

酸化物デバイスのバイオ・医療分野への新展開
～未来のセンサ技術の可能性を読み解く～

分子検出と試料識別に向けた 酸化物トランジスタ型センサと AIの融合

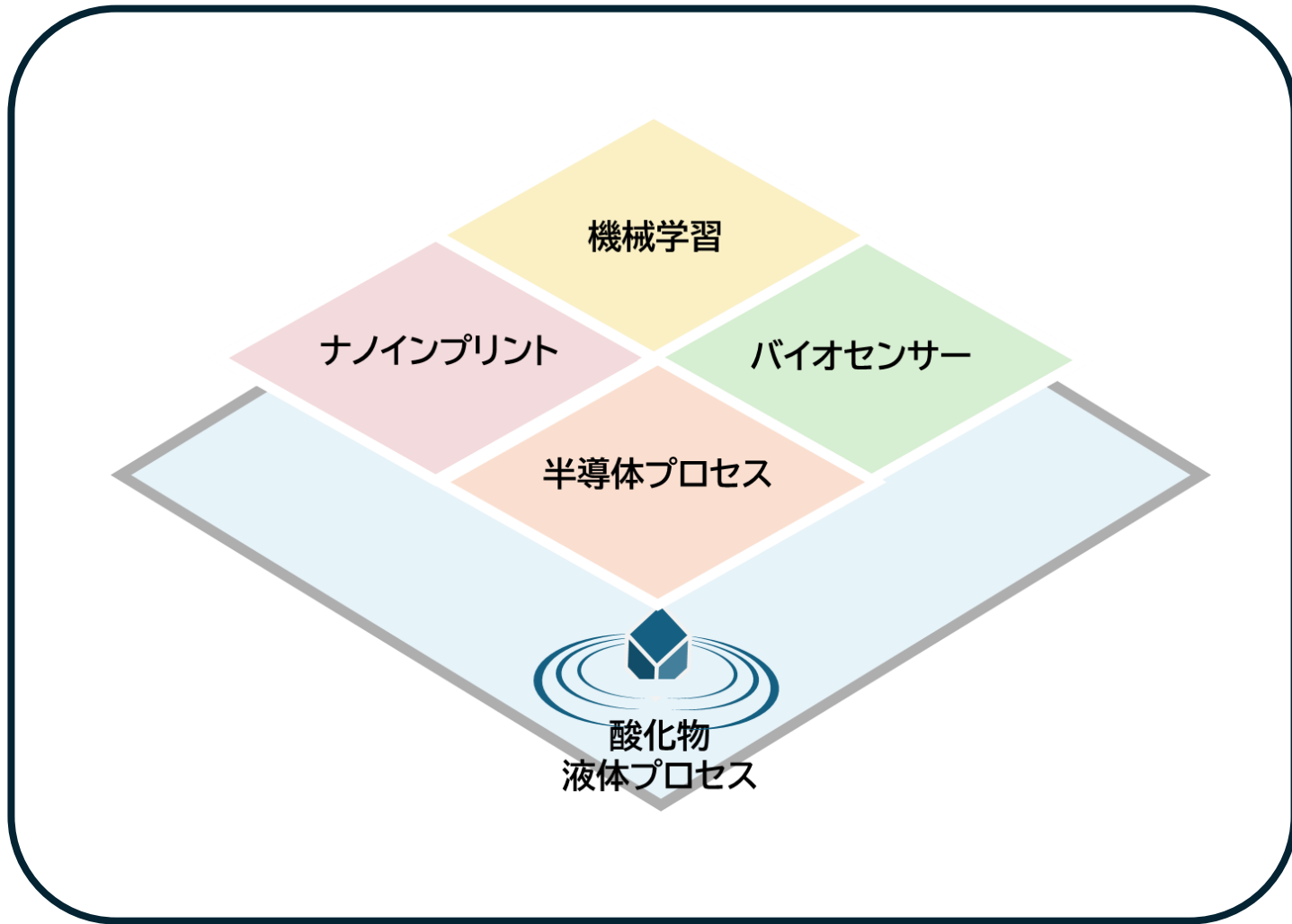
講師 廣瀬 大亮

北陸先端科学技術大学院大学
バイオ機能医工学研究領域
d-hirose@jaist.ac.jp

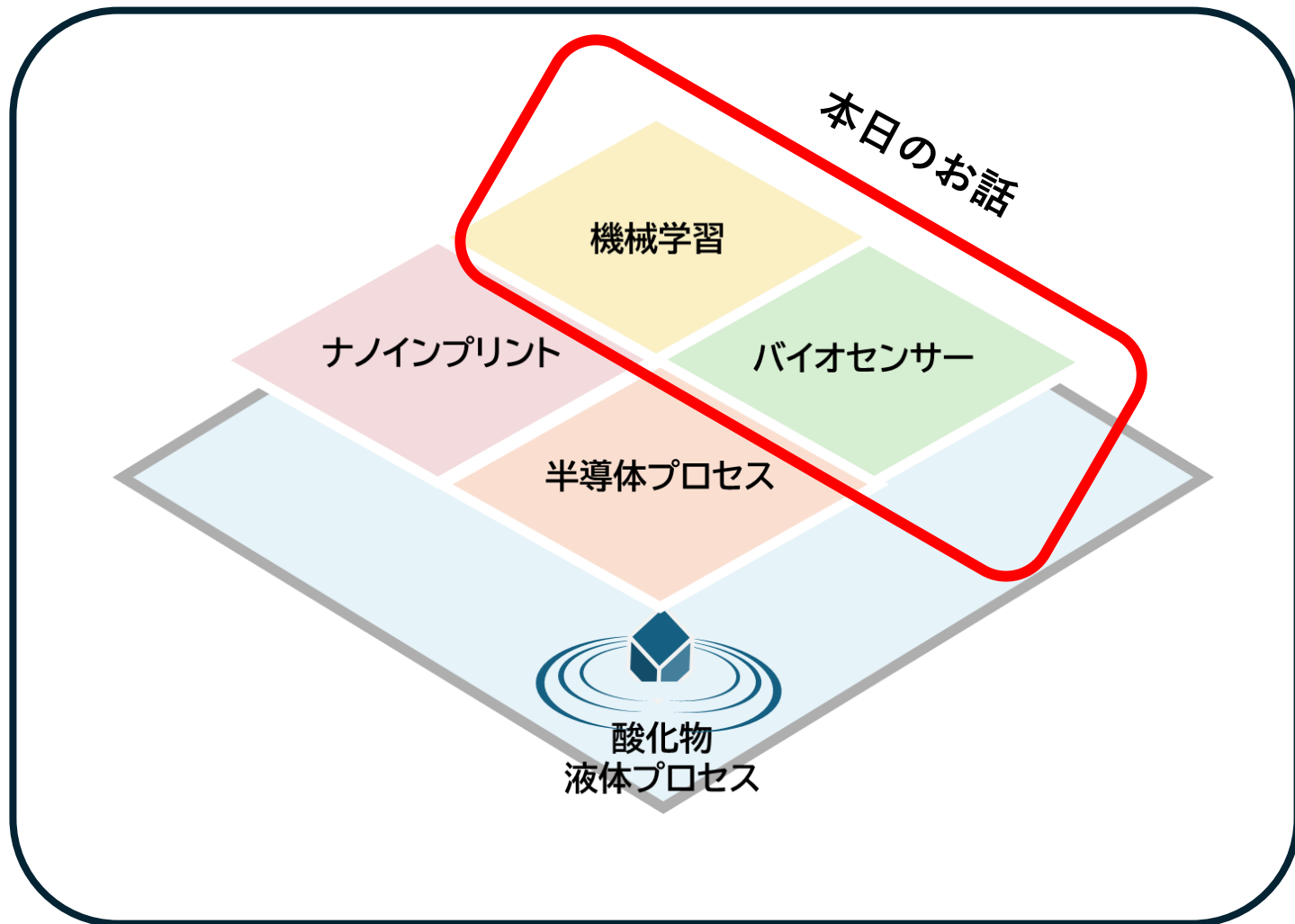


目次

- 研究していること
 - 本日は話す内容
 - 機械学習+バイオセンサ
 - 核酸**検出**判定
 - 飲料の**識別**判定
 - まとめ
-
-

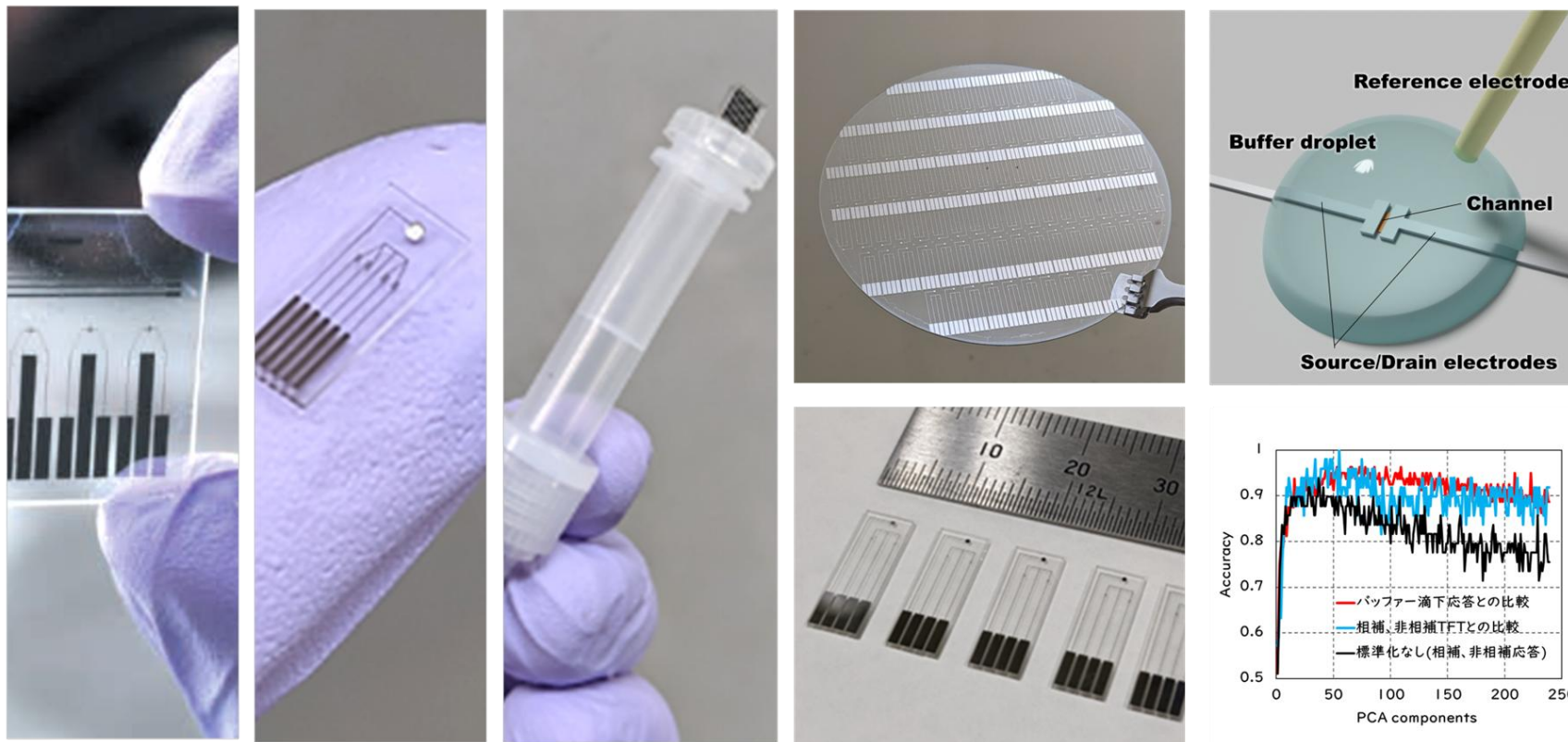


廣瀬です。



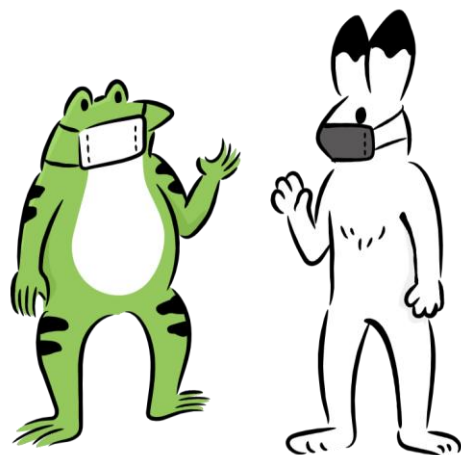
廣瀬です。

バイオセンサー



その酸化物薄膜を利用したバイオセンサを開発しています。
今回は、このセンサーについてのお話をさせていただきます。

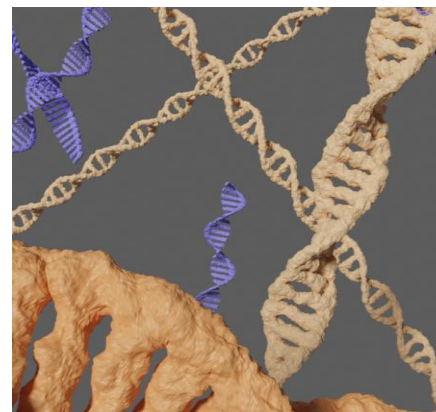
背景



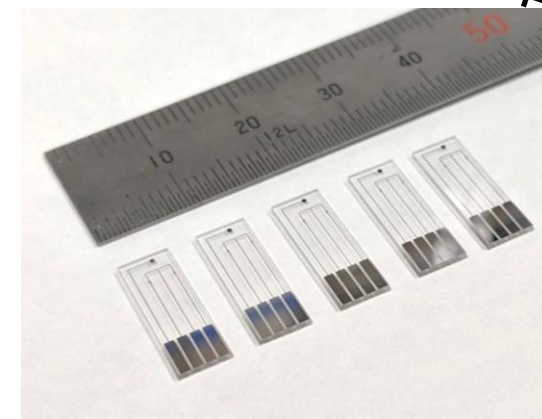
パンデミック対策
その場検査の需要



核酸センサーの需要

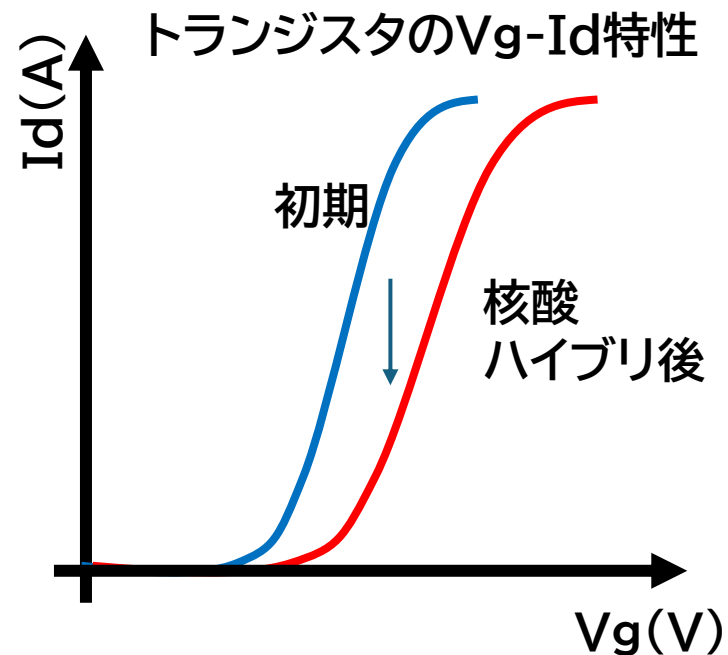
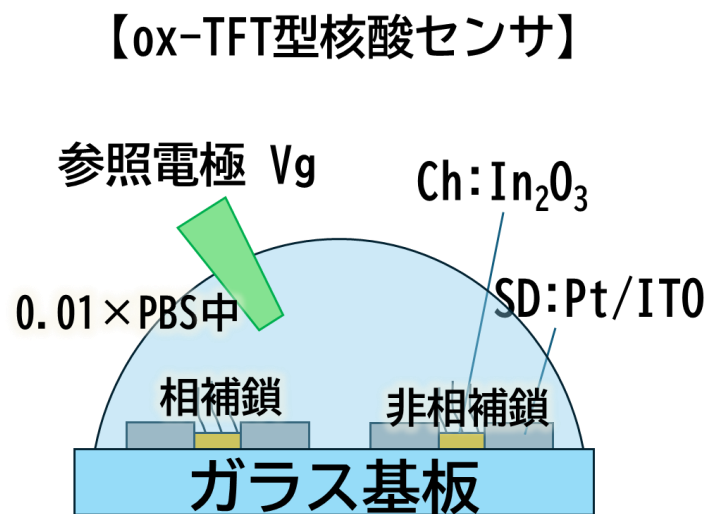


酸化物薄膜トランジスタ(ox-TFT)型
センサーの開発



酸化物バイオセンサーの開発をしています。

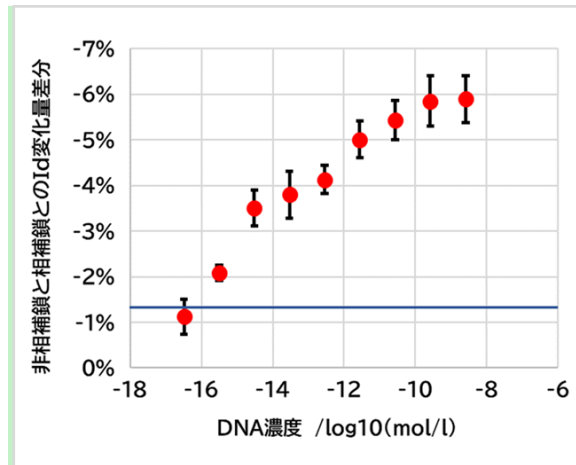
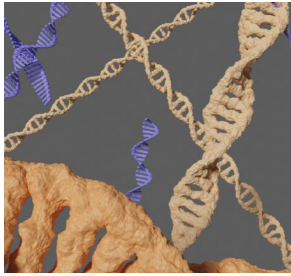
どうやって検出するの？



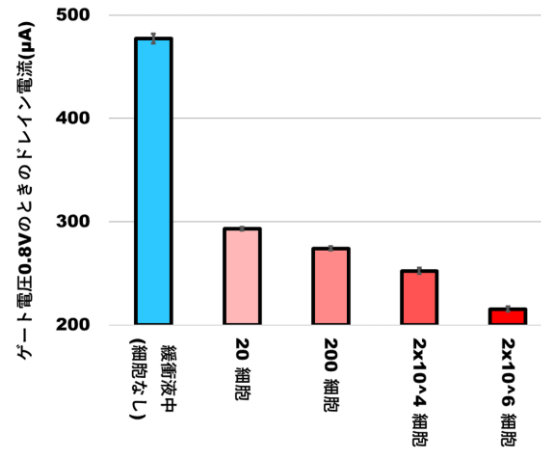
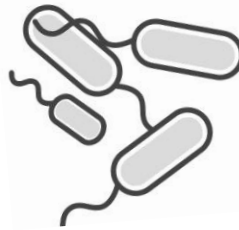
試料を介して電圧印加すると、チャンネルに電気が流れる。
チャンネル周りの環境が変わる(電荷量変化など)と V_g - I_d 特性が変化する。
それをもとにセンシング評価を行う。

センシング例

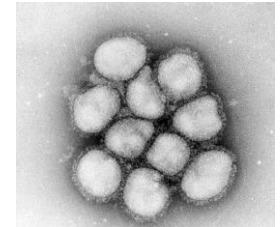
合成DNA



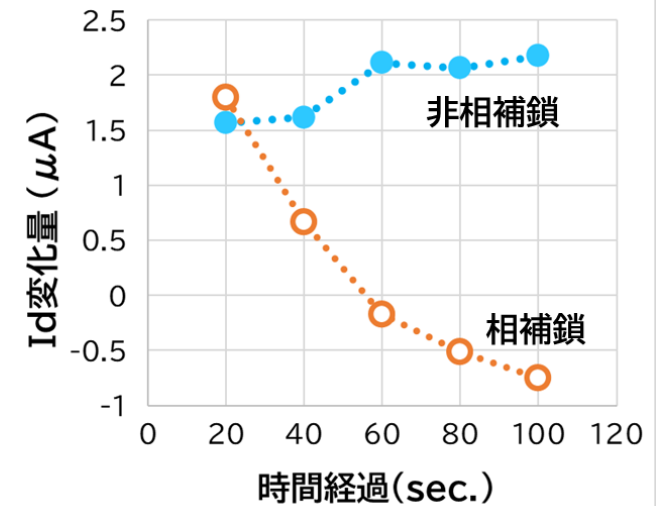
生大腸菌



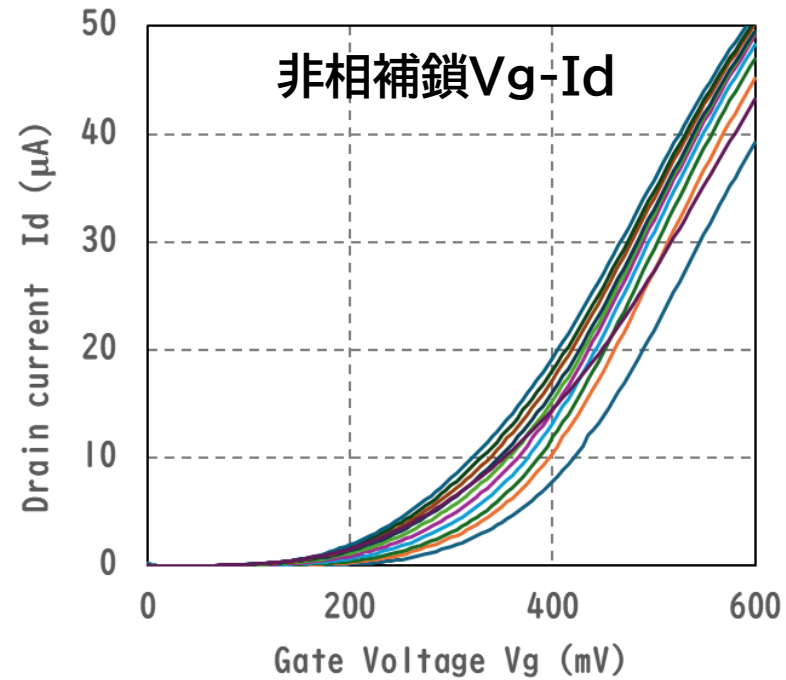
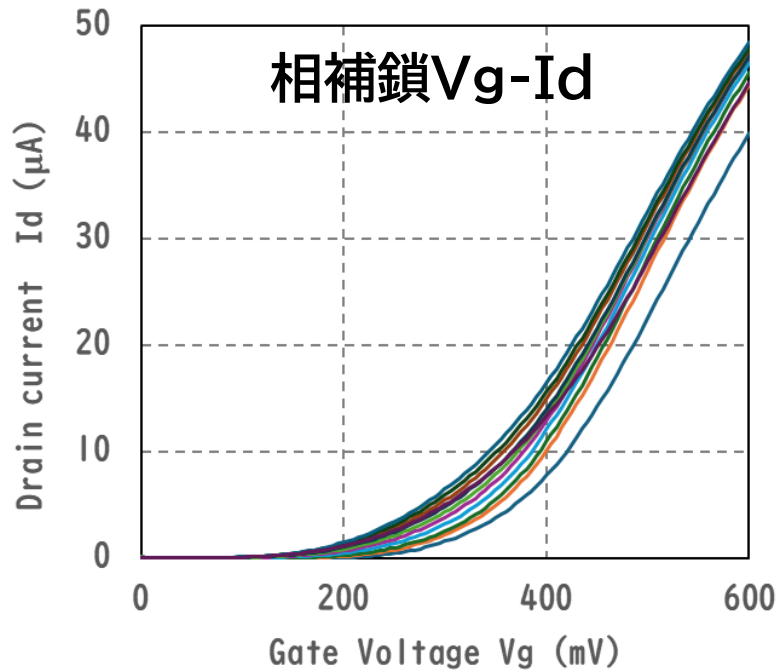
インフルエンザウイルス (4000cell/100ul)



国立感染症研究所



分子から、生体菌、生ウイルスまで広く検出が可能に！！



まだ特性ばらつき、測定中の特性変化が存在する。
この左右のデータの差をみ分けられますか？

安定した検出、特性ばらつき、測定ばらつき、環境ばらつきをいかに抑えるかが課題。
溶液の設計、材料の選定、作製プロセス、表面修飾法、測定方法、評価する電圧の最適化など

もっと効果的なアプローチがないか？

電気特性比較による 核酸検出判定

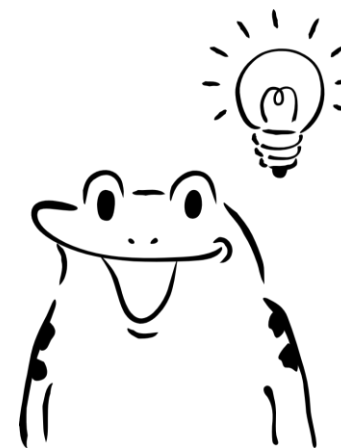


判定が困難なときがある

わずかな変化にも敏感に反応
→敏感すぎて、時に迷惑。



AI・機械学習での判定



教師あり学習での判定

まず、できるかどうかの検証から！

「機械学習」とは？

コンピュータがデータを学習し、パターンを見つけて予測するAI技術

📌 教師あり学習とは？

「正解付きデータ」を使ってラベルづけ学習する機会学習の方法。

- ✓ 手書き文字認識(画像 + 正解の数字で学習)
- ✓ スпамメール判定(メールの内容 + スпам or 非スパムで学習)
- ✓ 病気の診断(患者データ + 病気の有無で学習)



大きなテーマとして

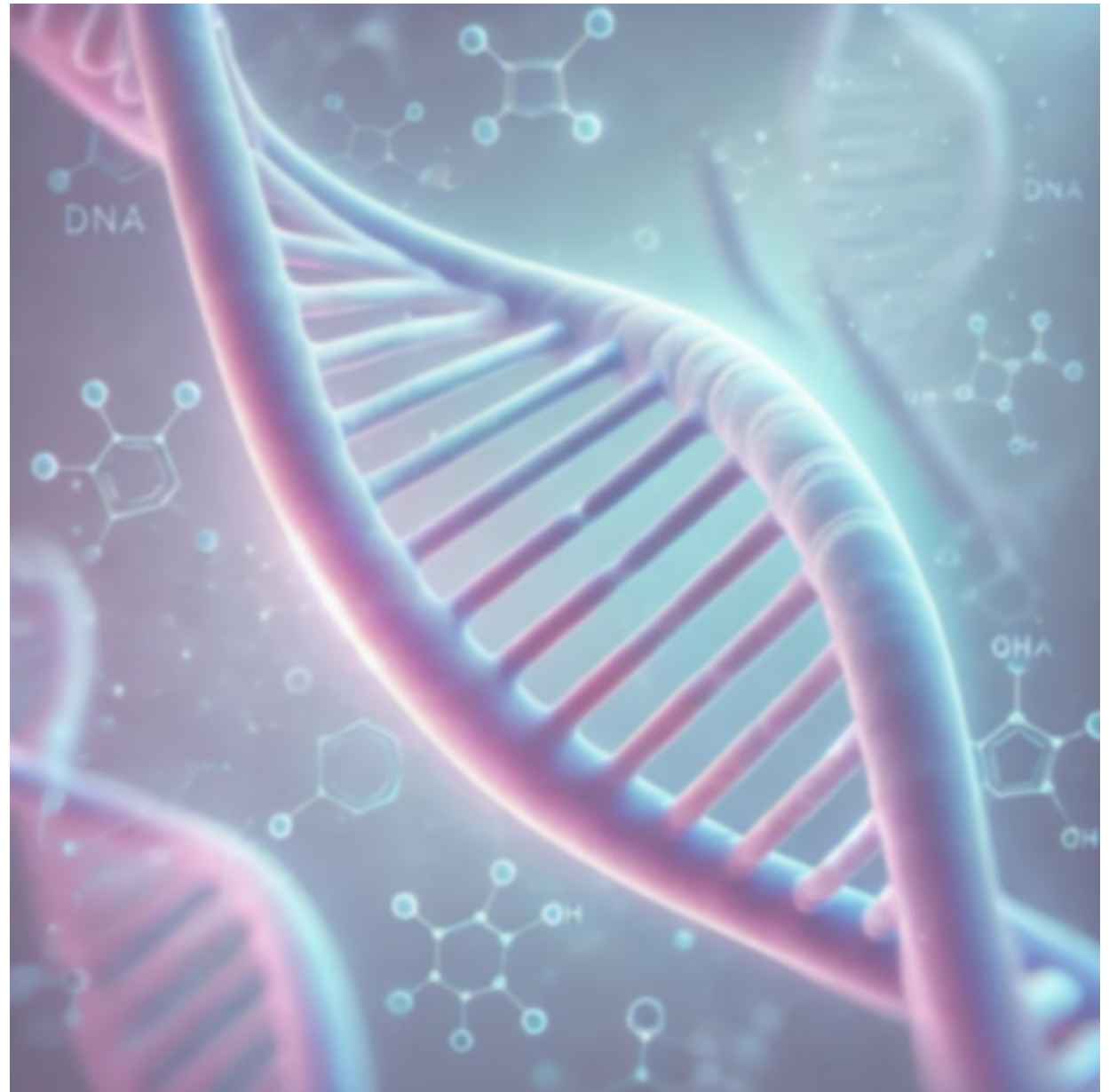
AI技術(機械学習)を
酸化物トランジスタ型センサーと融合する。

目的

機械学習(教師あり学習)を用いて核酸の検出判定が可能かどうか？



- 酸化物薄膜トランジスタ作製
- 評価、解析
- 解析手法の検討
- 合成DNA検出判定
- 生体大腸菌検出判定



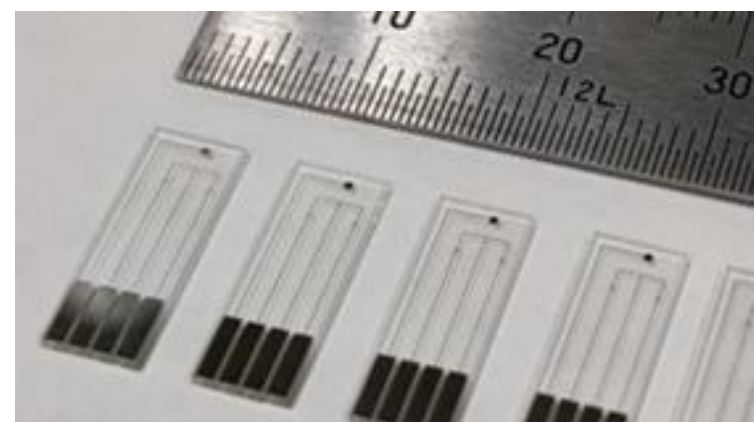
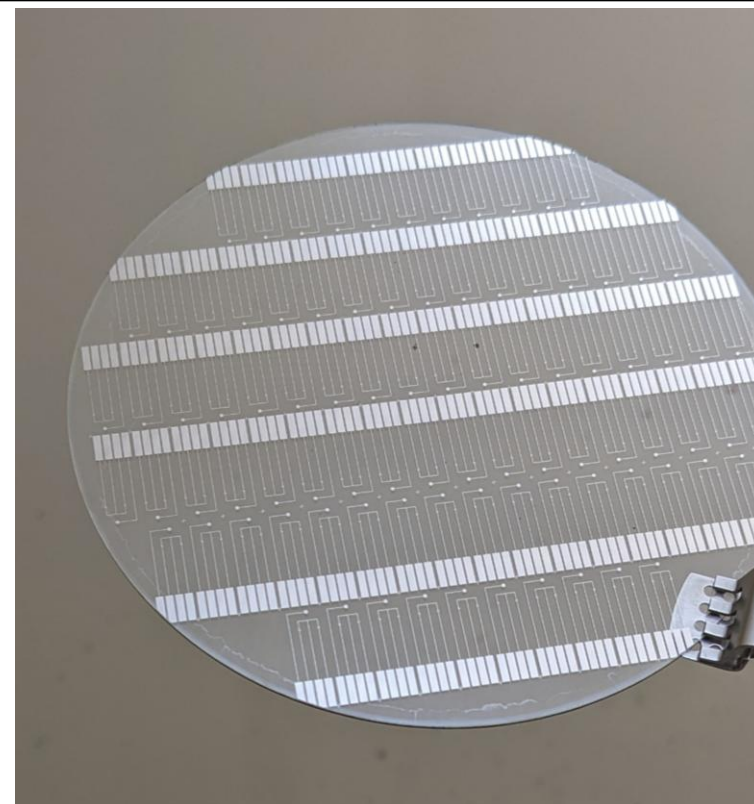
ox-TFT型核酸センサ

ウエハープロセス化して、
100個程度のチップを一括作製

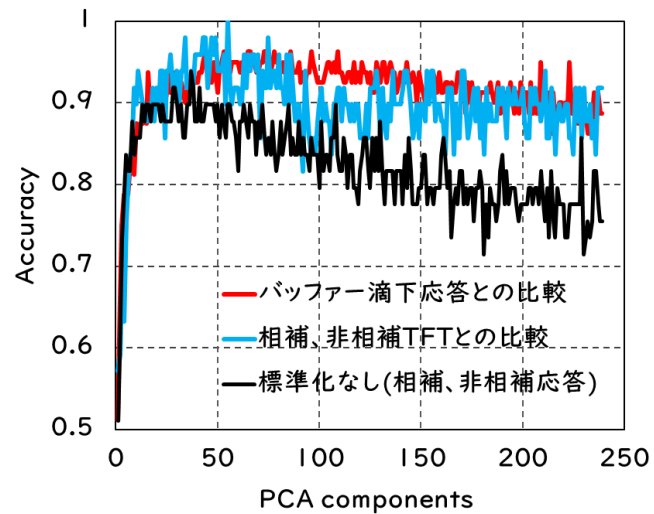
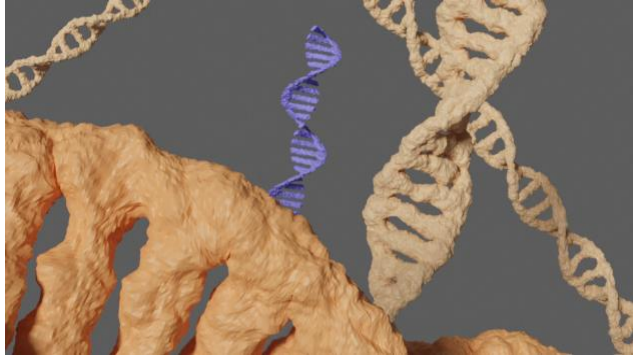
合成DNA(20塩基)濃度	10 aM ~ 1 nM
大腸菌サンプル濃度	$10^2 \sim 10^{10}$ cell/ul

設計、作製、分子修飾、評価、解析まで一貫して実施

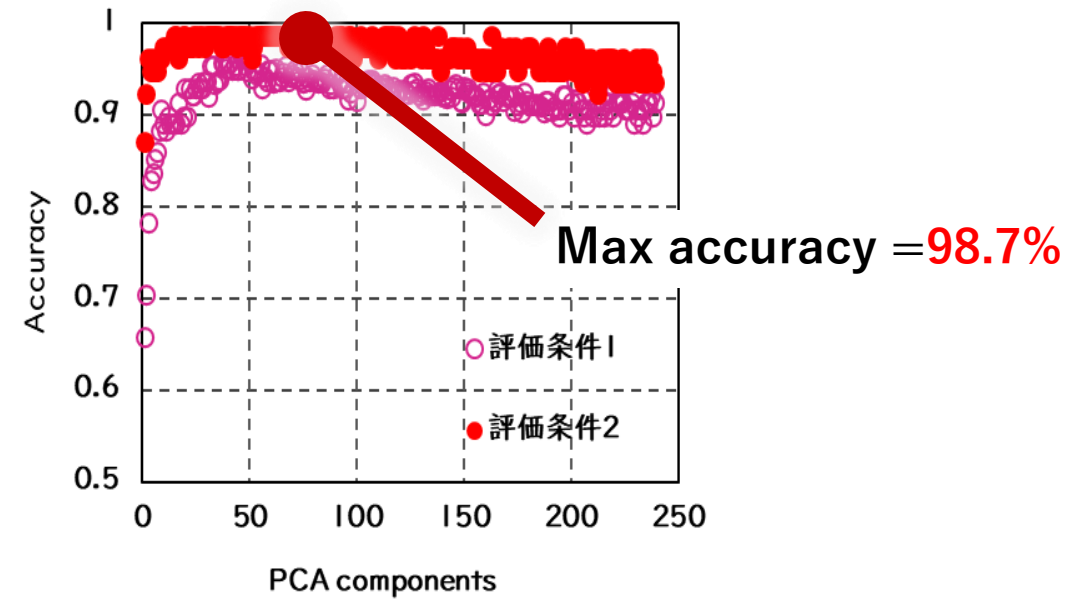
今回は標的DNAがあるかないかを
教師あり学習し、テスト



DNA検出



生体大腸菌検出判定



PCAと教師あり学習を組み合わせる手法が有効であることが明らかに！

さらなる拡張へ

～ジュースとビールの識別へのトライ～



この解析手法を使えば、
飲料(液体試料)の見分けれるんじゃないか？

*ちょっと面白そうなことに挑戦！

挑戦

酸化物トランジスタ型センサ + 教師あり学習
によって味は見分けられるか？

検出から識別へ

- ジュースの識別
- ビールの識別



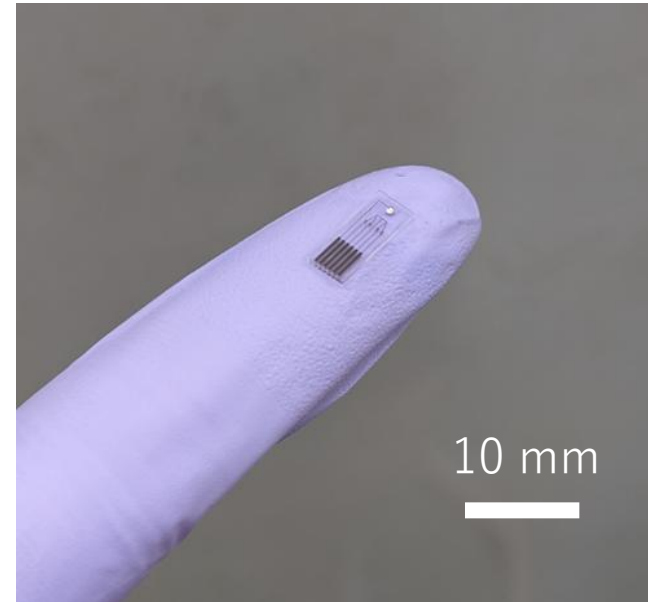
アンドロイドは甘美な夢を見るか？

味覚センサー



味の基本要素5つのプロット
それぞれに対応したセンサーが必要。
人工脂質膜などの特別な処理が必要。
絶対的な評価が可能。
どうやらAIも活用しているらしいです。

今回の技術



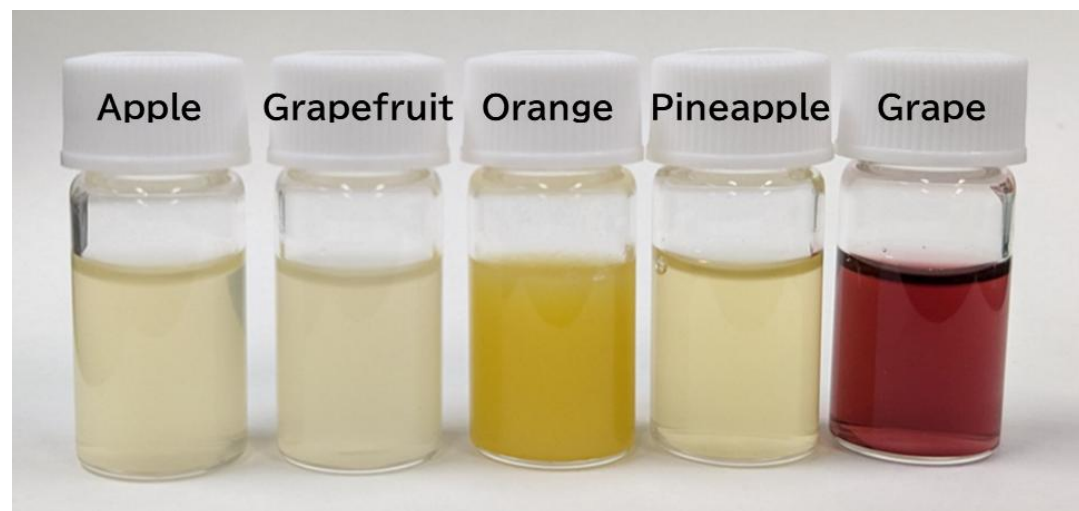
酸化物トランジスタと、AI

複雑すぎる系に対して、標的をしぼらない。

まずは識別できるか？

ジュース5種

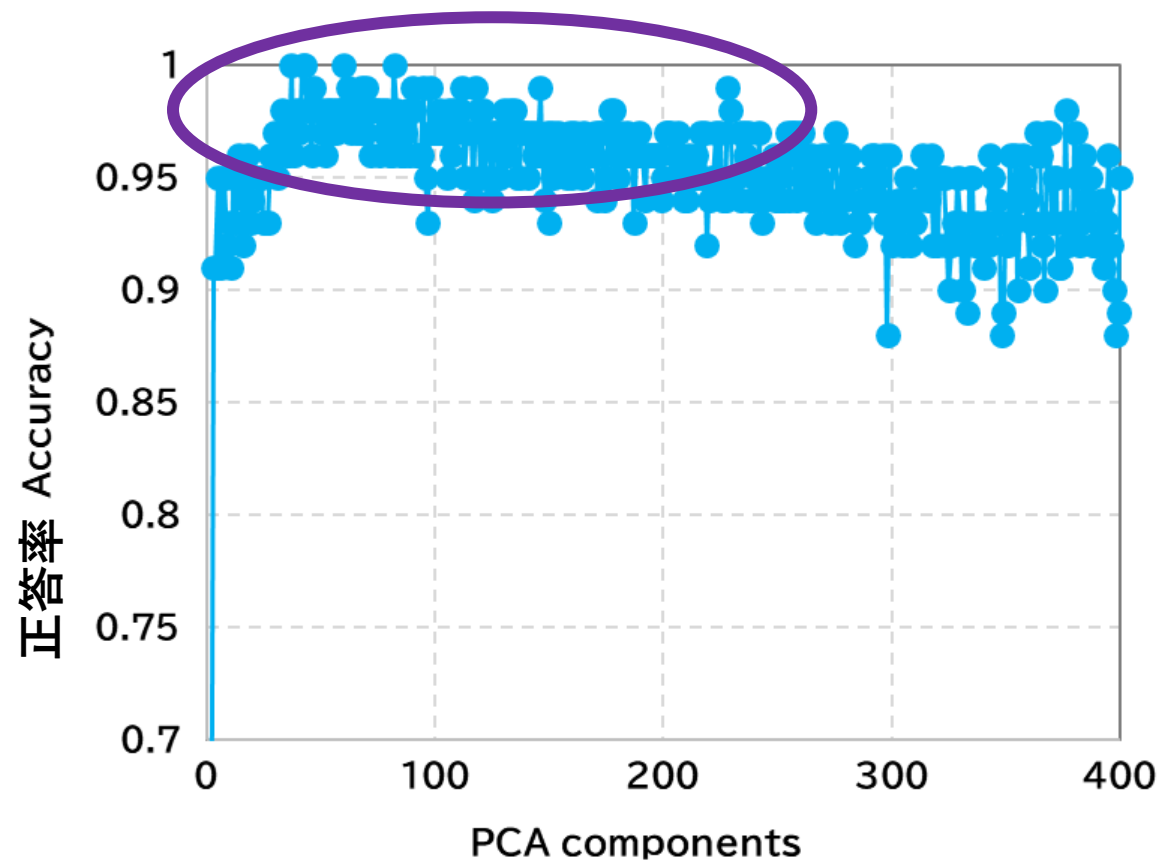
某メーカーのジュース。



ジュース5種

同様の手法によって、

95%以上の正答率を達成！



ビール5種

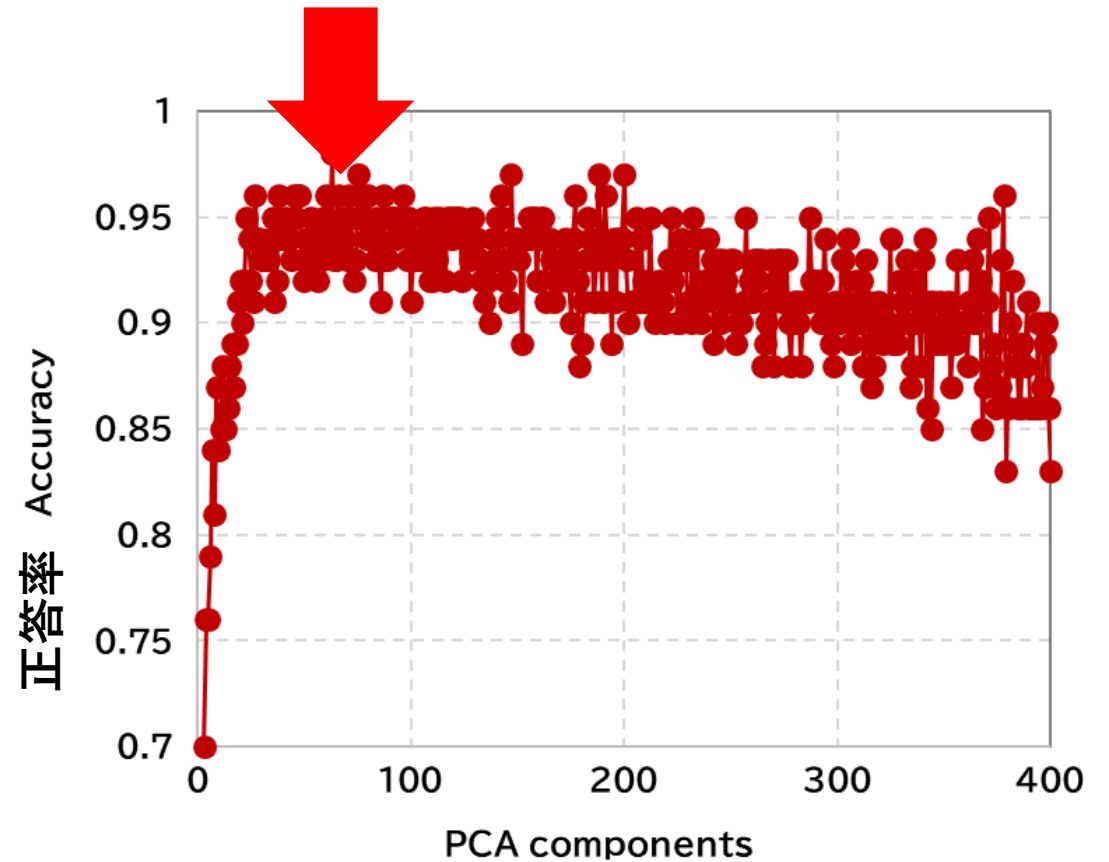


▶ どのくらいの正答率になるでしょうか？(色ではほぼわかりませんね)

ビール5種

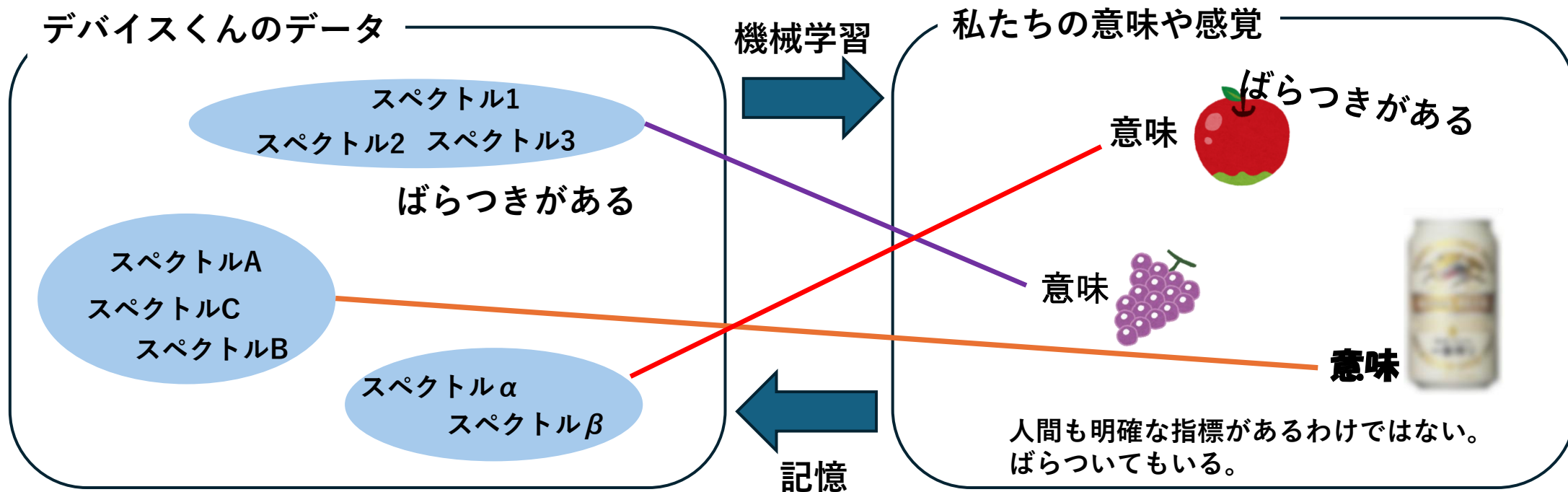
95%以上の正答率を達成！！

味がわかってる！！



この研究って、何だろう？

▶各スペクトルに意味づけをした。



データ全体を一括で解析をする。ヒトではできない。
どこかの特徴点を観察するような手法ではない。あいまいさを受け入れた方法。

次はなににしましょうか

検出

- 分子検出(核酸,たんぱくしつ、菌、ウイルス...)
- 医療検査、検診...

識別

- 衛生・品質管理(食品、工場、土壌...)
- 唾液、尿、精神状態評価、体調管理...

限界はどこにあるのか？もっと利用しやすい形式に変える。

精度を極める場合は、材料的アプローチ、解析的アプローチをブラッシュアップ。

まとめ

廣瀬は、Ox-TFT型センサと機械学習の融合を進めています。

デバイスの設計、作製、評価、機械学習の検討

検出判定

分子修飾による標的分子の検出に成功。
生体サンプルも評価できた。

識別判定

より複雑な系へのトライ
ジュースやビールの識別にも成功。

電気信号と、人間の”意味”とをつなげるような技術ではないでしょうか？

アンドロイドが美味な夢を見る時代がくるかもしれません。

