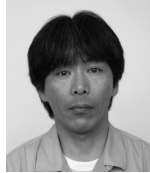


特集 ■ 教育訓練シミュレーション

ごみ焼却運転訓練シミュレータ



上田達夫 KEE 環境サービス
UEDA TATSUO



林 正人 川崎重工業
HAYASHI MASATO

1. はじめに

我々の日常生活で排出されるごみを焼却する施設（以下、ごみ焼却プラントと称す）では、排ガスや排水等に含まれる有害物質を除去する設備は当然のこととして、さらに高効率な廃熱回収を行うために、ボイラ・タービン・発電機を付加した、より複雑化した発電付設備が一般的になっている。仮に電力会社側に停電等が発生しても、施設内で発電した電力によってごみ焼却プラントは停止することなく自立して運転が継続でき、一方で、通常の運転では余剰電力を外部へ送電することで電力供給の一翼を担って重要なインフラ設備の一つとなっている。この結果、プラントは殆ど停止することなく連続運転されており、運転員が起動停止に慣熟する機会が少なくなっている。その一方で、稀に補機の故障などの異常事態が発生した時には、適切な判断と迅速かつ的確な操作が要求される。ごみ焼却プラントの製作メーカの川崎重工業、その関係会社でプラントの委託運転業務を担当する KEE 環境サービスでは、現場の第一線で日々の運転業務に就く運転員の能力や資質をいかに引き出して、上記した起動停止や異常事態に対する対応能力を高めていくかが重要な課題の一つであった。このような課題を解決する方法として運転訓練シミュレータを開発・導入し、各現場の運転員訓練に利用してきた。本報ではこのシミュレータと、これに導入された VR（バーチャルリアリティ）技術について述べる。

2. 模擬対象としたプラントと訓練の種類

模擬対象プラントは、ストーカ式といわれる大都市圏ではごく一般的な型式のごみ焼却炉であり、訓練は、①起動停止、②異常事態対応、③燃焼調整の 3 種類で、訓

練期間はコースによるが 2 日～4 日としている。シミュレータの全景を図 1 に示す。システム構成を図 2 に示す。



図 1 シミュレータ全景

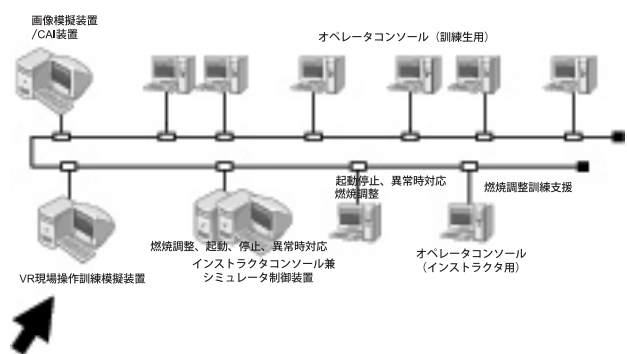


図 2 システム構成

図 1 で、前列は実際の中央制御室に設置されプラントの全容を監視して、必要な操作を行うオペレータコンソールと同様の装置で、後列はインストラクタ用コンソールと、現場操作を模擬する VR 技術を用いた現場操作訓練模擬装置などである。

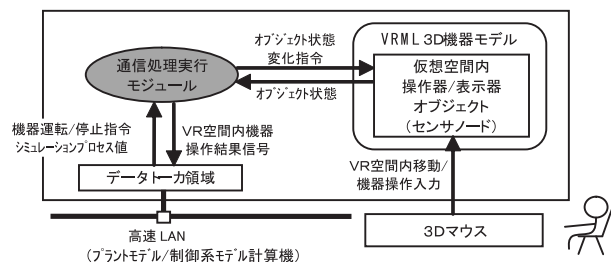


図 5 VR 現場操作訓練模擬装置での処理

VR モデルのモデリング方法を以下に示す。

- ①スイッチや指示計などの操作器はアニメーションを、制御盤や部屋の背景といった残りの部分は、リアリティを出すためテクスチャマッピングを用いる。
- ②アニメーションコードにおいて、VR デバイス上での訓練生の操作を識別するためのタッチセンサノードや、時間経過などシステムの変化を識別するためのタイムセンサノードなどのオブジェクトを定義する。
- ③VR モデルをプラントモデルや制御系モデルと接続するため、②で定義したセンサノードとプラントデータや操作器のイベントを接続する。

表 1 に現場毎のセンサノード数を示す。センサノード数は約 2,500 である。これは、VR モデルとプラントモデル、制御系モデル間で約 2,500 個のデータがリンクしていることを意味する。

表 1 センサノード

階	現場	センサノード
1F	脱硝触媒反応塔	36
1F	ボイラ給水ポンプ、脱気器給水ポンプ	61
1F	計装用空気圧縮機	102
1F	洗煙装置	38
1F	中間通風機	10
1F	誘引通風機	18
2F	貯槽類	149
2F	押込送風機、2次押込送風機	19
2F	タービン発電機	690
2F	電気設備	435
3F	中央制御室	715
4F	減温塔	150
4F	蒸気復水器	24
B1F	ポンプ室	43
計		2490

5. VR を利用した訓練の事例

例えばボイラ給水ポンプ・トリップの異常事態例では、当該ポンプは重要補機のために実際のプラントでは予備機が自動起動するが、訓練ではその自動起動の条件をわ

ざとはずして、ボイラ給水停止が継続するように設定することもある。訓練生はそのことを知らされておらず、予備機起動失敗の原因を究明・解除してポンプを起動させるが、そのためには VR 空間内で現場まで行き、必要な対応をとることも要求される。予備機が起動するまでの時間が長引けば、その間にボイラドラム水位が極低まで下がり、誘引通風機や燃焼用空気ファンなどがインタロック停止し埋火状態に至る。訓練生はこの状態から再びもとの燃焼状態まで戻す復旧操作を要求される。

図 6 は VR による現場操作箱の例であり、VR 画面の該当するスイッチをマウスでクリック、または指でタッチすることで、現場／中央切替スイッチが例えば現場から中央側に切り替ったり、ポンプ発停スイッチの運転ボタンが点灯したりする。訓練では現場機器点検時の操作禁止札掛けなどの安全ルールの励行なども併せて行っている。図 7 はポンプ室、図 8 は中央制御室の VR 画面例である。



図 6 VR 現場操作箱

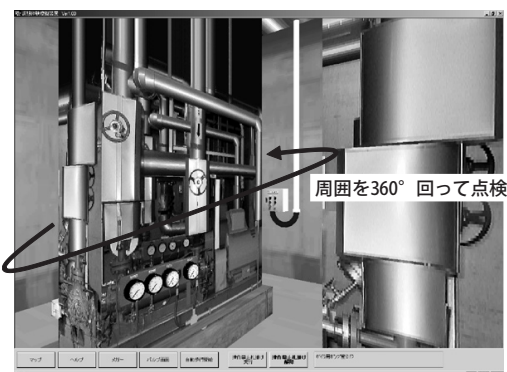


図 7 VR ポンプ室

プラント運転は複数の人間がそれぞれの役割を分担してチームプレーで行うものである。本訓練では、例えば



図8 VR 中央制御室

『1号炉 No.2 ボイラ給水ポンプ運転します。3・2・1 運転、運転確認しました。』というように、指差しや声に出して連絡することで、間違いや勘違いの防止を図るとともに、他のメンバーに自分のやっていることを正確に伝えるという訓練も行っている。自分は独りで運転できるので、他のメンバーへの指示も当然できる（班長役もできる）つもりでいたが、いざ、その班長の役割分担が回ってくると、必要な指示を仲間に的確に出せないことなどを実感させて、本当は人にきちんと説明できる程には判っていないのだということを理解させている [2]。

6. 今後への期待とシミュレータ運用のポイント

シミュレータでは、VRによってポンプ室などの現場に移動すると、種々の機械装置の運転音も聞こえてきて相応の臨場感が得られるように作っている。しかし実際の現場では、各種機械が損傷を引起しかけている時の音・匂い・振動など、人間の感覚に訴えるアナログの要素も非常に重要である。このような観点では、現状のシミュレータはプラントを構成する現場の各機械装置が何らかの原因で異常をきたしてから的事後の対応に限定されている。夢のような話であるが、将来的にこのような事象も VR 技術とリンクさせて取込んでいくことが出来れば、より有効な訓練シミュレータが構築できるものと考ええる。

一方で、上記のような将来技術を取込んでいけたとしても、それはあくまでツールとしてのシミュレータであり、運転員訓練という観点ではある種のハード的側面である。訓練のためには、このツールを使って訓練を行うインストラクタ（先生）の養成をいかに行うか、どのようなカリキュラム・説明にするか、また損傷を引起しかけている時の機器の匂い・音・振動をどのように集めてくるか、もしくはこれらを合成したとしてもそれが本当に

そうであると誰が判定できるのかなどの人材面やソフト面での課題が併行して存在する。VR 技術によって、今まで出来なかったようなことが可能となったが、このような技術の進歩にあわせ、これに対応できるソフト面での充実を図ることもより必要となってくる。

7. おわりに

本書で述べたシミュレータは、川崎重工業の本社並びに環境部門が、10 数年前に開発・納入した実績機をそのオリジナルとし、これをベースにして、運転担当の KEE 環境サービス向けに更に改良・特化させて 2003 年に運用開始した。現在となってはそのハード的要素技術には幾分古くなった部分も含まれるものと考えるが、運用開始以後も実際の運転員訓練に供しながらソフト面での継続的改善を続け、現在までに約 400 人の訓練実績を持つに至った。訓練終了後の意見交換では、「現場と同じような感覚で臨めるので理解しやすい」、「実機で未体験のトラブルを経験しその復旧方法を習得できた。今後実際に実機で起こった場合に役立つ」、「現場作業を安全に行う上で基本行動の見直しができた」と言った感想が多く、本シミュレータが、運転員の技量向上に寄与できたものと考ええる。

参考文献

- [1] 片岡、宮本、林、日隈：ごみ焼却プラント運転訓練シミュレータの開発、日本機械学会第 12 回環境工学総合シンポジウム 2002 講演論文集、pp. 270-272 (2002)
- [2] 南部、深田、上田：ごみ焼却プラント運転訓練シミュレータ、第 28 回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集、pp. 82-84 (2007)

【略歴】

上田達夫 (UEDA Tatsuo)

KEE 環境サービス (株)

1972 年大阪府立大学大学院工学研究科電子工学専攻修士課程終了。同年、川崎重工業(株)入社、各種産業プラント・環境プラント設備等の電気計装設計に従事。2003 年から現在に至る。

林 正人 (HAYASHI Masato)

川崎重工業 (株) システム技術開発センター

1986 年神戸大学大学院工学研究科計測工学専攻修士課程終了。同年、川崎重工業 (株) 入社。専門は計測・制御工学。