

メタノールプラント高度運転訓練シミュレータ

Methanol Plant Advanced Training Simulator

機械事業本部 小山 誠 二^{*1}

技術本部 河野 進^{*2} 桑田 知 江^{*3}

三菱ガス化学株式会社 加藤 孝 夫^{*4}

短期間でかつ効果的に運転員の技術の訓練、プラント特性の把握等を行うため、三菱ガス化学(株)と当社は共同でメタノールプラント運転訓練シミュレータの開発を行った。シミュレータは脱硫・改質・圧縮・合成・蒸留の全工程とユーティリティシステム(スチーム、オイル)を対象範囲とし、次の特徴を持つ。(1) 実機並み訓練の可能な高精度モデルでプラント全系を模擬。(2) 中央操作卓に実機制御装置を採用し、現場オペレータ用には現場操作用端末を装備。(3) 図形言語 SFC を用いて運転規範シナリオを記述できる当社独自の運転評価システムを内蔵。

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd and Mitsubishi Gas Chemical Company, Inc. have completed the development of a Training Simulator of a Methanol Plant. The simulator enhances operators' skill effectively by using the same console device as the actual plant, and by simulating the entire plant accurately. It covers all processes of the methanol plant which are: desulfurization, reforming, compression, synthesis, distillation, and utilities including steam and oil systems. The key features of the system are: (1) Highly accurate entire process models which enable realistic operation training. (2) The same device and logic which are used for the central operating console in the actual plant. The field process monitoring terminal is also equipped for training the field operators. (3) An original idea of an operation evaluation system which compares the trainee's operation to an appropriate scenario which can be written graphically in a Sequential Function Chart.

1. ま え が き

近年メタノールプラントは、2000 t/d 以上の大規模プラントとなっており、より一層の安全かつ安定した運転を行うことが要求されている。さらに、プラント機器の高信頼化に伴い、プラントの定期点検回数を減らし、長期間の連続運転を継続する傾向がある。運転員がプラントの起動・停止操作を経験する機会が減少する中で、スキルの向上や緊急時対応能力の付与が重要となっている。実際のプラントの制御装置と同じオペレータコンソールを使用した運転訓練シミュレータを用いて訓練し、短期間でかつ効果的に運転員の技術の向上を図るため、三菱ガス化学(株)と当社は共同でメタノールプラント運転訓練シミュレータの開発を行なった。

本シミュレータは次の特徴を持っている。

(1) 実機並み訓練の可能な高精度モデル

プラント全系という大規模なプロセス範囲を対象にし、なおかつ細部にわたって詳細で高精度な数式モデルを採用している。

(2) 実機同様の運転操作

中央操作卓に実機制御装置を採用し、現場操作用端末から現場計器表示と操作、及び目視での状態確認を可能とした。

(3) 自動運転評価システム

図形言語 SFC (Sequential Function Chart) を用いて運転規範シナリオを記述できる当社独自の運転評価システムを内蔵した。

本報では、開発した訓練シミュレータの機能、システム構成の概要と、その運用及び運転例を紹介する。

2. シミュレータの対象範囲

メタノールプラントは、脱硫・改質・圧縮・合成・蒸留の各工程とユーティリティシステム(スチーム、オイル)から成ってい

る。これら5つの工程と、スチームヘッダ間では相互に熱回収や圧力バランスを取りながら運転を行う必要があり、複雑なプロセスの理解が要求される。このため、訓練に当たっては訓練対象以外の工程は理想的に運転されているものとする各単独工程を含む次の4つのモードを選択できるようにしている。

① 脱硫・改質単独工程

② 圧縮・合成単独工程

③ 蒸留単独工程

④ 脱硫・改質、圧縮・合成、蒸留の全工程

全工程の運転訓練を実施する前に、各単独工程の訓練を十分行うことにより、各工程間の関連やスチームバランスについてより一層理解を深めることができ、本シミュレータの大きな特色でもある。

3. システム構成

3.1 ハードウェア構成

本訓練シミュレータのハードウェア構成を図1に示す。ホスト計算機と教官用端末、現場操作用端末、中央制御装置とその操作用端末、評価システム用計算機、通信用計算機、大画面プロジェクタから成る。

(1) ホスト計算機

システム全体の管理機能、インストラクション、プロセスシミュレーション機能他を受け持つ。管理・エンジニアリング端末にシミュレータ管理メニューを表示し、マウス及びキーボードを用いて操作を行う。

(2) 通信用計算機

中央制御装置とホスト計算機とのデータ通信機能を持つ。

また、制御装置に対する訓練シミュレータ操作用インタフェースを使用して訓練機能を実現している。

(3) 評価システム用計算機

*1 化学プラント技術センターエンジニアリング部

*3 広島研究所制御システム研究室

制御システムグループ主務

*4 新潟工業所合成プロセス技術班主査

*2 広島研究所制御システム研究室主務

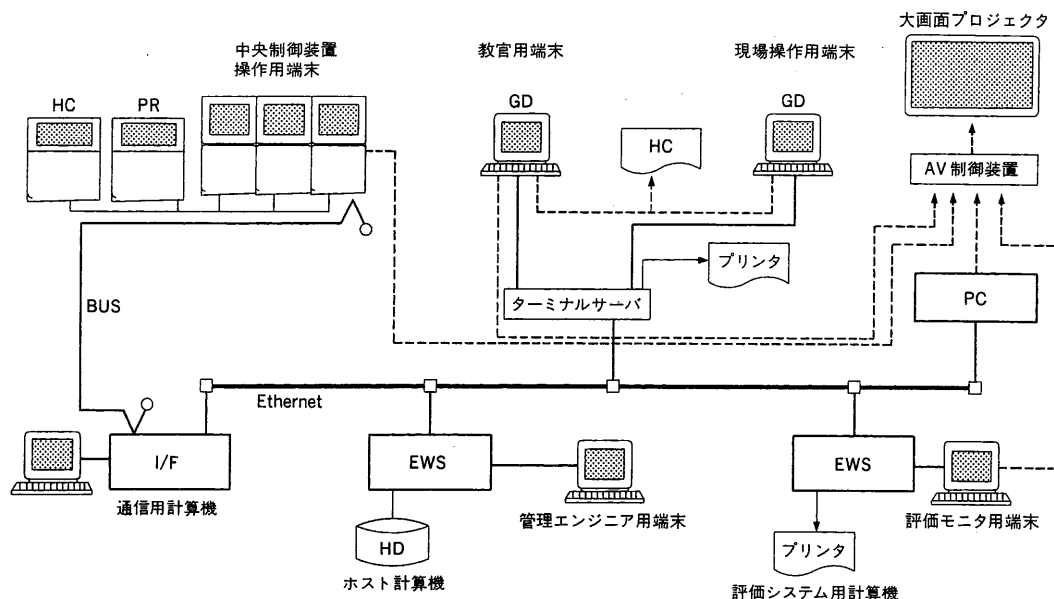


図1 ハードウェア構成 訓練シミュレータを構成する計算機ハードウェアの構成を示す。
Computer hardware system configuration

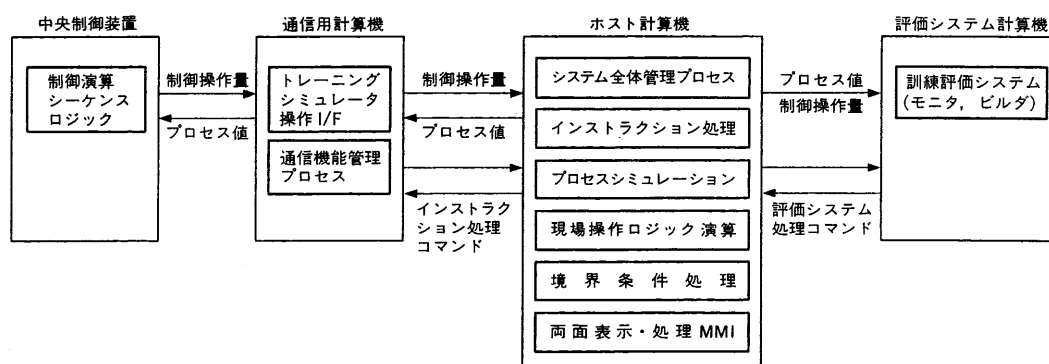


図2 ソフトウェア構成 訓練シミュレータを構成する各計算機間のデータ受渡しとソフトウェアの構成を示す。
Outline of computer software program

評価システムを内蔵する。画面は評価規範シナリオの作成、及びオンライン評価モニタとして使用する。

(4) 教官用端末

訓練開始、初期値設定等のインストラクション操作を行なうタッチパネル付きグラフィックディスプレイである。操作は画面タッチ及びフラットキーボードを用いる。

(5) 現場操作用端末

現場手動弁の開閉やポンプ、タービンの起動・停止等の現場操作を代替するタッチパネル付きグラフィックディスプレイである。操作は画面タッチ及びフラットキーボードを用いる。

(6) 中央制御装置とその操作用端末

実機制御装置 DCS とそのコンソールを用い、実機プラントと同一の制御ロジックを使用している。

(7) 大画面プロジェクタ

プロセス、運転方法等についてプレゼンテーションを行うためのプロジェクトで、制御装置、教官・現場操作用端末、評価モニタ、及びパソコンのいずれかの画面を切替え表示が可能である。

3.2 ソフトウェア構成

各計算機は互いに定周期またはイベント発生時にデータ通信を

行いながら、全体システムとして連携動作を行っている。各計算機の持つソフトウェアとそれらの関連を図2のソフトウェア構成に示す。

4. シミュレータの機能

4.1 プロセスシミュレーション機能

プロセスシミュレーションは、当社保有の CPDS (Chemical Process Dynamic Simulator)⁽¹⁾⁽²⁾を用いている。CPDS は数式を入力データとして与え、演算プログラムを自動生成する機能を持つ。また、作成した数式モデルはライブラリとして蓄積を行っている。

シミュレーションの対象とした装置一覧を表1に示す。

4.2 インストラクション機能

インストラクション機能は、教官が運転訓練を効果的に実施するための機能で、グラフィックディスプレイに表示されるメニューを選択しながら教育を進める。インストラクションメニューの一覧を表2に示す。

4.3 訓練評価機能

運転訓練シミュレータによる訓練においては、教官がシミュレータ操作から被訓練員の運転技能評価、さらには訓練効果の評価

表1 シミュレーション対象装置
Process simulated chemical equipment

工程分類	対 象 装 置
脱 硫 工 程	NG セパレータ, NG ブースタ, ブースタバイパスクーラ, ブースタタービン, PNG バッファドラム, PNG プレヒータ, レシーブドラム, 水添塔, 脱硫塔
改 質 工 程	スチームリフォーマ, NG サチュレータ, スチームプレヒータ, スーパーヒータ, BFW プレヒータ, 燃焼炉, 排ガスダクト, 燃焼エアヒータ, 空気ファン, 排ガスファン, RG ドレンセパレータ, リボイラ, コンデンセートドラム, レットダウニングタンク, DFW プレヒータ, RG エアクーラ, ブローダウニングクーラ
圧 縮 工 程	RG ウォータクーラ, SG サクションドラム, コンプレッサ, エアクーラ, SG ウォータクーラ, ドレンセパレータ, コンプレッサタービン
合 成 工 程	クエンチ型合成塔, 新型合成塔, スチームドラム, SL ボイラ, サーキュレータ, サーキュレータタービン, プレヒータ, スタートアップヒータ, エアクーラ, ウォータクーラ, セパレータ, 粗メタレットダウニングタンク, ベントスクラバ
蒸 留 工 程	初留塔, 精留塔, 回収塔, 粗メタタンク, 製品タンク, 副生成品タンク, 循環槽, コンデンサ, パラフィンデカンタ, フィードドラム, 製品クーラ, 重成分クーラ, 粗メタプレヒータ, スチームリボイラ
ユーティリティ	定圧・定容量ポンプ, スチームドラム, 廃熱ボイラ, ブローダウニングドラム, コンデンサ, エゼクタ, スチームヘッダ, バッケージボイラ, デアレータ, オイルタンク, オイルクーラ, オイルフィルタ, ヘッドタンク, 配管ライン

表2 インストラクションメニュー
Instruction menu of training simulator

番号	項 目	内 容
1	RUN/FREEZE	訓練開始/一時停止
2	INITIAL DATA	初期値データ保存, 設定
3	SNAP SHOT	データ一時保存
4	AUTO SNAP SHOT	データ自動保存, 過去の運転状態に復元
5	TIME SCALE	計算速度倍率の設定 (1,2,4,8,1/2,1/4,1/8の倍率に変更可)
6	VALVE/INDICATOR/EQUIPMENT MALFUNCTION	バルブ, 指示計, 機器のマルファンクション (故意故障)
7	PROCESS MONITOR	プロセス状態監視
8	PARAMETER SET	境界条件, パラメータ設定 (大気・冷却水温度, 触媒活性・充填率, 原料ガス組成, 単独工程に対する他工程の負荷状態ほか)
9	EVALUATION SYSTEM	訓練評価の開始/終了
10	LOGGING	操作, 警報, 訓練ログの自動収集と編集
11	MODEL SELECTION	工程モデルの選択, 切換
12	SIMULATOR INITIALIZATION	シミュレータの初期起動, 停止 システム異常時自動復旧

までを行う必要がある。単純なマニュアルどおりの操作だけではなく、多くの状況判断と対応操作から成る運転訓練の結果を客観的に判断することは困難なことである。

この問題に対し、教官の負担軽減と運転結果の客観的な評価を目的として、訓練評価システムを開発した。これは運転操作手順、操作条件、操作量また操作結果である各種プロセス値、変化量等をシミュレータ運転中にオンラインで監視することが可能なシステムである。評価システムは次の機能を持つ。

(1) 運転の規範シナリオの作成機能

評価の規範とするシナリオを図形入力形式 (SFC) で記述する。これを用いれば熟練者が持つ複雑な運転ノウハウを教官が組込むことができる。また、作成したシナリオは運転手順書としても使用することのできるものである。

(2) 訓練結果を定性的、定量的に評価し、モニタできる機能

表3 運転訓練評価項目
Evaluation event of plant operation

分 類	チェック項目	内 容
定性評価	操 作 順 序	操作手順に間違いがないか 飛ばした操作はないか
	操 作 条 件	操作を行う条件が成立しているか 操作タイミング, 操作所要時間は早すぎたり, 遅すぎたりしないか
定量評価	操 作 量	操作量は適切か ・プロセス値及びその変化量 ・トリップ回数 ・アラーム発生件数

規範シナリオ SFC に基づき、運転操作をオンラインで評価する。評価項目を表3に示す。また、作成した SFC の画面表示を

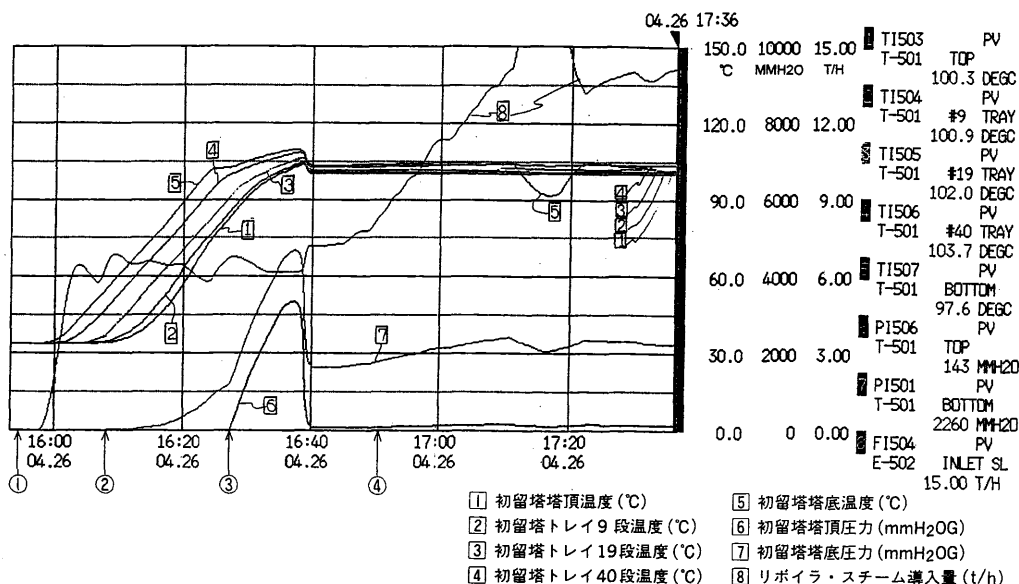


図3 初留塔の起動運転例 — 中央操作画面トレンドグラフ 初留塔の水蒸留運転時のトレンドグラフ。
DCS trend graph of startup operation of topping column