

CERN で 140 台以上のデジタイザ納入実績

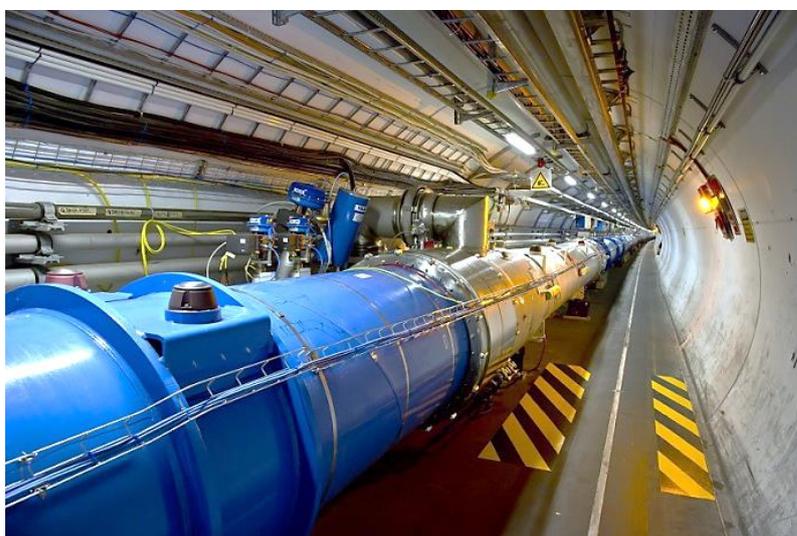
はじめに：

Spectrum Instrumentation 製の 140 枚を超えるデジタイザカード (A/D ボード) が、CERN の大型ハドロンコライダ (LHC) の機械保護システムで使用されています。カードは、粒子線が正確に偏向されていることを確認するために使用されます。27km の LHC 加速器リングでは、2 つの高エネルギー粒子ビームが反対方向に光速に近い速度で進むため、これには非常に高い精度が要求されます。それらはそれから数時間かけてリングを回り 4 つの地点で衝突します。粒子は非常に小さいので、それらを衝突させるタスクは、10 キロメートル離れた 2 本の針を発射し衝突させるような精度です。

LHC ビームダンプシステム

(LBDS)：

2 つのビームに蓄積されたエネルギーは非常に高いので、ビームの制御が失われた場合には、LHC 装置は重大な損傷を受ける可能性があります。緊急の場合や衝突実験の最後に安全にビームを処分するために、LHC ビームダンプシステム (LBDS) は 1 回転で LHC からフルビームを取り出し、LHC リングから約 700m 離れた吸収ブ



ロックに転送する必要があります。すべてのビームダンプの後、ポストオペレーションチェックシステムは LBDS 内のすべての素子が正しく機能し、ビームがきれいに抽出されたことを確認します。

ここで重要な点は、キッカー磁石と呼ばれる高速パルス磁石が LHC リングから抽出ラインに粒子ビームを正確に偏向させたことを確認することです。デジタイザカード (A/D ボード) を使用して現在のパルス波形をキャプチャし、正しい波形でビームと正確に同期していることを確認します。一見すると、LBDS 抽出磁石電流パルス自体は 3 μ s 未満の立ち上がり時間および 20ns 未満の同期誤差で約 20kA です。LBDS 単独では、ビームダンプイベントごとに、デジタイザカード (A/D ボード) を使用して約 500ch のアナログ信号が取得され、デジタル I/O カードを使用して 150ch を超える同期信号がキャプチャされます。

内部ポストオペレーションチェック (IPOC)：

CERN の Accelerator Beam Transfer グループのソフトウェアチームリーダーである Nicolas Magnin 氏は、次のように説明しています。「私達は、IPOC (Internal Post Operation Check) と呼ばれる独自の波形取得および解析フレー

ムワークを開発しました。これは、Linux 上で C++ を使用してプログラムされており、さまざまな種類のデジタイザカード (A/D ボード) とのインタフェースを可能にするハードウェア抽象化レイヤが含まれています。帯域幅とダイナミクスに関して異なる要件を持つすべての CERN アクセラレータに使用されるさまざまなキッカー磁石をカバーするために、Spectrum 製のさまざまなデジタイザカード (A/D ボード) を使用しています。この多様なカードによって、10 MS/s~500 MS/s の帯域幅と、アプリケーションに応じて 8bit~16bit の分解能をカバーすることができます。」

これらのキッカーパルス事象の測定には、非常に高いレベルの精度が必要とされます。たとえば、最も要求の厳しいシステムでは、パルス再現性エラーに対して、10 ns 未満の遅延、および 16bit のダイナミックレンジ内で 0.5% 未満の振幅が必要です。これを実現するには、集録の精度をさらに一桁高くする必要があります。この要件の場合は、たとえば 2ns の時間分解能と ENOB が 10bit 以上の有効ビット数を備えた Spectrum 製 M4i.4451-x8 デジタイザ (A/D ボード) を選択する必要があります。キッカー電流信号の信号ダイナミックは固定ではないので、デジタイザ (A/D ボード) のさまざまな入力範囲を使用して、取得した波形の S/N 比を最適化します。ほとんどすべての波形は、後でオフライン解析するためにロギングデータベースに保存されます。また、すべての波形解析結果 (たとえば、遅延、長さ、立ち上がり時間、立ち下がり時間、フラットトップ振幅など) はロギングデータベースに保存され、システムの安定性、温度依存性などをチェックするために時間経過の傾向が抽出されます。



製品の統合：

Nicolas Magnin 氏は、次のように述べています。

「非常に競争力のあるコストと優れた品質を提供するため、Spectrum 製品を選びました。また、ユーザーフレンドリーなソフトウェアツールを使用してセットアップするのは非常に簡単で、ドライバソースは当社の Linux 運用環境上でコンパイルおよび開発するのが簡単でした。私は特に提供されているドキュメンテーションとコーディング例を高く評価します。私達は過去 8 年間で多数の Spectrum 製デジタイザカード (A/D ボード) を購入しましたが、保証外のカードにいくつかの問題があっただけで、Spectrum 社は非常に迅速にそれを修復してくれました。同様に、開発段階の私達の質問への回答も非常に迅速でした。」

「また、キック電流波形をシミュレートするための Spectrum 製 AWG (Arbitrary Waveform Generator) カード (D/A ボード) と、テストベンチの監視および保護システムの開発と検証に役立つタイミングおよび制御信号を送信するための Spectrum 製 デジタルパターンジェネレータカードを使用しています。Spectrum 製ハードウェアはこの環境と互換性があるため、テストベンチに Windows 上の LabVIEW を使用することもあります。」

まとめ：

現在、PCI/PCIe、さらに最近では PXIe プラットフォーム上のすべての CERN アクセラレータで、キッカーシステム用に 140 台を超える Spectrum Instrumentation 製カードが使用されています。Spectrum 社の CEO である Gisela Hassler は次のように述べています。

「CERN によるデジタイザカード (A/D ボード) の使用は、お客様の典型的な例です。主要な研究機関、大学、そして多国籍の研究開発部門が品質の面で当社の製品を選択しています。彼らのプロジェクトは何年にもわたって実行されることが多いため、彼らは長期間にわたって信頼できる機器を求めています。10 年以上前の製品が未だに使用されており、正常稼働しています。これが、何年にもわたって実験・運用している人々に安心を提供するために 5 年間の保証を導入した理由でもあります。」



Figure 1 Spectrum 製 M4i.4451



Spectrum Instrumentation 社について

Spectrum 社は、Spectrum Systementwicklung Microelectronic GmbH として 1989 年に設立され、2017 年に Spectrum Instrumentation GmbH に改名されました。同社は最も一般的な業界標準 (PCIe、LXI、PXIe) で 500 を超えるデジタイザおよびジェネレータ製品を作成するモジュール設計のパイオニアです。これら高性能の PC ベースのテスト&メジャーメントデザインは、電子信号の取得・生成および解析に使用されます。同社はドイツの Grosshansdorf に本社を置き、幅広い販売ネットワークを通じて世界中に製品を販売し、設計エンジニアによる優れたサポートを提供しています。Spectrum 社の詳細については、www.spectrum-instrumentation.com を参照してください。