

スクータ型二輪車の低速時におけるライダーの下体ヨー角分析 Analysis of Rider's Lower Body Yaw Angle by Scooter at Low Speed

○田中 穰¹, 富永 茂², 岡野 道治²*Yutaka Tanaka¹, Shigeru Tominga², Michiharu Okano²

Abstract: Two-wheeled vehicle is more unstable than a four-wheeled vehicle, and stability decreases more at low speeds. A rider controls a vehicle, but the movement of the rider is different by a vehicle. In case of a scooter, a lower body verified yaw direction movement in the experiment. This report verified relationship between lower body yaw movement and behavior of the vehicle. In experiment, a rider moved lower body to yaw direction at constant frequency, and verified behavior of the vehicle. As a result, lower body yaw movement and steering are related, and lower body yaw movement is an effect on behavior of the vehicle.

1. はじめに

二輪車は四輪車に比べて車両質量がライダーの質量に近く、ライダーの影響が車両運動に大きく現れる。そのため運動解析はライダーの特性を含めたライダー二輪車系で考えている^[1]。

二輪車は低速であるほど不安定になり、ライダーは積極的に操舵をして車両を安定させている。加えてスクータ型二輪車では、オートバイと比べて着座姿勢や燃料タンクが小さいため、下体をヨー方向に自由に動かすことが出来る。過去の実験で低速走行時、ライダーは下体をヨー角に積極的に動かしていた。

片山らはライダーの身体を上体と下体に分けた2自由度のリンモデルを提案し、車線変更等の各走行形態に適している^[2]。ただし上記のモデルは車両をオートバイとして扱っており、スクータ型二輪車での下体ヨー方向の動きは触れていない。

そこで本研究はスクータ型二輪車におけるライダーの動作を明らかにする。ここでは下体のヨー方向の動きに着目し、操舵との関係と車両に及ぼす影響を調べた。

2. 低速時のライダーの下体の動き

ライダーは操舵に加え、上体と下体の動きによって車両を制御している。

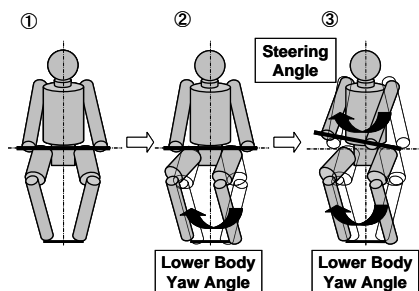


Figure 1. Relationship between Lower Body Yaw Angle and Steering Angle

操舵は車両挙動の影響が大きいですが、下体ヨー角はそれ自体、車両に及ぼす影響は小さいと考えられる。しかし Fig.1 に示す様に下体がヨー方向に動くと、上体も連動して腕もヨー方向に動く。この一連の動作により操舵が発生し、車両の挙動に影響があると考えられる。

従って下体ヨー角と操舵角に関係があると考え、走行実験で調べた。

3. 走行実験

3. 1. 実験概要

車両が安定する速度 (15[km/h]) で直線路 (Fig.2) を走行し、ライダーが意図的に下体ヨー角 (5deg 程度) を一定の周波数で入力する。このとき入力の下体ヨー角と出力の操舵角、コースのセンターラインと車両軌跡の変位差 (以後横偏差と記す) を測定する。

下体ヨー角の周波数は過去の直進走行実験を参考に、(1)0.5~1.0Hz, (2)1.0Hz, (3)1.0~1.5Hz の3パターンとした。ライダーは3人で行い、(1)~(3)の条件を2回ずつ実施した。車両はスクータ型二輪車である。

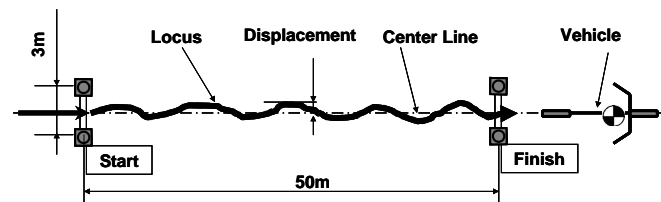


Figure 2. Experimental Course

3. 2. 実験結果

Fig.3 は下体ヨー角と操舵角の時系列応答波形である。この波形から下体ヨー角と操舵角の平均振幅値 (RMS), 平均周波数 (Hz) を求める。

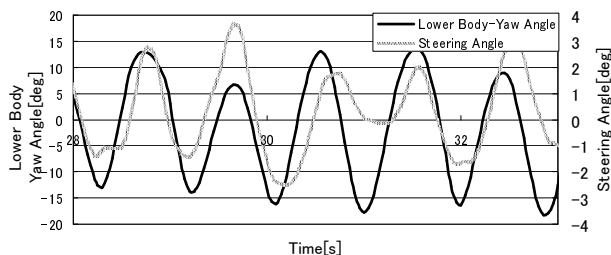


Figure 3. Time Series (Rider A, Frequency 1.0Hz)

全試行の下体ヨー角の平均振幅値(RMS)と操舵角の平均振幅値(RMS)の比較を Table 1 に示す。

Table 1. Relationship between Lower Body Yaw Angle and Steering Angle

	Frequency [Hz]	Lower Body Yaw Angle(RMS)[deg]	Steering Angle (RMS)[deg]
Rider A	0.5~1.0	8.40	1.02
	1.0	9.50	1.11
	1.0~1.5	6.37	1.62
	0.5~1.0	6.38	0.90
	1.0	6.32	1.26
Rider B	1.0~1.5	5.08	1.82
	0.5~1.0	4.31	0.71
	1.0	3.90	0.79
	1.0~1.5	3.89	1.56
	0.5~1.0	4.69	No Data
Rider C	1.0	5.49	0.89
	1.0~1.5	4.07	1.24
	0.5~1.0	3.27	1.59
	1.0	3.95	1.58
	1.0~1.5	4.13	1.80
	0.5~1.0	3.28	1.70
	1.0	2.71	1.69
	1.0~1.5	3.28	2.00

Table 1 より下体をヨー方向に 2.71~9.50[deg]で振ると操舵角(RMS)は 0.71~2.00[deg]で出力されるとわかる。

ここから入力を下体ヨー角, 出力を操舵角として周波数応答グラフ (Fig.4) を作成し, 下体ヨー角の平均周波数に対するゲインで表した。

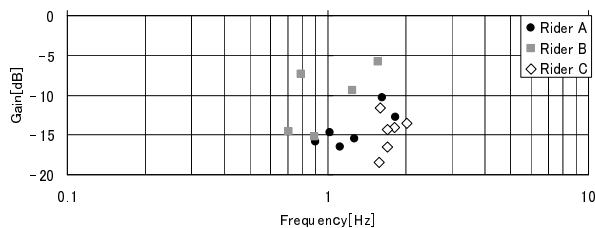


Figure 4. Relationship between Lower Body Yaw Angle and Steering Angle (Bode Diagram)

Fig.4 より Rider A, B, C 共に下体ヨー角の平均周波数の増加に伴いゲインが増加している。従ってライダーが下体を速く動かすと操舵角が増加するとわかる。

次に横偏差と下体ヨー角の平均周波数との関係を Fig.5 に示す。

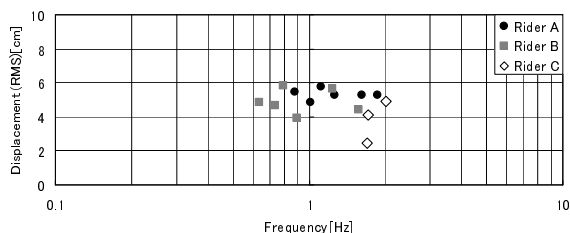


Figure 5. Relationship between Lower Body Yaw Angle (Average Frequency) and Displacement

Fig.5 より下体ヨー角の平均周波数と偏差の関係は周波数によらず 4~6[cm]に収まっている。

従って下体を動かす速さと横偏差の関係はない。

4. 考察

下体ヨー角が与える車両挙動の影響は, 下体を意図的に動かした場合と意図的に動かさない場合 (通常走行時) の車両挙動の差から考えた。Table 2 は Rider A における比較表である。なお各値は Rider A の全試行の平均値を取ったものである。

Table 2. Relationship between Lower Body Movement and Normal Riding

Rider A	Steering Angle (RMS)[deg]	Displacement (RMS)[cm]
Lower Body Movement	1.29	5.31
Normal Riding	0.42	2.73

下体を意図的に動かした場合は通常走行時より操舵角で 3 倍大きく, 横偏差は 2 倍大きいことがわかる。従って下体を意図的に動かした場合は操舵と関係があり, 車両挙動に影響があると考えられる。

例えば狭路を走行する場合は細かく小さな操舵が必要であるため, 下体を使って操舵するのは有効である。

一方 10deg 以上の操舵を必要とするレーンチェンジや旋回では下体を使って操舵するのは不向きである。

5. まとめ

スクータ型二輪車における人間の動作を明らかにするために, 下体をヨー方向に動かし, 操舵の関係と車両挙動を調べた。操舵角は通常走行の 3 倍, 横偏差は通常走行の 2 倍であるため, 下体のヨー方向の動きが操舵と関係し, 車両挙動に影響があると考えられる。

6. 参考文献

- [1] 長江 啓泰:「二輪車運動のライダー特性」, 自動車研究, Vol.9, No.5, pp.157-161, 1987
- [2] 片山 硬ら:「二輪車ライダーの操縦動作モデル」, 自動車研究, Vol.18, No.7, pp.254-257, 1996