

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*

Extraction of the Capacity Balls and Analysis of Characteristics of them on Metropolitan Expressways*

割田博**・赤羽弘和***・船岡直樹****・岡村寛明*****・森田綽之*****

By Hiroshi WARITA**・Hirokazu AKAHANE***・Naoki Funaoka****・

Hiroaki OKAMURA*****・Hirohisa MORITA*****

1. はじめに

交通容量は、道路網の基本性能を示す指標の1つである。交通容量が前後区間で最も小さい断面が、ボトルネック（以後、BN）となる。BNにおける交通容量（以後、BN容量）は、道路構造以外の様々な条件によっても変動する。特に、降水時や休日にはBN容量が低下すると推測されてきたが、天候や運転者層の構成によるBN容量の変動の定量的分析例はこれまで殆ど存在していない。

BN容量の特性を解明し、それに対する様々な施策を講ずることは渋滞削減、情報提供等の交通環境向上の重要な役割を果たし得る。例えば、首都高速道路の渋滞の約36%が発生している入口合流部¹⁾におけるBN容量を最大化する流入調整、或いはBN容量が重要な入力パラメータである交通シミュレーションにより渋滞発生や旅行時間の予測精度を、大幅に改善できる可能性がある。

既存の交通工学の図書²⁾³⁾ではBNにおけるQ-V（交通量 - 走行速度）図において渋滞域が出現している。しかし、BNは渋滞区間の最下流端であるから、事故或いは工事渋滞時のデータを除けば、非渋滞域と臨界域に車両感知器データの分布が限定され、渋滞域には分布しないはずである。

本研究では、BNの特定とBNにおける臨界状態の抽出を可能な限り厳密に行うことを基本として、上記の疑問解明を試みた。

*キーワード：キャパシティボール、交通容量

**非会員，首都高速道路公団（東京都中央区日本橋箱崎町43-5，Tel:03-5640-4857，E-mail:warita@mex.go.jp）

***正員，工博，千葉工業大学工学部建築都市環境学科

****非会員，千葉工業大学大学院工学研究科土木工学専攻

*****非会員，工修，パシフィックコンサルタンツ（株）

*****フェロー，工博，日本大学総合科学研究所

2. 臨界状態の抽出手順と抽出結果

(1) 臨界状態の抽出手順

図 - 1 の手順に従って、臨界状態の抽出を行う。



図 - 1 臨界状態の抽出手順

(2) BNの抽出

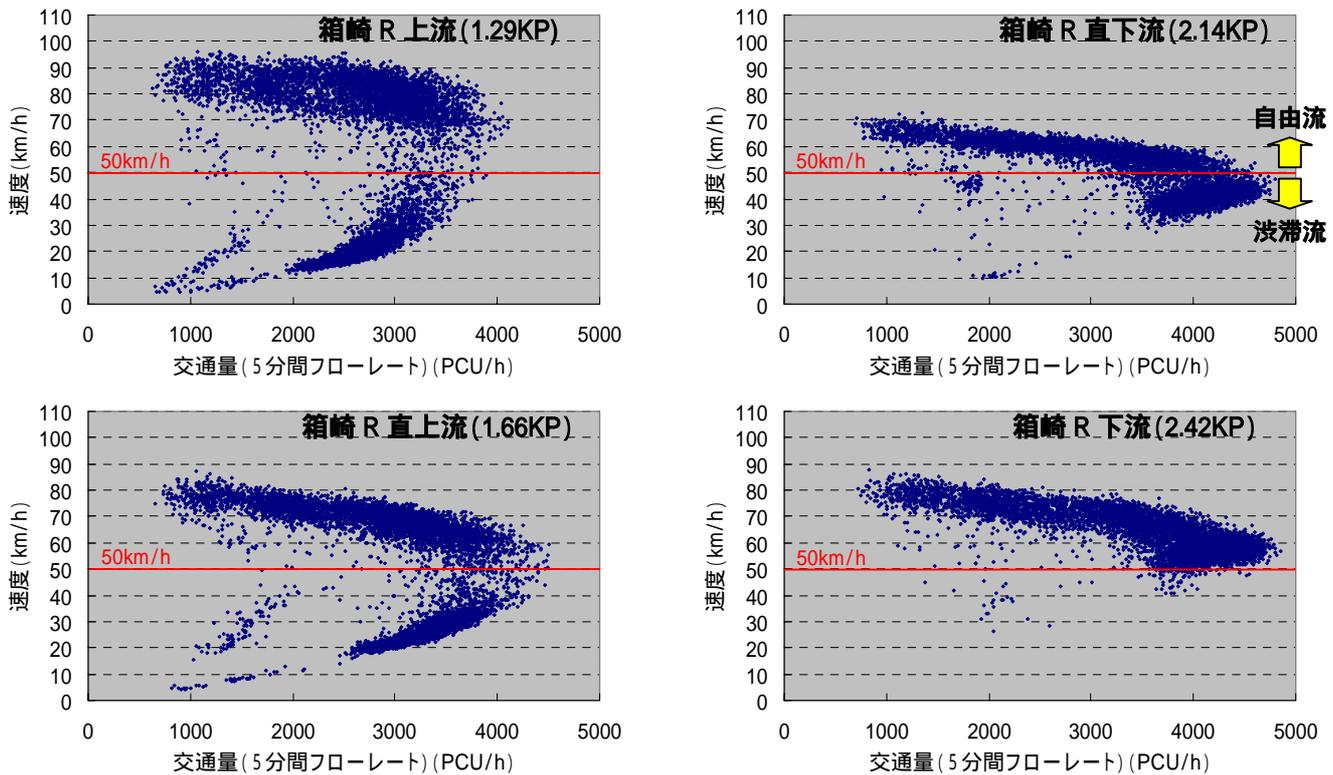
東京東地区全線（総延長約220km）について、2003.1.1～同12.31の区間5分間データを用いて、速度閾値を40、50、60km/hとした場合に最初に速度閾値以下まで速度低下が起こる（渋滞の先頭になっている）回数が多い、或いは上下流で速度低下回数の差が多い区間をBN区間として抽出する。速度閾値によって、BN区間の位置が変わる場合、Q-V図から判定した臨界速度からBN区間を特定する。ここでは、速度閾値50km/hのときの速度低下回数の上位10位を表 - 1 に示す。

表 - 1 BN区間の抽出結果

順位	速度低下回数	路線	上流地名	下流地名
1	36,554	中環(荒川線)内回	堀切	小菅
2	33,289	6号向島線下り	箱崎JCT	両国
3	32,231	湾岸線(1)東行	大井南	大井南
4	24,180	湾岸線(1)東行	浦安	千鳥町
5	18,972	6号向島線上り	駒形	両国
6	17,825	川口線上り	新井宿	川口
7	16,641	中環(荒川線)外回	四つ木	平井大橋
8	15,706	湾岸線(1)西行	湾岸市川	市川
9	13,947	6号向島線下り	箱崎JCT	両国
10	12,645	中環(荒川線)外回	船堀橋	清新町

(3) Q-V図の作成

(2) で抽出されたBN区間近傍地点について、地



集計期間 2003.10.1 ~ 同 10.31, 自然渋滞及び事故等による先詰まり時のデータは除去, 箱崎R : 1.80KP

図 - 3 箱崎R前後のQ-V図

点5分間データを用いて、Q-V図を作成し、臨界状態の出現の有無を確認する。なお、ここでは、大型車の影響を除去するため、PCU換算値で評価している（大型車の乗用車換算係数 = 1.5^4 ）。

図 - 3 は、6号向島線下り箱崎ロータリー合流部（以後、箱崎R）付近のQ-V図である。各Q-V図の分布の間隙等からは、当該区間の臨界速度は50km/h程度と判断できる。また、Q-V図自体は4パターンに分類できる。はBN上流で現れるパターンであり、交通容量に達しない状態でボトルネックから渋滞が延伸するためにハの字型となる。はBN直上流で現れるパターンであり、放物線に近い形状になる。はBN直下流で現れるパターンであり、臨界速度付近に楕円形の塊ができています。はBN下流で現れるパターンであり、楕円形の塊が高い速度域へ吸収されており、非渋滞域のデータしか存在しない。

(4) 臨界状態の抽出

(3)において、で出現している楕円形の塊は、直上流であるが渋滞流であり、その直下流であるが自由流であるときに出現する臨界状態であり、BN容量の変動領域であると考えられる。本研究にお

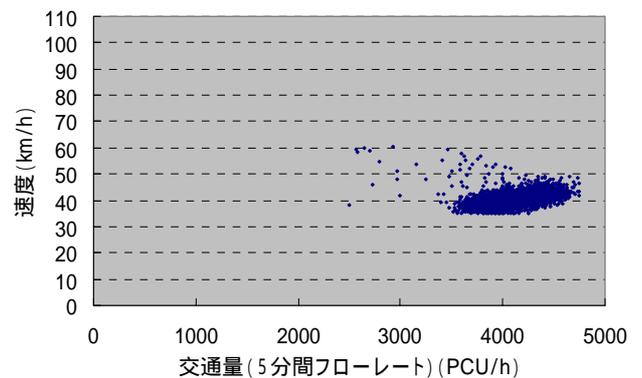
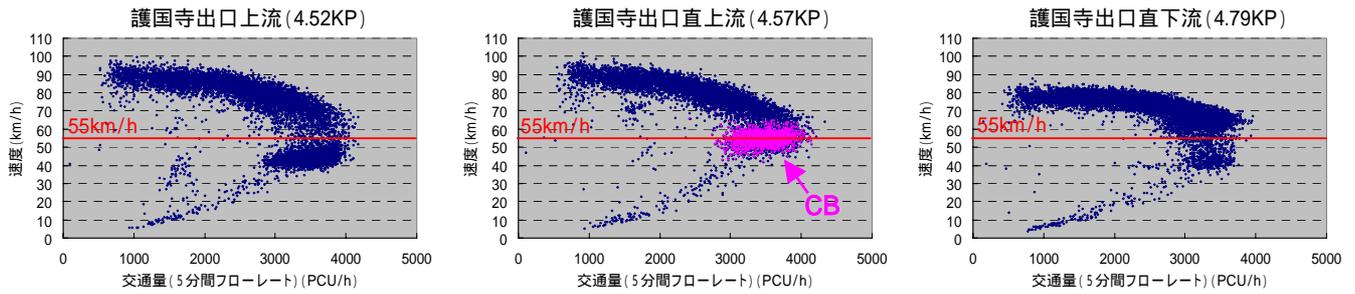


図 - 4 箱崎RにおけるCB

いては、これらの条件を満たすデータ、即ちQ-V図における臨界状態の分布域をキャパシティボール（"Capacity Ball"、以後CB）と称し、抽出する。自由流と渋滞流の臨界速度を50km/hとして、異常値（交通量2,400PCU/h未満、速度が臨界速度 ± 15 km/hから外れるもの）を除去してCBの抽出を行った結果を図 - 4 に示す。CBの領域における交通量の変動域は、3,400~4,800PCU/hと大きい。

箱崎Rの他、既往の研究⁵⁾⁶⁾で首都高速道路における高頻度な渋滞発生箇所として、5号池袋線下り飯田橋合流部が指摘されている。図 - 5 に、BN近傍地点のQ-V図を示す。ここでは、臨界速度を55km/

進行方向



集計期間: 2003.4.1 ~ 同 4.30, 飯田橋入口: 2.71KP, 護国寺出口: 4.78KP

図 - 5 BN 近傍の Q-V 図と CB の抽出

hとし、異常値は除去してCBを抽出した。その結果、CBが出現するのは飯田橋入口合流部より約1.9km下流にある護国寺出口近傍であった。

これらの事例では、真のBNは、これまでBNとされてきた箱崎R合流部や飯田橋合流部ではなく、その下流側の地点であることが明らかになった。

3. Capacity Ballの分析

(1) 渋滞発生時の動的条件によるCBの変動領域

a) 分析方法

交通容量に影響を与える道路構造以外の動的要因のうち、ここでは、降水、曜日（平日・休日）、時間帯（昼夜）について、箱崎Rで抽出されたCBを用いて分析を行う。2003.10.1～同10.31における平日、降水量1mm/h未満、昼間（7:00～16:00）を基準のCBとして、各影響要因のCBと比較する。

b) 降水による影響

図 - 6、表 - 2 に示すように、非降水時に比べて降水時はBN容量が約12%（492PCU/h）低下している。BN容量と比較して走行速度の低下率が小さいのは、降水時にはドライバーが走行速度よりも車間距離の調整を重視して安全を確保する傾向のためと推測される。

c) 曜日（平日・休日）による影響

図 - 7、表 - 2 に示すように、平日に比べて休日はBN容量が約4%（168PCU/h）低下している。これは、休日は普段運転しない所謂サンデードライバーの構成率が高まり、車間距離を長く保つドライバーが多いためと推測される。

d) 時間帯（昼夜）による影響

ここでは、日の出や日の入り前後の明るさの変化

する時間帯を除くため、夜間を18:00～5:00と定義する。図 - 8、表 - 2 に示すように、昼間に比べて夜間はBN容量が約6%（261PCU/h）低下している。これは、夜間は視界の確保が困難になり、昼間よりも車間距離を長く保つためと推測される。

e) まとめ

基準のCBと各CBのBN容量について、有意確率を1%としてt検定を行った。有意確率はいずれも1%未満であり、比較した2つのCBの母平均値には差があるといえる。つまり、渋滞発生時の動的条件により、CBの変動領域が異なっており、BN容量は各種要因によって大きく変動するといえる。特に、降水時や夜間はBN容量の低下が著しい。

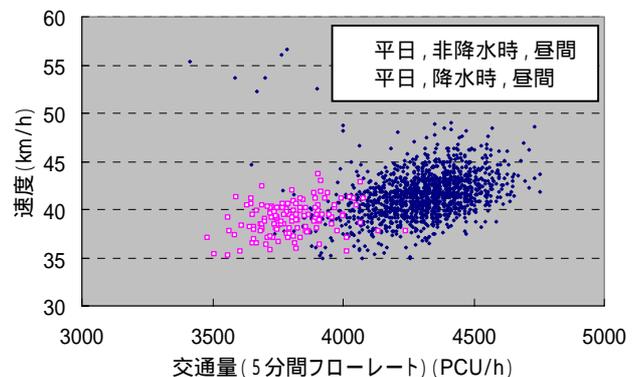


図 - 6 降水時（1 mm/h 以上）の CB

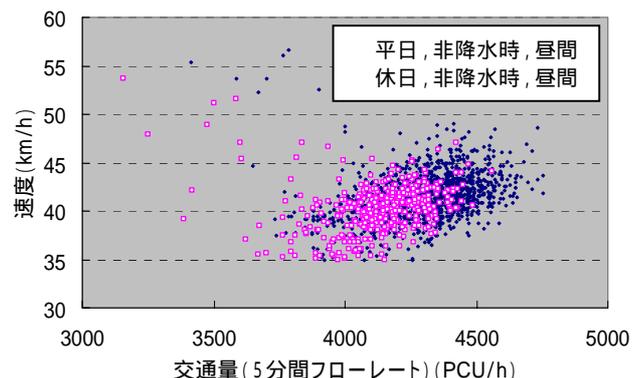


図 - 7 休日の CB

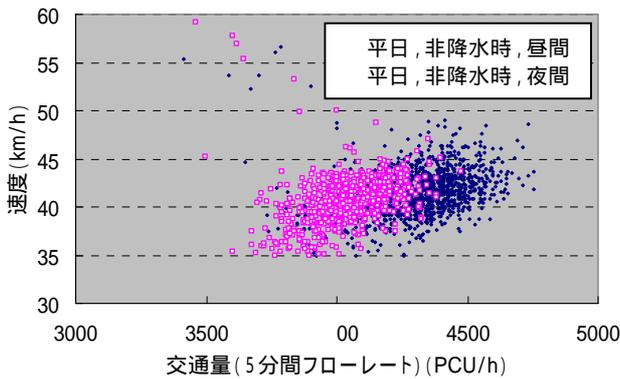


図 - 8 夜間 (18:00~5:00) の CB

表 - 2 各影響要因による変化

CBの分類	BN容量(PCU/h)			速度(km/h)	
	平均値	低下率	有意確率	平均値	低下率
平日・非降水時・昼間	4,298			41.5	
平日・ 降水時 ・昼間	3,805	11.5%	7.4E-88	39.0	6.0%
休日・非降水時・昼間	4,130	3.9%	3.6E-47	40.3	2.9%
平日・非降水時・ 夜間	4,037	6.1%	4.7E-158	40.8	1.8%

BN容量の平均値について基準のCBと各CBとの有意確率を計測

(2) 渋滞の発生から解消までのCBの変動領域

越ら⁷⁾によれば、ドライバーが渋滞に巻き込まれてきた時間が長くなるにつれて、渋滞後のBN容量は低下する傾向にあることが解っている。これは、ドライバーは渋滞に長時間巻き込まれるにしたがって、前方車両に真剣に追従しようとする意欲を失い、車間距離を大きく空けて走行するようになるためである。従って、同条件のCBにおいて変動領域が横に幅を持つ一因は、渋滞の発生から解消までの間に变化するBN容量の変化により起こるものであると推測される。

4. おわりに

CBの抽出によりBN容量は各種要因によって大きく変動するものであることが明らかとなった。降水量や曜日などの変動要因に応じて観測データを層別することなしに、交通量 - 走行速度分布の抱絡線から一括してBN容量値を推定することは適切ではない。

これまでの容量拡大施策は合流部自体に着目しているものが大半であったが、今回分析を行った合流部では真のBNはその下流側にあることが明らかになり、今後は真のBNに対する容量拡大施策を実施していくことが望まれる。

箱崎Rにおける渋滞メカニズムについては、既に分析を進めているが⁸⁾、これらを踏まえた上で、

今後の課題として以下の分析が挙げられる。

- ・ 15分間, 5分間, 1分間等, 集計間隔の違いによるBN容量への影響
- ・ 渋滞の発生から解消までのCB内での遷移状況
- ・ 上流側合流部へのBN遷移に伴う上流側からの流入制限の影響
- ・ 車線別BN容量
- ・ 速度低下の原因となる個々の車両の挙動

謝辞

本研究を進めるにあたり、千葉工業大学の学生(当時)で卒業研究の一環として関わった佐藤優樹氏の多大なる協力を頂いた。また、JICEの下川氏、パシフィックコンサルタンツ株の佐藤光氏及び首都高速道路公団の田沢氏、錦戸氏から助言を頂いた。ここに記し感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 割田博, 植田和彦, 森田緯之, 野間哲也: 「首都高速道路の合流部における交通容量の分析」, 土木計画学研究・講演集, Vol.25, 2002
- 2) 社団法人交通工学研究会編: 「交通工学ハンドブック」, 2001
- 3) 技術検討委員会交通研究部会編: 「高速道路の交通技術」, 2003
- 4) 桑原雅夫, 陳鶴: 「大型車の乗用車換算係数に関する研究」, 生産研究43巻12号(東京大学生産技術研究所), pp.14-17, 1991.12
- 5) 割田博, 植田和彦, 森田緯之, 野間哲也: 「首都高速道路の合流部における交通容量分析」, 土木計画学研究・講演集, Vol.27, 2003
- 6) 社団法人交通工学研究会容量委員会都市高速ワーキンググループ編: 「都市高速道路の交通容量検討資料集」, 平成15年
- 7) 越正毅, 桑原雅夫, 赤羽弘和: 「高速道路のトンネル, サグにおける渋滞現象に関する研究」, 土木学会論文集, No.458 / -18, 1993
- 8) 岡村寛明, 割田博, 下川澄雄, 佐藤光, 森田緯之: 「首都高速道路箱崎ロータリー合流部における渋滞メカニズムの分析」, 土木計画学研究・講演集, Vol.29, 2004(投稿中)