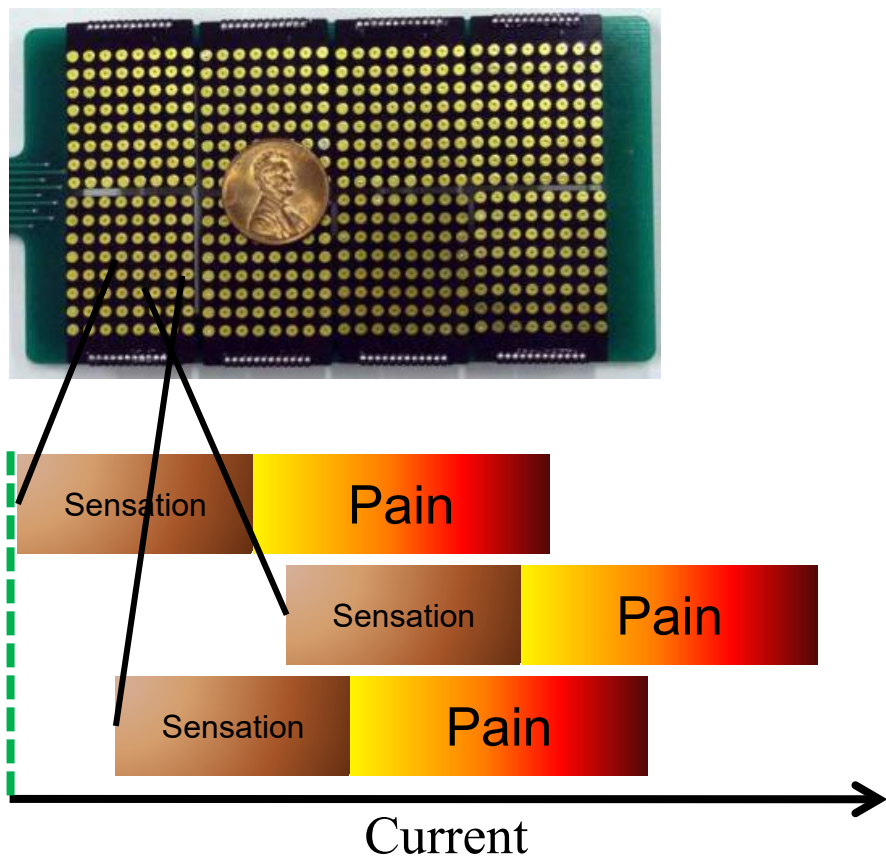
電気触覚ディスプレイの課題



- 課題 1 : **痛覚**を生じやすい (感覚閾値と痛覚閾値が近い)
- 課題 2 : **力覚の提示**はやはり大掛かりな別手段が必要

提案1: 電気触覚提示の痛覚を化学で抑制(1/2)

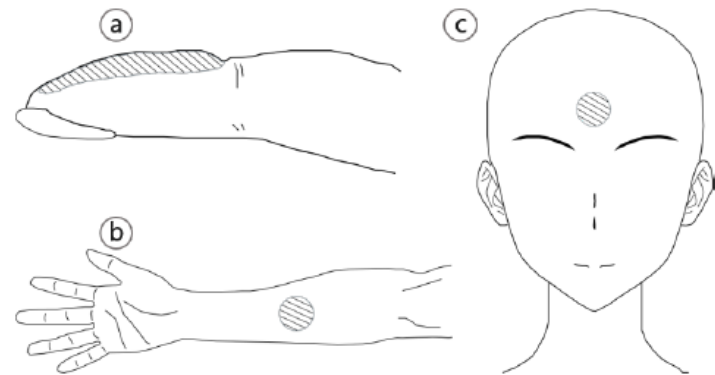
特願2023-011929



- 電気触覚の問題点: **痛覚**を生じやすい⇨触覚閾値と痛覚閾値が近接
- 我々の着眼点: **麻酔クリーム**を塗布すれば痛覚は低減するのでは?
- しかし**痛覚と同時に触覚も低減**しては意味がない。→検証

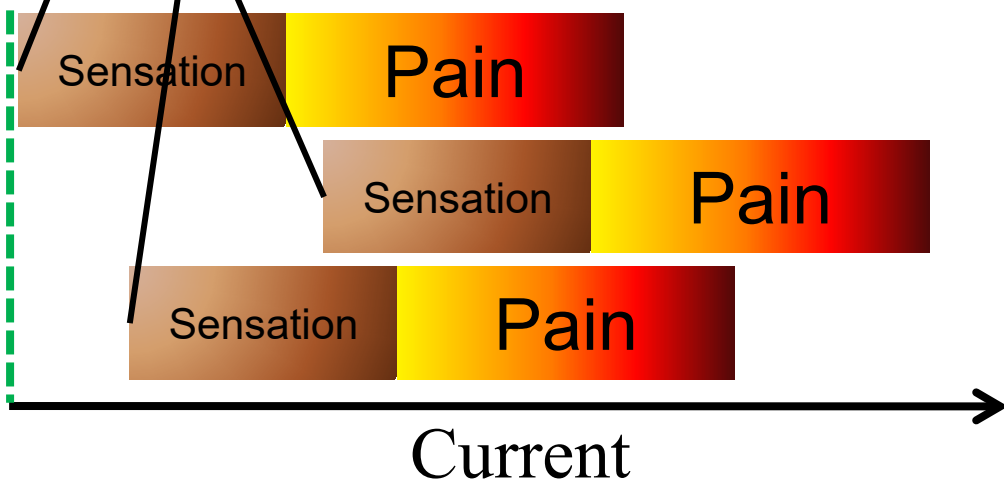
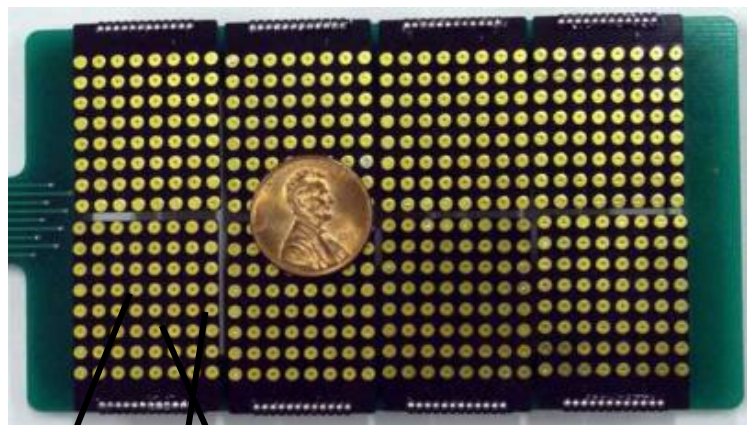
提案1: 電気触覚提示の痛覚を化学で抑制(2/2)

特願2023-011929



- 指、腕、額の**触覚閾値と痛覚閾値の比率**（ダイナミックレンジ）を計測。
（1）塗布しない（2）ひまし油を塗布(control)（3）麻酔クリームを塗布
- (3) 麻酔クリーム塗布時に、**痛覚閾値は上昇し触覚閾値は維持される**傾向。
- 身体のどの部位でも効果があるが、指は効果が小さい。**前腕では2倍程度ダイナミックレンジ上昇**。厚みによる吸収効果の違いが影響？
- **腕時計型の電気刺激装置等への応用が期待。**

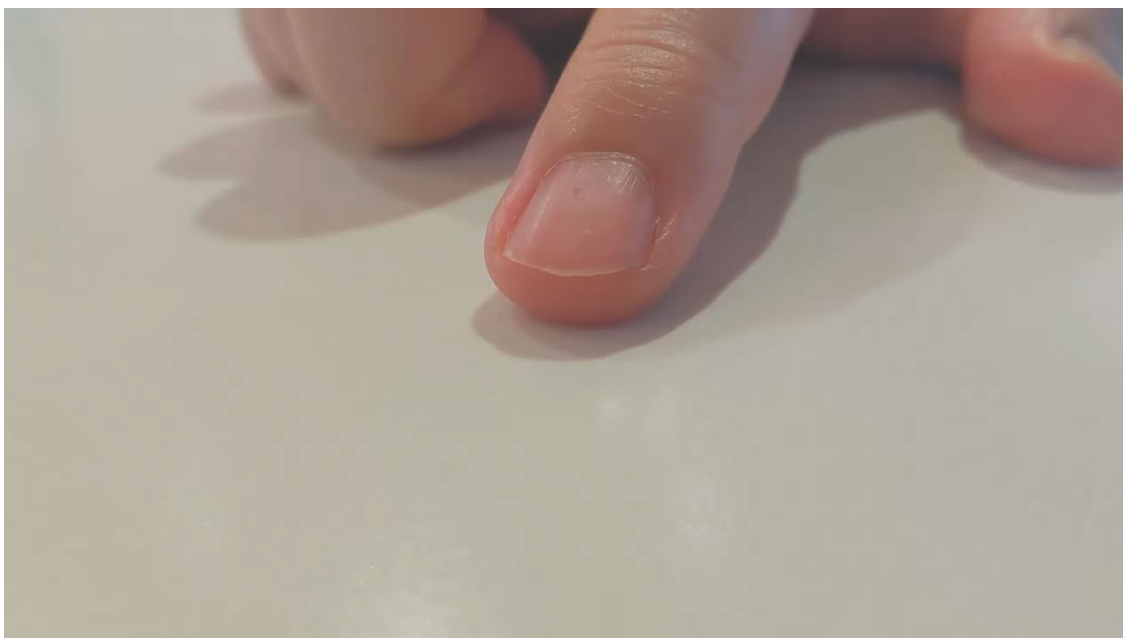
(再)電気触覚ディスプレイの課題



- 課題 1 : **痛覚**を生じやすい (感覚閾値と痛覚閾値が近い)
- 課題 2 : **力覚の提示**はやはり大掛かりな別手段が必要

提案2: 電気触覚提示で力の感覚を生起(1/2)

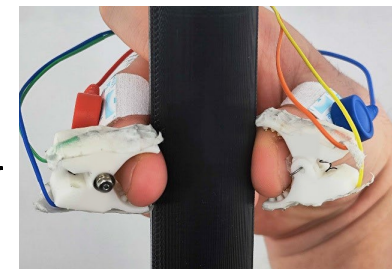
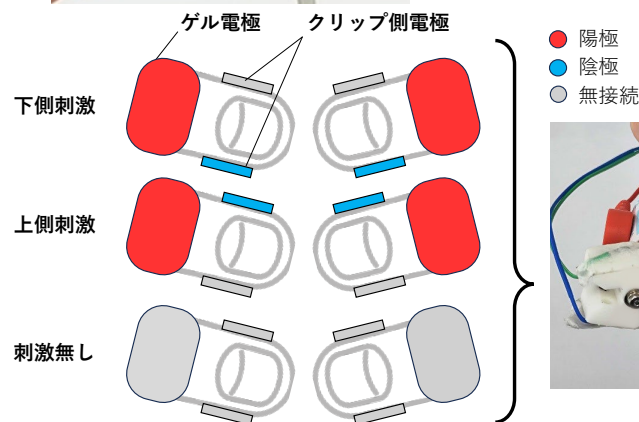
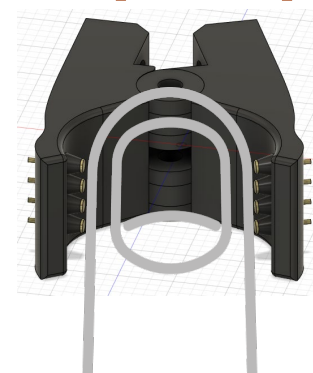
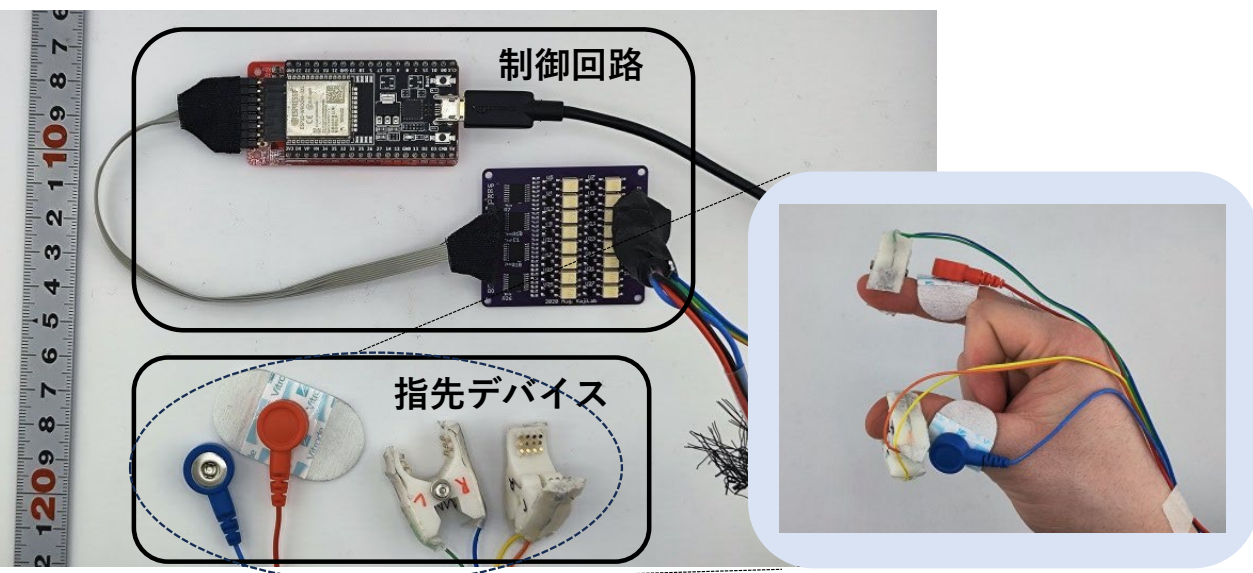
特願2022-141736



- 我々の着眼点：指の皮膚感覚に**力の手掛かり**が多く含まれているのでは。
 - － 指先の力の変化は爪の色変化で検出できる（センサとして用いる事例あり）
- もしそうであれば、電気触覚提示は力の感覚提示にも使えるのでは。

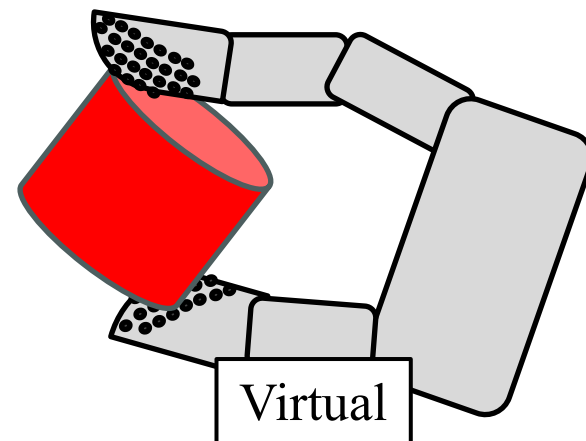
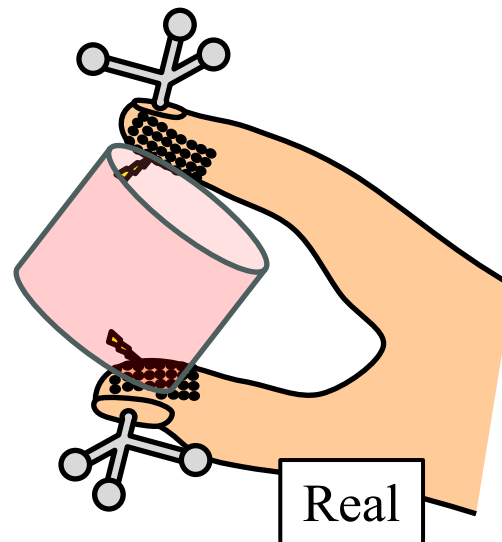
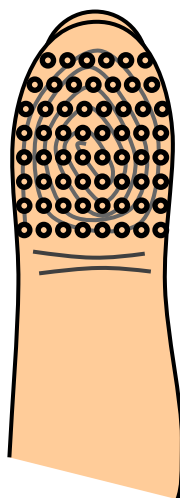
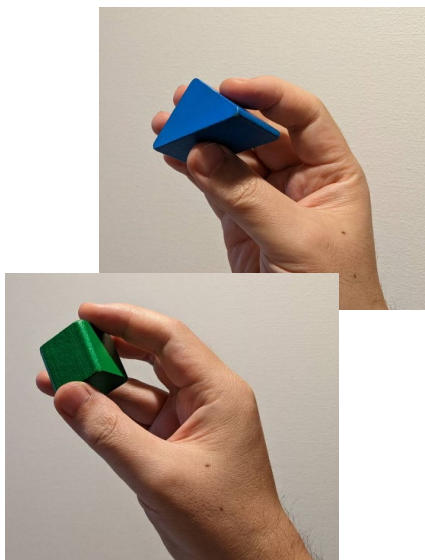
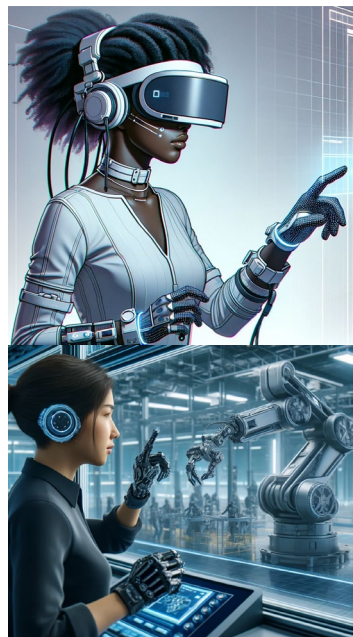
提案2: 電気触覚提示で力の感覚を生起(2/2)

特願2022-141736



- 実際に、**指の爪付近には機械受容器が密集**しており、力の情報をコーディングしていることが知られていた。
- 我々は爪近傍への電気刺激が力の感覚を生じることを明らかにした。
- 例えば**把持している物体をより重く感じさせる**ことが可能。
 - 200gの物体を220gに感じる程度の変化を検証
- 現在任意方向への力提示を可能とする研究を継続中。

提案1・2を組み合わせた想定用途



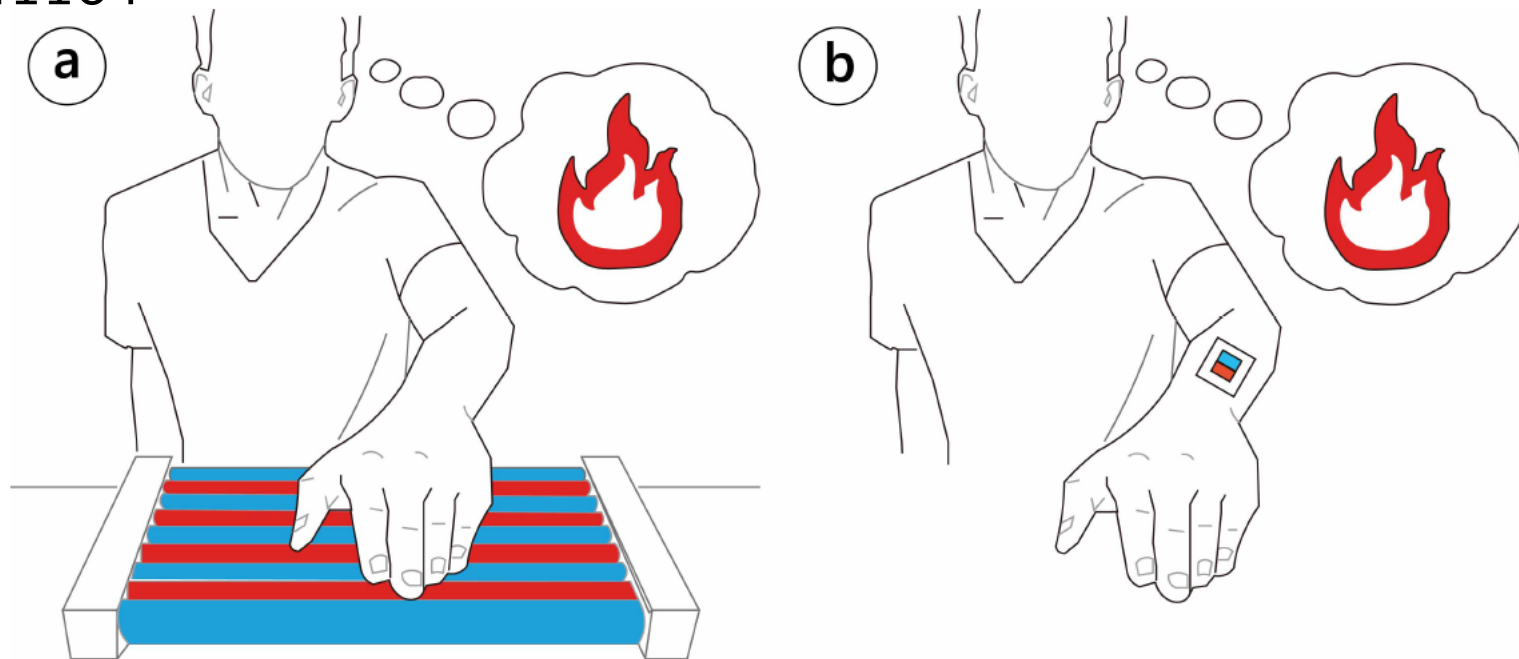
- 爪近傍を含む指先全体を触覚提示するための最適な電気触覚ディスプレイ。
- 痛みを伴わず、指に広触野での皮膚感覚提示と、爪近傍提示による力覚提示を実現。
- 電気触覚の高解像度性を生かし、**「ぱっとさわってぱっとわかる」**を、**VR環境でも遠隔操縦環境でも**実現。現在開発中。

ひるがえって：痛覚の必要な場面

- 例えば「かゆみ」に対してかきむしる行為は痛覚による抑制と考えられ、様々な慢性的なかゆみは喫緊の課題。
- **非侵害性的手段で痛覚を効率的に提示することは大きなニーズがある可能性。**
- 電気刺激は非常に効率の良い提示手段だが、できれば非電源で行いたい。
 - →化学薬品による（非侵襲的な）痛みの提示は可能か？

提案3: 温度錯覚現象を用いた 化学薬品による痛みの提示(1/3)

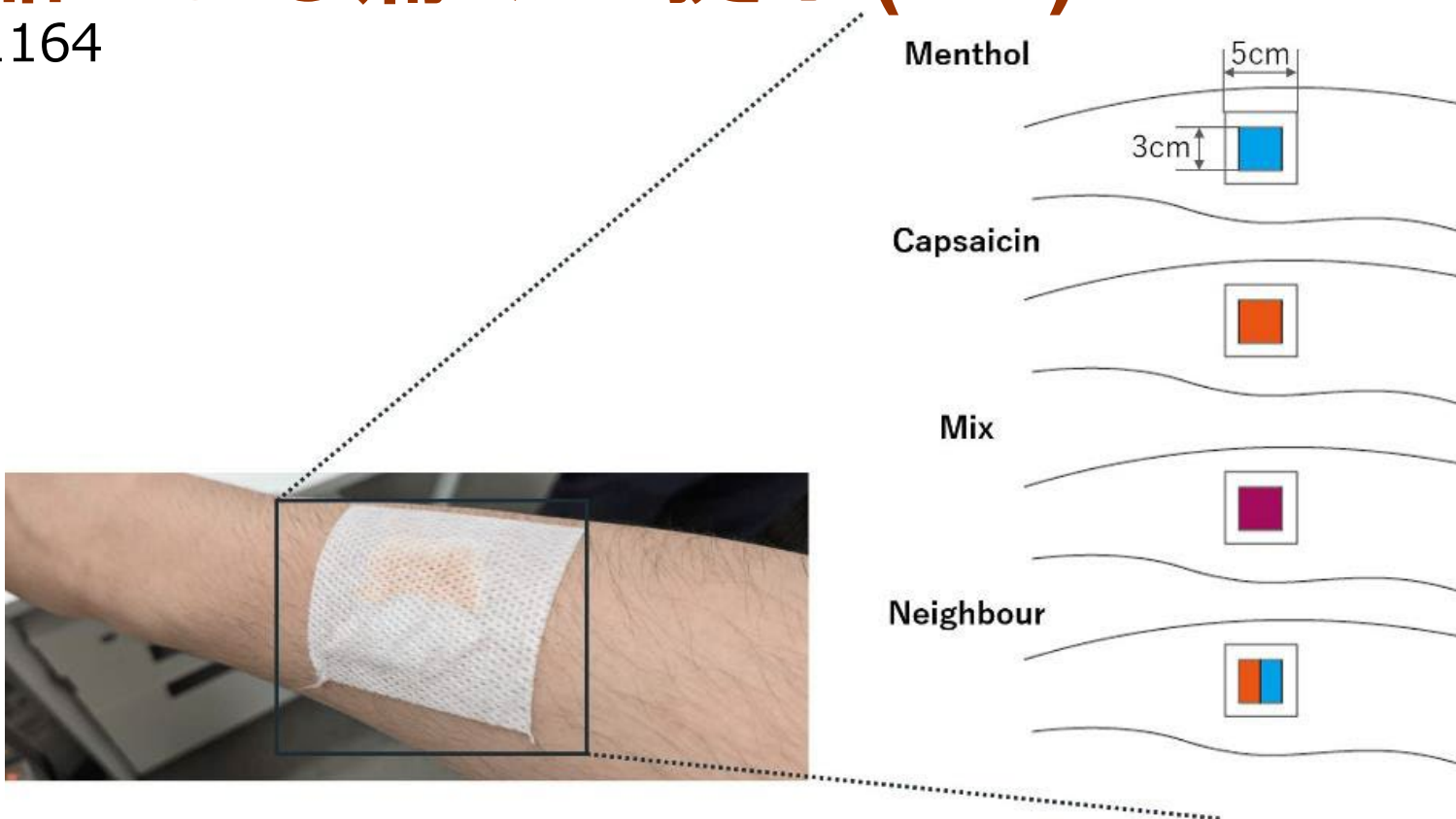
特願2022-141164



- **冷たい刺激と暖かい刺激**を隣り合って提示すると、痛みを生起する現象が知られている (**Thermal Grill Illusion**)
- 通常は物理的に温度提示を行うが、冷たさを感じる化学物質（メントール）と、暖かさを感じる化学物質（カプサイシン）でも同じ錯覚現象を生じることを見出。これは**非電源で継続的な痛みを提示できる**手段に？
 - （類似例：湿布を貼ったところはシャワーを浴びると痛い）

提案3: 温度錯覚現象を用いた 化学薬品による痛みの提示(2/3)

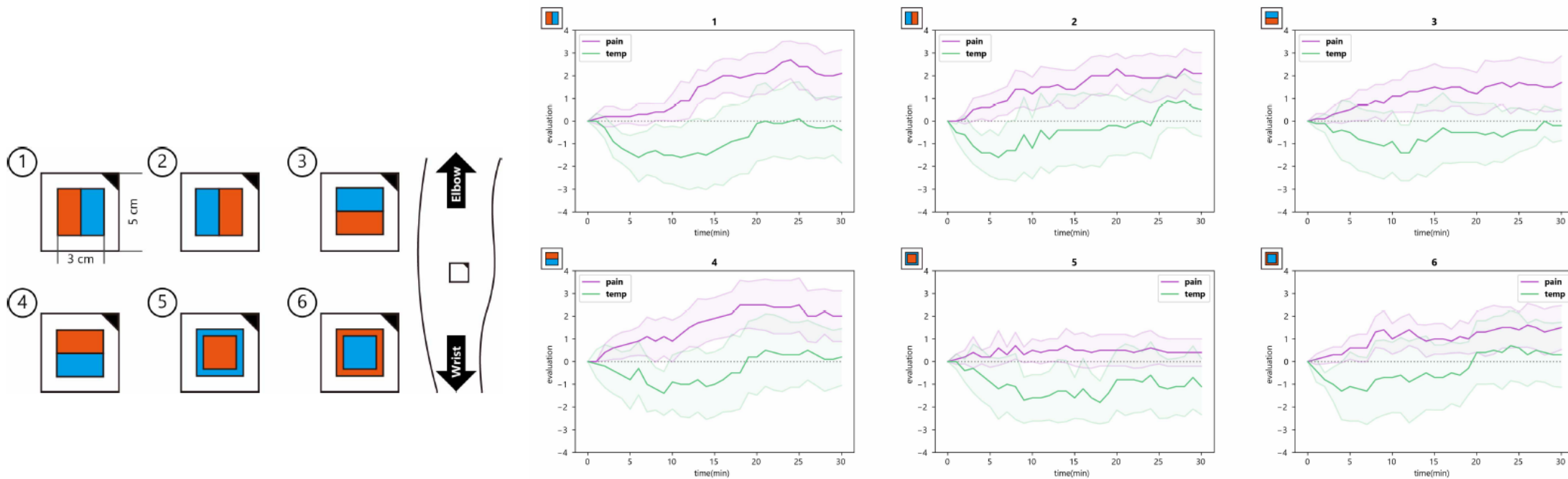
特願2022-141164



- (直観に反して) カプサイシンとメントールを混ぜても効果がほぼない
- **隣り合った塗布の際に初めて灼熱痛を生じる (Thermal Grill Illusion)**

提案3: 温度錯覚現象を用いた 化学薬品による痛みの提示(3/3)

特願2022-141164



- カプサイシンの塗布部をメントールで囲うようにしても効果がほぼない
- **腕の遠位を冷、近位を温とした際に最も強い灼熱痛**
 - 同一皮膚分節内（脊椎で分けられる神経支配の領域）で刺激され、かつ明瞭に分離されている状況でもっとも錯覚が強く生起する？
- こうした検証を通して「最適な痛み提示湿布」が実現すると考えられる

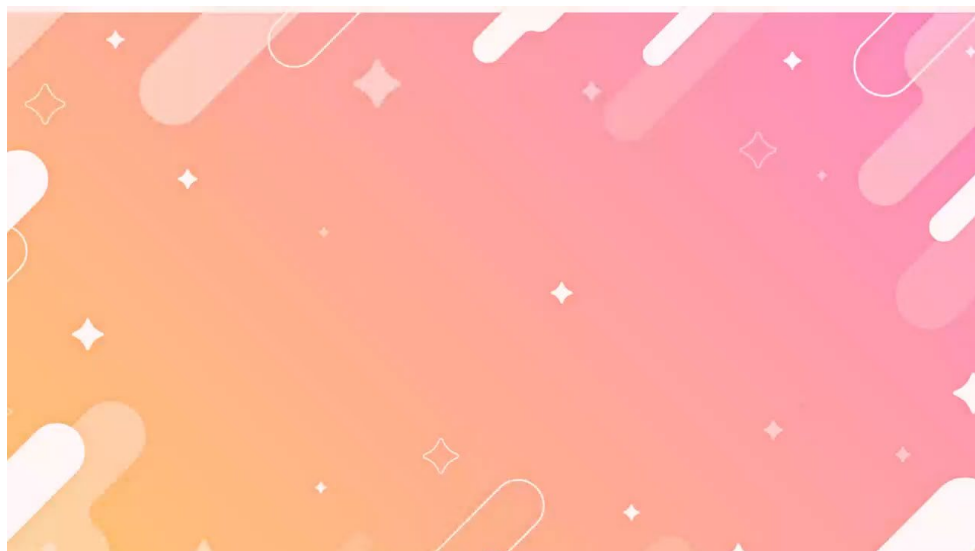
企業への期待

- 触覚の必要な遠隔マニピュレーションタスク、遠隔コミュニケーションなどへの実用展開と実証実験。
- **想定していなかったニッチかつシリアスなニーズ**を教えていただきたい（健康、福祉、美容、ホビー、etc）。

企業への貢献、PRポイント

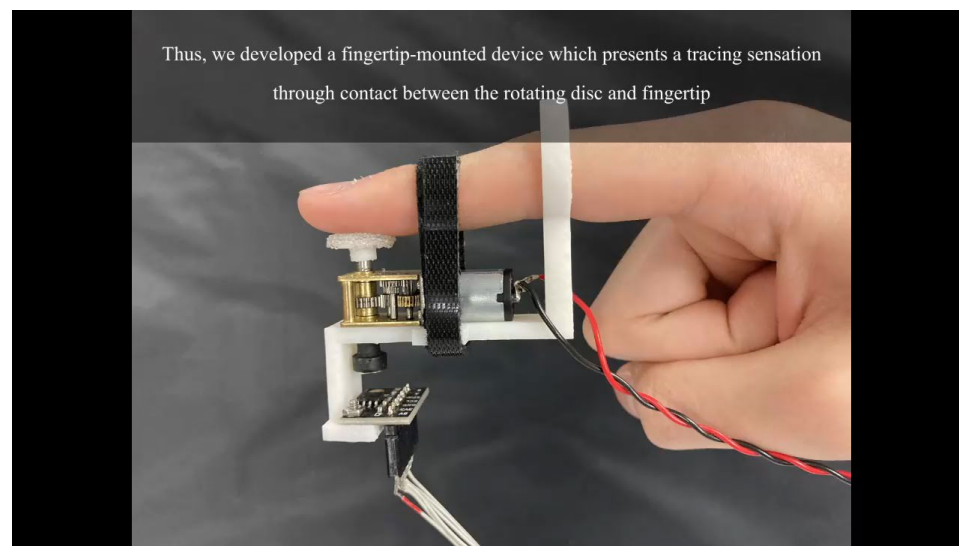
- 触覚提示に関して一通りの知見を持っているので、例えば自社製品に触覚提示機能を付けたいという展開を考えている企業との、ディスプレイから始めるコラボレーションは得意。
- 電気触覚ディスプレイは現在入手が比較的容易で小型薄型な唯一の皮膚感覚分布提示装置であり、そのハードウェア構成、提示アルゴリズムをすべて持っている。

ご紹介: 関連する研究成果の一部



スマートフォン側面への情報提示

<https://www.youtube.com/watch?v=XYeAoJ6iQCg>



回転円盤によるVR環境内のなぞり感提示

<https://www.youtube.com/watch?v=Q7nMaXxk7Z8>



足首振動を用いた全身の揺れ体験

<https://www.youtube.com/watch?v=MAd2-IW3q8Q>

- 大学のオープンキャンパス中の研究室公開でご体験いただけます。
- 大学院オープンラボ 令和6年5月19日（日）
- 第1回オープンキャンパス 令和6年7月14日（日）
- 第2回オープンキャンパス 令和6年11月24日（日）

本技術に関する知的財産権

- 電気触覚提示に関する痛覚の低減
 - － 発明の名称 : 電気触覚の提示方法
 - － 出願番号 : 特願2023-011929
 - － 出願人 : 国立大学法人電気通信大学
 - － 発明者 : 浜崎、齋藤、金子、梶本
- 電気触覚提示による疑似力覚提示
 - － 発明の名称 : 力覚提示装置、力覚提示システム、及び力覚提示方法
 - － 出願番号 : 特願2022-141736
 - － 出願人 : 国立研究開発法人科学技術振興機構
 - － 発明者 : 梶本、中山、真鍋、牛山、宮上、高橋
- 化学物質を用いた痛みの提示
 - － 発明の名称 : 痛み提示シート、及び、痛み提示方法
 - － 出願番号 : 特願2022-141164
 - － 出願人 : 国立大学法人電気通信大学
 - － 発明者 : 浜崎、金田、張、金子、梶本

お問い合わせ先

国立大学法人電気通信大学
産学官連携センター
産学官連携ワンストップサービス

TEL 042-443-5871

FAX 042-443-5725

E-mail onestop@sangaku.uec.ac.jp