



OpenSESSAME Seminar

組込みソフトウェア技術者・管理者向けセミナー

初級者向けテキスト

組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会
- SESSAME -

(<http://www.sesame.jp/>)

***** 目 次 *****

1 . SESSAME の紹介およびコースの概要	1
2 . 開発課題と失敗事例の解説	4
3 . 組込み向け構造化分析の例・設計の概要(1)	21
4 . 組込み向け構造化分析の例・設計の概要(2) 実習/回答と補足説明	44
5 . 組込み向け構造化設計(1)	51
6 . 組込み向け構造化設計(2) 実習/回答と補足説明	70
7 . プログラミング 組込み用語基礎知識	73
8 . ソフトウェアテストの概要	109
9 . プログラミング実習への説明	139
10 . プログラミング 実習	149
11 . プログラミング 実習の回答と補足説明	161
12 . ソフトウェアテスト 実習	164
13 . ソフトウェアテスト 実習/回答と補足説明	166
付録 . 話題沸騰ポットのシミュレーション	174

組込み向け構造分析 設計の概要 (1)

坂本 直史



1. SESSAMEの紹介およびコースの概要
2. 開発課題と失敗事例の解説
3. 組込み向け構造化分析の例・設計の概要(1)
4. 組込み向け構造化分析の例・設計の概要(2)
実習/回答と補足説明
5. 組込み向け構造化設計(1)
6. 組込み向け構造化設計(2) 実習/回答と補足説明

7. プログラミング 組込み用語基礎知識
8. ソフトウェアテストの概要
9. プログラミング実習への説明
10. プログラミング 実習
11. プログラミング 実習の回答と補足説明
12. ソフトウェアテスト 実習
13. ソフトウェアテスト 実習/回答と補足説明

付録：話題沸騰ポットのシミュレーション

41

アジェンダ

1. 何故、分析を？
2. 構造化分析と構造化設計
3. 話題沸騰ポットにおける構造化分析
4. 構造化設計概要
5. まとめ

42

アジェンダ

- ▷ 1. 何故、分析を？
- 2. 構造化分析と構造化設計
- 3. 話題沸騰ポットにおける構造化分析
- 4. 構造化設計概要
- 5. まとめ

43

SESSAME CONTENTS 2004

仕様書はもらったけれど

- ・もらった仕様書通りに作ったけど？
- ・そんなことどこにも書いてないのに？
- ・そんな変更の可能性はちゃんと言っておいて欲しい！
- ・あの人の仕様書は、

- ▷ みんなが経験する。でも
 - ・何故そんなことが起こるか？
 - ・どうすれば、被害を最小限に？

44

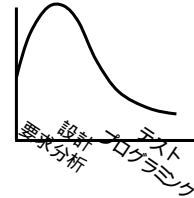
SESSAME CONTENTS 2004

仕様書を作る立場から

客先から仕様がでてこない

仕様を細かく書いている時間がない

変更はつきもの。それより開発を進めたい。



⇒ 昔の自分を思い出そう
いつか通った道のはず！
後工程に影響が大きいから、経験があり
給料の高い人がやってるはず！

45

SESSAME CONTENTS 2004

仕様書を読む立場から

仕様が少し曖昧でも、わかる範囲でコーディング

早く動かしたい

仕様変更はいつものこと。指示があったら考える。

⇒ 拡張性や保守性を考えておくことが
自分を守る
OJTだけでなく新しい技術の取り込むことで
知見を広くし、一段上のエンジニアへ

46

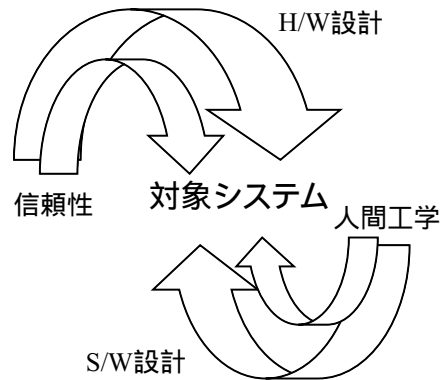
SESSAME CONTENTS 2004

要求分析

開発対象システムの本質を考察
仕様の漏れ、抜け、改善点
目指すシステムと
有るべき姿の共有

何をどのようにする？
“What”を明確に

いろいろな視点からの
分析が必要



47

SESSAME CONTENTS 2004

アジェンダ

1. 何故、分析を？
- > 2. 構造化分析と構造化設計
3. 話題沸騰ポットにおける構造化分析
4. 構造化設計概要
5. まとめ

48

SESSAME CONTENTS 2004

構造化分析と構造化設計

S/W開発の大規模化 品質低下 / 保守
この問題の解決を目指す
設計手法であり、コミュニケーション手段である

構造化分析

・“What”を明確にする
・ユーザとシステム開発者、システム開発者同士のコミュニケーション向上



構造化設計

構造化分析の結果 どのように作るか
“What”から“How”の世界へ
分析で掘り起こしたモジュール間の特性を考慮
保守性の良いプログラム構造

49

SESSAME CONTENTS 2004

構造化分析

基本はDeMarcoに始まる構造化分析
リアルタイム拡張としてHatleyらによる試み

開発手順

イベントリスト



コンテキストダイアグラム



フローダイアグラム



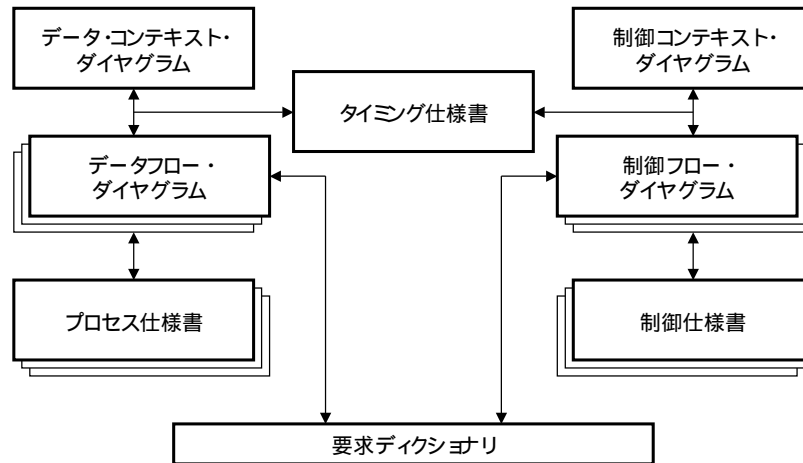
プロセス仕様書

データ・ディクショナリ (随時)

50

SESSAME CONTENTS 2004

Hatley/Pirbhaiによる要求モデルの構成要素



51

SESSAME CONTENTS 2004

アジェンダ

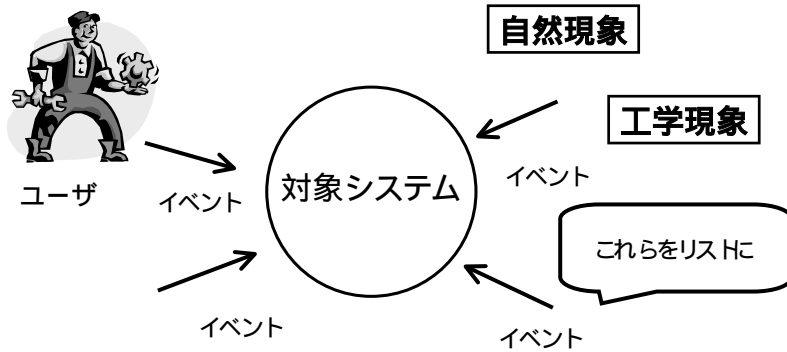
1. 何故、分析を？
2. 構造化分析と構造化設計
3. 話題沸騰ポットにおける構造化分析
4. 構造化設計概要
5. まとめ

52

SESSAME CONTENTS 2004

イベントリスト

対象システムの外部で発生する様々な事象から
システムで対応しようとするものの一覧



53

SESSAME CONTENTS 2004

話題沸騰ポットのイベントリスト(1)

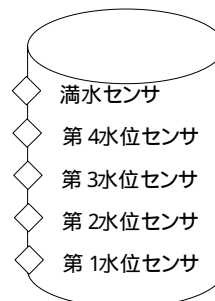
・水位の変化をどう捉えるか？

・水位の変化に関係しそうなイベント

給湯
給水
満水の検出

・イベント候補

水位センサ毎のオン/オフ
給湯や給水
水位の変化は副作用



54

SESSAME CONTENTS 2004

話題沸騰ポットのイベントリスト(2)

対象システムの外部で発生する様々な事象から
システムで対応しようとするものの一覧

イベント	ステイミュラス	アクション	レスポンス
例) 保温モード 指示	保温モード	保温モードを 設定する 温度制御を 変更する	操作受付を通知する 温度/モードを表示する

システムが
発生を制御
できない事象

イベントが
発生したことを
伝える情報入力

イベントが
発生した時に
果たすべき機能

イベントが
発生した時の
外部への反応

55

SESSAME CONTENTS 2004

話題沸騰ポットのイベントリスト(3)

水位の変化に関連するイベントを考えてみましょう

第n水位センサ

水位を検出。各センサはonの時、その位置よりも水位が高い。

満水センサ

水位がこのポットの許容上限を越えていないかどうかを検出。
センサがonの時、水位が許容上限を越えている。

給湯ボタン

ボタンを押すと給湯口から水を排出する。押している間中は
給湯を行う。手を離すと給湯を停止する。

水位メータ

ポット内の水位を表示

アクション?

レスポンス?

ステイミュラス?

56

SESSAME CONTENTS 2004

話題沸騰ポットのイベントリスト(4)

お湯を使いたい	給湯する
給湯口を開く 解除ボタン	給湯可能にする
給湯口を閉じる 解除ボタン	断熱する
湯を注ぐ 給湯ボタン="on"	湯が出る
湯を注ぐ終える 給湯ボタン="off"	湯が止まる
ラーメンを食べたい	調理時間を計る
3分待とう タイマボタン	最初の調理時間を設定する
3分では足りない タイマボタン	調理時間延長
やめた ???	キャンセル

人間の「心の状態」から分析する
リアクティブ・オートマトン法
武蔵工業大学 松本先生

57

SESSAME CONTENTS 2004

話題沸騰ポットのイベントリスト(5)

例えば、こんな分析結果が出たとします

	ステ	“How”	アクション	レスポンス
給湯スタート	給湯ボタン押下	水位検出	給湯スタート	給湯口より水排出 水位メータで水位を表示
給湯終了	給湯ボタン離上		給湯停止	給湯口より水排出停止
給水	水位センサの オン オフ		水位センサの値に より、水位メータの 表示を更新する	水位メータの上昇

・どうですか？

イベント発生を
伝える データ

外部から見える
変化はレスポンス

58

SESSAME CONTENTS 2004

話題沸騰ポットのイベントリスト(6)

水位センサ毎のオン/オフを1つのイベントに
仕様変更に従従できない
粒度が細かく問題の本質が把握しにくい

給湯や給水をイベントに
給水はポットからは検出しにくい
給水は根本的には水位の変化
満水や水温低下は給水に伴う副作用

⇒ 「水位変化」をイベントとする
「満水」を「水位変化」と別イベントとするか？
システム上重要なことはイベントとして抽出

59

SESSAME CONTENTS 2004

話題沸騰ポットのイベントリスト(7)

イベント	ステイミュラス	アクション	レスポンス
給湯開始	(なし)	ポット内の水を給湯	操作受付を通知する 給湯口から水を排出する
給湯終了	(なし)	ポット内の水の給湯を 停止する	給湯口からの水の排出を 停止する
水位の変化	水位	水温を保温温度に する	水位表示を更新する
満水	(なし)	温度制御を停止する	沸騰解除を表示する 保温解除を表示する
水なし	(なし)	温度制御を停止する	沸騰解除を表示する 保温解除を表示する

60

SESSAME CONTENTS 2004

データディクショナリ

設計で用いる用語を登録 プログラム言語の予約語
用語 (データ名)は誰にでもわかる言葉を
設計を通して用語を統一

設計の各フェーズでこまめにアップデート

タイマ残り時間 = 整数 下限 :0 上限 :9 単位 :分
保温モード = [高温モード|節約モード|ミルクモード]
温度異常 = [高温異常|温度上がらず異常]
水位 = 整数 下限 :0 上限 :4 単位 :なし
高温モード = 沸騰とほとんど同じように使うための保温モード
節約モード = 消費電力を節約するための保温モード
ミルクモード = 乳児の粉ミルク調乳用として使うためのモード
高温異常 = 水温が一定以上に上がった場合
温度上がらず異常 = 水温が上がらなくなった場合

61

SESSAME CONTENTS 2004

タイミング仕様書

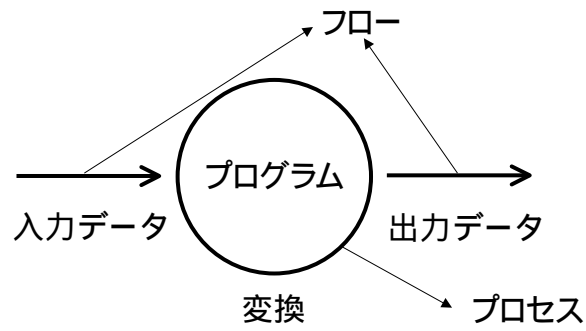
入力	イベント	出力	イベント	対応時間
水温	110度を 超える	ブザー音	高温エラー	最大 1秒
	前回検出 した水温 より低い	ブザー音	ヒータ動作異 常	1分

62

SESSAME CONTENTS 2004

データフロー・ダイアグラムによる要求分析

・プログラムをデータの変換と捉える

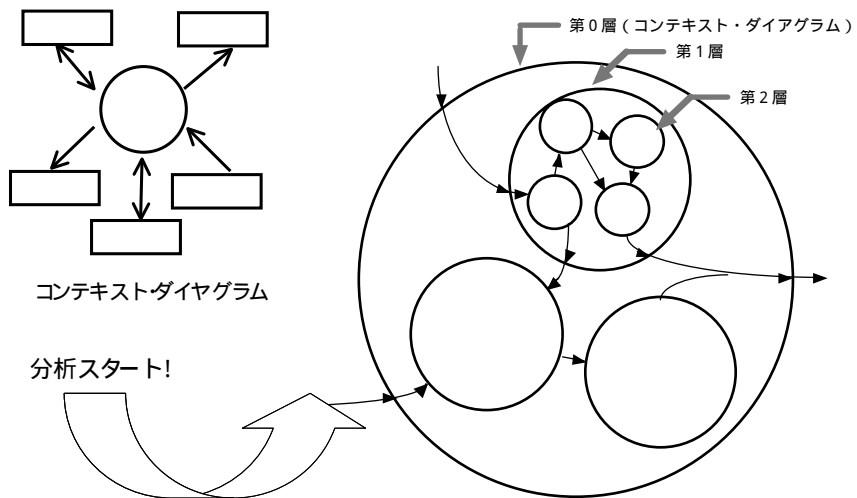


データフロー・ダイアグラム = DFD

63

SESSAME CONTENTS 2004

分析の過程

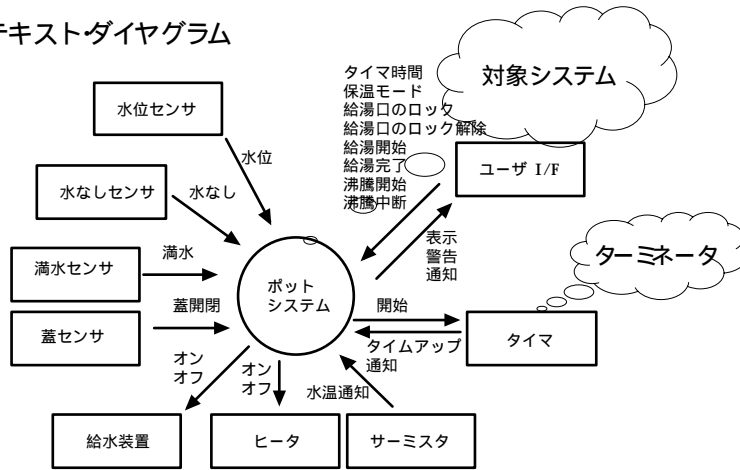


64

SESSAME CONTENTS 2004

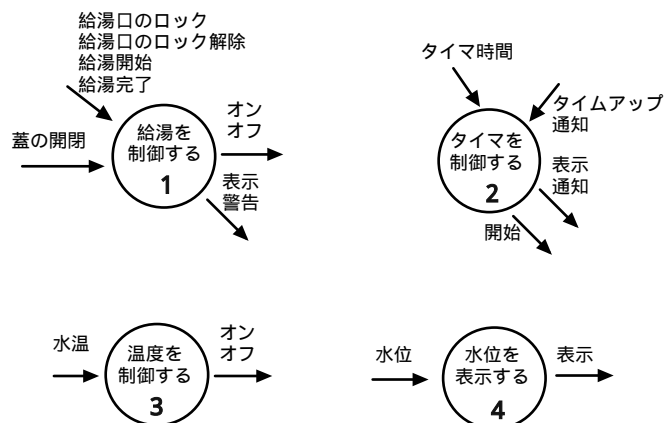
分析の入り口

・コンテキストダイアグラム



65

分析 ステップ1 ~ DFD0 ~



66

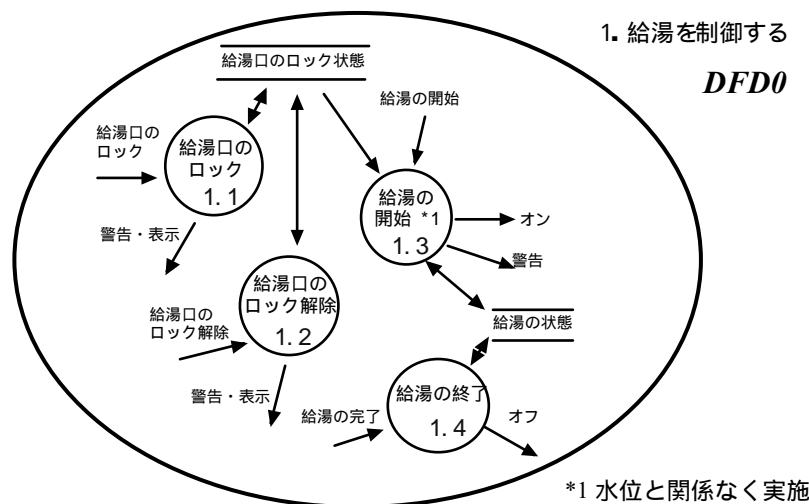
DFD作成の基本ルール

- 粒度と曖昧な言葉に注意
- 曖昧な言葉を使わない
 まとめたもので、名前は少し曖昧でもよい
 処理する「制御する」「データ」
- DFD0の上位レベルでは、いくつかのプロセスを
- DFD0でプロセスが多すぎると、まとめ直しを
- 7± 2の理論
 イベントリストの完成度が低い
 イベントリストにある1つのリストに対して
 プロセスを作っていないか？

67

SESSAME CONTENTS 2004

分析 ステップ2 ~ DFD1 ~



68

SESSAME CONTENTS 2004

DFD作成の指針

- 先ずは書き始める
書いたものを見て改善
頭の中でパッとまとまりや苦労しない
- プロセスの兵糧攻め
プロセスに出入りするフロー数を制限
- プロセスへの均等なフローの割り当て
整理する フローの掌握、抽象化
哲学者
- 名前は自ずから
感性の世界
芸術家

69

SESSAME CONTENTS 2004

DFDを用いた分析

- 分析とは
かみ砕き、分類し、整理し、抽象的概念で再構築する作業
芸術家の感性と哲学者の思考
良いソフトウェア開発者に要求される資質と同じ
- DFDを用いた分析
データの変換に沿っての分析
ソフトウェア開発者には馴染みのフィールド

図形表現でのビジュアル化

WhatとHowを切り離して設計
巨大化・複雑化するシステムへの対応

70

SESSAME CONTENTS 2004

制御フロー・ダイアグラム (CFD)

制御フローの流れを規定

フロー上をデータが流れればいいのか
条件の組み合わせで活性化されるプロセスが違うのか

上位層のシステムの状態を制御するロジックの記述
× プリミティブ・プロセス同士の相互作用の詳細の記述

・でも、制御は控えめに

DFDを最大限に、制御は最小限に

× ついつい実装を意識 モデルを抽象的なものに

・1つのDFDに対して制御フローを作成

データの流れと制御の流れを分離し明確に

71

SESSAME CONTENTS 2004

CFD作成指針

CFD作成順序

- | | |
|-----------------|-------|
| (1) DFD | できるだけ |
| (2) 組み合わせコントロール | 仕方なし |
| (3) 順次処理コントロール | 最悪 |

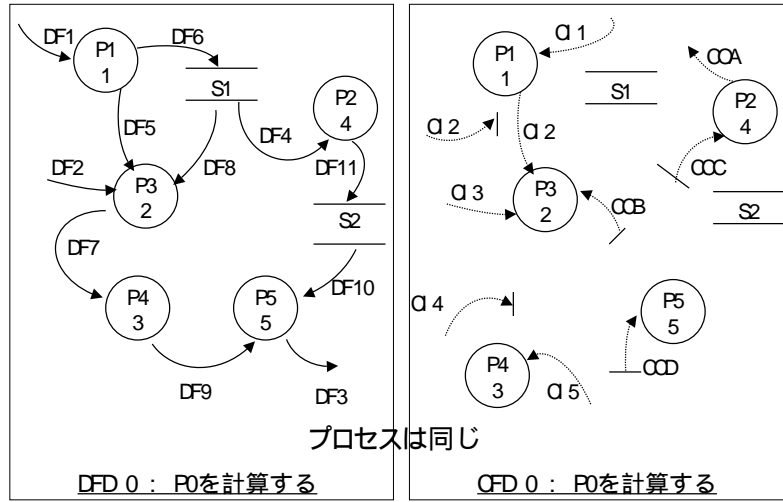
道具立て

組み合わせコントロール
デシジョンテーブル (真理値表)
順次処理コントロール
状態遷移図

72

SESSAME CONTENTS 2004

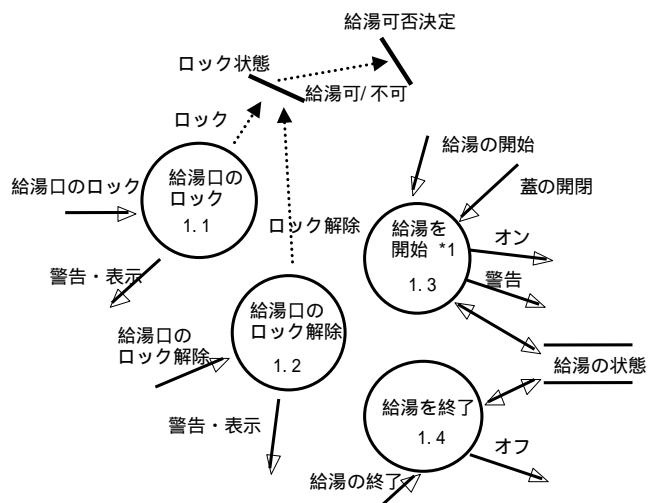
DFDとCFD



73

SESSAME CONTENTS 2004

CFD

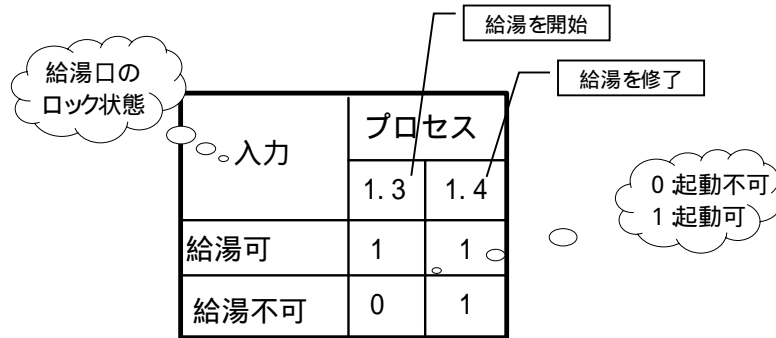


74

SESSAME CONTENTS 2004

組み合わせコントロール

- 入出力データの全てが2値ならブール式
- 入出力データのどれかが多値ならデシジョンテーブル

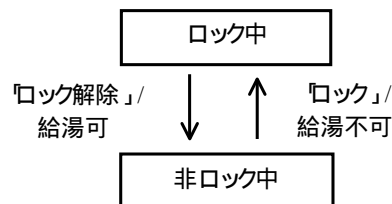


75

SESSAME CONTENTS 2004

順次処理コントロール

- 状態遷移図、状態遷移テーブル、状態遷移マトリックス
- 状態遷移図 7±2の理論



- 状態遷移テーブル

現在の状態	イベント	アクション	次の状態
ロック中	ロック解除	給湯可	非ロック中
非ロック中	ロック	給湯付加	ロック中

76

SESSAME CONTENTS 2004

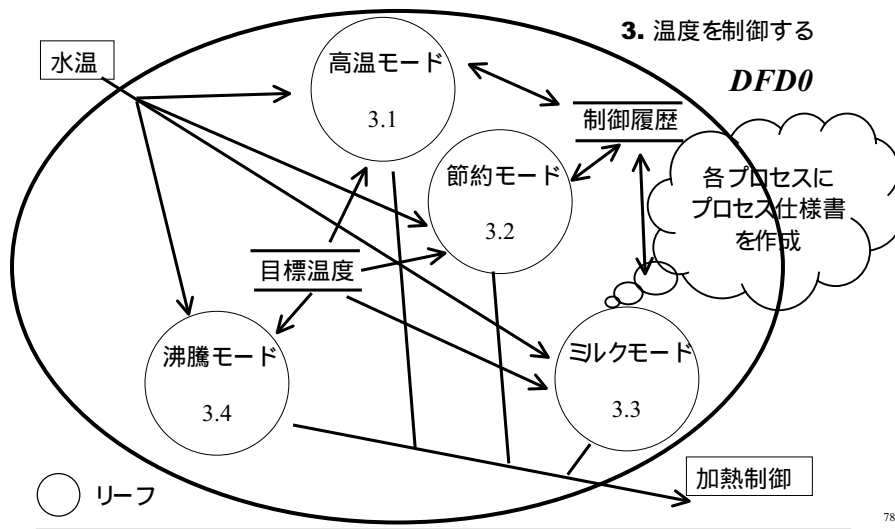
プロセス仕様書

- リーフのプロセスに対して作成
- 入力から出力への変換がなすべきことを記述
まさにデータフロー
- 記述方法は目的にかなっていれば自由
文章 / 数式 / 表や図
- しかし
疑似コードは×
文章形式は構造化言語で
(使用する言葉と構文を決めておき、冗長性を排除)
- 局所的な記述なら、デシジョン・テーブル / 状態遷移図等もOK

77

SESSAME CONTENTS 2004

温度制御とプロセス仕様書



78

SESSAME CONTENTS 2004

プロセス仕様書 P3.1 ~ 高温モードでPID制御する~

制御周期ごと、

1. // 水温履歴を更新する

$T_2 = T_1$ $T_1 = T_0$ $T_0 =$ 水温

2. // 目標温度を得る

T_g を目標温度 モード= 高温モードである、

目標温度 :目標値に設定する

3. // PIDでの制御量を計算する

$M = K_p(T_1 - T_0) + K_i(T_g - T_0) + K_d(2T_1 - T_0 - T_2)$

今回の加熱率 = 前回の加熱率 + M // 加熱率が100%以上になることは今回考慮しない

4. // ヒータ通電期間を制御する

制御期間 × 今回の加熱率の期間中は、

加熱制御="on"

この期間が終了するタイミングで

// ヒータを切る

加熱制御="off"

// 加熱率の履歴を更新する

前回の加熱率 = 今回の加熱率 // 更新

79

SESSAME CONTENTS 2004

プロセス仕様書 P3.4 ~ 沸騰モード~

// 沸騰させてから3分間煮沸する

1. // 沸点まで連続的に加熱する

加熱制御 = "on"

水温 100 となるまで待つ // 異常の監視はしない

2. 以下を制御周期単位で3分間継続実行する

if 水温 100 加熱制御 = "off"

else 加熱制御 = "on"

80

SESSAME CONTENTS 2004

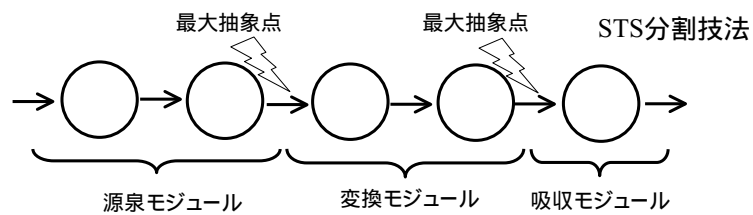
アジェンダ

1. 何故、分析を？
2. 構造化分析と構造化設計
3. 話題沸騰ポットにおける構造化分析
- 4. 構造化設計概要
5. まとめ

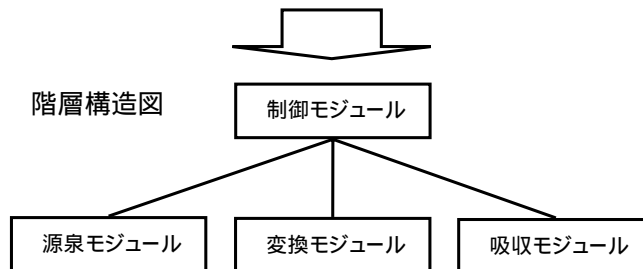
81

SESSAME CONTENTS 2004

構造化分析から構造化設計へ (1)



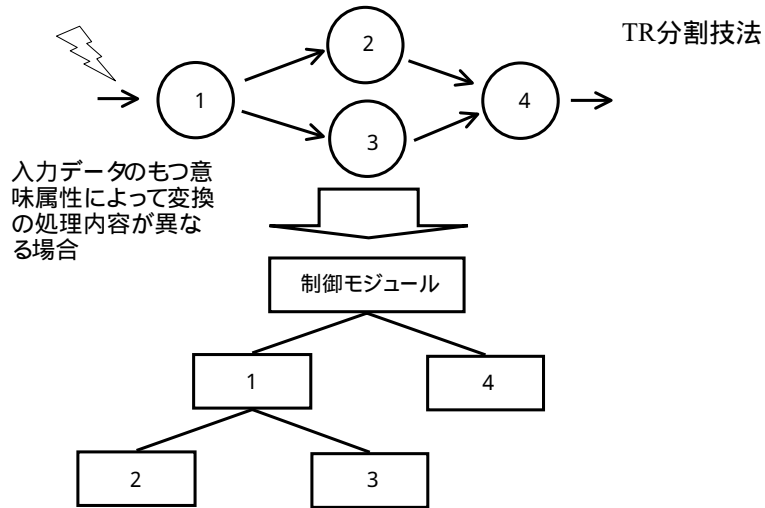
階層構造図



82

SESSAME CONTENTS 2004

構造化分析から構造化設計へ (2)



83

SESSAME CONTENTS 2004

まとめ

分析しましょ!

かみ砕き、分類し、整理し、抽象的概念で再構築する作業



芸術家の感性 哲学者の思考
 良いソフトウェア開発者に
 要求される資質と同じ



手法は何であれ、芸は身を助く!

分析でプロジェクトに潜む病魔をチャッチ
 あなたの分析がプロジェクト全体を救う

一段上のエンジニア目指して、*Let's analyze!*

84

SESSAME CONTENTS 2004

参考

・DeMarco : 1 構造化分析とシステム仕様, 日経 B P社, 1981

・Hatley and Pirbhai : 1 リアルタイム システムの構造化分析, z
日経 B P社, 1989

・リアクティブ・オートマトン法 :
<http://www.sft.cs.musashi-tech.ac.jp/~yhm/index.html>

坂本 : 1 ソフトウェア高信頼化のアプローチ, z
第 5 回組込みシステム開発技術専門セミナー, ES-6, pp. 37-69 (2002)

85

(余白)

86

本ドキュメントのご利用に際して

- 本著作物の著作権は作成者または作成者の所属する組織が所有し、著作権法によって保護されています
- SESSAME は本著作物に関して著作者から著作物の利用 を許諾されています
- 本著作物は SESSAME が利用者個人に対して使用許諾を与え、使用を認めています
- SESSAME から使用許諾を与えられた個人以外の方で本著作物を使用したい場合は query@sessame.jp までお問い合わせください

SESSAME が著作者から許諾されている権利

著作物の複製・上演・演奏・公衆送信及び送信可能化・口述・展示・上映及び頒布・貸与・翻訳・翻案・二次的著作物の利用

- ドキュメント中には Microsoft 社, Adobe 社等が著作権を所有しているクリップアートが含まれています

OpenSESSAME Seminar

組込みソフトウェア技術者・管理者向けセミナー 初級者向けテキスト

2002 年 10 月 15 日 初版 第 1 刷発行

2003 年 10 月 29 日 初版 第 2 刷発行

2004 年 3 月 19 日 第 2 版 第 1 刷発行

2004 年 4 月 30 日 第 3 版 第 1 刷発行

2004 年 6 月 17 日 第 4 版 第 1 刷発行

著 者 上原慶子、大野晋、坂本直史、鈴木圭一、須田泉、西康晴、
二上貴夫、三浦元、三宅貴章、森孝夫、山田大介、山崎辰雄

編集・発行 組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会
(SESSAME)

<http://www.sessame.jp>
