

誇張表現された振動を用いた自動車周囲情報通知システムにおける 実車両に基づく正規強度による精度向上

堀江 郁[†] 鈴木 彰真[†] 村田嘉利[†] 佐藤永欣[†]岩手県立大学ソフトウェア情報学部[†]

1. はじめに

自動車運転時における運転者への周囲情報の主な通知手段として、視覚を用いた通知システムが普及している。しかし、標識や道路状況も注視する必要があるため、視覚による情報取得対象が競合し、適切な判断が困難となる場合がある。そこで、振動を用いた通知方法を提案している¹⁾。これまでに触覚情報によるインタラクション設計において、特徴を強調表現することで写実的ではないが実感性に優れた触覚情報を実現した事例²⁾や、運転時の警告において段階的な強度の警告を行う触覚警告が運転の邪魔にならず適切に警告を伝えられることを示す事例³⁾がある。そこで、先行研究の振動波形を見直し、各振動の強度を運転手の臀部の感覚で正規化することにより実車両における認識精度の向上が可能か検討した。

2. 誇張表現した振動波形を用いた種別表現

2.1. 誇張表現した振動波形の生成

先行研究では自動車・バイク・歩行者の3種別を振動により実現しており、3種別の正答率は自動車

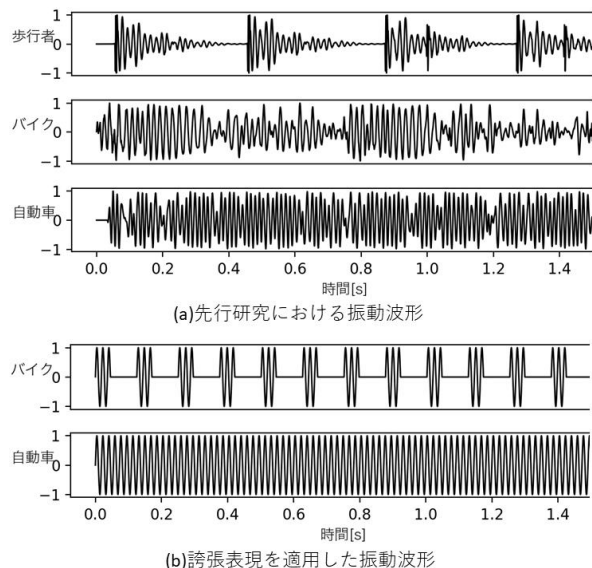


図1 実験で用いた振動波形

Development Accuracy for Hazard Notifications System Around a Vehicle by Normalized Vibration Based on Actual Vehicles Using Exaggerated Waveform.

[†]K.Horie, A.Suzuki, Y.Murata and N.Sato(Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University)

89%, バイク 79%, 歩行者 98%となっている。歩行者の種別正答率は非常に高く判別しやすい振動であるが、振動波形が類似しているため自動車とバイクの2種別間での誤答が多い。そこで、自動車とバイクの特徴を誇張し、種別認識精度の向上を図る。先行研究における振動波形を図1(a)に示す。図1の(a)に示すように自動車の振動は変化の少ない一定の波形が特徴であり、バイク振動は一定間隔での音圧変化による突き上げ感覚が特徴である。そのため、図1の(b)に示すような誇張表現をする。自動車振動は変化の無い一定の波形とし、バイク振動は音圧変化の強調による突き上げ感覚の明瞭化と音圧変化の間隔短縮により自動車振動との差をつけた。誇張表現する振動は、振動スピーカーの共振周波数である55Hzで作成した。

2.2. 誇張表現した振動波形を用いた種別認識率

走行時の種別認識精度を評価するため、先行研究の振動音源と誇張表現を適用した振動音源それぞれで9人に対して実験を行った。強度、方向については先行研究と同様とした¹⁾。被験者には小型自動車で舗装周回路を運転してもらい、運転中に3種別・3強度・5方向すべての組み合わせの振動をランダム順で発生させた。実験の際に、振動発生タイミングは示さず、振動を感じたときに口頭で3種別いずれかを回答してもらった。5秒間反応がない場合は、不正解とした。

実験の結果を図2に示す。図2は先行研究音源・誇張表現音源それぞれの各種別における正答率を示している。また、折れ線グラフは3種別の正答率の平均を表している。誇張表現を適用した振動音源では、先行研究での振動波形に対して自動車・バイクの正答率の向上が確認された。全体の正答率は、90%後半に向上した。そのため、誇張表現を適用した振動音源は、実車両における周囲情報通知の種別認識において高い通知能力が期待できる。

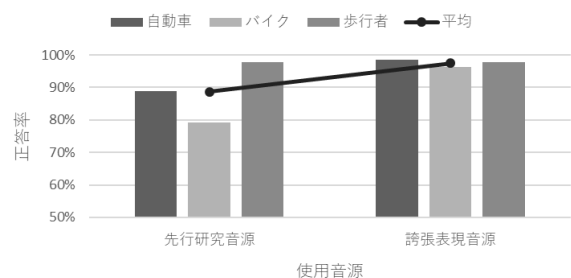


図2 誇張表現波形を用いた種別認識精度

3. 各振動種別における強度の正規化

3.1. 振動種別毎の振動強度評価実験

次に、3種別の振動における強度を正規化し、強度認識精度を検証した。強度は、先行研究で採用した3強度を基準に正規化した。また、先行研究で基準とされている強と弱の音圧倍率における中間の音圧倍率となる-5dBを中強度とした正規化も行い、二つを比較した。

実験は小型自動車のシートに乗車し、運転をしない状態で9人に実施した。1箇所の振動スピーカで歩行者振動を3強度それぞれの基準の音圧で振動させ、その後自動車・バイクの音圧を徐々に下げながら最も歩行者の強度に近い音圧を被験者に回答してもらった。このとき、実験における外れ値は、被験者の回答から得られたdB値の四分位範囲から1.5倍を超えるデータとし、省いた。

3.2. 振動強度の正規化結果

実験の結果得られた強度差をもとに、正規化した結果を図3に示す。横軸は、被験者に提示する歩行者振動の音圧を示している。縦軸は、提示する基準音圧に対して自動車とバイクが基準音圧と同程度の強度と感ずるdB値の平均を示している。図3に示すように、3種別間での強度差は明らかにみられ、自動車と歩行者の2種別間での強度差が最大であった。正規化の結果、強(0dB)を基準とした振動では自動車:-4dB、バイク:-3dB、中(-8dB)を基準とした振動では自動車:-12dB、バイク:-9dB、弱(-16dB)を基準とした振動では、自動車:-19dB、バイク:-17dBとすることで均一な強度となることがわかった。一方、-5dBを中強度とした場合は、自動車:-9dB、バイク:-7dBとすることで均一な強度となることがわかった。

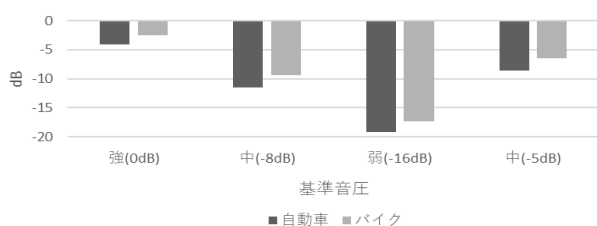


図3 歩行者と同程度と判断した他種別の音圧

3.3. 正規化した強度を用いた認識精度の評価

強度の正規化を行った後、2.2節に示した走行時

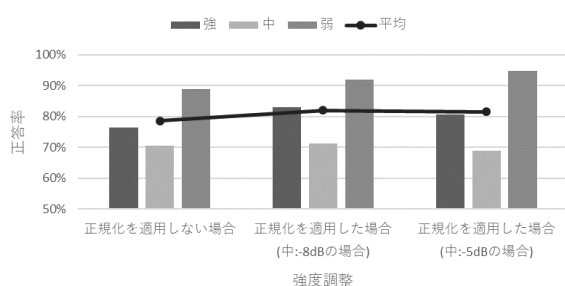


図4 各種別の正規化による強度認識精度

の実験と同様の手順で実験を行い、強度の正答率を評価した。実験の結果を図4に示す。

図4は、図3に示す正規化を適用しない場合、中強度:-8dBとした正規化を適用した場合、中強度:-5dBとした正規化を適用した場合それぞれの正答率を示している。種別や方向を問わず、強・中・弱の振動を与えた際の正答率をまとめている。また、折れ線グラフは三つの強度の平均を表している。正規化を適用しない場合における強は80%を下回り、中は70%に留まっている。3強度での平均も80%を下回っている。一方、中強度:-8dBとした正規化の結果、正答率は正規化を適用しない場合の振動と比べて中強度の変化がほとんど見られないが、強と弱の正答率が向上した。一方、中強度基準を-5dBとした場合、中強度:-8dBとした正規化と比べて中を強に近い音圧基準としたことから、強と中の正答率が僅かに低下し、弱に関してはより強度の差異が強調される形となり、正答率が向上した。振動スピーカ位置による影響は、実験からは確認できなかった。実験の結果から、図4における平均正答率が最も高い数値を示したことから、周囲情報通知において瞬時に正確に伝達されることが望まれる強の正答率が最も高い数値を示したことから、中強度:-8dBとした場合の正規化が強度伝達に最適であった。

4. おわりに

臀部振動による自動車周囲情報通知システムにおいて、振動への誇張表現や各振動強度の正規化によって実車両における認識精度が向上するか評価した。実験により、誇張表現による振動波形を利用し、中強度:-8dBとして正規化した強度認識精度が最も高く、平均で80%以上の正答率が得られた。

今後は、より多彩な表現として音圧のフェード処理を実施し、心理的な接近感や危機感といった新たな表現を提示することが可能か、また種別・強度・方向の認識精度に影響を及ぼすのか検討を行う。

謝辞 本研究は、フォスター電機株式会社及びJSPS 科研費 JP16723884 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 藤村祥真, et al. 臀部振動を用いた自動車周辺通知におけるシート素材による認識差. 第81回全国大会講演論文集, 2019, 2019.1: 181-182.
- 2) IKENO S, et al. Creating an impression of virtual liquid by modeling Japanese sake bottle vibrations. In: 2015 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI). IEEE, 2015. p. 35-38.
- 3) Lee J, et al. "Collision Warning Design to Mitigate Driver Distraction", Proceedings of the 2004 conference on Human factors in computing systems, pp.65-72(2004).