

# Kernelized Correlation Filters を用いた 応急浮橋の浮体領域の追跡

大石 康太<sup>†</sup> 崔 龍雲<sup>‡</sup>

創価大学大学院工学研究科情報システム工学専攻<sup>†</sup> 創価大学理工学部情報システム工学科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

橋は人や物資の移動を支える重要なライフラインであるため、地震や洪水などの自然災害によって落橋事故が発生した場合は速やかな復旧が求められる。復旧作業に数日かかる場合や迂回経路が確保できない場合には、複数の浮体を連結させて一時的な橋を架けることで対岸までの移動を可能にしている[1]。浮体には推進機構が無いため専用のタグボートで牽引したり、押し返したりすることで浮体の位置を調節している。より迅速、かつ少ない人員での架設を可能にするために、浮体を自律航行させ、自動で架設するシステムが求められている。

従来研究[2]では自動化への第一歩として、ドローンで撮影した空撮画像を基に、各浮体の位置と姿勢を計測する手法が提案された。この手法では、YOLO[3]を用いて浮体の検出を行っていたが、同じ形の物体を識別することができないため、移動する個々の浮体を追跡することが困難であった。

そこで本研究では、単一物体追跡手法であるKCF(Kernelized Correlation Filters)[4]を用いることで従来手法の課題の解決を図る。これにより各浮体の識別が可能になると考える。本項では、計測システムの概要とその原理について述べた後、追跡性能の評価実験を行い、その結果について考察する。

## 2. 浮体の位置・姿勢計測システム

### 2.1. 本システムの概要

本システムは空撮画像を撮影するドローンとその画像を基に計測処理を行うコンピュータからなる。その概要を図1、計測処理の流れを図2に示す。まず初めにドローンで水面の浮体を撮影する。次に、撮影した画像を地上のコンピュータに送信し、KCFを用いて1つ前のフレームに映っていた浮体の領域の位置を基に、現在のフ



図1 本システムの概要図

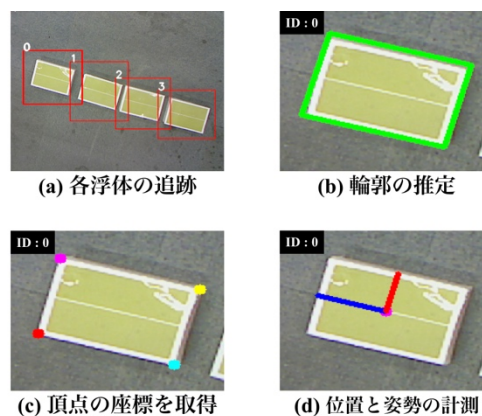


図2 計測処理の流れ

レームに映る浮体の領域を追跡する。その後、追跡した領域に対して輪郭抽出を行い、尤もらしい浮体の輪郭を推定する。最後にその輪郭を基に浮体の位置・姿勢の計測を行う。

### 2.2. KCFを用いた浮体領域の追跡

KCFは入力画像全体において、追跡領域の中心を1とし、そこから離れるにつれて0に近づくような値を与え、それを回帰問題として解くことで物体の追跡を行う。計測開始直後の画像に対してYOLOを用いて浮体の領域を指定し、2枚目以降の画像では領域の追跡と更新を行う。これらの追跡処理を全ての浮体に対して行うことで、個々の浮体の識別が可能になる(図2a)。

### 2.3. 輪郭抽出による尤もらしい浮体の推定

KCFによる追跡結果に基づいて画像全体から浮体の領域をトリミングし、輪郭抽出を行う。この時、他の浮体の一部が映ってしまう場合もあるので、輪郭の長辺と短辺の長さの比率から尤もらしい浮体の輪郭を推定する。これにより得られた輪郭を図2bに示す。

「Tracking of Each Floating Unit of Floating Bridge Using Kernelized Correlation Filters」

<sup>†</sup>Kouta Ohishi

Graduate School of Engineering Dept. of Information Systems Eng., Soka University

<sup>‡</sup>Yongwoon Choi

Dept. of Information Systems Sci., Faculty of Sci., and Eng., Soka University

## 2.4. サブピクセル推定を用いた位置・姿勢計測

浮体の輪郭から4つの頂点の座標が得られるが、座標はピクセルの位置であり、値が整数なので、そのままでは細かな計測ができない。そこで、画像の輝度勾配から小数点単位で座標の推定が可能なサブピクセル推定を用いて4つの頂点の座標を取得する(図2c)。最後に4点の座標から浮体の中心の位置と姿勢を算出する(図2d)。

## 3. 追跡精度の評価実験

### 3.1. 実験の構成

本実験では、提案手法の追跡性能を評価するために1/100スケールの模型を用いて実験を行った。実験には縦8cm、横12cmの大きさの浮体の模型を4つ用いた。それらを直線状に並び、計測開始直後の段階で最も左にあるものから順番に0, 1, 2, 3と番号を振った。模型から100cm上の高さにカメラを設置し、30fps、960×720ピクセルで撮影を行った。模型を図3の矢印の向きに移動させ、提案手法を用いて移動中の各模型の位置を計測した。同時に各模型の中心についているARマーカーの位置も計測し、これを真値として提案手法の追跡精度を評価した。なお、今回は追跡処理に焦点を当てているため、姿勢の計測は行っていない。

### 3.2. 実験の結果

計測実験は3回行った。追跡結果を時系列にプロットしたものを図4に示す。1回目と3回目は何点か追跡に失敗しているが最初から最後まで安定して追跡できていることが分かる。一方で2回目の計測実験では、中間部分で浮体の追跡ができなくなっている。これは、追跡開始直後に指定する追跡領域の範囲が狭く、模型が回転するにつれて、模型が対象領域からはみ出てしまったのが原因であると考えられる。また、追跡結果と真値との計測誤差は平均2.89ピクセルだった。これは実際のスケールに合わせると約50cmの誤差になる。

## 4. おわりに

本稿では、KCFを用いた応急浮橋の各浮体を追跡するシステムについて述べた。従来の計測手法に新たに追跡機能を追加することで、各浮体の識別が可能になった。1/100スケールの模型を用いて行った評価実験では、追跡領域を適切に設定すれば安定して追跡することが可能であることが示された。今後は追跡結果に応じて動的に追跡領域を再設定することで更なる追跡性能の向上を目指す。

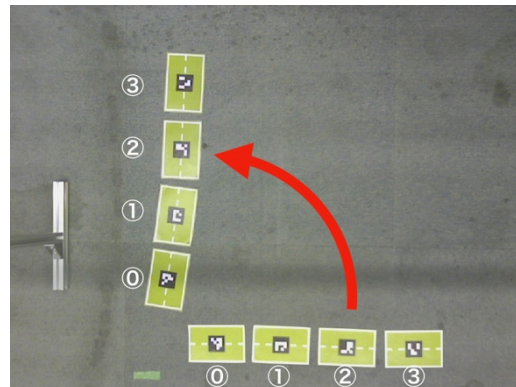


図3 入力画像

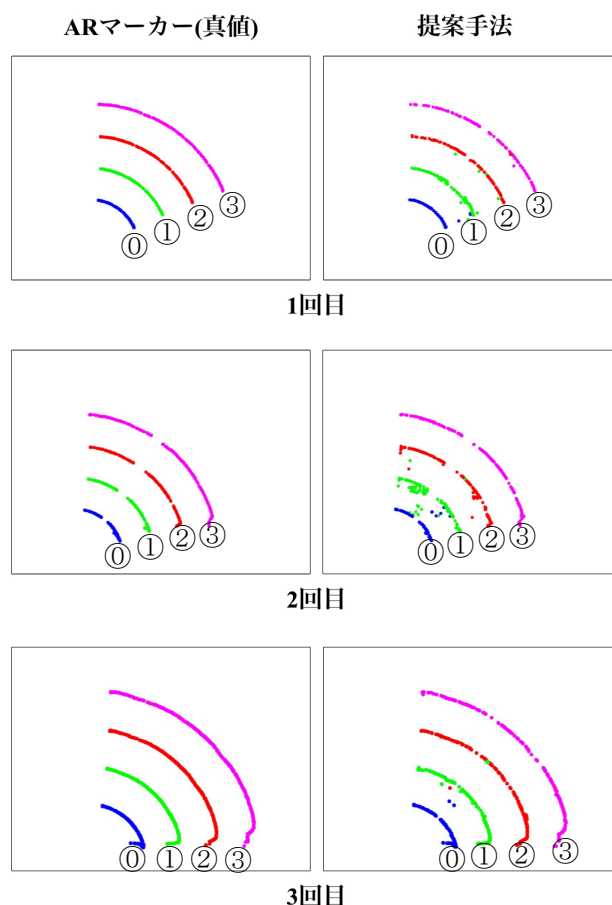


図4 実験結果

## 参考文献

- [1] 上野俊明ら, “組立式応急橋梁システム”, 日立評論, vol. 94, No. 9, pp. 666-669, 2012.
- [2] 久郷紀之ら, “空撮画像に基づく応急浮橋の浮体位置姿勢計測”, 第80回情報処理学会, 3R-08, 2018.
- [3] Redmon, et.al, “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection”, CVPR2016, pp.779-788, 2016.
- [4] Henriques, et.al, “High-Speed Tracking with Kernelized Correlation Filters”, TPAMI, pp.583-596, 2014.