

# PCIシステムとPCI-Xシステムの I/Oシステムとチップの動作の検証

Application Note 1382-4

## 本書の読者

コンポーネントの動作検証、システムの統合化/動作検証またはクラスタのテストを行なう、コンピュータ・システム、ハイエンド・ワークステーション、組み込み型PCIおよびPXI-Xシステムのデジタル・デザイナー。

### 目次

はじめに	1
パラレル化	2
動作検証上の課題	3
課題への対処	3
テスト・カード	4
システムへの窓口	4
動作検証の枠組み	5
適切なツールによる PCI-Xシステムの検査	6

## はじめに

コンピュータ・システムやサブシステムの動作の検証は、入出力(I/O)システムや周辺機器の性能が向上するにつれて、ますます複雑化しています。データ転送インシエータの役割は、CPUからI/Oシステムに移行されつつあり、CPUはデータ処理だけをするようになりつつあります。また帯域幅に対するニーズが高まるにつれて、サブシステムの性能の最適化が求められるようになり、システム全体が一層複雑なものになって来ています。

こうしたシステムの動作の検証は、製品開発において極めて重要で、非常に複雑な作業になりつつあります。まず、各種サブシステムがそれぞれ個別に動作していることを確認する必要があります。その次には、それぞれのサブシステムがシステムに統合された時に連係して動作することを確認する必要があります。このような要求の厳しい環境において求められるのは、ピーク負荷条件を作成し、システムに負荷を与え、システムがあらゆる標準を満たしていることを検証することのできるツールです。

現代のシステムの構造を見てみると、これらのシステムの動作の検証に関連するさまざまな問題点が明らかになります。今日のサーバやワークステーションは、各種I/Oシステムによって構成され、それによってさまざまな周辺機器(記憶装置、ネットワーク、グラフィック)や低速デバイス(キーボード、シリアル通信)がシステムに接続されています(図1)。こうしたI/Oシステムの中でも、PCIバスとその後継バスであるPCI-Xは、中心的な役割を確立しています。これらのバスは、性能、構成およびスケールビリティに優れているため、あらゆる種類の周辺機器に適用できます。バス・エージェントによってトランザクションを積極的に開始することができるので、インテリジェント処理をサブシステムに移行して、システムのCPUを解放することができます。スロット・ベースとオンボードの両方のアプリケーションに関して、PCI/PCI-Xバスはシステムのバックボーン(Backbone)の役割を果たします。これらの「バックボーン」には、SCSIバスなどの他のいくつかのI/Oシステムが接続されます。これらのシステムは、ブリッジ・デバイスによってPCI/PCI-Xシステムに接続されます。ここではPCI/PCI-Xシステムが強調されていますが、InfiniBandなどの技術を含め、その成果は他のシステムにも有効です。

## ご注意

2002年6月13日より、製品のオプション構成が変更されています。  
カタログの記載と異なりますので、ご発注の前にご確認をお願いします。



Agilent Technologies

## パラレル化

帯域幅に対するニーズが高まりつつあることから、パラレル処理手法が必要とされています。このため、サーバやワークステーションには、数個のCPU、無数の記憶装置、数個のネットワーク・インタフェース・カードが搭載されています。これらのコンポーネントに対応するため、システムには複数のI/Oバスが内蔵されています。これらのI/Oバスは、階層構造になっていたり、ピア・アーキテクチャを採用しています。図1に示されているサンプル・システムには、2つのPCI-Xピア・バス(0と1)と1つのセカンダリPCIバス(2)があります。PCIとPCI-Xの両方のバスを使った複合アーキテクチャが一般的で、最新式デバイスとレガシー・デバイスの両方に対応できます。

イニシエータがシステムのどこにでも常駐するため、データ・トラフィックのパターンはとて予測が付きません。このため、いくつかの問題が生じます。システム内のトラフィックは、ネットワーク・アクティビティ、ディスク・ドライブ・アクセス、CPU使用率などの数多くの外的要因によるため一概に決めることはできません。トラフィックは同時にいくつかの方向に流れ、PCI-Xシステムには分割トランザクション方式が新たに採用されていることから、従来のイニシエータ/ターゲットの役割は動的に変化しています。キャッシュ・コントローラは、キャッシュ・メモリへのアクセスが複数の方向から行なわれると、干渉の問題に直面します。同類または異種類のサブシステム(PCI-X/PCI-XまたはPCI/SCSIブリッジ)を接続するブリッジ・デバイスは、あらゆるサイドからの同時要求に対処する必要があります。

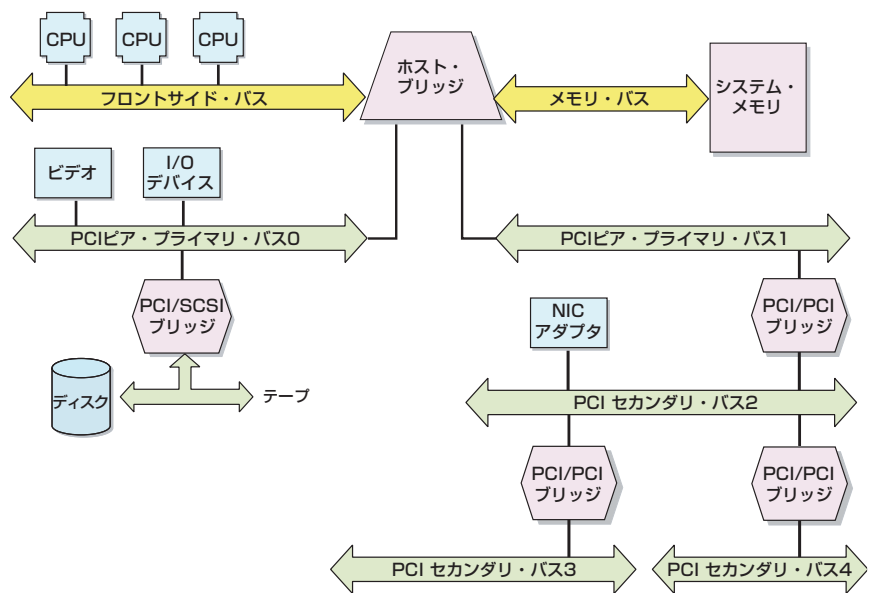


図1. 現在のシステムの構造の複雑さは、これらのシステムの動作の検証に関連するさまざまな問題点となっている

システムに新しい周辺機器を挿入すると、新たなイベント・パターンが生じ、システム動作もそれに応じて変更されるため、新たな問題が発生します。こうした複雑さに加えて、新しいデバイスが将来導入され、以前にテストされたデバイスとは異なる動作をすることによって、まだテストされていないシナリオが発見されるという可能性もあります。新しい周辺機器の追加に起因するさまざまな問題は、日常の操作では決して起こらないかもしれませんが、ピーク負荷条件やめったにないイベントの組み合わせなど、普通でない状況のもとではシステムに不具合が生じる原因となり得ます。

## 動作検証上の課題

こうした複雑さにすべて対処するとなれば、システムの動作検証には、多大な時間と労力を要します。ワースト・ケースを確実にカバーしながら、実際の状況のもとでシステムやサブシステムをテストする必要があります。さらに、被試験システム (SUT) を考えられるあらゆるトラフィックの組み合わせを設定し、システムに最大限の負荷が与えられるようなピーク負荷条件も生成しなければなりません。

このようなことは理論上は、挿入が可能であると思われるあらゆる種類のハードウェアを用いて、考え得るすべてのシステム構成をテストすることによって実現可能です。しかしサーバ・システムだけに関しても、即入手可能な標準品をシステムに満載して、大規模なネットワークに接続する必要があります。フルカバレッジを保証するためには、構成を変え、何度も繰り返さなければなりません。実際には、関連コストが極めて高いことに加えて、時間的制約が極端に厳しいため、このテスト手法は実現不可能です。現時点でこれに代わる唯一の方法は、テスト範囲を絞ることです。

こうした手法のもう1つの欠点は、再現性に欠けていることです。検査部門で問題が発見され、研究開発部門にSUTを戻さなければならなくなった場合には、再現性が重要な問題になります。再現性のあるテスト方法を用いることによって着実に作り出すことができる場合にしか、バグの原因を突き止めることはできません。

## 課題への対処

動作検証エンジニアは、製品が十分にテストされ、ワースト・ケースがカバーされ、妥当な時間内に動作検証されるようにすることが、どうすればできるでしょうか？その答えは、テスト・カードとSUTで動作するソフトウェアを併用することです。この解決法を説明するためには、システムのテスト・サイクルをさらに詳しく見る必要があります。システムの統合化過程においては、3つの基本的なテスト段階、つまり、機能(チップ)レベル、システム・レベル、クラスタ・インテグレーション・テストがあることが分かります。

機能レベルのテストは、単一のサブシステムの正しい動作を保証するものですが、簡単なものを絞ったテストが欠かせません。これらのテストは、被試験デバイス (DUT) の特殊機能面をテストするために、手作業で構築され、設計されています。機能レベルのテストは、あらゆる新しいデバイスに、また時にはデバイスの各種バージョンにさえも適用されなければなりません。テストは完全なファンクション・システムで実行されますが、個々のデバイスのテストが対象となります。

システム・レベルのテストについては、システム内の利用可能なすべてのデータ経路に沿ったデータの完全性と安定性が保証されなければなりません。このテストは、ピーク負荷条件のもとでさえも、単一のビットがデータ経路沿いで失われることが一切ないことを保証しなければなりません。機能レベルのテストとは違って、システム・レベルのテストは、負荷やプロトコルの変動に集中しているため、統一化し易くなっています。また、すべての新しいシステムで再使用できるので、それ以前のシステムで検出された既知の問題が新しいシステムでは発生しないことを確認することができます。システム・レベルのテストは、個々のデバイスよりもデータ経路に照準が当てられます。

さらなるもう1つのステップが、複数個のシステムのクラスタ化です。このレベルでのテストは、システム・レベルでのテストと同様に広範囲に及びますが、システム間通信の複雑さが加わっています。テスト・カード手法は、3つのレベルすべてにおける同一ツールを使ったテストを可能にします。

## テスト・カード

テスト・カードは、テスト専用のデバイスで、特定のスロットまたはケーブル・ベースのI/Oシステム (PCI、PCI-X など) 用に設計されており、そのシステム用に設計された他のすべてのデバイスと同じように動作します。また、システム・リソース (メモリ空間やI/O空間など) を割り当てたり、I/Oシステムが許可している場合には起動エージェントとして機能することができます。テスト・カードは、許容されているあらゆる種類のトラフィックを生成できるだけでなく、どこか他の場所で開始されたトランザクションにもすべて反応できます。

テスト・カードには外部インターフェースが装備されているので、外部制御ホストによって制御することが可能です。このため、使用されているオペレーティング・システムやシステムの種類に関係なく機能します。「内部」接続によって (SUTから直接) 使用した場合には、テスト・カードを他のテスト・ツールやプログラムと併用することによって、テストの調整を図ることができます。

これらのテスト・カードの機能を用いることによって、コネクタによるアクセスが可能なデータ経路沿いに、データ・トラフィックを生成することが可能です。また、ブリッジのいずれかの側に2つのカードを配置することによって、ブリッジのテストを行ない、負荷を与えることもできます (図2)。デバイスと直接通信できるようにテスト・カードをプログラミングすることが、デバイスをテストするための1つの方法です。テスト・カードが生成するトラフィックを直接プログラミングすることも可能なので、完全に再現性のあるトラフィックを実現できます。このため、再現性のある結果を生成することも、はるかに簡単になります。

このように、テスト・カードにはアクティブ機能やエクセサイズ機能が備わっていますが、解析機能を搭載すれば、さらに威力を発揮します。解析機能には、トランザクション・プロトコルの

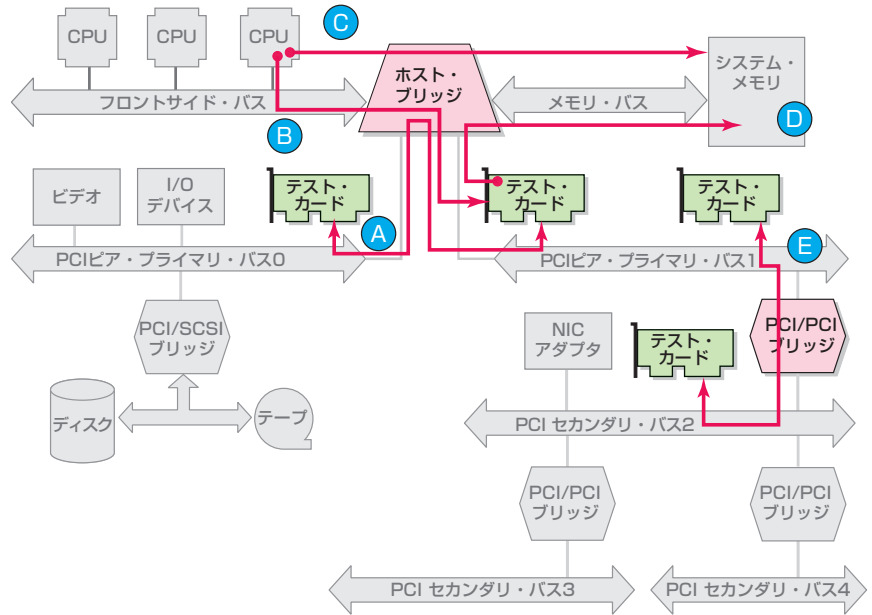


図2. テスト・カードを用いることによって、コネクタによるアクセスが可能なデータ経路沿いに、データ・トラフィックを生成することができる。また、ブリッジのいずれかの側に2つのカードを配置することによって、ブリッジのテストを行ない、負荷を与えることができる

モニタ機能、性能測定規準の収集機能、何らかの障害があるに違いない進行中のトランザクションのトレースの表示機能が含まれます。アナライザをエクセサイズと併用すれば、データの完全性の問題やプロトコルの違反を検出できます。また、システム内の他の解析デバイスに対してトリガ・イベントを生成することによって、問題がシステムの一部だけに発生している場合に、システム全体の「スナップショット」を提供することも可能です。

時間のかかるデバイスのスワッピングも、既存のデバイスの特性試験を行ない、その動作をテスト・スイートに組み込んだ後で、テスト・カードを使ってDUTをシミュレートすることによって回避できます。

### システムへの窓口

システム内の中心位置に配置されたテスト・カードは、システムへの窓口の働きをし、システム・メモリのレジスタやシステムのI/O空間への読み書きを行ないます。また、ブリッジ・デバイスなどの他のデバイスの構成データ

の読み書きを行ったり、メモリ領域の内容をダンプすることもできます。CPUのサブシステムがクラッシュしたり、システムの一部がライブロックまたはデッドロック状態に陥ったために、システム自体がもはや動作しなくなっている場合でさえも、これは可能です。

エクセサイズ機能と解析機能を備えたテスト・カードは、テスト・レベルをデバッグ・レベルに関連付けるのに最適なツールです。エンジニアは、バグの根本原因の究明に努める一方で、同じツールを使ってテスト結果を再現し、解析することができます。研究開発部門と検査部門が同じツールを使うことも可能です。こうしたテスト・カードの二重の機能性は、スロットやケーブルに制限があるために、2種類のツールを接続するだけの余裕がない場合に最適です。システムには限界があるため、エンジニアは、たいていの場合、テスト・カード手法を用いる前にテスト・ツールか解析ツールかどちらかを選択しなければなりません。

## 動作検証のフレームワーク

システムの動作の検証手順の中には、テスト・カードを使うだけでは行なえないものもあります。例えば、製品のデザイン・サイクルの動作検証段階で、プロセッサ・バスにアクセスすることはできません。プロセッサ・プロンプトやエミュレータをデザイン・プロセスの初期の段階で使用することは可能かもしれませんが、完全なシステムをテストする場合にこれらのツールを使用することはまれです。ドライバまたはソフトウェア・レベルでテストを実行することは、使用される実際のデバイスがまったくない場合には非現実的なものになります。こうした問題が、複合的な手法、すなわち「動作検証のフレームワーク」が生まれる要因となっています。

動作検証のフレームワークは、CPUとの対話を必要とするデバイスを特に対象として記述することのできるテストに加えて、テスト・カードのテストのあらゆる局面（設定、実行、解析）に対応します。テスト全体が、新しいテストの追加やさまざまなニーズに合わせた既存のテストの設定を可能にする、アプリケーション・プログラミング・インタフェース（API）を備えた、1つのソフトウェアによって処理されます（図3）。特定のデバイスの機能テスト用のユーザ定義のテストと、システム・インテグレーション用のより一般的なテストを設定し、さらに、システムを各部分ごとにテストすることができます。

動作検証の初期の段階、もしくは特殊なオペレーティング・システムが搭載されたシステムにおいては、ワイヤを使ってテスト・カードに接続することによって、SUT上で起動する小さなスタブ・プログラムだけを使って、SUTの外からテストを制御することができます。後で、環境がもっと安定するようになり、オペレーティング・システムが使用されるようになった時には、他のテストに加えて、同じテストをSUT内から直接実行し、制御することができます。

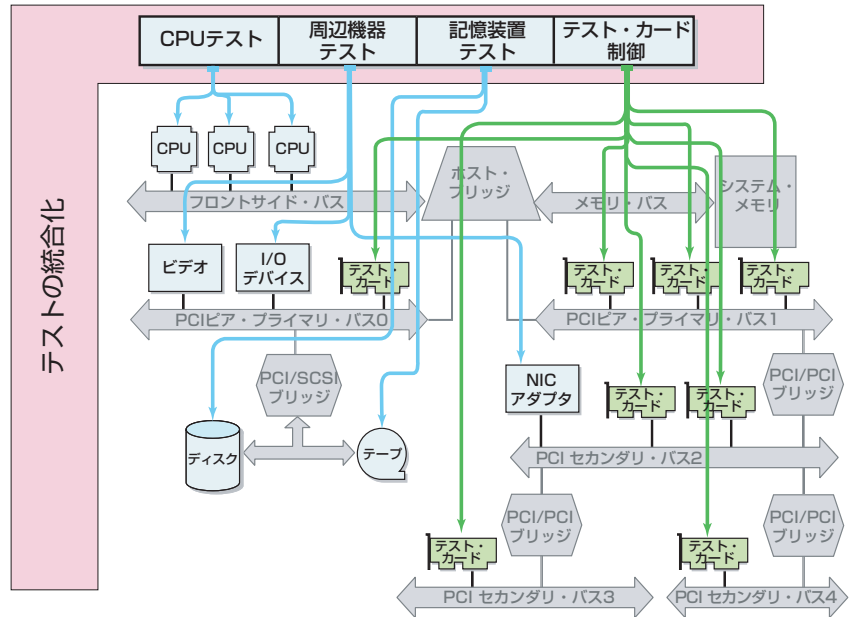


図3. 適切なテスト・カードを用いることによって、1つのソフトウェアで非常に複雑なシステムを簡単にテストできる

システムがクラッシュしたり、ハングした時には、外側からテスト・カードを接続し、トレース・メモリの内容を読み取るだけで、テスト・カードの解析機能を使って問題の原因を早急に調べることができます。提案された動作検証のフレームワーク手法を用いることによって、動作検証プロセスのさまざまな段階（ベータ前から一般公開前まで）で、数個のシステムの複数のエラーをものの数分で検出できます。検出される問題は、システム・バス上のさほど重要でないプロトコルの違反から、完全なシステムのクラッシュにまで及びます。テスト・カードの解析機能を用いれば、問題の原因や欠陥のあるデバイスを簡単に切り分けることができます。

複雑なサーバ・システムやワークステーション・システムの動作の検証は、システムそのものと同じように複雑になっています。PCI-Xなどの新しい技術の出現によって、複雑さが増しています。エンジニアは、システムのデザインをすばやく特性評価／検証するのに役立つツールを必要としています。テスト・カードと動作検証のフレームワークの中で結合された特定のテストを併用することは、テスト時間の大幅な短縮とテスト方法の全体的な再現性の向上を実現することのできる手法の1つで、デザイナーが与えられた市場投入までの時間を守ることを可能にします。

## 適切なツールによるPCI-Xシステムの検査

PCIとさらに高性能のPCI-X技術には、高性能システムを開発する際の課題があります。これらの技術は、複雑であるため、検査/検証することが困難です。Agilent TechnologiesのE2929AおよびE2922Aを用いれば、PCI-Xベースのチップセット、サーバ、サーバ・クラスタ、またはその他の高性能システムを簡単に制御できます。このため、実装を正しく評価する再現性のあるテスト・シナリオを作成することができます。

Agilent E2929A PCI-Xエクセサイザ/アナライザ・テスト・カードは、133MHz PCI-X仕様と完全に互換性があります。これは、完全なPCI-Xステート解析、リアルタイム・プロトコル・チェック、リアルタイム性能測定を特長とする単一スロットカードです。このカードは、コンプリータ機能

やリクエスト機能を備えた完全にプログラム可能なPCI-Xマスタ/ターゲットを提供するだけでなく、データ・メモリ、データ生成、リアルタイム・データ比較、プログラム可能なコンフィグレーション・スペースも提供します。

Agilent E2922A PCI-Xマスタ/ターゲット・テスト・カードは、PCI-Xトラヒックの設定、PCI-Xプロトコルの適合検査、テスト・セットアップ当たり複数のテスト・カードを必要とするターゲット・チップセットの検証を行なうための高速で、しかも予想可能な方法を提供する専用PCI-Xエクセサイザです。

Agilent Technologiesは、PCIおよびPCI-X用の多種多様な測定ソリューションや解析ソリューションも提供しています。Agilent 16700A/Bシリーズのロジック解析システムは、マルチバス解析、クロスドメイン解析、タイミング解析を提供します。

Agilentシステム動作検証パッケージ(オプション310)は、即使用可能なパッケージで、サーバ、ワークステーション、PC、またはその他のPCI/PCI-Xベースのシステムの動作の検証中に、システムのストレス・テストを実行できます。

操作の簡単なWindows®ベースのGUIが採用されているため、セットアップのテスト開発およびテストの実行が容易です。

システム動作検証パッケージは、複数のAgilent E2920シリーズのPCI/PCI-Xエクセサイザ/アナライザ・テスト・カードのプログラムや制御を行ない、現実的なシステム・トラヒックを生成します。テスト・カード手法を用いることによって、十分に予想可能なトラヒック・シナリオを作成することができますので、予測し得るテスト範囲とテストの再現性が得られます。PCI/PCI-Xベースのシステムやチップの動作の検証に使用した場合には、既製のPCI/PCI-Xカードを使う従来のテスト方法が強化されます。

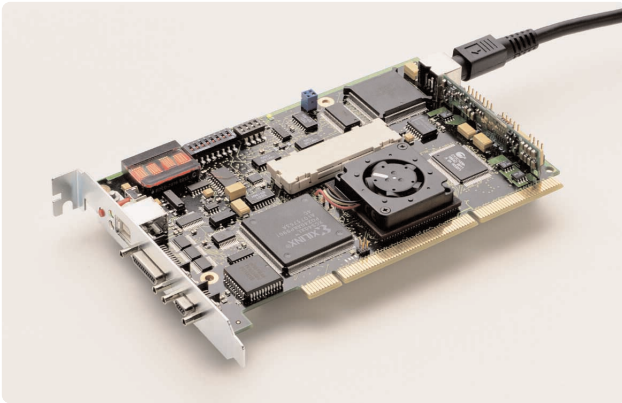


図4. Agilent E2929A PCI-Xエクセサイザ/アナライザ・テスト・カード



## サポート、サービス、およびアシスタンス

アジレント・テクノロジーが、サービスおよびサポートにおいてお約束できることは明確です。リスクを最小限に抑え、さまざまな問題の解決を図りながら、お客様の利益を最大限に高めることにあります。アジレント・テクノロジーは、お客様が納得できる計測機能の提供、お客様のニーズに応じたサポート体制の確立に努めています。アジレント・テクノロジーの多種多様なサポート・リソースとサービスを利用すれば、用途に合ったアジレント・テクノロジーの製品を選択し、製品を十分に活用することができます。アジレント・テクノロジーのすべての測定器およびシステムには、グローバル保証が付いています。製品の製造終了後、最低5年間はサポートを提供します。アジレント・テクノロジーのサポート政策全体を貫く2つの理念が、「アジレント・テクノロジーのプロミス」と「お客様のアドバンテージ」です。

## アジレント・テクノロジーのプロミス

お客様が新たに製品の購入をお考えの時、アジレント・テクノロジーの経験豊富なテスト・エンジニアが現実的な性能や実用的な製品の推奨を含む製品情報をお届けします。お客様がアジレント・テクノロジーの製品をお使いになる時、アジレント・テクノロジーは製品が約束どおりの性能を発揮することを保証します。それらは以下のようなことです。

- 機器が正しく動作するか動作確認を行います。
- 機器操作のサポートを行います。
- データシートに載っている基本的な測定に係わるアシストを提供します。
- セルフヘルプ・ツールの提供。
- 世界中のアジレント・テクノロジー・サービス・センタでサービスが受けられるグローバル保証。

## お客様のアドバンテージ

お客様は、アジレント・テクノロジーが提供する多様な専門的テストおよび測定サービスを利用することができます。こうしたサービスは、お客様それぞれの技術的ニーズおよびビジネス・ニーズに応じて購入することが可能です。お客様は、設計、システム統合、プロジェクト管理、その他の専門的なサービスのほか、校正、追加料金によるアップグレード、保証期間終了後の修理、オンサイトの教育およびトレーニングなどのサービスを購入することにより、問題を効率良く解決して、市場のきびしい競争に勝ち抜くことができます。世界各地の経験豊富なアジレント・テクノロジーのエンジニアが、お客様の生産性の向上、設備投資の回収率の最大化、製品の測定精度の維持をお手伝いします。

## 関連文書

タイトル	分類	カタログ番号
Agilent Technologies E2920 PCI Series-PCI and PCI-X デザイン・ベリフィケーション	Color brochure	5968-9694J
Agilent Technologies E2922A PCI-X Master Target Card	Technical specs	5968-9577E
Agilent Technologies E2929A PCI-X エクセサイズ/アナライザ	Technical specs	5968-8984J
Agilent Technologies 16700 Series Logic Analysis System	Product overview	5968-9661E

Windows®はMicrosoft Corporationの米国における登録商標です。

## アジレント・テクノロジー株式会社

本社 〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

計測  
お客様窓口

受付時間 9:00~19:00  
(土・日・祭日を除く)  
※FAXは24時間受け付け

TEL ☎0120-421-345  
(0426-56-7832)

FAX ☎0120-421-678  
(0426-56-7840)

E-mail: [contact\\_japan@agilent.com](mailto:contact_japan@agilent.com)

電子計測ホームページ

<http://www.agilent.co.jp/find/tm>

- 記載事項は変更になる場合があります。  
ご発注の際はご確認ください。

Copyright 2002

アジレント・テクノロジー株式会社



Agilent Technologies

April 3, 2002  
5988-4795JA  
0000-00DEP