

STARC寄附講座「SoC設計技術」実習の概要

1 講座の狙い

我々の生活を豊かにする社会インフラー携帯電話、家電、自動車、医療、ロボット等一の心臓部として、SoC(System On a Chip)は広く普及しています。SoCは、半導体を半導体の半世紀強の歴史の中で、先人達が様々な研究・開発を通じて培った技術の集大成であり、今後も大きな成長が見込めます。半導体理工学研究センターは、企業のモノづくりの現場で、より重要性が増しているシステムアーキテクトの育成のために、日本の50大学で寄附講座を開催していますが、より実践的に技術を習得することを狙いとして、「SoC 設計技術」実習を開講しています。実習は、企業の現場を模したチーム運営で行いますので、今後の就職での模擬体験が可能です。また幅広く学生に受講頂けるように、アルゴリズム設計編、システム設計編、組込みソフトウェア設計編、RTL(Register Transfer Level) 設計編から成り、興味のある実習を選択可能です。

2 講座の特長

- ✓ 先端分野の設計モチーフ
 - 音声・画像・制御などを扱う先端分野のデジタル機器やロボット無線制御をモチーフとしていますので、先端技術の習得に加え、モノづくりの楽しみや達成感を味わえます。
- ✓ 顧客要求仕様から実装までの工程を網羅
 - 顧客要求仕様から実装までを体験することにより、モノづくりの技術のみならず、マーケティング技術やプレゼンテーションスキルも磨けます。
- ✓ 最先端の設計環境
 - 設計環境は企業の現場でも使用可能なものを使用します。そのため企業に於けるモノづくりの段取りや実際の課題も習得可能です。
- ✓ チーム運営
 - モノづくりの段取り技術は、チーム運営の重要な要素です。設計方針の決定、工程線表の作成、役割分担、デザインレビュー、設計標準の活用といったツールを基に、学生達がコミュニケーションを駆使して、優れた製品を設計します。
- ✓ 設計分野毎に6つのコース
 - 音声アルゴリズム設計、制御アルゴリズム設計、画像アルゴリズム設計、システム設計、組込みソフトウェア設計、LSI 設計の6コースを用意しており、興味のある分野の選択受講が可能です。

3 実習のモチーフ

モチーフとして、疑似DVDシステム、ロボットの無線制御システム、およびカメラ映像から走行車線認識システムを採用しています。

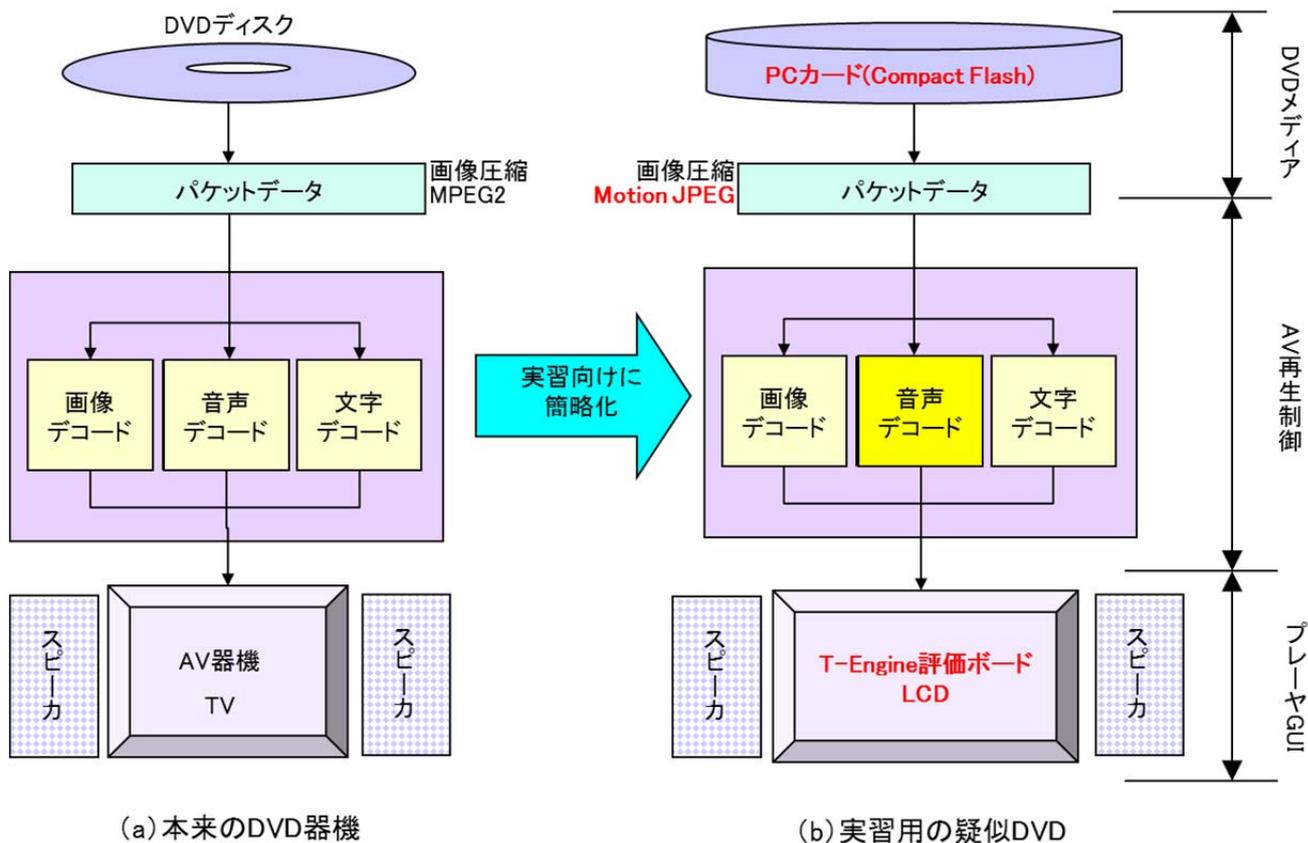


図1 疑似DVDシステム

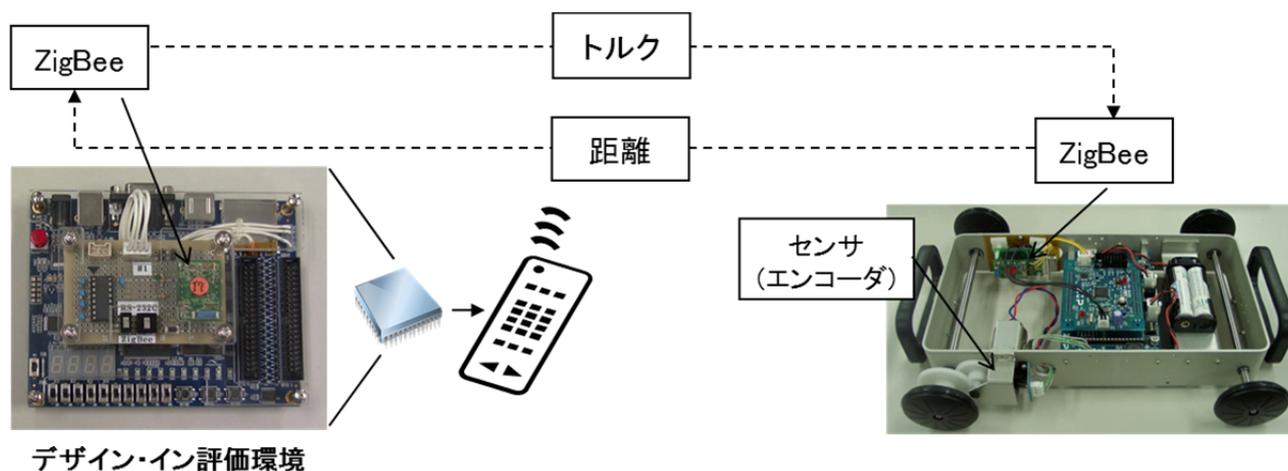


図2 無線制御システム

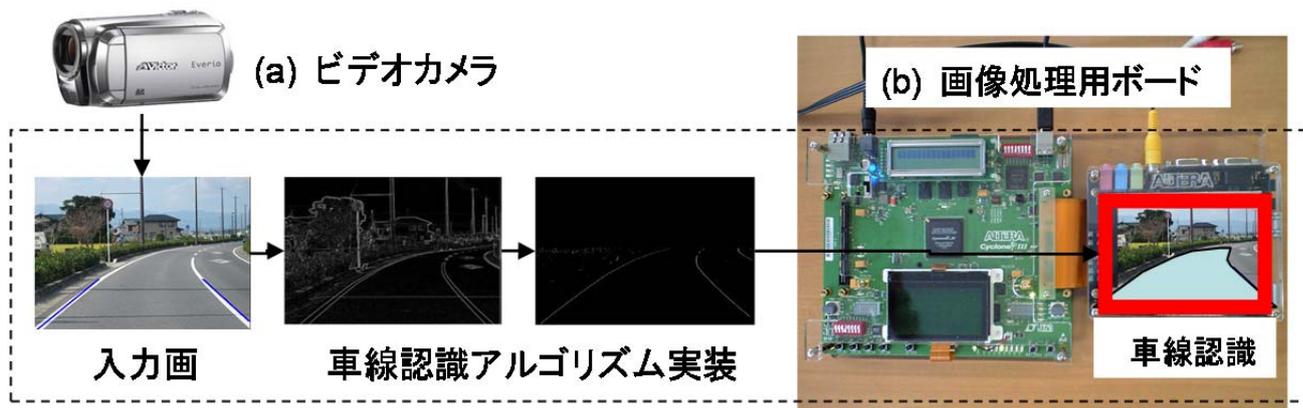


図3 走行車線認識システム

4 教材

4.1 実習で使用するボード

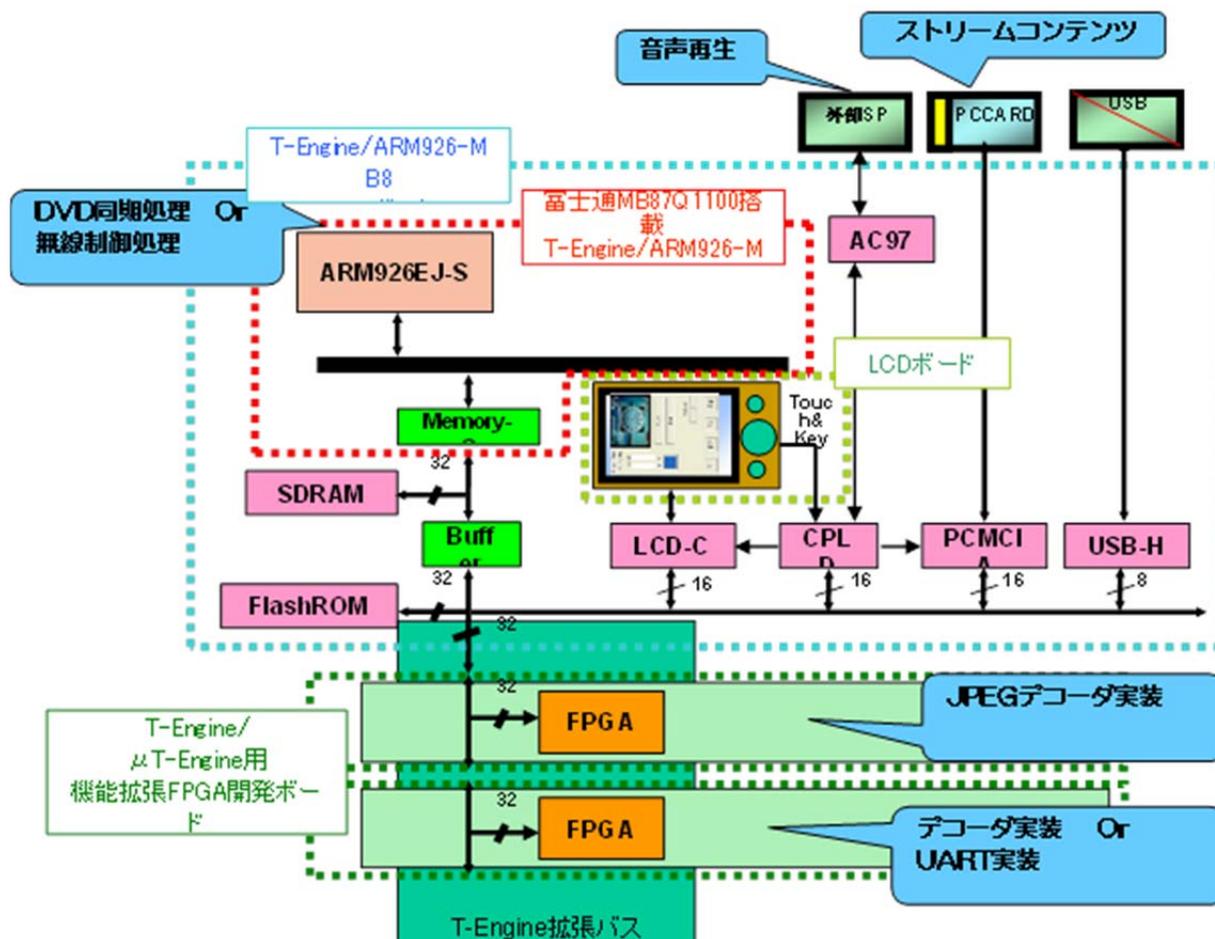


図4 疑似DVDで使用するシステム構成

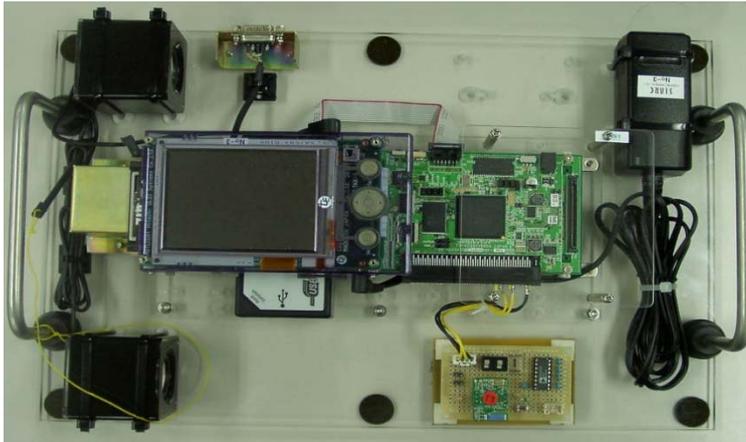


図5 疑似DVDで使用するT-Engine ボード

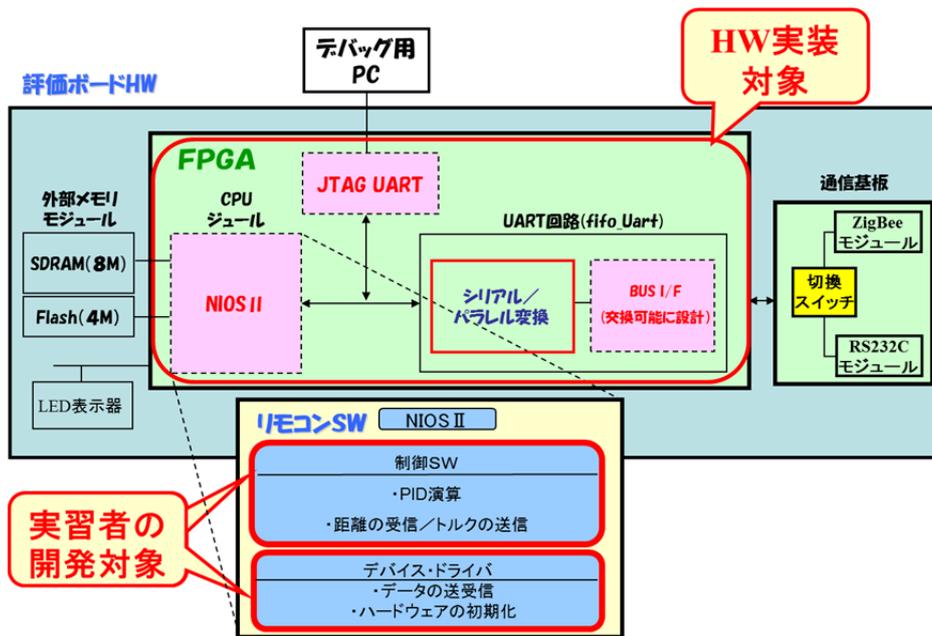


図6 無線制御システムの構成

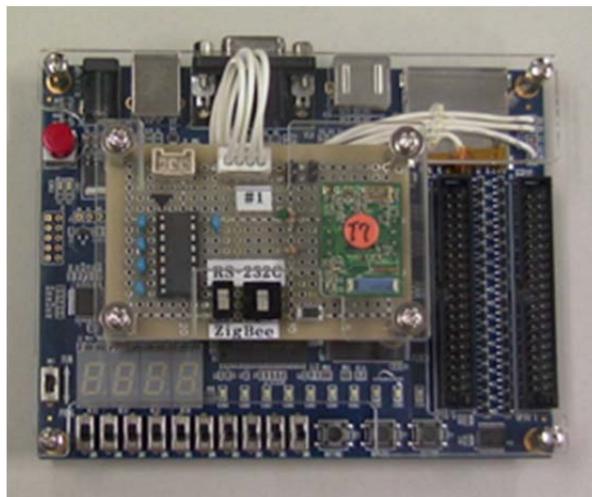


図7 無線制御用ボード

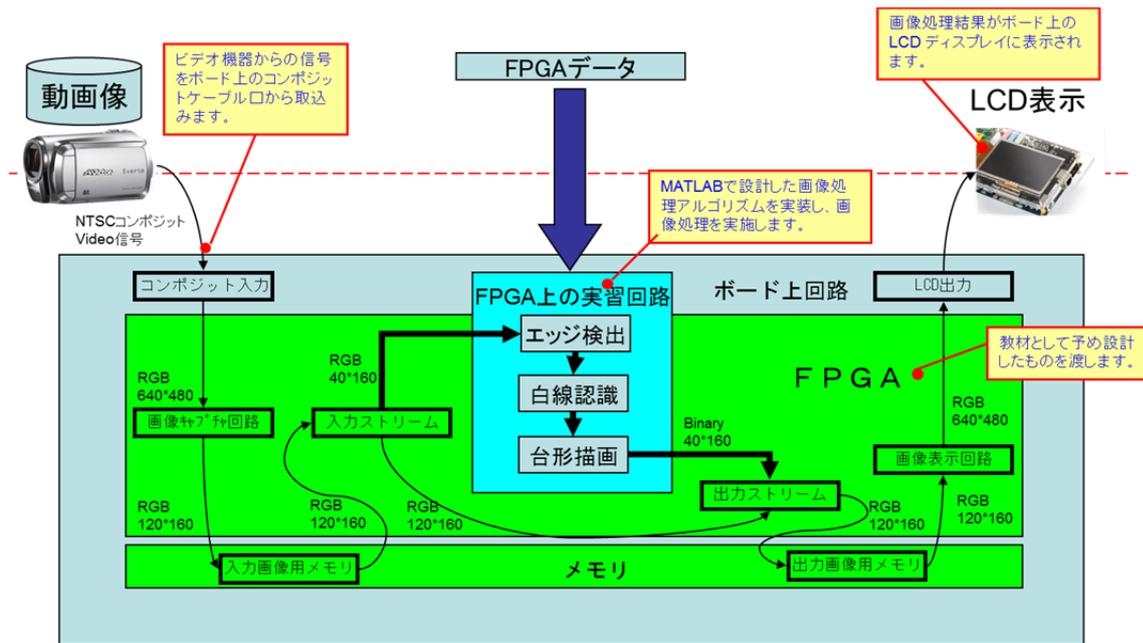


図8 走行車線認識システムの構成



図9 走行車線認識システムのボード

4. 2 CADツール設計環境

実習環境	設計		検証	
	ツール	概要	ツール	概要
アルゴリズム	MATLAB/ Simulink	音声、制御、画像処理アルゴリズムの設計	MATLAB/ Simulink	音声、制御、画像処理アルゴリズムの検証
機能	テンプレート	機能仕様書作成	VisualSpec	Cレベルの機能シミュレーション
	eXCite	動作合成(C→RTL)		等価検証
HW/SW分割	VisualSpec	システムのHW/SWチャネル接続を変更し、両モデルを作成	VisualSpec CoMET	両モデル(HW実装とSW実装)の性能差を確認し、実装手段を判断
論理	テンプレート	機能をRTL記述	SpyGlass	RTL構文チェック
	ISE/Quartus	論理合成	ModelSim	論理シミュレーション
レイアウト	ISE/Quartus	配置配線	ISE/Quartus	タイミング解析

5 実習の構成

上流のアルゴリズム設計から、システム設計、組み込みソフトウェア設計、RTL設計までを幅広く網羅しており、また6つのコースは、それぞれ独立した内容になっていますので、興味のある分野の選択受講が可能な構成としています。

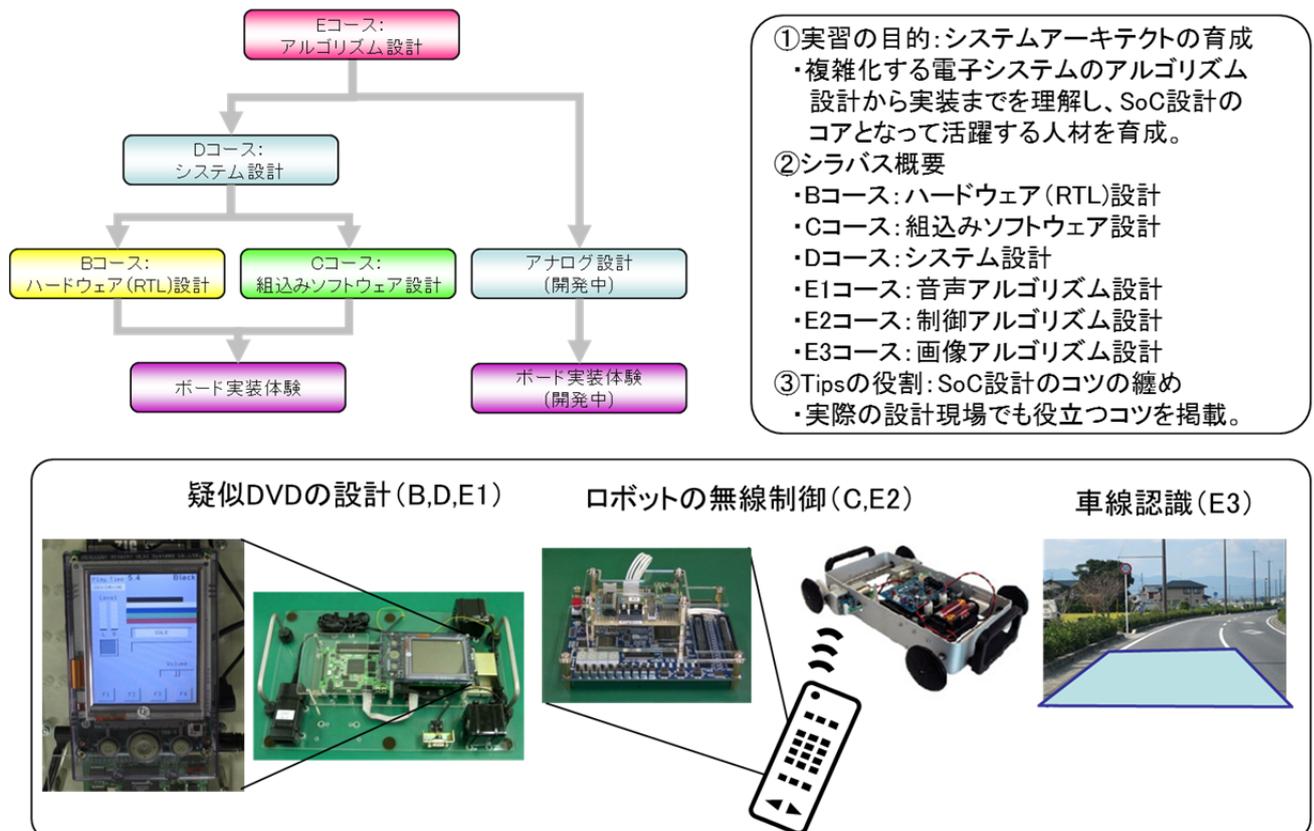


図10 実習コースの位置付け

5.1 実習 B : LSI 設計者向けコース

5.1.1 概要

- ・ 顧客要求仕様を作成し、その要件に合致した回路の RTL 設計から FPGA 実装までを体験します。
- ・ 回路の性能・面積・消費電力について、各チーム間で競います。

5.1.2 趣旨

- ・ 音声データのデコードを VHDL 設計します。

5.1.3 受講対象者

- ・ 論理回路の基礎があることが前提です。

5.1.4 習得できるスキル

- ・ RTL 設計スタイルガイドに準拠した回路の RTL 記述とテストベンチ記述
- ・ ソフトウェア／ハードウェアの協調検証と RTL の実装(論理合成、配置配線、タイミング解析)
- ・ チーム設計での段取り技術(工程線表管理、デザインレビュー、バージョン管理)

5.1.5 実習内容

- ・ 受講者の役割を決めたチームでの RTL 設計
 - ① ペルソナを用いた要求仕様定義と設計する製品の目標設定
 - ② 開発プロジェクトの計画(設計方針、役割分担、工程線表、設計作業ルール)の作成
 - ③ デザインレビューによる進捗管理
 - ④ デコード回路の VHDL 設計、RTL 設計スタイルガイドの準拠度チェック、シミュレータでの検証
 - ⑤ デコード回路のテストベンチの VHDL 設計、シミュレータでの確認
 - ⑥ 教材で提供するソフトウェアと開発した RTL を用いたソフトウェア／ハードウェア協調検証
 - ⑦ VHDL の論理合成、配置配線、FPGA 実装
 - ⑧ 疑似 DVD の実機評価
 - ⑨ 時間に余裕があれば、拡張機能として音声フォーマット自動判別機能の追加
 - ⑩ 最終プレゼンテーションと製品のアピールポイントの発表

5.1.6 Bコースの実習計画

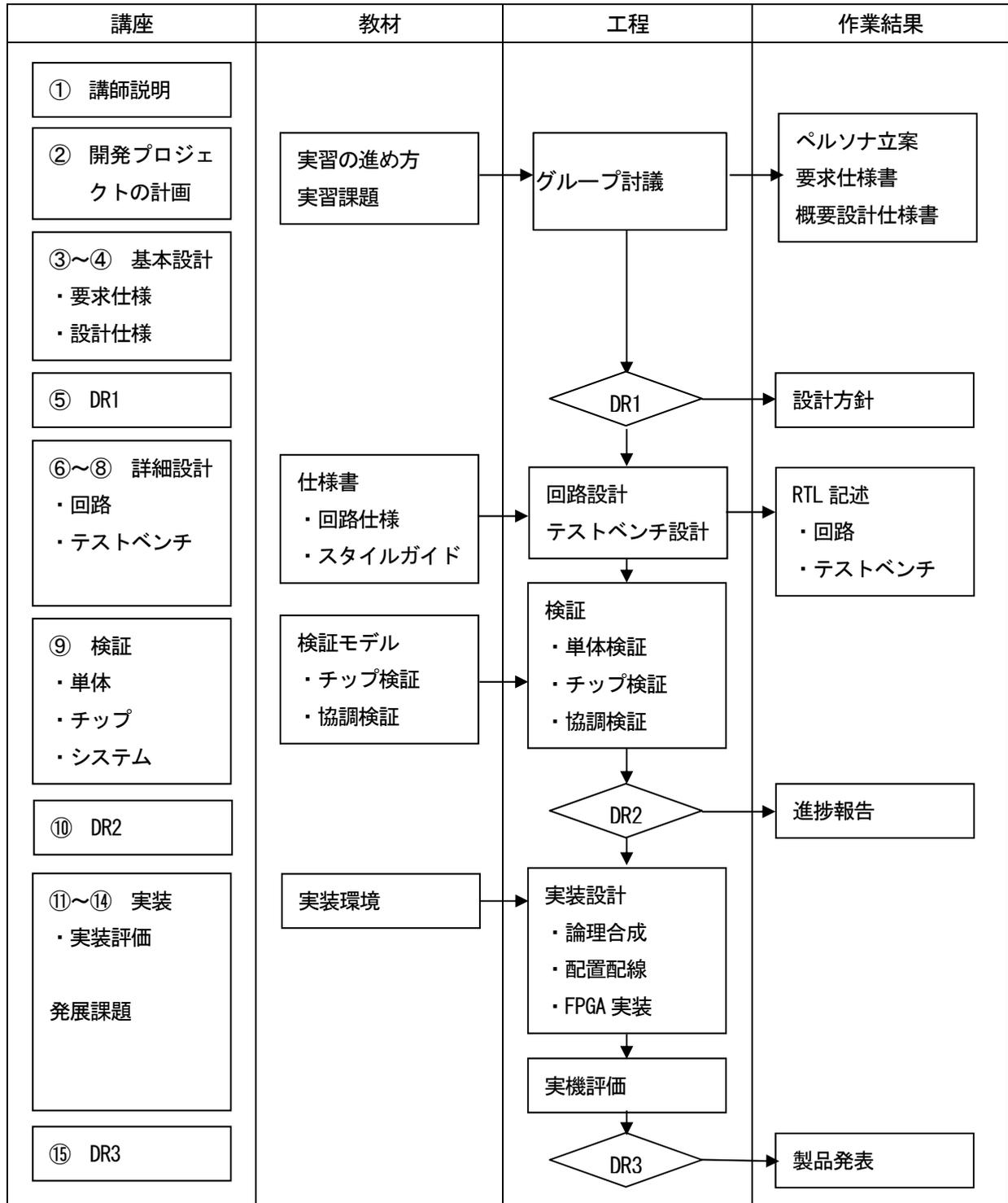


図 11 Bコースの実習計画

※ 実習は1コマ 90 分の 5 日間で行われます。

※ 図中、講座の①~⑮はコマ数です。

5.2 実習C:組込みソフトウェア設計者向けコース

5.2.1 概要

- ・ 顧客要求仕様を作成し、その要件に合致したロボットの無線制御ソフトウェアから CPU 実装までを体験します。

5.2.2 趣旨

- ・ PID 制御アプリケーション、データの無線送受信ミドルウェア、デバイスドライバを設計します。

5.2.3 受講対象者

- ・ プログラミング経験のあるかたが対象です。

5.2.4 習得できるスキル

- ・ C 言語によるアプリケーション、ミドルウェア、デバイスドライバの設計
- ・ 組込みソフトウェアの基本技術(リアルタイム性、同期処理、ポーリング)
- ・ 与えられた RTL の実装(論理合成、配置配線、FPGA 実装)
- ・ チーム設計での段取り技術(工程線表管理、デザインレビュー、バージョン管理)

5.2.5 実習内容

- ・ 受講者の役割を決めたチームでの組込みシステムの設計
 - ① ペルソナを用いた要求仕様定義と設計する製品の目標設定
 - ② 開発プロジェクトの計画(設計方針、役割分担、工程線表、設計作業ルール)の作成
 - ③ デザインレビューによる進捗管理
 - ④ PID 制御のアプリケーションとミドルウェアの設計、SILS(Software In the Loop Simulation)検証
 - ⑤ ハードウェアの初期化とポーリングによる同期処理のデバイスドライバの設計、検証
 - ⑥ CPU(NIOSII)とアーキテクチャの RTL の FPGA 実装
 - ⑦ 四輪走行ロボットの無線制御システムの実機評価
 - ⑧ PID 制御パラメータチューニングによる設計目標の達成
 - ⑨ 時間に余裕があれば、ロボットの倒立制御アプリケーションの設計
 - ⑩ 最終プレゼンテーションと製品のアピールポイントの発表

5.2.6 Cコースの実習計画

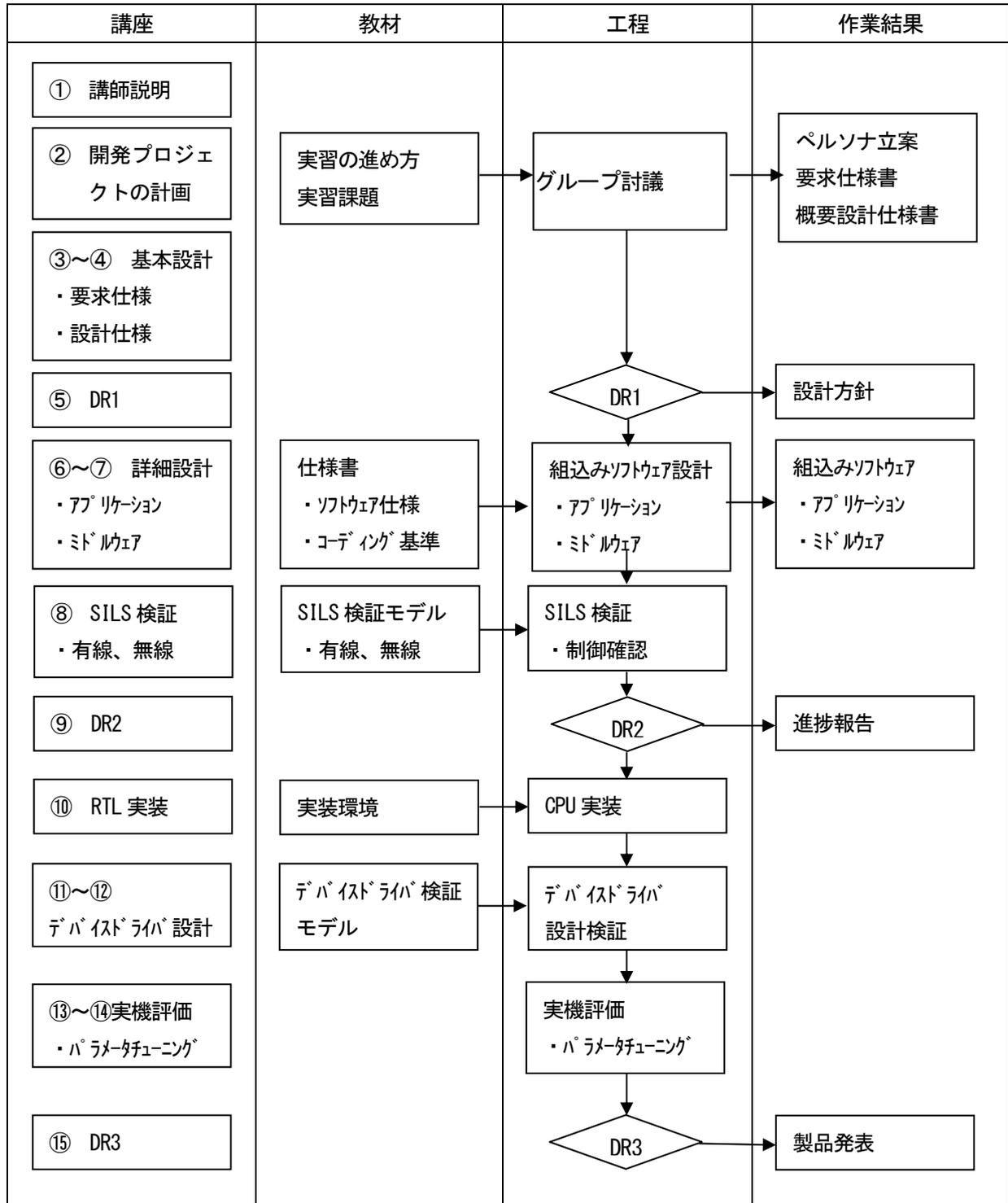


図12 Cコースの実習計画

※ 実習は1コマ 90 分の 5 日間で行われます。

※ 図中、講座の①~⑮はコマ数です。

5.3 実習D:システム設計者向けコース

5.3.1 概要

- ・ 顧客要求仕様を作成し、その要件に合致した疑似DVDの設計からソフトウェア実装とハードウェア実装を体験します。

5.3.2 趣旨

- ・ 疑似DVDへの機能追加(早送り、巻戻し、一時停止等)を行います。

5.3.3 受講対象者

- ・ C言語でのプログラム経験があることが前提です。

5.3.4 習得できるスキル

- ・ C言語による疑似DVD機能追加
- ・ ハードウェアとソフトウェアのプロファイリング技術、リアルタイム性、協調検証
- ・ ハードウェアの動作合成からFPGA実装までの設計工程
- ・ ソフトウェアのCPU実装

5.3.5 実習内容について

- ・ 受講者の役割を決めたチームでの疑似DVD設計
 - ① ペルソナを用いた要求仕様定義と設計する製品の目標設定
 - ② 開発プロジェクトの計画(設計方針、役割分担、工程線表、設計作業ルール)の作成
 - ③ デザインレビューによる進捗管理
 - ④ 疑似DVDの機能追加(早送り、巻戻し、一時停止、音量調整)
 - ⑤ C言語での機能追加のコーディング作法準拠度チェック
 - ⑥ 音声処理のハードウェア実装とソフトウェア実装の性能差をプロファイリングで確認
 - ⑦ 音声デコード処理のトップダウン実装(動作合成、論理合成、配置配線、FPGA実装)
 - ⑧ 疑似DVDの機能追加部のソフトウェア実装
 - ⑨ 時間に余裕があれば、音量調整のハードウェア実装
 - ⑩ 最終プレゼンテーションと製品アピールポイントの発表

5.3.6 Dコースの実習計画

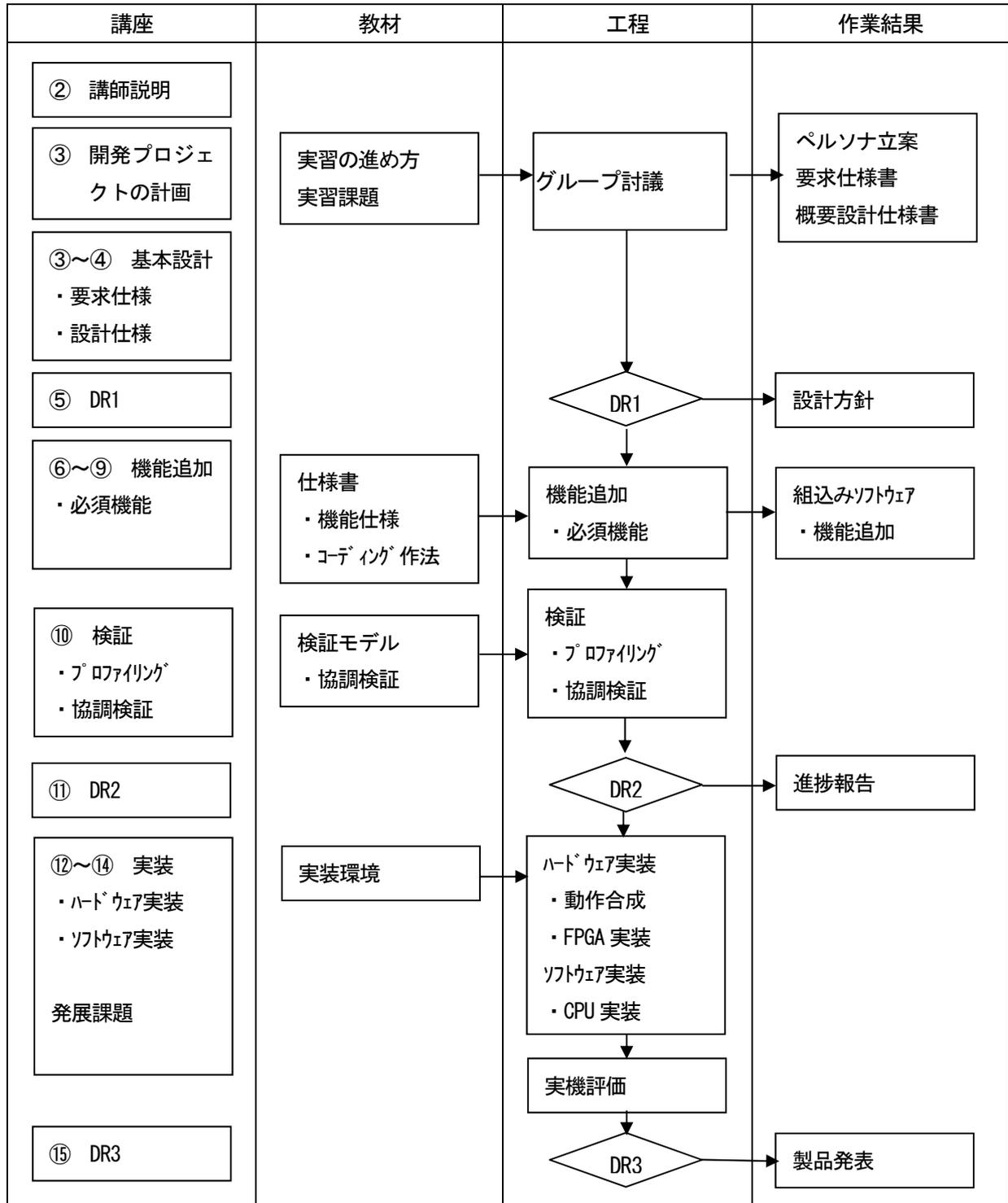


図 13 Dコースの作業工程

※ 実習は1コマ 90 分の 5 日間で行われます。

※ 図中、講座の①~⑮はコマ数です。

5.4 実習E1:信号処理アルゴリズム設計者向けコース

5.4.1 概要

- 顧客要求仕様を作成し、その要件に合致した音声の周波数シフトアルゴリズムの設計から FPGA 実装までを体験します。

5.4.2 趣旨

- MATLAB で記述した信号処理の理論アルゴリズムから、FPGA 実装までを設計します。
- 音声処理アルゴリズムは、周波数シフトとピッチシフトがあります。

5.4.3 受講対象者

- CAD ツールの経験があるほうが望ましい。

5.4.4 習得できるスキル

- MATLAB でのアルゴリズム設計フロー
- アルゴリズム実装(理論アルゴリズム、機能アルゴリズム、実装アルゴリズム、動作合成、FPGA 実装)
- チーム設計での段取り技術(工程線表管理、デザインレビュー、バージョン管理)

5.4.5 講義・実習内容について

- 受講者の役割を決めたチームでの音声処理アルゴリズムの設計と実装
 - ① ペルソナを用いた要求仕様定義と設計する製品の目標設定
 - ② 開発プロジェクトの計画(設計方針、役割分担、工程線表、設計作業ルール)
 - ③ デザインレビューによる進捗管理
 - ④ アルゴリズムの具現化(理論アルゴリズム、機能アルゴリズム、実装アルゴリズム)
 - ⑤ 個人学習による周波数シフトのアルゴリズム設計(解析信号化、ヒルベルト変換器)と具現化
 - ⑥ チーム運営によるピッチシフトのアルゴリズム設計(窓関数、フーリエ変換)と具現化
 - ⑦ ピッチシフトアルゴリズムの FPGA 実装(動作合成、論理合成、配置配線、FPGA 実装)
 - ⑧ 最終プレゼンテーションと製品のアピールポイントの発表

5.4.6 E1 コースの作業工程

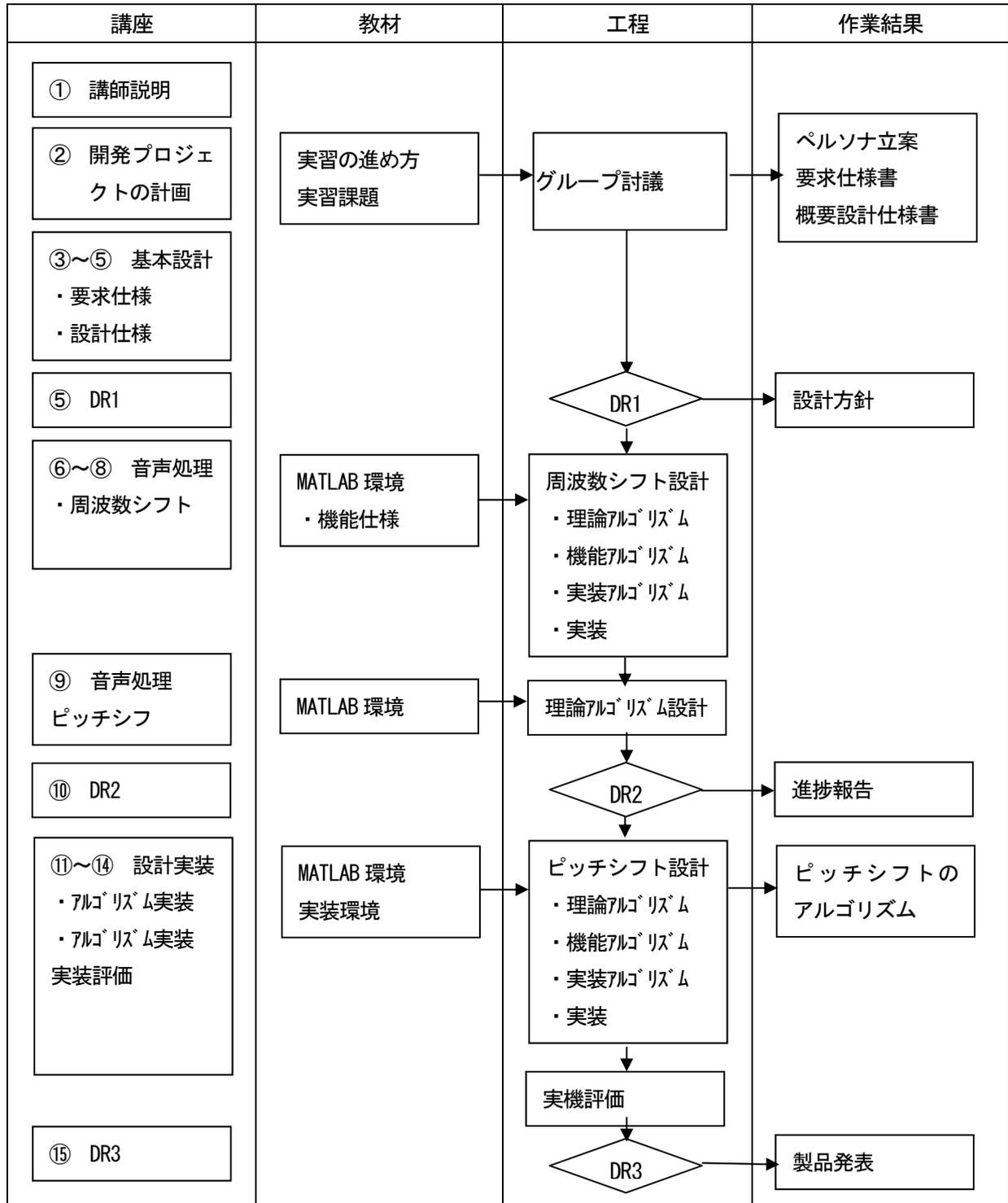


図 14 E1 コースの作業工程

※ 実習は1コマ 90 分の 5 日間で行われます。

※ 図中、講座の①~⑮はコマ数です。

5.5 実習E2:制御アルゴリズム設計者向けコース

5.5.1 概要

- 顧客要求仕様を作成し、その要件に合致したロボットの無線制御システムの設計からソフトウェアの CPU 実装までを体験します。

5.5.2 趣旨

- PID 制御アルゴリズムから PID 制御アプリケーションとデータの無線通信用ミドルウェアを設計します。

5.5.3 受講対象者

- C 言語でのプログラム経験があるほうが望ましい。

5.5.4 習得できるスキル

- MATLAB でのアルゴリズム設計フロー(理論アルゴリズム、機能アルゴリズム、実装アルゴリズム)
- C 言語による PID 制御アプリケーション設計
- 与えられた RTL の実装(論理合成、配置配線、FPGA 実装)
- 組込みソフトウェアの基本技術(リアルタイム性、同期処理、ポーリング)
- チーム設計での段取り技術(工程線表管理、デザインレビュー、バージョン管理)

5.5.5 講義・実習内容について

- 受講者の役割を決めたチームでの PID 制御アルゴリズムの設計と実装
 - ① ペルソナを用いた要求仕様定義と設計する製品の目標設定
 - ② 開発プロジェクトの計画(設計方針、役割分担、工程線表、設計作業ルール)
 - ③ デザインレビューによる進捗管理
 - ④ MATLAB によるアルゴリズムの具現化(理論アルゴリズム、機能アルゴリズム、実装アルゴリズム)
 - ⑤ PID 制御アルゴリズム設計(伝達関数から離散時間領域への変換)
 - ⑥ SILS(Software In the Loop Simulation)環境での PID 制御アプリケーションとデータの無線送受信ミドルウェアの設計
 - ⑦ CPU(NIOSII)とアーキテクチャの RTL の FPGA 実装
 - ⑧ PID 制御アプリケーションの実装と製品評価
 - ⑨ HILS(Hardware In the Loop Simulation)環境での MATLAB モデルと実機との結合試験
 - ⑩ PID 制御パラメータチューニングによる設計目標の達成
 - ⑪ 時間に余裕があれば、発展課題としてロボットの倒立制御パラメータの設計
 - ⑫ 最終プレゼンテーションと製品のアピールポイントの発表

5.5.6 E2 コースの作業工程

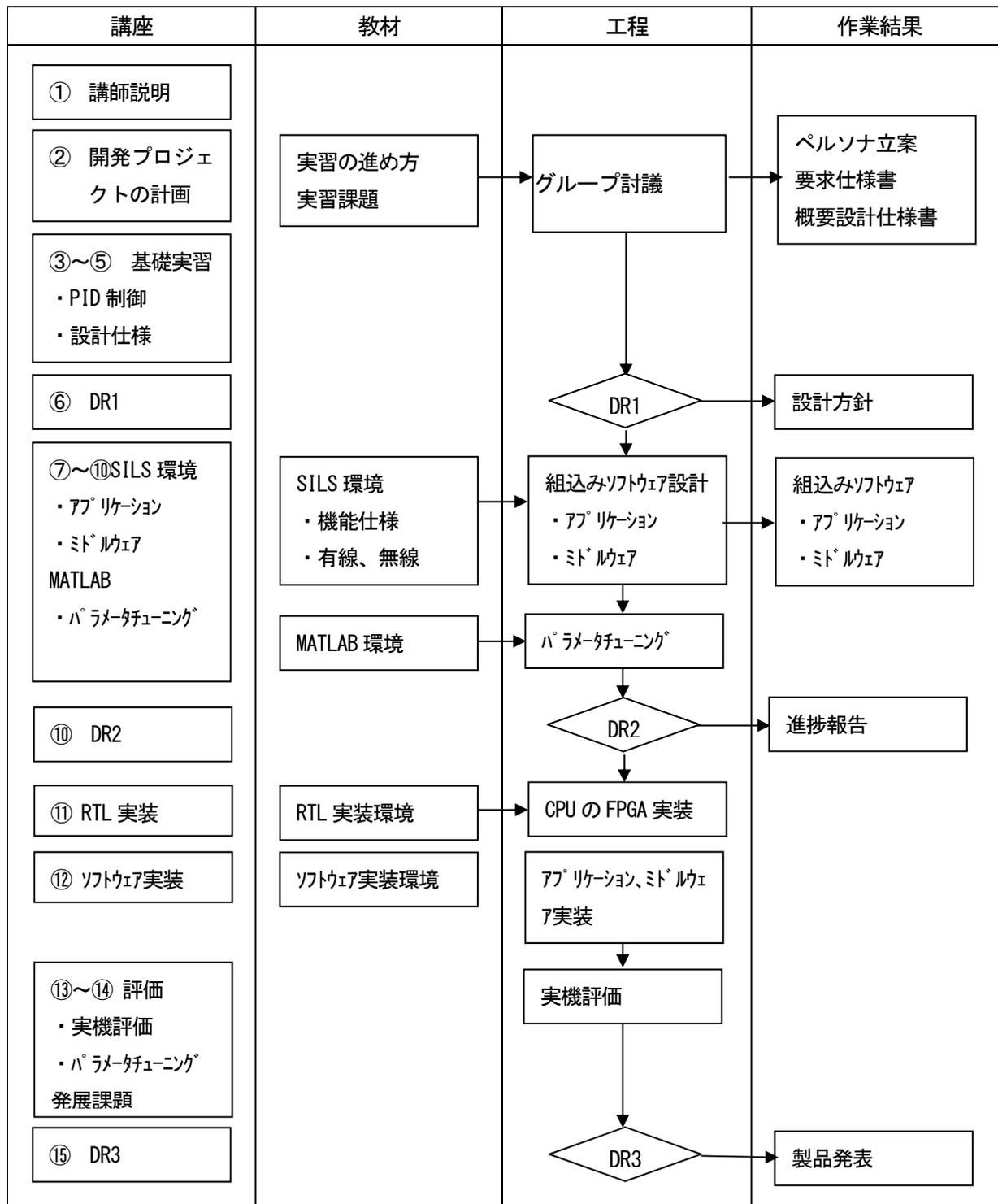


図 15 E2 コースの作業工程

※ ※ 実習は1コマ 90 分の 5 日間で行われます。

※ 図中、講座の①~⑮はコマ数です。

5.6 実習E3:画像アルゴリズム設計者向けコース

5.6.1 概要

- ・ 顧客要求仕様を作成し、その要件に合致した走行車線認識アルゴリズムの設計から FPGA 実装までを体験します。

5.6.2 趣旨

- ・ MATLAB で記述した走行車線認識アルゴリズム(グレースケール、2値化、ソーベルフィルタ、ハフ変換、極点検出、逆ハフ変換、台形描画)のアルゴリズム設計から FPGA 実装までを設計します。

5.6.3 受講対象者

- ・ 特になし。

5.6.4 習得できるスキル

- ・ MATLAB でのアルゴリズム設計フロー(理論アルゴリズム、機能アルゴリズム、実装アルゴリズム)
- ・ 画像処理アルゴリズムの一例
- ・ チーム設計での段取り技術(工程線表管理、デザインレビュー、バージョン管理)

5.6.5 講義・実習内容について

- ・ 受講者の役割を決めたチームでの PID 制御アルゴリズムの設計と実装
 - ① ペルソナを用いた要求仕様定義と設計する製品の目標設定
 - ② 開発プロジェクトの計画(設計方針、役割分担、工程線表、設計作業ルール)
 - ③ デザインレビューによる進捗管理
 - ④ MATLAB によるアルゴリズムの具現化(理論アルゴリズム、機能アルゴリズム、実装アルゴリズム)
 - ⑤ 画像処理アルゴリズム設計(グレースケール、2値化、ソーベルフィルタ、ハフ変換、極点検出、逆ハフ変換、台形描画)
 - ⑥ アルゴリズム記述の良否による処理時間、実装面積、レイテンシーの影響
 - ⑦ 画像アルゴリズムの FPGA 実装
 - ⑧ 最終プレゼンテーションと製品のアピールポイントの発表

5.6.6 E3 コースの作業工程

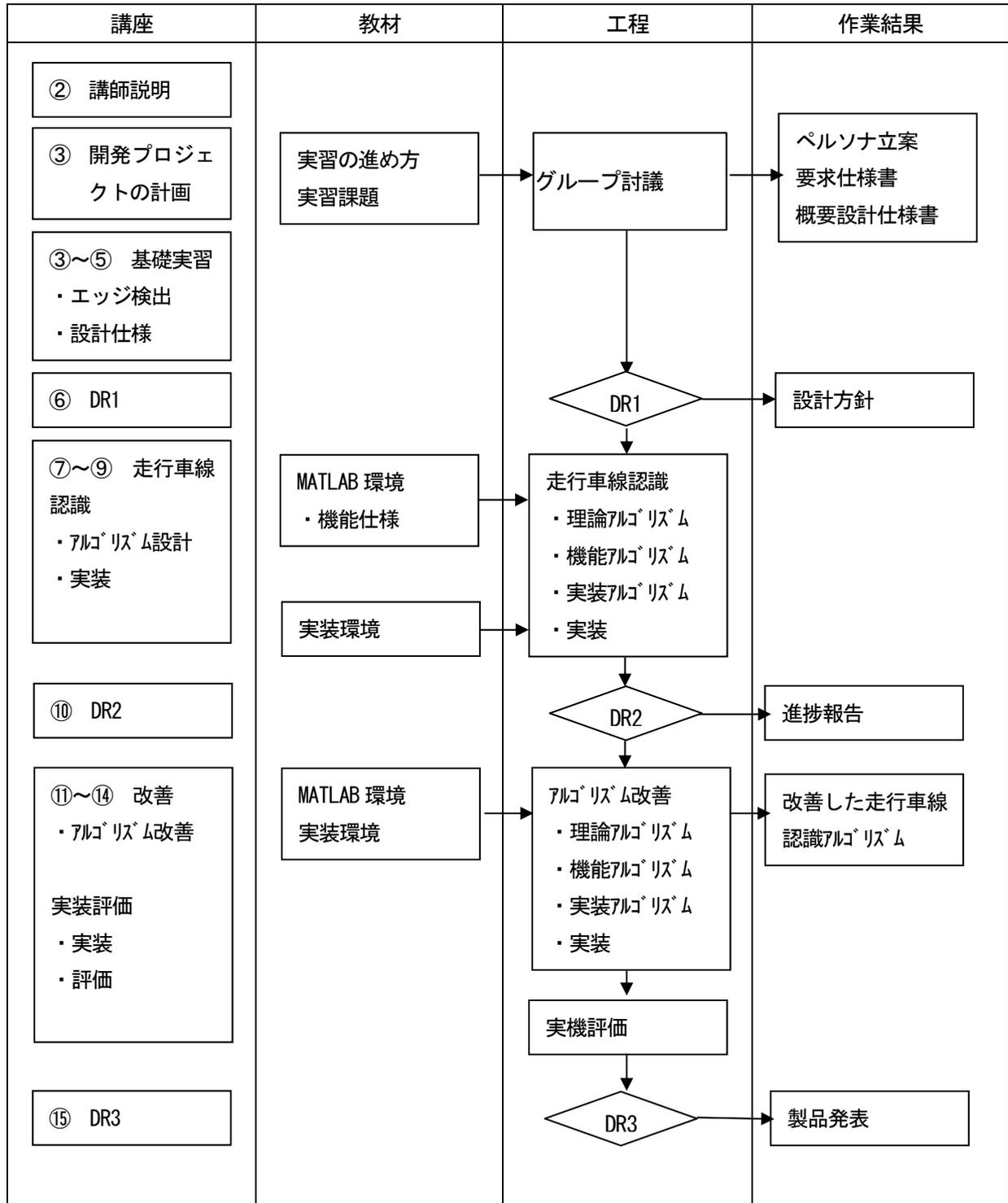


図 16 E3 コースの作業工程

※ 実習は1コマ 90 分の 5 日間で行われます。

※ 図中、講座の①~⑮はコマ数です。