

# 高速道路における道路構造条件別の 速度性能曲線に関する分析

近田 博之<sup>1</sup>・石田 貴志<sup>2</sup>・野中 康弘<sup>2</sup>・山本 隆<sup>3</sup>・鳥海 梓<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社  
(〒460-0003 名古屋市中区錦 1-8-11 DP スクエア錦 7F)  
E-mail: h.konda.a@c-nexco-hen.jp

<sup>2</sup>正会員 株式会社道路計画 (〒170-0013 東京都豊島区東池袋 2-13-14 マルヤス機械ビル 5F)  
E-mail: y\_nonaka@doro.co.jp, t\_ishida@doro.co.jp

<sup>3</sup>正会員 中日本高速道路株式会社 (〒460-0003 名古屋市中区錦 2-18-19 三井住友銀行名古屋ビル 15F)  
E-mail: t.yamamoto.ae@c-nexco.co.jp

<sup>4</sup>正会員 東京大学 生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)  
E-mail: azusa@iis.u-tokyo.ac.jp

道路の計画・設計および運用管理を適切に実施するためには、道路の交通状態量を評価することが不可欠である。わが国では、旅行速度を用いて道路の性能を照査する性能照査型道路計画設計手法の検討が進められているものの、日本の現行のガイドライン類が示すQV関係は、他国の過去の基準類を参照した簡易なものであり、道路構造条件によって変動するQV関係を考慮したものではない。このため、道路の交通状態量を評価する上での実務上の様々な課題が存在する。本論では、わが国における高速道路のQV関係を用いた交通状態量の評価手法構築に向けて、高速道路を対象にQV関係と道路構造条件の因果関係について分析した。その結果、車線数、規制速度、縦断勾配といった道路構造条件が交通量と速度の関係に影響を与えていることを明らかにした。

**Key Words :** speed-flow curves, traffic speed, traffic flow, road planning and design

## 1. はじめに

道路の計画・設計および運用管理を適切に実施するためには、道路の交通状態量を評価することが不可欠である<sup>1)</sup>。道路の交通状態量を表す最も基本的な指標である交通量と速度の関係 (QV関係) に基づく交通状態量の評価手法は、欧米各国において様々な研究がなされ、ガイドライン<sup>2)3)</sup>として整備されている。一方、わが国では、旅行速度を評価して、道路の性能を照査する性能照査型道路計画設計手法の検討<sup>4)</sup>が進められているものの、日本の現行のガイドライン類<sup>5)</sup>が示すQV関係は、他国の過去の基準類を参照した簡易なものであり、かつ道路構造条件によって変動するQV関係を十分に考慮したものではない。また、日本の高速道路や一般道では、近年において非拘束状態時の速度や飽和交通流率が低下していること<sup>6)7)</sup>が報告されるなど、道路の交通状態量を評価する上での実務上の様々な課題が存在する。

そこで本論では、わが国における高速道路の交通量と

速度の関係を用いた交通状態量の評価手法構築に向けて、高速道路を対象にQV関係と道路構造条件の因果関係について分析する。

## 2. 高速道路の QV 関係に関する基準類と既往研究

わが国における交通状態量を評価するためのガイドライン類は、先述したとおり、道路構造条件によって変動するQV関係を明示したものとはなっていない。その一方、実務および学術の分野では、QV関係に関する様々な研究がなされている。

洪・大口<sup>8)</sup>は、片側2車線と片側3車線の都市間高速道路の単路部の非渋滞時を対象に、道路線形条件、交通量および大型車混入率の交通条件、降雨量の天候条件を祖統的に組み込んだ85%tile速度を推定できるモデルを開発している。内海ら<sup>9)</sup>は、往復2車線の自専道を対象に、交通量および大型車混入率別、降雨の有無別における

85%ile速度を推定できるモデルを開発している。

これらの研究は、大量の車両感知器データを用いて、QV関係と各種条件との因果関係を緻密に分析したものであるが、一定の間隔で設置されている車両感知器では道路構造条件の影響を連続的に把握することが困難であるという制約があるため、速度と道路構造条件の関係を十分に明示できなかったこと、説明変数が多い複雑な構造のモデル式であったことを今後の検討課題としている。

一方、欧米では、アメリカのHighway Capacity Manual 2016 (HCM) やドイツのHandbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) といったガイドライン類が整備されている。図-1(a)に示すHCMのQV図は、ある交通量まで一定の速度で推移し、その後非線形で減少する単純な形状としている。図-1(b)に示すHBSのQV図は、交通量の増加に伴い漸減する形状としている。ある交通量まで一定の速度で推移するHCMのQV関係と明らかに異なる形状である。両者の違いに関して、Brilon and Lohoff<sup>9)</sup>は、アメリカの高速道路 (Freeways) には規制速度に上限があることが要因であると指摘している。なお、HCMは、旅行速度ではなく、このQV関係から求まる交通密度を用いて道路の性能を照査している。また、ドイツでは、このQV関係を用いて旅行速度による照査だけでなく、交通量-交通容量比による照査も行っている。

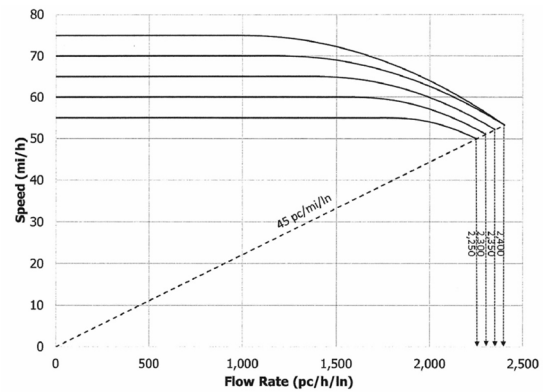
このように、欧米では、道路の性能を照査するため、QV関係に基づく交通状態量の評価手法がガイドラインとして整備され、定期的にアップデートされている。一方、日本では、QV関係に関する様々な研究が行われているものの、後藤ら<sup>9)</sup>の研究が指摘する、近年の経年的なQV関係の変化は、十分に解明できていない。現状の高速道路におけるQV関係を正確に把握できておらず、最新のデータに基づくQV関係の分析は、交通状態量を評価する上で、重要な検討課題になっている。

以上のことから、本論は、高速道路を対象にQV関係と道路構造条件の因果関係について分析するものであるが、既存のガイドラインや既往研究を踏まえ、車線数、規制速度、縦断勾配に重点を置いた分析を行う。

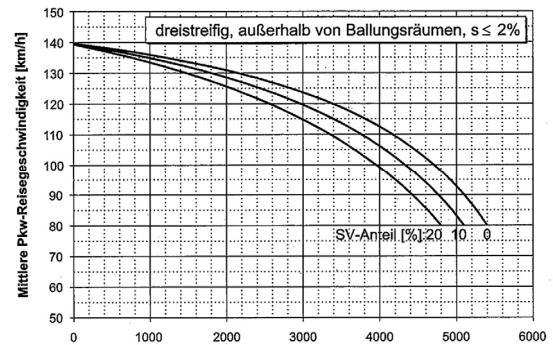
### 3. 分析概要

#### (1) 分析方法

本論では、横軸が車線計の5分間交通流率、縦軸が5分間平均速度のQV図を基本に考える。使用するデータは、車両感知器5分間データである。なお、観測精度の観点から、分析に用いる車両感知器は、全て車線別に埋設されたダブルループコイルにより車両を検知する仕組みのものとする。さらに、ループコイル式の車両感知器であっても、誤検知や欠測が頻繁に発生しているものは、



(a) アメリカのHBS



(b) ドイツのHBS

図-1 欧米のガイドラインのQV図

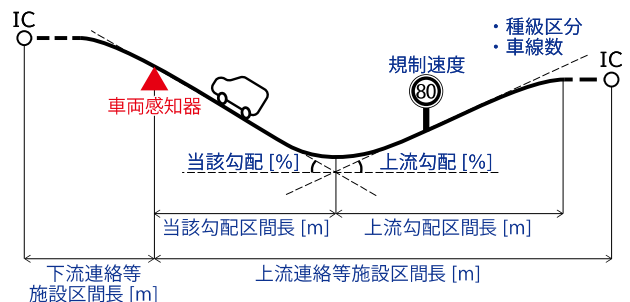


図-2 本論が扱う道路構造条件

分析に使用しない。また、大型車混入率0~20[%]における平均速度を5分間交通流率200[台/時]刻みで集計したうえで、線形回帰のパラメータである傾きaと切片bがQV関係を表す指標と仮定し、分析および考察する。大型車混入率0~20[%]における平均速度は、種級区分が第2種第1級の道路である名古屋第2環状自動車道については50[km/h]、これ以外の第1種の道路については60[km/h]以下のデータを渋滞流として除外して計算する。本稿では、このQV図に基づいて、道路構造条件がQV関係に与える影響を確認したうえで、QV関係を説明する道路構造条件の抽出を行う。

#### (2) 分析対象期間

2020年3月以降は、新型コロナウイルス感染拡大による交通需要の減少が著しいため、分析対象期間は2019

表-1 分析対象横断面（道路構造条件と QV 関係）

No.	車両感知器	車線数	規制速度	種級区分	勾配[%]		勾配区間長 [m]		連絡等施設区間長[m]		備考
					当該	上流	当該	上流	下流	上流	
1	伊勢湾岸自動車道(上り線)2.68kp	4	100	1-2	-0.5	+1.1	99	800	2,680	430	図 3(a)
2	伊勢湾岸自動車道(下り線)15.00kp	3	100	1-2	+0.7	-2.0	951	775	1,000	2,400	図 3(b)
3	東名高速道路(下り線)320.38kp	2	100	1-1	-1.6	+0.4	373	1,000	1,780	2,380	図 3(c)
4	東名高速道路(下り線)314.27kp	2	100	1-1	-1.0	+2.0	823	500	1,430	3,570	図 4(a)
5	東名阪自動車道(下り線)70.96kp	2	80	1-3	-0.6	+1.6	2,408	920	1,640	810	図 4(b)
6	名古屋第二環状自動車道(外回り)15.95kp	2	60	2-1	-0.3	+0.3	250	380	850	400	図 4(c)
7	中央自動車道(下り線)336.44kp	2	80	1-3	-4.0	-1.2	390	880	660	940	図 5(a)
8	東名阪自動車道(下り線)69.20kp	2	80	1-3	-0.6	+1.6	648	920	950	8,700	図 5(b)
9	東名阪自動車道(下り線)78.00kp	2	80	1-3	+3.5	-1.1	2,128	1,240	2,400	2,700	図 5(c)

年 1 月 1 日～2019 年 12 月 31 日の 1 年間とする。

(3) 道路構造条件

本論が考慮する道路構造条件は、図-2に示す、種級区分、車線数、規制速度、当該勾配[%]、上流勾配[%]、当該勾配区間長[m]、上流勾配区間長[m]、上流連絡等施設区間長[m]、下流連絡等施設区間長[m]とする。

4. 道路構造条件が QV 関係に与える影響

本章では、表-1に示す9つの横断面を対象に、道路構造条件が QV 関係に与える影響について確認する。

(1) 車線数

車線数別の QV 図を図-3に示す。図-3(a)は片側4車線、図-3(b)は片側3車線、図-3(c)は片側2車線の QV 図である。表-1に示すとおり、いずれの横断面も規制速度が 100[km/h]であり、当該勾配および上流勾配が±2[%]以内の平坦部区間である。

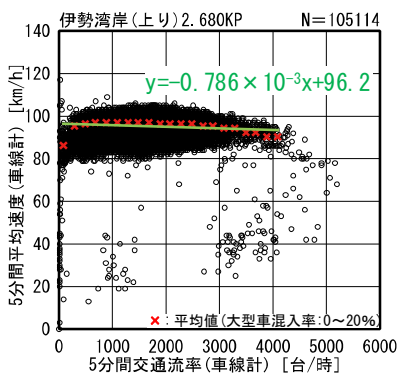
図-3(a)に示す片側4車線の線形回帰の結果は、傾きが

$-0.786 \times 10^3$ 、切片が 96.2 となっている。傾きはゼロに近く、ほぼ水平な回帰直線であり、一般的な交通流現象とされる交通量の増加に伴い速度低下する結果にはなっていない。図-3(b)に示す片側3車線の線形回帰の結果は、傾きが  $-2.87 \times 10^3$ 、切片が 97.9 となっている。片側3車線の回帰式の傾きの絶対値は、片側4車線のそれに比べ、大きくなっている。片側4車線ではみられなかった交通量の増加に伴う速度低下を確認できる。また、図-3(c)に示す片側2車線の線形回帰の結果は、傾きが  $-6.71 \times 10^3$ 、切片が 99.1 となっている。片側2車線の回帰式の傾きの絶対値は、片側3車線のそれに比べ、大きくなっている。

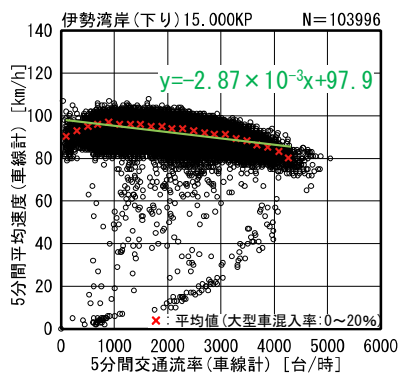
このように、回帰式の切片は、96.2～99.1[km/h]であり、車線数と回帰式の切片の間に明確な相関はみられない。これは規制速度 100[km/h]を超える走行に躊躇するドライバー心理が大きく作用したものと考えられる。一方、回帰式の傾きの絶対値は、車線数が減少するにつれ、大きくなっている。車線数の減少は、交通量の増加に伴う速度低下が顕著になることを示している。

(2) 規制速度

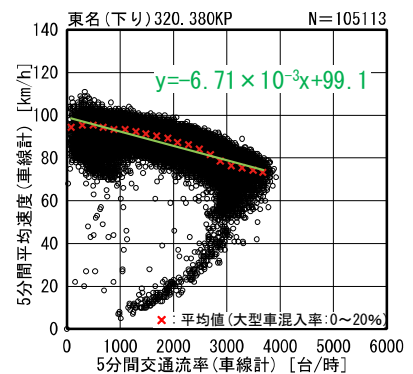
規制速度別の QV 図を図-4に示す。図-4(a)は規制速度



(a) 片側 4 車線

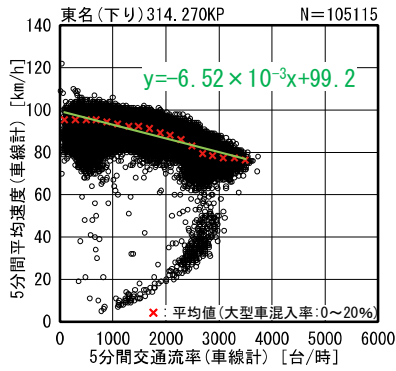


(b) 片側 3 車線



(c) 片側 2 車線

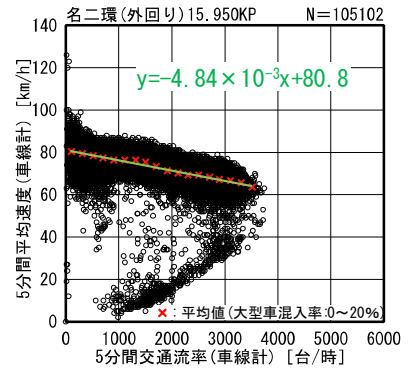
図-3 車線数と QV の関係



(a) 規制速度 100[km/h]

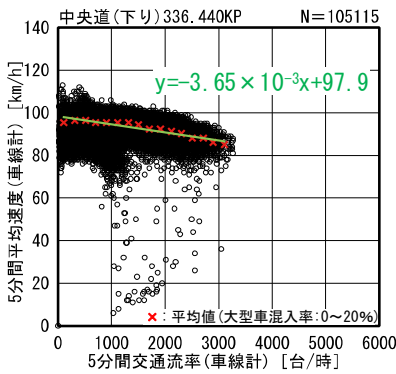


(b) 規制速度 80[km/h]

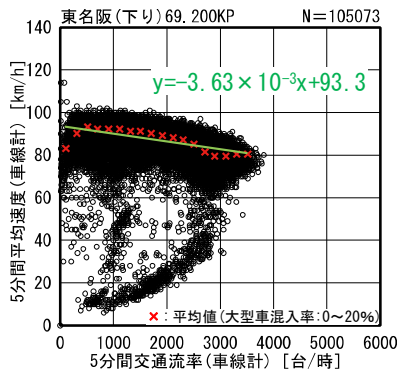


(c) 規制速度 60[km/h]

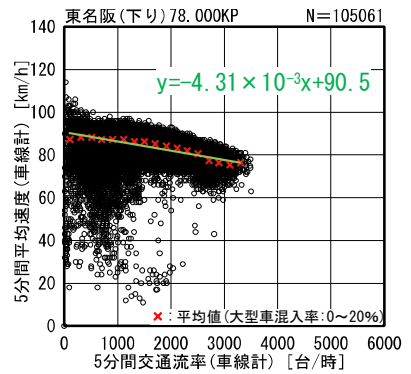
図4 規制速度と QV の関係



(a) 当該勾配 4.0[%]



(b) 当該勾配 -0.6[%]



(c) 当該勾配 +3.5[%]

図5 縦断勾配と QV の関係

100[km/h], 図-4(b)は規制速度80[km/h], 図-4(c)は規制速度60[km/h]のQV図である。表-1に示すとおり, いずれの横断面も片側2車線であり, 当該勾配および上流勾配は±2[%]以内の平坦部である。

図-4(a)に示す規制速度100[km/h]の線形回帰の結果は, 傾きが $-6.52 \times 10^{-3}$ , 切片が99.2となっている。車線数, 規制速度, 縦断勾配が概ね同じ条件である, 図-3(c)と概ね同様の傾向を示している。図-4(b)に示す規制速度80[km/h]の線形回帰の結果は, 傾きが $-2.97 \times 10^{-3}$ , 切片が90.8となっている。規制速度80[km/h]の回帰式の傾きの絶対値は, 規制速度100[km/h]のそれに比べ, 小さくなっている。規制速度80[km/h]の回帰式の切片も, 規制速度100[km/h]のそれに比べ, 小さくなっている。また, 図-4(c)に示す規制速度60[km/h]の線形回帰の結果は, 傾きが $-4.84 \times 10^{-3}$ , 切片が80.8となっている。規制速度60[km/h]の回帰式の切片は, 規制速度80[km/h]のそれに比べ, さらに小さくなっており, 閑散時の平均速度は, 規制速度の大小に呼応するように変化している。

このように, 回帰式の切片は, 規制速度が低くなるにつれ, 小さくなっている。閑散時の平均速度は規制速度の影響を受けることを示唆している。また, 規制速度80[km/h]の回帰式の傾きの絶対値は, 規制速度100[km/h]

のそれに比べ, 小さい。規制速度80[km/h]は, 規制速度100[km/h]に比べ, 交通量に対する速度の感度が小さいことを示している。

### (3) 縦断勾配

縦断勾配別のQV図を図-5に示す。図-5(a)は当該勾配-4.0[%]の下り勾配区間, 図-5(b)は当該勾配-0.6[%]の平坦部区間, 図-5(c)は当該勾配+3.5[%]の上り勾配区間のQV図である。表-1に示すとおり, いずれの横断面も片側2車線であり, 規制速度は80[km/h]である。

図-5(a)に示す当該勾配4.0[%]の線形回帰の結果は, 傾きが $-3.65 \times 10^{-3}$ , 切片が97.9となっている。回帰式の切片は, 規制速度80[km/h]のそれを大きく上回る値であり, 先述した規制速度100[km/h]と概ね同等の結果となっている。図-5(b)に示す当該勾配-0.6[%]の線形回帰の結果は, 傾きが $-3.63 \times 10^{-3}$ , 切片が93.3となっている。また, 図-5(c)に示す当該勾配+3.5[%]の線形回帰の結果は, 傾きが $-4.31 \times 10^{-3}$ , 切片が90.5となっている。上り勾配の回帰式の切片は, 平坦部のそれに比べて, 小さくなっている。

このように, 回帰式の切片は, 下り勾配から平坦部上り勾配になるにつれ, 低くなっている。閑散時の平均速度は縦断勾配の影響を受けていることを示唆している。

一方、縦断勾配と回帰式の傾きの間には、明確な相関はみられない。

### 5. QV 関係を説明する道路構造条件の抽出

本章では、データマイニングの一種である決定木分析により、QV 関係を説明する道路構造条件を抽出する。

#### (1) 分析対象横断面の選定

本章では、NEXCO中日本名古屋支社に設置されている全ての車両感知器 (N=784) のデータを用いて分析する。ただし、分析の精度を確保するため、下記に示す、a)からe)までの条件を全て満足する車両感知器を分析の対象とする。結果として決定木分析に用いる車両感知器は151横断面となり、その内訳を表-2に示す。

表-2 分析対象横断面の内訳 (決定木分析)

道路名	規制速度		計	
	80[km/h]	100[km/h]		
	2車線	2車線 3車線		
東名		29	8	37
名神	10	29		39
東名阪	13			13
北陸道		3		3
中央道	28			28
伊勢道	2	6		8
東海北陸	7			7
伊勢湾岸			1	1
新東名		8		8
新名神		1	1	2
東海環状		5		5
計	60	81	10	151

#### a) 種級区分

NEXCO中日本名古屋支社管内の高速道路の大半は、第1種の道路であるが、唯一、名古屋第二環状自動車道が第2種の道路である。第2種の道路は、都市内を通過する道路であるため、幅員が狭く、インターチェンジ間の距離が短いなど、第1種の道路とは明らかに異なる道路構造である。このため、本論では、大半を占める第1種の都市間高速道路の分析の対象とし、道路構造が異なる名古屋第二環状自動車道は分析の対象外とする。

#### b) 付加車線設置区間

登坂車線や付加追越車線が設置されている区間は、付加された車線がいずれ無くなる道路構造であり、一般的な単路部とは異なる。このため、本論では、先述した種級区分と同様に、大半を占める高速道路単路部を対象とし、比較的長い付加車線が設置されている東名高速道路を除き、付加車線設置区間は分析の対象外とする。

#### c) 連絡等施設

インターチェンジ、ジャンクション、休憩施設などの連絡等施設のランプ部に設置されている車両感知器は、分析の対象外とする。また、これら連絡等施設の上下流では、加減速や車線変更の頻度が増加し、通常の走行状態ではない。このため、連絡等施設から500m以内に設置されている車両感知器は分析の対象外とする。

#### d) 縦断勾配

図-2に示す当該勾配区間長が短い場合、その車両感知器は、当該勾配よりも、上流勾配の影響を大きく受けるものと考えられる。上流勾配の影響を正確に考慮した分析は困難であるため、当該勾配区間長が100m未満の車両感知器は分析の対象外とする。また、上流勾配が急な上り坂もしくは急な下り坂の場合も、正確にその影響を考慮することは困難であるため、上流勾配が±2[%]を超える車両感知器は、分析の対象外とする。

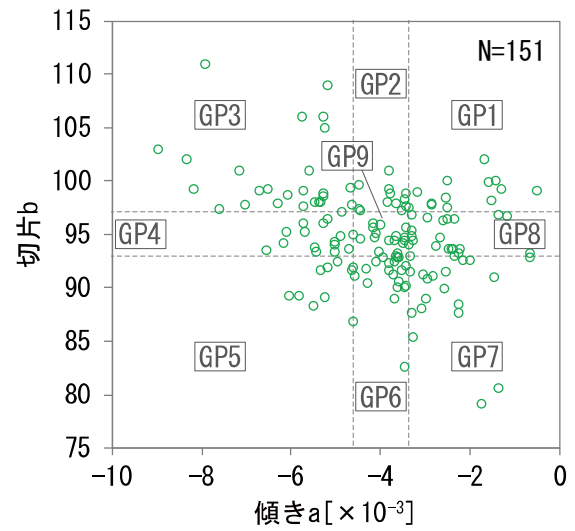


図-6 傾き a と切片 b の類型化

#### e) QV 図の形状

先述したとおり、高速道路のQV関係は、交通量の増加に伴い、平均速度は低下するものである。しかし、高い交通量が観測されない横断面では、平均速度が低下せず、この傾向を確認できない場合がある。このため、本論では、大型車混入率0-20[%]の平均速度の計算に十分なサンプル数が確保され、5分間交通流率が2000[台/時]まで得られる車両感知器を分析の対象とする。言い換えれば、この条件を満足できない車両感知器は、分析の対象外とする。

#### (2) QV 関係の類型化

QV関係を説明するための道路構造条件の抽出にあたっては、QV関係を目的変数として捉え、各種道路構造条件を説明変数とした分析が必要である。しかしながら、本論ではQV関係を傾きaと切片bの2つの指標で捉えたよ

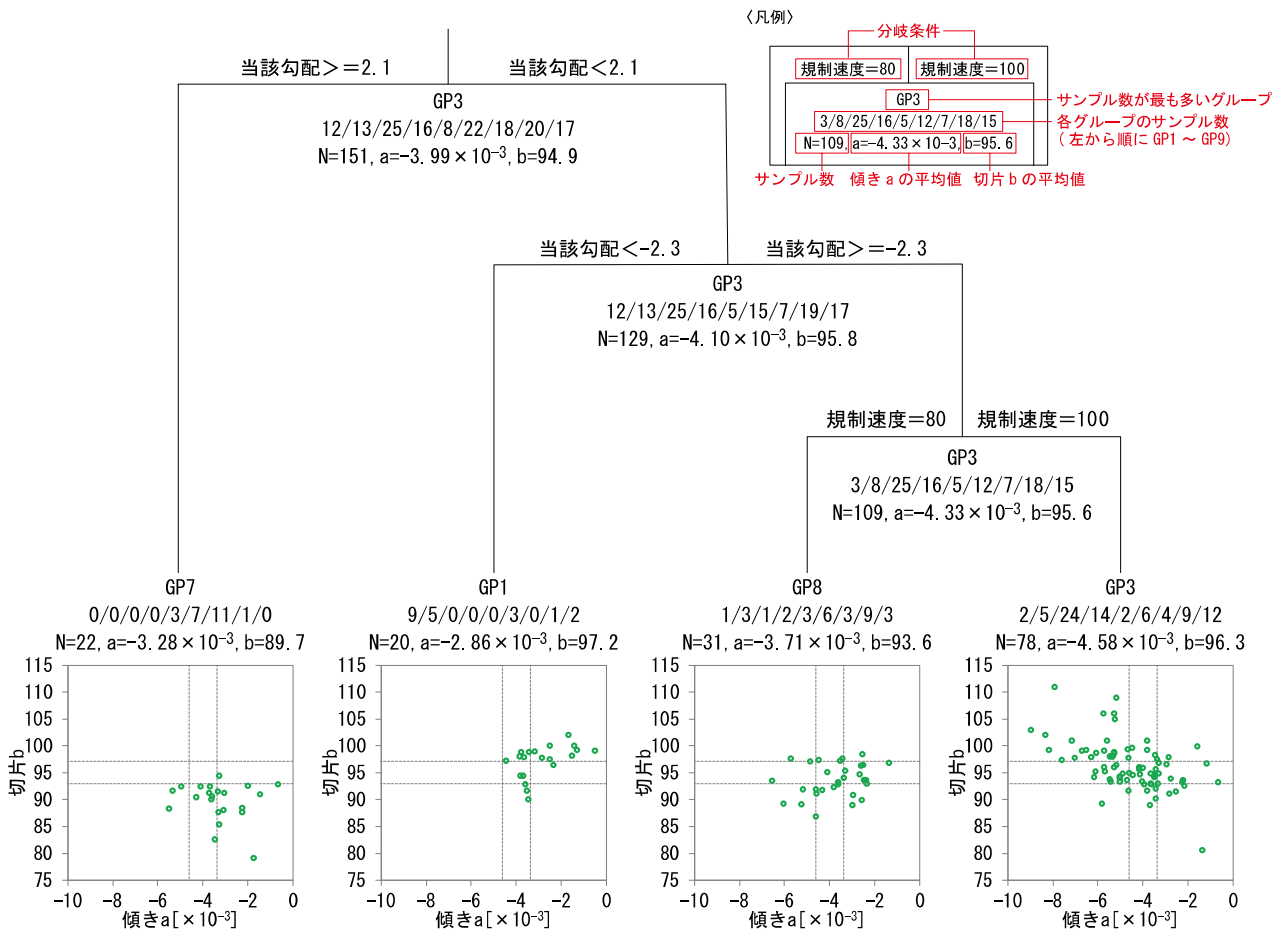


図-7 決定木分析結果

うに、QV関係を1つの指標として扱うことができないため、重回帰分析に代表される伝統的な多変量解析手法の採用は困難である。そこで本論では、データマイニングの一種である決定木分析を採用する。この分析手法は一般道における同種の分析<sup>11)</sup>でも用いられている。

決定木分析とは、ツリー構造を活用して、目的変数に影響を及ぼしている説明変数を抽出する分析手法である。目的変数はグループ（質的データ）として区分する必要があるため、傾きaと切片bの33%tile値と67%tile値を閾値として、図-6に示すように9つのグループに類型化したものを決定木分析の目的変数とする。一方、決定木分析の説明変数は、図-2に示す道路構造条件のうち、種級区分（第1種第1級、第1種第2級、第1種第3級）、車線数（片側2車線と片側3車線）、規制速度（80[km/h]と100[km/h]）、当該勾配[%]、当該勾配区間長[m]の5項目とする。

### (3) 決定木分析

決定木分析の結果を図-7に示す。図に示す結果は、凡例に示すとおり、分岐条件、サンプル数が最も多いグループ、各グループのサンプル数、全サンプル数、傾きaの平均値、切片bの平均値である。なお、決定木は、図

の上部に近い分岐ほど目的変数に強い影響を与え、分岐は上部から下部に向けて一方向のみ行われ逆戻りすることはないという特徴がある。

最上部の分岐条件は、当該勾配が2.1[%]となっている。すなわち、上り勾配であるか否かが、QV関係を説明する最も重要な道路構造条件であることを示している。また、上り勾配を区分する縦断勾配は2.1[%]であることを示しており、都市間高速道路において、縦断勾配が2[%]以上になると速度が低下するとした近田・邢<sup>12)</sup>の研究成果と一致する。

2番目の分岐条件は、当該勾配が-2.3[%]となっている。下り勾配であるか否か、すなわち、下り勾配であるか平坦部であるかが、QV関係を説明する2番目に重要な道路構造条件であることを示している。最上部の分岐条件である上り勾配を含めれば、縦断勾配がQV関係に大きな影響を与える道路構造条件であると解釈できる。また、下り勾配を区分する縦断勾配は-2.3[%]であることを示している。

3番目の分岐条件は、規制速度となっている。上部の分岐条件も含めて考えると、平坦部では、規制速度がQV関係を説明する最も重要な道路構造条件であることを示している。規制速度80[km/h]で分岐した結果は、傾

き $a$ の絶対値が小さい第8グループ (GP8) が最も多く、**図-4(b)**で確認した傾きの絶対値が小さいとした結果と一致している。

なお、**図-7**に示す決定木分析の結果は、3番目の分岐条件までの結果となっているが、これよりも下部の分岐条件についても確認したところ、当該勾配区間長が分岐条件になる場合が多く、この結果からも、縦断勾配に関する道路構造条件がQV関係に大きな影響を与えていることが窺える。

## 6. おわりに

本論では、日本の高速道路のQV関係を用いた交通状態量の評価手法の構築に向けて、車両感知器データを用いて、高速道路のQV関係と道路構造条件の因果関係について分析し、車線数、規制速度、縦断勾配が高速道路のQV関係に影響を与える道路構造条件であることを明らかにした。本論の成果を以下に示す。

9つの横断面を対象に、道路構造条件がQV関係に与える影響について確認した分析では、車線数と規制速度が、交通量の増加に伴う速度の低下の程度を表す回帰式の傾きに影響を与えていること、規制速度と縦断勾配が閑散時の平均速度である回帰式の切片に影響を与えていることがわかった。

QV関係に影響を与える道路構造条件を抽出した分析では、決定木分析により、QV関係に最も強い影響を与える道路構造条件が上り勾配であること、次点が下り勾配であること、最後に規制速度であることがわかった。また、上り勾配を規定する縦断勾配は2.1[%]であること、下り勾配を規制する縦断勾配は-2.3[%]であることがわかった。

本論は、都市間高速道路を対象に分析を行ったものであるが、都市高速道路や信号の無い往復2車線道路についても、同様の分析が必要であると考えられる。また、車線

数、規制速度、縦断勾配といった道路構造条件だけでなく、縦断勾配の区間長や大型車混入率などの要因がQV関係に与える影響についても分析を行い、道路の性能を的確に評価し得る交通状態量の評価手法構築に向けた検討が必要であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 大口敬, 中村英樹: 日本における交通容量・サービスの質に関する研究の概観と展望, 土木学会論文集 D3, Vol.67, No.3, pp.217-229.
- 2) Transportation Research Board (TRB): Highway Capacity Manual 2016, 2016.
- 3) Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV): Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen HBS, 2005.
- 4) 一般社団法人交通工学研究会: 道路の交通容量とサービスの質に関する研究 最終成果報告書, 2015.8.
- 5) 社団法人日本道路協会: 道路の交通容量, 丸善, 1984.
- 6) 後藤誠, 石田貴志, 野中康弘: 都市間高速道路における交通性能の経年変化に関する研究, 交通工学論文集, Vol.5, No.2, pp.A\_90-A\_98, 2019.
- 7) 青山恵里, 下川澄雄, 吉岡慶祐, 森田緯之: 飽和交通流率の変化とその要因に関する研究, 交通工学論文集, Vol.7, No.1, pp.1-10, 2021.
- 8) 洪性俊, 大口敬: 多車線高速道路における統合型速度推定モデル, 土木学会論文集 D3, Vol.67, No.3, pp.244-260, 2011.
- 9) 内海泰輔, 浜岡秀勝, 中村英樹: 往復分離2車線専道の速度性能曲線の定式化, 土木学会論文集 D3, Vol.67, No.3, pp.261-269, 2011.
- 10) Werner Brilon, Jan Lohoff: Speed-flow Models for Freeways, Procedia - Social and Behavioral Sciences 16, 2011.
- 11) 橋本浩良, 高宮進: 一般道路を対象にした道路構造条件別の QV 関係に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 52, 2015.
- 12) 近田博之, 邢健: 縦断勾配が速度に与える影響に関する実証分析, 土木学会論文集 D3, Vol.71, No.5, pp.1011-1016, 2015.

(2022. 9. 30 受付)

## ANALYSIS OF SPEED-FLOW CURVES UNDER DIFFERENT GEOMETRIC CONDITIONS OF EXPRESSWAYS

Hiroyuki KONDA, Takashi ISHIDA, Yasuhiro NONAKA, Takashi YAMAMOTO,  
and Azusa TORIUMI