

人間 - 機械系評価用鉄道用運転シミュレータの開発

日大生産工 (研) 柳川 航一 日大生産工 綱島 均
日大生産工 (院) 小島 崇

1 はじめに

列車の運転は、自動車と比較して運転が単調になりやすい特徴を有しており、ヒューマンエラーの原因の一つに運転士の覚醒度低下が挙げられる。ヒューマンエラー事故の防止方策として、鉄道会社では乗務員の教育・訓練が行われている。また、バックアップとして自動列車停止装置 (Automatic Train Stop: ATS) などを採用してきた。一部の鉄道では、自動列車運転装置 (Automatic Train Operation: ATO) を導入し、運転を自動化させている事例もある。しかし、自動化を進めることにより運転士は監視作業が中心となり、覚醒度低下が懸念される。自動車分野では、ドライバの生体情報や運転挙動から居眠りを検知し、警告を与える居眠り運転警報装置が研究されている¹⁾²⁾。鉄道においては、ヒューマンファクタに関する基礎的研究が行われているが³⁾、積極的な運転支援にまで至っていないのが現状である。そこで、列車運転におけるヒューマンエラーを事前に防止するために、人間の特性を考慮した運転支援システムの開発が必要であると考えられる。このようなシステムを開発するためには、運転士がどのような情報認知を行い、それにもとづいてどのような判断を行い、行動をとるのかを把握することが重要となる。このような運転行動を解析するためには、運転士の生体計測などを様々な条件のもとで行える運転シミュレータが必要となる。そこで、本研究では、人間 - 機械系評価用列車運転シミュレータを開発し⁴⁾⁵⁾、運転士の生体計測を行っている。本稿では、本装置の概要と立体視への展開について述べる。



図1 シミュレータ外観

2 シミュレータの構成

ヒューマンファクタに関する研究の実験手法として運転シミュレータを用いるためには、実験の目的に即した環境が柔軟に構築可能であることが有効である。この観点から、システムは、通常の運転操作が違和感なく行える程度とし、研究目的からの必要性に応じて機能を強化する方針で、最小の構成とした。また、ソフトウェアを独自に作成することで、車両特性の変更や路線の作成、また、運転支援システムの組み込み等を可能にした。構成が簡単でかつ臨場感を与えるために、ソフトウェアによる模擬を多く取り入れた。

本装置のシステム構成を図2に示す。車両制御コンピュータ、運転台、計器盤表示モニタ、スピーカの車両再現部と、視界生成コンピュータ、プロジェクタ、スクリーンの視界再現部、指令コンピュータから構成される。運転士が操作する運転台のハンドル位置が車両制御コンピュータに入力され、車両特性にもとづいて車両運動計算や音響の生成、計器盤画像の生成等を行う。計算した車両位置は視界生成コンピュータに送られる。この情報に視差を付加し、コンピュータグラフィックスの視界画像を生成し、プロジェクタから前方の70インチスクリーンに投影する。計器の変更や運転支援の表示システムの評価等が行えるように、計器盤を計器盤表示モニタ上に表示した。また、指令コンピュータからは、事故の発生や駅の移動、運転データの記録等の操作が行える。

軌道不整と車両運動モデルによって車両の振動を計算し、スクリーンの視界画像を揺らすことにより、

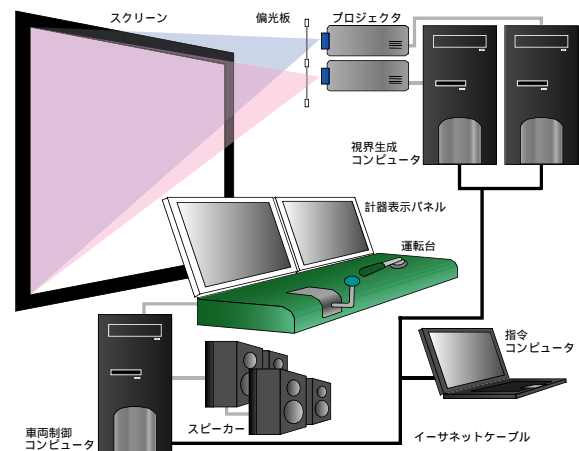


図2 シミュレータ構成

Development of Train Simulator for Evaluation of Human-Machine Interface

Kouichi YANAGAWA, Hitoshi TSUNASHIMA and Takashi KOJIMA

モーションベースなしに車両が揺れているような感覚を与えている。軌道不整は、乱数に一次遅れ系のフィルタを通して得られる波形を用い、車両を走行させながら作成している。車両モデルは、図3に示すように、台車の運動を無視した9自由度のモデルとし、車体の上下振動、左右振動、ローリング、ピッチング、ヨーイングを模擬している。上記の軌道不整を台車枠の変位として前後にそれぞれ与えている。

走行音は、臨場感を高めるため、模擬する車両が実際に走行する音を録音して作成した音源を再構成し、実車に近い音響を再現している。あらかじめ表1に示す音源を作成し、それぞれの音源に対し、随時変化していく車両や軌道の情報にもとづいて周波数と音量を制御し合成することで、車両の走行に合わせた音響が生成される。

模擬視界は、画角を44°として、鉄道車両の前窓の視界を確保している。模擬路線は、不自然さを与えないよう、実在する路線を再現した。風景は、列車運転に最低限必要なオブジェクトとして、線路、架線柱、ホーム、旅客、信号機、標識、地上子、踏切を配置した。

3 立体視の適用

従来の単一視点による視界表示では、近距離の注視対象への距離感がつかみにくいという課題があった。列車運転は遠方注視が中心である⁶⁾が、低速時や駅構内への進入時など、近距離への注視機会も多く、距離感の有無は運転操作への影響が大きいと考えられる。そこで、新たに視界表示に立体視を用いることで、車両感覚の改善をはかることとした。

立体視の手法としては、偏光方式を採用した。偏光方式は、視差を含んだプロジェクタの左右映像をそれぞれ偏光フィルターに通し、スクリーンの同一面に重ねて投影させるもので、この映像を偏光メガネを通して見ることで、左目と右目の画像が分離され、立体的な感覚を与えることができる。

スクリーンへの投影画像を図4に示す。左右画像の視差は成年男子の瞳孔間幅平均の63mmとした。また、複数の視界生成コンピュータを同時に使用するため、コンピュータ間で画像描画タイミングがずれると、正しい立体画像とならない。そこで、コンピュータ間で同期を行う必要がある。そこで、イーサネットにて同期情報を受け渡すことで、描画タイミングを合わせた。これにより、奥行きのある視界表示が実現でき、距離感や速度感といった車両感覚への効果や、没入感の向上に貢献することが期待される。

4 おわりに

人間-機械系評価用の運転シミュレータを開発し、立体視による視界表示を実現した。今後は立体視の効果について定量的に評価していく。また、本シミュ

転動音	定常音	知らせ灯音
モータ音	ブレーキ弁操作音	ブザー
分岐器通過音	ブレーキ緩解音	警報類
フランジ軌り音	非常ブレーキ音	車内放送
ブレーキスキール音	コンプレッサ音	駅構内放送
空気ばね減圧音	ドア開閉音	踏切通過音

表1 音源の例

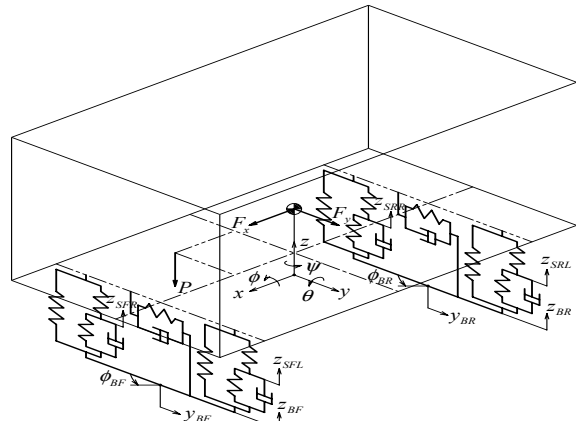


図3 車両モデル



図4 視差画像

レータを用いた運転士の視線計測や心拍計測、脳機能計測などを行っており⁷⁾、立体視がこれらの生体計測と与える効果についても評価いく予定である。

参考文献

- 1) 北島, 沼田, 山本, 五井: 自動車運転時の眠気の予測手法についての研究(第1報), 日本機械学会論文集(C編), Vol. 63, No. 613, pp.93-100, 1997
- 2) 沼田, 北島, 五井, 山本: 自動車運転時の眠気の予測手法についての研究(第2報), 日本機械学会論文集(C編), Vol. 63, No. 613, pp.101-108, 1997
- 3) 深沢, 倉又, 佐藤, 澤, 水上, 赤塚: 列車運転シミュレータ上で発生するヒューマンエラー, 鉄道総研報告, Vol. 17, No. 1, 2003, pp. 15-18
- 4) 日刊工業新聞2003年10月31日付: 事故の人的要因を究明
- 5) 網島, 小島: 鉄道用運転シミュレータ, 特願2003-172450
- 6) 水田, 伊南, 吉岡, 工藤, 伊藤, 飯山: 列車運転における視作業分析, 人間工学, Vol. 11, No. 2, 3, pp. 55-61, 1975)
- 7) 小島, 網島, 塩澤, 高田, 坂井: 人間-機械系評価用列車運転シミュレータの開発, 日本機械学会, 2004年度年次大会