

組込み技術者のスキル・ロックイン問題 - 技術リーダー育成の課題と対策 -

石田 倫章
株式会社デンソー

michiaki.ishida.j3w@jp.denso.com

松尾谷 徹
有限会社 デバッグ工学研究所

matsuodani@biglobe.jp

要旨

「スキル・ロックイン」とは、特定の方法論や製品特性に特化した経験やスキルにより、技術者や組織の行動パターンが固定化された状態を指します。組込み開発は、主に装置や部品を制御するドライバー開発であり、高い信頼性と安全性が求められます。さらに、ROMに焼き込まれ修正が困難など、強い制約下で行われます。そのため、製品ごとに蓄積されたアーキテクチャやプロセスを維持する派生開発が使われています。

近年、組込み開発はクラウド連携 (IoT)、統合 ECU、自動運転、AI 連携など、複数の製品を統合したシステム製品やサービス型の開発競争が世界規模で進んでいます。個々の製品分野に対して日本は経験豊富な技術者を多く抱えていますが、システム製品やサービスの開発競争、特に開発スピードでは苦戦を強いられています。

経験豊富な組込み技術者の多くが、信頼性や安全性を維持する派生開発型のスキルにロックインされているため、新技術を迅速に導入するサービス指向の開発への対応が遅れる傾向があります。この課題解決には、過去の経験を活かしながら、開発を先導する「技術リーダー」の育成が必要です。

本 FP では、組込み開発の変化に対して、スキル・ロックインを解き、これからの開発をリードする人材育成について取り上げ、具体的な事例を交えて対策を議論します。我々は、20 年前からこの課題に取り組み、10 か月に及ぶ研修プログラムを実施し、その過程で様々な課題に遭遇し、研修プログラムの改善を続けています。討論の中で、いくつかの事例を提供して、FP を進めます。

1. 粗筋

本 FP で討論する Issue は、主に次の 3 項目です。

- Q1 スキル・ロックインの価値と弊害
組込み開発における派生開発のスキルは、製品の高信頼性、高安全性に大きく貢献しています。しかし、異なるシステム製品やサービス開発では、弊害が生じています。この違いについて討論します。
- Q2 有効な対策はあるのか
開発対象に応じた技術の使い分けが理想ですが、未経験の実務スキルを経験と融合させながら習得するための対策について討論します。
- Q3 対策事例と意見交換
技術リーダー育成の事例を紹介し、どのように対応を改善しているかを意見交換します。

2. Q1 スキル・ロックインの価値と弊害

この Issue では、組込み開発特有のスキルである「派生開発」の価値と弊害について考えます。

派生開発の価値

組込み開発のアーキテクチャは、周期タスク方式として 1990 年代に確立され、現在もデバイス・ドライバー製品に採用されています。周期タスク方式はハードリアルタイム制御に優れていますが、コードの曖昧さが危険な動作につながるため、MISRA 規約による厳格なコード品質管理が普及し、派生開発が主流となりました [1, 2]。この派生開発のアプローチにより、製品系列の開発では、10 年 20 年

と変わらないコードが再利用され、高信頼性に貢献しています。

派生開発の弊害

高信頼性を維持する上で有効な一方、新技術の導入や、製品に直接影響しないプロセスにおいて保守的な傾向があります。例えば、ライブラリ管理や分散開発環境の導入が遅れがちです。

新規開発における弊害

スキル・ロックイン問題は、組織文化として定着し、デバイス・ドライバーとは異なるシステム製品やサービス開発において、チャレンジングな技術導入や、試行錯誤的な DevOps の導入を阻害します。経験豊富な技術者や管理者が新技術に積極的に対応できない場合、プロジェクトの進行に大きな影響を与えます。

3. ロックインを解決するとは

スキルや技術はロールに対して相対的なものです。ロックイン問題の背景には、製品や技術の変化があり、止めることはできません。どのような状態が望ましいのかを考えます。検討のため、まず用語を定義します。

スキルとは

ここで議論するスキルは、特定の作業や活動を効率的に遂行するための実践的な能力です。才能（潜在的な力）、知識（情報や理解）、技術（体系的な専門知識）とは区別します。

スキルの分類

本論で対象とするスキルは、職業上のロールに貢献できるものです。

3.1. スキルロックイン状態

スキルロックイン問題を成長の時間軸で捉えると、図1の成長曲線となります。スキルの成長は、一般的に習熟度曲線（Learning Curve）と呼ばれ、個人や組織が経験を積むことで作業の習熟度が向上し、やがて飽和することを示しています。

一般的な職場では、新人が仕事に慣れる過程で、半年から2年程度で7~8割のスキルを習得すると考えられます。

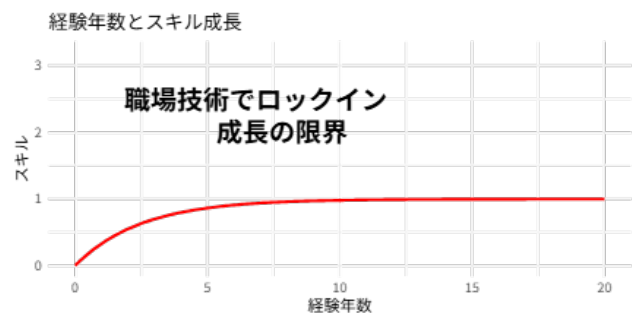


図1: 経験年数とスキル成長の関係（概念図）

3.2. 何を指すのか

図1は、一般的な職業人の職務スキルの成長を示しています。最初の2~3年で仕事を覚えれば、その後は安定した雇用モデルとなります。

一方、企業視点、特に人的資源管理の観点から見ると、特定のスキルに固定されると流動性が低下し、市場の変化によってスキルロックインした人材や組織が負債に転じるリスクがあります。変化に対応するため、図2のような成長が期待されます。

ロックイン問題は、市場の変化に反して変化を抑制している状態であり、技術者個人だけでなく組織にも影響を及ぼします。経営課題として、組織のロックイン現象は深刻な問題です。

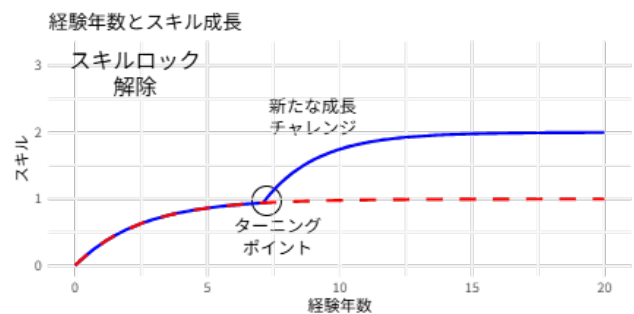


図2: 2段階点火のターニングポイント（概念図）

3.3. 変化に追従するには

市場や技術の変化と職場・技術者のスキルは、必ずしも連動しません。市場の変化や技術進歩を迅速にキャッチアップする新興企業とは異なり、組込み開発などのレガシー分野では、程度の差はあるもののスキルロックイン状態が続いています。

技術や市場の変化に対応するためには、図 2 のような成長が求められます。しかし、組織のロックイン状態は強力であり、現状では十分に実現されていません。

本 FP の目的は、変化をけん引する人材育成、すなわち「技術リーダー」の育成を進めることです。

次章では、人材育成を軸に対策を考えます。

4. Q2 有効な対策はあるのか

スキル・ロックインは職場経験によって生じます。職場や製品の特性が伝統工芸のように長く変わらなければ、価値ある経験スキルとなります。しかし、問題は、対象の製品や技術が急速に変化している点です。しかも、その変化は過去に経験したことのない規模と速度で進んでいます。どのように対応すべきでしょうか。

自主学習できるか

技術者自身が学習するアプローチです。将来の業務に必要なスキル不足を認識すれば、意識は生まれます。しかし、スキル習得には訓練（反復練習や試行錯誤）が必要であり、その訓練環境が課題となります。

職場で対応できるか

新たな技術や管理が求められる場合、オンボード対策として受け入れ研修を実施します。有効な方法ですが、未経験の新規プロジェクトにおいて知識研修は可能としても、実務訓練の部分をどのように実施するのが問題となります。

研修で対応できるか

組織がスキル・ロックイン問題を認識していれば、組織的対応として新技術に関する訓練を含む研修プログラムを開発し、実施できます。しかし、実行段階では、どのようなプログラムをどのように構築するのが課題になります。

第 3 章で述べたように、スキル・ロックイン問題は技術者個人の問題だけではなく、製品や職場文化の問題も関係します。個人や職場での対応が難しければ、組織的あるいは業界全体での研修システムに関するナレッジの共有が必要と考えます。

5. Q3 対策事例

我々は 2005 年から、現場経験とは別に「技術リーダー育成」の必要性を認識し、少人数による 10 か月間の研修を続けています [3]。研修は「技術」「実践」「リーダーシップ」の 3 本柱で構成され、試行錯誤の結果、この関係が確立されました。

「体系的な技術（知識）」の習得だけでは、過去の経緯を基に稼働している実務現場の課題解決には十分ではありませんでした。「実践力」には、課題意識（モチベーション）と実務を理解した上での試行錯誤的なチャレンジが必要です。この観点から、職場課題と課題論文研修が始まりました。

指導には、体系的な幅広い知識を持つ専門家、職場の実態を理解するアドバイザー、職場自身の支援が必要でした。次の段階は「横展開」、つまり「リーダーシップ」の育成です。「技術リーダー」とは、政治家や宗教家のように人の意識や行動を対象とするのではなく、適切な技術選択とその活用を組織や技術者に向けてリードする役割を担います。

20 年間の試行錯誤を経て、現在に至りますが、技術進歩はさらに加速しており、2024 年度は LLM/GAI（大規模言語モデル）の「チャレンジ」を共通テーマとして追加し、研修を進めています。詳細は当日のスライドで紹介します。

2005～：

技術リーダーに必要な体系的工学（主にソフトウェア工学）の習得カリキュラムを設定し、各分野のトップクラスの講師を招いて研修を開始しました。

2008～：

知識だけでは「実践力不足」が課題となるため、職場課題を設定し、対策を講じる実践的な論文研修を導入しました。

2019～：

職場課題が局所的な問題に偏りがちだったため、組織課題へテーマを拡大しました。

2024～：

従来の教科書的な技術に陥ることを防ぐため、LLM（大規模言語モデル）などの先端技術をテーマに取り入れました。

6. 討論

FP なので、質問に答える形式ではなく、意見を述べ合います。ステレオタイプの合意形成の場ではありません。参加者の貴重な経験や意見をぜひお聞かせください。議論がぼやけないよう、サブテーマを設定します。

6.1. A：スキルロックインの現状

製品特性やプロセスは業界ごとに異なりますが、特にレガシーな組み込みソフト分野ではスキルロックインが顕著です。認知バイアスは程度の差こそあれ、人類共通の特性です。最初の討論では、スキルロックインがどの程度発生しているのか、職場、地域、業界ごとの現状について議論します。

IT 業界では、スタートアップ企業と伝統企業の違いが顕著であり、業界（官公庁と流通業、製造業とサービス業）や、世代構成、企業文化による影響も大きいです。

6.2. B: このままでどうなるのか

国産 PC の衰退、ガラ携の消滅などの事例が示すように、競争相手が出現すれば市場から淘汰される可能性があります。それとも、ニッチ市場として継続する道があるのでしょうか。その可能性について議論します。

6.3. C: 解決策はあるのか

知識的な解決策として、ソフトウェア工学や各種技法、研修やコンサルティングが充実していると思われませんが、成功事例は少ないのも事実です。どのような方法で実践できたのか、また、解決につながるアイデアについて意見交換します。

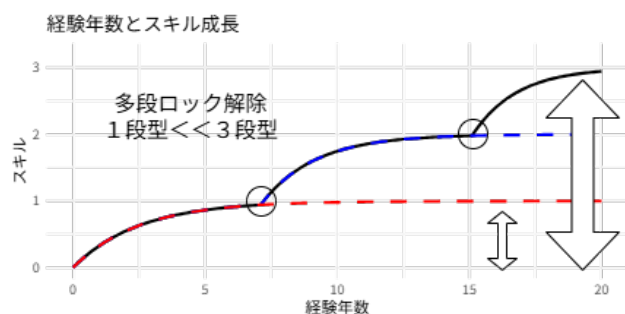


図 3: 理想的な成長モデル (概念図)

7. 考察

組み込み開発は特殊な環境下で発展しました。限られたハードリソースにコードを詰め込む工夫が求められ、オブジェクト指向や動的リンクの利用が難しい環境です。ヒープメモリ管理やメモリ空間保護がなく、安易な技術では品質を担保できないため、スキルロックインが生まれました。

限られたリソース環境での経験だけでは、豊富なリソース上に構築された現代のシステムに適用しづらいという弊害が問題となります。逆に、現代のベストプラクティスを経験した技術者だけでは、システム型の組み込み開発をリードすることが困難です。ハードリアルタイム制御は周期タスク制御でしか実現が難しく、両者の協働が必要です。

組み込み開発を例にスキルロックイン問題を述べましたが、この問題は経験に依存するソフトウェア業界全般に共通するのではないのでしょうか。過去に成功し体系化された技術は価値がありますが、進化し続ける技術に対応するには試行錯誤を覚悟したチャレンジの場が必要です。特に研修においては、そのような機会を設けるべきだと考えます。

次の課題は、スキルロックインの解除後、つまり研修後にどれだけの推進力を持って進めるのかという点です。ターニングポイントにおける動機付けの後も、スキルに対する態度変容を維持し続けるための支援が重要だと考えます。

参考文献

- [1] 二上貴夫ほか. 組み込みソフトウェア開発技術: 6. 組み込みソフト開発支援ツール. 情報処理, Vol. 45, No. 7, pp. 704-708, 2004.
- [2] 清水吉男. 「派生開発」を成功させるプロセス改善の技術と極意. (No Title), 2007.
- [3] 古畑慶次, 上杉卓司, 足立久美, 青山幹雄ほか. 高度ソフトウェア専門技術者育成のためのカリキュラム開発方法論の提案と評価. ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム 2014 論文集, Vol. 2014, pp. 15-20, 2014.