

統合コントローラ「MICREX-SX シリーズ」の 統合プログラミング支援システム

福住 光記(ふくずみ みつり)

山田 正志(やまだ まさし)

濱田 明秀(はまだ あきひで)

1 まえがき

プログラマブルコントローラ (PLC) の高機能化に伴い、制御ソフトウェアも複雑化・大規模化が進んでいる。プログラミング支援ツール (ローダ) にとって、プログラム作成の効率化向上が大きな課題とされている。しかしながら、現状のプログラミング技法では、

- (1) 低水準プログラミング言語による生産性の低さ
- (2) プログラム再利用の困難
- (3) プログラム構造の不透明さによる保守性の悪さなどの要因がその効率化を阻んでおり、その結果、プログラム作成・保守両面でユーザーに大きな負担を強いているのが実情である。これら阻害要因の抜本的改善による、効率の飛躍的向上が強く望まれている。

このたび「MICREX-SX シリーズ」(以下、SX シリーズと略す) の統合プログラミング支援システム (SES) を開発した。SES を開発するにあたり、以下の三つの基本コンセプトを設定した。

- (1) 国際規格言語の採用
- (2) ソフトウェア開発方式のブレークスルー
- (3) 各種支援機能の統合

本稿では、SES の特長および機能の概要について紹介する。

2 SES の特長

SES の全体像を図 1 に示す。SES は、SX シリーズの各種モジュールを対象とした高効率なプログラミング支援システム環境を実現するためのソフトウェア製品である。その特長を次に述べる。

2.1 快適な支援環境の実現

プログラミング支援システムは、その使い勝手の善しあしがきわめて重要なポイントである。SES では、ハードウェアに汎用パーソナルコンピュータ (パソコン) を使用し、OS には現在国際的なデファクトスタンダードとなっ

ている Windows^{注1} 95、Windows NT^{注2} を採用した。ユーザーインターフェースはマウスオペレーションを中心とした Windows のスタイルガイド (Windows の標準的な表示操作に関する規約) に則することで、操作の一貫性、直感的な分かりやすさ、マルチウィンドウ、習得期間の短縮などを実現している。また、現場などでマウスが使えない環境に対応するため、すべての操作はキーボードからもできるようになっている。

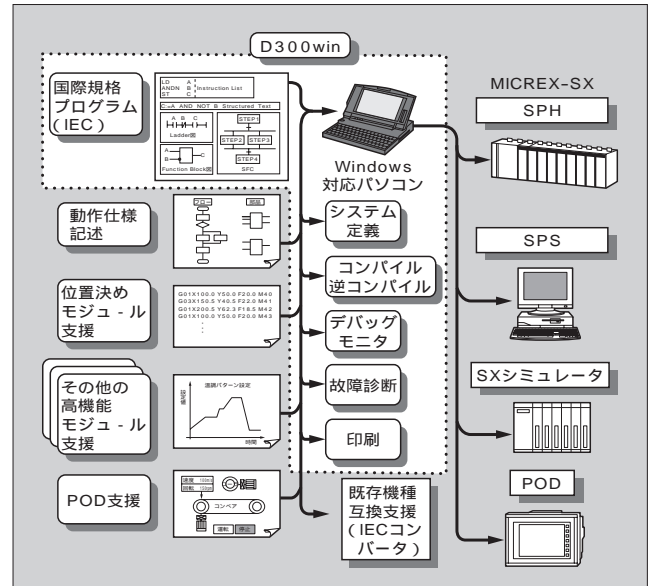
2.2 国際規格言語 [IEC 61131-3 (旧番号体系 IEC 1131-3¹⁹⁹³)] の採用

現行の PLC のプログラミング言語は、伝統的なラダー言語 (LD 言語) が主流である。LD 言語はグラフィカルな表現によって直観的にその内容を理解できるメリットを持つ反面、問題点も多く、一般に LD 言語で大規模なプロ

注 1 Windows : 米国 Microsoft Corp. の登録商標

注 2 Windows NT : 米国 Microsoft Corp. の登録商標

図 1 SES の全体像



福住 光記

制御システム用ソフトウェア支援システムの研究開発に従事。現在、システム事業本部 SI センター SI 技術営業部主査。



山田 正志

制御システム用ソフトウェア支援システムの研究開発に従事。現在、システム事業本部 SI センター制御技術開発部主任。



濱田 明秀

プログラマブルコントローラの開発設計に従事。現在、機器事業本部機器制御事業部 PLC 開発部主任。

グラムや、複雑な数値演算を記述したり保守することはきわめて困難であるとされている。LD 言語の抱える問題点の主要なものを次にあげる。

- (1) シンボルや機能がさまざまな PLC 製品間で異なる。
- (2) プログラムの構造化や階層化の機能が貧弱である。
- (3) ソフトウェアの再利用性が限定されている。
- (4) アドレス指定やデータ構造が貧弱である。

これらの問題点を改善すべく、メーカー各社でさまざまな工夫がなされているが、このことが逆に機種間の言語の違いを大きくしている。言語に関しては、デファクトスタンダードの登場は期待できないのが現状である。

富士電機では、国際規格言語 (IEC1131-3) を全面採用することで、上記問題点の根本解決を図った。

2.3 プログラム作成効率の向上

(1) ラベルによるプログラミング

プログラミングはすべてラベル (変数) による記述を基本とした。PLC 内部メモリへの割付けは、コンパイラが自動的に行うので、重複などのミスがない。I/O アドレスなどは、プログラミングとは別に個々のラベルに独立に割り付けることができるので、I/O アドレスが変更されても、プログラム自体の変更が不要である。

(2) プログラムの再利用・結合

プログラムを部品化する手段〔ファンクション (FCT)、ファンクションブロック (FB)] を用意し、再利用を可能とした。また、複数人で部分的に作成したプログラムを切り取り・張付け (cut & paste) 機能で結合できるようにすることで、プログラムの並列開発を容易にした。

(3) 机上シミュレーション

SES にシミュレータを実装し、作成したプログラムを実機を使用せず論理シミュレーションを可能とした。

(4) ドキュメント品質向上

ユーザー独自の印刷フォーマットの作成を可能とした。さらに印刷プレビュー、用紙サイズを選ばない拡大・縮小印刷などを可能とした。

2.4 既存ソフトウェア資産の活用

従来機種 (MICREX-F, FLEX-PC) で作成したプログラムを、IEC1131-3 言語 (LD 言語) にコンバートすることが可能である。

2.5 動作仕様記述による制御プログラムの自動生成

機械動作の制御仕様書をメッセージフローとソフトウェア部品で記述し、そこから PLC の制御プログラムを自動生成するシステムを開発した。プログラム作成の工程をなくすことで、アプリケーションプログラムの作成効率を大幅に改善する。

2.6 各種支援機能の統合

PLC を構成するモジュールには、位置決めモジュール、プログラマブル操作表示器 (POD) などの各種機能モ

ジュールが存在する。従来これら機能モジュールについては、個別の専用支援ツールが必要であったが、SES では、各種支援ツールが共通にアドインできるプラットフォーム環境を用意した。これにより、各種支援ツールは SES と同一のパソコンの上で動作するとともに、SES で設定したラベルを共有することができる。なお、POD、位置決めなどの各高機能支援ツールについては、本特集号の別稿で紹介している。

③ IEC1131-3 とは

IEC1131-3 は国際レベルで標準化されたプログラムの実現をめざしており、そのために、

- (1) PLC の機種に依存しないプログラムの実現
 - (2) 構造化プログラミングによる分かりやすく保守しやすいプログラムの実現
 - (3) プログラム部品 (ファンクション、ファンクションブロック) の再利用によるプログラミング効率の向上
 - (4) データ型の宣言など、厳密な文法チェックによる誤りの少ないプログラムの実現
- を図っている。

3.1 プログラミング言語

IEC1131-3 では、アプリケーションの用途別に、1 種類の共通要素と 4 種類の言語を規定している (共通要素も言語として扱い 5 言語規定しているという場合もある)。共通要素は、SFC (Sequential Function Chart)、グラフィカル言語として LD 言語、ファンクションブロック図 (FBD 言語)、テキスト言語としてインストラクションリスト (IL 言語)、ストラクチャードテキスト (ST 言語) が定義されている。IEC1131-3 で定義されている言語の例を図 2 に示す。各言語の主な用途は、以下のとおりである。

- (1) IL 言語: アプリケーションの小形化
 - (2) LD 言語: リレーボックスの置換え
 - (3) FBD 言語: データ処理主体のアプリケーション
 - (4) ST 言語: 複雑な分岐処理をもつアプリケーション
 - (5) SFC: 時間と事象で駆動されるアプリケーション
- SES では、上記すべての要素を完全にサポートしている。

3.2 構造化プログラミング

上記言語で記述されたプログラム、ファンクション、ファンクションブロックを総称して、プログラム構成単位 (POU) と呼ぶ。FCT、FB はプログラムや他の FB から自由に呼び出すことができ、階層化設計を容易にしている。

プログラムは PLC システム (IEC1131-3 のコンフィグレーションに相当) の CPU モジュール (IEC1131-3 のリソースに相当) のタスクに登録されることで機能する。タスクとは、プログラムを起動制御する仕組みのことであり、常時起動、定周期起動、イベント起動などの種類がある。同一タスクには複数のプログラムが登録でき、それらは登録順に処理され、あたかも一つのプログラムであるかのよ

図2 IEC1131-3 言語

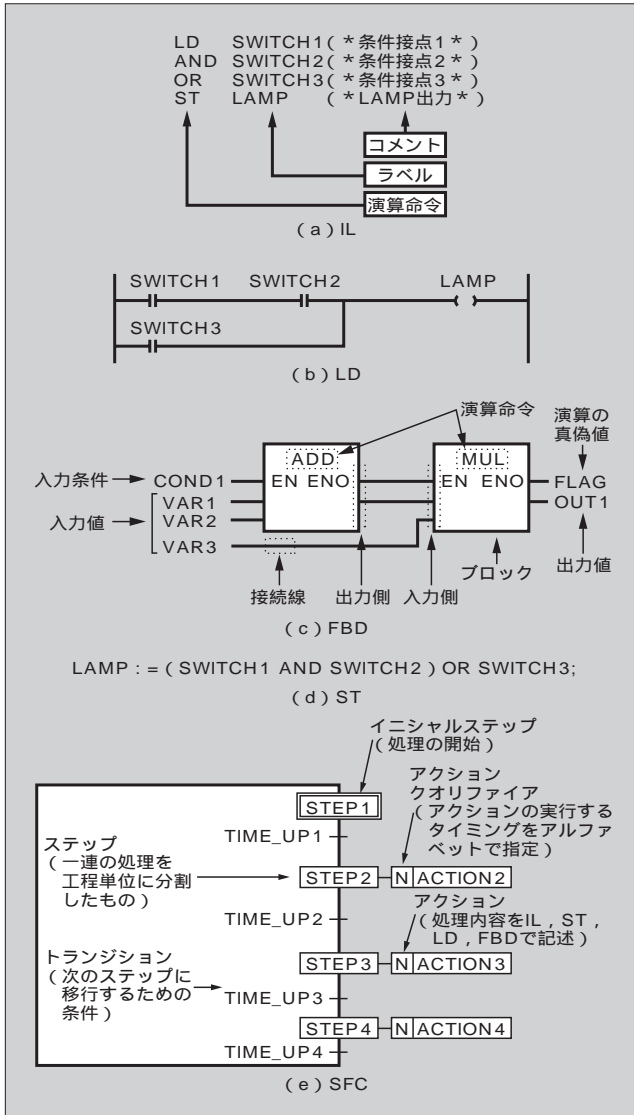


図3 IEC1131-3 のソフトウェアモデル

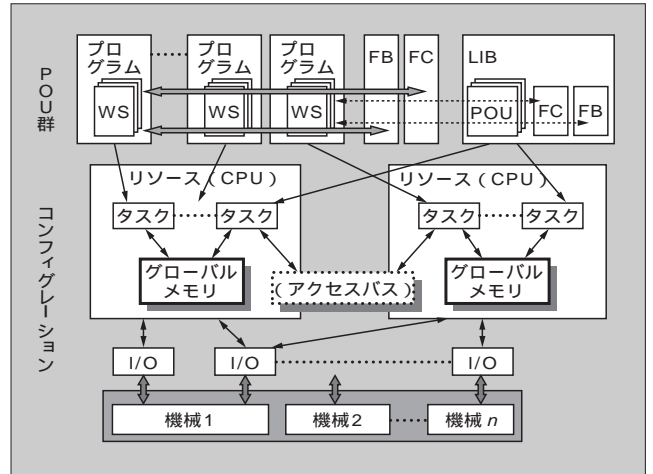
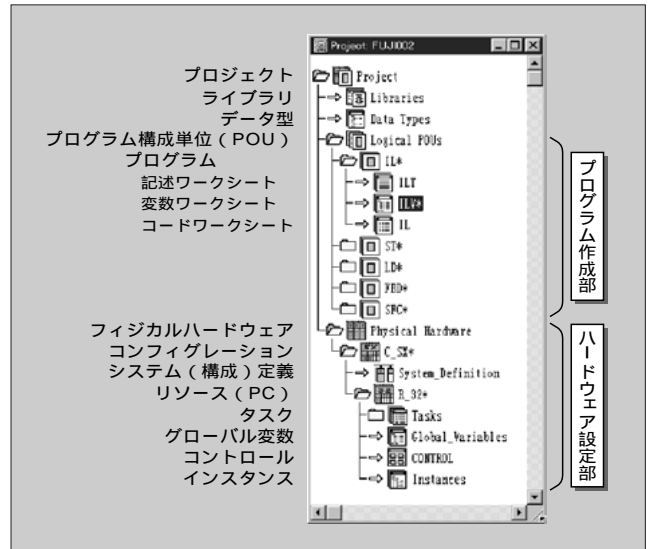


図4 D300win 基本ユーザーインターフェース



うに実行される。このようにして、大規模・複雑な処理も、より小さな機能ブロック (POU) に分割でき、作成効率、保守性を大きく高めることができる。IEC1131-3 のソフトウェアモデルを図3に示す。

なお、IEC1131-3 についての詳細は、「IEC1131-3 ハンドブック」(PLCopen JAPAN)などを参照されたい。

4 プログラム設計支援機能

4.1 基本ユーザーインターフェース

SES におけるプログラミング支援部 (以下、D300win と称す) の基本ユーザーインターフェースをプロジェクトツリーと呼ぶ (図4)。プロジェクトとは、D300win におけるプログラムのすべての情報の管理単位であり、任意の名称がつく。D300win で開発されたすべてのアプリケーションプログラムは、このプロジェクト名称で管理される。

図4において、Logical POUs (ロジカル POU) ノードがプログラム作成部であり、Physical Hardware (フィジカルハードウェア) ノード以降がハードウェア設定部、す

なわち、SX シリーズの構成定義・作成したプログラムのタスクへの登録・PLC へのダウンロード・試験デバッグなどを管理する部分となっている。

このほかに、すでに作成完了済みのプロジェクトを再利用する場合にプロジェクトを登録し使用するライブラリノード、D300win が提供する各種データ型を用いて、顧客独自のデータ型のひな形を作成登録するデータ型ノードなどがある。

4.2 プログラミング

プログラミングは、プログラム、FCT、FB 単位で、ロジカル POU 階層下に作成する。POU ごとに記述言語が指定でき、一つの POU は、3 種類 (記述、変数、コード) のワークシートから構成される。図5に例を示す。

4.2.1 各種言語によるプログラミング

IL 言語、ST 言語などのテキスト系言語、および LD 言語、FBD 言語、SFC などのグラフィック系言語それぞれに、テキストエディタ、グラフィックエディタが用意されている。おのおののエディタは、POU の作成言語によっ

図 10 タスク登録

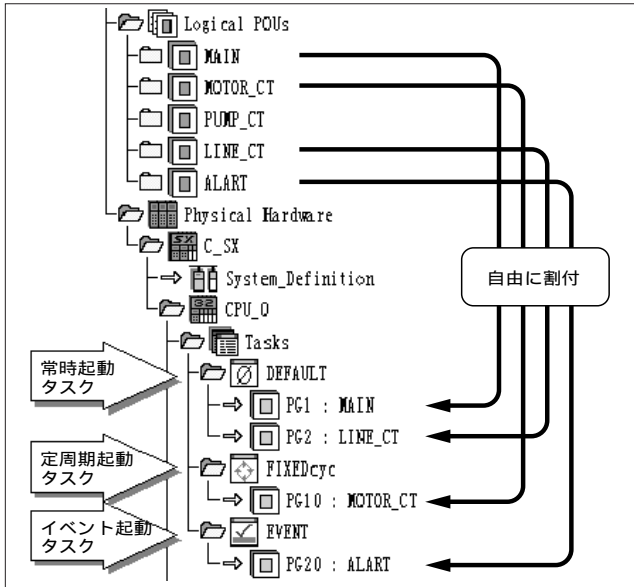


図 11 マルチ CPU 登録



他のプロジェクトのプログラムを登録することもでき、再利用性を高めている。

4.3.3 マルチ CPU

マルチ CPU の場合は、CPU (IEC1131-3 のリソースに相当) が複数出現するだけで、各 CPU のタスク登録はシングルの場合とまったく同一である (図11)。プログラムは任意の CPU へ自由に登録できるので、ごく自然に負荷分散、機能分散を実現できる。

5 プログラム試験支援機能

5.1 コントローラの起動・停止

SX システムの起動・停止やプログラムのダウンロードなどは、リソース制御ダイアログ (図 12) の制御ボタン群を用いて操作する。

5.2 モニタ機能

4 種類のモニタ機能が用意されている。

図 12 リソース制御

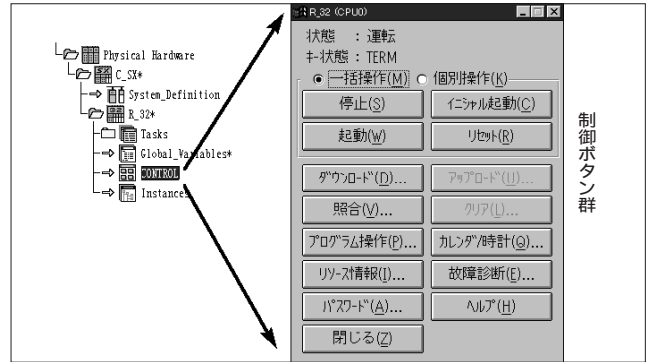


図 13 プログラムモニタ

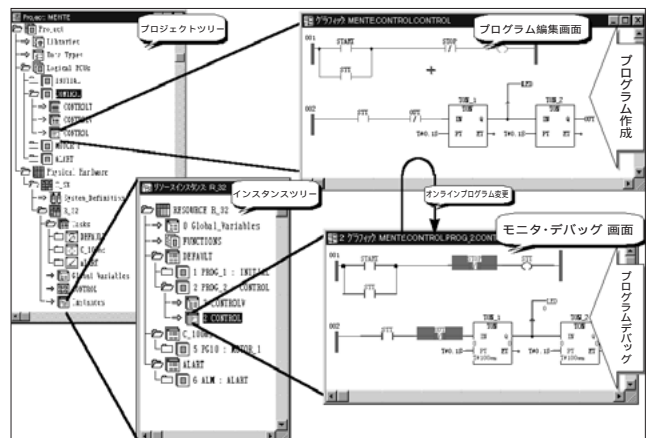


図 14 ウォッチリスト

モニタ値	変数名	インスタンス名
00058	Current_value_level	podeau
00000	Current_value_Temperature	podeau
TRUE	Inlet	podeau
FALSE	Outlet	podeau
00000	Current_value	PE_Temperature
00060	Minimum_level	PE_Temperature
00080	Maximum_level	PE_Temperature

5.2.1 プログラムモニタ機能

プログラム上の各ラベル値・接点・コイルの状態をモニタする。フォーマットは、各言語のエディタで作成したものと同一である。表示色に意味をもたせて視認性を高めている (図13)

5.2.2 変数モニタ機能

プログラムで宣言された変数 (ラベル) をモニタする。

5.2.3 ウォッチリスト機能

必要な変数 (ラベル) を選択してモニタする (図14)。必要な変数は、プログラムモニタ、変数モニタ各画面から簡単に登録できる。

5.2.4 ロジックアナライザ機能

指定した変数の時系列変化を波形として表示する。各種トリガ条件が設定できる (図15)

図 18 故障診断

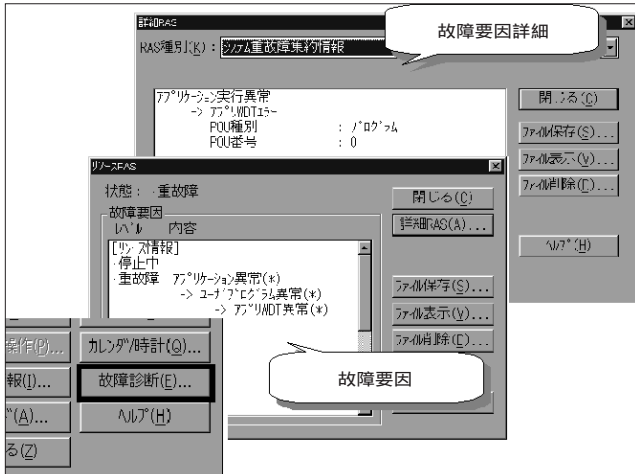
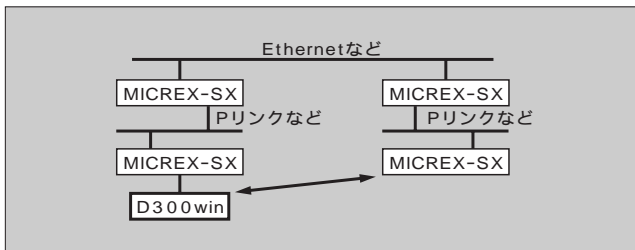


図 19 ローダネットワーク



より、第三者による不用意な変更や操作に対する保護を実現している。

7 故障診断機能

故障発生時には、故障箇所の特定が急務である。故障診断機能では、故障レベル 故障モジュール モジュール内詳細要因の順に階層的にメッセージ表示することで、その特定を容易にしている (図18)。

8 補助機能

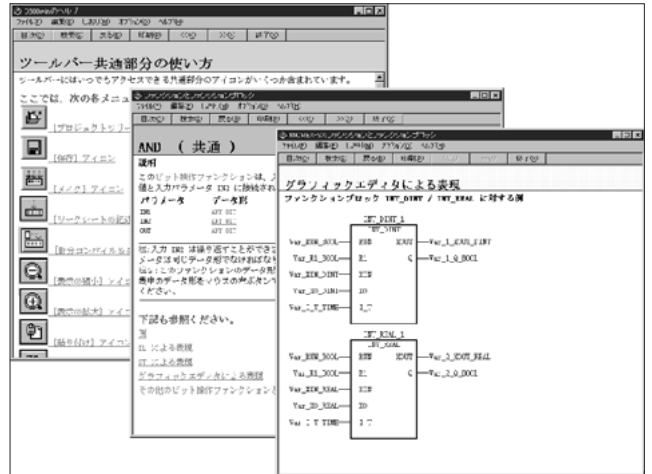
8.1 ローダネットワーク

従来、富士電機の P/PE リンクなどでは、1 ネットワーク経由でのコントローラとの接続を備えているが、この D300win システムは、接続している SX システムから各種ネットワーク (Ethernet^{注3}, P/PE リンクなど) により最大 2 システムを中継接続して、別の SX シリーズのコントローラと接続する機能を備えている。図19に接続例を示す。この機能により、一層高度でかつ複雑なネットワークシステムにおけるプログラム保守、デバッグ、監視ができる。

8.2 逆コンパイルとクロスコンパイル

逆コンパイル機能とは、コントローラ内のプログラムを D300win にアップロードし、IL 言語プログラムとして再

図 20 状況に応じたヘルプ



表示するものである。

あらかじめ変数情報をプログラムとともにダウンロードしておく。その後、プロジェクトデータが手元にない場合に、再び、この変数情報をプログラムとともにアップロードすることで、作成時に使用した変数名に戻して表示させる。

クロスコンパイル機能とは、IL 言語で書かれたプログラムを LD 言語に変換し表示する機能である。

8.3 IEC コンバータ

富士電機の MICREX-F シリーズおよび FLEX-PC シリーズの既存プログラム (デバイス名などのコメントやステートメントを含む) を IEC1131-3 に即した IL 言語表現に変換し、また、システム定義やパラメータ設定などについては、その一部を SX システムのシステム定義に変換し、既存システムから SX システムへの容易な移行を実現している。

9 状況に応じたヘルプ

この D300win システムでは、作業の状況に合わせて簡単な操作で、必要なヘルプ情報を呼び出すことができる。手元にマニュアルがなくとも、迅速に作業を継続できる環境を提供している。以下に主なヘルプの構成と機能を紹介する。図20にヘルプ情報の表示例を示す。

- (1) ヘルプ情報の構成
 - (a) D300win の使い方、プログラムの作り方
 - (b) 使用している PLC ごとにファンクション・ファンクションブロックの解説、言語ごとの使用法など
 - (c) デバッグ中に発生するエラーメッセージに対する詳細な解説と対策例
 - (d) IEC1131-3 規格の解説
- (2) 状況依存ヘルプ呼出し機能

D300win 上の作業状況により、簡単なキー操作でその場に応じたヘルプ情報を呼び出す機能を備えている。

注3 Ethernet : 米国 Xerox Corp. の登録商標

図 21 動作仕様記述の概要

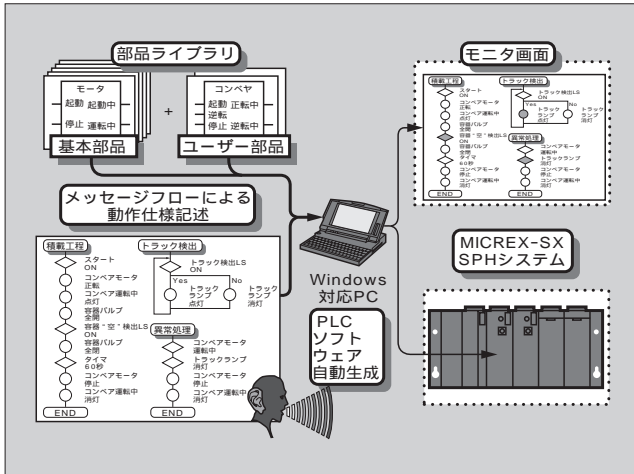
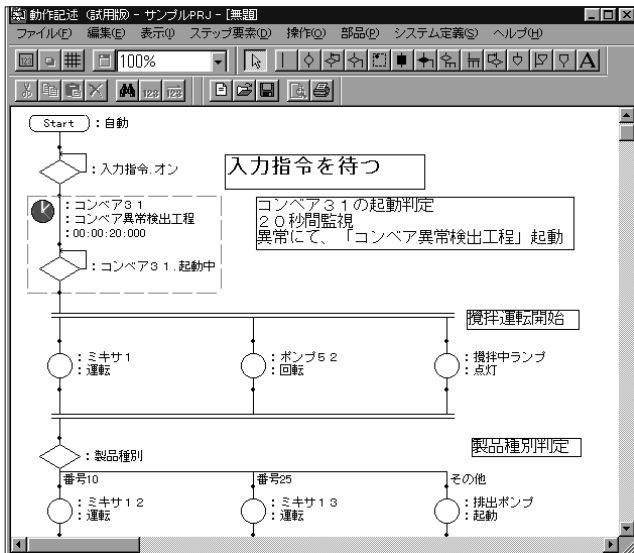


図 22 動作仕様記述の例



10 動作仕様記述

制御仕様書から自動的にプログラムが生成されれば、制御ソフトウェアの生産性は飛躍的に向上する。動作仕様記述では、制御仕様書をメッセージフローとソフトウェア部品で記述し、プログラムの自動生成を行うものである。

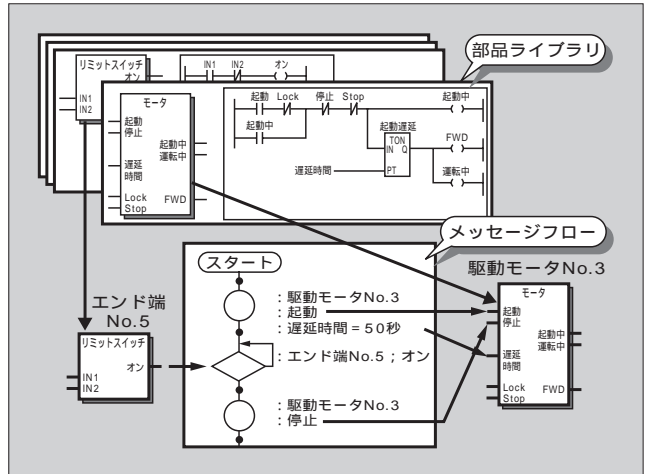
図 21 に概要を、図 22 に記述例を示す。

10.1 ソフトウェア部品

制御対象の個々の機械を制御するためのソフトウェアパッケージであり、実体は IEC1131-3 で規定される FB そのものである。FB には入力パラメータと出力パラメータがあるが、動作仕様記述ではこれらに以下の意味を持たせ、メッセージフローとのインタフェースとしている。

- (1) 指令端子
メッセージフローからの指令書込み
- (2) 状態端子
メッセージフローでの状態読み出し

図 23 ソフトウェア部品とメッセージフロー



(3) パラメータ端子

指令に関する詳細指定

(4) 入力端子と出力端子

外部入力、外部および部品間の接続

ソフトウェア部品は動作仕様記述のライブラリとして管理され、ユーザーが自由に作成することができる。

10.2 メッセージフロー

ソフトウェア部品への動作指令や状態判定、すなわち制御仕様をフローチャート形式で記述する。メッセージフローは、主に指令要素(形の要素)と判定要素(形の要素)から構成される。

例えば「モータ」部品が指令端子として「起動」を持つ場合、メッセージフローの指令要素を使用して「部品名: モータ, 指令: 正転」を記述する。また、リミットスイッチの入力を待つような場合は、判定要素を使用して「待ち条件: リミットスイッチ オン」を記述する。図 23 にソフトウェア部品とメッセージフローの相関を示す。

10.3 モニタ

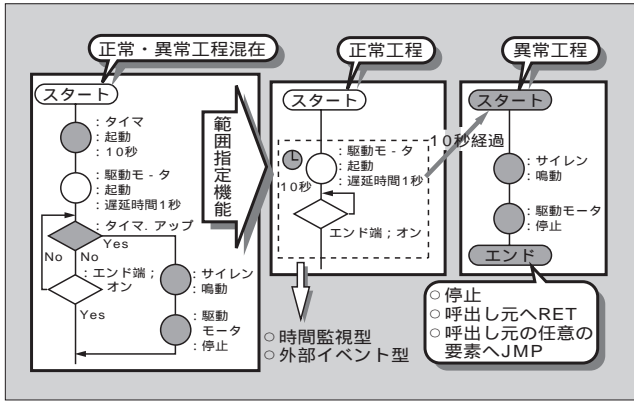
メッセージフローは、そのままモニタ画面として使用できる。PLC で実行中のメッセージフローをモニタ表示すると、実行中のステップ要素が色変え表示される。

10.4 範囲指定

制御仕様は一般に正常ケースのほかに、さまざまな異常ケースへの対応を記述しなくてはならない。このため、メッセージフローは異常ケースごとの判定要素が多数入り込み、判読が困難になる。

動作仕様記述では、範囲指定機能により、正常ケースと異常ケースを分離することで、この問題を解決した。すなわち、メッセージフローの一部を矩形(くけい)で囲みイベントと起動工程(別のメッセージフロー)を設定する。囲まれた範囲内を実行中にイベントが発生するとメッセージフローの進行を停止させ、指定したメッセージフローを起動する。これによって通常動作を記述したメッセージフ

図 24 範囲指定機能



ローに異常処理を混在させず、別のフローにまとめることが可能になる。図24にそのイメージを示す。

11 あとがき

MICREX-SX シリーズの統合プログラミング支援システム SES の特長および機能について紹介した。SES の提唱する IEC 規格言語、構造化プログラミングおよび動作仕様記述は、限界に近づきつつある PLC のプログラミング環境に革新的な開発環境を提供しうるものと考えられる。今後とも SES のコンセプトを拡大していくとともに、動作仕様記述を中心に研究を進め、制御システムのアプリケーション開発効率向上に寄与していく所存である。

参考文献

- (1) PLCopen JAPAN : IEC1131-3 ハンドブック, PLCopen JAPAN, p.1-100 (1998)
- (2) 森太治ほか: オープンコントローラの現状と富士電機の取り組み, 産業電力電気応用研究会資料, IEA-98-10 (1998)

技術論文社外公表一覧

標 題	所 属	氏 名	発 表 機 関	
ガス絶縁変圧器巻線部の流れの可視化と数値解析	富士電機総合研究所 " " 変電システム製作所 " "	仲神 芳武 川西 敬造 宮本 昌広 小倉 真一 池田 健二 大久保 堅司	電気学会電力・エネルギー部門誌, 118-B, 10 (1998)	電気学会
ガスタービン制御装置の開発および新型シミュレータによる検証	火 力 事 業 部 " "	鳥越 正道 新村 栄一	火力原子力発電, 49, 11 (1998)	火力原子力発電技術協会
100 kW 燃料電池商品機の開発	技 術 開 発 室	中島 憲之	電気評論, 83, 10 (1998)	電気評論社
電磁式搬送ユニット	富士電機総合研究所	中澤 治雄	第22回日本応用磁気学会 (1998-9)	
空気原料オゾナイザの高濃度化	富士電機総合研究所	石岡 久道	日本オゾン協会 第16回オゾン技術に関する講習会 (1998-9)	
短ギャップ円筒形オゾナイザ	富士電機総合研究所 " " 公共システム事業部 富士電機ファーマス	石岡 久道 甲斐 一樹 酒井 英治 西井 秀明	電気学会放電研究会 (1998-9)	
変圧器油/プレスボード複合系における油流動時の Kerr 効果による油中電界測定	富士電機総合研究所 " "	仲神 芳武 宮本 昌広	平成10年電気関係学会東海支部連合大会 (1998-9)	
半導体を用いた三相無誘導解消型電力用限流器の過渡特性	富士電機総合研究所 " "	磯崎 優 森田 公	日本テクノセンター主催 車載用半導体講習会 (1998-10)	
車載用パワーデバイスの技術動向	半導体開発センター	桜井 建弥	日本テクノセンター主催 車載用半導体講習会 (1998-10)	



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。