

機械学習を用いた橋の桁下空間の高さ推定に関する研究

鳥羽商船高等専門学校 3年 加藤 海二 福田 三太

背景

橋が架かっている場所では小型船舶が通航していることが多く、小型船舶が余裕をもって通れるほど橋の桁下空間は広くない。さらに、川の水位は時間や雨量によって変化してしまう。そのため操船者の判断ミスによって橋桁と船の接触事故が多く発生している。

目的

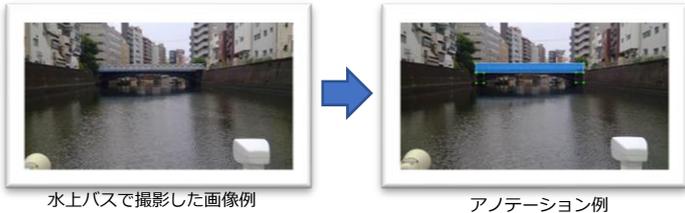
- 操船者の判断ミスによる橋桁と船の接触事故を減らす。
- 橋の桁下空間の高さ(本研究では、検出した橋脚の高さとする)を予測し操船者に高さを知らせることで負担を減らす。

システム概要

- 船舶の船首側に向けてカメラを設置し、撮影した画像とYOLOを使用して橋の横幅と橋脚を検出する
- 検出した橋の橋脚の高さと橋の横幅の比率を求める
- 事前に計測しておいた実際の橋の横幅を使用し橋の橋脚の高さを予測する
- 予測した橋の橋脚の高さをパソコンの画面に表示する

研究準備

- 物体検出アルゴリズムにYolov3を使用
 - YOLOv3は処理が軽く、リアルタイムで高速な検出が可能
- 画像データ：水上バスで撮影した動画を切り出したもの438枚
- アノテーション：LabelImgで行う



水上バスで撮影した画像例

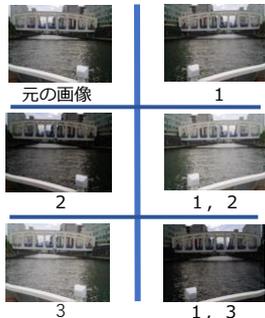
アノテーション例

- 検出精度向上のため以下の処理の水増し(Data Augmentation)を行う

- 左右対称処理
- インパルスノイズ付加
- 明暗処理



教師データ数：10512枚



実現方法

検出した橋の橋脚の高さと橋の横幅の比率と、実際の橋の横幅の積で予測値を算出する。予測に使用する計算式を以下に示す。

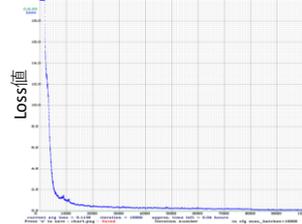
$$\text{桁下空間の高さの予測値} = \frac{\text{検出した橋脚の高さ}}{\text{検出した橋の横幅}} \times \text{実際の橋の横幅}$$

本研究では実際の橋の横幅と橋脚の高さをGoogle Mapを使って取得した川幅と橋脚の高さで代用する。

研究結果

Bridge Name	橋全体のIoU	予測値[m]	正解値	誤差
万世橋の橋脚	0.71	7.11	8.0	0.89
豊海橋の橋脚	0.83	2.92	3.12	0.2
後楽橋の橋脚	0.78	2.6	3.86	1.26
神田橋の橋脚	0.82	3.31	3.95	0.64

表1



学習LOSSグラフ

条件	平均結果
Precision	0.91
Recall	0.84
真陽性 (TP)	5102
偽陽性 (FP)	481
偽陰性 (FN)	946
IoU	75.76%

表2

- 検出した枠が正確に対象を囲んでいる割合(IoU)
- 正解とどれくらい離れているかを表す値(LOSS)

- 正解データの内、AIが正例だと予測をしたもの割合を表す評価指標

$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}}$$

- AIが正例だと予測をしたもの内、正解した割合を表す評価指標

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}}$$

- 学習回数を増やすことでloss値を小さくすることができた。
- 正解値と予測値の誤差にばらつきがあった。
- 桁下空間の高さの誤差は平均で0.74m、標準偏差は0.38mであった。

考察

- 本研究では教師データを10512枚で行ったが教師データの橋の種類と枚数を増やすことで他の橋に対しても応用可能だと考えた。
- 上記の表1ではアーチ型の橋である万世橋や後楽橋ではIOUが下がってしまうことが確認できた。この原因はアーチ型の橋では橋脚が明確に定まっていないからではないかと考えた。
- 本研究では写真を読み込むことで橋の検出を行ったが船上では波などの影響で揺れてしまうことが考えられる。そのため写真がぶれてしまう可能性がある。しかしぶれを考慮していないためIOUが下がってしまう可能性がある。
- IOUを0.9以上に上げることができれば実用化できるのではないかと考えている。

今後の展望

水面からの船の高さと橋の橋脚の高さを比較して衝突しないか判断し、運転者に知らせる機能を実装したいと考えている。

Yolov3を使った手法では人間を介さず橋脚の高さを求めることができるため船の自動運行における安全装置として役立つと考える。