

# ステップソフトの開発

郭 璿<sup>\*1)</sup> 蔭山 哲也<sup>\*2)</sup>

## 1. はじめに

PC (プログラマブルコントローラ) は、一般に、PC ユーザ言語により作成した制御プログラムを実行し、制御対象に所望の動作を実行させるものである。

PC ユーザ言語として、現在一般に使用されているラダー図や、ハンディローダで入力できるニーモニックがあり、また最近ではIEC1131-3などにあるSFC(Sequential Function Chart)、およびIL(Instruction List)やST(Structured Text)などがある<sup>1)</sup>。

ユーザは、いずれかのPC用言語を理解した上でプログラムを作成し、これをPC上で実行する。PC用言語を使用するためには高度な専門知識が要求され、初心者が容易に作成することは困難であった。

このたび開発したステップソフトは、MICRO<sup>3</sup>のユーザプログラムを、ラダー(リレーシーケンス図)やニーモニック(命令語)などの知識を必要とせずに、当社製品の品質基準である「使いやすさ」を重視し、パソコンの持つ自由度の高いユーザインターフェイスを用いて容易に作成できるパソコン用アプリケーションソフトである。

本論文では、まず、ステップソフトの基本となるプログラム表現・入力方法と、それを制御する監視処理について述べる。その後、作成したプログラムのデバッグを支援するモニタ機能と、PCが理解できる命令語に変換する手順について述べ、最後にステップソフトと、同様に順序制御の考えに基づく一般的なPC用言語であるSFCとの関係を解説する。

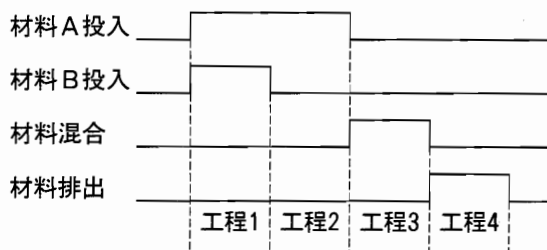


図1 タイムチャート

\*1) 商品開発部

\*2) 商品開発部

## 2. ステップソフトの構成

### 2.1 ステップソフトの特長

ステップソフトは、工程歩進制御(ステップコントロール)を行うPC用ユーザプログラムをパソコン上で作成するプログラム開発ツールである。

ステップソフトとこれまでのプログラム開発ツールとの違いは、以下の通りである。

- (1) 「ある工程が終わったら、次の工程に移る」工程歩進プログラムをパソコン上で簡単に作成できる。
- (2) リレーシーケンス回路の知識を必要とせず、画面を見ながら各種項目を設定するだけで、PCのプログラムが作成できる。
- (3) 工程歩進プログラムの監視機能としては、各種コントロール機能を設けている。これにより、工程歩進プログラムの実行の制御が可能。
- (4) モニタ時にPC側とパソコン側との両方で工程歩進プログラムの制御が可能。

以上の4点のうち、重要なのは(1)と(2)である。PCが制御する機械の動きは、図1に表すようなタイムチャートという形で記述される。タイムチャートとは、時間を横軸にとり制御対象の状態の時間的変化を視覚的に記述したものである。PCのプログラムの目的は、このタイムチャート通りに制御対象の機械を動作させることである。他のPC用言語でプログラムする場合も、機械の動きはこの形式で記述されることが多い。

しかし、PC用言語は、PCの持つ機能を簡潔に記述するような形式になっている。言い換えると、PC用言語は、PCの動作を記述するためのもので、必ずしも機械の動きを記述するためのものではないのである。

ステップソフトは別の考えからスタートしている。それは「PCの制御対象が機械であるからには、この機械の動作の流れを簡潔に表現でき、それがそのままPCのプログラムになればよい」ということである。

ステップソフトは通常のPC用言語のように「機械の動きをPCのルールに基づいて記述する」ことを前提と

工程名称ウインドウ		出力設定ウインドウ					歩進条件ウインドウ					
動作工程	出力	Y					歩進条件					
ステップ	名称	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	入力/論理	カウンタ	タイマ	飛先	リピート
01	材料投入AB	●	●	○	○	○	○	X000				
02	材料A投入	●	○	○	○	○	○	X001+X002				
03	混合工程	○	○	●	○	○	○	X003*X004				
04	排出工程	○	○	○	●	○	○	X001*X002	X004	0010		

図2 入力画面の例

論理	入力			カウンタ	タイマ
	X001	X002	X003	X004	-
AND	-	●			
OR	-		●	●	

図3 歩進条件入力ウィンドウの例

はしていない。「機械の動きを簡潔に記述するルール」を作成し「そのルールに基づいて機械の動きを記述すれば、そのままPCのプログラムになる」ことを目標とした。

2.2 プログラム表現方法

ステップソフトで作成するPC用プログラムの最小の単位は「工程」である。工程は、図2の画面で1行単位で表示される。ステップソフトのプログラムとは、この工程の集まりである。工程には「工程名称」「出力設定」「歩進条件」の3つの要素がある。

(1) 工程名称

プログラムの理解を助けるためにつける工程の名前である。工程名称は半角文字で最大36文字まで設定できる。また、漢字などの全角文字の工程名称も設定可能である。この場合の最大文字数は、全角文字1文字を半角文字2文字として計算する。

(2) 出力設定

出力設定は、設定画面上にON-OFFを“●”-“○”で表している。この形式は、縦軸を時間としており、そのまま90度回転するとタイムチャートと等価となる。

ステップソフトでは、歩進条件が成立すると任意の工程へ処理を移す「ジャンプ機能」を、出力のかわりに設定できる。また、歩進条件が成立したときに、一定回数だけ工程を繰り返す「リピート機能」も備えている。これらの機能は、図2の右側の欄で設定する。

(3) 歩進条件

歩進条件の設定は、図3のようなウィンドウ形式になっており、マウスを使って簡単に設定できる。外部入力から順番に設定し、左の条件との接続は条件下の論理欄に設定する。外部入力は、最大で5つの入力の組み合わせを設定できる。また、タイマ・カウンタ設定値は図2の歩進条件ウィンドウに入力する。

タイマ・カウンタを設定する場合には、歩進条件入力ウィンドウの論理に外部入力との接続を設定する。カウンタの場合は、カウント入力も設定する。

タイマ・カウンタの論理は、(外部入力) AND (タイマ/カウンタ) 又は (外部入力) OR (タイマ/カウンタ) との組み合わせになる。

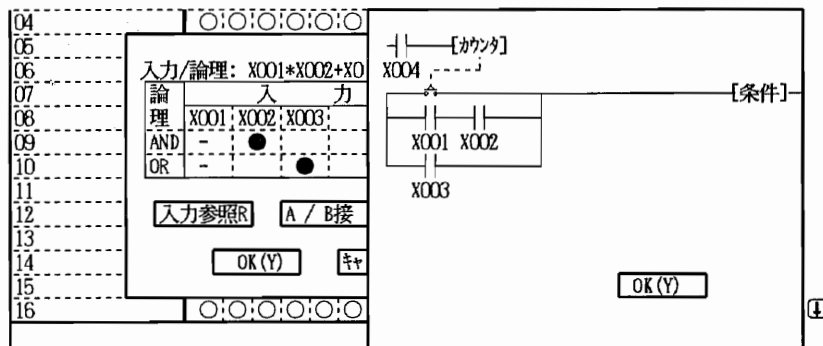


図4 ラダー表示

図3の歩進条件を論理式で記述すると以下のようになる。

$$(歩進条件) = (X001 * X002 + X003) + CNT$$

ここで、\* : 論理積(AND)、+ : 論理和(OR)

歩進条件の確認のため、歩進条件をラダー図で表示することも可能である。図3に示した歩進条件をラダー表示したものを図4に示す。

以上のようにして、動作工程ごとに出力状態及び歩進条件について所定の入力欄を埋めるだけで、PC本体に供給すべき工程歩進プログラムが自動的に作成される。

### 2.3 監視処理

工程の集まりであるプログラムの起動・停止など、プログラムの動作を制御する部分を「監視処理」と呼ぶ。監視処理には、外部入力と、曜日と時刻からなるカレンダータイマを設定できる。

監視処理は、工程歩進プログラムの実行状態に関係なく常に有効である。監視処理は、以下に示す6項目を設けている。

(1) 工程起動

工程歩進プログラムが停止状態の時、工程起動を入力すると工程歩進プログラムが現在の工程から起動し、運転状態になる。

(2) 一時停止

運転中に一時停止を入力すると、工程歩進プログラムは現在工程を保持して一時停止状態になる。一時停止状態とは、歩進条件が成立しても歩進しないが、出力は保持している状態のことである。

(3) 工程停止

運転中に工程停止を入力すると、工程歩進プログラムは現在工程を保持して停止状態になる。停止

監視処理		
名称	入力/論理	カレンダータイマ
工程リセット		
工程停止	X000	+CAL
一時停止		
1サイクル運転		
工程起動	X001	+CAL
強制歩進		

図5 監視処理ウィンドウ

状態とは、出力がすべてOFFで、歩進条件が成立しても歩進しない状態である。工程停止入力OFFした後、工程起動が入力されれば工程停止を入力した工程から動作を再開する。

(4) 1サイクル運転

最終工程から歩進する時、この入力がONであれば歩進した後、工程1に戻って停止状態になる。

(5) 強制歩進

運転状態の時に強制歩進を入力すると歩進条件の成立にかかわらず手動で強制的に歩進する。

(6) 工程リセット

工程リセットを入力すると、タイマ/カウンタ計数值・リピート回数カウンタをクリアし、全出力をOFFして1工程に戻り、停止状態になる。

外部入力による監視処理は、図5に示す画面で入力する。外部入力は、各監視処理に対して歩進条件と同様に最大で5つの入力の組み合わせを設定できる。入力方法もタイマ・カウンタが使えない点を除いては歩進条件と同様である。

カレンダータイマによる監視処理は、図6の画面で設定する。カレンダータイマによる監視処理は曜日・時刻(時間・分)と出力状態からなる。1つの監視処理に対して最大で8つの設定が可能である。

出力状態とは、各監視処理を実行(オン)・停止(オフ)、またはごく短い時間のみオン(パルス)の3つの設定が可能である。

オンは設定したカレンダータイマ要素による監視処理を実行するものである。

オフは、カレンダータイマ要素による監視処理によってオン状態になった監視処理を、オフするものである。

工程起動 カレンダータイマ制御										
曜日					時刻		入力		出力状態	
日	月	火	水	木	金	土	時	分	論理	パルス
○	●	●	●	●	●	●	08	30	AND	●
○	●	●	●	●	○	○	17	15	AND	●
○	○	○	○	○	○	○	12	30	AND	●
○	○	○	○	○	○	○				
○	○	○	○	○	○	○				
○	○	○	○	○	○	○				
○	○	○	○	○	○	○				
○	○	○	○	○	○	○				

OK(Y)      キャンセル(N)

図6 監視処理のカレンダータイマ設定

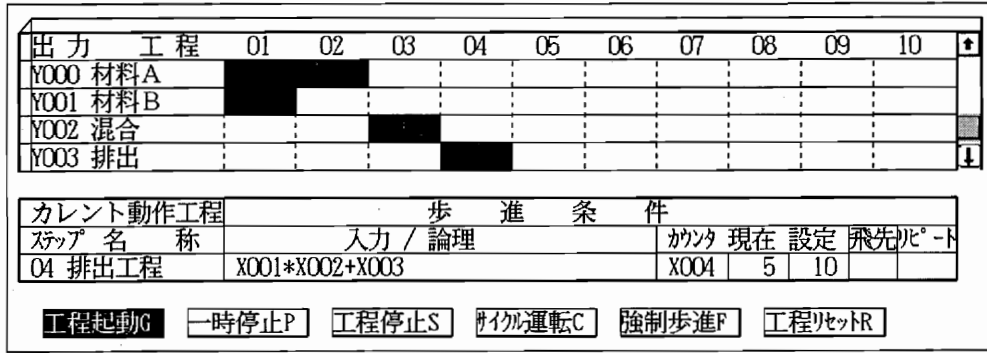


図7 タイムチャート方式でのモニタ

オンとオフはペアで使用することにより、カレンダータイマ要素のみによって工程歩進プログラムを制御できる。

パルスは、強制歩進のように、立ち上がりのみが意味を持つ監視処理や、ただ単に工程起動を行うといったような時間の幅が不要な監視処理に使用する。

外部入力による監視処理とカレンダータイマによる監視処理の2つの監視処理はANDまたはORの論理で結ばれる。

2つの監視処理をANDで結ぶと、外部入力による監視処理とカレンダータイマによる監視処理の両方がオンにならなければ監視処理は動作しない。このことを利用すると、カレンダータイマによる監視処理の設定を一時的に動作させないようにすることができる。

2つの監視入力をORで結ぶと、カレンダータイマによる監視処理と外部入力による監視処理のいずれかがオンになれば監視処理は動作する。このことを利用するとカレンダータイマ要素の監視処理と外部入力の監視処理を併用することが可能である。

2.4 モニタ処理

パソコン上で動作するPCのプログラム開発ソフトには、その広い画面を生かしたモニタ機能があるのが一般的である。ステップソフトも例外ではなく、作成した工程歩進プログラムの動作を、パソコン上でオンラインで確認することができるモニタ機能を備えている。

モニタ形式は、入力画面上でプログラムの動作が確認できる通常形式と、工程単位で出力の履歴を見ることができるタイムチャート形式の2つの形式がある。

タイムチャート形式のモニタでは、機械の動作の記述に使用したタイムチャートそのままの形式でモニタできる。タイムチャート形式のモニタ画面を図7に表す。

ステップソフトで作成された工程歩進プログラムは監

視処理で制御される。他のPC用プログラム開発ソフトでは、作成したプログラムの動作・停止はPCの動作(RUN)・停止(STOP)で行う。

ステップソフトで作成されたプログラム(工程歩進プログラム)は監視処理で動作・停止の制御が可能である。したがって、ステップソフトで作成したプログラムを動作させるPCは、プログラムを動作させたままの状態にしておく。

監視処理はPCの外部入力で行う。しかし、パソコンを使用したモニタ時は、PC本体のみでなく、パソコンに監視処理に相当する機能があれば、PC本体を操作することなく、パソコンのみで工程歩進プログラムの制御ができて都合がよい。

このため、ステップソフトではパソコン側にもモニタ時に監視処理に相当する機能を用意した。

PCは、PC本体とパソコン側の、両者の監視入力のOR論理結果と監視処理の優先順位に従い、工程歩進プログラムの処理を行う。

図7で、モニタ画面下のボタンが監視処理に相当する。

3. 変換アルゴリズム

ステップソフトは、出力設定ウィンドウ、工程歩進条件ウィンドウおよび監視処理の入力データより、ラダー入力プログラムと同一の中間言語をパソコン上で作成する。この中間言語は、MICRO<sup>3</sup>に直接転送可能である。このため、MICRO<sup>3</sup>本体を変更することなくステップソフトで作成されたプログラムを実行できる。

この一連の動作を以下に表す。

- (1) 工程をソフトレジスタで構成する。
- (2) ステップソフトで作成したプログラムの動作に必要な内部リレーを定義する。

- (3) 監視処理の外部入力を監視処理のラダープログラムへ変換し、該当する監視処理用内部リレーを設定する。
- (4) 監視処理のカレンダタイマによる設定を、監視処理のプログラムに変換し、該当する監視処理用内部リレーを設定する。
- (5) 各工程の歩進条件を中間言語に変換する。
- (6) 工程ジャンプ、リピート処理があれば、工程を構成するシフトレジスタの状態をを変更するプログラムを作成する。
- (7) 出力設定ウィンドウのON-OFF状態により、出力命令OUTを作成する。

#### 4. ステップソフトとSFCの関係

SFCは、「ステップ」「トランジション」「リンク」「アクション」の、4つの要素によって構成される<sup>2)</sup>。ステップソフトは、このSFCの4つの要素に以下のように対応している。

- (1) ステップ  
一連のシーケンス中の一つの制御単位で、出力動作になる。ステップは、ON（活性）かOFF（非活性）のいずれかの状態を持つ。ステップソフトでは、工程番号がこれに相当する。

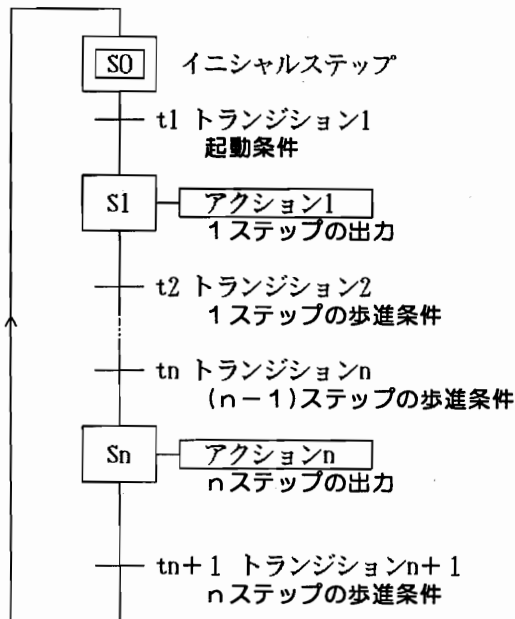


図8 SFC表現

- (2) トランジション  
ステップの下のリンクに直行している横線で、ここに記述されている条件をトランジション条件といい、ステップを移行させる条件となる。一般に、トランジション条件の信号は、そのステップの動作や処理の完了信号となる。ステップソフトでは、歩進条件がこれに相当する。
- (3) リンク  
ステップ間を縦線で結合している線をリンクといい、状態遷移の道程を示す。遷移の方向は、必ず上から下である。ステップソフトは、図2の表形式で表現されるため、ステップの流れは、ジャンプ機能やリピート機能が設定されていないならば、1つ下の行（工程）に制御が移行する。
- (4) アクション  
アクションは、そのステップがONになったときの出力動作の内容を記述したものである。ステップソフトでは、出力設定がこれに相当する。

ステップソフトの工程歩進プログラムを、以上の4つの要素で記述すると図8のようになる。

ステップソフトは、SFCでは表現しにくい監視処理も設けている。監視処理の目的は、工程歩進プログラムの動作を制御することであるため、通常の工程歩進プログラムの動作状態とは関係なく、常に実行される。

#### 5. おわりに

ステップソフトは当社の超小型PCであるMICRO<sup>3</sup>をターゲットとして開発した。小規模（超小型、小型）の順序制御システムの表現として、汎用的であるがプログラムの度合いが強いSFCではなく、かつてのピンボードプログラマのような視覚的形式でシーケンス制御の動作状態を表現した<sup>3)</sup>。

このステップソフトを利用することで、専門的な知識を有せずとも簡単にPCのプログラムが作成できる。したがってステップソフトが、より幅広い用途でPCが活躍できる一翼になるのではと期待している。

今後の展開としては、

- (1) 現在のステップソフトはMICRO<sup>3</sup>に対応しているが、これを他の当社PCシリーズなどにも対応させる。
- (2) 現在のステップソフトは、PCの基本機能のみが利用できる。これを最終的にはターゲットPCのすべての機能を利用できるようにする。

- (3) PCシステム規模の拡大および複雑化にともなう多シーケンスシステム（並列処理・異常処理）の開発。
- (4) IEC1131-3規格になったSFCが世界的に広がりつつあるため、SFCとの親和性を強化

などを考えているが、何よりもユーザのニーズを重視して取り組んでいきたいと考えている。

今回の開発に際して、ご支援・ご協力していただいた多くの人々に深く感謝する。

#### 参考文献

- (1) 横井哲など：「T-SFCによるシーケンス制御の記述法」, 電気学会論文, 114巻5号,1994年,P505-511
- (2) 青木正夫：「プログラマブルコントローラの新しいプログラミングテクニック」, 近代図書, 1994年
- (3) 和泉電気：PLE-30P形プログラマブルコントローラマニュアル, 和泉電気株式会社, 1982年

