

不完全事後保全を考慮した機会年齢取替問題

関西大学 榎本 貴史 KASHIMOTO Takashi  
 関西大学 雑喉 新一 ZAKOU Shinichi  
 関西大学 中井 暉久 NAKAI Teruhisa

01401144

【1. はじめに】

一般的にユニットが故障してから行う事後保全是、ユニットが故障する前に行う予防保全よりもコストがかかる。このような理由から予防保全を行う意味があるが、予防保全の間隔を短く取りすぎると必要以上に予防保全の回数が増えてしまい、コストがかかる原因になる。しかし逆に長く取りすぎるとユニットの故障回数が増え事後保全費用が増えてしまいこれもまたコストがかかる原因となってしまう。そのため予防保全の間隔を適切に定めることが問題となる。ここでその間隔を決定する指標にユニットの年齢を用いたものを年齢取替問題と呼ぶ。

従来の取替問題では、ユニットのおかれている状況によらず、必要ならいつでも保全可能であるという条件の下にモデル化されてきた。しかし連続稼働が要求されるユニット（ある機会以外での保全による停止が大きな損失をもたらすユニット）の様に予防保全の行える機会に制限のあるユニットには対応せず、現場への応用が困難となるが多かった。そこでこのような問題に対して予防保全は計画期間後初めて訪れる機会でのみ行う機会取替問題が考えられている。

この分野では、予防保全がある確率で不完全な保全に終わることを考慮した機会年齢取替問題が、研究されている【佐藤・尾崎 1999】。しかし実際は、計画を立て定期的に行う予防保全よりも突然の故障により発生する事後保全のほうがより不完全に終わることが多いと考えられる。

そこで本研究では事後保全がある確率で不完全に終わることを考慮した機会年齢取替問題を取り扱うことを目的とする。評価尺度として無限計画期間における単位時間当たりの期待総保全費用を用い、それを最小化する最適な基準年齢を導出し議論を行う。

【2. モデルの仮定・条件】

①機会発生間隔は指数分布に従うものと仮定する。

$$H(y) = 1 - \exp(-\lambda_1 y)$$

②故障分布関数に指数分布を用いる。これは機器を本来使用するのは故障率が一定な偶発故障期だからである。  $F(t) = 1 - \exp(-\lambda_2 t)$

③モデルを構成する費用を(完全事後保全費用, 不完全事後保全費用, 予防保全費用) =  $(c_{f1}, c_{f2}, c_p)$  とする。  
 $(c_{f1} \geq c_{f2} > c_p)$

④事後保全は確率pで完全、確率q=1-pで不完全なものとする。

⑤完全事後保全、予防保全は新品と同様のユニットに復帰するものとする。不完全事後保全では、作動するが年齢は元のままであるとする。

⑥不完全事後保全後、次の機会は完全保全を行う。

⑦年齢T以後に故障した場合完全事後保全を行う。

【3. 定式化】

Tを予防保全を行う計画期間とし機器の年齢が0の時点から次に0になるまでの時間を1サイクルとすると1サイクルが終了するのは次の4ケースであると考えられる。以下4ケースの起こりうる確率  $(A_1 \sim A_4)$  と期待サイクル長  $(a_1 \sim a_4)$  を求める。

1. 完全事後保全で終了のケース

$$A_1(T) = p \int_0^T dF(x) + \int_0^\infty \int_T^{T+y} dF(x) dH(y) \times 1$$

$$a_1(T) = p \int_0^T x dF(x) + \int_0^\infty \int_T^{T+y} x dF(x) dH(y)$$

2. 不完全事後保全後完全事後保全で終了のケース

$$A_2(T) = q \int_0^T dF^{(2)}(x) + q \int_0^\infty \int_0^{T-x_1} \int_{T-x_1}^{T+y-x_1} dF(x_2) dF(x_1) dH(y)$$

$$a_2(T) = q \int_0^T x dF^{(2)}(x) + q \int_0^\infty \int_0^{T-x_1} \int_{T-x_1}^{T+y-x_1} (x_1 + x_2) dF(x_2) dF(x_1) dH(y)$$

3. 不完全事後保全後予防保全で終了のケース

$$A_3(T) = q \int_0^\infty \int_0^T \bar{F}(T+y-x) dF(x) dH(y)$$

$$a_3(T) = q \int_0^\infty \int_0^T (T+y) \bar{F}(T+y-x) dF(x) dH(y)$$

4. 予防保全で終了のケース

$$A_4(T) = \int_0^\infty \bar{F}(T+y) dH(y)$$

$$a_4(T) = \int_0^\infty (T+y) \bar{F}(T+y) dH(y)$$

以上より1サイクル当たりの期待総保全費用は、  
 $\Phi(T) = c_{f1} \times A_1(T) + (c_{f1} + c_{f2}) \times A_2(T) + (c_{f2} + c_p) \times A_3(T) + c_p \times A_4(T)$   
 期待1サイクル長は

$$\Psi(T) = a_1(T) + a_2(T) + a_3(T) + a_4(T)$$

で与えられる。ゆえに、単位時間あたりの期待総保全費用  $C(T) = \frac{\Phi(T)}{\Psi(T)}$  が求められる。

ここで問題は  $C(T)$  を最小とする  $T = T^*$  を求めることである。

#### 【4. 数値例】

$\lambda_1 = \lambda_2 = 1.0, c_{f1} = 80, c_{f2} = 30, c_p = 2, p = 0.2$  を基本のパラメータとしそれぞれのパラメータを変化させた場合の最適解  $T^*$  とその時の期待総保全費用  $C(T^*)$  の変化を調べる。

##### ① $p$ の変化に対する $T^*, C(T^*)$ の変化

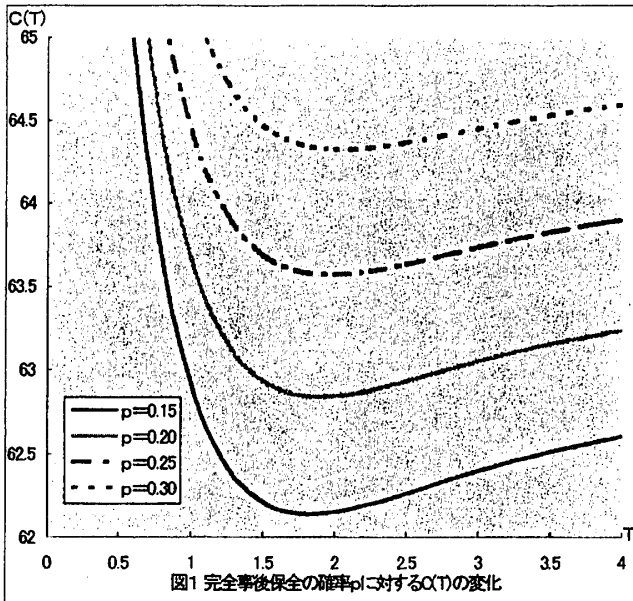


表1 確率  $p$  に対する  $T^*, C(T^*)$

P	0.15	0.20	0.25	0.30
$T^*$	2.300	2.407	2.528	2.667
$C(T^*)$	56.52	57.35	58.22	59.13

図1のグラフの最小となる点が、 $T^*$  となりその時のコストを  $C(T^*)$  とする。確率  $p$  の増加に伴い  $T^*$  は増加している。この理由は故障時の完全事後保全の確率が増えることから事後保全が有利となり予防保全が相対的に不利となるからである。しかしよりコストの高い完全事後保全の機会が増えることから  $C(T^*)$  も、増加している。

##### ② $c_p$ の変化に対する $T^*, C(T^*)$ の変化

表2 予防保全費用  $c_p$  に対する  $T^*, C(T^*)$

$c_p$	1.0	2.0	3.0
$T^*$	2.266	2.407	2.561
$C(T^*)$	57.26	57.35	57.43

予防保全費用  $c_p$  の増加に伴い  $T^*$  は、増加している。

この理由は予防保全の費用が上がったため予防保全が不利になったからだと考えられる。また予防保全の費用が上がったことにより  $C(T^*)$  も、増加している。

##### ③ $c_{f1}$ の変化に対する $T^*, C(T^*)$ の変化

表3 完全事後保全費用  $c_{f1}$  に対する  $T^*, C(T^*)$

$c_{f1}$	75	80	85
$T^*$	2.440	2.407	2.380
$C(T^*)$	54.63	57.35	60.07

完全事後保全費用  $c_{f1}$  の増加に伴い  $T^*$  は、減少している。この理由は完全事後保全費用の増加に対して予防保全費用が相対的に安価なるため予防保全が有利になっていくからである。しかし完全事後保全の費用が増加しているため  $C(T^*)$  は増加している。

##### ④ $1/\lambda_1$ の変化に対する $T^*, C(T^*)$ の変化

表4 平均機会発生間隔  $1/\lambda_1$  に対する  $T^*, C(T^*)$

$1/\lambda_1$	0.8	1.0	1.2	1.5
$T^*$	2.780	2.407	2.149	1.882
$C(T^*)$	57.52	57.35	57.17	56.90

平均機会発生間隔  $1/\lambda_1$  の増加に伴い  $T^*$  は、減少している。この理由は機会発生間隔が短くなると  $T$  以後での予防保全の機会が早く訪れるため予防保全が有利になるからである。また機会発生間隔が短くなることにより  $T$  以後から予防保全を行う機会までの事後保全が減る。そのため  $C(T^*)$  は、減少している。

#### 【5. おわりに】

本研究では、不完全な事後保全を考慮した機会年齢取替問題について定式化及び数値例によるモデルの最適解を導出した。その結果、各パラメータが最適解  $T^*$  と期待総費用  $C(T^*)$  に与える影響を解析することができた。

#### 【参考文献】

佐藤 毅・尾崎 俊治, 不完全修理を伴う機会年齢取替問題, 電子情報通信学会技術報告R99-7, 1999