

都市間高速道路における車両感知器 パルスデータを用いた地点速度の時点変化分析

小川 泰斗¹・大口 敬²・石田 貴志³

¹ 学生会員 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)

E-mail: taitoogawa@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

² フェロー会員 東京大学生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)

E-mail: takog@iis.u-tokyo.ac.jp

³ 正会員 株式会社道路計画 (〒170-0013 東京都豊島区東池袋 2-13-14 マルヤス機械ビル 5F)

E-mail: t_ishida@doro.co.jp

道路の交通性能を表す指標のうち、高速移動を担保しなければならない都市間高速道路における速度は、極めて重要な指標である。近年、交通性能として、非渋滞時速度が経年的に低下しているという報告があるものの、車両感知器の 5 分間集計データを用いた分析が多く、個々の車両に着目した車線別かつ車種別の分析事例はない。

本研究では、2006 年と 2019 年を対象に、都市間高速道路における非渋滞時の交通流率レベル別速度を車両感知器パルスデータを用いて分析した結果、走行車線を高い速度で走行する大型車が減少し、大型車平均速度が低下したこと、高い交通流率レベルにおいて各車線で平均速度が低下し、分布が均一化したことを明らかにした。また、速度変化の要因として大型車の追越車線利用率の低下やスピードリミッター装着車の増加の可能性を示唆した。

Key Words: traffic performance, non-congested speed, pulse data, speed distribution, secular change

1. はじめに

道路の交通性能を表す指標として交通量 (Q)、交通密度 (K)、速度 (V) がある。これらには相互密接な関係があり、この関係に基づいて交通流の状態を評価できる。中でも、断面のデータとして直接計測が比較的容易な交通量・速度 (QV) 相関は、交通流状態を表す方法として道路の交通性能の分析によく用いられてきた。特にトラフィック機能が卓越した都市間高速道路においては高速移動を担保する必要があり、速度は極めて重要な指標であるといえる。

近年、交通性能として、交通容量や非渋滞時速度が経年的に低下しているという報告がある。後藤ら¹⁾は、都市間高速道路の 39 地点を対象に、5 分間集計の車両感知器データより、平成 15 年から平成 28 年の 14 年間における QV 図の形状が縮小し、実現最大交通量や非渋滞時速度が経年的に低下していることを示した。また、石田ら²⁾は上述のうち代表 2 地点を対象に、同データより、平成 8 年から平成 31 年の 24 年間における非渋滞時の交通

量ランク別速度を統計的に分析し、平成 13~20 年には低下し始めていることを明らかにしている。これら研究は 5 分間集計の車両感知器データを使用しており、個々の車両に着目したものではない。また、得られる速度データは全車種の 5 分間平均値であって、車種別の速度は不明である。

一方、松ヶ谷ら³⁾は都市間高速道路の片側 3 車線区間 3 地点を対象に、車両感知器パルスデータより、個々の車両に着目した非渋滞時速度の経年変化を分析している。先進的な研究であり、車線別、車種別に考察しているものの、車線別かつ車種別には分析していない。

本研究は、都市間高速道路の交通性能のうち非渋滞時速度に着目し、パルスデータが得られる平成 18 年と平成 31 年の 2 時点を対象として、これまで 5 分間集計の車両感知器データで得られている傾向を検証したうえで、非渋滞時の交通流率レベル別速度を集計し、車線別かつ車種別に速度分布の経年変化を分析する。また、それらの変化の傾向から経年変化の要因を考察する。

2. 既往文献の整理と本研究の位置付け

(1) 速度の経年変化

これまで高速道路を対象に速度の経年変化を分析した事例は限られる。都市間高速道路を対象にしたものとしては、前述の後藤らの研究³⁾があり、39箇所のボトルネック、平成15～28年の14年間を対象に、5分間集計の車両感知器データより、非渋滞時における交通量ランク別速度の経年変化を分析している。この中では、平成15年と平成28年の2時点比較を行い、全ての地点で速度が低下したことを示している。

また、石田ら²⁾は、地方部の片側3車線区間、都市近郊の片側2車線区間の計2箇所のボトルネック、平成8～31年の24年間を対象に、非渋滞時における交通量ランク別速度の経年変化を分析し、平成13～20年には低下し始めていることを明らかにしている。また、大半が希望速度で走行できる交通量ランクであっても全体的に速度分布が低い領域にシフトし、高い交通量ランクでは拘束流であることから速度低下の影響が大きいことを明らかにした。さらに、大型車混入率が高いほど経年的な速度低下量が大きくなったことから、特に大型車の経年的な速度低下があることも考察している。

松ヶ谷ら³⁾は、パルスデータを利用し、都市間高速道路の片側3車線区間の3箇所、それぞれ経年変化前：平成22～27年、経年変化後：平成30～31年を対象に、車頭時間4秒以上の車両を自由走行車両と定義して経年変化を分析した。ここでは、第1走行車線と大型車を除いて平均速度が低下傾向にあることを示している。また、希望速度分布を推定した結果、経年変化前後で平均や標準偏差が低下傾向にあることも示している。ただし、車線別かつ車種別における速度の変化傾向については着目していない。

(2) 本研究の位置付け

これら既往文献は、都市間高速道路を対象としたもので、非渋滞時速度が経年的に低下していることを示している。前述の石田ら²⁾は、高い交通量ランクでは拘束流であることから速度低下の影響が大きいことを明らかにした。また、大型車混入率が高いほど経年的な速度低下量が大きくなることを明らかにしたが、大型車そのものの経年的な速度低下については示唆にとどまる。前述の松ヶ谷ら³⁾は、大型車の影響を指摘しているが、車線別の大型車の速度には着目していない。したがって、交通量ランク別の車線別かつ車種別速度に着目する意義がある。

本研究では、車両感知器パルスデータを用いて、都市間高速道路の片側2車線区間における非渋滞時の交通流率レベル別速度の経年変化を分析する。分析期間は、デ

ータが入手できた2006(平成18)年と2019(平成31)年の2時点とする。

3. 分析概要

(1) 分析対象データ

a) 車両感知器パルスデータ

本研究では、車両感知器パルスデータを用いる。路面に埋設されたループコイルで車両を感知する仕組みにより、車両一台ごとの通過時刻、地点速度、車種(小型・大型)の情報を車線別に得ることができる。また、車種区別については1つのループコイルにある車両が感知されている間に、他のループコイルにもその金属体が感知されるか否か、すなわち、その車両の長さがそれら2つのループコイル間の距離(5.5m)より短いか否かによって、小型車と大型車を判別している。

なお、都市間高速道路の車両感知器データは、一般的に個々車の検知データから車種別の交通量と全車種の速度を5分間ごとに集計して管理されている。パルスデータの取得には専用機材を準備して、制御装置にアクセスする必要があるため、常時データを取得できるわけではない。

b) データクレンジング

本研究では、定常時かつ非渋滞時を対象とする。そのため、車両感知器パルスデータから、工事・事故、その他車線規制時のデータや、渋滞流のデータを除外する必要がある。ここでは、車両感知器データより描画した速度カウンター図を用いて、渋滞発生直前および渋滞中の時間帯のデータを除去する。なお、工事・事故、車線規制の時間帯は、渋滞に関するイベントデータや、車線利用率を確認することで除去する。

また、降雨時は交通容量や速度が低下することが知られている⁴⁾⁵⁾。そのため、気象庁HPにおけるアメダスの降雨データを用いて、非降雨時を『「降雨量0mm/h」かつ湿潤路面も考慮し降雨終了6時間経過後の「路面乾燥状態」』と定義し、非降雨時のみのデータを扱う。

(2) 分析対象地点と対象期間

本研究では、図-1に示す東北自動車道上り線の上河内スマートIC～矢板IC間を分析対象とする。対象キロポストは115.682KPと117.610KPであり、道路構造はともに図-2に示す片側2車線の単路部サグ上流の地点である。なお、矢板ICの加速車線は、2010年7月に300mから2kmに延伸されている。加速車線延伸前は119KP付近の矢板ICサグ・合流部で渋滞していたが、延伸によりボトルネックは解消された。現在、ボトルネックは下流に遷移し、鬼怒川橋付近(115KP付近、サグ部)となって



図-1 東北道(上)の車両感知器(上河内スマート IC~矢板 IC間)と最寄り気候観測所(塩谷町)

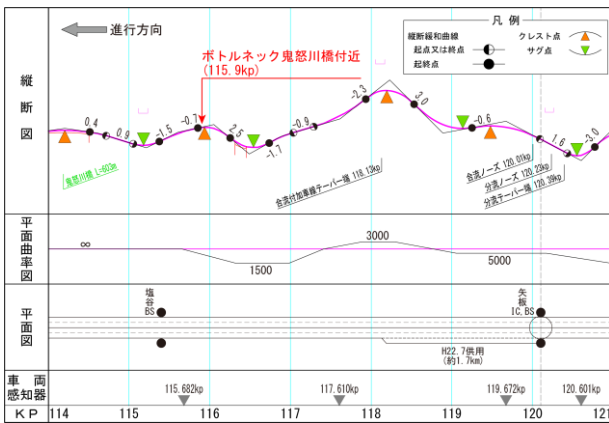


図-2 東北道(上)の概況(上河内スマート IC~矢板 IC)

いる。これより上流に位置する 116.5KP 付近のサグ部でも渋滞することが確認されている。また、アメダス観測所は、矢板 IC から西に約 8km に位置する塩谷観測所を対象とする。

対象期間は、2006 年 11 月 3 日~11 月 5 日(金・祝~日)の 3 日間、2019 年 9 月 26 日~10 月 31 日の 36 日間である。2006 年の 3 日間のパルスデータは、矢板 IC 加速車線の延伸のための事前調査として取得されたものである。パルスデータが取得された 2006 年の 3 日間はすべて休日であることから、2019 年も休日のパルスデータのみを扱い、前述の渋滞や降雨に対するデータクレンジングを行う。以上より、2006 年は 11 月 3 日~11 月 5 日(金・祝~日)の 3 日間、2019 年は 9 月 28 日、9 月 29 日、10 月 5 日、10 月 20 日、10 月 26 日、10 月 27 日の 6 日間のパルスデータを分析に用いる。

また、分析対象地点において、完全に日が出ている 6 時 40 分~16 時 10 分を昼時間帯データとして対象とし、

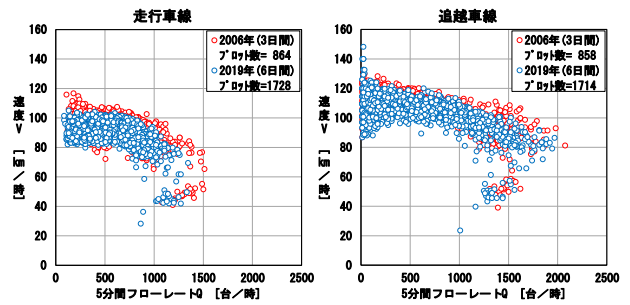


図-3 115.682KPにおける車線別 QV 図の時点変化

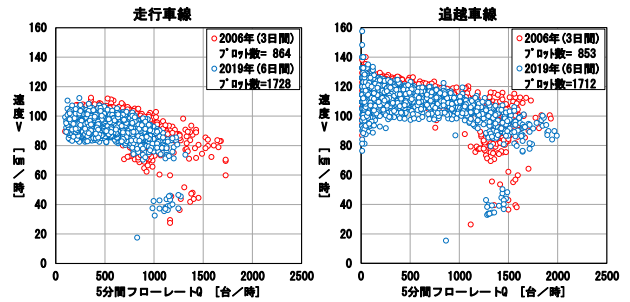


図-4 117.610KPにおける車線別 QV 図の時点変化

明暗の違いがドライバーの運転挙動に与える影響の緩和を図る。

4. マクロな交通流特性の経年変化

(1) 車線別 QV 図の時点変化

図-3 は、対象とした 2 地点についてパルスデータを 5 分間集計したデータより、QV 図を描画したものである。115.682KP をみると、走行車線、追越車線ともに速度の包絡線が 2006 年から 2019 年にかけて低下している。また、実現最大交通量も低下しており、QV 図が全体的に縮小していることがわかる。図-4 に示す 117.610KP においても同様に、QV 図が全体的に縮小していることが確認できる。後藤ら¹⁾や村上ら⁹⁾の文献でも QV 図が縮小していることを示しており、本研究の分析対象地点でも同様の傾向が確認できた。

よって、以降では 2006 年を経年変化前、2019 年を経年変化後とし、分析を行う。

(2) 追越車線利用率の時点変化

図-5 は、115.682KP における交通流率レベル別追越車線利用率を示したものである。車種別にみると、小型車の追越車線利用率は 2006 年から 2019 年にかけて上昇している。一方、大型車は 2006 年から 2019 年にかけて低下傾向である。小型車が多くを占めるため、全車種でも、追越車線利用率は上昇している。また、図-6 に示

す 117.610KP も同様の傾向である。

後藤ら¹⁾や松ヶ谷ら³⁾の文献においても、多くの地点で全車種の追越車線利用率が上昇しており、本研究の分析対象地点で得られている傾向と一致する。

国土交通省のスピードリミッターに関する報告書⁷⁾では、2006年10月下旬～12月初旬におけるスピードリミッター装着率が64%と示されている。2019年には装着義務のある大型車のほぼ全てにスピードリミッターが装着されていると考えられる。ゆえに、スピードリミッター装着車（以降、リミッター車と称す。）が増えたことで、相対的に速度が高い追越車線を利用しようとするリミッター車の割合が減少し、大型車の追越車線利用率が低くなった可能性がある。

5. 個々の車両の車線別・車種別速度分析

(1) 115.682KP の速度の時点変化

速度分布の経年変化について、交通流率レベルを設定し、車線別かつ車種別に変化を比較する。

表-1、表-2 は 115.682KP の昼時間帯において、速度の平均、分散の時点変化を交通流率レベル別、車線別、車種別にまとめたものである。なお、平均値や分散値の項目については上段の黒文字が平均値や分散値、下段の緑文字がサンプルサイズを表している。また、分散については不偏分散を用いている。灰色の網掛けはサンプルサイズが十分に得られなかった (N<30 台) ことを示している。

平均値に着目すると、車線、車種に係わらず速度が全体的に低下傾向にあることが分かる。小型車をみると、車線計、走行車線、追越車線のいずれも交通流率レベルが高くなるにつれて速度が大きく低下する傾向にあり、特に追越車線では低下傾向が顕著である。大型車をみると、交通流率レベル別での傾向はみられないが、車線計で 3.6～5.6km/時の低下、走行車線では 3.2～5.0km/時の低下であり、追越車線は 5.4～9.6km/時と走行車線よりも顕著に速度が低下している。

次に分散について、小型車をみると、走行車線では交通流率レベル 1～2400 台/時2 車線の際に大きな変化がみられず、交通流率レベルの高い 2401～3600 台/時2 車線で有意に低下傾向にある。車線計、追越車線では交通流率レベル 1～2400 台/時2 車線で有意に上昇傾向、交通流率レベルの高い 2401～3600 台/時2 車線で有意に低下傾向にある。大型車をみると、車線計、走行車線では有意に低下傾向にある。追越車線では交通流率レベル 1～2400 台/時2 車線の際に大きな変化はみられず、交通流率レベルの高い 2401～3000 台/時2 車線で有意に低下傾向にある。

以下で、速度、分散の変化傾向とその要因を考察する。

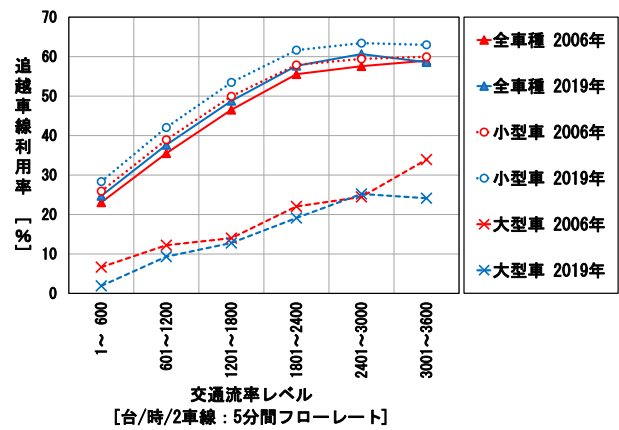


図-5 115.682KP における交通流率レベル別追越車線利用率の時点変化（昼時間帯）

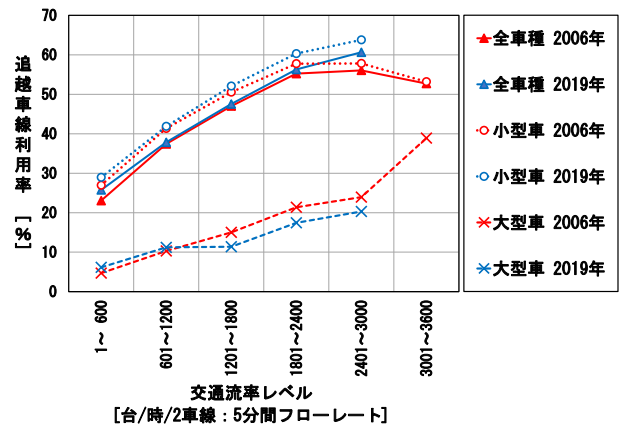


図-6 117.610KP における交通流率レベル別追越車線利用率の時点変化（昼時間帯）

- 115.682KP の昼時間帯では、パルスデータを用いた個別車両速度の平均値の低下傾向は、車両感知器 5 分間データを用いた断面平均速度の経年変化分析²⁾の傾向と一致する。

車種別にみると、まず小型車において、

- 走行車線では、2006年には装着台数の少なかったリミッター車が増えたこと、図-5 に示す大型車の走行車線利用率が増えたことで、追従する小型車の速度も低下し、高い交通流率レベル 2401～3600 台/時2 車線で速度分布の幅が小さくなった、すなわち速度のばらつきが小さくなり、均一化したことが考えられる。一方で交通流率レベル低～中の 1～2400 台/時2 車線では、リミッター車混入の有無に係わらず小型車の走り方に変化がなく、ばらつきに大きな変化がみられなかったことが考えられる。

次に大型車において、

- 走行車線では、交通流率レベルに係わらずリミッター車そのものが増えたこと、大型車の走行車線利用率が上昇したことで、速度が低下し、均一化したと考えられる。

表-1 115.682KPにおける車線別・車種別速度の平均（昼時間帯）

[台/時/2 車線]	車線	小型車				大型車				全車種			
		平均値		増減	P値	平均値		増減	P値	平均値		増減	P値
		2006年 [km/時]	2019年 [km/時]			2006年 [km/時]	2019年 [km/時]			2006年 [km/時]	2019年 [km/時]		
1 ~ 600	走行	106.88 446	103.62 468	-3.26	0.000 **	93.08 98	88.12 102	-4.96	0.000 **	104.40 544	100.85 570	-3.55	0.000 **
	追越	118.51 156	117.95 185	-0.56	0.322	103.23 7	88.40 2	-14.83	0.030 *	117.85 163	117.63 187	-0.22	0.428
	車線計	109.90 602	107.68 653	-2.22	0.001 **	93.76 105	88.13 104	-5.63	0.000 **	107.50 707	104.99 757	-2.51	0.000 **
601 ~ 1200	走行	104.83 5740	100.30 10731	-4.53	0.000 **	91.54 1213	87.14 2617	-4.40	0.000 **	102.51 6953	97.72 13348	-4.79	0.000 **
	追越	117.89 3659	113.35 7785	-4.54	0.000 **	106.19 169	98.17 269	-8.01	0.000 **	117.38 3828	112.84 8054	-4.53	0.000 **
	車線計	109.92 9399	105.79 18516	-4.13	0.000 **	93.33 1382	88.17 2886	-5.16	0.000 **	107.79 10781	103.41 21402	-4.38	0.000 **
1201 ~ 1800	走行	100.17 4664	96.11 13089	-4.06	0.000 **	89.33 847	85.76 3191	-3.57	0.000 **	98.50 5511	94.08 16280	-4.42	0.000 **
	追越	113.41 4656	108.91 15039	-4.49	0.000 **	104.62 138	97.15 468	-7.47	0.000 **	113.15 4794	108.56 15507	-4.60	0.000 **
	車線計	106.78 9320	102.96 28128	-3.83	0.000 **	91.47 985	87.22 3659	-4.26	0.000 **	105.32 10305	101.14 31787	-4.17	0.000 **
1801 ~ 2400	走行	95.04 2726	88.89 3997	-6.15	0.000 **	88.19 357	84.10 870	-4.09	0.000 **	94.24 3083	88.03 4867	-6.21	0.000 **
	追越	106.75 3752	99.31 6476	-7.44	0.000 **	101.45 101	91.83 206	-9.62	0.000 **	106.61 3853	99.08 6682	-7.53	0.000 **
	車線計	101.82 6478	95.33 10473	-6.49	0.000 **	91.12 458	85.58 1076	-5.54	0.000 **	101.12 6936	94.42 11549	-6.69	0.000 **
2401 ~ 3000	走行	87.89 3052	82.14 1785	-5.75	0.000 **	86.19 315	82.99 282	-3.20	0.000 **	87.73 3367	82.26 2067	-5.47	0.000 **
	追越	99.21 4455	91.41 3080	-7.80	0.000 **	93.96 102	88.52 95	-5.44	0.000 **	99.10 4557	91.33 3175	-7.77	0.000 **
	車線計	94.61 7507	88.01 4865	-6.60	0.000 **	88.09 417	84.38 377	-3.71	0.000 **	94.27 7924	87.75 5242	-6.51	0.000 **
3001 ~ 3600	走行	77.566 1273	70.218 89	-7.35	0.000 **	80.18 77	70.86 23	-9.32	0.000 **	77.71 1350	70.35 112	-7.36	0.000 **
	追越	87.071 1771	73.210 147	-13.86	0.000 **	83.97 39	73.09 7	-10.88	0.030 *	87.00 1810	73.20 154	-13.80	0.000 **
	車線計	83.096 3044	72.082 236	-11.01	0.000 **	81.45 116	71.38 30	-10.07	0.000 **	83.04 3160	72.00 266	-11.03	0.000 **

【平均値】 上段・黒文字：平均速度[km/時]

* P < 0.05

下段・緑文字：サンプルサイズ(台数)

** P < 0.01

灰色の網掛け：サンプルサイズ(台数)が30未満で少ないため、参考値

・追越車線では、交通流率レベル低～中の 601～2400 台/時2 車線で、速度の低下に対し、ばらつきに変化はない。走行車線から追越車線へ車線変更するリミッター車を含む大型車が減少したこと、一方でリミッター装着義務のない小型トラック等は、速度が全体的に低い領域へシフトしたものの、走り方に変化がなかったことから、ばらつきに変化がみられなかった可能性がある。交通流率レベルがさらに上昇すると拘束流となり、速度が均一化したと考えられる。

(2) 117.610KP の速度の時点変化

表-3、表-4 は 117.610KP の昼時間帯において、速度の平均、分散の時点変化を交通流率レベル別、車線別、車種別にまとめたものである。

平均値に着目すると、115.682KP と同様に車線、車種に係わらず速度が全体的に低下傾向にあることが分かる。小型車を見ると、いずれの車線も交通流率レベルが高くなるにつれて概ね速度が大きく低下する傾向にあり、追越車線では低下傾向がより顕著である。大型車を見ると、走行車線では交通流率レベルが低いほど速度が低下する

表-2 115.682KP における車線別・車種別速度の分散（昼時間帯）

[台/時/2 車線]	車線	小型車				大型車				全車種			
		分散		増減	P値	分散		増減	P値	分散		増減	P値
		2006年 [(km/時) ²]	2019年 [(km/時) ²]			2006年 [(km/時) ²]	2019年 [(km/時) ²]			2006年 [(km/時) ²]	2019年 [(km/時) ²]		
1 ~ 600	走行	136.53 445	144.07 467	7.54	0.567	124.00 97	79.13 101	-44.87	0.026 *	162.23 543	167.65 569	5.42	0.699
	追越	95.51 155	150.94 184	55.43	0.003 **	78.82 6	5.12 1	-73.70	0.385	103.96 162	158.63 186	54.67	0.006 **
	車線計	151.72 601	187.52 652	35.80	0.008 **	126.67 104	77.65 103	-49.02	0.014 *	180.80 706	217.67 756	36.87	0.012 *
601 ~ 1200	走行	133.64 5739	139.94 10730	6.30	0.047 *	113.18 1212	80.51 2616	-32.66	0.000 **	155.51 6952	155.60 13347	0.08	0.981
	追越	109.19 3658	129.34 7784	20.16	0.000 **	103.46 168	131.33 268	27.88	0.092	114.69 3827	136.83 8053	22.14	0.000 **
	車線計	164.67 9398	176.98 18515	12.31	0.000 **	134.97 1381	95.50 2885	-39.46	0.000 **	191.60 10780	202.21 21401	10.61	0.001 **
1201 ~ 1800	走行	134.67 4663	140.76 13088	6.09	0.068	90.03 846	65.17 3190	-24.86	0.000 **	143.07 5510	142.83 16279	-0.24	0.936
	追越	110.24 4655	123.76 15038	13.52	0.000 **	101.38 137	117.81 467	16.43	0.293	112.13 4793	127.63 15506	15.50	0.000 **
	車線計	166.27 9319	172.43 28127	6.16	0.032 *	119.70 984	86.34 3658	-33.35	0.000 **	182.07 10304	187.76 31786	5.68	0.056
1801 ~ 2400	走行	149.29 2725	163.90 3996	14.61	0.008 **	84.93 356	70.46 869	-14.47	0.033 *	146.60 3082	150.54 4866	3.94	0.417
	追越	151.40 3751	200.82 6475	49.41	0.000 **	108.94 100	110.89 205	1.95	0.934	150.98 3852	199.70 6681	48.72	0.000 **
	車線計	183.95 6477	212.35 10472	28.40	0.000 **	120.29 457	87.36 1075	-32.93	0.000 **	186.79 6935	208.73 11548	21.93	0.000 **
2401 ~ 3000	走行	162.06 3051	120.27 1784	-41.79	0.000 **	91.46 314	47.71 281	-43.75	0.000 **	155.67 3366	110.43 2066	-45.24	0.000 **
	追越	194.03 4454	176.03 3079	-18.00	0.003 **	138.99 101	89.32 94	-49.67	0.031 *	193.37 4556	173.65 3174	-19.72	0.001 **
	車線計	211.96 7506	175.52 4864	-36.44	0.000 **	113.98 416	63.78 376	-50.20	0.000 **	208.91 7923	168.35 5241	-40.56	0.000 **
3001 ~ 3600	走行	186.037 1272	65.611 88	-120.43	0.000 **	108.00 76	69.73 22	-38.27	0.248	181.87 1349	65.91 111	-115.97	0.000 **
	追越	220.345 1770	115.492 146	-104.85	0.000 **	210.00 38	43.21 6	-166.79	0.054	220.21 1809	111.90 153	-108.31	0.000 **
	車線計	227.922 3043	98.434 235	-129.49	0.000 **	143.99 115	62.76 29	-81.23	0.012 *	224.89 3159	94.21 265	-130.68	0.000 **

【分散】 上段・黒文字：分散[(km/時)²]

下段・緑文字：サンプルサイズ(台数)

灰色の網掛け：サンプルサイズ(台数)が30未満で少ないため、参考値

* P < 0.05

** P < 0.01

傾向がある。また、車線計では 4.3~7.0km/時の低下、追越車線では 5.4~10.1km/時と走行車線よりも顕著に速度が低下している。

次に分散について、小型車をみると、走行車線では 115.682KP と同様に、交通流率レベル 1~2400 台/時/2 車線の際に大きな変化がみられず、交通流率レベルの高い 2401~3000 台/時/2 車線で有意に低下傾向である。一方で追越車線では 115.682KP と異なり、全交通流率レベルで分散が有意に増加傾向である。大型車をみると、車線計、走行車線では 115.682KP と同様に、有意に低下傾向であ

る。追越車線では交通流率レベル 1801~2400 台/時/2 車線で有意に増加、その他の交通流率レベルでは大きな変化はみられない。

以下で、速度・分散の変化傾向とその要因を考察する。

- 117.610KP の昼時間帯では、115.682KP と同様に、パルスデータを用いた個別車両速度の平均値の低下傾向は、車両感知器 5 分間データを用いた断面平均速度の経年変化分析²⁾ の傾向と一致する。

車種別にみると、まず小型車において、

- 走行車線では、2006年には装着台数の少なかつたり

表-3 117.610KPにおける車線別・車種別速度の平均（昼時間帯）

[台/時/2 車線]	車線	小型車				大型車				全車種			
		平均値		増減	P値	平均値		増減	P値	平均値		増減	P値
		2006年 [km/時]	2019年 [km/時]			2006年 [km/時]	2019年 [km/時]			2006年 [km/時]	2019年 [km/時]		
1 ~ 600	走行	109.62 509	106.34 567	-3.27	0.000 **	94.17 142	88.00 122	-6.17	0.000 **	106.25 651	103.10 689	-3.15	0.000 **
	追越	124.36 188	118.63 231	-5.73	0.000 **	111.67 7	87.08 8	-24.60	0.001 **	123.90 195	117.58 239	-6.33	0.000 **
	車線計	113.59 697	109.90 798	-3.69	0.000 **	94.99 149	87.94 130	-7.05	0.000 **	110.32 846	106.83 928	-3.49	0.000 **
601 ~ 1200	走行	107.44 5084	101.44 10724	-6.00	0.000 **	91.90 1131	87.04 2495	-4.86	0.000 **	104.61 6215	98.73 13219	-5.89	0.000 **
	追越	122.67 3585	117.25 7727	-5.42	0.000 **	106.58 130	100.43 315	-6.14	0.000 **	122.11 3715	116.59 8042	-5.52	0.000 **
	車線計	113.74 8669	108.06 18451	-5.68	0.000 **	93.41 1261	88.54 2810	-4.87	0.000 **	111.16 9930	105.48 21261	-5.68	0.000 **
1201 ~ 1800	走行	103.32 4672	97.84 13083	-5.47	0.000 **	89.49 883	86.00 3048	-3.49	0.000 **	101.12 5555	95.60 16131	-5.51	0.000 **
	追越	119.33 4773	114.65 14224	-4.67	0.000 **	105.69 156	100.23 391	-5.46	0.000 **	118.89 4929	114.27 14615	-4.63	0.000 **
	車線計	111.41 9445	106.60 27307	-4.81	0.000 **	91.92 1039	87.62 3439	-4.31	0.000 **	109.48 10484	104.47 30746	-5.00	0.000 **
1801 ~ 2400	走行	97.13 2974	91.74 4474	-5.39	0.000 **	88.29 412	85.25 966	-3.05	0.000 **	96.05 3386	90.59 5440	-5.47	0.000 **
	追越	113.31 4066	107.12 6804	-6.20	0.000 **	105.15 112	97.24 204	-7.91	0.000 **	113.10 4178	106.83 7008	-6.26	0.000 **
	車線計	106.48 7040	101.02 11278	-5.46	0.000 **	91.90 524	87.34 1170	-4.56	0.000 **	105.47 7564	99.73 12448	-5.73	0.000 **
2401 ~ 3000	走行	92.30 3269	85.80 1846	-6.50	0.000 **	87.65 322	83.35 318	-4.30	0.000 **	91.88 3591	85.44 2164	-6.44	0.000 **
	追越	108.65 4469	98.69 3260	-9.96	0.000 **	103.54 101	93.45 81	-10.09	0.000 **	108.54 4570	98.56 3341	-9.97	0.000 **
	車線計	101.74 7738	94.03 5106	-7.71	0.000 **	91.45 423	85.40 399	-6.04	0.000 **	101.21 8161	93.40 5505	-7.80	0.000 **

【平均値】 上段・黒文字：平均速度[km/時]

* P < 0.05

下段・緑文字：サンプルサイズ(台数)

** P < 0.01

灰色の網掛け：サンプルサイズ(台数)が30未満で少ないため、参考値

ミッター車が増えたこと、大型車の走行車線利用率が増えたことで、追従する小型車の速度も低下し、高い交通流率レベル2401~3000台/時2車線で速度が均一化した、すなわちばらつきが小さくなったことが考えられる。一方で交通流率レベル低~中の1~2400台/時2車線では、リミッター車混入の有無に係わらず小型車の走り方に変化がなく、ばらつきに大きな変化がみられなかったことが考えられる。

- 追越車線では、全交通流率レベルで、走行車線の速度が低いという理由で追越しを図る小型車の速度のばらつきが大きくなったことが考えられる。

次に大型車において、

- 走行車線では、交通流率レベルに係わらずリミッター車が増えたこと、大型車の走行車線利用率が増

加したことで、速度が低下し、均一化したと考えられる。

- 追越車線では、交通流率レベル低~中の600~1800台/時2車線で、速度の低下に対し、ばらつきに変化はない。走行車線から追越車線へ車線変更するリミッター車を含む大型車が減少したこと、一方でリミッター装着義務の無い小型トラック等の走り方に変化がなく、ばらつきに変化がみられなかったと考えられる。交通流率レベル1800~2400台/時2車線では、自由走行状態から拘束流状態へ遷移する際の後続車への減速波により、速度のばらつきが大きくなった可能性がある。交通流率レベルがさらに高くなると拘束流となり、速度が均一化したと考えられる。

表-4 117.610KPにおける車線別・車種別速度の分散（昼時間帯）

[台/時/2 車線]	車線	小型車				大型車				全車種			
		分散		増減	P値	分散		増減	P値	分散		増減	P値
		2006年 [(km/時) ²]	2019年 [(km/時) ²]			2006年 [(km/時) ²]	2019年 [(km/時) ²]			2006年 [(km/時) ²]	2019年 [(km/時) ²]		
1 ~ 600	走行	158.67 508	181.16 566	22.49	0.126	133.66 141	85.84 121	-47.82	0.013 *	193.76 650	213.24 688	19.48	0.216
	追越	97.13 187	216.16 230	119.03	0.000 **	189.01 6	89.54 7	-99.46	0.351	105.07 194	243.88 238	138.81	0.000 **
	車線計	184.78 696	222.13 797	37.36	0.012 *	148.81 148	85.43 129	-63.38	0.001 **	228.53 845	261.02 927	32.49	0.049 *
601 ~ 1200	走行	158.82 5083	168.50 10723	9.67	0.015 *	133.41 1130	75.37 2494	-58.04	0.000 **	190.15 6214	182.68 13218	-7.47	0.065
	追越	112.59 3584	146.87 7726	34.28	0.000 **	131.60 129	165.85 314	34.26	0.130	121.97 3714	158.23 8041	36.26	0.000 **
	車線計	195.97 8668	220.24 18450	24.27	0.000 **	153.06 1260	103.32 2809	-49.74	0.000 **	236.33 9929	248.49 21260	12.16	0.004 **
1201 ~ 1800	走行	148.21 4671	146.27 13082	-1.93	0.583	94.43 882	71.54 3047	-22.89	0.000 **	165.20 5554	153.65 16130	-11.56	0.001 **
	追越	105.36 4772	121.63 14223	16.28	0.000 **	119.57 155	139.91 390	20.34	0.256	111.48 4928	127.53 14614	16.04	0.000 **
	車線計	190.61 9444	203.95 27306	13.34	0.000 **	131.63 1038	99.71 3438	-31.92	0.000 **	218.65 10483	228.08 30745	9.43	0.009 **
1801 ~ 2400	走行	153.18 2973	148.86 4473	-4.33	0.390	88.51 411	63.58 965	-24.93	0.000 **	153.63 3385	139.86 5439	-13.77	0.002 **
	追越	112.48 4065	158.90 6803	46.42	0.000 **	88.63 111	133.66 203	45.03	0.017 *	113.56 4177	160.90 7007	47.35	0.000 **
	車線計	193.58 7039	211.51 11277	17.93	0.000 **	136.21 523	96.42 1169	-39.79	0.000 **	203.29 7563	216.62 12447	13.33	0.002 **
2401 ~ 3000	走行	133.49 3268	107.90 1845	-25.60	0.000 **	76.64 321	48.17 317	-28.46	0.000 **	130.14 3590	99.85 2163	-30.29	0.000 **
	追越	122.78 4468	159.56 3259	36.78	0.000 **	74.46 100	67.78 80	-6.67	0.665	122.26 4569	157.97 3340	35.71	0.000 **
	車線計	192.52 7737	179.23 5105	-13.29	0.005 **	121.96 422	68.54 398	-53.42	0.000 **	194.06 8160	176.20 5504	-17.86	0.000 **

【分散】上段・黒文字：分散[(km/時)²]

* P < 0.05

下段・緑文字：サンプルサイズ(台数)

** P < 0.01

灰色の網掛け：サンプルサイズ(台数)が30未満で少ないため、参考値

6. おわりに

本研究では、都市間高速道路の交通性能のうち非渋滞時の速度に着目し、経年変化前：2006年、経年変化後：2019年における時点変化を分析した。地方部の片側2車線区間として東北道（上）上河内スマート IC～矢板 IC間の2地点を対象に、車両感知器パルスデータを用いた交通流率レベル別速度の時点変化を分析した。その際、車線別や車種別にも着目した。

交通流率レベル別の平均速度は、115.682KP、117.610KPともに、どの交通流率レベルでも経年的に低下していることを確認した。特に、全体として、走行車線に比べ、追越車線の速度低下量が大きいこと、小型車については、各車線で交通流率レベルの上昇に伴い、速度低下量が大きくなることを確認した。

また、交通流率レベル別速度の分散に着目すると、115.682KP 地点を走行する小型車において、追越車線では、1～2400台/時2車線で分散が増加し、2401～3000台/時2車線で分散が低下した。1～2400台/時2車線において、2006年における遅い小型車の速度が、2019年ではより顕著に遅くなっていることから、追越しを図る小型車に速度のばらつきが大きくなったと考えられる。一方で、高い交通流率レベルでは、交通量が増えたことで速度が律速され、均一化したと考えられる。走行車線では、1～2400台/時2車線で分散が変化せず、2401～3000台/時2車線で分散が低下した。1～2400台/時2車線では、リミッター車混入の有無に係わらず速度が全体的に低い領域へシフトし、高い交通流率レベルでは、リミッター車が増えたことや、大型車の走行車線利用率が増えたこと、交通量が増えたことで追従する小型車の速度が律速され、

均一化したと考えられる。

次に、115.682KP 地点を走行する大型車に着目すると、追越車線では 601~2400 台/時/2 車線で変化せず、2401~3000 台/時/2 車線で分散が低下した。速度が全体的に低い領域へシフトし、高い交通流率レベルでは、交通量が増えたことで速度が律速され、均一化したと考えられる。また、走行車線では、交通流率レベルに係わらず分散が低下する傾向を確認した。リミッター車そのものが増えたこと、大型車の走行車線利用率が上昇したことで、速い速度で走行する大型車の速度が大きく低下し、均一化したと考えられる。

117.682KP 地点においても、速度の平均、分散の変化傾向について 115.682KP と概ね同様の傾向が得られた。

一方で、追越車線を走行する小型車の速度に着目すると、高い交通流率レベル 2401~3000 台/時/2 車線で分散の変化傾向が大きく異なる。この点について、考察する。

分析対象地点について、図-2 に示す通り、対象キロポストは 2 地点ともにサグ前に位置するが、115.682KP に比べて 117.682KP の縦断勾配が急であり、勾配区間長が長い。縦断勾配が速度に与える影響を分析した文献⁸⁾では昼時間帯において、縦断勾配が 2%未満の場合に縦断勾配が 1%減るごとに 85%マイル速度が 0.4km/時程度上昇することを確認している。本研究においても、同交通流率レベルで 115.682KP に比べ、縦断勾配が急な 117.682KP の方が平均速度が速いことを確認できた。図-7 をみると、115.682KP に比べて 117.610KP の速度分布の最頻値付近の速度構成比は 2006 年から 2019 年にかけて大きく低下している一方で、裾の広がりには大きな変化がないように見える。以上のことから、117.610KP では、速度が全体的に低い領域へシフトしつつも、特に高い速度で走行する小型車の割合は少なくなったことで、相対的に速度のばらつきが大きくなったといえる。下り勾配による速度上昇を避けて運転するようになった可能性が考えられる。

また、矢板 IC の加速車線は、2010 年 7 月に 300m から 2km に延伸されており、延伸前は 119KP 付近の矢板 IC サグ・合流部で渋滞していたが、延伸によりボトルネックが解消された背景がある。117.682KP は延伸した加速車線終端部の近くに位置し、本線合流直後の速度が低い車両の追越しを図る小型車の速度が、追越車線を走行し続ける小型車の速度よりも遅いことによるばらつきが考えられる。

本研究では、走行車線において高い速度で走行する大型車が減少し、大型車平均速度が低下したこと、高い交通流率レベルにおいて各車線で平均速度が低下し、速度分布が均一化したことを明らかにした。また、平均速度や分散の変化要因として、大型車の追越車線利用率の低下やリミッター車の増加の可能性を挙げた。ただし、こ

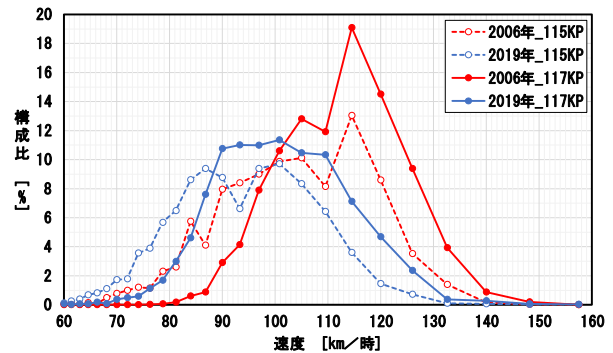


図-7 追越車線かつ小型車の速度分布の時点変化 (昼時間帯の交通流率レベル 2401~3000 台/時/2 車線)

れらの分析や考察は限られた対象地点におけるデータや仮説に過ぎない。今後はこれらの知見が一般的に成り立つのかを確認するために、他地点での分析の可能性を探る必要がある。また、本分析対象地点において、速度の経年変化のメカニズムをより明確にするために、交通流率レベル別における単独走行時や追従走行時の車線別かつ車種別の速度分布、車頭時間分布の分析や、車群の形成状況の分析も行うことで、運転挙動の変化の傾向を詳細に検証していきたい。

謝辞: 本研究の実施にあたり、車両感知器パルスデータをご提供いただいた東日本高速道路株式会社、多くの助言を頂いた株式会社道路計画の石田貴志様に厚くお礼申し上げます。

REFERENCES

- 1) 後藤誠, 石田貴志, 野中康弘: 都市間高速道路における交通性能の経年変化に関する研究, 交通工学論文集, Vol.5, No.2(特集号 A), pp.A90-A98, 2019.
- 2) 石田貴志, 大口敬, 邢健, 後藤誠: 都市間高速道路における速度の経年変化に関する研究, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.78, No.5, 2023.(登載決定)
- 3) 松ヶ谷玲弥, 塩見康博, 邢健, 糸島史浩, 甲斐徳高: 個別車両データを用いた都市間高速道路における交通流特性の経年変化に関する研究, 交通工学論文集, Vol.6, No.2(特集号 A), pp.A121-A130, 2020.
- 4) 石田貴志, Jian XING: 都市間高速道路における交通容量の現状と課題, 土木計画学研究・講演集, Vol.47, 2013.
- 5) 洪性俊, 大口敬: 多車線高速道路における統合型速度推定モデル, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 67, No. 3, pp. 244-260, 2011.
- 6) 村上友基, 遠藤学史, 川野祥弘, 泉典宏, 田中淳, 山口大輔, 土屋克貴: 首都高速道路における交通性能の変動要因分析, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.57, 2018.
- 7) 国土交通省: 大型トラックのスピードリミッターの効果・影響評価の結果について,

https://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/09/090821_.html
(2023 年 3 月 8 日)

- 8) 近田博之, 邢健: 縦断勾配が速度に与える影響に関する実証分析, 土木学会論文集 D3(土木計画学),

Vol.71, No.5(土木計画学研究・論文集第 32 卷),
I_1011_I_1016, 2015.

A STUDY ON SECULAR CHANGE OF SPOT SPEEDS USING VEHICLE DETECTOR PULSE DATA ON AN INTERURBAN EXPRESSWAY

Taito OGAWA, Takashi OGUCHI and Takashi ISHIDA

Speed on interurban expressways, which need to secure faster movements, is particularly significant among road traffic performance indicators. Almost all the existing studies which revealed the reducing tendency of non-congested speed are based on five-minute aggregated data, and the analysis on individual vehicle speed for different vehicle types and different lanes is unknown. Individual spot speeds using vehicle detector pulse data collected in 2006 and 2019 are compared for different traffic volume levels on an interurban expressway. Large vehicle average speeds on shoulder lane in 2019 decreased in comparison with those in 2006. Both average speeds on shoulder and median lanes at higher traffic volume levels have decreasing tendency, and the ranges of their distributions come to be smaller in 2019. The factors to cause these secular changes are discussed.