

水中音響技術を利用した港湾監視システムに関する研究

担当者：岡本 真輝，安井 淑和，高倉 直人 指導教員：長田 茂美 教授

1. まえがき

近年、港湾に隣接する原子力発電所などの重要施設は、水上、水中からの脅威への対応が求められており、さまざまなセンサを用いて脅威を検出・類別できる港湾監視システムの実現が期待されている。本研究では、港湾監視システムを実現するための要素技術の一つとして、パッシブ音響センサで得られた音響データから水中移動目標（船，ダイバー，水中スクータ+ダイバー）を自動的に検出・類別できるシステムの開発を目指す。

2. システム概要

図1に、「学習フェーズ」と「実行フェーズ」から成る開発システムの概要を示す。この両フェーズに共通の処理である“前処理”，“特徴抽出”では、音響データをFFTで変換した後、水中移動目標のカテゴリごとにMFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients)，PS (Power Spectrum)などの特徴素を抽出し、この特徴素群をk-means法でクラスタリングして、Auditory Words (AW)を決定する。最後に、水中移動目標のカテゴリの特徴を十分に表現できる一定時間間隔の音響データごとにAWの出現頻度のヒストグラムを作成し、その音響データの特徴ベクトルAW_Hとして抽出する。既知カテゴリの音響データを用いて、AW_Hと水中移動目標との対応関係を事前に学習によって獲得しておき、その学習した対応関係に基づいて、未知カテゴリの音響データを類別するというのが、本システムの基本的な考え方である。

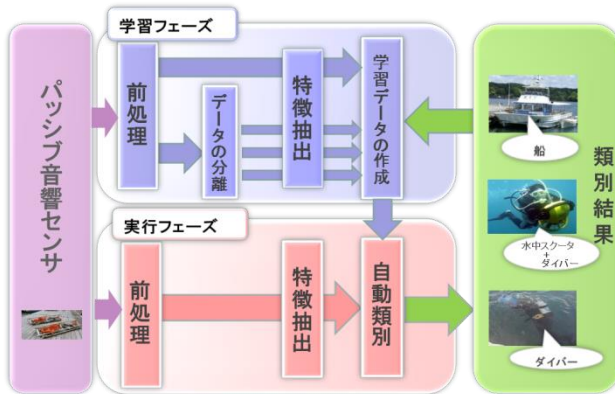


図1. 本システムの概要

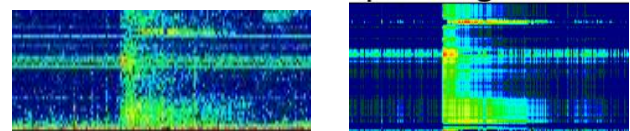
・「学習フェーズ」：既知カテゴリの音響データからAW_Hを抽出し、自動検出・類別を実行するk-NN法やSVM (Support Vector Machine) に基づく分類器を構成するための学習データとして利用する。また、検出・類別の精度向上を図るため、“前処理”で得られるスペクトログラムにNMF (Nonnegative Matrix Factorization) を適用し、特定の音源からの音響データに分離した後に、AW_Hを抽出し、分類器を構成するための学習データとして利用することもできる。

・「実行フェーズ」：未知の音響データからAW_Hを抽出し、k-NN法やSVMに基づく分類器で自動検出・類別する。

3. システム評価

まず、“データの分離”にNMFを適用し、その分離精度の評価実験を行った。図2に、NMFを適用したスペクトログラム（図2(a)は水中スクータ+ダイバー+雑音と、音源ごと（図2(b)は

ダイバー)のスペクトログラムを取り出したものである。ダイバーは呼吸のタイミングで全周波数帯域に、水中スクータは低周波数帯域に特徴が出現するが、(a)、(b)を比べると、ダイバーの特徴が分離され、その他の特徴が除去されていることが分かる。



(a) スペクトログラム(スクータ+ダイバー+雑音) (b) 分離結果(ダイバー)

図2. 音響データの分離

次に、分類器としてk-NN法とSVMを、特徴素としてMFCCを用いた“自動類別”の類別精度の評価実験を行った。類別対象として、「(a) ダイバーの特徴が常に現れる」、「(b) ダイバーの特徴が徐々に減衰する」、「(c) ダイバー+水中スクータの特徴とダイバーの特徴が表れる」、「(d) 船の特徴が2回現れる」といった4種類の音響データを用意した。表1に、(a)~(d)の4種類の音響データに対する類別精度を示す。

表1. k-NN法とSVMに基づく分類器による類別精度

	k-NN法(MFCC)	SVM(MFCC)
(a)	88.6%	91.4%
(b)	88.5%	98.4%
(c)	85.7%	85.7%
(d)	61.9%	66.7%

k-NN法は、(a)~(c)のダイバーおよび水中スクータの類別精度が85%を超えているのに対し、(d)の船の類別精度が低い。音響データがあるカテゴリの特徴的なパターンから他のカテゴリの特徴的なパターンへと移行する際に、多くの誤検出が発生することに起因する。一方で、SVMは、(a)~(b)のダイバーの類別精度が特徴的なパターンの切り替わり目も含めてk-NN法を大きく上回っているものの、k-NN法と同じく(d)の船の類別精度は低い。いずれの分類器も、水中移動目標のカテゴリが存在しない背景雑音の状態やそれに移行する状態で誤検出が発生しており、リジェクト機能の強化が必要である。

4. むすび

本研究では、パッシブ音響センサで得られた音響データから水中移動目標（船，ダイバー，水中スクータ+ダイバー）の自動検出・類別が可能なシステムを開発し、実際の水中移動目標から収集した音響データを用いた評価実験により、その有用性を確認した。また、NMFについても、スペクトログラムから特定の音源ごとの音響データに分離できることを確認した。

今後も、実データによるシステム評価と改良を継続し、実用的なシステムへと展開を図っていく予定である。

参考文献

- [1] 人工知能に関する断創録，“メル周波数ケプストラム”，<http://aidiary.hatenablog.com/entry/20120225/1330179868>，参照 Oct. 30 2015.
- [2] 澤田宏，“非負値行列因子分解NMFの基礎とデータ/信号解析への応用”，電子情報通信学会誌 Vol. 95, No. 9, 2012.