

K-025

# eラーニングと連携した遠隔操作 FPGA 設計教育システムの構築

## Construction of Remote Controlled FPGA Design and Education System Cooperated with e-Learning

金 在成†      吉澤 真吾†      宮永 喜一†  
Jaeseong Kim      Shingo Yoshizawa      Yoshikazu Miyanaga

### 1. まえがき

FPGA (Field Programmable Gate Array)を搭載した機器は製造後もハードウェア機能を変更することが可能であり、近年ではコンピュータやLSI設計分野以外の研究者もしくは開発者がFPGAを利用して専用計算機を構築する事例が多く見られるようになってきた。しかしながら、LSI設計未経験者がFPGAを始めるには専門のハードウェア知識の習得や設計開発環境の整備等が障壁となっており、その解決策が求められている。

FPGA や電子回路に関する教材開発は文献[1]や[2]で行われており、授業等での利用が進められている。文献[1]ではハードウェア記述言語(HDL)の演習教材としてFPGAを利用し、文献[2]ではeラーニングにより個人が電子回路実験演習を行いながら学習する機能やWebカメラを利用した実験授業の映像配信するシステムを構築している。

本研究では協調学習型eラーニングと連携した遠隔操作FPGA設計教育システムの開発を行う。対象は大規模FPGA装置を利用することを想定した研究者や開発者である。提案システムはeラーニングで学習や設計演習の機能を提供し、また、ネットワーク経由による遠隔操作を利用して実際の研究や開発にFPGA装置を利用することを前提としている。本システムの機能はネットワーク経由で遠隔操作することが可能であり、利用者はコンピュータを用意するのみでFPGAに関する学習とFPGA装置を利用した実践的な研究や開発を行うことができる。

### 2. 協調学習型 eラーニング

eラーニングは時間や場所に関係なく教育や学習を行えることが特徴であり、本システムでも利用者がFPGA装置を遠隔で利用することを想定しており、FPGA設計教育にはeラーニングによる学習が有効である。我々はずでに協調学習型のeラーニング(Next-generation EXtra University-education System, NEXUS)[3]を開発し、大学院講義や演習に利用している。協調学習(Collaborative Learning)は教師と学習者、もしくは学習者同士が協同、協調して学習課題に取り組むことで学習の効率化を図るものである。我々のeラーニングでは学習課題をプレゼンテーションやグループディスカッション形式で解答する仕組みやWeb上でのシミュレーション実験演習、ビデオやスライド教材の音声データから音声認識により文字データに変換してキーワード検索に利用する機能等を実装している。図1はNEXUSの利用画面であり、FPGA設計教育用にハードウェア記述言語(Verilog言語)やFPGA開発ソフトウェアの利用方法を学習教材として提供している。

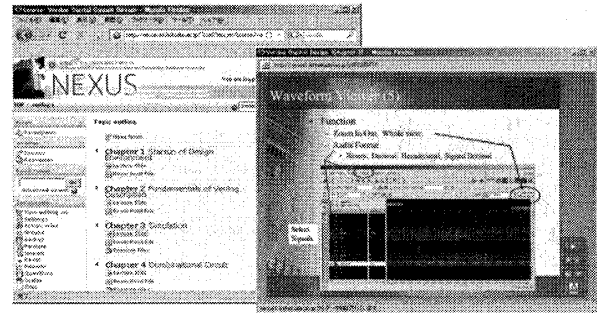


図1: eラーニング(NEXUS)の利用画面

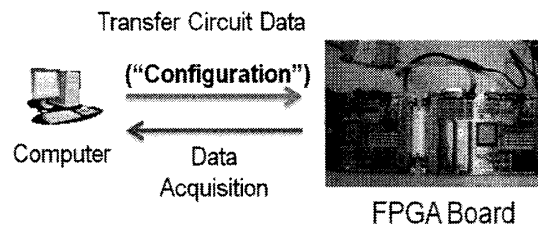


図2: コンピュータとFPGAボードの連携

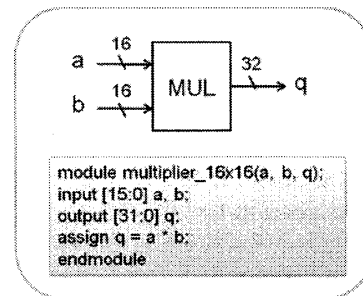


図3: 16ビット乗算器のRTL設計

### 3. 遠隔操作 FPGA 設計教育システム

FPGAは利用者であるユーザーが、実験現場や研究開発現場で、自由にハードウェアを再構築できるLSIである。FPGAを載せた研究・開発用ボードで再構築する対象は、デジタル回路ハードウェアであり、そのハードウェアとのインターフェイス(Ethernet, USB, シリアルポート, PCI等)も、事前に提供されているものがほとんどである。図2は、コンピュータとFPGAボードの連携を表している。コンピュータ上で、実現したいハードウェアを設計し、

† 北海道大学大学院情報科学研究科

その FPGA 回路構成データ(コンフィギュレーションデータ)を FPGA ボードに送りこむことで構築する。その後は、FPGA ボードで実際に処理を行い、その処理結果にコンピュータに送り返すことも可能である。

設計手順としては、最初に演算器や論理回路を組み合わせることに伴う機能レベルの設計を行う。レジスタ転送レベル(Register Transfer Level, RTL)とも呼ばれる。図3は Verilog 言語で記述した 16 ビット乗算器の例である。RTL 設計後は FPGA 開発ツールを用いて粒度の小さい論理ゲートレベルに分解し、FPGA 内部での配置配線情報も含めた FPGA コンフィギュレーションデータを作成する。

FPGA はカスタム LSI と比べて半導体デバイスの専門知識がなくても短期間で開発することが可能であり、LSI 設計分野外の研究者や開発者にも取り扱やすいため、FPGA 利用が近年活発である。しかしながら、初心者が始める場合に障壁となるのは、(1) ハードウェア記述言語の習得、(2) FPGA 設計開発環境の構築であり、その解決策が求められる。

我々は上記の問題に対処するため eラーニングと連携した遠隔操作 FPGA 設計教育システムを開発した。本システムの構成を図4に示す。このシステムは、利用者のコンピュータからネットワークを経由して、FPGA ボード装置や eラーニング及び FPGA 設計用サーバにアクセスすることで、FPGA 学習及び設計に関する全ての工程作業を行うことができる。システムのサービスとしては、(1) eラーニングによる FPGA の基本概念とハードウェア記述言語の学習、(2) FPGA 設計用サーバによるハードウェア記述言語のシミュレーション演習と RTL 設計、(3) FPGA 設計用サーバによる FPGA 開発ツールの利用と及びコンフィギュレーションデータの FPGA 転送、(4) 遠隔操作による FPGA ボード装置実験とネットワークカメラによる視認、(5) FPGA ボード装置からの実験データ取得を提供している。

FPGA ボード装置の外観を図5に示す。FPGA ボードには東京エレクトロデバイス社製 TD-BD-SPP3000 を用いている。FPGA デバイスとしてザイリンクス社 FPGA XC5VLX330T を4個搭載し、論理ゲート数100万以上の大規模設計にも対応可能である。FPGA ボードの入出力装置としては、アナログ/デジタル変換器(ADC, DAC), Advanced TCA, Compact PCI バスを有している。また、PCI バスは CPU ボードと呼ばれる組み込み用コンピュータに直結されており、CPU ボード上のモニタ出力、Ethernet, USB 等の汎用インターフェイスが利用可能である。FPGA の動作実験データ取得は上記の PCI バス経由で CPU ボードにデータを転送し、CPU ボードから利用者コンピュータへはネットワーク接続を利用する。これにより、FPGA ボードの遠隔操作や実験データ取得を可能としている。FPGA ボードの他に動作視認用のネットワークカメラ、温度計、ネットワーク制御電源装置を導入しており、利用者がこれらを遠隔で操作することができる。

利用者のコンピュータ操作画面を図6に示す。eラーニングとの連携上 Web ブラウザで全ての遠隔操作ができるのが理想であるが、今回は Web ブラウザと VNC (Virtual Network Computing)によるリモートデスクトップを併用した形で実現している。

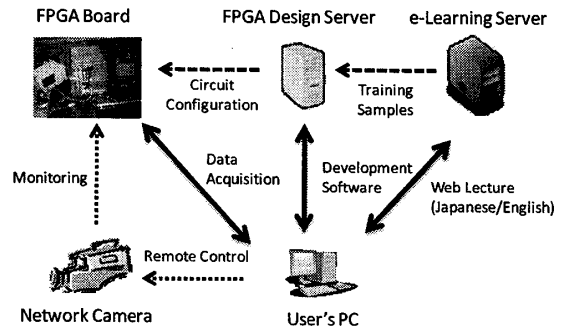


図4: 遠隔操作 FPGA 設計教育システム構成

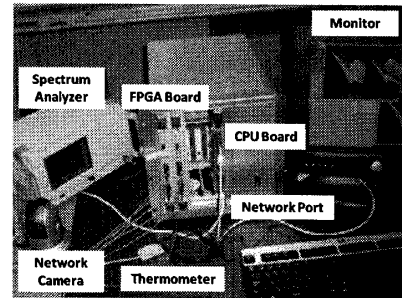


図5: FPGA ボード装置

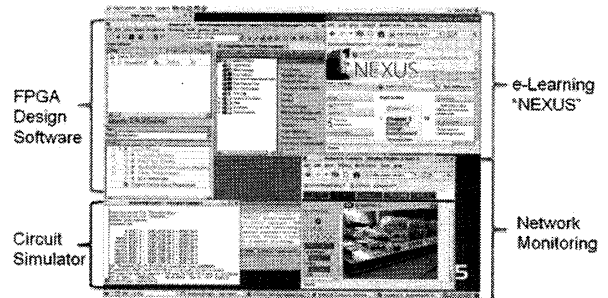


図6: コンピュータ遠隔操作画面

## 4. まとめ

本研究では協調学習型 eラーニングと連携した遠隔操作 FPGA 設計教育システムの開発を行った。本システムの開発は北海道大学大学院情報科学研究科グローバル COE 「知の創出を支える次世代 IT 基盤拠点」[4] 異分野共同研究プロジェクト「FPGA 高速情報探索」において実施されている。上記プロジェクトでは、LSI 設計分野による FPGA を活用した高度設計技術と LSI 設計未踏分野の独自のアルゴリズム・アプリケーションの融合を図るものである。そのプロジェクトを遂行するための基盤として本システムが開発されている。今後は本システムを利用した異分野共同研究事例を報告する予定である。

### 参考文献

- [1] 小田井圭, 小松恵一, "FPGA を使った論理回路設計学習用教材の開発," 信学技報 ET2008-59, Dec. 2008.
- [2] 清水翔太, 本間隆俊, 山内寛紀, "電子回路を利用した実習システムの研究," 信学技報 ET2008-58, Dec. 2008.
- [3] URL: <http://nexus.ist.hokudai.ac.jp/>
- [4] URL: <http://www.gcoe.ist.hokudai.ac.jp/>