

自動車のサウンドデザインと評価

Application of Distortion Products to Sound Design in Automobile Acceleration

山際納月, 油木悠, 石光俊介
Natsuki Yamagiwa, Yu Aburagi, Shunsuke Ishimitsu

広島市立大学大学院 情報科学研究科 システム工学専攻 サウンドデザイン研究室



1 緒言

▶ サウンドデザインの重要性



人間の感性に基づいたデザイン
高級感, 迫力感, ワクワク感など

▶ 自動車エンジン音

次数成分の音圧レベル増加
(低周波音の強調)

ワクワク感の向上

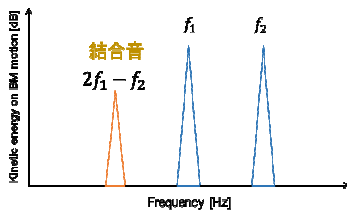
静粛性

低周波音の生成

低音を実際に出力せずに
低音の印象を与える

2 結合音

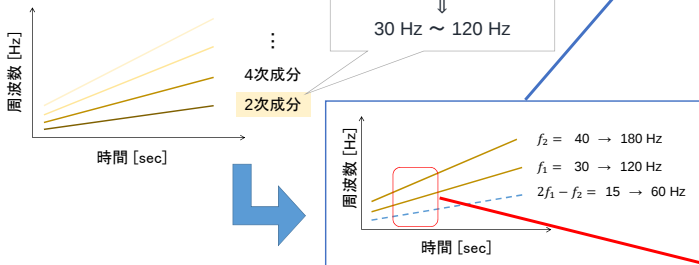
▶ 2つ以上の正弦波を同時に聞く → 低い音が聞こえる



蝸牛の非線形性
によって起こる歪み

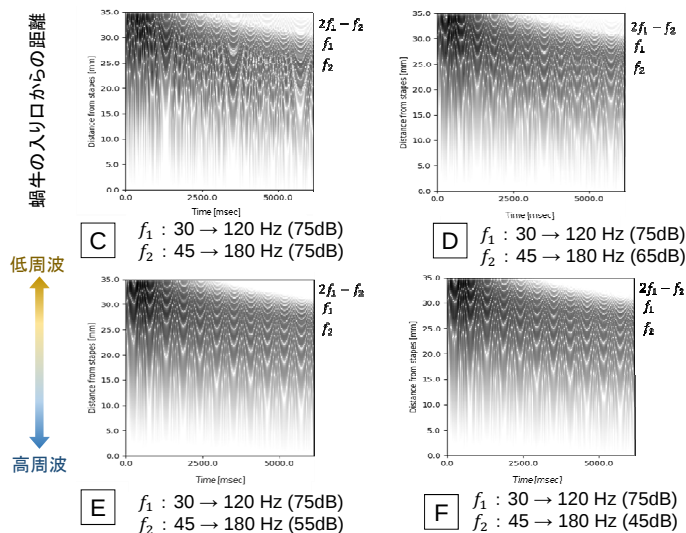
自動車エンジン音へ適用

▶ エンジン音 → 調波構造



3 結合音のモデル計算

基底膜の運動エネルギーを蝸牛モデル^[4]から計算



実験1

■被験者: 10人(男性7人, 女性3人)

■実験場所: 無響室内

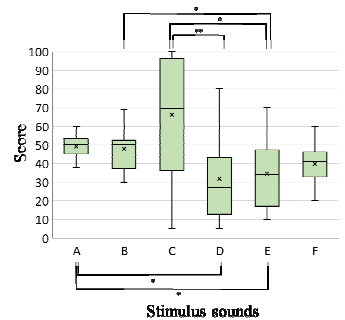
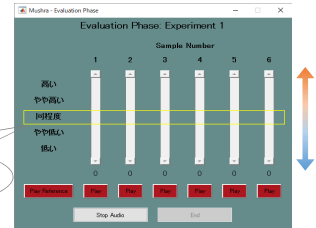
■実験方法: MUSHRA法

刺激音Aを基準として音の高さを評価

Aより高く聞こえれば50点以上
Aより低く聞こえれば50点以下

加速(6秒)について評価

	f_1 [Hz]	f_2 [Hz]
A	30 -> 120 (75dB)	
B	15 -> 60 (45dB)	30 -> 120 (75dB)
C	30 -> 120 (75dB)	45 -> 180 (75dB)
D	30 -> 120 (75dB)	45 -> 180 (75dB)
E	30 -> 120 (75dB)	45 -> 180 (75dB)
F	30 -> 120 (75dB)	45 -> 180 (75dB)



✓ f_2 の振幅をさげると低く聞こえる傾向

実験2

■被験者: 10人(男性7人, 女性3人)

■実験場所: 無響室内

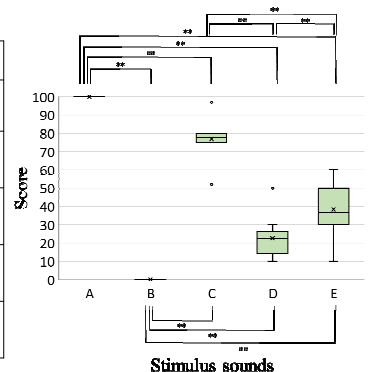
■実験方法: MUSHRA法

刺激音Aを基準として音の高さを評価

最も高い音(Reference)に100点
最も低い音(Anchor)に0点

加速始めの低音(2秒)について評価

	f_1 [Hz]	f_2 [Hz]
A	60 -> 105 (75dB)	
B	20 -> 35 (75dB)	
C	40 -> 70 (75dB)	60 -> 105 (75dB)
D	40 -> 70 (75dB)	60 -> 105 (75dB)
E	40 -> 70 (75dB)	60 -> 105 (75dB)



6 まとめ

呈示レベルを適切に設定することで, 加速音においても結合音による低周波音のデザインが可能であることが示唆された。

なお, 本検討はマツダ(株), 大島商船高専との共同研究により行い, 主として, 2020年3月の日本音響学会にまとめて発表を行った。

参考文献

- Y. Date et al., "Improvement of heart rate variability analysis for sound design", ICIC Express Letters Part B: Applications Volume 10, Number2, February 2019.
- L. Robles et al., "Mechanics of the mammalian cochlea", Physiol. Rev., 81, 1305-1452 (2001).
- J.L. Goldstein et al., "Neural correlates of the aural combination tone $2f_1 - f_2$ ", Proc. IEEE, 56, 981-992 (1968).
- Y. Murakami et al., "Input level dependence of distortion products generated by saturating feedback in a cochlear model", Acoustical Science and Technology Vol.37, No.1, pp.1-9, January 2016.
- ITU, Method for the subjective assessment of intermediate quality level of coding system, Recommendation ITU-R BS.1534-1 (2003).