

機械学習による競泳映像からの泳者頭部位置推定の試み

石川 茉由子[†] 宋戸 英彦^{††} 北原 格^{††} 亀田 能成^{†††}

[†]筑波大学 大学院 システム情報工学研究科 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

^{††}筑波大学 計算科学研究センター 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

^{†††}筑波大学 計算科学研究センター 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: [†]ishikawa.mayuko@image.iit.tsukuba.ac.jp, ^{††}{shishido, kitahara}@ccs.tsukuba.ac.jp,

^{†††}kameda@iit.tsukuba.ac.jp

あらまし 競泳プール全体を広角固定で撮影した映像から、レーンに沿った泳者頭部の位置推定を行う方法について検討する。機械学習において、競泳映像から泳法別に頭部位置を学習させることで、水飛沫やコースセパレータ等の外乱要因があっても頭部位置を推定できることが、試験実装によって確認できた。泳法ごとに頭部の見え方の変化が異なることに注目し、機械学習のための頭部クラスを泳法ごとに別のものを用意した場合の認識率についても考察する。

キーワード 機械学習, YOLO, 競泳, 位置推定, スポーツ映像解析, スポーツ工学

1. はじめに

スポーツ分野では、試合におけるアスリートのパフォーマンス解析が重要である。競泳における泳者のパフォーマンス解析では、泳法ごとの泳者の位置、フォーム、スクロール回数などが解析の対象となる。映像解析には、泳者を近くから鮮明に撮影した映像を用いることが望ましい。しかし競技会等ではプール内外に自由に撮影機材を置くことは認められていないことが多い。プール全体を撮影できる観客席の最上部などからのカメラ1台の撮影であれば、競技運営への影響が少なく済む。本研究では、競泳プール水面を見渡すことができる撮影地点から競泳競技の一部始終を固定撮影することで競泳映像を取得するものとする。

本稿では、競泳プール全体を広角固定で撮影した競技映像から、レーンに沿った泳者頭部の位置推定を行う方法について検討する。

競泳において泳者が泳いでいる映像から画像処理によりその位置を検出しようとした場合、泳者が作り出す水飛沫や、プール床に引かれた線が波によって見かけ上揺れてみえることや、水面に浮かんでいて揺れるコースセパレータ、大型掲示板や照明などの水面への映り込みなどが、頭部位置推定の阻害要因となりうる。

本研究のアプローチとして、一般物体認識手法の一つである機械学習のYOLOv3[1]を用いて、これらの問題を解決することを狙う。YOLOv3において、泳者頭部を認識対象とする。

より具体的には、二つのアプローチを検討した。一つめのアプローチでは、泳法ごとに、単一の泳者頭部クラスを定義し、位置推定を行う。二つめのアプ

ロッチでは泳法ごとに泳者頭部の見え方がストロークの状況によって変化することに合わせ、複数の見え方の泳者頭部クラスを定義し、位置推定および状態の推定を行う。

2. 関連研究

多人数を検出、追跡する研究はこれまでに行われてきている。Miaojingら[3]は、多人数が斜め上から撮影された画像に写り、透視投影の性質から様々な見かけの大きさでかつ画質にも差がある中から人を検出し追跡する手法を提案している。しかしこうした研究は、水面上に存在する泳者の検出に適しているとは言い難い。

分野は異なるが、映像上で動く小さく丸いものを追跡する研究として、交通信号機の認識も挙げられる。仲野ら[4]は様々な環境で撮影した信号機画像を用いて学習させることにより、テンプレートマッチングでは検出できなかった信号機を本手法によって検出できることを確認している。

YOLOv3[1]は画像中から機械学習した物体の種別と位置を推定することができる手法である。YOLOv3を用いた検出、追跡する応用研究が進められていて、例えばJiwoongら[2]はYOLOv3を用いて自動運転の際に危機回避として道路上の車、信号機など物体の検出を行っている。

3. 泳者の頭部位置学習による頭部位置推定

3.1. 競泳映像

本研究で想定する競泳映像は観客席の上部から競泳プール水面が全て観測できる位置から撮影したもの

である。図1にその例を示す。辰巳国際競技場での撮影例で、許可を得て撮影している。

泳者がいない状態でも、プール床に引かれた線が波によって見かけ上揺れてみえることや、水面に浮かんでいて揺れるコースセパレータ、大型掲示板や照明などの水面への映り込みなどが認められる。競技中は泳者による引き波が発生するため、見かけ上の揺れが大きくなる。さらに、競技中は泳者が発生させる水飛沫によって、頭部が視認できにくくなることもある。

なお、このような撮影では、カメラに対して、手前のレーンと奥のレーンで見かけ上泳者の大きさが異なりうる。撮影位置がプールから離れている場合、その差は大きなものとはならない。



図1. 競泳映像

3.2. 単一頭部クラスによる学習

バタフライ、平泳ぎ、背泳ぎ、自由形の四泳法に分けて泳者の頭部位置を図2から5のように頭部にタグ付けし学習セットを用意した。四泳法すべて、頭部と判断できるものは腕や水飛沫で半分以上隠れていても頭部とみなしタグを付けた。潜水中も同じく頭部と判断できるものはタグを付けた。用意したデータ数はバタフライ約2400、平泳ぎ約2400、背泳ぎ約2400、自由形約1000である。

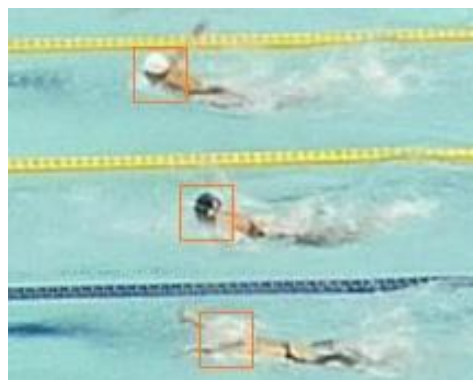


図2.バタフライでの頭部

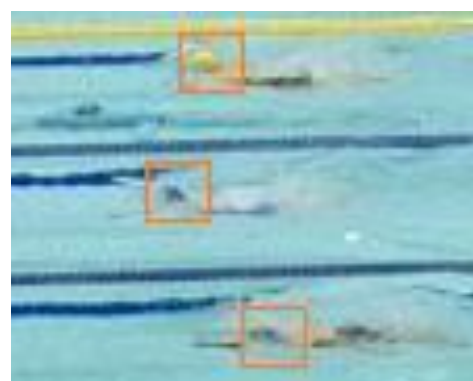


図3.平泳ぎでの頭部

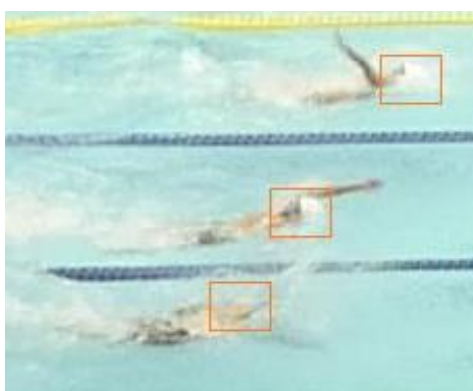


図4.背泳ぎでの頭部



図5.自由形での頭部

3.3. 泳法別の頭部クラスによる学習

平泳ぎ, 自由形について, 泳法別に泳者頭部を見かけで区別してタグ付けし学習セットを用意した.

平泳ぎでは, 水面より上に出ている頭部 (頭部水面上) と水面より下にある頭部 (頭部水面下) でクラス分けした. 図 6 と図 7 にタグ付けの様子を示す. 橙色の四角に囲まれた部分を水面より上, 紫色の四角に囲まれた部分を水面より下としている. 用意したデータ数はそれぞれ約 2500 である.

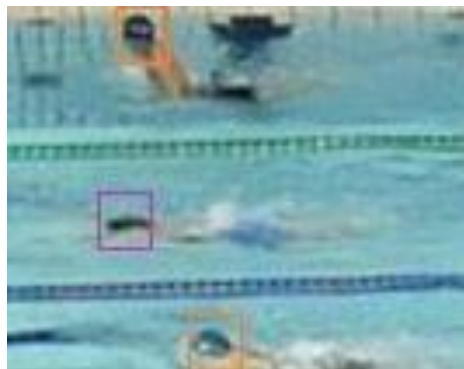


図 6. 平泳ぎのタグ付け(頭部水面上, 頭部水面下)

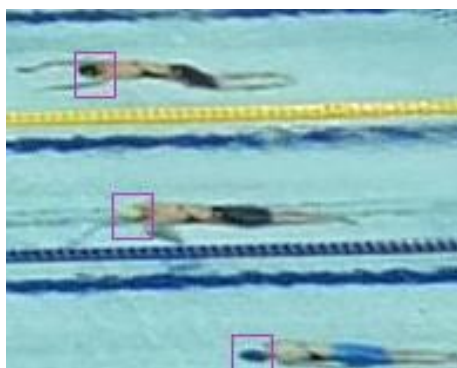


図 7. 平泳ぎのタグ付け(頭部水面下)

自由形では, 潜水中 (頭部潜水) とそれ以外 (頭部自由) でクラスを分けてタグ付けした. 図 8 と図 9 にタグ付けの様子を示す. 橙色に囲まれた部分を頭部自由, 紫色の四角に囲まれた部分を潜水としている. 用意したデータ数はそれぞれ約 2000 である.

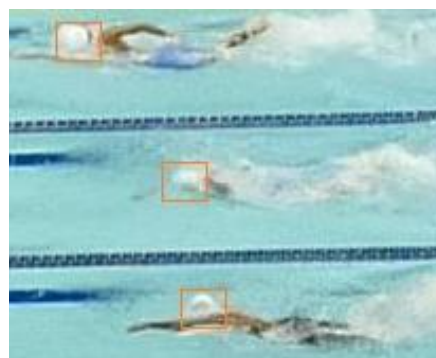


図 8. 自由形のタグ付け(頭部自由)

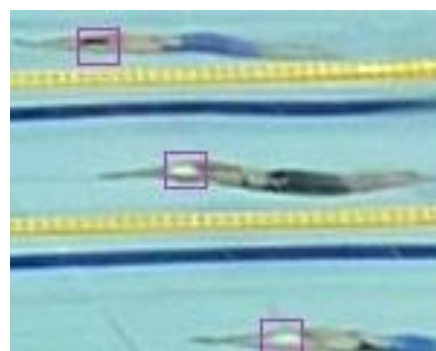


図 9. 自由形のタグ付け(頭部潜水)

4. 実験

4.1. 競技映像

国内で開催された競技大会において, 許可を受けて辰巳国際競技場で撮影した競技映像を実験に用いた. 国際規格に準拠した 50m 競泳プール水面を 4K 解像度 30[fps] で撮影したものを競泳映像とする. 実験を行うにあたって競泳映像を 10[fps] でフレームごとに分解した画像を使用した.

4.2. 頭部位置推定結果

3.2. 節で述べた単一頭部クラスによる学習と, 3.3. 節の泳法別の頭部クラスによる学習の実験結果を示す. 学習, 推定とも競泳映像をフレームごとに分解した画像をそのまま YOLOv3[1] への入力画像とした. 推定結果の平泳ぎでの例を図 9 から図 11 に示す. また, mAP を表 1, 2 に示す.

表 1 の mAP の結果から, バタフライ, 平泳ぎ, 背泳ぎ, 自由形の順に精度が高いことが分かった. 背泳ぎ, 自由形は両腕を回す泳ぎ方であるために横から撮影すると腕が頭部に重なって頭部の全体が見えていないために精度がバタフライ, 平泳ぎに比べ低いことが考えられる. 表 2 が表 1 と比較し精度が高くなっている理由として, データ数が増えたことと頭部のクラス分けを行ったことが挙げられる.

頭部の認識率は全体として 50% 前後である. 目視で

の結果確認では、飛び込みとターン時以外では認識漏れが連続して発生していることがほぼなかった。競泳の性質上、泳者速度が時間方向に急激に変化することは考えにくいので、現状でもパフォーマンス解析の基礎資料とすることが可能と考える。平泳ぎについては、頭部水面上と頭部水面下の分布を観察することで、ストローク数やストロークの時間的距離的長さを調べることも可能である。

表 1.単一頭部クラス学習での mAP

	バタフライ	平泳ぎ	背泳ぎ	自由形
mAP/%	65.5	50.5	43.4	39.0

表 2.泳法別頭部クラス学習での mAP

	平泳ぎ	自由形
mAP/%	54.9	48.0

4.3. 考察

頭部位置推定に影響を与えうる要因について考察する。

まず、大型掲示板の影響について調査した。実験に使用した競技映像上では、プールの右側上部に大型掲示板の発光が水面に映り込んでいる。プール右側、スタート位置から 5~15m 間の大型掲示板の映り込みが有る側と 15~25m 側の映り込みが無い側の認識率の比較を行い、認識率に影響があるかどうか検証を行った。

5~25m 間の結果を出力し認識した回数をレーンごとに数えた。5~15m 間、15~25m 間それぞれの頭部を認識したフレーム数を、泳者が 5~15m 間、15~25m 間を通過するのにかかったフレーム数で割った結果を以下の表 3 から表 6 に示す。数字が大きい方がよい結果であると見なすことができる。撮影位置から遠いレーンから順に 1,2,3,4,5,6,7,8 レーンとした。1,2,3,4 レーンの右側が大型掲示板の映り込んでいる領域を泳いでいる。表中では灰色地太数字がそれに相当する。

表 3.平泳ぎ(右から左)

レーン	左側[%]	右側[%]
1	65.7	52.7
2	38.2	42.1
3	68.1	42.6
4	65.7	82.1
5	81.4	62.3
6	68.6	79.7
7	82.6	63.2
8	64.3	89.3

表 4.平泳ぎ(左から右)

レーン	左側[%]	右側[%]
1	89.3	70.8
2	57.7	40.8
3	61.0	49.3
4	76.0	74.0
5	66.7	84.1
6	71.2	72.6
7	66.7	78.1
8	74.6	80.3

表 5.自由形(右から左)

レーン	左側[%]	右側[%]
1	94.3	53.2
2	94.3	93.8
3	92.6	95.8
4	47.2	69.6
5	75.5	87.0
6	94.4	91.3
7	98.1	91.3
8	66.7	97.9

表 6.自由形(左から右)

レーン	左側[%]	右側[%]
1	98.4	67.8
2	96.6	82.5
3	93.0	47.3
4	24.6	22.8
5	100	98.3
6	93.3	96.6
7	96.6	71.2
8	94.7	96.7

結果を概観すると、認識率にばらつきはあるものの、大型掲示板の映り込みから大きな影響を受けてはいないと考えられる。

次に、引き波の影響を調べるためにプールのスタート位置から見て、大型掲示板、飛び込みやターンの影響が少ない 15~35m 間の認識率を比較した。このとき引き波の影響がない先頭の泳者と、先頭泳者に隣接する奥のレーン、同じくその手前のレーン、及び最終泳者の 4 つのレーンについて調べた。結果を表 7 から表 10 に示す。灰色地太数字が引き波の影響を受けた結果である。

表 7.平泳ぎ(右から左)

	認識率[%]
先頭	48.5
先頭奥	68.3
先頭前	53.2
最終	75.4

表 8.平泳ぎ(左から右)

	認識率[%]
先頭	80.3
先頭奥	60.5
先頭前	66.7
最終	72.4

表 9.自由形(右から左)

	認識率[%]
先頭	99.1
先頭奥	98.1
先頭前	79.1
最終	99.1

表 10.自由形(左から右)

	認識率[%]
先頭	50.0
先頭奥	90.1
先頭前	89.6
最終	80.3

結果を概観すると、認識率にばらつきはあるものの引き波から大きな影響を受けてはいないと考えられる。

5. おわりに

競泳プール全体を広角固定で撮影した映像から、レーンに沿った泳者頭部の位置推定を行う方法について検討した。YOLOv3 を使用し、学習用データを用意した。競泳映像から泳法別に頭部位置を学習させることで、水飛沫やコースセパレータ等の外乱要因があっても頭部位置が推定できることが、試験実装によって確認した。

本研究の一部は JSPS 科研費 19K22857 の助成を受けて行われた。

文 献

- [1] Joseph Redmon, Ali Farhadi, "YOLOv3: An Incremental Improvement," arXiv preprint arXiv:1804.02767, 2018.
- [2] Jiwoong Choi, Dayoung Chun, Hyun Kim, Hyuk-Jae Lee, "Gaussian YOLOv3: An Accurate and Fast Object Detector Using Localization Uncertainty for Autonomous Driving," The IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), pp. 502-511, 2019
- [3] Miaojing Shi, Zhaohui Yang, Chao Xu, Qijun Chen, "Revisiting Perspective Information for Efficient Crowd Counting," The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 7279-7288, 2019.
- [4] 仲野 彰洋, 子安 大士, 前川 仁, "機械学習を用いた交通信号機の検出と認識", 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア, 2010-CVIM-172, 26, pp.1-7, May.2010.



図 9.平泳ぎの検出結果

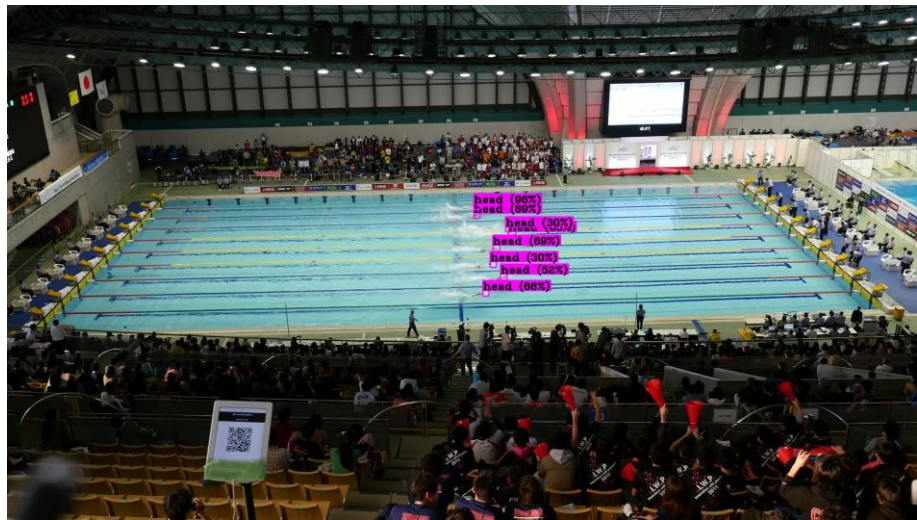


図 10.自由形(頭部自由)の検出結果

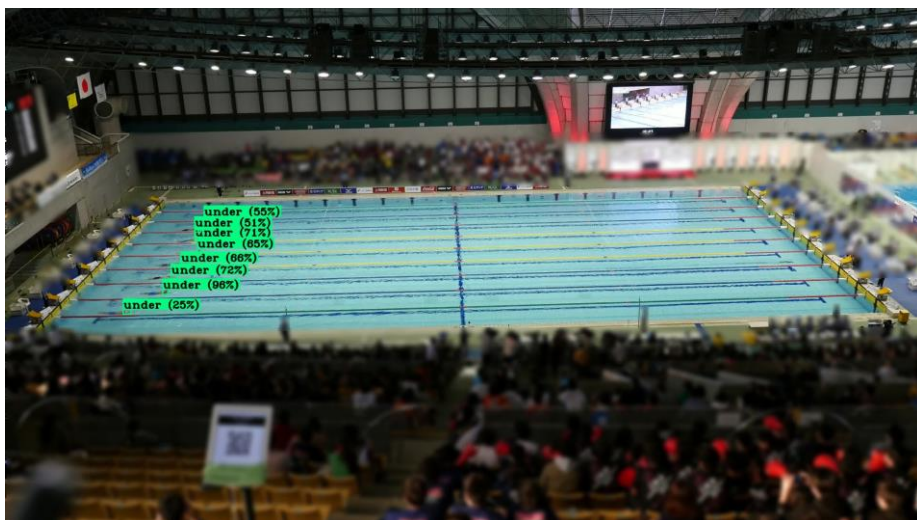


図 11.自由形(頭部潜水)の検出結果