

ニューラルネットワークによる 騒音予測Webアプリシステムの構築

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所

構造安全評価系 平方 勝*、馬 沖
構造基盤技術系 谷口 智之

目 次

1. はじめに
2. ニューラルネットワークによる騒音予測
3. 騒音予測Webアプリシステムの紹介
4. まとめ

1. はじめに (1)

2012年、国際海事機関(IMO)が船舶の騒音に関するコードを義務化

- 機関と居室が近い中小型船にとって、**厳しい規制**
 - 竣工直前に騒音計測 (**不合格後の大幅対策は困難**)
- ⇒基本設計 (騒音予測) を支援
- ☞ 設計の初期段階での推定の必要性高い
 - ☞ 早期に対策を検討可能

(適用)

国際航海に従事する総トン数が1,600GT以上の新造船であって次のいずれかに該当するものに適用

1. 2014年7月1日以降に建造契約が行われる船舶
2. 建造契約が無い場合には、2015年1月1日以降に起工又は同等段階にある船舶
3. **2018年7月1日以降に引渡し**が行われる船舶

内航船にも適用。

ただし、騒音レベルの規制値についてのみ、**3年間適用が延期**される。



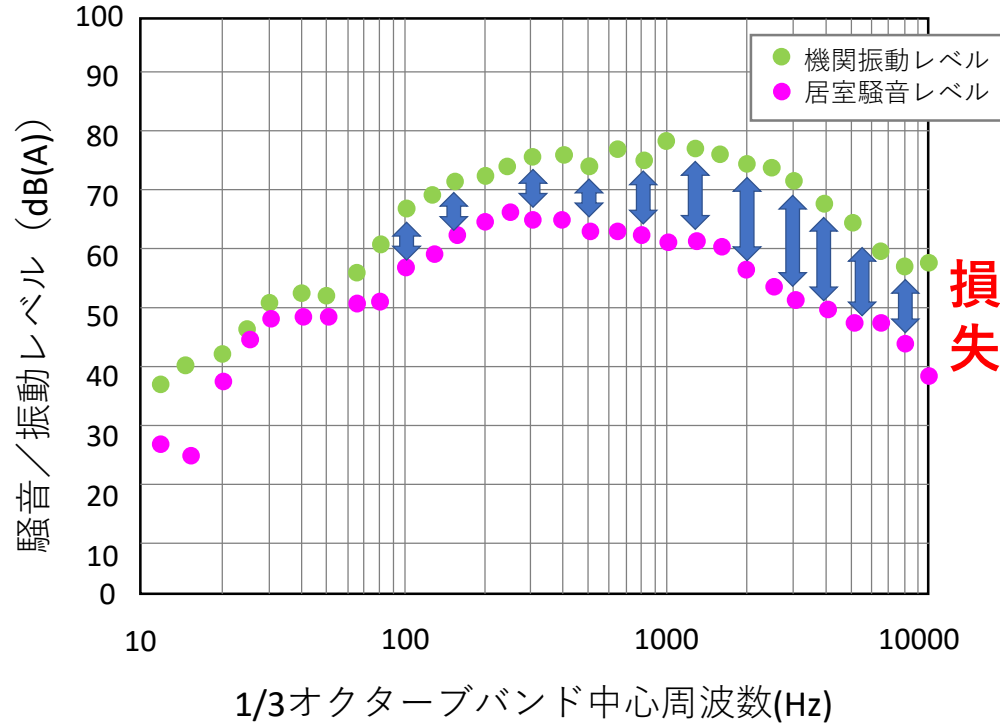
騒音規制値

区域及び区画	1,600GT以上 10,000GT未満	10,000GT以上
1. 作業区域		
機関区域		110
機関制御室		75
機関区域外の工作室		85
特定されない作業区域		85
2. 航海業務に充当する区域		
船橋及び海図室		65
船橋ウィング及び窓を含む監視場所		70
無線室		60
レーダー室		65
3. 居住区域		
居室及び病室	60	55
食堂・娯楽室	65	60
娯楽用の開放区域		75
事務室	65	60
4. 業務区域		
調理室・配膳室		75

単位：dB(A)

1. はじめに (2)

船内騒音の特徴



Janssen法による騒音予測

- 船内騒音は固体伝搬音（振動）が支配的
- 空気伝搬音、2次騒音の影響が少ないと、振動源から居室までの伝達損失は同型船で同じ傾向を示す。同型船の実績を基に、騒音予測が可能。



1. はじめに (3)

<これまでの取り組み>



騒音計測

Janssen法による騒音予測プログラムを制作。

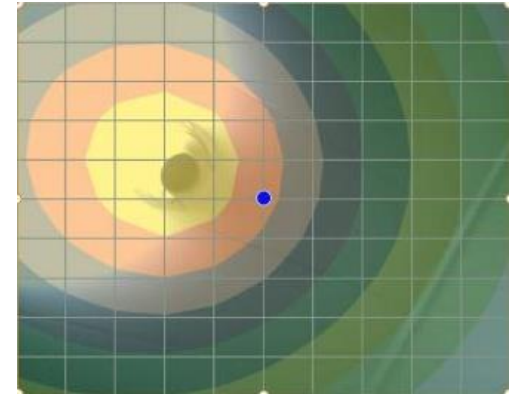


振動計測

音響パラメータをデータベース化

- ・ 振動伝達損失
- ・ 挿入損失
- ・ 壁への伝達損失
- ・ 音響放射効率
- ・ 平均吸音率
- ・ 音響透過損失
- ・ 主機騒音
- ・ 主機振動
- ・ 発電機騒音
- ・ 発電機振動

音源探査による原因究明



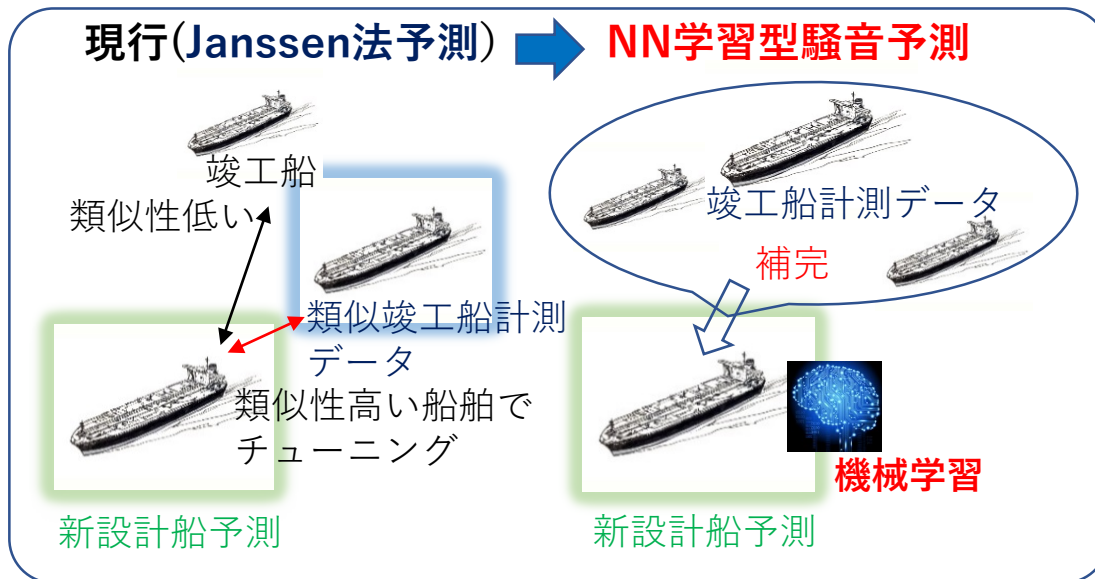
100隻を超える騒音実船計測、騒音予測・解析、音源探査による船内騒音メカニズムの分析から、船内騒音に影響を与える因子を経験的に把握する。

1. はじめに (4)

< Janssen法の課題 >

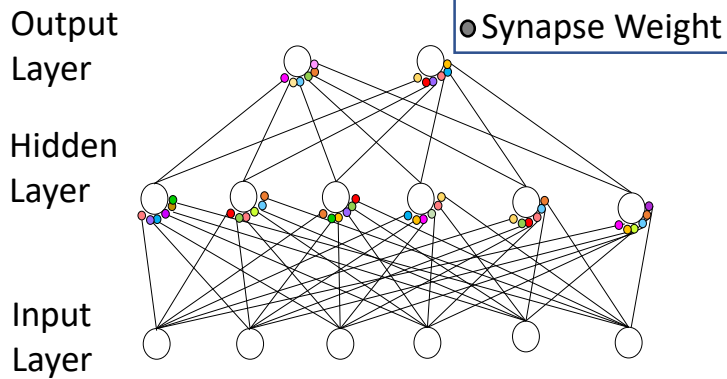
- 横方向（特に**角部屋**）の騒音予測
- 騒音予測に与える**フレームスペース**の影響
- チューニング元船に**特異なノイズ**があると計画船の予測に影響
- **新設計船**騒音予測の際の類似船選定
- 入力データ作成（**ユーザーインターフェース**）

チューニング結果
にも影響あり

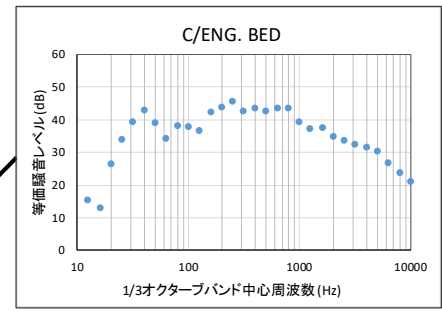


ニューラルネットワークによる推論は、欠損情報を周りの情報から**補完**し**推論（予測）**する。
大量の計測データを学習することによって、より信頼性の高い予測が可能となる。
予測結果のばらつきも評価可能。
設計者の意思決定を支援。

2. ニューラルネットワークを活用した船内騒音予測 (1)

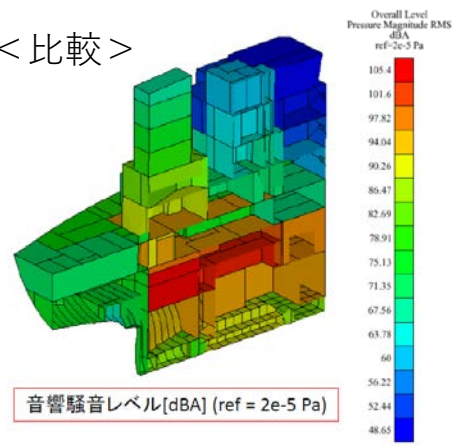


出力情報

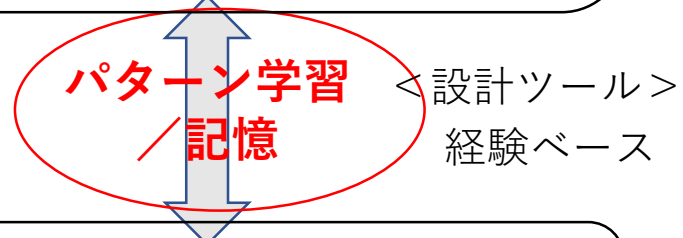
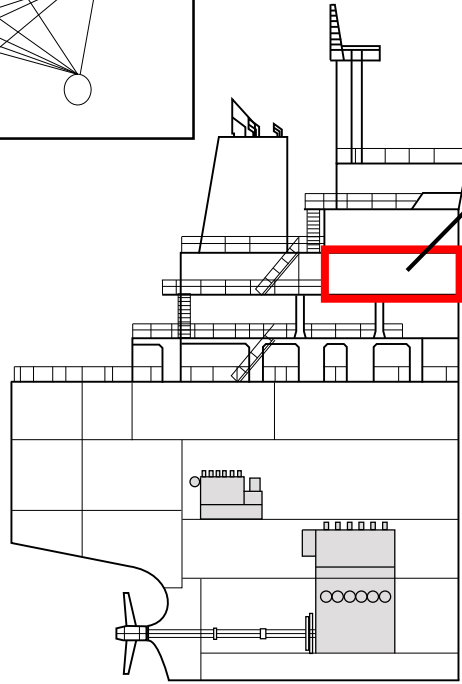


騒音スペクトル

<比較>

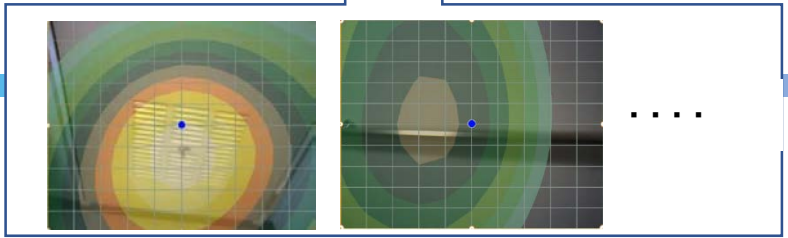


SEA法：要素間のパワー平衡を定式化し、各要素のエネルギー値を求める方法<分析ツール>



入力情報

- 船舶要目 (L, B, D, ...)
- 機関要目 (メーカー, 型式, ...)
- 内装仕様 (挿入損失, 吸音率, ...)



2. ニューラルネットワークを活用した船内騒音予測 (2)

類似船判定 (自己組織化マップ (SOM) タイプ)

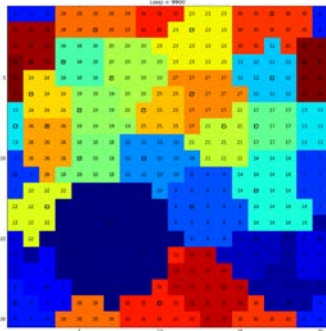


図1 SOM分類結果

船舶・機関要目、部屋数、デッキ高さ等を入力しSOMによる分類計算を行う。



類似性の高い船は、隣り合う。

騒音学習・予測 (多層パーセプトロンタイプ)

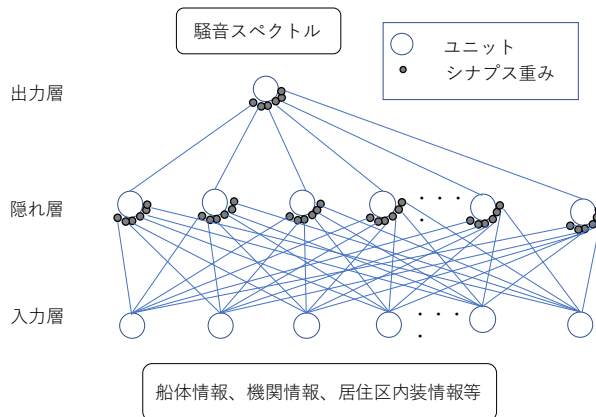


図2 ニューラルネットワークモデル

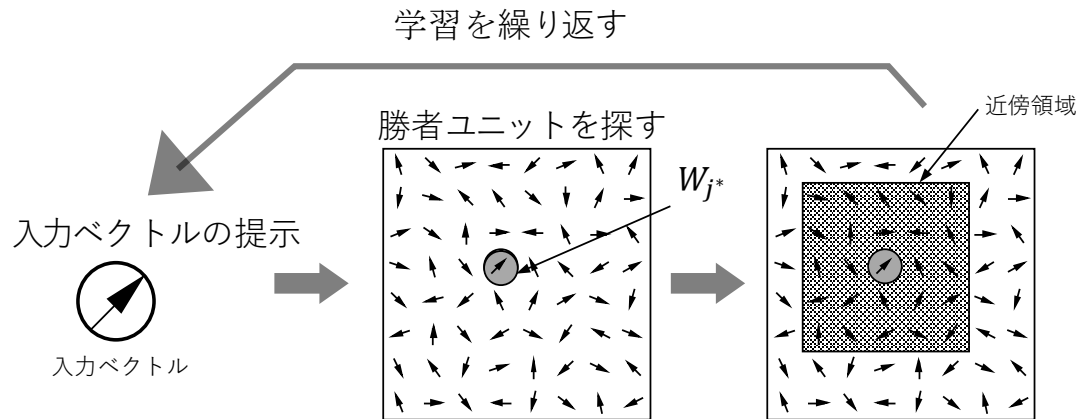
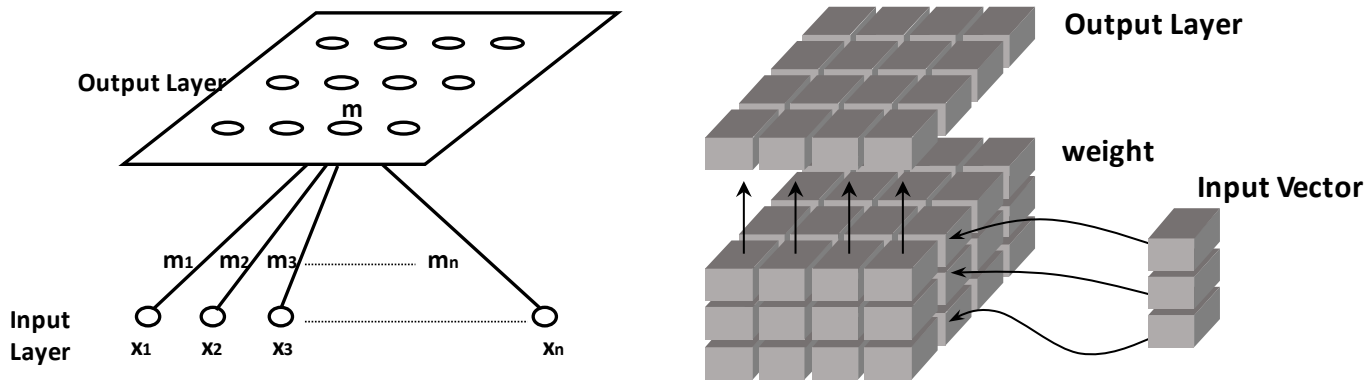
騒音計測データを教師データとして学習。

学習後の重みを利用して騒音予測。

2. ニューラルネットワークを活用した船内騒音予測 (3)

類似船判定 (自己組織化マップ (SOM) タイプ)

コホネンが脳皮質の視覚野をモデル化したニューラルネットワークの一つ
似たものを自然にまとめて分類する教師なし学習



2. ニューラルネットワークを活用した船内騒音予測 (4)

実験(1)

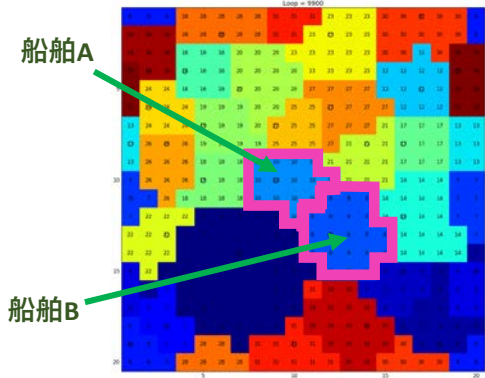


図1 SOM分類結果 (36隻)

船舶Aと船舶Bが
類似船であることを
SOMで確認。

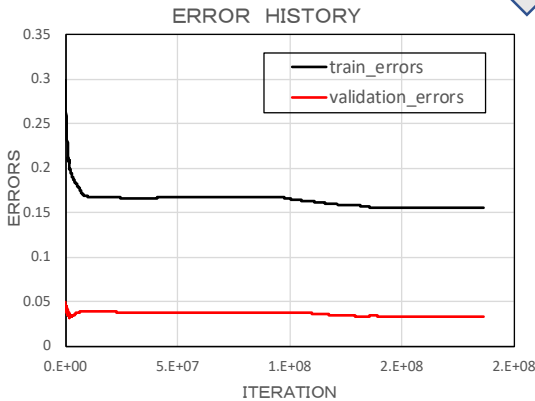


図2 船舶Aの学習

船舶Aを学習
訓練データ、検証
データともに収束

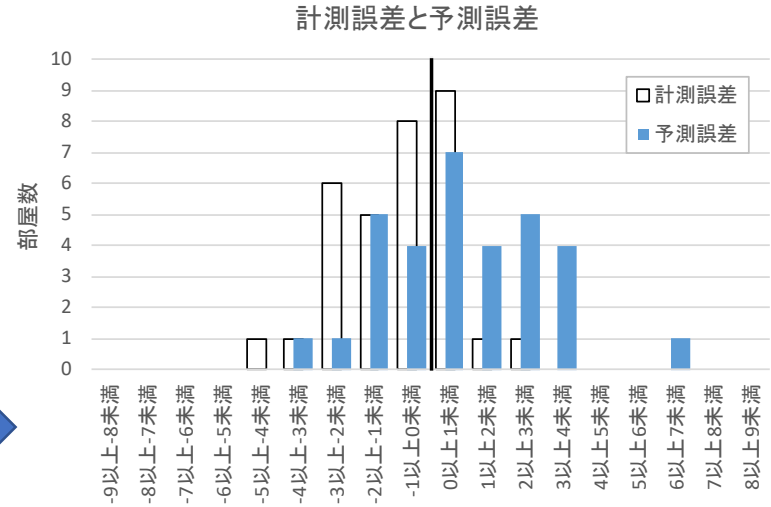


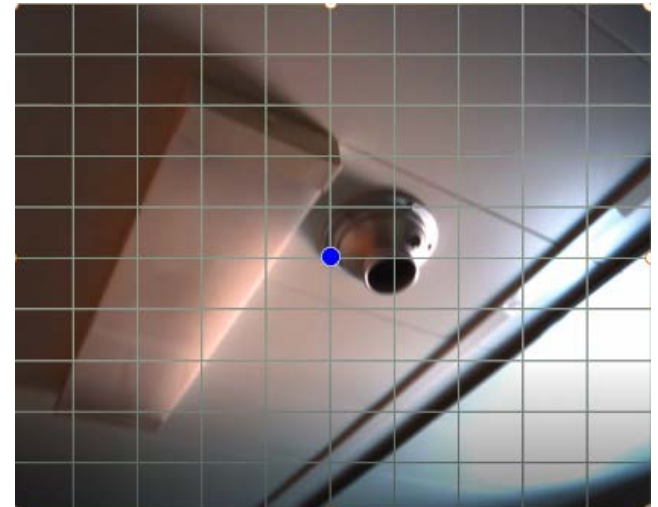
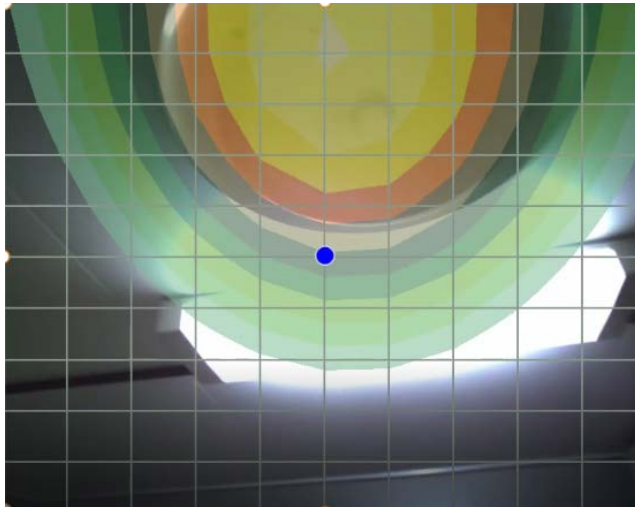
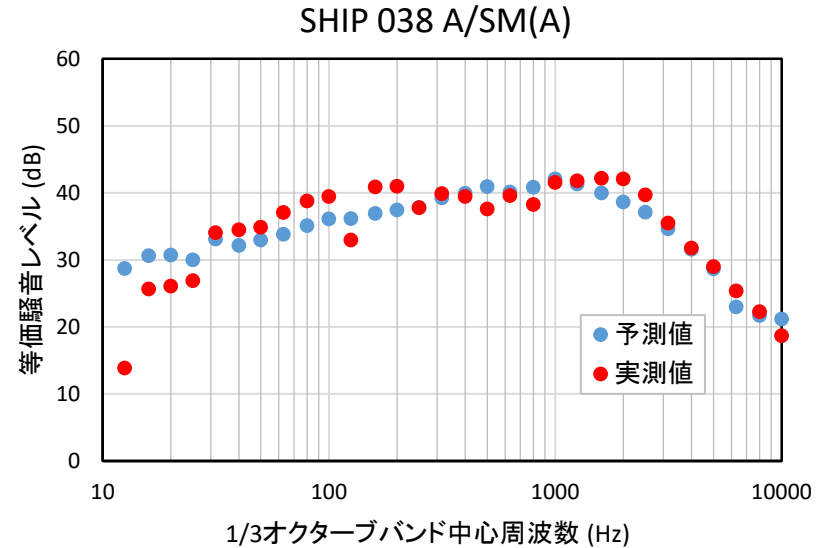
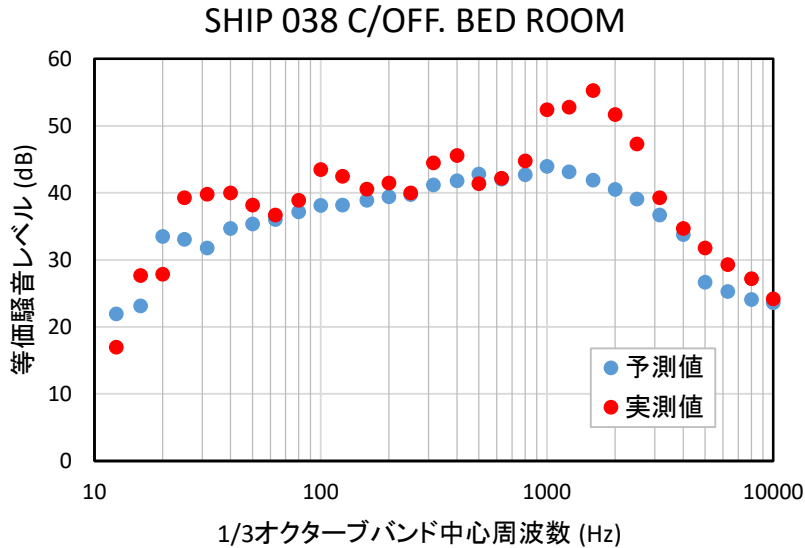
図3 船舶Aの計測誤差、船舶Bの予測誤差

船舶Aの学習結果を基に船舶Bを予測。
船舶Bの予測誤差は船舶Aの計測誤差程度

2. ニューラルネットワークを活用した船内騒音予測 (5)

OA値誤差: -7.0 dB(A)

OA値誤差: -0.8 dB(A)



空調ノイズがなければ、予測誤差は小さく実用的なレベルで予測できている。

3. 騒音予測Webアプリシステムの紹介 (1)

AI-AcousticNet

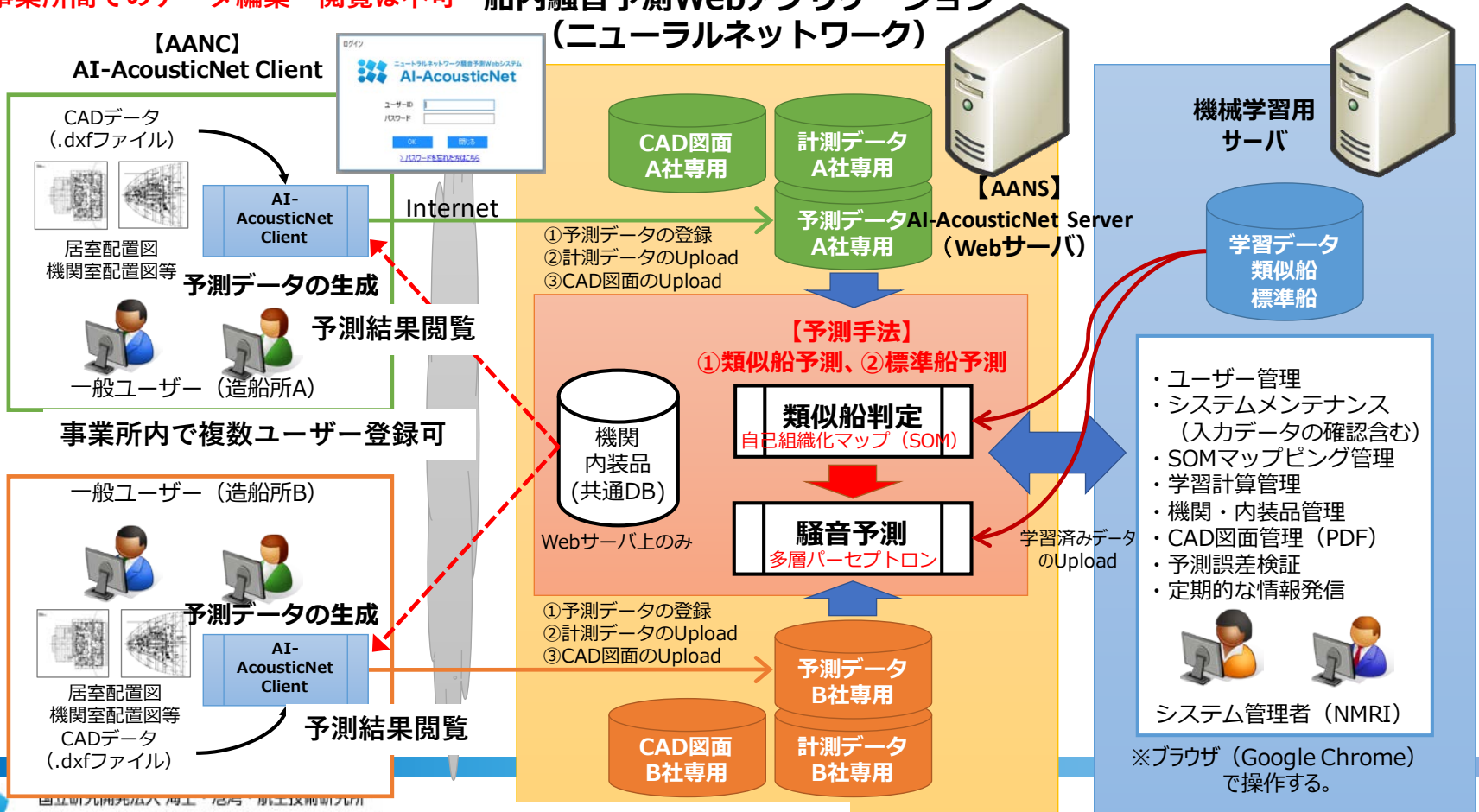
< 目的 > 騒音予測精度・信頼性向上

船種や船体構造の多様性を増しながら、騒音計測データ（教師データ）数を増やす

☞ 教師データとなる騒音データをサーバー側で一元管理（教師データの充実）

事業所間でのデータ編集・閲覧は不可 船内騒音予測Webアプリケーション

(ニューラルネットワーク)



3. 騒音予測Webアプリシステムの紹介 (2)

ユーザーの入力画面 (基本情報)

AI-AcousticNet Client

船情報(S) ツール(T) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

ユーザーID: [パスワード変更](#) [ログアウト](#)

船情報 [船番:

保存(S) 予測結果(C) 計測結果取込み(L) ヘルプ(H)

船体要目 デッキ高さ フレームスペース 主機 発電機 部屋情報 **騒音予測** SOM依頼

船番

船長(m)

型幅(m)

型深さ(m)

GT(ton)

DWT(ton)

航路 内航 外航

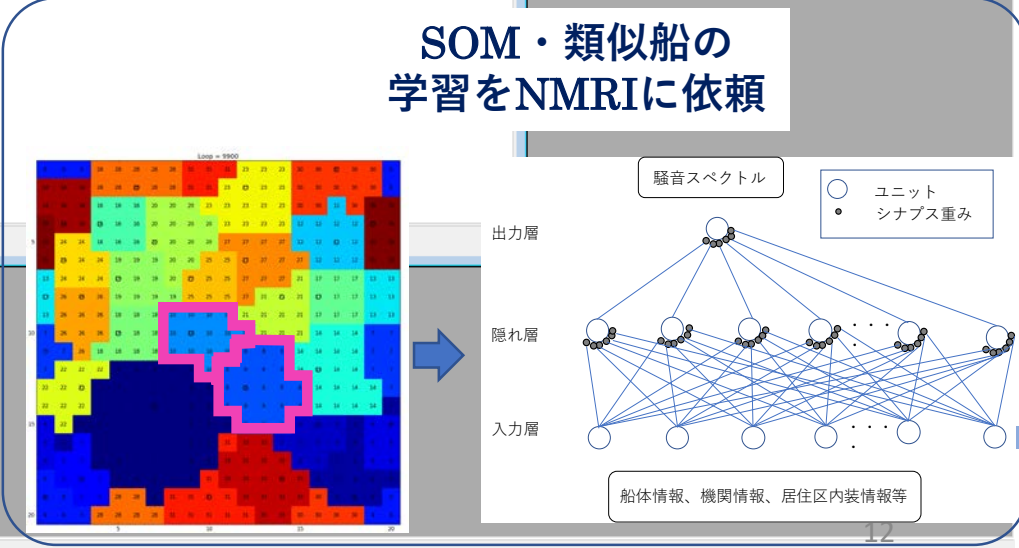
定員(人)

機関室内
フレームスペース
(mm)

**Janssen法
ユーザーに馴染んだ
入力内容**

**データ入力後、騒音予測実行
<標準シナプス重みで予測>**

**SOM・類似船の
学習をNMRIに依頼**



3. 騒音予測Webアプリシステムの紹介 (3)

ユーザーの入力画面 (主機・発電機)

AI-AcousticNet Client

船情報(S) ツール(T) ウィンドウ(W) ヘルプ(H) ユーザーID: パスワード変更 ログアウト

船情報 [船名]

保存(S) 予測結果(C) 計測結果取り込み(I) 行操作 追加(A) 削除(R) 上へ(U) 下へ(D) ヘルプ(H)

船体要目 デッキ高さ フレームスペース **主機 発電機** 部屋情報 騒音予測 SOM依頼

No	型式	出力 (kW)	回転数 (rpm)	搭載デッキ	前端部 FR.No	後端部 FR.No	防振材	選択
1	YANMAR/6EY18ALW-455kW	441	1,200	No1 Part	27	23	YANMAR	<input checked="" type="checkbox"/>
2	YANMAR/6EY18ALW-550kW	550	1,000	No1 Part	27	23	YANMAR	<input type="checkbox"/>

YANMAR/6EY18ALW-455kW
YANMAR/6EY18ALW-500kW
YANMAR/6EY18ALW-550kW
YANMAR/6EY18ALW-615kW
YANMAR/6EY18ALW-660kW
YANMAR/6N165L-EW
YANMAR/6NY16-HW
YANMAR/6NY16L-EN
YANMAR/6NY16L-SW
YANMAR/6NY16L-EW
YANMAR/4HAL2-TN
YANMAR/6HAL2-HTN
YANMAR/6N21L-SW
YANMAR/6EY18-LW
YANMAR/6NY16L-HW
YANMAR/6NY16L-SW/1
YANMAR/6NY16L-LW 400kVA
YANMAR/6EY18ALW
DAIHATSU 5DC-17Ae
DAIHATSU/5DK-20e
DAIHATSU/6DL-16Ae
DAIHATSU/6D-16Aa
DAIHATSU/6DE-18

運転発電機の選択

発電機搭載場所設定

発電機防振対策の有無選択

搭載主機・発電機の選択

主機・発電機の振動・騒音をデータベース化

3. 騒音予測Webアプリシステムの紹介 (4)

ユーザーの入力画面 (部屋情報)

AI-AcousticNet Client

船情報(S) ツール(T) ウィンドウ(W) ヘルプ(H) ユーザーID: パスワード変更 ログアウト

船情報 [船番:]

保存(S) 予測結果(C) 計測結果取込み(L) ヘルプ(H)

船体要目 デッキ高さ フレームスペース 主機 発電機 部屋情報 騒音予測 SOM依頼

デッキ名	Location	公室・居室区分	部屋名	部屋前端FR.No	部屋後端FR.No	前方部屋	角部屋	前壁面積(m ²)	前壁隣接	前壁隣接割合	後壁面積(m ²)	後壁隣接	後壁隣接割合	右壁面積(m ²)	右壁隣接	右壁隣接割合	左壁面積(m ²)	左壁隣接
CAP. BRI ...	c-1	公室	cap	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.40	<input type="checkbox"/>	0.00	8.00	<input type="checkbox"/>	0.00	11.20	<input type="checkbox"/>	0.00	11.20	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-19	公室	SPARE(B)	12	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	4.66	<input type="checkbox"/>	0.00	4.66	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-8	居室	C/OFF BED	32	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.72	<input type="checkbox"/>	0.00	4.72	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-9	居室	C/OFF DAY	32	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.10	<input type="checkbox"/>	0.00	8.10	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-7	公室	Q/M(A)	23	21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	4.36	<input type="checkbox"/>	0.00	4.36	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-11	公室	BOSUN	32	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.02	<input type="checkbox"/>	0.00	5.02	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-10	公室	3/OFF	32	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6.25	<input type="checkbox"/>	0.00	6.25	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-12	公室	C/COOK	32	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.92	<input type="checkbox"/>	0.00	4.92	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-13	公室	NO.1 OIL	32	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.02	<input type="checkbox"/>	0.00	5.02	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-14	公室	1/ENG. DAY	32	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.59	<input type="checkbox"/>	0.00	7.59	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-15	公室	OIL(A)	24	21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	4.51	<input type="checkbox"/>	0.00	4.51	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-16	公室	OIL(B)	21	18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.92	<input type="checkbox"/>	0.00	7.92	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-18	公室	SPARE(A)	15	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	4.45	<input type="checkbox"/>	0.00	4.45	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-17	居室	SAILOR	18	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	4.51	<input type="checkbox"/>	0.00	4.51	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-6	居室	Q/M(B)	20	18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	4.36	<input type="checkbox"/>	0.00	4.36	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-5	居室	Q/M(C)	17	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	4.41	<input type="checkbox"/>	0.00	4.41	<input type="checkbox"/>
BOAT Dk	B-4	公室	HOSPITAL	12	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.40	<input type="checkbox"/>	0.00	14.40	<input type="checkbox"/>	0.00	9.10	<input type="checkbox"/>	0.00	9.10	<input type="checkbox"/>
POOP Dk	IV-1	公室	INVENTORY	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.00	<input type="checkbox"/>	0.00	4.00	<input type="checkbox"/>	0.00	13.80	<input type="checkbox"/>	0.00	13.80	<input type="checkbox"/>
POOP Dk	P-1	居室	P-TEST	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.20	<input type="checkbox"/>	0.00	11.20	<input type="checkbox"/>	0.00	8.00	<input type="checkbox"/>	0.00	8.00	<input type="checkbox"/>
CAP. BRI ...	C-10	居室	C/ENG.DAY RM.	32	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13.02	<input type="checkbox"/>	0.00	13.02	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>
CAP. BRI ...	C-11	居室	C/ENG.BED RM.	32	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.02	<input type="checkbox"/>	0.00	5.02	<input type="checkbox"/>	0.00	6.09	<input type="checkbox"/>	0.00	6.09	<input type="checkbox"/>
CAP. BRI ...	C-12	居室	3/ENG	21	16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	6.15	<input type="checkbox"/>	0.00	6.15	<input type="checkbox"/>
CAP. BRI ...	C-5	居室	OWNER	22	17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.07	<input type="checkbox"/>	0.00	7.07	<input type="checkbox"/>
CAP. BRI ...	C-6	居室	CAP.BED RM.	27	22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.02	<input type="checkbox"/>	0.00	5.02	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>
CAP. BRI ...	C-7	居室	CAP.DAY RM.	32	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16.20	<input type="checkbox"/>	0.00	16.20	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>
CAP. BRI ...	C-8	居室	2/OFF	32	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6.41	<input type="checkbox"/>	0.00	6.41	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>
CAP. BRI ...	C-9	居室	2/ENG	32	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6.36	<input type="checkbox"/>	0.00	6.36	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>	0.00	7.38	<input type="checkbox"/>

Janssen法入力内容と同じ
部屋壁面積の入力支援行う
(次スライド)

音響パラメータ (内装等) をデータベース化

部屋名等設定

部屋位置設定

船内騒音の特徴を考慮し、
入力項目として追加

3. 騒音予測Webアプリシステムの紹介 (5)

The screenshot displays the AI-AcousticNet Client interface. The main window shows a detailed floor plan of a ship's deck, including various rooms such as '1ST ENGR DAY RM.', 'OILER 1', 'COOK', 'BOSUN', '3RD OFFICER' (highlighted in red), 'CHIEF OFFICER L.V.', 'CHIEF OFFICER DAY RM.', and 'CHIEF OFFICER BED RM.'. The interface includes a menu bar at the top with options like '船情報(S)', 'ウィンドウ(W)', and 'ヘルプ(H)'. A status bar at the bottom indicates '部屋構成情報を保存しました。' (Room structure information saved).

On the right side, there is a control panel with the following elements:

- 船番 (Ship No.): [Input field]
- 図面 (Drawing): [Input field]
- 表示情報 (Display Info):
 - 部屋名 (Room Name)
 - OAI値 (OAI Value)
- レイヤー (Layer): [Dropdown menu]
- 部屋 (Room): [Dropdown menu]
- 選択図形 (Selected Shape): [Dropdown menu]
- 操作ボタン (Action Buttons): 追加(A) (Add), 削除(B) (Delete)
- Room List Table:

部屋 (Room)	状態 (Status)
B-10	3/O
B-9	C/O DAY
B-8	C/O Bed

STATUS: 部屋構成情報を保存しました。 X:1337 Y:444

CAD図面(dxfファイル)から読み込み、当該部屋壁（部屋）を選択すると、部屋壁面積が自動計算

3. 騒音予測Webアプリシステムの紹介 (6)

船情報(S) ウィンドウ(W) ヘルプ(H) ユーザーID: techtaro [パスワード変更](#) [ログアウト](#)

保存(S) 部屋エディタ(E) 予測結果(C) 計測結果取込み(L) 行操作 追加(A) 削除(R) 上へ(U) 下へ(D) ヘルプ(H)

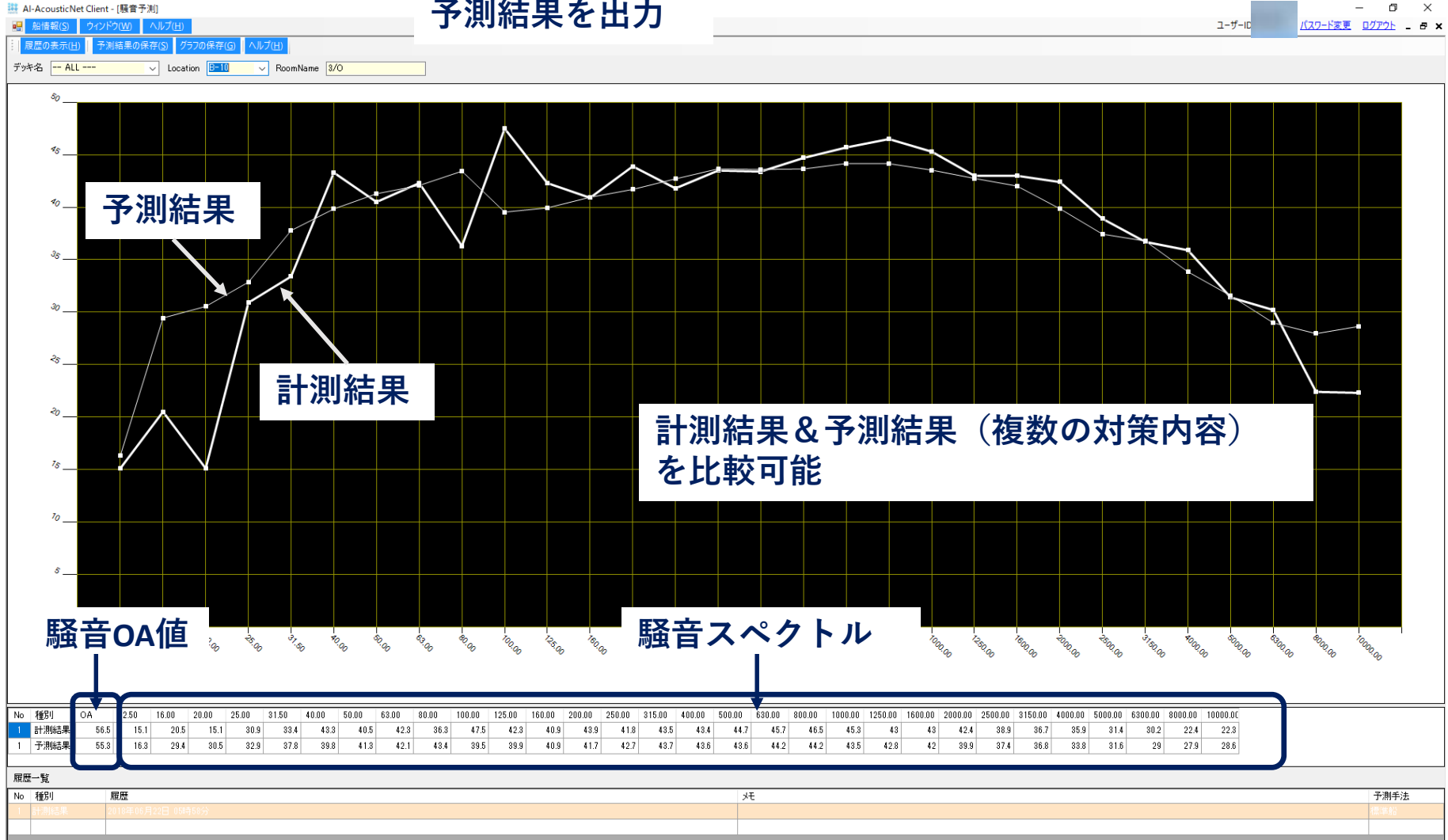
船体要目 デッキ高さ フレームスペース 主機 発電機 部屋情報 騒音予測 類似船依頼 ファイルアップロード

デッキ名	Location	公室・居室 区分	部屋名	部屋前端 FR.No	部屋後端 FR.No	前方部屋	角部屋	前壁面積 (㎡)	前壁隣接 割合	後壁面積 (㎡)	後壁隣接 割合	右壁面積 (㎡)	右壁隣接 割合
BOAT	B-8	居室	C/O Bed	32	27	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	<input type="checkbox"/>	0.00	<input type="checkbox"/>	0.00	<input type="checkbox"/>
BOAT	B-9	居室	C/O DAY	32	27	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	<input type="checkbox"/>	0.00	<input type="checkbox"/>	0.00	<input type="checkbox"/>
BOAT	B-10	居室	3/O	32	27	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00	<input type="checkbox"/>	0.00	<input type="checkbox"/>	0.00	<input type="checkbox"/>

3. 騒音予測Webアプリシステムの紹介 (7)

予測計算結果画面

部屋ごとに騒音
予測結果を出力



4. まとめ

1. **基本設計段階**での活用，すなわち居室配置，機関室配置，機関・内装仕様等がほぼ決定する段階での活用を念頭に，設計ツールとして位置づけた**ニューラルネットワーク**による**学習型の騒音予測システム**を確立した。
2. ニューラルネットワークによる学習型騒音予測は，教師データ（騒音計測データ）が充実することによって，**予測精度の向上**，**予測信頼性**の向上が期待できる**データ駆動型**の**設計手法**である。Janssen法の課題である**新設計船の予測**に期待できる。そのため，騒音計測データ・騒音学習の一元管理を目的に，ニューラルネットワークによる学習型騒音予測システムを，**Webアプリシステム(AI-AcousticNet)**とした。
3. 試行錯誤的な騒音対策上の設計変更で，**設計者への負担を抑える**ように，**AI-AcousticNet**は，**入力支援機能拡充**・**操作性向上**を実現するとともに，対策内容の比較検討・履歴管理等**判断支援を容易**に行えるようにした。また，Janssen法ユーザーに馴染んだ入力内容となっている。
4. 騒音予測・設計への**負担軽減**，騒音規制に対する**合理的な対策立案**（コスト削減）の意思決定に役立てるようにより，運用を通じて，ひきつづき整備・改善していく予定である。

ご清聴ありがとうございました