

# 原子炉シミュレーションゲーム Hide-yoshi マニュアル

東北大学大学院工学研究科  
遠藤秀樹 吉川崇倫

平成 17 年 10 月

# 目次

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第 1 章 はじめに               | 1  |
| 第 2 章 Hide-yoshi の概要     | 2  |
| 2-1 動作環境 . . . . .       | 2  |
| 2-2 シミュレーション手法 . . . . . | 2  |
| 2-3 ユーザインタフェース . . . . . | 7  |
| 2-4 ディレクトリ構造 . . . . .   | 8  |
| 第 3 章 制御パネルの説明           | 10 |
| 3-1 操作パネル . . . . .      | 10 |
| 3-2 環境設定パネル . . . . .    | 11 |
| 第 4 章 運転方法               | 15 |
| 4-1 操作ボタン配置 . . . . .    | 15 |
| 4-2 操作方法 . . . . .       | 16 |
| 第 5 章 Hide-yoshi の入出力データ | 22 |
| 5-1 運転結果プリント . . . . .   | 22 |
| 5-2 原子炉データファイル . . . . . | 24 |
| 5-3 ゲームデータファイル . . . . . | 34 |
| 第 6 章 VI 構造              | 38 |
| 第 7 章 バージョン情報            | 41 |

## 第 1 章 はじめに

現在日本では、国内電力の約三割を原子力発電によってまかなっている。この原子力発電は、石油・石炭などの化石燃料による発電に比べ、高い経済性を有する点、発電時に二酸化炭素を排出しない点からその有用性はゆるがしがたく、今後も着実な利用を図っていく必要がある。しかしながら、原子力発電では核分裂物質を利用するがゆえに、臨界事故への不安感や核兵器への恐れなどから、唯一の被爆国である日本国民には受け入れがたいものとなっている。また、我々の日常生活に欠かすことのできない電力についてあまり興味をもたれていないことも大きな問題である。

そのため、現在様々な形で原子力発電を受け入れてもらうための努力がなされている。例えば、インターネットで原子力発電の原理をわかりやすく解説するウェブサイトや、バーチャル空間で原子力発電所を見学することができるもの、実際の原子力発電所の見学、定期的な地域住民への説明会などが積極的に行われている。これらの努力により、世間に少しながらではあるが「原子力発電」が浸透してきているものと思われる。しかしながら、原子力発電で用いる放射線（中性子線）というものは目に見えないこともあり、原子力発電所の発電原理は理解しにくいものになっている。

そこで、原子力発電をより身近に感じてもらい、発電原理の理解の手助けを目的とした、原子力発電所の運転を体験することができる「原子炉シミュレーションゲーム Hide-yoshi<sup>(1)</sup>」の開発を行った。Hide-yoshi は制御棒位置および再循環ポンプ流量を操作することによって、原子炉の運転を体験することができるゲームである。計算理論としては、基本的には一点炉動特性方程式を解くことで計算を行っており、その他に近似式（非常に不正確）を用いることで冷却水温度、炉内ボイド率などの計算も行っている。また、操作パネルには GUI（グラフィカルユーザインタフェース：Graphical user interface）を用い、直感的で簡単にリアルタイムで操作ができるような工夫をなしている。この Hide-yoshi をきっかけとして、原子力発電ならびに炉物理の分野に興味を持つきっかけとなることを期待する。

---

<sup>(1)</sup> HIDEki and YOSHikawa's nuclear reactor simulation game version 1.00

## 第 2 章 Hide-yoshi の概要

### 2-1 動作環境

原子炉シミュレーションゲーム Hide-yoshi は WindowsXP 上で開発が行われた。開発言語は National Instruments 社製の LabVIEW7.1 を用いている。Hide-yoshi は Windows2000/XP 上での動作が確認されており、Hide-yoshi を実行するためには別途 LabVIEW ランタイムエンジンをインストールする必要がある。Hide-yoshi の推奨動作環境を表 2.1 に示す。本コードではレジストリは使用していないため、Hide-yoshi.exe を実行するだけでコードが動作し、アンインストールについても Hide-yoshi.exe を削除するだけでよい。また、Hide-yoshi の操作にはテンキーを用いるため、テンキーの付いたキーボードおよびテンキーが必要である。運転結果を印刷したい場合には別途プリンターが設置されている必要がある。

表 2.1 Hide-yoshi 推奨動作環境

|         | 最低動作環境                    | 推奨動作環境             |
|---------|---------------------------|--------------------|
| OS      | Windows2000/XP            |                    |
| CPU     | PentiumIII 1.4GHz 以上      | Pentium4 2.4GHz 以上 |
| メモリ     | 256MB 以上                  | 512MB 以上           |
| ハードディスク | 50MB 以上の空き容量              |                    |
| 周辺機器    | マウス/キーボード/テンキー/プリンター      |                    |
| その他     | LabVIEW ランタイムエンジンインストール済み |                    |

### 2-2 シミュレーション手法

#### 2-2-1 一点炉動特性方程式

Hide-yoshi は一点炉動特性方程式を計算することで原子炉内の物理仮定のシミュレーションを行っている。一点炉動特性方程式とは簡易な動特性計算手法として広く用いられているものである。

$$\frac{dn(t)}{dt} = \frac{k(t)(1 - \beta) - 1}{l} n(t) + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i(t) \quad (2-1)$$

$$\frac{dC_i(t)}{dt} = \frac{k(t)}{l} \beta_i n(t) - \lambda_i C_i(t) \quad (i = 1 \sim 6) \quad (2-2)$$

ここで

- $n(t)$  : 中性子密度 (n/cm<sup>3</sup>)
- $C_i(t)$  : 遅発中性子先行核濃度 (n/cm<sup>3</sup>)
- $k(t)$  : 実行増倍率
- $l$  : 即発中性子寿命 (sec)
- $\beta$  : 遅発中性子割合
- $\beta_i$  : 各群の遅発中性子割合
- $\lambda_i$  : 各群の遅発中性子崩壊定数 (sec<sup>-1</sup>)

また、次式のような形で表されることもある。

$$\frac{dn(t)}{dt} = \frac{\rho(t) - \beta}{\Lambda} n(t) + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i(t) \quad (2-3)$$

$$\frac{dC_i(t)}{dt} = \frac{\beta_i}{\Lambda} n(t) - \lambda_i C_i(t) \quad (i = 1 \sim 6) \quad (2-4)$$

ここで

- $\rho(t)$  : 反応度 (pcm)
- $\Lambda$  : 即発中性子世代時間 (sec)

$\rho$  は反応度と呼ばれ、基本的に実行増倍率が 1 からどれだけずれているかを表す量である。

$\rho$  および  $\Lambda$  は次式で定義される。

$$\rho = \frac{k - 1}{k} \quad (2-5)$$

$$\Lambda = \frac{l}{k} \quad (2-6)$$

また、反応度  $\rho$  についてはドル (\$) という単位が使われることがあり、反応度がちょうど  $\beta$  となる反応度を 1\$ として定義し、変換式は次式のようになる。

$$\rho(\$) = \frac{\rho(\text{pcm})}{\beta} \quad (2-7)$$

また、 $\beta_i$  の代わりに  $\alpha = \beta_i / \beta$  という相対収率が用いられることもある。

## 2-2-2 パラメータ変換

### 制御棒 - 増倍率変換

Hide-yoshi では制御棒位置と増倍率の間には線形の関係があるとして、制御棒 - 増倍率変換を行っている。Hide-yoshi では 3 本の制御棒を制御することができ、それぞれの制御棒価値および制御棒全引抜時の増倍率（炉心最大増倍率）を外部ファイルで入力することで変換を行う。変換式を式（2-8）に示す。

$$k = k_{max} - (k_{CR1} \cdot CR1 + k_{CR2} \cdot CR2 + k_{CR2} \cdot CR2) / 100 \quad (2-8)$$

ここで、

- $k$  : 制御棒位置に対応した増倍率
- $k_{max}$  : 全ての制御棒を引き抜いたときの増倍率（炉心最大増倍率）
- $k_{CRi}$  : 各制御棒の制御棒価値
- $CRi$  : 各制御棒の制御棒位置（%）（100%で全挿入）
- $i$  : 各制御棒に対応した番号

この制御棒位置と増倍率が線形の関係にあるという仮定には大きな近似がなされている。実際には制御棒位置によってその価値が変わることが普通であり、今後この関係をフィッティングの式などによりより正確な変換が行えるように改良する必要があると考えられる。

#### 燃料温度、冷却材温度、ボイド率変換

Hide-yoshi では一点炉動特性方程式で計算された中性子密度を用いて燃料温度、冷却材温度、ボイド率を計算している。しかしながら、熱伝導方程式などの熱水力関係の正確な計算は行っていない。それぞれのパラメータの算出方法を以下に示す。

まず、中性子密度は熱出力に比例する。これは以下の関係式より与えられた関係である。

$$P = \nu \Sigma_f v n \quad (2-9)$$

ここで、

- $P$  : 熱出力 (Wt)
- $n$  : 中性子密度 ( $n/cm^3$ )
- $v$  : 中性子速度 (cm/sec)
- $\nu$  : 熱出力変換係数
- $\Sigma_f$  : 核分裂断面積

これより、

$$P = A \cdot n \quad (2-10)$$

- $A$  : 中性子密度 - 熱出力変換係数

として、Hide-yoshi では比例定数  $A$  を入力することにより中性子密度 - 熱出力変換を行う。

この熱出力および入力値である再循環ポンプ流量（%）を用いて燃料温度、冷却材温度、ボイド率を求める。まず、燃料温度は熱出力に比例し、流量に反比例すると仮定し、以下のような近似式を用いることで変換を行う。

$$T_{fuel} = B \frac{P}{\omega} + \beta \quad (2-11)$$

ここで、

|            |                    |
|------------|--------------------|
| $T_{fuel}$ | : 燃料温度 ( )         |
| $P$        | : 熱出力 (Wt)         |
| $\omega$   | : 再循環ポンプ流量 (%)     |
| $B$        | : 燃料温度変換係数 (比例係数)  |
| $\beta$    | : 燃料温度変換係数 (オフセット) |

冷却材温度は燃料温度に比例するとして以下の近似式を用いることで変換を行う。

$$T_{mod} = CT_{fuel} \quad (2-12)$$

ここで、

|            |             |
|------------|-------------|
| $T_{mod}$  | : 冷却材温度 ( ) |
| $T_{fuel}$ | : 燃料温度 ( )  |
| $C$        | : 冷却材温度変換係数 |

最後に、ボイド率は燃料温度に比例し、流量に反比例すると仮定し、以下のような近似式で変換を行う。

$$Void = D \frac{T_{fuel}}{\omega} + \gamma \quad (2-13)$$

ここで、

|            |                    |
|------------|--------------------|
| $Void$     | : ボイド率 (%)         |
| $T_{fuel}$ | : 燃料温度 ( )         |
| $\omega$   | : 再循環ポンプ流量 (%)     |
| $D$        | : ボイド率変換係数 (比例係数)  |
| $\gamma$   | : ボイド率変換係数 (オフセット) |

これらの変換方法は大きな近似 (かなり不正確) であるため、今後より正確な熱水力数理モデルを構築し計算を行うスキームを作成する必要があると考えられる。

## ペリオド算出

原子炉の運転ではしばしばペリオドというパラメータが議論される。このペリオドとは、原子炉の出力 (中性子密度または熱出力) が  $e$  倍または、 $1/e$  になるまでの時間を示すものである。したがって、このペリオドとは時定数を示すパラメータである。Hide-yoshi では瞬時ペリオドを計算し表示を行っている。この瞬時ペリオドは次式で定義されている。

$$\tau = n / \left( \frac{dn}{dt} \right) \quad (2-14)$$

ここで、

|        |                      |
|--------|----------------------|
| $\tau$ | : ペリオド (sec)         |
| $n$    | : 中性子密度 ( $n/cm^3$ ) |
| $t$    | : 時間 (sec)           |

Hide-yoshi ではこの微分方程式をオイラー法を用いることで瞬時ペリオドを算出する。したがって、式 (2-14) は次式のように変換される。

$$\tau = \frac{n_{i+1}}{n_{i+1} - n_i} dt \quad (2-15)$$

ここで、

|           |                                        |
|-----------|----------------------------------------|
| $\tau$    | : ペリオド (sec)                           |
| $n_{i+1}$ | : 次のタイムステップの中性子密度 (n/cm <sup>3</sup> ) |
| $n_i$     | : あるの中性子密度 (n/cm <sup>3</sup> )        |
| $dt$      | : タイムステップ (sec)                        |

このペリオドが短すぎると出力が急激に増加してしまうため危険である。実際の原子炉ではこのペリオドが高すぎると緊急停止 (スクラム) してしまう場合がある。例としては、ペリオド 30 秒で警告、15 秒で制御棒一斉挿入、10 秒でスクラムなどとなっている。

### 2-2-3 反応度フィードバック

原子炉で制御棒位置などを変化させて反応度を変化させた場合、原子炉の出力が変化し、原子炉の温度にも変化が生じる。この温度変化によって反応度に変化がさらに加えられる。この効果は反応度フィードバックと呼ばれる。反応度フィードバックには、温度変化で生じるドップラー反応度フィードバック、原子炉内の密度変化で生じるボイド反応度フィードバック (BWR の場合のみ) Xe などの生成による毒作用反応度フィードバックなどが存在する。反応度フィードバックの概念図を図 2.1 に示す。Hide-yoshi ではこれらのうち、ドップラー反応度フィードバックおよびボイド反応度フィードバックを考慮している。

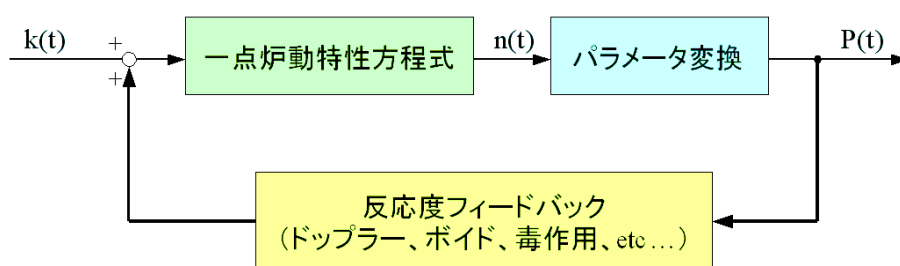


図 2.1 反応度フィードバック概念図

まず、ドップラー反応度フィードバックは次の関係式から求められる。

$$\Delta k_d = E(T_{fuel,i} - T_{fuel,i-1}) \quad (2-16)$$

ここで、

|                |                      |
|----------------|----------------------|
| $\Delta k_d$   | : ドップラー反応度フィードバック    |
| $T_{fuel,i}$   | : あるタイムステップの燃料温度 ( ) |
| $T_{fuel,i-1}$ | : 前のタイムステップの燃料温度 ( ) |
| $E$            | : ドップラー反応度係数         |

また、ボイド反応度フィードバックは次の関係式から求められる。

$$\Delta k_v = F \cdot k (Void_i^2 - Void_{i-1}^2) \quad (2-17)$$

ここで、

|              |                      |
|--------------|----------------------|
| $\Delta k_v$ | : ボイド反応度フィードバック      |
| $k$          | : 増倍率                |
| $Void_i$     | : あるタイムステップのボイド率 (%) |
| $Void_{i-1}$ | : 前のタイムステップのボイド率 (%) |
| $F$          | : ボイド反応度係数           |

#### 2-2-4 計算手法

Hide-yoshi では計算精度、計算時間を考慮し、改良型オイラー法を用いて一点炉動特性方程式の数値解析を行う。改良型オイラー法とは二段で二次の微分方程式の解法である。計算する微分方程式が式 (2-18) で表されるとき、アルゴリズムは式 (2-19) のようになる。

$$\frac{dy(x)}{dx} = f(x, y) \quad (2-18)$$

$$y_{i+1} = y_i + \frac{dx}{2}(a_1 + a_2) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2-19)$$

ここで、 $dx$  は刻み幅 (タイムステップとも呼ばれる) であり、 $a_1$  および  $a_2$  は次式で定義される。

$$\begin{aligned} a_1 &= f(x_i, y_i) \\ a_2 &= f(x_i + dx, y_i + dx \cdot a_1) \end{aligned} \quad (2-20)$$

また、一点炉動特性方程式を解くにあたり  $n(t)$  および  $C_i(t)$  の 7 つの初期値を決める必要がある。初期条件として時間 0 まで原子炉は定常状態で運転されていた ( $dn(0)/dt = 0$ 、 $dC_i(0)/dt = 0$ ) と仮定し、 $n(0)$  を入力値として次式により  $C_i(0)$  を決定する。

$$C_i(0) = \frac{\beta_i}{\Lambda} \frac{n(0)}{\lambda_i} \quad (2-21)$$

### 2-3 ユーザインタフェース

Hide-yoshi ではテンキーを用いて制御棒位置および再循環ポンプ流量を操作することができる。また、画面に表示される操作パネルにはなるべく直感的に操作ができるように配慮したつもりである。さらに、ゲームを行うために必要となる炉心パラメータおよびゲームミッションの設定が全て外部ファイルによる入力となっているため、ユーザ個々に対象とする炉心、ミッションを設定することが可能である。また、ゲームミッションクリア後には運転結果がプリンターで印刷される。

## 2-4 ディレクトリ構造

Hide-yoshi を正常に動作させるためには特定のディレクトリ構造に特定のファイルが存在していなければならない。Hide-yoshi のディレクトリ構造を図 2.2 に示す。また、以下でそれぞれのファイルの意味を簡単に説明する。

**Hide-yoshi.exe** 原子炉シミュレーションゲーム Hide-yoshi の本体。このファイルを実行することで Hide-yoshi が起動する。

**env.txt** Hide-yoshi の環境ファイル。環境設定で設定したパラメータ (Reactor data directory name、Game data directory name、Game data file name、表示パラメータ、プリンタ名) が保存されている。

**A ~ E.bmp** 運転評価スタンプ画像。運転結果をプリンタで印刷するときに表示される各評価スタンプの画像。

**Reactor data/** ゲームで読み込む原子炉データを格納するディレクトリ。

**Reactor data directory/** 原子炉データを保存しておくディレクトリ。ディレクトリ数と名前は任意であるが、このディレクトリ内には以下のファイルが格納されていなければならない。各ファイルの作成方法は「5-2 原子炉データファイル」を参照。

**data.txt** 原子炉データファイル。運転に必要な原子炉の様々なパラメータを入力するファイル。

**reactor.bmp** 原子炉画像。Hide-yoshi に表示される原子炉の画像。

**mask.bmp** マスク画像。原子炉の画像のうち水の部分を白、その他を赤にした画像。

**void.bmp** ボイド画像。上に行くほどボイド量が多くなっているような画像。

**bell.wav** 警告音。原子炉がスクラムになったときなどに流れる警告音。

**water.wav** ボイド音。ボイドが発生する音。

**clear.wav** クリア音。ミッションをクリアしたときに流れるファンファーレ。

**Game data/** ゲームで読み込むゲームデータを格納するディレクトリ。

**Game data directory/** ゲームデータを保存しておくディレクトリ。ディレクトリ数と名前は任意であるが、このディレクトリ内には以下のファイルが格納されていなければならない。各ファイルの作成方法は「5-3 ゲームデータファイル」を参照。

**Game data file.txt** ゲームデータファイル。任意の名前で任意の個数作成可能である。ミッションのクリア条件などを入力するファイル。

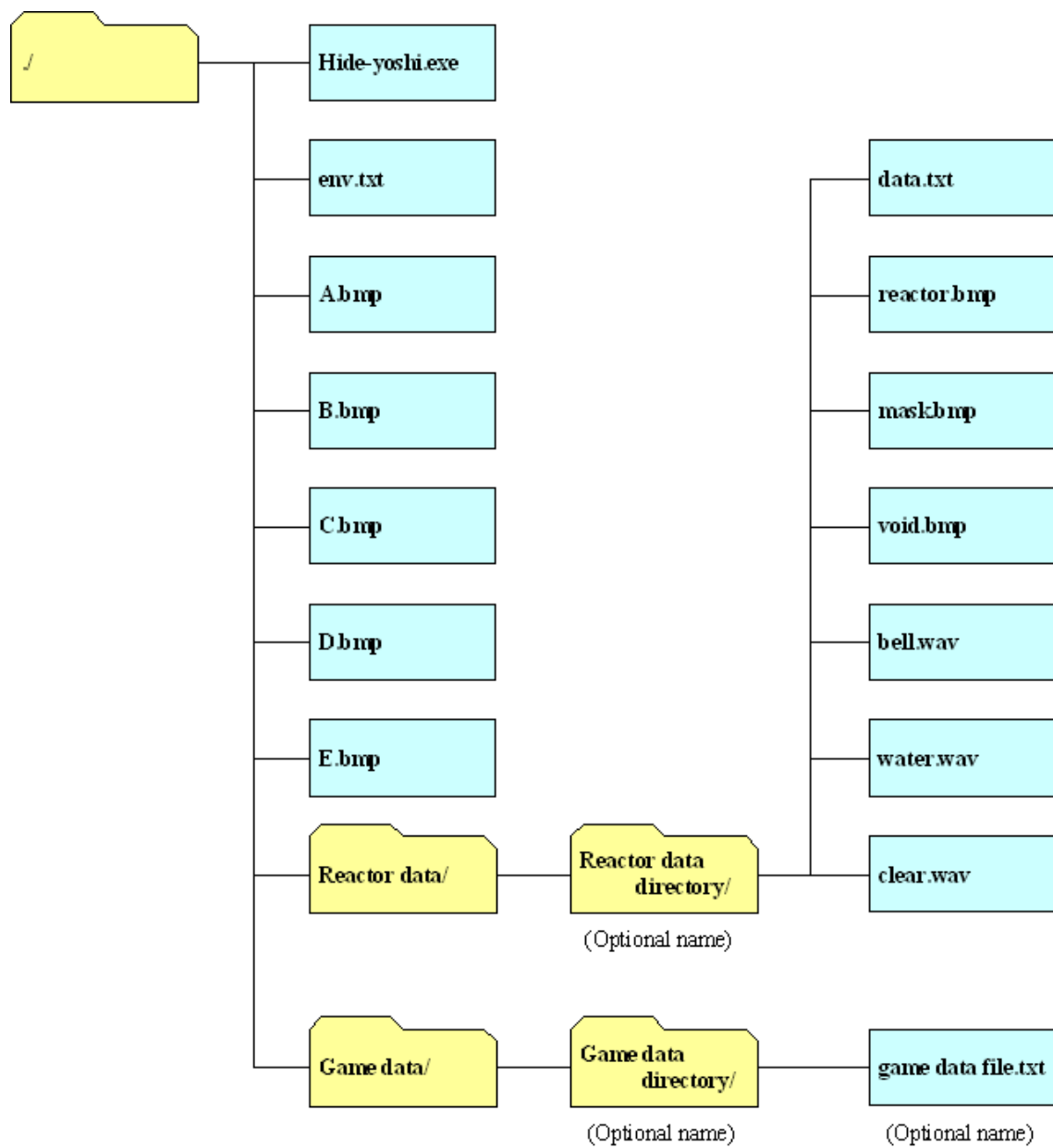


図 2.2 Hide-yoshi のディレクトリ構造

## 第 3 章 制御パネルの説明

### 3-1 操作パネル

操作パネルを図 3.1 に示す。操作パネルには原子炉運転に必要な操作値や原子炉の状態図、運転経過のグラフなどが表示されている。このうち、ペリオドに関しては環境設定によって表示値を変更することが可能である。各ボタン・グラフ・入力・出力の機能を以下で説明する。ここで、以下で説明される番号は図 3.1 中の番号と対応している。

- ① 制御棒割合表示。コントローラ（テンキー）で操作した制御棒の現在の位置を表示する。
- ② 再循環ポンプ流量表示。コントローラ（テンキー）で操作した再循環ポンプの現在の流量を表示する。
- ③ 原子炉状態表示図。現在の原子炉の状態を表示する。表示されている制御棒（緑の棒）はコントローラ（テンキー）での操作に対応して動き、冷却水のボイド（泡）は運転状況に応じて変化し、燃料（赤い棒）の色は燃料の温度に対応して変化する。
- ④ ペリオドグラフ。現在の時間から十秒前までのペリオドの変化のグラフを表示する。ここに表示されるグラフは環境設定によって変更可能であり、ペリオド、増倍率、反応度（\$）、反応度（pcm）から選択できる。また、ペリオドを表示している場合には、警告されるペリオド以下の部分が赤く塗りつぶされている。
- ⑤ 冷却水温度グラフ。現在の時間から十秒前までの冷却水温度（ ）の変化のグラフを表示する。ここで、目標とする温度の部分が水色で塗りつぶされており、この範囲にグラフを収めることでゲームミッションクリアとなる。また、目標値に近くなったとき、グラフが拡大される。
- ⑥ 熱出力グラフ。現在の時間から十秒前までの熱出力（MWt）の変化のグラフを表示する。ここで、目標とする温度の部分が水色で塗りつぶされており、この範囲にグラフを収めることでゲームミッションクリアとなる。また、目標値に近くなったとき、グラフが拡大される。

- ⑦ 熱出力ロググラフ。運転開始から現在までの熱出力 (MWt) の変化のグラフを表示する。ここで、目標とする温度の部分が水色で塗りつぶされており、この範囲にグラフを収めることでゲームミッションクリアとなる。
- ⑧ 現在時間表示。運転を開始してから経過した時間が表示される。
- ⑨ ペリオド表示。現在のペリオドが表示される。ここで、表示される値は環境設定によって変更可能であり、ペリオド、増倍率、反応度 (\$)、反応度 (pcm) から選択可能である。
- ⑩ 冷却水温度表示。現在の冷却水温度が表示される。
- ⑪ 熱出力表示。現在の熱出力が表示される。
- ⑫ スクラムボタン。スクラムが動作しているかどうかが表示されるボタン。
- ⑬ ゲームミッション表示。ゲームミッションが表示される。このミッションを満たすことでゲームクリアとなる。また、スクラムとなった場合、スクラムの種類 (ペリオド短スクラム、出力高スクラムなど) が表示される。
- ⑭ 運転状態表示。現在の運転状態 (正常運転、警告、制御棒挿入、スクラム) が表示される。
- ⑮ 操作メニュー。メニュー内容を以下に示す。

#### 操作

リセット 操作を中断し、最初の状態に戻す。リセット後は自動的に停止状態となっている。(ショートカットキー: Ctrl+R)

停止 (再開) 操作を停止する。再開するときにはもう一度このメニュー (表示は再開に変わっている) を選択する。(ショートカットキー: Ctrl+S)

終了 原子炉シミュレーションゲーム Hide-yoshi を終了する。(ショートカットキー: Ctrl+Q)

環境設定 環境設定パネルを表示する。(ショートカットキー: Ctrl+E)

詳細... 原子炉シミュレーションゲーム Hide-yoshi の詳細を表示する。

## 3-2 環境設定パネル

環境設定パネルを図 3.2 に示す。環境設定パネルでは Hide-yoshi で表示されるペリオドグラフの選択、プリンタの設定、原子炉データファイルの選択、ゲームデータファイルの選択を行うことができる。原子炉データファイルについては「5-2 原子炉データファイル」

を、ゲームデータファイルについては「5-3 ゲームデータファイル」を参照。各ボタン・グラフ・入力・出力の機能を以下で説明する。ここで、以下で説明される番号は図 3.2 中の番号と対応している。

- ① 原子炉データディレクトリ選択。「Reactor data」ディレクトリ下にあるディレクトリのリストが表示される。読み込みたい原子炉データファイルが存在するディレクトリを選択する。
- ② ゲームデータディレクトリ選択。「Game data」ディレクトリ下にあるディレクトリのリストが表示される。これから、読み込みたいゲームデータファイルが存在するディレクトリを選択する。
- ③ ゲームデータファイル選択。ゲームデータディレクトリ下にあるファイルのリストが表示される。これから、読み込みたいゲームデータファイルを選択する。
- ④ 表示グラフ選択。ペリオドグラフに表示するグラフの種類をペリオド、増倍率、反応度 (\$)、反応度 (pcm) から選択する。
- ⑤ プリンタ設定。運転結果を印刷するプリンタを選択する。「デフォルトのプリンタを使用」のチェックボックスをチェックすると、コンピュータで設定されているデフォルトのプリンタを使用する。チェックをはずすと「プリンタ選択」に使用可能なプリンタのリストが表示されるので、その中から使用したいプリンタを選択する。
- ⑥ 設定ボタン。設定を変更してこのパネルを閉じる。
- ⑦ キャンセルボタン。設定を変更せずにこのパネルを閉じる。

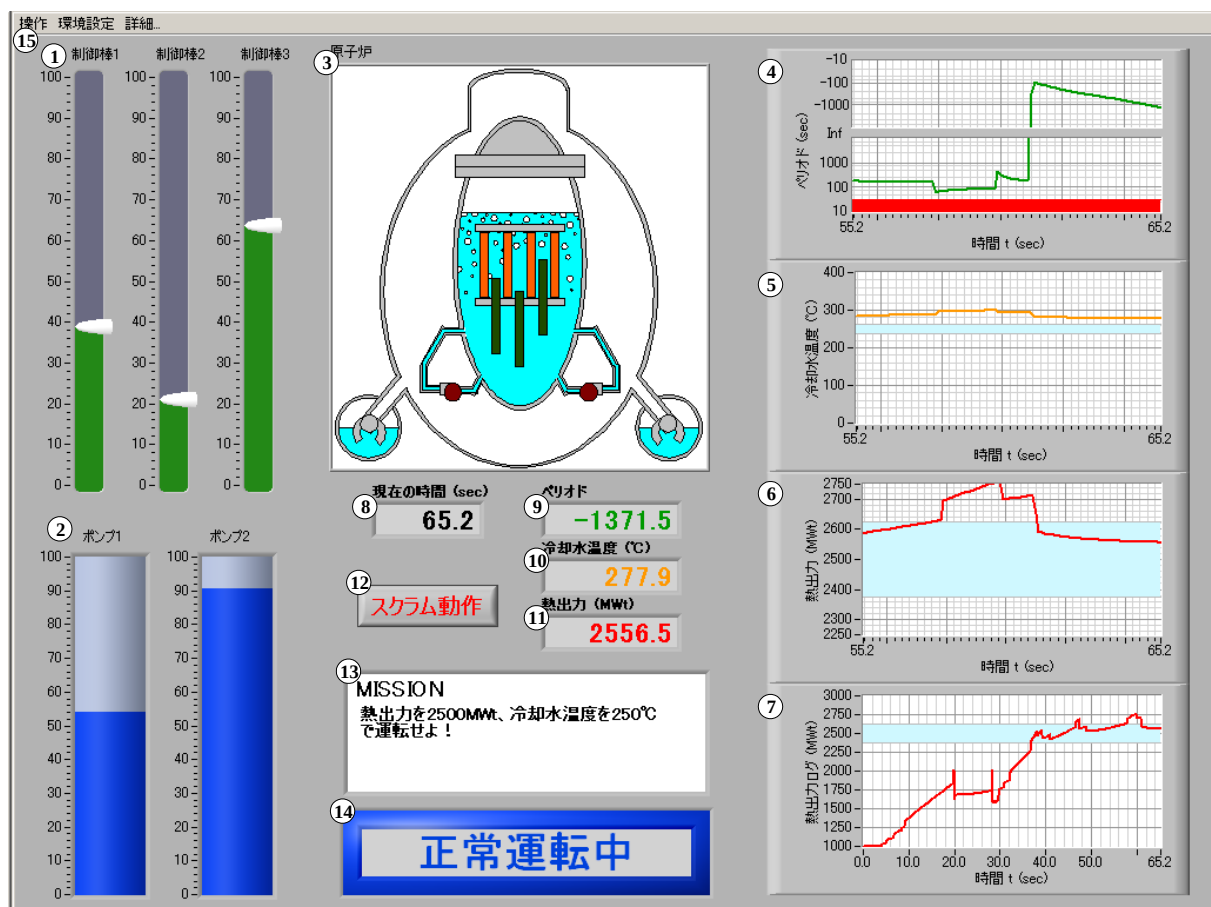


図 3.1 操作パネル

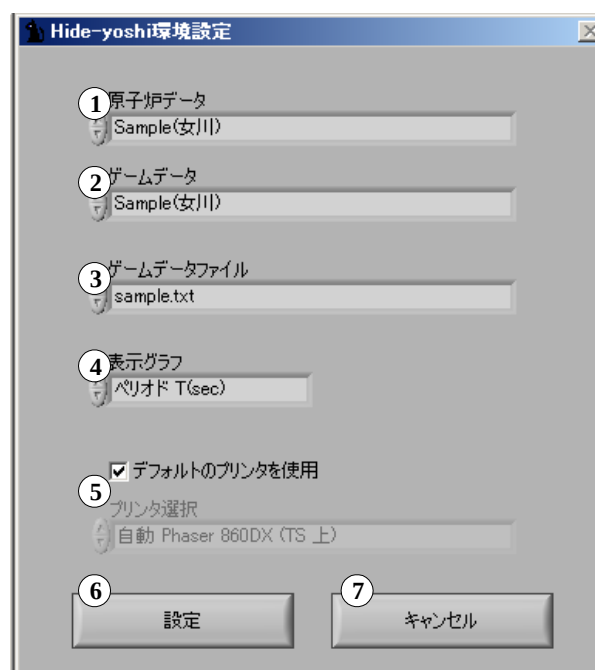
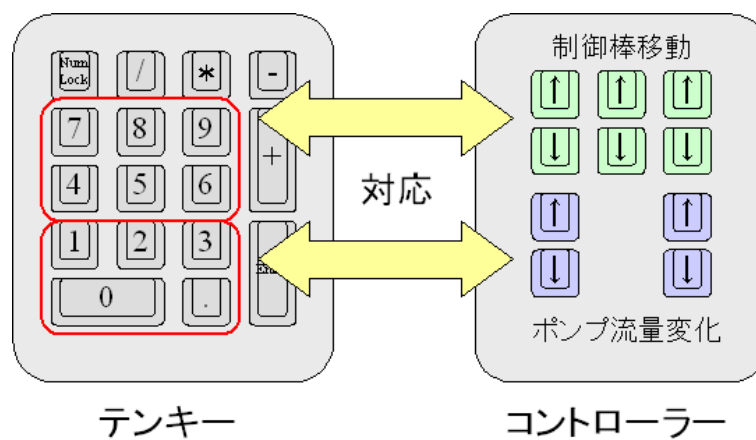


図 3.2 環境設定パネル

## 第 4 章 運転方法

### 4-1 操作ボタン配置

Hide-yoshi ではおもにテンキーを用いて原子炉の運転を行う。操作ボタン配置を図 4.1 に示す。テンキーの [4]、[5]、[6]、[7]、[8]、[9] は制御棒の操作に対応し、[0]、[1]、[3] は再循環ポンプ流量の操作に対応している。また、スクラムになった場合の解除方法は [P] で行う。同様に [P] で手動でスクラムにすることもできる。他に、ショートカットキーとして [Ctrl] + [R] でリセット、[Ctrl] + [S] で停止（再開）、[Ctrl] + [Q] で終了、[Ctrl] + [E] で環境設定となっている。



[P] : スクラムボタン

[Ctrl] + [R] : リセット

[Ctrl] + [Q] : 終了

[Ctrl] + [S] : 停止（再開）

[Ctrl] + [E] : 環境設定

図 4.1 操作ボタン配置

## 4-2 操作方法

Hide-yoshi の基本的な運転方法を以下で説明する。ここで、「第3章 制御パネルの説明」を参照しながら操作することを薦める。

まず、Hide-yoshi を起動する。操作パネルが開いたら、メニューから「環境設定」を選択し ( Ctrl + E ) 環境設定パネルを開く。(図 4.2)

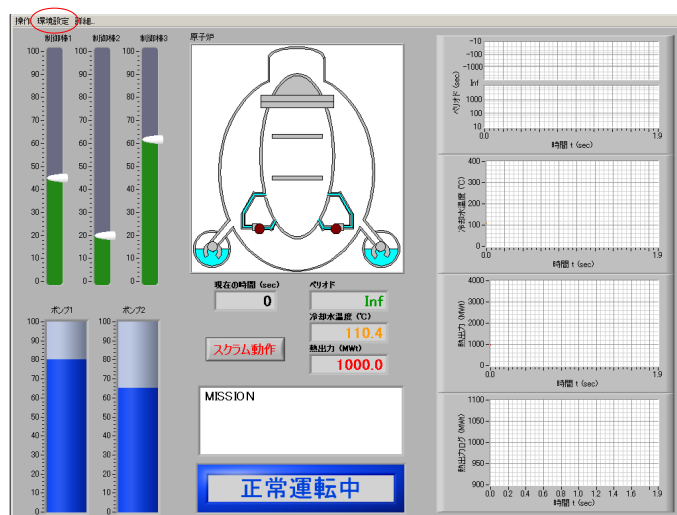


図 4.2 操作方法 [操作パネル](1)

環境設定パネルが開いたら、「原子炉データ」、「ゲームデータ」を選択する。それぞれ「原子炉データ」には「Reactor data」ディレクトリ下にあるディレクトリのリストが、「ゲームデータ」には「Game data」ディレクトリ下にあるディレクトリのリストが表示される。原子炉データファイルについては「5-2 原子炉データファイル」を、ゲームデータファイルについては「5-3 ゲームデータファイル」を参照。(図 4.3)

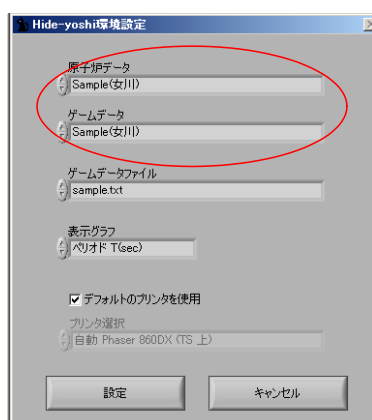


図 4.3 操作方法 [環境設定パネル](2)

次に「ゲームデータファイル」を選択する。「ゲームデータ」で選択されたディレクトリ下にあるファイルのリストが表示される。ゲームデータファイルについては「5-3 ゲームデータファイル」を参照。(図 4.4)

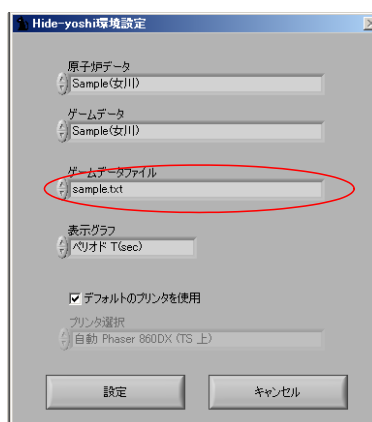


図 4.4 操作方法 [環境設定パネル](3)

「表示グラフ」でペリオドグラフに表示されるグラフの種類を選択する。ここでは、ペリオドグラフおよびペリオド表示に表示される値を「ペリオド」、「増倍率」、「反応度 (\$)」, 「反応度 (pcm)」から選択する。実際の原子炉で表示されている値は通常「ペリオド」であり、デフォルトではペリオドに設定されている。(図 4.5)

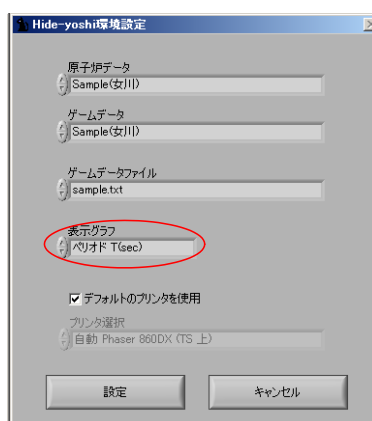


図 4.5 操作方法 [環境設定パネル](4)

次にプリンタの設定を行う。ここでは、運転結果を印刷する際に使用するプリンタを選択する。デフォルトのプリンタを使用する場合には「デフォルトのプリンタを使用」のチェックボックスをチェックすることで設定される。その他のプリンタを使用したい場合には、チェックをはずし、「プリンタ選択」から使用したいプリンタを選択する。(図 4.6)

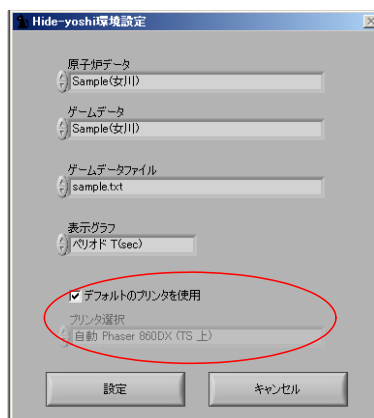


図 4.6 操作方法 [環境設定パネル](5)

環境設定が完了したら、「設定」ボタンを押して設定を変更して操作パネルに戻る。環境を変更せずに操作パネルに戻りたいときは「キャンセル」ボタンを押す。(図 4.7)

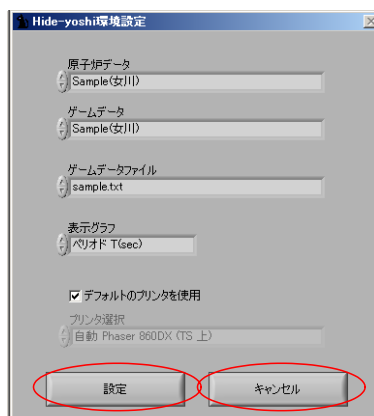


図 4.7 操作方法 [環境設定パネル](6)

環境設定を終了すると Hide-yoshi は停止状態となっているため、メニューから「設定」→「再開」(または **Ctrl** + **S**) を選択する。(図 4.8)

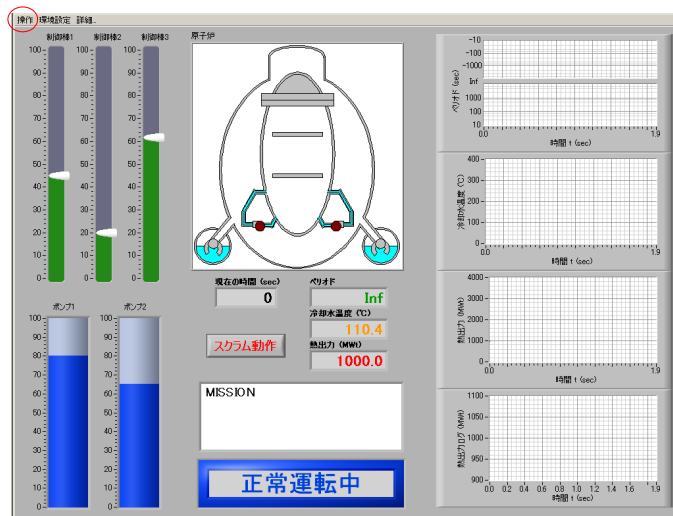


図 4.8 操作方法 [操作パネル](7)

ゲームが始まるので、コントローラー（詳しい説明は「4-1 操作ボタン配置」を参照）で制御棒割合、再循環ポンプ流量を変化させ表示されているミッションをクリアするように運転を行う。ここで、「冷却水温度グラフ」、「熱出力グラフ」では目標とする温度の部分の水色で塗りつぶされており、目標値に近くなるとグラフが拡大される。また、「ペリオドグラフ」では警告される値以下の部分が赤く塗りつぶされている。(図 4.9)

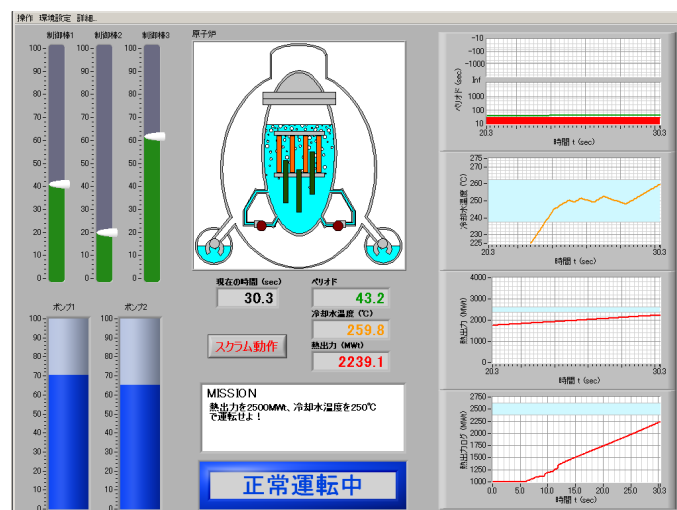


図 4.9 操作方法 [操作パネル](8)

冷却水温度、熱出力ともに目標値に収まり、一定時間経過するとミッションクリアのダイアログボックスが表示される。ここで、目標値、制限時間などのゲームパラメータはゲームデータファイルで変更可能である。詳しくは、「5-3 ゲームデータファイル」を参照。このとき、ミッションクリアのダイアログボックスには「クリアランク」、「クリア時間」、「警告回数」などが表示されており、クリアランクはクリア時間、警告回数によって評価が変わる。

その後、何もせずに操作パネルに戻りたい場合には「戻る」ボタンを、環境設定で設定したプリンタから運転結果を印刷したい場合には「プリント」ボタンを、ゲームをリセットしてやり直す場合には「リセット」を押して操作パネルに戻る。このとき、操作パネルに戻った場合には Hide-yoshi は停止しているので、再開するにはメニューから「操作」→「再開」( Ctrl + S ) を押す。(図 4.10)



図 4.10 操作方法 [操作パネル](9)

ミッションクリアのダイアログボックスで「プリント」ボタンを押すと運転結果が印刷される。運転結果にはクリア時間、警告回数、増倍率グラフ、制御棒操作グラフ、再循環ポンプ操作グラフ、熱出力グラフ、冷却水温度グラフなどが印刷される。詳しくは「5-1 運転結果プリント」を参照。(図 4.11)

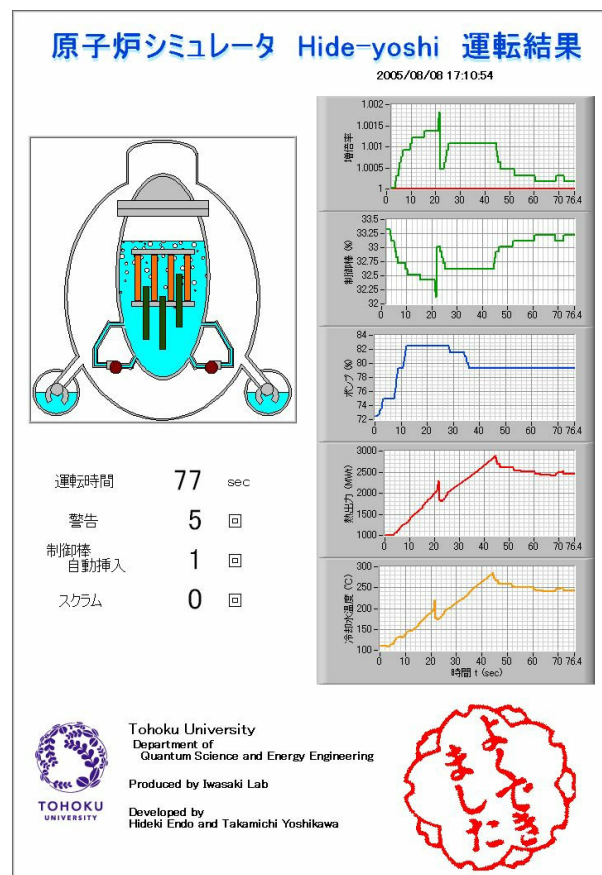


図 4.11 運転結果プリント

## 第 5 章 Hide-yoshi の入出力データ

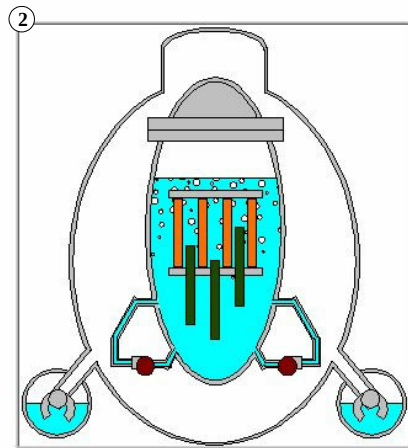
### 5-1 運転結果プリント

ゲームミッションクリア時に表示されるダイアログボックスで「プリント」ボタンを押した場合、運転結果が環境設定で設定したプリンターから出力される。運転結果プリントを図 5.1 に示す。運転結果プリントに印刷されるパラメータを以下で説明する。ここで、以下で説明される番号は図 5.1 中の番号と対応している。

- ① 印刷日時。運転結果の印刷を行った日時を表示する。
- ② クリア時の原子炉状態図。ゲームミッションをクリアした、最終的な原子炉の状態図を表示する。
- ③ 運転結果。運転結果として、運転時間、警告回数、制御棒自動挿入回数、スクラム回数が表示される。これらの結果により運転評価が変わり、⑨の運転評価スタンプのグラフィックも変化する。
- ④ 増倍率グラフ。運転結果として増倍率の変化をグラフ表示する。
- ⑤ 制御棒割合グラフ。運転結果として制御棒割合の変化をグラフ表示する。
- ⑥ ポンプ流量グラフ。運転結果として再循環ポンプ流量の変化をグラフ表示する。
- ⑦ 熱出力グラフ。運転結果として熱出力の変化をグラフ表示する。
- ⑧ 冷却水温度グラフ。運転結果として冷却水温度の変化をグラフ表示する。
- ⑨ 運転評価スタンプ。運転結果の評価をスタンプで表示する。このスタンプのグラフィックは運転結果（運転時間、警告回数など）で変化する。

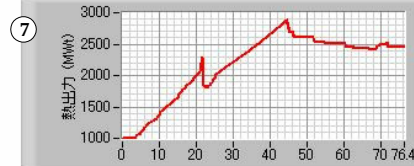
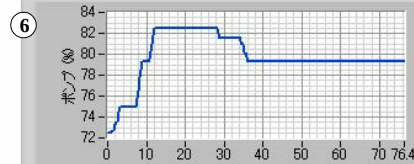
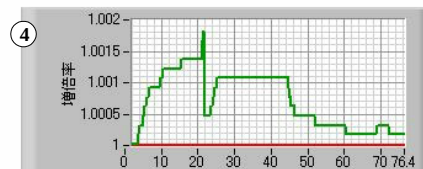
# 原子炉シミュレータ Hide-yoshi 運転結果

① 2005/08/08 17:10:54



③

|             |    |     |
|-------------|----|-----|
| 運転時間        | 77 | sec |
| 警告          | 5  | 回   |
| 制御棒<br>自動挿入 | 1  | 回   |
| スクラム        | 0  | 回   |



Tohoku University  
Department of  
Quantum Science and Energy Engineering

Produced by Iwasaki Lab

Developed by  
Hideki Endo and Takamichi Yoshikawa

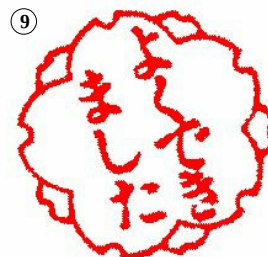


図 5.1 運転結果プリント

## 5-2 原子炉データファイル

Hide-yoshi では原子炉に関するデータ（最大増倍率、制御棒価値、原子炉グラフィックデータ、動特性パラメータ）などを外部ファイルとして用意しておくことで、任意の原子炉のゲームを行えるようになっている。原子炉データファイルとしては、以下に示すようなファイルが必要である。

`data.txt` 原子炉データファイル本体。運転に必要な原子炉の様々なパラメータを入力するファイル。

`reactor.bmp` 原子炉画像。Hide-yoshi に表示される原子炉の画像。

`mask.bmp` マスク画像。原子炉の画像のうち水の部分を白、その他を赤にした画像。

`void.bmp` ボイド画像。上に行くほどボイド量が多くなっているような画像。

`bell.wav` 警告音。原子炉がスクラムになったときなどに流れる警告音。

`water.wav` ボイド音。ボイドが発生する音。

`clear.wav` クリア音。ミッションをクリアしたときに流れるファンファーレ。

以下でこれらのファイルの説明を行う。

### 5-2-1 `data.txt`

このファイルは原子炉データファイル本体である。リスト 5.1 に女川発電所を模擬した `data.txt` ファイルの例を示す。`data.txt` は主に「Reactor data」、「Reactivity coefficient data」、「Graphic data」、「Kinetics parameter data」という4つの部分に分けられる。以下で、各部分について説明を行う。また、これらの部分以外については全てコメントとして扱われる。

#### Reactor data

Reactor data 部には原子炉の増倍率に関する情報および単位変換に必要なデータが書かれている。それぞれ、「最大増倍率」、「各制御棒の反応度価値」、「熱出力変換係数」、「燃料温度変換係数」、「ボイド率変換係数」、「冷却材温度変換係数」である。これらのデータの入力順序は順不同であるが、入力形式が決まっているので注意すること。

「最大増倍率」とは原子炉の最大増倍率のことであり、制御棒を全て抜いたときの増倍率を意味する。入力形式としては「Maximum multiplication factor (`k_max`)」の次の行に値を入力する。

「各制御棒の反応度価値」とは各制御棒を単独で全挿入した場合にどのくらい増倍率が変動するかを意味する。つまり、これらの値を全て足した値で「最大増倍率」を引いたものが原子炉の最低増倍率となる。入力形式としては「Multiplication factor data of three control rod」の次の行から3行各制御棒の反応度価値を入力する。上から制御棒1、2、3に対応している。

「熱出力変換係数」とは一点炉動特性方程式を計算して得られる中性子密度  $n(t)$  を熱出力に変化する係数である。変換方法については「2-2-2 パラメータ変換」を参照。「2-2-2 パラメータ変換」では中性子密度 - 熱出力変換係数  $A$  と表されている。入力形式としては「Power conversion coefficient (number of neutron to power)」の次の行に値を入力する。

「燃料温度変換係数」とは熱出力から燃料温度を算出するときに必要な係数のことである。変換方法については「2-2-2 パラメータ変換」を参照。「2-2-2 パラメータ変換」では燃料温度変換係数（比例係数） $B$ 、および燃料温度変換係数（オフセット） $\beta$  と表されている。入力形式としては「Fuel temperature conversion coefficient (power to fuel temperature)」の次の行に  $B$ 、 $\beta$  の順で値を入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

「ボイド率変換係数」とはボイド率を算出するときに必要な係数のことである。変換方法については「2-2-2 パラメータ変換」を参照。「2-2-2 パラメータ変換」ではボイド率変換係数（比例係数） $D$ 、およびボイド率変換係数（オフセット） $\gamma$  と表されている。入力形式としては「Void conversion coefficient (fuel temperature to void)」の次の行に  $D$ 、 $\gamma$  の順で値を入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

「冷却材温度変換係数」とは燃料温度から冷却材温度と係数を算出するときに必要な係数のことである。変換方法については「2-2-2 パラメータ変換」を参照。「2-2-2 パラメータ変換」では冷却材温度変換係数  $C$  と表されている。入力形式としては「Moderator temperature conversion coefficient (fuel temp to mod temp)」の次の行に値を入力する。

## Reactivity coefficient data

Reactivity coefficient data 部には反応度フィードバックに関するデータが書かれている。それぞれ、「ドップラー反応度係数」、「ボイド反応度係数」である。これらのデータの入力順序は順不同であるが、入力形式が決まっているので注意すること。

「ドップラー反応度係数」とはドップラー反応度フィードバックを算出するときに必要な係数のことである。算出方法については「2-2-3 反応度フィードバック」を参照。「2-2-3 反応度フィードバック」ではドップラー反応度係数  $E$  と表されている。入力形式としては「Doppler reactivity feedback coefficient」の次の行に値を入力する。

「ボイド反応度係数」とはボイド反応度フィードバックを算出するときに必要な係数のことである。算出方法については「2-2-3 反応度フィードバック」を参照。「2-2-3 反

応度フィードバック」ではボイド反応度係数  $F$  と表されている。入力形式としては「Void reactivity feedback coefficient」の次の行に値を入力する。

## Graphic data

Graphic data 部には原子炉画像の表示に関するデータが書かれている。それぞれ、「10%ボイド画像」、「70%ボイド画像」、「制御棒配置」、「燃料配置」である。これらのデータの入力順序は順不同であるが、入力形式が決まっているので注意すること。

「10%ボイド画像」とは原子炉のボイド率が10%のときに表示するボイド画像の位置を設定するものである。入力単位は「ピクセル」であり、原子炉画像の左上端を「0,0」原点として入力を行う。原子炉画像については「5-2-2 reactor.bmp」を、マスク画像については「5-2-3 mask.bmp」を、ボイド画像については「5-2-4 void.bmp」を参照。入力形式としては「Void graphic position data (void 10%)」の次の行に、ボイド画像の左上端が位置する座標を  $x$ 、 $y$  の順で値を入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

「70%ボイド画像」とは原子炉のボイド率が70%のときに表示するボイド画像の位置を設定するものである。入力単位は「ピクセル」であり、原子炉画像の左上端を「0,0」原点として入力を行う。原子炉画像については「5-2-2 reactor.bmp」を、マスク画像については「5-2-3 mask.bmp」を、ボイド画像については「5-2-4 void.bmp」を参照。入力形式としては「Void graphic position data (void 70%)」の次の行に、ボイド画像の左上端が位置する座標を  $x$ 、 $y$  の順で値を入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

「制御棒配置」とは原子炉画像に表示する制御棒の配置を設定するものである。制御棒の画像は Hide-yoshi でこの値から自動で原子炉画像に表示される。入力単位は「ピクセル」であり、原子炉画像の左上端を「0,0」原点として入力を行う。原子炉画像については「5-2-2 reactor.bmp」を参照。入力形式としては「Three control rod position」の次の行から3行各制御棒に対応する制御棒の左上端の  $x$ 、 $y$  座標、右下端の  $x$ 、 $y$  座標の順で入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

「燃料配置」とは原子炉画像に表示する燃料の配置を設定するものである。燃料の画像は Hide-yoshi でこの値から自動で原子炉画像に表示される。入力単位は「ピクセル」であり、原子炉画像の左上端を「0,0」原点として入力を行う。原子炉画像については「5-2-2 reactor.bmp」を参照。入力形式としては「Four fuel rod position」の次の行から4行各燃料に対応する燃料の左上端の  $x$ 、 $y$  座標、右下端の  $x$ 、 $y$  座標の順で入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

## Kinetics parameter data

Kinetics parameter data 部には一点炉動特性方程式の計算に必要な動特性パラメータのデータが書かれている。それぞれ、「即発中性子寿命」、「遅発中性子割合」、「相対収率」、「遅発中性子崩壊定数」である。これらのデータの入力順序は順不同であるが、入力形式が決まっているので注意すること。

「即発中性子寿命」では一点炉動特性方程式の計算に必要な即発中性子寿命のことである。即発中性子寿命については「2-2-1 一点炉動特性方程式」を参照。入力形式としては「Prompt neutron lifetime (l)」の次の行に値を入力する。

「遅発中性子割合」では一点炉動特性方程式の計算に必要な遅発中性子割合のことである。遅発中性子割合については「2-2-1 一点炉動特性方程式」を参照。入力形式としては「Delayed neutron fraction (beta)」の次の行に値を入力する。

「相対収率」では一点炉動特性方程式の計算に必要な各群の相対収率のことである。相対収率については「2-2-1 一点炉動特性方程式」を参照。入力形式としては「Relative yield (alpha<sub>i</sub>)」の次の行から6行にわたって各群の相対収率を入力する。上から1群、2群...、6群となっている。

「遅発中性子崩壊定数」では一点炉動特性方程式の計算に必要な各群の遅発中性子崩壊定数のことである。遅発中性子崩壊定数については「2-2-1 一点炉動特性方程式」を参照。入力形式としては「Delayed neutron decay constants for each group (lambda<sub>i</sub>)」の次の行から6行にわたって各群の遅発中性子崩壊定数を入力する。上から1群、2群...、6群となっている。

リスト 5.1.a data.txt ファイル (p1)

-----  
Hide-yoshi input data of ONAGAWA BWR

2005.6.21 Hideki Endo  
-----

Reactor data

Maximum multiplication factor (k\_max)

1.05

Multiplication factor data of three control rod

0.03

0.09

0.03

Power conversion coefficient (number of neutron to power)

4.466

Fuel temperature conversion coefficient (power to fuel temperature)

45.64 20.00

Void conversion coefficient (fuel temperature to void)

1.280 9.74

Moderator temperature conversion coefficient (fuel temp to mod temp)

0.17  
-----

Reactivity coefficient data

Doppler reactivity feedback coefficient

0.87E-5

Void reactivity feedback coefficient

0.97E-5

リスト 5.1.b data.txt ファイル (p2)

-----  
Graphic data

Void graphic position data (void 10%)

80 30

Void graphic positino data (void 70%)

80 85

Three control rod position

135 205 143 270

155 205 163 270

175 205 183 270

Four fuel rod position

125 141 133 197

145 141 153 197

165 141 173 197

185 141 193 197

-----  
Kinetics parameter data

Prompt neutron lifetime (l)

4.3E-5

Delayed neutron fraction (beta)

0.0072

Relative yield (alpha\_i)

0.033

0.219

0.196

0.395

0.115

0.042

リスト 5.1.c data.txt ファイル (p3)

```
Delayed neutron decay constants for each group (lambda_i)  
0.0124  
0.0305  
0.111  
0.301  
1.14  
3.01
```

### 5-2-2 reactor.bmp

原子炉画像の例を図 5.2 に示す。画像の大きさとしては  $316 \times 343$  ピクセルであり、16 色ビットマップ形式とする。Hide-yoshi に表示される原子炉画像のベースとなる画像である。

### 5-2-3 mask.bmp

マスク画像の例を図 5.3 に示す。画像の大きさとしては  $316 \times 343$  ピクセルであり、16 色ビットマップ形式とする。原子炉画像のうち水の部分を白 (RGB : 0,0,0) 、その他の部分を赤 (RGB : 255,0,0) とした画像である。

### 5-2-4 void.bmp

ボイド画像の例を図 5.4 に示す。画像の大きさとしては  $156 \times 290$  ピクセルであり、16 色ビットマップ形式とする。この画像は上に行くほどボイド量が多くなっているような画像とし、「5-2-1 data.txt」で入力した「10%ボイド画像」と「70%ボイド画像」の位置情報から各ボイドにおける位置 (ボイド率が高いときは画像位置を低い位置、逆にボイド率が低いときは画像位置を高い位置) を計算して表示を行う。

### 5-2-5 bell.wav

0.5 秒程度のスクラムなどになったときになる警告音の wav ファイルである。

### 5-2-6 water.wav

1.0 秒程度のボイドが発生したときになる音の wav ファイルである。

### 5-2-7 clear.wav

ゲームミッションをクリアしたときになるファンファーレの wav ファイルである。長さは任意である。

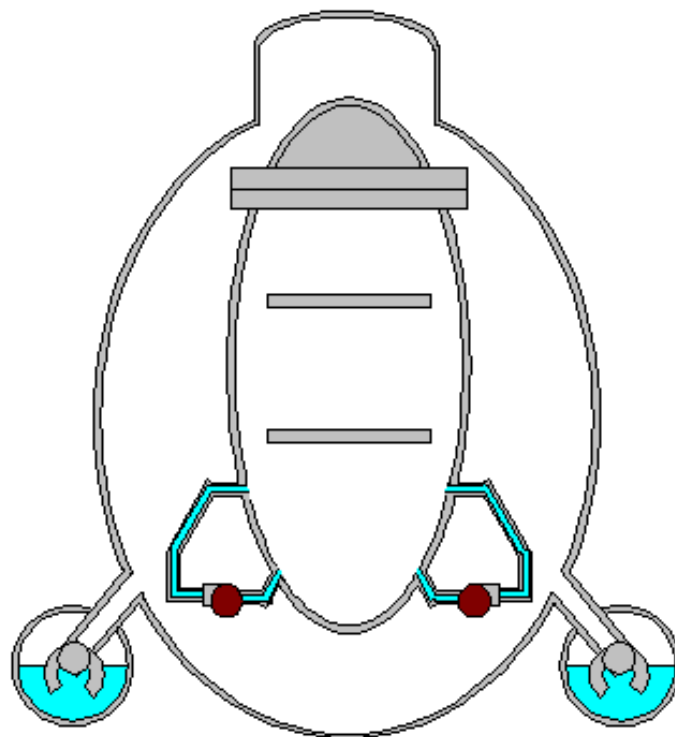


図 5.2 原子炉画像

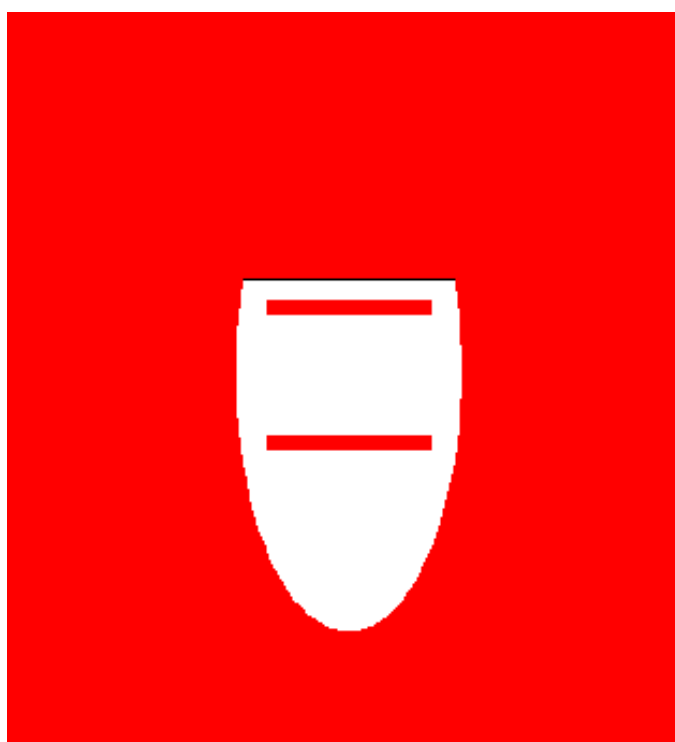


図 5.3 マスク画像

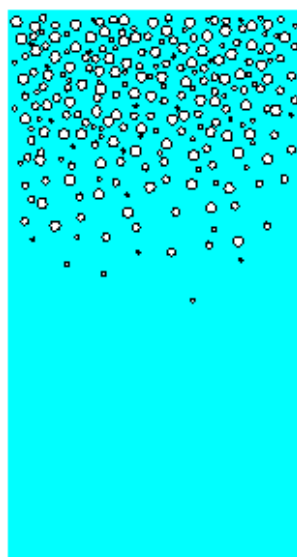


図 5.4 ボイド画像

### 5-3 ゲームデータファイル

Hide-yoshi ではゲームミッションに関するデータを外部ファイルとして用意しておくことで、任意のゲームミッションを作成することができる。リスト 5.2 に女川発電所を模擬したゲームデータファイルの例を示す。ゲームデータファイルは主に「Initial value data」、「Rated operation data」、「Scrum data」という 3 つの部分に分けられる。以下で、各部分について説明を行う。また、これらの部分以外については全てコメントとして扱われる。

#### Initial value data

Initial value data 部には初期熱出力情報および制御棒の移動量情報などのデータが書かれている。それぞれ、「制御棒初期位置」、「再循環ポンプ初期流量」、「熱出力初期値」、「制御棒増加量」、「ポンプ流量増加量」である。これらのデータの入力順序は順不同であるが、入力形式が決まっているので注意すること。

「制御棒初期位置」とは運転を開始したときに制御棒がある位置である。このとき、初期制御棒位置で原子炉が臨界となっていないと、熱出力が大きく変化してしまい最悪の場合にはスクラムとなってしまうので、初期制御棒位置で原子炉が臨界となるように設定すること。入力形式としては「Initial position of control rod」の次の行に制御棒 1、2、3 の順で値を入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

「再循環ポンプ初期流量」とは運転を開始したときに再循環ポンプの流量である。入力形式としては「Initial position of water pump」の次の行に再循環ポンプ流量 1、2 の順で値を入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

「熱出力初期値」とは運転を開始したときの熱出力である。入力形式としては「Initial condition of thermal power」の次の行に値を入力する。

「制御棒増加量」とは一度制御棒を動かした場合に移動する量である。このとき、この値を大きくしすぎるとゲームとして難しくなりすぎクリアできないということになりかねないし、逆に小さくしすぎるとゲームが簡単になりすぎるので、ちょうどよい値に設定すること。入力形式としては「Incremental value of control rod」の次の行に制御棒 1、2、3 の順で値を入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

「ポンプ流量増加量」とは一度再循環ポンプ流量を変化させた場合に移動する量である。入力形式としては「Incremental value of water pump」の次の行に再循環ポンプ流量 1、2 の順で値を入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

## Rated operation data

Rated operation data 部にはゲームミッションの目標値に関するデータが書かれている。それぞれ、「熱出力目標値」、「冷却水温度目標値」、「制定時間」、「制定範囲」である。これらのデータの入力順序は順不同であるが、入力形式が決まっているので注意すること。

「熱出力目標値」とはゲームミッションの熱出力に関する目標値である。入力形式としては「Target value of thermal power」の次の行に値を入力する。

「冷却水温度目標値」とはゲームミッションの冷却水温度に関する目標値である。入力形式としては「Target value of temperature」の次の行に値を入力する。

「制定時間」とはゲームミッションをクリアするために制定範囲内にとどまらなければならない時間である。基本的にはこの値が長いほどゲームミッションとしては難しくなる。入力形式としては「Convergence criterion for time」の次の行に値を入力する。

「制定範囲」とはゲームミッションをくりあするためにとどめなければいけない範囲である。入力単位は目標値からの $\pm\%$ で入力する。基本的にはこの値が小さいほどゲームミッションとしては難しくなる。しかしながら、あまりにも小さい値にするとクリアできないことがあるので注意。入力形式としては「Convergence criterion for range」の次の行に値を入力する。

## Scrum data

Scrum data 部には原子炉スクラムに関するデータが書かれている。それぞれ、「スクラムペリオド」、「スクラム熱出力」、「スクラム冷却水温度」である。これらのデータの入力順序は順不同であるが、入力形式が決まっているので注意すること。

「スクラムペリオド」とは警告、制御棒自動挿入、スクラムとなるペリオドである。入力形式としては「Scrum condition of period」の次の行に警告時間、制御棒自動挿入時間、スクラム時間の順で値を入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

「スクラム熱出力」とは警告、制御棒自動挿入、スクラムとなる熱出力である。入力形式としては「Scrum condition of thermal power」の次の行に警告熱出力、制御棒自動挿入熱出力、スクラム熱出力の順で値を入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

「スクラム温度」とは警告、制御棒自動挿入、スクラムとなる温度である。入力形式としては「Scrum condition of temperature」の次の行に警告温度、制御棒自動挿入温度、スクラム温度の順で値を入力する。このとき、データの区切りにはスペース一つを用いることに注意する。

リスト 5.2.a サンプルゲームデータファイル (p1)

-----  
Hide-yoshi game data of ONAGAWA BWR

Sample

2005.6.30 Hideki Endo  
-----

Initial value data

Initial position of control rod

45.0 20.0 61.6

Initial position of water pump

80.0 65.0

Initial condition of thermal power

1000

Incremental value of control rod

0.5 1.0 0.5

Incremental value of water pump

0.5 0.5  
-----

Rated operation data

Target value of thermal power

2500

Target value of temperature

250

Convergence criterion for time

30

Convergence criterion for range

5

## リスト 5.2.b サンプルゲームデータファイル (p2)

-----  
Scrum data

Scrum condition of period

30 15 10

Scrum condition of thermal power

3000 3500 4000

Scrum condition of temperature

300 350 400

## 第 6 章 VI 構造

Hide-yoshi の VI 構造を図 6.1 に示す。Hide-yoshi はメインとなる VI と機能別に分けられたサブ VI で構成されている。以下で各 VI について簡単に説明する。

Hide-yoshi 原子炉シミュレーションゲーム Hide-yoshi のメインとなる VI

calculate kinetics 一点炉動特性方程式を計算する VI

change scale 冷却水温度グラフ、熱出力グラフのグラフスケールを設定する VI

change unit 増倍率から反応度 ( $\beta$  および pcm) に変換する VI

convergence 運転の目標値への収束判定を行う VI

feed back 反応度フィードバックを計算する VI

initial value 一点炉動特性方程式を解くにあたって、必要となる初期値を準備する VI

conversion 一点炉動特性方程式を解いて得られた中性子密度  $n(t)$  から、熱出力  $P$ 、冷却水温度  $T_{mod}$ 、燃料温度  $T_{fuel}$ 、ボイド率  $Void$  の変換を行う VI

Ci0 一点炉動特性方程式を計算するにあたって、必要である遅発中性子先行核濃度  $C_i$  の初期値を計算する VI

graphics 原子炉の画像を表示する VI

message ゲームミッションクリア時に評価およびクリア時間などを表示するダイアログボックスを表示する VI

period 一点炉動特性方程式の計算結果よりペリオドを算出する VI

print 運転結果のプリントを印刷する VI

read game data ゲームデータファイルを読み込む VI (ゲームデータファイルについては「5-3 ゲームデータファイル」を参照)

read initial ゲームデータファイルから初期パラメータを読み取る VI

read scrum ゲームデータファイルからスクラム条件を読み取る VI

read target ゲームデータファイルからゲームミッションの目標値および制限時間を  
読み取る VI

read input data 原子炉データファイルを読み込む VI ( 原子炉データファイルについ  
ては「5-2 原子炉データファイル」を参照 )

read feed back data 原子炉データファイルから反応度フィードバックに関するパラ  
メータを読み取る VI

read graph data 原子炉データファイルから原子炉画像を読み取る VI

read kinetics parameter 原子炉データファイルから動特性パラメータを読み取る VI

read reactor data 原子炉データファイルから最大増倍率などの様々な原子炉に関す  
るデータを読み取る VI

env 環境設定を行う VI

env file 環境設定ファイルを読み込む VI

Write Characters To File 2 改良された、文字列をファイルに書き込む VI

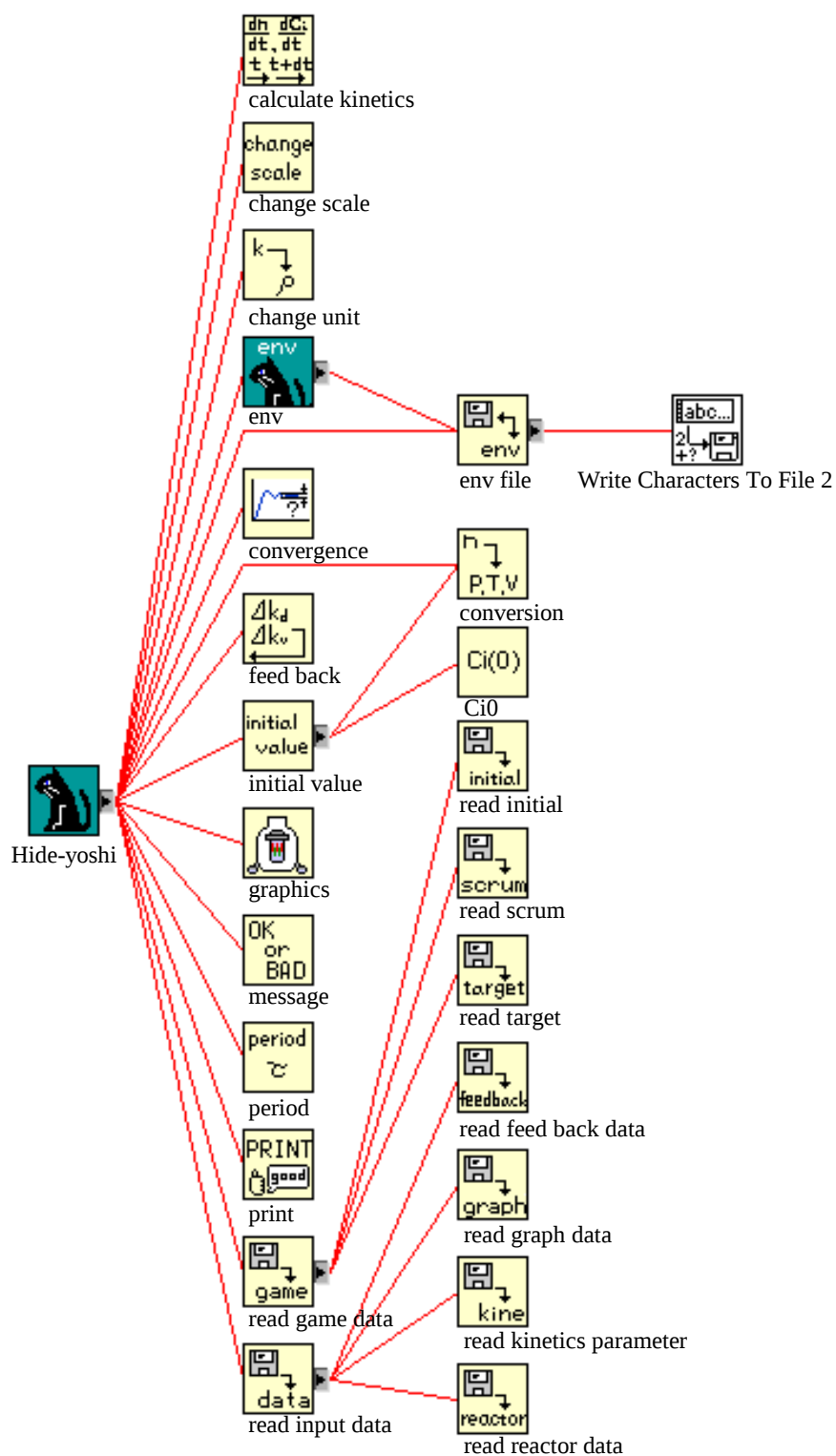


図 6.1 Hide-yoshi の VI 構造

## 第 7 章 バージョン情報

ver.1.00    2005. 7.28    ( 遠藤秀樹   吉川崇倫 )

## 連絡先

東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻  
中性子デバイス工学研究室

遠藤 秀樹 (Hideki Endo)

address : 〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01-2

TEL : 022-795-7909

E-mail : [hide@neutron.qse.tohoku.ac.jp](mailto:hide@neutron.qse.tohoku.ac.jp)

website : <http://www.neutron.qse.tohoku.ac.jp/>

東北大学工学部機械知能・航空工学科量子サイエンスコース  
中性子デバイス工学研究室

吉川 崇倫 (Takamichi yoshikawa)

address : 〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01-2

TEL : 022-795-7909

E-mail : [yoshikawa@neutron.qse.tohoku.ac.jp](mailto:yoshikawa@neutron.qse.tohoku.ac.jp)

website : <http://www.neutron.qse.tohoku.ac.jp/>