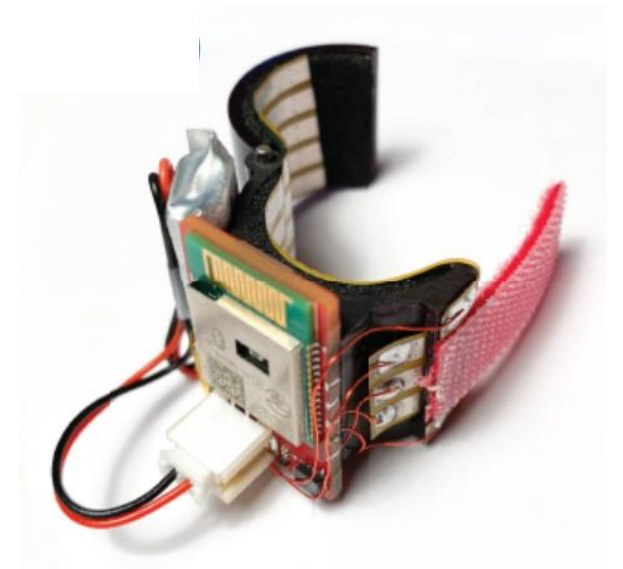


# ElectroRing: Subtle Pinch and Touch Detection with a Ring

CHI '21: Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems

Authors

Wolf Kienzle, Eric Whitmire, Chris Rittaler,  
Hrvoje Benko [Authors Info & Claims](#)



# 概要・目的・アプローチ

## 概要

繊細なピンチ動作（指でつまむ動作）やタッチ動作を検出するリング型の入力デバイス「ElectroRing」の設計

## 目的

ウェアラブルカメラやIMU（慣性計測装置）では検出が難しい繊細な動作を捉える技術として、身体を利用した小型で新しいインタラクション手法の提案

## アプローチ

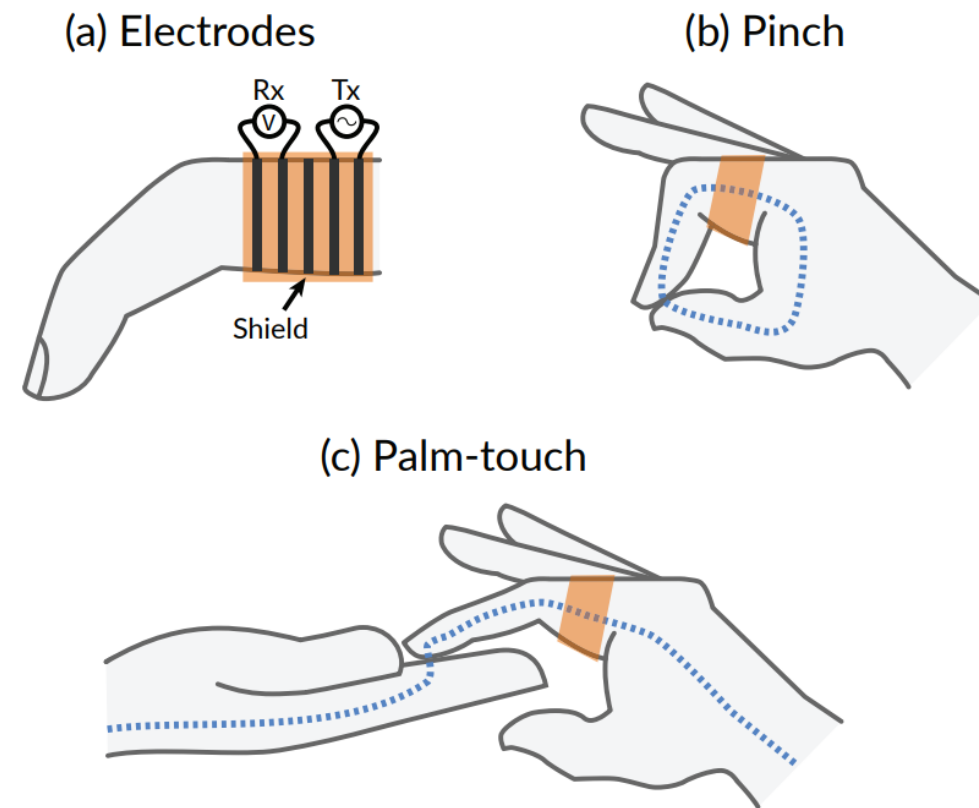
ElectroRingの設計 → 性能評価 → 活用例の提示

# ElectroRingの設計

## (a) : Electrodes(電極)

Tx (送信電極) で10.7MHzの交流信号を指に送り、Rx (受信電極) で指を通して戻ってきた信号を受け取る。

シールドは、信号がTxとRx間で直接伝わらないように遮断する役割を果たす。



## (b) : Pinch(指でつまむ動作)

信号は親指を通り、ガルバニック経路(点線)を通じて受信電極に戻る。

## (c) : Palm-touch(手のひらのタッチ)

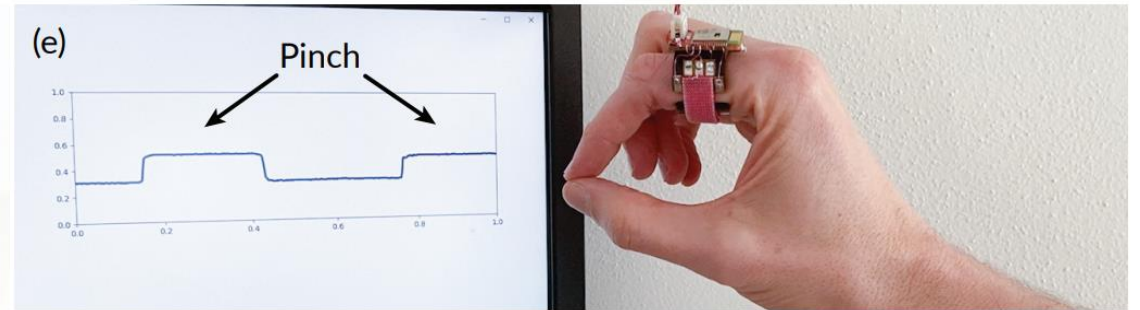
反対側の手のひらに触れると、身体を通じたガルバニック経路(点線)が形成され、受信電極に戻る。

**ガルバニック経路(Galvanic Path)** … 電気信号が導電性物質(ここでは皮膚や身体内の組織)を週って一周するための経路。

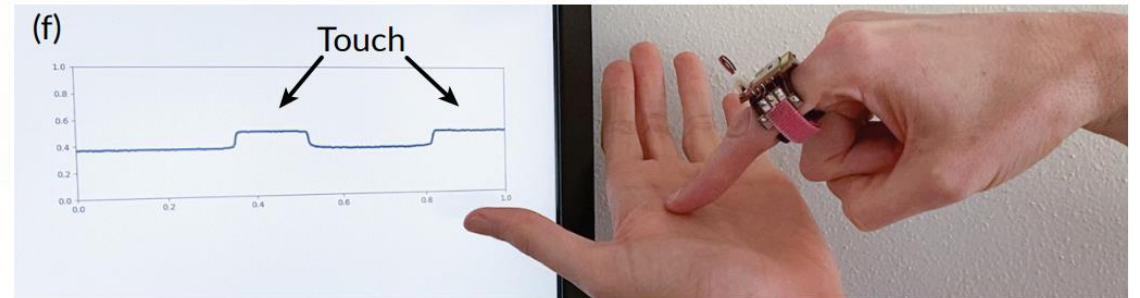
# ElectroRingの仕組み

ElectroRingがリアルタイムで信号データを取得している様子を以下に示す。縦軸は**電極が受け取った信号の強さ**、横軸は**時間**を表しており、信号の変化は、「タッチしているか」や「どれだけ圧力が加わっているか」を反映している。

- ・ **ピンチ(つまむ動作)**の場合は、指先が他の指に接触することで、指を通る電流が特定の変化を示す。

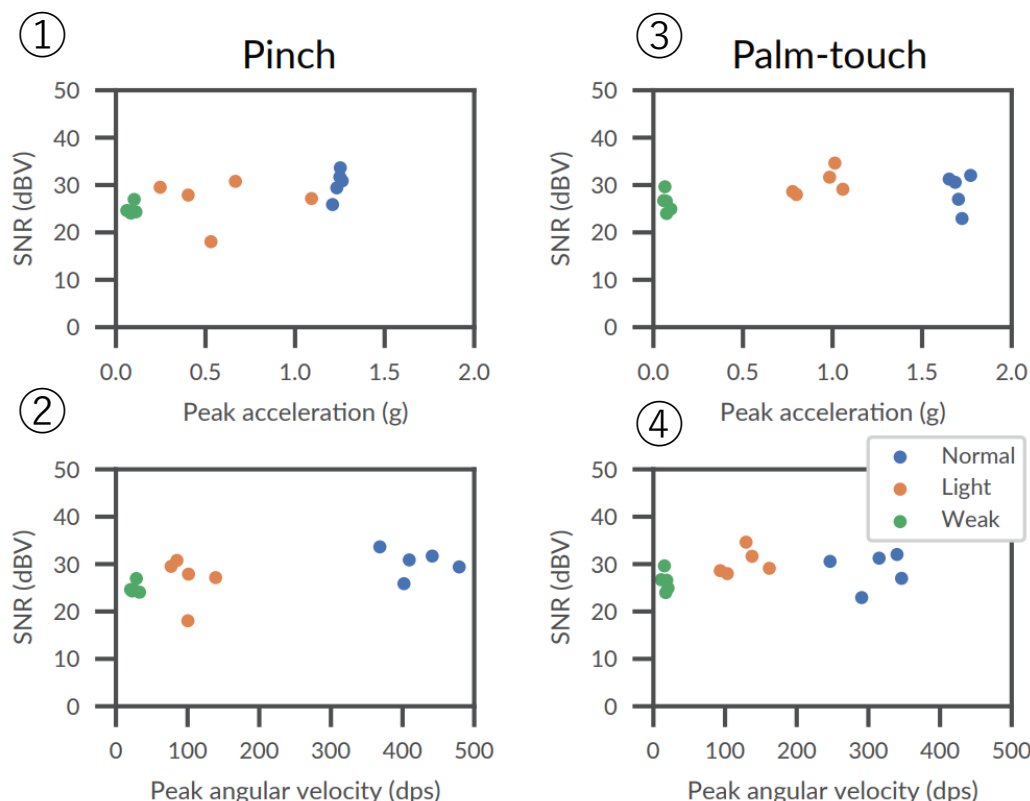


- ・ **タッチ(手のひらを触る動作)**の場合は、手のひらが接触することで信号が異なる経路を通り、これも検知可能。



信号が身体を通るときに発生する微小な信号変化を測定し、タッチやジェスチャーの有無や種類を検出する。

# 補足：信号品質



Nomal(青) … 指をしっかりとした力で加え、動きも適度に速くはっきりとした動作。

Light(橙) … 動きは明確だが、Nomalに比べて加える力が弱い動作。

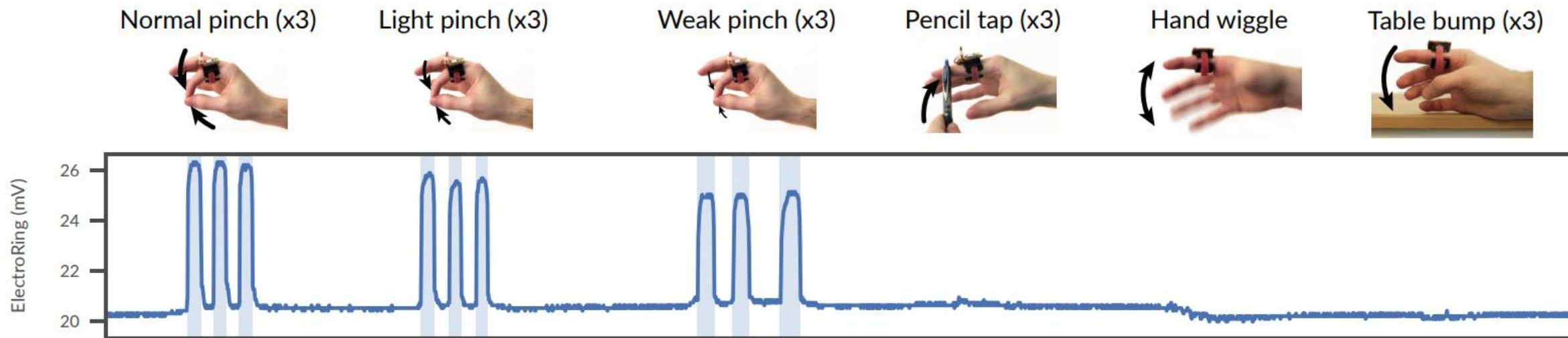
Weak(緑) … Nomalに比べて動きがごくわずかで、微細な動作。

SNR(信号対雑音比) … 信号とノイズの比率を示し、SNRが高いほど正確なデータが得られる。20dBv以上が良好な品質であるといえる。

ElectroRingが動作の強弱に関わらず、**安定した信号品質を保持できる**ことを示している。

# 補足：信号処理

ガルバニック回路が形成された状態において、測定した信号からノイズを除去し、その値が特定の閾値（threshold）を超えると『触れた』と判断する。逆に、値が閾値を下回ると『離れた』と判断する。



# 性能評価

- ・ COVID-19の制約のため著者が実験を行い、外部参加者は含めていない。
- ・ つまむ動作(タッチ/リリース)と手のひらタッチ(タッチ/リリース)を各200回、計400回行う。400件のデータのうち40件のデータを閾値の調整に用いて、性能評価には360件のデータを用いる。



タッチ



リリース

- ・ 正確なイベント時刻とアルゴリズムによる検出時刻との間の遅延時間を計測。

# 結果

○ 360件のデータ中、未検出・誤検出は2件で**0.6%のエラー率**であった。

つまむ動作：未検出1件

手のひらタッチ：リリースが早すぎたことによる誤検出1件

○ タッチイベントとリリースイベントの遅延時間を以下に示す。

タッチイベントの遅延：平均15 ms（標準偏差3 ms）

リリースイベントの遅延：平均11 ms（標準偏差3.1 ms）

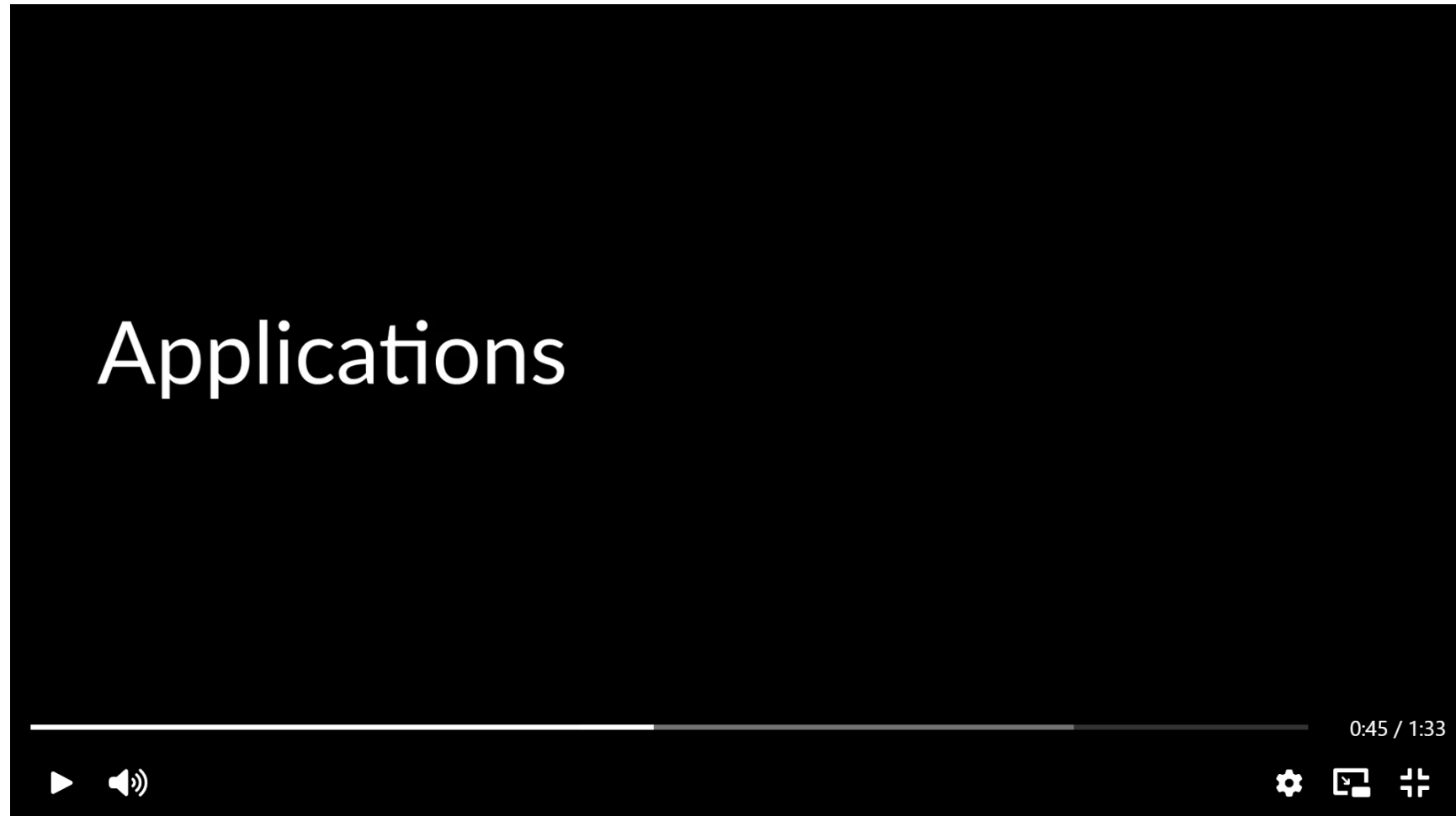
.



ElectroRingの高精度・低遅延の動作が確認された。

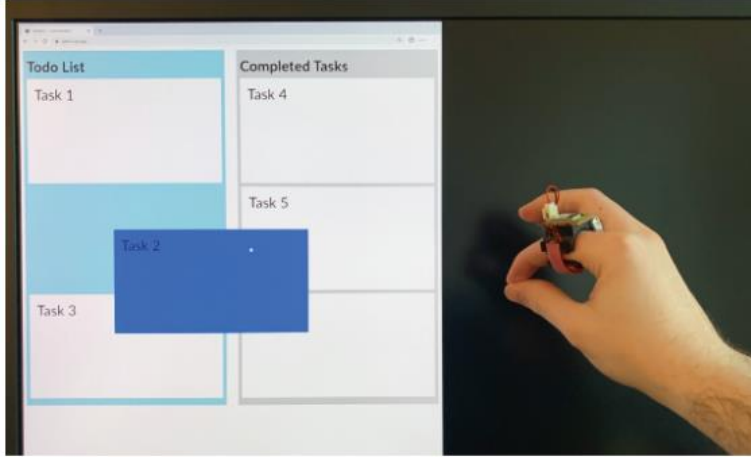


# 活用例の提示



# 活用例の提示

(a) Pinch to Drag & Drop



- ・つまむ動作でウィンドウを保持し、その状態で手を動かすことで掴んだウィンドウを移動させることが可能。
- ・IMU（慣性計測装置）の加速度センサーを利用して、ユーザの手の動きを追跡。
- ・つまむ動作を中断する(親指を離す)ことでウィンドウをリリース。

(b) Pinch to Draw



- ・つまむ動作で描画ペンを操作し描画。
- ・描画ペンはつまんでいる間だけ表示され、つまむ動作を中断することで一時的に描画を停止。

(c) Palm-touch Carousel



- ・タッチやスワイプ動作でCarouselを回転させ、タップで停止。
- ・手のひらを使った微細な動きを検出することで、タッチからスワイプへと動きが変化するのを感知。

# 結論・今後の展望

## 結論

- ・高周波信号を利用し、指のつまむ動作や手のひらタッチといった繊細な動作を高精度に検出できる。
- ・IMUを組み合わせた高度なインタラクションが可能で、空中でのドラッグ&ドロップやカーセル操作などの応用が実証された。

## 今後の展望

- ・直径が15 mmから20 mmあり日常使用にはやや大きいので、電極の形状やサイズを最適化することで、デバイスの小型化を図る。
- ・より広範なジェスチャーや複雑なインタラクションへの対応。

# 次に読む論文

Ke-Yu Chen, Shwetak N. Patel, and Sean Keller. 2016. Finexus: Tracking Precise Motions of Multiple Fingertips Using Magnetic Sensing. In Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (San Jose, California, USA) (CHI '16). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1504–1514. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858125>