



# 自動車をモーションプラットフォームとした VR システムにおける自動車の HMI 周辺における振動提示

塩野入央空<sup>1)</sup>, 櫻木怜<sup>1)</sup>, 小玉亮<sup>1)</sup>, 岡崎龍太<sup>1)</sup>, 梶本裕之<sup>1)</sup>

1) 電気通信大学 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {shionoiri,sakuragi,kodama,okazaki,kajimoto}@kaji-lab.jp)

**概要:** 我々はこれまで自動車をモーションプラットフォームとした VR システムを開発してきた。このシステムでは、自動車のアクセル開度とシフトの切り替えによってユーザーに揺動を提示するため、表現できる周波数が低いという課題がある。そこでシートやハンドルといった自動車のヒューマンインターフェース (HMI) に振動を提示できる振動子を埋め込み、自動車の揺動と組み合わせることでコンテンツの体感向上を目指す。本稿では、前後方向の揺動と高周波振動を組み合わせることができる自動車型の振動提示装置について報告する。

**キーワード:** 自動車, モーションプラットフォーム, 振動, バーチャルリアリティ

## 1. はじめに

我々はこれまで自動車をモーションプラットフォーム (以下 MP) として VR システムを開発してきた[1](図 1)。自動車はすでに普及率の高い工業製品であり、人とともに移動するモバイルな性質を持っていることから、家庭や外出先、移動中といった様々なシーンに体感型コンテンツを供給できるプラットフォームとして活躍する可能性がある。

一方で、自動車には高周波の力覚表現が難しいという課題がある。エンジンやモータは強力な駆動力ではあるが、車重を考えると高速な切り替えしには限界があり、2Hz 程度の低周波の揺動しか表現できない。例えば、壁と衝突したときに生じるような広い周波数成分の振動は再現できず、高品質な体感型コンテンツの実現が難しかった。

そこで本研究では、エンタテインメントの体験向上によく用いられてきた振動子による身体への振動提示手法[2]を自動車の HMI に組み込むことで、この課題を解決することを提案する。

この手法は衣服を着た部位でも振動を提示できる上に、広い周波数の表現が可能である。また、モーションプラットフォームと振動提示の組み合わせによる体験向上の研究も過去に行われている[3][4]ことから今回の目的に相当であると言える。自動車の HMI 周辺の構造を考えると、手、足の裏、臀部、背中が接触しているため、自動車の内装からはこれら 4 つの部位に振動提示を行うことができる。

本稿では、この提案手法の検証のために作成した前後方向の揺動と組み合わせることができる自動車型の振動提示装置について報告する。



図 1: 自動車をモーションプラットフォームとした VR システム ([1]より引用)

## 2. 自動車型振動提示装置

### 2.1 装置全体の構成

本装置の全体の構成について説明する。最終目標が自動車 VR の体験向上であることから、車の運転席周辺を簡易的に模した装置を作成した (図 2)。



図 2: 自動車型振動提示装置

前後の揺動が行えるよう台車（台静快，ナンシン，DSK-101）を用い，その上に木板（ランバーコア，W155×D46×H2[cm]）を取り付け車の底面とした．また，プレイシート（playseats, playseat company, Playseat Blue/Black）をランバード板の上に取り付け運転席とし，ハンドルコントローラー（GT Force RX, Logicool, LPRC-12000）をハンドルとアクセルペダルとしてプレイシート上に取り付けた．（図 3）

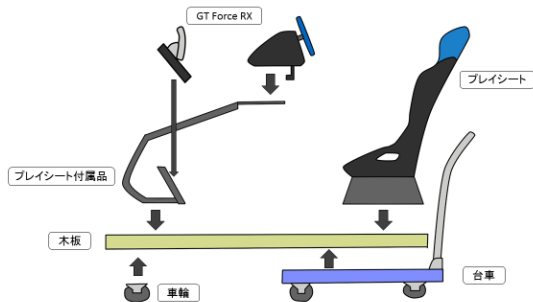


図 3: 実験装置全体の構成

## 2.2 振動部分

今回，振動提示には人体と装置の接触部周辺に振動子を取り付けるという方法を用いた．設置した場所はハンドル，アクセルペダル，シート座面，シート背面である．

ハンドルは振動子（Vp4, Acouve Laboratory, Inc., Vp408）を上部一ヶ所に固定した．

アクセルペダルはペダル前面に振動子（Vp6, Acouve Laboratory, Inc., Vp604）を固定した．

シート座面は座面に用いられているウレタンクッションを切り抜いて振動子（Vt7, Acouve Laboratory, Inc., Vt708）を埋め込んだ．

シート背面にはクッションと表面のカバーの間に振動子（Vt7, Acouve Laboratory, Inc., Vt708）を設置した．

使用されている振動子，固定方法，接触する部位がそれぞれ異なることから，提示できる周波数の特性が異なることが予測されたため，各部位について提示できる周波数特性の測定を行った．

## 3. 周波数特性測定

### 3.1 測定条件

ここでは各部位について測定を行った周波数特性について述べる．測定は実際に着席した状態で，デバイスと各接触部分との間に加速度センサ（3 軸加速度センサ，Kionix, KXR94-2050，測定レンジ±2g）を挟み込むようにして計測を行った．アクセルペダルに関しては靴下を着用，座面と背面に関しては衣服を着用した状態で計測した．

計測した周波数は 1Hz, 2Hz, 4Hz, 8Hz, 16Hz, 32Hz, 64Hz, 128Hz である．使用した電圧はハンドル，座面，背面においては 10V，アクセルペダルにおいては 8V である．使用電圧が常に一定になるよう，オシロスコープにて計測しながら測定を行った．また出力はファンクションジェネレータ（Sweep Function Generator, Dagatronics corporation, FG-8202）を用いて正弦波出力を行った．

### 3.2 計測結果

計測結果は図 4 のようになった．

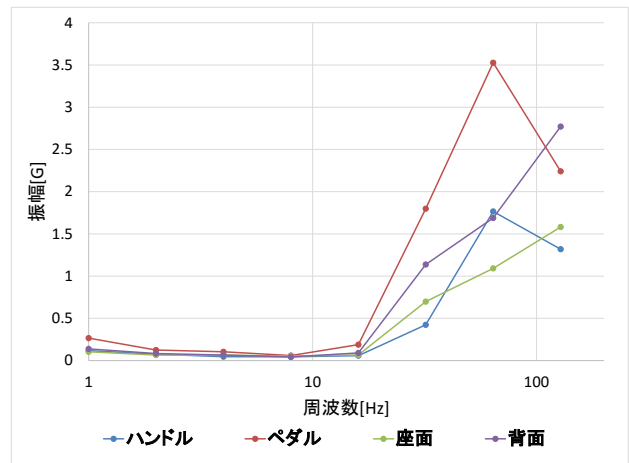


図 4: 周波数特性

接触部位によって荷重や接触面積が異なるため，同じ振動子を用いたはずの座面と背面でも異なる特性を示した．今回のシステムでは 32Hz から特に強い振動を提示できることがわかった．ただし体感としてはそれ以下の周波数の振動についても明瞭に感じることは出来た．

また，計測中の感想として，座面と背中中の振動を他の部位と比べて非常に強く感じた．これはインピーダンスの異なるアクチュエータを用いているため，同じ入力電圧振幅でも消費しているワット数が異なることが関係していると思われる．加速度振幅としては他の部位と比べて極端な違いはないが，広い面積に刺激が行われることによって強い感覚を生じたと考えられる．このことから，座面と背中に関しては現在使用している振動子よりも小型の振動子でも十分な刺激が与えられる可能性が高く，この場合複数個用いることで仮現運動などによる表現を追加することができると考えられる[5]

#### 4. おわりに

本稿では、自動車を揺動装置として用いた VR 装置の体験向上を実現する手段として、自動車と身体の接触する部位に振動子を取りつけ、振動と揺動の組み合わせを行うことを提案した。今回は実験のためのシステム構成について述べ、またその周波数特性について評価した。

今後は実験の結果に基づいて各所の振動提示の大きさを調整するとともに、揺動と組み合わせた場合の臨場感、没入感等への影響について調査していく。

謝辞 本研究は JST-ACCEL「身体性メディア」プロジェクトの一環として行われた。

#### 参考文献

- [1] 高下昌裕, 小玉亮, 田口峻, 梶本裕之: 乗用車を用いた体感型エンタテインメントシステム, 第 20 回バーチャルリアリティ学会 (2015)
- [2] Carmen Branje, Maria Karam, Deborah Fels, Frank Russo: Enhancing entertainment through a multimodal chair interface, Science and Technology for Humanity IEEE Toronto International Conference (2009)
- [3] Tobias Bellmann, Johann Heindl, Matthias Hellerer, Richard Kuchar, Karan Sharma, Gerd Hirzinger: The DLR Robot Motion Simulator Part I: Design and Setup, 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation (2011)
- [4] Imad Al Qaisi, Ansgar Traechtler: Human in the Loop: Optimal Control of Driving Simulators and New Motion Quality Criterion, 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics
- [5] Ali Israr, Ivan Poupyrev: Exploring Surround Haptics Displays, in ACM CHI2010, extended abstract (2010), pp. 4171-4176