

自動車運転者の情報処理に関する研究（第2報）

- 車室内音環境に影響を及ぼす要因の解析 -

自動車安全部 * 森田和元 関根道昭 益子仁一 岡田竹雄
環境エネルギー部 坂本一朗

1. まえがき

車載情報機器の増加にともない、運転者に対してどのように情報を伝達すべきかが問題となっている。この場合、運転者に対して過度の負担とならないよう、的確に情報を伝達することが必要となる。この伝達方法としては、視覚によるもののほか聴覚によるものが考えられる。聴覚による場合、音声により情報を伝達することとなるので暗騒音となる車室内音環境について十分に把握しておく必要がある。この点に関して、著者らはダミーヘッドによるバイノーラル録音を行うことにより、この種の測定を開始してきている^{1),2)}。あわせて、この分野の他の先行研究^{3),4),5),6)}について調査を行っているが、音環境に関するデータについては、測定された騒音レベル等の絶対値が表示されていないため、実際に運転者の聴覚情報処理の実験を行う場合に参考にならないことが多い。このため、著者らは代表的な車種を選択して実際に各種条件下での車室内暗騒音について測定を行わざるを得なかった。本報告は、それらのデータを解析して、音環境に影響を及ぼす要因について検討したものである。

2. 実験概要

2.1. 実験車両

実験に使用した車両は、セダンタイプの小型乗用車（A車）、セダンタイプの普通乗用車（B車）およびステーションワゴン車（C車）の3車種である（表1）。いずれも燃料にガソリンを使用するAT車であり、走行時にはDレンジのみを使用した。タイヤは標準ラジアルタイヤであり、エアコン作動時の風量に関しては、3段階に調節可能なうちの「中」に手動で設定した。各一台につき一日ずつ実験を行った。

2.2. 実験方法

アスファルト路面のテストコース（埼玉県熊谷市）において走行実験を行った。実験を実施した3日間について、天気は曇りまたは晴れであり、10分間の

Table 1 Subject cars

Subject car	Displacement (liter)	Engine type
A	1.5	L4
B	3.0	L6
C	3.0	V6



Fig.1 Dummy head in a seat

平均から求める最大風速は約5 m（風向はおよそ北東）、平均風速は1.7m～2.0mであった（熊谷市地方気象台調べ）。定常走行時のデータをとる場合には、風の影響をキャンセルするためテストコースを往復してデータを採取した。また、窓を閉めた状態では、車速を40, 50, 60, 80, 100, 120 km/hの6種類、窓を開けた状態では、40, 50, 60, 80 km/hの4種類とした。定常走行のほか発進加速時のデータも採取した。ただし、エンジン回転数、車速等についての計測は行わなかった。また、テストコースのほか市街路走行時のデータも採取した。

車室内騒音の測定のために、ダミーヘッド（IEC959 適合、(株)小野測器 SQ-3220）を助手席に搭載して（図1）バイノーラル録音を行った。したがって、右耳が車室内側、左耳が窓側となる。

2.3. 解析方法

測定データからA特性による騒音レベル(dB(A))を求めるほか、音の大きさの主観的評価を示すラウ

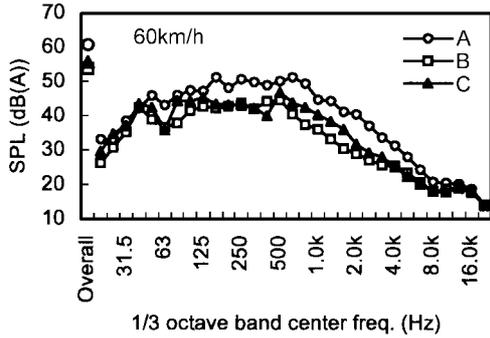


Fig. 2 Sound pressure level in case of air conditioner being off (windows closed, right ear)

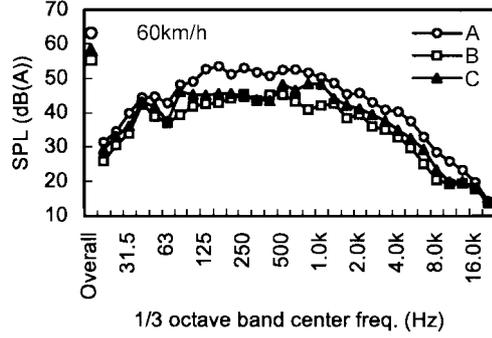


Fig. 4 Sound pressure level in case of air conditioner being on (windows closed, right ear)

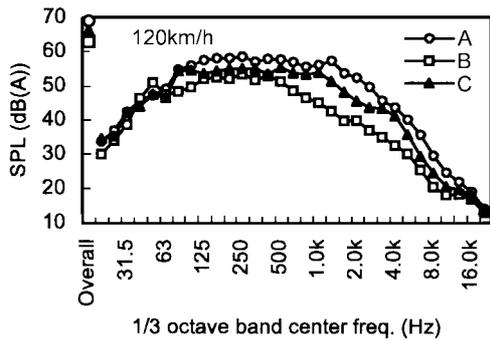


Fig. 3 Sound pressure level in case of air conditioner being off (windows closed, right ear)

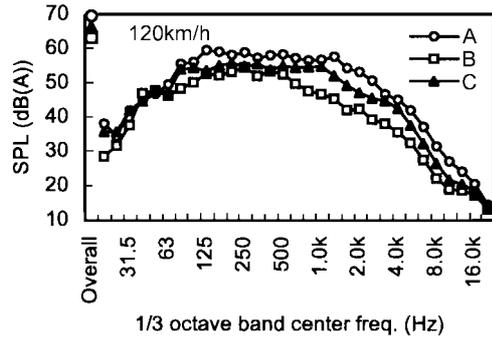


Fig. 5 Sound pressure level in case of air conditioner being on (windows closed, right ear)

ドネス(sones), 音の変動を示すラフネス(asper), 音の鋭さを示すシャープネス(acum)を求めた。解析にあたっては、ダミーヘッドの特性をいれていないデータを使用して、騒音レベルについての解析ソフトは DS-0223 (小野測器), 他の項目の解析ソフトは WS-5160 (小野測器) を用いた。今回使用した解析ソフトのラウドネスの演算方法は ISO532B に従っている。また、解析時の騒音レベル、ラフネスの時間間隔は 100ms, ラウドネス, シャープネスの時間間隔は 2ms とした。各項目について、右耳と左耳とでそれぞれ別に解析を行い、また、テストコースにおいて往復してデータを採取した場合には、往路 5 秒間、復路 5 秒間の計 10 秒間の平均をとった。

3. テストコースにおける実験結果

3.1. エアコン作動について

最初に、エアコンのオン・オフの影響について解析する。エアコン・オフのときの右耳の騒音レベルのオクターブバンド解析の例を車速 60km/h (図 2), 120km/h (図 3) について示す。横軸は 1/3 オクターブバンド、縦軸は騒音レベルであり、いずれも窓を閉じた状態での結果である。また、同条件のエアコン・オンのときの騒音レベルを図 4 (60km/h), 図 5 (120km/h) に示す。車速 60km/h の図 2 と

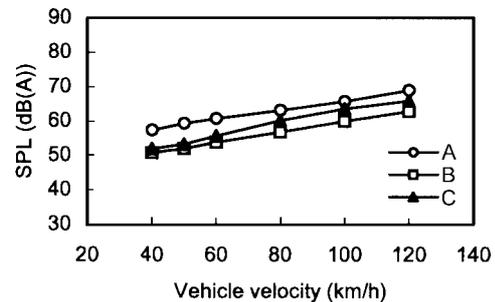


Fig. 6 Results of sound pressure level in case of a.c. off (windows closed, right ear)

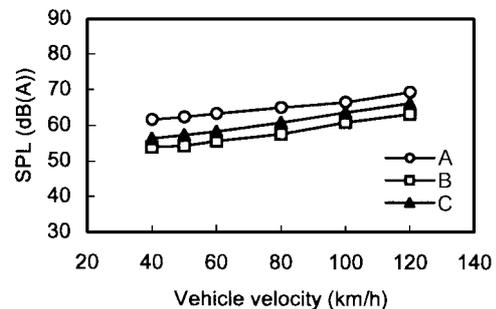


Fig. 7 Results of sound pressure level in case of a.c. on (windows closed, right ear)

図 4 とを比較すると、周波数 500Hz を越えるあたりからエアコン作動の影響が認められる。いっぽう、車速 120km/h のときの図 3 と図 5 とでは、大きな差は認められない。

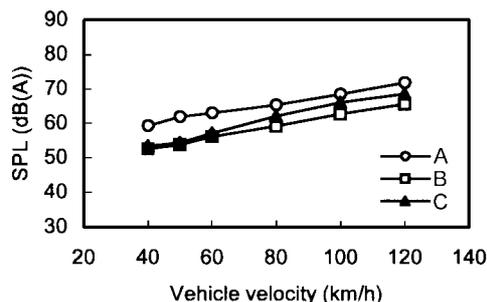


Fig.8 Results of sound pressure level in case of a.c. off (windows closed, left ear)

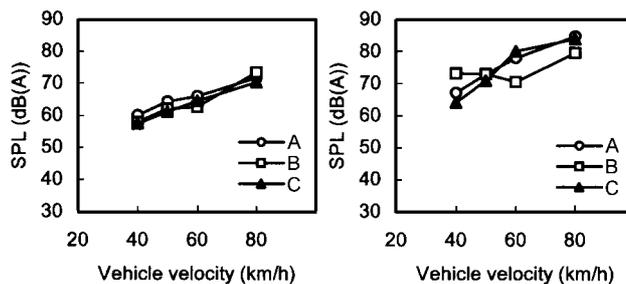


Fig.9 Results of sound pressure level in case of a.c. off (windows open, right ear)

Fig.10 Results of sound pressure level in case of a.c. off (windows open, left ear)

横軸に車速をとり、縦軸に騒音レベルをとった場合の結果を図6（エアコン・オフ）と図7（エアコン・オン）に示す。両図において、車速とともに比例して騒音レベルが上昇している。また、車種によって異なるものの、エアコン・オフの場合と比較してオンの場合には、車速 40km/h の場合には約 4 dB(A)、車速 120km/h の場合には約 0.5dB(A)騒音レベルが上昇する。つまり、車速の低い方がエアコン作動の影響が大きい。

3.2. 左右耳の差、窓の開閉の影響について

エアコン・オフで窓を閉じた場合の左耳の騒音レベルを図8に示す。図6に示す右耳の結果と比較することにより、左耳の方が騒音レベルが高いことがわかるが、その差は約 3dB(A)以内である。つぎに、窓を開けているとき（エアコン・オフ）の左右耳の騒音レベルを図9（右耳）、図10（左耳）に示す。窓を開けているときは風の影響を強く受けるため、必ずしも再現性のある結果ではないものの、左右耳の騒音レベルの差は最大で 16dB(A)に達している。

窓の開閉の影響については、たとえば右耳に関しては、図6と図9とを比較することにより、最大で約 17dB(A)（車速 80km/h のとき）騒音レベルが高くなり、窓の開閉の影響が大きいことがわかる。

つぎに、図6における実験条件（窓閉、右耳、エアコン・オフ）のときのデータを別の指標により解析を行う。ラウドネス（図11）、ラフネス（図12）、シャープネス（図13）をそれぞれ示す。今回の実験条件では、ラウドネスは 8 ~ 28sone の範囲であった。また、ラフネス、シャープネスとも車速に対して大きな変化は示さなかった。

4. 実路走行における測定例

高速道路における騒音レベルの例を時間経過とともに図14に示す。車速は約 100km/hであった。また、市街路走行時（渋滞も含む）の騒音レベルの測

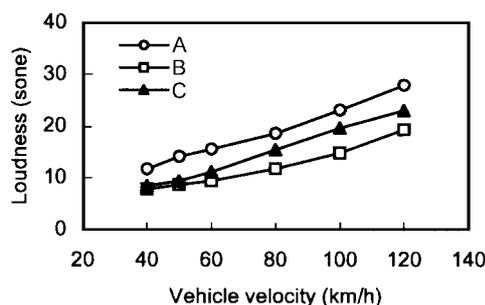


Fig.11 Results of Loudness in case of a.c. off (windows closed, right ear)

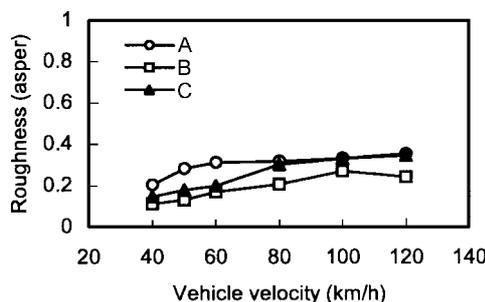


Fig.12 Results of Roughness in case of a.c. off (windows closed, right ear)

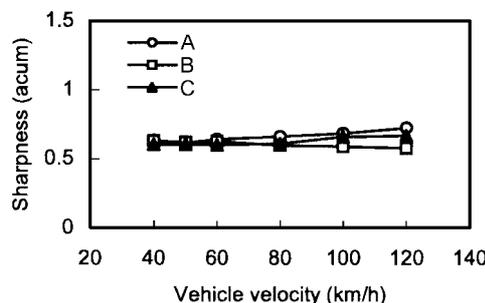


Fig.13 Results of Sharpness in case of a.c. off (windows closed, right ear)

定例も図15に示す。いずれも、窓閉、右耳、エアコン・オンにおける測定データの結果である。高速道路においては、騒音レベルは約 59dB(A) ~ 約 73 dB(A)の範囲であり、また、市街路においては約 49

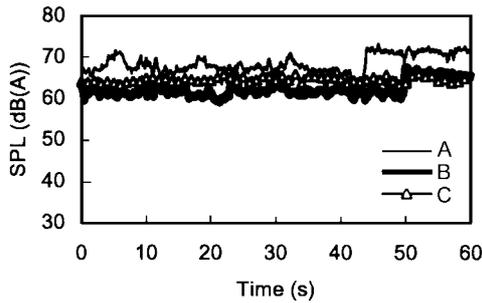


Fig.14 Sound pressure level when running on express way (windows closed, right ear, a.c. on)

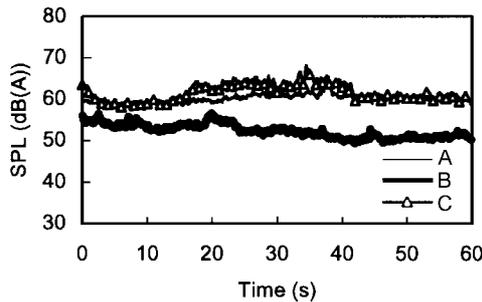


Fig.15 Sound pressure level when running on city road (windows closed, right ear, a.c. on)

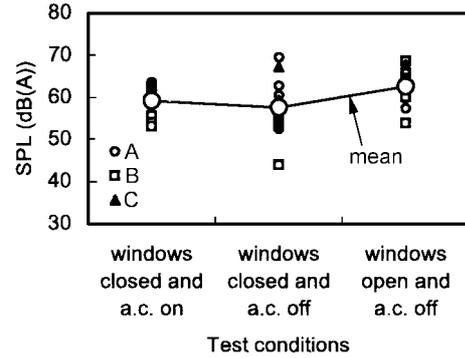


Fig.16 Sound pressure level according to various test conditions on city roads (right ear)

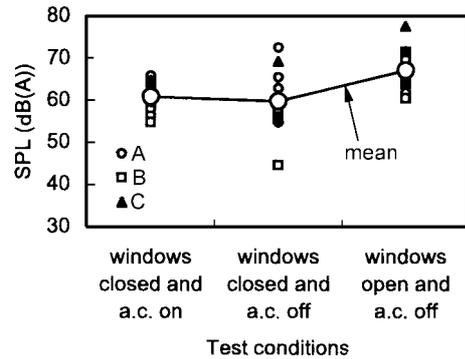


Fig.17 Sound pressure level according to various test conditions on city roads (left ear)

dB(A) ~ 約 68dB(A)の範囲であった。ただし、これらの結果は走行状況によって異なるので、参考として示すものである。

つぎに、市街路走行における(1)窓閉でエアコン・オン、(2)窓閉でエアコン・オフ、(3)窓開でエアコン・オフの3条件における騒音レベルを、右耳(図16)と左耳(図17)とについて示す。異なる道路において数回繰り返して測定しており、A車とB車については4ヶ所、C車については3ヶ所で測定を各5秒間ずつ行った結果である。各条件における平均(白丸)を求めて実線で結んでいる。右耳と左耳の平均騒音レベルを比較すると以下ようになる。

(1)窓閉でエアコン・オンの実験条件の場合には、右耳において59dB(A)、左耳においては61dB(A)となり、(2)窓閉でエアコン・オフの実験条件の場合には、右耳で58dB(A)、左耳で60dB(A)となり、(3)窓開でエアコン・オフの実験条件の場合には、右耳で63dB(A)、左耳で67dB(A)となった。以上のように、左右の耳の結果を比較すると、窓を閉めているときは2dB(A)、窓を開けているときは4dB(A)、左耳(窓側の耳)の方が高い値を示した。

5.まとめ

車室内音環境を実測して、その結果を騒音レベル、ラウドネス等の指標により解析した。その結果、運

転者に対して音声情報を伝達する場合の暗騒音としてどの程度のものを考慮すべきかについて、明らかにすることができた。

参考文献

- (1) 坂本, 森田, 益子, 岡田:自動車運転者の情報処理に関する研究(第1報) - 音声情報提供のための車室内音環境の基礎的調査 -, 平成13年度交通安全環境研究所研究発表会講演概要, pp.65-68 (2001)
- (2) 坂本, 森田, 益子, 岡田: 音声情報提供のための車室内騒音の基礎的調査, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.106-01, pp.13-16 (2001)
- (3) 岸, 畑: 自動車車室内音音質評価手法について, 自動車技術, Vol.40, No.4, pp.464-470 (1986)
- (4) 高尾, 橋本: 乗用車走行時の車内音の主観評価 - 第1報 S D法による音質評価形容詞対の選択 -, 自動車技術会論文集, No.42, pp.73-135 (1989)
- (5) 星野: 自動車車室内騒音の音質評価, 日本音響学会誌, Vol.53, No.6, pp.462-465 (1997)
- (6) 星野: マスキングに注目した聴覚系処理モデルに基づく自動車車室内音環境の評価, 日本音響学会誌, Vol.56, No.1, pp.3-12 (2000)