

農業応用を指向した マルチモーダルセンシングシステムの開発

豊橋技術科学大学 エレクトロニクス先端融合研究所（EIIRIS）

野田 俊彦，高山 弘太郎，澤田 和明

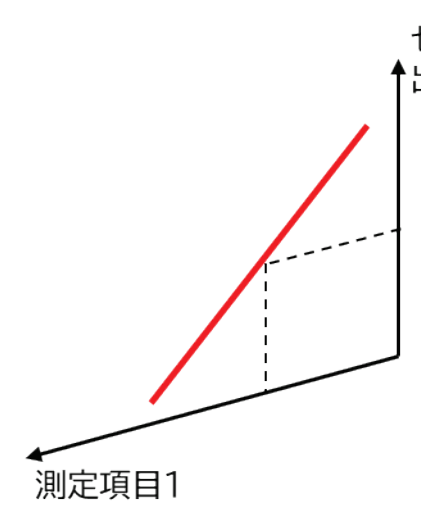
マルチモーダルセンサとは

ひとつで複数種の情報が計測可能なセンサ

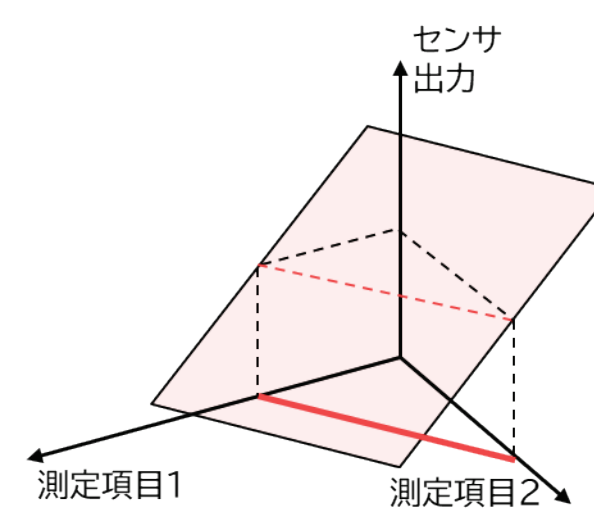
- 研究例**
- 1チップでイオンと光を計測するイメージセンサ
 - 水素イオン，カリウムイオン，ナトリウムイオンを同時計測するイメージセンサ

- 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

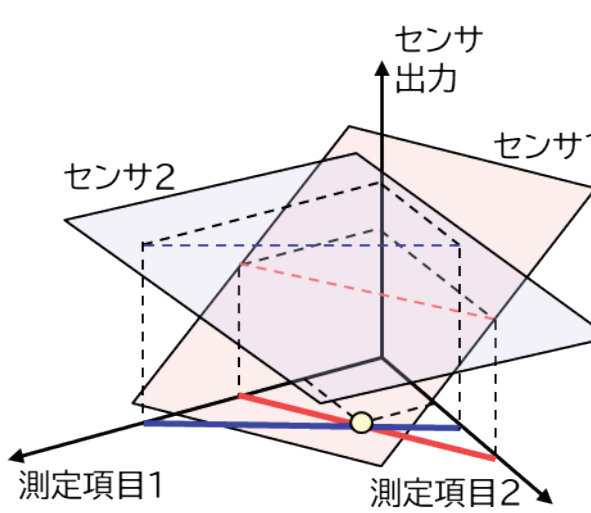
ケース1 センサが1つの測定項目のみに応答
センサ出力から測定値が一義的に決定



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

農業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で必要なセンサを開発

スマート農業（植物工場）

成長に関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.



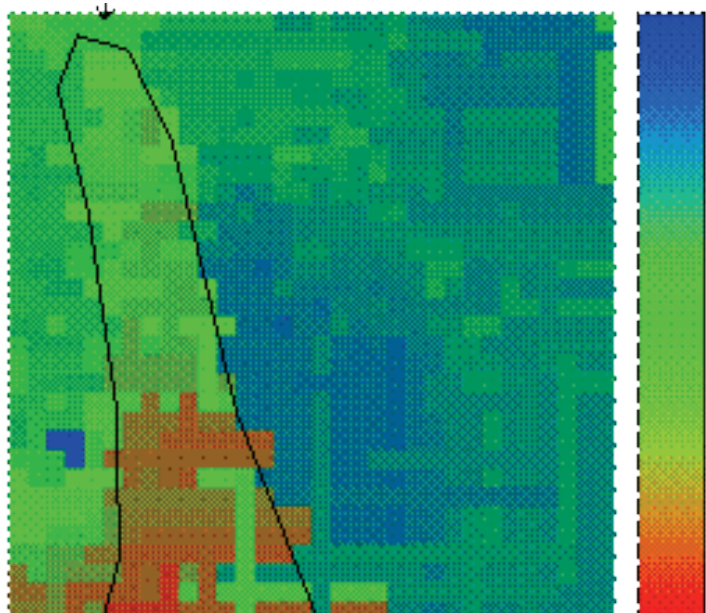
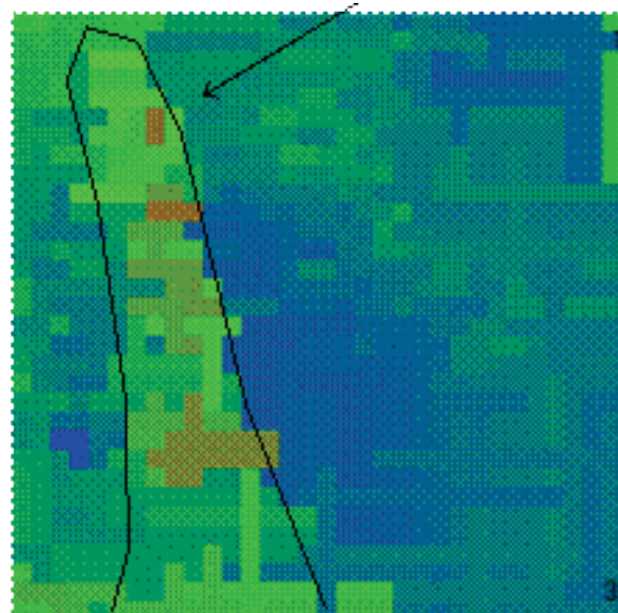
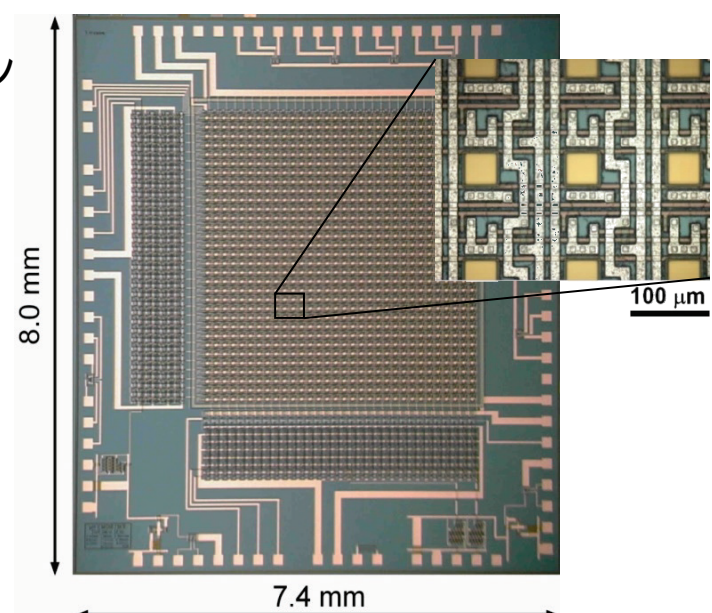
センサ開発の技術的課題

- 電極や感応膜の機械的強度
- 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

植物計測実証事例

根の状態を可視化するイオンセンサ

32×32画素 水素イオン
イメージセンサによる
稲の根の観察

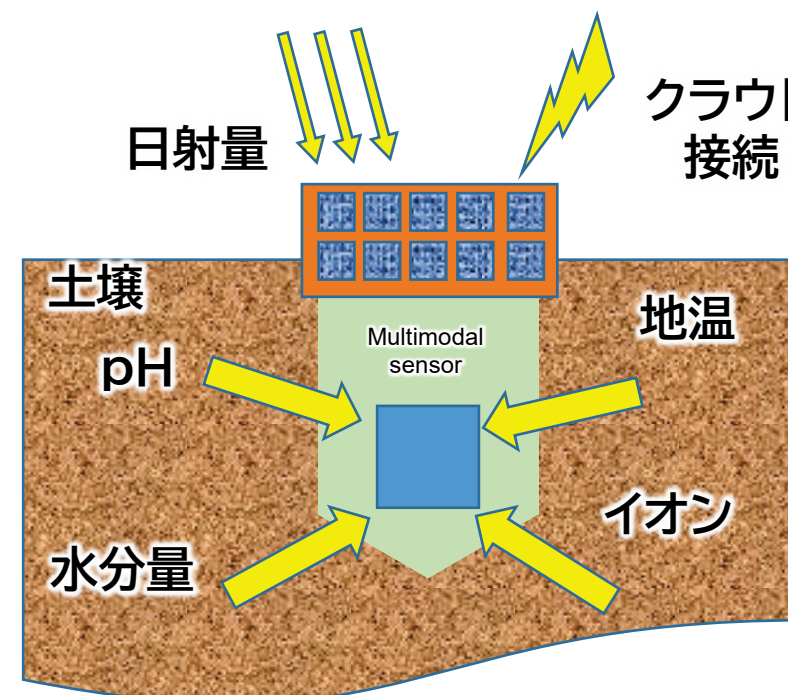


稲の根からのクエン酸放出

開発ターゲット

土壌刺入型マルチモーダルセンサ

- 土壌pH，イオン，水分量，地温等を測定するセンサを1チップ集積化
- 集積化センサを植物工場内に多数設置
- 無線接続によるクラウドサーバーへの計測情報アップロード
- 植物工場内の土壌リアルタイムモニタリング



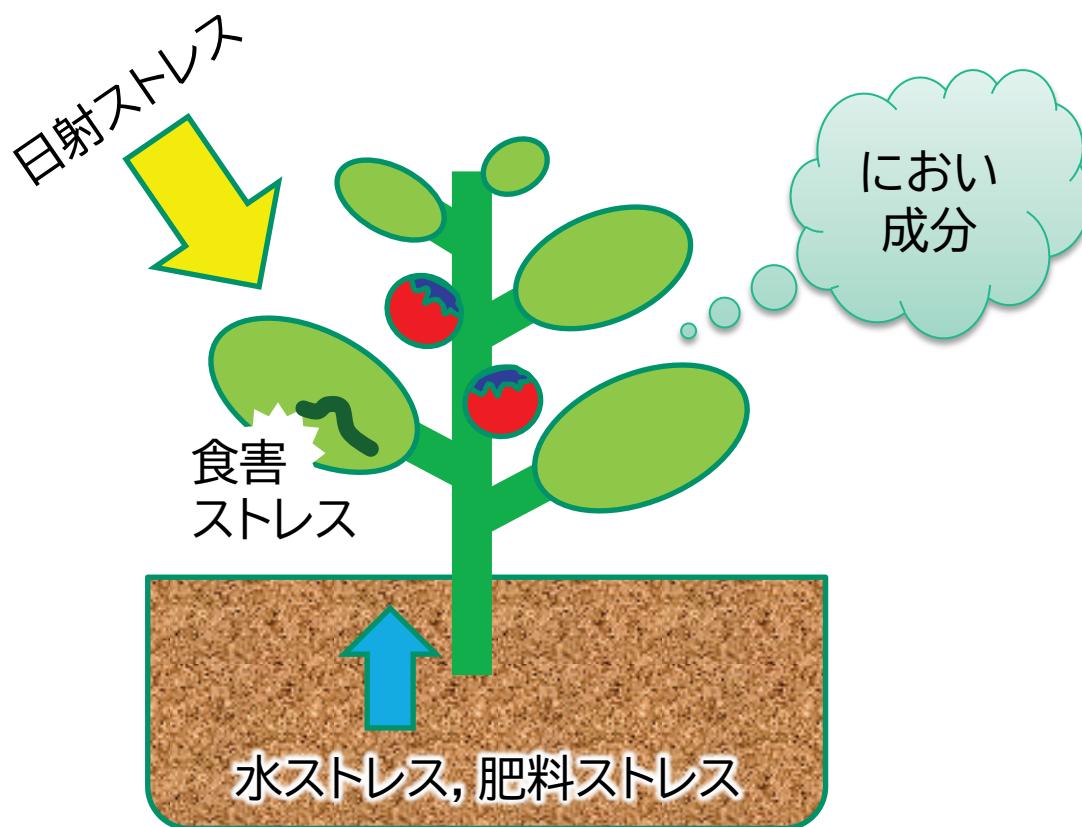
植物刺入型マルチモーダルセンサ

- 集積化センサを植物の茎や根に直接刺入
- サップフローセンサによる茎の中の水の流れ（樹液流量）計測
- イオンイメージセンサによる肥料の三要素（窒素，リン酸，カリウム）の計測
- 植物内でのイオンの動きを可視化し，転流メカニズムを解明

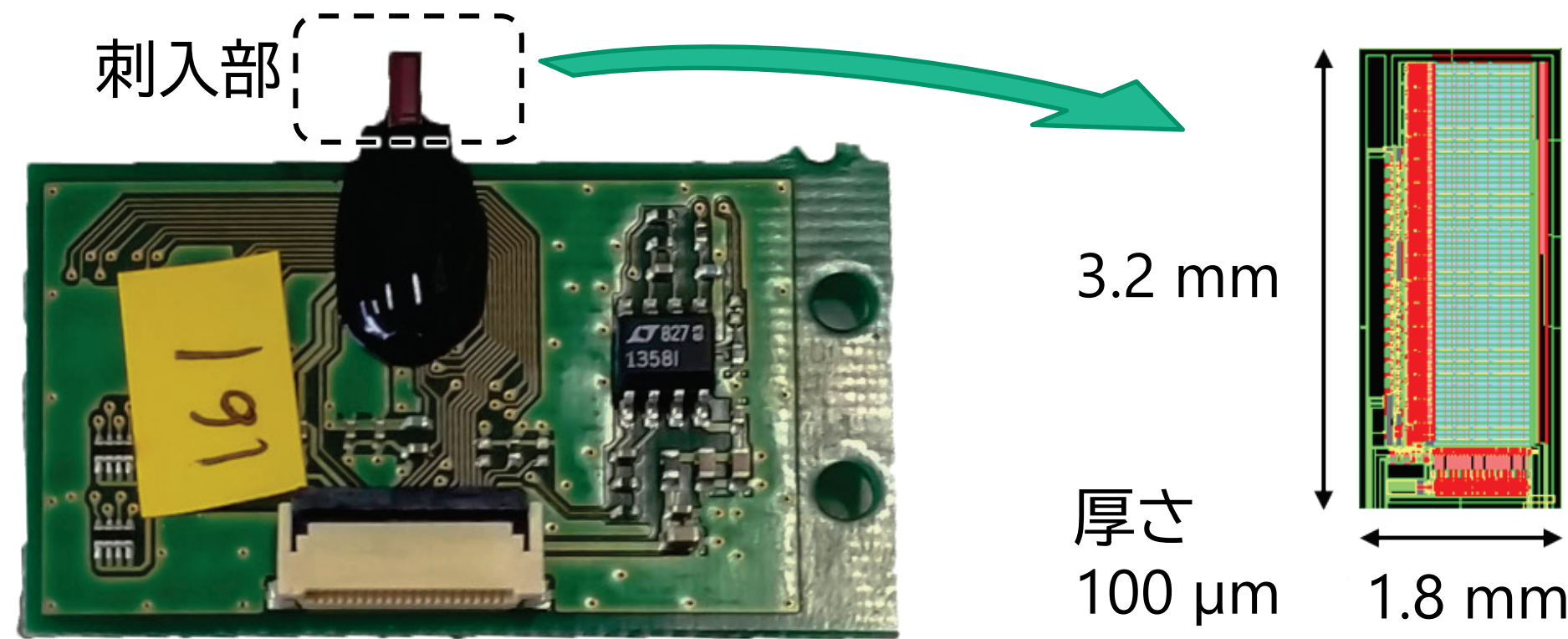


植物が放出するにおいセンシング

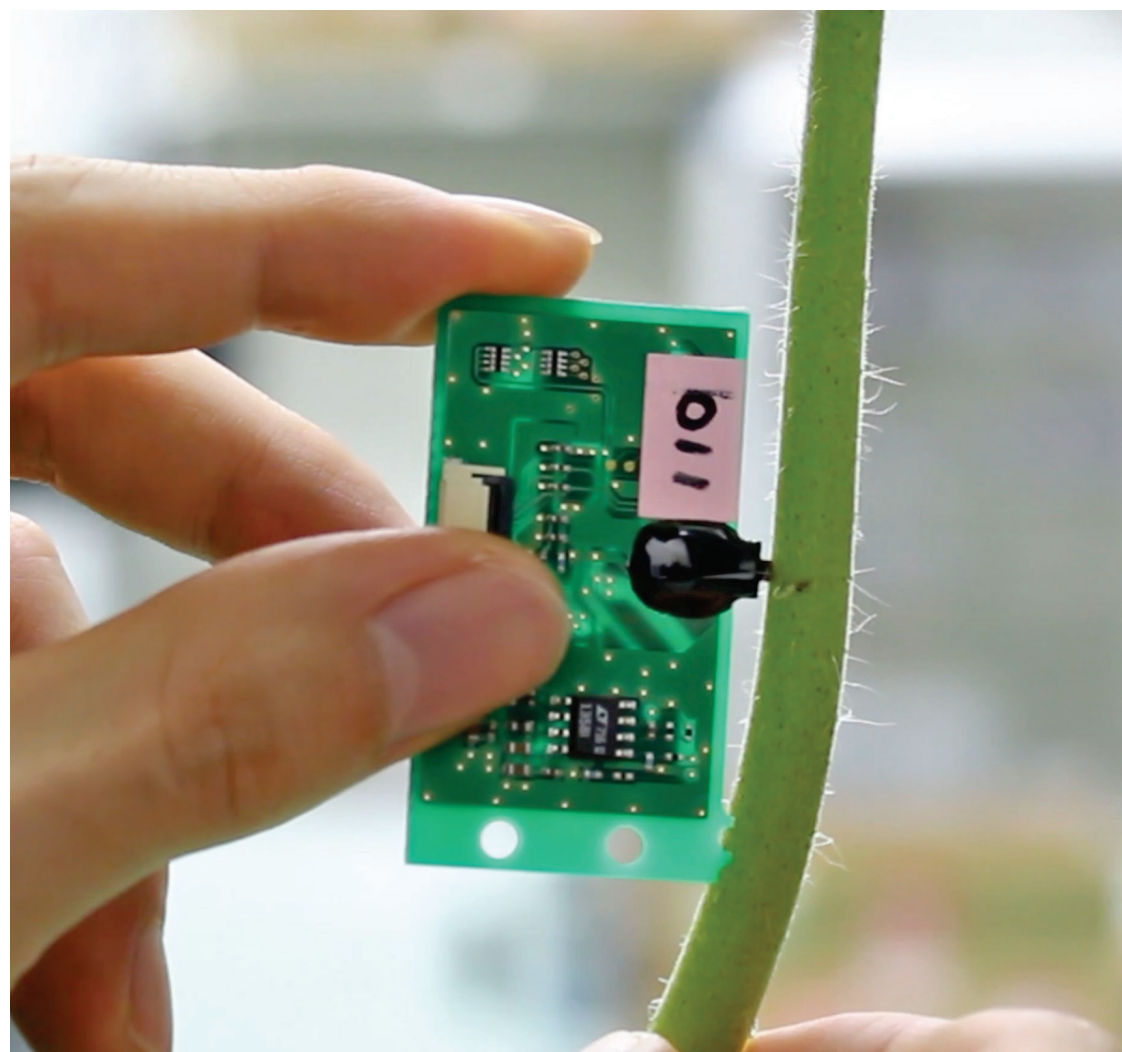
- 植物は生育状態（ストレス）により特有のにおいを放出
- においセンシングにより，植物の生育状態を早期非破壊検出



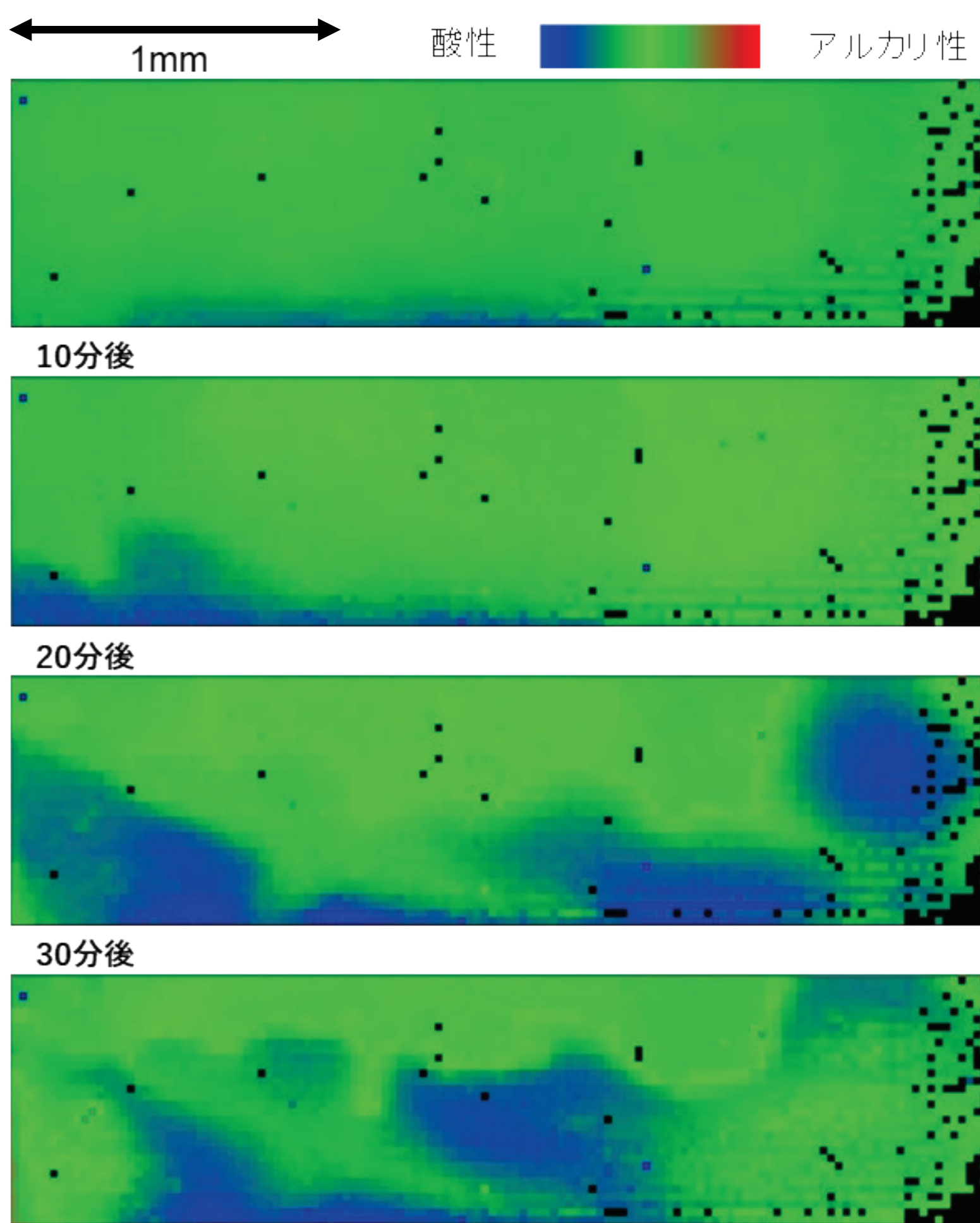
トマト茎内イオンイメージングの実証



刺入型 水素イオン (pH) イメージセンサ



トマト茎への刺入試験



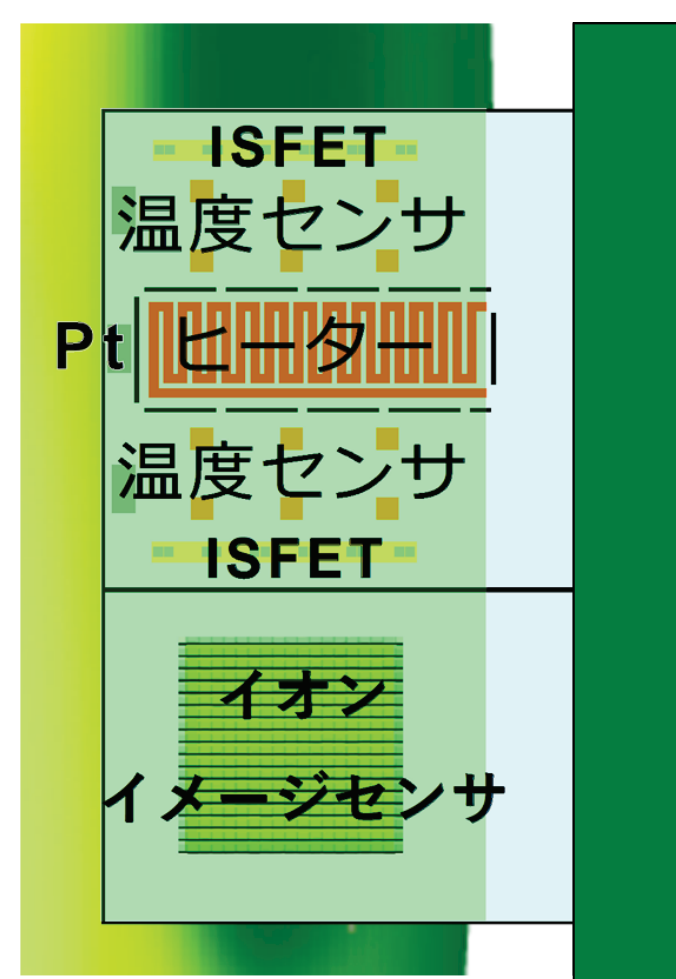
トマト茎内イオンイメージング結果

- 酸性溶液を吸水させ，茎内の水素イオン濃度（pH）の変化をイメージング
- 時間経過に伴い，茎下部から上部に向けて酸性領域が拡大

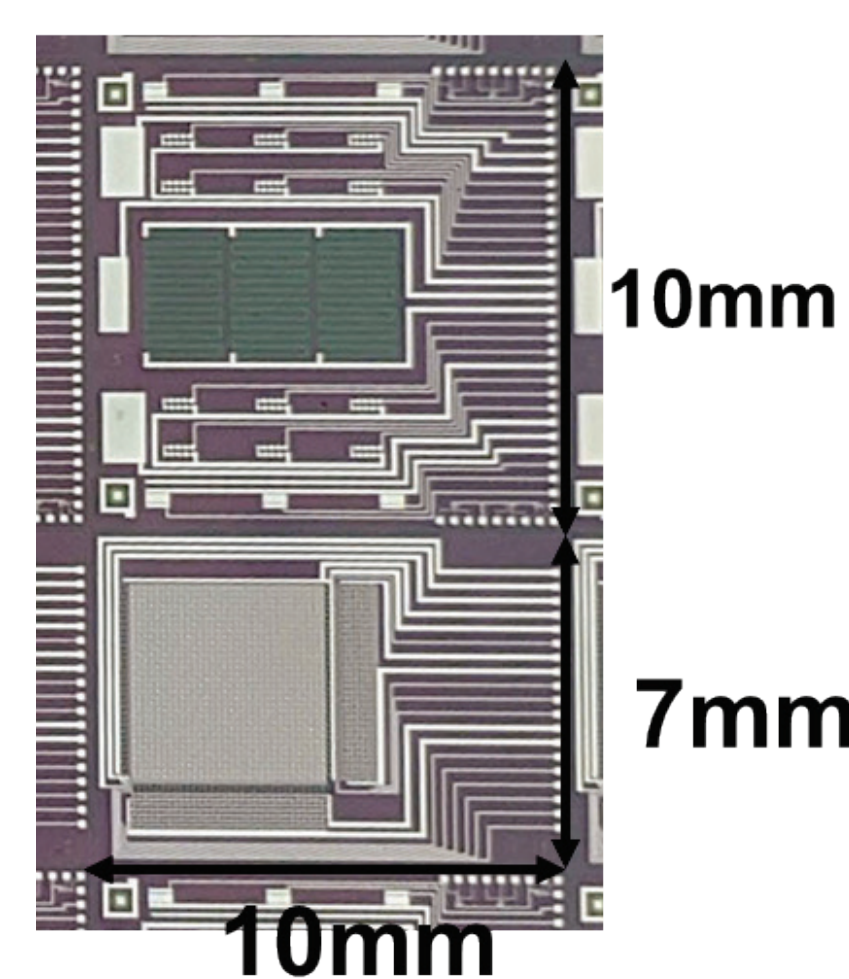
植物刺入型マルチモーダルセンサの作製

複数センサを1チップ集積化

- サップフローセンサ（ヒーター&温度センサ）
茎の中の水の流れ（樹液流量）計測
- ISFET
茎内イオン（リン酸，カリウム，カルシウム等）の濃度計測
- イオンイメージセンサ
茎内イオン濃度分布の計測
- ECセンサ（Pt電極）
茎内電気伝導度の計測



試作センサ概略図



試作センサチップ写真

豊橋技科大 個体機能デバイス研究施設
5μm 1-poly 1-metal 標準CMOSプロセスにて作製