

信州大学工学部 正員 奥谷 巖
京都大学工学部 学生員 O 池田 育弘

1. まえがき

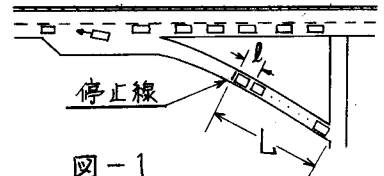
高速道路を対象にした流入制御に関しては、既に数多くの研究例があげられるが、これらはいかに高速道路をより多くの車がスムーズに流せるかといった見地に立ったものが多い。そこで本稿では、転換率を用いて、高速道路と平面街路との競合という点に着目し、制御対象を道路網全体としてとらえ、数多くの車をより早く目的地に着かせるような制御を試みた。そこで目的関数を全車総走行時間にとり、これを最小化する最適解を求めた。併せて、各流入ランプの最適長さの決定も行なった。なお解法は非線形計画法の一種法である、コンプレックス法を用いた。

2. モデルの定式化

高速道路を利用する際の全所用時間は、ランプ区間走行時間に流入ランプでの待ち時間、一般街路へのアプローチ時間、それに高速道路の利用料金を時間に換算したものの和で表現できる。そこで各々の時間は以下になる。走行時間(t_1)はランプ区間距離(D_R)を速度で割ったものである、ここで交通量と速度の関係式として、平面街路 $V_0 = 60 - 0.008Q$ 、高速道路 $V_R = 75 - 0.007Q$ なる観測式を用いるとしたら

$t_1 = D_R / V_R$ となり、結局走行時間は交通量に依存する *flow-dependent* な場合となる。次に一般街路と高速道路のアプローチ時間(t_2)は、アプローチ距離(D_0)とすれば、 $t_2 = D_0 / V_0$ となる。さらに高速道路の利用料金の時間換算(t_3)は、料金(R)を時間評価値(C)で割ったもので、 $t_3 = R / C$ となる。最後に流入ランプでの待ち時間(t)は以下のように表現できる。

まず流入ランプ入口から停止線(たとえば料金所端)までの距離を L_m とし、そこに待つ車の平均車頭間隔を l_m とすれば、この流入ランプ上には、 L_m / l_m 台だけ待つことができる。一方この流入ランプより単位時間に流入を許される車の台数を U 台とすれば、この待ち行列に加わっている車の平均待ち時間(t)は、待っている総台数



L_m / l_m を処理台数 U で割ればよいのだから、 $t = (L_m / l_m) / U$ となる。ただし常に流入ランプ上には車が待っており、流入順序は到着順になり、ランプより流入交通量は到着交通量に等しいということを前提としている。したがって高速道路利用の全所要時間 T_1 は、 $T_1 = t_1 + t_2 + t_3 + t$ で表わされる。他方、街路利用のOD間所要時間 T_2 は、OD間平面街路距離(D_0)を前述の速度(V_0)で割ったもので、 $T_2 = D_0 / V_0$ となる。

高速道路と平面街路が、あるODペア間に平行してある場合、車はどのような割合で高速道路を利用するかを表わしたものが転換率であり、距離比(差)、時間比(差)などを用いたものがある。本稿では都市内高速道路を対象にしており、都市間高速道路に比べてトリップ長が短いことを考慮して、次に述べるような短トリップ減率係数を含んだ転換率式を用いた。

$$P = \left(\frac{1}{1 + T^5} - 0.05 \right) \times \alpha$$

$$\alpha = \begin{cases} 0; & 0 \leq D_R < 2 \\ (D_R - 2)/3; & 2 \leq D_R < 5 \\ 1; & D_R \geq 5 \end{cases}$$

P : 転換率

T : 走行時間比 (T_1 / T_2)

α : 短トリップ減率係数

D_R : 高速道路走行距離 (km)

以上のような手続の上で、各ODペアごとに、OD交通量 Q 、その内高速利用交通量を X 、残りの街路利用交通量を Y とすると、全車総走行時間 F は、 $F = \sum (XT_1 + YT_2)$ と表わせる。ただし $\sum$ はODペアの数。さらに、各ODペアごとに高速道路と平面街路の2つの経路があると考えれば、転換率の考え方から $X = Q \cdot P$ 、 $Y = Q \cdot (1 - P)$ なる等式が導かれる。また高速道路上は、どの区間も円滑な走行を確保するために、各区間とも区間交通量 Z が区間交通容量 H 以下であらねばならない。したがって $Z \leq H$ 。さらに各流入ランプの長さ以内に待ち行列が収まって、平面街路に支障のないようにする制約を加えた上で、目的関数である F を最小にする、 X 、 Y を求めればよいことになる。なお、最適ランプの長さは、各流入交通量 X が決まれば、付随的に決定できる。それは、流入ランプ長が間接的に X の関数になっているからである。

3. 計算例

対象モデルとして、阪神高速道路・大阪空港線北行車線をとった。混雑時間帯を想定して、表-1の様なデータが与えられているとする。このモデルでは、発生、吸収交通はすべて、各流入、流出ランプ最寄の代表交差点内で行なわれるとした。非線形計画法で解くと、全車総走行時間を最小にする最適解は表-2で表わすようになり、全車総走行時間 F は、921時間となる。また最適流入ランプ長 L は、中え島、福島ランプでそれぞれ64m、108mとなった。これを見ると長トリップ車が大部分を占めているが、これは料金均一制を採用しているのと、待ち時間が長トリップに有利な様に作用しているのからもうなづかう。参考までに実際の高速道路利用交通量を表-3で示しておく。この場合の全車総走行時間を算定してみると、 $F = 1014$ 時間となる。そこで全車総走行時間を比較してみると、概算ではあるが、いこうこの方法によって、10%ほどの走行時間の減少がみられ、制御効果が得られることがわかった。

4. むすび

今回ここで述べてきたのは、混雑時間帯を想定したものであり、平常の望いた時間帯においては流入ランプでの待ち行列が発生するまでには至らず、待ち時間が少なくなり、その結果、高速道路へ流入する車が飛躍的に多くなることが考えられるが、その対応策として、ランプメータリングの導入によって、どんなに流入車が少なくとも、ある時間だけ待たして、最適の転換率に浴ように流入制御すれば良いだろう。

この流入制御方式は、行先別に流入制御されるべきものだが、実際は流入ランプでの一様制御を行なうことになるので、予めランプ以前で、情報を流し短トリップ車の流入を抑え、長トリップ車を優先するような対策をとらねばならないだろう。本稿では、OD間は必ず同一経路をとる考え方であるが、発展して途中区間だけ高速利用するような経路をすれば、さらに有効な制御効果が期待できると思われる。又、今回のような線形路線でなく環状とか網状路線についても、この例が有効かどうか今後の課題である。本稿をもっと大きなモデルに適用して計算を続けているが、その結果および詳細は、当日発表の予定である。なお、計算は京都大学大型計算機センターのFACOM 230-75を使用した。

参考文献

- 1) 越、武田；道路交通容量資料の分析 交通工学 Vol.4 No.5
- 2) 井上、武田、浅野； 交通工学 Vol.10 No.1 P.46 1975年

表-1 OD交通量 (台/時)

ON \ OFF	塚本	加島	豊中南	豊中北
中え島	100	200	400	300
福島	100	200	600	550

表-2 最適解 (台/時)

ON \ OFF	塚本	加島	豊中南	豊中北
中え島	10	76	159	273
福島	5	42	231	483

表-3 高速道路利用交通量 (台/時)

ON \ OFF	塚本	加島	豊中南	豊中北
中え島	16	18	237	227
福島	7	23	301	410