



植物用マルチモーダルセンサの開発と スマート農業への応用展開



野田 俊彦^{1, 2, 3}, 戸田 清太郎^{3, 4}, 高山 弘太郎^{1, 3, 4}, 澤田 和明^{1, 2, 3}
 1: 次世代半導体・センサ科学研究所 2: 電気・電子情報工学系
 3: 先端農業・バイオリサーチセンター 4: 機械工学系

2 煎餅をゼロに

7 エネルギーをみんなに
そしてクリーンに

9 産業と技術革新の
基盤をつくろう

マルチモーダルセンサとは

ひとつで複数種の情報が計測可能なセンサ

研究例

- 1チップでイオンと光を計測するイメージセンサ
- 水素イオン, カリウムイオン, ナトリウムイオンを同時計測するイメージセンサ

特徴

- 多数の情報取得が可能
- 高い選択比 (他の項目に感応しない) のセンサが不要

ケース1 センサが1つの測定項目のみに感応
センサ出力から測定値が一義的に決定

ケース2 センサが2つの測定項目に感応
測定値1と2の組み合わせしか分からない

ケース3 感応特性の異なる2つのセンサを使用
測定値1と2が一義的に決定

測定項目数と同数以上のセンサの組み合わせにより、各測定値を一義的に求められる
センサ数を増やすと測定精度が上がる

植物用マルチモーダルセンサ

植物工場に代表されるスマート農業に必要なセンサを開発

スマート農業 (植物工場)

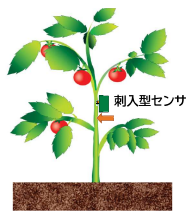
- 成長に係る項目を測定して最適制御
 - 土壌中イオン(養分), 水分量, pH, 気温, 地温, 湿度, 日射量 etc.
- 生育状態のモニタリングとアラート発出



開発ターゲット

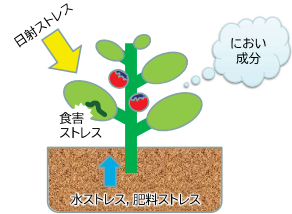
植物刺入型マルチモーダルセンサ

- センサを植物の茎や根に直接刺入
- 肥料の三要素 (窒素, リン酸, カリウム) の計測
- 光合成産物 (糖) の計測
- リアルタイムイメージングによる茎の中の水の流れ (樹液流量) の可視化
- 植物内でのイオン・糖の動態をとらえ、転流メカニズムを解明



植物が放出するにおいセンシング

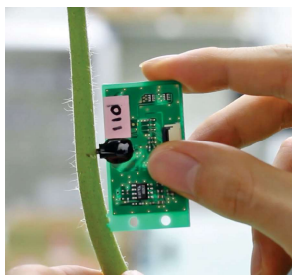
- 植物は生育状態 (ストレス等) により特有のにおいを放出
- においセンシングにより、植物の生育状態を早期非破壊検出



刺入型マルチモーダルセンサによるトマト茎内イメージング

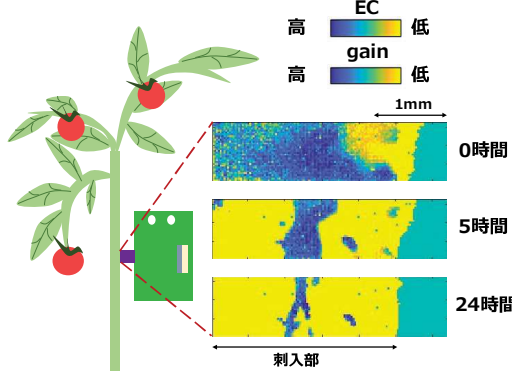
センサチップ 小型基板

- チップサイズ 2×4 mm²
- 薄さ 0.1 mm (≒紙幣厚さ)
- 画素数 128 × 32画素
- 画素ピッチ 23.8 μm

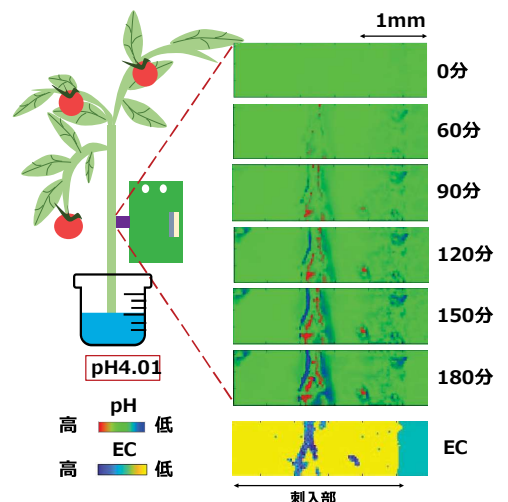


トマト茎への刺入試験

電気伝導度(EC)イメージング



水素イオン(pH)・EC マルチモーダルイメージング



道管位置の特定

- 道管部へのセンサ刺入
- 道管部以外へのセンサ刺入

高 EC 低

高 EC 低

刺入部

刺入部

- 道管部にセンサを刺入した場合にのみ帯状の高EC領域が出現
- 帯状の高EC領域は赤色染色した道管部位と一致



in vivo計測の実証試験

- 酸性溶液を吸水させ水素イオン(pH)とECを同時イメージング
- 水素イオン(pH)イメージング
 - 線状の酸性領域 (低pH, 青色) が出現
- ECイメージング
 - 帯状の高EC領域 (青色) が出現
 - 道管位置を特定
- 水素イオン(pH)とECの感応部位が一致
 - 道管部での変化を取得している

K. Sembo, // T. Noda et al., Transducers 2021, B3-3C3.

T. Yoshida, // T. Noda et al., Transducers 2023, Th3C.03.

Y. Matsushita, // T. Noda et al., IEEE SENSORS 2023, 1210.

