

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^{*1} Quantification of the Quality of Service in the Basic Motorway Section Based on Driver's Perception and Analysis of Its Explanatory Factors

中村 英樹^{*2}・加藤 博和^{*3}・鈴木 弘司^{*4}・劉 俊晟^{*5}

by Hideki NAKAMURA, Hirokazu KATO, Koji SUZUKI, Shunsei RYU

1. はじめに

道路幾何構造選定における判断基準として、想定交通量が各代替案に流れるとき、どのような交通状況が実現され、そのときドライバーがどのような運転挙動を行い、結果として交通サービスをドライバーがどのように捉えるかを把握することが重要である。その一方で、道路幾何構造は、予算制約や環境制約を受けるため、あらかじめそれを考慮して、供給すべき交通サービスの質(Quality of Service; QOS)を設定する必要がある。このアプローチを用いて道路幾何構造を選定する際にポイントとなるのは、サービスの質をどのように定量化するかである。

アメリカのHCM¹⁾では、サービスの質の段階を表す Level of Service(LOS)が定義され、走行速度や混雑の状況といったマクロな交通状況と概ね対応づけられている。しかし、ドライバーのミクロな運転挙動や、走行状態に対する快適性の認識とは必ずしも定量的に対応していない。一方、わが国では具体的なサービスの質の定量指標は実用に供されていない。道路の幾何構造選定においては、これに代わる基準として「計画水準」を設定し、各水準における v/c(交通量一交通容量比)を用いて代替案評価を行っている。しかしながら、これらの各水準において実現する速度や移動の自由度など、具体の交通状況との対応は不明確である²⁾。

そこで本研究では、道路交通サービスの質の定量化に関する1つの試みとして、ドライバーの主観的快適性を表す満足度に基づいた定量化を試みる。そして、満足度とそれを構成する印象、および交通状況との対応関係を明示することを目的とする。そのため、まず都市間高速道路の単路部を対象とした走行実験を実施し、交通状況とドライバーの感覚に関するデータを収集し分析を行う。さらに、ドライバー満足度に基づいたサービスの質の基準を仮定し、既往のサービスの質に関する指標との比較考察を行う。

2. 研究の方法

(1) 交通状況と運転挙動の因果構造

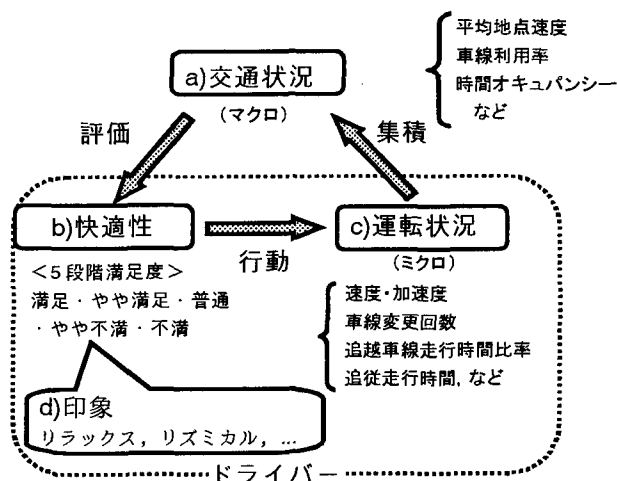


図1. 交通状況とドライバー快適性評価、運転挙動の循環構造

本研究では、ドライバーの道路交通状況に対する認識と、それに伴う運転挙動特性との因果構造に関して、図1のような仮説を考える。これは、ドライバーは a) 交通状況や道路構造に対し b) 快適性によって表現される快適性評価を行い、それに応じて c) 運転挙動を変化させ、それが再び a) 交通状況に影響を与える、という循環構造である。このとき、b) 満足度は、d) 個別の印象の総合として知覚されるものと考えることができる。これら各要素間の関係を定量的に分析することが本研究の重要なポイントである。

各要素のデータとして、a) のマクロな交通状況は車両感知器やビデオ観測から得られる。また、c) の運転挙動は様々な道路構造や交通状況下での走行実験によりデータを収集する。さらに、b)、d) については、走行実験と同時にドライバーに対して実施するアンケート調査からドライバーの主観的評価を把握する。特に d) については、商品開発分野で多用されている官能検査(Sensory Test)の手法を用いて、ある区間における交通状況を一般商品への嗜好と同様に捉えて、ドライバーの認識を評価することを試みる。

(2) 走行実験

都市間高速道路単路部の1インターペア間を対象として実施した走行実験の概要を、表1に示す。実験では、助手席にビデオカメラを搭載した被験車両を走行させ、1回の走行直後に被験者ドライバーに対し、交通状況に対する満足度や印象についてアンケートを行っている。また、同時に高速道路外部からのビデオ撮影により本線交通状況を把握している。

*1 キーワード: 交通流, サービス水準, 交通容量

*2 正会員 工博 名古屋大学大学院助教授 工学研究科地圏環境工学専攻

*3 正会員 博(工) 名古屋大学大学院助手 工学研究科地圏環境工学専攻

*4 学生会員 名古屋大学大学院地圏環境工学専攻 博士課程前期課程

*5 学生会員 工修 名古屋大学大学院地圏環境工学専攻 博士課程後期課程
(〒464-8603 名古屋市中千種区不老町 TEL.052-789-2771, FAX.052-789-3837)

表 1 走行実験の概要

目的	ドライバーの走行時の交通状況評価、および運転挙動に関するデータ収集
区間	東名高速道路 名古屋IC～東名三好IC(上・下線)の約93km
日時	平成10年11月27日 5:30～11:00, 14:00～18:30
被験者	名古屋大学 教官・学生計24名 (午前・午後 各12名)
方法	・助手席にビデオカメラを搭載した車両を実際に走行 ・走行後、ドライバーが満足度に関するアンケートに回答 ・各被験者 3往復6回の走行 ・高速道路外部より本線交通状況をビデオ撮影
収集データ	<満足度アンケート> ・被験者属性 (年齢, 運転歴, 運転頻度, 高速道路運転頻度) ・車両属性(排気量, 車種, 走行距離, 車齢) <ビデオ画像の読み取り> ・車線変更回数, 車線別追従走行時間, 車線別走行時間など

本研究では、様々な交通状況におけるデータを収集することが必要であるが、車両感知器データによって得られた実験当日の交通状況(図2)から、実験時間帯において自由流から交通容量状態まで幅広い交通状況となっていたことが確認される。

3. 自由流におけるドライバーの運転挙動とマクロな交通特性データとの関係

走行にある程度の自由が利く自由流状態においては、ドライバーの満足度は様々な運転挙動として顕在化し、これらの集積としてマクロな交通状況が生まれることとなる。今回の走行実験では、各走行における運転挙動特性として、車線変更回数、車線別走行時間などのデータが得られている。このうち、運転挙動として車線変更回数をとり、これと代表的な地点における車両感知器データとの関係をみたものが図3である。

これより、15分間交通流率が少ない状態では、追越車線利用率は低く(図3[a])、車線変更回数は10[km]あたりで1, 2回程度と少ない(図3[b])ことがわかる。ところが、15分間交通流率が増加し、両車線利用率が等しくなる交通流率(約2,600[pcu/時/2車線])を超えると、車線変更を頻繁に行う車両が生じ、これに伴い速度も低下し始める(図3[c])。このときの地点速度は90[km/h]前後である。

このような運転挙動の変化の背景には、図1の仮説に示すように、ドライバーが感じる快適性の変化があるものと考えられる。そこで次に、ドライバーの快適性を満足度によって計量し、これと交通状況、運転挙動との関連を分析する。

4. ドライバー満足度の定量化と影響要因分析

(1)系列間隔法³⁾による満足度の定量化

本研究では、「満足度」を道路幾何構造や周辺の交通状況によって規定されるドライバーの走行状況に対する満足度として定義する。したがって、コストや情報提供等に関

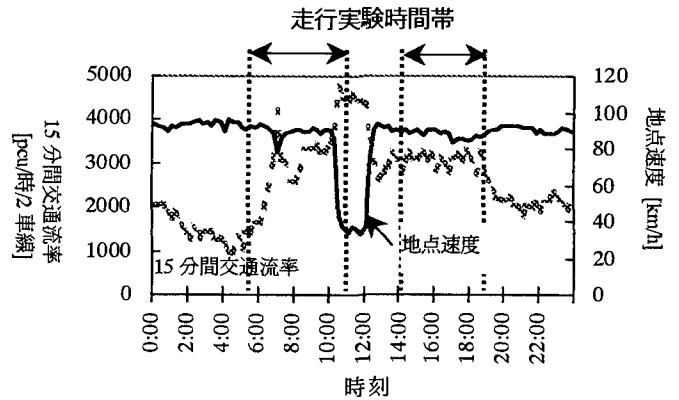


図 2. 走行実験当日の交通状況(東名高速上り 324kp)

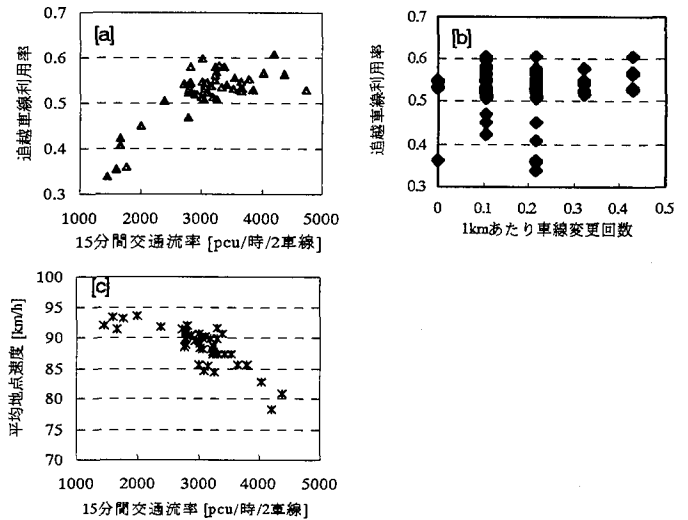


図 3. 交通流特性値と車線変更回数

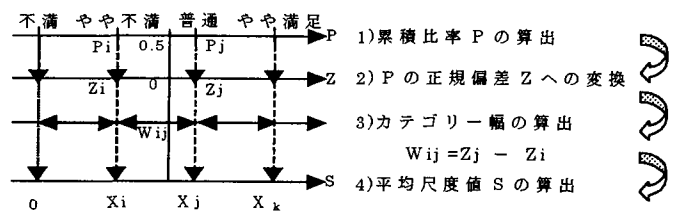


図 4. 系列間隔法の概要

表 2. 系列間隔法による満足度得点の定量化

満足度評価	不満	やや不満	普通	やや満足
系列間隔法による算定結果	0	0.62	1.63	2.33
満足度得点(100点換算値)	0	26.7	69.9	100

するものは含まないとする。

ドライバーの満足度に関するデータを得るために、走行直後のアンケート調査で、被験者に5段階の離散的な満足度評価(満足・やや満足・普通・やや不満・不満)で回答してもらう方法をとっている。この方法で得られる満足度は序数的尺度であり、各段階間の間隔が不明である。したがって、これを直接用いることにより、平均化や要因分析を行うことは不適切である。そこで、心理学の分野において一般的に用いられる「系列間隔法」の適用によって各段階

間の間隔を定量化し、基数的尺度である満足度得点への変換を図る。

系列間隔法の概要は図4に示す通りである。まず1)各段階の累積回答比率Pを求め、2)人間の判断は正規分布に従って分布するという仮定に従って、Pを標準正規偏差Zに変換する。これより3)各段階間の間隔の大きさWが求められ、最終的に4)各段階の段階間間隔を考慮した尺度値Sとして把握できる。

以上の手順によって、走行実験時のアンケート調査による満足度を得点化した値を表2に示す。また、「やや満足」を100点とした換算値に各段階を変換した結果を、併せて示す(系列間隔法では、「満足」は無限大となる)。この結果から、「やや不満」～「普通」間の間隔が他に比べて大きいことがわかる。

(2)満足度影響要因の分析

満足度評価の影響要因を把握するため、自由流の交通状況を対象に、満足度得点を被説明変数とした重回帰分析を行う。説明変数として、さまざまな変数を取り上げた結果、統計的に有意な値となったものを、表3に示す。これより、a)満足度を低下させる交通状況として最も影響が大きいのは15分間交通流率の増加であること、b)運転挙動としては、追従走行している時間の長さや車線変更の回数が満足度に影響を及ぼすこと、c)運転歴が短い人や運転頻度の少ない人ほど満足度を高く評価する傾向となること、がわかる。なお、大型車混入率、地点速度、車線利用率等は有意な説明変数とはなっていない。

5. ドライバーの道路に対する印象の定量的評価

(1) SD法によるドライバーの印象の定量化

次に、道路交通状況に対してドライバーが表明する快適性評価が、どのような個別の印象により構成されているのかを定量的に把握するために、SD(Semantic Differential)法³⁾を適用する。SD法は、提示された刺激、すなわち本研究では「運転、走行」の印象を、アンケート調査においてさまざまな形容語対で構成された尺度に評定させるものである。この評定に基づき各刺激間の類似性を捉えることや、因子分析や主成分分析によって刺激～印象～満足度の関係の構造を探ることが可能となる。本手法はOsgoodが心理測定の方法として提案したものであるが、最近では商品開発の官能評価や建築計画評価等にも応用されることが多い。本研究におけるSD法の適用は、道路交通状況を一種の商品とみてその官能評価を行うこととみなすことができる。

本研究では、印象を捉えるための形容語対を図5に挙げた21対設定している。形容語対の中には、「派手な-地味な」といった、一見道路の走行とは無関係に思われるものもあるが、SD法は、任意の商品に対して適用されるものであるため、網羅的な標準の形容語対があらかじめ経験的に選定されており、本研究でもこれをそのまま適用する。これ

表3. ドライバーの満足度の影響要因に関する重回帰分析結果(R²値:0.55, サンプル数:82)

説明変数	パラメータ (t 値)
定数項	1.46×10 ² (13.0)
追従走行時間比率(走行) [走行車線走行時の追従走行時間/旅行時間]	-20.9 (-2.5)
運転歴ダミー (運転歴2年未満:1, それ以外:0)	26.8 (4.6)
運転頻度ダミー (運転頻度週1回以下:1, それ以外:0)	17.6 (3.2)
15分間交通流率[pcu/時/2車線]	-2.19×10 ² (-6.9)
車線変更回数	-5.23 (-2.3)

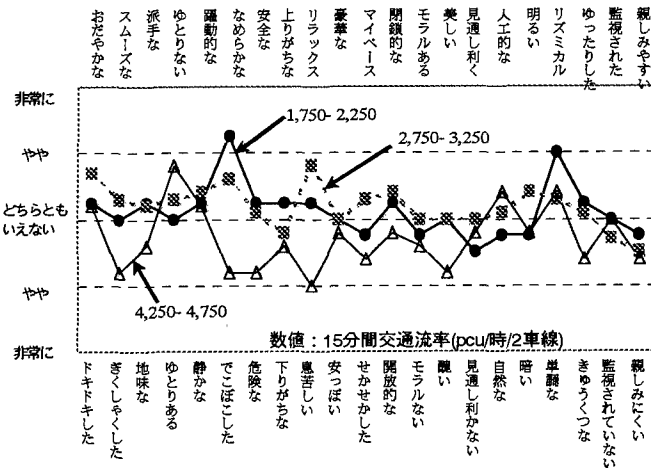


図5. 各交通量レベルに対する平均的印象

表4. 各印象の主成分分析結果

車線	主成分	固有値	寄与率(%)	累積寄与率(%)	固有ベクトルの大きい形容語(上位4語)	解釈
上り	第1	7.63	36.3	36.3	リラックスした, ゆったりした, 安全な, マイペースな	安心感
	第2	2.56	12.2	48.5	単調な, 監視された, 人工的な, 地味な	道路構造評価
	第3	1.37	6.50	55.0	明るい, 単調な, 見通しの利く, 静かな	視認性
	第4	1.23	5.80	60.8	美しい, 上りがちな, 豪華な, リズミカルな	美的感覚
下り	第1	5.89	28.0	28.0	きゆうくつな, 息苦しい, 閉鎖的な, 親しみにくい	負の安心感
	第2	3.20	15.3	43.3	地味な, 静かな, おだやかな, 単調な	道路構造評価
	第3	1.51	7.20	50.5	リズミカルな, 人工的な, モラルのない, 監視されていない	運転マナーの悪さ
	第4	1.46	7.00	57.5	モラルのある, 監視された, 単調な, 安っぽい	-

によって、道路交通に対する満足度を形成する印象構造を、他の商品のそれと対比することも可能になる。また、道路交通への満足度決定要因に関して、従来は見落とされていた観点が実は重要であることを明らかにできる可能性もある。

(2) 交通状況に対するドライバーの印象の変化

交通状況として15分間交通流率による区分を用い、各状況下での印象を、SD法アンケートによって得られた各

表 5. 道路交通に対するドライバーの印象と満足度との関係の重回帰分析結果

<上り線> R ² 値 0.52, サンプル数 64		<下り線> R ² 値 0.55, サンプル数 64	
説明変数	係数(t 値)	説明変数	係数(t 値)
定数項	1.99 (24.8)	定数項	1.86 (25.3)
第 1 主成分 安心感	0.259 (8.23)	第 1 主成分 (負の 安心感)	-0.279 (-8.27)
		第 3 主成分 (運転マナーの悪さ)	-0.166 (-2.38)

形容語対の評定値に関する全被験者の平均によって把握する。

図 5 は、自由流における 3 段階の交通状況について、印象の評定値平均を示したものである。この図より、被験者は 15 分間交通流率が小さい時には、快適な印象を持つ形容語「なめらかな」「リズムカル」や、落ち着いた印象を持つ形容語「おだやかな」「リラックス」を評価している一方、交通流率の増加に伴い、拘束された印象を持つ形容語「ぎくしゃくした」「きゅうくつな」「息苦しい」「ゆとりない」を評価する傾向があることが分かる。

(3) 主成分分析による各種印象の集約

各形容語対の評定値を集約するために、それらを変数とした主成分分析を行う。上下線別の第 1~4 各主成分と、固有ベクトルの大きい形容語、それに伴う各主成分の解釈を表 4 に示す。上下線とも第 4 主成分までの累積寄与率は 60%程度となり、第 5 主成分以下の各寄与率は 5%未満と小さい。また、各主成分の解釈は上下線ともに、第 1 主成分は安心感、第 2 主成分は道路構造である。第 3、第 4 主成分の解釈は上下線で異なるが、その寄与率は上下線いずれも第 1、第 2 主成分と比較して小さい。

6. 交通状況-ドライバーの印象-満足度の関係分析

以上で定量化されたドライバーの満足度、各種の印象と、それに影響を及ぼす交通状況との対応関係を、重回帰分析や相関分析により把握する。

(1) ドライバーの満足度と印象との関係

被説明変数を 4 章で求めた満足度得点、説明変数を 5 章の主成分分析による第 1~第 4 主成分として、上下線別に重回帰分析を行った結果を表 5 に示す。上り線では第 1 主成分(安心感)が満足度と相関があり、下り線は第 1 主成分(負の安心感)、第 3 主成分(運転マナーの悪さ)と相関があることがわかる。下り線のみ第 3 主成分が含まれた理由として、下り線では渋滞流時の走行サンプルが多かったことが考えられる。

(2) 交通状況とドライバーの印象との関係

満足度と相関のある主成分を構成する形容語と、走行実

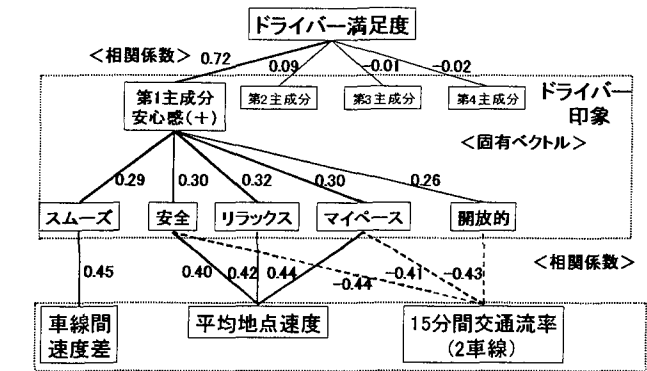


図 6. 交通状況指標とドライバー印象・満足度の関係(上り)

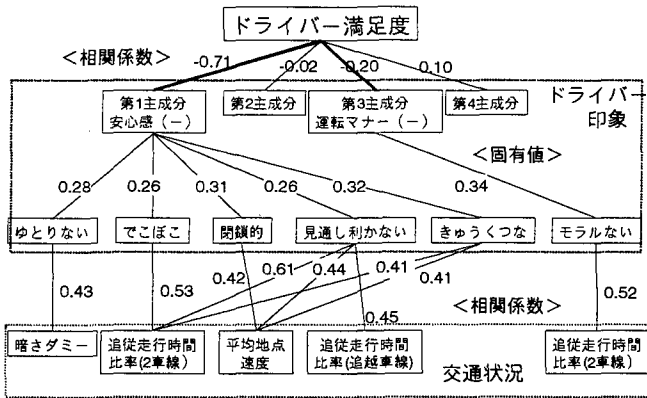


図 7. 交通状況指標とドライバー印象・満足度の関係(下り)

験データ及び車両感知器データから得られた実交通状況との相関関係を上下線別に示したものが、図 6、図 7 である。図中の数字は相関係数、または固有値を表す。

いずれの図においても、平均地点速度が高い相関を示している。本研究で定量化した満足度は 1 インターペア間を対象とした指標であるため、当該区間の交通状況を表す尺度として、「旅行速度」が重要であると考えていた。しかしながら、「旅行速度」は統計的に有意な結果とならず、「地点速度」が有意な結果を示した。これは、今回の実験が短区間の走行であったため、相対的に局所的な速度の印象が満足度に大きく影響を及ぼしたためであると考えられる。

このほか、上り線、下り線でそれぞれ以下の傾向が認められる。

a) 上り線(図 6) : 交通状況のうちドライバーの満足度に最も影響を及ぼす変数である 15 分間交通流率が、ドライバーの印象とも相関が高くなっている。

b) 下り線(図 7) : ミクロな交通特性である追従走行時間比率(追従時間/旅行時間)が、ドライバーの印象と高い相関を持っている。これは、下り線の午後の実験時間帯は、ほとんどのサンプルが追従状態を伴いやすい 3,500[pcu/時/2 車線]以上の交通量であったためであると考えられる。つまり、交通量が多い場合には、追従走行の状況がドライバーの印象や満足度に大きな影響を及ぼすことが示唆される。

7. ドライバー満足度に基づくサービスの質の定量化

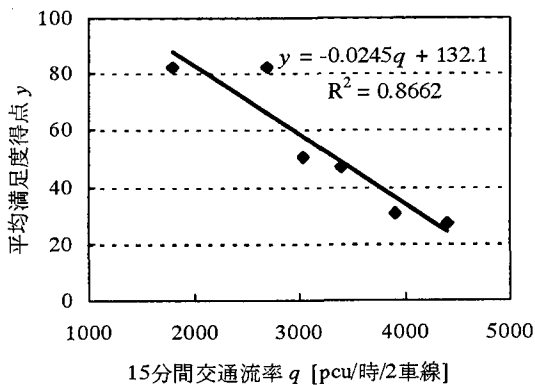


図8. 15分間交通流率と平均満足度の関係

(1) 自由流におけるドライバーの満足度に基づいたサービスの質の基準設定と交通状況との対応

以上の分析により、ドライバーの満足度を説明する交通状況指標と、その満足度を形成する印象要因が明らかとなった。これらのうち、満足度にとりわけ大きく影響を与える交通特性指標である交通量に着目し、各交通量レベルにおける平均的な満足度を推計する。

500[pcu/時/2車線]単位で区分した各カテゴリの平均15分間交通流率(q)と、各カテゴリにおける平均満足度得点(y)の関係を回帰分析した結果を図8に示す。両者の間には高い相関が認められる。この推計式により、各満足度得点に相当する15分間交通流率を求めることができる。

そこで、ドライバーの満足度を道路サービス質の指標と捉え、これに対応する交通量-交通容量比(v/c)とそのときの交通状況を表す各種観測値をまとめたものが表6である。これより、各満足度得点における交通状況が定量的に明示された。たとえば、ドライバーが「普通」と感じるのは v/c 比が0.6程度有的时候であり、このとき旅行時間の概ね半分は追従状態で、車線利用率は走行車線と追越車線でほぼ等しい。また、追従走行を強いられる時間が全体の3/4を超えると、ドライバーは不満を感じ始めることがわかる。

(2) 平均満足度に基づくサービスの質の基準と既往の基準との比較

各平均満足度に応じた v/c と、アメリカHCMのLOS¹⁾および日本の「計画水準」においてそれぞれ設定されている v/c を比較したものが図9である。アメリカHCMのLOS A($v/c=0.28$)は満足度「やや満足」に概ね相当し、フリーウェイの計画・設計の指標として用いられているLOS B($v/c=0.44$)は「普通」～「やや満足」に、またLOS Cは「普通」～「やや不満」に相当する。一方、日本の場合、多くの都市間高速道路の指標値として用いられている計画水準1($v/c=0.75$)は「普通」～「やや不満」に、計画水準2($v/c=0.85$)は「やや不満」に概ね相当する。

以上のことから、本研究で定量化したドライバー満足度からみれば、アメリカのフリーウェイは概ね「普通」の評

表6. 平均満足度に対応した具体的交通状況

平均満足度	車両感知器データ (マクロ交通特性)			運転挙動データ (ミクロ交通特性)		
	交通量-交通容量比 v/c	車線間速度差(km/h)	追越車線利用率	走行(追越)車線時間オキュパンス(%)	平均旅行速度(km/h)	追従走行時間比率
やや満足	0.28	≥ 19	0.30	6(3)	≥ 100	0.20
普通	0.60	≥ 18	0.52	8(6)	≥ 96	0.47
やや不満	0.85	≥ 14	0.57	11(12)	≥ 91	0.75
容量状態	1.00	≥ 4	0.52	26(29)	≥ 64	0.92

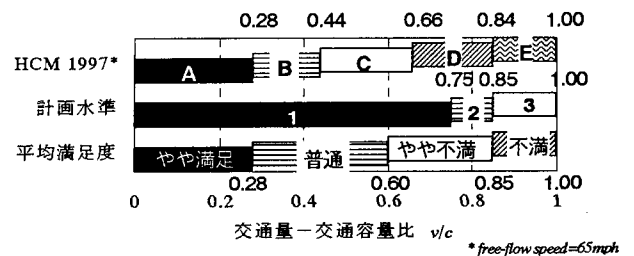


図9. 平均満足度による v/c と既往設定との比較

表7. 各サービスの質の基準に応じた必要車線数

サービス質の基準		交通量-交通容量比 v/c	必要となる車線数 (片側車線数)
平均満足度	計画水準		
やや満足		0.28	12車線(6車線)
普通		0.60	6車線(3車線)
	1	0.75	6車線(3車線)
やや不満	2	0.85	4車線(2車線)

価が得られる運用状態であるものの、日本の都市間高速道路では「やや不満」気味の評価となる。

(3) 平均満足度に基づく必要車線数の試算

最後に、ドライバーの満足度得点に基づくサービスの質の基準を用いて必要車線数を試算し、日本の「計画水準」による算定値との比較を行う(表7)。算定に際しては、今回の実験区間のAADT=94,111[台/日]、K値=72%、D値=56.4%を用いた。これより、ドライバーが「やや満足」と評価する場合の必要車線数は12車線(片側6車線)となる。このように、ドライバー主観に基づくサービスの質の基準を適用して、ドライバーが満足を得られるような道路整備を行うと、莫大な事業費が生じることが避けられないと示唆される。

8. おわりに

本研究では、都市間高速道路単路部を対象に、道路のサービスの質を表す一指標としてドライバーの主観に基づい

た満足度を定量化し、満足度と交通状況との関係を明らかにした。さらに、満足度を構成するドライバーの各種の印象についても調査を行い、交通状況が印象や満足度に影響を及ぼす構造を把握した。また、満足度に基づいたサービスの質の基準値を設定し、既往の基準との比較を行った。これらの分析結果の概要は以下のようにまとめられる。

- 1) ドライバーの満足度は、自由流状態では主に15分間交通流率によって影響を受けるが、このほか車線変更回数や追従走行時間、運転経験などによっても左右される。
- 2) ドライバーの満足度向上に大きく寄与する印象は「リラックスした」、「ゆったりした」などの「安心感」を与えるものであり、これらは15分間交通流率の低下や旅行速度の向上と相関が高い。
- 3) 交通量が多く渋滞が起きやすい状態では、追従走行の状況がドライバーの満足度や印象に大きく影響する。
- 4) 現在の日本の高速道路における30番目時間交通量時における交通状況に対しては、ドライバーの満足度は「やや不満」のレベルにあると評価される。一方、ドライバーを満足させるよう道路を設計するとかなり過大な設計が避けられない。

一般に、ドライバーの満足度に影響を及ぼす交通状況は、

道路の幾何構造によっても大きく左右されることが考えられる。しかしながら、今回の調査では、実験対象区間が1カ所のみでかつ全線往復4車線区間であったために、道路幾何構造の違いがドライバーの満足度に与える影響を分析できなかった。そのため、今後は往復6車線以上の区間や幾何構造の異なる区間についてもデータ収集および分析を行うとともに、様々な個人属性のサンプルを用いて一般化することが必要である。また、交通運用に際して重要な位置を占める、渋滞における交通状況の評価も大きな課題である。

本研究を進めるにあたり、貴重な資料を提供いただいた日本道路公団名古屋管理局の関係各位に謝意を表す。また本研究は、文部省科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))の補助を受けて実施したものである。

<参考文献>

- 1) Transportation Research Board : Special Report 209, Highway Capacity Manual 3rd Edition, 1998.
- 2) 中村英樹・二村 達・劉 俊晟: 多車線道路単路部における車線数決定要因に関する国際比較分析, 第18回交通工学研究発表会論文集, 1998.11.
- 3) 増山英太郎・小林茂雄: センソリー・エバリュエーション - 官能検査へのいざない -, 垣内出版, 1989.

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

中村 英樹・加藤 博和・鈴木 弘司・劉 俊晟

本研究は、道路交通のサービスの質の1つの側面として、ドライバーの主観的快適性を表す満足度に基づいた定量化を試みるとともに、満足度とそれを構成する印象、および交通状況との対応関係を明らかにすることを目的とする。都市間高速道路の単路部を対象とした走行実験を実施し、交通状況とドライバーの感覚に関するデータを収集し分析を行ったところ、交通状況とドライバーの満足度、運転挙動との間の対応関係を定量的に明示することができた。さらに、満足度に基づくサービスの質の基準を仮定し、既往の基準値と比較考察を行ったところ、現在日本の高速道路の計画段階に想定している交通状況に対して、ドライバーは満足していない傾向にあることが示された。

Quantification of the Quality of Service in the Basic Motorway Section Based on of Driver's Perception and Analysis of Its Explanatory Factors

by Hideki NAKAMURA, Hirokazu KATO, Koji SUZUKI, Shunsei RYU

This study tries to assess the quality of service of a basic motorway section based on the driver's perception, which is one of the noticeable concerns in the discussion on the quality of service. A field driving survey in a rural motorway section is conducted, in order to collect data on driver's degree of satisfaction under various traffic flow conditions. It is further analyzed how these measured values of degree of driver's satisfaction relate to the traffic flow conditions and driving behaviors, and the interrelationship among them is quantitatively described. In addition, setting the level of service based on the average satisfaction degree was tried and was compared with the conventional ones. The result suggests that the traffic condition in motorways, which is assumed in the current Japanese planning procedure, may hardly satisfy the drivers.