

《特集：プラントエンジニアリング支援ツール》

統合ダイナミックシミュレーション環境 OmegaLandとその応用

(株)オメガシミュレーション 横山 克己
Katsumi Yokoyama

1. はじめに

弊社は、ダイナミックシミュレータを用いてプラント運転のいろいろな場面に応用できる統合環境であるOmegaLandを昨年リリースした。すでに本誌でその概要を紹介をした⁽¹⁾が、リリースから約1年を経過し、適用事例も増えてきたこともあり、本稿ではOmegaLandの応用を中心に紹介する。

2. OmegaLandの機能と特長

OmegaLandはダイナミックシミュレータVisual Modelerをコアモジュールとし、それを用いた応用システムを構築するために必要となる機能、たとえばデータベース機能やグラフィック機能、通信機能などを機能単位ごとにモジュール化して整備した統合環境である。それらのモジュールを組み合わせることによって、本稿で紹介する様々なシミュレータを構築することができる。その特長は以下の4つある。

(1) パソコンで動作

従来シミュレータは、エンジニアリング・ワークステーション(EWS)で動作するパッケージが主流であったが、OmegaLandはWindows 2000/NTに対応しており、パソコンで使うことができる。また、Windows技術に準拠しCOM/DCOM、ActiveXなどの最新技術を取り入れている。

(2) 多目的に利用可能なモジュール構造

求められる機能を独立性の高いモジュールにして開発しており、ユーザの多様なニーズに応えられる組み合わせが可能となっている。ユーザは必要なモジュールを購入すればよいのでコストを抑えることができ、必要に応じてモジュールを追加して機能アップする事が容易である。

(3) 高精度のシミュレーションを実現

世界的に見ても最高レベルのダイナミックシミュレ

ータVisual Modelerをコア技術として使用している。なお、Visual Modelerについては他の文献に詳しい解説がある⁽²⁾。

(4) オープンなインタフェース

ユーザがモジュールを開発できるように、モジュール間を接続するインタフェースが公開されており、開発キットが提供される。さらに業界標準のインタフェースであるOPC (OLE for Process Control) に対応している。

ここで出てきた構成モジュールであるが、Basic機能モジュールとOption機能モジュールに大別できる。前者はOmegaLandの応用システムを構築するときに必須となる主要モジュール群であり、後者は運転訓練システムや制御支援システムなど、様々な応用システムを構築するときに選択して利用されるモジュール群である。第1表にその一覧を示した。

3. OmegaLandの応用

3-1 プロセス解析・検討

プロセスシミュレータは、従来からスタティックシミュレータがプロセスの解析、設計に活用されてきたが、ダイナミックシミュレータはプラント運転に関わる解析、検討に使われる。稼働している実プラントの運転では安全性の点や外乱を排除する考え方から実施が難しい問題や、まだ存在しないプラントの運転を予測する問題に、仮想のプラントを構築してその上で様々な検討や確認が行われる。

たとえば

- ① 新設プラントのスタートアップやシャットダウンの操作手順の作成、検討
- ② プラント改造時に能力やプロセス制限の事前検討
- ③ プラント異常時の装置や機器の能力確認

第1表 機能モジュール

Basic 機能 モジュール	Visual Modeler / プラントモデル	仮想プラントを構築するダイナミックシミュレータでOmegaLandのコアモジュールである。
	EXFC / 実行制御	各モジュールの起動、停止などの実行をコントロールしたり、各モジュールの定義ファイルを管理したりといわば司令塔の役割を果たす。
	DB / データベース	データを蓄えたり、データを加工する機能をもっているリアルタイムデータベース。
	VIEW / グラフィック	シミュレーションの状況を動的なグラフィックで表示したり、シミュレータへの操作を行うユーザーインタフェース機能。
Option 機能 モジュール	AUTO / 自動運転	シミュレーション実行を自動化する機能で、運転訓練システムではシナリオ機能やマルファンクション機能を実現。
	REPL / リプレイ	操作情報や事象（イベント）を記録し、実施されたシミュレーションを忠実に再現する機能。
	EVAL / 運転評価	運転操作の評価を行う機能で、運転訓練システムでは訓練者の評価に使われる。
	PCS / PCS 接続	DCS（分散制御システム）に代表されるPCSとの接続を行う機能。
	OPC / OPC インタフェース	標準規格であるOPC（OLE for Process Control）のサーバ機能で、OPCに準拠したシステムと接続することができる。

④ 運転条件変更時の事前検討

⑤ 制御パラメータ変更や制御方式変更の事前検討
などが、実運転に近い環境で行うことが可能である。

3-2 運転訓練シミュレータ

つぎに仮想プラントとしての応用にプラントの運転訓練システムがある。仮想プラントを相手に運転員が訓練をするわけだが、実プラントと違和感のない状態を作り出すためにシミュレータにはリアルタイム性と高い精度が要求される。Visual Modelerはこの相反する条件を満たす数少ないダイナミックシミュレータである。

運転訓練シミュレータに要求される機能であるが、運転・休止の実行制御、スナップショットとステップバック、タイムスケール変更などダイナミックシミュレータとしての基本機能の他に、マルファンクション実行、自動運転、現場操作模擬、ロギング・リプレイ、訓練評価などの運転訓練機能が必要となる。また、その実現型から実機DCSを使用するタイプと、DCSをグラフィックでエミュレーションするタイプがある。前者ではDCSとの接続機能が必要であり、後者ではDCSをエミュレーションする機能が必要となる。OmegaLandではこれらすべての機能をサポートするモジュールを完備しているが、ここではOmegaLandが持っている運転訓練機能について説明しておく。

(1) マルファンクション機能

異常状態や機器の故障を故意に発生させる機能で、それへの対応訓練が行われる。マルファンクションの実行指示は2つの方法から選択できる。実行制御パネルのリスト一覧から選択して実行指示する方法と、グラフィック画面にマルファンクションの専用パネルを用意し、ボタンで実行を指示する方法である。

(2) 自動運転機能

あるストーリーをもった一連の手続きに基づいた訓

練（シナリオ機能）や、あるオペレータの操作部分のみを省いて作成した手続きによる訓練（カラオケ機能）を実現する手段として、自動運転モジュールが用意されている。また、マルファンクション実行でも、複数の操作が伴う場合や、時間をかけて変数を操作する場合、あるいは条件によって処理を選択する場合にこの自動運転機能が利用される。

(3) リプレイ機能

訓練を終えた後で、運転をそのまま再現する機能である。インストラクタがトレーニーといっしょになって訓練を振り返り、運転操作を確認して指導を行うためにこの機能が利用される。

(4) ロギング機能

訓練の記録として、あるいは訓練評価のために、運転操作や運転事象（イベント）を記録（ログ）に残すことができる。時系列に事象をそのまま記録し、リプレイにも利用される。

(5) 訓練評価機能

運転中のアラーム発生回数や安全弁をふかしてしまった回数など、特定の事象に注目してその回数をカウントして表示する。これも訓練評価の指標のひとつとして使われる。

(6) DCS接続機能

実機DCS接続タイプでは、DCSとの接続が必須になる。ただし、運転訓練システムでは、DCSでのFCS（フィールド・コントロールステーション）は実機使用と同一機種のハードウェアでなく、FCSシミュレータが使われる点は注意が必要である。DCSからタグリストを取得してOmegaLandでのタグと結びつけを行い（ワイアリング）、DCSとOmegaLandとデータのやり取りができる。

実機DCS接続タイプとDCSエミュレーションタイ

ブの違いであるが、前者の実機DCS接続タイプでは、現場の制御システムの設定値などがそのまま使えること、オペレーション・コンソール（操作卓）がDCS実機そのものであり、実運転システムと違和感のない操作が実現されることが特長である。ただ、その分システムが大規模になり高価になる。これに比べ、DCSエミュレーションタイプではグラフィック画面でDCSを模擬し、制御機器のロジックをソフトウェアで実現するためコンパクトに実現でき比較的安価である。そのハードウェア構成をそれぞれ第1図、第2図に示した。第1図は実機DCSとして横河電機(株)製DCSであるCENTUM CS3000を使った例である。

なお、文献(3)にOmegaLandで構築した動力プラントの運転訓練シミュレータの事例紹介があるので参照されたい。

3-3 教育シミュレータ

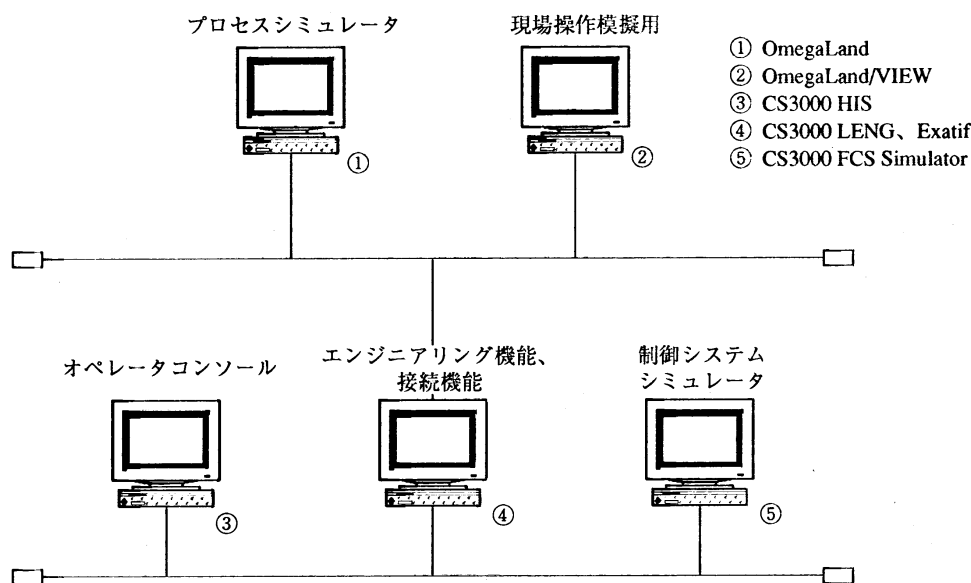
ダイナミックシミュレータを化学工学の教育に応用したシステムが教育シミュレータである。プラントの原理・原則の習得や単位操作の体得をするうえで、座学だけでは十分な教育を行うことが難しい点をダイナ

ミックシミュレータの利用を通して、体験的な学習をすることにより解析力と対応力を備えた、運転員あるいはエンジニアを育成することができる。

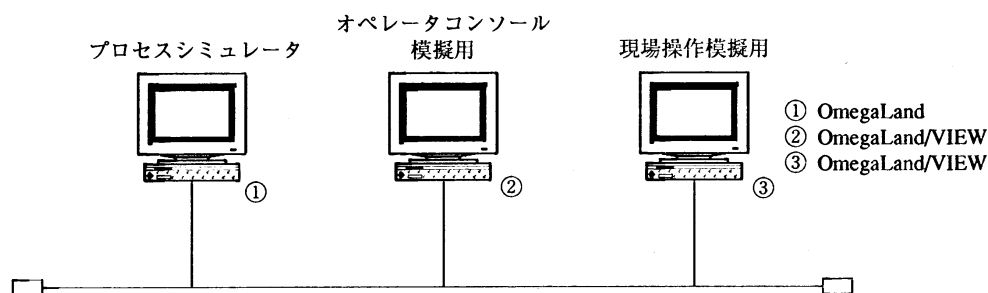
大学教育では学力の低下が叫ばれているが、エンジニアの認定制度がスタートすることもあり、これからは基礎学力を付けたうえで実践的に活躍できるエンジニアが求められる。実プラントを模擬できるシミュレータの利用は、座学では得られない実践的な能力を身につけるうえで極めて有効と考えられる。

教育用シミュレータの目的は、

- ① プロセス工学の原理原則を学ぶ
- ② 各機器・単位操作の動作原理・性能を理解し適切な操作を体得する
- ③ 制御操作とプロセスの動きを理解して、制御動作の基本を学習する
- ④ プロセスオペレーションに必要な知識を習得するなどがあげられる。これらの目的を効率よく達成するためにシミュレータを使用した学習環境を用意し、受講者が主人公となって参加しながら効率的に学ぶことができる。



第1図 運転訓練シミュレータ 実機DCS接続タイプ



第2図 運転訓練シミュレータ DCSエミュレーションタイプ

弊社では教育シミュレータの具体的なアプリケーションをOmegaEduPackという製品名で提供を開始しており、第2表に掲げたシミュレータをすでにリリースしている。

第2表 教育シミュレータ OmegaEduPack

分類	対象	目的
動作原理編	物質収支・熱収支	原理・原則の習得
	流動	
	伝熱	
基礎ユニット編	蒸留塔	単位操作の体得
	圧縮機	
	加熱炉 *	
	反応器 *	

*現在、開発中

動作原理編には3種類のシミュレータが用意されており、プロセス工学の原理原則の習得が主眼となる。基礎ユニット編には4種類（加熱炉、反応器については開発中）のシミュレータがあり、単位操作の体得が中心となる。以下に、各シミュレータの概要とねらいを説明する。

(1) 物質収支・熱収支シミュレータ

ブタンを燃料として空気を混ぜてバーナーで燃焼させ、バーナーから出た燃焼ガスをスチーム発生器で熱回収に利用するプロセスを使用して、化学工学の原理および基礎である物質収支・熱収支について学習する。

(2) 流動シミュレータ

タンクに貯蔵した水を、性能の異なる2台のポンプと内径の異なる2本の配管を使って高所に設置されたタンクに送液する。配管を通して水を移送することで流体の移動に関する基礎について学習する。

(3) 伝熱シミュレータ

ポリプロピレンの重合反応熱を2台の外部循環クーラー（熱交換器）を用いて除熱するプロセスを通して、化学工学の原理および基礎である伝熱について学習する。

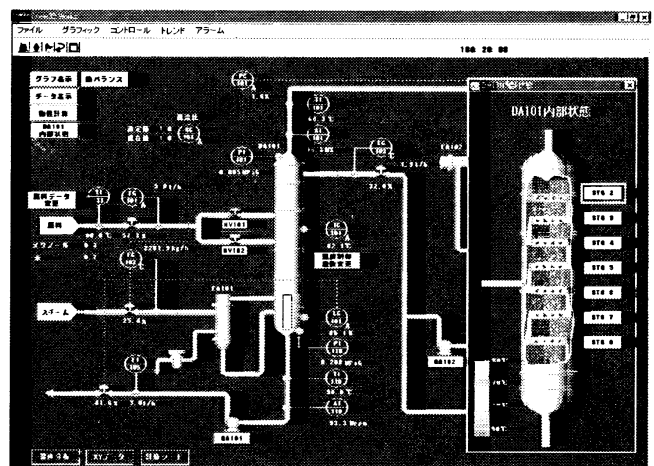
(4) 蒸留塔シミュレータ

水・メタノール混合液の蒸留分離プロセスにより、蒸留操作に関する理論および蒸留塔の運転・制御などを学習する。

(5) 圧縮機シミュレータ

エチレンプラントで使用されている遠心式圧縮機、その付帯設備をベースにガスの圧縮工程の化学工学的な原理、および運転操作の基礎について学習する。

ここでは一例として蒸留塔シミュレータの画面例を第3図に示したが、いずれのシミュレータも3D表現された比較的見栄えのよい画面を構築している。



第3図 蒸留シミュレータの画面例

3-4 制御支援シミュレータ

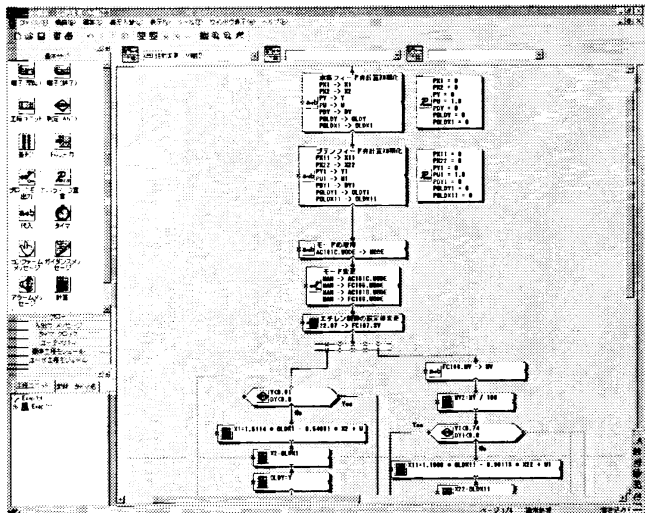
近年、プラントの運転および制御の高度化に伴い、従来のDCS単独の制御システムに加えて、多変数モデル予測制御やニューロを用いた予測制御などの高度制御システムや、スタートアップやシャットダウン、銘柄切り替えなどの運転手順を登録して運転の自動化をはかる運転支援システムなど、DCSの上位システムと連携したより高度なプラント運転システムが求められている。上位システムとの接続には、標準化されたインタフェースであるOPCインタフェースが利用されるケースが増えている。

制御支援シミュレータは、OPCインタフェースを経由してシミュレータと上位システムを接続することで、更に高度なシミュレーション環境を構築することができる。制御支援シミュレータを利用すると、これらの上位システムで作成された制御ロジックや運転操作がプロセスに与える影響をシミュレーションによりダイナミックに確認できるため、プロセスの改造に伴う制御ロジックの変更や、運転効率化のための複雑な運転手順を作成するような場合には、その検討手段として特に有効である。

事例として、ポリエチレン気相重合反応プロセスと運転支援システムを接続した制御支援シミュレータを紹介する。運転支援システムは横河電機(株)製のExapilotを使用した。

OmegaLand上にVisual Modelerを用いて典型的なポリエチレン気相重合反応プロセスを構築し、Exapilot

からポリマーの銘柄変更を行う操作の信号を送る。銘柄変更を行う場合、ポリマーの流動性を表すメルトインデックスを調節するための分子量の調節やポリマー密度の調節が必要となる。本シミュレータでは、分子重量調節のための水素流量の調節およびポリマー密度調節のためのモノマー流量の調節を実行するロジックをExapilotで作成し、銘柄変更操作の自動化を行うことができる。参考までにそのフロー画面の一部を第4図に示した。



第4図 Exapilotのフロー画面例

3-5 用役運転支援システム

最後に用役系（電力、蒸気）プラントの運転を支援するシステムOmegaPowerを簡単にご紹介する。今まで説明してきたシミュレータと同列のものではないが、固有のプラントに焦点を当てた応用システムとなっている。

最近の地球環境保全の気運から、用役系プラントの省エネルギー対策に目が向けられており、

- ① 年間生産計画に対応したボイラー、タービン、電力系統の最適な運転計画を策定したい
- ② プラントの使用蒸気量、電力量変動に応じたボイラー、タービンの最適運転条件を決定したい
- ③ 複雑な配電網の電力系統運用による影響を事前に検証したい
- ④ 最適運転条件への移行をスムーズかつ安全に行いたい

というニーズに基づいて開発したもので、つぎの4つのパッケージで構成される。

- (1) 用役最適運転支援パッケージ PowerOptimizer

- (2) 用役運転計画パッケージ PowerPlanner
- (3) 電力系統運用パッケージ PowerEL
- (4) 用役運転支援シミュレータ PowerSim

なお、この用役運転支援システムの適用事例についてはユーザ自らのよる詳細な解説がある⁽⁴⁾。

4. おわりに

OmegaLandの応用について説明してきた。これらのシミュレーションのためには対象プラントの詳細なモデル作成に多くの工数がかかることも事実であるが、モデル作成の過程でそのプラントの理解が深まると同時に、仮想プラントを使った運転員の訓練や運転技術の継承、運転の自動化に向けた運転支援システムの適用検討、新しい高度制御システムの適用検討や事前チューニングなど多目的に活用することができる。これはプラント運転の合理化、高度化のために新たな武器を手に入れたことを意味する。

我々は21世紀はあらゆる分野でシミュレーション技術が活用されるシミュレーション世紀と位置づけている。21世紀型のOmegaLand環境の充実とアプリケーション事例公開により、多くのユーザーに使いやすいシステムを提供していく所存である。

※Visual Modelerは三井化学株式会社の登録商標である。

※Windows、CENTUM CS3000、Exapilotなど、本文中で使われている会社名、商品名は各社の登録商標あるいは商標である。

<参考文献>

- (1) 石川真紀夫, OmegaLand<統合ダイナミックシミュレーション環境>, 配管技術, Vol.42, No.5, P.11 (2000)
- (2) 湯本隆雅, 小口梧郎, OmegaLandのコア技術 Visual Modeler, ケミカルエンジニアリング, Vol.45, No.12, P.66 (2000)
- (3) 岡本高義, 河村 哲, 高垣 仁, 塙 恭一, 横山浩二, 事例紹介 動力プラント訓練シミュレータ, ケミカルエンジニアリング, Vol.46, No.3 (2001)
- (4) 村本良治, 畠中洋二, 滝本 豊, 大村憲一, 木村 勉, 用役プラント最適運転へのシミュレータの活用, 計装, Vol.44, No.4 (2001)

【筆者紹介】

横山克己

(株)オメガシミュレーション 技術本部
パッケージ開発部長

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田2-20-9

ウィン西早稲田ビル3F

TEL : 03-3208-4921 FAX : 03-3208-4911

E-Mail : katsumi@omegasim.co.jp