

高速道路における実勢速度の実態分析*

Analysis of Operating Speed on Expressways*

洪 性俊**・大口 敬***

By Sungjoon HONG**・Takashi OGUCHI***

1. はじめに

車両の走行速度は交通工学においてもっとも重要な指標の1つであり、自由流状態で観測される実勢速度は走行安全とも密接な関係がある。とくに高速道路における車線離脱等による単独事故は大幅な速度超過が原因と考えられるが、こうした速度超過が生じる要因把握のためには、実勢速度の実態を正確に調べる必要がある。

実勢速度に影響を及ぼす原因には、道路の幾何構造や規制速度、気象条件等が挙げられる。本研究では、高速道路における実勢速度の実態を分析する。さらに、実勢速度の観測時の降雨データを用い、高速道路における実勢速度と降雨量との関係を明確にする。

2. 分析方法

(1) 速度の観測

本研究では実勢速度を観測するため、日本道路公団から入手した車両感知器データ（以下、感知器データ）を用いる。このデータには全国の高速道路に設置されている車両感知器で観測された交通量と平均速度が車種別（小型車・大型車）、車線別に5分単位で集計されている。さらに、観測された日付と時刻の情報があるので、昼夜間別の走行速度の実態や降雨データを用いて降雨条件による走行速度の変動

等を分析することが可能である。

感知器データの長所としては全国の高速道路における長期間・大量の観測速度の利用が可能であることが挙げられる。

(2) 実勢速度の条件

AASHTO は実勢速度 (operating speed) を「自由流状態において運転者により選択される速度の観測値」と定義している¹⁾。実勢速度に関する過去の研究では、実勢速度の観測条件（自由流条件）として「車頭時間5秒以上」の場合が多く、例えば道路の幾何構造と実勢速度との関係に関する Bonneson の研究でも同じである²⁾。

しかし、感知器データには車頭時間の情報がないので、本研究では5分間集計データの中で、ある車線において小型車1台のみが観測された場合の速度を実勢速度として分析する。この実勢速度データは車頭時間が必ず5秒以上あるとはいえないが、5分に1台の交通量の状態で車頭時間が短く追従走行状態である確率は極めて低く、他車の影響を受けない単独走行だけを取り出せているものと考えている。

(3) 降雨データ

降雨量に関しては日本気象協会から入手した AMEDAS データを用いる。AMEDAS データは全国の気象観測所で観測された雨量が1時間単位で集計されている。各感知器位置の最寄りの気象観測所を探索し、実勢速度が観測された時刻について、対応観測所の1時間雨量を実勢速度データに対応させる。

車両感知器速度に AMEDAS データを対応させることで、これまで不明確であった実勢速度と降雨量との関係を分析可能となるが、最寄り気象観測所と速度観測地点の気象状況に差があり得ることや5分間集計の感知器データに比べて1時間集計の雨量デ

* キーワード：交通流，交通安全，実勢速度，降雨

** 学生員，修（工），首都大学東京大学院工学研究科
博士後期課程

〒192-0907 東京都八王子市南大沢 1-1,
TEL0426-77-1111, mrhong@comp.metro-u.ac.jp)

*** 正員，博（工），首都大学東京都市環境学部准教授
〒192-0907 東京都八王子市南大沢 1-1,
TEL0426-77-1111, oguchi-takashi@c.metro-u.ac.jp)

一タの時間解像度が粗いことに留意する必要がある。

3. 実勢速度データの作成

本研究では東名高速道路(東京管理局管内), 中央, 東北, 中国自動車道の総延長約 3,640km (往復) の区間にある本線部車両感知器を対象とし, 1998 年~2001 年の 4 年間の感知器データを用いて実勢速度データを作成した。ただし, 東北自動車道の東北支社区間および中国自動車道の中国支社区間, 中央自動車道の中部支社区間はそれぞれ 2001 年, 2000~2001 年のデータしか入手できなかったが, 本研究の実勢速度の観測条件をみたまデータはこれらの区間に圧倒的に多く, 標本数の問題はない。

分析対象区間の本線部車両感知器は 851 箇所あるが, 起・終点部や本線料金所, トンネル付近等, 実勢速度に影響を及ぼすような箇所が 81 箇所あり, ここは分析から除外した。その後, 「小型車 1 台/5 分/車線」の条件をみたま感知器データを探索し, 約 515 万個のデータが得られたが, 実勢速度が観測されたデータの前後の平均速度と交通量の変動を確認した結果, 工事や事故等とみられる正常でないデータも多く含まれる。図 1 と図 2 にそれぞれ正常データと正常でないデータの例を示す。

本研究では図 2 のような正常でないデータのクレンジング作業と, AMEDAS データによる降雨情報にエラーがある場合を削除, さらに昼夜間別の実勢速度を分析するために季節等により昼夜の区別を明確にできない 4 時~8 時, 16 時~20 時のデータを除外した。その結果, 761 箇所の車両感知器データを対

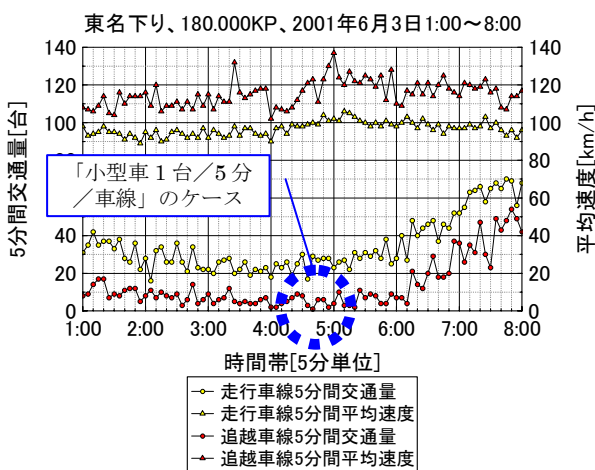


図 1. 自由流状態における実勢速度観測の例

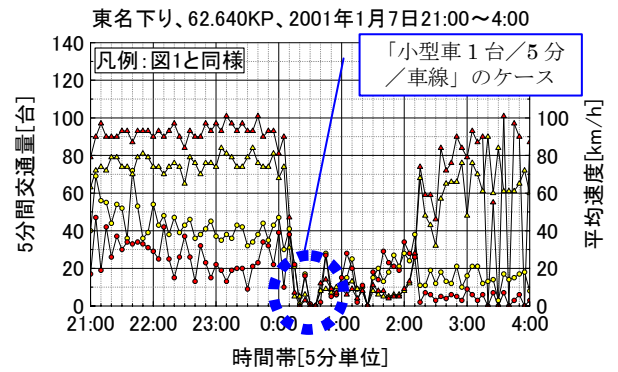


図 2. 正常でない実勢速度観測の例

象に総計約 320 万個の実勢速度データを得た。これを用いて統計分析の信頼性のために標本数が 30 以上の地点を対象として高速道路における実勢速度の実態を分析する。表 1 は道路区間別に分析対象の地点をまとめたものであり, 表 2 は 761 箇所の地点でケース別に実勢速度標本数が 30 以上である箇所数を, 表 3 は線形条件別に集計したものである。

表 1. 道路区間別分析対象地点の集計 (単位: 箇所)

	東名		東北		中央		中国		合計
	上り	下り	上り	下り	上り	下り	上り	下り	
分析対象地点数	133	137	119	97	95	93	43	44	761

表 2. 実勢速度観測地点のケース別集計 (実勢速度標本数≥30, 単位: 箇所)

ケース	片側2車線 (553箇所)				片側3車線 (208箇所)				
	昼間		夜間		昼間		夜間		
	A ^{注1)}	B ^{注2)}	A ^{注1)}	B ^{注2)}	A ^{注1)}	B ^{注2)}	A ^{注1)}	B ^{注2)}	
車線区分									
第1走行車線	18	8	110	31	0	0	7	0	
第2走行車線	-	-	-	-	0	0	9	3	
追越車線	203	78	528	339	86	34	202	184	

注1): 非降雨時, 注2): 降雨時

表 3. 実勢速度観測地点の線形別集計 (単位: 箇所)

平面線形		直線	左カーブ		右カーブ		合計
			凹曲線	クローズド	凹曲線	クローズド	
縦断線形	下り坂	8	31	25	22	33	119
	平地	0	0	1	0	1	2
	上り坂	10	22	29	24	29	114
曲線	クレスト	17	63	65	59	54	258
	サグ	6	76	54	74	58	268
合計		41	192	174	179	175	761

4. 実勢速度の実態

(1) 実勢速度の分布

図 3 はある観測地点における実勢速度の分布を示している。正規分布あるいは対数正規分布に似た傾向があり, 他の地点でも十分な標本数があれば類似のパターンが見られる。

図 3 の地点の規制速度は 100km/h であるが, 規制

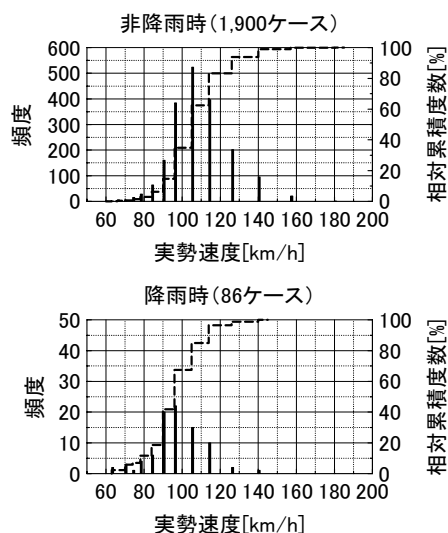


図 3. 実勢速度の分布の例（東北自動車道上り方向
220.363KP の追越車線・夜間）

速度を超えた走行データも少なくない。特に図 3 の非降雨時には規制速度を超える場合が 6 割以上であり、降雨時における実勢速度も 3 割以上が規制速度を超過している。

なお、分布図で実勢速度が特定の離散的な値でしか観測されていないのは、定間隔で設置されている 2 つのループコイルを 0.02 秒の間隔で通過時間を測定する車両感知器の仕組みに起因している。

(2) 車線間実勢速度の有意差

上記の実勢速度の標本を用い、実勢速度の平均値について車線間の有意差を統計的に検定する。降雨時と非降雨時に分けた気象状況と昼夜間別に、標本数が 30 以上の地点に限定して分析した結果を表 4 にまとめて示す。この結果を見ると、片側 3 車線区間においては走行車線の標本数が少ないため、分析できないケースがあるが、大部分の場合において内

表 4. 車線間のケース別平均実勢速度の有意差に関する検定結果（単位：箇所、有意水準 95%）

			対象地点	A ^{注1)}	B ^{注2)}	C ^{注3)}
片側 2 車線	走行車線 vs. 追越車線	昼	降雨時	7	0	7
			非降雨時	16	0	16
		夜	降雨時	29	0	29
			非降雨時	109	0	108
片側 3 車線	第1走行車線 vs. 第2走行車線	昼	降雨時	0	-	-
			非降雨時	0	-	-
		夜	降雨時	0	-	-
			非降雨時	5	0	5
	第2走行車線 vs. 追越車線	昼	降雨時	0	-	-
			非降雨時	0	-	-
		夜	降雨時	3	0	3
			非降雨時	9	0	0
第1走行車線 vs. 追越車線	昼	降雨時	0	-	-	
		非降雨時	0	-	-	
	夜	降雨時	0	-	-	
		非降雨時	7	0	7	

注1) A: 有意差があり、外側車線の平均実勢速度が高い。

注2) B: 有意差なし。

注3) C: 有意差があり、内側車線の平均実勢速度が高い。

側車線ほど実勢速度が高い、という一般的な常識を裏付ける結果が得られた。

(3) 気象条件別実勢速度の有意差

標本数が 30 以上ある降雨時と非降雨時の実勢速度の平均値の有意差検定を行う。ここでは標本数を確保するため、追越車線に限って分析を行う。

表 5. 降雨時・非降雨時の平均実勢速度の有意差に関する検定結果（単位：箇所、有意水準 95%）

		対象地点	A ^{注1)}	B ^{注2)}	C ^{注3)}
片側2車線区間	昼間	78	0	9	69
	夜間	339	0	5	334
片側3車線区間	昼間	33	0	0	33
	夜間	184	0	4	180

注1) A: 有意差があり、降雨時の平均実勢速度が高い。

注2) B: 有意差なし。

注3) C: 有意差があり、非降雨時の平均実勢速度が高い。

表 5 に検定結果を示す。大部分の場合において非降雨時の平均実勢速度のほうが降雨時より高いことがわかる。この結果から、本研究の速度観測条件のように単独走行といえる条件においても、降雨による実勢速度への影響は明らかである。

(4) 昼夜間実勢速度の有意差

昼夜間で実勢速度の有意差検定を行った結果を表 6 に示す。車線間や降雨・非降雨の比較とは異なり、有意差のない場合やある場合、さらに有意差のある場合でも昼間に平均実勢速度が高い場合と夜間に高い場合があり、昼夜間の違いによる実勢速度の違いは明らかではないことがわかる。

表 6. 昼夜間別平均実勢速度の有意差に関する検定結果（単位：箇所、有意水準 95%）

		対象地点	A ^{注1)}	B ^{注2)}	C ^{注3)}
片側2車線区間	降雨時	78	27	45	6
	非降雨時	203	30	73	100
片側3車線区間	降雨時	34	2	13	19
	非降雨時	86	7	31	48

注1) A: 有意差があり、昼間の平均実勢速度が高い。

注2) B: 有意差なし。

注3) C: 有意差があり、夜間の平均実勢速度が高い。

5. 実勢速度と降雨強度との関係

実勢速度と降雨強度との関係をさらに詳しく調べるため、1 mm/h 毎の降雨強度に対する実勢速度の変化を分析する。降雨強度を細分化すると実勢速度標本数の問題が生じるため、この分析では相対的に標本の多いケースである追越車線・夜間に限って分析する。また、強雨強度が 6mm/h 以上では標本数が少なく分析から除外する。すなわち、降雨強度が

0~5mm/h である場合の追越車線・夜間の実勢速度の変動を調べる。降雨強度別の実勢速度の標本数が 30 以上である地点数は表 7 のとおりである。

表 7. 降雨強度別実勢速度の標本数が 30 以上ある地点数 (追越車線・夜間)

降雨強度(mm/h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10~
地点数(箇所)	730	464	363	234	143	69	32	11	0	0	76

また、実勢速度の標本数がすべての各降雨強度別 (0~5mm/h) に 30 以上ある地点は 67 箇所である。これらの地点において、降雨強度の増加による平均実勢速度の変化を図 4 に示す。

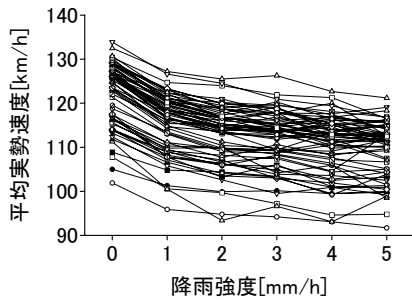


図 4. 降雨強度の増加による実勢速度の変化 (67 箇所)

図 4 より、降雨強度が増加するにつれて実勢速度は低下する傾向が読み取れる。特に非降雨時と 1mm/h の降雨強度の場合の違いが著しく、この平均実勢速度の低下に関する統計的な検定を行った結果を表 8 に示す。95% 有意水準で平均実勢速度の低下が有意な地点は分析対象地点の約 96% を占める。しかし、降雨強度が 1mm/h から 2mm/h に増加する場合の平均実勢速度の低下に有意差のある場合は約 30% まで減少し、2mm/h 以上では降雨強度の増加につれて実勢速度が低下する傾向は、必ずしも統計的に有意ではなかった。

降雨と路面条件は必ずしも対応せず、たとえばその時間帯の雨量がゼロであっても、1 時間前の降雨

表 8. 降雨強度別平均実勢速度の有意差に関する検定結果 (単位: 箇所, 有意水準 95%)

	0 vs. 1 ^{注2)}	1 vs. 2	2 vs. 3	3 vs. 4	4 vs. 5	5 vs. 6	6 vs. 7
対象	464	361	229	140	67	14	1
A ^{注3)}	0 0.0%	0 0.0%	3 1.3%	0 0.0%	1 1.5%	0 0.0%	0 0.0%
B ^{注4)}	19 4.1%	252 69.8%	207 90.4%	129 92.1%	61 91.0%	14 100.0%	1 100.0%
C ^{注5)}	445 95.9%	109 30.2%	19 8.3%	11 7.9%	5 7.5%	0 0.0%	0 0.0%

注1) 上段: 箇所数, 下段: 比率

注2) 例: 0 vs. 1, 降雨強度が 0mm/h と 1mm/h の場合の実勢速度の平均に関する有意差検定結果 (それぞれの実勢速度標本数が 30 以上の場合)

注3) A: 統計的な有意差があり, 高い降雨強度の方で実勢速度の平均が高い。

注4) B: 統計的な有意差なし。

注5) C: 統計的な有意差があり, 高い降雨強度の方で実勢速度の平均が低い。

が原因で湿潤路面状態が残っているために実勢速度に影響が生じることも考えられる。そこで、非降雨時の実勢速度と 1 時間前の降雨強度との関係を分析した結果を図 5 に示す (4mm/h 以上の降雨強度後に非降雨となる標本数は十分ではない)。同じ非降雨時でも 1 時間前に 1mm/h 以上の雨量の観測があった場合は、なかった場合に比べて実勢速度の低下が見られる。しかし、1 時間前の降雨強度の違いと実勢速度には明確な関係は見られない。

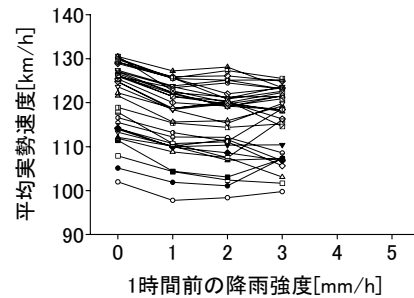


図 5. 非降雨時の実勢速度と 1 時間前の降雨強度 (35 箇所)

6. おわりに

全国の感知器データを用いて大量の実勢速度データを体系的に分析することで、高速道路における実勢速度の実態を分析した。ほぼ単独走行といえる「小型車 1 台 / 5 分 / 車線」という観測条件では、実勢速度は内側車線ほど高く、降雨時よりは非降雨時の実勢速度が高く、同じ非降雨時でも 1 時間前に降雨が観測されると実勢速度に低下が見られることが明らかになった。さらに降雨強度の増加により実勢速度が低下する傾向があることが明らかになった。本研究は、日本道路公団および (財) 日本気象協会よりデータをご提供頂き、また貴重な意見交換の機会を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) AASHTO : A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (Fourth Edition), 2001.
- 2) Bonneson, J.A. : Side Friction and Speed as Controls for Horizontal Curve Design, Journal of Transportation Engineering, ASCE, VOL.125, No.6, pp.437-480, 1999.