

多階層システムにおける多目的計画法に関する研究

京都大学工学部 正員 藤田 昌久
 京都大学工学部 正員 戸田 常一

1. はじめに

今日、大規模複雑化する土木事業を計画的に行なうためには土木計画の体系化が必要と考えられる。そのために土木計画をシステムとして捉える事が考えられるが、その際には大規模複雑システムに固有な多階層性と多目的性を考慮しなければならぬ。そこで本研究では多階層システムに対して多階層性と多目的性を同時に考慮した次の様を検討を行なう。

多階層システム内には、構成要素を調整する過程で種々の情報が蓄積される。一方、意思決定者は多目的状況下で意思決定を行なうために、多くの情報を収集しなければならぬ。そこで、システム内での情報の効率的な使用という観点から、意思決定者が意思決定を行なうために調整過程で蓄積された情報を有効に利用する事の検討を行なう。また、意思決定のための情報ができるだけ多く得られるような調整過程についても検討する。

2. 多階層システムの構成と問題設定

多階層システムとして、ここでは便宜的に2つの下位システム(下位DMSと書く)と上位システム(上位DMと上位Analyst)により構成されているものとする。〔図1参照〕各システムの役割は以下のとおりである。

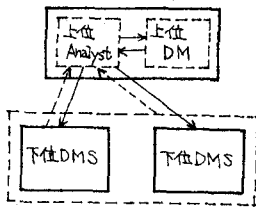


図1. 多階層システム

(1) 上位システムは各下位DMSの行動を調整し、システム全体の目的を明確にするという2つの役割を持つ。

(2) 各下位DMSの目的は $f_i(x_i)$ を最大にするように活動 x_i を設定する事である。 $i=1, 2$ 。また次のように設定する。

(3) システム全体の目的は、各下位DMSの目的達成値

$f_i(x_i), i=1, 2$ によって形成される $\sum_{i=1}^2 w_i f_i(x_i)$ ($f_i(x_i)$ は統合過程において決定されるものであり、 $\sum_{i=1}^2 w_i = 1, w_i \geq 0, i=1, 2$) を最大にする事である。

(4) 各下位DMSに独自の環境・技術の制約 $h_i(x_i) \leq 0$ と、すべての下位DMSにわたる資源制約 $\sum_{i=1}^2 g_i(x_i) \leq b$ が存在する。よって全体問題は次のように設定される。

$$\begin{aligned} \max \quad & w_1 f_1(x_1) + w_2 f_2(x_2) \quad (1) \\ \text{s.t.} \quad & g_1(x_1) + g_2(x_2) \leq b \quad (2) \\ & h_i(x_i) \leq 0, \quad i=1, 2 \quad (3) \end{aligned}$$

ただし g_i, h_i は適切な次元のベクトル関数、 x_i, b は適当な次元のベクトル、 w_i は統合過程において決定される weight であり、 $w_1 + w_2 = 1, w_1 \geq 0, w_2 \geq 0$ を満たす。

また、全体問題は凹計画問題を構成しており、目的達成可能領域 F は図2・図4のような凸集合になっているものと仮定する。ただし

$$F = \{(f_1(x_1), f_2(x_2)) \mid (x_1, x_2) \text{ は (2)(3) を満たす}\} \quad (4)$$

上位DMがシステム全体の目的を明確にする場合2つのアプローチが考えられる。以下各アプローチごとに、統合過程との関連で意思決定のための情報かどのようにして収集されるかを述べる。

3. 逐次的な目的達成のアプローチ

第1は、上位DMがシステム全体の目的を達成するために、逐次的に意思決定を行なう場合のアプローチである。図2の目的空間を用いて説明する。仮に初期点を O とすれば、まず O 点において、意思決定者の目的間代格率の評価によりある目的増大方向が求められると、その方向の目的が増大するように資源配分がなされる。そして O_1 点が達成されたとする。その時

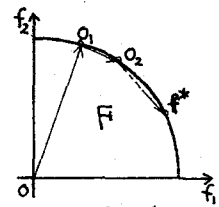


図2. アプローチ1

再び O_1 点で意思決定者の評価により目的増大

方向が定められ……というように、意思決定者によりもはや目的増大方向がないと判断されるまでこの過程が続けられる。このアプローチにおいては、上位DMは目的間評価のために、各統合段階において上位DMに蓄積される目的達成値の情報を使用している。このアプローチのアルゴリズムは次のようにまとめられる。

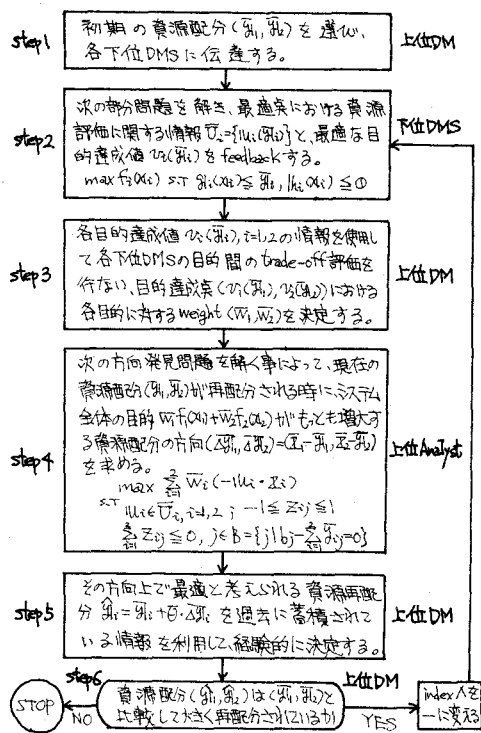


図3. 逐次的な目的達成のアプローチ

4. Pareto最適解の集合を定めるアプローチ

第2は、意思決定者が、求められたPareto最適解の集合の中からシステム全体の最適解を選択する場合のアプローチである。このアプローチは、統合過程上で上位DMに蓄積される情報を用いて、Pareto最適解の集合を近似的に求めよう

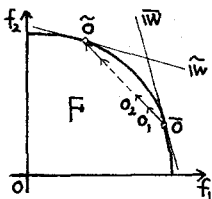


図4. アプローチ2.

とするものである。図4の目的空間を用いて説明する。weight \bar{w} のもとで Pareto最適点 x_0 が求められているとする。その時 \bar{w} を \tilde{w} に適切に変更し、初期点を x_0 として統合を展開すれば、各統合段階において上位DMに蓄積される情報 Q_1, Q_2, \dots は意思決定のために利用できると考えられる。このアプローチのアルゴリズムは次のようにまとめられる。

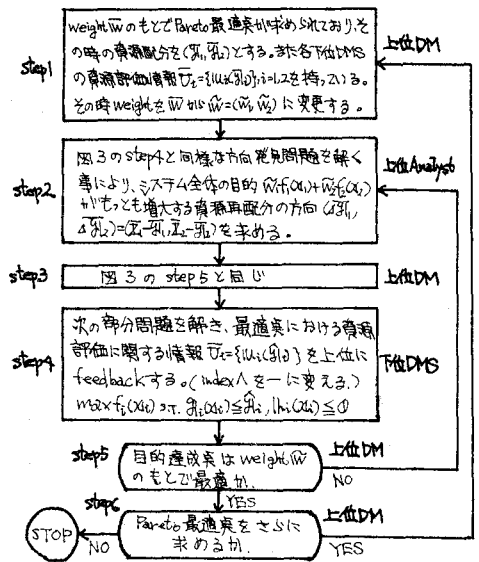


図5. Pareto最適解の集合を定めるアプローチ

5. おわりに

以上、意思決定情報の効率的な収集のための2つのアプローチを示した。これらとはともに Geoffrionの資源統合方式を出発点として考えられている点において、類似的なアルゴリズムを構成している。また、第2のアプローチにおいて、Pareto最適解の集合からうまく近似できるかは weight 変更の大きさに依存しているのど、この大きさをどのように設定するか検討が今後必要と考えられる。なお問題を線形の枠組みに設定した場合には、weight 変更の大きさの情報を得る事は比較的容易となる。この事については講演時に説明を行なう。