

**性能照査型道路設計のための  
交通容量・サービス水準に関する研究**

**報 告 書**

**平成 19 年 6 月**

**IATSS H853 プロジェクト**

## 委 員 名 簿

PL	中村 英樹	名古屋大学大学院工学研究科
委員	内海 泰輔	名古屋大学大学院工学研究科
	岡田 知朗	首都高速道路株式会社
	大口 敬	首都大学東京大学院環境科学研究科
	尾崎 晴男	東洋大学工学部
	喜多 秀行	神戸大学工学部
	桑原 雅夫	東京大学国際・産学協同研究センター
	長谷川栄一	首都高速道路株式会社
	浜岡 秀勝	秋田大学工学資源学部
	森田 綽之	日本大学総合科学研究所

(メンバーは 50 音順)

事務局	奈良坂 伸	(財)国際交通安全学会
	芳賀 朗	(財)国際交通安全学会
	小島 康稔	(財)国際交通安全学会

---

# 目 次

---

1. 研究の概要	1
1.1. 研究の目的と概要	2
1.2. 本年度の研究内容	2
2. 都市間道路単路部における交通量-速度(Q-V)曲線の定式化	3
2.1. はじめに	4
2.2. 2車線自専道単路部における交通量-速度曲線	5
2.3. 多車線自専道単路部における交通量-速度曲線	13
2.4. 都市間一般道路単路部における交通量-速度曲線	32
2.5. おわりに	50
3. 各種要因が交通量-速度(QV)関係に与える影響に関する研究	51
3.1. はじめに	52
3.2. 都市高速道路における自由流速度への影響要因に関する研究	53
3.3. 冬季の路面状況が交通特性に及ぼす影響	66
3.4. おわりに	72
4. ドライバーの認識・評価構造に関する研究	73
4.1. はじめに	74
4.2. 順序効果の影響を考慮した走行サービスの質に対するドライバーの認識・評価構造の分析	75
4.3. おわりに	81

# 1. 研究の概要

## 1.1. 研究の目的と概要

昨今、厳しい財政制約など様々な社会環境の変化の中で、コスト・パフォーマンスの高い新しい道路構造と既存道路の活用が問われている。これに対し、日本の道路事情に鑑みつつ、幾何構造設計や交通運用に工夫を施すことによって、道路交通のパフォーマンスを向上することが可能であると考えられる。そのためには、実現する交通流の性能目標値としてのサービス水準を各道路の機能分担に応じて定めた上で、これを満足するような、性能照査型道路設計手法の導入が必要である。

本プロジェクトは、多車線道路・往復2車線道路の単路部を対象とし、交通流特性に関わる実態データを収集・分析することによって、車線幅員・側方余裕などの道路構造、ならびに沿道条件、利用者特性などが交通容量や実勢速度に与える影響の精査を行い、各種条件とその条件下で実現するサービス水準・交通容量との関係を明らかにしようとするものである。また、各道路機能に応じてサービス水準を設定するためには、現状のような曖昧な機能区分ではなく、幹線道路や生活道路といったそれぞれの道路の役割に応じた明確な機能設定が必要となる。そこで、我が国の道路区分について見直しを行い、ネットワーク特性に応じた独自の道路階層区分(試案)についても検討する。

## 1.2. 本年度の研究内容

本年度は、昨年度得られた知見等をもとに、我が国の都市間道路(高速道路、一般道路)単路部におけるレファレンスとなる交通量-速度(QV)曲線の定式化について検討する。これにより得られた曲線と設計時間交通量とを組合せれば、トラフィック機能を重視する道路の交通性能を計画設計段階で評価することが可能となる[1]。また、走行速度や交通容量に影響を与える要因として、昨年度は降雨量、大型車混入率、休日運転者を探り上げたが、さらに本年度は道路の幾何構造(平面線形、縦断線形)や付帯構造物(案内標識、その他看板)、路面状況(湿潤、シャーベット、圧雪)に着目し分析を進めていく[2]。一方で、道路交通のサービス水準を設定するためには、実際の交通状況とそれに対するドライバー認識・評価の関係を明らかにすることが必要となる。そのため、“順序効果”の影響を考慮したドライバー認識に基づく評価構造モデルを構築する[3]。

都市間道路単路部における交通量-速度(QV)曲線の定式化

各種要因が交通量-速度(QV)関係に与える影響に関する研究

ドライバーの認識・評価構造に関する研究

## 2. 都市間道路単路部における 交通量-速度(QV)曲線の定式化

## 2.1. はじめに

昨年度は、全国的高速道路(以下、自専道とする)に設置されている車両感知器データを用いて、2方向2車線自専道(以下、2車線自専道とする)および多車線自専道の各種条件下における交通量～速度(QV)関係について分析を行った。2車線自専道では、QV曲線に影響を与える主な要因として降雨量、大型車混入率、構造条件(付加車線、縦断勾配)を採り上げ、その影響の大きさが、概ね、降雨量>大型車混入率>構造条件(付加車線、縦断勾配)であることを明らかにした(表 2-1-1)。また、多車線自専道では、特に大型車混入率と降雨量に着目し、これら要因が QV 関係に与える影響・傾向について分析を行った。

本年度は、これらの知見をもとに都市間自専道単路部における QV 曲線の定式化を検討する。さらに、同様の分析を都市間を連絡する一般道でも行い、我が国の都市間道路単路部におけるレファレンスとなる QV 曲線を提案する。

表 2-1-1 2車線自専道における要因別の速度低下量(単位：km/h)

		交通流率(台/h)					信頼性	
		0-200	200-400	400-600	600-800	800-1,000		
影響要因	平日/休日(平日-休日)	0.6	-0.1	-0.4	-0.9	-1.4		
	季節(無雪期-積雪期)	3.8	0.7	-0.5	-2.7	-2.8		
	降雨量 (0~1mm/h - )	1~3mm/h	4.0	3.0	3.3	3.6	-	
		3~7mm/h	6.4	4.4	6.7	-	-	
		7mm/h~	8.7	6.7	8.9	-	-	
	大型車混入率 (0~10% - )	10~20%	1.4	1.6	1.2	1.5	-	
		20~30%	2.5	3.0	3.3	-	-	
		30%~	3.6	4.5	6.6	-	-	
	付加車線(近い-遠い)	2.8	2.9	3.2	3.2	2.4	×	
	勾配(平坦-上り勾配)	0.4	1.6	2.6	2.3	2.6	×	

降雨量と大型車混入率による影響は3年間の豊富なデータにより分析した結果であり信頼性が高いが、構造条件(付加車線、縦断勾配)による影響については、分析対象地点が少なく、影響を与える要因が多数重なりあっている可能性もあるため、降雨量や大型車混入率に比べ信頼性は乏しい。

## 2.2.2 車線自専道単路部における交通量-速度曲線

### 2.2.1. はじめに

ここでは2車線自専道に着目し、QV曲線の定式化を行う。現在の我が国の2車線自専道では、対向車線を利用しての追越し機会が与えられておらず、多車線自専道のように自由に低速車を追越すことができない。そのため、2車線自専道では、低速車が交通流全体の速度へ与える影響が大きく、多車線自専道とは異なるQV関係を示すことが考えられる。なお、本節では旧日本道路公団(以下、旧JHとする)が管理する暫定2車線区間の自専道を分析対象とする。

### 2.2.2. 分析データの概要

#### (1) 分析データ

##### 1) 車両感知器データ

旧JHより入手した全国で供用中の高速道路/一般有料道路の2002年から2004年の3年分の車両感知器データを使用して分析する。車両感知器は、重要な路線である東名高速道路、名神高速道路などでは2km毎に設置されているが、暫定2車線路線/区間を含む地方部の交通量が少ない路線/区間では、各IC間に1基ずつ備えられている。この車両感知器のデータには図2-2-1のように、方向別、車線別に5分間の交通量、大型車交通量、時間オキュパンシー(OCC)、地点平均速度のデータが記録されている。なお、大型車は車長が5.5m以上の車両と定義されている。

0～5分間交通量

走行1				走行2				追越し				登坂/路肩			
交通量	大型交通量	OCC	速度	交通量	大型交通量	OCC	速度	交通量	大型交通量	OCC	速度	交通量	大型交通量	OCC	速度
999	999	999V9	999V9	999	999	999V9	999V9	999	999	999V9	999V9	999	999	999V9	999V9
5 26 27	28 29 30	31 32 33 34	35 36 37 38	39 40 41	42 43 44	45 46 47 48	49 50 51 52	53 54 55	56 57 58	59 60 61 62	63 64 65 66	67 68 69	70 71 72	73 74 75 76	77 78 79 80

図 2-2-1 車両感知器データ

##### 2) 降雨の影響の分析に使用する降雨データ

降雨による影響を分析するため、(財)日本気象協会から入手した、全国のAMeDASデータを使用する。データは1時間ごとに1mm単位で記録されている。降雨量の観測所は全国に約1,300箇所あり、概ね17km間隔で設置されている。ここでは、車両感知器地点と降雨量観測所の緯度経度を用いて、車両感知器地点からの距離が最短となる降雨観測所のデータを探索し、その車両感知器地点の降雨量データとする。

## (2) 分析対象地点の選定方法

現在我が国で供用中の暫定2車線区間のほとんどが4車線化または付加車線設置といった工事が行われている。本分析では十分なサンプルを確保するため、2002～2004年の3年間にわたって、車両感知器の設置地点が片側1車線であった地点を抽出し、分析対象地点とする。分析対象地点の選定条件は次のとおりである。

- ・ 選定条件1：2002～2004年の間、1車線分のデータしか記録されていない地点
- ・ 選定条件2：1年半分以上のデータが記録されている地点
- ・ 選定条件3：JCTから2km以上、ICから500m以上離れている地点

上記3つの条件をクリアした地点に関して、旧JHから入手した年度別の付加車線設置状況のデータを参照し、車両感知器のある地点に付加車線もしくは付加車線のすりつけ部がついているものを対象から除く。その結果選定された7路線36地点を分析対象とする。分析対象となった地点の諸元を表2-2-1に示す。

表2-2-1(1) 分析対象地点の構造諸元

道路コード	道路名称	KP	方向	勾配コード	勾配の大きさ(%)	勾配始点からの距離(m)	線形	RorA(m)	付加車線からの距離(km)
1061	徳島自動車道	25.460	上り	下り勾配	2.0		円曲線	3,000	6.3
1061	徳島自動車道	25.460	下り	上り勾配	2.0	452	円曲線	3,000	2.5
1061	徳島自動車道	44.370	上り	平坦	0.4		直線	∞	2.6
1061	徳島自動車道	44.370	下り	平坦	0.4		直線	∞	7.8
1061	徳島自動車道	56.840	上り	平坦	1.3		クロソイド	400	0.8
1061	徳島自動車道	56.840	下り	平坦	1.3		クロソイド	400	3.3
1061	徳島自動車道	75.310	上り	平坦	1.6		円曲線	800	10.8
1061	徳島自動車道	75.310	下り	平坦	1.6		円曲線	800	1.0
1062	松山自動車道	148.157	上り	平坦	0.3		クロソイド	1,000	15.5
1062	松山自動車道	148.157	下り	平坦	0.3		クロソイド	1,000	1.9
1062	松山自動車道	178.390	上り	下り勾配	2.8		円曲線	1,800	∞
1062	松山自動車道	178.390	下り	上り勾配	2.8	660	円曲線	1,800	1.8
1420	秋田自動車道	13.924	下り	上り勾配	2.1	50	円曲線	4,000	1.6
1420	秋田自動車道	18.579	上り	下り勾配	4.0		円曲線	5,000	2.7
1430	山形自動車道	62.390	上り	下り勾配	3.0		クロソイド	800	3.5
1430	山形自動車道	62.390	下り	上り勾配	3.0	590	クロソイド	800	6.2
1440	磐越自動車道	53.113	上り	平坦	0.5		クロソイド	600	2.0
1440	磐越自動車道	53.113	下り	平坦	0.5		クロソイド	600	4.3
1440	磐越自動車道	60.900	上り	上り勾配	3.0	273	円曲線	1,000	0.9
1440	磐越自動車道	60.900	下り	下り勾配	3.0		円曲線	1,000	3.3
1440	磐越自動車道	119.200	上り	平坦	0.3		円曲線	2,000	3.6
1440	磐越自動車道	119.200	下り	平坦	0.3		円曲線	2,000	1.0
1440	磐越自動車道	146.074	上り	平坦	1.1		クロソイド	500	8.2
1440	磐越自動車道	146.074	下り	平坦	1.1		クロソイド	500	1.4
1440	磐越自動車道	169.132	上り	平坦	0.3		クロソイド	500	4.0
1440	磐越自動車道	169.132	下り	平坦	0.3		クロソイド	500	2.3
1440	磐越自動車道	180.249	上り	上り勾配	2.0	393	円曲線	700	8.6
1440	磐越自動車道	180.249	下り	下り勾配	2.0		円曲線	700	5.5
1612	高知自動車道	122.640	上り	上り勾配	4.0	1095	円曲線	4,000	1.3
1612	高知自動車道	122.640	下り	下り勾配	4.0		円曲線	4,000	7.9
1830	東海北陸自動車道	63.280	上り	下り勾配	3.7		直線	∞	7.6
1830	東海北陸自動車道	63.280	下り	上り勾配	3.7	1313	直線	∞	2.0
1830	東海北陸自動車道	77.850	上り	下り勾配	4.0		円曲線	800	6.6
1830	東海北陸自動車道	77.850	下り	上り勾配	4.0	1243	円曲線	800	0.5
1830	東海北陸自動車道	86.850	上り	下り勾配	2.4		円曲線	3,000	3.8
1830	東海北陸自動車道	86.850	下り	上り勾配	2.4	1903	円曲線	3,000	1.5

表 2-2-1(2) 分析対象地点の年平均日交通量(2002～2004年の平均値)

道路名称	KP	AADT	平日 ADT	休日 ADT
徳島自動車道	25.460	8,802	7,891	10,599
徳島自動車道	44.370	7,791	6,879	9,592
徳島自動車道	56.840	6,501	5,674	8,131
徳島自動車道	75.310	5,913	5,057	7,606
松山自動車道	148.157	8,506	7,566	10,365
松山自動車道	178.390	8,656	7,754	10,439
秋田自動車道	13.924	5,383	5,061	6,026
山形自動車道	62.390	4,074	3,942	4,338
磐越自動車道	53.113	9,415	8,514	11,107
磐越自動車道	60.900	10,510	9,602	12,322
磐越自動車道	119.200	6,540	5,907	7,804
磐越自動車道	146.074	5,790	5,056	7,254
磐越自動車道	169.132	6,710	6,031	8,077
磐越自動車道	180.249	6,736	6,090	8,037
高知自動車道	122.640	8,155	7,737	8,984
東海北陸自動車道	63.280	9,507	7,714	13,068
東海北陸自動車道	77.850	7,450	5,911	10,506
東海北陸自動車道	86.850	5,512	4,633	7,259

表 2-2-1(3) 分析対象地点の大型車混入率/昼夜率/平休比(2002～2004年の平均値)

道路名称	KP	全日 昼夜率	平日 昼夜率	休日 昼夜率	昼間 平休比	平日 12 時間 大型車混入率 (%)	休日 12 時間 大型車混入率 (%)
徳島自動車道	25.460	1.29	1.29	1.29	1.33	10.8	6.4
徳島自動車道	44.370	1.30	1.30	1.31	1.39	12.2	6.9
徳島自動車道	56.840	1.32	1.32	1.32	1.43	13.4	7.4
徳島自動車道	75.310	1.36	1.37	1.34	1.53	19.2	10.7
松山自動車道	148.157	1.28	1.28	1.28	1.36	14.2	9.7
松山自動車道	178.390	1.29	1.28	1.31	1.31	8.1	4.7
秋田自動車道	13.924	1.31	1.32	1.30	1.21	14.2	7.6
山形自動車道	62.390	1.21	1.21	1.21	1.10	8.2	6.0
磐越自動車道	53.113	1.25	1.26	1.24	1.33	16.6	8.2
磐越自動車道	60.900	1.25	1.26	1.24	1.31	16.1	8.3
磐越自動車道	119.200	1.36	1.41	1.30	1.44	24.1	11.1
磐越自動車道	146.074	1.41	1.48	1.31	1.62	30.4	14.3
磐越自動車道	169.132	1.38	1.43	1.31	1.46	9.3	5.1
磐越自動車道	180.249	1.38	1.42	1.31	1.43	10.3	6.2
高知自動車道	122.640	1.22	1.21	1.24	1.14	22.7	10.9
東海北陸自動車道	63.280	1.29	1.26	1.34	1.59	21.6	10.5
東海北陸自動車道	77.850	1.27	1.25	1.30	1.70	9.8	6.5
東海北陸自動車道	86.850	1.24	1.24	1.25	1.55	9.0	4.8

## 2.2.3 分析方法

### (1) 分析条件

昨年度の分析の結果，表 2-1-1 のように大型車混入率，降雨量，季節(無雪期/積雪期)の 3 つの要因が特に QV 曲線に影響を与えることが明らかとなった。これをふまえ，分析条件・範囲を昼間，無雪期(4~11 月)とし，交通量は 50(台/h)\*ごとに，降雨は非降雨[：0~1mm/h]と降雨[：1mm/h~]に，大型車混入率は 10%ごとに分類する。そして，これらのデータをもとに 2 車線自専道の QV 曲線を定式化する。

なお，縦断勾配や付加車線の位置といった道路条件に関する要因は，十分な信頼性が確保できないため，ここでは影響要因として考慮しない。また，降雨量を 1mm/h ごとに細分化し設定すると十分なサンプル数が確保できないため，降雨については非降雨と降雨の 2 分類とする。

\*交通量：15 分間交通流率

### (2) 分析方法

次の手順により，一般的な 2 車線自専道の 85percentile 速度を求め，QV 曲線推定式を構築する。

手順 1：各地点のカテゴリ別 85percentile 速度を求める

分析対象地点ごとに交通量レベル別，大型車混入率レベル別，非降雨/降雨別の 85percentile 速度(以下，カテゴリ別 85percentile 速度とする)を求める。ただし，サンプル数が 10 未満の場合は，信頼性が低いと考え対象から除く。

手順 2：全体のカテゴリ別 85percentile 速度を求める

2 車線自専道の分析対象地点は 36 地点と少なく，全地点のカテゴリ別 85percentile 速度データをそのまま分析に利用すると，地点間の QV 関係のバラつきにより明確な傾向がみられない可能性がある。そのため，各地点のカテゴリ別 85percentile 速度の平均値をとったものを，全体の 85percentile 速度とし分析に利用する。なお，分析対象地点のうち 10 地点以上で 85percentile 速度が求められたカテゴリのみこの全体の 85percentile 速度を求める。

手順 3：QV 曲線推定式を構築する

カテゴリ別 85percentile 速度の傾向を分析し，QV 曲線推定式を構築する。なお，推定式は，非降雨時(降雨量 0mm)・大型車混入率 0-9%といった基本条件での QV 関係を推定する式(基本式)と，降雨および大型車混入率の増加による速度低下量を補正する式(補正式)とに分け，基本式から補正式を減ずる形とする(式 2-2-1 参照)。

QV 曲線推定式： $\hat{V}_{85} = V_{85,ideal} - \Delta V_{85,HVR} - \Delta V_{85,rain}$  …… 式 2-2-1

ここで，

$\hat{V}_{85}$ ：85percentile 速度 (km/h)の推定値

$V_{85,ideal}$ ：大型車混入率 0-9%，非降雨時における 85percentile 速度 (km/h)[基本式]

$\Delta V_{85,HVR}$ ：大型車混入率による速度低下量(km/h) [補正式 A]

$\Delta V_{85,rain}$ ：降雨による速度低下量(km/h) [補正式 B]

#### 2.2.4 2車線自専道における QV 曲線の提案

##### (1) QV 曲線の定式化

2車線自専道の大型車混入率レベル別 85percentile 速度と大型車混入率 0-9%を基準とした各大型車混入率における 85percentile 速度の低下量を図 2-2-2 に，非降雨/降雨別 85percentile 速度と降雨による 85percentile 速度の低下量を図 2-2-3 にそれぞれ示す。

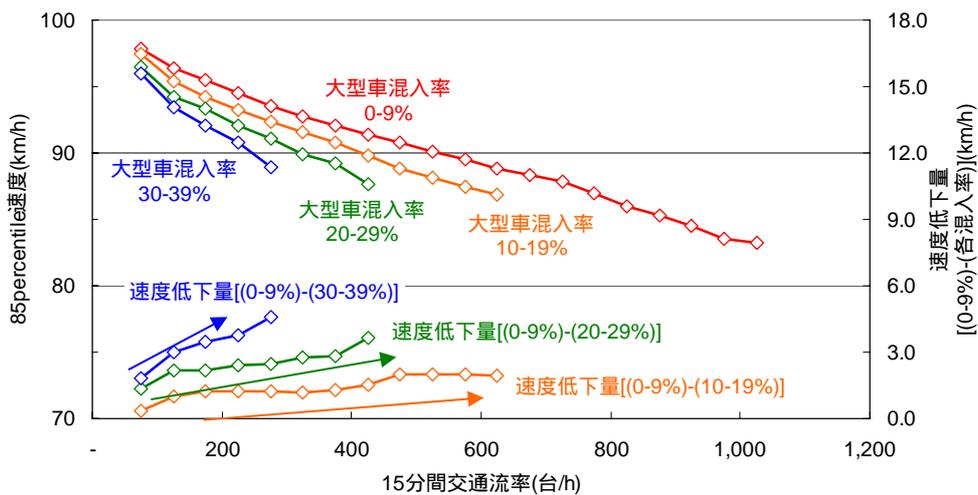


図 2-2-2 大型車混入率別 85percentile 速度と速度低下量[非降雨]

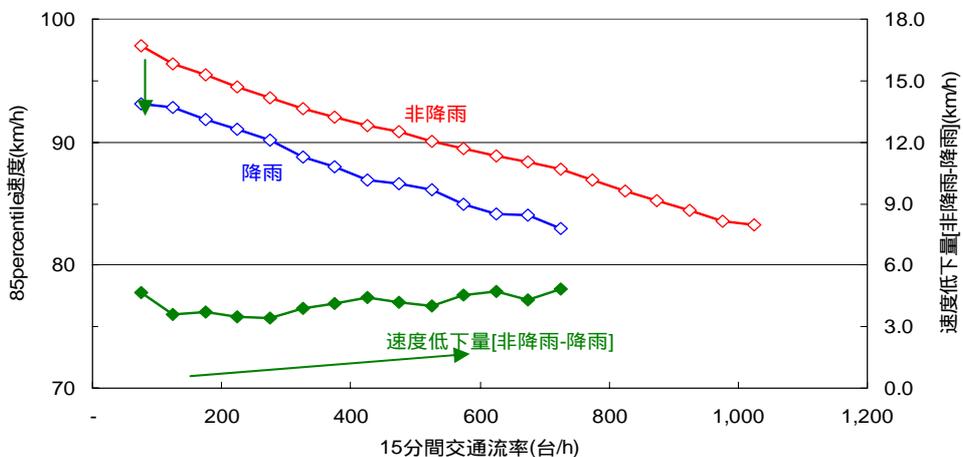


図 2-2-3 非降雨/降雨別 85percentile 速度と速度低下量[大型車混入率 0-9%]

### 1) 基本式

交通量レベルが小さいときの非降雨時における 85percentile 速度をみると 95 ~ 100km/h となっており、現行の暫定 2 車線自専道の規制速度である 70km/h を大きく上回っていることがわかる。また、85percentile 速度は交通量の増加に伴いほぼ直線的に低下している。これらより、2 車線自専道の基本式には、式 2-2-2 のように直線関係を表す 1 次式を用いる。

$$\text{基本式： } V_{85,ideal} = \alpha_1 + \alpha_2 \times Flow_{15} \quad \dots \quad \text{式 2-2-2}$$

ここで、

$V_{85,ideal}$  : 大型車混入率 0-10%、非降雨時における 85percentile 速度(km/h)

$Flow_{15}$  : 15 分間交通流率 (台/h)

$\alpha_1, \alpha_2$  : パラメータ

### 2) 大型車混入率による速度低下の補正式

大型車混入率カテゴリごとの QV 関係(図 2-2-2)をみると、大型車混入率が増加するにつれ速度が低下する傾向がわかる。また、大型車混入率 0-9%を基準とし各大型車混入率カテゴリにおける速度低下量をみると、交通量レベルが小さいと大型車混入率の違いによる速度の低下量の差はない(もしくは差が小さい)が、交通量が増加するにつれ差が大きくなることがみてとれる。

以上をふまえ、大型車混入率の増加による速度低下の補正式は、大型車混入率と交通量の 2 つの説明変数により推定する。そして、各大型車混入率の速度低下量と交通量との間には直線関係がみられるため、補正式を次のような構造とする。

$$\text{補正式 A： } \Delta V_{85,HVR} = \beta_1 \times HVR \times Flow_{15} \quad \dots \quad \text{式 2-2-3}$$

ここで、

$\Delta V_{85,HVR}$  : 大型車混入率による速度低下量(km/h)

$HVR$  : 大型車混入率(%)

$\beta_1$  : パラメータ

### 3) 降雨による速度低下の補正式

非降雨/降雨別の QV 関係(図 2-2-3)をみると、交通量レベルが 0 に近い状態であっても速度は降雨の影響を受け 3.0km/h 程度低下することがわかる。また、大型車混入率ほどではないが、この降雨による速度低下量は交通量が増加するにつれ大きくなる。

これらの傾向より降雨による速度低下を、降雨そのものによる[交通量レベルが 0 のときの]速度低下( $\gamma_1 \cdot RainDummy$ )と、交通量の増加にともなう速度低下( $\gamma_2 \cdot RainDummy \cdot Flow$ )の 2 つに分け、次のような補正式によって表す。

補正式 B :  $\Delta V_{85,rain} = \gamma_1 \times RainDummy + \gamma_2 \times RainDummy \times Flow_{15}$  . . . 式 2-2-4

ここで,

$\Delta V_{85,rain}$  : 降雨による速度低下量(km/h)

$RainDummy$  : 非降雨 0, 降雨 1

$\gamma_1, \gamma_2$  : パラメータ

(2) QV 曲線推定式の構築

(1)の基本式, 補正式を用いると, 2車線自専道の QV 曲線を推定する式の構造は次のようになる.

$$\hat{V}_{85} = V_{85,ideal} - \Delta V_{85,HVR} - \Delta V_{85,rain}$$

$$= [\alpha_1 + \alpha_2 \times Flow_{15}] - [\beta_1 \times HVR \times Flow_{15}] - [\gamma_1 \times RainDummy + \gamma_2 \times RainDummy \times Flow_{15}] \quad \dots \text{式 2-2-5}$$

上記のように設定したモデル式に対してパラメータ推定を行った結果を表 2-2-2 に, また本モデル式により推定される QV 曲線を図 2-2-4 に示す. なお, いずれのパラメータも統計的に有意なものであった.

表 2-2-2 パラメータ推定結果

パラメータ	推定値
$\alpha_1$	97.59
$\alpha_2$	-0.0118
$\beta_1$	-0.000446
$\gamma_1$	-3.12
$\gamma_2$	-0.00190
R <sup>2</sup> 値	0.982
RAME	0.461
サンプル数	76

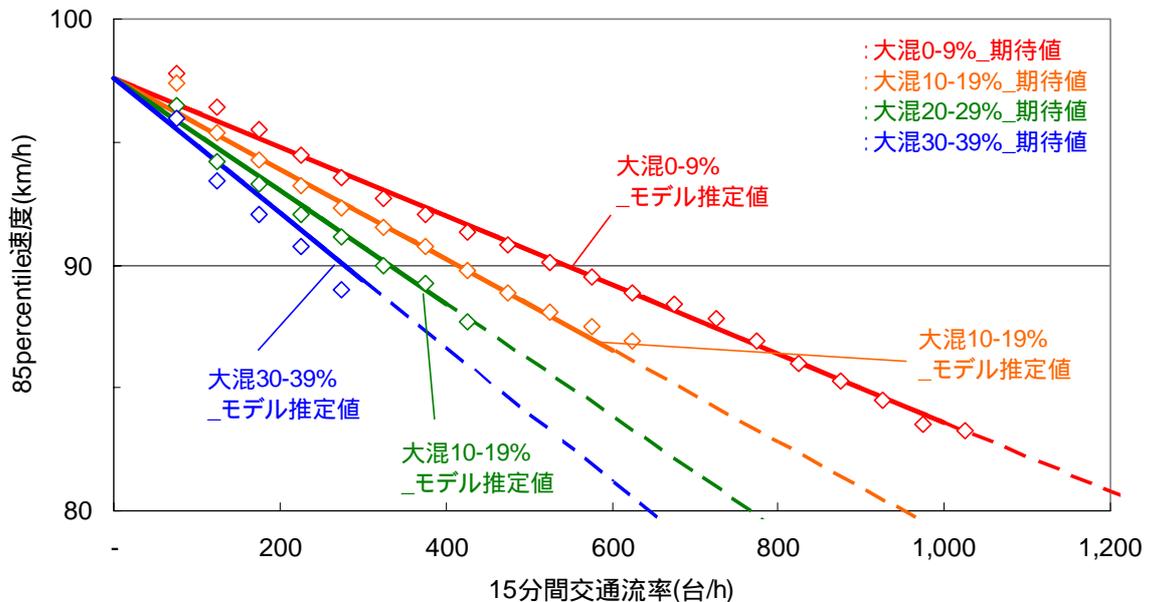


図 2-2-4 (1) 2車線自専道における QV 曲線(非降雨)

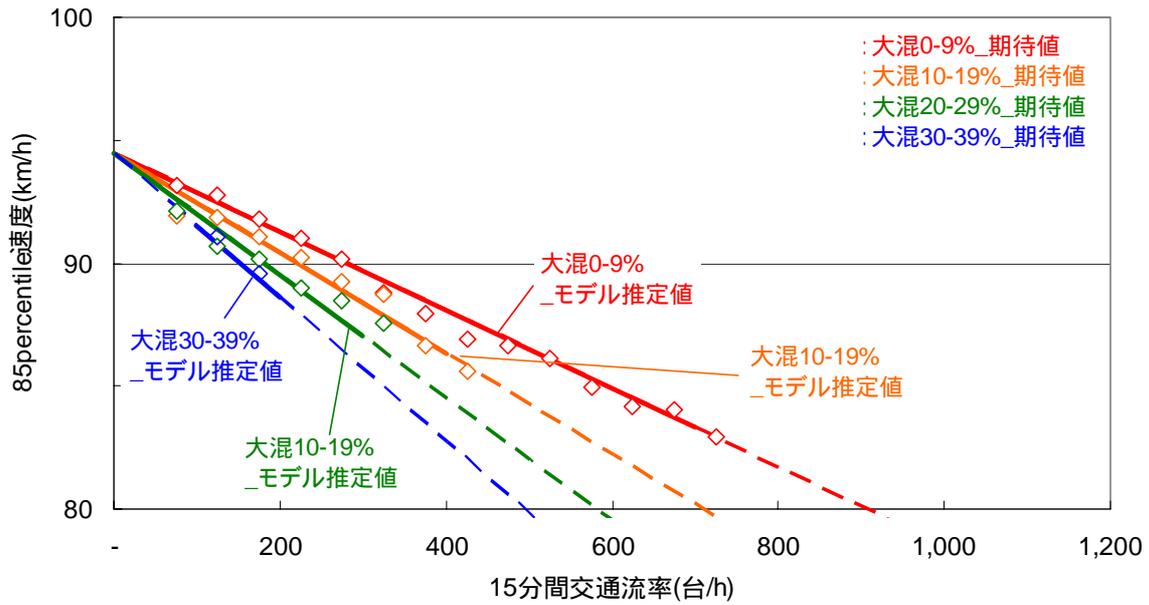


図 2-2-4 (2) 2車線自専道における QV 曲線(降雨)

#### 2.2.5 おわりに

モデル式による推計値と観測値とを比較すると、若干過小または過大に推計されるカテゴリがあるものの、全体的には QV 関係を良好に表現することができるモデル式が構築できたといえる。さらに、昨年度の分析結果から得られたその他要因の速度低下量(表 2-1-1)を利用し、図 2-2-4 の QV 曲線をシフトさせれば、他の要因の影響を考慮した QV 曲線を設定することも可能となる。

## 2.3. 多車線自専道単路部における交通量-速度曲線

### 2.3.1. はじめに

ここでは多車線自専道を対象とする。多車線自専道における内側車線は追越車線であり、一般に内側の車線ほど速度は高く、車線間で QV 関係の変動特性が異なると考えられる。したがって、本節では車線別に分析を行い、かつ QV 関係の定式化は片側車線数・規制速度別に分類して行う。なお、昨年度の 2 車線自専道、多車線自専道の分析結果(2.1.)より、ここでは特に大型車混入率と降雨量に着目し QV 関係への影響、およびそれら結果を考慮した QV 曲線の定式化(式の構造・説明変数)について考察する。分析条件・範囲は昼間(08:00-16:00)、平日、非渋滞流状態とする。

- 本分析は道路の線形等の影響を受ける特定地点の QV 関係でなく、あるリンクの特定車線における全体的な QV 曲線を表す定式化を目指すものであり、その 2 つの要因により変動する QV 関係を考察するものである。

### 2.3.2. 分析データの概要

本分析には交通量・大型車交通量・速度に関する交通データと、降雨量の影響を分析するための降雨データが必要である。ここでは、これらのデータの概要と分析で適合しないデータを削除するデータクレンジング、および分析データのカテゴリ化について示す。

#### (1) 分析データ

##### 1) 車両感知器データ

分析で用いた交通量・速度の交通データは旧 JH から入手した車両感知器データを活用する。入手した車両感知器データは車線別に交通量、大型車交通量、占有率、速度が 5 分単位で集計されたものである。対象期間は 1998 年～2001 年の 4 年間であるが、場所によっては 1～2 年間のデータしか入手できていない。対象道路および区間は表 2-3-1 のような 4 つの路線の上下線における単路部であり、各道路の起点・終点、本線料金所、トンネル等、自専道において連続的な走行環境に影響を及ぼす施設付近の地点は除外した。また、欠測やエラーデータが多すぎて利用不可能な地点、拡幅工事等により道路幾何構造が対象期間中に変化した区間の地点からのデータも分析から除外し、その結果、739 箇所を分析対象データとした。4 つの対象路線は本州を縦方向にほとんどカバーするため、特定の区間・地点で行われた既往研究に比べて、汎用性・一般性の高い有効な結果が得られるものと考えられる。

表 2-3-1 データ収集道路および対象区間<sup>a</sup>

対象道路	分析区間	対象区間延長 (km/h)	IC 間平均 AADT(千台/日)			大型車の割合 <sup>c</sup> (%)
			対象区間	都市部 <sup>b</sup>	地方部	
東名高速道路	東京 三ヶ日	251.7	78.5	120.5	69.7	21.8
東北自動車道	東京 青森	679.5	33.4	85.5	29.7	20.6
中央自動車道	東京 名古屋	366.8	40.1	116.8	37.5	15.7
中国自動車道	大阪 下関	543.1	23.5	74.2	15.3	19.5

a. 日本道路公団年報 事業の概要と道路統計(平成 14 年) 資料は平成 13 年度

b. 東京 IC 厚木 IC(東名), 川口 JCT 久喜 IC(東北), 高井戸 IC 八王子 IC(中央), 吹田 JCT 神戸 JCT(中国)

c. 各道路全区間の年間利用台数に対する中型車・大型車・特大車の割合

## 2) AMeDAS データ

本分析で用いる降雨データは日本気象協会から入手した AMeDAS データを活用した。入手した AMeDAS データは日本全国における 1,300 個所以上の気候観測所で観測された気象データを 10 分単位で集計したものであり、このデータベースには降雨量、気温等の情報が含まれる。本分析では各気候観測所の位置情報(緯度・経度)を利用し、各車両感知器から直線距離がもっとも近い気候観測所を探索して、その降雨量と交通データを関連づけて分析データを作成した。

車両感知器と最寄り気候観測所間の距離は、近い場合は数 100m だが、遠い場合では 10km を超える。この場合、車両感知器位置における実際の降雨量と分析データ上の降雨量が異なる可能性があるが、本分析のように数百箇所を対象に降雨量と交通現象を調べるには、こうした統計データベースを活用する方法を取らざるを得ない。各車両感知器と最寄りの気候観測所間の平均距離は 6.0km、標準偏差は 3.1km である。

交通現象に影響を与える説明変数には 1 時間累積降雨量を採用した。速度観測時の 10 分間降雨強度[mm/h]を利用する方法もあるが、入手した AMeDAS データの 10 分間降雨データは 0.5mm 刻み降雨量[mm]のため、降雨強度に換算すると 3mm/h の倍数でしか降雨強度が得られない。そこで本節では、車両感知器の 5 分間集計値の観測時刻より 1 時間前からの累積降雨量[mm]を用いる。

## (2) データクレンジング

本分析では非渋滞流における QV 関係を分析するため、下流側のボトルネック・交通事故等による渋滞流から得られたデータは削除する必要がある。また、メンテナンス作業等によりある車線が一時的に閉鎖された場合、隣接車線における交通流は正常的な状態とはいえない。さらに、長期間のデータを用いるため、その中には車両感知器のセンサとしての精度が低下し、メンテナンスが必要な時期に観測されたデータもある。2 車線自専道と異なり多車線自専道には多数の車両感知器が設置されており、本分析においても 739 箇所もの地点を対象としている。そのため、上記のような異常と考えられる車両感知器のデータを排除したとしても十分な地点数を確保することが可能である。よってここでは、より正確に QV 関係について分析するため、次のような STEP で交通データのクレンジング作業を行った。

#### 1) STEP 1：渋滞流における交通データの削除

既存文献では渋滞流のデータを削除するため、その閾値として最小非渋滞流速度の一定値を適用する例もある。しかし、速度や交通容量は地点により変動し、数百箇所を対象とする本分析では一定の閾値の利用は適合しないと考えられる。したがって、本分析では地点・車線別に最小非渋滞流速度を計算し、それより小さい速度データは渋滞流状態のデータと考え、これを削除する。この計算では、赤羽ら<sup>1)</sup>が提案した手法を用いる。この手法は、ある地点で観測される速度の頻度分布において、渋滞流と非渋滞流の境界に当たる速度の頻度は最少になるということに基づいたものである。

また、一時的に閉鎖されている車線を調べ、その地点・期間における他の車線のデータも削除した。これは、5分間交通量が0である状態がある程度続く期間を調べることにより行ったが、断面交通量の少ない状態における内側車線(追越車線)の5分間交通量は0である場合もあり得るため、走行車線(片側3車線区間においては第1・2走行車線)のみを対象とした。

#### 2) STEP 2：速度観測の精度が低下した感知器から得られたデータの削除

次に、交通量を20[台/5分/車線]刻みにグループに分け、6ヶ月間毎の平均速度を比較し、他の期間に比べて明確に速度が低下している期間を調べる。こうした低下が見られた期間はさらに詳しく調べ、異常のある特定期間をできるだけ短くするように探索を行った。しかしこうした異常のある特定期間が明確に判別できない場合は、その6ヶ月間のすべてのデータを削除した。なお、この作業は地点別・車線別に行っている。

#### 3) STEP 3：交通量観測の精度が低下した感知器から得られたデータの削除

この作業では、対象道路の分析区間を一对の流出入施設(IC)間に分け、同一区間内の各車両感知器で観測された断面交通量の合計を比較した。また、断面大型車交通量に関しても同様の比較を行い、同一区間における他の地点より断面交通量が断面大型車交通量が明確に異なる地点は分析から除外した。

#### 4) その他の不適切なデータの削除

データクレンジング作業は上記の3STEPにかけて行われるが、STEP1とSTEP2によりある車線・期間のデータが除外された場合は、その地点・期間における他の車線のデータもすべて削除することにした。

このようなデータクレンジング作業により、結果的に本分析で用いることのできる対象地点は641箇所となった。

### (3) 分析データベースの作成

車両感知器データと AMeDAS データを活用することにより、一定の質の大量の分析データを揃えることができた。QV 関係の分析における速度としては 2 車線自専道同様に 85percentile 速度を用いるが、そのために交通データを交通量レベル別に分類する。また、降雨量と大型車混入率の影響を分析するために、これらに関しても分析データを分類する必要がある。

2 車線自専道では 5 分間交通量を 15 分間に集計し、15 分間交通流率として分析した。しかし、多車線自専道では車線別の QV 関係といった詳細な分析を行うため、ここでは 5 分間交通量のままで分析を行う。なお、5 分間交通量は一時的な変動を示しやすいといった特徴があるものの、全体的な傾向としては 15 分間交通流率や 1 時間交通量と大きな違いはない。

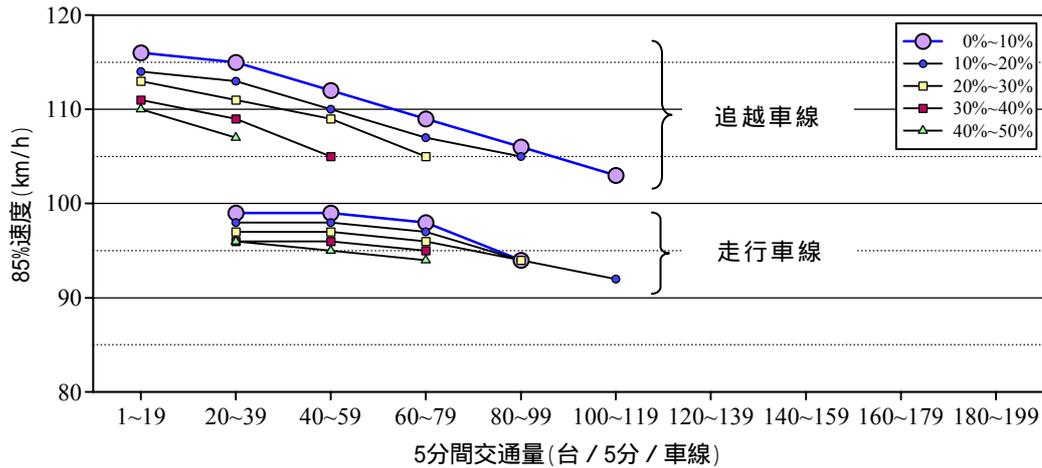
200 台/5 分/車線(交通流率にすると 2,400 台/時/車線)以下の範囲を 20 台/5 分/車線刻みの 10 グループに分類する。また、大型車混入率については 60%以下の範囲内で 10%刻みの 6 グループに分類する。なお、交通量 200 台/5 分/車線以上の場合と大型車混入率 60%以上の場合もそれぞれ 1 つのグループとして分類する。さらに、1 時間累積降雨量については 1mm刻みでグループ化した。85percentile速度の算出にあたっては、分析結果の信頼性、対象サンプル数の多さ(分析対象 641 箇所、5 分間交通量)などを考慮し、30 以上のサンプル\*を持っているカテゴリに限り計算する。

\*: 2 車線自専道は対象サンプル数(分析対象 36 箇所、15 分間交通量)が少なかったため、カテゴリ計算の条件を 10 サンプル以上とした

### 2.3.3. QV 曲線への影響分析

#### (1) 大型車混入率

大型車混入率による QV 関係の変動特性を調べるにあたっては、2 車線自専道同様に 10%刻みで分けられた大型車混入率のカテゴリにおける QV 関係を比較・分析する。図 2-3-1 はある対象地点において、85percentile 速度を用いた QV 関係を大型車混入率別・車線別に示したものである。それぞれの点はその交通量・大型車混入率のカテゴリにおける 85percentile 速度であるが、85percentile 速度の計算ではその計算結果の信頼性を考慮し、各カテゴリの速度サンプルが 30 個以上の場合のみを対象としたため、この図は全ての交通量・大型車混入率のカテゴリに対する速度の変動を示すことはできていない。

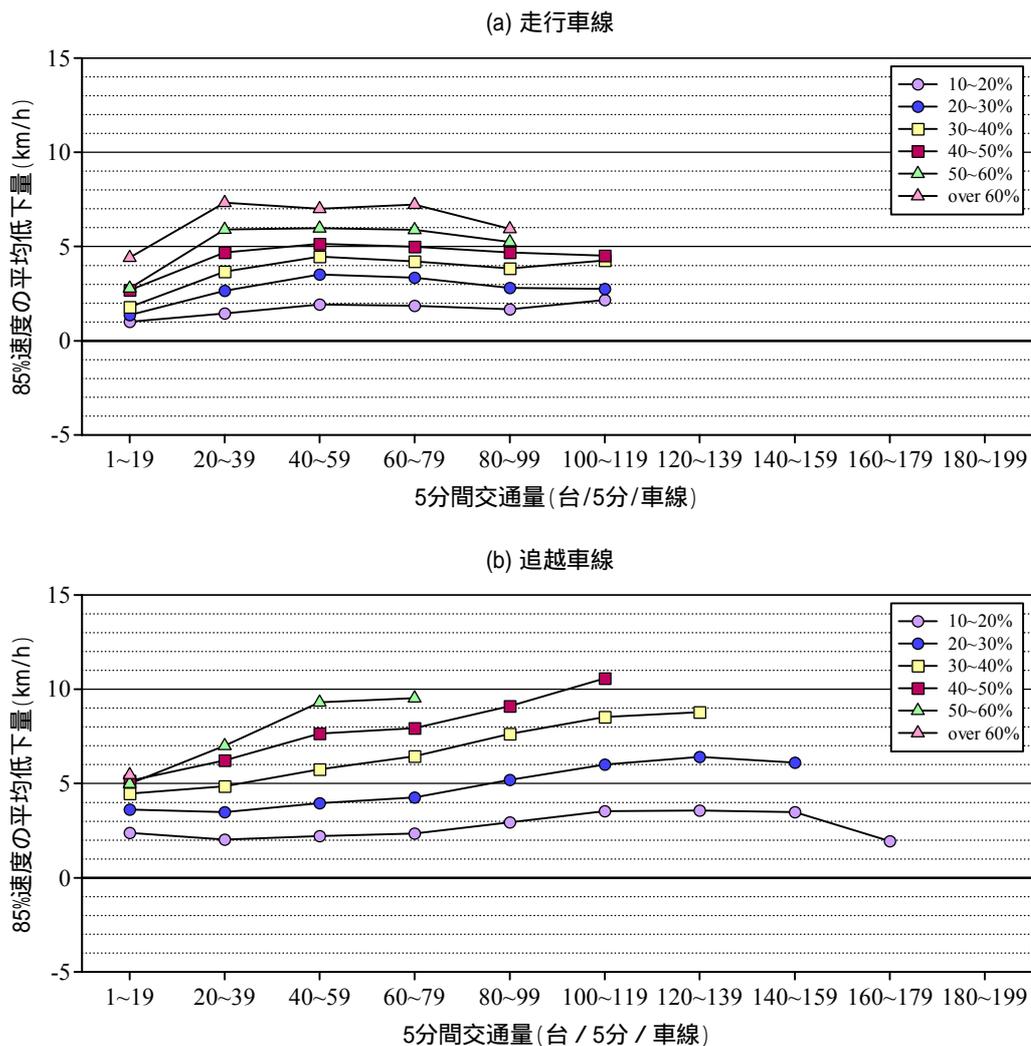


- 非降雨時(降雨量=0mm), 平日・昼間
- 中央自動車道下り方向 91.250KP; 片側 2 車線, 規制速度 80km/h, 平面曲線半径 1,925m(1,200m のクロソイド上), 縦断勾配-1.42%(-2.0 -0.7%の凹形曲線上)

図 2-3-1 大型車混入率により変動する QV 関係の例

この地点における規制速度は 80km/h であるにもかかわらず、各車線の 85percentile 速度は規制速度を大きく上回っていることがわかる。追越車線の 85percentile 速度は、追越車線という特性上走行車線よりも高いとともに、走行車線の速度に比べて交通量の増加による速度低下量が大きい。走行車線の QV 関係からは 2 次式のような曲線関係も見られるが、交通量による速度低下量の大きい追越車線ではほぼ直線的な関係が見られる。これらは他の地点からも確認できる傾向であるが、走行車線であっても、速度の高い地点においては直線的な傾向を持つことが確認できた。

図において大型車混入率による速度の変動を見ると、大型車混入率が増加すると速度が低下する傾向が明確であり、速度の高い追越車線では大型車による速度低下の度合いは走行車線に比べて大きい。この変化量を明確化するため、大型車混入率が 0-10% の場合を基準とし、各大型車混入率カテゴリにおける 85percentile 速度の低下量を計算した。この作業をすべての地点・車線に対して行い、得られた速度低下量の全地点平均を示したものが図 2-3-2 である。各地点の各カテゴリにおける 85percentile 速度は 30 サンプル以上のカテゴリに限って行っているため、85percentile 速度の低下量の計算も 85percentile 速度が計算できたカテゴリに限って行っており、かつ全地点の平均速度低下量の計算においても、同様に速度低下量を計算できた地点数が 30 箇所以上のカテゴリのみ行った。全地点の平均速度低下量を用いることで、道路線形、幾何構造、片側車線数、規制速度等のような地点特性は考慮されていないが、多車線専用道における一般的傾向を確認することができる。



- 非降雨時(降雨量=0mm), 平日・昼間

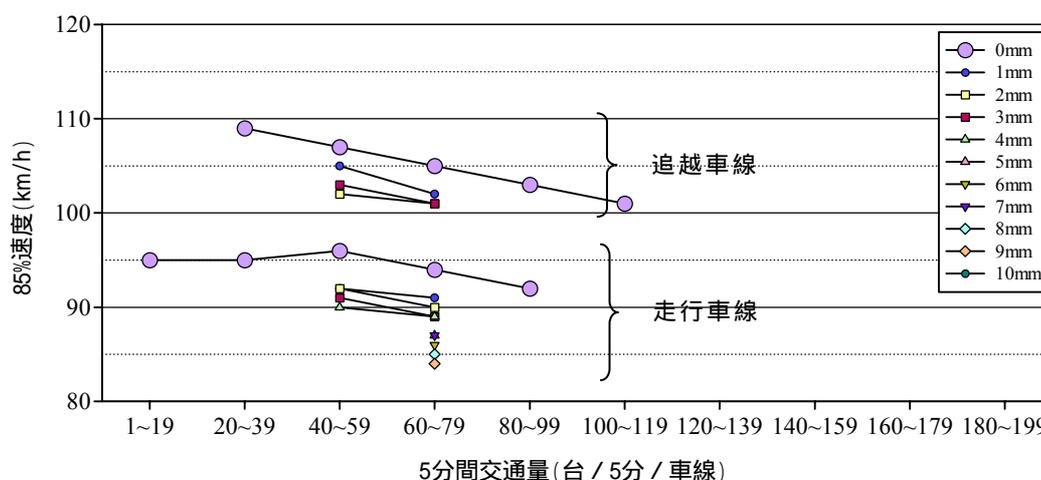
図 2-3-2 大型車混入率による速度低下量の全地点平均

図 2-3-2 はその結果を車線別(片側 3 車線区間における第 2 走行車線は除外)に示している。どの車線でも大型車混入率の増加による速度の低下は明らかであり、例えば 5 分間交通量が 100-119 台/5 分/車線の条件で、大型車混入率が 10-20%の場合は 0-10%の場合に比べて走行車線と追越車線の速度低下量はそれぞれ約 2km/h と 4km/h となり、また大型車混入率が 20-30%の場合はそれぞれ約 3km/h と 6km/h となる。したがって追越車線の速度低下量は走行車線の約 2 倍となる傾向がある。また、追越車線では、大型車混入率による速度低下量は交通量の増加に伴い大きくなる傾向があるが、交通量が 100 台/5 分/車線以上では、交通量によらず速度低下量は一定となる傾向を示す。これに対し走行車線では、速度低下量は交通量とあまり相関のない傾向があるが、5 分間交通量が 40 台/5 分/車線以下では追越車線と同様の傾向が少し見られる。したがって、大型車混入率による速度低下の傾向は交通量が多いほど大きいといえるが、ある特定の交通量以上においてその影響は一定となり、相対的に速度の低い走行車線ではその特定の交通量は小さいものと考えられる。この点に関してはさらに詳細な分析および検証が必要である。

## (2) 降雨による影響

降雨による速度の変動に関する今までの研究は、少ない地点を対象とし、小雨・大雨といった比較的大雑把なカテゴリによる速度の変化を分析した例がほとんどである。これらの分析では、降雨の発生により速度が低下することを実証してはいるが、どれほどの雨が降ればどのくらい速度が落ちるか、といった定量分析は、これまであまり体系的に行われていない。しかし、降雨は走行安全性に大きく影響を与える要因であると同時に、同じ交通量レベル下における速度を低下させることによって、交通サービスの質に大きく影響を与える要因であると考えられるので、降雨量と交通量レベル毎の速度との関係を定量的に評価することは非常に重要であると考えられる。そこで、ここでは降雨量により QV 関係がどのように変化を受けるかを調べる。手法としては大型車混入率による QV 関係の変動で用いられた手法と同様である。

図 2-3-3 はある対象地点において、85percentile 速度を用いた QV 関係を降雨量別・車線別に示した例である。すべての交通量・降雨量別カテゴリにおける 85percentile 速度が示されていない理由は図 2-3-1 と同じく、サンプル数が 30 個以上のカテゴリのみを対象として 85percentile 速度を計算しているからである。この地点の規制速度は 100km/h であるが、規制速度が 80km/h である図 2-3-1 の地点に比べてどの車線でも速度は低くなっている。その理由には様々な要因が考えられるが、図 2-3-1 の地点は下り坂にあるのに対して図 2-3-3 の地点は上り坂にあることが最も大きな原因だと考えられる。この地点における非降雨時(降雨量=0mm)の QV 関係は、図 2-3-1 の地点と同様に、追越車線における QV 関係は直線に近い傾向があり、走行車線では曲線的な傾向を示している。この地点における降雨時(降雨量>0mm)データは交通量レベルが 40 ~ 80 台/5分/車線の範囲に限られており、降雨時における QV 関係の形は確認できない。しかし、降雨量の増加による速度の低下傾向は明確に見られ、とくに非降雨時と降雨量 1mm のカテゴリの速度差はほかの降雨量変動の場合より大きい傾向があることがわかる。そこで図 2-3-2 の場合と同様に、非降雨時の速度を基準として各降雨量レベ

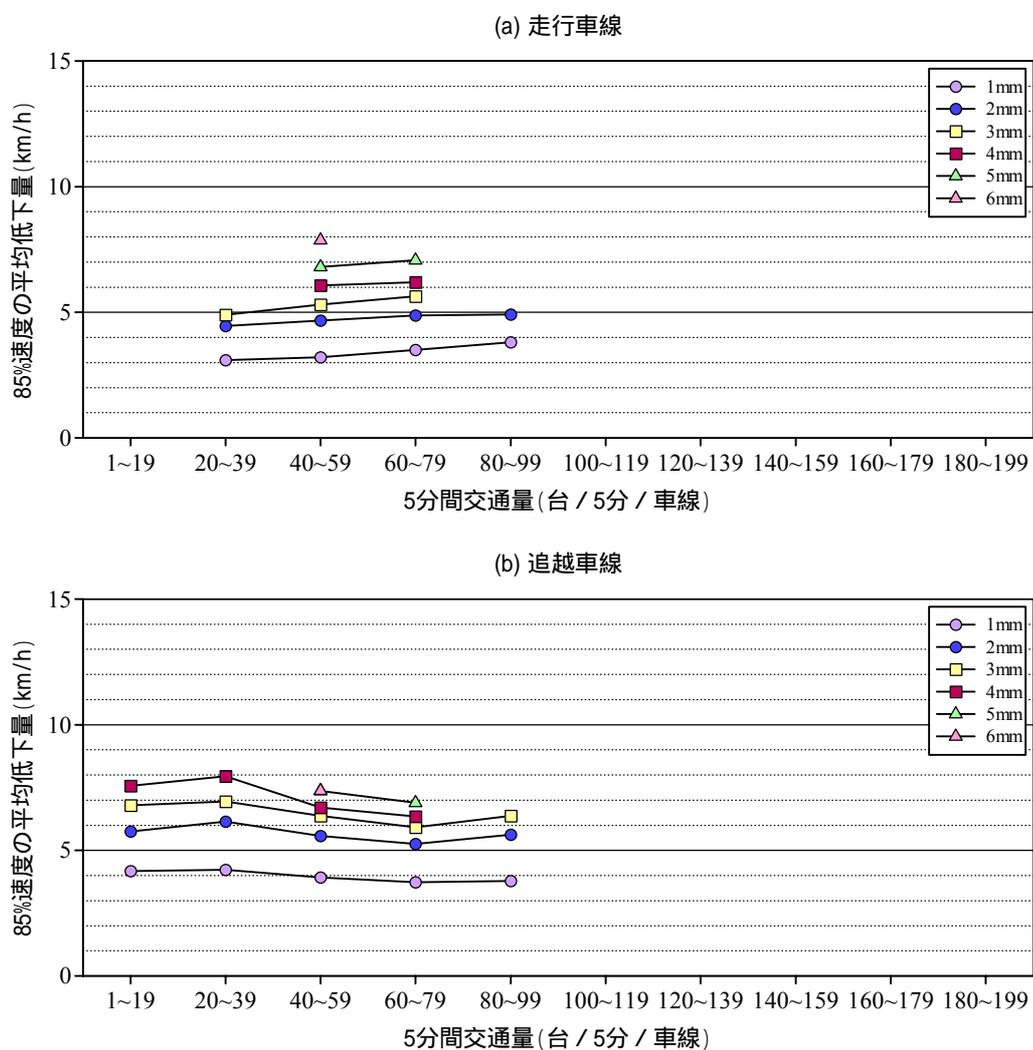


- 大型車混入率 20-30%，平日・昼間
- 東名高速道路上り方向 135.090KP；片側 2 車線，規制速度 100km/h，平面曲線半径 2,400m(円曲線)，縦断勾配+1.82%(0.0 +2.0%の凹形曲線上)

図 2-3-3 降雨量により変動する QV 関係の例

ルにおける速度低下量を計算し、これを全地点について平均して、交通量と降雨による全地点平均速度低下量との関係を図 2-3-4 に示す。

図 2-3-4 においても、車線別(片側 3 車線区間における第 2 走行車線は除外)に分析しているが、車線によらず降雨量が増加すると速度が低下することは明確である。ここで、例えば追越車線で 5 分間交通量 40-59 台/5 分/車線レベルを取上げると、降雨量 0mm から 1mm への速度低下量は 3.9km/h、1mm から 2mm では 1.7km/h、それ以降では 0.8km/h、0.3km/h、と速度低下量が減少する傾向が見られる。つまり、非降雨時に比べて 1mm でも降雨が観測された場合に速度の低下はもっとも大きく、降雨量の増加に伴い、降雨量の増大に対する速度の低下率は徐々に小さくなる傾向がみられる。一方、交通量レベルとこうした速度低下量との関係はあまり明確ではないが、少し変動する傾向がみられる。ただし一定の傾向は見出されず、これに関してはさらに詳しい分析が必要である。



- 大型車混入率 20-30%，平日・昼間

図 2-3-4 降雨量による速度低下量の全地点平均

#### 2.3.4. 多車線自専道における QV 曲線の提案

ここでは、大型車混入率と降雨量による QV 関係への影響に関する今までの分析結果に基づき、これらの要因を考慮した多車線自専道における QV 関係の定式化方法について検討する。また得られた QV 曲線に基づいて、QV 関係に関してさらに考察を深める。なお、定式化は 2 車線自専道のときのように次のような手順で行う。

手順 1：各地点のカテゴリ別 85percentile 速度を求める

各地点・車線において交通量・大型車混入率・降雨量のカテゴリ別に計算した 85percentile 速度を利用する。ただし、サンプル数が 30 未満の場合は、値の信頼性が乏しいと考え対象から除く。

手順 2：QV 曲線推定式を構築する

定式化の基本となるモデル式の構造は今までの分析における考察結果に基づくものとする。モデル式のパラメータは非線形回帰分析により推定する。なお、本モデル式における説明変数は交通量・大型車混入率・降雨量とし、車線別・規制速度別・片側車線数別に定式化する。

2 車線自専道では分析対象地点数・サンプル数が十分ではなかったため、全地点のカテゴリ別 85percentile 速度データをそのまま分析に利用すると、地点間の QV 関係にバラつきがみられ明確な傾向がみられない恐れがあった。そのため、各カテゴリの 85percentile 速度の平均値を全体の 85percentile 速度として、QV 関係の傾向を分析した。一方、多車線自専道は分析対象地点数・サンプル数が十分であるため、全地点のカテゴリ別 85percentile 速度データをそのまま用いても全体的な QV 関係について分析することができる。

以上のように、ここでは道路の線形・幾何構造等を考慮しないため、提案する QV 曲線は、特定の地点のものではなく、ある対象道路全体か一部区間における QV 関係を表しており、そこに大型車混入率と降雨量による QV 曲線の変動影響を考慮したものである。

##### (1) モデル式の構造

モデル式の構造は 2 車線自専道同様に 3 つの部分に分けられる。1 つは非降雨時(降雨量 0mm)・大型車混入率 0-10%の条件における QV 関係を基準とする基本式、他の 2 つの部分は基本式の条件から降雨量および大型車混入率が増加した際の速度低下量に関する補正式であり、提案するモデル式は基本式から補正式を減ずる形式とする。

##### 1) 基本式

既存文献における QV 関係は曲線式で現れる場合が多いが、図 2-3-1 と図 2-3-3 で見られる追越車線の QV 関係は直線に近い傾向を示している。一方走行車線では、既存の分析結果のような曲線関係も見られる。したがって、基本式としては式 2-3-1 のように、曲線関係を最も簡単に示す 2 次曲線を用いることにする。ここで、もし QV 関係が直線的な関係を示す場合には、パラメータの推定結果として、2 次の項のパラメータ推定値は 0 となるはずである。

基本式： $V_{85,ideal} = \alpha_0 + \alpha_1 Flow_5 + \alpha_2 Flow_5^2$  . . . 式 2-3-1

ここで、 $V_{85,ideal}$  = 大型車混入率 0-10% , 非降雨時における 85percentile 速度(km/h)  
 $Flow_5$  = 5 分間交通量(台/5 分/車線)  
 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$  = パラメータ

2) 大型車混入率による速度低下の補正式

2.3.2.(1)で得られた分析結果に基づいて大型車混入率と速度の低下量との関係を概念図で示すと図 2-3-5 のようになる。その関係とは、大型車混入率が大きいほど速度の低下は大きくなり、また、交通量が大きいほどその低下量も大きいものである。したがって、速度低下量に対しては大型車混入率と交通量の2つを説明変数とした。同一大型車混入率における速度低下量と交通量との関係は直線的にも見えるが、追越車線の場合、交通量の増加に伴って速度低下量も増加し、ある交通量以上では一定になる傾向が見られたため、大型車混入率と速度低下量の間には曲線関係があることも考えられ、式 2-3-2 のようなべき乗曲線で表すことにした。

補正式 A： $\Delta V_{85,HVR} = (\beta_0 HVR) Flow_5^{\beta_1}$  . . . 式 2-3-2

ここで、 $\Delta V_{85,HVR}$  = 大型車混入率による速度低下量(km/h)  
 $HVR$  = 大型車混入率(%)  
 $Flow_5$  = 5 分間交通量(台/5 分/車線)  
 $\beta_0, \beta_1$  = パラメータ

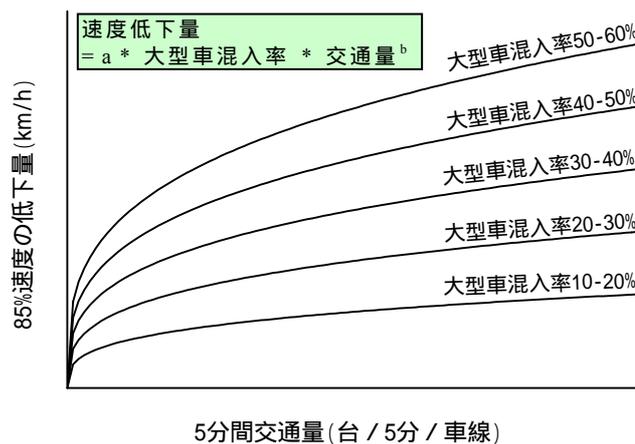


図 2-3-5 大型車混入率による速度低下に関する概念図

### 3) 降雨量による速度低下の補正式

2.3.2.(2)で得られた分析結果に基づいて降雨量と速度の低下量との関係を概念図で示すと図 2-3-6 のようになる。その関係とは、降雨による速度低下量と交通量にはほとんど相関関係はないか、あるとしたら直線関係であること、また降雨量と速度低下量との関係は降雨量 0mm から 1mm への変化時の低下率がもっとも大きく、降雨量が大きくなるほど低下率は漸減する。これに基づいて定式化すると式 2-3-3 となる。

$$\text{補正式 B : } \Delta V_{85,rain} = \gamma_0 \text{Rain}^{\gamma_1} + (\gamma_2 \text{Rain}) \text{Flow}_5 \quad \dots \quad \text{式 2-3-3}$$

ここで， $\Delta V_{85,rain}$  = 降雨量による速度低下量 (km/h)

$\text{Rain}$  = 降雨量 (mm)

$\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2$  = パラメータ

すなわち，式 2-3-3 は降雨量による速度低下量を交通量に関しては 1 次式とし，交通量の係数は降雨量に対して線形関係にあり，また交通量レベル 0 の時の速度低下量と降雨量との関係はべき乗曲線で表すことにした。

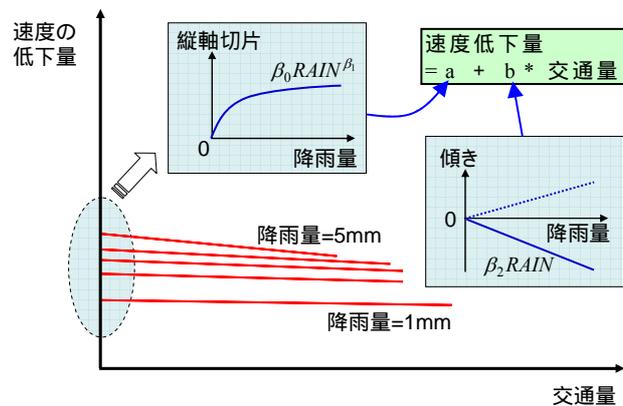


図 2-3-6 降雨量による速度低下に関する概念

### 4) モデル式の構造

既に述べたとおり，提案するモデル式の構造は QV 関係の基本式から大型車混入率・降雨量による速度の低下量に関する補正式を引いた形である。これを数式で表すと式 2-3-4 のようになり，この式に式 2-3-1，式 2-3-2，式 2-3-3 を代入すると式 2-3-5 が得られる。

$$\hat{V}_{85} = V_{85,ideal} - \Delta V_{85,HVR} - \Delta V_{85,rain} \quad \dots \quad \text{式 2-3-4}$$

$$\hat{V}_{85} = [a_0 + a_1 \text{Flow}_5 + a_2 \text{Flow}_5^2] - [(\beta_0 \text{HVR}) \text{Flow}_5^{\beta_1}] - [\gamma_0 \text{Rain}^{\gamma_1} + (\gamma_2 \text{Rain}) \text{Flow}_5] \quad \dots \quad \text{式 2-3-5}$$

式 2-3-5 のパラメータの符号をすべて[+]に置き換えた次式 2-3-6 が、本節で提案するモデル式の構造である。

$$\hat{V}_{85} = \alpha_0 + \alpha_2 Flow_5^2 + (\alpha_1 + \gamma_2 Rain) Flow_5 + (\beta_0 HVR) Flow_5^{\beta_1} + \gamma_0 Rain^{\gamma_1} \quad \dots \quad \text{式 2-3-6}$$

(2) 定式化の結果および考察

式 2-3-6 を 85percentile速度のデータに当てはめた結果の例として、片側 2 車線・規制速度 100km/h・走行車線における QV 曲線のパラメータ値を推定した結果を、元のデータと一緒に示したものを図 2-3-7 と図 2-3-8 に示す。図 2-3-7 は非降雨時における大型車混入率により QV 曲線の變動する様子を示しており、図 2-3-8 は大型車混入率 20-30%の条件における降雨量により QV 曲線の變動する様子を示している。この 2 つの図で用いた QV 曲線のモデル式の構造は同じものであり、決定係数(R<sup>2</sup>)は 0.581 である。この決定係数は必ずしも高くないが、大型車混入率と降雨量による QV 関係の變動特性はうまく反映できているものと考えられる。元のデータは、道路の線形や幾何構造等の地点特性によりばらついているために、決定係数は低くなっているものと思われる。

例示ケースにおける QV 曲線の特徴は、大型車混入率による速度低下量と交通量の間には有意な関係がなく、速度補正項における交通量のべき乗が 0 となっているため、大型車混入率が増加すると QV 曲線は平行移動して速度が低下している。降雨量による速度低下は本節で既に述べたとおり、降雨量が 1mm でも観測された際の速度低下がもっとも大きく、かつ交通量が増えるほど降雨量による速度低下傾向も少しながら強まることが見られる。しかし、同じ条件において追越車線を対象にした定式化の結果(図 2-3-9)では、交通量の増加に伴う大型車混入率・降雨量の両方による速度の低下量は増加しているが、一方で QV 曲線の基本式は 2 次曲線でなく直線となっている。

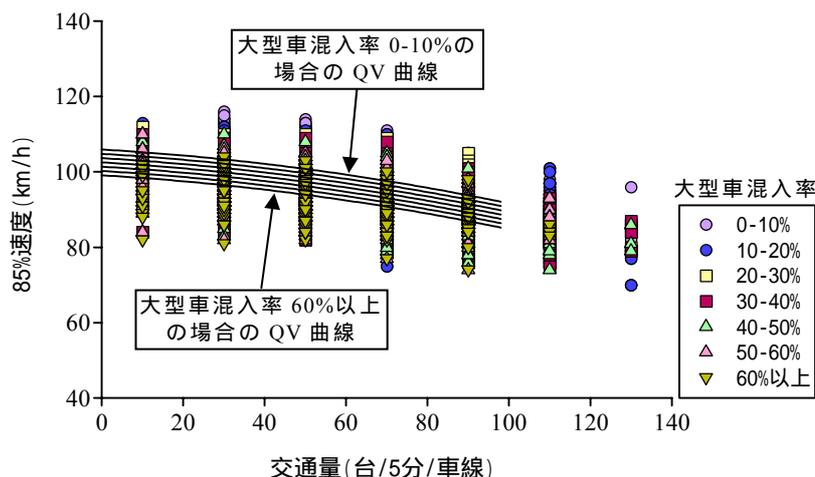


図 2-3-7 走行車線における大型車混入率による QV 曲線の變動と実データ (降雨量=0mm の場合)

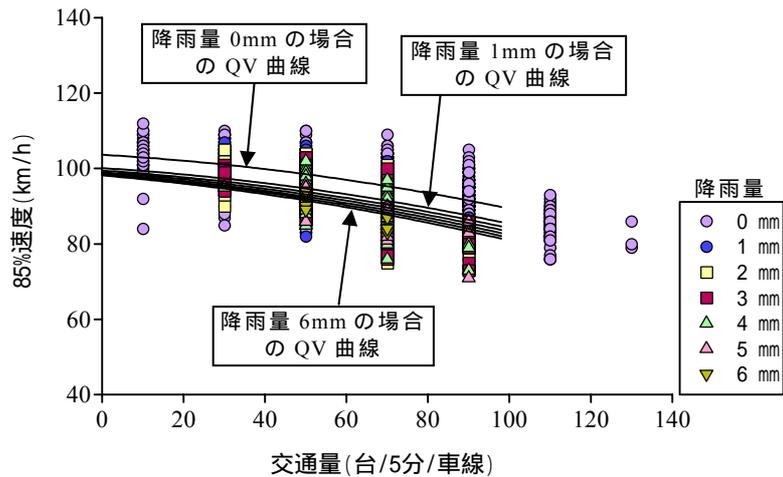


図 2-3-8 走行車線における降雨量による QV 曲線の変動と実データ  
(大型車混入率 20-30%の場合)

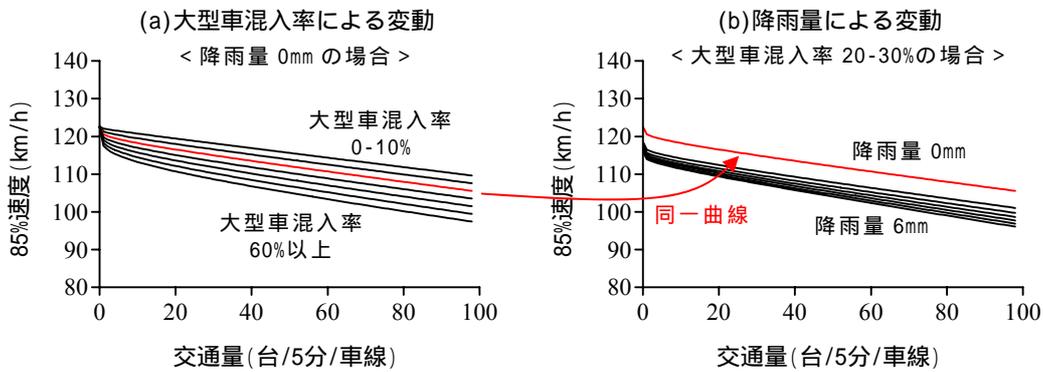


図 2-3-9 追越車線における QV 曲線の変動

以上の例を含め，車線・片側車線数・規制速度別の QV 曲線のモデル式のパラメータ推定結果を表 2-3-2 にまとめる．ただし，片側 3 車線・規制速度 80km/h の区間はサンプル数が少なく，有意なパラメータを推定できなかった．値が 0 のパラメータは，非線形回帰分析の結果，統計的に有意でないとしてされたものである．その結果，追越車線においては，式 2-3-6 におけるパラメータ  $\alpha_2$ ，すなわち，基本式(式 2-3-1)の 2 次項のパラメータは，いずれの条件においても統計的に有意ではない．これは， $\alpha_0$  の推定結果からわかるように，追越車線は比較的速度が高く，QV 関係は 2 次曲線のような曲線でなく直線的な傾向をもっていることを意味し，交通量レベルが少なくても速度は交通量の変動に敏感に反応することを表す．この傾向は既に図 2-3-1，図 2-3-3 において確認したものである．また走行車線においては，大型車混入率による速度低下に関するパラメータ  $\beta_1$  は統計的に有意ではない．これは，走行車線における大型車混入率が速度低下へ与える影響は交通量に関係なく一定であることを意味し，これは図 2-3-2 において確認したものである．ただし，図 2-3-2 の走行車線における分析結果では，交通量レベルが 1-19 台/5 分/車線の場合は，他の交通量において大型車混入率で定まる一定の速度低下量より小さい傾向が見られるが，走行車線で交通量レベル 1-19 台/5 分/車線の条件を満たすサンプル数が相対的に少ないために，この交通量条件における速度低下の傾向が回帰分析にお

いて有意とはならなかったものと考えられる。なお，片側3車線・規制速度100km/h区間の第2走行車線の場合は，追越車線で有意とならなかったパラメータ $\alpha_2$ ，走行車線で有意とならなかったパラメータ $\beta_1$ ，ともに有意とはならなかった。

このように，少しの例外はあるものの，回帰分析により推定されたモデル式のパラメータ値の大きさとその符号，および条件に応じて一部のパラメータが有意とならなかった結果については，2.3.2.における実測データ分析における解析・考察結果とほぼ一致する結果となった。したがって，本分析により定式化されたQV曲線は，概ね妥当な構造を有しているものと判断できる。

なお得られたモデル式によれば，例えば，「片側2車線・規制速度100km/h・非降雨時・5分間交通量100台/5分/車線」における大型車混入率による速度低下量は，大型車混入率が40%の場合，走行車線では4.6km/h，追越車線では8.2km/hとなっている。

表 2-3-2 パラメータ推定結果のまとめ

$$\hat{V}_{85} = \alpha_0 + \alpha_2 FLOW^2 + (\alpha_1 + \gamma_2 RAIN) FLOW + (\beta_0 HVR) FLOW^{\beta_1} + \gamma_0 RAIN^{\gamma_1} \quad (\text{式 2-3-6})$$

パラメータ	走行車線(第1走行車線)			第2走行車線	追越車線		
	片側2車線		片側3車線	片側3車線	片側2車線		片側3車線
	規制速度 80km/h	規制速度 100km/h	規制速度 100km/h	規制速度 100km/h	規制速度 80km/h	規制速度 100km/h	規制速度 100km/h
$\alpha_0$	101.8	106.5	98.1	118.6	118.4	122.6	128.9
$\alpha_2$	-0.0005	-0.0008	-0.0006	0	0	0	0
$\alpha_1$	-0.068	-0.063	-0.075	-0.125	-0.132	-0.122	-0.106
$\gamma_2$	-0.005	-0.005	-0.012	-0.008	0	-0.005	-0.011
$\beta_0$	-0.053	-0.114	-0.065	-0.152	-0.043	-0.077	-0.022
$\beta_1$	0	0	0	0	0.306	0.212	0.555
$\gamma_0$	-2.842	-3.540	-2.818	-3.844	-4.122	-4.032	-5.130
$\gamma_1$	0.362	0.244	0.167	0.221	0.438	0.271	0.327
R <sup>2</sup>	0.480	0.581	0.546	0.695	0.370	0.640	0.642
サンプル数	6,772	12,606	5,161	5,894	6,414	14,730	5,286

### 2.3.5. 車種別車線別利用率の分析

#### (1) はじめに

多車線道路の単路部では交通量の車線分布に片寄りが生じ<sup>2)3)</sup>，断面交通量による一定の変動パターンを示す。また，その車線分布は様々な要因によって大きく変動する。運転者は走行中の安全性や快適性を考慮した希望速度を維持するために適切な車線変更を行うが，内側車線は外側より速度が高く，法定速度や近年義務付けられたスピードリミッター，さらに車両の性能や積載状態等により，比較的速度の低い大型車の車線変更挙動や車線選好度は小型車のそのものと異なると考えられる。

この車種別車線選択率の変動特性が明確になれば，車種別の交通需要が与えられた場合，各車線の大型車混入率が推定でき，2.3.5.で提案した車線別QV曲線を適用することができる。

ここでは、高速道路単路部の非渋滞流状態を対象に、小型車・大型車といった車種別の車線選択率の現状とそれに影響を及ぼす要因に関する分析を行い、地点・区間特性によらず一般に期待される車線選択率の定式化を行う。

(2) 車種別の車線選択率の状況

図 2-3-10 と図 2-3-11 はそれぞれ片側 2・3 車線区間における現在の車線利用率状況と車種別車線選択率を、図の中に明記した条件において示したものである(図の中の回帰線については(4)で述べる)。車線利用率の変動は現在よく知られているパターンを示しているが、車種別に分類したものには大きな差がある。片側 2 車線の場合、断面交通量の増加に伴う小型車の追越車線選択率の増加は大型車の場合に比べて著しく大きく、断面交通量が容量に近い状態では最大約 7 割を占める。しかし、大型車の追越車線選択率は直線に近い増加傾向を示し、小型車ほどその増加率は高くない。片側 3 車線の場合、低い断面交通量レベルにおける小型車と大型車はそれぞれ第 2 と第 1 走行車線を多く選択する。この状態から断面交通量が増加すると速度の高い内側へ車線変更を行うと考えられるが、実際に断面交通量の増加により、小型車の第 2 走行車線選択率は減少して追越車線選択率が増加し、大型車の第 1 走行車線選択率は減少して第 2 走行・追越車線選択率が増加することを示している。

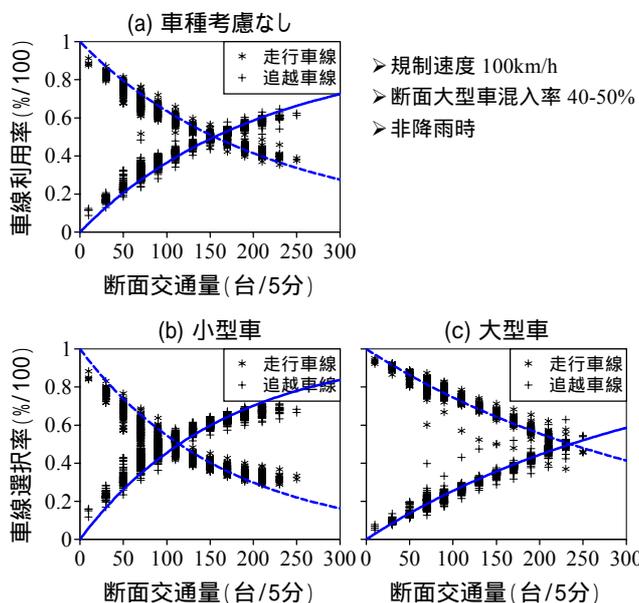


図 2-3-10 車線利用率と車種別車線選択率 (片側 2 車線)

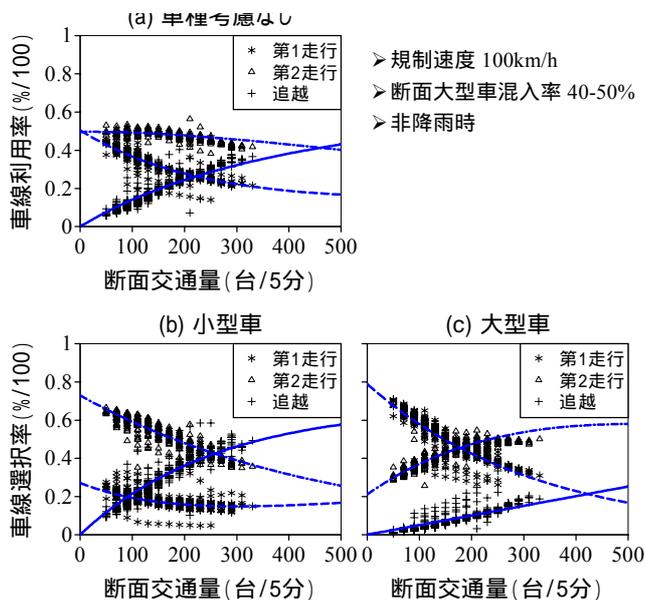


図 2-3-11 車線利用率と車種別車線選択率 (片側 3 車線)

(3) 車種別車線選択率に影響を及ぼす要因

分析対象区間は類似する横断面構成を持っており、本分析では地点・区間特性を考慮しないので、道路条件からの影響は考慮しない。ただし、縦断勾配のような道路線形は速度に大きな影響を及ぼし<sup>5)</sup>、車種別の車線選択率には大きな差があると考えられるが、ここでは線形によらず平均的な傾向を分析するものとする。

本分析で検討する他の要因は、規制速度、断面大型車混入率、降雨量である。しかし、降雨時のデータは少なく、降雨量別の分析はできないため、降雨量に関しては降雨時・非降雨時の天候条件で分けて分析する。規制速度・天候条件・断面大型車混入率の影響により車線選択率に変動があるかを検討するため、Kolmogorov-Smirnov のノンパラメトリック手法を用いて統計的検定を行う。三つの要因の条件別に検定したところ、多くの場合において帰無仮説は棄却される。したがって、これらの要因を全て車線選択率モデルに組み込むことにする。

各車線の速度、または車線間速度の差を説明変数として車種別車線選択率を定式化することも考えられる。しかし、様々な試行の結果、これらと車種別車線選択率との関係を適切な関数で定式化することはできなかった。

#### (4) 車種別車線選択率の定式化

以上の考察により、本分析では片側車線数(2・3車線)、規制速度(80・100km/h)、天候条件(降雨・非降雨時)別に、断面交通量、断面大型車混入率をモデルの説明変数として定式化を行う。

##### 1) モデル式の構造

これまでの分析による車種別車線選択率と断面交通量との関係に基づき、ここでは車種別車線選択率を以下の式 2-3-7 ~ 式 2-3-10 の構造式を用いて定式化を行う。

$$LU = e^{(a_2+a_3P_h)F} \quad \dots \quad \text{式 2-3-7}$$

$$LU = (a_0 + a_1P_h)e^{(a_2+a_3P_h)F} \quad \dots \quad \text{式 2-3-8}$$

$$LU = a_0(1 - e^{(a_2+a_3P_h)F}) \quad \dots \quad \text{式 2-3-9}$$

$$LU = (a_0 + a_1P_h)F \quad \dots \quad \text{式 2-3-10}$$

ここで、

$LU$  : 車線選択率(%/100)

$F$  : 断面交通量(台/5分)

$P_h$  : 断面大型車混入率(%/100)

$a_0, a_1, a_2, a_3$  : パラメータ(ただし、 $a_0 > 0$  ,  $(a_0 + a_1P_h) > 0$  ,  $(a_2 + a_3P_h) < 0$ )

片側2車線の車種別の走行車線選択率はその切片が1となる式 2-3-7 をもって定式化する。この際、追越車線選択率は「1 - {走行車線選択率}」となる。

片側3車線における大型車の追越車線選択率は原点を通る式 2-3-10 の直線式で定式化する。その他の場合、小型車の第2走行車線選択率と大型車の第1走行車線はそれらの切片が断面大型車混入率によって変動する式 2-3-8 を、小型車の追越車線選択率は原点を通る式 2-3-9 をもって定式化する。小型車の第1走行車線と大型車の第2走行車線の選択率は他車線の選択モデルによる算定値を1から減じて算定する。

## 2) モデル・パラメータの推定結果

全てのパラメータの推定結果を表2-3-3にまとめ、また天候条件別に作成した車種別車線選択率の例を片側車線数によって図2-3-12と図2-3-13に示す。これらは断面大型車混入率 20-30%の条件におけるものであるが、断面大型車混入率 40-50%の条件についてはそれぞれ図2-3-10と図2-3-11の回帰線として示す。

小型車の非降雨時に対する降雨時の車線選択率は、片側車線数によらず大きく変動しない。しかし、大型車の場合、降雨により外側車線の選択率は減少し、内側車線の選択率は高くなる。これは、降雨により各車線の速度は低下しても<sup>4)5)</sup>大型車の希望速度は小型車の希望速度ほど低下しないことが1つの理由と考えられる。

片側2車線の場合、内側車線の選択率は断面大型車混入率の増加により、車種と関係なく著しく増加する。ただし、片側3車線の場合は片側2車線の場合ほどではない。これは、断面大型車混入率の増加によって各車線の速度は低下するが<sup>4)5)</sup>希望速度は車種と関係なくあまり低下していないからと考えられる。

規制速度 80km/h の場合と 100km/h の場合の車種別車線選択率には大きな差はないものの、一般に 100km/h の場合において外側車線の選択率は高い。これは、規制速度が高いほど外側車線の速度も高いからと考えられる。ただし、片側3車線の小型車については、第1走行車線選択率は規制速度 80km/h よりも 100km/h のほうが低く、第2走行と追越車線の選択率は高い。これは、法定速度やスピードリミッター等によって希望速度の低い大型車が外側車線を多く占めるためと考えられる。

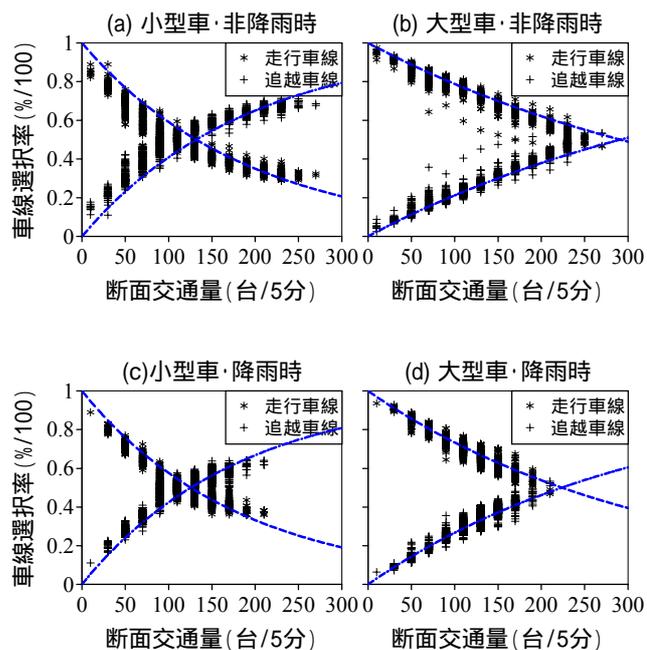


図 2-3-12 車種別車線選択率の例

(片側2車線,規制速度 100km/h,断面大型車混入率 20-30%)

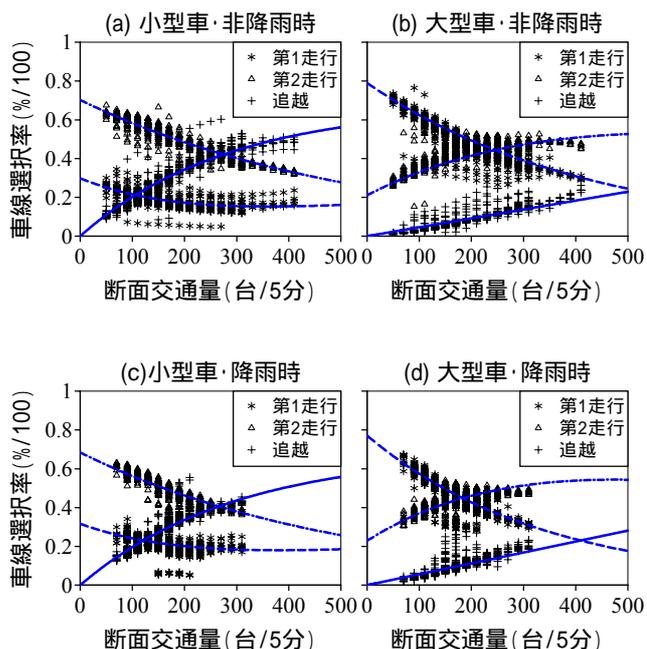


図 2-3-13 車種別車線選択率の例

(片側3車線,規制速度 100km/h,断面大型車混入率 20-30%)

表 2-3-3 車種別車線選択率モデルのパラメータ推定結果

車種	車線数	天候条件	規制速度	車線	利用式	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$R^2$	データ数
小型車	2	非降雨時	80	走行	式 2-3-7	-	-	-4.147E-03	-4.787E-03	0.975	3,335
			100	走行	式 2-3-7	-	-	-4.249E-03	-4.011E-03	0.981	5,648
		降雨時	80	走行	式 2-3-7	-	-	-5.070E-03	-2.787E-03	0.984	1,731
			100	走行	式 2-3-7	-	-	-4.875E-03	-2.552E-03	0.988	3,406
	3	非降雨時	80	第2走行	式 2-3-8	6.225E-01	1.754E-01	-1.286E-03	-1.645E-03	0.872	760
				追越	式 2-3-9	5.309E-01	-	-4.834E-03	-1.273E-03	0.905	760
			100	第2走行	式 2-3-8	6.676E-01	1.368E-01	-1.558E-03	-1.187E-03	0.882	3,385
		降雨時		追越	式 2-3-9	6.764E-01	-	-3.181E-03	-1.438E-03	0.864	3,385
			80	第2走行	式 2-3-8	5.240E-01	4.957E-01	-8.767E-04	-4.023E-03	0.805	387
				追越	式 2-3-9	4.991E-01	-	-5.142E-03	-1.840E-03	0.791	387
大型車	2	非降雨時	80	走行	式 2-3-7	-	-	-1.990E-03	-2.528E-03	0.952	3,337
			100	走行	式 2-3-7	-	-	-1.687E-03	-2.781E-03	0.978	5,648
		降雨時	80	走行	式 2-3-7	-	-	-2.745E-03	-1.910E-03	0.975	1,727
			100	走行	式 2-3-7	-	-	-2.690E-03	-1.636E-03	0.991	3,406
	3	非降雨時	80	第1走行	式 2-3-8	6.683E-01	1.077E-01	-6.464E-04	-4.224E-03	0.634	760
				追越	式 2-3-10	4.401E-04	2.435E-04	-	-	0.805	760
			100	第1走行	式 2-3-8	7.892E-01	0*	-1.401E-03	-3.774E-03	0.836	3,385
		降雨時		追越	式 2-3-10	3.996E-04	2.337E-04	-	-	0.935	3,385
			80	第1走行	式 2-3-8	5.701E-01	3.381E-01	0*	-6.530E-03	0.668	387
				追越	式 2-3-10	4.777E-04	3.512E-04	-	-	0.932	387
	100	第1走行	式 2-3-8	7.714E-01	0*	-2.065E-03	-3.559E-03	0.863	1,618		
		追越	式 2-3-10	4.868E-04	2.979E-04	-	-	0.965	1,618		

Note. 「\*」は95%信頼水準で有意でないため「0」に置き換え.

図 2-3-14 は以上の分析結果を利用して試算した車線別の交通量・大型車混入率と断面交通量との関係の例を示しており、断面大型車混入率と断面交通量によって車線別大型車混入率は大きく異なることがわかる。

(5) おわりに

本分析では高速道路単路部を対象に車種別の車線選択特性を分析し、車種によって各車線の選択率に大きな差があることを明らかにした。また、断面交通量と車種別車線選択率との関係は、降雨時・非降雨時の天候条件、規制速度、断面大型車混入率により影響を受け、これら全てを考慮した車種別車線選択率を定式化した。その結果は実際に生じる車線利用特性を適切に表現するものと考え

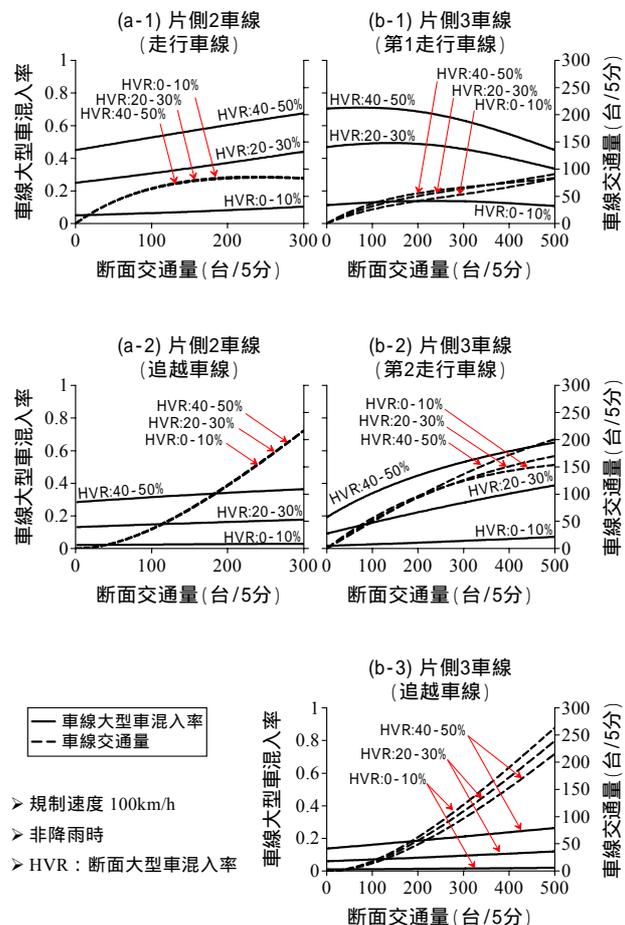


図 2-3-14 車線別の交通量と大型車混入率の算定例

えられる．このモデル式によると，車線別大型車混入率が断面大型車混入率と大きく異なるメカニズムを説明することができる．

#### 2.3.6．おわりに

本節では多車線自専道単路部における非渋滞流の QV 関係について分析し，大型車混入率および降雨量による QV 関係の変動特性を調べ，その結果を考慮した QV 関係の定式化を行った．また一方で，天候(降雨の有無)，規制速度，断面大型車混入率の影響を考慮した車種別車線選択率を定式化した．これらを組み合わせることにより，車線数，規制速度，天候条件，大型車混入率といった各種条件が与えられれば，多車線自専道における平均的な断面 QV 曲線を推定することが可能となる．ただし，現時点では道路の線形・幾何構造のような地点特性を考慮できておらず，3.2.で分析する結果などをふまえ，今後も引き続き改良していくことが必要と考える．

## 2.4. 都市間一般道路単路部における交通量-速度曲線

### 2.4.1. はじめに

一般道では、自専道よりも法定速度が低く、また縦断勾配や道路線形などの設計基準が厳しく設定されている。そのため、2.2.、2.3.で明らかになった2車線/多車線自専道のQV関係が一般道にもそのまま適用できるかどうか定かではない。ここでは、一般道に対しても自専道と同様の分析を行い、一般道のQV関係を明らかにする。

### 2.4.1. 分析データの概要

#### (1) 分析データ

##### 1) 車両感知器データ

自専道の分析では、旧 JH より入手した全国の高速道路の車両感知器データを利用した。ここでは、主に国土交通省が管理し大都市郊外部および中都市以上の都市間等を結ぶ幹線道路(一般道)に設置されている車両感知器のデータ3年分[2001年度~2003年度]を利用する。データの概要は表2-4-1とおりである。自専道の車両感知器データが集計時間間隔、集計断面がそれぞれ5分間、車線別であったのに対し、一般道の車両感知器データは1時間、方向別となっている。このため自専道のように車線別のQV関係の違いといった詳細な分析を行うことが難しい。

表 2-4-1 利用データ概要

地点数	期 間	対象地域	集計時間間隔	集計断面	対象車種	データ項目
約 540	2001.04 ~ 2004.03 [3年分]	全国	1時間	方向単位	乗用車 小型貨物 バス 大型貨物	交通量 速度 占有率

##### 2) AMeDAS データ

気象条件(降雨)が速度へ与える影響について分析するため、自専道の分析に用いた(財)日本気象協会の AMeDAS データを利用する。

##### 3) その他

上記 1)、2)のほかに、車線数や中央分離帯/歩道の有無、信号交差点密度といった車両感知器が設置されている地点の道路状況を把握するため、ここでは以下の報告書、出版物のデータを利用する。

- ・ 平成 13~15 年度 交通量常時観測調査報告書 国土交通省
- ・ 平成 11 年度道路交通センサス(CD-ROM) 交通工学研究会

## (2) 分析対象地点の選定方法

4車線一般道の QV 図を図 2-4-1 に示す。地点 A に比べて地点 B の方が交通量の増加に伴う速度の低下量が大きいことがわかる。これは、一般道に多数存在する信号交差点の影響によるものと考えられる。たとえば、前方が赤信号の場合、多くの車両は信号交差点の数十～数百 m 手前から減速するであろうし、赤信号で一旦停止すると通常の走行状態に戻るまである程度の距離が必要となる。

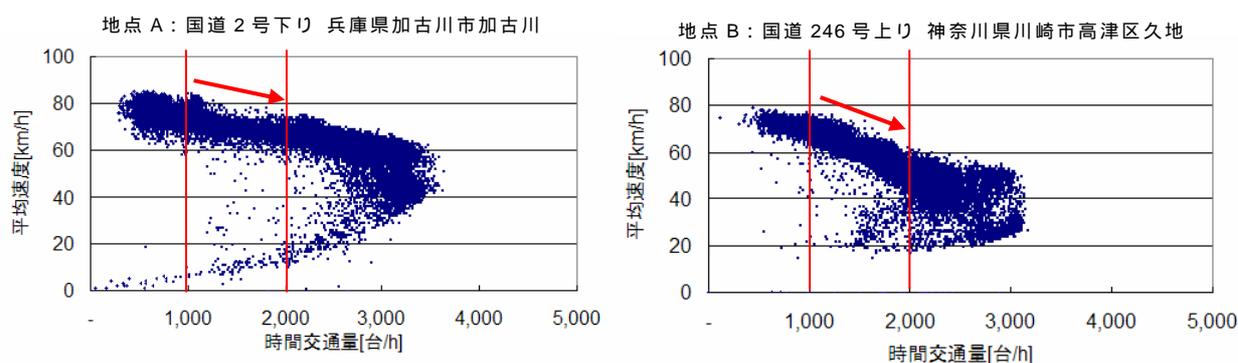


図 2-4-1 4車線一般道の QV 図

このように信号交差点付近のデータが含まれていると、単路部における地点の QV 関係を正確に分析することができない。本来ならば、車両感知器の設置地点から最寄りの信号交差点までの距離によって分析に適する車両感知器を抽出すべきであるが、ここではそのようなデータが入手できなかったため、次の手順により信号の影響が小さいと考えられる車両感知器を抽出する。

### 1) STEP 1: 信号交差点間隔が疎らな地点

平成 11 年度道路交通センサスより、車両感知器が設置されているセンサス区間を抽出し、その区間の信号交差点数(箇所)、区間長(km)との関係より信号交差点密度(箇所/km)を算出する。そして、この信号交差点密度が 1.0 箇所/km 未満の地点を信号交差点間隔が疎らな地点として抽出する。

### 2) STEP 2: QV 図の形状が良好な地点

たとえ信号交差点間隔が疎らであっても、車両感知器が信号交差点の近くに設置されている可能性がある。そこで STEP1 で抽出した各地点の QV 図を作成しその形状を確認することで、信号交差点近くに車両感知器が設置されているか、また車両感知器の収集精度に問題はないか、などを判断する。

### 3) STEP 3: 非渋滞領域に十分なサンプルがある地点

本分析の目的である QV 曲線の定式化には、非渋滞領域の交通量と速度のデータが必要である。このためここでは非渋滞領域のデータが 13,000 サンプル以上[約 1 年半分のサンプル]の地点を分析の対象とする。なお、全国の地点で QV 図を作成したところ一般道の臨界速度は 40～50km/h 付近であったため、ここでは 40km/h 以上を非渋滞領域とした。

上記選定の結果，表 2-4-2 のような地点が抽出された。

この中には一般国道 25 号(No4-3 ~ 4-6)のような自専道タイプの一般道も含まれているが，高速道路や一般有料道路に比べて規制速度が 60km/h と低く，線形も悪いことから，昨年度提案した階層区分試案の交通機能  $A_M$  ではなく  $A$  に相当するといえる。このため，ここではこれら自専道タイプの道路についても一般道として扱い分析を行う。

表 2-4-2 分析対象地点

No	路線名称	観測地点名	トラカン No	方向	車線数	規制速度	交差点密度 (箇所/km)	区間延長 (km)	自専道延長 (km)	側方 余裕	歩道 有無	車道幅	中央帯 幅員(m)
2-1	一般国道 5 号	北海道山越郡長万部町字国縫	01110015	上	2	60	0.67	7.5	0	1	両	6.5	0.0
2-2	一般国道 5 号	北海道山越郡長万部町字国縫	01110015	下	2	60	0.67	7.5	0	1	両	6.5	0.0
2-3	一般国道 18 号	新潟県上越市大日	03110116	上	2	60	0.00	3.9	0	1.88	無	7.0	0.0
2-4	一般国道 18 号	新潟県上越市大日	03110116	下	2	60	0.00	3.9	0	1.88	無	7.0	0.0
2-5	一般国道 1 号	静岡県静岡市千代田上土	05110035	上	2	60	0.00	3	1.7	1	左	7.0	0.0
2-6	一般国道 41 号	岐阜県益田郡下呂町小川	05110280	上	2	60	0.67	1.5	0	0.5	右	7.0	0.0
2-7	一般国道 41 号	岐阜県益田郡下呂町小川	05110280	下	2	60	0.67	1.5	0	0.5	右	7.0	0.0
2-8	一般国道 9 号	鳥取県鳥取市浜坂町	07111020	上	2	60	0.00	1.2	0	0.65	無	7.0	2.2
2-9	一般国道 9 号	鳥取県鳥取市浜坂町	07111020	下	2	60	0.00	1.2	0	0.65	無	7.0	2.2
2-10	一般国道 9 号	鳥取県米子市浦津	07112030	上	2	60	0.00	2.3	2.3	0	-	6.5	0.5
2-11	一般国道 9 号	鳥取県米子市浦津	07112030	下	2	60	0.00	2.3	2.3	0	-	6.5	0.5
2-12	一般国道 2 号	広島県尾道市高須町追迫	07116030	上	2	60	0.00	3.6	3.6	0.75	両	7.0	3.0
2-13	一般国道 2 号	広島県尾道市高須町追迫	07116030	下	2	60	0.00	3.6	3.6	0.75	両	7.0	3.0
4-1	一般国道 7 号	新潟県新潟市一日市	03110005	上	4	60	0.00	2	0.0	0.86	無	14.0	1.8
4-2	一般国道 7 号	新潟県新潟市一日市	03110005	下	4	60	0.00	2	0.0	0.86	無	14.0	1.8
4-3	一般国道 25 号	三重県阿山郡伊賀町柘植	05110260	上	4	60	0.00	16	16	1.75	無	14.0	3.0
4-4	一般国道 25 号	三重県阿山郡伊賀町柘植	05110260	下	4	60	0.00	16	16	1.75	無	14.0	3.0
4-5	一般国道 25 号	三重県上野市治田古川	05110268	上	4	60	0.00	1.3	1.3	1.75	無	14.0	3.0
4-6	一般国道 25 号	三重県上野市治田古川	05110268	下	4	60	0.00	1.3	1.3	1.75	無	14.0	3.0
4-7	一般国道 2 号	兵庫県加古川市加古川町河原	06110050	下	4	60	0.00	7.4	7.4	1.12	無	14.0	3.0
4-8	一般国道 25 号	奈良県奈良市米谷町	06110180	上	4	60	0.00	16.6	16.6	1.25	無	14.0	2.7
4-9	一般国道 25 号	奈良県奈良市米谷町	06110180	下	4	60	0.00	16.6	16.6	1.25	無	14.0	2.7
4-10	一般国道 2 号	広島県尾道市高須町防士	07116040	上	4	60	0.00	3.5	3.5	0.75	無	14.0	2.0
4-11	一般国道 2 号	広島県尾道市高須町防士	07116040	下	4	60	0.00	3.5	3.5	0.75	無	14.0	2.0
4-12	一般国道 2 号	広島市西区田方	07118020	上	4	60	0.00	4.9	4.9	2.25	無	14.0	3.0
4-13	一般国道 2 号	広島市西区田方	07118020	下	4	60	0.00	4.9	4.9	2.25	無	14.0	3.0
6-1	一般国道 8 号	新潟県新潟市神道寺	03110021	上	6	60	0.00	1.9	0.0	0.94	無	21.0	3.0
6-2	一般国道 8 号	新潟県新潟市神道寺	03110022	下	6	60	0.00	1.9	0.0	0.94	無	21.0	3.0
6-3	一般国道 16 号	神奈川県横浜市旭区桐ヶ作	04110210	上	6	70	0.00	3.8	3.8	0.5	無	20.5	3.0
6-4	一般国道 16 号	神奈川県横浜市旭区桐ヶ作	04110210	下	6	70	0.00	3.8	3.8	0.5	無	20.5	3.0

### (3) 車両感知器データの処理および分析方法

昨年度の 2 車線自専道の分析同様に，特定の交通量レンジを定めその交通量レベルごとに代表速度を求めることによって QV 関係を分析する。ここでは交通量レンジを 100 台/h，代表速度を各カテゴリの 85percentile 速度とする。なお，85percentile 速度を求める際，渋滞，工事，異常データを取り除くため，一般道の臨界速度と設定した平均速度 40km/h 以上のデータを使用すること，交通量 100 台/h のレンジの中のサンプルが 10 以上存在すること，を条件とする。

### 2.4.3. QV 曲線への影響要因分析

#### (1) 影響要因の整理

自専道でも整理したように、QV 関係に影響を与える要因としては次のようなものが考えられる。

- ・ 道路条件- 車線幅員，側方余裕，路面状態，線形，勾配，トンネル，付加車線
- ・ 交通条件- 大型車(大型車混入率)
- ・ 走行環境条件- 気象，季節，平日/休日，昼間/夜間，車両性能，規制速度

下線，本分析で対象とする要因

このうち道路条件による要因については、地点特有のものであり地点間での比較が必要となる。しかし、本分析で対象とする一般道の分析地点は 2 車線道路：13 地点，4 車線道路：13 地点，6 車線道路：4 地点と少なく、地点間の比較を行うためには地点数が十分であるとはいえない。このため、ここでは同一地点で比較することができる交通条件と走行環境条件に着目し、その代表的な要因である大型車(混入率)、降雨、平休について分析する。なお、道路条件については 3.2. で、季節(路面状態[乾燥、湿潤、シャーベット、圧雪])については 3.3. で、それぞれ詳細に分析する。

#### (2) 分析条件の設定

ある要因の分析を行う際は、他の要因の影響をできる限り排除することが望ましいと考え、表 2-4-3 のように対象とする要因以外の要因を固定し、対象要因の影響の有無について分析する。

表 2-4-3 分析条件の設定

対象要因	その他要因				
	大型車混入率	気象(降雨)	平日/休日*	季節**	昼間/夜間***
大型車混入率	地点ごとに設定	0 ~ 1mm/h	平日	無雪期	昼間
気象(降雨)			平日	無雪期	昼間
平日/休日		0 ~ 1mm/h		無雪期	昼間

\* 休日：土曜日，日祝日と特異日(1/1 ~ 3，5/3 ~ 5，8/14 ~ 15，12/31)，平日：休日以外

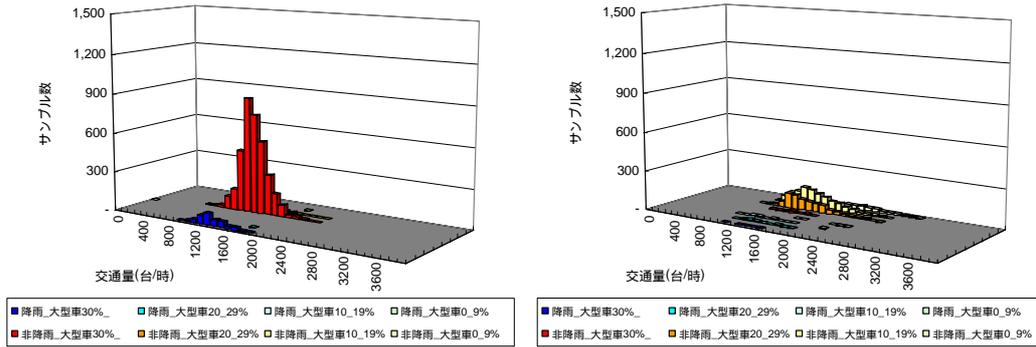
\*\* 無雪期：4 ~ 11 月，積雪期：12 ~ 3 月

\*\*\* 昼間：8:00 ~ 16:00，夜間：20:00 ~ 4:00

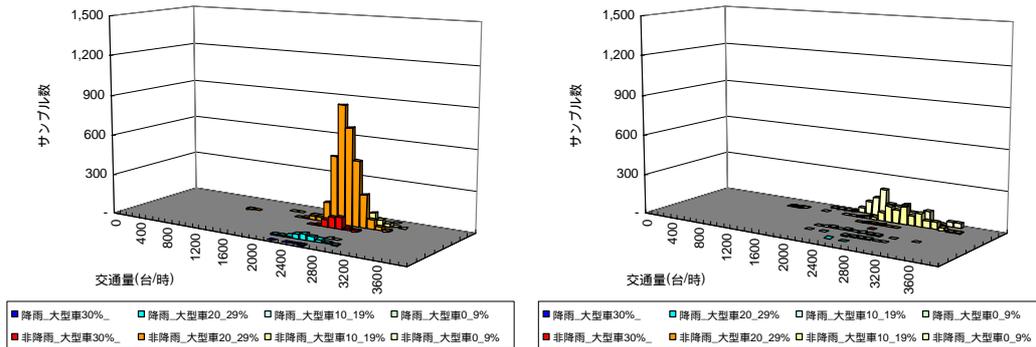
図 2-4-2 は、ある 2 地点における分析条件別サンプル数分布を示したものである。

地点 A は、平日昼間のサンプルのほとんどが交通量 1,100 台/h ~ 1,700 台/h，大型車混入率 30% 以上のカテゴリに分布している。一方、地点 B は交通量 2,300 台/h ~ 2,800 台/h，大型車混入率 20 ~ 29% のカテゴリが多くを占めている。このように一般道では地点ごとに特定のカテゴリにサンプルが集中する傾向がみられ、交通量，大型車混入率別のサンプル数の分布が地点間で大きく異なる。そのため、大型車混入率の分析条件を“10 ~ 20%”というように特定の値に固定すると、十分なサンプルが確保できず分析できない地点が存在する。よって、ここでは各地点のサンプル状況に応じて大型車混入率の分析条件を適宜設定することとする。

地点 A [NO4-3 : 国道 25 号上り 三重県阿山郡伊賀町柘植]



地点 B [NO4-7 : 国道 2 号下り 兵庫県加古川市加古川]



\* 無雪期，平日，昼間のデータ

図 2-4-2 カテゴリ別サンプル数分布(左：平日，右：休日)

(3) 分析方法

昨年度の 2 車線自専道の分析では，まず対象要因における平均速度の差を Welch の t 検定などにより統計的に明らかにし，その後，各地点の 85percentile 速度の差(速度低下量)を交通量レベルごとに求めることで，影響の程度について評価した．

図 2-4-3 は，一般道の各地点の 85percentile 速度の差(大型車混入率 10-19%のときの非降雨時 - 降雨時)を交通量レベルごとに求めたものと，交通量レベルごとの分析対象地点数とをプロットしたものである．一般道では特定の交通量レベルにサンプルが偏るため，表 2-4-3 のように分析条件を厳しくすると，十分なサンプル数(地点数)が確保できないカテゴリが多数存在するようになる．その結果，交通量レベルが 1,500 台/h 以上になると 5 地点以上確保することも困難となる．つまり，たとえ 85percentile 速度の差を求めたとしても，その値の信頼性には疑問が残る．よって，一般道では平均速度の差の検定結果のみで，QV に影響を与えるであろう要因を抽出する．

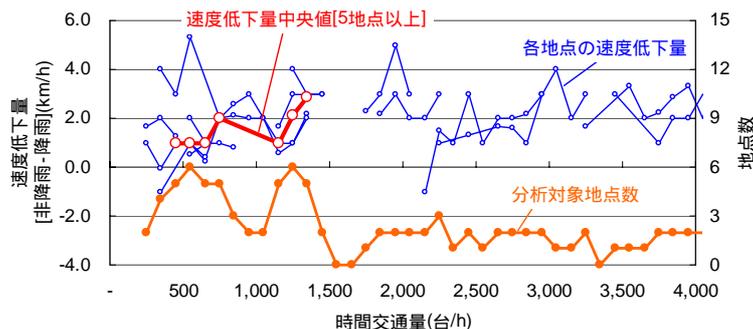


図 2-4-3 非降雨/降雨の 85percentile 速度の低下量

(4) 各要因の速度への影響分析

1) 大型車混入率

ここでは、大型車混入率を10%ごとのレンジに分類し、Welchのt検定(有意水準95%)を行う。なお、検定時の交通量レベル、大型車混入率レベルは、表2-4-4(2)のように各地点のカテゴリ別サンプル数の状況に応じて適宜設定する。検定の結果を表2-4-4に示す。

大型車混入率の違いにより平均速度に差があると検定された地点が、全体の約2/3となった(表2-4-4)。しかし、大型車混入率が低い方が平均速度が高い[A]場合と大型車混入率が高い方が平均速度が高い[B]場合とで地点数に大きな差がなく、この結果からは“大型車混入率がQV関係に影響する”とは言えない。これは自専道の“大型車混入率の増加に伴い速度は低下する”という知見とは一致しない。この理由としては、自専道に比べ一般道の法定速度は低く、たとえ交通量が少ない自由走行に近い状態であったとしても一般道では自専道ほど速度が高くない。その結果、大型車も小型車とほぼ同じ速度で走行できるためと考えられる。また一方で、分析データが1時間の集計値であることも、この理由の一つと考えられる。これは、たとえ大型車の影響を受けた時刻/車両があったとしてもその他のデータ(1時間分のデータ)により影響の程度が平準化されてしまい、データ上顕在化しにくいと考えられるからである。

なお、線形や勾配など道路条件によっては、必ずしも大型車が小型車と同程度の速度で走行できるとは限らない。このため、今後は道路条件との関係についても詳細に分析することが必要である。

表2-4-4(1) 大型車混入率別平均速度の有意差検定結果

		2車線	4車線	6車線	合計
分析対象地点		13	13	3*	29*
差が有意である地点	A. 大型車混入率が低い方が速度が高い	5	2	1	8
	B. 大型車混入率が高い方が速度が高い	6	5	0	11
差が有意でない地点		2	6	2	10

\* 1地点十分なサンプル数が確保できず検定不能

一般道では図2-4-2に示したように特定のカテゴリにサンプルが集中するため、大型車混入率0-9%と大型車混入率20-29%といった隣接しない大型車混入率について検定することができなかった。

表 2-4-4(2) 大型車混入率別平均速度の有意差検定結果[詳細]

No	交通量	大型車混入率	検定結果*	速度が高い要因**	No	交通量	大型車混入率	検定結果*	速度が高い要因**	No	交通量	大型車混入率	検定結果*	速度が高い要因**
2-1	300-399	10-/20-		B	4-1	2400-2499	10-/20-		A	6-1	4400-4499	0-/10-	×	-
2-2	300-399	10-/20-		A	4-2	2400-2499	10-/20-		B	6-2	-	-	-	-
2-3	1000-1099	10-/20-		B	4-3	1600-1699	20-/30-		A	6-3	4800-4899	10-/20-		A
2-4	1000-1099	10-/20-	×	-	4-4	1600-1699	20-/30-	×	-	6-4	4800-4899	10-/20-	×	-
2-5	1000-1099	10-/20-		A	4-5	1600-1699	20-/30-	×	-					
2-6	500-599	10-/20-		A	4-6	1600-1699	20-/30-	×	-					
2-7	500-599	10-/20-	×	-	4-7	2800-2899	10-/20-		B					
2-8	500-599	10-/20-		B	4-8	1600-1699	20-/30-	×	-					
2-9	500-599	10-/20-		B	4-9	1600-1699	20-/30-		B					
2-10	600-699	10-/20-		B	4-10	1200-1299	10-/20-	×	-					
2-11	600-699	10-/20-		B	4-11	1200-1299	10-/20-	×	-					
2-12	1200-1299	10-/20-		A	4-12	2000-2199	0-/10-		B					
2-13	1200-1299	10-/20-		A	4-12	2000-2199	0-/10-		B					

\* : 差が有意である, × : 差が有意でない, - : 十分なサンプル数(10未満)がなく検定不能

\*\* A : 大型車混入率が低い方が速度が高い, B : 大型車混入率が高い方が速度が高い

\*\*\* 通常字 : サンプル数が 30 以上, 斜字 : サンプル数が 10 以上 30 未満, 網掛け部分 : サンプル数が 10 未満

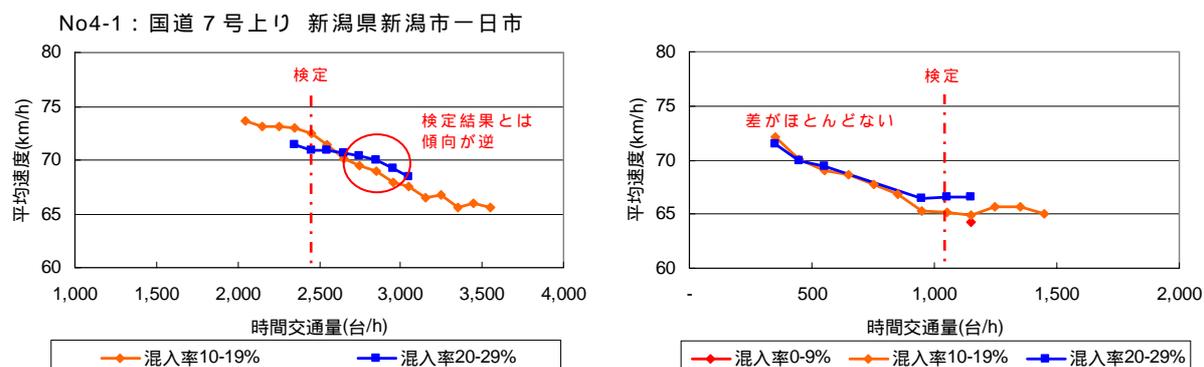


図 2-4-4 大型車混入率別平均速度 [サンプル数 10 以上]

[左 : 大型車混入率が低い方が平均速度が高い, 右 : 大型車混入率が高い方が平均速度が高い]

## 2) 降雨 [非降雨(0~1mm/h)/降雨(1mm/h~)]

自専道では, 降雨量を 1mm/h ごと, または 2~3mm/h ごとに分類し, 降雨量の増加に伴う速度低下量の傾向について分析した。しかし, 図 2-4-2 でみられるように一般道ではデータの集計時間間隔が 1 時間ということもあり, 降雨時のサンプル数が十分ではない。そのため, ここでは非降雨時(0~1mm/h)と降雨時(1mm/h)の比較のみにより, 降雨が速度に影響を与えるかどうかについて検証する。なお, 大型車混入率同様 Welch の t 検定(95%有意水準)によって, 非降雨時と降雨時の平均速度の差を統計的に明らかにする。表 2-4-5 は検定の結果である。

全体の 8 割の地点で非降雨時の方が平均速度が高い[A]という結果となった。一方, 降雨時の方が平均速度が高い[B]地点は 1 地点も存在しなかった。図 2-4-5 は, ある 2 地点の非降雨時/降雨時別の QV 図であるが, これからも降雨によって速度が低下する傾向がみてとれる。以上より, 自専道の分析結果同様に一般道でも降雨によって速度が低下するといえる。

表 2-4-5(1) 非降雨/降雨別平均速度の有意差検定結果

		2車線	4車線	6車線	合計
分析対象地点		13	13	4	30
差が有意である地点	A.非降雨時の方が速度が高い	7	13	4	24
	B.降雨時の方が速度が高い	0	0	0	0
差が有意でない地点		6	0	0	6

表 2-4-5(2) 非降雨/降雨別平均速度の有意差検定結果[詳細]

No	交通量	大型車混入率	検定結果*	速度が高い要因**	No	交通量	大型車混入率	検定結果*	速度が高い要因**	No	交通量	大型車混入率	検定結果*	速度が高い要因**
2-1	300-399	20-29	×	-	4-1	2600-2699	20-29		A	6-1	3800-3899	10-19		A
2-2	300-399	20-29		A	4-2	2600-2699	10-19		A	6-2	3800-3899	10-19		A
2-3	1000-1099	10-19		A	4-3	1400-1499	30-		A	6-3	4500-4599	20-29		A
2-4	1000-1099	10-19		A	4-4	1400-1499	30-		A	6-4	4500-4599	20-29		A
2-5	1000-1099	20-29	×	-	4-5	1400-1499	30-		A					
2-6	500-599	10-19	×	-	4-6	1400-1499	30-		A					
2-7	500-599	10-19		A	4-7	2400-2499	20-29		A					
2-8	500-599	10-19	×	-	4-8	1300-1399	30-		A					
2-9	500-599	10-19	×	-	4-9	1300-1399	30-		A					
2-10	600-699	10-19	×	-	4-10	1300-1399	10-19		A					
2-11	500-599	10-19		A	4-11	1300-1399	10-19		A					
2-12	1000-1099	20-29		A	4-12	1900-1999	10-19		A					
2-13	1000-1099	20-29		A	4-13	1900-1999	10-19		A					

\* : 差が有意である, × : 差が有意でない, - : 十分なサンプル数(10未満)がなく検定不能

\*\* A : 非降雨時の方が速度が高い, B : 降雨時の方が速度が高い

\*\*\* 通常字 : サンプル数が 30 以上, 斜字 : サンプル数が 10 以上 30 未満, 網掛け部分 : サンプル数が 10 未満

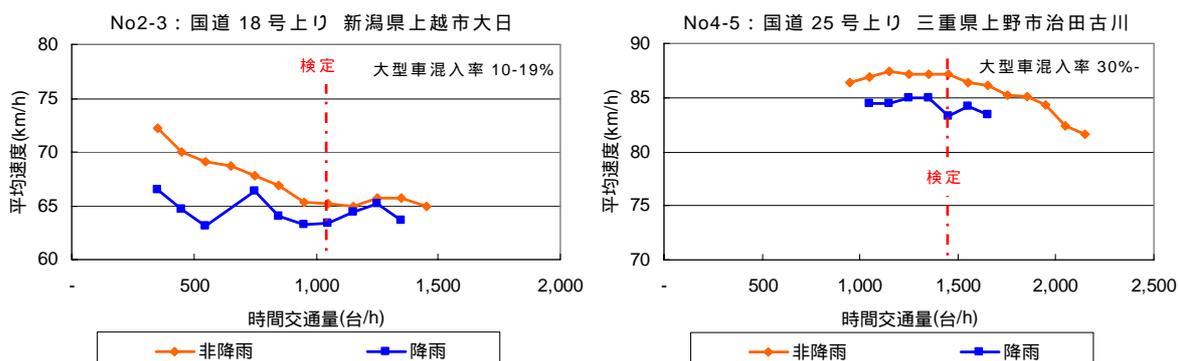


図 2-4-5 非降雨/降雨別平均速度 [両地点とも非降雨時の方が平均速度が高い] [サンプル数 10 以上]

### 3) 平日/休日

自専道での分析同様に、休日を土曜日、日曜日、祝日、1月1・2・3日、5月3・4・5日、8月14・15・16日、12月31日と、平日をそれ以外の日と、それぞれ定義し、平日と休日の違いによる平均速度の差を統計的に明らかにする。なお、ここでも各地点で交通量や大型車混入率といった平日/休日以外の要因の条件を固定しており、平日休日の速度の差はドライバー構成(業務、観光)の違いと言い換えることもできる。

約 2/3 の地点で平日と休日の平均速度に有意な差があり、そのほとんどが休日の方が平日よりも速度が高い[B]という結果となった(表 2-4-6)。この理由の一つとして、平日と休日では交通流の構成に違いがあるためと考えられる。たとえば、同じ大型車であっても、平日の大型車の多くは積荷を満載した貨物車であり全体的に速度が低いのにに対し、休日の大型車は比較的高い速度で走行できるバスであったり積荷が少ない貨物車であったりする。このような構成の違いの結果、平日に比べて休日の方が速度が高くなるのではないだろうか。しかし、これはあくまでも推測であり、今後さらに詳細な分析が必要である。

表 2-4-6(1) 平日/休日別平均速度の有意差検定結果

		2車線	4車線	6車線	合計
分析対象地点		13	13	4	30
差が有意である地点	A. 平日の方が速度が高い	1	0	0	1
	B. 休日の方が速度が高い	9	7	2	18
	差が有意でない地点	3	6	2	11

表 2-4-6(2) 平日/休日別平均速度の有意差検定結果[詳細]

No	交通量	大型車混入率	検定結果*	速度が高い要因**	No	交通量	大型車混入率	検定結果*	速度が高い要因**	No	交通量	大型車混入率	検定結果*	速度が高い要因**
2-1	300-399	20-29		B	4-1	2800-2899	10-19		B	6-1	3800-3899	10-19		B
2-2	300-399	20-29		B	4-2	2800-2899	10-19	x	-	6-2	4000-4099	10-19		B
2-3	1000-1099	10-19		B	4-3	1600-1699	20-29	x	-	6-3	4600-4699	10-19	x	-
2-4	1000-1099	10-19		B	4-4	1400-1499	20-29	x	-	6-4	4600-4699	10-19	x	-
2-5	1100-1199	10-19		A	4-5	1600-1699	20-29	x	-					
2-6	500-599	10-19		B	4-6	1600-1699	20-29		B					
2-7	500-599	10-19		B	4-7	2800-2899	10-19		B					
2-8	600-699	10-19	x	-	4-8	1600-1699	20-29	x	-					
2-9	600-699	10-19		B	4-9	1600-1699	20-29	x	-					
2-10	600-699	10-19		B	4-10	1300-1399	10-19		B					
2-11	600-699	10-19		B	4-11	1300-1399	10-19		B					
2-12	1200-1299	10-19	x	-	4-12	1900-1999	10-19		B					
2-13	1200-1299	10-19	x	-	4-13	1900-1999	10-19		B					

\* : 差が有意である, x : 差が有意でない, - : 十分なサンプル数(10未満)がなく検定不能

\*\* A : 平日の方が速度が高い, B : 休日の方が速度が高い

\*\*\* 通常字 : サンプル数が 30 以上, 斜字 : サンプル数が 10 以上 30 未満, 網掛け部分 : サンプル数が 10 未満

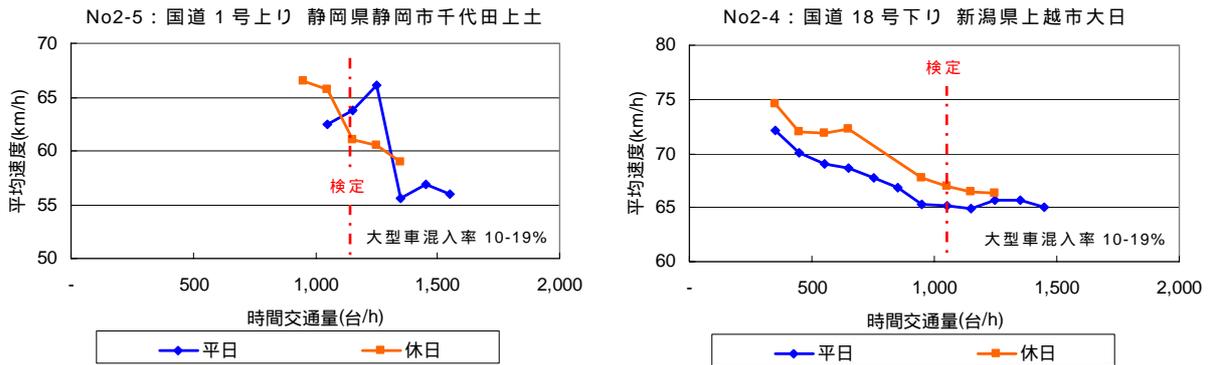


図 2-4-6 平日/休日別平均速度

[サンプル数 10 以上]

[左：平日の方が平均速度が高い，右：休日の方が平均速度が高い]

#### 4) まとめ

一般道の速度に影響を与える要因のうち，“大型車(大型車混入率)”，“気象条件(降雨/非降雨)”，“平日/休日”について分析を行い，実際に速度に影響を与えているかどうか統計的に明らかにした．その結果，本分析では次のような結果となった．

- 気象条件：非降雨時 > 降雨時
- 平日/休日：休日 > 平日
- 大型車(大型車混入率)：本分析では確認できなかった

ただし，本分析で利用したデータが 1 時間の集計値であったこともあり，“大型車(大型車混入率)”の影響が顕在化しなかったとも考えられる．このため，今後はより詳細なデータを用いて分析を行い，再度検証する必要がある．

#### 2.4.4. 一般道における QV 曲線の提案

2車線自専道では無雪期，昼間における非降雨/降雨別，大型車混入率別の QV 曲線(2.2.)を，多車線自専道では平日，昼間における非降雨/降雨別，大型車混入率別の QV 曲線(2.3.)をそれぞれ定式化した．一般道では，次のような理由により平日の非降雨/降雨別に QV 曲線を設定する．

2.4.3.の分析結果から，一般道では大型車混入率の違いによる速度の差がみられなかった．そのため，一般道の QV 曲線の定式化に際しては，大型車混入率の影響を特に考慮しない．

図 2-4-7 のように昼間のみでは交通量が小さいカテゴリのデータがほとんど存在せず，正確な QV 曲線を定式化することが困難である．よって，交通量が小さいカテゴリのデータが多数存在する夜間のデータも利用し QV 曲線を定式化する．

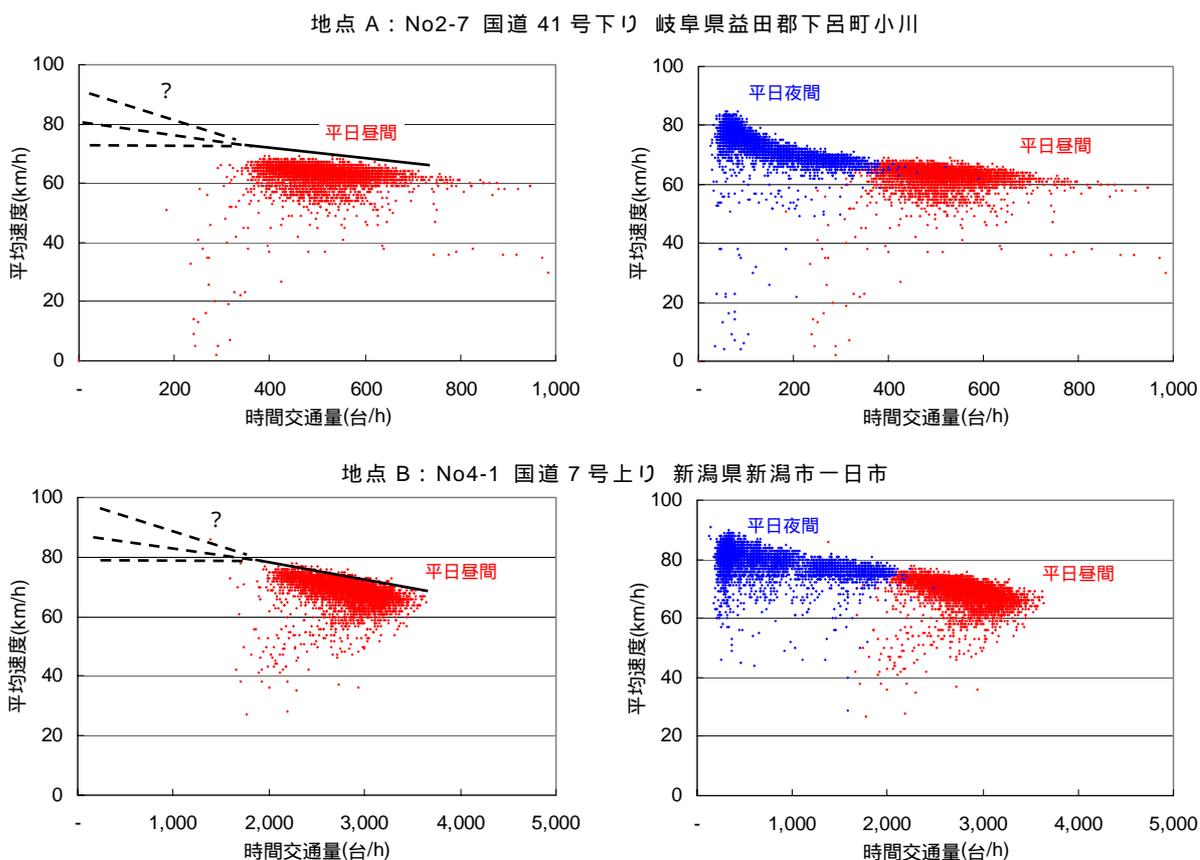


図 2-4-7 平日昼間/夜間の QV 図

## (2) 分析方法

自専道と同様の手順により一般道の QV 曲線を定式化する。なお，自専道の結果から 2 車線と多車線では QV 曲線の傾向が異なることが明らかとなったため，ここでは車線数別に検討する。

手順 1：各地点のカテゴリ別 85percentile 速度を求める

分析対象地点ごとに平日の交通量レベル別，非降雨/降雨別の 85percentile 速度を求める。ただし，サンプル数が 10 未満の場合は，85percentile 速度の信頼性が乏しいと考え対象から除く。

手順 2：全体のカテゴリ別 85percentile 速度を求める

2 車線自専道では分析対象地点数が 36 地点と比較的多かったため，各地点のカテゴリ別 85percentile 速度の平均値を全体の 85percentile 速度とした。しかし，一般道では車線数別の分析対象地点が 13 地点と少なく，全体の 85percentile 速度を平均値とすると特異なデータの影響を受けやすくなる。そのため，全体の 85percentile 速度を各地点のカテゴリ別 85percentile 速度の平均値ではなく中央値とする。なお，ここではデータの信頼性を考慮し，分析対象地点の半数以上の地点(7 地点)で 85percentile 速度が求められたカテゴリのみを対象とする。

手順 3：QV 曲線推定式を構築する

自専道同様にカテゴリ別 85percentile 速度の傾向をもとに，QV 曲線を推定する式の構造を設定し，推定式を構築する。

なお，一般道では大型車混入率による速度低下がみられなかったため，非降雨時(降雨量 0mm)での QV 関係を推定する基本式と，降雨による速度低下量を補正する式(補正式)との 2 つに分け，基本式から補正式を減ずる形とする。

$$\text{QV 曲線推定式： } \hat{V}_{85} = V_{85,ideal} - \Delta V_{85,rain} \quad \dots \quad \text{式 2-4-1}$$

ここで，

$\hat{V}_{85}$ ：85percentile 速度 (km/h)の推定値

$V_{85,ideal}$ ：大型車混入率 0-9%，非降雨時における 85percentile 速度 (km/h)

$\Delta V_{85,rain}$ ：降雨による速度低下量(km/h)

(3) QV 曲線の分析

2) 2車線一般道

a) 基本式

2車線一般道の非降雨/降雨別 85percentile 速度\*とその時のサンプル数(地点数)を図 2-4-8 に示す。

\*2車線道路の全分析対象地点 13 地点の半数にあたる 7 地点以上で 85percentile 速度が計算できたカテゴリ

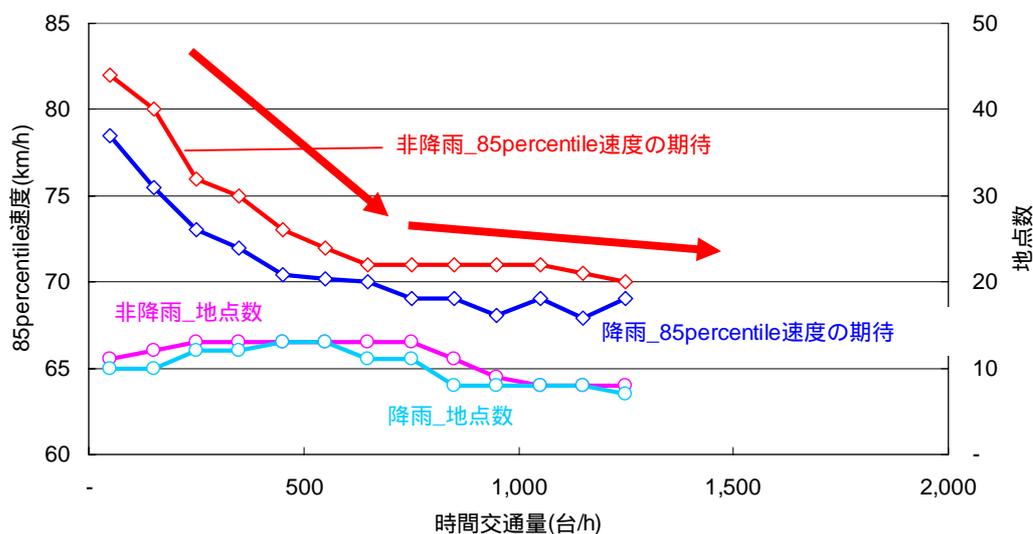


図 2-4-8 非降雨/降雨別 85percentile 速度

自専道同様に 85percentile速度の期待値は規制速度(60km/h)を大幅に上回っている。また、交通量の増加に伴い 85percentile速度の期待値がほぼ直線的に低下することもわかる。特に交通量レベルが小さいとき(500 台/h未満)は大きいとき(500 台/h以上)に比べて速度低下量が大きい。この傾向はBrilonら<sup>6)</sup>の知見とも一致する。これは、たとえ交通量が小さくても 1 台の低速車によって全体の速度が急激に低下するといった 2車線道路の特徴であるといえる。ここではこの傾向を表現するため、交通量レベル 500 台/hを境にした 2 つの一次式によって基本式を設定する。

$$\text{基本式: } V_{85,ideal} = \alpha_{10} + \alpha_{11} Flow_{60} \quad [Flow_{60} < 500 \text{ 台/h}] \quad \dots \quad \text{式 2-4-2(1)}$$

$$\text{基本式: } V_{85,ideal} = \alpha_{20} + \alpha_{21} Flow_{60} \quad [Flow_{60} \geq 500 \text{ 台/h}] \quad \dots \quad \text{式 2-4-2(2)}$$

ここで、 $V_{85,ideal}$  : 非降雨時における 85percentile速度(km/h)

$Flow_{60}$  : 1 時間交通量(台/h)

$\alpha_{10}, \alpha_{11}, \alpha_{20}, \alpha_{21}$  : パラメータ

b) 降雨による速度低下の補正式

図 2-4-9 は各地点の降雨による速度低下量[非降雨-降雨]と、全地点の中央値(地点数 7 以上のカテゴリ)をプロットしたものである。

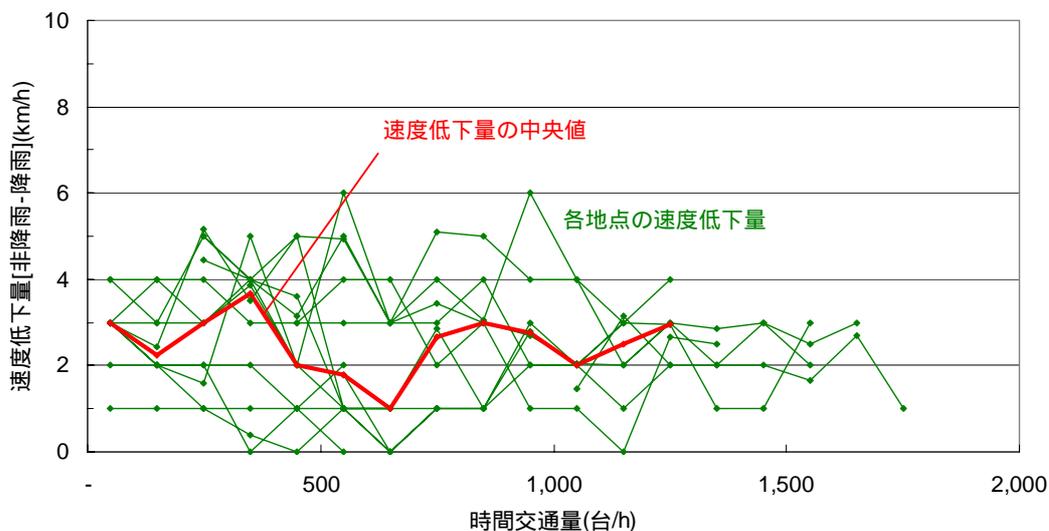


図 2-4-9 各地点の降雨による 85percentile 速度の低下量 [非降雨-降雨]

降雨による速度低下量の中央値をみると、交通量が 300～400 台/h のとき 3.6km/h、600～700 台/h のとき 1.0km/h と交通量レベルによって変動しているものの、全体的には、交通量レベルと速度低下量との間に明確な関係はみられない。今回対象としている分析地点数が 13 地点と少なく、交通量と降雨による速度低下量との関係が不明瞭になってしまっていることも考えられるが、ここでは、降雨による速度の低下量は交通量レベルに関係なく一定であるとし、補正式を次のように設定する。

$$\text{補正式: } \Delta V_{85,rain} = \beta_1 \times RainDummy \quad \dots \quad \text{式 2-4-3}$$

ここで、 $\Delta V_{85,rain}$  : 降雨による速度低下量(km/h)

$RainDummy$  : 非降雨 0, 降雨 1

$\beta_1$  : パラメータ

c) QV 曲線推定式

a), b)の基本式, 補正式を用いて, 2車線一般道の QV 曲線を推定する式の構造を次のように提案する。

$$\begin{aligned} \hat{V}_{85} &= V_{85,ideal} - \Delta V_{85,rain} \\ &= [\alpha_1 + \alpha_2 \times Flow_{60}] - [\beta_1 \times RainDummy] \quad \dots \quad \text{式 2-4-4} \end{aligned}$$

設定したモデル式の構造をもとにパラメータ推定を行った。その結果を表 2-4-7 に、また推定される 2 車線一般道の QV 曲線を図 2-4-10 にそれぞれ示す。

それぞれ  $R^2$  が 0.950, 0.856 と高く、また交通量が小さいとき(500 台/h未滿)に速度の低下量が大きいという 2 車線一般道の特徴が表現できていることがわかる。

表 2-4-7 パラメータ推定結果

	500 台/h 未滿	500 台/h 以上
$\alpha_1$	82.95	72.71
$\alpha_2$	-0.0230	-0.00196
$\beta_1$	2.50	2.50
$R^2$ 値	0.950	0.856
RAME	0.00943	0.00640
サンプル数	10	16

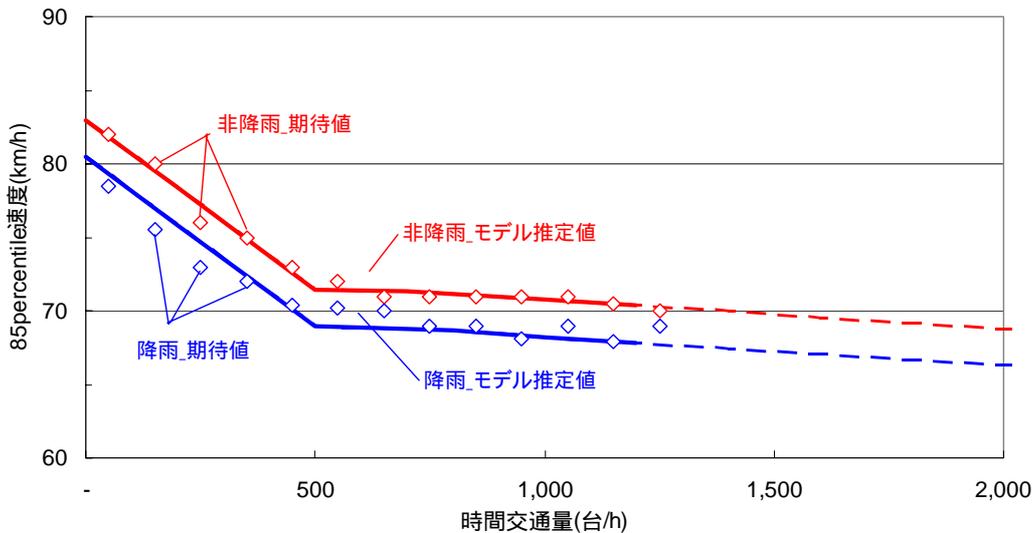


図 2-4-10 2 車線一般道における QV 曲線

2) 4 車線一般道

a) 基本式

4 車線一般道の非降雨/降雨別 85percentile 速度\*と降雨による速度の低下量を図 2-4-11 に示す。

\*4 車線一般道の分析対象地点(13 地点)の半数にあたる 7 地点以上で 85percentile 速度が計算できたカテゴリ

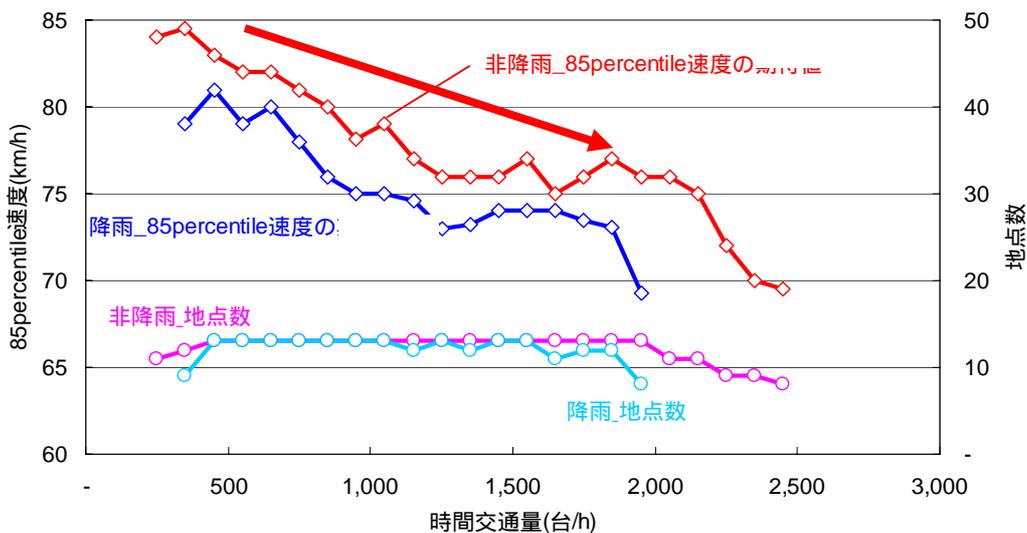


図 2-4-11 非降雨/降雨別 85percentile 速度の期待値と速度低下量

他の道路と同様に交通量の増加につれ速度が低下する傾向がみられる。しかし、2車線一般道のように交通量レベルの違いによる速度低下量の差はみられず、ほぼ直線的に速度が低下しているといえる。以上より、4車線一般道の基本式は次のように設定する。

$$\text{基本式： } V_{85,ideal} = a_0 + a_1 \text{Flow}_{60} \quad \dots \quad \text{式 2-4-5}$$

ここで、 $V_{85,ideal}$ ：非降雨時における 85percentile速度(km/h)

$\text{Flow}_{60}$ ：時間交通量(台/h)

$a_0, a_1$ ：パラメータ

b) 降雨による速度低下の補正式

図 2-4-12 は各地点の降雨による速度低下量[非降雨-降雨]と、全地点の中央値(地点数 7 以上のカテゴリ)をとったものである。

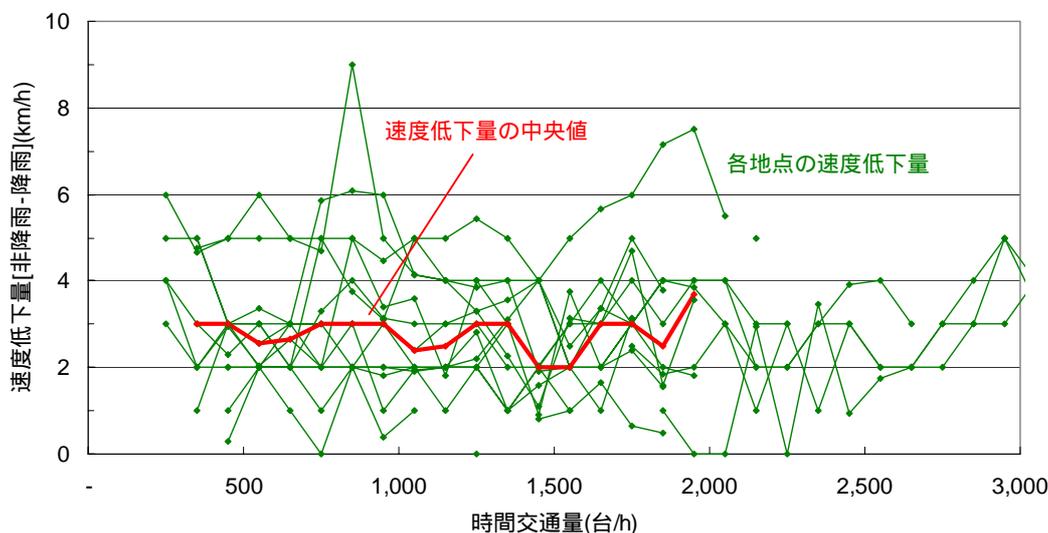


図 2-4-12 各地点の降雨による 85percentile 速度の低下量 [非降雨-降雨]

降雨による速度低下量の中央値をみると、交通量レベルによって速度低下量が 2.0 ~ 4.0km/h と多少変動するものの、全体的には交通量レベルと降雨による速度低下量との間に明確な関係はみられない。そのため、2車線一般道と同様に降雨による速度低下量は交通量レベルに関係なく一定であるとし、補正式を次のように設定する。

$$\text{補正式： } \Delta V_{85,rain} = \beta_1 \times \text{RainDummy} \quad \dots \quad \text{式 2-4-6}$$

ここで、 $\Delta V_{85,rain}$ ：降雨による速度低下量(km/h)

$\text{RainDummy}$ ：非降雨 0，降雨 1

$\beta_1$ ：パラメータ

c) QV 曲線推定式

a), b)の基本式, 補正式を用いて, 4 車線一般道の QV 曲線を推定するモデル式の構造を次のように設定する.

$$\hat{V}_{85} = V_{85,ideal} - \Delta V_{85,rain}$$

$$= [a_1 + a_2 \times Flow_{60}] - [\beta_1 \times RainDummy] \quad \dots \quad \text{式 2-4-6}$$

設定したモデル式の構造をもとにパラメータ推定を行った. その結果を表 2-4-8 に, また推定される 4 車線一般道の QV 曲線を図 2-4-13 にそれぞれ示す.

推定の結果, いずれのパラメータも統計的に有意なものとなった. また,  $R^2$  値も 0.871 あり推定精度は良好であるといえる. なお, 交通量レベル 1,000 台/h付近では観測値に比べて推定値の方が過大に, 反対に 1,800 台/h付近では過小になっている. これは, 各カテゴリの 85percentile速度を算出する際に利用したサンプル数(地点数)が 7~13 と少ないことによる誤差であると考えられる.

表 2-4-8 パラメータ推定結果

$\alpha_1$	85.05
$\alpha_2$	-0.00560
$\beta_1$	2.78
$R^2$ 値	0.871
RAME	0.0152
サンプル数	40

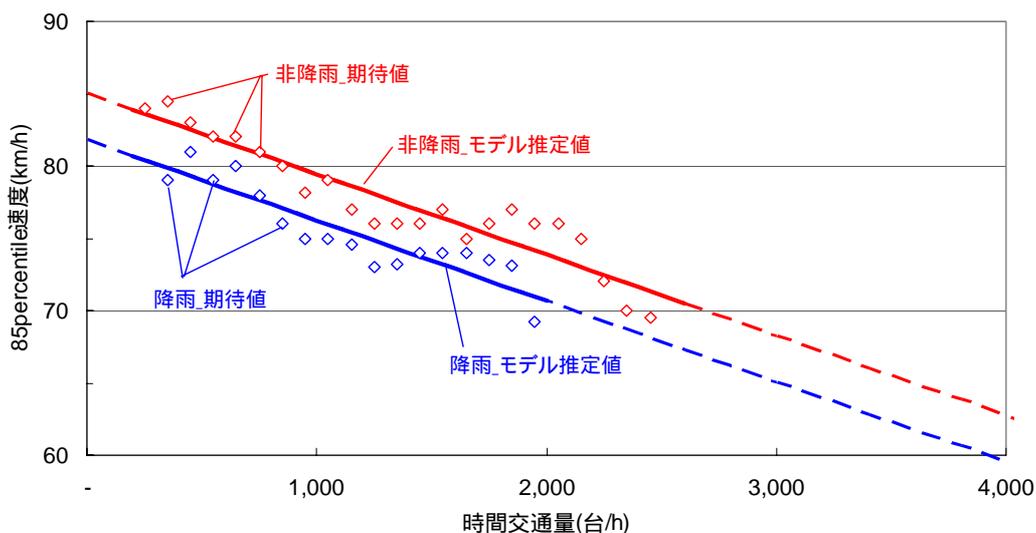


図 2-4-13 4 車線一般道における QV 曲線

### 3) 6車線一般道

本分析で対象とする6車線一般道の分析地点は4地点と極めて少ないため、一般的なQV曲線を設定することは困難である。また、QV曲線によって道路交通性能を評価すべき道路は主に都市間道路(昨年度検討：道路階層区分の“街道”に相当)であるが、我が国の6車線一般道の多くが都市内の幹線街路として機能しており、都市間道路として機能しているものはほとんどない。このような状況を勘案すると、都市間一般道の性能を評価する際に6車線一般道のQV曲線の必要性はあまり高くないといえる。

以上のような点より、ここでは6車線一般道のQV曲線については特に分析/設定を行わない。

#### 2.4.5. まとめ

本節では一般道路のQV関係に影響を与えると考えられる3つの要因について検定を行い、影響の有無について統計的に明らかにした。また、車線数別に平日の非降雨/降雨別のQV曲線について定式化を行った。

ただし、本定式化には道路の横断面や線形といった道路条件の要因が含まれていない。我が国のほとんどの道路は、車線幅員や側方余裕など横断面を構成する要因の値が「道路構造令」の標準値により決定されており、地点間の差がほとんどない。このため、現状では我が国のデータのみで横断面の構成要因がQV関係に与える影響について分析することは難しく、今後は我が国と横断面の構成要因の値が異なる諸外国のデータを参考に分析していくことが必要である。一方、線形や勾配などそれ以外の要因については、「道路構造令」の規定内ではあるが様々な条件が存在している。しかし、現在設置されている車両感知器は、交通量とその変動の把握が目的であるため、「単路部のQV関係」について分析できる地点が絶対的に不足している。このため今後は、「交通量変動」のみでなく、「単路部のQV関係」や「ボトルネックの交通容量」、「車両の追従状況」など他の分析にもデータが活用できるよう、車両感知器の計画的な設置やデータの収集/集計方法の見直しなどが望まれる。そして、その結果得られるデータにより線形など道路条件がQV関係に与える影響について分析することが必要と考える。

## 2.5 . おわりに

本章では、昨年度得られた知見等をもとに、我が国の都市間道路(高速道路、一般道路)単路部におけるレファレンスとなる交通量-速度(QV)曲線の定式化について検討を行い、提案を行った。この QV 曲線を用いれば、設計時間交通量と組み合わせることにより、トラフィック機能を重視する道路の交通性能を計画設計段階で評価することが可能となる。

ただし、現時点では道路の線形・幾何構造のような地点特性や路面状況などを考慮できておらず、3.で分析する結果などをふまえ、今後も引き続き改良していくことが必要である。

### 参考文献

- 1) 赤羽弘和，越正毅：渋滞検出閾値のオンライン設定法，土木学会第 42 回年次学術講演会講演概要集， -25, pp.70-71, 1987
- 2) 井上矩之，田中清剛：2 車線高速道路における交通量の車線分布について，土木学会論文報告集，第 236 号，pp.139-144，1975 .
- 3) Okura, I. , Somasundaraswaran, K. : Strategy for Freeway Lane Utilization Analysis , 土木学会第 50 回年次学術講演会講演概要集，第 4 部，pp.418-419，1995 .
- 4) Hong, S. ,Oguchi, T. : Effects of Rainfall and Heavy Vehicles on Speed-Flow Relationship for Multilane Expressways in Japan , Transportation Research Board 86th Annual Meeting Compendium of Papers #07-1933, 2007 .
- 5) Hong, S. , Oguchi, T. : Evaluation of Highway Geometric Design and Analysis of Actual Operating Speed , Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.6, No.79, 2005 .
- 6) Brilon, W. and Weiser, F: Two-Lane Rural Highways –the German Expressway, 85th Transportation Research Board Annual Meeting, CD-ROM, 2006.1.

### 3. 各種要因が交通量-速度(QV)関係に 与える影響に関する研究

### 3.1. はじめに

走行速度や交通容量に影響を与える要因として、昨年度は、降雨量，大型車混入率，休日運転者を採り上げ分析したが，この他にも，道路の横断面構成や幾何構造，付帯構造物，路面状況など様々な要因が影響を与えていると考えられる．

2.でも述べたように QV 曲線を推定する際には，道路の横断面構成や幾何構造，付帯構造物といった地点特性の影響を考慮する必要がある．そこで本章では，様々な地点特性が存在し，かつ車両感知器が密に設置され多数の地点で交通データの取得が可能な首都高速道路を対象に，道路の幾何構造や付帯構造物が走行速度に与える影響について分析する (3.2.) ．

また一方で，冬期になると降雪などの影響で道路の路面がシャーベット状態となったり凍結したりし，通常時(乾燥時)に比べて走行性能が大幅に低下することが考えられる．特に積雪寒冷地の道路の走行性能を評価する際には，これは極めて重要な要因であるといえる．ここでは，積雪寒冷地にある高速道路(秋田道)を対象に，路面状況と走行性能との関係について分析する (3.3.) ．

## 3.2. 都市高速道路における自由流速度への影響要因に関する研究

### 3.2.1. はじめに

#### (1) 背景と目的

現在，日本の道路の幾何構造は，道路構造令<sup>1)</sup>によって決められている．道路構造令において，新規建設路線の幾何構造を決定するものに，道路区分とそれに応じた設計速度がある．道路構造を決定するに当たって，まず，計画交通量，即ち推計される自動車の平均日交通量を用いて道路の区分を決定する．区分毎に設計速度があり，設計速度で走行できるように縦断線形，平面線形，横断面構成等の道路の幾何構造が決定される．

しかし構造令の規定は，車両特性から得られる線形要素の限界値に基づいて規定されていて，交通流率の低い状態において実現するであろう自由流速度との関連性が希薄である．道路状況から適切な自由流速度を選ぶよう設計するというのはヨーロッパでは "self explaining" roadsとして知られ<sup>2)</sup>，設計段階から自由流速度を考慮した設計がされている．そうすることで道路の安全性が向上すると考えられるからであるが，日本ではそのような知見は限られたものである<sup>3)4)</sup>．

自由流速度を予測する方法は，アメリカでは，HCM2000によって示されている<sup>5)</sup>が，日本の都市高速道路で適用できるとは限らない．本研究では，首都高速道路(以下首都高)をとりあげ，自由流速度が幾何構造，付帯構造物等影響要因にどれだけ影響されるかを分析し，自由流速度を被説明変数，幾何構造や付帯構造物等影響要因を説明変数とするモデルの提案を行う．自由流速度を推定するモデルが出来ることで，道路設計において，周辺状況に合わせた適切な自由流速度(走行に際し連続的な速度変化)を考慮した設計が可能になり，走行し易い道路が提供できるようになると考えられる．また，設計段階で，自由流速度が低下する，即ち隘路と考えられる地点を，顕在化する前に把握することが可能になると考えられる．

#### (2) 既往研究の整理

自由流速度の影響要因を明確にしようとする研究は海外を中心にこれまでもあり，日本においも数例報告されている．

割田ら<sup>3)</sup>は，首都高において，連続した地点を対象に5分集計速度のpercentile値を時間的・空間的に比較することで，顕在的・潜在的ボトルネックを定性的に抽出し，実際にボトルネックとなっている地点と一致する結果を得た．しかし，分析が定性的なものに留まっている．

洪<sup>4)</sup>は，車線幅員の異なる都内の一般道路2地点を対象に平均速度を比較し，車線幅員の違いが，直接速度に有意な影響を与えないことを示した．しかし，横断面構成など，その他の影響要因については不明確なままである．

このように，既往研究では，速度の変化，あるいは車線幅員の差による変化に注目しているものの，速度への各影響要因の定量的・網羅的な評価にまで到達していない．

### 3.2.2. 使用データ概要

#### (1) 分析対象路線

分析には、300m 間隔に設置された車両感知器により、空間的連続性のあるデータの取得が可能である首都高を対象とした。また、自由流時の速度データを多く取得できること、幾何構造の変化に富むことを条件に、図 3-2-1 の路線、方向を分析対象路線として選出した。その中で、感知器異常地点を排除すると、分析可能な観測地点は 233 地点であった。なお、4 号線については、モデル導出に用いず、モデルと実測値の検証に用いることとした。

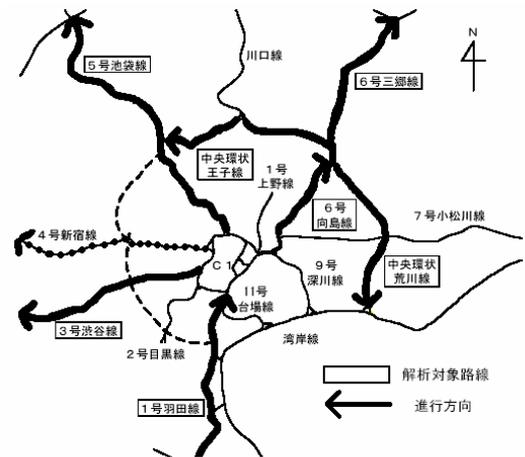


図 3-2-1 分析対象路線図

#### (2) 被説明変数データ(速度データ)

##### 1) 分析対象期間

分析期間として、2005 年 10 月 1 日～31 日の 1 ヶ月間のデータを使用する。10 月は、大型連休や夏休みなどのように交通量が著しく変化することもない為、交通に特殊な変化が起こりにくく、安定してデータが取れるためである。

##### 2) 使用データ

ここでは、車線毎の、5 分集計速度、交通量データを用いた。なお、降雨の条件を考慮するに当たって、気象庁 HP より入手した降水量データを用いた。

#### (3) 説明変数データ(影響要因データ)

##### 1) 幾何構造データ

対象路線の幾何構造の、10m 刻みのデータベースを作成した。本分析で扱う幾何構造要素は以下の通りである。

##### 2) 平面線形

平面線形を表現するために、当該曲線の最大曲線半径の逆数で表される“曲率”のみならず、10m 間隔のデータベースにおいて各地点で定められる緩和曲線部を加味した“実曲率(単位:1/m\*100%)”を導入し、速度に対しより有意な方をモデルに取り入れるものとした。曲率と実曲率は、図 3-2-2 のように定義できる。曲率の増加によって、横滑りを起こさない限界速度、そして快適性を保ちつつ走行できる速度は低下すると考えられる<sup>1)</sup>。

曲 率	
直線	: $\theta/\Delta l = 0$ . . . 式 3-2-1
曲線・緩和曲線	: $\theta/\Delta l = 1/R$ . . . 式 3-2-2

### 実曲率

直線	:	$\theta/\Delta l = 0$	・・・式 3-2-3
緩和曲線	:	$\theta/\Delta l = \lambda/A^2$	・・・式 3-2-4
曲線	:	$\theta/\Delta l = 1/R$	・・・式 3-2-5

A : クロソイドパラメータ

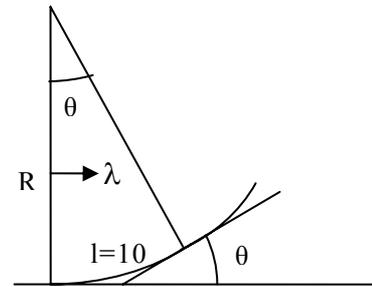


図 3-2-2 実曲率の概念図

#### a) 縦断線形

縦断勾配を表現するため、上りを正、下りを負とした縦断勾配(単位:%)について扱うこととする。

自動車が上り勾配に差し掛かると、重力による走行抵抗の増加により、速度は低下する。また、下り勾配では、重力による加速により、速度は上昇する。したがって勾配が大きいほど自由流速度の変化が大きいことが予想される<sup>1)</sup>。

#### b) 横断面構成

ここでは横断面構成を左側路肩幅員、車線幅員により表現する。その他にも横断勾配、右側路肩幅員が考えられるが、横断勾配は曲率に応じて決定され、右側路肩幅員は 0.75m で一定であるため考慮しないこととした。以下路肩は左側路肩を指す。

路肩は、道路の構造物を保護する機能だけでなく、側方余裕幅として交通の快適性の向上機能がある。したがって、路肩幅員が広いと自由流速度が上昇することが予想される。

#### c) 車線幅員

車線幅員は、並走や追い越しの際、十分な余裕を提供することで、安全性、快適性に寄与する。したがって、車線幅員が広いと自由流速度が上昇すると考えられる。

#### 3) 規制速度データ

公安委員会によって、規制速度は概ね以下のように設定されている。第 2 種第 1 級区間は 80km/h 規制、第 2 種第 2 級区間は 60km/h(特に幾何構造が厳しい区間は 50km/h)規制である。規制速度が低い区間では自由流速度が低下すると考えられるが、理由は次の二つの組み合わせであると考えられる。規制速度による自由流速度への直接的な影響と、規制速度と幾何構造区分との関連が強いことによる間接的な影響である。

#### 4) 付帯構造物データ

付帯構造物とは、道路に付帯して作られる構造物、さらに路面標示も含めて、ドライバーの運転に視覚的に、また行動誘発を通じて影響すると考えられる広義の構造物である。

付帯構造物は、幾何構造データのような影響の定量的な評価が難しいため、各地点における有無のみを表す二値データで評価した。有無によって走行速度に影響するか、すなわち自由流速度に影響するかを分析するため、有無の判定にはドライバー視点を考慮した。ここで対象とする付帯構造物は以下の通りである。

- a) 防音壁，立体交差，トンネル
  - 左側壁...左側に壁がある状態
  - 右側壁...右側に壁がある状態
  - 上側壁...立体交差の下層部分，長大橋との立体交差があることで，上部の視界が制限される状態
  - トンネル坑口...トンネル情報板がドライバーから見えてからトンネルに進入するまでの状態
  - トンネル内部...トンネル内部
  
- b) 標識，看板等
  - 案内標識...出入口，方向案内に用いられる標識
  - その他看板...その他オーバーハング型看板
  - 文字情報板...文字により交通情報伝達に用いる看板
  - 図形情報板...図形により交通情報伝達に用いる看板
  
- c) 自動速度取締機
  - 自動速度取締機...規制速度を大幅に超える車両に対して取締り
  - 予告看板...自動速度取締機の存在を予告
  
- d) 分合流
  - 左・右，分・合流，出入口・JCT で以下の 8 通りに分類した．
  - 左分流出口・左合流入口
  - 右分流出口・右合流入口
  - 左分流 JCT・左合流 JCT
  - 右分流 JCT・右合流 JCT
  
- e) 区画線，誘導灯・カーブ警戒ゼブラ
  - 白実線...白破線の強調
  - 黄実線...車線はみだし禁止
  - 誘導灯...視線をカーブに誘導
  - カーブ警戒ゼブラ...視線をカーブに誘導

### 3.2.3 . データベース作成

#### (1) 被説明変数データ(速度データ)

本分析では、5分集計車両感知器データを使用して解析を行う全ての路線において、以下の条件を満たす第1車線、第2車線別の85percentile自由流速度を抽出した。

- 平日
- 非降雨時
- 自由流域(50km/h以上のデータ)
- 交通流率レベル 30-40台/5min/lane

平日、休日では、ドライバー特性が変化すると考えられる。実際、図3-2-3のように自由流速度が変化する。したがって、平日を分けることとし、通常時と考えられる平日を分析対象とした。

降雨により速度が変化することが知られている<sup>6)</sup>。図3-2-4は、無降雨時のデータと0.5mm/h以下の降雨時のデータを比較したものであるが、自由流速度が変化する。したがって、降雨の影響を除くため無降雨時のデータのみ分析することとした。

交通流率によっても速度が変化すると考えられる。ここでは、一定範囲の交通流率のデータのみ用いることで、交通流率による変化を排除した。自由流状態に近く、かつ十分なサンプル数を確保できることを考慮した結果、交通流率として、交通流率レベル30-40台/5min/laneとした。

また、車両特性の限界値を考えた場合、大型車混入率は本来考慮すべき事項である。しかし、首都高起終点調査<sup>7)</sup>の結果より、分析対象路線間で大差ないと考え、考慮しないこととした。

また、昼夜によって速度変化が起こると考えられる。しかし、本分析で取得されたデータの大多数が夜間(18時-5時)であり、昼間(6時-17時)のデータは極めて少なかった。唯一取得できた中央環状王子線内回り王子北出口 滝野川入口間で昼夜による速

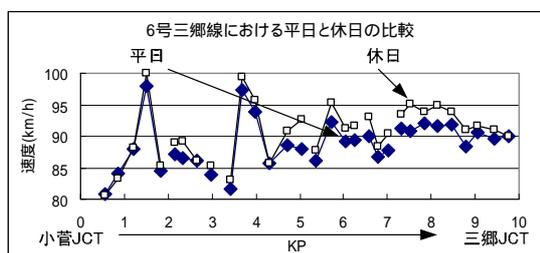


図 3-2-3 平日と休日の比較

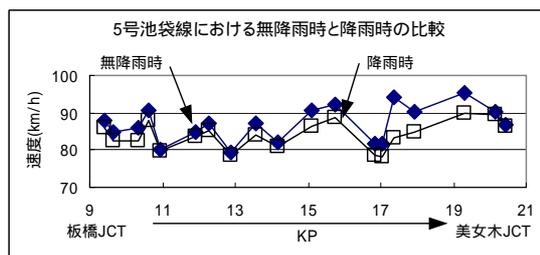


図 3-2-4 非降雨と小雨時の比較

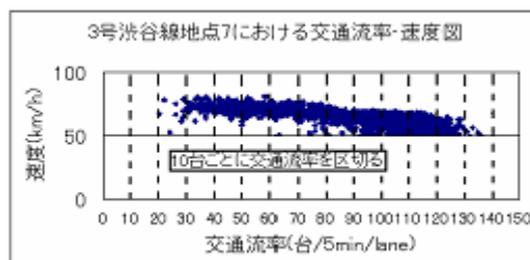


図 3-2-5 10台毎に交通流率を区分した速度-交通流率図

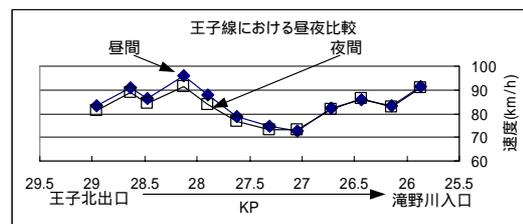


図 3-2-6 昼間と夜間の比較

度差は、図 3-2-6 のように結果的に今回提案したモデルにおける標準誤差以内であった。このため、昼夜は考慮しないこととした。

以上の条件を満たすデータから、地点毎に 85percentile 速度を抽出し、自由流速度とした。

(2) 被説明変数データ(影響要因データ)

速度は、同じ幾何構造条件でも、図 3-2-7 のように、線形変化点からの距離に応じて、また、上下流の幾何構造によって変化すると考えられる。

ここでは、速度は感知器のある地点のデータだけではなく、線形変化点からの距離、上下流の幾何構造指標を含むことで、上下流の影響を考慮したモデルの作成を試みた。

以下に各項目について検討した説明変数を示す。

1) 幾何構造データ

a) 平面線形

曲線半径が大きいと、ほぼ直線とみなすことも可能であると考えられる。本分析では、実曲率が 0.1 以上の部分を曲線部、残りを直線部として扱うこととした。

平面線形においては、線形変化点からの距離、実曲率が速度に影響を与えると考えられるので、以下の指標について考慮した。ただし、線形変化点からの距離については、速度変化が逓減すると考えられるため、扱いやすさを考慮し、常用対数をとって表現した。

直線部

- 対数直線進入距離(単位： $\log_{10}m$ )...直線部開始地点からの距離の対数
- 対数上流曲線長(単位： $\log_{10}m$ )...上流部の曲線長の対数
- 上流曲線曲率 (単位： $1/m*100\%$ )

曲線部

- 対数曲線進入距離(単位： $\log_{10}m$ ) ...曲線部開始地点から距離の対数
- 曲率(単位： $1/m*100\%$ )...当該地点の曲率
- 実曲率(単位： $1/m*100\%$ )...当該地点の実曲率
- 対数上流直線長(単位： $\log_{10}m$ )...上流部の直線長の対数

b) 縦断線形

縦断勾配には、排水目的の縦断勾配があり、大きさが 0.3%以下は排水目的であるので、平坦とみなすことができる。これに基づき、0.3%以上の縦断勾配を上り、-0.3%以上 0.3%以下を平坦、-0.3%以下の縦断勾配を下りとする。縦断勾配部では、同一縦断勾配上において進入地点からの距離、または進入地点からの高低差によって速度が変化すると考えられる。また、平坦部では、上流の縦断勾配における、縦断勾配距離

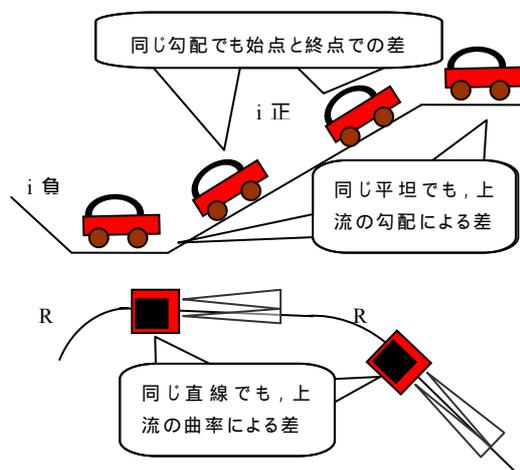


図 3-2-7 上下流の幾何構造の速度への影響

または高低差によって速度に影響があると考えられる。したがって、以下のような指標を考案した。ただし、高低差については、速度変化が高低差の平方根に比例すると考えられたので、平方根をとって表現した。

### 縦断勾配部

対数縦断進入距離(単位： $\log_{10}m$ ) ... 縦断勾配開始地点からの距離の対数

縦断進入高低差(単位： $\sqrt{cm}$ )... 縦断勾配開始地点からの高低差の平方根

### 平坦部

対数上流縦断長(単位： $\log_{10}m$ ) ... 上流の縦断勾配延長の対数

上流縦断高低差(単位： $\sqrt{cm}$ ) ... 上流の縦断勾配による高低差の対数

### c) 横断面構成

分析対象路線における標準として、道路構造令に基づく2種2級であると考えた。したがって、標準状態として、「路肩幅員：1.25m，車線幅員：3.25m」を採用し、基データと標準状態の差をもって説明変数とした。

路肩幅員 = 基データ - 1.25[m]

車線幅員 = 基データ - 3.25[m]

### 2) 規制速度データ

分析対象路線では、大半が規制速度：60km/hであるので、これを標準状態とし、データと標準状態の差をもって説明変数とした。

規制速度 = 基データ - 60[km/h]

### 3) 付帯構造物データ

付帯構造物については、影響の有無をもって変数する。したがって、影響範囲内の感知器について1とし、範囲外を0とした。

#### a) 防音壁，立体交差，トンネル

視界を制限し、圧迫感を与えることで速度の変化をもたらすと考えられる。防音壁は注目するものではないので、周辺視野によって知覚されると考えられる。したがって、感知器のある地点において有無を判断することとした。また、トンネル坑口防音壁の影響範囲については、トンネル情報板が読める位置、すなわちトンネル情報板設置位置手前140mから坑口までとした。

#### b) 標識，看板等(図3-2-8)

標識，看板等による速度変化の要因として、看板等により引き起こされる行動によると考えられそれらの行動として、減速，車線変更，速度低下防止などが挙げられる。したがって、文字を読めてから判読し，行動を終えるまでを影響範囲とした。判読開始距離は看板設置点手前

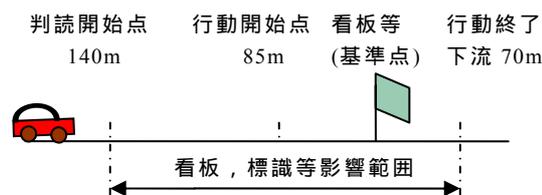


図3-2-8 看板，標識等の影響範囲

140m<sup>8)</sup>，行動に移すまでの距離を55m，行動を車線変更として，車線変更に必要な距離を155mとした。その結果，存在条件は設置位置遠方140m～下流70m（下流70m

の導出： $(55+155)-140=70$ とした。

### C) 自動速度取締機(図 3-2-9)

自動速度取締機は、設置地点における規制速度を大幅に超えたドライバーを取り締まるもので、規制速度を大幅に超えて運用されている中であって、速度低下を起こすと考えられる。自動速度取締機の手前には予告看板が2つ以上あり、予告看板によって存在を予告し、最後の予告看板を過ぎてカメラまでの前に速度を計測する。したがって、自動速度取締機の影響範囲は、速度を計測していると考えられる範囲、つまり最終予告看板からカメラ位置間とした。また予告看板についても、予告看板の文字高が案内標識の半分と考え、判読距離を70m、消失距離を18mとし、その間を影響範囲とした。

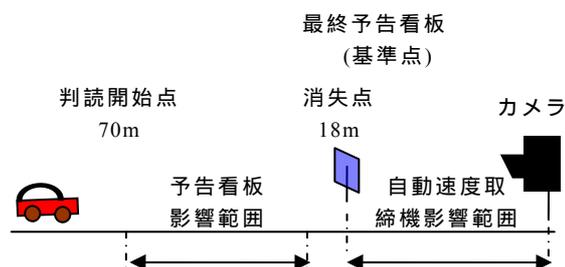


図 3-2-9 自動速度取締機の影響範囲

### d) 分合流(図 3-2-10)

まず分流について。分流するドライバーは分岐予告標識で出口の存在を知り、分岐標識によって減速、車線変更等の行動をおこすと考えられる。分岐する車は、分岐標識の判読距離から行動を開始すると考えられるので、分流の影響範囲を分岐標識の判読範囲から、ノーズ端末までとした。

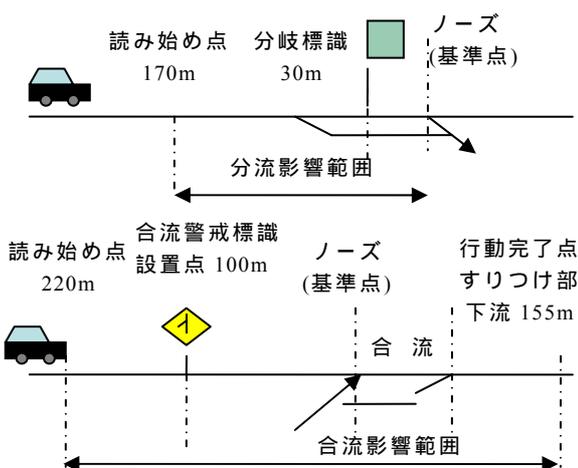


図 3-2-10 分流と合流の影響範囲

次に合流について。ドライバーは、ノーズの100m手前に必ず設置されている合流警戒標識によって合流の存在を知り、それによって車線変更、ギャップコントロール等の合流に備えた行動を開始する。なお、合流警戒標識の判読距離は、約120mである<sup>9)</sup>。車線変更による速度変化要因として、ハンドル操作による定速運転への意識の低下、隣接車線との速度調整が挙げられる。また、ギャップコントロールにおいては、合流してくる車との位置関係と相対速度によって、加速、減速するかの判断が変わりうる。そして入口で合流した後、合流車両が合流ランプを過ぎてからも車線変更する可能性があると考えた。車線変更には155m必要と考えられるのですり付け部下流155mまで合流の影響範囲に含むとした。

以上より、影響範囲は図 3-2-10 のようになる。

e) 区画線，誘導灯・カーブ警戒ゼブラ

区画線の速度に与える効果として，幾何構造が厳しい地点や，合流部で交通が錯綜する恐れのある地点において，車線変更を制限することで，無理な分合流による速度変化を抑える効果がある一方で，追従行動の確率が高くなるため，速度が低下すると考えられる．区画線は，存在する箇所について効力を発揮するものであると考えられるので，感知器の存在する場所で有無を判断する．

また，誘導灯・カーブ警戒ゼブラは，カーブへ注意を引くためのものである．カーブに注意を引き，早目に進むべきコースライン，速度を意識させることができると考えられる．壁と同様，感知器の存在する場所で有無を判断する．

### 3.2.4 重回帰分析

本分析では，既往研究でも多く用いられており，モデルの作成，解釈が容易な線形重回帰分析を用いることとする．線形重回帰分析を行うにあたって留意すべきことは，多重共線性，すなわち説明変数間に非常に強い相関があったり，一次従属な変数関係があったりする状態である．多重共線性が認められる複数の変数においては，解析が不可能であるので，最も有意性の高い一つの説明変数によって代表することとする．なお，ここでは関係式を求めるにあたり，異なる車線でも速度への影響要因は同じであると考え，車線毎に可能な限り共通の説明変数を選ぶこととする．以下に分析の流れを挙げる

．両車線を同時に分析する．

．最も有意な説明変数が両車線共通で現れれば，その説明変数は車線に関係なく影響する要因と考え，両車線について選ぶ．ただし以下の条件いずれかに該当するものは選ばない．

t 値の大きさが 1.96(およそ 5%の有意水準)以下

偏回帰係数の符号が合理的でないもの

既に選ばれた変数に対し多重共線性がある

同じ元データから派生した説明変数で，有意性の低いもの

． に該当する説明変数がない時，いずれかの車線のみに着目し，以下全てに該当する説明変数を選ぶ．

t 値の大きさが 1.96(およそ 5%の有意水準)以上

偏回帰係数の符号が合理的である

既に選ばれた変数に対し多重共線性がない

同じ元データから派生した説明変数ではない

．以上のプロセスを経て，既に選ばれた変数であっても，t 値の大きさが 1.96 以下になったら，その説明変数はモデルから外す．

### 3.2.5 . 導かれたモデル

車線  $l$  毎の導出された関係式は，式 3-2-6 のようになる．

$$V_l = \sum_i a_{li} \cdot x_i + b_l \quad \dots \quad \text{式 3-2-6}$$

また，各係数，すなわち導出されたモデルは表 3-2-1 のようになった．

表 3-2-1 導出されたモデル

		第1車線	第2車線
	R <sup>2</sup>	0.5392	0.5487
	標準誤差	3.949	5.3882
	説明変数	係数(t-値)	係数(t-値)
	定数項	86.5	104.4
幾何構造	曲率(1/m*100%)	-15.1 (-9.9)	-21.9 (-10)
	上流曲線曲率(1/m*100%)	-7.60 (-7.0)	-9.47 (-6.3)
	勾配開始からの高低差(cm <sup>1/2</sup> )	-0.0887 (-5.3)	-0.0896 (-8.9)
	上流勾配の高低差(cm <sup>1/2</sup> )	-0.0419 (-3.1)	-0.0565 (-3.0)
	規制速度(km/h)	0.210 (4.4)	0.335 (5.1)
	路肩幅員(m)	2.90 (5.7)	2.26 (3.2)
付帯構造物	案内標識		-1.77 (-2.2)
	その他看板		-4.09 (-2.3)
	自動速度取締機		-7.03 (-3.3)
	左合流入口		-4.27 (-3.3)

以上より，車線にかかわらず共通の変数として現れたのは全て幾何構造要素・規制速度であった．また，第1車線特有の要素はなく第2車線特有の要素として現れたのは全て付帯構造物要素であった．以下に，変数についての考察を示す．

#### (1) 車線に関わらず共通の説明変数

##### 1) 総論：説明変数の傾向

速度は第1車線より第2車線の方が高い．速度の高い第2車線において，曲率，上流曲線曲率，縦断進入高低差，上流縦断高低差，規制速度といった説明変数の偏回帰係数が大きかった．すなわち第1車線より速度の高い第2車線の方が速度の変化が大きいと考えられる．

一方，路肩幅員については逆に，第1車線より第2車線の方が，偏回帰係数が大きい結果となった．これは，路肩が左側に設置されているため，第1車線の方が，同じ路肩幅員変化では，第2車線より見通しがよくなるためであると考えられる．

##### 2) 各論：採択理由，考察

速度は第1車線より第2車線の方が高い．速度の高い第2車線において，曲率，上流曲線曲率，縦断進入高低差，上流縦断高低差，規制速度といった説明変数の偏回帰係数が大きかった．すなわち第1車線より速度の高い第2車線の方が速度の変化が大きいと考えられる．

a) 曲率，上流曲線曲率

曲線による速度は，実曲率でなく，曲率の方が有意であった．これは，ドライバーが緩和曲線において実曲率の増加に伴い減速するのではなく，緩和曲線に進入する段階で減速を完了しているからと考えられる．一方，直線に関しては，上流曲線曲率によって影響を受けることを示す結果となった．しかし，直線部における速度変化を説明する対数直線進入距離，上流直線長については，分析の結果， $t$  値の大きさが 1.96 に至らなかった．これにより直線部における速度変化を説明できない結果となった．

b) 縦断進入高低差， 上流縦断高低差

これらの指標は，縦断進入距離，上流縦断長といった距離のみの指標よりも有意であった．このことは，縦断勾配の影響は距離だけではなく，勾配の大きさによっても影響されることを示していると考えられる．また，上流の縦断勾配によって下流の速度に影響することも示されたといえる．

c) 規制速度，路肩幅員

規制速度と車線幅員を比較した結果，規制速度と車線幅員の相関は 0.99 あり，規制速度がより有意であったので，規制速度を採択した．また，路肩幅員も有意であったので，採択した．これにより路肩幅員によって走行の快適性が増し，自由流速度が上昇することが示されたといえる．

(2) 車線ごとにあらわれた説明変数

1) 第 1 車線

第 1 車線特有の説明変数は見られなかった．第 2 車線は付帯構造物の影響を受けているのに対し，第 1 車線は，比較的速度が低いため，付帯構造物の影響を受けにくいと考えられる．

2) 第 2 車線

第 1 車線と異なり，案内標識，その他看板，自動速度取締機，左合流入口の影響が強く出た．これは，第 2 車線の方が，速度が高いためと考えられる．では各変数について考察する．

a) 案内標識，その他看板

案内標識よりもその他看板のほうが，偏回帰係数が大きい結果である．これは，案内標識は分岐部に存在するため，影響が一部の分流しようとするドライバーに限定されるのに対し，その他看板は分岐部に限らず存在するため，より多くのドライバーに影響するためであると考えられる．

b) 自動速度取締機

考慮した付帯構造物の中で，最も偏回帰係数が大きいので，最も自由流速度に影響する付帯構造物であると言える．自動速度取締機の影響が第 2 車線のみに見られたのは，第 2 車線の大部分は，第 1 車線の車を追越す車線として機能しており，速度が高いため，取締に敏感であるためと考えられる．

c) 左合流入口

第2車線では右合流に影響されると考えられたが、実際には左合流が有意であった。以下その理由について考察する。

右合流では、第2車線にいる車が合流車を確認すると、第1車線へ避けることが考えられる。一方、合流車がない時は、速度を変化させないと考えられる。結果自由流速度への影響が有意でなかったと考えられる。一方、左合流があると、第1車線にいる車が第2車線に避けることで、後方車との車間距離が詰まり、減速を誘発すると考えられる。結果自由流速度が低下すると考えられる。

3.2.6. 他路線を用いた検証

首都高の他路線におけるモデルの適用可能性を調べるために、分析対象にない4号新宿線を用いてモデルを評価することとした。4号新宿線をもって、モデルの評価に用いることにした理由は、曲線が連続する区間、長い直線部共に含み、分析対象路線で導かれたモデルを検証するのに適していると考えられるためである。実測値と、モデルから導き出された理論値を比較することで、モデルの適合度、そしてモデルの改良指針を考察することとする。まず、4号新宿線についてモデルが実測値を再現しているかを検証する前に路線概要、車線毎の実測値とモデル推定値を図3-2-11に示す。

(1) 路線全体の傾向

実測値とモデル間の検定を、等平均検定(t検定、実測値とモデルの差が0と等しいとする検定)、等分散検定(2乗検定、実測値とモデルの差の分散がモデルの分散と等しいとする検定)によって行った結果は表3-2-2の通りである。

このように、第1車線、第2車線共に実測値とモデル間の等平均、等分散が確認される。したがって、4

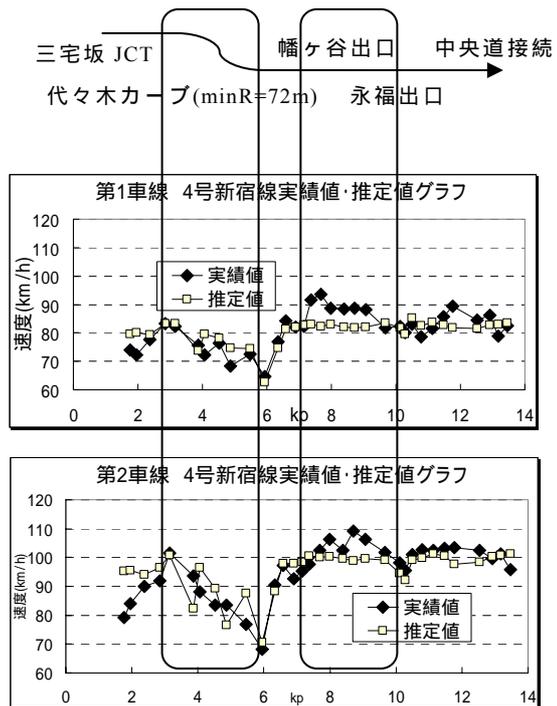


図 3-2-11 4号新宿線におけるモデルと実測値の比較

表 3-2-2 4号新宿線における実測値とモデルとの検定

	第1車線	第2車線
対象地点数	35	35
t検定	-1.07	-0.30
等平均判定(5%)	等しい	等しい
$\chi^2$ 乗検定	45.84	53.57
等分散判定(5%)	等しい	等しい

表 3-2-3 全体モデルと4号線の決定係数の比較

	第1車線	第2車線
4号線のみ	0.577	0.504
全体	0.539	0.510

号線全体で見ると、モデルは実測値を再現していると言える。

また、相関係数の2乗で表される決定係数は表 3-2-3 の通りで、他路線と大きく変わらない。この結果は、モデルが4号新宿線についても他路線と同等の精度で説明したことを意味する。

## (2) 誤差の傾向

両車線において、大局的な速度変化が見られた地点(図 3-2-11 における で囲んだ地点)についてモデルの増減が表現しているか考察する。

### 代々木カーブ近傍

当該地点は連続する曲線によって速度の低下が起きている。モデルは速度低下の傾向を捕えている。

### 幡ヶ谷出口・永福出口間

当該地点は、直線の続く区間であり、実際には速度の上昇が起きている。しかしモデルは速度上昇を捕らえていない。その原因として、モデルには定数項以上の速度増加を説明しうる要因が路肩幅員、規制速度しかなく、いずれも直線部における速度上昇を有意に表現していないためと考えられる。

## 3.2.7 結論と今後の課題

本節では、幾何構造の連続性を考慮するため、300m 間隔に設置された車線毎の感知器データと10m 間隔の幾何構造データを用い、上流を考慮した幾何構造変数、さらに付帯構造物も含めデータベース化した。結果、当該地点の幾何構造のみならず、上流の幾何構造、付帯構造物を含むことで、より実測値を再現するモデルを示した。しかしモデルは決定係数が0.5程度、標準誤差がおよそ5km/hであり、特に直線でのモデルの精度の低さが目立った。したがって、モデルを新規路線に当てはめて自由流速度を定量的に予測することを考えると、直線における速度上昇を説明する指標を用いることで、より精度の高いモデルになることが期待される。

速度上昇を説明する変数として、本分析では直接考慮しなかった見通し、開放感を考慮(視距、周辺土地利用等を説明変数に導入)することが有効と考えられる。

### 3.3. 冬季の路面状況が交通特性に及ぼす影響

#### 3.3.1. はじめに

現在の道路設計の基準は、道路構造令によって定められている。しかし、道路構造令では道路を種・級区分で分け、設計交通量のみで道路の車線数や幅員などを決めており、道路の機能や道路が提供するサービス、天候などの外的要因などは考慮されていない。また既存の道路では交通渋滞や都市内街路の混沌など多くの問題が生じており、これらは道路構造と交通運用等の改善の余地が多く残されている。これから行う道路整備は、道路機能に応じたサービス水準を満たすように設計する性能照査型の設計が求められている。

高速道路の暫定2車線道路においては、冬期の路面状況の悪化は、道路のサービス水準の低下に大きな影響を与えると考えられる。特に車両速度の低下を招き、渋滞を引き起こす要因になる。性能照査型の設計を行う上で、この冬期の路面状況の悪化がもたらすサービス水準の低下を明らかにする必要がある。

本節では、暫定2車線高速道路において、速度を性能指標として外的条件を冬期の路面状況とした場合に、冬期路面状況の悪化が走行速度に与える影響を分析することを目的とする。

天候が車両走行速度に与える影響に関する研究は数多く行われている。稲野ら<sup>9)</sup>は、暫定2車線区間において降雨量や大型車混入率が増加すると速度低下が起こることを明らかにした。洪ら<sup>10)</sup>は、降雨強度と車両走行速度の関係性に注目し、降雨強度が増加すると、車両走行速度も低下することを明らかにした。また、降雨強度増加に伴う車両速度低下は、交通量とは関係がなく起こると考察している。このように、降雨が車両速度に影響を及ぼすことは明らかにされている。

冬期道路の交通環境の変化と車両走行速度の関係性についての研究はあまり見られないが、榎谷ら<sup>11)</sup>は、冬期に峠部の天候、路面状態、平面線形等が車両走行速度に与える影響を分析した。結果として、峠部の下りにおいて冬期、車両速度の低下が顕著に見られ、天候、路面状況の悪化と共にその影響も大きくなることを明らかにした。しかし、この研究で対象としている箇所は峠部であり、本分析の対象とは異なる。

高速道路における車両速度低下は渋滞を引き起こす要因になり、利用者に大きな影響を与える。特に暫定2車線道路においては、車両速度低下の影響が大きく渋滞に作用する。冬期の道路路面の悪化は車両走行速度の減少に影響を及ぼすと考えられ、そのような際にも、渋滞の起こらないような道路設計をする必要がある。

また、交通量の増減も車両の速度低下に大きな影響を与えると考えられる。そのため車両速度低下について分析していく上で、交通量と速度との関係性を考慮する必要がある。ここでは路面状況ごとに交通量と速度の関係性を明らかにし、冬期路面状況が走行速度に与える影響を分析していく。

### 3.3.2. データ概要

秋田県内の暫定2車線高速道路に設置されているトラフィックカウンタより交通量・速度データを取得した。トラフィックカウンタは5分間単位で車両平均速度、交通量を上り、下りの両方で記録するものである。取得した交通量・速度データのうち、今回は秋田北IC～秋田中央IC間に設置されている上り区間(図3-3-1)の2001～2005年のデータを分析に用いる。

道路路面の状態は、NEXCO 東日本秋田管理事務所から入手した道路巡回記録簿から抽出した。道路路面の状態は大きく表3-3-1に示すように分けられるが、高速道路の特性上積雪路面は5年間でデータ数が24と少ないため、今回の分析では使用しない。そのため、積雪を除く乾燥、湿潤、シャーベット、圧雪の4つの道路路面状況に分け、走行速度に及ぼす影響を分析する。

今後冬期路面状況による交通量と速度の関係についての分析を進めていく上で乾燥、湿潤、シャーベット、圧雪の4つの路面状況データのサンプル数が少なければ確かな結果は抽出できない。そのためデータを集約し、信頼性を高める必要がある。

図3-3-2は秋田北IC～秋田中央IC間の上り区間の乾燥路面における年度別車両速度の割合を示したグラフである。2001～2005年の5年間に於いて、速度分布にそれほど差はみられない。したがって、今後の分析では2001～2005年のデータを一つに集約して行う。



図 3-3-1 対象区間(出典:yahoo!地図情報<sup>12)</sup>)

表 3-3-1 路面状況データとサンプル数

路面状況	乾燥	湿潤	シャーベット	圧雪	積雪
2001年	183	245	93	141	6
2002年	277	245	64	56	8
2003年	263	290	42	45	6
2004年	240	229	90	19	2
2005年	122	268	112	74	2
合計	1,085	1,277	401	335	24

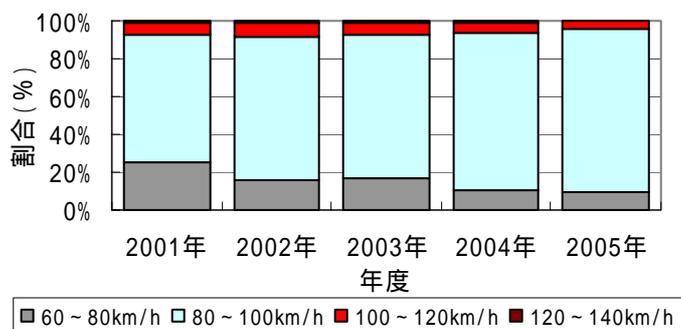


図 3-3-2 乾燥路面の速度割合

### 3.3.3. 冬期路面状況による交通量と速度の関係

路面状況別に交通量と速度の関係を把握するために散布図を作成した。図3-3-3は冬期(12月～3月)の乾燥,湿潤,シャーベット,圧雪路面での散布図である。

乾燥・湿潤路面では散布図の分布形状は似ており,80～100km/hに多く分布している。乾燥・湿潤路面とシャーベット・圧雪路面を比較すると,乾燥・湿潤路面に比べ分布が全体的に低くなっている。また,シャーベット路面と圧雪路面で比較すると共に60～80km/hに多く分布しているが,圧雪路面の分布が低くなっている。このことから,路面状況が降雪による影響を受けて悪化するにつれ,走行速度は低下していく傾向にあると考えられる。また,交通量が増加するにつれ各路面状況共に車両速度が減少している。

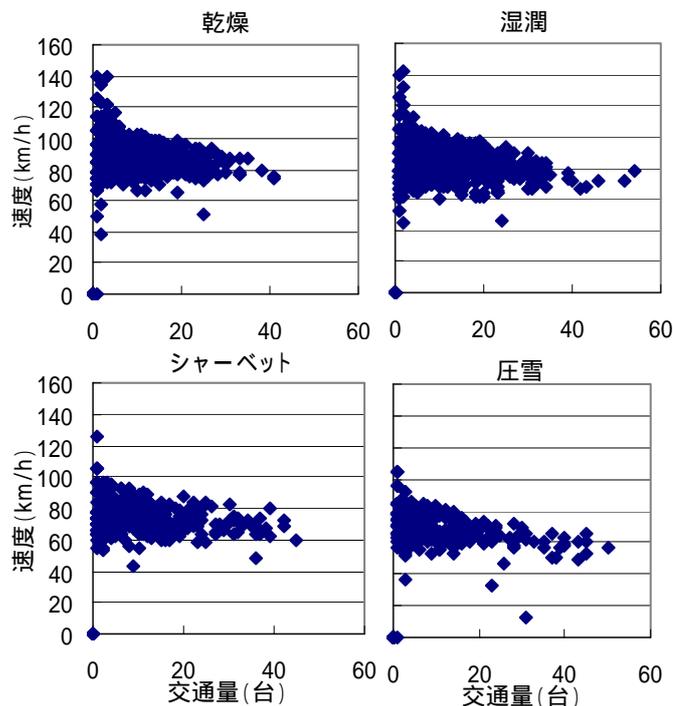


図 3-3-3 各路面状況の散布図

ここでは冬期の路面状況ごとに交通量と速度の関係性を散布図により分析したが,路面状況における速度低下をより詳しく分析するため,今後の分析においては,85percentile速度によりQV曲線を作成し,比較を行っていく。

### 3.3.4 冬期と冬期以外での路面変化の影響

ここでは冬期(12月～3月)の路面状況の悪化による車両速度の低下について分析を行うが,冬期(12月～3月)と冬期以外(4月～11月)では車両速度に違いがあるのであろうか。冬期以外(4月～11月)にはシャーベットや圧雪という路面状況は存在しないため,乾燥と湿潤路面について比較した。

図3-3-4は冬期と冬期以外の乾燥と湿潤路面での85percentileQV曲線である。交通量5台を1つのレンジとしている。路面ごとにみても,冬期と冬期以外共に湿潤路面の方が乾燥路面に比べ冬期の走行速度が大

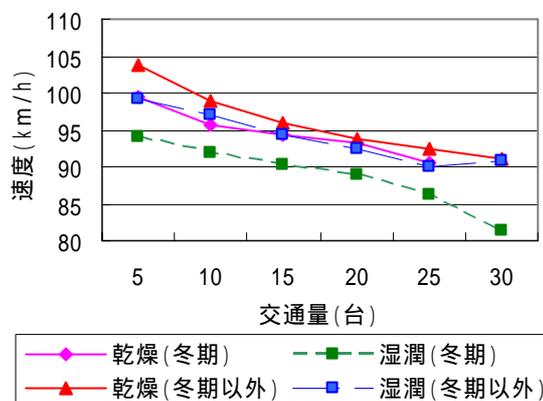


図 3-3-4 冬期と冬期以外でのQV曲線の違

大きく低下している。冬期と冬期以外を比較すると、同じ路面状況でも冬期の走行速度が5km/h程度低下している。これより、冬期は道路路面の悪化に関わらず、ドライバーは潜在的に冬期以外と比べ速度を落として道路を走行しているといえる。

### 3.3.5. 冬季路面状況の近似曲線への影響

#### (1) 路面状況ごとの QV 曲線

冬期(12月～3月)の路面状況別に交通量5台をレンジとし、85percentile速度による代表値を用い、交通量との関係を表したグラフが図3-3-5である。また、プロットした点の近似曲線を作成した。

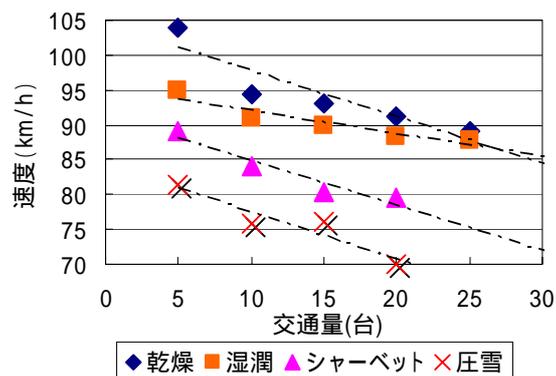


図 3-3-5 85percentile 速度の代表値と近似曲線

図3-3-5より、路面状況ごとの近似曲線を比較すると、乾燥路面に比べ湿潤・シャーベット・圧雪路面では速度が低下していることが分かる。近似曲線

の切片から路面状況による速度の低下量を比較すると、乾燥路面に比べて湿潤路面では9km/hの速度差が生じている。また、シャーベット路面では13km/h、圧雪路面では21km/hの速度差が生じており、路面状況が速度に与える影響が大きいことが分かる。湿潤、シャーベット、圧雪路面の順に速度の低下量が大きく、路面状況悪化するにつれ車両の走行速度が低下すると考えられる。

次に路面状況ごとに交通量の増加による速度への影響を分析する。乾燥路面では、近似曲線の傾きが-0.66と最も大きく、交通量の増加による速度の低下量が多い。これは、乾燥路面では走行速度が高いため、交通量が増加するに従って低速車などの影響を受けやすいからであると考えられる。

#### (2) 85percentile 速度について

85percentile速度によって作成した図3-3-5のQV曲線では、交通量が0～5台の値が近似曲線から大きく外れている。この理由を明らかにするために、85percentile速度と平均速度を利用したQV曲線の違いについて分析する。

図3-3-6は2001～2005年の冬期

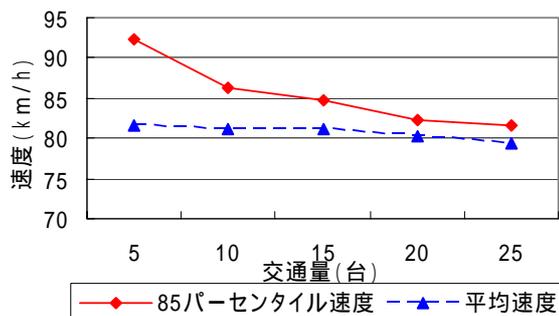


図 3-3-6 全サンプルでの散布図

(12月～3月)の全サンプルを基に作成した、85percentile 速度と平均速度の QV 曲線を表したものである。

これをみると平均速度では、速度が直線的に減少しているのに対し、85percentile 速度では交通量 0 台～5 台での速度の減少が曲線的である。また、交通量が 0 台～10 台における速度が 85percentile 速度と平均速度では大きく異なっている。平均速度は通常の QV 曲線と同様であるが、85percentile 速度では異なる形をしている。

### (3) 速度頻度について

図 3-3-7 は交通量ごとに速度の頻度を表したグラフである。これより、交通量が 1 台～5 台において他の交通量の分布と異なり、なだらかになっていることがわかる。1 台～5 台の分布をみると、85percentile 速度は他の交通量と比べ、図 3-3-7 の右側に位置している。そのため図 3-3-6 のように平均速度を使用した QV 曲線とは異なり、速度

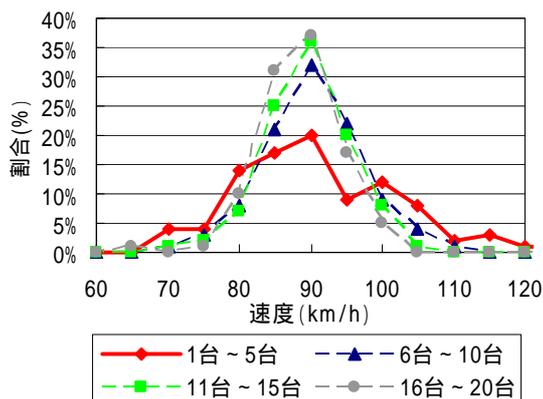
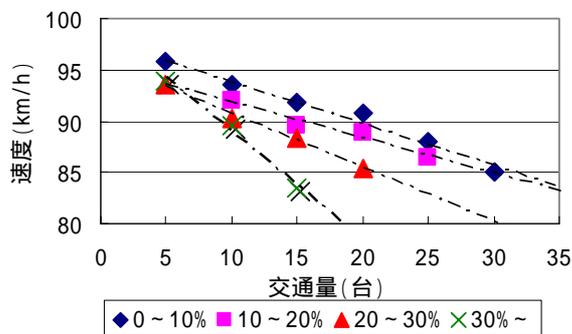


図 3-3-7 速度頻度

減少が曲線的になったと考えられる。交通量が 1 台～5 台と台数が少ない場合は、車両が自由な速度で走行できる為このような傾向が表れると考えられる。また、今回使用したデータが暫定 2 車線道路のデータであるため、交通量が増えた際に車両の速度低下の影響が大きかったことが要因として挙げられる。

### 3.3.6. 大型車混入率について

これまで冬期の道路路面の悪化が車両速度の低下に与える影響を明らかにしてきたが、他の外的要因と比べ、どれほど影響が強いのであろうか。ここでは大型車混入率を外的要因とし、大型車混入率の増加による車両速度低下について分析する。交通量 5 台をレンジとして 85percentile 速度による代表値を用いて交通量との関係を表したグラフが図 3-3-8 である。また、プロットした点の近似曲線も作成



路面状況	0～10%	10～20%	20～30%	30%～
傾き	-0.41	-0.34	-0.53	-1.05
切片	98	95	96	100

図 3-3-8 大型車混入率

した。

大型車混入率 0～10%と比較すると、近似曲線の切片から 10～20%では 2.9km/h(3.0%)、20～30%では 1.9km/h(2.0%)速度の低下がみられた。大型車混入率が 30%～では、1.6km/h(-2.0%)速度が上昇していた。道路路面の悪化による速度低下と比べ、大型車混入率による速度低下は小さく、道路路面の悪化は車両速度に非常に大きな影響を与えることがうかがえる。

また、交通量が 1 台～5 台の場合、大型車混入率の大きさと車両速度に関係性はみられないが、交通量が増加するにつれ、大型車混入率が低い場合と高い場合で車両速度に大きな差が表れた。大型車混入率が 30%以上になると近似曲線の傾きが-1.05 と大きくなり、交通量の増加に伴う速度低下が大きくなった。これらのことより、大型車混入率の車両速度への影響は、交通量が多いほど大きくなることが分かった。

### 3.3.7. まとめ

本節では、冬期の路面状況の悪化による車両走行速度の低下について分析した。まず、冬期と冬期以外ではドライバーは道路路面の変化に関わらず、冬期には冬期以外に比べ、速度を落として走行している様子が見られた。

冬期路面では、乾燥、湿潤、シャーベット、圧雪と路面の悪化が大きくなるほど走行速度に及ぼす影響が大きくなることを明らかにした。また、85percentile 速度を使用した QV 曲線は平均速度を使用した場合と異なり、交通量が少ない場合、速度が極端に大きい値をとることが分かった。

大型車混入率による速度の低下量は路面状況による影響に比べると小さく、交通量増加による速度の低下量は、大型車混入率が大きいほど大きくなることが分かった。

今後の課題として、路面状況に他の外的要因を含めた際の走行速度に及ぼす影響を分析し、異なる要因を考慮した際の影響について明らかにしていく必要がある。特に降雪、吹雪などの天候の影響を考慮して研究を行う必要がある。

### 3.4. おわりに

本章では、走行速度に影響を与える要因として、道路の幾何構造、付帯構造物、路面状況に着目し分析を行った。

その結果、当該地点の幾何構造のみならず、上流の幾何構造、付帯構造物も走行速度に影響を与えていることが明らかとなった。さらに、これらの要因を説明変数とした自由流速度を推定するモデルを構築した。しかし、本モデルの決定係数は 0.5 程度、標準誤差はおよそ 5km/h であり、特に直線部でのモデルの精度が低いものとなっている。今後は、本分析では直接考慮しなかった見通し、開放感などを考慮(視距、周辺土地利用等を説明変数に導入)することにより、モデルの精度の向上を目指す。

また、冬期の路面では、乾燥、湿潤、シャーベット、圧雪と路面状況が悪化するにつれ走行速度に及ぼす影響が大きくなることが明らかとなった。特に交通量が小さい場合では、大型車混入率よりも路面状況の方が速度の低下量が大きい。このことから、積雪寒冷地の走行性能を評価する際には、路面状況の影響をどのように考慮するかということが、今後の大きな課題の一つであるといえる。

以上のように得られた新たな知見をもとにし、2.で提案した QV 曲線を改良していく予定である。

#### 参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路構造令の解説と運用，2006
- 2) Gilbert Hansen, et. al. Variation in Free Flow Speed due to Roadway Type and Roadside Environment, Transportation Research Board 2007 Annual Meeting CD-ROM, 2007
- 3) 割田博ほか：速度分析を通じた運転支援，シミュレータのパラメータ，道路設計への提言，第 4 回 ITS シンポジウム，pp.271-276，2005
- 4) 洪性俊：道路幾何構造による速度限界と実勢速度 首都大学東京大学院 [学]，4-319.
- 5) Transportation Research Board：Highway Capacity Manual 2000, Chapter 23, 2000
- 6) 大谷修：気象条件を考慮した交通現象に関する研究，日本大学修士論文，2004
- 7) 首都高速道路公団：第 25 回首都高速道路交通起終点調査報告書，2002
- 8) (社)日本道路協会：道路標識設置基準・同解説，p64，1987
- 9) 稲野晃，中村英樹，内海泰輔：往復分離 2 車線自専道における交通量 - 速度曲線への影響要因分析，土木計画学講演集, vol.33, CD-ROM, 2006.6.
- 10) 洪性俊，大口敬：高速道路における交通性能の変動要因分析，土木計画学講演集, vol.33, CD-ROM, 2006.6.
- 11) 榎谷有三，浦田康滋，伊藤信之，斉藤和夫：北海道峠部における方向別の冬期走行速度について，第 20 回交通工学研究発表会論文報告集，pp29～32，2000
- 12) yahoo! 地図情報：<http://map.yahoo.co.jp/>

## 4 . ドライバーの認識・評価構造に 関する研究

#### 4.1. はじめに

従来の交通管理では、道路管理者の視点に基づいた交通管理方策の指標が主に用いられてきた。これは、かつては道路が絶対的に不足しており、道路整備が「質」よりも「量」を増やすことに対して優先的に進められた為であると考えられる。「量」の側面での道路整備が概成をみた段階では道路交通サービスの「質」に目を向け、道路機能の充実を図ることが重要となってきた。道路機能の充実を図る上では、道路提供者側からのドライバーの認識に基づいたサービスの提供が必要であり、そのためには、サービスの「質」に対するドライバーの認識・評価構造をよりの確に把握する必要がある。

このような社会的要請のもと、ドライバーの認識に基づくサービスの質の評価に対する関心が国内外で高まっている。喜多ら<sup>1)</sup>は走行状態に対する効用からドライバーの満足度を捉える方法を提示しており、Hall et al.<sup>2)</sup>はドライバーがトリップの評価を20kmか30kmの区間単位に分けて捉えていることを示している。Washburn et al.<sup>3)</sup>は道路利用者が複数の要因からサービスの質を考慮しているとし、中村ら<sup>4)</sup>や石橋ら<sup>5)</sup>では主観的満足度からサービスの質の計量を行っている。

ここで、ドライバーによるサービスの質に対する地点評価や区間評価は、実際には一連の走行の中で行われていることに注意を払う必要がある。そういった状況の中では、前後区間を走行した経験が当該区間のサービスの質の評価に影響するという、いわゆる“順序効果”の影響が指摘されている<sup>6)</sup>。これまでは、サービスの質を評価するための指標選定や計量方法に対して重点的に研究が行われてきており、“順序効果”の影響については特段の認識はなされてこなかった。しかし、“順序効果”が存在するならば、それをドライバーの認識構造に考慮しないことにより、分析結果に様々なバイアスが残存する可能性がある。

そこで本章では、順序効果をコントロールした室内実験を行い、先に提案した瞬間効用モデルを援用してミクロレベルにおける順序効果の影響を分析する。次に、順序効果の影響を考慮したドライバーの認識・評価構造を記述するモデルを構築し、その説明力について検証を行う。さらに、走行実験で収集した主観的な区間評価値と地点評価値を用いて、区間評価に対して地点評価が及ぼす影響について分析を行い、地点評価値から区間全体の評価値を推定する方法について提案を行う。

## 4.2. 順序効果の影響を考慮した走行サービスの質に対するドライバーの認識・評価構造の分析

### 4.2.1. 本分析の考え方

#### (1) これまでの研究

これまでの研究において喜多ら<sup>6)</sup>は次式に示す線形瞬間効用モデルを提示している。

$$U'_j = \lambda_1 L_1 + \alpha S_1 + \lambda_2 L_2 + \beta S_2 + \mu |v_j^0 - v_j| + \nu \quad \dots \quad \text{式 4-2-1}$$

ここで、

$U'_j$  : 時刻  $t$  にドライバー  $j$  が享受する瞬間効用

$L_1$  : 前方車両と当該車両の衝突危険度(PICUD)

$L_2$  : 当該車両と後方車両の衝突危険度(PICUD)

$v_j^0$  : ドライバー  $j$  の希望走行速度

$v_j$  : ドライバー  $j$  の実際の走行速度

$S_1$  : 前方車と当該車との相対速度(前方車 - 当該車)

$S_2$  : 後方車と当該車との相対速度(当該車 - 後方車)

$\lambda_1, \lambda_2, \alpha, \beta, \mu, \nu$ : パラメータ

このモデルは、個別ドライバーが時々刻々変化するミクロな運転環境の中で、自らが希望する走行状態の達成度をその時々々の効用から記述したものであり、ドライバーが効用最大化行動を選択しているとの仮定の下で、その行動選択結果から効関数を推定している。左辺は走行中のドライバーの行動選択により得られる瞬間効用であり、サービスの質の程度を表す代理指標である。右辺の第1項、第2項はそれぞれ前方車と当該車、後方車と当該車との衝突危険度、第3項はドライバーが希望する走行速度の達成度を示している。ここで、パラメータ  $\lambda_1, \lambda_2, \alpha, \beta$  の符号は正の値であり、衝突危険度が高ければ高いほど(PICUDが負に大きくなればなるほど)、あるいは当該車両の速度が前方車両よりも速い、もしくは後方車両よりも遅いほど、瞬間効用が小さくなることを示している。またパラメータ  $\mu, \nu$  は負の値であり、希望する走行速度の達成度が低いほど瞬間効用値が小さくなることを示している。なお、効用の最大値は0である。

このモデルに基づく瞬間効用値と、過去に実施した走行実験で収集した主観的な評価値との相関を調べた結果、高い相関を示す区間がある一方で、相関の低い区間が存在した。そこで、試行的にビデオクリップをランダムな順序で被験者に提示して収集した順序効果の影響が排除された主観的な評価値と、モデルからの瞬間効用値との相関性を調べた結果、順序効果の影響を排除することによって、モデルによる瞬間効用値とドライバーの主観的な評価値の相関性は高くなることが明らかとなった<sup>6)</sup>。

このように、区間評価には順序効果の影響が存在することが明らかになっているが、地点評価にも同様の順序効果の影響が存在するかどうかは検証されていない。さらに、この分析の基礎となった瞬間効用モデルの各種走行環境データ(説明変数)

や主観的評価値は、前方の走行映像のみに基づくものであり、サンプル数は少なく、また交通環境データの種類もさほど多様ではないことから、これまでの分析結果は限定的な解釈にとどまらざるをえないものとなっている。

## (2) 本分析の位置づけ

そこで、本分析では、まず地点評価での順序効果の影響の有無を検証する。その際、ミクロな交通状況をより適切に把握するため、前方のみならず側方や後方を含めた自車周辺交通状況に関するデータを用いる。また、多様な交通状況が見られるやや長い区間を対象に主観的な地点評価値及び区間評価値の収集を行うことで、データサンプルの充実を図るとともに、区間全体に対するドライバーの主観的な評価に対して地点及び短い区間の評価が及ぼす影響について検証する。

もし順序効果の影響が存在するならば、それを従来の瞬間効用モデルに組み込むことで、さらにドライバーの認識に近い形での走行サービスの質に対する評価が可能となる。

また、地点評価と区間評価とを関係づける評価構造を明らかにすることにより、各地点の交通環境から推定した地点評価結果を用いて、区間レベルでのサービスの質に対する認識を推計することが可能となる。

## 4.2.2. データ収集

### (1) 走行実験によるデータ収集

高速道路上での走行実験を行い、各種データを収集した。表 4-2-1 にその概要を示す。調査は休日 1 日について実施し、調査区間は道路構造が極端に変化しないこと、交通状況の変化(渋滞、非渋滞)が見られること、を要件として選定した。調査日の交通量は上下方向ともに 8 時以降は 200~250 台/5 分、日中の平均速度は 80km/h 程度であった。しかし、上り方向では夕方を中心に渋滞が発生し、16 時以降は速度が 20km/h へと大幅に低下した。

表 4-2-1 走行実験の概要

項目	内容
評価区間	阪神高速 魚崎出入口～若宮出入口 4車線：片道 15km
実施日	平成 18 年 11 月 26 日(日)7:30~17:00 天候：曇り時々雨
被験者	6 名(20 代：5 名, 30 代 1 名) 20 代は 2 名の女性を含む
方法	・ドライバーは 30 秒単位に 5 秒間の走行区間に対する地点評価を実施 ・往復走行終了後、待機場所にて走行ビデオを確認しながら地点評価理由、区間評価について確認
取得データ	・地点評価(計 705)、区間評価(計 25) ・交通状況映像(前方、後方、右側、左側)

被験者は、普段から自動車を運転しているドライバーを対象に、事前にスクリーニングテストを行うことで極端な評価構造を持つ者を排除し、6 名を選定した。実走行は、被験者 2 人(ドライバー 1 人、タイムキーパー 1 人)、記録員 1 人の 3 人を 1 グループとして、計 3 グループが、2 台の実験車両を交代に用いて行った。地点評

価は、タイムキーパーが30秒ごとにタイミングを知らせ、そこから5秒間の走行区間に対する「不満」の程度をドライバーが0~10の11段階で発話したものを記録員が記録し、区間評価は1区間(片道)走行ごとに区間全体に対する評価を行った。ここで、「不満」の程度を用いた評価を行う理由は、高速道路のサービスが順調に走って当たり前という性質をもったサービスであるため、ドライバーは、円滑な走行環境を「満足」ではなく「当然」と認識していると考えられることによる。

運転環境データについては、CCDカメラを、前方、後方、右側方、左側方、に向けて各1台設置して周辺状況の撮影を行うとともに、速度計を同時に撮影した。この映像をもとに、実験車両の走行速度、前方車両との車間距離、後方車両との車間距離、前方走行車両の走行速度、後方走行車両の走行速度を事後的に計測した。

## (2) 順序効果の検証のためのデータ収集

一定の時間をおいてビデオクリップデータを被験者に提示することにより、順序効果の影響をコントロールできることが確認されている<sup>6)</sup>。

本分析では、走行実験で得られた映像データから地点評価の対象区間(5秒間)だけを切り出したビデオクリップを種々組み合わせで被験者に提示することにより、順序効果の影響をコントロールした主観的な地点評価値を収集した。ビデオクリップは、前方の映像のみならず、周囲の交通状況が確認できるように分割画面を用いて前方、後方、右側方、左側方を同時に示した映像についても作成した。また、被験者ごとの運転方法の違いが評価に影響を与える可能性があるため、走行実験の際の被験者自身の走行映像を提示するものとし、さらに被験者自身が走行実験の際の状況を覚えており、そのことが評価に影響を及ぼすことを避けるため、実験は走行実験から1ヶ月後に実施した。

分析で用いたデータは、降雨による影響の除外や評価方法の安定を考慮して、9回分の走行データとした。

## 4.2.3. 検証結果

### (1) 地点評価に関する順序効果の有無の検証

瞬間効用モデルは、ドライバーが効用最大化行動を選択しているとの仮定のもと、ミクロな運転環境の中でのドライバーが希望する走行状態の達成度をその時々々の効用として記述したものであり、効用値はサービスの質の程度を示す指標とみなすことができる。しかし、式4-2-1から理解されるように、瞬間効用値は、前後の評価の影響を受けない状態、すなわち順序効果の影響を受けない状態でのサービスの質に対する評価値である。そこで、瞬間効用値との相関性について分析した。もし走行実験から収集した主観的な地点評価値よりも順序効果の影響をコントロールした主観的な地点評価値との方に高い相関が得られれば、順序効果の影響が存在すると結論づけることができる。

被験者が表明した主観的な地点評価値と瞬間効用値との相関関係を、順序効果の影響の有無について比較した結果を表4-2-2に示す。全ての場合において、順序効

表 4-2-2 瞬間効用モデルからの評価値に対する走行時及び順序効果排除時の  
主観的評価の相関の比較

走行データ	a	b	c	d	e	f
走行時	-0.89	-0.78	-0.77	-0.81	-0.74	-0.88
順序効果排除	-0.90	-0.85	-0.84	-0.82	-0.83	-0.92

走行データ：被験者の片道 1 回分の走行データ

果の影響を排除した場合の方が、排除しない場合よりも相関が高くなっており、ドライバーの主観的な地点評価値には順序効果の影響が含まれることが明らかとなった。

## (2) 順序効果を考慮した瞬間効用モデルの構築

地点評価における順序効果の影響の存在が明らかとなったことから、順序効果の影響を考慮して地点評価を記述するモデルの構築を行う。順序効果が含まれるということは評価地点の評価値がそれ以前の評価から影響を受けるということである。そこで、ここでは最も単純なケースのみを考えるものとし、以下の線形モデルを仮定し、被験者ごとにパラメータを推定した。

$$V_{spot}^t_j = \alpha U_j^t + \beta (U_j^t - U_j^{t-\Delta t}) + \sigma \quad \dots \quad \text{式4-2-2}$$

ここで、

$V_{spot}^t_j$  : 時刻  $t$  での被験者  $j$  の地点評価

$U_j^t$  : 時刻  $t$  での被験者  $j$  の瞬間効用値

$U_j^{t-\Delta t}$  : 1 つ前の地点での被験者  $j$  の瞬間効用値

$\alpha, \beta, \sigma$  : パラメータ

瞬間効用値は最大値を 0 として効用の低下に伴い値が小さくなるのに対して、地点評価値は最小値を 0 として不満の増大に従って値が大きくなることから、パラメータはマイナスとなる。また、交通状況の悪い区間から良い区間に向かって走行した際には、順序効果の影響がある場合は、それが無い場合と比較して評価が良くなり、逆に、良い区間から悪い区間に走行すると順序効果の影響がある場合では、それが無い場合と比較して評価の悪くなるかことがこれまでの知見から得られている<sup>6)</sup>。

つまり、 $U_j^t - U_j^{t-\Delta t}$  が負の場合には式 4-2-2 の右辺の第 2 項は地点評価値を良くする(値を小さくする)ように働くことから、パラメータ  $\beta$  は負の値となる。

ある被験者についての結果を図 4-2-1 に例示する。順序効果を考慮した場合に相関係数が高くなっており、順序効果の影響を考慮することでモデルの説明力が向上することを示している。すべての被験者について、式 4-2-2 から得られた地点評価値と実走行実験で収集した主観的な地点評価値の相関性について確認したところ、相関係数は 0.81 ~ 0.90 と高く、順序効果を考慮しない場合と比較して、すべての場合において相関性が上昇した。図 4-2-1 は、ある被験者についての結果であるが、順序効果を考慮した場合で相関係数が高くなっており、これは順序効果の影響を考慮することでモデルの説明力が向上することを示している。

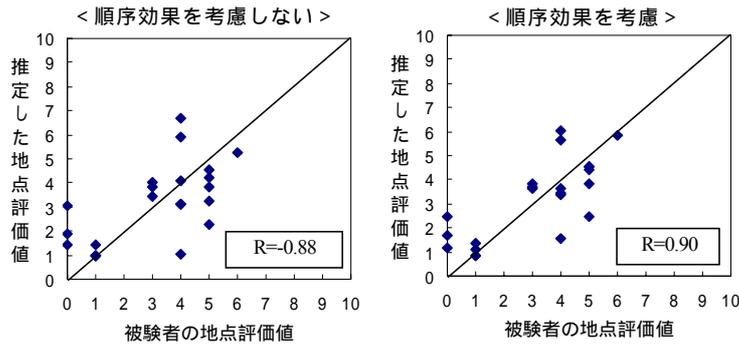


図 4-2-1 地点評価における順序効果の影響の考慮の有無の比較例

### (3) 区間評価の推定

道路交通状況に対するドライバーの評価は、比較的長い区間に対して行われるものと考えられる。ドライバーによるこれらの区間の評価では、強く印象に残った地点での交通状況に対する評価が、その区間の主観的な評価を支配していることが考えられる。そこで、ドライバーの区間全体に対する主観的な評価に対して、それぞれの地点評価がどのように影響しているかを分析した。

表 4-2-3 は、区間全体に対する主観的な評価値に対して、当該区間に含まれる地点評価ポイントでの主観的な地点評価値の平均値、最大値、最小値、最頻値、および区間全体を前半部分と後半部分の 2 つに分けたそれぞれの平均値と最大値との相関性について整理した結果である。

全体的に、地点評価の平均値および最大値と区間全体の評価値との間に高い相関がみられるが、区間評価値と各種評価値の散布図を確認したところ、区間全体の評価値はほとんどの場合に地点評価の平均値より高い値となり、一方で地点評価の最大値より低い値となっていることがわかった。このことは、ドライバーは平均値と最大値の両者を踏まえて区間評価を行っていることを示唆している。

表 4-2-3 区間評価値に対する各種地点評価値の相関係数

	平均	最大値	最小値	最頻値
相関係数	0.87	0.89	0.73	0.64
	平均(前半)	平均(後半)	最大値(前半)	最大値(後半)
相関係数	0.74	0.82	0.81	0.81

そこで、区間全体の主観的な評価値を地点評価の平均値と最大値により説明する以下の推計式を構築した。

$$V_{section} = \gamma \bar{V}_{spot} + \lambda V_{spot}^{Max} + \varepsilon \quad \dots \quad \text{式4-2-3}$$

ここで，

$V_{section}$  : 区間全体の評価値

$\bar{V}_{spot}$  : 地点評価値の平均値

$V_{spot}^{Max}$  : 地点評価値の最大値

$\gamma, \lambda, \varepsilon$  : パラメータ

式 4-2-3 のパラメータの推定結果を表 4-2-4 に，また，式 4-2-3 から推定された区間評価値と走行実験で得られた区間評価値をプロットした結果を図 4-2-2 に示す．両者の間には，総じて，高い相関がみられ，式 4-2-3 は区間の評価値に関して高い説明力を有するものと考えられる．

表 4-2-4 パラメータの推定結果

パラメータ	推定値
$\gamma$	0.551(1.735)
$\lambda$	0.603(2.175)
$\varepsilon$	-1.202(-1.301)
$R^2$	0.900

( )内は t 値

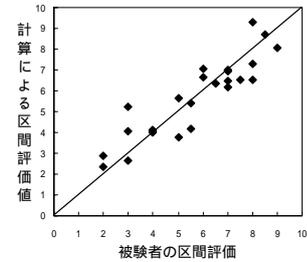


図4-2-2 区間評価に関する推定値及び実績値の比較

### 4.3 . おわりに

本章では、ドライバーが認識する走行サービスの質に対する地点評価において“順序効果”の影響が存在することを明らかにし、それを考慮したドライバーの認識に基づく地点評価の評価構造を記述するモデル、さらには地点評価と区間評価値の関係を示す空間的評価構造モデルを提示した。これらは、各地点の交通環境から区間全体の評価値の推定が可能となることを示唆するものであり、今後の研究に一つの方向性を示すものである。

一方で、本分析は順序効果として1つ前の地点の評価のみの影響を考慮したが、さらに前の地点の影響を受けている可能性もあり、また大型車や自車周辺の交通状況からの圧迫感による影響といった評価要因をどのように評価構造に取り込むかといった課題も残されている。

今後は、分析データの充実を図り、手法の確立に向けた検討をさらに進めるとともに、マクロな交通特性とミクロな交通特性の関連性について分析を行うことにより、マクロ交通指標から主観的評価値を推計する手法についても検討を進めていく必要がある。

### 参考文献

- 1) 喜多秀行, 藤原栄吾: 道路のサービス水準評価指標の再考とひとつの提案, 第15回交通工学研究発表会論文報告集, pp.25-28, 1995
- 2) Hall, Fred L., Wakefield, S., and Al-Kaisy, A: Freeway Quality of Service: What really matters to drivers and passengers?, McMaster University, 2000
- 3) Washburn, Scott S., Ramlackhan, K., and McLeod, Douglas S.: Quality-of-Service Perceptions by Rural Freeway Travelers, Transportation Research Record, No.1883, pp. 132-139, 2004
- 4) 中村英樹, 加藤博和, 鈴木弘司, 劉俊晟: ドライバー主観の計量による高速道路単路部のサービスの質の定量化とその要因分析, 土木計画学研究論文集, No.17, pp.941-946, 2000
- 5) 石橋善明, 小藪英彦, 河内朗: 道路利用者満足評価に基づく高速道路のサービス水準の評価, 土木学会論文集, No.722/ -65, pp.41-52, 2004
- 6) 須田佳孝, 喜多秀行: 道路交通サービスの質に対する評価の空間的構造, 平成18年度土木学会中国支部研究発表会講演概要集, 2006

非売品

性能照査型道路設計のための  
交通容量・サービス水準に関する研究  
報告書

発行日 平成 19 年 6 月

発行所 財団法人 国際交通安全学会

東京都中央区八重洲 2-6-20 〒104-0028

電話/03(3273)7884 FAX/03(3272)7054

許可なく転載を禁じます。