車載LAN用ゲートウェイECUの開発

Development of a Car-Mounted GATEWAY ECU

田中　昭裕　*Akihiro Tanaka*
盛林　敏之　*Toshiyuki Moribayashi*
酒井　直樹　*Naoki Sakai*
太田　　充　*Mitsuru Ota*
東　　昭宏　*Akihiro Higashi*

要　　　旨

マルチメディアやセンサテクノロジの技術革新により、車両の高度情報化が進んでいる。これに伴い、より緻密で高度な制御を実現するため、多重通信技術が今まで以上に採用拡大されるようになってきた（車載LAN)。当社が開発するディーラオプション製品も例外ではない。ディーラオプション製品は、さまざまな車両に搭載でき、かつライン純正システムとの連携制御を実現する必要があるため、汎用性や高信頼性、情報のセキュリティ性といった観点から、ライン純正システムに悪影響を及ぼさぬよう、特別な配慮が要求される。本稿では、多重通信機能をディーラオプション製品に採用する際に、さまざまな観点から要求仕様を検討し、製品化したゲートウェイECUの開発概要を紹介する。

本技術はゲートウェイ通信技術として、多重通信技術を採用した他の製品分野にも応用できるものであり、通信アルゴリズム開発の一助になることを期待するものである。

Abstract

Breakthroughs in multimedia and sensor technologies have made highly advanced information integral to vehicle operation. This, in turn, has paved the way for widespread use of multiplex communication technologies (such as the car-mounted LAN), which offer more precise, sophisticated control. Dealer-optional products developed by Fujitsu Ten exemplify this incorporation of multiplex communication function in automobiles.

The dealer-optional products mounted on various vehicles and coordinated-control compatible with (line-) genuine systems require special care, so as not to adversely affect the (line-) genuine systems in terms of versatility, reliability and security of information.

This paper is a report on the successful development of a marketable GATEWAY ECU, following careful consideration of specification requirements for incorporating multiplex communication functions into dealer-optional products.

This technology is applicable to other products which use multiplex communication technology. We expect that the GATEWAY ECU technology will assist in the development of communication algorithms.

1.はじめに

当社は、ライン純正システム（以下OEシステムと呼ぶ）以外にもディーラオプション用の車両盗難防止装置（セキュリティシステム）を開発している。近年、OEシステムに多重通信技術が多用される様になり、ディーラオプション製品（以下用品ECUと呼ぶ）の形態も変更を必要とされている。今回、車載LANを採用した車両に用品ECUが容易に装着できるようBEAN（ Body Electronics Area Network ：トヨタ自動車独自プロトコル）対応のゲートウェイECU（製品名：用品BUSバッファ）を開発したので、その開発概要を紹介する。

2.車載用の多重通信の概要

多重通信とは、一般に様々な信号を一括で送受信したり連続した情報を分割で送受信できる通信のことを言う。車載用としては、信号線を削減し複数の電子制御装置（ECU）間の情報交換を１本（ないし２本程度）の通信線でリアルタイムに行える様にして利用している。

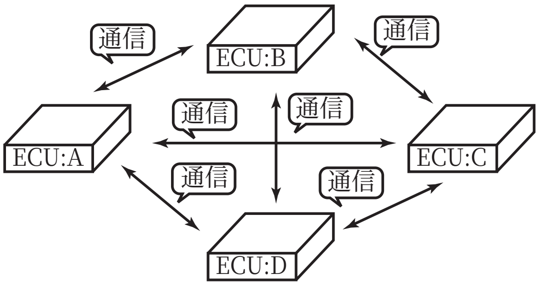

図-1　多重通信の概念図
Fig.1 The concept of multiplex communication

２．１多重通信の有効性（メリット）

この多重通信技術を活用することにより、一般的に以下のメリットが考えられる。

① システムの簡素化
機能の最適配置により、ハーネスの引き回しが簡素化されるとともに、エリア（車室内・ドア・エンジンルーム・トランク等）毎に機能が統合できる。
② ハーネスの削減
汎用の入出力信号は、通信線を通じて複数のECUで共有できるため、個別にハーネスの配線が不要となる。
③ ECUの小型化
汎用の入出力信号は、通信線を通じて複数のECUで共有できるため、ECU個々に入出力インターフェイスが不要となる。
④ システムの高機能化と拡張性確保
情報の一元化により、もともと独立制御していたシステムの協調制御や機能拡張がソフトで容易に実現できるようになる。
⑤ 組み付け作業性の向上
システム全体が簡素化されることで、車両組み付け時の作業性が向上する。
⑥検査・サービス性の向上
システムを総合的に診断できるため、検査効率の向上が見込める。

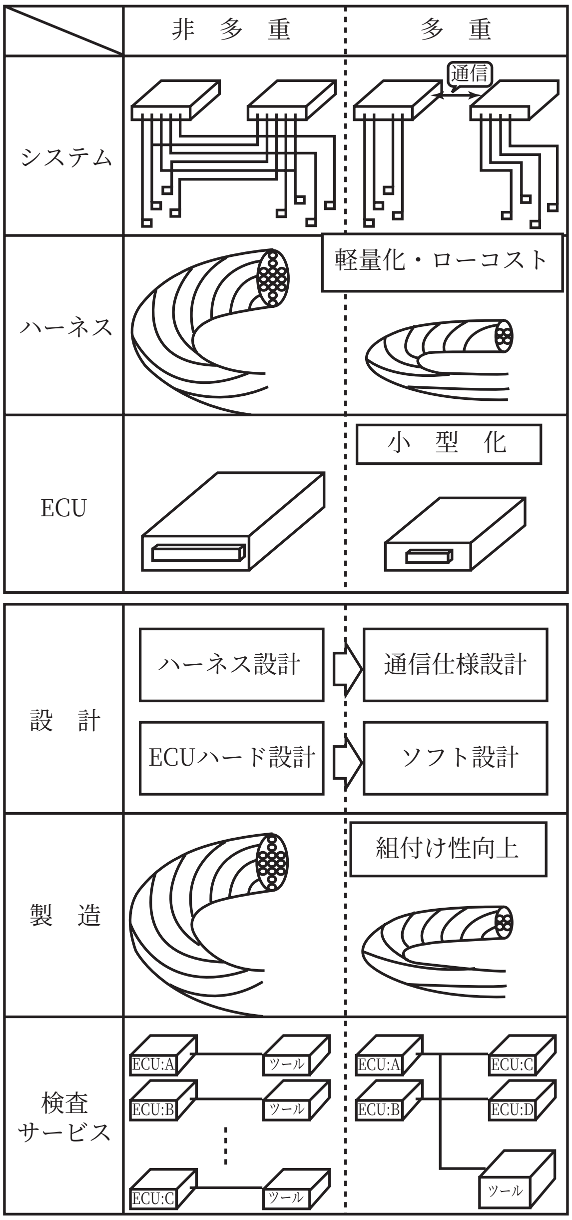

図-2　多重通信のメリット（イメージ図）
Fig.2 Advantage of multiplex communication

２．２通信プロトコル

多重通信に使用される通信プロトコルにはいくつかの種類がある。トヨタ自動車が独自に開発したBEANプロトコルは、車載用に開発された汎用プロトコルの優位性を活かしたものである。

表-1に他の汎用プロトコルとの比較表を示す。

表-1　主なプロトコル仕様比較表

	BEAN	ISO9141	J1850	CAN
アクセス方式	CSMA/CD	マスタ・スレーブ	CSMA/CD	CSMA/CD
通信線	単線	単線	単線	ツイストペア線
送受信回路	ディスクリート	ディスクリート	専用IC	専用IC
データ長	1~11Byte	1~7Byte	0~8Byte	0~8Byte
拡張性	◎	○	◎	◎
通信容量・応答性	◎	○	◎	◎
輻射ノイズ	◎	◎	○	○
コスト	○	◎	△	×

２．３BEANプロトコルの概要

BEANプロトコルは、OEシステムに要求されるスイッチ情報のリアルタイム性を重視し、他の主要なプロトコルと同様なアクセス方式のCSMA/CD（Carrier Sense Multiple Access／Collision Detection）方式を採用している。これは通信線の空き状態を監視しながら、優先度の高い情報から順番に通信する方式で、通信ソフトの負荷が比較的軽く、8Bitや16BitのCPUを搭載するECUには、使い勝手のよい方式である。さらに、この方式を採用することでECUの追加接続によるシステム拡張が容易になる。また、輻射ノイズを考慮した通信速度を採用することで通信線は単線ワイヤで実現し、ハードウェアとしては、送受信回路をディスクリートで構成することで安価に実現している。

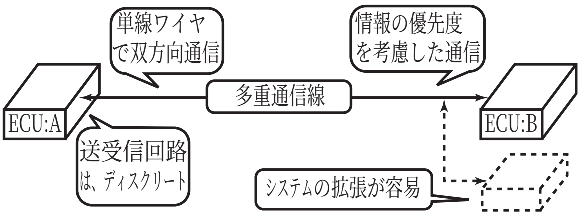

図-3　BEANプロトコルの特徴
Fig.3 Feature of BEAN protocol

２．４車載LAN採用車両と用品ECUとの関係

車載LAN非採用車両では、各ECU間および、ECUとセンサ／アクチュエータ間は、必要な配線により接続されていた。この時点での用品ECUは、車両に張り巡らされている配線の中から必要な信号を並行して取り出しシステムを成立させていた。しかし、OEシステムでは拡張性や付加価値向上の要求に対して車載LAN採用が拡大されてきているために、用品ECUでは信号獲得が困難になっている。また、用品ECUでも拡張性や付加価値向上が要求され、これに伴い入力信号も増加する。したがって、用品ECUでも、車載LANを採用し、情報伝達できる構成にする必要がある。（図-4）

今回の開発品では、情報交換する際の速度等を考慮し、車載LANのプロトコルとしてBEANを採用することとした。

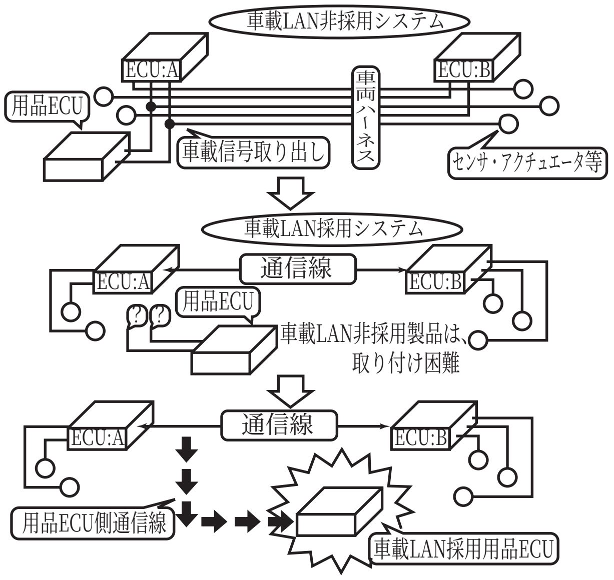

図-4　車載ＬＡＮへの移行
Fig.4 Change of Vehicle LAN

３.用品ECUを車載LANに接続する際の課題とその対応方法

用品ECUを車載LANに接続する場合、次の事項に配慮する必要がある。

課題１：通信障害の回避
課題２：情報のセキュリティ性（機密性）確保
課題３：OEシステム側BUSの負荷軽減
課題４：拡張性確保

これらの課題と今回開発品での対応方法について説明する。

３．１通信障害の回避

車載LANの通信線にはさまざまな基幹制御（安全、走行）をつかさどるシステムが接続されるため、用品ECU

側通信線（以下用品側BUSと呼ぶ）で発生した通信障害がOEシステムに影響を与えてはならない。通信障害を引き起こす要因としては、通信線の地絡や天絡、断線あるいはECUの故障といった物理的要因が主要因としてあげられる。特に用品ECUが接続される通信線は、今後の商品展開を考えると一般ユーザーや不特定のオプションメーカにも開放される可能性が高く、上記のような問題を引き起こす危険性が高くなる。基幹制御をつかさどるシステムが接続される通信線（以下OEシステム側BUSと呼ぶ）には、上記のような不具合は許されない。これに対応するためには、次の仕様を満足する必要がある。

＜通信障害回避に対する仕様＞

① 用品側BUSの通信線にバッテリ電圧（＋B）が印加されるあるいは、アースに接続される場合でも故障することなくOEシステム側BUSを保護すること。（電気的なアイソレーション）

② 上記以外に用品側BUSに異常な信号（情報）が混入した場合、OEシステム側BUSに伝達しないこと。（ソフト的なアイソレーション）

この仕様を満足するために今回の開発品では、用品側BUSとOEシステム側BUSの通信素子を分離することで電気的なアイソレーションを行い、情報をフィルタリングすることでソフト的なアイソレーションを行った。このアイソレーション機能によりOEシステムへの障害回避を実現した。（図-5）

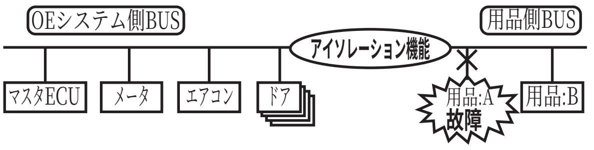

図-5　通信障害の回避イメージ
Fig.5 Evasion image of a communication obstacle

３．２情報のセキュリティ性（機密性）確保

車両盗難防止装置（セキュリティシステム）等、防犯機能をつかさどるシステムが通信線に接続されるため、通信情報は用品側BUSから容易に解読されてはならない。また、用品側BUSから容易に信号を改ざんされ、OEシステムが誤動作するようなことがあってはならない。例えば、OEシステム側BUSに接続されたセキュリティシステムが警戒状態にあるにもかかわらず、用品側BUSからシステムを解除させる偽造信号が通信線上に加えられた場合、その情報が正規のものではないと判断し排除する機能が必要である。これに対応するためには、次の仕様を満足する必要がある。

＜セキュリティ性確保に対する仕様＞

① OEシステム側BUSから用品側BUSに流す情報は、ブロードキャスト用（汎用情報）フレームか用品専用フレームに限定する。

② 用品側BUSからOEシステム側BUSに流す情報は、OEシステムとの協調制御に必要な専用フレームに限定する。

③ 用品側BUSからOEシステム側BUSに流す情報は、その情報が改ざんされないよう暗号化処理を行う。

この仕様を満足するために今回の開発品では、OEシステムからのフレームおよび、用品側BUSからのフレームをフィルタリングし双方向の情報伝達を制限する方式とした。また、用品側BUSからの情報（特に制御要求）については、それが正規かどうかを判断できる様に暗号化し、OEシステム側BUSへの情報伝達を制限する方式とした。この暗号化処理は、定期的に暗号内容を変更し解読を困難なものにした。これにより、情報のセキュリティ性確保を実現した。（図-6）

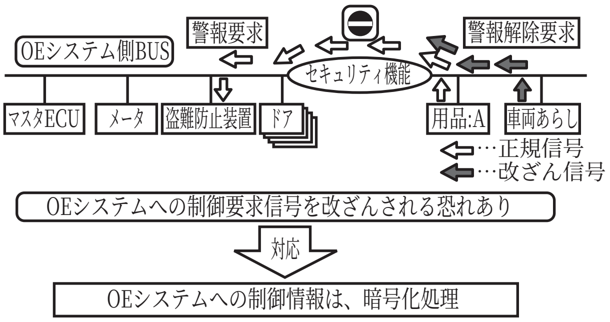

図-6　情報のセキュリティ性(機密性)の必要理由
Fig.6 Necessity of a secrecy for the information

３．３OEシステム側BUSの負荷低減（情報量の低減）

用品ECUとして、今後さまざまな製品が車載LANに接続されるようになるが、その結果、通信線上に流れる情報量が著しく増加し、OEシステムの応答性や制御性能を低下させるような事があってはならない。

多重通信には、通信速度による情報量伝達の限界がある。通信速度を上げれば、単純に速度の増加した分だけ通信できる情報量は増加する。その結果、通信ラインから発生する輻射ノイズによるラジオノイズや通信処理を

つかさどるCPUへの負担などが問題となり、簡単には情報量を増やすことが出来ない。これに対応するためには、次の仕様を満足する必要がある。

＜BUSの負荷低減に対する仕様＞

① OEシステム側BUSに情報伝達する際は、用品側BUSの情報を最小限に抑える。

② 用品側BUSに情報伝達する際は、多量通信時の情報欠落を防止する。（データ保持機能）

この仕様を満足するために今回の開発品では、、用品側BUSに流れる情報（データ）を全てOEシステムに伝達するのではなく、OEシステムに必要なデータのみを伝達するデータ再編成機能を持たせた。（用品側BUSの情報を再編成してデータ量を1/5にした。）通信データのバッファについては、最長フレーム受信後、最短フレームが連続しても用品側BUSに情報伝達できるように６段のバッファを用意した。これによりOEシステム側BUSの負荷軽減を実現した。（図-7）

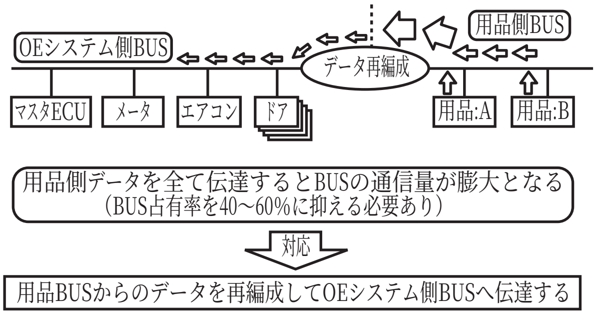

図-7　BUSの負荷低減
Fig.7　Load reduction of BUS

３．４拡張性確保

用品ECUは、当社のみが開発しているわけではないため、他社製品も車載LANに接続できるようにする必要がある。また、全ての車両に搭載出来る必要がある。これに対応するためには、次の仕様を満足する必要がある。

＜拡張性確保に対する仕様＞

新規に設定された用品ECUからの新しい情報に対して、暗号化規約さえ満足していれば、OEシステム側BUSに情報伝達することを許可する。（但し、データの再編成はされない）

この仕様を満足するために今回の開発品では、データ再編成の対象となっていない新しいECUであっても、セキュリティ性についての通信規約を満足している製品は用品側BUSに接続できることとした。これにより、拡張性を実現した。

４．開発の成果

以上の４つの課題を解決し、それぞれの要求仕様を満足するゲートウェイECUを開発した。（図-8）

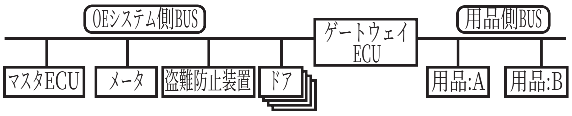

図-8　ゲートウェイECU
Fig.8 Gateway ECU

ゲートウェイECUの機能概念図を図-9に示す。このゲートウェイECUでは、常に情報の暗号解読とデータ再編成を行っている。OEシステム側BUSからの情報はゲートウェイECUにより暗号データを添付され、用品側BUSに伝達される。用品側BUSからの情報は、暗号を解読した後、正規データである事を認識した場合にデータを再編成しOEシステム側BUSに伝達される。正規データでない場合には却下される。

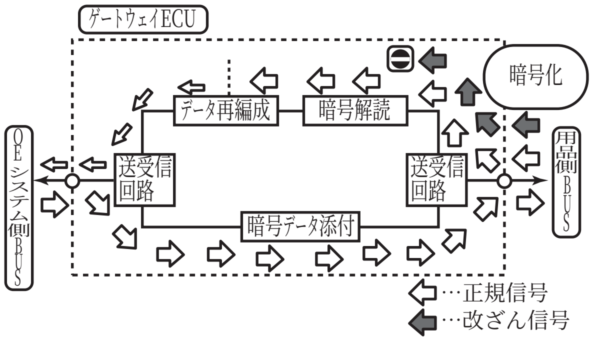

図-9　ゲートウェイECU機能概念図
Fig.9　The function of the Gateway ECU

本製品は、98年モデルの欧州向け車両において、ディーラオプション用車両盗難防止装置（セキュリティシステム）とセットで販売が開始されている。

ゲートウェイECUのブロック図を図-10、主な製品仕様を表-2に示す。

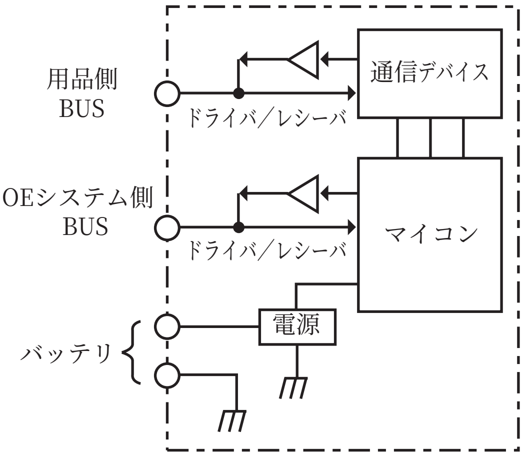

図-10　ゲートウェイECUブロック図
Fig.10 The diagram of the Gateway ECU

表-2　主な製品仕様

動　作　電　圧	10〜16V
動　作　温　度	-30〜+80℃
消　費　電　流（暗電流）	1.5mA以下
製　品　サイズ	65×55×30mm
OEシステム側BUSのプロトコル	B　E　A　N
用品側BUSのプロトコル	B　E　A　N

図-11　ゲートウェイECU（外観写真）
Fig.11 Gateway ECU (Picture)

当製品には、ゲートウェイECUとして、以下の付加機能を盛り込んだ。

① パワーマネージメント機能

車両放置時等、通信要求のない間は自動的にスリープモードに移行し消費電流を低減させる。

② 通信混雑時の用品フレーム送信抑制機能

OEシステム側BUSの混雑している状態を判断し、用品側BUSからの情報転送を抑制する。

③欧州電波認証の取得（95/54/EC）

全世界に展開される車両に接続されるため、各国の認証試験に合格する信頼性を確保した。

5.今後の展開

今回開発したゲートウェイECUは、同一のプロトコル（BEAN）同士で情報交換をおこなっているが、使われているアルゴリズムは、他のさまざまなプロトコルにも適用が可能である。現在さまざまな分野に使用されているプロトコルの内、車載システムと将来接続される可能性があるものを図-12に示す。他車両メーカの採用している用品ECUを接続する場合（車両メーカ間での技術共有化）は、CANやJ1850，ISO9141等の世界的に標準化された通信方式に準拠していく必要がある。又、マンマシーンインターフェイスや車外との情報交換を実現させる場合には、パソコンで使用しているRS-232Cや今後ネットワーク化されていくITS DATA BUS等との情報伝達も考慮する必要がある。この様な、情報伝達技術は、これからますますニーズが高まるものと期待される。

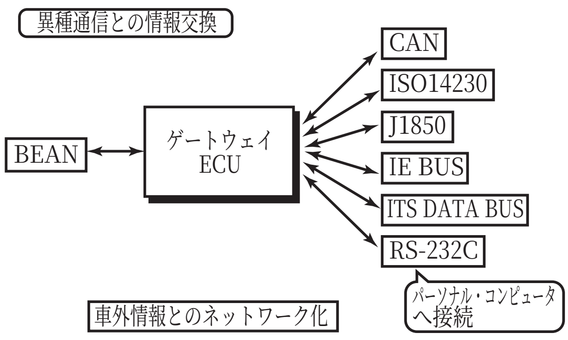

図-12　.ｹﾞｰﾄｳｪｲECUの今後の展開
Fig.12　The progress of the Gateway ECU

6．おわりに

今回開発したゲートウェイECUでは、車載システムをさまざまな外部のシステムとリンクさせ、機能拡張を実現するために必要な基礎的な技術開発を行った。

今後、モバイルコンピュータやマルチメディア機器が、車両に搭載されるのは現実の話となりつつあるが、車載システムがコンピュータやマルチメディア機器を通じて、さまざまな機能拡張を実現するためには、情報の信頼性に対する配慮を充分行わなければならない。この様に開

発環境や信頼性が異なる製品の情報交換を行う場面でゲートウェイECUが活躍する。さらに、車載システムが、パーソナルコンピュータの様にさまざまなアプリケーションソフトをプラグ＆プレーで実現できる時期には、ゲートウェイECUそのものがOS（オペレーティングソフト）に相当するものをもち、車載LANにつながるすべてのシステムを統合する様なモバイルコンピュータそのものになる可能性もある。この様な時代の到来を考慮して、マルチメディア機器やパーソナルコンピュータの技術と融合できる、製品開発を推進していきたい。

最後に、このゲートウェイECUを開発するに当たりまして、通信に関しまして有益なご助言・ご指導をいただきましたトヨタ自動車第１ボデー設計部の上原SL殿に感謝致します。

筆者紹介

田中　昭裕（たなか　あきひろ）

1985年トヨタ自動車株式会社入社。以来内製ECU生産技術を経てボデー制御系システム設計に従事。現在第４開発センター第１電子技術部第12電子室在籍。

盛林　敏之（もりばやし　としゆき）

1981年入社。以来自動車用電子機器の開発に従事。モートロニクス本部第三技術部第32技術課課長を経て現在FTCAMIOへ赴任。

酒井　直樹（さかい　なおき）

1981年入社。以来自動車用電子機器の開発に従事。現在モートロニクス本部第三技術部第31技術課在籍。

太田　　充（おおた　みつる）

1988年入社。以来自動車用電子機器の開発に従事。現在モートロニクス本部第三技術部第31技術課在籍。

東　　昭宏（ひがし　あきひろ）

1993年入社。以来自動車用電子機器の開発に従事。現在モートロニクス本部第三技術部第31技術課在籍。