都市間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一考察

近田　博之[1]・山下　隆司[2]・石田　貴志[3]・野中　康弘[3]・山本　隆[4]・鳥海　梓[5]

[1]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）
E-mail: h.konda.a@c-nexco-hen.jp

[2]非会員　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）
E-mail: r.yamashita.a@c-nexco-hen.jp

[3]正会員　株式会社道路計画（〒170-0013 東京都豊島区東池袋 2-13-14）
E-mail: y_nonaka@doro.co.jp，t_ishida@doro.co.jp

[4]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）
E-mail: t.yamamoto.ae@c-nexco.co.jp

[5]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

これからの道路ネットワーク計画は，日本全土に道路を整備することに重点を置いた「量の充足」から，道路が有する機能の向上を図る「質の充実」への転換が求められている．これに関して，機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン（案）では，拠点間の旅行時間を用いて道路の性能を照査することを提案している．本論は，拠点間の旅行時間を評価指標として，道路の性能照査を実現するのため，車両感知器から得られる交通量と速度データを用いて，都市間高速道路の速度性能曲線を作成するものである．結果として，車線数と規制速度が速度性能曲線に影響を与える主要な道路構造条件であることを示し，この条件で区分した速度性能曲線に，規制速度による補正を加えて，道路の性能照査に用いる速度性能曲線を提案した．

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

1. はじめに

わが国の道路ネットワークは，高規格幹線道路が1万kmを超え，大都市や地方中心都市への連絡，空港や港湾へのアクセス，リダンダンシーが確保されるなど，人と物を運ぶインフラの基盤が概ね整ってきている．これからの道路ネットワーク計画は，日本全土に道路を整備することに重点を置いた「量の充足」から，今ある道路のストック効果を最大化させ，道路が有する機能の向上を図る「質の充実」への転換が求められている[1)]．例えば，機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン（案）[2)]では，拠点間の旅行時間を評価指標として，道路の性能を照査することを提案している．道路の交通状態に応じて実現される性能，言い換えれば，サービスの質の評価に基づいて，道路の計画・設計および運用管理の適切な実施が必要になってきている．また，拠点間の旅行時間を照査するためには，道路区間別に，交通量に応じて速度がどのように変化するかを把握する必要がある．そこで本論では，都市間高速道路を対象に，交通量と速度の関係を表す曲線である「速度性能曲線」を作成する．なお，拠点間の旅行時間照査に必要な速度性能曲線の作成にあたっては，プローブなどの旅行速度データを用いることが望まれるものの，本論では，サンプルではなく，全数のデータで分析することを重視し，車両感知器の地点速度データを用いることとする．

2. 速度性能曲線に関する既往研究のレビュー

道路の交通容量やサービスの質に関する研究は，自動車交通が早くから普及したアメリカで，世界に先駆けて進展し，その集大成として取りまとめられたガイドライ

ンが，1950年に出版されたHighway Capacity Manual[3]（以下，HCMという．）である．その後，定期的に改訂され，最新のHCMは2022年の第7版となっている．なお，本論が目的とする速度性能曲線に関する記述は，1965年に出版された第2版のHCMに初めて登場し，これ以降のHCMにおいても，様々な研究成果に基づいて，変更が加えられている．

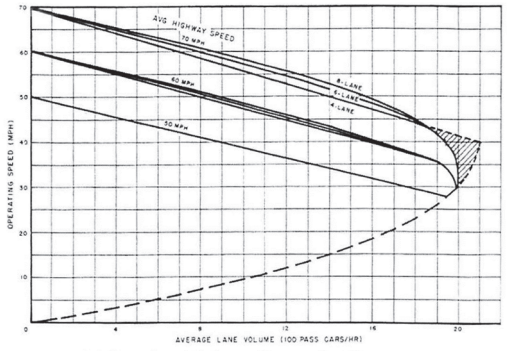
まず，1965年版HCM[4]の速度性能曲線は，**図-1(a)**に示すものであり，交通量が増えるにつれ，速度が低下するといった交通工学で多く用いられる一般的な形状をしている．横軸の交通量は，時間交通量であり，速度の値は任意の交通流の中で無理せず合理的に達成できる最高速度を意味する「運行速度（operation speed）」を採用している．また，速度性能曲線は，AHS（average highway speed）と呼ばれる設計速度別に分類されている．

1985年版HCM[5]の速度性能曲線を**図-1(b)**に示す．横軸の交通量は15分間交通流率であり，縦軸の速度の値は区間の旅行速度に変更されている．また，多少概念は異なるものの，1965年版HCMと同様に，設計速度（design speed）別に分類されている．なお，1985年版HCMの速度性能曲線の形状は，1965年版のそれに比べて平坦になっている．これは，高速道路での運転経験が増え，ピーク時においても高い速度を維持できるドライバーが増えたことや，アメリカ全土で規制速度が適用されたことにより，閑散時の速度が低下したことが要因であると報告されている[6]．

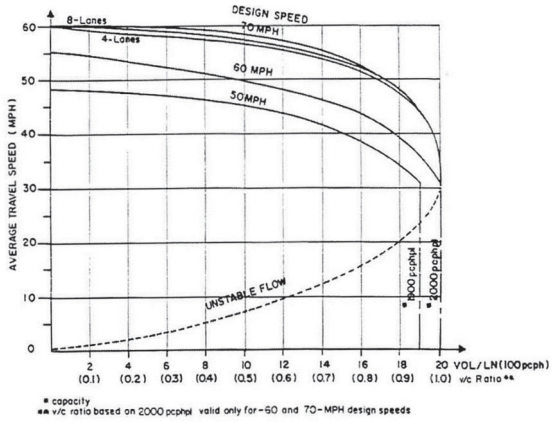
2000年版HCMの速度性能曲線は，**図-1(c)**に示すとおり，これまでのHCMの速度性能曲線に比べ，より平坦な形状になっている．また，速度性能曲線の分類は，これまでの設計速度ではなく，自由速度（free-flow speed: FFS）に変更されている．さらに，速度性能曲線の速度低下点（break point）が自由速度別に設定されるなど，2000年版HCMの速度性能曲線は大きく変化しており，その後改訂される2010年版HCM，2016年版HCM，最新の2022年版HCMの速度性能曲線も，この2000年版HCMの速度性能曲線を踏襲しており，ほぼ同じ形状となっている．

一方で，わが国のガイドラインである道路の交通容量[7]は，1984年に初版が出版されて以降，未だ更新されていない．また，後藤ら[8]，石田ら[9]や青山ら[10]が指摘する交通量と速度の関係が経年的に変化している状況を踏まえると，速度性能曲線の更新も必須事項であるといえる．このため，筆者ら[11]は，車両感知器データを用いて，車線数や規制速度や縦断勾配が速度性能曲線の影響要因であることを明らかにした．しかし，速度性能曲線を提示するまでに至っていないこと，片側1車線の往復2車線道路を考慮できていないことが課題であった．

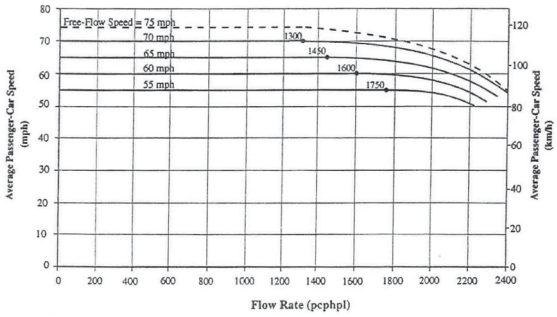
以上のことから，本論では，都市間高速道路の速度性能曲線を作成するにあたり，最新のデータを用いて，片側1車線，片側2車線，片側3車線を対象にして分析する．また，洪・大口[12]や内海ら[13]の高速道路の速度推定モデルは，85%tile速度を扱っていることから，本論では更に拡張して，85%tile値，平均値，15%tile値を対象とする．



(a) 1965 年版 HCM（第 2 版）



(b) 1985 年版 HCM（第 3 版）



(c) 2000 年版 HCM（第 4 版）

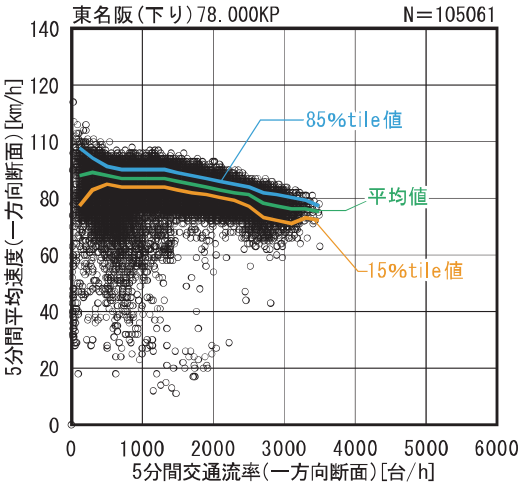
図-1 HCM の速度性能曲線の変遷

3. 分析概要

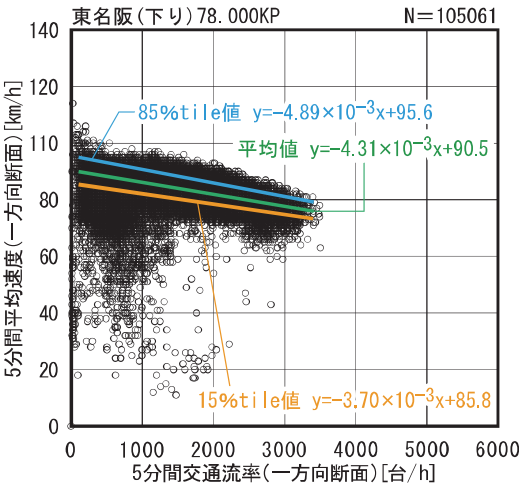
本論では，車両感知器 5 分データを用いて，**図-2** に示す，横軸が 5 分間交通流率，縦軸が 5 分間平均速度の交通量-速度関係（速度性能曲線）を基本に考える．

(1) 速度性能曲線パラメータ

本論の速度性能曲線パラメータとは，交通量-速度関



(a) 200[台/h]刻みの交通流率と平均速度



(b) 線形回帰結果

図-2 本論の速度性能曲線パラメータ

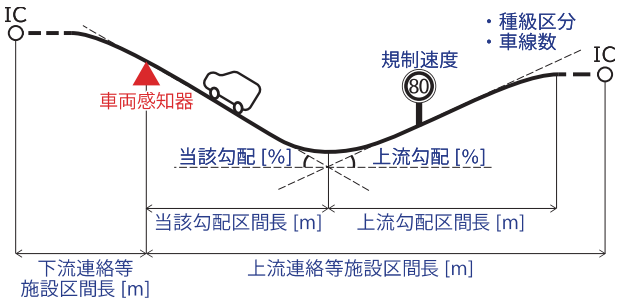


図-3 本論の道路構造条件

係を線形回帰することにより得られる一次関数の傾きと切片である．具体には，まず，**図-2(a)**に示すとおり，85%tile 値から 15%tile 値までの集計方法別に，5 分間交通流率が 200[台/h]刻みの平均速度を求める．これを線形回帰させて求められる一次関数の傾きと切片が，**図-2(b)**に示す速度性能曲線パラメータである．なお，本論では，大型車混入率は 0～20[%]に限定している．また，非渋滞時のみを対象とするため，平均速度は 60[km/h]以下のデータを除外して計算している．

表-1 分析対象断面の内訳

車線数	規制速度 [km/h]	縦断勾配※	車両感知器[箇所] 対象	対象外	計
1	50	平坦部		6	6
	60	平坦部		2	2
	70	上り勾配	3	10	13
		平坦部	2	60	62
		下り勾配	3	10	13
	100	平坦部		2	2
2	40	平坦部		1	1
	60	上り勾配		4	4
		平坦部		27	27
		下り勾配		6	6
	70	平坦部		4	4
		下り勾配		2	2
	80	上り勾配	11	20	31
		平坦部	19	90	109
		下り勾配	10	34	44
	100	上り勾配	2	22	24
		平坦部	80	280	360
		下り勾配	2	26	28
	120	平坦部		25	25
3	40	平坦部		1	1
	60	上り勾配		1	1
		平坦部		1	1
		下り勾配		2	2
	70	上り勾配		2	2
	80	上り勾配		12	12
		平坦部		29	29
		下り勾配		4	4
	100	上り勾配	2	20	22
		平坦部	18	71	89
		下り勾配	2	12	14
	120	平坦部		31	31
4	80	平坦部		1	1
		下り勾配		1	1
	100	上り勾配		1	1
		平坦部		11	11
計			154	831	985

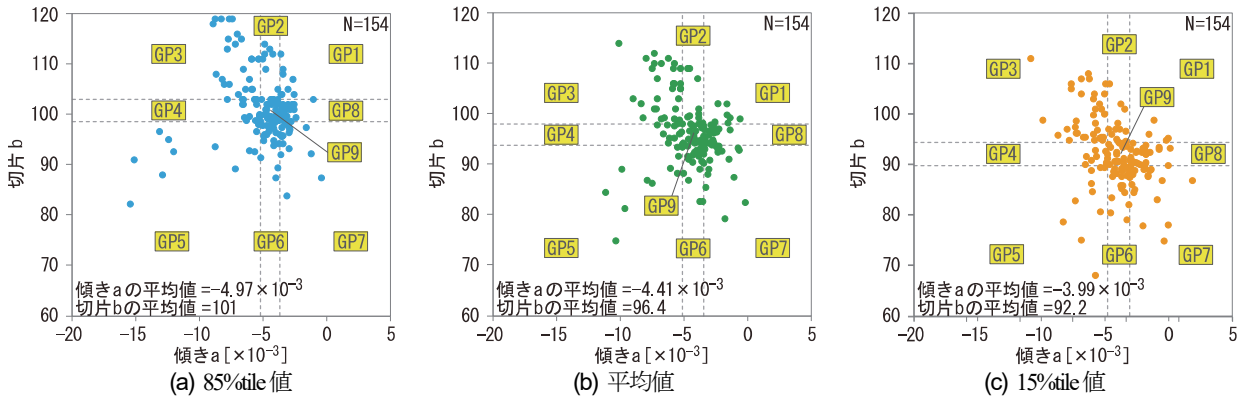
※上り勾配は+2%超過，下り勾配は-2%未満，平坦部はこれら以外

(2) 道路構造条件

本論の道路構造条件は，**図-3**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．なお，本論の連絡等施設とは，インターチェンジ（IC）やジャンクション（JCT）だけでなく，サービスエリア（SA）やパーキングエリア（PA）も含む．

(3) 分析対象期間

分析対象期間は 2019 年 1 月 1 日～2019 年 12 月 31 日，もしくは，2019 年 3 月 1 日～2020 年 2 月 29 日の 1 年間と



(a) 85%tile 値　(b) 平均値　(c) 15%tile 値

図-4 速度性能曲線パラメータの類型化

する．

(4)　分析対象断面

本論では，NEXCO 中日本管内に設置されている車両感知器（N=985）のデータを使用する．なお，都市間高速道路の代表的な車線数と規制速度の組合せである片側 1 車線（70km/h），片側 2 車線（80km/h），片側 2 車線（100km/h），片側 3 車線（100km/h）を分析対象とする．これに加えて，下記 1)～7)の条件を満たす車両感知器を分析対象とする．結果として，本論の分析に用いる車両感知器は 154 断面であり，**表-1** はその内訳である．

1)　第 1 種の道路であること
2)　登坂車線等の付加車線設置区間でないこと
3)　連絡等施設の 500m 以内に設置されていないこと
4)　当該勾配区間長が 300m 以上であること
5)　上流勾配の絶対値が 2%以内であること
6)　5 分間交通流率の最大値が 1,000[台/h/車線]以上であること
7)　Q-V 図が特殊な形状をしていないこと

(5)　分析手順

本論では，まず，先述した 154 断面の速度性能曲線の線形回帰パラメータと道路構造条件（車線数，規制速度，縦断勾配）の関係について，決定木分析から考察する（**4 章**）．次に，この決定木分析の結果に基づいて区分した速度性能曲線を作成する（**5 章(1)**）．最後に，道路の性能照査に用いる速度性能曲線を提示する（**5 章(2)**）．

4.　速度性能曲線を区分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，速度性能曲線を区分する道路構造条件を抽出する．

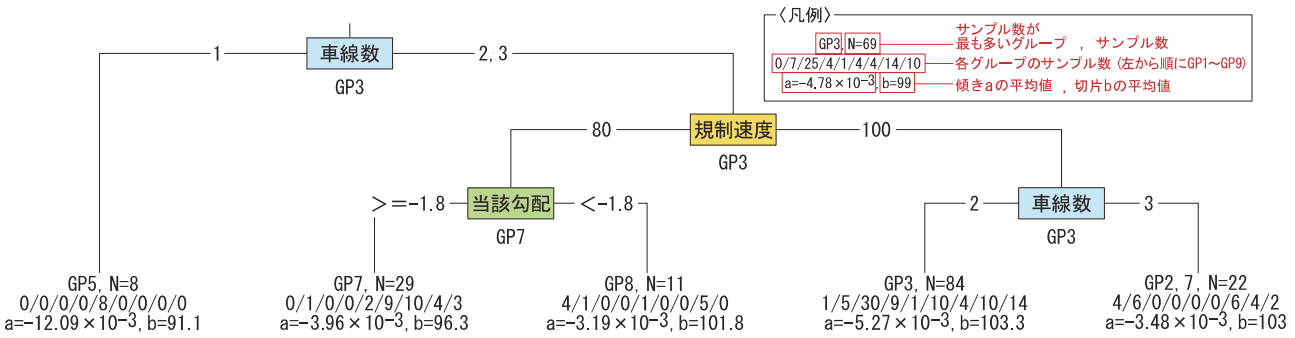
(1)　速度性能曲線パラメータの類型化

速度性能曲線を区分する道路構造条件の抽出にあたっては，速度性能曲線を表す指標を目的変数とし，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，本論の目的変数である速度性能曲線パラメータは，傾きと切片の 2 つ存在し，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．このため，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[14]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．**図-4** は，速度性能曲線パラメータの散布図である．**図-4(a)**は 85%tile 値，**図-4(b)**は平均値，**図-4(c)**は 15%tile 値を対象に集計した速度性能曲線パラメータの散布図であり，傾き a と切片 b の絶対値は，集計方法が 85%tile 値，平均値，15%tile 値の順に小さくなっている．本論では，図の点線に示す傾き a と切片 b の 33%tile 値と 67%tile 値を閾値として，分割した 9 つのグループを決定木分析の目的変数とする．一方で，決定木分析の説明変数は，**図-3** に示す道路構造条件の内，車線数（片側 1 車線，片側 2 車線，片側 3 車線），規制速度（70[km/h]，80[km/h]，100[km/h]），当該勾配[%]とする．

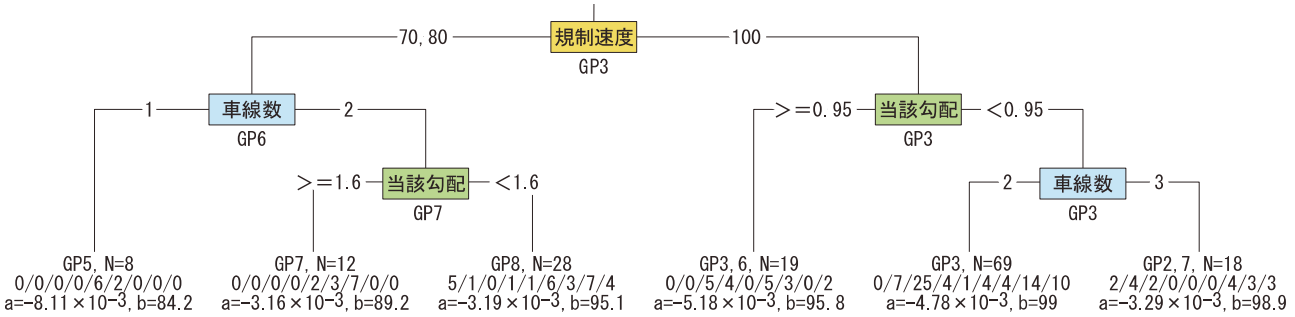
(2)　決定木分析

85%tile値，平均値，15%tile値別に実施した決定木分析の結果を**図-5**に示す．図に示す結果は，凡例に示すとおり，サンプル数が最も多いグループ，サンプル数，各グループのサンプル数，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，逆戻りしないという特徴がある．

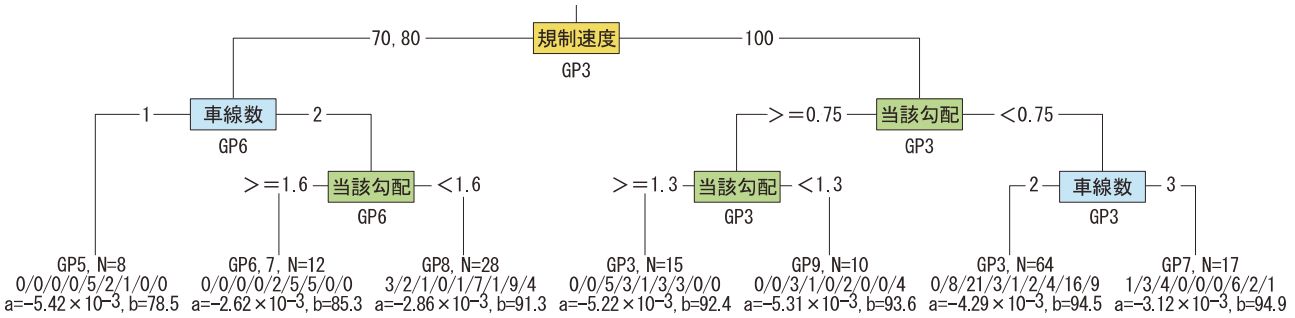
まず，**図-5(b)**の平均値と**図-5(c)**の15%tile値の最上部の分岐条件は規制速度となっている．平均値および15%tile値の平均以下の速度のグループは，規制速度を強く意識した走行をしていることを示唆する結果となっている．これは先述した「規制速度適用による閑散時の速度が低



(a) 85%tile 値



(b) 平均値



(c) 15%tile 値

図-5 決定木分析結果

下した」とする1985年版HCMの規制速度の影響に関する指摘と合致する．次に，規制速度70[km/h]と80[km/h]の2番目の分岐条件は，車線数が1車線であるか2車線であるか，すなわち追越の能否を示唆する結果となっている．規制速度100[km/h]の2番目の分岐条件は，当該勾配が上り勾配か下り勾配であるかの結果となっている．

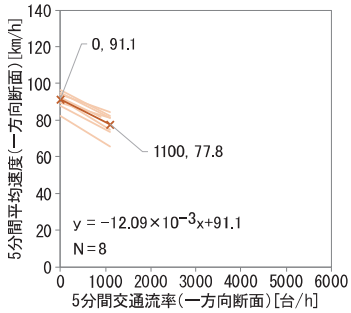
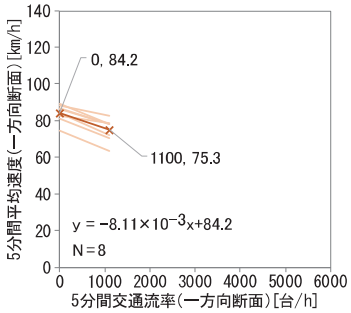
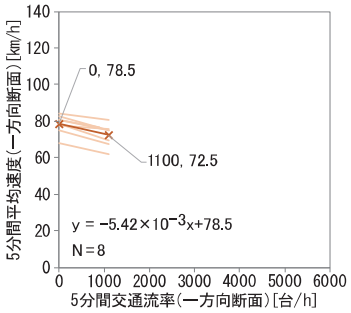
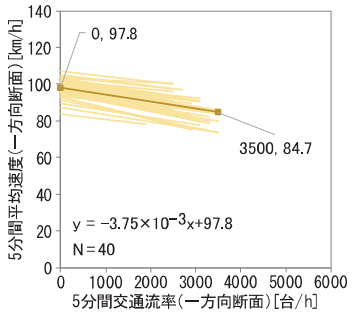
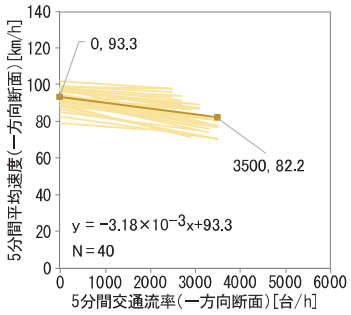
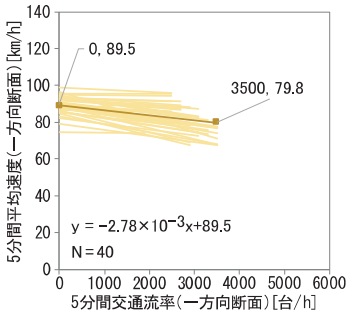
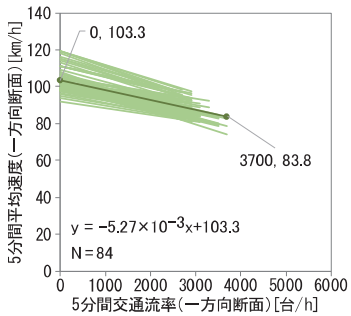
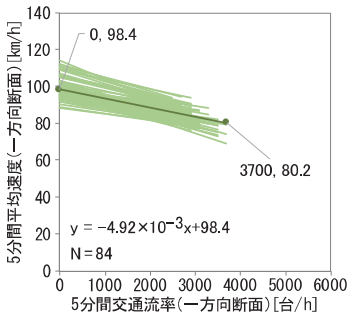
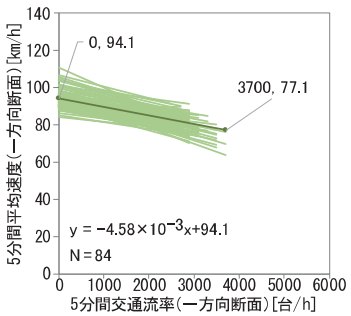
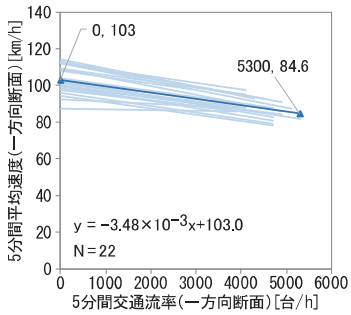
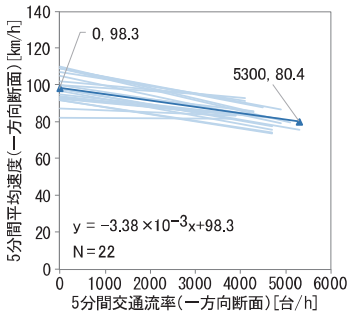
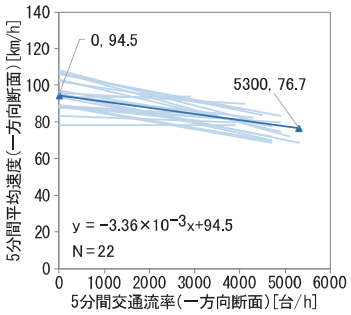
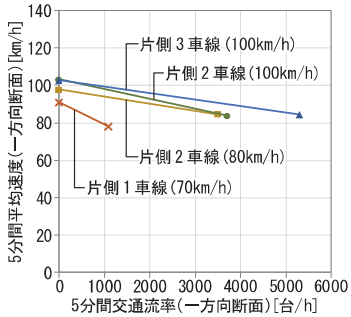
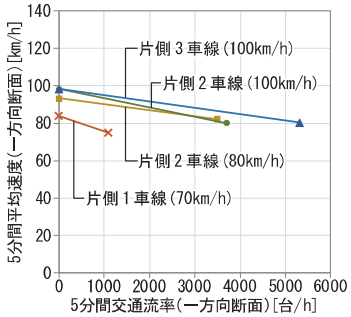
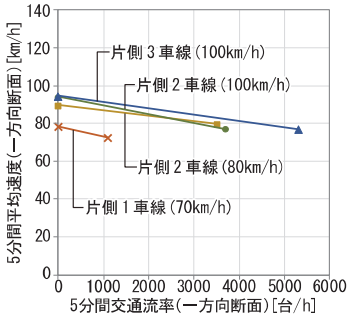
一方で，**図-5(a)**の85%tile値の最上部の分岐条件は，車線数が1車線であるか否かであり，平均値と15%tile値の結果とは異なっている．85%tile値の比較的高い速度のグループは，追越の能否が最も影響を与える要因であることを示唆する結果となっている．2番目の分岐条件は，規制速度であり，3番目の分岐条件は，当該勾配が上り勾配であるか否かと，車線数が2車線か3車線であるかの分岐になっている．

以上より，本論では決定木分析で最上位の分岐条件となった車線数と規制速度を用いて，速度性能曲線を区分することとする．なお，縦断勾配も速度性能曲線に影響要因であることが明らかになったものの，縦断勾配を含めて区分した速度性能曲線は，縦断勾配の変化点別に速度性能曲線を適用することになり，後述する道路の性能照査が煩雑になる．本論では，まず実務で簡便に使えることに重点を置き，縦断勾配の適用を見送ることとする．縦断勾配に関しては，実務上，山地部や平地部などのように，大きく区分することが望ましく，その区分方法に関しては別途検討が必要であると考える．

5. 道路の性能照査に用いる速度性能曲線の検討

本章では，前章の結果を踏まえ，車線数と規制速度別

表-2 区分別速度性能曲線

道路構造条件	85%値	平均値	15%tile 値
片側 1 車線 70[km/h]			
片側 2 車線 80[km/h]			
片側 2 車線 100[km/h]			
片側 3 車線 100[km/h]			
区分別速度性能曲線の比較			

に区分した速度性能曲線を作成する．また，道路の性能照査に用いる速度性能曲線を提案する．

(1) 区分別速度性能曲線

本論の分析対象である 154 断面について，車線数と規制速度の道路構造条件別かつ 85%tile 値，平均値，15%tile 値の集計方法別の速度性能曲線を**表-2** に示す．表中のグラフの並びは，上から順に，片側 1 車線 70[km/h]，片側 2 車線 80[km/h]，片側 2 車線 100[km/h]，片側 3 車線 100[km/h]である．図の薄い線は各断面の速度性能曲線で

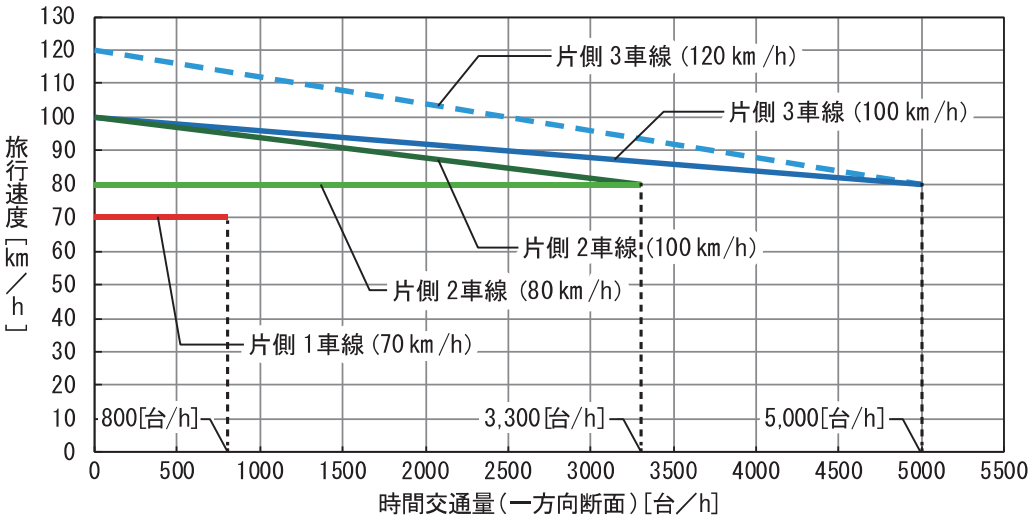


図-6 道路の性能照査に用いる速度性能曲線

あり，濃い線は薄い線の傾きと切片の平均値により描かれる速度性能曲線である．また，濃い線の右端点は，薄い線の 5 分間交通流率の最大値である．本論では，この濃い線を区分別速度性能曲線と呼ぶこととし，この区分別速度性能曲線を比較した結果を表の最下段に示す．

最上段の片側 1 車線（70km/h）の区分別速度性能曲線は，いずれの集計方法であっても，すべての交通流率の範囲において，規制速度 70[km/h]を超えている．また，また，平均値の回帰式の傾きが-8.11×10^{-3} であるなど，他の道路構造条件に比べて大きな値となっている．

片側 2 車線（80km/h）の区分別速度性能曲線は，15%tile 値の結果を除き，すべての交通流率の範囲において，規制速度 80[km/h]を超える結果となっている．一方で，同じ片側 2 車線の道路構造である，片側 2 車線（100km/h）の区分別速度性能曲線は，85%tile 値の結果を除き，規制速度 100[km/h]を下回る結果となっている．同じ規制速度である片側3車線（100km/h）の区分別速度性能曲線についても，85%tile 値の結果を除き，規制速度 100[km/h]を下回る結果となっている．

最下段の区分別速度性能曲線の比較における区分別速度性能曲線の速度は，いずれも80～100[km/h]の範囲にあり，規格が上位であるほど，速度が高い傾向がみられる．しかし，多交通量時には，片側2車線（80km/h）と片側2車線（100km/h）の速度が逆転するなど，明確な違いはない．このことに関して，規制速度（80km/h）の道路構造は，規制速度（100km/h）の道路構造と同等の速度性能を持つ区間があると解釈できる．また，別の解釈として，道路構造に見合う適正な規制速度が設定されていない区間の存在を示唆する結果ともいえ，規制速度とその道路構造に対応した実勢速度の関係は，規制速度の見直しが進められている高速道路において，今後の重要な検討課題であると考えられる．

(2) 道路の性能照査に用いる速度性能曲線の提案

本論では，大量の実観測データを用いることで，正確であり，恣意性が無く，合意形成し易い速度性能曲線の作成を目指した．しかしながら，実観測データに基づく速度性能曲線は，規制速度を上回ることや，必ずしも道路構造の規格に準じた速度にならないなど，実務で使用する上で，様々な問題があることがわかった．このため，本論では，この区分別速度性能曲線をそのまま，道路の性能照査に用いることはせず，実務での使用に重点を置き，規制速度による補正を加えてたものを道路の性能照査に用いる速度性能曲線として提案する．なお，本論では，実務の場面にまず必要になるであろう平均値に基ずく区分別速度性能曲線を対象に補正を加えることとする．

ここで，速度性能曲線の補正方法について述べる．片側 1 車線（70km/h）と片側 2 車線（80km/h）の速度性能曲線は，全ての交通流率で規制速度を上回っているため，全ての交通流率で規制速度と同じ値とした．片側 2 車線（100km/h）と片側 3 車線（100km/h）は，区分別速度性能曲線の右端部は据え置き，左端部の切片を規制速度と同じ値とした．片側3車線（120km/h）は，実観測データに基づいた結果は無いものの，規制速度 120[km/h]の適用範囲が増えることを見込み，片側3車線（100km/h）の切片を 120[km/h]に変更して作成した．

図-6 は，本論が提案する道路の性能照査に用いる速度性能曲線である．先述した補正を加えたことにより，縦軸の速度は，すべての時間交通量において，規制速度を超えず，道路構造の規格に準じた並びとなり，実観測データに基づく区分速度性能曲線で挙げた実務上の問題点に対応できている．

これらの速度性能曲線の式を(1)～(5)に示す．片側 1 車線（70km/h）$V_{1\text{-}70}$ は式(1)，片側 2 車線（80km/h）$V_{2\text{-}80}$ は式(2)，片側 2 車線（100km/h）$V_{2\text{-}100}$ は式(3)，片側 3 車線（100km/h）$V_{3\text{-}100}$ は式(4)，片側 3 車線（120km/h）$V_{3\text{-}120}$ は

式(5)であり，単位はいずれも[km/h]である．

$$V_{1-70} = 70\ (0 \le q \le 800) \quad (1)$$

$$V_{2-80} = 80\ (0 \le q \le 3{,}300) \quad (2)$$

$$V_{2-100} = -6.06 \times 10^{-3} \times q + 100\ (0 \le q \le 3{,}300)\ (3)$$

$$V_{3-100} = -4.00 \times 10^{-3} \times q + 100\ (0 \le q \le 5{,}000)\ (4)$$

$$V_{3-120} = -8.00 \times 10^{-3} \times q + 120\ (0 \le q \le 5{,}000)\ (5)$$

ここに，qは，時間交通量[台/h]である．各式の時間交通量の適用範囲は，式(1)が 0～800[台/h]，式(2)と式(3)が 0～3,300[台/h]，式(4)と式(5)が 0～5,000[台/h]である．

なお，速度性能曲線の右端点は，先述した濃い線の区分別速度性能曲線の右端点の値ではなく，昭和 45 年版の道路構造令の解説と運用 [15]にある設計交通容量の値を参考にして，片側 1 車線が 800[台/h]，片側 2 車線が 3,300[台/h]，片側 3 車線が 5,000[台/h]とした．また，地点速度と旅行速度は全く異なる概念ではあるものの，都市間高速道路は速度変化が小さく，地点速度と旅行速度に大きな違いはないと考え，図-6 に示す速度性能曲線の縦軸は，地点速度[km/h]ではなく，旅行速度[km/h]と表記する．ただし，冒頭で述べたとおり，本来は旅行速度データを用いることが望ましく，これを用いた速度性能曲線の導出は今後の検討課題であると考える．

6. おわりに

本論では，拠点間の旅行時間を用いて道路の性能を照査するため，車両感知器から得られる交通量と平均速度データを用いて，都市間高速道路の速度性能曲線（交通流率と平均速度の関係）を作成した．

まず，速度性能曲線を区分する道路構造条件を抽出するために実施した決定木分析では，平均値と15%tile値の最上部の分岐条件が規制速度であり，平均以下の速度のグループは，規制速度を強く意識した走行であることがわかった．一方で，85%tile値の最上部の分岐条件は，車線数が1車線であるか否かという結果であり，比較的高い速度のグループは，追越の能否が最も影響を与えていることがわかった．次に，車線数と規制速度により作成した区分別速度性能曲線は，いずれも80～100[km/h]の範囲にあり，規格が上位であるほど，速度が高い傾向がみられた．しかし，多交通量時には，片側2車線（80km/h）と片側2車線（100km/h）の速度が逆転するなど，明確な違いはみられなかった．最後に，実観測データに基づいて作成した平均値の区分別速度性能曲線に対して，規制速度や設計交通容量による補正を加え，道路の性能照査に用いる速度性能曲線を提案した．

以上のように，本論は道路の性能照査に用いる速度性能曲線を提案したものであるが，都市間高速道路に限定したものとなっており，都市高速道路の速度性能曲線についても同様の検討が必要である．また，本論が提案した道路の性能照査に用いる速度性能曲線は，規制速度による補正を加えているが，15%tile値や85%tile値といった集計方法や，現行のHCMにある自由速度適用の是非などについても検討し，改良を加えていく必要がある．その他，規制速度と実勢速度との関係や，旅行速度による速度性能曲線の導出，速度性能曲線に対する縦断勾配の適用方法なども，今後の検討課題であると考える．

REFERENCES

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) 一般社団法人交通工学研究会：機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン(案)，2018.9.
3) Transportation Research Board (TRB): Highway Capacity Manual, 1950.
4) Transportation Research Board (TRB): Highway Capacity Manual(1965), 1965.
5) Transportation Research Board (TRB): Highway Capacity Manual(1985), 1985.
6) Roger P. Roess, Elena S. Prassas: The Highway Capacity Manual: A Conceptual and Research History Volume1: uninterrupted Flow, Springer, 2014.
7) 社団法人日本道路協会：道路の交通容量，丸善，1984.
8) 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.
9) 石田貴志，大口敬，邢健，後藤誠：都市間高速道路における速度の経年変化に関する研究，土木学会論文集 D3，Vol. 78，No. 5，pp. I_839-I_852，2023.
10) 青山恵里，下川澄雄，吉岡慶祐，森田綽之：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.
11) 近田博之，石田貴志，野中康弘，山本隆，鳥海梓：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，土木計画学研究・講演集，Vol. 66，2022.
12) 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.
13) 内海泰輔，浜岡秀勝，中村英樹：往復分離 2 車線自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.
14) 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.
15) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，1970.

(Received October 13, 2023)

STUDY OF SPEED-FLOW CURVES UNDER DIFFERENT GEOMETRIC CONDITIONS OF INTERCITY EXPRESSWAYS

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