

研究速報

車室内エンジン加速音及び定速走行音の聴取時における感情評価の個人特性*

浅川 香^{*1} 矢野 敦仁^{*1} 木村 勝^{*1}
片平 建史^{*2} 山崎 陽一^{*2} 長田 典子^{*2}

キーワード 車室内エンジン音, 加速音, 定速音, 感情評価の個人特性

Car interior sound, Engine acceleration and cruise sound, Core affect, Individual differences

1. はじめに

自動車のエンジン音には, 内燃機関に由来する物理現象により生じる音という側面だけでなく, 車が加速・定速走行しているといった車の現在の状態に関する情報を乗員に伝える機能がある。

一方で, 近年, ハイブリッド車両や低燃費エンジンの普及などにより, 自動車の車室内音環境は静音化されつつある [1]。これにより車室内音環境の自由度やデザイン可能性が向上する反面, エンジン音を手がかりに車の状態を把握することが容易ではなくなる。

この問題に対し, エンジン音を人工的に付加する技術が開発されている [2]。ユーザにとってより付加価値の高い音のデザインのため, 車室内エンジン音もたらず, 「洗練された」「力強さ・迫力感」「好ましさ」といった主観的な印象を心理音響特微量やエンジン回転数から推定する研究が行われている [3, 4]。しかしエンジン音, 特に加速音の印象評価には個人差が大きいことが知られており [5], 音環境のデザイン性が向上した車室内においてどのような音を付加するのが望ましいかについては不明点が多い。

そこで本研究では, 個人の好みを反映しつつ車の状態に関する情報を伝える車室内音環境の設計に資する知

見を得るため, 加速音と定速走行音聴取時の感情反応を測定してその個人特性を明らかにする。加速時と定速走行時では支配的な音の要素や音響特性が異なり [6, 7], 感情反応の個人特性の検討に有用であると考えられたため, 加速時だけでなく定速走行時の車室内音も評価対象とした。

2. 方法

エンジン音が及ぼす心理的な影響の解明を目的とし, エンジン音聴取時の感情 (快/不快, 覚醒度) を主観評価する実験を行った。

2.1 実験参加者

聴力の問題を指摘された経験のない 28 名 (平均年齢 22.4 歳, うち女性 4 名) であった。そのうち, 運転経験のある者は 24 名だった。

2.2 実験刺激

標準音源として 160 種の自動車走行音が収録された『自動車音源 DVD 2008』(自動車技術会) より, 加速条件 19 種, 定速条件 12 種, 計 31 種を選定した。選定の際には, 車種や排気量が偏らないよう留意した。選定した音源を **Table 1** に示す。刺激番号 1~19 が加速音, 20~31 が定速走行音である。

音源集に同梱のキャリブレーション音源に基づき, 各音源音圧レベルの 95 パーセントイル値を左右チャンネルごとに求めた。左右チャンネルの平均値が加速音 $L_A = 80$ dB, 定速走行音 $L_A = 70$ dB となるようノーマライズした。音源の時間長は, 加速音は 8.8~20.4 秒, 定速走行音は 10~15 秒とした。

2.3 実験刺激及び手続き

実験は防音性の高いシールドルームで実施した。

音刺激は PC 上で再生し, ヘッドホンアンプ (nano iDSD, iFi audio) 及びヘッドホン (HD 650, Sennheiser) を通して呈示した。呈示音圧レベルは実験実施者の協議により不快感を生じない音圧 ($L_A =$

* Individual differences in core affect during listening to various types of car interior engine acceleration and cruise sound,

by Kaori Asakawa, Atsuyoshi Yano, Masaru Kimura, Kenji Katahira, Yoichi Yamazaki and Noriko Nagata.

^{*1} 三菱電機株式会社情報技術総合研究所

^{*2} 関西学院大学工学部感性価値創造インスティテュート (問合先: 浅川 香 〒247-8501 鎌倉市大船 5-1-1 三菱電機株式会社情報技術総合研究所 e-mail: Asakawa.Kaori@ab.MitsubishiElectric.co.jp; kaori.h.asakawa@gmail.com)

(2021 年 4 月 9 日受付, 2021 年 7 月 17 日採録決定)

[doi:10.20697/jasj.77.11.694]

Table 1 Sound files in accel and cruise condition.

No.	Condition	Sound file ID	Displacement	Cylinder	Duration (s)
1	Acceleration sound	SUV_1	2.5L	4	13.9
2	Acceleration sound	SUV_2	>3.0L	V8	8.8
3	Acceleration sound	Sport_1	2.0L	4	19
4	Acceleration sound	Sport_2	>3.0L	V6	15.5
5	Acceleration sound	Sport_3	>3.0L	V8	10.1
6	Acceleration sound	Coupe_2	2.0L	4	10.6
7	Acceleration sound	Sedan_2	1.5L	4	20.4
8	Acceleration sound	Sedan_6	2.0L	4	13.6
9	Acceleration sound	Sedan_8	2.0L	4	13.1
10	Acceleration sound	Sedan_10	2.5L	V6	17.6
11	Acceleration sound	Sedan_11	2.5L	L6	15.3
12	Acceleration sound	Sedan_18	>3.0L	V8	11.5
13	Acceleration sound	Wagon_1	2.0L	4	19.9
14	Acceleration sound	Wagon_3	2.0L	4	10.4
15	Acceleration sound	Wagon_5	2.5L	4	13.7
16	Acceleration sound	Wagon_6	3.0L	V6	14.7
17	Acceleration sound	Hatchback_1	0.6L	3	18
18	Acceleration sound	Hatchback_4	1.5L	4	16.6
19	Acceleration sound	Hatchback_12	2.0L	4	13.2
20	Cruise sound	SUV_3	2.5L	4	14.6
21	Cruise sound	Sport_4	2.0L	4	10
22	Cruise sound	Sport_5	>3.0L	V6	15
23	Cruise sound	Sport_6	>3.0	V8	15
24	Cruise sound	Sedan_21	1.5L	4	15
25	Cruise sound	Sedan_25	2.5L	V6	15
26	Cruise sound	Sedan_26	2.5L	L6	15
27	Cruise sound	Sedan_29	>3.0L	V8	15
28	Cruise sound	Wagon_8	3.0L+	V6	15
29	Cruise sound	Hatchback_13	0.6L	3	15
30	Cruise sound	Hatchback_14	1.5L	4	15
31	Cruise sound	Hatchback_16	2.0L	4	15

60 dB 程度) とした。刺激再生・回答用の PC はシールドルーム外に配置した。

感情評価尺度として、快・不快、覚醒度を 9 段階で評価する Affect Grid [8] を用いた。

実験セッションでは、刺激音源 31 種をランダムな順序で 4 回呈示した。実験は個別に実施され、参加者は任意のタイミングで音を再生し、聴取後ソフトウェア上で自分の感情について回答した。実験所要時間は 40 分程度であった。

3. 結果と考察

各音源について 4 回の評価値平均を求めたうえで参加者ごとに評価尺度別に標準化し、参加者について平均した値を Fig. 1 に示す。各シンボルは音源をあらわし、刺激番号は Table 1 と対応している。Fig. 1 から、覚醒度については加速音が定速走行音よりも高い一方、快評価については両者に大きな差はないことがみてと

れる。

参加者間における評価の一貫性の検討のため、各尺度についてクロンバックの α 係数を求めたところ、覚醒度については 0.99 であり、一貫性が高かった。一方で快評価については 0.25 と低く、個人差が大きいことが示唆された。個人データを精査したところ両尺度に対して評価値が正の相関を示す、つまり覚醒度が高い音ほど快評価も高い参加者と、負の相関、つまり覚醒度が低い音ほど快評価が高い参加者の存在がみてとれた。そこで参加者ごとに両尺度の標準化得点について相関係数を求め、その値に基づき参加者をクラスタ分析 (Ward 法) した。その結果、両尺度について正の相関を示すクラスタ 1 (10 名)、負の相関を示すクラスタ 2 (10 名)、明確な相関のないクラスタ 3 (8 名) という三つのクラスタが得られた。

各クラスタの評価値平均を Fig. 2(a), (b), (c) にそれぞれ示す。これらの図から、クラスタ 1 は加速音、

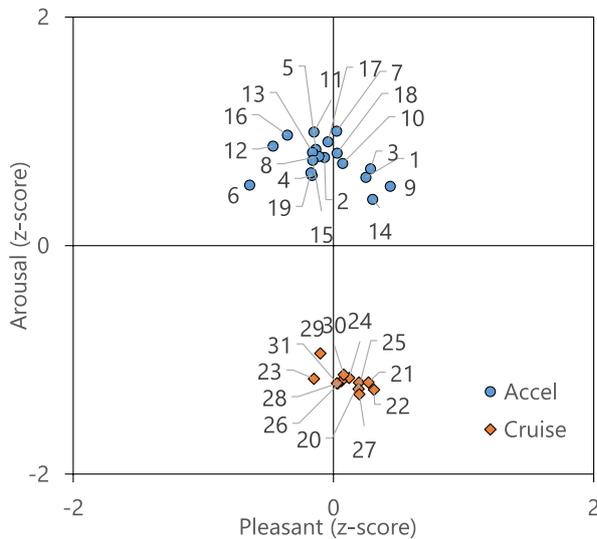
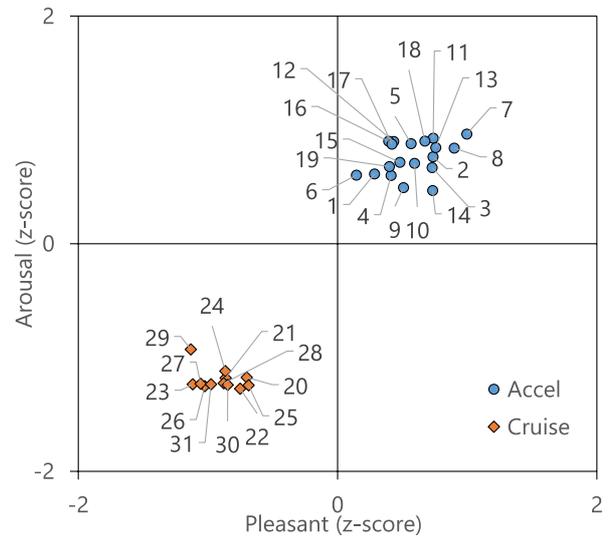


Fig. 1 Mean subjective ratings (z-score) for all sounds: All participants ($N = 28$).

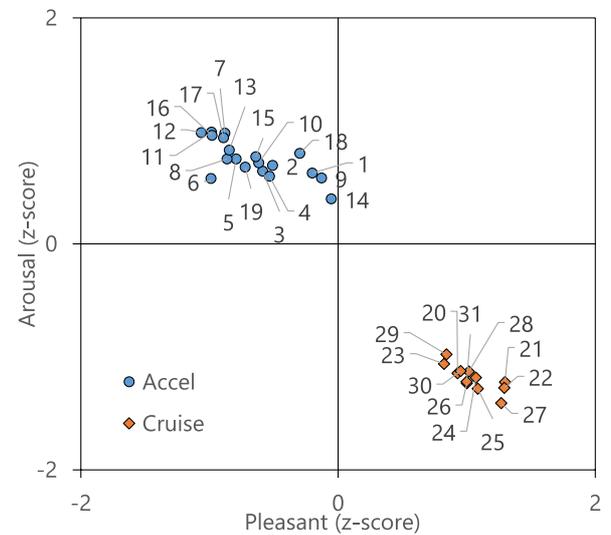
クラスタ 2 は定速走行音についてそうでない音よりも快評価値が高くなることから分かる。クラスタ別に求めたクロンバックの α 係数は、クラスタ 1: 覚醒度 0.99, 快 0.91, クラスタ 2: 覚醒度 0.99, 快 0.96, クラスタ 3: 覚醒度 0.97, 快 0.36 であった。これは、少なくともクラスタ 1 とクラスタ 2 はクラスタ内評価の一貫性が高いことを示す。

上記の結果から、加速音と定速走行音について感じ方の明確に異なるユーザが少なくとも 2 タイプ存在することが示唆された。特にクラスタ 1 の参加者は加速音聴取によって快感情が生じる加速音嗜好群、クラスタ 2 は加速音非嗜好群であると考えられる。本研究において取得した個人属性は性別、年齢、運転免許の有無であるが、それらとクラスタの明確な関連は確認されなかった (クラスタ 1/2/3 それぞれ、男性: 8/9/7 名, 平均年齢 \pm SD: $22.0 \pm 1.1/22.8 \pm 1.0/22.4 \pm 1.2$ 歳, 運転免許保持: 8/8/8 名)。ただし、運転目的や頻度、主に使用する車種、性格特性など、他の要因が影響した可能性がある。

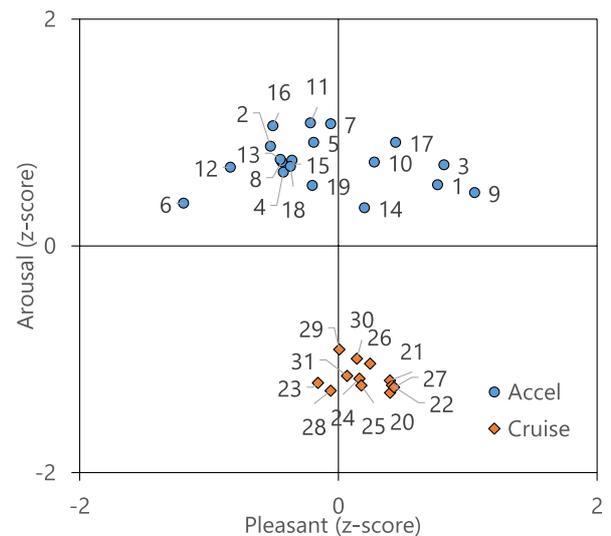
クラスタ 1 と 2 の参加者は、同じ音を聴取したにもかかわらず明らかに異なる感情反応パターンを示した。覚醒度 (活性度) と快・不快の 2 次元モデル上において、覚醒度も快感情も高い又は低い状態 (Energy-Tiredness) と、覚醒度は高いものの快感情は低い又はその逆の状態 (Tension-Calmness) はほぼ直交しており、双極の両端と考えられる [9]。クラスタ 1 と 2 の反応がこれらの感情状態に近似するとすれば、加速音と定速走行音について、快・不快軸については異なるものの対照的な感情反応を示す点で共通しているといえる。加速音と定速走行音は支配的な音の要素や音響



(a) Cluster 1 ($N = 10$).



(b) Cluster 2 ($N = 10$).



(c) Cluster 3 ($N = 8$).

Fig. 2 Mean subjective ratings.

特性が異なっており [6, 7], その違いがこのような対照的な感情反応につながった可能性がある。

従来のエンジン音に関する研究では、加速音の印象を構成する心理的因子や、それらに影響する音響特徴量や物理量について検討されてきた [3, 5, 10]。しかしこれらの印象を持つ音によって生じるユーザの感情は、同じ音を聞いた場合でも大きく異なる可能性があることが本研究により示唆された。静音化が進みデザイン性が高まる車室内の音環境において、車の状態を乗員に伝える機能としての加速音・定速走行音を検討するにあたっては、これらの個人特性を考慮することでユーザの快適性や満足度が向上すると考えられる。

4. おわりに

好ましい車室内音環境を明らかにするため加速音と定速走行音聴取時の感情評価実験を実施した。その結果、同じエンジン音であっても感じ方の明確に異なるユーザ群の存在が示唆された。その要因については明らかでないものの、これらのユーザは加速音と定速走行音の間で異なる音の要素や音響特性について対照的な感情反応を示す可能性がある。車室内音環境デザインにあたってはこれらの個人特性を考慮することでより適切で快適な価値提供につながると考えられる。

謝 辞

本研究の一部は、JST COI, JPMJCE1314 の支援を受けた。また、本研究の一部は、日本音響学会 2019 年秋季研究発表会における発表に基づくものである。

文 献

- [1] 山内勝也, “次世代自動車の静音性による新しい音デザイン課題の展望,” 音響学会誌, 73, 21–24 (2017).
- [2] A. Gonzalez, M. Ferrer, M. de Diego, G. Piñero and J. J. Garcia-Bonito, “Sound quality of low-frequency and car engine noises after active noise control,” *J. Sound Vib.*, 265, 663–679 (2003).
- [3] S. Moon, S. Park, D. Park, W. Kim, M. H. Yun and D. Park, “A study on affective dimensions to engine acceleration sound quality using acoustic parameters,” *Appl. Sci.*, 9, 604 (2019).
- [4] 加茂川隆至, 有光哲彦, 木澤千城, 郡司通晴, 戸井武司, “自動車加速音の変化による加速区間毎の加速感の印象評価,” 自動車技術会論文集, 47, 1381–1386 (2016).
- [5] N. Kubo, V. Mellert, R. Weber and J. Meschke, “Categorisation of engine sound,” *Proc. 33rd Int. Congr. and Exposition on Noise Control Engineering*, pp. 2284–2291 (2004).
- [6] 星野博之, 小沢義彦, “車内音を構成する音の要素とその評価,” 豊田中央研究所 R&D レビュー, 30(3), pp. 29–38 (1995).
- [7] G. Cerrato, “Automotive sound quality – Powertrain, road and wind noise,” *Sound Vib.*, pp. 16–24 (2009).
- [8] J. A. Russell, A. Weiss and G. A. Mendelsohn, “Affect grid: A single-item scale of pleasure and arousal,” *J. Pers. Soc. Psychol.*, 57, 493–502 (1989).
- [9] M. S. M. Yik, J. A. Russell and L. F. Barrett, “Structure of self-reported current affect: Integration and beyond,” *J. Pers. Soc. Psychol.*, 77, 600–619 (1999).
- [10] D. Park, S. Park, W. Kim, I. Rhiu and M. H. Yun, “A comparative study on subjective feeling of engine acceleration sound by automobile types,” *Int. J. Ind. Ergon.*, 74, 102843 (2019).