

プノンペン市内における 交通信号機導入が混合交通に 与える影響に関する事例研究

今井 一登¹・吉田 長裕²

¹学生会員 大阪市立大学 大学院工学研究科 (〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3-138)

E-mail:m18td004@ty.osaka-cu.ac.jp

²正会員 大阪市立大学准教授 大学院工学研究科 (〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3-138)

E-mail:yoshida@eng.osaka-cu.ac.jp

近年、自動二輪車の普及が急速に進んでいる。それに加えて、信号機などの交通インフラが十分に整備されていないため、交通事故や渋滞の発生が問題となっている。これらの問題を解決するため、国際協力機構(JICA)はカンボジア・プノンペン市において信号機の更新・新規導入を進めている。しかし、その効果はまだ明らかになっていない。そこで、信号機の更新・導入による効果を評価することを本研究の目的とする。

Key Words : Saturation Flow Rate, Motorcycle Unit, headway time, ratio of vehicle

1. はじめに

(1) 背景

近年、東南アジア諸国では、四輪車と比較して安価であることや機動性に優れていること、公共交通機関が十分に整備されていないことなどから、自動二輪車の急速な普及が起こっている。特にカンボジアの首都プノンペンでは、交通に関わる諸制度やインフラが十分に整っていない中で、二輪車が交通手段として利用されている。それにより、二輪車、四輪車、トゥクトゥクと呼ばれる三輪車が無秩序に混在した混合交通となっている。また、2016年には125cc以下の二輪車免許が不要となった。このように様々な交通安全上の懸念がある中で、国際協力機構(JICA)は、2017年よりプノンペン市内の交差点100カ所で信号機の更新・導入を進めている状況にある。

(2) 目的

JICAにより、信号機の更新・導入は進められているが、その効果については未だ明らかになっていない。また、先進国などのように四輪車が主な交通手段となっていて交通流の大部分を占めるような状況とは異なり、動きの自由度が高い二輪車が多く混在している状況では、信号機更新・導入効果の評価方法についても工夫をしなければならない。そこで本研究では、このような状況下において交差点への信号機更新・導入が混合交通に与える影響と課題について、事前事後の比較により明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

対象とする交差点は、プノンペン市内の同一幹線道路にある図 1 のような 3 つの四差路交差点である。交差点近傍の建物上階にビデオカメラを設置して、交差点を撮影した。撮影日時は、事前が A,B,C それぞれ 2016 年の 4/27、4/28、5/4、事後は全ての交差点で 2017 年の 8/17 で、時間帯は夕方のピーク 1 時間である。

(1) 分析対象流入路の概要

各交差点の信号現示と車線の変更内容を表 1 に示す。3ヶ所の交差点 A,B,C のうち、A は信号機の新規導入、B は信号現示の変更、C は信号現示の時間のみの変更である。ここで、信号現示の時間の変化は流率には影響がないため、交差点 B は各方向の青現示の組み合わせに変更があったため現示の変化があったものとするが、交差点 C は現示の時間のみの変更のため、信号機に変化がなかったものとする。いずれの交差点も、1 流入路の直進車線を分析対象とする。

(2) 観測および解析対象

飽和交通流率の変化を信号機更新・導入の前後で比較することで、更新・導入の効果を評価する。飽和交通流率とは、有効青時間中、十分長い待ち行列の車列ができており、停止線を通過しうる最大の交通流率のことで、車頭時間、混入率、車両換算台数等から求められる。動画から求めた車頭時間を用いて二輪車換算台数 MCU(MotorCycle Unit)を算出し、MCU と混入率、車頭時間を用いて飽和交通流率を求めた。先進国の場合は、一般的に四輪車を 1 として他の車種が四輪車何台分に相当するかを表す乗用車換算台数 PCU(Passenger Car Unit)を用いるが、今回の場合は二輪車が交通流の多くを占めているので、二輪車を基準とした二輪車換算台数 MCU(MotorCycle Unit)を用いることとした。また、全ての車両は時速 20km で走行しており、車両の長さは二輪が 2m、トゥクトゥクが 3m、四輪が 4.5m であると仮定する。

交通流が飽和している状態を考慮したため、サイクル初めの 3 台と、車頭時間が 5 秒以上開いた場合の車両は解析対象から除く。これら解析対象の台数は、表 2 に示す。

(3) 平均車頭時間の算定

各交差点の信号機更新・導入前後それぞれの動画をもとに、各車両が停止線を通過した時間を記録し、車頭時間を求める。そして、MCU を計算するために、走行する車両とその後ろの車両の車種の組み合わせ別に、車頭時間を用いて車間距離の平均を計算する。

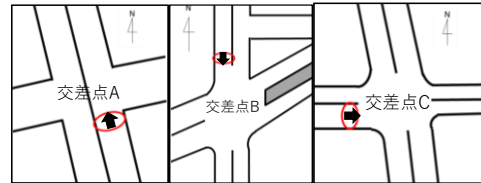


図 1 交差点図

表 1 対象流入路の信号現示と車線幅員構成

交差点・(流入路)	事前	事後																																																																																				
A (南)	 (信号機なし)	 <table border="1"> <tr><td>階梯</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>秒</td><td>65</td><td>3</td><td>32</td></tr> <tr><td>左折</td><td></td><td>~~~~~</td><td></td></tr> <tr><td>直進</td><td></td><td>~~~~~</td><td></td></tr> <tr><td>右折</td><td></td><td>~~~~~</td><td></td></tr> </table>	階梯	1	2	3	秒	65	3	32	左折		~~~~~		直進		~~~~~		右折		~~~~~																																																																	
	階梯	1	2	3																																																																																		
秒	65	3	32																																																																																			
左折		~~~~~																																																																																				
直進		~~~~~																																																																																				
右折		~~~~~																																																																																				
B (北)	 <table border="1"> <tr><td>階梯</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>秒</td><td>60</td><td>3</td><td>2</td><td>26</td><td>3</td><td>63</td></tr> <tr><td>左折</td><td></td><td></td><td></td><td>~~~~~</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>直進</td><td></td><td>~~~~~</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>右折</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	階梯	1	2	3	4	5	6	秒	60	3	2	26	3	63	左折				~~~~~			直進		~~~~~					右折							 <table border="1"> <tr><td>階梯</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>秒</td><td>20</td><td>3</td><td>29</td><td>3</td><td>124</td></tr> <tr><td>左折</td><td></td><td>~~~~~</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>直進</td><td></td><td></td><td>~~~~~</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>右折</td><td></td><td></td><td></td><td>~~~~~</td><td></td></tr> </table>	階梯	1	2	3	4	5	秒	20	3	29	3	124	左折		~~~~~				直進			~~~~~			右折				~~~~~																				
	階梯	1	2	3	4	5	6																																																																															
秒	60	3	2	26	3	63																																																																																
左折				~~~~~																																																																																		
直進		~~~~~																																																																																				
右折																																																																																						
階梯	1	2	3	4	5																																																																																	
秒	20	3	29	3	124																																																																																	
左折		~~~~~																																																																																				
直進			~~~~~																																																																																			
右折				~~~~~																																																																																		
C (西)	 <table border="1"> <tr><td>階梯</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>秒(前)</td><td>44</td><td>3</td><td>2</td><td>34</td><td>3</td><td>84</td></tr> <tr><td>秒(後)</td><td>40</td><td>3</td><td>2</td><td>20</td><td>3</td><td>80</td></tr> <tr><td>左折</td><td></td><td></td><td></td><td>~~~~~</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>直進</td><td></td><td>~~~~~</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>右折</td><td></td><td>~~~~~</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	階梯	1	2	3	4	5	6	秒(前)	44	3	2	34	3	84	秒(後)	40	3	2	20	3	80	左折				~~~~~			直進		~~~~~					右折		~~~~~					 <table border="1"> <tr><td>階梯</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>秒(前)</td><td>44</td><td>3</td><td>2</td><td>34</td><td>3</td><td>84</td></tr> <tr><td>秒(後)</td><td>40</td><td>3</td><td>2</td><td>20</td><td>3</td><td>80</td></tr> <tr><td>左折</td><td></td><td></td><td></td><td>~~~~~</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>直進</td><td></td><td>~~~~~</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>右折</td><td></td><td>~~~~~</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	階梯	1	2	3	4	5	6	秒(前)	44	3	2	34	3	84	秒(後)	40	3	2	20	3	80	左折				~~~~~			直進		~~~~~					右折		~~~~~				
	階梯	1	2	3	4	5	6																																																																															
秒(前)	44	3	2	34	3	84																																																																																
秒(後)	40	3	2	20	3	80																																																																																
左折				~~~~~																																																																																		
直進		~~~~~																																																																																				
右折		~~~~~																																																																																				
階梯	1	2	3	4	5	6																																																																																
秒(前)	44	3	2	34	3	84																																																																																
秒(後)	40	3	2	20	3	80																																																																																
左折				~~~~~																																																																																		
直進		~~~~~																																																																																				
右折		~~~~~																																																																																				

表 2 解析対象台数 (台)

		二輪車	トゥクトゥク	四輪車	その他
A	事前	223	35	33	1
	事後	274	43	186	7
B	事前	185	13	173	6
	事後	146	21	233	6
C	事前	127	21	104	2
	事後	200	32	114	1

(4) MCU の算定

二輪車換算台数 MCU(MotorCycle Unit)は、Partha SAHA らの研究¹⁾を参考に算出する。走行する車両とその後ろの車両の、車種の組み合わせ別の平均車間距離などをもとに求められる。今回、各車種の MCU の値は各交差点で求めた値を、事前・事後でそれぞれ平均して用いる事とする。

(5) 飽和交通流率の算定

飽和交通流率は、Hyunh Duc Nguyen らの研究²⁾を参考に算出する。交通流が二輪車のみで構成されていると仮定した場合の流率を、二輪車間の車頭時間から計算する。その値に各車種の混入率、MCU を考慮した係数 f_{veh} をかけることで求める。

$$S = S_0 \times f_{veh} \quad \dots \textcircled{1}$$

(S : 飽和交通流率, S_0 : 二輪車のみ流率)

$$f_{veh} = \frac{100}{100 + P_{car} \times (M_{car} - 1) + P_{tuktuk} \times (M_{tuktuk} - 1)}$$

(P : 混入率, M : MCU の値) $\dots \textcircled{2}$

3. 解析結果

(1) 1 時間あたりの捌け交通量

各交差点の事前・事後で、対象車線の青 1 時間あたりに換算した捌け交通量を比較した。これを図 2 に示す。事前は、交差点 C の捌け交通量が小さいが、事後は交差点ごとの差が小さくなっている。

(2) MCU の変化

事前・事後における各車種の MCU の全交差点平均値の変化は、

トゥクトゥク 2.01→1.97

四輪車 2.94→3.30

となった。これをもとに、二輪車の PCU の値（四輪車を基準の 1 とした乗用車換算台数）を求めて、先進国で用いられる一般的な二輪車の PCU の値との違いがあるか検討する。先進国では一般的に、二輪車の PCU は約 0.3 とされる。二輪車の MCU の値 1 を四輪車の MCU で割って求めた二輪車の PCU は、

事前 : 0.34、事後 : 0.30

となった。従って、一般的に先進国で用いられる値とあまり差はみられない。

(3) 飽和交通流率の変化

対象流入直進車線の飽和交通流率を事前・事後で比較したところ、表 3 に示すようになった。いずれの交差点でも減少する結果となった。減少率をみると、交差点 A が最も大きく、B,C は似た値となっている。

(4) 事前・事後の車頭時間の有意差

各交差点において、車種別に事前・事後で車頭時間に有意差があるかを確認する。結果は表 4 に示す。交差点 C の四輪車の車頭時間以外は、有意差はみられなかった。これより、信号機更新・導入は車頭時間には影響を及ぼさないと考えられる。

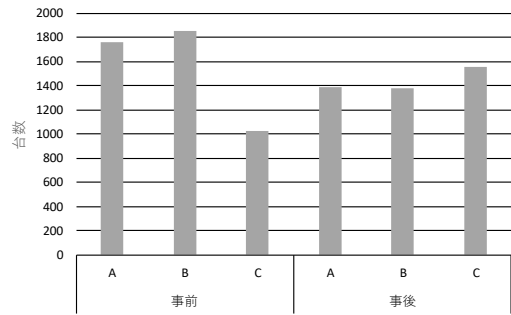


図 2 青 1 時間あたりの捌け交通量 (台)

表 3 各交差点の飽和交通流率 (台 (MCU)/h)

交差点	事前	事後	増減(率)
A	2136	1364	-772(-36%)
B	2375	1981	-393(-17%)
C	1802	1471	-330(-18%)

表 4 事前・事後の車頭時間の有意差の有無

	二輪車間	トゥクトゥク間	四輪車間
A	×	×	—
B	×	—	×
C	×	×	○

表 5 S_0 の交差点別比較 (台/h)

交差点	事前	事後
A	2769	2628
B	4615	4737
C	3396	2727

※ - “は標本数が少ないため解析不可

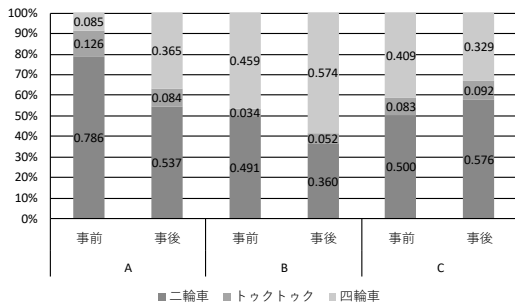


図 3 解析車両の車種構成

表 6 交差点毎の二輪車の車頭時間の有意差の有無

	A,B	B,C	C,A
事前	○	○	×
事後	○	○	×

(5) 車種構成の変化

各交差点の車種構成の違いをみてる。各交差点において、解析した車両の車種構成を図 3 に示す。

ここで、交差点毎の車種構成の違いによる飽和交通流率への影響をなくすために、車種構成が同じと仮定して飽和交通流率を求める。車種構成が同じであると、②式の P の値が同じになる。M の値はもともと 3 交差点とも同じ値で計算しているため、②式は同じ値となる。従って、飽和交通流率の違いは二輪車の場合の流率 S_0 の違いと等しくなる。 S_0 は各交差点の事前・事後で表 5 のようになる。車種構成を同じにしても、流率 S_0 は交差点毎に異なる値を示している。

(6) 二輪車間の車頭時間の交差点別有意差

(5) より、車種構成を同じにしても流率は交差点毎に異なることが分かった。そこで、二輪車間の車頭時間に交差点の違いによる有意な差があるかを t 検定で

検定すると、表 6 のように事前・事後ともに A と B、B と C にはあり、A と C にはないという結果がでた。

4. まとめ

いずれの交差点も、飽和交通流率は減少した。また、交差点 C の四輪車間以外、事前・事後の車頭時間の有意差はないという結果から、信号機更新・導入の影響は車頭時間に影響を与えていないことが分かった。車種構成の条件を 3 交差点で等しくして流率を求めてもなお交差点毎に差がみられたため、二輪車間の車頭時間の差の有意性を検定したところ、事前・事後ともに A と C に有意差はなかった。

5. 今後の課題

表 5 において、各車種の車頭時間の事前・事後比較は、交差点 C の四輪車間のみ有意差がみられたため、その要因を明らかにする。また、表 6 において、交差点 A と C の二輪車間の車頭時間に有意性がない要因についても、分析する必要がある。

参考文献

- 1) Partha SAHA, H.M.Iqbal MAHMUD, DR.Quazi Sazzad HOSSAIN, MD.Zahurul ISLAM,(2009), 'Passenger Car Equivalent (PCE) Of Through Vehicles At Signalized Intersections In Dhaka Metropolitan City, Bangladesh', IATSS Research Volume 33, Issue 2, Pages 99-104.
- 2) Hyunh Duc Nguyen(2016) ,'Saturation Flow Rate Analysis at Signalized Intersections for Mixed Traffic Conditions in Motorcycle Dependent Cities', Transportation Research Procedia Volume 15, Pages 694-708.
- 3) 塩見康博(2011), 「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」 (2018 ???? 受付)

A Case study about the impact of traffic signal installation on mixed traffic conditions in Phnom Penh

Kazuto IMAI and Nagahiro YOSHIDA

In recent years, motorcycles become rapidly widespread in Southeast Asian countries. In addition, traffic accidents and congestion occur frequently because of lack of traffic infrastructures such as signals. Therefore, JICA has been installing traffic signals in Cambodia Phnom Penh to solve these problems. However, the impact of installation is not clear yet, so the objective of this study is evaluating the impact of traffic signal installation.