

IEC 61131-3とPLCopen

～ PLCにおける国際規格の普及と技術動向 ～

2012年11月 6日

PLCopen Japan
代表幹事 松隈 隆志

■ Keyword

- ◆ IEC 61131-3
 - PLC（プログラマブル・ロジック・コントローラ）のプログラミング言語に関する国際規格

- ◆ PLCopen
 - IEC 61131-3の普及活動及び認証を行う団体

- ◆ 技術動向（WGの活動）
 - XML, OPC-UA, Motion Control, Safety functionality

- ◆ ユーザ・ベネフィット

- ◆ 1960年代コンピュータ技術の進歩により、産業への応用が要望される
- ◆ 1969年GMの10箇条に対応する為、Bedford Associates社がPLC (Modicon084) を提案・製品化

GMの要求仕様

- ①プログラミングおよびプログラムの変更が容易
- ②保守修理が容易
- ③リレー制御盤より信頼性が高い
- ④リレー制御盤より小形
- ⑤上位コンピュータと結合できる
- ⑥リレー制御盤より経済的
- ⑦AC115Vまでの入力
- ⑧AC115V, 2Aの出力
- ⑨基本システムを容易に拡張
- ⑩4k語までの拡張可能なメモリ

- ◆ 1970年代におけるプログラミング言語の発達と普及
同時期に、米国、欧州、日本で独自の技術開発と応用が進む（言語が乱立）



- ハードウェアは各社の独自性を尊重し、言語は統一する方向へ
- IEC SC65B/WG7/TF3で制定作業、1993年にIEC 61131-3を発行
- 以後、各国の国家規格へ

IEC 61131-3とJIS B 3503

IEC 番号	JIS 番号	規格名称	現在の状態
	B 3500	用語	JIS のみ
IEC 61131-1	B 3501	一般情報	
IEC 61131-2	B 3502	装置への要求事項及び試験	
IEC 61131-3	B 3503	プログラミング言語	2012.6.20 改正
IEC 61131-4	B 3504 ?	ハードウェアガイドライン	JIS 作業中
IEC 61131-5		通信	
IEC 61131-6		機能安全	FDIS
IEC 61131-7		ファジィ制御	
IEC 61131-8		ソフトウェアガイドライン	JIS 化提案
IEC 61131-9		IO-Link インターフェイス	

表1.

◆ 1992年設立（20周年）

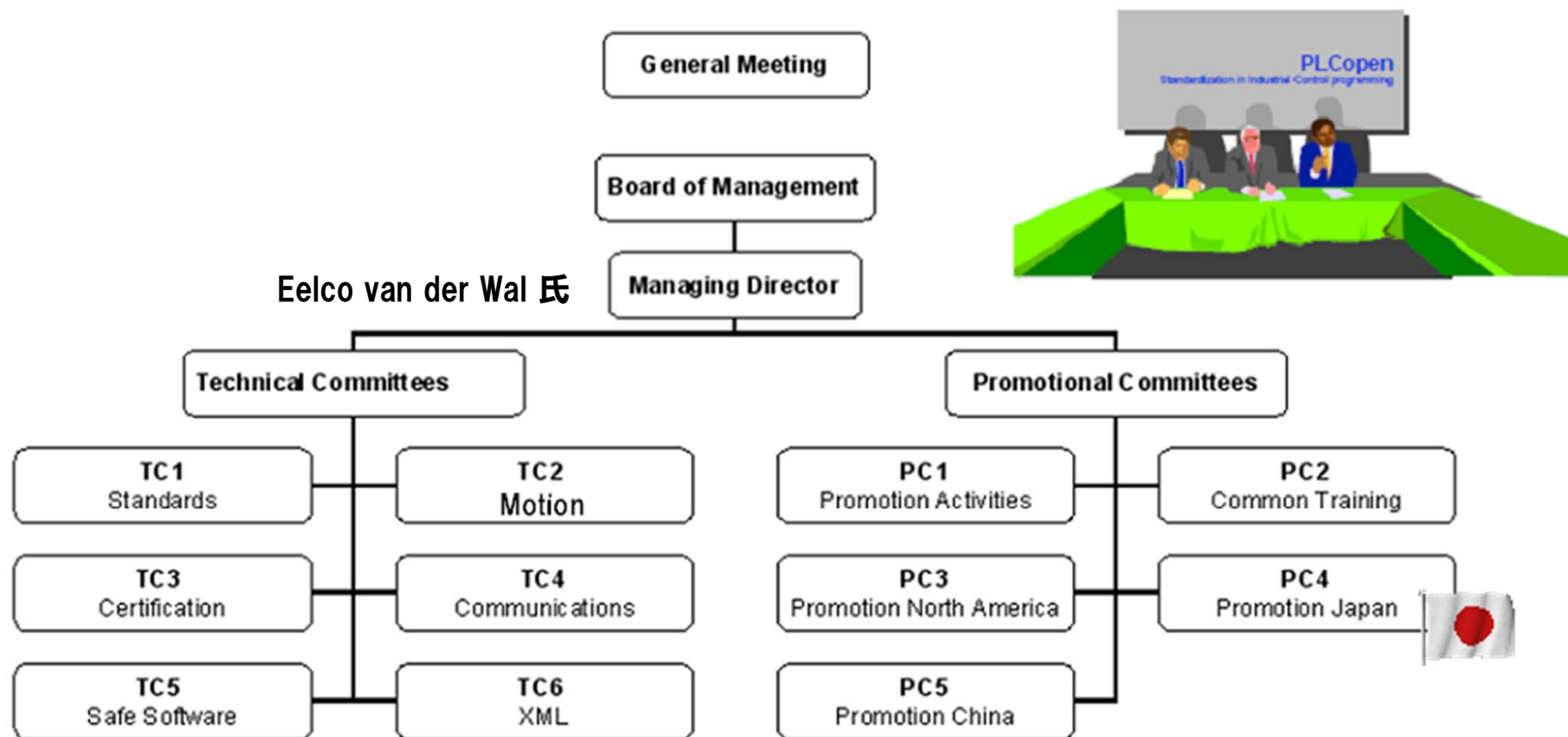
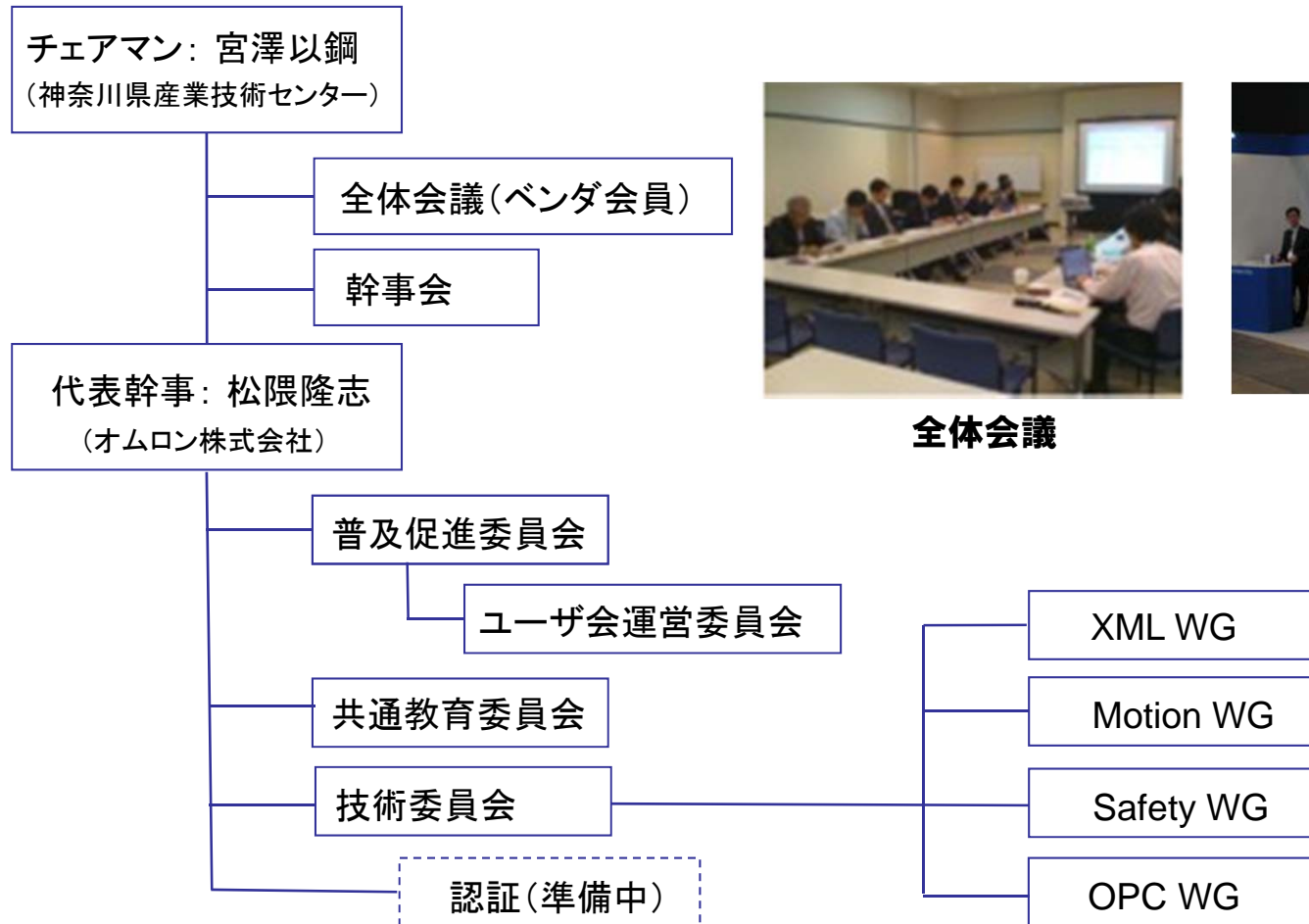


図1. PLCopen の組織図

PLCopen Japan (PC4)

PLCopen
for efficiency in automation



全体会議



SCF2011

図2. PLCopen Japanの組織図

PLCopen Japan (PC4)

PLCopen
for efficiency in automation

◆ ベンダ会員 (2012.9末現在 17社)

ALGO

OMRON

KEYENCE



Koyo 光洋電子工業株式会社

SIEMENS

Pro-face

TOSHIBA
Leading Innovation >>>

Panasonic
ideas for life

HITACHI
Inspire the Next

FE 富士電機

BECKHOFF

MITSUBISHI
Changes for the Better

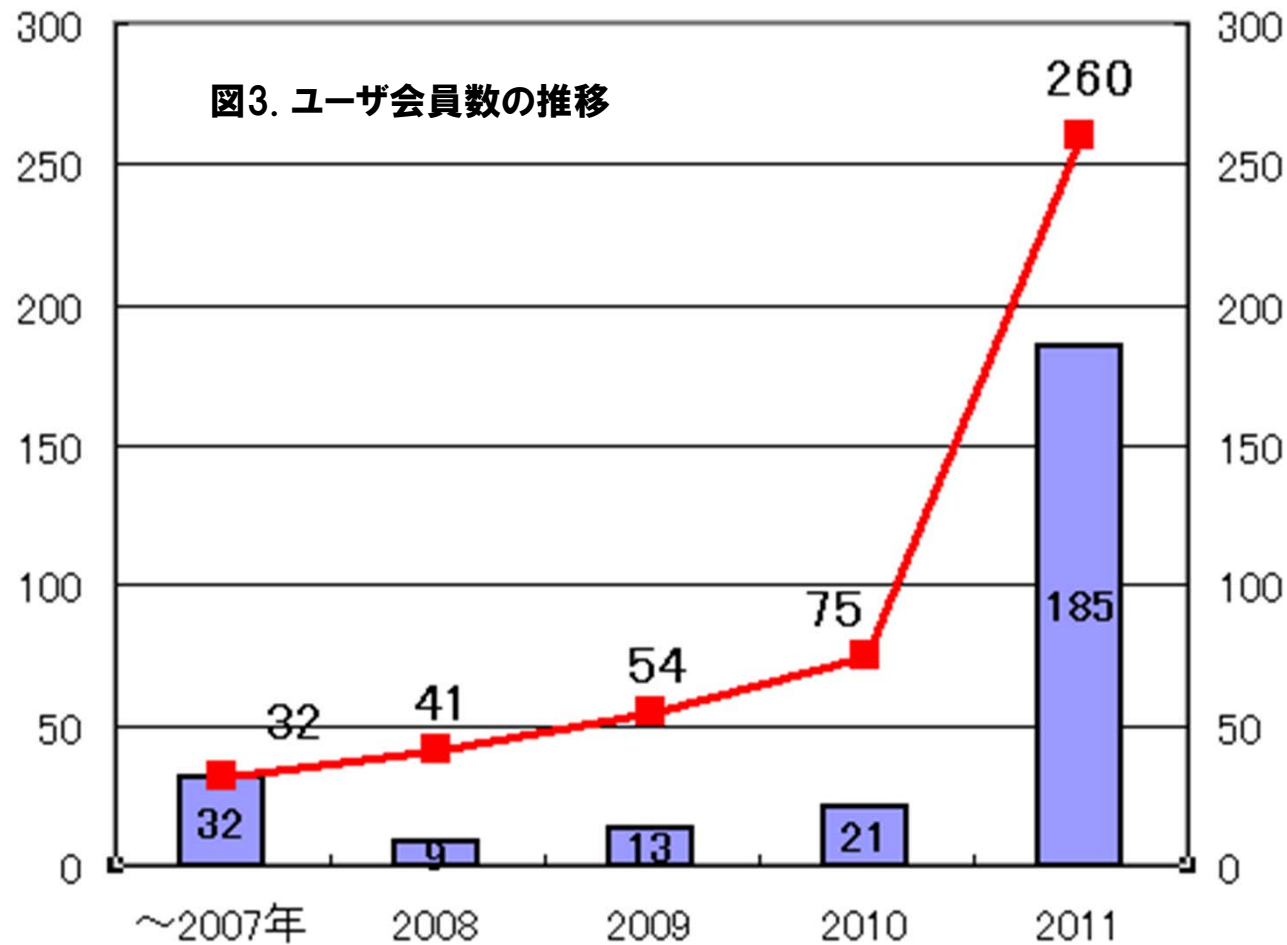
muratec
村田機械株式会社

MEIDEN

YASKAWA

YOKOGAWA

◆ ユーザ会員 (2012. 9末現在 300超)



Why IEC 61131-3 ?

メカ（機械式）からトロ（電子制御）への移行に伴うPLCプログラムの容量（ステップ数）の増加と複雑化により、PLCエンジニアの開発・保守負担が増加

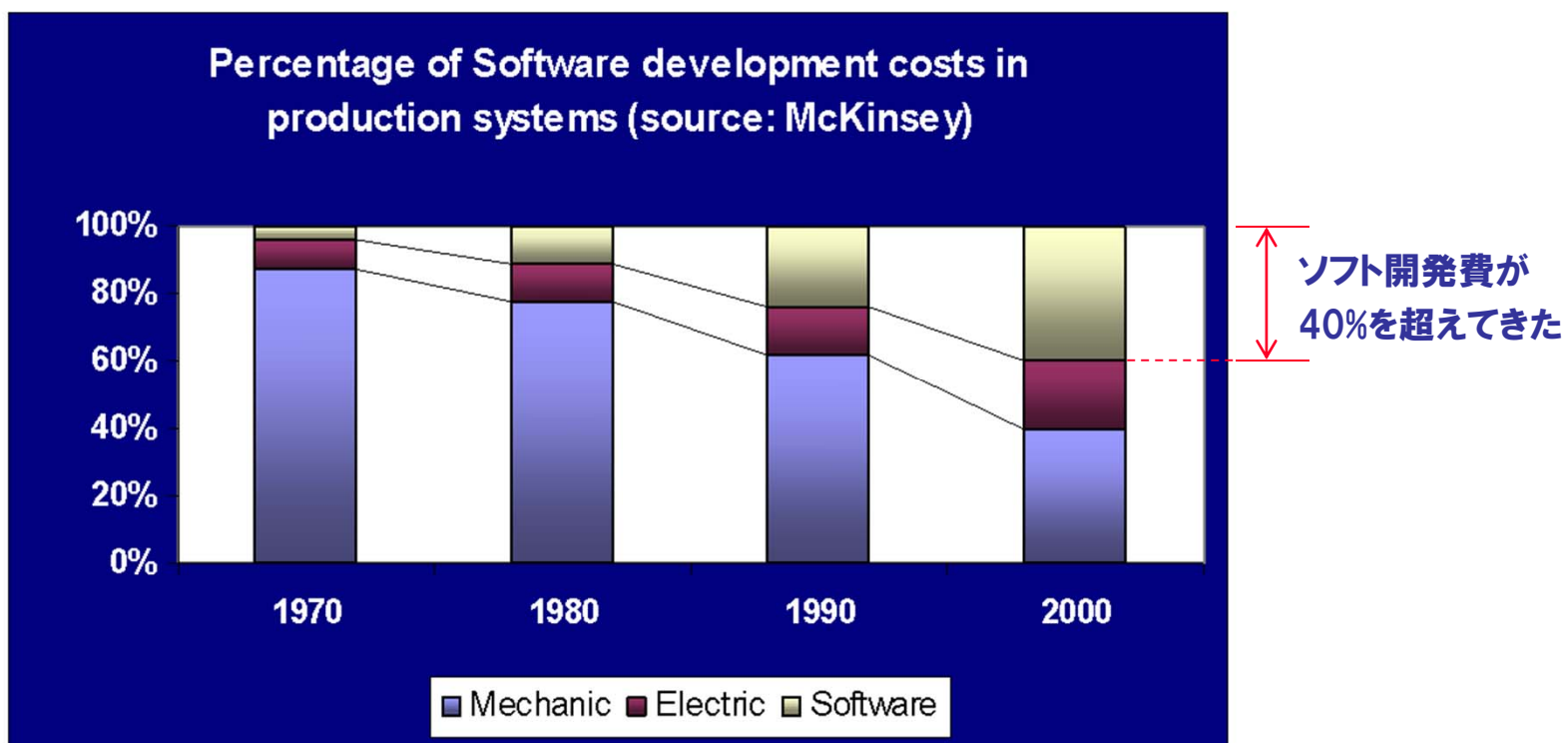
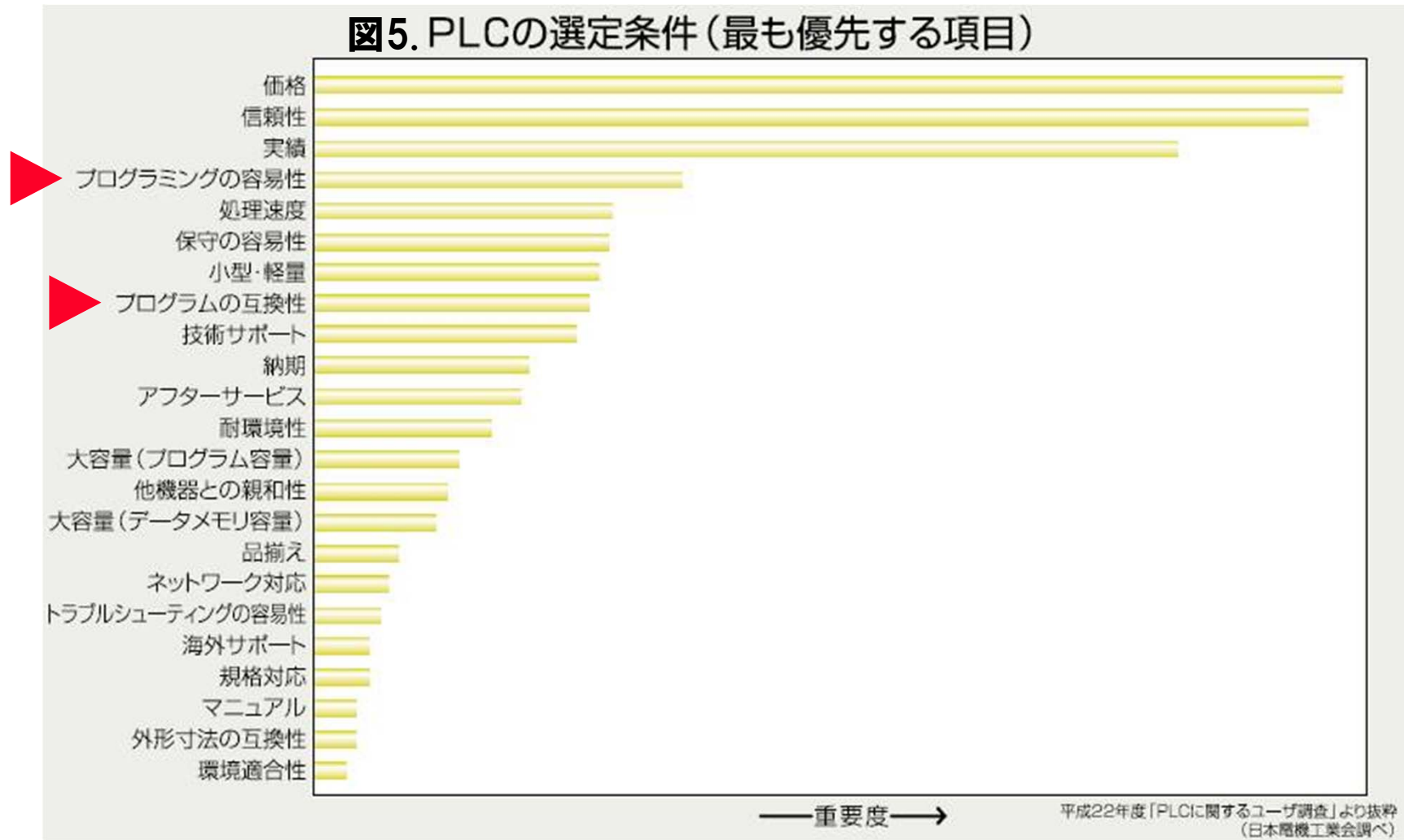


図4. 開発コストに占めるソフトウェア開発の割合

図5. PLCの選定条件（最も優先する項目）

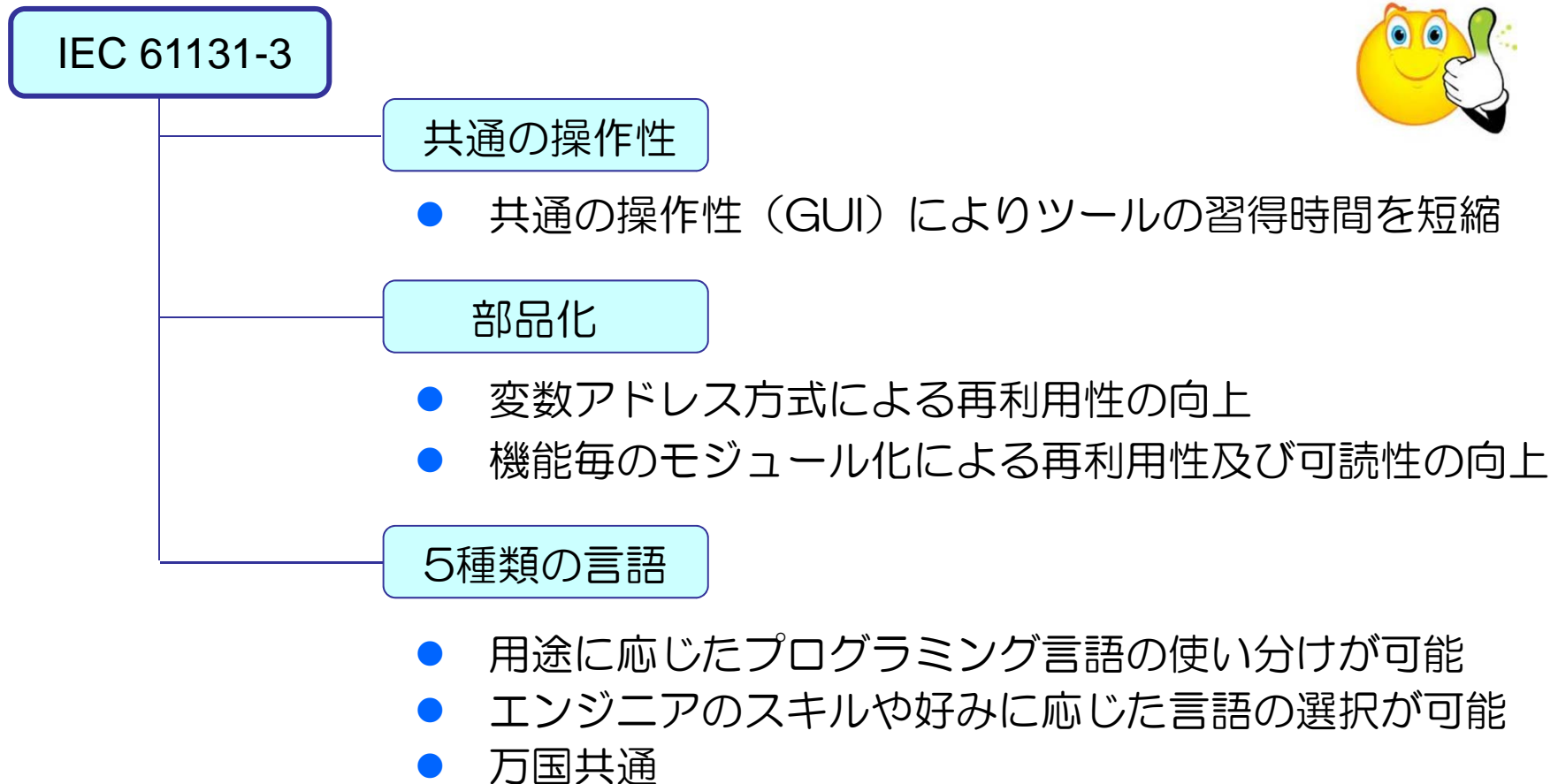


平成22年度「PLCに関するユーザ調査」より抜粋
(日本電機工業会調べ)

What is IEC 61131-3?

◆ 目的と特長

PLCプログラミングの開発効率化による **納期短縮（開発費削減）** と **品質向上**



- ◆ メーカーが替わっても直感的に操作が出来る

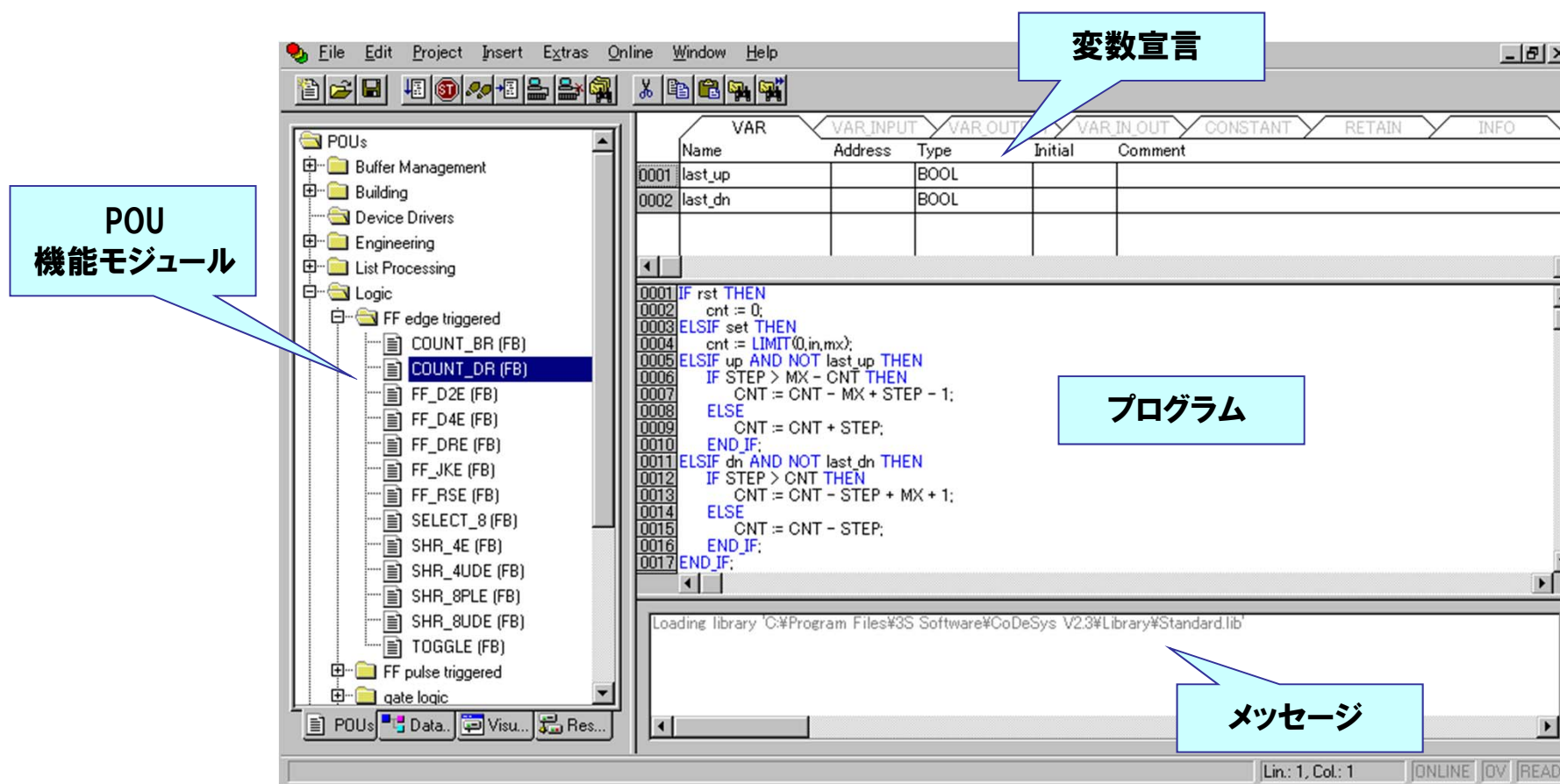


図6. IEC 61131-3準拠のツール(3S製)

◆ アドレスの自動割付

アドレスの管理
(記録)が不要!

	従来PLC		IEC-PLC		
	A社	B社	①変数(信号名)	②変数の型	③アドレス
一般メモリ	V1.8	M100	運転準備	BOOL	自動割付
	VD1	D0	風量	DWORD	自動割付
	VD2	D10	運転日	DATE	自動割付
リテイン(保持)メモリ	MD3	D100	累積運転時間	TIME	自動割付
デジタル入力	I0.0	X00	ファン始動	BOOL	%IX1.0.0
デジタル出力	Q1.7	Y01	ファンモータ	BOOL	%QX2.0.0
アナログ出力	AQ4	D1000	風量	INT	%QW3.0

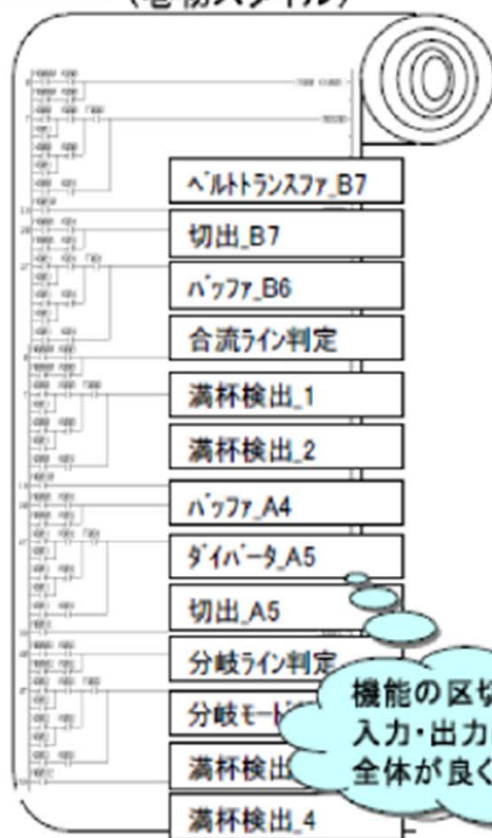
①IECでは変数(信号名)でのプログラミングが基本。
②変数のデータ型も厳格に定義 → 誤り防止。
③入出力など、絶対アドレスが必要なもののみ、%接頭符号によりアドレス指定。

表2. 変数の定義

部品化と構造化①

◆ 従来PLCのデメリット

図7. 従来PLC
(巻物スタイル)



命令はLD+メーカー独自応用命令が基本

リレーシーケンスとそっくりなラダープログラミング

- リレーシーケンスが分かれば、従来の知識ですぐ使える
(日本でのPLC普及の大きな原動力)
- × 最近の高度な制御プログラム(計装、モーション、通信)には、不向き、限界
- × ラダーはマシン語に近いプリミティブな方式、プログラマの腕に次第で相当高度な制御プログラムも書けるが、プログラムを書いた人以外は読めない⇒職人技の世界
- × 複数メーカー、機種別のPLCの知識習得は困難

基本はベタ書き・巻物スタイル

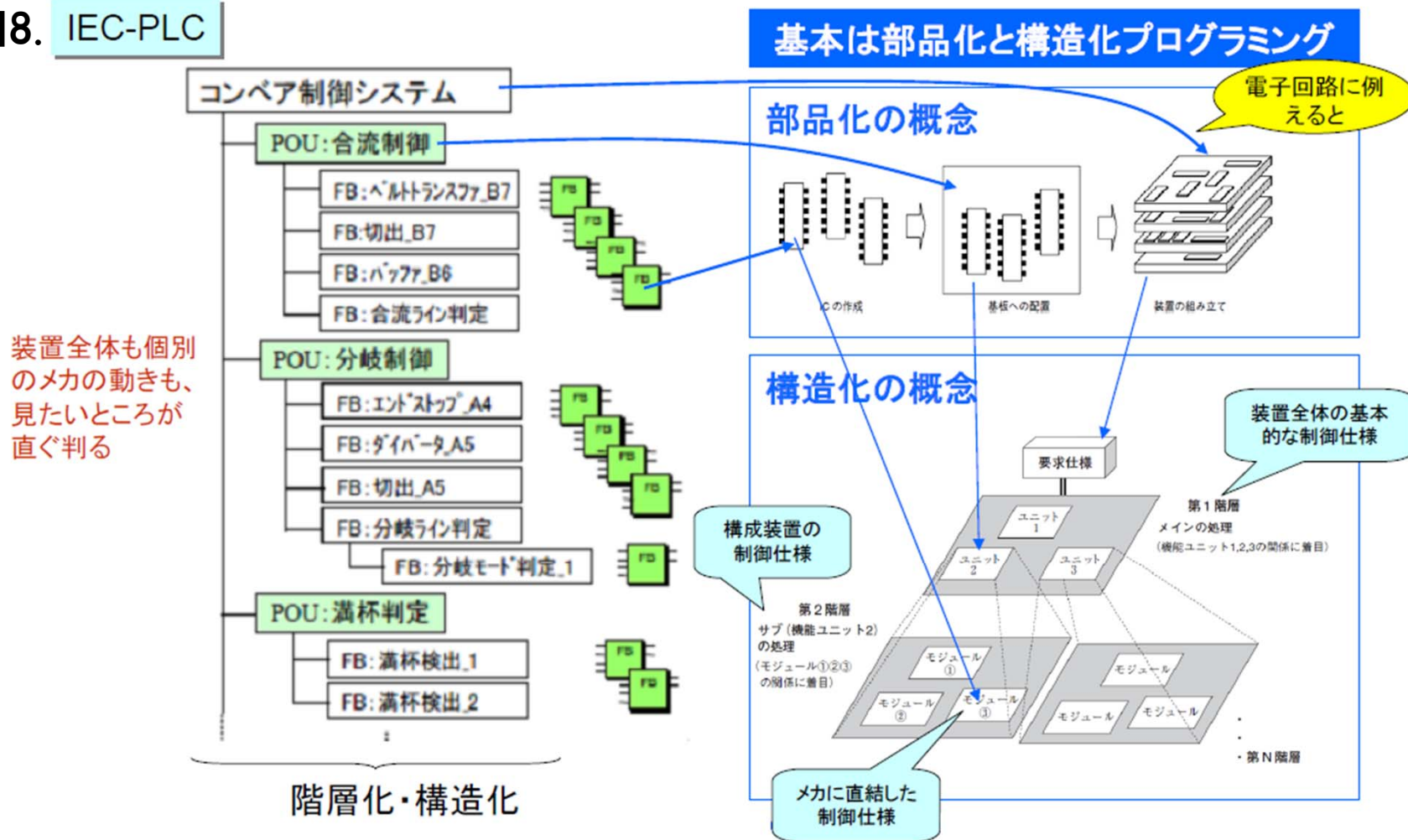
ソフトの分割、部品化をし、サブルーチンを多用するなどプログラマは色々工夫し、判り易いプログラムを書こうとするが、出来上がってみるとヤッパリ「巻き物スタイル」

- × プログラムを書いた人以外は読めない
- × 納入後に改造するとき困る
- × 共同でプログラムを作るのに困る

部品化と構造化②

◆ POU (プログラム・オーガニゼーション・ユニット)

図8. IEC-PLC



部品化と構造化③

◆ 製剤機械のCSV (バリデーション) への適合

GAMP® Good Practice Guide:
A Risk-Based Approach to GxP Process Control Systems

Page 109
Appendix E1

PLCプログラムは
カテゴリ-5

Figure 13.2: Example Boundaries between Category 4 and Category 5 Components

Category	Description	Range of Application	Typical Examples
5 Custom Software	Software custom designed and coded to suit the business process.	Complex application, coding language requires consideration of program level decisions/timing/looping as well as process level decisions/timing/looping.	VB or C++ Application
		Increasing complexity of code	DCS or SCADA Scripting
4 Configured Software	Software (often very complex) which can be configured by the user to meet the specific needs of the user's business process. Software code is not altered.	Simple application, coding language needs programmer to define only process decisions/timing. Control of scanning inputs, performing actions, looping, etc. is by the underlying system.	IEC61131-3 IL or ST Application
		Library functions selected, parameterized, and connected with branches and decisions.	IEC61131-3 LD or SFC Application
		Increasing complexity of configuration	IEC61131-3 FBD Application
		Library functions selected, parameterized, and connected in linear fashion.	DCS/SCADA Databases
			DCS/SCADA Mimics (standard icons)

部品化と構造化③

◆ 製剤機械のCSV（バリデーション）への適合

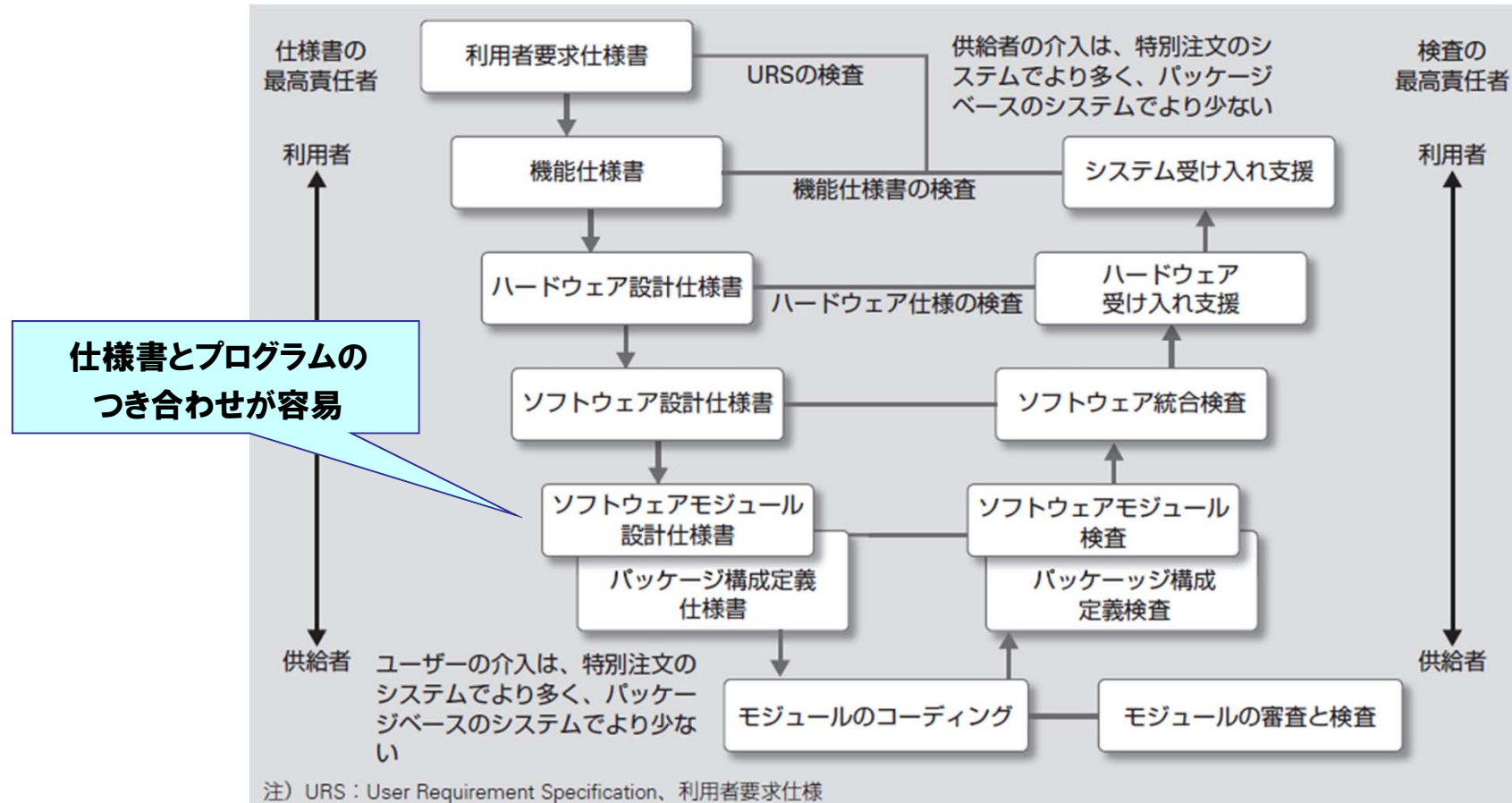


図9. Vモデルの概念図

部品化と構造化④

◆ POUとタスク（優先順位の設定）

イベントタスク：指定したBOOL形変数が“TRUE”に変化したときに1回だけ実行される。

定周期タスク：指定した周期毎に実行される。

デフォルトタスク：余り時間で常時繰り返し実行される。

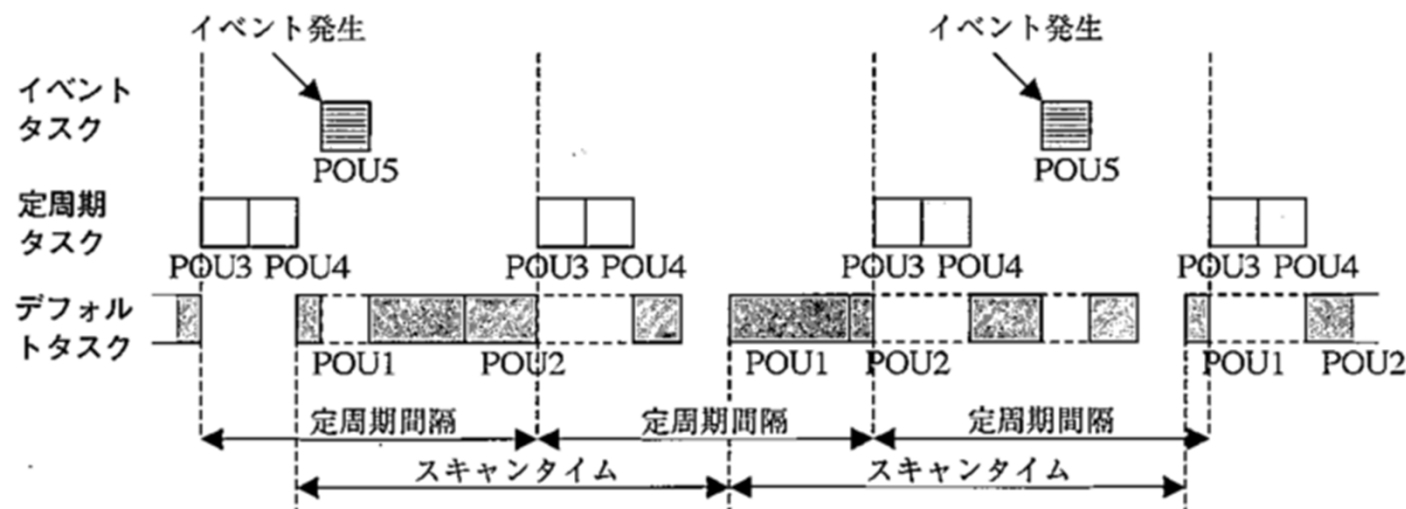
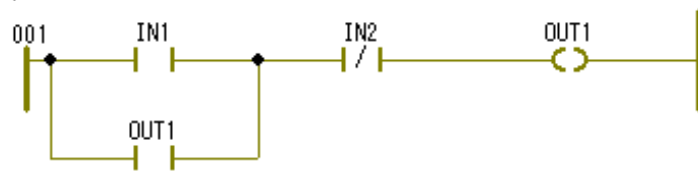


図10. タスクの実行イメージ

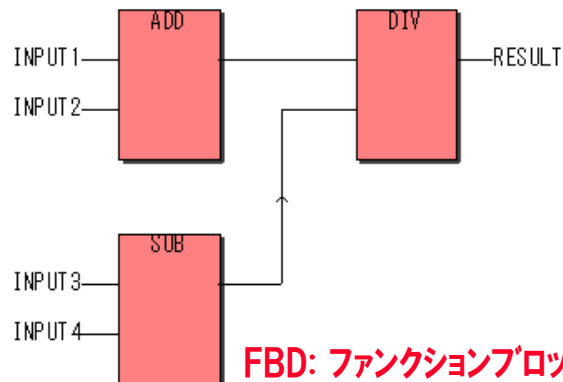
プログラミング言語①

◆ 4言語 + 1要素

- ✓ スキルにあった言語を選択可能
(若者はリレーを見たことない, 年配者はC言語が分らない...)



LD: ラダーダイアグラム



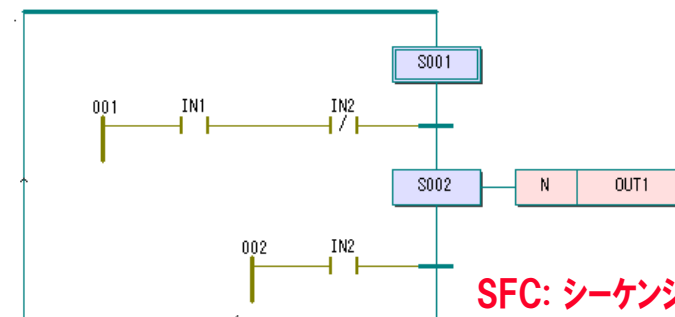
FBD: ファンクションブロックダイアグラム

```
RESULT := (INPUT1 + INPUT2) / (INPUT3 - INPUT4);
```

ST: ストラクチャードテキスト

```
LD  IN1  
OR  OUT1  
ANDN IN2  
ST  OUT1
```

IL: インストラクションリスト



SFC: シーケンシャルファンクションチャート

図11. 5種類のプログラミング言語

プログラミング言語②

◆ 4言語＋1要素

- ✓ 用途に応じた言語を選択可能
(LDは演算や情報処理には向かない...)

主な使用状況	LD言語	IL言語	ST言語	FBD言語	SFC言語
単純なリレーシーケンス処理	◎	×	△	△	×
数式演算処理	△	×	◎	○	×
状態せん移に基づく順序制御 (ステップシーケンス処理)	△	×	○	×	◎
連続的なアナログ信号処理	△	×	○	◎	×
複雑な情報処理	△	×	◎	△	×
プログラムメモリ制約の厳しい場合	○	◎	△	△	×
最も高速に性能を求められる場合	○	◎	○	○	×
運転方案と対応がとりやすい表現	×	×	○	○	◎
動作を視覚的に確認したい場合	○	×	×	◎	○
注記 記号の意味は、次による。 ◎：最も適している，○：適している，△：困難な場合もある，×：適さない					

表3. 各言語の得手・不得手

PLCアプリケーションの開発効率化指針(JEMA)より

プログラミング言語③

◆ 適用事例：某製鉄会社の結露点算出プログラム

$$\text{Log} \frac{225.65}{P} = [7.21379 + \frac{-5}{T} + 787 \times 10^{-5} \times T + \frac{-5}{T^2} (T - 483.16)]$$

秘密



ステップ数が増えて
スキャンタイムが伸びてしまう



```

ERR := FALSE;
T := 273.15+ONDO;
KARI_A := (T-483.16)*(T-483.16);
KARI_B := KARI_A*(0.00001152-(0.000000004787*T))+7.21379;
KARI_C := KARI_B*(647.31-T)/T;
P := 225.65 / EXP(KARI_C);
A := 760.0 / 1.03323;
X := (0.622*SITUDO*P*A)/(760.0-SITUDO*P*A);
F := X;
H := (760.0*F)/(0.622+F);
P := H*1.03323/760.0;
IF P <= 0.0 THEN
  ERR:=TRUE;
  RETURN;
END_IF;
M := LN(225.65/P);
P1 := 0;
WHILE TRUE
  M := M-K;
  IF X<0.0 THEN X:=(-1.0)*X;END_IF;
  IF X<0.005 THEN EXIT;END_IF;
  IF M<K THEN T:=T-(T-1)/2.0;END_IF;
  IF M>K THEN T:=T+(T+1)/2.0;END_IF;
  K:=(7.21379+(0.00001152)-(0.000000004787*T)*(T-483.16)*(T-483.16))*((647.31-T)/T);
  T1:=T-T;
  P2:=P2+1;
END_WHILE;
ANS:=(T-273.15);
  
```

秘密

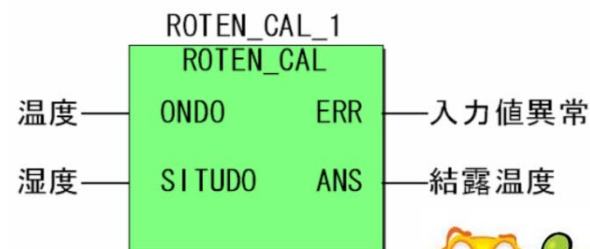


図12. ST及びFBの導入効果

地域別の普及状況

■ 北米

- 言語はLD, SFCが主流
- AB（ロックウェルオートメーション）が突出、各種国際規格を主導
- RAの方が現在SC65B/WG7のリーダー、安全関連規格も主導
- RAがISaGRAFの会社を買収してから、IEC 61131-3準拠を強調

■ 欧州

- 各種規格を主導、IEC 61131-3も例外でなく、現在SIEMENSの方がリーダー
- SIEMENS：各種国際活動を主導、IEC 61131-3に関してはやや保守的
- KWsoftware：ツールを開発、メーカー以外にユーザーにも販売
- 3S：ツールを開発、規格全体（特にオブジェクト指向）において主導
- Bechhoff：ソフトPLC、規格制定のほかOPC-UAも主導

■ 中国

- 欧州の勢力の影響（進出）が強く、IEC 61131-3は認知されている
- GB/T 15969.3として国家規格に制定

■ 新興国

- 国際標準が選ばれる

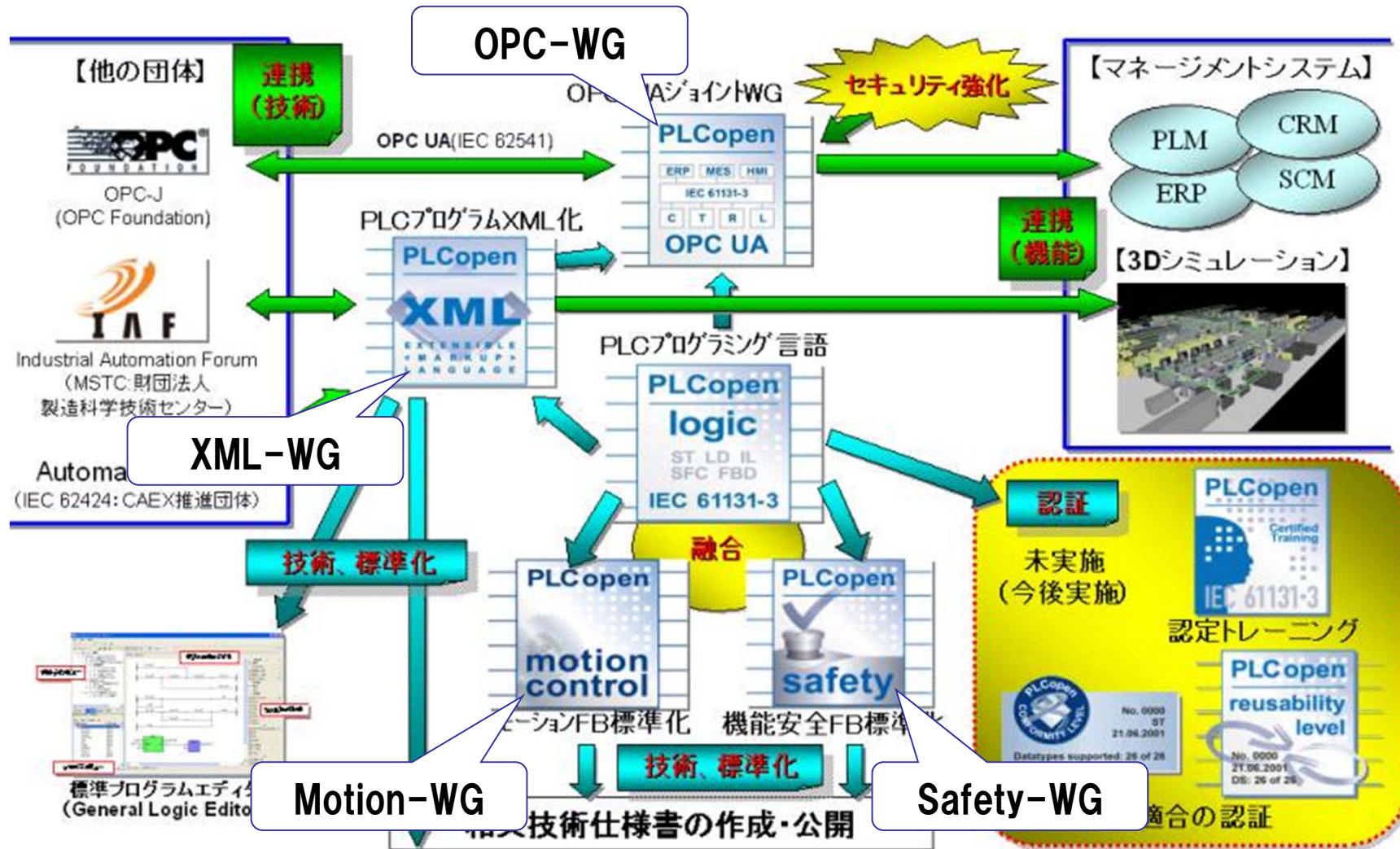


技術動向

— IEC 61131-3の機能拡張 —



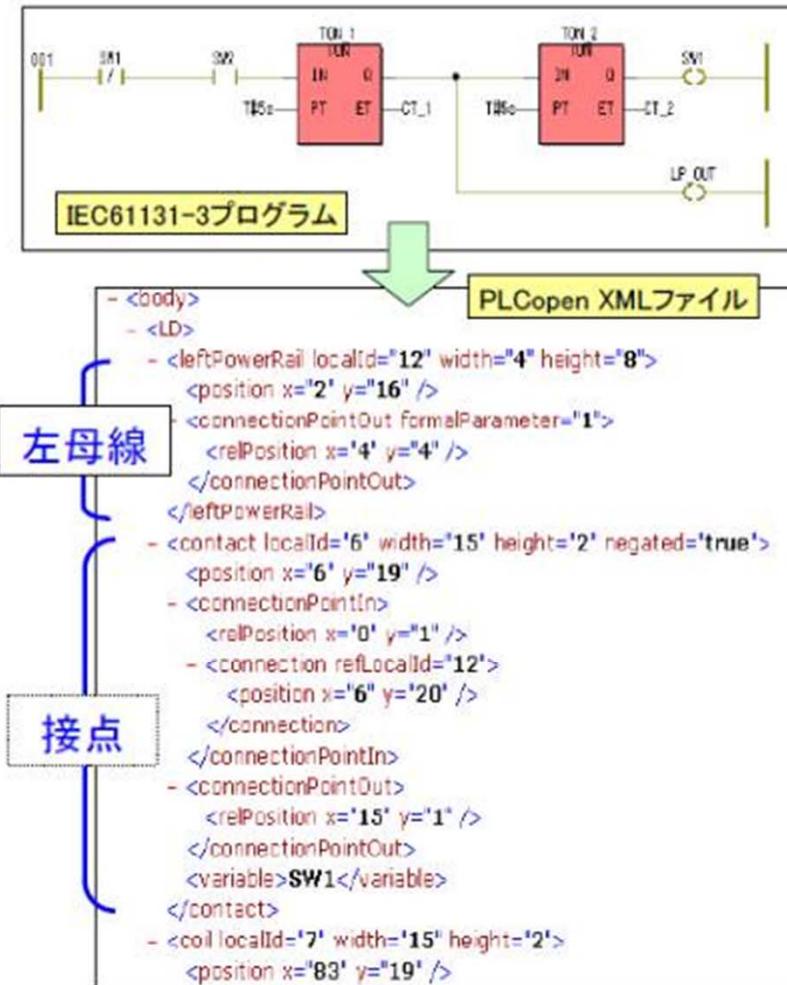
相関図



XML変換①

◆ グラフィック言語（LD, FBD）をXMLに変換

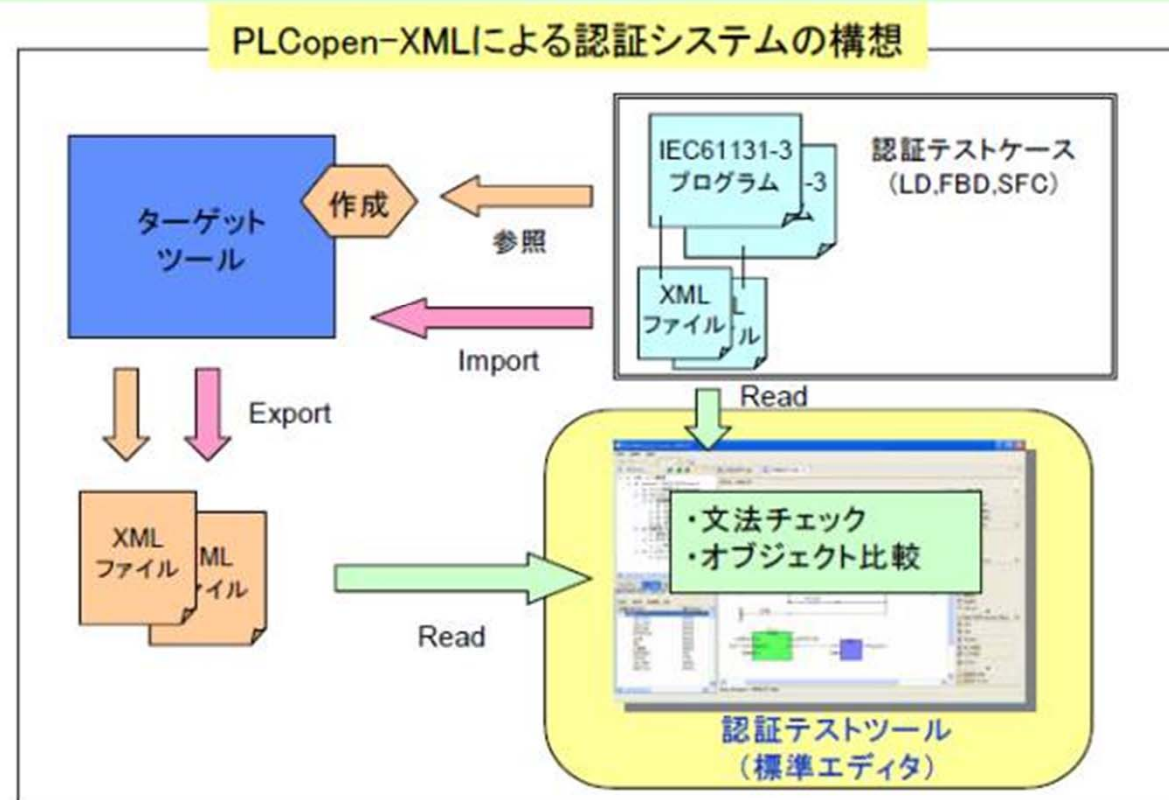
- IEC61131-3で定義されたソフトウェア構造やプログラム内容をXML形式で記述
- XML Schema により定義
- グラフィック言語に対応
- ソースコードの共通フォーマット



XML変換②

◆ グラフィック言語 (LD, FBD) の認証

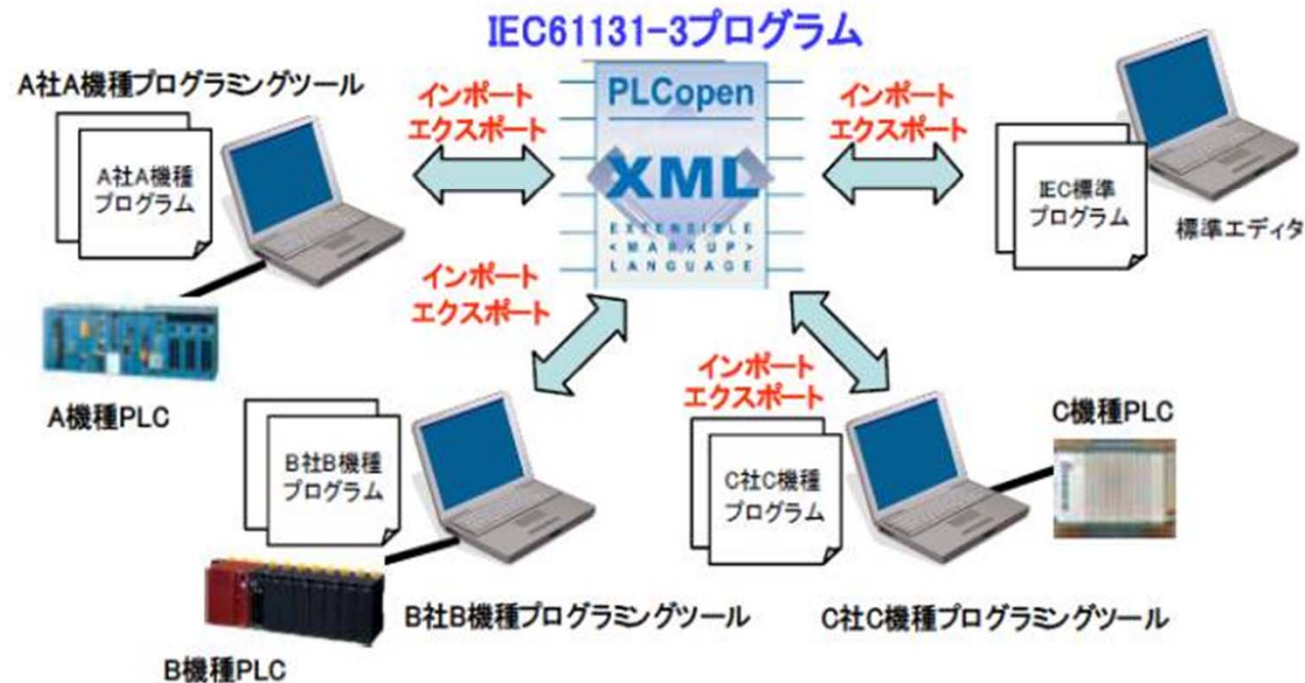
IEC61131-3準拠の認証試験として、
PLCopen-XMLを適用した認証システムの構築を検討中



XML変換③

◆ メーカー間のプログラム交換

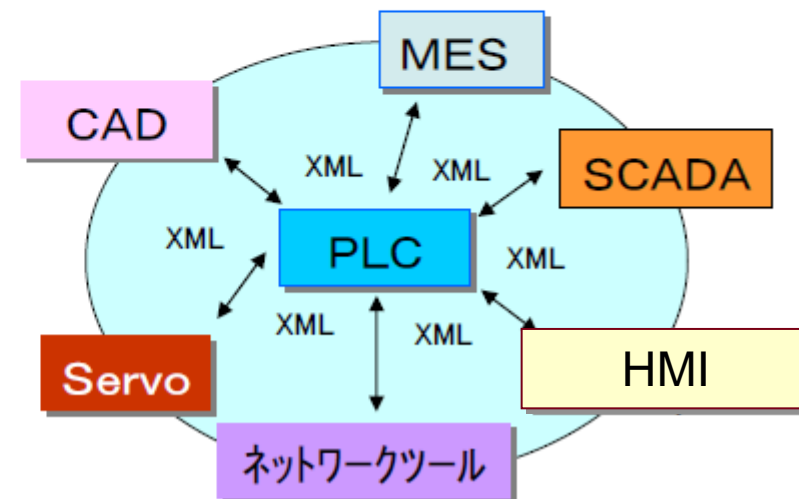
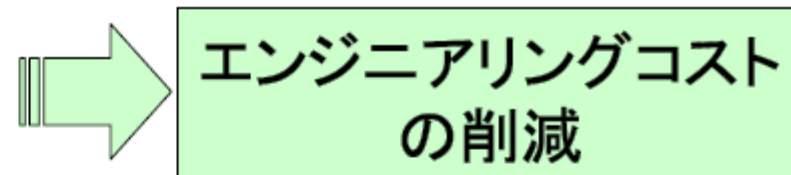
PLCメーカー数社が、PLCopen XMLを経由して、IEC61131-3準拠の異メーカー・異機種PLC間でのLD/FBDプログラムの交換試行に成功（2004年～2006年）



XML変換④

◆ 各種開発・解析ツールとの連携

- ・データサーバ(OPC等)との連携
- ・HMI他、周辺Appとの連携
- ・他のXMLとの連携



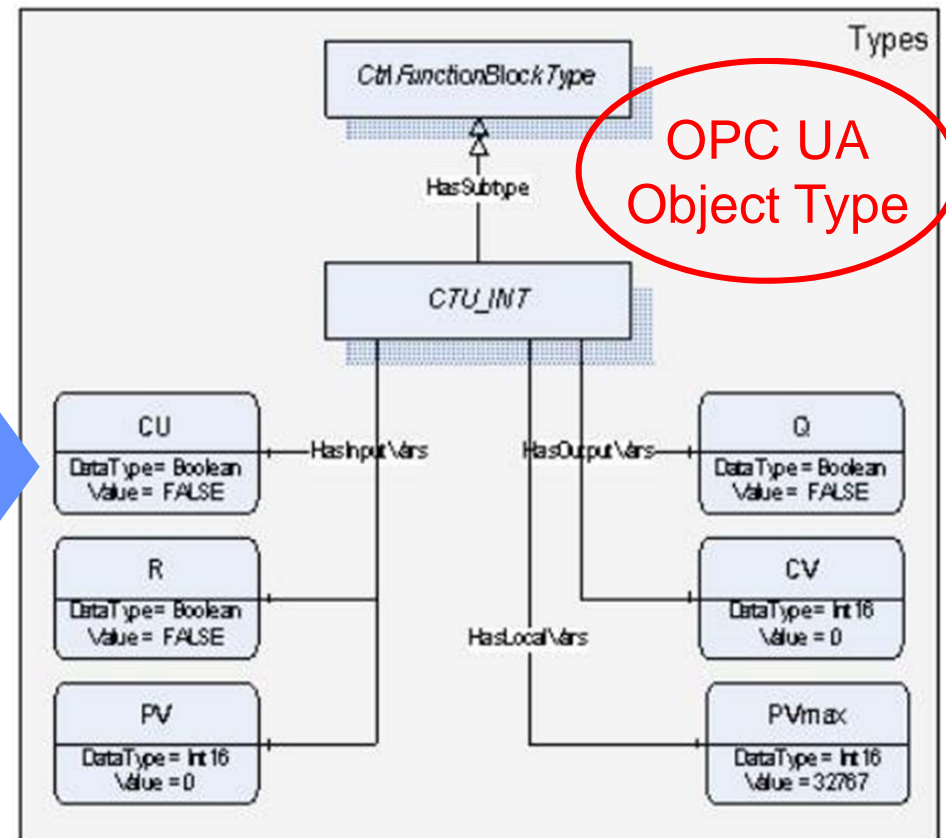
◆ IEC 61131-3をOPC-UAにマッピング

- ✓ 技術仕様書を発行

```
FUNCTION_BLOCK CTU_INT  
  
VAR_INPUT  
  CU: BOOL;  
  R:  BOOL;  
  PV: INT;  
END_VAR  
  
VAR  
  PVmax: INT := 32767;  
END_VAR  
  
VAR_OUTPUT  
  Q:  BOOL;  
  CV: INT;  
END_VAR  
  
IF R THEN  
  CV := 0;  
ELSIF CU AND (CV < PVmax) THEN  
  CV := CV + 1;  
END_IF ;  
Q := (CV >= PV);  
  
END FUNCTION_BLOCK
```

Function Block
declaration

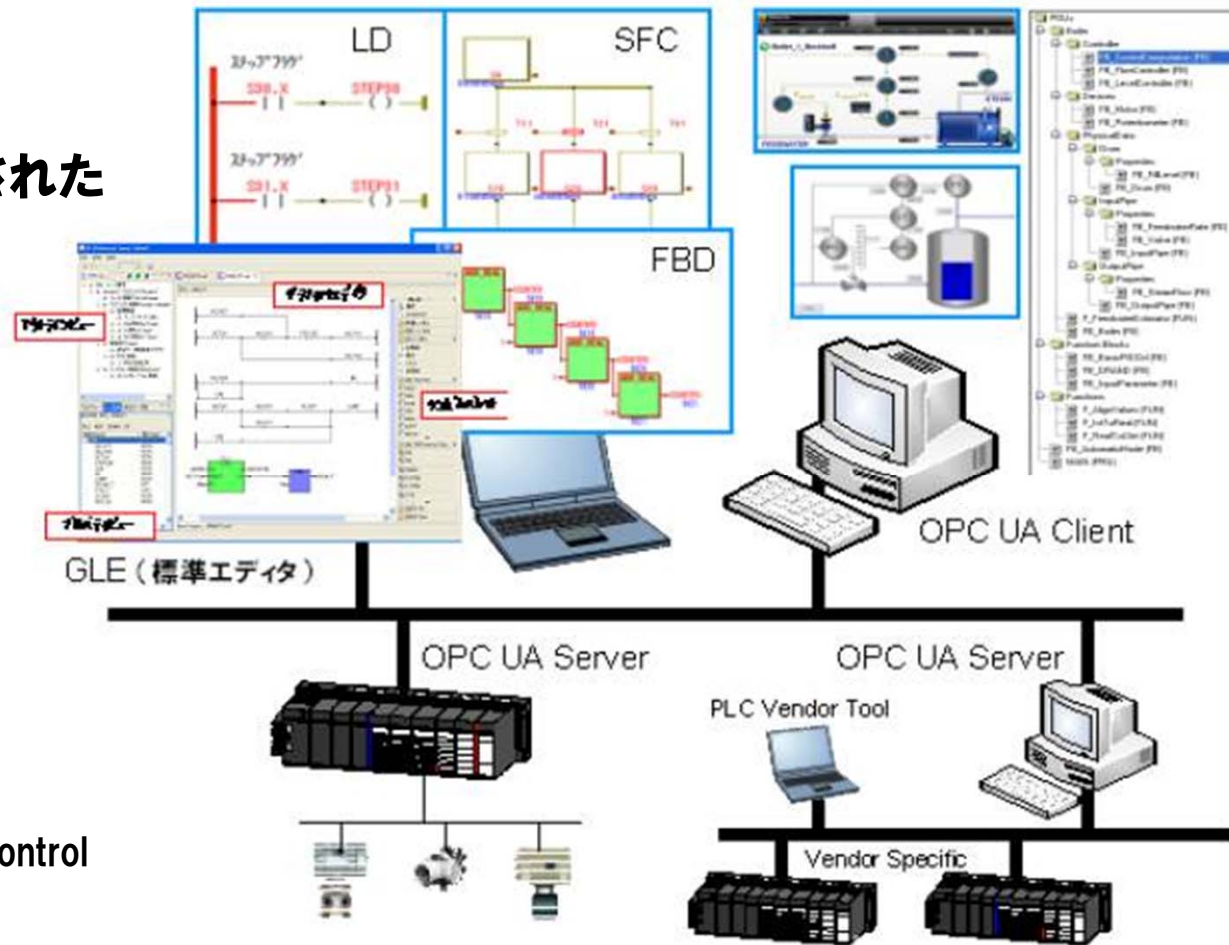
マッピング



OPC-UA②

◆ 統一的なコンフィグレーション環境

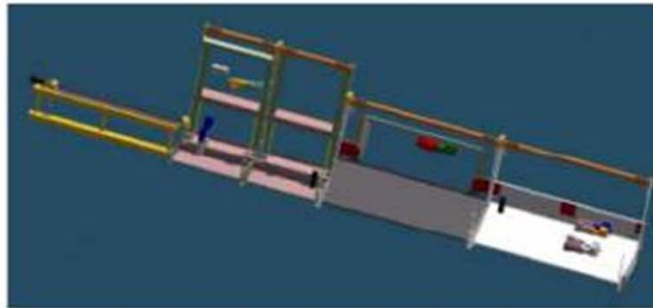
ベンダ非依存の統一された
管理環境を構築



OPC: OLE for Process Control
UA: Unified Architecture

Motion FB①

◆ 機械はメカからトロへ進化



Major part count reduction

- Pulleys - 45 to 0
- Belts - 15 to 0
- Drive sprockets - 15 to 0
- Spline shafts - 2 to 0
- Gearboxes - 16 to 10
- Motors - 1 to 10
- Bearings - 18 to 3
- Line shafts - 6 to 0
- Total - 118 to 23**
(81% reduction)

部品点数は減ったが、ソフト開発にシワ寄せが...

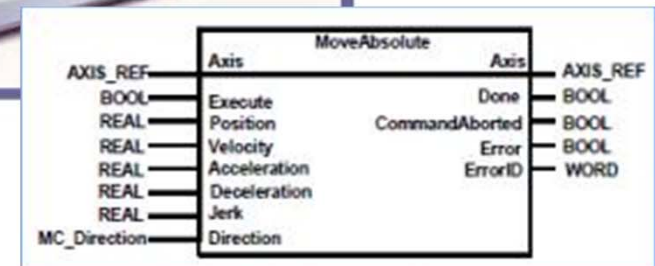
Traditional Mechanical Design



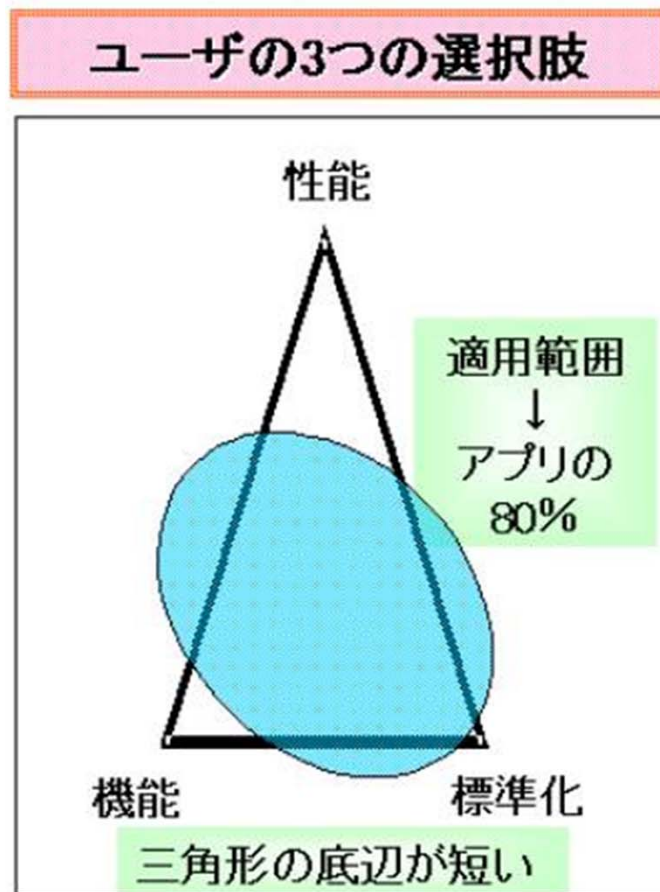
Servo Drive Design



Faster - Better - Cheaper!
Software instead of Hardware



◆ モーション・プログラムの標準化



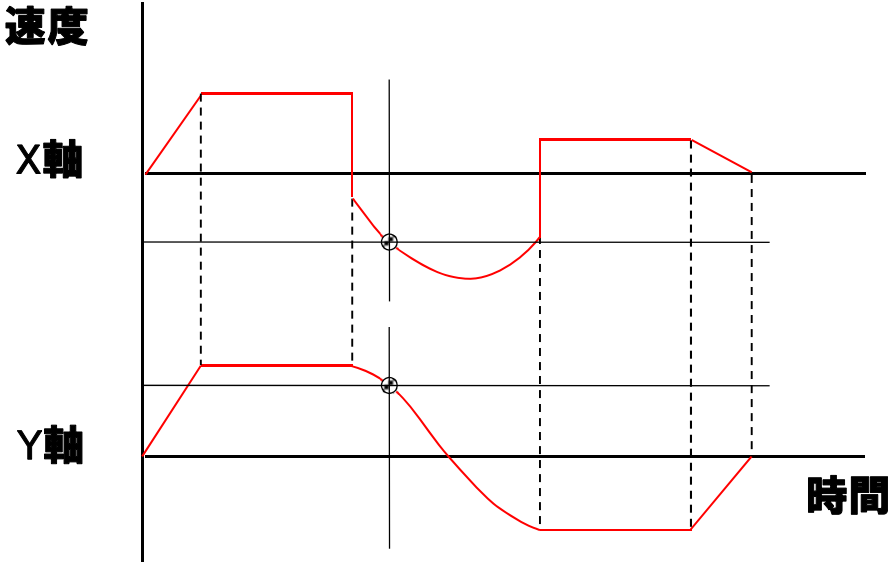
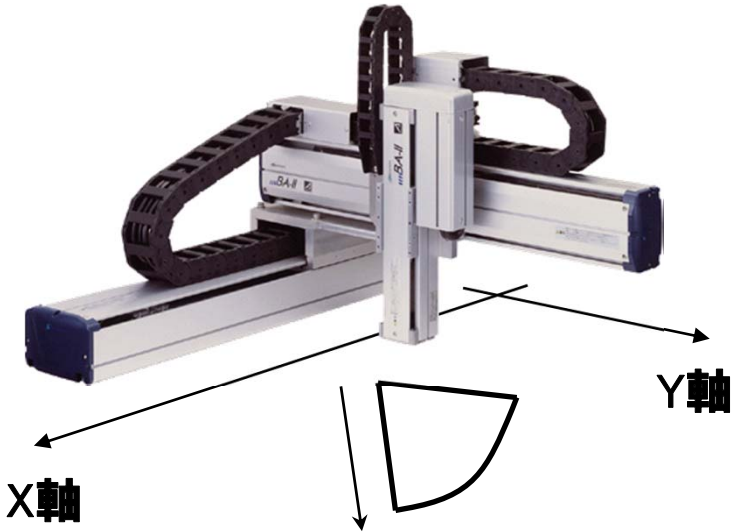
- ・性能の追求:
ハードウェアに密接なプログラム
- ・機能の拡充:
ユーザには非常に有用(広範な適用)
- ・標準化:
トレーニングコストを最少化

本仕様の位置付け

- <最高性能は求めず、豊富な機能および、標準化を狙う>
- ⇒ アプリの80%をカバー
 - ⇒ 三角形の底辺が短い
- 【標準化を基本に機能性を重視】

Motion FB③

◆ 例：複数軸の補間動作



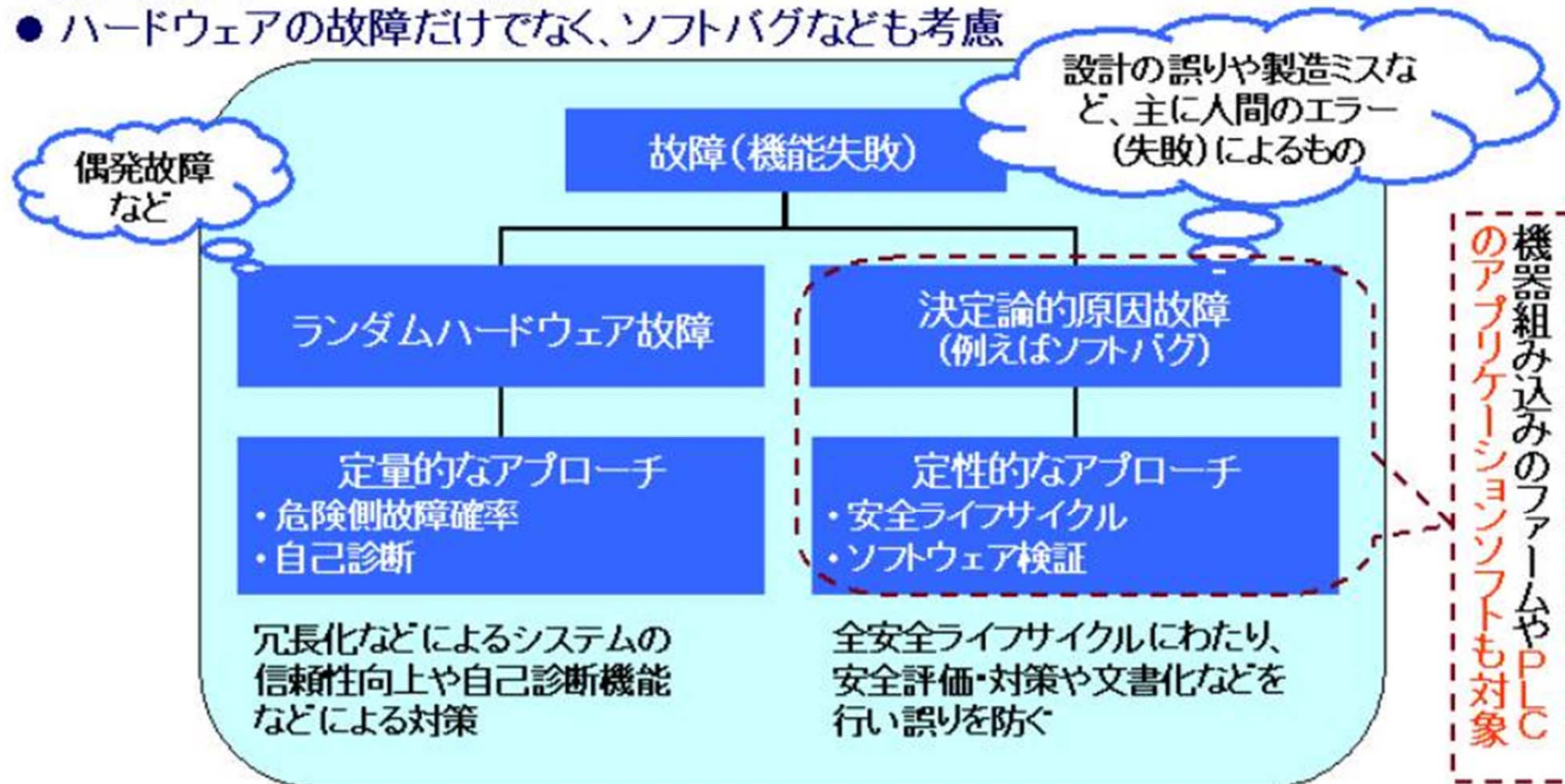
<補間動作の Program例>

	MC_MoveLinearAbsolute					MC_MoveCircularAbsolute					MC_MoveLinearAbsolute	
AxGroupXY	AxisGroup	AxisGroup	Done1	Done1	Execute	Done	Done2	Done2	Execute	Done	Done3	
Go			Busy1	CENTER	CircMode	Busy	Busy2	[200:350]		Busy	Busy3	
[300:100]	Positions		Error1	[300:100]	AuxPoint	Error	Error2	1000	Velocity	Error	Error3	
1000	Velocity	Error	ErrID1	[200:350]	EndPoint	ErrorID	ErrID2	100	Acceleration	ErrorID	ErrID3	
100	Acceleration	ErrorID		1000	Velocity			100	Deceleration			
100	Deceleration			100	Acceleration			100	Deceleration			
Blending	TransitionMode			Blending	TransitionMode			Blending	TransitionMode			

※ 直線動作 ⇒ 円弧動作 ⇒ 直線動作

◆ IEC 61508 (電子機器の機能安全)

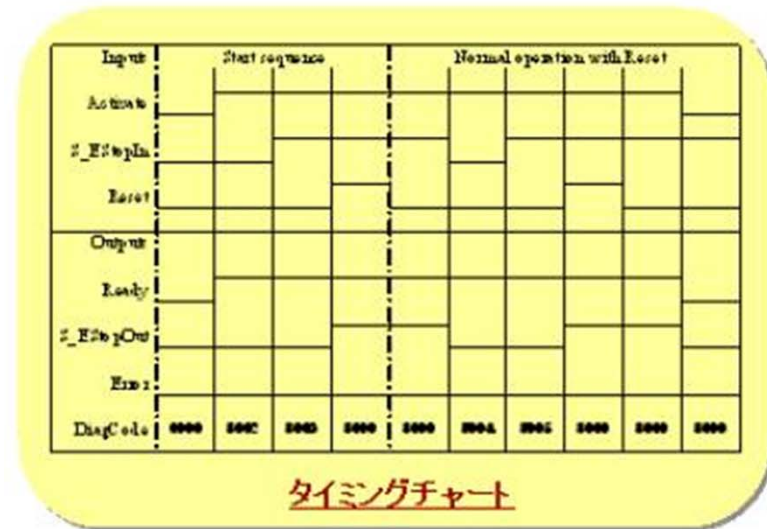
- 安全度水準 **SIL 1~4**を規定
- ハードウェアの故障だけでなく、ソフトバグなども考慮



Safety FB②

◆ 技術仕様書の発行

● FBの定義例



PLCopen
for efficiency in automation

PLCopen - Technical Committee 5

Safety Software

Technical Specification

Part 1: Concepts and Function Blocks

Version 1.0 – Official Release

DISCLAIMER OF WARRANTIES

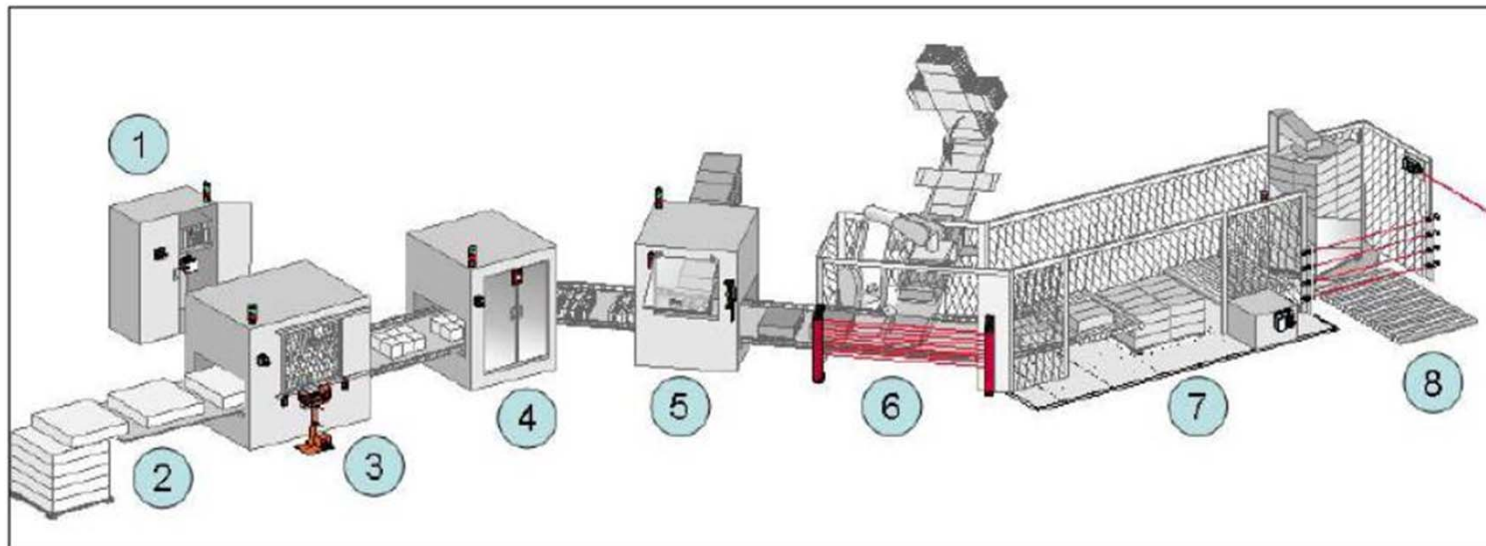
THIS DOCUMENT IS PROVIDED ON AN "AS IS" BASIS AND MAY BE SUBJECT TO FUTURE ADDITIONS, MODIFICATIONS OR CORRECTIONS. PLCOPEN HEREBY DISCLAIMS ALL WARRANTIES OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR SUITABILITY FOR A PARTICULAR PURPOSE. FOR THIS DOCUMENT, UNDER NO CIRCUMSTANCES WILL PLCOPEN BE RESPONSIBLE FOR ANY LOSS OR DAMAGE ARISING OR RESULTING FROM ANY DEFECT, ERROR OR OMISSION IN THIS DOCUMENT OR FROM ANY USE OF OR RELIANCE ON THIS DOCUMENT.

Copyright © 2005 - 2006 by PLCopen. All rights reserved.

Date: Jan 31, 2006.

Total number of pages: 149

◆ アプリケーション事例



- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| ① 中央制御キャビネット(安全関連FB稼働中) | ⑥ 二次梱包装置(防護装置によるガードつき) |
| ② 材料の供給点(この例では安全関連機能なし) | ⑦ パレット組込み装置(安全マットによるガードつき) |
| ③ 材料の切断装置
(ドアモニタリングシステム付きの両手操作) | ⑧ 包装装置
(生産ラインの終点/ライトビームによる安全装置) |
| ④ 自動印刷装置(ドアモニタリングによる安全機能) | |
| ⑤ 一次梱包装置(ドアモニタリングによる安全機能) | |

全15種の安全FBが稼働

解説図書のご紹介

■ ベンダ向け解説図書



IEC61131-3を用いたPLCプログラミング
—PLC言語の国際規格の解説と応用—

A5変354頁

販売元: 丸善株式会社

定価: 4,200円(税込み, 送料別)

原著: Karl-Heinz John, Michael Tiegelkamp

監訳: PLCopen Japan

■ ユーザ向け実用図書



はじめてのIEC61131-3
—PLCの国際標準プログラミングのすすめ—

A4判108頁

販売元: (株)オートメビュー社

定価: 2,500円(税込み, 送料別)

著者: PLCopen Japan



はじめてのST言語

会員サイトに掲載中

More information

Please join us !



<http://www.plcopen-japan.jp/>