

# 高速道路における交通性能の変動要因分析\*

## Variation Factors of Traffic Performance on Multilane Expressways\*

洪 性俊\*\*・大口 敬\*\*\*

By Sungjoon HONG\*\*・Takashi OGUCHI\*\*\*

### 1. はじめに

高速道路は都市間の迅速な移動のための道路であり、最も高規格な交通サービスが要求される。すなわち、走行安全性を確保しつつ、高い交通性能（高速走行）を保障しなければならない。しかし、設計段階では計画交通量をある確度で滞りなく処理できることを確認しているに過ぎず、天候などの環境条件、大型車混入率など交通条件、道路幾何構造条件などに応じて、交通需要と交通サービス性能との関係がどのように影響するかについては、設計上全く考慮されていない。

他車両の影響のない状態の速度（単独走行時の実勢速度）に影響を及ぼす要因に関する既存研究は多い。しかし、現実的に交通量の多い高速道路における走行速度を分析するためには、様々な走行条件や交通条件による速度低下等を考慮し、交通量と走行速度の関係（QV 関係）、およびその変動特性（交通性能の信頼性）に関して分析しなければならないが、実測データにもとづく実証分析はデータ収集の困難性もあり、体系的に行われていない。したがって、交通性能という交通サービスの質を考えた道路の設計・運用を実現するためには、こうした実証分析とそれにもとづく合理的なモデル化が必要である。

本研究はこうした基礎研究として、日本における四つの多車線高速道路を対象に、本線部の車両感知器 641 箇所における 4 年分の観測データを用いて、大型車混入率・降雨が QV 関係に与える影響を分析する。

### 2. 研究の基本的考え方

アメリカにおいては HCM<sup>1)</sup>による LOS (Level of Service) の概念がよく使われる。多車線高速道路の単路部における LOS は、対象区間の交通密度により A から F

\* キーワーズ：交通性能，走行速度，大型車混入率，降雨強度  
\*\* 学生員，修(工)，首都大学東京大学院工学研究科土木工学専攻博士後期課程（東京都八王子市南大沢 1-1, mrhong@comp.metro-u.ac.jp）

\*\*\* 正員，博(工)，首都大学東京大学院都市環境科学研究科都市基盤環境工学専攻准教授（東京都八王子市南大沢 1-1, oguchi-takashi@c.metro-u.ac.jp）

まで 6 段階で評価をするが、その交通密度は、まず対象道路の車線・路肩の幅員を考慮して自由速度を算定し、自由速度によって一律的に定められる QV 曲線とその区間の交通流率 (pcphpl) から計算する (図-1 参照)。

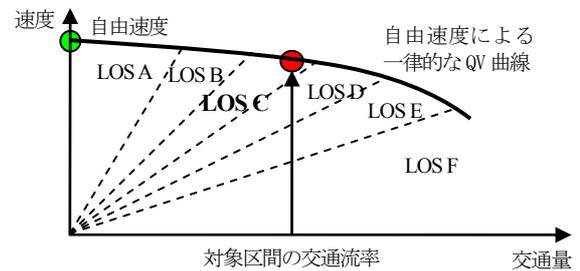


図-1 HCMによる多車線高速道路単路部のLOS算定

この概念はある道路区間の全般的な交通サービス水準の評価において、一定の役割を果たすことができると考えられる。しかし、単独走行時の実勢速度は車線・路肩の幅員だけでなく、道路線形や環境・交通等の様々な要因により変動することが知られているので、QV 関係もこれらの要因により変動すると考えられる。つまりこれらの要因によって交通性能が変動することは、いわば交通性能の信頼性を考慮すべきであることを意味する。このような交通性能の信頼性を考慮した新たな道路設計の考え方を取り入れるためには、HCMのLOSの概念だけでは評価できないものと考えられる。したがって、道路線形・幾何構造、および様々な要因により変動する交通性能について、ある基準で保障する設計手法 (図-2 参照) を実現するためには、これらの要因による交通性能の変動量を体系的な実証分析により合理的にモデル化する必要がある。

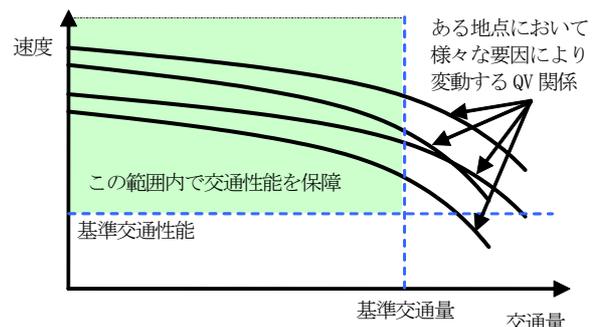


図-2 交通性能の信頼性を考慮した設計の概念

### 3. 分析方法

#### (1) 分析項目

単独走行時の実勢速度は道路の線形および幾何構造のような道路条件により大きく変動すると多くの既存研究により報告されている。特に洪らの研究<sup>2)3)</sup>では日本の高速道路における単独走行時の実勢速度の実態分析が行われ、降雨による影響が明らかになっている。これらの条件はQV関係にも影響を及ぼすと考えられる。したがって、本研究ではQV関係に対する降雨強度の影響を分析するとともに、新たに交通条件として大型車混入率（以下、HVR）の影響も分析する。

#### (2) 分析データ

この実証分析のためには長時間・広範囲の実測データが必要である。本研究では日本全国の高速道路の車両感知器で得られた感知器データを(旧)日本道路公団試験研究所（現・中日本高速道路(株)中央研究所）の協力により入手し活用する。感知器データには通過交通量・大型車交通量・平均速度等が5分単位で集計されているが、維持管理作業や工事、事故等による車線規制や走行速度への影響に関する情報はないので、適切な手法によるデータクレンジング作業が必要である。

なお、降雨の影響を分析するために、日本気象協会から入手したAMEDASデータを利用する。このデータは日本全国の気候観測所で観測された時間雨量であり、車両感知器の最寄りの気候観測所を探索して感知器データと雨量データを結びつけて活用する。

#### (3) 分析対象

本研究では東名高速道路、東北・中央・中国自動車道の上下線、約3,640km区間の本線部の追越車線における641箇所を対象とし、本線料金所付近やトンネル直後等の車両感知器を除外する。また、特に言及しない限り、1998～2001年の平日・昼間（8～16時）を対象とする。

#### (4) データの分類

各地点における速度データを、5分間交通量により20台/5分刻みの11グループ（1～19, 20～39, …, 200以上）、HVRにより10%刻みの7グループ（0～9, 10～19, …, 60以上）、そして降雨強度により1mm/h刻みの12グループ（0, 1, …, 10以上）に分類し、総924個の組み合わせのグループで比較分析する。

### 4. データクレンジング

分析対象区間の車両感知器は本線部の総計で860箇所

である。しかし、以下の三つのデータクレンジング作業を行なった結果、219箇所には問題があったため、除外されることとなった。

#### (1) 分析除外地点の選定

この作業では高速道路において走行速度に明確な影響を及ぼす施設の付近を探索し除外する。

- ①本線料金所の500m手前から1km先まで
- ②延長100m以上のトンネルの内部、および出口から1km先まで
- ③高速道路の起点・終点の付近であり、走行速度の変化が予想される地点
- ④拡幅工事等、分析対象期間中の異常状況が知られている区間の地点
- ⑤その他

#### (2) 分析除外データの検出

この作業では分析の精度を上げるために、以下のような正常でないとみなされるデータを調べて削除する。

- ①エラーデータ、および雨量の欠測時間帯の交通データ
- ②渋滞流データ（赤羽らの渋滞検出閾値設定法<sup>4)</sup>にもとづいて検出）
- ③同一時間帯（5分）の隣接車線のデータが①～②に該当する場合
- ④上記項目の作業後のデータを用いて地点毎のQVプロットを作成した時に相違パターンのデータが集中して現れる時期のデータ（図-3参照）。ばらつきが大きく、特定時期の判別が不可能な場合はその地点を分析対象から除外。

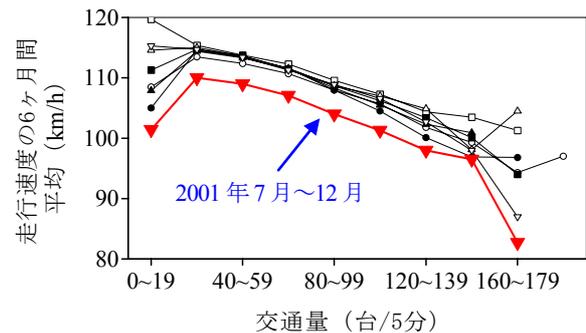


図-3 異常データの集中する時期の検出の例（東名高速道路上り方向 12.490KP, 非降雨時）

#### (3) 観測精度の低い地点の削除

車両感知器にはその性能が低下すると交通量の観測や大型車の判別が間違ってしまう仕組み上の問題がある。この問題は、隣接する2つのIC間に存在する全ての各車両感知器で観測された通過交通量と大型車交通量を比較することにより判別することが可能である。この作業では上記の全てのデータクレンジング作業後に残されたデ

ータを用い、全ての比較対象の地点において異常データの無い時間帯（5分）の交通量および大型車交通量のそれぞれの合計を比較するので、どれでも特に多く、あるいは少なく感知されている車両感知器は分析から除外しなければならない。この例を図-4に示す。

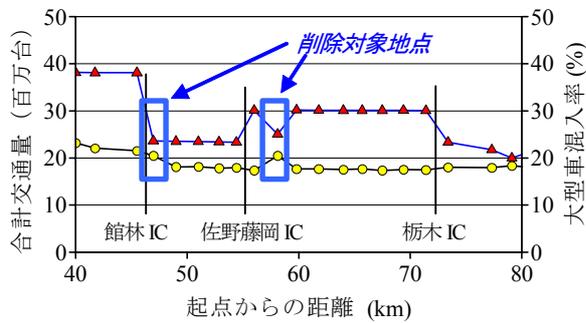


図-4 観測精度の低い地点の判別の例  
(東北自動車道入り方向)

以上のデータクレンジングにより、最終的に本研究の分析には641地点のデータを用いた。

### 5. 大型車混入率 (HVR) の影響

HCMのLOSの算定における大型車の影響は、交通量を乗用車単位の交通流率に換算することにより反映される。しかし、乗用車換算係数は本来大型車が交通容量に及ぼす影響を考慮して定められたため、大型車混入率(HVR)による走行速度の変動は正しく反映されたとはいえない。すなわち、乗用車のみを交通流と大型車が混入している交通流の乗用車換算の交通流率は同一であっても、それらの平均速度が同一とは限らない。したがって、本研究ではHVRによるQV関係について改めて分析を行う。

まず、各地点においてHVRによるQV関係の変動を調べる。この例として、東名高速道路のある地点において、非降雨時(降雨強度0mm/h)の条件の下で作成したQV関係の変動を図-5に示す。この地点ではHVRの50%以上のケースが少なかったため、50%未満までの五つのグループのみで比較している。QV関係は既存理論

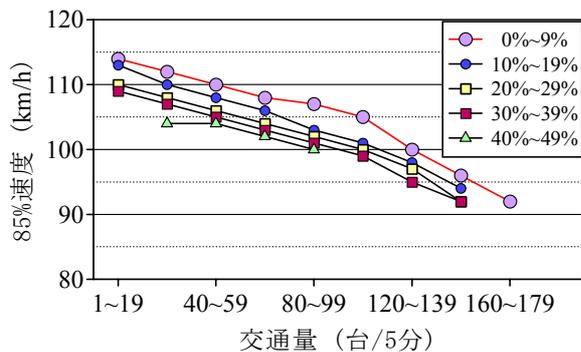


図-5 HVRによるQV関係の変動の例  
(東名高速道路入り方向 200.000KP, 非降雨時)

のとおり、あるいはむしろ通常知られているQV関係より明確な右下がりの傾向が見られる。ところが、その関係はHVRが増加するほど速度は低下することを明確に示しており、ほぼ平行移動のような変動特性を示している。

この変動特性を明確にするため、HVRが0~9%の場合に対する各HVRグループの走行速度の低下量を調べる。このような作業を全ての対象地点で行い、各HVRグループ別の速度低下量の平均をまとめて示したものが図-6である。この図でもHVRの増加による速度の低下は明確になっている。図-5においてHVRにより速度は平行移動で低下するように見えるが、図-6における全地点平均の速度低下量は、交通量が100台/5分までは徐々に増加し、その以降は一定になる傾向がある。一方、その後の低下量は逆に減少する結果を示す。これは高い交通量データを持つ地点数が少なく、それらの地点における速度低下量が比較的小さいからの理由が考えられる。図-6では道路の幾何構造や線形・降雨等の変動要因を考慮せず、ただ全地点における速度低下量の平均を示したので、この速度低下量の信頼性を調べるためには他の変動要因との総合的な分析が必要である。

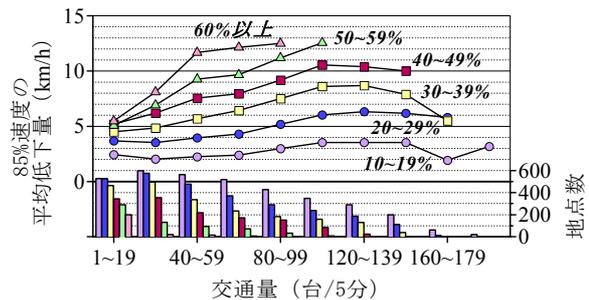
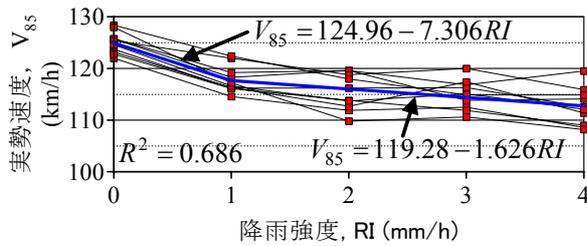


図-6 HVR=0~9%の場合に対する85%速度の低下  
(全ての対象地点の平均, 非降雨時)

### 6. 降雨の影響

洪らの研究<sup>2)</sup>では降雨強度の影響による実勢速度(「小型車1台/5分/車線」の条件)の低下傾向を見出したが、本研究ではその傾向をモデル化するため、2)の研究と同じ条件の下で回帰分析を行った。ただし、分析の信頼性を上げるため、各地点・各降雨強度において30以上の速度サンプルを持つ地点のみを対象としたが、降雨強度5mm/h以上ではサンプル数30以上の地点はほとんどなかった。したがって、本研究では0~4mm/hの範囲において上記の条件をみたく14箇所のうち、降雨強度が0mm/hの場合の実勢速度が120~130km/hである10箇所を対象に回帰分析を行った。図-7に分析結果を示す。非降雨時の実勢速度が120~130km/hの場合、降雨強度が1mm/hでは0mm/hより約7.3km/h、1mm/h以上では降雨強度1mm/hの増大ごとに約1.6km/hで実勢速度は低下する。



\* 実勢速度：サンプル数30以上のデータの85%速度  
 \* 0-4mm/hの全ての降雨強度においてサンプル数が30以上であり、非降雨時の速度が120-130km/hの10箇所

図-7 実勢速度と降雨強度との関係  
 (小型車1台/5分/車線, 追越車線, 平日・夜間)

このように、実勢速度は降雨強度の増加により低下するので、QV関係も降雨強度により変動すると考えられるが、その変動パターンは明確ではない。したがって、体系的な分析によって降雨によりQV関係に与える変動が有意であれば、交通性能の信頼性の評価において降雨の影響も考慮すべきことが明らかになる。

分析手法はHVRの影響に関する分析と同様である。図-8は東名高速道路のある地点において、HVR=20~29%の条件の下で降雨強度によるQVパターンの変動を示す。実勢速度の場合と同様に、降雨強度の増加により速度は低下する傾向があり、非降雨時の速度に対し、降雨強度による速度低下量を分析対象の全ての地点において平均した結果を示すと図-9のようになる。

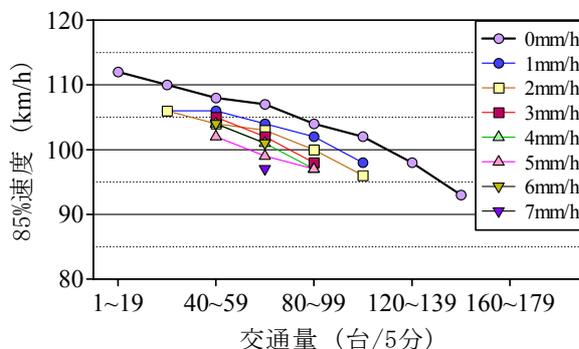


図-8 降雨強度によるQV関係の変動の例  
 (東名高速道路上り方向135.090KP, HVR: 20~29%)

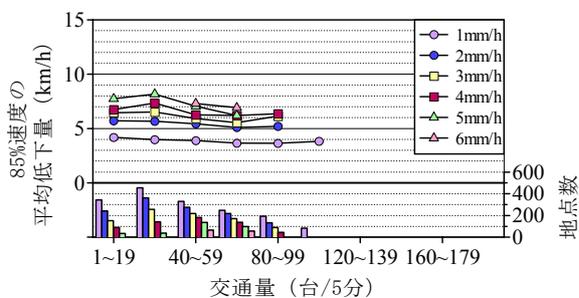


図-9 非降雨時の場合に対する85%速度の低下  
 (全ての対象地点の平均, HVR: 20~29%)

QV関係も実勢速度の場合と同様に、降雨強度0mm/hから1mm/hへの速度低下量が最も大きく、それ以降はほ

ぼ一定の速度低下量となる。また、降雨強度による速度低下量は交通量に関係なくほぼ一定であることがわかる。降雨強度が1mm/hでは0mm/hより約4km/h、1mm/h以上では降雨強度1mm/hの増大ごとに約1km/hで実勢速度は低下する。ただし、降雨強度6mm/h以上のデータは少ないので本研究では分析されていない。

## 7. おわりに

本研究では交通性能という交通サービスの質を考えた道路の設計・運用を実現するために必要な、様々な条件によるQV関係の変動に関する体系的な実証分析に関する基礎研究として、多車線高速道路を対象にHVR・降雨強度によるQV関係の変動を調べた。

その結果、HVRまたは降雨強度が増加すると、走行速度が低下することを明らかにした。HVRの増加による走行速度の低下は、交通量の増加と共に徐々に増加するが、約100台/5分(1200台/時)以上では一定の速度低下量となる傾向が見られた。また、降雨強度の増加による走行速度の低下量は、交通量とはあまり関係がなく、降雨強度の増大によりQV関係は平行移動して速度が低下すると考えられる。

今後の課題としては、本研究で行われなかった道路の幾何構造・線形、および規制速度等の他の要因に関する分析を行う。また、追越車線・昼間・平日のような条件におけるQV関係の変動特性を分析するが、これらの条件において有意差があれば、交通性能の信頼性を考慮した設計手法において考慮すべきである。さらに、走行速度は運転者の個人差により大きなばらつきがあるので、このような実証分析にもとづく交通性能の信頼性としては平均速度や85%速度だけでなく、変動の大きさ(ちらばり)を分散や信頼区間等によって表現したほうが望ましいと考えられる。

## 参考文献

- 1) Transportation Research Board: "Highway Capacity Manual", 2000.
- 2) 洪性俊, 大口敬: 「高速道路における実勢速度の実態分析」, 土木計画学研究・講演集, VOL31, CD-ROM, 217.
- 3) 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
- 4) 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, IV-25, pp.70-71, 1987.