

組込み系ソフトウェアプロジェクトの状況

SEC 組込み系ソフトウェアプロジェクト リーダー

三原 幸博

SEC 組込み系ソフトウェアプロジェクト 研究員

松田 充弘

SEC 組込み系ソフトウェアプロジェクト 研究員

石井 正悟

SEC 組込み系ソフトウェアプロジェクト 研究員

濱田 直樹

SEC 組込み系ソフトウェアプロジェクト 研究員

石田 茂

SEC 組込み系ソフトウェアプロジェクト 研究員

十山 圭介

1 組込みソフトウェアプロジェクトの概況

SECではこれまで組込みソフトウェアの高品質化を中心に開発業務の改善を後押しすべく開発・管理レファレンス・ガイド“ESxR¹シリーズ”の整備と普及を進めてきており、多くの企業・技術者の方々に利用していただいている。

2012年度のSEC組込みソフトウェアプロジェクトでは、一昨年から整備に取り組んできたエンジニアリング工程におけるガイドの「組込みソフトウェア向け設計ガイドESDR [事例編]」、「組込みソフトウェア開発における品質向上の勧め [テスト編～事例集～]」(ESTR)、「組込みソフトウェア開発における品質向上の勧め [バグ管理手法編]」(ESBR)を出版し、解説セミナーを実施した。これによりESxRシリーズは、ほぼ全領域をカバーすることができた。また、これらの成果を民間に移管し、自らで普及・活用ができるようトレーナー養成教育講座の開発と実施・教材提供を昨年度から始めている。ESPR²、ESMR³についてはトレーナー養成教育講座を開発しトライアルを含め一般向けにセミナーを実施すると共にWEBにて教材の提供をしている。

また国際化対応の一環としてESxRシリーズの英訳を進め、2012年度は新たにESPR,ESCR⁴(C),ESCR(C++)を翻訳した英訳版をWEBにて提供した。また、MISRA-Cの2012版への改版に関しては、ドラフト版の評価に協力した。MISRA-C改版に合わせてESCRの改訂も計画している。有識者の皆様の協力をいただきながら改訂作業を進めていきたいと考えている。

2 ESDRの出版

2.1 背景と狙い

組込みソフトウェアの不具合は、その発見が遅れるほど修正のためのコストが飛躍的に増大することが知られている。したがって、設計段階で十分な作りこみをおこない、不具合の潜在化を未然に防止することは、品質の高いソフ

トウェアを効率良く開発するために極めて効果的である。ところが、こうしたノウハウは、開発組織や会社の中に閉じてしまっており、一般的に利用できるものはほとんどなかった。

一方、ソフトウェアの設計には、異なる設計場面でさまざまな共通の「パターン」があることが知られており、書籍も多数出版されている。

そのパターンは特定のドメインや体系、手法などを前提として抽象化されているので、適用可能な場面では強力な道具となりうる。しかし、組込みソフトウェア設計の現場ではドメインが固定し、既存の様々な道具立てを用いるために体系や手法も先に決まっており、そこで共通に適用できる「パターン」を見つけるのはかならずしも容易ではない。

このような状況をふまえSECは、国内の様々な企業から提出された事例から始めて、実際に現場で活用できる設計のノウハウを提供することを目標としてESDR[事例編]を作成することとした。事例に含まれる経験を活かして具体性を重視しつつ、ノウハウをドメイン・体系・手法によらずに様々な場面で適用できる「作法」として整理した。

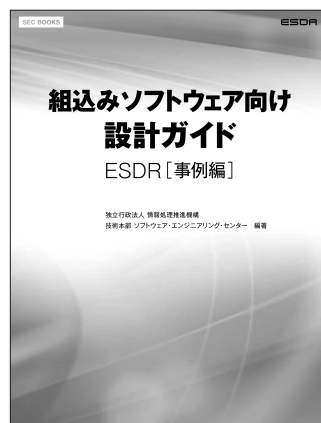
2.2 書籍の内容

① 作法の枠組み

すべての事例を以下の9つの項目から成る「作法」に当てはめて整理した。

【脚注】

- ※1 ESxR: Embedded System development exemplar Reference
- ※2 ESPR: Embedded system development Process Reference
- ※3 ESMR: Embedded system development Management Reference
- ※4 ESCR: Embedded system development Coding Reference



- 1) 場面による分類
後述の、設計者の置かれた場面による大分類。
- 2) 作法名称
作法番号と共に作法内容をできるだけ簡潔に表すタイトル。
- 3) 作法概要
作法の具体的な内容を捉えることのできる概説。
- 4) メリット
作法を適用することによって得られる利点。
- 5) 留意点
作法を適用することによってデメリットになり得る点や、その他の注意点。
- 6) 解説
作法内容の解説。
- 7) 例
作法の適用例。「何か問題が起こった際に作法を用いて解決する」といったできるだけストーリー立てた内容を記述。
- 8) 関連する品質特性
JIS X 0129-1 で規定する外部及び内部品質特性と利用時の品質特性から関連が深いものを記述。
- 9) 関連する作法
ESDR に収録した作法の中で関連の深いものを記載。

レベルでの工夫
様々なサービスを提供する中間の層に関するノウハウ。

Part D: システムで扱う周辺デバイス操作に関する工夫
組込みソフトウェアに特徴的な、周辺デバイスとのインターフェースに関するノウハウ。

③ 作法内容

ESDR[事例集]は、実際の現場の問題意識を反映して、内容が多岐にわたっているのが大きな特徴である。なかでも設計の核心とも言えるソフトウェアの構造上の工夫として、以下のような例を含むさまざまなノウハウを提供している：

- ・実行効率（速度だけでなく資源利用の面も）の向上
- ・大量のデータを取りこぼすことなくハンドリングする
- ・イレギュラーな事象の影響を最小限に抑える

その他、処理速度、資源利用の性能向上と処理の単純化、保守性のバランス、差分開発や改善など既存ソースコードへの対処方法、不具合を作りこまないためのチェックポイントなどを記載している。

2.3 今後の課題

既に IPA が主催・共催するセミナーで数回にわたって ESDR[事例集]の解説をおこなった。「作法」という定型フォーマットに経験を整理することに対してセミナー参加者から賛同と共に「事例を提供してもよい」「現場の匂いのする教材として大学教育で活用したい」といった様々な声もいただいている。

今後は、利用者からのフィードバックをもとに作法の枠組みや既存の記述の精度を高めると共に、事例を増やすことにより体系化やドメインごとに整理する等の展開を計っていききたい。

また、本事例集には設計固有の領域だけでなく、要求や企画といった段階での入念な準備により設計を容易にする作法も含まれている。このように上流の開発プロセスのノウハウを抽出し整理する、といった設計領域だけにとどまらない発展の可能性もあるものと考えている。

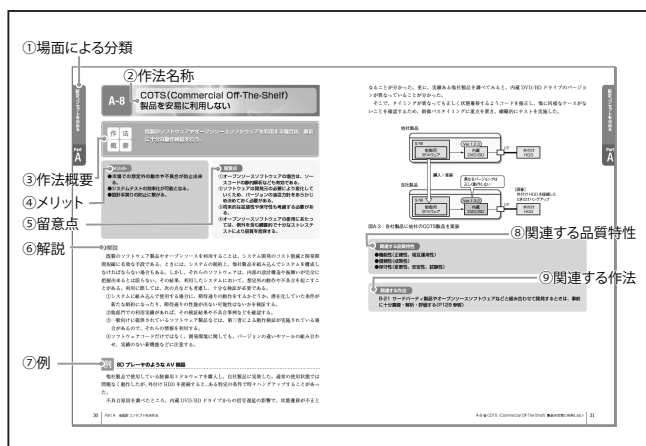


図1 作法のフォーマット

② パート分け

設計者の置かれた場面・視点により作法を以下の4つのパートに分類した。

Part A: 設計コンセプトを決める

開発や設計の方針など組込みソフトウェア開発の全体にかかわるノウハウ。

Part B: システムレベルの設計の工夫

アーキテクチャなど、組込みソフトウェアを組み上げる枠組みに関するノウハウ。

Part C: ミドルウェア・ネットワークスタック・ライブラリ

3 ESTR の出版

「組込みソフトウェア開発における品質向上の勧め [テスト編～事例集～]」(ESTR)を製本化し、2012年11月12日に発行した。

3.1 背景と狙い

近年、組込みソフトウェアは需要の急拡大に伴い、品質



や信頼性・安全性などが重視される状況になってきている。2011年および2012年版組込みソフトウェア産業実態把握調査報告書によると75%以上もの製品で出荷後に不具合が発生し、そのうち45%以上はソフトウェアの不具合が原因であるという結果であった。組込みソフトウェアを開発する多くの企業は、同報告書の結果を待つまでもなく製品出荷後の不具合発生を削減するためにソフトウェア品質の向上に向けた活動を進めている。特に、テストは市場で製品不具合を発生させないための最後の砦であることから、テストの重要性が強く認識されてきている。しかしながら、実際のソフトウェア開発現場では、様々な理由から十分なテストを実施することが難しく、またソフトウェアはどんなにテストしてもバグがゼロには成り得ないという現実があり、どこまでテストすれば十分なのかの判断に苦慮している、というのが実態である。

そこで、IPA/SECでは2011年4月に「テスト部会」を立ち上げ、ソフトウェア開発におけるV&V (Verification & Validation)の重要性を踏まえ、品質向上のための『実践的』なV&V改善のため、ソフトウェア開発現場が抱える課題を抽出し、先進企業におけるそれら課題に対する考え方や対策事例を収集し、多くの開発現場で改善策検討時の参考となるよう、V&Vの指針や目安をまとめて提供することとした。

本書はベストプラクティス集ではなく、本書に取り上げた事例は、先進的事例というよりもむしろ「当たり前」と考えられているものが多いかもしれない。先進企業の識者達が、そうあるべきと考え、実際そのように実践している事例を示すことで、読者が自社の実態と他社の実態を比較し、自社の取組みの妥当性を議論し、そして他者への説得の際に参照可能な情報となるであろう、という考えに基づいて編纂したものである。

3.2 書籍の特徴

① 3つの観点による整理

本書は次の3つの観点によるパートから構成されており、これらは組込みシステムのソフトウェアテストが直面している技術的、マネジメントの実状に基づく視点であり、利用者の参照しやすさにも配慮し全体で36事例を掲載した。

- Part1. テストの役割と限界・・・19事例
- Part2. テストへの要求と対応状況・・・8事例
- Part3. テストの基本的テクニック・・・9事例

② 実開発現場の成功・有効事例を収集して加工

テストに関わる品質メトリクスや基準値、標準ルールなど実際の開発現場で実践され、その有効性が実証されている内容を、許諾を得た上で可能な限り提示している。また、

自社、自部門における現状の検証活動との比較検討や参考とすることができるよう、図表・グラフなどで事例内容を分かりやすく解説している。

③ 定型フォーマット、Column、用語集付きで記述

全体の統一感を保つため、3.4に示すような構成とした。この際、既発行のESxRシリーズにおける「作法」、「解説」との構成上の統一性も考慮した。

3.3 対象領域

W字モデル開発プロセスにおけるV&Vの対象領域としては、次の領域がある。

- ①設計レビュー/モデル検証/コードレビュー
- ②テスト計画
- ③テスト実施/結果レビュー

SECがソフトウェア開発現場の方々に対して行ったアンケート/インタビューでいただいたコメントから、実際の組込みソフトウェア現場ではとくに②と③に大きな、そして差し迫った課題が潜在しているという理解に基づき、本書では②と③のいわゆる狭義のテスト領域を記述の主な対象とした。

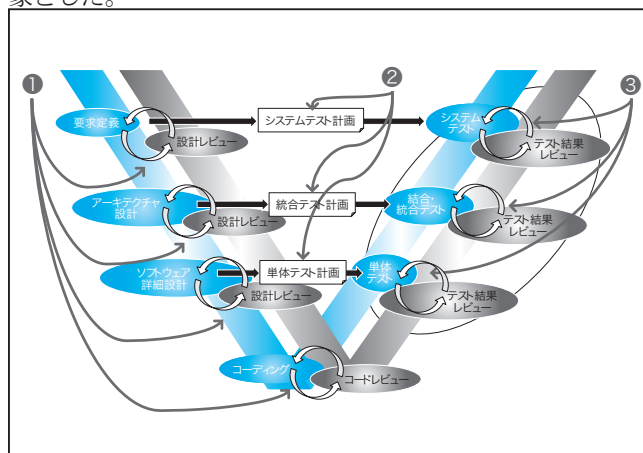


図2 V & Vの対象領域

3.4 事例集構成

本事例集は以下のような構成とした。

- 【見出し】ESxRシリーズの“作法”、“作法詳細”にならない、各事例での対策の基本的な考え方あるいは重要事項を端的に記述。
- 【解説】開発現場で実践している事例の内容を図表なども活用して解説。
- 【留意点】事例の内容に関して留意すべき点、関連するトピックスなどを記述。
- 【事例】具体例を挙げて要点を示しながら記述。
- 【Column】事例解説に関連した補足的な事項を記述。
- 【用語解説】本書で頻繁に用いる用語や勘違いしやすい用語を解説

4 トレーナズトレーニング教材の一般公開

IPA/SEC は、組込みソフトウェア開発にかかわる産業界の知見やノウハウを集めて整理した、組込みソフトウェア向け開発リファレンスガイド ESxR シリーズを出版し、多くの人達に利活用してもらうために、SEC 研究員 / 専門委員が講師になり、解説セミナーや演習セミナーを開いて来た。しかしながら、ドメインに応じた解説などの受講者が要望する内容へのカスタマイズという面で制約があった。そこで、受講者側での独自セミナーの開催を可能にし、ESxR シリーズの一層の普及を促進するため、2010 年より講師向けのトレーナズトレーニング教材の開発を開始した。2011 年に完成した「ESCR トレーナズトレーニング教材」は、ソフトウェアの実装品質向上を推進する人向けに C 言語のコーディング規約を制定したものである。これに続き、2012 年度は、標準的な開発プロセスを定義した ESPR に基づいて、組込みソフトウェア開発向けに開発プロセスのテーラリングを指導するための教材「ESPR トレーナズトレーニング教材」、および組込みソフトウェア開発のプロジェクト計画書作成を指導するための教材「ESMR /ESMG^{※5} トレーナズトレーニング教材」を開発し、これらの教材を一般公開した。



図 3 公開済みのトレーナズトレーニング教材

4.1 教材の利用イメージと構成

これら ESCR、ESPR、ESMR/ESMG の 3 テーマのトレーナズトレーニング教材は、図 1 に示す通り、トレーナーが一般受講者向けにセミナーを開催する場合（(1)ESxR 解説セミナー）に利用する教材とトレーナー自身を養成するためのセミナー（(2)ESxR トレーナー養成セミナー）用の教材とから構成される。

(1) ESxR 解説セミナー用教材

ESxR 解説セミナーは、一般受講者向けに、ESxR の概要や ESxR の利活用の仕方を理解してもらうために開催される。その教材は、講義用教材とグループ演習用教材とで構成されており、受講者のスキルレベルに応じて、

- ①基礎編コース
 - ②中級編コース
- の教材 2 つを用意している。

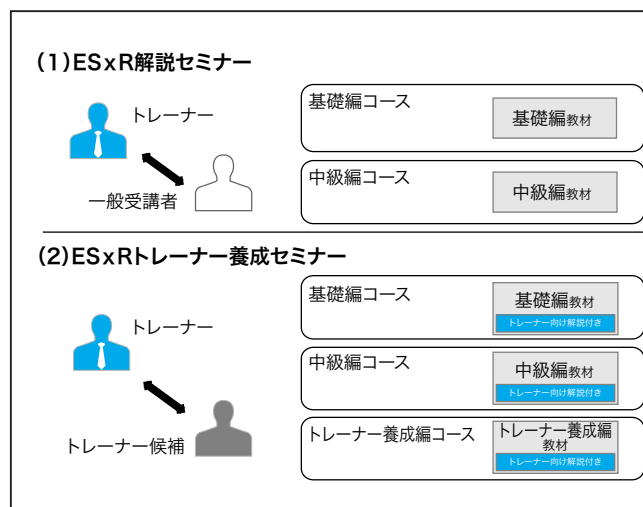


図 4 セミナーの種類と教材

(2) ESxR トレーナー養成セミナー用教材

ESxR トレーナー養成セミナーは、ESxR 解説セミナーの「基礎編コース」や「中級編コース」を自組織で開催するための ESxR 解説セミナー講師向けに、その解説の仕方や留意点、教材カスタマイズのポイント等を習得してもらうためのものである。解説セミナー用教材に講師向けの解説を付加した

- ①基礎編コース
 - ②中級編コース
- の教材と、さらには講師が所属する組織内で「基礎編コース教材」や「中級編コース教材」を活用して、仕事のやり方を変えようとする場合のノウハウが修得できる
- ③トレーナー養成編コース
- の教材を用意している。

4.2 教材の内容

教材として昨年度までに下記を開発し、公開している。

- ① ESCR トレーナズトレーニング教材
- ② ESPR トレーナズトレーニング教材
- ③ ESMR/ESMG トレーナズトレーニング教材

(1) ESCR トレーナズトレーニング教材

ESCR トレーナズトレーニング教材は、「コーディング作法ガイド [C 言語版]」（ESCR）を用いて、組織内でコーディング規約を制定し、ソフトウェアの実装品質向上を推進することを目的に開発した。基礎編コースとトレーナー養成編コースで構成される。

【脚注】

※ 5 ESMG : Embedded Systems development Management planning training Guide

教材名		概要
基礎編 コース	・講義 ・グループ演習 (半日コース)	各組織におけるコーディング規約の策定方法と、コーディング規約を浸透させる上での留意点を解説する。
トレーナー 養成編 コース	・講義 ・グループ演習 (1日コース)	基礎編コースセミナーを組織内で開催するための一連のプロセスを修得する。

(2) ESPR トレーナーズトレーニング教材

ESPR トレーナーズトレーニング教材は、「開発プロセスガイド」ESPRをテーラリングして、組織内に適した開発プロセスを構築する方法を指導することを目的としている。

教材名		概要
基礎編 コース	・講義 ・グループ演習 (半日コース)	プロセス・テーラリング時におけるESPRの活用方法とテーラリングの基本的な進め方を修得する。
中級編 コース	・講義 ・グループ演習 (半日コース)	厳しい開発条件に適用できるような開発プロセスを構築するためのプロセス・テーラリングの実践的なスキルを修得する。
トレーナー 養成編 コース	・講義 ・グループ演習 (半日コース)	組込みソフトウェアを開発する組織/部門/プロジェクトにおけるプロセス整備やプロセス改善を促進するノウハウを修得する。

(3) ESMR/ESMG トレーナーズトレーニング教材

ESMR/ESMG トレーナーズトレーニング教材は、「プロジェクトマネジメントガイド [計画書編]」(ESMR)、「プロジェクト計画立案トレーニングガイド」(ESMG)を活用して、組織内にプロジェクト計画書に基づいたソフトウェア開発を推進させるための教材である。役に立つプロジェクト計画書の書き方、計画の立案方法を理解させるためのトレーナーを養成することを目的に開発した。

教材名		概要
基礎編 コース	・講義 ・グループ演習 (半日コース)	プロジェクト計画書の記載項目と記述様式を習得する。
中級編 コース	・講義 ・グループ演習 (半日コース)	プロジェクト計画立案方法を習得する。
トレーナー 養成編 コース	・講義 ・グループ演習 (半日コース)	役に立つプロジェクト計画書作成の仕方を推進する方法を習得する。

4.3 教材の特徴と利用許諾

開発した教材は改変を認め、編集可能な電子ファイル(doc/docx, xls/xlsx, ppt/pptx)で提供している。教材の普及活動を民間へ移管することを後押しするために営利目的

での利用も認めている。

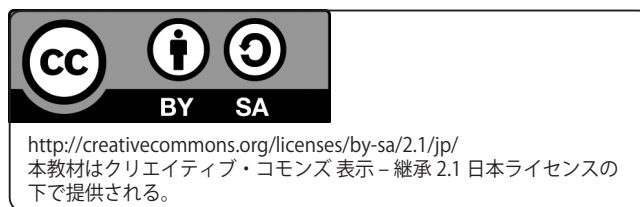


図5 教材の利用許諾

4.4 トレーナー養成実績

2012年度に開催したESxR トレーナーズトレーニングセミナーの修了者数を以下に示す。

実施日	場所	主催	修了者数	備考
■ ESCR トレーナー				
(2011年度までの修了者数)			(42名)	
2012年9月27日～28日	東京	IPA/SEC	8名	一般公募
合計			50名	
■ ESPR トレーナー				
2012年7月12日～13日	東京	IPA/SEC	14名	トライアル
2013年3月7日～8日	東京	IPA/SEC	10名	一般公募
合計			24名	
■ ESMR/ESMG トレーナー				
2012年12月13日～14日	東京	IPA/SEC	14名	トライアル
合計			14名	

4.5 まとめ

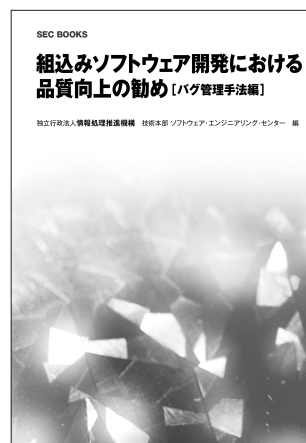
トレーナーズトレーニング教材の提供は、2011年度までは、トレーナーズトレーニングセミナー修了者に対して行って来たが、2012年度には、セミナーの受講がない場合でも、自習できるように、教材を充実させ、IPA/SECホームページから教材のダウンロードも行えるようにした。ESCR トレーナーズトレーニング教材は、2012年9月、ESPR トレーナーズトレーニング教材とESMR/ESMG トレーナーズトレーニング教材は、2013年3月に一般公開した。

5 普及展開

5.1 バグ管理手法

組込みソフトウェア品質の確実かつ効率的な確保のために、「組込みソフトウェア開発における品質向上の勧め [バグ管理手法編]」(ESBR)を出版した。

本書は、ソフトウェア開発現場で、“バグ”を期限内に漏れなく分析し、原因個所の特定や修正、正しく修正されたことの確認を困難にしてい



る組込みソフトウェア特有の要因を排除し、“バグ”の発見から担当の割り振り、原因究明、修正、確認、承認など一連の管理プロセスに則った組織活動としての“バグ”管理においてどのような考え・手法・工夫・基準を用いているか、具体的な事例をベースにして解説している。

5.2 MISRA 連携

MISRA は、C 言語の規格書 ISO/IEC 9899:1990 に準拠して MISRA-C を策定していたが、2012 年春には 1999 年に発行された C 言語の規格書 ISO/IEC 9899:1999 に対応した改訂版のドラフトを作成した。IPA/SEC にもこのドラフトに対するコメントを求めてきたため、ESCR を作成した高品質部会にて対応しコメントを返した。2013 年 3 月 18 日には正式版 (MISRA-C2012) が公開されたが、その中で ESCR の一部が参照されている。

5.3 英訳

「組込みソフトウェア開発向け開発プロセスガイド」(ESPR) Ver 2.0、「組込みソフトウェア開発向けコーディング作法ガイド [C++ 言語版]」(ESCR) Ver 1.0 の英訳を実施した。また既訳の「組込みソフトウェア開発向け品質作り込みガイド」(ESQR) Ver 1.0、「組込みソフトウェア開発向けコーディング作法ガイド [C 言語版]」(ESCR) Ver 2.0 と併せてウェブサイト公開した。これらの英訳版ガイドは、13ヶ国・地域の延べ 22 社に提供されている。(図 6)

利用国または地域	利用目的	利用分野	E S C R	E S Q R	E S P R
1		開発支援ツール			
2	中華人民共和国 (4件)	現地品質担当者の指導・教育		●	
3		現地技術者の指導・教育	●	●	
4		海外関連会社向けコーディング規約作成	●		
5	インド (2件)	日本市場向け製品の品質向上		●	
6		現地技術者の指導・教育	●	●	●
7	ベトナム (2件)	現地技術者の指導・教育		●	
8		現地検証技術者の指導・教育		●	
9	インドネシア	現地技術者の指導・教育	●	●	
10	タイ	テスト業務改善		●	
11	マレーシア	現地技術者の指導・教育		●	
12	英国 (2件)	MISRA-C 改版	●		
13		プログラム品質向上	●		
14	スウェーデン	海外関連会社向けコーディング規約作成	●		
15	ロシア	現地技術者の指導・教育	●	●	●
16	韓国	現地技術者の指導・教育	●		
17	台湾	OEM 先の品質向上	●		
18	米国	コーディングルール適用	●		
19		海外ベンダへの品質説明の語彙		●	
20	国内 (4件)	海外子会社従業員向けの教育資料		●	
21		海外関連会社向けコーディング規約作成	●		
22		国際学会向け			●
(合計件数 22)			12	13	3

図 6 ESxR シリーズ英訳版利用状況

5.4 セミナー実績

年間を通じて ESxR シリーズの普及促進のために解説セミナーを実施している。今年度は以下に示す通り、大学・学界との連携セミナー、企業の導入事例セミナーおよび ESxR トレーナー養成セミナーを中心に実施した。

開催日	セミナー、ワークショップ	共催	開催場所
5/9~11	ESCR C++, ESMG 解説セミナー	ESEC2012	東京都
5/24	慶応大学 SDM ESCR 解説	慶応大学 SDM	東京都
5/31	慶応大学 SDM ESQR 解説	慶応大学 SDM	東京都
6/7	慶応大学 SDM ESMR 解説	慶応大学 SDM	東京都
6/14, 15	ET-WEST ESMG 解説	(一社) 組込みシステム技術協会 (JASA)	大阪府
7/12, 13	ESPR トレーナーズ トレーニング (トライアル)	-	東京都
8/24	IEEE ワークショップ ESCR 解説	IEEE SMC Hiroshima Chapter	広島県
9/27, 28	ESCR トレーナーズ トレーニング	-	東京都
10/19	ESMR/ESMG 解説セミナー	-	東京都
10/25	IPA フォーラム SEC セッション	-	東京都
11/14~16	ET2012 セミナー (ESDR, ESTR, ESBR)	(一社) 組込みシステム技術協会 (JASA)	神奈川県
12/13, 14	ESMR トレーナーズ トレーニング (トライアル)	-	東京都
1/29	ESQR 事例付きセミナー	-	広島県
2/22	ESDR, ESTR 解説セミナー	-	東京都
3/7, 8	ESPR トレーナーズ トレーニング	-	東京都
3/11, 12	ESxR, ESDR, ESTR, ESBR 解説セミナー	(一社) 組込みシステム技術協会 (JASA) 東北支部	宮城県
3/15	ESBR 解説セミナー	-	東京都

【参考文献】

[SEC journal 29] 三原、松田、濱田、十山、石井、他：組込みソフトウェアプロジェクトの状況 SEC journal No.29 Vol.8, No.2, pp.63-68, 2011