点検結果による残余寿命を考慮した点検しきい値政策

経営システム研究室　　中村 洋祐

1. はじめに

社会を支えるシステムの維持管理に対し，点検は必要不可欠であり，システムの点検下において結果と実際の状態が必ずしも一致するわけではない不完全点検が存在する．そこで，システムが実際に故障している確率を「故障予測値」とする．このような状況では，点検しきい値を設定すると点検に関するコストを少なくできる．従来の研究では，点検結果に故障予測値が影響を受けない設定で点検しきい値を求めた．本研究では，点検結果に故障予測値が影響を受けることを考慮し，それに対応する期待保全コストの最小化を目的とする．

2. モデルの設定

システムの故障は確率的に生じ，使い始めてからちょうど時刻 $t(t=0,1,\ldots,\bar{u})$ に故障する確率を f_t とし，$\bar{u}$ では必ず故障するものとする．また，故障時間分布関数を以下のように示す．

$$F_t = \sum_{s=0}^{t} f_s. \tag{1}$$

点検行動結果は,「点検結果正常：G」,「点検結果故障：B」,「点検しない（無点検）：N」の 3 つの場合があり，時刻 t での点検行動結果を h_t とする．時刻 0 から t までの点検行動結果を左から並べた H_t を点検行動履歴（$H_t=[h_0,h_1,\ldots,h_t]$）とし，H_t に対する時刻 t での故障予測値を $F(t|H_t)$ と表す．

時刻 $t-1$ での H_{t-1} に対故障予測値 $F(t-1|H_{t-1})$ により，時刻 t での点検行動結果 N に対する故障予測値は

$$F(t-1|H_{t-1}) + [1-F(t-1|H_{t-1})]\frac{f_t}{1-F_{t-1}} \tag{2}$$

となる，ここで $[H_{t-1},N]$ は時刻 $t-1$ までの点検行動結果 H_{t-1} に時刻 t での点検行動結果 N を追加した履歴を表す．

$F(t|[H_{t-1},N])$ の値を $F_N(t)$ と表記し，同様の表記を用いて，時刻 t で B と G の点検行動結果に対する故障予測値は以下の式となる．

$$F_B(t) = \frac{pF_N(t)}{pF_N(t)+(1-q)[1-F_N(t)]}. \tag{3}$$

$$F_G(t) = \frac{(1-p)F_N(t)}{q[1-F_N(t)]+(1-p)F_N(t)}. \tag{4}$$

～補足～

点検に関する条件として，以下の条件を設ける．

p：システムが故障のときに点検結果が故障となる確率（感度）

q：システムが正常のときに点検結果が正常となる確率（特異度）

4. 期待保全コスト

システムの故障予測値に対して点検しきい値 R $(0<R<1)$ 用いて点検に関するコストの削減を本研究では考える．故障予測値と R を比較した場合，R 以上であれば点検を実施し，点検結果 B ならば取替，G ならば使用と決定する．しかし，点検結果に関わらず，故障予測値が R より小さい場合には無点検，R 以上の場合には取替とする．これらを簡略化して説明したものが以下となる．

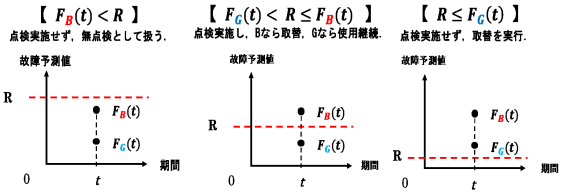

図1：取替しきい値説明

取替しきい値 R に対して，期待取替期間 $T(\bar{u})$，点検，取替，故障放置による期待総コスト $C(\bar{u})$ を計算し，取り替えるまでの単位時間あたりの期待総コスト $A(\bar{u})$ を最小にする保全政策を調べる．

5. 数値例

表 1：従来の研究

R	0.67～0.84	0.85～0.92	0.93～0.94	**0.95～0.96**
$A(\bar{u})$	2.65	2.48	2.29	**2.20**
$T(\bar{u})$	3.33	3.74	4.55	5.34
$C(\bar{u})$	8.80	9.27	10.42	11.74

表 2：本研究

R	0.85～0.86	0.87～0.92	**0.93～0.94**	0.95～0.96
$A(\bar{u})$	2.45	2.25	**2.09**	2.16
$T(\bar{u})$	3.94	4.18	4.82	5.34
$C(\bar{u})$	9.62	9.40	10.06	11.54

6. まとめ

本研究では，点検行動履歴を考慮することで故障予測値に変化が生じ，取り替えるまでの期待総コストを比較すると，点検行動履歴を考慮した場合の方が低くなることが判明した．つまり，点検行動履歴を考慮すべき必要性が生まれた．