

feature article

多様な製品展開を支える 再利用型組込みソフトウェア生産技術

Reuse-oriented Embedded Software Engineering Technique for Developing Various Products

竹辺 靖昭 Yasuaki Takebe

近久 真章 Masaki Chikahisa

島袋 潤 Jun Shimabukuro

高木 由充 Yoshimitsu Takagi

埴 俊英 Toshihide Hanawa

大規模化・複雑化する組込みソフトウェアの新規開発量を低減して、質の高い製品をタイムリーに出荷することを可能とする先進的な組込みソフトウェア生産技術を新たに開発した。再利用化の視点から既存ソフトウェアの構造を最適化する「アーキテクチャリファクタリング」と、複数の製品にまたがるコア資産を蓄積する独自の開発手法「反復型ソフトウェアプロダクトライン」は、製品開発とコア資産形成の同時進行を特徴としており、開発サイクルが長時間で機種数が少なく再利用効果が困難とされてきた製品に適用し、その有用性を実証した。

1. はじめに

半導体技術の発展により、マイクロプロセッサの価格対性能比が向上しており、各種システムへのマイクロプロセッサの適用が進展している。これに伴い、従来ハードウェアで実現していた機能をソフトウェアによって実現する傾向が強まっており、その規模が増大している。また、インターネットや無線に代表される通信インフラの発展を受け、情報システムとの連携といったネットワーク対応の組込み機器が台頭しつつあり、高度な機能が要求されている。このような組込み機器向けのソフトウェアの大規模化・

複雑化に迅速に対応するため、日立製作所は、生産性と高品質化を両立する組込みソフトウェア生産技術の研究開発に取り組んでいる。この技術を日立グループ内で横断的に活用することにより、さまざまな製品分野で質の高い製品をタイムリーに出荷することが可能となった。

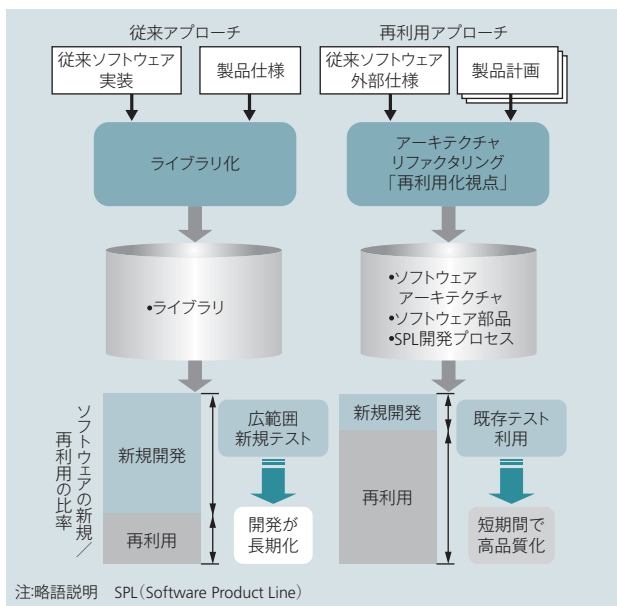
組込みソフトウェア生産技術の研究開発の取り組みには、組込みソフトウェア資産の徹底的な再利用を指向するアプローチと、開発時の手戻りの最小化を指向するアプローチがある(図1参照)。

ここでは、株式会社日立ハイテクノロジーズ(以下、日立ハイテクと記す。)の医用分析装置への適用事例を中心に、アーキテクチャリファクタリング技術とソフトウェアプロダクトライン技術の両輪で進める組込みソフトウェア資産の徹底的な再利用技術と、その適用事例について述べる。

2. 組込みソフトウェアの再利用アプローチ

再利用を指向する開発手法としては、ソフトウェアプロダクトライン(SPL: Software Product Line)^{1), 2)}が知られている。この手法では、再利用可能なソフトウェアの部品をコア資産として構築し、コア資産を流用して製品となるソフトウェアを開発する。

ポイントは、効率的なコア資産の構築と、メンテナンス性のよいソフトウェアの基本構造の確立である。組込みソフトウェアの基本構造は、特有のハードウェア制約などを考慮して設計される。また、今後5~10年の長い期間にわたって製品ラインアップ拡充に対応するために、さらに



注略語説明 SPL(Software Product Line)
図1 再利用アプローチ
 アーキテクチャリファクタリング技術とソフトウェアプロダクトラインのシナジーで再利用性を向上し、生産性と品質向上の両立を図る。

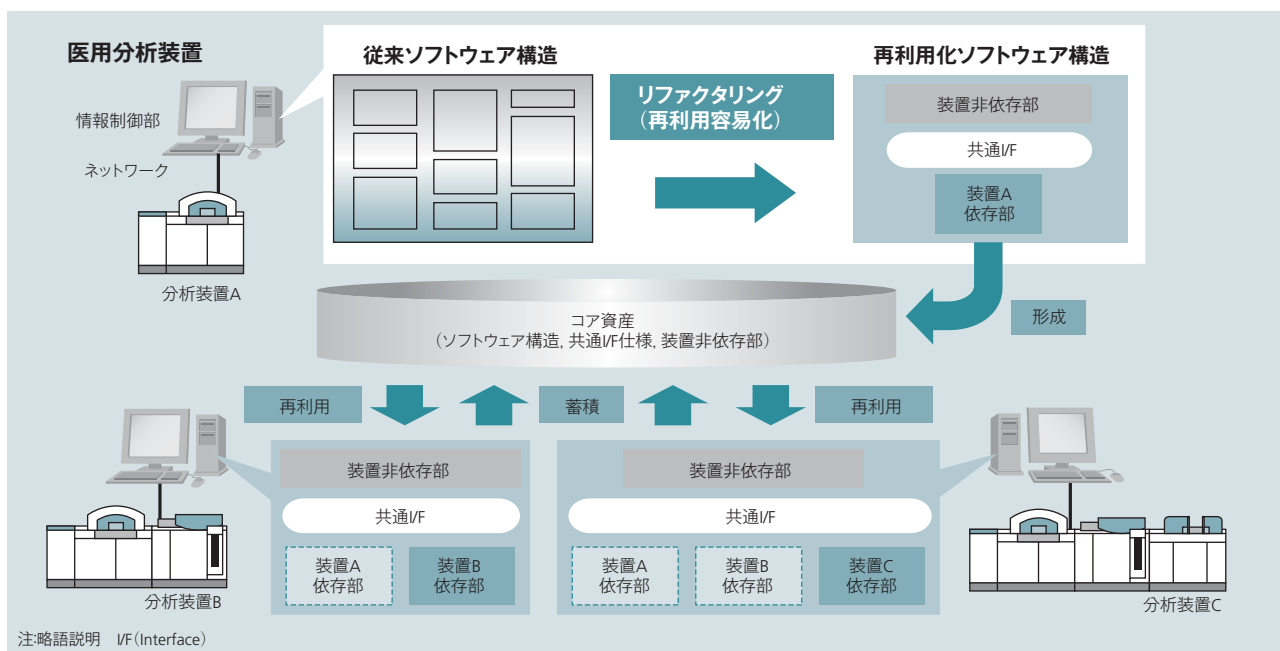


図2 株式会社日立ハイテクノロジーズの医用分析装置へ適用した再利用型組込みソフトウェア生産技術

分析装置Aのソフトウェア構造を改善し、製品ソフトウェアの開発と並行してコア資産を形成した。製品ラインアップ拡充（分析装置B,Cの開発）にコア資産を再利用し、装置非依存部、共通インタフェース仕様の拡張分をコア資産として順次蓄積する。

強固な基本構造が必要である。

この課題の解決手段として、ソフトウェア工学の分野ではリファクタリング手法³⁾が知られている。この手法は、ソフトウェアの外部仕様を保ちつつ内部構造を改善することにより、ソフトウェアの再利用性や保守性を向上する技術である。

再利用性を向上させる基本構造とするためにアーキテクチャレベルで実施したリファクタリングと、それによって構築したコア資産を複数の製品間で有効に再利用するソフトウェアプロダクトラインの実践について以下に述べる。

3. アーキテクチャリファクタリング

3.1 医用分析装置への適用

前述した課題を有している製品に再利用型組込みソフトウェア生産技術を適用した一例として、日立ハイテクの医用分析装置がある（図2参照）。

医用分析装置とは、血清や尿などの検体を測定し、さまざまな検査項目についての分析を行うシステムである。この装置は、多様な分析手法と、用途に応じた処理能力（小型～大型）および地域の地域に対応するために、製品ラインアップの拡充が必要である。

装置全体は、分析処理を指示するコンソール部と、指示を制御情報に変換する情報制御部、および心臓部にあたる分析部から成る。多様な分析部との接続が必要であり、今後さらなる拡張が予想される情報制御部に着目し、リファクタリングを適用することで再利用性の向上をめざした。

3.2 リファクタリング技術

今回開発したアーキテクチャリファクタリング技術は、2段階のステップによってコア資産を形成する技術である。まず、外部仕様を基にしてリファクタリングを行うことにより、コンポーネント間のインタフェースやプロトコルを規定し、各コンポーネントの独立性を高める。次に、各コンポーネントを分析することにより、再利用すべき共通部と製品固有の変数部に分類する。共通部に分類されたコンポーネントは、コア資産として構築する。

医用分析装置の情報制御部に対してこの技術を適用することにより、情報制御部の外部に対しては通信インタフェースと外部インタフェース、内部のコンポーネント間には内部インタフェースを定義した。また、情報制御部のコンポーネントを共通部と変数部に分類した（図3参照）。

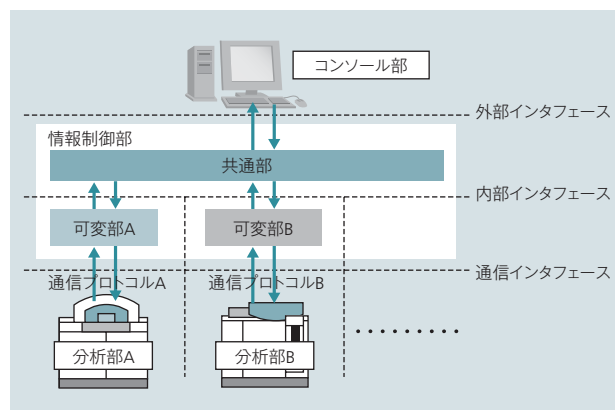


図3 医用分析装置のソフトウェアアーキテクチャ
再利用性を向上させるソフトウェアの基本構造を示す。

3.3 適用効果

アーキテクチャリファクタリングによって全体構造が整理され、今後の拡張に対応するために、情報制御部のコードサイズを従来比で $\frac{1}{3}$ に削減し、最適化することができた。

これにより、テスト工程を含めた組込みソフトウェア開発の効率を改善し、開発した製品を高い品質で顧客へタイムリーに提供できるようになった。また、操作性についても、特定の処理では5倍高速となり、使い勝手も向上した。

4. 反復型ソフトウェアプロダクトライン

4.1 開発部門・研究メンバー一体プロジェクト

ソフトウェアプロダクトラインの成功には、(1) 事業計画との密接な連携、(2) 洗練されたアーキテクチャ、(3) 統括的な開発体制、(4) コア資産運用を含めた開発プロセスの四つの要素をそろえる必要がある⁴⁾。したがって、開発部門と研究所が一体となることが不可欠であり、研究所のメンバーも含めたプロジェクトを日立ハイテク内に立ち上げた。

4.2 コア資産構築

一般的な事例としては、携帯電話などを対象にして、コア資産を先行的に構築する手法が知られている。そのためには、開発対象となる製品群が近い将来実現する機能を明確にする必要があるが、医用分析装置の場合には、将来製品の計画が比較的長期となる。そこで、仕様が決定して製品を開発する際に、コア資産を順次蓄積する独自の開発手法「反復型ソフトウェアプロダクトライン」を考案した。

製品開発時にコア資産を順次蓄積するこの手法では、複数の製品を同時並行して開発すると、コア資産候補が複数存在することになる。この場合でも、適切にコア資産を構築するため、ソフトウェアの構成を工夫した。

具体的には、ソフトウェアを以下の三つの要素に分類する。

- (1) 共通部 (基幹として機種で完全に共通なもの)
- (2) 可変部 (機種ごとにつくり直しが必要なもの)
- (3) 分岐部 (カスタマイズするが共通性があるもの)

このうち(1)と(2)は、従来どおり、各共通部門と機種ごとの製品開発プロジェクトで管理するが、(3)の管理については複数の製品開発プロジェクトのキーパーソンから成るコア資産構成管理プロジェクトが管理する。

4.3 開発プロセス

コア資産構成管理プロジェクトでは、全機種に共通の最新版ソースコードを管理する。コア資産の利用の際に特定

の機種で分岐部のソースコード修正が必要な場合は、変更内容を明確にするため、製品開発プロジェクトが「要件分析書」や「変更理由記述票」を発行する。コア資産構成管理プロジェクトでは、発行された「変更理由記述票」を審査し、共通機能に適切であるかを判断し、その結果に応じて変更内容を反映する(図4参照)。

このようなプロセスに準じることにより、コア資産構成管理プロジェクトにおいて、長期の製品計画にわたってコア資産を順次蓄積することができる。また、製品開発プロジェクトは「変更理由記述票」を活用することにより、機種ごとに変更の必要性を判断できるので、不必要な変更による開発効率低下を防止することができる(図5参照)。

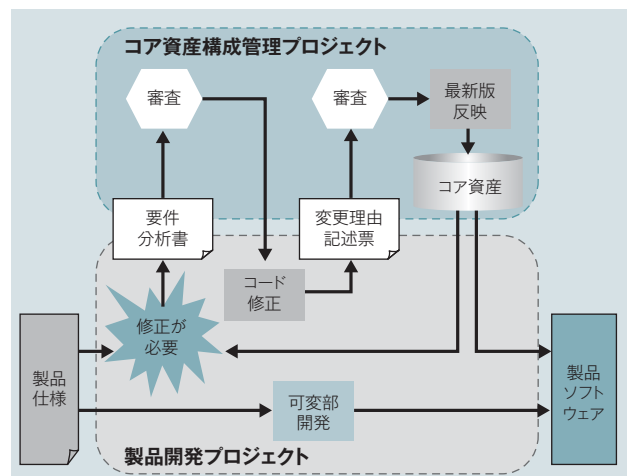


図4 コア資産構成管理プロジェクト
コア資産の運用に有効な構成管理の仕掛けをつくり、製品開発プロジェクトを含めた開発組織全体で取り組んだ。

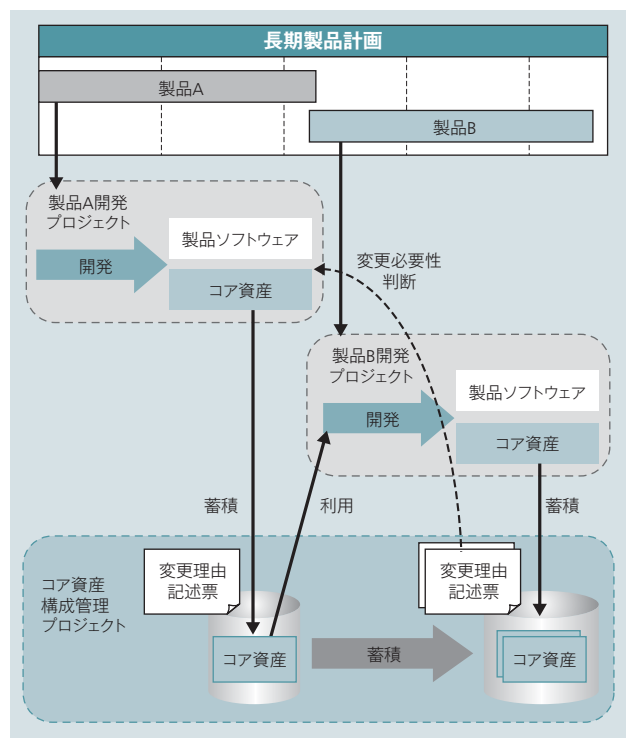


図5 反復型ソフトウェアプロダクトライン
製品ライフサイクルが長期にわたる製品ラインアップ開発への適用を実証した独自の開発手法を示す。

以上のとおり考案した反復型ソフトウェアプロダクトラインの開発プロセスを、日立ハイテクの製品開発に適用し、効果を検証した。

4.4 適用効果

医用分析装置の2機種同時開発に適用した結果、情報制御部の再利用率が約80%（装置全体では50%）となり、期待どおり有用であることを確認した。

ソフトウェアプロダクトラインの適用事例としては、携帯電話など量産系製品（50機種以上）を対象にして、コア資産を先行的に構築する手法が知られている。これらの適用事例においては、製品開発プロジェクトとは別にコア資産開発専任の組織を設け、コア資産を開発するのが一般的である。

これに対して、医用分析装置における非量産系製品（数機種）分野を対象とし、製品開発サイクルが長期にわたる製品ラインアップ開発への適用事例は、ソフトウェアプロダクトラインの適用分野拡大の可能性を示したものであり、学術的な成果としても意義が大きいと考える。

また、この手法では、コア資産開発専任の組織ではなく、製品開発プロジェクトのキーパーソンからなるコア資産構成管理プロジェクトによりコア資産のコードを管理する。

多くの組織においては、組織構造を決定する際にはソフトウェアの生産性だけでなく、従業員の専門性や組織の文化を考慮する必要がある。このため、コア資産開発専任組織のようにソフトウェアプロダクトラインに特化した組織構造を採用するのは難しい場合がある。特に中小規模の組織においてはその傾向が強い。

この手法では、製品開発プロジェクト横断の組織構造をとることにより、コア資産開発専任組織を設けることが難しい組織においても適用が可能であり、製品開発に集中する体制を維持することができる。このことも本手法の適用範囲の拡大に寄与する。

5. おわりに

ここでは、株式会社日立ハイテクノロジーズの医用分析装置への適用事例を中心に、アーキテクチャリファクタリング技術とソフトウェアプロダクトライン技術の両輪で進める組込みソフトウェア資産の徹底的な再利用技術と、その適用事例について述べた。

現在、持続的な生産性改善のために、モデルベース開発技術やフォーマルメソッドなどの先進的技術の実用化もさまざまな製品分野をピークルとして、同時並行的に進めている。

日立製作所および日立グループの組込みソフトウェア関

連製品にこれらの技術を相互展開することにより、質の高い製品を迅速に顧客に提供していく考えである。

参考文献

- 1) K・ボール, 外:ソフトウェアプロダクトラインエンジニアリング, エスアイビー・アクセス (2009.1)
- 2) 吉村, 外:組込みシステムにおけるソフトウェアプロダクトラインの導入, 情報処理 Vol.50, No.4 (2009.4)
- 3) M・ファウラー, 外:リファクタリングプログラムの体質改善テクニック, ピアソンエデュケーション (2000.5)
- 4) E van der Linden, et al.: Software Product Family Evaluation, Proceedings of the Third Conference Software Product Line Conference (SPLC 2004) (2004.9)

執筆者紹介



竹辺 靖昭

2004年日立製作所入社, 中央研究所 組込みソフトウェア研究部所属
現在, 組込みソフトウェア生産技術の研究開発に従事
情報処理学会会員



近久 真章

2004年日立製作所入社, 中央研究所 組込みソフトウェア研究部所属
現在, 組込みソフトウェア生産技術の研究開発に従事
電子情報通信学会会員



島袋 潤

1990年日立製作所入社, 中央研究所 組込みソフトウェア研究部所属
現在, 組込みソフトウェア生産技術の研究開発に従事
情報処理学会会員



高木 由充

1989年日立製作所入社, 株式会社日立ハイテクノロジーズ ナノテクノロジー製品事業本部 医用システム第一設計部 所属
現在, 生化学自動分析装置の開発に従事



埴 俊英

1993年日立計測エンジニアリング株式会社入社, 株式会社日立ハイテクノロジーズ ナノテクノロジー製品事業本部 ライフソフトウェア設計部 所属
現在, 生化学自動分析装置の開発に従事