

最近の運転訓練シミュレータ

オメガシミュレーション 横山克己* / 浜崎広道**

最近の動向

化学工業をはじめとするプロセス産業は、グローバル化の波の中で更なるコストダウンと環境保護、災害ゼロなどの厳しい要求をつきつけられている。そのような環境にあって、最近、運転訓練シミュレータが見直されている。その理由は、化学工業黎明期に入社したベテラン運転員があと数年で定年退職となる時期を迎えており、今後急速に若年化することが予想されること、プラントの運転効率化のために定修の延長が進んでおり、スタートアップやシャットダウンの機会は4年に1回ということもめずらしくなくなってきたこと、プラントの自動化が高度に進んでシステムとして複雑化してきていることがあげられる。さらに、1990年代中頃に各社で訓練センターの設置が行われ、そのシステムの更新時期を迎えている。

いっぽう、運転訓練シミュレータの技術レベルは、オペレータが操作しても実際のプラント運転と違いが感じられないところまで達している。化学工学の基礎法則に基づいて装置をモデル化し、それらでプラントを組み上げて、全体として圧力・流量のネットワーク計算を行う。したがって、異常発生時や非常運転時のように、プラントの挙動が大きく動くような場合においても、忠実に再現できるわけである。

つぎに、運転訓練シミュレータの最近のトレン

ドについて考えてみる。

1つには構築環境のパソコンへの移行がある。かつては運転訓練シミュレータがエンジニアリング・ワークステーション(EWS)とDCSベンダー専用マシンで構成されていたが、現在はWindowsが動くパソコンで構築されるようになった。DCS自体もパソコン上で動く時代であり、計算能力が要求されるシミュレータも、パソコンの能力向上により現在手に入る標準的なパソコンで動かすことができるようになった。

2点目としては、DCSを用いないシステムによるコストダウンがある。もちろん、実機使用と同等のDCSを接続したシステムの需要もあるが、コストを抑えたいという要求から、DCSの制御ロジックをシミュレータに移植し、DCS操作画面をグラフィックツールで代替するシステムが増えている。オペレータコンソールとして実機DCSのキーボードを接続し、タッチパネル付きのディスプレイを採用して、実機DCSと変わらない操作感を実現しているものが現れている。

3点目は多目的利用である。運転訓練シミュレータの構築は決して安いものではない。

運転訓練シミュレータの心臓部には、ダイナミックシミュレータによって実際のプラントの動きを再現できる仮想プラントができていて、それを多目的に活用しようということである。たとえば、オペレータのためのプロセス教育や、非常操作時の運転手順の確認、運転支援システムや高度制御システムの導入・設置の事前検討、プラント改造時の事前検討などである。

本稿では最近の技術事例として弊社のOmegaLandで構築する運転訓練シミュレータを紹介していく。

*よこやま かつみ：技術本部パッケージ開発部

**はまさき ひろみち：事業本部営業部

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田2-20-9

ウイン西早稲田ビル3階

TEL 03(3208)4921 FAX 03(3208)4911

OmegaLandの特長と運転訓練機能

OmegaLandはバーチャルプラントをWindowsパソコン上に実現して、さまざまな用途に利用できるようにした「統合ダイナミック・シミュレーション環境」である。すでに本誌でくわしく紹介した¹⁾が、その特長を簡単に触れておく。

- ①多目的利用に適したモジュール構造：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、ユーザー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。これにより、プロセス解析・検討、プロセス教育、運転訓練、制御支援、運転支援、運転最適化などのいろいろな用途に応用可能である。
- ②高精度で高速なシミュレーション：OmegaLandのコア技術であるVisual Modelerは、プラントの動きを忠実に再現できる詳細モデル化をもち、プラント全体のような大規模なモデルを、リアルタイムでシミュレーションできるという優れた機能をもっている。
- ③オープンなインタフェース：ユーザー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に対応している。

つぎにOmegaLandがもつ訓練機能に注目して、少し詳しく見ていくことにする。運転訓練シミュレータに要求される機能は、運転・休止、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ほかに、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。

1) 実行制御機能

実行制御とは、運転・休止、スナップショット・ステップバック、タイムスケール変更などを指している。ダイナミック・シミュレーションが実行されていて、訓練を進めている状態が運転(RUN)状態であり、実行を一時中断している状態が休止(FREEZE)状態である。スナップショットとは訓練途中の状態を一時的に保存することで、スナップショットを取った時点での状態に復元することをステップバックという。この機能を

使えば同じ状態に立ち戻って訓練を繰り返し行うことができる。また、スナップショットで取った状態を初期状態(後述)として保存することもできる。

タイムスケール変更はシミュレーションの実行速度を変更することで、1/8倍、1/4倍、1/2倍、2倍、4倍、8倍のいずれかに変更できる。これにより、時間の要する現象を短時間で実行したり、速いスピードで進む現象を時間をかけて確認することができる。

2) 初期状態読込・保存機能

訓練開始時、すなわちシミュレーション開始時の状態を初期状態という。たとえば、スタートアップ操作の訓練を行う場合はそのスタートアップ開始時の状態であり、定常運転時にプラントの異常状態を起こして訓練する場合はその定常運転の状態である。この初期状態には、運転訓練シミュレータを実現している各モジュールの状態が含まれており、ファイルとして保存される。訓練開始時にはファイルから読み込まれて設定される。

3) 現場操作の模擬機能

実際のプラントの運転では、DCS操作のほかに現場操作がある。通常、グラフィック機能を使って模擬する。

4) マルファンクション機能

プラントの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には、計器異常、プロセス異常、機器故障・誤動作、外乱などがある。

OmegaLandではVisual Modelerのユニット変数の値を意図的に変化させて異常が発生した状況をつくる。

5) 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。

6) リプレイ評価機能

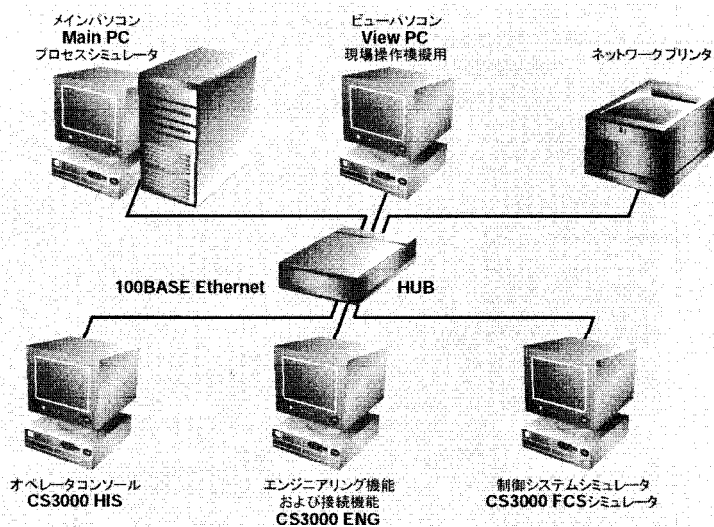


図1 実機DCS接続タイプのシステム構成

訓練を終えた後で、行われた運転をそのまま再現する機能で、インストラクタがトレーニーと一緒に訓練を振り返り、運転操作を確認して指導を行う。また、ロギングされた運転操作記録や運転事象(イベント)をファイルに出力することができ、それをExcelで加工して訓練評価に利用できる。

7) DCS 接続機能

実機と同等のDCSに接続する場合には、DCSとの接続機能が必要となる。DCSからタグリストを取得してOmegaLandで使われている変数と結びつけを行い(マーシャリング)、周期的にデータをやり取りし、DCS側に実行制御コマンドを伝える。

運転訓練シミュレータの2つの実現形態

運転訓練シミュレータは、実プラントと同等な運転操作環境を用意して、プラントのスタートアップ・シャットダウン操作、異常時への対応操作、銘柄切替の非正常操作などの訓練を繰り返し行って、運転操作に習熟するために使われる。このような非正常操作において、対応措置が必要な事象発生から、措置完了までの時間を短縮することが目的となる。異常時の対応操作でみると、2つのフェーズに分けて考えることができる。

- ①認識フェーズ：事象発生を感知して原因を特定する。そして、複数ある手段から対応措置

を選択し、決定する。

- ②対応操作フェーズ：決定した対応措置にしたがって、DCS操作、現場操作、連絡・報告・通知などのアクションをとる。

運転訓練シミュレータの実現形態として、実機DCSと同じ機種を訓練用として接続して使用するタイプ(実機DCS接続タイプ)と、DCS制御ロジックやDCS操作画面を模擬するタイプ(DCS模擬タイプ)がある。

実機DCS接続タイプは、制御ロジックやそのパラメータの値に現場のものがそのまま使われること、オペレータが操作するオペレータコンソール(操作卓)にDCSそのものが使われるなど、より実装置と違和感のない操作が実現できることが特長だが、それだけ大がかりなものになる。対応操作フェーズが重視されるならこちらのタイプが選択される。

図1に横河電機株製DCS CENTUM CS3000と接続したシステム構成例を示した。

DCS模擬タイプは、制御機器のロジックをVisual Modelerの制御モデルとして実現し、図2のようにグラフィック画面でDCSのGUI(グラフィック・ユーザー・インタフェース)を模擬するためコンパクトに構築できる。対応操作フェーズよりも認識フェーズを重視する場合にはこちらが選択される。プロセスの理解や運転手続き確認に適した方式といえる。

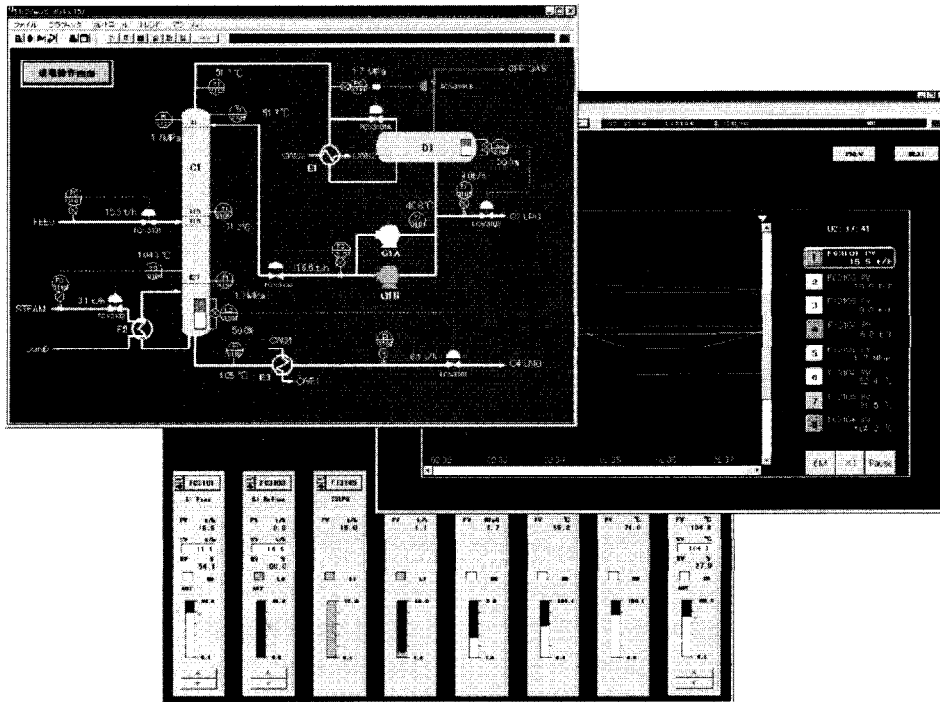


図2 DCS模擬画面例

最近、弊社ではDCS模擬タイプでもできるだけDCSに似せたシステムを開発した。DCSの制御ロジックを忠実にモデル化し、またDCSで使われているオペキーボードやタッチパネル付きのディスプレイを接続して操作面でもDCSに見劣りしない作りになっている。

応用事例(ボイラ運転訓練シミュレータ)

IPP発電用ボイラ・タービン・発電機の運転訓練シミュレータである。このシステムは実機DCS接続型であり、実プラント制御で使用されているDCSと同じ型式のDCSをシミュレータと接続して訓練システムを構築する。したがって制御装置のアプリケーション、すなわち制御ロジック、シーケンスロジック、および運転画面を実装置からコピーして使用できるのが特長である。ユーザーからの要求は運転員の訓練用途だけではなく、運転方式、制御方式の検討にも使用できるようにしたいというものであり、PIDパラメータなどをシミュレーションモデルに合わせて変更するようなことは許されなかった。

発電ボイラでは、燃料の持つ熱量を蒸気の運動

エネルギーに変換し、その運動エネルギーを電気エネルギーに変換している。ボイラモデルの精度はこれらの変換係数をいかに精密にモデル化するかにかかっている。一般的にこれらの変換係数はボイラ負荷、燃料の種類、燃料の混合割合などの関数であり、実運転データを解析して決定する必要がある。

IPP発電ボイラのような大型ボイラの場合は試運転データが完備しており、試運転データを解析することにより負荷、燃料の種類と水管壁、加熱器などでの熱量配分係数が決定でき、高精度のモデルを構築できる。タービン抽気と給水加熱器部分のモデル化も試運転データから精密モデルとして構築する。実プラントの特性に合わせたモデルとするにはプラントを構成している個々の機器を、特定のいわゆるカスタム機器モデルとして構築する方法と、標準機器モデルのパラメータを補正して構築する方法とがあり、OmegaLandのコアであるVisual Modelerではいずれの方法も比較的容易に実現できる。実プラントの運転データに合わせた精密なモデル化が可能な点はOmegaLandの大きな特長である。

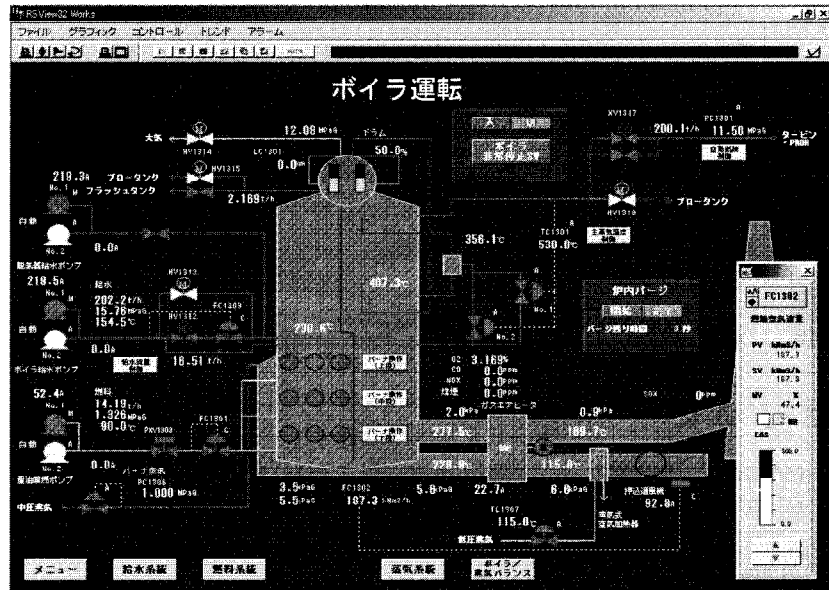


図3 ボイラ運転訓練システム

試運転データにない運転パターンを選択したときも、本シミュレータの結果は実運転データを忠実に再現していることで、ユーザーの評価も高い。図3に同種のボイラ運転訓練システムの訓練画面例を示した。

おわりに

運転訓練シミュレータのエンジンであるダイナミックシミュレータは、訓練目的で使用されることが多いが、冒頭で触れたように、多目的利用で今後はプラント運転に不可欠なツールとしてもっ

と活用されることだろう。運転最適化や運転予測による運転支援など、その応用の余地はまだ多く、「訓練」の文字が外れてプラント運転シミュレータとして発展していくものと考える。

参考文献

- 1) 横山克己：多目的に利用可能なダイナミック・シミュレーション環境，オートメーション，Vol.47, No.3, p.37 (2002)
- 2) 浜崎広道，横山克己：統合ダイナミック・シミュレーション環境OmegaLand，化学工学，Vol.66, No.9, p.540 (2002)