

安全 PLC:TOYOPUC-PCS

Safety PLC:TOYOPUC-PCS

荒木 力 T. Araki

TOYOPUC-PCS is the first Safety PLC (programmable logic controller) for machine safety in Japan, certified according to international safety standards. TOYOPUC-PCS makes it possible to improve reliability of safety control, to downsize the equipment and to improve maintainability. Moreover, its safety optical fiber communication makes the decentralized safety I/O system, which enables decreasing I/O wiring.

Key Words:Machine safety,Safety PLC,Optical fiber,Safety communication,High speed reaction time, International Safety Standards

1. はじめに

欧州、北米を含め、IEC61508 や EN954-1 による二重化の要求など安全の規格化、法制化が進み、設備機械はその危険性のレベルにより、一層の安全性を要求されるようになってきた。このような安全意識の世界的な高まりの中、日本でも従来の「安全は教育・訓練で確保する」という考えから、「本質安全」の考え方に変化しつつあり、安全関連の JIS 規格も制定されるようになってきた。ただし、本質安全を従来のハードワイヤ回路で実現した場合、安全制御回路は複雑となり、コスト、スペース、安全性等の問題があった。

TOYOPUC-PCS は、「人の安全を守る設備制御への要求」と「お客様ニーズ（設備の納期短縮やコスト削減など）」に対応するために、JTEKT がもつ長年にわたる PLC 開発の経験と工作機械制御の実績を基に開発されたもので、世界最高レベルの処理速度と使いやすさを実現した（図 1）。

本編では、TOYOPUC-PCS と開発中の TOYOPUC-PCS-J の紹介をする。



図 1 TOYOPUC-PCS の外観
TOYOPUC - PCS - External view

2. 開発のねらい

TOYOPUC-PCS の開発にあたり、従来のハードワイヤの安全制御の問題点の解決と安全規格への適用を課題とした。

2.1 従来のハードワイヤ安全制御の問題点

従来、安全規格上で一般の PLC を安全制御に使用することはできず、安全制御には安全リレーが使用された。この場合、次のような問題がある。

(1) 回路が複雑になる

安全回路の複雑さから、次のような問題が発生していた。

- ・ 配線ミス等で、設備の立上げに時間がかかる
- ・ 制御盤が大きくなる
- ・ 配線コストが高い
- ・ 設計・調整時間が膨大になる

(2) 設備の稼働率が低い

予期せぬ非常停止が発生した場合、リレーを使用したハードワイヤ回路ではテスター等を使用して原因を調査しなければならぬため、復旧に時間がかかった。

2.2 TOYOPUC-PCS による安全制御のメリット (図2)

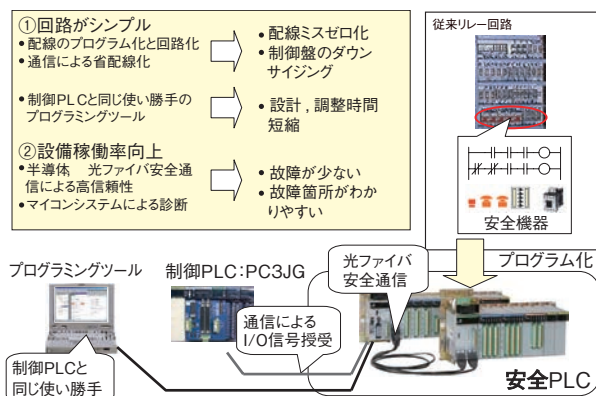


図2 安全PLCの導入のメリット
Advantage of introducing the Safety PLC

安全 PLC:TOYOPUC-PCS を使用することにより、前述の問題は次のように解決される。

(1) 回路をシンプル化

配線のプログラム化と回路化と通信による省配線化により、

- ・ 配線ミスゼロ化
- ・ 配線コスト削減 (図3)

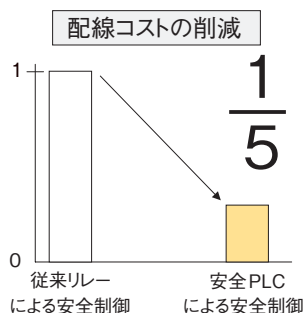


図3 配線コストの削減
Reduction in wiring cost

・ 制御盤のダウンサイジングを実現する。

また、プログラミングツールの使い勝手を当社の制御 PLC:TOYOPUC-PC3JG と同一にすることにより、設計、調整時間が短縮する。

(2) 設備稼働率向上

半導体、光ファイバ安全通信の高い信頼性が、故障が少ない安全システムを実現する。

また、いったん故障が発生した場合でも、マイクロプロセッサシステムによって診断されるため、異常情報が詳細に報告され、故障復旧時間が大幅に短縮される (図4)。

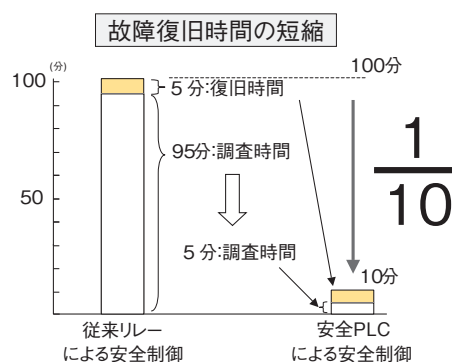


図4 故障復旧時間の短縮
Reduction in Recovery time

2.2 安全規格の要求

TOYOPUC-PCS の開発にあたり、適用される最大の安全レベルを

- ・ 欧州安全規格 EN954-1 (安全制御システムの設計原則) のカテゴリー 4
- ・ 国際安全規格 IEC61508 (機能安全電気/電子/プログラム可能な電子システム) の SIL (System Integration Level) 3

とした。これらは、機械安全制御では最高の安全性を要求されるシステムに適用されるレベルである。

3 安全規格への適合

開発目標とする安全規格の要求を満足するため、TOYOPUC-PCS では以下の設計コンセプトで開発された。

このコンセプトが安全規格に適合していることは認証機関で審査され、確認された。また、開発された TOYOPUC-PCS がコンセプト通りに設計され、安全規格の要求に適合していることは認証機関で審査され、確認された。

3.1 TOYOPUC-PCS のアーキテクチャ

- (1) ハードウェア・ソフトウェアの2重化 (A 側 + B 側の2重化構造) (図5)

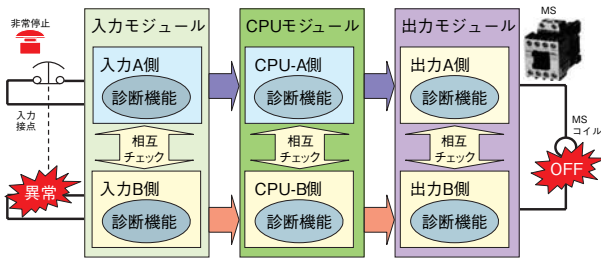


図5 TOYOPUC-PCSシステムの基本的構造
Basic configuration of the TOYOPUC-PCS System

- (2) 診断機能 (システムの自己診断および機器接続診断を常時実施)
- (3) 相互チェック (A側-B側間での動作チェック)
- (4) 異常検知時には全出力を即時遮断

このシステムは IEC61508-6 で規定する 1oo2 と呼ばれるアーキテクチャに相当する (図6)。

IEC61508-6:1oo2D (1 out of 2 diagnostic)

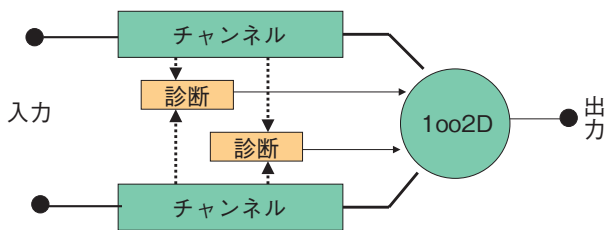


図6 TOYOPUC-PCSのアーキテクチャ
TOYOPUC-PCS architecture

3.2 マイクロプロセッサによる自己診断

表1 に示す自己診断がマイクロプロセッサソフトウェアで実施される。これらの故障はオンラインで常時検査される。

表1 安全PLCの信頼性向上のための自己診断項目
Self-diagnosis items which improve safety PLC reliability

対象	方法	電源ON/リセット	運転中	備考	
マイクロプロセッサシステム	ROM	CRCチェック	○	○	
	RAM	アドレスチェック	○	○	特許出願
	CPU	セルチェック	○	○	
		命令チェック	○	○	
		レジスタチェック	○	○	
I/O	入力	ジャンプコイルチェック	○	○	
		不一致チェック	○	○	
		パルスチェック	○	○	
		クロスチェック	○	○	特許出願
	出力	電源チェック	○	○	
		コモンリレーチェック	○	-	
		出力リレーチェック	○	○	
安全通信	パルスチェック	○	○		
	リードバックチェック	○	○		
安全通信	電源チェック	○	○		
	ビットエラーレートモニタ	-	○	特許出願	
	データ比較チェック	-	○		

4. TOYOPUC-PCSの特長

TOYOPUC-PCS は安全 PLC として世界最高レベルの高速応答性 (図7) と省スペース性 (図8) を実現した。

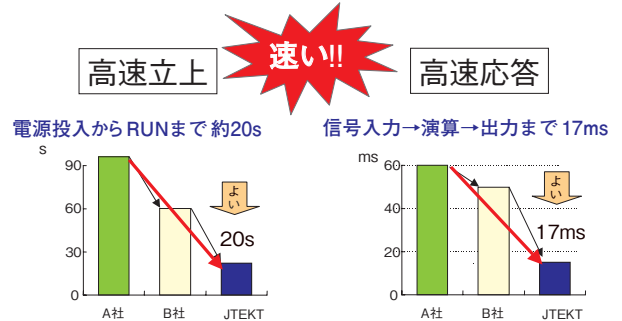


図7 他社比較 (スピード)
Comparison with other companies (Speed)

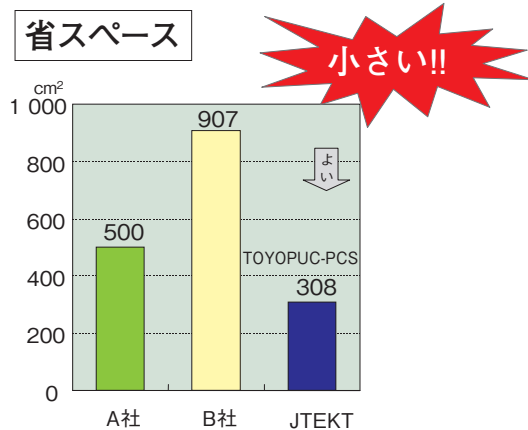


図8 他社比較 (省スペース性)
Comparison with other companies (Space-saving advantage)

また、光ファイバによる安全通信システムは世界最速の高速応答性を実現し、省配線化を図るとともに、高いレベルの安全制御システムを実現できる。

4.1 世界最高レベルの応答速度

安全 PLC に要求される最も重要なスペックのひとつが応答速度である。安全制御では応答速度はワーストケースでの応答時間を指す。

TOYOPUC-PCS では、ワーストケースの応答時間を短くする技術の開発に成功し、TOYOPUC-PCS 単体システムでの応答速度は、17ms (半導体出力) / 32ms (リレー出力) を実現した。これは安全 PLC として世界最高レベルの高速応答性能である。

4.2 高速安全通信システム

現在、欧州メーカーを中心にいくつかの安全通信システムが存在するが、大規模な分散 I/O 制御システムを構築するに十分なデータ量と優れた応答性の両方を満足するものはない。TOYOPUC-PCS で開発された安全通信システムは、十分なデータ量と高速応答性を実現し、大規模な分散 I/O 制御システムの構築を可能にする。

(1) 世界最速の応答速度

安全通信において、重要なスペックは通信速度ではなくシステムとしての応答速度である。TOYOPUC-PCS の安全通信技術は、応答速度をいかに速くするかを追求して開発された。その結果、TOYOPUC-PCS の分散 I/O 制御システムでの応答速度は、50.5ms (半導体出力) / 65.5ms (リレー出力) を実現した。これは同クラスの安全通信として世界最速の高速応答性能である。

(2) 安全通信回線の信頼性要求

安全通信としての信頼性の要求項目に BER (ビットエラーレート：通信回線上のビット誤り率) があり、 10^{-7} 以下であることが要求されている。新開発技術：ビットエラーモニタにより、この要求を満足し、かつ大規模分散 I/O 制御システムとして必要なデータ量を含む安全通信フレームを実現した。

5. 開発中製品の紹介 :TOYOPUC-PCS-J

安全 PLC は比較的 I/O 点数が多い設備での安全制御で導入されることが多い。その反面、I/O 点数が少ない設備では、コストメリットなどの面から安全 PLC が導入されることは少なく、依然として安全リレーによるハードワイヤ回路のままであることが多い。

現在開発中の安全 PLC:TOYOPUC-PCS-J は、I/O 点数が少ない設備にも導入可能な安全 PLC である。その特徴は以下の点にある。

5.1 低コスト安全 PLC

TOYOPUC-PCS で培ったジェイテクトの安全制御技術をベースに、徹底したコストダウンを図り、コストメリットが出る設備の範囲を大幅に拡大している。

5.2 「らくらくセーフティー」コンセプト

簡単な制御から複雑な制御まで幅広いエリアをカバーし、高度なエンジニアリングスキルがなくても安全

PLC を導入できるよう、下記の 3 つのプログラミングモードを備えている。

(1) モード1：プログラムレス運転

プログラミングを必要とせず、モジュール固定の安全制御アプリケーションがモジュールの接続順にしたがって実行される。したがってプログラミングに関するエンジニアリングスキルはほとんどいらない。

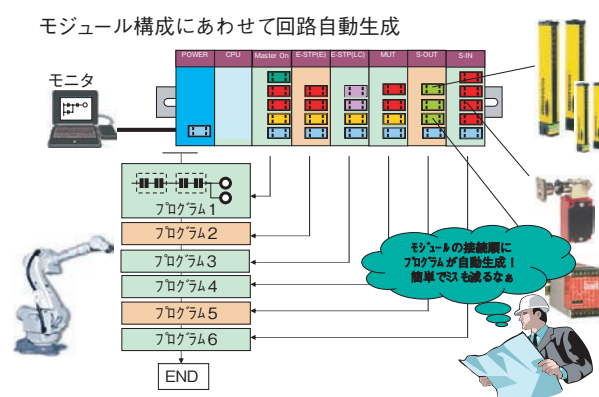


図9 モード1: プログラムレス運転(安全回路自動生成)
Mode 1: Operation without programming
(Automatic generation of safety circuits)

(2) モード2：イージープログラミング

あらかじめモジュール毎に標準化されたファンクションブロックを、フローチャートのようなシンプルな表現でグラフィカルにプログラミングする。プログラミングに関する高度なエンジニアリングスキルはいらない。

フローチャート形式のシンプルプログラミング

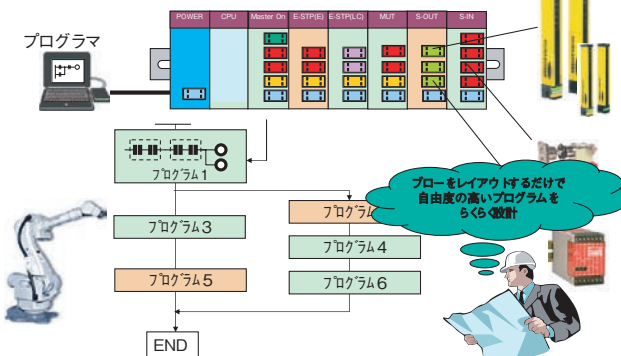


図10 モード2: イージープログラミングモード
Mode 2: Easy programming mode

(3) モード3：フリープログラミング

ラダー回路、ファンクションブロックで安全回路アプリケーションを作成する。プログラミングに関するエンジニアリングスキルは必要であるが、最も自由度の高いプログラミングができる。さらに、非安全 I/O モジュールを使用した非安全制御も可能であり、1 台の CPU で安全制御と非安全制御が可能である。

ひとつのCPUで安全制御と非安全制御が可能

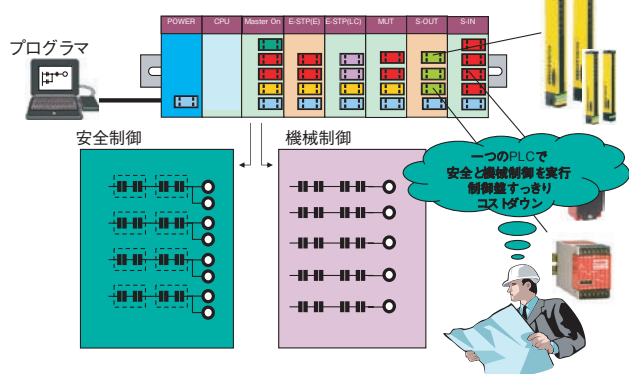


図 11 モード3: フリープログラミングモード(安全と非安全)
Mode 3: Non-restricting programming mode
(Safety and non-safety)

TOYOPUC-PCS-J は、2007 年春に認証を取得し、リリースする予定である。

なお、日本国際工作機械見本市（JIMOF）西館では、ジェイテクトグループのFAソリューションのひとつとして、TOYOPUC-PCSとともに開発中のTOYOPUC-PCS-Jを展示する。

これからも、日本の安全 PLC の先駆けとなった TOYOPUC-PCS シリーズがより多くの設備で活躍し、労働者が安心して働ける安全環境に貢献することを期待している。

参考文献

1) 荒木力：豊田工機技報，vol.45，no.3（2005）49.

筆者



荒木 力*
T. Araki

* 工作機械・メカトロ事業本部 メカトロ技術部