

久保田善幸\*  
Yoshiyuki Kubota  
高松佳広\*  
Yoshihiro Takamatsu  
厳 一国\*  
Yiguo Yan

# 生産設備の事後保全向けシステムレコーダ

System Recorder for Post-maintenance of Production Equipment

## 要 旨

近年、工場の生産設備では更なる生産性の向上が求められている一方、装置を構成する機器が多様化するとともに、装置の高機能化、複雑化が増している。そのため、更なる稼働率の向上に向けて、装置異常時の原因究明を迅速化し、ダウンタイムを削減するための保全業務の重要性が増している。

三菱電機では保全業務を全方位的に支援する“トータル保全ソリューション”を提案しており、その中で事後保全を支援するソリューションとして三菱シーケンサ“MELSEC iQ-Rシリーズ”の“システムレコーダ”を開発した。

システムレコーダはシーケンサやモーションコントローラを始めとした各種制御機器、それらの機器に関連する各種エンジニアリングツールで構成しており、機器を横断した装置レベルで生産設備の異常原因を解析する機能を提供している。システムレコーダは生産設備の異常発生時、各制御機器の制御データを“まるごと記録”し、そのデータを再生して異常発生時の装置状態を再現することで“かんたん解析”ができ、異常原因の迅速な究明を実現する。

これによって、設備異常によるダウンタイムの削減を実現し、更なる生産性の向上に貢献する。



## システムレコーダ対応FA機器群とエンジニアリングツール群

システムレコーダはシーケンサ、モーションコントローラなどの各種制御機器、表示器に加え、各機器向けのエンジニアリングツール(“GX Works3” “GX LogViewer” “GX VideoViewer” “GT Designer3”)の組合せによって、装置異常の原因究明を支援し、生産設備のダウンタイム削減に貢献する。

## 1. ま え が き

製造業では更なる生産性向上に向けて、生産を停止させることなく、継続させることがますます重要になっている。

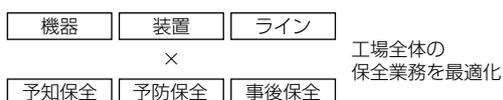
一方、工場の生産設備は多数の機器で構成していることに加えて、近年では高機能化・複雑化が更に増している。そのため、設備異常で生産が停止した場合、原因究明に時間がかかり、ダウンタイムが長くなる傾向にあり、ダウンタイム削減に向けた保全業務の重要性が増している。

保全業務は“予知保全”“予防保全”“事後保全”の3種類に分類できる。異常発生時にその原因を究明して異常の解消を図る“事後保全”に加えて、近年では各種統計手法を活用して異常発生前にその予兆を捉える“予知保全”と過去の知見を基に定期的なメンテナンスによって予期しない生産停止を回避する“予防保全”への関心も高まっている。

そこで、生産設備のダウンタイム削減を実現するため、当社では“トータル保全ソリューション”を提案している(図1)。トータル保全ソリューションでは先に述べた三つの保全に対して、工場を構成する“機器”レベル、“装置”レベル、そして“ライン”レベルの三つの階層での保全機能を提供し、全方位的な保全業務を支援している。

さらに、トータル保全ソリューションの中で特に“事後保全”を強化するためのソリューションとして三菱シーケンサ MELSEC iQシリーズの“システムレコーダ”を開発した<sup>(1)</sup>。

システムレコーダの特長、それを構成するFA機器群とエンジニアリングツール群に適用した技術について述べる。



### トータル保全のポイント=あらゆるデータをマネジメント

- ・ 様々なメーカーの機器・設備が混在する製造現場でのデータ収集
- ・ 作業者の感覚に依存しないシステムマッチなデータ分析



図1. トータル保全ソリューション

## 2. システムレコーダ

システムレコーダは、異常発生時の生産設備の稼働状態を“まるごと記録”し、“かんたん解析”することで迅速な異常原因の究明を支援する事後保全ソリューションであり、シーケンサやモーションコントローラを始めとする各種FA機器、それらの機器に関連する各種エンジニアリングツールの組合せで実現している。

多数の機器を複雑に組み合わせられて構成されている生産設備で異常が発生した際、復旧のためには異常発生前後の事実(いつ、どこで、何が起こったか)を突き止める必要がある。従来のFA機器では機器ごとにデータを収集して解析する必要があったため、異常原因が複数の機器間にまたがっている場合、それぞれのデータを突き合わせて解析することが困難であり、原因究明・復旧までに時間がかかるという問題があった。また、異常発生時のデータが残っていない場合には更に復旧に時間がかかっていた。

システムレコーダはシーケンサCPUの制御データやモーションユニットのサーボ軸データに加えて、イベント履歴や表示器の操作履歴も収集対象にしており、装置の稼働状態に加えて、現場オペレータの操作も解析でき、装置異常だけでなくヒューマンエラーに起因する異常も解析できる。また、ネットワークカメラの映像も合わせて収集でき、異常発生時の装置やワークの動き、また作業者の動作も解析できる。

解析時は収集した各種データを連携して再生でき、機器間にまたがる異常であっても簡単に原因を突き止められる。

## 3. システムレコーダの特長

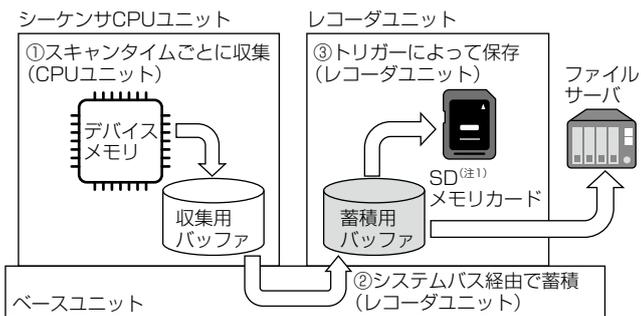
### 3.1 まるごと記録

#### 3.1.1 全デバイス/ラベル収集

シーケンサCPUの全デバイス/ラベルデータの収集(図2)を実現するため、MELSEC iQ-Rシリーズの“レコーダユニット”を開発した。

レコーダユニットはシーケンサCPUの制御周期(スキャンタイム)ごとに、ユーザーが作成したシーケンサプログラムで使用されている全デバイス/ラベルデータを漏らさず収集できるため、異常発生時の装置の稼働状態を再現できる。

また、シーケンサCPUと別ユニットにすることで、シーケンサスキャンに同期したデバイス/ラベルデータの収集処理をシーケンサCPUで、収集したデバイス/



SD : Secure Digital (注1) SDは、SD-3C、LLCの登録商標である。

図2. 全デバイス/ラベル収集機能での収集動作

ラベルデータの蓄積・保存処理をレコーダユニットでそれぞれ実行し、収集処理での負荷分散を図っている。これによって、スキャンタイムの延び時間を抑え、装置性能への影響を最小限にしている。

全デバイス/ラベル収集で収集対象にするデバイス/ラベルはエンジニアリングツールが自動で抽出するため、ユーザーは収集対象のデバイス/ラベルを手作業で設定する必要がなく、収集タイミングを決定するトリガー、及び保存先のストレージを設定するだけで装置状態を記録できる。

また、シーケンスプログラムの規模が大きく、使用しているデバイス/ラベルが多い場合、収集時間が長くなってスキャンタイムの延びが大きくなるという問題がある。これに対して、一括して全デバイス/ラベルを収集する機能に加えて、ユーザーが収集対象にしたいデバイス/ラベルを簡単に取捨選択できる機能も提供している。エンジニアリングツールがシーケンスプログラムで使用している全デバイス/ラベルを抽出・表示し、ユーザーは、表示された一覧から収集対象にしたいデバイス/ラベルを簡単に選択でき、必要最低限のデバイス/ラベルだけを収集対象にすることで、スキャンタイムの延びを低減できる。

### 3.1.2 カメラ動画収集

ネットワークカメラをシーケンサシステムに直結できる、MELSEC iQ-Rシリーズの“カメラレコーダユニット”を開発した(図3)。カメラレコーダユニットは先に述べたレコーダユニットの全デバイス/ラベル収集機能に、動画収集機能を追加したユニットである。

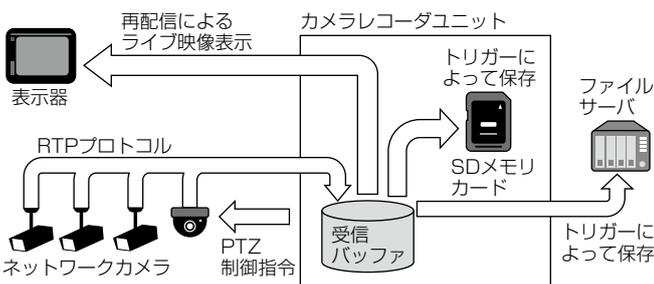


図3. カメラレコーダユニット

カメラレコーダユニットはRTP(Real-time Transport Protocol)に対応することで、ネットワークカメラから動画のストリーミングデータを受信し、デバイス/ラベルデータと合わせて蓄積・保存する。RTPプロトコルに対しては複数セッションの同時受信に対応し、最大4台のネットワークカメラを接続できる。CPUユニット1台当たり最大4台のカメラレコーダユニットを装着できるため、最大16台のネットワークカメラを接続可能である。また、装着したレコーダユニット及びカメラレコーダユニットでトリガーを共有できるようにしたことで、接続した全ネットワークカメラの動画を、異常発生時にデバイス/ラベルデータに同期して保存できるようにした。

さらにネットワークカメラインタフェースの標準規格であるONVIF(Open Network Video Interface Forum)に対応することで、多種多様な汎用ネットワークカメラを接続できるようにした。これによって、ユーザーは用途に応じて最適なネットワークカメラを選定できる。

また、視野制御が可能なPTZ(Pan:左右方向の首振り, Tilt:上下方向の首振り, Zoom:ズームイン/ズームアウト)対応のネットワークカメラと組み合わせることで、シーケンスプログラムからの指令でネットワークカメラのPTZ制御を可能にし、装置や現場オペレータの動作に合わせたフレキシブルな撮影を可能にした。

さらに、RTPで受信したストリーミングデータを当社製表示器に再配信する機能に対応した。これによって、カメラレコーダユニット及び表示器間の簡単な通信設定だけでネットワークカメラのライブ映像を表示器で確認できる。ネットワークカメラの映像を現場でリアルタイムに確認できるため、装置立ち上げ時にネットワークカメラの設置・調整を簡単に行うことができる。

### 3.1.3 高速フレームレートFAカメラ

カメラレコーダユニットは、ONVIF対応汎用ネットワークカメラに加えて、当社製高速フレームレートFAカメラ“FAC-1020/1000”<sup>(2)</sup>に対応させた。

高速フレームレートFAカメラは最大200フレーム/秒で画像データを送出する。カメラレコーダユニットではRTPパケットの受信処理の最適化を行い、高速フレームレートの動画保存を実現した。これによって、高速な生産設備やそのワークの動作を捉えることが可能になる。

さらに、カメラレコーダユニットと高速フレームレートFAカメラ間で時刻同期機能のパラメータ調整を行い、高精度の時刻同期を実現した。これによって、高速な被写体であっても、異常発生時のデバイス/ラベルデータと動画データを同じ時間軸で確認できるようになり、異常発生時の解析を容易にした。

### 3.2 かんたん解析

まるごと記録したデータを、エンジニアリングツールでかんたんに解析できる機能である。

かんたん解析は、映像解析、オフラインモニタ、データフロー解析の三つの機能で構成している(図4)。

#### (1) 映像解析機能

映像解析機能は、次の①、②の特長を持つ映像を再生、確認するツールGX VideoViewerで実現している(図5)。

①最大4映像を時刻同期しながら再生し、装置の複数角度からトラブル発生時の状況を確認できる。

②正常時と違う動きを示す映像に、保全担当者がコメントと色付きの“しるし(ログマーカ)”を付与し、設計担当者と解析情報を共有できる。

#### (2) オフラインモニタ機能

オフラインモニタ機能は、シーケンサでのプログラム作成・設定・保守を支援するツールGX Works3と、デバイスロギングデータを表示・分析するツールGX LogViewerで実現しており、各ツールはそれぞれ次の①と②の特長を持つ(図6)。

①トラブル発生時のプログラム遷移を、全デバイスロギングデータだけで、オフラインで再現できる(GX Works3)。

①映像解析(GX VideoViewer)      ③データフロー解析(GX Works3)



②オフラインモニタ(GX LogViewer)      ④オフラインモニタ(GX Works3)

図4. かんたん解析の機能構成



図5. 映像解析機能

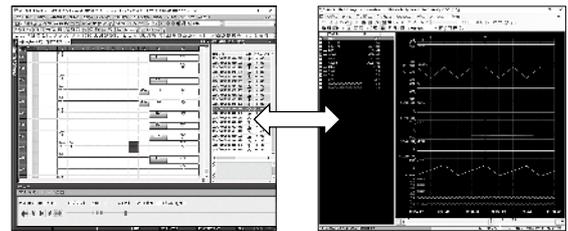


図6. オフラインモニタ機能

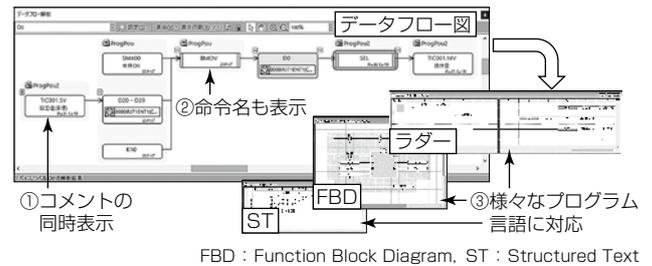


図7. データフロー解析機能

②プログラム遷移と同期した波形データを表示し、プログラム遷移とデバイス値変化との関係を示す(GX LogViewer)。

#### (3) データフロー解析機能

データフロー解析機能は、次の特長①を持つGX Works3で実現している(図7)。

①プログラム内のデバイス/ラベル間の関係を、コメントと命令名とともに示し、複雑なプログラム内のデバイス/ラベル関係を一目瞭然に表示できる。

これらの三つの機能によって、次の2点を実現し、ダウンタイムの短縮に貢献できる。

- ・まるごと記録したデータだけで、現場に行かなくても、リモートで現場の状況を把握できる。
- ・ログマーカによって、記録データに付加情報を付与でき、現場と設計室の情報共有を簡単に実現する。

## 4. む す び

トータル保全ソリューションでの事後保全を支援するシステムレコーダの開発背景、特長、及びその実現に適用した技術について述べた。

システムレコーダは設備異常の原因追究にかかる時間の削減を実現し、設備の稼働率を向上させることで、生産性の向上に寄与する。今後もシステムレコーダの適用範囲拡大、及びトータル保全ソリューションの拡充を行い、製造業での生産性向上に貢献していく。

### 参考文献

- (1) 三菱電機シーケンサ“MELSEC iQ-Rシリーズ”システムレコーダ, 三菱電機技報, 95, No.1, 16 (2021)
- (2) 高フレームレートネットワークカメラFAC-1020/1000, 三菱電機技報, 95, No.1, 77 (2021)