

SFC 制御の展開

Development of SFC Control Systems

高原宏行 H. TAKAHARA

Conventionally, Programmable Logic Controller (PLC) programs used for equipment control in plants, etc., were written in ladder language, decipherable only by trained or fully experienced control engineers or electrical maintenance personnel. However, by introducing Sequential Function Chart (SFC) which display the entire cycle of a production process in a flowchart-like format, even operators with basic operation skills can comprehend equipment operation flow and stopped states, allowing them to easily pinpoint problem areas. JTEKT will use SFC not only on our existing in-house equipment, but also on that of Toyota group companies, other vehicle manufacturers, components manufacturers and so on. The adoption of this method on JTEKT machine tools will also be proactively promoted.

Key Words: programmable logic controller, PLC, sequential function chart, SFC, NC program

1. はじめに

近年、設備制御が複雑化しているため、制御技術者や工場の電気保全担当者の熟練者不足に悩む企業も多い。このため、生産準備や改造工事にかかる時間が膨大になることも多く、その仕上がりが品質も低下しているのが実情である。その結果、設備の運転時に発生するトラブルも多く、保全担当者では復旧できず、設備メーカーに頼る場合も少なくない。また、工場の海外進出における現地スタッフの教育にかかる期間も課題の1つである。これらの問題に対応するため、設備制御の見える化・標準化が可能な制御システムを開発し、展開活動を実施している。

2. SFCとは

工場などの設備制御で使われているプログラマブル・ロジック・コントローラ（以下、PLC）のプログラムは、従来はラダー言語で記述され、教育や経験を積んだ制御技術者や電気専門の保全担当者でなければ理解できなかった。そこで、生産プロセスの一連工程をフローチャートに類似した形式で記述するシーケンシャル・ファンクション・チャート（以下、SFC）の導入により、簡単な操作方法を学んだ作業員も設備動作の流れや停止状態が分かるようになり、容易に問題箇所の発見が可能になる。

なお、SFCはラダー言語と同様、国際電気標準会議

の標準規格 IEC61131-3 で定義される PLC 用プログラム言語の1つである。

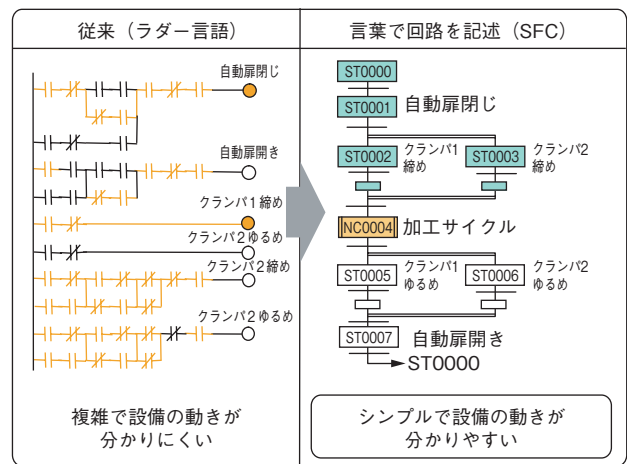


図1 ラダー言語と SFC
Ladder language and SFC

3. SFCの特長とメリット

3.1 設計・試運転時間の短縮

設備制御の設計手順としては、まず機械設計者が設備の動作順序を決定するためにサイクル線図を作成する。従来はこのサイクル線図を基に制御設計者がラダー回路を作成している。SFCを使用する場合はサイクル線図をそのままSFCに描き直す作業を行う。この作業はパソコン用ツール（PCwin）を使用して容易に行えるため機械設計者が実施できる。制御設計者はこのSFCに

対し、標準ファンクションブロック（以下、FB）を用いて必要な条件設定とラダー回路設計を行う。標準 FB はアクチュエータの種類ごとや、最近使われることが多い通信監視、ID、QR コードリーダおよびレーザーマーカなどを標準化して繰り返し使用することにより、大幅な設計時間の短縮と品質向上が達成できる。試運転やデバッグも SFC 化による見える化と完成度の高い FB により短時間で完了できる。

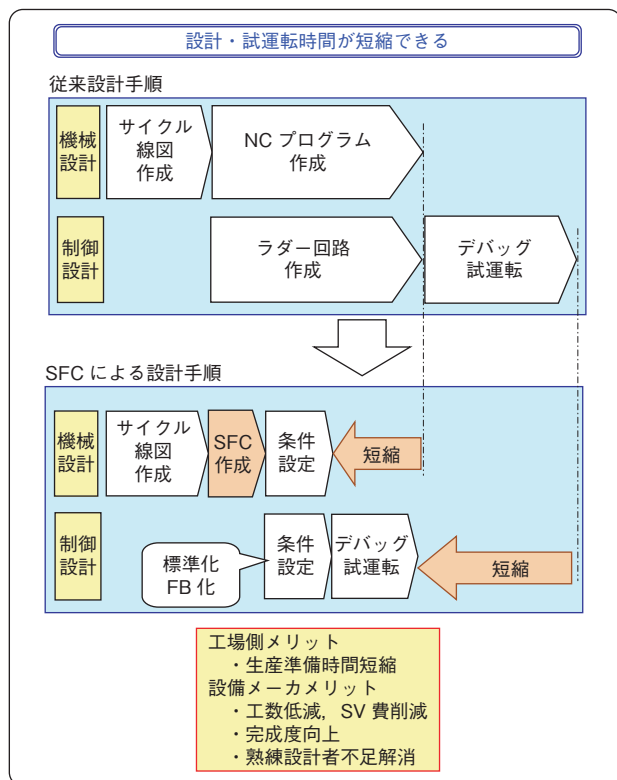


図2 設計・試運転時間の短縮
Reduction in design and trial run time

3.2 保全時間の短縮

SFC モニタは設備停止時の原因調査時間を大幅に短縮できる。

自動サイクルの SFC では各動作のステップが実行中はオレンジ色で、完了後は緑色に変化する。異常による設備停止時はオレンジ色の部分が設備の停止状態を表現していることになる。このオレンジ色の部分をタッチすることにより、停止中部位の回路モニターへジャンプしてコメント付きのラダー回路モニターで停止原因を把握できる。また、ラダー回路の入力接点や出力コイルからは I/O 図表示へジャンプし、機器の特定、配線番号の確認なども可能となる。さらに、ページ枚数の多い紙の回路図面を持ち出してくる必要もなく、短時間で調査が完了できる。

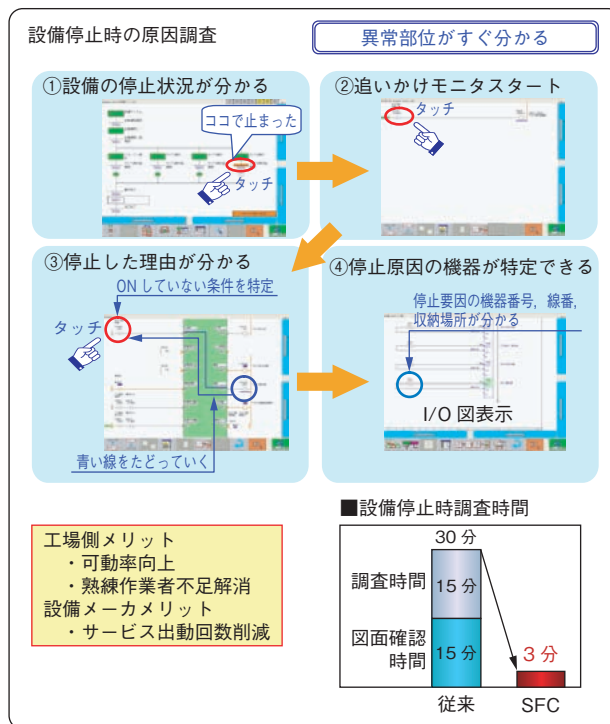


図3 保全時間の短縮
Reduction in maintenance time

3.3 改造時間の短縮

簡単なサイクル変更であれば SFC のステップの入替えのみで可能である。ただし、干渉防止のインタロック変更がある場合は FB の設定回路の修正が必要である。FB の場合、運転条件の変更箇所も明確化されているためインタロック変更は容易であり、設備メーカーに頼らず、工場側で改造可能になる場合も多くなる。

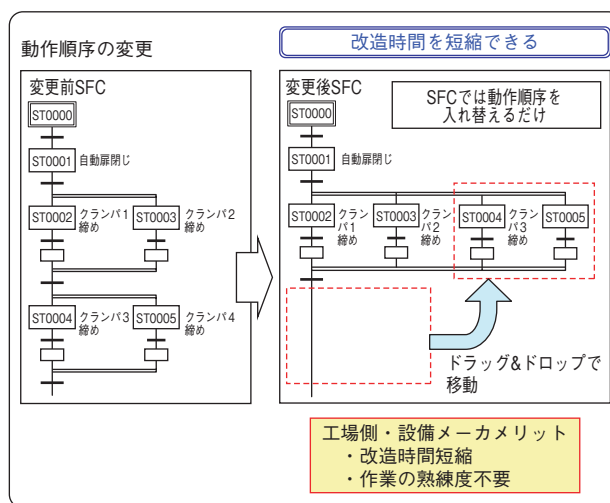


図4 改造時間の短縮
Reduction in modification time

4. NCプログラムのSFC化

TOYOPUC で培った SFC 技術を MC50 CNC へ展開した。SFC 化により従来の G コードプログラムなどの NC プログラム言語に不慣れな人でも、加工プログラムの作成が可能で、主轴速度や送り速度、位置決め座標などもコメント付きの一覧表で入力できる。完成したプ

ログラムは SFC のステップ単位でコピーや移動が簡単に行えるため、改造時間も短縮できる。NC の SFC モニタは PLC の SFC モニタとシームレスな操作性となっている。PLC が制御する全体サイクル SFC の加工サイクルステップから起動し、PLC の SFC 同様、各加工のステップが実行中はオレンジ色、完了は緑色で表示され、加工サイクルの見える化を実現した。

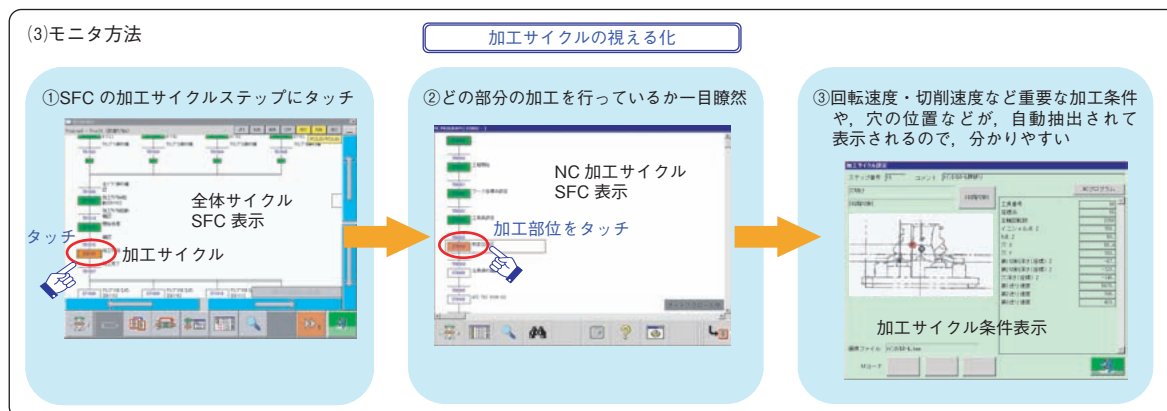
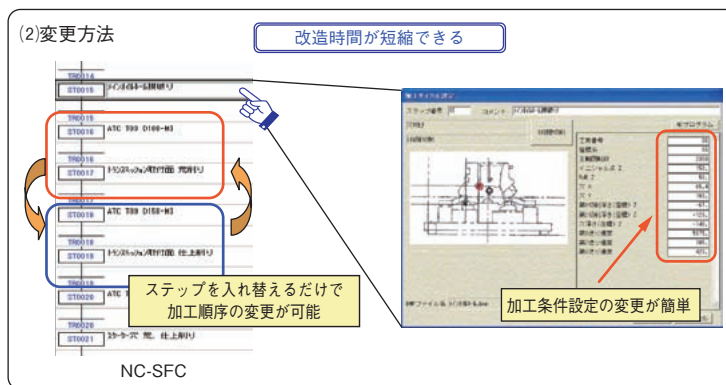
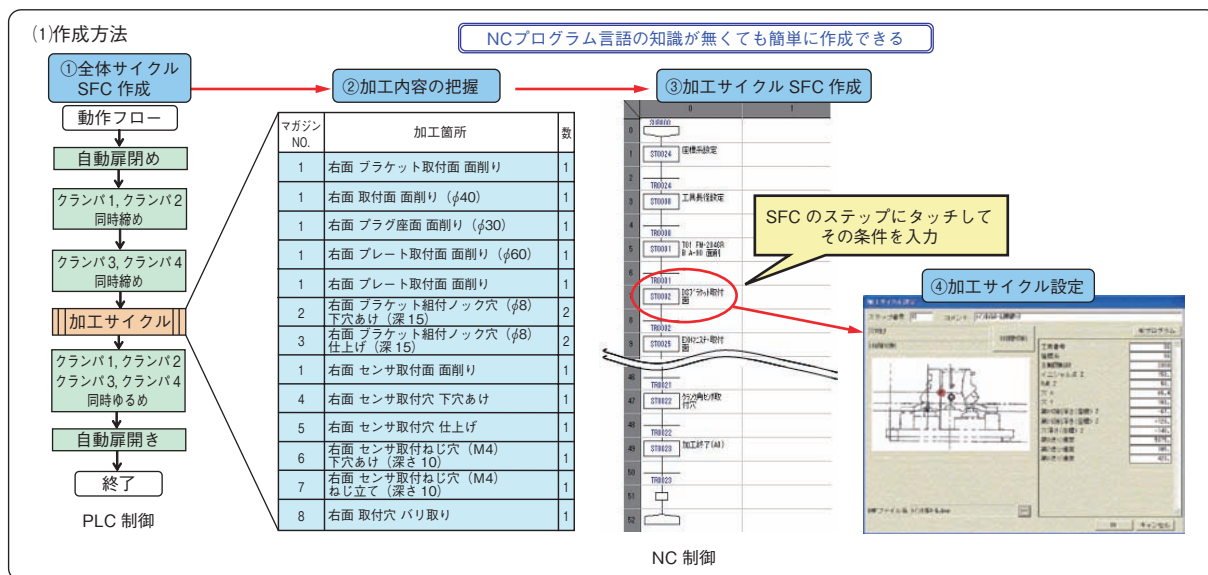


図5 NC加工プログラムのSFC化
Introduction of SFC to an NC machining program

5. SFCを実現するハードウェアとソフトウェア

SFC を用いた制御の見える化を実現するためのハードウェアとソフトウェアはすべて当社が供給する。

5.1 SFC モニタ

ダイレクト回路モニタや汎用操作盤に内蔵する SFC モニタにより、パソコンや図面がなくても設備保守が容易に行え、生産設備の可動率向上に貢献する。

5.2 PLC 装置 TOYOPUC

SFC が扱える PLC 装置 TOYOPUC としては、PC10 シリーズ、PC3JG、PCDL があり、設備規模に合わせて選択できる。工場管理・ライン制御から小規模設備まですべてのステージで使用可能である。

5.3 CNC 装置 MC50

当社が切削加工機用に開発した CNC 装置 MC50 は、TOYOPUC PC10P を内蔵し SFC を扱うことが可能である。また、NC プログラムの SFC 化も実現し、加工設備の全体サイクル、加工サイクルすべての見える化を実現できる。

5.4 プログラミングツール PCwin

PCwin は SFC やラダーの設計から保全までサポートするパソコン用ツールである。CAD でしかできなかった I/O 図作成や図面枠付き印刷も可能である。

6. おわりに

SFC の展開は、2001 年ごろからトヨタ自動車株式会社 車両系工場を中心に進めてきており、平均復旧時間 (MTTR) の短縮に大きく貢献してきた。今後はトヨタグループ各社、その他自動車メーカ、部品メーカへの展開、および当社工作機械・設備への搭載を積極的に進めていく。

* 1 TOYOPUC, PCwin は株式会社ジェイテクトの登録商標です。

図6 SFC を実現するハードウェアとソフトウェア
Hardware and software needed for SFC

筆者



高原宏行*
H. TAKAHARA

* 工作機械・メカトロ事業本部
ユニットシステム技術部