

2軸 Motion-base DSの開発とパフォーマンス評価

屋井研究室 00-2467-3 山口 晋弘

1. 背景・目的

今後、高密度化した都市内で道路を新規に建設する場合、地下空間を活用することが多くなると考えられる。都市内地下道路は、通常の高層ビルと比べて長大化し、道路線形が急で、分合流部が頻発するなど、ドライバーに大きな負担を与えると想像される。このような交通安全上の懸念に対し、本研究室では「ドライビングシミュレータ(DS)」を活用し、都市内地下道路における走行安全性を様々な視点から検討している。

従来の研究では、動揺装置を持たない Fixed-base 型 DS を使用し、単調な走行条件下における意識水準低下の可能性について考察してきた。このような単調な走行条件を想定した分析では、Fixed-base 型 DS でも運転感覚の再現性は大きな問題にはならない。しかし、より緻密な運転操作を伴い、より大きな負担をドライバーに強いる走行条件を想定した分析を行う場合、運転中の加速度を体感できない Fixed-base 型 DS では、再現性の問題が大きいと考えられる。そのような認識のもと、本研究室では 2 軸 Motion-base を活用して加速度感覚の模擬が可能な DS の開発を今年度より行っている。本研究では、この 2 軸 Motion-base DS (以下 2 軸 DS と呼ぶ) の制御に関して調整を行い、そのパフォーマンス評価及び再現性向上のための新たな制御方法の検討を行う。

2. システム構成及び Motion の制御方法

DS のシステム構成を図 1 に示す。本研究で使用した 2 軸 Motion-base は、2 自由度(前後方向[ピッチ]、左右方向[ロール]の回転運動)を有し、HMD & トラッキングセンサーにより、顔を向けた方向の走行画面を見ることが可能となっている。

2 軸 Motion-base の制御については、ドライバーの運転操作に応じて算出される前後・左右方向加速度に比例して各回転方向の傾斜角度を決定し、その傾斜角の大きさをスケールパラメータにて調整可能である。本研究で用いる 2 軸 Motion-base は、並進運動に対応していないため、回転運動により発生する自重の分力を利用して、体感加速度を表現している。

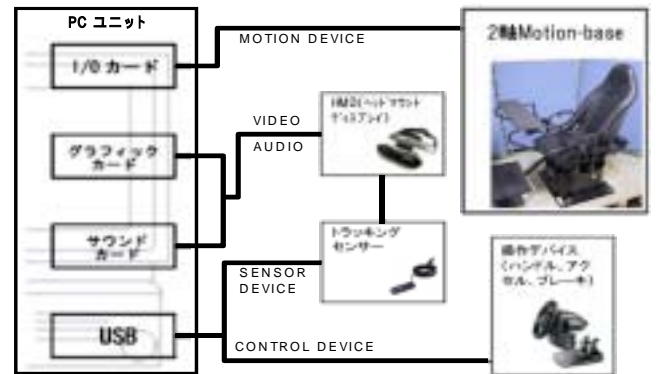


図1 システム構成

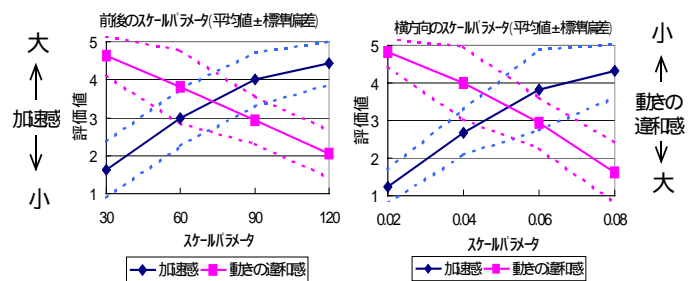


図2 スケールパラメータ決定実験

3. 2軸 DS の調整とパフォーマンス評価

2 軸 DS の制御を行うために必要な前後の動きと横の動きを決めるスケールパラメータの調整のために被験者を募り、「加速感」及び、「動きの違和感」(実走行では起こらない回転運動が原因)の 2 項目について 5 段階評価の質問を行った(図 2)。

実験より得たスケールパラメータを用い、著者自らを被験者とし、想定される運転行動をシミュレートして、ブレーキ等の調整を施した。調整完了後の 2 軸 DS を使い、その性能を主観的評価結果に基づいて判断している。主観的評価においては、発話プロトコル法の考えに倣い、2 軸 DS 走行中の被験者に車線変更等を指示し、その時折に思ったことを実際に発言してもらう。そして、その発言内容の情報をを用いて性能評価を行っている。同時に、感性を評価する SD 法や自由回答式のアンケートも行っている。図 3 に調整後の 2 軸 DS の SD 法による被験者 9 名の平均と ± 標準偏差の範囲を示す。被験者が共通に抱く心象として「視野が狭い」、「疲れやすい」が挙げられる。

また、全被験者に共通に観察された自由発言の例を以下に記す。

- ・ 急ブレーキの利きと体感が共に悪い

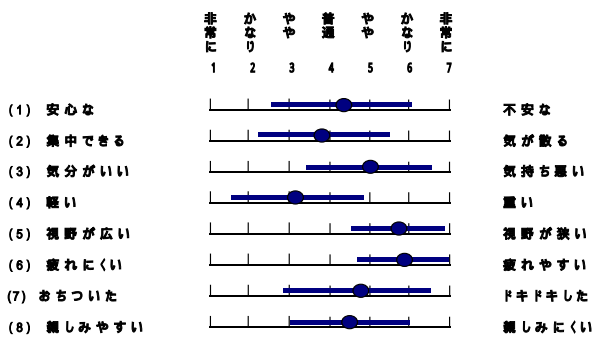


図3 SD表による結果(平均)

・ 横にかかる加速感は非常にいい

4. 映像表示装置によるスピード感の相違

走行中のスピード感覚を利用し、スピードメーターを隠した状態で被験者に60km/h、100km/hだと被験者が考える速度で等速走行を行うように指示し、HMD装着の場合とプロジェクタ使用の場合との比較を行った。図4にHMD装着での走行とプロジェクタでの走行における設定速度60km/hと100km/hでの平均速度を示す。

プロジェクタの方がHMDに比べて速い速度で走行していることが伺える(60km/h、100km/h走行時共に5%有意差)。この結果より、HMDの方がプロジェクタよりもスピード感があることが示唆される。スピード感には映像の画角等も影響しているため、この結果のみからどちらの表示装置が優れているかは一概に判断はできないが、一般的にシミュレータでは、実際より速度が超過する傾向があるので、スピード感という点からはHMDの方が高い再

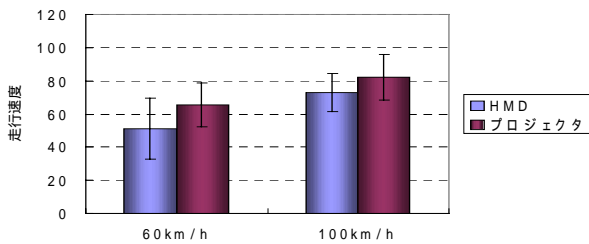


図4 スピード感メータ(平均)

現性を有すると考えられる。

5. 振動模擬による再現性向上の検討

再現性向上のための新たな制御方法の検討として、東名高速(横浜町田-厚木間)で実走実験を行い、得られた振動データ(図5)をベースにして、2軸DS上で5つの振動(1.5Hzのみの振動、14Hzのみの振動、合成による振動、減衰を考慮した合成波の振動、減衰振動をラゲムに発生させる振動)を模擬し、被験者5名に対して、5つの振動ケースの再現性に関する順位付けを要求した。その結果、被験者は、14Hzのみの振動と減衰を

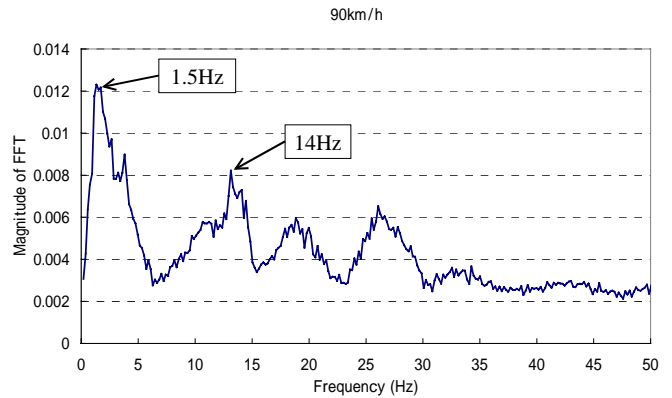


図5 実走90km/hの一定走行時の車両振動

考慮した合成波の振動が再現性向上に大きく貢献しているという評価を平均的に行っていることが示された。また、実際には高速になるほど14Hz付近の高周波成分の周波数が大きくなる傾向が観測されたが、DS上でこのような高い周波数域での変化にドライバーが気づくかどうかの実験も行った結果、およそ10Hz以上での変化にはほとんど気づかないことがわかったため、走行速度に応じた振動周波数の変化を再現する必要性は少ないと言える。

7. まとめ

以上の実験より得られた知見を以下に記す。

- ・ 2軸の回転運動という制約の中で、動きに違和感がなく、尚且つ加速感のある動きを再現できるスケールパラメータを明らかにした。
- ・ 算出したスケールパラメータを利用した実験では、横の動きに対する被験者の評価は平均的に高いものの、前後の動きに関しては、急ブレーキ時の動きと利き具合に改良の余地があることが明らかになった。
- ・ プロジェクタ方式よりもHMD利用の方が速度感が高く、現況再現性が高いことが示唆された。
- ・ 2軸DS運転中に感じる振動では、14Hzのみの場合が再現性が最も高く、速度に関わらず、一定の振動を与えても支障ないことが明らかになった。

また、今後の課題は以下のとおりである。

- ・ 特にブレーキによる不具合の解消に向けた新たなモーション制御方法の検討
- ・ 振動に関する追加実験とドライバーングシミュレータへの組み込み案の提案

参考文献

- [1]宇野ら「運転シミュレータにおける加速度模擬の効果」『自動車研究』Vol.19, No.3, 1997年
- [2]椎葉ら「ドライバーングシミュレータを用いた自動車乗り心地評価」『日本機械学会論文集(C集)』68巻670号, No.1-1436, 2002年
- [3]Stuart T. et al. 「Driving simulator validation for speed research」『Accident Analysis & Prevention』Vol.34,589-600,2002