

リアルタイムシステムの動作解説の動的な生成

近造 明^{*1}・大原茂之^{*2}・澤田 勉^{*3}

Dynamic Generation of Behavior Interpretation of Real-Time Systems

by

Akira KONZO, Shigeyuki OHARA and Tsutomu SAWADA

(Received on Sept. 19, 1995)

Abstract

Specifications, operation manuals, and On-Line-Helps, which are documents concerning a system, are static entities. These documents are not suitable for analyzing the behavior of a system in operation.

This paper has the objective to show the user a real-time interpretation of dynamic behaviors of system such as Real-Time. Here, a basic interpretation sentence, which generates the interpretation, is treated as the behavior interpretation element. Then, a behavior interpretation supporting system is stated, which generates dynamically the behavior interpretation requested by the user by combining the behavior interpretation elements, OS states, event states, and operation states.

Keywords : *Real-Time System, Object Diagram, On-Line-Help, Behavior Interpretation, Aided Analyzing*

1. はじめに

一般に、仕様書、動作解説書、オンラインヘルプといったシステムに関するドキュメントは静的なものである。システムの運用・保守において、システムに障害が発生したときなどに、その動作を解析しなければならないが、その際、そのシステムのために用意されたドキュメントを利用しなければならない。

ドキュメントの利用方法として、これまでに、例えばソフトウェアの再利用技術においては、オブジェクト指向における継承関係を用いて、再利用するための用語をリンクして仕様書を管理したり、あるいはCASE ツールとしては、設計の履歴から設計レポートを生成するとい

った研究がなされている^{1)~5)}。しかし、これらの技術にリアルタイム性はなく、リアルタイムシステムの動作の解析に応用する解説文書の生成には使うことができない。

したがって、システムの動作状態を解析するためには、ユーザ自身がシステムの動作をもとに仕様書などのドキュメントからシステムの状態を読み取らなければならないのが現状である。

ここで、ユーザが即座に状態を把握しなければならないようなリアルタイムシステムの場合は、システムの現在の状態をそのまま解説したような内容を、読み取れるようにすべきである。例えば、オブジェクト図で記述したりリアルタイムシステムにおいては、オブジェクトの動作はメッセージによって決定される。したがって、オ

* 1 工学研究科電子工学専攻博士課程前期

* 2 工学部電子工学科教授

* 3 エルグ株式会社

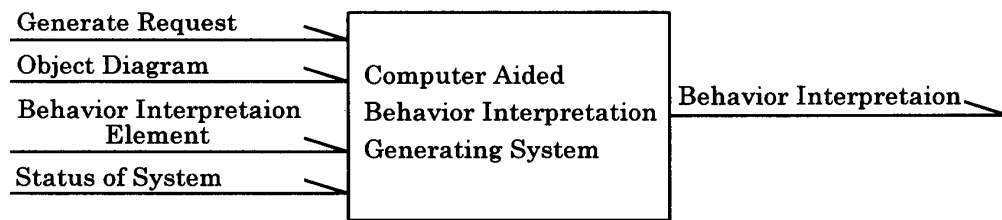


Fig. 2.1 Input/Output of Computer Aided Behavior Generating System.

プロジェクト図で記述されたシステムの動作を把握するためには、ドキュメントの中でメッセージに関する記述がされている部分のみを読み取ればよいことになる。しかし、リアルタイムシステムのような動的状態の解説を、ユーザ自身がドキュメントからリアルタイムに読み取ることは困難である⁹⁾。

また、システムの部分的な解析を考えた場合、オブジェクト図においては複数のオブジェクトを組み合わせたものを解析すると考えることができる。しかし、すべてのオブジェクトの任意の組み合わせは、数多く存在する。したがって、すべての組み合わせに対する動作の解説をあらかじめドキュメントとして用意することはきわめて困難である⁷⁾。

そこで、ユーザの要求をするシステムの動作状態に関する解説の動的な生成を行なうとともに、解説の生成支援を行なう環境の実現について述べる。そして、システムの動作解説をリアルタイムにユーザに提示することによるシステムの動作解析の支援について述べる。

2. 動作解説の生成支援

2.1 動作解説生成支援システムのモデル

動作解説生成支援システムは、動的な動作解説の生成を支援するシステムである。Fig. 2.1 に動作解説生成支援システムの入出力を示す。

入力メッセージは、生成要求(Generate Request)、オブジェクト図(Object Diagram)、動作解説要素(Behavior Interpretation Element)、システムの状態(Status of System)の4つである。

生成要求は、動作解説の生成を要求するメッセージである。オブジェクト図は、解析の対象となるリアルタイムシステムをモデル化したオブジェクト図を入力するメッセージである。動作解説要素定義は、個々のオブジェクトに対して定義する動作解説要素を入力するメッセージである。システムの状態は、システムの現在の状態を入力するメッセージである。

出力メッセージは、生成した動作解説を出力する動作

解説 (Behavior Interpretation) である。

2.2 動作解説の動的生成

動作解説の動的生成とは、ユーザの要求するシステムの任意の部分に対して、その動作状態の解説を生成することである。次に、動作解説の生成について、より具体的に述べる。

ユーザは、解析の対象となるリアルタイムシステムをオブジェクト図で記述する。Fig. 2.2 にオブジェクト図の記述例を示す。記述したオブジェクト図から任意のオブジェクトを選択し、動作解説の生成を要求する。ここでは、C オブジェクトと E オブジェクトが選択された状態であることを表している。

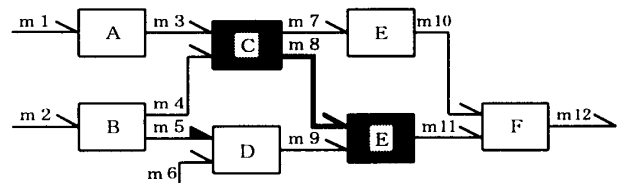


Fig. 2.2 Object Diagram of the Application.

これらの選択されたオブジェクトをオブジェクトグループと呼び、1つのオブジェクトとみなす。オブジェクトグループ内に含まれるオブジェクトを、メンバオブジェクトと呼ぶ。Fig. 2.3 にオブジェクトグループの概念図を示す。ここでは、C オブジェクトと E オブジェクトをグループ化し、オブジェクトグループとしていることを表している。

オブジェクトグループの入力メッセージは、メンバオブジェクト以外のオブジェクトからメンバオブジェクトに入力されるメッセージである。出力メッセージは、メンバオブジェクトからメンバオブジェクト以外のオブジェクトに出力するメッセージである。メソッドは、メンバオブジェクトの各々のメソッドを組み合わせることによって構成する。

グループ化することにより、動作解説の生成の際に、

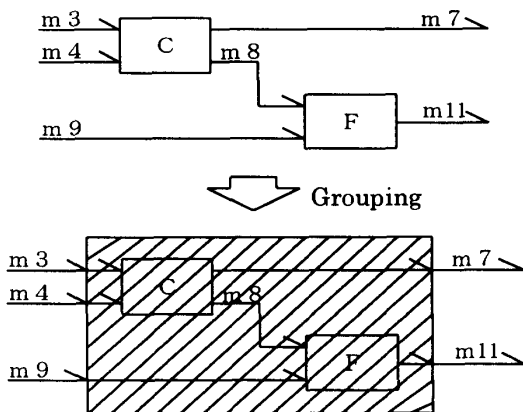


Fig. 2.3 A Concept of an Object Group.

選択されたオブジェクトを別々に扱うのではなく、オブジェクトグループという1つのオブジェクトとして扱うことが可能となる。また、オブジェクトのグループ化は動的に行うので、任意の部分の選択が可能となる。

つまり、ユーザの動作解説の生成要求は、オブジェクトグループに関する動作解説の生成要求となる。

ユーザからの解説生成要求を受けると、基本となる解説文と現在のシステムの状態から動作解説を生成する。動作解説を生成するための基本となる解説文のことを動作解説要素と呼び、ユーザが定義を行う。Table 2.1 に動作解説要素の例を示す。

Table 2.1 Behavior Interpretation Elements of each Objects.

Object Name	Behavior of Object
A	入口1からX1が入力される。出口1からX3を出力する。現在値はVA。
B	入口1からX2が入力される。出口1からX4, 出口2からX5を出力する。現在値はVB。
C	入口1からX3, 入口2からX4が入力される。出口1からX7, 出口2からX8を出力する。現在値はVC。
D	入口1からX2, 入口2からON or OFFが入力される。出口1からX9を出力する。現在値はSw。
E	入口1からX7が入力される。出口1からX10を出力する。現在値はVE。
F	入口1からX8, 入口2からX9が入力される。出口1からX11を出力する。現在値はVF。
G	入口1からX2, 入口2からX11が入力される。現在値はVG。VG ≥ 100 ならエラー。

Fig. 2.4 に動作解説生成までのプロセスの概要を示す。ここでは、「入口1からXが入力される」という動作解説要素に、オブジェクト名「A オブジェクト」とシステム

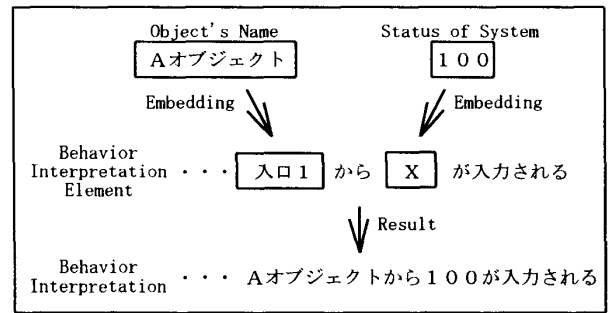


Fig. 2.4 A Process of Generating a Behavior Interpretation.

の状態「100」を組み込むことにより、「A オブジェクトから100が入力される」という動作解説が生成されることを表している。

このように、現在のシステムの状態や状態の変化を動作解説要素の中に動的に組み込んで動作解説を生成することができる。

Fig. 2.5 にC オブジェクトとE オブジェクトに関する動作解説の生成例を示す。

- ・ A オブジェクトから250, B オブジェクトから30が入力される
- ・ D オブジェクトから130が入力される
- ・ E オブジェクトに300を出力する
- ・ G オブジェクトに55を出力する
- ・ 現在値は1100

Fig. 2.5 Behavior Interpretation.

このように、システムの動作状態の解説をシステム側からユーザ側に提示することにより、現状に則した動作状態の解析を支援していくことが可能となる。

3. 動作解説生成支援システムの実装

3.1 動作解説生成支援システムの構成

動作解説生成支援システムは、Fig. 3.1 に示すように動作解説要素定義オブジェクト、動作解説生成オブジェクトなどの7つのオブジェクトで構成される。

各オブジェクトを、メッセージの入出力によって定義する。

(1) ウィンドウオブジェクト (Window)

動作解説要素定義オブジェクト、動作解説生成オブジェクト、オブジェクト図作成オブジェクトのための共通なプラットフォームであり、ユーザとのインタフェース

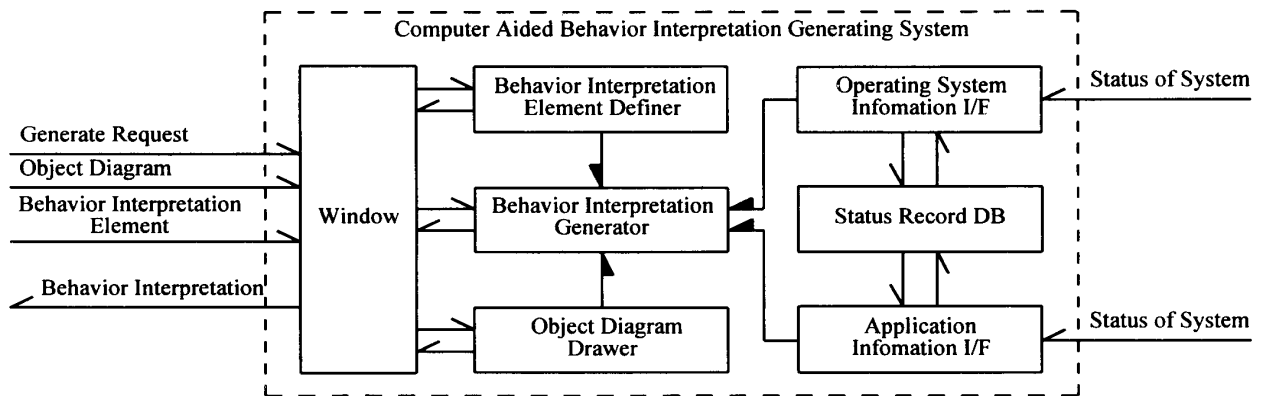


Fig. 3.1 Computer Aided Behavior Interpretation Generating System.

となるオブジェクトである。したがって、動作解説要素定義オブジェクト、動作解説生成オブジェクト、オブジェクト図作成オブジェクトの3つのオブジェクトとウィンドウオブジェクトとのメッセージ交換は、ユーザとのメッセージ交換と同等である。

(2) 動作解説要素定義オブジェクト (Behavior Interpretation Element Definer)

動作解説の定義を行うオブジェクトである。動作解説要素を定義するメッセージがユーザから入力され、定義された動作解説要素を入力するメッセージを動作解説生成オブジェクトに出力する。

(3) オブジェクト図作成オブジェクト (Object Diagram Drawer)

オブジェクト図の作成を行うオブジェクトである。オブジェクト図を作成するメッセージが、ユーザから入力される。作成されたオブジェクト図とオブジェクトの仕様を入力するメッセージを、動作解説生成オブジェクトに出力する。

(4) 動作解説生成オブジェクト (Behavior Interpretation Generator)

動作解説の生成を行うオブジェクトである。ユーザから生成要求が入力されると生成を開始する。生成に必要なメッセージは、動作解説要素定義オブジェクト、オブジェクト図作成オブジェクト、OS情報I/F、AP情報I/Fから入力される。また、作成した動作解説をユーザに出力する。

(5) OS情報I/Fオブジェクト (OS Information I/F)

OSの状態を監視しているモジュールとのインタフェースを行なうオブジェクトである。

(6) AP情報I/Fオブジェクト (Application information I/F)

アプリケーションの状態を監視しているモジュールと

のインタフェースを行なうオブジェクトである。

(7) 状態履歴DBオブジェクト (Status Record Data Base)

OSの状態とアプリケーションの状態の履歴を保存するオブジェクトである。OS情報I/Fオブジェクト、AP情報I/Fオブジェクトからそれぞれの状態を入力するメッセージと状態データの履歴を要求するメッセージが入力される。履歴の要求に対し、状態を出力する。

3.2 動作解説生成オブジェクト

入出力メッセージを次に示す。

(1) 入力メッセージ

- ・動作解説生成要素: Generate_Request (Obj_Name_s)
動作解説の生成を要求するメッセージであり、引数はオブジェクト名群である。オブジェクト名群とは、オブジェクト名の集合である。
- ・動作解説要素返答: BIE_Result (BIE)
動作解説要素を入力するメッセージである。
- ・オブジェクト仕様返答: Obj_Spec_Result (Obj_Spec)
オブジェクトの仕様を入力するメッセージである。
Table 3.1 にオブジェクトの仕様の例を示す。
- ・OS状態返答: OS_Status_Result (Status_s)
OSの状態を入力するメッセージであり、引数は状態データ群である。状態データとは、OSやアプリケーションの状態と状態識別子との組である。状態識別子とは、状態を代入する変数名である。状態データ群とは、状態データの集合である。
- ・AP状態返答: AP_Status_Result (Status_s)
アプリケーションの状態を入力するメッセージであり、引数は状態データ群である。

(2) 出力メッセージ

Table 3.1 Message Input/Output Specification of each Objects.

Object Name	Source	Input Message	Output Message	End
A	Φ	m 1 :Add (X1)	m 3 :Add (X3)	C
B	Φ	m 2 :Add (X2)	m 4 :Add (X4) m 5 :Add (X5)	C D
C	A B	m 3 :Add (X3) m 4 :Add (X4)	m 7 :Add (X7) m 8 :Add (X8)	E F
D	B Φ	m 5 :Add (X5) m 6 :Switch (ONorOFF)	m 9 :Add (X9)	F
E	C	m 7 :Add (X7)	m10:Add (X10)	G
F	C D	m 8 :Add (X8) m 9 :Add (X9)	m11:Add (X11)	G
G	E F	m10:Add (X10) m11:Add (X11)	m12:Warning	Φ

- ・動作解説出力：BI_Out (BI)
動作解説を出力するメッセージである。
- ・動作解説要素要求：BIE_Request (Obj_Name_s)
動作解説要素を要求するメッセージであり、引数はオブジェクト名群である。
- ・オブジェクト仕様要求：Obj_Spec_Request ()
オブジェクトの仕様を要求するメッセージである。
- ・OS 状態要求：OS_Status_Request (Status_ID_s)
OS の状態を要求するメッセージであり、引数は状態識別子群である。状態識別子群とは、状態識別子の集合である。
- ・アプリケーション状態要求：AP_Status_Request (Status_ID_s)
アプリケーションの状態を要求するメッセージであり、引数は状態識別子群である。

3.3 動作解説要素定義オブジェクト

入出力メッセージを次に示す。

(1) 入力メッセージ

- ・動作解説要素定義：Element_Define (BIE)
動作解説要素を定義するメッセージである。
- ・動作解説要素要求：BIE_Request (Obj_Name_s)
動作解説要素を要求するメッセージであり、引数はオブジェクト名群である。

(2) 出力メッセージ

- ・定義画面表示：Define_Picture_Out (Obj_Name)
動作解説要素の定義を行う画面の表示を要求するメッセージであり、引数はオブジェクト名である。
- ・動作解説要素返答：BIE_Result (BIE)

要求された動作解説要素を出力するメッセージである。

3.4 オブジェクト図作成オブジェクト

入出力メッセージを次に示す。

(1) 入力メッセージ

- ・オブジェクト図作成要求：Draw_Diagram_Request (Object Diagram)
オブジェクト図の作成を要求するメッセージであり、引数はオブジェクト図である。
- ・オブジェクト仕様要求：Obj_Spec_Request ()
オブジェクトの仕様を要求するメッセージである。

(2) 出力メッセージ

- ・オブジェクト図作成画面表示：Draw_Diagram_Picture_Out ()
オブジェクト図の作成を行う画面の表示を要求するメッセージである。
- ・オブジェクト仕様返答：Obj_Spec_Result (Obj_Spec)
オブジェクトの仕様を出力するメッセージである。

3.5 AP 情報 I/F オブジェクト

入出力メッセージを次に示す。

(1) 入力メッセージ

- ・AP 状態要求：AP_Status_Request (Status_ID_s)
アプリケーションの状態を要求するメッセージであり、引数は状態識別子である。
- ・AP 状態入力：AP_Status_Input (Status_s)
アプリケーションの状態を入力するメッセージであり、引数は状態データ群である。
- ・AP 状態履歴検索結果：AP_Status_Query_Result (Status_s)
履歴から検索されたアプリケーションの状態を入力するメッセージであり、引数は状態データ群である。

(2) 出力メッセージ

- ・AP 状態返答：AP_Status_Result (Status_s)
アプリケーションの状態を出力するメッセージであり、引数は状態データ群である。
- ・AP 状態記録：AP_Status_Recording (Status_s)
アプリケーションの状態を履歴として記録するメッセージであり、引数は状態データ群である。
- ・AP 状態履歴検索：AP_Status_Query (Status_ID_s)
アプリケーションの状態の履歴検索を要求するメッセージであり、引数は状態識別子群である。

3.6 OS 情報 I/F オブジェクト

入出力メッセージを次に示す。

(1) 入力メッセージ

- OS 状態要求: OS_Status_Request (Status_ID_s)
OS の状態を要求するメッセージであり、引数は状態識別子群である。
- OS 状態入力: OS_Status_Input (Status_s)
OS の状態を入力するメッセージであり、引数は状態データ群である。
- OS 状態履歴検索結果: OS_Status_Query_Result (Status_s)
履歴から検索された OS の状態を入力するメッセージであり、引数は状態データ群である。

(2) 出力メッセージ

- OS 状態返答: OS_Status_Result (Status_s)
OS の状態を出力するメッセージであり、引数は状態データ群である。
- OS 状態記録: OS_Status_Recording (Status_s)
OS の状態を履歴として記録するメッセージであり、引数は状態データ群である。
- OS 状態履歴検索: OS_Status_Query (Status_ID_s)
OS の状態の履歴検索を要求するメッセージであり、引数は状態識別子群である。

3.7 状態履歴 DB オブジェクト

入出力メッセージを次に示す。

(1) 入力メッセージ

- AP 状態履歴検索: AP_Status_Query (Status_ID_s)
アプリケーションの状態の履歴を検索するメッセージであり、引数は状態識別子群である。
- OS 状態履歴検索: OS_Status_Query (Status_ID_s)
OS の状態の履歴を検索するメッセージであり、引数は状態識別子群である。
- AP 状態記録: AP_Status_Recording (Status_ID_s)
アプリケーションの状態を履歴として記録するメッセージであり、引数は状態データ群である。
- OS 状態記録: OS_Status_Recording (Status_ID_s)
OS の状態を履歴として記録するメッセージであり、引数は状態データ群である。

(2) 出力メッセージ

- AP 状態履歴検索結果: AP_Status_Query_Result (Status_s)
履歴から検索されたアプリケーションの状態を入力するメッセージであり、引数は状態データ群である。
- OS 状態履歴検索結果: OS_Status_Query_Result (Status_s)
履歴から検索された OS の状態を入力するメッセージ

であり、引数は状態データ群である。

4. 動作解説生成支援システムの動作と考察

タンク、パイプなどで構成される仮想的なプラントを例として、動作解説生成支援システムについての考察を行う。

4.1 オブジェクト図の作成と考察

動作解析の対象となるリアルタイムシステムをオブジェクト図で記述する。オブジェクト図の記述は、オブジェクトを表すボックスと、メッセージを表すアークを配置することで行うことができる。また、動作解説を要求するオブジェクトを任意に選択することができる。

Fig. 4.1 に、オブジェクト図の作成を行う画面の例を示す。ここでは、ユーザが、バルブ 2 とパイプ 3 とパイプ 4 とタンク 2 を選択したことで、オブジェクトを表すボックスが反転表示された状態となった。つまり、ユーザが、バルブ 2、パイプ 3、パイプ 4、タンク 2 に関する動作解説の生成を要求することができた。

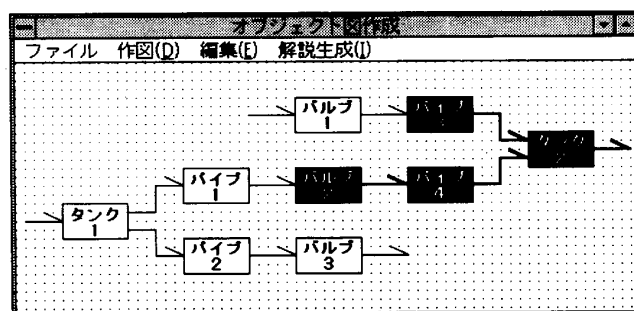


Fig. 4.1 Drawing Object Diagram.

4.2 動作解説要素の定義と考察

記述した各オブジェクトに対し、次に示す 4 つの動作に関する動作解説要素を定義することができる。

- (1) 入力動作は、メッセージの入力が相当する動作を示している。
- (2) 出力動作とは、メッセージの出力が相当する動作を示している。
- (3) 内部動作とは、オブジェクトの内部状態の変化に関する動作を示している。
- (4) 例外動作とは、ユーザの設定する条件によって起動する動作を示している。

Fig. 4.2 に、動作解説の定義を行う画面の例を示す。ここでは、タンク 2 とパイプ 4 に対し、動作解説要素を定義することができた。

5. おわりに

本報告では、リアルタイムシステムの構成要素であるオブジェクトに対する動作解説要素の定義支援と、定義された動作解説要素から動作解説を動的に生成を行う動作解説生成支援システムについて述べた。

今後は、例に挙げたプラントのようなシステム以外への適用と、動作解説要素の定義方法の拡張、動作解説要素の定義を再利用する手法について検討する予定である。

謝辞 本論文をまとめるにあたり、日頃お世話になっている大学院生吉田聡氏と研究室の皆様にご感謝する次第である。

参考文献

- 1) 山田, 井上, 井上: 継承と構成関係を基礎にした用語リンク構造による仕様の再利用支援, ソフトウェア再利用シンポジウム論文集, P63, 情報処理学会 (1992).
- 2) Ian Sommerville 原著, 佐野美知夫, 佐藤匡正 監訳: Software Engineering, フジテクノシステム. (1993).
- 3) 蒲池, 程, 牛島: プログラム依存グラフ可視化ツールの開発, 電子情報通信学会総合大会, D-85 (1995).
- 4) 岩間, 久保田: 個人アドレス情報開示方向に対する一考察, 電子情報通信学会総合大会, D-239 (1995).
- 5) 有川, 甲斐, 上林: 情報表現能力と応答の実時間性を考慮した動的文字配置の実験および評価, 情報処理学会第48回全国大会, 5E-6 (1994).
- 6) 近造, 大原, 澤田: リアルタイムシステムの動作解析に関する研究(3): 情報処理学会等51回全国大会, 6T-8 (1995).
- 7) 近造, 吉田, 大原, 澤田: リアルタイムシステムのモニタリングに関する一提案(3), 情報処理学会第50回全国大会, 6K-4 (1995).

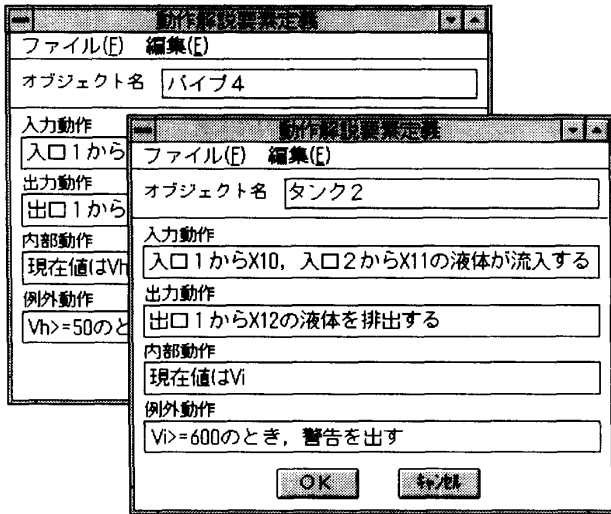


Fig. 4.2 Defining Behavior Interpretation Elements.

4.3. 動作解説の生成と考察

すべてのオブジェクトに対し、動作解説要素を定義すると、任意のオブジェクトを選択し、動作解説の生成を要求する。すると、ユーザの要求する動作解説を生成することができる。

Fig. 4.3に、生成された動作解説を表示する画面の例を示す。ここでは、パルプ2、パルプ3、パルプ4、タンク2に関する動作解説を生成することができる。

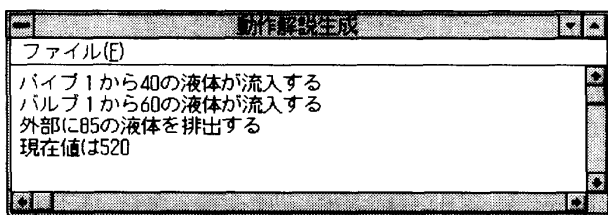


Fig. 4.3 Generating a Behavior Interpretation.