

# 騒音予測プログラムの実用化に向けた 海上技術安全研究所の取り組み

国立研究開発法人

海上技術安全研究所

平方  
有馬

勝  
俊朗

# 内容

1. 騒音予測プログラムの開発経緯について
2. 騒音・音響域振動実船計測
3. Janssen法による騒音予測について
4. 騒音予測プログラムについて
5. まとめ

# 騒音予測プログラムの開発経緯について(1)

平成24年度日本財団助成事業「中小型船の居住区騒音対策のための研究開発」  
(日本中小型造船工業会 (居住区騒音対策部会：造船所19社参加))

- 「居住区騒音と音響域振動計測マニュアル」を作成し、音響域振動・騒音計測を実施し、騒音レベルの実態調査を行う。

平成25年度日本財団助成事業「中小型船の居住区騒音対策のための研究開発」  
(日本中小型造船工業会 (居住区騒音対策部会：造船所19社参加))

- 平成24年度作成された「居住区騒音と音響域振動計測マニュアル」にしたがって、実船による音響域振動・騒音計測を実施する。
- 騒音レベルの実態調査とJanssen法による騒音予測に必要なパラメータを整備するために実船計測を行う。
- 騒音予測プログラム(Ver1.03)を仮リリースする。

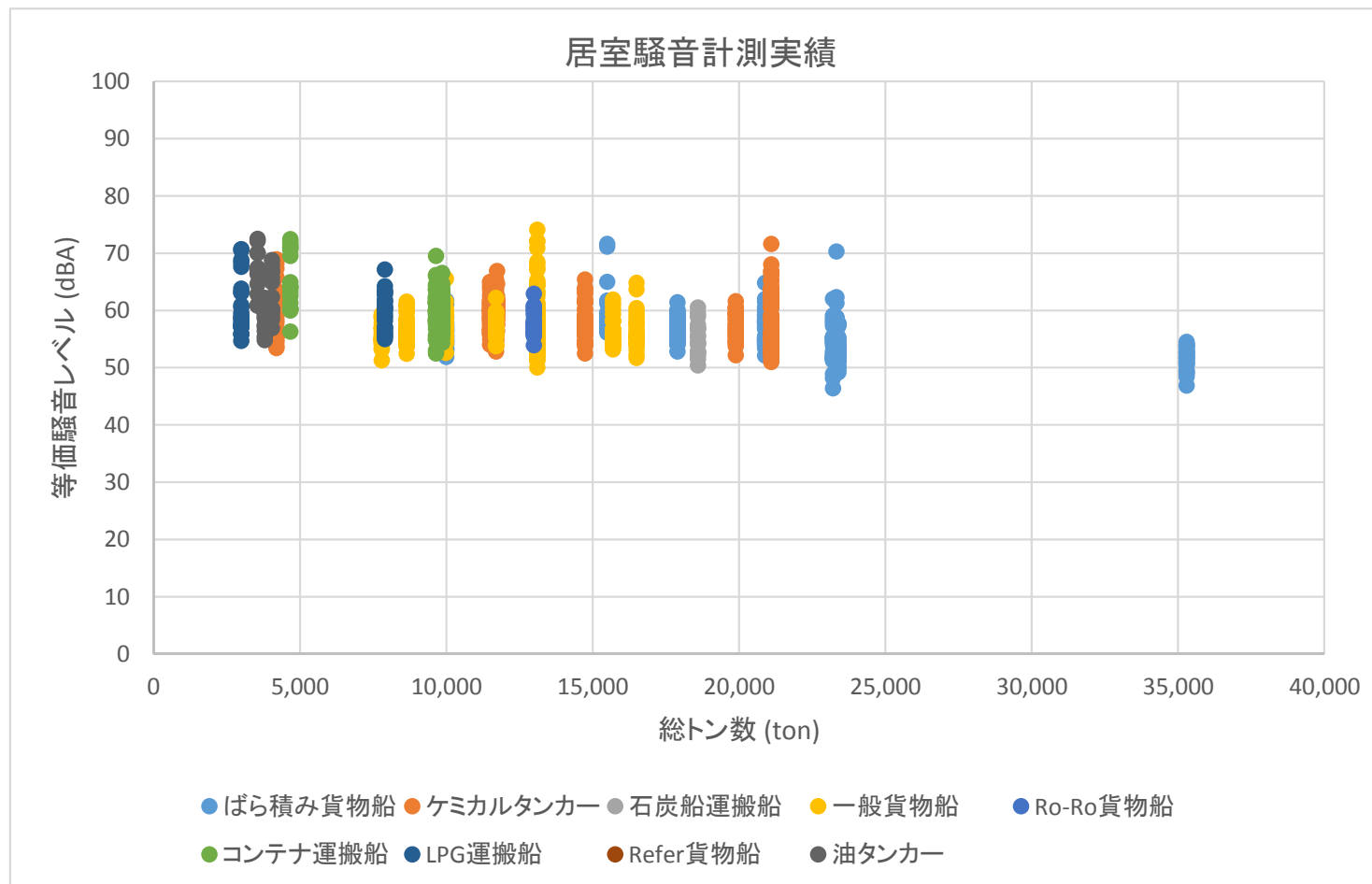
平成26年度日本財団助成事業「中小型船の騒音対策のための検証研究」  
(日本中小型造船工業会 (騒音対策部会：造船所27社参加))

- プログラムユーザーにむけたユーザー会を実施する。
- 実船による騒音対策の検証を行う。
- 実船対策の結果を騒音予測プログラムに反映、さらに機関室内の騒音予測精度を向上させて、騒音予測プログラム(Ver2.01)を仮リリースする。

# 騒音予測プログラムの開発経緯について(2)

実船計測データ (平成24~26年度)

合計44隻、船種9種類 外航船



## 騒音・音響域振動実船計測(1)

騒音予測プログラムのデータベースデータを整備するために、  
「**居住区騒音と音響域振動計測マニュアル**」を参考に下記の計測を行う。

- 騒音計測（海上試運転、係留中船内発電機使用時）
- 音響域振動計測（海上試運転、係留中船内発電機使用時）
- 音響透過損失計測
- 室内平均吸音率計測

### 日本中小型造船工業会所有計測器

精密騒音計	RION製 NA-28
振動計（加速度ピックアップ）	RION製 PV-94
雑音発生器	
モニタスピーカー	他

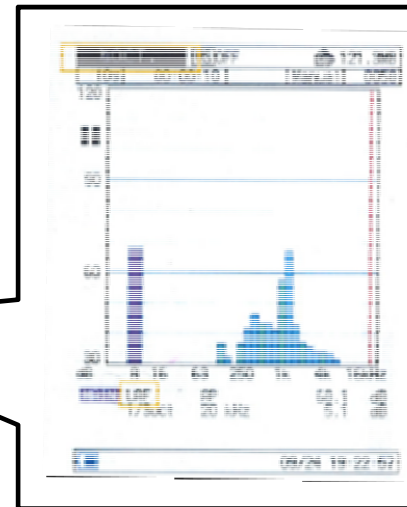
# 騒音・音響域振動実船計測(2)

「居住区騒音と音響域振動計測マニュアル」より

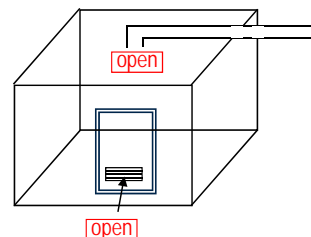
## ➤ 騒音計測（海上試運転、係留中船内発電機使用時）



居室内騒音計測  
(マイクの位置は床から1.2m~1.6mの間)



1/3オクターブバンド  
A特性  
10秒計測



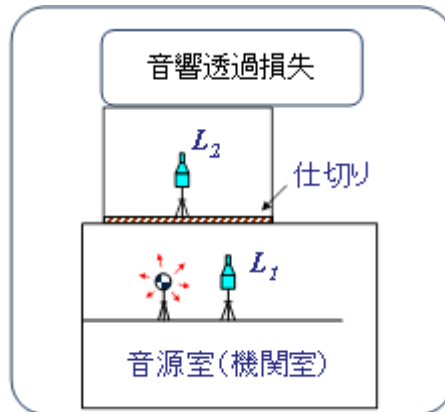
天井の空気吹き出し口、  
扉のルーバーともに開放



# 騒音・音響域振動実船計測(4)

「居住区騒音と音響域振動計測マニュアル」より

## ➤ 音響透過損失計測



騒音計の位置は、  
音源室の場合、床又は壁から50cm以上離し、  
かつ、スピーカーから1m以上離す。  
受音室の場合、床又は壁から50cm以上離す。

音響透過損失  $TL$  の算定は、

$$L_{pa} = L_{p0} + 10 \log_{10} S/A - TL$$

$L_{pa}$ : 受音室の空気伝播音レベル

$L_{p0}$ : 音源室の空気伝播音レベル

$S$ : 音源室と受音室間の仕切壁面積

$A$ : 居室の吸音力



# 騒音・音響域振動実船計測(5)

「居住区騒音と音響域振動計測マニュアル」より

## ➤ 室内平均吸音率計測



スピーカーを部屋の隅に向けて音を出すように設置し、騒音計はスピーカーから1m以上離すようにする。暗騒音+最低40dBの雑音を発生させる。

雑音発生器からピンクノイズをスピーカーより出し、トリガがかかった後、測定時間（5秒）経過後に自動的に測定が終了する。



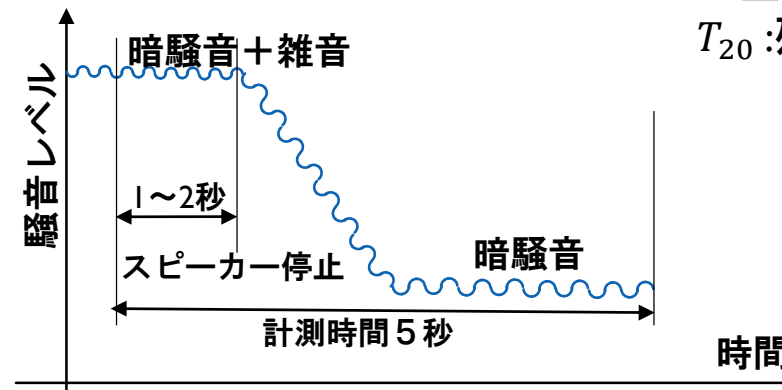
セイビンの式  $\alpha = \frac{0.161V}{S T_{20}}$

$\bar{\alpha}$ : 平均吸音率

$V$ : 残響室の容積 (m<sup>3</sup>)

$S$ : 全表面積 (m<sup>2</sup>)

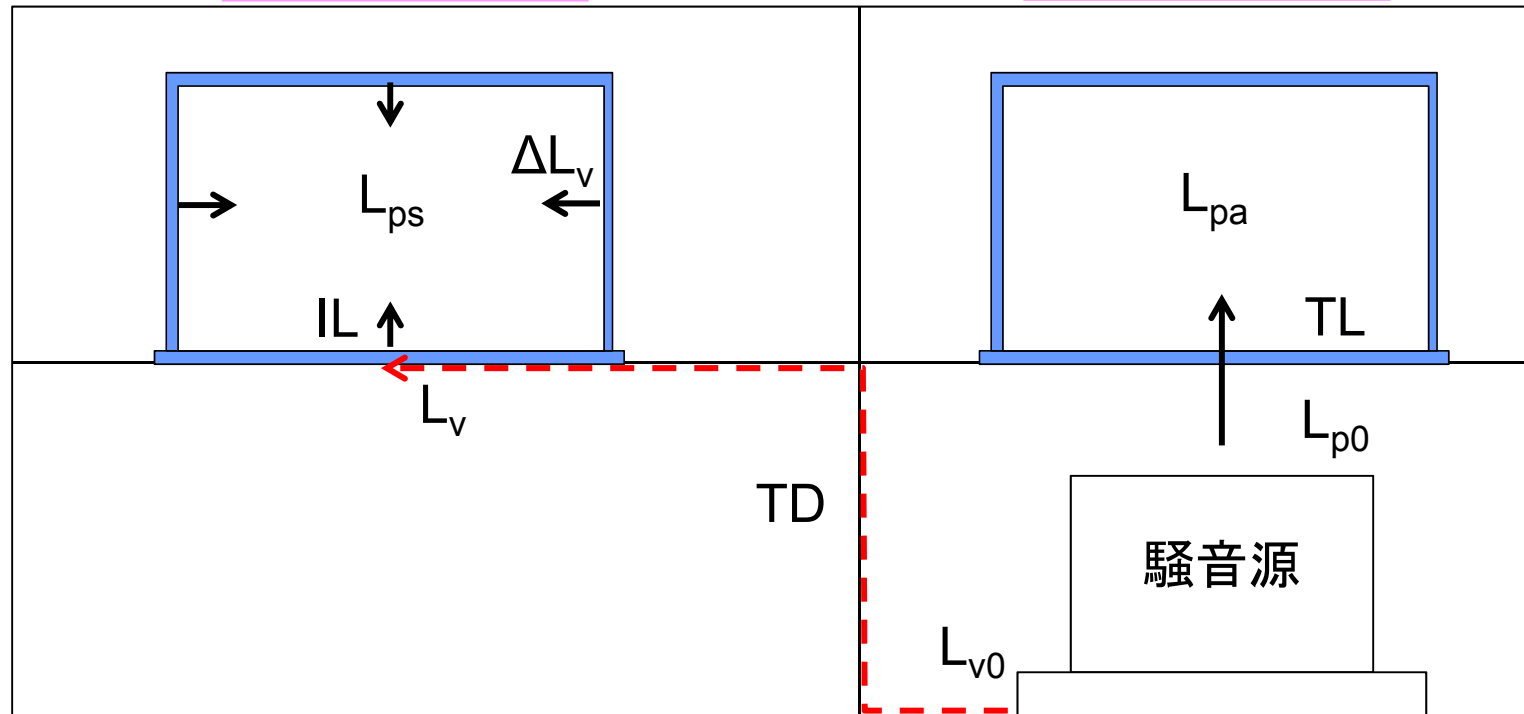
$T_{20}$ : 残響時間 (sec)



# Janssen法による騒音予測について(1)

固体伝播音

空気伝播音



- ✓ **空気伝播音**: 音源から放射された騒音が仕切り壁(床・天井)を透過して隣接区画に伝搬する
- ✓ **固体伝播音**: 音源の振動が船体構造を伝搬して受音室の壁(床・天井)面の振動から音が放射される

# Janssen法による騒音予測について(2)

$$L_v = L_{v0} - TD$$

デッキの振動  
速度レベル

振動源の振動  
速度レベル

振動伝達損失

✓各パラメータは実船  
計測結果等から設定  
することが必要。

$$L_{vi} = L_v - IL - \Delta L_{vwi}$$

i番目の壁の振動速度  
レベル( $i=1\sim6$ )

i番目の壁の  
挿入損失

デッキからi番目の壁  
への伝達損失

i番目の壁の面積

$$L_{psi} = L_{vi} + 10 \log \sigma_i + 10 \log \frac{4S_i}{A}$$

i番目の壁から  
の固体伝播音  
( $i=1\sim6$ )

i番目の壁の  
音響放射効率

居室の吸音力

# Janssen法による騒音予測について(3)

## ▶ 空気伝搬音

$$L_{pa} = L_{p0} + 10 \log \frac{S}{A} - TL$$

居室の空気伝播音レベル

音源室の騒音レベル

仕切りの音響透過損失

---

$$L_p = 10 \log \left( 10^{\frac{L_{ps}}{10}} + 10^{\frac{L_{pa}}{10}} \right)$$

居室の騒音レベル

# 騒音予測プログラムについて(1)

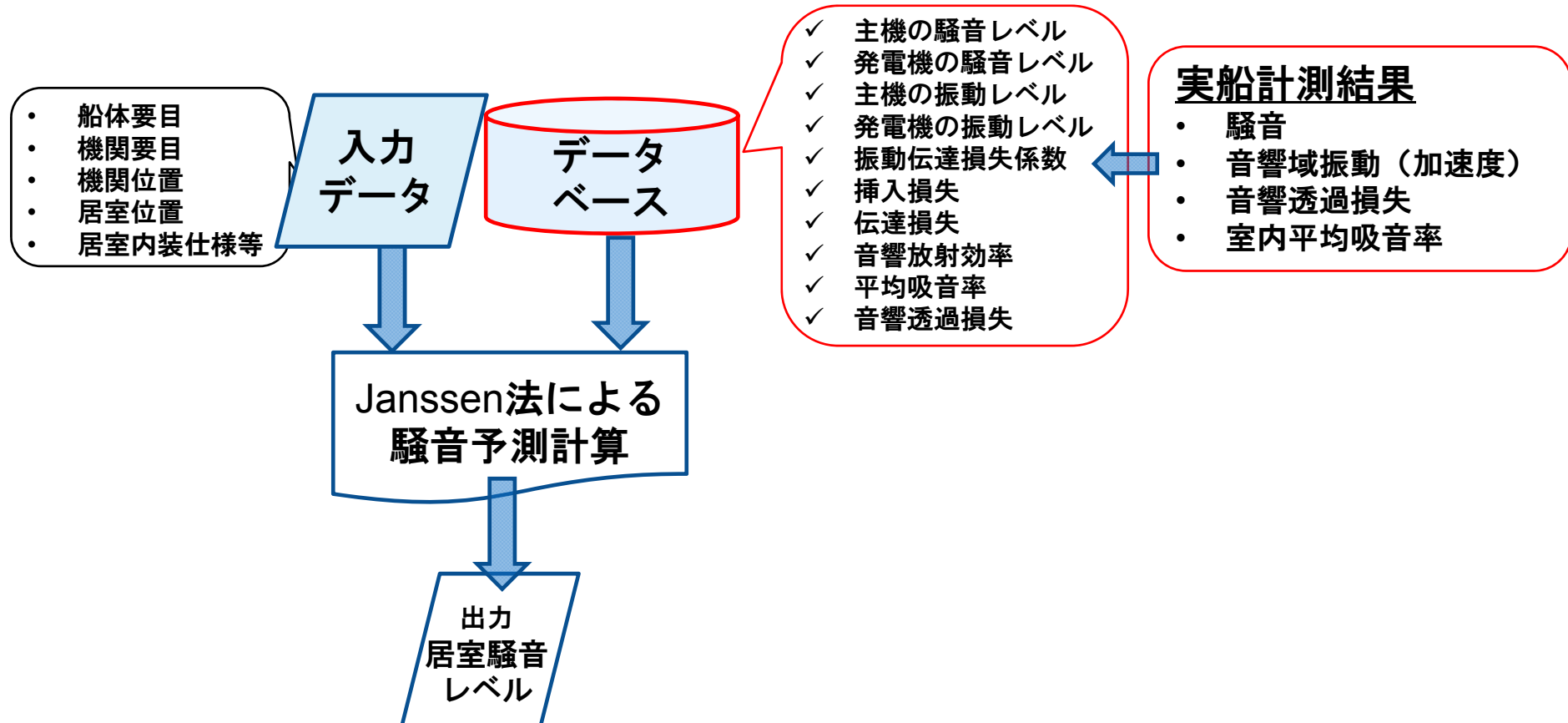
## 【特徴】

- ✓ 入力データの作成が比較的簡便
- ✓ 初期の計画段階でおおよその騒音レベルを推定できる
- ✓ 同型船の騒音レベルは、ある程度の信頼性のもと予測できる。

## 【課題】

- ✓ 振動・音響伝達経路を厳密に想定していないため、SEA法等による詳細な検討も必要
- ✓ 本予測プログラムの想定外の騒音源の評価は別途必要
- ✓ 多様な船舶の騒音予測を精度良く推定できるようにするためには、数多くの計測を基にデータベースの充実が必要

# 騒音予測プログラムについて(2)



## 騒音予測プログラムについて(3)

### 騒音予測プログラムの前提条件

- ✓ 中小型造船工業会「居住区騒音対策部会」で計測した船舶をもとにデータベースを作成
- ✓ データベース上に同一の主機が無い場合は、最大出力から予測（4サイクル主機は、現状データベースに無い）
- ✓ エンジンケーシング分離型の情報が少ない。  
エンジンケーシング巻込型のデータを中心にデータベースを作成
- ✓ 騒音源と居室の相対的位置関係（前後、上下）関係で伝達損失をデータベース化しているが、左右の位置関係について現在考慮外

# 騒音予測プログラムについて(4)

## 騒音予測プログラムのデータベース構造

- ✓各パラメータはデータベースとして「データベースファイル」に格納
- 騒音予測計算の際に読み出して使う
- ✓カンマ区切り(CSV)形式で作成、編集可能

項目	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
主機騒音レベル	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
発電機騒音レベル	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
主機振動レベル	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
発電機振動レベル	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
振動伝達損失係数	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
挿入損失	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
伝達損失	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
音響放射効率	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
平均吸音率	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
音響透過損失係数	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000

- ### データベース項目
- 主機の騒音レベル
  - 発電機の騒音レベル
  - 主機の振動レベル
  - 発電機の振動レベル
  - 振動伝達損失係数
  - 挿入損失
  - 伝達損失
  - 音響放射効率
  - 平均吸音率
  - 音響透過損失係数

1/3オクターブバンド中心周波数

データベースデータ

データベースデータは、造船所独自に計測したデータを追加することが可能である。

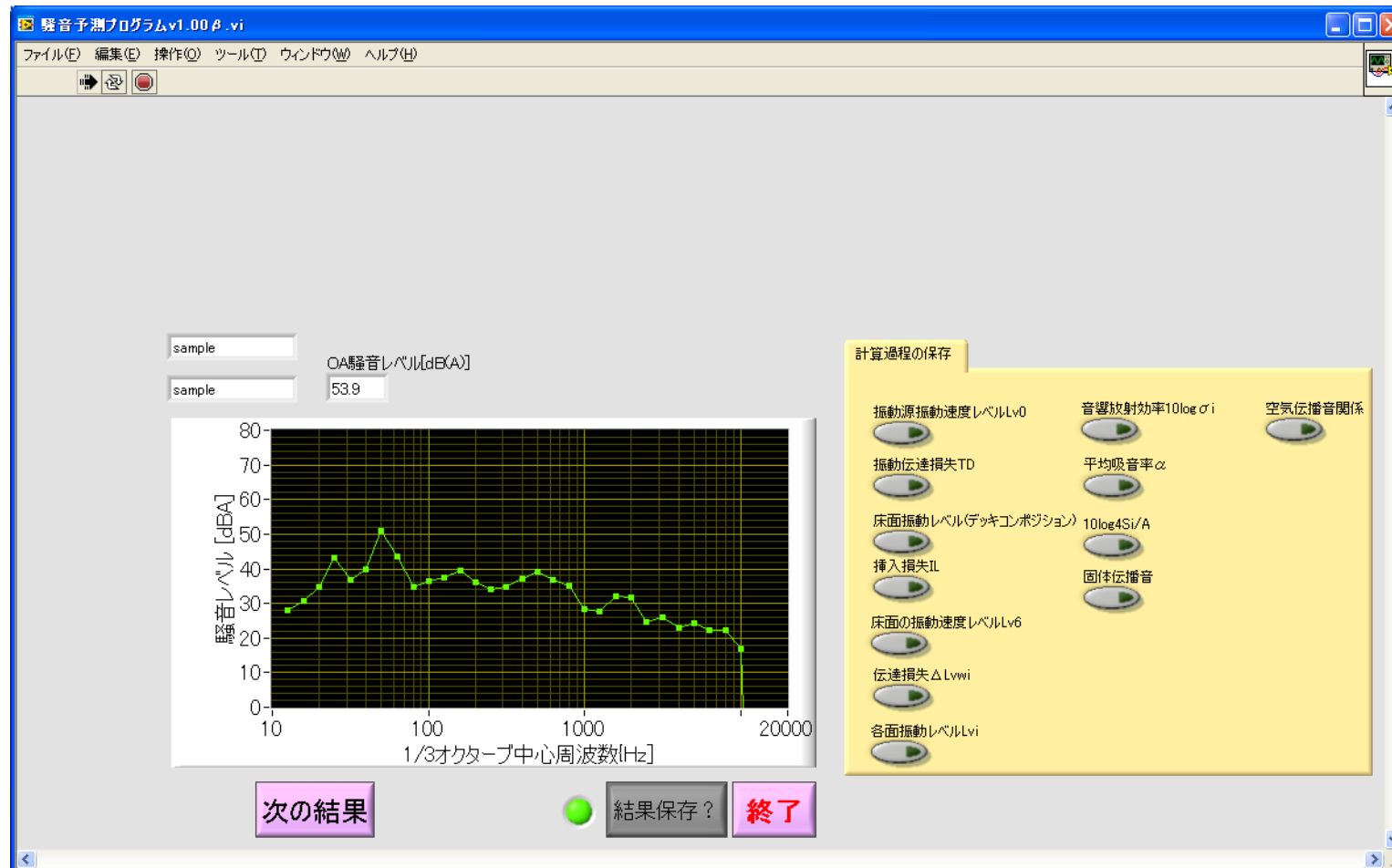




# 騒音予測プログラムについて(6)

## 騒音予測プログラムの出力

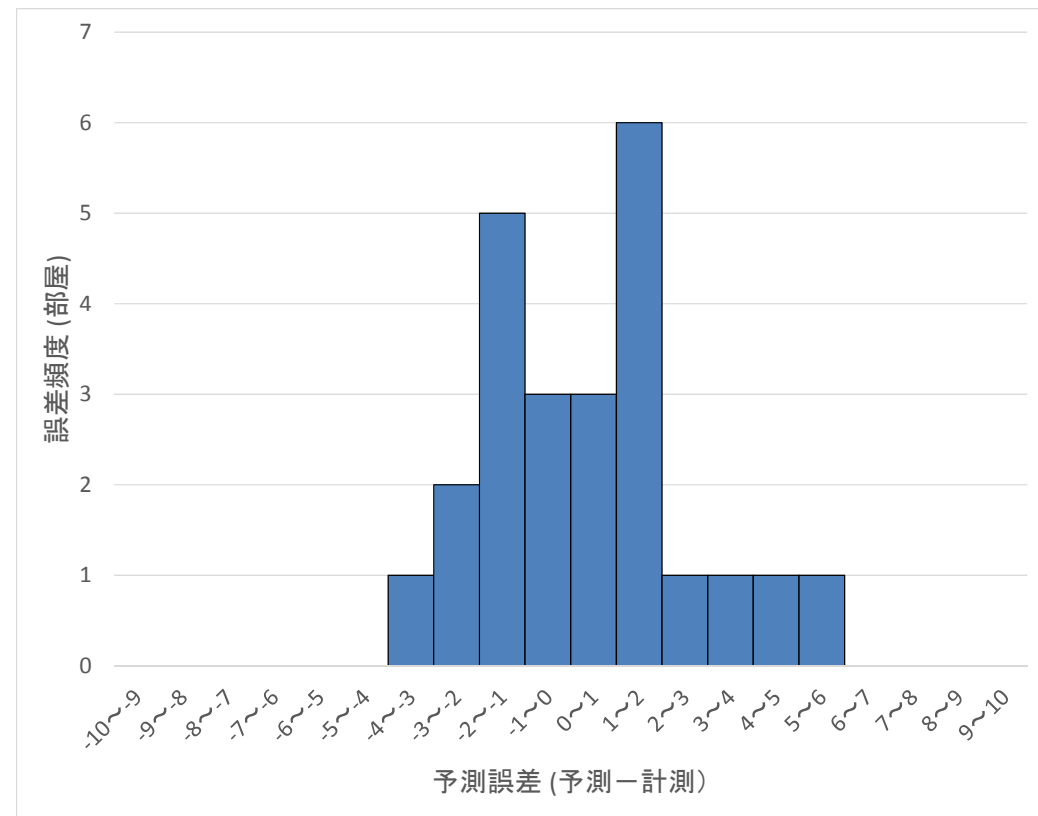
- ✓騒音予測結果が表示される。
- ✓csvファイルとして結果を保存する。



# 騒音予測プログラムについて(7)

## 騒音予測プログラムの出力

	room	予測計算結果	実船計測結果	予測誤差 (予測-計測)
C_DECK	CAPT.DAY	53	55.5	-2.5
	CAPT.BED	55	54.5	0.5
	2/OFF	59.7	62	-2.3
	C/O DAY	59	60.5	-1.5
	OFF'S SP(B)	57.3	55	2.3
	C/E DAY	53	54	-1
	C/E BED	55	55.1	-0.1
	2/E	59.7	58.1	1.6
	1/E DAY	59	57.8	1.2
	CONFE.	53	55	-2
B_DECK	BOS'N	55.7	57.1	-1.4
	A/SM(B)	59.5	58.3	1.2
	3/E	56.2	54.5	1.7
	CREW's SP(A)	63.2	61.5	1.7
	NO.1 OIL	55.7	54.9	0.8
	OIL(B)	59.5	54.8	4.7
	GYM	62.3	56.5	5.8
A_DECK	SHIP'SOFFICE	60.3	59.3	1
	OFF'S SMOK	60.3	61.8	-1.5
	OFF'S MESS	65.2	63.3	1.9
	C/COOK	59.6	59.2	0.4
	CREW'S MESS	67.3	63.3	4
	GALLEY	72.3	75.5	-3.2
UPP.DECK	HOSPITAL	63.6	64.8	-1.2



# 騒音予測プログラムについて(8)

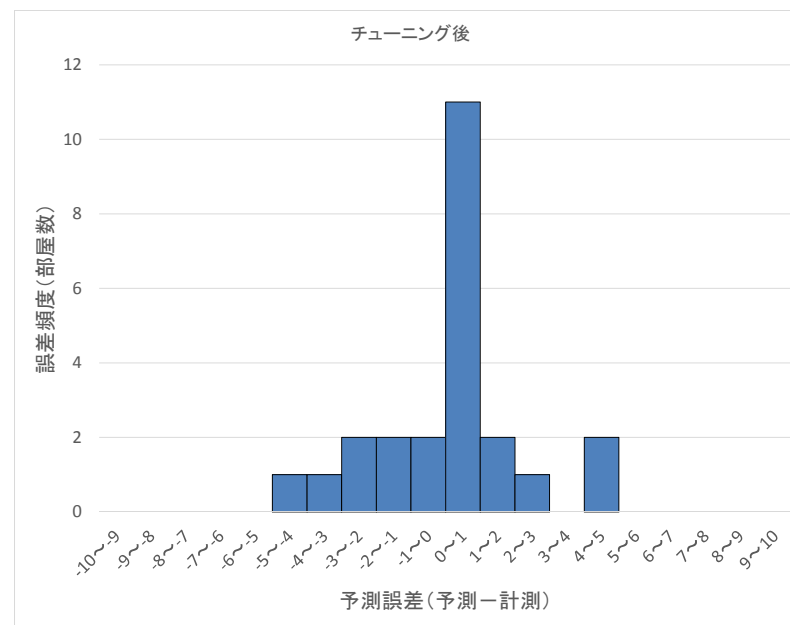
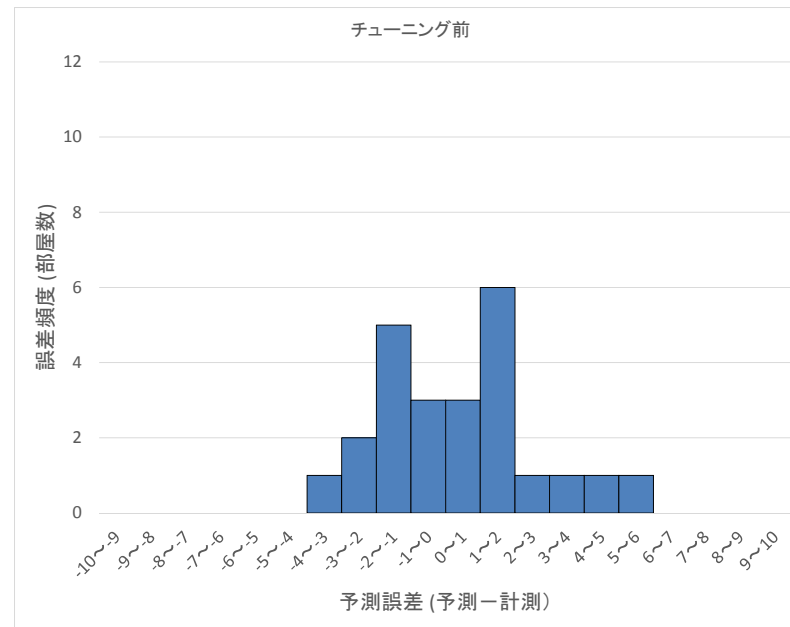
## チューニング

データベースデータは、平均的な値が提供されている。個船の騒音予測精度を上げるためには、同型船の実船計測データをもとにチューニングを実施する必要がある。

- ✓ 居室全体としての予測誤差は、振動伝達損失が大きな要因であると考える。
- ✓ データベースで提供する振動伝達損失係数は、実船計測を基に平均的な処理を施し、作成されたものである。そのため、予測誤差が小さいケースは、データベースの基になった船舶と振動伝達損失の状況が類似していると考える。

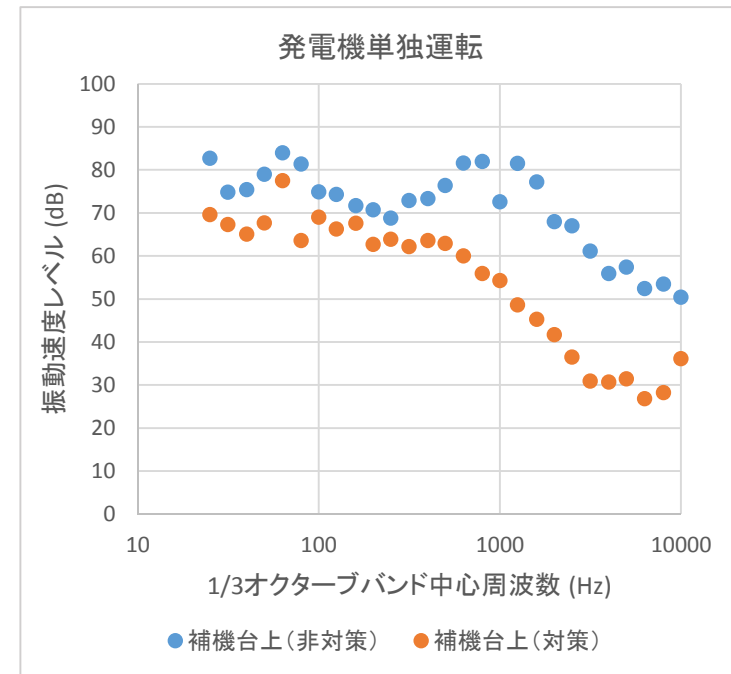
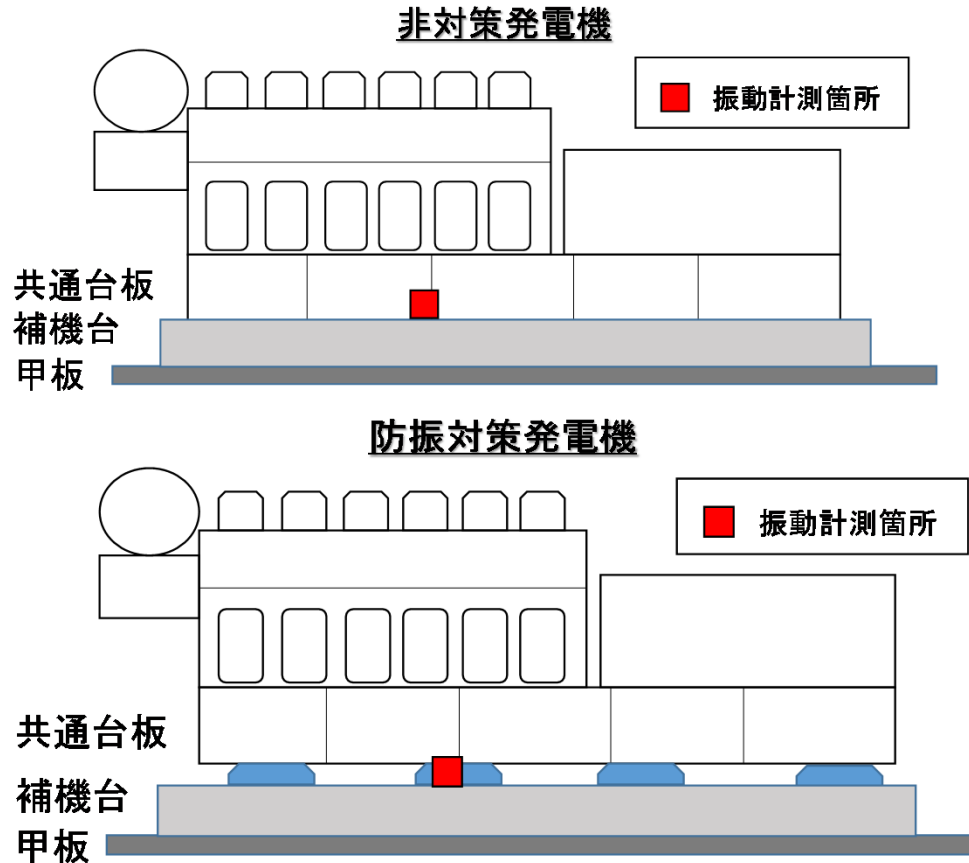
**居室全体（一部の部屋を除く場合もある）の予測誤差が最小化するようにチューニング作業を実施する。**

	room	実船計測結果	予測計算結果 (チューニング前)	予測誤差 (チューニング前)	予測計算結果 (チューニング後)	予測誤差 (チューニング後)
C_DECK	CAPT.DAY	55.5	53.0	-2.5	53.5	-2.0
	CAPT.BED	54.5	55.0	0.5	55.1	0.6
	2/OFF	62.0	59.7	-2.3	58.6	-3.4
	C/O DAY	60.5	59.0	-1.5	58.2	-2.3
	OFF'S SP(B)	55.0	57.3	2.3	57.1	2.1
	C/E DAY	54.0	53.0	-1.0	53.5	-0.5
	C/E BED	55.1	55.0	-0.1	55.1	0.0
	2/E	58.1	59.7	1.6	58.6	0.5
	1/E DAY	57.8	59.0	1.2	58.2	0.4
B_DECK	CONFE.	55.0	53.0	-2.0	53.5	-1.5
	BOS'N	57.1	55.7	-1.4	55.8	-1.3
	A/SM(B)	58.3	59.5	1.2	58.8	0.5
	3/E	54.5	56.2	1.7	56.3	1.8
	CREW's SP(A)	61.5	63.2	1.7	61.6	0.1
	NO.1 OIL	54.9	55.7	0.8	55.8	0.9
	OIL(B)	54.8	59.5	4.7	58.9	4.1
A_DECK	GYM	56.5	62.3	5.8	61.3	4.8
	SHIP'SOFFICE	59.3	60.3	1.0	59.9	0.6
	OFF'S SMOK	61.8	60.3	-1.5	59.9	0.0
	OFF'S MESS	63.3	65.2	1.9	63.6	0.3
	C/COOK	59.2	59.6	0.4	59.2	0.0
	CREW'S MESS	63.3	67.3	4.0	65.2	1.9
UPP.DECK	GALLEY	75.5	72.3	-3.2	70.7	-4.8
	HOSPITAL	64.8	63.6	-1.2	64.3	-0.5



# 騒音予測プログラムについて(9)

## 騒音対策結果の騒音予測プログラムへの反映



実船計測（発電機単独運転）時に、補機台上で計測した振動速度レベルについて、対策発電機と非対策発電機の差データをもとに、居室における騒音計測結果と騒音予測結果を比較しながら新たに登録するデータベースデータを追加。

→ 非対策発電機で騒音予測を行うことに加えて、対策した場合の予測計算が可能。

## まとめ

- Janssen 法による騒音予測プログラムを、日本中小型造船工業会の騒音対策事業の中で、造船所の協力のもと、多くの騒音実船計測結果を基に開発した。
- Janssen法による本騒音予測プログラムを使えば、設計計画の初期の段階でおおよその騒音レベルを推定できる。  
入力が簡便であり、利用性は高いと思われる。
- 実船計測結果をもとにチューニング作業を実施することによって、個船の騒音予測精度がより向上する。
- データベースは、造船所独自に計測したデータの追加が可能であり、造船所がデータベースを独自に整備することによって、より新しいデータ、より幅広いデータを基に騒音予測を行うことができる。