

## H-052 水面領域抽出のためのグラフカットベースのアノテーション手法の精度向上と評価

### Enhancing and Evaluating a Graph Cut-Based Annotation Method for Water Surface Region Extraction

中島慶<sup>†</sup> 島和之<sup>†</sup>

Kei Nakashima<sup>†</sup> Kazuyuki Shima<sup>†</sup>

#### 1 まえがき

平成 30 年 7 月豪雨による広島市の土砂災害をはじめ、土砂災害は全国各地で年間平均 1,099 件 (昭和 57 年から令和 4 年まで) 発生している [1]. 土砂災害の発生前には「降雨が続くにもかかわらず、河川の水位が低下する」といった前兆現象が生じる場合がある。こうした現象を早期に検知し、住民に避難を促すことで、人的被害の削減に繋がると期待されている。ただし、水位計を用いた河川の水位の測定には、設置やメンテナンスにかかるコストの高さや難しさといった問題がある。そのため、安価でメンテナンスも容易な監視カメラを使った河川の水位推定に注目されている。

本研究では、前兆現象の 1 つである「降雨が続くにもかかわらず、河川の水位が低下する」現象に着目し、監視カメラ画像から水位を推定する。河川の監視カメラ画像を用いた水位推定に関する研究として、Nurらは水面領域を抽出するために畳込みニューラルネットワークに基づくセマンティックセグメンテーション手法を提案し、水位変動を推定した [2]. 河川の監視カメラ画像から推定した水位変動とセンサーで測定した水位変動は強い相関関係を示し、セマンティックセグメンテーションは監視カメラ画像から水面領域を抽出し、水位変動を推定する手段として有効であると報告した。

深層学習を用いたセマンティックセグメンテーションでは一般的に訓練データとしてアノテーション付きの画像 (以下、アノテーション画像) が多数必要であり、それらはモデルの抽出精度に大きく影響する。アノテーション画像は手作業で作成する 경우가多く、作成には過大な労力を要する。そこで、本研究では河川の監視カメラ画像にセマンティックセグメンテーションを行うために、グラフカットを用いた半自動的なアノテーション画像作成方法を検討する。

#### 2 関連研究

先行研究 [3] では深層学習を用いたセマンティックセグメンテーションによって、河川の監視カメラ画像から水面領域を抽出し、水位を推定する手法の検討を行った。また、可能な労力で必要な精度を達成するため、水位の情報から半自動的にアノテーション画像を作成する手法の検討を行った。

グラフカット [4] とはコンピュータビジョンや画像処理の多くの問題をエネルギー最小化問題

と捉える手法である。グラフカットを行うにはラベル付きのマスク画像が必要である。例えば、本研究では foreground, Pr.foreground, background, Pr.background の四つのラベルを使用した。このうち、foreground, Pr.foreground は前景として、background, Pr.background は背景として扱われる。また、Pr.foreground, Pr.background はグラフカットの実行時にラベルが更新される可能性があるが、foreground, background はラベルが固定され、更新されない。

#### 3 提案手法

既存手法 [3] では手作業で作成したアノテーション画像と比較して精度が低いという問題があった。これに対し、本研究では、より高精度なアノテーション画像を半自動に作成する手法を提案する。提案手法では、河川の監視カメラ画像に対し、グラフカットを行い、前景 (水面) と背景 (壁面) の領域に分離した上で、それぞれに水面ラベルと背景ラベルを与え、アノテーション画像を作成した。

提案手法で使用した二つのマスク画像設定を図 1 に示す。設定 A では、画像の縦方向の中央を前景と背景の境界として、Pr ラベルを与え、foreground, background は画像内で常に水面である範囲と背景である範囲に与えた (抽出する画像全てに適用)。また、設定 B は既存手法と同様に水位の情報を基に与えるラベルの範囲を決定した (抽出する画像と同数のマスク画像を作成)。

#### 4 実験

広島市立大学情報工学科モニタリングネットワーク研究室にて運用中の広島市安佐北区三入地区桐原川の監視システムにおいて 7:00 から 19:00 に撮影された 3 日分のカメラ画像 (2018 年 7 月 5 日: 8,159 枚, 同年 7 月 6 日: 8,147 枚, 同年 7 月 7 日: 8,086 枚) を使用して実験を行った。セマンティックセグメンテーションモデル構築には DeepLabv3+[5] を使用した。また、本研究で使用した監視カメラ画像中の水面領域の面積割合と水位の相関係数は 0.99 であった。この結果に基

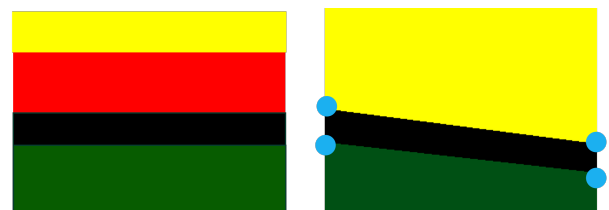


図 1: 使用したマスク設定

<sup>†</sup>広島市立大学 情報科学研究科 Graduate School of Information Science, Hiroshima City University

表 1: 既存手法との比較

	既存手法	設定 A	設定 B
平均 IoU (%)	70.62	79.50	92.84
平均 F 値 (%)	82.25	87.52	96.26

表 2: テストデータ日別 RMSE と領域抽出精度

	既存手法	設定 A	設定 B	手作業
平均 IoU (%)	85.65	90.53	93.70	92.43
平均 F 値 (%)	92.10	94.92	96.69	96.00
RMSE(cm)	15.39	18.38	14.03	12.98

づき、面積割合から水位を算出する変換式を作成し、モデルによる領域抽出結果から水位の推定を行った。

提案手法と既存手法を用いて作成したアノテーション画像の精度を比較するため、手作業で作成したアノテーション画像を正解データとして使用した。アノテーション画像の作成には、3日分に相当する計 4,800 枚 (1日あたり 1,600 枚) の画像を用いた。

既存手法、提案手法 (設定 A, 設定 B) および手作業で作成したアノテーション画像を用いてモデルを構築し、水面領域の抽出を行った上で、その抽出精度を比較した。3日分のデータのうち 1 日をテストデータとして使用し、それぞれの日に対し、訓練データが異なるモデルを作成した。各モデルの訓練には、テストデータとは異なる残りの 2 日分 (計 3,200 枚) の画像を用いた。また、モデルの抽出結果から水位を算出し、その推定精度についても評価を行った。

## 5 実験の結果と考察

### 5.1 既存手法との比較

既存手法と提案手法を用いて作成したアノテーション画像の水面クラスのオーバーラップ率である IoU、および、感度と適合率の調和平均である F 値を表 1 に示す。ここでは、水面領域の抽出精度に着目し、水面クラスに対する精度を指標として用いた。その結果、既存手法と比べ、提案手法の方が高精度にアノテーション画像を作成できることが確認された。

各手法を用いて作成したアノテーション画像に基づくモデルの抽出精度、および、目視で測定した水位と推定した水位との誤差 (Root Mean Square Error: RMSE) を表 2 に示す。提案手法 (設定 A, 設定 B) は、手作業で作成したアノテーション画像を用いたモデルと同程度の抽出精度を達成していることが確認された。

### 5.2 マスク設定に関する考察

図 2 は設定 A と設定 B で大きく精度に差が出た例である。(a), (b) は濡れた壁面が観測され、設定 A では水面を正しく抽出できなかったと考えられる。また、(c) は水面が透き通り、壁面と水面の境界が不明瞭になったことが、設定 A で精度が低い原因と考えられる。一方、設定 B では濡れた壁面や透き通った水面に影響を受けることなく、マスク画像をラベル付けできたため、高精度に抽出できた考えられる。

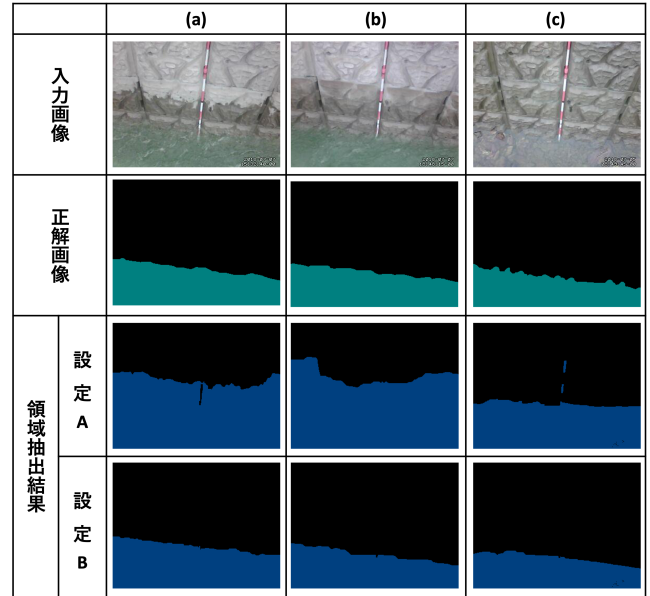


図 2: 抽出画像例

## 6 まとめと今後の課題

本研究では、深層学習を用いたセマンティックセグメンテーションにより、河川の監視カメラ画像から水位を推定することを目的とし、訓練データとして必要なアノテーション画像を半自動的に作成する方法を提案した。提案手法で作成したアノテーション画像の精度を既存手法と比較した結果、提案手法の方が高精度であることが確認された。また、提案手法によるアノテーション画像で構築したモデルは、手作業で作成したアノテーション画像で構築したモデルと同等の抽出精度を示した。

今後の課題としては、夜間など異なる環境条件下での適用実験などが挙げられる。

## 参考文献

- [1] 国土交通省: 令和 5 年は過去平均を上回る土砂災害が発生～令和 5 年の土砂災害発生件数を公表～, 砂防 NEWS Press Release, 2024 年 1 月。
- [2] N. A. Muhadi, A. F. Abdullah, S. K. Bejo, M. R. Mahadi, and A. Mijic: Deep Learning Semantic Segmentation for Water Level Estimation Using Surveillance Camera, Applied Sciences, vol.11, issue 20, Oct 2021.
- [3] 中島慶, 島和之: セマンティックセグメンテーションを用いた水面領域抽出のための半自動アノテーション手法, 第 26 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム (優秀研究賞), 2024 年 11 月。
- [4] 石川 博: グラフカット, 情報処理学会 研究報告 2007-CVIM-158, 2007 年 3 月。
- [5] L. C. Chen, Y. Zhu, G. Papandreou, F. Schroff, and H. Adam: Encoder-decoder with atrous separable convolution for semantic image segmentation, In Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV), pp. 801-818, Aug 2018.