

【技術分類】 1 - 8 - 2 用途 / 技能・技術教育 / シミュレータ

【技術名称】 1 - 8 - 2 - 1 保守作業のコンピュータによる訓練システム

【技術内容】

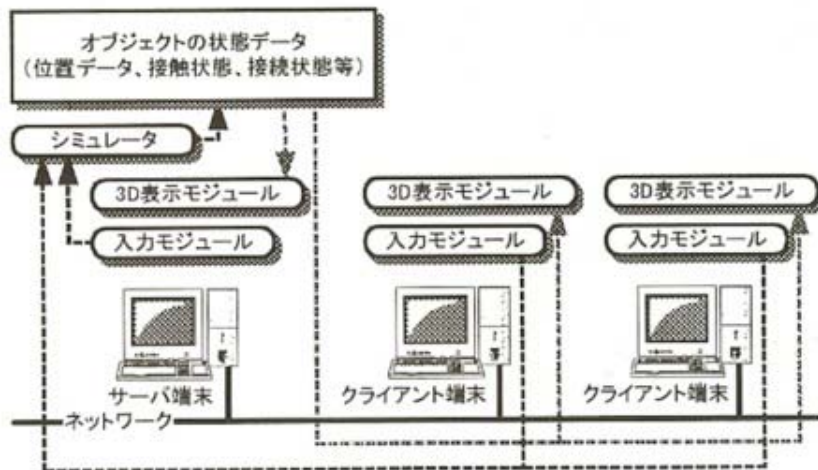
原子力発電所などの保守作業は、実機による作業体験が積みにくいにもかかわらず熟練を要するために、実物大のモックアップ設備による訓練が行われている。

図 1 に示すシステムは、訓練が困難な大型機器の保守作業を対象に、オフサイトで仮想体験しながら訓練をするためのシステムの構成である。

作業空間と保守対象物の 3 次元モデルをコンピュータ上に構築し、視覚、聴覚を中心に臨場感ある仮想訓練環境を実現している。訓練の目的や対象者に応じてマウスあるいはジョイスティックを選択して使用する。

保守対象物には空間的な挙動を模擬させる動的モデルを組み、複数人での訓練が可能のように、コンピュータシミュレータをネットワークで接続して、仮想空間を共有する仕組みが開発されている。訓練生の行動内容は、システム内に構築された保守作業の状態遷移モデルとの比較、照合によって、保守作業の習熟度として評価される。また、訓練の中で、作業場の注意点やコツなどのノウハウを、訓練生に提供できるシステムとなっている。

【図 1】 訓練システムの構成



出典：「原子力発電プラントフレキシブルメンテナンスシステムの開発（IX） - 原子力発電所保守作業の計算機による訓練システム - 」、「社団法人 日本原子力学会「2005 年秋の大会」」、2005 年 9 月、三菱重工 渡辺長深、小松泰樹、中西徹、野村真澄著、社団法人 日本原子力学会発行、236 頁 2 訓練生向け環境設定インタフェース

【出典 / 参考資料】

「原子力発電プラントフレキシブルメンテナンスシステムの開発（IX） - 原子力発電所保守作業の計算機による訓練システム - 」、「社団法人 日本原子力学会「2005 年秋の大会」」、2005 年 9 月 13 日、三菱重工 渡辺長深、小松泰樹、中西徹、野村真澄、社団法人 日本原子力学会発行、236 頁

【技術分類】 1 - 8 - 2 用途 / 技能・技術教育 / シミュレータ

【技術名称】 1 - 8 - 2 - 2 計測制御設備の保守訓練システム

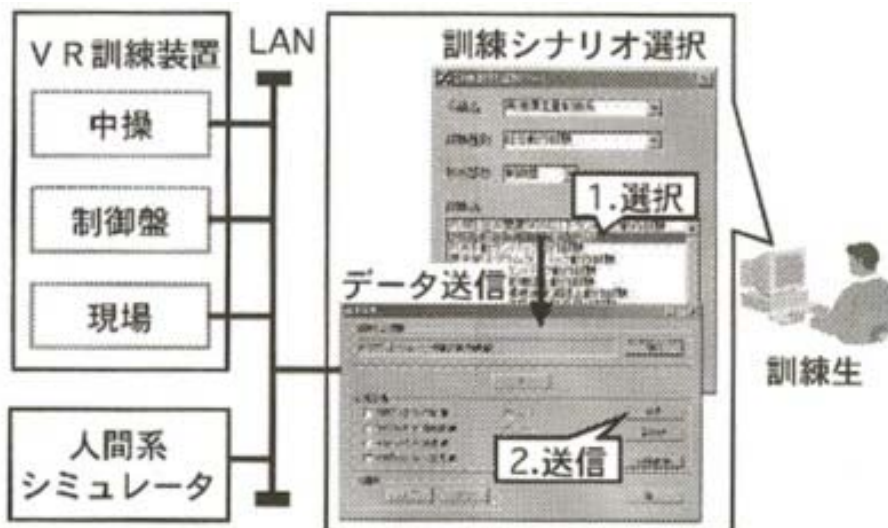
【技術内容】

制御・監視設備の保守では、複数の保守員がプラント内に分散した関連機器に対して、協調しながら作業をするというのが一般的であるが、こうした協調作業を訓練するために、従来の訓練設備では、一人の保守員が訓練するために、他の保守員がインストラクタとして設備保守の動作を代行することが必要であった。このため、保守訓練のコストがかかること、訓練対象が限定されること、などの問題があった。

図 1 に示すシステムは、バーチャルリアリティ¹技術を用いて、現場の制御・監視用設備を模擬実行し、訓練生以外の保守員を人間系シミュレータが代替することで、こうした保守訓練コストの問題を解決し、訓練対象の範囲も広げたものである。

訓練生は、人間系シミュレータと音声とで連絡を取り合いながら協調して訓練を行う。訓練作業は、ヘッドマウントディスプレイを装着して、タッチパネル付き大型画面で実行される。また、現場環境は 3 次元 CAD で空間模擬を行い、放射線環境についても体感できるように、放射線分布、被曝線量の評価結果をシステムに取り込むことができるようにしている。

【図 1】 訓練生向け環境設定インタフェース



出典：「原子力発電プラントフレキシブルメンテナンスシステムの開発（X） - 計測制御設備の保守訓練システム - 」、「社団法人 日本原子力学会「2005 年秋の大会」」、2005 年 9 月、日立製作所 福田光子、大賀幸治著、（社）日本原子力学会発行、237 頁 2 訓練システム構成

【出典 / 参考資料】

「原子力発電プラントフレキシブルメンテナンスシステムの開発（X） - 計測制御設備の保守訓練システム - 」、「社団法人 日本原子力学会「2005 年秋の大会」」、2005 年 9 月 13 日、日立製作所 福田光子、大賀幸治著、社団法人 日本原子力学会発行、237 頁

¹ 計算機内に仮想的に作られた空間に、3D 表示や特殊なインタフェースを用いてより現実感を与えようとするもの。

【技術分類】 1 - 8 - 2 用途 / 技能・技術教育 / シミュレータ

【技術名称】 1 - 8 - 2 - 3 運転訓練シミュレータ

【技術内容】

運転訓練シミュレータは、石油精製、石油化学、化学、鉄鋼などのプロセス産業で、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、銘柄切替の非定常操作などの訓練を行って、運転操作に習熟するために使われるシステムである。

機能モジュールに分けると、仮想プラントを実現するダイナミックシミュレータ、各種グラフィック表現を提供する GUI (Graphical User Interface)、演算やデータ加工、履歴データ保管を担当するデータベース、故障を発生したり自動運転を行ったりするための仕組み、リプレイや訓練評価を行うための仕組み、DCS との通信部などから構成される。

以下には、主な機能を示す。

・ダイナミックシミュレータ

現実のプラントをコンピュータ上に忠実に再現させて仮想プラントを実現する機能

・実行制御機能

プラントの運転・休止制御を行うとともに、訓練中の途中状態を一時保存 (スナップショット) 機能、一時保存した状態の復元 (ステップバック) 機能、シミュレーションの実行タイムスケールの変更機能など

・初期状態読み込み・保存機能

運転訓練シミュレータを構成する各モジュールの初期状態の設定機能

・マルフアンクション機能

プラントの異常状態や機器故障を故意に発生させて、異常回避、復旧作業等の訓練を行う機能

・自動運転機能

予め定義したシナリオどおりに操作を行う訓練や、あるオペレータの操作部分のみを省いた運転を再現する訓練を実現するための機能

・リプレイ評価機能

訓練を終えた後に運転操作内容を再現し、インストラクタとともに訓練評価を行う機能

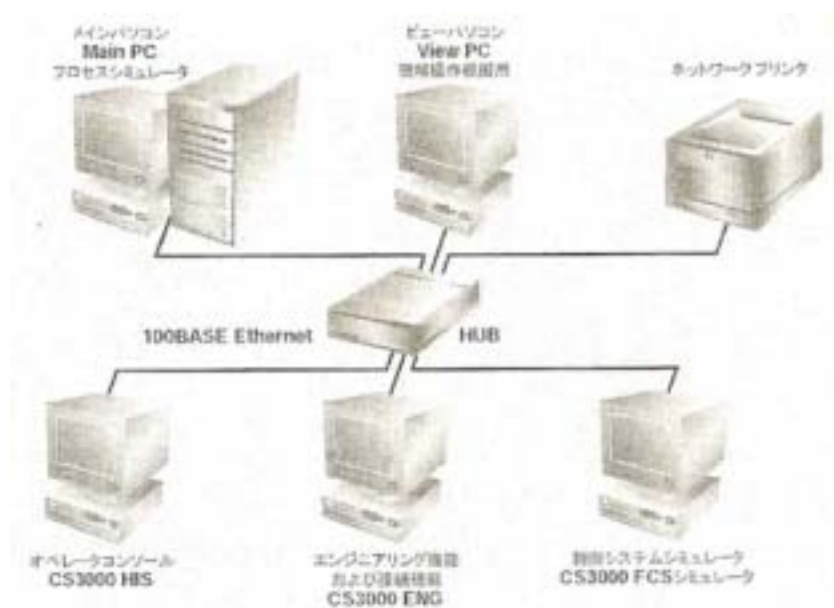
運転訓練シミュレータの実現形態には、実際の制御装置にシミュレータシステムを接続して設備機器を操作しながら訓練を行う実機 DCS 接続タイプのシステム形態と、コンピュータ上で制御システムの機能をシミュレートして訓練を行う DCS 模擬タイプのシステム形態がある。

後者の最近のシステムでは、オペレータコンソールとして実機の DCS キーボードを接続し、タッチパネル付きディスプレイを採用して、実機と変わらない操作感を実現したシミュレータも現れている。

また、このシミュレータは、オペレータのプロセス教育、非定常操作時の運転手順の確認、運転支援システム、設備設計・改変の事前検討などに多目的に利用されるようになってきた。

図 1 には、実機 DCS 接続タイプのシミュレータのシステム構成例を示す。

【図 1】実機の制御システムに接続した運転訓練システムの構成



出典：「最近の運転訓練シミュレータ」,「オートメーション Vol.48 No.2」,2003 年 2 月,オメガシミュレーション 横山克己、浜崎広道著,日刊工業新聞社発行,23 - 27 頁 1 実機 DCS 接続タイプのシステム構成

「Ethernet」: 富士ゼロックス株式会社の登録商標

【出典 / 参考資料】

「最近の運転訓練シミュレータ」,「オートメーション Vol.48 No.2」,2003 年 2 月,オメガシミュレーション 横山克己、浜崎広道著,日刊工業新聞社発行,23 - 27 頁

「トレーニングシミュレータ」,「生産現場情報化ハンドブック」,2004 年 11 月,オメガシミュレーション 横山克己,株式会社工業調査会発行,530 - 535 頁

【技術分類】 1 - 8 - 2 用途 / 技能・技術教育 / シミュレータ

【技術名称】 1 - 8 - 2 - 4 プラント・シミュレータによる機能試験技術

【技術内容】

プロセスの最適化や運転訓練のためのシミュレーション技術の開発が進んでいる。

プロセス・シミュレーションは、従来、大型コンピュータあるいはプロセス用コンピュータで模擬操作が行われてきたが、演算機能の性能向上から、パソコンレベルでも高精度なプロセス・シミュレーションを実現できるようになった。

プロセス・シミュレータは、3つのレベルの機能から構成される。まず、単ループの制御系とそれへの外乱を加えた応答系のシミュレーション。次に、単ループ系を複数組み合わせた多変数系のシミュレーション。これは静的状態での最適化と過度応答についてのシミュレーションが可能である。さらに、化学反応のような反応系の動的応答を含めた、プロセス・シミュレーションがある。

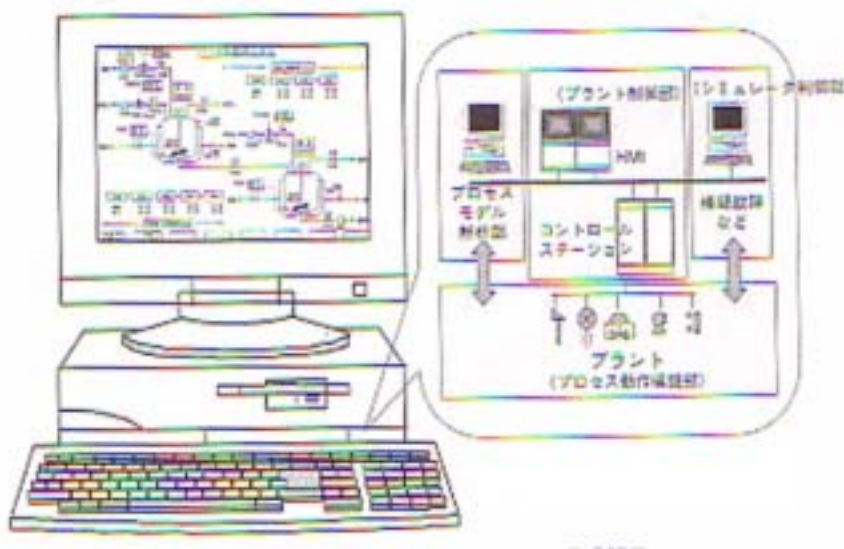
プロセス・シミュレーションを用いて監視制御システムの制御機能を確認するためには、図1のように、監視制御システムをプラント・シミュレータに接続して行われる。このときプラント・シミュレータでは、DCS (Distributed Control System) 等のコントロール機能の完全なエミュレーションが必要になる。

DCS エミュレータ²は、実運転の監視制御システム (HMI、制御 LAN、コントロール・ステーション) において実現されているものを、パソコン上で実現したものである。プラント動作のモデル化は、プラントの簡易モデルの構成要素 (タンクや熱交換器等の装置、ポンプや調節弁等の操作端、温度計や圧力計等の検出器など) を組み合わせることで作成する。

運転訓練シミュレータの制御部は、運転動作の停止や異常発生、故障パターン等の制御動作を行うとともに、訓練者に役立つ操作 (スローモーション、リプレイ、スナップショット、ステップバック) 等の機能を提供する。

プロセスのシミュレーション部分については、DCS 等のデータ蓄積装置からプロセスデータを収集し、試験信号に対する応答解析の結果からプロセスのモデル化を図る仕組みが提案されている (図2 参照)。

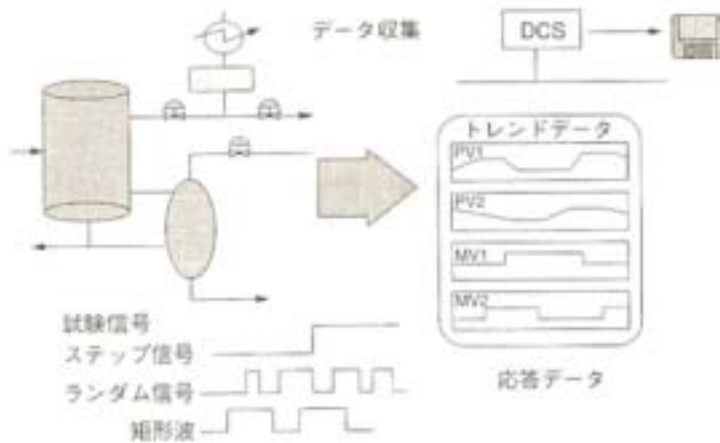
【図1】プラント・シミュレータの構成機能



² あるハードウェアの機能を、異なるハードウェア上で、ソフトウェアで実現するもの。そのソフトウェア。

出典:「プラント・シミュレーションの動向と課題」,「オートメーション Vol.47 No.3」,2002 年 3 月,東芝 服部孝明、杉森久容著,日刊工業新聞社発行,25 - 30 頁 2 プラント・シミュレータの構成機能

【図 2】プロセスのモデル化



出典:「プラント・シミュレーションの動向と課題」,「オートメーション Vol.47 No.3」,2002 年 3 月,東芝 服部孝明、杉森久容著,日刊工業新聞社発行,25 - 30 頁 4 プロセス応答の同定機能

【出典 / 参考資料】

「プラント・シミュレーションの動向と課題」,「オートメーション Vol.47 No.3」,2002 年 3 月,東芝 服部孝明、杉森久容著,日刊工業新聞社発行,25 - 30 頁