

着衣による各種計測を実現する バッテリーレス素子のネットワーク化

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!



高知工科大学
KOCHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

高知工科大学 システム工学群 准教授

野田 聡人

どのような技術か？

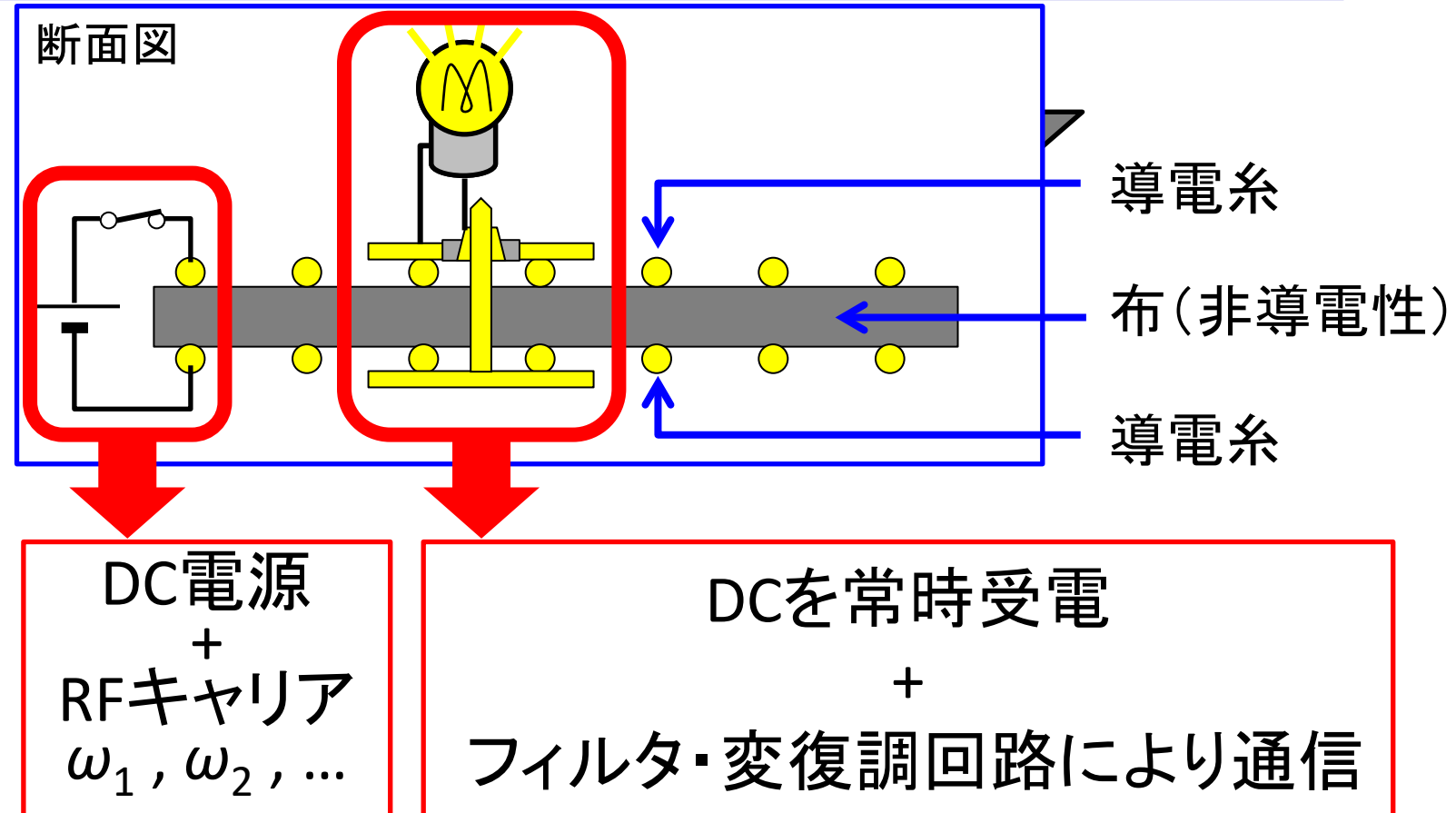
ピンバッジのように布に回路を着脱でき、直ちに動作する



A. Noda and H. Shinoda, "Simplex Inter-IC for Wearables and Its Applications,"
in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 69654-69662, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3078133.

本技術の特徴

一様な導電布に突刺して導通, アンテナレス・バッテリーレス, 通信 + 給電



従来技術と課題

ケーブル接続, 無線(電波)接続それぞれに課題あり

- 従来技術(1): ケーブルによる接続
 - 衣服へのケーブルの組み込みは(特に多数になると)困難
 - 柔軟性を損なう, 関節動作の繰り返しによる断線リスク
- 従来技術(2): 無線通信モジュールの使用
 - 無線回路モジュールとアンテナが必要
 - 電力は無線での伝送が困難, バッテリが必要

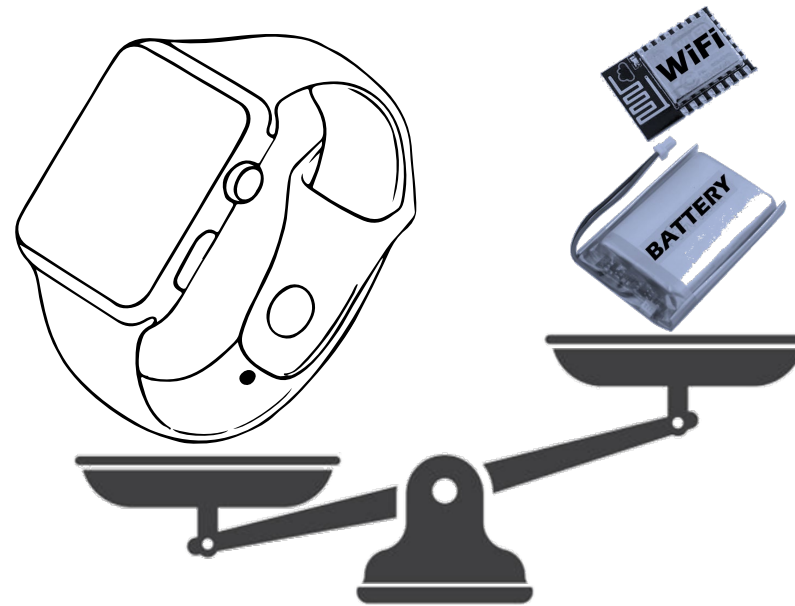
既存の無線通信ではダメ？

衣服に高密度に埋め込むのに適したものは見当たらない

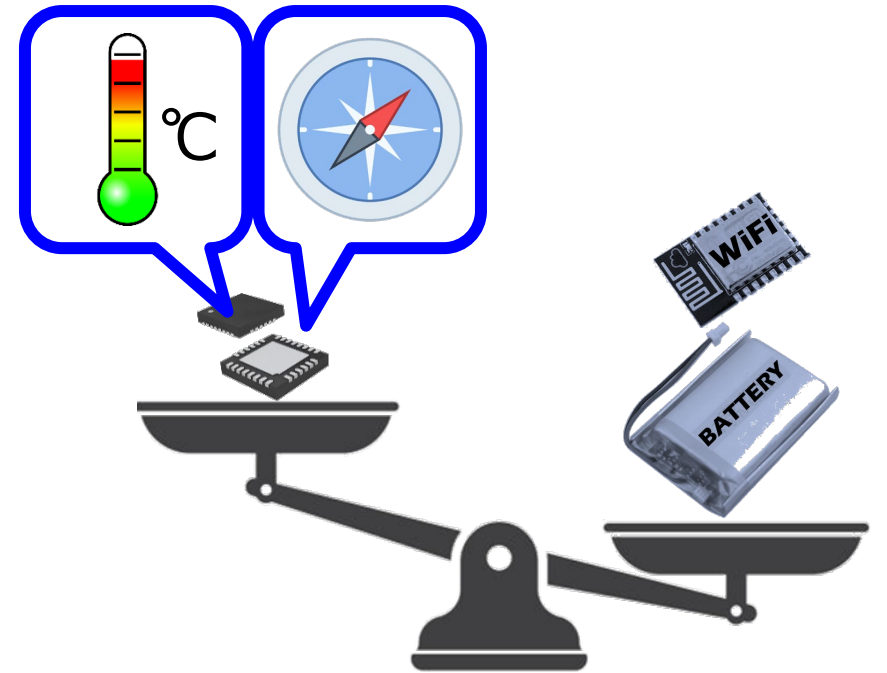
- 課題

- 干渉
- 寸法
- 重量

無線モジュール・
バッテリー



センサIC



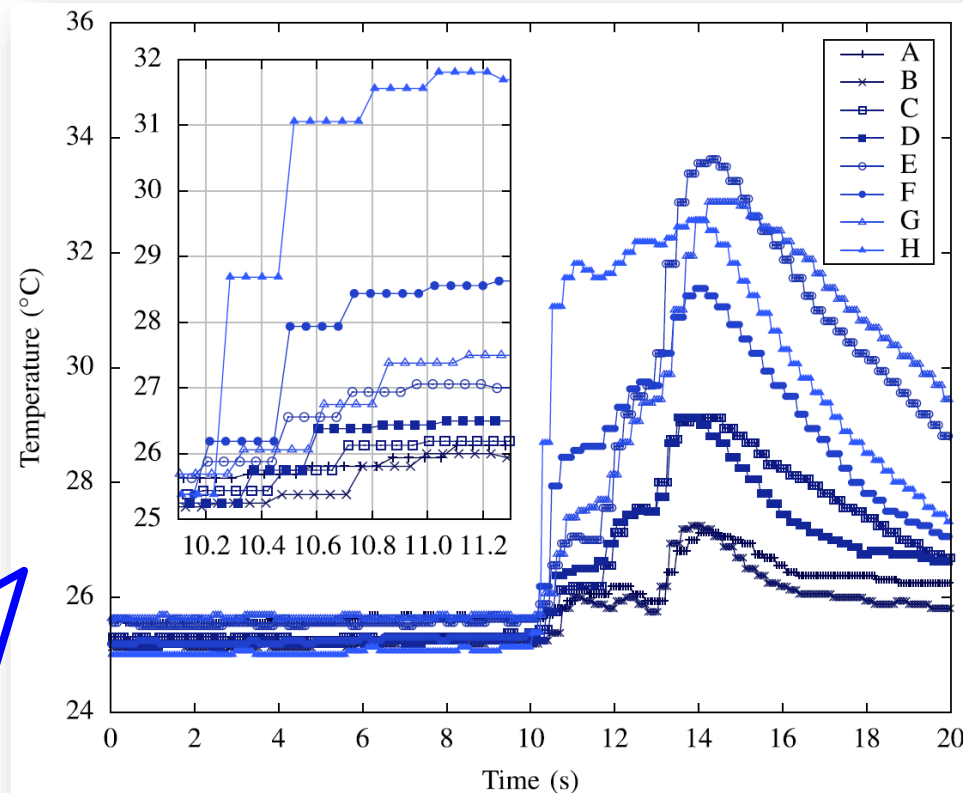
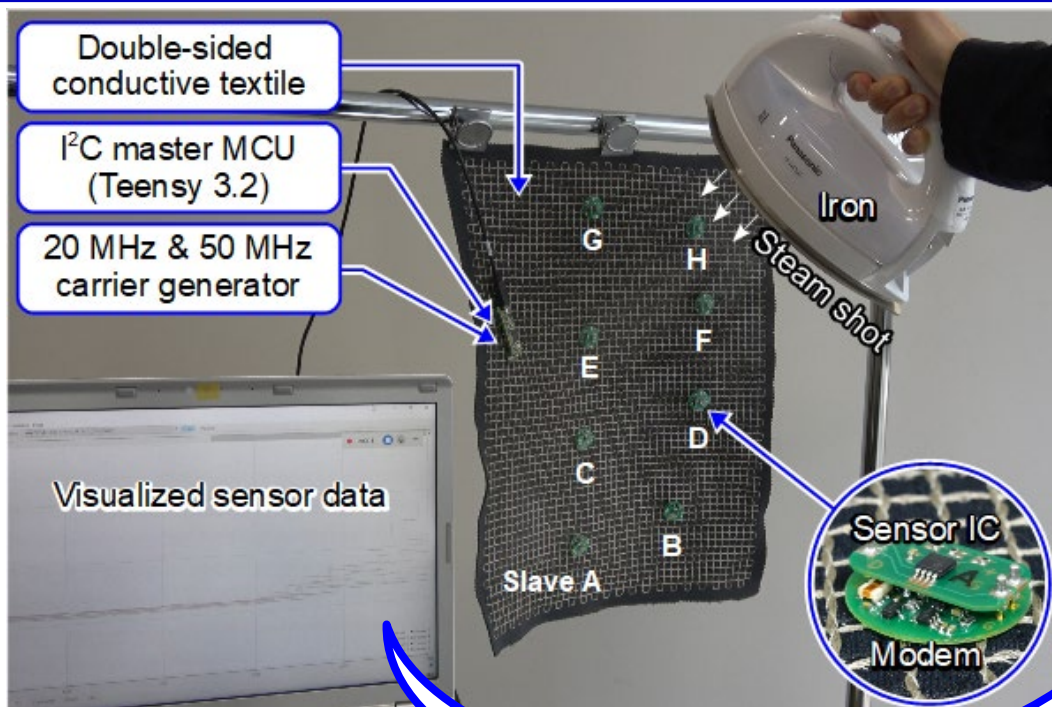
似て非なる関連技術

本技術は、導電インク・導電繊維などによる電極形成技術ではない

- 類似技術と解釈されうるが異なる技術の例：
 - 心電(心拍)計測のための柔軟電極を埋め込んだ肌着
 - 姿勢(関節の屈伸)を計測するための柔軟センサを埋め込んだ衣服
 - 衣服上でタッチパッドを実現するための柔軟電極を埋め込んだ衣服
- 本技術は、電極やセンサを形成する技術ではない
- 本技術は、それらのセンサ・回路間の通信と給電を実現する

本技術で何が可能になるか

アンテナレス・バッテリーレスの微小回路モジュールの無配線ネットワーク



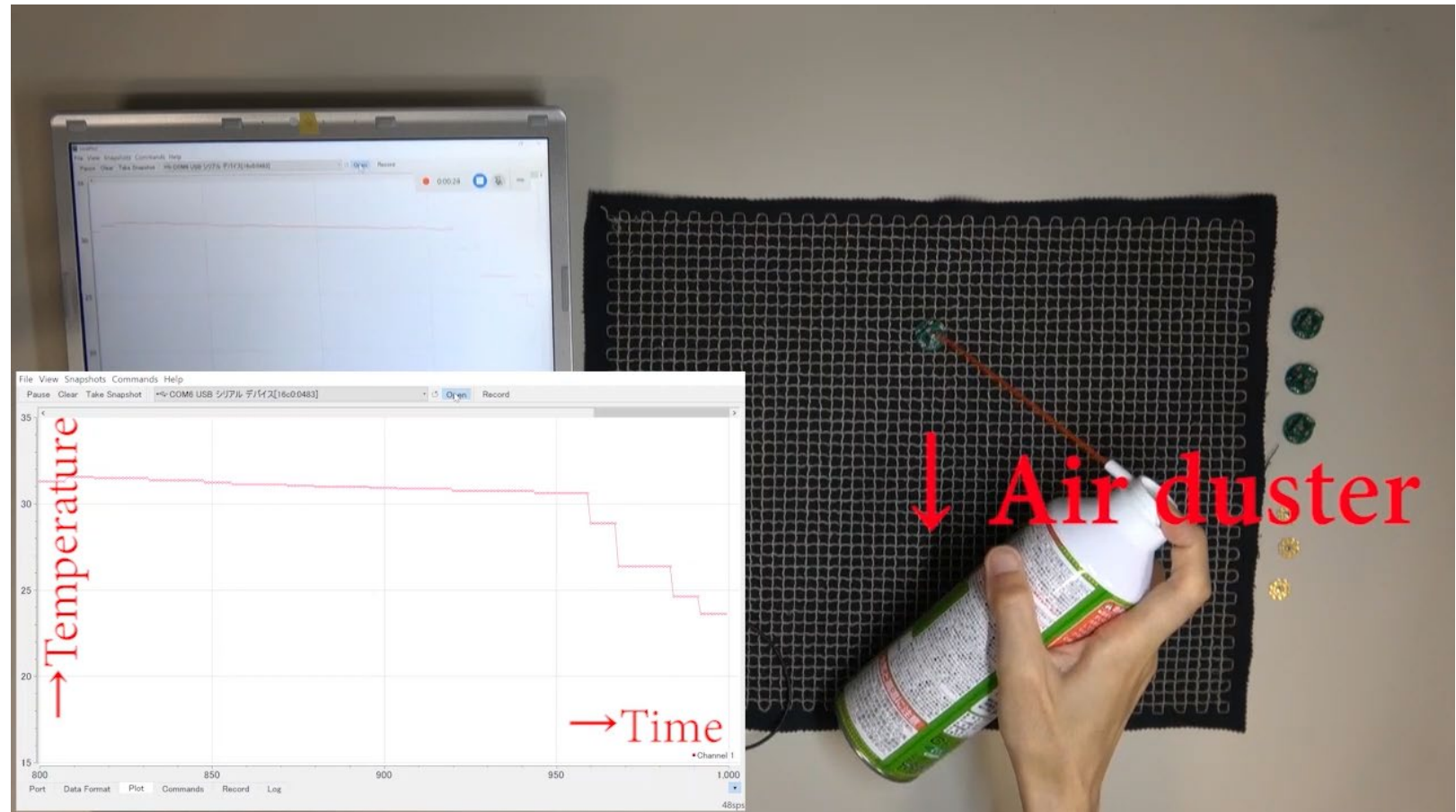
A. Noda and H. Shinoda, "Inter-IC for Wearables (I2We): Power and Data Transfer Over Double-Sided Conductive Textile," in *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, vol. 13, no. 1, pp. 80-90, Feb. 2019, doi: 10.1109/TBCAS.2018.2881219.

デモ動画

バッテリーレスのセンサを取り付けると直ちに動作，温度データを収集



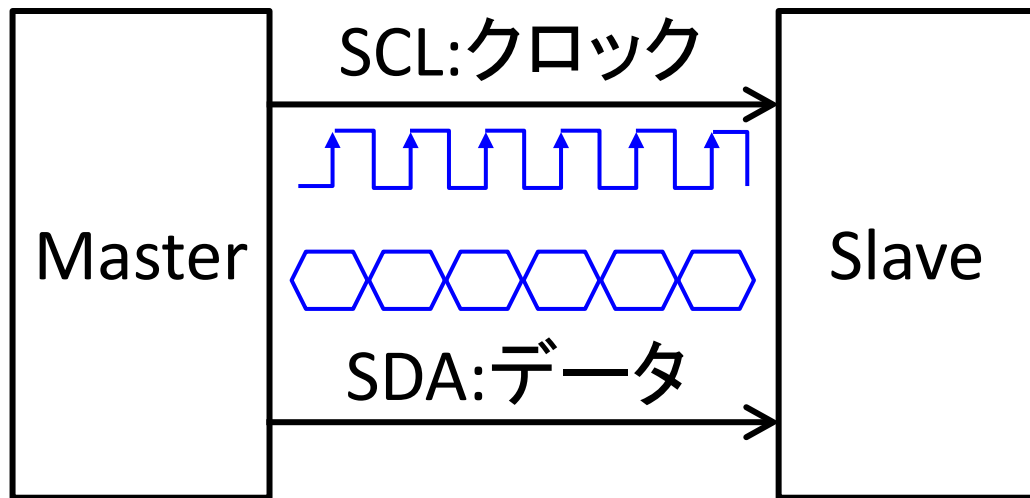
- バッテリーレスの温度センサ
- 手で温める・エアダスターで冷やすとグラフに表れる
- 布に取り付けると直ちに認識・データ取得



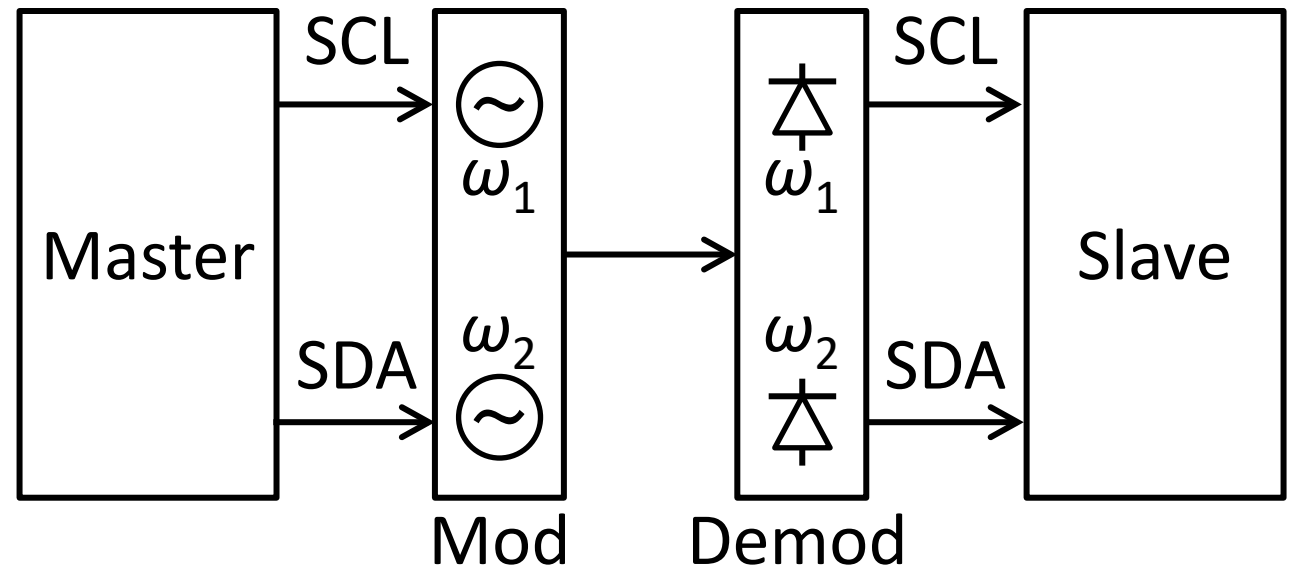
I²C: マイコン-IC間の標準的な接続方法

データと別にクロックを伝送する同期式シリアル通信

元のI²C



単一伝送路上での伝送 (2キャリアASK)



I²C対応の利点

市販のI²C出力センサIC・ソフトウェアライブラリをそのまま利用可

- デジタル出力 (I²C, SPI) するICが主流となっている
- 信号処理回路を内蔵するものもある
 - 例: 加速度・角速度・磁気センサを複合した姿勢センサICなど
 - こうした内蔵の機能が利用可能となる
 - アナログ出力センサ＋外部回路という構成より単純化
- 内蔵レジスタへの各種設定の書込みが必要なものもある
 - センサと通信するマイコン側のプログラムで所定の手続きが必要
 - 標準のI²C通信に対応し既存のライブラリを使えるなら新規開発は不要

いくつかの実装バリエーション

用途に応じて都合の良い実装方式を選ぶ(万能のものがまだない)

- 周波数分割多重OOK(オン・オフ変調)
 - 受信回路が最もシンプル, 多数の回路の個別通信は困難
- 周波数分割多重FM(周波数変調)
 - 音声・振動波形などのアナログ波形の多チャンネル伝送に適する
- I²C(クロックとデータの2線式のシリアル通信)
 - 双方向(半二重): I²C出力センサを接続可, 接続回路数や布面積に制限あり
 - 単方向: センサ用途での利用は困難, 比較的広範囲の条件で動作可
- UART(クロックを伝送しない1線式シリアル通信)
 - 比較的高速(~1Mbps), 送受信回路ともマイコン(MCU)が必要

想定される用途

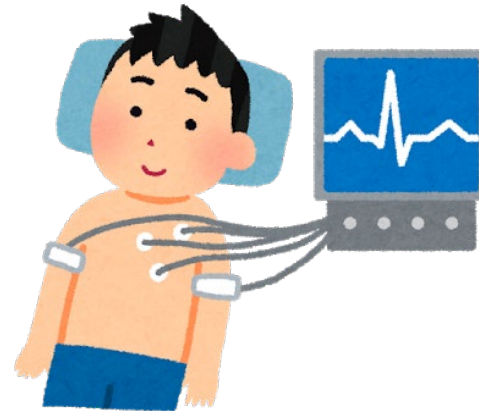
熱中症予測, 疲労度推定, 健康管理, バーチャルリアリティ, ...



体表面温度分布から
熱中症予測・予防を



全身の筋電計測で疲労度を
可視化し作業者に安全を



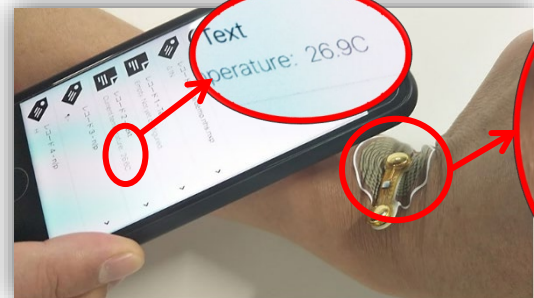
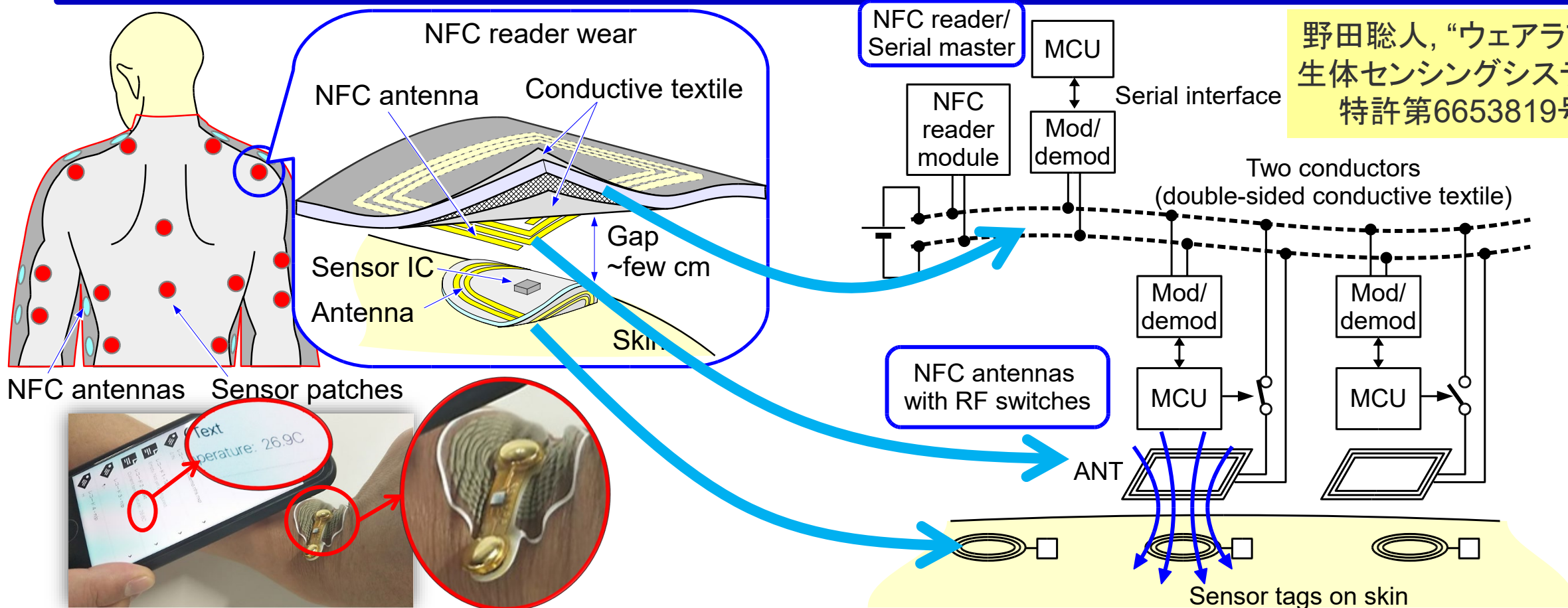
多点の心電計測を
非拘束で日常的に



全身にわたる触覚提示で
VRにさらなるリアリティを

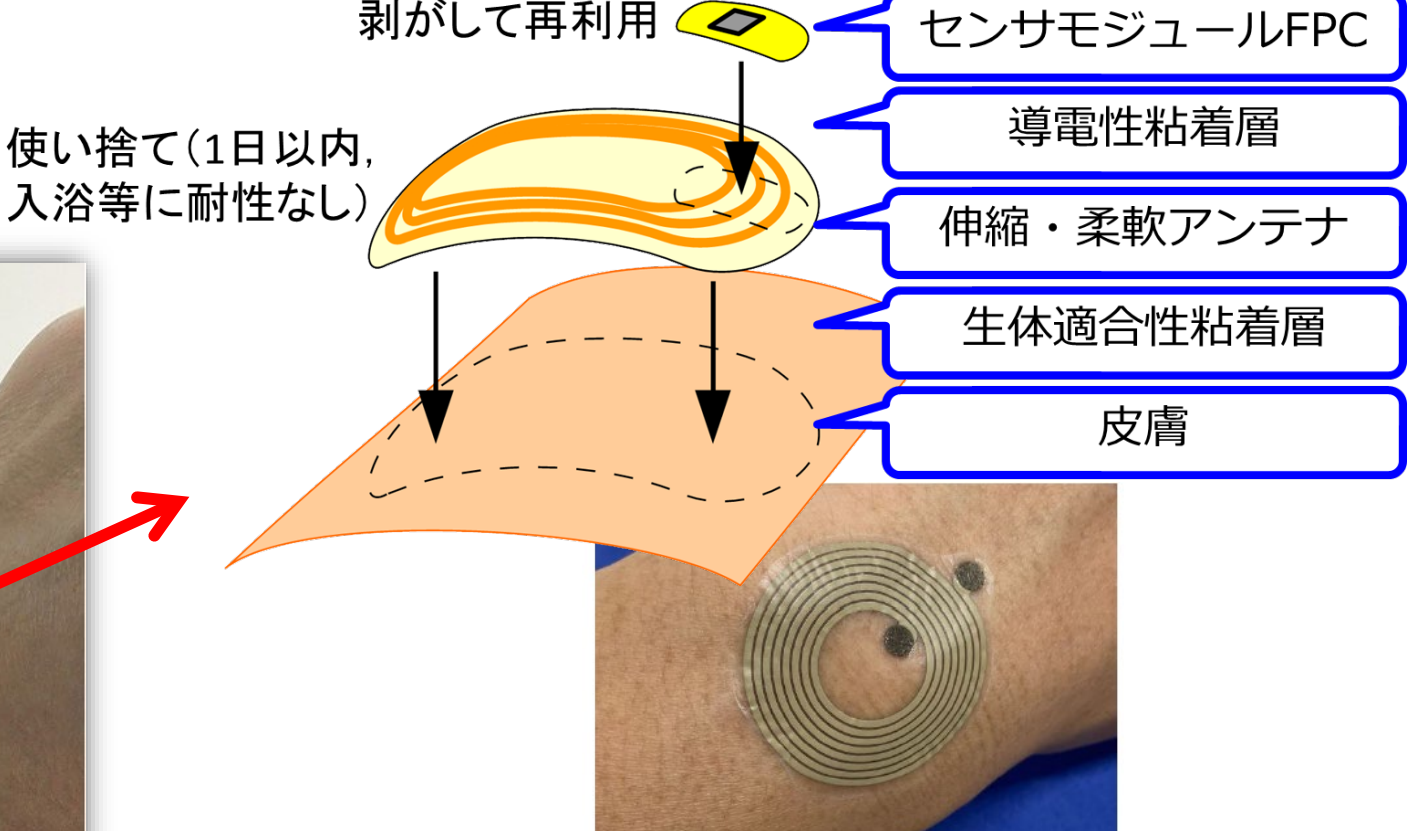
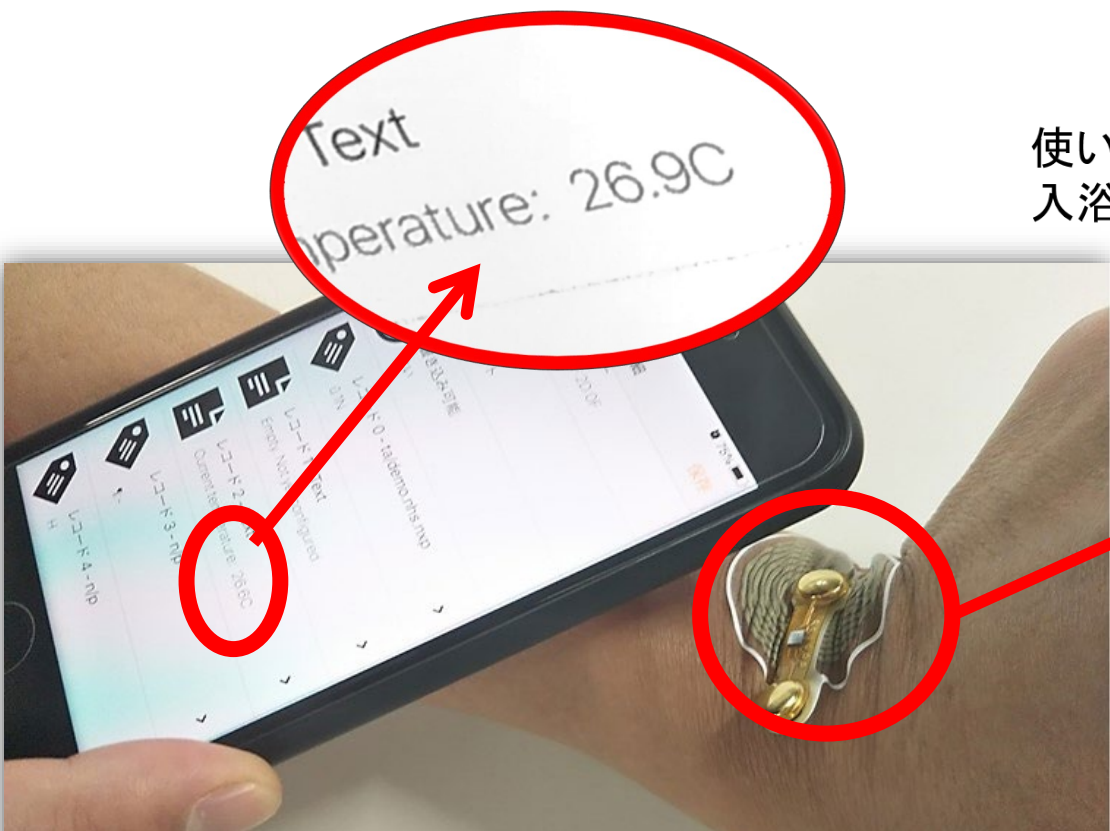
皮膚表面への展開

NFCの信号を導電衣服で全身に、吹き出し口(アンテナ)を個別に制御



伸縮性センサパッチ

伸縮フィルムにNFCアンテナを導電プリント，関節で変形しても読める



野田 聡人, 岩瀬 雅之, “伸縮フレキシブル基板を用いた絆創膏型NFCセンサパッチ”, 電子情報通信学会短距離無線通信研究会 (2021年6月21日)

実用化に向けた課題(1)

原理的に不可避の課題: 2枚の導電面が短絡してはならない

- 絶縁性の布の表裏両面に導電面を形成する
 - 導電布との重ね合わせ, 導電糸による刺繍, 導電プリント, ...
- 2枚の導電面の間に電圧を印加する. 短絡すると動作しない
 - 実用的に最も大きい制約は**浸水厳禁**
 - 絶縁基布の絶縁性が保たれる程度の表面の水濡れは許容
 - 基布の撥水性により実用的な「耐水性」が実現できるかも?
- **ピンバッジ状回路モジュールの着脱時の短絡**
 - 着脱時に導電ピンが一時的に2面を短絡
 - ピンが導電糸を押し込んで絶縁基布を貫通し短絡するケースもあり

実用化に向けた課題(2)

今後の改善が期待できる課題: 通信速度, 接続回路数・布面積の上限

- 通信速度

- UART方式で1Mbps, I²C方式で100kbpsまで実証済
- 低速の方が安定
- 高速化するほど, 回路の調整がシビアになる

- 接続回路数の上限, 布面積の上限

- 布上の回路はすべて電氣的に並列接続となる
- 並列回路数が増えればインピーダンスが低下, 駆動側回路の負担が増加
- 布面積が大きくなると静電容量が増加, 高周波でのインピーダンスが低下

企業への期待（連携の役割分担）

複数の役割分担シナリオが想定される

シナリオ	企業	本学
(1) 本技術をそのまま使う	製品化等に向けた開発・実装	用途に適した実装方式選定や設計上の要件等の情報提供
(2) 本技術を改良して使う	製品化等に必要な技術仕様 の明確化	仕様の実現可能性の検討, 実現に向けた基礎研究開発
(3) 本技術を適用するための の素材等の製品化	導電繊維・導電インク等の 材料・素材開発や布製品と しての機能性向上の開発	素材に対する要求仕様の明確化と情報提供, 新規素材との本技術の適合性の検証実験

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称： 2ウェイ通信器
- 出願番号： 特願2021-044399
- 出願人： 学校法人 南山学園
- 発明者： 野田 聡人

- 発明の名称： ウェアラブル生体センシングシステム
- 出願番号： 特願2019-163942
- 出願人： 学校法人 南山学園
- 発明者： 野田 聡人

お問い合わせ先

高知工科大学

研究連携部 社会連携課

社会連携専門監 長山 哲雄

T E L 0887-57-2743

F A X 0887-53-9064

e-mail org@ml.kochi-tech.ac.jp