

アジアにおけるオートバイによる 交通事故現状と安全教育の指導点

関根太郎*

オートバイ急増による交通事故が問題となっているベトナムおよびタイに注目し、統計資料不足の交通事故ならびに交通安全問題を現地調査した。結果、速度超過に加え、乗車定員超過やヘルメット非着用などが問題点として浮上した。定員超過でのオートバイの運動特性の検討はいままで皆無であり、ここでは、非線形性などからモデル計算では検討困難である定員超過での制動特性や操舵特性を実車実験より捉えた。また、結果より現地利用形態に即した安全運転教育の指導点を明らかにした。

Fact Surrounding Motorcycle Accidents and Proposal for Safety Educational Guide in Asia

Taro SEKINE*

This paper considers the rapid increase in motorcycle accidents which is becoming a social problem in Vietnam and Thailand, and studies traffic accidents and safety issues that had lacked sufficient statistical reference in the past. Studies revealed that excess passenger loads and not wearing helmets, as well as over-speeding were the major cause of the problem. Research into the dynamics of motorcycles carrying excess passenger loads was basically nonexistent to date. Hence the paper includes data on braking and steering properties of overloaded motorcycles from actual experiments as these are difficult to deduce from model calculations. From these results, it also proposes points to be included in motorcycle driver education suitable for developing countries in Asia.

1. はじめに

近年、アジアの開発途上国では、二輪自動車（以下、オートバイ）の普及により交通事故の増加が問題となっているが、事故統計なども十分に整備されていないため実態はよく把握されていない。

本論では、社会環境や経済発展状況などの各国の特異性に起因するオートバイの利用形態の違いに着目し、交通事故の傾向などについて現地の映像記録ならびにアンケート調査からその特徴を抽出し、各国の交通安全問題の現状を明らかにする。

一方、オートバイは、前後輪が同一線上に配列される構造より転倒の可能性を持っており、車両の直立保持特性とライダーの制御により安定化が図られている。また、露出した乗車姿勢のため事故に対する予防安全が重要視される。このようにオートバイの運動特性は人間-機械系として取り扱う必要があり、運転行動を決定するライダーの安全運転教育は重要となる。オートバイの運動特性については1950年代から1970年代にかけてその研究が盛んに行われ¹⁻⁴⁾ 直進手放し安定性を検討可能な4自由度の基礎運動方程式の構築がなされた⁵⁾。その後、前輪系の幾何学⁶⁾、フレーム剛性⁷⁾、タイヤの動特性^{8,9)}やライダーの振動特性^{10,11)}が検討され、現在では多自由度モデル¹²⁾やマルチボディダイナミクスによるモデル化¹³⁾が進められているが、研究・開発分野

* 日本大学理工学部機械工学科専任講師
Assistant Professor, Dept. of Mechanical Engineering,
College of Science and Technology, Nihon University
原稿受理 2004年5月26日

での利用に主眼が置かれている。そのため、本研究の現地調査で見られた過積載や乗車定員超過状態が対象として取り上げられることは皆無であり、一般ライダーに安全運転教育を実施する際に、工学的知見に立った教育資料や説明が不足している現状である。

本論では、現地調査より問題点として浮上した定員超過走行について、現地車両を用いた走行実験で再現し運動特性を計測した。実験から計算では得られないライダー特性やタイヤ特性を含んだ定員超過の特徴を得るとともに、ビデオ映像から顕著な挙動の相違を把握した。それら結果より現地交通安全問題の実状に即した指導点を示す。

2. オートバイの使われ方の現状と交通安全問題

2-1 アジアにおけるオートバイの保有率

世界のオートバイの保有台数は正確な数字を把握することは困難であるが、2000年時点では、2億台前後と推測されている¹⁴⁾。特にアジア圏ではオートバイの生産台数・保有台数の増加はめざましいものがある。生産台数世界1位である中国の生産台数の増加は顕著であり、2002年には1,200万台と世界の総生産量の半分近くを占めるに至っている。販売台数でみた場合、2002年には、中国、インド、イン

ドネシア、ベトナムおよびタイといったアジア諸国で全体の80%に達している¹⁵⁾。アジア諸国のオートバイ普及率は、2000年の保有台数と人口を基にしたデータでは台湾の1.9人/台と突出しているが、タイやベトナムでは、上記の販売台数を反映し保有台数が年間120万台前後の増加を示していることより、タイにおいて4.5人/台、ベトナムにおいて12人/台であった普及率¹⁴⁾は現在では急速に上昇していると推測される。また、ベトナムでは、前述の販売台数に加えコピー製品やリビルド製品などが多数存在することから、実際の普及率はより高い値であると予想される。

以下では、特にオートバイの普及率に急速な増加傾向を示しているベトナムならびにタイに着眼し、現地視察と現地アンケート調査により、統計データに現れていない現地状況を見る。

2-2 ベトナム(ハノイ)の交通状況

ベトナムの首都ハノイについて現地調査(2002年8月)を行った。ハノイは、市街を中心として舗装幹線道路が整備されており、郊外の幹線道路は、未舗装路である。交通量は非常に多く、特に市内では交通密度の80%程度をオートバイが占める。

ハノイの交通状況をFig.1に示すとともに、以下に交通状況の特徴を挙げる。

1) 市内幹線道路の交通状況

- ・市内では、オートバイの群の中に四輪自動車が埋もれる形で、主たる速度域はオートバイ群に依存している。速度域は、朝夕のラッシュ時などは30km/h程度と比較的低速である。

- ・車群の中では、オートバイの車間距離は数車長程度しか保持されていないため、低速走行とはいえ前方の危険回避に支障をきたす場合がある(Fig.1-a)。

- ・信号制御されている交差点においても、右折などはオートバイ群の流れによって対向車線の直進走行を遮ることにより実現されている。

- ・自転車や歩行者が車道中央を走行・横断することもまれではなく、それらの混在により交通流の停留点が発生する(Fig.1-b)。

- ・物資などの過積載や乗車定員超過で走行する車両も多く、走行中に積載物を落下・散乱する状況も多発している。なお、大人2名に加えて身長110cmまでの子供による3名乗車は合法とされている。しかし、実際には大人3名や4名乗車そして多い場合には荷台を改造したものに7名乗車する乗車定員超過の場合もある。

a. 乗車定員オーバー(3名乗車)



b. 自動車、オートバイ、自転車の混合交通



Fig. 1 ハノイの二輪車交通状況

・ライダーおよびパッセンジャーは、日除けの帽子やタオルをかぶっているが、市内でヘルメットはほとんど着用されていない。規制としては、2000年より高速道路ならびに都市外道路ではヘルメット着用義務が施行されている(Fig.1-a)。

2) 郊外幹線道路の交通状況

・四輪車の速度域が高く、交通流を作り出している。オートバイも60km/h程度的高速走行をしている。現地インタビューでは、エアコンの無い家での夕涼みの代わりにオートバイで走り回ることも一般的である等のコメントも得た。

3) 普及しているオートバイタイプ

・排気量100cc程度の4ストロークエンジン(以下、4ストエンジン)搭載のビジネスオートバイタイプがその大多数である。これには、日本メーカーの正規現地組立車両に加えて、コピー製品なども多数含まれているとのことであるが、構成比率は正確には把握されていない。

・現地のモデルは、路面舗装状況や不整地走行を勘案し、スクータタイプであっても、前輪テレスコピックタイプサスペンションならびに大径ホイールを装備している。

4) オートバイ事故の傾向

・ベトナムの交通事故は、中国製オートバイの増加に伴い増加傾向を示しており、ベトナムの道路鉄道警察が通信社へ報じた数字で2001年の前期で全国の交通事故件数12,336件、交通事故死者数は5,022人、このうち72%がオートバイ事故という程度が既出している。しかし、この数値に関しても事故の定義なども明確にされておらず、他国の統計データと比較検討することができないのが現状である。

・市内は、平均走行速度が低いため負傷事故が中心で、死亡事故は主として郊外の速度域の高い地域で発生する傾向があり、前述のようにヘルメット着用規制も郊外部で開始されている。

・正確な統計データが把握されていないが、70%が無免許でオートバイを乗車しているとのコメントもあり、現在の急激なオートバイの普及に対応して早急な対策が必要となっている。

2-3 タイ(バンコク)の交通状況

タイの首都バンコクは、1999年に公共交通機関のBTS(高架式鉄道:スカイトレイン)が開通し、通勤、通学や買い物などに広く利用されるようになってきている。しかし、スカイトレインと平行する幹線道路に沿って張り巡らされたソイと呼ばれる路地にお

いては、ソイオートバイタクシーと呼ばれるオートバイのタクシーが数百mから数km程度の移動手段として三輪自動車のトゥクトゥクとともに端末交通手段として利用されている。また、幹線道路についても幹線オートバイタクシーがあり、四輪自動車の増加で終日渋滞する幹線道路を比較的高速で遠距離まで移動可能である。

このように、経済発展したバンコクにおいてのオートバイの利用方法は、今後経済発展するであろう開発途上国のシナリオを想定する上で大変有用であると考え、現地調査(2002年8月)を行った。Fig.2に市内の交通状況を示すとともに以下にその特徴を挙げる。

1) 幹線道路

・近年の四輪車の増加により、市内中心部の幹線道路は、終日慢性的な渋滞を引き起こしている。そのため、オートバイは、渋滞中をすり抜け走行し、交差点での信号待ちで先頭に並び発進加速し高速走行する形態が多く見受けられた。また、Fig.2-aに示すような対向車線を利用して右折するなどの行為が見られた。

・市内の自動車専用的高架部については、特にオートバイの走行速度は高い傾向があった。

・ヘルメット着用義務が実施されているため、ほと

a. 対向車線走行



b. バイクタクシーの乗客のノーヘル、斜め乗車



Fig. 2 バンコクの二輪車交通状況

んどのライダーは、幹線道路ではヘルメット着用をしていた。

2) ソイオートバイタクシー

・ソイの入口部に、オートバイタクシーの待合い場所があり、そこに揃いのベストを着て客待ちをしている。

・Fig2-bに示すように、ほとんどの客は、ヘルメットを着用せずに乗車しており、また女性は横座りでパッセンジャーシートに着座しているため、急に危険回避などを行った場合に落車する可能性が見受けられた。しかし、幹線道路に比較してソイでの走行速度域は低速である。

・乗客への配慮からか、排気口に木の枝葉をつけて排気ガスを直接乗客の衣服などに当てないようにしている。

3) 普及しているオートバイタイプ

・大気汚染問題から厳しい排出ガス規制が施行され、最近の5年間では新規販売されるオートバイの搭載エンジンは、2ストロークエンジン（以下、2ストエンジン）から4ストエンジンに急速に変化した。現在では、新車のほとんどは4ストエンジン車となっている。しかし、市場使用年数が10年以上もまれでないため切り替えにはかなりの期間がかかると考えられる。

・2ストエンジンは、弁機構などがなく簡単な構造で軽量である。また、ピストンの往復運動毎にガソリンを爆発燃焼させ仕事を行うため、4ストエンジンより有効行程が倍となり実際の出力も1.3~1.5倍程度になる。その結果、2ストエンジン車は加速性能が良く、速度も出るため、未だにオートバイタクシーなどは2ストエンジン搭載のスポーツタイプが使用されており、速度超過による事故も多く発生している。

4) オートバイ事故の傾向

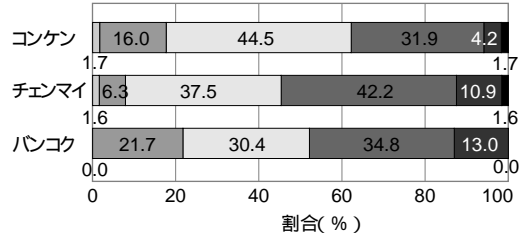
・日本のような詳細な状態別交通事故統計は、まだ調査開始段階であり、現時点では不鮮明な部分が多いが、インタビューでは高速走行での事故が多く、また、観光地でのレンタルオートバイによる事故も多いというコメントがある。

・「Statistical Yearbook Thailand」によれば、2000年での車両法に基づく車両の登録台数は、2,000万台で、そのうちオートバイは約70%の1,390万台、また、交通事故は1999年において全交通事故件数が67,800件、死者が12,040人というデータからみてもベトナム同様にオートバイが関係した交通事故が社

Table 1 アンケートサンプル数

	二輪ライダー	四輪ドライバー
バンコク	22名	14名
チェンマイ	62名	29名
コンケン	119名	30名

a) オートバイ運転開始年齢



b) 自家用車運転開始年齢

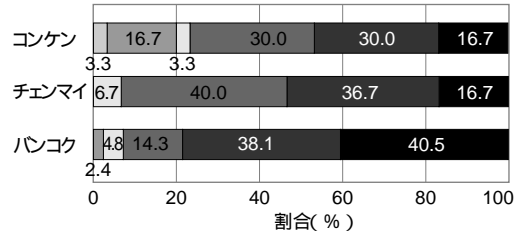


Fig. 3 アンケート結果（車両運転開始年齢）

会問題化していることが伺える。

2-4 タイのライダーの安全意識

タイでは、アンケート調査を都市の特徴の異なる3カ所（首都：バンコク、大学地区：チェンマイおよび地方：コンケン）で実施した（Table 1）。なお、比較参考のため自家用車のドライバーについてもアンケート調査を実施した。アンケートは、タイ語に翻訳した用紙に選択・記述形式とした。

以下にアンケート結果より得られた特徴を示す。

1) 車両運転開始年齢 (Fig. 3)

・タイにおけるオートバイの免許制度は段階制になっており、18歳で仮免許を取得可能である。また、90cc以下限定免許については15歳以上で取得可能である。しかし、アンケート調査結果では、いずれの都市においても14歳未満での運転開始が50%近い値を示している。

・自動車については、オートバイに比べて運転開始年齢は高くなるが、それでもコンケンでは20%ほどが13歳以下で運転開始していると回答している。地方に行くに従い運転開始年齢が低くなる傾向が表れている。

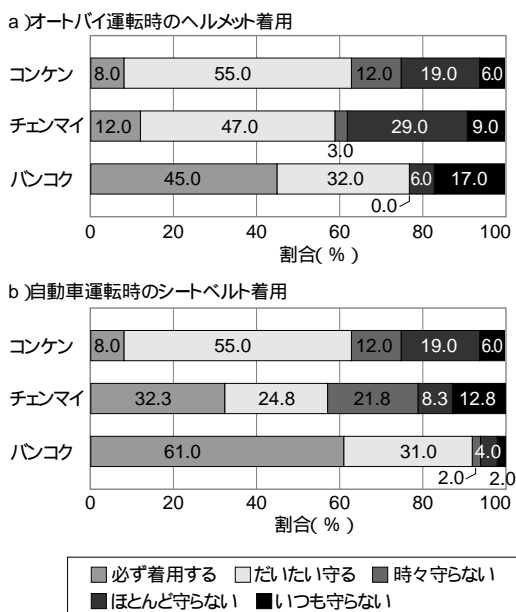


Fig. 4 アンケート結果(ヘルメット/シートベルト着用)

2) ヘルメット/シートベルト着用 (Fig.4)

・オートバイ運転時のヘルメット着用は、バンコクでは70%以上が「守っている」または「だいたい守っている」と回答している。これは、バンコクでの交通取締りが厳しいことが要因と言える。

・シートベルトについては、バンコクでの着用率の高さがより顕著に現れており、「だいたい守っている」まで含めると90%以上が着用しているというアンケート結果となっている。ヘルメットと同様に、地方都市では「必ず着用」は10%未満と低い値を示している。

・ヘルメット着用率とシートベルト着用率を比較すると、ヘルメット着用率がシートベルト着用率よりも若干低い傾向を示す。

3) 乗車定員の遵守 (Fig.5)

・オートバイの乗車定員は、各地域で「必ず守る」が30%程度、「だいたい守っている」まで含めると80%以上が遵守との回答結果を示した。

・乗用車の乗車定員は、各地域で「だいたい守っている」まで含めるとオートバイと同程度の80%以上が遵守していると回答している。

・オートバイと乗用車を比較すると、各地域で乗用車に比較してオートバイは「必ず守る」の割合が低い傾向を示している。

タイの3都市におけるアンケート調査結果よりオートバイライダーの安全意識の特徴をまとめると、

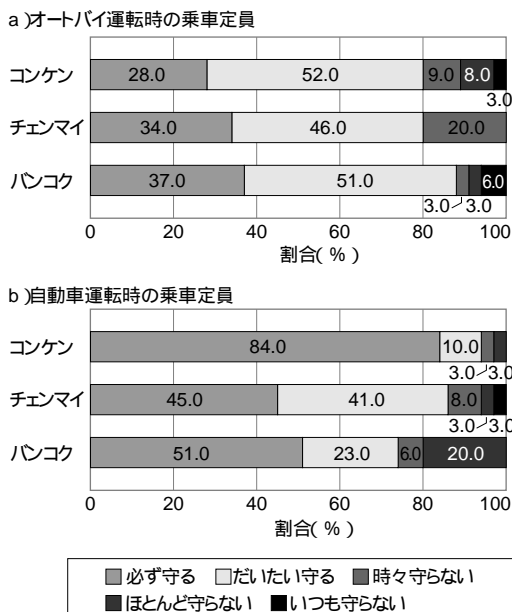


Fig. 5 アンケート結果(乗車定員の遵守)

約半数が免許取得可能年齢よりも低い年齢からオートバイを無免許運転した経験を有している。地方都市では、ヘルメットを常時着用している割合は10%と低く、乗車定員についても必ず守る割合が低い傾向を示した。

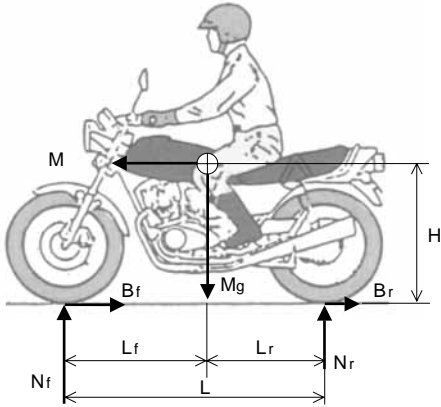
また、乗用車ドライバよりもオートバイライダーの安全運転意識が低い傾向を示した。これは、Fig.3に示すように運転開始年齢が乗用車に比べてオートバイの方が低い事が一要因と考えられる。

3. オートバイの運動特性からみた危険要因

オートバイの保有台数が急速に増加するベトナムならびタイについて、前述した現地調査による利用実態では、ヘルメット未装着や無免許運転などに加え、乗車定員超過の問題点が浮かび上がった。特に乗車定員超過については、オートバイの運動特性に悪影響を及ぼす可能性がある。ここでは、従来の研究では主として取り上げられていない乗車定員超過に対するオートバイの運動特性に着目し、その特徴を把握するとともに、安全運転指導法についても検討する。

3-1 乗車・積載状態による制動特性の違い

オートバイは、前後同一線上に配された二つの車輪で自立する構造となっており、一般的に言われる自動車の基本運動である「走る」「曲がる」「止まる」に加え「倒れる」という特徴を有する。



M : 車両および乗員・積載物の総質量 (kg)
 Nf r : 制動時の車輪荷重反力 (前・後輪) (N)
 L : ホイールベース (m)
 Lf r : 重心から車輪中心までの距離 (前・後輪) (m)
 H : 重心高さ (m)
 Bf r : 制動力 (前・後輪) (N)
 : 減速度 (m/s²)
 g : 重力加速度 (m/s²)

Fig. 6 制動中にオートバイに作用する力

特に、制動時に車輪がロックすると、後輪ロックでは尻ふりが発生し不安定な挙動を発生し、前輪ロックでは、直接転倒につながる事がある。物陰からの直前横断や障害物回避時など事故防止時の急制動は、これらの車輪ロックを発生せず、できるだけ短距離で安定して停止することが理想であり、オートバイでそれを実現するためには、前後2系統に分かれたブレーキ操作をバランスよく、適切に行う必要がある。

ここで、制動により発生する減速度を一定として、静力学の釣り合いとして前後ブレーキに必要な制動力を求める。

制動時のオートバイに作用する力をFig.6に示す。

前後の各車輪から発生可能な制動力 B_f 、 B_r は、次式で表される。

$$B_f = M \left(\frac{L_r}{L} + \frac{H}{g} \cdot \frac{1}{L} \right) \dots\dots\dots(1)$$

$$B_r = M \left(\frac{L_f}{L} - \frac{H}{g} \cdot \frac{1}{L} \right) \dots\dots\dots(2)$$

ただし、

M : 車両および乗員・積載物の総質量 (kg)
 L : ホイールベース (m)
 Lf, Lr : 重心から車輪中心までの距離 (前・後輪) (m)

Table 2 計算に用いた車両諸元

	1名乗車	2名乗車	3名乗車 (推定)
車両総質量 M (kg)	195	255	315
ホイールベース L (m)	1.33	1.33	1.33
重心 - 前車軸距離 Lf (m)	0.73	0.84	0.95
重心 - 後車軸距離 Lr (m)	0.60	0.49	0.38
重心高さ H (m)	0.72	0.77	0.81

注) 250ccオートバイタイプの諸元を元に、3名乗車値は現地映像より推定。

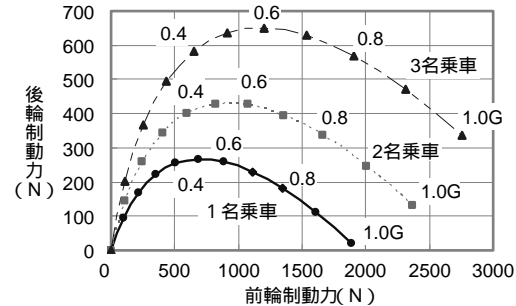


Fig. 7 オートバイの理想制動力配分

H : 重心高さ (m)
 Bf, Br : 制動力 (前・後輪) (N)
 : 減速度 (m/s²)
 g : 重力加速度 (m/s²)

各式の第2項目が制動により発生する後輪から前輪への荷重移動量となる。式より、重心高さHとホイールベースLにより荷重移動量が変化することがわかる。特に、オートバイは、乗用車に比べてライダーを含めた重心高さが高く、ホイールベースが短いため、大きな荷重移動が発生する。

ここで、ベトナムやタイでの過積載や定員超過乗車時について考察するためTable 2に示す諸元を用いて、前後輪の理想制動力配分を計算した。その結果をFig.7に示す。図中の数値は、減速度比 (G) を表す。減速度比は、制動による減速度を重力加速度との比率で無次元化したものであり、急制動であるほど大きな値となる。一般には、0.3Gは誰でも可能、0.5Gで緩い急制動で初心者も頑張ることができる範囲、0.8Gでは特別な訓練が必要な急制動といわれている。

理想制動力配分は、それぞれの車輪から制動力を最大限に発生させる配分であり、この曲線上であれば最大摩擦力に達した時に前後輪同時に車輪がロックする。この曲線よりも下の領域にある場合には前輪が先にロックし、上の領域にある場合には後輪が

先にロックするため、先に記述したように不安定な車両挙動を発生する。

Fig.7より、前輪制動力は減速度比の増加に伴い増加するが、後輪制動力は各乗車人数において減速度比0.5~0.6Gをピークに急速に減少する。この減少傾向は、制動による荷重移動により後輪接地荷重が減少するためであり、オートバイでは、ライダーが前後のブレーキへの操作量を調整して対応しなければならず、車輪ロック寸前の急制動はある程度の熟練が必要であることがわかる。特に3名乗車では、0.8G以上の高い減速度比では1名乗車に比べて必要な後輪制動力が3倍以上大きくなるため、後輪ブレーキ操作が重要となる。

ここでは、前述の制動特性の考察を検証するため、現地車両を用いて実走行実験を実施した。

実験は、交通総合試験路のアスファルト舗装路面（日本大学理工学部船橋校舎）で実施した。実験車両はFig.8に示すベトナム仕様（本田技研工業株、通称Future、排気量110cc）を用い、3名乗車姿勢を実現するため、計測機器は小型のセーフティレコーダ（データテック社製）を搭載した。運転は専門の訓練を受けたライダーにより実施し、乗車姿勢はパッセンジャー用ステップを2名で利用するなど現地調査結果を参考に再現を試みた（Fig.8囲み部分）。実験では安全上の観点から安全装備装着の成人をパッセンジャーとした。

実験結果について、初速度と制動距離の関係を示すとFig.9になる。図中の破線は、設定した初速度v (km/h)での直進走行からの制動で、一定減速度が発生するとして次示す運動エネルギーと仕事の関係より算出した減速度 (m/s²)と制動距離S (m)の関係を示したものである。

$$S = \frac{1}{2} \left(\frac{v}{3.6} \right)^2 \dots\dots\dots(3)$$

Fig.7に示した静力学の釣り合い計算では、複数乗車においても適切な前後制動力配分により1名乗車と同様の制動距離で停止可能であるが、実験では、同一初速度からの制動であっても、乗車人数の増加に伴い制動距離が増加し、平均減速度は減少傾向を示す。また、1名乗車と3名乗車との差異は初速度が高いほど顕著に現れた。

オートバイの制動動作には、個人差があるが、2名のライダー毎の結果を比較すると、専門の訓練を積んだライダーにおいてもFig.10に示す制動距離に



Fig. 8 乗車状況（3名乗車）

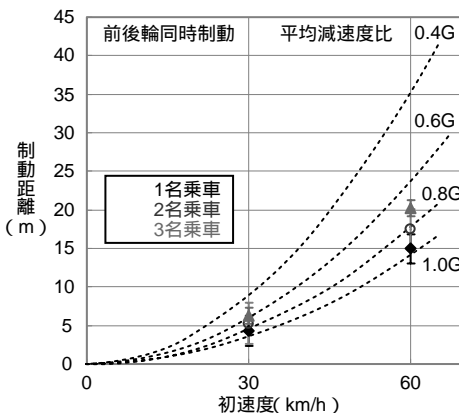


Fig. 9 初速度に対する制動距離（乗車人数別）

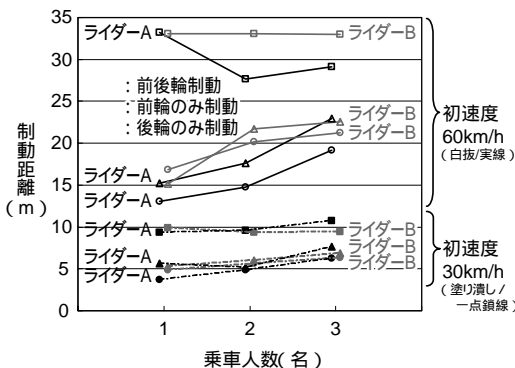


Fig. 10 乗車人数に対する制動距離（制動車輪別）

差異を生じる。特に、速度域が高い160km/hからの後輪ブレーキのみの制動では、2、3名の複数乗車での差が顕著である。ライダーのコメントからも理論的には分かっているが、実際には理想制動力を実現させる難しいことが伺える。特に複数乗車時の後輪ではFig.7で示したように接地荷重増加により理想制動力は全体として増加するが、目標減速度に対する理想制動力の増減が大きいため、ブレーキペダル操作でそれを実現するにはライダーの高い経験値

や訓練が必要となる。

3 - 2 乗車・積載状態による操舵特性の違い

オートバイ走行時、低速では主としてライダーが倒れる方向に積極的にハンドル操作することにより直立保持を行い、また、高速では車体が倒れ込むと自然にその方向に舵が切れ車体を引き起こすオートバイの前輪系の自己操舵特性と回転体のジャイロ効果により直立安定を実現している。

車線変更や危険回避時では、この直立安定状態を操舵をきっかけに一旦崩し、車両の倒れ込みを利用して進行方向を変化させる。この操舵特性が乗車人数によりどのように変化するかについて、3 - 1に前述した制動実験と同車種を用いパイロンスラロームを実施し比較した。パイロン間隔は乗車人数の違いによる操舵特性を比較するため、通常のスラローム試験よりも短い4 m間隔として実験を実施した。Fig.11に実験結果の時系列データ比較例ならびにFig.12にビデオ映像よりフレーム毎に分解抽出した

車両挙動の画像例を示す。

Fig.11より3名乗車では、1名乗車に比べ平均通過速度は14.5km/hから11.3km/hに低下し、また、車両の回頭性の指標となる横加速度ならびに方位角速度の最大値もそれぞれ低下が見られ、車両の操舵応答が緩慢になっている。Fig.8に示すように、3名乗車時では、最後部の3人目が後輪接地中心よりも後方に着座しているため、後輪タイヤが鉛直荷重の増加で大きく変形している。二輪車の曲線走行では、タイヤの回転面を倒すことで発生するキャンパスラストが旋回に必要な横力の大きな割合を占める¹⁶⁾。キャンパスラストは、接地面でのタイヤの横変位量で発生する力の値が変化するため、Fig.8に示すような大変形時では、適正乗車状態での常用域のタイヤ特性とは異なる性能を持つことが走行実験結果からも想像される。特に、走行実験のビデオ映像(Fig.12)では、その相違が操舵の大きさや車体のふらつき・応答遅れなど車両挙動に顕著に現れた。

3 - 3 発展途上国での安全運転教育検討事項

前項まで、乗車定員超過状態でのオートバイの制動特性と操舵特性について実車走行実験結果からその特徴を把握した。このように乗車定員超過や過積載の普遍化など各国の交通状況ならびにライダーの安全意識とオートバイの運動特性が相まって各国特有の交通安全問題点が発生している。

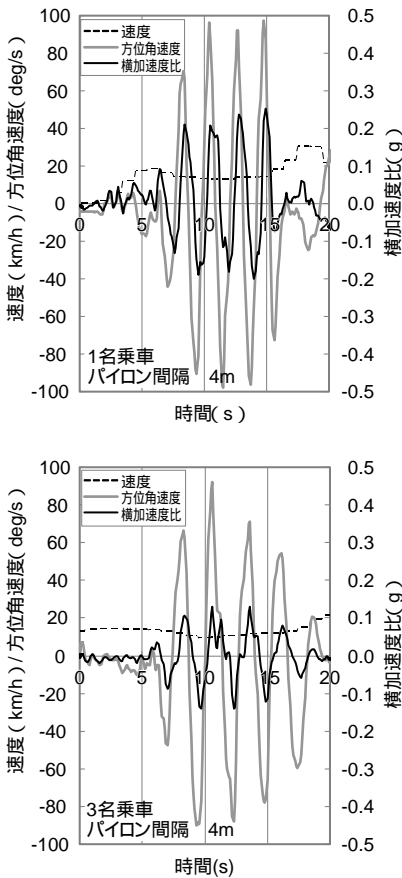


Fig. 11 乗車人数に対するスラローム時の挙動の違い



Fig. 12 乗車人数に対するスラローム時の挙動の違い (映像)

制動特性で述べたように、オートバイでは前後の制動力を適切に配分する必要があり、日本国内では前後の制動力配分比を考慮した連動ブレーキが開発され¹⁸⁾、搭載車が市販されている。しかし、調査したベトナムやタイでの普及には時間がかかると考えられる。このほか、実際の過積載や乗車定員超過状態では、不整地走行時などにサスペンションストローク不足が発生し、衝撃吸収性が低下、タイヤの過剰変形による運動特性の低下に加えてパンクの発生など、事故・故障の発生を誘発することが考えられる。また、パッセンジャーが横座りするなどの乗車姿勢では、急制動時の慣性により乗員が投げ出されることや重心位置の左右のずれにより車両の転倒も考えられる。

今後、ベトナムなどでオートバイや自動車の普及率が変化し、平均走行速度が上昇した場合には、現状の低速走行時と同程度の制動距離で停止しようとした場合、より高い減速度が必要となり、特別なトレーニングを積んでいない一般ライダーでは、Fig.10に示した能力差がより大きくなることは過去の研究¹⁹⁾より想像に難くない。安全運転教育のポイントとしては、ライダーに前後輪のブレーキ特性をよく周知させるとともに、過積載や乗車定員超過の運動特性の変化を教育・理解させることが有効である。

また、操舵特性に関しては、ベトナム調査時のハノイ市内は32km/h程度の速度でオートバイ群が走行している。過去の研究¹⁷⁾を当てはめると、この速度域は操舵が軽く、車間距離が比較的小くても危険回避などが可能である。今後の経済発展によって、タイにみられるようにオートバイの走行速度域が上昇する場合には、速度上昇により操舵力が増加するなど、危険回避時など車両の過渡応答に相違が発生する²⁰⁾。また、横座りのようなパッセンジャーの搭乗姿勢や積み荷の左右非対称性などにより、操舵力は大きく影響される。

したがって、交通事故の増加を防ぐには、適切な乗車・積載形態に加え、適切な車間距離の確保が一層重要になってくる。

ここに挙げた車両特性に関連する指導項目について、一般ライダーへの安全運転教育を実施する場合、すでに運転しているライダーは、少なからず自分の技術に自信を持っており、改めての一方的な乗り方の指導・訓練では、ライダーの意識改善は望めない。このような交通安全を検討する上で、特にポイント

となるのがライダー自身のイメージにあったもの、すなわち実走行場面に則したものである。直感的な乗り物であるという印象の強いオートバイにおいても、少しの減速度の違いによっても前後制動力配分が変化するなど工学的な裏付けの上で、視覚的に理解できるビデオ映像などビジュアル教材を用いることは、ライダー自身に理解する意識を持たせることに有効である。

日本国内においては、オートバイの免許取得可能年齢となる高校生対象に物理学を併用したビデオ教材などが製作され活用されている²¹⁾。取り上げた開発途上国は、免許所得前に運転を開始しているライダーが多い社会背景などから、国別の状況に応じたアレンジが必要と考えるが、本論で実施した実験のように現地で問題視されている乗車定員超過など車両挙動の違いを示す映像ならびにその挙動説明は、今後の開発途上国における安全教育教材資料の作成に寄与すると考える。

4. まとめ

本論では、アジアの中でもオートバイの急増により交通事故が社会問題になっているベトナムおよびタイに注目し、交通事故統計などが十分に整備されていないために明快になっていない交通事故ならびに交通安全問題について、現地視察およびアンケート調査を実施し現状を明らかにした。

また、現地仕様のオートバイを用いた走行実験により、日本国内では取り上げられていない乗車定員超過での制動時の危険点や操舵特性変化の特徴を明らかにし、併せて挙動の違いを映像資料として得た。この映像は、現地の安全運転教育資料を検討する上で貴重な資料である。

実際の運転では、ライダーとオートバイそして道路環境を含めたシステムとして検討する必要があり、特に、アンケート調査結果のヘルメット着用や乗車定員遵守などの安全意識をみると、ライダー教育は重要なファクタを占めるといえる。

ここで取り上げたアジア諸国の交通事情は、日本での1960年代から1970年代にかけてのオートバイの普及そして乗用車に転換する時代と似ており、当時の日本の車両の増加に伴う交通事故の多発とも類似点が伺える。日本では、1970年前後にオートバイ運転者教育の本格的な取り組みが始まり、二輪車の交通事故死者数の増加に歯止めをかけた。ベトナムなどでは、現在の二輪車の経済活動を支える利用形態

や気候的にも二輪車の利用範囲が広く、今後なお一層のオートバイの普及が予想され、免許取得方法や安全教育組織・施設などの整備とともに、地方都市まで広範囲に効果を得られる安全指導方法を構築することが急務である。

現地で開始されているメーカー販売店での講習などでは、リファレンスカードに絵などで表現することが一般的であることから、シミュレータなどの仮想危険体験とともに本論文で実施したような危険走行のデモンストレーション映像などを用いた安全指導は直感的に受け入れ易いと予想され、ここで取得した映像がビジュアル教材を検討する資料として有効利用できればと考える。

最後に、本論文でアンケート調査・整理および実車走行実験に協力して頂いた日本大学理工学部社会交通工学科福田研究室ならびに本田技術研究所朝霞研究所の皆様に謝辞申し上げます。

参考文献

- 1) E. Doring: Steering wobble in single tracked vehicles, A. T. Z. Vol. 58, No. 10, pp. 282-286, 1956
- 2) 近藤政市ほか「二輪車の安定性に関する理論的研究」『自動車技術』Vol. 17, pp. 8-18, 1963年
- 3) 傳啓泰「定常円旋回における二輪車の基本特性」『日本機械学会論文集』Vol. 31, pp. 1305-1314, 1965年
- 4) 近藤政市「二輪車の走行安定等を論ずる基礎運動方程式及びその自転車への1応用例」『日本機械学会講演』1948年
- 5) R. S. Sharp: The Stability and Control of Motorcycles, J. Mech. Engng. Sci., Vol. 13, pp. 316-329, 1971
- 6) 景山克三ほか「二輪車の前輪系の幾何学」『自動車技術』Vol. 18, No. 11, P. 846, 1964年
- 7) R. S. Sharp: The Influence of Frame Flexibility on the Lateral Stability of Motorcycles, J. of Mech. Engng. Sci., Vol. 16, No. 2, P. 117, 1978
- 8) 酒井秀男「二輪車タイヤのコーナリング特性」『自動車技術』Vol. 21, No. 11, P. 1115, 1967年
- 9) 青木章ほか「二輪車タイヤの操舵動特性」『自動車研究』第2巻、第6号、pp. 167-171, 1980年
- 10) I. Kageyama et al.: Human Factor in the Steering System of Two Wheeled Vehicles, Bulletin of JSME, Vol. 28, pp. 1233-1239, 1985
- 11) 片山硬ほか「ライダの振動特性の測定」『自動車技術会論文集』No. 35, pp. 147-153, 1987年
- 12) 青木章ほか「フレーム剛性が二輪車の直進安定性に及ぼす影響の解析」『日本機械学会論文集C編』Vol. 64, No. 625, pp. 3555-3562, 1998年
- 13) 今泉博英ほか「機構解析言語による二輪車 - ライダ系の運動特性に関する研究 - フレーム剛性、タイヤ特性がウィーブに与える影響」『自動車技術会論文集』Vol. 28, No. 3, pp. 131-136, 1997年
- 14) 『世界の二輪車概況』本田技研工業株式会社、2003年
- 15) 加藤幹夫「アジアの二輪車事情と使われ方」『MotorRing』No. 17, 自動車技術会、2003年
- 16) 『自動車工学 - 基礎』自動車技術会、pp. 147-152, 2002年
- 17) 関根太郎ほか「二輪車のスラローム運動の解析(第1報)」『自動車技術会講演前刷集』No. 5800, 2000年
- 18) 岡崎泰典ほか「スクータ用前後輪連動ブレーキシステムの開発」『自動車技術会学術講演会前刷集』No. 976, 1997年
- 19) 小林實ほか「原動機付き自転車の動特性」『科学警察研究所報告』29巻1号、1988年
- 20) 長江啓泰「高速走行時の二輪車の挙動」『高速道路と自動車』第28巻第7号、1985年
- 21) 『運転の科学 (VIDEOシリーズ)』学研、1993年