

## 渋滞のメカニズムと対策

Traffic Congestion: How they take place and how to solve the problem

越 正 毅\*・赤 羽 弘 和\*\*・桑 原 雅 夫\*

Masaki KOSHI, Hirokazu AKAHANE and Masao KUWAHARA

東京都心部および東京周辺の行楽地における実地調査により交通渋滞の現状を定量的に把握し、それに基づいて渋滞対策を検討した。その結果、路上駐車排除、交通信号機の調整、交差点の改良、そして適切な迂回路の設置・誘導などの対策により、現有の道路施設の交通処理能力をフルに活かせば、短期間に渋滞を大幅に緩和、あるいは解消することが十分に可能であることが明らかとなった。

## 1. 超過需要

道路がさばくことができる車の台数には限界があり、これをその道路の交通容量と呼んでいる。これに対して、この道路を実際に利用しようとする車の数を、交通需要という。交通渋滞は、交通需要が交通容量を超えたときに起こる現象で、いわばエレベーターの定員をオーバーした人々が、乗り切れずに残されて待たされるのと同じである。

渋滞で車がぎっしりと詰まっている状況を目のあたりになると、直感的に「道路の交通容量の何倍もの車が押し寄せている」と思いがちである。

しかし、たとえば日常の大都市内の渋滞の場合、現実には数%から十数%程度の超過需要が発生しているに過ぎないし、道路の容量も必ずしもフルに使われているわけではない。したがって、現在ある道路をより有効に使いこなすだけでも、渋滞の大幅な軽減、あるいは解消が十分に可能である。

## 2. 道路のボトルネック

道路の交通容量は、一般に1車線あたり1時間に約2,000台程度である。しかし、信号交差点では、青と赤の時間が半々だとすると、1車線あたり1時間に約1,000台しか通すことができない。また、首都高速道路の放射線と環状線との合流点では、2つの流れがひとつに合流した後の環状線の容量が制約となっていて、上流からやってくる車の全部がすぐに合流できるとは限らない。

上流の区間にくらべて交通容量が小さくなっている場所を「ボトルネック」という。ボトルネックに、その交通容量を超える交通量が流れてくると、そこを先頭とする渋滞が発生するのである。

## 3. 平日の都市における渋滞

## 3.1 交通渋滞の現状

## 1) 首都高速道路放射線上り方向の渋滞

図-1は、車両感知器データの解析に基づく、首都高速道路4号新宿線の上り方向の渋滞状況を示す。この例では、朝7時頃までは渋滞がなく、その後徐々に三宅坂インターを先頭として渋滞が延びはじめ、9時くらいに渋滞が最も長くなり7kmとなっていた。この渋滞区間では、車の速度は時速20km程度であり、間隔は15mに1台ぐらいいであった。したがって、2車線合計で980台が、この区間に存在していたことになる。

渋滞前の7時においては、車は時速70kmぐらいの速さで、50mに1台程度の間隔で走っていたから、7kmの区間には2車線合計で約280台の車が存在していた。この7時と9時の存在台数の差の700台が、2時間に通りきれずに渋滞した超過需要台数である。

一方、この2時間に流れた車の台数は交通容量に等しく、5,400台であったから、超過率は13%となる。

## 2) 一般街路の上り方向の渋滞

警視庁提供の資料によると、青梅街道のJR新宿駅付近の淀橋二中前交差点をボトルネックとして、ある朝の7時少し前から9時半までの2時間半に、上り方向に約3.5kmの渋滞ができた。

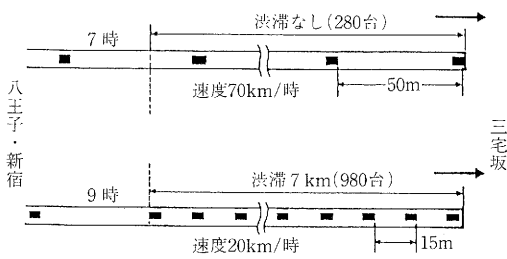
中野坂上交差点に設置された警視庁の車両感知器の測定値を用いて渋滞前後の交通量、速度、そして密度を推定し、これから淀橋二中前交差点におけるこのときの超過需要を計算した結果、3%と推定された。また、同じ区間での走行速度調査に基づいて別の計算をした結果、超過需要は5%と推定された。実際の超過需要は、おそらく3%と5%の中間くらいであろう。

## 3.2 平日の都市における渋滞対策

ケーススタディーとして、東京の環状6号線内の都心部で、日常的にボトルネックとなっている交差点を日本

\*東京大学生産技術研究所 第5部

\*\*千葉工業大学土木学科 (元第5部助手)



基礎資料) 車両感知器データ(首都高速道路公団提供)

図-1 首都高速4号新宿線上りの交通状況

表-1 環状6号線内の日中のボトルネック交差点

対 策	か所数
路上駐車排除	152
信号調整	33
交差点改良	6
短期対策なし	2
合 計	193

調査協力) 日本自動車連盟

自動車連盟のパトロールの方々のご協力を得て拾い出したところ、表-1に示すように全部で193か所あった。

#### 1) 交差点付近の路上駐車排除

上記のうち付近にいつも路上駐車がある交差点は、152か所であった。交差点付近にたとえ1台でも路上駐車があると、片側2車線あるいは3車線のうちの1車線が使えなくなり、交通容量の2分の1あるいは3分の1が失われる。この容量低下は、数%~十数%の需給不均衡の程度と比べて、たいへん大きい。したがって、このような交差点では、路上駐車を排除することによって、渋滞を解消することができる。

環状6号線内のボトルネック交差点のうち路上駐車を排除すべき交差点は152か所で、流入路の数としては206であった。これらの流入路の停止線から50mの区間から路上駐車を排除したとすると、合計の排除台数は約1,500台となる。

一方、昭和60年度の道路交通センサスに基づいて、環状6号線内のピーク時間帯の路上駐車の数総数を推定したところ、およそ19万台となった。排除率はわずかに0.8%程度であるから、都心の交通活動への影響はほとんどないうえに、交差点の容量は大幅に改善されることになる。

#### 2) 信号調整

環状6号線内の残りの41か所のボトルネック交差点のうち、33か所では1方向にしか渋滞がなかった。このような交差点では、信号調整が有効な方策である。図-2に示すように、たとえば各方向に50秒ずつの青時間が割り振られていた交差点において、渋滞がない方向からある

方向へ青時間を5秒持つてきて、55秒と45秒という割り振りに調整しなおしたとする。このやりとりだけで、渋滞方向の交通容量は10%も増えることになる。

図-3は、谷原交差点における信号調整と交通規制を組み合わせた改良例である。以前は富士街道からの交通にも青時間を割り振らなければならなかったために、一番混んでいた目白通りには十分な青時間を配分できなかった。そこで、谷原交差点の手前に信号交差点を新設し、そこから富士街道からの交通を目白通りに出すようにした。

図-4に示す谷原交差点の信号表示を対策前と後と比較してみると、青時間全体の11%を富士街道からの交通に出していたのをやめ、そのうち8%を目白通り側に割増していることがわかる。この方向の交通容量は8%割増42%で、およそ20%も向上したことになる。

#### 3) 交差点改良

環状6号線内の残り8か所のボトルネック交差点では、路上駐車もあまりなく、そのうえ両方向に渋滞があった。このような交差点では、交差点改良や立体化などの構造上の対策も必要である。

そこで、これら8交差点をもう少し詳しく調べてみた結果、6か所では交差点改良の余地があり、残りのわずか2か所が、簡単には手の打ちようがない交差点であった。

図-5は、市ヶ谷の交差点における改良例である。対策前には、飯田橋方面へ3車線、新宿方面へ2車線あり、大きなゼブラの交通島もあった。対策後は、白線の引き直しにより車線の幅を少し狭くし、交通島も小さくして、そのかわりにそれぞれの方向の車線をひとつずつ増やした。

この例のように車線数を3分の4にする、あるいは2分の3にすることにより、容量を30%増し、あるいは50%増しにすることができる。事実、ここでの渋滞は、この対策後には解消した。

#### 4) 周辺部における夜間路上駐車排除

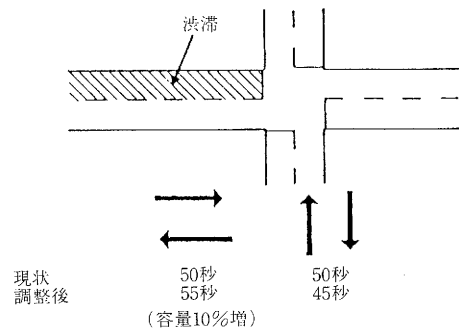
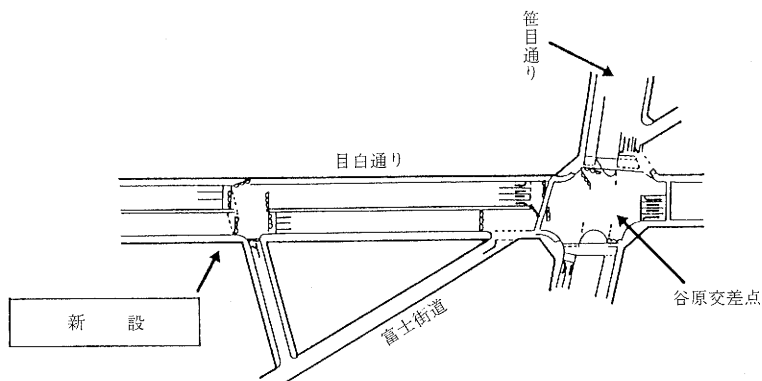


図-2 信号調整



出所) 警視庁資料

図-3 信号制御の改良例 (その1)

旧	現示	1	2	3	4	5
	流れ図					
	スプリット	42%	20%	18%	9%	11%
新	現示	1	2	3	4	
	流れ図					
	スプリット	50%	20%	21%	9%	

出所) 警視庁資料

図-4 信号制御の改良例 (その2)

朝の通勤時間帯には事実上まだ路上駐車は存在せず、朝の上り交通に対しては交通信号もすでにかなりきめ細かく調整されている。したがって、路上駐車は排除や信号調整は、対策にはならない。

そこで考えられるのは、持ち帰り車の抑制である。つまり、日中都市で仕事に使われている車を、夕方に従業員が持ち帰って周辺部に駐車させ、翌朝またそれらが都心に流入してくるために生じている交通需要を削減するのである。このためには、周辺部における夜間路上駐車を排除することにより、都心に車庫を確保するように仕向ければよい。

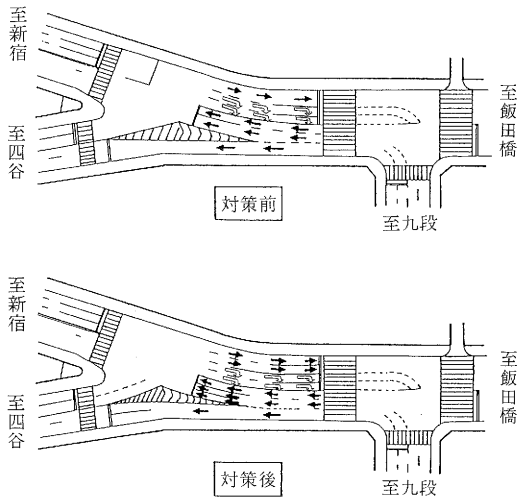
環状6号線内にその外から流れ込んでくる車の台数は、朝の通勤時間帯の3時間に合計19万台ほどと推定される。このうち日中少なくとも1回は仕事に使われる車はおおよそ10万台で、さらにそのうち夜間に環状6号線の外で路上駐車している車が1万1千台であって、19万台に対して約6%であると推定される。

さきほど例にあげた青梅街道の淀橋二中前交差点では、朝の通勤時間帯の上り方向の超過需要は3%ないし5%ぐらいであった。したがって、たとえばこの6%のうちの半数が持ち帰りをやめても、渋滞は大幅に減る。さらに朝9時半以降の路上駐車を排除すれば、日中の渋滞は解消してしまうであろう。

#### 5) 新規需要の抑制

渋滞が解消ないし緩和されたら、それまで鉄道を利用していた人々が車に乗り換えることによって、新規需要が発生してくる。これをきびしく抑制しないと、元の黙阿弥となってしまう。

表-2に示すように、一時預かり路外駐車場の容量は、東京23区の合計でも4万台程度である。これに対し、23区よりさらに狭い環状6号線内においても、ピーク時間帯の路上駐車台数は、前述のように約19万台にも達すると推定される。図-6からも、都心を目的地とするかなりの数のトリップが、路上駐車していることがわかる。し



出所) 警視庁資料

図-5 交差点の幾何構造の改良例

たがって、この路上駐車を適切に管理すれば、新規需要を効果的に抑制できると考えられる。

#### 4. 休日の観光渋滞

休日の渋滞についても、しかるべく対策を打てば、解消が可能である。そのことを示すために、首都圏における代表的観光地である箱根および日光を対象として実地調査を行い、その解析結果に基づいて渋滞対策を検討した。

##### 4.1 箱根・早川口付近の渋滞

###### 1) 午前の渋滞

図-7に、箱根・早川口付近の午前の渋滞概況を示す。東京方面からの交通は、おもに小田原厚木道路を経由して同図の右上から流入して来る。そのうち箱根方面に向かう交通は、小田原厚木道路の末端である小田原西インターで西に分岐し、西湘バイパスからの交通とランプ上で合流し、ついで交差点Eで国道1号線からの交通と合流する。一方、伊豆・熱海方面に向かう交通は、小田原西インターで東南に分岐し、交差点Hで右折して、国道135

表-2 路外駐車場の駐車容量

(単位: 万台)

	月 極 め	一時預かり	合 計
東京都	60.5	4.7	65.2
(構成比)	(93%)	(7%)	(100%)
23 区 内	43.9	3.9	47.8
(構成比)	(92%)	(8%)	(100%)

注) 収容台数10台以上の路外駐車場

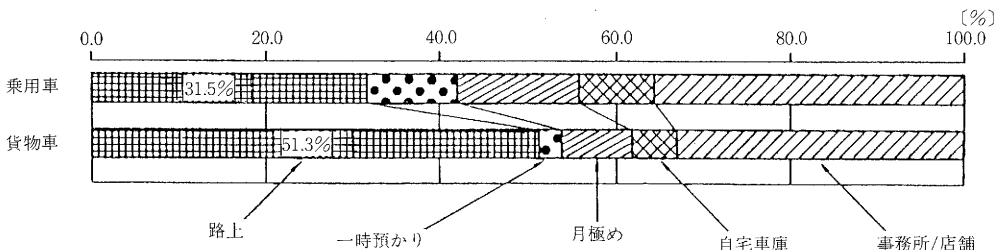
出所) 警視庁交通部調査 (1987年)

号線(真鶴道路)に入る。交差点Hには、西湘バイパスおよび国道1号線からの交通も直進して来る。

調査当日(1988年8月28日、日曜)には、小田原厚木道路上の渋滞は午前7:30頃から発生し、正午前後に最大渋滞長の約3kmが観測された。そして、午後4時前後に解消した。また、国道1号線上の渋滞も、午前11時前後には交差点Eから約800mの位置まで延進した。

この午前の渋滞の先頭は、当初予想された3路線の合流点ではなく、その650mほど下流にあった。合流点から下流に向かう約1.3kmの区間には、交通信号機が5か所にわたって設置されており、そのうちの1か所がボトルネックとなっていたのである。信号交差点の交通容量は、青1時間あたりに停止線を通過できる車の最大数を示す飽和交通流率に大きく依存する。この地点で実測された飽和交通流率は約1,430台/青1時間/車線であり、車線幅員、大型車混入率、あるいは縦断勾配等を考慮しても、通例と比較して少なくとも10%は低かった。これは、一連の信号機の青表示のタイミング(オフセット)が相互にうまくとれていなかったために、ある信号機の青表示で発進した車が、そのすぐ下流の信号機の赤表示で停止するという現象が、この区間で繰り返されていたことが大きな要因であると推定される。

図-8に、交通量と渋滞長の実測値から推定した、渋滞による遅れ(余計に要した時間)の時間変動を示す。実線は調査当日の変動を示しており、午前9時には遅れが20分以上に達したと推定される。破線は、系統制御のオ



基礎資料) 道路交通センサス (1985建設省)

図-6 環状6号線内8区の駐車場所別着トリップ数の構成比

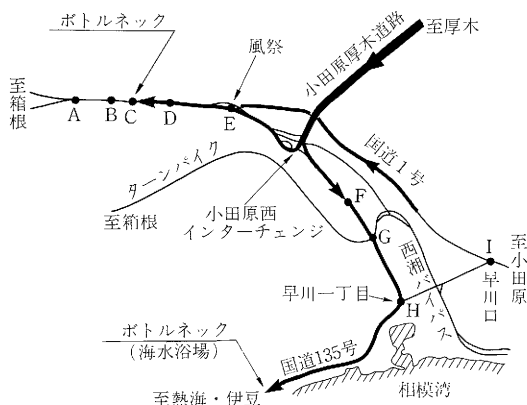


図-7 箱根・早川口付近の午前の渋滞

フセットを改善することにより、飽和交通流率を約10%増加させることができた。と想定したときの、遅れ時間を示す。改善前と比較すると、渋滞による遅れが発生する時間が短縮され、また遅れの大きさ自体も大幅に減少する計算となる。

一方、伊豆・熱海方面へ向かう交通の渋滞についても、当初予想した右折個所である交差点Hではなく、それよりさらに下流の海水浴場付近にボトルネックがあることがわかった。これは、この海水浴場の駐車ロットから車道に数十センチほどはみ出した数台の車が、そこを通過する車の流れを滞らせたのが原因であった。交差点Hで国道135号を伊豆・熱海方面に向かう交通量を計数したところ、午前8:30頃までは1時間あたり約1,200台であったが、それ以降ははみ出し駐車の影響で次第に低下し始め、午前10:30には600台/時程度に半減した。

図-9に、伊豆・熱海方面に向かう交通の渋滞による遅れ時間の推定結果を示す。実線は調査当日の変動を示しており、正午には遅れ時間が1時間近くになっていたことがわかる。また、破線は、はみ出し駐車を排除することにより、交通容量の低下を回避できたと想定したときの変動を示す。改善後においても渋滞の発生を避けることはできないが、遅れ時間は最大でも20分強で現状の3分の1程度に激減し、午前11時には渋滞が解消する計算となる。

## 2) 午後の渋滞

図-10に、箱根・早川口付近の午後の渋滞概況を示す。調査当日の午後4時には、国道135号線の上り方向に12kmに達する渋滞が発生した（日本道路交通情報センター調べ）。また、箱根ターンパイク上にも、5kmの渋滞が発生した。伊豆・熱海方面から国道135号を上って東京方面に向う交通は、箱根ターンパイクからの交通と交差点Gで合流するが、この渋滞の先頭はのさらに下流

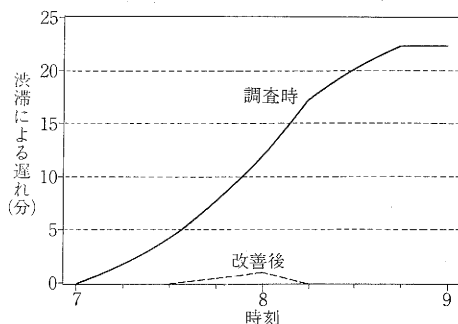


図-8 箱根方面の渋滞による遅れ

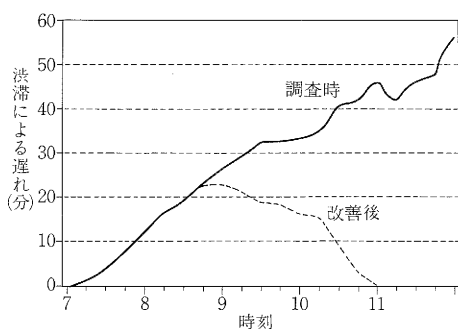


図-9 伊豆・熱海方面の渋滞による遅れ

にあった。沿線のみやげ物屋やレストランの駐車場に出入りする車、車から降りて道路を横断する歩行者、あるいは往復2車線しかない道路の1車線を占拠して路上駐車する観光バスが車の流れを妨げ、この地点の交通容量を低下させてボトルネックを形成していたのである。実測では、昼食時間にあたる午後1時前後の交通容量は、1時間あたり500台にも満たなかった。このようなボトルネックは、箱根湯本駅付近、さらには各地の観光地やリゾートにおいても共通して見いだすことができる。

このようなボトルネックに対して本来とるべき対策は、沿道施設から道路へのアクセスを制御することである。すなわち、十分な容量を持ち、かつそこから出入りする車が幹線交通を妨げないような出入口の位置や構造を持つ路外駐車場の整備、あるいは路上駐車への制限・排除などである。しかし、路外駐車場の整備を義務づけるには法規制の見直しが必要であり、また駐車空間の確保が現実には困難でもあることから、短期的に実施しうる対策ではない。

図-11および図-12に、次善の対策として、2つの迂回試案を示す。図-11の案は、交通需要のうちボトルネックの容量を超過する分を、適切な案内表示を行うことにより国道1号線に迂回させ、箱根側のオンランプから小田原厚木道路に流入させようとするものである。交差点E

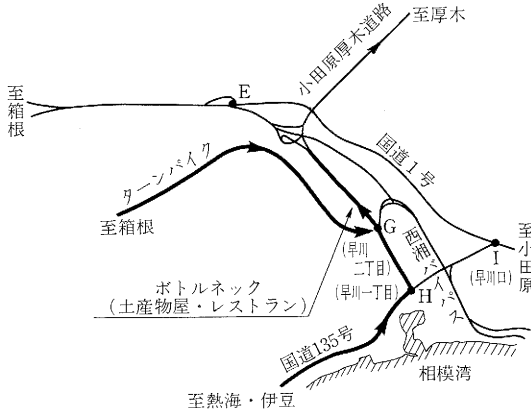


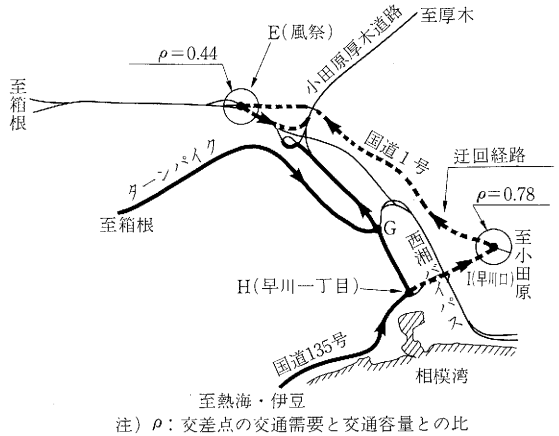
図-10 箱根・早川口付近の午後の渋滞

で国道1号線から左折して小田原厚木道路に流入する交通の割合が、午後の渋滞が始まる午後12:30前後に急増したことが調査から明らかになっており、現実にも上記のように迂回している交通がかなりあると推定される。図-11で○で囲んだ2つの交差点EとIとでは、迂回交通分だけ現状よりも多い交通量をさばく必要がある。しかし、これらの交差点ではそれぞれ容量の44%と78%の交通量をさばけばよい計算になる。

図-12の第2案は、交差点Hから小田原厚木道路のオンランプまでの区間を、午後の適切な時間帯に上りのみの一方通行とする案である。こうすれば、東京方面に帰る交通については、車線数が現状と比較して倍増するため、交通容量はそれ以上に増加する。また、この時間帯に逆に東京方面から伊豆・熱海方面に向かう交通量は午後にはかなり少なくなるので、小田原厚木道路の箱根方面出口から国道1号線に流出させ、交差点Iから国道135号線に入らせる。図-12で○で囲んだ交差点EとIとでは、この迂回交通を上乗せしても、容量の62%と80%程度の交通量をそれぞれさばけばよい計算になる。また、一方通行区間の両側には何本かの細街路があり、周辺住民の域内交通のための逆行路を確保することが可能である。

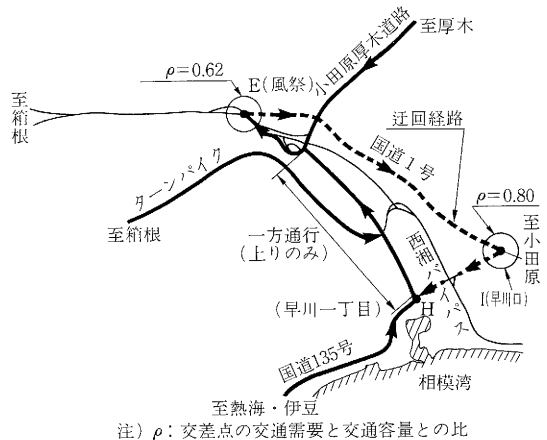
#### 4.2 日光の渋滞

図-13に、日光における渋滞の概要を示す。この付近では日光東照宮に隣接する神橋交差点、および急勾配と急カーブが連続するいろは坂が、交通容量上のボトルネックとなっている。調査当日(1988年11月6日、日曜)には、午前中に宇都宮方面から中禅寺湖に向かう交通については、神橋および第二いろは坂終点において最大長が1km程度の渋滞が発生した。一方、午後の逆方向の交通については、図-13に示すように、第一いろは坂への入口、および神橋を起点とする、それぞれ長さ4km以上の渋滞が発生していた。



注)  $\rho$ : 交差点の交通需要と交通容量との比

図-11 迂回案(1)



注)  $\rho$ : 交差点の交通需要と交通容量との比

図-12 迂回案(2)

#### 1) 第二いろは坂の午前の渋滞

図-14は、神橋方面から第二いろは坂を上ってきた交通が、左折して中禅寺湖方向へ、または、右折して華嚴の滝、第一いろは坂方面へ向かう三枝交差点の構造と信号表示を示す。中禅寺湖方面への交通需要が大きくなると、この第二いろは坂を上ってきた交通が渋滞する。

この交差点を左折して中禅寺湖方向へ向かう交通は一時停止制御されており、華嚴の滝方面から直進してくる車の有無にかかわらず、すべての車は一時停止してから左折するようになっていた。この左折交通を、他方向の交通と一体として信号制御すれば、より多くの交通をさばくことができる。図-14の例では、このような信号制御の改良により、現状より約4割増しの830台/時の左折交通量をさばける計算となる。そうすれば、渋滞は全く生じない。

#### 2) 神橋の午後の渋滞

図-15に神橋交差点の幾何構造と信号表示を示す。中禅寺湖方面から宇都宮方面に向かう交通は、同図の左方から交差点に流入し、右折して下方に流出する。この交差点の信号は感应制御されており、調査当日の青時間の割り振りはおおむね同図ようになっていた。信号表示の改良案は、午後の各方向の交通需要に応じて、青表示時間を最適に割り振り直したものである。

図-16に、渋滞による遅れ時間の推定値を示す。調査時には35分以上の遅れが発生したが、正午以降の信号制御を図-15に示すように改良したとすれば、ほとんど渋滞が発生しない計算となる。

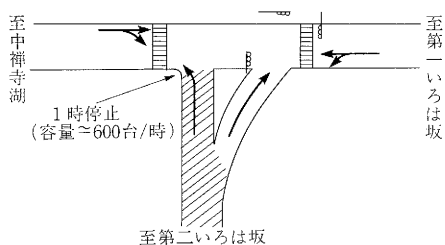
観光交通の交通需要は季節や天候、あるいは時間帯などに依存してかなり変動するので、常に交通状況を監視し、信号制御を交通需要に適應させなければならないので、信号機の高度化が必要である。そうすれば、この例のように交通渋滞を相当改善できる。

### 3) 中禅寺湖畔の渋滞

図-17は、中禅寺湖畔の午後の交通の分布を示す。なお、同図中の矢印の線の太さは、交通量の大小を模式的に表している。午後に中禅寺湖方面から第一いろは坂方



図-13 日光の渋滞の概況



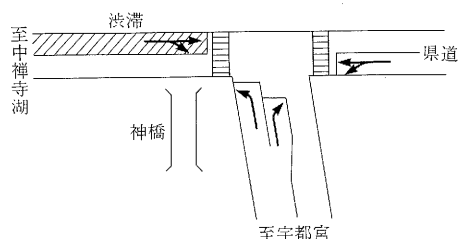
調査時	第一現示		第二現示	第三現示
	65秒	70秒		
改良案	第一現示		第二現示	第三現示
	35秒	65秒		

図-14 中禅寺湖畔の信号制御の改良  
(行きの車による午前中の渋滞対策)

向に下る交通のボトルネックは、国道120号、C通り、および華嚴の滝駐車場の出入口が取り付けしている交差点Aであった。この交差点の容量が低いのは、華嚴の滝駐車場の空きを待つ車が国道120号線に右折待ちの形で滞留し、これが国道120号線を直進して第一いろは坂に向かう交通を巻き込んで流れを阻害していたためであった。

図-18は、駐車場に入ろうとする車に対して国道120号線から右折して流入することを禁止し、そのかわりにこれに平行している裏道のC通りに迂回させ、交差点Aを直進して同駐車場に流入させることとした場合の、交通量の分布予想を示している。これは適切な迂回案内によって実施可能であり、これによって駐車場の空き待ち車と第一いろは坂へ向かう交通とを分離でき、現状より約15%増しの通過交通量をさばくことができる計算となる。図-19は、渋滞による遅れ時間を示しており、この対策により渋滞がほとんど発生しなくなることになる。

駐車場の空き待ち車が通過交通を妨げてボトルネックを形成している状況は、この例に限らず各地の観光地やリゾートではほぼ共通して見いだされる現象である。需要



	第一現示	第二現示	第三現示
流れ図			
調査時	25秒	95秒	40秒
改良案	29秒	106秒	25秒

サイクル長=160秒

図-15 神橋交差点における信号制御の改良

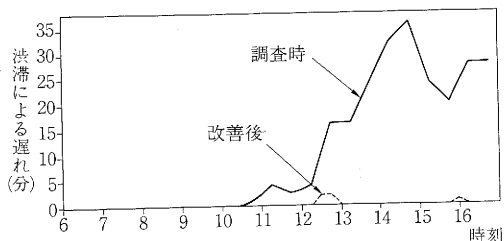


図-16 神橋交差点の渋滞による遅れ

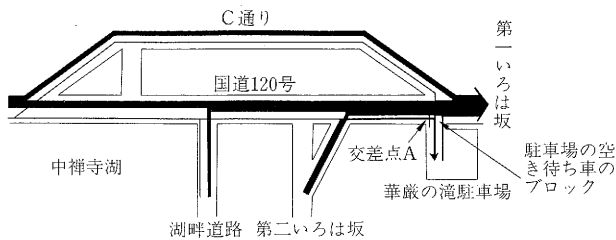


図-17 中禅寺湖畔における交通流図：現状  
(午後1時～2時30分)

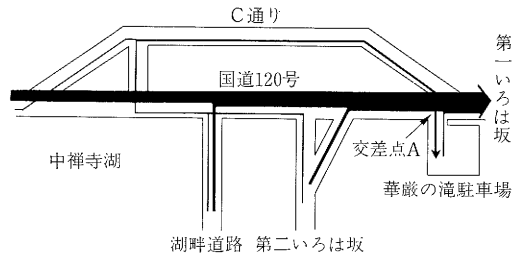


図-18 中禅寺湖畔における交通流図：改良後  
(午後1時～2時30分)

に見合うだけの路外駐車場を適切な場所に整備できないときには、多少目的地とは離れていてもたとえば官公庁などに臨時駐車場を確保し、それらと目的地の駐車場間の車の移動を整理券により管理する。あるいはシャトルバスにより観光客のみを輸送することにより、駐車場の空き待ち車と通過交通とを分離することができる。

## 5. お わ り に

われわれが日常経験する渋滞の大部分が、実につまらない理由で生じており、簡単な対策で解消できるものであることを示した。問題は、少なくともこれまでの所では、このような渋滞対策のためのモニタリング、計画、調査、設計、実施のための行政側の体制ができていなかったことである。

わが国で都市内交通や行楽交通に対して交通需要に余りあるだけの容量をもつ道路を整備することは、少なくとも近い将来にはほとんど不可能であり、現有の道路施設を高度に活用することこそが、今後とも肝要である。しかるに、わが国の道路の利用の仕方は、道路はるかによく整備されている欧米先進諸国と比較して、逆に劣っているのが現状である。

ここに述べたいずれの渋滞対策を実施する場合でも、対象となる道路網の大きさからいって、膨大な人手や専門知識が必要となる。したがって、このための予算、人員、組織の裏付けなしには、継続的な施策として成り立たない。この点について、政、官、民の一致した認識が、なにより重要である。

この研究は国際交通安全学会の昭和62年度および昭和

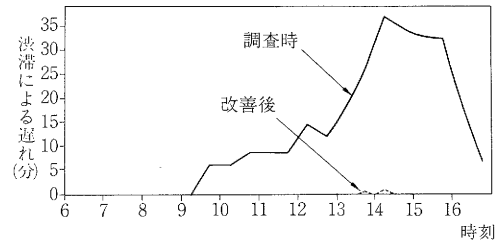


図-19 中禅寺湖畔交差点の渋滞による遅れ  
(帰りに第一いろは坂方向)

63年度自主研究のひとつとして生研の越研究室を中心に行われたものである。この研究には著者らのほかに、旅行作家の杉田房子氏、東京都立大学の片倉正彦教授が参画した。

本研究を進めるにあたり財団法人日本自動車連盟、建設省、警察庁、警視庁、(株)箱根登山鉄道、神奈川県警察本部、日光市役所都市計画課、栃木県警察本部、そして宇都宮大学の永井護助教授から多大な調査協力を得た。ここに、深謝を表する。  
(1989年8月1日受理)

## 参 考 文 献

- 1) 首都高速道路公団：昭和60年度首都高速道路起終点調査報告書、1986。
- 2) 首都高速道路公団：首都高速道路—その現状と将来—、1988。
- 3) 栃木県林務観光部：総合ビジターセンター調査報告書、1982。
- 4) 日光市：歴史的地区環境整備街路事業調査、1987。