

E-4

聴取状態の違いによる自動車接近報知音の認知性と快適性の検討

Research on perception and comfort of alert sound for hybrid and electric vehicles of differences in listening situation.

○米村純一¹, 鈴木真里¹, 松田礼², 町田信夫²*Junichi Yonemura¹, Masato Suzuki¹, Hiroshi Matsuda², Nobuo Machida²

Abstract: Recently, the hybrid and electric vehicle have spread through the market. However, running sound of these cars are too quiet during low speed running. Pedestrians feel the danger that information to know car approaching is reduced. Alert sound for hybrid and electric vehicles have problem of frequency characteristics and adequate sound levels in real environments. The purpose of the research is a proposal of the alert sound for hybrid and electric vehicles having both improvement of perception and comfort. In this paper, we report experimental results of perceptual distance measurement and impression evaluation experiment.

1. はじめに

近年、ハイブリッド車や電気自動車等の次世代自動車の普及が進んでいる。これらの次世代自動車は、低速度域での走行音が小さいため、歩行者が車両の接近を知る情報が減り、危険な状況を生んでいる。この問題に対して、国土交通省は自動車接近報知音の搭載を促すガイドライン^[1]を示し、2016年10月に搭載を義務付けた。しかし、環境音に対して適切な音量や周波数特性の検討などの課題が残されている。本研究は、歩行者が次世代自動車から十分な回避時間を得られる認知性と快適性を両立させる自動車接近報知音の設計手法の提案を目的としている。本報では、報知音モデルの印象を評価する印象評価実験と認知性について検討する認知距離実験を実施した結果を報告する。

2. 報知音モデルの作成と設定条件

表1に、報知音モデルの設定条件を示す。報知音モデルは白色雑音を基に作成し、2つの卓越周波数をもたせ、卓越周波数間に音圧レベル差を与えた。本研究では振幅変調に注目し、変調度と変動周期を変化させた変動音を36種類作成した。

3. 印象評価実験の実験方法

印象評価実験は防音室内で実施した。被験者は聴覚健全な大学生9名延べ10名である。実験は防音室内の椅子に着座させ、環境音を($L_{AeqT=40s}$ 45dB)暴露する。環境音の暴露から20秒後、環境音を暴露したまま、報知音モデルを20秒間($L_{AeqT=20s}$ 50dB)暴露した。報知音モデルの音量は、被験者の耳元で $L_{AeqT=20s}$ 50dBになるように統一した。暴露終了後に報知音モデルの印象を心理アンケートにより評価した。

Table 1. Sound conditions

卓越周波数		音圧レベル差 dB	変動周期 s	変調度
I Hz	II Hz			
630	2500	0	0.5	0.45
	3150	10	1	0.9
	4000		1.5	

4. 認知距離実験の実験方法

認知距離実験は、交通総合試験路(環境音 L_A 43 ± 3dB)で実施した。歩車分離がされていない住宅街の道路を想定し、道幅3m、直線距離100mのコースを設定した。車速は10km/hに設定した。環境音に対して適切な音量を検討するため、音量を車両の前方2mの位置で $L_{AeqT=60s}$ 50dB, 53dBの2種類とした。また、被験者にスマートフォン操作をさせるタスクを与え、聴取状態の違いによる認知性について検討した。実験は報知音モデルを搭載した車両を被験者の後方100mから接近させ、被験者が車両の接近を感じ、手を挙げるまでの時間を測定し、この時間に車速を乗じて車両と被験者との距離(認知距離)を算出した。認知距離の評価方法として、歩行者が安全に回避できる時間を3秒と提案した。この回避時間に車速を乗じて算出した距離8.4mを基準値と設定した。測定した認知距離が基準値を大きく超えると、対象としていない歩行者にも認知されるため、不快に感じると考えられる。そのため、基準値を超え、かつ基準値に近いほど、評価が高い報知音モデルであると判断した。また、聴取状態の違いによる認知距離の評価は、タスクの有無による差が小さいほど、評価が高い報知音モデルであると判断した。

5. 印象評価実験の結果

因子分析の結果，第 I 因子は報知音の認知性に関わる明瞭因子，第 II 因子は報知音の快適性に関わる評価因子が抽出された．変調度 0.45，変動周期 1s 以上，卓越周波数 II 3150Hz 以上に設定すると，はっきりと聞こえ，不快と感じない傾向がみられたため，認知性と快適性を両立する報知音モデルであると考えられる．

6. 認知距離実験の結果

6-1 適切な認知距離の検討

報知音モデルと認知距離の関係を図 1 に示す．*は，前述の方法により評価が高いと判断される音条件の上位 25% (36 条件中 9 条件) である．図 1(a)と(b)を比較すると，変調度 0.45 の方が適切な認知性をもつ条件が多い傾向がみられた．また，音圧レベル差 10dB を与えると，適切な認知距離に近づく傾向がみられた．

6-2 環境音に対して適切な音量の検討

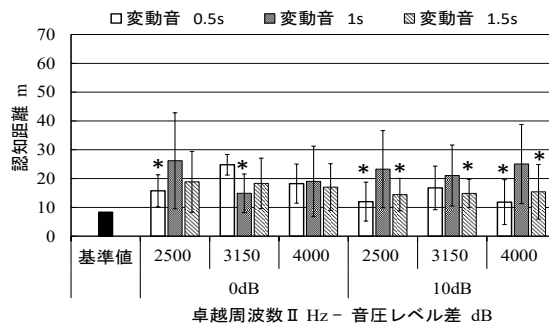
図 2 に，53dB の音量で実験した結果を示す．図 1(a)の音量 50dB の結果と比較すると，いずれも認知距離の基準値を超えていることから，本実験の実験環境 ($L_A=43\pm 3dB$) における報知音の音量は 50dB で十分回避できると考えられる．しかし，音量を 3dB 大きくすると，平均で約 16m 伸びる結果がみられたため，今後も環境音に対して適切な音量を検討する必要がある．

6-3 聴取状態の違いによる認知性の検討

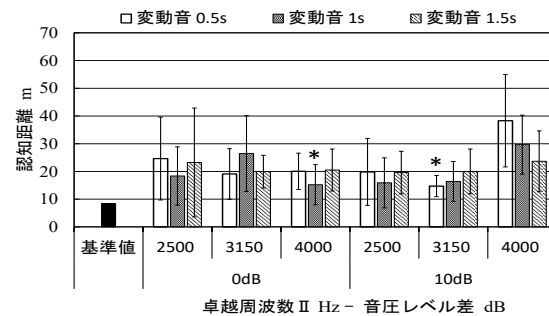
図 3 に，聴取状態の違いによる認知性について検討した結果を示す．図 2 のタスクがない条件と比較すると，スマートフォン操作のタスクを与えた条件の方が認知距離が低下する傾向がみられた．図中の†は，同一音条件において図 2 と図 3 の差が小さい，つまりタスクを与えても認知距離の変化が小さい音条件の上位 25% (18 条件中 5 条件) を示している．この結果から，変動周期 0.5s，音圧レベル差 10dB を与えると，タスクの有無による認知距離の変化が小さい傾向がみられた．

7. おわりに

印象評価実験と認知距離実験の結果，卓越周波数 II 4000Hz・音圧レベル差 10dB・変動周期 1.5s・変調度 0.45 に設定すると，十分な回避時間を得られる認知性と快適性を両立できると考えられる．報知音の音量は環境音+5dB 程度で十分回避できると考えられる．また，スマートフォン操作のタスクを与えた結果，変動周期 0.5s，音圧レベル差 10dB を与えると，タスクの有無による差が小さい傾向がみられたが，今後も聴取状態の違いによる認知性について検討していく予定である．



(a) Modulation factor 0.45



(b) Modulation factor 0.9

Figure 1. Measurement results of perceptual distance by alert sound model with sound level of 50dB

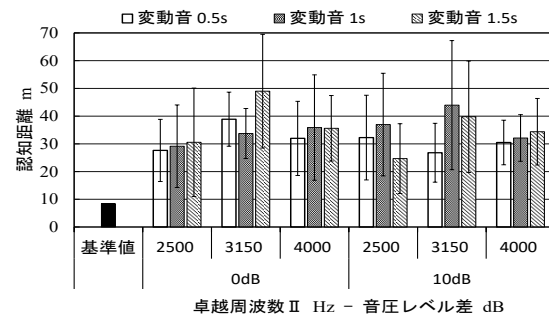


Figure 2. Perceptual distance of alert sound model in sound level of 53dB(modulation factor 0.45)

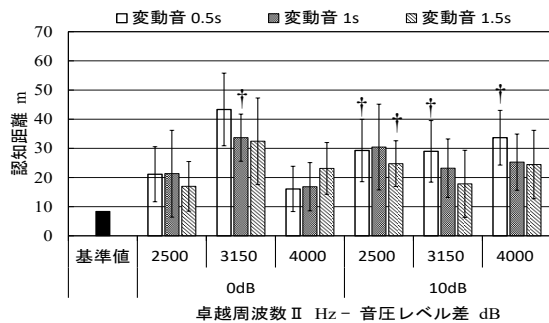


Figure 3. Perceptual distance of alert sound model in sound level of 53dB by differences in listening condition (modulation factor 0.45)

8. 参考文献

[1] 国土交通省：「ハイブリッド車等の静音性に関する対策のガイドライン」，2010.