

道路交通センサスデータからみた 混雑度と旅行速度の関係に関する一考察

小塚 清¹・上坂 克巳²・青木亮二³

¹²正会員 国土技術政策総合研究所 道路研究室（〒305-0804茨城県つくば市旭一番地）

E-mail: traffic@nilim.go.jp

³非会員 社会システム（株）（〒153-0043 東京都目黒区東山1-5-4）

平成22年度道路交通センサスにおいては、民間プローブデータ等を活用し、これまで提供していた区間別の混雑時旅行速度に加え、12時間平均旅行速度及び非混雑時旅行速度のデータを公表している。この旅行速度データを活用することにより、道路サービスのレベルをよりの確に把握する環境が整備された。

一方で、従前より、道路サービスのレベルを評価するための指標として混雑度が広く用いられており、経年的に道路サービスレベルの変遷を把握するために重要な位置を占めているものの、混雑度と道路のサービスレベルとの関係については必ずしも明らかとされていない状況である。そこで本稿では、平成22年度道路交通センサスの集計データより、混雑度と旅行速度との関係を整理するとともに、道路交通において混雑度の持つ意味について、旅行速度の観点から考察を加えた。その結果から次の成果を得た。①旅行速度は信号交差点密度が低い場合は混雑度と密接な関係性を有すること。②信号交差点密度が高い場合においては、混雑度との関連性が薄れること。

Key Words : road-traffic census ,road traffic speed ,evaluation of service level , degree of traffic congestion

1. はじめに

道路の渋滞対策等の交通円滑化施策を効率的かつ効果的に実施していくためには、まずは、道路の渋滞状況を客観的な道路交通データに基づき的確に把握することが必要である。

このような中、上記観点を踏まえるとともに調査コストの削減も視野に入れつつ、平成22年度道路交通センサスにおいて、調査方法、調査内容の改革を行ったところである。^{1) 2)}

具体的には、道路交通調査の基本的単位となる交通調査基本区間の導入、民間プローブデータを広く活用した調査の簡素化や大多数の区間での時間帯別旅行速度の計測実現などが挙げられる。

一方で、道路交通センサスデータを活用して道路整備の進展が自動車の利用・移動の利便性向上に果たした役割を長期時系列で評価しようとする場合には、長期にわたる調査結果相互の比較が重要であり、この点から、昭和43年度調査から継続して調査項目となっている「混雑度」が道路のサービスレベルを定量化するための代表的な交通指標として有用であり、道路計画・事業評価等の

各場面において多用されているのが実態である。しかしながら、「混雑度」と道路上における実際の交通流との関係については、多くの研究事例があるものの、未だ明らかとなっていない部分が多い。そこで本稿では、平成22年度道路交通センサス³⁾の交通調査基本区間別の混雑度データ及び速度データを取り上げ、混雑度と旅行速度との関係を統計的に整理するとともに、道路交通において混雑度の持つ意味について、旅行速度との関係の観点から考察を加えた。

2. 本研究の目的について

(1) 混雑度の定義

道路交通センサスにおける混雑度については、各年度の道路交通センサス報告書において表-1の通り定義されており、いずれについても「『自動車通行可能な最大量』に対する『実際の通行量』の比」の概念となっている。混雑度のベースとなる交通容量は、表-2に示した通り、可能時間交通容量に対し、各交通調査基本区間ごとに、車線数、車道幅員、側方余裕幅、沿道状況、二輪車類・大型車混入率、信号交差点数、ピーク時間交通量、

重方向率の計測値に応じ補正が行われており、その結果上記の各要素に対応した交通容量が設定されている。これらの補正に使用されている係数は、各区間の実測値を用いているものもあるが、平均的な道路・沿道の状況に応じ類型化の上各類型に対応し一定値が採用されていることが多い。また、これとは別に、目標とするサービスレベルに応じ一律の補正S（地方部0.85、都市部0.9）が行われている。従って、交通容量に影響を与える上記要素を標準的に考慮した数値となっていると理解できる。

表－1 混雑度の定義（H22道路交通センサス）

区間単位	$\frac{T_{12}}{R_{12}}$	T_{12} :12時間自動車類交通量 R_{12} :12時間実交通量
区間集計	$\frac{\text{該当区間走行台キロ}}{\text{該当区間延長}}$	

表－2 道路交通センサスにおける交通容量の定義及び考え方

$C_{12} = C_B \cdot \gamma_L \cdot \gamma_N \cdot S \cdot \gamma_J \cdot 5000 / (K' \cdot D)$	
C_{12} :12時間交通容量	
C_B :車道幅員及び側方余裕補正後の可能時間交通容量	
γ_L :沿道補正	
γ_N :自動二輪車等補正	
S :サービス水準補正	
γ_J :信号交差点補正	
K' :年平均12h交通量に対する30番目時間交通量割合	
D :ピーク時重方向率	

交通容量決定要素	記号	センサスにおける数値算定の考え方	備考(課題等)
基本容量	CB	当該区間の車線数(2車線道路、多車線道路の区分)による一定値	(2車線道路:2,500pcu/h、多車線道路:2,200pcu/h、1車線道路:車道幅員により線形変動)
車線幅員による補正率	γ_L	当該区間の車線幅員値により線形変動	
側方余裕による補正率	γ_C	当該区間の側方余裕幅により線形変動(側方余裕幅は道路種別・車線数により変動)	
沿道条件による補正率	γ_I	当該区間の沿道状況区分(高速道路、山地部、平地部、市街地部、踏切あり市街地部)、バス専用レーン有無、車線数により一定値	道路上の駐停車、沿道施設からの車両出入りを考慮したものであるが、沿道出入り状況の反映精度が十分でない(実測に基づく平均的状況が前提)
二輪車混入による補正率	γ_N	当該区間のピーク時自動車類交通量、ピーク時二輪車交通量の実測値と地域区分(都市部・地方部)の別に定められた係数により算出	H22センサスから、二輪車交通量が任意観測となったため、非観測区間では二輪車混入率が推定値
計画水準	S	当該区間の地域区分別に実質一律値(都市部=0.90、地方部=0.85)	混雑率の押し上げ要因(都市部と地方部で別の数値を使用する根拠が不明)
信号交差点補正	γ_J	当該区間の車線数ごとに、信号交差点密度、沿道状況、青時間比に基づき算出	交差点の方向別交通量比率が当該区間の方向別交通量と異なる、青時間比が代表交差点のものである
K値(ピーク換算率)	K'	当該区間のピーク時間交通量、12時間交通量から年間30番目時間交通量を算出するための係数(沿道状況別に経験的に算出した定数)を用いて算出	算出される交通容量を、想定されるピーク時間交通量(年間30番目時間交通量)に換算したことを示す
D値(方向別換算率)	D	当該区間のピーク時重方向率を用いて算出	交通量の多い方向に対応した容量に換算したことを示す

(2) 混雑度の位置づけ及び意義

混雑度に対しては、複数の研究において「混雑の状況を計数化したものとなっているものの、具体的な交通状況をイメージすることが困難であり、速度低下がどの程度持続したかについては不明」⁵⁾などの指摘がされているものの、現場の道路管理・計画の実務においては、道路整備・改良実施の判断材料とされているなど、依然として重要度の高い指標として活用されている。また、「全道路延長に対する混雑度1.0未満の道路延長の割合」と定義された整備率の向上が道路整備の重要な目標と位置づけられていることから、全国的な道路整備水準を代表する指標としても引き続き重要な位置を占めている。

近年においては、情報通信技術の発展に伴い、個別車両の速度データなど走行履歴データが民間プローブデータの形でリアルタイムに収集されるようになっており、速度に関する指標を用いて道路交通の状況を把握するための手法も提案されてきているものの、混雑度は昭和43年まで遡って算出可能であり、他に道路交通の状況を長期にわたり追跡することが可能な指標が見当たらないことから、長期時系列で道路交通状況の変動を分析するためにも不可欠な指標と考えられる。

(3) 混雑度と道路交通との関係に関する既存の知見等

混雑度が道路交通とどのような関係にあるかについては、対象車両や対象区域を限定した調査を行ったものとして、各種の事例が報告されている。⁴⁾

実際の交通の状況と混雑度との関係については、既存の調査研究成果をもとに、「道路の交通容量」（社団法人日本道路協会）において、「混雑度の解釈」としてまとめられている⁵⁾が、この概念を定量化するには至っていない。

表－3 混雑度の解釈（「道路の交通容量」より）

混雑度	交通状況の推定
1.0未満	飽和時間0、 $Q/C < 1.0$ 昼間12時間を通じて、道路が混雑することなく、円滑に走行できる。 渋滞やそれに伴う極端な遅れはほとんどない。
1.0～1.25	飽和時間はほとんどの区間で1～2時間以下、 Q/C はほとんどの区間で1.0以下、昼間12時間のうち道路が混雑する可能性のある時間帯が1～2時間(ピーク時間)ある。何時間も混雑が連続するという可能性は非常に小さい。
1.25～1.75	飽和時間は0～12、 $Q/C > 1$ の時間が10～15% ピーク時間はもとより、ピーク時間を中心として混雑する時間帯が加速度的に増加する可能性の高い状態。ピーク時のみの混雑から日中の連続的混雑への過度状態と考えられる。
1.75以上	飽和時間0がほとんどなくなる。 $Q/C > 1$ の時間が50%を超える。 慢性的混雑状態を呈する。

(4) 本研究の意義及び目的

上記に示した通り、混雑度の定義から、混雑度1.0の

状態は、以下の通りになっていると判断される。

- ・ピーク時間帯（年間での交通量上位30時間以内：およそ12日のうち1時間の割合）において交通流が「飽和状態」（交通容量を超えた交通需要が発生した状態と定義する。以下同じ。）にあると解釈できる（計画水準補正がされていることを考慮すると、正確には都市部で約1.11、地方部で約1.18の状態が混雑度1.0と同等の状態となるが、ここでは触れないこととする）。

つまり、概念上は、混雑度1.0未満であれば、飽和状態となる時間帯は年間で30時間以内に収まることになる。そのため、仮に1時間を一つの単位で見た場合、混雑度1.0を超過している状態においては、約12日のうちいくつかの1時間帯において交通容量を超過する交通需要が発生し、その結果、当該時間帯において渋滞状態または混雑状態が起こっていると解釈される。12時間単位で見ると交通容量を超過する交通量発生もあり得るという考えとなり、センサス結果を見ると実際に混雑度2.0を超過している区間も多く見られている。すなわち、ここで言う「飽和状態」がどのような状態を意味するかにより、混雑度の有する意味が決まってくるものと考えられる。この「飽和状態」の意味は、道路状況・交通に関する様々な環境・状態に依存していると解釈される。また、「飽和状態」の具体的内容を表現する方法としては、当該道路を通行する自動車の速度を用いるのが妥当と考えられる。

そこで、本研究においては、長期時系列で道路交通状況の変動を分析するために重要な指標である「混雑度」に着目の上、全国で9万区間にのぼる交通調査基本区間の一部を対象に、主として平成22年度道路交通センサスの区間別「12時間平均旅行速度」のデータを用いて、旅行速度と混雑度の関係を集計結果により明らかとすることを目的とする。

なお、H22道路交通センサスにおける「混雑時旅行速度」の定義を以下に示しておく。

- ・朝時間帯（7~8時台）、夕時間帯（17~18時台）における旅行速度（必ずしも実際に混雑している時間帯の旅行速度とは限らない）

3. 本集計の対象とする区間の設定について

全国の交通調査基本区間のうち、本研究において集計の対象とする区間を、下記の通り設定した。その結果、集計対象区間数は45,653区間、集計対象道路延長は94,074.6kmとなった。

- ・交通量を観測した交通量調査単位区間、及び旅行速度が取得できた旅行速度調査単位区間の双方に該当する交通調査基本区間
- ・道路種別：一般国道、主要地方道及び一般都道府県道

- ・車線数：2車線（一方通行かつ1車線のものを含む）、及び4車線以上の道路（1車線、3車線道路を除外）
- ・アクセスコントロール区分：「出入自由」の区間

なお、今回集計対象からは、一般道路とは交通流の性質が異なると考えられる高速道路及びアクセスコントロールが行われている道路（自動車専用道路または類似の運用がされている道路）を除外した。これらの道路に関する集計・分析は別の機会を行うことを予定している。

4. 混雑時旅行速度と12時間平均旅行速度の関係

(1) 目的及び集計方法

最初に、従来より道路交通センサスの調査項目に挙げられていた混雑時旅行速度（以下、「混雑時速度」という。）、平成22年度センサスから算出が可能となった12時間平均旅行速度（以下、「平均速度」という。）との関係の概略を把握するため、両者について、混雑度帯別に集計・整理を行った。データ集計の条件・方法は以下の方法である。

- ・集計対象：3. で示した区間全て
- ・混雑度帯の設定：0.7~2.0の間で概ね0.1間隔（一部0.2間隔）
- ・集計方法：区間数単位で、混雑度帯別に両者の関係を示した散布図の描画（回帰直線及び相関係数を合わせて算出）、両者の比を示した箱ひげ図の作成

(2) 集計結果及び考察

集計結果の概要を図-1～図-3に示した。

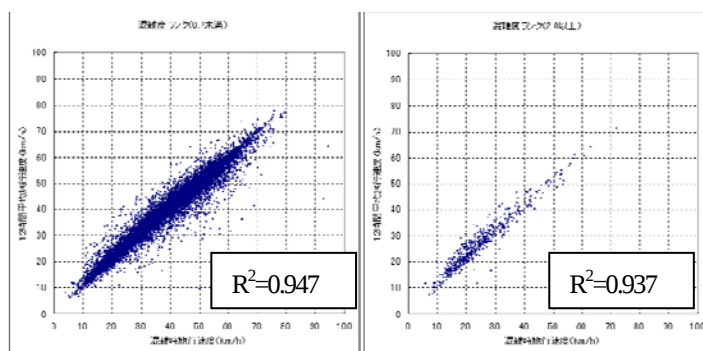


図-1 混雑時速度と平均速度の関係散布図
(左：混雑度0.7未満、右：混雑度2.0以上)

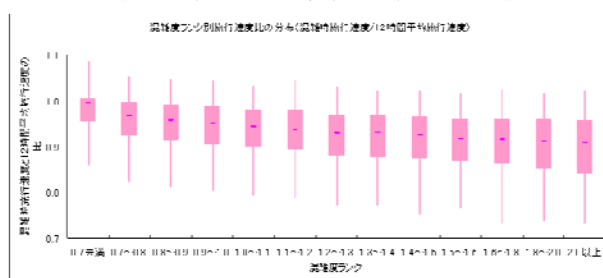
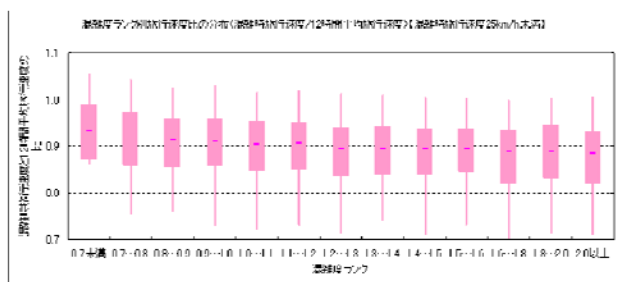


図-2 混雑度帯別の「混雑時速度／平均速度」分布

(ひげの上限を95%値、下限を5%値とした)



図－3 混雑度帯別の「混雑時速度/平均速度」分布
(混雑時旅行速度25km/h未満区間)

全体としては、混雑度が大きくなるにつれ、「混雑時速度/平均速度」(以下、「混雑時速度比」という。)はほぼ一様に減少する傾向(図－2)が見られるものの、集計前に予想していたほどには大きな差が見られていない。各混雑度帯毎の中央値で見ると、混雑度0.7未満の区間では混雑時速度比がほぼ1となっているのに対し、混雑度2.0以上であっても、なお0.9以上となっている。混雑度帯別の実際速度分布を見ても、混雑度の高い区間であっても平均速度自体が高く、同様に混雑時速度も高いところも少なからず見られており(図－1)、「混雑度の高い区間は日中慢性的に渋滞しているため混雑時速度比が低くならない」とも言い切れない部分が残る。

混雑時速度比のばらつき具合については、混雑度が大きくなるにつれ一様に拡大する傾向にあり、混雑度2.0超の区間については、5%値と95%値の間には0.3もの差がある。このことは、各区間の実際の混雑状況は混雑度だけでは説明がつかない部分があることを示唆しているものと考えられる。(図－2)

また、混雑時速度別に集計すると、混雑時速度が低い区間においては速度が高い区間と比較して、全混雑度ランクにおいて混雑時速度比が低く、かつばらつきが大きい傾向が現れている(図－3)。これは、混雑時速度が低い区間はちょっとした交通状況の変化などの外的要素により速度が影響を受けやすいことを示唆している。

5. 旅行速度(12時間平均)に影響を与える要因の抽出

(1) 目的及び集計方法

本項においては、旅行速度と混雑度の関係性を分析するに先立ち必要となる、速度に大きな影響を与える道路状況要素を道路交通センサスのデータ項目より抽出することを目的とする。既存の知見等より、候補として①沿道状況、②車線数、③信号交差点密度、④車線幅員、⑤指定最高速度を取り上げ、各センサス区間に対し、自由走行速度に近い状態のもとで、上記の候補項目それぞれの数値と速度の関係を集計した。データ集計の条件・方法

は以下の方法である。(従って、渋滞の要素が混在しないよう、非混雑区間を対象とした)

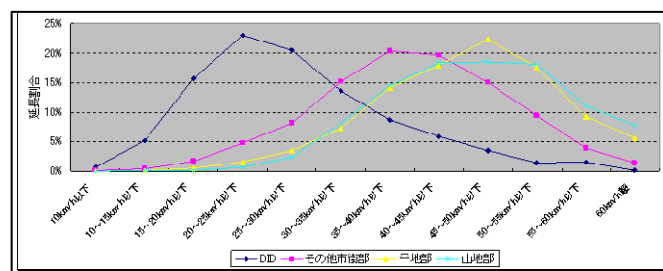
- ・集計対象：3. で示した区間のうち、混雑度1.0未満の区間
- ・各道路状況要素の区分：表－3の通り
- ・集計方法：各速度帯(10km/h~60km/hの間で5km/h間隔)を横軸に、該当する延長の割合を縦軸にとり、グラフ描画し、傾向を比較

表－4 道路交通要素の集計区分

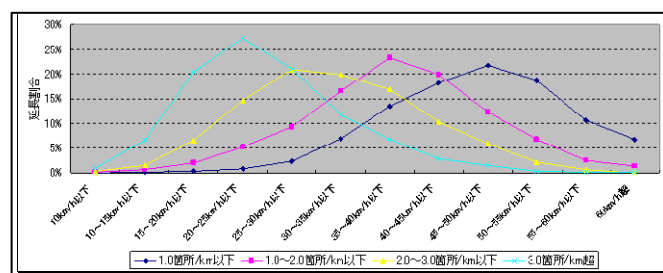
道路状況要素	集計区分	区分数
① 沿道状況	DID、その他市街地部、平地部、山地部	4
② 車線数	2車線(一方通行1車線含む)、4車線以上	2
③ 信号交差点密度(箇所/km)	1.0以下、1.0~2.0以下、2.0~3.0以下、3.0超	4
④ 車線幅員(m)	3.00未満、3.00~3.25未満、3.25~3.50未満、3.50超	4
⑤ 指定最高速度(km/h)	30、40、50、60	4

(2) 集計結果及び考察

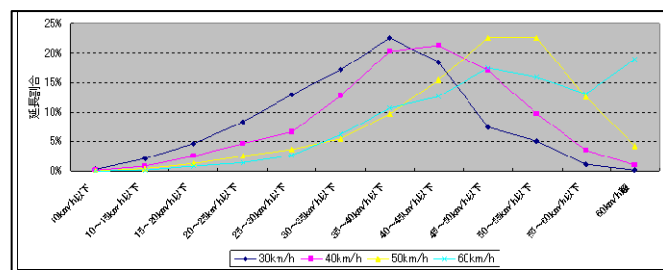
集計結果の一部を図－4～図－6に示す。



図－4 沿道状況と区間毎の平均速度の関係



図－5 信号交差点密度と区間毎の平均速度の関係



図－6 指定最高速度と区間毎の平均速度の関係

結果として、車線幅員以外については、いずれの道路交通要素も速度(平均速度)へ比較的大きな影響を与えていることがわかった。このうち、車線数は速度への影

響が大きいと考えられるものの、車線数の相違（特に2車線道路と4車線以上道路の違い）が、交通の流れ自体と密接な関連を有することから、車線数については、2車線道路と4車線以上道路の違いに着目した切り分けが適切と考えられる。また、指定最高速度についても基本的に10の倍数値という分散的な数値となっていること、沿道状況、交通状況、道路構造をもとに設定されているものの、設定の目安に過ぎず、基準が必ずしも明確になっているとまでは言えないため、県ごとに設定の考えが異なっているのを見られることから、次項における走行速度と混雑度の関係分析においては、幹線道路では最もポピュラーである、指定最高速度50km/hの区間に絞って関係の集計・分析を行うこととした。そこで、次項においては、上記における内容を考慮の上、①沿道状況、③信号交差点密度に着目し、平均速度と混雑度の関係を集計・分析を進めることとした。

6. 信号密度等を手がかりとした平均速度と混雑度の関係分析

(1) 分析に先立ち（沿道状況と信号交差点密度の関係整理）

本項の集計を行うに先立ち、①沿道状況と、③信号交差点密度の関係について整理を行った。

直感的には、アクセスコントロールのない状況においては、沿道状況と信号交差点密度との間には密接な関連性があるものと推測される（都市化が進んでいる地域であるほどアクセス需要が多い）。沿道状況は分散的な情報であるため、沿道状況を信号交差点密度により代替表現可能かどうか、両者の関係を集計した。その結果を図7に示す。

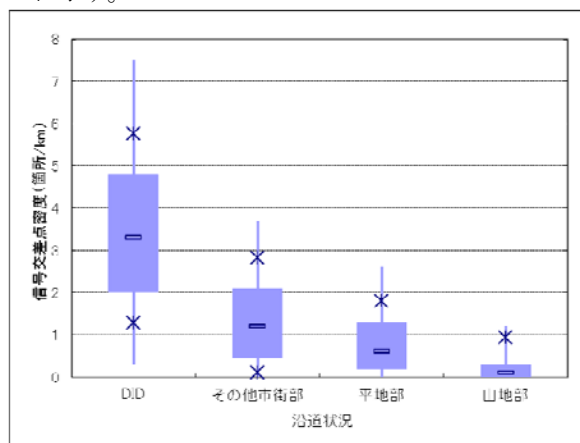


図7 沿道状況と信号交差点密度の関係

（ひげの上限を95%値、下限を5%値、×は平均値±σを示す）

同時に、DID=1、その他市街部=2、平地部=3、山地部=4のように（ダミーとして）数値化したデータと信号交差点密度の相関係数を算出したところ、-0.61と比較的良好な値を得た。これらより、信号交差点密度は

沿道状況を代替表現可能な指標と判断し、以後は信号交差点密度を手がかりとし、平均速度と混雑度の関係分析を進めることとした。

(2) 目的及び集計方法

本項においては、信号交差点密度ランク別に、旅行速度と混雑度の関係を分析し、混雑度が旅行速度に与える影響の程度について考察することを目的とする。

データ集計の条件・方法は以下の方法である。

- ・集計対象：3. で示した区間のうち、指定最高速度50km/hの区間（集計対象延長：2車線道路33,435.1km、4車線以上道路5,087.7km）
- ・集計方法：車線数区分の別（区分の方法は表4②と同じ）に、各信号交差点密度帯（表4③と同じ）ごとの、混雑度帯（区分方法は4.に同じ）別平均速度5km/h帯別区間延長を交通調査基本区間単位で集計し、その分布をグラフ化

(3) 集計結果及び考察

集計結果の一部を図8～図11に示す。

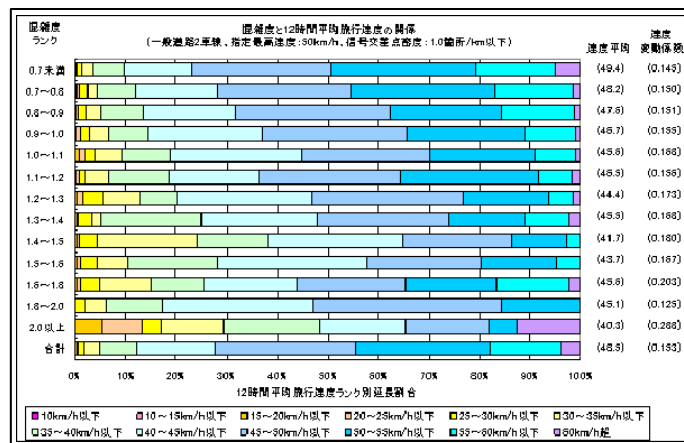


図8 混雑度と平均速度の関係
（信号密度1.0箇所/km以下：2車線）

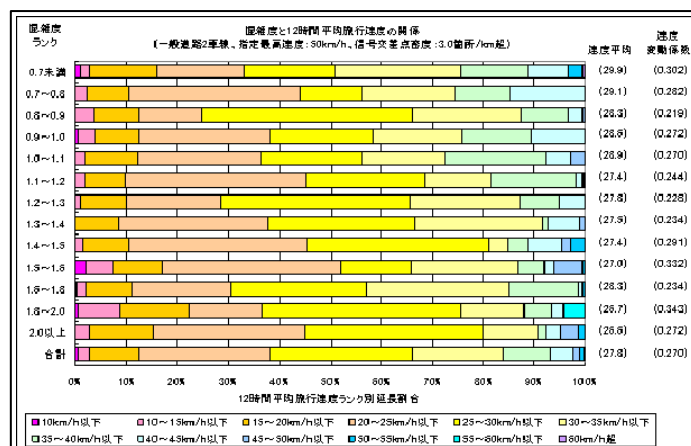
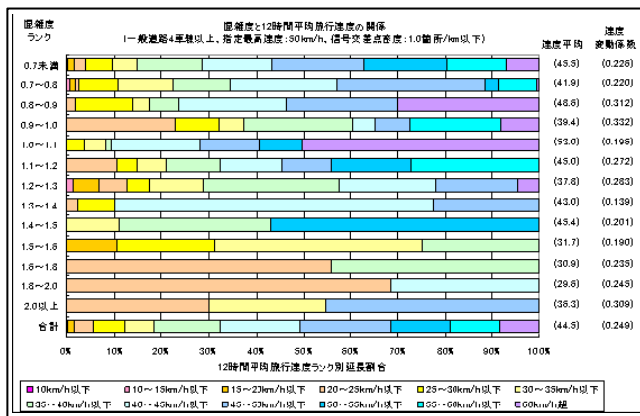
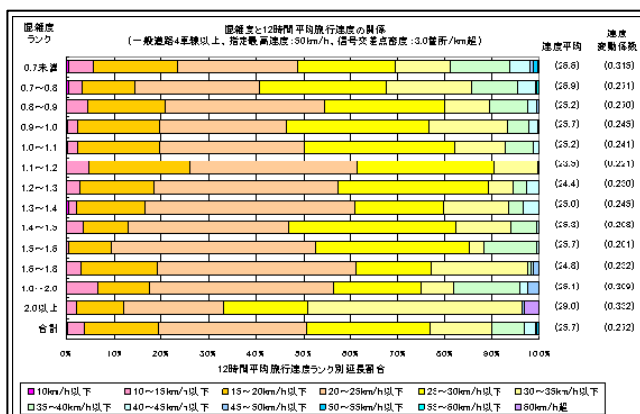


図9 混雑度と平均速度の関係
（信号密度3.0箇所/km超：2車線）



図ー 1 0 混雑度と平均速度の関係
(信号密度1.0箇所/km以下：4車線以上)



図ー 1 1 混雑度と平均速度の関係
(信号密度3.0箇所/km超：4車線以上)

集計結果から得た結論を下記に示す。

- ア) 2車線、4車線以上区間に共通の特徴として、
- ・信号交差点密度が小さい範囲では、混雑度が大きくなるほど、平均速度が低下する傾向となる。
 - ・一方で、信号交差点密度が大きくなるにつれ、その傾向が弱くなる傾向にある。(信号交差点密度が1 kmあたり3を超えるような場所では、混雑度と平均速度との相関がほとんどみられない)
 - ・信号交差点密度に関係なく、混雑度が大きくなるほど、平均速度のばらつきが大きくなる傾向となっている。
- イ) 上記ア) の傾向は、交通挙動パターンが単純な2車線道路に、より顕著に見られる。

7. まとめ

本稿では、道路交通サービスレベルの充足率として、最もポピュラーな指標とされている「混雑度」と、サービスレベルを量的に表現可能な指標と考えられる、平成22年度道路交通センサスより新たに公表された「12時間平均旅行速度」に着目し、それらの関係から、混雑度の

持つ意味へのアプローチを試みたものである。

その結果、まず研究目的へのアプローチの段階で、混雑度の概念整理ができたこと、平均速度と混雑時速度は相関が高く混雑時でも多くの箇所平均速度の9割以上となっていること、平均速度へ影響を与える要素とその影響程度をおおよそ特定できたこと、などの成果が得られた。さらに、これらの結果を踏まえた「混雑度」と「平均速度」の関係分析においては、信号交差点密度が小さい範囲では、混雑度が大きくなるほど、平均速度が低下する傾向となるなど比較密接な関連性が認められること、一方で、信号交差点密度が大きくなるにつれ、その傾向が弱くなる傾向にあること、これらのパターンが、交通挙動が比較的単純である2車線道路において顕著に見られたことなどの結果を得た。しかしながら、混雑度と旅行速度の関係について明確な結論を導くには至らなかった。

今後、道路交通センサスデータを活用した交通サービスレベルに関する研究は、交通量・旅行速度の常時観測体制を構築する中で、より高度化するものと想定される。

同時に、現在の道路状況調査結果のみでは、道路交通の状況への影響の的確な表現に対して限界がある可能性も示唆されており、現場の状況をより踏まえた、かつ道路の状況をより的確に表現可能なセンサス調査項目の高度化についても併せて進められることが期待される。

なお、本稿は道路交通センサスの整理結果をもとに混雑度と旅行速度等の関係等についての個人的見解を整理したものであり、国土交通省の見解ではないことを付記しておく。

参考文献

- 1) 上坂克巳・門間俊幸・橋本浩良・松本俊輔・大脇鉄也：「道路交通調査の新たな展開 ～5年に1度から365日24時間へ～」，土木計画学研究・講演集 Vol. 43, 2011. 5.
- 2) 松本俊輔・大脇鉄也・古川誠・上坂克巳：「全国の幹線道路を対象とした交通調査の基本となる区間の導入」，土木計画学研究・講演集 Vol. 43, 2011. 5.
- 3) 国土交通省道路局：平成22年度道路交通センサス調査結果（集計結果整理表、箇所別基本表、時間帯別交通量表），2011. 9.
<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/index.html>
- 4) 社団法人交通工学研究会：交通容量データブック2006，2006. 2
- 5) 日本道路協会：「道路の交通容量」，1984. 9

(2012. 8. 3 受付)

A CONSIDERATION OF THE RELATIONS
BETWEEN THE CAR TRIP SPEED AND THE LEVEL OF CONGESTION
ON THE DATA OF ROAD TRAFFIC CENSUS

Kiyoshi KOZUKA, Katsumi UESAKA, and Ryoji AOKI