

速度分析を通じた運転支援，シミュレータのパラメータ， 道路設計への提言

割田 博^{*1} 岡村 寛明^{*2} 森田 綽之^{*3} 桑原 雅夫^{*4}

首都高速道路株式会社^{*1}

パシフィックコンサルタンツ株式会社^{*2}

日本大学総合科学研究所^{*3}

東京大学国際産学共同研究センター^{*4}

首都高速道路には約 300m 間隔で車両感知器が設置されており，交通量，平均速度，時間占有率など様々な交通データの収集を行っている。連続した地点の交通データを比較することで，交通特性を把握することが可能である。本稿では，平均速度に着目して道路ポテンシャル分析を行い，顕在的ボトルネック及び潜在的ボトルネックの抽出とともに，パーセンタイル速度等高線の経年比較により渋滞対策効果の分析を行った。これらの分析手法の結果は，運転支援等の ITS 導入，シミュレータのパラメータ，道路設計の基礎データとしても期待されるものである。

Proposal for Drive Assist, Parameters of Traffic Simulators and Road Design by Analysis of Speed Distribution

Hiroshi Warita^{*1} Hiroaki Okamura^{*2} Hirohisa Morita^{*3} Masao Kuwahara^{*4}

Metropolitan Expressway Company Limited^{*1}

PACIFIC CONSULTANTS Co., LTD.^{*2}

Research Institute of Science & Technology, Nihon University^{*3}

Center for Collaborative Research, University of Tokyo^{*4}

Metropolitan Expressway has installed vehicle detectors at approximately every 300 meters on each lane. Various traffic data such as traffic volume, average speed, and time occupancy are collected by vehicle detectors. We can understand the traffic characteristics of every point by comparing traffic data collected at each point. In this study, we focused on average speed, analyzed the road potential, and selected existing bottlenecks and latent bottleneck. Furthermore, we can understand effects of the congestion measures by comparing the percentile speed contours of each year. It's hoped that this method of analysis will be utilized for drive assist, parameters of traffic simulators and road design.

Keyword: road potential, percentile speed, latent bottleneck

1. はじめに

現在、首都高速道路の営業路線 283.3km に対し、車両感知器は約 300m という密な間隔で設置されており、交通量、平均速度、時間占有率など様々な交通データの収集を行い、これらを迅速に処理してリアルタイムでユーザへ道路交通情報を提供するなど交通管制システムで利用されている。

本稿では、連続した複数の地点の交通データを比較することで、各地点の交通特性を把握することができることに着目し、各種交通データのうち、平均速度を用いて道路ポテンシャルの分析を行った。ここでは、自由走行の状態では安定して希望速度を維持できる箇所は道路ポテンシャルが高く、逆に、希望速度を維持できずに走行速度が低下する箇所は道路ポテンシャルが低いと考えた。過去3ヶ年のデータを用いて、首都高速道路東京東地区における各地点のパーセンタイル速度及びパーセンタイル値を算出し、それらを分析することにより顕在的ボトルネック及び潜在的ボトルネックの抽出を行った。更に、降雨時と非降雨時のパーセンタイル速度を比較し、降雨時と非降雨時の道路ポテンシャルの違いを確認した。

また、2002年以降に行われた2つの渋滞対策について、渋滞対策前後のパーセンタイル速度等高線の変化を検証し、その効果を確認した。

これらの分析手法の結果は、運転支援等への ITS 導入、シミュレータのパラメータ、道路設計の基礎データとしても期待されるものであり、本稿では、分析結果について報告するとともに、今後の展開について言及する。

2. ボトルネックの抽出

2-1 分析対象

本研究では、表-1に示すデータを対象に分析を行った。

表-1 分析対象データ

項目	内容
路線	東京東地区全線 (図-7 参照)
データ	地点5分データ (湾岸線以外) 地点車線5分データ (湾岸線)
期間	2002, 2003, 2004 各年の 10/1~10/31

2-2 抽出方法

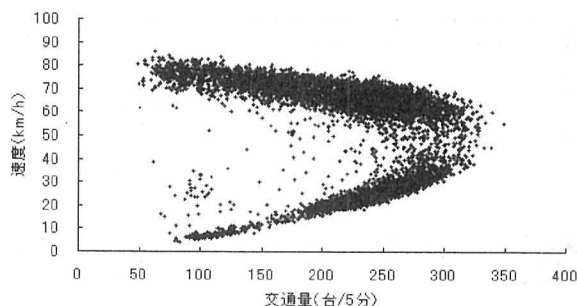
(1) パーセンタイル速度、パーセンタイル値の定義
パーセンタイル速度及びパーセンタイル値を以下

のとおり定義する。

・ パーセンタイル速度

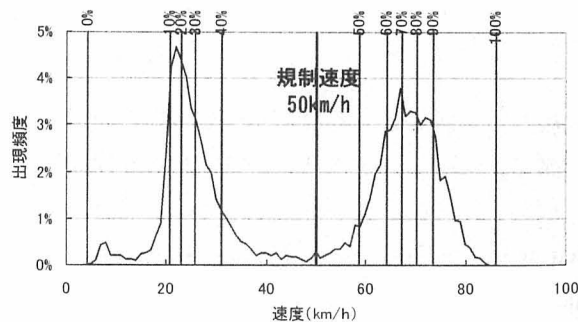
図-1は6号向島線下り箱崎ロータリー合流部の直上流地点(地点番号:06-02-11)のQ-V図である。このQ-V図にプロットされている5分毎の速度データの出現頻度を図-2に示している。図-2において、観測された5分間平均速度がその速度以下となる割合がXパーセントである速度をXパーセンタイル速度とする。例えば、2004年10月の1ヶ月を対象とした場合、

5分データの数=31日×24時間×12=8,928(個)であり、90パーセンタイル速度は、速度が高い方から数えて893番目の速度であり、図-1の例では73.4km/hとなる。なお、近傍地点のデータをバックアップ或いはデータ欠損しているものは除去して、パーセンタイル速度を算出している。



※集計期間: 2004/10/1~10/31

図-1 Q-V図



※図-1の速度の出現頻度を1kmピッチで集計

図-2 Q-V図における速度分布とパーセンタイル速度

・ パーセンタイル値

速度別にパーセンタイル値を求めたものである。例えば、図-2においては、20, 40, 60, 80km/hは各々6.5, 44.5, 51.4, 99.2パーセンタイルとなる。

(2) ボトルネックの定義

顕在的ボトルネック及び潜在的ボトルネックは、路線別、方向別に作成したパーセントイル速度及びパーセントイル値の推移から抽出する。

ここでは、顕在的ボトルネック及び潜在的ボトルネックは以下のように定義して抽出を行った。

・顕在的ボトルネック

路線により異なるが、概ね0～50パーセントイル速度が下流地点と比較して急激に低くなる地点、或いは渋滞流域の速度（例えば、40km/h）のパーセントイル値が下流地点より高くなる地点を顕在的ボトルネックと定義する。

これは、その地点で速度低下が生じており、ボトルネックの近傍地点であることを示している。ただし、速度が回復する地点とボトルネック地点の明確な判別までは困難であるため、概ねのボトルネック位置を特定するに留まる。

・潜在的ボトルネック

路線により異なるが、概ね80～90パーセントイル速度が上流地点よりも低下し速度格差が生じる地点、或いは自由流域の速度（例えば、80km/h）のパーセントイル値が上流地点より高くなる地点を潜在的ボトルネックと定義する。

このような地点は平面線形や縦断勾配（曲率半径の小さいカーブ、上り勾配（サグ）等）の道路構造条件が悪いなど、道路のポテンシャルが低い地点であり、交通密度が高い状態で道路構造要因により速度低下が発生すると、車間が詰まってショックウェーブが上流側に伝播するため、交通流が不安定となる。従って、顕在的ボトルネックの解消や交通需要の増加に伴いボトルネックになる可能性がある。

2-3 ボトルネックの抽出結果

ここでは、中央環状線外回り（江北JCT～葛西JCT）について、パーセントイル速度等高線及びパーセントイル値等高線を示し、顕在的ボトルネック及び潜在的ボトルネックを抽出した結果を図-3、4に示す。ここでは、平面線形（図-5）や縦断勾配（図-6）についても併記し、等高線の変化の原因把握を行っている。

同様の方法で、東京東地区全線について抽出を行った。顕在的ボトルネックとして抽出された地点は、いずれも現在観測されている代表的なボトルネックであり、本線単路部、JCT合流部、入口合流部などが抽出されている。したがって、抽出方法は妥当であると考えられる。

潜在的ボトルネックとして抽出された地点は、平面線形、縦断勾配、ランドマークなどの様々な要素に基づいて分析した結果、妥当であると判断した。

3. 降雨による道路ポテンシャルの変化

箱崎近傍のボトルネックでは、降雨時の交通容量は非降雨時と比べて約11%低下し、平均速度は約6%低下している¹⁾。また、降雨強度が増すに連れて、実勢速度は低下する傾向がある²⁾³⁾。これは、降雨時には道路のポテンシャルが低下することを示しており、本稿においても降雨の影響を検証する。

図-3のデータを降雨時と非降雨時に分解し、その速度差を比較した結果を図-7に示す。降雨時と非降雨時ではほぼ同じ傾向を示しており、降雨の有無により道路ポテンシャルの高低の関係は変わらないものの、その速度差は10km/h程度あり、降雨時は道路ポテンシャルが低下していることがわかる。

4. 渋滞対策効果の検証

パーセントイル速度による分析手法を用いて、渋滞対策の効果分析を試みる。

4-1 大井本線料金所ETCの普及及びダブルブース化

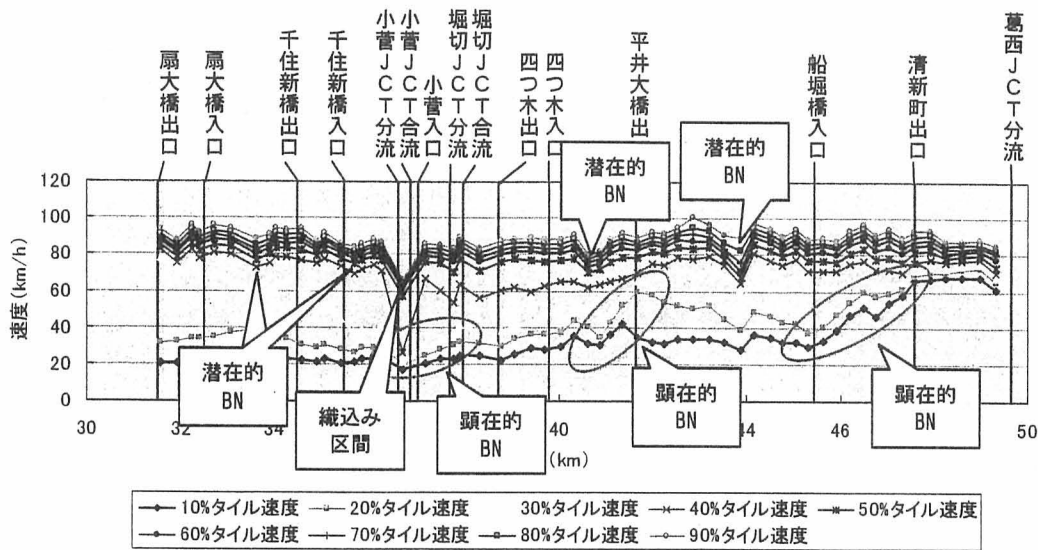
図-8に示すように、湾岸線東行き大井本線料金所の渋滞緩和のため、2003年5月29日（木）6:00より第4、5レーンのダブルブース化を行った⁴⁾。また、ETCの普及が着々と進んでおり（首都高速道路平均ETC普及率:2002年10月4%、2003年13%、2004年26%）、これらの相乗効果によって、ピーク時の交通処理能力が向上し、料金所渋滞の緩和に効果があるものと考えられる。

図-9に湾岸線東行き第3車線のパーセントイル速度の経年変化を示す。大井本線料金所の上流側地点では、ダブルブース化実施前の2002年に比べ、2003年、2004年の20パーセントイル速度が高くなっている。その一方で、大井本線料金所の下流側地点（有明JCT合流）では、その逆になっている。

これは、ETCの普及やダブルブース化により、大井本線料金所自体の容量が向上して渋滞が緩和し渋滞対策の効果はあったと思われる。同時に、ボトルネックが下流側に遷移して潜在的ボトルネックが顕在化したことを意味している。

4-2 新木場辰巳JCT間改良

湾岸線西行き（横浜方面）新木場出入口近傍は、葛西JCTで湾岸線と中央環状線外回りとは合流する



※BN=ボトルネック
 図-3 パーセンタイル速度等高線

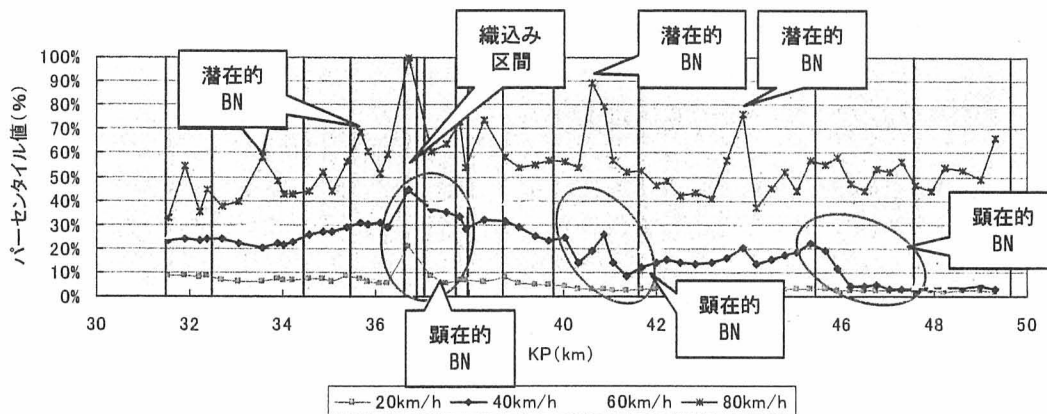
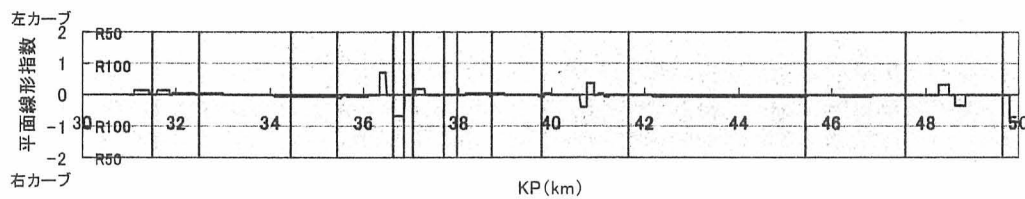


図-4 パーセンタイル値等高線



※平面線形指数=100/曲率半径

図-5 平面線形

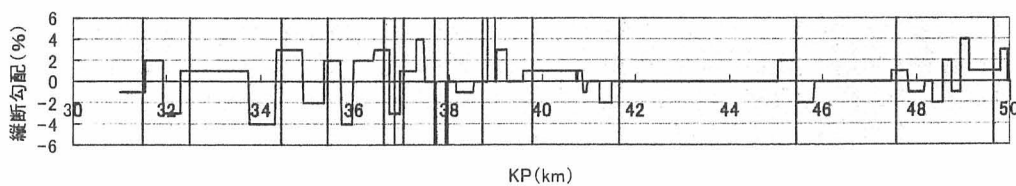


図-6 縦断勾配

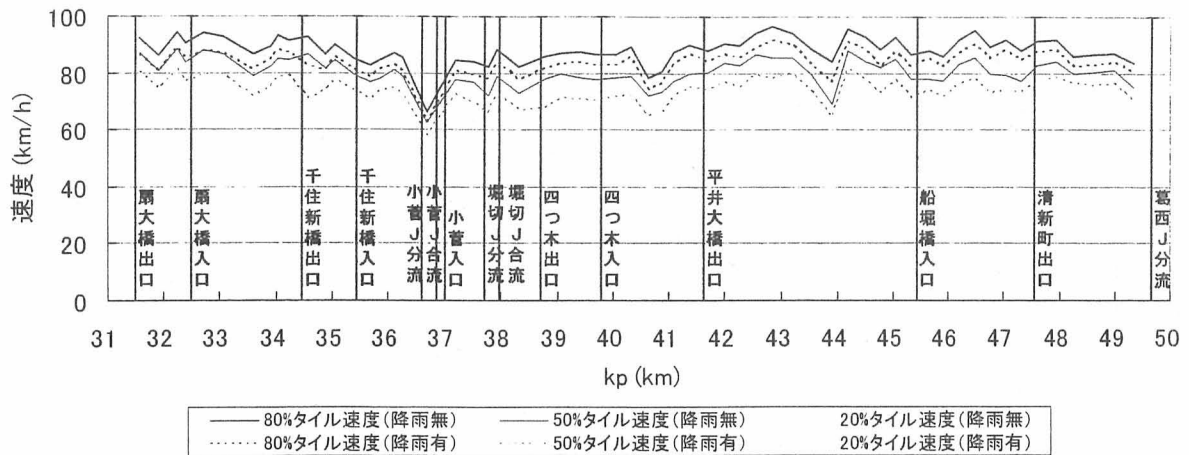


図-7 降雨の有無によるパーセントイル速度の比較

ため、湾岸線で最も交通量が多く、朝夕のピーク時間帯に渋滞が発生している。新木場辰巳JCT間改良は、渋滞の原因となっている新木場辰巳JCT間で合流する交通を円滑に処理するため、図-10に示すように、付加車線を延伸し、新木場出口から新木場入口間(延長930m)を4車線化するものであり、2004年9月17日(金)に完成した⁵⁾。

図-11に湾岸線西行き第3車線のパーセントイル速度の経年変化を示す。新木場辰巳JCT間改良前の2002年、2003年は新木場入口、新木場出口近傍をボトルネックとして渋滞しているが、改良後の2004年は渋滞が解消していることがわかる。

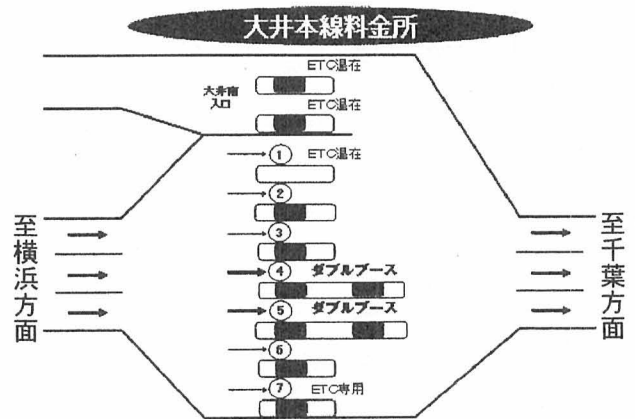


図-8 大井本線料金所ダブルブース化

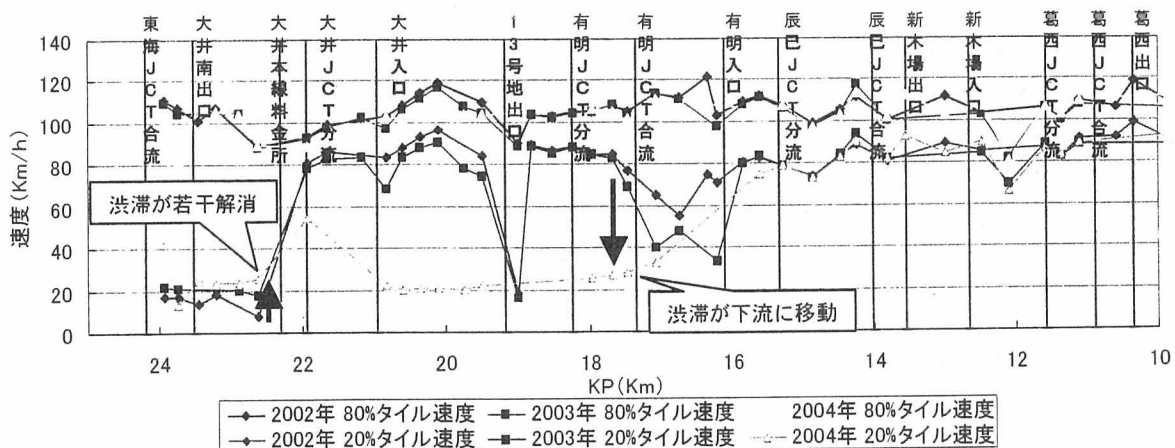


図-9 湾岸線東行き第3車線パーセントイル速度

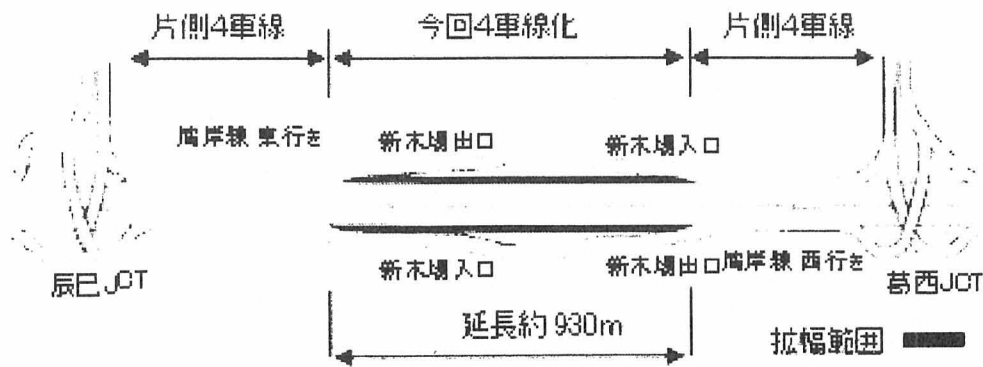


図-10 新木場辰巳JCT間改良

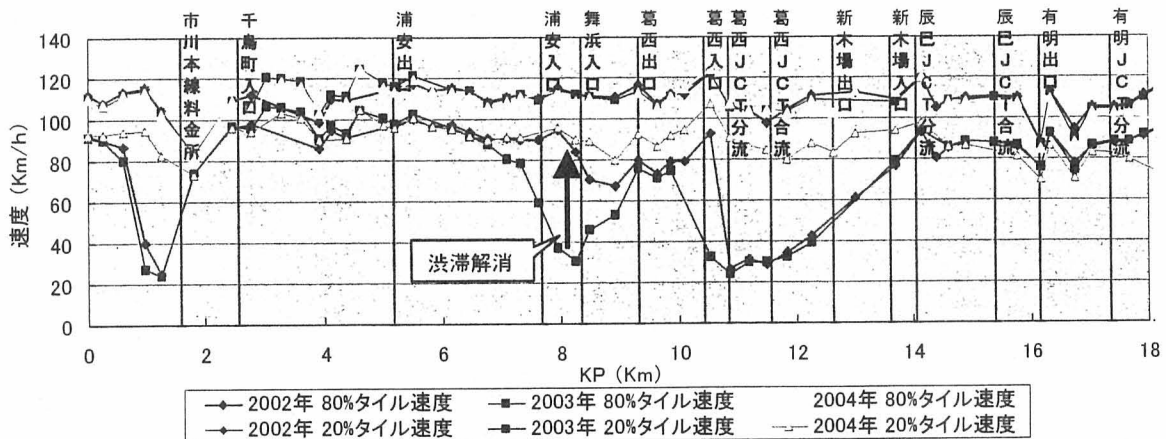


図-11 湾岸線西行き第3車線パーセントイル速度

5. おわりに

本稿では、5分間集計データをもとにパーセントイル速度及びパーセントイル値の算出を行ったが、追従走行による影響が含まれている。従って、パルスデータを用いて自由走行している各車両の実勢速度からそれらの指標を算出すれば、より正確な道路ポテンシャルが計測できるものと考えられる。

また、顕在的ボトルネック及び潜在的ボトルネックの抽出にあたっては定性的な判断により抽出したものであり、定量的な基準により抽出する手法の構築が必要である。

さらに、当該地点及び上下流の連続した道路線形・構造が類似している区間について、交通容量の類似性について検証する必要がある。これにより、現在は需要>容量で交通容量が顕在化していない地点や、新規に供用する路線においても、交通容量が推定できる可能性を秘めている。

今後、このポテンシャル評価をもとにして、下記のITSメニューへの展開が考えられる。

- ACCやAHS等ITS技術を活用した運転支援により、低ポテンシャル地点のポテンシャル向上

を行うことで、渋滞緩和または解消に寄与する。

- 渋滞対策の事前評価に活用される交通シミュレーションのパラメータを推定する。
- 道路設計へのフィードバックを行い、道路ポテンシャルが低下しないような設計を行う。

【参考文献】

- 1) 割田博, 赤羽弘和, 船岡直樹, 岡村寛明, 森田 綽之:「首都高速道路におけるキャパシティボールの抽出とその特性分析」, 土木計画学研究・講演集, Vol.29, 2004
- 2) 洪性俊, 大口敬:「高速道路における実勢速度の実態解析」, 土木計画学研究・講演集, Vol.31, 2005
- 3) 大谷修:「気象条件を考慮した交通現象に関する研究」, 日本大学修士論文, 2004
- 4) 首都高速道路公団ホームページ(プレスリリース), 2003/5/23
- 5) 首都高速道路公団ガイド(平成16年度版)