

大型車の乗用車換算係数に関する研究

A Study on the Passenger Car Equivalents of Heavy Vehicles

桑 原 雅 夫*・陳 鶴*

Masao KUWAHARA and He CHEN

1. は じ め に

大型車は、速度性能や大きさなどが乗用車とは異なるので、大型車1台を乗用車1台と同等に取り扱うことは不合理であり、なんらかの補正が必要となる。大型車が乗用車の何台分に相当するか、その換算値を大型車の乗用車換算係数 [乗用車/大型車]、または大型車当量 (PCE: Passenger car Equivalents) と呼ぶ。このPCEの概念は1965年版のHCM (Highway Capacity Manual)¹⁾で提案され国際的にも広く普及しており、わが国においても1965、1985年版HCM²⁾を参考にしたPCEが用いられている。

しかしながら、どのようなPCEを用いるべきかは交通流の状態によって異なるはずであるが、現在はあらゆる交通状態に対して一律のPCEが大型車混入率の関数として与えられているにすぎない。たとえば、(1)渋滞中の交通容量を算定するためのPCE、(2)交差点の飽和交通流率の算定のためのPCE、(3)織り込み区間あるいは分合流部の交通容量算定のためのPCE、(4)自由流状態のあるサービス水準を維持する交通量算定のためのPCEなど、それぞれの交通状態あるいは目的によって使用すべきPCEの値は当然違ってくるはずである。

本研究では、上記(1)と(2)のPCEを、数カ所における交通流観測データに基づいて推定したものである。

2. 渋滞中の交通容量を算定するためのPCE

2.1 発進ヘッドウェイの観測

渋滞中の交通容量は、渋滞の先頭から加速していく交通の発進流率に等しいので、発進流の観測が必要となる。図1(a)のようなボトルネックにおいて、渋滞先頭から発進する車がA断面を通過する時刻を累積的に表すと図1(b)のようになる。累積図の実線と破線は、発進する車がすべて乗用車であった場合と、いくつかの大型車が混入している場合とを対照的に図示したものである。大

型車がA断面を通過する場合には車長も乗用車に比べて長く、車間距離も若干広めであると考えられるため、ヘッドウェイが大きくなる。したがって、単位時間に断面を通過できる台数 (A断面の交通容量) もすべてが乗用車

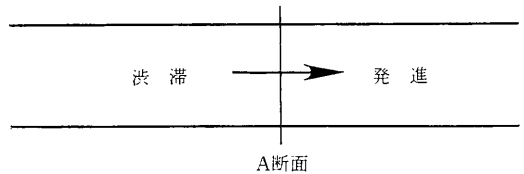


図1(a) ボトルネックの模式図

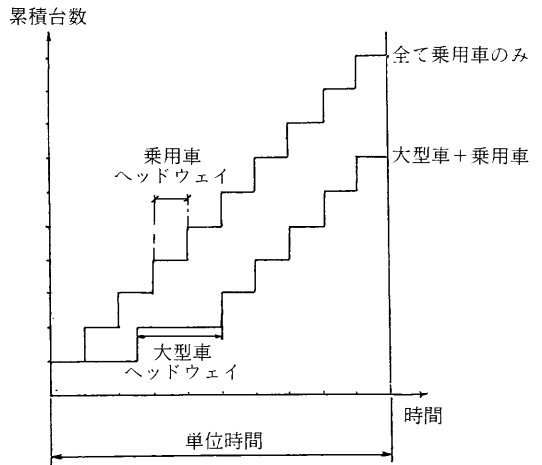


図1(b) ヘッドウェイと累積台数の関係

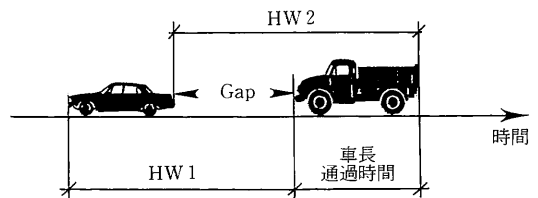


図2 車尾時間, Gap等の関係

*東京大学生産技術研究所 第5部

表 1 東名高速道路46.5Kpにおける発進ヘッドウェイの計測値

車型	HEADWAY	追越車線		走行車線	
		平均値 (秒)	サンプル数	平均値 (秒)	サンプル数
小一小	HW1	2.72	1150	3.17	916
	HW2	2.72		3.17	
	Gap	2.40		2.83	
大一小	HW1	3.22	72	3.83	86
	HW2	2.84		3.40	
	Gap	2.52		3.07	
小一大	HW1	2.67	72	3.84	86
	HW2	3.04		4.26	
	Gap	2.36		3.51	
大一大	HW1	3.50	7	3.85	7
	HW2	3.60		3.96	
	Gap	2.81		3.15	
平均速度		48.91 Km/h		47.59 Km/h	
平均交通量		1303 Veh/h		1096 Veh/h	

* (小一大)：先行車は小型車，追従車は大型車を表す。
 * 測定時間：1990.7.28 14：30-15：30

表 2 東名高速道路52.69kpにおける発進ヘッドウェイの計測値

車型	HEADWAY	追越車線		走行車線	
		平均値 (秒)	サンプル数	平均値 (秒)	サンプル数
小一小	HW1	2.30	3149	2.58	2161
	HW2	2.30		2.58	
	Gap	1.80		2.05	
大一小	HW1	2.95	157	3.61	265
	HW2	2.41		3.01	
	Gap	1.93		2.49	
小一大	HW1	2.26	157	2.68	264
	HW2	2.78		3.30	
	Gap	1.75		2.16	
大一大	HW1	2.88	16	4.12	49
	HW2	2.85		4.04	
	Gap	1.87		2.98	
平均速度		35.94 Km/h		34.31 Km/h	
平均交通量		1533 Veh/h		1377 Veh/h	

* (小一大)：先行車は小型車，追従車は大型車を表す。
 * 測定時間：1990.11.18 15：45-18：05
 ただし16：50-17：15のデータを除いた。

であった場合よりも少なくなると考えられる。このように、渋滞先頭からの発進交通のヘッドウェイが大型車と乗用車でどのように異なるのかを観測することによって、本目的のためのPCEが推定できる。

本研究では、東名高速道路46.54[KP]，52.69[KP]の自然渋滞先頭における車両感知器生パルスデータを用い

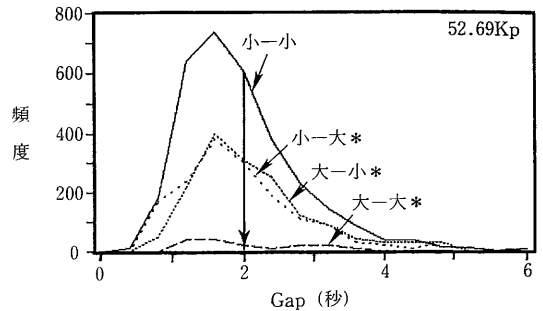


図 3 追越車線のGapの分布
 * サンプル数は縦軸頻度の1/10

て、図 2 にあるような 3 種類の時間を計測した。計測結果は表 1，2 に示すように、前後の車種によって 4 種類の組み合わせ別に、かつ車線別にまとめられている。全サンプル数は各地点各車線で数千得られたが、大型車一大型車の組み合わせの数がきわめて少ない。また、交通容量が46.54[KP]，52.69[KP]で約2400，2900 [台/時/2車線]と異なるので、全平均車尾時間も約 2 割ほど違っている。

計測結果で興味深い点として、両地点とも追越車線におけるギャップの平均値は図 3 のように車種の組み合わせによらず一定値となり、車尾時間の差は車長の違いのみによることがわかる。一方、走行車線の計測からはこのような結果は得られず、車尾時間の違いは車長の差だけではなく、車種によってギャップの取り方が異なっていることを示している。

2.2 PCEの推定方法

まず、PCEの定義より、次式が成立する。

$$H = H_{ss} \cdot (1 - P_t) + H_{ss} \cdot PCE \cdot P_t \quad (1)$$

ここに、

H_{ss} = 乗用車一乗用車の場合の平均車尾時間

H = 混合交通の平均車尾時間

P_t = 大型車混入率 ($0 \leq P_t \leq 1$)

式(1)は混合交通の平均車尾時間を表しているが、この右辺の第 1 項は乗用車一乗用車の場合の平均車尾時間 (H_{ss}) に、混合交通中の剰余車割合 ($1 - P_t$) を乗じたものであり、第 2 項は H_{ss} に PCE を乗じて大型車の平均車尾時間を求めてから大型車混入率 (P_t) を乗じた項である。式(1)はさらに次のように変形される。

$$PCE = (H/H_{ss} - 1) / P_t + 1 \quad (2)$$

これより、計測結果から得られる H_{ss} ， H ， P_t を用いて PCE を推定することとする。

(1) 追越車線

先に述べたように、追越車線におけるギャップの平均

研 究 速 報

値は車種の組み合わせによらず一定であった。この場合の混合交通の平均車尾時間Hは、

$$H = (\text{乗用車の車長通過時間} + \text{ギャップ}) \cdot (1 - Pt) + (\text{大型車の車長通過時間} + \text{ギャップ}) \cdot Pt$$

のように表すことができるので、式(2)よりPCEは大型車混入率(Pt)に依存せず単に大型車と乗用車の車尾時間の比となる。

$$PCE = \frac{\text{大型車の車尾時間}}{\text{乗用車の車尾時間}} = \frac{\text{大型車の車長通過時間} + \text{ギャップ}}{\text{乗用車の車長通過時間} + \text{ギャップ}}$$

これに各車種の車尾時間の平均値を代入して、PCE値[乗用車/大型車]が得られた。

(2) 走行車線

一般には走行車線の計測結果のように、ギャップの値は車種の組み合わせによって変化するので、車種の組み合わせを考慮して、混合交通の平均車尾時間Hを推定してから式(2)よりPCEを求めなければならない。いま大型車混入率がPtだったとすると、全台数が十分大きい場合にはそれぞれの車種の組み合わせが起こる確率は次のように表せる。

$$\begin{aligned} \text{Prob(乗用車-乗用車)} &= (1 - Pt) \cdot (1 - Pt) \\ \text{Prob(乗用車-大型車)} &= (1 - Pt) \cdot Pt \\ \text{Prob(大型車-乗用車)} &= Pt \cdot (1 - Pt) \\ \text{Prob(大型車-大型車)} &= Pt \cdot Pt \end{aligned}$$

各組み合わせの平均車尾時間(HW2)が計測されているので、混合交通の平均車尾時間Hは上記確率で重みづけをして求めることができる。したがって、Hは大型車混入率(Pt)別に計算することができ、Hを式(2)に代入して得られるPCEも大型車混入率(Pt)によって変化することになる。

ただし、本研究では大型車-大型車となる場合のサンプル数が極端に少なかったため、大型車-大型車と乗用車-大型車の場合をまとめて扱った。すなわち大型車が後続車となる組み合わせについては、先頭車種によらず平均車尾時間は等しいと仮定して、平均車尾時間を求めた。

2.3 推定結果

図4に東名高速道路の2ヶ所におけるPCEの推定結果を示す。下の2本線は追越車線の結果で、いずれもPCEは大型車混入率によらず一定値である。上の2本線は走行車線の結果で、従来から言われていたように大型車混入率が上昇するとPCEは逆に減少する傾向にあり、追越車線のPCEよりも大きい値が推定された。本分析では、両車線ともにすべての大型車混入率について1.5[乗用車/大型車]以下の値が推定され、1.7から1.8[乗用

表3 青山一丁目交差点における発進ヘッドウェイの計測値

車型	HEADWAY	平均値(秒)	サンプル数
小一小	HW1	1.90	1275
	HW2	1.90	
	Gap	1.38	
大一小	HW1	2.60	65
	HW2	2.08	
	Gap	1.51	
小一大	HW1	2.42	65
	HW2	2.91	
	Gap	1.88	
大一大	HW1	3.11	6
	HW2	2.87	
	Gap	1.60	
平均速度		
平均交通量		1835 Veh/h	

* (小一大)：先行車は小型車，追従車は大型車を表す。
* 測定時間：1988.2.15 10:30-11:30

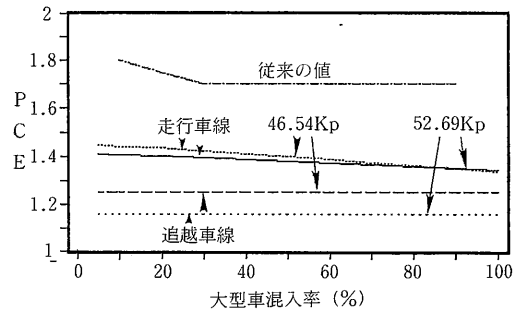


図4 渋滞発進流におけるPCEの推定結果 (東名高速道路2ヶ所)

車/大型車] という従来⁹⁾の値より小さい値が得られた。

3. 交差点の直進飽和交通流率の算定のためのPCE

信号交差点では赤信号で停止していた車両は、青信号になると順次発進、加速して停止線を通り過ぎていく。信号が赤から青に切り替わっても、車はすぐには発進できないので、最初の数台には発進遅れがあるが、その後の赤信号による待行列がはけきるまでの間は、最大の発進流率すなわち飽和交通流率が観測される。通常、飽和交通流率は直進、左折、右折の方向別に、有効青1時間に停止線を通過できる最大交通量として定義される。

このように交差点停止線からの発進交通における大型車の影響は、青信号に切り替わった直後の数台に見られる発進遅れへの影響と、飽和交通流率への影響に分けられるが、本研究では直進飽和交通流率を算定するための

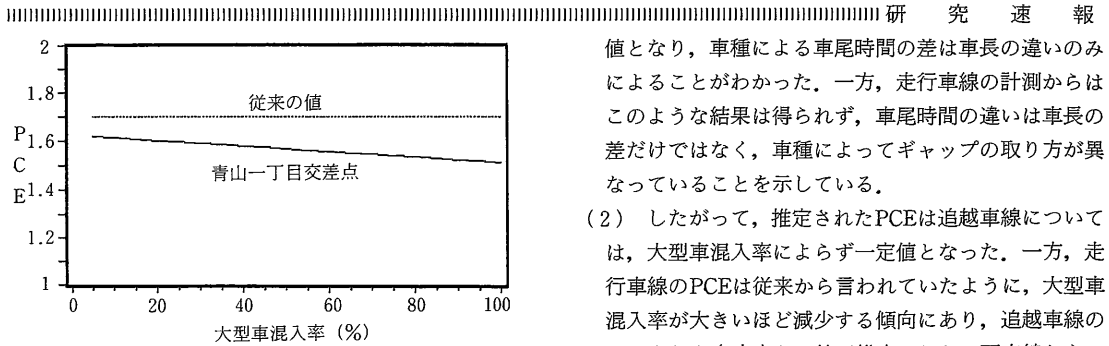


図5 交差点の直進飽和交通流におけるPCEの推定結果

PCEに限定して分析を行った。

3.1 発進ヘッドウェイの観測とPCE推定結果

2章で説明したように、直進飽和交通流率の算定のためのPCEは、停止線からの発進ヘッドウェイを観測することにより推定できる。青山一丁目交差点の直進発進流を観測した結果を表3に示す。東名高速道路の走行車線と同じように、前後の車種の組み合わせによってギャップの平均値は異なっていたので、前章2.2(2)と同じ方法でPCEを推定した。図5にその結果を示す。

これまで用いられてきた飽和交通流率算定のためのPCEは、大型車混入率によらず一律1.7 [乗用車/大型車]であったが、今回の推定結果ではPCEは大型車混入率が大きくなるほど、1.62から1.50 [乗用車/大型車]へ減少する傾向にあり、従来の値よりも小さな値が推定された。

4. まとめと今後の問題

本研究では、渋滞中の交通容量を算定するためのPCE、および交差点の直進飽和交通流率算定のためのPCEを推定した。主な結果を以下にまとめる。

- (1) 東名高速道路のボトルネック2ヶ所において、渋滞先頭からの発進流のギャップ、車尾時間等を観測し、PCEを車線別に推定した。両地点とも追越車線におけるギャップの平均値は車種の組み合わせによらず一定

値となり、車種による車尾時間の差は車長の違いのみよることがわかった。一方、走行車線の計測からはこのような結果は得られず、車尾時間の違いは車長の差だけではなく、車種によってギャップの取り方が異なっていることを示している。

- (2) したがって、推定されたPCEは追越車線については、大型車混入率によらず一定値となった。一方、走行車線のPCEは従来から言われていたように、大型車混入率が大きいほど減少する傾向にあり、追越車線のPCEよりも多少大きい値が推定された。両車線ともすべての大型車混入率について1.5 [乗用車/大型車]以下の値が推定され、従来値の1.7から1.8 [乗用車/大型車]より小さい値が得られた。

- (3) 交差点の飽和交通流率算定のためのPCEは、同様に停止線からの発進交通流の車尾時間等の観測結果より推定した。PCEは大型車混入率が大きくなるほど、1.62から1.50 [乗用車/大型車]へと減少する傾向にあり、一様に従来の値1.7 [乗用車/大型車]よりも小さな値であった。

今後の課題としては、(1)1章で述べたように本研究では扱わなかった交通状態についてのPCE推定すること、(2)今回の分析結果も含めて、より観測データを増やしてPCE推定値と道路幾何構造との関係を分析することが上げられる。

(1991年9月25日受理)

謝 辞

本研究を進めるに当たり、多くの助言をいただいた工学部土木工学科越正毅教授に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) Highway Capacity Manual, Transportation Research Board Special Report 87, 1965.
- 2) Highway Capacity Manual, Transportation Research Board Special Report 209, 1985.
- 3) 日本道路協会, 道路の交通容量, 昭和59年9月.
- 4) 交通工学研究会, 交通信号の制御技術, 昭和58年5月.