稼働時における機能仕様変更を可能とする 連動装置デザイン

正 員 宗 方 江 一 郎 (大同信号株式会社)

非会員 安 部 正 夫 (日本信号株式会社)

非会員 牧 野 司 (株式会社京三製作所)

Design of Interlocking System for Achieving Modification of Function while Operating Time

Koichiro Munakata, Member(Daido Signal Co., Ltd.)

Masao Anbe, Non-member(Nippon Signal Co., Ltd.)

Tsukasa Makino, Non-member(Kyosan Electric Mfg. Co., Ltd.)

This paper discusses the design of PRIME (Progressive interlocking by utilizing microelectronics) which allows the signal engineer to modify the function of interlocking system, controls the train route safely within a station area, while operating time.

This system is a railway signal control system, composed by bases of 32 bits fail-safe computer. The modification of function of interlocking system while operating time is achieved by on-line loading of modified data, data transmission between mutual fail-safe computers, memory separation of each type data, fixing of data size by adoption of matrix structured data, checking of non-modifying part by supporting tool.

By adopting the above design, the modification work of function which have been done only in the night time, after finishing train operation, can be performed while train operation time. It makes rapid progress of improvement work and maintenance work of interlocking system.

キーワード: 鉄道信号, 連動装置, フェイルセーフ, ソフトウェア, オンラインローディング

1. まえがき

駅構内での列車や入換車両の進路設定に際して、信号機や転てつ器を制御し列車運転の安全を確保する鉄道信号保安装置を連動装置という。この装置は、その誤動作が列車の衝突や脱線に直結し人命に関わるため、高度の安全性が要求されることはもとより、機能停止が列車運行の混乱を招くため高信頼性も要求される。

これまでは、フェイルセーフ特性を有する信号用リレーを論理素子とした継電連動装置が広く使用されてきたが、昭和60年(1985)3月にマイクロエレクトロニクス(以下、これをMEという)を駆使した電子連動装置(以下、この連動装置をSMILEという)が開発され京浜東北線東神奈川駅にて実用1号機が稼働し、現在の連動装置の主流となっている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。この実用化は、鉄道信号保安設備のME化への突破口となり、大きなインパクトを与えた。

一方、鉄道事業は国鉄の分割民営化(1987)をきっかけに

近代化に拍車がかかり、線路形態の見直しを始めとする駅構内の改良が頻繁に行われるようになってきた。この駅構内の改良には、連動装置の機能仕様変更を伴い、この変更作業は安全性に関与するため、単なる変更だけでなく事前に変更内容の確認試験も必要とする(以下、事前確認試験を含めたものを機能仕様変更作業という)。この機能仕様変更作業のための駅における(以下、現場という)作業環境も、次のような理由から年々厳しくなってきた。

①駅構内全体でみた場合、列車や入換車両の運行していない時間帯は、夜間の列車終電後から初電までの間になるので、機能仕様変更作業もこの時間帯にならざるを得ない。しかしながら、労働環境条件がよくないため労働力の確保が難しい。

②列車運行の高密度化、夜行列車、貨物列車、線路保全車両も考慮するとこの作業時間帯が短縮化される傾向にあり、鉄道信号以外の産業機器と異なり、長時間のメンテナンスタイムの確保そのものも難しい。

S M I L E は、安全上一度設定されたソフトウェアは書換わらないようにすることを目的に、メモリ素子に R O M を採用した。このため、機能仕様変更には、ユニットの R O M 交換を必要とし、全面的な使用停止（システムダウン）をさせないと機能仕様変更作業ができなかった。また、機能仕様変更に伴う確認試験にも多くの時間を要するため、作業を分割して幾晩にもわたる夜間の現場試験が行われている。

そこで我々は、この問題を解決するために、新しい電子連動装置として開発中の P R I M E（P R o g r e s s i v e I n t e r l o c k i n g b y u t i l i z i n g M i c r o - E l e c t r o n i c s 以下、P R I M E という）において、実験稼働を継続しつつ機能仕様変更作業を可能とするアーキテクチャを検討し、全面的な使用停止をさせる事なく、駅構内の改良作業に対応できる方式を確立した。本論文では、その設計手法について述べる。

2. 設計方針

P R I M E の開発における設計方針を以下に述べる。

〈2.1〉 機能仕様変更作業の機能 現場における連動装置の機能仕様変更作業の改善を目的とした機能として、次のものを設定した。

①基本として、現場における確認試験を現場機器との対照試験（以下、現場対照試験という）に限定可能とするため、機能仕様変更部分を含めたすべての連動機能の検証試験は、オフラインの試験検査支援システムで実施する（なお、同支援システムの詳細については別途論文で発表予定）。

②機能仕様変更に必要なデータの組込みが事前にでき、データ切替は、システムダウンを伴わず瞬時に変更できる。また、試験後の現状復帰のためのデータ切替（データ戻し）も同様に瞬時にできる。

③図1に示すように、駅構内の機能仕様変更時は、関係する領域内に関わる列車進路のみ使用停止し現場対照試験を可能とする。一方、領域外の列車進路を用いた列車運行は可能とする。この機能を部分的に列車進路の使用停止（現示停止）を行うことから、以下では部分現停機能といい、また、この領域外を非変更部分という。

図1 部分現停概念図

Fig.1. Concept of partial block

〈2.2〉 機能仕様変更実現の課題 機能仕様変更に対して、その機能の正当性および非変更部分への無影響を検証することが必要である。しかし、既に明らかにされているように、連動装置は順序回路である⁽⁴⁾ので、入出力関係から検証するのみでは十分ではなく、その確認は困難とされてきた。しかも、駅規模が大きくなればなるほど、確認に必要な組合せ数が膨大となる。電子連動装置において、〈2.1〉項で示した部分現停機能を実現する必要条件として、次の課題が挙げられる。

- ①機能仕様変更箇所とソフトウェアの対応が明確であること。
- ②機能仕様変更の影響が特定できること。
- ③機能仕様変更により、誤って他の非変更部分を破壊しないこと。

S M I L E では、〈5.1〉項で述べるデータ構造上の理由から上記課題をクリアする事ができず、稼働時の機能仕様変更の実現は不可能であった。また、連動装置のような保安装置において、稼働時の機能仕様変更を実現しているシステムは未だ存在しない。

〈2.3〉 連動定数データに関する方針 機能仕様の変更に伴いソフトウェアのアルゴリズムが変更されるソフトウェア構造の場合、影響範囲の特定も困難であり、確認試験が必要となる箇所も大きくなる。この問題を解決するためには、連動論理という共通のアルゴリズムのみをプログラムとし、駅固有の連動機能仕様に相当するものはすべてデータとして持つアーキテクチャが不可欠となる。既に S M I L E では、標準化を目的として、連動論理に関するプログラムを共通とし、連動機能に関する定数データ（以下、連動定数データという）を参照しながら論理を実行する方式が採られている。P R I M E では機能仕様変更を実現するため、このアーキテクチャを積極的に利用することとした。したがって、電子連動装置における機能仕様変更とは、この連動定数データの変更のことになる。さらに、P R I M E では、この「連動定数データ」に関して次の設計方針を設定した。

- ①各駅共通のプログラムは S M I L E と同様、R O M とするが、連動定数データは書換え可能なメモリとする。ただし、ソフトウェアのバグ等により誤って書換えられることを防止するためにメモリプロテクト機能を持ち、アプリケーションプログラムによる書込みを不能にする。
- ②機能仕様との対応が明確であり、機能仕様変更時の影響が特定できる新たなデータ構造を採用する。
- ③連動定数データは、列車運行の安全性に直接関与する重要なデータであるので、変更データの正当性が検証できることとする。
- ④機能仕様変更に際しては、メモリアドレスを含めたデータ構造が変更前と一致することを保証することとする。
- ⑤連動定数データの切替（変更）は、瞬時に終了し連動処理への影響がないこととする。

3. システム構成

図2にPRIMEのシステム構成、表1にPRIMEを構成する各サブシステムの機能概要を示す。本システムは、

連動機能を基本とした駅構内のトータルシステムとなっている。そのため、安全性（フェイルセーフ性）が要求される保安制御のみならず、ヒューマン・インターフェイス、自動進路制御などの直接安全性に関与しないサブシステム

図2 PRIMEシステム構成
Fig.2. System construction of PRIME

表1 PRIME サブシステム機能概要
Table 1. Function summary of sub-sysytem

系名称	機能概要	系名称	機能概要
連動系	連動論理を処理する。(2重系)	表示制御盤	駅構内の線路配線により現場機器の状態を表示し、列車進路の設定や自動制御系のダイヤ入力などヒューマンI/Fを行う。
LANIF	LAN InterFace の略称でC-LANおよびF-LANの管理、システム管理を行う。(2重系)	保安支援系	PRIMEの各種保安情報を管理する。(1重系)
M-ET	マスタ電子端末(Master ET) の略称で、F-LANを介して受ける連動系の制御データに従い、ETを制御する。また、ETから入力する現場機器の動作状態データをLANIFに上げる。(2重系)	自動制御系	ダイヤに基づく駅構内の列車進路の自動設定を行う。(2重系)
ET	電子端末(Electronic Terminal) の略称で、現場機器とのI/Fを行う。M-ETの制御データに従い、現場機器を制御する。また、現場機器の動作状態データをM-ETに上げる。(2重系)	現地工事支援系	現場における連動装置の機能仕様変更作業を支援する系で、ここからオンラインローディング、部分現停作業開始入力ができる。
NVS	不揮発性メモリ(Non-Volatile Storage)の略称で、連動定数データを記憶する。(2重系)	CTC系	CTC(列車集中制御装置)の駅装置相当でCTCセンタからの制御を連動系に送り、駅構内の状態をセンタに上げる。(2重系)
SYSIO	システム入出力(SYStem Input and Output)の略称で、メンテナンスパネル等のシステム入出力を行う。(2重系)	データ作成ツール	PRIMEの駅固有の機能仕様を連動データベース化し、それにより定数データを自動作成および作成結果の試験を行う。「連動データベース作成システム」、「データ作成支援システム」、「試験検査支援システム」からなる。
F-LAN	Field LAN の略称で、現場側のM-ETを結ぶ光LAN。(2重ループ)	C-LAN	Center LANの略称で、安全に直接関与しないサブシステムを結ぶ光LAN。(2重ループ)

も組込まれている。LANIFを境に上位にこれら安全性に関与しないサブシステムをC-LANを介して接続し、下位に安全性に関与するM-E TをF-LANを介して接続する。LANIF、連動系、M-E T、現地工事支援系には32ビットバス同期式フェイルセーフコンピュータ⁽⁶⁾を使用し、電子端末には8ビット位相差式フェイルセーフコンピュータ(DIET)⁽⁶⁾を使用している。

4. 稼働時のデータ変更

〈4.1〉 連動定数データの種類 連動定数データとして機能およびハードウェア上の関係から、次の3種類に分類した。

(1) 連動条件データ：駅固有の列車走行進路(信号機)と転てつ器・軌道回路(列車位置検知回路)・競合進路などの連鎖関係を示した連動図表⁽⁷⁾と呼ばれる駅固有の連動機能条件をデータ化したもので、「連動系」が使用する。

(2) 電子端末条件データ：電子端末の現場機器に対するピンアサインおよび現場機器との入出力に関係する組合せ条件回路図をデータ化したもので、「M-E T」が使用する。

(3) 踏切条件データ：電子端末の入出力に関係する組合せ条件回路図データのうち、駅構内の踏切装置に関係するもので、「M-E T」が使用する。列車速度アップ等により、駅構内の改良とは別に変更されることが多いので、電子端末条件データとは別に考える。

〈4.2〉 オンラインローディングとデータ変更 図3に稼働時におけるデータローディングとデータ変更処理の概念を示す。

(1) NVSは、連動定数データの種類ごとに稼働中データ面と切替用データ面の2面を持つ。

(2) 現在稼働中の連動定数データは、NVSの稼働中データ面に記憶されており、システム立上げ時、連動条件データは連動系の実行メモリに、また電子端末条件データと踏切条件データはLANIFを介してM-E Tの実行メモリに転送され、動作開始する。

(3) PRIME用データ作成ツールで作成および試験された機能仕様変更の連動定数データは、現地工事支援系よりC-LAN→LANIF→連動系→NVS(切替用データ面)の経路でオンライン稼働中にローディングされる。

(4) 連動定数データには、データそのもののほか、一定データ長毎に計算した検定符号(CRC-CCITT)をまとめたデータを有し、現地工事支援系と連動系はデータと検定符号との照合を行う。現地工事支援系のFS部と連動系がフェイルセーフコンピュータであり、その間に介在する系では、データそのものの加工をしないので、信号保安装置へのME導入指針⁽⁸⁾における保安情報の伝送基準を満足する。

(5) NVSへのオンラインローディングは、連動系のアイドル時間で行い保存先が実行メモリと異なるため、列車運行時間帯でも連動制御処理への影響はない。

(6) 機能仕様変更作業開始時、まずLANIFがNV

図3 オンラインローディングとデータ切替

Fig.3. On-line loading and data switching

Sの切替用データ面の電子端末条件データと踏切条件データを全M-E Tへ転送する。M-E Tは、受信した変更データを退避メモリに保存する。全M-E Tが保存完了になった時点で連動系とM-E Tは、一斉にデータ切替を開始する。連動系はNVSの連動条件データを実行メモリへ、M-E Tは退避メモリの変更データを実行メモリへ各々転送する。単純なメモリ転送であり、瞬時に終了するので実制御への影響はない。

(7) データ変更は連動条件・電子端末条件・踏切条件と連動定数データ毎に可能である。切替を瞬時に行う必要性と論理の単純化から、各データの一部分が変更でもすべて書換える方式を採用している。したがって、非変更部分のデータは、同一データがオーバーラップして書かれることになる。

(8) 機能仕様変更作業の事前確認試験終了時、連動定数データを変更前のデータに戻す場合も、同様の動作でNVSの稼働中データ面からデータを復帰させる。

＜4.3＞ NVSの信頼性確保 現地工事支援系からオンラインローディングされた連動定数データは、前述のように正当性が保証された状態で連動系に記憶されているが、LANIF、連動系、NVSが接続されるVMEバスおよびNVSそのものには安全性に対する特段の対策はされていない。そのため、次のような対策を実施し、NVSの信頼性を確保した。

(1) オンラインローディング時のNVSに対する書込みは、フェイルセーフな連動系が行う。

(2) 図4に示すように、NVSの運動定数データは、正論理データ/負論理データの2重化とし、メモリのビット故障のみならず、バスの共通故障に対しても検出できるようにした。この正論理データ/負論理データの生成は、連動系が行う。

(3) 連動系は、書込みの正当性を検証するため書込み後のペリファイを行う。

(4) 通常時は、連動系がNVSの連動条件データ、LANIFがNVSの電子端末条件データと踏切条件データの2重化データの相補関係を処理のアイドル時間で照合し診断する。

Fig. 4. N V S construction

5. 連動定数データの正当性保証

連動定数データは、機能仕様との対応が明確であり、機能仕様変更時の影響が特定できるデータ構造でなくてはならない。また、データ変更が連動条件データ、電子端末条件データ、踏切条件データといったデータ単位に行われることに對して、非変更部分が変更前と一致していることを保証しなければならない。そのために採用した手法を以下に述べる。

〈5.1〉 データ構造

(1) 運動条件データ：各駅固有の運動条件データの持ち方・構造における代表例として、シュプール方式とマトリックス方式がある⁽⁹⁾。シュプール方式は、運動図表の線路図をもとに線路（軌道回路）、転てつ器や信号機などの配置状態に従って、地理的に運動条件をデータ化する方式である。この地理的なデータをサーチすることが、スキーなどで「シュプール（軌跡）を描く」と使われることから名付けられた。8ビットマシンなどメモリ容量に制限のあるものに適した可変長データで、SMILEに採用されている。一方のマトリックス方式は、運動図表の表（以下、運動表という）に対応した固定長データで、一部の小駅用

連動図表

＜線路図＞

<連動表>

進路	鎖錠	信号制御	進路鎖錠
1RA	21 22	214T 22T 1RAT	214T 22T
1RB	21 22 61	214T 22T 1RBT	214T 22T
1RC	21 23	214T 210T 23T 6LCT	214T 210T 23T
2LE	23 21	23T 210T 2LT	23T 210T
3LE	23 21	23T 210T 2LT	23T 210T
4RF	61	61T 5RT	61T

- 送路鎖錠：列車通過まで転てつ器を鎖錠する軌道回路条件を示す。
- 信号制御：信号機を停止制御する軌道回路（列車位置）条件を示す。
- 鎖錠：転てつ器の制御方向を示す。○囲みなしが定位制御、○囲みが反位制御
定位：常時開通している方向、反位：反対方向に開通の状態

7 連動定数データ化

転てつ器定位鎖錠
マトリックス

	21	22	23	61	62
1RA					
1RB					
1RC	0	0		0	0
2LE		0		0	0
3LE		0	0	0	0
4RF	0	0		0	0

錠鎖位置反器つて転
スリックスマト

	21	22	23	61	62
1RA	0				
1RB	0	0	0	0	0
1RC	0	0	0	0	0
2LE	0		0	0	
3LE	0	0		0	
4RF	0	0	0	1	0

信号制御マトリックス

	1R	AT	1RBT2	1T	2T	2T	2T	2L	5RT	6LT	6T	6LCT
1RR	0		0	1	T	0				0		0
2RC	0		0								0	0
2LE	0		0			0		0			0	0
3LR	0		0								0	0
4RF	0		0	0		0		0	1		0	0

進路鎖錠マトリックス

[illegible]

進路鎖錠データ列

[illegible]

図5 マトリックス併用データ列方式
Fig.5. Matrix method with data line

S M I L E に採用されている⁹⁰⁾。P R I M E では、次の理由からマトリックス方式を採用した。

- ① シュプール方式は線路図に対応した地理的データであるため、連動条件を表わした連動表とは直接対応がつかないが、マトリックス方式は連動表との対応が明確である。
- ② マトリックス方式は、データサイズが固定化できる。
- ③ マトリックス方式は、行データで一度に条件の設定や条件の判定ができるので処理速度が速い。
- ④ マトリックス方式は、駅規模が大きくなるとメモリ容量が二乗で増加し、大規模な疎行列になることから、8ビットマシンを使用したS M I L E では小駅用のみに限定された。しかし、P R I M E では、32ビットマシンの採用によるメモリアドレスの増大およびメモリ素子の大容量化から、その問題は解決されている。

ただし、マトリックス方式はデータの順序が内部コード順と一義的に決まってしまうため、進路鎖錠の解錠のように順序が必要なデータには工夫が必要である⁽⁴⁾⁽⁹⁰⁾。そこで、図5に示すようなデータ列構造を併用したマトリックス方式を考案し、採用することとした。連動図表の鎖錠欄に対応するのが転てつ器定位鎖錠／反位鎖錠マトリックスで、信号制御欄に対応するのが信号制御マトリックスで、進路鎖錠欄に対応するのが進路鎖錠マトリックスと進路鎖錠データ列である。進路鎖錠の設定処理では処理速度の有利さからマトリックスデータを使用し、進路鎖錠の解錠のように順序を必要とする処理ではデータ列構造データを使用する。

(2) 電子端末条件データ：電子端末の現場機器に対するピンアサインデータは、その性格上から表形式データ構造とし、現場機器との入出力に関係する組合せ条件回路図は、図6に示すような逆ポーランド展開されたブール代数表現とした。

(3) 踏切条件データ：前項と同様のブール代数表現とした。

図6 電子端末条件データ

Fig. 6. Condition data of electronic terminal

〈5.2〉 データサイズの固定化 図7に示すように、変更部分のデータが非変更部分のデータのメモリアドレスに対しても影響を出さないようにし、連動論理に対する影響を無くすために、連動定数データについてデータサイズの固定化を行った。

(1) 連動条件データのうちマトリックスデータは、表2に示すどの駅にも共通のシステムMAX. でデータサイズを固定化した。

(2) 連動条件データのうちデータ列データ、電子端末条件データおよび踏切条件データの組合せ回路図データは、可変長データであるので駅毎にMAX. を定め（以下、駅MAX. という）、それによりデータサイズを固定化している。駅MAX. は、該当駅の規模に一定の余裕をみた値に設定する。この駅MAX. が変更になるような機能仕様変更の場合には、部分現停機能が実施できず全面使用停止となるが、連動機能上の問題はない。

図7 非変更部分の考え方

Fig. 7. Concept of non-modifying part

表2 システムMAX.

Table 2. System max.

項目	システムMAX.
進路	5 1 2
転てつ器	6 4
軌道回路	1 2 8

〈5.3〉 非変更部分の不変チェック 非変更部分が間違いなく一致していることを保証するために、P R I M E 用データ作成ツールにより一致チェックを行う。概念図を図8に示す。

(1) P R I M E 用データ作成ツールのデータ作成支援システムにおいて、連動定数データ自動作成の元データとなる連動定数データベースの機能仕様変更前データと機能仕様変更後データを比較し、変更箇所を抽出する。抽出されたデータは、変更となった進路名称や電子端末条件番号で、部分現停エリアの範囲を規定することになるので現停管理データという。

(2) P R I M E 用データ作成ツールの試験検査支援システムにおいて、現停管理データに指示されていないデータ（非変更部分）について、データ作成支援システムが作成した連動定数データの機能変更前データと機能変更後データを比較し、非変更部分が一致していることを照合する。

図 8 非変更部分の不変チェック

Fig.8. Unchange check of non-modifying part

6. 部分現停

前項で述べたデータサイズの固定化が成立した場合、部分現停が可能となるが、以下に部分現停時の動作を述べる。

〈6.1〉 動作モード管理 図9に示すように、連動系がフェイルセーフに直接入力するモードスイッチを設け、連動系が動作モード管理を行う。

(1) ローディング・スイッチ：本スイッチがONの時のみ、オンラインローディングが可能となる。

(2) 現停スイッチ：本スイッチがONの時のみ、現地工事支援系からの部分現停作業開始指示が受け付けられデータ切替後、部分現停モードに移行できる。

〈6.2〉 部分現停管理 部分現停モード時は、〈5.3〉項で述べた現停管理データにより、連動系が機能仕様変更部分を部分現停の領域として管理する。すなわち、現停管理データに指示された進路が、変更部分として現場対照試験が可能となり通常の列車走行が禁止される。一方、同データに指示されていない進路は通常の列車走行用に設定が可能となる。

図 9 モードスイッチ

Fig.9. Mode switches

7. あとがき

SMILEに代わる新しい電子連動装置PRIMEの稼働時における機能仕様変更を可能とした設計について述べた。設計手法とその効果をまとめると次のようになる。

(1) 実行メモリと別に設けたNVSへの変更データのオンラインローディング、フェイルセーフコンピュータ間によるデータ伝送、NVSから実行メモリへのデータ切替により、機能仕様変更に必要なデータの事前組込みとシステムダウンを伴わない瞬時のデータ変更ができる。

(2) データ種類毎のメモリ分離、マトリックス構造データの採用とデータサイズの固定化、支援ツールによる機能仕様非変更部分の不変チェックにより、機能仕様変更データの正当性が保証できる。

以上のことから、駅構内の部分的な機能仕様変更作業が部分現停で対応でき、従来夜間の終電後にしか作業できなかった機能仕様変更作業が、日中の列車運行時間帯でも可能となり、連動装置の改良工事および保全業務の飛躍的改善につながるものと考えている。

最後に、論文執筆にあたって御指導いただいた日本大学中村助教教授に感謝の意を表す。

(平成 6 年 8 月 29 日受付、同 6 年 12 月 6 日再受付)

文 献

- (1) 篠原他：東神奈川電子連動装置のシステム概要，
第22回鉄道サイバネシンポジウム論文集 514，pp417-421，1985.11
- (2) 中村他：電子連動装置（SMILE）のハードウェア，
第22回鉄道サイバネシンポジウム論文集 515，pp422-426，1985.11
- (3) 宗方他：電子連動装置（SMILE）のソフトウェア，
第22回鉄道サイバネシンポジウム論文集 516，pp427-431，1985.11
- (4) 奥村：鉄道信号用電子連動装置のフェイルセーフ構成に関する研究，鉄研報告，1002，1976.7
- (5) 中村他：次世代運転制御システムCARAT用マルチプロセッサシステムのディペンダブル設計，電学論D，Vol.114-D，NO.5，pp499-604，1994.5
- (6) 向殿編：フォールト・トレラント・コンピューティング，p72，丸善(1989)
- (7) 菱沼監修：連動装置，鉄道技術者のための信号シリーズ5，日本鉄道電気技術協会(1993)
- (8) 佐々木他：信号保安装置へのマイクロエレクトロニクス導入指針，鉄研速報，A-83-147，1983
- (9) 宗方：電子連動装置(8)，鉄道と電気技術，Vol.5 No.3，pp79-82，(1994.3)
- (10) 小島・宮崎・宇野・宗方：マトリックスデータによる電子連動，第27回鉄道サイバネシンポジウム論文集 425，pp466-470，1990.11

宗方江一郎（正員）1954年 1月11日生まれ。76年 3月

日本大学理工学部電気工学科卒業。同年大同信号(株)入社。マイクロエレクトロニクス関連製品の開発を経て，電子連動装置の開発普及に従事。現在同社ソフト設計部課長。IRSE，ソフトウェア技術者協会会員。

安部正夫（非会員）1945年 5月 9日生まれ。65年 3月

埼玉県立熊谷工業高等学校卒業。同年日本信号(株)入社。継電連動装置の検査および設計を経て，電子連動装置の開発普及に従事。現在同社鉄道信号技術部課長。

牧野 司（非会員）1956年12月15日生まれ。80年 3月

明治大学工学部電気工学科卒業。同年(株)京三製作所入社。列車運行管理システムの開発を経て，電子連動装置の開発普及に従事。現在同社信号第1技術部課長代理。