

ごみ焼却プラント

運転訓練シミュレータにおけるVRの適用

栗林榮一¹、○竹島穰治¹、串間真二¹
宮本裕一²、林正人²、森芳信²、片岡幹彦²

1. 川崎重工業（株）環境ビジネスセンター電装制御部
2. 川崎重工業（株）システム技術開発センター第一開発部

概要：最近のごみ焼却プラントにおいては、連続操業期間の長期化、運転の自動化に伴い、運転員の非定常時における対応処理能力を主とした運転能力が実体験にて養成される機会が減少している。この問題を解消するものとして、当社では、既に大型ごみ処理プラント向けに運転訓練シミュレータを開発・納入してきた。本報では、その運転訓練効果をより高める為、従来の運転訓練シミュレータに3次元仮想現実（Virtual Reality）技術を応用し、フィールドでの疑似体験が出来るシステムへと発展させたものについて紹介する。

キーワード：ごみ焼却プラント、運転訓練シミュレータ、VR

1. はじめに

最新のごみ焼却プラントは、焼却能力の増大、連続操業期間の長期化に伴って、急速に運転自動化がなされてきた。これに伴い、運転員がプラントの起動停止や異常・故障時対応を実体験する機会が減少した為、非定常時における対応処置能力の維持向上、初心者 of 早期養成が重要な課題となってきた。この問題解消の為に、実機と同様の操作感覚で定常時から非定常時まで幅広く操作訓練ができる運転訓練シミュレータが教育ツールとして有効である。

当社では、既に大型ごみ処理プラント向けに運転訓練シミュレータを開発・納入し、プラント運転員の質的向上に寄与してきた。しかし、従来のシミュレータは、中央制御機器に対する訓練を主としたものであり、フィールドでの対応能力の養成という点にはあまり重点が置かれていなかった。そこで、今回、従来のシミュレータの訓練効果をより高める為、3次元仮想現実（Virtual Reality、以下VR）技術を応用し、フィールドでの疑似体験ができるシステムへと発展させたものを開発した。

本報では、VR技術を適用した大型ごみ焼却プラント向け運転訓練シミュレータの紹介と、その訓練効果について、具体的事例に基づいて述べる。

2. ごみ焼却プラント運転訓練シミュレータ

まず、本報にて述べる、VR技術を適用した大型ごみ焼却プラント向け運転訓練シミュレータのシステム構成を図1に示す。

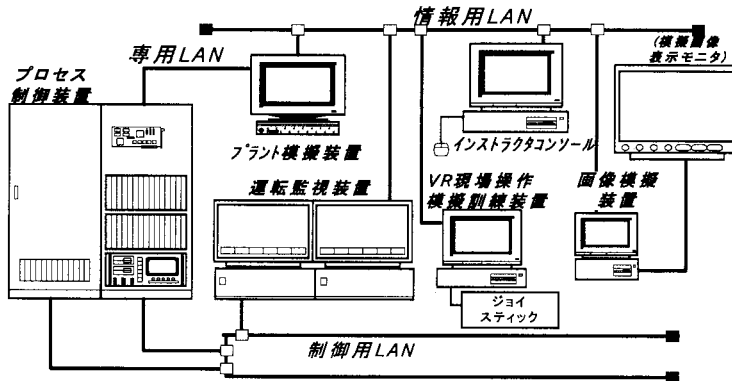


図 1 運転訓練シミュレータシステム構成

運転監視装置、プロセス制御装置にはハード/ソフトともに実機と同一仕様品を採用、実機と同一の操作環境を提供している。

プラント模擬装置はプロセス制御装置と専用 LAN によって結ばれており、プロセス制御装置からの操作信号およびプラント数式モデルプログラムに基づき、模擬プラントの各プロセス値を実時間で計算、LAN 経由でプロセス制御装置に実際のセンサ信号と同様に出力する。インストラクタコンソールは本シミュレータを統括制御するもので、教官にシミュレータ操作の容易な GUI 操作インタフェースを提供する。

VR 現場操作模擬訓練装置は、3 次元仮想現実としてプラント現場空間を提示、重要機器の現場操作環境を模擬する。さらに、プラント模擬装置でのシミュレーション結果と連動して炉内燃焼状態画像/ボイラドラム水位および圧力計監視画像を提示する画像模擬装置を備える。

以上のように、制御/シミュレーション/VR /マルチメディア技術を融合し、これらを制御用および情報用高速 LAN で有機的に結合した IT 活用シミュレータである。

3. VR 技術利用による現場操作模擬訓練装置

ごみ焼却/発電プラントにおける運転訓練には、中央制御室内の運転訓練のみならず現場での確認・機器操作に関する訓練の充実が、重大異常発生時に迅速かつ適切な判断・操作を行うために必要であり、ユーザからも現場操作も含めた訓練の実施ニーズが大きい。そこで、本シミュレータでは VR 技術を利用して現場操作盤、弁等を提示する VR 現場操作模擬訓練装置を開発、装備した。図 2 に VR 画面例および VR 現場操作模擬訓練装置での処理を示す。

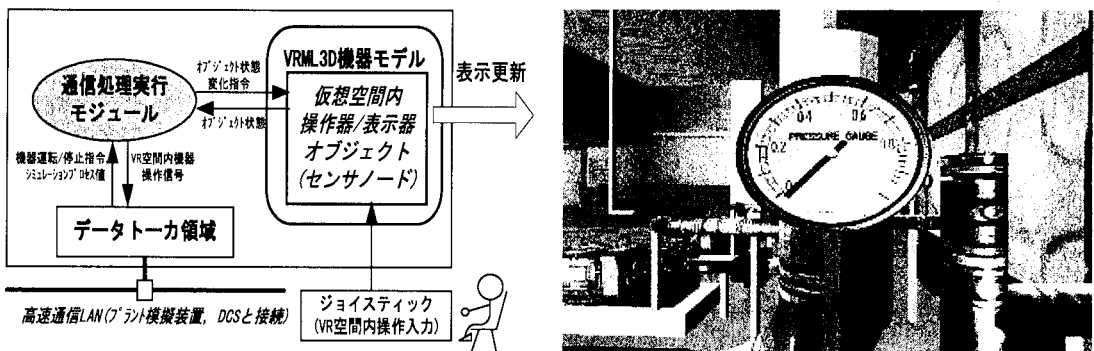


図 2 3次元仮想現実処理システム概念とVR画面例

訓練者は、タービン発電機停止や主要送風機停止など重大異常発生対応訓練時に、ジョイスティックを操作して当該機器現場までVR空間内をウォークスルーにより移動、現場到着後、機器運転状況確認や機器操作を実行する。機器の現場操作および運転状況は、高速LAN経由でプラント模擬装置/プロセス制御装置にリアルタイムに伝送される。なお、3次元機器VRモデルはVRML(Virtual Reality Modeling Language)により記述、機器スイッチ等操作器や表示器各々に対して、センサノードを定義し、これによりVR空間内での機器操作入力検出/プロセス制御装置からの運転信号変化を検出、VR表示更新を実行している。これにより、プラント重要機器に関する現場での確認/操作訓練を実機と同様の臨場感で実施できる。

4. 現場操作模擬に関わる訓練の実施例

シミュレータの訓練機能として故障模擬(マルファンクション)がある。故障模擬は、故障機器による各機器のロジック動作、ループに与える影響を模擬し、プラントの挙動としてCRT表示にその内容が反映される。訓練の基本的な流れとして、二次被害の抑制と、早期故障機器の復旧が主体となるが、VRでは主に現場での故障復旧の操作・手順についての訓練で活用される。

マルファンクション例として、表1を示す。

表1 マルファンクション例

No.	マルファンクション名	訓練項目	訓練概要
1	誘引通風機トリップ 1-1 過負荷によるトリップ 1-2 短絡によるトリップ 1-3 地絡によるトリップ	機器故障(トリップ)対応操作	誘引通風機トリップ時再起動操作と燃焼回復操作
2	ボイラ給水不能 2-1 過負荷によるトリップ 2-2 地絡によるトリップ	機器故障(トリップ)対応操作	ボイラ給水ポンプトリップ時の対応訓練操作、ドラム水位極低トリップ対応操作
3	炉内ごみ供給不能	燃焼安定化対応操作	ごみクレーンが故障し、ごみ投入ができなくなった場合の状況把握と対処措置
4	受電停電	機器故障(トリップ)対応操作	照明模擬、全停電が発生した場合の対応操作訓練
5	ごみ投入ホッパブリッジ	燃焼安定化対応操作	ごみ投入ホッパブリッジ発生時の状況把握・対処措置
6	燃焼段空気流量ダンパ作動不良	機器故障(トリップ)対応操作	ストーカ下空気流量ダンパ作動不良時の状況把握と空気流量手動操作
7	タービン発電機トリップ	機器故障(トリップ)対応操作	タービントリップ時の状況把握とトリップ時の停止操作訓練
8	タービン・発電機振動上昇	機器故障(トリップ)対応操作	「タービン振動上限」警報発生時の対応操作訓練
9	押込送風機トリップ 9-1 過負荷によるトリップ 9-2 短絡によるトリップ	機器故障(トリップ)対応操作	押込送風機トリップ時の再起動操作訓練
⋮	⋮	⋮	⋮

訓練の実施例として、マルファンクションの中から「押込送風機トリップ」についての実訓練の流れとVR画面展開を図3に示す。

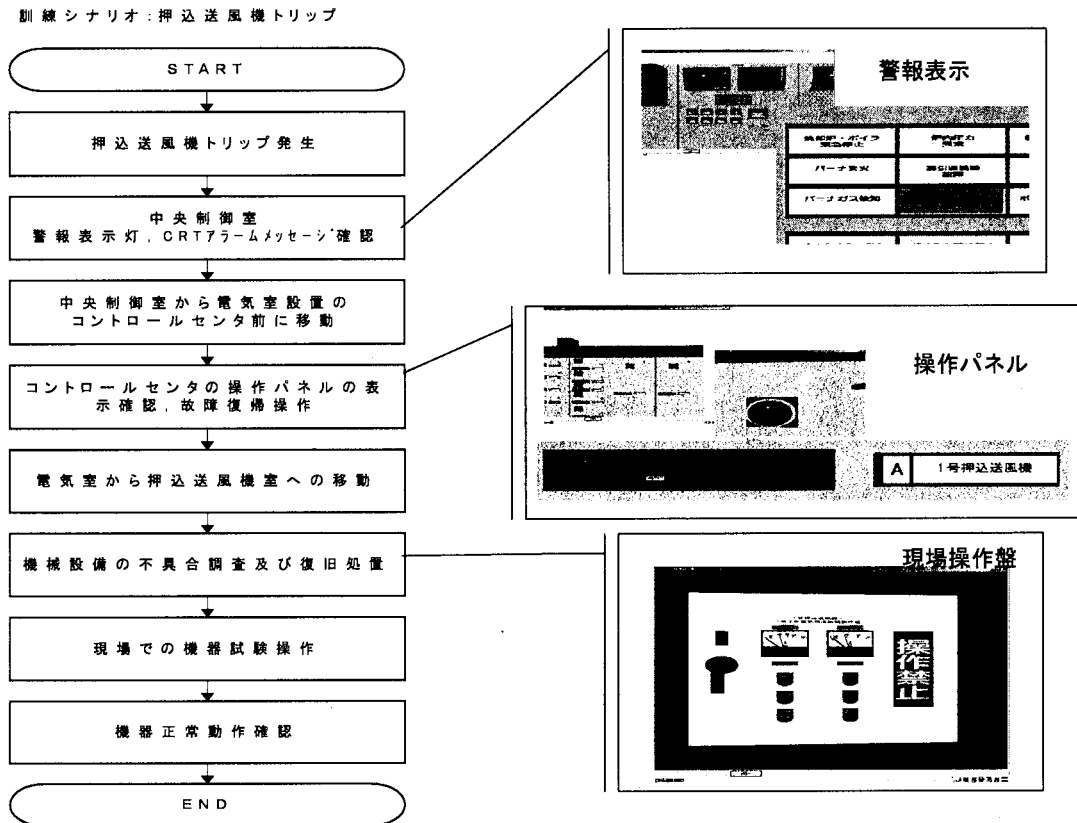


図 3 訓練の流れとVR画面

まず、教官がインストラクタコンソールで「押込送風機トリップ」発生指令を入力すると、プラント模擬装置におけるプラント状態は押込送風機がトリップした事態に陥る。そこで、この異常事態に対処する為、訓練者はジョイスティックを操作して実機さながらの3次元仮想空間の中で自由に室内及び部屋間の移動を行い、故障発生の確認から故障の解除、復旧操作までをリアル感覚で体験することができる。

また、訓練者の操作内容はプラントの挙動に反映されており、処置・対応結果が実プラント動作として現れる。このため、教科書的な故障対応だけでなく、不適切な処理対応に起因して発生する二次的な事象もプロセス挙動として現れることで、単に訓練の初期段階の体験学習に止まらず、ベテラン運転員が日頃経験できない事象への体験ツールとしても有効に使用できる。

5. おわりに

本報では、大型ごみ焼却プラント向け運転訓練シミュレータにおけるVR技術を用いた現場操作模擬訓練装置と実訓練内容について述べた。訓練者がリアルな疑似体験を得ることで、実運転での違和感を軽減し、効率的に訓練効果を高めることができる。

今後、模擬空間を拡充し、機械設備の状態確認の取り込みや、炉内などの日頃出入りのできない場所の模擬など、メンテナンスや設備理解の支援ツールとしても適用を図っていく所存である。

参考文献

- 1)横山ほか“ごみ焼却プラント用運転訓練シミュレータの開発” 川崎重工業技報 125号 P12~13 (1995)