

データ特性情報の融合によるソナー画像に対する物体探知の 汎用性向上の取り組み

Improving versatility fusing data characteristic information with sonar image in object detection

辰巳 嵩豊[†] 上里 達実[†] 秋山 靖浩 安藤 健人[†]
Takato Tatsumi Tatsumi Uezato Yasuhiro Akiyama Kento Ando

1. はじめに

貨物船や旅客船による水上交通の安全確保や水難事故における調査のため、ソナーを用いた水中の物体探知が行われている。水中においては音波は電波などと比較して減衰が小さく長距離の探知に向いているため、水中の物体探知にソナーが用いられている。従来、訓練を積んだ人員がソナーデータから人手で目的の物体と思われる信号を探知していた。探知対象となる場所が広大であることから、効率的な探知のために、水中の物体を自動かつ高性能で探知する仕組みが求められている。その仕組みの一つとして、深層学習を用いてソナー画像から対象を検知する手法が開発されている[1]。

ソナーデータの特性として、水温や水底の種類、ソナー深度（水面・水中・水底）やソナーのゲインなどからなる観測条件により、水中における音波の進み方が変化したり、水面・水底による反射・散乱の影響を受け、取得される信号の様相が変化する。そのため、複数の観測条件をまとめると探知対象である物体の信号と探知対象外である背景（水面反射や水底反射）等の信号が類似する場合がある。手法による誤探知が多いとそこから人手で選り分ける必要があるため、誤探知が少ないモデルが求められている。本研究では、センサ等で取得可能なデータの特性を表す情報を、ソナーデータに加えて、探知器に入力することで、観測条件を探知器に把握させ誤検知の低減を図る手法を提案する。提案手法の有効性を、オープンデータを加工して作成した観測条件が異なる状況を模擬したデータセットにおいて検証する。

2. 提案手法

本研究で想定する、対象物体が写っているソナーデータは 2 次元（縦×横）の画像状のデータである。一方データ特性情報は水温、水底の種類、ソナー深度、ゲインとスカラー値つまり 1 次元として表現されるデータであり、ソナーデータと形式が異なる。形式が異なるデータはそのまま結合することはできないため、変換する必要がある。本研究で想定するデータ特性情報は取得されるソナーデータ全体に関わる性質がある。例えばソナーゲインを高くすると、取得されるソナーの信号値は全体的に大きくなること挙げられる。

本研究では Fully Convolutional Network (FCN)の手法を対象に開発を進めている。FCN 手法には全結合層が用いられず、線形層が畳み込み層だけで構成され、出力はその場所の近隣の情報のみを用いて判定を行う。データ特性情報を入力データ全体において考慮するため、データ特性情報を複製してソナーデータの形式に揃え、結合する方法を提案

する。探知器の入力の前にソナーデータとデータ特性情報を結合する方法を図 1 に示す。図の左側に、画像状のソナーデータとスカラー値のデータ特性情報がある。ここで、ソナーデータの大きさを (x, y, h) とする。まずデータ特性情報を全結合により $(1, 1, h')$ の大きさのベクトルに変換する。次に変換されたベクトルを $x \times y$ 個複製し連結することにより大きさ (x, y, h') の特徴マップにする。最後にソナーデータと特徴マップを結合し大きさ $(x, y, h+h')$ の特徴マップとなり、探知器に入力される。

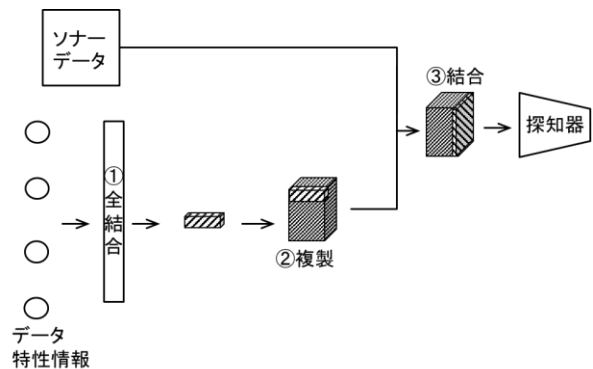


図 1 ソナーデータへの観測条件に関するデータの結合方法

上述した方法により、ソナーデータ上のどの位置においても、同じデータ特性情報を変換したベクトルにアクセスできる。探知器として畳み込みニューラルネットワークを想定しており、その構成を変更せずにソナーデータに対して均一にデータ特性情報を適用することができる。

3. 評価実験

3.1 評価対象タスク

Forward-Looking Sonar Marine Debris Datasets [2] の watertank-segmentation のデータを加工し、観測条件が異なるデータから物体を検知するタスクを模擬した。図 2 にデータ例を示す。赤枠で囲った部分が検知対象（Bottle と Tire）である。

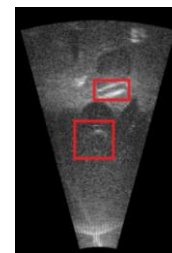


図 2 データ例

[†] 株式会社日立製作所 Hitachi, Ltd.

データの加工は、

- 加工 1: 各ピクセルにおける値を 3 倍に増幅
- 加工 2: 各ピクセルにおける値を 0.3 倍に減衰
- 加工 3: 縦横共に 1/10 に縮小した後に元のサイズに戻す

を 0.8 ずつの確率で適用した。データ特性情報として上記の加工が適用されたか否かを与えた。具体的には、適用されれば 1 を適用されなければ 0 を与えた。評価指標は探知確率(TPR)と探知器が検出した解の数(平均値及び最大値)とし、提案手法の有効性を評価する。

3.2 実験設定

探知器として YOLOv8 [3]を用いた。ハイパーパラメータは学習回数: 200 epochs、バッチサイズ: 16、データ拡張: 回転とした。分割データの内 50%を学習、30%を評価(test)、20%を検証(validation)として用いた。

3.3 実験結果

表 1 にデータ特性情報を結合しない従来手法のモデルと、データ特性情報を結合し学習及び推論に活用する提案手法のモデルにおける実験結果を示す。

表 1 従来手法と提案手法の実験結果

	TPR[%]	解の数(ave.)	解の数(max.)
従来手法	93.9	4.3	22
提案手法	94.1	3.3	12

TPR は従来手法も提案手法も同等の値となっているが、解の数は平均値・最大値ともに提案手法の方が小さくなっている。TPR は同等であるので、解の数が少ない提案手法のモデルの方が好ましい。

図 3 に提案手法及び従来手法における探知例を示す。図 3 の左側が提案手法、右側が従来手法における探知例である。探知結果を図の上に四角として表現している。提案手法でも左上などいくつか誤探知がみられるが、従来手法は提案手法と比較して図の左側に多くの誤探知が生じている。

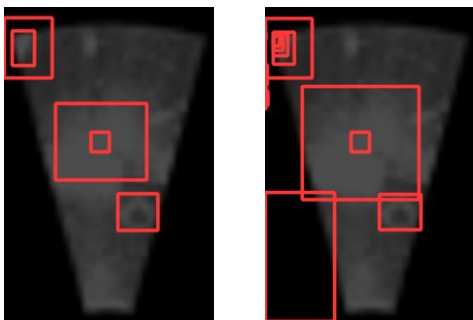


図 3 探知例(左: 提案手法, 右: 従来手法)

3.4 考察

まず、提案手法がどのような加工が適用されたデータに効果的であったかを調査する。表 2 に加工の有無と加工法ごとに、従来手法における解の数の平均から提案手法における解の数の平均を減じた値、つまり提案手法による改善度合いを示す。

表 2 従来手法と提案手法の実験結果

加工法			解の数の平均減少量
加工 1	加工 2	加工 3	
無	無	有	0.00
無	有	無	0.93
無	有	有	0.83
有	無	無	2.00
有	無	有	0.88
有	有	無	1.55

加工 1, 加工 2, 加工 3 の順で、その加工が適用されたデータにおいて解の数の平均減少量が大きい。つまり今回の実験においては、全体的なピクセル値の変動に対して、その加工情報を活用することで誤判定を低減することができることが分かった。

次に、誤ったデータ特性情報が与えられた場合について調査する。表 3 にデータ特性情報をランダムに与えた場合の実験結果を示す。

表 3 ランダムにデータ特性情報を与えた場合の実験結果

	TPR[%]	解の数(ave.)	解の数(max.)
提案手法 (ランダム)	95.0	3.6	19

TPR は高くなるものの、解の数は正しくデータ特性情報を与えた場合よりも大きくなる。この結果から提案手法はデータ特性情報を活用し、誤検知を抑制していると考えられる。

4. おわりに

物体探知タスクにおいて、データ特性情報を探知器に入力することで、観測条件を探知器に把握させ誤検知の低減を図る手法を提案した。検証に用いた異なる観測条件を模擬したデータでは、データ特性情報を与えた提案手法が誤探知少なく対象物体を探知しており、目的を達成した。

今後の課題に、データ特性情報の種類が多い場合に用いるデータ特性情報を選別する方法の考案、観測条件がソナーデータの一部のみに影響を及ぼす場合への対応、データ特性情報が変動した場合に精度を保つ方法の考案を挙げ、改良検討を推進する。

参考文献

- [1] M. Sung, H. Cho, T. Kim, H. Joe and S. -C. Yu, "Crosstalk Removal in Forward Scan Sonar Image Using Deep Learning for Object Detection," in IEEE Sensors Journal, vol. 19, no. 21, pp. 9929-9944, 1 Nov. 1, 2019.
- [2] M. Valdenegro, D. Singh, and D. C. Padmanabhan, "Forward-Looking Sonar Marine Debris Datasets." <https://github.com/mvaldenegro/marine-debris-fls-datasets>, 2022.
- [3] G. Jocher, A. Chaurasia, and J. Qiu, "YOLO by Ultralytics." <https://github.com/ultralytics/ultralytics>, 2023.