

表-1 センサー値とそれに基づく判断値の対応

原子炉容器	入口温度	異常低 280 やや低 286 定格 290.2 高
原子炉容器	出口温度	異常低 280 低 300 やや低 320 定格 330 高
原子炉容器	圧力	低 158 定格 168 高
高温配管 A, B	代表温度	異常低 280 低 300 やや低 320 定格 330 高
高温配管 A, B	圧力	低 155 定格 165 高
低温配管 A, B	代表温度	異常低 280 やや低 286 定格 290.2 高
低温配管 A, B	圧力	低 160 定格 170 高
蒸気発生器 A, B	入口温度	異常低 280 低 300 やや低 320 定格 330 高
蒸気発生器 A, B	出口温度	異常低 280 やや低 286 定格 290.2 高
蒸気発生器 A, B	圧力	低 153 定格 163 高
蒸気発生器 A, B	蒸気圧力	零 10 低 50 やや低 60 定格 70 やや高 80 高
蒸気発生器 A, B	給水流量	零 20 異常低 200 低 400 定格 500 やや高 600 高
蒸気発生器 A, B	蒸気流量	零 20 異常低 200 低 400 定格 500 やや高 600 高
蒸気発生器 A, B	二次側保有水温度	異常低 265 低 275 定格 280 高 290 異常高
一次冷却材ポンプ A, B	温度	異常低 280 やや低 286 定格 290.2 高
一次冷却材ポンプ A, B	流量	逆流 -50 ゼロ 50 自然循環 500 低 4000 定格 4200 高
加圧器	液相温度	異常低 320 低 335 定格 345 高
加圧器	圧力	異常低 150 低 153 定格 163 やや高 166 高
加圧器	サージ流量	流出 -15 定格 15 流入
主給水ポンプ A, B	流量	零 40 異常低 400 低 800 定格 1000 やや高 1200 高
発電機	出力 (%)	零 10 中間低 35 中間 65 中間高 90 定格 105 高

(注) 各物性値の単位は、温度は℃、圧力は kg/cm^2 、流量は kg/s である。

は保管される。

データ・クラスとそのサブクラスであるルールデータ・クラスは、前者が推論結果のデータを、後者がルールを翻訳したデータオブジェクトをそれぞれ保存するためのものである。

本研究における判断機能は、単に現在のプラント状態を的確に判断することを支援するだけでなく、最終的には、判断者の経験、習熟度に合わせて対応でき、さらには将来型の自律分散協調プラントに相応しく運転実績を学習して自ら運転状態を判別するルールを改編し、追加するという先進的な機能を目指すものである。

以下に、プラント状態の具体的な判断の方法について、手順を追って説明する。

① データの読み込み

自律型プラントを模擬した G2 シミュレーターから、TCP/IP プロトコルを用いた通信機能を用いて、イーサネット経由でリアルタイムで運転データ (各機器類のセ

ンサー値の集合) をプラント機能モデルに転送する。機能モデル側には3つのファイルが用意されており、一定時間間隔 (数秒~数十秒) で順次、転送されたデータがこれらのファイルに上書きされる。プラント状態の判断の指令が出るとその時点で最新のデータが書き込まれたファイルが参照されることになる。複数のファイルを用意するのは、一つのファイルでは、プラント機能モデルがファイルを読み出し中に、G2 シミュレーター側から運転データを同じファイルに書き込まないようにするためである。

② 判断値への変換

判断オブジェクトに読み込まれたセンサー値は数値情報であり、数値の微小な差異を問題にするとプラント各部の状態の組み合わせが無限に近く生成されてしまうことになる。そこで、定格運転時のプラント状態量を基準として、温度、圧力、流量等の数値情報であるセンサー値を表1のように分類する。高低、大小等のラベルを以

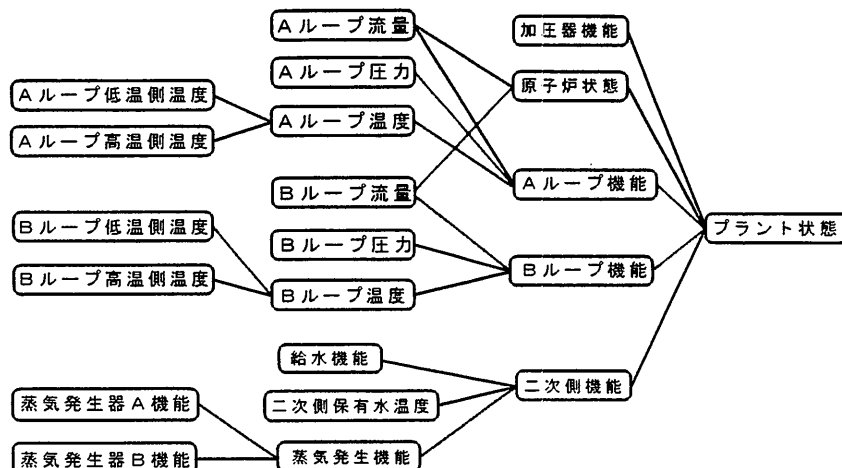


図-23

表-2 (1)~(4) プラント状態の階層的な判断 (その1)

表-2(1)

加圧器機能	温度	圧力	サージ流量
定格 流出 流入 圧力異常低 加圧機能異常低	定格 定格 定格 低 低	定格 定格 定格 異常低 異常低	定格 流出 流入 定格 流入

表-2(2)

原子炉状態	入口温度	出口温度	圧力	A ループ流量	B ループ流量
定格 入口温度低 発熱やや小 発熱零 発熱小 圧力低下・発熱やや小 " ・発熱小 " ・発熱小・ 温度レベル低	定格 やや低 定格 高 定格 高 定格 定格 やや低	定格 定格 やや低 低 やや低 やや低 低 やや低	定格 定格 定格 定格 定格 低 低 低	定格 逆流 定格 零 定格 定格 定格 自然循環	定格 高 定格 零 定格 定格 定格 自然循環

表-2(3)

一次側 A/B ループ機能	流量	圧力	温度
定格 流れ定格・炉心部温度上昇やや小 " ・炉心部温度上昇小 " ・炉心部発熱小 " ・温度レベルやや高 圧力低下・炉心部温度上昇小 " 炉心部発熱小 自然循環・温度レベル低 逆流 流れなし 流量大	定格 定格 定格 定格 定格 定格 自然循環 逆流 零 高	定格 定格 定格 定格 低 低 低 圧力損失小/低 圧力損失小 定格	定格 高温部やや低 高温部低 温度差小 低温部高 高温部やや低 高温部低 全体やや低 高温部異常低 温度差小 全体やや低 /低温部やや低

表-2(4)

A/B ループ流量	一次冷却材ポンプ流量
定格 高 自然循環 零 逆流	定格 高 自然循環 零 逆流

表-2 (5)~(9) プラント状態の階層的な判断 (その2)

表-2(5)

A/B ループ圧力	低温配管圧力	高温配管圧力	蒸気発生器圧力
定格 圧力損失小 低	定格 低 低	定格 定格 定格/低	定格 定格 低

表-2(6)

A/B ループ温度	低温側温度	高温側温度
定格 高温部やや低 低温部やや低 全体やや低 高温部低 高温部異常低 温度差小 低温部高	定格 定格 やや低 やや低 定格 やや低 高 高	定格 やや低 定格 やや低 低 異常低 低 やや低

表-2(7)

低温側温度	冷却材ポンプ温度	低温配管温度	蒸気発生器温度
定格 やや低 高	定格 やや低 高	定格 やや低 高	定格 やや低 高

表-2(8)

高温側温度	高温配管温度	蒸気発生器入口温度
定格 やや低 低 異常低	定格 やや低 低 異常低	定格 やや低 低 異常低

表-2(9)

二次側機能	給水機能	蒸気発生器機能	二次側保有水温度
定格 蒸気発生量やや低下 低下 異常低下 低下・給水ポンプ1台停止 片側のみ機能 片側のみ機能・他方給水停止 片側のみ機能・他方蒸気流出 給水有り・蒸気発生なし 機能なし	定格 定格 低下 異常低下 ポンプ1台停止 低 低 低 低 なし	定格 やや低下 低下 異常低下 低下 A/Bのみ機能 B(A)のみ機能 A(B)給水停止 B(A)のみ機能 A(B)蒸気流出 蒸気発生なし 給水・蒸気発生ともなし	定格 高 高/定格 高 高 高 低 低 片側異常低 高 高/異常高

表-2 (10)~(13) プラント状態の階層的な判断 (その3)

表-2(10)

給水機能	給水ポンプA流量	給水ポンプB流量
定格 低 ポンプ1台停止 異常低下 なし	定格 低 やや高 異常低 零	定格 低 零 異常低 零

表-2(11)

蒸気発生器機能	蒸気発生器A機能	蒸気発生器B機能
定格 やや低下 低下 Bのみ機能 Bのみ機能・A給水停止 Bのみ機能・A蒸気流出 異常低下 蒸気発生なし 給水・蒸気発生ともなし	定格 やや低下 低下 異常低下 給水停止 異常低下・蒸気流出 異常低下 蒸気発生なし 給水・蒸気発生ともなし	定格 やや低下 低下 定格 定格 異常低下 蒸気発生なし 給水・蒸気発生ともなし

表-2(12)

二次側保有水温度	Aループ二次側保有水温度	Bループ二次側保有水温度
定格 高 低 片側異常低 片側異常低 異常高	定格 高 低 低 異常低 異常高	定格 高 低 異常低 低 異常高

表-2(13)

蒸気発生器A/B機能	給水流量	蒸気流量	蒸気圧力
定格 やや低下 低下 異常低下 給水停止 異常低下・蒸気流出 蒸気発生なし 給水・蒸気発生ともなし	定格 定格 低 異常低 零 零 低 零	定格 低 低 異常低 異常低 異常低 零 零	定格 定格 定格/高 定格/高 定格 低 高 高

表-3 プラント状態判断ルール

プラント状態	入力					
	発電機出力	原子炉状態	加圧器機能	A ループ機能	B ループ機能	二次側機能
定格出力 臨界ゼロ出力 仮想出力上昇 25%	定格 零 中間低	定格 発熱零 発熱小	定格 定格 定格	定格 流れなし 流れ定格・ 炉心部温度上昇小	定格 流れなし 流れ定格・ 炉心部温度上昇小	定格 機能なし 異常低下
“ 50%	中間	発熱やや小	定格	流れ定格・ 炉心部温度上昇やや小	流れ定格・ 炉心部温度上昇やや小	低下
“ 75%	中間高	発熱やや小	流入	流れ定格・ 炉心部温度上昇やや小	流れ定格・ 炉心部温度上昇やや小	低下
仮想出力低下 75%	中間高	圧力低下・ 発熱やや小	流出	圧力低下・ 炉心部温度上昇小	圧力低下・ 炉心部温度上昇小	蒸気発生量 やや低下
“ 50%	中間	発熱小	流出	流れ定格・ 温度レベルやや高	流れ定格・ 温度レベルやや高	低下
50% 定常運転	中間	発熱やや小	定格	流れ定格・ 炉心部温度上昇小	流れ定格・ 炉心部温度上昇小	低下
定格後緊急炉停止	零	圧力低下・ 発熱小	加圧機能 異常低下	圧力低下・ 炉心部発熱小	圧力低下・ 炉心部発熱小	給水あり・ 蒸気発生なし
一次側ポンプ全停止	零	圧力低下・ 発熱小・ 温度レベル低	圧力異常低	自然循環・ 温度レベル低	自然循環・ 温度レベル低	機能なし
A ループ一次ポンプ停止	中間高	入口温度低	定格	逆流	流量大	片側のみ機能
A ループ一次ポンプ停止・ “ 二次側給水停止	中間高	入口温度低	流入	逆流	流量大	片側のみ機能・ 他方給水停止
A ループ一次ポンプ停止・ “ 二次側蒸気流出	中間高	入口温度低	流入	逆流	流量大	片側のみ機能・ 他方蒸気流出
A ループ一次ポンプ停止・ 二次側給水ポンプ 1 台停止	中間	発熱やや小	定格	流れ定格・ 炉心部温度上昇やや小	流れ定格・ 炉心部温度上昇やや小	低下・ 給水ポンプ 1 台 停止

後、判断値という。

③ ルールベースによる判断

自律型原子力プラントはその機能に着目して、図 23 のようなツリー構造でモデル化されるものとする。②の判断値を基に、ツリー構造の末端のノードにおける各サブシステムの状態がルールにより判別される。さらにその判断結果を基に、より上位のサブシステムの状態を順次判別していく。(表 2(1)~(13)参照) こうして、最終的に、表 3 に示す 14 種類のプラント状態の何れに該当するかが判断される。

階層的な判断構造により、最終的なプラント状態だけでなく、例えば、一次ループ機能や二次側機能などのツリー構造の途中のノードにおける状態についても判断を下すことができる。

判断の対象となる 14 のプラント状態は、原子力プラントの立ち上げからシャットダウンを含む通常の運転状況および緊急事故時において想定される典型的なケースを扱ったものであり、自律型プラントの多様な運転状態を全てこれらで記述できる訳ではない。そこで、できるだけ判断の対象を拡げるため、想定した状態にある程度近いことを表現する「概ね確認」という次のような中間的な判断を導入した。すなわちセンサー値の定性的な表現である判断値を組み合わせることにより、ある機能を判定する場合、あるセンサーの判断値が条件に完全に一致していなくても、1 つだけ隣りにずれた値ならば、ある程度想定された状態に近いとし、その組み合わせによる状態を概ね確認状態と定義する。これによって、判断結果にある程度の柔軟性を持たせることができる。ただし、2 つ以上ずれた判断値を 1 つでも含んでいれば、その状態は未定義な状態とする。

この結果、あるセンサー値の組み合わせに対して、複数の状態が概ね確認され得ることになる。

下位機能の判断結果を幾つか組み合わせ、より上位の機能を判断する場合、下位機能に 1 つでも概ね確認の状態があれば、その組み合わせは全体として概ね確認されることになる。また、全てが完全に一致する組み合わせが存在せず、概ね確認された状態が複数ある場合には、それらの下位機能として、完全に一致したものを最も大きい割合で含むものを、その機能における状態の判定結果とする。また、下位機能に未定義状態を 1 つでも含んでいる場合は、その上位機能は未定義状態とする。

このようにして、順次、より上位の機能の状態の判定を進めていき、最終的にプラント状態が 14 種類の何れかに確認、もしくは、概ね確認されるか、あるいは、未定義な状態として判断される。

④ 判断ルールの自動生成

現在典型的な 14 種類のプラント状態を想定して、それらを判別するようルールを作っているが、実際にはプラント状態はもっと多様であり、実用システムではさらに詳細で精度の高い判断機能が要求されることになる。そ

のためには、プラントの設計・運転の経験的知識を抽出してルールの質を向上させていかなければならないが、「知識獲得のボトルネック」と言われるように、それらの作業は非常に困難であり、また、ルールが詳細になればなるほど計算機の負荷が大きくなり結果が出るまでの時間がかかるという問題がある。

そこで、過去の運転実績を利用して現在のプラント状態を推定するという事例ベース推論的なアプローチを将来、取り入れることを検討し、その基礎として判断ルールの自動生成機能およびプラント状態をデータベース化する機能を作成した。

判断ルールの自動生成機能は、プラント状態が 14 種類の何れかに近い状態として概ね確認されたケースあるいは未定義の状態と判断されたケースについて、最も成功率の高かった結果を利用して、その状態を確認するルールを自動的に生成するものである。

例えば以下のような判断が行われたとする。

条件部

- (THE 電気出力 OF 発電機 IS 中間)
- △ (THE 判断状態 OF 原子炉状態 IS 発熱やや小)
- (THE 判断状態 OF 加圧器機能 IS 定格)
- (THE 判断状態 OF A ループ機能 IS 流れ定格・炉心部温度上昇やや小)
- △ (THE 判断状態 OF B ループ機能 IS 流れ定格・炉心部温度上昇やや小)
- (THE 判断状態 OF 二次側機能 IS 低下・給水ポンプ 1 台停止)

結論部

- △ (THE 判断状態 OF プラント状態 IS 二次側給水ポンプ 1 台停止)

ここで、○はルールが完全に一致していることを、△は概ね一致していることを示している。このとき、すでに確立しているルール群とは完全に一致しないが、すでに既知のプラント状態「二次側給水ポンプ 1 台停止」に近いある状態を示している。そこでこれを蓋然的な推論としてではなく確定的な一つのルールとして確立することは有益であろう。サブシステムの原子炉状態や B ループ機能に関しても同様なことが言える。すると新しいルールは以下ようになる。

条件部

- (THE 電気出力 OF 発電機 IS 中間)
- (THE 判断状態 OF 原子炉状態 IS 発熱やや小-1)
- (THE 判断状態 OF 加圧器機能 IS 定格)
- (THE 判断状態 OF A ループ機能 IS 流れ定格・炉心部温度上昇やや小)
- (THE 判断状態 OF B ループ機能 IS 流れ定格・炉心部温度上昇やや小-1)
- (THE 判断状態 OF 二次側機能 IS 低下・給水ポンプ 1 台停止)

結論部

(THE 判断状態 OF プラント状態 IS 二次側給水ポンプ1台停止-1)

下線部は新しい状態として仮に命名されたものである。このようにして未定義状態を含む様々なプラント状態を、それが成り立つルールで保存することにより、同じプラント状態が再び出現した場合、過去に生成されたルールと完全に一致することになる。

プラント状態のデータベース化機能とは、ルールベース推論に基づき判断が行なわれたあるプラント状態における機器オブジェクトの状態をいつでも再現可能な状態で保存することである。

以上の二つの機能はプラント機能モデル自体が自律的に、修正/拡張されるという先進的なマン・マシン・インターフェースの基礎となるものである。今後は、運転中に出現する未経験のプラント状態について、類似したもの同士を集約する等の組織化を行い、新たなプラント状態としてネーミングし、それを同定することのできる新ルールを自動的に生成するという機能に発展させたい。

4.2.3 ユーザー・インターフェイス機能

プラント機能モデルのユーザー・インターフェイスは、Common Lisp用のユーザー・インターフェイス管理システムツールである CLIM (Common Lisp Interface Manager) を用いて構築されており、各機能の階層関係や機器の接続関係がグラフィカルに表現され、また、プラント状態の判断等の各種操作をマウスの操作で簡単に行うことができるようになっている。

図 24 (p. 33) は初期画面で、プラント機能の階層構造図である。プラントの状態の判断、判断結果の保存や判断ルールの自動生成等がこの画面で行われる。各ノードがボタンになっており、マウスでクリックすることによりサブシステム単位での各種の操作を行うことができる。プラント機能の一つをマウスでクリックすると、例えば図 25 (p. 34) のように判断ルールを表示するウィンドウが現れる。左側が判断結果、その右側にツリー状につながっているのがその判断の根拠となる条件である。複数の条件がある場合、そのすべてが成り立つ場合のみ左の判断結果は真になる。○印が条件を満足している場合、×印が満足しない場合、△印が概ね条件を満足している場合である。この判断結果を表示するウィンドウの特徴は、判断結果をクリックすると、上位の階層の判断ルールに、判断条件をクリックすると下位の階層の判断結果へと自由に移動できることである。階層的な判断を詳細に検討するときに用いることができる。

図 26 (p. 34) は PWR 系統図で、機器単位で属性一覧を表示したり、判断値の変更がこの画面で行なわれる。

4.3 ルールの作成とプラント状態の判断結果

表 2 に掲げた 14 種類のプラント状態を同定するための

ルールは、自然言語を用いて、IF-THEN 形式により記述し、ルール総数は 146 である。

始めに模擬データによりルールベースが良好に作動することを確認し、次に G2 シミュレーターと判断オブジェクトを接続して、自律型プラントの各機器類のセンサー値を読み込み、判断を行った。自律型プラントのシミュレーターは、最新型の 4 ループ加圧水型原子力プラントをベースにプラントの過渡応答が定性的に妥当な挙動を示すように設計されており、また、故障時には出力を自動的に低下させる等の自律機能を持たせている。

この結果、50% 仮想出力上昇と 50% 定常運転のように、全体的に状態がよく似ていて、各機器のセンサー値に、それほど差異がないケースについては、両者を区別するための判断条件を設定することが難しかった。また、故障時のようにプラント状態が急激に変化する場合は、自律型プラントのセンサー値を読み込むタイミングによって判断値が大きくばらつくので、イベント発生からある一定の経過時間後におけるプラント状態に限定して、それを判断するようにルールを作成した。

今後、プラント状態の判断をより合理的なものとするためには、判断値としてある瞬間における各機器類のセンサー値だけでなく、センサー値の時間的変化も採用する等情報量を増やしていくことが必要である。また、故障時のように短時間で状態が大きく変化する場合は、ある一瞬の時刻においてその状態を判断するルールを作成することは、殆ど不可能であり、ある程度の幅の時間帯における各センサー値の推移を考慮に入れた判断のスキームを考える必要があろう。

4.4 まとめ

プラント機能モデルをオブジェクト指向言語である CLOS で構築し、シミュレーション機能が良好に作動することを確認した。また、プラントシミュレーターと実際に接続して判断機能が良好に作動することを確認した。さらに、ルールを一部満足するものの、完全には一致しないプラント状態及び定義されていないプラント状態について、それを完全に満足するルールを自動的に生成する機能を作成した。

今後は、①判断機能については、ある瞬間における各機器類のセンサー値だけでなく、センサー値の時間的変化等も判断値に含めて、より正確できめ細かな判断ができるようにする。②プラントの運転実績を学習して自らルールを生成し、改編していくという将来型の自律型プラントの先進的な機能を実現することをめざしたい。

5. 三次元グラフィックスによる プラント状態表示機能

マン・マシン・インターフェイスが認識したプラント状態を運転員 (人間) が理解容易な形で提示する機能も重要な開発項目である。

その一方法として、グラフィックスによる表示機能の研究を進めている^(12, 13, 14)。開発環境としては、当初はグラフィックスワークステーション Stellar GS-1000、米国スターデント社のグラフィックソフト AVS バージョン 4 を用い、原子力プラントの状態を三次元カラーグラフィックスで表現する機能を作成した。その後、表示機器の増加によりデータ量が増えたことや通信機能の追加に伴って、ワークステーションの処理スピードが追いつかなくなった。このため、グラフィックスアクセラレータ Freedom 1050 を接続してあるより高速のワークステーション Sun SPARCstation 20 に、本機能を移植し、AVS バージョン 5 上で稼働させている。

この表示機能作成および運用に当たっては、**わかりやすい表示方法、適切な表示スピード、使いやすい表示操作**を念頭においた。

まず、**わかりやすい表示方法**として、温度や流量などの状態量を、プラントの各機器の形状に沿った三次元カラーグラフィックスで提示することにした。蒸気発生器と原子炉については、3 方向の各断面で、機器内部の状態量を表示できる。現在、状態量をどのような色に割り当てるかを検討し、運転員にとって理解が容易な表示を実現したいと考えている。

当初、グラフィックスデータそのものをデータ量の多いカラーグラフィックスとデータ量の少ないモノクログラフィックスに分け、表示目的により、使い分けるなどして、**適切な表示スピード**を確保していた。しかし、前に述べたように、表示機器の増加、通信機能の追加により、このような工夫にも限界があったので、高速のワークステーションに移植した。

使いやすい表示操作は、必要なものだけが表示されるように、メニュー画面を統合化し、メニューはマウスだけでオペレーションできるようにすることで実現した。

5.1 計算機環境

本三次元グラフィックス表示機能の計算機環境を以下に示す。

ハードウェア

ワークステーション Sun SPARCstation 20 マルチ CPU、メモリー 128M、Solaris 2.3、FORTRAN コンパイラ、C コンパイラ

グラフィックスアクセラレータ Freedom 1050

概要：Sun SPARCstation 用高性能グラフィックスアクセラレータ。グラフィックス性能は、500キロトライアングル（25ピクセル）で、1秒間に500ポリゴン描画可能である。

ソフトウェア

AVS (Application Visualization System)

概要：数値データのグラフィック化をほとんどノンプログラミングで実行するシステムである。ユーザは、AVS に様々なアプリケーションから発生したデータを

注入するだけでよい。後は、メニューとマウスなどの簡単な操作で望みのグラフィック化ができる。

本三次元グラフィックス表示機能では、AVS が三次元カラーグラフィックスを描画するのに、SPARCstation 20 のグラフィックライブラリーではなく、Freedom のグラフィックライブラリーを使う。これにより、描画スピードが格段に速くなり、表示できる色もフルカラーが使えることとなった。

5.2 三次元グラフィックス基本構成機器

PWR 型原子力プラントの基本構成機器を実プラント機器にできるだけ近い形状、相対的大きさで作成した。基本構成機器は16種類、34個用意してある。必要データ量は機器により異なり、数十バイトから50キロバイトである。作成した機器の全体配置の様子を図 27 (p. 35) に示す。図においては、格納容器をワイヤーフレーム表示とし、格納容器内部の機器が見える様にした。

表示には、形状表示（機器の形状のみ）と状態量表示（温度・流量・圧力などの状態量）の2種類を作成した。前者は、プラントを構成する全部の機器について用意してある。後者は、状態量を表示する必要のある機器（格納容器、圧力容器、蒸気発生器、配管、ポンプ、炉心部等）について、状態量の分布が分かるように機器の表面に塗りつぶしコンター図として表示する様になっている。圧力容器、蒸気発生器には内部の状態量表示データがあり、蒸気発生器、加圧器、逃がしタンクには、内部の水位を表示するためのデータが用意されている。表 4 に、基本構成機器一覧表を示す。

すべての機器に対して、削除、拡大、縮小、三次元任意方向への移動・回転を行うことができ、面表示の他ワイヤーフレーム表示への切り替えができる。主要機器については、形状・状態量表示の切り替え、状態量データの取り込み、内部状態量の表示、透過・半透過表示の各種機能が与えられている。図 28 (p.36) はこれらの機能を活用した表示例である。蒸気発生器は半透過表示となっており、内部の水位がわかる。加圧器はワイヤーフレーム表示となっており、これも内部の水位がわかる。圧力容器は半透過表示で、内部の炉心部、制御棒が見える。また、炉心熱出力、電気出力等のプラント全体にわたる量も、画面左上方のメータにより表示されている。

更に、視点の移動を任意の方向に行うことができ、プラント内のいわゆるウォークスルーが行える。その際、クリッピングの範囲を適切に設定しておいて、視点の移動につれて機器がクリッピングの面で切れ内部が見える様にする事ができる。

5.3 三次元グラフィックス表示 インターフェイス部

これらの三次元グラフィックスデータの操作は、

表-4 三次元グラフィックス機能の基本構成機器

機器	形状表示	内部断面表示	状態量表示				データ量 (キロバイト)
			温度	圧力	流量	開閉度	
格納容器	○						13
圧力容器	○	○	○	○	○		26+13*
燃料棒	○		○				7
制御棒	○		○				31
制御棒駆動装置	○						16
蒸気発生器 (3個)	○	○	○	○	○		17+9*,**
加圧器	○	○	○	○	○		16+9*
一次冷却系ポンプ (3個)	○		○		○		19**
二次冷却系ポンプ (3個)	○		○		○		19**
一次冷却系パイプ	○		○	○	○***		70
二次冷却系パイプ	○		○	○	○***		64
タービン発電機	○						48
復水器 (3個)	○						8**
体積制御タンク	○		○		○		16
充填ポンプ	○				○		19
充填制御バルブ (3個)	○					○	9**
抽出制御バルブ (3個)	○					○	9**
加圧器逃がしタンク	○		○		○		16
加圧器安全バルブ	○					○	7
主給水制御バルブ (3個)	○					○	9**
主蒸気隔離バルブ (3個)	○					○	9**
蒸気加減バルブ	○					○	9

- ・ +で加算されている数字は、内部断面表示のデータ量を示す
- ** 複数個ある機器は、1個あたりのデータ量を示す
- *** パイプの流量は、色で、それ以外の機器の流量は、水位で示す

AVS 自身が持っている GUI でも行うことができる。しかし、必要のないメニュー機能があること、メニューの階層が多すぎること、キーボード入力を避けたいことから、図 29 に示すメニュー構造を持った本機能専用の操作部を作成し、以下の特徴を持たせた。

- (1) 常に主メニューが表示されている。
- (2) すべての操作をマウスクリックのみで行える。
- (3) ウォークスルーの移動の指定が、マウスクリックで簡単にできる。
- (4) 事前に設定した視点位置への移動が瞬時に可能。
- (5) 過去の視点位置を再現できる。

以下、図 29 に示すメニューに沿って操作の概略説明を行う。

主メニューにおける COMPONENT をクリックすると reactor, pumps, pipes のサブメニューが現われる。それぞれのメニューの下には個々の機器名が分類されて列挙されている。この機器名をクリックすると、更にサブメニューが現われる。data により機器形状に温度・圧力等の状態量を重ねて色彩表示することを指定する。wire frame により機器のソリッド表示とワイヤフレーム表示の切り換えが行える。transparency のスライダーにより機器表面の透明度を 0 から 1.0 の間で任意に設定でき、機器内部状態が観察できる。機器を良く観察するため移動量をスライダーにより指定し自由に取り出すことができる。また、reset により移動された機器を瞬時にもとの位置に戻せる。

主メニューにおける INSIDE STATES をクリックすると reactor, steam generator 1, 2, 3 が現われ、それぞ

れの機器の内部状態量を観察するための断面位置の指定が行える。I, J, K-Axis により切断面方向として縦、横の選択が行え、slice plane により切断面の位置を移動することができる。

主メニューにおける WALK THROUGH をクリックするとウォークスルーに関するメニューが現われる。ここに示したメニューを用いて視点位置をプラント内において移動させて行く。視点の移動方法の指定は、キーボードからの数値入力を用いることなく、メニューにあるボタンのマウスクリックにより行う。X, Y, Z-Axis により移動、回転を行う軸の指定を行う。Translate, Rotate は動きの種類（移動、回転）の選択で Forward, Backward により正・負の移動方向の指定を行う。Large, Medium, Small により移動量として（大、中、小）を選択する。Sub Windows により図 28 における右上方に小画面を生成し、過去に行った操作 4 回前までの視点位置からの眺めを表示できる。

プラント状態を監視する際に、何度も用いる様な視点位置は、適切な名前を付けて保存し、特定の視点位置として設定できる。あらかじめ登録された視点位置名を Read matrix file により読み込むと瞬時に視点位置が移動する。また、新たに視点位置を登録したいときは Write matrix file により登録する。

前節で述べた通り、各機器の状態量は、その表面もしくは内部断面に沿って表示される。また、配管を除く主要な機器は、流量と水位が機器の内側に三次元表示される。そこで、表示したい機器および状態量を選択するためのメニューが図 30 に示すように用意されている。こ

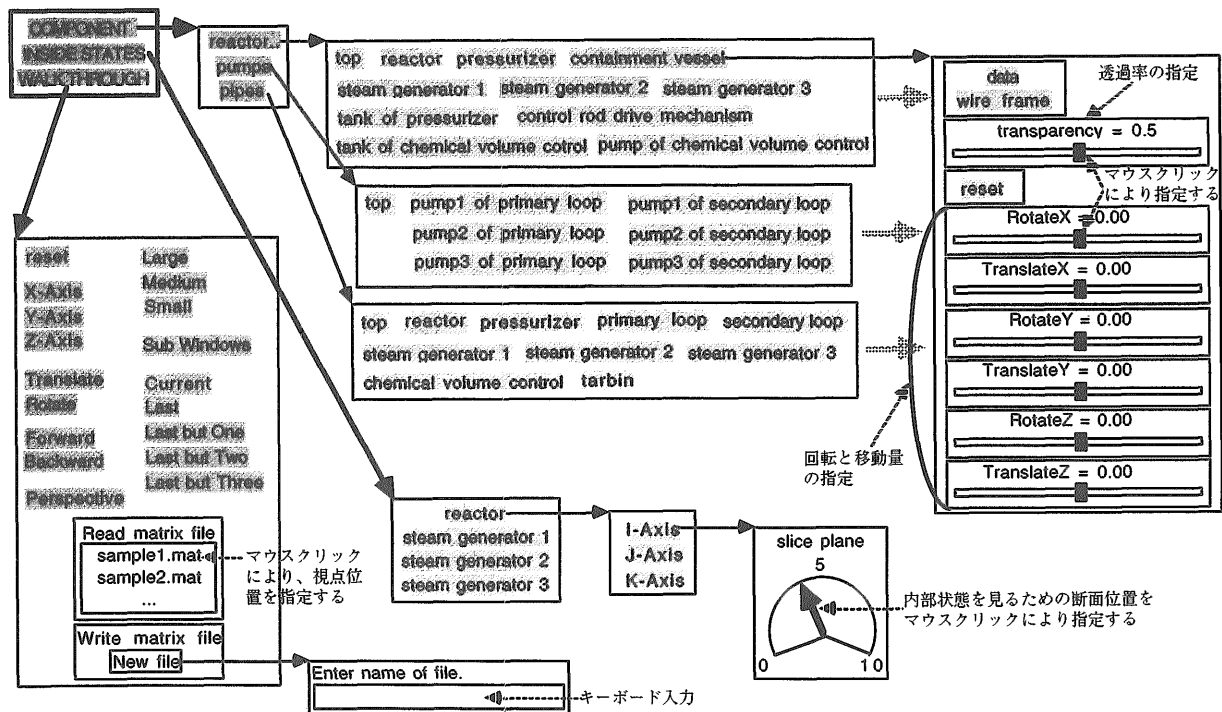


図-29 インターフェイスメニュー