

Mask IoUを加えたnasuSORTによる 重なり・非線形的な移動に頑健な小動物追跡

宮崎大学 工学部 工学科 情報通信工学プログラム

指導教員 椋木雅之

60223700 銭 毅杰

2026/02/12

はじめに：研究背景

- 複数物体追跡 (MOT) [1]

- 自動運転 🚗 や生態解析 🐏 への応用

- 小動物追跡の限界

- 群れ行動による重なりが頻発する

- 急激な方向転換や速度変化

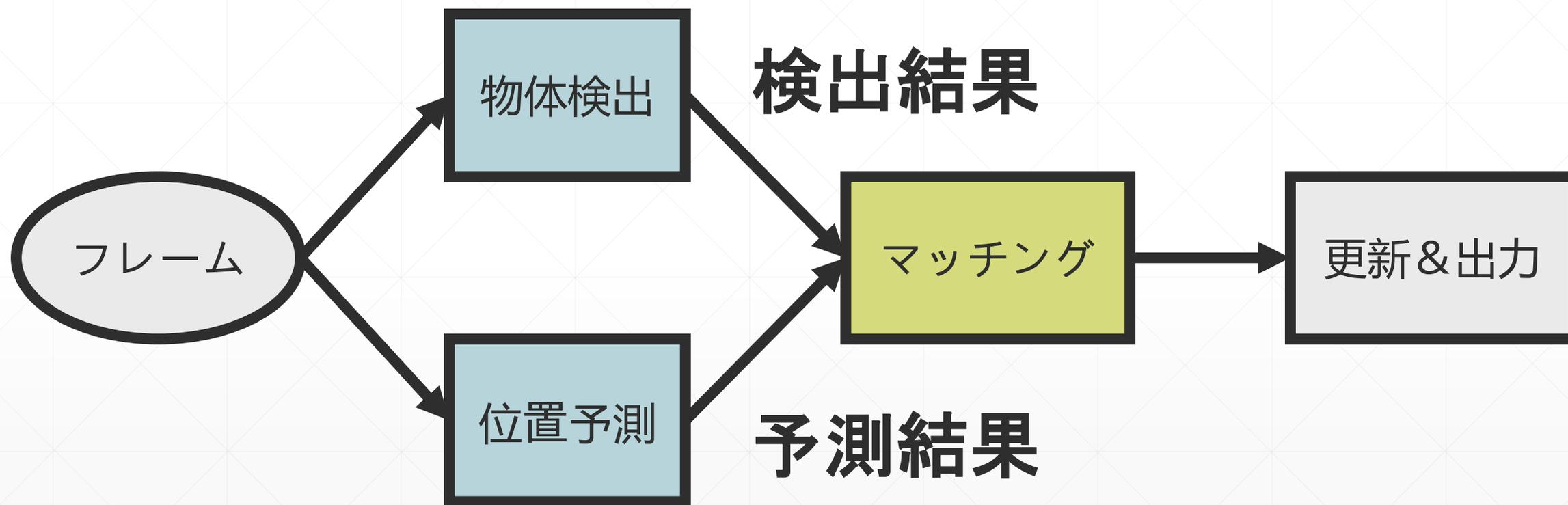


線形的な移動



微小差異・密集・不規則な移動
(非線形的な移動)

Tracking-by-Detection型の複数物体追跡



追跡：物体を検出し、それを時間軸で繋ぐ

従来手法

- SORT [2]

- 代表的なTracking-by-Detection型の手法

- 複数小動物用SORT [3]

- 「二段階マッチング」と「滞留」状態を導入した手法

- nasuSORT [4]

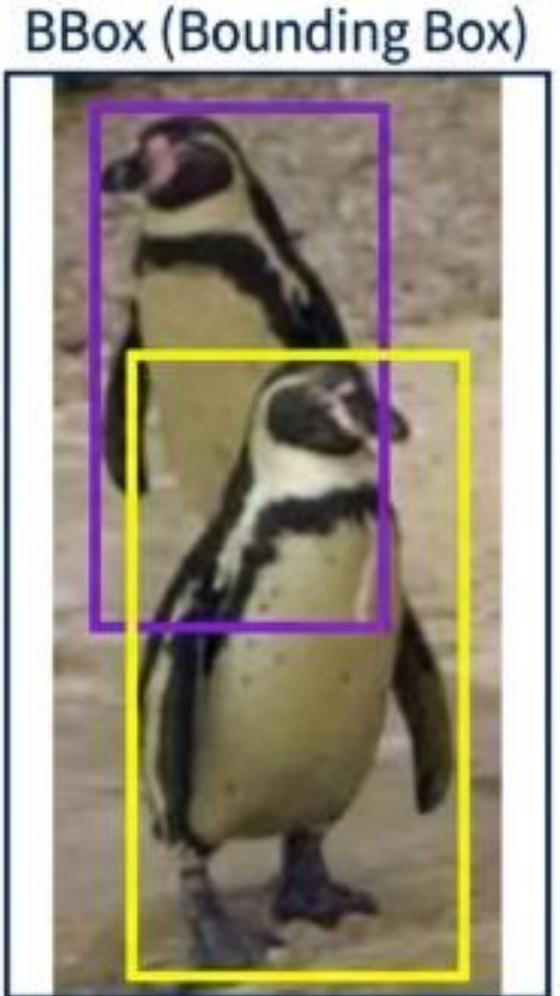
- 複数小動物用SORTに「Soft-NMS」を導入した手法

従来手法の問題点：BBoxの限界

- 背景を多く含んでしまう
 - 空気, 壁 etc.
- 重なり具合を正しく表さない
 - 他個体を過分に含んでしまう
- 非線形的な移動による影響
 - 予測と検出のズレが発生する

追跡が途切れる

- ID Switch
- Track消失



本研究の目的

重なりや非線形的な移動が頻発する環境でも
頑健な追跡手法の構築

アプローチ：
nasuSORTにMask IoU導入

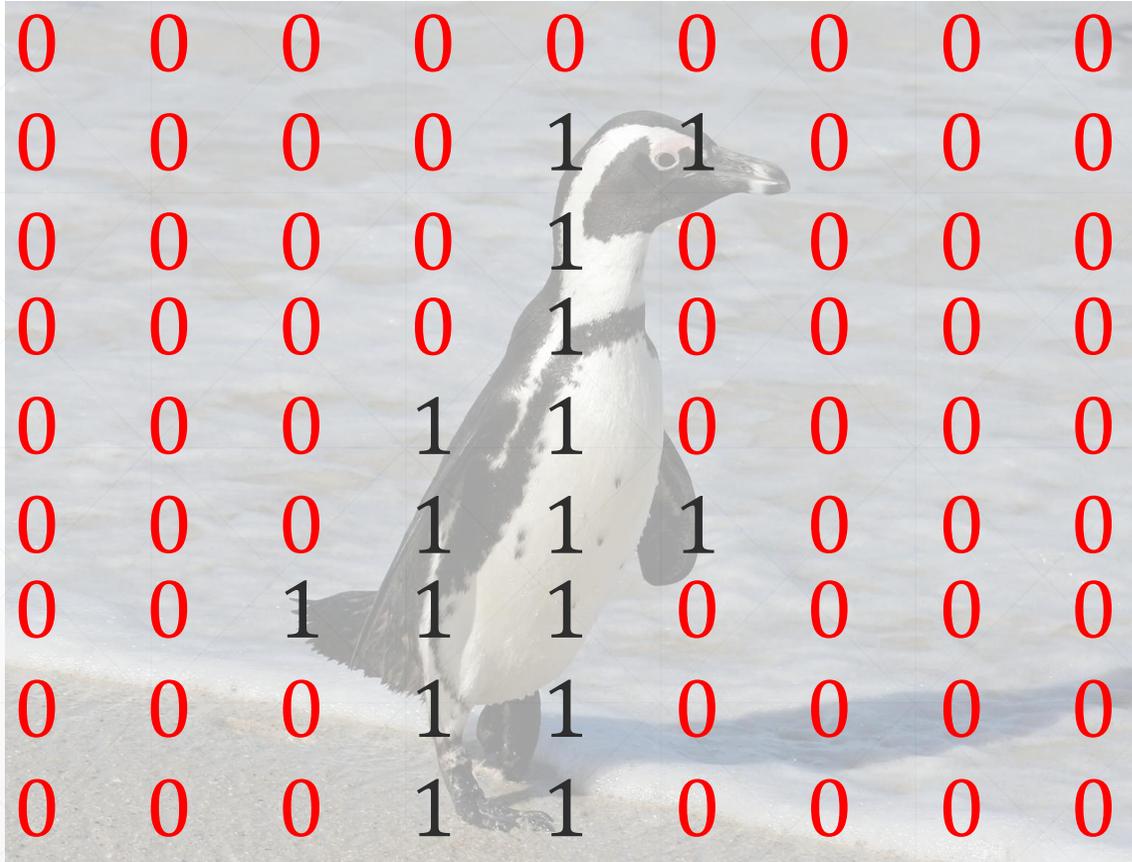
Mask IoUは、
背景ノイズを排除し、
画素単位の「形状」で類似度を評価

→追跡の継続性を向上

Segmentation (Mask)



Mask



Mask :

- > $n \times m$ の行列
- > 値1は物体領域
- > 値0は背景領域

nasuSORT

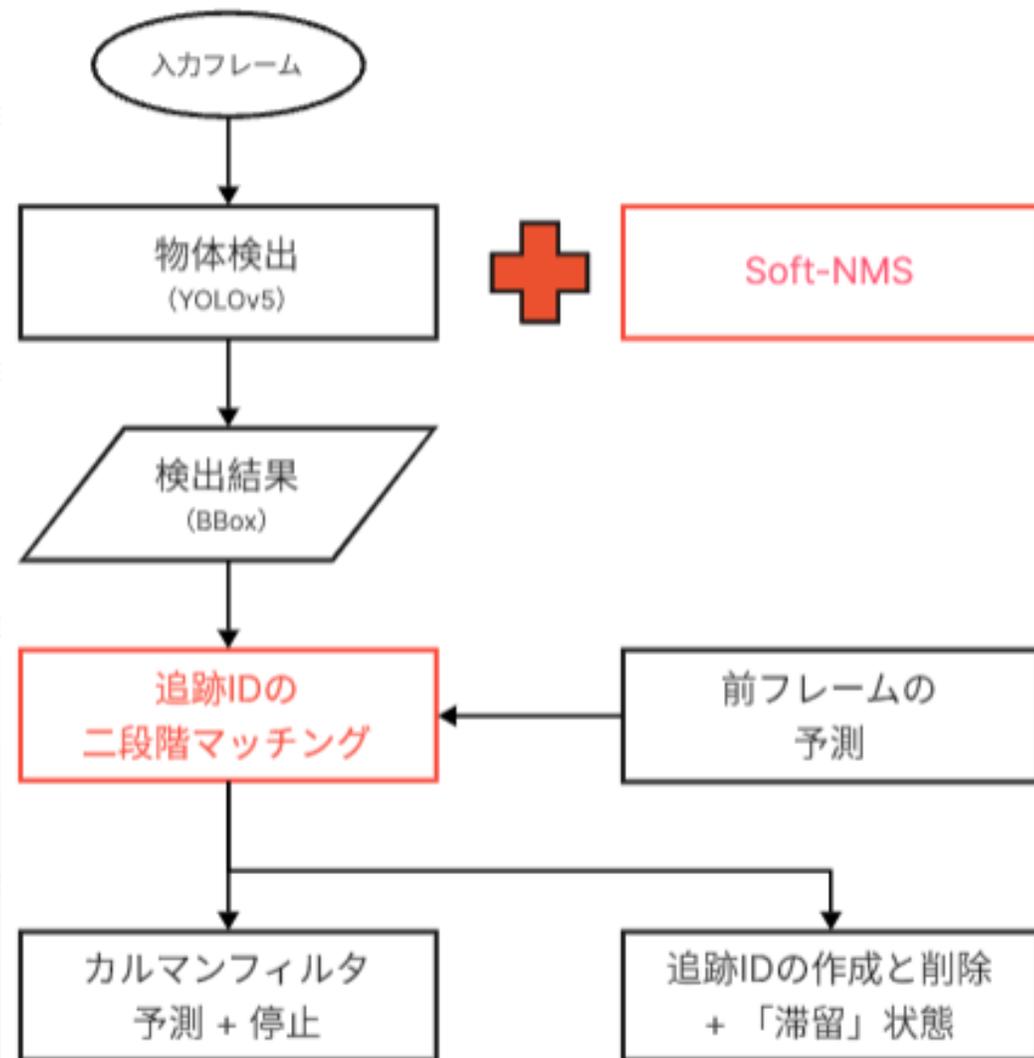
- 二段階マッチング

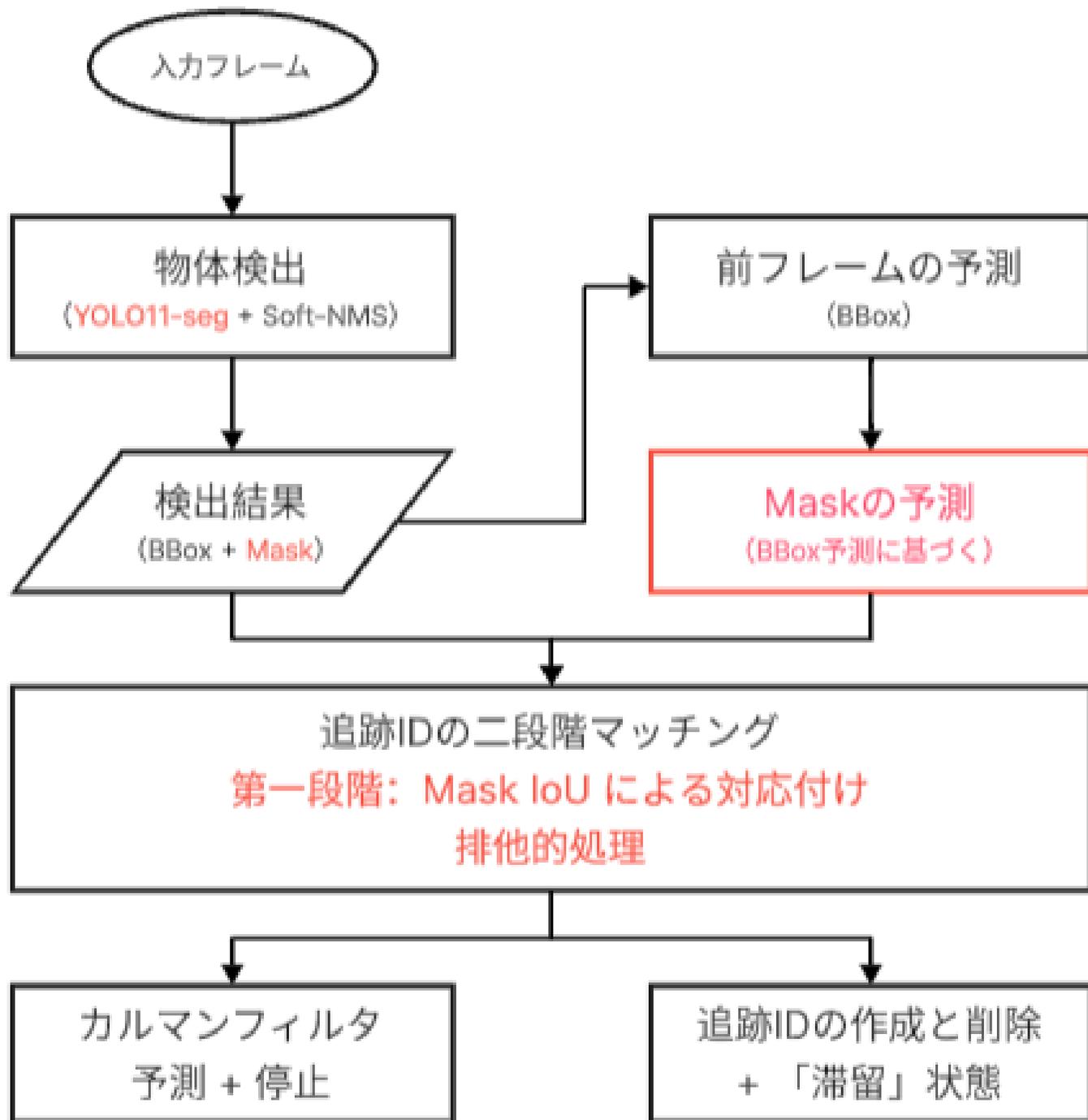
- 第一段階：高信頼度検出を扱う
- 第二段階：低信頼度検出を扱う
(追跡IDの新規作成なし)

- Soft-NMS

- 検出候補のスコアを下げて残す

➔ 検出漏れの抑制ができる





提案手法の全体像

アプローチ 1 : Maskの予測

アプローチ 2 : Mask IoUを用いた第一段階のマッチング

アプローチ 3 : 排他的処理

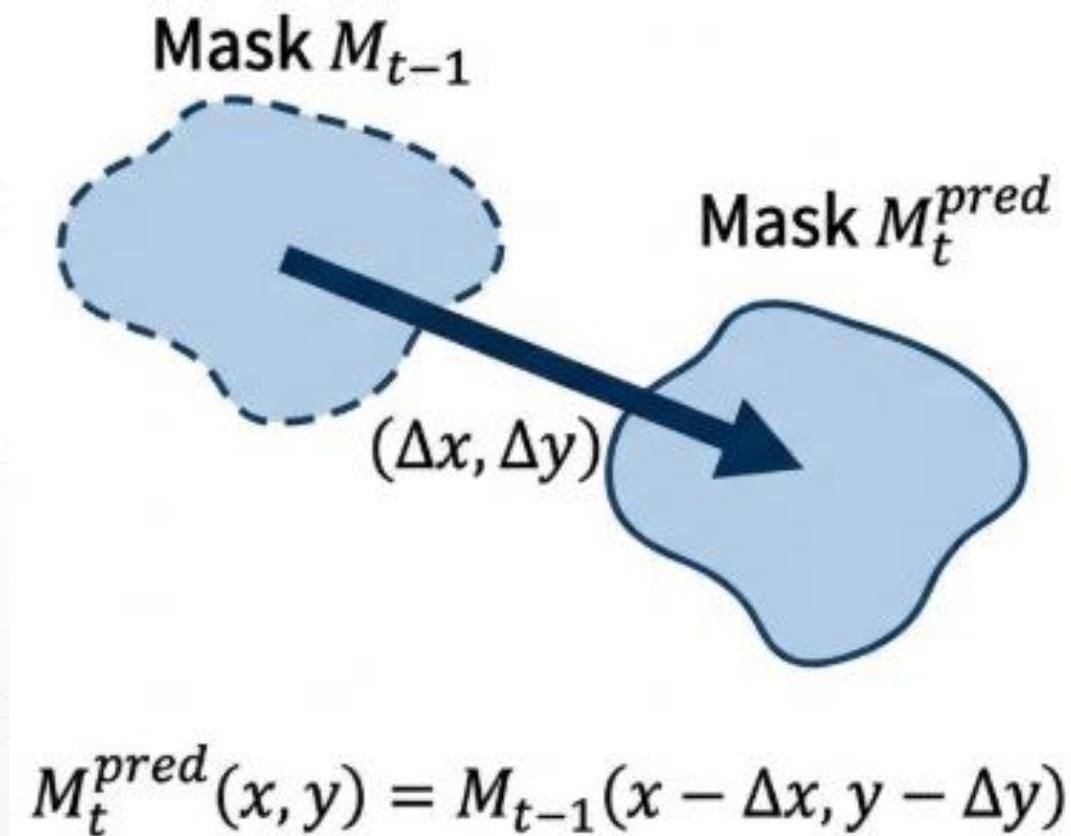
Maskの予測

- 課題

- カルマンフィルタは、
BBBoxしか予測しない

- 解決策：平行移動モデル

- BBoxの移動量 $(\Delta x, \Delta y)$ 分だけ、
Maskをずらす



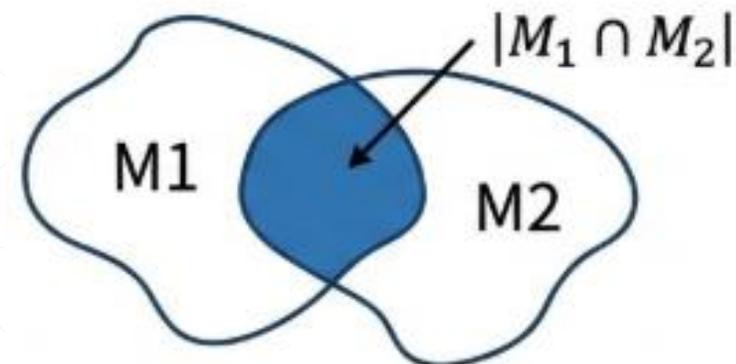
Mask IoUを用いた第一段階のマッチング

● 定義

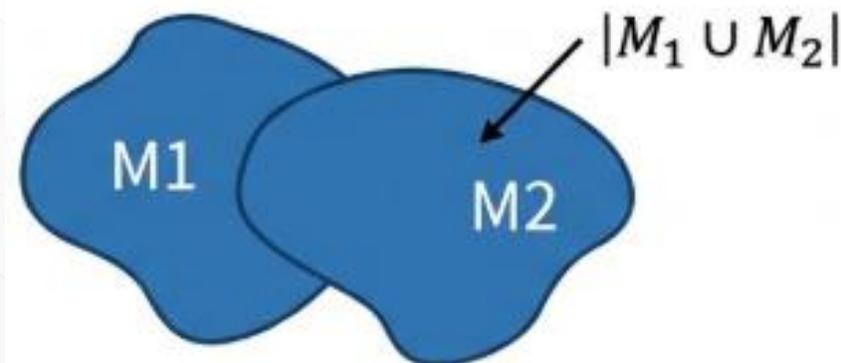
➤ IoU : 画素単位での重なり率

● メリット

- 重なり環境下での信頼性が高い
- 検出と予測はズレがあっても、
物体の形状で評価できる



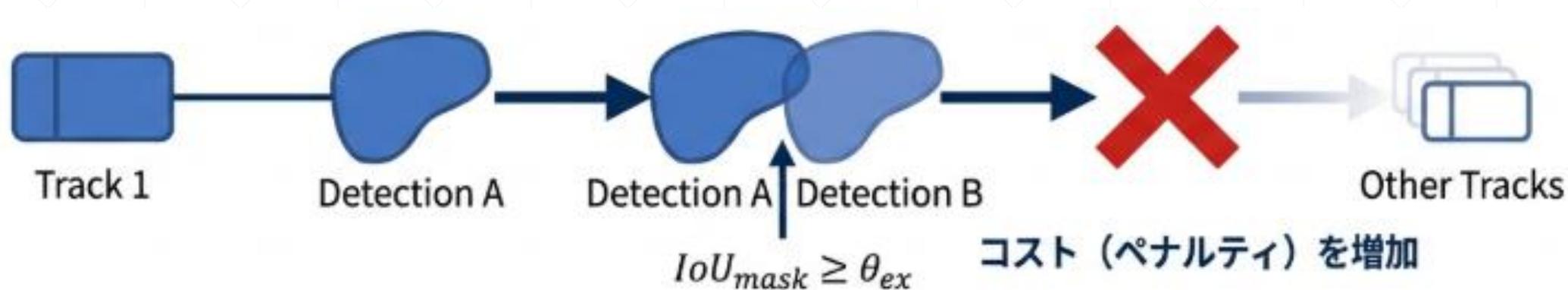
$$IoU_{mask} = \frac{|M_1 \cap M_2|}{|M_1 \cup M_2|}$$



排他的処理

背景：Soft-NMSは複数のDetectionを残す

→ 同一物体が複数の対象として扱われる



効果：可能な限り「1つの物体には1つのID」を守る

実験設定：データセット

使用データ：ペンギンの群れ動画 (Pexels) [5]



動画①
近距離、個体が少ない



動画②
遠景、水面移動あり



動画③
カメラ移動、密集

評価指標：ID Switch (低いほど良い), Track ID数 (正解に近いほど良い)

実験手法

	二段階マッチング	Soft-NMS	Mask IoU	排他的処理
nasuSORT	✓	✓		
YOLO11-tracker	✓			
My_nms_bbox	✓			
My_nms_mask	✓		✓	
My_soft-nms_mask	✓	✓	✓	
提案手法 (*)	✓	✓	✓	✓

(*) My_soft-nms_mask_exclusivity

実験結果 (ID Switch数)

手法	動画① (Easy)	動画② (Medium)	動画③ (Hard)
nasuSORT	9	3	19
YOLO11-tracker	2	8	15
My_nms_bbox	2	21	13
My_nms_mask	1	6	9
My_soft-nms_mask	1	5	9
提案手法	1	5	7

提案手法は追跡IDを安定して維持できる

実験結果 (Track ID数)

手法	動画① (Easy)	動画② (Medium)	動画③ (Hard)
nasuSORT	13	7	21
YOLO11-tracker	6	17	21
My_nms_bbox	6	30	19
My_nms_mask	5	15	13
My_soft-nms_mask	5	14	13
提案手法	5	14	12
正解	4	10	7

提案手法により追跡が途切れることが少ない

追跡実験



nasuSORT



提案手法

まとめ

nasuSORTに Mask IoUを加え、

Mask予測 および 排他的処理 を適用する手法を提案した

➡従来手法と比較して、

検出漏れを防ぎつつ、追跡IDの安定性を維持できた

今後の課題

完全に隠れる場合や激しい変形時のMask予測精度向上

参考文献

- [1] MOTアルゴリズムの歴史について
<https://tech.acesinc.co.jp/entry/2021/11/08/133336>
- [2] Alex Bewley, Zongyuan Ge, Lionel Ott, Fabio Ramos, Ben Upcroft,
『Simple Online and Realtime Tracking』 2016 IEEE International Conference
on Image Processing (ICIP)
- [3] 長友 祐磨, 『滞留状態と二段階マッチングを追加したSORTによる複数小物体追
跡の同時追跡』 令和4年度 宮崎大学工学部 卒業論文 (2022)
- [4] 奈須 泰樹, 『Soft-NMS を追加した SORT による重なりに強い複数物体 追跡』
令和5年度 宮崎大学工学部 卒業論文 (2023)
- [5] Pexels, <https://www.pexels.com/zh-cn/search/videos/penguin/>, (参照
2025/06)