

PLCopen Japan

Mitsui Sumitomo Bank Ningyo-cho Bldg., (Inside the office of Fuji Electric)
5-7,Nihonbashi Ohdemma-cho, Tokyo 103-0011,Jpan
<http://www.plcopen-japan.jp>

制御システムメーカーの技術課題と解決への取組み

PLCopenJapan 代表幹事 川島重雄*

1. はじめに

現在の工業用制御システムは、その殆どはPLCシステムによって構成されている。PLCopen Japan は、PLC の最大のユーザ団体である(社)日本配電制御システム工業会 (以下JSIA)と共同で、制御システムメーカーの技術課題の調査とその解決策についての共同研究を 2006 年秋から開始し、2007 年秋まで実施した。その成果は、2007 年11月 15 日にJSIA主催の制御・情報システム技術セミナーにて発表され、共同研究報告書は A4約 100 ページに及ぶ文書【PLC 制御システムの合理化と IEC61131-3 :副題～制御システムメーカーの技術課題解決の為に～】としてまとめられ、近く出版される予定である。本稿では、その共同研究の概要について紹介する。

2. 研究活動について

研究活動は JSIA 側から 5 名、PLCopen Japan 側から 8 名の合計 13 名で行われた。(写真 1)



写真1. JSIA,PLCopen Japan 共同研究風景

2-1. 制御システムメーカーの抱える技術的課題

最初に JSIA の制御・情報システム部会メンバーと PLCopen Japan の代表者によって、制御システムメーカーの抱える技術的課題について調査・分析をした。方法とし

ては、「JSIA 会員各社が抱えている具体的な問題を収集リストアップ→キーワードの抽出→ウエイト付・分析と課題の整理」という手順で行った。

その結果を要約したものが、第 1 図.制御システムメーカーの課題である。

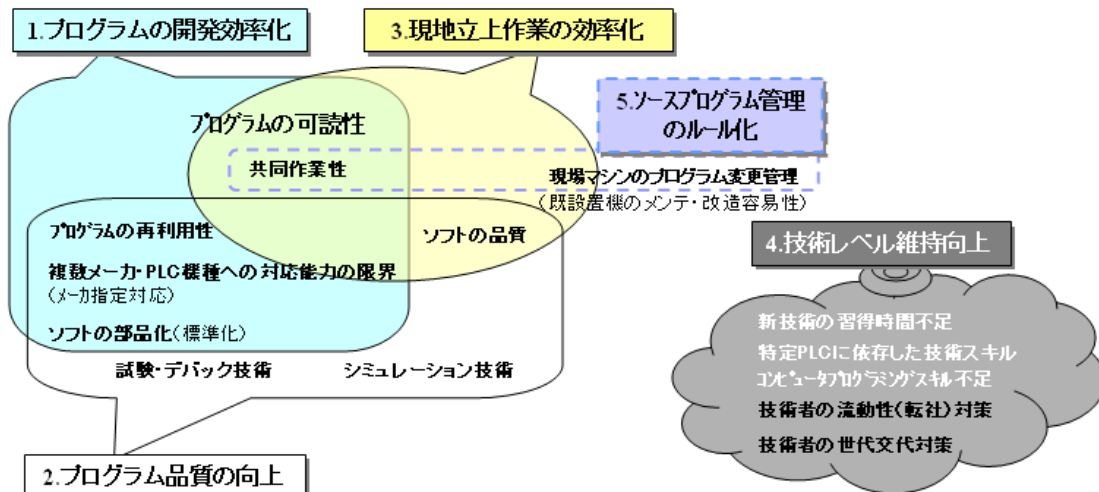


図1. 制御システムメーカーの課題

PLCopen Japan

Mitsui Sumitomo Bank Ningyo-cho Bldg., (Inside the office of Fuji Electric)
 5-7, Nihonbashi Ohdemma-cho, Tokyo 103-0011, Jpan
<http://www.plcopen-japan.jp>

2-3. PLC システムのコスト構成変化とソフトウェア=エンジニアリングの重要性の認識

PLC の生産メーカ団体である(社)日本電機工業会の資料によると、PLC の年間出荷高は1,500億円、180万台に達しており、その内直接輸出されるものが台数ベースで 60%弱、金額ベースで 30%

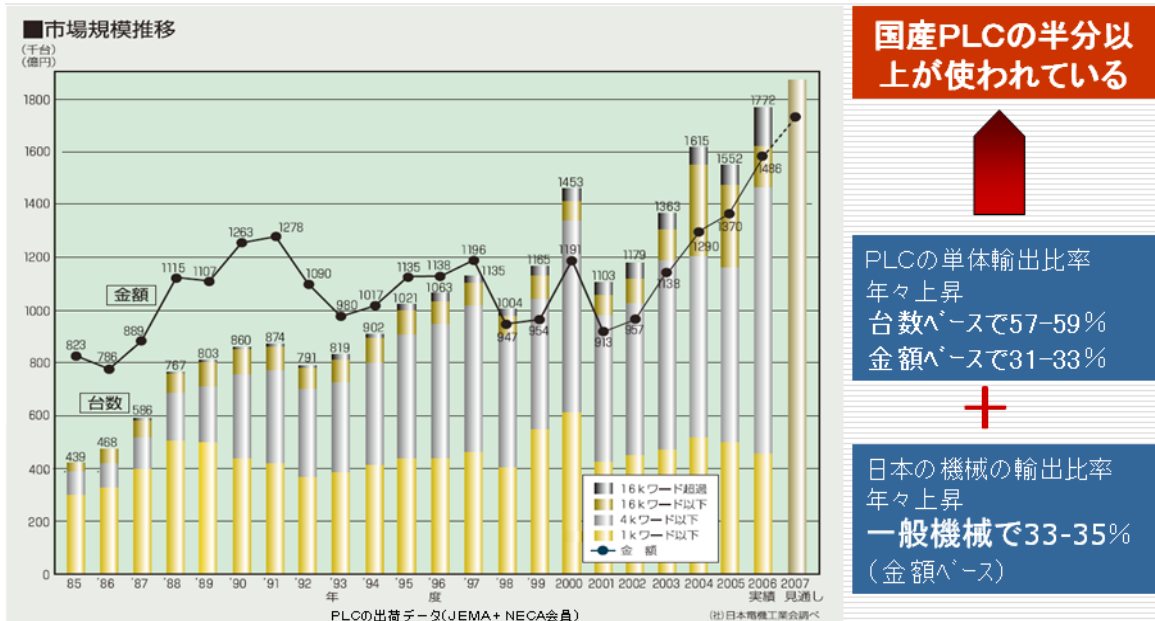


図2. 日本製PLCの市場

強あり、国内出荷されるPLCも機械に組み込まれるが日本の一般機械は金額ベースその1/3が輸出されるため、国産PLCの海外で使用される比率はさらに高くなっている。また、PLCのプログラムのメモリ容量も大容量化(特に国内出荷分)していることが判った。(図2参照)

PLC のアプリケーションを担当するJSIAの業務量を推計するため、PLCの出荷総メモリ容量に着目した。
 PLC 台数が過去 10 間に 1.7 倍になったのに対して、メモリ容量は 3.5 倍に達していることが判った。(図3参照)

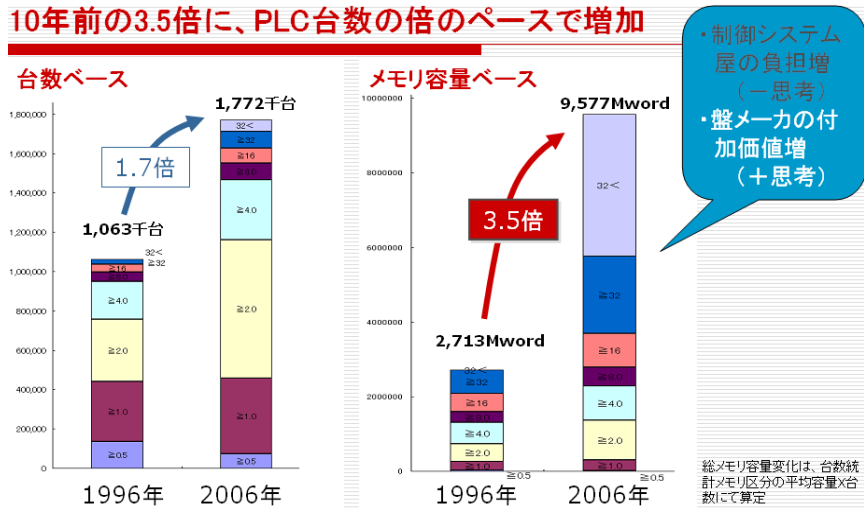


図3. 増える続ける PLC のプログラミング量

このデータは、JSIA 会員のPLC制御システム事業において、【アプリケーションソフト作成やエンジニアリングの負担が増えている】という実感を裏付けている。

PLCopen Japan

Mitsui Sumitomo Bank Ningyo-cho Bldg., (Inside the office of Fuji Electric)
5-7, Nihonbashi Ohdemma-cho, Tokyo 103-0011, Jpan
<http://www.plcopen-japan.jp>

一方、PLC システムのコスト構成変化の調査データが、PLCopen Japan 側から報告された。(図4参照)

最近では PLC の高性能化・大容量化が目覚しく、その応用面でも大きな変化がおきている。従来高価な専用コントローラで行っていたモーション制御や計装制御を、PLC のソフトウェアに置き換える動きが活発である。その結果、機械装置のコストの中に占めるソフトウェアの比率は年々上昇しており、最近の調査では装置コストの 40% に達している。

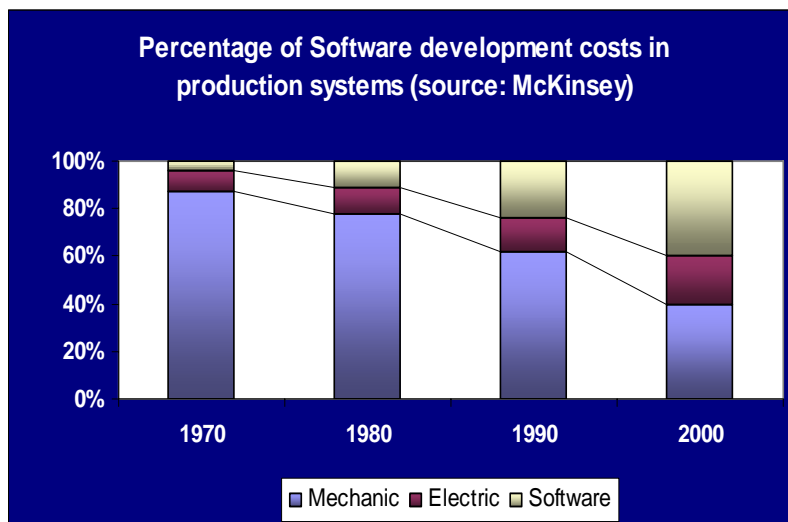


図4. PLC システムのコスト構成の変化

これは、JSIA 会員の付加価値の増大を意味している一方、機装置のコスト削減や品質向上は「ソフトウェア」を抜きに語れないことを示し、エンジニアリング技術を磨くことが今後の JSIA 会員の重要課題であることが再認識された。この調査は国際的な機関によるものだが、前項の制御システムメーカーの抱える技術的課題の調査結果で述べたとおり、日本にも当て嵌まる。

これらの基礎情報の共有を基に、PLC のプログラミングの技術課題や最近の技術動向について検討を行った。

PLC は PC 技術の産業応用としてその進歩と共に発展し、この過程は5年から10年の遅れで PC 技術が PLC に応用され実現される歴史を繰り返してきた。PC システムのコスト構成変化(所謂ソフトリッチ化)は相当以前から認識され、PC 分野ではソフトウェアの開発技術(作成コスト削減と品質向上)の研究が活発に行われ、「ソフトウェアの標準化(部品化)・構造化は判りやすく、高品質で、かつソフト開発効率を高める効果がある」ことが広く実証されてきた。しかし、限られたハードウェア資源から如何に高い性能を絞り出すかが「プログラマーの腕」と考えられていた日本の PLC の世界では、未だ PLC ハードウェア依存で作成者本人以外は解読できず、再利用やメンテナンスが困難なソフトウェアが横行している。つまり、ハードウェアの進歩にソフトウェアが追従できていないのが現状である。日本で多く使用されている PLC の LD プログラミングは、マシン語に近く極めてプリミティブなので、進化した PC のソフトウェアの技術が導入されていない。所謂 IEC-PLC は PC 技術を反映したソフトリッチ対応の新世代 PLC である。しかし LD 文化で育った技術者には容易に理解できない壁があることも判った。メンバーは、まずこの共通理解に取り組んだ。

PLCopen Japan

Mitsui Sumitomo Bank Ningyo-cho Bldg., (Inside the office of Fuji Electric)
5-7, Nihonbashi Ohdemma-cho, Tokyo 103-0011, Jpan
<http://www.plcopen-japan.jp>

3. 従来 PLC と IEC-PLC の違い(共通理解のために)

IEC61131-3 というとき、5 言語（正しくは IL, ST, LD, FBD の 4 言語と SFC の 1 要素）が注目され、プログラミング言語の規格と思われがちだが、「プログラムの表記や文法などの言語と共に PLC やプログラムを構成する要素、変数などの定義を標準化したもの」である。IEC61131-3

表 1. 最初に感じる「従来 PLC」と「IEC-PLC」の主な違い

	主な作業内容	従来 PLC での作業・機能	IEC-PLC での作業・機能
定義作業	ハードウェア構成情報の定義	設計作図作業で実施。プログラミングツール（以下ツール）としての機能はない。	ツールで構成情報を定義。プロジェクトとしてプログラムとハードウェア構成を一括管理し一意性を確保。
	I/O メモリ、変数の定義	PLC 固有のメモリマップ（絶対アドレス）毎に、ラベル・信号名を決め。これが変数の定義にあたる。プログラム内で使用する補助メモリも割付がある。	PLC 固有のメモリマップは意識せず、変数を定義（変数名、変数の形など）。絶対アドレスは入出力などのみ定義。プログラム内で使用する変数は、メモリ割付は不要（ツールで自動処理）。
	変数の形を定義	用途に合わせて、メモリマップからメモリの種類で形を選択割付。命令種類、データにより形を常に意識する必要がある。	変数毎にツール（エクセル表などでも）で変数の形を定義する。違った形同士の演算を防ぎプログラムの信頼性が向上する。PLC の機種・ベンダー非依存。
ソフト作成	応用命令の使用	PLC のベンダー・機種ごとに提供された固有の応用命令を理解して使用。	ファンクションブロック（FB）、ファンクション（FUN）がこれに当たる。使用者が独自の FB、FUN を作りソフト部品のライブラリー化もできる。
	ソフトウェアのブロック化、機能単位のブロックに分けてのソフト作成	機能単位のソフトブロックをサブルーチンで処理するなど。しかし完成したプログラムは巻物状になり、作成者以外の可読性は低くなる。	最小単位のソフトブロックは POU と呼ばれる単位でソフト作成する。 POU 内プログラムで使用できる変数には内部だけで使うローカル変数（POU の外からは見えない）と、プログラム全体で共通に使えるグローバル変数がある。 ローカル変数、アドレス定義不要と相まってソフトの部品化・再利用性が向上。 更に大きなソフトウェアのブロックは、FB、FCT を FBD 言語で組み合わせて構築する。
	割り込み処理等プログラムの処理順設定	PLC のベンダー・機種ごとに提供された固有割り込み命令、定周期実行指定命令等により実行方法を定義。	タスクの概念があり、プログラムをデフォルト・定周期・イベントタスクに割り当てればよい。
	言語の選択	ラダー言語を中心としているが最近では ST 言語、FBD 言語などの利用可能なものもある。	IEC5 言語をシーケンス処理、データフロー処理、数値演算など処理内容に応じて自由に使い分けられる。
転送デバッグ	PLC への転送（ロード）	ツールでソースプログラム作成後に PLC に転送処理する。コンパイルは意識しない。ST など高級言語をサポートしている機種はツール内で転送処理中に実際にはコンパイル処理をしている。	ソースプログラム作成後にコンパイル処理（文法など各種チェックと実行コードへの変換）を行った後に、PLC に転送する。
	PLC からのアップロード	ツールで PLC 内の実行コードを吸い上げて、ソースプログラムを再現できる。ST などコンパイル処理をしているものではないが、ソースプログラムを PLC 内に格納し見かけ上できるようにしている。	ツールで PLC 内の実行コードを吸い上げても、ソースプログラムを再現できない。ソースプログラムを圧縮して PLC 内に格納し見かけ上できるようにしているものもある。

PLCopen Japan

Mitsui Sumitomo Bank Ningyo-cho Bldg., (Inside the office of Fuji Electric)
5-7, Nihonbashi Ohdemma-cho, Tokyo 103-0011, Jpan
<http://www.plcopen-japan.jp>

の基本を理解するためにあえて従来 PLC と IEC-PLC の違いを明確にした。メンバーは従来から日本で多く使われている LD 言語を中心にプログラミングを行い、予めメモリマップ上に入出力、補助メモリ、タイマ・カウンタ、ファイルなど用途毎に領域が割り付けられている PLC を「従来 PLC」と呼び、変数名プログラミング、ファンクションブロック、ST 言語、FBD 言語など IEC61131-3（以下、IEC 規格）を積極的に活用したプログラミングスタイルをとり、更にコンピュータのアプリケーション開発言語と同様に特定の PLC のメモリマップを意識せず（＝ PLC 機種依存が少なくなる）プログラミングツールで変数（従来 PLC 用語ではラベル・信号名に相当）等を定義して使用するものを「IEC-PLC」と呼ぶことにした。そして「従来 PLC」のユーザの視点からみて、「IEC-PLC」を使って戸惑う点を纏めた。（表 1）

従来 PLC に比べ IEC-PLC は、プログラミング作業に入る前の設定が多く使いにくいという声をよく聞くが、実は IEC-PLC の場合、特に作業が増えているわけではない。図 5. 作業イメージに示すとおり、設計者は使用する PLC のメモリマップを頭の中にイメージ（即ちこれが定義）し作業しているのに過ぎないことも理解した。

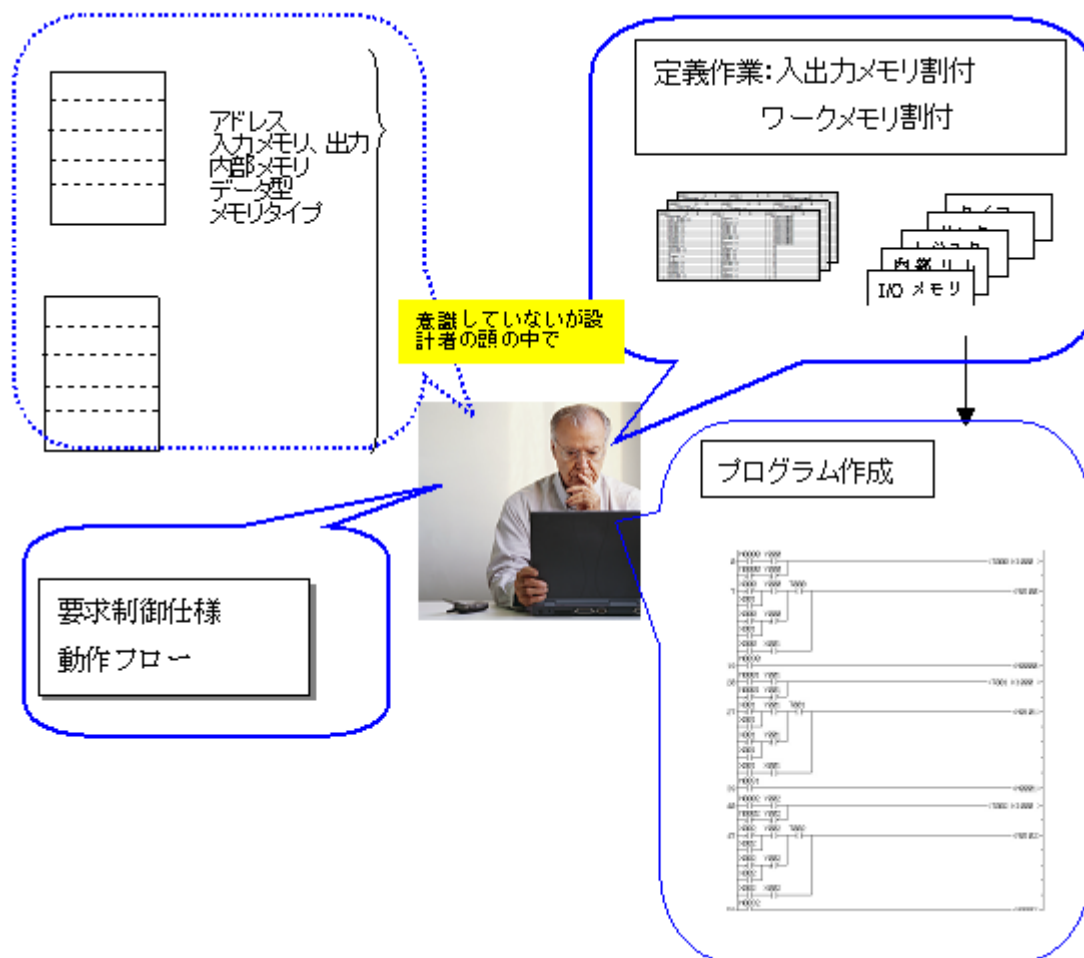


図5. 従来 PLC によるプログラミング

PLCopen Japan

Mitsui Sumitomo Bank Ningyo-cho Bldg., (Inside the office of Fuji Electric)
5-7, Nihonbashi Ohdemma-cho, Tokyo 103-0011, Jpan
<http://www.plcopen-japan.jp>

従って、慣れ親しんだ PLC を使う場合は問題ないが、従来 PLC はメモリマップ・命令などは PLC 機種依存であるため機種やメーカーが違っていると作業が困難になる。メモリマップ・命令の仕様が異なるため、これらを設計者が全て覚えて使い分けることは難しく、また、プログラムの流用、部品化が容易ではないからである。

一方、IEC-PLC は設計者が PLC を独自に定義するため、機種・メーカーに依存度の低いプログラミングができる。さらに変数やデータ形の定義、真の部品化を実現するファンクションブロック (IEC-PLC はプログラミング合理化のキー技術である部品化、構造化プログラミングに適したプログラミング手法をとる)、制御用途に適した言語セット等により、プログラムの信頼性向上が可能である。

従来 PLC の場合は、①不慣れな PLC メーカー指定があった場合の対応に困る。②経済合理性が追求できる PLC のマルチベンダ化が採用できない。③部品化・構造化プログラミング技術が適用しにくいなど、(PC の世界では考えられない) 障害があるが、IEC-PLC を使うとこれらが解決できる。

4. 課題と解決策の概要

以上の検討過程を経て、「2-1. 制御システムメーカーの抱える技術的課題」のブレークダウンと解決策についての研究を行い、研究成果を全12章にまとめた。(写真2)

報告書の構成は次の通りである。

- 第 1 章 制御システムメーカーの技術的課題解決のために
- 第 2 章 PLC システムのコスト構成の変化と
IEC-PLC によるエンジニアリングコストの低減
- 第 3 章 従来 PLC と IEC-PLC の違い
- 第 4 章 IEC-PLC によるプログラムの作成
- 第 5 章 ソフトの部品化について
- 第 6 章 構造化設計と IEC-PLC によるプログラミング
- 第 7 章 実際のプログラミング開発と共同作業
- 第 8 章 デバック、試験検証の効率化
- 第 9 章 PLC ソフトによるモーション制御について
- 第 10 章 異メーカー・異機種 PLC 間でのソフト相互利用について
- 第 12 章 ソースプログラム管理について

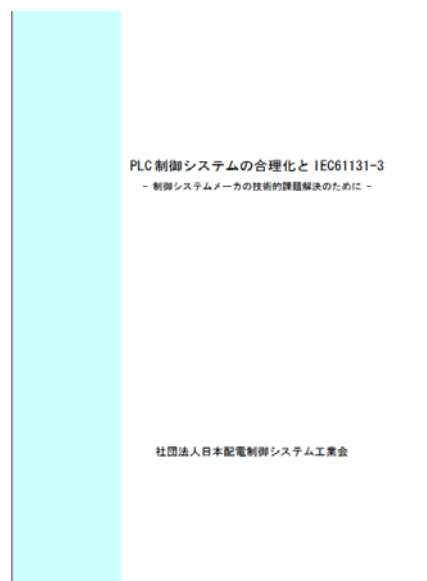


写真2. 共同研究報告書

その概要について課題に沿って要約すると、次の通である。

PLCopen Japan

Mitsui Sumitomo Bank Ningyo-cho Bldg., (Inside the office of Fuji Electric)
5-7, Nihonbashi Ohdemma-cho, Tokyo 103-0011, Jpan
<http://www.plcopen-japan.jp>

課題1: プログラム開発の効率化

誰が作ったプログラムでも第三者が容易に理解できる「可読性」を基本に、既作成のプログラム資産を容易に利用できる「プログラムの再利用性」と複数の技術者が共同で作業できる環境である「共同作業性」が求められている。

その有力な実現手段の1つが、「ソフトの部品化・標準化」であり、「構造化プログラミングの導入」が鍵である。しかし、現在一般に使われているラダー（以下 LD）言語によるプログラミングは、「可読性」や「ソフトの部品化・標準化」にすら限界がある。IEC-PLC がこの解決に極めて有効である。

課題2: プログラム品質の向上

納入先からの技術評価に関係する一方、納期やコスト（開発マンパワー）にも直接影響し、制御システムメーカーの経営に関わる重要なテーマである。「ソフト品質」は、「プログラムの再利用（実績のある資産の利用）」や「ソフトの部品化・標準化」によって向上することは認識されているが、PLC メーカーごとに異なったプログラミングツール・言語である現状では実現しがたい。

IEC-PLC はソフトの部品化を前提としたプログラミング方式を採用しており、しかも機種・メーカーの違いを乗り越える仕組（PLCopen-XML など）を備えており、機種やメーカーの相違を超えたソフト部品の共用や過去のプログラム資産の利用が可能となる。

課題3: 現地立上作業の効率化

システム納入後の調整やソフト修正作業が日常的に発生しており、特に現地出張作業を伴うと多くのロス・コストが発生するため、課題2同様に重要な経営課題である。

ソフト品質の確保が基本だが、複雑なシステムでは顧客の要求仕様と開発仕様の齟齬はある程度容認せざるを得ず、設計者・現地調整員・ユーザ間で情報共有のための「プログラムの可読性」や「共同作業性」の向上が現実的な課題となっている。（課題1, 2と課題の根は同じ）

課題4は技術レベルの維持向

「技術レベル」は当業界の最重要の課題キーワードであるが、このキーワードは「技術スキル」と「技術者不足、技術者世代交代対応」の2つの問題に分けることができる。

制御盤業界のトップレベルの技術者は、その多くがリレーシーケンス時代からその延長線上の PLC 初期に育った人たちである。ここ10数年の間に入社した人達は学生時代にPCのプログラム知識を習得してきたが、入社後はPCのプログラミングの実務は経験せず、それとかけ離れたLDプログラム技術を学習してきた。一方、PCのプログラミング技術は日進月歩で進化し、この技術がPLCに入り「IEC-PLC」が生まれるなどの大きな技術変化が生じているが、優秀な技術者ほど仕事が集中し最新のプログラミング技術の学習時間がとれず、日常業務消化・納期優先となるとどうしても実績のある従来のPLCを使うよう閉循環に陥っている。ユーザからのメーカー指定対応のため複数のメーカーのPLCについて知識を持つことが要求されている。この抜本解決も本研究の目的の1つとした。

後者の問題は、技術者の世代交代及び流動性増大への対応である。即ちプログラムの可読性が高まり、当該設計者以外の他の技術者でも容易に理解でき、現地調整や将来の改造要求に（担当設

PLCopen Japan

Mitsui Sumitomo Bank Ningyo-cho Bldg., (Inside the office of Fuji Electric)
5-7, Nihonbashi Ohdemma-cho, Tokyo 103-0011, Jpan
<http://www.plcopen-japan.jp>

計者が転勤や退社で不在でも) 応えられることと、高いスキルを持った技術者が退職する前に、後継者が容易に利用できる環境を構築する必要がある。IEC-PLCの利用は有効な決策として期待できる。

課題5: ソースプログラム管理のルール化

最近の PLC やプログラマブル表示器は、機器本体に格納され稼動しているプログラム(実行コード)をプログラミングツールにより PC へアップロードしても、変更やメンテナンスに必要な可読性のあるアプリケーションプログラムを再現することが困難なものが多い。ユーザはソースプログラムを保存しておかないと後の変更やメンテナンスに支障が生じる。

人と親和性のある可読性の良いプログラム(ソースコード)は、機械装置を制御するだけでよいプログラム(実行コード)から見るとムダが多く、コンパイルが不可欠となっているためである。

一方、品質管理・安全管理の側面でもソースプログラム管理が重要となってきた。品質マネジメントシステム規格(ISO9000)では、現場で勝手にプログラムを変更し「現場に設置されている PLC 内の実行コードが正規のソースプログラムだ」というような従来 PLC でありがちな運用は禁じられており、機械安全規格(ISO12100)等においても、プログラムの作成・変更は十分なリスクマネジメント下で行うことが求められている。このように品質や安全管理という立場でも、適正なソースプログラム管理の指針策定も本研究の1つとした。

4. おわりに

2005 年フィンランドのヘルシンキで開催された第 38 回技能五輪国際大会のメカトロニクス種目で、日本のチームが IEC 61131-3 に準拠した PLC を使用し金メダルを獲得した。技能五輪では、「高品質のプログラムを如何に短時間で作るかが競われる」わけであり、考えれば当然とも言えるが、制御システムメーカーが直面している課題と一致している。今年3月に行われた国内技能五輪における IEC-PLC 使用状況は表 2 の通りであり、競技の世界では IEC-PLC はすでに国内でもメジャーになっている。

近い将来に目を向けると、PLCopen XML 使ったソフトの共有・相互利用(ソフトバンク)構想がある。ファイル形式に PLCopen XML を採用すれば異機種・異メーカー PLC 間でソフト部品やアプリケーションソフトの相互利用が可能となる。

制御システムメーカーはこれかも、「如何に効率的に高品質の PLC 制御システムを構築するか」と「如何に付加価値のある PLC 制御システムを構築するか」の課題に取り組む事になる。

前者は社内や業界内での PLCopen XML に準拠したソフト部品を相互利用する「ソフトバンク」が有効であり、後者は差別化したソフト部品の開発が鍵となる。

いずれにせよ、これからはアプリケーションソフトウェアやエンジニアリング技術が制御システム事業の基幹技術になることは間違いない。

参考文献：(社)日本配電制御システム工業会、PLCopen Japan 共同研究報告書「PLC 制御システムの合理化と IEC61131-3:副題～制御システムメーカーの技術課題解決の為に～」

(社)日本電機工業会 発行「飛躍するプログラマブルコントローラ」

* 富士電機機器制御(株)勤務、日本工業調査会産業オートメーション技術専門委員会委員