シーケンシャル・ファンクション・チャート(SFC)の
タイヤ製造工程への応用[†]

國分孝夫*・神山健三**・浜野順一***

Application of Sequential Function Chart to the Tire Industry

Takao KOKUBU*, Kenzou KAMIYAMA** and Junichi HAMANO***

This paper describes the application methodology of SFC (Sequential Function Chart) to machines' controls in the tire industry.

With the marvelous progress of micro processing and computer technology, PCs (Programmable Controllers) have become popular and indispensable equipment for machines' sequential control in FA (Factory Automation) area. The complexity and flexibility of machine control relies advancements in PC programming technology. But most of their programs are written by old fashioned Ladder Diagram, which was originally developed as an analogy of wiring circuits. The increasing volumes of programming have revealed major inherent deficiencies in Ladder Diagram. These deficiencies are manifested in programs that are so voluminous and complex that they are practically unmanageable. To overcome these problems, the SFC has been applied as a substitute of Ladder Diagram. Originally the SFC itself has several problems in practical applications. One of the most difficulty in SFC is explanation of interlocking conditions for actuators.

In this paper, authors propose the application methodology of hybrid control by SFC and Ladder Diagram. After evaluation in more than 100 machines, and over 10 kinds of machine applications, the methodology of this hybrid control is proved to be powerful both in machine control and programming. As a result, SFC has a distinct effect on machine controllability, requires less design and maintenance manpower, reduces program and documentation size, eases checkout and start-up work, and saves training time for new personnel.

Key Words: PC (Programmable Controller), FA (Factory Automation), SFC (Sequential Function Chart), ladder diagram

1. はじめに

製造業におけるファクトリ・オートメーション(FA)の

分野で活用されてきたシーケンス制御の応用は、製造ラインの固有技術、ノウハウの蓄積として進展してきたため、フィードバック制御ほど理論的、体系的な解明が行われていない。しかし、マイクロプロセッサ技術を応用した制御装置、PC(Programmable Controller)が出現し、さらに量産による低コストと品質向上により広く導入されるようになると、従来のリレーを主とした配線方式のシーケンス制御がプログラムで置き換えられた。これにより、製造ラインのシーケンス制御も次第にソフトウェアを主体とした設計技術として扱われるようになった。

ところで、PCで圧倒的に採用されているプログラミング言語は、ラダー図方式であり、従来の展開接続図に慣れた現場の作業者に容易に受け入れられ発展してきた

[†] IECON'90(1990・11), IECON'92(1992・11)で一部発表

* (株)ブリヂストン電気制御開発部 小平市小川東町3-1-1

** 宇都宮大学工学部 宇都宮市石井町 2753

*** (株)日立製作所生産技術研究所 横浜市戸塚区吉田町292

* Automation Controls and System Development Department, Bridgestone Corp., Kodaira

** Faculty of Engineering, Utsunomiya University, Utsunomiya

*** Production Engineering Research Lab., Hitachi, Ltd., Yokohama

(Received December 2, 1993)

(Revised April 12, 1994)

経緯のものである。しかし、そのプログラムの記述形式は PC 内部のマイクロプロセッサの処理方法と無関係であり、制御対象の状態や制御ステップの進行を表現するのにも適した表現ともいい難い。これがラダー図方式のプログラミングに能力的限界を与える要因となっている。それゆえ、シーケンス制御における PC のもつ特性を十分に発揮させる優れた効率の良いプログラミング言語の出現が強く期待されている。このような観点から、筆者らは、新しいプログラミング手法を提案し、タイヤ製造工程への適用の中で評価、改良を続けてきた¹⁾²⁾。

本論文では、このニーズに応える次世代のプログラミング言語として SFC(Sequential Function Chart)をテーマに、その実用化のための設計手法、プログラミング方法を提案するとともに、タイヤ製造工程での実施結果の評価からその有効性を検証する。

2. タイヤ製造工程と PC 活用の背景

タイヤ製造プロセスの特徴は、自動工程と手作業工程との混合である。一般的に Fig. 1 に示すように主なタイヤ製造工程は、つぎの構成となっている。①コード工程、②ゴム練り・押出し工程、③ビード工程、④成型工程、⑤加硫工程、⑥仕上・検査工程³⁾。

それぞれの工程の役割については、コード工程では、スチール、テキスタイル・コードを準備し、タイヤの骨格となるプライとベルトを作る。ゴム練り・押出し工程では、天然ゴム、合成ゴムを原料にカーボン、硫黄、オ

イルなどを混ぜ合せ、その形を整えタイヤの各部材ゴムを作る。ビード工程では、スチールワイヤにゴムコーティングを施し、これを巻取りビードを作る。成型工程では、これら全ての部材を組立てて生(未加硫)タイヤを作る。加硫工程では、生タイヤに熟処理を施しトレッドパターンがついた最終形態のタイヤができあがる。仕上・検査工程では、品質チェックが行われる。

タイヤ製造ラインは、多種多様な部材の生産用途別に専用の生産設備、特殊機械が組み合されて配置されている。また、高度に自動化されほとんど無人に近い工程もある。一方、熟練作業による手作業の工程も依然残っている。このような生産設備から構成されるタイヤ製造工程における機械制御の設計、改善、改良は、個々の機械ごとに行う必要があり、汎用化が難しいため時間とコストを要する場合が多い。さらに、近年の自動車の高級趣向、高性能化のニーズに応えるため、タイヤ製造機械の制御に対してもより高速で、複雑な機能が要求されている。PC はこのニーズに柔軟に対応できる制御装置として広くタイヤ製造工程で応用、活用されてきている。

3. PC プログラミングの問題点と解決策

3.1 ラダー図方式の限界

PC が広く用いられ、制御の規模も大きくなるにつれ、そのプログラミングに用いられるラダー図方式の限界はますます顕著となり、機械制御を担当する技術者、保全員を悩ます課題となっている。ラダー図方式における限

Fig. 1 A typical tire manufacturing process

界とは、一般につきのものがあげられている⁴⁾。

- (1) シーケンスの働きがラダー図の中に埋没してしまう。順序制御やインターロックなどがすべて接点とコイルで表現されるので、設計した人以外にはわからず、メンテナンスがむずかしい。
- (2) 仕様とシーケンスの対応がわかりづらい。
- (3) シーケンスの構造化プログラミングができない。上位レベルからトップダウンに展開して設計するようないことができない。
- (4) 簡単な算術演算やデータ処理はファンクションブロックとしてラダー図に取り込むことはできるが、今後必要になる高度のデータ処理はむずかしい。

3.2 シーケンス制御の解釈

3.2.1 ラダー図方式の動作

ここで、シーケンス制御をいかに効率よく行うかの理論的考察を試みる。シーケンス制御における入出力状態の変化は、入力に変化することによって出力が変化しリレーやソレノイドといったアクチュエータを駆動し、その機械的動作の結果をセンサなどにより入力の变化としてフィードバックされる。一般にサイクリックに実行するシーケンス制御装置の動作は、(1)式で表現される⁴⁾。

$$O(K+1)=f(O(K), I(K)) \quad (1)$$

O はシーケンス制御装置の内部状態量(ベクトル)、 I はシーケンス制御装置の入力(ベクトル)で、それぞれ0あるいは1の値をとる。 $K, K+1$ はシーケンス制御装置の処理周期を示す。(1)式を論理行列で表わすと(2)式となる。

$$\begin{bmatrix} O_1 \\ O_2 \\ \vdots \\ O_m \end{bmatrix}_{K+1} = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & F_{13} & \cdots & F_{12}^{m+n} \\ F_{21} & F_{22} & F_{23} & \cdots & F_{22}^{m+n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ F_{m1} & F_{m2} & F_{m3} & \cdots & F_{m2}^{m+n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} O_m \\ I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix}_K \quad (2)$$

(2)式の F_{ij} は、論理行列(Boolean Matrix)と呼ばれ、 O, I のすべての組合せ $2^{(m+n)}$ 通りの入力に対して、つぎの新しい m 個の出力 O がどのような値をとるかすべてを書き表わしたものである。

$$\text{出力} \begin{bmatrix} O_1 \\ O_2 \\ \vdots \\ O_m \end{bmatrix} \text{ は, } \begin{bmatrix} F_{11} \\ \vdots \\ F_{m1} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} F_{12} \\ F_{22} \\ \vdots \\ F_{m2} \end{bmatrix}, \dots, \begin{bmatrix} F_{12}^{m+n} \\ F_{22}^{m+n} \\ \vdots \\ F_{m2}^{m+n} \end{bmatrix} \text{ のいずれ}$$

かの列ベクトルをとることを表わしており、通常の行列演算式とは異なる。たとえば、入力10個、出力10個のシーケンス制御では、論理行列の要素数は非常に大きく、 $2^{20} \times 10 = 10,485,760$ となる^{4),6)}。ラダー図による表現は、論理回路図として記述された接点、コイル、入出力信号すべての要素の情報を常時、無条件(起こりうるか否かの可能性の議論をせず)にスキャンする方式をとっているため効率が悪い。これに対し、状態遷移の条件として着目しなければならない条件を書き連ねていくことで、シーケンス動作が記述できれば理想的である。

3.2.2 フローチャート方式の動作

一般的には(2)式で全ての入出力が表現されるが、実際の機械は、独立したアクチュエータ機構の組合せより成り立っている。すなわち、それぞれのアクチュエータ機構ごとの論理行列を組み合わせることによって全体の論理行列を構成することが可能となる。(3)、(4)式において、 I_i, O_i は列ベクトルで、要素数はそれぞれ $n''(\leq n)$, $m''(\leq m)$ である。 F_i は、 I_i, O_i により決まる論理行列で、 $1 \leq i \leq m'$ である。

ここで注目すべき点は、実際の機械はシーケンス制御が対象とする全ての入出力の組合せのうち、ごく限られた数少ない遷移条件によって動作しているという事実である(たとえば、機械の動作は、押ボタンの入力一つのトリガーで停止状態から運転状態に切り替わるなど)。つまり、(4)式において常にすべての入出力の情報を監視するよりも、あらかじめ注目すべき(起こりうる可能性のある)移行条件のみを記述して監視しておけば、より効率的にシーケンス制御の処理が可能であるといえる⁶⁾。このような記述に近いプログラミング方式の一つがフローチャート方式である。

$$\begin{aligned} [O_1]_{K+1} &= F_1 \begin{bmatrix} O_1 \\ I_1 \end{bmatrix}_K \\ [O_2]_{K+1} &= F_2 \begin{bmatrix} O_2 \\ I_2 \end{bmatrix}_K \\ &\vdots \\ [O_{m'}]_{K+1} &= F_{m'} \begin{bmatrix} O_{m'} \\ I_{m'} \end{bmatrix}_K \end{aligned} \quad (3)$$

$$[O]_{K+1} = \begin{bmatrix} F_1 & \Phi & \cdots & \cdots & \Phi & \Phi \\ \Phi & F_2 & \ddots & & \Phi & \vdots \\ \vdots & & F_3 & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & & & & \Phi & \vdots \\ \Phi & \cdots & \Phi & F_m & \vdots & \vdots \\ \vdots & & & & \ddots & \Phi & \Phi \\ \Phi & \cdots & \cdots & \cdots & \Phi & \Phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} O_1 \\ I_1 \\ O_2 \\ I_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ O_m \\ I_m \end{bmatrix}_K \quad (4)$$

Φ : don't care

3.3 ラダー図に代わるプログラミング言語の選定

ラダー図方式以外の PC プログラミングとしては、論理図記号方式、ブール代数方式、マトリクス・テーブル方式、フローチャート方式などが実用化されている⁹⁾。前節のシーケンス制御の効率的な記述の考察より、なかでもフローチャート方式は今後ラダー図に代わる有望な方式と考えられる。その代表的な SFC は、フランス国内およびヨーロッパで実績がある GRAFCET (Graphic de Commande Etape-Transition) をベースに改良と規格化を図ったものである。最近、IEC (International Electro-technical Commission) で規格化された SFC が、いくつかの PC メーカーから提供されている^{4), 5)}。

このような背景のもと、著者らは、1985 年より SFC をラダー図に代わる次世代のプログラミング言語として採用し、タイヤ製造ラインに適用するための研究開発を行ってきた^{1), 2)}。

当初、ラダー図方式と SFC との比較を行った結果を Table 1 に示す¹⁾。この表からわかることは、ラダー図は、機械の条件、インターロックの表現で優れるもののシーケンス動作の表現では SFC に劣ること、また、3.1 節で

Table 1 Advantage and disadvantage between Ladder Diagram and SFC

Language		Ladder	SFC
Item			
Controllability	Condition & Interlock (CI) Logic	◎	×
	Sequential Control	○	◎
Maintenability		×	◎

◎: VERY GOOD ○: GOOD ×: POOR

あげた限界のようにプログラムの保守性に問題があること。一方、SFC は、これらラダー図方式の欠点をカバーしていること。しかし、条件やインターロックの表現においてラダー図方式に劣ることなどである。ここで注目すべき点は、条件的制御を除けば、SFC は従来のラダー図方式に優っていることである。そのほか、SFC には以下の興味あるメリットが期待できる^{10), 11)}。

- (1) 動作の直接的表現のため、見やすく誰でも理解できる。
- (2) 保守、修正、改良が容易である。
- (3) プログラムのドキュメントがコンパクトで明解である。
- (4) 動作の移行条件のみ処理するため PC の負荷が下がる。

4. SFC 実用上の問題点

4.1 SFC 応用上の問題点

SFC は、制御あるいは機械の動作をプログラムのフローとして実行順序に従い記述していくため、順序動作のプログラミングは容易である。しかし、SFC は、条件やインターロックといった常時監視が必要な事象のプログラミングには向いていない。もし、監視しようとするば、常時ループするフローを作り条件を判定する必要がある。これでは、負荷やほかの動作への悪影響のほうが目立つ結果となってしまう。実際、当初のアプリケーション例では、常にこの問題が議論された。たとえば、状態表示のランプを点灯させるといった機能でさえ負荷が高くなるため、数を制限しなければならなかった^{1), 2)}。

4.2 ハイブリッド SFC による問題点解決の提案

人間の挙動に似通った動作モデルにこの問題の解決の糸口があった。たとえば、人が目の前のコップに手をやるとき、意識的にはただ「飲む」という意図しか働いていない。しかし、コップが非常に熱い場合には、無意識で出した手を引っ込める行動にでる。ここでは、順序的な計画された動作は意識的に逐次制御対象に命令を与えることによって遂行される。しかし、いったん危険な状態を察知した際は、とっさに無意識の制御が優先的に機能し危険を回避する仕組みが働く。

機械の制御においても同様な機能が不可欠で、非常停止、予期せぬ停電などの異常事態には即対応しなければならない。このような制御機能は、従来のラダー図によるシステムにおいても必ず考慮されている。この条件判断・インターロックの機能 (CI 機能: Condition and Interlock 機能) が SFC の最も不得意とする機能であり、SFC 応用上の問題もここに起因していることがわかった。

この点に着目し、この CI 機能だけをラダー図方式の形で残し、あとは SFC で記述するというハイブリッド SFC により、SFC の問題点を解決した。これにより、Table 1 に示す SFC の欠点が、ラダー図方式によって補われる^{1),2)}

5. 制御装置の概要

5.1 SFC 用 PC の構成

Fig. 2 に SFC をのせた PC のハードウェア構成を示す。使用した PC は、(株)日立製作所製のシーケンサ(型式: HIDIC S 10/2a), ソフトウェアとして同社の SFC (HI-FLOW)を使用した。この PC の特徴は、SFC を専用に処理するプロセッサとメモリ、ラダー図を専用に処理するプロセッサとメモリをそれぞれ独立に配置し、それらが有機的に機能するようお互いのメモリ間の情報をやり取りする中間レジスタを設けている点である⁷⁾。

Fig. 3 にその中間レジスタの情報のやり取りの方法を示した。それぞれ一方向性の J , Q レジスタ (J は SFC からラダー図へ, Q はその逆の方向に使用) によって、二つの制御機能がお互いに連携して動作する仕組みになっている。具体的なプログラム上での情報のやり取りの様子を **Fig. 4** に示す。

Fig. 2 General hardware configuration of PC

Fig. 3 Communication Registers

5.2 応用例

ハイブリッド SFC は、タイヤ製造工程の機械制御に応用し、現在 100 台以上の機械に使用されて稼働している。そして、機械の種類では 10 種以上の応用事例において、その効果が評価されている。

Fig. 5 に代表的な応用例を示す。このシステムは、タイヤのハンドリング装置で、コンベヤとシリンダで構成されている。タイヤは 1 本ずつ運ばれ、各ステージで処理され、最後のステージで自動的に積み上げられ格納される。**Fig. 6** にこの装置のプログラムの一部を示す。図中において、中間レジスタを介して通信している一例を破線で示した(SFC からの動作指示が JO89 レジスタを介してラダー図側へ送られている)。

ハイブリッド SFC においては、SFC により機械の動作順序が記述され、ラダー図では条件とインターロックのみが記述されている。これまで、ラダー図の繁雑さの大きな要因であった自己保持回路による順序記述はこのラダー図からなくなっている。そして、両者は特別に設けられた中間レジスタ (J, Q レジスタ) によって制御信号のやり取りが行われている^{1), 2)}。

たとえば Fig. 4 において, SFC は機械が設計されたと

Fig. 4 An example of programming using communication registers

Fig. 5 An example of practical application in a tire manufacturing process

Fig. 6 A practical example of Hybrid SFC and Ladder in Fig. 5 application

おりの順序に従い、 J レジスタによって指示をラダー図側に逐次与える。そして、指示を受け取ったラダー図側は、インターロック条件を保証しながらアクチュエータに出力信号を出す。仮に、アクチュエータ駆動の途中でインターロックや非常停止の事態になっても、ラダー図側で停止操作の処理が行われ、SFC側は単にアクチュエータの動作完了(ラダー図側から Q レジスタで与えられる条件)待ちの状態を維持するだけである。

このような制御機能分担の仕方により、インターロックと順序動作とは相手側を意識しないで別々に設計でき、さらに条件・インターロック用ラダー図に単動用のスイッチ入力回路さえ組み込めば(たとえば、Fig. 4の“Operation SW”)、試運転調整作業もSFCのプログラム作成を待たずに独立して先行することが可能である。この分業化によって現場の調整期間が短縮でき、試運転の効率を上げることができる。

Fig. 7 Evaluation of Hybrid SFC and pure Ladder Diagram

6. 評価と考察

6.1 ハイブリッド SFC の評価

現在までの応用結果の評価を Fig. 7 に従来のラダー図方式のみの応用結果との比較として、レーダーチャートを用いて示した。このチャートは、制御的な機能を従来のラダー図方式のみで実現した場合と今回のハイブリッド SFC で同等(図中、機械制御性で、ともに 100% = 1.0)で実現した場合の比較である。各評価項目においてつぎの結果を得た。

- (1) 設計工数において、30%削減できた。
- (2) 試運転工数において、60%削減できた。
- (3) 保全工数において、50%削減できた。
- (4) 教育工数において、50%削減できた。
- (5) プログラムの文書量において、70%削減できた。

ハイブリッド SFC を採用することによって、SFC とラダー図の各欠点を補えるだけでなく、さらにいくつかの予想しなかった相乗効果を引き出すことができる。それらの相乗効果とは、

- (1) 順序制御と条件・インターロックの設計、試運転が分業可能となることで設計、試運転工期が短縮できる。
- (2) 両者の記述の無理な部分が減少し、単純で直接的な表現となる結果、プログラムの個人差も少なくなる。
- (3) 個人芸的な技術、ノウハウが不要となった結果、設計、保全要員の育成が短くでき、専任者も不要となる。
- (4) 明解な記述のため、機械動作に関するプログラム

Fig. 8 Program volume versus number of I/Os in SFC applications

上の問題点を機械、製造技術者と共用可能となった。

- (5) 機械動作上機密部分(順序記述)と CI 機能といった機密性の低い部分が区別でき、設計外注可能範囲を増やすことができる。

6.2 SFC, ラダー図のプログラム量

Fig. 8 にこれまでのハイブリッド SFC の応用例において、機械ごとに SFC(動作順序記述)、ラダー図(CI 機能)それぞれのプログラム量を示した。ここで興味深いのは、ラダー図のプログラム量は、ほぼ設備の規模(入出力点数)に比例しているのに対して、SFC のプログラム量は設備の規模に何ら相関を示していない点である。これは、CI 機能を表わすラダー図が入出力、特にアクチュエータの個数に比例しているからである。また、動作順序を記述する SFC のプログラム量は、純粋に設備の動きの複雑さを忠実に反映している。たとえば、Fig. 8 のなかで二つの設備において SFC のプログラム量が、ラダー図のそれを上回っているが、この設備は動作パターンの種類が比較的たくさんプログラムに含まれているものである。

従来のラダー図方式のみの場合、作成者の能力や流儀でプログラム量に変化し、その量の妥当性は入出力の点数から類推するしかなかった。これに対して、ハイブリッド SFC においてはその記述に冗長的要素があまりなく、必要な機能を相応のプログラム量で表現されているということになる。

7. まとめと今後の課題

SFC を従来のラダー図と組み合わせたハイブリッド SFC によって、両者の欠点を補い、長所を引き出すことに成功した。この方式により、現在 PC 用の制御プログラミング言語であるラダー図における能力的限界としてあげられている多くの問題点解決へのめどがたった。タイヤ製造工程においてこの方式を応用し、10 種類、約 100 台以上の実施例からその効果を確認できた。この方式を活用したシーケンス制御をタイヤ製造工程に広める運動を展開中である。

今後の課題としては、この手法におけるソフトウェアとハードウェア的制約をなくし、応用の範囲を広めることである。ソフトウェア的制約としては、SFC の弱点を補うのに従来のラダー図方式を採用しなければならないかという点である。これに対しては、ラダー図に固執する制約はなく、条件・インターロックを記述するのに適した表現であれば十分である。たとえば、ブール代数表現、ロジックシンボルの表現などを用いても等価な条件記述が可能である。プログラミングを行う人の得意な表現形式を採用すればよいと考えられる。ハードウェア上

の制約としては、PC に SFC、ラダー図専用プロセッサを備えることの必要性である。PC のプロセッサの演算速度がさらに遠くなれば、一つのプロセッサで SFC と CI 機能用のラダー図を同時に動作させても制御上問題がなくなる。また逆に、SFC を使うことによる負荷の低減効果が期待できるため、この手法をすでに多く存在する多くの PC で試してみる価値があると考ええる。

SFC は、フローチャート形式というその本来の特長から、機械の状態とプログラムの進行状況が一致しているため、設備の状態診断や過去の事象のトレースも可能になるなど、ラダー図では不可能であったことがいろいろ現実性を帯びてくるものと期待される。

本論文の内容が、SFC を応用したシーケンス制御技術の発展に役立てば幸甚である。

参 考 文 献

- 1) T. Kokubu, et al: Application of Powerful SFC Language (HI-FLOW) to FA Systems in a Tire Industry, Proceedings of IECON'90, I 586/591(1990)
- 2) T. Kokubu, et al: Enhancement of the HI-FLOW (SFC Language) to Efficient FA Systems in the Tire Industry, Proceedings of IECON'92, II, 880/885(1992)
- 3) 本田, 坂田, 奥: タイヤ製造工程, オートメーション, 33-1, 31/35(1988)
- 4) 関口 隆: シーケンス制御システムの表現法, オートメーション, 32-7, 9/14(1987)
- 5) IEC 1131-3: Programmable Controllers Part 3, Programming Languages: IEC(1993)
- 6) 関口 隆: シーケンス制御工学, 電気学会, 123/124(1988)
- 7) K. Matsuzaki, et al: Programmable Controller with a Microprocessor-Based High Speed Interactive Language System, Proceedings of IECON'83, 180/185(1983)
- 8) J. G. Bollinger and N. A. Duffie, : Computer Control of Machine and Process, Sequential Control Using Programmable Logic Controllers, Addison-Wesley (1993)
- 9) O. J. Struger and J. H. Christensen, : Language for Programmable Controllers, Conf. Rec. IEEE IAS Annual Meeting, 17, 1261/1265(1957)
- 10) J. L. Peterson: Petri-Net Theory and the Modeling of Systems, Prentice-Hall, NJ (1981)
- 11) A. Falcione and B. H. Krogh: Design Recovery for Relay Ladder Logic, IEEE Control Systems, 13-2, 90/98(1993)

[著 者 紹 介]

國 分 孝 夫 (正会員)

1979 年, 慶應義塾大学工学部計測工学科卒業。同年(株)ブリヂストン入社。87 年豊田工業大学大学院修士課程修了。現在, (株)ブリヂストン電気制御開発部において, 生産設備の制御技術開発に従事。IEEE の会員。

神 山 健 三 (正会員)

1961 年, 早稲田大学大学院修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。DC および AC モータドライブ装置の研究開発に従事。91 年宇都宮大学工学部教授(工学博士)。80 年 IEEE Best Paper Award を受賞。電気学会, IEEE などの会員。

浜 野 順 一 (正会員)

1980 年, 東海大学工学部制御工学科卒業。82 年同大学大学院修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。現在, 同社生産技術研究所において, FA システムおよびその言語の研究に従事。電気学会の会員。