

組込みシステムアーキテクト 養成プログラム

野口靖浩

静岡大学情報学部

組込みシステムアーキテクト養成プログラムとは

組込みシステムアーキテクト養成プログラムは、企業に所属してある程度の経験を積んだ技術者を対象に、“組込みシステムアーキテクト”を育成する教育プログラムである。

本プログラムは、浜松市と静岡大学とが中心となって文部科学省科学技術戦略推進費「地域再生人材創出拠点の形成」プログラム^{☆1}に応募し、2008年度に採択された。その後、2012年度までの5年間、その支援を受けて推進した。2013年度以降は組込みソフトウェア技術コンソーシアム(HEPTコンソーシアム)^{☆2}を設立し、浜松市、静岡大学を含む38の企業・団体の支援により本プログラムを継続している。その結果、2008年度から2014年度までの7年間に計12回実施し、延べ190名の技術者を修了生として送り出した。

本プログラムは2013年度に情報システム教育コンテスト(ISECON 2013)による評価の機会をいただき、審査委員の方々からの有益なコメントとともに、最優秀賞をいただいた。プログラムの設計や実践の成果、教育効果測定の手法等の詳細については、我々の論文^{1), 2)}やWebページ^{☆2}等を参照いただくとして、本稿では実施現場の様子や修了生の活躍の事例など、論文では述べきれなかったことや論文

.....
^{☆1} (独) 科学技術振興機構：地域再生人材創出拠点の形成，<http://www.jst.go.jp/shincho/socialsystem/program/020000.html> (参照 2015-03-31)

^{☆2} 組込みソフトウェア技術コンソーシアム：設立趣旨 - HEPTコンソーシアム，<http://architect.inf.shizuoka.ac.jp/hept/purpose> (参照 2015-03-31)

以降の事柄などを交えて、改めてプログラムを紹介したい。

組込みシステムアーキテクト

組込みシステムの複雑化および規模増大により、開発組織が技術領域ごとに分断されることが増え、技術領域を横断的に経験する機会が少なくなっている。その結果、技術領域を横断した設計案を案出し、プロジェクトを推し進めることのできる人材をOJT中心で育成することが難しくなっている。このような問題意識から、本プログラムの養成対象“組込みシステムアーキテクト”を、我々は以下のように定義し、プログラムの設計・実施に取り組んでいる。

- ソフトウェア工学、制御工学の基礎を理解し応用できる技術者
- 技術領域を横断的に俯瞰し統合を促進できる技術者
- 技術のリーダーとして、合理的な説明のもとに設計を案出・決断できる自立性、および対話を通じて設計をまとめあげる協調性を持った技術者

合宿形式によるリビング・グループの形成

「リビング・グループ」の形成を意図して、2泊3日×8回の合計24日間のプログラムとして設計した。本プログラムの中でできた「リビング・グループ」が、学習コミュニティとして機能することと、プログラムの修了後も続く

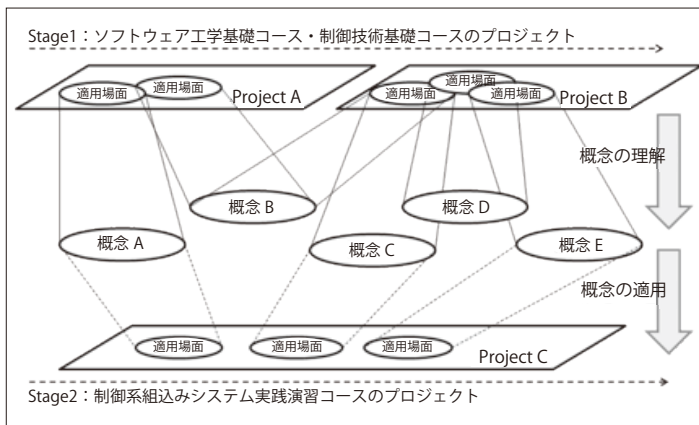


図-1 PBLモデル



図-2 プログラム中の議論の様子

友情を構築する一助となることを期待した。

プログラムの設計と実際の運営にあたって特に重視したのは“Team Building の促進”，“発言へのチャレンジ”，“メンバの多様性”の3点である。ナイトセッションの時間を設けて，ソフトウェアの設計に関するワークショップや正規のカリキュラムから少し離れた話題での自由な議論の場を企画することで，“Team Building”を促進したこともその1つである。

また，折にふれて「“唯一無二の正解がない”問題を取り扱っていること，“自分の頭で考え”，“仲間と議論する”中で案をまとめる必要があること，そのためには積極的な“発言へのチャレンジ”が求められ，“人と問題を分けた”建設的批判は歓迎されること」を意識的に伝えるようにし，実際に各コースに用意した各プロジェクトの中で互いの設計案を戦わせる機会を提供した。

同一企業の参加を各期最大2名，また同一期に同一の部署からの参加を避けていただくなどして，プロジェクトメンバの多様性の確保を図った。幸いにも，会社数は延べ40社，受講生の年齢層は入社直後の22歳から30年以上の業務経験を持つ50代の方まで幅広く参加いただいた（受講生の平均年齢は30歳）。各受講生の専門分野は，“制御設計”，“機械設計”，“電子回路設計”など幅広く，プログラム自体はソフトウェア設計を中心としたカリキュラムになっているが，そこに参加するメンバの多様性は“ソフトウェア”に偏らず，確保できたと思う。

概念の適用を促進するPBL

本プログラムはすでに企業に所属し，ある程度の経験を積んだ技術者を対象とすることから，受講生の開発経験に基づく実践的な知識は一定のレベルにあることが想定された。そこで，我々のPBLモデル（図-1）では，受講生らの実践的な知識を概念的な知識と結び付けることを主眼とし，最終的に受講生が企業の中でほかのエンジニアに対して論理的な説明ができるよう知識が体系化されることを目的とした。プログラムは「ソフトウェア工学基礎」「制御技術基礎」「制御系組込みシステム実践演習」の3コースから構成しており，受講生はすべてのコースを受講する。

最初の2つの基礎コースでは「概念の理解」を主目的とするため，受講生が学ぶ必要のある概念を含む形で設計した。ソフトウェア工学基礎に6プロジェクト，制御技術基礎に4プロジェクトを用意し，学んだ概念を次に続くプロジェクトの中で何度も繰り返し使う中で概念を習得する。講師は“なぜその概念をそのような形でプロジェクトに適用するべきなのか”を問いかけて，判断根拠のドキュメント化と説明／議論を求め，受講生の実践的知識と習得概念との結び付けを促進する（図-2）。

続く実践演習では「概念の適用」を主目的とする1プロジェクトを用意した。習得した概念を実践的な課題に対して自らの判断で適用する機会を提供する。概念を自らの判断で適用することを繰り返



途中で、習得した概念を実際に利用するために必要なスキルを育成する。

この方法は、ほかの人の多様な意見が聞け、同じ課題に対して異なる案が案出されることを体験する場となり、受講者が自身の設計案や思考様式を考えなおすきっかけとなったと評価されている。

教育成果

Kirkpatrick らの「レベル 4 フレームワーク」³⁾では、教育効果をレベル 1～4 の 4 段階で定義している。本プログラムでは、表 -1 のようにレベル 1 (Reaction : 受講生の満足度) を受講生によるスキル自己診断(受講前と受講後)、レベル 2 (Learning : 受講生の態度の変化, 知識技術の向上) をプログラム中の成果物やプレゼンテーション等で評価している。また、レベル 3 (Behavior : 業務の現場における行動の変化) の効果測定としては、そのレベルに最も興味を持っているとされる⁴⁾ 受講生の上司に対するアンケートを受講後半年経過時に行っている。これには山本らの勘案した評価モデル⁵⁾も参考にしている。

スキル自己診断には ETSS^{☆3} を参考にした評価シートを利用している。プログラムの受講前と受講後に自己診断を実施してもらい、その間の差をとっている。受講時より受講後の方の自己評価が下がっていた事例が何人か見受けられるが、これはほかの技術者と交流する中で評価尺度が客観化されたことを示唆している。実際のプログラム修了時の受講者の声としては「ほかの技術者と比べて自分がどの程度なのか分かってきた気がする」、「うちの会社が結構すごいと感じるようになった」、「同僚の技術者の技術力が分かるようになった」、「逆にうちの会社はここができていない」といった意見が聞かれた。

受講生の上司に対するアンケートでは、プログラム修了後の受講生の行動変容や、派遣元企業のほかの技術者あるいは業務への影響の度合いを確認する

レベル	設定方法
レベル 1 Reaction	受講生によるスキル自己診断
レベル 2 Learning	プロジェクトへの参画の様子 プロジェクト成果物 プレゼンテーション 各コース終了時のレポート 個人インタビュー
レベル 3 Behavior	受講後の上司へのアンケート調査

表 -1 教育効果の測定方法

ことができた。また、プログラム内容と業務とのミスマッチ、企業の教育システムへの位置付け方や、コストパフォーマンスの評価などの情報を収集することができ、この結果がプログラムの改善につながるようになった。

レベル 4 (Results) に関しては、現状では体系的な調査が行えていない。教育プログラムの効果は、そこに参加した技術者の個人的なスキル向上を始めとして、それが企業の業務に反映されることが求められる。具体的な事例に結び付くには相応の時間が必要となるし、事例に結び付いたとしてもどの程度の割合の貢献があったのかを計測することはきわめて難しい。継続的な調査と定量的な評価は今後の重要な課題だと考えているが、ここでは修了生が所属企業に戻った後の活躍について、いくつかの事例を紹介しておきたい。

例年実施している HEPT コンソーシアムフォーラムでは、修了生から本プログラムの成果を企業の現場にフィードバックして活用した事例が報告されている (図 -3)。それ以外にも修了生およびその上司から、以下のような貢献が報告されている。

- 社内デザインレビューのプロセス改善
- 顧客～開発までの情報共有プロセスに UML を導入することで、誤解や抜けによる手戻りを抑制
- 社内での“組込みシステムアーキテクト”育成のため、技術領域の異なる部門間での人材交流のスキームを構築中
- 修了生が中心となって従来交流のなかった企業と定期的な研究会を継続的に開催中

☆3 組込みスキル標準, <http://sec.ipa.go.jp/ETSS/>



図-3 修了生による発表事例

- 技術者個人間で勉強会を継続的に開催中
- 各企業が得意領域を分担した製品の試作
- 大学と相互協力した研究・開発の促進

継続の状況と今後の展望

2013年度以降、HEPTコンソーシアムが主体となって継続するにあたって、受講コストの問題により2泊3日×8回(合宿形式)から2日×9回(日帰り形式)への変更を行った。また、プログラムの内容についても、プログラムの一部を制御技術基礎からモデルベース開発基礎へと中心テーマを変更したこと、実践演習をより上流の要求分析・要求仕様に注力できるように課題・開発環境を変更したことなど、いくつかの改変を行ってきた。このような改変は、修了生が所属企業に戻ってプログラムの内容を社内にフィードバックする流れと連動して、常に進めていくことになるだろう。

合宿形式から日帰りの形式へと変更したことによ

る影響として、課題への集中力の継続の違いと、課題外的话题を掘り下げる時間と雰囲気が減ったことが特に感じられる。改めて認識された合宿形式の良さを、日帰り形式において実現する新たな手法の考案が大きな課題である。

最後に、本プログラムをTAとして支援する学生に対する教育効果を挙げておきたい。本プログラムでは学部4年生～大学院生にTAとして支援してもらってきたが、彼らもまた企業の現役の技術者と交流する中で得るものが大きかった。特に現役の技術者に対して教える機会が“Learning by Teaching”の場として機能していた。企業の現役技術者と長時間に渡って交流できる貴重な機会でもあるので、学生側の教育の場としても機能する方向への発展を検討していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 野口靖浩, 松澤芳昭, 森 孝夫, 島 聡司, 塩見彰睦: 合宿とPBLによる組込みシステムアーキテクト養成プログラムの設計と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol.36, No.1, pp.21-33 (2012).
- 2) 野口靖浩, 松澤芳昭, 島 聡司, 塩見彰睦: 組込み人材育成研修後の上司による「行動変容」評価の実践とSCATによる分析, 工学教育, Vol.60, No.3, pp.86-91 (2012).
- 3) Kirkpatrick, D. L. and Kirkpatrick, J. D.: Techniques for Evaluating Training Programs, in Evaluating Training Programs. Alexandria, VA (1975).
- 4) Phillips, J. and Ron, S.: How to Measure Training Results, McGraw-Hill (2002).
- 5) 山本雅基, 齋藤洋典: 組込みソフトウェア教育の受講者と上司による受講後の教育効果評価, 工学教育, Vol.55, No.4, pp.81-85 (2007).

(2015年5月28日受付)

野口靖浩 (正会員) noguchi@inf.shizuoka.ac.jp

博士(工学)。静岡大学情報学部特任助教。ソフトウェア技術者教育、知的教育システム、自然言語処理、対話システムなどの研究に従事。

