

PictMaster ユーザーズガイド

2012年4月23日 第1.6版 v5.5対応

本ガイドの読み方

1. とにかく早く使ってみたい方へ

詳しいことは後でよいからとにかく早く使ってみたいという方は、少なくとも第0章と第3章そして第4章を読んでから使ってください。デフォルトの **PictMaster** の設定は必要最小限の機能しか動作しない設定になっています。**PictMaster** を有効に使うためには、後でもよいですから本ガイド全体を読まれることをお勧めします。

2. 生成結果の例について

説明の例として示されている組み合わせ生成結果の表および組み合わせ数は、**PictMaster** の最小テストケース生成の機能を用いて生成したものです。最小テストケース生成の機能は、生成結果の組み合わせ再現性を保証していません。したがってユーザの方が同じモデルで最小テストケース生成を行った場合、本ガイドで示されている生成結果とは異なる生成結果となる場合があります。

3. **PictMaster** を業務で使う前に

PictMaster は組み合わせテストをはじめ、複数の種類のテストに対応したテストケースを生成するツールです。本ツールを使いこなすには基礎的なテスト技術を一通り習得していることが必須条件です。

現在は、テスト技術を解説した書籍が何種類か出版されています。基礎的なテスト技術が不足していると感じられた方は、まずこうした書籍などを通じて幅広いテスト技術の知識を学んでから **PictMaster** を業務で使用されることをお勧めします。

組み合わせテスト技法は数あるテスト技法のひとつにすぎません。組み合わせテストよりも他のテスト技法がふさわしい場合がよくあります。テスト対象の性質に合ったテスト技法を使うようにしましょう。

効果的な組み合わせテストを行なううえで、どのパラメータを組み合わせに含めるのかが最も重要です。パラメータの選定は慎重に行なう必要があります。

更新履歴

版数	更新日	対応 Ver.	更新内容
1.0	2011.6.18	4.3	新規作成
1.1	2011.7.19	4.3.2	0. PictMaster のインストールの章に、Excel のバージョンの違いに起因する問題と対処法についての記述を追記した。
1.2	2011.11.28	5.0	3.3 環境環境設定ボタンの章の内容を PictMaster 5.0 の変更に合わせて改定した。 6.5 ショートカットメニューを使って編集する の章を追加した。
1.3	2011.12.19	5.1	3.5.1 拡張サブモデルの章を追記した。
1.4	2012.1.10	5.2	4.7 ワイルドカードの使用の章で全角文字を “?” で指定する方法を追記した。
1.6	2012.4.23	5.5	3.6 拡張サブモデル（パラメータの重み付け）の章を追加した。 3.7 希望したカバレッジを確保したテストケースを生成するの章を追加した。 3.8 網羅すべき組み合わせが漏れていないか手軽に確認するの章を追加した。 4.5 ダミーの値の付いての章を削除した。 6.4 要因列挙テストでテストケースを削減するの章を削除した。 付録 C 拡張サブモデル（パラメータの重み付け）のアルゴリズムの章を追加した。 付録 D 希望する t-way カバレッジを確保したテストケースを生成するアルゴリズムの章を追加した。

更新履歴の「対応 Ver.」はこのガイドが対応している PictMaster の最初のバージョンを表しています。

PictMaster 使用規定

以下の使用規定にすべて同意される場合のみ PictMaster を使用することを許可します。

1. PictMaster（以後 本ソフトと表記）はフリーソフトで自由に使用することができますが、著作権は IWATSU System & Software Co., Ltd. にあります。
2. 本ソフトは[オープン・ソフトウェア・ライセンス v2.0](#)に基づき、本ソフト（オリジナル成果物）をもとに派生成果物を作成し、配布することができます。ただし、PICTを使用する限り、Microsoftのライセンス条項により、派生成果物を販売することは禁じられています。同様にPICTを同梱しての配布も禁じられています。
3. 本ソフトを販売して収益を得る行為を禁じます。
4. 本ソフトの著作権表示（© IWATSU System & Software Co., Ltd.）を読めないようにすることを禁じます。ただし、本ソフトをもとに派生成果物を作成し、配布する場合はこの限りではありません。
5. 本ソフトを使用したことによるいかなる損害に対しても著作権所有者は一切の責任を負いません。
6. この「PictMaster 使用規定」は予告なく変更を行なうことがあります。

目 次

0. PictMasterのインストール	- 6 -
1. はじめに	- 7 -
2. PictMasterの仕組み	- 7 -
3. PictMasterの使い方	- 8 -
3. 1 「実行」 ボタン	- 11 -
3. 2 「整形」 ボタン	- 11 -
3. 3 「環境設定」 ボタン	- 12 -
3. 3. 1 原型シートの使い方	- 17 -
3. 3. 2 制約式の最適化	- 20 -
3. 4 値の並び欄への記入のしかた	- 22 -
3. 4. 1 1つの値に複数の名称を与えるエイリアス	- 22 -
3. 4. 2 機能が動作しない無効値テストの方法	- 23 -
3. 4. 3 値の重み付け	- 24 -
3. 5 サブモデル	- 26 -
3. 6 拡張サブモデル（パラメータの重み付け）	- 27 -
3. 7 希望するカバレッジを確保したテストケースを生成する	- 29 -
4. 制約表への記入のしかた	- 30 -
4. 1 制約に関する用語の定義	- 30 -
4. 2 制約表の構成	- 30 -
4. 3 制約条件と制約対象の指定方法	- 31 -
4. 3. 1 条件付き制約	- 31 -
4. 3. 1. 1 パラメータと値との制約	- 31 -
4. 3. 1. 2 パラメータとパラメータとの制約	- 35 -
4. 3. 2 無条件制約	- 37 -
4. 4 使用できる演算子の一覧	- 40 -
4. 5 制約表の編集方法	- 40 -
4. 6 ワイルドカードの使用	- 41 -
5. 結果表への記入のしかた	- 42 -
5. 1 結果表の構成	- 42 -
5. 2 一致条件の指定方法	- 42 -
5. 3 使用できる演算子の一覧	- 44 -
5. 4 記入上の注意事項	- 44 -
5. 5 結果内容の連結	- 45 -
6. より有効な使い方	- 47 -
6. 1 PictMasterのカスタマイズ	- 47 -
6. 2 エラー／警告メッセージが表示された場合	- 47 -
6. 2. 1 矛盾した制約をすばやく見つけるには	- 48 -
6. 3 画面を分割し制約表を記入しやすくする	- 48 -
6. 4 ショートカットメニューを使って編集する	- 50 -
付録A 仕様	- 51 -
付録B 制限事項	- 51 -
付録C 拡張サブモデル（パラメータの重み付け）のアルゴリズム	- 52 -
付録D 希望するt-wayカバレッジを確保したテストケースを生成するアルゴリズム	- 55 -

0. PictMasterのインストール

【PictMaster を使う上で用意するもの】

- (1) PICTそのものは <http://msdn.microsoft.com/en-us/testing/bb980925.aspx> のサイトで入手できます。
あらかじめダウンロードし、インストールしておいてください。インストール先は必ず以下のデフォルトのフォルダ内にインストールする必要があります。
C:¥Program Files 64bit OS の場合は C:¥Program Files (x86)

- (2) Excel2000 以降の Excel。

【インストール方法】

- (1) PictMaster.zip の圧縮ファイルを開き PictMaster.xls を PC 内の任意の場所に置きます。サーバー上に置くこともできます。ただしネットワークドライブの割り当てを行っていないサーバー上に置いた場合、生成されたテストケースファイル“a.xls”、モデルファイル (PICT への入力となるファイル) “a.txt” などは PICT があるフォルダ内に作成されます。

- (2) Excel のセットアップを行いません。

Excel2007 より前のバージョンでは、ツール → オプション → セキュリティ → マクロのセキュリティ で「中」を選択してください。

Excel2007 では以下の手順を行ってください。

Office ボタン → Excel のオプション → セキュリティセンター → セキュリティセンターの設定 → 信頼できる場所 → 新しい場所の追加 → 参照 → 任意の PictMaster の保存場所を指定してOKをクリックします。
このとき、サブフォルダも含めて指定できます。

以上でインストール作業は終了です。

【重要な注意点】

PictMaster は日本語が使用できますが、スペースについては、必ず半角スペースを使用してください。

【Excel のバージョンについて】

PictMaster の Excel ファイルは、Excel2000 から Excel2010 まで使用できます。ファイル形式は「Excel 97-2003 ブック」です。Excel2007 以降の Excel で使用の場合は、Excel の互換モードでの使用となります。もしも、今後 Excel2003 以前の Excel を使用することはないと分かっている場合は、Excel2007 以降の Excel でファイル形式を「Excel マクロ有効 Book」に変換すればファイルサイズを約半分に削減することができます。Microsoft Office ボタン（左上の丸いボタン）から「変換」を選び、ファイルの種類に「Excel マクロ有効 Book」を指定して保存してください。ファイル形式が変換されます。

1. はじめに

PictMaster は Pairwise 法(All-Pairs 法ともいう)を採用した組み合わせテストケース生成を行なう Microsoft のフリーソフトである **PICT** (Pairwise Independent Combinatorial Testing Tool) をより使いやすく、より高機能にした Excel ベースのフリーソフトです。

PictMaster を公開する目的は、多くの人が **PICT** という非常に優れた組み合わせテストツールを Excel 上で簡単に使えるようにすることです。**PictMaster** は完全に無償でかつオープンソースのツールとして提供されます。

PictMaster は、用意されている数多くの機能をできるだけ簡単な操作で使えることを目標にして開発されました。特に制約表(組み合わせできない組み合わせの除外を指定する表)は簡単に使えるだけでなく、複雑な多くの制約間の関係を視覚的に分かりやすく表現することができます。**PictMaster** がそなえている数多くの機能の中でも、制約表は最もユニークな機能と言えるでしょう。

2. PictMasterの仕組み

PICT そのものはコマンドプロンプト上で動作する CUI (キャラクタユーザインターフェース) ベースのアプリケーションです。今となってはコマンドプロンプトになじみのない人が大半です。コマンドプロンプト上で動作する **PICT** に抵抗感を感じる方も少なくないと思います。

Excel でテスト仕様書を作成しているのなら、Excel 上で組み合わせテストケースも生成できたらとても便利になります。これを実現したのが Excel の Book である **PictMaster** です。**PictMaster** は、CUI ベースの **PICT** に Excel の GUI (グラフィカルユーザインターフェース) ベースの殻をかぶせます。イメージ的には図 2-1 のようになります。

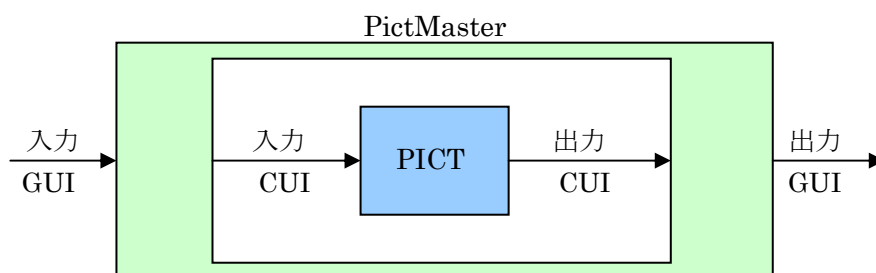


図 2-1 PictMaster のイメージ

図 2-1 に示すように、ユーザからは **PICT** の存在はまったく見えません。GUI ベースですべての作業を行なうことができます。

PictMaster は次に示す 5 つのソフトの連携で動作します。

- (1) Excel の VBA
- (2) コマンドプロンプト
- (3) バッチファイル
- (4) nkf
- (5) **PICT**

VBA (Visual Basic for Application) は、Excel 用のプログラミング言語 (Visual Basic) です。**PictMaster** では VBA を使用することで Excel のさまざまな GUI をコントロールします。またモデルファイルの作成、バッチファイルの作成、コマンドプロンプトの起動およびバッチファイルの実行も行ないます。さらにユーザの指定に応じて生成結果の並び替え、罫線を描くなどの処理も行ないます。

コマンドプロンプトのバッチファイルは、nkf の実行と **PICT** の実行を行ないます。

nkf は、モデルファイルと PICT が出力したファイルの文字コードの変換を実行します。**nkf** はオープンソースのソフトウェアを扱うサイトである sourceforge.jp で公開されているフリーソフトです。**nkf** の URL は以下のとおりです。

<https://sourceforge.jp/projects/nkf/>

PICT はモデルファイルの構文解析と組み合わせ生成エンジンの役割を果たします。

3. PictMasterの使い方

PictMaster は、Excel 2000 以降の Excel で動作します。Windows 7、Windows XP、Windows 2000 で動作を確認しています。PictMaster を使用するためには以下のものを用意します。

- (1) PICT そのもの
- (2) Excel 2000 以降の Excel

PICT は以下のサイトからダウンロードすることができます。

<http://msdn.microsoft.com/en-us/testing/bb980925.aspx>

PictMaster のデフォルト画面イメージの例を図 3-1 に示します。

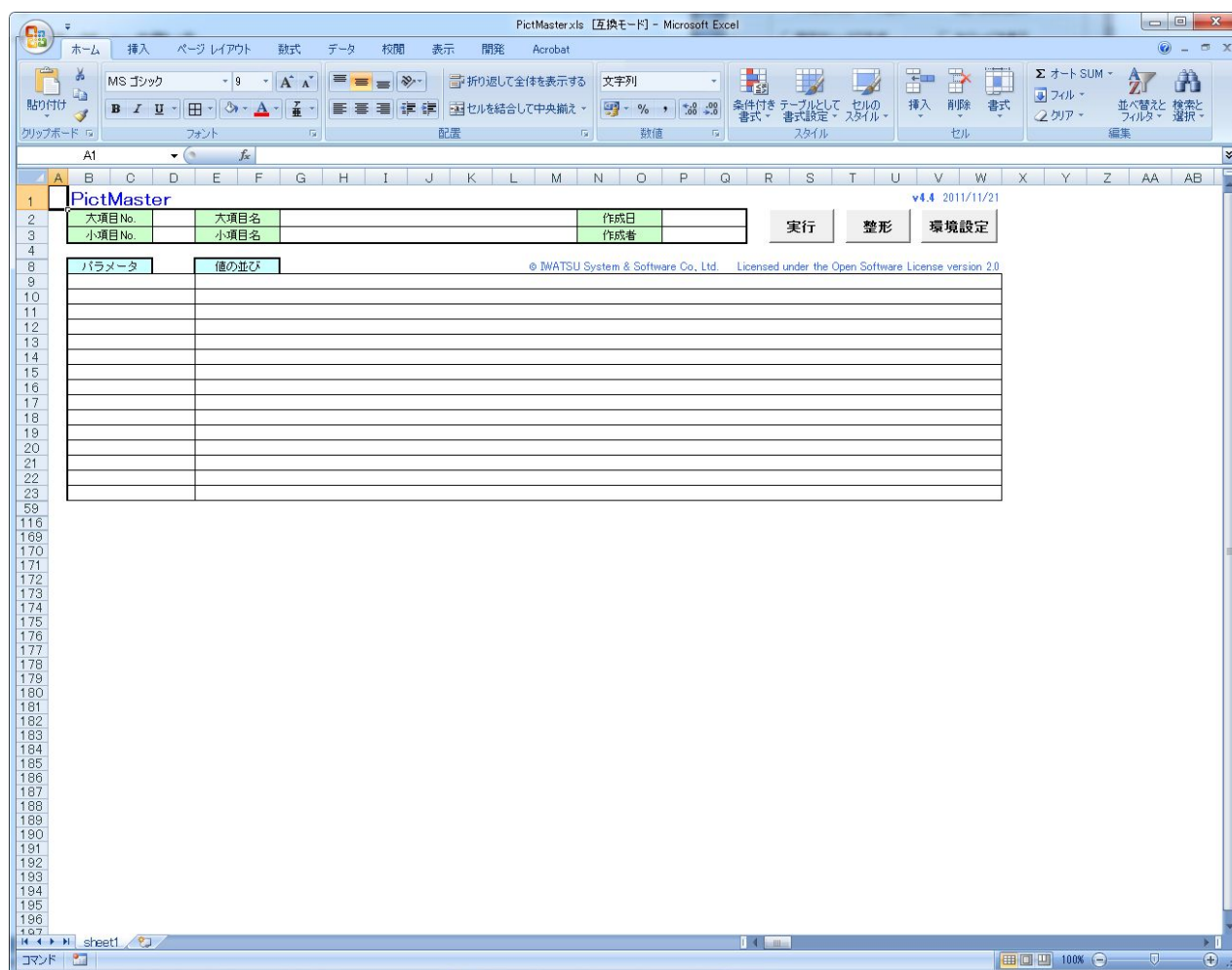


図 3-1 PictMaster のデフォルトの画面イメージ

PictMaster は以下の各部分からなっています。

1 ～ 7 行目 フリーエリア

ユーザが任意にレイアウト可能なエリアです。テストに関する大項目番号、小項目番号、作成日、作成者など、実際にユーザが使いやすいようにレイアウトを決めてください。なお 5 ～ 7 行目は非表示になっているため、そのエリアを使いたい場合は書式メニューから行の再表示を行なってください。デフォルトのフリーエリアのレイアウトを図 3-2 に示します。

1	PictMaster				
2	大項目 No.		大項目名		作成日
3	小項目 No.		小項目名		作成者
4					

図 3-2 デフォルトのフリーエリアのレイアウト

9 ～ 58 行目 パラメータ欄と値の並び欄

パラメータと、値の並びをカンマ (,) で区切って記入します。パラメータと値の並び欄は 50 行で固定です。デフォルトでは 16 行目以降は非表示となっています。値の並び欄には 50 個までの値を記入することができます。いずれの欄も行を開けずに詰めて記入してください。値にはエイリアス記号 (|)、無効値記号 (~) および重みづけ指定の (n) を付加することができます。

この欄を編集する際の注意点があります。行の削除、挿入は行なわないで下さい。かわりに行のクリア、コピーと貼り付けで対応してください。コピー元の行と貼り付け先の行が重なると正しく貼り付けされません。コピー先が重ならないようあらかじめ間をあけておくようにしてください。A 列の部分を右クリックすると編集専用のショートカットメニューが表示され、行の移動、行の挿入、行の削除および元に戻す、を行なうことができます。パラメータ、値の並び欄の例を図 3-3 に示します。

パラメータ	値の並び
A	a1, a2, a3
B	b1, b2, b3, b4
C	c1, c2, c3
D	d1, d2, d3, d4
E	e1, e2, e3

図 3-3 パラメータ、値の並び欄の例

※パラメータ欄の最初の行（9 行目）には文字“ID”で始まる名称は使用しないでください。

61 ～ 62 行目 サブモデル欄

デフォルトの状態では非表示となっており、記入内容は無効です。サブモデル欄は後述する設定フォームで「サブモデルを使用」を指定することで表示され、記入内容が有効となります。任意の数のサブモデルを記入することができます。サブモデル欄の例を図 3-4 に示します。

サブモデルについては [3. 5 章](#) で説明します。

サブモデル
B, C, 2

図 3-4 サブモデル欄の例

6 6～9 5行目 制約表欄

デフォルトの状態では非表示となっており、記入内容は無効です。制約表欄は後述する設定フォームで「**制約表を使用**」を指定することで表示され、記入内容が有効となります。制約表は組み合わせできない組み合わせ（制約）を除外するために使用します。制約の内容を表形式で記入します。5 0行まで用意されています。デフォルトでは1 6行目以降は非表示となっています。この欄を編集する際は、パラメータ、値の並び欄と同じ注意事項があります。

制約表欄の例を図 3－5 に示します。

制約表			
パラメータ	制約1	制約2	制約3
A	a1	a2, a3	
B	b1, b2	b3, b4	
C			c1
D			d2
E			e2

図 3－5 制約表の例

制約表への記入のしかたは次の[第4章](#)で説明します。

1 1 9～1 6 8行目 結果表欄

デフォルトの状態では非表示となっており、記入内容は無効です。結果表欄は後述する設定フォームで「**結果表を使用**」を指定することで表示され、記入内容が有効となります。結果表は組み合わせ内容に応じてあらかじめ期待する結果（結果内容）を記入する表です。5 0行まで用意されています。デフォルトでは1 6行目以降は非表示となっています。結果表を使用するとテストケース生成後、自動的にテストケースごとの結果内容欄に期待する結果が設定されます。

結果表の例を図 3－6 に示します。

結果表			
結果内容	A	B	C
aaaとなる	a1	b1	
aaaとなる		b3, b4	c1
bbbとなる	#a1		#c1
cccとなる			

図 3－6 結果表の例

結果表への記入のしかたは[第5章](#)で説明します。

2～3行目 「実行」、「整形」、「環境設定」ボタン

デフォルトのレイアウトでは、2～3行目の右端に図3-7に示す3つのボタンがあります。



図3-7 3つのボタン

3.1 「実行」ボタン

パラメータ、値の並び欄などに必要な記入を行なった後に、このボタンを押すことでテストケースが“a.xls”という Book 名で作成されます。どのような条件でテストケースを生成するかを「環境設定」ボタンで指定します。また、生成済みテストケースの n-way カバレッジ (n パラメータ間の組み合わせ網羅率) を表示する際にも使用します。

3.2 「整形」ボタン

テストケースが生成された後で、値の並び替え、罫線を描く、など指定した条件でテストケースの形を整えることができます。「編集」ボタンをクリックすると、図3-8の例のようなフォームが表示されます。

The image shows a Windows-style dialog box titled '整形' (Format). It has a close button (X) in the top right corner. The dialog is divided into two main sections. The top section is titled '値の並び替え' (Value Reordering) and contains a checked checkbox '値の並び替えを行う' (Perform value reordering). To its right are two radio buttons: '昇順' (Ascending) which is selected, and '降順' (Descending). Below these are three dropdown menus labeled A, B, and C. To the right of each dropdown is a label: '最優先するキー' (Highest priority key) for A, '2番目に優先するキー' (Second priority key) for B, and '3番目に優先するキー' (Third priority key) for C. The bottom section contains three checked checkboxes: '罫線を描く' (Draw border), '行番号列を追加' (Add row number column), and '列幅を合わせる' (Adjust column width). At the bottom of the dialog are two buttons: 'OK' and 'キャンセル' (Cancel).

図3-8 「整形」ボタンのクリックで表示されるフォーム

並べ替えのキーには先頭から3つのパラメータが選択され、罫線を描く、行番号を追加、幅を合わせる、のすべてが指定されます。すでに行番号が追加されている場合は「行番号を追加」は指定されません。もちろん、ユーザが好きなように手直することもできます。「OK」ボタンのクリックで処理が行なわれます。

生成結果を整形ボタンで整形した結果の例を表3-1に示します。

表 3－1 整形されたテストケースの例

No.	A	B	C	D	E
1	a1	b1	c2	d1	e2
2	a1	b2	c1	d2	e2
3	a1	b2	c1	d1	e3
4	a1	b3	c2	d1	e1
5	a1	b4	c1	d1	e3
6	a2	b1	c1	d2	e3
7	a2	b2	c2	d1	e2
8	a2	b3	c1	d2	e1
9	a2	b3	c1	d2	e3
10	a2	b4	c2	d2	e2
11	a3	b1	c2	d1	e2
12	a3	b2	c2	d2	e2
13	a3	b3	c2	d2	e2
14	a3	b4	c1	d2	e1
15	a3	b4	c2	d1	e1

3. 3 「環境設定」 ボタン

このボタンをクリックすると図 3－9 のフォームが表示されます。

図 3－9 環境設定ボタンのクリックで表示されるフォーム

「自動編集を実行」を指定してテストケースの生成を行なうと、テストケースが生成された後、自動的にテストケースの編集が行なわれます。この際の編集の条件は、図 3－8 と同様な条件で行なわれます。異なる条件でテストケースの編集を行ないたい場合は指定せずに、テストケースが生成されてから「編集」ボタンをクリックして任意の条件を指定してください。

「**制約表を使用**」を指定すると先頭から15行について、50制約の制約表欄が表示され、記入された制約指定が有効となります。制約表欄は50行設けていますので15行で不足する場合は残りの行を再表示させてください。詳細は[第4章](#)で説明します。

「**結果表を使用**」を指定すると15行の結果表欄が表示され、記入された条件が有効となります。結果表欄は50行設けていますので15行で不足する場合は残りの行を再表示させてください。詳細は[第5章](#)で説明します。

「**原型シートを使用**」を指定してテストケースの生成を行なうと、すぐ右隣のシートを原型シートとして扱います。詳細は次の[3. 3. 1章](#)で説明します。

すぐ右隣にシートがない、あったとしても原型シートの形式と異なる形式の場合はエラーメッセージが表示されます。原型シートの1桁目が**ダラーマーク (\$)** の場合その行は**コメント行**として扱われます。原型シートは空白行を含まず詰めて記入してください。コメント行を除いた最初の行にはすべてのパラメータの名称を記入します。途中の行に空白行があると、それ以降の行は無視されます。

「**モデルファイルを表示**」を指定して、テストケースの生成を行なうと、テストケースが生成された後、PictMaster がパラメータ欄、値の並び欄、制約表などをもとに生成し、PICT に渡したモデルファイル“a.txt” がメモ帳によって表示されます。

「**サブモデルを使用**」を指定するとサブモデル欄が表示され、記入されたサブモデルが有効となります。この指定を行なうと「**拡張サブモデルを使用**」のチェックボックスが使用可能となります。詳細は[3. 5章](#)で説明します。

「**拡張サブモデルを使用**」を指定するとサブモデル欄が表示され、記入された拡張サブモデルが有効となります。このチェックボックスは「サブモデルを使用」を指定すると使用可能となります。詳細は[3. 6章](#)で説明します。

「**組み合わせるパラメータ数**」には1～50までの数字を指定します。「実行」ボタンのクリックで、指定されたパラメータ数での組み合わせが生成されます。大きな数を指定した場合、テストケース生成に非常に長い時間がかかる場合があることに注意してください。

「**制約式を最適化**」を指定してテストケースの生成を行なうと、PictMasterが制約表から生成する制約式の最適化が行なわれます。パラメータの値の数が多い場合に制約指定が適切でないため、テストケース生成に時間がかかると判断されると、プログラム内部で制約指定の記入形式を最適化し、より短時間で生成が完了するようにします。詳細は[3. 3. 2章](#)で説明します。このチェックボックスは「制約表を使用」が指定されている場合に使用可能となります。

「**ゼロサプレスしない**」を指定してテストケースの生成を行なうと、生成結果のセルの書式が文字列として生成されます。これにより、先頭が0で始まる値(001、010 など)であってもゼロサプレスされることなくそのまま出力されます。ただし、値が文字列として扱われるため、生成結果の並び替えでは、値の大小だけでなく、文字の長さも含めて並び替えが行なわれるようになります。

「統計情報を表示」を指定すると、最小テストケース生成が完了した時点で図3-10の例に示す生成回数、最小数、最大数、初期数、最小時シードおよびテストケース生成にかかった経過時間が表示されます。こうした表示はデフォルトのシードを指定して1回だけ生成する場合も行なうことが可能です。

初期数の値は、PICTのデフォルトの生成結果を表します。最小時シードは、最小テストケースを生成したシードを表します。

ランダムな条件で生成した場合、生成されるテストケース数には最大で10%程度のバラツキが発生し、多くの場合、最小テストケース生成を行なうことにより5%程度テストケース数を減らすことができます。生成回数を増やすほど、テストケース数を減らせる確率が高くなりますが、ほとんどの場合、30回程度行なえば充分のようです。1件でもテストケース数を減らしたい場合は、生成回数に100～300程度の値を入力して最小テストケース生成を行なってみてください。

この指定を行なうと「カバレッジを表示」のチェックボックスが使用可能となります。



図3-10 表示される統計情報の例

「カバレッジを表示」を指定すると、テストケース生成時に生成されたテストケースの n-way カバレッジ (n パラメータ間の組み合わせ網羅率) と t-way カバレッジが図3-11のように表示されます。n は「組み合わせるパラメータ数」で指定した値です。t は n に+1した値です。

「組み合わせるパラメータ数」に6以上の値が設定されている場合は、カバレッジの表示は行なわれません。

n-way カバレッジを算出するために、n パラメータ間の組み合わせで1回生成を行ないます。また t-way カバレッジを算出するために t パラメータ間の組み合わせで1回生成を行ないます。そのため、大きなモデルでは結果が表示されるまでに時間がかかる場合があることに注意してください。



図 3-11 表示されるカバレッジの例

このチェックボックスは「統計情報を表示」を指定すると使用可能となります。

「設定を常時表示」を指定すると設定フォームの主な設定内容が、画面右上に常時表示されるようになります。この指定を行なうことで設定内容を確認するためにいちいち設定フォームを開かなくて済みます。

「ウインドウ分割ショートカットキー」の入力欄に任意の文字または数字 1 文字を入力しておく、コントロールキーと入力したキーを押すことでPictMasterのウインドウが 2 つ開かれ、上下に整列され、下側のウインドウはパラメータ欄と制約欄との間で分割されます。この機能は多くの制約がある場合に制約表への記入をやりやすくするためのものです。結果表への記入時にも使えます。詳細は [6.3 章](#) で説明します。

「最小テストケースを生成」を選択すると、テストケース生成の際、ランダムな条件（シード）で PICT を実行し、最もテストケース数の少ないテストケースを生成結果として出力します。「生成回数」で何回テストケース生成を行なうかを指定します。2 から 999 回まで指定できます。デフォルトは 30 回です。

PICT は内部で固有のシード（デフォルトは 0）を使用してテストケースの生成を行なっています。このシードを変えることにより、生成される組み合わせ数が若干違ってきます。

最小テストケース生成実行中は、図 3-12 の例に示すプログレスバーが表示されます。



図 3-12 最小テストケース生成中のプログレスバーの例

「デフォルトのシードで生成」を選択すると、テストケース生成の際、デフォルトのシード（0）で PICT を実行します。

「特定のシードで生成」を選択すると、テストケース生成の際、「シード」欄に記入されたシードで PICT を実行します。0 から 6 5 5 3 5 までの値を設定することができます。最小テストケース生成を実行すると、最もテストケース数が少なかったときのシードが「シード」欄に設定されます。

「カバレッジを指定して生成」を選択すると、希望する t-way カバレッジを確保したテストケースを生成結果として出力します。t は「組み合わせるパラメータ数」で指定されている値 n に + 1 した値です。希望する t-way カバレッジを「(t)-way カバレッジ」の欄に記入します。3 0 % ～ 9 5 % の範囲内で指定することができます。希望するカバレッジを確保したテストケースを出力するために、何回かテストケースの生成またはテストケースの変更を繰り返す必要があります。「繰り返し回数」で繰り返しを何回行なうかを指定します。3 回 ～ 1 0 回の範囲内で指定することができます。この機能の有効な使い方を [3.7 章](#) で説明しています。

この機能は「組み合わせるパラメータ数」が 1 ～ 5 の範囲内である場合に使用することができます。この機能は PictMaster の原型シートの機能を利用しています。設定フォームで「原型シートを使用」が指定されている場合、「カバレッジを指定して生成」は指定できません。

原型シートの機能を利用しているため、値の重みづけを行なっている場合は希望するカバレッジが得られないことがあります。

この機能は原型シートの機能を使用するため、Excel のワークシート名の番号が増加します。例えばこの機能を 3 度実行すると、Excel のワークシートは Sheet4 まで使用されます。この状態でユーザが Excel の新規ワークシートを作成するとそのワークシート名は Sheet5 となります。ワークシートの番号を元に戻したい場合は、PictMaster をセーブしたうえで PictMaster を再度開いてください。ワークシートの番号がリセットされます。

【重要な注意】

希望する t-way カバレッジに低い値を指定した場合、希望する値よりもかなり高いカバレッジとなる場合があります。この現象はデフォルトのシードで生成したテストケースのカバレッジが、希望するカバレッジよりも高い場合に起こります。この場合は希望する低い t-way カバレッジとした場合に n-way カバレッジ 1 0 0 % を確保できなくなるために、指定した t-way カバレッジは無効となります。

「デフォルトのシードで生成」を指定して生成した場合のカバレッジを確認することで、この現象が起きているかどうか分かります。

値の重み付けを行なっている場合は、希望するカバレッジが得られない場合があります。これは「カバレッジを指定して生成」の機能が原型シートの機能を使用していることからくる制限事項です。

値が無効値を含む場合は正しいテストケースが得られません。これは生成されたテストケースの後半部分に集中して無効値が出現するという PICT の仕様による制限事項です。

繰り返し処理中は、図 3-13 に示すプログレスバーが表示されます。



図 3-13 カバレッジを指定して生成中のプログレスバーの例

3. 3. 1 原型シートの使い方

原型シートには2つの使用方法があります。

- (1) 前に使用したモデルを変更する必要がある場合、以前のモデルで作成したテストケースを再利用して、できるだけ少ない変更で新しいテストケースを作成します。
- (2) 生成されるテストケースに必ず含まれるべきである**重要な組み合わせを指定**します。指定された組み合わせで出力が初期化され、次に残りの組み合わせが生成されます。

設定フォームで「原型シートを使用」を指定してテストケースの生成を行なうと、**すぐ右隣のワークシートを原型シートとして扱います**。すぐ右隣りにワークシートがない、あったとしても原型シートの形式と異なる形式の場合はエラーメッセージが表示されます。

原型シートの1桁目が**ダラマーク (\$)** の場合その行は**コメント行**として扱われます。原型シートは空白行を含まず詰めて記入してください。

原型シートには6 5 5 3 5 件までのテストケースを記入できます。原型シートは PICT によって生成されたテストケースと同じフォーマット（行番号は除く）を使用します。コメント行を除いた最初の行にはすべてのパラメータ名を記入します。PictMaster のパラメータ欄と同じパラメータ名がすべて記述されている必要があります。次の行以降は組み合わせられた値の並びを記入します。値が空白のパラメータがあってもかまいません。

【重要な注意】

- (a) 原型シートが現在のモデルにない値を含んでいる場合、そのパラメータの値の組み合わせは行われません。現在のモデルに含まれるパラメータの値の組み合わせだけが生成されます。無効とされた値の行は不完全であるか部分的な行になります。
- (b) 原型シートの値の行が現在の制約指定のどれかに違反する場合、その行は無視されます。
- (c) 原型シートを使用する場合、**値の重み付け (3. 4. 3章)** は正常に動作しません。値の重み付けを行なって生成した結果を原型シートとして使用する場合は、PictMasterの値の並び欄から値の重み付けを取り除いてテストケースの生成を行なうことを推奨します。
- (d) 原型シートの組み合わせが1行ずつ PICT に読み込まれます。読み込んでいる途中ですべての n パラメータ間の組み合わせが網羅された場合、PICT はそれ以上原型シートを読み込もうとはしなくなります。n は設定フォームの「組み合わせるパラメータ数」です。ただし、現在のモデルが原型シートにない値を含んでいる場合は、原型シートの組み合わせ全体が読み込まれます。
- (e) この機能は「カバレッジを指定して生成」とは同時には使用できません。

原型シートの使用例を以下に示します。

例 1：新しい値を追加する

	A	B	C
1	A	B	C
2	a1	b2	c2
3	a1	b1	c1
4	a3	b2	c1
5	a2	b1	c2
6	a2	b2	c1
7	a3	b1	c2

図 3－1 4 原型シートの例（その 1）

パラメータ	値の並び
A	a1, a2, a3
B	b1, b2, b3
C	c1, c2

図 3－1 5 新しいモデルの例（その 1）

新しいモデルでは、パラメータ B に値 b3 が追加されています。

表 3－2 新しい値が追加されたテストケース

No.	A	B	C
1	a1	b2	c2
2	a1	b1	c1
3	a3	b2	c1
4	a2	b1	c2
5	a2	b2	c1
6	a3	b1	c2
7	a3	b3	c1
8	a1	b3	c2
9	a2	b3	c1

新しく生成されたテストケースには、原型シートの内容がそのまま流用され、追加した値 b3 に関する組み合わせが追加されています。これにより既存のテストケースでテストした後で仕様変更などにより、新しい値を追加してテストを行う必要が生じた場合、追加された値に関する組み合わせだけテストすればよい場合もあります。（注：表 3－2 は値の並べ替えを行っていません）

例 2：新しいパラメータを追加する

	A	B	C	D
1	A	B	C	D
2	a1	b2	c2	
3	a1	b1	c1	
4	a3	b2	c1	
5	a2	b1	c2	
6	a2	b2	c1	
7	a3	b1	c2	

図 3－1 6 原型シートの例（その 2）

パラメータ	値の並び
A	a1, a2, a3
B	b1, b2
C	c1, c2
D	d1, d2, d3

図 3-17 新しいモデルの例（その 2）

新しいモデルではパラメータ D が追加されています。

表 3-3 新しいパラメータが追加されたテストケース

No.	A	B	C	D
1	a1	b2	c2	d3
2	a1	b1	c1	d2
3	a3	b2	c1	d1
4	a2	b1	c2	d1
5	a2	b2	c1	d2
6	a3	b1	c2	d2
7	a2	b1	c1	d3
8	a3	b1	c2	d3
9	a1	b2	c1	d1

新しく生成されたテストケースには、原型シートの内容がそのまま流用され、追加したパラメータ D に関する組み合わせが追加されています。（注：表 3-3 は値の並べ替えを行っていません）

原型シートに新しく追加したいパラメータの名称を記入しておくだけで新しいパラメータを追加したテストケースを簡単に生成することができます。

例 3：必ず含まれなければならない組み合わせを指定する

	A	B	C
1	A	B	C
2	a1	b1	c1
3	a1	b1	c2
4	a1	b2	c1
5	a1	b2	c2

図 3-16 原型シートの例（その 2）

パラメータ	値の並び
A	a1, a2, a3
B	b1, b2
C	c1, c2

図 3-16 モデルの例

原型シートでは値 a1 について、他のパラメータ B と C のすべての値と組み合わせられています。このような、あるパラメータの特定の値についてのみ、ほかのすべてのパラメータが持つ値と組み合わせることは、PICT の柔軟な制約条件指定機能をもってしても指定することができません。したがって、このような

特殊または複雑な組み合わせは原型シートを使って指定します。

表 3-4 指定した組み合わせが含まれたテストケース

No.	A	B	C
1	a1	b1	c1
2	a1	b1	c2
3	a1	b2	c1
4	a1	b2	c2
5	a2	b1	c2
6	a2	b2	c1
7	a3	b1	c1
8	a3	b2	c2

新しく生成されたテストケースには、原型シートの内容がそのまま流用され、その他のパラメータの組み合わせが追加されています。この例のように、制約条件では指定できない複雑で特殊な組み合わせでも、原型シートで指定することにより、簡単に扱うことができます。

3. 3. 2 制約式の最適化

組み合わせ生成エンジンの PICT は、組み合わせできない組み合わせを指定するのに、IF 文に似たスクリプト言語（制約式）を用います。PictMaster では、制約表への記入を PICT が理解できる制約式に変換します。PICT の特性として、値の個数が多いパラメータに制約の指定を行なうと、制約の指定方法によって組み合わせの生成時間に大きな差が出ます。「制約式の最適化」を指定すると、PictMaster は制約指定が行なわれているパラメータの値の個数を調べ、8 個以上の場合で、制約式の最適化の処理が有効な条件である場合、制約指定をプログラム内部で変更し、最も生成時間が短くなるような制約式を生成します。

制約指定の違いによる生成時間の違いを示すために図 3-17 のモデルを使用することにします。使用した PC 環境 は、CPU が PentiumD 2.8GHz、RAM 1 GB、OS は Windows XP Professional SP3 です。

パラメータ	値の並び
A	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
B	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
C	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
D	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
E	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

図 3-17 生成時間比較用のモデルの例

このモデルに次の制約指定を行なった場合の生成時間を示します。これらの制約指定は異なる記述ですがいずれも等価な制約指定です。生成時間は最小テストケース生成を 30 回行なった場合の経過時間です。

(1) 制約指定その 1

制約表		
パラメータ	制約1	制約2
A	1, 2, 3, 4, 5	
B	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 4, 5
C		1, 2, 3, 4, 5
D		
E		

制約式最適化=False 生成時間=7 秒

制約式最適化=True 生成時間= 4 秒

(2) 制約指定その2

制約表		
パラメータ	制約1	制約2
A	1, 2, 3, 4, 5	
B	#6, 7, 8, 9, 10	1, 2, 3, 4, 5
C		#6, 7, 8, 9, 10
D		
E		

制約式最適化=False 生成時間= 3 秒

制約式最適化=True とはならない。(すでに最適化の形式となっている)

(3) 制約指定その3

制約表		
パラメータ	制約1	制約2
A	#6, 7, 8, 9, 10	
B	1, 2, 3, 4, 5	#6, 7, 8, 9, 10
C		1, 2, 3, 4, 5
D		
E		

制約式最適化=False 生成時間= 7 分 2 0 秒

制約式最適化=True 生成時間= 4 秒

(4) 制約指定その4

制約表		
パラメータ	制約1	制約2
A	#6, 7, 8, 9, 10	
B	#6, 7, 8, 9, 10	#6, 7, 8, 9, 10
C		#6, 7, 8, 9, 10
D		
E		

制約式最適化=False 生成時間= 7 秒

制約式最適化=True 生成時間= 3 秒

図 3-18 制約式最適化の有無と生成時間

以上の結果から、制約指定が(3)の場合に制約式最適化の効果が最も顕著であることが分かります。それ以外では(2)の場合、最適化が行なわれないことがわかります。この制約指定では最適化が不要なためです。制約式最適化の処理が行なわれるのは以下の条件をすべて満たす場合です。

1. 設定フォームで「制約式を最適化」が指定されている。
2. 制約条件と制約対象のパラメータに属する値の個数が共に8個以上である。
3. 制約対象で指定された値の個数が2個以上である。
4. 制約条件が逆制約か、または制約対象が順制約である。

制約指定の意味については[第4章](#)を参照してください。

PictMaster は制約式の最適化が指定されると、1から4の条件をすべて満たす制約欄がある場合に、プログラム内部でその制約欄の記述形式を(2)の 制約指定その2 の形式に変換します。したがって、設定

フォームで「制約式を最適化」が指定されていても、実際には最適化が行なわれない場合があります。また制約式の最適化が行なわれたとしても、多くの制約指定の一部についてだけ行なわれた場合は、生成時間が短縮されない場合もあります。

パラメータとパラメータの比較を行なう制約指定は最適化の対象外です。

制約式の最適化が行なわれた場合は、制約表の制約指定とは異なる制約式が生成されることになるため、万が一、PICT 内部でエラーを検出した場合、エラーメッセージとして表示される制約式と、記述されている制約指定が対応しないことがあることに注意してください。

「制約式の最適化」を指定した場合、「統計情報を表示」が同時に指定されていると、表示される統計情報に制約表の最適化が実際に行なわれたかどうかが表示されます。

3. 4 値の並び欄への記入のしかた

値の並びをカンマ（，）で区切って記入します。値の前に特定の記号を付加することで特殊な処理を行なうことができます。特定の記号にはパイプ（|）とチルダ（~）があります。パイプはひとつの値に複数の名称を与えるエイリアスで使います。チルダは相互に組み合わせ不可の値を指定する無効値テストで使います。値の後ろに半角括弧（）で囲まれた数字を付加することで、その値が他の値より多く組み合わせに出現するようになる値の重み付けを行なうことができます。

これらの記号はパラメータおよび値の名称には使用できません。

3. 4. 1 1つの値に複数の名称を与えるエイリアス

エイリアスは、1つの値に複数の異なる名称を与える機能です。まったく同一とは言えないがほぼ同一と考えることのできる複数の値に対して、同値分割の考え方を適用し、エイリアス機能を用いることができます。これにより組み合わせ生成の際に1つの値として扱われ、組み合わせ完成後、1つの値はエイリアスで与えた複数の名称に戻されます。

エイリアスを使用することによって生成される組み合わせの数を減らすことが可能です。Pairwise 法で生成される組み合わせの数は最も多くの値を持つパラメータ P1 と、P1 と同じか次に多くの値を持つパラメータ P2 の、それぞれの値の個数を V1n、V2n とすると、これらを積算した値が、それよりもやや多い値になります。生成される組み合わせ（テストケース）のおおよその数 TCn は次式で表されます。

$$TCn = (V1n * V2n + \alpha) * m$$

ここでαの値は、パラメータ P2 の次に多くの値を持つパラメータ P3 以降が持つ値の個数 P3n、P4n・・・によって異なります。この数が P2n と等しいかほとんど同じ場合は、多くの場合αは比較的大きな値になります。逆に P2n より小さい場合は、αは小さな値になります。この場合多くはαの値は0になります。このことから、エイリアスを適用するパラメータは、最も多くの個数の値を持つパラメータを対象にしたほうが、組み合わせ数を削減する効果が最も大きくなります。逆に、比較的少ない個数の値しか持たないパラメータに適用しても効果がありません。mは制約の数が0の場合1です。制約の数が増えるに従って徐々に増加しますが、増加の程度は緩やかです。

エイリアスを使用したモデルの例を図3-19に示します。この例では OS 種別と HD 容量および HD インターフェースの組み合わせをテストします。このモデルでは OS 種別の5個の値から、Windows 系3個をエイリアスの記号“|”で1つにまとめ、全体で3個にしています。エイリアスでまとめた場合、先頭の値の名称を使用することで制約などを記述することができます。

パラメータ	値の並び
OS種別	Windows Vista Windows XP Windows 2000, Lunux, Mac OS X
HD容量	250GB, 500GB, 750GB
HDインターフェース	USB2.0, IEEE1394, eSATA

図3-19 エイリアスを使用したモデルの例

エイリアスを使用した図 3-19 の組み合わせ生成結果を表 3-5 に、エイリアスを使用しなかった場合の組み合わせ生成結果を表 3-6 に示します。

表 3-5 エイリアスを使用した場合

No.	OS 種別	HD 容量	HD インターフェース
1	Linux	250GB	IEEE1394
2	Linux	500GB	USB2.0
3	Linux	750GB	eSATA
4	Mac OS X	250GB	USB2.0
5	Mac OS X	500GB	eSATA
6	Mac OS X	750GB	IEEE1394
7	Windows 2000	250GB	eSATA
8	Windows Vista	750GB	USB2.0
9	Windows XP	500GB	IEEE1394

表 3-6 エイリアスを使用しなかった場合

No.	OS 種別	HD 容量	HD インターフェース
1	Linux	250GB	eSATA
2	Linux	500GB	USB2.0
3	Linux	750GB	IEEE1394
4	Mac OS X	250GB	eSATA
5	Mac OS X	500GB	IEEE1394
6	Mac OS X	750GB	USB2.0
7	Windows 2000	250GB	USB2.0
8	Windows 2000	500GB	IEEE1394
9	Windows 2000	750GB	eSATA
10	Windows Vista	250GB	USB2.0
11	Windows Vista	500GB	eSATA
12	Windows Vista	750GB	IEEE1394
13	Windows XP	250GB	IEEE1394
14	Windows XP	500GB	eSATA
15	Windows XP	750GB	USB2.0

この例ではエイリアスを使用した場合、使用しなかった場合に比べてテストケース数が 3 分の 2 未満に減少しています。値の数の多いパラメータで同値と考えることのできる値がある場合は、エイリアスを積極的に使ったほうがよいでしょう。

エイリアスで 1 つにまとめた複数の値のうち、後述する制約表や結果表で指定できるのは先頭の値の名称のみです。

※ 注意事項

エイリアスとして 1 つにまとめた値の数が多い場合は、生成結果に一度も現れない値が存在する可能性があります。これはエイリアスを含まないパラメータに属する値が少ない場合に発生します。エイリアスの値すべてを組み合わせに使わなくてもすべての組み合わせが網羅されてしまうからです。本来、エイリアスは同値とみなせるものを 1 つにまとめたものですから出現しない値があっても直ちに問題とは言えませんが、こうした性質があることは知っておいたほうがよいでしょう。

3. 4. 2 機能が動作しない無効値テストの方法

組み合わせテストでは通常、機能が動作しない無効値を含まないようにする必要があります。テストケースに無効値を含むと機能が動作しなくなり、他のパラメータと組み合わせた意味がなくなります。

ここでは無効値を含むテストの実行を目的としている場合について説明します。1 つのテストケースに無

効値を 2 つ以上含むと 1 つの無効値についてのテストとなり、残りの無効値についてのテストが行われなくなり、不完全なテストとなります。機能が動作しない場合の組み合わせでは、無効値どうしの組み合わせが行われないようにする必要があります。

PICT には無効値テストという機能があり、無効値どうしの組み合わせが生成されないようにすることができます。値の並び欄で値の前に半角記号 “ ~ ” を置くことで無効値を指定します。

図 3－2 0 に無効値を含むモデルの例を示します。このモデルでは FAX と通信回線の組み合わせをテストします。FAX とは通信できない無効値である電話機が含まれています。さらに FAX 使用に制限がある IP 外線も無効値としています（実際には多くの場合、支障なく使用できます）。

パラメータ	値の並び
発信端末	F A X, ~電話機
通信回線	アナログ, I S D N, ~ I P 外線
着信端末	F A X, ~電話機

図 3－2 0 無効値を含むモデルの例

表 3－7 無効値テストの生成結果

No.	発信端末	通信回線	着信端末
1	~電話機	ISDN	FAX
2	~電話機	アナログ	FAX
3	FAX	~IP外線	FAX
4	FAX	ISDN	~電話機
5	FAX	ISDN	FAX
6	FAX	アナログ	~電話機
7	FAX	アナログ	FAX

表 3－7 が生成結果です。この生成結果には無効値どうしの組み合わせがありません。この例では無効値の場合でも無効値以外のすべてのペアを組み合わせています。そこまでの徹底したテストが不要な場合は、制約定義で各無効値 1 つに 1 つのテストケースのみが生成されるように指定することもできます。

値が複数の名前を持つエイリアスの場合、最初の名前に記号 “ ~ ” を付けます。制約の記述で無効値を指定する場合は、記号 “ ~ ” は省略します。

3. 4. 3 値の重み付け

特定の値を重点的にテストしたい場合、重み付けの機能が役に立ちます。重み付けを使用すると指定された値がより多くテストケースに現れるようになり、その値についてのカバレッジが向上します。重み付けは重点的にテストしたい値の右側に半角の括弧 () で数値を付加します。

図 3－2 1 に重み付けの例を示します。

パラメータ	値の並び
A	a1(2), a2, a3
B	b1, b2, b3, b4
C	c1, c2, c3(3)

図 3－2 1 重み付けの例

括弧内に記入できる数値は 2 ～ 1 0 です。基本的には記入された数値をかけた分だけ他の値より多く組み合わせに出現するようになります。例えば c3(3) を記入した場合、値 c3 は他の値 c1、c2 より 3 倍多く出現するようになります。ただし、生成された組み合わせで重複する組み合わせが存在する場合、重複する組み合わせは 1 つを残し削除されて最終的な生成結果となります。

図 3－2 1 で重複する組み合わせを含んだ生成結果を表 3－8 に示します。

表 3－8 重複する組み合わせを含んだ生成結果

No.	A	B	C
1	a1	b1	c3
2	a1	b1	c3
3	a1	b1	c3
4	a1	b2	c1
5	a1	b2	c2
6	a1	b3	c3
7	a1	b3	c3
8	a1	b4	c1
9	a1	b4	c2
10	a1	b4	c3
11	a2	b1	c1
12	a2	b2	c3
13	a2	b3	c2
14	a2	b3	c3
15	a2	b4	c3
16	a3	b1	c2
17	a3	b2	c3
18	a3	b2	c3
19	a3	b3	c1
20	a3	b4	c3

表 3－8 でパラメータ C の各値の個数は、c1 が 4 個、c2 が 4 個、c3 が 12 個です。この時点で c3 は他の値より 3 倍多く出現しています。これは重み付けの指定どおりです。しかし、網掛けした組み合わせが重複しています。組み合わせの重複が発生するのは、1 つの値を重み付けにより 3 倍多く用いて組み合わせを生成しているため、他のパラメータの値の数が少ないと、同じ組み合わせが生成されるためです。

PictMaster は、重複した組み合わせのうち 1 つを残して他の組み合わせを削除します。そのため重複した組み合わせが存在する場合は、結果的に重み付けで指定した数値より少ない重み付けとなります。

最終的な生成結果を表 3－9 に示します。なお、表 3－8 とは異なる生成実行のため、組み合わせ内容は一部異なります。

表 3－9 重複分を取り除いた最終的な生成結果

No.	A	B	C
1	a1	b1	c1
2	a1	b1	c3
3	a1	b2	c3
4	a1	b3	c2
5	a1	b3	c3
6	a1	b4	c1
7	a1	b4	c2
8	a2	b1	c3
9	a2	b2	c2
10	a2	b3	c1
11	a2	b3	c3
12	a2	b4	c3
13	a3	b1	c2
14	a3	b2	c1
15	a3	b3	c3
16	a3	b4	c3

最終的な生成結果では、重複していた 4 個の組み合わせが削除され、16 個の組み合わせとなりました。この結果では、パラメータ C の各値の個数は、c1 が 4 個、c2 が 4 個、c3 が 8 個です。重み付けを行なって最小テストケース生成を行なうと、設定フォームで「統計情報を表示」が指定されていれば、図 3-22 の統計情報が表示され、“重複削除後の数”によって重複した組み合わせがいくつあったかが分ります。

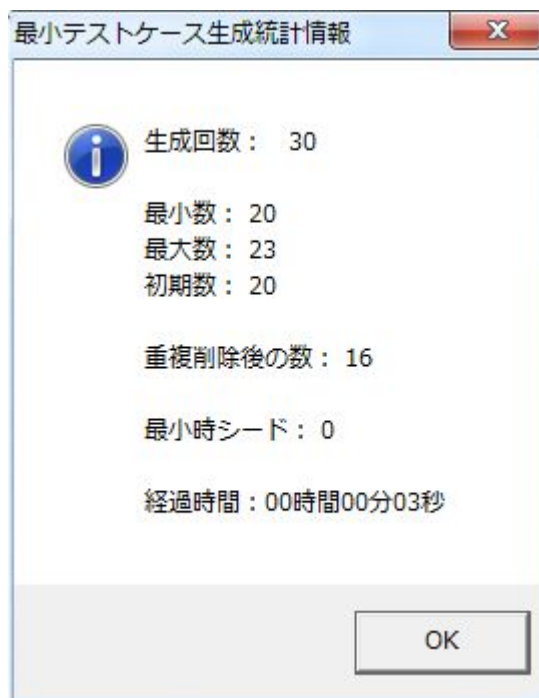


図 3-22 重み付けのあるモデルの生成統計情報の例

重み付けの数値が正確に反映された生成結果が得られるのは、他のパラメータの数が多い場合か、他のパラメータで値の数が多い場合です。この場合は重複が起こらず、生成されるテストケース数も重み付けを行なわない場合と比べてそれほど増加することはありません。そうでない場合、重み付けの数値は目安的な意味合いを持ちます。

重み付けを行なうと値の数が実質的に多くなります。入力できる値の個数は 50 個までです。重み付けを行なう場合は実質的な値の個数が 50 個を超えないようにしてください。

値の重み付けと原型シートを同時に使用した場合、値の重み付けが正常に行なわれません。値の重み付けと原型シートは同時に使用しないことを推奨します。

※ PICT 自体が備えている重み付けの機能は使用できません。

3.5 サブモデル

すべてのパラメータがすべて同じ重要度を持つというケースはそれほど多くはありません。PICT ではサブモデル定義を使用することで、特に重要と考えられる限定したパラメータについて異なるパラメータ組み合わせ数を指定することができます。サブモデル欄を表示させるには設定フォームの「サブモデルを使用する」を指定します。

サブモデルの記入形式を図 3-23 に示します。

<パラメータ 1>, <パラメータ 2>, …, <組み合わせるパラメータ数>

図 3-23 サブモデルの記入形式

サブモデルの対象としたい複数のパラメータ名をカンマで区切って記入します。最後に組み合わせるパラメータ数を記入します。この数は1から、指定したパラメータの数までの任意の値が記入できます。セミコロン (;) で区切るにより、1つの行に複数のサブモデルを記入することができます。

サブモデルで指定された複数のパラメータは、“組み合わせるパラメータ数”の数のパラメータ間の組み合わせが生成されます。例えば、この数が3の場合、指定された複数（3個以上）のパラメータのみ3パラメータ間の組み合わせが生成されます。その後で、サブモデルで指定されなかった残りのパラメータと、2パラメータ間の組み合わせとして統合されます。最終結果として、サブモデルで指定された複数のパラメータどうしでは3パラメータ間の組み合わせとなりますが、サブモデルで指定されなかった残りのパラメータとの間では、1つ多い4パラメータ間の組み合わせとなります。そしてサブモデルで指定されなかった残りのパラメータどうしの間ではデフォルトの2パラメータ間の組み合わせとなります。

3. 6 拡張サブモデル（パラメータの重み付け）

PICT がサポートしているサブモデルの機能では、テストケース数が増加してしまうため、使いやすくないといえます。

PictMaster では、設定フォームの「**拡張サブモデルを使用する**」を指定することで、特に重要と考えられるパラメータのみ、設定フォームの「組み合わせるパラメータ数」とは異なる任意のパラメータ間の組み合わせとしたテストケースを生成することができます。

拡張サブモデルは、希望するパラメータのみを3パラメータ以上の任意の組み合わせとすることに特化したサブモデルであり、通常のサブモデルと比較して、テストケース数の増加を大幅に抑えることができます。例えば、5つの値を持つパラメータが7つあるモデルで、そのうちの3つのパラメータのみ3パラメータの組み合わせとしたサブモデルでは、生成されるテストケース数は次の通りとなります。

通常のサブモデル	6 2 5 件
拡張サブモデル	1 2 9 件

設定フォームで「組み合わせるパラメータ数」に3を指定した場合に生成されるテストケース数が2 3 8件ですから、拡張サブモデルを使用することでテストケース数を大幅に削減することが可能です。

拡張サブモデルの記入形式を図3-24に示します。

<パラメータ 1>, <パラメータ 2>, … , <組み合わせるパラメータ数（3以上）>

図3-24 拡張サブモデルの記入形式

拡張サブモデルの対象としたい複数のパラメータ名をカンマで区切って記入します。最後に組み合わせるパラメータ数として3以上から拡張サブモデルで指定されたパラメータ数までの範囲の値を記入します。記入例を図3-25に示します。

サブモデル
A, B, C, 3

図3-25 拡張サブモデルの記入例（その1）

拡張サブモデルでは、サブモデルはサブモデル欄の最初の行に1つだけ記入できます。セミコロンで区切って複数のサブモデルを記入することはできません。

3つ以上のパラメータを指定した拡張サブモデルで、最小テストケース生成を実行した場合、統計情報

で表示される「最小数」、「最大数」および「初期数」の値は、拡張サブモデルで指定されたパラメータについての組み合わせ数です。最終的な生成数は別の項目として表示されます。

拡張サブモデルで指定されたパラメータの個数と拡張サブモデルの組み合わせるパラメータ数が等しい場合は、拡張サブモデルで指定されたパラメータについての全数組み合わせとなるため、生成される組み合わせは1通りしかありません。そのためこの場合は最小テストケース生成を行なう必要はありません。

拡張サブモデルを使用する際には次に示す条件を満たす必要があります。

- (1) 2つ以上のパラメータが指定されていること。
- (2) 拡張サブモデルの組み合わせるパラメータ数が設定フォームの「組み合わせるパラメータ数」よりも大きいこと。
- (3) 拡張サブモデルの組み合わせるパラメータ数で指定できる範囲は3～拡張サブモデルで指定されたパラメータの個数までの範囲の値であること。(パラメータの個数が2つの場合は3のみ)
- (4) 3つ以上のパラメータが指定されている場合、設定フォームの「原型シートを使用」および「カバレッジを指定して生成」が指定されていないこと。

例えば、図3-26のように設定フォームの「組み合わせるパラメータ数」が3で、拡張サブモデルで指定されたパラメータの個数が5個で、拡張サブモデルの組み合わせるパラメータ数が4であるといった指定が可能です。

サブモデル
A, B, C, D, E, 4

図3-26 拡張サブモデルの記入例（その2）

拡張サブモデルで2つのパラメータが指定された場合と3つ以上のパラメータが指定された場合とでは組み合わせの内容が異なります。2つのパラメータが指定された場合は、指定された2つのパラメータが他のパラメータとの間で3パラメータ間の組み合わせとなります。3つ以上のパラメータが指定された場合は、指定されたパラメータ間で指定されたパラメータ数の組み合わせとなります。他のパラメータとの間では個々のパラメータが2パラメータ間の組み合わせとなります。

拡張サブモデルの機能は、値の数が少ないパラメータに適用した場合にテストケース削減の効果が大きくなります。逆に値の数が多いパラメータに適用した場合は、テストケース削減の効果がありません。

3つ以上のパラメータを指定した場合は原型シートの機能を使用するため、Excel のワークシート名の番号が増加します。

拡張サブモデルのアルゴリズムを[付録C](#)で詳しく説明しています。

3. 7 希望するカバレッジを確保したテストケースを生成する

PictMaster では、希望するカバレッジを確保したテストケースを生成することができます。3パラメータ間の組み合わせとするとテストケース数が多くなりすぎて問題となる場合、例えば3-way カバレッジを80%としたテストケースでは、生成されるテストケース数を大幅に削減することが可能となります。

例としてパラメータが15個あり、それぞれの値の数が10, 8, 8, 6, 6, 6, 4, 4, 4, 4, 2, 2, 2, 2, 2であるモデルの場合、3-way カバレッジを5%刻みで変化させた場合のテストケース数を次に示します。

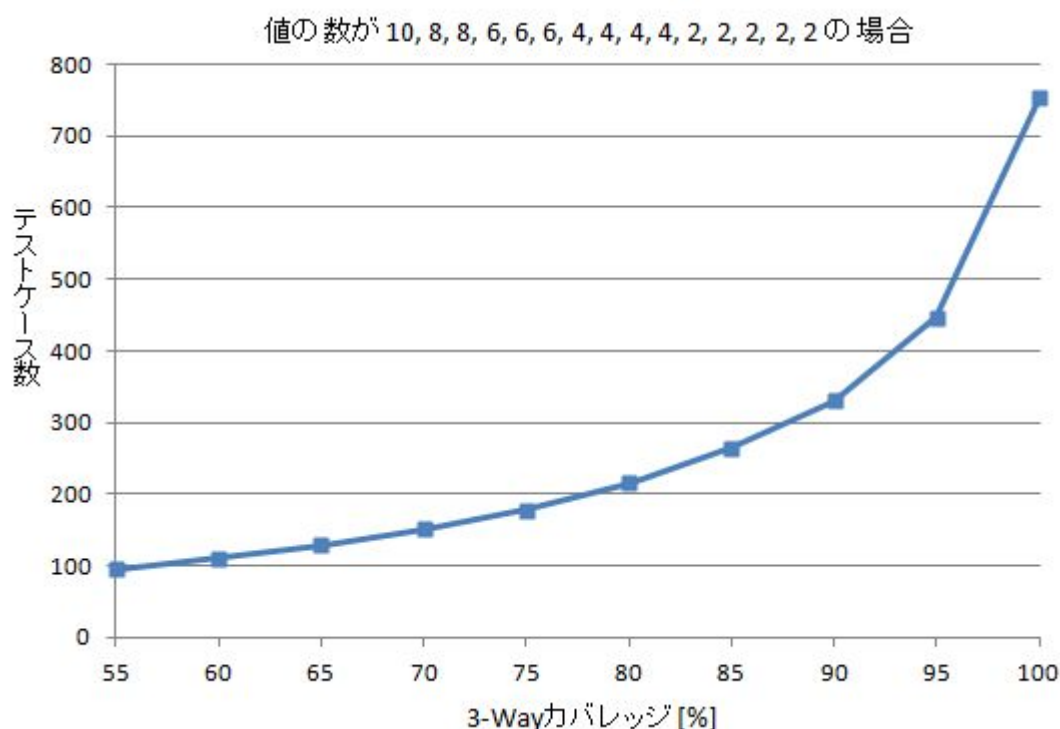


図3. 27 3-way カバレッジを変化させた場合のテストケース数

3-way カバレッジを80%とした場合のテストケース数は216件となりました。これは2パラメータ間の組み合わせを網羅したテストケース数の2.4倍であり、3パラメータ間の組み合わせを網羅したテストケース数の28.6%にあたります。この程度の増加で80%という高い3-way カバレッジを網羅することができるのであれば、特に重要と考えられるテスト対象についてはテストを実施するだけの価値があるといえるでしょう。

希望するカバレッジを確保したテストケースを生成する機能は、2-way から6-way までのカバレッジを指定することができます。設定フォームの「組み合わせるパラメータ数」で指定された値nに+1したt-wayのカバレッジが確保されます。例えば「組み合わせるパラメータ数」に5を指定した場合は、5-way カバレッジが100%確保され、6-way カバレッジが「希望するカバレッジ」で指定された値で確保されます。

希望するt-wayカバレッジを確保したテストケースを生成するアルゴリズムを[付録D](#)で詳しく説明しています。

4. 制約表への記入のしかた

4. 1 制約に関する用語の定義

制約表の説明をする前に制約に関する用語の定義を明確にしておきます。

制約とは、組み合わせることのできないパラメータと値の組み合わせのことです。この制約を if 関係式 then 関係式 の形式で記述した式を**制約式**といいます。制約式によって、組み合わせできない組み合わせを除外し、組み合わせできる組み合わせだけを残すことができます

関係式は、パラメータと値、またはパラメータとパラメータを比較するために = 、< など**演算子**として用います。PICT はこの制約式を入力として制約に対応した組み合わせを生成します。

if と then との間**の関係式**を**制約条件**といい、then 以降**の関係式**を**制約対象**と言います。関係式の演算子が等号 (=) のとき**順制約**といい、関係式の演算子が不等号 (<) のとき**逆制約**といいます。制約条件が成立するとき、制約対象で指定された組み合わせとなります。

以上の用語を使って制約式を記述すると以下のとおりとなります。

if 制約条件 then 制約対象 … 制約条件が真のとき、制約対象の組み合わせとなる。

以上の制約式を**条件付き制約式**といいます。制約条件のある制約式はすべて条件付き制約式です。これに対して、制約条件がなく、制約対象のみからなる制約式を**無条件制約式**といいます。無条件制約式ではパラメータのみが対象となります。基本的な無条件制約式の記述を以下に示します。

パラメータ 演算子 パラメータ

無条件制約はパラメータの値の如何にかかわらず、**常に成立する制約**です。

4. 2 制約表の構成

未記入の制約表を図 4-1 に示します。

制約表			
パラメータ	制約1	制約2	制約3

図 4-1 未記入の制約表

図 4-1 でパラメータの列には 9 行目からのパラメータ欄の内容をコピーして貼り付けます。設定フォームを開いて OK ボタンをクリックすることで自動的に張り付けを行なうこともできます。ただし**制約がない場合はパラメータ欄のコピーは不要です**。制約 1、2、3、～ は、基本的には 1 つの制約式が 1 つの制約に対応します。パラメータ欄で指定されたパラメータの値のうち、任意の値を制約欄に記入します。また別のパラメータそのものを記入することもできます。

パラメータは 50 個まで、制約は 50 個まで記入できます。パラメータ欄は間に空白行を置かずに詰めて記入してください。PictMaster はパラメータ欄、値の並び欄および制約表欄の記述内容を、a.txt というモデルファイルに出力し、PICT に入力データとして渡します。この際、PictMaster は制約表の記入内容を PICT が理解できる制約式に変換します。

4. 3 制約条件と制約対象の指定方法

制約条件と制約対象で、記述できる形式に差はありません。以降の説明で制約条件と制約対象の例として挙げられている記述は、制約条件と制約対象のどちらでも記述可能です。

4. 3. 1 条件付き制約

制約条件とする制約欄は白色以外の任意の色で塗りつぶしてください。塗りつぶされた制約欄に記入された値またはパラメータが制約条件となります。

制約対象とする制約欄は塗りつぶさないでください。白色で塗りつぶしても塗りつぶしなしとして扱われます。制約欄に記入された値またはパラメータが制約対象となります。

制約欄に複数の値を記入する場合はそれぞれの値をカンマ(,)で区切ります。

先頭にシャープ(#)をつけると逆制約となり、記入した値以外の値を意味します。この場合もカンマで区切って複数の値を記入することができます。

先頭にグレートザン(>)、レスザン(<)をつけることで値の大小比較ができます。あるパラメータの1つの値に“>”と“<”をつけることで任意の範囲の値を指定することができます。この場合はカンマ(,)で区切られた二つの値のAND条件となります。値が数字だけの場合は問題ありませんが、数字と文字が混在する場合は全体が文字と見なされ、文字コードでの大小比較になります。

エイリアスの値を指定する場合は、先頭の値の名称を使用します。

パラメータそのものを記入する場合は、順制約の場合は先頭にイコール(=)をつけます。逆制約の場合はエクスクラメーション(!)を付けます。複数のパラメータを指定する場合はそれぞれのパラメータをカンマ(,)で区切り、それぞれのパラメータにイコール(=)またはエクスクラメーション(!)を付けます。値を記入する場合と異なりますので注意してください。パラメータそのものを記入する場合はパラメータ欄と制約欄のパラメータ双方で少なくとも一部が同じ値を含んでいる必要があります。

制約条件でもなく制約対象でもない場合、制約欄は空白とします。

制約が1つもない場合は制約表のパラメータ欄は空白でもかまいません。

4. 3. 1. 1 パラメータと値との制約

この章では、パラメータの値がある特定の値の場合に発生する制約の指定方法を説明します。モデルが図4-2で、制約表が図4-3の場合、生成されるモデルファイル“a.txt”はリスト4-1となります。モデルファイルは、モデルそのものの部分を省略してあります。

パラメータ	値の並び
A	a1, a2, a3
B	b1, b2, b3
C	c1, c2, c3

図4-2 モデルの例(その1)

制約表		
パラメータ	制約1	制約2
A	a1	#a1
B	b1	#b1
C		

図4-3 制約表の例(その1)

リスト 4－1 制約式の例（その 1）

```
if ([A] = "a1" )
    then ([B] = "b1" ) ;
if ([A] <> "a1" )
    then ([B] <> "b1" ) ;
```

生成結果の例を表 4－1 に示します。

表 4－1 生成結果の例（その 1）

No.	A	B	C
1	a1	b1	c1
2	a1	b1	c2
3	a1	b1	c3
4	a2	b2	c1
5	a2	b2	c3
6	a2	b3	c2
7	a3	b2	c2
8	a3	b3	c1
9	a3	b3	c3

図 4－3 の制約指定の意味は次の通りです。

制約 1：パラメータ A の値が a1 の場合、パラメータ B の値で組み合わせ可能な値は b1 である。

制約 2：パラメータ A の値が a1 以外の場合、パラメータ B の値で組み合わせ可能な値は b1 以外である。

表 4－1 の生成結果を見ると、パラメータ A の値が a1 の場合、パラメータ B の値は b1 のみであり、パラメータ A の値が a1 以外の場合、パラメータ B の値は b1 以外となっています。これは図 4－3 の制約指定の通りです。

図 4－2 のモデルで制約表が図 4－4 の場合、生成されるモデルファイル “a.txt” はリスト 4－2 となります。

制約表		
パラメータ	制約1	制約2
A	a1,a2	a3
B	b1	#b1
C		

図 4－4 制約表の例（その 2）

リスト 4－2 制約式の例（その 2）

```
if ([A] = "a1" or [A] = "a2" )
    then ([B] = "b1" ) ;
if ([A] = "a3" )
    then ([B] <> "b1" ) ;
```

生成結果の例を表 4－2 に示します。

表 4－2 生成結果の例（その 2）

No.	A	B	C
1	a1	b1	c1
2	a1	b1	c2
3	a1	b1	c3
4	a2	b1	c1
5	a2	b1	c2
6	a2	b1	c3
7	a3	b2	c1
8	a3	b2	c2
9	a3	b2	c3
10	a3	b3	c1
11	a3	b3	c2
12	a3	b3	c3

図 4－2 のモデルで制約表が図 4－5 の場合、生成されるモデルファイル “a. txt” はリスト 4－3 となります。

制約表		
パラメータ	制約1	制約2
A	a1, a2	a3
B	b1	#b1
C	#c2, c3	c1

図 4－5 制約表の例（その 3）

リスト 4－3 制約式の例（その 2）

```

if ([A] = "a1" or [A] = "a2" ) and ([B] = "b1" )
    then ([C] <> "c2" and [C] <> "c3" ) ;
if ([A] = "a3" )
    then ([B] <> "b1" ) and ([C] = "c1" ) ;

```

生成結果の例を表 4－3 に示します。

表 4－3 生成結果の例（その 3）

No.	A	B	C
1	a1	b1	c1
2	a1	b2	c3
3	a1	b3	c2
4	a2	b1	c1
5	a2	b2	c2
6	a2	b3	c3
7	a3	b2	c1
8	a3	b3	c1

これまでの例で分かるようにある制約の 1 つの欄に複数の値が記入されている場合は、それぞれの値は基本的には OR 条件になります。これに対してある制約の異なる行に値が記入されている場合は、それぞれの値は AND 条件になります。これはパラメータそのものが記入された場合も同様です。

制約条件として異なるパラメータの値を OR 条件で指定したい場合は、異なる制約に制約条件として異なるパラメータの値を記入し、制約対象は同じにします。

制約対象として異なるパラメータの値を OR 条件で指定したい場合は、すぐ右側の制約欄に制約条件として同じパラメータの値を記入し、制約対象に異なるパラメータの値を記入します。図 4－6 にこの場合の制約表を示します。このとき生成される制約式をリスト 4－4 に、生成結果の例を表 4－4 に示します。複数の制約条件がある場合はすべての制約条件が同一である必要があります。

制約表			
パラメータ	制約1	制約2	制約3
A			a1
B	b1	b3	b3
C	c1	c2	

図 4－6 制約表の例（その 4）

リスト 4－4 制約式の例（その 3）

```

if ([B] = "b1" )
  then ([C] = "c1" ) ;
if ([B] = "b3" )
  then ([C] = "c2" ) or ([A] = "a1" ) ;

```

表 4－4 生成結果の例（その 4）

No.	A	B	C
1	a1	b1	c1
2	a1	b2	c1
3	a1	b2	c2
4	a1	b3	c1
5	a1	b3	c3
6	a2	b1	c1
7	a2	b2	c3
8	a2	b3	c2
9	a3	b1	c1
10	a3	b2	c3
11	a3	b3	c2

この例では制約 2 と制約 3 の制約条件が 1 つの制約式として統合され、制約対象が OR 条件となっています。制約対象がいくつあっても同じ制約では AND 条件となり、異なる制約間では OR 条件となります。ただし隣り合う制約の制約条件の欄を異なる色にすると制約式の統合は行われず、2 つの異なる制約式となります。

4. 3. 1. 2 パラメータとパラメータとの制約

次に制約欄にパラメータを指定する場合を示します。このときのモデルを図 4－7、制約表を図 4－8、生成される制約式をリスト 4－5、生成結果の例を表 4－5 に示します。

パラメータ	値の並び
A	a1, a2, a3
B	1, 2, 3
C	1, 2, 3
D	1, 2, 3

図 4－7 モデルの例（その 2）

制約表		
パラメータ	制約1	制約2
A	a1	a3
B		=C
C	!B	
D		

図 4－8 制約表の例（その 5）

リスト 4－5 制約式の例（その 4）

```
if ([A] = "a1" )
    then ([C] <> [B] ) ;
if ([B] = [C] )
    then ([A] = "a3" ) ;
```

表 4－5 生成結果の例（その 5）

No.	A	B	C	D
1	a1	1	3	3
2	a1	2	1	2
3	a1	3	2	1
4	a2	1	2	2
5	a2	2	3	1
6	a2	3	1	3
7	a3	1	1	1
8	a3	2	2	2
9	a3	2	2	3
10	a3	3	3	2

パラメータを指定する場合は、指定する側と指定される側のパラメータの値に一部でも**同じ値が含まれている必要があります**。また、指定する側と指定される側の値の種類（文字列か数値）が一致しなければなりません。1つの欄に複数のパラメータを記入することもできます。この場合はそれぞれのパラメータの前にイコール (=) またはエクスクラメーション (!) を付加し、カンマ (,) で区切ります。各パラメータはOR条件での指定となります。

1つの欄にAND条件で複数のパラメータを指定する場合は演算子の前に**アンパサンド (&)** を付加します。
 このときのモデルを図 4－7、制約表を図 4－9、生成される制約式をリスト 4－6、生成結果の例を表 4－6 に示します。

制約表		
パラメータ	制約1	制約2
A	a1	#a1
B	=C, &=D	!C, !D
C		
D		

図 4－9 制約表の例（その 6）

リスト 4－6 制約式の例（その 6）

```
if ([B] = [C] and [B] = [D] )
    then ([A] = "a1" ) ;
if ([B] <> [C] or [B] <> [D] )
    then ([A] <> "a1" ) ;
```

表 4－6 生成結果の例（その 6）

No.	A	B	C	D
1	a1	1	1	1
2	a1	2	2	2
3	a1	3	3	3
4	a2	1	2	3
5	a2	2	3	1
6	a2	3	1	2
7	a3	1	3	2
8	a3	2	1	3
9	a3	3	2	1

4. 3. 2 無条件制約

無条件制約には制約条件がありません。そのため、**無条件制約は常に成立する制約です**。制約表に記入できるのはパラメータのみです。制約欄に演算子付きで記入することで、2つのパラメータ間の制約を指定します。

使用できる演算子には、**イコール (=)**、イコールと逆の意味を表す**エクスクラメーション (!)** があります。1つの制約欄に**カンマ (,)** で区切って複数のパラメータを指定することができます。この場合、それぞれの **OR** 条件となりますが、2つめ以降のパラメータの先頭に**アンバサンド (&)** を置くことで **AND** 条件とすることができます。

モデルを図 4－1 0、AND条件で逆制約の制約表を図 4－1 1、生成される制約式をリスト 4－7、生成結果の例を表 4－7 に示します。

パラメータ	値の並び
A	a1, a2, a3
B	1, 2, 3
C	1, 2, 3
D	1, 2, 3

図 4－1 0 モデルの例（その 3）

制約表	
パラメータ	制約1
A	
B	!C
C	!D
D	!B

図 4－1 1 制約表の例（その 7）

リスト 4－7 制約式の例（その 7）

([B] <> [C]) and ([C] <> [D]) and ([D] <> [B]) ;

表 4－7 生成結果の例（その 7）

No.	A	B	C	D
1	a1	1	3	2
2	a1	2	1	3
3	a1	3	2	1
4	a2	1	2	3
5	a2	2	3	1
6	a2	3	1	2
7	a3	1	3	2
8	a3	2	1	3
9	a3	3	2	1

この例では 1 つの式になっていますが、記入する制約を別にする、異なる独立した式になります。その場合でも意味的には同一の制約です。

OR 条件で順制約の制約表を図 4－1 2、生成される制約式をリスト 4－8、生成結果の例を表 4－8 に示します。OR 条件を指定するには無条件制約の右側の制約で、先頭にプラス（+）を置きます。

制約表			
パラメータ	制約1	制約2	制約3
A			
B	=C		
C		+D	
D			+B

図 4－1 2 制約表の例（その 8）

リスト 4－8 制約式の例（その 8）

([B] = [C]) or ([C] = [D]) or ([D] = [B]) ；

表 4－8 生成結果の例（その 8）

No.	A	B	C	D
1	a1	1	1	2
2	a1	2	2	3
3	a1	3	3	1
4	a2	1	2	1
5	a2	2	3	2
6	a2	3	1	3
7	a3	1	3	3
8	a3	2	1	1
9	a3	3	2	2

1 つの制約欄に複数のパラメータを記入した例として、モデルを図 4－1 2、制約表を図 4－1 3、生成される制約式をリスト 4－9、生成結果の例を表 4－9 に示します。

パラメータ	値の並び
A	a1, a2, a3
B	1, 2, 3
C	1, 2, 3
D	1, 2, 3
E	1, 2, 3
F	1, 2, 3

図 4-12 モデルの例 (その 4)

制約表		
パラメータ	制約1	
A		
B	=C, !D	
C		
D	!E, &=F	
E		
F		

図 4-13 制約表の例 (その 8)

リスト 4-9 制約式の例 (その 9)

(([B] = [C] or [B] <> [D]) and ([D] <> [E] and [D] = [F])) ;

表 4-9 生成結果の例 (その 9)

No.	A	B	C	D	E	F
1	a1	1	1	3	1	3
2	a1	1	3	2	1	2
3	a1	2	2	2	3	2
4	a1	3	2	1	2	1
5	a2	1	3	3	2	3
6	a2	2	2	3	1	3
7	a2	2	3	1	3	1
8	a2	3	1	2	3	2
9	a3	1	1	1	3	1
10	a3	1	2	2	3	2
11	a3	2	1	1	2	1
12	a3	3	3	3	1	3

4. 4 使用できる演算子の一覧

関係式で使用できる演算子はパラメータと値、パラメータとパラメータで異なります。**表 4－10**に使用できる演算子を示します。＃を除いていずれの演算子もカンマ（,）で区切って複数回記述することができます。条件の欄は1つの制約欄に値またはパラメータを複数記述した場合にOR条件となるのかAND条件となるのかを表します。

表 4－10 使用できる演算子

関係式の対象	演算子	条件	説明
パラメータと値	(指定しない)	OR	パラメータに属する値を表します。＝と同じ意味です。
	#	AND	記述した値を除いた残りの値を表します。任意の1つの値について先頭に記述しますが値は複数記述することができます。
	>, <	AND	値の大小関係を表します。
パラメータとパラメータ	=	OR	パラメータ間の値が等しいことを表します。
	!	OR	パラメータ間の値が異なることを表します。
	&=	AND	パラメータ間の値が等しいことをAND条件で表します。パラメータを複数記述した場合に、2つめ以降のパラメータの前に記述します。
	&!	AND	パラメータ間の値が異なることをAND条件で表します。パラメータを複数記述した場合に、2つめ以降のパラメータの前に記述します。
	+	(OR)	無条件制約で異なる制約で OR 条件となることを表します。無条件制約の右側の制約で無条件制約の最初のパラメータの前に記述します。

表中の演算子（+）の条件欄が(OR)となっているのは、異なる制約間の条件を表しているためです。

これらの演算子と同じ記号をパラメータおよび値の名称の先頭に使用することはできません。

4. 5 制約表の編集方法

制約表の編集方法について説明します。

Excel のメニューからの**制約表の行の削除や挿入は行なわないでください**。制約表の行数が変化すると次に続く結果表欄の行位置がずれてしまいます。

行の削除や挿入を行ないたい場合はその1つの行の**1列目を右クリック**してください。追加、削除、元へ戻すなどの**編集専用のショートカットメニュー**が表示され、メニューを選択することで行の削除や挿入を行なうことができます。

制約の削除や挿入を行ないたい場合は**制約のタイトル欄を右クリック**してください。追加、削除、元へ戻すなどの**編集専用のショートカットメニュー**が表示され、メニューを選択することで制約の削除や挿入を行なうことができます。

詳細は[6. 4章](#)を参照してください。

4. 6 ワイルドカードの使用

制約表に記入する値には**ワイルドカード**を使用することができます。ワイルドカードとは、「任意の文字」を意味する特殊な文字です。「*」は0個以上の任意の文字を、「?」は1個の任意の半角文字を意味します。

例えば「A*」は名称が「A」で始まるすべての値を意味します。「A」だけでも含まれます。「???A」は半角4文字で最後が「A」で終わるすべての値を意味します。全角1文字は「??」で指定します。

ワイルドカードは、制約表では条件付制約の値の名称のみに使用することができます。値のタイプが数値の場合はワイルドカードを使用することはできません。あるパラメータの値が数値の値と文字の値が混在している場合、値のタイプは文字となります。

ワイルドカードの使用例と PictMaster が生成する制約式を以下に示します。

制約表	
パラメータ	制約1
A	
B	*B*
C	#C??

図 4-14 ワイルドカードの使用例

リスト 4-10 ワイルドカードを含む制約式

```
if ([B] LIKE "*B*")  
    then ([C] NOT LIKE "C??" ) ;
```

値の名称に適切な文字列を付与することで、ワイルドカードを使用して制約指定を簡潔に記述することができますようになります。

5. 結果表への記入のしかた

5. 1 結果表の構成

テストケースの組み合わせによってテスト結果が異なる場合があります。テストケースの数が多い場合は、期待する結果（結果内容）を記入するのに手間がかかりますが、結果表を使用することでこの手間を省くことができます。テストケースの生成を繰り返す場合は大幅な省力化になります。

未記入の結果表を図5-1に示します。

結果表		
結果内容	パラメータ1	パラメータ2

図5-1 未記入の結果表

結果表の**結果内容欄**には、右側の各パラメータの、値の組み合わせの場合にどのような結果となるべきかを記入します。記入内容が長くなる場合は、結果内容欄に（*1）（*2）…などの番号を記入し、生成されたテストケースが書かれたワークシートの欄外で番号ごとに具体的な結果内容を記述すればよいでしょう。結果内容欄は50行設けられており、デフォルトでは15行分表示されています。不足する場合は残りの行を再表示してください。設定フォームを表示させてOKボタンをクリックすると、結果表のパラメータ欄に実際のパラメータ名が設定されます。

結果内容欄は1行目から間を空けずに詰めて記入してください。

結果表の**パラメータ欄**の列には、左側の結果内容欄の結果となる値の組み合わせ（一致条件）を制約表の記述と同じ方法で記入します。ただしパラメータそのものを記入することはできません。

パラメータ欄の列は50列設けられています。

5. 2 一致条件の指定方法

一致条件は制約表で値を指定する場合と同じ方法で指定します。左側の結果内容欄に書かれている結果となる値の組み合わせを必要なパラメータごとに記入します。1つの欄には値をカンマ（,）で区切って複数記入することができます。先頭にシャープ（#）をつけると逆条件となり、指定した値以外の値を意味します。色の塗りつぶしは不要です。

設定フォームで「結果表を使用」を指定してOKをクリックすると、モデルのパラメータ欄に記述されているパラメータ名が結果表のパラメータ欄に自動的に記入されます。

一致条件欄の記入は制約表の記述に違反しないようにします。結果内容欄に記入があり、すべてのパラメータの一致条件欄になにも記入がない場合は、他の結果内容欄の一致条件にいずれにも一致しなかったテストケースの結果内容欄にその記述内容が記入されます。

図5-2にモデルの例、および図5-3に結果表の例を示します。

パラメータ	値の並び
A	a1, a2, a3, a4
B	b1, b2, b3, b4
C	c1, c2, c3

表5-2 モデルの例

結果表			
結果内容	A	B	C
1111となる	a1, a2	b1, b2	
1111となる		b3	c3
2222となる	#a1, a2		c2
3333となる			

図 5－3 結果表の例

結果表の記入を行なう際は、CTL-e（デフォルト）を押してウインドウの分割を行ない、モデルと結果表がともに見えるようにすると記入しやすくなります。

図 5－3 では結果内容欄には 4 つの確認内容が記入されており、最後の確認内容には一致条件が何も記入されていません。それまでの 3 つの条件に一致しなかったテストケースに最後の結果内容が記入されます。最初の 2 つの結果内容欄は同じ内容です。このような指定も可能です。

一致条件はパラメータ間の AND 条件となります。記入されたすべての条件が一致するテストケースのみに左側の結果内容が記入されます。記入された値がエイリアスの場合はそのすべての値を意味します。

図 5－2 から図 5－3 の条件で生成されたテストケースの例を表 5－1 に示します。

表 5－1 生成されたテストケース

No.	A	B	C	結果内容
1	a1	b1	c3	1111 となる
2	a1	b2	c1	1111 となる
3	a1	b3	c1	3333 となる
4	a1	b4	c2	3333 となる
5	a2	b1	c1	1111 となる
6	a2	b2	c3	1111 となる
7	a2	b3	c2	3333 となる
8	a2	b4	c3	3333 となる
9	a3	b1	c3	3333 となる
10	a3	b2	c3	3333 となる
11	a3	b3	c2	2222 となる
12	a3	b4	c1	3333 となる
13	a4	b1	c2	2222 となる
14	a4	b2	c2	2222 となる
15	a4	b3	c3	1111 となる
16	a4	b4	c1	3333 となる

生成されたテストケースには右端に結果内容の欄が追加され、一致条件に一致したテストケースについて結果表の結果内容欄の記述が記入されています。テストケース数が数十個以上と多い場合は結果表機能があると時間の節約になります。生成を繰り返した場合は時間短縮効果が大変大きくなります。

エイリアスの値を指定する場合は、先頭の値の名称を使用します。

5. 3 使用できる演算子の一覧

一致条件で使用できる演算子を表5-2に示します。値はカンマ(,)で区切って複数記述することができます。条件の欄は1つの一致条件欄に複数の値を記述した場合にOR条件となるのかAND条件となるのかを表します。

表5-2 使用できる演算子

関係式の対象	演算子	条件	説明
パラメータと値	(指定しない)	OR	パラメータに属する値を表します。=と同じ意味です。カンマ(,)で区切って複数記述することができます。
	#	AND	記述した値を除いた残りの値を表します。値の先頭に1つだけ記述しますが値は複数記述することができます。

5. 4 記入上の注意事項

結果表の記入に関する注意事項を説明します。

(1) 一致条件の重複

複数の結果内容を定義した場合、同じ組み合わせに2つの異なる結果内容が一致することがあります。これは一致条件が重複する条件を含んでいるためです。この状態となった場合、PictMasterは図5-4の例のようなエラーメッセージを表示し、そこで処理を中止します。このエラーとなった場合は、条件が重複しないように「#」を使った逆条件を追加するとうまいきます。

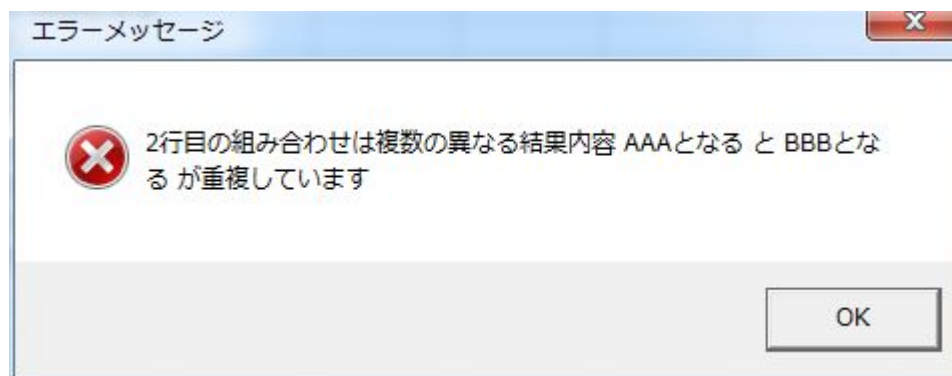


図5-4 一致条件重複のエラーメッセージの例

(2) 一致条件の不一致

一致条件に一致する組み合わせが1つもない場合があります。たとえば組み合わせるパラメータ数を2としている場合に一致条件として3つ以上のパラメータの値について指定した場合、起きる可能性が高くなります。また制約表の記述に違反した組み合わせを指定する一致条件の場合もこのエラーとなります。この状態となった場合、PictMasterは図5-5の例のようなエラーメッセージを表示し、そこで処理を中止します。

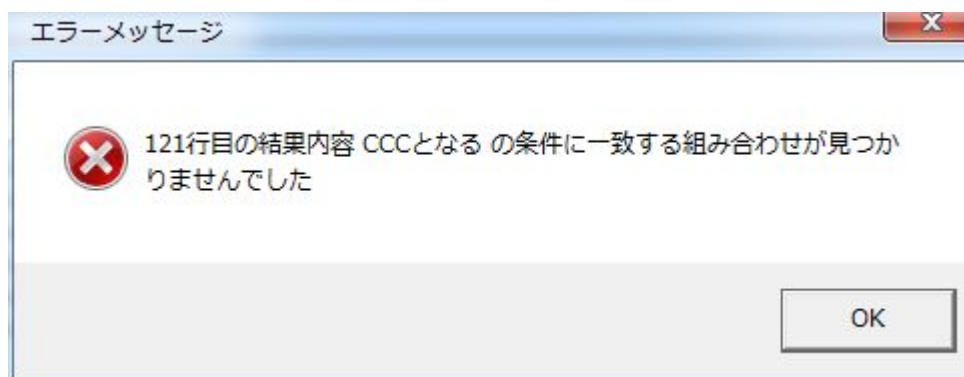


図 5－5 一致条件不一致のエラーメッセージの例

5. 5 結果内容の連結

これまで説明した結果表の使い方は、1つのテストケースは1つの結果内容にのみ一致することを条件としていました。しかし、テスト対象によっては、この仕様では結果表への記入が煩雑になることがあります。それは、1つのテストケースを構成する多数のパラメータの値によって結果内容が様々に変化する場合があります。

例えば図 5－6 に示すモデルで、結果内容がパラメータ A の値と B の値によって変化する場合、これまでの方法では図 5－6 の結果表のように $3 \times 3 = 9$ 個の結果内容を記入しなければなりません。生成された結果は、表 5－3 のようになります。

パラメータ	値の並び
A	a1, a2, a3
B	b1, b2, b3
C	c1, c2, c3
D	d1, d2, d3

結果表		
結果内容	A	B
A1B1	a1	b1
A1B2	a1	b2
A1B3	a1	b3
A2B1	a2	b1
A2B2	a2	b2
A2B3	a2	b3
A3B1	a3	b1
A3B2	a3	b2
A3B3	a3	b3

図 5－6 モデルと結果表の例

表 5－3 生成結果の例

No.	A	B	C	D	結果内容
1	a1	b1	c3	d3	A1 B1
2	a1	b2	c1	d2	A1 B2
3	a1	b2	c2	d2	A1 B2
4	a1	b3	c2	d1	A1 B3
5	a2	b1	c2	d2	A2 B1
6	a2	b2	c3	d1	A2 B2
7	a2	b3	c1	d3	A2 B3
8	a3	b1	c1	d1	A3 B1
9	a3	b2	c2	d3	A3 B2
10	a3	b3	c3	d2	A3 B3

これまで説明した方法では、この例のようにすべての組み合わせ結果ごとに結果表の結果内容を記述しなければなりません。まだ生成結果に影響を及ぼす値の数が少ないからいいのですが、増えてくると必要となる結果内容の欄が急激に増加してしまいます。

この例のように1つのテストケースを構成する多数のパラメータの値によって結果内容が様々に変化する場合、パラメータの値の組み合わせに対して結果内容を記入するのではなく、個々のパラメータの値ごとに独立して結果内容を記述することができれば、記入しなければならない結果内容欄の数を少なくすることができます。生成されたテストケースの結果内容欄には、一致した各内容欄の記入内容が「連結」されて設定されることになります。

図 5－7 にそうした結果表の例を示します。

結果表		
結果内容	A	B
A1	a1	
A2	a2	
A3	a3	
&B1		b1
&B2		b2
&B3		b3

図 5－7 結果内容を連結する結果表の例

この結果表による生成結果の結果内容欄は、表 5－3 とまったく同一となります。結果内容欄の先頭の文字がアンパサンド (&) で始まっている場合、テストケースの値が結果表の一致条件に一致したときの結果内容が異なると、それぞれの異なる結果内容の文字列が「連結」され、新しい結果内容となります。言い換えると、生成されたテストケースの「結果内容」欄にすでに記入されている内容と、今現在一致条件に一致したときの「結果内容」が異なる場合、それぞれの異なる結果内容の文字列が「連結」され、新しい結果内容となります。

この例では結果内容欄は、これまでの方法の 9 個に対して $3 + 3 = 6$ 個で済んでいます。結果内容に影響を与える値が増えるほど、この差は大きなものとなります。

結果表の一致条件に一致したとき、現在一致した結果内容とすでにテストケースの結果内容欄に記入されている内容が異なる場合、順番が後の結果内容欄の先頭に & がないときは、これまでどおり「一致条件の重複」のエラーメッセージが表示されます。

6. より有効な使い方

6. 1 PictMasterのカスタマイズ

PictMaster は、Excel の Book であることから使いやすいようにカスタマイズすることが可能です。1 ～ 7 行目は自由にレイアウトしてかまいません。PictMaster のファイル名、シート名は任意の名前に変更してかまいません。

PictMaster で編集メニューから「シートの移動またはコピー」を選択し、表示されたフォームの「コピーを作成する」を指定して「OK」ボタンをクリックすることで異なるテストケースを生成するシートを任意の枚数設けることができます。これに対して、挿入メニューからワークシートを選択して新しいシートを作成し、PictMaster のシートをコピーして貼り付けてもそのシートでは正常に動作しませんので注意してください。

テスト対象の大きな機能ごとに PictMaster の Book を設け、そのいくつかの組み合わせテストケースのモデルを複数のシートに分けて管理するという方法がよいかもしれません。またテスト仕様書を Excel で作成している場合は、PictMaster を使用してテストケースを作成したテスト仕様書を PictMaster の別シート上に記述し、**テスト仕様書と PictMaster を 1 つの Book に統合することも可能です**。その場合、「PictMaster」という Book 名はテスト対象を表す機能名などの名称に変更することになるでしょう。このような例でのシート名の並びを図 6-1 に示します。

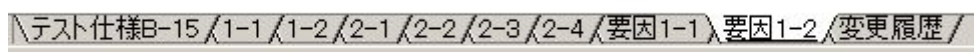


図 6-1 シート名の並びの例

この例ではシート名「テスト仕様 B-15」がテストの記号名であり Book 名でもあります。このシートは 1-1～2-4 のシートに記入されているテストケースについてのテスト方法、確認内容、データ設定内容などを記述した**テスト設計仕様書(*1)**のシートです。1-1～2-4 のシートは個々の確認内容に応じた**テストケース仕様書(*1)**です。これらのテストケースのうち、「要因」がシート名についているシートが PictMaster を使用して組み合わせテストケースの作成に使用した PictMaster のシートです。

カスタマイズする際、パラメータ、値の並び、サブモデル、制約表および結果表の文字が記入されたセルの行番号と列番号は変えないで下さい。VBA がモデルなどの位置を認識できず実行できなくなります。

*1: IEEE 829 標準規格に準拠したドキュメント。テスト手順書に該当する内容は、テスト設計仕様書またはテストケース仕様書で包含しているので設けていない。

6. 2 エラー／警告メッセージが表示された場合

PictMaster では制約表から制約式に変換する過程で多くのチェックを行っており、PICT 自体からエラー/警告メッセージが表示されることはまれだと思います。

エラー/警告メッセージが表示されている間はそのメッセージ内容が記述されているファイル “e.txt” が存在するので、メモ帳などで e.txt のファイルを開くことができます。ファイルを開いた後で、エラー（警告）メッセージの OK ボタンをクリックすれば、メモ帳などでエラー/警告メッセージを見ながら PictMaster のパラメータ定義や制約表の間違いを調べることができます。また警告メッセージの場合は、警告メッセージの OK ボタンをクリックしても、テストケースは生成されているので “a.xls” のファイルを開いて生成結果を確認することができます。

6. 2. 1 矛盾した制約をすばやく見つけるには

PICT から表示されるメッセージで多いものとして図 6－2 に示すようなメッセージがあります。



図 6－2 PICT が表示するメッセージの例

この例はパラメータ“A”の値“a1”が組み合わせに1つも含まれていないことを警告するメッセージです。この例では1つだけですが場合によっては5～6個の指摘がなされることもあります。

こうしたメッセージが出る原因は制約の指定に誤って相互に矛盾する複数の制約を指定したためです。間違った制約を突き止めるには指摘されたパラメータの値が組み合わせに表れないような矛盾した制約の指定を行っていないか制約表で各制約の関係を見直すことです。いくつも指摘された場合はどれか1つに的を絞って調べます。

このような警告が現れる最も単純な制約指定を以下に示します。

制約表		
パラメータ	制約1	制約2
A	a1	a2
B	b1	b1

図 6－3 矛盾した制約指定の例（その1）

この制約指定は制約条件の値とそれに対応する制約対象の値が不一致であるため値 a1 が組み合わせに現れません。この制約指定の誤りは一目見れば分かりますが、実際には多くの制約が関係した結果として、こうした制約条件と制約対象との矛盾が起こります。

基本として矛盾した制約かどうかは、同じ行に位置する2つのセルの値が異なる場合、値が同じでなくとも矛盾しない関係にあるかどうかを調べることにあります。

6. 3 画面を分割し制約表を記入しやすくする

制約の数が多くなると右に横スクロールしなければならないため、各パラメータの値の名称が見えなくなります。そのため左に横スクロールして名称を確認しなければなりません。また結果表の記入を行なう際もパラメータの値が見えず面倒です。これを頻繁に行なうことは煩わしいので簡単に記入できる方法を紹介します。

環境設定ボタンを押すと表示される「ウインドウ分割ショートカットキー」に任意の1文字（デフォルトは“e”）を入力しておく、コントロールキーを押しながらショートカットキーを押すことで PictMaster のウインドウが2つ開かれ、上下に整列され、下側のウインドウはパラメータ欄と制約欄との間で分割されます。PictMaster が複数のワークシートで構成されている場合は、各ワークシートの設定フォームで指

PictMaster v4.3 以降の新しいバージョンと v4.22 以前の古いバージョンを同時に開いている場合は、古いバージョンでのウインドウ分割ショートカットキーは無効となります。古いバージョンでウインドウ分割ショートカットキーを使用したい場合は、いったん Excel そのものを終了する必要があります。

The screenshot displays the Microsoft Excel application window. The title bar reads "Microsoft Excel". The menu bar includes "ホーム", "挿入", "ページレイアウト", "数式", "データ", "校閲", "表示", "開発", and "Acrobat". The ribbon shows various tabs like "MSゴシック", "折り返して全体を表示する", "文字列", "条件付き書式", "テーブルとして書式設定", "セルのスタイル", "挿入", "削除", "書式", "オートSUM", "フィル", "クリア", and "編集".

The main worksheet, "PictMaster.xls:2 [互換モード]", contains a table with the following structure:

大項目No.	大項目名	作成日
小項目No.	小項目名	作成者
パラメータ		
値の並び		
A	a1, a2, a3	
B	b1, b2, b3	
C	c1, c2, c3	

Below the table, the text "© IWATSU System & Software Co. Ltd. Licensed under the Open Software License version 2.0" is visible. To the right of the table, there are three buttons: "実行", "整形", and "環境設定".

The bottom worksheet, "PictMaster.xls:1 [互換モード]", contains a table with the following structure:

パラメータ	制約1	制約2	制約3	制約4	制約5	制約6	制約7	制約8
A	a1	a2						
B	b1	b1						
C								

この状態の画面では制約表を横スクロールしてもパラメータと値が常に見えているので多くの制約を必要とする場合に制約表への記入がしやすくなります。

なお他のシートや Book に一旦切り替えた場合、元の画面に戻るとウインドウ分割の状態が変化しています。ここで再度ウインドウ分割のショートカットキーを2～3回押すことで正しい分割画面とすることができます。他のシートを表示したい場合は画面の下のウインドウからシートを選択することで、選択したシートの本来のズーム（倍率）で表示させることができます。画面の上のウインドウから他のシートを選択すると常に 100%のズームで表示されます。

6. 4 ショートカットメニューを使って編集する

パラメータ欄と値の並び欄、制約表および結果表は専用のショートカットメニューを使って編集することができます。

第1列目を右クリックすると図6-6に示す編集専用のショートカットメニューが表示されます。ショートカットメニューで上に移動、下に移動、挿入、削除を行なうことができます。

	パラメータ	値の並び
8		
9	A	a1, a2, a3
10	B	b1, b2, b3, b4
11	C	c1, c2, c3
12		d1, d2, d3
13		e1, e2, e3
14		
15		
16		
17		

行を上へ移動
 行を下へ移動
 行を挿入
 行を削除

図6-6 行編集用のショートカットメニュー

制約表の制約タイトル欄を右クリックすると図6-7に示す編集専用のショートカットメニューが表示されます。ショートカットメニューで左に移動、右に移動、挿入、削除を行なうことができます。

制約表	パラメータ	制約1	制約2	制約3
A				
B		b1, b2		
C		c1	c2	
D			d1, d2	

列を左に移動
 列を右に移動
 列を挿入
 列を削除

図6-7 列編集用のショートカットメニュー

削除を行なった場合は次のショートカットメニューで「元に戻す」が表示され、削除前の状態に戻すことができます。

一度に編集できる行または列は1つです。挿入と削除は最後の行や列では無効です。

付録A 仕様

No.	項 目	値
1	パラメータの最大個数	50
2	パラメータあたり値の最大個数	50
3	制約表の最大制約数	50
4	結果表の最大条件数	50
5	結果表の1つの行に記入可能な値展開後の値の最大個数 (*1)	500
6	結果表で処理可能な生成結果の最大行数	65535
7	組み合わせるパラメータ数の範囲	1～50
8	最小テストケース生成回数の範囲	2～999
9	最小テストケース生成シードの範囲	0～65535
10	整形可能な最大行数	65535
11	原型シートの最大行数	65535
12	指定可能なサブモデルの最大数	PICT に依存
13	指定可能な拡張サブモデルの最大数	1
14	拡張サブモデルで指定可能な組み合わせるパラメータ数の範囲	3～拡張サブモデルで指定されたパラメータの個数
15	値の重み付け指定の範囲	2 倍～10 倍
16	重複した組み合わせを削除可能な最大行数	65535
17	カバレッジを指定可能な組み合わせ数の範囲	2～6
18	指定可能な t-way カバレッジの範囲	30～95 [%]
19	指定カバレッジ生成の繰り返し回数の範囲	3～10

*1: 1 つの行のすべてのパラメータの列に記入された値の個数の合計。値がエイリアスを含む場合は、エイリアスで指定した値の数を加算してカウントする。

付録B 制限事項

【重要な注意点】

多くのパラメータ、値、制約または組み合わせ数を指定した場合など、PICT の処理能力の限界により、テストケースを生成するまできわめて長時間かかる場合があります。こうした場合に処理を途中で止めた場合は、タスクマネージャを起動し、プロセスから pict.exe を選択し、プロセスの終了を行なってください。

付録C 拡張サブモデル（パラメータの重み付け）のアルゴリズム

任意の複数のパラメータのみに異なる t パラメータ間の組み合わせを指定できる拡張サブモデルのアルゴリズムを説明します。ここで t は2から拡張サブモデルで指定されたパラメータの個数までの範囲の値です。

徹底した組み合わせテストが必要な場合、組み合わせるパラメータ数に3を指定すると、生成されるテストケース数が膨大となり、テストを実施することが困難となる場合があります。

このような場合、すべてのパラメータではなく、特に重要と考えられる特定のパラメータについてのみ、3パラメータの組み合わせとしたテストケースを生成することができれば、テストケース数が大幅に増加してしまうことを回避することができます。

PICT には、指定した特定のパラメータについて、他のパラメータとは異なる組み合わせ数を指定する**サブモデル**という機能があります。しかし、このサブモデルという機能は実際には使いにくい仕様となっています。

例えば5つの値を持つパラメータが7つ（A, B, C, D, E, F, G）あるモデルの場合、このうちの3つのパラメータ（A, B, C）を PictMaster のサブモデル欄で組み合わせ数に3を指定して生成すると、テストケース数は625件となります。サブモデルを使用せずに、設定フォームで組み合わせるパラメータ数に3を指定して、生成した場合のテストケース数が238件ですから、それよりも3倍近いテストケース数となってしまいます。

どうしてこういう結果になるかというと、サブモデルで組み合わせ数に3を指定したパラメータ同士は、3パラメータ間の組み合わせとなりますが、それらのパラメータのすべてが、サブモデルで指定されなかった残りのパラメータと2パラメータ間の組み合わせとなります。その結果としてサブモデルで指定されたパラメータは4パラメータの組み合わせを網羅したものとなるからです。

行ないたいのは、サブモデルで指定されたパラメータ同士は3パラメータの組み合わせですが、サブモデルで指定されなかった残りのパラメータとは、個々のパラメータが独立して2パラメータの組み合わせとなることです。これが PICT の仕様では、サブモデルで指定された3つ以上のパラメータからなる1つ1つの組み合わせが、サブモデルで指定されなかった残りのパラメータと2パラメータの組み合わせとなるものですから、生成されたテストケース数は膨大な件数となってしまいます。

PICT のサブモデルのこうした問題を回避して、任意の複数のパラメータからなる t パラメータの組み合わせを生成するアルゴリズムは次の通りです。

1. t パラメータの組み合わせとしたい複数のパラメータについてサブモデルで t パラメータの組み合わせを指定します。同時に設定フォームの組み合わせるパラメータ数に1を指定します。
2. 以上の条件でテストケースを生成します。このときのテストケース数を記憶します。
3. 生成されたテストケースを原型シートのワークシートに貼り付けます。
4. 設定フォームの組み合わせるパラメータ数を最初にユーザが指定した値 n にします。この値は t よりも小さい値である必要があります。そして原型シートを使用する設定とします。同時にサブモデルを使用しない設定とします。
5. 以上の条件でテストケースを生成します。このときのテストケース数が2項でのテストケース数より多いことを確認します。
6. 前項2でのテストケース数を下回っている場合は、最も値の数が少ないパラメータの任意の値と同じ値を1つだけモデルに追加して、再度テストケースを生成します。

5 項で生成されたテストケース数が、2 項でのテストケース数以上であれば完了です。2 項でのテストケース数を下回っている場合は、t パラメータの組み合わせの一部が欠落していることになります。この現象は、原型シートに貼り付けた t パラメータの組み合わせすべてを取り込まなくても、n パラメータ間のすべての組み合わせが網羅される場合に発生します。

こうなったときは、最も値の数が少ないパラメータの任意の値と同じ値を 1 つだけモデルに追加して、再度組み合わせを生成すると、原型シートに貼り付けた t パラメータの組み合わせが、すべて取り込まれてテストケースが生成されます。値を追加するパラメータとして最も値の数が少ないパラメータを選択するのは、テストケース数の増加を抑えるためです。この場合のテストケース数は、原型シートのテストケース数に最も値の数が多いパラメータの値の数を加えた件数となります。

1 項から 6 項のアルゴリズムによるサブモデルの使い方を「**拡張サブモデル**」と呼ぶことにします。

原型シートに貼り付けるための組み合わせを生成した時のモデルと、原型シートを使用して組み合わせを生成した時のモデルに違いがあると、原型シートに貼り付けた組み合わせすべてが取り込まれてテストケースが生成されるようになります。これは PICT の仕様と考えられます。

図 1 に示すモデルとサブモデルを用いて通常の方法で生成したテストケースを図 2 に、拡張サブモデルで生成したテストケースを図 3 に示します。図 2 と図 3 では、Excel のフィルタを使って、サブモデルで指定したパラメータのうち、3 つのパラメータの特定の値の組み合わせだけを抽出しています。同時に生成されたテストケース数も示します。

パラメータ	値の並び
A	1,2,3,4,5
B	1,2,3,4,5
C	1,2,3,4,5
D	1,2,3,4,5
E	1,2,3,4,5
F	1,2,3,4,5
G	1,2,3,4,5

サブモデル
A, B, C, D, 3

図 1. モデルとサブモデル

	A	B	C	D	E	F	G
1	A	<input checked="" type="checkbox"/> B	<input checked="" type="checkbox"/> C	<input checked="" type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> E	<input type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> G
162		1	2	3	2	1	5
293		1	2	3	2	2	3
410		1	2	3	2	5	1
525		1	2	3	2	4	2
602		1	2	3	2	3	4

図 2. 通常サブモデルを用いて生成したテストケースのフィルタ適用結果

生成されたテストケース数：7 3 5

	A	B	C	D	E	F	G
1	A						
56	1	2	3	5	4	5	1

図 3．拡張サブモデルを用いて生成したテストケースのフィルタ適用結果

生成されたテストケース数：1 5 2

設定フォームで組み合わせるパラメータ数に 3 を指定して生成したテストケース数は 2 3 9 件でした。

通常のサブモデルでは、サブモデルで指定した 3 つのパラメータの組み合わせが、サブモデルで指定されなかったパラメータのすべての値と組み合わせられています。一方、拡張サブモデルでは、サブモデルで指定した 3 つのパラメータの組み合わせは、サブモデルで指定されなかったパラメータの 1 つの値としか組み合わせられていません。このモデルの場合、通常のサブモデルに対して拡張サブモデルでのテストケース数は約 1 / 5 となっています。

次に、2 つのパラメータ (A, B) のみ 3 パラメータの組み合わせとするには、サブモデルで次のように指定します。

A, B, 2 --- (1)

このときのテストケース数は 1 2 6 件となりました。

拡張サブモデルでは、(1) のサブモデルの記述は次のように直感的に分かりやすく記述することができます。

A, B, 3 --- (1)

付録D 希望するt-wayカバレッジを確保したテストケースを生成するアルゴリズム

希望する t-way カバレッジを確保したテストケースを生成するアルゴリズムは次の通りです。ここで t はユーザが設定フォームの「組み合わせるパラメータ数」で指定したパラメータ数 n に + 1 した値です。

1. t パラメータ間の組み合わせでテストケースを生成する。
2. 生成したテストケースを PictMaster の原型シートに貼り付ける。
3. 組み合わせるパラメータ数にユーザが指定した組み合わせ数 n を指定して、原型シートを使用したテストケースを生成する。
4. 生成したテストケースの t パラメータ間網羅率の値に応じて次の手順を行なう。

(1) 希望する t-way カバレッジよりも高い場合

- 1) 生成されたテストケースの件数を確認し、その件数よりも少ない件数に相当する原型シートの行に空きの行を挿入する。
- 2) 再度、テストケースの生成を行ない、t-way カバレッジを測定する。
- 3) 希望する t-way カバレッジよりも高い場合、原型シートに挿入する空きの行の位置をさらに小さい位置とする。希望する t-way カバレッジよりも低い場合、原型シートに挿入する空きの行の位置をより大きい位置とする。
- 4) 希望する t-way カバレッジに近いテストケースが生成されるまで、前項 2) ～ 3) の手順を繰り返す。

(2) 希望する t-way カバレッジよりも低い場合

- 1) 原型シートのテストケースをすべてコピーし、生成されたテストケース全体に上書きし、生成されたテストケースの件数よりも大きい任意の位置の行に空きの行を挿入する。
- 2) テストケースの t-way カバレッジを測定する。
- 3) 希望する t-way カバレッジよりも高い場合、挿入する空きの行の位置をさらに小さい位置とする。希望する t-way カバレッジよりも低い場合、挿入する空きの行の位置をより大きい位置とする。
- 4) 希望する t-way カバレッジに近い値が得られるまで、前項 2) ～ 3) の手順を繰り返す。
- 5) 希望するテストケースが得られたら、上書きしたテストケースに挿入された空きの行から以降のテストケースをすべて削除する。

1 の(1)の方法は、原型シートに貼り付けられた t-way カバレッジ 100% のテストケースのうち、n-way カバレッジが 100% となる部分までが、生成されるテストケースにそのまま流用されるという PICT の機能を利用しています。原型シートの途中に空きの行があると、それ以降のテストケースは PICT に取り込まれなくなります。

4 の(2)の方法では、テストケースの途中に空きの行があると、それ以降は t-way カバレッジ測定の対象とはならないようにしています。

最終的に得られるテストケースでは、t-way カバレッジに少ない値が指定された場合でも、n-way カバレッジは 100% であることを保証する必要があります。

PictMaster では、30% ～ 95% の範囲内で**任意の t-way カバレッジを指定**することができます。t-way カバレッジ測定で必要となる比較対象データ取得のために 1 回だけ t パラメータ間の組み合わせ生成を行なう必要があるため、大きなモデルでは時間がかかる場合がありますが、それ以降は n パラメータ間の組み合わせ生成の繰り返しであり、それほど時間はかかりません。希望する t-way カバレッジよりも低い場合ならば、n パラメータ間の組み合わせ生成は必要なく t-way カバレッジの測定を繰り返すだけです。

希望する t-way カバレッジに近い値が得られるまでの繰り返し処理には、**2 分探索法を用いて最小の回数で希望する t-way カバレッジに近い値を得ることができる**ようにしています。実測では、多くの場合 5 回の繰り返しで $\pm 2\%$ 以内に収まる結果となっています。

t-way カバレッジに低い値が指定された場合、モデルによっては最終的に得られるテストケースの t-way カバレッジが、指定された t-way カバレッジよりもかなり高い結果となる場合があります。これはそのモデルの n-way カバレッジを 100% とした場合の t-way カバレッジが、指定された値よりも高い場合です。t-way カバレッジを指定された低い値にしまうと、n-way カバレッジ 100% が確保できなくなるため、この場合の t-way カバレッジの指定は無効となり、n-way カバレッジ 100% が確保できる最小のテストケースが生成されます。

この処理中で生成されたテストケースは並び変えを行っていません。そのため、各テストケースの並びはほぼランダムと考えられ、先頭から任意の行までの部分的なテストケースの組み合わせのばらつきはほぼランダムと見なすことができます。