

# 最適な観察位置を自律探索するトマト果実体積推定ロボット

An Autonomous Robot for Estimating Tomato Fruit Volume that Searches the Proper Observation Position

福井類, ○川榮健太, 石塚裕澄, 割澤伸一

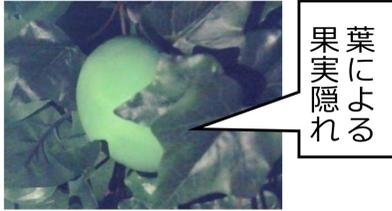
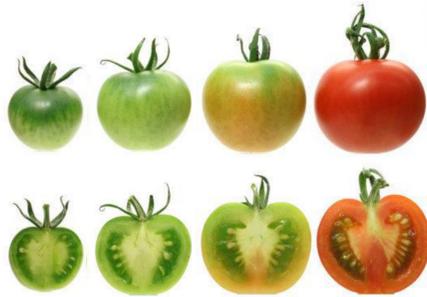
## [ 背景・目的 ]

### IT農業におけるロボット活用

- 熟練農家の栽培ノウハウをビッグデータ化し栽培に活用
- ロボットを用いた人手をかけない生育データの大量収集のニーズ

### トマトの生育データ収集

- 生育データのひとつとして、**未成熟果実の体積**が重要
- 未成熟果実は周囲と同色系**で、赤色の成熟果実よりも認識が困難
- 葉による果実隠れ**が多数



### トマト果実体積推定の先行研究

- 果実の**幅と体積の相関関係**の検証
- 画像勾配に基づいた**果実検出手法**の開発
- 3次元点群を用いた**果実幅推定手法**の開発

### 観察データの精度向上のための技術課題

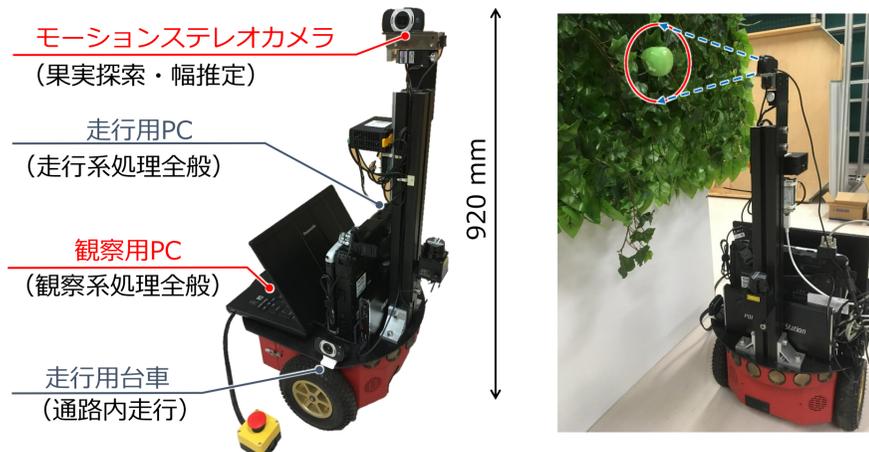
- **未成熟果実**のリアルタイム検出
- **葉による隠れ**による**果実幅推定誤差の低減**
- **観察位置の調整**や**データの取捨選択**のための観察データの即時評価

### 研究目的

最適な観察位置を自律探索するトマト観察ロボットを開発し、推定精度を即時評価する観察手法の有効性を明らかにすること

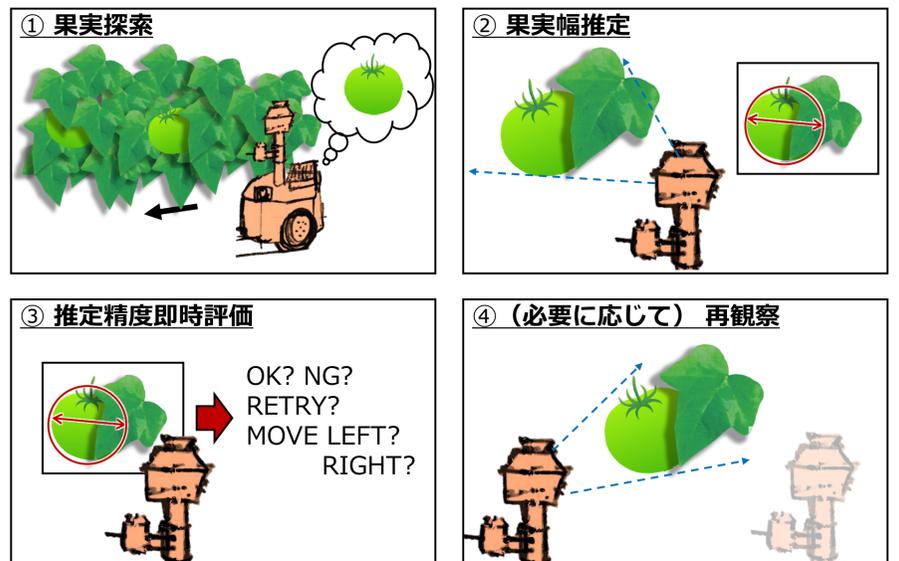
## [ トマト観察ロボットの開発 ]

### トマト観察ロボット



地上走行ロボットに搭載したモーションステレオカメラで栽培棚中の**果実探索・果実幅推定**を行う

### 観察の流れ

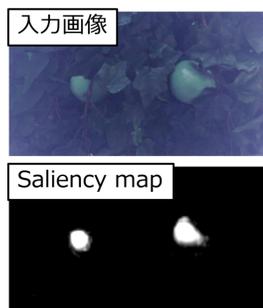


## [ 果実探索・幅推定・推定精度即時評価 ]

### 1-1 Saliency mapを用いた果実探索

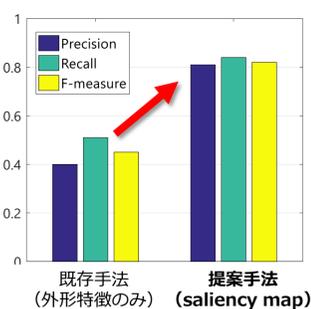
色情報だけでは果実と葉や茎の区別が困難

色・輝度・勾配それぞれの顕著な部分を統合した **Saliency map** を用いて果実のリアルタイム検出を行う



### 1-2 果実探索性能評価実験

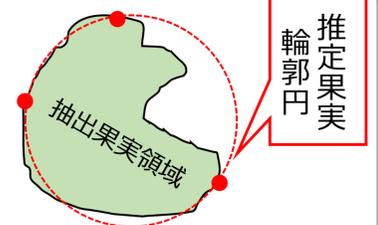
- 精度・感度ともに既存手法の約2倍の性能 → **未成熟果実の誤検出の低減を実現**
- 画像の白飛びによる見落としや誤検出 → **白飛びの影響低減が課題**



### 2-1 抽出した領域輪郭を補完する果実幅推定

葉による隠れがあると果実領域が欠損

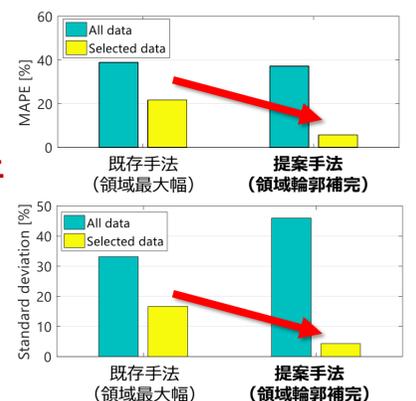
領域境界上の3点を通る円で果実輪郭を補完



### 2-2 果実幅推定手法比較実験

- 果実領域が適切に抽出できた場合、絶対比率誤差の平均と分散が低減 → **果実隠れに対するロバスト性が向上**
- 果実領域の誤抽出があると依然誤差大 → **果実領域の抽出精度向上が課題**

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\text{推定値} - \text{実測値}}{\text{実測値}} \right| \times 100$$



### 3-1 推定精度即時評価

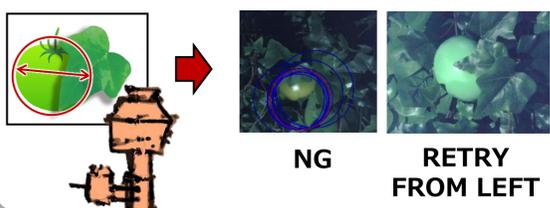
観察データの信頼性を向上させたい

観察結果をその場で評価し処理する

→ **観察データを適切に取捨選択**  
+ **必要に応じて位置を変えて再観察**

- 果実領域の精度 → **果実領域抽出の成否**
- 推定輪郭円と果実領域のフィッティングの度合 → **適切な輪郭円推定の成否**
- 左右の領域欠損のバランス → **果実隠れのより少ない再観察位置の決定**

これらを表す評価指標を開発し、ロボットに評価・判断をさせた



### 3-2 推定精度即時評価有効性検証実験

- 絶対平均比率誤差は、《評価なし》 > 《取捨選択》 > 《取捨選択 + 再観察》の順で減少 → **観察データの信頼性向上のためには、推定精度をその場で評価し処理する本手法が有効**

- 果実隠れがない果実に対して、余計な移動を行い再観察してしまうパターンが多かった → 領域の左右のバランスではない **果実隠れの有無を判別する手法の開発が将来課題**

