ファジイ線形計画法を用いた２経路選択交通問題（続報）

九州大学工学部　正 員　樗木 武
九州大学工学部　○学生員　吉永 優

1．まえがき　　交通流制御方法としてこれまでに多数の提案があるが、その多くは単一目的関数を有するＬＰ制御である。しかし、交通流を制御する目的は各論文で異なることでも分るように、多種多様な内容が発想され，しかも，それらの中のどれを採用するかは研究者あるいは利用者個人個人で判断が異なり，必ずしも一致するものではない。このような相異なる価値判断のもとでは確定された一つの目的ではなく多くの目的を同時に取り込んで、不十分ながらもそれぞれの目的を適当に達成せしめる制御方法を活用することが現実的であろう。

著者らは、上述にかんがみ、複数の目的関数を導入した交通流制御方法として，さきに，ファジイ線形計画法を活用するごとき理論を提案した[1]が、その際，ファジイ目標の帰属度関数を次のように定式化した。

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

ここに　$m_i(f_i(x))$；i番目のファジイ目標の帰属度関数，　　α_{i1}，α_{i2}；定数

z_i^{*}；目的関数z_iの最適解に対するz_iの値

上式は、目的関数を最大化する場合のファジイ目標帰属度関数として活用できるものである。しかし，現実には最小化目的関数も考えられ，また，制御目的の内容によっては，$\alpha_{i1}=\alpha_{i2}$の状態つまり目的関数の値が，ある値以上であれば，その制御目的は完全に満足され，以下であれば完全に満足されないといった内容のものも考えられる。このため，その提案では不十分であり，ここにファジイ目標の定式化を再検討する必要がある。また，上式中のα_{i1}とα_{i2}は，道路の性格を考慮し，かつ，その性格に合うように交通流を制御する際に重要となる定数であるが，この二つの定数の内容の解明はあまりなされていない。これらのことから，本研究は，より広範な目標を取り扱うことのできる新たなファジイ目標帰属度関数を提示するとともに、定数α_{i1}，α_{i2}についての基礎的な検討を行うものである。

2．ファジイ目標の帰属度関数

(i)　目的関数を最大化する場合　　この場合の帰属度関数は，式(1)と同じである。

(ii)　目的関数を最小化する場合　　この場合の帰属度関数は，次式のように定式化される。

$$m_i(f_i(x))=\begin{cases}0 & \alpha_{i2}(z_i^{*\prime}-z_i^{*})<f_i(x)-z_i^{*}\\ 1-\dfrac{(f_i(x)-z_i^{*})-\alpha_{i1}(z_i^{*\prime}-z_i^{*})}{(\alpha_{i2}-\alpha_{i1})(z_i^{*\prime}-z_i^{*})} & \alpha_{i1}(z_i^{*\prime}-z_i^{*})\leqq f_i(x)-z_i^{*}\leqq\alpha_{i2}(z_i^{*\prime}-z_i^{*})\\ 1 & f_i(x)-z_i^{*}<\alpha_{i1}(z_i^{*\prime}-z_i^{*})\end{cases}\qquad(2)$$

ここに　z_i^{*}；目的関数z_iの最小化問題の最適解に対応するz_iの値

$z_i^{*\prime}$；目的関数z_iの最大化問題の最適解に対応するz_iの値

(iii)　目的関数z_iの値が、ある値以下になってはならず，また，それ以上なら，その制御目的は完全に達成できる場合（$\alpha_{i1}=\alpha_{i2}$ の場合）　　この場合においては、目標を達成する解の集合は厳格なものになり，その目標は次式のような制約条件として，ファジイＬＰの中に組み込まれる。

$$\left.\begin{array}{ll} f_i(x)\geqq\alpha_{i1}\cdot z_i^{*} & ；目的関数z_iを最大化する場合\\ f_i(x)-z_i^{*}\leqq\alpha_{i1}(z_i^{*\prime}-z_i^{*}) & ；目的関数z_iを最小化する場合\end{array}\right\}\qquad(3)$$

3．α_{i1}とα_{i2}の制約

(i)　式(1)と式(2)の中のα_{i1}とα_{i2}の制約　　ファジイ目標を$n(\geqq2)$個有するファジイＬＰにおいて、全ての志望水準への満足度が正となる解が存在し，最適解が一個であるための条件は以下の通りである。

条件1. 解が存在するための条件

$A_1 \cap A_2 \cap \cdots \cap A_i \cap \cdots \cap A_n \neq \phi$

ここに $A_i = \{x \mid 0 < m_i(f_i(x)) \leqq 1\}$

条件2. 最適解が1個であるための条件

$B_1 \cap B_2 \cap \cdots \cap B_i \cap \cdots \cap B_n = \phi$ または要素が1つ

ここに $B_i = \{x \mid m_i(f_i(x)) = 1\}$

条件1，2が満足されているか否かを調べることは困難であり、また、多大なる計算時間を費やすことになる。そこで，条件1，2を常に満足するようにα_{i1}とα_{i2}に対し以下のような制約を与える。

・α_{i1}の制約　n個のα_{i1}のうち最低1個は、その値が1.0以上（目的関数Z_iが最大化の場合）または、0.0以下（目的関数Z_iが最小化の場合）でなければならない。

・α_{i2}の制約

$$\alpha_{i2} \leqq min\left\{\frac{f_i(x_k)}{f_i(x_i)} \quad (k=1,2,\cdots n)\right\} \quad ;\text{目的関数}Z_i\text{が最大化の場合}$$

$$\alpha_{i2} \geqq max\left\{\frac{f_i(x_k)}{f_i(x_i)} \quad (k=1,2\cdots n)\right\} \quad ;\text{目的関数}Z_i\text{が最小化の場合}$$

ここに $f_i(x_k)$；目的関数Z_kの最適解x_kをとったときの目的関数Z_iの値

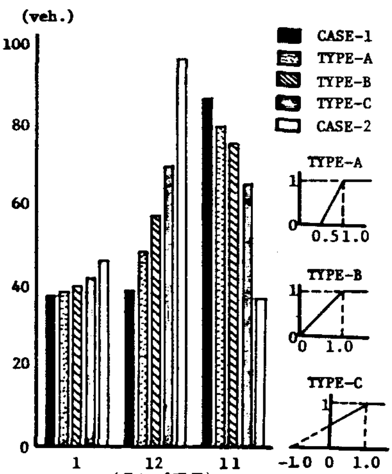
(ii) 式(3)の中のα_{i1}の制約　この場合のα_{i1}に対する制約は、$0 < \alpha_{i1} < 1$となる。

4. α_{i1}とα_{i2}の交通流制御に与える影響

文献1)で、個々の目的関数のもとでの交通特性を調べた結果，目的関数$Z_1 = \sum X_i \to max$　（X_i：ランプiの流入交通量）の待ちの分布と、目的関数$Z_2 = \sum X_i/D_i \to max$　（D_i：ランプiの需要交通量）の待ちの分布が極端に異なることが判明した。そこで，この二つの目的関数を有するファジイLPで交通流を制御するようにし，式(1)中のα_{i1}とα_{i2}の設定が交通流にどのように影響するかについて検討しよう。

(i) 目的関数$Z_2 = \sum X_i/D_i \to max$の帰属度関数を図-1のタイプBに固定し、目的関数$Z_1 = \sum X_i \to max$のそれを、図-1のタイプA, B, Cと変える場合

各場合におけるそれぞれのランプの待ち行列を図-1に示す。図のケース1は、目的関数を流入量最大とする場合の待ち行列であり、ケース2は目的関数を流入率(X_i/D_i)最大とする場合の待ち行列である。図より，α_{i1}が固定されている場合，α_{i2}を他のα_{i2}より大きくすれば、その目的関数の影響が強く出て、その目的関数のみによる交通流制御の場合に似てくることが分った。



図－1　各ランプの待ち台数

(ii) 目的関数$Z_2 = \sum X_i/D_i \to max$の帰属度関数を図-2のタイプBに固定して目的関数$Z_1 = \sum X_i \to max$における$\alpha_{12}$を0.0とし、$\alpha_{11}$を変える場合

図-2は、α_{11}が0.9，1.0，1.1である場合の各ランプの待ち行列と，各目的関数のみによるそれらを示したものである。図より、$\alpha_{11}=0.9$のときの各ランプの待ち行列は、$Z_2 \to max$のそれら（ケース2）と，また，$\alpha_{11}=1.1$の場合の待ち行列の分布は、$Z_1 \to max$のそれ（ケース1）と同一であることが分る。これらのことから，目的関数Z_1とZ_2の二つを有するファジイLPにおいて、$\alpha_{11} Z_1^* \leqq f_1(x_2)$ならば、ファジイ目標$Z_1$は制約条件としての機能を果たさず，ファジイLPで計算する必要のないことが分る。また，α_{i1}の決定に際しては十分なる配慮が必要である。

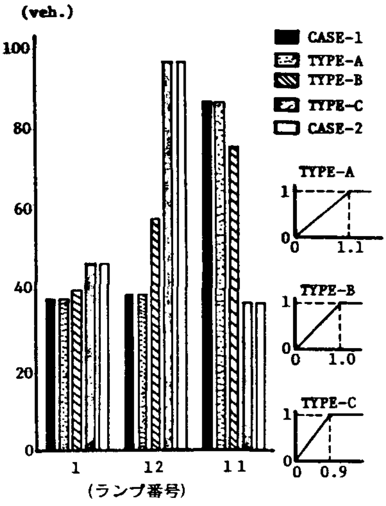


図-2　各ランプの待ち台数

参考文献　1) 橋木・吉永「ファジイ線形計画を用いた2経路選択交通問題」　55年度　全国大会