IV-159　ファジイ線形計画法を用いた２経路選択交通問題

九州大学　工学部　学生員○吉永　優
九州大学　工学部　正会員　樗木　武

1. まえがき　　本研究の目的は，１つのＯＤ間に２つの経路が対応する道路システムにおいて，流入交通および経路への配分を制御する方法を確立するとともに，それにもとづき，バイパスや高速道路等の代替道路と，一般道路とを結ぶ連結道路の位置や長さが交通流に及ぼす影響を解明せんとするものである。

本研究に関して，著者らは，先に線形計画法の援用により，代替道路のランプ流入交通量を制御する方法を提案した。しかし，交通量を制御する目的は多数の内容が考えられ，その実務計算において，それらの１つに限定のうえ確定論的に評価することは困難な面が多々ある。したがって，より実用的には，多くの目的内容を適度に達成するごとき目標計画にすべきであろう。また，制約条件における制限量の中には，許容待ち台数のように，その数値が確定的であるとはいい難いものもある。この場合には当然ながら，その制限量をあまり越えてはいけないというファジイ制約として処理するのが妥当と考えられる。

以上の考えにもとづき，著者らは代替道路への流入交通量の決定を，多目的でかつファジイ制約を有するファジイ線形計画法によって行なうものとし，その理論展開をはかるものであるが，本文ではその第１報として，ファジイ線形計画法による本題の定式化と，目的関数の相違による個々の交通流特性に関して若干の考察を行ったものである。

2. 理論概要　　２経路選択交通問題の数学モデルとして以下の内容が考えられる。

目的関数
$$Z = \sum X_i^{(1)} \longrightarrow max \qquad (1)$$
$$Z = \sum \bar{L}_i^{(1)} X_i^{(1)} \longrightarrow max \qquad (2)$$
$$Z = \sum\{B_s^{(1)} - \sum(\sum \beta_{ij}^{(1)}) X_i^{(1)}\} \longrightarrow min \qquad (3)$$
$$Z = \sum (1/D_i^{(1)}) X_i^{(1)} \longrightarrow max \qquad (4)$$
$$Z = \sum D_i^{(1)} X_i^{(1)} \longrightarrow max \qquad (5)$$

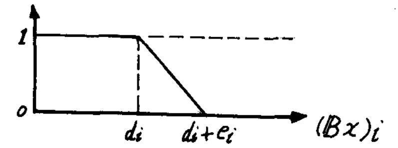
制約条件
$$X_i^{(1)} \leqq B_i^{(1)} - Q_{ki}^{(1)} \qquad (6)$$
$$\sum \beta_{ij}^{(1)} \cdot X_i^{(1)} \leqq B_s^{(1)} \qquad (7)$$
$$X_i^{(1)} \leqq D_i^{(1)} \qquad (8)$$
$$D_i^{(1)} - X_i^{(1)} \lesssim Q_{ia}^{(1)} \qquad (9)$$
$$X_i^{(1)} \lesssim X_{ia}^{(1)} \qquad (10)$$

非負条件
$$X_i^{(1)} \geqq 0$$

ここに，$\lesssim$；制限量をあまり越えてはいけない（ファジイ制約）を表わす記号
$X_i^{(1)}$；流入点 i における流入交通量
$\bar{L}_i^{(1)}$；流入点 i に存在する交通量の平均トリップ長
$B_s^{(1)}, B_i^{(1)}$；s 区間，i 区間の交通容量
$\beta_{ij}^{(1)}$；流入点 i に存在する交通量の目的地別構成比率
$D_i^{(1)}$；流入点 i に存在する需要交通量
$Q_{ki}^{(1)}$；流入点 i に当時間段階に達する交通量の最大量
$Q_{ia}^{(1)}$；流入点 i における許容待ち台数
$X_{ia}^{(1)}$；流入点 i における許容流入交通量

上述のように，目的関数が２個以上である場合，それら全ての目的関数を同時に最大化することは困難である。そこで，各目的関数に志望水準を設け，各目的関数は，その志望水準を満足すれば良いようにする。この結果，目的関数は，志望水準をできるだけ満たすのが望ましいという意味になることはいうまでもない。次に，帰属度関数は，０と１の間の数として数量化され，帰属度関数の値が，１に近い程，ファジイ目標に対しては，志望水準への満足度が高く，ファジイ制約においては，その制限量を少ししか越えていないことになる。そこで，ここでは帰属度関数を線形であると仮定し，以下のように定式化する。

（ファジイ制約）
$$m_i(Bx) = \begin{cases} 0 & (Bx)_i > d_i + e_i \\ 1 - \dfrac{(Bx)_i - d_i}{e_i} & d_i \leqq (Bx)_i \leqq d_i + e_i \\ 1 & (Bx)_i < d_i \end{cases}$$



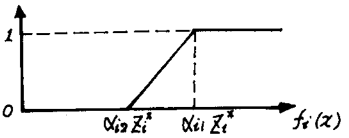
図－1

ここに，$m_i(Bx)$；制約条件 i の帰属度関数　　d_i；制限量
e_i；ファジイ制約の制限量のあいまいさの限度を数量化したもので，制約条件式(9)の場合には，連結道

路の長さや大型車混入率等により，また，制約条件式(10)の場合には，ランプの幾何学的条件や大型車混入率等により定められる正の定数。

（ファジイ目標）

$$m_i(f(x))=\begin{cases}0 & f_i(x)<\alpha_{i2}Z_i^* \\ 1-\dfrac{\alpha_{i1}Z_i^*-f_i(x)}{(\alpha_{i1}-\alpha_{i2})Z_i^*} & \alpha_{i2}Z_i^*\leqq f_i(x)\leqq\alpha_{i1}Z_i^* \\ 1 & f_i(x)>\alpha_{i1}Z_i^*\end{cases}$$

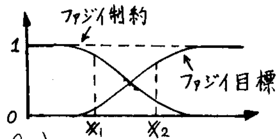


図－2

ここに，$m_i(f(x))$；目的関数 i の帰属度関数　α_{i1},α_{i2}；定数

Z_i^*；i 番目の単目的関数に対する線形計画モデルの最適解

本題の最適解は，目標を満たす代替案の集合と制約条件を満たす実行可能な代替案の集合の共通部分から最適な代替案を選ぶものであるが，目的が明確でかつ制約条件が厳格なものである場合には，共通部分の代替案に，本質的な違いはみられない。しかし，目標や制約条件による集合があいまいな場合，共通部分は図-3のごとくなる。共通部分にある X_1 と X_2 を見ると，X_1 は X_2 に対し，ファジイ制約への帰属度は高いが，ファジイ目標への帰属度は低いというように，その内容に違いがある。このような集合より最適解を求めんとする場合，どちらにも同程度に属しているものを選ぶのが妥当と考え，次式により決定することとした。　$\max\limits_{X>0}\min\limits_{\ell}(C_1C_2\cdots C_n,\ G_1G_2\cdots G_n)$



図－3

ここに，C_i；ℓ 番目の代替案の i 番目のファジイ目標に対する帰属度，G_i；ℓ 番目の代替案の i 番目のファジイ制約に対する帰属度

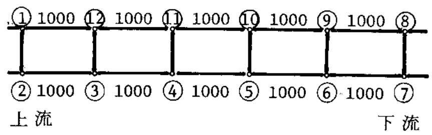
上式より，目標と制約は，決定に関して本質的に同じ役割を果している。したがって，本題の解析は，次の線形計画問題として処理できることになる。

目的関数　$X=\lambda\longrightarrow \max$

制約条件　$m_i(BX)\geqq\lambda$，$m_i(f(x))\geqq\lambda$

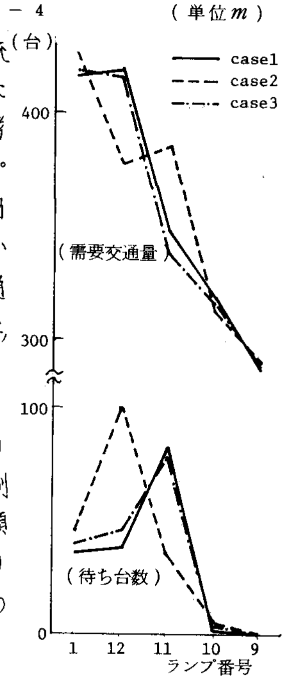
非負条件　$\lambda\geqq 0$，$X\geqq 0$

3．個々の目的関数のもとでの交通特性　　上記ファジイ線形計画法による２経路選択問題の解は紙面の都合上講演時に説明することとし，ここではその土台たる個々の目的関数による線形計画問題を解き，目的関数の相違が交通特性にいかなる影響を与えるかを検討しよう。すなわち，図-4のモデルに，ランプ④と⑪より上流側で必ず待ちが発生するようなO-D交通量を流すものとする。この結果，前ページに示した目的関数のうち(1)(2)(3)は，同じ結果が得られたので，これらをCase 1として考察する。なお，目的関数式(4)のものはCase 2，式(5)をCase 3とする。図-5は，各ランプの計算を行った19分間の需要交通量，待ち台数の合計を示したものである。この図より，ランプ⑨と⑩では，どの目的関数でもほぼ同じであり，ランプ⑪⑫①に違いが出ていることが判る。これは，⑪より上流側に待ちを発生させるようなO-D交通量を用いたためである。このことより，目的関数の特徴は，待ちが発生した場合に現われるといえ，待ちの発生しない道路状態では，交通流を制御する必要はないといえることは当然であろう。



図－4　（単位 m）

各目的関数による交通流がどのような特徴を有するかのみ列記すれば次のとおりである。Case 1；上流側からの流入交通量を多くしようとする傾向があり，下流側のランプの待ちが増加しても，この傾向は変化しない。Case 2；待ちを増長させる傾向がある。Case 3；待ちが１ケ所に集中せず分散する傾向がある。以上の特徴よりCase 1やCase 2では，流入交通量を決定する場合，許容流入交通量や許容待ち台数の設定に十分なる配慮が必要であると結論される。



図－5

参考文献 1)　浅居・ネゴイタ「あいまいなシステム理論入門」

2)　樗木・吉永「2経路選択交通における配分制御について」　54年度全国大会