

白書

自動車産業の First-Mate-Last-Break アース接続

電子部品の故障件数を減らす可能性



ダウンロード(無料):
www.zvei.org/first-mate-last-break



故障モード、原因、
および解決策の一覧



Copyright

白書
自動車産業の First-Mate-Last-Break アース接続
電子部品の故障件数を減らす可能性
故障モード、原因、および解決策の一覧

-----○

発行者:

ZVEI – ドイツ電気・電子工業連盟
電子コンポーネントおよびシステム(ECS)部門
PCB および電子システム(PCB ES)部門
Lyoner Straße 9, 60528 Frankfurt am Main, Germany
電話: +49 (0)69 6302 - 276
ファクス: +49 (0)69 6302 - 407
Eメール: zvei-be@zvei.org
www.zvei.org/ecs

ダウンロード(無料):

www.zvei.org/first-mate-last-break

ZVEI担当者:

Dr. Stefan Gutschling
Eメール: gutschling@zvei.org

技術担当者:

作業部会会長
Christoph Thienel
Robert BOSCH GmbH
Engineering Integrated Circuits - Quality (AE/EIQ)
PO 1342, 72703 Reutlingen, Germany
Eメール: Christoph.Thienel@de.bosch.com

写真:

Franz Binder GmbH & Co. Elektrische Bauelemente KG
FCI Automotive Deutschland GmbH
HARTING KGaA
Lumberg Holding GmbH & Co. KG
Robert BOSCH GmbH
Zollner Elektronik AG
ZVEI e.V.

レイアウト/表紙写真:

Patricia Lutz, ZVEI e.V.

2011 年7月

本ドキュメントの内容の正確さには万全を期していますが、法的責任を負うものではありません。
すべての権利はZVEIに属します。ZVEIの書面による事前の許可なしに、本ドキュメントまたはその翻訳物の一部または全部を、いかなる形態または手段(印刷、コピー、マイクロフィルム、またはその他)によっても再現あるいは転送することを禁止します。

本白書を作成した運営委員会メンバー:

Analog Devices GmbH

Automotive Lighting Reutlingen GmbH

Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG

Delphi Deutschland GmbH

FCI Automotive Deutschland GmbH

Franz Binder GmbH & Co. Elektrische Bauelemente KG

Freescale Semiconductor Deutschland GmbH

HARTING KGaA

Hella KGaA Hueck & Co.

Infineon Technologies AG

Intedis GmbH & Co. KG

Keller Consulting Engineering Services

LEONI AG

Robert BOSCH GmbH

STMicroelectronics Application GmbH

TE Connectivity (formerly Tyco Electronics AMP GmbH)

Valeo Group Expertise and Services

Vishay Semiconductor GmbH

Webasto AG

Yazaki Europe Limited

Zollner Elektronik AG

以下の企業も、本白書の内容に賛同しています。

Continental Automotive, Division Interior

KOSTAL Kontakt Systeme GmbH

NXP Semiconductors Germany GmbH

目次

用語と定義	4
序文	5
1 ホットプラグの説明	6
2 ホットプラグによる故障	8
3 改善措置を施したコネクタシステム	14
4 導入シナリオ	19
5 まとめ	20
6 補足: FMLBコンタクトを備えるコネクタシステムの例	21

用語と定義

車両配線の用語と略語

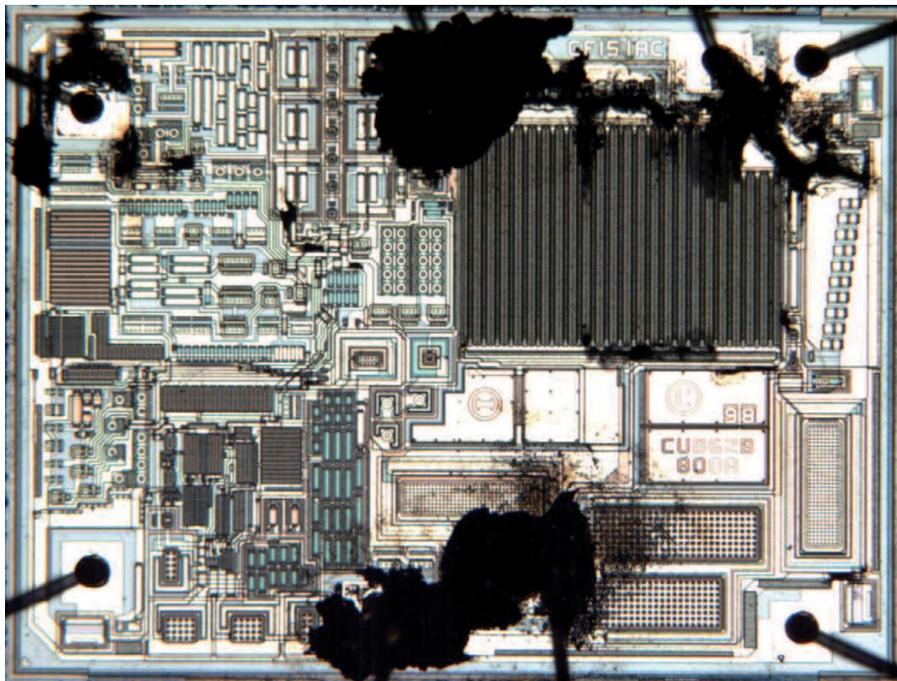
CANバス	電子コンポーネント間の通信を可能にする車載データライン
FMLB	FMLBは First-Mate-Last-Break の略で、嵌合(かんごう)時には先に接触し、引き抜き時には最後まで通電状態を保持するコンタクトを意味する。
LINバス	電子コンポーネント間の通信を可能にする車載データライン
端子15	イグニッションがオンの時、端子30からバッテリー電圧が供給される端子
端子30	バッテリーから常時電圧が供給される端子
端子31	アース端子(陰極、通常は車体)
トランシーバー	データ送受信用の電子回路

故障解析に使われている略語:

ECU	電子制御ユニット
EOS	電氣的過剰ストレス
ESD	静電放電
ホットプラグ	電圧を印加した状態でコネクタを抜挿すること。

序文

電圧が印加された状態で、電子制御ユニット(ECU)のコネクターを抜挿すると(ホットプラグ)、半導体は、電氣的過剰ストレス(EOS)で破壊されることがあります。



ホットプラグで破壊された半導体

Bosch社の調査によれば、車載ECUにおけるこれら半導体の故障は、FMLBコンタクトを使用すると、高い割合で防止できると分かりました。

FMLBは、First-Mate-Last-Breakの略称で、嵌合(かんごう)時には先に接触し、引き抜き時には最後まで通電状態を保持するコンタクトを意味します。

本白書の目的は、「自動車産業の First-Mate-Last-Break コンタクト」というテーマで、FMLBコンタクトを備えるコネクターの設計と導入に関する情報を皆様に提供することです。

いくつかのリーディングサプライヤー(一次請けおよび二次請け)は、見通しや全体的解決策を提案することを意図して、この問題について専門的な意見を寄せています。

自動車産業において欠陥ゼロ目標を達成するには、電子部品保護の追加策として、FMLBコンタクトの導入が必須条件になります。

1 ホットプラグの説明

ホットプラグとは、車両またはサブシステム(ドアなど)に接続されているコネクタを、電圧が印加された状態で抜挿することです。

ホットプラグは、車両の製造、操作、保守、および改造において、意図するしないに関わらず発生します。イグニッションがオンの状態でもオフの状態でも発生します。

サブシステムの場合、ホットプラグは、主に試験、制御、および調整時に発生します。

典型的な例:

- アンテナの設置と試験
- コクピットアセンブリの設置
- コンポーネントの改良(サンルーフ、補助暖房など)
- テスターにおけるエンジン試験
- エンジンの組立て
- 組立て後のヘッドライト試験
- ドアの設置と試験

1.1 イグニッションオンの状態

車両の製造または修理時、コンポーネントは、車載ネットワークに脱着されます。つまり、**ホットプラグ**が発生します。

1.2 イグニッションオフの状態

一般的に**誤解**があるのは、イグニッションを切れば、車載コンポーネントに電圧が印加されなくて、接続部を脱着しても電子部品に損傷を与えないという考えです。

しかし実際は、イグニッションを切っても、車載ネットワークは多くのコンポーネントに電圧を供給し続けます。端子30から電気を供給される制御ユニットは、点火スイッチを切った状態でも電圧が印加されています(スタンバイモードでも)。

例(一部)

- スタンバイモードのエアバッグ
- 帰宅後(ヘッドライトの点灯を継続)
- パワーウィンドウ
- パーキングブレーキシステム
- ハンズフリーキット
- ゲートウェイ機器
- 車内換気装置
- 車内制御システム
- トランクのKIT機構 (米国:トランク自動開放装置)
- 空調および冷却ファンの継続動作制御
- ナビゲーションシステム
- ラジオ
- ドアミラー (自動折畳み)

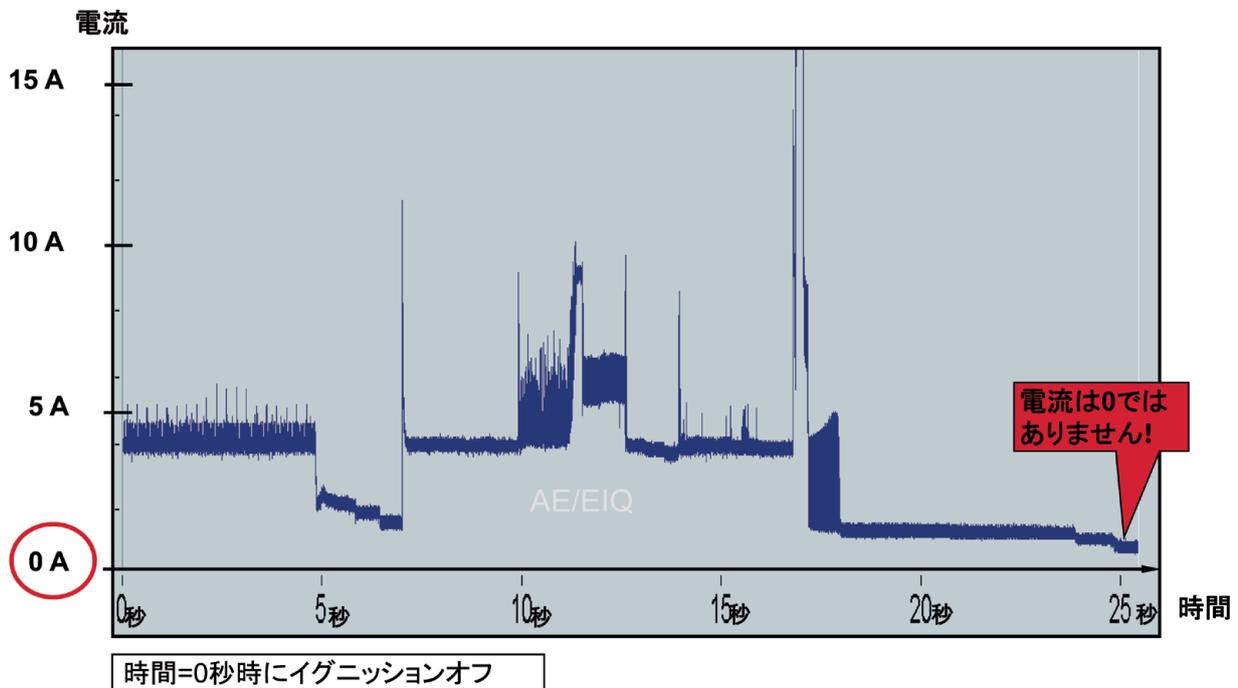
ホットプラグの説明

- 補助暖房
- ECUのエラー記録の更新
- スロットルバルブ試験
- 時計
- アクセシステム

イグニッションを切った後も、高電流が車載ネットワークを数分間流れ続けます。この間にコネクタの脱着をおこなうと、車載ネットワークで不定状態の均等化電流が発生します。これらの均等化電流は、電子コンポーネントに損傷または永久的破壊を引き起こす恐れがあります。これが、**ホットプラグ**の状態です(詳細は、2章「ホットプラグによる故障」を参照)。

以下の例は、現代の自動車のバッテリーグランドケーブルで測定した電流が、このような状態を示している様子です。

電流がシステムを数分間流れ、その範囲は100mA～数アンペアですが、それより高いピークが存在します。



車載ネットワークを流れる電流は、イグニッションを切った後もしばらくはゼロになりません。

つまり、ホットプラグは車両全体で発生し得るということです。

2 ホットプラグによる故障

現代の自動車は、データバスを介して多くのECUが互いにリンクしています。例えば、**ホットプラグ**時には、均等化電流が、接続部に関係のないECUのバスを介して流れ、そのECUに損傷を与えます。

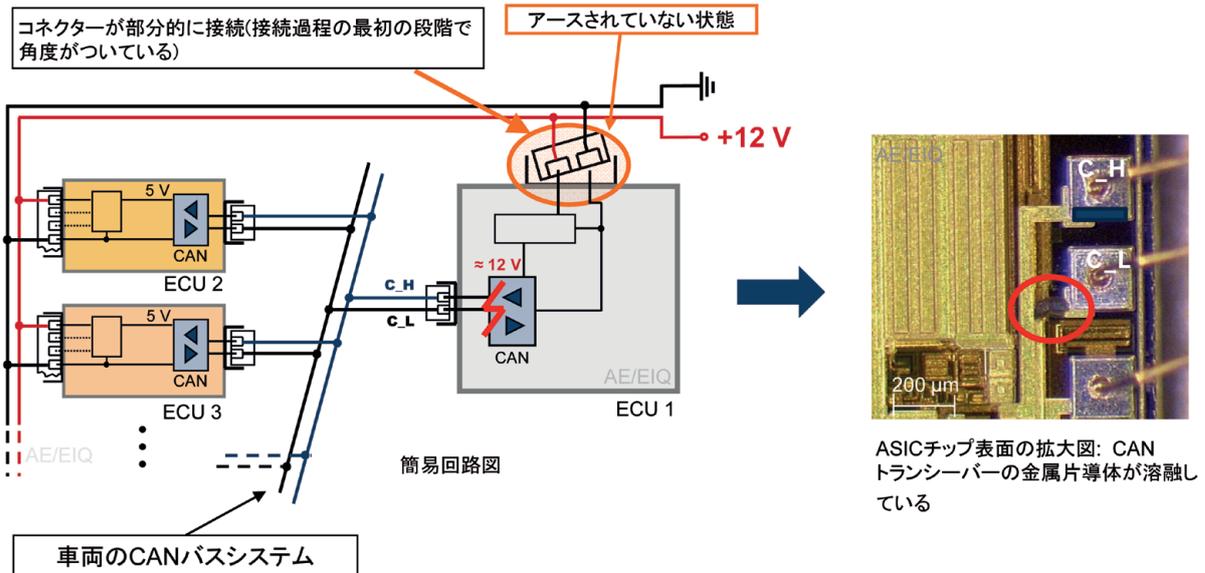
多くの場合、この影響によって、正しい故障解析とデバイス破壊の真因特定が妨げられます。

以下は、有名企業が提供してくれた実際の故障例です。

2.1 CANバスの例

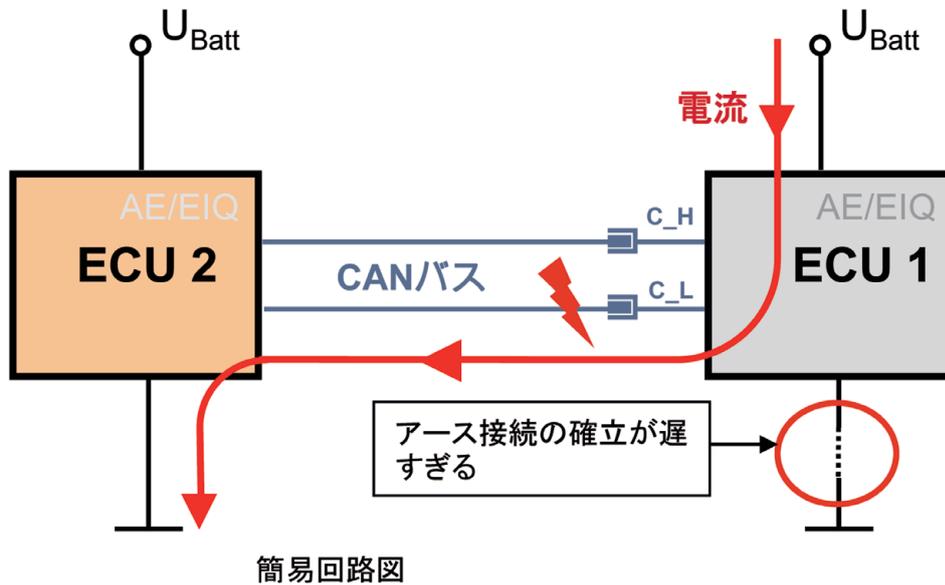
機械的説明

電圧を印加した状態でデバイスを接続する場合(**ホットプラグ**)、角度をつけてプラグをソケットコネクタに挿入すると、アース接続が最後に嵌合(かんごう)される可能性があります。こうなると僅かな間、アース接続のない状態になるので、均等化電流が発生して半導体を損傷します。



ECU 2は車両に取り付け済みで、ECU 1を追加しようとしている状態

上記説明状態の回路図



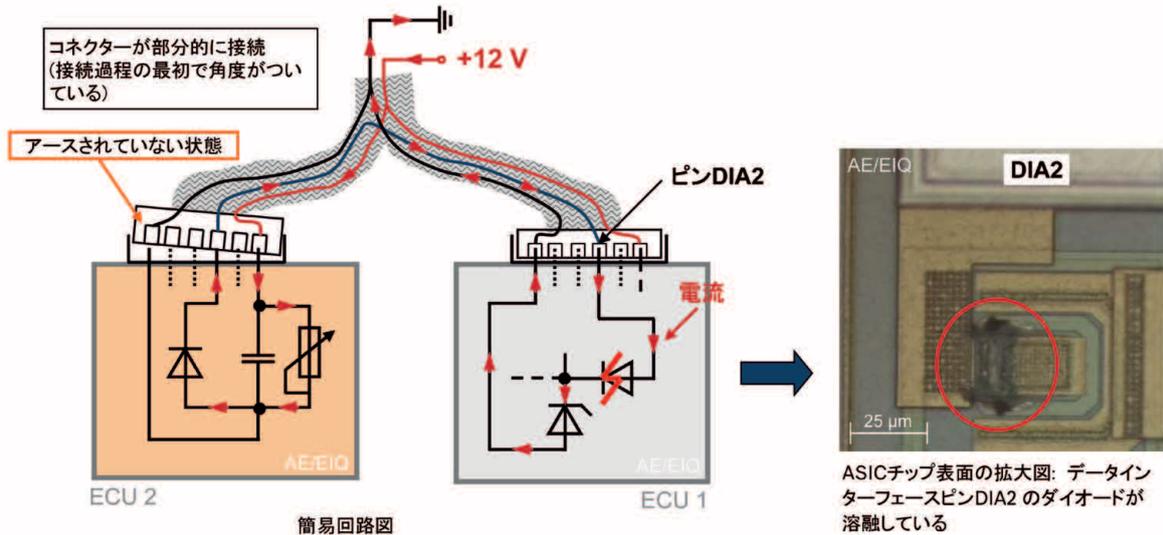
この故障メカニズムは、通信バスを介してリンクしているすべての電子コンポーネントに影響を与える恐れがあります。

ECUは様々なサプライヤーから供給されているため、影響を受けたECUの故障解析は非常に困難です。ECU 2が損傷していない場合、ECU 1の電氣的過剰ストレスを説明するのは困難です。

2.2 診断ラインの例

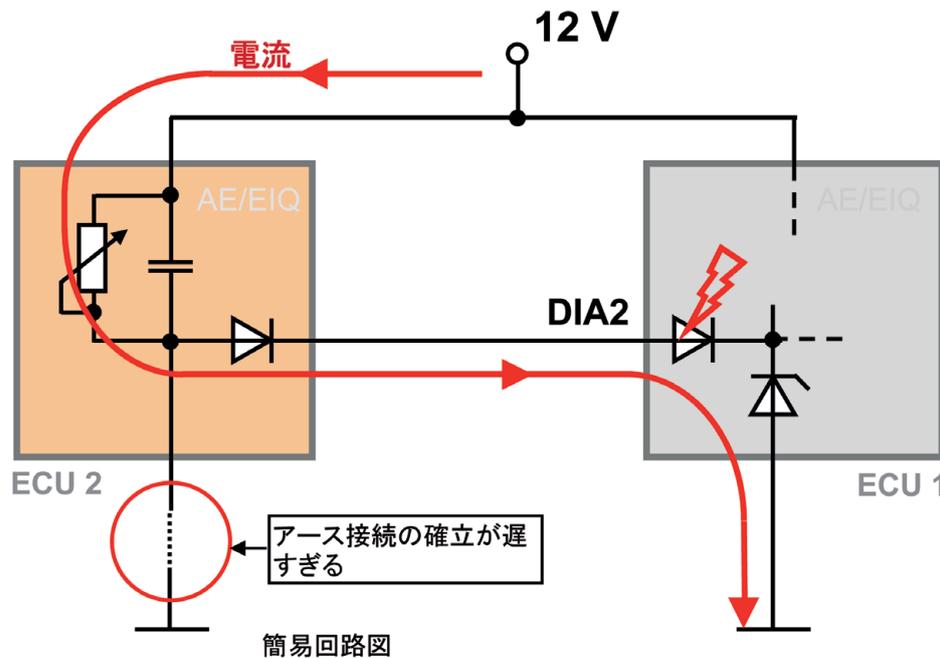
機械的説明

ECU 2 を接続する際、**ホットプラグ**時にアース接続が失われたことで発生した ECU 1 の損傷の様子を示します。



ECU 1は車両に取り付け済みで、ECU 2を追加しようとしている状態

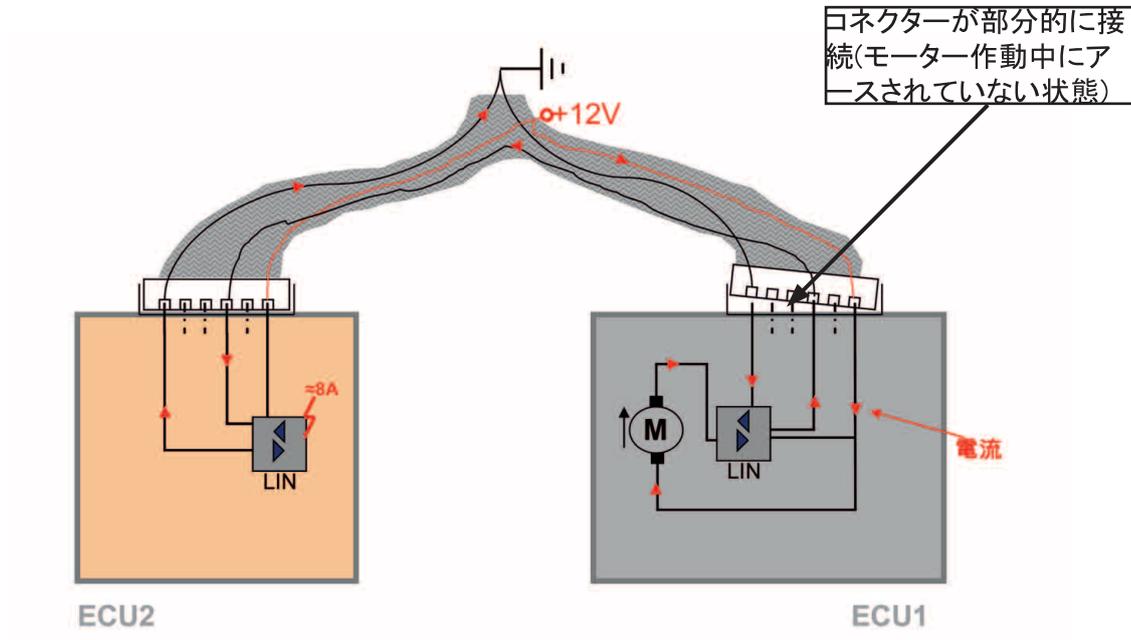
電氣的説明



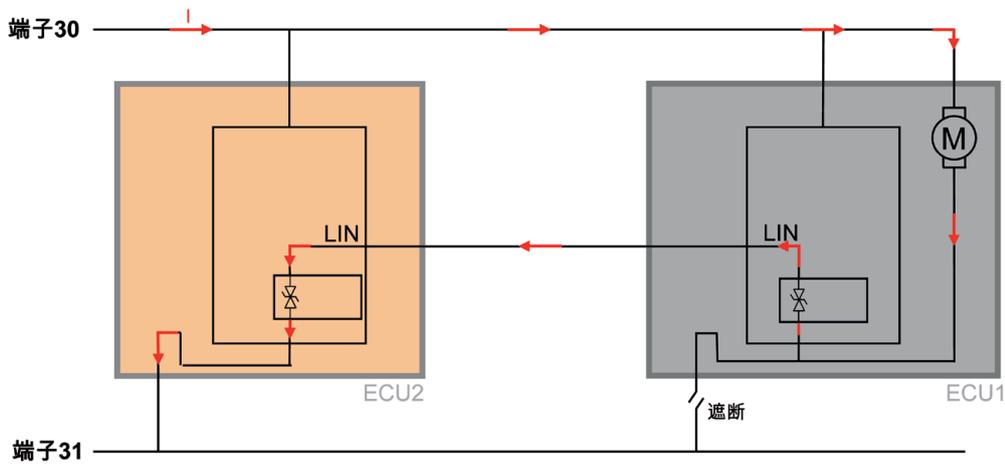
損傷の発生を防ぐため、アース接続は先に確立されなければなりません。

2.3 パワーウィンドウの例

機械的説明



電氣的説明

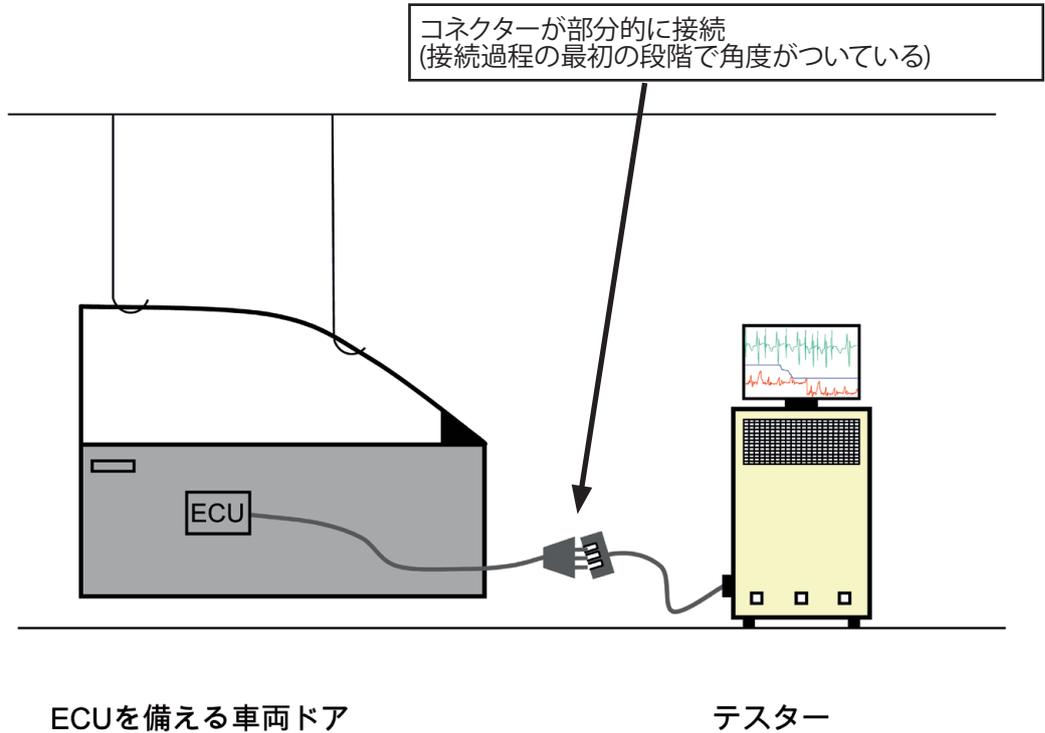


モーター動作時(ホットプラグ)に、アースケーブルが遮断されました。その結果発生する相互誘導電圧により、ECU 1 の電位がシフトします。

この時発生するオフセット電圧が、LINバスを介してECU2に伝わり、半導体を破壊する恐れがあります。

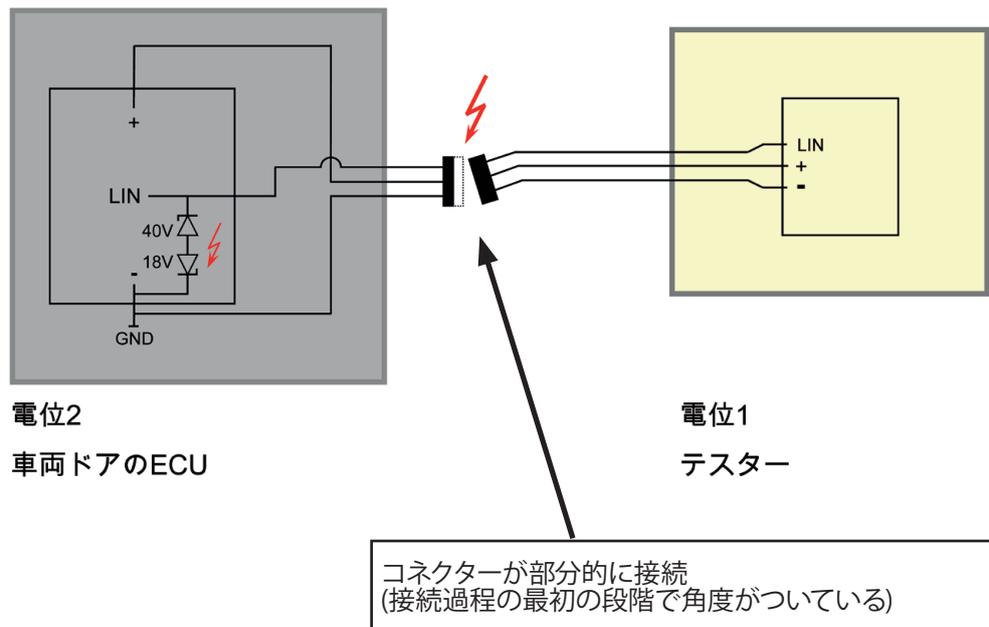
2.4 ドアアセンブリの例

機械的説明



車両ドアの組立ておよび試験時、**ホットプラグ**及びFMLBのアースが接続されていないためECUの半導体が破壊されることがあります。

電氣的説明



これは、ドアと試験機器間のアース電位の電圧差が原因です。アース電位が異なるために、ドアの電子部品と試験機器間に均等化電流が流れます。

この例では、アース接続より先にLINの接続が確立されると、均等化電流がLINトランシーバーを流れます。LINトランシーバーを流れる電流は、LINトランシーバーを損傷するか、破壊する恐れがあります。

一般的に以下のようなことが言えます:

部品の集積度上昇、実装スペースが狭くなること、及び高い性能仕様の要求から来る、より一層の半導体の小型化、これらの要因がEOS限界値を低くします。

重要:

ESD保護機能を向上させても、EOS損傷を防止または抑制することはできません。

3 改善措置を施したコネクタシステム

3.1 単一または複数のコネクタの着脱手順(電源、信号)

3.1.1 自動車用電子コンポーネントまたはワイヤーハーネスの単一のコネクタ

接続時は、アースピンが最初に嵌合(かんごう)し、取り外し時は、アースピンが最後に外れるようにしなければなりません(First-Mate-Last-Break)。

3.1.2 自動車用電子コンポーネントの複数コネクタ

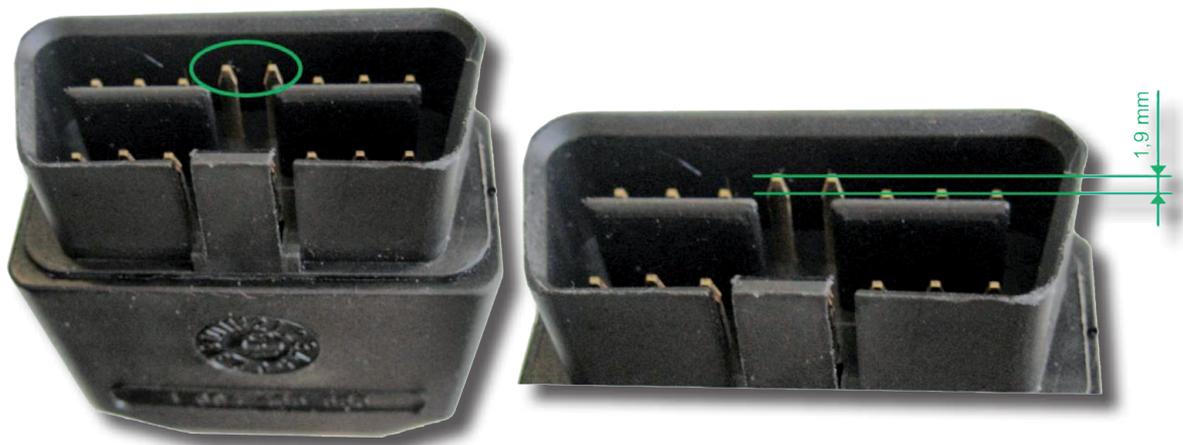
各コネクタおよび各接続過程において、データラインより先にアース接続が確立され、取り外し時は、逆にアース接続が後で外れなければなりません。

3.2 車両製造、操作、保守、修理、および改造に使用するコネクタシステム

3.2.1 オンボード診断II

OBD-IIコネクタが理想的です。その理由は、FMLBアースピンを備え、イグニッションのオン/オフ時に安全な接続が約束されるからです。OBD-IIコネクタは、**ホットプラグ**に特化して設計された、自動車分野で唯一標準化され、一般的に使用されているコネクタです。

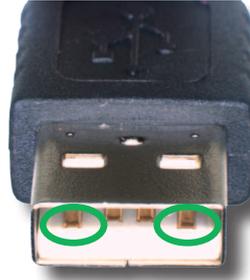
詳細については、ISO 15031-3を参照してください。



FMLBコンタクトを備えるOBD-IIコネクタ

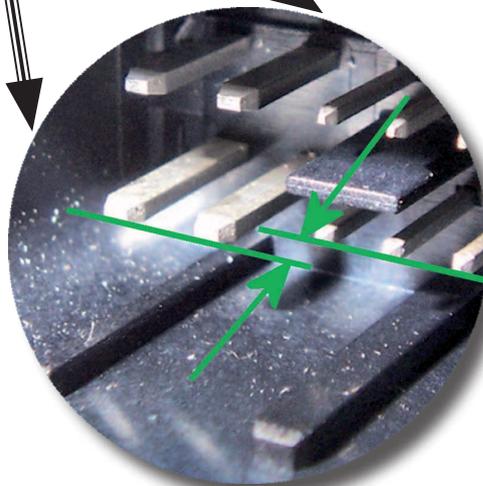
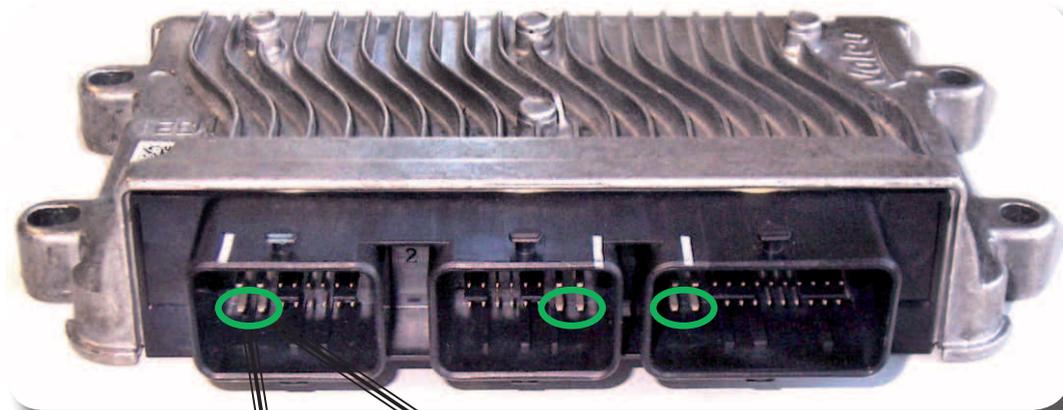
3.2.2 自動車分野におけるその他の解決策

現代の自動車はインフォテインメントを特徴としているため、USBインターフェースを備えていることがあります。この場合、ピンの長さを変えているのが一般的で、そのためホットプラグに適しています。



しかし、ホットプラグを考慮して、電子制御ユニットにFMLBコンタクトを備えている例は極めて稀です。

以下に、いくつか例を示します。



FMLBコンタクトを備えるプジョー/シトロエン用のValeo製制御ユニットJ34P



FMLBコンタクトを備えるプジョー/シトロエン用のBosch製制御ユニットEDC 16



Continental

Easy - U

A2C30907000

C 04.04.11/1 0164

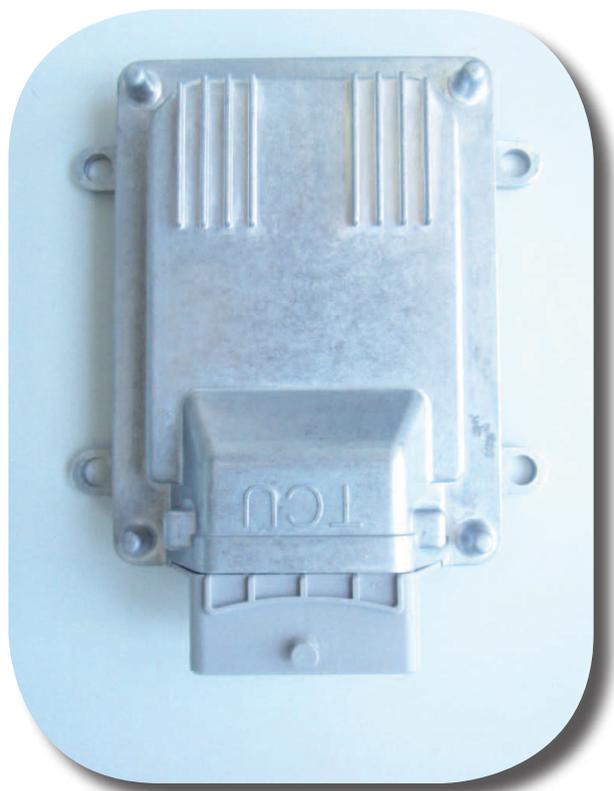


3612000 - EG01A

Made in China

FMLBコンタクトを備えるContinental製制御ユニット

改善措置を施したコネクターシステム



FMLBコンタクトを備える中国サプライヤーの制御ユニット

結論

これらの好例を除き、その他すべてのコネクタシステムは、均等化電流が流れる可能性があります。本ドキュメントで説明したように、これは電氣的過剰ストレスの発生につながり、制御ユニット内の電子部品に損傷を与える恐れがあります。

備考

工程中のすべての電氣的接続手順において、確実にFMLBを実現するコネクタシステムが求められます。

以下に、数例を示します。

- 制御ユニットをプログラミング(フラッシング)するためのテスター
- 外注委託業者の下位工程における付属具
- インターフェースに接続される延長ケーブル(例:テスターが遠すぎる場合にOBD-IIコネクタに接続)

機械的な面を考慮することに加え、FMLBコンタクトに必要な電流量を規定しなければなりません。先端部は、短時間電流が印加されるだけです。そのため、電流量は低くても十分と言えるでしょう。

制御ユニットで最初の接続が確立されると、保護状態になったと考えられます。ただし、ワイヤーハーネスのカウンタープラグで最初の接続が確立された場合、ワイヤーハーネスの互換性のあるプラグがFMLBコンタクトを備えていないと、制御ユニットと車両は保護されない状態になります。

FMLBコンタクトの代わりに、制御ユニットの電子部品は、所定環境の下で追加的に保護対策を施すこともできます。

ただし、これらには以下のような欠点があります。

- コンポーネントのコストが増
- コンポーネントに実装スペースが必要
- コンポーネントに動作電圧または電圧降下が必要
- コンポーネントが全体の信頼性を低下させる
- 回路性能が低下する(CANバスなど)

保護回路を適用する場合、破壊パルスが不明なので、一般的にこれを詳しく規定することはできません。

保護回路の適用には多くの時間と労力を必要としますが、それでもなお高い回路故障リスクが残ります。

4 導入シナリオ

4.1 互換性

基本的な考えは、既存の製品を変えることではありません。自動車メーカーに求められているのは、FMLBコンタクトを、車両用の新しい製品とコンタクトインターフェースに採用することです。

コストを考慮すると、既存システムに適用するべきではなく、新設計に最初からFMLBコンタクトを組み込み、技術面及びコスト面で最適な解決策を実現するべきです。

4.2 車両のワイヤーハーネスとコネクタースステムの変更に関する現時点での考察

現在、車両のワイヤーハーネスに関していくつかの変更が研究されています。今は、幅広い範囲でFMLBコンタクトを導入する絶好の機会です。

以下に、変更についての考察例をいくつか紹介します。

- ワイヤーハーネス製造のオートメーション化を促進する
- ケーブルの銅断面積の低減に合わせて、コネクターステムを変更できる
- 他の車両や他のメーカーのコンポーネントおよび部品集合体を使用するために、ワイヤーハーネスに新しいインターフェースを作る
- 一部ケーブルをアルミ製に交換する
- フラットケーブルを使用する
- 新しいデータバスシステム(イーサネット)を導入する
- LEDヘッドライトなどの新製品を使用する

4.3 コスト削減の可能性

FMLBコンタクト付きコネクターステムを導入することで見込まれる世界全体のコスト削減額を、2011年を例にして見積ってみます。

世界全体の自動車生産台数	7,000	万台
世界全体の自動車用半導体製造数(ASIC、コントローラ)	84	億個

FMLBコンタクトの導入により、**故障率が1ppm低減**し、1件当たりの故障コストを**5,000ユーロ**と仮定すると、以下のような節約が可能です。

故障が予防される部品数(84億個の半導体の1 ppm)	8,400	個
1件当たりの故障コスト	5,000	ユーロ
すべての故障に費やすコスト	42,000,000	ユーロ
車両1台あたりの総節約額(4,200万ユーロ/7,000万)	車両1台あたり	0.6ユーロ

FMLBコンタクトを備えるこの新しいコネクターステムを標準化することで、さらなる節約が期待できます。

5 まとめ

今日多くの産業分野で、FMLBコンタクトは既に安全な接続を実現しています。

FMLBコンタクトは、信号と電源ラインより先にアース接続を確立するため、使用者と電子部品を確実に保護します。

このことは、自動車産業にも恩恵をもたらすと考えられます。

現在、半導体に発生している多くのEOS故障がかなりの割合で防止できると思われます。これは特に、重大な故障に対して有効です。

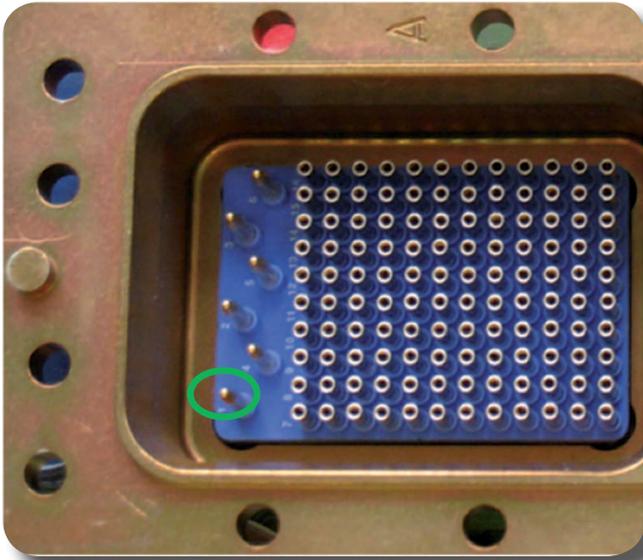
この対策は、ゼロ欠陥目標の達成に大きく貢献するでしょう。

多数のコネクターシステムを使用している事実を考えると、FMLBコンタクトの導入は、自動車メーカーが率先して行うべきです(トップダウン)。関連企業の主体的な準備は欠かせません。また、それなりの時間がかかるのは事実です。

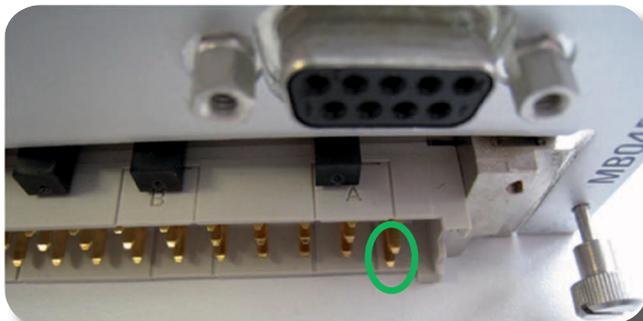
6 補足

FMLBコンタクトを備えるコネクターシステムの例

6.1 航空



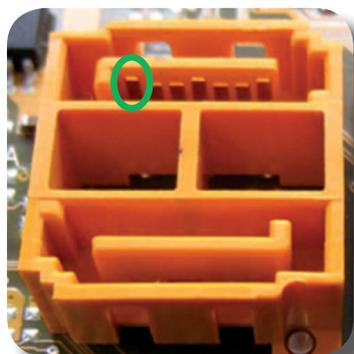
6.2 鉄道



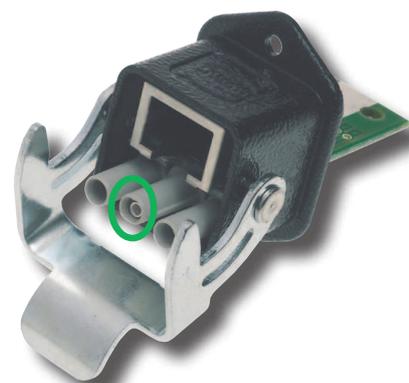
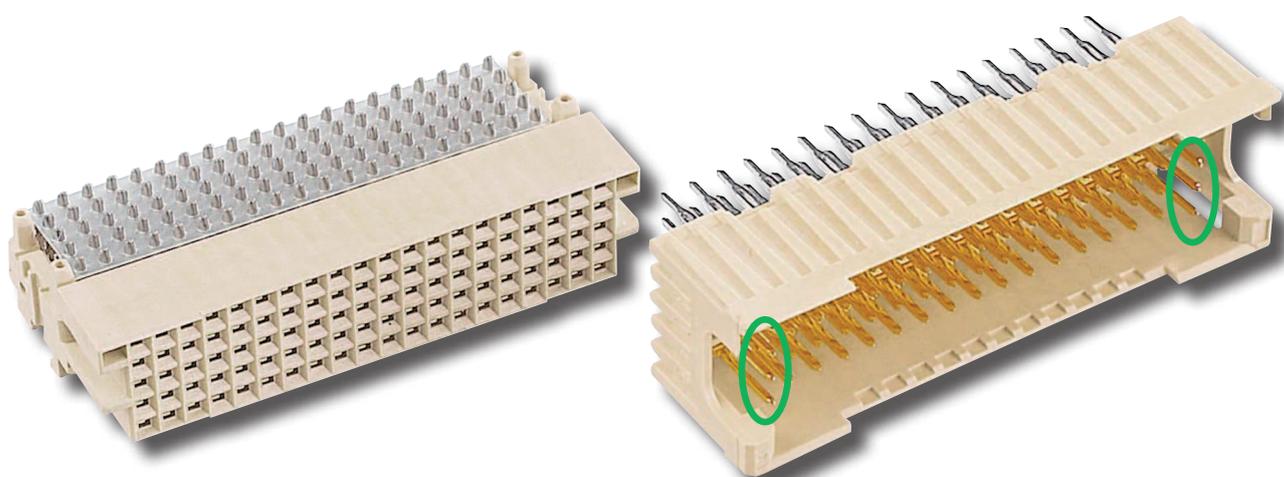
6.3 家庭用電源



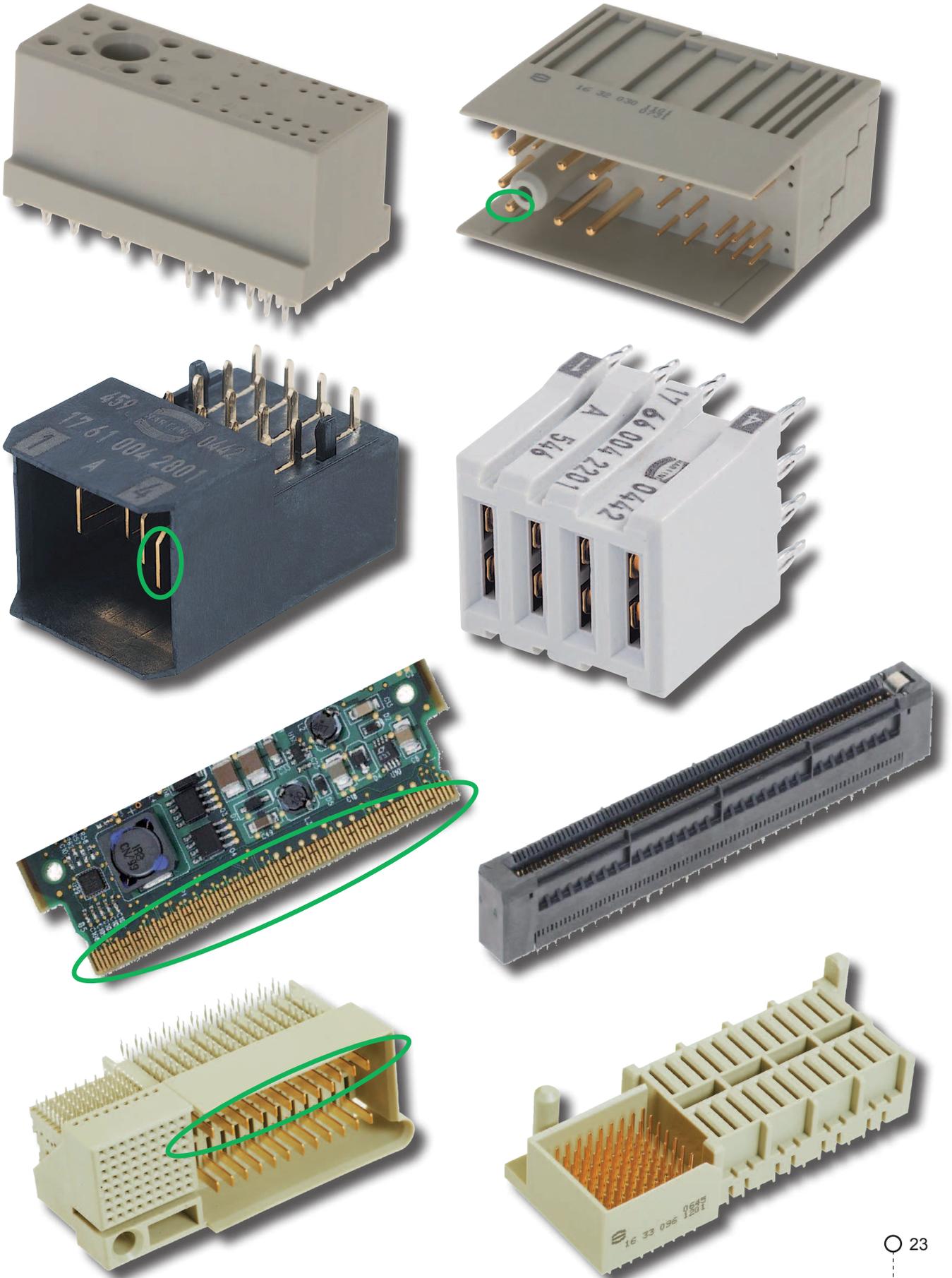
6.4 パーソナルコンピューター



6.5 電気通信



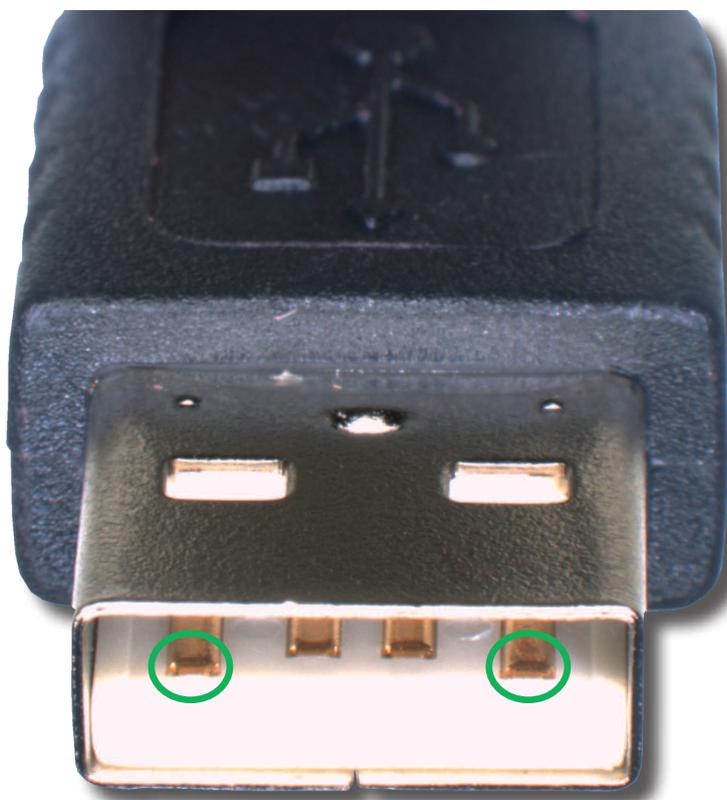
(6.5 電気通信の続き)



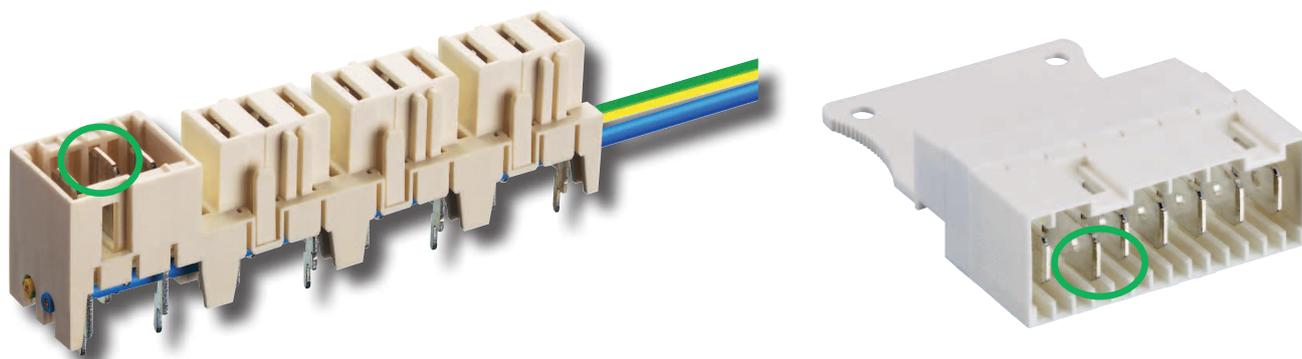
(6.5 電気通信の続き)



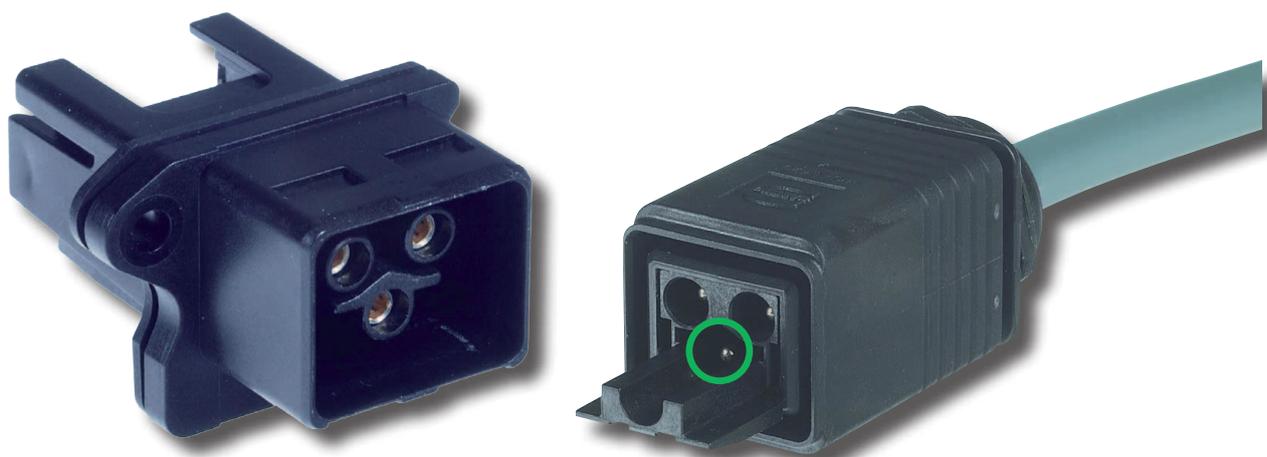
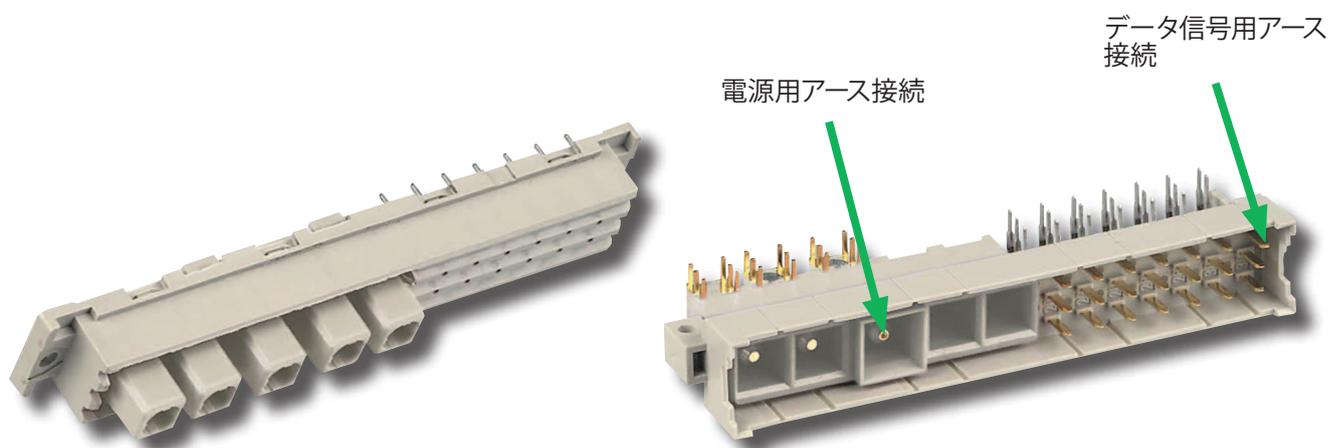
6.6 USB 2.0 (ユニバーサルシリアルバス 2.0)



6.7 家電用品



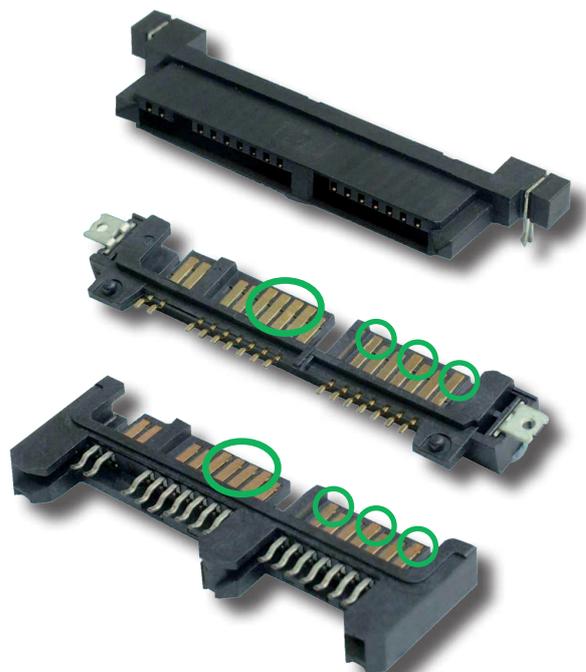
6.8 産業用電源



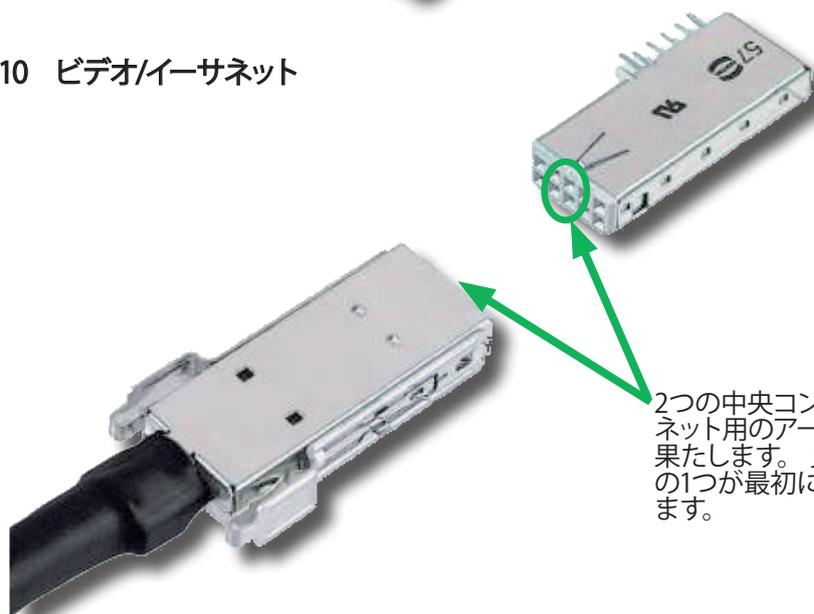
(6.8 産業用電源の続き)



6.9 データおよび民生機器用途



6.10 ビデオ/イーサネット



2つの中央コンタクトが、イーサネット用のアース接続の役割を果たします。見えていないピンの1つが最初に嵌合(かんごう)します。



Die Elektroindustrie

ZVEI – ドイツ電気・電子工業連盟
電子コンポーネントおよびシステム(ECS)部門
PCBおよび電子システム(PCB ES)部門
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main, Germany
電話: +49 (0)69 6302 - 276
ファクス: +49 (0)69 6302 - 407
Eメール: zvei-be@zvei.org
www.zvei.org/ecs