

# 現場技術継承支援動画システム (K-SHOW) の運転・保守業務への適用性検討

## Development and Evaluation of a Movie-centric Multimedia System for supporting operation and maintenance “K-SHOW”

東京電力株式会社  
東京電力株式会社

鹿毛 佳子  
窪野 哲光

Yoshiko KAGE Researcher  
Norimitsu KUBONO Chief Researcher

The fact that operators in the power plants and the power networks needed On the Job Training (OJT) opportunities and adequate materials was one of the most important factors that improved human performance. In this research, we have developed, “Movie-centric Multimedia System”, or “K-SHOW”, for supporting operation and maintenance in order to improve their skills and knowledge. Operators could author the movies with texts, symbols, and so forth interactively and flexibly and could view it on the CRT screen. Operators could learn expert’ know-how and check the operations before working actual operation. Operators rated this system as a highly useful tool of transfer for supporting operation and maintenance in their workplaces.

**Keywords:** multimedia, education, field operation, skill transfer

### 1. はじめに (背景・問題意識)

#### 1) 電力設備の現場における操作や作業の課題

原子力発電所での作業員の誤操作・誤作業は、プラントの安全運転に大きな影響を与える可能性がある。そのため筆者らは、原子力発電所の現場の操作や作業を実態調査した所、以下のような技術・技能継承、教育訓練の課題が挙げられた[1]。

- ・ OJT の機会の不足、形骸化
- ・ ベテランの技能やノウハウの継承・蓄積の不足
- ・ 若手の技能に対する懸念
- ・ 操作や作業に関する教育用教材の不足

また、筆者らは原子力発電所以外の社内各部門の依頼にも応じて事故・トラブルの原因分析、対策案の検討を支援してきた。その結果、共通の課題として、電力設備に関する操作や作業の技術・技能継承、教育訓練にもっと力を入れていく必要があることが分かった。

従来からこれら課題の対策として、原子力部門や社内各部門では操作や作業の技術・技能伝承用教材、教育訓練用教材が作成、開発されている。例えば、操作や作業に必要なポイント集やノウハウ集、安全教育のビデオ教材やCD-ROM教材などである。しかし、ポイント集やノウハウ集は文書、写真、イラストなどの

イメージがわきにくく、一方動きを伴うビデオ教材やCD-ROM教材は一度作成しても、修正、追加することに手間や費用がかかり、柔軟性に欠けていたため、それぞれ繰り返しの活用はあまり行われていなかった。

#### 2) 社会的な動向

近年の社会的な動向として、2007年問題「団塊の世代のベテラン技術者、熟練技術者が一斉に定年退職を迎えることにより、技術・技能の伝承が危惧されている」ことが挙げられる。しかし一方で、取組みが必要との認識はあるが、取組みを開始していない企業は全企業の65%だという報告もある[2]。

教育訓練の教材として、例えば設備に関する知識などを学習できる市販教材やCAI教材などがあるが、技術・技能継承や教育訓練の内容は企業固有のものである。そのため市販教材やCAI教材などではその固有のノウハウや知識までに踏み込むことはできず、一般的な知識で終わってしまう傾向にある。

このような社内外の状況から、電力設備の現場の操作や作業の技術・技能継承、教育訓練の具体的な対策を立てることは電力設備の安全確保、ヒューマンエラーの再発防止、未然防止につながると考えられる。

連絡先:鹿毛佳子、窪野哲光、〒230-8510 神奈川県鶴見区江ヶ崎町4-1、東京電力(株)技術開発研究所ヒューマンファクターグループ、電話:045-613-1111、[kage.yoshiko@tepcoco.jp](mailto:kage.yoshiko@tepcoco.jp)、[kubono.norimitsu@tepcoco.jp](mailto:kubono.norimitsu@tepcoco.jp)

K-SHOWとは「ナレッジ (Knowledge) およびノウハウ (Know-how) の見える化 (SHOW)」と「継承」に掛けたもので、現場技術継承支援動画システムの商標である。

## 2. 現場技術継承支援動画システム (K-SHOW) の開発

以上のような背景から、電力設備の現場の操作や作業を効果的に表現・伝達し、技術・技能伝承や教育訓練を支援できる「現場技術継承支援動画システム (K-SHOW)」を開発した (図1)。本システムは動画を中心として、文字や図形、画像・文書・音声・アニメーションなどのファイルを時間軸に沿って同期、表示する「同期型マルチメディア動画コンテンツ方式」である[3]。

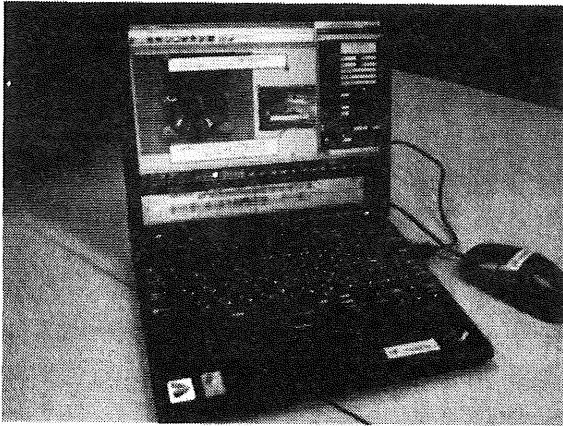


図1 現場技術継承支援動画システム (K-SHOW)

### 2.1 構成と機能

本システムは主に2つのツールから構成される。

- 1) オーサリング：コンテンツ作成
- 2) プレイヤ：コンテンツ視聴

これらのツールの機能を以下に説明する。

1) オーサリング：事前に現場の操作や作業をビデオカメラで撮影し、それを動画ファイルにしておく。ここでは、その動画ファイルを中心に、コンテンツを作成していく工程で、その画面を図2に示す。

- ・メニューエリア (ツールバー)：ファイル形式の動画・静止画像・文書・音声の挿入、文字の挿入、矢印や丸印などの作図、動画の消音、音声の録音、一時停止など基本機能のアイコンが配置されている。ここでは、動画、静止画像、文書、音声、文字、矢印や丸印などの図形をオブジェクトと呼ぶ。
- ・ステージエリア：メニューエリアのアイコンを選択すると、ステージエリアに配置される。自由度の高いレイアウトが可能であり、複数のオブジェクトを

任意の位置に配置したり、オブジェクトを任意の大きさに配置できる。このため動画を複数同時に表示することができる。

- ・プロパティ設定エリア：オブジェクト毎の詳細設定ができる。
- ・編集エリア：レイヤー機能を持ち、ステージエリアに配置されたオブジェクトが各レイヤーに自動で生成される。これによりオブジェクトの表示時間、重なり、個数などが分かり、表示時間の修正や重なり調整を視覚的に行うことや時間に沿ったオブジェクトの全体像を把握することが可能である。またオブジェクトの複製や削除なども可能である。

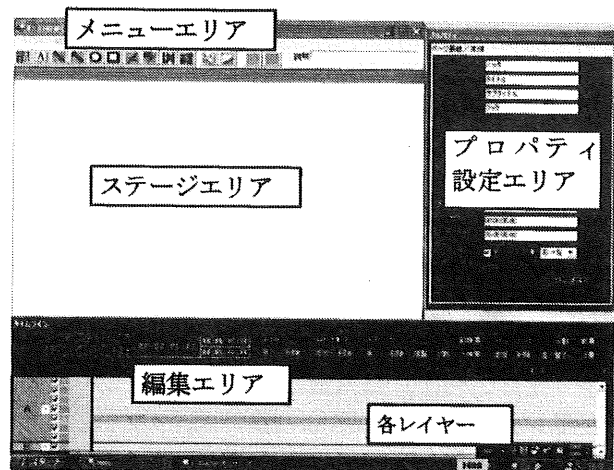


図2 オーサリング画面

2) プレイヤ：オーサリングにて作成したコンテンツを、HTML形式へ変換することによりWeb型のコンテンツとなる。これがコンテンツを視聴する最終的な形となる。Webブラウザ (Internet Explorer 5.5以上) があれば、本システムがインストールされていないパソコンでも、Web型のコンテンツ視聴は可能である。その画面を図3に示す。

- ・再生エリア：オーサリングで作成されたコンテンツが、このエリアで再生される。
- ・文字リスト：オーサリング時に挿入された文字が、時間軸に沿って自動的にリストになる。各リストをクリックすると、その文字が挿入されている時刻に瞬時にアクセスするので、見たい場面だけを効率よく見ることができる。このリストが必要なければ随時隠すこともできる。
- ・コントロールエリア：コンテンツの再生、停止、早

送りなどをコントロールできる。

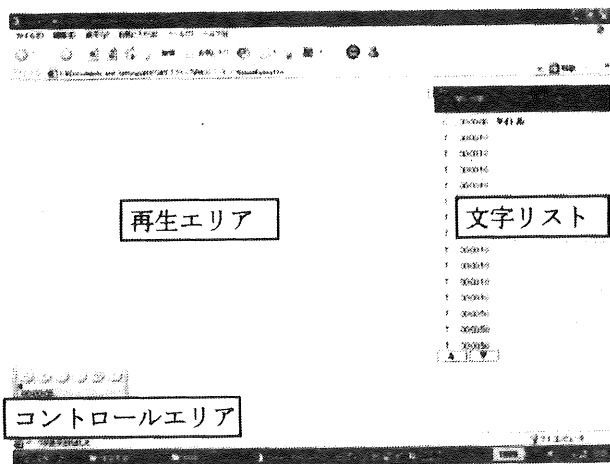


図3 プレイヤ画面

## 2.2 動作環境

システムの開発当初は映像をアナログ技術でコンピュータ処理していたので、動画と文字などを同期させて再生させるには手軽さに欠けていた[3]。しかしデジタル映像の技術は発展し、更にここ数年でパソコンの性能が上がり、映像を処理することが手軽になった。オーサリングツールのOSはWindowsXP SP1以上、プレイヤーのOSはWindows98 SE以上であり、オーサリングの方がプレイヤーより高いスペックを必要とするが、通常のノートパソコンであれば十分動作が可能である。

## 2.3 主な特徴

本システムの主な特徴は3つあり、特に重視した点である。

- 1) 利用者指向のヒューマンインタフェース：オーサリング
  - 2) 作成したコンテンツの柔軟性、再利用性：オーサリング
  - 3) eラーニングシステムでの利用：プレイヤー
- これらの特徴を以下に説明する。

- 1) 利用者指向のヒューマンインタフェース：オーサリング

コンピュータの専門家ではない作業員自身が、業務経験を通じて得た知識やノウハウなどを効率よく直感的にコンテンツ作成、視聴することを支援するために、操作性の良いインタフェースを実現したことである。

- 2) 作成したコンテンツの柔軟性、再利用性：オーサリング

レイヤー機能により、各レイヤーのオブジェクトを論理的にも物理的にも別々のものとして情報管理していることである。これにより、一度作成したコンテンツでも、文字などの修正や動画の編集などを作業者自身が直接行えるため、柔軟性があり、再利用性が高い。

従来の動画編集ソフトは、動画ファイル自体が編集加工されてしまうので、オリジナルの動画ファイルが壊れてしまう。またオブジェクト情報をバイナリ形式で格納しているために、専用のソフトでしか視聴できない。これらのことから柔軟性や再利用性が十分でないと考えられる。

- 3) eラーニングシステムでの利用：プレイヤー

変換されたWeb型のコンテンツはeラーニングコンテンツ形式(標準規格SCORM1.2)に適用させ、eラーニングシステムでの利用が可能である。Webサーバにコンテンツを保管し、そこへアクセスして視聴することは、制約なく自由にコンテンツを共有できるが、これでは誰がどのコンテンツを視聴したのかを把握することはできない。そこで、eラーニングシステムに適用させることによって誰がどのコンテンツを見て、誰がその内容を理解しているかを管理者は把握することができる。視聴者にとっても、何が自分に必要なコンテンツであり、その視聴進捗がどれくらいかを判断することができる。

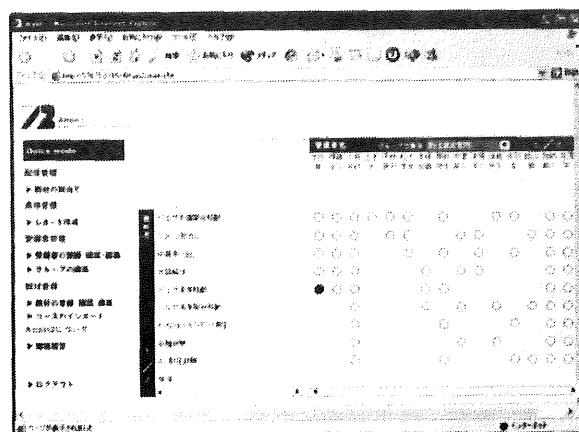


図4 eラーニングシステムでの利用

### 3. システムの適用例と評価

上述したシステムの機能や特徴により、現場の操作や作業の実態に合わせたコンテンツを作成すること（オーサリング）、コンテンツを視聴すること（プレイヤー）が可能である。

一般的に産業分野では誤操作や誤作業によって事故・トラブルが生じると、再発防止策として、「こういう操作や作業は間違いやすいので注意しましょう」と口頭や文書で周知したりすることがあるが、人間の記憶は非常に信頼性が低く、なかなか記憶に定着しないと言われている[4]。そのため人間の記憶に定着させるためには何度も思い出したり、復唱したり意味づけしたりする必要がある[5]。このプレイヤーでは、コンテンツの視聴が何度もでき、見たいところだけ見ることが可能である。

また、学習とは状況に埋め込まれたもので、実践共同体の特徴と言われている[6]。つまり知識や技能の獲得にはその作業の共同体に参加することで得られる。そのため自分たちが運転・保守するために必要なコンテンツを作成し、随時自分たちの技能やノウハウをため込んでいくという学習形態は、業務上の学習、知識や技能を獲得するために有効だと考えられる。

#### 3.1 システムの適用

本システムを評価するために、電力設備の運転・保守の観点から東京電力（株）原子力発電所、地中送電部門と東電工業（株）に、それぞれ現場の操作や作業の技術・技能継承、教育訓練の対策として適用させ、電力設備の安全確保、ヒューマンエラーの再発防止、未然防止につながることを検討した。

##### 1) 原子力発電所 6.9kV メタクラ遮断器メガ測定

原子力発電所の 6.9kV メタクラ遮断器メガ測定の操作を本システムに適用させ、コンテンツを作成した。この操作には遮断器を引き出すという手順があるが、色々な知識やノウハウが必要なので、経験の浅い作業者にとっては複雑な作業である。

複雑な作業の動きを手順書や写真だけで表現することは難しいが、この操作のコンテンツを作成することによって、遮断器を引き出す時どの位置まで引くのか、引き出すときに何に注意をすれば良いのかと言った正しい手順を伝えることが可能になり、遮断器を静かに

引くという「静かに」というのはどのような動きなのか、また遮断器を引き出す時の音はどのような「音」なのかと言った技能や感覚も効果的に伝えることが可能になった。

現場は機械音などで騒音が出ることがあるが、オーサリング時に騒音を取り込んだ動画の音を部分的に消すことができる。

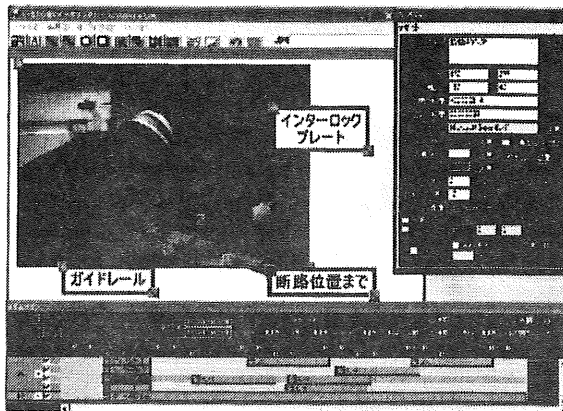


図5 6.9kV メタクラ遮断器メガ測定  
(オーサリング画面)

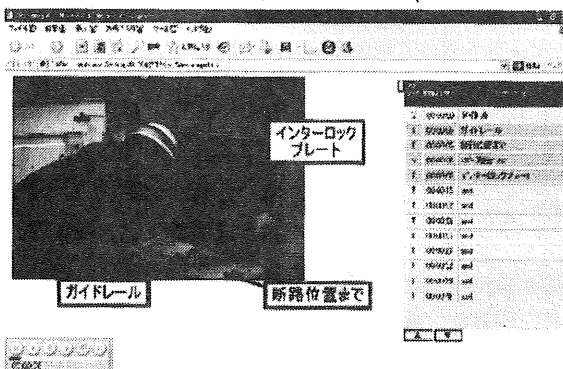


図6 6.9kV メタクラ遮断器メガ測定  
(プレイヤー画面)

##### 2) 地中送電ケーブル事故対応訓練

地中送電部門では、地中送電ケーブル上で起こった事故に緊急対応する訓練をコンテンツにした。実機の機会はほとんどないが、事故の対応の訓練は、事故を拡大させないためにも重要である。人間は緊急事態になると、注意の一点集中（ごく一部の情報に注意が集中し、広くさまざまな情報へと注意が向けられなくなる状態）しやすくなる[7]ため、緊急対応の訓練をコンテンツにして、日頃からシミュレーションしておくことは緊急事態の対策として[8]、利

用できる。

また前述した通り、本システムでは複数の動画をステージエリアに配置することができるので、異なる場所で並行する作業を同時に表示することができる。人間の知覚の特性として、「森（シーン全体）を見て木（特定の対象）を見ない」、「木を見て森を見ない」という特性があるため[9]、このような機能を使って「木も見て、森も見る（特定の対象を見て、全体像も見る）」という学習に利用できる。

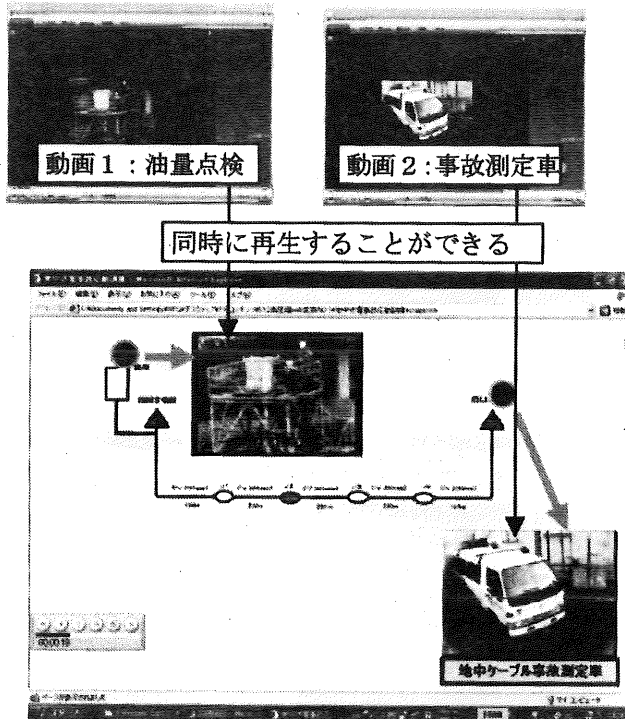


図7 地中送電ケーブル事故の対応訓練  
(プレイヤー画面)

### 3) 保守訓練装置でのメカニカルシール組立訓練

東電工業（株）原子力部門では原子力発電所に設置されている復水ポンプの実機と同じメカニカルシール保守訓練装置にてメカニカルシール組立の訓練を行っている。この訓練をコンテンツにした。メカニカルシールはポンプの最重要部位であるため、作業者が訓練を通して、技術・技能を修得し、維持することは重要である。液体や流体を扱う回転機器の一部であるメカニカルシールは構造が複雑で、精密に加工された機械要素であるため、より高度な技術・技能が必要になる。コンテンツでは、訓練を映した動画とともに作業の各工程で必要な部品の写真

や設計図面も併せて表示され、効果的である。

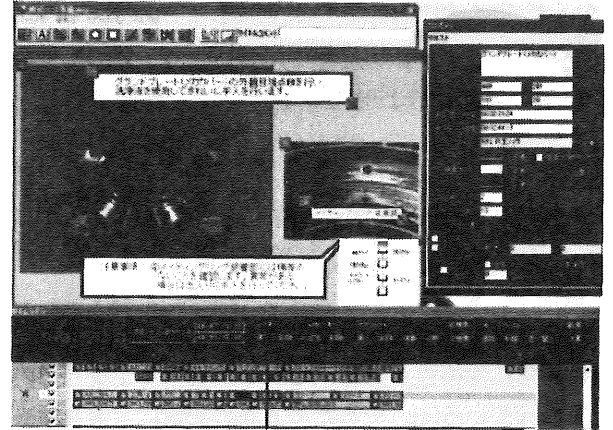


図8 メカニカルシール組立訓練  
(オーサリング画面)

## 3.2 システムの評価

評価は以下の2つの観点から定性的な評価で行った。

- 1) コンテンツを作成するオーサリングの操作性
- 2) 作成されたコンテンツをプレイヤーで視聴する効果

### 1) コンテンツを作成するオーサリングの操作性

上記で紹介した3つのコンテンツを作成したコンテンツ作成者は、それぞれその操作や作業に精通していて、若手社員に指導を行うことができる中堅社員あるいは指導職社員であった。机上業務でオフィス文書（マイクロソフト社ワード、エクセル、パワーポイント）を作成することはあるが、パソコンで動画を編集などする機会はほとんどなかった。

このようなコンテンツ作成者にオーサリングの操作性について評価をしてもらったところ、

- ・パワーポイントを作成する感覚で、操作ができた。
- ・現場の操作や作業を技術・技能継承、教育訓練するために必要な機能だけがある（余分な機能がない）ので、使いやすい。
- ・操作に慣れるまで1,2日かかったが、その後は操作するのが面白くなった。

などと言う意見が挙がり、操作性の良さが評価された。

### 2) 作成されたコンテンツをプレイヤーで視聴する効果

上記で紹介した3つの作成されたコンテンツを、それぞれ社内の若手社員、中堅社員、指導職、管理者などに見てもらい、視聴した時の効果について評価をもらったところ、

- ・自分の身近な操作や作業なので、真剣に見ることができた。
  - ・動画を2画面で見ることにより、作業の全体像が分かった。
  - ・IEブラウザがあれば見られるので、使いやすい。
  - ・普通動画だけ見ても何がポイントなのかが分からないが、これを見ると矢印や丸印などがあり、何がポイントで、どこを見れば良いかが分かる。
  - ・動画に文字が書き込まれたところがリストになっているので、見たいところが見られる。
  - ・eラーニングシステムに適用させ、管理として利用できる
  - ・操作や作業に行く前に、イメージトレーニングとして活用できそう。
  - ・自分の操作や作業を振り返ることに使えそうだ。
  - ・社内サーバに置いて情報の共有化したい。
- などと言った意見が挙がり、視聴することによって操作や作業をより理解したり、学習したりする効果があることが評価された。

#### 4 考察

以上システムの適用例と評価によって、本システムの操作性が良く、また視聴することで理解や学習に効果があることが分かった。これにより定性的な評価ではあるが、今後電力設備の現場の操作や作業の技術・技能伝承、教育訓練で広く効果が得られることが期待される。ヒューマンエラー低減のためには、その効果を定量的に評価することが必要だと指摘されることも多いが、現場の制約があること、作業者がベースとして持っている知識に統制が必要なこと、知識だけがあっても正しい操作や作業に結びつかないことなどがあり、実機での評価は難しいと考えられる。そのため、まずは理解や学習の効果を実験室レベルで定量的評価することを検討したい。

3つの適用例を見て、電力設備の運転・保守には人間の操作や作業が主となっていることが分かり、OJTの重要性や現場経験の必要性は当然と言えるのだが、「現場はあまりにも忙しくてそんな時間はない」という意見が多くある。しかし、「企業にとって技術伝承の問題は以前から認識されていたが、取組みを立ち上げ

る際の負荷が大きく、また一定の準備期間を要する課題であるため問題の先送りが行われてきた、まだ何とかなるということが繰り返されてきた」という報告[2]があるように、人に対する技術・技能伝承や教育訓練を行うことは重要である。今後、組織として技術・技能伝承や教育訓練の体制を整備したり、そのためのシステム構築（例えば、作成したWeb型コンテンツを共有化するシステム構築する、現場にネットワーク配信するなど）を進めることは、電力設備の安全確保、ヒューマンエラーの再発防止や未然防止につながると考えられる。

#### 謝辞

本システムの開発及び評価にあたり、東京電力(株)福島第二原子力発電所運転員の方々、電力流通本部工務部地中送電訓練センターの方々、東電工業(株)原子力本部の方々には、多大なるご協力を頂きました。心より感謝致します。

#### 参考文献

- [1] 鹿毛佳子、河野龍太郎、“現場操作技術伝承支援システムの開発”、第14回ヒューマン・インターフェース・シンポジウム論文集、1998、pp.323-330.
- [2] 森和夫、“企業における技術・技能伝承活動の現状と到達点”、HFC技術継承ウェブジャーナル、第1号、2005.9、電力中央研究所.
- [3] 窪野哲光、鹿毛佳子、“ヒューマンエラー再発防止支援への取組み”、OHM、2005.7、pp.44-50.
- [4] 河野龍太郎、“医療におけるヒューマンエラー”医学書院、2004、pp.22-27、39-40.
- [5] 高野陽太郎、“認知心理学2 記憶” 東京大学出版会、1995、pp.71-74.
- [6] 佐伯胖、“状況に埋め込まれた学習 正統的周辺参加”、産業図書、1993、pp.76-83.
- [7] 首藤由紀、河野龍太郎、“事例にみる緊急事態の人間行動”、日本原子力学会ヒューマン・マシンシステム研究部会 第9回夏期セミナーテキスト、1998、pp7.
- [8] 河野龍太郎、首藤由紀、“人間行動特性を考慮した緊急時対策”、日本原子力学会ヒューマン・マシンシステム研究部会 第9回夏期セミナーテキスト、1998、pp13.
- [9] 中島義明、“映像の心理学 マルチメディアの基礎”、サイエンス社、1996、pp.70-75.