

# OmegaLand のコア技術 Visual Modeler

湯本 隆雅・小口 梧郎

Takamasa Yumoto・Goro Oguchi

■ 株式会社 オメガシミュレーション ■

## 1. はじめに

統合ダイナミックシミュレーション環境の連載2回目としてOmegaLandのコア技術プラントモデルモジュールであるダイナミックシミュレータVisual Modelerをご紹介します。Visual Modelerは、プロセスユニット単位の徹底したモジュールアプローチを採用しており、複雑で大規模なプラントのダイナミックモデルが着実に、能率よく開発できる。Visual Modelerの特徴である効率的プラントモデル作成手順、優れたリアルタイムシミュレーション機能、カスタム化が容易な物性計算やユニットモデル対応機能、9月発売の最新版V1.3版の新機能等をご説明する。

## 2. Visual Modeler によるプラントモデル作成手順

Visual Modeler によるプラントモデル作成手順および機能について概要説明する。

### (1) 大規模プラントのプロセス分割

シミュレーションの対象となるプラントモデルを実工程の違い、編集作業効率、開発者の分担、利用される成分物質の違いなどを考慮してプロセスモデルに分割し、並行して効率的にプロセスモデル作成と調整を行うことができる。モデル動作確認段階までは、プロセスモデル単位でのシミュレーションが効率的である。プラント分割の良し悪しで作業効率が左右されることもあるため、大規模なプロセスをシミュレーションする際には、事前にプラントの分割方法を十分検討することが大切である。作成された複数のプロセスモデルは、

1つのプラントモデルとして、同時にシミュレーション実行し最終調整を行う。

### (2) 物質成分と物性計算法の定義

プロセスモデルごとに利用する物質成分のリストを作成する。次に、ユニットやストリームで利用する部分成分リストとエンタルピ、気液平衡係数、密度のような物性値を計算する物性計算方法を定義する。ストリームとは、配管に相当し、ユニット間の物質の流れを表現するものである。必要であれば、計算方法ごとに成分あるいは成分間の物性計算パラメータを変更する(図1参照)。Visual Modeler では、この部分成分系と物性計算方法を組み合わせ「系」と呼んでいる。プロセス内で実際に存在する成分に絞った部分成分系や実際に利用する物質の温度や圧力などに応じて物性計算方法を設定した系を複数定義し、ユニットやストリームごとに使い分けることにより、柔軟かつ高速・高精度の物性計算が可能である。

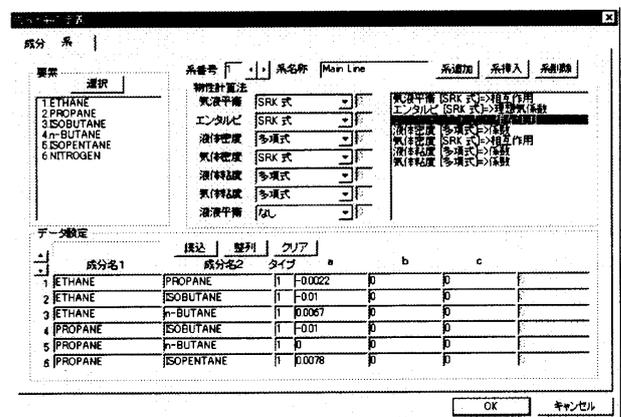


図1 物質成分と系の定義

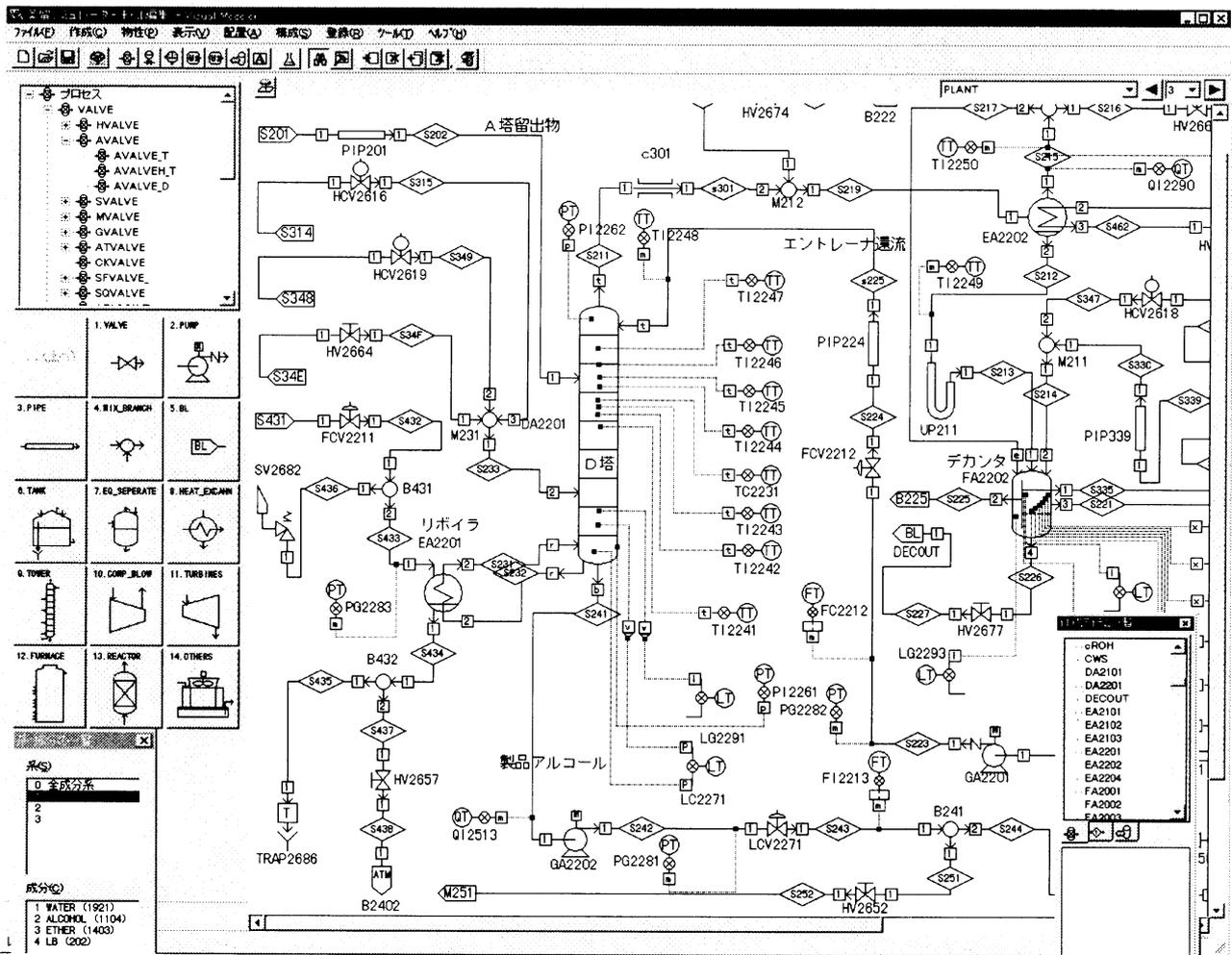


図2 プロセスモデル編集画面

### (3) ユニットの配置

Visual Modeler が標準で用意するプロセスユニットや計装ユニットが登録されたアイテムメニューから、プロセスに合わせて選んで配置する。アイテムメニューは、図2の左端に表示されているように多くのプロセス・計器ユニット(標準ユニットで合計280種類)がツリーメニューで構成されており、PFDに配置する図形を選択可能なメニューである。標準とは別にインストールするオプションユニットやユーザ作成のユニットがあれば、プロセスユニット同様にアイテムメニューから選択できる。Visual Modeler の計装ユニットには、DCS(分散制御システム)相当のPID制御装置、演算器があり、実プロセス同様の制御装置を組み込んだシミュレーションが可能である。

### (4) ストリームを定義

プロセスユニット間に、物質の流れにあわせてストリーム(図2のPFD中でひし形マークのあ

る実線)を定義する。計算効率を上げるために、ストリームを流れる物質の相や流れる方向を限定することができる。

### (5) 信号線の接続

計器等のユニットが、他のユニットやストリームの情報を参照したり、変更する場合には、信号線で接続する。図2のPFD中で「TI2247」計器ユニットと「D塔」蒸留塔ユニットの接続のように、信号線は破線で表現されている。信号線の作成時に、接続先のユニット変数を選択しておく、シミュレーション実行時にその変数値を接続元ユニットから読み書き可能となる。この信号線接続を利用して、他のプロセスモデルのユニット変数やOmegaLandの別の機能モジュール内の変数を参照することもできる。

### (6) ユニット変数の設定

各ユニットに装置の形状、性能などを定義するパラメータ、物性計算用の系番号などのユニット

変数値を入力する。ただし、ほとんどのパラメータにはデフォルト値が用意されているのでこれを利用することができる。入力が終わっていないユニットは、PFD上の図形および作成アイテム一覧のユニット名が黄色く表示されている。作成アイテム一覧は、図2の右下のように作成されたユニット名、ストリーム名などがリストアップされており、ユニットの検索やユニット毎の操作が可能である。

#### (7) シミュレーション実行

前項までの手順で、プラントの編集を行った後、「実行」で実行ウィンドウに移行し、メニューから「起動」、「運転」を選ぶと設定されたタイムスケールでシミュレーションが開始される。バルブユニットの開閉操作量、回転器の起動スイッチの状態や制御装置の設定などに応じて全ユニットの変数、全ストリームの流量、圧力が計算される。PFD上には任意の変数値を1秒周期で更新表示させることができる。さらに、トレンドグラフ、ストリーム表に着目したいユニット変数やストリーム変数の登録を行うと、表やグラフで変数値の変化を確認することができる。

#### (8) シミュレーション設定

ユニットのダイナミクスに時定数の小さなモードがある場合や、制御系のサンプリング周期を変更したい場合、基本モデル周期を設定することができる(基本モデル周期はデフォルトで1秒)。また、時定数の大きなプロセスのシミュレーションを高速に行いたいときや制御系を変更せずに定常状態を見極めたいとき、実時間より高速でシミュレーションするためタイムスケールを2倍、8倍速あるいは無限大などに指定すれば、それぞれ実時間の2倍、8倍あるいはCPUが割り当てる範囲で最大限の速度で実行させることが可能である。

#### (9) 再現機能と自動操作

任意の時点でのプロセス状態を記録して再実行するためのスナップショット作成、ステップバック実行機能と、プロセス状態をVisual Modelerの再実行時に再現するために初期状態ファイルとして保存や読み込みを行う機能がある。また、バックグラウンドでスナップショットファイルを定期的に作成する自動スナップショット機能の利用も可能である。さらに、操作条件と操作内容を記述

した自動操作表を利用すると、プラントの起動など一連の操作を自動的に行うことができる。定型化した操作部分を無人化してシミュレーションしたり、特定条件でスナップショットを取ったり、シミュレーションを一時停止させるなどの制御が可能である。

### 3. リアルタイム性

Visual Modelerは、リアルタイムで大規模かつ精密なダイナミックシミュレーションを実現するための高速な計算能力を備えている。これらの特徴を概要説明する。

#### ●ユニットモデル計算

プロセスモデルに含まれるユニットは多種多様で必要な物性や動特性は大きく異なる。Visual Modelerは、ユニットタイプごとに最適な物性計算方法や動特性計算方法を備えており、かつこうした計算をユニット間の圧流計算と独立して行なうモジュールアプローチを採用している。

#### ●圧流計算

ダイナミックシミュレーションでは、プロセスモデルごとにリアルタイムでユニット間の物質流量と、各ユニットの入出力端での圧力を計算する必要がある。これらの圧流計算とユニット内部計算をプロセス全体に対して行うと収束計算に膨大な時間を要し、ユニット数が多くなるとリアルタイム計算が困難になったり、ユニット時定数と基本実行周期の関係で計算値が不安定になってしまう。Visual Modelerは、ユニット内での動特性計算とは別に、ユニットの特性と状態に応じて定義された圧力と流量の関係式を、プロセス全体で連立して効率的に解き、大規模プロセスのリアルタイムシミュレーションを可能としている。また、この方法で流量や圧力を安定して計算している。

#### ●データアクセス

信号線接続で接続された別ユニットの変数を高速にアクセスするしくみを持っているため、PFD上でのユニット配置はシミュレーション実行時に状態を監視しやすいように効率的に配置することが可能である。異なるプロセスモデル変数値へのアクセスも同様に行えるため、プラントを複数のプロセスモデルへの分割、あるいはOmegaLandシミュレーション機能モジュール間

でのオーバーヘッドは最小限に抑えられている。

#### 4. カスタム対応機能

Visual Modeler には豊富な標準ユニットモデルと物性計算法が用意されているが、ユーザ独自のユニットモデルや物性計算法を容易に追加することができる。ユーザの作成したモデルはライブラリとして複数のプラントモデル間で共用可能である。

##### ●ユーザユニットの作成

Visual Modeler ではユーザユニットを方程式記述言語 EQUATRAN, 手続き型言語 C/C++ のいずれでも簡単に作成し、プロセスに組み込むことが可能である。ユーザによるユニットモデル作成の環境は、標準ユニットモデルと全く同じであり、圧流バランス計算、プロセス変数アクセスあるいは物性計算用の全ての機能が関数として公開されている。詳細は、「ユニットモデル作成マニュアル」に明確な作成手順が説明されており、豊富なサンプルユニットの再利用や拡張が可能である。また、ユニット図形エディタを利用して、ユーザユニットの PFD 表示図形の作成や標準ユニットの図形のカスタマイズが容易に行える。

##### ●ユーザ物性の作成

Visual Modeler は、ユーザによる物質定義、ユーザ関数による物性計算をサポートしており、これによって標準物性値をもとにしたデータ変更、標準物性計算関数を利用した物性計算法の拡張が可能である。詳細は、「物性計算と物性値ライブラリ」マニュアルの解説と物性計算のサンプルを参照することで、ユーザカスタムの物質成分ライブラリや物性計算法を定義し、容易に利用することができる。

#### 5. マニュアル

Visual Modeler ではプロセスモデルを目的に応じて効率的に開発し、調整できるように、日本語で書かれた明解なマニュアルを提供している。

##### ●ユーザユニット作成マニュアル

EQUATRAN, C/C++によるユーザユニット作成手法とサンプルモデルを含んでいる。システムが提供する物性計算関数やモデル演算ライブラリの利用法も記述されているため、実用的なカス

タムユニットを効率的に構築可能である。簡単なユーザユニットの構成と作成例は、文献<sup>1)</sup>に概説されている。

##### ●ユニットモデル利用マニュアル

Visual Modeler には、豊富な標準ユニットやオプションユニットがあり、その全てに詳細な動特性の解説と操作方法の説明がある。これらは、オンラインでも提供されており、シミュレーション実行中にユニット図形のポップアップメニューからいつでも参照可能である。Visual Modeler が備えているユニットタイプに関しては文献<sup>2)</sup>や、ホームページ <http://www.omegasim.co.jp/product/vm> で参照可能である。

#### 6. 新機能

文献<sup>1)</sup>で紹介した V1.1 から、V1.3 までに、操作性、物性計算法、対応プラットフォーム、標準ユニットなど多くの機能が追加されている。その代表的な項目を紹介する。

##### ●SI 単位系システム

これまでプロセスの現場で広く利用されてきたメトリック単位系システムに加えて、SI 単位系標準のシステムを追加した。メトリック単位系でも計器ユニットの表示単位では SI 単位を利用可能であったが、SI 単位系システムでは PFD 画面に表示されるプロセス変数やストリーム変数を SI 単位にすることができるようになった。ユニット、物性ユーザプログラムも SI 単位系で行うことになる。これまでメトリック単位系標準で作成されたプロセスモデルや初期状態ファイルは SI 単位系システムに読み込む時に自動変換可能である。カスタムユニットのコンバートも容易に可能となっている。

##### ●文字列型変数に対応

OmegaLand 機能モジュールとのデータ交換の必要性、モデル記述や状態表現を汎用化に対応するために、ユニット変数を文字列型変数に対応させた(現在は NT 版のみ)。今後、プロセス計算式記述など用途は広い。

##### ●Windows 環境での複数実行

HPUX プラットフォーム同様に、Windows 2000, NT プラットフォームにおいても 1 つの CPU 上で複数の Visual Modeler を起動可能と

した。Windowsのターミナルサービスを利用した複数ユーザが、別々のPCクライアントから同時実行可能となった。もちろん同一モニターで複数のVisual Modelerを実行し、実行状態を比較検討することも容易である。

- 新国際蒸気表の採用

最新の国際蒸気物性計算法であるIAPWS-IF97準拠の高精度な水・スチーム物性計算法を追加した。

- ユニットモデルの増強

熱交換器の機能追加と整理が行われ、より高精度の計算が可能になった。また、バルブの流量計算タイプの追加などユニット機能は増強されている。

- 変数の公開と信号線外部プロセス変数接続 (V1.2での新機能)

変数の公開機能を利用する外部プロセスにその変数情報が公開され、信号線の接続操作で対象プロセス名を指定し、公開変数リストから選ぶことで接続可能になった。

- 1ステップ実行機能(V1.1-dでの新機能)

実行画面で基本実行周期1ステップだけの実行を行う機能がサポートされ、逐次シミュレーション結果を確認することができる。

## 7. Visual Modelerの今後

Visual ModelerはOmegaLand機能モジュールと連携して、今後も機能追加を行っていく。予定されている新機能の一部を紹介する。

- 開発およびエンジニアリング効率向上

大規模プロセスで多くのプロセス変数の設定、変更、調整を容易に行うツールやプロセスモデルのドキュメント作成を支援し、さらに効率的な作業が可能となる。

- 複数画面起動をサポート

実行中のプラントモデルの状態を複数のPFDで監視可能とするために、同一プラントの複数画面起動機能を実現する。

- シーケンスモデル

Visual Modelerのプロセスユニット、センサーユニット、DCSユニットなど豊富なユニットに加え、シーケンスの計算を実現できる仕組みを追加し、プロセスと計装を含めた、より広範囲のシ

ミュレーションをサポートする。

- 物性値ライブラリおよび物性計算法の強化

物性値ライブラリに含まれている標準物質成分を拡大し、サポートする物性計算法を追加し、多様な物性計算要求を満たす。

- 英語版

現在のUNIXプラットフォームVisual Modelerには、英語版が用意されている。今後Windows対応の英語版を利用可能とする。

## 8. おわりに

Visual Modeler V1.3は、Windows NT, Windows 2000, HPUNIXに対応している。今回紹介したようにVisual Modelerは、シミュレーションの対象になるプラントを効率的に編集し、プロセスを監視しながら高精度のシミュレーション実行をすることが可能である。ユニットのダイナミクスを公開していることで、プロセスユニット変数や計装ユニットの調整が容易で、カスタムユニット・カスタム物性の組み込み機能や外部モジュールから公開変数値の参照が可能なオープンインターフェース機能に優れ、エンジニアリング効率の高いダイナミックシミュレータである。今後もOmegaLand機能モジュールと連携して、さらに使いやすいシミュレータモジュールに進化する。

### 参考文献

- 1) 小口悟郎ほか、プラントモデル構築ツールVisual Modeler, ケミカルエンジニアリング, Vol.39, No.11, p.73 (1994)
- 2) 湯本隆雅、進化するダイナミックシミュレータ Visual Modeler, 分離技術, Vol.29, No.6, p.23 (1999)

