

# 空調機器制御ソフトウェアの再利用開発

大河原 繁\*  
白川智也\*  
長峯 基\*\*

Reuse Framework for Air-conditioner Software Development

Shigeru Okawara, Tomoya Shirakawa, Motoi Nagamine

## 要旨

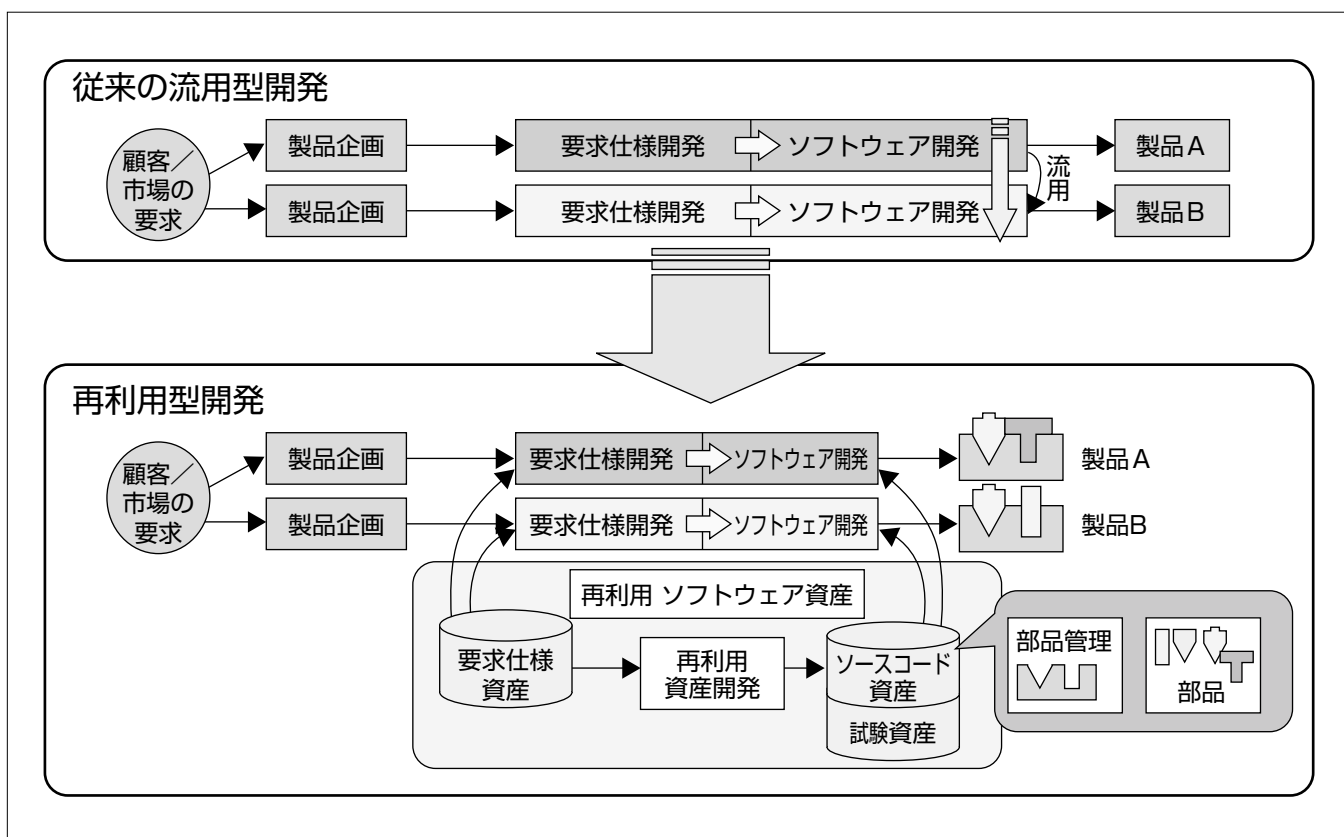
近年、空調機器の製品機能の多様化と制御方式の高度化に伴い、空調機器を制御するための制御ソフトウェアは複雑化してきている。空調機器の制御方式は、顧客ニーズへの対応や性能向上など高度化する要求にこたえるため、既存の制御方式を継承しながら改良が重ねられてきた。空調機器を制御するソフトウェアの開発は、既存製品のソースコードを流用して機能を追加・変更する方法で行われており、高度化する要求にこたえるためには、流用の繰り返しによるソフトウェア構造の複雑化を防止し、効率的かつ高品質な開発の実現が課題となっている。

本稿では、空調機器の室外機に搭載される制御ソフトウェアを対象とした再利用型開発実現の取組みについて述べ

る。従来型開発における課題に対し、次のような取組みを行うことで、ソフトウェア部品化に基づく再利用への基盤整備を進めた。

- (1) 要求仕様書で機能分類などの論理構造を規定することによって、機能分割する方法を標準化した。
- (2) ソフトウェアの基本構造を要求仕様書と対応させるとともに、機能部品の作成方法を標準化した。
- (3) 機能部品の試験設計方法の標準化、及び試験実施の自動化を実現するとともに、要求仕様書に対応した再利用可能な試験資産を構築した。

これらの取組みの結果、生産性の向上、試験の網羅度の向上といった改善効果を得ることができた。



## 従来型開発と再利用型開発

従来行われていた流用型開発では、新しい製品（製品B）を開発する際に、既存の製品（製品A）のソースコードを流用・改造していた。再利用型開発では、機種間で共通に使うことができる再利用ソフトウェア資産を用意しておき、製品Aも製品Bもこれらの資産を組み合わせる。再利用ソフトウェア資産には要求仕様資産、ソースコード資産及び試験資産が含まれる。

1. ま え が き

近年、空調機器の製品機能の多様化と制御方式の高度化に伴い、空調機器を制御するための制御ソフトウェアは複雑化してきている。空調機器の制御方式は、顧客ニーズへのタイムリーな対応や性能向上など高度化する要求にこたえるため、従来の製品で実績がある制御方式を継承しながら改良が重ねられてきた。この結果、過去10年間で制御機能項目数は約2倍に増加し、制御ソフトウェアの規模増大や複雑化が進んできた。

こうした中で、高い品質を維持しながらより効率的に制御ソフトウェアを開発することが求められており、その手段としてソフトウェア再利用の重要性が増してきている。本稿では、空調機器の室外機に搭載される制御ソフトウェアを対象とした再利用型開発実現の取組みについて述べる。

2. 空調機器制御ソフトウェア

2.1 制御ソフトウェアの位置付け

今回開発の対象とした空調機器制御ソフトウェアの位置付けを図1に示す。空調機器の室外機には圧縮機、電子膨張弁、ファン、四方弁といったアクチュエータがあり、コントローラからこれらを制御することで、冷房や暖房といった機能を実現する。コントローラに搭載されたマイコンが、ROMに格納された制御ソフトウェアを実行することで制御を行う。

2.2 制御ソフトウェア開発における課題

従来、制御ソフトウェアの開発は既存製品のソースコードを流用して機能を追加・変更する方法で行われてきた。機能を追加・変更する際には、ソースコードを詳細に調査して追加・変更箇所や変更影響箇所の特定制定を行っており、ソースコードの大規模化・複雑化に伴い、これら作業の効率化が課題となっていた。

このようなソフトウェア開発へのニーズに対して、要求仕様書とソフトウェア共通の機能分類を規定して各機能の実現箇所を明確化すること、機能間の独立性を高めて新規機能を容易に実装できると同時に従来と同じ機能は再利用できることなどが課題であった。

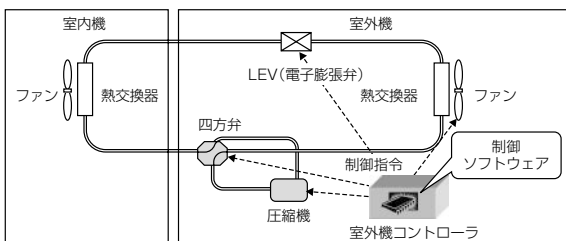


図1. 制御ソフトウェアの位置付け

3. 施 策

2. 2節で述べた課題解決のための施策として、要求仕様からシステム試験まで一貫した部品化による再利用型開発環境を確立した。その流れを図2に示す。次に、各施策について詳細に述べる。

3.1 分 析

空調機器制御ソフトウェアの要求仕様を分析して、空調機器制御の論理構造を抽出した。その結果、空調機器制御の構成要素が大きく①状態遷移、②基本制御、③補正制御に分類されることが分かった。この分析結果を基に、ソフトウェア部品化に基づく再利用型開発環境の確立に取り組んだ。

3.2 要 求 定 義

ソフトウェア部品化に基づく再利用型開発環境の確立のためには、ソフトウェア作成のための入力情報になる要求仕様書で、部品化に対応した機能分割やデータ定義をする必要がある。しかしながら、従来の要求仕様書は、機能分割ルールが規定されておらず、また機能間で使用するデータは未定義なものも存在した。そのため、部品化に対応した機能分割に基づく仕様記述ができていなかった。そこで、空調機器制御ソフトウェアの要求仕様の分析結果を基に、要求仕様書を体系的に機能分割やデータ定義可能な章構成に変更し、その章構成で要求仕様を記述するためのテンプレートを作成した(図3)。

図3のテンプレートに従い要求仕様書を記述することで、ソフトウェア部品化と対応する要求仕様書を実現するとともに、定形化した記述をすることでモレ・ムラがない仕様記述を可能にした(図4)。

3.3 設 計 / 実 装

長期間保守しても複雑化などの劣化が生じにくいソフト

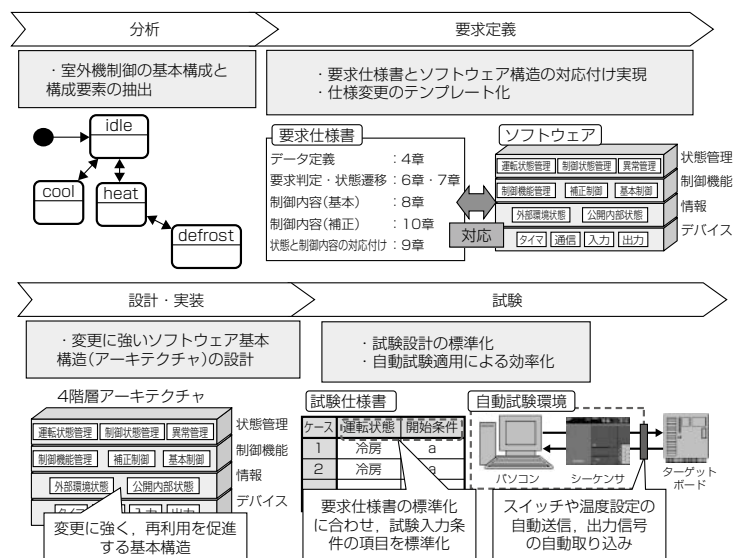


図2. 再利用型開発環境の確立の流れ

ウェア構造を実現するために、4階層からなるソフトウェア・アーキテクチャを定義した(図5)。従来のソフトウェアは階層化が明確でなかったため、機能追加や変更を繰り返した結果、機能間の相互依存が存在するなど構造が複雑化していた。階層間は定義されたインタフェースを通じて参照するソフトウェア部品の設計・実装ルールを規定することで、無秩序な参照を防止しソフトウェアの複雑化を抑制した。

制御機能は、ソフトウェア部品と部品管理部に分けることで、ソフトウェア部品を動的に組み合わせて空調機器としての制御機能を実現できるようにした。ソフトウェア部品は、冷房起動制御や高圧保護といった空調機器制御にお

ける一つの機能を実装したものである。部品管理部は、各ソフトウェア部品からの出力値を統合する役割を持つ(図6)。部品登録テーブルには、製品を構成するために必要なすべてのソフトウェア部品が登録される。部品管理部は、部品登録テーブルに登録されたソフトウェア部品を呼び出して実行し、各部品の出力を統合して、空調機器全体としての出力値を決定する。

各部品の単位は、空調機器全体としての制御の状態(冷房中、暖房中など)と、圧縮機や膨張弁などのアクチュエータの状態(起動中、停止中など)の組合せに対応する一つの制御機能(冷房起動制御等)として規定した。制御機能を部品化する粒度を統一することによって、開発者による部品化のばらつきをなくし、ソフトウェア部品単位での再利用を容易にした(図7)。

### 3.4 試験

#### 3.4.1 試験設計の標準化

従来のシステム試験は、要求仕様書から抽出する試験入力条件が試験設計者ごとにばらついていた。そこで今回は、標準化された要求仕様書の記載項目をそのまま試験入力条件として抽出できるようパターン化し、試験入力条件抽出のばらつきを削減した(図8)。

また従来は、入力条件を組み合わせて試験ケースを作成する際に、試験設計者の経験と勘で入力条件を組み合わせていたため、組合せの漏れが存在していた(二つの入力条

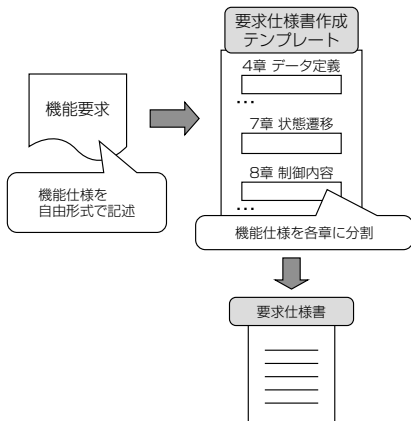


図3. 要求仕様書作成テンプレートのイメージ

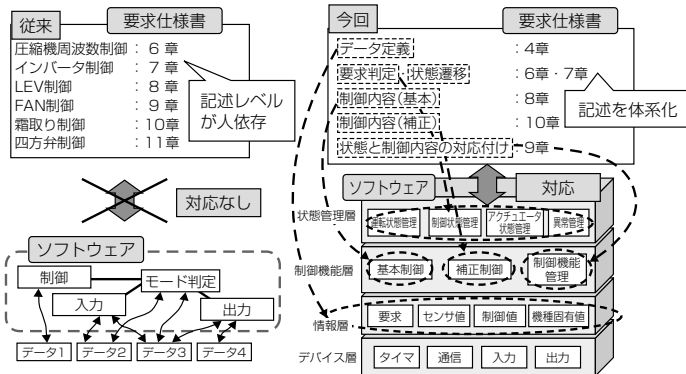


図4. 要求仕様書とソフトウェアとのトレーサビリティ

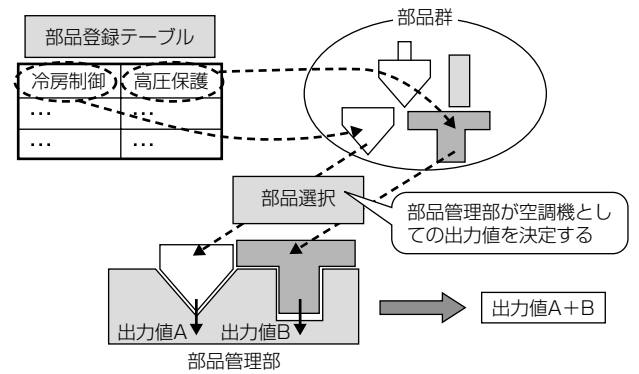


図6. 制御部品管理部と部品の連携

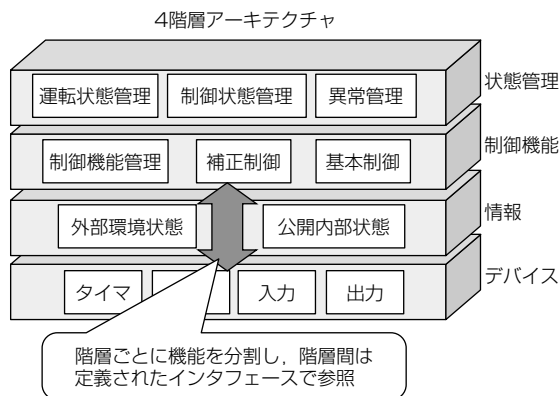


図5. ソフトウェア・アーキテクチャの定義

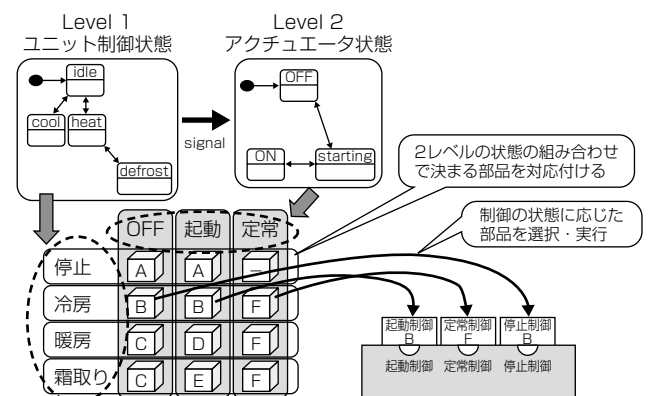


図7. 部品化単位の標準化

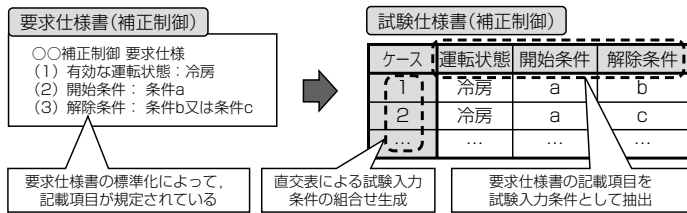


図 8. 試験設計の標準化

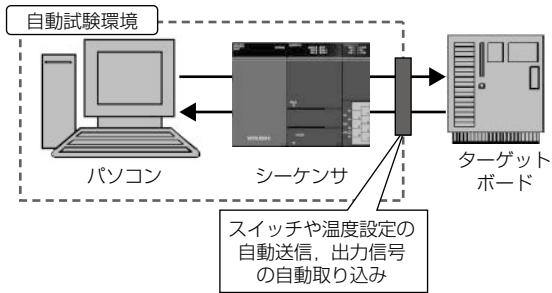


図 9. 試験実施の自動化

項目情報	試験内容	タイミング (msec)	コマンド	コマンド名	パラメータ
試験前準備	機種設定		sub	呼び出	サブルーチン 機種設定
	サーモスタ初期設定		sub	呼び出	サブルーチンサーモスタ
	リモコン設定温度初期設定		sub	呼び出	20
試験開始	期待値を判定するための値を設定する		set	設定	
		20000	send	送信(s)	10
			stop	停止(s)	20
			sub	呼び出	サブルーチン 初期起動
試験終了			gat	取得	
			compare	比較(s)	10
			return	帰還	10

図10. 試験シナリオのイメージ

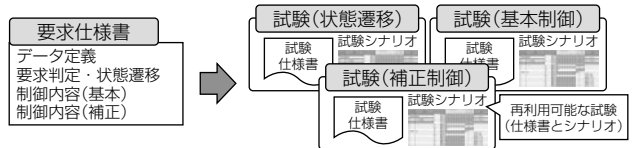


図11. 試験資産の再利用

件の組合せ網羅度65%)。そこで今回は、直交表を活用して入力条件の組合せを作成することで、組合せの漏れを削減した。直交表は品質工学に基づいて考案された表であり、試験設計に直交表を活用することで、二つの入力条件の組合せ網羅度を100%保証することができる。また、専用ツールを使用することで、効率的に入力条件の組合せを作成した(図8)。

3.4.2 試験実施の自動化

部品化による再利用型開発では、システム試験で、部品の組合せごとの繰り返し検証が必要になる。しかし、従来は人手による試験実施のため、繰り返し検証をするのに膨大な工数が掛かり非効率であった。そこで今回は、具体的な試験手順や試験データを記載した試験シナリオを再利用し、システム試験実施を自動化する環境を構築した(図9)。

図9の自動試験環境は、次の流れで試験実施する。

- (1) 図10に示す試験シナリオを入力とし、パソコンに接続されたシーケンサで空調機器のセンサやアクチュエータの模擬信号を作り、これをソフトウェアが搭載された制御ボードに送信する。
- (2) 自動試験環境のパソコンで試験結果のデータを自動収集し、リアルタイムで期待値と一致するか判定する。
- (3) 試験結果と期待値との判定結果を記載した試験成績書を自動生成する。

3.4.3 試験資産の再利用

図8に示した試験設計の標準化によって試験仕様書を作成し、その試験仕様書を基に図10に示した試験シナリオを作成することで、要求仕様書に対応した再利用可能な試験資産を構築した(図11)。

4. 効果

再利用型開発環境を空調機制御ソフトウェアの製品開発に適用することで、次の効果が得られた。

- (1) 要求定義からシステム試験までの生産性を40%向上
- (2) ソースコード全体の複雑度を35%削減
- (3) システム試験における二つの試験入力条件の組合せ網羅度を100%実現

5. むすび

要求仕様から試験まで一貫した部品化による再利用型開発環境を構築することができた。これによって、従来は要求仕様から試験まで属人的に実施されていた機能分割を標準化することができた。また、見える化されていなかったソフトウェア構造を、部品化をベースとした整理されたソフトウェア構造に再構築することで、見える化を実現した。これまでに述べた取組みの他の事業分野への展開を進めている。