

4 車線高速道路の交通実態と交通容量改善策

Traffic Actual Condition and Measures for Improving Traffic Capacity
on Four-Lane Motorway

栗原光二* 日置洋平**

by Koji KURIHARA, Youhei HIOKI

1. 本線ボトルネックでの交通特性

わが国の高速道路の供用延長は、平成6年3月末で計画総延長のほぼ半分に相当する 5,574kmに達している。このうち4車線高速道路は約 80%に当たる約 4,500kmを占めるが、交通集中による交通渋滞の発生状況を調べると、その殆どはこの4車線高速道路において発生している。表-1は今年平成6年8月のお盆をはさむ夏期行楽シーズン(8月10日～8月21日)に発生した交通集中渋滞のうち、特に渋滞度の激しかったものを選んで表にしたものであるが、ボトルネック箇所は4車線高速道路に集中して存在していることがわかる。

表-2は渋滞の常習箇所としてこれまで観測された主なボトルネックでの渋滞発生後の交通容量である。サグ・トンネルに関わらず2車線合計で2,700～2,800[pcu/時]となっており、これまで信じられてきた可能交通容量 4,000[pcu/時/2車線]と比べると、約3割もの低下をしていることになる。果してこれほどまでの落差は一体どのような原因によって生じるのであろうか。

図-1は年間121回(平成5年度)にも及ぶ渋滞を頻発させている日本坂トンネル(上り)の上流地点[170.64kp]における各交通量ランク毎の車線利用状況と速度を表したものである。当該地点の車両感知器で測定した1年間分(1993年)の時間交通量(一方向)を200台単位に区分けし、その時の各車

線の交通量を平均して車線利用率を求めて、その中から500台毎の代表的なランクについて、両車線の分担交通量を表示した。また速度については、同じ

表-1 交通集中渋滞状況
(平成6年夏期行楽シーズン)

路線名	上下	ネ ッ ク 箇 所 (kp)	最大渋滞長 (km)	渋滞時間 (hr)	回数	主要因
東 北	上	大谷PA (99.3)	60.0	14.7	2	PA分合流
	上	宇都宮IC (103.0)	67.2	14.6	2	IC合流
	上	塩谷BS付近 (114.0)	59.0	17.5	2	サグ
	上	荒川橋付近 (116.0)	65.0	10.7	1	サグ
	上	那須BS付近 (152.0)	69.0	9.7	1	IC合流
	上	福島TN (247.0)	36.0	9.5	2	トンネル
	上	飯田橋付近 (94.0)	80.0	19.9	4	車線減少
	下	郡山南IC付近 (207.6)	39.6	0.9	1	出口
東 名	下	大和IC (357.0)	31.5	11.3	1	出口
	上	中井PA付近 (52.0)	30.7	11.3	1	サグ
	下	伊勢原BS付近 (41.6)	48.2	21.1	1	長い上坂
	下	秦野中井IC付近 (46.0)	38.3	19.0	1	サグ
	下	秦野中井IC付近 (48.2)	35.6	16.0	1	サグ
常 磐	下	由比PA付近 (136.1)	30.1	3.9	1	サグ
	上	千代田石岡IC付近 (56.0)	41.5	8.7	1	IC合流
	上	岩間BS付近 (68.0)	36.2	8.5	1	IC合流
	下	羽鳥BS付近 (64.0)	36.5	11.3	1	サグ
関 越	上	高崎BS付近 (98.7)	31.3	8.4	1	IC合流
	下	水上IC付近 (141.1)	122.0	14.3	1	サグ
中 央	上	所沢第三TN (60.0)	35.2	9.1	2	トンネル
	上	中野TN付近 (60.8)	33.2	10.7	3	サグ
	下	鶴川大橋付近 (52.4)	49.6	10.1	3	サグ
	下	中野TN付近 (62.8)	62.8	21.8	3	サグ
名 神	上	長良川橋付近 (369.9)	33.0	6.6	1	長い上坂
	上	大山崎BS付近 (494.0)	30.0	12.9	1	出口
	上	関ヶ原IC (389.4)	34.6	15.8	1	トンネル
	下	関ヶ原TN付近 (395.4)	33.4	8.6	2	サグ
	下	京津BS付近 (460.3)	30.5	7.5	1	サグ
	下	天王山TN (497.0)	45.0	19.3	2	トンネル
	下	龍原第一TN (501.0)	30.0	5.5	1	トンネル
中 国	上	流野社IC付近 (62.0)	30.0	12.2	1	サグ
	下	東条BS付近 (50.1)	50.0	21.5	1	サグ

※ 渋滞長30km以上の交通集中による渋滞

表-2 主なボトルネックの渋滞後の交通容量

渋滞要因	路線	上・下	地 名 キロポスト	延 長 (km)	勾 配 (%)	2車線合計 (台/時)
サグ	中央	上	相模湖 (43)	—	-3.5～+4.5	2,600～2,800
		下	鶴川 (52)	—	-0.3～+5.0	2,500～2,700
	東名	上	中野橋 (61)	—	-3.2～+3.7	2,600～2,700
		上	中井 (53)	—	-3.4～+4.8	2,500～2,700
		上	伊勢原 (44)	—	-0.3～+1.4	2,500～2,700
		下	秦野 (47)	—	-2.6～-0.3	2,500～2,800
トンネル	中央	上	小仏 (41)	2.0	+3.2～+3.0	2,600～2,700
		上・下	日本坂 (170)	2.0	+0.1～+2.5*	2,700～2,800
		上・下	天王山 (47)	1.45	+4.6～-0.9*	2,900～3,000

* 上り線の勾配

キーワード：交通流、交通容量

* 正会員 工学修士 日本道路公団

〒100 東京都千代田区霞が関3-3-2

TEL 03-3506-0269 FAX 03-3506-0346

**工学修士 日本道路公団

〒100 東京都千代田区霞が関3-3-2

TEL 03-3506-0270 FAX 03-3506-0346

く1年間分の5分間値(交通量及び速度)を用い、車線別に20台間隔に区分けした交通量毎に速度の加重平均値を求め、その交通量ランクに対応する速度として表示している。これによると、交通量が少ない段階では走行車線の方が利用率が高いが、交通量が増加するにつれて追越車線へ重心が移り、最大値に匹敵する3,000台/時/2車線になると追越車線の利用率は62%にも達し、交通量の差は車線間で600台もの大きな開きが生じてしまうことが分かる。

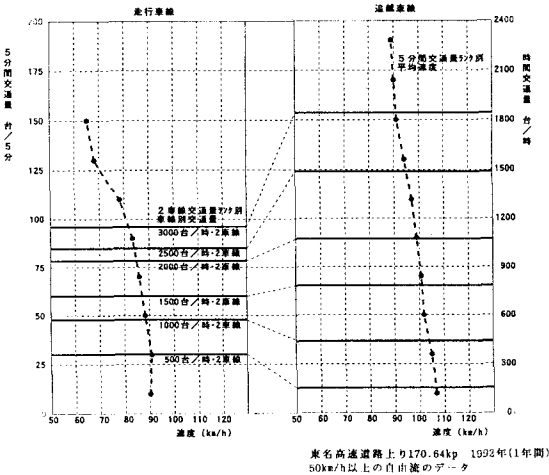


図-1 車線利用実態と走行速度図

一方、5分間値を用いて作成されるQ-V図(図-2)を見れば、最大値として300台が出現するが、1時間値としては3,000台を越えることは殆ど無く、それを臨界点として流れは渋滞領域へと移り(図-2の口)、交通量は速度の低下を伴って減少してしまう。すなわち一方2車線の高速道路の場合、十分な需要交通量が有るにも関わらず、走行車線は追越車線との間に大きな利用格差を残し、本来の機能を発揮すること無く渋滞流へと向かう。ここで図-1の走行速度に目を移すと、車線間で15~20km/hもの差が生じていることが分かる。本来ドライバーの希望速度は広範囲に分布するが、車線数の制約から2つの車線に仕分けされ、そして各々が交通密度に支配される形で実勢速度が形成される。したがって、低交通量の時の速度は各ドライバーの嗜好が反映され易いが、一方、交通量が多くなってくると、前方

車両に干渉を受けた速度が現実のものとなっていく。上記の車線利用率の差は、特にこの速度差が大きな原因となって生じているのであろう。お盆を含む帰省時や行楽期等に高速道路を利用するドライバー特性を概観すると、希望速度や運転技量の違い、あるいは運転マナーや車社会への熟達度などの点で、平常時に比べてより大きな個人差が存在していると考えられるが、このことが主因となって図-1及び図-2に示すような極めて非効率的な現象を招いていると言えよう。

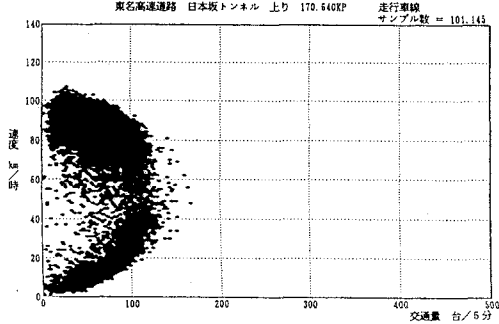
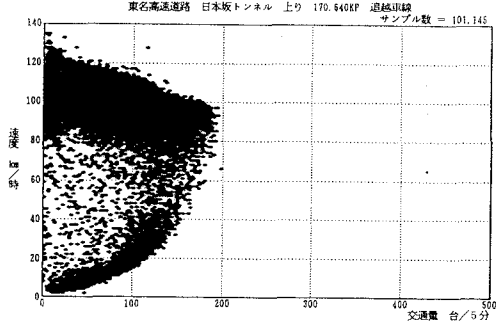
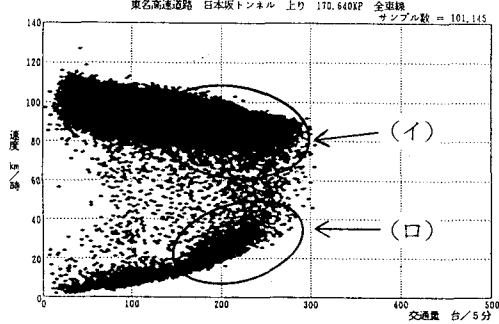


図-2 5分間Q-V図

2. ボトルネックの生成

ボトルネックはその前後地点より交通容量の低い地点の呼称であり、上流から流れてくる交通量が増加し、その全てを一定の時間以内に通し得なくなった時に渋滞が発生する。一般に2車線の都市間高速道路においては、3,600[pcu/時]程度の交通容量を有しているが、これに比べてボトルネックの交通容量は表-2に示すように極端に低い。その理由をこれまでの観測や調査・分析の結果に基づいて整理すると次のようになる。

(a) 追越車線への偏り

交通量が増加してくると、前述の車線間の速度差が原因となって、追越しを終えた車両が走行車線へ戻らずそのまま追越車線を走る為に、その利用率は60%を越えるほどになる。

(b) 車群の形成

単路部走行が長くなると、交通量の大半が偏在する追越車線において、その中の比較的遅い車両が先頭となる車群が形成され、車群間には大きな空きが存在するが、車群内は過密な追従走行状態となる。

(c) 速度低下

サグの場合、走行抵抗が弱から強へと変化するが、車群の中を走るドライバーは視覚的にその変化を察知することができなくなり、速度を一定に保つ為に行うべきアクセルの踏み込みが遅れ、僅かに速度低下を引き起こす。トンネルの場合は、明かりとトンネルとの環境の違いが原因となって、明かりで確保してきた車頭間隔よりも大きな車頭間隔を望むために、追従走行する車両は速度低下を引き起こす。

(d) 減速波と渋滞流

速度低下した車両の後方車両は、それまでよりも縮まる車頭間隔に反応し減速を余儀なくされるが、これは時間の遅れを伴う“減速波”として車群内を伝わる為に、減速量は後方へ向かって増幅される。その結果車群の後尾車両は停止に至るほどの低速となり、後方の車群を次々と併合して巨大な車群へと成長すると同時に、車頭間隔は極端に詰まり身動きのとれない“渋滞流”へと変わる。

(e) 走行車線への伝播

減速波が後方へ伝播する間に、それまで低速であった走行車線と比べて追越車線上の走行速度が優位で

無くなると、より低密度の走行車線側へ車線変更が行われる結果、両車線共に高密度・低速の渋滞流となる。

(f) 発進交通流

このように極端な低速と化した渋滞流は、ボトルネックを過ぎ下流へ進むにつれて徐々に速度を上げ、ついには自由流へと回復するが、この流れのプロファイルを描くと、あたかもこのボトルネックをスタート地点とするような流れ、すなわち“発進交通流”を形成する(図-3参照)。

この時の交通容量が表-2に示す値であるが、その直前の自由走行時に実現する交通量(3,150[pcu/時]程度)よりも低くなること、そしてサグ・トンネルの区別無くほぼ一定になるのが特徴的である。そして、一旦このような発進交通流が形成されてしまうと、渋滞の先頭部を制してしまうので、需要交通量がこの交通流率を上回る間は渋滞は増大し続け、下回ったときに初めて減少へ向かう。

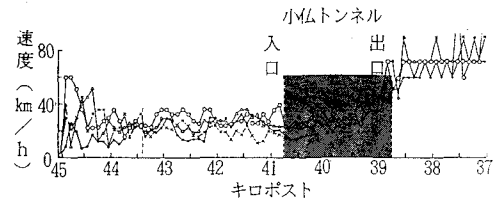


図-3 トンネル入口をボトルネックとする流れの加速状況
(小仏トンネルにおけるフローティング調査)

3. 改善策の考え方

以上のような生成過程を踏まえてボトルネックを端的に表現するならば、ボトルネックとは“ドライバーの多くが無意識のうちに速度低下を起こす要因が潜伏する場所”ということになろう。道路はその線形や構造が地形等に支配され様々に変化している中で、その殆どの地点がスムーズな流れを可能にしているのに対して、ボトルネックとなるサグやトンネルではそれらの70%程度の能力しか発揮しない。ボトルネックにならないいわゆる一般部においては、たとえ追越車線への偏りが生じたりあるいは車群が形成されたとしても、一定の速度での走行が可能で減速波が発生することが少ないために、渋滞流へ変

化することなく3,600[pcu/時]レベルの交通量を通すことができるのであろう。

したがって改善策として思い浮かぶのは、速度低下要因を排除できないかということである。道路構造を変更するのは困難であることから、これまで「速度低下に注意」などといった表示板を設置してドライバーに呼びかけているが、これまでの経過や実態が物語るように、走行中のドライバーの運転挙動に影響を与えるには至っていない。交通量が増加し交通密度が上昇したときに、前車との車間距離に神経を集中させているドライバー群に対し、速度低下の防止を訴えても極めて困難な仕様であろうと思われる。

そこで速度低下や減速波を発生させる要因になる“車群”に注目し、これに何らかの改変を与えられないかという検討を行った。ところで車群はその一団の中で最も遅い車両に率いられており、その車群の内部は減速波を生じ易い過少な車頭間隔になっているなど、渋滞発生を引き金となる重大な要因を内蔵している。ボトルネックの上流地点でこの車群の先頭車両を、追越車線から走行車線へ移動させることができれば、車群の解体が促されることになる。その為には走行車線への移行を促す環境を作り上げることが前提となるが、それには走行車線上がそれまでより低密度・高速の状態へ改善されることが不可欠な要素となる。その方策として従来の登坂車線と類似の機能を持つ“付加車線”の設置が挙げられる。

走行車線走行車両の中にも速度差が存在するが、より遅い速度を嗜好する車両にはこの付加車線の利用を可能にし、それによって走行車線を低密度・高速へと変化させ、追越車線上のより遅い車両を走行車線へ移り易くさせようというのが狙いである。これまでの登坂車線は、速度低下した車両の速度を最低速度まで回復させる目的で設置されているが、この場合の付加車線の役割は、速度分布により適合した車線利用を実現することによって交通流に柔軟性を回復させることが目的である。ボトルネック地点に向かって来る交通流は、それまで乱れを起こさずにいるとはいえかなり硬直化した流れになっている。それがボトルネックに達して乱れを起こすのであれば、その硬直化した流れをほぐして柔軟な流れとす

ることが有効であり、これによってボトルネックでの通過をスムーズにしてやることが可能であろう。また、車線利用率の観点から図-4に示すように、ボトルネックの上流側で追越車線に偏った流れが付加車線設置区間において車線間に分散し再配分されることによって、2車線に絞られる段階での無理な合流を防止する効果も期待できよう。



図-4 付加車線区間における
車線利用の遷移イメージ

4. 今後の課題

本線ボトルネック対策は、その忌まわしい渋滞を何とか回避したいとの願いから種々の試みがなされてきたが、本格的な取り組みはこれからという段階にある。片側2車線高速道路の場合、希望速度の分布が主因となって極めて非効率的な利用実態になっていることが明らかになってきたが、わが国の極めて重要な社会資本である高速道路をより高度に活用していく為には、まずこのボトルネックを他の一般部の水準まで機能向上させることが第一の目標である。これまで本線渋滞の原因やメカニズムの解明については研究がなされているが、それらを成果として生かすためには改善策へ繋げていくことが不可欠である。今後は現存の登坂車線など付加車線の利用実態の分析を進めると同時に、その実績を踏まえて現場における実証と調査・分析を実施し、効果的・経済的な改善策の確立を実施して行かなければならない。

参考文献

- 1) 越 正毅：高速道路のボトルネック容量，土木学会論文集，第 371号/ IV-5 pp.1~7, 1986年 7月
- 2) 越 正毅・桑原正夫・赤羽弘和：高速道路のボトルネックにおける渋滞現象に関する研究，土木学会論文集，第 458号/ IV-18, pp.65~71, 1993年 1月