

「画像処理による交通量計測手法」についての インドネシア公共事業省道路研究所との共同研究

関谷浩孝* 上坂克巳** 橋本浩良*** 高宮 進****

1. はじめに

インドネシアでは、経済成長に伴う可処分所得の増加により、特に自動二輪車（排気量125ccクラス帯）の保有台数が急増している（図-1）。こういった車両の増加ペースに道路整備が追いついておらず、慢性的な混雑が深刻な問題となっている。混雑解消を図るための効果的な施策を立案・実施できるよう、まず交通量を確実に計測し、道路交通の実態を把握することが必要である。

同国では幹線道路上の主要計測ポイント16箇所において、地中に埋設した「ループコイル」及び「圧電センサー」を併用したシステム（以下「LPS」という。）を用いて交通量計測を行っている（図-2）。しかし、この計測方法には課題がある。1つは、耐久性の課題である。熱帯気候のため舗装が劣化しやすいことや違法な過積載車両の影響で計測機器が損傷することが多く、継続的に交通量を計測することができない。もう1つは計測精度の課題である。LPSでは、走行速度が16km/h以下の車両を計測できない。また複数の自動二輪車が計測機器上を同時に走行すると、これらを誤って1台の車両としてカウントしてしまうことがある（図-3）。

日本では近年、既存のCCTVを活用した「画像処理による交通量計測（以下「IPT」という）」が、一部の地方整備局で行われるようになった。四輪車を対象にした精度検証の結果、CCTVの設置状況によるものの、IPTの誤認率は10%以内となることが確認されている。しかし、インドネシアのように自動二輪車が大半を占める交通を計測する場合、どの程度の精度を確保できるか不明であった。

そこで、インドネシア公共事業省道路研究所（IRE）と国総研との共同連携覚書（2009年締結）に基づく共同研究として、2010年に「画像処理による交通量計測手法」のインドネシアでの適用可能性を検証することを目的とした研究を開始した。本稿では、共同研究を通じてこれまでに得られた主な

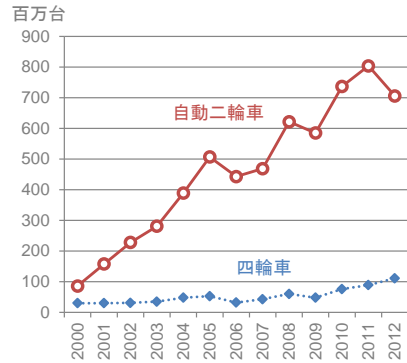


図-1 車両保有台数 (インドネシア)
出典：一般社団法人日本自動車工業会



図-2 インドネシアにおける交通量計測

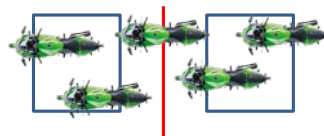


図-3 LPSの誤計測の例



図-4 画像処理による交通量計測

知見を紹介する。

2. 画像処理による交通量計測

画像処理による交通量計測とは、車道上空または路側から撮影した走行車両の映像を画像処理技術で解析処理することにより、交通量を計測するものである（図-4）。

本研究で使用した計測機器では、上條ら²⁾によって開発された時空間MRFモデル^{*}の画像処理技術が用いられている。このモデルは、物体の移動状況に基づき、物体の端部境界を特定することができる。これにより、映像上で複数の移動体が重なった場合でも、個々の車両として認識することが可能である。また、映像上での移動体の面積（図-4のピクセル

Application of the traffic volume measurement using image processing technology to Indonesia

*土木用語解説：時空間MRFモデル

数) から車種を判別することができる。本研究では、四輪車と自動二輪車を区分するための閾値を設定し、二車種区分で交通量計測を行った。

3. 分析と結果

3.1 IPTの計測精度

2011年には複数の交通状況におけるIPTの計測精度を算定し、精度に影響を与える要因を分析した。

3.1.1 現地調査

インドネシア・バンドン市の幹線道路（片側日交通量1.5～2.0万台）において、図-5に示すようにカメラを歩道橋上に設置し、異なる交通状況（「非混雑時/混雑時」及び「昼間/夜間のヘッドライト点灯時」）で走行車両を撮影した。カメラは表-1に示す仕様のもを用いた。撮影した映像をIPTで解析することにより交通量を計測した。

3.1.2 誤認率の比較（昼間vs.夜間）

図-6は、昼間及び夜間における誤認率（ともに非混雑時）を比較したものである。誤認率は、式(1)により算定した。夜間の値は昼間より大きくなっているものの、昼夜ともに四輪車及び自動二輪車の誤認率は10%を下回った。

$$\text{誤認率} = \frac{|V_M - V_{IPT}|}{V_M} \quad \text{式(1)}$$

V_{IPT} : IPTで計測した交通量

V_M : 映像から目視で計測した交通量

3.1.3 誤認率の比較（非混雑時vs.混雑時）

誤認率を非混雑時及び混雑時（ともに昼間）とで比較した（図-7）。非混雑時の値は、四輪車、自動二輪車ともに10%を下回った。混雑時の値は非混雑時より大きくなり、特に自動二輪車では11.2ポイント増加して18.2%となった。これは、混雑すると車間距離が小さくなり映像上で車両が重なる機会が増したためである。なお、夜間の混雑時の誤認率（四輪車4.1%、自動二輪車18.6%）は、昼間の混雑時の値と大きく変わらなかった。

3.1.4 交通状況と誤認率との関係

数量化Ⅰ類を用いて、交通状況と誤認率との関係を分析した。誤認率を従属変数、時間帯（昼間/夜間）及び混雑状況（非混雑時/混雑時）を説明変数とした。四輪車は、決定係数（ $R^2 = 0.1796$ ）が小さく、交通状況と誤認率との関連を示すことができなかった。

表-1 CCTVカメラ仕様

撮影素子	CCTVタイプ1/3"
水平解像度	420TVL
ガンマ補正	0.45
シャッター S.	1/50-1/100,000
最小照度	0.4Lux

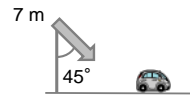


図-5 カメラ設置状況

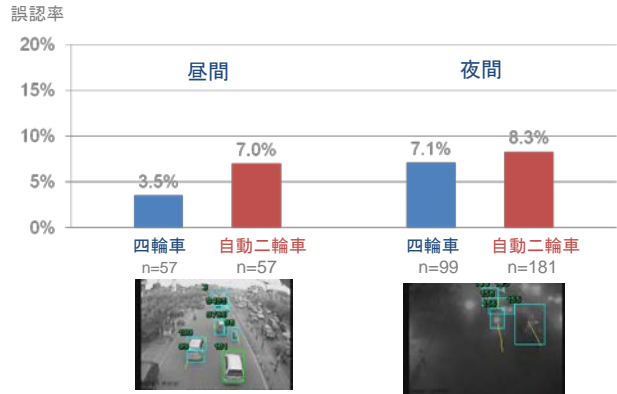


図-6 誤認率の比較（昼間vs.夜間）

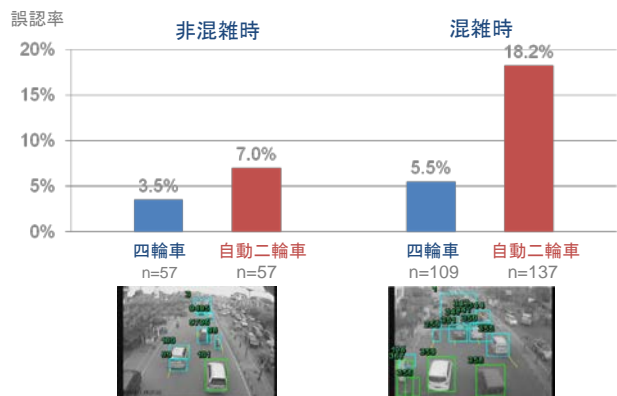


図-7 誤認率の比較（非混雑時vs.混雑時）

表-2 数量化Ⅰ類による分析結果（自動二輪車）

説明変数	カテゴリ	スコア	レンジ	偏相関係数	t-値	片側P-値
時間帯	昼間	-0.00395	0.00789	0.9422	2.813	0.1087
	夜間	0.00395				
混雑状況	非混雑	-0.05375	0.10750	0.9996	38.32	0.0083
	混雑	0.05375				

$R^2 = 0.9993$

自動二輪車では決定係数（ $R^2 = 0.9993$ ）及び偏相関係数（時間帯：0.9422、混雑状況：0.9996）は十分大きい（表-2）。レンジを見ると、「混雑状況」の値（0.10750）は、「時間帯」の値（0.00789）より大きい。これにより、混雑状況は、時間帯より誤認率に与える影響が大きいことが示された。また、誤認率は混雑時に非混雑時より10.8ポイント大きくなる。

3.2 最適なカメラ設置条件

3.1節に示した2011年の分析では、カメラの設置条件を固定（高さ7m、角度45度）し、複数の交通状況におけるIPTの計測精度を比較した。

2012年は、誤認率を最小にする最適なカメラの設置方法についての知見を得ることを目的に、交通状況を固定（昼間、非混雑時）し、複数のカメラ設置条件（高さ及び角度）で撮影した映像の計測精度を比較した。

3.2.1 現地調査

インドネシア・バンドン市の幹線道路において、図-8に示すように複数のカメラ設置条件で走行車両を撮影した。カメラは中央帯及び路側の照明灯ポールに設置し、画面手前から奥に走行する車両を対象にIPTを用いて交通量計測を行った。

A)異なる高さ、角度固定（鉛直から70度）



B)異なる角度、高さ固定（路面から8m）

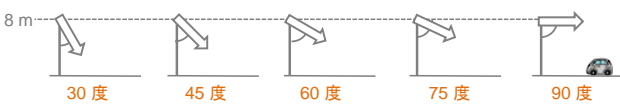


図-8 カメラの設置条件

3.2.2 カメラの設置高さとの関係

図-9に示すとおり、カメラを鉛直から70度の角度に固定したまま設置位置を高くする（5m→6m→8m）と誤認率は小さくなった。これは、高い位置から撮影することで、映像上の車両の移動距離（以下「解析距離」という。）（図-9の写真中⇄）が長くなり、計測機器が移動体を個々の車両として正しく認識する機会が増したためである。

3.2.3 カメラの設置角度との関係

図-10に示すとおり、カメラの角度を水平から鉛直方向に向ける（90→75→60度）と誤認率が小さくなり、60度で最小となった（四輪車：0%、自動二輪車：3.1%）。これは、鉛直に近い方向から撮影すると、映像上での車両の重なりが小さくなるためである。カメラ角度を、60度を超えてさらに鉛直方向に向ける（60→45→30度）と誤認率は大きくなった。これは、解析距離（図-10の写真中⇄）が短くなったことによる。この際、車両の重なりが小さくなるというプラスの効果がある。

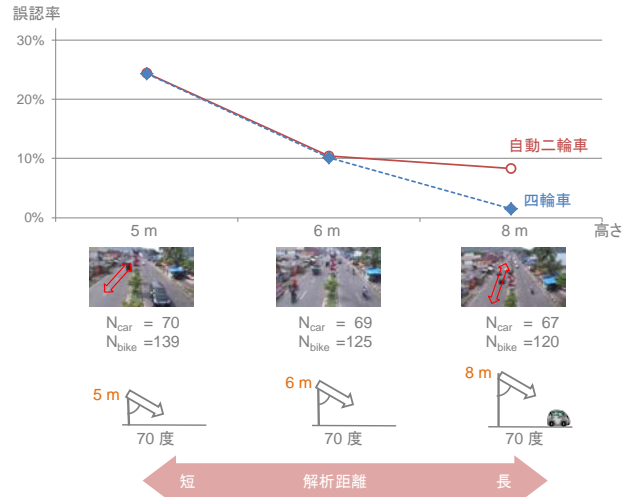


図-9 カメラの設置高さとの関係

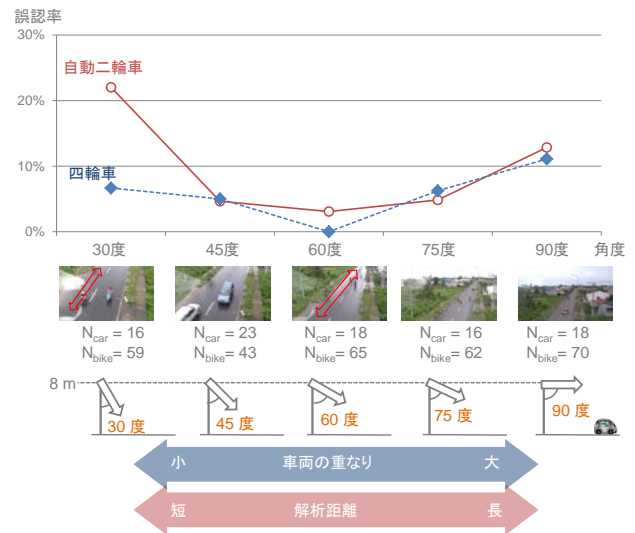


図-10 カメラの設置角度との関係

しかし、この効果よりも解析距離が短くなるマイナスの効果の方が大きかったため、結果として誤認率が増加したものと考える。

4. 考察

●車種別の交通量計測方法

IPTの計測精度を車種別に比較すると、四輪車のほうが自動二輪車より高い精度で計測できている（3.1.3節参照）。

これは、四輪車と自動二輪車との挙動や車体の大きさの差という本質的な要因以外に、車種判別の方法が大きな要因になっている。例えば、画面上で四輪車1台と自動二輪車1台が重なると、計測機器はこれらを「計1台」として誤って計測することがある。この際、「計1台」は四輪車として計測される。なぜなら、移動体の大きさ（四輪車と自動二輪

車を重ねた画各の縦×横のピクセル数)が閾値を越えた場合に四輪車、そうでない場合に自動二輪車と車種判別を行っているためである(2章参照)。つまり、四輪車は正しく1台として計測され、自動二輪車は0台と誤って計測されることになる。

今後、車種判別の方法や車種別の誤認率の算定方法を改良する必要がある。例えば、移動体の横の長さが四輪車の幅(2.5m相当)より明らかに大きい場合は異常値と判定する方法が考えられる。

●最適なカメラ設置条件

3.2.3節では、鉛直から60度の方向から撮影するとIPTの誤認率が最小になることを示した。しかし、これは昼間の非混雑時にカメラ高さを8mに設定するという条件で得られた値である。カメラを8mより高く設置したり、混雑時に計測したりする場合、最適なカメラ角度は60度とは異なると考える。また、カメラの性能によっても最適な設置条件は異なる。例えば、広角レンズを備えたカメラを使用する場合、解析距離をより長く確保できるため、最適な設置条件は本研究で用いたカメラ(表-1)を使用する場合と異なる。

今後、夜間や混雑時等、あるいは異なる性能のカメラで撮影を行う場合についても、誤認率を最小にするカメラ設置条件について分析を行う予定である。

●誤認率の比較方法

3.2節で示した現地調査では、1つのカメラで異なる時間帯の走行車両を撮影した。このため、各映像は、昼間の非混雑時という条件は共通しているものの、車両が重なる回数が異なっていたり、四輪車と自動二輪車の走行割合が異なっていたりする。つまり、図-9及び図-10で示した「カメラの設置条件と誤認率との関係」の分析結果は、「交通状況の相違」の影響を受けていた可能性がある。

今後の調査では、複数のカメラを異なる角度に設置し、同一時間帯の映像を取得する予定である。これにより、「交通状況の相違」の影響を除いてカメラ設置条件の検討を行うことが可能になる。

5. まとめ

インドネシア・バンドン市の幹線道路において、複数の交通状況及びカメラ設置条件で走行車両を撮影・解析することにより、IPTの計測精度及び最適なカメラ設置条件に関し次の知見を得た。

- ・IPTの誤認率は、混雑時に19%程度となることがあるものの、昼夜ともに非混雑時には10%未満となる。
- ・カメラの設置位置を高くすると解析距離が長くなり、誤認率は小さくなる(8mまで)。
- ・ある条件(カメラ高さ8m、昼間、非混雑時)では、鉛直から60度にカメラを設置すると誤認率は最小になる。

2013年は、夜間や混雑時における最適なカメラ設置条件に関する知見を得ることを目的とした分析を行う。具体的には、複数の交通状況における走行車両を、異なる角度に設置した5つのカメラを用いて同時に撮影することにより計測精度を算定する。この際、LPSによる計測も同時に行い、LPSとIPTとの差の分析や、両計測機器を併用した交通量計測の実現可能性についても検討を行う予定である。

参考文献

- 1) Hiroataka SEKIYA, Handiyana ARIEPHIN, Katsumi UESAKA, Pantja OETOJO, Hiroyoshi HASHIMOTO: Traffic Volume Survey Using Image Processing Technology (IPT) in Indonesia, Proceedings of 14th REAAA Conference, 2013.
- 2) 上條俊介、坂内正夫：時空間MRFモデルに基づく車両と歩行者の統一的トラッキング、情報処理学会CVIM論文誌第10号、Vol.45、No.13、pp.54～63、2004.

関谷浩孝*



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路研究部道
路研究室 主任研究官
Hiroataka SEKIYA

上坂克巳**



国土交通省中部地方整備
局道路部長、博(工)
Dr. Katsumi UESAKA

橋本浩良***



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路研究部道
路研究室 研究官
Hiroyoshi HASHIMOTO

高宮 進****



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路研究部道
路研究室長、博士(学術)
Dr. Susumu TAKAMIYA