

# 臀部触覚を用いた自動車周囲通知システムにおける種別通知

林 柁徳†

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ソフトウェア情報学科

## 1 はじめに

近年、自動車周囲にある車両や歩行者の情報を、運転手にモニターやスピーカを通して通知するシステムが普及している。しかし、運転に必要な多くの情報提示が視聴覚に集中しており、見落としが危惧されている。そこで、振動を用いた競合のない通知方法を考える。これまでに、振動と感性イメージの結びつけとしては、盲ろう者が使用する情報受信端末の状態伝達を長い振動パターンでのイメージに基づいて行う事例がある[1]。背面[2]や座面に設置した振動モータによる情報通知を提案し、方角と強度を通知できることが示されている[3]。本研究では、より安全に周辺情報を取得できるように、回避方法や注視箇所に差がある車両や歩行者といった種別の通知を振動で行うことを提案する。また、多様な振動が可能な振動のアクチュエータとしてハプティックリアクタと振動スピーカを用いて、振動パターンによって人や自動車といった種別の判断が可能か検証した。

## 2 パプティックリアクタを用いた振動パターンの違いによる種別の評価

### 2.1 システム概要

提案システムの概要を図 1 に示す。Terasic 社製の DE0 Nano によりパルス信号を作成し、ハプティックリアクタ (HAPTIC™ Reactor TOUGH AFT14A901) を振動させる。共振周波数は 160Hz と 320Hz であり、それぞれ突き上げ方向と横方向に共振する。先行研究[3]で方角の判別可能な位置が示されており、同様の位置にハプティックリアクタを取り付けた。

### 2.2 振動パターンごとの振動強度の測定

振動強度によって、遠近や緊急度の表現が期待できるため、同程度の振動強度の中で種別の判断ができる

よう、振動強度別のグループに分ける。図 1 に示す(f)の位置において、互いに振動の差を感じる 160Hz, 180Hz, 240Hz, 280Hz, 320Hz のうち、2つの周波数 $f_1, f_2$ を用いた振動パターンを作成し、非運転時における振動強度を評価した。使用する振動パターンを図 2 に示す。 $f_1, f_2$ の周波数に対して、それぞれ周期 $r_1, r_2$ を 1~4 まで変化させる。さらに、振動のオンオフを間隔 $i = \infty$  (振動を継続), 125ms, 62.5ms, 31.25ms で行う。

男性 7 名に対し、160Hz の振動を基準の強度 3 とし、振動を感じない 0 から最も強い 5 までの 6 段階で感じる強度を評価してもらった。強度測定前には、基準として  $f_1=160\text{Hz}$  のみの振動を与えた。その後、3 以上の回答が 3 個以上でかつ 1 と回答されていない振動を強度“大”，1 が 3 個以下の振動を強度“中”，残りのうち 0 が 1 個もない振動を強度“小”に分けた。また、1 人でも 0 と回答された振動は、実験で用いる振動パターンからは除外した。

### 2.3 振動強度に応じた種別の評価

次に選別した強度ごとの振動パターンから、自動車の周囲にある障害物の種別の判断が可能であるか検証を行った。図 1 に示す(f)の位置において、振動種別の判断が可能か評価した。2.2 節の実験の結果、強度の分類がされたうち、互いに振動のパターンが大きく違い、強度の判断がし易い 4 種類の振動パターンを選定した。表 1 に選定した振動パターンを示す。“大”，“中”，“小”の強度毎に示してあり、似たような振動をグループ A~D に分類分けしている。原則グループ A は  $i = \infty$  で、グループ B~D は  $i = 125\text{ms}, 62.5\text{ms}, 31.25\text{ms}$  とした。但し、強度“大”のグループ D については、 $f_1=160\text{Hz}$ ,  $i=31.25\text{ms}$  の振動が 2.2 節の実験によって“中”の強度と評価されたため、大と判断されたうち振動の印象が近い別の振動に置き換えた。同様に、強度“中”のグループ D は、 $f_1=160\text{Hz}$  で  $i = 31.25\text{ms}$  毎にオンオフを繰り返す振動とした。

種別を人、小型 4 輪、大型 4 輪、バイクとし、グループ A~D それぞれの振動が他と比較したうえでどの種別に近いか、男性学生 8 人のアンケートによって評価した。グループ内での回答の重複は禁止した。結果を図 3 に示す。強度の減少からパターン之差が減少し、強度が大きい振動と比較し、強度が“中”，“小”の回

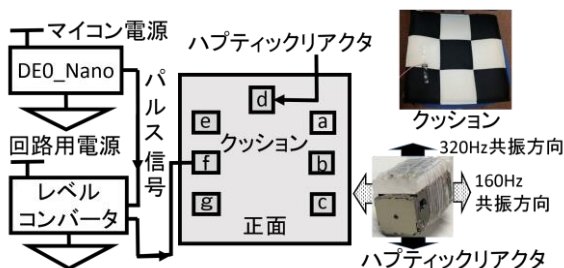


図 1 システムの概要

Category Notification System Around a Vehicle Using Buttock Tactile

†M.Hayashi, Y.Murata, A.Suzuki and N.Sato (Faculty of Software and information Science, Iwate Prefectural University)

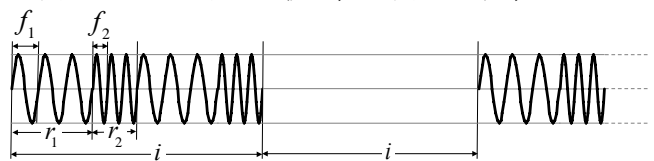


図 2 実験に使用したパルス信号のパターン

表 1 種別判断に用いる振動グループ

振動グループ	強度		
	大	中	小
A	$f_1=160, i=\infty$	$f_1=160, f_2=320$ $r_1=4, r_2=1, i=\infty$	$f_1=180$ $i=\infty$
B	$f_1=160, i=125$	$f_1=160, f_2=320$ $r_1=4, r_2=1, i=125$	$f_1=180$ $i=125$
C	$f_1=160, i=62.6$	$f_1=160, f_2=320$ $r_1=4, r_2=1, i=62.6$	$f_1=180$ $i=62.6$
D	$f_1=160, f_2=320$ $r_1=4, r_2=4, i=\infty$	$f_1=160, i=31.3$	$f_1=180$ $i=31.3$

答は分散したが、強い振動であれば、種別の印象に傾向が見られた。

### 3 スピーカを用いた振動パターンの違いによる種別の評価

#### 3.1 種別に用いるスピーカ振動の収集

次に、より音声データによる表現で強い振動が実現可能な振動スピーカ(ACHOSTICAPTIC Actuator)を用いて、種別判断の可能性を評価した。まず、障害物をイメージしやすい振動の選別を行った。用意した音声データの波形を表 2 に示す。それぞれの音声データは元の音声に対して 2kHz 以上の音域を削除し、スピーカの共振周波数である 55Hz または 110Hz の音圧を上げた振動であり、それぞれ 3~6 種類ずつ用意した。表 2 の 18 は、種別は違うが音の特徴が類似する。

#### 3.2 スピーカを利用した種別の評価

次に、表 2 より提示感覚と振動の周波数が互いに異なる 4 種の振動を選抜した。選んだ振動の波形を図 4 に示す。図 4 に示すように、バイクと人は他と比較して振幅の変動が大きい。図 4 に示す人の振動は、0.4 s ごとにパルス状に振動する。大型 4 輪は 55Hz、小型 4 輪は 110Hz の振幅を増幅した。

選抜した 4 種の振動を 5 回ずつの計 20 回、教示なしで

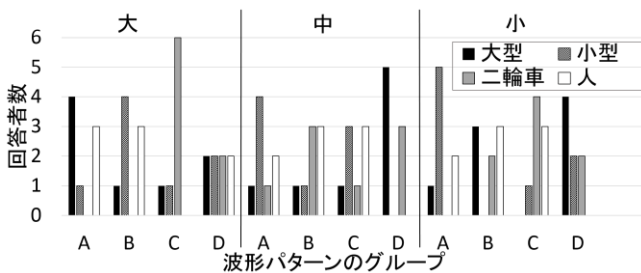


図 3 ハプティックリアクタを用いた振動パターンに対する種別の回答分布

表 2 スピーカ振動に用いた音の種類

種別	音源	
人	1:心臓の鼓動音	3:革靴の歩く音110Hz
	2:革靴の歩く音55Hz	
小型四輪	4:車のアイドリング音	7:ダイハツムーヴ アイドリング音
	5:車加速音55Hz	8:ディーゼルターボアイドリング音
	6:車加速音110Hz	9:キャリー 通常走行でのマフラー音
大型四輪	10:大型観光バス 走行音55Hz	13:ディーゼル機関車エンジン音 55Hz
	11:大型観光バス 走行音110Hz	14:ディーゼル機関車エンジン音 110Hz
	12:4tトラックの走行音	
バイク	15:バイクをふかす音	17:ターボバイクのアイドリング音
	16:バイクのアイドリング音	18:ドラックレース用の車のアイドリング音

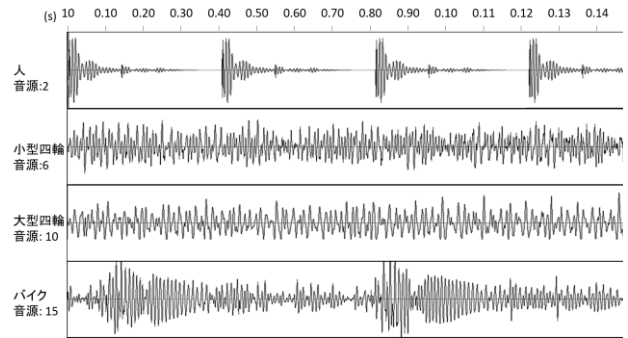


図 4 選別した 4 種の振動の波形

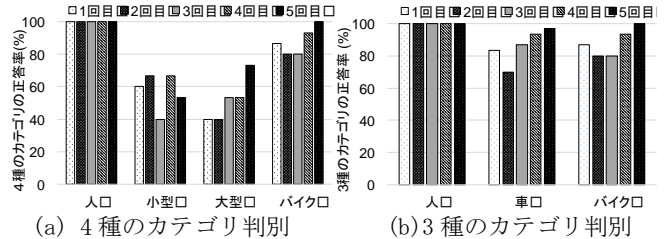


図 5 スピーカを用いた種別実験の正答率

ランダムに呈示し、種別を回答させる実験を 15 人に対して実施した。実験結果を図 5 に示す。図 5(a) がそれぞれの正答率の推移である。バイクにおいては、1 回目の正答率は 80% であったが、5 回目で正答率が 100% になり、学習を積むことで高い正答率になった。大型 4 輪と小型 4 輪は、差異が分かりづらいという意見が多く正答率も低かった。図 5(b) では、大型 4 輪、小型 4 輪を“車”のカテゴリとしてまとめ、大型 4 輪と小型 4 輪間の誤答を正解とした。5 回目の正答率は 9 割を超え、図 5(b) に示す 3 種であれば種別可能であることが示された。

### 4 おわりに

臀部振動による自動車周囲の状況通知システムにおいて、人や自動車といった種別の通知が可能か検証した。本検証では、多様なパターンで振動が可能なハプティックリアクタと振動スピーカを用いて実施した。

実験により、ハプティックリアクタでは大きな振動であれば人と車の 2 種、スピーカでは車、人、バイクの 3 種の種別判断が可能であることが示された。今後は、より種別に対してより強い印象を持つ振動パターンを検討し、実装する。また、運転時において種別判断が可能であるか評価する。

### 参考文献

[1] 坂井忠裕, et al., “振動刺激による触覚イメージの検討 視覚障害者向け情報受信端末の状態伝達への適用” 映像学誌, Vol. 55, No. 11, pp.1506-1514, Nov. 2001

[2] 大地徹, 柳田康幸, “振動触覚ディスプレイによる接近物の方向知覚に関する検証” 信学技報, MVE, Vol.112, No. 221, pp.121-122, Sep., 2012

[3] 鈴木彰真, et al., “座面アクチュエータを用いた臀部触覚による自動車の周辺通知” 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム, Vol.8, No.1, Jan., 2018 (採録予定)