

原子カプラント・関連設備向け計装制御システム“MELTAC-CX”

谷口 学*
田島宏史*

Instrumentation and Control System "MELTAC-CX" for Nuclear Power Plant and Nuclear-related Facilities
Manabu Taniguchi, Hirofumi Tajima

要 旨

国内原子カプラント・関連設備向け計装制御システム“MELTAC-700C”は開発完了から10年が経過しており，“より確実に、より使いやすく”をコンセプトとして新機種“MELTAC-CX”を開発した。MELTAC-CXの特長を示す。

(1) 安心

長期保守サポートによって、段階更新を含めた導入時期の柔軟性と安心を提供する。定期交換品であるAC/DC (Alternating Current/Direct Current)電源のメニュー削減に加えて、更なる長寿命化によるランニングコスト低減を実現した。

(2) 効率

空間利用効率を大幅に向上させた端子台一体構造の多点

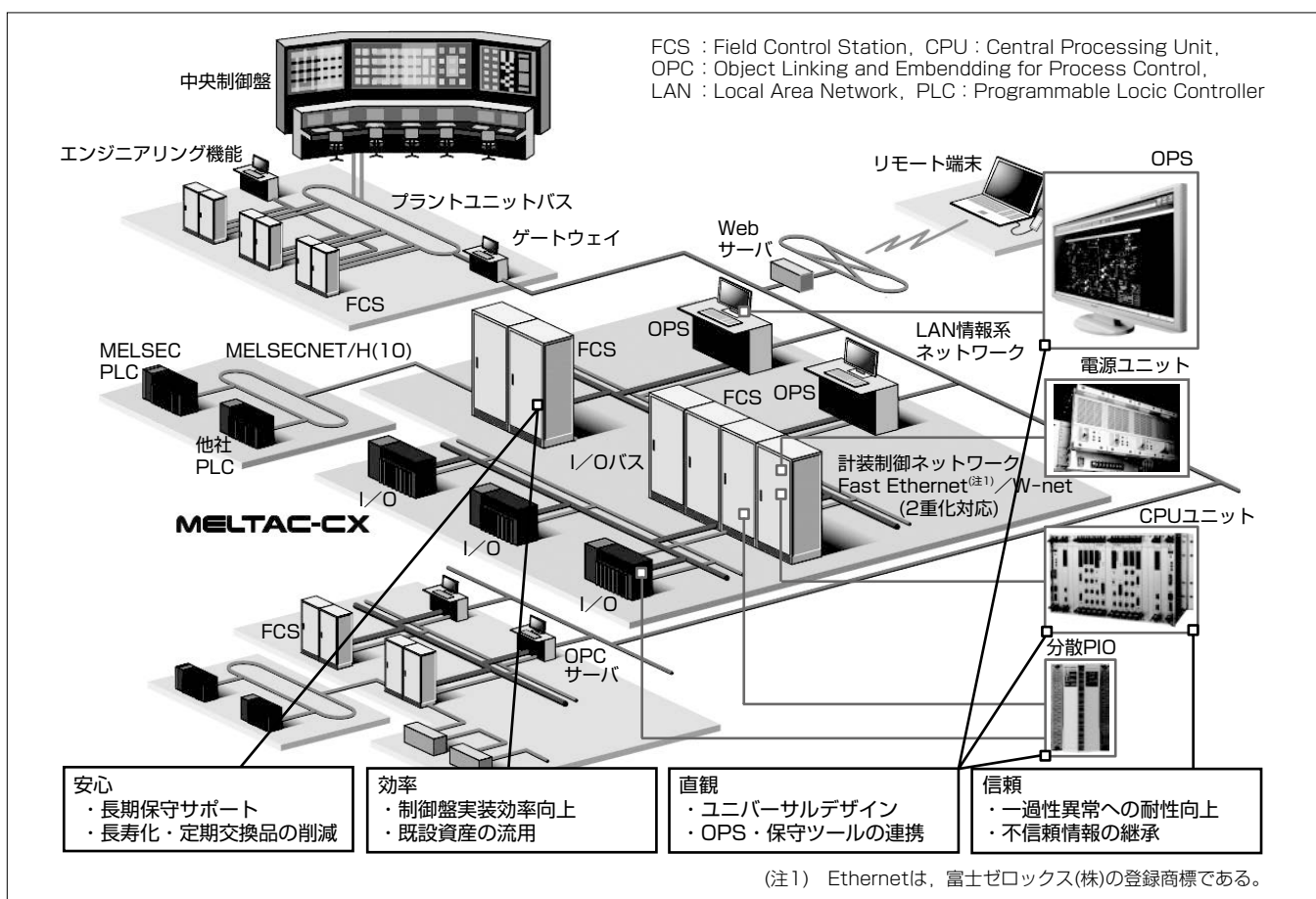
型分散PIO(Process Input Output)を新たにラインアップに加えることで、制御盤の実装効率を向上させた。

(3) 直観

オペレータステーション (OPERATOR STATION : OPS)画面やカード、ユニット前パネルにユニバーサルデザインを採用し、誤認識を削減して直観的に正しい識別・操作を可能とすることで、操作者・保守者の負担を軽減した。

(4) 信頼

近年、半導体の製造プロセスの微細化、低電圧化に伴う一過性異常の発生が無視できなくなっており、一過性異常に対する耐性向上と発生時の対策を実施し、最新デバイスを活用しつつ、原子カプラント・関連設備向け計装制御システムに求められる信頼性を確保した。



“MELTAC-CX”のシステム構成と特長

原子カプラント・関連設備向け計装制御システム“MELTAC-Cシリーズ”の最新機種“MELTAC-CX”のシステム構成と特長を示す。“より確実に、より使いやすく”を開発コンセプトに掲げ、開発に取り組んだ。

1. ま え が き

国内原子力プラント・関連設備向け計装制御システム“MELTAC-Cシリーズ”は、1980年代から開発・生産を開始し、国内原子力プラント補助・周辺設備、及び原子力関連設備に多数の納入実績を持つ。

国内原子力関連プラントにおける長期運用の中で、エンドユーザー、製品試験者、エンジニアリングユーザー、システム設計者等、各方面からの改善要望を収集してきた。

さらに、国内原子力プラント・関連設備向け計装制御システムの市場は、既設設備の更新工事が主体となっており、更新工事では次のニーズが存在する。

- (1) 現地工事期間の短縮
- (2) 更新後ソフトウェアの品質維持
- (3) エンジニアリングユーザーの負荷軽減

これら各方面からの改善要望と市場ニーズを満足させるため、最新技術を適用した新機種“MELTAC-CX”を開発した。

2. 開発コンセプトと特長

MELTAC-CXは、“より確実に、より使いやすく”を開発コンセプトとし、次の特長を持つ。

2.1 安心

- (1) 長期保守サポートと定期交換品の削減・長寿命化

長期保守サポートによって段階更新を含めた導入時期の柔軟性と安心を提供可能とした。定期交換品であるAC/DC電源のメニュー削減に加えて、更なる長寿命化によって安心とランニングコスト低減を実現した(AC/DC電源のメニュー削減の詳細は3.1.3項で述べる。)

- (2) 既設資産の活用

MELTAC-CXでは、既設設備のPOL(Problem Oriented Language: 問題向き言語) 演算ロジックのコンバート機能(自動変換・インポート機能)を開発し、ソフトウェアの品質維持とソフトウェア製作の効率化を実現した(ソフトウェアコンバート機能の詳細は3.3.1項で述べる。)

また、既設PIOモジュールとのインタフェース機能を開発し、“MELTAC-Cシリーズ”の既設I/Oモジュールを流用した部分更新・段階更新を可能とした。

2.2 効率

- (1) 制御盤の実装効率向上

端子台一体構造の多点型分散PIOを新たにラインアップに加えた。当該PIOモジュールを制御盤に両面実装(片面あたり最大3列×8段まで実装可能)することで、盤内占有面積を約65%削減可能とした(図1)。

さらに、CPUシャーシ内のAC/DC電源ユニットに替えて、定期交換を不要としてスリム化したDC/DC変換カードを開発した。これによって、PIOドライバカード、ネットワークカードを1装置あたり7枚収容可能とするこ

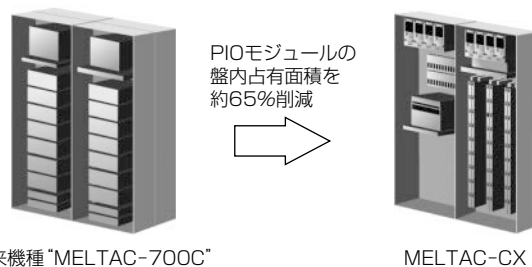


図1. 制御盤実装効率の向上

とで、取扱い可能点数を約2倍に拡張した。

2.3 直観

- (1) ユニバーサルデザインの採用

プラントの監視・操作のためのOPS画面、制御盤のカード、ユニット前パネルにユニバーサルデザインを採用した。これによって、視認性向上と誤認識の削減を図り、直観的に正しい識別・操作を可能とすることで、操作者・保守者の負担を軽減した。

- (2) OPS・保守ツールの連携強化

OPSと装置メンテナンスを担う保守ツールはアプリケーションソフトウェアの製作段階と運用段階の双方で連携し、効率化・合理化を図った。

製作段階では統合データベースによる定義の合理化を、運用段階ではOPSから保守ツールのロジックモニタ・パラメータチューニング画面呼び出しを実現した(OPS画面へのユニバーサルデザイン採用、及び保守ツールとOPSの連携機能詳細は3.2節で述べる。)

2.4 信頼

“MELTAC-Cシリーズ”は信頼性が求められる国内原子力プラント・関連設備の計装制御システム向けの機種であり、現行機種でもハードウェア・ソフトウェア両面で高信頼化に取り組んでいる。

MELTAC-CXでは、新たに一過性異常への耐性強化、不信情報継承の高度化によって、プラント監視制御における信頼性を向上させた(一過性異常への耐性強化と不信情報継承の高度化の詳細は3.1.1項と3.1.2項で述べる。)

3. MELTAC-CX

3.1 制御装置

3.1.1 SEU対策強化

近年、半導体製造プロセスの微細化、低電圧化に伴い、メモリ等の半導体の電荷を反転させてビットエラーを引き起こすSEU(Single Event Upset)(図2)の発生確率が無視できなくなっている。

SEUは回路を破壊するものではなく、書き込みによる修復が可能であり、MELTAC-CXではSEUの対策として、次の2つの処理を実装しSEUに対する耐性を強化した。

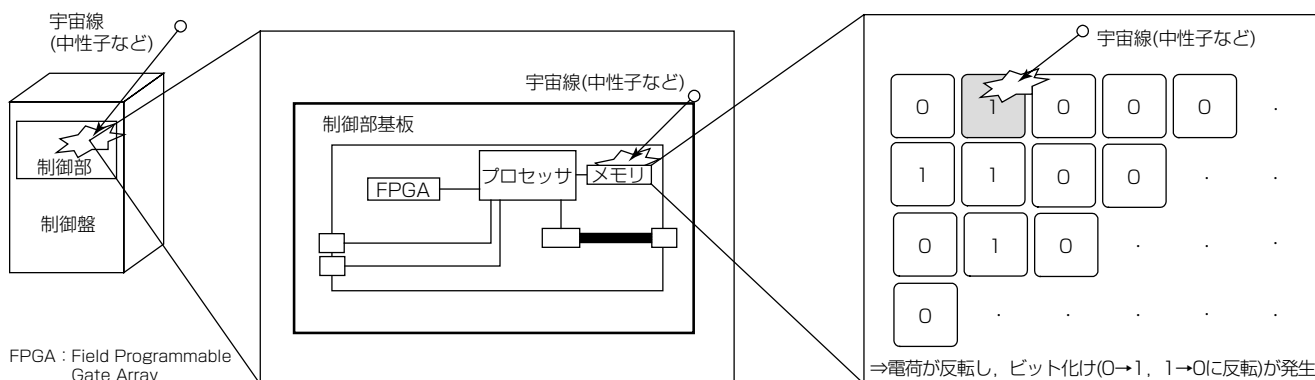


図2. メモリのSEUイメージ

(1) リカバリー処理(データ誤り訂正)

現行機種で採用しているECC(Error Checking and Correction)メモリによるデータの自動修復に加え、

- ①三菱電機独自技術によるキャッシュメモリの自動修復
- ②パリティエラー検知時の再送機能

を新たに追加し、データ誤り訂正機能を強化した。各メモリの高信頼化方法を表1に示す。

表1. メモリの高信頼化方法

リカバリ方法	ECCメモリによる自動修復	キャッシュメモリの自動修復	パリティエラー検知+再送
メインメモリ	○		
プロセッサ	一次キャッシュ	○	
	二次キャッシュ	○	
その他(通信用メモリなど)	○		○

(2) リポート処理(自動復帰)

リカバリー処理で修復できない異常が発生した場合は、従来と同様に2重化CPUの自動系切換えによって制御機能を維持する。MELTAC-CXではこれに加え、異常が発生したCPUを再起動させ、待機系として自動復帰させるリポート処理を追加実装した。これによって、片系CPUの制御状態から待機2重化の制御状態にすみやかに復帰させることを可能とした。

3.1.2 不信頼情報継承の高度化

MELTAC-CXには、当該信号が入力カード故障等を要因とした不信頼状態(正常ではない“不信頼”な演算であること)を信号点ごとに確認可能な“不信頼情報”を実装した。“不信頼”な信号を入力とする演算では“不信頼情報”を継承し、演算結果が入力信号の“不信頼”の影響を受けている可能性があることを判別可能とするだけでなく、次の2つの対策によって、“不信頼情報”の継承を高度化し、監視・制御の改善を図った。

(1) 正常に確定する演算結果への継承抑制

OR演算を例とした場合、少なくとも1つの入力が必要なONである場合、他の入力に“不信頼”であっても演算結果はONに確定する。このように、入力に“不信頼”が含まれていても、演算結果が“正常”に確定する場合は、“不信頼情報”の継承を抑制するように改善し、“不信頼情報”を用いた監視・制御の改善を図った。

(2) ループを含めた継承の適正化

ループ状の演算ロジックでは、ループ内POLの出力は、結果的に当該POLの入力につながる。MELTAC-CXではこのようなループでも、起点となる信号の“正常/不信頼”の状態に対応して“不信頼情報”を正しく継承できるように

改善した。従来は、ループ内に“不信頼”が発生した場合に、永続的に“不信頼情報”が継承するのを防止するため、ループ内POLの一部で“不信頼情報”の継承を抑制する必要があった。MELTAC-CXでは、これを不要とし、起点の場所にかかわらず“不信頼情報”を正しく継承し、起点の“不信頼”が復帰した場合には継承が停止するように改善した。

3.1.3 電源モジュールの統一

MELTAC-CXではCPU部・PIO部に共用可能な大容量(400W at 60℃)・長寿命のAC/DC電源ユニットを開発した。共用化・大容量化によるAC/DC電源ユニット数の削減と、長寿命のアルミ電解コンデンサ採用による交換周期の長期化によって、定期交換費用低減を実現した。

3.2 OPS

3.2.1 ユニバーサルデザイン

プラントの監視・操作を支えるOPSでは、直観的な操作を支援し、誤操作を防止することが重要である。MELTAC-CXでは、視認性向上による負担軽減のため、OPS画面にユニバーサルデザインを採用した(図3)。

3.2.2 OPSと制御装置保守ツールの連携強化

MELTAC-CXでは、ユーザーエンジニアリングの効率化を目的としてOPSと制御装置保守ツールの連携機能を強化した。次に適用例を示す。

(1) 統合データベース

従来、OPSと制御装置で個別に定義していた項目に統合データベースによる一元管理を導入した。OPSと制御装置の製作作業、データ更新(改造)を同時に実施しない運用にも柔軟に対応可能なようにOPS側、制御装置側個別のデータ変更も可能な仕組みを取り入れた統合データベースを開発し

◇ 一般論文 ◇

た。これによって制御装置とOPS間のデータ呼び合いを自動化し、アプリケーションソフトウェア製作時間を短縮した。

(2) ロジックモニタ・パラメータチューニング機能

OPSの系統図画面や警報表示画面からダイレクトに制御装置の制御ロジックモニタ画面に遷移し、パラメータの調整・演算出力データ設定を可能とした(図4)。これによって、OPSの系統図、警報表示画面に対応した制御装置側のロジックやパラメータを即座に確認・変更可能であり、異常発生時の部位特定容易化を含めた作業の効率化を実現した。

3.3 保守ツール

3.3.1 既設ソフトウェアコンバート機能

MELTAC-Cシリーズの制御ソフトウェアは、POLで記



図3. OPSユニバーサルデザイン適用例

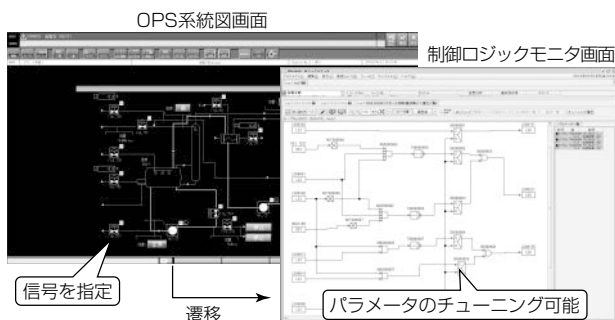


図4. 制御ロジックモニタ画面からのパラメータチューニング

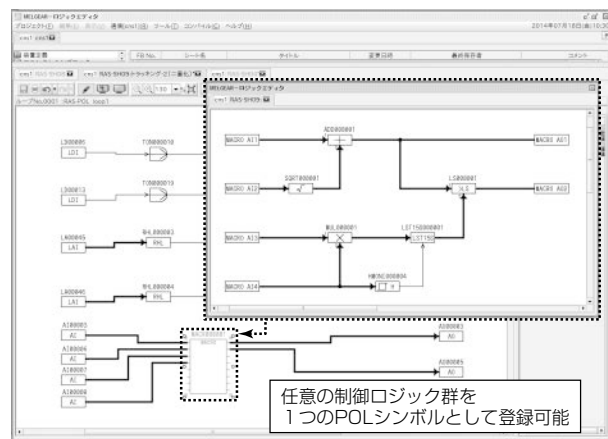


図5. マクロPOLのイメージ

述する。POLは、演算要素となるシンボルを接続・組合せ、制御ソフトウェアを構成する。MELTAC-CXは、更新工事への適用を見据え、MELTAC-Cシリーズ用の制御ソフトウェアをMELTAC-CX用に自動変換・インポートする機能を開発した。自動変換・インポート機能によって、シンボルの接続関係、演算順序、及びパラメータの互換性を保ったまま、変換可能である。これによって、ソフトウェアの品質を維持した上でエンジニアリングの合理化を実現した。

3.3.2 マクロPOL機能

制御ロジック作成時、同一の制御ロジック群を多数使用する場合があります。これを考慮し、作成した制御ロジック群を1つのPOLシンボルとして取り扱可能なマクロPOL機能をサポートした(図5)。マクロPOLを構成する各制御ロジックの演算状態も通常の制御ロジックと同様にオンラインでモニタ可能とすることで、制御ロジック全体の可読性向上とマクロPOL内部の可読性を両立させつつ、エンジニアリング時間の低減を実現した。

4. 更新工事への適用計画

国内原子力プラント補助・周辺設備、及び原子力関連設備の更新工事へのMELTAC-CXの適用を計画している。昨今の更新工事では、設備構成の統合・合理化と機能拡張に伴う改造工事の同時実施によって工事規模が大きくなる方向で、現地工事期間の短縮についての要望は高まる傾向にある。

現行機種であるMELTAC-700CからMELTAC-CXへの更新工事では、既設資産を最大限に活用する方針である。MELTAC-CXの既設PIOとのインタフェース機能によって、現地工事期間に大きく影響する外部とのインタフェースに関しては、PIO盤、及び外部ケーブルをそのまま流用し、CPU盤内のCPUユニットだけを更新する。これによって、改造物量を最小化し、現地工事期間を大幅に短縮できる。また、既設の制御ソフトウェアの自動変換・インポート機能の活用によって、既設設備で運用実績のある制御ソフトウェアを流用可能である。これによって、更新工事に変更しない部分については、演算順序を含め、既設設備と同一の制御を維持できる。

一方、他社製の制御盤からMELTAC-CXへの更新工事では、多点型、かつ実装効率に優れる分散PIOの適用によって、機器追加を図ったうえで、既設設備と同一盤面数での更新に対応する計画としている。

5. む す び

現在、MELTAC-CX適用工事のシステム設計を実施中である。今後、保守ツール機能向上、OPS機能向上等を行い、更なるユーザーメリットを実現する製品開発を実施していく。