

エッジ検出を用いた こねぎ分岐部の抽出

井上研究室

情報工学科 5年 5番 安藤拓翔

本研究の背景

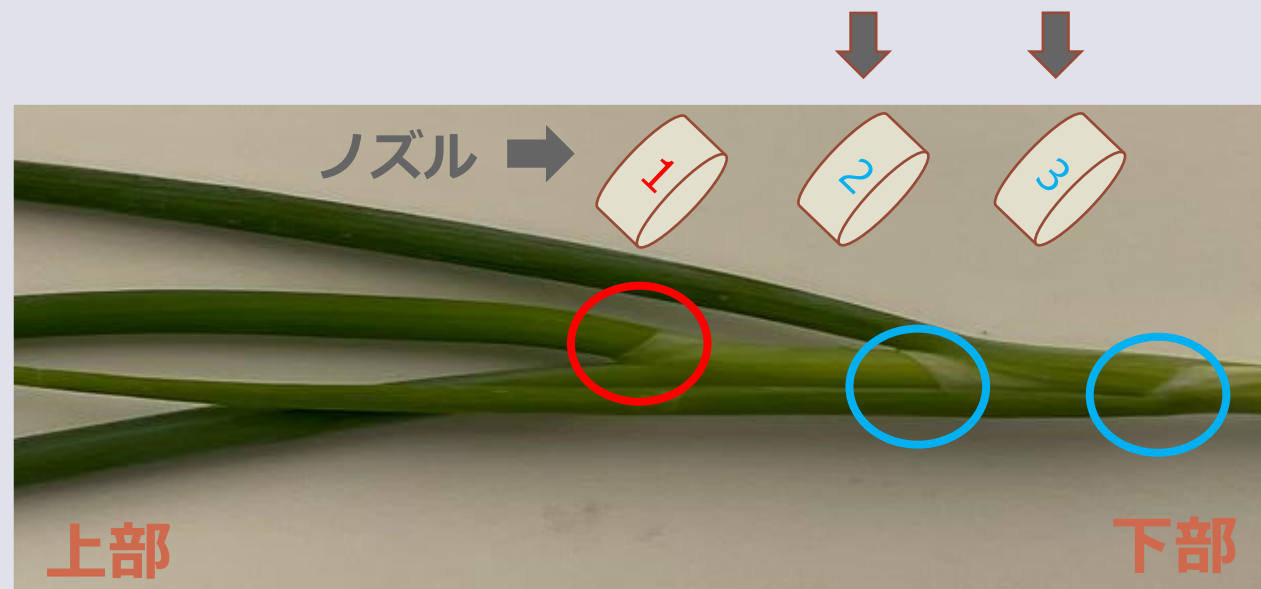
- 現行のこねぎの皮むき機は**精度が低い**
- 皮むき機で取り除けなかった葉は人手で除去
→ **多大な人件費を要する**



現行の皮むき機

こねぎの皮むき

- ・ ノズルによる高水圧・エアで**不要な葉を除去**
- ・ **最上部の分岐部**の直下に最上部のノズルを配置



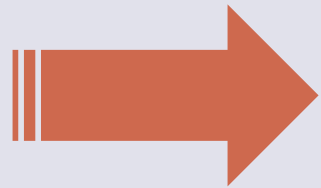
イメージ図

本研究の目的

こねぎ外葉における最上位分岐部位置の検出手法を検討し、
その有効性を検証すること。

仮説：分岐部斜線の抽出で分岐部検出可能

- 外葉における分岐部には**特有の斜線**のような繊維が存在
- 分岐部斜線を抽出することで**分岐部位置を検出可能**と仮定



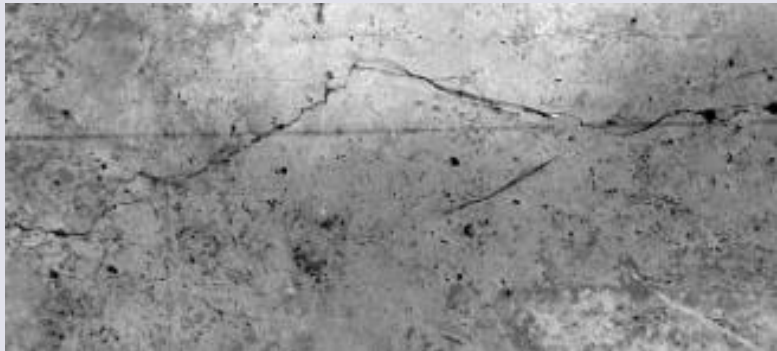
エッジ検出を用いた
分岐部斜線検出システムを開発



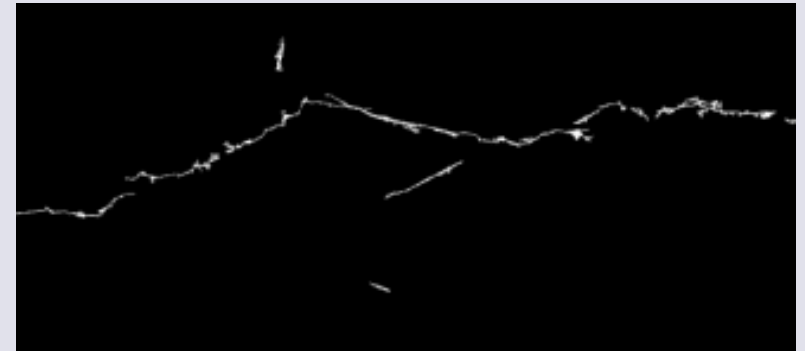
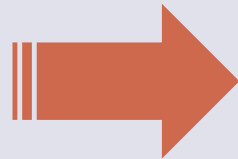
分岐部斜線

関連研究：エッジ検出によるひび割れ抽出[1]

- コンクリート壁面のひび割れを抽出
- エッジ情報(連結情報)を用いた検出アルゴリズムを提案



原画像



ひび割れ二値化画像

[1]石川 裕治, 布留川 信悟, 宮崎 早苗, "デジタルカメラ画像からの不規則線分抽出手法の一検討, 第67回全国大会講演論文集, pp.27-28, 2005.

本研究の立ち位置

- こねぎ実画像はコンクリート壁面よりノイズ要因が多い
- 分岐部斜線はひび割れより輝度差が小さい

本手法では

こねぎ分岐部斜線に対して
耐ノイズ性能と抽出精度が高い検出アルゴリズムを考案



分岐部斜線

システムのアルゴリズム

- 1 マスク処理と分岐部位置推定領域の抽出
- 2 Sobelフィルタによるエッジ検出
- 3 エッジ特徴量によるノイズと分岐部斜線の分類
- 4 最上部エッジの出力

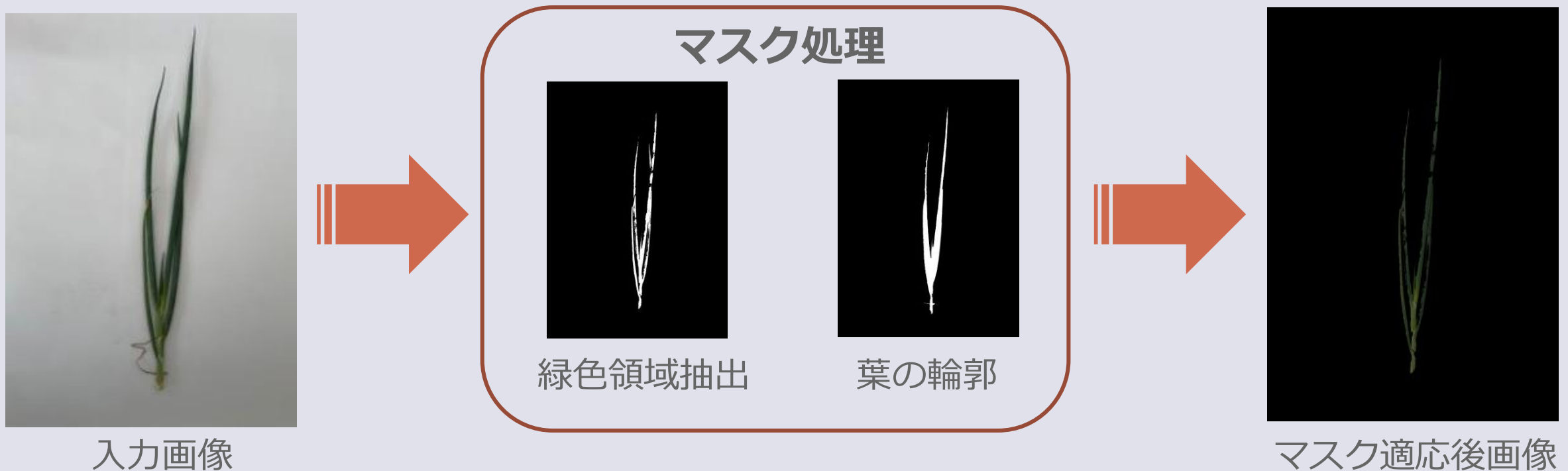
1. マスク処理と分岐部位置推定領域の抽出

- エッジ検出時にノイズ要因になる領域を除去
- 壁面の汚れ, 葉の輪郭, 葉の表面の傷など



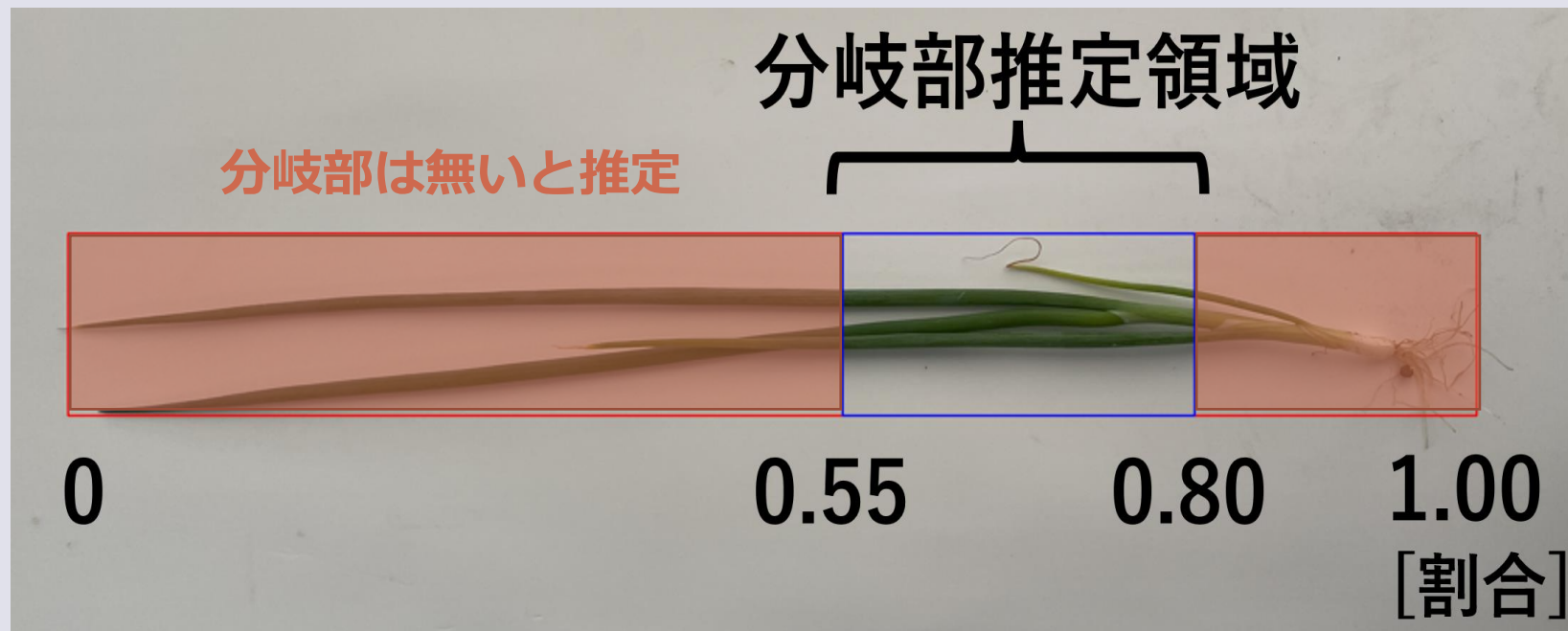
1. マスク処理と分岐部位置推定領域の抽出

- 壁面の汚れ 根 葉の表面の傷 ⇒ 緑色領域抽出マスク
- 葉の輪郭 ⇒ 葉の輪郭マスク



1. マスク処理と分岐部位置推定領域の抽出

- 最上部分岐部の位置は個体によって大差ない
- 最上部分岐部が位置する可能性がある領域を抽出



2. Sobelフィルタによるエッジ検出

- 縦方向のSobelフィルタを適応(縦方向の微分フィルタ)
➡ 横方向の輝度差が小さな分岐部斜線の検出に対して頑健

検出対象



縦方向のみ

検出して二値化

- **エッジ分類**のためラベリングを実施

The image displays two 10x10 grids side-by-side, illustrating a 3D convolution operation. The left grid shows a binary input pattern with white and black pixels. The right grid shows the same input pattern with colored numbers (red, green, blue) indicating the output of the 3D convolution at different depths.

Grid 1 (Left): A 10x10 grid with a white shape on a black background. The white shape consists of a 3x3 block in the top-left, a 3x3 block in the top-right, and a 3x3 block in the bottom-right. The rest of the grid is black.

Grid 2 (Right): A 10x10 grid with the same white shape on a black background. The grid is annotated with colored numbers indicating the output of the 3D convolution at different depths:

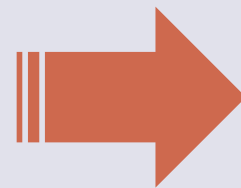
- Red numbers (1):** Located at the top-left of the white shape, indicating the output of the 3D convolution at depth 1.
- Green numbers (2):** Located at the top-right of the white shape, indicating the output of the 3D convolution at depth 2.
- Blue numbers (3):** Located at the bottom-right of the white shape, indicating the output of the 3D convolution at depth 3.

3. エッジ特徴量によるノイズと分岐部斜線の分類

- ラベル付けされた各エッジの特徴量を抽出
- 各エッジの2次元座標データから抽出

エッジ特徴量

- ①面積
- ②周囲長
- ③エッジの角度



分岐部斜線エッジと
ノイズエッジの分類に用いる

3. エッジ特徴量によるノイズと分岐部斜線の分類

エッジ特徴量による分類と除去

➤ 面積と周囲長

- 分岐部斜線は一定の周囲長と面積
- 閾値を設定してノイズエッジを除去

分類条件

エッジ ➡

$30\text{px} < \text{面積} < 300\text{px}$
かつ $30\text{px} < \text{周囲長}$ か？

No



ノイズとして**除去**

Yesであれば残す

3. エッジ特徴量によるノイズと分岐部斜線の分類

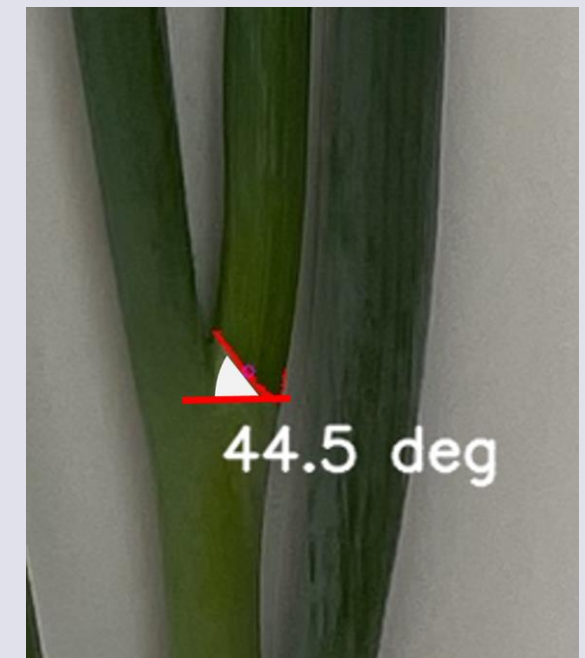
エッジ特徴量による分類と除去

➤ エッジの角度

- ・ 繊維斜線(ノイズ)は形状が分岐部斜線と類似
- ・ 大半の繊維斜線はエッジの角度で区別可能



面積と周囲長でのノイズ除去後



角度の例

3. エッジ特徴量によるノイズと分岐部斜線の分類

エッジ特徴量による分類と除去

➤ エッジの角度

- 35°未満の分岐部斜線は希少
- 75°以上の分岐部斜線は縦方向のSobelフィルタで検出困難

分類条件

エッジ ➡

35° < 角度 < 75° か？

No

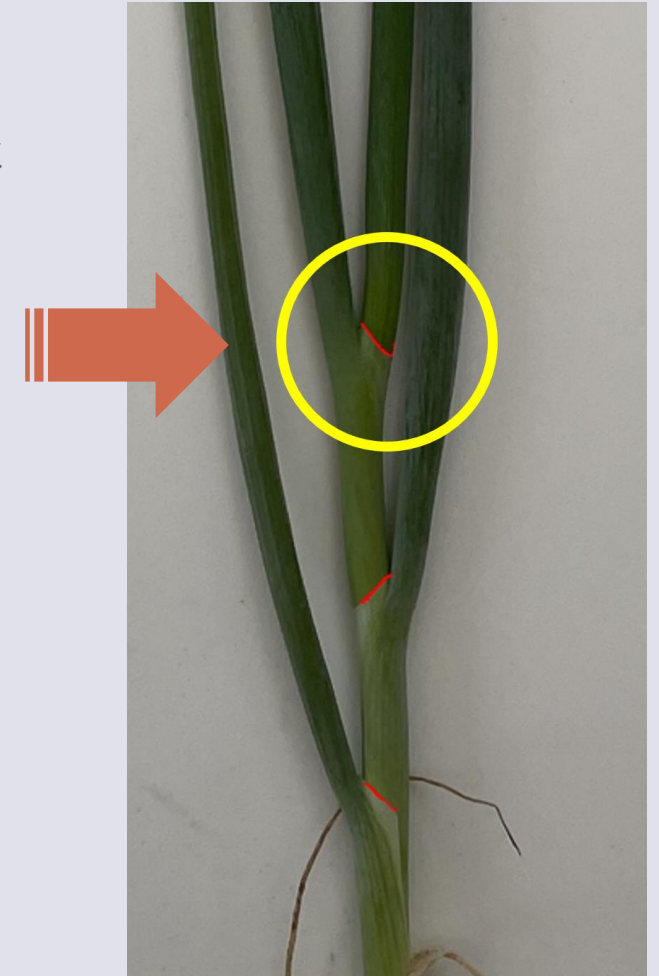


ノイズとして除去

Yesであれば
分岐部斜線として出力

4. 最上部エッジの位置出力

- ノイズ除去後に残るエッジは分岐部斜線
- 最上部のエッジを出力



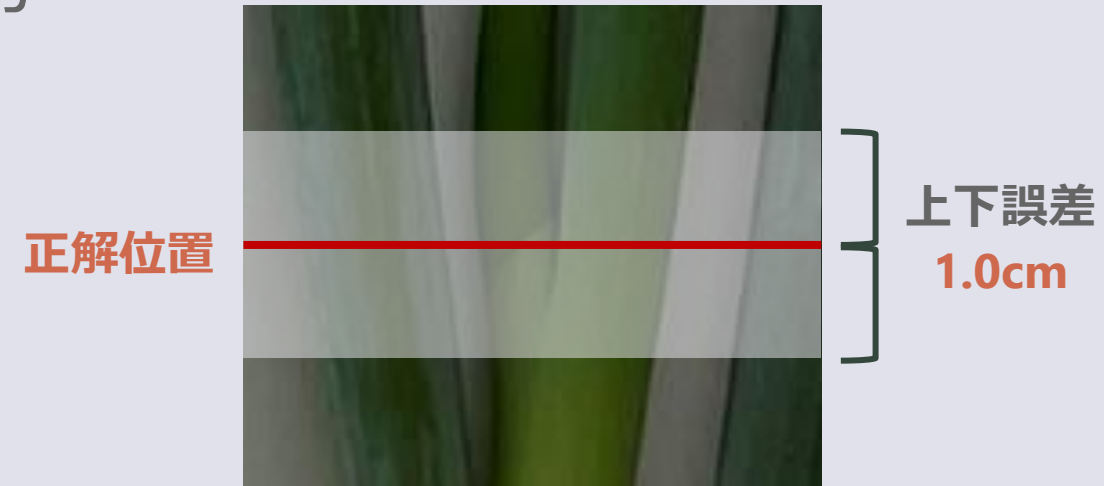
最上部のエッジ

実験目的

分岐部斜線検出における**本手法の有効性の評価**

実験方法

- こねぎ175本に対して実施
- **最上部のエッジの位置**と事前に目測で入力した分岐部の位置(正解位置)との誤差を出力
- **誤差1.0cm未満**であれば検出成功



結果

- 検出成功率 92%
- 本手法の分岐部斜線検出に対する有効性が示された

分類処理の効果

- 分類処理(ノイズ除去)なしでの精度は30%程度
- エッジ特徴量を組み合わせると**精度向上**

分類項目	割合
分類処理なし	28%
面積	68%
周囲長	71%
面積と周囲長	84%
面積と周囲長とエッジの角度(本手法)	92%

検出失敗例

- 分岐部斜線が**外葉に隠れている**と検出不可
- 分岐部斜線が葉の表面と**輝度差が小さい**(薄い)と検出困難



葉に分岐部斜線が隠れている

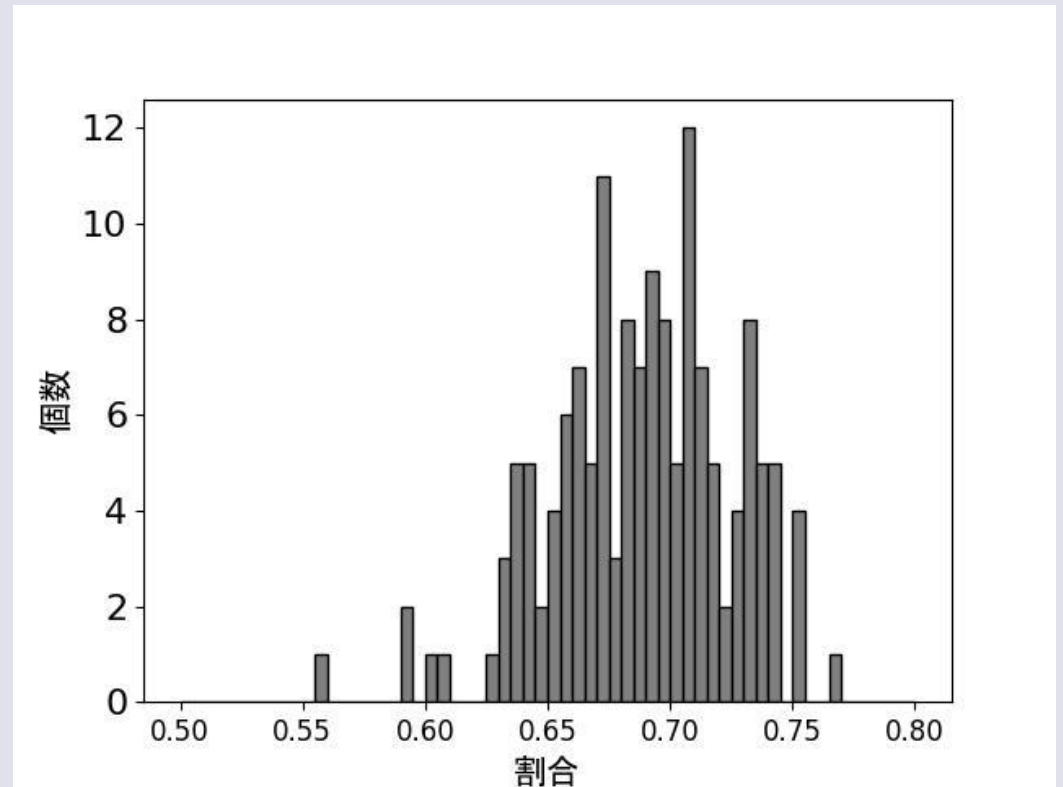
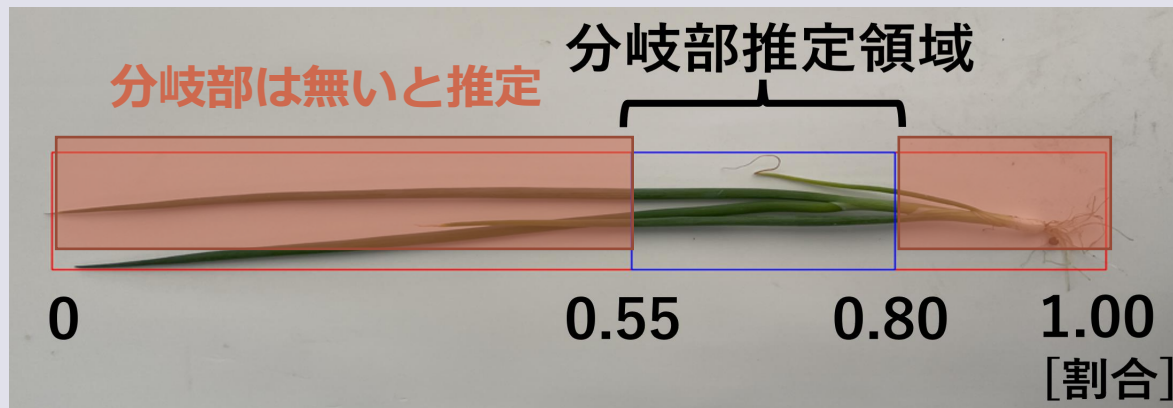
- エッジ検出とエッジ特徴量による分類を用いたアルゴリズムを提案
- 面積, 周囲長, エッジの角度が分岐部斜線の特徴量として有効
- 分岐部斜線検出手法として有効性を示すことができた

今後の課題

- アルゴリズム見直しによる分岐部斜線検出の精度の向上

分岐部推定領域

- こねぎ200本に対して調査
- 0.68を中心に分布



最上部分岐部位置ヒストグラム

分岐部斜線の角度

- こねぎ200本に対して調査
- 0.68を中心に分布

補足スライド

エッジの角度

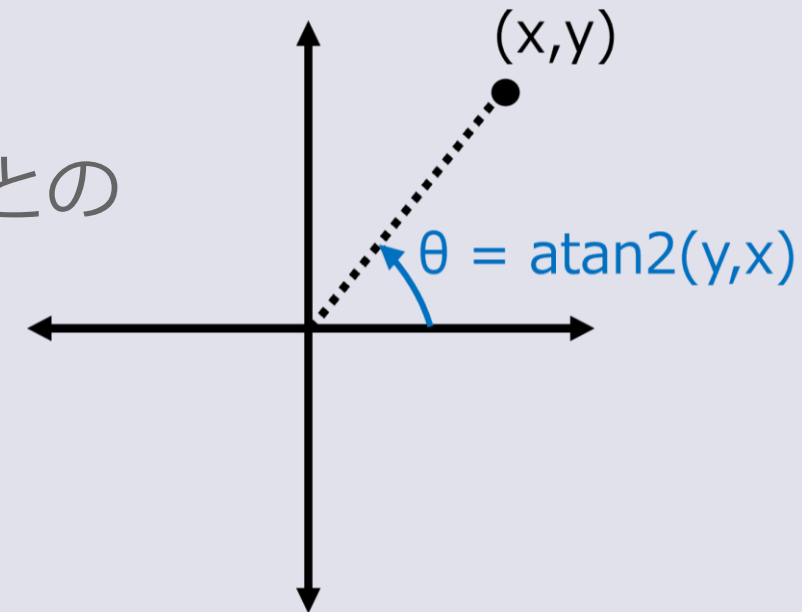
- エッジの 2 次元座標データを主成分分析
- x軸に対する主軸(第 1 主成分軸)の角度を算出



補足スライド

エッジの角度(導出詳細)

1. 第 1 主成分の固有ベクトル w_1 を導出
 2. 固有ベクトル w_1 に対して atan2 関数を適応
- atan2 関数とは
x軸(正の向き)と点 (x, y) まで伸ばした半直線との
 atan2 関数を用いて角度を出力



エッジ検出手法の比較

- Sobelフィルタ：検出精度と耐ノイズ性のバランスが良い

縦方向に限定して比較



Prewittフィルタ



Scharrフィルタ



Sobelフィルタ