

降雨が交通現象に与える影響に関する研究

A Study on Influence to the Traffic Phenomenon by Rain

指導教授 安井 一彦

M0006 落合 崇

1. はじめに

一般的に気象条件は、車両挙動や歩行者挙動に様々な影響を及ぼしていると考えられる。気象条件の中でも取り分け「降雨」と「非降雨」では車両挙動や歩行者挙動が異なると考えられる。また、「降雨の日は道路が混雑する」と言われていることより、「降雨」により交通需要が増加する、または飽和交通流率が減少することで、道路が渋滞すると考えられる。しかし、「降雨」が一般街路において車両挙動等にどのような影響を与えているのかについての研究はほとんどなされていなかったが、ここ数年調査を行ってきた。

そこで本研究では、一般街路において気象条件や道路条件・交通条件が車両挙動等にどのような影響を与えているのかについて実調査より分析すると共に、既存研究と本研究の調査結果を総括して新たな知見を導出する。そして、調査結果を基に降雨時と非降雨時において飽和交通流率が減少した際の遅れ時間について推計することを目的とする。

2. 既存研究のまとめ

大谷¹⁾は、首都高速道路において、降雨により交通需要は約4%低下、交通容量は約6~10%低下した事を示している。安井ら²⁾は、乾燥状態・湿潤状態の路面状態において車両挙動の比較を行い、走行速度の低下、飽和交通流率の低下、追突事故の増加などを示しており、天候に感応した信号制御は必要であると示している。

3. 研究の流れ

実際の一般街路における交差点において、気象条件や道路条件・交通条件における車両挙動等の比較を行い、車両挙動等の中でも特に影響を受けていると考えられる「飽和交通流率」に着目し分析する。そして、既存研究と本研究の調査結果を総括し、各種条件より気象条件別の車両挙動についての新たな知見を導出する。また、調査結果よりシミュレーションを用いて非降雨の信号制御パラメータで降雨時において飽和交通流率が減少した場合の遅れ時間について推計する。図-1に研究の流れを示す。

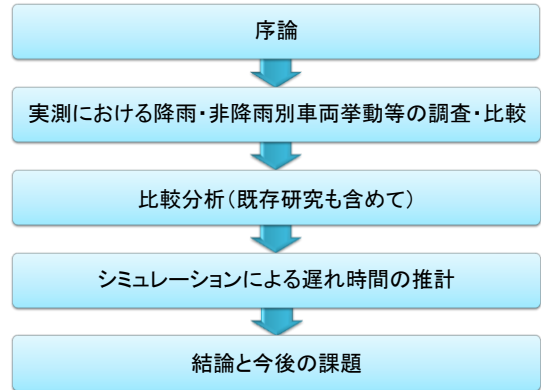


図-1 研究の流れ

4. 調査対象交差点・降雨データの詳細

(1) 調査対象交差点の選定

一般街路の交差点において気象条件や道路条件・交通条件が車両挙動等にどのような影響を与えているのかについて調査を行った。既存研究では行われていない以下の3つを選定条件として取り上げた。

- ① 左折専用車線（横断歩道あり）がある交差点
- ② 左折専用車線（横断歩道なし）がある交差点
- ③ 勾配がある交差点

以上より、①船橋駅北口十字路交差点（千葉県船橋市）②免許センター交差点（千葉県千葉市）③村上交差点（千葉県八千代市／交差点名を村上と呼称する。）を調査対象交差点とした。表-1に調査対象交差点の調査日時を示し、図-2に各交差点の現況図を示す。

表-1 調査日時・降雨量

調査地点	非降雨		降雨		降雨量(mm/時)		
	調査日・調査時間	調査日・調査時間	調査日・調査時間	調査日・調査時間	前半1時間	後半1時間	計2時間
船橋駅北口十字路交差点 (船橋)	平成23年6月30日(木)	12:00~14:00	平成23年9月21日(木)	12:00~14:00	1.5	8.0	9.5
	平成23年6月30日(木)	17:00~18:00	平成23年6月30日(木)	16:00~17:00	0.5	0.5	1.0
	平成23年9月1日(木)	7:00~9:00	平成23年10月22日(木)	7:00~9:00	2.0	0.0	2.0
村上交差点 (村上)	平成23年8月5日(金)	12:00~14:00	平成23年10月5日(木)	12:00~14:00	5.0	5.5	10.5
	平成23年8月5日(金)	16:00~18:00	平成23年11月19日(木)	16:00~18:00	5.0	7.5	12.5
免許センター交差点 (幕張)	平成23年11月4日(金)	7:00~9:00	平成23年11月11日(金)	7:00~9:00	0.4	0.4	0.8
	平成23年10月21日(金)	12:00~14:00	平成23年10月21日(金)	12:00~14:00	3.0	2.5	5.5
	平成23年10月21日(金)	16:00~18:00	平成23年10月21日(金)	16:00~18:00	3.0	0.5	3.5

データ6様一

調査は朝・昼・夕の時間帯で行った。また、調査時間は各時間帯で2時間行い、「前半1時間」、「後半1時間」、「計2時間」に分け、それぞれについて分析した。

本稿では、船橋駅北口十字路交差点の夕の時間帯の結果のみを示す。

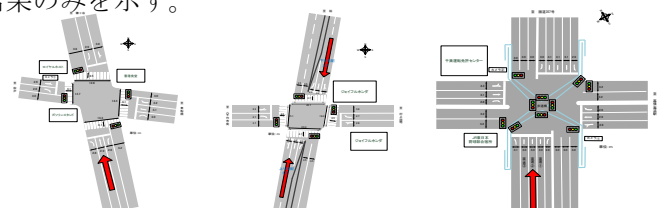


図-2 現況図 (左：船橋、中央：村上、右：幕張)

(2) 降雨データ

調査における降雨時の降雨量データは、気象庁が提供している AMeDAS データ³⁾の 10 分間降雨量を 1 時間集計した数値を用いる。

5. 気象条件別車両挙動等の比較

降雨により、車両挙動等がどのような影響を受けているのかを把握するため、実際に交差点で調査を行い、気象条件別で比較を行った。また、交通条件にも着目し、左折車が歩行者の有無によって受ける影響についても分析を行った。

調査項目は、交通量（車両・歩行者等）、飽和交通流率、歩行速度・自転車走行速度、発進損失、車種別車頭時間である。本稿では、交通量（車両）・飽和交通流率・左折車と歩行者の有無の関係について示す。また、夕の時間帯における降雨時の降雨量は 1.0 (mm/計 2 時間) であった。

(1) 交通量（車両）

表-2 に気象条件別の交通量を示す。

表-2 交通量 (台/計 2 時間)

気象条件	車線	右折車線	直進車線	左折専用車線	合計
降雨		362 (23)	682 (26)	408 (11)	1,452
	大型車混入率 (%)	6.4	3.8	2.7	
非降雨		389 (20)	708 (36)	454 (9)	1,551
	大型車混入率 (%)	5.1	5.1	2.0	
増減率 (%)		-6.9	-3.7	-10.1	

降雨により、全車線において降雨時では約 4% から約 10% 減少していることが分かる。

(2) 飽和交通流率

表-3 に各車線別の飽和交通流率を示す。飽和交通流率は小型車—小型車の車頭時間を平均し、3,600 で割り算出した。ただし、右折車線に関しては、算出が困難なため本研究の調査項目から除外している。

今回の飽和交通流率の算出に関して、調査時間の計 2 時間を「前半 1 時間」、「後半 1 時間」、「計 2 時間」に分け、各々算出した。また、左折専用車線における飽和交通流率を算出する際、停止線だけでなく、歩行者の影響を受けることから横断歩道でも算出した。

表-3 飽和交通流率 (PCU/青 1 時間)

	平均車頭時間 (秒)	飽和交通流率 (PCU/青 1 時間)			増減率 (%)	降雨量 (mm/時)		
		前半 1 時間	後半 1 時間	計 2 時間		前半 1 時間	後半 1 時間	計 2 時間
直進車線	降雨	235	1,538	1,525	1,532	-3.8	0.5	0.5
	非降雨	226	1,800	1,588	1,593			
左折専用車線	停止線	4.53	803	791	795	+5.0	0.5	1.0
	降雨	4.75	707	697	757			
	非降雨	3.98	867	920	905			
	横断歩道	3.61	952	955	998			

※ 2 時間分の平均

各車線別で比較すると、左折専用車線においては、停止線で算出した場合では降雨時で約 5% 増加し、横断歩道で算出した場合では降雨時で約 9% 減少した。

直進車線では降雨時で約 4% 減少する結果となった。また、前半 1 時間と後半 1 時間で比較すると、直進車線では約 4~5% 減少したが、左折専用車線で約 14% 増加した。

(3) 横断歩行者と飽和交通流率の関係について

左折専用車線において、停止線で算出した場合の飽和交通流率が歩行者の影響を大きく受けていることがわかった。そこで、停止線で算出した飽和交通流率と横断歩行者の関係について分析を行った。図-3 に停止線で算出した際の各サイクルにおける飽和交通流率と横断歩行者数との関係を示す。

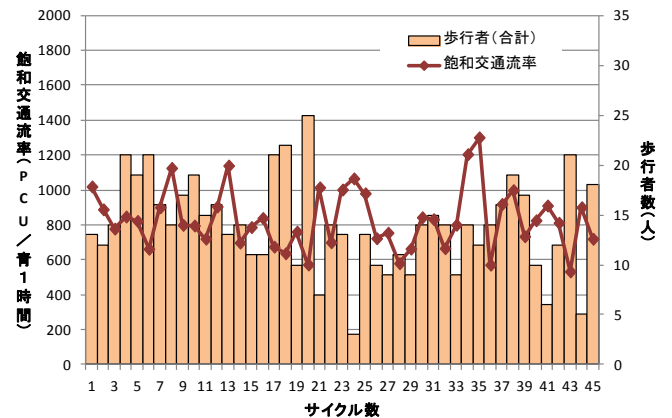
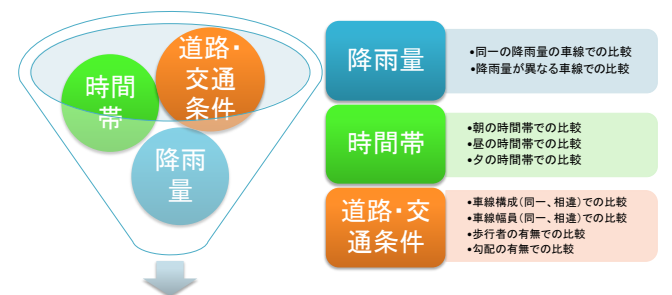


図-3 横断歩行者と飽和交通流率の関係図

歩行者数が多いサイクルでは飽和交通流率が減少し、歩行者数が少ないサイクルでは、飽和交通流率は増加する結果となった。これより、歩行者数によって飽和交通流率が増減することがわかった。

6. 比較分析

既存研究^{4) 5)}における調査結果と本研究における調査結果を総括し、比較分析を行うことで気象条件別の車両挙動についての新たな知見を得る。特に車両挙動の中でも影響を受けた「飽和交通流率」を取り上げて比較分析する。図-4 に比較分析による知見把握の流れを示す。比較対象とした各種条件を表-4 に示す。本稿では、直進車線の比較分析について示す。



気象条件別車両挙動の新たな知見把握

図-4 比較分析による新たな知見の導出

表-4 比較対象とする各種条件

調査実施年度	歩行者の有無	車線構成	降雨量 (mm/時)					車線幅員/車線				
			右折	直進	直進・左折	左折専用	左折専用	直進	左折	左折専用	左折専用	
平成21年度	歩行者交通あり	片側3車線	5.5	3.0	3.1	2.6	-	-	-	-	-	-
		(右折車線、直進車線、直進・左折車線)	3.0	3.0	3.0	3.0	-	-	-	-	-	-
		(右折車線、直進車線、直進・左折車線)	0.5	3.0	3.0	3.0	-	-	-	-	-	-
		片側3車線	1.0	3.1	3.3	3.6	-	-	-	-	-	-
		(右折車線、直進車線、直進・左折車線)	3.5	3.0	2.3	3.1	3.1	-	-	-	-	-
平成22年度	歩行者交通あり	片側3車線	3.0	2.3	3.1	3.1	-	-	-	-	-	
		(右折車線、直進車線、直進・左折車線)	5.5	3.0	3.1	2.6	-	-	-	-	-	
		片側3車線	11.5	3.8	3.8	3.8	-	-	-	-	-	
		(右折車線、直進車線、直進・左折車線)	1.5	8.0	2.8	2.9	-	2.8	-	-	-	
		(右折車線、直進車線、左折専用車線)	0.5	0.5	2.0	0.4	5.0	5.5	2.9	3.2	3.2	-
平成23年度	歩行者交通あり	片側3車線	5.0	5.5	2.9	3.2	3.2	-	-	-	-	
		(右折車線、直進車線、直進・左折車線)	5.0	7.5	0.4	0.4	3.0	2.5	2.8	3.0	3.1	
		片側3車線	0.4	0.4	3.0	2.5	2.8	3.0	-	-	-	
		(右折車線、直進車線、直進・左折車線)	3.0	0.5	3.0	0.5	3.0	0.5	-	-	-	
		(右折車線、直進車線、左折専用車線)	3.0	0.5	3.0	0.5	3.0	0.5	-	-	-	

(1) 道路条件・交通条件での比較分析

1) 車線構成での比較分析

道路条件において、車線構成に着目し、同一の車線構成である交差点を取り上げ、各車線における気象条件別の飽和交通流率の変動について比較分析を行った。表-5に直進車線における飽和交通流率の変動表、表-6に直進・左折車線における飽和交通流率の変動表、表-7に左折専用車線における飽和交通流率の変動表を示す。

表-5 直進車線における飽和交通流率

道路条件	気象条件	降雨			非降雨			増減率 (%)	
		朝	昼	夕	朝	昼	夕		
直進車線	①	-	-	1,552	-	-	1,690	-8.1	-
	②	-	1,644	1,620	-	1,698	1,670	-3.2	-3.0
	③	1,710	-	-	1,780	-	-	-3.9	-
	④	-	1,550	1,540	-	1,600	1,690	-3.1	-8.9
	⑤	-	1,538	1,532	-	1,572	1,593	-2.2	-3.8
	⑥	1,513	-	-	1,629	-	-	-7.1	-
	⑦	1,593	-	-	1,690	-	-	-5.7	-

直進車線における気象条件別の飽和交通流率を比較すると、直進車線では約2%から約9%と幅広い変動となった。これより、直進車線では降雨による影響を大きく受けていると言える。

表-6 直進・左折車線における飽和交通流率

道路条件	気象条件	降雨			非降雨			増減率 (%)	
		朝	昼	夕	朝	昼	夕		
直進・左折車線	①	-	-	1,481	-	-	1,494	-0.9	-
	②	-	1,338	1,300	-	1,353	1,340	-1.1	-3.0
	③	1,770	-	-	1,890	-	-	-6.3	-
	④	-	1,410	1,430	-	1,480	1,430	-4.7	±0
	⑤	1,229	-	-	1,254	-	-	-5.7	-

直進・左折専用車線における飽和交通流率を比較すると、約1%から約6%とばらつきがある。これは、降雨の影響とも考えられるが、歩行者が大きく影響していると考えられる。

表-7 左折専用車線における飽和交通流率

道路条件	気象条件	降雨			非降雨			増減率 (%)	
		朝	昼	夕	朝	昼	夕		
左折専用車線	歩行者あり	-	877	795	-	728	757	+20.5	+5.7
	歩行者無し	1,543	1,534	1,473	1,553	1,550	1,510	-0.6	-1.0

左折専用車線では、歩行者の有無により、歩行者が存在している場合は降雨時で約5%から約20%増加し、歩行者が存在していない場合は約3%減少した。

2) 交通条件での比較分析

交通条件の比較分析として、歩行者の有無における飽和交通流率の変動について比較分析を行った。表-8に歩行者の有無による飽和交通流率の変動表を示す。

表-8 歩行者の有無による飽和交通流率の変動表

道路条件	気象条件	降雨			非降雨			増減率 (%)		
		朝	昼	夕	朝	昼	夕			
歩行者交通あり	直進・左折車線	①	-	-	1,481	-	-	1,494	-0.9	-
		②	-	1,338	1,300	-	1,353	1,340	-1.1	-3.0
		③	1,770	-	-	1,890	-	-	-6.3	-
		④	-	1,410	1,430	-	1,480	1,430	-4.7	±0
		⑤	1,229	-	-	1,254	-	-	-5.7	-
		⑥	877	795	728	757	-	-	+20.5	+5.7
歩行者交通無し	左折専用車線	①	1,543	1,534	1,473	1,553	1,550	1,510	-0.6	-1.0
		-	-	-	-	-	-	-	-2.5	-

歩行者の有無について比較すると、直進・左折車線において、歩行者が存在している場合は約1%から約6%減少したが、左折専用車線については、約21%増加した。これは、降雨により歩行者数が減少したことで飽和交通流率は増加したと考えられる。歩行者が存在していない場合では、約1%から約3%減少した。このことから、左折専用車線においては降雨の影響はほとんどなく、歩行者数による影響が大きいと言える。

3) 勾配部と平坦部の比較分析

道路の幾何構造において、勾配(上り・下り)の有無の交差点ではどのような影響があるのかについて比較分析を行った。表-9に勾配の有無の交差点における飽和交通流率の変動表を示す。

表-9 勾配の有無における飽和交通流率

幾何構造	気象条件	降雨			非降雨			増減率 (%)	
		朝	昼	夕	朝	昼	夕		
勾配あり	上り勾配(4.1%)	1,513	1,452	1,452	1,579	1,463	1,552	-4.2	-0.8
	下り勾配(3.7%)	1,538	1,452	1,373	1,614	1,552	1,600	-4.7	-14.2
	勾配なし	-	1,644	1,620	-	1,698	1,670	-	-3.2

勾配がある交差点の飽和交通流率を比較すると、勾配がある交差点では上り勾配で約1%から約7%減少し、下り勾配では約5%から約14%と幅広い減少となった。また上り勾配と下り勾配で比較すると、上り勾配に比べ下り勾配の減少率が大きい結果となった。勾配がない交差点では約3%減少したが、勾配がある交差点の方が減少率が大きい結果となった。

(2) 時間帯別の比較分析

調査した時間帯が同一の場合と時間帯が異なる場合では、車両挙動にも変化が生じていると考えられる。そこで、夕の時間帯における直進車線の飽和交通流率の変動について比較分析を行った。表-10に同一の時間帯且つ同一の車線構成である交差点における飽和交通流率の変動表を示す。

表-10 同一の時間帯且つ同一の車線構成の交差点

道路条件	気象条件	降雨	非降雨	増減 (%)	
		片側3車線 (直進・左折、直進、右折)	①	1,620	1,670
16:00~17:00	直進車線	②	1,540	1,690	-8.9
		③	1,552	1,690	-8.1

同一の時間帯且つ同一の車線構成である交差点では、減少率が約3%から約9%となり、時間帯と車線構成には関係があると考えられる。しかし、降雨量とも関係があることから、一概には言えない。

(3) 降雨量別の比較分析

調査した交差点において、降雨量が同一の時間帯や降雨量が異なる時間帯が存在する。そこで、降雨量が同一の交差点では車両挙動はどのように変動しているのかについて比較分析を行った。表-11に降雨量が同一の交差点における飽和交通流率の変動表を示す。

表-11 降雨量が同一の交差点の飽和交通流率

道路条件	気象条件	降雨	非降雨	降雨量 (mm/時)	増減率 (%)
直進車線	①	1,552	1,690	3.1	-8.1
	②	1,644	1,698		-3.2
	③	1,620	1,670		-3.0

降雨量が同一の交差点において、直進車線では約3%から約8%と幅広い減少となった。これより、降雨量は飽和交通流率に影響しているものの、降雨量との関係性については把握できない。

7. シミュレーションによる推計

実調査より、気象条件別で車両挙動は異なることが分かった。しかし、降雨時では飽和交通流率等に変化があるため、必ずしも交通状況に適した信号制御パラメータを用いているとは言い難い。そこで、直進車線を対象とし非降雨時の信号制御で降雨時の飽和交通流率が減少した場合の遅れ時間を推計した。

(1) シミュレーション条件

交差点は単純2現示の4枝交差点の直進車線を対象とし、車両はポアソン到着を仮定した。発生交通量は100 (PCU/時) から600 (PCU/時) までの100 (PCU/時) 刻みとし、非降雨時と降雨時では同一の発生交通量とした。また、降雨時の直進車線の飽和交通流率が①10%減少した場合②20%減少した場合の2ケースとした。

(2) シミュレーション結果

図-5に非降雨時と①降雨時(直進車線10%減少)、②降雨時(直進車線20%減少)における1台当たりの平均遅れ時間を示す。

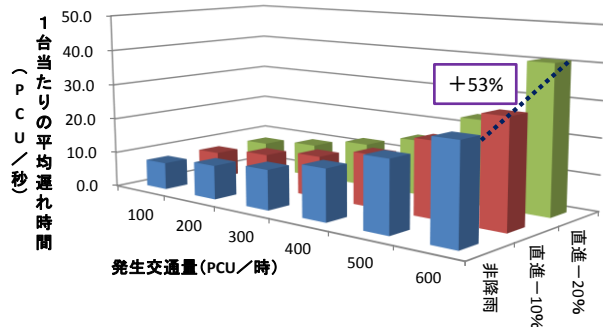


図-5 1台当たりの平均遅れ時間

非降雨時の信号制御パラメータでの降雨時の遅れ時

間を推計した結果、300 (PCU/時) から1台当たりの遅れ時間が大きい結果となった。特に600 (PCU/時) において飽和交通流率が20%減少した場合は、26.5秒から40.7秒と遅れ時間が約53%増加した。これより、直進車線に対応した信号制御を行う必要がある。

8. 結論と今後の課題

(1) 結論

1) 実測における比較

実測における気象条件別車両挙動等の調査では、降雨により、飽和交通流率が変動したことが確認できた。

2) 既存研究と本研究の総括による新たな知見

表-12に比較項目別の飽和交通流率について比較表を示す。

表-12 比較項目別の飽和交通流率の比較表

道路条件・交通条件	比較分析		調査結果	
	道路条件	直進車線	直進・左折車線	約2%~約8%減少
交通条件	歩行者あり	歩行者なし	約1%~約6%減少	約1%~約3%減少
	歩行者あり	歩行者なし	約1%~約6%減少	約1%~約3%減少
時間帯	同一の時間帯	同一の車線構成	約3%~約8%減少	約3%~約8%減少
降雨量	同一の時間帯	同一の降雨量(3.1mm/時)	約3%~約8%減少	約3%~約8%減少

比較分析より、降雨時では特に直進車線が大きな影響を受けていることがわかった。また勾配の有無については、勾配がある方が影響を大きく受けていることがわかった。歩行者の有無については、降雨の影響はほとんどなく、歩行者数が大きく影響していることがわかった。降雨量については、同一の降雨量・車線構成の交差点では受ける影響が異なることがわかった。しかし、降雨量との関係については把握できなかった。

3) シミュレーション結果

シミュレーションによる推計結果より、降雨に対応した信号制御が必要であることが確認された。

(2) 今後の課題

実際に降雨に対応した信号制御を導入し、導入効果を分析することや問題点等を把握することが望ましい。

参考文献

- 1) 大谷修：気象条件を考慮した交通現象に関する研究、平成16年度修士論文、2004年
- 2) 森健二・斎藤成・安井一彦：天候に対応した信号制御に関する一考察、科学警察研究所報告、35巻1号、1994年1月
- 3) 気象庁HP：<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 4) 落合 崇：降雨・非降雨が車両挙動に与える影響に関する研究、平成21年度卒業論文、2009年
- 5) 藤井 智宏：降雨が車両挙動に与える影響に関する研究、平成22年度卒業論文、2010年