

都市間高速道路における車群特性に関する定量的分析*

A Quantitative Study on Platoon Characteristics on an Intercity Motorway*

石田友隆**・桑原雅夫***・Edward Chung****

By Tomotaka ISHIDA**・Masao KUWAHARA***・Edward CHUNG****

1. 研究の背景・目的

高速道路における渋滞の誘発要因の一つとして、車群（比較的短い間隔で次々にやってくる車両の集団）の存在が知られている。しかし、どのくらいの台数の車群なのか、どのように車群は形成されるのかなど、車群の特性については明確に把握されていない。

そこで、大きな渋滞が発生したある一日に着目し、(1)ボトルネック上流の渋滞開始前の自由流において、交通量の変化と車群形成との関連を解明する。一方、(2)ボトルネック下流においては、渋滞の先頭から発進する車両がボトルネックから離れるにつれて、車群がどのように形成されていくのかを分析する。

2. 使用データ

本研究では、東北自動車道91.8～95.0キロポスト（鹿沼I.C.付近から約4km）の区間において得られた車線別の8断面における生パルスデータを使用している（図1）。なお、取得したデータは車両の通過した時間（時、分、秒）、車種（大型、小型）、速度（0.1km/時単位）、車長（m単位）、車頭間隔（m単位）、車頭時間（0.1秒単位）となっている。

データの定義として、車種は車長5.5m以上を全て大型車、それ以下は全て小型車としている。また、車頭間隔は連続した車両の先端の距離間隔を指し、

*キーワード：交通流，交通容量，ITS

** 学生員，工修，東京大学大学院社会基盤工学専攻

*** 正員，Ph.D，東京大学生産技術研究所

**** 正員，Ph.D，東京大学国際・産学共同研究センター

（東京都目黒区駒場4丁目6番地1，

TEL 03-5452-6098，FAX 03-5452-6420）

車頭時間は前の車両の先端がある断面を通過してから次の車両の先端がその断面を通過するまでに要した時間を指す。

3. ボトルネック位置の特定

追越車線における交通量と平均速度の時間推移（図2）、及び平均速度の時間と空間推移（図3）から、ボトルネック位置を特定した。なお、交通量や平均速度は15分間の平均としており、交通量は大型車を小型車1.7台分とみなしてpcu換算している。

これによって、キロポスト94.0の地点付近がボトルネックの境界であることが分かった。そこで、キロポスト94.0以前をボトルネック上流、以降をボトルネック下流と定義した。

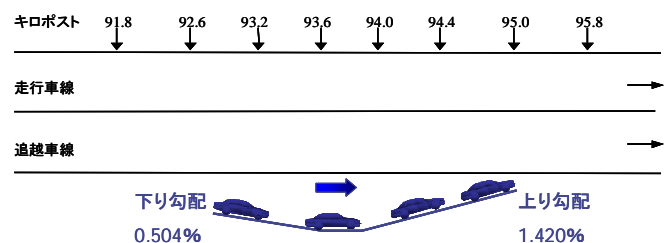


図1 パルスデータ取得地点

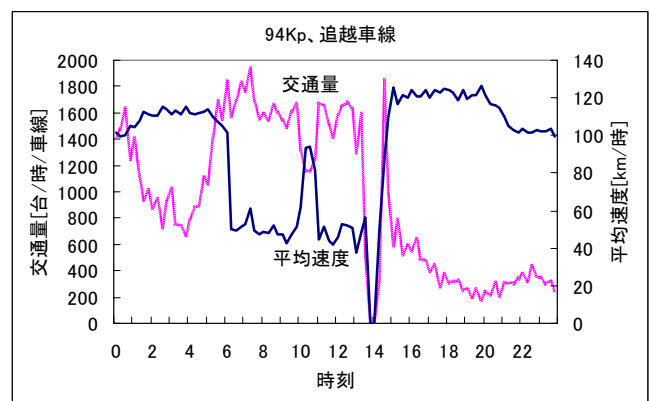


図2 交通量と平均速度の推移

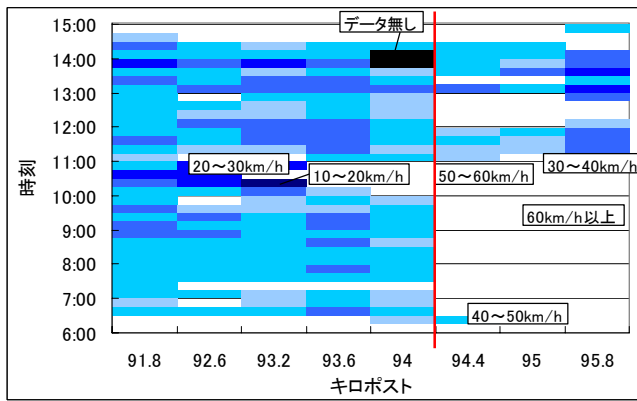


図3 平均速度の推移とボトルネック位置

4. 自由流の分析

本研究では、安全を見て平均速度60[km/時]以上を自由流、未満を渋滞流と定義しており、ボトルネック上流の自由流における分析結果は、以下の通りである。

(1) 車頭時間分布

自由流状態において、車頭時間の累積車両数割合を以下に示す(図4)。なお、図中の数字はフローレベルを表す。フローレベルとは、交通量を200[台/時/車線]毎に区切って定義した指標であり、例えば、レベル7は交通量1200~1400[台/時/車線]を指し、レベル8は交通量1400~1600[台/時/車線]を指す。

図から、交通量が増えるほど短い車頭時間が増えるという期待通りの結果が出ていることが分かる。

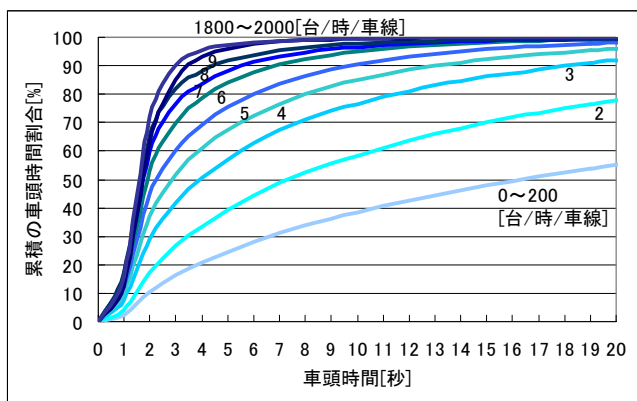


図4 車頭時間分布

(2) 3次元グラフと断面図

本研究では、ある車頭時間以下の車両群を車群と定義している。図5は、フローレベル、基準となる車頭時間、累積割合をそれぞれ軸にとった三次元グ

ラフの一平面である。また、この三次元グラフを基準車頭時間が1.5秒の面で切断し、フローレベルの軸方向から見た断面図が図6であり、基準車頭時間の軸方向から見た断面図が図7である。

なお、図6中で構成台数が1台の場合、車群ではないということを指す。また、図7中の数字はフローレベルを表す。

図6から、交通量が増えるにつれて、車群を構成する車両数も増えていることが分かる。また、図7から、交通量が増えるほど小さい車頭時間で車群になる割合も増えていることが分かる。

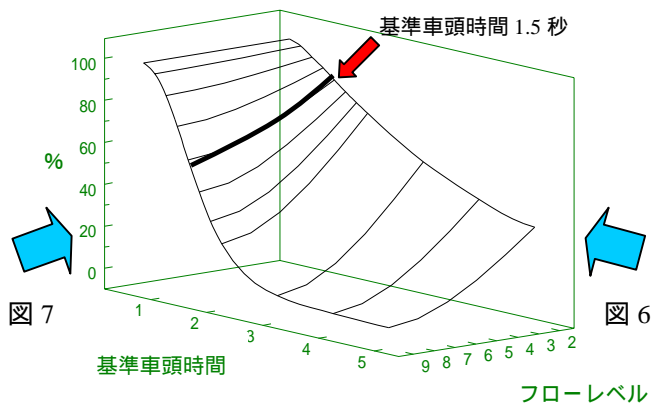


図5 三次元グラフの一平面

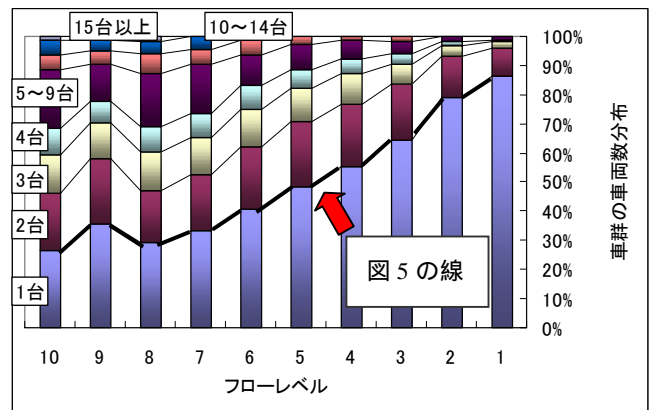


図6 車群を構成する車両数の分布(基準車頭時間1.5秒)

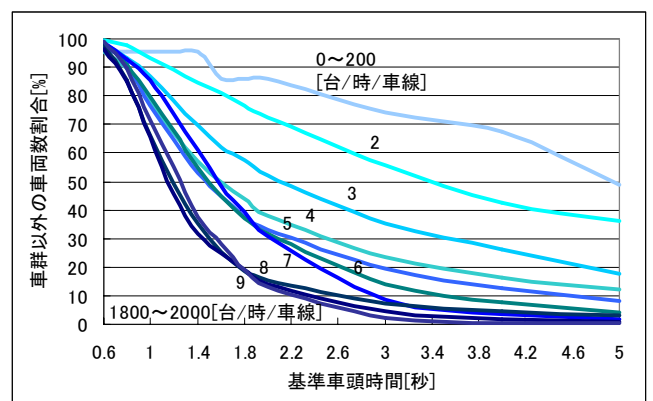


図7 車群を形成する車両割合の変化

5. 渋滞流の分析

一方、渋滞流及びボトルネック下流における分析は以下の通りである。

(1) 車線利用率の推移

図2から、渋滞している時間帯は、主に7:00~9:00頃と推定される。そこで、ここでは渋滞流における車線利用率の推移を示す(図8)。なお、図中の赤線はボトルネックの位置を表す。

図から、ボトルネックを過ぎると、追越車線の利用率が大きくなっていくことが分かる。

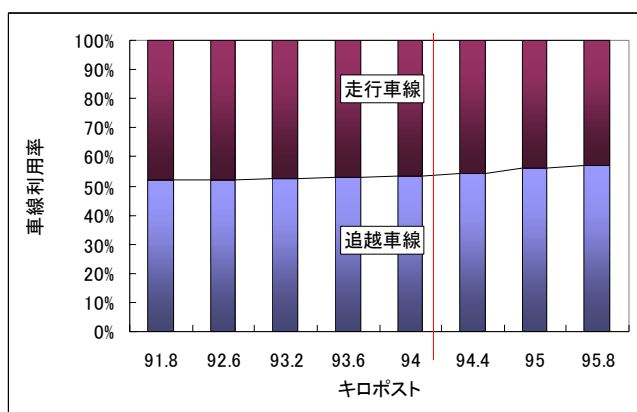


図8 車線利用率の推移

(2) 3次元グラフと断面図

自由流の分析と同様に、図9はキロポスト、基準となる車頭時間、累積割合をそれぞれ軸にとった3次元グラフの一平面である。また、この3次元グラフを基準車頭時間が1.5秒の面で切断し、キロポストの軸方向から見た断面図が図10であり、基準車頭時間の軸方向から見た断面図が図11である。

なお、図10中の赤線はボトルネックの位置を表し、構成台数が1台の場合、車群ではないということを指す。また、図11は交通量が渋滞直前の1800[台/時/車線]以上の時と以下の時とを対象としており、いずれの場合も上から順にボトルネックから0.4km、1.0km、1.8kmの地点となっている。

図10から、ボトルネックを過ぎると、車群を構成する車両台数が急速に増えていくことが分かる。また、図11から、地点間の差が小さく、線が重なってしまっているものの、ボトルネックを離れるにつれて、車群になりやすくなっていることが分かる。

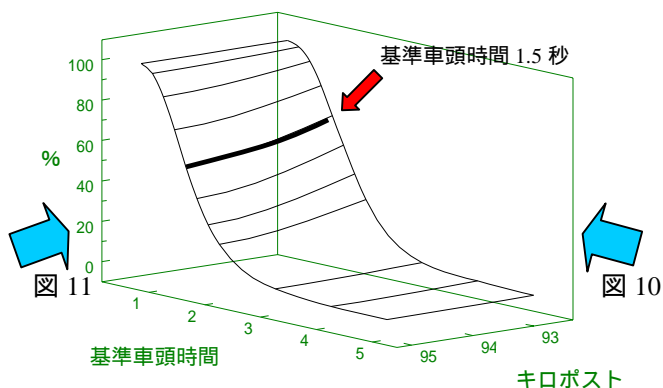


図9 三次元グラフの一平面

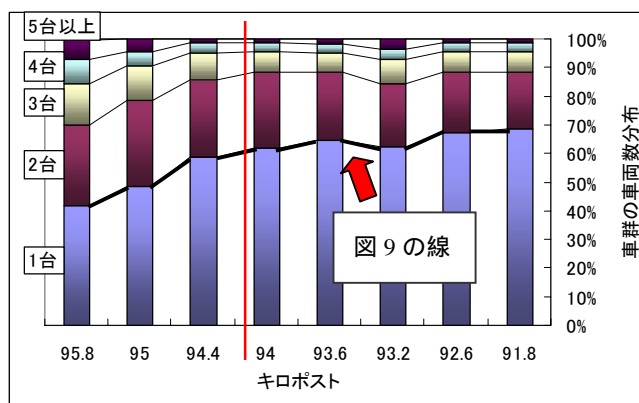


図10 車群を構成する車両数分布(基準車頭時間1.5秒)

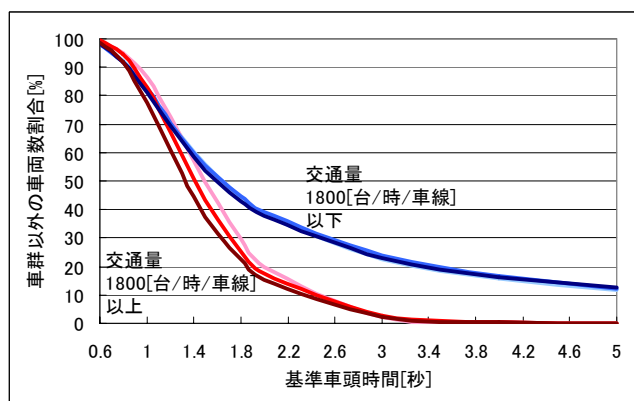


図11 車群形成率の変化

6. CHAIDを用いた分析

CHAIDとはカイ二乗による相互作用の自動検出 (Chi-squared Automatic Interaction Detector)の略称であり、1980年にG.V.Kassが提唱した樹木成長アルゴリズムである。本研究では、ある車両の車頭時間が変化した場合、そのことが次の車両の車頭時間にどう影響するのかを分析する為に導入した。

(1) 前車の車頭時間が後車の車頭時間に及ぼす影響

ここでは、渋滞前のボトルネック上流の自由流、

追越車線において、前車の車頭時間が後車の車頭時間に及ぼす影響を示す(図12)。なお、図中の数字はフローレベルを表す。

図から、交通量が増えると、前車の車頭時間が大きい時に後車が前に詰めるようになることが分かる。

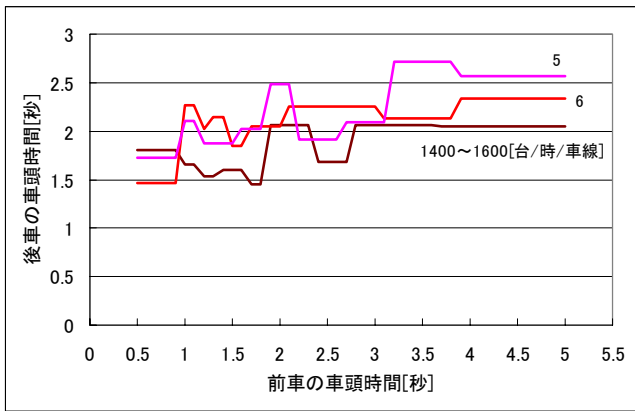


図12 前車の車頭時間が及ぼす影響

(2) 交通流の再現

ここでは、CHAIDによる分析を元に、正規分布に従う乱数を用いて図12の交通流(車頭時間)を再現した結果を示す(図13)。なお、図中の数字はフローレベルを表す。また、軸にとった車頭時間は、どちらも後車の車頭時間である。

図から、一部に多少のずれが見られるものの、概ね元の交通流が再現できていると言える。特に、前車の車頭時間が1秒以下の時と4秒以上の時は再現性が高い。

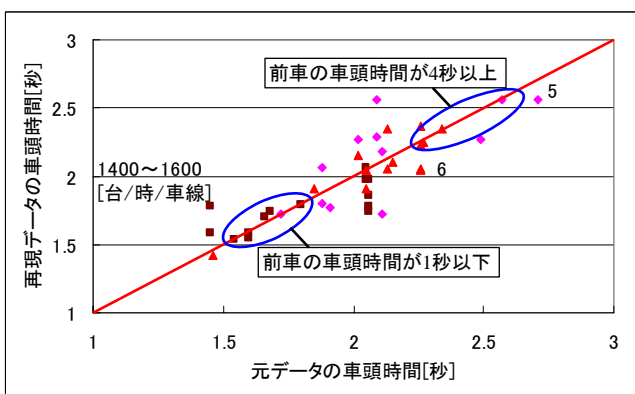


図13 交通流(車頭時間)の再現

6 . まとめ

交通量1600[台/時/車線]程度までは、交通量が200[台/時/車線]増えるほど、車群を構成する車両台数も10%ほど増える。また、車両構成率は基

準車頭時間が3秒以上になると増加率が安定し、交通量800[台/時/車線]までは15%ほど、それ以降は5%ほどの割合で車群構成率が増加している。

ボトルネックを過ぎると、走行車線の車両が追越車線に流れてくる影響で、車群を構成する車両台数の増加率が5%から10%へと大きく伸びる。また、基準車頭時間が2秒以下の場合、ボトルネックを0.4km離れるほど、車群構成率が5%ほど増加する。

全体的に走行車線よりも追越車線の方が0.5秒ほど車頭時間が短い。また、ボトルネックを0.4km離れるほど車頭時間が0.2秒ほど短くなる。

交通量が高い場合、前車の車頭時間が大きいと後車が前に詰めるようになる。

CHAIDを用いた分析で得られたデータを元にして、正規分布に従う乱数によって元の交通流(車頭時間)を再現することができる。

7 . 今後の課題

本研究では、東北自動車道で得られた生パルスデータを基に、ここで挙げたような様々な解析方法によって、車群に関する基礎的な研究を行った。これによって、車群の規模や車群がどのように形成されるのかなど、車群の特性を多少なりとも明確にすることができた。

今後は、車群を定義する基準やその閾値の確立を目指すと共に、正規分布に従う乱数によって再現された交通流データをシミュレーションに応用するといった、他の研究にも活かせる分析を行ってきたい。

参考文献

- 1) 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、pp.65-71、1993.
- 2) A.Darlington：Traffic flow fundamentals、Englewood Cliffs、1927.