

## 第5章 粒子加速器の計測制御にも採用されたFPGA開発環境

LabVIEWとZynqを用いた  
DCモータ制御システムの開発

岡田 一成, ソン・ナンナン Kazunari Okada, Sun NanNan

近年、FPGAを用いたフィードバック制御システム開発が注目されています。高速かつ安定した処理が可能のため、CPU上での演算では実現できなかった高速データ処理が必要な制御システムが実現できるからです。しかし、FPGAを用いたフィードバック制御システムの構築には、FPGA用のハードウェア開発言語（HDL）を習得する必要があることが、新規ユーザの導入障壁を高くしています。ここではLabVIEW（National Instruments社）を使ったHDL不要のモータ制御システムの開発事例について紹介します。

1. FPGAを用いたフィードバック  
制御システム開発時の障壁

研究開発において、FPGAを用いたフィードバック制御システムを開発しようとする場合、FPGA開発の未経験者は当然のことながら、経験者でさえも二の足を踏んでしまう障壁が二つ存在します。

## ● 障壁1：FPGA用の開発言語を追加で学ぶ必要があること

一つ目の障壁は、FPGA用のハードウェア開発言語（HDL）を学ぶ必要があることです。FPGAの開発経験者は既にクリアしている内容だと思えますが、その習得には何年も費やしているはずです。つまり、マイコンなどの制御経験者が、FPGAを用いてより高速な制御システムを構築しようとした場合、習得済みのC言語に加えHDLの習得も要求されるわけです。これはまるで日本人が苦勞して英語を学習した後に、追加で中国語を勉強する必要に迫られる状態と同じです。

## ● 障壁2：外部ハードウェアとの接続性

二つ目の障壁は、FPGAの開発に習熟したエンジニアでもぶつかる壁です。それは各種ハードウェアとの接続です。例えばFPGAに対するアナログ信号入出力用に、より高性能なA-D/D-Aコンバータが必要になった場合、メーカーが提供するFPGAボード上に仕様を満たすものが搭載されていなければ、この時点で開発を断念しなければならないケースが出てきます。近年は、構築する制御システムが複雑化しており、エンコーダをはじめとする各種センサ類やモータ・ドライバと接続するだけでなく、カメラなどの外部ハードウェアとの統合が要求されるケースが多くなっており、開発者を悩ませています。

2. システム開発ソフトウェア  
NI LabVIEWを用いた解決方法

上述の障壁を乗り越えるための手段として、ここでは最新の開発プラットフォームを利用する方法を提案します。繰り返しとなりますが、システム開発の妨げとなっていたのは、FPGA用の開発言語の習得と、外部ハードウェアとの接続性の低さが主でした。そこでNational Instruments（以下NI）社は、FPGAを用いたフィードバック制御システムの開発を容易にする開発プラットフォームを提供しています。このツールは、自社内で制御システムを構築しようとするエンジニアの方々だけでなく、制御システム開発を請け負うシステム・インテグレータにとっても有効な解決方法となります。

## ● LabVIEWによる抽象度の高いシステム開発

図1はPID制御のコードをLabVIEWを用いて記述した例であり、FPGA上で実行されるタスクがデータフロー形式で表現されています。LabVIEWでのプログラムは、C言語やHDLのように文字を打ち込んでプログラミングするテキスト言語とは異なり、このようにアイコンを並べて線でつないで視覚的に分かりやすい形でプログラミングしていくものです。

LabVIEWを用いてFPGAプログラムを行うには、LabVIEW本体に加えてNI LabVIEW FPGAモジュールが必要です。これを用いることにより、離散数学の知識がなくてもFPGA上に数値演算や制御アルゴリズムをプログラムすることができます。図2に示すように信号生成、制御、フィルタ、FFTなどのFPGA専用の関数が提供されるため、短時間で開発が行えます。このようにLabVIEWを使用することにより、HDLやFPGAに精通していなくてもFPGAを使用したカスタム仕様のI/Oロジックや制御用ハードウェアが作成可能となります。