

ロール機構を有するパーソナルモビリティ用 ドライビングシミュレータ構築に関する研究

日大生産工(院) ○廣谷 和馬 日大生産工 栗谷川 幸代

1. 緒言

近年, 地球温暖化対策として自動車分野では低炭素社会実現のために様々な検討が行われている. 自動車での平均乗車人数が一人か二人であること, 一回乗車あたりの平均走行距離が30km以内⁽¹⁾であることから一人または二人乗りのパーソナルモビリティビークル (以下, PMV) が注目されている. また, 都市部での運用を想定すると渋滞や余剰スペースを活用した駐車場の利用を考慮し, 現在普及している車両より幅の狭い車両の導入が有効と考えられる. 一方で, 車両の全高に対し車幅が狭い車両は旋回時に横転する危険性がある. そのため旋回時に旋回内側にロールする機構を持たせることにより横転の危険性の低減と一般的な四輪車より車両特性の幅を大きくとれる⁽²⁾などの利点があることが報告されている. しかし, 旋回時に旋回内側にロールする従来自働車にはない車両挙動をドライバが受け入れるかの検討は十分にされていない.

そこで本研究では, 上記のような車両特性設定の幅が広い車両に対するドライバ受容性を評価するためのPMV用ドライビングシミュレータ(以下, DS)の構築に先立ち, マルチボディダイナミクス(以下, MBD)ソフトウェアのCarMakerを用い検討するべき車両特性の設定条件を検討する.

2. ドライビングシミュレータ概要

PMV用DSの基本構成を図1に示す. ドライバが現在の視覚などの情報や車両の運動状態を認知・判断し, 車両への制御入力を行う. ドライバが車両に与える入力としてハンドル舵角, アクセル, ブレーキの開度を採用する. この入力を各種センサで計測し, 車両運動計算用のCarMaker/HILの車両運動モデルより現在の運動状態を計算して車両状態量を出力する. 車両運動モデルの計算結果から運動模擬装置のロール軸回り及びピッチ軸回りのACサーボモータに運動量を出力し走行状態を模擬する.

同様にCarMaker/HILより計算された車両位置, 角度の値を描画用PCに転送して画像を

生成し, 視覚模擬装置として5台のプロジェクタを用いて画角270度の球面スクリーンに投影する.

キャビン部は前方投影面積が小さいPMV車両を模擬しており, 寸法が1300×800×1450[mm]となっている.

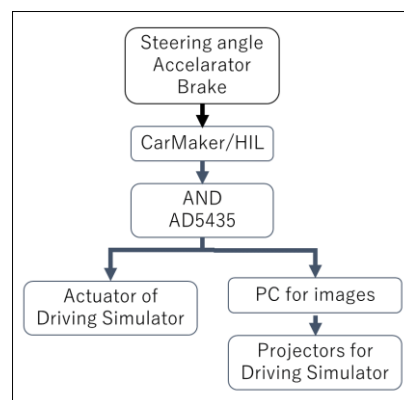


図1 ドライビングシミュレータ構成図

3. 動揺装置での旋回状態の再現

実際のPMVの運動では旋回時において, 過渡状態では車体が旋回方向内側に傾くことにより生じる慣性力を感じ, 定常状態では重力と遠心力の合力である車体に対して垂直下向きの力を感じている. そこで, 過渡状態の加速度を試験機に与えた後, ドライバが認識しない速度でDSを中立位置に戻し, 同時に画像によりロール角を与え定常状態を模擬する.

本研究で扱うロール機構を有するPMVの車両挙動等に関するドライバの受容性検討のためには, どのような車両特性の領域検討が必要であるかを工数のかかる実験参加者実験実施の前にある程度絞り込みを行う必要があるが, このような検討は過去に示されていない. そこで本報告では, ドライバにとって車両の応答ゲインに関係するステア特性および横すべり特性について, 検討領域決定のための基準諸元及びその特性変化領域に関して次章で検討する.

4. 車両特性の事前検討

Study on construction of driving simulator
for Personal Mobility Vehicle with Roll Mechanism

Kazuma HIROYA and Yukiyo KURIYAGAWA

ロール機構を有するPMVは従来の普通四輪車より設定可能な特性幅が大きい⁽²⁾ことが報告されており、これらのステア特性とスタビリティファクタは以下の式で算出される。

$$\frac{\delta}{\delta_0} = 1 + K_\delta v^2 \quad (1)$$

$$K_\delta = \frac{m(K_{SA}l_A - K_{SB}l_B)}{K_{SA}K_{SB}l^2} + \frac{K_{CA}K_{SB} - K_{CB}K_{SA}}{gK_{SA}K_{SB}l} = K_{\delta 0} + K_C \quad (2)$$

スタビリティファクタの右边第一項は普通自動車のものと同式になり、右边第二項はキャンバ角を考慮したPMV特有の項となる。

横すべり特性と横すべり係数は以下の式で算出される。

$$\frac{\beta}{\beta_0} = 1 + K_\beta v^2 \quad (3)$$

$$K_\beta = \frac{-l_B m}{K_{SA}l_A l} + \frac{K_{CA}}{gK_{SA}l_A} = K_{\beta 0} + K_{\beta c} \quad (4)$$

横すべり係数の右边第一項は普通自動車のものと同式になり、右边第二項はキャンバ角を考慮したPMV特有の項となる。PMVの運動特性域の広さはスタビリティファクタと横すべり係数の右边第二項が影響している。これらの式を用いてステア特性と横すべり特性の計算を行い、PMVの車両特性平面を求めて検討を行う。そこで、使用する車両諸元を表1に表す。速度 $v = 15[\text{m/s}]$ として、キャンバスティフネスを用いて検討対象とするステア特性と横すべり特性を計算した結果を表2に示す。縦軸を横すべり特性、横軸をステア特性として算出値をプロットした車両特性平面を図2に示す。図2より、前後キャンバスティフネスの割合を変化させることにより車両特性を広い範囲で変更できることが分かる。従来であれば、これらの広い車両特性域から実験参加者実験で工数をかけてドライバが操縦しやすい車両特性を絞り込む必要があるが、CarMakerにはドライバモデルも実装されていることから、このソフトを用いドライバ特性の違いも考慮して検討を進め、最終段階となる実験参加者実験で効率的な実験実施が可能となるように、評価対象となる車両特性領域の絞り込みを今後行う。

表1 車両諸元

m	300[kg]	I	300[kg・m ²]
l_a	1[m]	l_b	1[m]
K_{SA}	29000[N/rad]	K_{SB}	18000[N/rad]
K_{CA0}	1470[N/rad]	K_{CB0}	1470[N/rad]

表1中のパラメータは、それぞれ m が車両質量、 I が車両z軸回りの慣性モーメント、 K_{SA} 、 K_{SB} が基準コーナリングスティフネス、

K_{CA0} 、 K_{CB0} が基準キャンバスティフネスで、Aが後輪、Bが前輪をさしている。

表2 ステア特性と横すべり特性

	ステア特性	横すべり特性
①	1	1
②	0.3281	0.4853
③	1.743	1.657
④	1.407	0.7308
⑤	0.5924	1.269

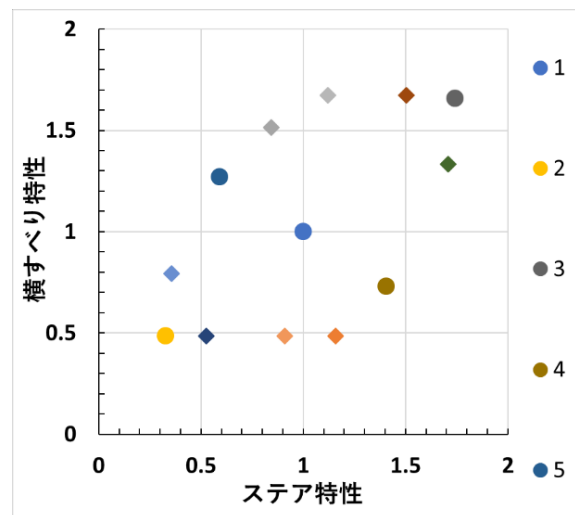


図2 PMVの車両特性平面

5. 結言

本報告では、ロール機構を有するPMVのドライバ受容性を確認するためのPMV用ドライビングシミュレータの、基本設計・試作に向けた検討を実施した。その結果、広い特性域の設定が可能なロール機構を有するPMVにおいて、CarMakerを用いて実験参加者実験を効率的に進めるための車両諸元等の実験条件を絞り込む。

今後、本報告で示したPMVのステア特性と横すべり特性領域についてCarMakerのドライバモデルにより制御応答評価による実験時諸元決定を行い、それを用いDS実験を実施する。

参考文献

- 国土交通省都市局・自動車局：超小型モビリティ導入に向けたガイドライン(2012)
- 景山一郎，栗谷川幸代：キャンバ角制御を用いたパーソナルモビリティの運動特性に関する基礎的研究，自動車技術会学術講演会前刷集 No.16-13(2013)