



河川監視カメラ画像を用いた 低コストかつ汎用的な 水面検知システムの開発

令和7年6月20日

能登谷祐一・神瀬 史雄・芥田 直輝・守谷 将史・辻倉 裕喜

建設技術研究所 大阪本社水システム部



発表内容

1. はじめに
2. 水面検知手法
3. 実フィールドにおける精度検証
4. おわりに（得られた結果）

[1. はじめに] 研究の背景・目的等

河川管理者が膨大な情報の中、迅速・的確な判断を下すことは容易でない
⇒カメラ画像から危険度をアラート表示し、省力化につなげたい

【背景・社会的課題】

- 豪雨時に河川管理者は、タイムリーかつ適切に災害対応・情報発信することが求められる。
- 入ってくる情報は多種多様かつ膨大
- 河川監視カメラのみ設置された箇所において、目視で判断する他なく、見逃しが生じる可能性もある。
- 深刻な人材不足も続いている。



【目的】

- カメラ画像から水陸境界位置を捉え、危険度をアラート表示し見逃し防止や省力化につなげたい

[1. はじめに] 既往研究の概要

一般的な既往手法（CNN）：

水面域を人の手で大量にラベリングしたものを学習

水面域をラベリング



学習用画像



予測

予測（運用時）は学習したパラメータにより入力層～出力層の予測計算のみ行う

学習

(1) 予測計算

①入力層

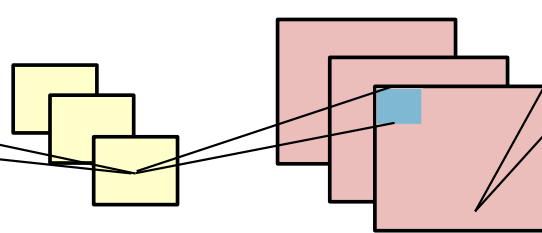
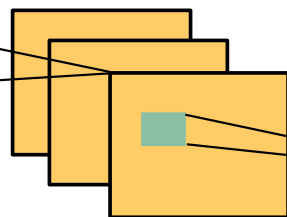
②畳み込み層

③プーリング層

④逆畳み込み層

⑤出力層

⑥ 正解画像



比較



学習画像

CNNによる画像データの特徴抽出

水面検知結果

正解画像との比較

(3) パラメータ更新

最適化関数（例：SGD）による
各パラメータの更新

(2) 損失計算

正解画像に対する損失関数
（例：交差エントロピー誤差）

[1. はじめに] 既往研究の課題

既往手法として広く用いられるCNNの課題は以下の通り

● 既往研究の主な課題

高コスト:

大量の学習データを作成する必要があり、モデル構築におけるコストが大きい。

低い汎用性:

汎用性が低く、構築済みのモデルを新たな撮影対象地点に適用する場合に十分な精度が得られにくい。

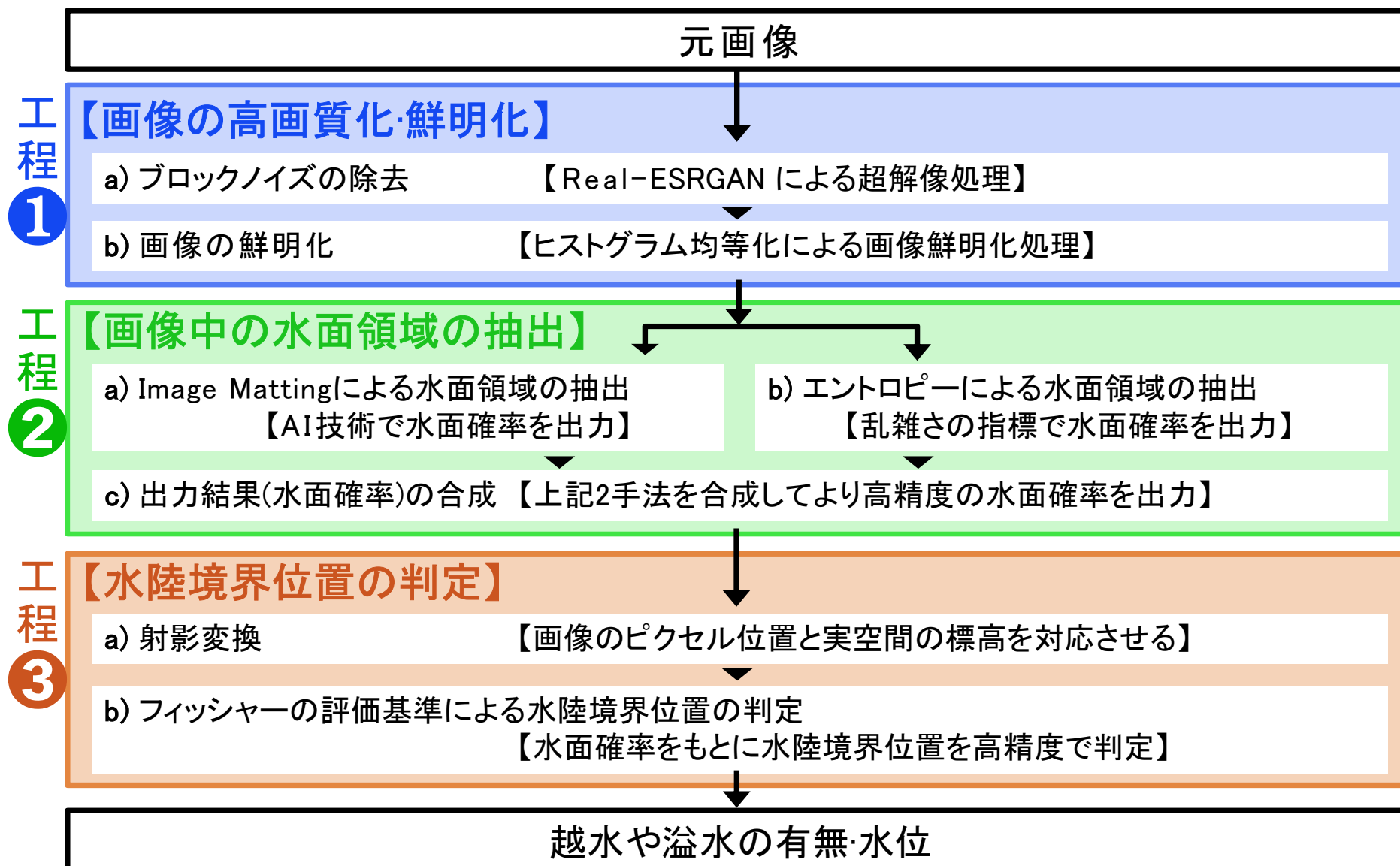
日照・撮影条件変化に対する低い頑健性:

画像の明るさや霧・もやの発生など、撮影環境の変化に弱く、重要な水陸境界部分をうまく捉えられない場合がある。

本研究ではこれら課題に対する克服を狙った

[2. 水面検知手法] 処理フロー

大きく3工程で処理フローを構成する



[2. 水面検知手法] 工程①：画像の高画質化・鮮明化

Real-ESRGANを用いてブロックノイズを除去



- ・**ブロックノイズ(モザイク状のノイズ)**は画像容量圧縮に起因して生じる場合が多く、**水位判読誤差の要因**となる。
- ・**本処理により、ブロックノイズが概ね除去され、滑らかな画像が得られる。**
- ・**水陸境界部を捉える目的から、物体のエッジを残しつつ、画像としては滑らかにする必要があります。→AI的手法が良好**

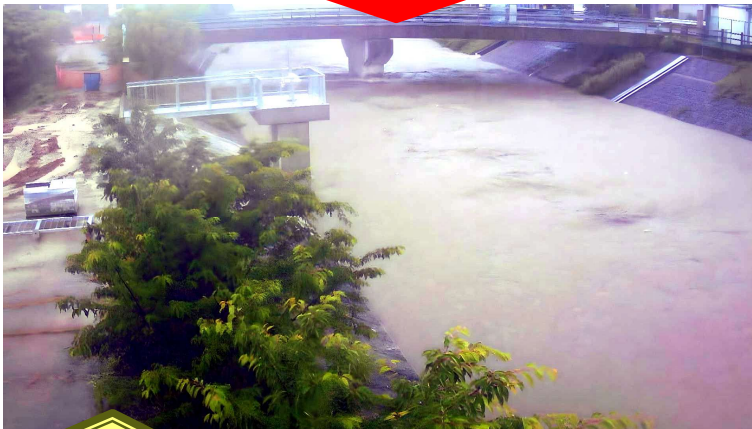
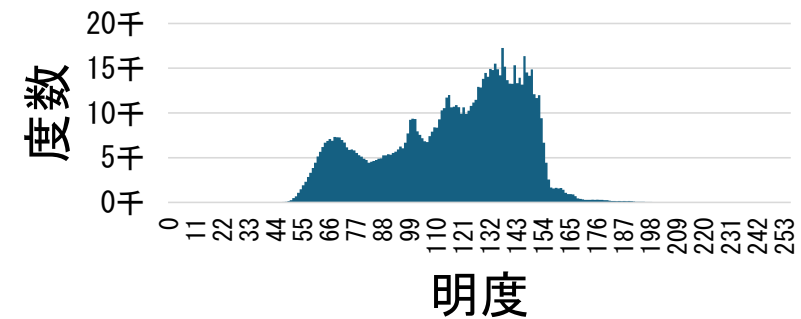


[2. 水面検知手法] 工程①：画像の高画質化・鮮明化

ヒストグラム均等化を用いて画像を鮮明化



元画像明度分布



ヒストグラム均等化後
明度分布

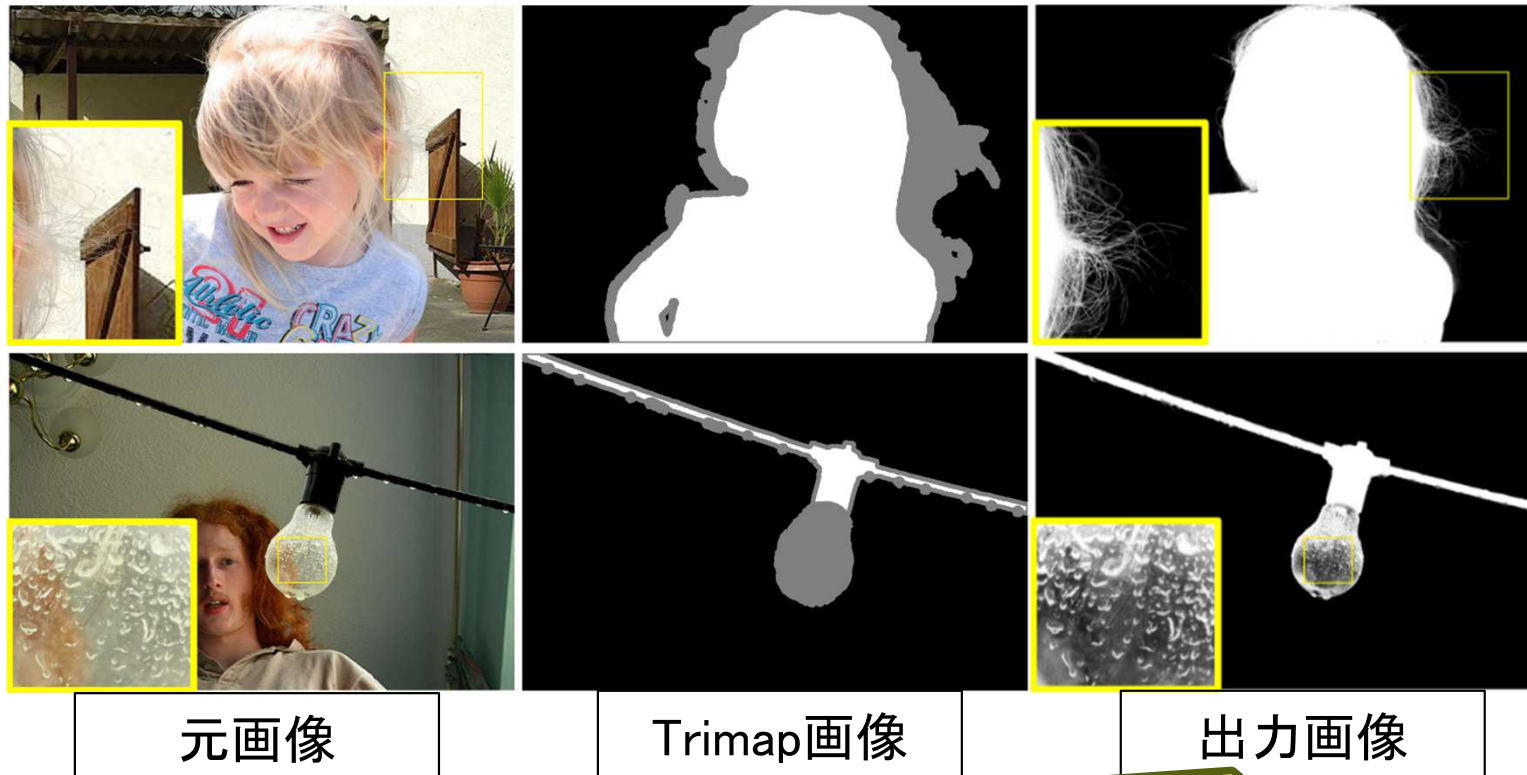


- ・画像中の濃淡を明瞭化し、もやがかるような場合でも水陸境界を鮮明に

- ・明度の分布を広く分散させる

[2. 水面検知手法] 工程②：画像中の水面領域の抽出

Image Mattingの概要（Trimap画像による前景抽出）

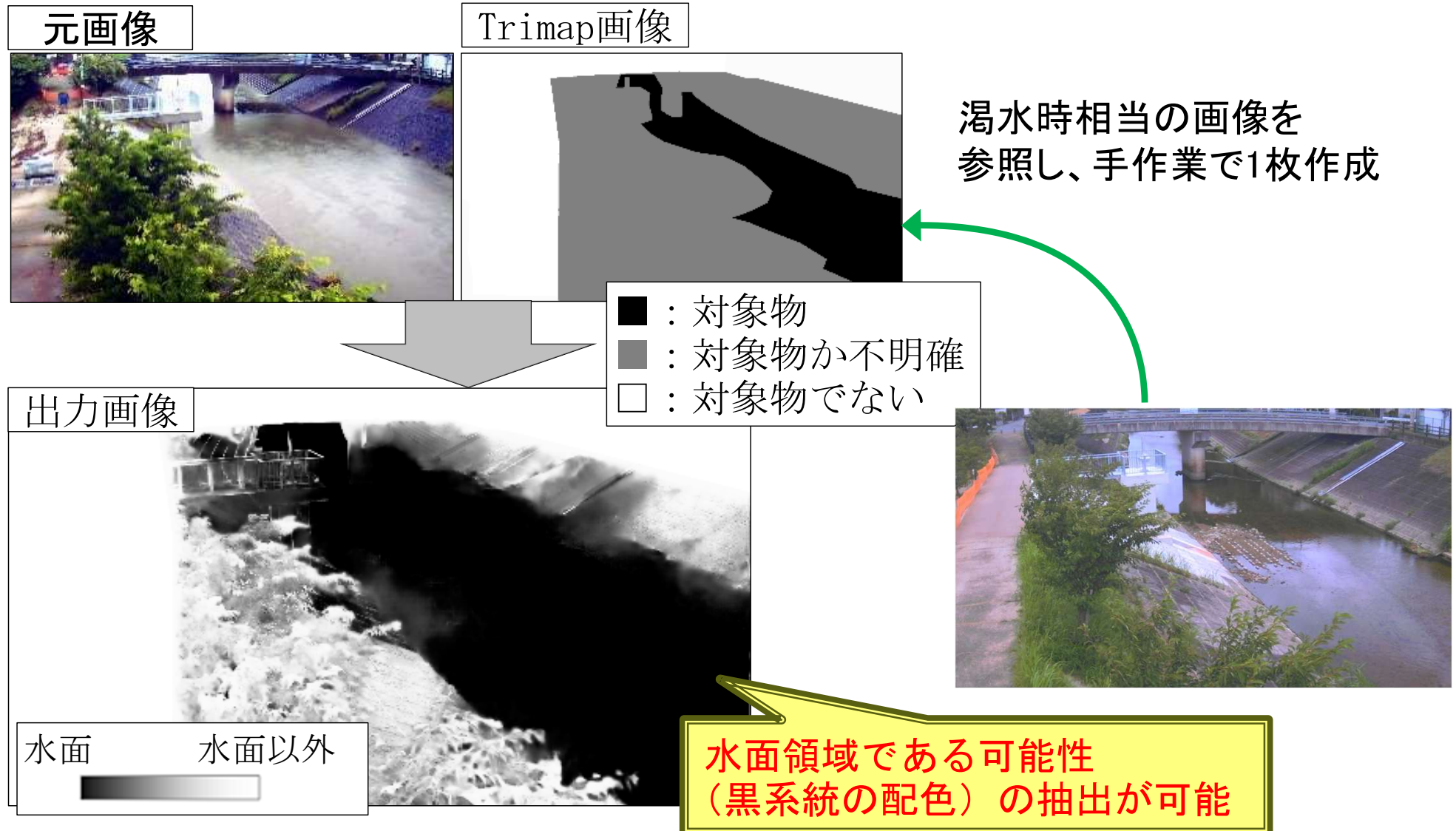


- ・確実に前景（注目の対象）、確実に背景（対象外）、境界が曖昧の領域を白色／黒色／灰色に塗り分けたTrimap画像と元画像から、**前景（注目の対象）の領域（確率）を出力する。**
- ・物体の「境界」に注目したAI技術で汎用性が高い。

出典：Lu, Hao, et al. "Indices matter: Learning to index for deep image matting." *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*. 2019.

[2. 水面検知手法] 工程②：画像中の水面領域の抽出

Image Mattingにより水面領域を抽出



[2. 水面検知手法] 工程②：画像中の水面領域の抽出

実用上、岸の植生は水位判定の障害となるケースが多い
⇒植生に注目し、エントロピーにより水面領域を抽出



エントロピー H の式

$$H = - \sum_i p(i) \log_2 p(i)$$

※ i :グレースケールの輝度値
 $p(i)$:輝度値 i の出現確率

エントロピーの値
小  大

エントロピーでの判定により植生などの水面以外の抽出が可能

多くの場合、

- ・水面はのっぺりとした(平坦な)パターン
- ・岸(陸部)はごちゃごちゃした(乱雑な)パターン

エントロピーが小さい領域
は水面の可能性が高い

[2. 水面検知手法] 工程②：画像中の水面領域の抽出

工程①による効果を確認

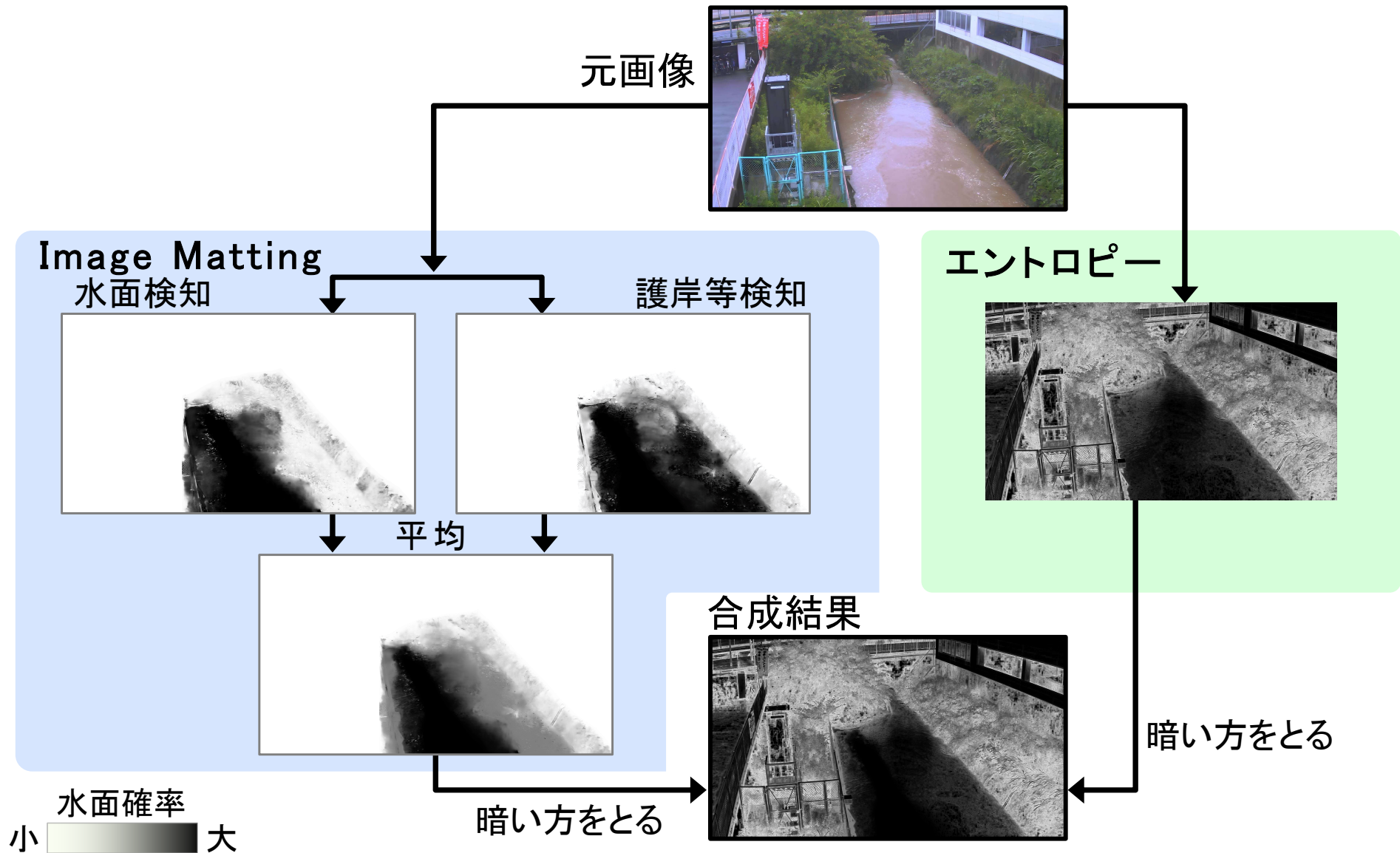


元画像に対するエントロピー：ブロックノイズに起因し、判定結果が明るくなる（実際に水面でも水面確率を低く評価する）傾向にある

エントロピーの値
小  大

[2. 水面検知手法] 工程②：画像中の水面領域の抽出

Image Mattingによる結果とエントロピーによる結果を合成

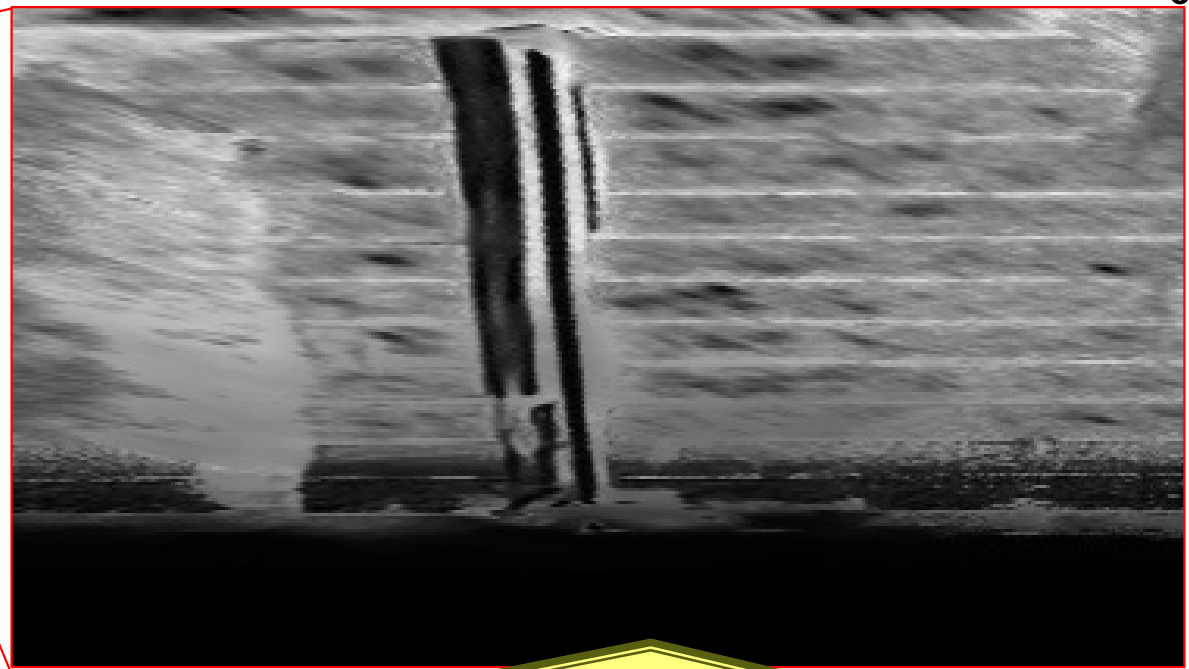


[2. 水面検知手法] 工程③：水陸境界位置の判定

射影変換により、真横から見たような画像に変換→m単位に対応付け



水面確率
小  大

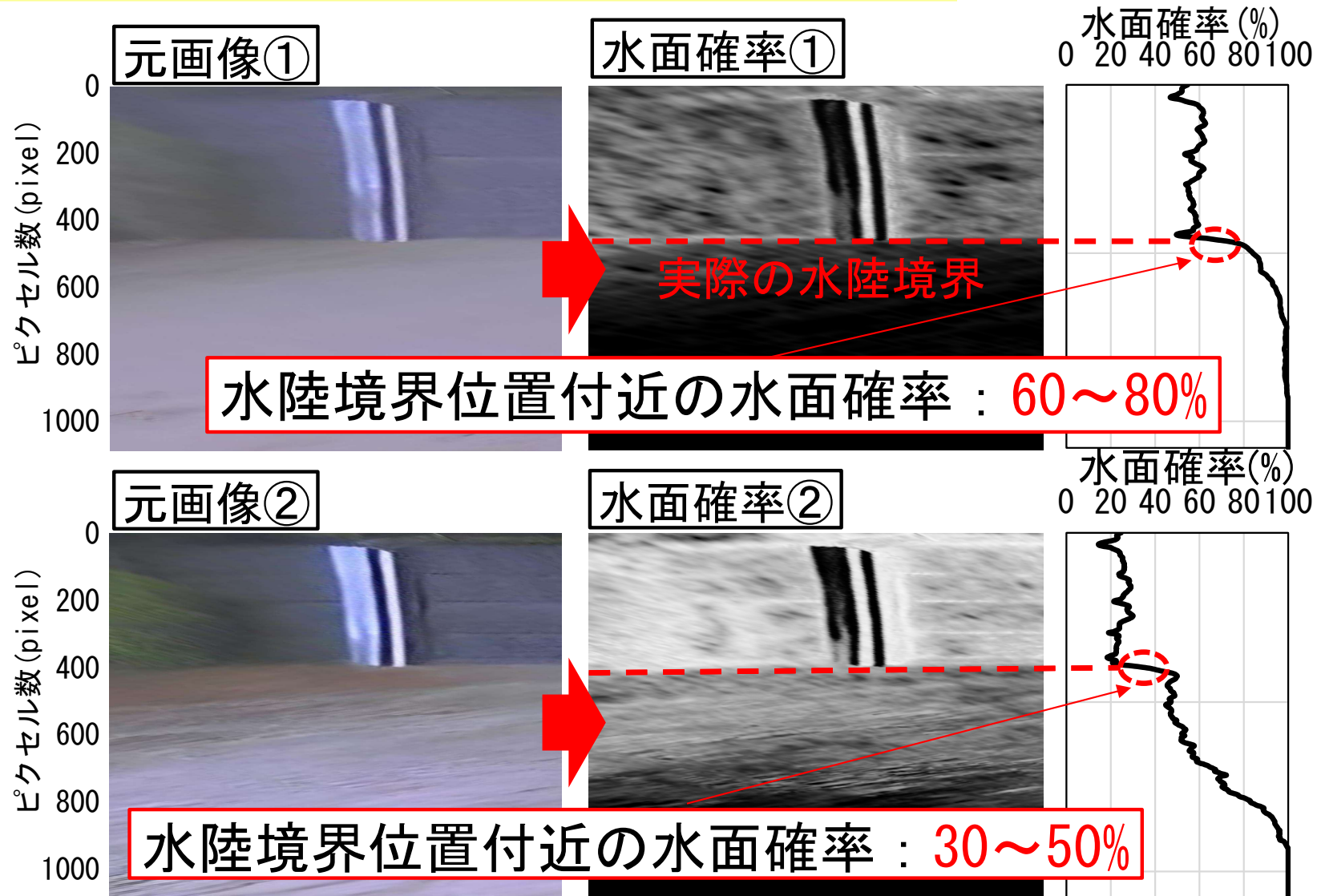


水面境界部を拡大し、真横から見た画像に変換

画像空間[pixel]と実空間[m]との対応を容易にする

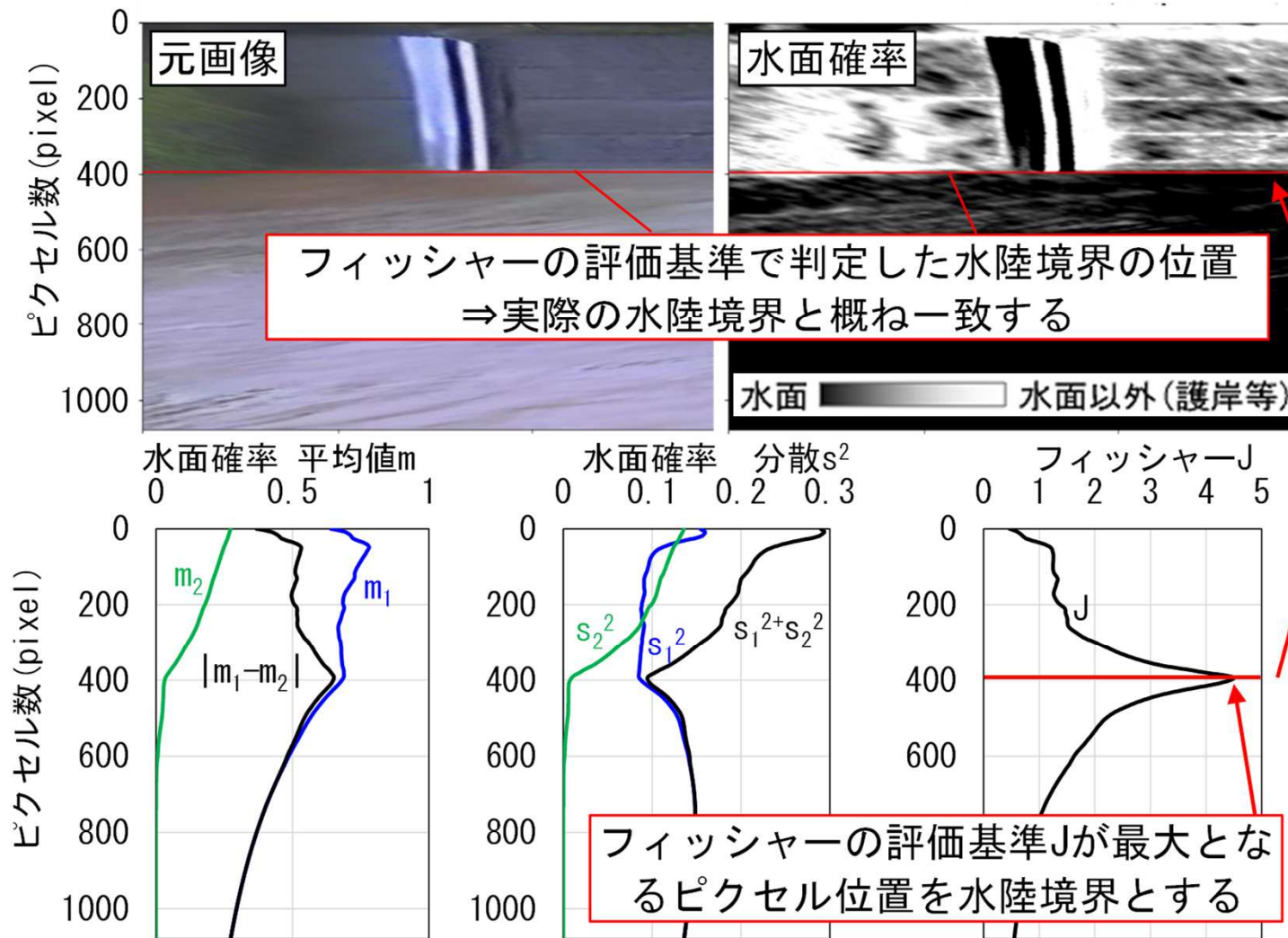
[2. 水面検知手法] 工程③：水陸境界位置の判定

下から水面確率（平均値）を追って、初めて50%を下回った所が陸？
⇒撮影条件（日照条件等）による画像ごとの判定ゆらぎが問題となる



[2. 水面検知手法] 工程③：水陸境界位置の判定

フィッシャーの基準を応用し、面的パターンを評価
⇒頑健性向上を図った



フィッシャーの基準 J の式

$$J = \frac{(m_1 - m_2)^2}{s_1^2 + s_2^2}$$

m_1 : 境界線上部
水面確率平均
 m_2 : 境界線下部
水面確率平均
 s_1 : 境界線上部
水面確率分散
 s_2 : 境界線下部
水面確率分散

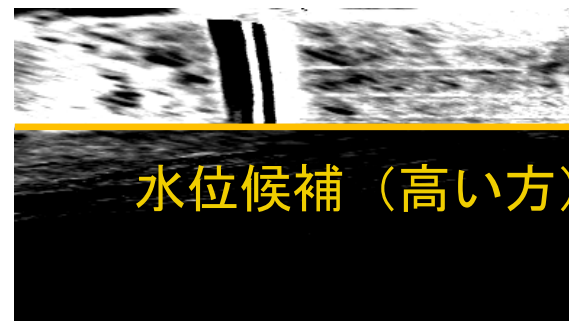
[2. 水面検知手法] 工程③：水陸境界位置の判定

水陸境界位置候補を2つ挙げた後に、相関により最終選定する構成
⇒水面確率の判定むらに対し、さらなる頑健性の向上を図った。

① フィッシャーの基準により推定



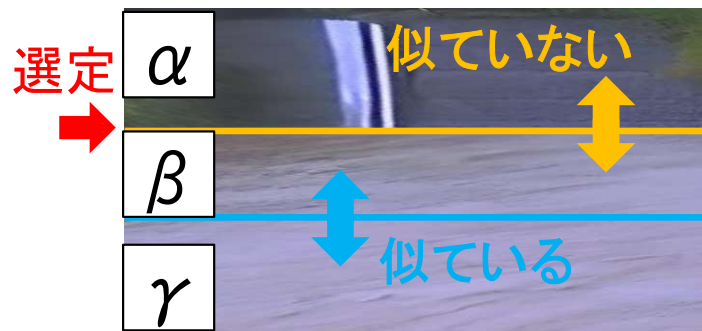
② コントラスト調整後画像に対しフィッシャーの基準により推定



地点特有の経時的判定むらにあわせてコントラストを調整

コントラスト調整により水面確率分布(明暗)を明瞭化

③ 2つの水位候補により領域を3つ (α から γ) に分割



④ 相関値により2つの候補から1つに絞る

- ・ エリア β とエリア γ のパターン分布が似ている (相関値大)
⇒ 水位候補の 高い方 の水位を選定
 - ・ エリア β とエリア α のパターン分布が似ている (相関値大)
⇒ 水位候補の 低い方 の水位を選定
- ※この例では水位候補の高い方を選定

[3. 実フィールドにおける精度検証] 検証条件

3地点を抽出して、開発手法を適用し、妥当性を確認する。

地点抽出の観点

- 法面が十分に大きく写っているか
- 植生に阻害されていないか
- 夜間の視認性は十分か

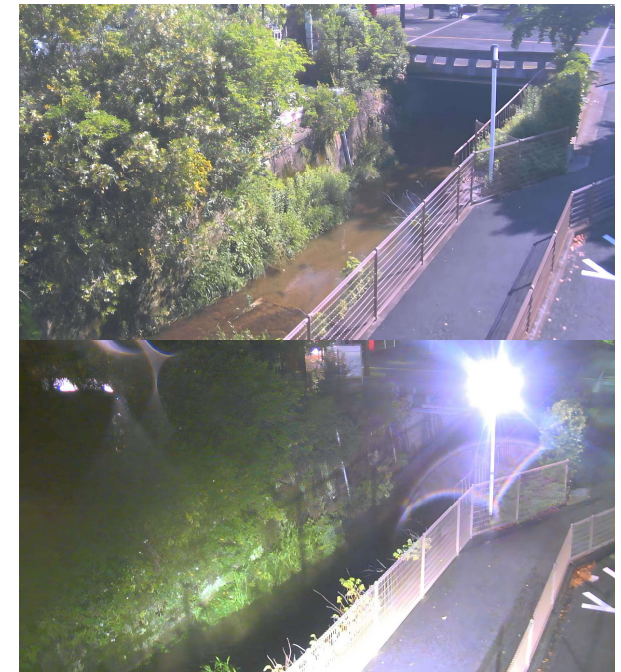
適用可能性の(主観的)期待値別に抽出



期待高



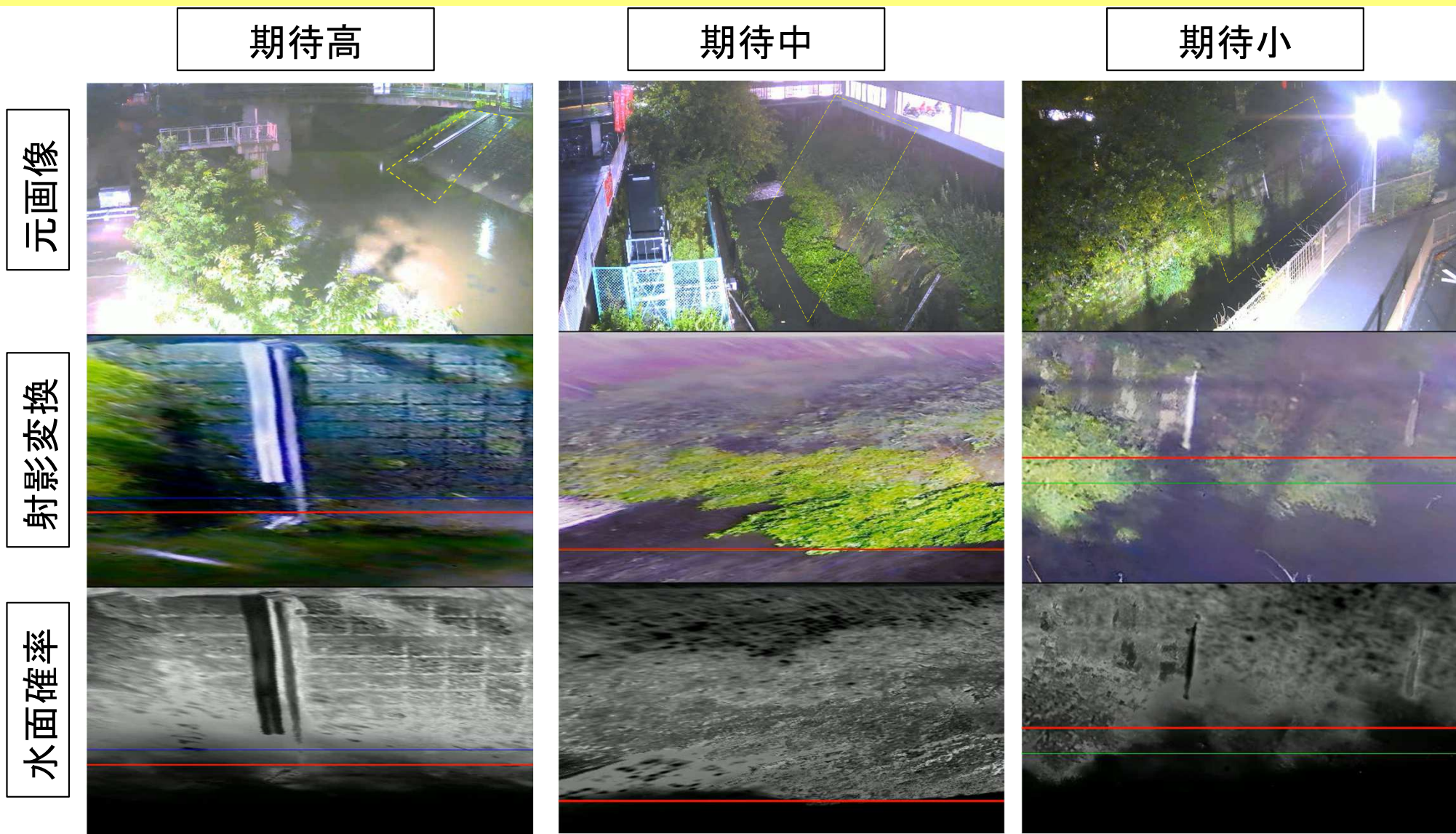
期待中



期待小

[3. 実フィールドにおける精度検証] 検証結果

洪水への適用例（動画）



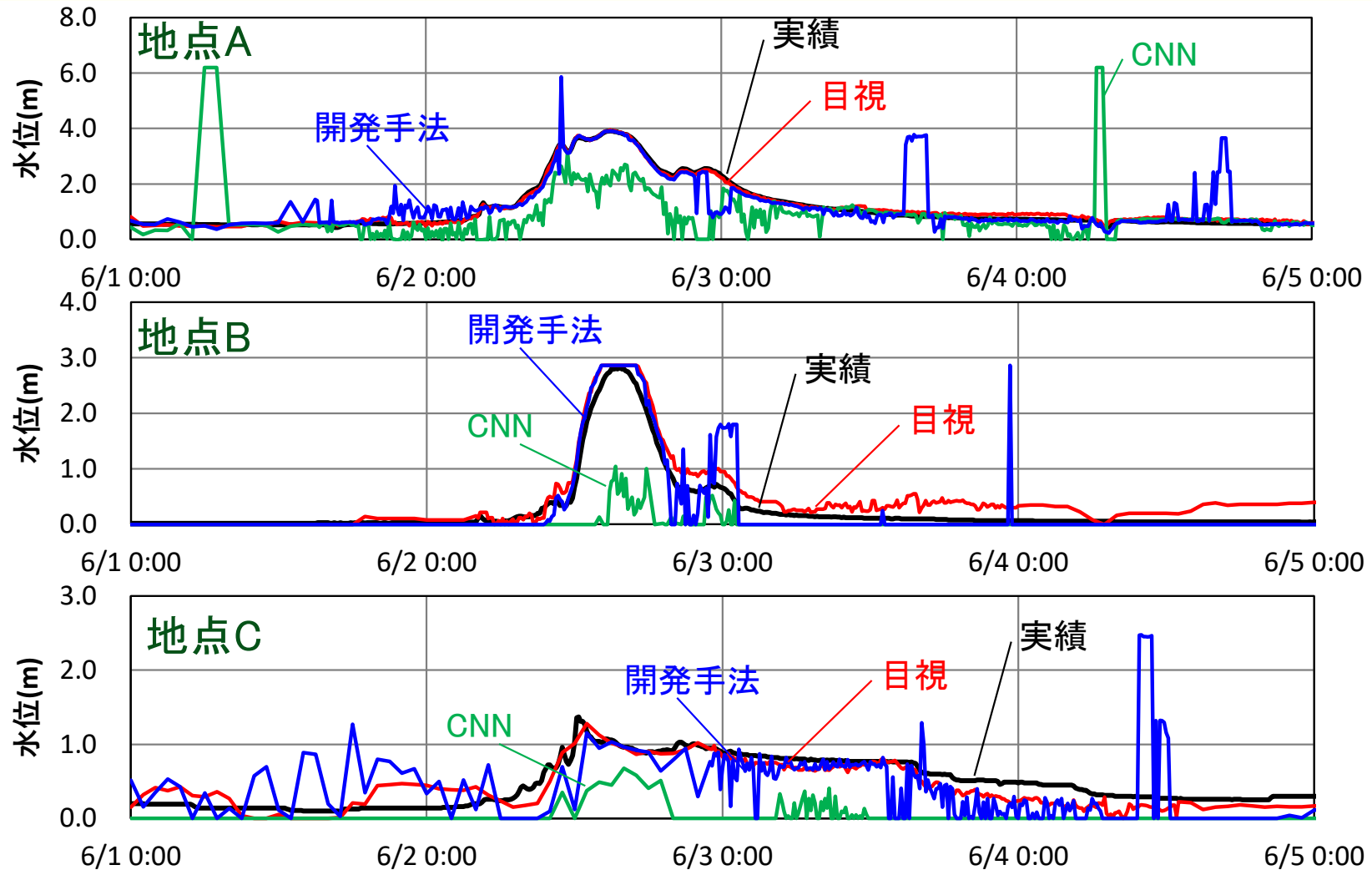
—: 最終判定した水位、—水位候補(上)、—、水位候補(下)

□: 射影変換範囲

水面 水面以外
■

[3. 実フィールドにおける精度検証] 検証結果

しばしば異常値が見られるものの、既往手法と比較し良好な精度となる



—: 実績水位、 —: 算定水位(開発手法)
—: 算定水位(CNN)、 —: 算定水位(目視)

[4. おわりに（得られた結果）]

検 討 成 果

- 複数の画像解析技術を組み合わせ、汎用性が高く、頑健性を持ち、低コストでモデル化できるスキームを開発した。
- 実フィールドに適用し、既存の技術と比較して、有用性を確認した。
- 河川監視の手法として、河川監視カメラの有力な活用方法の一つとなると考える。

※特許申請中

課 題

- 今回開発したスキームにおいても、異常値が生じることもある。適する撮影条件の検証やアルゴリズムの改善、異常検知・補正など今後改良を図りたい。
- 精度やコスト、運用方法の観点で、河川監視カメラと水位計とを比較し、メリット／デメリットがある。社会実装に当たり、河川空間の視覚的監視や流量観測用途との組み合わせなど、総合的に具体の活用方法を模索したい。

[4. おわりに（得られた結果）]

水位計／河川監視カメラの長所・短所と適した場面は以下のとおり

	水位計	カメラ＋画像解析
メリット	水位測定精度が高い	- 既設の監視カメラが活用できる - 水面状況(水位, 溢水の有無等)の監視と合わせて河川空間の監視が可能 - カメラの新設は水位計よりやや安価
デメリット	- 水位計の設置が必要 - 水位計の設置はカメラよりやや高価 - 水位の情報のみ	- 撮影条件によっては検知精度が低下 - 水位の精度は水位計に劣る
価格※	約30～100万円/地点	約25～90万円/地点
適した場面	高精度の水位測定が必要	- 活用できる既設の監視カメラがあり, あわせて河川空間を監視したい - できるだけ安価に監視したい