

二輪車用ライディングシミュレータの乗車感評価に関する研究

日大生産工（院） ○岸田 司 日大生産工 景山 一郎

1. まえがき

二輪車は車両単体では不安定であり，人間が操作することにより，安定して走行することができる．また，逆に車両単体では安定した走行をするが，人間が操作することで不安定になることもある．このことから，人間が二輪車の運動に及ぼす影響が非常に大きいことが分かる．そのため，二輪車の運動を考える場合，人間-二輪車系として運動解析を行う必要がある．しかし，実車実験では，ライダーの危険性が高い，同一条件での繰り返し実験が困難，計測器の積載スペースが少ない等の問題があり，上記のような解析を行うことが困難なものとなっている．これらの問題を解決するには，実車の感覚をライダーに疑似体験させるライディングシミュレータ(以下，RS)の使用が有効な手段であると考えられる．

一般に，ライダーは操舵トルクおよび身体を使用して二輪車を操縦しているといわれている．しかし，二輪車の運動が複雑であり，その詳細な操縦方法，特に身体の制御方法は明らかにされていないのが現状である．

本研究では，本研究室で過去より構築してきたRSを使用し，車両への入力項目を変更した時のライダーの運転行動の検討を行った．

2. ライディングシミュレータ

2.1 シミュレータ概要

二輪車を操縦する人間は視覚，聴覚，運動感覚，操縦感覚，皮膚感覚などの情報から，車両状態を認知・判断・操作し，希望する運動を行うように制御入力を行っている．本研究室において，過去より構築してきたRSの車体に与える入力項目として，アクセル開度，前後ブレーキ力，ハンドルトルク，及びシート内部に組み込んだセンサによりライダーの体重移動を検出するシート反力を採用している．これらの入力を計測し，メインコンピュータ内にプログラミングされている車両モデルよ

り現在の運動状態を計算し，車両状態量を出力する．車両モデルとして，①エンジンモデル，②縦方向2自由度モデル，③横方向4自由度モデルを構築しており，それぞれを連成し，車両状態を出力するものとなっている．これらの車両モデルからの計算結果より，運動模擬装置，視覚模擬装置，音響模擬装置，体感情報模擬装置により，再びライダーに対して感覚情報としてフィードバックする．RSの概観図を図1に，システム構成を図2に示す^{1),2),3)}．

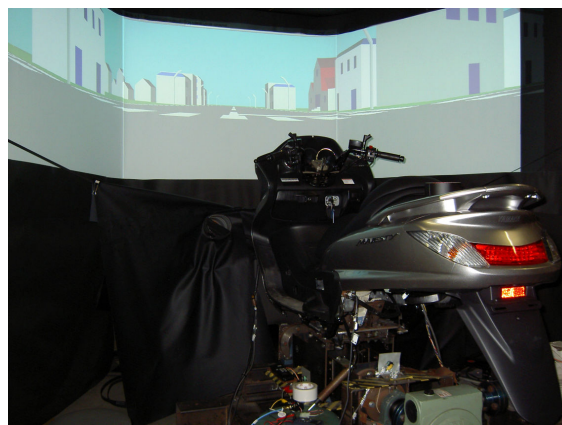


Fig.1 Riding Simulator appearance

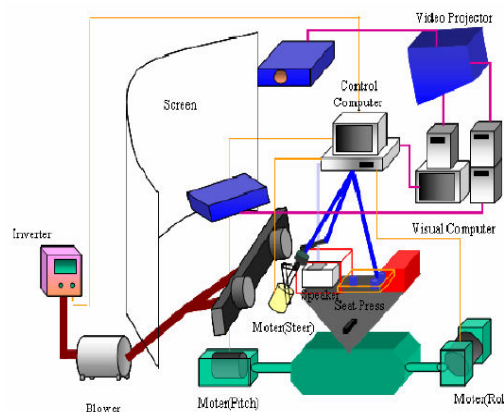


Fig.2 Riding Simulator System

2.2 スケールファクタの決定

シミュレータで実車の運動を模擬する場合

A Study on running feeling evaluation of Riding Simulator for Motorcycle

Tsukasa KISHIDA, Ichiro KAGEYAMA

合、システムの構造上の問題などにより、実際の値を用いて模擬を行っても必ずしも良好な操縦感覚を表現するわけではない。本RSの乗車感覚は、コントロールシステム内のパラメータを変更することで変化する。そこで、ライダーによる主観評価を用い各出力に対するスケールファクタを決定することで、ライダーに対してより実車に近い感覚を与えられると考える。実験参加者は二輪免許保有者、20代前半の男性3名である。RS実験を行う前に、実験参加者には大型スクータに乗車させ、大型スクータの乗車感覚を十分に覚えさせた。RS実験を行う際に、通常運転を意識させ、自由にシミュレータを操縦させ、違和感がある場合はスケールファクタを調整し、各実験参加者が最も違和感のない乗車感覚に設定した。

決定したパラメータの中で主要なものは次のようになった。ピッチ角速度を0.8(ただし、ブレーキ力が83.5N以下の場合は0.2),速度1.7, フロントブレーキ力0.6, リアブレーキ0.5, ヨー角1.2, 車体ロール角0.33。ライダーの横方向の入力に対するパラメータにはばらつきがあったため、各実験参加者における適切なスケールファクタ及び実験参加者データを表1に示す。

Table.1 Scale factors and subjects data

	入力	スケールファクタ		運転経験	運転頻度	運転車種
		ステアリング	シート			
実験参加者A	ステアリング	0.8	—	3年7ヶ月	週1回	ネイキッドタイプ
	シート	—	0.8			
	両方	0.6	0.6			
実験参加者B	ステアリング	0.8	—	2年6ヶ月	週2回	ストリートタイプ
	シート	—	0.6			
	両方	0.6	0.6			
実験参加者C	ステアリング	0.7	—	1年9ヶ月	週1回	アメリカンタイプ
	シート	—	0.7			
	両方	0.6	0.6			

3. 実験方法

3.1 RS実験

RSの入力の違いによる人間—二輪車系の挙動について検討を行うための実験を行った。

ライダーからの入力項目をステアリングトルクとシート反力の組み合わせ及び各単独入力の3条件とした。実験コースは富士スピードウェイ・ドリフトコース(全長約629.8m×699.5m,コース幅8m,メインストレート240m, 図3)をRS上に作成し、周回路を車速20,30,40km/hの一定速走行を行わせた。速度条件においては、実験参加者が制御を行うのではなく、システム上で車速を一定に設定し

走行を行わせた。実験参加者は二輪免許保持者、運転暦2年～4年の20代前半の男性3名を用いた。

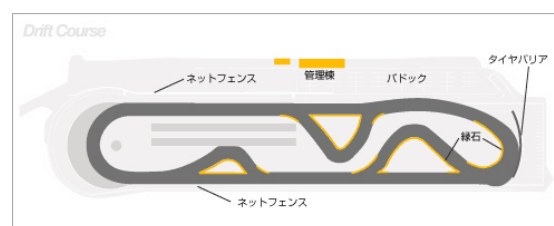


Fig.3 Experiment course⁴⁾

4. 評価指標

4.1 日本語版NASA-TLX(主観的メンタルワークロード)

全ての実験条件間で、メンタルワークロードを比較するため、走行後に各条件下で主観評価として、日本語版NASA-TLXを実施した。通常、NASA-TLXは6つの尺度項目である精神負担、身体的負担、タイムプレッシャ、作業達成度、努力、フラストレーションの項目について、メンタルワークロードへの寄与の程度を調べるために、すべての15通りの組み合わせについて一対比較を行い、重み付けを行う。本実験では、寄与率の高いと感じられる順に1から6位まで順位付けをさせ、この順位をそのまま重み付け係数として、各項目のメンタルワークロードを評価した。⁵⁾

4.2 アンケートによる主観評価

ライダーの入力項目の検討及び、RSの乗車感覚の評価を、図4に示すようなVisual analogue scale方式を用いて評価を行った。乗車感覚の違和感の大きさ及び、ステアリングトルクとシート反力の入力の大きさに関して、線分上に任意の位置に印を入れさせた。また、違和感を生じさせる要因を自由記述させた。

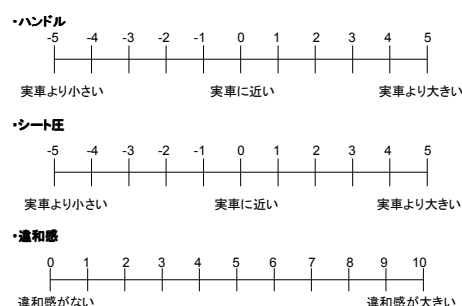


Fig.4 Visual analogue scale method

5. 実験結果

実験結果より、実験参加者Bはシート反力に大きな力を加えており、体重移動を主体で運転している特徴をもつ。実験参加者AとCは被験者Bと比べて、体重移動のタイミングが早く、トルクは小さい。また、操舵トルクとシート反力の値に大きな差はなく、操舵トルクと体重移動を利用して運転していることが分かる。車速20km/hのときの各入力に対する時系列データを図.5～図.7、車速40km/hのときの各入力に対する時系列データを図.8～図.10に示す。

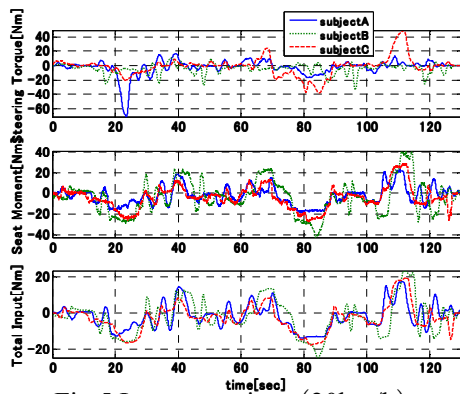


Fig.5 Input: steering (20km/h)

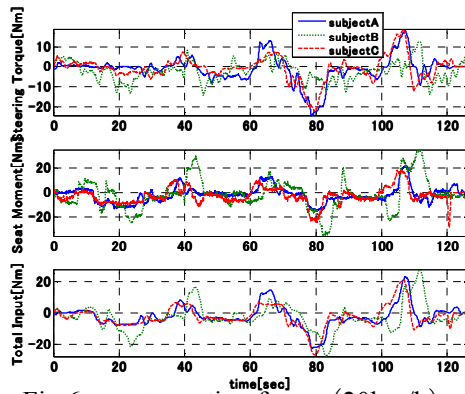


Fig.6 seat reaction force (20km/h)

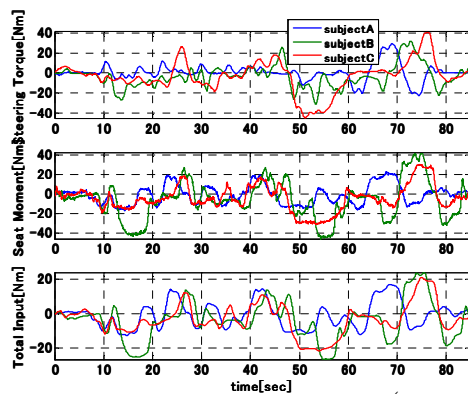


Fig.7 Input: Steering+ seat reaction force (20km/h)

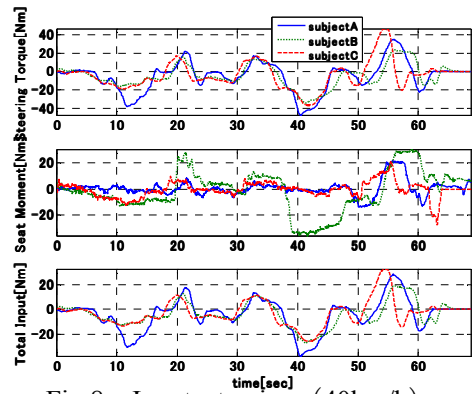


Fig.8 Input: steering (40km/h)

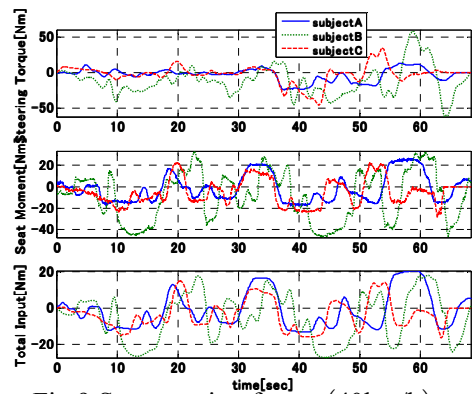


Fig.9 Seat reaction force (40km/h)

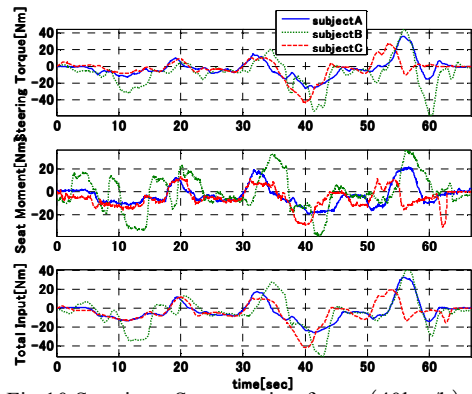


Fig.10 Steering+ Seat reaction force (40km/h)

アンケート調査により、車体への入力として、体重移動だけで行う場合、きれいに方向制御することが出来ず、ステアリング入力及び、入力を足し合わせた場合、方向制御を行うことが可能である。ただし、ステアリングだけの入力の場合が、最もきれいに曲がる事が出来るが、ライダーは操縦感覚に大きな違和感がある。高速走行の場合、全被験者共に体重移動をメイン操作として意識して運転している割合が大きく、ハンドルトルクによって、細かい方向制御を行っていることがわ

かった。車体に与える入力項目を変更しても、各入力の値は大きく変化しないが、ライダーが感じる違和感とメンタルワークロードに変化が現れることが分かる。各走行条件における違和感とNASA-TLXの結果の結果を図.11、図.12に示す。

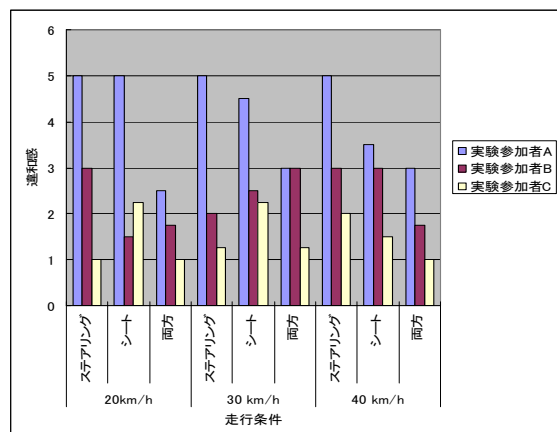


Fig. 11 Speed condition and uncomfortable feeling

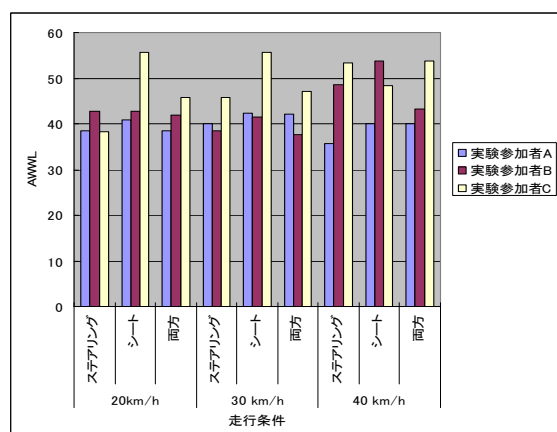


Fig. 12 Speed condition and AWWL

6. まとめ

本研究では、ライディングシミュレータの乗車感評価及び、ライダーの入力項目の検討を行った。

- (1) 体重移動を重視するライダーと操舵トルクと体重移動を組み合わせで運転するタイプがあることが分かった。
- (2) 操舵トルクだけで運転する場合、追従性は良くなるが、ライダーの感じる違和感が大きいことが分かった。
- (3) 車両に対する入力を変更することにより、ライダーの感じる違和感とメンタルワークロードに変化が現れる。

- (4) 高速走行では体重移動を主体に運転しており、ハンドル操作によって方向制御を行っていることがわかった。
- (5) 今後、実車実験との検討及び実験参加者数を増やし、ライダー特性を明らかにしていく。

「参考文献」

- 1) 景山他；二輪車用ライディングシミュレータの開発および評価について，日本機械学会第7回交通・物流部門大会講演論文集，Vol.37, No98, P.247-250, 1998
- 2) 景山他；二輪車用ライディングシミュレータの構築，日本機械学会第9回交通・物流部門大会講演論文集，Vol.37, No00, P.169-176, 2000
- 3) 草刈政宏他；先進安全自動車のためのHMIに関する基礎的研究-二輪車のアクティブセーフティのための情報提示手法について-，自動車技術会論文集，Vol.38, No.2, 2007, p.p.237-242
- 4) 富士スピードウェイ・ドリフトコース，http://www.fsw.tv/guide/guide_dc.html
- 5) 三宅晋司ほか；メンタルワークロードの主観評的評価法-NASA-TLXとSWATの紹介および、簡便法の提案，人間工学，29(6), 1993, p.p.399-408