

重畳する多数の線状物体から 個々の線状物体を抽出する方法

芝浦工業大学

システム理工学部 電子情報システム学科

画像応用システム研究室

教授 高橋 正信

2023年9月21日

背景

脱毛進行中の日本人は推定で約4270万人[1]

内服薬や外用薬による治療を行う人も居るが、
大きな変化がでるまで効果が分かりにくい

[1] “2017年頭髪悩み度調査(リーブ21)”,
<https://www.reve21.co.jp/files/2017/NewsRelease_20171113_02.pdf>

背景

フォトリコグラム法

髪を短く切った状態の頭皮を撮影

これによって

- 頭髪密度
- 頭髪の太さ
- 成長している頭髪の割合

などが計測可能

背景

一般人が頭髪を短く切るのは困難

頭髪を剃らずに頭髪の状態(頭髪密度, 太さ)を手軽に計測する機能

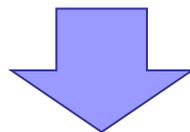
背景



頭皮が見えるようにして撮影
(USBカメラ or スマホ利用)

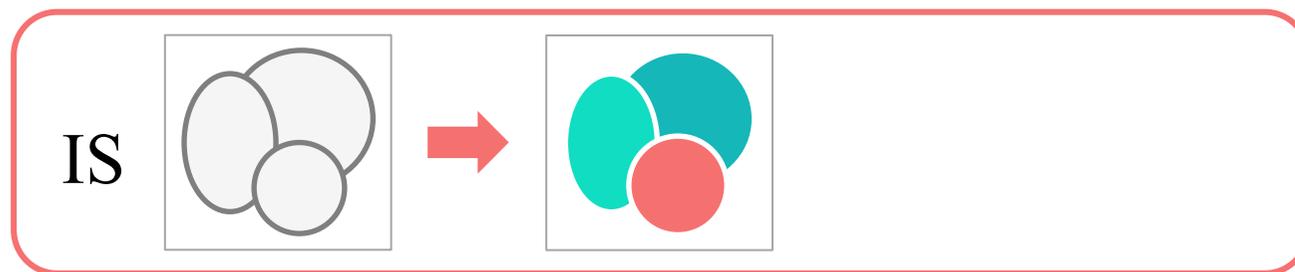
従来技術

毛髪一本一本を認識する手法



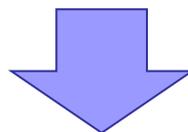
Instance Segmentation(IS)

- 物体の領域抽出とクラス分類を画素単位で実行



従来技術

重なっている毛髪一本一本を認識する手法



Amodal Instance Segmentation(AIS)

- 一部物体が重なっている場合のIS



従来技術

- **Mask R-CNN[2]**
- IS手法だがAISにも利用可能

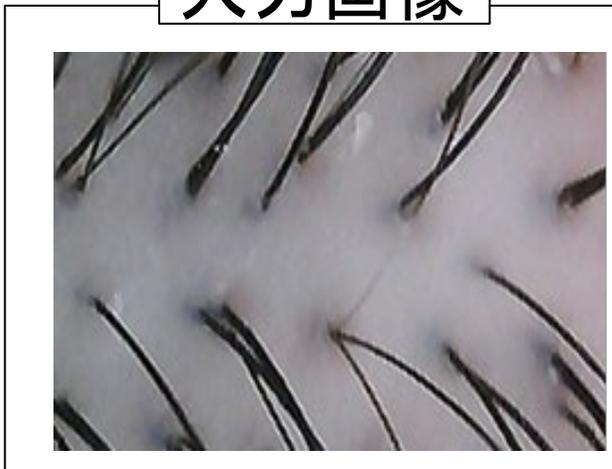
一部重なっている物体も抽出可能



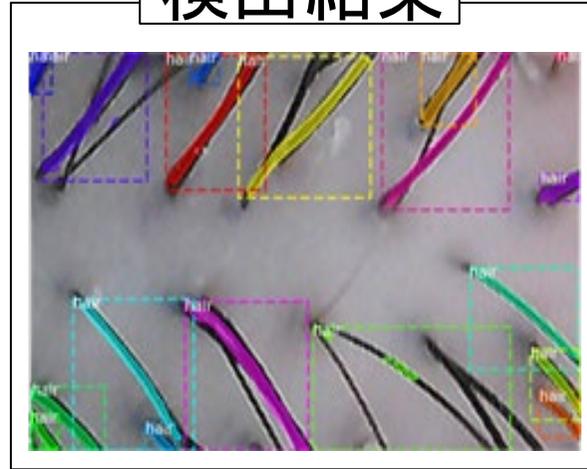
実行例

従来技術とその問題点

入力画像



検出結果

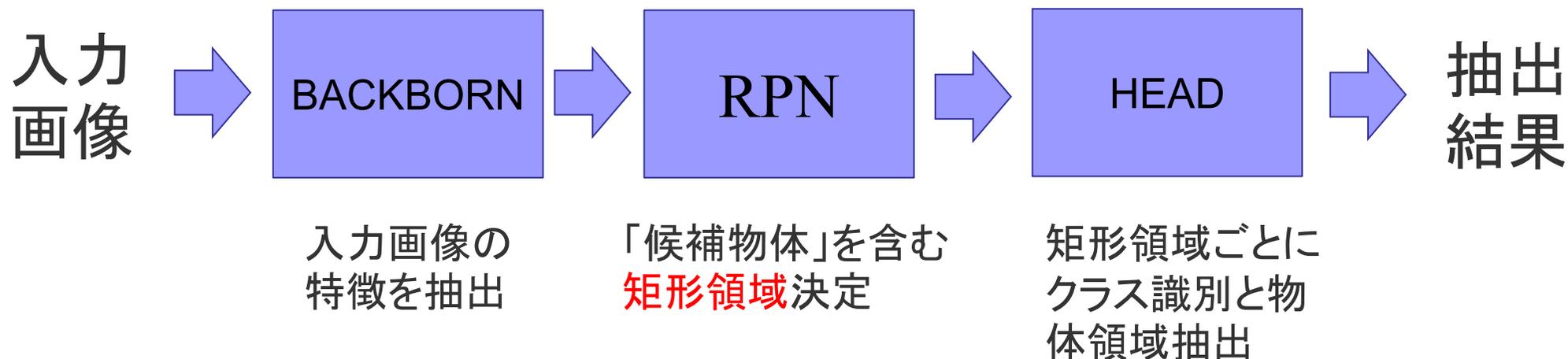


Mask R-CNNに毛髪画像を適用

検出できなかった頭髪の多くは重なり大きな頭髪

従来技術とその問題点

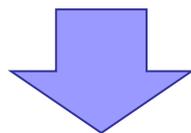
➤ Mask R-CNNの処理の流れ



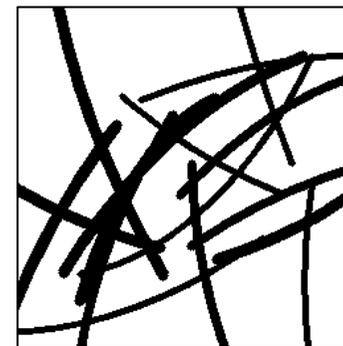
矩形領域 : Bounding Box (様々なサイズとアスペクト比)

従来技術とその問題点

- Bounding Boxの重なりが大きいと領域抽出精度が低下
- Bounding Boxの検出精度が領域抽出精度に影響
- 空間的に遠い領域を同じ物体と判断するのが難しい



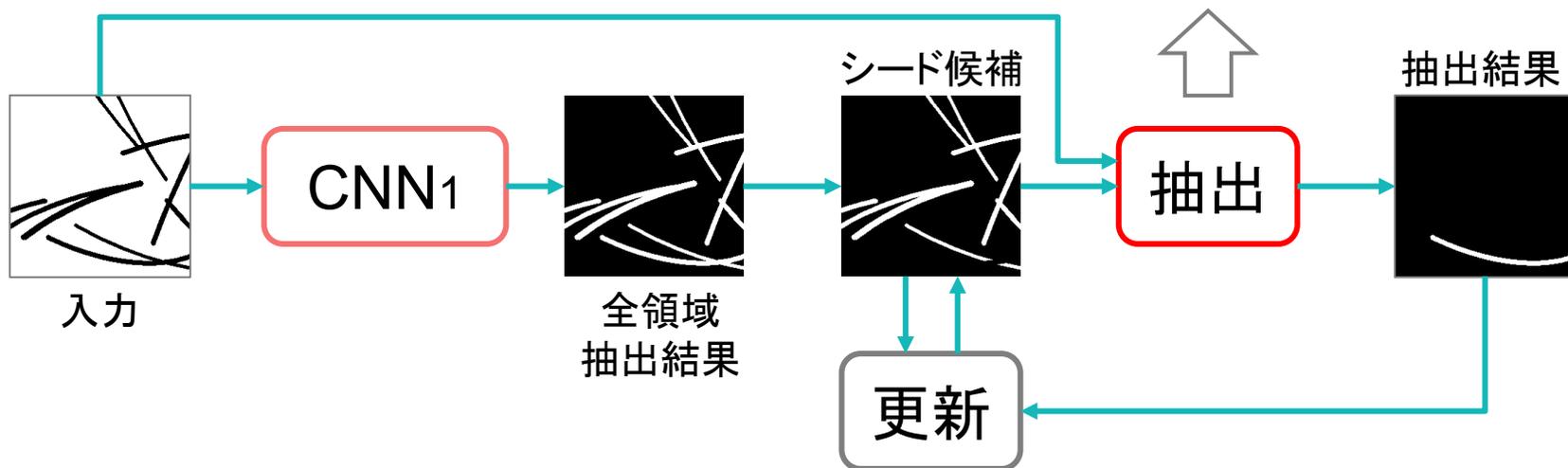
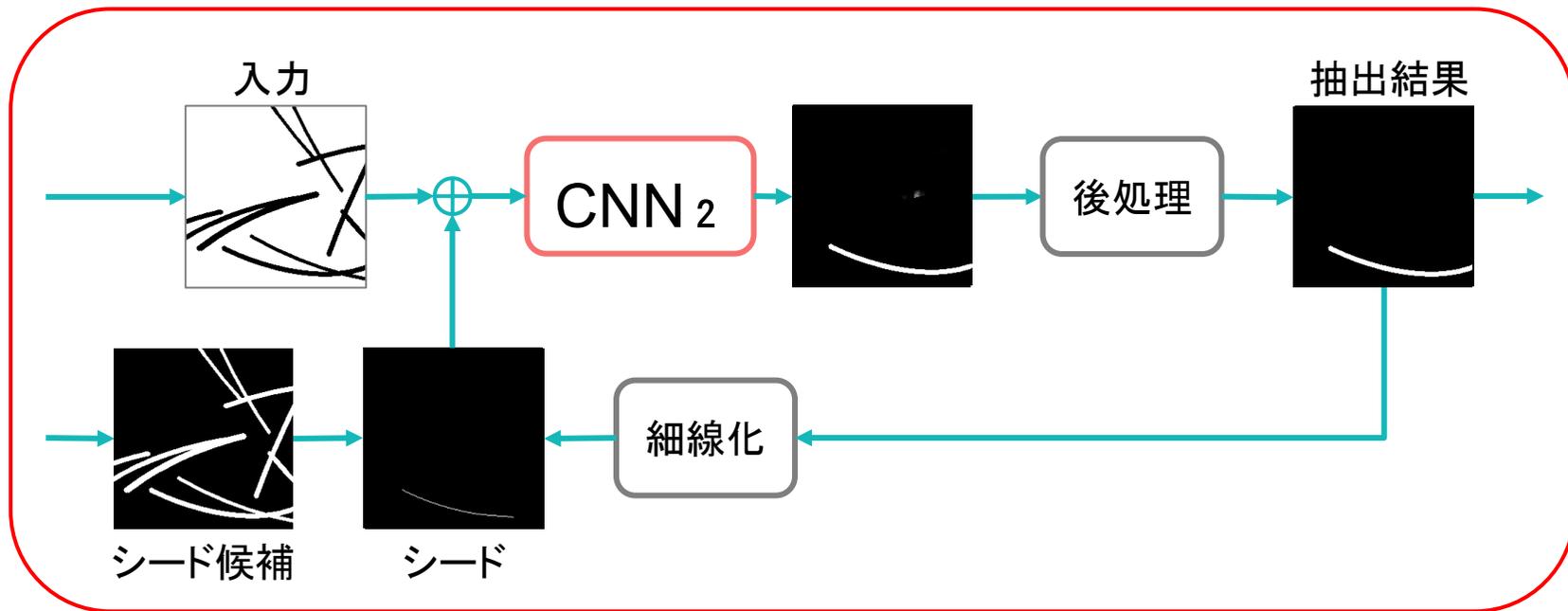
多数の線状物体が重なる状況は不得意



新技術のポイント

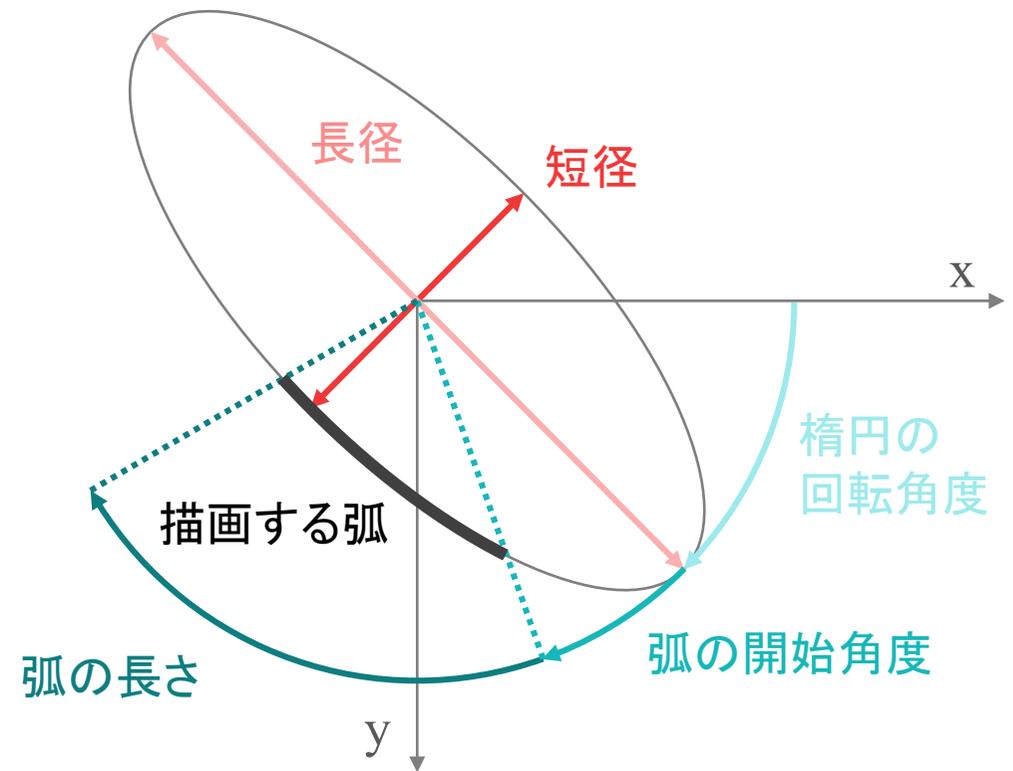
- 抽出対象を入力画像中に種領域(シード)で指定
 - Bounding Boxが不要
 - Bounding Boxの検出精度が領域抽出精度に影響しない
 - Bounding Boxがほぼ重なる状況でも高精度な領域抽出が可能
- 抽出結果を新たなシードとして処理を反復
 - 空間的に遠い領域を同じ物体として抽出可能
 - 長い線状物体も抽出可能

処理手順例



実験データ

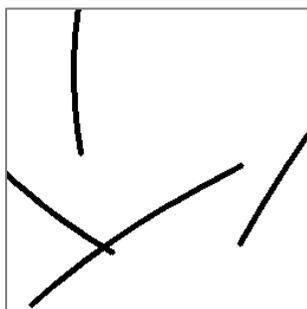
- 人工データ生成
- 楕円弧で模擬



実験データ

➤ 実験データ

- 画像枚数: 12,500枚
(学習用8,000枚, 検証用2,000枚, 評価用2,500枚)
- 平均物体数: 10.0[個]
- 分散: 4.0[個]

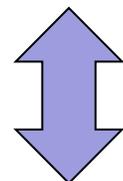


実装と学習

- 入出力サイズ: 256×256 [画素]
- CNN_1 : 白黒反転で代用
- CNN_2 :
 - ネットワーク: Attention U-Net
 - 反復抽出回数: 2回

評価指標

$$\text{適合率} = \frac{\text{正しく抽出された領域数}}{\text{抽出された領域数}}$$



トレードオフ

$$\text{再現率} = \frac{\text{正しく抽出された領域数}}{\text{正解の領域数}}$$

評価指標

➤ 評価指標

➤ AP50

➤ IoU閾値0.50としたAP (Average Precision: 平均適合率)

➤ AP75

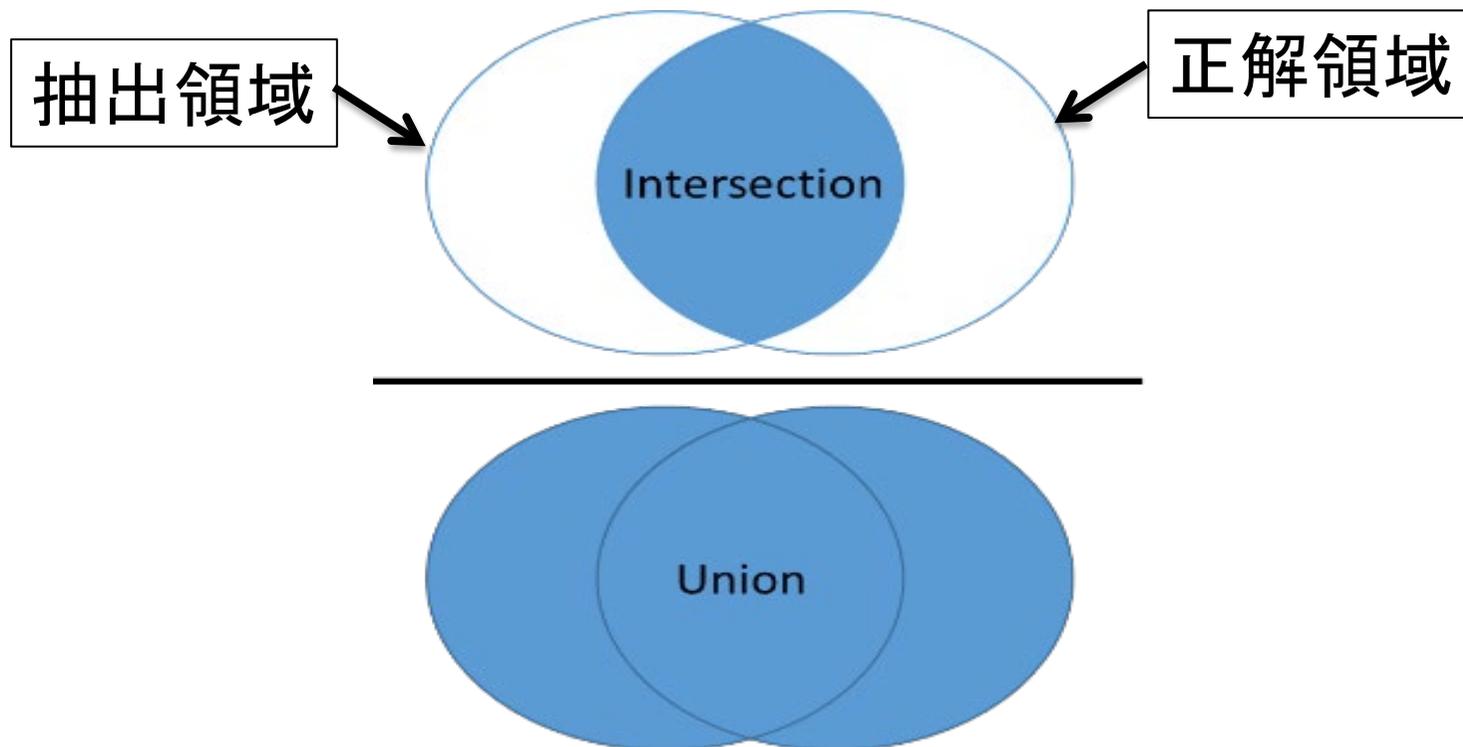
➤ IoU閾値0.75としたAP

➤ AP@[0.5:0.95]

➤ IoU閾値を0.50~0.95の間で変化させたAPの平均 (APと表記)

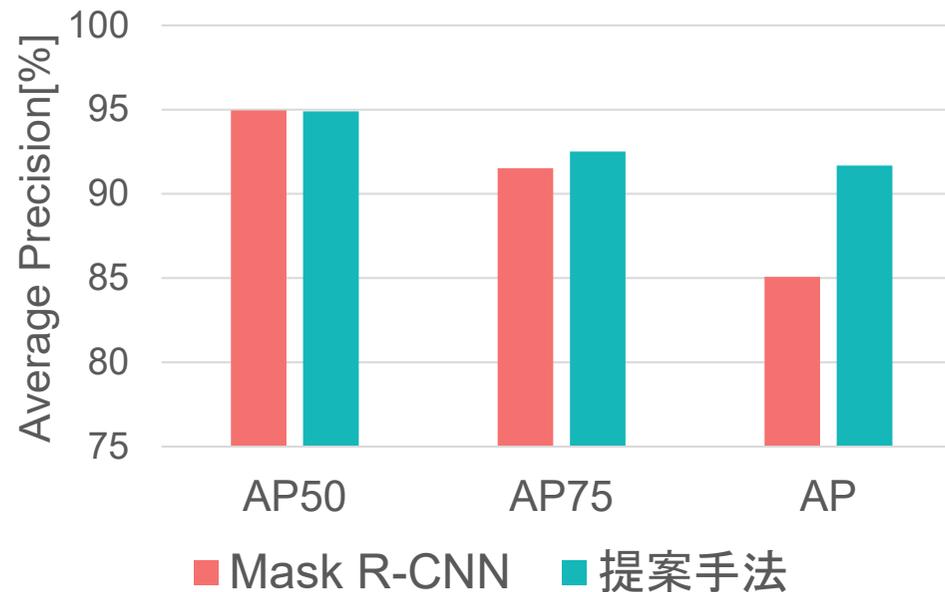
評価指標

➤ IoU (Intersection over Union)



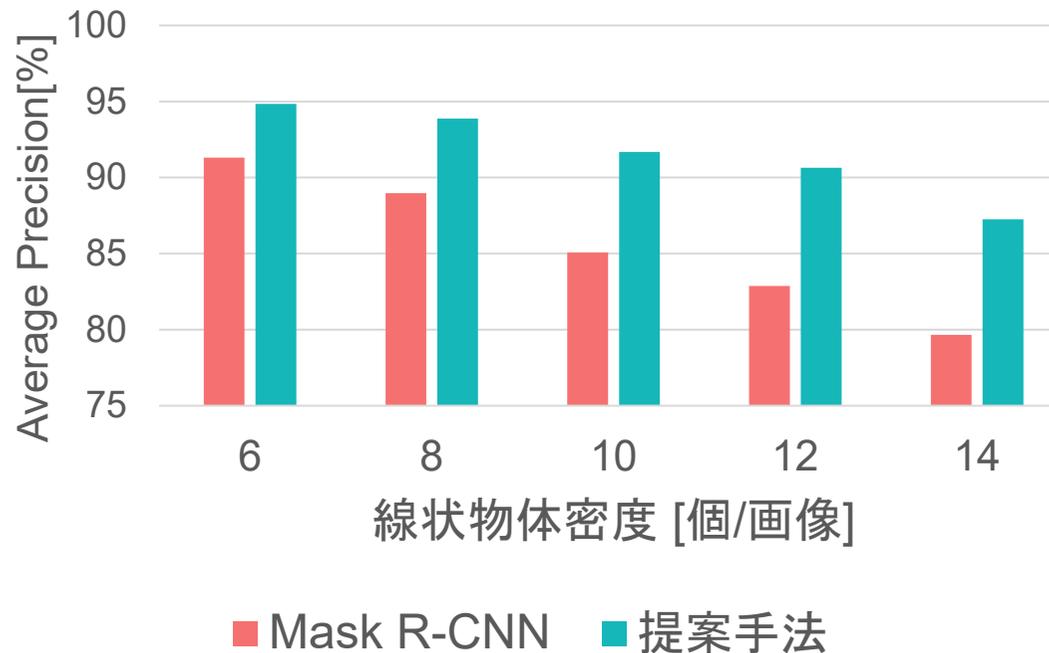
結果

- 線状物体密度10[個/画像]
- IoU閾値が大きいほど改善幅が大きい



結果

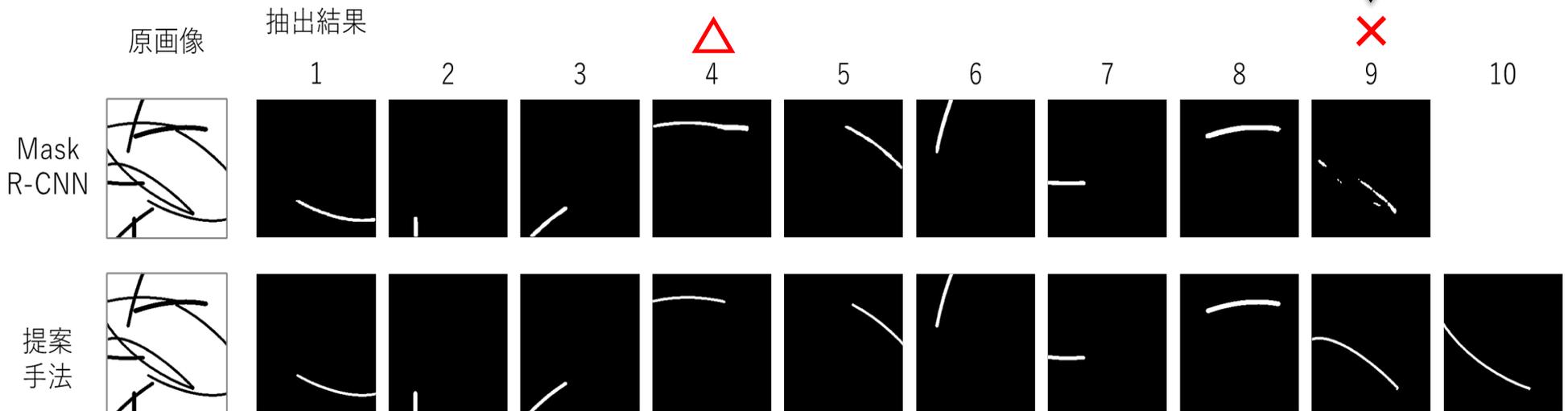
- AP (線状物体密度: 6~14[個/画像])
- 密度が高いほど改善幅が大きい



結果

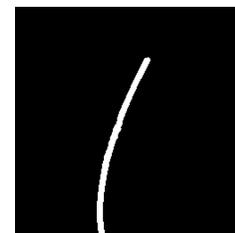
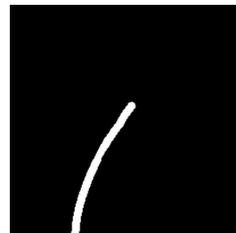
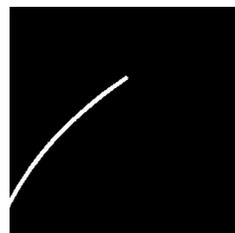
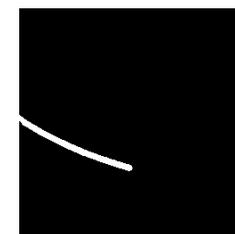
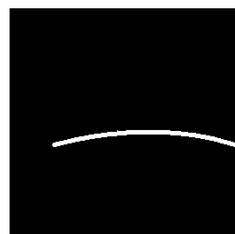
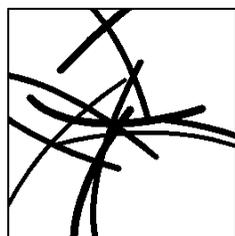
➤ 結果画像例1

2本のBounding Boxが
ほぼ重なる状況



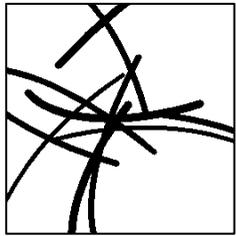
結果

➤ 結果画像例2(提案手法)

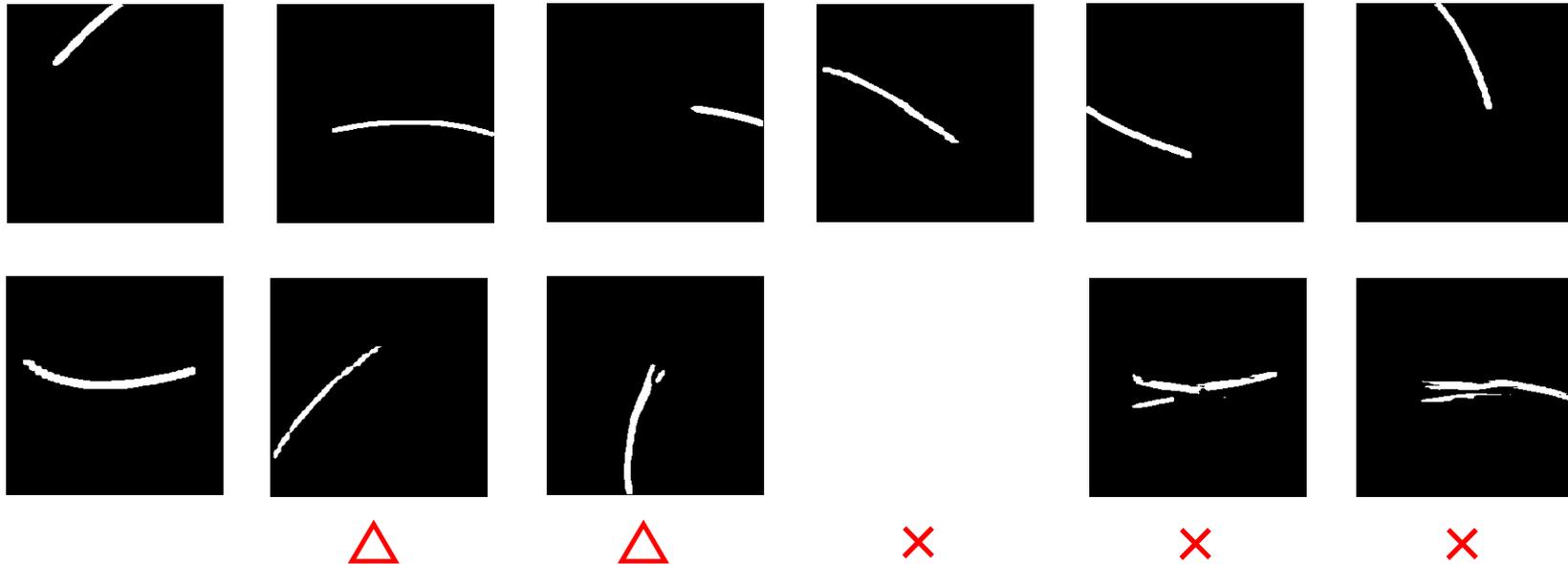


結果

➤ 結果画像例2 (Mask R-CNN)

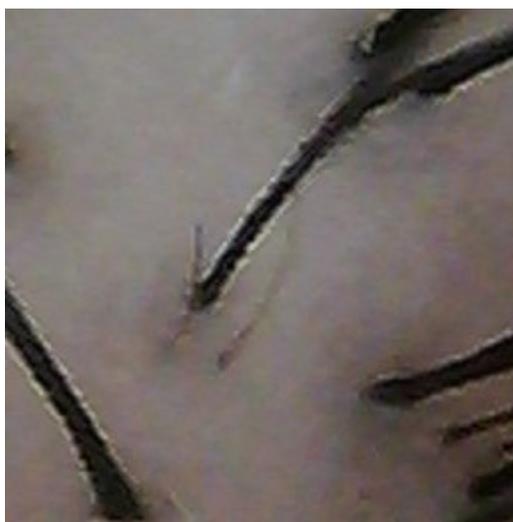


物体が込み合った状態で
抽出漏れや誤抽出が発生



結果

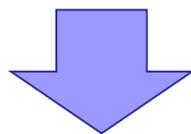
➤ 実画像への適用例



新技術の特徴・従来技術との比較

- 抽出対象を画像中で種領域(シード)で指定
- 抽出結果を新たなシードとして処理を反復

- Bounding Boxが重なる状況でより高精度
- 空間的に遠い領域を同じ物体として抽出可能



頭髪のような重畳する多数の線状物体から個々の線状物体を抽出するのに適

想定される用途

- 頭髪や毛髪などの密度や太さなどの計測システム
- 毛のような細長い物体以外にも、多数の同種物体が重畳している状況での個数カウントなどにも適用可能と思われる。

実用化に向けた課題

- 実画像を用いた実験に利用する頭髪画像の取得とアノテーション
- 毛根の抽出機能の実現

企業への期待

- 頭髪や毛髪、線状物体などの実画像の提供、
あるいは共同研究を希望

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 毛状体の抽出方法、及び推論モデルの生成方法
- 出願番号 : 特願2023-005789
- 出願人 : 芝浦工業大学
- 発明者 : 高橋正信、他

お問い合わせ先

芝浦工業大学
研究推進室研究企画課

T E L 03-5859-7180

F A X 03-5859-7181

e-mail sangaku@ow.shibaura-it.ac.jp