

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 25 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760392

研究課題名（和文） 安全性・効率性の向上にむけた二輪車四輪車混合交通の最適運用管理
方策に関する研究

研究課題名（英文） Managing mixed traffic flow for improving safety and efficiency

研究代表者

塩見 康博 (SHIOMI YASUHIRO)

京都大学大学院工学研究科・助教

研究者番号：40422993

研究成果の概要（和文）：

本研究では、二輪車・四輪車の混在した交通流を対象にその安全性・効率性を指標化、それらへの影響要因を定量的に把握した。その結果、安全性に関しては、二輪車・四輪車の走行空間の分離策が効果的である可能性が示された。効率性に関しては、車線区分線が不明瞭であり、車線の定義が曖昧な都市では車線区分線を明確化し、二輪車・四輪車の空間的分離を進めることが有効である一方、道路整備の進んだ都市では、二輪車・四輪車の空間的分離の効果は限定的であり、信号交差点において両者の青信号切替り時の発進タイミングをずらす時間的分離を図ることが、より有効である可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

Focusing on the traffic flow where motorcycles and passenger cars are mutually mixed, this study developed the indices for the safety and efficiency of the mixed traffic flow. Based on the indices, the influential factors on safety and efficiency was analyzed. As a result, it was revealed that segregating motorcycles from passenger cars spatially might be effective to improve the safety of the mixed traffic flow. In terms of the efficiency, it was effective to segregate motorcycles from passenger cars by making the motorcycles exclusive lane in developing countries where road infrastructure was not in good condition and traffic was rather chaotic, while in developed countries the advantage of the space segregation policy was limited. Rather, it was revealed that the time segregation policy, where motorcycles were temporally segregated from passenger cars by varying the timing of green light at signalized intersections, could be more efficient.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 22 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
平成 23 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：交通工学，交通計画

科研費の分科・細目：土木工学，土木計画学・交通工学

キーワード：混合交通，二輪車，東南アジア，コンフリクト分析，交通容量

1. 研究開始当初の背景

東南アジアの各都市では都市内交通手段

として二輪車，とりわけオートバイが主要な役割を果たしており，必要不可欠な交通モー

ドとなっている。例えば、公共交通手段の整備が遅れているプノンペンやハノイでは、購入費・維持費ともに安価なオートバイが主要な交通手段として用いられている他、経済成長著しく、地下鉄や新交通システムの整備が進むバンコクや台北においても、機動性に優れたオートバイが都市交通手段として広く利用されている。

その一方、現状では、欧米諸国に端を発する主として四輪車を対象とした道路運用が各都市に適用されており、二輪車の混在を考慮した道路運用・交通管制がなされているとは言い難い。すなわち、道路運用手法が前提としている交通状況と、現実の交通状況に大きな乖離が生じている。その結果、ピーク時には多くの交差点で交通麻痺状態に陥るなどその交通効率性は著しく低い。また、例えばベトナムでは人口1万人当りの交通事故死亡者数が1.5人を越える(2007年実績値。日本では約0.5人未満)など、二輪車・四輪車混合交通流下での交通安全性の低下が深刻な社会問題となっている。そのため、交通流における二輪車の割合が高い都市において安全性・効率性の高い都市道路交通システムを樹立するためには、混合交通流下での各車両挙動特性を考慮した交通運用策が必要であると考えられる。

近年では上述の状況改善に向け、二輪車と四輪車の空間的・時間的分離施策が提案され、実際に台湾や中国などで二輪車専用車線の整備が進められている。また、それによる事故件数の低減や飽和交通流率の改善など安全面・効率面での効果についての報告もなされている。しかしながら、そういった混合交通に関する施策の導入基準は全世界的に明確化されておらず、不適切な二輪車専用車線の設置が四輪車側の交通容量を低下させ、全体として都市交通ネットワークの効率性の低下に繋がっていることも指摘されている。また、二輪車専用車線の整備によって二輪車交通流の走行速度が過度に上昇すると、結果として交通事故の深刻化を招くことも懸念される。すなわち、各施策のメリット・デメリットを定量的に把握した上で、各都市、各道路区間の交通状況に応じた最適な交通施策を導入することが強く求められている。

2. 研究の目的

本研究では、二輪車・四輪車からなる混合交通流を対象に、安全性・円滑性を示す指標を提案し、それらに影響を与える要因を定量的に把握することを目的とする。具体的には以下2点について取り組む。

(1) 混合交通流に対するコンフリクト分析

二輪車が主となる交通流に対し、交通安全性を確保するための施策を検討する前段として、交通流の安全性を評価する指標を構築

する。さらに、それを用いて安全性に影響を与える要因を特定することを目的とする。

(2) 交通効率性の解析

本研究では交通効率性は対象地点の断面交通容量によって規定されると考える。その上で、二輪車を多く含む混合交通流に対し、最適な交差点運用・管理方策を見いだすことを目的とした。具体的には以下の点について明らかとする。

① モータリゼーションの進展した都市、及びモータリゼーションが進展中の都市における飽和交通流率を比較し、その都市間比較を行う。

② 二輪車専用車線や二輪車用信号待ちエリアなどの存在を考慮した信号交差点交通容量を算出するモデル式を構築し、交通状況別に各種施策評価を行う。

3. 研究の方法

(1) 混合交通流に対するコンフリクト分析

① 研究アプローチ

従来、交通流の安全性を評価するため、潜在的な事故危険性を定量化する手法が提案されている。しかしながら、この種の手法は四輪車による交通流を対象としており、自由度の高い挙動を示す二輪車が多く混在した状況には適さない。そこで、二輪車の走行特性を加味した安全性評価指標を提案し、ビデオ画像から抽出した走行軌跡データに基づき、その妥当性を検証する。

また、得られた安全性評価指標値を時間・空間的に集計すると共に、その瞬間の交通状況を数値化し、両者の相関関係を重回帰モデルにより把握する。

② 安全性評価指標の概要

二輪車が転倒しないよう力学的な安定性を保ちながら走行すると考えると、その加減速性能と力学的安定性を制約条件として、ある一定時間後に到達可能なエリアが制限される。このエリアをポテンシャルエリア(PA)と定義する。PAは四輪車に対しても同様に定義される。当該車両と周辺車両のポテンシャルエリアが重複する場合、少なからず接触する可能性があると考え、当該車両のポテンシャルエリアに対し、周辺車両と重複していないポテンシャルエリアの割合を安全性評価指標(PPSA)と定義した。

③ 分析に用いるデータの概要

ベトナムのハノイ市において、ビデオカメラによる交通流調査を行った。調査対象地点は、1) 二輪車が多く混入していること、2) デジタルビデオカメラの設置が可能なこと、3) バス停など交通流を妨げる施設が上下流の近隣に存在しないことを条件に選定し、Kim MaSt. - Nguyen Chi Thanh St.交差点(図1参照)を対象に、2009年9月29日(火)9時~11時にかけて交通流調査を行った。

分析には、青信号開始から終了までの 40 秒間に画像内に出現した二輪車の前輪接地点、及び四輪車の車頭左端点・車尾左端点の画面上の座標を 0.25 秒間隔で取得した車両走行軌跡データを用いた。取得した座標は射影変換により画面座標系から現地平面座標系へと変換し、さらに座標取得の際の誤差を修正するため、平滑化スプラインによる近似を行い、二輪車 314 台、四輪車 70 台の走行軌跡データを抽出した。



図1 Kim MaSt. - Nguyen Chi Thanh St.交差点調査対象アプローチ

(2) 交通効率性の解析

① 研究アプローチ

飽和交通流率とは、交差点流入部に充分長い待ち車両行列があるとき、信号が青に変わってから 2~3 台目以後の車が停止線を通る流率として定義され、通常は乗用車台数 (Passenger Car Unit) によって表現される。この際、大型車やオートバイは乗用車換算係数によって表現され、特に信号交差点ではオートバイ 1 台は乗用車 0.33 台分として計数される。しかしながら、オートバイの乗用車換算係数はオートバイの混入度合い等によって異なることが想定される。一方、オートバイが主をなす交通流を対象とし、オートバイ混入率の高い交通流を対象に、乗用車や大型車をオートバイ台数に換算する MCU (Motorcycle Equivalent Unit) を用いて表現する手法も提案されている。しかし、PCU、及び MCU による表現が適するオートバイ混入率の範囲などはこれまでに明確にされていない他、各種換算係数の設定によって評価値が大きく異なるといった課題が指摘される。

そこで、本研究ではオートバイ混入状況の異なる複数の都市での飽和交通流を比較することを念頭に置き、単純に飽和交通流に含まれる単位時間当たりの乗用車通過台数、及びオートバイ通過台数のベクトル値により飽和交通流率を評価する。こうすることで、同一程度のオートバイ混入率に対しては、飽和交通流率ベクトル長により交通流の効率性を比較・評価することが可能となる。

② 分析に用いるデータの概要

混合交通流の飽和交通流率を計測するにあたり、1) 対象アプローチの幅員が 9m 程度

(3 車線相当) であること、2) 十分な交通需要があり、飽和交通流が観測可能かつ過飽和、先詰まりのないこと、3) バス停など交通流を妨げる施設が上下流の近隣に存在しないことを条件に信号交差点を選定し、バンコク・台北・ハノイ・プノンペンの 4 都市 5 交差点において交通流調査を実施した。

具体的には、バンコクでは 2003 年 9 月 16 日の 7 時~9 時、11 時~13 時、15 時~18 時の計 7 時間にわたり、Rama I Rd - Phaya Thai Rd 交差点東アプローチ (図 2 参照. 以降、Bangkok と表記) を対象に、台北では 2009 年 3 月 18 日 16 時 30 分~17 時 30 分に承德路-敦煌路交差点北アプローチ (図 3 参照. 以降、Taipei1 と表記)、及び 2009 年 3 月 19 日 8 時~9 時に信義路-基隆路交差点南アプローチ (図 4 参照. 以降、Taipei2 と表記) を対象に、ハノイでは 2009 年 9 月 29 日 9 時~11 時に Kim Ma St. - Nguyen Chi Thanh St. 交差点西アプローチ (図 5 参照. 以降、Hanoi と表記) を対象に、プノンペンでは 2003 年 8 時~9 時に Blvd. Mao Tse Toung and Blvd. Preach Norodom 交差点東アプローチ (図 6 参照. 以降、Phnom Penh と表記) にて、ビデオ撮影による交通流調査を行った。ただし、Taipei1 の交差点ではオートバイ専用車線が設けられており、オートバイと乗用車は空間的に分離されている。他の交差点ではオートバイ用の車線は設けられておらず、オートバイと乗用車は混在して走行する環境にある。また、Taipei2 と Bangkok ではオートバイ用信号待ちエリアが設置されているが、前者は停止線下流側に滞留可能であるのに対し、後者は停止線上流側に滞留する形態となっている。



図2 Rama I Rd - Phaya Thai Rd 交差点東アプローチ



図3 承德路-敦煌路交差点北アプローチ



図 4 信義路-基隆路交差点南アプローチ



図 5 Kim Ma St.- Nguyen Chi Thanh St. 交差点西アプローチ



図 6 Blvd. Mao Tse Toung and Blvd. Preach Norodom 交差点東アプローチ

対象とした都市の内、バンコク・台北は車線区分線が明確に示されているなど、道路整備がなされている一方、ハノイ・プノンペンでは、十分な道路整備がなされておらず、車線区分線が明確ではない。本研究では、そのような都市特性による飽和交通流率の差異に着眼する。

4. 研究成果

(1) 混合交通流に対するコンフリクト分析

①提案指標の妥当性検証

図 7 は、ある二輪車が四輪車後方に接近し、急旋回を強いられる状況の PPSA の経時的変化を表したものである。これより状況に応じて PPSA 値が大きく変化していることがわかる。計算によって求めた PA の図とそれに対応した実際の事象の画像を比較することで、提案した指標の妥当性を視覚的に確認する。青信号開始時から 12.5 秒、13.25 秒、14 秒における実画像と PA の図を比較したものを図 8 に示す。左側が実画像、右側が各車両の PA の図を表し、図 8 中の丸で囲んだ車両は図 7

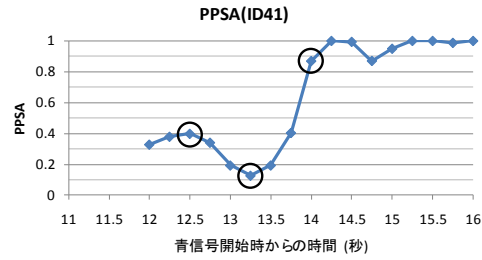
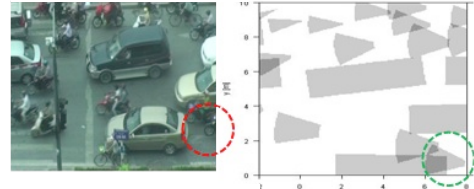


図 7 PPSA の時間変化

青信号開始から12.5秒



青信号開始から13.25秒



青信号開始から14秒

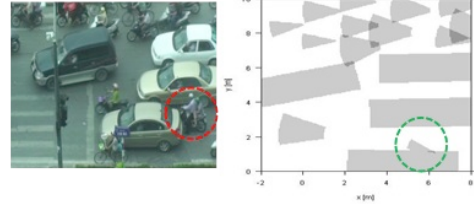


図 8 実画像とポテンシャルエリアの関係

で対象とした二輪車を示している。12.5 秒時は減速を始めた時点であり、対象二輪車と前方四輪車間には少し間隔がある。このとき安全性指標値 PPSA の値は 0.40 という低い値を示している。13.25 秒時では対象二輪車と四輪車との間隔がほぼなく極めて危険な状況であると言える。このときの PPSA 値は 0.13 と 12.5 秒時よりさらに低い値を示している。14 秒時は前方四輪車に対し減速しつつ右手に避走し終えた段階で危険を回避した状況と言える。このとき対象二輪車の速度は低く、PA の値自体が小さいため、PPSA が 0.87 と高くなっているものと考えられる。このように本指標では、刻一刻と変化する交通状況においても、機動性の高い二輪車の走行挙動特性を考慮して安全性を評価することが可能である。

②PPSA への影響要因の把握

オートバイ密度、乗用車混入ダミー、オートバイのばらつき係数を説明変数、対象エリア内での最小の PPSA 値をオートバイの PPSA 値を被説明変数とした重回帰分析を行った。その結果を表 1 に示す。

これより、重回帰モデルは十分な説明力を持つこと、そして、最小 PPSA 値に対して、交通密度、乗用車混入ダミー、オートバイのばらつき係数共に有意に影響を与えることが確認された。特に、オートバイ密度が高くなるほど、そして同程度の密度であっても、乗用車混入することにより、オートバイの安全性が低下する傾向にあるといえる。これは、乗用車が混在することにより、その物理的な占有面積以上にオートバイの走行スペースを制限していること、さらに乗用車に近い位置を走行するオートバイは、乗用車との接触の危険性があることに起因すると考えられる。

すなわち、この結果を解釈すると、オートバイと四輪車の分離施策が交通安全性の改善にも寄与する可能性が示唆される。

表 1 安全性指標に関する重回帰分析

	重回帰分析		
	重相関係数 R^2	調整済み R^2	
	0.56	0.56	
	自由度	F値	
回帰	3	137.7 *	
残差	336		
合計	339		
	非標準化係数	標準誤差	t
定数	1.03	0.02	45.29 *
オートバイ交通密度	-2.33	0.14	-16.80 *
乗用車混入ダミー	-0.03	0.02	-1.99 **
オートバイのばらつき係数	0.03	0.01	2.32 **

* p<0.01, **p<0.05

(2) 交通効率性の解析

① 飽和交通流率の都市間比較

都市毎の飽和状態の交通流中に含まれるオートバイ台数、及び乗用車台数の関係を図 9 に示す。これより、全体的な傾向としてオートバイ台数が増加するにつれて乗用車台数は減減する傾向にあることがわかる。一方、オートバイ台数が 10 台から 30 台程度の範囲に着目すると、台北・バンコクでは乗用車台数は 12 台以上の範囲に多く分布しているのに対し、ハノイ・プノンペンでは 8 台以下の範囲に分布し、同一のオートバイ台数に対しても混入可能な乗用車台数が極めて少ないことが読み取れる。すなわち、台北・バンコクとハノイ・プノンペンでは飽和交通流特性が大きく異なり、ハノイ・プノンペンでは効率性が著しく低いことが伺える。この理由として、後者の都市では車線区分線が不明瞭であるために車線の定義が明確ではなく、二輪車・四輪車共に走行位置のばらつきが大きく、結果として交通流率の低下を招いていることが指摘される。

次に、オートバイ専用車線が設置されている Taipei1 の交差点に着目すると、極めて狭い範囲にプロットが分布していることがわかる。これは、オートバイと乗用車が空間的に分離されているため、両車線が同時に飽和

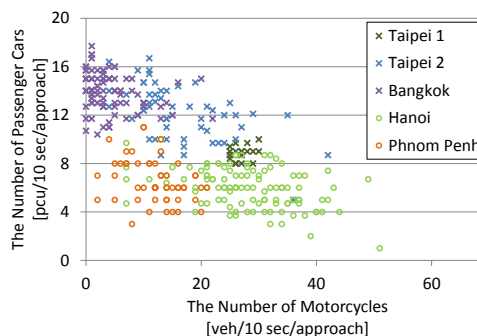


図 9 飽和交通流率の都市間比較

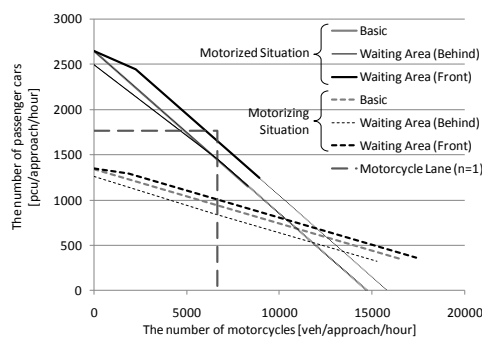


図 10 交差点容量に関するモデル分析

状態にある状況のみが示されていることによる。

② 交通容量算定モデルによる比較分析

オートバイを主眼に置いた施策を考慮した上で、交差点運用形態を 1) 通常の運用 (Basic), 2) オートバイ信号待ちエリアを停止線下流側に設置 (Waiting Area (Behind)), 3) オートバイ信号待ちエリアを停止線下流側に設置 (Waiting Area (Front)), 4) オートバイ専用車線の設置 (Motorcycle Lane) の 4 つに分類し、それぞれにおける対象アプローチの交通容量を推定するモデルを構築した。

このモデルを用い、モータリゼーションが進展した都市 (Motorized Situation), そしてモータリゼーションが進展中の都市 (Motorizing Situation) を対象として、各施策を導入した際の交通容量とオートバイ混入率との関係を図 10 に示す。ただし、オートバイ専用車線を設置する場合、車線区分線が明示され各車線の定義も明確化されると仮定した。

これより、モータリゼーションの進展された都市では、オートバイ車線を導入することの効果は限定的であり、今後、オートバイ以上に乗用車が普及することを考慮すると、信号交差点にてオートバイの滞留スペースを停止線下流側に設置し、青開始時発進タイミングを四輪車と分離する施策が有効であることが伺える。その一方で、モータリゼーションが進展中の都市では、オートバイの混入率が高い範囲においては、オートバイ車線の導入が最も効果的であることが読み取れる。

こういった都市では、四輪車台数の増加は見込まれるものの、オートバイ利用も継続されると考えられ、オートバイ混入率も高い水準に維持されることが想定される。この点を念頭におくと、オートバイと四輪車を分離し、かつ車線区分を明瞭化することが、交通効率性の改善に大きく寄与すると考えられる。

(3) 研究成果の総括

東南アジアの多くの都市では依然、都市交通手段に占めるオートバイ分担率は高く、安全性・効率性の観点から交通施設の管理・運用方策を検討する必要に迫られている。本研究の成果は、各都市の状況を鑑みた上で適切な施策導入を進めるための基礎的な知見を与えるものであり、実務的な有用性も少なくない。

現時点では、局所的な安全性・効率性の解析、および施策評価にとどまっており、今後は信号制御の系統化やオートバイ車線のネットワーク化を考慮し、面的な最適化を進める方策について検討する必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

1. Yasuhiro Shiomi and Hiroaki Nishiuchi: Evaluation of Spatial Motorcycle Segregation at Isolated Signalized Intersections Considering Traffic Flow Conditions. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. Vol. 9, pp.1644-1659, 2011. (査読有)

2. Teruaki Hanamori, Yasuhiro Shiomi and Nobuhiro Uno: Conflict Analysis for Traffic Flow Dominated by Motorcycles Based on Video Image Data, The proceedings of the 15th HKSTS international conference, pp.791-798, 2010. (査読有)

3. 花守輝明, 塩見康博, 宇野伸宏: 二輪車挙動特性を考慮した混合交通流の安全性評価指標の構築, 第 30 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.61-64, 2010. (査読有)

[学会発表] (計 6 件)

1. Yasuhiro Shiomi and Hiroaki Nishiuchi: Evaluation of Spatial Motorcycle Segregation at Isolated Signalized Intersections Considering Traffic Flow Conditions. The 9th Eastern Asia Society for Transportation Studies Conference. Jeju. 2011 年 6 月 21 日.

2. 塩見康博, 西内裕晶: 二輪車・四輪車混合交通流を対象とした飽和交通流率の都市間比較, 大阪交通科学研究会研究発表会. 大阪市立大学梅田サテライト (大阪), 2010 年 12 月 7 日.

3. Teruaki Hanamori, Yasuhiro Shiomi and Nobuhiro Uno: Conflict Analysis for Traffic Flow Dominated by Motorcycles Based on Video Image Data. The 15th HKSTS international conference. Hong Kong. 2010 年 12 月 12 日.

4. 花守輝明, 塩見康博, 宇野伸宏: 二輪車挙動特性を考慮した混合交通流の安全性評価指標の構築, 第 30 回交通工学研究発表会, 砂防会館 (東京), 2010 年 9 月 21 日.

5. 花守輝明, 塩見康博, 宇野伸宏: 二輪車・四輪車混合交通流を対象とした安全性・効率性指標の構築, 第 65 回土木学会年次学術講演会, 北海道大学 (札幌), 2010 年 9 月 1 日.

6. 花守輝明, 塩見康博, 宇野伸宏: “画像データを用いた二輪車・四輪車混合交通流の安全性評価指標の構築”. 土木学会関西支部. 京都大学 (京都). 2010 年 5 月 22 日.

[図書] (計 0 件)

該当なし

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

該当なし

○取得状況 (計 0 件)

該当なし

[その他]

ホームページ等

該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

塩見 康博 (SHIOMI YASUHIRO)

京都大学大学院工学研究科・助教

研究者番号: 40422993

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

宇野 伸宏 (UNO NOBUHIRO)

京都大学経営管理大学院・准教授

西内 裕晶 (NISHIUCHI HIROAKI)

日本大学理工学部・助教

花守 輝明 (HANAMORI TERUAKI)

京都大学大学院工学研究科・修士課程学生