多目的 2 レベル線形計画問題に 対する選好に関する部分的情報を利用した対話型ファジィ計画法†

坂和 正敏*¹ 西崎 一郎*¹ 沈 永新*¹

本論文では、上位および下位レベルの意思決定者がそれぞれ複数の目的をもつ多目的 2 レベル線形計画問題に対して各意思決定者が複数の目的に対してファジィ目標を設定し、その満足度に対して両者が協調しながら満足解を探索する対話型ファジィ計画法を提案する。提案する方法では、上位レベルの意思決定者は各ファジィ目標に対する最小許容度を設定し、下位レベルの意思決定者は志望水準を定め、最小許容度は制約として扱い、下位レベルの意思決定者の志望水準に最も近い解を計算する。得られた解に対する上位および下位レベルの意思決定者の集約された満足度の比は意思決定者の選好に対する部分的情報を利用することによって評価され、満足度の比が定められた条件を満足し、上位レベルの意思決定者がその解に満足すれば、対話は終了し、そうでなければ最小許容度や志望水準を更新することによって満足解を探索する。

キーワード：多目的 2 レベル線形計画問題、対話型ファジィ計画法、ファジィ目標、選好に対する部分的情報

1. はじめに

上位レベルと下位レベルにそれぞれ一人の意思決定者 (decision maker: DM) が存在し、それぞれの DM が相競合する目的関数を持ち、自己の目的関数のみならず相手の目的関数や制約条件を知り、上位レベルの DM が先に決定し、上位レベルの決定を知ったのち下位レベルの DM が意思決定する 2 レベル計画問題は、Stackelberg ゲームとして定式化され、対応する Stackelberg 解を計算するためのアルゴリズムが開発されてきた[13, 16]。Stackelberg 解の計算という側面から考えると、上位レベルと下位レベルの目的関数がともに線形で、両レベルにとって共通となる制約も線形で表される 2 レベル線形計画問題でさえ、この問題は特別な構造をもつ非凸計画問題となることが知られており、Stackelberg 解の計算には多くのアルゴリズムが開発されているが、本質的に困難な問題、NP-hard であることが示されている[13]。

2 レベル計画問題に対して、Stackelberg 解を採用する場合、DM 間に意思の伝達がないことが前提となっ

ているが、上位レベルと下位レベルが、たとえば 1 つの企業の上位統括部門と各事業部のような関係にある場合や、2 つの企業が親会社と子会社の関係にある場合の意思決定問題を 2 レベル計画問題としてモデル化するならば、上述の前提は現実的ではない場合もあると考えられる。

Lai[3]、Shih ら[12]は DM 間の協調を仮定して多重レベル線形計画問題に対するファジィ計画法を開発した。しかし彼らのファジィ計画法では、上位レベルにおいて、目的関数に対するファジィ目標のみならず決定変数に対するファジィ目標をもメンバシップ関数で規定してファジィ決定で統合しているので、目的関数に対するファジィ目標と決定変数に対するファジィ目標が矛盾して、望ましくない解に到達する可能性が残されていた。このような問題点に対処するため、坂和らは上位レベルの決定変数に対するメンバシップ関数の規定を削除した問題を定式化し、DM 間の協調関係を重視した多重レベル計画問題に対するファジィ計画法を開発してきた[8-10]。

一方、これまでに社会的要求の多様化や DM 自身のさまざまな価値観を考慮するために、単一レベルの計画問題において、複数の目的関数が考慮された多目的計画問題が考察され、理論的あるいは方法的な研究さらには応用研究が発展してきている[1, 6, 14, 15]。しかし、上述した多重レベル計画問題においては、複数の DM の意思決定に関する相互作用は考慮されているが、DM 自身の価値や評価の多様性に関する考察は必ずしも十分ではなく、各 DM がそれぞれ複数の目的

† Interactive Fuzzy Programming Using Partial Information about Preference for Multiobjective Two-Level Linear Programming Problems

*¹ Masatoshi SAKAWA, Ichiro NISHIZAKI, YongXin SHEN
広島大学大学院工学研究科複雑システム工学専攻、広島県
Department of Artificial Complex Systems Engineering,
Graduate School of Engineering, Hiroshima University,
Kagamiyama 1-4-1, Higashi-Hiroshima, Hiroshima, 739
-8527 Japan

関数をもつ多重レベル計画問題に対する研究の発展が期待されていた。たとえば、次のような2つの企業の階層的な意思決定問題が多目的2レベル計画問題として定式化できる。上位レベルの企業を製造会社とし、下位レベルの企業を運送会社すると、顧客への納期の関係で、製造会社は通常輸送と輸送時間の短い小口輸送の2種類の輸送形態を選択して、運送会社に発注することがある。このとき、製造会社は運搬費の最小化と輸送時間の最小化を同時に図りながら、得意先への製品の輸送を通常と小口の2種類に分けて運送会社に注文する。一方、運送会社が通常と小口の2つの事業部をもつと考えると、それぞれの利益の最大化を同時に図ることになる。このような問題は多目的2レベル計画問題として定式化できる。また、これらの企業が親会社と子会社の関係にあるならば、協調的に意思決定がなされることが考えられる。

本論文では、協調的な2人のDMが上位と下位レベルのそれぞれに存在する多目的2レベル線形計画問題に対して、それぞれのDMが複数の目的に対してファジィ目標を設定し、その満足度に対して両者が協調しながら満足解を探索する対話型ファジィ計画法を提案する。各レベルのDMは複数のファジィ目標が重み付けされた和を通して、得られた解を評価すると仮定する。しかし、各ファジィ目標に対する重み係数があるスカラー値として評価することはできないが、この重み係数ベクトルが属する集合[4, 5]は評価できるとする。

提案する手法では、各DMは目的関数に対するファジィ目標のメンバシップ関数を同定し、最初に両レベルのDMのすべての目的が同等に評価される maximin 問題を解くことから始める。次に得られた解に対する満足度を基準として、上位レベルのDMは各ファジィ目標に対する最小許容度を設定し、下位レベルのDMは志望水準を定め、最小許容度は制約として扱い、下位レベルのDMの志望水準に最も近い解を計算する。このとき、下位レベルのDMは自己の選好に従い志望水準を更新しながら解を探索する。得られた解に対する上位および下位レベルのDMの集約された満足度の比が定められた条件を満足し、上位レベルのDMがその解に満足すれば、対話は終了する。そうでなければ、最小許容度を更新することによって満足解を探索する。

2. 対話型ファジィ計画法

上位レベルのDMの目的関数の数が k_1 で、下位レベルのDMの目的関数の数が k_2 である場合の多目的2レベル線形計画問題は次のように定式化される。

$$\left. \begin{array}{l} \text{minimize } z_1^1(x_1, x_2) = c_{11}^1 x_1 + c_{21}^1 x_2 \\ \text{upper level} \\ \text{minimize } z_{k_1}^1(x_1, x_2) = c_{1k_1}^1 x_1 + c_{2k_1}^1 x_2 \\ \text{upper level} \\ \text{minimize } z_1^2(x_1, x_2) = c_{11}^2 x_1 + c_{21}^2 x_2 \\ \text{lower level} \\ \text{minimize } z_{k_2}^2(x_1, x_2) = c_{1k_2}^2 x_1 + c_{2k_2}^2 x_2 \\ \text{lower level} \\ \text{subject to } A_1 x_1 + A_2 x_2 \leq b \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{array} \right\} \quad (1)$$

問題(1)において、 $x_1 \in \mathbb{R}^{n_1}$ と $x_2 \in \mathbb{R}^{n_2}$ はそれぞれ上位レベルと下位レベルのDMの決定変数ベクトルであり、すべての決定変数は $x = (x_1^T, x_2^T)^T \in \mathbb{R}^n$ で表す。ここで、 T は転置を表す。 c_{li}^d , $d=1, 2$, $i=1, \dots, k_d$ は目的関数の係数行ベクトルであり、 A_l , $l=1, 2$, b は制約式の係数行列と右辺定数ベクトルである。また、 $z_i^1(x)$ は上位レベルのDMの i 番目の線形目的関数であり、 $z_j^2(x)$ は下位レベルのDMの j 番目の線形目的関数である。問題(1)の実行可能領域を X で表し、簡単化のために上位レベルと下位レベルのDMをDM1およびDM2と表す。

問題(1)に対する解の概念としては、単一レベルの多目的計画問題に対する Pareto 最適解を素直に拡張すれば、多目的2レベル線形計画問題の Pareto 最適解は以下のように定義できる。

[定義1] 問題(1)において、 $x^* \in X$ に対して $z_i^1(x) \leq z_i^1(x^*)$, $i=1, \dots, k_1$ および $z_j^2(x) \leq z_j^2(x^*)$, $j=1, \dots, k_2$ であり、少なくともある1つの i または j に対して $z_i^1(x) < z_i^1(x^*)$ または $z_j^2(x) < z_j^2(x^*)$ となる $x \in X$ が存在しないとき、 x^* を多目的2レベル線形計画問題に対する Pareto 最適解であるという。

最初に、DMの人間としての判断のあいまい性を考慮して、各レベルの目的関数に対するファジィ目標を導入する。最小化問題に対して、DMは「目的関数をだいたいある値以下にしたい」というファジィ目標をもつと考えると[6, 7]、対応するメンバシップ関数は強意単調減少関数となる。DMは各目的関数の個別の最小値と最大値の範囲内で自己の満足度の変化率を考慮して、 $z_d^i(x)$, $d=1, 2$, $i=1, \dots, k_d$ に関して強意単調減少関数のメンバシップ関数 $\mu_d^i(z_d^i(x))$, $d=1, 2$, $i=1, \dots, k_d$ を評価する。

このような各レベルのDMのファジィ目標を特徴付けるメンバシップ関数として、本論文では簡単化のため、線形メンバシップ関数

$$\mu_i^d(z_i^d(x)) = \begin{cases} 1, & z_i^d(x) \leq \bar{z}_i^d \\ \frac{z_i^d(x) - \underline{z}_i^d}{\bar{z}_i^d - \underline{z}_i^d}, & \bar{z}_i^d < z_i^d(x) \leq \underline{z}_i^d \\ 0, & z_i^d(x) > \underline{z}_i^d \end{cases} \quad (2)$$

を採用する。ここで、 $\underline{z}_i^d$ と $\bar{z}_i^d$ はDMが設定するパラメータである。

これらのパラメータ $\underline{z}_i^d$ と $\bar{z}_i^d$ はDMが主観的に評価するものであるが、Zimmermann[17]は、 $\bar{z}_i^d$ を目的関数 $z_i^d(x)$ の最小値とおき、 $\underline{z}_i^d$ を他の目的関数を最小にする解の中で $z_i^d(x)$ を最大にする解に対応する目的関数値に設定するという方法を提案している。ただし、Zimmermannはこの方法を単一レベルの多目的問題における複数の目的関数に対するメンバシップ関数のパラメータの設定方法として示している。各目的関数 $z_i^d(x)$ の個別の最小化問題の最適解 x^{idopt} 、 $d=1, 2, i=1, \dots, k_d$ と、対応する最小値 $z_i^{dmin} = z_i^d(x^{idopt})$ および $z_i^{dmax} = \max_{i=1, \dots, k_d, j=1, 2} z_i^d(x^{jopt})$ を計算し、 $\bar{z}_i^d = z_i^{dmin}$ 、 $\underline{z}_i^d = z_i^{dmax}$ 、 $d=1, 2, i=1, \dots, k_d$ と設定する。

本論文では、DMは各目的関数に対するファジ目標の重み付け和を用いて、得られた解を評価すると仮定する。DM1の i 番目のファジ目標のメンバシップ関数 $\mu_i^1(z_i^1(x))$ に対する重み係数を λ_i^1 とし、同様にDM2の j 番目のファジ目標のメンバシップ関数 $\mu_j^2(z_j^2(x))$ に対する重み係数を λ_j^2 とする。DM1とDM2に対する重み係数ベクトル λ^d 、 $d=1, 2$ は

$$\lambda^d = (\lambda_1^d, \dots, \lambda_{k_d}^d) \in \left\{ \lambda^d \mid \sum_{i=1}^{k_d} \lambda_i^d = 1, \lambda_i^d \geq 0, i=1, \dots, k_d \right\} \quad (3)$$

を満たすものとする。このとき、DMはファジ目標に関する重み係数ベクトル λ^d によって特徴付けられた集約されたファジ目標

$$\sum_{i=1}^{k_d} \lambda_i^d \mu_i^d(z_i^d(x)), \quad d=1, 2 \quad (4)$$

によって得られた解を評価すると考える。

多目的問題においては、定義1に示したようにPareto最適解でない解は少なくとも1つのPareto最適解に支配されるので、DMにとってPareto最適解の集合から解を選択することが合理的である。しかしながら問題の規模が大きくなるにつれて、Pareto最適解の集合は大きくなる。たとえば線形の問題であれば、Pareto最適端点解をすべて列挙することは困難になってくる。そこで、しばしば探索する解の数を制限するためにDM

の選好情報が用いられる。DMの選好情報が完全に表現された関数を効用関数あるいは価値関数と呼ぶとすれば、与えられた制約条件のもとで効用関数あるいは価値関数を最大化あるいは最小化すればよいが、実際にはこの関数を正確に同定することは困難である。そこでわれわれは、効用関数あるいは価値関数の近似的な関数として、ファジ目標の重み付け和(4)を導入するが、重み係数ベクトルをある値に評価して固定することは困難であると考え、重み係数ベクトルがある特定の集合に属することだけを要請する。

このような重み係数ベクトル λ^d 、 $d=1, 2$ に対して、DM1とDM2は以下のようなタイプの選好に関する部分的な情報[4, 5]をもっているものとする。

(1) i 番目のファジ目標に対する重み係数 λ_i^d に上限値 UB_i^d と下限値 LB_i^d が設定される。

$$LB_i^d \leq \lambda_i^d \leq UB_i^d \quad (5)$$

(2) i 番目と k 番目の2つのファジ目標に対する重み係数に大小関係が設定される。

$$\lambda_i^d \geq \lambda_k^d + \varepsilon, \quad i \neq k \quad (6)$$

ここで、 ε は0または十分小さな正数である。

DMの選好に関する部分的情報を表現する重み係数ベクトルの集合を条件(3)に加えて、条件(5)、(6)を同時に満足する重み係数ベクトルの集合とし、 Λ^d 、 $d=1, 2$ で表す。条件(5)によって各重み係数は限られた範囲に制約され、条件(6)は2つのファジ目標の重要度に順序を与える。これらを組み合わせることによって、DMは選好に関する部分的情報を表現し、得られた解を集約されたファジ目標(4)を通じて評価する。たとえば、2つのファジ目標 μ_1^d 、 μ_2^d と対応する重み係数 λ_1^d 、 λ_2^d について考える。仮に、DMが μ_1^d が μ_2^d よりも重要であるが、あまり極端な差がないと考えるならば、部分的情報はたとえば、条件(5)、(6)を組み合わせ $\lambda_2^d \geq 0.4$ 、 $\lambda_1^d \geq \lambda_2^d$ のように与えられ、結果として λ_1^d は $0.5 \leq \lambda_1^d \leq 0.6$ に、 λ_2^d は $0.4 \leq \lambda_2^d \leq 0.5$ にそれぞれ限定されることになる。

さて提案する手法では、DM1は各ファジ目標に対して最小許容度を設定し、DM2は同様に志望水準を表す基準メンバシップ値を定め、最小許容度は制約として扱い、DM2の志望水準に最も近い解を求めるための問題を繰り返し解くことによって満足解を導出する。最初に、初期のパラメータを設定するための情報を得るために、最小の満足度を最大化する問題

$$\begin{aligned} \text{maximize} \quad & \min_{x \in X} \{ \mu_1^1(z_1^1(x)), \dots, \mu_{k_1}^1(z_{k_1}^1(x)), \\ & \mu_1^2(z_1^2(x)), \dots, \mu_{k_2}^2(z_{k_2}^2(x)) \} \end{aligned} \quad (7)$$

を解くことから始める。問題(7)は補助変数 v を導入することによって、次の等価な問題に変換できる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{maximize } v \\ \text{subject to } \mathbf{x} \in X \\ \mu_i^1(z_i^1(\mathbf{x})) \geq v, \quad i=1, \dots, k_1 \\ \mu_j^2(z_j^2(\mathbf{x})) \geq v, \quad j=1, \dots, k_2 \end{array} \right\} \quad (8)$$

DM1は問題(8)を解いて得られた各ファジィ目標の満足度や自己の選好を参考にして、DM1のファジィ目標に対する満足度の最小許容度 $\hat{\delta}_i^1$, $i=1, \dots, k_1$ を設定する。同様に DM2もファジィ目標に対する満足度の志望水準を表す基準メンバシップ値 $\bar{\mu}_j^2$, $j=1, \dots, k_2$ を設定する。DM1の満足度の最小許容度を満たすことを条件として、DM2が設定した志望水準を表す基準メンバシップ値にもっとも近い実行可能解を求める問題(9)を解く。

$$\left. \begin{array}{l} \text{maximize } v \\ \text{subject to } \mathbf{x} \in X \\ \mu_i^1(z_i^1(\mathbf{x})) \geq \hat{\delta}_i^1, \quad i=1, \dots, k_1 \\ \bar{\mu}_j^2 - \mu_j^2(z_j^2(\mathbf{x})) \leq v, \quad j=1, \dots, k_2 \end{array} \right\} \quad (9)$$

このとき、必要であれば DM2は自己の選好に従い、基準メンバシップ値を更新して解を探索する。

問題(9)を解いて得られた最適解 $\mathbf{x}^*$ が唯一解であれば、 $\mathbf{x}^*$ は多目的2レベル線形計画問題の Pareto 最適解であり、また仮に、問題(9)の最適解 $\mathbf{x}^*$ が唯一な最適解でないならば、対応する Pareto 最適解は容易に求められる[6]。

次に、問題(9)を解いて得られた解 $\mathbf{x}^*$ が満足解であるかどうかを調べるために、各 DM の選好に関する部分的情報を考慮した満足度の加重和を用いて $\mathbf{x}^*$ を評価する。 $\mathbf{x}^*$ に対して、各ファジィ目標に対する満足度 $\mu_i^1(z_i^1(\mathbf{x}^*))$ と $\mu_j^2(z_j^2(\mathbf{x}^*))$ を求める。さらに、各 DM の選好に対する部分的情報を表現する集合 Λ^1 と Λ^2 に重み係数ベクトル λ^1 と λ^2 が属する範囲内での集約された満足度の下限值

$$S_{\min}^d = \min_{\lambda^d \in \Lambda^d} \sum_{i=1}^{k_d} \lambda_i^d \mu_i^d(z_i^d(\mathbf{x}^*)), \quad d=1, 2 \quad (10)$$

と対応する重み係数ベクトル $\lambda^{1\min}$, $\lambda^{2\min}$ を求める。同様に、上限値

$$S_{\max}^d = \max_{\lambda^d \in \Lambda^d} \sum_{i=1}^{k_d} \lambda_i^d \mu_i^d(z_i^d(\mathbf{x}^*)), \quad d=1, 2 \quad (11)$$

と対応する重み係数ベクトル $\lambda^{1\max}$, $\lambda^{2\max}$ を求める。

DM1の集約された満足度の上下限 $S_{\min}^1$, $S_{\max}^1$ を用い

て、次のメンバシップ関数で定義される L - L ファジィ数 $\tilde{S}^1$ を DM1の満足度を表すファジィ数と定義する。

$$\mu_{\tilde{S}^1}(p) = \begin{cases} L\left(\frac{S_{\min}^1 + S_{\max}^1 - 2p}{S_{\max}^1 - S_{\min}^1}\right) & \text{if } p \leq (S_{\min}^1 + S_{\max}^1)/2, \\ L\left(\frac{2p - S_{\min}^1 - S_{\max}^1}{S_{\max}^1 - S_{\min}^1}\right) & \text{if } p > (S_{\min}^1 + S_{\max}^1)/2, \end{cases} \quad (12)$$

ここで、 $L(p) = \max\{0, 1 - |p|\}$ である。このように定義された L - L ファジィ数は、図1に示すように上下限でメンバシップ値が0となり、上下限の midpoint でメンバシップ値が1となる。DM2の満足度 $\tilde{S}^2$ についても同様に定義する。

DM1の満足度を $\tilde{S}^1 = (S^1, s^1)_{LL} = ((S_{\min}^1 + S_{\max}^1)/2, (S_{\max}^1 - S_{\min}^1)/2)_{LL}$, DM2の満足度を $\tilde{S}^2 = (S^2, s^2)_{LL} = ((S_{\min}^2 + S_{\max}^2)/2, (S_{\max}^2 - S_{\min}^2)/2)_{LL}$ と表す。DM1とDM2の満足度のバランスを考慮するために、DM1とDM2の満足度の比を2つの L - L ファジィ数の商として次のように定義する[2]。

$$\tilde{S}^2 \oslash \tilde{S}^1 \simeq \tilde{\Delta} = \left(\frac{S^2}{S^1}, \frac{s^2 S^1 + s^1 S^2}{(S^1)^2} \right)_{LL} \quad (13)$$

$\mu_{\tilde{\Delta}}(p)$ を満足度の比 $\tilde{\Delta}$ のメンバシップ関数とする。

DM1の各ファジィ目標の満足度に対する希求条件は問題(9)の制約に含まれているため、実行可能であれば最小許容度以上の値を得られることが保証されている。また DM1は自己の満足度のみならず、DM2との満足度のバランスをも考慮した意思決定を行うために、満足度の比 $\tilde{\Delta}$ に対して、DM1は「 $\tilde{\Delta}$ をだいたいある値 m ぐらいにしたい」というファジィ目標をもつものと考え、

図1 得られた解に対する DMI の満足度

このファジィ目標 $\tilde{G}$ と満足度の比のメンバシップ値に対する maximin 値が許容度 $\hat{\delta}_0$ を超えればよいという条件を付与する。このファジィ目標は、DM1がDM2との満足度の比を調整するために与えるので、ある値 m において最大の満足度を与え、左右にずれるに従い満足度が減少していくように設定される。すなわち、対応するメンバシップ関数は、値 m の左側は強意単調増加関数、右側は強意単調減少関数であるようなメンバシップ関数 $\mu_G(p)$ として評価する。本論文では簡単化のため、各 DM の満足度 $\tilde{S}^d$, $d=1, 2$ と同様の L - L ファジィ数として与え、そのメンバシップ関数を $\mu_G(p)$ と表す。このとき、アルゴリズムの終了条件は

$$\alpha \triangleq \max_p \min\{\mu_{\tilde{S}}(p), \mu_G(p)\} \geq \hat{\delta}_0 \quad (14)$$

と表現できる。

この終了条件が満足されないときや、仮に満足していても DM1がDM2の満足度を少し犠牲にしても自己の満足度を増大させたいとき、またはその逆のときには、DM1の最小許容度 $\hat{\delta}_i^1$, $i=1, \dots, k_1$ を更新しなければならない。このとき、どの最小許容度を更新するかについては、次のトレードオフ比が良い情報を与える。

$$T_1 = \begin{bmatrix} -\frac{\partial \mu_1^1(z_1^1(x))}{\partial \mu_1^1(z_1^1(x))}, \dots, -\frac{\partial \mu_{k_2}^2(z_{k_2}^2(x))}{\partial \mu_1^1(z_1^1(x))} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ -\frac{\partial \mu_1^1(z_1^1(x))}{\partial \mu_{k_1}^1(z_{k_1}^1(x))}, \dots, -\frac{\partial \mu_{k_2}^2(z_{k_2}^2(x))}{\partial \mu_{k_1}^1(z_{k_1}^1(x))} \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$T_2 = \begin{bmatrix} -\frac{\partial \left(\sum_{j=1}^{k_2} \lambda_j^{2\min} \mu_j^2 \right)}{\partial \mu_1^1}, -\frac{\partial \left(\sum_{j=1}^{k_2} \lambda_j^{2\max} \mu_j^2 \right)}{\partial \mu_1^1} \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{\partial \left(\sum_{j=1}^{k_2} \lambda_j^{2\min} \mu_j^2 \right)}{\partial \mu_{k_1}^1}, -\frac{\partial \left(\sum_{j=1}^{k_2} \lambda_j^{2\max} \mu_j^2 \right)}{\partial \mu_{k_1}^1} \end{bmatrix} \quad (16)$$

問題(9)の制約式が活性になることを仮定すると、 $\mu_1^1(z_1^1(x)) = \hat{\delta}_i^1$ となるので、 $\hat{\delta}_i^1$ の変動は $\mu_1^1(z_1^1(x))$ の変動に対応する。よって、 $-\frac{\partial \mu_j^2(z_j^2(x))}{\partial \mu_1^1(z_1^1(x))}$ は $\hat{\delta}_i^1$ を微小に変動させることによって、DM2の j 番目のファジィ目標に対する満足度 $\mu_j^2(z_j^2(x))$ がどの程度変動するかを表す。仮に制約式が活性でない場合は、 $\hat{\delta}_i^1$ を活性になるように変動させる。このように変動させても、得られる解は変

わらず、DMに問題に対して影響を与えはじめる $\hat{\delta}_i^1$ の限界的な値を知らせることにもなる。したがって、(15)で与えるトレードオフ比 T_1 は、DM1の k_1 個のファジィ目標のそれぞれについて、最小許容度を変化させたときにDM2の k_2 個のファジィ目標のそれぞれの満足度がどの程度変化するかについての情報を与えており、たとえば $-\partial \mu_1^1(z_1^1(x))/\partial \mu_1^1(z_1^1(x))$ はDM1の1番目の目的関数に関するファジィ目標の満足度の最小許容度をわずかに下げたときに、DM2の1番目の満足度がどの程度増加するかを示している。

さらに本論文では、各ファジィ目標に対する満足度を重み付け和を用いて集約し、解を評価しているので、(16)に示されるトレードオフ比 T_2 はDM1があるファジィ目標に対する最小許容度を変化させたときに、DM2の集約された満足度がどの程度変化するかを示す指標として与えられている。たとえば、 $-\partial (\sum_{j=1}^{k_2} \lambda_j^{2\min} \mu_j^2) / \partial \mu_1^1$ は上位レベルの1番目の目的関数に関するファジィ目標に対する最小許容度をわずかに下げた場合に、DM2の集約された満足度の下限がどの程度変化するかを与えている。

問題(9)を解いて得られた解 x^* におけるメンバシップ関数間のトレードオフ比 $-\partial \mu_i^1(z_i^1(x))/\partial \mu_j^2(z_j^2(x))$ がシンプレックス乗数から求められることを示す。

問題(9)に対して、DM1のファジィ目標に対する制約式の双対変数を π_i^1 、DM2のファジィ目標に対する制約式の双対変数を π_j^2 、その他の制約式に対する双対変数を π' とすると、双対定理より次式が得られる。

$$v = -\sum_{i=1}^{k_1} \pi_i^1 \hat{\delta}_i^1 - \sum_{j=1}^{k_2} \pi_j^2 \bar{\mu}_j^2 + \pi' b \quad (17)$$

DM1およびDM2のファジィ目標に対する制約式が活性であるとし、また問題(9)の性質から、 $\sum_{j=1}^{k_2} \pi_j^2 = -1$ となるので

$$-\sum_{i=1}^{k_1} \pi_i^1 \mu_i^1(z_i^1(x^*)) - \sum_{j=1}^{k_2} \pi_j^2 \mu_j^2(z_j^2(x^*)) + \pi' b = 0 \quad (18)$$

が得られる。このとき、メンバシップ関数 μ_i^1 と μ_j^2 の値だけを $\Delta \mu_i^1$ と $\Delta \mu_j^2$ だけ微小に変化するように、 x をとると、 $\pi_i^1 \Delta \mu_i^1 + \pi_j^2 \Delta \mu_j^2 = 0$ となり、

$$-\frac{\partial \mu_j^2(x^*)}{\partial \mu_i^1(x^*)} = \frac{\pi_i^1}{\pi_j^2} \quad (19)$$

が得られる。トレードオフ比を求めるためには、問題(9)のメンバシップ関数に関する制約式がすべて活性になることが必要である。もし不活性な制約式が存在すれば、 $\hat{\delta}_i^1$ 、 $\bar{\mu}_j^2$ をそれぞれ現在の解に対するメンバシッ

プ値 $\mu_1^1(z_1^1(x^*))$ と $\mu_2^2(z_2^2(x^*)) + v^*$ で置き換えて問題を解き、対応するシンプレックス乗数を求める。

これまで述べてきた多目的2レベル線形計画問題に対する対話型ファジィ計画法のアルゴリズムは次のように要約される。

多目的2レベル線形計画問題に対する対話型ファジィ計画法

手順0 多目的2レベル線形計画問題を定式化し、DM1とDM2はそれぞれの選好に対する部分的情報を示す。

手順1 DM1とDM2はそれぞれ目的関数に対してファジィ目標を規定するメンバシップ関数を決定する。

手順2 問題(8)を解き、得られた最適解に対する各ファジィ目標の満足度を参考にして、DM1は各ファジィ目標の満足度に対する最小許容度 $\hat{\delta}_1^i$ と、両レベルの満足度の比に対するメンバシップ関数 $\mu_i(p)$ とその許容度 $\hat{\delta}_2$ を決定する。DM2は各ファジィ目標の満足度に対する志望水準を表す基準メンバシップ値 $\bar{\mu}_j^2$ を決定する。

手順3 問題(9)を解き、DM2が得られた最適解に満足すれば、手順5へ行く。

手順4 DM2は自己の選好に基づき基準メンバシップ値を更新して、手順3へ戻る。

手順5 問題(9)の最適解に対して、DM1とDM2の選好に関する部分的情報をもとに満足度をファジィ数で表現し、2つのファジィ数の商として両レベルの満足度の比を計算する。その結果、終了条件を満たし、かつDM1が得られた解に満足すれば、満足解を得て終了する。

手順6 DM1はトレードオフ比などを参考にして最小許容度 $\hat{\delta}_1^i$ を更新して、手順3へ戻る。

上記のアルゴリズムは、DM1の意向を尊重しつつ、レベル間の満足度の達成バランスを考慮できるように設計されている。問題(9)では、DM1の満足度は最小許容度以上になるように制約として扱われ、DM2が設定する志望水準を表す基準メンバシップ値に最も近い解を計算することになるため、得られる解はDM1の意向を尊重したものとなり、DM2の協調はDM1の最小許容度を受け入れることによって表現される。問題(9)の最適解は、DM1の最小許容度を満足し、DM2が設定した基準メンバシップ値が達成可能であるならばそれより望ましい解を与え、そうでなければ基準メンバシップ値に最も近い解を与える。手順5での評価を経たあと手順6では、トレードオフ比などを参考にして、得られた解に対してDM1が自己の満足度を上げたいときは、最小許容度を現在より大きく設定し、逆にDM2の満足度が相対的に低すぎるとDM1が判断したときは、最小許容度を小さくする。DM1は最小許容度を小さくする

ことによって、DM2の満足度を増大させることができ、この手続きによってDM1の協調が表現される。また、手順4におけるDM2の基準メンバシップ値の更新は自己の選好に適合する解を得るために行われる。

3. 数値例

提案する手法の対話過程を説明するために、次のような多目的2レベル線形計画問題を考える。

$$\left. \begin{array}{l} \text{minimize } (c_1^1 x_1 + c_2^1 x_2, i=1, 2, 3) \\ \text{upper level} \\ \text{minimize } (c_1^2 x_1 + c_2^2 x_2, j=1, 2) \\ \text{lower level} \\ \text{subject to } A_1 x_1 + A_2 x_2 \leq b \\ x \geq 0 \end{array} \right\} \quad (20)$$

問題(20)では、DM1は3つの目的関数を持ち、DM2は2つの目的関数をもっている。DM1とDM2の決定変数はそれぞれ $x_1 = (x_1, \dots, x_5)^T$ と $x_2 = (x_6, \dots, x_{10})^T$ で、制約式の数16である。係数 $A = [A_1 \ A_2]$ は $(-50, 50)$ の乱数で発生させ、 b は対応する A の行ベクトルをすべて足したものに0.7を掛けた値に設定している。また c_h^i , $l=1, 2$, $i=1, 2, 3$, c_{ij}^2 , $l=1, 2$, $j=1, 2$ は各目的関数が競合するように値を設定している。これらの係数は表1に示される。表1において、 A^i は A の第 i 行ベクトルである。

手順0において問題(20)を定式化した後、DM1とDM2はそれぞれの選好に関する部分的情報として、ファジィ目標の満足度に関する重み係数ベクトルの集合を次のように与えたとする。

$$\Lambda^1 \triangleq \{\lambda^1 \in \mathbb{R}^3 \mid \lambda_1^1 \leq \lambda_2^1 \leq \lambda_3^1, \lambda_1^1 \geq 0.2, \lambda_1^1 + \lambda_2^1 + \lambda_3^1 = 1, \lambda_1^1 \geq 0, \lambda_2^1 \geq 0, \lambda_3^1 \geq 0\} \quad (21)$$

$$\Lambda^2 \triangleq \{\lambda^2 \in \mathbb{R}^2 \mid \lambda_1^2 \geq \lambda_2^2, \lambda_2^2 \geq 0.2, \lambda_1^2 + \lambda_2^2 = 1, \lambda_1^2 \geq 0, \lambda_2^2 \geq 0\} \quad (22)$$

手順1において、各ファジィ目標に対するメンバシップ関数は、(2)で与えられる線形メンバシップ関数を採用したとすると、パラメータは与えられた制約条件のもとで、表2に示す各目的関数の個別の最小化問題の最適解から決定される。

手順2において、DM1およびDM2のすべての目的関数を同等に扱う maximin 問題(8)を解き、その結果を表3に示す。

この結果と自らの選好を考慮して、DM1は各目的関数に対する満足度の最小許容度を

$$\hat{\delta}_1^1 = 0.400, \hat{\delta}_2^1 = 0.600, \hat{\delta}_3^1 = 0.700 \quad (23)$$

と設定し、DM2は志望水準として基準メンバシップ値を

表1 係数

$[c_{11}^1 \ c_{21}^1]$	15	-46	1	34	-30	42	-18	39	46	25
$[c_{12}^1 \ c_{22}^1]$	26	27	6	1	49	-16	-45	18	41	-40
$[c_{13}^1 \ c_{23}^1]$	14	36	17	-5	-26	17	37	6	25	-4
$[c_{11}^2 \ c_{21}^2]$	23	14	12	-10	27	-11	-14	-6	-27	-7
$[c_{12}^2 \ c_{22}^2]$	12	-19	-39	-6	18	24	-9	37	16	-2
A^1	-43	-4	38	-45	-18	-6	25	46	48	-20
A^2	25	-39	-38	9	47	-32	26	-45	-1	17
A^3	-39	-3	33	-27	34	-26	20	43	-29	-9
A^4	38	19	-22	-35	39	-21	30	41	34	-38
A^5	13	-19	45	17	-47	10	33	-40	-5	-30
A^6	-41	49	-10	-19	-22	-23	-36	-49	-11	4
A^7	-41	38	-9	-11	12	-9	48	14	13	-39
A^8	-32	-48	48	30	-16	29	-3	-35	-38	-43
A^9	-38	-11	-48	-5	41	19	-36	-28	11	-34
A^{10}	-26	-30	38	-36	41	-41	-33	-18	7	22
A^{11}	-28	40	28	-9	46	23	10	7	-44	6
A^{12}	32	-10	18	-37	-25	36	-9	-26	34	16
A^{13}	-47	-38	38	-7	-40	-35	-27	10	-15	36
A^{14}	-6	-34	-3	2	7	48	-34	16	18	26
A^{15}	-44	-11	39	-23	-43	0	-42	-28	-29	-9
A^{16}	11	3	-36	25	12	3	42	25	6	47
b^T	13	-20	-1	55	-14	-102	10	-70	-83	-49
	51	18	-81	26	-123	89				

表2 メンバシップ関数のパラメータ

z_1^{1min}	43.016	z_1^{1m}	131.994		
x^{11opt}	1.171	0.000	0.000	0.000	0.575
	0.000	0.343	0.918	0.000	0.000
z_2^{1min}	23.387	z_2^{1m}	96.824		
x^{21opt}	1.232	0.000	0.000	0.000	0.167
	0.789	0.387	0.808	0.000	0.000
z_3^{1min}	28.387	z_3^{1m}	56.319		
x^{31opt}	0.986	0.000	0.000	0.000	0.688
	0.000	0.000	1.146	0.000	0.000
z_1^{2min}	-33.594	z_1^{2m}	60.046		
x^{12opt}	0.705	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.256	0.000	1.188	1.399	0.000
z_2^{2min}	-65.981	z_2^{2m}	64.013		
x^{22opt}	2.149	0.000	0.000	0.000	0.560
	0.000	0.000	0.750	0.000	0.000

表3 maximin 問題の最適解と満足度

DM 1	$\mu_1^1=0.486$	$\mu_2^1=0.486$	$\mu_3^1=0.486$		
DM 2	$\mu_1^2=0.486$	$\mu_2^2=0.486$			
x	1.284	0.621	0.057	1.446	0.048
	0.097	0.045	0.960	0.073	0.249

$$\bar{\mu}_1^2=0.800, \bar{\mu}_2^2=0.600 \quad (24)$$

と設定したとする。さらに DM1は両レベルの満足度の比をだいたい0.9くらいの値にしたいと考え、満足度の比に対するファジィ目標のメンバシップ関数を

$$\mu_G(p) = \begin{cases} \max\{0, 10p-8\}, & p < 0.9 \\ \max\{0, -10p+10\}, & p \geq 0.9 \end{cases} \quad (25)$$

と定めたとする。これは、ファジィ数 $(0.9, 0.1)_{LL}$ 、 $L(p) = \max\{0, 1-|p|\}$ に対応している。DM1は満足度の比とファジィ目標のメンバシップ値に対する maximin 値の許容度 $\hat{\alpha}$ を0.8と定めたすると、終了条件(14)は $\alpha \geq 0.8$ となる。

次に、手順3で設定された最小許容度と志望水準をパラメータとしてもつ問題(9)を解く。結果を表4に示

表4 イテレーション1

	DM 1	DM 2
個別の満足度	$\mu_1^1=0.400$ $\mu_2^1=0.600$ $\mu_3^1=0.700$	$\mu_1^2=0.499$ $\mu_2^2=0.299$ —
$(\lambda^{1min}, \lambda^{2min})$	$\lambda_1^{1min}=0.332$ $\lambda_2^{1min}=0.333$ $\lambda_3^{1min}=0.334$	$\lambda_1^{2min}=0.500$ $\lambda_2^{2min}=0.500$ —
下限値	$S_{min}^1=0.567$	$S_{min}^2=0.399$
$(\lambda^{1max}, \lambda^{2max})$	$\lambda_1^{1max}=0.200$ $\lambda_2^{1max}=0.201$ $\lambda_3^{1max}=0.599$	$\lambda_1^{2max}=0.800$ $\lambda_2^{2max}=0.200$ —
上限値	$S_{max}^1=0.620$	$S_{max}^2=0.459$
集約された満足度	$(0.594, 0.027)_{LL}$	$(0.429, 0.030)_{LL}$
満足度の比 maximin 値 α	$(0.722, 0.160)_{LL}$ $\alpha=0.030$	

表5 イテレーション2

	DM 1	DM 2
個別の満足度	$\mu_1^1=0.400$ $\mu_2^1=0.600$ $\mu_3^1=0.650$	$\mu_1^2=0.526$ $\mu_2^2=0.326$ —
$(\lambda^{1min}, \lambda^{2min})$	$\lambda_1^{1min}=0.332$ $\lambda_2^{1min}=0.333$ $\lambda_3^{1min}=0.334$	$\lambda_1^{2min}=0.500$ $\lambda_2^{2min}=0.500$ —
下限値	$S_{min}^1=0.550$	$S_{min}^2=0.426$
$(\lambda^{1max}, \lambda^{2max})$	$\lambda_1^{1max}=0.200$ $\lambda_2^{1max}=0.201$ $\lambda_3^{1max}=0.599$	$\lambda_1^{2max}=0.800$ $\lambda_2^{2max}=0.200$ —
上限値	$S_{max}^1=0.590$	$S_{max}^2=0.486$
集約された満足度	$(0.570, 0.020)_{LL}$	$(0.456, 0.030)_{LL}$
満足度の比 maximin 値 α	$(0.800, 0.081)_{LL}$ $\alpha=0.441$	

す。手順4において、DM2は得られた解に対する自己の満足度 μ_1^2, μ_2^2 のバランスに満足していると仮定すると、志望水準は変更されない。

手順5では得られた解が評価されるが、(14)で求めた $\alpha=0.030$ は、DM1が設定した0.8以上の値をとっていない。したがってDM1は、手順6でトレードオフ比の情報を参考にして、DM2の満足度を上げるように最小許容度 $\hat{\delta}_1$ を更新して再び問題(9)を解く。現在の解 x^* において、(15)、(16)で定義されたトレードオフ比に関する情報は

$$T_1 = \begin{bmatrix} 0.138 & 0.764 \\ 0.148 & 0.818 \\ 0.319 & 1.763 \end{bmatrix}, \quad T_2 = \begin{bmatrix} 0.451 & 0.264 \\ 0.483 & 0.282 \\ 1.041 & 0.608 \end{bmatrix} \quad (26)$$

となる。

トレードオフ比(26)より、下位レベルの満足度を上げるには上位レベルの3番目の最小許容度 $\hat{\delta}_3$ の値を下げるのがもっとも効果的であることがわかる。よってDM1は $\hat{\delta}_3$ の値を0.700から0.650に更新し、手順3に戻って再び問題(9)を解く。結果を表5に示す。手順4でDM2は志望水準を変更しないとして、手順5に移って解を評価する。

イテレーション1の結果に比べてDM2の集約された満足度は向上したことがわかるが、DM1とDM2の満足度の比に関する終了条件を満たしていない。再び手順6で、トレードオフ比の情報を参考にし、DM1は自己の1番目の満足度をこれ以上上げることなくDM2の満足度をあげるために、2番目と3番目の最小許容度 $\hat{\delta}_2, \hat{\delta}_3$ をそれぞれ0.05ずつ下げたとし、手順3に戻って問題(9)を解く。結果を表6に示す。手順4でDM2が満足したとし、手順5で解が評価される。

表6 イテレーション3

	DM 1	DM 2
個別の満足度	$\mu_1^1=0.400$ $\mu_2^1=0.550$ $\mu_3^1=0.600$	$\mu_1^2=0.545$ $\mu_2^2=0.345$ —
$(\lambda^{1min}, \lambda^{2min})$	$\lambda_1^{1min}=0.332$ $\lambda_2^{1min}=0.333$ $\lambda_3^{1min}=0.334$	$\lambda_1^{2min}=0.500$ $\lambda_2^{2min}=0.500$ —
下限値	$S_{min}^1=0.517$	$S_{min}^2=0.445$
$(\lambda^{1max}, \lambda^{2max})$	$\lambda_1^{1max}=0.200$ $\lambda_2^{1max}=0.201$ $\lambda_3^{1max}=0.599$	$\lambda_1^{2max}=0.800$ $\lambda_2^{2max}=0.200$ —
上限値	$S_{max}^1=0.550$	$S_{max}^2=0.505$
集約された満足度	$(0.534, 0.017)_{LL}$	$(0.475, 0.030)_{LL}$
満足度の比 maximin 値 α	$(0.890, 0.084)_{LL}$ $\alpha=0.952$	

イテレーション3の解において、満足度の比とファジィ目標のメンバシップ関数の maximin 値は $\alpha=0.952$ となり、DM1が設定した0.8以上の値であるので、この解にDM1が満足すれば対話を終了し、満足解が得られたことになる。

4. おわりに

本論文では、上位および下位レベルのDMがそれぞれ複数の目的をもつ多目的2レベル線形計画問題に対して各DMが複数の目的に対してファジィ目標を設定し、その満足度に対して両者が協調しながら満足解を探索する対話型ファジィ計画法を提案した。提案する手法により、複数の目的関数に対するファジィ目標の満足度を各DMが効率よく調整でき、選好に関する部分的情報を利用することにより、両レベルのDMの満足度に対するバランスが考慮された満足解が導出できる。最後に、提案した手法の対話過程を説明するために、数値例を与えた。

参考文献

- [1] V. Chankong and Y. Y. Haimes: "Multiobjective Decision Making: Theory and Methodology," NorthHolland, Amsterdam, 1983.
- [2] D. Dubois and H. Prade: "Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications," Academic Press, New York, 1980.
- [3] Y. J. Lai: "Hierarchical optimization: a satisfactory solution," Fuzzy Sets and Systems, vol. 77, pp.321-335, 1996.
- [4] B. Malakooti: "Identifying nondominated alternatives with partial information for multi-objective discrete and linear programming problems," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 19, pp. 95-107, 1989.
- [5] A. M. Marmol, J. Puerto and F. R. Fernandez: "The use of partial information on weights in multicriteria decision problems," Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, vol. 7, pp 322-329, 1998.
- [6] M. Sakawa: "Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization," Plenum Press, New York, 1993.
- [7] 坂和正敏、石井博昭、西崎一郎: "ソフト最適化", 朝倉書店, 1995
- [8] 坂和正敏、西崎一郎、植村芳雄、久保田啓一: "ファジィパラメータを含む多重レベル線形計画問題に対する対話型ファジィ計画法", 電子情報通信学会論文誌 A, vol. J81-A, pp. 641-648, 1998
- [9] 坂和正敏、西崎一郎、植村芳雄、久保田啓一: "ファジィパラメータを含む2レベル線形分数計画問題に対する対話型ファジィ計画法", 電子情報通信学会論文誌 A, vol. J81-A, pp. 963-970, 1998

- [10] 坂和正敏、西崎一郎、植村芳雄、日高真総：“多重レベル0-1計画問題に対する2重構造文字列遺伝的アルゴリズムによる対話型ファジィ計画法”，日本ファジィ学会誌，vol.10，pp. 1118-1128，1998
- [11] M. Sakawa and H. Yano: “An interactive fuzzy satisficing method for generalized multiobjective linear programming problems with fuzzy parameters,” Fuzzy Sets and Systems, vol. 35, pp. 125-142, 1990.
- [12] S. Shih, Y. J. Lai and E. S. Lee: “Fuzzy approach for multi-level programming problems,” Computers and Operations Research, vol. 23, pp. 73-91, 1996.
- [13] K. Shimizu, Y. Ishizuka and J. F. Bard: “Nondifferentiable and Two-Level Mathematical Programming,” Kluwer Academic Publishers, Boston, 1997.
- [14] R. E. Steuer: “Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Application,” John Wiley & Sons, New York, 1986.
- [15] P.-L. Yu: “Multiple-Criteria Decision Making,” Plenum Press, New York, 1985.
- [16] U.-P. Wen and S.-T. Hsu: “Linear bi-level programming problems-a review,” Journal of Operational Research Society, vol. 42, pp. 125-133, 1991.
- [17] H.-J. Zimmermann: “Fuzzy programming and linear programming with several objective functions,” Fuzzy Sets and Systems, vol. 1, pp. 45-55, 1978.

(2000年7月11日 受付)

(2001年3月15日 再受付)

[問い合わせ先]

〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1

広島大学大学院工学研究科

複雑システム工学専攻

坂和 正敏

TEL : 0824(24)7694/(22)7159

FAX : 0824(24)7694/(22)7195

E-mail : sakawa@msl.sys.hiroshima-u.ac.jp

著者紹介

坂和 正敏 (さかわ まさとし) [会員]

昭45京大・工・数理卒、昭50同大学院博士課程了。昭50神大・工・システム助手、昭56同助教授、昭62岩手大・工・教授、平2広島大・工・教授を経て、平13広島大大学院・工・複雑システム工学専攻教授となり現在に至る。大規模システム、多目的システム、ファジィシステムにおける意思決定手法とその応用に関する研究に従事。工博。著書線形システムの最適化、非線形システムの最適化、ファジィ理論の基礎と応用、経営数理システムの基礎(森北出版)、ソフト最適化、遺伝的アルゴリズム(朝倉書店)、Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization (Plenum Press)等。

西崎 一郎 (にしざき いちろう) [会員]

昭57神大・工・システム卒。昭59同大学大学院修士課程了。同年新日本製鐵㈱入社。平2京大・経研・助手。平5摂南大・経営情報・助教授。平9広島大・工・助教授を経て、平13広島大大学院・工・複雑システム工学専攻助教授となり現在に至る。博士(工学)。ファジィおよび多目的環境におけるゲーム理論、意思決定に関する研究に従事。

沈 永新 (しん ぶんしん) [非会員]

平10山口大大学院博士課程前期了。平12年広島大学大学院博士課程後期入学。対話型ファジィ多目的2レベル数理計画法に関する研究に従事。

Interactive Fuzzy Programming Using Partial Information about Preference for Multiobjective Two-Level Linear Programming Problems

by

Masatoshi SAKAWA, Ichiro NISHIZAKI, and YongXin SHEN

Abstract:

This paper presents interactive fuzzy programming for a multiobjective two-level linear programming problem. In the proposed method, after determining fuzzy goals for all the objective functions of the two decision makers, the decision maker at the upper level subjectively specifies minimal satisfactory levels for all of the fuzzy goals and the decision maker at the lower level also specifies aspiration levels for all the fuzzy goals. A solution is obtained by solving the problem with the minimal satisfactory levels and the aspiration levels, and the solution is evaluated by using the partial information about preferences of the decision makers. Taking into consideration an overall satisfactory balance between the two decision makers, they update some of the minimal satisfactory levels and the aspiration levels, if necessary, in order to derive a solution satisfactory to them.

Keyword : Multiobjective two-level linear programming problem, interactive fuzzy programming, fuzzy goal, partial information about preference

Contact Address : **Masatoshi SAKAWA**

*Department of Artificial Complex Systems Engineering, Graduate School of Engineering,
Hiroshima University, Kagamiyama 1-4-1, Higashi-Hiroshima, Hiroshima, 739-8527 Japan*

TEL : 0824(24)7694/(22)7159

FAX : 024(24)7694/(22)7195

E-mail : sakawa@msl.sys.hiroshima-u.ac.jp