



## 電気テストのためのPXI活用例 障害挿入とセンサーシミュレーション

### アブストラクト

電子制御ユニット（ECU）は、今日の多くのアプリケーションに存在し、高い信頼性だけでなく高い運用予測可能性も要求するミッションおよびセーフティクリティカルな状況でよく使用されます。

これらのECUの正しい動作は、通常、ハードウェアインザループシミュレーション（HILS）を使用して検証されます。これは、ECUの実際の環境を監視するセンサーを電子シミュレーターに置き換えます。

障害挿入はHILSシステムでも一般的に使用され、ECUがすべての可能な良好および不良の動作条件下で安全かつ確実に動作することを保証します。また、ECUの複雑さが増すにつれて、この障害テストを自動化して検証プロセスを迅速かつ再現可能に保つことが不可欠です。

このホワイトペーパーでは、HILS自動障害挿入（フォルトインサクション）およびセンサーシミュレーションに業界標準のPXIプラットフォームを使用する利点について説明します。

## コンテンツ

- 1.0 イントロダクション
- 2.0 ハードウェア・イン・ザ・ループ・シミュレーション (HILS)
- 3.0 障害挿入 (フォルト・インサージョン)
- 4.0 オートメーション
- 5.0 PXI、LXI&USBを活用したモジュラーシステム
- 6.0 ピカリング社のPXI 障害挿入ソリューション
  - 6.1 シングルスルーチャネル
  - 6.2 差動信号
  - 6.3 ブレイクアウトボックス
  - 6.4 高度な I/O システム
- 7.0 ピカリングによるPXIシミュレーションソリューション
  - 7.1 プログラム抵抗
  - 7.2 熱電対シミュレーション
  - 7.3 LVDT / RVDT / レゾルバシミュレーション
  - 7.4 カレントループ シミュレーション
- 8.0 結論
- 9.0 ピカリングインターフェースについて

## 1.0 イントロダクション

以前は飛行機のテストパイロットの仕事は非常に危険でした。設計を徹底的に評価できる唯一の方法は、実用的なプロトタイプを初めて飛行させたときでした。航空機が飛行に値すると見なされて生産に入った場合でも、多くの関連または非関連の障害または状況の組み合わせにより、予測できない航空機の動作が発生し、飛行機が墜落する可能性があります。宇宙では、機器の故障を解決するのはさらに困難です。

ECUが自動車や航空宇宙アプリケーションにますます浸透するにつれて、私たちの街を走る車両の数を考えると、運用の信頼性と予測可能性の必要性はおそらくさらに重要になります。

道路にすべての車両が追加されると、10億対1の一連の状況が集まって障害状況が発生する可能性が高くなります。このような失敗は、すべてのメーカーが避けようとしている訴訟の環境を作り出す可能性があります。これらが、極端な状況の任意の数と組み合わせの下でECUまたは他の機器がどのように動作するかを示すことができるシミュレーションが非常に必要になった理由です。

## 2.0 ハードウェア・イン・ザ・ループ・シミュレーション (HILS)

ハードウェア・イン・ザ・ループ・シミュレーション (HILS) は、コントローラーからの実際の信号を、最終的なシステムの動作をシミュレートするテストプラットフォームに接続します。計装はECUのセンサー入力をシミュレートし、測定計装はECU制御出力をキャプチャして検証するために使用されます。ターゲットは、ECUが既知の良好な状況で正しく動作することを確認し、問題が発生したときにECUが車両とその乗客の安全を確保するために最善を尽くすかどうかを確認することです。例としては、アンチロックブレーキシステムがあります。ドライバーがブレーキペダルを踏んでホイールセンサーが故障した場合でも、ブレーキシステムはできるだけ早く車両を停止する必要があります。

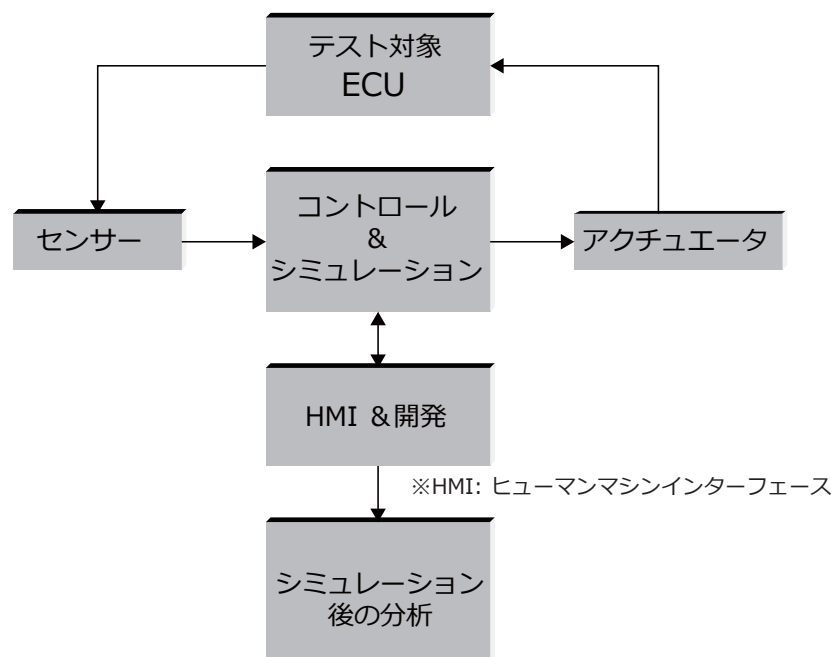


図 1. 動作環境のシミュレーションを示すHILSモデル

設計と検証の反復は、実際の製品が実装されているかのように正確に実行されます。さまざまな障害の無数の組み合わせを含む、考えられるすべてのシナリオを再現できるため、実際の一連の状況を作成して実際の物理テストを実行するために必要なコストと時間を費やすことなく、ECUまたはコントローラを包括的に実行できます。

### 3.0 障害挿入（フォルトインサクション）

安全性が重要なECUは通常、一連の障害が発生する認証プロセスを通過します。ECUの応答は、安全で予測可能な方法で動作することを確認するためにチェックされます。手動によるパッチパネルは、障害を注入するためによく使用されます。ケーブルは、ECUの I/Oラインを刺激および測定機器に接続するために使用されます。

I/Oラインは、オープン回路をシミュレートするために切断するか、アース、電圧源、または他の I/O ラインへの短絡をシミュレートするために一緒に接続することができます。エンジニアはパッチケーブルを挿抜して目的の障害をシミュレートし、結果を測定します。

ただし、この配置には多くの固有の欠点があります。パッチパネルは大きくなる傾向があるため、明らかな問題の1つはサイズです。また、操作が遅く、エラーが発生しやすく、再現性が失われます。保守と人件費は高く、運用には熟練した知識ベースの蓄積と文書化が必要です。まだ、従来の障害挿入システムを図2に示します。

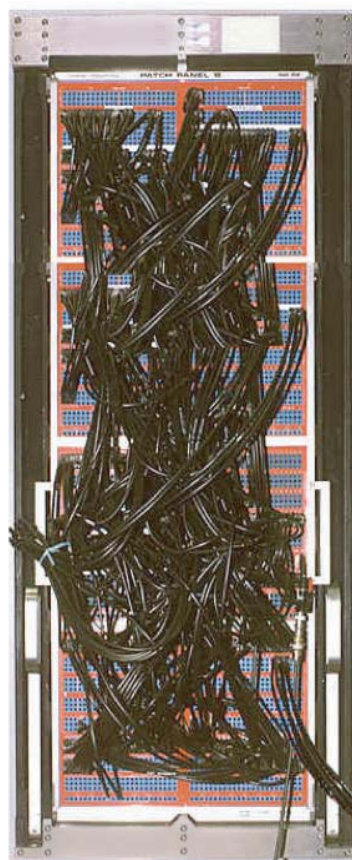


図2.パッチパネルを使用した手動による従来の障害発生システム

失敗したテスト条件を迅速かつ正確に再現することは大きな利点です。このタイプのテストを自動化することで、人的エラーのない、追跡可能なレポートを作成するための最良の方法が確保されます。

### 4.0 オートメーション

機器のルーティングとリアルタイムの電氣的障害の挿入の両方をソフトウェアで制御できるため、テストプロセスが大幅に強化されます。障害挿入スイッチングは、障害挿入プロセスを自動化します。主要なものは、シミュレータ（テストシステム）とDUT（ECU /コントローラー）の間に配置された単純なスイッチングモジュールであり、信号を変更せずに通過させるか、さまざまな障害状態を追加します。

電子テストでのPXIベースのフォールト挿入とセンサーシミュレーションの使用

- DUTとのオープン回路
- DUTのピン間のショート回路
- GNDもしくは電源とDUTのショート回路
- 抵抗成分の障害

図3は、2つの I/Oチャンネルを備えた障害挿入スイッチユニット（FIU）を示しています。図3（i）では、FIUはデフォルトの動作モードにあり、すべての信号が通過します。図3（ii）では、チャンネル1で開回路がシミュレートされています。図3（iii）では、チャンネル0と1の間にピン間短絡があります。図3（iv）では、チャンネル1で電力不足の障害シミュレーションが生成されています。

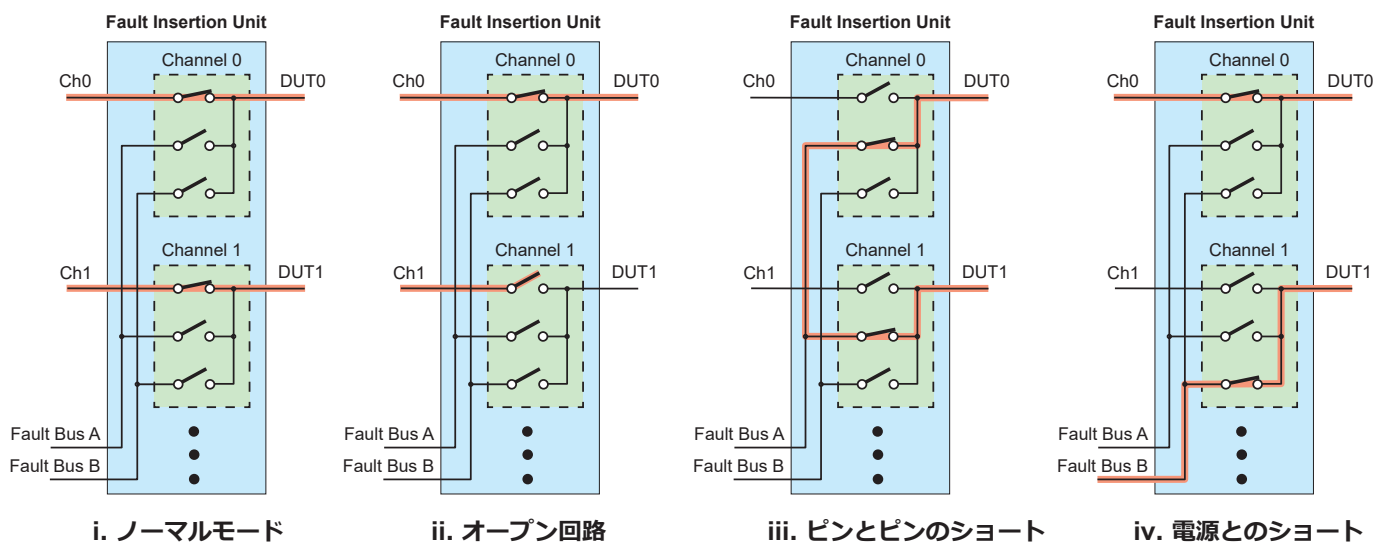


図3. オープンとショートの障害シミュレーション

抵抗性障害-障害バスを介して外部抵抗を挿入することによってもシミュレートできます。（図4）

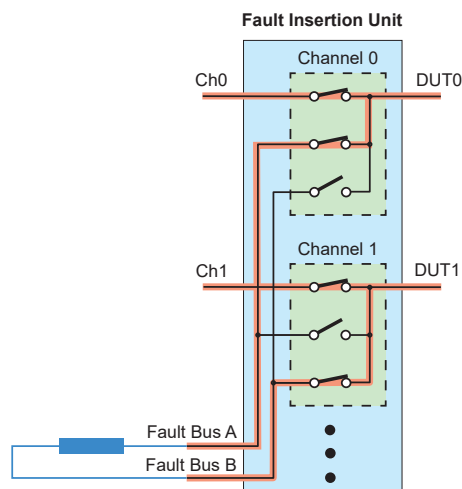


図4. 抵抗成分の障害挿入



## 5.0 PXI、LXI、USBを使用したモジュラーシステム

いくつかのベンダーは、ハードウェア障害挿入機能を含む、専用の独自のソフトウェア集約型HILSシステムを製造しています。これらは非常に正確である可能性があります、コストもかかり、非常に大きくなる傾向があり、顧客は1つのサプライヤーに縛られていることに気付く可能性があります。また、システムは1つのアプリケーション専用であるため、比較的柔軟性がない可能性があります。

もう1つのアプローチは、PXIなどの標準のモジュラープラットフォームを使用して、多くのサプライヤーの各機能にクラス最高のモジュールを使用してリアルタイムシミュレーションシステムを作成することです。

ピカリング インターフェースは、障害挿入アプリケーションに対応するように明示的に設計されたPXIスイッチシステムを導入した最初のベンダーでした。同社は、パッチパネルの代わりに使用して、HILSシステムのシミュレートされたデバイスと実際のデバイスからの信号を切り替えることができる一連のスケラブルなソリューションを製造しており、必要なテストと検証を大幅に簡素化および加速するのに役立ちます。

また、テストエンジニアが、電気スイッチングノイズを機器から遠ざけるために、スイッチングとFIUを別々のシャーシに配置することを希望し、PXIシャーシが必要なものよりわずかに数スロット不足している場合もあります。この場合、ピカリングのモジュラーLXI / USBシャーシはすべてのPXIモジュールをサポートします。さらに、ソフトウェアドライバは、モジュールがPXIシャーシにあるかLXI / USBシャーシにあるかに関係なく同じです。

## 6.0 ピカリングの PXI障害挿入ソリューション

### 6.1 シングル スルー チャネル

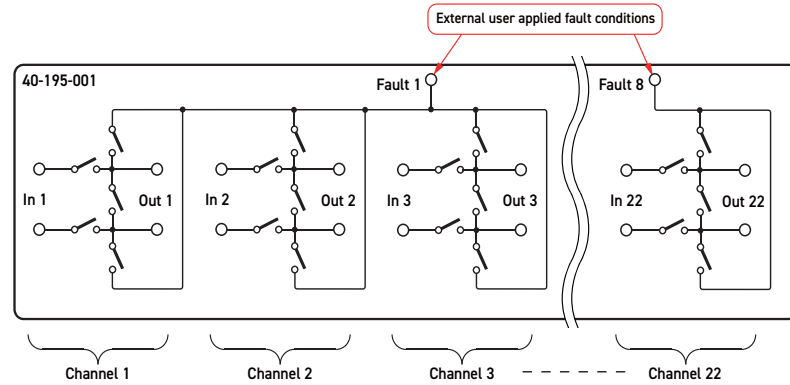
表1 は、標準の障害バスを備えたピカリングのシングルスルーチャネルの範囲を示しています。

表 1. PickeringのPXI障害挿入スイッチの範囲

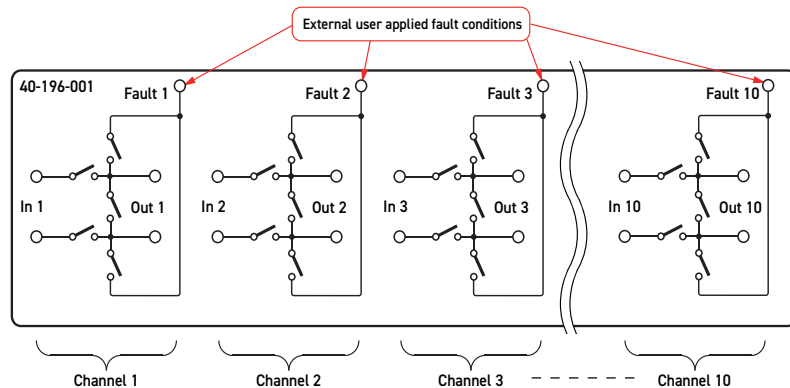
| Model No.      | 信号<br>チャンネル数 | 障害バス   | 障害入力   | 最大電圧 | 最大電流        |
|----------------|--------------|--------|--------|------|-------------|
| <b>40-190B</b> | 74, 64 or 32 | 1 or 2 | 4 or 8 | 165V | 2A          |
| <b>40-191A</b> | 6            | 2      | 2      | 40V  | 30A         |
| <b>40-192</b>  | 6            | 2      | 2      | 200V | 10A         |
| <b>40-193</b>  | 7            | 1 or 2 | 1 or 2 | 16V  | 20A, 1A min |
| <b>40-194</b>  | 7            | 1 or 2 | 1 or 2 | 16V  | 20A, no min |
| <b>40-197A</b> | 34 or 16     | 4      | 8      | 300V | 2A          |
| <b>40-198</b>  | 20           | 1 or 2 | 3 or 6 | 250V | 5A          |
| <b>40-199</b>  | 10           | 1 or 2 | 2      | 250V | 10A         |

### 6.2 差動信号

ピカリングは、フランスの大手航空宇宙インテグレーターと緊密に協力して、図5に示すように、2つの信号ペアソリューションを開発しました。これらは現在、標準のカatalogアイテムとして利用できます。



40-195 (1 Amp)



40-196 (5 Amp)

図 5. 信号ペアの障害挿入ユニット製品

### 6.3 ブレークアウトボックス (BoB)

テストコードを作成する前に、手動で測定し、手動で障害を導入する必要がある場合があります。現在使用されているブレークアウトボックス (BoB) の大部分はモジュール式ではなく、構成が固定されているため、範囲が限定されたテストソリューションが作成されます。さらに、ケーブル構成が煩雑で、高価になります。

ピカリングの低コストのモジュラーブレークアウトシステムは、BoB機能セットとFIUの追加された柔軟性を組み合わせたものです。FIUシャーシをBoBに直接接続することにより、ケーブル接続が最小限に抑えられ、よりコンパクトで信頼性の高い設計が作成され、シグナルインテグリティが向上します。

また、シミュレーションシステムとUUTへのすべてのケーブルは、BoBのフロントパネルの後ろに配置されているため、損傷を受けにくいシンプルなフロントパネルが作成されます。従来のBoB設計は、抵抗性障害を作成するための手動ポテンショメータを備えています。ピカリングは、プログラム可能な抵抗モジュールの1つを使用して、このプロセスを自動化できます。

モジュールは、ソフトウェアフロントパネルを介して手動で制御することも、プログラムで制御することもできます。これにより、テストプロセスが高速化され、再現性が確保されます。ピカリングのソフトウェアドライバは、FIU範囲全体をサポートしているため、新しいモジュールを統合するために新しいソフトウェアは必要ありません。

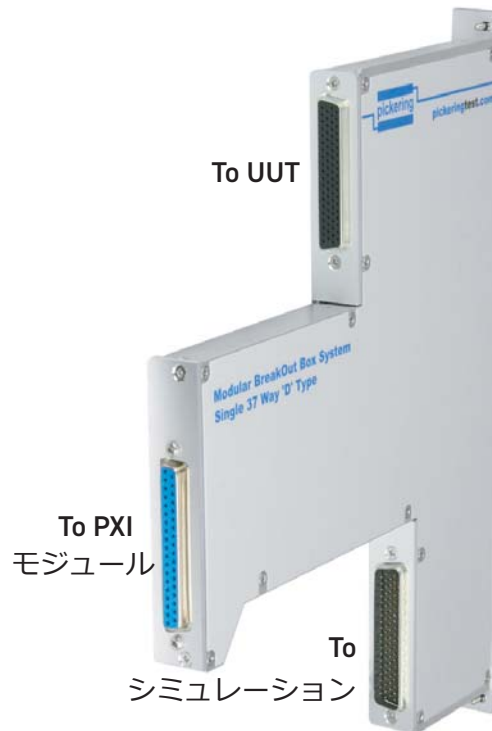


図6.ブレイクアウトシステムとFIUへの接続のしやすさ

#### 6.4 高度な I/O システム

より複雑なシステムの場合、ピッカリングはPXI FIUカードの「スケールアップ」バージョンを提供します。40-592A 障害挿入ブレイクアウト（FIBO）マトリクスモジュールは、ピッカリング BRIC™フォーマットに基づく大規模な高密度スイッチングマトリックスです。

障害挿入BRICは、センサーと制御ユニットを含む複雑でピン数の多いアプリケーションでさまざまな障害のシミュレーションを必要とするアプリケーション向けに設計されています。FIBOマトリックスモジュールは、最大4枚のドーターカードを含むBRIC4または最大8枚のドーターカードを含むBRIC8として利用できます。これにより、マトリックスのXバスを2ピンブレイクアウトバージョンの場合は31の倍数に、3ピンブレイクアウトバージョンの場合は20の倍数に拡張できます。eBIRSTスイッチングシステムテストツールは、スイッチングシステムの障害検出を簡素化します。



図7.40-592A BRIC障害挿入ブレイクアウトマトリクスモジュールを使用して大規模シミュレーションが可能



## 7 ピカリングによるPXI シミュレーションソリューション

### 7.1 プログラム抵抗

ピカリングは、最大48チャンネルの汎用モデルや0.1%を超える精度と2mΩ未満の抵抗分解能を備えた高精度ユニットなど、350種類以上のPXIプログラマブル抵抗モジュールを提供しています。デバイスにはキャリブレーションポートが組み込まれている場合があり、RTDおよびひずみゲージシミュレータモデルを利用できます。



図8. ピカリングは幅広いプログラム可能な抵抗を提供します

### 7.2 熱電対シミュレーション

ECUテストでのセンサーエミュレーションに適したPXIミリボルト熱電対シミュレータモジュールは、32、24、16、または8チャンネルの正確な低電圧源を提供します。チャンネルは、ほとんどの熱電対タイプをカバーする3つの電圧範囲のいずれかで動作できます。各チャンネルに追加のリレーを使用すると、モジュールは各熱電対へのオープン接続をシミュレートできます。ピカリングは、熱電対シミュレータをテストシステムに簡単に統合できる接続ソリューションも提供できます。



図9. 41-760 および 41-761 熱電対シミュレータ

### 7.3 LVDT/RVDT/レゾルバシミュレーション

モデル41-670は、LVDT、RVDT、またはレゾルバシミュレータとして機能できる単一のモジュールです。モジュールのプログラム可能性は、1つのPXIまたはピッキングLXI / USBシャーシスロットを占有するだけで、必要なハードウェアの量を最小限に抑えることを意味します。

また、お客様の他の機器と一緒にPXIシャーシに配置されるため、追加の制御プロトコル/インターフェイスは不要であり、操作が簡素化されます。41-670は、最大4チャンネルの5/6線式LVDT / RVDTまたはレゾルバ、または8チャンネルの4線式LVDT / RVDTシミュレーションをシミュレートできます。同期または非同期テストのために、独立または共有の励起信号から各チャンネルを動作します。0.25 VRMS～38VRMSの範囲の励起電圧と300Hz～20 kHzの周波数をサポートするモデルが利用可能です。したがって、41-670ファミリは、現在利用可能なほとんどのLVDT、RVDT、またはレゾルバをシミュレートできます。モジュール上の追加のリレーにより、すべての入力と出力での開回路と短絡のシミュレーションが可能になります。



図10. 41-670 LVDT、RVDT、またはリゾルバーシミュレーター

### 7.4 カレントループ シミュレータ

モデル 41-765 アナログ出力/電流ループシミュレータモジュールは、4～20mAの電流ループを利用して産業用制御トランシーバをシミュレートすることを目的としています。ピッキングのPXIシミュレーションモジュールの拡張範囲の一部である41-765を使用すると、スレーブをプログラムして、さまざまなセンサーを効果的に模倣することもできます。モジュールは、4～20mA、0～24mA、+/-24mA、0-5V、+/-5V、および +/-12mVの複数の出力モードを備えており、シミュレーションの精度と汎用性が向上しています。短絡および開放機能用のリレーが組み込まれているため、すべてのチャンネルで障害挿入テストが可能です。デバイスは、グラウンドループを回避するために完全分離モードで動作することもできます。



図11. 産業用制御トランシーバ用の 41-765 シミュレータ

## 8.0 結論

シミュレーションと障害の挿入は、航空宇宙および自動車業界で一般的に見られる、ミッションクリティカルで失敗してはならないアプリケーションに不可欠です。これらの分野の多くの企業は、コスト、サイズ、再現性、汎用性、および使いやすさのために、モジュラーPXIベースのシステムに目を向けています。

また、製品開発だけでなく、製造現場でもHILSシステムを使用することが増えています。実稼働環境では、上記のモジュラーシステムの利点はさらに明白です。これらの比較的低コストで参入障壁の低いシステムの出現は、他の業界もシミュレーションの恩恵を受けることができることを意味します。産業オートメーションは、利益をもたらす可能性のある明らかな分野です。将来的には、法的な理由から、複雑なホームオートメーションシステムやオフィスオートメーションシステムでも、現在主に雇用システムを維持しているような徹底的なシミュレーションを行う必要がある可能性があります。

## 9.0 ピカリング インターフェースについて

ピカリングエレクトロニクスが最初のリードリレーを発表した1968年以来、ピカリンググループの企業は英国に本社を置き、北米、ヨーロッパ、アジアにグローバルな事業拠点を置いています。これらのリレーは、導入以来、ほとんどの主要なテストおよび測定会社によって実装されています。

1988年に、ピカリング インターフェースが設立され、電子テストとシミュレーションで使用するための最初のモジュラースイッチングシステムと計装が導入されました。1998年、ピカリング インターフェースは、PXIモジュールの導入により初期のイノベーターになりました。現在、同社はPXI、PCI、LXI、およびUSBアプリケーション向けに業界で最も広範なスイッチングおよびシミュレーションソリューションを提供しています。同社は、スイッチングおよびシミュレーションソリューションをサポートするために、社内のソフトウェアチームが、アプリケーションソフトウェアおよびドライバを作成し、接続およびケーブルソリューションなど幅広いサポートを提供しています。

[pickeringtest.com](http://pickeringtest.com)



直販・サポートオフィス

Pickering Interfaces Inc., USA  
Tel: +1 781-897-1710 | e-mail: [ussales@pickeringtest.com](mailto:ussales@pickeringtest.com)

Pickering Interfaces Ltd., UK  
Tel: +44 (0)1255-687900 | e-mail: [sales@pickeringtest.com](mailto:sales@pickeringtest.com)

Pickering Interfaces Sarl, France  
Tel: +33 9 72 58 77 00 | e-mail: [frsales@pickeringtest.com](mailto:frsales@pickeringtest.com)

Pickering Interfaces GmbH, Germany  
Tel: +49 89 125 953 160 | e-mail: [desales@pickeringtest.com](mailto:desales@pickeringtest.com)

Pickering Interfaces AB, Sweden  
Tel: +46 340-69 06 69 | e-mail: [ndsales@pickeringtest.com](mailto:ndsales@pickeringtest.com)

Pickering Interfaces s.r.o., Czech Republic  
Tel: +420 558 987 613 | e-mail: [desales@pickeringtest.com](mailto:desales@pickeringtest.com)

Pickering Interfaces, China  
Tel: +86 4008-799-765 | e-mail: [chinasales@pickeringtest.com](mailto:chinasales@pickeringtest.com)

Local Sales Representative/Agents in Australia, Belgium, Canada, China, India, Indonesia, Israel, Italy, Japan, Malaysia, Netherlands, New Zealand, Philippines, Singapore, South Korea, Spain, Taiwan, Thailand, Vietnam and throughout the North America.

Pickering, the Pickering logo, BRIC, BIRST and eBIRST are trademarks of Pickering. All other brand and product names are trademarks or registered trademarks of their respective owners. Information contained in this document is summary in nature and subject to change without notice.

© Pickering Interfaces 2021 – All rights reserved Issue 1.0 June 2021

ピカリング インターフェース社 日本総代理店



システムに挑戦する

**アンドールシステムサポート株式会社**

<https://www.andor.jp>

【お問い合わせ先】

〒140-0004

東京都品川区南品川 2-15-8

アンドールシステムサポート株式会社

プロダクトソリューションチーム

TEL : 03-3450-7201 FAX : 03-3450-8109

E-mail : [pickering@andor.jp](mailto:pickering@andor.jp)

