

## VRを使用した蒸気機関車シミュレータにおける スコップ型デバイスの開発と検証

西山 涼平<sup>†</sup> 田村 仁<sup>†</sup> 檜山 正樹<sup>‡</sup> 入江 俊<sup>‡</sup> 仲田 仁<sup>‡</sup>  
日本工業大学創造システム工学科<sup>†</sup> 工学研究科機械システム専攻<sup>‡</sup>

### 1. 研究背景

近年、鉄道業界ではSLがブームにより観光資源となっているが、元機関士の高齢化が進み当時の技術や経験談の継承が途絶えつつあるため、今後SLを復活運転させる際には、乗務員の経験や知識の不足が予測される。そこで、本研究では人員育成のためのVRを用いた、蒸気機関車運転シミュレータ用の投炭訓練デバイスの開発を行う。

### 2. 関連研究

まず、国内外問わず現存する蒸気機関車シミュレータを探したところ鉄道博物館にあるD51シミュレータがあった。このシミュレータは実車の運転室をそのまま使用しており、各種メーターや操作弁の再現はよくできているが投炭作業は樹脂でできたスコップで石炭の形状をしたゴムボールを投げ入れるため持ち上げた際の力感や遠心力の再現度は低い。また、実車教習においては投炭練習機が存在するがこれは投炭の練習のみで機関士と連携した訓練は行えない。

### 3. 目的

本研究ではVRを用いた蒸気機関車シミュレータにおいて運転業務内で道具を使う作業として石炭の給炭作業がある。現在のVR用デバイスで流用および類似するデバイスは存在しない。また、VRを使用した蒸気機関車シミュレータであれば機関士と連携した運転業務の練習を行えるとともに、危険な作業を伴うボイラー操作において安全な空間での作業経験は安全体感教育へと繋がり、安全意識と作業練度の向上へと繋がる。よって本研究では今後の蒸気機関車シミュレータにおいて必要とされるスコップ型デバイスの開発を行う。

### 4. デバイス作成

#### 4.1 必要条件

デバイス作成にあたり今回の実験条件として実際にVRと連動し、使用者にスコップで物投げるといった実在感を与えられるかを実証する。それにあたり今回の実験機としての必要条件は1. 実際にVRと連動させるため電子制御がおこなえる物である、2. 石炭をすくい、火室に投げ入れる際の重量変化を再現するために力覚変化が行える、3. 炭水車と火室は運転室の前後にあるため火をくべる際に石炭をすくったスコップを180°旋回させるために遠心力を再現するものとする。以上の条件を最優先として選定、設計をおこなっていく。

#### 4.2 方式選定

今回は棒の先端に重りをつけて保持部との距離を変化させることで重力感を変化させる慣性モーメントを利用した方式と手首を圧迫する方式では目を隠した状況で物を持ち、手首が圧迫されると重くなっているように錯覚することを利用した手首を圧迫する方式の2パターンで検証した。結果としては圧迫方式では1kg以上の力覚と遠心力が再現できず、慣性方式では細かな力覚変化まで可能と考えられるのでスコップ型デバイスの方式は慣性モーメントを利用した方式を採用する。

#### 4.4 機材作成

上記の条件からワイヤ駆動を選択しデバイスの制作を行った。制作したデバイスは図1、スペックは表1のようになった。

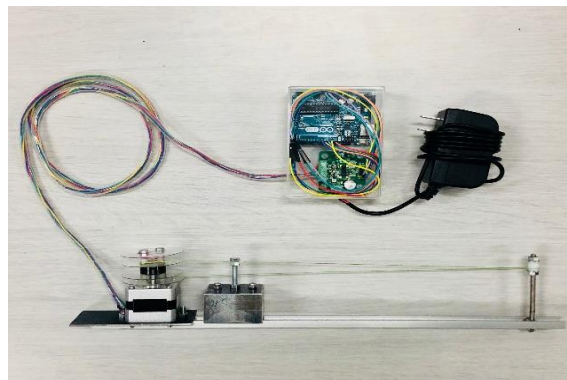


図1 制作した実験用デバイス

Steam locomotive simulator using VR –Development and variation of shovel type device -

<sup>†</sup>Ryohei Nishiyama, <sup>†</sup>Hitoshi Tamura

<sup>‡</sup>Masaki Hiyama, <sup>‡</sup>Suguru Irie, <sup>‡</sup>Hitoshi Nakata

<sup>†</sup>Nippon Institute of Technology Innovative Systems Engineering

<sup>‡</sup>Nippon Institute of Technology Mechanical Systems Engineering Major

表 1 デバイスのスペック

総重量	970g
全長	42cm
レール移動距離	28.5cm
重り重量	550g
外部電源	12V1.5A
マイコンボード	Arduino Uno Rev3
モータ	42mm ステッピングモータ 12V 2相
モータドライバ	L6470 ステッピングモータドライバキット

#### 4.5 プログラム構築

今回のシステムは VR 側がゲームエンジンの「Unity」を使用し,Unity 内のスコープで石炭をすくい上げると処理した数値がシリアル通信を用いて Arduino に送り,Arduino 内で割り振られた動作がモータドライバを通してステッピングモータを動かす。

### 3. 評価実験

デバイスの評価にあたり実際の投炭作業を行ってもらい,スコープ 1 杯あたりの石炭の重さを計測し,VR 上でのデバイスとの加重を比べてもらう。

#### 5.1 実作業との比較

最初に投炭作業として蒸気機関車で使用している小型スコープと石炭を使用し,各被験者に 1kg を目安にスコープで石炭をすくってもらい重量を測定し,これを 5 回繰り返し平均の値をとって,スコープを保持するのに必要な力に変換する。

モーメントの計算式より

$$F_1 = \frac{L_2}{L_1} \times (M_1 \times 9.8) \text{ [N]} \quad \dots (1)$$

となる。

この中で  $L_1, L_2$  となる距離は図 2 のようにスコープを持った際に計測を行った結果

$L_1=0.065\text{m}, L_2=0.15\text{m}$  となった。

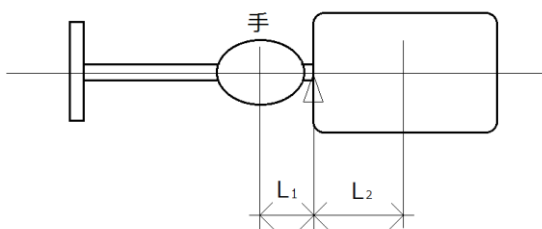


図 2 スコープの視点からの保持部,重心点までの距離

その次に実際に VR に接続されたデバイスを使用して重りの状態を最大と最小にし,実作業での感覚 1kg を基準とする際に何倍に感じたのかを調査した。結果は図 3 のようになった。

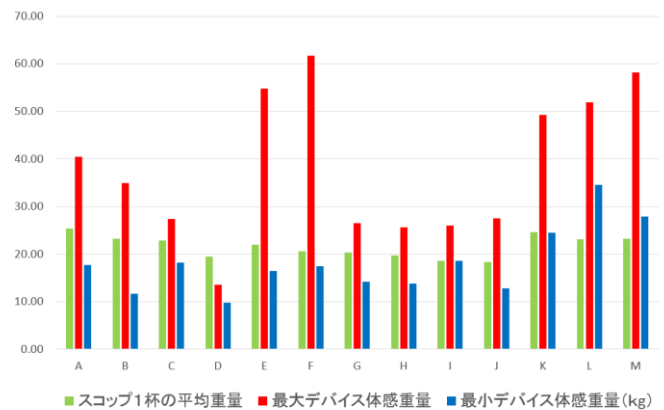


図 3 実作業と VR での体感加重での比較

以上の結果から 13 人中 8 人が実際のスコープ 1 杯を基準としてデバイスの最大荷重と最小荷重では力覚変化を感じることができているので,何もない空のスコープの状態と石炭をすくった状態の实在感を得られることが確認できた。また被験者 K, L, M は学内にある B6 形蒸気機関車で 2 年以上機関助手として乗務経験のある学生で VR 上でのデバイスによる動作で重量変化を体感できているが,全体的に数値が実際のスコープでの 1kg よりも大きく上回っている。これはデバイス重量が実際のスコープより重いのと現在のデバイスにはスコープの柄のようなグリップが装着されていないので手首にかかる負荷が大きくなり重く感じていると考えられる。

### 7. まとめ

本研究では VR を用いた蒸気機関車シミュレータ用投炭練習デバイスの作成を行い,実際に行う投炭練習と比較した結果,半数以上の被験者が高い没入感を得ることができ慣性モーメントを利用したデバイス開発は有用であると考えられる。しかし,装置が重く経験者だと違和感があるので軽量化とグリップの装着の必要性があると考えられる。

#### 参考文献

- [1] 赤川 シホロ, はじめての電子工作超入門-第 39 回 ステッピングモータで 2 輪走行ロボットを作成 (後編) ~Arduino でパーツやセンサーを使ってみよう-, <http://deviceplus.jp/hobby/entry/039/>, (cited 2017-09-18)
- [2] 満田 隆, 手首圧迫による擬似力覚の提示, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 TVRSJ, Vol. 12 No. 4 pp. 577-584,
- [3] Karakuri Ninja Robot Project, Rescue Robot Contest 設計まとめ-ワイヤ駆動-, [http://karakuri-robot.com/htmls/Wire\\_drive.html#2.1](http://karakuri-robot.com/htmls/Wire_drive.html#2.1) (cited 2017-11-22)
- [4] 名取 紀之 (2007), 「編集長敬白アーカイブ | 鉄道ホビダスー驚異の D51 運転シミュレータ。」 <<http://rail.hobidas.com/blog/natori09/archives/2007/08/51.html>>2017 年 7 月 20 日アクセス