Ⅳ-101　リバーシブルレーンについて

京都大学工学部　正員　近藤勝直
京都大学大学院　学生員　○多田英司

1．まえがき

朝夕などのラッシュアワー時における交通混雑緩和の手段として、外国などではすでに実施されており、わが国においても、最近採用され始めているリバーシブルレーンシステム（可逆車線）がある。リバーシブルレーンシステムとは、時間帯、もしくは曜日によって車線数を変化させることであり、普通多車線道路が対象となる。このシステムが1つの道路区間だけでなく、道路網に対して適用される場合、交通量によって車線数をどのように変化させればよいかという問題がおこってくる。これは、あるOD交通量が与えられた時のリバーシブルレーンシステムが行なわれている道路網に対する交通量配分問題として、最適車線数とその時の配分交通量を求めることになる。

2．リバーシブルレーンシステムを含む道路網への交通量配分

最初に、交通量配分の基礎となる交通量と走行時間の関係であるが、走行時間が交通量に依存しないという flow independent な立場をとると、交通量が2倍になれば車線数を2倍にすればよいということになり、非現実的であまり意味がない。そこで本文では走行時間が交通量に依存するという flow dependent な立場をとる。

交通量と走行時間の関係を次の様に仮定する。

$$T=(a/2\lambda)\cdot X+b \qquad 0<\lambda<1 \tag{1}$$

λは車線数比率であり、多車線道路の中央線（センターライン）の位置を示す。a，b，は定数である。(1)式において$a/2\lambda$を交通が流れる時の走行時間に対する抵抗と考えると、$a/2\lambda$は

(イ)．$0<\lambda<0.5$　では　急勾配

(ロ)．$\lambda=0.5$　では　a

(ハ)．$0.5<\lambda<1$　では　緩勾配

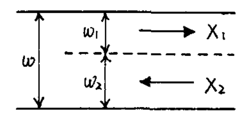
となる。(イ)．(ハ)．は車線数が従来の $\lambda=0.5$ より減少すれば、同一交通量のもとで抵抗は急激に増加し、$\lambda=0.5$ より増加して $\lambda=1$（すなわち一方通行の状態）に近づいたとしても抵抗はそれほど減少しないという意味であり、この仮定は妥当と考えられる。$\lambda=0.5$ のときは従来の交通量配分問題における走行時間関数と同じになることから、a，b，の値としては、従来の線形走行時間関数の係数の値を用いる。

(1)式の走行時間関数を用いて交通量を配分していくのであるが、新たにλという変数が導入されたため、等時間原則、総走行時間最小化などの配分理論によって配分交通量と最適車線数を求めることは非常に困難なことになる。そこで近似計算法として分割法配分が考えられる。分割法配分とは、OD交通量を何層かに分割しておいて、ある層の配分計算が終了するたびに各区間道路の走行時間を修正して、次層の各OD交通量はこの修正した走行時間のもとで各最短経路に配分していく方法であり、等時間原則配分の近似計算としてよく用いられる。この分割法配分の最初の段階は零フロー時の最短経路に交通量を配分するので、λに関係なく配分交通量が得られる。この配分交通量を用いて何らかの方法でλが決定できれば、分割法配分によって最適車線数が求められる。これは以下の様に考える。

道路網のある1つの区間道路に着目して、この区間道路の区間交通量が X_1，X_2，で与えられた場合、(1)式より走行時間関数は次の様になる。

$T_1=(a/2\lambda_1)\cdot X_1+b \qquad T_2=(a/2\lambda_2)\cdot X_2+b$ (2)

$\lambda_1=\omega_1/\omega \qquad \lambda_2=\omega_2/\omega=1-\lambda_1$ (3)



リバーシブルレーンの目的は交通を効率よく流すことであるから、(2)式を用いて、この区間道路だけの総走行時間TT

$$TT=T_1\cdot X_1+T_2\cdot X_2=(aX_1)/2\{1/\lambda_1+(X_2/X_1)^2/(1-\lambda_1)\}+b(X_1+X_2) \quad (4)$$

の値を最小にする時の λ_1, λ_2, を求める。(4)式を最小にするのは(5)式を最小にするのと同じである。

$$F(\lambda_1)=1/\lambda_1+\mu^2/(1-\lambda_1) \qquad \mu=X_2/X_1 \quad (5)$$

(5)式を最小にする λ_1 の値

$$\lambda_1=1/1+\mu=X_1/(X_1+X_2) \qquad \lambda_2=1-\lambda_1=X_2/(X_1+X_2) \quad (6)$$

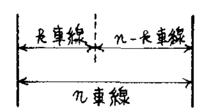
を得る。この時の走行時間 T_1, T_2, は

$$T_1=T_2=(a/2)\cdot(X_1+X_2)+b \quad (7)$$

分割法配分ではじめに配分された区間交通量Xを用いて(6)式より λ を求め、(7)式により走行時間を計算して、分割法配分を進めていけば、最終的に最適車線数比率が決定される。

今まで λ を連続型変数として取扱ってきたが、車線数比率というように実際は0と1の間のいくつかの値をとる離散型変数である。そこで各分割段階で求まった λ の値を離散数 λ の値に修正して分割配分をくり返していく方法が考えられる。この場合、離散数のどの値をとるかが問題となるが、これを次の様に考える。車線数を n 車線とすると、離散数としての λ_1 のとる値は

$$\lambda_1=k/n \qquad k=1,2,\cdots\cdots n-1$$



である。(5)式を最小にする $1/1+\mu$ が

$$k/n<1/1+\mu<k+1/n \qquad k=1,2,\cdots\cdots n-2 \quad (8)$$

の時、$F(\lambda_1)$ は下に凸な関数で、λ_1 の値としては k/n か $k+1/n$ のどちらかをとるべきであり、$F(k/n)$ と $F(k+1/n)$ の値の小さい方の λ_1 が求める離散数としての λ_1 である。λ_2 は(6)式より求められる。

以上の計算手順をまとめると次の様になる。

1). 与えられたOD交通量を m 分割する。

2). 最初に零フロー時の走行時間で最短時間経路に $\frac{1}{m}$ 交通量を配分して区間交通量を求め、(6)式を用いて車線数比率 λ を修正して、さらに(8)式より離散数に修正する。

3). 区間交通量と修正した λ を用いて、(2)式又は(7)式により走行時間を算定する。

4). 3)の走行時間を用いて、最短時間経路に次の $\frac{1}{m}$ 交通量を配分する。

5). 才1回目、才2回目の配分交通量を累計し、これを用いて才3回目の $\frac{1}{m}$ 交通量を配分する。

6). 以下同様にして計算するごとに交通量を累加し、車線数比率と走行時間を修正して m 回目まで計算を行なう。

3. あとがき

実際に計算を行なったところ、リバーシブルレーンシステムを行なわない道路網に対して総走行時間は減少しており、明らかにリバーシブルレーンシステムの効果が認められる。分割数 m は、あまり大きくしても結果にほとんど変化がなく $m=10$ 程度でも実用に供せるようである。又、本文の方法を2車線、多車線道路の一方通行化の方向づけの目安とすることもある程度可能であるが、ODペア間の経路が消滅しないように注意する必要がある。このシステムを実際に適用する場合、中央線を車線に関係なく頭上標示などで標示すれば、連続型変数としての λ の値がそのまま適用できる。

参考文献　John N. Laplante　街路の主流方向交通の改善　交通工学 Vol.4 No.2