

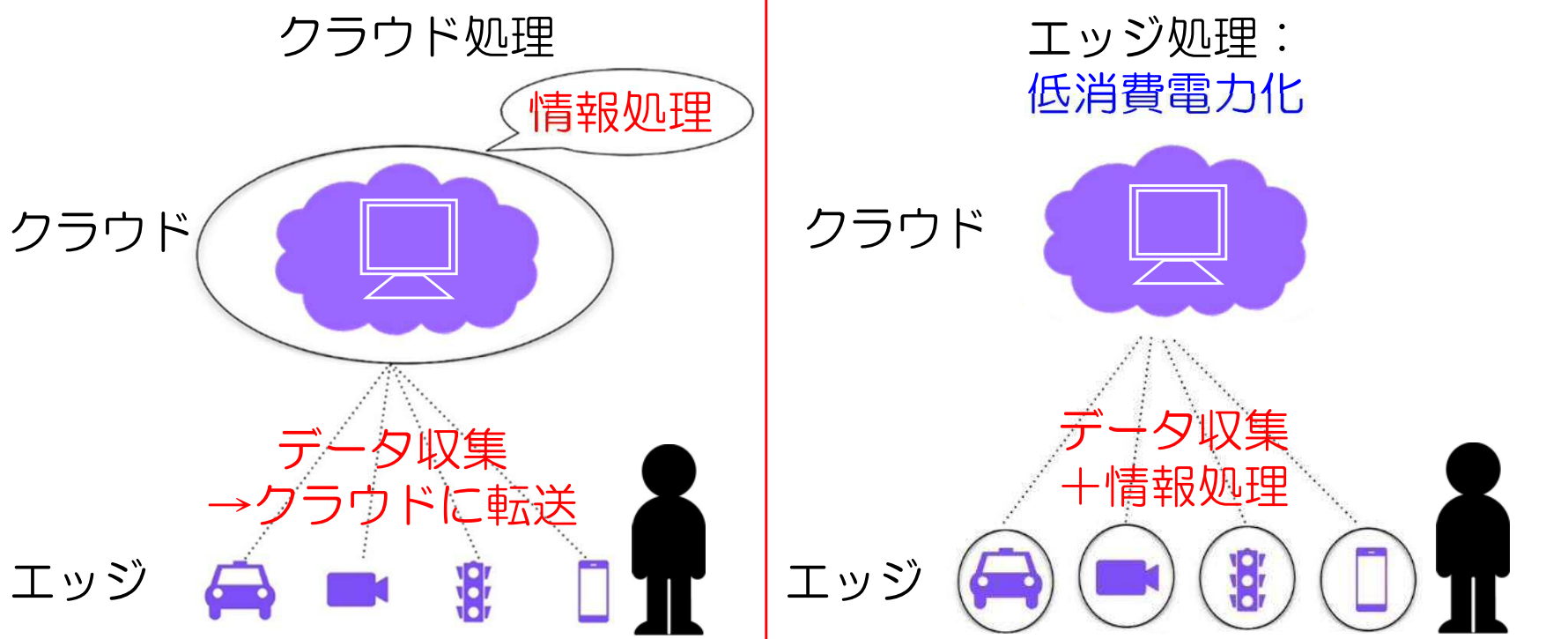
音声を識別する導電性ポリマー

九州工業大学 大学院生命体工学研究科
人間知能システム工学専攻
助教 宇佐美雄生

クラウド処理とエッジ処理

クラウド：ネットワークを介した計算資源 エッジ：利用者に近いデバイス
現在の情報処理システム：クラウド処理が主流
→エッジからクラウドにデータ転送する際にエネルギー消費

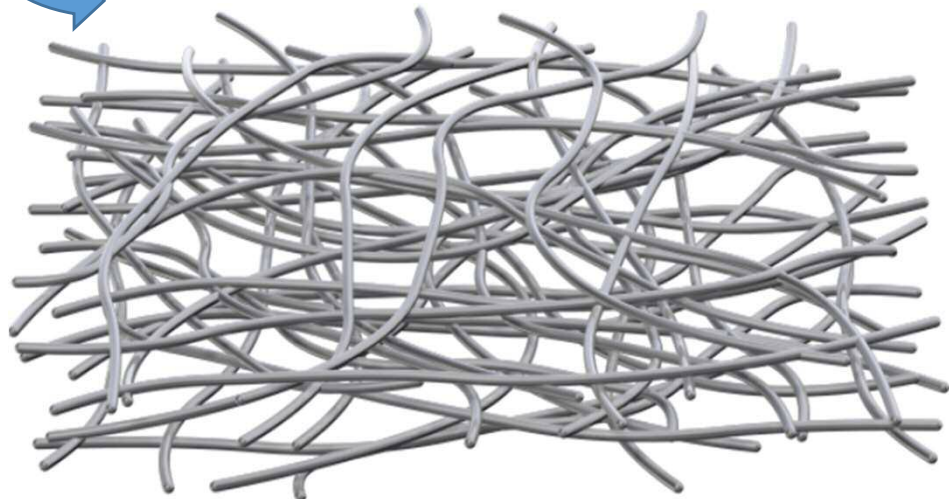
データ収集と情報処理を両方ハードウェア上で行う
エッジ処理による低消費電力化
→グリーンコンピューティング化が期待



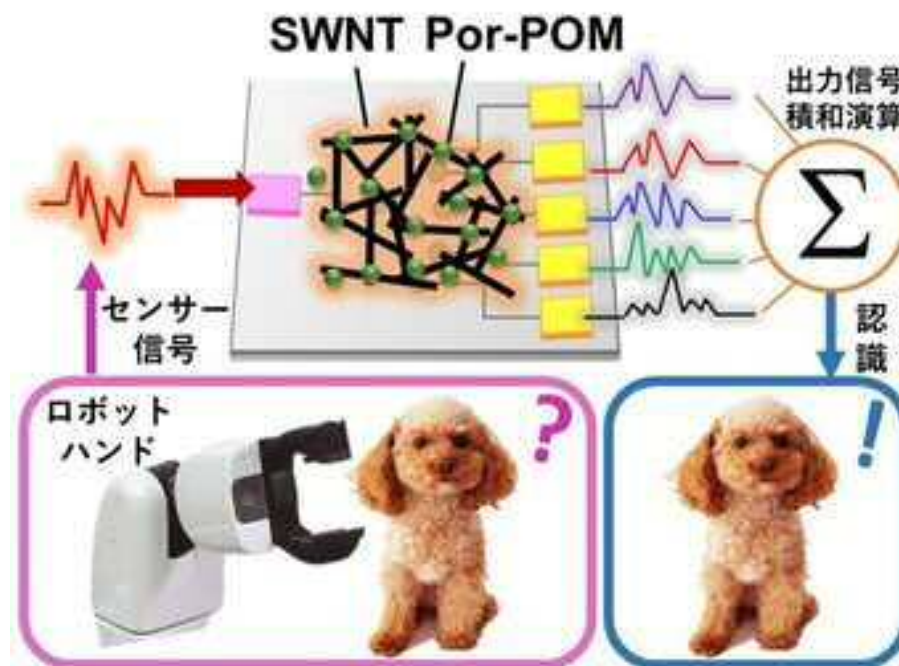
脳：究極のエッジ処理



マテリアルネットワークで模倣



カーボンナノチューブ/ポリ酸を用いた把持物体認識



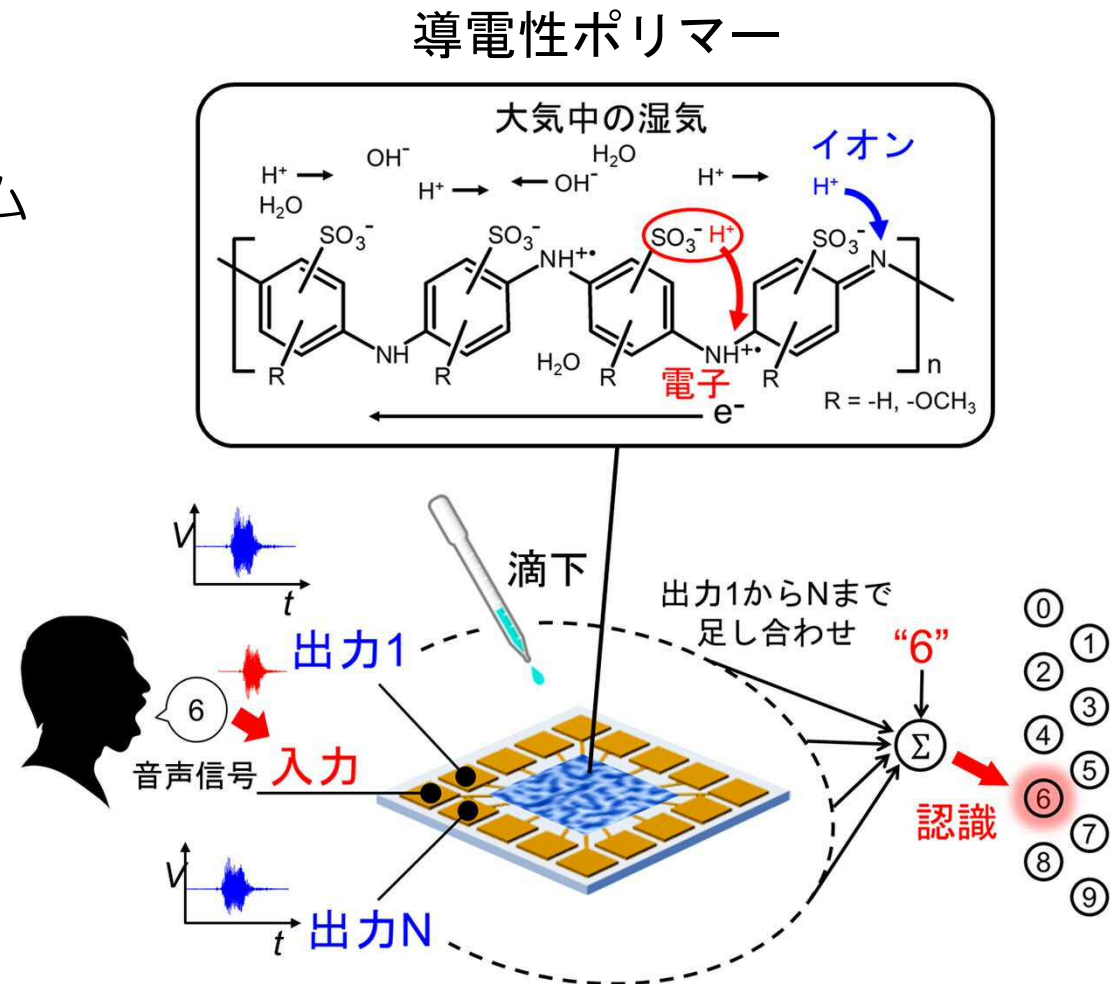
Y. Usami *et al.*, *Adv. Intell. Syst.* 4, 2100145 (2022).

- ・ 無機材料での検討が主軸
→ 拡張が必要
- ・ 複数の種類のマテリアルの混合体 → コストが増大

本技術の紹介

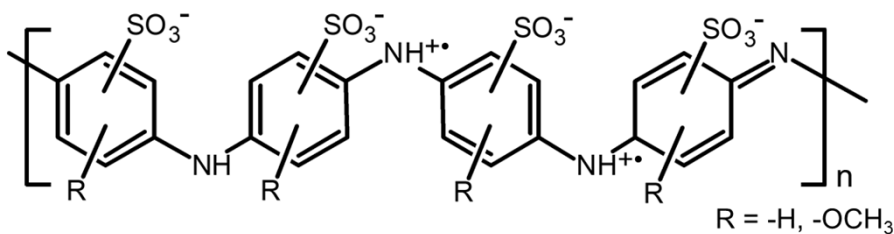
電気信号に変換した音声を導電性ポリマーに入力し、
非線形変換された出力を足し合わせ音声を識別する演算システム

- 有機分子を主とした演算システム
- 導電性ポリマー1種類で演算機能発現
- ポリマーを電極上に滴下乾燥させるだけの簡便な作製プロセス
- 低消費電力で音声の識別が可能
- 識別学習後はチップのみで動作



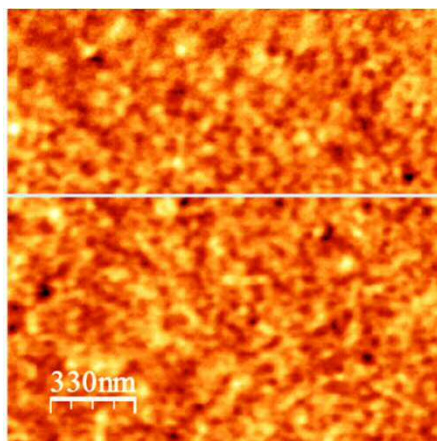
選定したポリマーの特徴

ポリマーの構造式
(ポリアニリンスルホン酸)



-SO₃H: H⁺が脱離し自身でキャリア注入
自己ドーピング、導電性発現

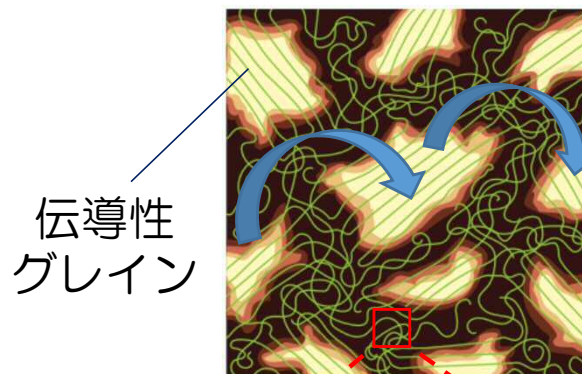
ナノスケールの
ネットワーク構造



Y. Usami *et al.*, *J. Appl. Phys.* **120**, 084308 (2016).

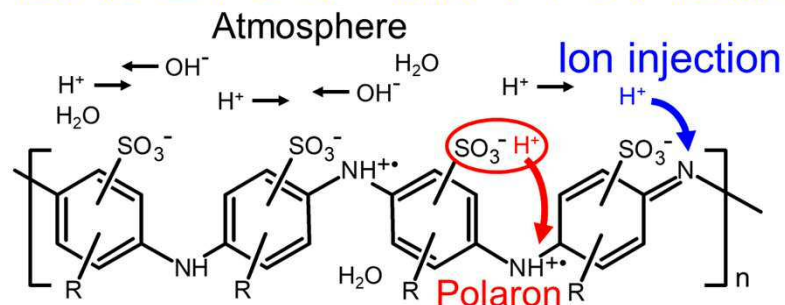
真空環境下のポーラロン伝導

S. D. Kang *et al.*, *Nat. Mater.* **16**, 252 (2017).



+ 湿度

注入プロトンの一部がキャリアになる

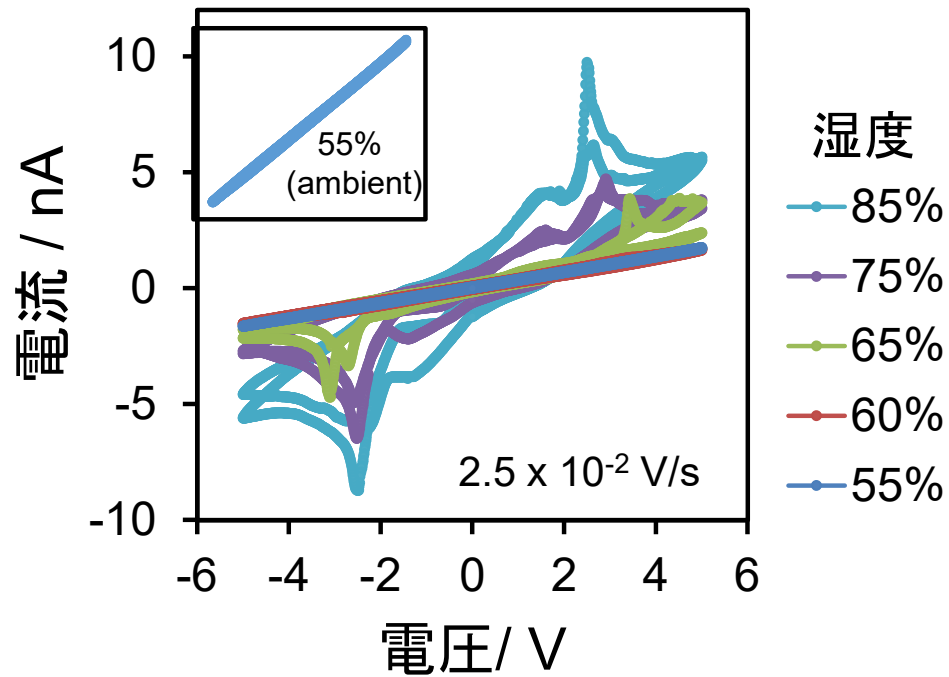


イオン-ポーラロン伝導

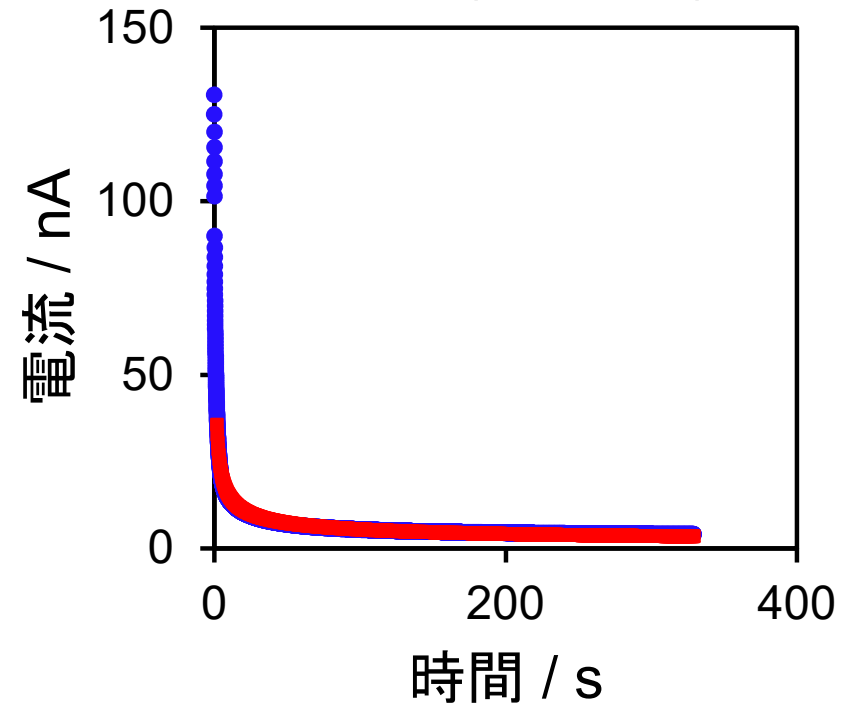
電気特性

湿度の上昇に伴い、強い非線形性が発現
電気化学的過渡応答（電極反応＋拡散）

湿度依存I-V特性

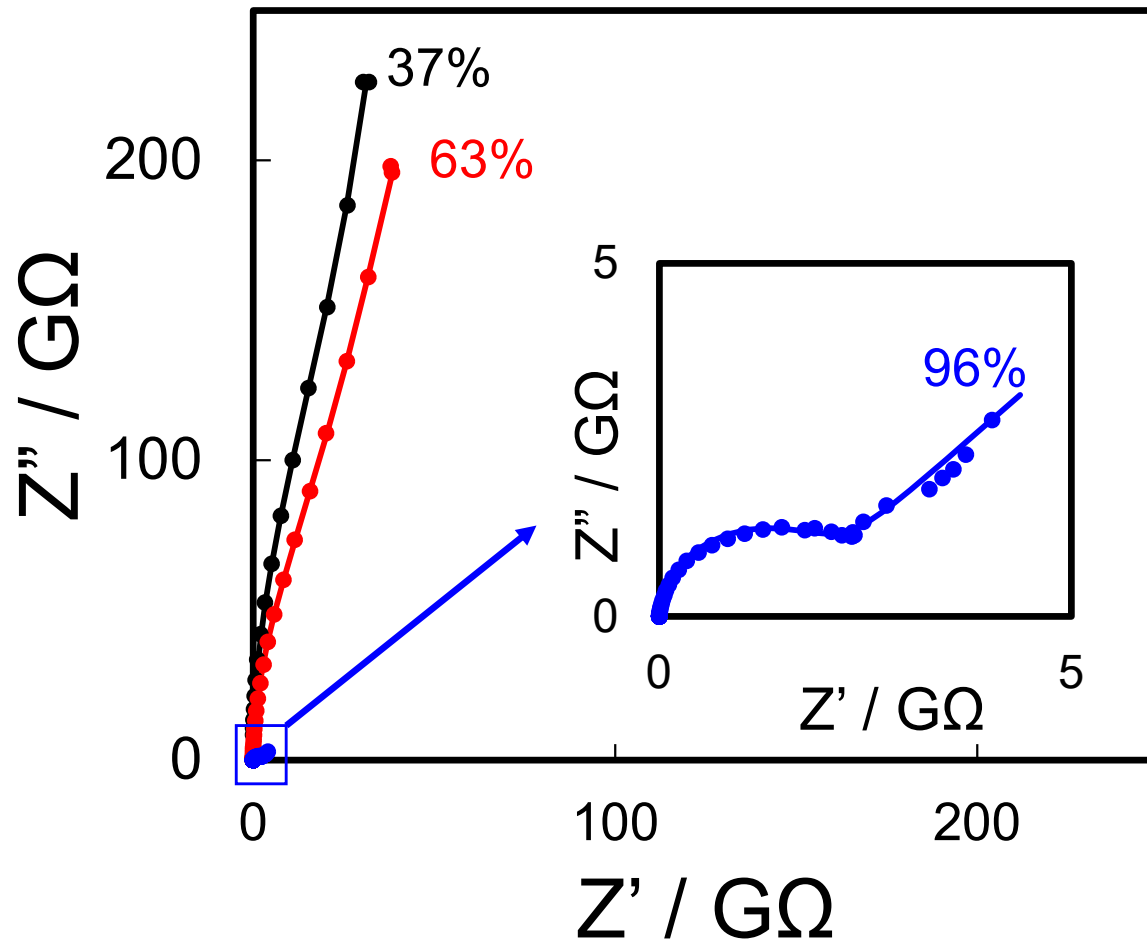


I-t特性 (湿度80%)

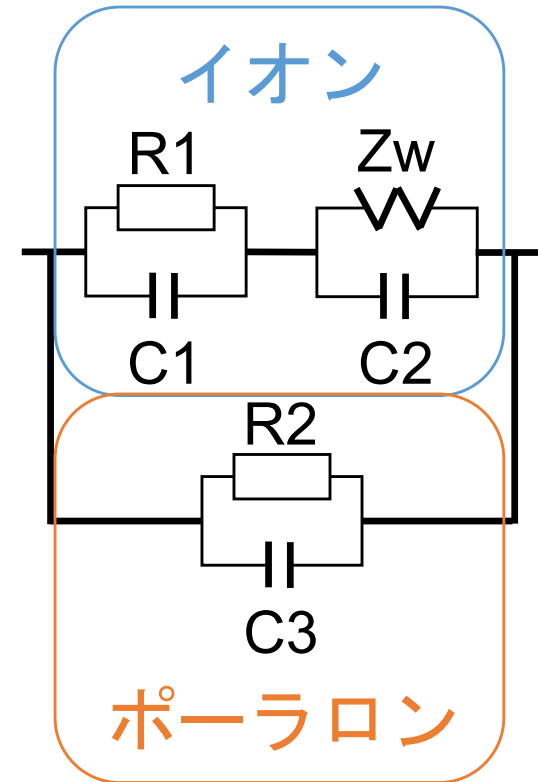


イオン由来のキャリアが生成!

ナイキストプロット

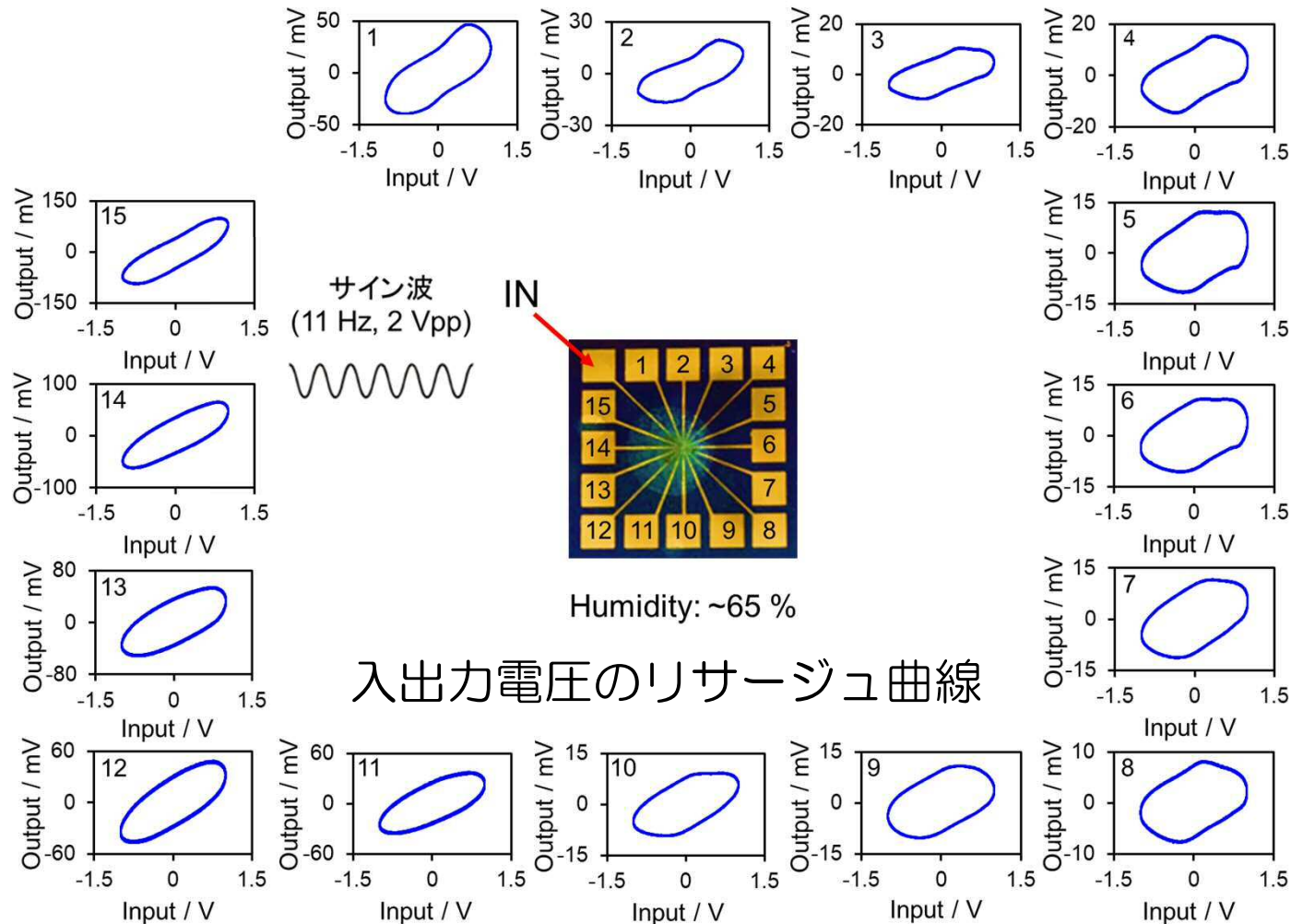


デバイスの等価回路*



入出力応答

- 出力電極ごとに異なる非線形応答
 →多様なダイナミクスを出力応答として観測
 →ハードウェアを用いた時系列情報の計算処理が可能

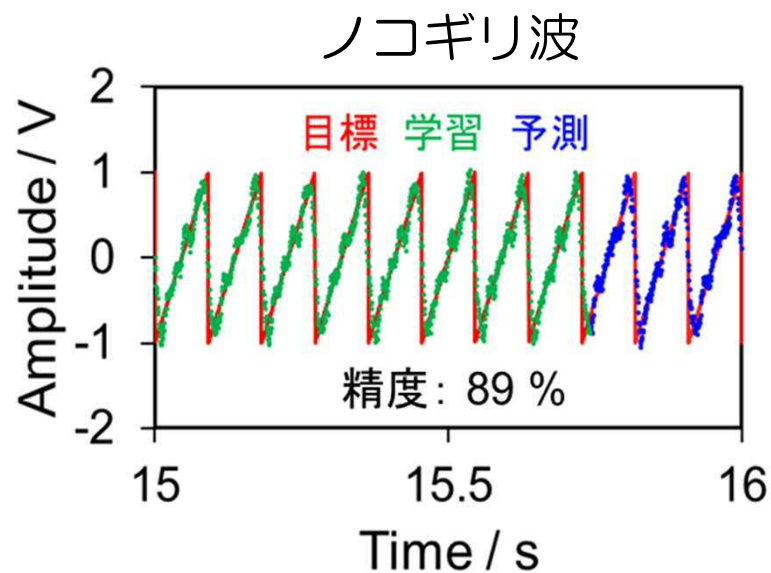
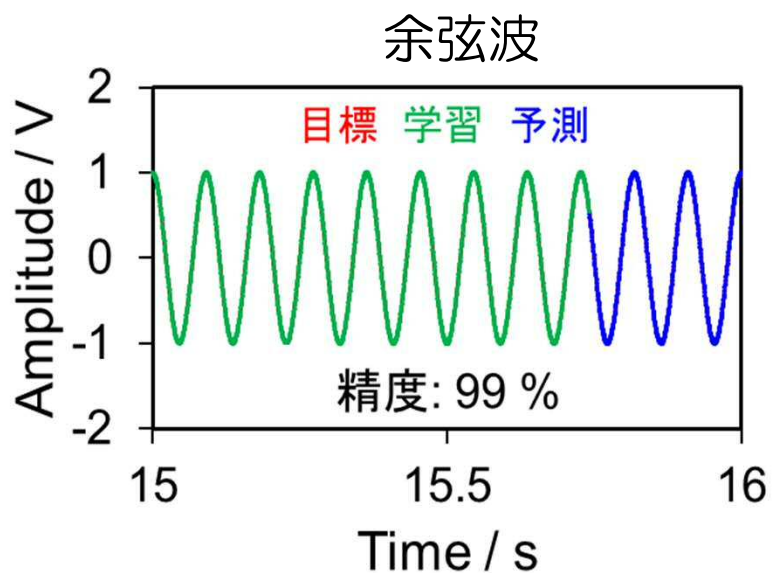
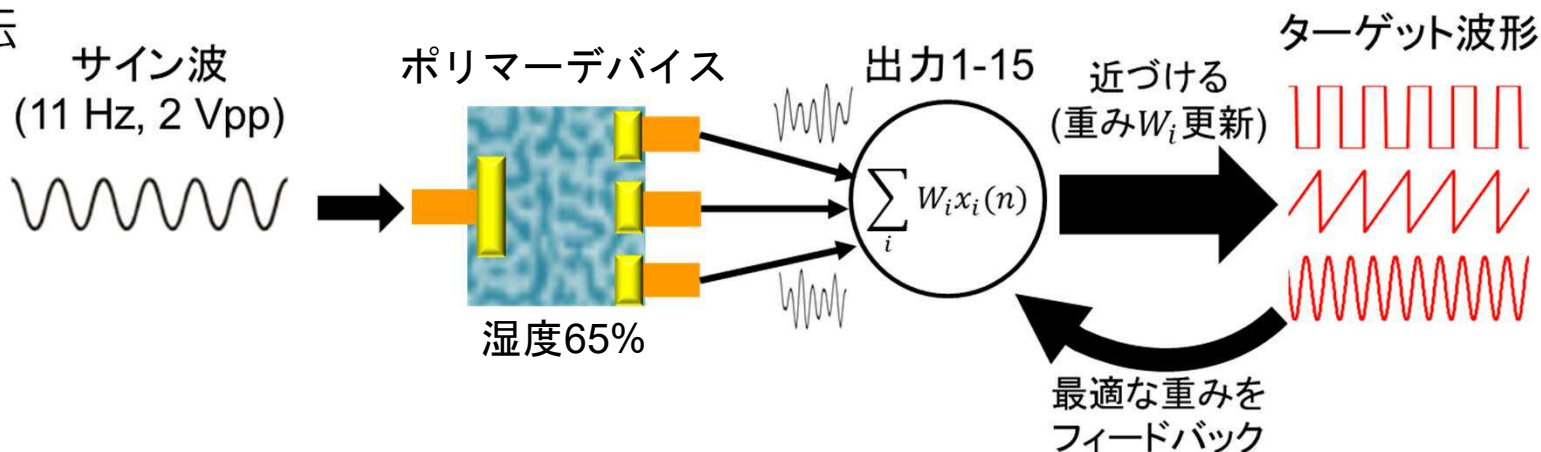


音声分類のベンチマーク

- 波形生成タスク

高い予測精度 (90 %) → 複雑な波形を表現可能

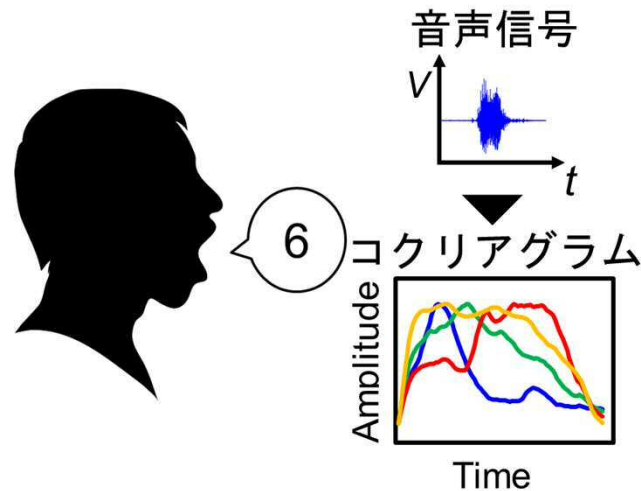
実験手法



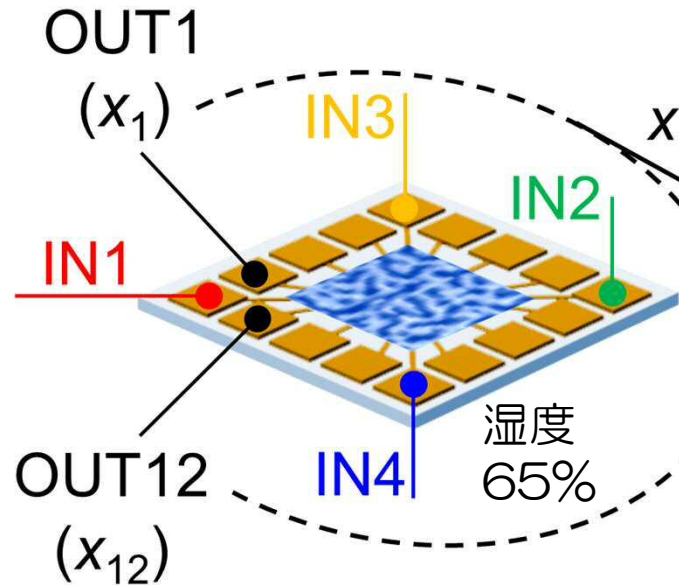
音声の識別

フローチャート

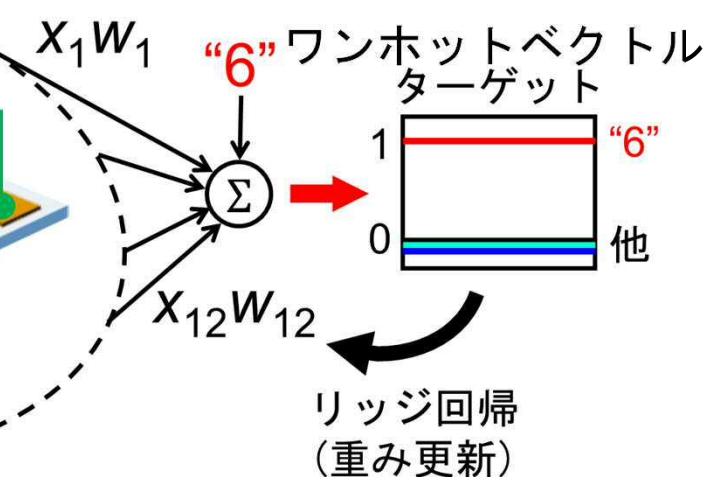
信号前処理



ポリマーデバイスに印加



学習

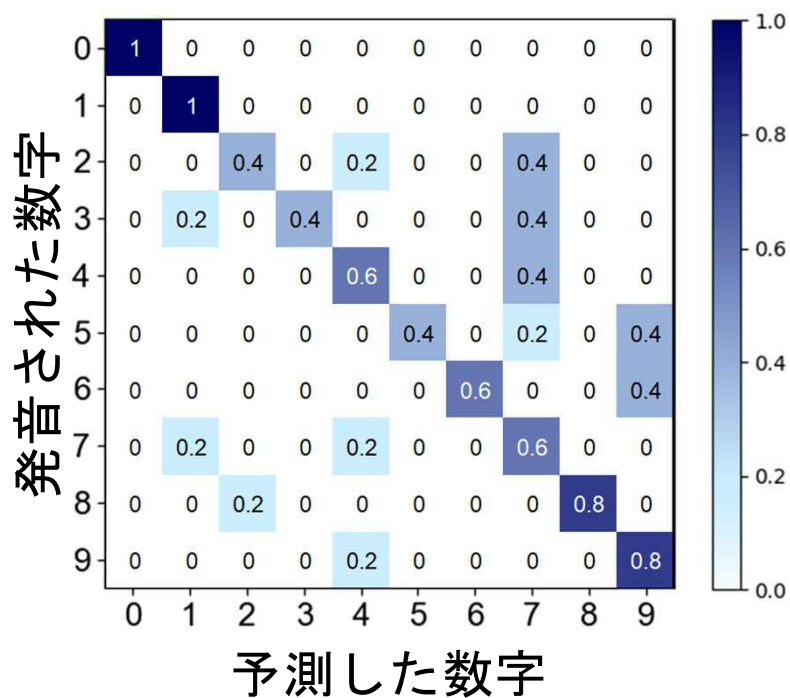


- データセット：Free-spoken-digit-dataset (話者6人、0-9の10種の数字音声各50回、総データ数3000)
- 音声信号を4周波数帯域に分割してフィルタリングし、並列入力
- 12出力を足し合わせ、ワンホットベクトルターゲットを用いて識別
- 訓練データ9割、テストデータ1割で分割し、予測正解率を算出

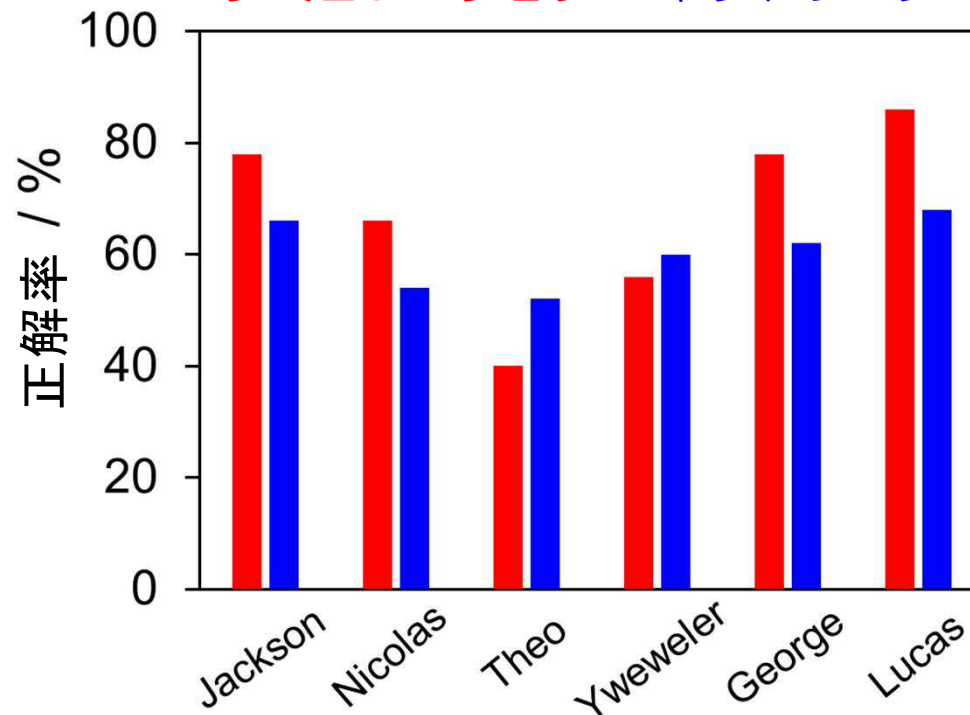
ソフトウェアシミュレーションに迫る正解率

数字音声の識別
正解率: 68%

識別性能の比較



ソフトウェア
シミュレーション SPAN
ネットワーク



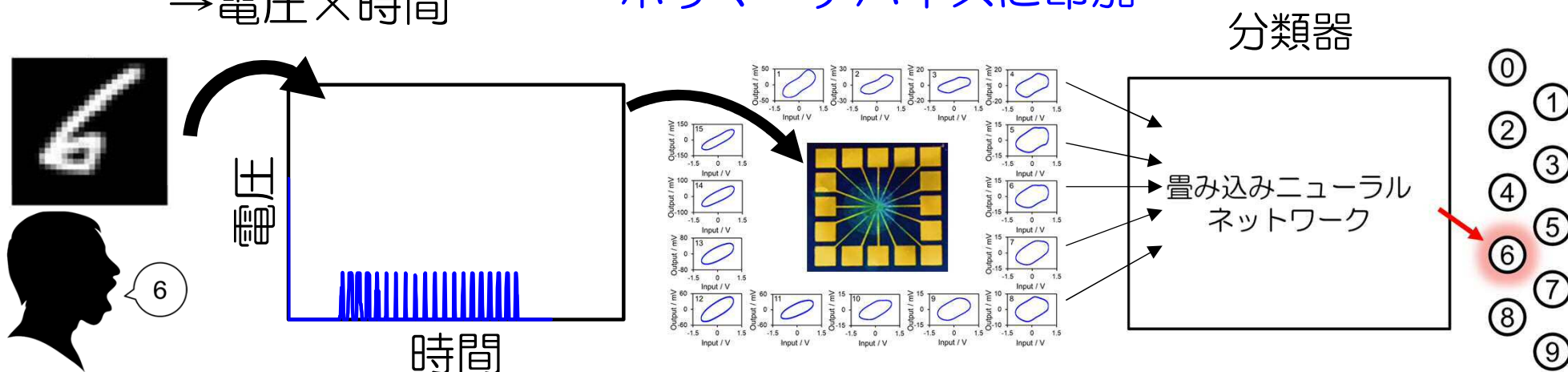
(ソフトウェア
シミュレーション: 78%)

分類器を併用した識別

フローチャート

画像 (MNIST)、音声データ
→ 電圧 × 時間

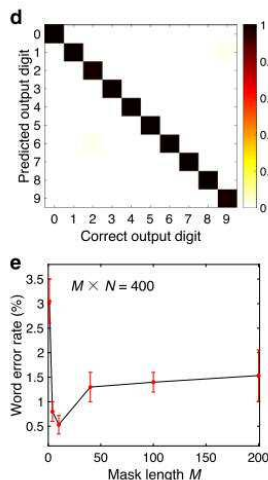
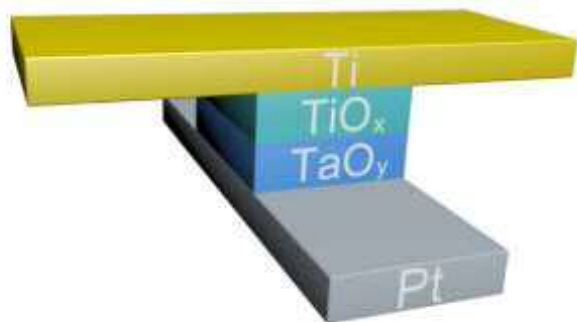
ポリマーデバイスに印加



- ① 音声、画像データを1次元電圧信号に変換
- ② ポリマーデバイスに印加
- ③ 分類器（畳み込みニューラルネットワーク）を用いて分類

従来技術との比較

メモリスタを用いた音声認識



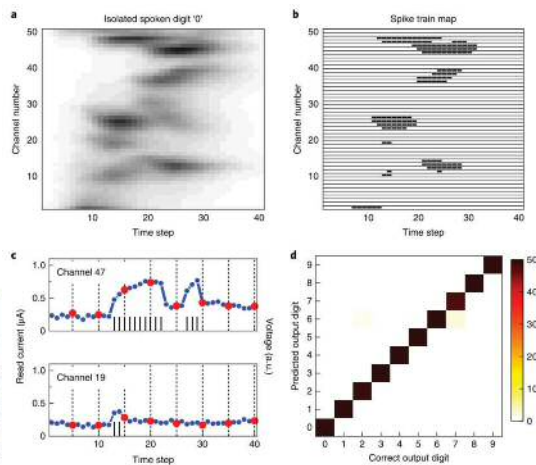
Y. Zhong *et al.*, *Nat. Comm.* 12, 408 (2021).

メモリスタをクロスバー構造にした
デバイスを用いた音声識別

高い音声識別性能を有する
(99%程度)

But...

ノード当たりの電力消費量 $3\mu\text{W}$ 、
1000以上の出力数が必要



本技術の場合

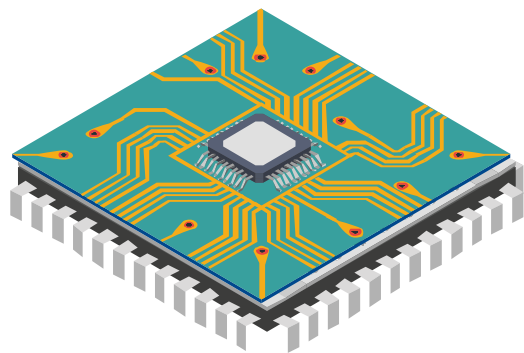
ノード当たりの電力消費量 0.1nW 、
出力数15で動作

→ $1/3000$ の消費電力
配線少なく実装しやすい

J. Moon *et al.*, *Nat. Electron.* 2, 480 (2019).

想定される用途

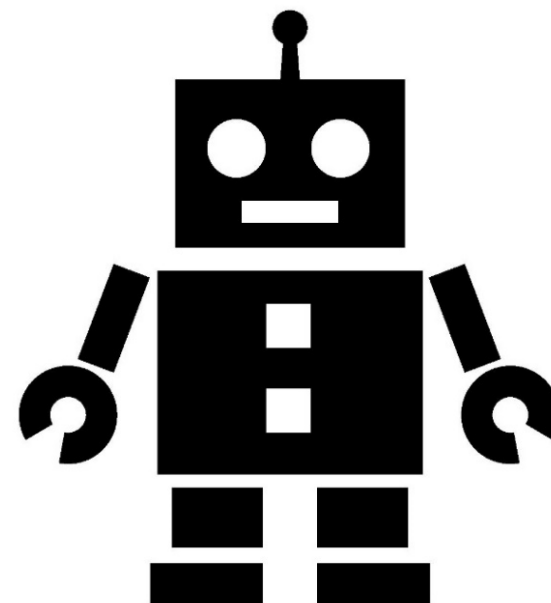
電子分野
ICチップへの組み込み



工業分野
音による異常検知



ロボティクス分野
ロボットに聴覚機能を付加



□ リアルタイム動作

- その場で声を発し分類
- オンライン学習の導入

□ デバイスの耐久性

- 100回程度の圧力印加→性能変化なし
- 今後パッケージングの試験を行う予定

- 音声を識別するデバイスの応用に向けた共同研究
- 音声の識別を必要とする製品への
本デバイスの導入及び試験のご検討

- 本技術を用いた新規応用の共同研究、
事業化、製品化のご提案

- 発明の名称：演算素子及びそれを具備する機械学習システム
- 出願番号：特願2021-165303
- 公開番号：特開2023-56148
- 出願人：九州工業大学
- 発明者：宇佐美雄生、田中啓文、琴岡匠、川嶋悠哉、
松本卓也

九州工業大学

先端研究・社会連携本部

産学イノベーションセンター コーディネーター

尾崎 正 (オザキ タダシ)

TEL 093-884-3499

FAX 093-884-3531

e-mail : chizai@jimu.kyutech.ac.jp