

プラントのマンマシンインタフェース高度化への基礎研究

エネルギー科学研究科 エネルギー社会・環境科学専攻エネルギー情報学分野
教授 吉川 榮和
yosikawa@uji.energy.kyoto-u.ac.jp
助教授 下田 宏
shimoda@energy.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

近年の計算機情報処理伝送技術の著しい進展に伴い、高度に自動化した機械システムが普及してきた。このことは、人間にとって複雑な機械システムの操作負担を軽減し信頼性向上に役立っているが、あまりにも大規模化、複雑化、ネットワーク化した機械システムがしばしば人間の理解を越える、自動化した機械がブラックボックス化するなどで、機械システムの運転管理や保守点検作業で、ヒューマンエラーによる思いがけない大規模なトラブルを招く原因にもなっている。過日の京都市内の大規模な停電も、変電所の保守作業の人的ミスが原因であった。機械システムの自動化、ネットワーク化による大規模・複雑化では、人間と機械システムとの接点（マンマシンインタフェース）のあり方が大きな課題である。

当研究室では、人間と機械システムとが相互に協調する理想的なインタフェースとして、操作盤の新しい設計や盤面上の情報提示方法の改良といった、従来のアプローチとは全く異なるコンセプトによる新しいコミュニケーション形態の実現を目標にしている。具体的には、人工物としての機械システムと人間との媒介者（インタフェース）を、仮想空間内の知的ロボットとしての「バーチャルコラボレータ」の形態で構成する、擬人化したインタフェースエージェントシステムの研究を進めている。

2. バーチャルコラボレータ研究の構想

バーチャルコラボレータとは、仮想映像空間を通じて、人間と同じ形態で、同じように話し、動き、身振りをし、考え、感情を持ち、人間と自然に交流する、擬人化した知的インタフェースエージェントである。この研究では、機械システムの具体的対象として、原子力プラントを取り上げ、その制御操作を支援する知的エージェントとしてバーチャルコラボレータを研究している。このようなコンセプトのバーチャルコラボレータには、大別して、(1)周囲の状況から自律的に判断・思考する機能、(2)仮想映像空間で会話・行動する機能、(3)交流相手の人間の思考や感情等を推定する機能、(4)人間との物理的な接点を提供する機能、が必要であり、これらを有機的に統合して、プラント制御操作の支援のために、仮想映像空間内で人間と自然に交流できる機能を実現する。

3. バーチャルコラボレータの全体構成と要素技術の研究

図1に示すように、仮想映像空間中のプラント制御室にバーチャルコラボレータを配置し、人間はその空間に没入してコラボレータと共同で機器の操作を行う。コラボレータは、(1)ヒューマンモデル部を核として、主に、(2)人体モーション生成部、(3)人間情報行動認識部、(4)インタフェースデバイス部から構成される。(1)ヒューマンモデル部は、コラボレータの知能を実現する部分であり、機械システムと人間の状態や状況を入力として、それに応じて判断・意志決定を行い、コラボレータ自身

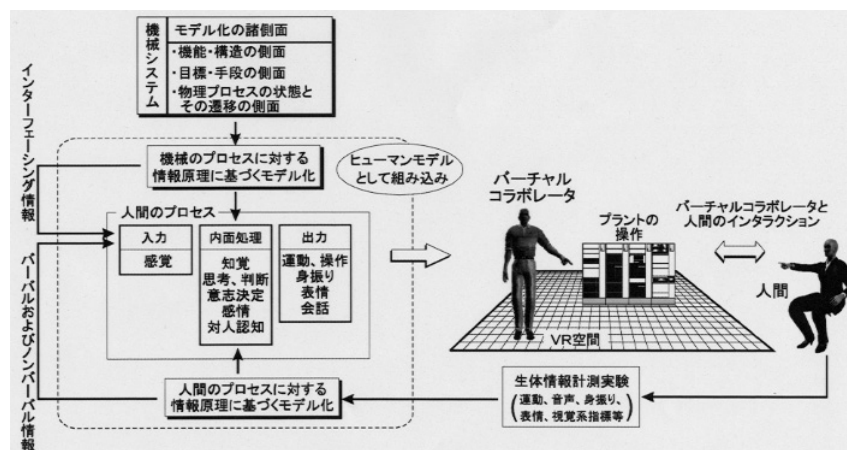


図1 パーチャルコラボレータの構成

の発話や行動を生成する。(2)人体モーション生成部では、その動作指令を受け、コラボレータの行動や表情などの外面的な動きを仮想空間内に実現する。(3)人間情報行動認識部では、人間の発話、身振り、表情、各種生体指標などを測定して、人間の思考や感情などを推定し、ヒューマンモデル部への入力とする。(4)インタフェースデバイス部は、実際に仮想空間を提示すると同時に、物理的な人間情報行動認識のための人間の各種生体情報を計測する。これまでコラボレータの知能としての①ヒューマンモデルと②会話コミュニケーション機能、人間の状態推定として③人間情報行動認識、コラボレータの行動生成として④人体モーションと表情の合成、人間との物理的接点として⑤デバイス開発、の研究開発を進めてきた。次にこれらの研究状況の概要を個別に説明するが、詳細は文献[1]に譲る。

① ヒューマンモデル・・・現在までに、プラント運転員がマンマシンインタフェース (MMI) を介して異常事象を検知・診断する認知行動を対象に、人間の認知情報処理モデルを基礎として、運転員認知モデルとその実時間シミュレーション手法を開発した。さらに、プラントシミュレータを用いた被験者実験で得た、運転員の異常検知・診断の時間対信頼性曲線のデータとの対比により、モデルの妥当性を確認した。今後は人間との会話による双方向コミュニケーションモデルの組み込みを課題としている。

② 会話コミュニケーション・・・音声処理と画面提示を分担するパソコンと、リアルタイムエキスパートシステムG2による知識処理を分担するワークステーションのシステム構成で、音声コミュニケーションを行う会話エージェントを用いたCAIシステムの研究を個別に進めている。

③ 人間情報行動認識・・・バーチャルコラボレータは実体として機械であり、その感覚を人間と同じ五感機能だけに限定する必要はないが、その計測・認識技術はできるだけ人間の負担を与えないものが望ましい。そこで、上記の音声認識以外に、人間の視覚に対応するものとしては顔のビデオ画像を画像処理して動的に表情認識や視線検出から感情を推定する手法、その他に心拍・皮膚電位反応等の電氣的生理指標の心理生理的計測法も進めている。また、人間のMMIでの操作履歴データと思考発話の時系列処理により、内面的な思考過程を実時間で推定する手法の研究も進めている。

④ 人体モーション及び顔表情の合成・・・バーチャルコラボレータの制御室内の移動と盤面操作を対象に、人体動作のVRアニメーション手法と、顔表情の合成法の研究を個別に進めている。

⑤ インタフェースデバイスの開発・・・バーチャルコラボレータを含めた仮想環境と人間との交流のための物理的接点となるインタフェースデバイスに要請される条件として、(1)人間が臨場感をもって没入できること、(2)人間とバーチャルコラボレータとが双方向に交流できる仕掛けを有すること、が挙げられる。これらの条件を満たすデバイスとして、両眼に立体画像を提示しながら赤外線CCDカ

メラにより視点位置や瞳孔径などの視覚系指標をリアルタイムで計測できるヘッドマウントディスプレイEye-Sensing HMDを開発した（写真1）。

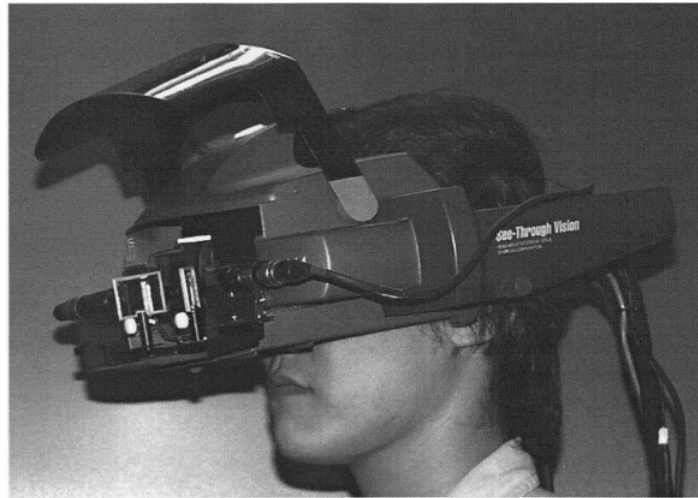


写真1 Eye-Sensing HMD

4. バーチャルコラボレータ：そのプロトタイプと応用の展望

以上の要素技術の①ヒューマンモデル、および④人体モーション合成と、当研究室が三菱電機（株）との共同研究により別途開発した人間機械系総合シミュレーションシステムSEAMAID[2]（注：SEAMAIDは通産省及び原子力発電技術機構の委託により開発された）を統合して、原子力プラントの中央制御室でバーチャルコラボレータが異常発生時の緊急時操作を行う状況をコンピュータネットワーク上で分散統合シミュレーションし、大型ディスプレイ上にアニメーション化して表示する統合

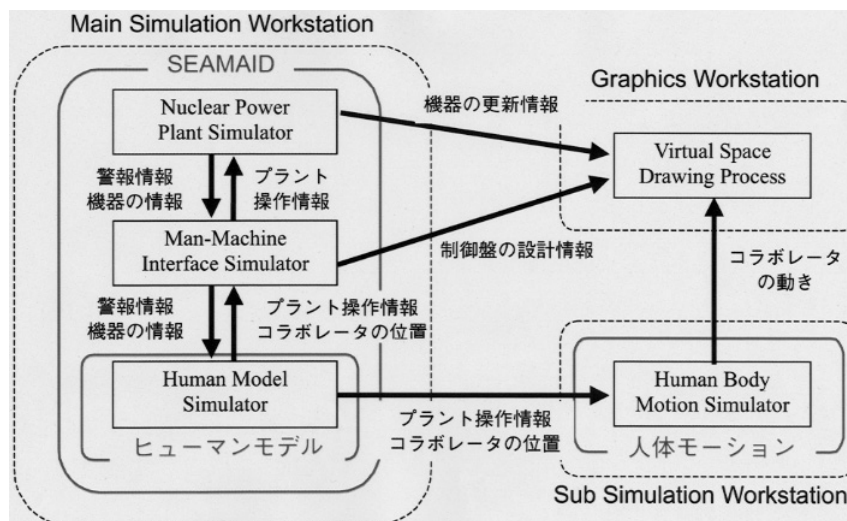


図2 プロトタイプシステムの構成

仮想環境のプロトタイプシステムを完成した。図2にプロトタイプシステムの構成を示し、図3に仮想の制御室中でコラボレータが制御盤を操作する様子を示す。現状ではコラボレータが人間と相互交

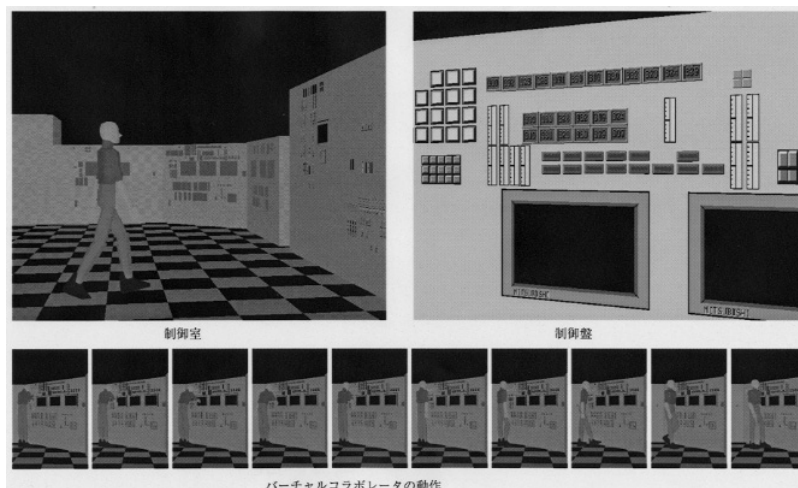


図3 仮想制御室の可視化

流する機能は実現していないが、現状のプロトタイプシステム自体でも、原子力プラントのMMIの設計検証やプラント運転員の教育訓練へ応用することができる。

5. おわりに

本稿では人間と機械の新しい交流方法として、擬人化インタフェースエージェントの実現を目指すバーチャルコラボレータの研究状況を紹介した。現在は、バーチャルコラボレータが人間と自然に対話するための音声会話、人間の意図推定、感情推定と生成等の研究を進めており、将来、コンピュータネットワークが構成する分散型共有仮想環境上でバーチャルコラボレータと人間とが相互交流する仮想社会への発展を目標としている。

参考文献

- [1] Shimoda,H., et al.: A Basic Study on Virtual Collaborator as an Innovative Human-Machine Interface in Distributed Virtual Environment: The Prototype System and Its Implication for Industrial Application, Proceedings of IEEE-SMC'99, Vol.5, pp.697-702, (1999).
- [2] Yoshikawa,H. et al.: Development of an analysis support system for man-machine system design information, Control Engineering Practice, Vol.5, No.3, pp.417-425 (1997)