

分析論文 

- プラント保全のヒューマンファクター シリーズ1 -

## オフサイト運転保守支援センター - その構想と課題 -

京都大学・吉川 榮和  
Hidekazu YOSHIKAWA三菱電機株式会社・大井 忠  
Tadashi OHI

## 1. はじめに

最近の経済状況低迷による電力需要の伸びの停滞、電力自由化や原子力の社会受容性の低下が相俟って、原子力発電を取り巻く状況は厳しくなっている。とくに1999年9月30日に発生したJCO事故、さらには1昨年のいわゆる東電不祥事問題などで、ここ数年原子力の安全性への社会の目は厳しくなり、原子力規制では原子力防災体制を強化するとともに、一連の原子力発電所の保守管理への規制強化が行われている。とくにJCO事故後、全国の原子力施設立地地域にあまねくオフサイトセンターが設けられ防災専門官が常駐するようになった。そして、原子力災害発生時には東京の官邸、原子力安全・保安院に設置される原子力災害対策本部と事故を起こした原子力施設近辺のオフサイトセンターとの間で電子ネットワークを介した連携体制で、地域住民の退避などを含めた災害対応を行うこととして、毎年、オフサイトセンターを中心に、東京の対策本部、原子力施設、地方自治体が連携する総合防災訓練が行われるようになってきた。また、昨年10月には原子力発電所保守管理への規制強化の一環として、従来の電力会社による自主点検活動が事業者点検として法制化され、事業者点検への原子力関連3法人の再編により発足した原子力発電安全基盤機構による独立監査の導入、原子力発電トラブル情報の公開の拡大、などが進められている。このような情勢は、原子力事業者に、原子力発電の経済性向上の達成が益々困難な状況をもたらすものと考えられる。

本稿では、このような現今での原子力安全を取り巻く社会情勢の中で、安全性の高度化と経済性の向上の双方を両立させる提言として、高度情報技術の適用による人的・組織的要因の改善に着目して著者らが進めてきた、原子力発電の運転・保守体系の高度ネットワーク化をはかるための「サテライト運転保守セン

タ」概念とその要素技術の研究開発を進めてきた「次世代ヒューマンマシンシステムプロジェクト」の概要を紹介するとともに、これをわが国の原子力立地地域で設置されているオフサイトセンターの整備と関連づけて「オフサイト運転保守支援センター」の構想に発展させるとともにその課題を展望する。

## 2. 次世代ヒューマンマシンシステムプロジェクト

経産省支援による革新的実用原子力技術開発提案公募事業として、平成14年度下期から3.5年の期間の計画で、三菱電機を幹事会社に三菱重工および大学のヒューマンマシンシステム研究者の協力体制で、「原子力発電プラント運用高度化のための次世代ヒューマンマシンシステム（以下Next HMS）の研究」を進めている。このNext HMSプロジェクトは、原子力発電の運転・保守コスト低減化対策として運転・保守体制の合理化に着目している。具体的には、それを複数プラントの運転保守機能の集中化による省人化で行うこととし、省人化により顕在化する、ヒューマンファクタ上の課題を解決するために、「知的な共通システム」という、新たなヒューマンマシンシステムの要素技術の開発を志向している<sup>[1]</sup>。なお、知的共通システムとは、人間と機械の間のインタフェースに知的機能を組み込んで、人間と機械が相互に適応しあう情報環境を生成することを意味している。

この研究でターゲットとするNext HMS の具体的なイメージは、図-1のサテライト運転保守センター概念に示すように、複数ユニットの運転保守機能の共有化により、プラント運転と保守の両面で効率的に人的資源を再配置し、人材活用しつつ、コスト低減を実現しようというものであり、その特徴は以下のよう

複数ユニットの運転保守機能の共有化により、効率的人的資源の活用によるコスト低減を実現させる遠隔運転保守センター

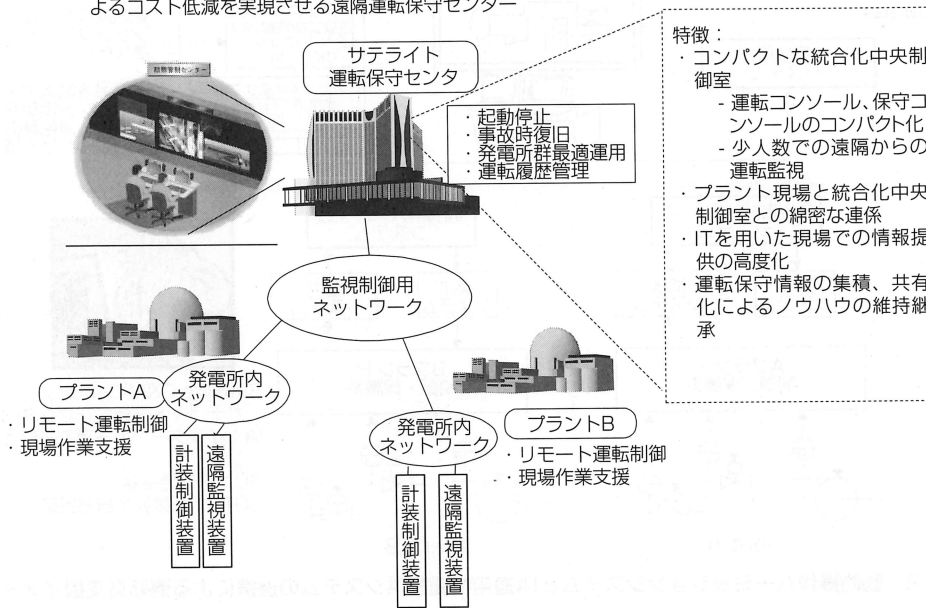


図-1 サテライト運転保守センターの概念図

にまとめられる。

- ・コンパクトな統合化中央制御室…運転コンソール、保守コンソールをコンパクト化し、少人数で遠隔から運転監視を可能にする。
- ・ユビキタスネットワークの活用…ユビキタスネットワークとは、プラント設備毎に小型ユビキタスコンピュータを設置し、遠隔保守センターとネットワーク接続することを意味する。このようなユビキタスネットワークを活用して、日常点検保守作業における運転保守情報の集積、共有化によるノウハウの維持継承を図る。
- ・保守作業支援用ウェアラブルデバイス…ヘッドマ

ウントディスプレイ、PDA、タブレットPCなどの拡張現実感技術を基本にした各種ウェアラブルデバイスの開発により、保守作業員の負担軽減、ヒューマンエラー防止に資する。

以上のように、Next HMSプロジェクトの研究対象は、運転と保守の双方にまたがっているが、双方の領域での研究テーマと分担機関を表-1に示す。

### 2-1) 運転領域の高度化のイメージ

表-1中の運転領域のテーマ1、2は、ソフトオペレーション化されたプラント中央制御室で運転員がコミッションエラー（正規の運転手順にはずれた余計な

表-1 Next HMSプロジェクトの研究テーマと分担機関

研究テーマ	分担機関
運転領域	
1. 動的操作パーミッションシステム	岡山大学、三菱電機、三菱重工
2. 会話エージェントシステム	京都大学
3. クルーモデルとクルーパーフォーマンス評価モデル	東京大学
保守領域	
4. ユビキタスネットワークとウェアラブル端末による日常点検支援	三菱電機、東北大学
5. 拡張現実感技術による保守作業員用支援インタフェース	京都大学、神戸大学

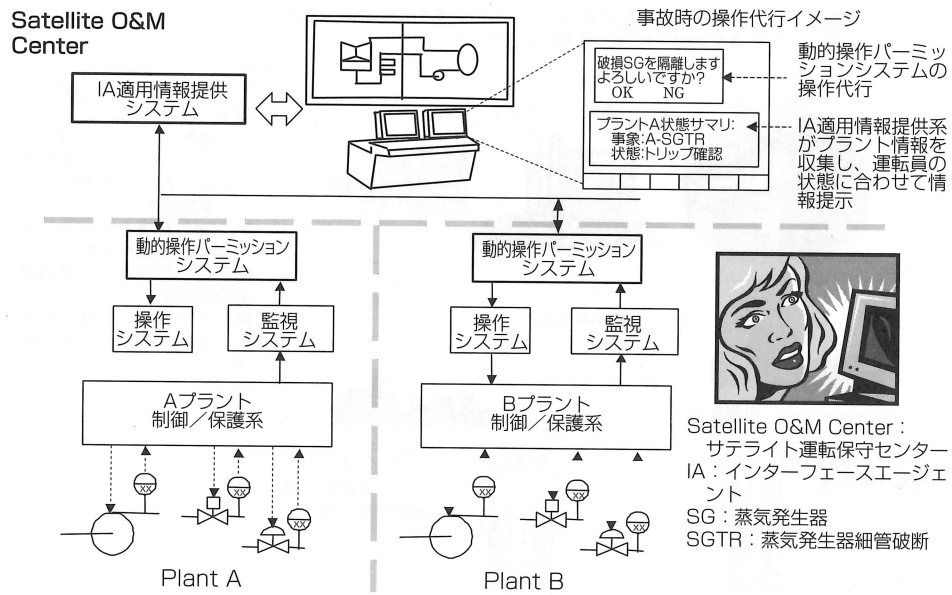


図-2 動的操作パーミッションシステムとIA適用情報提供システムの連携による運転員支援イメージ

ことをする操作エラー)を犯してもプラントに悪影響が及ばないように許容し、また悪影響が及ぶようなら操作できないようにプロテクトしたり、自動的に修正動作を行う機能を、各プラントの計測制御系に「動的操作パーミッションシステム」<sup>[2]</sup>として組み込むとともに、衛星運転保守センター側には知的な共通系として、プラント運転員の意図を理解し、プラント情報を収集して状況に適応したメッセージを生成し、プラント運転員にタイミングよく伝えてヒューマンエラーを防止するという、インターフェースエージェントを主体にした「IA適用情報システム」<sup>[3]</sup>を組み込むというものである。図-2には、このシステムによってプラント緊急時に操作を代行したり、複数ユニットの運転員を集中的に支援するイメージ図を示す。また、テーマ3は、このような衛星運転保守センターと各プラントの運転員で構成されるクルーの協同作業をモデル化し、そのクルーパーフォーマンスを上げるための方法をクルー行動のシミュレーションモデルで評価するものである<sup>[4]</sup>。

## 2-2) 保守領域の高度化のイメージ

一方、表-1中の保守領域の研究テーマ4、5による保守作業員への作業支援のイメージを図-3に示す。図中、プラント機器の保守点検作業を行う現場監督と複数の作業員からなるチームは機器の現場で作業

をするが、現場監督の持つタブレットPCに、まず、衛星運転保守センターから当該機器の保守作業の手順情報が伝送されてくる。現場監督の持つタブレットPCには、作業員たちが装着する小型CCDとHMDとが一体化した拡張現実感デバイスから作業員たちの視野像が表示されるので、現場監督はタブレットPCの画面内の作業員Aの視界画像を選択して、作業要領を電子ペンで書き込むと、それが作業員AのHMD画面に送られ作業員の視野に重畳表示されるので、物陰で現場監督の姿が見えにくくても、騒音で監督の声が聞き取りにくくても、作業員Aは現場監督に指示された作業を誤りなく達成することができる<sup>[5]</sup>。

## 3. オフサイト運転保守支援センターの構想へ

原子力防災と保全管理の強化という現今の社会の要請する、原子力安全への安心に応える道としての、オフサイト運転保守支援センターの構想を、図-4に示す。

原子力災害時に防災活動に関与する機関は、事故発生した原子力発電所の立地地域におけるオフサイトセンターと、東京に設けられる原子力災害対策本部であり、事故発生した原子力発電所からはプラントの事故パラメータが緊急時対応のネットワークを経由して災害対策本部に伝送され、ここではERSSと称する緊急時

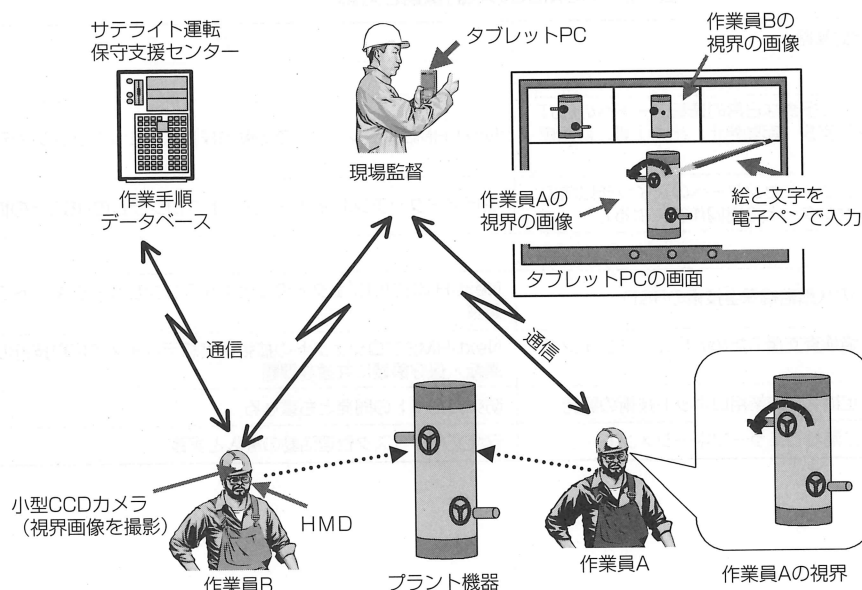
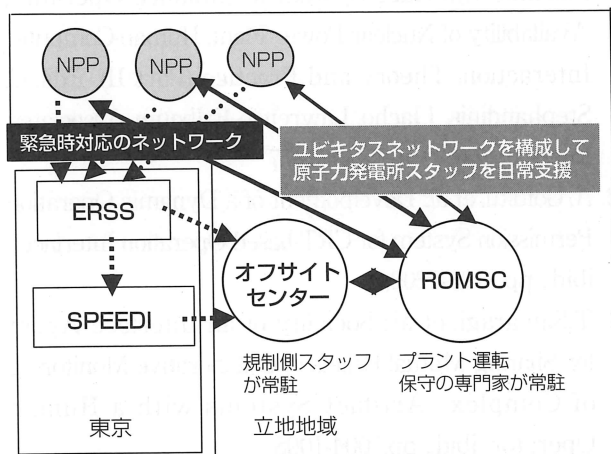


図-3 拡張現実感技術を応用した保守支援ヒューマンインタフェースのイメージ



SPEEDI：環境被曝予測システム  
 ERSS：緊急時対応支援システム  
 ROMSC：オフサイト運転保守支援センター  
 NPP：原子力発電所

図-4 オフサイト運転保守支援センターの構想

対応支援システムを用いてリアルタイムで事故状況を理解し、把握するとともに将来の事故進展予測を行って、プラント周辺に放射能放出が予測された場合にはその発生前に放出量予測値をSPEEDIと称する環境被曝予測システムにインプットして発電所周辺の被曝程度を予測する。これらのシステムの予測結果は災害対策本部および現地のオフサイトセンターに伝送され

て、住民退避を含めた防災活動の立案に用いられる。

しかしこの仕組みは万一の原子力災害に備えるものであり、社会的安心のための代償とも言える非常に高価な保険料である。また、このような事態の発生はそもそもあってはならない。

そこで、オフサイトセンターは整備されている現実を踏まえ、これを原子力の安全と安心を日常的に支える機関と位置づけて、Next-HMS の概念をリンクしたものが、図中ROMSCとして示しているオフサイト運転保守支援センターの構想である。

この構想の主要な特徴は、以下のとおりである。

- (1) 高度な運転保守技術の研究開発、運転保守に関わる民間基準策定、シビアアクシデント対策、運転経験の分析、ヒューマンファクター分析、安全文化醸成活動等の中核センターとする。
- (2) マンマシンシステム専門家、ヒューマンファクター専門家を含めた高度な技術者を集中させて、緊急時対応とプラント保守に関わるリスク管理技術能力の維持向上をはかる。
- (3) 規制側のオフサイトセンターと隣接設置して、防災専門家、運転管理官、地方自治体スタッフ等と日常的に連携を深める
- (4) 電力会社、原子力メーカーによる合弁会社か、政府、自治体の支援を得たPFI方式の事業形態で運営する。

表-2 ROMSCの検討課題と対応

検討課題	対 応
運転領域の課題	
1. プラント中央制御室運転員への多様な日常的運転モードへのOJT (オンジョブトレーニング) 支援 (起動停止、出力上昇、計画停止時の原子炉監視など)	Next-HMSプロジェクトでの動的操作パーミッションシステムR&Dの延長
2. シビアアクシデント時のオフサイトセンターへのスイッチ以前の収束操作支援 (オフサイトセンターとの協同作業による)	シビアアクシデントマネージメントプログラムのR&Dとの協調を要する
保守領域の課題	
3. 日常のISI (供用時点検) への状態監視保全技術のR&D	Next-HMSプロジェクトのユビキタスコンピュータネットワークR&Dの延長
4. 原子炉コンポーネントの欠陥検査支援のためのヒューマンインタフェース技術のR&D	Next-HMSプロジェクトの拡張現実感デバイスの応用技術のR&D 運転・保守領域に共通な課題
5. 高放射線領域の日常点検・定期保守作業用ロボット技術の開発	防災ロボットの開発とも重なる
6. 人的要因・組織要因の向上に関わるエラーマネージメント	安全文化、リスク管理活動の導入と実践

このようなオフサイト運転保守支援センターにおける検討課題と対応には表-2に示すような事項が挙げられる。

#### 4. 結び

本稿では、著者らが取り組んでいるNext-HMSプロジェクトの取り組み概要を紹介するとともに、現在の原子力発電に課せられた、社会の安心への要請と技術的コンピタンスを高めつつ運用コスト低減を図る道としてNext-HMSプロジェクトで提起したサテライト運転保守支援センターのオフサイト運転保守支援センター構想への発展と検討課題を展望した。原子力安全性の社会受容向上に、高度計装制御技術・IT技術と、ヒューマンファクター、認知科学、組織科学のような社会系科学との協同による、新たなリスク管理の取り組みが期待される。

#### 参考文献

1. T. Ohi, et al.: Development of an Advanced Human-machine Interface System to Enhance Operating Availability of Nuclear Power Plant, Human-Computer Interaction, Theory and Practice (Part II), Eds. C. Stephanidis, J.Jacho, Lawrence Erlbaum Associates, London, 2003, pp.1273- 1277
2. A. Gofuku, et al.: Development of a Dynamic Operation Permission System for CRT-based Operation Interfaces, *ibid.*, pp.1198-1202.
3. T.Sawaragi, et al.: Sociality of an Interface Agent for Sharing Mutual Beliefs in Collaborative Monitoring of Complex Artifact Systems with a Human Operator, *ibid.*, pp.1004-1008.
4. Y. Shu, et al.: Mutual Awareness as a Basis for Defining and Assessing Team Situation Awareness in Cooperative Work, *ibid.*, pp.460-464.
5. T. Nagamatsu, et al.: Information Support for Annual Maintenance with Wearable Device, *ibid.*, pp.1253-1257.

(平成16年2月12日)