Ⅶ—11　　街路交通制御における$\bar{\mathrm{O}}$ut-of-Kilter法の適用について

佐賀大学　正員　高田弘
佐賀大学　学生員　○本木文彦

1．まえがき

都市道路交通における交通混雑，渋滞を解消し，道路網の効率的運用のための交通制御に関して従来多くの研究がなされている。本稿では，ひとつの$\bar{\mathrm{O}}\bar{\mathrm{D}}$ペアに着目し，その交通流のコスト（例えば，所要時間，環境基準等が考えられるが，ここでは一般的にコストと呼ぶことにする）を最小とする交通制御に，ネットワーク手法である$\bar{\mathrm{o}}$ut-$\bar{\mathrm{o}}$f-kilter法の適用を試みたものである。

2．道路網全体の効率

道路網交通をみた場合，多くの車の雑然とした流れとしか映らないが，個々の車に注目するとそれぞれの車の出発地から，それぞれの目的地に向って流れている。そして，個々の車のユーザは出発地から目的地への多くの経路のなかで最小のコストで行ける経路を通る。これはなんら人為的な制御を行なわない場合，すなわち自然な状態での交通パターンであり，user－$\bar{\mathrm{o}}$ptimized　pattern である。

しかしながら，交通パターンが個々のユーザにとって最適であっても，その交通パターンが道路システムの監理面からみて必ずしも効率的であるとはかぎらない。そこで，道路システムの効率的運用のための system－$\bar{\mathrm{o}}$ptimized な交通制御が必要となる。本研究では，user－$\bar{\mathrm{o}}$ptimized　pattern を system－$\bar{\mathrm{o}}$ptimized pattern に制御しようとするものである。

3．$\bar{\mathrm{O}}$ut-$\bar{\mathrm{o}}$f-Kilter法

system－$\bar{\mathrm{o}}$ptimized　pattern は，LPを用いて解くことができるが，道路網が大きくなると計算量が膨大となる。そこで計算量が比較的少なくてすむ$\bar{\mathrm{O}}$ut-$\bar{\mathrm{o}}$f-Kilter法（以下，$\bar{\mathrm{O}}$K法と略す）を使用した。この$\bar{\mathrm{O}}$K法は，LPを拡張したものでシンプレックス計算をする必要がなく，ネットワーク上で計算できる利点がある。

LPの定式化を行なうと次のようになる。

〔主問題〕

$$\mathbb{f} \geqq \mathbb{0}$$
$$\mathbb{f} \leqq \mathbb{u}$$
$$\mathbb{E}\,\mathbb{f} = \mathbb{g}$$
$$\mathbb{C}^T \mathbb{f} = C \rightarrow \min$$

ここに$\mathbb{f}$：リンクフローベクトル，$\mathbb{u}$：リンク容量ベクトル，$\mathbb{E}$：ノード，リンク結合行列，$\mathbb{g}$：$\bar{\mathrm{O}}$-$\bar{\mathrm{D}}$フローベクトル，$\mathbb{C}$：リンクコストベクトル

〔双対問題〕 λ_i：符号制限なし

$$\lambda_j - \lambda_i - \mu_{ij} \leqq C_{ij}$$
$$\mu_{ij} \geqq 0$$
$$g(\lambda_n - \lambda_1) - \sum_{(i,j)} u_{ij}\mu_{ij} = V \rightarrow \max$$

ここにλ_j，λ_i：ノードi，jの双対変数，μ_{ij}：リンクl_{ij}の双対変数，C_{ij}：リンクl_{ij}のコスト，u_{ij}：リンクl_{ij}の容量，g：$\bar{\mathrm{O}}$-$\bar{\mathrm{D}}$フロー

相補定理より，主問題と双対問題の変数の間に次の関係が成り立つ。

$\lambda_j^* - \lambda_i^* - \mu_{ij}^* < C_{ij}$　のとき　$f_{ij}^* = 0$　　　f_{ij}：リンクl_{ij}のフロー

$\mu_{ij}^* > 0$　のとき　$f_{ij}^* = u_{ij}$

$f_{ij}^* > 0$　のとき　$\lambda_j^* - \lambda_i^* - \mu_{ij}^* = C_{ij}$

$f_{ij}^* < u_{ij}$　のとき　$\mu_{ij}^* = 0$　　　（＊は最適値を示す）

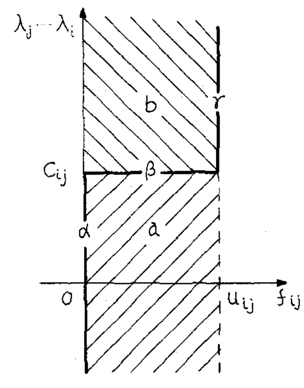

図1　特性曲線

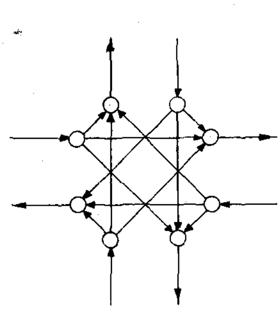

図2　交差点のモデル

この関係を図示したものが図1である。α,β,γ,a,bはリンクの状態と呼ばれ，太線(α,β,γ)は特性曲線と呼ばれる。リンクl_{ij}を流れる流れf_{ij}が最適解であるための必要十分条件は，l_{ij}の(f_{ij}, $\lambda_j-\lambda_i$)が特性曲線上にのることである。

OK法は，非最適なa,b状態にあるリンクを特性曲線上にのせる手法であり，次の三つの手順からなる。

(手順1)　リンク状態の確認　各リンクの状態を計算する。全リンクがα,β,γ状態であれば計算を終了。a,b状態のリンクがあれば手順2へ。

(手順2)　流れの再配分　リンクがa(b)状態であれば，そのリンクの流れを減少(増加)させるように流れを再配分する。再配分できれば手順1へもどる。できなければ手順3へ。

(手順3)　双対変数の変更　双対変数を変更し手順1へもどる。

4．計算例

図3のようにモデル化した道路網にOK法を適用した。交差点を図2のようにモデル化し，交差点の右，左折，直進のコストも考慮している。右，左折，直進のリンクコストは右折2～4，左折，直進1である。他のリンクコストは図3の( )で示している。O-Dを①,㊳ノードとし，O-Dフロー12である。また，リンク容量は，O-Dフローに割り当てられた容量を仮定し，図4の[ ]で示している。

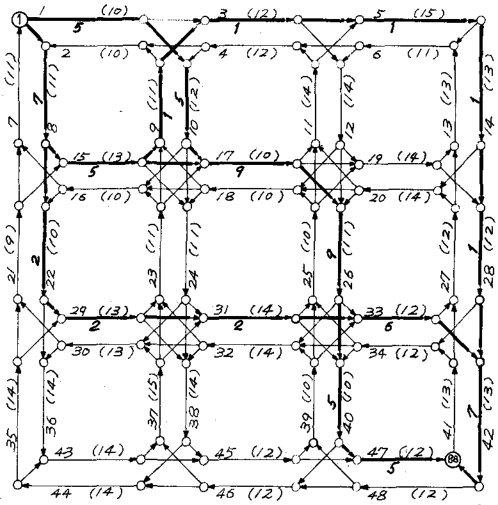

図3　user-optimized pattern(太字はリンク流量)

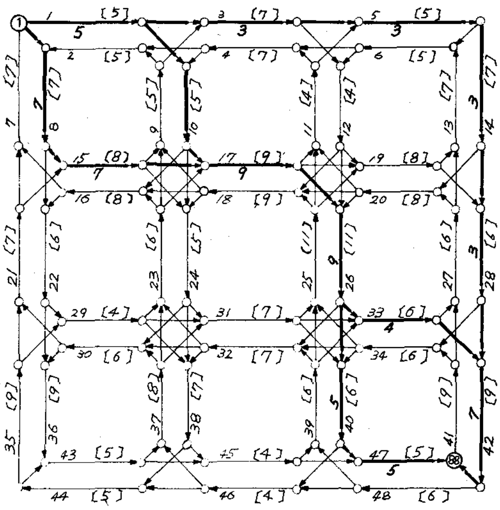

図4　system-optimized pattern

図3はO-Dフローを最短経路配分したuser-optimized patternである。リンク状態を計算すると，リンク(9→3)(リンク9から，リンク3へいくリンクを示す)，(31→33)，(28→42)，(42→41)が最適リンクでなく，いずれもa状態にある。そこで，OK法で求めたsystem-optimized patternが図4である。2つのpatternの流れの変化をみてみると，リンク1からリンク10へ(1→10)と右折していた流れが，1→3へと直進している。また，8→22の流れが8→15と流れが変化している。ここで注目すべきことは，第1番目の最短経路上の流れの一部が，第4番目の最短経路上の経路(3→5→14→28→42)に再配分されていることである。この例からもわかるようにuser-optimized patternが必ずしもsystem-optimized patternでないことである。

5．あとがき

本稿では，O-Dペアは単一としている。今後の課題としては，これを複数O-Dペアの流れに対して，この手法を適用していくつもりである。なお，右折禁止を行った場合の計算結果については発表当日述べる。

参考文献

1)Renfrey B.P. and Robert M.O.：Flows in Transportation Networks, Acdademic Press，1972
2)伊理正夫，古林隆：ネットワーク理論，日科技連，1976