

二輪車の定常円旋回試験法に関する研究

日大生産工（院） ○山田 壮一郎 日大生産工 景山 一郎
日大生産工 栗谷川 幸代 日大生産工（院）相川 雄也 日大生産工（院） 遠藤 裕夢

1. 緒言

現在、二輪車の車両評価はテストライダーによる主観評価によって行われている。この方法では、①ライダーの操縦動作が車両状態に影響する②主観評価には個人差があるという点が問題点として考えられる。また、過去二輪車の操縦性・安定性試験法が検討され、規格化されてきたが、評価手法および評価基準に対する検討が十分に行われていない。以上の点から現状の方法では二輪車の定量的評価を行えていないと考えられる。そこで、二輪車の定量的評価を目的とし、評価手法と計測手法の構築を行う。検討内容を定常円旋回特性に限って実施した。定常円旋回試験を実施し、ライダーの乗車姿勢による影響を検討した。また、ライダー特性が車両特性に与える影響を検討した。その結果、各ライダー特性には違いが生じていることがわかった。また、車両特性には大きな違いがあることがわかり、車両特性にはライダーの特性が大きく影響していることがわかった。そこで、ライダーの乗車姿勢の影響に関して簡易的な式を用いて検討を行い、ライダーの乗車姿勢がステア特性に与える影響について検討を行った。

2. 簡素化した二輪車の定常円旋回時の検討

2.1 座標系の定義

まず、使用する座標系を定義する。運動を記述する場合、どのような座標系を定義しても問題ないが、ここでは運動を取り扱い易い座標系を定義する。現在車両系の取り扱いには、一般的には ISO で定義された座標系と SAE で定義された座標系が用いられている。二輪車の場合、入力を正とした場合の力の発生方向等が正となるように取るためには、SAE 座標系が取り扱い易いことになる。SAE 座標系において、舵角を正とした場合、ヨーレート、キャンバ角が正、また横力が正となる。そこで、この座標系を用いる。

2.2 ライダーの乗車姿勢の検討

ここでは、簡易的な式を用いてライダーの姿勢がステア特性に与える影響について検討する。ここでは定常円旋回を考えているため、旋回途中でライダーが姿勢角を変化させないことを前提としている。図に車両を後方から見た図を示す。車両重心とライダーの重心との合成重心が、ライダー二輪車系の重心となる。そこで、図に示すように、ライダーがリーニンインの状態を正として合成重心を求める。この場合のキャンバ角を ϕ_v 、ライダーのリーン角（車体に対する傾斜角）を ϕ_h とすると車両系の力学的キャンバ角は次式で表される。

$$\phi = \phi_h + \phi_v \quad (1)$$

ここで、ライダーのリーン角を求心加速度に比例すると仮定する。これにより、ライダーのリーン角は次式で表される。

$$\phi_h = C_h \frac{\omega v}{g} \quad (2)$$

ここで、 C_h は求心加速度の大きさに応じてライダーが決定するリーン角係数となる。この値が正の場合リーニンインを示し、ゼロの場合がリーンウィズを、負の場合がリーンアウトを示す。③

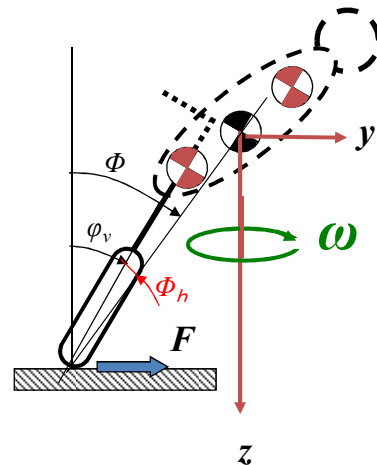


図.1 定常円旋回におけるライダーの姿勢

Study on Steady State Turning test method for two-wheeled vehicle

Soichiro NICHIDAI, Ichiro NICHIDAI, Yukiyo NICHIDAI, Yuya NICHIDAI,
Hiromu NICHIDAI

3. 乗車姿勢を考慮した実験

3.1 被験者

各ライダーの概要を表1に示す。走行試験開始前に被験者に実験等に関する教示を行い、その後走行試験を実施した。教示内容は後述の実験方法で記す。

表1 被験者の諸元

被験者	身長(cm)	体重(kgf)
A	192	93
B	172	86
C	171.5	83

3.2 実験方法

実験には、静岡県小笠山総合運動公園 ECOPA 東第3駐車場を用いた。実験は半径一定($R=30m$)の円をコース記述し、定常円旋回試験を行った。次に、視認性を上げるためにこのコースの内側約30cmにハットパイロンをセットしてコースとした。図2に実験車両を示す。速度条件は20, 30, 35, 40, 45, 50km/hの6条件とした。速度検定は同時に行うこととし、速度掲示板にてライダーに指定速度を提示(原則2周旋回し、ストップウォッチで安定走行している1周分の時間を計測)、また一人が計測開始から計測終了までを計測条件(右旋回・左旋回)ごとに速度のデータを連続して計測する。ライダーの姿勢角、リーンウィズ、リーンアウト、リーンインの順で計測を行った。リーンアウト、リーンインの設定は、以下とした。

- ・リーンアウト：ライダーが身体をできるだけ垂直に保つ
- ・リーンイン：車体をなるべく垂直に保つ



図.2 実験車両

4. 走行実験結果

4.1 ステア係数 (K_δ) について

被験者Cの左旋回でのリーンウィズにおけるデータを図3に示す。この図から、同一被験者の同一実験条件でも、データのばらつきが大きいことが分かる。そこで、各被験者のリーンウィズにおける K_δ の平均値と標準偏差を表2に示す。

この表より、ライダーごとの K_δ の平均値に差があることがわかる。次に、各ライダーの乗車姿勢の違いによる K_δ の値を図4, 5, 6に示す。これらの図より、 K_δ の値に違いはあるものの、乗車姿勢がリーンインからリーンアウトになるにつれてオーバーステアの度合いが強くなる傾向がある。また、同一乗車姿勢における右旋回と左旋回の結果を比較すると、左旋回に比べて右旋回の方がアンダーステアの傾向があることが分かる。しかし、ライダーCだけは、リーンアウトのときは左旋回と右旋回でこの傾向が逆になっている。このため、車両状態は各被験者の操縦特性に大きく依存する可能性が大きいことがわかる。

表2 ステア係数 K_δ

Subject	Average of $K_\delta (\times 10^{-3})$	Standard deviation of $K_\delta (\times 10^{-3})$
A	-2.35	0.27
B	-2.73	0.25
C	-2.29	0.35

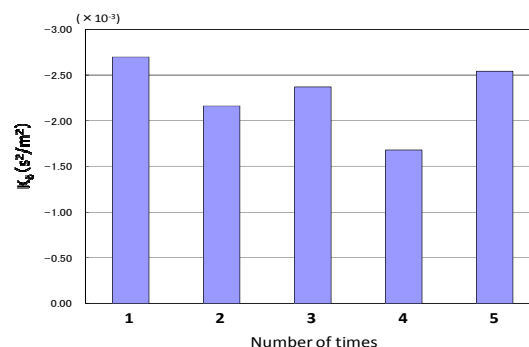


図.3 実験結果 (被験者 C)

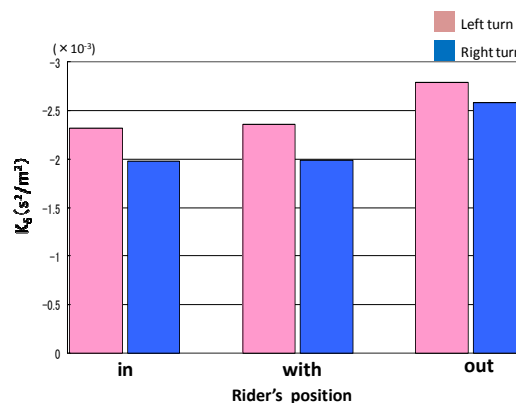


図.4 ステア係数 K_δ (ライダー A)

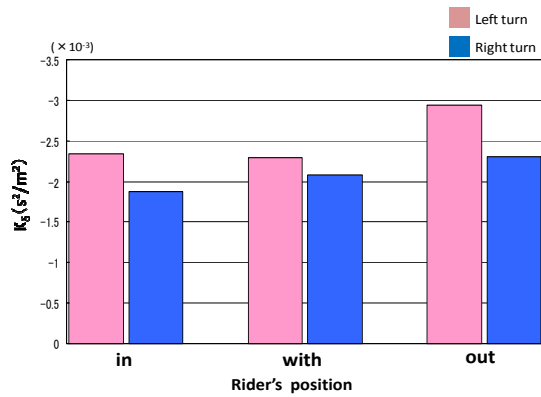


図.5 ステア係数 K_δ (ライダー B)

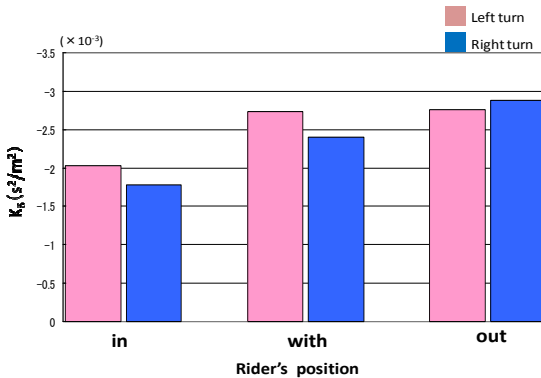


図.6 ステア係数 K_δ (ライダー C)

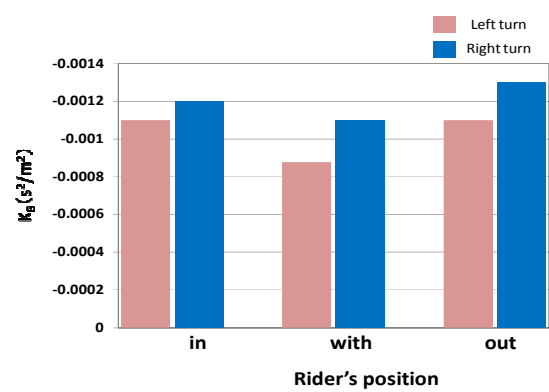


図.7 横すべり係数 K_β (ライダー A)

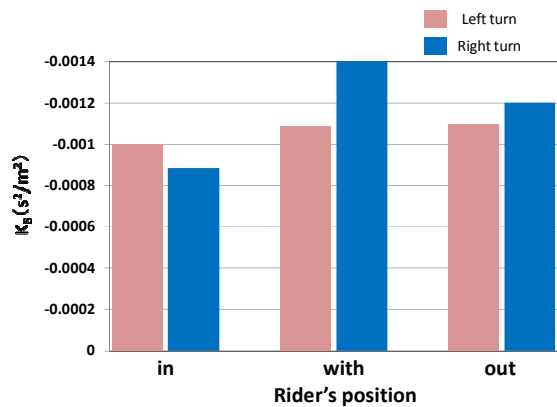


図.8 横すべり係数 K_β (ライダー B)

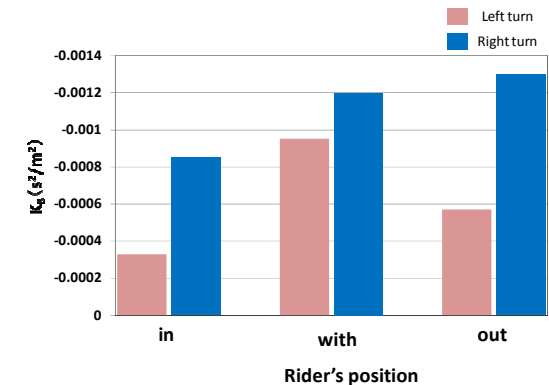


図.9 横すべり係数 K_β (ライダー C)

4.2 横すべり係数について

前後速度、横速度共に、車両後方に設置した非接触速度計により計測した。横速度はロール角による影響をうけるため、まずロール角による補正を行った。得られた横速度を重心点に移動した。これにより得られた横速度と前後速度から横すべり角を算出し、横すべり係数 (K_β) を求めた。以下にその結果を示す。表3に左旋回リーンウイズでの K_β の平均値と標準偏差を示す。この表より、被験者により K_β の値に差があることがわかる。次に、各被験者の乗車姿勢の違いと、旋回方向の違いによる影響を検討する。それぞれの被験者の各乗車姿勢で左旋回と右旋回をしたときの K_β の値を図7, 8, 9に示す。これらのグラフより、被験者Bのリーンイン以外はこの被験者も左旋回に比べて右旋回の方が横すべり係数の絶対値は大きな値を示した。各被験者でこの傾向を比較すると、被験者Aは各乗車姿勢においてこの傾向が安定しているのに対し、被験者B、Cは乗車姿勢によって影響を受けているのがわかる。以上の結果より、前回の実験より細かい教示を行ったにもかかわらず、定常円旋回試験においてライダーの差を無視できないことがわかる。

5. ライダーの姿勢角による影響

前章の解析では、実験結果から各ライダーのステア係数と横すべり係数を算出した。その結果、ステア係数も横すべり係数もライダーによって違いがあることが分かり、車両特性はライダー特性が大きく影響するということがわかった。そこで、前述した Ch を考慮してステア係数と横すべり係数の検討を行う。 Ch を算出するために、まず、ロール角の補正を行う。幾何学的ロール角は次式により表される。

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{\omega v}{g}\right) \quad (3)$$

また、リーン角 ϕ_h 、リーン角係数は次式によって表す。

$$\phi_h = \frac{\phi}{a} - \phi_v \quad (4)$$

$$C_h = \frac{\phi_h \cdot g}{\omega v} \quad (5)$$

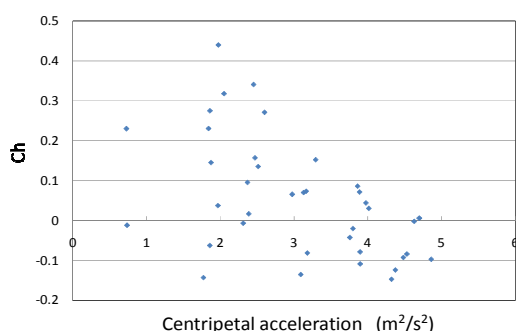


図.10 リーン角係数

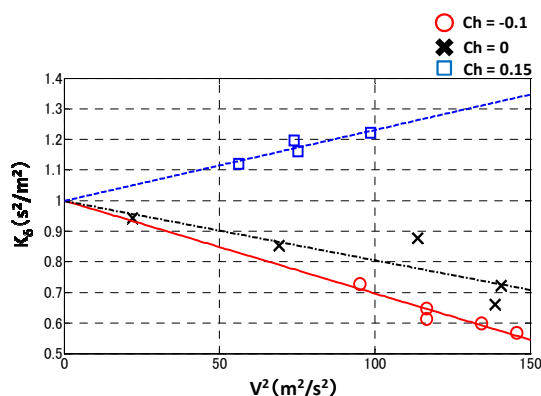


図.11 ステア係数 K_δ

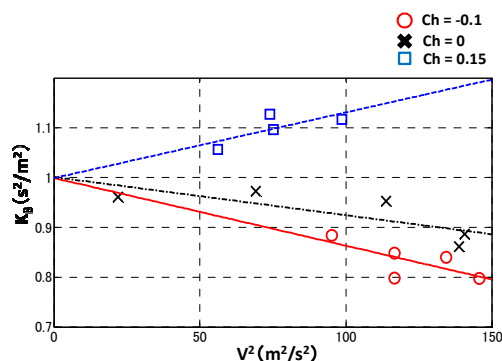


図.12 横すべり係数 K_β

図 10 にライダー C の左旋回時におけるリーン角係数 C_h を

示す。リーンウィズでの走行を数度実施しているにもかかわらず、リーン角係数は大きくばらついていることが分かる。したがって、ライダーの乗車姿勢の違いにおける車両特性への影響を検定する指標が必要になる。そこで、前述したリーン角係数 C_h を用いて、 C_h の違いによる車両特性への影響を検討した。以下にその結果を示す。図 11 に左旋回時のステア係数、図 12 に左旋回時の横すべり係数を示す。どの図においても実験データのプロットが直線近傍に集まっていることが分かる。また、 C_h の値の変化に応じてステア係数も横すべり係数もそれに比例して値が変化していることが分かる。 C_h は求心加速度の大きさに応じてライダーが決定する係数であるので、これより、ライダーの特性がステア特性などに大きく影響していることが分かる。

6. 結論

車両の評価方法確立のために車両実験を実施して、ライダーの乗車姿勢の影響に関して簡易的な式を用いて検討を行い、ライダーの乗車姿勢がステア特性に与える影響について検討を行った。その内容を以下に示す。

- ・リーンウィズでの実験においてもライダーのリーン角にはばらつきがあった。また、同一条件下でのリーン角係数 C_h にもばらつきがあった。よって、ライダーの乗車姿勢の明確な定義づけが必要であることがわかった。

- ・リーン角係数 C_h はライダーの特性を表わす係数である。そこで、この係数を用いてライダーの乗車姿勢を定義し、 C_h が車両状態に与える影響を検討した。その結果 C_h を用いてライダーの乗車姿勢を定義できる可能性があることが分かった。 C_h が変化すると、ステア係数、横すべり係数もそれに伴って値が変化することがわかった。これにより、ライダー特性を C_h として車両状態との関係を検討できる可能性を示した。

参 考 文 献

- (1) 景山ほか：二輪車の横すべり特性について，自動車技術会秋季学術講演会 No. 206, 2009
- (2) 景山一郎：二輪車の運動特性部門委員会 WG 活動報告，自動車技術会シンポジウム
- (3) 景山一郎：二輪車の運動特性とその評価指標に関する研究，自動車技術会秋季学術講演会 No. 150, 2007
- (4) 山田壮一郎ほか：二輪車の定常円旋回特性について，自動車技術会春季学術講演会，2010