

組込みソフトウェア開発力強化推進委員会
組込みスキル標準領域 教育部会
人材インフラ検討グループ
平成 18 年度活動報告書

組込みソフトウェア人材育成基盤に関する提言
『組込み人材育成インフラレポート』
～体系的な取り組みによる「ものづくり国家」の発展を目指し～

平成 19 年 6 月

経済産業省

組込みソフトウェア開発力強化推進委員会
組込みスキル標準領域 教育部会
人材インフラ検討グループ

目次

サマリ	4
1. 本書の目的	5
1.1. 本書の提言先	5
1.2. 提言の内容	5
1.3. 目標	7
1.4. 本書の構成	7
2. 現状認識と問題点	8
2.1. 教育現場	8
2.2. 開発現場	13
3. 問題の原因と仮説	16
3.1. 問題の原因、問題の連鎖	16
3.2. 問題を解決する仮説（アプローチ）	17
4. フレームワーク（案）	20
4.1. 育成ステージ	20
4.2. 育成アクティビティ	23
5. 人材育成インフラ施策案	27
5.1. 導入ステージの施策案	29
5.2. 体験ステージの施策案	40
5.3. 入門ステージの施策案	44
5.4. 専門ステージの施策案	51
APPENDIX:1 フォローアップ施策	53
1. 若年雇用	53
2. 両立支援	54
3. 心の病（メンタルヘルス）	54
4. セカンドキャリア	55
APPENDIX:2 施策の取り組み（案）	56
1. 施策の整理	56
2. 施策検討の機関など	57

経済産業省 組込みソフトウェア開発力強化推進委員会
組込みスキル標準領域 教育部会 人材インフラ検討グループ

委員リスト

清尾 克彦	三菱電機 株式会社
崎詰 素之	株式会社コア
宮下 光明	株式会社グレープシステム (トロン協会)
山本 真司	学校法人河合塾
渡辺 登	IPA/SEC(沖通信システム株式会社)

サマリ

【現状認識】

- 組込みソフトウェア開発は、人材不足（質・量）によるスキルの空洞化や品質問題の顕在化など問題を抱えている。
- 教育現場では、工学離れや基礎力低下など、今後の人材不足に対する明るい材料がない。

【提案するフレームワーク】

- これまでの、開発現場や高等教育機関に対するカリキュラム提供だけでなく、人材不足（質・量）に対する総合的な施策群を提供する。
 - ・育成ステージとして『誘導』『体験』『入門』『専門』を定義し、それぞれに施策を提供する。
 - ・育成アクティビティとして『プロモーション』『カリキュラム』『指導者・教員』『教育評価』を定義し、カリキュラムを取り巻く周辺に対しても施策を提供する。
- 育成ステージと育成アクティビティのマトリクスにおける施策を具体化することで、人材育成の参加量と質の増強を図る。

【プロモーション施策のポイント】

- 初等中等教育に対して、成長の過程を考慮した情報と体験の場を提供。技術者のイメージ（カッコよさ、収入など）に関する検証実施と改善検討を同時に実施。
- 各施策のステークホルダとモチベーションを考慮した情報内容と情報提供ルートを検討。特にマスメディア活用や、地方自治体との協調、企業のモチベーションなどを考慮。

【カリキュラム施策のポイント】

- 教育カリキュラム選択を支援する。定常的な教育機会の提供や、選択や導入の容易性を支援。
- 誘導には学校におけるキャリア教育に対して情報提供、体験には学校および学校外でのイベントを定常的に提供する。これらは新規施策よりも既存施策と連携を図る。

【指導者・教員施策のポイント】

- 育成ステージ毎に、提供する教育内容を明確にし、指導できる人材の質と量の増加を図る。
- 企業から教育現場への派遣や、指導者としてのキャリアパスを考えたスキームを構築し、質と量の増強を図る。

【教育評価施策のポイント】

- 人材育成施策の質と量の増強を実現するために、教育施策の評価と、教育結果の評価（技術者の知識やスキル評価含む）の方法を提供。
- 教育施策はプロセス評価、外在的評価があり、育成された技術者は、履修認定、知識やスキル評価、業績評価などがある。育成ステージに適した教育評価を行い、教育品質状況を顕在化させる。

以上の施策に加え、若年雇用などのフォローアップ施策を加え、総合的に組込みソフトウェアの人材育成インフラの整備を図り、開発力強化を図る。

1. 本書の目的

本書は組込みソフトウェアの開発力強化を目的に、人材育成における基盤（インフラ）の整備の実現について検討した結果である。人材の量および質の強化は、価値の増加や大規模・複雑化が進む組込みソフトウェアにとっては最も重要な取り組みである。各種施策を総合的・定常的に実施・提供することで、人材育成の強化を実現する。

1.1. 本書の提言先

本書は、組込みソフトウェアの開発に関する官庁、地方自治体、教育機関、そして企業に対して提案する施策案（一部問題提起のみ）である。

官庁とは、経済産業省を主たる対象とするが、文部科学省や厚生労働省、内閣府などの人材育成に関係する組織も対象となる。また、経済産業省における（独）情報処理推進機構や（社）組込みシステム技術協会などの外郭団体も、具体的な施策提供において必須の存在であり対象となる。

地方自治体は、都道府県庁や市役所・区役所、地方自治体の外郭団体、地域密着型の技術関係機関（公設試験研究機関、ソフトウェアセンターなど）が対象となる。

教育機関は高等教育機関と初等・中等教育機関が対象となる。これまでの大学・大学院、工業高等専門学校を中心とした施策ではなく、専門学校や普通高校、小中学校も対象に広げている特長があり、これら広げた範囲の教育機関が将来の開発現場に与える影響は大きい。

企業は、組込みシステムを開発・生産するメーカーだけでなく、メーカーに対して技術やスキル、教育を提供するベンダも対象としている。また、開発者や学生に対して各種情報やサービスを提供する企業も対象としている。

これら組織や団体が協調・協働し、総合的で定常的な施策に取り組むことによって、組込みソフトウェアの開発力強化に繋がる効果的な人材育成を実現することが可能となると考える。

1.2. 提言の内容

ここでは、これまでの取り組みを振り返り、本書の提言における対象を明確にする。また、提言におけるスタンスとして総合的な施策とする必要性を示す。

1.2.1. これまでの取り組み

経済産業省では2003年10月から『組込みソフトウェア開発力強化推進委員会』（準備会期間も含む）を立上げ、産業競争力を支える組込みソフトウェアに関する施策を実施している。組込みスキル標準（ETSS）^{*1}は、この施策において人材育成に関する中心的な取り組みである。ETSSはスキルを可視化することで、人材育成や人材活用を実現する道具として開発され、開発企業における人材育成や人材活用に利用されている。また、大学や専門学校、教育ベンダにおける人材育成に利用されている。

しかし、開発現場における質および量の人材不足は、これら施策によっても劇的に解消されることは無く、急激な需要の拡大に対して、教育機関からの人材の輩出や、開発現場での開発効率化が追いついていない状況である。また、少子高齢化と人口減少、若者の理数離れや工学系進学者数減少は、将来にわたる人材の輩出に対して見通しの悪化を予測させるには十分な環境となってしまうている。

ちなみに、経済産業省が2004年から実施している『組込みソフトウェア産業実態調査』*2では、組込み産業関連分野での今後の政策として最も重要な課題は、人材育成という結果となっている。

1.2.2. 対象は人材育成の基盤

本書が主に扱うのは人材育成の各種施策における基盤となる“人材育成インフラ”である。しかし、産業競争力強化には人材育成インフラ以外の施策も重要であり、イノベーション活性化、エンジニアリング強化、グローバルな開発体制構築など、ビジネスや技術的な施策と人材育成のバランスよい提供が求められる。

ものづくり国家としての日本を、将来も維持・発展するには人材育成が必須であり、イノベーションもエンジニアリングもこれらを実現するには人材が存在する。ものづくりは人材が鍵であり、本書で提案する施策が、産学官における人材投資の活性化や、付加価値を生む人材の育成を実現する。

本書における施策は、技術要素の研究者や科学者よりも、人材不足が深刻な開発現場において、技術を応用して製品の付加価値を実現・提供する技術者を想定している。研究者など技術要素の研究開発や、開発技術の新規開発ができる人材に関しては別途施策が求められる。

1.2.3. 総合的な施策を目指し

総合的な施策の検討は、対象の明確化と対象毎のアプローチ、直接的な育成（カリキュラム、指導者・教員）、育成を支援する施策（プロモーション、施策の教育評価）などに留意し、関係者にわかりやすく効果的な施策体系としている。

開発力強化を目的に、研修コース開発やスキル可視化といった部分的・限定的な施策ではなく、総合的な施策の提案によって、関係者の積極的な参加や利活用を実現し、経営者による投資の判断を支援したい。また対象は、大企業のみでなく中小企業も、中央のみでなく地域も積極的に関与できる仕組みの提供を図る。これらによって、海外に対して「組込み開発といえば日本」というメッセージを発信する。日本が組込みシステム開発においてリーダーシップを発揮することで、アジア経済圏の構築や国際標準化の展開など、国際的産業競争力を優位に進めることを実現する。

1.3. 目標

本書の施策によって、組込み開発技術者の質と量の増加を実現することを目指す。目標は、現状 19 万人、不足率 49% という開発者数を、少子高齢化・人口減少に加え理数離れや工学系進学者数減少が進む状況下において対策を施すことである。定量的な目標値の設定や達成時期・期限などは、具体的な施策に関する詳細化を進めた後に提示する方向で検討を進める。

1.4. 本書の構成

本書は問題の認識（意識合わせ）から始まり、具体的な施策案を提示する流れとしている。

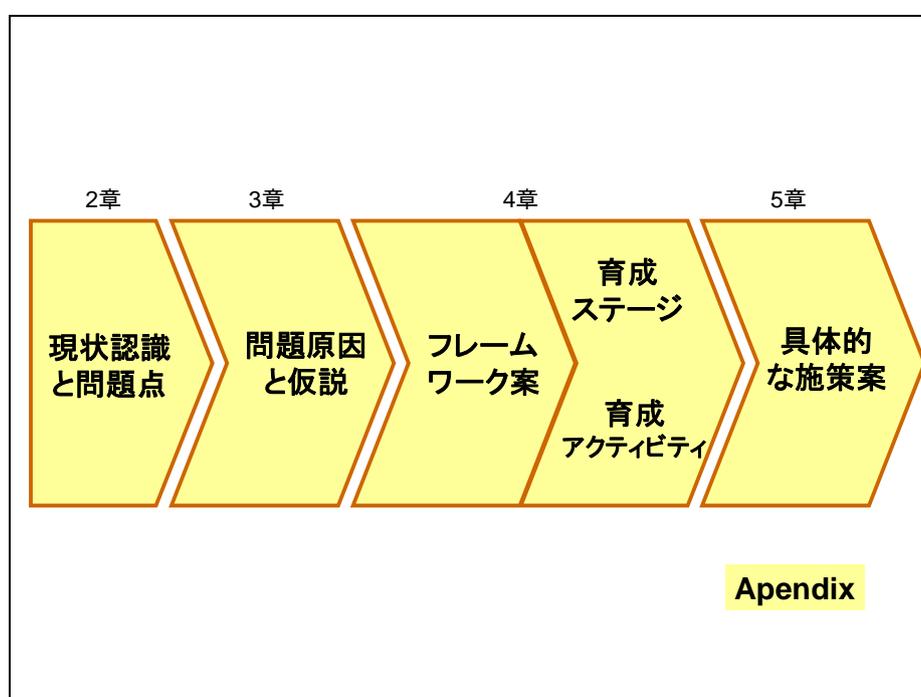


図 1-1 本書における説明の流れ

2. 現状認識と問題点

ここでは、組込みソフトウェアの開発現場と、若年層に対する教育現場の2つの大きな観点で、それぞれ抱える問題を抽出する。ここで抽出した問題は現場にて顕在化している問題の全てではなく、人材育成に対して影響を与える問題の代表的なものである。

表 2-1 問題の整理表

大項目	中項目	小項目
教育現場	高等教育	カリキュラム不足と産学ミスマッチ
		教員と専門分野のミスマッチ
		大学全入時代による学生の基礎力低下
	初等・中等教育	基礎学力の低下
		技術教育の不足
		理工離れ
開発現場	人材	開発基礎力の不足
		質・量の人材不足
	ビジネス	開発スキルの空洞化
		品質問題の顕在化

2.1. 教育現場

教育現場としては、開発現場に直接人材を供給する高等教育機関と、より若年層の初等・中等教育機関の2つに分類し、人材育成に関する現状認識と問題点を抽出する。

2.1.1. 高等教育

高等教育機関における問題は、教育カリキュラムそのものに関するものと、それを担当する教員の専門能力の不足、さらには学生の基礎力という3つの観点、それぞれで問題を捉える必要がある。

(1) カリキュラム不足と産学のミスマッチ

現在、産業界の欲する人材と高等教育機関が生徒に対して提供する教育のミスマッチがある。つまり、専門技術・スキルの教育とヒューマンスキルの双方で、産業界のニーズと大学の育成状況との間にミスマッチが存在しているのである。

専門技術・スキルの教育では、産業界が欲する技術に関する知識とスキルに対して、高等教育機関では教育していないことが多い。これは『大学教育における産業界ニーズと教育カリキュラムのマッチング度合いの分析結果』*3でも指摘されている。大学進学率が50%を超え、かつては高卒で就職していた層まで抱え込んでいる現状を鑑みれば、大学がエントリーレベル程度の技術者教育を行うことが必要であることは自明であろう。しかし、どの

ような知識やスキルをどの程度教えるべきかの定義は難しい。上記の『大学教育における産業界ニーズと教育カリキュラムのマッチング度合いの分析結果』では、産業界の様々な職種の人材像を、業務とそれに必要な能力で分類して定義づけている。さらに、その人材の需要にも言及している。したがって、この人材像が ETSS や中央職業能力機構の『職業能力の評価基準（技術系職種）』*4 などともつないで、組込み分野を踏まえた調査が行われれば、大学がどのような科目をどの程度設置すべきかという指針となろう。

ヒューマンスキルの観点では、『社会人基礎力』*5 に関する検討や、『YES プログラム』*6 におけるエンプロイアビリティやコンピテンシなどの考え方が存在するので参考にすべきである。開発現場において求められる能力としては、コミュニケーションスキルや人柄といったパーソナルスキルが上位に来ることが現実である。これらは若年層の早期離職や無業といった問題に直結しており、これまでは意図した教育が必要なかったが、これからはこれを重んじた学校教育が重要であり、積極的に取り組むことが望まれる。

経済産業省の『産業競争力向上の観点からみた大学活動評価手法の開発について』*7 および『大学教育における産業界ニーズと教育カリキュラムのマッチング度合い分析手法の開発について』*8 では、大学では専門知識・技術スキルの育成以外に、ヒューマンスキルの育成のためにどのような教育活動を行うべきか、の観点から大学の人材育成活動を評価している。現状では、どのような教育活動がヒューマンスキル育成につながるかは明確ではないが、このような評価手法の研究が進めば、ヒューマンスキル育成のための教育手法を提示する指針となるであろう。

(2) 教員と専門分野のミスマッチ

カリキュラム不足の最大の原因の1つは、教育の専門能力不足が考えられる。上記の『産業競争力向上の観点からみた大学活動評価手法の開発について』によると、多くの大学のIT系分野の研究活動は、産業界の関心と大きな齟齬がある。例えば、産業界ではネットワーク等システム系の研究に関心が高いが、大学は未だに人工知能やメディア等かつての花形領域への関心が高いことがわかる。このことから考えると、産業界で急速に必要なになってきた組込み技術の教育は、現在大学に在籍する教員では難しいと言えよう。

この状況の改善のために、以下の方策が考えられる。

① 産業界の協力による教育

現在、経済産業省では『産学協同実践的 IT 教育訓練基盤育成強化事業』*9 において、産業界で行われている企業研修を大学の中に組み入れるためのカリキュラム開発を行っているが、企業が将来の人材への投資として、独自に大学に協力するスキーム作りが重要になる。

② FD の普及

自分の専門分野以外に、産業界のニーズを汲み上げた具体的な教育につなげるための方法として、FD (Faculty Development) が考えられる。しかし、FD の成果を評価す

る教育努力への評価システムはまだ十分でない。その点は、『私立大学教員の授業改善白書』*10においても指摘されている。FDの成果を適切に評価する評価システムの確立が喫緊の課題である。

③ 大学と企業の間の人材の流動化

現在、企業から大学への研究者の異動は頻繁に見られるが、開発現場を知る技術者が大学教員になることは資格等の問題で難しく、結果的に企業の開発技術が大学に伝わりにくいのが現状である。大学が技術者の育成を目指す上で、教員資格要件のあり方を検討することが重要である。

一方、大学の研究者が企業に移って一定期間研究開発を経験し、その後再び大学に戻ることが容易にできるような流れも必要であろう。これらはいずれも海外の大学では頻繁に行われていることであり、日本でも産学間の交流や協力の枠組みを構築することの検討が必要である。

これらについては日本経団連意見書『国際競争力強化に向けたわが国の産学官連携の推進』*11でも意見されており、実現状況や課題などを検証する必要がある。

(3) 大学全入時代による学生の基礎力低下

18歳人口は減少する一方であるが、大学への進学者数は大きな減少はなく、進学率は右肩上がりの上昇を見せている。大学では学生の獲得合戦となり、少々低いレベルの学生も受け入れることとなる。これは基礎知識の観点で先生のフォロー作業が増加することとなり、教育における質や効果、達成度など問題を招きかねない。さらに、ゆとり教育を経て大学に進学する学生が増加することも踏まえれば、その懸念はさらに増幅することとなる。

すでに、『私立大学教員の授業改善白書』で、教員が授業で直面する問題として最も多い問題は基礎学力の不足であり、これは一層顕著になっているという状況が指摘されている。また、日本経団連の産学官連携推進部会が行った『2005年度・新卒者採用に関するアンケート調査集計結果の概要』*12でも、技術系人材に関する現状の問題点としても、基礎学力の不足が最も多い回答になっている。

2.1.2. 初等・中等教育

初等・中等教育においては、技術教育の不足や基礎力の低下という問題を抱えている。さらに理工離れという問題が顕在化している。

(1) 基礎学力の低下

2006年秋、必修科目である世界史を履修させないまま単位を与えることが多くの高校で行われていることが問題になったが、ものづくりの基礎的な考え方を学ぶ物理についても、指導要領が変わる度に受講者が減少している。また、社会環境の変化によって生まれた「情報」も、多くの高校で指導要領に沿わない教育が行われていることも指摘されている。

この原因の1つとして、大学の入試科目に、物理や情報が課されないことがある。さらに、高校1年の早い時期に文理分けが行われる高校が増えているように、入試準備の早期

化により、ミスが失点につながり、高得点をあげることが難しいとされる物理を履修しない傾向に拍車をかけている。

さらに、「ゆとり教育」の実施で理数系の学力低下も著しいことが指摘されている。最近「ゆとり教育」の見直しの必要が提起されているが、07年2月の経済財政諮問会議では、「大学入学時の文理分けの撤廃」と「入試時期の分散と9月入学の実現」を通して、高校生が大学受験によらず幅広く学ぶことを提言している。このような流れの中で、ものづくりの基礎となる物理を全員が学ぶなど、基礎となる学力を習得できるような教育体制が作られることが期待される。

(2) 技術教育の不足

ソフトウェア開発などのIT系ものづくりに関しては、情報の時間で取り上げられている。しかし、ここで教わることは技術の利用方法であり、技術を使って作る行為は少ない。欧米やアジア諸国では小学校からプログラミング体験をしているが、日本では教えられる先生が少ないことも加わり、このような作る機会を提供できていない。ITに関しては、ワープロや表計算のソフトウェアの利用、Webブラウザによる調べる作業や、メールによるコミュニケーションなど、パソコンの利用体験の場にしかならず、海外と比べて大きく遅れをとっている。これらは、経済協力開発機構(OECD)の国際学習到達度調査(PISA)と同時に実施された調査『Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us』*13において、コンピュータの使用用途として「The computer for programming」と回答した割合がOECD平均33%を大きく下回る3%という結果として現れている。

若年層に対して、ものづくりの楽しみと喜びを与える機会として、技術・家庭の時間も非常にいい機会であるが、これらの科目は受験とは関わらないこともあり軽視されている。またITだけでなく安全に対するリスクも含め、組込みシステムに繋がる技術を教えられる先生が不足している。

その上、刃物や半田ごてなど、ケガの危険性があるものを学校で利用することが難しくなっている。ものづくりの過程においては、加工の作業は必要である。この加工という行為や組み立ての過程こそものが形となることの楽しみであり喜びを感じる瞬間である。しかし、これらは、生徒に対する怪我のリスクの観点から最小限に抑えられてしまっているのが現状だ。

組込みシステム開発は産業として重要性が増しており、身の回りで活躍する製品やシステムも多い。しかしこれらを認識していない先生や、ものづくりの楽しみと喜びを表現できる先生が少ない。工学系出身の教員が少ないこともその1つの原因と考えられる。この現状では学校教育で若年層にももの作りの基礎能力はいうまでもなくその必要性や魅力さえも伝えられるかどうかもおぼつかない。

国家として国際競争に打ち勝っていくために必要なカリキュラムや教員の能力、そして制度はより一層の検討が必要であろう。

(3) 理工離れ

高校卒業後の大学進学における工学部志願者の減少も著しい。とりわけ、電気・電子、情報系の人気減少は顕著である。一方専修学校では、情報系、電子・電気系学生の減少という問題を抱えている。大学全入時代は専修学校にとって生徒確保の問題が生じる。文部科学省の『学校基本調査』*14では、大学全入時代を迎え大学等進学率は過去最高の49.3%に達する一方、専修学校への進学者は2年連続で減少傾向となっている。さらに、組込みソフトウェア開発への就業が期待される情報系や電気・電子系の学生は減少が進行している。

開発現場においては即戦力となりえる専門教育をうけた若者の減少は、人材不足の解消において大きなマイナス要因であると考えられる。

大学進学では、資格制度と紐付いた医歯薬保険系が景気に左右されずに増加する傾向にあるのに対し、3K職場とのイメージがある製造業や情報サービス産業に人気が無いことが原因と考えられる。産業や職業としての魅力が低く、収入やカッコよさといった観点でのイメージや現実の改善が求められる。

理数系の選択は、高校1年の前半で行われている場合も多く、工学部や製造業・情報サービス産業についての啓蒙を行う対象は中学生以下から重要になろう。さらに大学入学後工学部以外の文系学部の学生も含めた情報教育も必要になると思われる。

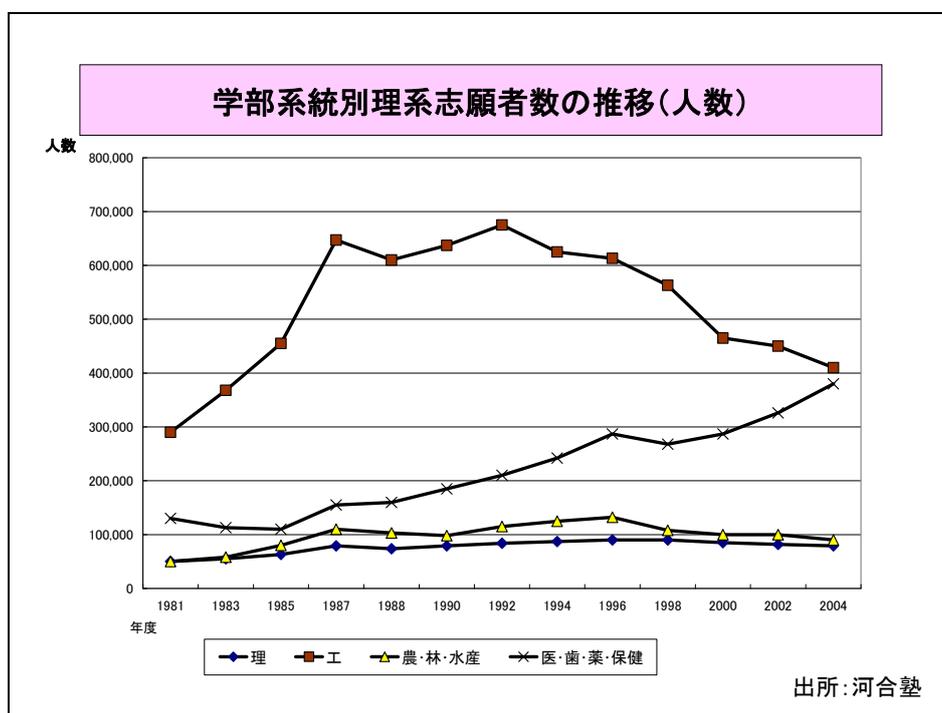


図 2-1 工学部離れが進行

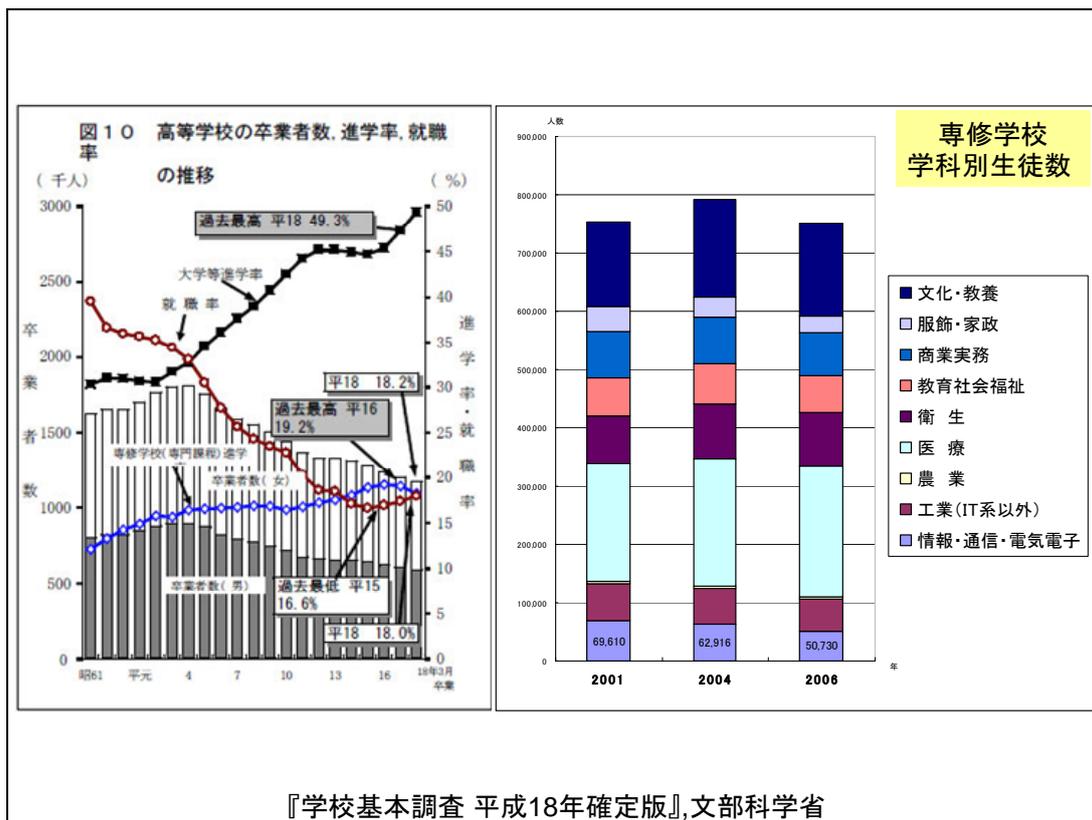


図 2-2 専修学校の進学率と生徒数推移

2.2. 開発現場

組込みシステムの開発現場では、組込みシステムに関するビジネスと、組込みシステムを開発する人材という2つの観点で、多くの問題を抱えている。

2.2.1. 人材の問題

(1) 組込みソフトウェア開発の基礎力不足

前述のように高等教育機関における組込みソフトウェア開発に関する教育は現状、期待できない状況である。『組込みソフトウェア産業実態調査』においても、技術教育に関する現場の需要は常に大きい。

組込みシステムや組込みソフトウェアの開発に関する技術習得は時間と手間がかかり、開発現場が求める量と質の供給に至っていない状況である。これは、組込み技術は、ソフトウェア単体ではなく、ハードウェアや製品ドメインに関する知識も多く求められるためと考えられる。これら技術と知識を融合し、スキル（技能）を発揮し成果を出すためには、数年といった時間と実務経験が求められてしまう。また技術や知識も広範囲に及ぶケースも多く、開発業務に追われながらの知識習得が、効率的に行われていないことも散見される。

(2) 質と量の人材不足

『組込みソフトウェア産業実態調査』において、常に注目されるのは開発に携わる人数の傾向である。約19万人に対して、約50%の不足率を示すデータが公開されている。一方で不足するスキルレベルに関する調査項目においては、指導が必要なレベル1には不足感はなく、高いレベルのスキルの不足感が高いことが確認された。これは、人材の量だけでなく、質も含めた不足感が現場にあることを示している。

少子高齢化は、現在から将来に向け、人材不足に対して向かい風が吹いているとしか言えない。シニアな開発者が高齢化し、現場から引退することが増えていく。組込みソフトウェアに関する技術者の場合、比較的新しい技術であり、大量引退には繋がらないと思われるが、組込みソフトウェアに対して知見を持つハードウェア出身のプロダクトマネージャなどが引退をしていく。少子化は理数離れの事象とあわせ、教育機関からの人材輩出について、大幅な増加は全く期待できないことを予測させる。開発現場で一番多い30代後半の開発者は、上のポストが空かないまま歳を重ねるが、若手も入社が少なく、年齢は逆ピラミッドかコマのような構成のまま年々上にシフトすることになる。

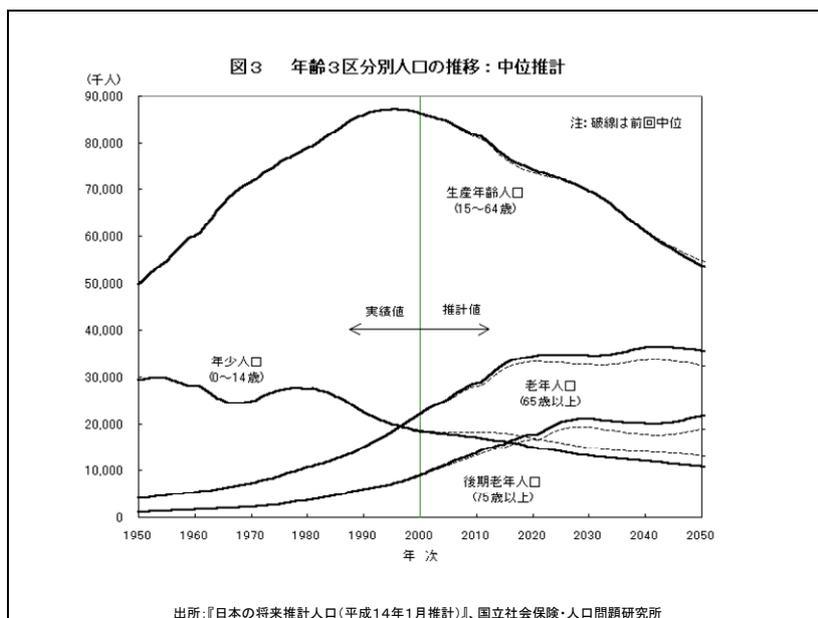


図 2-3 少子高齢化、人口減少の進行

技術戦略やそれに伴う技術的な人材戦略としては、技術の応用が加速するなか、雇用形態の変化やアウトソーシングの多用など変化が発生している。技術の応用は、これまで異なる応用分野で使われた技術が、応用分野を越えて利用されており、これに追従する質的、量的な人材不足が発生している。

例えば、多くの製品にネットワーク機能が具備され、システム連携機能を提供するようになったことや、情報処理・マルチメディアの新技术開発や標準化の加速、計測・制御における新しいセンサなどのデバイス導入などがあげられる。また、リアルタイム OS だけでなく、プロセッサやミドルウェアも含めたプラットフォーム化も進んでいることが特徴としてあげられる。

この変化は汎用ソフトウェア部品の導入を活性化させることに繋がり、IP (Intellectual Property) としてのソフトウェア部品は、付加価値と生産性を実現する方策として認知されている。しかし、一方で多くの製品で採用されコスト削減の対象となり低価格化が進むことや、ソフトウェア部品の製品導入におけるカスタマイズやチューニング工数が多く必要となることから、トータルとしてのコストや生産性に対する寄与が低く見られることも散見される。

2.2.2. ビジネスの問題

(1) 開発スキルの空洞化

開発のアウトソーシング多用やグローバル化に伴い、開発スキルの空洞化が顕在化している。

また、バブル崩壊後のコスト意識や雇用形態の変化は、ヒエラルキー構造をこれまで以上に大きく・深くしている。脱自前主義は IP 導入だけでなく、人材の面でも顕著であり、アウトソーシングの多用や多段構成の請負などを助長している。これらは、多様な雇用形態を醸成するなどプラスな面もあるが、各種管理コストの増加や、当事者意識の低下、メーカーにおける技術の空洞化などマイナスな面も多いことに注意しないといけない。

企業内における人材不足の進行は、海外アウトソーシングの利用を助長する。安易な海外アウトソーシングの利用は、制御や管理の難しさからくるコスト増加や品質低下を招きかねない。さらには、ノンコア技術のアウトソース利用は、コア技術のアウトソーシングへと進展しかねない。

コア技術まで海外にアウトソーシングすることは、製品開発における技術の空洞化を招き、コア技術の海外流出となる。これはまさに国際競争力の低下であり、技術戦略と人材戦略の慎重且つ確実な立案と遂行が求められる。

電子情報技術産業協会 (JEITA) では『組込み系ソフトウェア開発の課題分析と提言』*15において、技術流出、技術の空洞化、品質問題が懸念され、10年後、20年後も見据えた技術者育成が必要であることや、ノンコア技術に限定した外部委託といった提言をしている。

(2) 品質問題の顕在化

『組込みソフトウェア産業実態調査』でも定量化が行われているが、それ以前に組込みソフトウェアの品質問題は一般的に認知されてしまっている。携帯電話機の不具合によるソフトウェア更新のお知らせは、月に数回は発信されており、HDDレコーダやデジタルカメラのソフトウェア更新も多く見かける。さらに電子制御が増加した自動車においても、組込みソフトウェアの不具合によるリコールは少ないが、サービスキャンペーンと称したソフトウェア更新は年に数回は行われている。この品質問題の顕在化が、組込みシステムをビジネスとして扱う企業に対して、どのような影響を及ぼすかについては割愛する。

3. 問題の原因と仮説

ここでは、これまで述べた現状認識と問題に対する想定される原因を整理し、問題を解決する取り組みの仮説・ポリシーを設定する。

3.1. 問題の原因、問題の連鎖

これまで述べた各種問題は、組込みシステムの急激な発展と重要性増加、経済のグローバル化と日本における価値観多様化、それらに追従するための総合的な取り組み不足と考えられる。

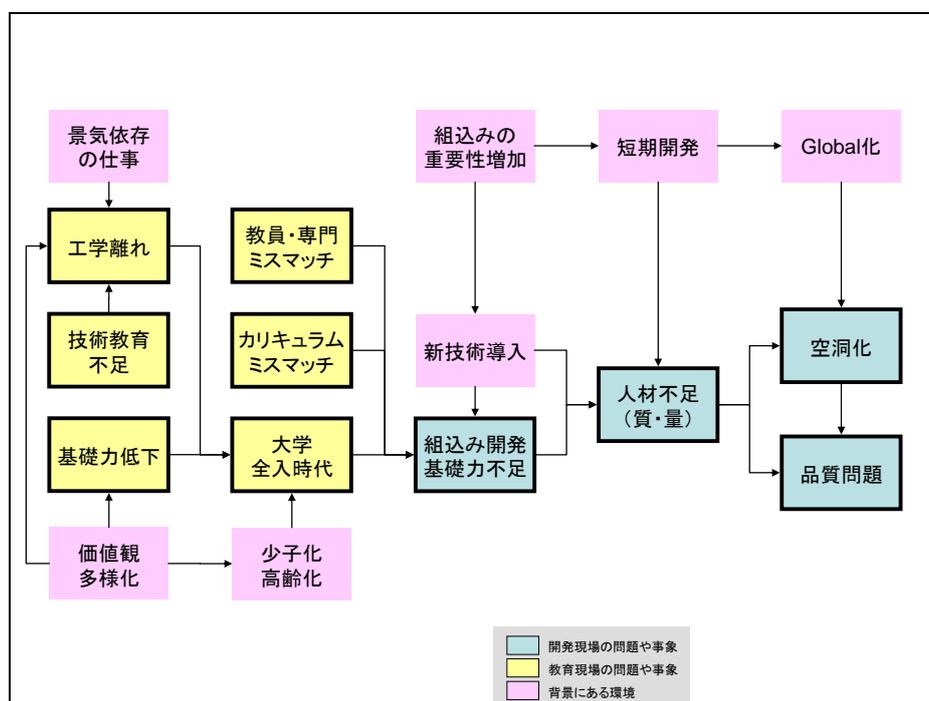


図 3-1 問題事象と背景にある環境

3.1.1. 組込みシステムの急激な発展と重要性増加

組込みシステムの急激な発展と重要性増加は、生産プロセスから開発プロセスへの重要性シフトを産業として求め、企業の技術戦略の変化と追従を促した。急激な規模や導入技術の増加は、開発者の人材不足だけでなく、高等教育機関におけるカリキュラムや先生の不足を露呈させている。さらに若年層に対して、ものづくりなどの楽しみや喜びを伝えられる先生の不足も露呈させた。

3.1.2. 経済のグローバル化と日本における価値観多様化

経済のグローバル化と日本における価値観多様化は、インターネットなどコミュニケーションによって促され、国際競争の激化を招いた。かつて戦後の日本が海外進出した速度よりも速く、グローバルな戦略の遂行が可能となっている。これは企業におけるコスト意

識の変化やグローバルな開発体制構築へと繋がり、開発体制の複雑なヒエラルキーや技術の空洞化を誘発してしまっている。さらに日本における価値観多様化は少子高齢化や、工学離れなどを促し、人材によって支えられてきた「ものづくり国家」日本の基盤を揺るがしている。

3.1.3. 総合的な取り組み不足

総合的な取り組み不足は、これまでの対象を明確に（限定）した組織の設置や、企業や教育機関に対する提案ベースのスポット的な税制優遇や給付金といった施策でなく、依頼（要求）ベースで定常的な施策提供が必要である。人材育成に関しては、産学官の既存施策を整理し、誰が何をやるのかを明確にし、1年というスポットでなく、定常化を前提とした施策を施すべきである。

例えば、人材不足という問題に関しては、若年層にむけた施策が重要であり、若年層の本人だけでなく先生や保護者というステークホルダを考慮した施策とすることや、指導者や提供する施策の教育評価といった観点に対する施策も求められる。これらを体系的に整理し、施策を打つ側と施策を受ける側が納得し、効果が最大限に引き出せる施策を実現する。

3.2. 問題を解決する仮説（アプローチ）

前述のような問題の原因や連鎖を踏まえ、問題を解決する仮説（アプローチ）を提案する。

- ① 育成対象とステークホルダ、モチベーションとアクティビティを明確にした施策
- ② 既存施策の有効活用と定常化、産学官連携と人・金・物の担当明確化

上記を体系的に整理・検討し、具体的な施策を提供することが出来れば、前述のような問題を解消し、組込みソフトウェアの開発力強化を実現する人材育成の提供が可能になると考える。

3.2.1. 育成対象（ステージ）の明確化

育成対象を明確にした施策を実施する。本取組みでは既存の開発者も育成対象となるが、人材育成インフラとしては、若年層に対する育成が重要と考える。よって、今回は育成対象を提供する情報やカリキュラム毎に分類し『誘導』『体験』『入門』『専門』の4ステージとする。

また、育成対象者におけるステークホルダを明確に定義する。これは特に若年層の場合、保護者や教員から受ける影響は大きく、育成対象者本人のみならず、これらの人々のモチベーションを明確化し、効果的なアプローチを行う。

これまでの対象となる教育機関を広げ、開発現場との一貫したつながりをつくる。小学生のキャリア教育から始まり、開発現場の専門教育まで人材育成の施策を断絶することなくつなげることで、効率的で効果的な職業選択からスキルアップまでを実現する。

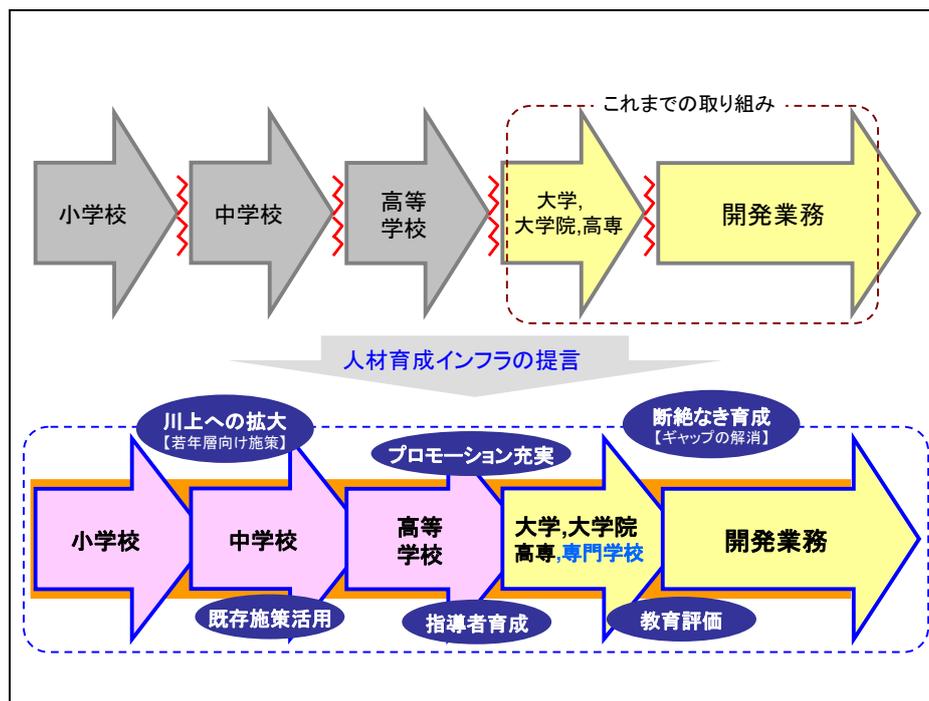


図 3-2 人材育成の断絶をなくす施策

3.2.2. アクティビティの明確化

施策のアクティビティを明確にする。人材育成におけるアクティビティは、直接的な育成を提供する『カリキュラム』以外に、カリキュラムへの参加を促す『プロモーション』、カリキュラム自身の評価や、カリキュラムによって向上した知識やスキルを評価する『教育評価』があげられる。

3.2.3. 既存施策の有効活用

人材育成に関する施策（戦略的施策、イベント、キャンペーンなど）はこれまでも多く行われている。今回の人材育成に関する施策の総合的な提供に関しては、既存の施策を有効活用し、効率よく提供することを心がける。既存の施策については、前述の育成対象とアクティビティを明確にし、体系的な施策群に組み込めるものは組み込み、協調・連携し取り組むべきと考える。

育成対象とアクティビティの観点で、既存の施策が存在せず、施策の重要性が高い場合には、施策の新規開発を検討する。その際には、期待効果と短期・中長期の取り組みであるかなどを踏まえ判断する。

3.2.4. 定常化（≠スポット提供）

これまでの限られた予算にて実験的にスポットで提供されてきた施策については、定常化が可能か検討する。人材育成については、定常的に提供されていることが、育成される側の参加を促す結果に繋がる。後述する人・金・物に関して、スキームを検討し、実現性

を判断する。

また、施策の提供場所にも注意したい。東京や大阪、名古屋といった3大首都圏だけでなく、地域における施策も重要である。組込みシステムについては、多くの優れた技術を持つメーカーやベンダが地域にも散在しており、地域自治体や地元大学といったプラットフォームを活用した施策が求められる。

3.2.5. 人・金・物の担当明確化

施策には人・金・物が必要不可欠である。具体的には、教師・講師、施策の実現に関する各種費用、教育コンテンツなどである。これらについて、どのようなスキームで行うかを明確化し、施策の具体化や定常化を支援する。

先生や講師については、既存の先生に対して情報をインプットするのか、開発経験者を先生や講師に育てるのかなどを考慮する必要がある。既存の先生に対しては、『組込み教育スターターパック』などのパッケージが必要になるかもしれない。開発経験者が先生や講師となる場合には、出身企業のCSRとしての貢献を顕在化させることなど、積極的な取り組みが求められる。

3.2.6. 魅力的な産業界、国のリーダーシップ

最後に、これら仮説を具体化し遂行する際には、この2つ「魅力的な産業界」「国のリーダーシップ」が重要であり、これが明示できない場合には、施策の効果は期待できない。

魅力的な産業界は、3K職場といわれるような労働環境イメージを払拭し、ものづくりの喜びを得られ、平均以上の収入が得られることを伝えないとならない。

また、国のリーダーシップは、国際競争力を高めるためのポリシー・スローガンなどが、広く社会に伝わり、開発者のモチベーションを喚起しつつ、若年層の夢や憧れとなるようなキャンペーンが必要である。過去に政府が行ったコンピュータ政策や半導体政策などを参考に、成功と失敗を点検し、産業基盤技術である組込みシステムに関する政策を打ち出していく。まさに技術者育成に関するグランドデザインを行い、広く提供することが求められる。

4. フレームワーク（案）

ここでは、組込みシステム開発のための人材育成インフラに関するフレームワーク（案）を提案する。

当フレームワークは以下の要素から構成される。

- 育成ステージ：人材育成の段階的レベルの向上をステージとして表現
- 育成アクティビティ：人材育成のための直接的、間接的な施策を分解

図 4-1に組込みシステム開発のための人材育成インフラに関するフレームワーク（案）を示す。

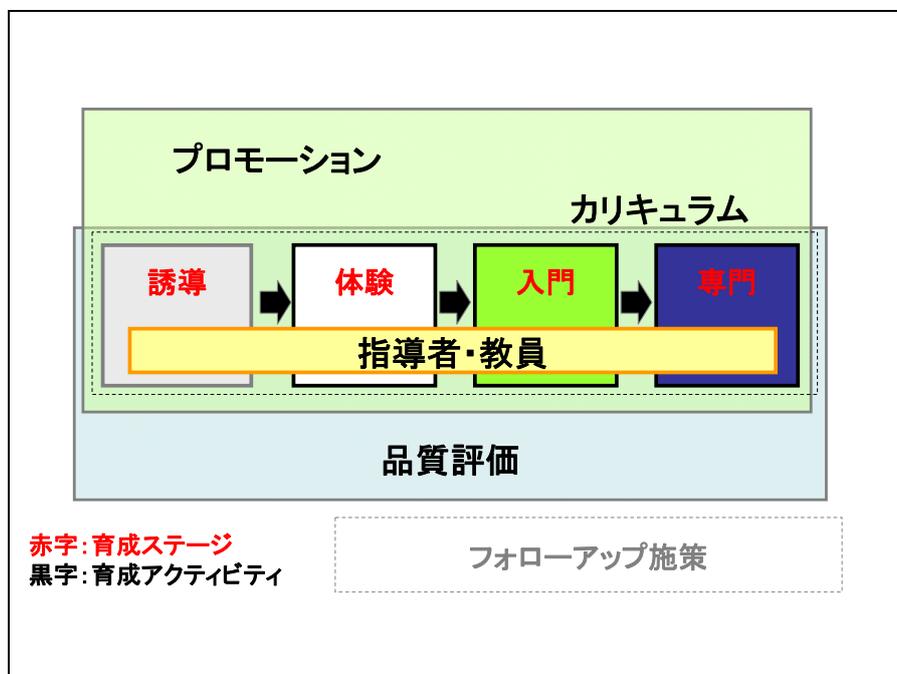


図 4-1 組込み開発人材育成インフラのフレームワーク（案）

4.1. 育成ステージ

育成ステージは、人材育成の段階的レベルの向上をステージとして表現している。育成対象者およびステークホルダを明確に定義することで、後述する育成アクティビティにおける施策のポイントを明確にすることを実現し、確実な施策の計画と遂行の実現を支援する。

育成ステージは以下の4ステージから構成される。

- ① 誘導ステージ：ものづくりに関する認知と興味、欲求と動機を醸成するステージ
- ② 体験ステージ：ものづくり(組込み開発含)に対して、楽しみと喜びを経験するステージ
- ③ 入門ステージ：組込みシステム開発に関する基礎的知識と経験を獲得するステージ

④ 専門ステージ：組込みシステム開発に関する専門的知識とスキルを獲得するステージ

上記のステージ毎に、育成対象者とステークホルダにおけるモチベーションと抱える問題を整理する。

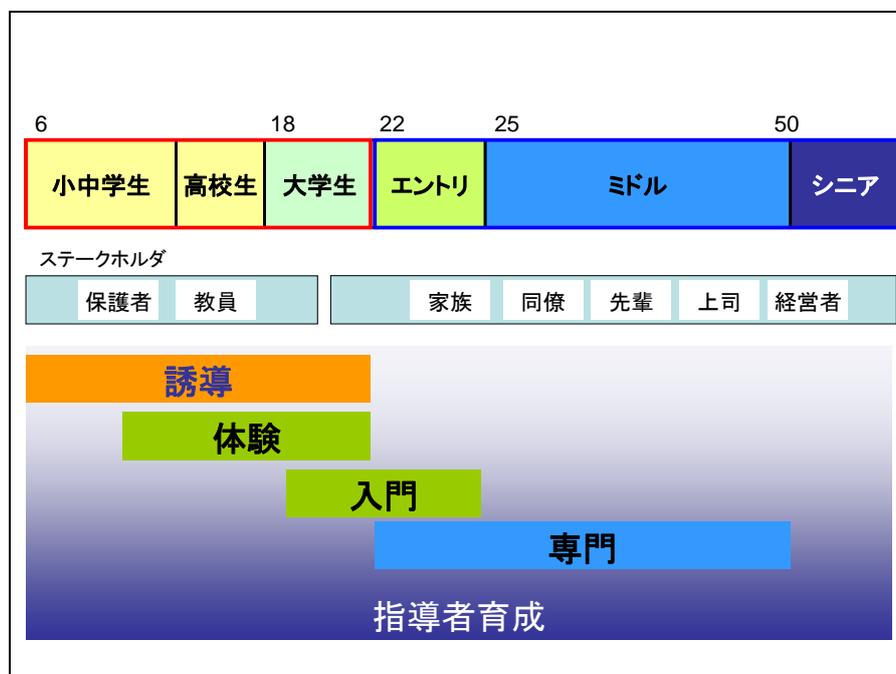


図 4-2 育成ステージとステークホルダ

4.1.1. 誘導ステージ

組込みシステム開発に関する認知と興味、欲求と動機を醸成するステージである。若年層を対象に、組込みシステム開発の仕事を認識させ、体験ステージなどを利用して将来設計へと結びつけることを促す。

ステークホルダは、保護者や教員を主と考える。育成対象である若年層に対して、情報提供やサポートを行う存在として、保護者と教員の重要性は高い。他にも、保護者や教員を支援するキャリアカウンセラーや、地域の大人といった存在も忘れてはならない。自治体や学校と、誘導や社会貢献に対するモチベーションをもつ企業という組織も含めたスキームを前提に、誘導を検討することが求められる。

また、若年層が直に接するマスメディアや、ステークホルダが接するマスメディアの活用についても積極的な活用を図る。

4.1.2. 体験ステージ

組込みシステム開発に対して、楽しみと喜びなどを体験するステージである。若年層を対象に、組込みシステム開発においてコアとなる”ものづくり”を体験させ、入門ステージへ結びつけることを促す。

ステークホルダは誘導ステージと同様に、保護者や教員を主と考える。育成対象である若年層に対して、情報提供やサポートを行う存在として、保護者と教員の重要性は高い。他にも、楽しみと喜びを経験させ伝える指導者の存在も忘れてはならない。自治体や学校と、誘導や社会貢献に対するモチベーションをもつ企業、体験カリキュラムやコンテンツを開発・提供するコミュニティという組織も含めたスキームを前提に、体験ステージの提供を検討することが求められる。

また、若年層が直に接するマスメディアや、ステークホルダが接するマスメディアの活用についても積極的な活用を図る。

4.1.3. 入門ステージ

組込みシステム開発に関する基礎的な知識と経験を獲得するステージである。若年層を主対象に、組込みシステム開発に関する知識とスキルを提供する。

入門ステージでは、体験ステージと同様に楽しみと喜びを与えることが求められるが、それ以上に体系的な基礎知識を獲得することが重要である。しっかりとした地頭、地スキルを身につけることは、将来もしくは入門教育終了直後における実際の開発において、確実なスキルの発揮を実現する。

4.1.4. 専門ステージ

組込みシステム開発に関する専門的な知識とスキルを獲得するステージである。入門ステージ修了者を対象に、組込みシステム開発に関する専門的な知識とスキルを提供する。

専門ステージでは、開発現場において求められるスキルに対して、ベースとなる知識やスキルの獲得を目的に行われる。基礎レベルの教育においては、体系的に整理された知識と、しっかりとした基本のスキルの提供が求められる。応用レベルの教育においては、事例研究などによって開発現場で有効な判断材料の提供が求められる。

4.2. 育成アクティビティ

育成アクティビティは、人材育成のための直接的、間接的な施策を分解したものであり、具体的な教育カリキュラムを効率よく確実に実施し、効果を発揮・評価するための施策群である。

育成アクティビティは、以下の4つから構成される。

- ① プロモーション：人材育成に誘導する広報活動であり、人材育成対象者の増加を図る
- ② カリキュラム：具体的な教育・研修のカリキュラムであり、人材育成のコアとも言える
- ③ 教育評価：カリキュラムや研修結果、提供組織の評価を行い、人材育成の品質を確保する
- ④ 指導者・教員：誘導やカリキュラムにおいて仕事や組込み技術を教える人材である

4.2.1. プロモーション

人材育成に誘導するための広報活動であり、人材育成対象者の増加を図る行為である。人材育成ステージ毎に、人材育成対象者やそのステークホルダなど様々なモチベーションを抱える人に対して、最適な情報を提供し、各人材育成ステージへの誘導を図る。

4.2.2. カリキュラム

具体的な教育・研修のカリキュラムであり、人材育成のコアとも言える取り組みである。前述の育成ステージにおける対象ステージ毎に最適なカリキュラムの構築を図る。

カリキュラムは集合教育（Off-JT）を中心としたものになるが、OJTなども含む学習環境についても忘れてはならない。この場合、知識とスキルを峻別することで、集合教育で提供する対象技術や、OJTなど現場での訓練によって獲得させる対象技術を分ける事が可能となり、効果的な人材育成を実現可能である。

表 4-1 知識教育とスキル教育の峻別イメージ

ステージ	知識教育	スキル教育	スキル教育の方法（例）
体験	実験で、 体験（動かす）		体験スクール、コンテスト・・・
入門	座学で 基礎知識	実習で体験（作業）	インターンシップ、PBL、 OJT・・・
専門	座学で 基礎知識	ケースメソッドで判断ス キルを磨く	OJT、ジョブローテーショ ン・・・
アクティビティ 【指導】	座学で ティーチング	実習や指導補助で指導ス キルを磨く	難易度の段階的のアップを伴う実 地経験

カリキュラムは教育機関によって対象者、指導担当、教育対象が異なり、かつ課題を抱えている。課題は類似するものがあり分類することができる。

表 4-2 教育機関と課題など

教育機関	対象者	指導担当	ステージ	課題
小中高校	小中高生	教員、技術者	啓蒙、体験	教員は指導困難⇒①
大学・大学院	大学生、院生	教員、技術者	入門、専門	教材と指導者不足 ⇒②
高専	高専生	教員	入門、専門	
専門学校	専門学校生	教員、技術者	入門、専門	上記+利益率⇒③
教育ベンダ	技術者、未経験者	講師、技術者	入門、専門	
企業教育部門	技術者、未経験者	講師、技術者	入門、専門	上記+教育効果⇒④
開発現場	技術者	技術者	専門	教材と指導者不足 ⇒②
地方自治体	技術者、未経験者	講師、技術者	入門、専門	
公設試験研究機関	技術者、未経験者	講師、技術者	入門、専門	
地域ソフトセンタ	技術者、未経験者	講師、技術者	入門、専門	
ポリテクセンタ	技術者、未経験者	講師、技術者	入門、専門	

課題①の「教員では指導困難」は、技術に明るくない教員では、技術の楽しさや喜び、重要性を伝えることが難しいということである。文部科学省の『理科指導者派遣制度』*16のように技術者や研修者の学校派遣をすることが求められる。ベテラン技術者による若年層への啓蒙や体験教育を実現するが、より効果的な取り組みを実現するため指導スキルの向上も支援するため、講師育成スキームも含め検討する。

課題②の「教材と指導者不足」は、多忙な教育現場や開発現場において求めるのは酷なのかもしれない。しかし、多くの教育場所において問題となっている事項である。これには、教育コンテンツを調達し確保することや、講師育成スキームによる指導者の量・質を確保することなどが必要になる。また、既存のコンテンツや教材を有効活用できるアライアンスを推進することも考えられる。例えば、新潟県自治体におけるコンテンツを、東北地方の自治体が活用する様なアライアンスを支援する。自前開発に固執しない環境を醸成し、効率性と品質を実現したい。組込み技術教育インターユニバーシティのようなスキーム提案を推進し、大学、高専、専門学校による基本講座の共有と、得意分野の独自開発による質の高い教育を実現したい。

課題③の「利益率」は、提供する教育の質や効果によって市場で判断されると考える。教育評価の明確化による外部教育受講機会の増加や、講師育成による指導者の質・量増加が必要となる。

課題④の「教育効果」は、企業活動において必要である。旧来はマネージャが有効な教育と感じれば、その教育は必要なものと考えられたが、現在では意思決定において費用対効果が求められることが多くなり、教育施策においても求められる傾向にある。コスト削減においては、教育に明確な効果がハッキリと見えない施策が対象になることもある。

教育に対する重要性を認識している経営者が存在する場合や、1990年代以降の人材育成が企業競争における鍵を握るということを認識した組織においては、明確な費用対効果が求められないケースもある。しかし、これは教育に関する費用対効果の立証を求められることの必要性が低いためであり、施策に対するエビデンス収集や今後の改善に向けては費用対効果の明確化は必要である。

教育効果の評価において、費用対効果まで厳密に実施している組織は非常に限られている。今後は、教育効果の評価を容易にするための施策提供が求められる。

4.2.3. 教育評価

カリキュラムや研修結果、提供組織の評価を行い、人材育成の品質を評価する行為である。人材育成の品質を評価することによって、良質の教育提供による人材育成の活性化や、良質の人材を明確化することによる開発力強化とビジネス強化を実現する。

評価対象は開発者個人の評価と、組織や施策の評価の2つに大別でき、評価観点はプロセスと、結果の2つに大別できる。大きな組合せとしては、「個人のプロセス」「個人の結果」「組織のプロセス」「組織の結果」の4つになる。

表 4-3 評価の観点と対象の関係

評価観点	個人	組織
教育提供の過程 (プロセス)	知識テスト、スキル評価	プロセスアセスメント
教育提供の結果	業績評価、キャリア評価	売上・利益、品質状況

個人に対する教育提供の過程評価は、教育（開発現場での経験も含む）による技術者個人の潜在能力（ポテンシャル）の状況の評価することとなる。後述する結果としての業績を発揮できるポテンシャルを持つかを評価することで、開発における貢献度を予測するために用いられる。このポテンシャルは、身に付けているスキルと、スキルのベースになる知識の観点があげられる。これらの評価結果と、開発案件の特性について、マッチング具合を見ることで、開発案件の遂行レベルを予測することが可能となる。情報処理技術者試験や、JASA 組込みソフトウェア技術者試験、スキル診断などがこれに該当する。

個人の教育結果評価は、技術者個人の業績を評価する。開発案件、プロジェクトや組織のミッションに対する貢献実績を評価し、技術者個人の格付けや賃金設定のために用いられる。開発案件は、個人で作業することは稀であり、複数人のチームやプロジェクトによる開発が行われる。さらに開発の難易度や外的要因は全く同じモノがない。このような条件においては、この貢献実績はあくまでも過去の実績であることに留意する必要がある。次回の案件においても必ず同じ結果となる可能性は少なく、ポテンシャル評価と同様に、可能性を評価するための情報として利用することになる。これは企業におけるグレード評価やキャリア評価などがこれに該当する。

組織の教育提供課程評価は、組織や施策の提供プロセスを評価する。組織や施策におけ

る PDCA サイクルの遂行状況や関連する能力を評価し、提供サービスやプロダクトの品質を予測するために用いられる。JABEE（日本技術者教育認定機構）や CMM（Capability Maturity Model）などがこれに該当する。

組織の教育結果評価は、教育（経験含む）による組織や施策の業績や品質を評価する。組織や施策における、目的や目標に対する結果や達成状況を評価し、組織や施策の格付けや評価のために用いられる。これは大学評価などがこれに該当する。

4.2.4. 指導者・教員

各種カリキュラムにおいて、組込み技術や仕事の面白さなどを教える人材である。受講者に対してプレゼンテーションする立場であり、教育コンテンツの内容を正確に伝え、確実な教育成果を実現することが求められる。さらに受講者のモチベーションを喚起するためのコミュニケーションスキルも求められる。

また、教育スキルについては、エントリーレベルを対象にする場合、高い指導スキル（ティーチングスキル）が求められる傾向にある。教育コンテンツの内容を正確に伝え、受講者の教育成果を最大限に発揮させる。しかし、高いレベルの技術教育においては、教育スキルよりも高い技術スキルが求められ、さらに受講者の教育成果を最大限に発揮させるためにファシリテーションスキルが求められる。

このようなスキルを持つ指導者・教員を育成するスキームを構築するなどして、質および量ともに増強を図ることが求められる。

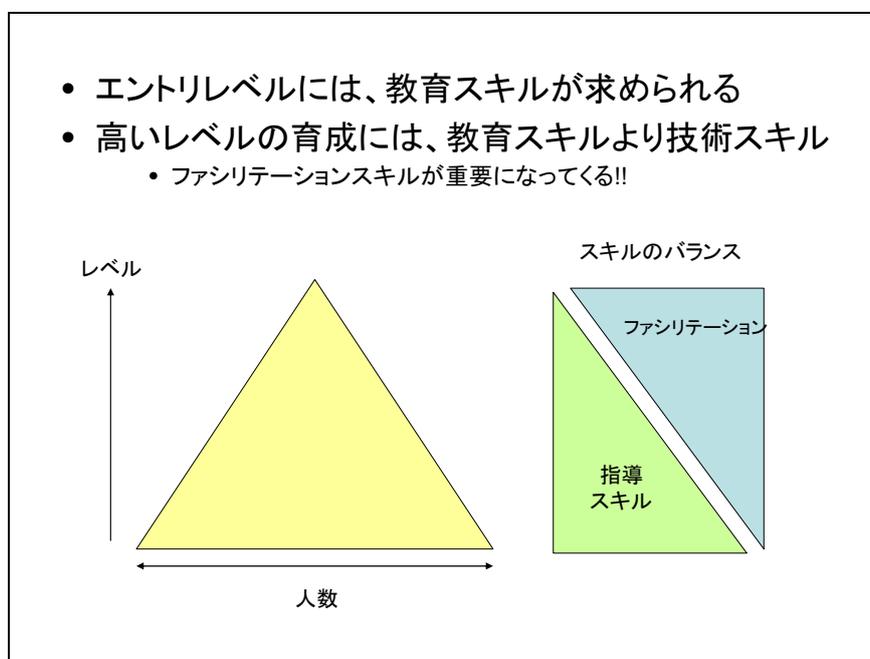


図 4-3 育成対象に合わせて求められる指導スキル

5. 人材育成インフラ施策案

ここでは前述のフレームワークに基づく、具体的な施策案について解説する。育成ステージと育成アクティビティのマトリクスに基づく、各施策案の概要を紹介する。具体的には来年度以降の詳細化検討が必要である事をあらかじめ了承願う。これら施策を、継続的（長期間）に定常的（安定的）に提供することが求められる。

表 5-1 組込み人材育成インフラ施策案の一覧表

Activity Stage	プロモーション	カリキュラム	指導者・教員	教育評価
誘導	・マスメディア ・教育機関、自治体	・キャリア教育	・社会人派遣 ・キャリアカウンセラー	・認知度評価
	『ものづくり体験教育コンソーシアム』（仮称）			
体験	・体験教育アライアンス	・体験教育 ・コンテスト	・社会人派遣 ・指導者育成	・認知度評価 ・満足度評価
	『若年層向けものづくりキャリア教育プログラム』（仮称）			
入門	・入門教育アライアンス	・既存コンテンツ活用 ・組込み入門パック	・指導者育成	・教育プロセス評価 ・資格試験、履修認定
専門	・教育事例の流通	・既存コンテンツ活用 ・調達活性化施策	・指導者育成 ・現場と教育の異動	・教育プロセス評価 ・資格試験、履修認定

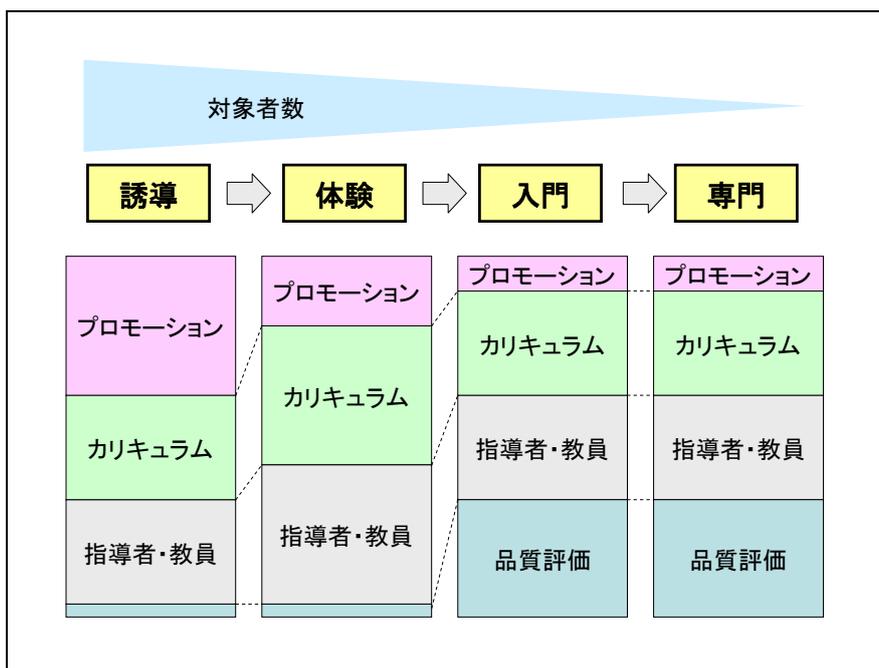


図 5-1 組込み人材育成インフラ施策案におけるウェイト

5.1. 導入ステージの施策案

- 組込みソフトウェア開発に対する興味と認知を醸成
- 公的機関を使ったキャリア教育と、マスメディアをつかったプロモーションを実施
- 3Kといわれるイメージの事実調査と悪いイメージ払拭に関する取り組み検討

誘導ステージは、組込みシステム開発に対する認知や理解が無い状態を変化させるためのステージであり、プロモーションが重要になる。カリキュラムは発達に合わせた内容にすることが求められる。指導者・教員については、教員と現場を知る開発者に関する取り組みが必要である。教育評価としてはキャリア教育の結果、どれだけ認知が広まったかなどの結果評価が求められる。この教育評価は施策提供側の評価であり、指導対象者やステークホルダの評価で無い点に注意が必要である。

誘導ステージは、『若年層向けものづくりキャリア教育プログラム』（仮称）として、若年層がものづくりの職業に対する興味が無い、もしくは認識が無い状態を改善する。認知度の向上や興味の対象となることで、将来の職業選択における候補なることを目指す。

ここでいう『キャリア教育』は、ETSSにおけるキャリアとは異なる概念であり、『キャリア教育の推進に関する総合的調査研究協力者会議 報告書』*17では「児童生徒一人一人の勤労観、職業観を育てる教育」と定義されている。当施策においては「児童生徒一人一人にもものづくりのたのしさを教え、将来に向けた職業観・勤労観の下地を育む」とする。

当施策は、自治体や学校を中心とする公的機関と、マスメディアの2方向の施策とする。自治体と学校、および地元企業を中心としたキャリア教育の一環として提供し、これらを後方支援するような形で、マスメディアを使ったプロモーション活動も同時に実施し効果を高める。

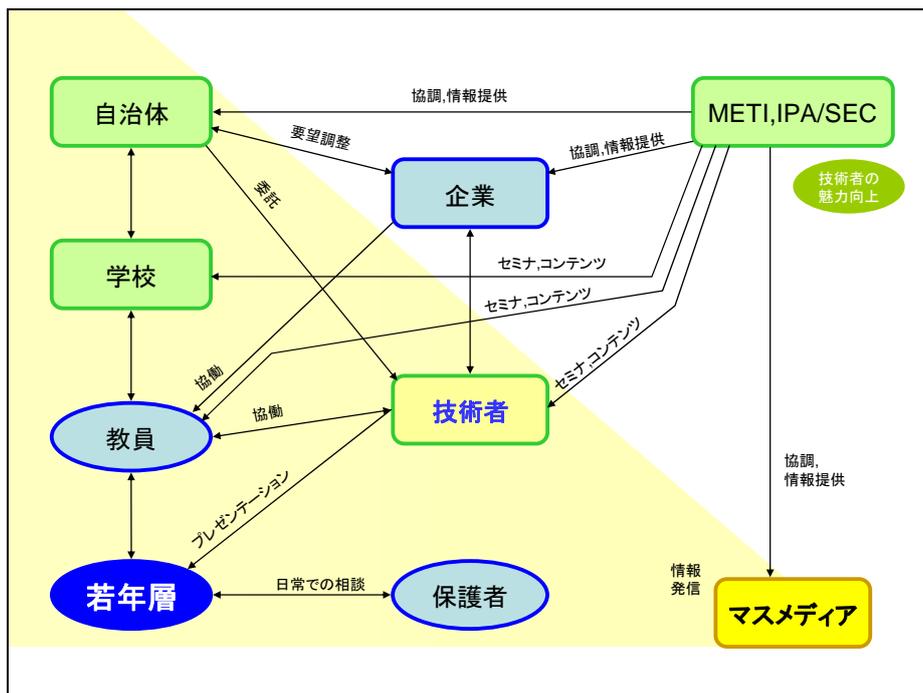


図 5-2 誘導ステージのスキーム

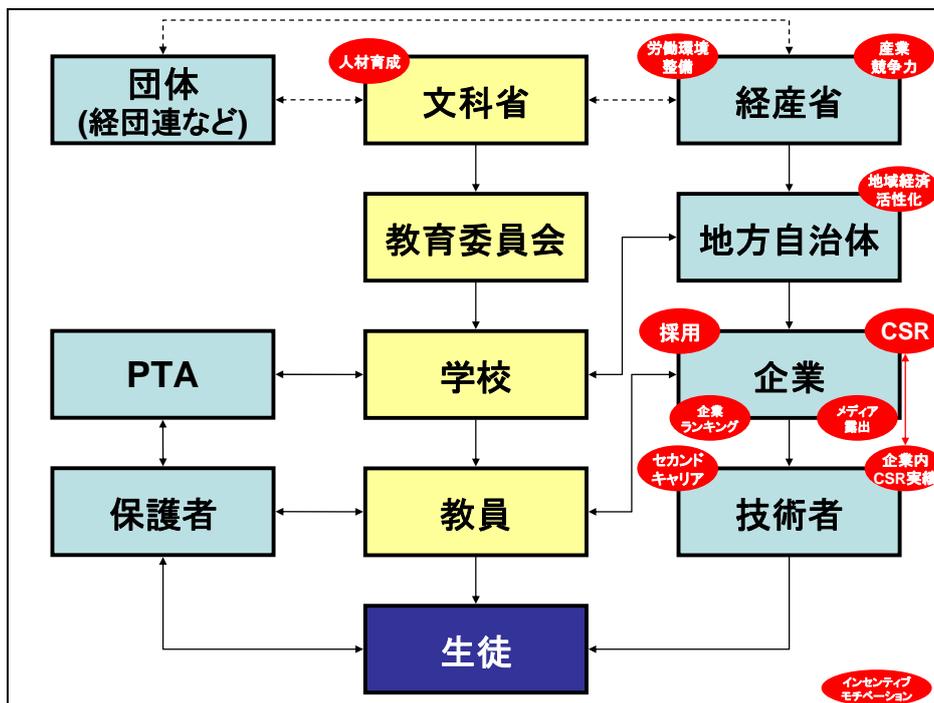


図 5-3 施策スキームとインセンティブ・モチベーション

5.1.1. プロモーション施策案

プロモーション施策は、誘導ステージにおいて最も重要なアクティビティである。マスマーケットに対して、組込みシステム開発の重要性和将来性を認知させる取り組みを行う。これまで、組込みソフトウェア開発力強化推進委員会や、IPA/SEC が行ってきた広報活動

は、開発現場向けのメディアが多く、育成対象者およびそのステークホルダにリーチできていないと考えられる。

このプロモーション施策案は、誘導対象者に対するプロモーションルートと、誘導対象者に伝えるプロモーション内容に分けて検討を行う。プロモーションルートは、学校機関のルートとマスメディアのルートの2つが考えられる。プロモーション内容については、組込みシステム開発業務の内容をどのように伝えるかについて検討が求められる。

(1) プロモーションのルート

プロモーションルートは、学校機関ルートとマスメディアルートの2つが考えられる。それぞれ全く異なるルートであり、伝える目的や内容による選択が必要である。

学校機関ルートは、誘導対象者に対して誘導対象者が通学する学校や、地元自治体や技術関係機関によって情報提供が行われる。これはキャリア教育として、勤労観や職業観を育てるための情報を、教員や地元企業の技術者によって提供する。

教員による組込みソフトウェア開発に関する情報提供については、現状のままでは期待できない。工学系出身教員もしくは、製造業における開発経験した教員は非常に少ない。このような状況を打破するためには、学校機関に対する地元企業の開発者の派遣を充実させることや、教員に対する組込みソフトウェアに関する情報提供を行うことが求められる。セミナーや教材（パンフレット、動作デモンストレーションキットなど）を、自治体や学校経由で教員へ支給する。また、開発現場を直に見て経験するエクスターンシップなども具体化と実現が期待される。

この教育に協力する企業や技術者のモチベーションを考慮する必要がある。企業ではCSR（企業の社会的責任）やメディア活用、採用などへの影響が期待される。この期待を国として支援できないかを検討する。例えば、IPA/SECのメールマガジンや機関紙：SECジャーナルでの紹介などが考えられる。技術者のモチベーションについては、企業におけるCSRへの貢献があげられる。しかし、それ以上に地域への貢献やセカンドキャリアに関するウェイトが大きいと考えられる。

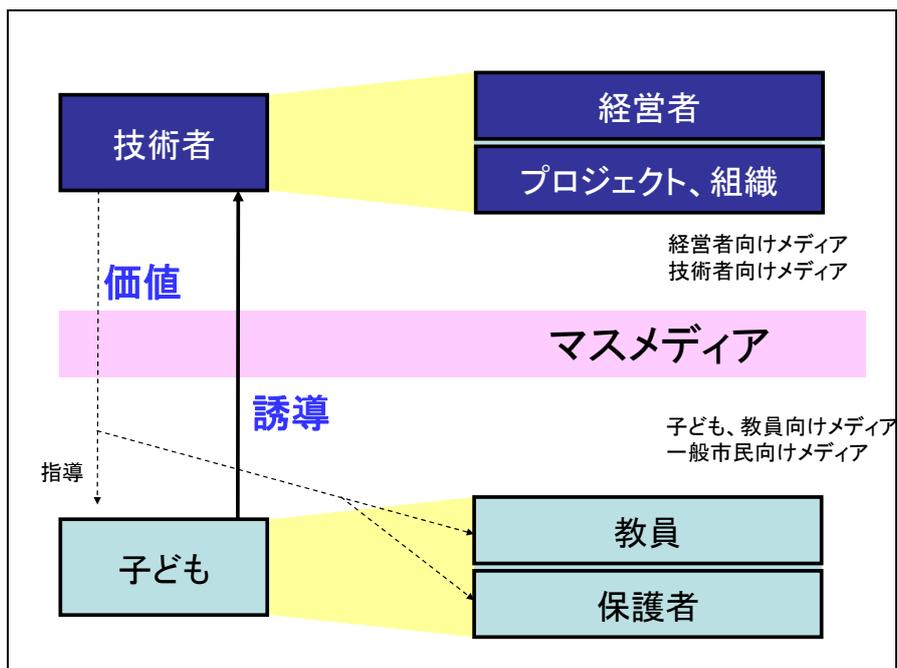


図 5-4 マスメディアの積極的活用

マスメディアは、メディア毎にモチベーションを整理する必要がある。マスメディアには開発現場に向けた情報を提供するメディアと、一般向けに情報を提供するメディアに分類できる。

開発現場向けメディアとしては、技術に関する詳細情報を提供するメディアと、開発現場に関するビジネスに関する情報を提供するメディアに分類できる。技術に関する詳細情報を提供するメディアは、将来の顧客（読者）維持・拡大に向けた取り組みが必要であり、当施策に対する協調の必要性や可能性が高い。開発現場に関するビジネスに関する情報を提供するメディアも同様に当施策に対する協調の必要性や可能性が高い。

しかし、一般向けに情報を提供するメディアについては、直接の影響が明確でないため、当施策との協調の必要性や可能性は低いと考えられる。

一般向けに情報を提供するメディアは、子ども向けメディア、教員向けメディア、保護者向けメディアに分類できる。子供向けメディアは学習目的のメディアと娯楽目的のメディアに分類できる。教員向けメディアは、教員向け専門誌であるが、教員へのリーチについては今後調査が必要である。保護者向けメディアは、一般メディアと言えるメディアであり、新聞から雑誌、テレビやラジオなど多岐に渡る。これら各種メディアへのアプローチ方法を検討し、広告モデルおよび広告モデル以外での協調を調査・検討する必要がある。

経済産業省においては、セキュリティや環境対策として女性タレントを起用しマスマーケットに対してプロモーションを実施した実績を持つ。若年層の育成対象者が興味を持ち、体験へと行動を起こせるようなモチベーションを喚起する情報と、教員や保護者といったステークホルダが興味を持ち、背中を押す行動を起こせるようなモチベーションを喚起する情報の提供が求められる。

<具体的なアクション案>

- 企業や技術者の誘導施策協力モチベーションの明確化とスキーム検討
- マスメディアの誘導施策協力モチベーションの明確化とスキーム検討
対象生徒、保護者、教員へのリーチと、メディアとの提携モデルの調査・検討

(2) プロモーションの内容

プロモーション内容については、組込みシステム開発業務の内容をどのように伝えるかについて検討が求められる。学生が希望する就職希望企業は、日々の生活に関連する食品や化粧品の企業や、CMなどで認知される企業である。これは「なんとなく憧れている」といっても過言ではない。

現在、SEやプロジェクトマネージャなどIT系システム開発も含め、3K職場（きつい、帰れない、給料が安い）といわれ、学生から遠慮される仕事ともなっている。しかし、これは正確に開発現場を伝えているとはいえない。『組込みソフトウェア産業実態調査（技術者個人向け調査）』では、忙しいことやお金が儲からないことは、アンケート結果からも開発現場の意識と合致する。しかし、お金が儲からないということに対するしきい値が不明確な事項に関して、一般的な雰囲気では語ることは、若年層の誘導において大きなマイナス要因となる。組織において認知される優秀な開発者であれば、高収入であることも多い。ビジネス誌における職業毎の比較においても、平均よりも上といった生涯賃金や年収を獲得していることが読み取れる。3Kについてもイメージが一人歩きしていることは否めない。忙しさ、3K度合い、心の病率などについては明確な業界ごと比較が行われていないのは事実である。

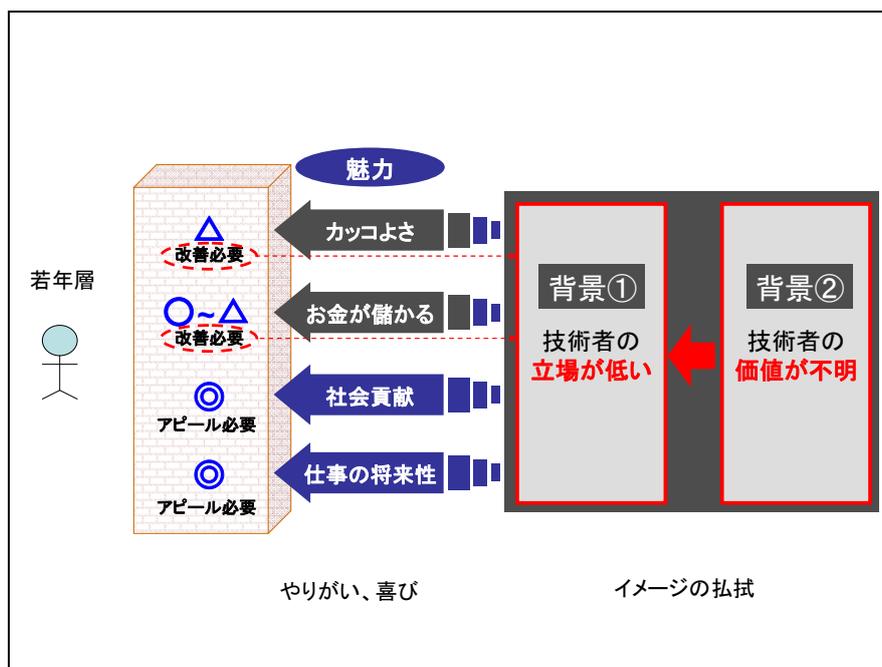


図 5-5 魅力とその背景

若年層に対して、組込みソフトウェア開発の仕事をアピールする場合の魅力について考える必要がある。面白いや楽しいだけでは、若年層および若年層の保護者にアピールすることはできない。ここでは仮に「カッコよさ」「お金が儲かる」「社会貢献」「仕事の将来性」という4つを魅力として定義する。それぞれ、現状の一般的な認知や評判からすれば、「カッコよさ：△（改善必要）」「お金が儲かる：○～△（改善必要）」「社会貢献：◎（もっとアピール必要）」「仕事の将来性：◎（もっとアピール必要）」と考えられる。この改善必要事項やアピールすべき事項について、掘り下げて対策を施す必要がある。

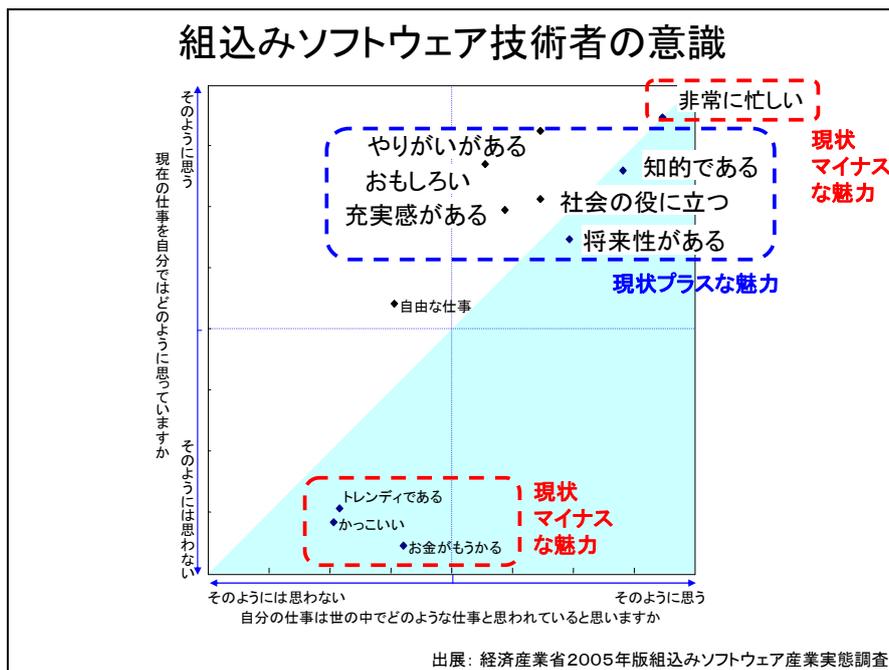


図 5-6 組込みソフトウェア技術者の意識

カッコよさやお金が儲かることについては、一般的な認知や評判と開発現場における認識がほぼ一致していると考えられる。これについては背景を整理し、対策を講じる必要がある。まず考えられる背景は、技術者の立場が低く、常に弱い立場で各種しわ寄せや苦勞が集中することが考えられる。ソフトウェアの開発は特別な資格やライセンスが無くとも誰もがができるため、専門性や希少性といった面でアピールが弱い。そのことがカッコよさやお金が儲かるなどのイメージ形成を阻害していることが考えられる。このような状況を改善していくためには、ソフトウェア開発に関する適切な評価を確立させることや、プロフェッショナルとしての地位確立、組織マネジメント見直しなどが考えられる。

さらに、ソフトウェア開発の価値可視化ができていないことも、根幹に近い背景として考えられる。ソフトウェア開発が、製品やサービス、さらには経済や環境に対して与える価値を可視化させる必要がある。現在は、このような価値が可視化されていないがために、開発者の立場が低く甘んじることに繋がっているとも考えられる。可視化する価値としては、製品やサービスに与える価値、企業の経営に対して与える価値（B/S,P/L,BSC など）、さらには日本経済や世界経済に与えている価値を可視化することが求められる。

また、技術者におけるヒーロー顕在化や、コンサルタントなどの高収入キャリアへのシフトなども効果的と考えられる。メーカーやベンダと対等に交渉が出来るポジションのキャリアは、プロフェッショナルの象徴的なキャリアともいえる。ヒーローの顕在化とプロフェッショナル集団の醸成は、カッコよさやお金が儲かるというイメージの改善に効果的である。(保護者に好感を持ってもらえるヒーローが望ましい)

活気あふれる組織は内部的だけでなく、外部的に見ても魅力あふれる組織に映る。このような組織はマネジメントによって実現されるものである。マネージャが技術者のパフォーマンスを最大限に引き出せるような環境を構築し提供することで、品質や生産性の向上が期待される。組込みソフトウェア開発の業界や産業においても、このような組織の顕在化が与える影響は大きいと考える。これら組織の存在を顕在化させる施策や、このような組織を構築・提供できるマネージャの育成も重要である。

ジョブマッチングなどのキャリアコンサルタントによる技術者の価値可視化も重要である。特定企業における技術者の価値評価でなく、技術者の持つ価値を広く市場評価することは、技術者のスキルアップやキャリアアップにプラスな効果が期待できる。技術の提供できる価値を高く評価する企業においてスキルを発揮することは、モチベーションにおいて重要であり、生産性や品質、さらにはメンタルヘルス的にも効果がある。このジョブマッチングにおいては、スキルやキャリアの可視化に ETSS は有効である。ETSS を活用し、業界内における相場感を共有し、求人側と求職におけるマッチング精度の向上を図る。

<具体的なアクション案>

- 組込みソフトウェア開発者の立場改善や価値可視化
仮説をブラッシュアップし、組込みソフトウェア開発という職業の魅力向上を図る。
- ジョブマッチングのキャリアコンサルティングにおける ETSS 活用

5.1.2. カリキュラム施策案

誘導ステージはプロモーションが主であるが、若年層向けキャリア教育において教える内容(カリキュラム)が必要である。このカリキュラムは、対象者に合わせた情報提供が重要であり、若年層の場合には発達に合わせた情報提供が求められる。また、このカリキュラムをどこで誰が対象者に教授するかも明確化する必要がある。

(1) カリキュラム内容(スタンス)

発達の段階においては、所属する学校機関が変わることを前提に、一貫したスタンスでのカリキュラム提供が求められる。

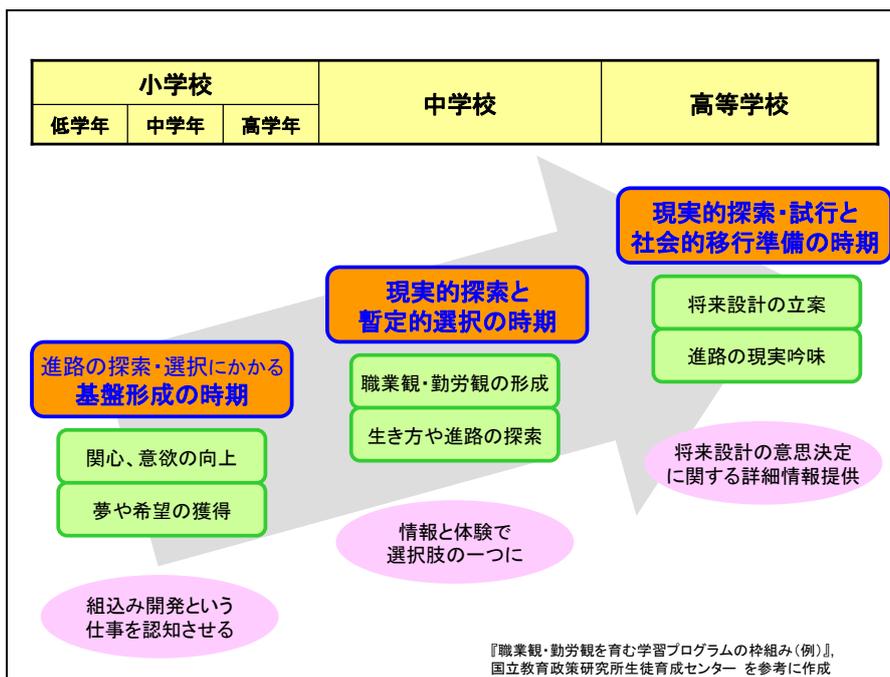


図 5-7 発達に合わせたカリキュラムの提供

小学校における発達の段階は、進路の探索・選択に関わる基盤形成の時期であり、この時期に応じた情報提供を行う。この時期は、身の回りの仕事や環境への関心や意欲の向上、夢や希望、憧れる自己イメージの獲得などが行われる。この時期に、組込みシステム開発という仕事の存在や、カッコよさや楽しさをアピールし、進路の選択肢の一つとさせることが求められる。

中学校における発達の段階は、現実的探索と暫定的選択の時期であり、この時期に応じた情報提供を行う。この時期は、興味や関心等に基づく職業観や勤労観の形成や、生き方や進路に関する現実的探索などが行われる。この時期に、組込みシステム開発という仕事の喜びや楽しさを体験させ、進路の選択肢の一つもしくは有力候補とさせることが求められる。

高等学校における発達の段階は、現実的探索・試行と社会的移行準備の時期であり、この時期に応じた情報提供を行う。この時期は、将来設計の立案と社会的移行の準備や、進路の現実吟味と試行的参加などが行われる。この時期には、組込みシステム開発という仕事の経済性や将来性に関する情報提供や、職場体験やアルバイトなどの経験を提供し、進路の選択肢の一つもしくは有力候補とさせることが求められる。

中学校および高校卒業時点から特定分野での専門家を目指すキャリア選択が可能となる仕組みは、日本経済団体連合会の『若手社員の育成に関する提言』*18において、国への要望として提示されている事項とも合致する施策である。

提供する内容は、発達の段階にあわせることが求められるが、前提となる組込みソフトウェア開発という仕事に対する定義を明確にすることが必要である。スポーツ選手や、警察官、消防士、看護師、医師、パイロットなど、子ども達や一般の人でもどんな仕事であ

るかイメージができる。少々年齢が上がれば、大学の先生や銀行員などもイメージできるようになる。しかし、組込みソフトウェア開発やものづくりといった仕事は、裏方的な仕事であり、直接目にすることもほとんどなく、メディアでも紹介されることがほとんどないため、子どもおよび一般の人にはイメージできない。『13歳のハローワーク』*19のようにキッチンと仕事を紹介する機会を積極的に作っていく必要がある。その際には、組込みソフトウェア開発という仕事の定義を明確にしておき、関係者がプロモーション活動などを行う際に、ブレのない統一されたメッセージ発信ができるようにしておく。

また、高等教育機関に対する組込みソフトウェア開発に対するプロモーションも当然必要である。初等中等教育におけるキャリア教育の効果は、学部卒であれば7年以上を要してしまう中長期的な施策である。短期的にも人材不足は対策を施す必要があるため、現在の高等教育で学ぶ学生に対して、組込みソフトウェア開発の存在から職業まで紹介することが求められる。就職セミナーでも遅くは無いので、積極的なプロモーション活動をすることで、学生だけでなく高等教育機関の就職関係組織への訴求も期待できる。

例えば、『ETSS キャリア教育用サブセット』（仮称）を用意し、どのような人がどのような仕事に従事しているのかを明示し、各教育機関のキャリア教育に使ってもらうことなどが考えられる。

<具体的なアクション案>

- 各段階にあわせた情報提供方法の検討
- 高等教育機関向けのプロモーション活性化施策の検討
- 『ETSS キャリア教育用サブセット』（仮称）の検討

(2) カリキュラム提供場所

カリキュラムの提供は、学校内および学校外、家庭と3つに分類できる。メインは学校内におけるキャリア教育であるが、学校外における各種イベントと、家庭内における教育も重要である。

学校内におけるキャリア教育は、勤労観と職業観を育ませるための取り組みが行われる。勤労に関する各種説明だけでなく、地元企業の開発者などによる講義なども行われる。組込みソフトウェア開発に関しては、このキャリア教育に対する提供情報や、開発者の派遣方法などについて調査・検討が必要である。

学校外におけるイベントは、各種主催が考えられる。学校が主催するケース、自治体が主催するケース、NPOなどのコミュニティなどが主催するケースなどが考えられる。これは、全国均一で校外イベントを提供し、地域や学校毎の差分を抑える意味からも、自治体の主催が理想的と言える。職場見学や職場体験、インターンシップなど各種施策を多くの若年層に経験してもらうためのコンソーシアムやアライアンスなどの施策立案が求められる。

家庭内における教育は、子どもの進路や興味に関する会話などから、子ども自身の勤労観と職業観を育ませることにある。組込みソフトウェア開発は、コンシューマ機器など一

部を除き、家族への説明が難しい特徴がある。さらには家族に対して仕事の話をする事自体を遠慮するといった技術者も多いと思われる。これでは身近な存在である技術者の家族からして職業選択の対象にならないことだけでなく、勤労観と職業観の醸成という意味で問題であるといえる。このような技術者である親の仕事の可視化や、技術者以外の仕事を持つ家庭に対する組込みソフトウェア開発という仕事を認知させ、子どもとの会話において話題となる情報の提供が求められる。例えば「この製品は組込みソフトウェアというプログラムによって、この便利な操作ができるんだよ。組込みソフトウェアは日本が得意とする仕事で、多くの日本人技術者が便利で高品質なソフトウェアを作っているんだ。」というような会話を、一般の家庭でできるようになれば、保護者へのアプローチは成功したといえる。

また、子ども達が好きな仕事にチャレンジできる『キッズニア (<http://www.kidzania.jp/>)』などの施設においても、組込みソフトウェア開発やものづくりの仕事が体験できることが望ましい。将来の日本を支える技術者確保を図るうえでは、このような施設を活用した取り組みも効果が期待できるため検討すべきである。

<具体的なアクション案>

- 学校向けキャリア教育コンテンツと説明員の派遣に関する調査・検討
- 職場見学や職場体験、インターンシップなど各種施策を多くの若年層に経験してもらうためのコンソーシアムやアライアンスなどの施策立案
- 家庭向け組込みソフトウェアの紹介に関する方法と内容の検討

(3) 指導者・教員施策案

指導者・教員は、若年層に対して組込みシステム開発の喜びや楽しみ、さらには産業としての重要性、職業としての価値をプレゼンテーションする。このプレゼンテーションは、教員やキャリアカウンセラーのミッションとなるが、文部科学省が行っている『理科支援員等配置支援』*16 と同じようなスキームを使い、組込みシステム開発に関する指導者を教育機関に配置したい。

また、文系出身の教員に対する「ものづくり」「電気・電子」「コンピュータ」に対する指導やフォローについても求められる。一般の教員による専門的な教育は期待できないが、子どもたちに対して機会があれば、便利な生活は日本が得意とする組込みソフトウェアやものづくりが支えていることを紹介することが期待される。身の回りにある製品やシステムをブラックボックスとして捉えるだけでなく、興味と探究心を持ち、学習へのモチベーションに結びつけることを期待する。

<具体的なアクション案>

- 若年層向けキャリア教育に関する指導者育成の具体化
教育内容、教育方法（プレゼンテーション、ティーチングなど）
- 若年層向けキャリア教育と、文部科学省『理科支援員等配置事業』との協調や整合

(4) 教育評価施策案

教育評価は、プロモーション施策の結果、どれだけ認知が広まったかなどの結果評価が求められる。経済産業省がこれまでに行ったプロモーション施策における結果評価方法について確認する。ちなみに、この教育評価は施策提供側の評価であり、指導対象者やステークホルダの評価でない点に注意が必要である。

<具体的なアクション案>

- プロモーション活動における結果評価方法の調査と検討

5.2. 体験ステージの施策案

- 組込みソフトウェア開発の喜びと楽しさを体験し、興味と職業候補の醸成
- 既存体験教育施策との連携・協調や、新たな玩具・遊戯企画の検討

体験ステージは、組込みシステム開発における楽しみや喜びを体験させるステージであり、プロモーションおよびカリキュラムが重要になる。教育評価については、カリキュラム提供者の教育プロセスをアセスメントするプロセス評価が主となる。

組込みシステム開発に関する体験教育は、簡易的なものから、システム設計、回路設計や半田付けまで必要とする高度なものまで多岐に渡り存在する。これら既存の施策との協調・連携が、早期施策の実現において重要である。

体験ステージは、『ものづくり体験教育コンソーシアム』（仮称）として、若年層がものづくり体験をする機会を増やし、かつ定常的に参加できる機会を設ける。これにより体験者を増やし、組込みソフトウェア開発という仕事を職業選択の候補とさせることを目指す。

当施策は、自治体や学校を中心とするラインと、科学技術館など地元技術系施設のライン、およびコンテストなどの教育イベントを提供するコミュニティ、さらには玩具・遊戯としての企業からのライン、合計4ラインを使った施策が考えられる。

自治体と学校を中心とするラインは、キャリア教育の一環として体験教育を提供する。科学技術館など地元技術系施設のラインは、夏休みの宿題や校外イベントとして体験教育を提供する。コンテストなどの教育イベントを提供するコミュニティは、校外イベントとして体験教育を提供する。玩具・遊戯メーカは、子どもの感性を刺激し、集団行動心理をくすぐるような企画が期待される。昨今のゲーム機を中心とした受身の玩具・遊戯でなく、ものづくりの参加型企画の提供が、これからの子ども達のキャリア教育や日本経済のためには必要と考える。これらを後方支援するような形で、マスメディアを使ったプロモーション活動も同時に実施し効果を高められるだろう。

り参加型企画の提供が、これからの子ども達のキャリア教育や日本経済のためには必要と考える。現在、組込みソフトウェア開発を行っているベテラン開発者の多くは、アマチュア無線における電子工作や、ラジコン（ラジオコントロール）の製作、電子回路のキット製作や自作を行っていた経験を持つ。次世代の開発者は、子どもの頃に何を経験し、この業界に来るのであろうか。2足歩行のロボットキットが安価に提供される時代になったが、まだ子ども達が遊戯として楽しめる域には達していない。ミニ四駆やカードゲームのようなコストで、ものづくりに関する玩具や遊戯が提供されることが望ましい。体験（教育）として、最も自然で効果が期待できる玩具や遊戯に関する施策について、検討する余地があると考えられる。

プロモーション活動は、これらの施策・企画に関する告知や情報提供を中心に実施することとなる。いずれの施策も、楽しみと喜びを体験させることが目的である事を、広く知らしめる活動がキーとなる。また、学校、技術系施設、イベント提供コミュニティ、玩具・模型メーカーとの協調プロモーションを実施する。

<具体的なアクション案>

- 自治体や学校ラインにおける最適な告知方法
- 科学技術館など地元技術系施設の調査と整理、協調方法の検討
- 既存の体験教育を調査・整理

人材育成インフラにおける施策として協調・連携する取り組みや組織を抽出する。調査・整理に際しては、以下の点について考慮する。実施機関：経済産業省、文部科学省、厚生労働省、教育機関、地方自治体、特別法人、NPO法人、コミュニティなど。調査項目：実施内容・方法、対象者、対象人数（実績）、継続状況、運営費用、提供価格、運営における問題など

- 組込みソフトウェア教育を目的とした玩具・遊戯に関する企画の準備

5.2.2. カリキュラム施策案

体験教育のカリキュラムには、以下の様な各種属性が存在すると考える。

- 作業の範囲：プログラミング、設計、テスト、システム設計、要件、コンテストなど
- 教え方：設計書に従った作業を体験、制約下での自由な発想と製作を体験など
- 体験する場所：企業、学校、自治体など公的設備、遊戯場（公園や遊園地、店舗など）

遊戯場に関しては、人材育成施策として『遊び』による体験を促すことを企画することも効果が期待できる。スポーツや囲碁・将棋など、趣味や遊びによって体験することは、楽しみや喜びの獲得だけでなく、スキルの獲得に大きく影響を与える。若年層におけるゲーム機に依存した遊びを、創造的な遊戯に向かせることで、実際に手を動かし創意工夫するといったスキルが獲得できると考える。ミニ四駆、マイクロマウス選手権、RoboOneなどのような競争性（コンテスト性）をもった遊戯を仕掛けるといったことも、これからの人材育成には必要である。

また、上記のような属性を踏まえると、指導者や指導アシスタントのアサインが重要になってくる。指導者と体験教育内容のマッチングとも言える。体験教育における経験は、後の進学や入門教育といったキャリア選択に大きく影響を与える。ここで楽しみと喜びを経験させることは、少子化の進む現在においては重要であり、失敗（いい体験でなかったなど）は最小限に抑えることが求められる。これらは、カリキュラムの品質が重要であり、さらには後述する『組込み指導者育成スキーム』において指導者の育成に取り組むことも重要である。

企業での体験を目的としたインターンシップも存在する。これについては、入門における施策に盛り込み検討する。

<具体的なアクション案>

- 若年層における遊戯に関する実態と、組込みシステム開発の経験になるような遊戯の調査と整理を実施。新たな遊戯施策としての検討の必要性や課題を検討
- 指導者育成における若年層向けの体験教育向けの指導方法や訓練、スキルマッチングの検討と整備

5.2.3. 指導者・教員施策案

体験教育は前述のように喜びと楽しみを提供することが主であり、これを確実に提供するための指導者・教員の量と質の向上を図る。

<具体的なアクション案>

- 若年層向け体験教育に関する指導者育成の具体化
教育内容、教育方法（プレゼンテーション、ティーチングなど）、安全性確保策、リスク管理など
- 若年層向け体験教育と、文部科学省『理科支援員等配置事業』との協調や整合

5.2.4. 教育評価施策案

体験教育は前述のように喜びと楽しみを提供することが主である。この提供するものを確実に提供するためのプロセスを評価することで、育成施策の評価を行う。これは例えば運営資金の支援などを伴うアライアンスにおいて必要となる事項であり、場合によっては、セルフアセスメントによる自己改善を促すことだけでもよい可能性も考えられる。

喜びと楽しみをどのように提供するのか、その準備のプロセスはどのようにになっているのかを明確にし、さらには喜びと楽しみの獲得状況をどのように評価しているかをアセスメントするイメージである。特に事故や怪我といった安全性の確保やリスク管理に関しては注意する必要がある。

<具体的なアクション案>

- 5.2.1に示した既存の体験教育における調査項目として、提供する体験教育の品質維持方法と教育評価方法を調査・整理

5.3. 入門ステージの施策案

- 組込みソフトウェア開発の基礎をマスタする確実な教育カリキュラムを提供
- 指導者・教員の質・量の増強と、教育カリキュラムの認定や、知識試験など評価が重要

入門ステージは、組込みシステム開発における基礎を学び身に付けるステージであり、カリキュラム内容、指導者・教員と教育評価が重要になる。プロモーションについては、カリキュラム提供者の情報を対象者に知らしめることであるが、誘導ステージや体験ステージによって、認知と興味を与えていることが重要であり、ここでは具体的な施策を対象者が選択できるようにしておくことに主眼がおかれる。

組込みシステム開発に関する入門は、数日という簡易的なものから、長期間に渡る高度で専門的なものまで多岐に渡り存在する。これらは目的と手段の違いであり、対象者の育成前の状態や育成後の目標値、育成が行える期間によって、指導する範囲と深度が異なってくる。

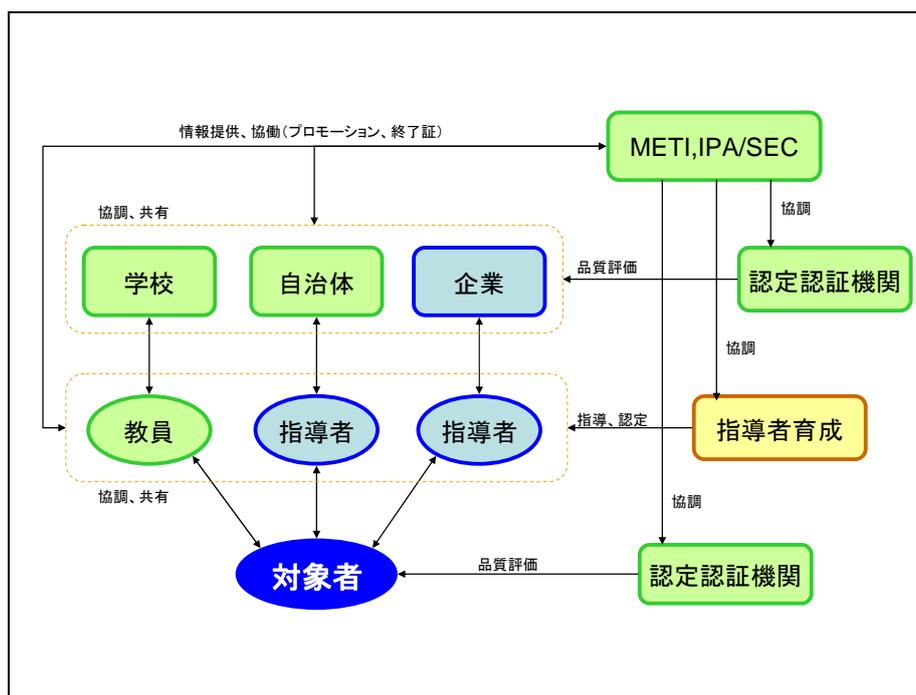


図 5-9 入門ステージのスキーム

入門ステージは、『組込みシステム入門教育プログラム』（仮称）として、組込みソフトウェア開発未経験者が、開発現場に参画するための知識とスキルを提供する。これにより開発現場の技術者を増やし、開発現場において問題となっている人材不足の解消を目指す。

入門ステージのスキームにおいては、学校や自治体、企業といった教育提供機関と、その組織に属する指導者・教員、さらに育成対象者というレイヤ構造が存在する。このそれ

ぞれのレイヤに対して、教育評価と指導者育成という施策が関係する。

学校や自治体、企業といった教育提供機関に対しては、カリキュラムの提供プロセスや要求との合致度および教育成果に関する評価が行われる。

教育提供機関に属する指導者・教員は、カリキュラムを確実に遂行し、人材育成の目標を達成するために教育スキルと技術スキルが求められる。これらは現在、経験から学ぶことも多いが、ソフトウェア開発と同様に、体系化された知識を習得した上での指導行為が求められる。指導者育成は、指導に関する体系化された知識を提供し、さらに指導行為の実績を管理することによる指導経験経歴の可視化を図る。

育成対象者に対しては、研修の履修や、知識のテストによる資格発行、教育成果に関する評価などが行われる。

5.3.1. プロモーション施策案

入門ステージにおけるプロモーション施策は、誘導や体験に比較すると重要度は低い。入門に対する興味と持つものは、すでに職業観について認知していると考えられる。よって、入門ステージにおけるプロモーション施策としては、数ある入門教育の選択肢から最適なものを選択するための情報提供が主となる。

対象者は、組込みソフトウェアに関する入門教育を考えている若年層と、IT系開発に従事していた開発者の2つが想定される。組込みソフトウェアに関する入門教育を考えている若年層は、中学生においては高等専門学校や工業高校、専修学校もしくは企業における入門教育の選択ができるようになっている必要がある。高校生においては、大学や専修学校、もしくは企業における入門教育の選択ができるようになっている必要がある。専修学校や大学・大学院においては、企業における入門教育の選択ができるようになっている必要がある。しかし企業の入門教育は新人教育などが該当するが、これは就職における参考情報といえる。優秀な企業は教育にも力を入れているケースが多いため、会社選択における一つの評価項目ともいえる。

IT系開発に従事していた開発者の場合には、自社内や自治体、教育ベンダ、教育機関における入門教育の選択ができるようになっている必要がある。IT系開発に従事していた開発者の場合には、すでにプログラム開発などを経験済みであることが想定されるため、マイコンやリアルタイムOSなど、不足する技術に関する入門教育を選択して受講できることが望ましい。

プロモーションにおける入門教育の選択については、最適な選択を支援する仕組みを提供することが考えられる。例えば、ポータルサイトとして情報を提供することや、ベストプラクティスとして良質の教育内容を顕在化させた情報提供が考えられる。

<具体的なアクション案>

- ポータルサイトの設置に関する調査・検討
ポータルへの登録・削除基準などをどのように考え運用するかなど。

- ベストプラクティスの顕在化に関する調査・検討
経済産業省にて実施中の『組込みソフトウェア教育実態調査』はこの顕在化に関する取り組みであり、プロモーション方法などを調整する。

5.3.2. カリキュラム施策案

入門ステージにおけるカリキュラムは、本部会の「エントリ教育検討グループ」にて検討している。この検討に加え、以下の事項について施策を検討する必要がある。

- 情報処理学会が策定を進める『情報専門学科カリキュラム J07』との協調
特に CE,SE との関係、技術者倫理教育に関する留意など
- インターンシップの活性化施策
就職におけるミスマッチ解消を期待。秘密情報に関する対応方針明確化

5.3.3. 指導者・教員施策案

入門教育は組込みソフトウェア開発における入り口といえる教育であり、これから始まる開発者ライフに大きな影響を及ぼす。このように重要な教育を確実に提供するための指導者・教員の量と質の向上を図る。

開発現場や教育現場では、組込みソフトウェアに関して教えることができる人材が不足している。指導者・教員は組込みソフトウェア開発を経験していることが望ましいが、全員にこの経験を求めることは、今後の指導者・教員増強において足かせになりかねない。ティーチングスキルやファシリテーションスキルの獲得に加え、授業の開発プロセスや運営手順などの、汎用的教育に関するスキルの獲得は必須である。さらに組込みソフトウェアの技術に関する知識の獲得も求められる。これは広範囲におよぶ技術全般を求めるものでなく、教授対象の技術および関係する技術に限定することが可能である。

これら汎用的教育に関するスキルおよび教授対象の技術スキルについては、座学や演習によって獲得を図り、それを実践する機会を設ける。同一の教授対象スキルに関する他者の教授方法を観察することから始め、実際に自分が経験するといったプロセスでスキルアップを図ることが求められる。

教員については、教育機関などによって専門的なキャリア支援が行われていると考えられるため、ここでは現場の開発者を指導者に育てることを促す施策を検討する。

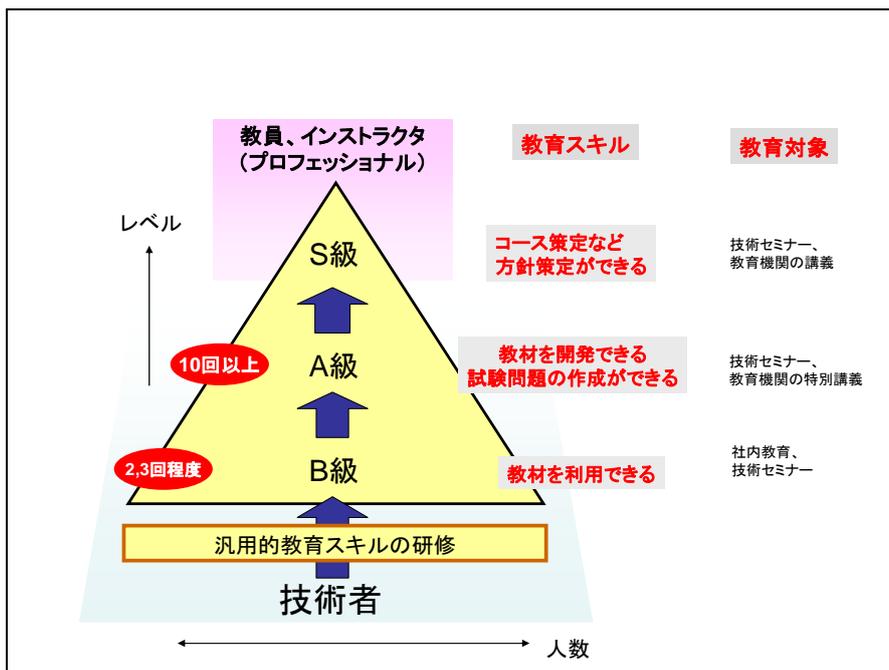


図 5-10 指導者育成のキャリアパス (案)

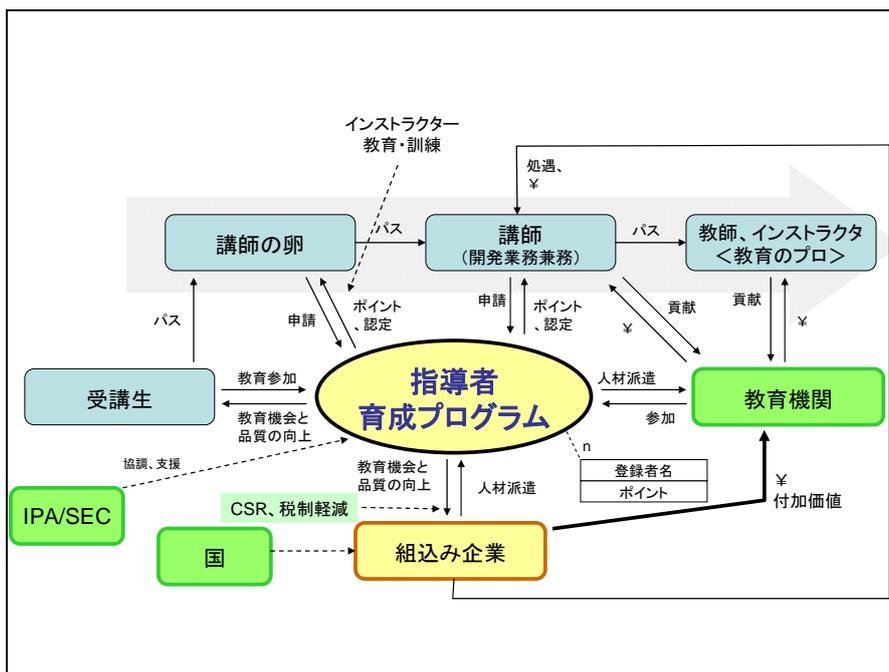


図 5-11 指導者育成プログラムのスキーム案

<具体的なアクション案>

- 指導者育成プログラムに関する調査・検討
汎用的教育スキル研修、キャリアパス、認定・認証、技術スキルのケア方法

5.3.4. 教育評価施策案

入門ステージにおける教育評価施策は重要な事項である。組込みソフトウェア開発への窓口として入門教育の質を保証することは、そこから排出される人材の質を高めることに繋がり、開発現場への貢献度は高いといえる。

入門ステージにおける教育評価は、入門教育カリキュラムに関する外在的評価と、教育のプロセス評価、入門教育を履修した人材の評価の3つが考えられる。

入門教育カリキュラムに関する外在的評価は、提供される入門教育が教育調達側の求めるものとの一致性を評価するものである。これはプロモーション施策において記載した最適な選択を促すために必要な評価である。前述のように入門教育は期間や教育内容が大きく異なることがある。教育を調達する側が想定する入門教育履修後の人材像と、入門教育が対象とするスキル項目とスキル（知識）レベルの一致性を確認する。この場合、教育提供および教育調達者の双方が ETSS を活用することによって、評価の精度向上と工数削減が期待できる。また、学校評価（大学評価）などは、大きな意味での外在的評価であり、産業界の求める人材と大学が提供する教育のギャップなどを明らかにしている。

この外在的評価を活用し、教育機関や教育カリキュラムのブランド化なども期待できる。開発現場の求める技術者の育成を行っている教育機関や教育カリキュラムは企業にとっては魅力的であり、採用の際に求人候補となる。また教育受講者にとっても、求める人材像への近道として選択の候補となる。この外在的評価や学校評価（大学評価）は、教育機関の経営だけでなく、企業や技術者候補にとっても有効なものである。

特に専修学校においては、学校評価の必要性和意義がある。情報系や電子・電気系の生徒減少や、社会的評価や規制緩和において、この学校評価を有効活用することが望まれる。海外の学校評価機関においては、評価対象が大学だけでなく専修学校も含まれている。

この具体的プラットフォームとしては、経済産業省による「産業競争力向上の観点からみた大学活動評価手法について」で示された考え方をさらに推し進めたスキームによるものが想定できる。産業界で必要とされる人材群がどれだけの数、どれほどの質（専門技術・スキルとヒューマンスキル）を求められているのかを要件として示せるようにする。その上で、企業は大学や専修学校のつける成績を採用の際の参考にするように変えていく。また、産業界の現場の人間を、教員として大学に送り込むことや、産業界が培ってきた研修ノウハウを大学にも提供できるような体制も作っていく。

一方、大学や専修学校は、その企業サイドの要件を引き受け、協力も受けつつ、学科の改組やカリキュラムの改訂を柔軟にできるようにする。また学生のキャリアプランニングと学習計画作りの指導にも企業の示す人材像とその要件を活用していく。さらに少子化の中、各大学・専修学校は、自らの人材育成目標を明らかにし、その上で入学者を募る必要も求められているが、その際の目標としても打ち出せるようにしていく。それこそが学生募集において教育の競争原理として働くようになるのである。

このような産学の連携体制が上手く回り始めれば、大学・専修学校の進学者にとっては、

将来のキャリアを想定することで、学習意欲の向上が見込まれる。一方企業にとっては、質の高い労働力の供給が見込まれることとつながる。さらには、就職後の早期退職の歯止めへの布石になると考えられる。また、採用の効率化や企業経営に大きな負荷のかかる研修の縮小化も考えられる。それは企業の生産性向上に有効に働く。このような産業界の観点から大学・専修学校を評価しつつ、様々な関係者（ステークホルダー）が関わり、全体が良い方向に進んでいくというスキームはぜひ検討していくべきと思われる。

平成19年度第4回経済財政諮問会議では、経済産業大臣から「産業界との対話」の場として、「産業人材育成パートナーシップ」の創設を提案しているが、組み込み分野は、国際競争力に必要な産業技術分野のコアとして、先導的に産学の人材育成連携のスキームを作っていくべきと考える。

入門教育カリキュラムに関する教育のプロセス評価は、教育提供者が組織的に適切な品質の教育を提供できるか否かを、教育提供のプロセスを評価することによって明らかにする。組織的にPDCAのサイクルが適切に運用されているかを診断評価する。組込みソフトウェアの入門教育に関しては、工学系大学ではJABEE（日本技術者教育認定機構）が存在するが、他の入門教育のプロセスを評価する仕組みは存在しない。ID（Instructional Design）に基づく設計が行われているか、PDCAのサイクルが適切に適用されているかなどを、大学教育以外で適切に評価する施策が求められる。特に学校評価と同様に、専修学校における取り組みが期待される。

入門教育を履修した人材の評価は、知識やスキルの評価を行い、結果を証明や認定する。単純に入門教育を履修したことを証明するというレベルから、入門教育の結果獲得したスキルや作業の成果を評価するレベルまで存在する。このような教育評価の度合いは、カークパトリック(Kirkpatrick)の評価法における4段階のレベルに当てはめ考えることができる。

レベル1は反応(Reaction)であり、学習者の満足度が評価基準となる。評価はアンケート等の方法で満足度を調査する。一般的な研修では常に行われている行為であり、入門教育後の履修を証明することがこれに該当すると考えられ、組込みソフトウェアに関する入門教育を履修済みであることを業界として共有することが望まれる。これによって、重複した入門教育の履修を回避することや、不足する知識やスキルの獲得を推進することに繋がることが期待できる。

レベル2は学習(Learning)であり、学習者の理解度が評価基準となる。事前テストと事後テストを行い、知識やスキルの習得度を測定する。入門教育後の理解度を証明することがこれに該当すると考えられ、組込みソフトウェアに関する入門教育を受講し一定レベルの知識を獲得済みであることを業界として共有することが望まれる。これによって、精度の高い開発者のジョブアサインや調達における情報共有や、不足する知識やスキルの獲得(スキルアップ)を推進することに繋がることが期待できる。

レベル3は行動(Behavior)であり、学習者の行動・態度変容が評価基準となる。学習後の

本人へのインタビュー、あるいは周囲の人へのインタビューによって評価される。レベル4は結果(Results)であり、学習者の業務実績が評価基準となる。本人の業務実績の向上度を測定する。このレベル3と4は、評価が難しく、入門教育における評価として利用されているケースは少ない。あえてこれらレベルに対応する具体的な評価をあげるのであれば、ETSS キャリア基準におけるキャリアレベルの評価が該当する。

<具体的なアクション案>

- 教育提供および教育調達における ETSS 活用推進 (ETSS 準拠認定)
産業界の求める人材と教育機関が提供する教育のギャップを解消。
NII・SEC 共同研究の教育カリキュラムの外形評価についても継続検討と展開
産業界の人材像の質的・量的な可視化と、教育機関のカリキュラムデザインや学生へのキャリア教育を促すスキームやプラットフォームの策定
- 様々な技術分野の模範となるような産業界と教育機関の対話の場である「産学人材育成パートナーシップ」作りを組込み分野で行う
- 入門教育カリキュラムのプロセス評価の仕組み検討
大学以外での入門教育のプロセスを評価する仕組みに関する調査・検討
- 組込みソフトウェアに関する入門教育履修証明
業界での共有や有効活用に向けた調査・検討
NEXCESS・SEC 共同研究：教育参加者の達成度評価についても継続検討と展開
- 組込みソフトウェアの入門レベル知識証明
業界での共有や有効活用に向けた調査・検討
JASA 組込みソフトウェア技術者試験以外の取り組みなど調査・整理

5.4. 専門ステージの施策案

- 組込みソフトウェア開発の専門技術を習得する教育カリキュラムを提供
- 入門と同様に、指導者・教員の増強、教育カリキュラム認定や、知識試験が重要

専門ステージは、組込みシステム開発における専門的技術を学び身に付けるステージであり、入門ステージと同様にカリキュラム内容、指導者・教員と教育評価が重要になる。プロモーションについては、カリキュラム提供者の情報を対象者に知らしめることであるが、ここでは具体的な施策を対象者が選択できるようにしておくことに主眼がおかれる。

組込みシステム開発に関する専門教育は、数日という簡易的なものから、長期間に渡る高度で専門的なものまで多岐に渡り存在する。これらは目的と手段の違いであり、対象者の育成前の状態や育成後の目標値、育成が行える期間によって、指導する範囲と深度が異なる。

専門ステージは、『組込みシステム専門教育プログラム』（仮称）として、組込みソフトウェア開発経験者が、開発現場で求められる専門的な技術の知識とスキルの獲得を図る。これにより開発現場の開発者の質向上を図り、人材不足対策として有効な生産性、生産効率の向上を目指す。専門ステージのスキームは、入門教育とほぼ同じであるが、入門教育以上に研修の流通や調達が重要になり、開発者が必要な教育を選択できる環境が求められる。

5.4.1. プロモーション施策案

専門ステージにおけるプロモーション施策は、入門教育におけるプロモーション施策案とほぼ同じであり、解説は割愛する。

- 最適な教育の選択を実現する情報提供と選択方法提供

5.4.2. カリキュラム施策案

- 専門ステージにおけるカリキュラムは、本部会の「プロフェッショナル教育検討グループ」にて検討しているため、解説は割愛する。

5.4.3. 指導者・教員施策案

専門ステージにおける指導者・教員は、入門教育における指導者・教員とほぼ同じであり、解説は割愛する。

5.4.4. 教育評価施策案

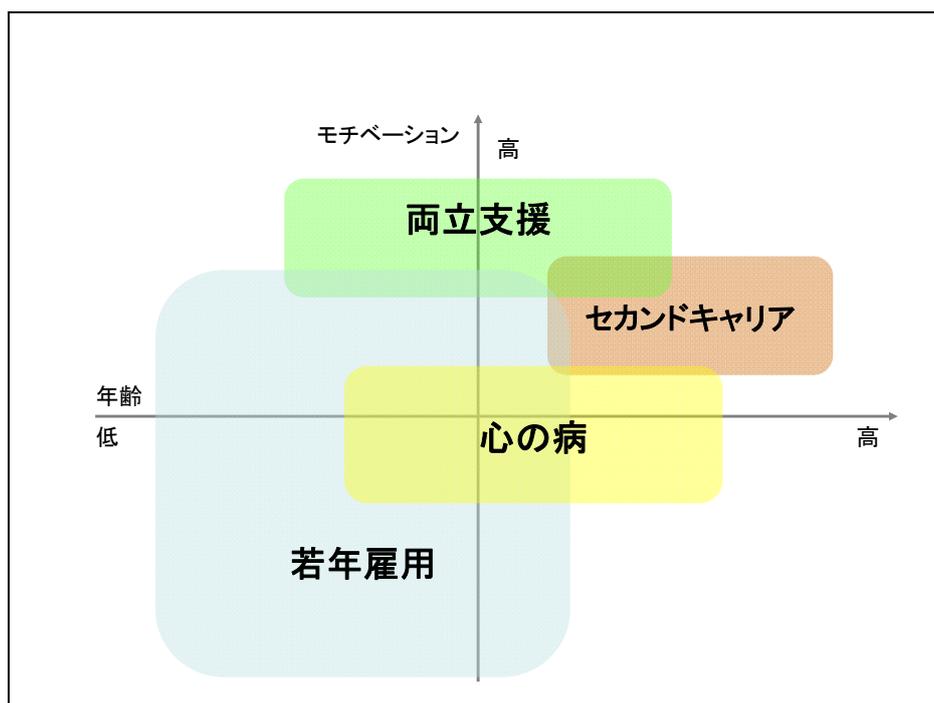
専門ステージにおける教育評価施策は、入門ステージと同様に重要な事項である。組込みソフトウェア開発に関する生産性向上は、この専門教育によることが期待でき、この期

待を保障する施策としては、開発現場への影響は大きい。

専門ステージにおける教育評価は、入門教育における教育評価施策案とほぼ同じであり、解説は割愛する。

Appendix:1 フォローアップ施策

ここでは、組込みシステム開発に依存しない事項について取り上げ、本文で記載した施策に対する補足として考慮が必要な事項を取り上げる。国策として取り組む『再チャレンジ』に関連し、各種フォローアップとしての施策対象を検討する。ここで取り上げる事項に関しては、専門家を交えた調査・検討などの取り組みが必要な事項である点に注意が必要である。



Appendix:図 1 組込みソフトウェア開発以外でも関係する人材に関する課題

1. 若年雇用

組込みソフトウェア開発現場では人材不足という問題を抱えているが一方、若年の雇用においては高い失業率といった状況となっている。少子高齢化や人口減少の進む中、若年の雇用がこのような状況にあることは、開発現場のアンバランスな年齢分布（逆ピラミッド、洋ナシ）を助長してしまう。これは、求職と求人のアンマッチといった単純な問題でなく、若年者の価値多様化や企業における雇用システムの変化など大きな流れに伴うものである。

内閣府の『平成15年版国民生活白書～デフレと生活～若年フリーターの現在（いま）～』*20において、状況認識や対策の方向性などが示されている。また、総務省の『労働力調査』*21では、フリーター（15～34歳、パート・アルバイト）は187万人である。

組込みソフトウェア開発における人材不足解消には、このフリーター：187万人は魅力的な存在である。フリーターは”待機型”、”夢追い型”、”モラトリアム型”の3分類に分けられるという。これらの分類に適した情報や機会を提供し、組込みソフトウェア開発を就業の選択

肢として検討対象にすることをを行う。さらには、公的機関や専修学校、教育ベンダ、人材派遣や受託開発ベンダによる職業訓練の機会を充実させる取り組みにより、組込みソフトウェア開発に適した素養を持つ人材の発掘や育成を行うことが求められる。

これらは、厚生労働省や関連省庁が提供している各種若年向け施策（ジョブカフェ、紹介予定派遣など）との協調を前提として、教材や指導者、就職先などについて協力をする取り組みが現実的である。

2. 両立支援

組込みソフトウェア開発の現場において、女性比率は少ないといわれる。労働力調査においては、女性の労働者数は30代の子育て期を中心にM字カーブを描いている。労働力人口の男女比は71%であるが、製造業における男女比は47%と少ない。組込みソフトウェアの開発現場ではさらに低い結果と考えられる。

内閣府の『男女共同参画白書』*22では、女性が働くことに関する各種問題や背景が記載されている。今後は、これらの情報を参考に、各種施策に関する組込みソフトウェア開発ができることを探ることが求められる。法律、企業努力、職場や家庭の風土といった観点での取り組みや、企業における取り組みのベストプラクティスを顕在化させることが考えられる。女性技術者のコミュニティと協調し、女性技術者のロールモデルをつくることなども必要であろう。

3. 心の病（メンタルヘルス）

開発現場での心の病（うつ病など）が増えている。組込みソフトウェア開発現場における明確な統計情報は無い。労務行政研究所の報告*23では、過去3年間（2005年時点）におけるメンタルヘルス不全者は増加傾向にあり、増加と回答したのは52%に達し、1,000人以上の大手では70.2%にも達する。また増加が目立つ年齢は、30代が最も多く39.6%であり、20代は27.6%、40代は18.7%という状況である。メンタルヘルス対策が課題となっている企業は過半数に達し、さらに組込みソフトウェアが関係する製造業においては62.6%と、非製造業の50.4%を大きく上回っている。1ヶ月以上の休職をしている従業員を抱える企業は約50%であり、1,000人以上の企業の場合、78.6%と大手に多い傾向にある。また1,000人以上の企業の場合に、休職している社員1~3人は過半数であるが、10人以上も休職をしている企業は2割にも達している。

問題原因は、残業や休日出勤による労働時間の増大や、人間関係など職場環境の悪化、将来への不安などが考えられる。年功序列から成果主義への移行は、将来への不安や、常に成果へのプレッシャによる人間関係の歪みなどに繋がる。

心の病対策としては、メンタルヘルス不全の予防と、メンタルヘルス不全後の職場復帰プログラムの両施策が求められる。これは、専門家も含めた検討が必要である。まずは開発現場の現状認識と、症状や個人の特性に適した対応、職場の環境改善（特にマネジメント関係）を行うことが求められる。

4. セカンドキャリア

セカンドキャリアとは、中高年者が現在の所属組織以外における、新しい生活設計を対象とする。2007年問題として団塊世代の大量引退が象徴するように、今後は技術者のセカンドキャリアに関する施策が求められる。大手企業や先進的な企業においては、各種支援プログラムなどが提供されている。組込みソフトウェア開発としては、豊富な経験を持つ中高年のスキルを、可能な限り組込みソフトウェア開発に対して発揮してもらうことを促し、開発力強化に結び付けたい。

『組込みソフトウェア産業実態調査』によれば、45歳以上の技術者数は約4%（約7,000人）、50歳以上では約2%（約3,800人）と試算できる。まだ2007年問題というほど大きな影響があるとは考えられないが、組込みシステムの黎明期から現在に至る発展の過程を経験してきた技術者の引退は量以上に質的な影響が大きい事も予測される。また、中小企業は大企業に比べ高齢傾向にあるため、組織に与える影響は大きく、計画的な後進育成や現役継続といった施策を施すことが求められる。

セカンドキャリアは、ロングスパンでの施策が求められる。セカンドキャリアの選択肢は、大きく分けて3つのパターンが考えられる。

- ① 職場か職業を変更。業務委託契約なども選択肢の一つである。
- ② 現業以外のキャリアを獲得。職業訓練やインターンシップ、趣味を仕事にするなど。
- ③ 社会貢献。NPO法人に勤務するなど

組込みソフトウェア開発力強化の観点では、豊富な経験を活かしビジネスに貢献するか、若手の指導役になり後進の育成に努めてほしいと考える。シニアベンチャー研究会の報告書*24には、シニアの起業を促進する基盤の整備として各種提言がされている。これらについて、組込みソフトウェアにおいて取り組み可能かを検討する必要がある。例えば、地域コミュニティや中高年による自主的ネットワーク構築などについて、効果などを検討する。

Appendix:2 施策の取り組み（案）

ここでは、本書で提案した施策について今後の具体化に関する取り組み項目（案）を示す。

1. 施策の整理

これまでに提示した施策に対する具体化は、以下に示すような取り組みによって詳細検討を進めることとしたい。

1.1. 若年層向けものづくりキャリア教育プログラム(仮称)

初等・中等教育および高等教育に対する職業観・就業感の醸成を支援するための施策検討を行う。教育機関や自治体、企業の協調を実現する仕組みづくりを検討し、パイロットプロジェクト等によって実現を図る。また、開発者の地位やイメージ改善を検討し、マスメディアを使ったプロモーションも検討・提供を図る。

1.2. ものづくり体験教育コンソーシアム(仮称)

初等・中等教育および高等教育の生徒に対して、ものづくりの体験機会提供を支援するための施策検討を行う。科学技術館などの施設を使った取り組みの提供や、既存の体験機会施策との協調に関する仕組みづくりを検討し、パイロットプロジェクト等によって実現を図る。また、遊びの中からもものづくりを体験することができる玩具や遊戯の提供も検討する。

1.3. 組込みシステム開発 教育プログラムポータル(仮称)

入門教育や専門教育について、受講者が希望の教育プログラムを選択可能とする施策検討を行う。これまでの人や組織に依存した情報へのリーチに対して、教育プログラム提供者からの情報提供を基に、確実に効果的な情報リーチの実現を図る。

1.4. 組込みシステム開発 指導者育成プログラム(仮称)

入門教育や専門教育に関する指導者を育成するための施策検討を行う。また、体験教育に関する指導者についても検討する。ETSSをベースとして、対象となる技術（知識）やスキルの範囲とそのレベル感を共有する。これによって、開発者のスキルアップやキャリアアップにおける取り組みを支援しつつ、企業における教育訓練の戦略立案や管理を支援する。

1.5. 組込みシステム開発 教育履修互換プログラム(仮称)

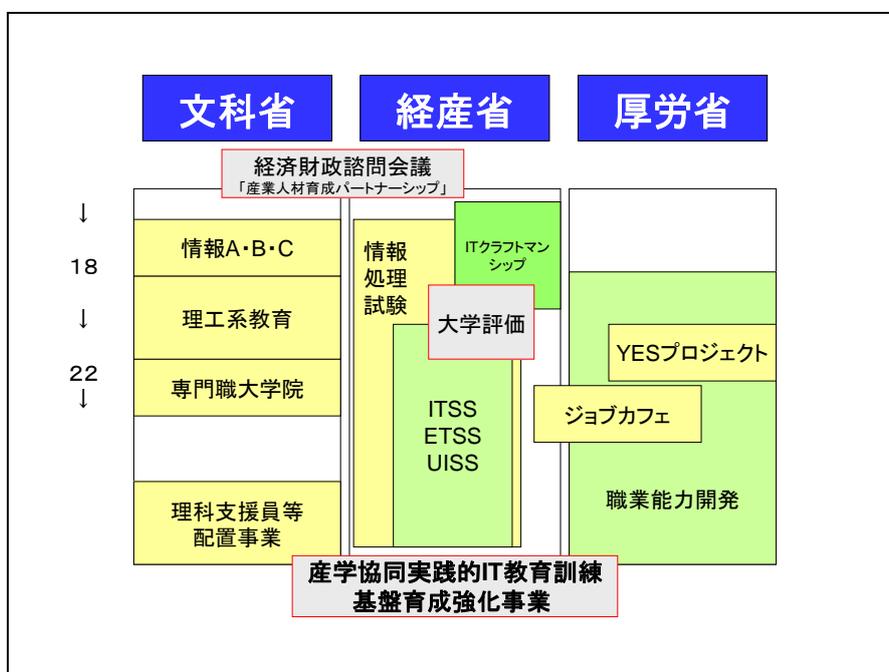
入門教育や専門教育に関する履修記録を、異なる教育プログラムでも互換性をもって運用可能とする施策検討を行う。

1.6. フォローアップ施策に関する取り組み検討会議(仮称)

若年雇用やセカンドキャリアなどのフォローアップ施策について、専門家も交え、施策検討を行う。ものづくり国家として、積極的な職業訓練の提供や、効果的な開発者のフォローアップを行うことは、不足する人材に対する効果が最も期待されるが、それ以外の効果（開発者のモチベーション、海外に対するメッセージなど）も期待できる。

2. 施策検討の機関など

これら施策は、経済産業省を始めとする各省庁や団体における各種既存施策と協調した取り組みが求められる。各省庁や団体が取り組み会議体や施策において、組込みソフトウェアとしての具体的な事例作りなどを行い、パイロットプロジェクトとして実績を創造するなど、協調方法について適宜調整を図り積極的に取り組みたい。



Appendix:図 2 各省庁の代表的な技術系支援施策

参考資料

- *1: 組込みスキル標準(ETSS) <http://sec.ipa.go.jp/>
- *2: 組込みソフトウェア産業実態調査 <http://sec.ipa.go.jp/>
- *3:『大学教育における産業界ニーズと教育カリキュラムのマッチング度合いの分析結果』,経済産業省,2006
- *4 『職業能力の評価基準(技術系職種)』,中央職業能力機構,2006
- *5:『社会人基礎力に関する研究会』中間取りまとめ,経済産業省,2006
- *6:「若年者就職基礎能力支援事業(“YES プログラム(Youth Employability Support Program)”)」,厚生労働省
- *7:『産業競争力向上の観点からみた大学活動評価手法の開発について』,経済産業省,2003
- *8:『大学教育における産業ニーズと教育カリキュラムのマッチング度合い分析手法の開発について』,経済産業省,2005
- *9:『産学協同実践的 IT 教育訓練基盤育成強化事業』,経済産業省,2006
- *10:『私立大学教員の授業改善白書』,(社)私立大学情報教育協会,2004
- *11:『国際競争力強化に向けたわが国の産学官連携の推進』,(社)日本経済団体連合会,2001
- *12:『Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us』, OECD,2005
- *13:『学校基本調査 平成18年確定版』,文部科学省,2006
- *14:『2005年度・新卒者採用に関するアンケート調査集計結果の概要』,(社)日本経済団体連合会,2006
- *15:『組込み系ソフトウェア開発の課題分析と提言』,(社)電子情報技術産業協会,2006
- *16:『理科支援員等配置事業』,文部科学省,2006
- *17:『キャリア教育の推進に関する総合的調査研究協力者会議 報告書』,文部科学省,2004
- *18:『若手社員の育成に関する提言』,(社)日本経済団体連合会,2005
- *19:『13歳のハローワーク』,村上龍著, 幻冬舎,2003 <http://www.13hw.com/>
- *20:『平成15年版国民生活白書～デフレと生活～若年フリーターの現在(いま)～』,内閣府,2003
- *21:『労働力調査』,厚生労働省,2006
- *22:『男女共同参画白書』,内閣府,2006
- *23:『メンタルヘルス対策の最新実態』,(財)労務行政研究所,2005
- *24:『中高年による起業の促進に向けて～「起業」が創る新たなセカンドライフ』,シニアベンチャー研究会,1999年