

曖昧さを考慮した網的設備投資計画

02202950 成蹊大学 *佐藤 大輔 SATO Daisuke
 01001600 上田 徹 UEDA Tohru

1. まえがき

通信網の設備投資計画の検討にはコスト関数、割引率、需要関数、計画期間に関するデータが必要であるが、コスト関数、割引率、需要関数は技術の進歩や景気の動向に左右されるため不確定な要素が大きい。そこで、不確定な要素をメンバシップ関数が三角形の三角型ファジィ数を用いて表現する。三角型ファジィ数に近似することで取り扱いを楽にする。この近似に基づく動的計画法を用いて投資計画問題を検討する。

2. ファジィ数

三角型ファジィ数 $A = (a_1, a_2, a_3)$ は
 図1のように表す。

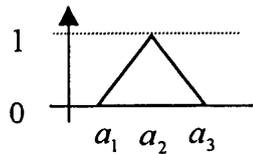


図1 三角型ファジィ数

3. ファジィ数演算における三角型近似

三角型ファジィ数

$$A = (a_1, a_2, a_3), B = (b_1, b_2, b_3), C_i = (c_{i1}, c_{i2}, c_{i3})$$

$a_i, b_i, c_{ij} \geq 0$ に対して、

$$(I) A + B = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$$

$$(II) A - B = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1)$$

$$(III) A \times B \approx (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3)$$

$$(IV) A/B \approx (a_1/b_3, a_2/b_2, a_3/c_1)$$

$$(V) \min_i C_i = C_* = (c_{*1}, c_{*2}, c_{*3})$$

$$* = \arg \{ \min_i (c_{i1} + 2c_{i2} + c_{i3}) \}$$

即ち、代表通常数が小さいほうが小さいファジィ数であるとする。

$$(VI) \max_i C_i = C_* = (c_{*1}, c_{*2}, c_{*3})$$

$$* = \arg \{ \max_i (c_{i1} + 2c_{i2} + c_{i3}) \}$$

$$(VII) A^n \approx (a_1^n, a_2^n, a_3^n)$$

4. リムーバル

“ファジィ数を順序づける尺度”で、このリムーバルの値はファジィ数を代表する値として代表通常数と呼ばれている。

三角型ファジィ数 $A = (a_1, a_2, a_3)$ の場合には(1)式となる。

三角型ファジィ数を1つの数にしている。

$$R = \frac{a_1 + 2 \times a_2 + a_3}{4} \quad (1) \text{式}$$

5. 目的関数

リンク j の離散時点 $t (= 0, 1, \dots, N)$ での増設工事における固定費用を $A_j(t)$ 、設備数比例費用を $B_j(t)$ とし、時点 t で増設するものとして求めた。期間 $[0, t]$ における正味現価累計を $NPV_j(t)$ とする。リンク j の時点 t 直前の設備数を $X_j(t)$ 、時点 t での推定需要を $D_j(t)$ 、増設設備数を $\Delta_j(t)$ 、 R を割引率とする。

$$NPV_j(t) = \min_{0 \leq h < t} \{ NPV_j(h) + \frac{A_j(h) \times I(\Delta_j(h)) + B_j(h) \times \Delta_j(h)}{(1+R)^h} \} \quad (1)$$

$$NPV_j = 0 \quad (2)$$

$$I(d) = 0 : d \leq 0 \\ = 1 : d > 0 \quad (3)$$

(1) 設備融通を考慮する

特に断らない限り図2の三角網を扱う。各リンクの需要をその設備数で賄えないときは他のリンクの設備を融通してもらうこととする。たとえばリンク1の設備が足りなければリンク2, 3から融通してもらう。

$$\Delta_j(t_{j,i}) = \max \left\{ 0, \max_{i_{j,k} < t_{j,i}} [DV_j(t) - X_j(t_{j,i})] \right\} \quad (4)$$

$$DV_j(t) = D_j(t) - \min_{k \neq j} \{ X_k(t+1) - D_k(t) \} \quad (5)$$

$$X_j(t_{j,i} + 1) = X_j(t_{j,i}) + \Delta_j(t_{j,i}) \quad (6)$$

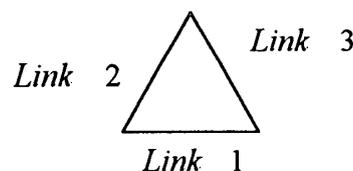


図2 三角網構成

(2)設備の寿命を考慮する

寿命が LCT のとき。

i. 時点 t に設けられた設備は $(t + LCT)$ よりも前に
更改されなければならない。

ii. 寿命のつきる時点で更改工事を別途するのでは
なく、 $(t + LCT)$ よりも前でかつ最も $(t + LCT)$
に近い増設工事時点で更改工事を行う。

iii. 更改・増設工事時点の費用は増設だけの場合と
は異なるように設定することも可能だが、以下で
は簡単のため同じ費用とする。

iv. 時点 0 における既存設備の寿命は考慮しない。
リンク j の引き続く工事時点を $t_{j,t}, t_{j,t+1}, \dots$ とし、
時点 $t_{j,t}$ に先立つ工事時点を

$$s_1 = L(t_{j,t}), \quad s_a = L(s_{a-1}) \quad a \geq 2$$

とする。時点 $t_{j,t}$ では期間

$$P = [t_{j,t} - LCT + 1, t_{j,t+1} - LCT + 1)$$

に含まれる s_a に設けられた設備を更改する。即ち、
 $\Delta_j(t_{j,t}) = DV_j(t_{j,t}) - X_j(t_{j,t}) + \sum_{s_n \in P(t_{j,t})} \Delta_j(s_n)$

但し、 $DV_j(t_{j,t})$ は $D_j(t_{j,t})$ から他のリンクで運
べる分を引いた見かけ上の需要で

⑤式で与えられる。寿命を考慮する場合には
 NPV_j を求める際に①式をそのまま用いることは
できない。更改費用を計画期間 T 内だけで考える
とたまたま更改が T 内に収まったかどうかで大き
な差がでるので更改は $(LCT - 1)$ 年ごとに無限時
点にまで繰り返されるものとし、時点 h で行う更改
に伴う費用 $\Gamma_j(h)$ は

$$\Gamma_j(h) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{B_j(h+k[LCT-1]) \cdot \Delta_j(h)}{(1+R)^{h+k[LCT-1]}}$$

で表されるものとする。期間 $P(h)$ における増設設
備の更改に伴う費用は $\Gamma_j(h)$ に含まれることも考
慮して、期間 $[0, T)$ における正味現価累計は

$$\text{①式} + \Gamma_j(h) - \sum_{s_n \in P(h)} \Gamma_j(s_n)$$

を用いることにする。

6. リムーバルの変更

今までのリムーバルの計算では a_1, a_3 の個性が

目立たなかった。そこで以下の式を用いる。

$$R = \frac{(a_1 + a_2)}{2} (2), R = \frac{(a_3 + a_2)}{2} (3), R = a_1 (4), R = a_3 (5)$$

表1 実行結果 (コスト NPV の比較)

	単独リンク	設備融通	効果
(1)式	19.51	17.828	-8.62%
(2)式	14.662	13.185	-10.07%
(3)式	24.168	22.207	-8.11%
(4)式	12.077	10.459	-13.40%
(5)式	30.968	28.662	-7.45%

7. 感度解析

今までは最適となるような工事時点 $L(j)$ と費用
を同時に求めてきたが (1) 式を使ったときに求ま
る工事時点 $L(j)$ を (1) ~ (5) 式の評価式に
適用して今まで通りの費用と比べる。

表2 実行結果 (単独リンク時)

	今まで通り	11.dat	12.dat
(1)式	19.51	19.51	21.229
(2)式	14.662	15.128	15.755
(3)式	24.168	24.198	26.07
(4)式	12.077	12.631	12.286
(5)式	30.968	31.046	33.096

注) 単独リンク時かつ(1)式使用時の最適工事時点: 11.dat

設備融通時の工事時点: 12.dat

8. まとめ

- ☆ファジイ数の設定は結果に影響が大きいので a_1, a_3 (ファジイ数の幅) の設定は重要である。
- ☆ファジイ数の計算は考えられる範囲を広くとろうとするため、計算式もきちんと考慮すべきである。
- ☆コストを決定する際には(1)式を用いるが、 a_1, a_3 のどちらの影響が強いのか考慮に入れるべきだ。
- ☆工事時点を決めるのは計算から求めた最適なもの
がいいが、その感度解析は重要である。

9. 課題

- ★需要関数、割引率、ファジイ数の幅など設定をか
えて、いろいろと試してみる。
- ★設備の寿命を考慮すると動的計画法になじまない
ところがあるため良い方法がないか考える。

参考文献

上田 徹 「ファジイ動的計画法による設備投資計画の検討」
電子情報通信学会論文誌 1995. 1