

生長観察ロボットが撮影したトマト栽培棚画像を用いた果実体積推定手法

Tomato Volume Estimation using Cultivation Shelf Images captured by a Growth Observing Robot

福井類, ○西岡剣, 割澤伸一, 中尾政之, 山田一郎

【背景と目的】

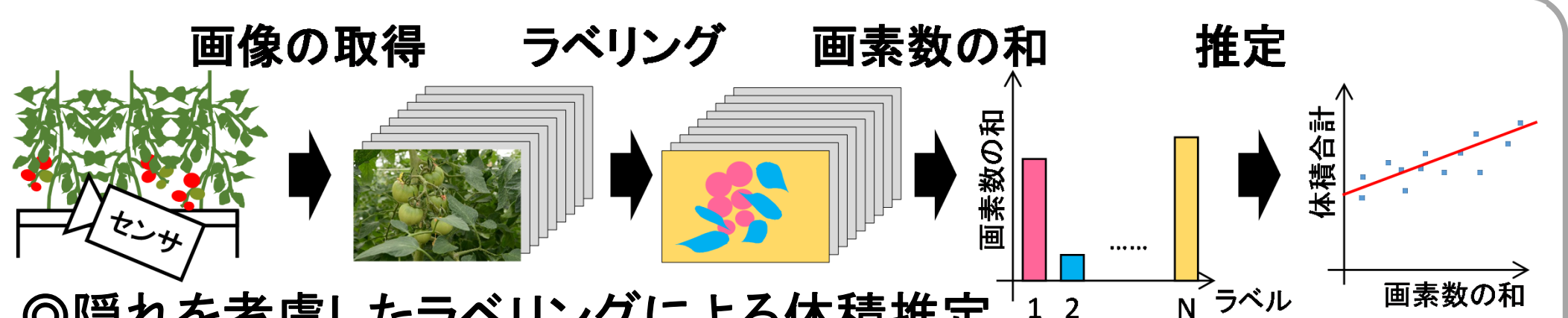
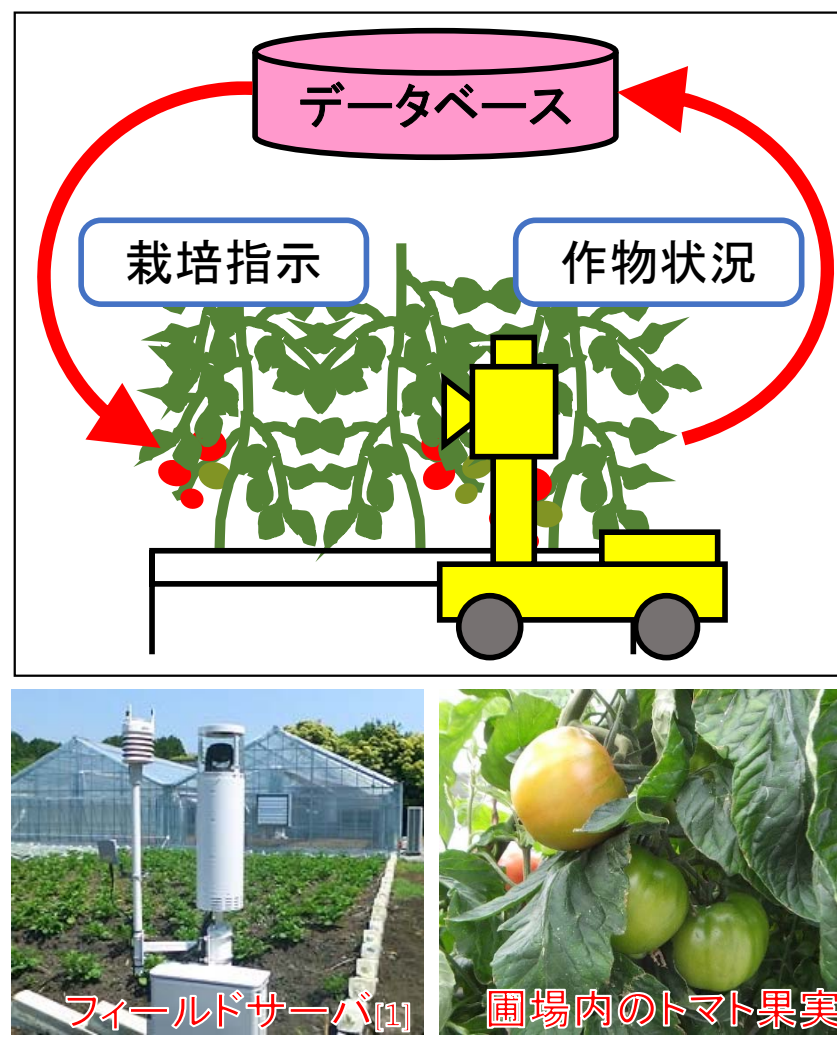
◎研究背景

- 農作業へのICT技術の適用
 - ・大量の環境・生育データを取得
 - データに応じた栽培により高収量化
- フィールドサーバによる生育データ取得
 - ・定点センサでは全ての作物を取得不可
 - 圃場内を移動可能なロボットによる取得

○トマト果実体積の推定手法を開発

◎トマト果実の体積推定での課題

- 葉により一部が隠れた果実が多数
- 果実を個別に検出する方法では困難



◎隠れを考慮したラベリングによる体積推定

- 一定間隔の栽培棚から、そこで生長する果実体積の合計を推定
- 画像をラベリングし、ラベルごとの画素数の和から体積を回帰で推定
- ラベリングで隠れを考慮することで隠れに頑健な体積の推定を目指す

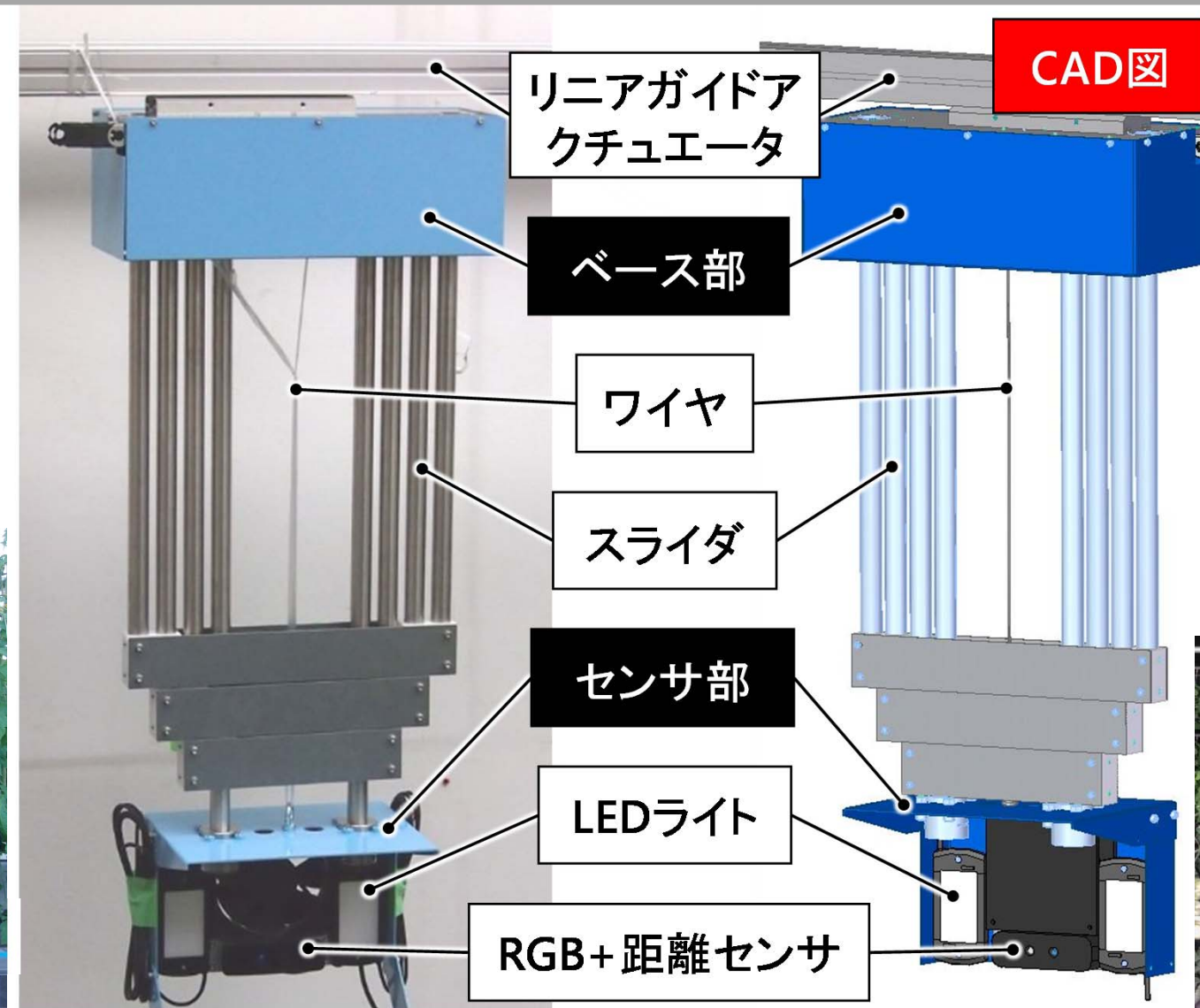
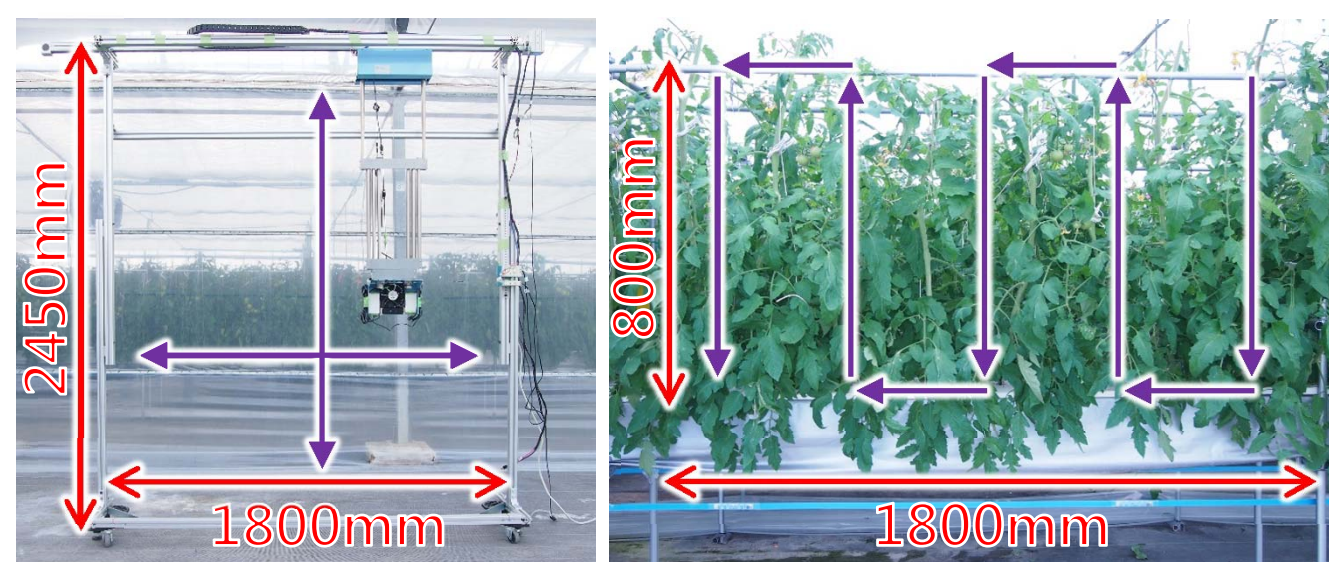
【研究の目的】

- ・栽培棚から画像を取得可能な生長観察ロボットの開発
- ・隠れを考慮したラベリング手法の解明
- ・隠れを考慮したラベリングによる体積推定の有効性検証

【生長観察ロボットの開発】

◎生長観察ロボットの移動

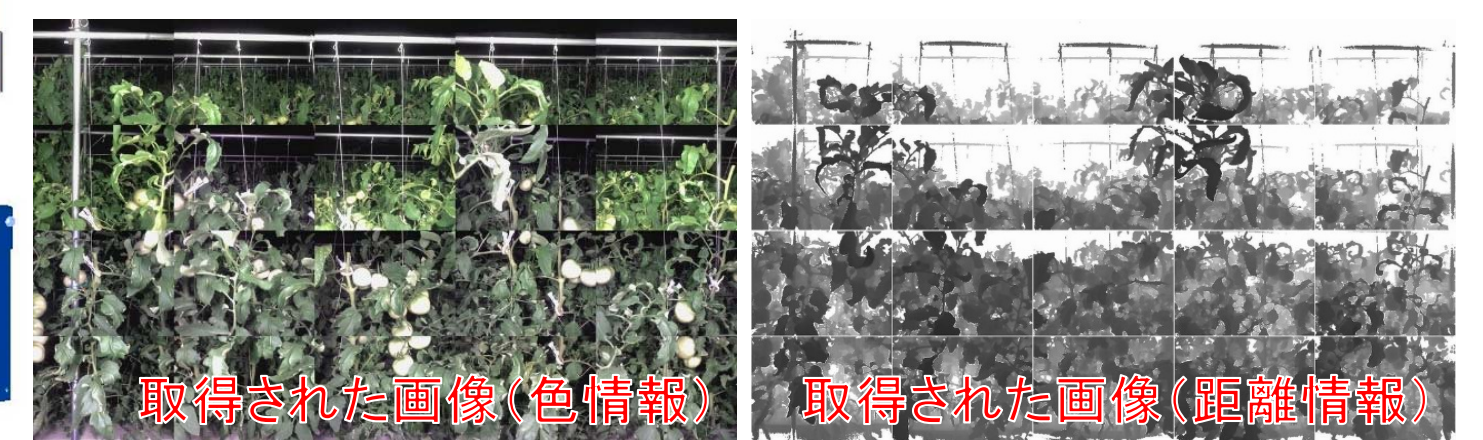
- 台車に取り付け栽培棚の前に設置
- センサ部が縦方向、横方向に移動可能
- 栽培棚の前をジグザグに移動させ全体を漏れ無く画像を取得する



◎画像の取得

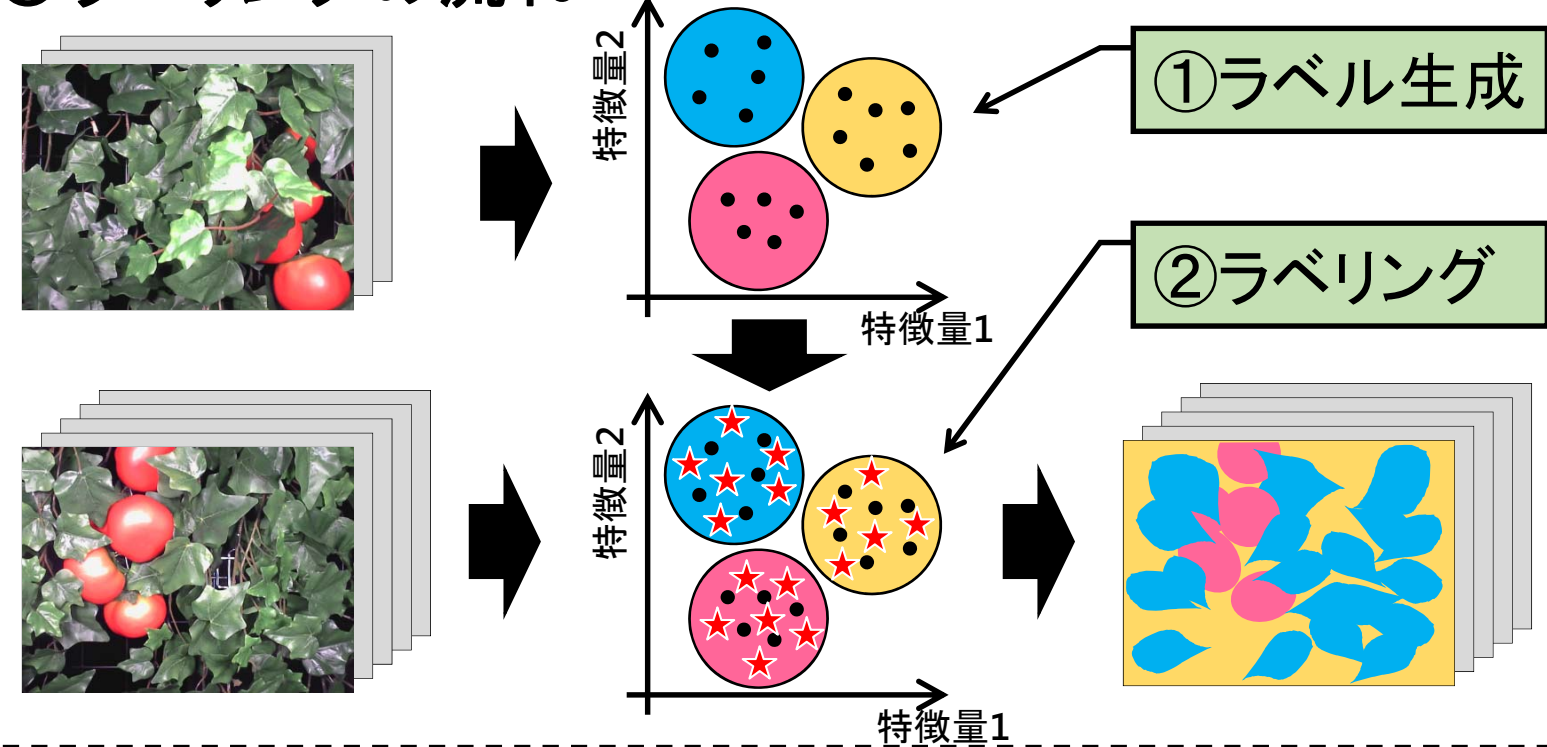
- RGB+距離センサ色情報と距離情報を組み合わせて隠れ部分を識別

- LEDライト夜間の撮影に対応



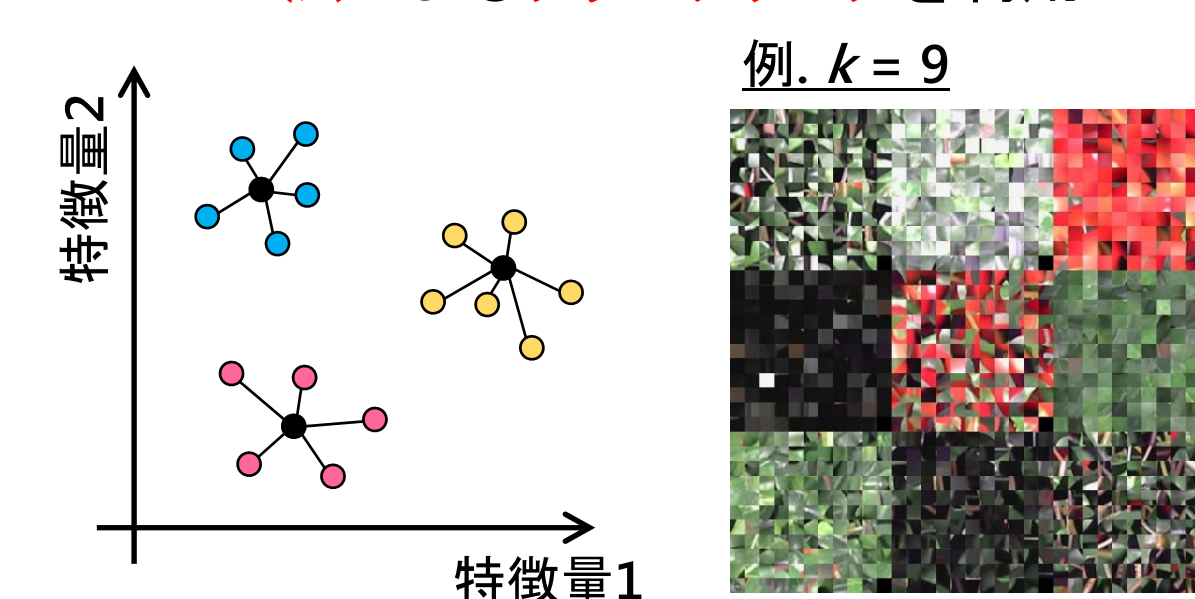
【隠れを考慮したラベリング手法】

◎ラベリングの流れ



①ラベル生成

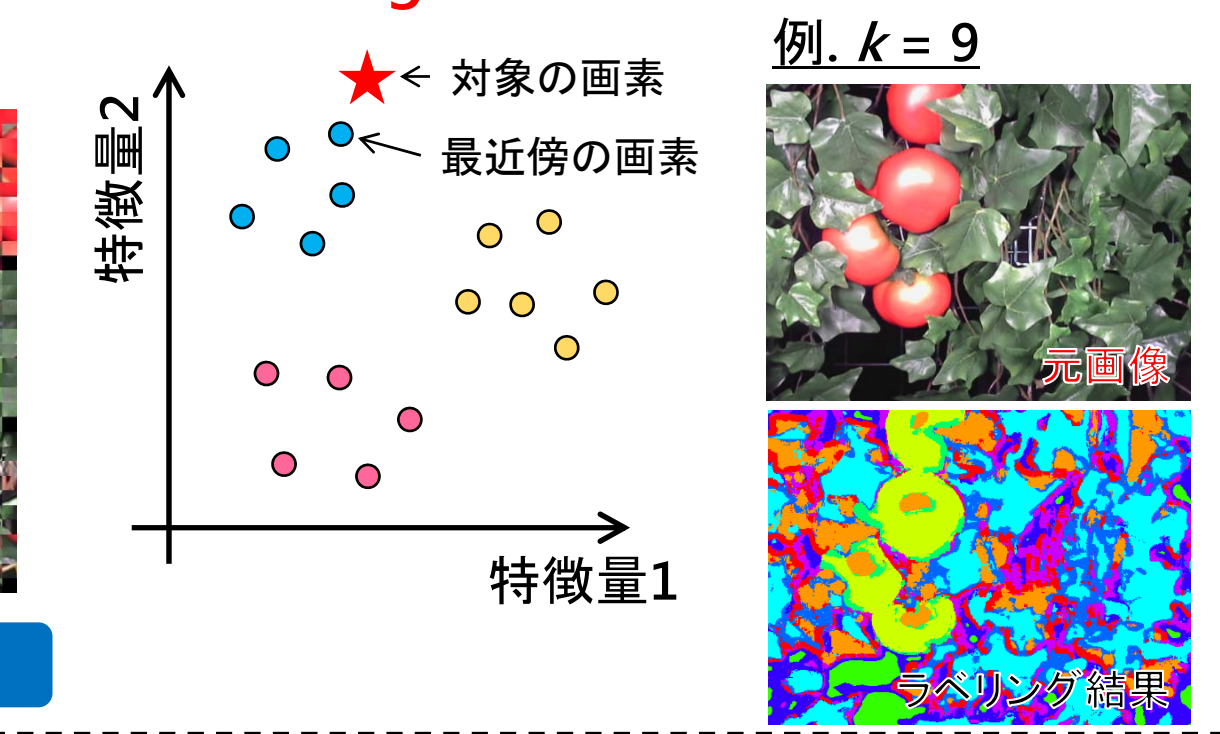
k-means法によるクラスタリングを利用



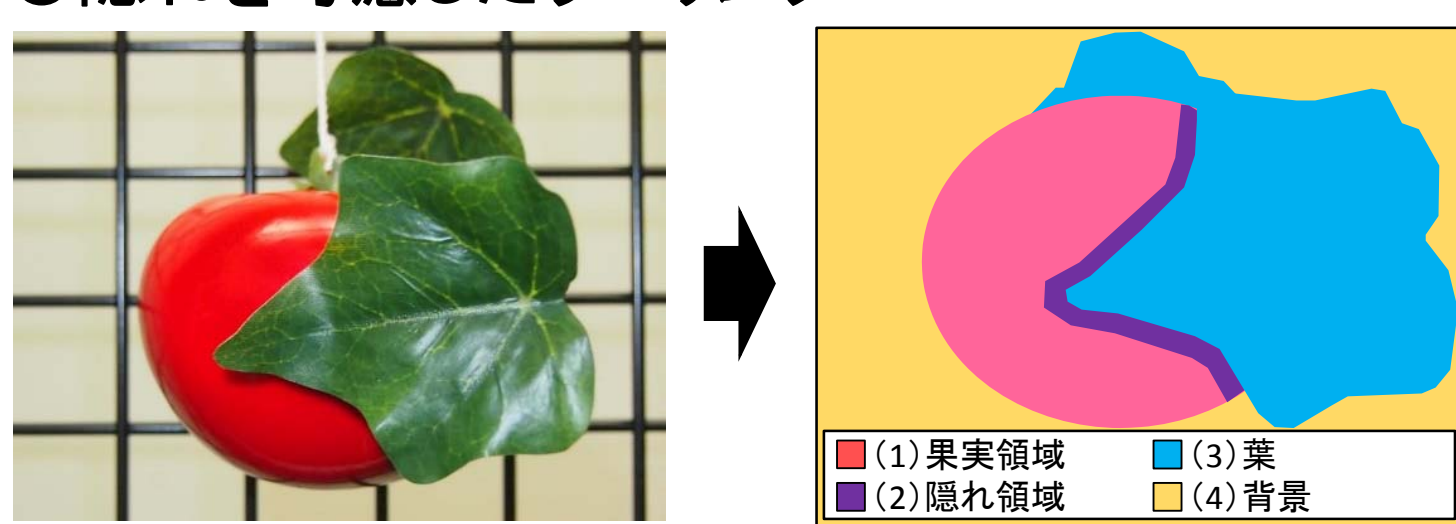
課題: 望み通りのラベルが生成されるか

②ラベリング

Nearest Neighbor法を利用



◎隠れを考慮したラベリング



隠れ領域を果実の上にある葉境界に代表

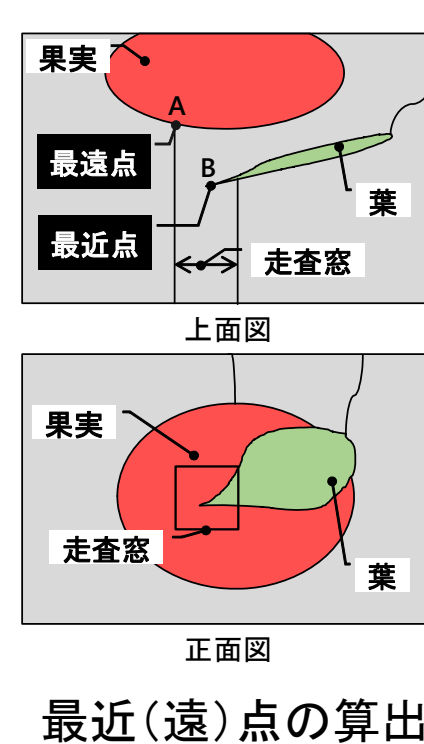
$$\hat{V} = a_0 + a_1 F_1 + a_2 F_2 + a_3 F_3 + a_4 F_4$$

$\hat{V}$: 推定体積, a_i : 回帰係数, F_i : 画素数

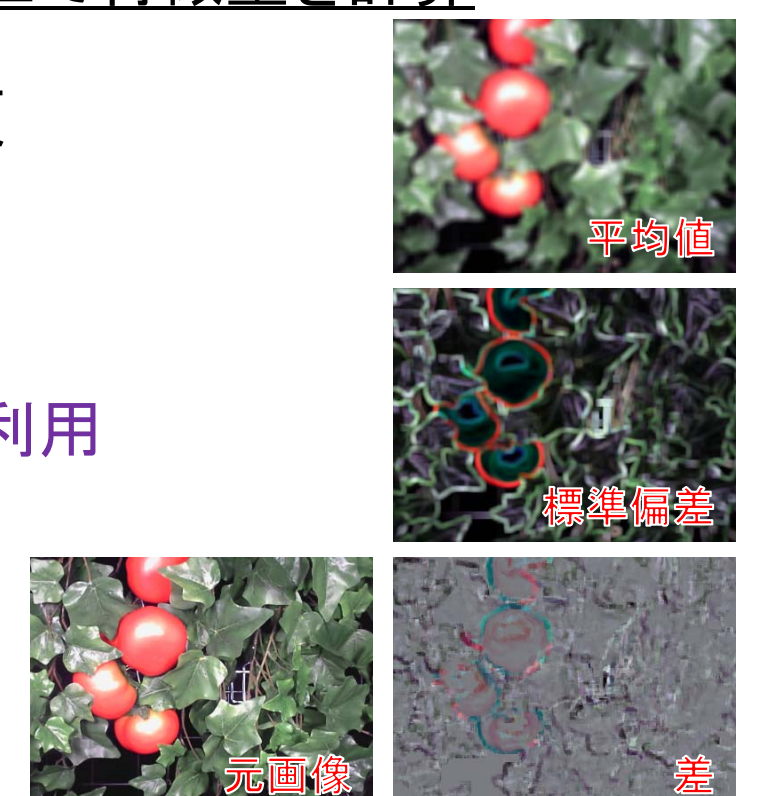
隠れに頑健な体積の推定

◎ラベリングのための特徴量

サブイメージ(走査窓)単位で特徴量を計算



- (i) 果実か葉か撮影対象物体の分類
色強度の平均, 中央値
- (ii) 果境界か否かの分類
色強度の標準偏差, エントロピー
- (iii) 隠れに対する分類—距離情報を利用
最近点と最遠点の色強度の差
最近点と最遠点の距離の差
距離の平均



【模型・圃場における有効性の検証実験】

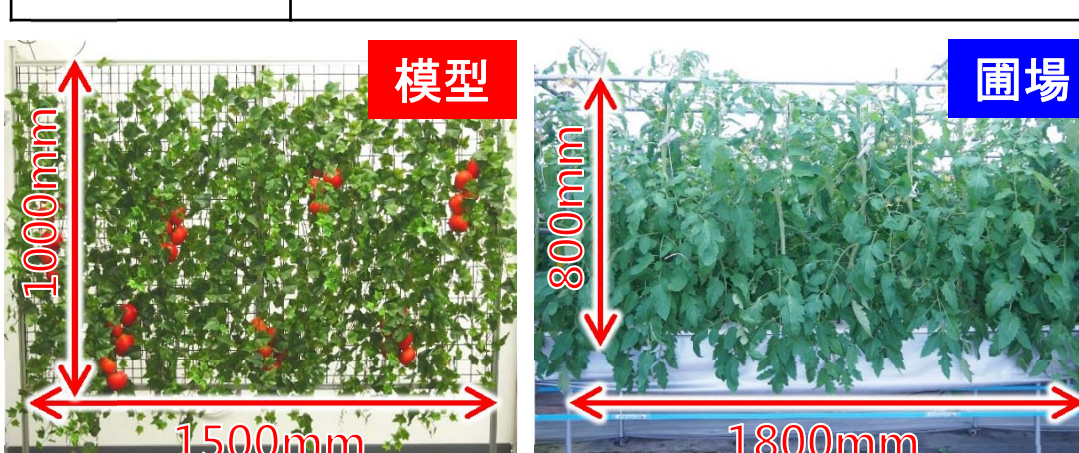
◎実験目的

- ・隠れを考慮したラベリングの実現性の確認
- ・提案手法の有効性検証

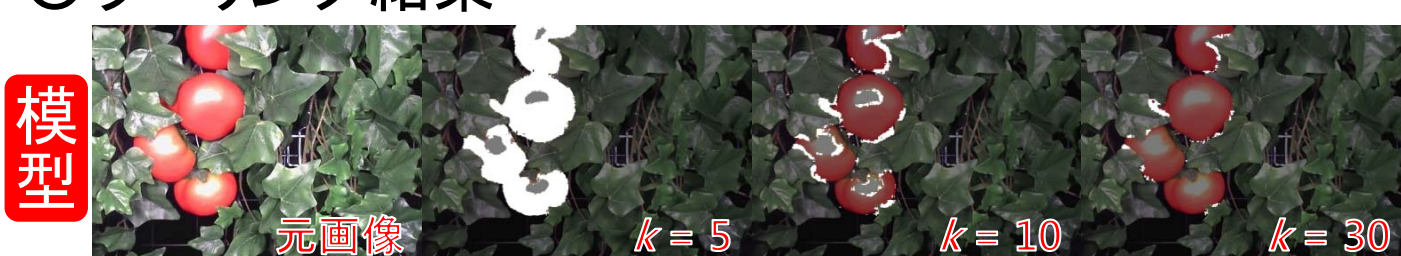
◎実験設定

$$R^2 \equiv 1 - \frac{\sum_i (V_i - \hat{V}_i)^2}{\sum_i (V_i - \bar{V})^2}$$

実験条件	・模型(果実: 赤) ・圃場(果実: 緑, 障害物あり) ラベルの数(k) 5, 10, 30, 50, 80, 100, 500
評価項目	決定係数(R^2)
推定回数	各条件4回の推定



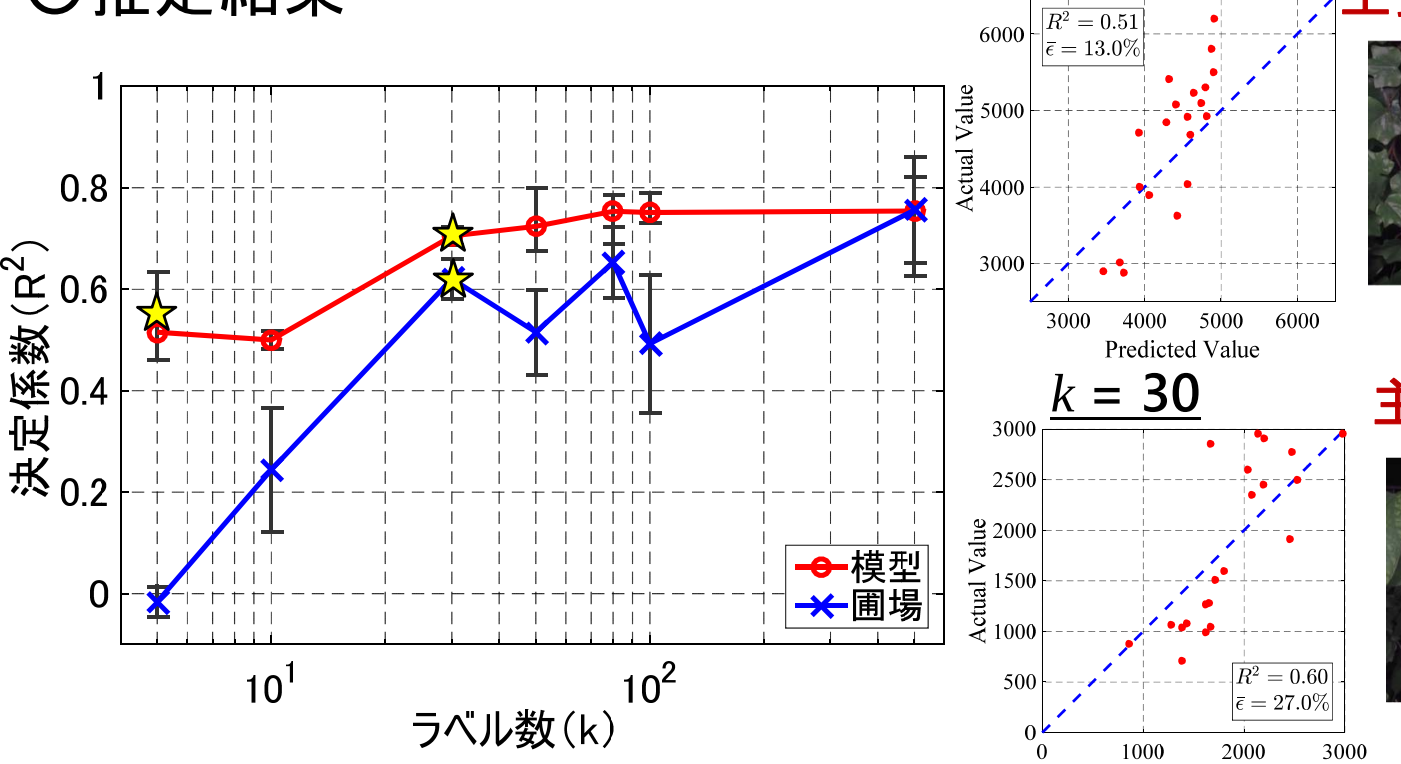
◎ラベリング結果



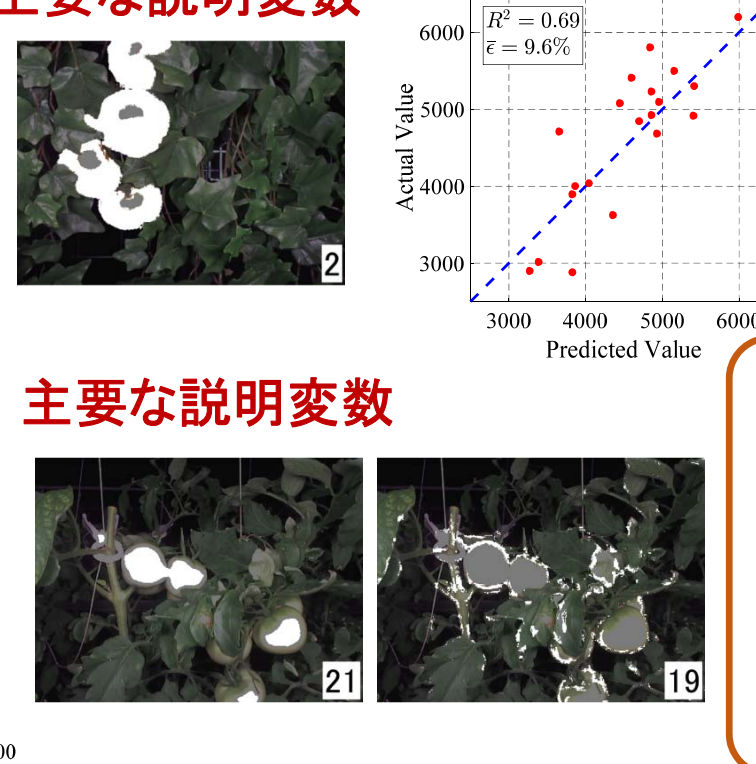
・ラベルの数を大きく取することで隠れ領域を個別にラベリングすることが可能

・ラベルの数を増やすと果実領域, 隠れ領域を別にラベリングすることが可能
・誘引クリップや茎, 果実内のグラデーションの影響をなくすることが出来なかった

◎推定結果



主要な説明変数



主要な説明変数

・隠れを考慮したラベリングを行うことで果実体積の合計を高い精度で推定できる

・圃場においては, 照明条件, センサの種類を検討しラベリングを改良する必要性