

空調用バルブのライフサイクル メンテナンスの研究

Research on Life Cycle Maintenance of Motorized Valves for Air Conditioning Units

株式会社 山武

猿渡 亮

Makoto Saruwatari

早稲田大学

高田 祥三

創造理工学部経営システム工学科

Shozo Takata

キーワード

ライフサイクルコスト, 劣化進展予測式, 診断コスト, 余寿命診断

従来、山武の空調用バルブは製品自体の品質に加えて、定期訪問点検と定期交換を行うことで、さらに高品質を維持している。一方で定期交換した大部分はすべての寿命を活用し切れておらず、ライフサイクルコストや環境負荷の面で改善の余地がある。そこで次期空調用バルブ開発における一つの指標として各種保全方式（時間基準保全、状態基準保全など）を組み合わせる時におけるメンテナンス方式の導入効果の評価手法を検討したので報告する。

In the past, to ensure the continuing high quality of motorized valves for air conditioning, Yamatake has relied upon periodic on-site inspections and replacements, in addition to the inherent quality of its valves. However, since in most cases periodic replacement does not fully utilize the lifespan of the product, there is room for improvement with regard to factors like life cycle cost and environmental impact. Thus, in connection with the development of a new type of motorized valve for air conditioning, a maintenance method that combines various approaches (time-based, condition-based, etc.) into a single indicator was introduced. We report on a technique for evaluating its effectiveness.

1. はじめに⁽¹⁾

メンテナンスについての基本的な考え方は信頼性工学が未発達段階では、故障したものを修復する、いわゆる事後保全であったが、予防保全の概念が発達すると、時間基準保全（Time Based Maintenance, 以降TBM）の考えが取り入れられるようになった。しかし、劣化の進行は個々の設備の使用環境や運転条件により変化するため、TBMの場合、一定の時間間隔で予防保全を施すのでは早すぎたり、遅すぎたりする場合がある。それを補うメンテナンス方式として、状態基準保全（Condition Based Maintenance, 以降CBM）が考えられる。しかし、CBMを適用する場合においても、その適用の可否、検査周期などを判断するためには、各部の

劣化進展パターンを予測する必要がある。また、どれだけの精度で予測できるかによって、適用した際の効果が変わる。さらに、診断装置搭載の初期投資も考慮する必要がある。すなわち、CBMがメンテナンス方式として、常に優れているわけではなく、対象設備・機器の特性に応じて、TBM、CBM、あるいは事後保全（Breakdown Maintenance, BM）を適切に組み合わせる必要がある。

以上の背景から、本研究ではTBMやCBMを含む各メンテナンス方式の評価のために、運用データから得られる故障分布や劣化進展パターンにより、部位ごとにどのようなメンテナンス方式を適用すべきかを決定し、CBMを適用すべき部位には故障徴候検出成功率（設備診断能力）を評価し、最適となる診断周期、処置閾値

を導出する手法を提案する。さらに本手法を空調用バルブアクティブTM VY51 シリーズに仮想的に適用した事例を報告する。

2. メンテナンス計画手法⁽¹⁾

メンテナンス計画の手順は図1のように表すことができる。計画は対象の特定と準備の後、技術的要因と管理的要因で評価した後、ライフサイクル全体での期待影響度をシミュレーションにより求め、その結果に基づき最適なメンテナンス計画を決定する。ここで、期待影響度とは、予防保全、事後保全を含めたメンテナンス作業に関わる影響、およびそれに伴って生じる機器の機能低下の影響の期待値をライフサイクル全体にわたって求めたものである。

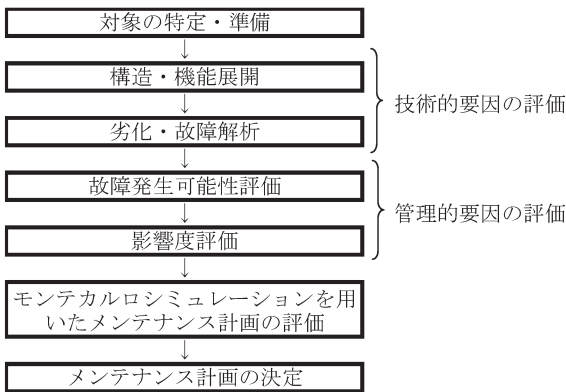


図1. メンテナンス計画手順

以下、この手順に沿って、3章で対象の特定と準備について、4章で技術的要因の評価について、5章で管理的要因の評価について、さらに6章でモンテカルロシミュレーションを用いた計画評価について説明する。

3. 対象の特定と準備⁽¹⁾

本ステップでは対象機器を特定し、どのような場面で使われ、機器がどのような構成となっているか、現状どのようなメンテナンスを行っているか、などこれから対象を解析するための前提条件や背景などを抽出することを目的とする。

今回の対象は空調用バルブアクティブ VY51 シリーズである。以降、各ステップの説明をこの機器を例にとって示す。

4. 空調用バルブの技術的要因の評価⁽¹⁾

設備の故障は設備を構成する最下位階層の要素にス

トレスが加わり、劣化モードが生起して、その影響が上位アイテムへ伝播することで起こる。ここで、ある階層に着目して、そこで発生する現象を時間軸上で捉えたと図2に示す劣化・故障進展パターンとして表現できる。劣化・故障進展パターンは、ある検査法で検査を行ったとき、劣化が発生していると判断できる状態量のレベルである検出限界と設備が要求機能を発揮できなくなる状態量のレベルである機能限界との関係から、正常期、兆候期、故障の3つの期間に分けることができる。検出限界は検査法に応じて決まる検出精度に依存し、同じ状態量の場合、検出精度が高ければ検出限界も高くなり、兆候期 τ_D が長くなる。適用時に効果が得られるメンテナンス方式は劣化発生時期 t_D の予測精度と兆候期 τ_D の長さから決定される。図3に適用可能なメンテナンス方式と劣化・故障進展パターンの関係を示す。例えば、 t_D を正確に予測することができず、いつ劣化が発生するかわからない製品に対して、TBMを適用しても効果は得られない。また、兆候期間 τ_D が短い劣化・故障進展パターンに対して、CBMを適用しても、劣化発見後に処置を施す時間的余裕がないため、効果を得ることができない。また、CBMを適用する場合、劣化を検出するための検査方法の有無と、その検出精度についても考慮する必要がある。たとえ、漸進型の劣化・故障進展パターンであってもそれを検査する方法がなければ劣化を発見することができないからである。また、検出精度が低い場合、たとえ適切に検査を行っても兆候を見逃してしまう可能性があり、CBM適用の効果を得られない場合がある。

以上のように、技術的要因の評価では、劣化・故障進展パターンと検査方法の有無、適用した時の効果から技術的に妥当性のあるメンテナンス方式を抽出していく。

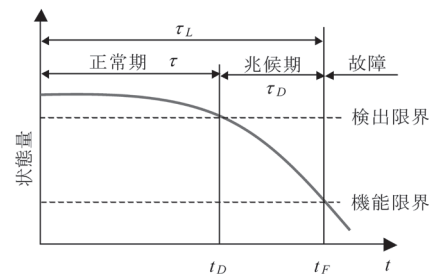


図2. 劣化・故障の進展パターン

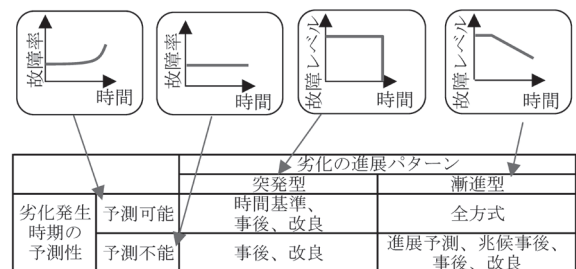


図3. 劣化・故障進展パターンの分類と適用可能な保全方式

4.1 構造・機能展開

構成する部品の把握とその部品同士の接続関係を把握するために、構造展開、機能展開を行う。図4に構造展開を行った結果を示す。図5に機能ブロック図を用いた機能展開を行った結果を示す。続いて、図4より得られた最下位階層のアイテムについて、図5に示す機能関係を考慮し、起こりうる劣化・故障を想定する。図6にそれらのうちの主な結果を示す。図5の機能ブロック図より、アクチュエータ部のアイテムの劣化・故障の影響はすべてバルブ部のボールに影響伝播する。ボールにおいては異物の噛込による固着がボール自身の運動停止を引き起こす。また、シートリングやグランドにおけるリークについてはバルブアクチュエータの部品には影響をおよぼさないものの、外部への影響がある。

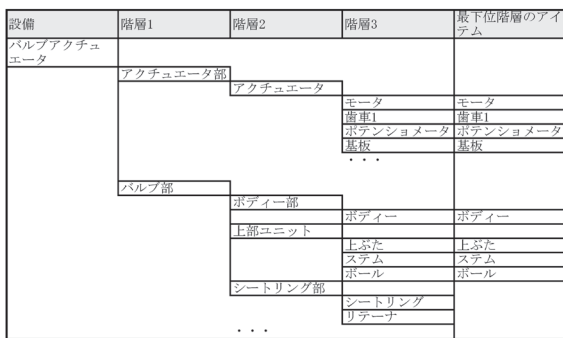


図4. バルブアクチュエータの構造展開

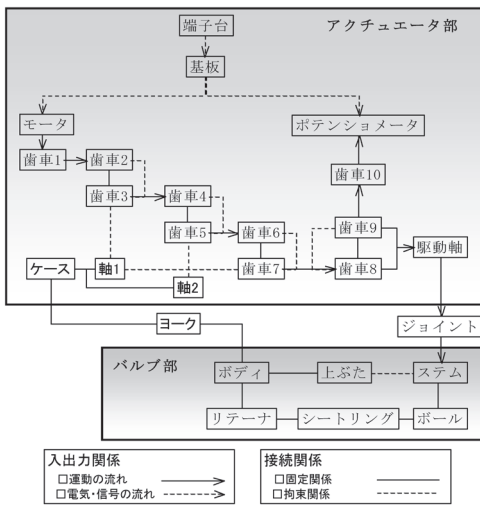


図5. バルブアクチュエータの機能ブロック図

| 設備 | 対象アイテム | 劣化モード | 故障モード |
|----------|----------|--------|-------|
| アクチュエータ部 | 歯車 | 歯面摩耗 | 騒音・振動 |
| | | 歯面疲労損傷 | 騒音・振動 |
| | ポテンシオメータ | 歯の折損 | 運動停止 |
| | | 導通不良 | 運動停止 |
| バルブ部 | シートリング | 摩耗 | 内部漏れ |
| | グランド | 摩耗 | 外部漏れ |
| | ボール | 摩耗 | 内部漏れ |
| | | 異物噛込 | 運動停止 |

図6. バルブアクチュエータの劣化・故障モード

4.2 劣化・故障解析⁽¹⁾

本項では4.1にて列挙した劣化・故障モードにおいて、技術的に妥当性のある適用可能なメンテナンス方式を列挙する。

本研究では、劣化進展パターンは、使用中の機器の回収もしくは使用環境を模した環境にて劣化試験を行い、調査することで特定した。

劣化試験条件

- ・ 流体：温水
- ・ 流体差圧：1次側 0.3MPa, 2次側 0.1MPa
- ・ 動作回数：3, 6, 9, 12万回の4種類

以下に劣化進展予測式の決定手順を示す。

(1) 劣化モードの予測と観察

前述の構造・機能展開に基づき得られた対象部品の劣化・故障モードに対して、その発生箇所をSEMおよび光学顕微鏡を用いて観察を行い、検出可能な状態量の測定を行い、劣化モード発生を検証を行う。

(2) 劣化状態量と劣化進展パターンの検討

検証した劣化モードに対して、劣化メカニズムから劣化状態量を同定する。決定した劣化状態量の劣化進展パターンを劣化メカニズムに基づき予測する。

(3) 劣化状態量を観測するための検出量の決定

決定した劣化状態量を観測するための検出量の決定を行う。推測した劣化状態量と相関があると考えられる検出量を検討し、検出量の測定結果との相関分析を行う。

(4) 検出量に基づく劣化進展予測式の決定

決定した劣化状態量およびその進展パターンと検出量の実測結果に基づき、劣化進展予測式を決定する。

以降に劣化進展予測式導出例として、ポテンシオメータの場合を示す。

(1) 劣化モードの予測と観察

一般的に予測されるポテンシオメータの劣化モードは抵抗体焼損、摺動部摩耗、異物混入がある。これらの劣化・故障モードの発生メカニズムは図7の通りである。また、予測される劣化・故障モードに対して変化のあると考えられる状態量と状態量の測定法を図8に示す。光学顕微鏡による新品と動作回数3万回後の抵抗膜を観察すると、稼動回数が増えていくほど、摺動筋がはっきりしていくことが確認できた。観察結果を図9に示す。

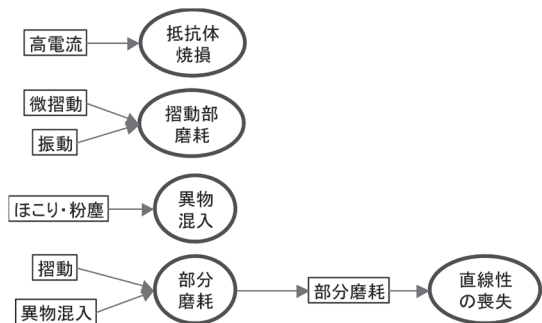


図7. ポテンシオメータの劣化・故障発生メカニズム

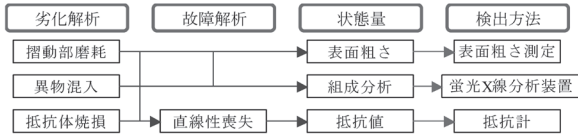


図 8. ポテンシオメータの劣化・故障解析

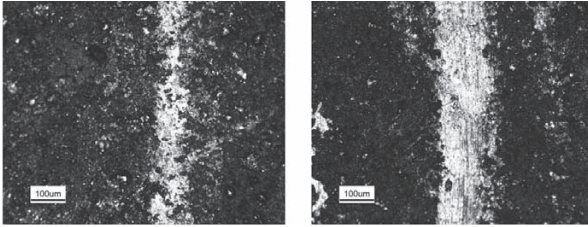


図 9. ポテンシオメータ抵抗膜摺動部の観察結果
(左：新品, 右：稼働回数3万回後)

(2) 劣化状態量と劣化進展パターンの検討

摩耗の発生が観察できたので、摩耗により変化すると考えられる表面粗さを測定し、改めて摩耗の確認を行う。図 10 に測定結果を示す。抵抗膜は 3 本の摺動端子と接触しており、摺動端子との接触部の表面粗さの変化が見られる可能性が高いと考えていたが、大きな変化は見られないので、粗さの測定では摺動による摩耗は確認できないと言える。

続いて、デジタル輪郭形状測定機による抵抗膜の輪郭測定を行った。図 11 に輪郭の測定結果を示す。こちらにおいても、3 本の摺動端子との摺動部に表面の凹凸が観察されると考えていたが、大きな変化は見られず、摩耗は確認できなかった。

最後に、摩耗により単独直線性が変わるという前提で劣化試験による単独直線性測定を行うことにした。しかし、現在使用しているポテンシオメータは長寿命品であり、故障時点まで劣化試験を行うことは現実的でないため、構造が同様であれば劣化進展パターンが同様になるという仮定のもと、比較的寿命が短いポテンシオメータを用いて劣化試験を行った。なお、運転スピードも実際の機器と異なり、回転速度 100 [rpm]、稼働範囲 90°にて加速的に耐久試験を行っている。図 12 に劣化試験により得られた稼働回数ごとの単独直線性からの増加量を表す劣化量 D と劣化式 $D(t)$ を示す。



| | 新品 | 稼働回数3万回後 |
|-------------|--------|----------|
| 評価長さ [mm] | 2.5 | |
| カットオフ値 [mm] | 0.25 | |
| Ra [μm] | 0.5977 | 0.6206 |
| Rz [μm] | 2.477 | 2.280 |

図 10. ポテンシオメータ抵抗膜粗さ測定結果
(左：新品, 右：稼働回数3万回後)

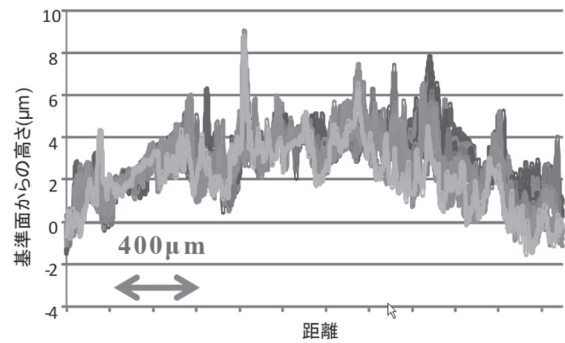


図 11. ポテンシオメータ抵抗膜輪郭測定結果

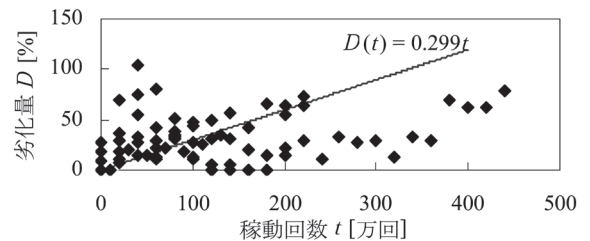


図 12. 稼働回数に伴う劣化量と劣化式

(3) 劣化状態量を観測するための検出量の決定

以上のようにポテンシオメータの摺動による摩耗を 3 つの方法で検出することを検討した。直接、摩耗量を把握する目的で表面粗さ測定機による抵抗膜表面粗さ測定とデジタル輪郭形状測定機による抵抗膜の輪郭測定を実施したが、定量化は困難であった。そのため、代用特性ではあるが、ポテンシオメータの単独直線性の測定を試行し、稼働回数によって劣化が進んでいく状況を確認できたため、今回はこちらを劣化状態量の観測に使用するものとする。

(4) 劣化量に基づく劣化進展予測式の決定

劣化式は線形・指数・対数・累乗近似のなかで、分散が最も小さくなった線形近似を用いた。得られた劣化式は以下となった。

$$D(t) = 0.299t$$

余寿命の真値と予測値の相関を図13に示す。この結果より、実運用における余寿命予測値のばらつきの標準偏差を62年と推定した。ここで標準偏差が大きな値となってしまうが、実現場における平均寿命も260年程度と長い為、診断は可能であると考えられる。

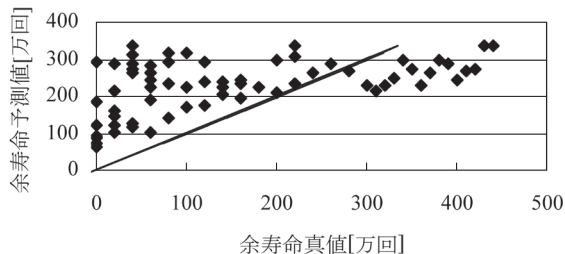


図 13. 余寿命真値と予測値の関係

5. 空調用バルブの劣化・故障の管理的要因の評価⁽¹⁾

管理的要因の評価では、技術的要因の評価により絞り込まれた適用可能なメンテナンス方式の中から、設備全体として資源の投資効果を最も得られるメンテナンス方式を選択することを目的としている。このために管理的要因の評価では、劣化・故障の発生可能性と影響度および設備管理特性の評価を行う。

5.1 故障発生可能性評価

故障の発生確率がワイブル分布に従うという仮定のもと、実際に使用されている機器の保全データから使用できるデータを無作為に抽出し、累積ハザード法を用いて劣化・故障モードごとにワイブル分布のパラメータを求める。結果を図14に示す。

なお、前述の機器の保全データは当社にて販売し、当社にて施工、適切にアフターメンテナンスを行っている機器のデータであり、使用環境や過度な動作頻度によっては早期に故障する可能性があることに注意する必要がある。

| 劣化・故障モード | ワイブルパラメータ | |
|---------------|-----------|--------|
| | m | η |
| ポテンシオメータの導通不良 | 2.06 | 300 |
| ボールの固着 | 3.36 | 150 |
| シート、グラウンドでの漏れ | 3.15 | 150 |
| 原因不明 | 2.13 | 230 |

図 14. 劣化・故障モードとワイブルパラメータ

5.2 影響度評価

影響度評価では、劣化・故障モードの生起や定期交換・定期検査により引き起こされる影響の大きさを定量的に評価する。一口に影響といっても、何に対すどのような影響なのかによって種々の影響項目が考えられる。そこで、影響度評価においてはこれらの影響項目に

関する評価を総合して影響度を算出する必要がある。以下に、影響度算出の手順を示す。

(1) 評価項目の選定

劣化・故障が発生した際に影響を受ける対象と影響の種類観点から、評価項目を階層的に展開した結果を図15に示す。

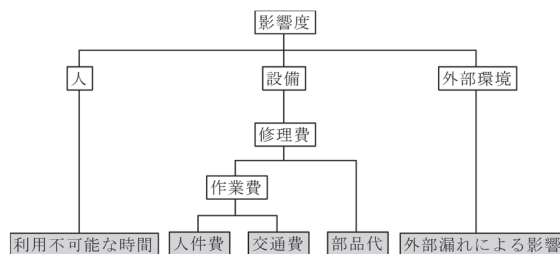


図 15. 選定した評価項目

(2) 評価値の決定

各評価項目が例えば損害額や停止時間のように定量的に評価できる場合には、その値を水準値として用いることができる。ただし、水準値を評価値とすると、評価項目ごとの絶対値の差の影響が出てしまう。そのため、各項目に対して、基準値を設定し(例えば、平均値、中央値、最大値など)、その値で割って規格化した値を評価値として用いる。

(3) 評価項目の重み付け

各評価項目についての評価値の求め方が決まると、次にそれらを統合するための重みを求める必要がある。重みは評価項目の重要度の違いを表すために与えるものである。この値は設備の管理方針に依存するもので、管理の重点の置き方の違いによって、同種の設備に関する評価項目でも異なった重み付けとなりうる。重みの算出には、AHP (Analytic Hierarchy Process) の絶対評価法を用いた。

(4) 影響度算出

図15の最下層に記載の評価項目について、それぞれ影響を想定する。想定する影響度はコストのみでなく、劣化・故障による様々な影響を総合した値である。各故障モードにおける影響度を図16に示す。

| 劣化・故障モード | 影響度 |
|---------------|-------|
| ポテンシオメータの導通不良 | 0.112 |
| ボールの固着 | 0.149 |
| シートグラウンドでの漏れ | 0.468 |
| 原因不明 | 0.270 |

図 16. 各劣化・故障モードの影響度

6. モンテカルロシミュレーションを用いたメンテナンス計画評価^{(2), (3)}

6.1 余寿命分布と余寿命予測精度を用いた設備診断能力評価法

5.2の影響度評価により求めた影響度は、事象が発生した時に生じる損失の値である。これに、故障確率をかけることにより、期待影響度が求まる。本研究では勝田らによる期待影響度に基づく保全計画評価手法を参考とし、モンテカルロシミュレーションを用い、故障分布に従い故障時間を発生させて影響度を累積することで、選択したメンテナンス方式のもとでの期待影響度を求めた。

この手法でCBMの評価も行うためには、余寿命を的確に予測し、故障の発生を予防できる確率である設備診断能力を評価する必要がある。

CBMによる診断は、観測される劣化の進展状況から余寿命を推定し、その時点で処置を施すか、次回の診断時点まで運転を継続するかを判断することを目的としている。よって、余寿命を正確に推定することが可能であれば、故障が発生する前に確実に処置を施すことができるため、故障確率は0となる。しかし、実際には劣化の進展を正確に測定できるとは限らず、また劣化が進展していない状態でも負荷によっては故障が発生する可能性があるため、余寿命の推定には誤差が存在する。従って、余寿命を実際よりも長く見積もってしまい、処置を施さないことで、故障が発生する可能性がある。ここでは、設備診断能力を余寿命の確率密度分布である余寿命分布と、余寿命予測精度を用いて評価する。

図17を用いて評価方法を説明する。ある期間使用した機器の劣化・故障モードの余寿命分布 $h(t)$ は①のような分布になるとする。一方、余寿命が t であるアイテムに対して、測定した劣化量から予測した余寿命予測値 τ は平均値 t 、標準偏差 σ の正規分布 $p(\tau-t)$ をとるとすると仮定する。このとき、 $t=t'$ で故障するアイテムに着目すると、その予測値は図17の②のようにばらつくこととなり、処置を施すと判定される確率は余寿命予測値 τ が処置基準となる余寿命閾値 t_c よりも短い場合

を考えることで求めることができ、図17の③の部分となるので、

$$\int_{-\infty}^{t_c} p(\tau-t')d\tau \tag{1}$$

と表すことができる。これをすべての余寿命について、計算することにより、今回の診断で処置すべきと判定される確率 P_{pm} は以下の式で表される。

$$P_{pm} = \int_0^{\infty} h(t) \int_{-\infty}^{t_c} p(\tau-t')d\tau dt \tag{2}$$

一方、故障確率は次回の診断時 t_d までに故障する場合を考えて求める。これは、次回の診断時以降故障する場合は次回以降の診断によって、予防保全が可能となる可能性があるためである。次回診断時より近い時点 $t=t'$ で故障する場合においても処置を施す必要がないと判定されてしまう確率は余寿命予測値 τ が余寿命閾値 t_c よりも長いと判定される、図17の④の部分となるので、

$$\int_{t_c}^{\infty} p(\tau-t')d\tau \tag{3}$$

と表すことができる。これを次回診断時までに余寿命が尽きるすべての場合について計算することにより、次回の診断までに故障する確率 P_f は以下のように求められる。

$$P_f = \int_0^{t_d} h(t) \int_{-\infty}^{t_c} p(\tau-t')d\tau dt \tag{4}$$

余寿命分布 $h(t)$ は、対象アイテムの故障分布関数 $f(t)$ から求めることができる。ただし、 $h(t)$ は余寿命を予測する時点に応じて定まる。今、アイテムの使用開始から x 回目の診断時の余寿命分布 $h_x(t)$ を考える。 $h_x(t)$ は前回診断時の余寿命分布 $h_{x-1}(t)$ から処置を施したアイテムの割合を引き、診断周期 t_d の分だけ平行移動した上で、合計確率を1とするために、残っているアイテムの割合で割ったものとなる。また、運用開始時点の余寿命分布 $h_0(t)$ は故障分布 $f(t)$ と等しくなるため、 $h_0(t)=f(t)$ と表すことができる。

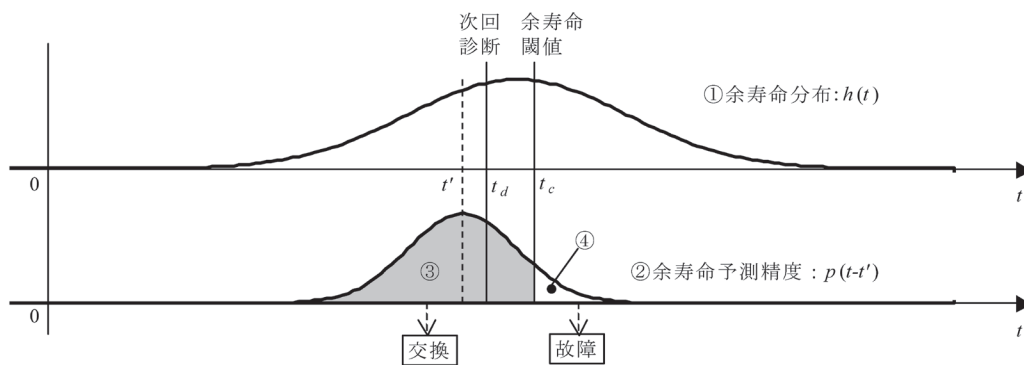


図17. 設備診断能力方法の概念

以上より、余寿命分布 $h_x(t)$ は次の漸化式で表すことができる。

$$h_0(t) = f(t)$$

$$h_x(t) = \frac{h_{x-1}(t+t_d) \left(1 - \int_{-\infty}^{t_c} p(\tau-t-t_d) d\tau \right)}{\int_{t_d}^{\infty} h_{x-1}(t) dt - \int_{t_d}^{\infty} h_{x-1}(t) \int_{-\infty}^{t_c} p(\tau-t) d\tau dt} \quad (5)$$

故障分布関数 $f(t)$ と一回目の診断時点での余寿命分布 $h_1(t)$ の関係を図 18 に示す。

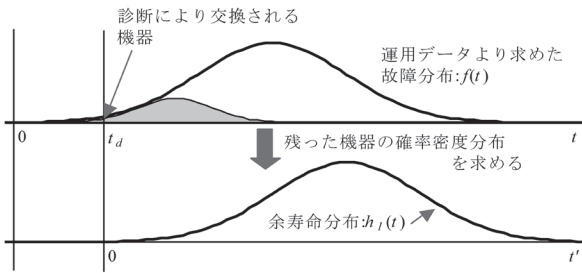


図 18. 故障分布関数 $f(t)$ と一回目の診断時点での余寿命分布 $h_1(t)$ の関係

6.2 余寿命予測精度の評価法

図 19 のように劣化式と稼働に伴う劣化量データがある場合を想定する。これらのデータの中であるアイテムの一つの劣化量データとそのアイテムが実際に故障した時点に着目する。

余寿命予測値の分布 $p(\tau-t)$ は、その劣化モードの劣化状態量の観測値から予測される故障時点と実際の故障時点の差のばらつきから求められる。

稼働に伴う劣化量を表す劣化式を $D(t)$ 、平均故障時点を t_f とおくと、ある部品 a の余寿命 T_{pre} は $D(t') = d_{a1}$ となる t' を用いて、

$$T_{pre} = t_f - t' \quad (6)$$

と表される。しかし、真の余寿命 T_{true} は実際にそのアイテムが故障する時間 t_{af} から診断時点 t_{a1} を引いた値

$$T_{true} = t_{af} - t_a \quad (7)$$

である。この真の余寿命 T_{true} から予測余寿命 T_{pre} を引いた値が予測値の差異であり、この差異を同種のアイテムすべての調査時点における劣化量について求める。この差異のばらつきが、求める余寿命予測値のばらつきとなる。

以上より、求められた余寿命の真値と予測値のばらつきは図 20 のように表現することができる。ばらつきの平均値は $T_{true} = T_{pre}$ となるため、各値はこの線を中心とばらつく。

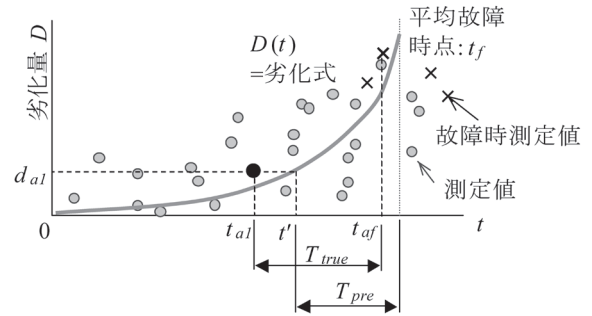


図 19. 劣化量データと劣化式

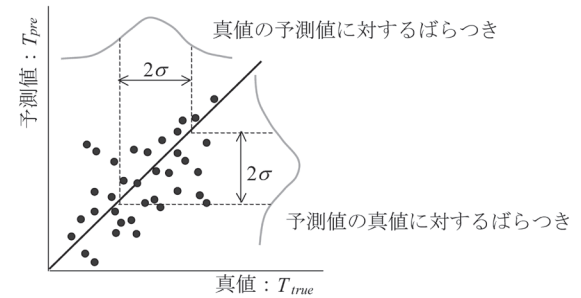


図 20. 余寿命の真値と予測値の関係

6.3 空調用バルブのメンテナンス評価

前述の手法に従い、ポテンシオメータに CBM を適用した際の効果を予測する。故障分布については運用データを用いた。ここで、評価期間は 50 年、モンテカルロシミュレーションの繰返し回数はメンテナンス方式の各組み合わせに対して 1 万回試行し、積算値を平均している。

まず、ポテンシオメータに CBM を適用せずに、定期交換周期を変えた場合の影響を図 21 に示す。この結果より、交換周期を伸ばすと影響度（≒ ライフサイクルコスト）を下げることができるが、不信頼率が上昇することが分かる。

ポテンシオメータに CBM を適用したメンテナンス計画においては、他の部品の定期交換周期が同じであれば、不信頼率を低減することができる。以降、基準として 10 年周期の定期交換を考える。本研究では 10 年周期の定期交換よりも不信頼率を低減させ、かつ影響度を最も低く抑えられる計画を選択することにより、ライフサイクルコストや環境負荷の低減を目指す。

図 21 より、基準とした 10 年周期の定期交換の場合より、影響度が小さく、不信頼率の上昇が一番低い組み合わせは 25 年周期の定期交換の場合となる。これは評価期間が 50 年であり、定期交換周期を 25 年以上としても定期交換回数が変わらず、バランスよく交換することが可能となり、不信頼率を低減できるためである。また、不信頼率が低減できると故障交換の回数が減るため、影響度を低減することが可能である。

以上より、ポテンシオメータ以外の部位を 25 年の定

期交換とし、ポテンシオメータの診断周期、閾値を変化させた際の年間不信率と影響度の結果を図 22 に示す。

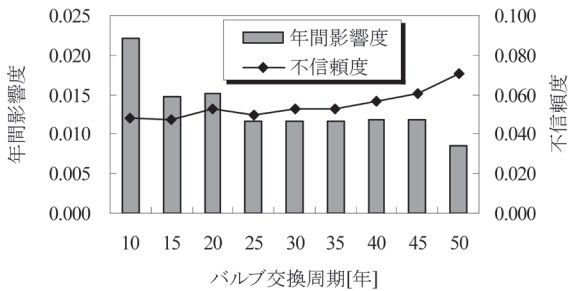


図 21. 定期交換周期と不信率, 影響度

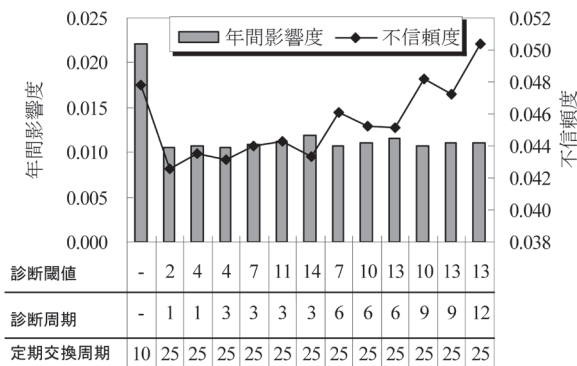


図 22. ポテンシオメータの診断周期, 閾値と不信率, 影響度

ポテンシオメータに、直線性を検出量としたCBMを適用することで、影響度、不信率の低減が可能となる。今回のように、余寿命予測精度があまり良くない場合でも、CBMを導入する効果がある場合があるといえる。また、図 21 に示したすべてのメンテナンス方式についての計算結果において、影響度の削減ができていたが、診断周期を長くしすぎると、不信率が10年周期のTBMよりも悪くなる場合もある。

以上の結果より、本研究で設定した前提条件の基では、基準として設定した10年周期のTBMよりも不信率を下げて、影響度を最小とするメンテナンス計画はポテンシオメータに対しては診断周期1年、処置閾値2年のCBMを行い、その他の部品を25年で定期交換する計画であるといえる。これにより、影響度を約50%、不信率を約10%削減することが可能となる。

7. おわりに

本研究では、状態基準保全を適用すべきか、適用するのであれば、どのように適用すべきかを個別に判断するのではなく、機器全体として最適な組み合わせのメンテナンス方式を計画するための評価法を示した。このために、状態基準保全を適用した際の設備診断能力を運用

データから得られる故障分布と劣化式に基づき評価する方法を示した。この手法を空調用バルブに適用し、ポテンシオメータに状態基準保全を導入し、その他の部品を時間基準保全とすることで、故障率と影響度(≒ライフサイクルコスト)を削減できる可能性を示した。

ただし、この方法を実際に導入するためにはさらに多くの正確な機器のデータの収集や個々の故障モードの実用的な診断方法の確立が必要であり、今後の課題としたい。

本研究で示したシミュレーションに基づく評価手法は様々な製品の環境負荷低減やライフサイクルコスト低減のニーズに対して有効であり、この手法を活用することにより、製品の更なる信頼性向上や製品価値向上が期待できる。

<謝辞>

本研究は早稲田大学との共同研究により、手法の構築、状態量の把握を実施することができました。本研究に卒業・修了時までご尽力いただいた羽山泰良氏、寺尾和樹氏に厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

- (1) 高田祥三, ライフサイクルメンテナンス, JIPMソリューション (2006.)
- (2) 勝田祐司, 高田祥三, 期待影響度に基づく保全計画評価手法, 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集 (2007.), pp. 1171-1172
- (3) 穂積直裕, 金神雅樹, 高橋紹大, 武田敏尚, 岡本達希, 絶縁診断による電力危機のライフサイクル管理 (2002.), 電気学会 論文誌 A, vol. 122, No.4, pp. 421-428

<商標>

アクティバルは、株式会社 山武の登録商標です。

<著者所属>

猿渡 亮 バルブ商品開発部
高田 祥三 早稲田大学 教授
創造理工学部経営システム工学科