

特殊電子回路 計測関連製品カタログ 2016

特殊電子回路株式会社では、様々な科学実験や計測に使用できる計測関連製品を開発しています。

当社はもともと FPGA と JTAG を得意とする会社でしたが、2013 年ごろから宇宙線検出装置などをはじめとした様々な AD 変換製品の開発し、微力ながら様々な大学や公的研究機関の研究に関わってきました。

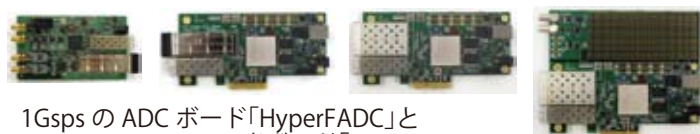
素粒子物理学実験では、32 以上、時には 1000 を超えるような非常に多数のチャンネルの高速 ADC が必要となる場合があります。そのような実験・計測ではすべてのデータを保存することはできません。必要なイベントのみを記録できるよう上流に FPGA を設置してデータをフィルタすることが求められます。

「Cosmo-Z」は、そのような目的のために 2014 年度に作られたボードで、高速 ADC から出力されたデータをリアルタイムに処理できるよう大規模な FPGA が用意されています。この FPGA にはユーザ回路を自由に入れて、データの選別やトリガの発行ができます。

しかし、Cosmo-Z では毎秒 250M サンプリングを超える計測には対応することができませんでした。250M を超えると電源、ノイズ、クロックなど様々な技術的課題が発生します。

それらの問題を解決するため、2016 年度には ADC ボードを光ファイバで分離し、計測用のメインの FPGA ボードと絶縁した「HyperFADC」と「Cosmo-K」を開発しました。

本カタログではこれらの製品について紹介いたします。



1Gps の ADC ボード「HyperFADC」と Kintex-7 PCI Express 光ボード「Cosmo-K」



ZYNQ 搭載の ADC ボード
Cosmo-Z



コンパクトなサイズに高性能が凝縮された DAQ 用 FPGA ボード

高速データ計測および制御システムの構築に最適な PCI-Express& 光搭載 FPGA ボード「Cosmo-K」登場!!

特殊電子回路の新しい FPGA ボード「Cosmo-K (コスモ・ケイ)」は、PCI Express Gen2 x4 と光ファイバ用コネクタを搭載した FPGA 評価ボードです。

XILINX の最新 FPGA である Kintex-7 XC7K160T を中心に、1GByte の DDR3 メモリ、光ファイバモジュール、USB3.0 インタフェースなどを搭載しています。光ファイバは最大 40Gbps (4GBytes/sec)、DDR3 メモリは 6.4GBytes/s、PCI Express は 2GBytes/s の帯域を持っています。光ファイバから受信したデータを FPGA でフィルタリングあるいは加工し、その結果をメモリに格納したり PC に取り込んだりするような用途に最適です。

また、GPIO はメザニンではなく 2.54mm ピッチのピンヘッダに出力されているので、基板を作ったりする余計なコストをかけずにユーザ回路を追加することができます。

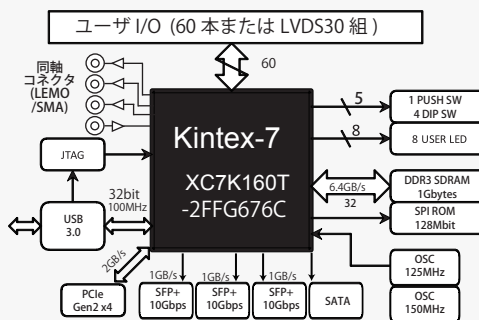
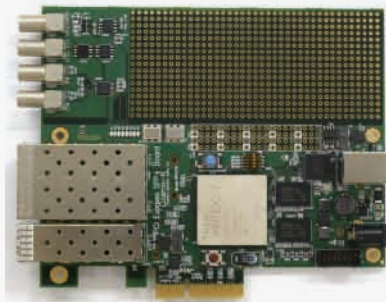
Cosmo-K には KO、K+、K- の 3 種類のラインナップがあります。

【用途】

超高速 ADC 用データ受信ボード (素粒子物理学実験、レーダー信号処理等)、汎用のデータ収集ボード、汎用の PCI Express FPGA ボード、10Gb イーサ、40Gb イーサの実験用、4K/8K ビデオキャプチャなど

Cosmo-K⁰ コスモ・ケイ・ゼロ

型番: TKDN-COSMOK-ZERO 定価: お問い合わせください



- Kintex-7 FPGA 搭載
- 1GByte DDR3 SDRAM 搭載
- PCI Express Gen2 x4
- 10Gb SFP+ を 3 チャンネル 搭載
- SATA コネクタ搭載
- USB3.0 HyperSpeed
- 拡張 I/O 60 本 (LVDS 30 組)
- ユニバーサルエリアあり
- トリガ等汎用 I/O

(LEMO または SMA コネクタ)

※同軸コネクタの回路はお客様の用途に合わせてカスタマイズいたします。ECL 規格や NIM 規格への対応も可能です。ご相談ください。

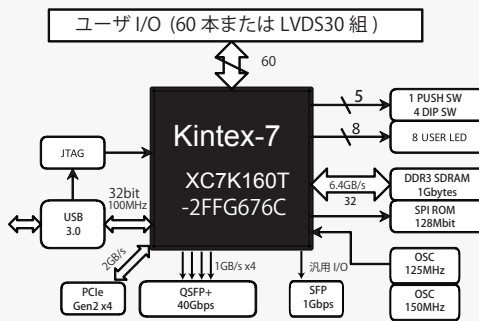
Cosmo-K⁺ コスモ・ケイ・プラス

型番: TKDN-COSMOK-PLUS 定価: 198,000 円 (税別) ※光ファイバモジュール (SFP/QSFP) は製品には含まれていません

HyperFADC との接続に最適



※SFP は FPGA の汎用 I/O に接続されています。

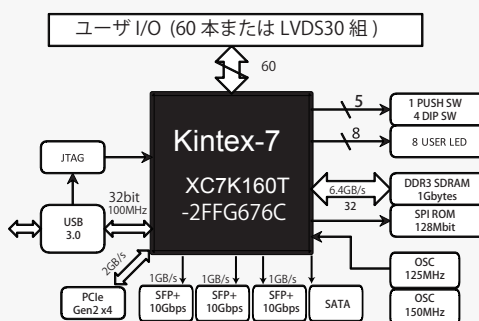


- Kintex-7 FPGA 搭載
- 1GByte DDR3 SDRAM 搭載
- PCI Express Gen2 x4
- 40Gb QSFP 搭載
- SFP 1ch 搭載 (汎用 I/O)
- SATA コネクタ搭載
- USB3.0 HyperSpeed
- 拡張 I/O 60 本 (LVDS 30 組)
- PCIe ロープファイル形状

Cosmo-K⁻ コスモ・ケイ・マイナス

型番: TKDN-COSMOK-MINUS 定価: 198,000 円 (税別) ※光ファイバモジュール (SFP/QSFP) は製品には含まれていません

10Gb ファイバを 3ch 搭載



- Kintex-7 FPGA 搭載
- 1GByte DDR3 SDRAM 搭載
- PCI Express Gen2 x4
- 10Gb SFP+ を 3 チャンネル 搭載
- SATA コネクタ搭載
- USB3.0 HyperSpeed
- 拡張 I/O 60 本 (LVDS 30 組)
- PCIe ロープファイル形状



リモートセンシングを可能にする JESD204B 対応 光ファイバ接続・超高速 ADC ボード「HyperFADC」

特殊電子回路の新しい ADC ボード「HyperFADC (ハイパー・エフエーディシー)」は、光ファイバ出力の超高速 ADC ボードです。
近年の超高速 ADC は、JESD204B という規格でデータを転送するものが増えてきています。JESD204B は、8b/10b などの高速シリアル通信の技術を使って ADC や DAC のデータを転送する、オープンな標準規格です。
HyperFADC は、40Gbps の光ファイバを使ってデータを転送することで、測定用 PC や FPGA ボードのノイズに影響されことなく、電氣的に絶縁された長距離のリモートセンシングを実現することが

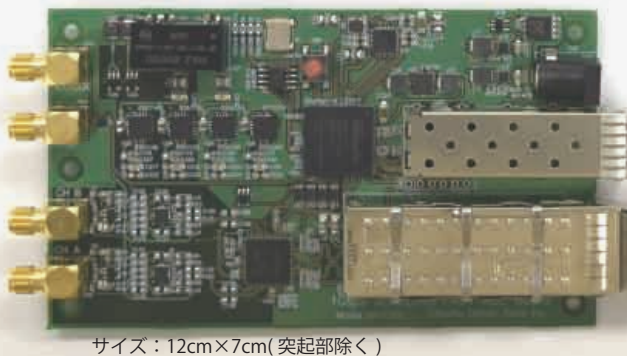
できます。
本ボードの出力を Cosmo-K+ に接続することで、低コストで超高速データ収集システム (DAQ) を実現できます。
本ボードは超ジッタのクロック発振器を搭載しているほか、外部クロックとの同期やトリガ入力も可能です。素粒子物理学実験やレーダ波の受信、過渡現象の解析などに広く応用できます。

【用途】
光電子増倍管、素粒子検出、レーダー、レーザ等

HyperFADC ハイパーエフエーディシー

型番：TKDN-HFADC-1G12 (12bit t 2ch 1Gsp/s)
型番：TKDN-HFADC-1G14 (14bit t 2ch 1Gsp/s)
型番：TKDN-HFADC-1G16 (16bit t 2ch 1Gsp/s) 定価：お問い合わせください

- 12 ~ 16bit, 2ch, 1G サンプリング / 秒
- SNR(Signal-to-noise Ratio) -70dB@170dB (T.B.D)
- THD(Total harmonic distortion) -87dB@170dB
- ジッタ 0.5ps の高精度クロック源
- QSFP+ 規格 40Gb 光ファイバ出力
- 標準規格 JESD204B の出力フォーマット
- データ処理系ボードと完全に絶縁
- PC や FPGA のノイズの影響を全く受けない



サイズ：12cm×7cm(突起部除く)

Cosmo-K と HyperFADC のコンセプト

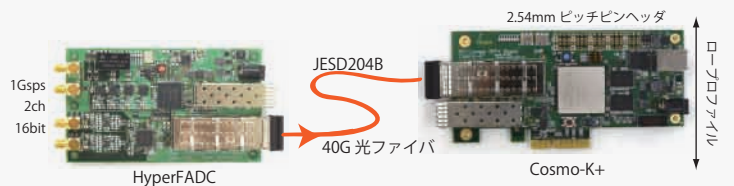
Cosmo-K は超高速 ADC を扱うために開発された PCI Express ボードです。PCIe ボード上に ADC を乗せるのではなく、ADC とキャプチャボードを分離し、光ファイバ接続することで以下のようなメリットが生じます。

- ・実験に合わせて ADC プローブボードを作りかえることができる
- ・ノイズの多い CPU やメインの FPGA から、アナログプローブを電氣的に絶縁できる
- ・実験計測用の PC と離れた場所に、小型の ADC プローブボードを設置できる

近年の高速 ADC は、JESD204B という規格でデータを出力するものが多くなっています。JESD204B というのは 8b/10b を使った近代的かつオープンなプロトコルで、複数のレーンを束ねたりすることができます。

高速な ADC が必要という研究・実験であっても、行いたい計測の種類によって必要な ADC のスペックは様々です。例えば、1G サン

プリング 2ch 16bit が必要という場合もあれば、250MHz で 16ch、あるいは 10MHz でいいけれども 64ch が欲しいという人もいます。そのため、ADC プローブボードを実験に合わせて作り変えられるよう、キャプチャボード本体と ADC プローブを分離できるようにしています。今後、様々な ADC ボードを提供していく予定です



光ファイバで分離するということは、測定対象に近い ADC の部分をさらに小型化できるというメリットもあります。

Cosmo-K 性能一覧

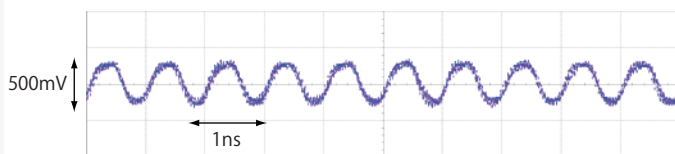
品名	Cosmo-K ⁰	Cosmo-K ⁺	Cosmo-K ⁻
FPGA 型番	XC7K160T-2FFG676C ※XC7K70T,325T,410Tへの載せ替え、FBG/パッケージへの変更、スピードグレードの変更も承ります。		
ロジックセル	162,240個 ※XC7A100Tの1.6倍		
DSP48 スライス	600個 ※XC7A100Tの2.5倍		
32kb ブロック RAM	325個 ※XC7A100Tの2.4倍		
オンボードDDR	ISSI社 IS43TR16256AL-125KBL 256Mワード16bit幅8/バンク構成 800MHz動作 帯域6.4GBytes/sec		
SPI ROM	Micron社 N25Q128A11ESE40G 128Mbit FPGA のコンフィギュレーションデータのほか、ユーザーデータを格納可能		
USB	USB3.0 SuperSpeed (480Mbps) USB2.0 HighSpeedにも対応 ※最大IN:360MBytes/sec,OUT:320MBytes/sec USBはFPGAのコンフィギュレーションのほか、ユーザーアプリに使用可能。給電可能。 デバイスドライバとAPI、制御ソフトウェアを標準添付		
PCI Express	PCI Express Gen2 x4構成。5GT/s×4。最大転送速度2GB/sec デバイスドライバとAPI、制御ソフトウェアを標準添付(予定) 内蔵EndPoint/DMA/割り込みを活用できるIPコアを提供予定		
SATA	SATAコネクタ搭載。IPコアはオプションで提供予定		
クロック入力	オンボード高精度125MHzおよび150MHz水晶搭。外部からのクロック入力も可能		
拡張 I/O	2.54mmピッチピンヘッダ。I/O数60。差動信号30組取り出し可能		
JTAG 機能	専用ツールを使用することで、FPGAのコンフィギュレーションとSPI ROMへの書き込みが可能。 当社製「MITOUJTAG」(別売)でデバッグ可能 (※拡張コネクタにXILINX Platform-USBケーブルを接続し、XILINX iMPACTからのISPとChipScopeでのデバッグも可能)		
コンフィギュレーション 時間	約1秒		
その他 I/O	ブッシュスイッチ1個 / DIPスイッチ4bit / LED8個		
FPGA 開発環境	XILINX ISE 14.7またはVivado 2016.2以降を推奨。WebPACKで開発可能		
電源	φ2.1mmDCジャック(5VDC)/ USB/バスパワー/ PCI Expressからの給電		
基板サイズ	135mm×114mm	135mm×69mm	135mm×69mm
光インタフェース	SFP+ 3ch (計30Gbps)	QSFP+ 1ch (40Gbps) SFP+ 1ch (1Gbps)	SFP+ 3ch (計30Gbps)

※本ページに記載の内容は、2016年11月現在の仕様です。本仕様は製品品質および機能向上のため予告なしに改良されることもあります

コラム ピンヘッダに高速な信号は通るか？

Cosmo-Kは拡張コネクタに2.54mmピッチのピンヘッダを使用しています。高周波向けに作られたメザニンコネクタではないので、高速な信号が通るか心配になる方もいらっしゃるでしょう。

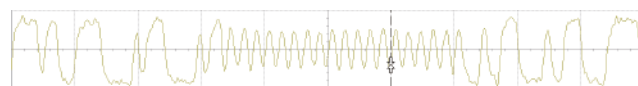
全く問題はありません。ピンヘッダであっても、1GHzの信号は通ります。(図A)



図A ピンヘッダを通ったLVDS_25 1GHzの波形

ピンヘッダを通った実際の信号を図Bに示します。周波数の高い部分と低い部分で振幅に差はありますが、これはFPGAの汎用I/Oがディエンファシスをできないためであって、ピンヘッダだからというわけではありません。メザニンでも同じです。

結論を言うと、ピンヘッダだから反射や減衰によって信号が通らないということはありません。きちんと終端すれば、1Gbpsを超える信号であっても問題なく通信できます。



図B 1Gbpsでのランダムパターン(8b/10b変換)



ZYNQ 搭載 8ch (最大 32ch) 高速 A/D 変換ボード

XILINX 社の SoC、ZYNQ を搭載した高速 ADC ボード

Cosmo-Z(コスモゼット)は、XILINXの最新FPGAであるZYNQ EPPを搭載した計測ボードです。高速A/D変換器と、ZYNQに内蔵されたFPGAとCPUによる高い計算能力によって、膨大な測定データのリアルタイムな処理を可能にします。

高速ADCは、標準で8ch、最大で32chのチャンネルを備えているので、複数のセンサからの信号を1台のボードで処理できます。

トリガやディスクリの設定はFPGAの中のロジックで実現しているので、従来のアナログによる計測システムと比較して、自由に設定で

きます。

また、ネットワーク機能を搭載しており遠隔で操作可能。低消費電力である上、Power Over Ethernetで給電できるので、人間が容易に近づけない場所に設置して遠隔でデータ収集もできます。宇宙線や放射線の測定、レーダの受信など、高速・長時間のデータ収集と処理を必要とする用途に最適です。

【用途】

X線、γ線、宇宙線検出、放射線モニタリング、電子スピン相関、プラズマ、パルスレーザ、気象レーダ、合成開口レーダ、弱測定、ベイズ推定の研究等

Cosmo-Z (コスモゼット)

型番：TKDN-COSMOZ-80 定価：348,000 円 (税別)

型番：TKDN-COSMOZ-14125 定価：498,000 円 (税別)

型番：TKDN-COSMOZ-105 定価：398,000 円 (税別)

型番：TKDN-COSMOZ-16125 定価：548,000 円 (税別)

型番：TKDN-COSMOZ-125 定価：448,000 円 (税別)

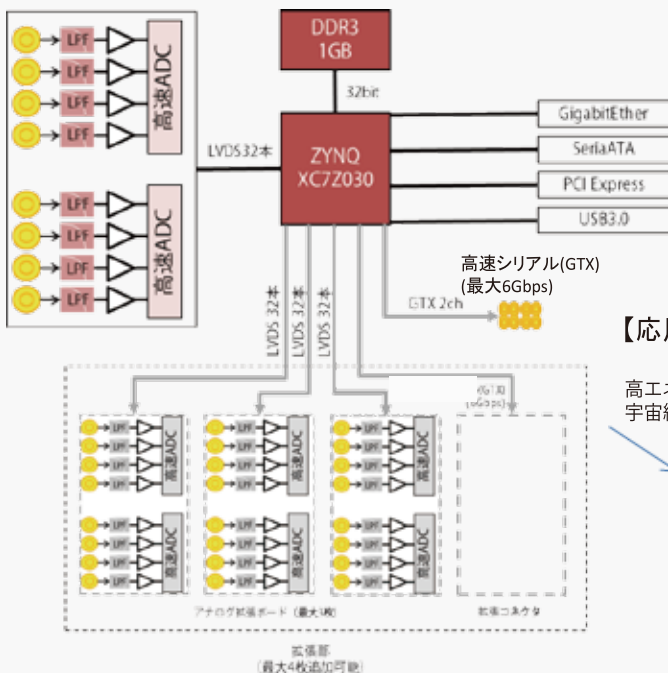


製品画像

【特長】

- 計測データを FPGA でリアルタイム処理
- Linux 搭載。TCP/IP ネットワーク対応
- 従来の ADC ボード & PC を置き換える
- FPGA がカスタマイズ可能
- Web ブラウザからでも操作可能

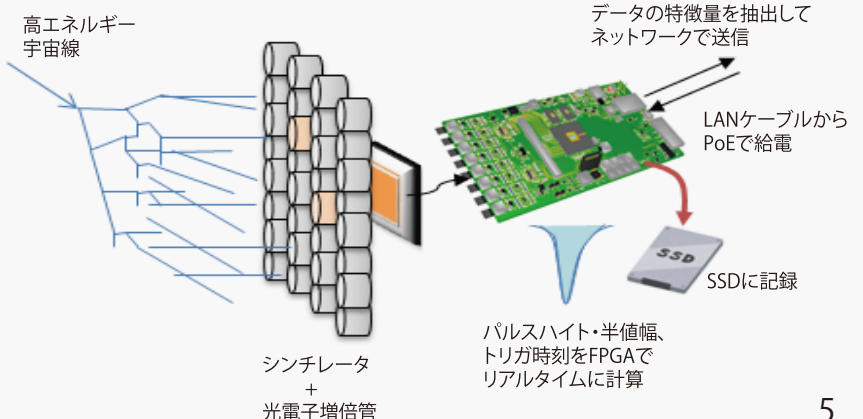
【構成図】



● Cosmo-Z仕様

型番	TKDN-COSMOZ80 (80MHz, 12bit, 8ch) TKDN-COSMOZ105 (105MHz, 12bit, 8ch) TKDN-COSMOZ125 (125MHz, 12bit, 8ch) TKDN-COSMOZ14125 (125MHz, 14bit, 8ch) TKDN-COSMOZ16125 (125MHz, 16bit, 8ch)
CPU	Cortex A9 (ARM社製) デュアルコア
オンボードメモリ	DDR3 SDRAM、1GB、800MHz
メモリカード	SD/MMCカードスロット x1
拡張コネクタ	シングルエンド信号を106本
ギガビット トランシーバ	XILINX GTXポートを2組 (6.0Gbps)
デバッグ	オンボードUSB-UARTとUSB-JTAGを搭載
A/D変換器	12bit 125MHz AD変換器 8チャンネル (最大32チャンネルまで拡張可能)
入力フルスケール	±1V
入力フィルタ	2次LPF
入力換算ノイズ	0.5mVpp
INL (積分非直線性誤差)	±0.6LSB
DNL (微分非直線性誤差)	±0.3LSB
歪率	-70dB以下 (typ)
通信機能 (シリアルI/F)	・PCI Express Gen2×1 ・USB3.0
電源	5V単一電源またはPoEで動作 定格消費電力5W
基板サイズ	88mm×175mm (突起部を除く)

【応用例】



Cosmo-Zの世界を広げる拡張ボード

Cosmo-Zには様々な拡張ボードが用意されています。
実験や計測の内容に合わせてお使いください

拡張 ADC ボード

型番：NP1069



12bit 8ch 105MHzのADCを搭載したボードです。Cosmo-Zの上側に1段、下側に2段搭載することができ、最大24ch分のアナログ入力を追加することができます。

拡張 DAC ボード

型番：NP1077



14bit 125MHzのDACを2ch 搭載したボードで、Cosmo-Zからアナログ信号を出力できるようになります。また、汎用デジタル出力とトリガ入力端子も付いています。

トリガボード

型番：NP1076



Cosmo-Zに4chの外部トリガを入力するためのボードです。

光リンクボード

型番：NP1093



Cosmo-Z基板上のGTXポートから、光ファイバで拡張するためのボードです。最大6Gbps (もしくは10Gbps)の速度で、2chの高速シリアル通信を実現できます。

ユニバーサルボード

型番：NP1098



自作の拡張回路を、Cosmo-Zのメザン拡張コネクタに接続するためのユニバーサルボードです。

18bit 拡張 ADC ボード

型番：NP1079



真の18bit、8ch、5MHzサンプリングのAD変換ボードです。入力には可変ゲインアンプが搭載されていて、1,x10,x100,x1000倍に信号を増幅して計測することができます。ゲインを変えると、1ビットの精度は、15 μ V、1.5 μ V、150nV、15nVに変化します。大きな信号から微弱信号まで、さまざまな用途にお使いいただけます。

PCI Express ボード

型番：NP1081



Cosmo-ZのPCI Expressポートをパソコンと接続するためのボードです。このボードをパソコンのPCI Expressスロットに挿し、PCI Express External CableでCosmo-Zと接続します。

デジタル I/O ボード

型番：NP1070



20chのI/Oが取り出せるボードです。汎用のユニバーサルエリアと、 $\pm 5V$ の出力が取り出せます。Spartan-3 FPGAを搭載し、自律して動作可能です。

250MHz ADC ボード

型番：NP1095

Cosmo-Zに250MHz 8ch 12bitのADコンバータを搭載するためのボードです。詳細は近日公開。

1Gsp/s ADC ボード

型番：NP1094

Cosmo-Zに1Gsp/sのADコンバータを搭載するためのボードです。近日公開。



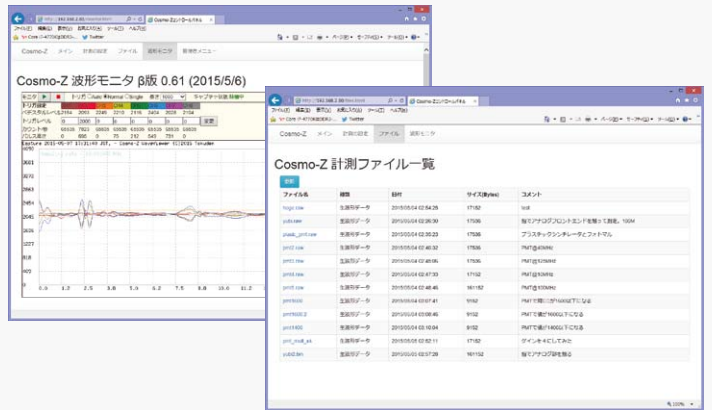
Linux と Web サーバを内蔵し、LAN 経由でリモート計測ができる

ZYNQ の ARM コアでは Linux が動作しており、Web サーバが利用可能です。Cosmo-Z 自体に Web ベースの計測用アプリケーションが組み込まれているため、操作するための Host PC や OS の種類を問いません。

専用のアプリをインストールする必要がなく、Web ブラウザが動けばすぐに波形を見ることができます。また、Windows/Linux/Mac/Android などさまざまな端末から操作することができます。

Cosmo-Z 上の SD カードには、数十 GB のデータを格納しておくことができます。計測した波形は、Web インタフェースのファイルビューワからいつでも閲覧することができます。

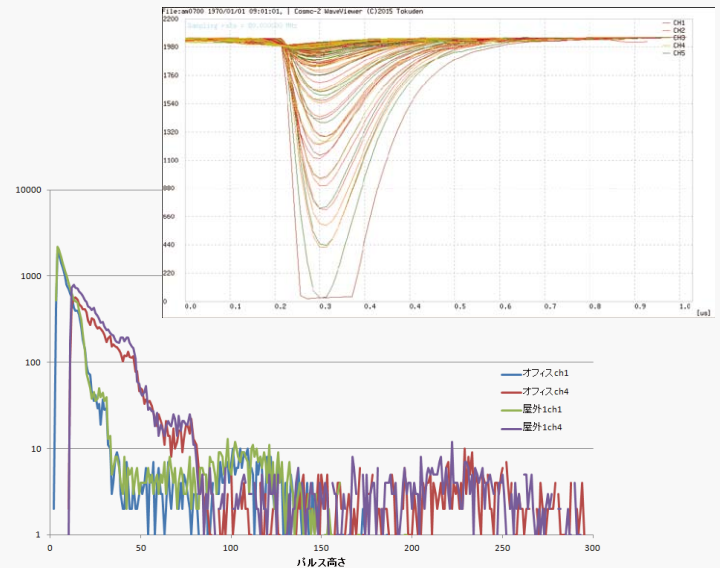
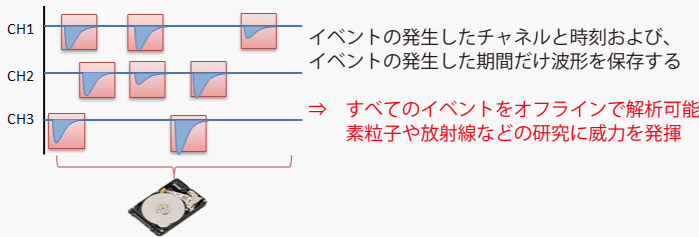
また、ユーザが作成した解析アプリを Linux サーバ上で動かして、独自の機能を追加することも可能です。



イベント発生時だけ取りこんでデータを削減するパルス計測モード

Cosmo-Z には、①波形計測モード、②長時間計測モード、③パルスイベント計測モード、④繰り返し計測モードの 4 つの計測モードがあります。特に、パルスイベント計測モードは、放射線やレーザなど、何らかのイベントが発生した場合にトリガを発生させ、その時刻とパルスの大きさのデータと、トリガ期間中の波形のみを記録していくモードです。

このモードを利用すると、イベント発生時のすべての波形を記録しておけるので、オフラインでパルス波高解析を行い、放射線のスペクトルの時間変化を算出などの処理ができます。



モバイルバッテリーでも動作する超低消費電力と抜群の可搬性

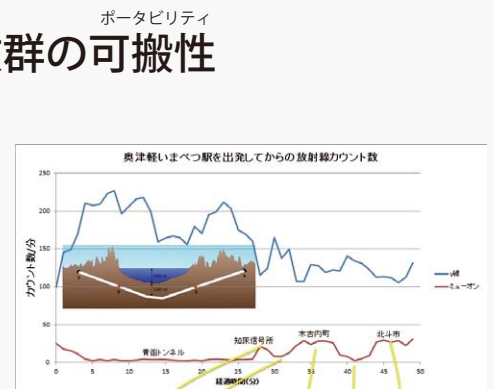
従来の高速 DAQ システムは、消費電力が多く、19 インチラックや NIM/CAMAC などのラック型か、あるいは PC の拡張ボードなどで提供されてきました。持ち運びしながらフィールドで計測することなどはとても考えられませんでした。

しかし、Cosmo-Z はわずか 7W (アプリケーションによって変わる) という低消費電力であり、しかも小型・軽量であるため、モバイルバッテリーを用いてフィールドで計測することができます。

右の図は Cosmo-Z とプラスチックシンチレータおよび MPPC (光センサ) を用いて移動しながら測定した放射線と宇宙線のカウント数の変化です。このように、いつでもどこでも使用することができ、計測のフィールドが無限に広がります。



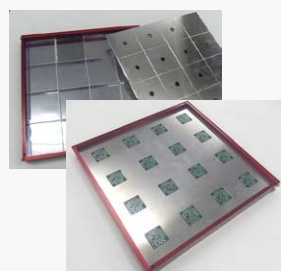
抜群のポータビリティ



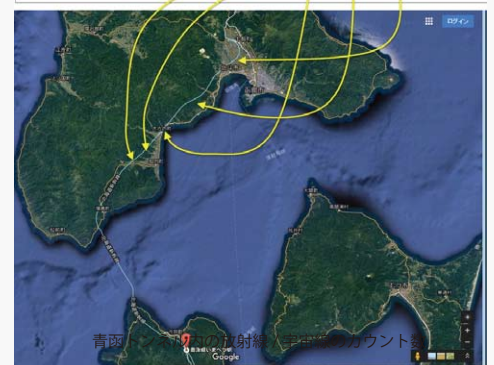
Cosmo-Z を組み込んだ、ブラシン & 光電子増倍管使用・宇宙線検出器 (零号機)



ブラシン & MPPC 使用 宇宙線検出器と Cosmo-Z



MPPC & プラスチックシンチレータ アレイ型検出器

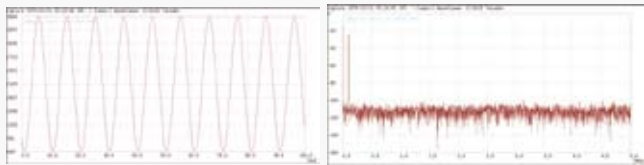


青函トンネル内の放射線 / 宇宙線のカウント数

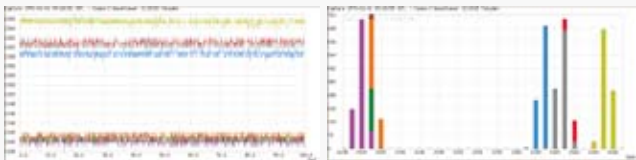
Cosmo-Z のその他の仕様と特徴

アナログ性能

単一の周波数の正弦波を入れた場合の歪率は -80dB 以下。ノイズフロアは -110dB です。

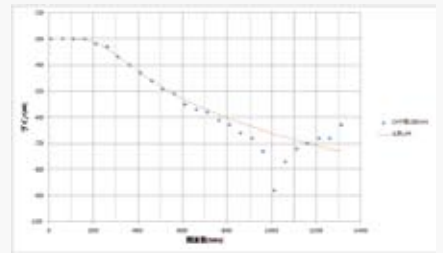


無信号時のノイズは $\pm 1\text{LSB}$ ($240\ \mu\text{V}$) に抑えられています。

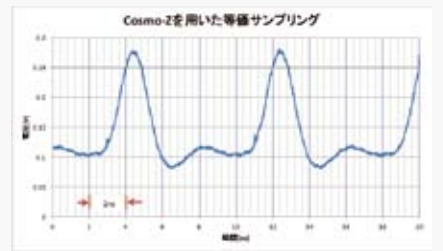


アナログ性能の拡張

アナログ・フロントエンドのアンチ・エイリアシング・フィルタを外した場合、エイリアシングを利用して、600 ~ 800MHz まで測ることができます。

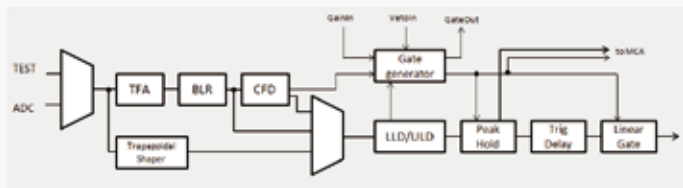


等価サンプリングの原理を使うことで、繰り返し波形ならば 40 ~ 50G サンプル毎秒の ADC として動作させることができます。



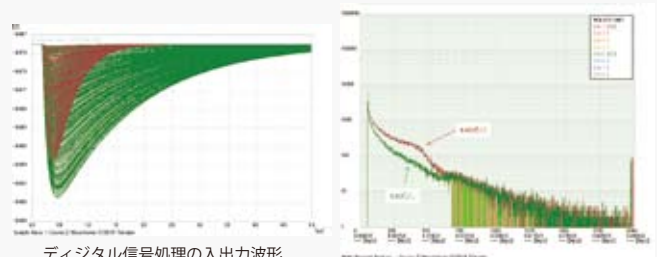
FPGA を用いたデジタル信号処理

従来はアナログ回路で行っていたフィルタや波形整形などの信号処理を、FPGA 内に設けたデジタルフィルタで行うことができます。ポールゼロ回路はもちろん、TFA、CFD のパラメータを細かく設定でき、台形型やカスプ型波形整形などアナログでは決して実現できない信号処理もデジタルだから可能です。



Cosmo-Z の FPGA で提供している放射線計測用、信号処理回路

FPGA に内蔵した MCA (マルチチャンネルアナライザ) は、完全にデジタルで動作しているため、デッドタイムは限りなく短く、どんなにカウントレートが高くても決して飽和することがありません。

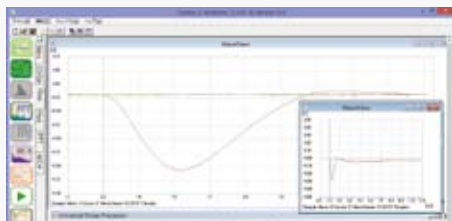


デジタル信号処理の入出力波形 (緑色: 生波形、茶色: TFA 後)

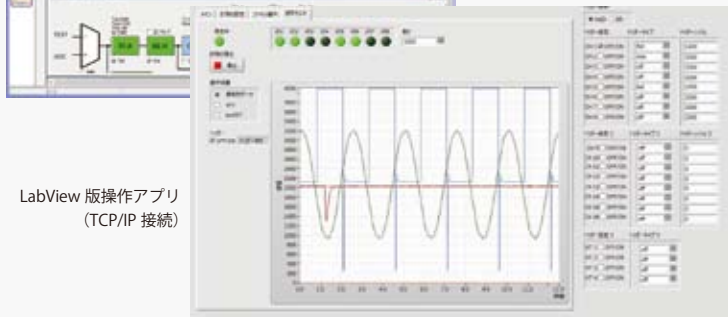
MCA によるスペクトラム表示 (MPPC+プラスチックシンチレータ)

計測ソフトウェア

製品にインストールされている Web インタフェース以外に、使いやすい Windows 版アプリと LabView 版アプリを用意しています。無償でダウンロード可能です。



Windows 版操作アプリ (TCP/IP 接続)



LabView 版操作アプリ (TCP/IP 接続)

Cosmo-Z の筐体

用途に応じて、様々な筐体をご用意しております。



直径 90mm のパイプに 32ch 入ります



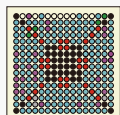
放熱ファン付の亚克力ケースもございます



イーサネットからの給電 (PoE) も可能で、スタンドアロン動作できます



19 インチラックへのマウントや、LEMO コネクタへの変更も可能です。



物理がわかるFPGA設計会社

特殊電子回路株式会社

〒113-0033 東京都文京区本郷 5-25-16 石川ビル 8F TEL:03-3868-2698
http://www.tokudenkairo.co.jp/ お問い合わせは info@tokudenkairo.co.jp