

フィールド計器の保全手法研究

An Approach to the Maintainability of Field Instrument

板倉 浩^{*1} 北 良平^{*2}
ITAKURA Hiroshi KITA Ryohei
瀬戸 泰子^{*1} 太田 啓和^{*1}
SETO Yasuko OHTA Hirokazu

本稿では、電子式差圧・圧力伝送器を中心とした保全手法に関する研究成果について紹介する。ユーザーから得られる情報を最大限に活用し、かつ設計時の信頼性データ・実験結果なども考慮し、2つの側面から計器の保全手法を調査した。

1つは過去の校正(点検時の精度検査)記録を活用し、その時間変化を定量評価することで、近い将来の動作を予測する。この手法は、校正(点検)作業の時期を求めることに活用できる。もう1つは、実際にプロセスで使用された伝送器の劣化状態を定量的に把握し、劣化度を求めることで健全性の確認や更新時期の推定を行うものである。

This paper reports researches on field instrument maintainability mainly of the electronic transmission instrument at the two viewpoints by utilizing maximally customer information provided from users and considering reliability data and evaluation test results over product designing.

One is predicting near future movements from utilizing a past calibration (precision test in check) record and evaluating the secular change quantitatively. It can be also utilized in predicting a future timing of proofreading (check) work.

Another is evaluating quantitatively the deterioration state and degree of transmissions in a current process, and then either confirming soundness of instruments or estimating the replacement time.

1. はじめに

昨今の計装保全に対する考え方は、非常に多様化しており、お客様の保全に対する考え方やニーズも様々に変化してきている。特に、TPMなどの保全手法の導入や計器自体の信頼性向上などは、そのことに大きく影響していると言える。計装機器の中でも中枢となるDCSについては、業界でもいち早く、システム診断技術を中心としたライフサイクル保全手法を確立し、最適な保全手法の提案及び提供により保全コストの削減に寄与してきた。しかし、制御の手足となる発信器類については、製品単価の面や保全手法がシンプルであることから、最適な保全手法の研究はあまり進んでいなかった。

本稿では、電子式差圧・圧力伝送器(以下電子式伝送器)を中心とした最適保全及び診断技術の確立を目指した調査や研究の一端を紹介し、フィールド計器保全とは何かを問う。

2. 本研究の背景

フィールド計器は、使用されている部位などによって重要度分類され、事後保全または定期保全のいずれかの保全手法が採用されており、一般的には事後保全の比率が高い傾向にある。また、定期保全の場合でも、その周期は非常に長く設定されている場合が多い。

その一方で、電子式伝送器の劣化調査などの依頼が増加傾向にある。その主な目的は、

- ・故障した原因の分析を行い、他への波及性を知る。
- ・劣化調査を行い、更新の必要性の要否を検討する。
- ・点検の周期が妥当かどうかを知る。

という内容に代表される。このような要求の背景には、次の様な理由が存在している。

- ・保全費用の削減
- ・コスト対効果を最適化する保全の在り方の模索
- ・更新計画立案のための検討材料収集

3. アプローチ 1 校正記録を読む

電子式伝送器の保全項目の一つに計器校正及び調整

*1 IA事業本部 サービス事業部

*2 横河エンジニアリングサービス株式会社

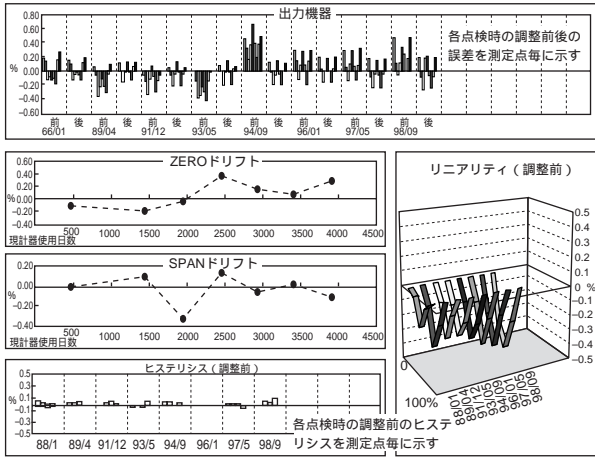


図1 計器特性変化グラフの例

(一般的にはこれを点検と呼ぶことが多い)がある。定期保全を実施してきた計器を対象として、校正記録を過去に遡って調査した結果を報告する。これは、記録自体の検証及び傾向分析による将来の動向予測の方法を検討したものである。

3.1 対象データと着目した特性

傾向分析を行うために必要なデータは、過去に実施した計器校正の記録で、

- ・実施日
- ・実施時の気温・湿度・天候
- ・調整前記録
- ・調整後記録(調整を行った場合)
- ・使用測定器と管理番号

が明確になっており、校正の手順などが規定されていることと、その規定に基づき正しい記録が残されていることが最低の条件となる。また少なくとも過去3回以上の記録は必要である。これらのデータの中から調整前記録と調整後記録をトレンド化することで、次のように計器特性を視覚的に捉えられることができる。図1は、点検時誤差(調整前後)、ゼロドリフト経緯、スパンドリフト経緯、点検時ヒステリシス、リニアリティ経緯を一まとめにしたものである。

3.2 傾向の予測

過去の記録から傾向を求め、将来の動向を予測するためには、まず各特性の変化が時間と相関をもっているかどうかで考え方が分れる。先のグラフ例を見ると、ゼロドリフトは時間に関係が有るように見え、スパンドリフトは時間に関係が無いように見える。視覚的な感覚でもこのような判断が可能な場合もあるが、更に次のような解析手法を試みる。

(1) 時間との相関は有るか

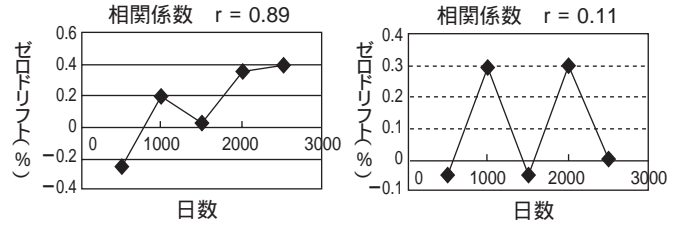


図2 時間相関の有無(例)

使用時間(日数)と各特性の変化について、相関が有るかどうかはピアソンの相関係数を用いて数値化する。図2に示すように、相関係数が大きいものは時間との相関が有ると判断し、小さいものは時間との相関が無いと判断する。

(2) 時間との相関が有る場合

時間との相関が有ると判断された場合、将来の特性変化の予測は、直線回帰によって得られる回帰直線の傾きと標準誤差によって行う。図3のように回帰直線の傾きと標準誤差を求め、従来通りのインターバルで次回点検を行う際にゼロドリフトがどの程度の値の範囲に入るかを予測する。予測の幅は標準誤差の何倍として決めておくことで、予測の範囲を調整することが可能である。

(3) 時間との相関が無い場合

時間との相関が無いと判断された場合、将来の特性変化の予測は、その計器の平均値と標準偏差を用いて行う。例えば、過去の誤差を平均化し更に標準偏差を求める。次に平均値 ± 標準偏差 × K (Kは予測の幅を決定する係数) を求めることで、将来の特性変化の範囲を予測する。図4を参照。

3.3 予測からの判断

以上のような手法を用いて、校正記録から将来の特性変化予測を行うことは可能となるが、これらの結果をどのように保全に結びつけるかが重要なポイントとなる。

(1) 保全時期または保全周期を決める

電子式伝送器の点検目的が校正を主体にしたものであると仮定すれば、特性変化の予測を行うことで、

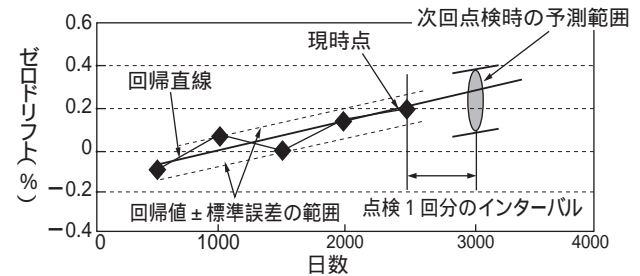


図3 時間相関が有る場合の予測(例)

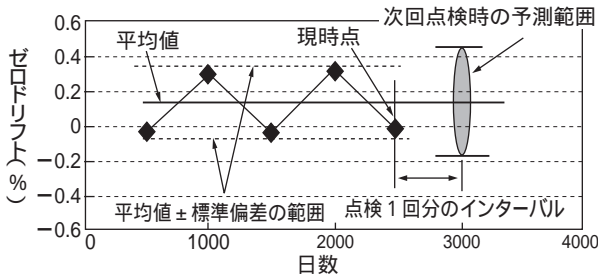


図4 時間相関が無い場合の予測(例)

今回はどのタイミングで点検を実施すれば良いかを定めることが可能である。図5はその例で、予測した傾向と要求される精度範囲の限界を関連付けることで、点検を省略できる期間を設定する。

(2) 計器更新時期を決める

特性の中には計器の劣化傾向が表出したと考えられるものがあることに着目し、特別な検査を行うことなく更新時期検討の材料とすることも可能である。例えば、リニアリティの変化を時系列的に捉え、その変遷を見てみる。計器に拠ってリニアリティ変動の現れ方は異なるため、総てに共通とは言えないが、原理的にリニアリティは狂わないとされている計器において変動が見られた場合は、何らかの劣化傾向と判断することもできる。また、誤差を調整した値を調整量とし、この累積値をトレンドする。調整量の許容範囲が判っていれば、この累積状態から将来を予測し、更新時期を設定することも可能になる。

4. アプローチ2 劣化状態を見る

電子式伝送器は様々な部品から構成されているため、機器の寿命(いつ頃故障するか)を一義的に推定することは非常に困難な課題である。しかし、更新時期を検討する材料や点検時期の設定など、機器の保全性を探求する要求は増すばかりで、機器の劣化状態を調査し更新計画立案に寄与することはビジネスの側面から見ても必要な保全アイテムである。

ここでは、劣化調査手法の概要について当社の電子式伝送器UNI を例にとって紹介する。

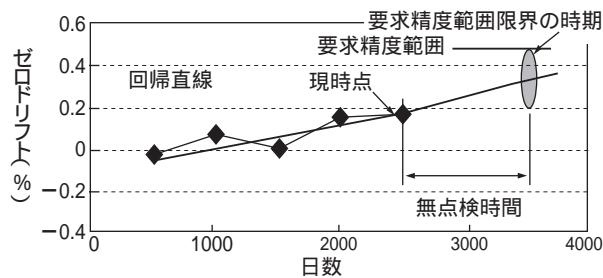


図5 次回点検時期の設定(例)

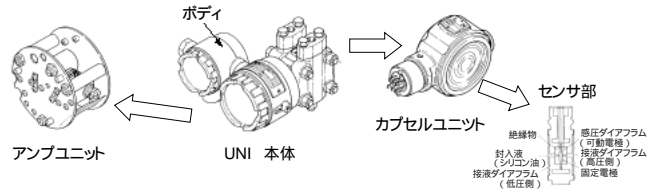


図6 UNI の構成

4.1 UNI の構成

図6にUNI の構造を簡単に紹介する。

- ・測定流体に接する部分である「カプセルユニット」
- ・圧力を電気信号に変える「センサ部」
- ・センサからの信号を増幅し計装統一信号に変換する「アンプユニット」
- ・それら全てを包み込むボディ

4.2 検査項目

劣化状態を知るための検査は、ユーザーからの要求事項に応じて主に以下に示す各種の検査を行う。

(1) 性能検査(表1)

伝送器の仕様に従って、機能検査を中心とした性能試験を実施する。製造後の出荷検査と同等の検査を行うことで、基本性能がどの程度変化しているかを評価することが可能である。

(2) 分解観察検査(表2)

伝送器の特性に影響を与えられ考えられる部分を中心に分解観察を実施する。使用環境によって発生する劣化状態を定性的に評価する。

(3) 部品特性検査(表3)

表1 性能検査項目(UNE11の例)

精度試験	使用レンジで上り下り各5点の検査を実施 各点の誤差、ヒステリシス、リニアリティを評価
静圧試験	H/L両側に規定の圧力を印可しゼロ点変動を評価
過大圧試験	H/L交互に規定の圧力を印可しゼロ点変動を評価
温度試験	常温 高温 常温の温度変化を与えゼロ変動を評価
湿度試験	アンブカバー解放状態で高温状態でのゼロ変動を評価

表2 分解検査項目(UNE11の例)

外観目視検査	外観上の錆・腐食・変色などの有無 フランジ取り付けボルトの脱着可否
アンプユニット目視検査	基板表面や部品の結露痕・腐食・変色・錆などの有無
端子板目視検査	結露痕・腐食・錆・変色などの有無
ダイヤフラム面目視検査	錆・腐食・堆積物などの有無 傷 膨らみ・へこみなどの変形の有無

表3 部品特性検査項目(UNE11の例)

可変抵抗器	接触抵抗 全抵抗 残留抵抗 *開封目視検査可能
センサ部静電容量	センサの静電容量測定
Oリング	永久ひずみ率 目視によるひび割れなどの有無

表 4 履歴などの調査項目

保全履歴	点検・調整・O/H・修理の時期と内容 校正記録(調整した場合は調整前後の記録) 稼働年数(設置年月) 計器重要度設定
設置環境	屋外または屋内 周囲温度及び湿度 周囲雰囲気(腐食性ガス 海塩粒子などの有無) 振動の有無
プロセス	測定対象流体物 通常使用圧力 圧力変動(周期 圧力差など) 流体温度

伝送器の特性に影響を与えと考えられる部品を中心に特性測定を行い、基準との差異を評価する。

4.3 保全履歴及び使用環境の調査(表 4)

対象となる計器が、どのような場所及び環境で使用されていたか、どのように保全されてきたかを調査する。

4.4 総合的な劣化評価

図 7 は評価フローを示す。性能検査・分解観察検査・部品特性検査の結果は、それぞれの評価結果をポイント化し、保全履歴や使用環境などを考慮して総合的な評価を行う。

4.5 劣化調査による事例

過去に実施した劣化調査の例を以下に記述する。

キャピラリ付き伝送器で、過大圧試験実施時にカバーフランジからの封入オイルの漏れが確認された。分解してマイクロスコープにより観察した結果、ダイヤフラム及びカバーフランジのガスケット接触部分に腐食個所が認められた。この腐食は大変微小なものであり、日常的な点検での発見は困難なものであった。また過大圧試験前に実施した精度試験では、誤差が規格を超えるものの校正できる範囲であった。劣化調査を実施しなければ、このような劣化状態に至っている事を発見できず、何らかの不適合現象を引き起こす可能性もあったと推定できる。また、軽度の全面腐食よりも、一つの微小な孔食が不適合要因となる可能性があることから、通常の外観検査だけでは発見し辛い。

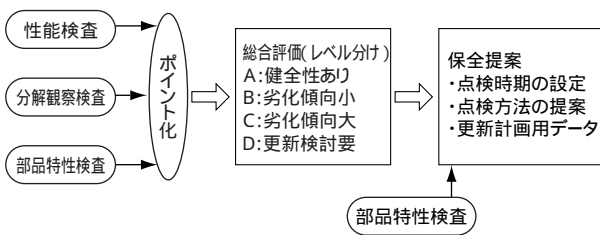


図 7 評価フロー

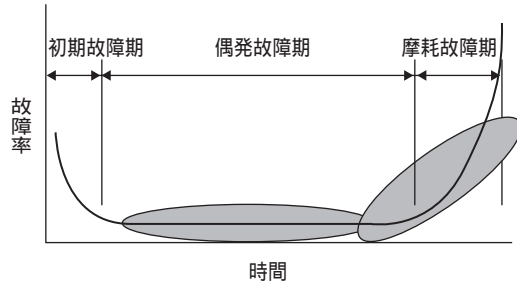


図 8 保全性手法の使い分け

また、性能試験では顕著な異常は認められなかったものの、フランジ締め付けボルトの腐食が激しく固着していた例がある。特に空気式伝送器の場合、計器内部は計装用空気で加圧されているため、腐食劣化などは進行し辛い、設置環境が著しく悪いと外部だけがどんどん腐食進行していくことがある。ボルトの固着が即ち精度の悪化に影響するものではないため、劣化度を低く評価する考え方もあるが、何らかの理由で通常の使用圧力と比較して高い圧力が印加された場合、ボディ全体が破損する危険性も重要視しなければならない。更に、カプセルの交換の必要性が生じた場合、容易に交換することもできない。このような点からも、フランジ締め付けボルトが固着している場合は、「更新検討要」とすることが多い。

5. 電子式伝送器の保全と今後の課題

一般的に機器の寿命を表すのにバスタブカーブが用いられるが、このバスタブカーブ(図 8)を基にそれぞれの調査方法を当てはめてみると、大まかに次のような考え方になる。

偶発故障期(安定期)においては、なるべく点検作業を省力化し無駄な保全作業を行わないことが望ましい。従って、この時期には校正記録の分析手法を当てはめ、適切な点検周期と点検内容で保全を遂行する。一方、摩耗故障期においては機器の劣化状態を把握し、特に更新時期を検討する段階であることから、劣化診断を行うようにする。

偶発故障期から摩耗故障期に入るタイミングを見つけることは非常に困難であるが、校正記録の分析によりその手がかりが与えられることは期待できる。本来、このタイミングは、メーカーが過去の故障実績などのフィードバックデータを基に、使用環境別に適切な値を設定しなければならないが、伝送器類はユーザーの自主保全の範囲に属する 경우가多く、メーカーにフィードバックされるデータだけでは適切性を欠いていると思われる。従って、現状ではある仮定の範囲を設定し、ユーザーの持っている保全情報を収集しながら補正していかなければならない。