

## 自動車用シート振動パラメータの変化が認知特性に与える影響

日大生産工(院) ○ZHANG XINYUUE 日大生産工 栗谷川 幸代  
アルプスアルパイン(株) 星 敏行 小泉 秀文 涌田 宏 寒川井 伸一 佐藤 邦生

### 1. まえがき

従来、ドライバへの情報伝達手段として視覚情報や聴覚情報が多く使用されてきた。視覚情報は単位時間当たりの伝達情報量は多いがドライバは情報を得るために視線を前方から逸らす必要があり、また聴覚情報は無意識下でドライバに気づきを与えることができるが状況によっては煩わしくなる。自動運転レベルの高度化に伴い、運転主体が人からシステムに移りつつあることから、緊急性と重大性が低い運転場面に対してドライバのみに報知、煩わしさが抑制できるなどの特徴を持っている触覚情報の活用が期待されている。

大桑ら1)2)は、車両シートの報知振動に関して、大腿部に対する振動刺激の強度、周波数、断続周期を変えることで、ドライバの主観的な緊急性と重大性を制御することが可能となり、運転支援情報として危険対象の方向や動きを直感的に与えることが可能と報告している。

また、有光ら3)は、臀部に対する振動デバイスを用いた振動刺激の振動周波数と認知性の関係として、周波数が高くなるに伴い認知性も高くなることなどを報告している。これらの先行研究における振動刺激は正弦波であるが、筆者らが想定する自動運転や先進運転支援で用いる報知振動としては、報知状況に応じた様々な印象をドライバに与える必要があると考えた。

そこで本研究では、自動車用シートにおける報知振動の基礎的検討として、正弦波とスイープ波を実験参加者に振動刺激として与えた際の主観的な振動の煩わしさ、強さ、長さなどの認知特性を検討した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験環境

シート振動刺激装置を図1に示す。図に示すように振動デバイス アルプスアルパイン社製 HAPTIC™ ReactorをRECARO製 (SR-7 KK100 BK) シートの背面部に7個、座面部に10個の合計17個を配置した。振動デバイスを制御するアンプを介することで正弦波に加えてスイープ波を実現できるようにした。

なお、実験時は実験参加者に運転状況を想定させるため、普通自動車の車室内レイアウトを参考にして、図2に示すようにハンドルやペダルを配置して運転席を模擬した。



Fig.1 実験装置 Fig.2 実験風景

#### 2.2 基準波の設定

本実験では、正弦波とスイープ波の振動刺激に対する認知特性を把握するため、予備実験を実施してそれぞれの振動波形における基準波を設定した。実験に使用したシート振動刺激装置では、スイープ波の振動パラメータとして周波数、振幅、波形変化時間などを設定できるが、検討の初段階であるため、本実験では正弦波に対して主観的な振動強度が徐々に変化する状況を実現するため、開始周波数と終了周波数を変化させることにした。なお、基準波の呈示時間は先行研究を参考にして0.15s固定とした。開始周波数と終了周波数を様々変化した予備実験を実施して、正弦波である基準波Aは開始周波数及び終了周波数を85Hzとした。徐々に振動強度を弱く感じる基準波Bは開始周波数を正弦波と同じ85Hzとして終了周波数は50Hzとした。徐々に振動強度を強く感じる基準波Cは開始周波数を基準波Bの終了周波数である50Hzとして終了周波数は正弦波及び基準波Bの開始周波数と同じ85Hzとした。

基準波として85Hz及び50Hzを選択した理由は、予備実験において振動周波数を50Hzから120Hzまで5Hz間隔で変化させた結果、実験参加者のコメントから設定した周波数範囲の中で85Hzが振動を強く、また心地良く感じたと思われたためである。また、スイープ波に関しては、基準波Bの終了及び基準波Cの開始の周波数として85Hz固定としてもう一方を20Hzから100Hzまで5Hz間隔で変化させた結果、多くの人が振

Effect of Vibration Parameter Change on Cognitive Characteristics of Car Seat

Xinyue ZHANG, Yukiyo KURIYAGAWA, Toshiyuki HOSHI, Hidefumi KOIZUMI, Hiroshi WAKUDA, Shinichi SAGAWA, and Kunio SATO

動を感じられる最小周波数であった50Hzとした。

### 2.3 実験項目

シート振動刺激による報知において、煩わしさ抑制に向けた振動の制御方法を把握するため、以下の実験を実施した。振動刺激は基準波A, B, Cを振動シート背面部7か所、座面部10か所にそれぞれに提示した。しかしながら、実験参加者の体型等の違いから背面部や座面部の位置に応じて強さ等の感覚に個人差がある。そこで本報告では多くの実験参加者においてシート接触面が安定していたと思われる座面⑩と⑪の結果を示す。

#### 2.3.1 基準波間の煩わしさ比較

実験参加者は提示された“振動の煩わしさ”についてVAS評価を行った。具体的には、「提示された振動は煩わしい」に対して、回答の左端を「感じない」として0点、中央を「やや感じる」として50点、右端を「すごく感じる」として100点として算出した。

#### 2.3.2 煩わしさと振動強度と振動長さの関係

2.3.1の実験において、煩わしさに加えて、実験参加者は“振動の強さ”と“振動の長さ”についてもVAS評価を行った。強さや長さの程度を評価しやすく、実験では各条件における基準位置③と比較する形で評価させた。さらに条件間の比較ができるように基準位置③における基準波Aに対する基準波Bと基準波Cの程度を評価させることで、回答結果の絶対値化を行った。「弱い もしくは 短い」を-100点、「どちらとも言えない」を0点、「強い もしくは 長い」を100点として算出した。

#### 2.3.3 正弦波の振動周波数と煩わしさの関係

基準波Aの正弦波の開始及び終了周波数を50Hz, 67.5Hz, 85Hz, 102.5Hzと17.5Hzの等間隔で増加させる条件を設定した。実験参加者は提示された“振動の煩わしさ”について前述のVAS評価を行った。

#### 2.3.4 スweep波の振動周波数と煩わしさの関係

基準波Bと基準波Cの開始周波数及び終了周波数を変化させた場合の煩わしさの把握を行った。周波数変化は以下の2種類を設定した。

1つ目は、基準波Bもしくは基準波Cにおいて、開始周波数もしくは終了周波数は固定として、もう片方の周波数を17.5Hzの等間隔で減少させる条件である。これより、基準波Bでは、開始周波数は85Hz固定として終了周波数は67.5Hz, 50Hz, 32.5Hzとして17.5Hzの等間隔で減少させる条件とした。一方で、基準波Cでは、

終了周波数は85Hz固定として開始周波数を67.5Hz, 50Hz, 32.5Hzとした。

2つ目は、基準波Bもしくは基準波Cにおいて、開始周波数と終了周波数の差を35Hzで同じとした2条件である。これより、基準波Bでは、開始周波数が102.5Hzと終了周波数が67.5Hzの組み合わせと開始周波数が85Hzと終了周波数が50Hzの組み合わせとした。一方で、基準波Cでは、開始周波数が67.5Hzと終了周波数が102.5Hzの組み合わせと開始周波数が50Hzと終了周波数が85Hzの組み合わせとした。

これらの実験において、実験参加者は提示された“振動の煩わしさ”について前述のVAS評価を行った。

#### 2.3.5 振動の呈示時間と煩わしさの関係

振動周波数と煩わしさの関係を確認した上で、振動呈示時間と煩わしさの関係を把握するため、基準波の振動呈示時間を変化させた場合の煩わしさの把握を行った。ここでは、基準波A, B, Cの呈示時間を0.1s, 0.15s, 0.2sを設定した。実験参加者は提示された“振動の煩わしさ”について前述のVAS評価を行った。

### 2.4 実験参加者

実験参加者は20代の男子大学生で身長170～178cm、体重55～85kgの20名である。実験時間の関係から、2.3.1～2.3.3は全実験参加者の結果、2.3.4は上記の実験参加者20名中、それぞれ10名の結果である。

## 3. 実験結果

### 3.1 基準波間の煩わしさ比較

図3に基準波A, B, Cの座面部⑩⑪に対する“振動の煩わしさ”の回答結果を示す。図より、“振動の煩わしさ”を感じたのは基準波A, 基準波C, 基準波Bの順となり、振動強度が変化しない振動に比べて振動強度が変化する基準波Bと基準波Cは煩わしさが抑制される傾向にあることが示唆された。

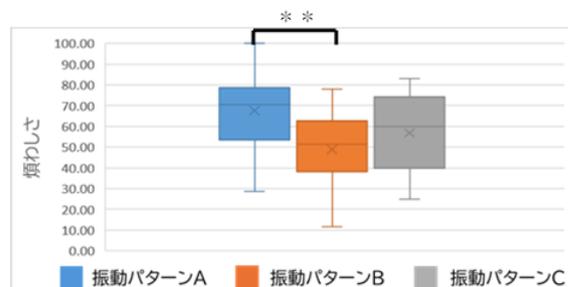


Fig. 3 座面部における基準波における“煩わしさ”の回答結果 (n=20)

フリードマン検定の結果、基準波Aと基準波Bの間で有意差が認められた (\*\* : p<0.01)。

なお、基準波Bは“煩わしさ”を「やや感じる」程度であった。

そこで、煩わしさを感じる理由を検討するため、各条件における“振動の強さ”と“振動の長さ”の感じ方に関する結果を確認する。

### 3.2 煩わしさと振動強度と振動長さの関係

図4に基準波A, B, Cの座面部⑪⑫に対する“振動の強さ”の回答結果を示す。図より、“振動の強さ”を感じ方の順は“振動の煩わしさ”の感じ方の順と一致することがわかる。なお、フリードマン検定の結果、基準波Aと基準波B及び基準波Cと基準波Bの間で有意差が認められた (\*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$ )。

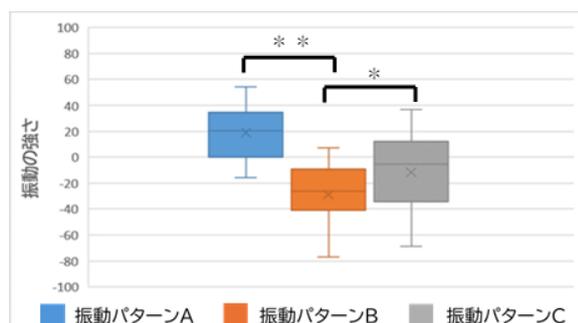


Fig. 4 座面部⑪及び⑫における基準波における“振動の強さ”の回答結果 (n=20)

次に、図5に基準波A, B, Cの座面部⑪⑫に対する“振動の長さ”の回答結果を示す。図より、“振動長さ”の感じ方は、基準波Aに比べて基準波Bと基準波Cでは短めに感じ、また個人差が大きいこともわかる。なお、フリードマン検定の結果、基準波Aと基準波B及び基準波Cの間で有意差が認められた (\*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$ )。

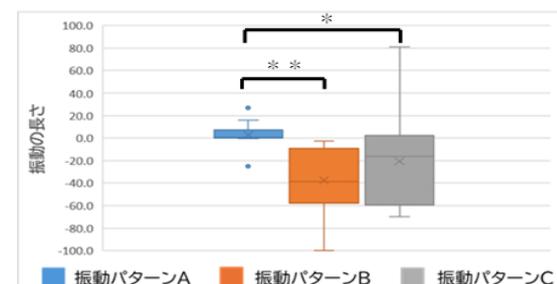


Fig. 5 座面部⑪と⑫における基準波における“振動の長さ”の回答結果 (n=20)

これより、3.3章及び3.4章では、各基準波において、“煩わしさ”を変化させる振動波形パラメータを検討する。

### 3.3 正弦波の振動周波数と煩わしさの関係

振動周波数と煩わしさの関係を把握するため、正弦波の振動周波数を変化させた場合の

“振動の煩わしさ”の回答結果を図6示す。

図より、開始及び終了周波数が50Hz, 67.5Hz, 85Hzと増加するのに応じて“煩わしさ”も増加することがわかる。但し、85Hzと102.5Hzでは“煩わしさ”は同等であった。フリードマン検定の結果、50Hzと85Hz及び102.5Hzの正弦波の間、67.5Hzと85Hzの正弦波の間で有意差が認められた (\*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$ )。

ここで、85Hzと102.5Hzの“振動の強さ”を確認したところ、強さの感じ方も同等であった実験参加者コメントから、振動の強さは同じに感じたが、振動の印象は異なっていたとの報告があった。そこで、状況に応じた報知振動を検討するためには、強さや煩わしさのみでなく、実験参加者の振動に対する印象をさらに詳細に把握する必要がある。

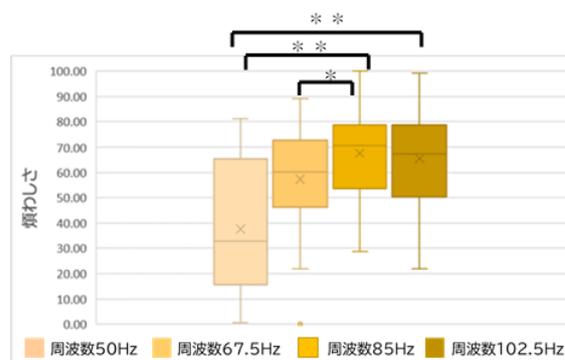


Fig. 6 振動周波数と煩わしさの関係(正弦波) (n=20)

### 3.4 スイープ波の振動周波数と煩わしさの関係

スイープ波における開始周波数もしくは終了周波数と煩わしさの関係を把握するため、振動周波数を変化させた場合の“振動の煩わしさ”の回答結果を示す。

図7は、基準波Bと基準波Cにおいて開始周波数もしくは終了周波数を固定させ、もう片方の周波数を17.5Hzの等間隔で減少させた結果である。フリードマン検定の結果、85Hzから67.5Hzのスイープ波と85Hzから32.5Hzのスイープ波の間、また67.5Hzから85Hzのスイープ波と32.5Hzから85Hzのスイープ波の間で有意差が認められた (\* :  $p < 0.05$ )。図より、基準波B及び基準波Cにおいて、開始周波数と終了周波数の組み合わせが85Hzと67.5Hzの含まれる振動周波数が大きい方から、85Hzと32.5Hzの含まれる振動周波数が小さい方に向かって煩わしさが抑制されているが、35Hz以

上の周波数の差がある場合は個人差が大きい。なお、実験参加者から「基準波 C は緊急地震警報を思い出させた」とのコメントがあり、過去の経験が振動に対する印象に影響を与えることが示唆された。

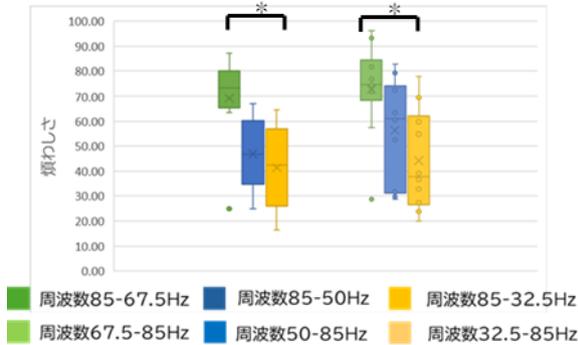


Fig. 7 振動周波数と煩わしさ関係（スイープ波）（n=10）

図 8 は、基準波 B と基準波 C において開始周波数と終了周波数の差を同じとして、組み合わせる振動周波数を変えた場合の比較結果である。図より、開始周波数と終了周波数の差が同じであれば、組み合わせる振動周波数が異なっても煩わしさの程度はほとんど変わらないものと思われる。また、基準波 B と基準波 C を比べても基準波の違いによる煩わしさの感じ方の顕著な違いは見られなかった。フリーマン検定の結果、条件間での有意差は認められなかった。

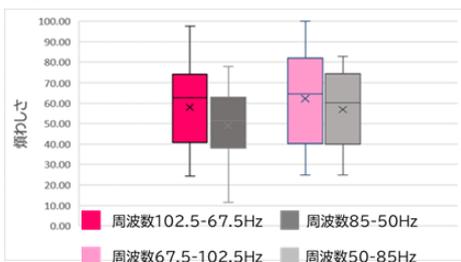


Fig. 8 振動周波数差と煩わしさ関係（スイープ波）（n=20）

### 3.5 振動の呈示時間と煩わしさの関係

振動呈示時間と煩わしさの関係を把握するため、基準波の振動呈示時間を変化させた場合の“振動の煩わしさ”の回答結果を図 9 示す。図より、振動周波数が同じであれば、呈示時間 0.2s 以下と短い場合には呈示時間の変化による煩わしさへの影響はほとんどないものと思われる。また、フリーマン検定の結果、条件間での有意差は認められなかった。

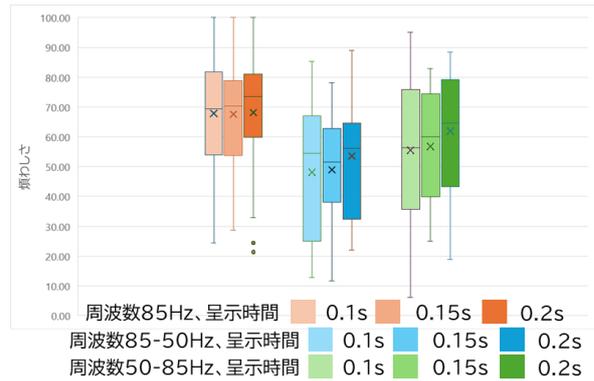


Fig. 9 振動呈示時間と煩わしさ関係（n=20）

## 4. 結言

本研究から得られた成果を以下にまとめる。

- 1) 同程度の振動周波数であれば正弦波に比べてスイープ波の方が煩わしさを抑制できる可能性が示唆された。
- 2) 振動周波数を 85Hz までは高くすることで振動の強さの感じ方が強くなる。
- 3) スイープ波の開始と終了の周波数の組み合わせが 85Hz と 67.5Hz では煩わしさの感じ方の個人差は小さいが、これらの周波数差が大きくなると個人差が大きくなる。
- 4) 振動周波数が同じであれば、呈示時間 0.2s 以下と短い場合には呈示時間の変化による煩わしさへの影響はほとんどないものと思われる。

今後の課題として、運転支援システムに向けた検討としては、複数の振動位置で振動させた場合の振動パラメータと認知特性の把握が必要である。

## 参考文献

- 1) 大桑 政幸, 倉橋 哲郎, 藤枝 延維, 津田 太司, 服部 彰「シート振動刺激による運転支援情報呈示法の検討」自動車技術会論文集 2008 年 39 巻 6 号 p. 6\_59-6\_64
- 2) 大桑 政幸, 中嶋 敦史, 藤枝 延維「自動車用シート振動刺激による運転支援情報呈示法の開発」ヒューマンインタフェース学会論文誌 2008 年 10 巻 3 号 p. 363-372
- 3) 有光 哲彦, 谷川 裕樹, 戸井 武司『交差点接近時の信号見落とし防止支援のための警報音およびシート振動の複合刺激に基づく警報システムの提案』自動車技術会論文集 2015 年 46 巻 2 号 p. 431-436