

倒立振り型パーソナルモビリティ・ビークルの制動時における不安感の分析 Analysis of Uneasy feeling in Braking of Inverted Pendulum Personal Mobility Vehicle

○加藤慶輔¹, 富永茂², 岡野道治²*Keisuke Kato¹, Shigeru Tominaga², Michiharu Okano²

Abstract: Today's society need vehicles that excel comfort, convenience, economy and stability. Nowadays, the single-seated vehicle (Personal Mobility Vehicle) has been brought to public attention. Over the past few years, several studies have been made on Personal Mobility Vehicle. But little know about the running stability of Personal Mobility Vehicle. I performed acceleration, braking and a stop run in this report in a straight line examination road. I suggest the threshold when I control it for Uneasy feeling reduction.

1. はじめに

現在, 日本ではパーソナルモビリティ・ビークル (Personal Mobility Vehicle、以下 PMV) の公道での走行は認められていない。PMV 普及のためにも, 日本での規制緩和が求められている。そこで PMV に関して社会との親和性に関しての研究が行われている。しかし倒立振り型 PMV の不安感と車両制御の関係を定量的に示した研究は現在行われていない。

本稿では直線試験路にて加速, 制動および停止走行を行い, 不安感低減のための制御を行う際の閾値を提案する。

2. 実験車両・装置

実験車両として倒立振り型 PMV を選定した。この実験車両を用いて走行実験を行い, その結果からライダーの不安感を明らかにする。

Fig.1 に作成した実験車両のモデル図と測定装置図を示す。なお, ここで車体ピッチ角を θ_{vp} , ライダピッチ角を θ_{rp} とする。車体ピッチ角測定装置より走行中の車体ピッチ角を測定した。また, 走行中の様子をビデオカメラで撮影し映像からライダーピッチ角を測定した。

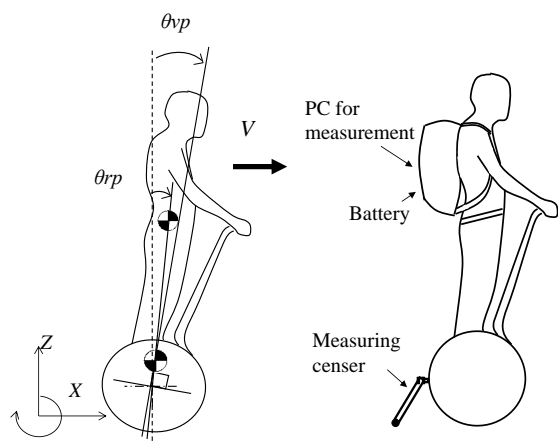


Figure1. Test Vehicle model and Experimental device

3. 実験方法

直線試験路にて目標停止位置への加速, 制動および停止走行を行う。基本タスクは「できるかぎり完了時間を小さくする。」「できるかぎり正確に目標位置に停止する。」とした。また, 走行中ライダーの不安感を発生させるため, 追加タスクを課した。

各条件ごとのタスクは「条件 1: 通常走行.」, 「条件 2: 視野角制限左右 20[deg].」, 「条件 3: 視野角制限左右 20[deg]+注視点距離 3[m].」。

実験条件の実社会での想定は, 「条件 1: 見通しの良い直線路での制動.」, 「条件 2: 見通しの悪い交差点を通過する直線路での制動.」, 「条件 3: 見通しの悪い交差点を通過する直線路での制動. 障害物を避けるためなどの理由で注視点距離が小さくなっている状態.」とした。

被験者は 1 名, 試行数は各条件 3 試行, 計 9 試行とした。測定項目を Table1., 実験条件とタスクを Table2. に示す。なお不安感は 0: 「不安を感じない」, 1: 「不安を感じる」, 2: 「不安を強く感じる」の 3 段階評価とした。

Table1. Measurement items

Items	Symbol	Unit	Method
Vehicle pitch angle	θ_{vp}	deg	Measuring censer
Rider pitch angle	θ_{rp}	deg	Video camera
Uneasy feeling	u	-	Survey evaluation

Table2. Experimental conditions

Condition No	Task
1	Normal driving
2	Viewing angle restricting
3	Viewing angle restricting + Focal distance restricting

4. 実験結果

Table3.に実験条件と不安感を示す。Fig2.に平均ピッチレート-不安感の関係図を示す。

Table3. Condition and Uneasy feeling

Condition No	Uneasy feeling
1	0
2	1
3	2

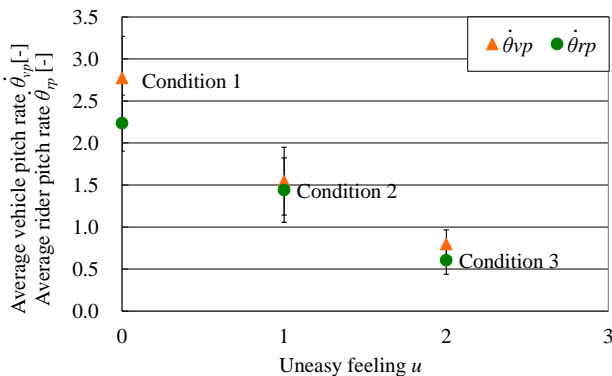


Figure2. Average pitch rate - Uneasy feeling

Table3.より、実験条件のタスクが困難になるほど不安感が大きくなっていることがわかる。

Figure2.より平均車体ピッチレートおよび平均ライダーピッチレートは不安感を感じない状態では 2.77[deg/s]および 2.24[deg/s]、不安感を少し感じる状態では 1.64[deg/s]および 1.44[deg/s]、不安感を感じる状態では 0.78[deg/s]および 0.64[deg/s]となり、不安感が大きいほど制動時の平均車体ピッチレートおよび平均ライダーピッチレートが小さくなることがわかった。これより、ライダーは状況に応じて緩やかに制動を行うことがわかった。また平均車体ピッチレートおよび平均ライダーピッチレートが $0.22 > \dot{\theta}_{vp}$, $\dot{\theta}_{rp} > 0.15$ で不安感が発生し始めた。

これより倒立振子型車両制動時ではライダーの意思とは無関係にライダーピッチ角に細かな振動が発生していることがわかった。

上記の制動時のピッチ角の細かい振動が制動動作に対してどの程度影響しているか確認する。制動時の車体ピッチ角の最大値および最小値を θ_{vpmax} および θ_{vpmin} 、制動時のライダーピッチ角の最大値および最小値を θ_{rpmax} および θ_{rpmin} とする。「制動動作によるピッチ角の操作量に対するピッチ角の細かい振動の割合」を β_v および β_r と定義し式(1)に示す。

$$\beta_v = \frac{2A_v}{\theta_{vpmax} - \theta_{vpmin}} \quad \beta_r = \frac{2A_r}{\theta_{rpmax} - \theta_{rpmin}} \quad (1)$$

Fig3.に車体ピッチ角振幅比 β_v 、ライダーピッチ角振幅比 β_r と不安感との関係を示す。

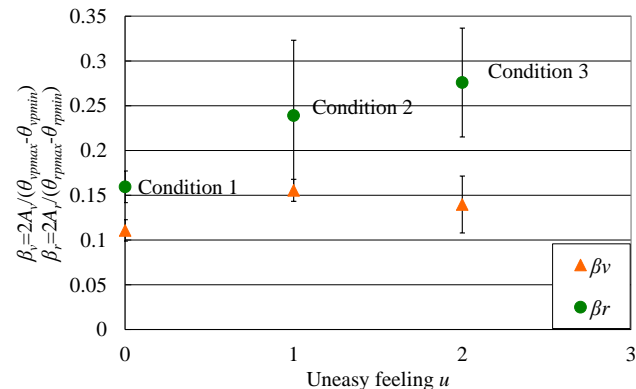


Figure3. The pitch angle amplitude ratio - Uneasy feeling

Figure3.より車体ピッチ角振幅比については不安感との関係は見られなかったがライダーピッチ角振幅比については、不安感が大きくなると β_r が大きくなることがわかった。本実験では $0.24 > \beta_r > 0.16$ で不安感が発生し始めた。

6. 考察

ライダーの意思とは無関係に発生するライダーピッチ角の細かな振動の割合が大きくなると、ライダーは不安感を感じるということが考えられる。

制動時の不安感の変化を車体ピッチレートまたはライダーピッチ角振幅比の変化に置き換えることで、不安感低減のため制御を行う際の閾値として活用できるのではないかと考えられる。

7. まとめ

不安感が大きいほど制動時の平均車体ピッチレートおよび平均ライダーピッチレートが小さくなることが分かった。また平均車体ピッチレートおよび平均ライダーピッチレートが $0.22 > \dot{\theta}_{vp}$, $\dot{\theta}_{rp} > 0.15$ で不安感が発生し始めることが分かった。

ライダーピッチ角振幅比について、不安感が大きくなると β_r が大きくなることがわかった。また $0.24 > \beta_r > 0.16$ で不安感が発生し始めることが分かった。

8. 参考文献

[1] 株式会社 FIT ホームページ
<https://sites.google.com/site/fitrobots/home>
 [2] 中野公彦ら「人間の動きを考慮した倒立振子型パーソナルモビリティビークルの安定性解析」日本機械学会論文集(C編), Vol.79, No.801, 2013-5