

PS-7 騒音規制への取り組み

構造安全評価系 * 平方 勝, 馬 沖, 国土交通省 小沢 匠

1. はじめに

国際海事機関(IMO)は、騒音コードを義務化した。本騒音コードは中小型船にとって厳しく、対策を検討する上で、騒音予測が必要になる。当所は、基本設計での使用を想定し、Janssen 法による騒音予測プログラムを作成した。Janssen 法による騒音予測は、船内騒音の特徴を考慮した経験的手法であり、船舶・機関要目、内装情報と音響パラメータを用いて予測する。Janssen 法による騒音予測は、同型船に対して実用的な精度で予測できる。

新設計船の騒音予測信頼度を確保したいとする要望がある。新設計船を対象に Janssen 法による騒音予測を行う場合、現状では、寸法、構造が比較的類似する類似船の騒音計測結果を基にチューニングを実施し、チューニングしたパラメータを用いて新設計船の騒音予測を行う手法をとっている。どの船を類似船とみなすかは、経験的知識が必要となる。

ニューラルネットワークによる推論は、数多くのパターン学習を行うことによって、欠損情報を補完し推論することができる。そこで、ニューラルネットワークによる学習型騒音予測手法が、新設計船の騒音予測に有効であると考えられる。ニューラルネットワークは、回帰問題・分類問題で有効である。騒音予測(推論)は、船体・機関等情報と騒音計測結果のパターン学習とみなせる回帰問題である。船舶情報と騒音計測データをもとに帰納的に推論できる。そこで、多層パーセプトロンタイプのニューラルネットワークの活用が考えられる。また、計画船と類似する船舶を見つけことは分類問題であり、自己組織化マップ(SOM)タイプのニューラルネットワークの活用が考えられる。本稿では、これらニューラルネットワークの紹介を行い、騒音予測結果について紹介する。

騒音予測は設計段階での評価である。設計段階で想定できなかった事象が発生することが多い。騒音対策を検討する上で、原因(騒音源)を特定する必要がある。そこで、船内の騒音源を特定する実船調査を行った。本稿では、船内騒音源探査の紹介を行う。

2. ニューラルネットワークによる騒音予測

2.1 多層パーセプトロン^{1), 2)}

多層パーセプトロンのニューラルネットワークは、図-1に示すように、入・出力層と隠れ層を配置した構造とし、本研究では、隠れ層を1層とした。入力層のユニットは、Janssen 法を参考に船体・機関情報、内装情報等とし、出力層のユニットは騒音スペクトルとした。隠れ層のユニット数は、入力層のユニットの数よりも少なく、本研究では6とした。騒音計測データを教師データとして学習し、学習後のシナプス重みを利用して推論(予測)を行う。学習は、誤差関数を最小

化するように行われ、ここでは確率的勾配降下法を用いた。学習を効率よく実施するために、ミニバッチを利用した。多層パーセプトロンタイプのニューラルネットワークの課題は、訓練データ以外のデータにも推論(予測)可能であること、すなわち汎化性能が課題となる。学習にあたって過学習が起きていないかに着目しながら、学習を進めた。本研究では、訓練データ用の部屋と検証用データ用の部屋に分けて学習した。なお、入力ユニットの数は、騒音メカニズムや騒音対策の観点から適宜見直しを行っている。

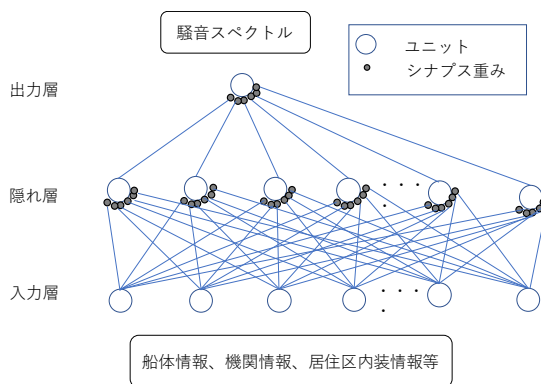


図-1 多層パーセプトロンモデル

2.2 自己組織化マップ(SOM)³⁾

自己組織化マップ(SOM)は入力層と出力層からなる構造で、教師なし学習である。入力層には、船舶の類似性を評価するのに必要なデータを与える。出力層(ここでは2次元配列とする)、配列上には船舶が配置され、類似性の高い船舶(船舶Aと船舶B)は近くに配置される。図-2に一例を示す。

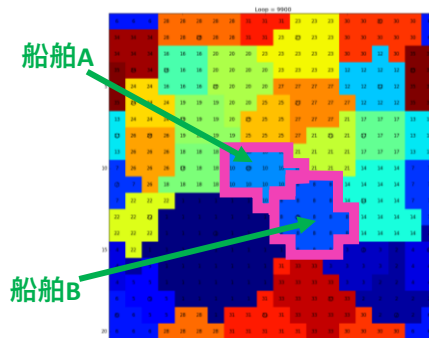


図-2 SOMモデル出力結果

2.3 騒音予測結果

図-2に示す SOM 出力結果は、類似船(船舶A)と計画船(船舶B)は類似していることを示す。類似船(船舶A)の部屋を

訓練データと検証データに分けて学習を行った。学習の様子を図-3に示す。訓練データも検証用データも収束しており、過学習は起きていない。

類似船（船舶 A）の学習結果（シナプス重み）を用いて、計画船（船舶 B）の騒音予測を行った。計画船（船舶 B）の騒音予測結果と計測結果の誤差（予測誤差）と、類似船（船舶 A）の計測誤差を比較した（図-4 参照）。図-4 より、ニューラルネットワークによる予測誤差は1部屋のみ 6~7dB(A)と大きいが、計測誤差と同じ程度の±4dB(A)以内で評価できている。なお、1隻を対象に学習するケースと、SOMのマッピングで類似する周辺の複数隻を対象に学習するケースのどちらが有効かを現在検討中である。

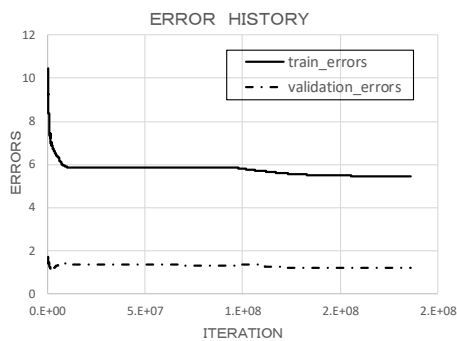


図-3 学習の様子

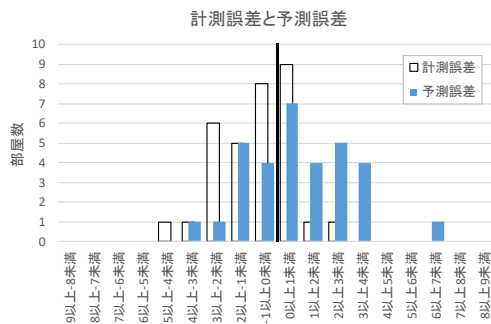


図-4 誤差の評価

3. 船内騒音源探査

3.1 計測器

音源探査は、B&K製 Reflex Acoustic Camera を使用して行った。Reflex Acoustic Camera システムを写真-1に示す。写真-1右の黒い円盤中央にカメラが取り付けられ、まわりに30個のマイクが取り付けられている。カメラの映像、マイクに収録された音響信号がケーブルを経由して写真-1左のフロントエンドに送られ演算され、パソコン画面で操作する。

3.2 音源探査

実船を対象に音源探査を行った。居室内で音源探査を行ったところ、居室扉ルーバーから騒音が流入していることが分かった。そこで、通路に出て音源探査を実施したところ、写真-2に示すように、ダクトスペース吸気口の騒音レベルが高いことが分かり、騒音源となることが分かった。この

ように、騒音源を特定できたため、対策案を検討できる。

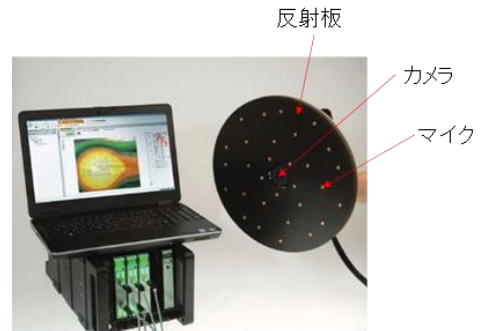


写真-1 Reflex Acoustic Camera システム

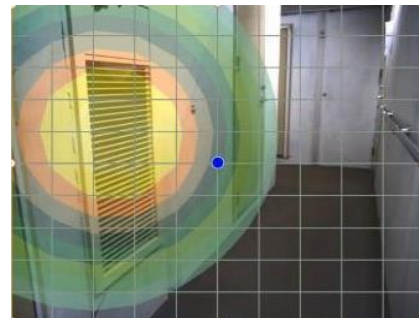


写真-2 ダクトスペース吸気口付近

4. まとめ

経験的な手法である Janssen 法による騒音予測手法を参考に、ニューラルネットワークを活用した学習型の騒音予測手法を構築した。Janssen 法と同様、同型船・類似船の計測データを活用することが有効と考え、類似船を検索するためのニューラルネットワーク (SOM) のモデルも構築した。類似船の学習結果を基に計画船の騒音予測を行ったところ、類似船の計測誤差程度で計画船の騒音予測が行えたことを確認した。より多くの船舶を対象に学習・予測の検証を行い、SOM と多層パーセプトロンを組み合わせた騒音予測システムの実用化に向けた検討をひきつづき行う予定である。

船内騒音予測を補完する目的で船内騒音源探査を行った。Janssen 法による騒音予測は、船内騒音は固体伝搬音が支配的とする前提にたっている。しかしながら、主機・発電機以外の音源から流入する騒音（空気音）を確実に影響のないレベルに下げなければ、固体伝搬音（振動）が支配的とする前提だけでは予測上十分でない。船内音源探査は、騒音源を特定できることが実証された。適切な騒音対策を検討する上で、船内音源探査は有効な手段であることが分かった。今回得られた知見を騒音予測手法に反映していく予定である。

参考文献

- 1) 小川原陽一, 平方勝, 南佳成, 新宅英司, 船舶の操縦運動の多変数制御に対する学習型制御方式と学習の高速化に関する研究, 西部造船会会報, 第 87 号, 1994, pp.211-219
- 2) 岡谷貴之, 深層学習, 講談社
- 3) 徳高平蔵, 藤村喜久郎, 自己組織化マップとその応用事例, 日本神経回路学会誌, Vol. 10 No. 3, 2003, pp147-157