

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

豊橋技術科学大学

1: エレクトロニクス先端融合研究所 (EIIRIS) 2: 先端農業・バイオリサーチセンター 3: 機械工学系

野田 俊彦^{1,2}, 戸田 清太郎^{2,3}, 高山 弘太郎^{2,3}, 澤田 和明^{1,2}

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

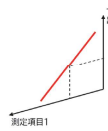
研究例

- 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

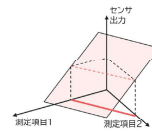
特徴

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

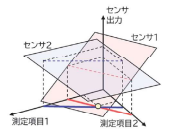
ケース1 センサが1つの測定項目のみに応答
センサ出力から測定値が一義的に決定



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



ケース3 応答特性の異なる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)

- 成長に関係す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



センサ開発の技術的課題

- 数多くの計測対象項目
- 水分, 湿度, イオンからセンサを守る保護膜, パッケージング技術
- 長期安定性, 耐久性 (数ヶ月~数年)
- 無線化

開発ターゲット

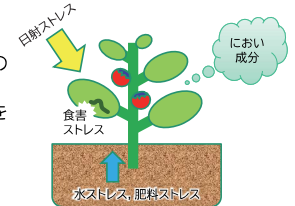
植物刺入型マルチモーダルセンサ

- 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

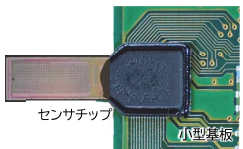


植物が放出するにおいセンシング

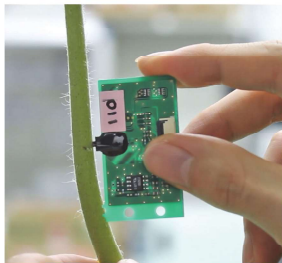
- 植物は生育状態 (ストレス等) により特有のにおいを放出
- においセンシングにより, 植物の生育状態を早期非破壊検出



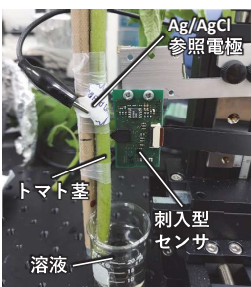
刺入型マルチモーダルセンサによるトマト茎内イメージング



- 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

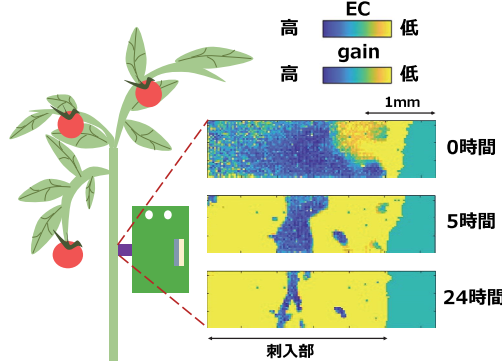


トマト茎への刺入試験



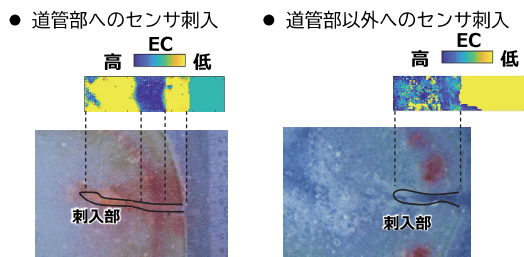
in vivo計測の実証試験

電気伝導度(EC)イメージング



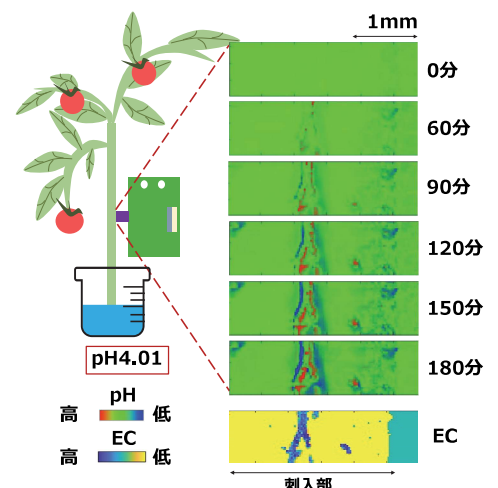
刺入後数時間で帯状の高EC領域が出現

道管位置の特定



- 道管部にセンサを刺入した場合のみ帯状の高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

水素イオン(pH)・EC マルチモーダルイメージング



- 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の応答部位が一致
 - 道管部での変化を取得している