

システムテストのための フィーチャ分析を用いた機器構成の選択方法

新原敦介[†] 渡辺浩之^{††} 角至真^{††}
川上真澄[†] 小川秀人[†]

複数機器を組み合わせて機能を提供するようなシステムにおいては、機器の組み合わせを様々に変えて、システムテストを実施する必要がある。ここで、機器の組み合わせの選択は、製品知識や経験を必要とし、工数も多いという問題がある。本報告では、機器の組み合わせの選択に、フィーチャ分析を行い、その結果からシステムテストのための機器の組み合わせを選択する方法を提案する。提案手法では、プロダクトマップを拡張してフィーチャ分析を行う。また、提案手法を業務用空調機に適用した。業務用空調機は、複数の室内機、室外機、集中機などを組み合わせて、互いに連携して動作し、空調機能を提供している。

Configuration Method for System Testing Using Feature Analysis

Daisuke SHINBARA[†] Hiroyuki WATANABE^{††}
Shinichi KAKUSHI^{††} Masumi KAWAKAMI[†]
and Hideto OGAWA[†]

In the system that works with plural units, it is necessary for its system testing to prepare various combinations of units. The choice of units in the system testing needs product knowledge, experience and high man-hour. In this report, we propose a method to generate combinations of the units using feature analysis. In this method, the result of the feature analysis is expressed with extended product map. Moreover, the proposing method is applied to the package air conditioning system. The package air conditioning system operates combining plural indoor units, an outdoor unit, and a central unit. These units work mutually jointly, and offer the air-conditioning function.

1. はじめに

近年、ソフトウェア開発の規模が増大している一方で、短期間で開発しなければならず、ソフトウェアの品質確保が困難になりつつある。製品が市場にて不具合を起こした場合、不具合を修正する費用は莫大なものとなり、ブランドイメージの低下も招く。市場における不具合を未然に防止するため、製品出荷前のシステムテストを効率的かつ高品質に行うことが重要となる。

システムテストには、実際の利用時を超える負荷を与える負荷テストや、セキュリティに関するテストなど様々な観点が存在する。本報告では、業務用空調機を例に、テスト対象機器が、様々な機器と接続された際の動作を確認する構成テストを対象とする。

業務用空調機は、複数の室内機、室外機、集中機などを組み合わせて、お互いに連携して動作して空調機能を提供している。この組み合わせのことを本報告では、空調構成と呼ぶ(図 1)。室内機、室外機、集中機などはそれぞれに、馬力や機能が異なるバリエーションが存在し、過去機種との接続も可能とするため、多数の空調構成が存在する。さらに接続する室外機や室内機の数の違いも、異なる空調構成となる。そのため、理論上は空調構成の数は数千万にのぼる。

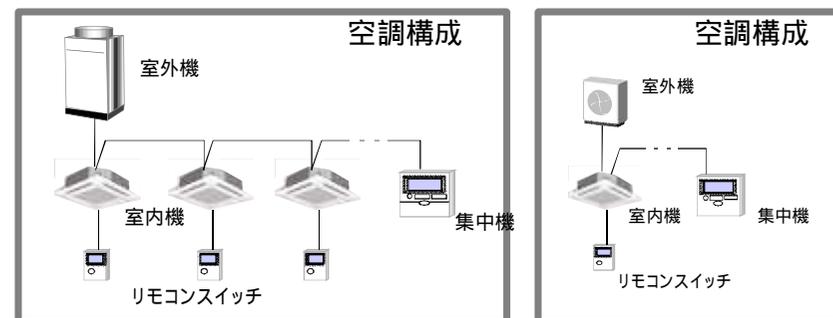


図 1 空調構成の例

空調機のシステムテストでは、単一の機器の組み合わせで行うだけでは不十分であり、様々な機器の組み合わせで構成テストを行う必要がある。しかし、空調構成の数は膨大であり、その全てを現実的なシステムテスト工数の中で実施することは難しい。

そこで、現実的なシステムテスト工数に収まるように、テスト項目ごとに空調構成を選択する必要がある。現状では、テスト項目ごとに機器を組み合わせ、空調構成を選択する作業は、長く経験を積み様々な機種の仕様を把握している熟練者が検討して

[†] 株式会社日立製作所 中央研究所

^{††} 日立アプライアンス株式会社 清水空調本部

いる。しかし、このような熟練者を要する空調構成の選択作業には、以下のような問題が生じる。

- ・ 手順が定義されていないため、経験に乏しい人には実施できない
- ・ 熟練者であっても、空調構成の選択作業に多くの時間・工数が必要となる

この課題を解決するために、本報告ではフィーチャモデル[1]を利用した空調構成の選択方法を提案する。業務用空調機では、ある機器にフィーチャとしては実装されている機能が、他の周辺機器と接続された際に有効化/無効化されるというケースが存在する。また、接続された機器が持つフィーチャが、テスト対象の機器に影響を与えるケース/与えないケースがある。提案する手法は、このような業務用空調機のような複数機器を組み合わせて機能するシステムを扱うために、フィーチャモデルの表現として PuLSE-eco[2]のプロダクトマップの表現を拡張する。

フィーチャモデルを用いたテスト設計手法として、ユースケースモデルとフィーチャモデルを組み合わせて、ディビジョンテーブルを作成してテスト仕様とする手法が提案されている[3]。また、機器のソフトウェア構成の選択に関して、要求と構成の組をテストの単位と捉え、同じ要求で異なる構成のテストを排除することで、最小の構成数で全ての要求を満たすテストを導き出す方法が提案されている[4]。[3]や[4]の手法は、ソフトウェアプロダクトラインにて開発された機器のテスト設計を支援するが、業務用空調機のような複数機器を組み合わせる構成の選択については論じていない。

テストを行う構成を単純に組み合わせ問題としてとらえ All-Pair 法などによるアプローチが考えられる[5]。機械的に組み合わせを生成してしまうため、空調構成を選択する作業を誰でも短時間に実施できるという利点はあるが、無作為に選択されてしまうため、実施すべき空調構成を選択できないという問題がある。

PC上で動作するソフトウェアを対象とする構成テスト技法として、ソフトウェアが利用するリソースに着目して構成テストを設計する方法が提案されている[6]。この手法は、共有リソースの衝突を検知するためのテストとなり、今回のテストの目的に合わない。

2. 提案手法

空調構成の選択作業が熟練者以外には困難であるという課題を解決するために、現状で行われている熟練者の機器の選択・組み合わせの作業の調査を行った。その結果、熟練者の機器の選択の作業に関わる情報は、図 2 のようなクラス図で表現できることが判明した。

熟練者は図 2 の点線枠内の情報であるテスト項目と機器の情報を用いて、空調構成の選択を行っていた。しかし、その作業には暗黙的に機器に紐づく特徴情報を用いて、機器を組み合わせた空調構成を作成し、テスト構成と関連づけていたと判明した。特

徴情報とは、各機器が持つ機能や性能など、機器を特徴づける情報である。前記の課題は、この特徴情報の欠如が原因となっている。

そこで本報告では、図 2 の特徴情報を表現するために、フィーチャ分析を利用する。フィーチャとは、製品やシステムの特徴を意味し、ソフトウェアプロダクトラインにおいて製品の共通部分や可変部分を階層的に表すための単位となる。

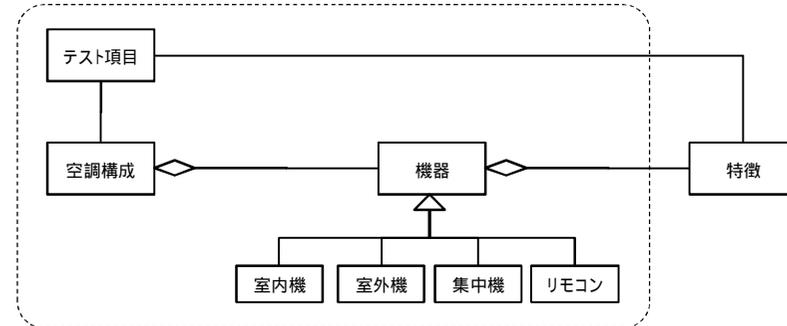


図 2 空調構成の選択におけるクラス図

本報告で提案する手法は、業務用空調機の機器のフィーチャをプロダクトマップにて表現し、その情報を用いてテスト項目と空調構成の組み合わせを作成する。提案する手法の概要を図 3 のアクティビティ図で示す。

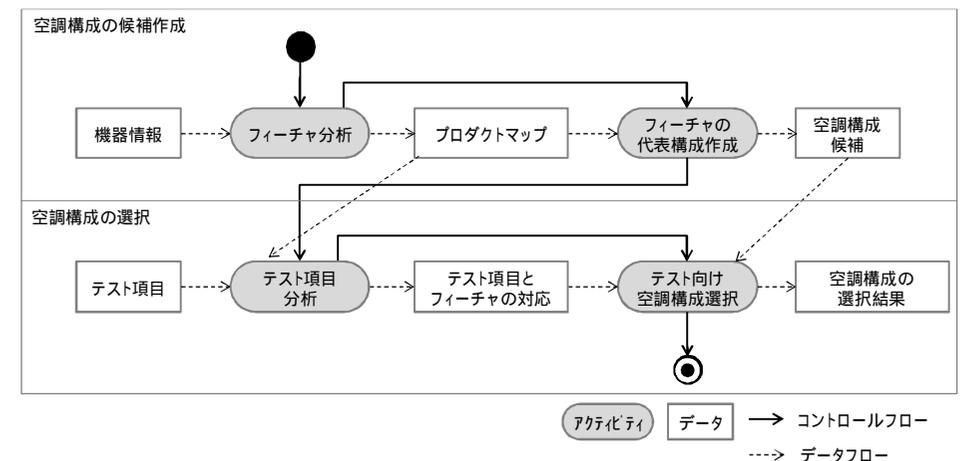


図 3 提案する手法のアクティビティ図

図 3 は、大きく上段のフィーチャを分析して空調構成の候補を作成する部分と、下

段のテスト項目と空調構成選択する部分の、二つに分けられる。

まず上段の空調構成の候補作成において、機器情報はすでに市場に出ている製品が接続対象となるため、既知のものとして扱う。その機器情報に対してフィーチャ分析を行う。本手法では、フィーチャ分析の記法を、表形式のプロダクトマップをベースに、以下の二つの表現を加えて用いている。

- ・ 単一の機器に閉じないフィーチャの表現。
 ある機器にフィーチャとしては実装されている機能が、他の周辺機器と接続された際に有効化/無効化されるというケース。たとえば室内機と室外機の組によって機能するフィーチャをプロダクトマップ上で表現する。
- ・ 機器が特定のフィーチャと関連無しの表現。
 機器が特定のフィーチャと関連がない場合、そのフィーチャを持つ機器と接続されたとしても影響を受けないことを表現する。

次に、フィーチャ分析して洗い出したフィーチャそれぞれに、そのフィーチャを機能させるために必要な空調構成を作成し、それらを空調構成の候補とする。

この上段のフィーチャの代表構成作成の作業は、既存作業を提案手法に代替するための事前作業となる。

下段の空調構成の選択では、まず実施したいテスト項目は既知のものとして扱い、テスト項目を分析して、フィーチャとの関連を調査する。この工程は、既存の熟練者が行っているテスト項目から直接、空調構成を選択していた作業を、一度、テスト項目とフィーチャとの関連を介して空調構成を選択する方法へ置き換えるものである。そのため、テスト項目ごとの空調構成の選択に影響を与える。

次に、テスト項目と関連するフィーチャについて、上段にて作成したフィーチャを実現する空調構成候補から、そのテスト項目における実施すべき空調構成を選ぶ。

以降では、提案手法について、例を用いながら説明する。図3の上段の、空調構成の候補作成を3章にて述べ、下段のテスト項目に対しての空調構成の選択を4章で説明する。

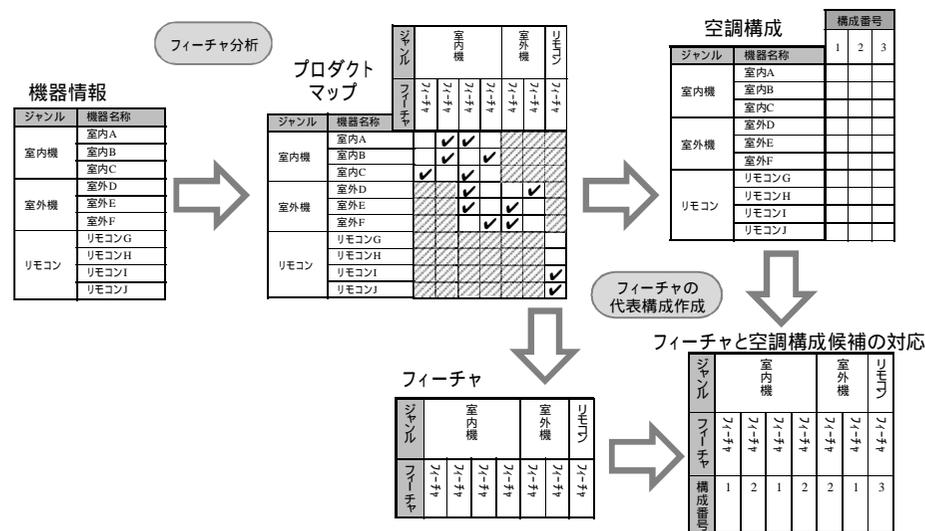
3. 空調構成の候補作成

図3上段の具体的な例を図4に示す。本章では、図4を用いて詳細を述べる。図3の「フィーチャ分析」によって図4の「プロダクトマップ」を作成し、図3の「フィーチャの代表構成作成」によって、図4の「空調構成」と「フィーチャと空調構成の対応」の表を作成する。

3.1 フィーチャ分析

図4の左側の表に空調構成の要素となる機器情報の例を示す。この表に整理する機器は、テスト対象機器が接続し得るすべての機器である。業務用空調機は長期にわた

り後方互換性を保つ必要があり、市場に出ている機器すべてを表にまとめると、馬力違いまで含めて約2千機種となる。本報告では、業務用空調機の例として室内機3種類A・B・C、室外機3種類D・E・F、リモコンG・H・I・Jを用いる。これらの機器情報は既知のものとする。



の表現が可能となる。

- 単一の機器に閉じないフィーチャの表現。
 フィーチャ や のように、室内機のみに関わるフィーチャもあれば、フィーチャ や のように、室内機のフィーチャといえども室外機に影響があるフィーチャもある。これは、室内機と室外機の接続によって機能するフィーチャとなる。たとえば、フィーチャ では、室内 B と室外 F を組み合わせた空調構成では、このフィーチャは機能しない。
- 機器が特定のフィーチャと関連無しの表現。
 表 1 の例では、室内 A という機器は と をフィーチャとして持つ。また、室内 A はフィーチャの ~ に関しては関連を持たないため、そのフィーチャを実現するどの機器が接続されても、影響を受けない。

表 1 プロダクトマップ

ジャンル		室内機				室外機		リモコン
ジャンル	機器名称	フィーチャ	44-1/L	44-1/R	44-1/L	44-1/R	44-1/L	44-1/R
室内機	室内A			✓	✓			
	室内B		✓			✓		
	室内C	✓		✓				
室外機	室外D				✓			✓
	室外E				✓		✓	
	室外F					✓	✓	
リモコン	リモコンG							
	リモコンH							
	リモコンI							✓
	リモコンJ							✓

3.2 フィーチャの代表構成作成

表 1 のプロダクトマップにて洗い出したフィーチャごとに、空調構成を具体化し、図 4 のように空調構成の候補を作成する。機器情報とフィーチャの関係を整理したプロダクトマップからは、どの機器がどのフィーチャをもつかが分かる。よって、特定のフィーチャを実現する機器を含むように空調構成を作成できれば、そのフィーチャを代表する空調構成となる。

図 5 に、空調構成の候補を作成する例を示す。この例では、たとえばフィーチャ を実現する空調構成として、室内機では室内 C を選択する。フィーチャ は、表 1

において室外機とリモコンの各機器と対応関係無しとなっている。これはどの機器を選んで、フィーチャ に影響を及ぼさないことを意味しているため、いずれかを選択する。ここでは、室外 D およびリモコン G を選択し、空調構成の番号として 1 番を付与している。同様にしてフィーチャ を実現する空調構成として 室内 B と室外 F、リモコン H を選択し番号 2 を付与している。このとき、フィーチャ は、室内 A もしくは室内 C がフィーチャとして持っている。ここで先ほど作成した空調構成番号 1 は、室内 C の機器を含む組み合わせとなっているため、フィーチャ も空調構成番号 1 で実現される。同様にして、フィーチャ は空調構成番号 2 で実現できているため、図 5 の例が示す範囲では、これ以上の空調構成を作成する必要がない。

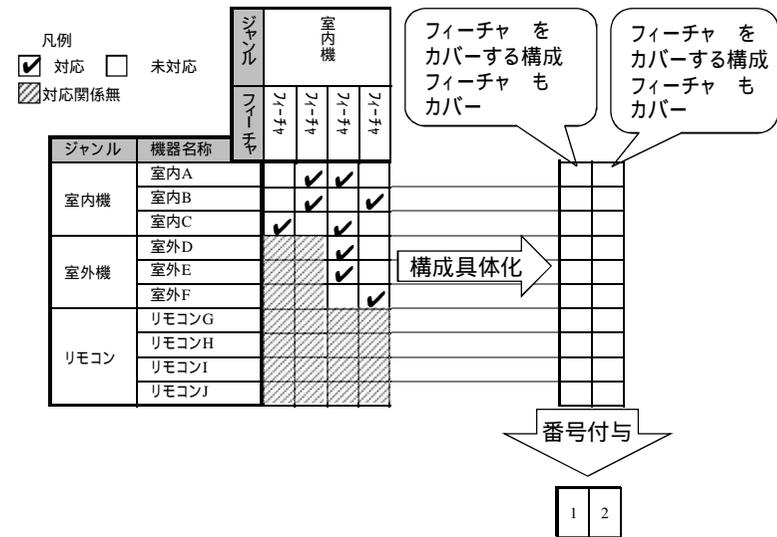


図 5 空調構成の候補作成

図 5 の作業を全てのフィーチャ(~)に対して実施すると、空調構成の候補は表 2 のように 3 つの空調構成で実現できる。また、それぞれのフィーチャを実現する空調構成の対応が表 3 のようになる。これらは図 4 の右側の上下二つの表と対応している。

ここまでの作業で、表 1 が図 3 におけるプロダクトマップ、表 2 と表 3 が図 3 における空調構成候補の情報となり、図 2 における上段の空調構成の候補作成を行ったことになる。これらは、特定の機器の開発によらない情報となるため、一連の業務用空調機開発において蓄積し再利用することが可能となる。

表 2 空調構成の候補

ジャンル	機器名称	構成番号		
		1	2	3
室内機	室内A			●
	室内B		●	
	室内C	●		
室外機	室外D	●		●
	室外E			
	室外F		●	
リモコン	リモコンG	●		
	リモコンH		●	
	リモコンI			●
	リモコンJ			●

表 3 フィーチャと空調構成の対応

ジャンル	室内機				室外機		リモコン
	4f-1	4f-2	4f-3	4f-4	4f-5	4f-6	
構成番号	1	2	1	2	2	1	3

る方法について述べる。その流れを図 6 に示す。図 6 の上部にある点線枠内は、図 4 の下部の表となる。

テスト項目の例を図 6 の左部中段に示す。本報告では、テスト項目は存在しているものと仮定し、テスト項目の作成方法は扱わない。図 6 の例では、4 つの大項目、それらを詳細化した 8 つの中項目がある。

4.1 テスト項目分析

テスト項目を縦軸、そしてフィーチャ情報を横軸として、星取り表を作成することで、テスト項目とフィーチャの対応関係を表現することができる(図 6 の左下 表 4)。テスト項目とフィーチャが交差するマスに対して、そのテスト項目がフィーチャと関連がある場合、印をつける。印がついたマスは、そのフィーチャを具体化した空調構成にて、該当するテスト項目を実施することを意味する。

表 4 テスト項目とフィーチャの対応

4. テスト項目ごとの空調構成選択

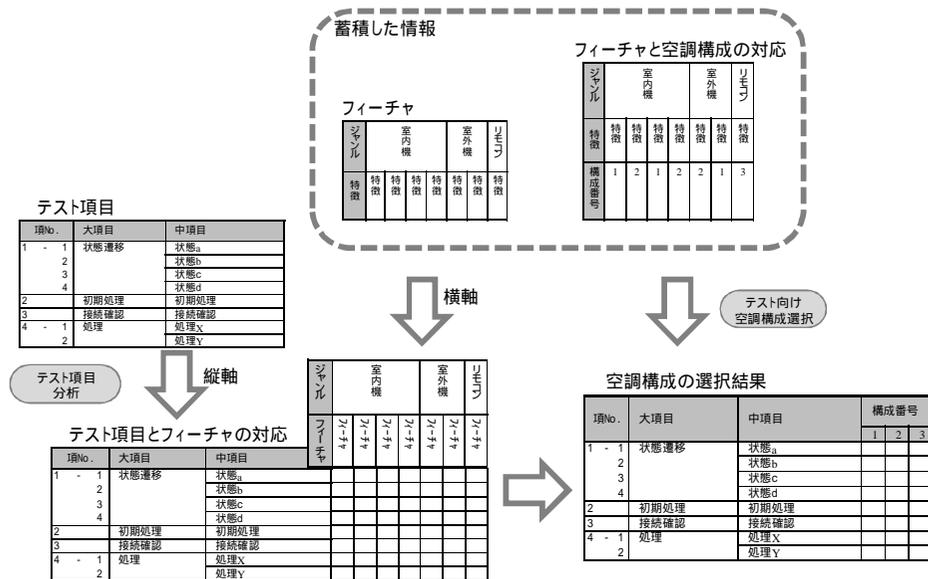


図 6 空調構成の選択の流れ

本章では、3 章で蓄積した情報を用いて、テスト項目それぞれの空調構成を選択す

ジャンル	室内機				室外機		リモコン
	4f-1	4f-2	4f-3	4f-4	4f-5	4f-6	
フィーチャ							
項No.	大項目	中項目					
1 - 1	状態遷移	状態a					
2		状態b					
3		状態c					
4		状態d					
2	初期処理	初期処理					
3		接続確認					
4 - 1	処理	処理x					
2		処理y					

表 4 の作成方法は、テスト項目とフィーチャが交差するマス一つずつ精査して行う必要がある。また、表 4 は、機器ごとにテスト項目が異なってくるため、派生開発案件などでは類似性があるものの、開発案件ごとに作成する必要が生じる。そのため、提案する手法の中で一番工数が高い作業となる。

表 4 の例では、テスト項目 1 - 1 は、フィーチャ とフィーチャ に関係するテストとなる。

4.2 テスト向け空調構成選択

次に、表 3 と表 4 の情報を用いて、テスト項目から空調構成を選択する。図 7 に、テスト項目から空調構成を選択する例を示す。たとえば、テスト項目 1 - 1 に着目した際、「テスト項目とフィーチャの対応」表の丸からフィーチャ を識別する(図 7 の

Aの矢印)．そこから、「フィーチャと空調構成の対応」表によってフィーチャを具
体化した空調構成番号1を識別し、テスト項目1 - 1は、空調構成番号1を用いれば
良いと分かる(図7のBの矢印)．この作業は、今までの整理した情報をたどることで
自動的に導き出すことが可能な作業となる．

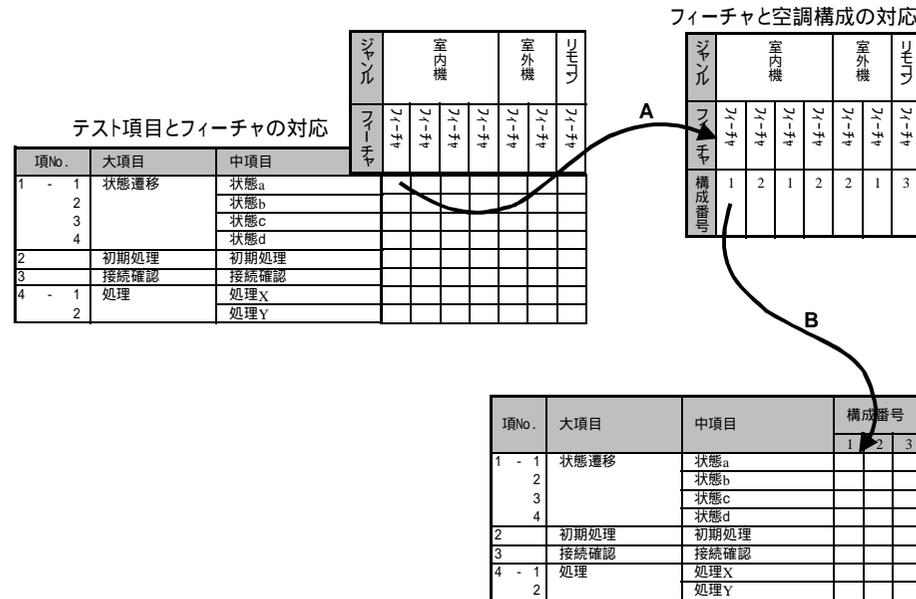


図7 空調構成の選択の例

図7で説明した作業を表4の全ての丸印に対して実施すると、表5のような空調
構成の選択結果を得ることができる。表5は、テスト項目ごとにどの空調構成でテ
ストをすべきかを表している。たとえば、テスト項目1 - 1では、空調構成の1番と2
番でテストを行い、テスト項目2は空調構成の1から3番の全てでテストを行うこと
を示している。

以上の方法にて、フィーチャ分析を用いて、テスト項目ごとに行うべき空調構成を
選択することが可能となる。特に、4.1節の作業がテスト内容を定めるため、充分な
検討を要する工程となっており、他の工程は、整理した情報から導き出すことが可能
となっている。

表5 空調構成の選択結果の例

項No.	大項目	中項目	構成番号		
			1	2	3
1	- 1	状態遷移			
	2	状態a			
	3	状態b			
	4	状態c			
2		初期処理			
3		接続確認			
4	- 1	処理			
	2	処理Y			

5. 試行評価

本報告にて提案する手法を、既に開発済みの業務用空調機に試行し評価を行った。
今回の評価は、既に存在するテスト関係のドキュメントを調査し、テスト項目に対す
る空調構成の選択結果を、提案手法によって再現が可能かという点で行った。そのた
め、3章で述べたフィーチャ分析や空調構成の候補作成については、適用対象となる
製品に関連する範囲に限定して行っている。

試行の結果、対象とした機器に関連するフィーチャとして30個を定義し、そのフィー
チャを実現する空調構成として19個を定義した。この結果を用いて、既に定義され
ているテスト項目38個に対して、テストを実施すべき空調構成を選択したところ、
既存の選択結果と同様の結果を得ることができた。ただし、4.1節のテスト項目分析
において、テスト項目とフィーチャの対応付けを誤ると、異なる結果となるため、こ
の工程には十分な検討が必要と判明した。

試行の結果、提案手法により、特徴情報を明示的に扱うことが可能となり、既存の
熟練者のみで行われていた作業を、経験の乏しい人にも、手順を追って表を記述す
ることで実施可能となる見込みを得た。

6. 結論と今後の予定

本報告では、プロダクトマップを拡張して業務用空調機のフィーチャモデルを表現
し、その情報を用いてテスト項目と空調構成の組み合わせを作成する手法を提案した。
この手法を用いることにより、それぞれのテスト項目で実施すべき空調構成の選択
を、手順を追って行うことが可能となった。また、空調構成を選択するにあたり、あ
らかじめ情報を整理して蓄積しておく工程(3章)と、検討に時間を要する工程(4.1節)
と、機械的に導き出す工程(4.2)を分けた。これにより、熟練者のみで行われていた空

調構成の選択作業を、それ以外のテスト担当者の手で行うことが可能となる。

本報告では、既に関済済みの業務用空調機におけるテスト関係のドキュメントに対して、提案手法を適用して再現可能かを試行評価している。この試行では、対象とした機器に関連する範囲に限定して、フィーチャ分析と空調構成の候補作成作業を行っており、今後は、範囲を限定せず、すべての機器を対象としたフィーチャ分析を行う必要がある。現在、約 2000 の機器を対象にフィーチャ分析を実施しており、今後は、このデータを用いて、本手法の実開発への適用および工数の削減評価を行う。

参考文献

- [1]K.CKang, J.A.Hess, W.E.Novak, A.S.Peterson, S.G.Cohen. Feature Oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study. Software Engineering Institute, 1990.
- [2]J.Bayer, ほか. PuLSE: A Methodology to Develop Software Product Lines. Symposium on Software Reusability Los Angeles CA USA, 1999.
- [3]E.M.Olimpiew, H.Gomaa. Model-based Test Design for Software Product Line. 5th Software Product Lines Testing Workshop in SPLC2008, 2008.
- [4]K.D.Scheidemann. Optimizing the Selection of Representative Configurations in Verification of Evolving Product Lines of Distributed Embedded Systems. 10th International Software Product Line Conference, 2006.
- [5]川上真澄, 小川秀人, 加藤正恭. デジタル家電に対する All-Pair テストの改善と適用. Japan Symposium on Software Testing, 2008.
- [6]西康晴, 飯塚悦功. ソフトウェアを対象にした構成テストの設計. 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-I, No.11, pp.1542-1552, 2001.