

ロール機構を有するパーソナルモビリティの サスペンション特性に関する研究

日大生産工(院) ○廣谷 和馬 日大生産工 景山 一郎

1. 緒言

日本の自動車利用状況からみると短距離で1人か2人乗車の割合が高いことが示されている¹⁾。そこで、CO₂削減などの観点から乗車人数が2名程度のパーソナルモビリティ(以下PMV)のような軽量、低燃費の車両の導入が有効であり、路面投影面積から幅が狭い車両に適していることが示されている²⁾。しかし狭い車幅に対し重心が高い構造となり高速域の旋回で転倒する可能性から、車体とタイヤをロールさせキャンバラストで旋回することが有効であることが示されている。現状、ロール機構を有するPMVは市販されておらず、実際の挙動は解明されていない。今回ロール機構を有するPMVと運動形態が似ている二輪車の前輪系に二輪を備える車体とタイヤをロールさせ旋回する三輪車両に注目した。前二輪の機構により二輪車と異なる独自の特性が存在する可能性があるが、これらの現象の力学的な把握には様々な特性を表現するモデルが必要となる。キャンバラストを主求心力とするタイヤは接地面付近の断面が円形になっている。ロールさせると接地点がホイールセンタ面に対し内側に移動し二輪車の場合、この状態で制動力が発生すると旋回内側に操舵トルクが発生する。この操舵トルクによりハンドルが内側に操舵されると幾何学的な旋回半径が減少し、遠心力が増大し車体が立ち上がり、接線方向に向かった軌跡となる。上記の二輪車のように三輪車両では旋回中に制動を行った際の車両挙動に関する研究は十分に行われていない。

本報告ではPMVの特性を把握するための第一歩として三輪車両が旋回中に制動したことによる車両挙動への影響について注目した。実験車両として、前輪系にダブルウィッシュボーン式サスペンションを採用したロール機構を有する前二輪、後一輪の車両を用い、緊急時を想定した旋回制動試験を行った。走行データから旋回中に制動した直後の操舵トルク、ロールレイトの変化に注目する。実験車両の諸元を表1に示す。また、試験車両のダブルウィッシュボーン式サスペンション構造を図1に示す。

表1 車両諸元

全長[mm]	2150
全幅[mm]	1180
全高[mm]	1320
ホイールベース[mm]	1550
車体重量[kgf]	226



図1 サスペンション構造

2. 走行試験

車両が旋回時に制動を行ったことによる車体挙動への影響を検討するために、右回りの定常円旋回中に制動動作を行う試験を行った。試験条件は旋回半径50[m]一定、速度30, 40, 50[km/h]の3条件とし制動条件を前輪・後輪の2条件の合計6条件とした。テストライダーには制動後、旋回円を追従すること、前後加速度を一定とすることを教示した。

制動時の前後加速度を一定とするため旋回制動試験を行う前に直線コースで制動試験を行った。ブレーキの握り量を変え三走行行い、データから0.2~0.4[G]となる握り量の確認を行った上で旋回制動試験を行った。本報告では速度40[km/h]で定常円旋回中に前輪または後輪で制動を行ったデータを切り出し解析した。計測項目は前後・横方向速度、前後・横加速度、ヨーレイト、ロールレイト、実舵角、操舵トルクとし、SAE座標系で計測を行った。

3. 試験結果

定常円区間から停止までの前輪制動、後輪制動時の時系列データを図2に示す。図2は上から前後速度、前後加速度、ロール角、ロールレイト、操舵トルク、ヨーレイトの順番になっている。前後加速度とロールレイトの関係を図3に、前後加速度と操舵トルクの関係を図4に示す。なお、図3と図4は図2の定常円区間を40[km/h]で走行し制動後の異なる減速度のデータのピーク値を中央値として0.3秒間の平均値を求め一次近似した。

図3より、後輪制動時のロールレイトはどの前後加速度においてもほぼ0[rad/s]でありロール角を維持しているのに対し、前輪制動時には減速度が大きいほど立ち上がり側のロールレイトは大きくなり、

旋回外側へ車両が立ち上がる挙動を示すことがわかる。図 2 より、ロールレイトが立ち上がり側に最大値を示したとき、ロール角はほぼ 0[deg]となり車体が直立状態であることがわかる。また、どの減速度においても教示を遵守しようとしたが車両挙動を制御しきれずコースを維持できなかったとライダーからコメントを走行終了後に得た。図 2 のヨーレイトのデータにロールレイトが最大値に達した後の部分を紫の線で囲った。前輪制動時のヨーレイトは 1 周期大きく振動した後 0[rad/s]に収束していることから直線方向に進行していることがわかる。旋回時の制動による立ち上がり挙動は前輪制動に依存し、ロール角をもって旋回する実験車両の旋回性能を低下させると推察できる。

次に前後加速度と操舵トルクの関係を示す。図 4 より、後輪制動時には操舵トルクは前後加速度によらずほぼ一定であるが、前輪制動時には操舵トルクは減速度の増加に伴い増大することがわかる。よって、旋回時における前輪制動は操舵トルクに影響を与えることがわかる。

4. 結言

本研究ではロール機構を有する三輪車両を用いた旋回制動試験より、旋回中の車両挙動への影響について検討を行ったものである。前輪制動時は減速度が大きいほど車体の立ち上がりが速いこと、操舵トルクが増大することを示した。また、後輪制動時は制動の前後で操舵トルク、ロールレイト、ヨーレイトの大きな変化はなく旋回を維持し停止することができることを示した。これらから前輪の強い制動が必要な横方向制御を困難にすることが分かった。今後の課題として、制動時の現象の力学的な把握のためにサスペンションジオメトリやタイヤ力を考慮したモデルを構築しこの現象を解明することが必要と考える。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 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，自動車技術会秋季大会学術講演会前刷集 No.115-12，(2012)
- 3) 景山克三，景山一郎，自動車力学，理工図書株式会社

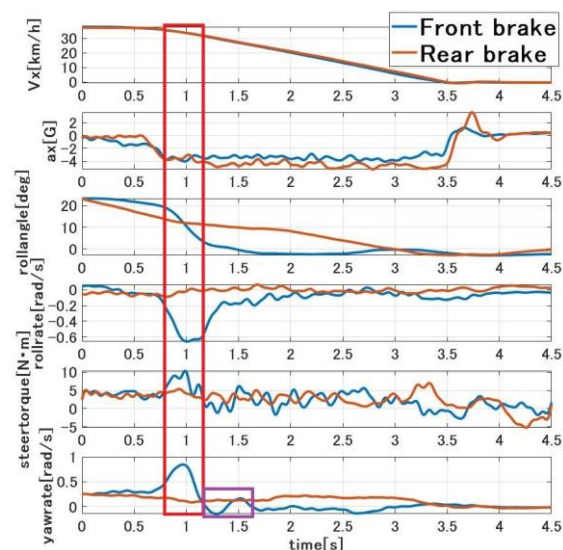


図 2 制動直前から停止までの時系列走行データ

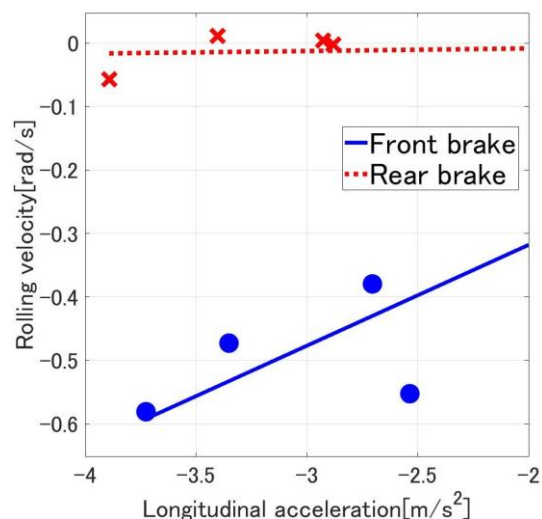


図 3 加速度とロールレイトの関係

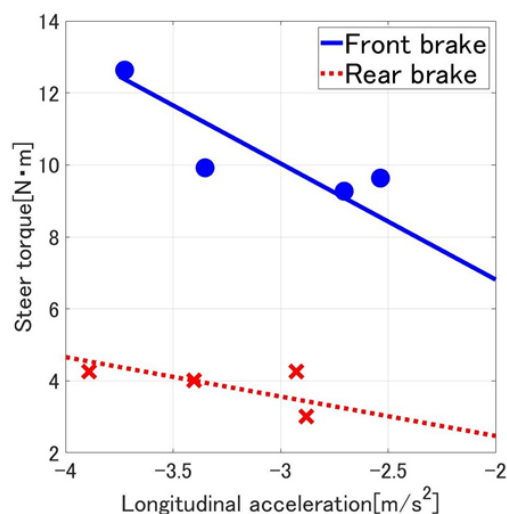


図 4 加速度と操舵トルクの関係