

VR 応用訓練シミュレータ - プロトタイプ -

加藤伸子 阪田直子 土井美和子
(株) 東芝

あらまし :

VR の応用として様々な仮想システムが考えられている。我々は、仮想空間に構築した仮想プラントを用いて設計時のレイアウト検討、プレゼンテーション、運用時の教育訓練を一貫して支援するシステム VIGOR (Virtual Environment for Visual Engineering and Operation) の開発をめざしている。これまで対話的に機器配置の変更を行う仮想オペレーションルームを開発してきた。今回は特に仮想訓練シミュレータの開発を行なった。

VIGOR 全体のコンセプトと仮想訓練シミュレータに要求される技術的課題について以下に述べる。

Training Simulator Unisig A Virtual Operation Room - Prototype -

Nobuko KATO , Naoko SAKATA and Miwako DOI
Research & Development Center, Toshiba Corporation
1 Komukai Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki, 210 Japan

Abstract :

Virtual Reality (VR) technology is applied to entertainment, layout evaluation, and so on. We have been developing VIGOR (Virtual Environment for Visual Engineering and Operation) system, which is used for design, presentation, and training consistently. Using a virtual operation room which is composed CG models, engineers and users can evaluate layout alternatives together.

In this paper, Virtual Training Simulator is presented. A virtual training simulator is realized to link a virtual operation room and a dynamic power plant simulator.

1 はじめに

VRの開発が盛んになり、様々な分野で応用されるようになってきている。我々は、仮想空間に構築した仮想プラントを用いて設計時のレイアウト検討、プレゼンテーション、運用時の教育訓練を一貫して支援するシステム VIGOR(Virtual Environment for Visual Engineering and Operation) の開発をめざしており、これまで対話的に機器配置の変更を行う仮想オペレーションルームを開発してきた。

VR技術を用いた設計支援としては、[野村 92], [南雲 92] などがある。[野村 92] ではユーザの希望するレイアウトでキッチンを事前に体験することができ、[南雲 92] では、発電所の制御室でレイアウトを行うことができる。これらのシステムでは、設計段階でのヒューマン・ファクターの検証を行なうリアルタイム・シミュレーションや使い易さ・疲労度などの検討が不十分であった。

また、訓練に応用したものとしては、[三輪 94] があるが、これは保守教育テキストの一部として仮想空間を用いている。実際に仮想空間を用いた訓練については検討されていない。

我々の考えている仮想空間を用いたトータルシステム VIGOR のシステムコンセプトと仮想訓練シミュレータについて以下の章で述べる。

2 VIGOR システム

2.1 試作から訓練まで

製品を開発しはじめてから完成、運用するまでは様々な段階を経ている。これらの流れの中で通して使用することで、全体として効率があがり、従来ではできなかったヒューマン・ファクターの細かい点まで考慮できるVRシステムを目指している。現在の開発の流れには、大きく図1に示す段階がある。

これらの各段階にVRシステムを応用していく事を図っている。一貫したVRシステムを開発することにより、設計段階で使用したデータをそのままプレゼンテーションや訓練シミュレータなどで用いることができ、効率的な開発を行うことができる。また、設計段階においても訓練シミュレータと同様の

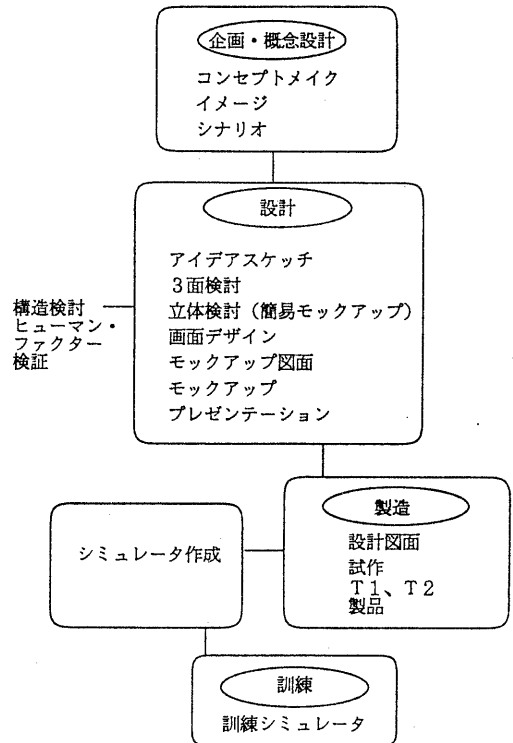


図1 現在の開発の流れ

状況を実現できるため、実際と同様の操作によってヒューマンファクターを検証した結果を即座に設計に反映させることができる。

システム全体のプロセス構成図を図2に示す。各プロセスの組合せにより、設計段階のサポートを行なう仮想試作システム [加藤 93b] [村田 93]、様々なヒューマンファクターを客観的に検証するための仮想被験者 [土井 93a] [土井 93b]、そして、仮想訓練シミュレータにと柔軟な構成が可能になっている。

ここでは、今回開発した仮想訓練シミュレータについて以下に述べる。

2.2 仮想訓練シミュレータ

発電所の運転員を養成するために、訓練シミュレータはなくてはならない重要なものである。従来の訓

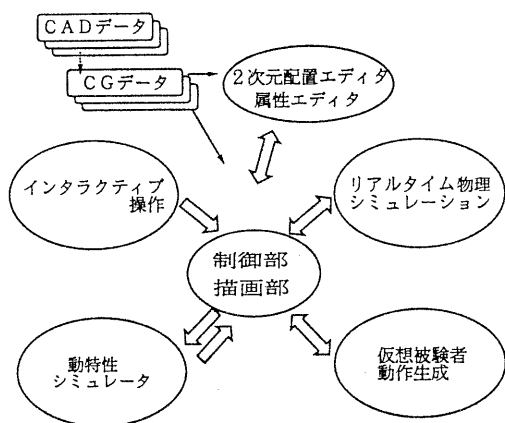


図 2 プロセス構成図

練は、実寸大の訓練用レプリカ制御盤を作成し制御室の機器配置を再現した空間で行われてきた。制御盤そのものは実機と完全に同じために、実際の発電所において違和感なく使用できるという多大な利点がある。しかし、発電所は場所毎に設計が行われ、全体として同じものは2つとないため、プラント毎に異なる訓練用操作室を作らねばならず、効率が悪くなかった。また、制御盤のレプリカの作成コストがかかる、レプリカのある特定の訓練施設（通常は発電所毎に一箇所）以外で訓練が不可能である、などの問題点があった。

これらの問題を解決するために、仮想訓練シミュレータを提案する。仮想訓練シミュレータはCGにより構築されたプラント環境を動特性シミュレータとリンクするものである。従来のシミュレータと比較して、

- 非常に安価にシミュレータが構築できる
- データを交換するだけで、任意のプラントに対応可能である
- 操作室だけでなく、プラント全体の訓練を行うことができる
- GWS上で実現できるのでコンパクトである

といった利点がある。

特に、仮想環境では広域にわたる空間を利用することができるため、中央操作室のみならず、タービンルームなどの現場やプラント全体の空間の中で訓練を行うことができるようになる。

更に、複数人でのオペレーションの訓練も、仮想オペレータや仮想パトロール員の導入により可能になる。例えば、中央操作室での複数操作員での運転シミュレーションも、仮想環境中に仮想操作員を配置することで、訓練シミュレータを一人で使用していても行うことができる。

仮想操作員との協調作業や、現場に配置された仮想現場パトロール員との連携作業により、より実際の現場に近い運転訓練を行うことができるようになる。

また将来的には、訓練を行った結果のこの情報に対し動線解析や操作に要した時間などの解析を行うことで、訓練を客観的に判断し、より効果的な訓練を行うことができる。

3 訓練シミュレータに求められる技術的課題

3.1 インタラクティブ性の保証

まず第一にインタラクティブに訓練模擬が行えることが、シミュレータとしての必要条件である。現在の技術では特に描画がタイムネックになることが多いため、インタラクティブに十分な程の高速性を持って描画を行う必要がある。このために視点から遠方にある物体は簡略データを用いる階層簡略化法を採用している [加藤 93a]。階層簡略化を用いる際の重要な問題点は、簡略データの自動作成である。各階層のデータを手動で作成して用いる事も頻繁に行われているが、データ作成に時間がかかること、また各階層ごとに画質が落ちず最もデータ量が少ない最適な簡略データが求められるが、手動ではこのようなパラメータによるコントロールが困難であるという問題点がある。このため、データ全体に応じた最適なパラメータ選択とそのパラメータに基づいた自動簡略化データ作成方法が大きな技術的課題である。

更に、単に高速化を行うだけではデータ量によって応答速度が異なる事態が発生するため、ジャストタイムレンダリングの技術が重要である。ジャストタイムレンダリングとはデータ量や条件に関わらず常に一定時間のレンダリングを保証することである。距離に応じて階層化するだけでは、視点の近傍に大量のデータがあった場合などに描画時間が必要になるため、このコントロール方法が求められる。

今回は視点の近傍に大量にデータがある場合に階層簡略化を適用し、オブジェクトのサイズにより簡略化の選択距離と階層を調節することにより、描画の高速化を行った。

3.2 操作性の問題

訓練は実際に自分がその動作を繰り返し行い、操作の感覚を掴むことが重要である。このためにはまず、仮想環境内のオブジェクトを操作をした場合に、物理的束縛条件に見合った動きをすることが求められる。更に、あるボタンを押したら隣のランプが点灯した時などのように、あるオブジェクトが動いた結果が他のオブジェクトに影響を及ぼす場合には、これらの関係を記述しておかなければならない。そのため、このような物体の属性や関係を汎用的に記述するデータ表現が必要となる。

また、仮想訓練シミュレータでは実際にできるだけ近い操作感覚が望まれる。通常、仮想空間中の物体を操作するためには、指の動きを判定できる装置、磁気や超音波を用いた3次元位置センサー、更に各種の力覚フィードバック機構を持つ入力装置などが用いられている。多くの操作員の訓練に用いるためには、簡便に手に入れることのできる市販の物を用いることが望ましい。手のジェスチャーと物体の属性を対応させて、操作させることでより自然で効率のよい物体の操作を行うことができる。

今回用いたデータ表現では、データの3次元座標、色、テクスチャといった情報以外にオブジェクトの物理的可動情報、音情報などの記述が可能になっている。また、オブジェクト同士の配置の親子関係、内部動作の影響関係、動作特性シミュレータ演算結果との接続関係を記述することができる。更に属性

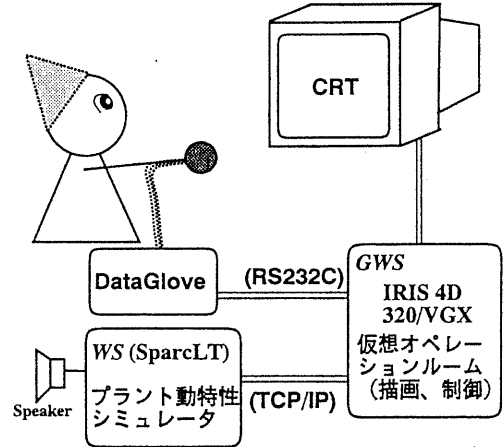


図3 システム構成

エディタを用意し、これらの属性、関係の入力を容易なものにした。これらのデータ表現と操作方法については [梅木 94] で詳しく述べる。

3.3 視認性の問題

制御室にはCRTやプロジェクターに映し出される情報の他にも、警報パネルや操作レバーの表示など様々な箇所に文字が使われ、これを瞬時に読みとることが必要である。このためには、まず第一に仮想空間中で文字表示が適切に行なわれる必要がある。

文字表示には次の3種類の方法がある。

- 3次元フォント
- 2次元フォント
- テクスチャ

3次元フォントは仮想空間では最も一般的に用いられるものであるが、ポリゴン数が多く文字が多い場合には描画時間に影響するという問題点がある。漢字などの複雑な文字はテクスチャを用いた方が高速に表示できる場合がある。テクスチャでは領域のサイズが同じであれば文字の複雑さによらず一定速度で描画を行うことができるが、変数表示には不向きである。最も負荷が軽く変数が容易に扱えるのは2次元フォントであるが、3次元的な文字の回転・

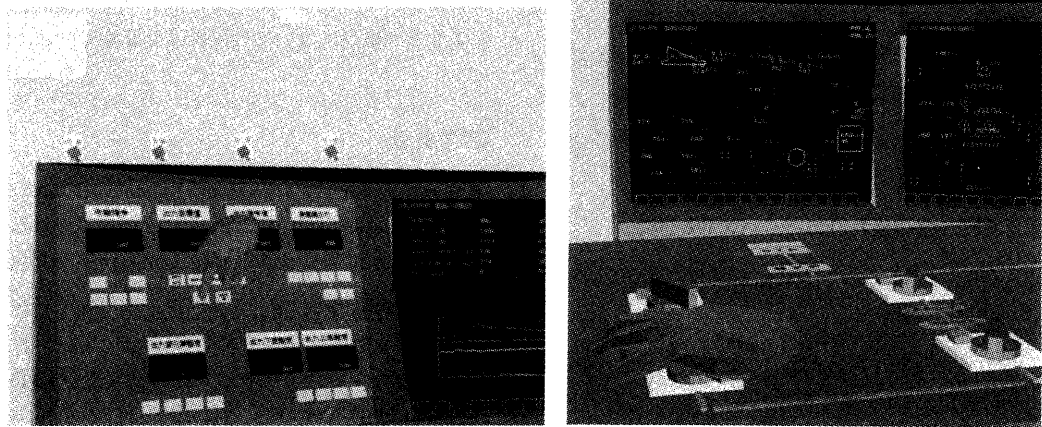


図4 仮想訓練シミュレータ画面例

拡大縮小には対応することができない。このようにどれか単一の文字表示で対応するだけでは十分な性能が得られないため、ここではこれらの文字表示の場合に応じて組み合わせて使う事で対処した。

4 適用例

このような背景をふまえ、更に問題点を明かにするために、発電所の中央操作室を想定した仮想訓練シミュレータを試作した。仮想訓練シミュレータは、制御と描画を行うGWSとプラント動特性モデルの演算を行うWS、入力インターフェースであるデータグループから構成される(図3)。仮想空間内のレバーなどの操作はデータグループを用いて、また視点移動はデータグループとマウスの両方で可能である。

動特性シミュレータはWS(TOSHIBA SparcLT)上で動作し、ソケット通信によりIRISとデータの受渡しを行う。データの受け渡しには2チャンネルを用い、動特性シミュレータの演算結果は定期的(ex. 100msec 毎)に転送され、IRISからのデータ転送は、イベントがあった時にのみ行われる。操作や描画プロセスとの独立性を確保するために、データ転送専用のプロセスを用いている。今回の文字表示

は、テキストと2次元フォントを用いて行った。警報パネルなどの様々な方向からの読みとりが必要なものは、漢字が使われており、正面から見ることが多いCRT画面などにおいて、変数には英数字のみが使われていることから、漢字はテキストで、変数である英数字は2次元フォントで表示を行った。

訓練シミュレータでは制御盤上に多数のレバー等の細かいオブジェクトが配置され、操作者は制御盤の正面で作業することが多いため、視点の近傍に大量の複雑なオブジェクトがある場合が発生する。一様な階層化ではこのような場合に対応できないため、物体のサイズにより異なった階層化を行うことで高速化を図っている。実際には、レバーなどの細かいオブジェクトと、机などの大物に大別し、細かいオブジェクトは近距離で階層を細かくし、大物に対しては遠距離にわたり階層化を行った。

仮想シミュレータの画面例を図4に示す。

訓練のための典型的な事例として、事故を模擬し、異常箇所を調べそれを回避する動作を選択した。この場合の訓練手順は以下のようなものになる。

- i) CRT画面によりモニタリングを行う。
- ii) 警報音が発生した場合に、アナライザにより警報を確認する。

- iii) 警報音を止めるため、確認ボタンを押す。
- iv) ヒータ高の警報であったら、ALR 減ボタンを操作し、出力を下げる。
- v) CS(チェンジスイッチ)により、異常のあった系統の弁を閉じる。
- vi) 閉じた弁の変わりにバイパス弁を開く。
- vii) CRT オペレーションにより CRT 画面を切替え状態を確認する。

これらの訓練を行うために、ここでは CS の操作、ボタン操作、CRT タッチオペレーション (ファンクションキー) を可能にしている。訓練を行うことにより、仮想訓練シミュレータの有効性を確認した。

5 まとめと今後の課題

今回設計から訓練までを行うシステム VIGOR の一部として、動特性シミュレータとリンクした仮想訓練シミュレータを試作した。ここでは仮想訓練シミュレータとして動作するための次の3つの条件を確保することができた。

- 描画、全体の制御を通してのインタラクティブ性
- 操作が行えるためのオブジェクトの属性、関係表現の確立
- 訓練に欠かせない文字表示の実現

また、このようなシステムで事故回避動作の訓練を用いて、警報の確認や出力の数値、トレンドグラフを確認しながら、CS(チェンジスイッチ)の操作、ボタン操作、CRT タッチ操作を行うことができ、その有効性を確認できた。

更に次のような問題点が明らかになった。第一の問題は、文字表示における遠近感の不足である。2次元のフォントを用いている部分では、3次元的なスケールングをアナログに行うことができないため、正確な遠近表現が行えない。一方3次元フォントは文字数が膨大なためコストがかかりすぎる。第二に視点の近傍に大量にオブジェクトがある場合の、イ

ンタラクティブ性の保証ができないことである。このような問題点について今後研究を進めていきたい。

参考文献

- [野村 92] Nomura J: "Virtual Space Decision Support System and Its Application to Consumer Showrooms", Virtual Computing, pp109-196(1992)
- [南雲 92] 南雲 俊喜 他: 「仮想現実感を利用した遠隔監視・制御方式の検討」, 第8回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp457-460(1992)
- [三輪 94] 三輪祥太郎、西田正吾、他: 「VRを用いた保守教育支援システムの試作」, ヒューマン・インタフェース N&R, Vol.9, No.3, pp287-294(1994)
- [加藤 93a] 加藤伸子、岡崎彰夫、 「形状簡略化に基づく3次元オブジェクト空間の最適高速表示」、電子情報通信学会論文誌 D- 2, Vol.J76-D2, No.8, pp.1712-1721(1993).
- [加藤 93b] 加藤伸子、村田克之 他: 「オペレーションルーム仮想試作-システム概要」, 情報処理学会第46回全国大会,(1993)
- [村田 93] 村田克之、加藤伸子 他: 「オペレーションルーム仮想試作-映り込みリアルタイム・シミュレーション」, 情報処理学会第46回全国大会,(1993)
- [梅木 94] 梅木直子、加藤伸子、他: 「VR 応用訓練シミュレータ-概要と機器操作方法の開発について-」, 情報処理学会第47回全国大会,(1994)
- [土井 93a] 土井美和子、福井美佳、加藤伸子「医療機器配置の仮想試作システム」東芝レビュー、Vol49, NO.1, pp.32-34(1993).
- [土井 93b] 土井美和子、福井美佳、西田委甲子、「仮想動作生成」第9回 NICOGRAPH 論文コンテスト論文集、日本コンピュータグラフィックス協会 (1993)