

立体視を用いた二輪車用ライディングシミュレータ構築に関する研究

－球面スクリーンによる速度感，臨場感への効果－

日大生産工(院) ○吉田 明展 日大生産工 景山 一郎

1.緒言

二輪車は現代において，輸送手段や移動手段として，多く用いられ広く普及している．従って，二輪車の取り扱いに関する研究は，安全性と使いやすさの面から行う必要がある．しかし，二輪車は四輪車と比較して考慮すべき自由度が多く，ライダーの動きによる影響が大きい．⁽¹⁾ また，人間－二輪車系として捉えた場合，人間が重要な要素となるため評価手法を確立することが極めて困難であるという問題がある．特に，車両性能の評価は，テストライダーによる主観評価が中心であるが，これは，テストライダーに大きな負担や危険を与える可能性があり，また，実車実験では繰り返し同一条件での実験が困難である．そこで，この問題を解決するためには，安全性を確保した上で再現性の高い，定量的評価を行う可能性のある「二輪車用ライディングシミュレータ(以下 RS)の構築」が有用であると考えられる．このためには，シミュレータを構築する上で，走行感覚の向上は大変重要な課題となる．シミュレータにおける走行感覚向上を考えた場合，視覚情報，聴覚情報，体感情報等によるアプローチが考えられるが，過去，自動車を運転する時に必要な情報の 90%は視覚情報によるものであると報告されており⁽¹⁾，臨場感向上の上で視覚情報は重要となる．当研究室では，過去平面スクリーンを用いた平面視，立体視の両方の画像の投影を可能とした RS を構築し，それを用いて速度感，臨場感，距離感，映像酔いに関する実験と評価を行っている．そこで，本研究では，球面スクリーンに変更し，それに伴う速度感，臨場感の変化の評価を行うと共に平面スクリーン時に行った実験の結果との比較を行う．

2.システム構成

2.1.平面スクリーンシステム

本研究で実施する球面スクリーンの比較のために用いるこれまでのシステムのイメージ図を図 1 に示す．4 面のスクリーンに対して 4 台のプロジェクタを用いて画像を投影する．尚，画像投影用のプロジェクタは，Acer 社製 H5360(解像度 1280×720pixel)を選定した．スクリーンは，4 面ともに同一のサイズとなっており，縦 1880[mm]，横 2720[mm]である．スクリーンからライダーの目までは 2000[mm]となっている．これらのシステムで投影可能な画角条件を表 1 に示す．画角は，水平方向に最大 207[deg]，垂直方向に最大 87[deg]となっている．また，これらの画像は，OPENGL の立体視方式を用いており，ソフトウェア上で平面視，立体視の切り替えを可能としている．実験環境の例を図 2 に示す．

Table1. Angle of view condition

	Vertical angle of view[deg]	Horizontal angle of view[deg]	Down below angle of view[deg]
Condition1	100	45	22.5
Condition2	100	87	64.5
Condition3	207	45	22.5
Condition4	207	87	64.5

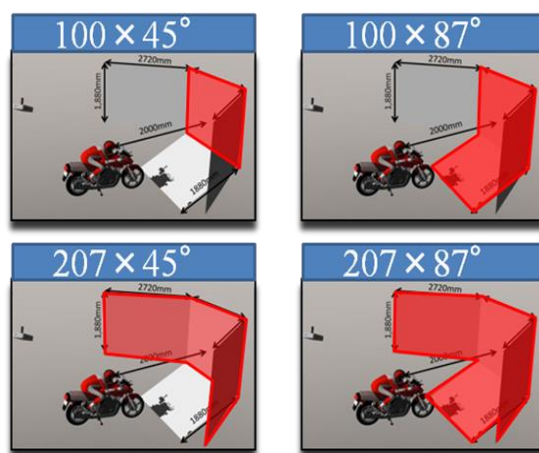


Fig.1 Image system(Flat Screen)

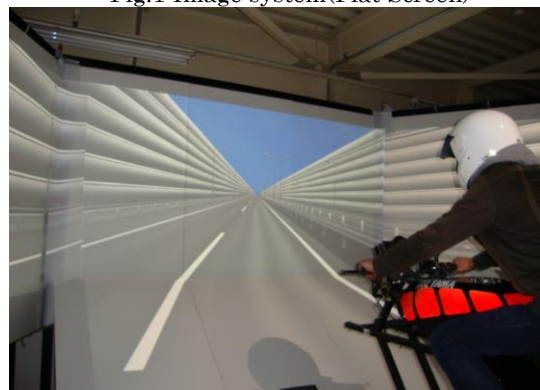


Fig.2 Image by four projectors (Flat Screen)

Construction of Motorcycle Riding Simulator with Stereoscopic Vision
-The effect on Speed Feeling and Reality by Spherical Screen-

Akinobu YOSHIDA, Ichiro KAGEYAMA

2.2.球面スクリーンシステムの構成

本システムでは、投影面への距離をかせぐのと同時に、ライダの体が映り込むことがないように球体内に、金属製の角材を用いて骨組みを組み、プロジェクタを配置した。プロジェクタの配置図を図3に示す。また、4台のプロジェクタを使用して画像を作成した。合成画像を、画像が少しだけ重なるようにプロジェクタを配置し、その後画像が一つに見えるようにメッシュツールを使用することにより構築した。システムのイメージ図を図3に示す。投影画像のサイズは、水平方向に2850[mm]、垂直方向に1850[mm]となっている。また、画角は過去の知見から垂直方向の画角が速度感や臨場感に大きく影響することから、4台のプロジェクタをできる限り垂直方向に大きな画角が取れるよう配置し、水平方向に90[deg]、垂直方向に52[deg]とした。尚、これらの画像は、OPENGLの立体視方式を用いており、ソフトウェア上で平面視、立体視の切り替えを可能としている。

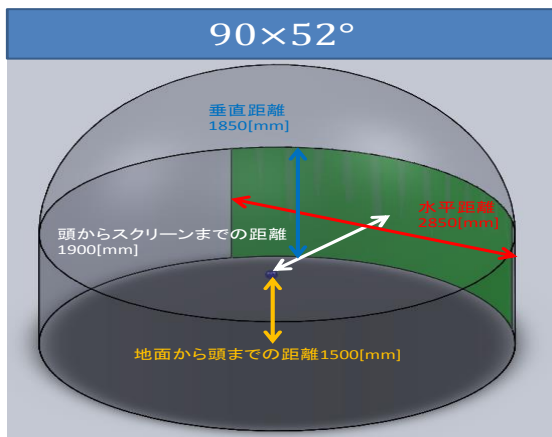


Fig. 3 Image system(Spherical Screen)

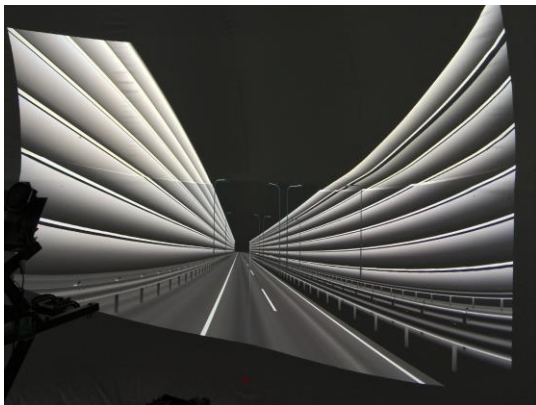


Fig.4 Image by four projectors (Spherical Screen)

3.主観評価

3.1.速度感評価

速度感に関する評価は、実験で投影した画像の速度条件に対して被験者に感じた速度をその都度申告してもらい速度条件との誤差率から評価を行った。

3.2.臨場感評価

臨場感に関する評価は、文献[2]を参考にし、奥行き感の心理要因とされる立体感、奥行き感、実在感、迫力感、一体感、自然らしさ、好ましさ、厚み、大きさの計9項目に基づくものとした。実際に行ったアンケートを以下の表2に示す。

Table2. Stereo gnostic Sense Questionnaire

	None	Slight	Moderate	Severe
stereo gnostic sense	1	2	3	4
Depth perception	1	2	3	4
presence	1	2	3	4
impressive	1	2	3	4
unity	1	2	3	4
nature	1	2	3	4
likability	1	2	3	4
thickness	1	2	3	4
Size	1	2	3	4

3.3.視覚特性評価

映像酔いや、眼精疲労などの視覚情報に関して Simulator Sickness Questionnaire(以下SSQ)⁽⁹⁾にて評価を行った。これにより平面視と立体視による視覚情報の比較を行った。表3にSSQのアンケート項目を示す。SSQは、心理的計測として「気持ち悪さ」「目の疲れ」「ふらつき感」に分類された16の主観評価項目を4段階(「全く無い:0 あまり無い:1 少しある:2 かなりある:3」)の選択肢で回答するもので、この評価値に重み付け加算した総合評価値としてスコアを出すものである。スコアの算出式は以下のようになる。

気持ち悪さ $N=(N \text{ の合計} \times 9.54)$

目の疲れ $O=(O \text{ の合計} \times 7.58)$

ふらつき感 $D=(D \text{ の合計} \times 13.92)$

総合得点 $TS=((N \text{ の合計}+O \text{ の合計}+D \text{ の合計}) \times 3.74)$

Table3. SSQ Questionnaire (16 point)

1	General discomfort	9	Difficulty concentrating
2	Fatigue	10	Fullness of head
3	Headache	11	Blurred vision
4	Eyestrain	12	Dizzy (eyes open)
5	Difficulty focusing	13	Dizzy (eyes closed)
6	Increased salivation	14	Vertigo
7	Sweating	15	Stomach awareness
8	Nausea	16	Burping

※N:Nausea, O:Oculomotor, D:Disorientation

これらの評価は、平面視と立体視双方に関して行った。但し速度感に関して過去の検討では平面視のみの評価を行っている。

4.スクリーン構成の比較

4.1.平面スクリーンシステム評価

片側二車線の高速道路を模擬した道路を実験に用いた。この道路上を速度条件45km/h, 59km/h, 66km/h, 76km/h, 83km/hで平面視、立体視について合計10条件で走行する映像を順序効果の出ぬようランダムに被験者に見せ、その後感じた速度を申告させた。速度条件が、球面スクリーンシステムと異なる理由は4.2に記述する。また、臨場感評価、視覚特性評価の為のアンケートを平面視、立体視それぞれの終了後に行った。尚、視聴者特性評価に関しては実験開始前にも実施した。画角の条件は、表1に示す4条件である。被験者は、インフォームドコンセントを得た22~24歳、運転歴1年未満~5年、運転頻度週3回~毎日の男性3名である。評価は、速度感と臨場感に関して実施した。

(a)速度感評価

上記の実験によって得られた、速度感評価を図5、図6に示す。図5は、横軸に設定速度、縦軸に被験者3人の申告速

度の平均値を示している。図 6 は横軸に設定速度縦軸に申告速度との誤差率を示している。この 2 つの図から明かなように高速になるほど感覚誤差が大きくなる傾向にあることが分かる。また、画角条件の面で見ると、条件①の誤差率が一番大きく条件②と③の誤差率が小さい。即ち、垂直方向の画角が大きいほど速度感が提示速度に近づくことがわかる。

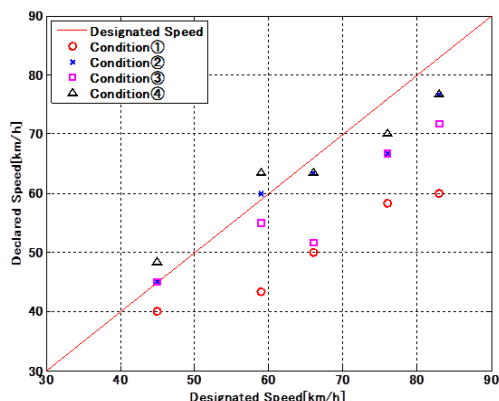


Fig.5 Relationship between Designated Speed and Declared Speed

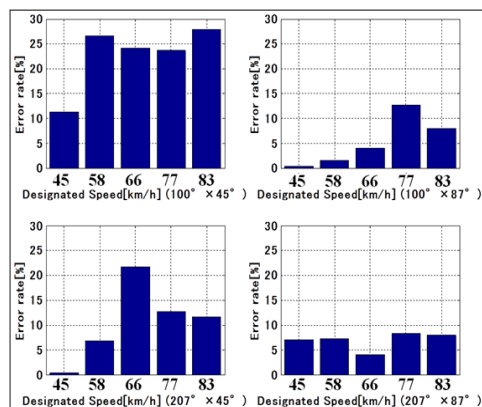


Fig.6 Relationship between Designated Speed and Error rate

(b)臨場感評価

表 2 に示したアンケートから得られた結果を図 7 に示す。この図は前述の 9 項目に関して 3 人の被験者の平面視、立体視のスコアを表している。左から被験者 A, B, C の順で平面視、立体視それぞれを示す。この図からわかるように各被験者によってばらつきは見られるものの、どのスコアに関しても立体視が平面視を下回ることはなく、立体視が臨場感の向上につながっていることが明らかである。

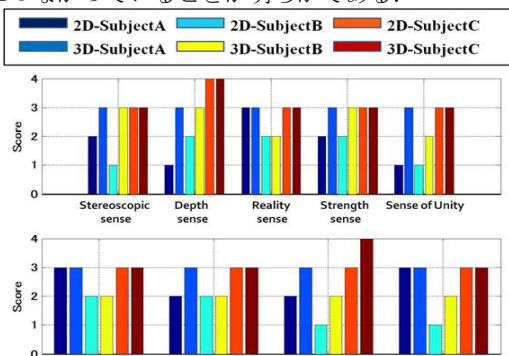


Fig.7 Realistic Sensation Scores(3 subjects)

(c)視覚特性評価

表 3 に示したアンケートから得られた結果を以下の図 8 に示す。図 8 は被験者 A, B, C に関して左から気持ち悪さ、目の疲れ、ふらつき感、総合得点を示し、バーの左から実験前、平面視終了後、立体視終了後となっている。図からわかるように平面視、立体視共に実験開始時と比較し画像酔いが生じた。この原因としては、平面視、立体視の問題ではなく非常に広い画角による影響であると考えられる。球面スクリーンシステムでは、画角が狭いため映像酔いが生じなかった。

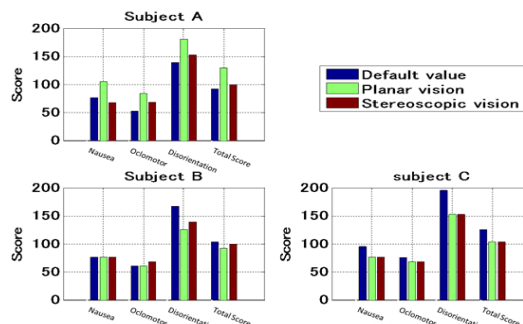


Fig.8 SSQ Scores(3 subjects)

4.2.球面スクリーンシステム評価

実験には、平面スクリーンシステムと同様に片側二車線の高速道路を模擬した画像を用いた。実験の内容も前述のものと同様で速度条件が 45km/h, 60km/h, 65km/h, 75km/h, 85km/h へと変更している。速度設定が平面スクリーンでの実験と微妙に異なっているが、これは実験システムのソフトウェアの設定上の都合であり、2 つのスクリーンシステムの差を比較するに当たっては、45~85km/h 程度の各速度域での誤差率を見るための実験である為厳密に速度条件が一致している必要はない。よって、影響が無視できる。また、臨場感、視覚特性の評価に関するアンケートの内容と実施のタイミングは同様である。また、実験開始前に速度感の参考にしてもらう為に、実際の高速道路を走行する二輪車の動画を見せた。画角条件は水平方向 90[deg], 垂直方向 52[deg] の 1 つである。被験者は、インフォームドコンセントを得た 23 歳、運転歴 1 年未満~2 年、運転頻度週ほぼ毎日の男性 3 名である。評価は前述の 2 項目の他、被験者特性の評価も実施した。

(a)速度感評価

今回の実験によって得られた、速度感評価の結果を図 9, 図 10 に示す。軸の配置は先程の図 5, 図 6 と同様である。図から明かなように、45~65[km/h]においては、平面視と立体視により差は見られず 75[km/h]より高い速度域では立体視に優位性が見られた。

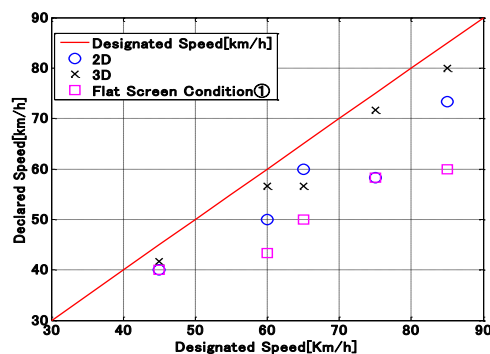


Fig.9 Relationship between Designated Speed and Declared Speed

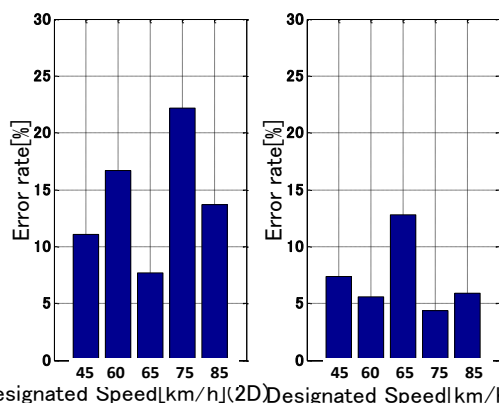


Fig.10 Relationship between Designated Speed and Error rate

(b)臨場感評価

表 2 に示したアンケートから得られた結果を以下の図 11 に示す。この図から立体感、奥行き感等に関しては立体視のスコアが良く、立体視が臨場感に関して優位であることがわかる。しかし、下段の 4 項目(自然さ、好ましき、厚み、サイズ)に関しては、差が見られなかった。

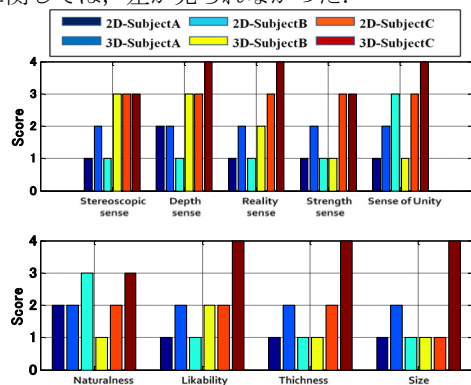


Fig.11 Realistic Sensation Scores(3 subjects)

(c)視聴者特性評価

表 3 に示したアンケートから得られた結果を図 12 に示す。図の構成は、図 8 と同様である。図からわかるように、平面視、立体視共に実験開始前の状態からの差が見られず、球面スクリーンを使用することにより気持ち悪さや目の疲れ等が発生することはなかった。

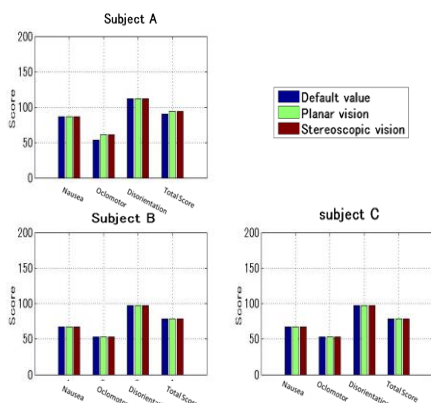


Fig.12 SSQ Scores(3 subjects)

4.3.両画面形式の比較

(a)速度感評価

速度感に関しては、今回の画角条件(90[deg]×52[deg])に一番近い平面スクリーンでの条件①(100[deg]×45[deg])と比較すると(図 6 左上)表示速度と申告速度の誤差率は、平面視、立体視共に小さくなり、特に立体視に関しては誤差率が非常に小さい。そこで、同一の画角条件では、球面スクリーンが速度感改善に効果的であることが分かる。

(b)臨場感評価

臨場感に関しては、どちらの画面形式においても立体感や奥行き感といった立体視に関するスコアが高いことが認められた。しかし、自然らしき、好ましき、厚み、大きさに関しては、大きな差は見られなかった。

(c)視覚特性評価

視聴者特性に関しては、どの条件においても平面スクリーンと比較し、球面スクリーンにすることにより平面視、立体視共に画像による気持ち悪さや目の疲れ、ふらつき感等は低減することを示した。

5.結論

本研究では、従来から用いられている平面スクリーンによる RS を球面スクリーンに変更し、速度感、臨場感、視聴者特性の変化の評価を行うと共に、平面スクリーン時の実験結果との比較を行った。速度感評価に関しては、本研究で用いた球面スクリーンでの画像投影画角とこの画角に最も近い平面スクリーンでの画角条件①を比較した。表示速度と申告速度の誤差率は、平面視、立体視共に平面スクリーンより小さくなり、特に立体視に関しては誤差率が非常に小さい。そこで、同一の画角条件では、速度感に関して有効性が認められた。しかし、より広い平面スクリーンのより広い画角条件と比較すると誤差率が大いことから、球面スクリーンにおいても垂直方向の画角を広げる必要がある。臨場感評価に関しては、どちらの実験においても立体感、奥行き感等に関しては、立体視のスコアが良いことが認められた。しかし、自然らしき、好ましき、厚み、大きさに関しては、特に差は見られなかった。即ち、平面と球面の違いによるものか、平面視か立体視に依存するものかの検討が今後の課題となる。視覚特性評価に関しては、どの条件においても球面スクリーンにすることにより画像による気持ち悪さや目の疲れは低減することを示した。今後、さらに被験者数・実験条件を増やし、RS に適切である画像システムの構築を行う必要がある。

参考文献

- 1) 渡辺敦士”立体視を持つオートバイ用ライディングシミュレータ構築に関する研究”,平成 24 年度日本大学大学院生産工学研究科機械工学専攻修士論文,2012
- 2) 長田昌次朗”両眼式立体画像観視における両眼融合限界の画角及び視距離依存特性”,テレビジョン学会誌, Vol.43 , No.3 ,1989.
- 3) 三柳徹ら,”景観ウォークスルー型 VR における立体視の生体に与える影響に関する一考察”,社団法人映像メディア学会技術報告,ITE Technical Report Vol.34 No.5 PP.21-24,2010.
- 4) Kennedy,Lane, Berbaum,&Lilienthal,” Simulation Sickness Questionnaire”, International Journal of Aviation Psychology,3(3),PP.203-220,1993.