

高騒音が保全作業者の音情報に与える影響とその改善方法

High noise effects on engineers' sound perception: improving listening capabilities in noisy environments.

神戸大学海事科学研究科	木村 隆一	Ryuichi KIMURA	Member
神戸大学海事科学研究科	近藤 恵太	Keita KONDO	Non Member

In a ship's engine room, engineers are surrounded by various noises emitted from the diesel engine, generator, pumps, and other auxiliary machines. During inspections and activities in such environments, workers strive to listen for extraordinary noises issuing from machines and instruments, which might signal a need for maintenance work. If that practice functions well, proper noise perception helps them perform maintenance work and achieve early detection of abnormalities that would otherwise contribute to ship accidents.

We specifically examined the listening capabilities used to detect extraordinary noises in noisy conditions such as those in engine rooms. This study investigated natural human capabilities and administered a questionnaire survey of machine room workers. Examinees were asked to tell the direction from which a certain sound came. Fewer questions were answered correctly in noisy conditions: 20% fewer than with no background noise. Results underscore the difficulty of discerning the correct direction from whence sound comes, signaling a deficit of hearing sensitivity. We propose a support system to improve acoustic sensing in noisy conditions. The system's performance was evaluated, revealing a definite improvement in perception of sound information in noisy conditions at around 100 dB, which are typical of a diesel engine room.

Keyword: noisy environments ,direction, listening capabilities

1. 緒言

日本は輸出入に依存している国である。その中でも海上輸送に依存する割合が大半であるため、船舶の故障やトラブルなどが発生する事により、その船舶に依存する企業、消費者全てに影響を及ぼすことになる。運航船の安全指標の1つとして、「遅延時間」が採用されている。これは、運航船が海難やトラブル等で減速、あるいは停船により計画スケジュールがどれだけ遅れたかを示す時間である。この遅延時間の原因は様々報告されているが、全遅延時間の内、機関事故、機関トラブルを原因とする事例が毎年全体の約40%を超えており、これらのミニマイズが海運界の大きな課題となっている。

船舶の機関室においては、主機関、発電機、

その他補機類が常に稼働している状況下にあるため、機関の燃焼音やクランク軸などの回転音、バルブ駆動音などの様々な音が入り混じっている。船舶の機関室で管理業務に当たっている機関士は、事故が起きないように監視・点検などを実施している。したがって、監視業務の中で聴覚、触覚などの五感を働かす事により重大な事故を回避できることから、人の聴覚と監視業務について検討することにした。

人が方位を得る要素は、①音源から左右の耳に音が達する時間差, ②左右の耳での音圧差, ③耳介、頭、肩、等による音色づけ, ④音量と音色, ⑤物体による音の反射、吸収、遮蔽などを挙げる事ができる。そこで本研究では、

保全作業を行う機関士が高騒音下においてどれ程方位感覚が低下するのかを調べた。また高騒音下において、音情報を取得する事は機関の保全作業や故障の早期発見に対して非常に役立つと考える。従って、この音情報を機関士がどのようにすれば聴取しやすくなるかについて音認識実験も行った。

2. 方向知覚

2.1 無騒音状況下での聴取実験

船舶機関室などの高騒音下において人間の方向感覚はどれ程低下するのかについて調査した。暗騒音のない場合の音像定位能力を調べるため、被験者 5 人に 250Hz, 1kHz, 4kHz の各周波数の音を 60dB, 80dB の 2 種類の音圧で聴取させた。実験室内に上記の音を発生させる音響スピーカを被験者が座る椅子の中心を円心とする直径 2.6m の円状に 30 度ごとに配置し、これら 12 個のスピーカに対し図 1 のようにそれぞれ番号を付した。実験は 12 個のスピーカに対してランダムな順で聴取音(この音を目的音と呼ぶ)を発生させた。そして、被験者に目的音が鳴っている音響スピーカがどれであるのかを回答させ、目的音が発生しているスピーカと被験者の回答したスピーカがどの程度ずれているかを評価することにした。目的音と合致した場合は「1」と評価し、180 度ずれた場合は「0」と評価する。その間は 30 度ずれるごとに 0.16 減点する。

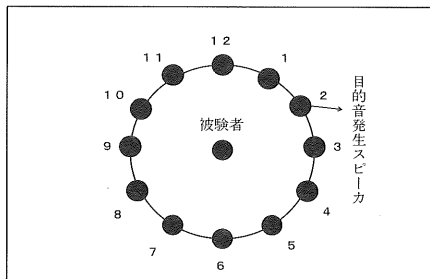
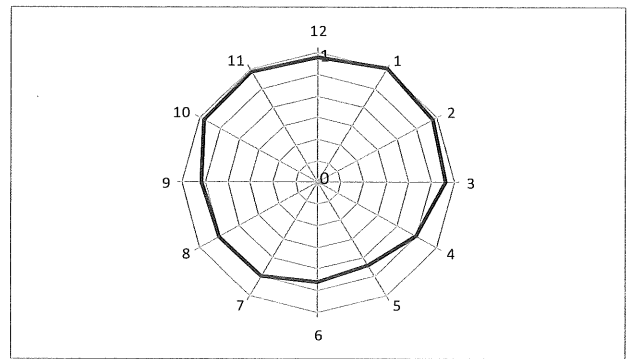
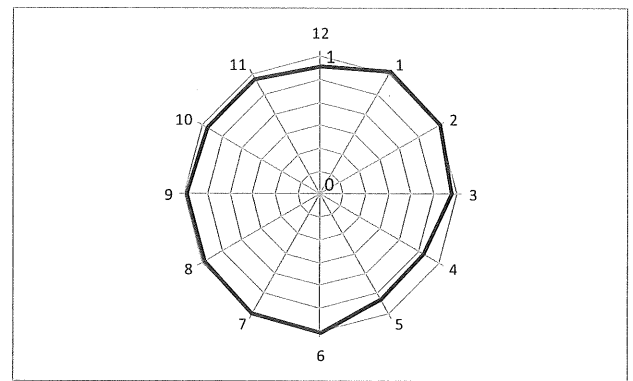


図 1 実験室内における被験者とスピーカの配置 (機関騒音なし)

暗騒音のない場合、例として 4kHz における 60dB と 80dB の全被験者の方位評価点 (被験者 5 人の平均値) を全方位について算出したものを図 2 に示す。(a) 図では最大値 1、最小値は 0.71、(b) 図では最大値 1、最小値 0.84 の範囲に分布している。また平均方位評価点 (1 番から 12 番の各方位評価点を平均した値) は 0.86、0.93 となっている。他の周波数についても実験を行っており、それらを纏めたものを表 1 に示す。



(a) 音圧 60dB 周波数 4kHz



(b) 音圧 80dB 周波数 4kHz

図 2 各方位に対する方位評価点

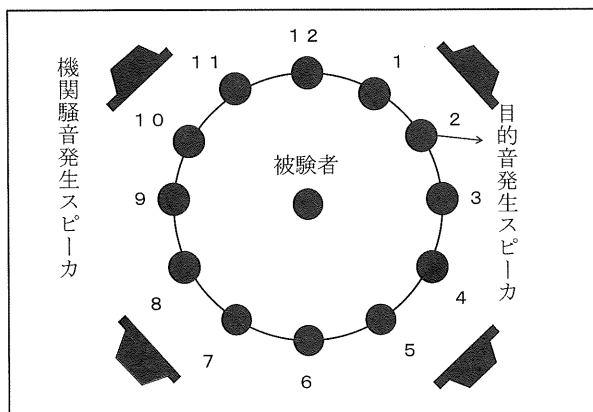
表 1 各音圧・周波数に対する平均方位評価点

音圧 (dB)	周波数 (Hz)		
	250	1k	4k
60	0.93	0.92	0.86
80	0.93	0.94	0.93

表 1 から分かるように周波数 1kHz において音圧が 60dB から 80dB に上がれば平均方位評価点は 0.02 増加している。また 4kHz においては 0.07 の増加があった。一方、250Hz では変化していないことから、目的音の音圧が増加すると高周波数域での方向認識の改善が見られる。

2.2 騒音状況下での聴取実験

船舶機関室内の高騒音下において方向感覚がどのようになるのかを調べた。この実験では、目的音を発生させる音響スピーカとは別に、主機関と発電機間で録音した騒音を発生させる音響スピーカを図 3 のように実験室内に配置した。この音響スピーカからは、95dB の騒音を再生したが、これは神戸大学練習船深江丸機関室内における騒音が 95dB であったことによる。目的音の音圧としては 50、60、70、80、90dB の 5 種類に設定して聴取実験を行った。



スピーカの配置 (機内騒音あり)

実験結果は表 2 に示すように、各音圧・周波数ごとに目的音が聴取できるか、また方位を捉える事が出来ているかという項目でアンケート調査を行った。表中の数字は回答者数を表している。高騒音状況下では周波数に関わらず、音圧 50dB、60dB の目的音は鳴っているという認識すら出来なかった。音圧を 70dB に増加させ

ると被験者の中の何人かは目的音が存在すると回答した。さらに目的音を 80dB にすると全被験者が音の認識が可能となった。続いて 90dB に設定すると、全被験者が音の認識は勿論だが、目的音に対する方位も認識することが可能であった。そこで 90dB の目的音で方向感覚の認識調査を行い、方位評価点を図 4 に記す。250Hz では最大値が 1、最小値が 0.56、同様に 1kHz の時が 0.9 と 0.7 となり、4kHz の時が 0.85 と 0.5 の間に分布する結果となった。また各周波数における平均方位評価点は、250Hz では 0.75、1kHz では 0.81、4kHz では 0.73 となり、表 1 と比較すると目的音が 90dB であるにも関わらず騒音状況下では無騒音状況下に比べ全方位に渡って方位感覚が低下していると言える。

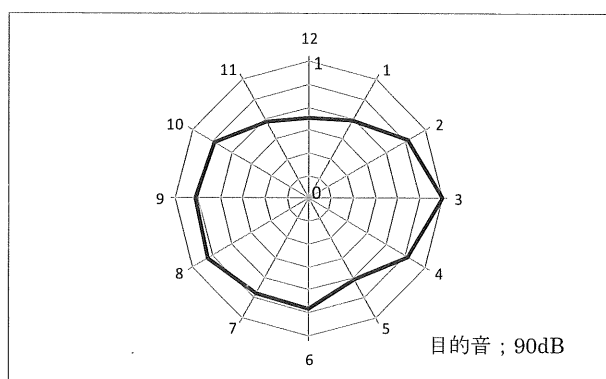
表 2 高騒音下における目的音の認識 (人数)

音圧 dB	周波数 Hz	聞こえない	わずかに聞こえる	聞こえる	方位が分かる
50	250	5			
	1000	5			
	4000	5			
60	250	5			
	1000	5			
	4000	5			
70	250	4	1		
	1000	3	2		
	4000	5			
80	250		2	3	
	1000		1	4	
	4000		1	4	
90	250				5
	1000				5
	4000				5

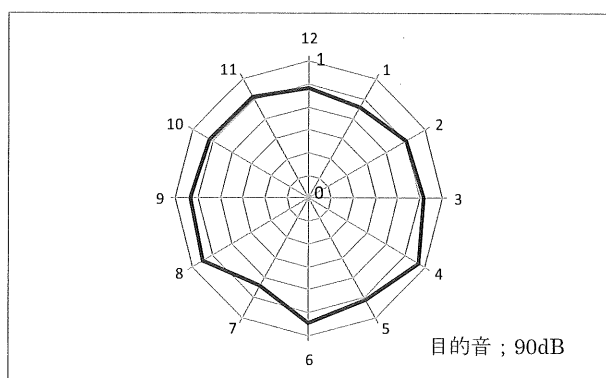
(機関室内騒音は 95dB)

3. 高騒音下における音認識

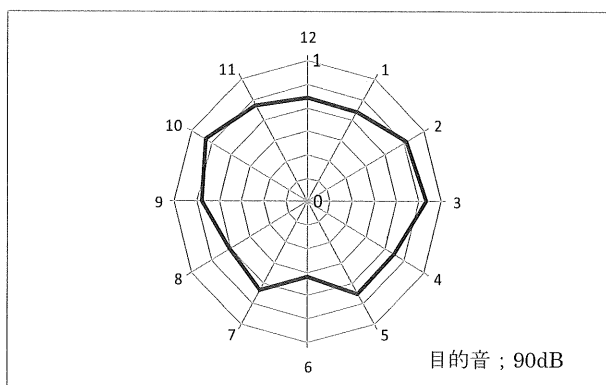
高騒音状況下で被験者がどの程度目的音を認識出来るかという観点から、次の実験を行った。図 5 のように、95dB の機内騒音を実験室内で放射している状況下で目的音を発生させ、その音が聴取できる最小可聴値を調べた。目的音は金属打撃音と警報サイレンの 2 種類を取り上げたが、それらの音圧を変化させる必要があるため、それぞれの音をレコーダに録音しておき、再生させるときに音響アンプにより調整した。



(a) 250Hz の評価



(b) 1kHz の評価



(c) 4kHz の評価

図4 高騒音下における各方位に対する方位評価点

最初の実験として、目的音発生スピーカから金属打撃音を発生させ被験者3人の最小可聴値を調査した。1つの目的音に対して複数回最小可聴値を調査し、その平均値で評価した。

次の実験として、同目的音に対しマスキング低減装置を使用し同実験を行った。マスキング現象とは非常に高い騒音レベルにある機関室

内などで小さい音圧の音が騒音に妨害され聴取しにくくなる現象である。この現象により、機関員は音響情報を聞き逃していることもある。機器の放射音は多くの保全情報を持っており、この聴取は監視業務に欠かせない保全要素と考える事が出来る。そこで、本研究ではこのマスキング現象を低減するために開発したマスキング低減装置を用いて、機関騒音下での異常音の認識を評価した。この装置はディーゼル機関の燃焼音など瞬間的な高音圧レベルの音と高い周波数成分に影響を与える150Hz以下の騒音を抑制することにより機関の放射音を聴取しやすくする効果を有している。被験者には図6のように実験室内で、機関騒音と目的音をマイクロフォンで收音し、本装置により処理した音をヘッドホンで聴取させて目的音の最小可聴値をアンケート調査した。また、目的音が警報サイレンの場合も同様に実験を行った。

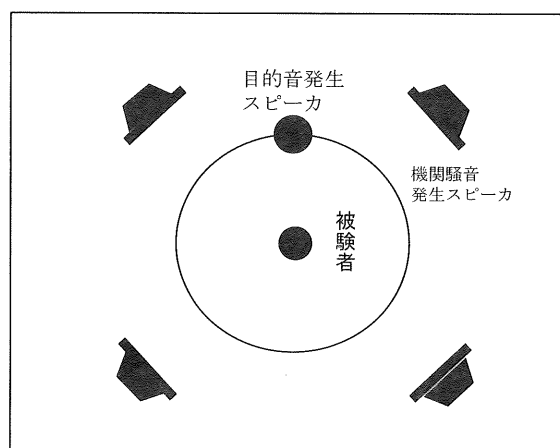


図5 音認識実験の配置図

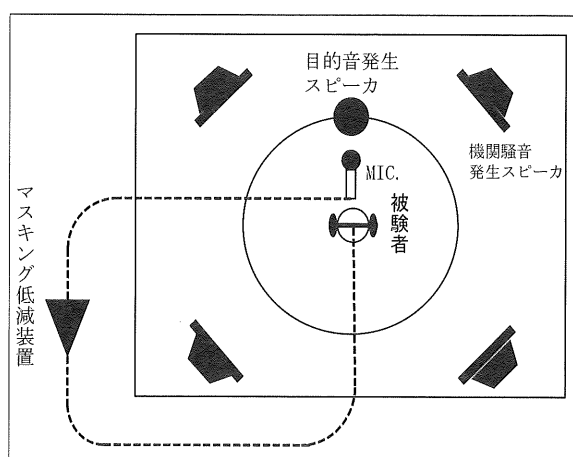


図6 音認識実験の配置図 (マスキング低減装置使用時)

4. 実験結果

目的音として金属打撃音を用いた実験結果を図7に示すが、マスキング低減装置を装着しない場合、最小可聴値がそれぞれ72dB, 66dB, 70dBという値であったが、本装置を装着した場合70dB, 63dB, 63dBとなり効果が見られた。同様に警報サイレンを用いた実験結果を図8に示すが、非装着時の場合の最小可聴値が74dB, 68dB, 65dBという値であった。一方、装着した場合は62dB, 66dB, 58dBとなり効果が見られ、どちらの場合も被験者の目的音に対する最小可聴値が低下したと言える。すなわち、マスキング低減装置を使用することによりマスキングが軽減され、被験者がより小さな音を認識することが可能になったと言える。このことから、機関放射音に対して処理を行う事によりメンテナンス作業に寄与出来ると考えられる。

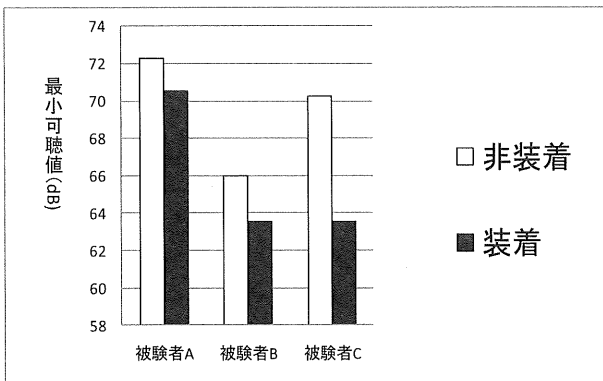


図7 マスキング効果低減装置の効果
(金属打撃音)

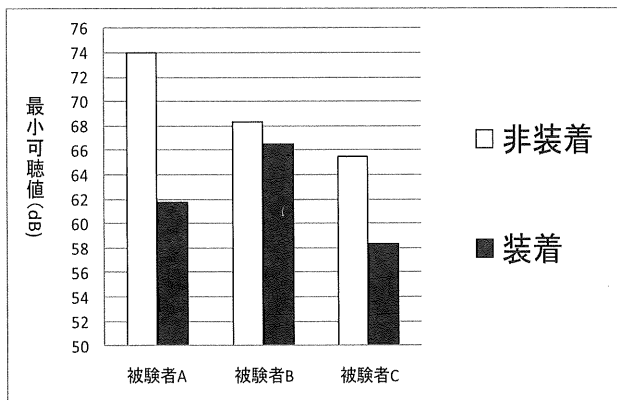


図8 マスキング効果低減装置の効果
(警報サイレン)

5. まとめ

高騒音状況下では方向知覚に加え、音の認識力も低下する事が実験より分かった。高騒音状況下で方向知覚が低下するという事は、もし保全作業者に危険が迫ったとしてもその危険が迫ってくる方位を認識しにくくなるということである。また、機関の異常音を認識出来たとしても、どの方位にある機関が異常音を発しているのかを認識することが困難である。しかし異常音の方位を捉えることが出来なくても、異常音の存在を認識さえ出来れば、少なからず保全作業者は過去の経験に照らし合わせ、異常音の原因を検索する行動に入ると考えられる。この、どこかに異常があると認識することが、保全の向上やメンテナンスの改善につながると言える。今回の実験で、マスキング現象低減装置を使用することにより、より小さい音を騒音状況下で認識することが出来た。このことは今まで聞き逃していた音情報を認識することが可能になったということであり、認識することが出来る音圧の範囲を広げることが出来たということになる。機関の発する音情報を今まで以上に認識することが可能になると、機関の故障を未然に防ぐ事に大いに役立つと考えられる。