講演

## 安全研究所のこれまでの取組みと今後の課題

東日本旅客鉄道株式会社 JR東日本研究開発センター 安全研究所長

### 楠神 健

安全研究所設立20年にちなみ、まず、安全研究所の設立の経緯・コンセプトを述べるとともに、主要な研究成果を安全システム・保守作業、車両、安全性評価、防災、ヒューマンファクターの分野に分類しながらレビューした。つぎに現在の当社の安全に関するビジョンとその中における安全研究所の役割について述べ、最後に、今後の安全上の課題を「システム化の進展とヒューマンファクター」をキーワードにして分析し、システム設計におけるヒューマン・マシン・インターフェースの重要性について述べた。



### はじめに

安全研究所のこれまでの取組みと今後の課題についてご紹介します。主な内容は、安全研究所設立20年にちなみ、安全研究所の歴史と主な成果、安全に関わる当社のビジョンと安全研究所の役割、そして今回のシンポジウムのテーマであります「システム化の進展とヒューマンファクター」に関連して、今後の安全上の課題とHMI(Human Machine Interface)の重要性の3点についてご紹介していきます。HMIは、以前はマン・マシーン・インターフェースと言われることが多かったのですが、現在では、一般にヒューマン・マシン・インターフェース、HMIと言われます。

### 2. 安全研究所の歴史と主な成果

#### 2.1 安全研究所設立の背景

安全研究所は1988年12月5日に発生した「東中野事故」 を契機に発足いたしました。この事故は運転士が場内信 号機の停止現示を冒進したために発生したもので、これ によりお客さま1名と運転士1名が死亡しております。

当社発足後、初めてのお客さまの死亡事故であったため、多くの対策がとられましたが、その一つが安全研究所の設立です。研究所設立当時、山之内副社長は安全研究所のコンセプトとして、次の3点をあげています。

- ・安全は鉄道にとって最も重要なテーマであり、社会 的責務であり、サービスである。
- ・安全性の向上は科学的でなければならない。
- ・事故は科学的なアプローチにより、ある程度予知し、

防げるのではないかという期待がある。



図1 安全研究所設立の背景



図2 安全研究所設立

#### 2.2 安全研究所で取組んだ主な研究開発

この3つのコンセプトにしたがって、社外の有識者による鉄道安全研究推進委員会が組織され、その中で安全研究の進め方が審議されました。議論の結果、図3に示します「安全性評価・車両」「ヒューマンファクター」「信号」「踏切保安」「保守」「防災」の6つの観点から研究が

スタートしました。

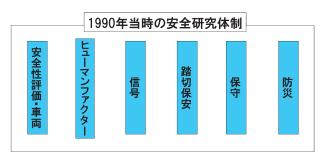


図3 安全研究所設立時の研究分野

設立から20年が経過し、数多くの研究がさまざまなアプローチから行われました。手がけたテーマ総数は約400、特許数は出願152件、登録57件になっております。

ここからは、代表的な成果についてご紹介します。

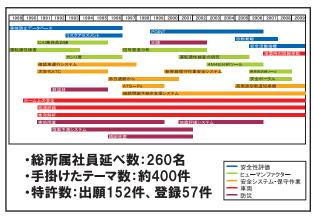


図4 安全研究所が取組んだ主な研究開発

#### 2.3 安全システム、保守作業の成果

#### 2.3.1 新幹線確認車の開発

まずは新幹線の確認車です。これは工事用機材の線路 上への置き忘れ防止や、保守作業後の線路状態の確認を 目的に新幹線の運行前に走行するものです。開発以前ま では、人の注意力によって確認が行われていましたが、 画像処理技術を用いることでこの確認を自動的に行える ようになったことが最大の特徴です。現在、全新幹線に 導入されております。



●目的

- ・工事用機材等の線路上へ の置き忘れ防止
- ・線路状態の確認
- ・危険作業の解消
- ●特徴 画像処理技術による自動 確認
- ●導入実績 全新幹線の確認車に導入
- ●開発年度 1991年度~1997年度

図5 新幹線確認車

#### 2.3.2 新幹線保守作業安全システムの開発

次は、新幹線保守作業安全システムです。これは新幹線の保守用車の保守用車同士の衝突防止、走行時の分岐器割出し防止、そして保守用車の未承認区間進出防止を目的に開発されたものです。ハンディターミナルからの進路情報と走行キロ程情報などから保守用車の位置と移動可能な範囲を明確にして、保守用車がその許可された範囲から外に出ようとした時にアラームを出して、自動的に停止させる仕組みです。現在、すべての新幹線保守用車に導入されております。

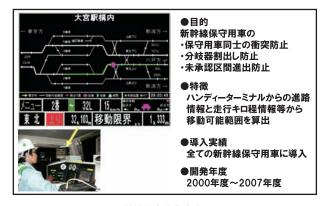


図6 新幹線保守作業安全システム (分岐器割出し防止機能付)

#### 2.3.3 大口径赤白しゃ断桿の開発

踏切事故の防止を目的に開発した大口径赤白しゃ断桿についてご紹介します。これは、しゃ断桿を国際的によく使われている赤白にして視認性を向上させるとともに、強度を高め、踏切事故を誘発する自動車ドライバーの行動を防止することを目的として開発しました。現在、東京近郊の24ヶ所で使用されております。



- 踏切事故(対自動車)の削減
- 視覚効果による抑止効果の高い ●開発年度 「赤・白」大口径踏切遮断桿
- 東京近郊24箇所で使用中
  - 1996年度~1999年度

図7 大口径赤白しゃ断桿

#### 2.4 車両の成果

#### 2.4.1 運転台の衝撃吸収構造の開発

車両に関する研究開発についてはまず、運転台の衝撃 吸収構造について説明します。これは、万一の踏切事故 に備え、お客さまと運転士の安全を確保するために、車 両前面に適切にクラッシャブルゾーンを設置することに よって衝撃吸収を図れる車体構造です。シミュレーター による評価や模型車両による衝突実験などを行い、開発 しました。図8にシミュレーションの結果の一部を示しま す。この構造は、E217系、E231系などに導入されています。

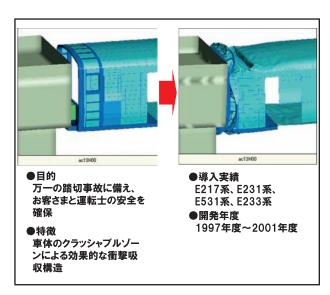


図8 運転台の衝撃吸収構造

#### 2.4.2 超音波式ホーム検知装置の開発

超音波式のホーム検知装置についてご紹介します。例 えば、駅停車時に運転士のブレーキ操作ミスにより、ホー ムから外れた箇所で列車が停止した場合に車掌が誤って ドアを開扉しますとお客さまが転落する可能性がありま す。これを防止するためには、ホームを検知してホーム がないところではドアを開けない安全装置が必要となり

ます。これを超音波センサーで実現したのが超音波式ホー ム検知装置です。2006年から京浜東北線で使用を開始し、 今後、中央総武各駅停車や京葉線などへの導入が予定さ れております。



図9 超音波式ホーム検知装置

#### 2.4.3 安研型防護無線自動発報システムの開発

次は、安研型防護無線自動発報システムについてです。 踏切事故で列車が脱線して隣接線を支障し、万一対向列 車と衝撃した場合には甚大な被害が予想されますので、 即座に対向列車を止める措置が必要になります。そのた め乗務員は列車防護の手段の一つとして防護無線を扱い、 対向列車を止めることになっております。しかし、列車 衝突事故により乗務員が負傷した場合、防護無線が扱え ない可能性もあります。そこで、加速度センサーによっ て列車の衝突・脱線・転覆を、自動的に検知して、防護 無線を発報する装置を開発しました。この装置は現在、 京浜東北線のE233系に導入済です。今後、他線区のE233系、 E231系などに順次導入する予定になっています。

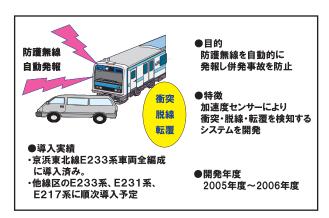


図10 安研型防護無線自動発報システム

#### 2.5 安全性評価の成果

#### 2.5.1 リスク評価指標の開発

次は、リスク評価についてご紹介いたします。これは、安全対策実施の際の優先順位を決定するための指標の開発を目的としたものです。具体的には、事故の未然防止のため、当社の事業の中に潜在しているリスクを抽出し、その大きさを評価します。評価は、各種設備データ、列車運行データあるいは事故・インシデントデータを用いて、リスクの一般的な指標である「発生頻度」と「影響度」の評価に加え、ある事象に対してお客さまあるいは社会がどのように受け止めているかということを考慮した「社会的価値観」の3つの軸で算出されます。

本年度から当社は、図11に示す安全の5ヶ年計画「安全 ビジョン2013」を実施しています。その4本柱の1つである 「着実にリスクを低減させる取組み」の中の「新たなリス ク評価」のベースになった手法です。

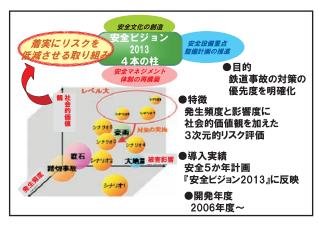


図11 リスク評価指標

#### 2.5.2 輸送安定度指標 POINT の開発

輸送安定度指標 POINT (Personage Of Influence on Transportation) についてご紹介します。さまざまな輸送 障害が発生した時にその輸送混乱の大きさなどを定量的

に評価できる指標が必要になります。従来は、列車の運休本数、遅延本数、影響人員などで評価しておりましたが、お客さまに与える迷惑の大きさを十分とらえきれていないという問題意識がありました。本手法では、通常ダイヤと実績ダイヤの差を抽出し、それに輸送人員を加味し、どのくらいのお客さまに対して、どのくらいの時間的なロスが発生したかを把握できる指標を開発し、POINTと命名しました。

POINTの特徴の1つとしては、輸送影響をマグニチュード6や震度7といった地震の規模のように直感的にわかりやすい指標化を行った点があります。例えば、図12に示すように、昨年度発生した「国分寺の変電所火災」はたいへん大きな輸送障害になってしまいましたがPOINTでは9.3、今年度発生した「横須賀線の車両故障」はPOINT8.38、また一般的な人身事故などはPOINT6程度となります。このようにPOINTは輸送障害の影響を直感的に理解しやすい指標ですので、2005年度以降、関東地方、仙台、新潟地方で輸送障害の影響評価指標として導入されております。

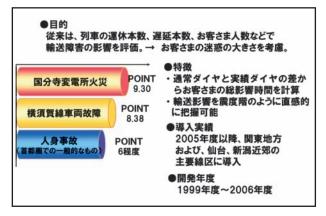


図12 輸送安定度指標POINT

#### 2.6 防災の成果

#### 2.6.1 SI 値による地震時運転規制の導入

2006年の2月に防災研究所が発足しましたが、それ以前は 安全研究所内で防災研究が行われていました。防災研究の 安全研究所時代の代表的な成果についてもご紹介します。

まずはSI値による地震時運転規制です。従来は、地震時の運転規制を最大加速度gal値によって行っておりましたが、実際の地震の影響と運転規制の程度に乖離がありました。そこで新たな指標として、東京ガスで実績のあるSI値の考え方を導入して運転規制を行うように改めました。これにより安全を確保しながら無用の運転規制を減少させる成果が出ております。2003年度から在来線へ導入されています。

### 

図13 SI値による地震時運転規制

#### 2.6.2 傾斜検知型洗掘検知装置の開発

傾斜検知型洗掘検知装置についてご紹介いたします。 台風などで大雨が降って川の流量が増しますと、水流が 橋脚周りの河床をえぐって、橋脚が傾き、さらに進めば 橋が崩壊するなどの危険性があります。したがって、橋 脚の傾斜は常にモニタリングしておく必要がありますが、 そういったことを的確に評価できるセンサーを開発する とともに、それを検知できるシステムを開発しました。 この傾斜検知型洗掘検知装置は、2000年度から使用を開始 しております。



図14 傾斜検知型洗掘検知装置

#### 2.7 ヒューマンファクターの成果

#### 2.7.1 ヒューマンファクター研究のアプローチ

今回のR&Dシンポジウムのテーマでありますヒューマンファクターに関する研究についてもご紹介します。ヒューマンファクター研究は、主に図15に示す3つの柱で実施しています。まず、人の面から安全性を向上させていく「人のレベルアップ」、次に人が働く組織の力を高めるための「現場の安全力向上」、そして特に今回のテーマとなっています「もの」からのアプローチ、すなわち「適切なインターフェースデザイン」の3つの柱です。

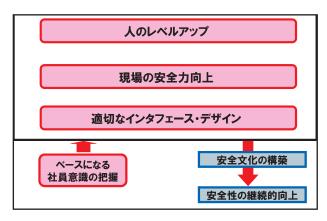


図15 ヒューマンファクターの研究

#### 2.7.2 4M4E 事故分析手法の開発

まず、4M4E事故分析手法についてご紹介します。この4M4E分析自体は、アメリカのNTSB(運輸安全委員会)の流れをくむものです。これを当社流にアレンジして導入したもので、現在、ヒューマンエラーに起因するリスクの高い事象の分析に使われています。ヒューマンエラーと言いますと、人が起こしたものですから、その原因分析がどうしても人に偏ってしまう傾向があります。エラーを引き起こした「もの」や「環境」「管理」に注意が行きにくくなることを改善・克服するために、4つのM、すなわちマン(Man、人)・マシーン(Machine、もの)・メディア(Media、環境)・マネージメント(Management、管理)の4つの視点から誘発要因を捉え、対策を考える手法が4M4E分析です。この手法の導入に合わせて、その学習ソフト「なぜなぜ君」や分析支援ソフト「掘り下げ君」を開発し、全社的に使用されております。



図16 4M4E事故分析手法

#### 2.7.3 ヒューマンファクター訓練ツールの開発

ヒューマンファクター訓練ツールについてご紹介します。これは乗務員や保守作業員など、さまざまな職種に対して作成しております。エラーを防止するためには、ルールの確実な理解や訓練が重要です。しかし、ルールを知っていればエラーが起きないかといえば必ずしもそうではなく、ベテランでもエラーを起こすことがあります。その背景には、人間の弱点が作用しています。エラー防止のためには、エラーや人間の弱点を知り、エラー防止のコツやスキルを高めていくことが重要です。これらの理解・習得をめざして、ヒューマンファクター訓練ツールを開発しました。このツールは、開発の都度、関連現場に配布しています。



図17 ヒューマンファクター訓練ツール

#### 2.7.4 JR 型 CRM 訓練手法の開発

JR型CRM訓練手法についてご紹介します。これは、指令チームの運行管理や危機管理能力のレベルアップのために導入されたものです。CRM自体は航空界の用語で、Crew Resource Management、すなわちパイロットが活用できるリソースをできるだけ有効に使って、安全性を高めていくための手法です。この考え方を応用して指令員向けにJR型CRM訓練手法を開発しました。指令はチームで作業していますので、チームで起こった輸送障害や異常時を適切に振り返ることを通して、いろいろな教訓が抽出され、かつ即共有化できるはずだとの発想から導入したものです。その際、注意すべきは、振り返りを行うと知識も経験もある指令長が若手の指令員を説教する場になりがちですので、この訓練においては、指令長の聞く力やチームのメンバーがざっくばらんに話せる雰囲気の助成などに特に力を入れています。

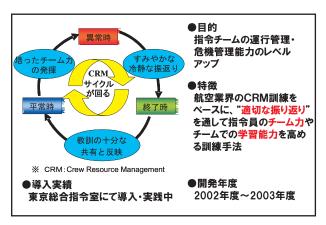


図18 JR型CRM訓練(指令員のチーム力向上)

#### 2.7.5 安全に関する書籍の作成

安全研究所では、安全に関する書籍も作成しております。主要な職種ごとに要注意事故を取りあげて、エラーの分析・解説をした「ヒューマンファクターから見た事故防止のキーポイント」やヒューマンファクター」などの書籍を作成しております。



●導入実績
「ヒューマンファクターからみた事故
防止のキーポイント」: 全職場に配布
「安全のヒューマンファクター」
:全乗務員職場へ配布

●目的ヒューマンエラーを低減し、事故の未然防止を図る

#### ●特徴

- ・<mark>職種別</mark>に要注意な運転事故・ 労働災害を選択
- ・ヒューマンファクターの観点から 誘発要因と事故防止のポイント を解説
- ●開発年度 1997年度、2003年度

図19 安全に関する書籍

#### 2.7.6 安全のポータルサイトの開発

一方、こういった書籍も最初はよく読まれるのですが、 2.3年するとたいていは死蔵されてしまいます。したがっ て、安全に役立つ情報を現場に発信する方法としては、 本のようにまとまった情報を一度に提供するのではなく、 1回1回の情報量は少なくても継続的に発信することの方 が効果的と思われます。そうすることで、安全の知識や 話題に関心を持つ社員を引き付け育成できるのではない かとのねらいから「安全のポータルサイト」を作成しま した。その特徴の1つは、現場の安全に役立つ情報を定期 的に発信することで、2.3週間に1度情報を出すことを目標 にしています。一方、発信した情報は読んだときにすぐ 活用されるかといえば、一般的にはそうではありません。 後日、例えば訓練や点呼、CS運動などの際に、「あのとき の情報がほしい」ということになります。したがって2番 目の特徴としては、必要な情報がいつでも簡単に検索で きるように、イントラネットであるJoi-Net上にサイトを作 成し、いつでも活用できるようにしていることです。



図20 安全のポータルサイト

#### 2.7.7 社員の「安全意識」や「働く意識」の調査

社員の安全意識や働く意識などの調査も行っています。 これらの結果は、今回の安全ビジョン2013策定など、会社 の施策に活用しております。また、発生しているヒュー マンエラーの背景要因の分析などにも活用しています。



- ●目的
- 質問紙調査を通して、
- ・社員の安全意識等を把握し、安全上の 課題や今後の方向性を提案
- ・<mark>社員の働く意識</mark>を把握し、ワークデザイン やキャリアデザインについて提言
- ●特徴
- ・発生しているエラー・事象の背景要因の推定にも活用可
- ・定期的な実施により、社員の意識や問題点の変化も把握できる
- ●導入実績 安全5か年計画 『安全ビジョン2013』に反映
- ●開発年度

2005年度、2008年度

図21 社員の「安全意識」や「働く意識」の調査

### 3. 安全に関わる当社のビジョンと安全研究所の役割

#### 3.1 安全研究所の役割

現在、当社は2008年に策定した中期計画「グループ経営 ビジョン2020 一挑む一」に取組んでいます。その計画の 最初に「ゆるがぬ決意」として、「究極の安全」をめざし た取組みについて記載されております。また、同計画の「継 続する挑戦」の項目中には「研究開発の積極的な推進」 が掲げられており、その研究開発は、「究極の安全の追求」 「安定性・信頼性の向上」など、4つの柱で構成されてい ます。以上述べた「究極の安全」をめざした取組みに対 して、研究開発の面から挑んでいくことが安全研究所の 役割であるといえます。

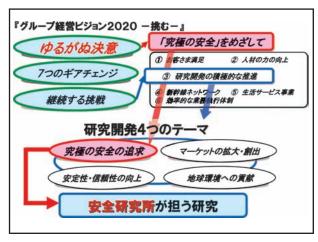


図22 グループ経営ビジョン2020と安全研究所の役割

一方、これまでにも言及してきた安全ビジョン2013も図23に示す4本の柱から構成されています。これらに対しても、研究開発の面からチャレンジしていきたいと思っております。

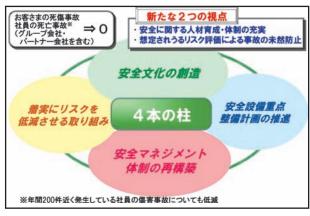


図23 安全ビジョン2013と安全研究所の役割

#### 3.2 安全研究の基本的スタンス

現在の安全研究の基本的なスタンスとしては、図24に示す「列車運行」「車両」「保守作業」といった研究領域に対して、「安全性評価」と「ヒューマンファクター」の面から網をかけて研究開発に取組むことを重視しております。「安全性評価」は、どこにどういったリスクがあるのか、それはどの程度かといったことを適切に評価することによって、会社の安全施策や研究開発に対して適切なウェイト付けを行い、会社の的確な施策推進に役立てることをめざしています。

また、注意を要する事象やリスクの高い事象には人間 のエラーが関与しているケースが多いので、ヒューマン ファクターの観点から網をかけていくことも重視してい ます。

また、安全ビジョン2013にもありますように、「事後対策から予防安全へ」との観点から研究を進めていきます。



図24 安全研究の基本的スタンス

### 今後の安全上の課題とHMIの重要性

#### 4.1 システム化の進展について

ここでは今後の安全上の課題を考察するとともに、そ の改善に向けた「ヒューマン・マシン・インターフェー ス(HMI)」すなわち、人と機械の適切なインターフェー ス設計の重要性について述べます。

まずは、安全の現状に関する問いかけです。

#### 最近、以下のような問題を感じませんか?

- ●ルールや取扱い手順の理解が表面的・形式的になっている
- ●仕事のツボやポイントの把握が不十分になっている
- ●安全への感性が低下しているように感じる



図25 システム化の進展について①

「ルールや取扱い手順の理解が表面的・形式的になって いる|「仕事のツボやポイントの把握が不十分になってい る」「安全への感性が低下しているように感じる」、こういっ たことを感じないでしょうか。そして、もしそうならば、 それはなぜでしょうか。よく考えてみる必要があます。

私は、その原因の一つとして「システム化の進展」が 一つのキーワードになっているのではと思っております。

#### 「システム化の進展」が1つのキーワード

※ ここで言うシステムとは?

→ <u>コンピュータの制御</u>が入った仕組み



- ・ATOS、COSMOSのような大規模な列車制御システム
- ・電子制御が多く含まれる最近の電車
- ・保守用車や軌陸車、保守作業のハンディ・ターミナル
- ・クレーンなど工事用機械の操作機器
- •携帯電話

図26 システム化の進展について②

ここでいうシステムとは、わかりやすく言えば「マイ コンなどのコンピューターの制御が入った仕組み」と考 えてもらえばよく、そういう意味では当社にもさまざま な「システム」が入っています。ATOSやCOSMOSのよ うな大規模な列車制御システムもありますし、電子制御 が多く含まれている最近の車両、あるいは保守用車・軌

陸車、保守作業のハンディターミナルやクレーンなどの 工事用機械の操作機器などもあります。もっと小さなも のでは携帯電話もこれにあたります。このように大きな ものから小さなものまで「システム化」が進んでいるの ではないでしょうか。ここではこういった広い意味での システムについて考えたいと思います。

まず、システム化の進展は、一般的には安全性の向上 に繋がっていますし、品質や効率の向上にも繋がってい ます。それは当社にとっても共通だと思います。しかし、 それに伴い、知らないうちに我々をむしばむ安全上の課 題が発生しているのではないでしょうか。

#### 4.2 安全上の課題①

システム化を行っていきますと、コンピューターの制 御が入ってきます。それに伴い、複雑な作業が簡単な操 作でできるようになり、いわゆる作業のマニュアル化が 進みます。最近の家電製品のマニュアルなどがよい例で す。マニュアルがよくできていれば、マニュアルを覚え ることで、平常時の作業は問題なくできるようになりま す。したがって、「仕事を覚えること」は「マニュアルの 手順を覚えること」と同義に近づいていきます。本当は、 いろいろな観点から仕事の内容を理解する必要があるの に、教育が過度に効率的になっている可能性があります。

仮にそうであっても、作業の中で"失敗"を経験でき れば、「ここって意外と大切だったんだ」とか「この取扱 いにはこういう意味があったんだ」ということを体験的 に理解できる機会が得られますが、前述のようにシステ ム化は一般的に安全性を高めますので、失敗体験もでき なくなっています。

以上の2点が合わさるとどうなるかといえば、前述した 問題に繋がっていくのではないでしょうか。つまりルー ル・仕組みの理解が表面的になり、「なぜ」が分からない、 そもそも「なぜそうするのか」に関心がないなどです。 一定の作業はできているわけですから、別に「なぜ」に 関心がなくても仕事はできることの裏返しだと思います。

また、実体験を通したツボ・ポイントの把握不十分に ついては、失敗体験の不足が影響している可能性があり ます。失敗して痛い目にあうと、仕事のツボ・ポイント は深く理解できるのですが、そういう機会が十分得られ ません。結果として、安全への感性も低下していきます。

その結果はといえば、我々は鉄道運行のプロなのです が、プロのわりに知識にプロ的な深みがない、あるいは 変化球に対応できない、異常時やトラブルへの対応能力 が低下する、肝心な時にとんでもない対応をしてしまう、 などの問題が生じやすくなります。こうなりますと、新 たな事故の芽の発生、あるいは、トラブル発生時の被害 拡大などが懸念されます。

しかも、システム化には前述のメリットがありますから、システム化は今後もどんどん進んでいくと思います。 したがって、いま述べた問題点は、ある意味、構造的な問題といえ、システム化の進展に伴いじわじわと進んでいくと思われます。その影響について、しっかり考えていくべきだと思います。

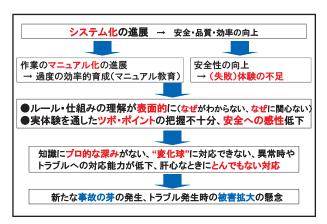


図27 安全上の課題①

#### 4.3 安全上の課題②

自動化が進んだもう少し大きなシステムを考えると、システム化に伴うもう一つの安全上の課題が浮かびあがります。具体的には、まずブラックボックス化が進展します。人間がやるわけではなく、機械がやるのだからということで、ブラックボックス化、すなわち機械が何をやっているのかが人間からはわかりにくくなります。そうなると、万一トラブルが発生し、人の介入が必要になった場合でも、システムの状態やトラブルの原因がわかりにくいのです。

また、自動化により平常時の負担は減りますが、異常時には逆に負担が高まるとともに、人間の役割が高度化しがちです。その結果、人間の役割は重要なのに、その責任が十分果たせない懸念があります。

一方、長期的には、知識・技量ややりがいが低下する といった懸念もあります。

いままでは自分ですべてやっていたので、仕事の枠組みがよく分かっていたのが、仕事の一部が自動化によりシステムの役割になったことを通して、仕事やシステム全体の枠組みに関する知識まで退化してしまうおそれがあります。また、一般的にシステムはどんどん改良されて信頼性が向上します。その結果、システムへの依存も進みやすくなり、安全

意識も低下しやすくなります。つまり、仕事の中で自分の責任の範囲が限定されたように感じると、安全意識も低下し、任せすぎのエラーが起こる可能性があります。

その結果どうなるかといいますと、先ほどと同じで、知識にプロ的な深みがない、変化球に対応できない、肝心な時にとんでもない対応をするといった問題が発生しやすくなります。これもやはりシステム化の進展に伴う構造的な問題といえ、じわじわ進んでいくものと思われます。



図28 安全トの課題②

#### 4.4 SHELモデルとは

これまで述べてきた問題は、知識にプロ的な深みがない、変化球に対応できないなど、すべて"人"の問題ということになります。しかし、これが本当に人だけの問題なのかについては注意が必要です。

図29に示すのは、有名なSHELモデルという「人間と機械・環境などとの関係を表したヒューマンファクターに関するモデル」です。L (ライフウェア) が人間を表し、Lのまわりに、S(ソフトウェア)、H(ハードウェア)、E(エンバイロメント・環境)、L (他の人) が取り囲んでいます。その意味するところは、中心のL(人間)が力を発揮するためには、本人の問題(中心のL)だけではなく、まわりとの関係、すなわちLとS、LとH、LとE、LとLとの関係が適切に設定されている必要があることを示しています。

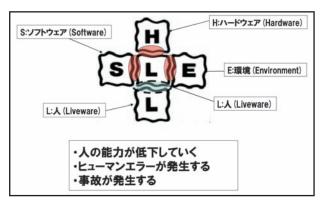


図29 SHELモデル

当社がヒューマンエラーの分析に4M4E分析を導入した 理由にもこういう背景があります。ヒューマンエラーを 起こしたのは、確かに中心のLであるが、その原因はこの Lだけではなく、LとH、LとSといった人間とソフト・ハー ドなどとの不適切なデザインがエラーを引き起こしてい る面がないかどうか、そういった観点からエラーを分析 する必要があるということで、4M4E分析を導入したわけ です。

ここで述べたシステム化に伴う問題について同様の構 造があると思います。つまり、設計が十分適切にできて いないと、人の能力が低下していく、エラーが発生する、 事故が発生するといった懸念があるということです。

#### 4.5 安全上の課題①に対してどう取組むか

この安全上の課題に対してどうしていくかを考えます と、先ほどのマニュアル化の進展と失敗体験の不足に関 しては、やはりシステム設計の中で人間のレベルアップ も考慮していく必要があります。これは人間の役割でな くなったのだから人は関係ないというのではなく、人に 一定の役割・責任があるわけですから、仕事を通して人 間をどう育て、知識・意識を高めていくかをセットで考 える必要があります。つまり、システムの設計の際、仕 事を通して、業務やシステムに対する理解が深められる 「インターフェース・デザイン」などの検討が求められま す。あるいはシステムの設計と同時に「教育のプラン」 も検討することが大切になるのではと思います。

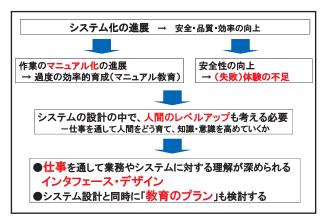


図30 安全上の課題①に対してどう取組むか

車両検修の例ですと、「目で見て触る」から「モニター で確認 といった形に変わってきております。そうする と車両の仕組み・機能の理解が難しくなる可能性があり ます。保線や電力の場合ですと、検測車でアラームの出 た箇所を直す。この結果、実物を通した判断が減少する

ため、管理の仕組み、理屈の理解が難しくなる面がある のではないでしょうか。運転士の場合ですと、点検の自 動化の結果、車両を直接見ずに結果だけがわかるため、 なぜの理解が難しくなる面があります。車掌の場合では、 平常時が自動放送になると、複雑な異常時放送が難しく なる可能性があります。

これに対しては、まずはインターフェースにおける見 える化の工夫が重要です。例えば車両のシステムあるい は保線の検査の仕組みなどの「理屈」をできるだけ見え る化します。あるいはシステムから上手に情報提供する ことを通して、仕事の中で仕組みや理屈が理解できるイ ンターフェース・デザインの工夫が可能ではないかと思 います。また、教育としては、実物が体感できるシミュレー ター、実設訓練などを行い、なぜをセットで教えていき

このようにシステム化を進めていくにあたっては、「イ ンターフェースにおける工夫」と「教育における工夫」 をセットで行っていくことを通して克服できるのではな いかと思います。

- ●車両検修:「目で見て触る」から「モニターで確認」 → 車両の仕組み・機能の理解が難しくなる面
- ●保線・電力:検測車でアラームの出た箇所を直す → 実物を通し た判断が減少 → 管理の仕組み・理屈の理解が難しくなる面
- ●運転士: 点検の自動化 → 車両を直接見ず結果だけがわかる → なぜの理解が難しくなる面
- ●車掌:平常時が自動放送 → 複雑な異常時放送が難しくなる
- ●インタフェース:「見える化」の工夫、見れば「仕組み」や「理屈」 が意識できるインタフェース・デザイン
- ●教育プラン:実物が体感できる(シミュレータ・実設訓練)、理屈 がわかる(なぜを必ずセットで教える)

図31 具体的な取組み例

#### 4.6 安全上の課題②に対してどう取組むか

もう少し自動化の進んだ大きなシステムについてはど うでしょうか。ブラックボックス化の進展、異常時にお ける作業負荷の激増の中でも、人間の役割・責任は残っ ているといえます。そうであるならば、その責任が果た せるための要件を明確にしたうえで、それをシステムの 中に組み込んでいく必要があります。

そのためには直観的でわかりやすいインターフェース、 システムを透明化し状況認識を容易化するインター フェースが必要です。そのシステムで何が行われている か、どういう理屈でいまシステムが機能しているのか、

そういったことが常にわかり、意識できるインターフェースである必要があります。また、異常時に人間に役割を期待するのであれば、それが果たせるワークロードになっているのかの評価も重要です。

やや長期的な影響としての知識・技量・やりがいの低下、システムへの依存という観点から言いますと、人間の役割の変化に伴う変化、その多くは退化になると思いますが、これらを予測して、与えた役割が担えるデザインになっているかシミュレーションする必要があります。このようなデザインにした場合、人間は短期的にはどう影響を受け、長期的にはどう変わるかについてシミュレーションする必要があるのではないでしょうか。

これらの課題を克服するためには、人間にシステム全体のコントロール感を持たせるとともに、面白く、成長できる仕事は人間に継承させるべきであろうと思います。その一方で、人間にとって不向き・高負担・いやな作業もありますので、そういった作業は積極的に自動化していきます。このように全体のバランスが取れたデザインが必要になると思います。

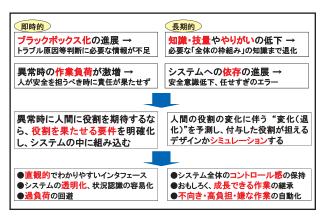


図32 安全上の課題②に対してどう取組むか

これらの点に関しては、例えばすでに新幹線で実用化されていますが、車両故障が発生した場合、故障している車両のモニター画面が指令室で見られる仕組みがあります。これは、指令業務における見える化の例であり、エラー防止や故障原因の誤認による手戻り防止などにつながると思います。

一方、運転士の場合、異常時が発生しても落ち着いて1つ1つ情報を確認していけば、異常の原因がわかるようになっています。しかし、異常時はふつう、不意打ち的にいきなり襲ってきますので、人間はなかなか落ち着いて理路整然と思考し、マニュアルにそった作業を行うのは難しい面があります。したがって、このような状況での

ヒューマンエラーを防止するためには、車両に搭載された装置の活用が有効です。

最近の車両には、車両に関連する情報を豊富にもった TIMSなどの装置が搭載されています。その装置から、運 転士の心理を考慮したうえで、できるだけ分かりやすい 方法・手順・情報量で、故障原因などに関する情報を提 供することを通して、運転士の思考を適切な方向にガイ ドすることができます。その結果、誤った原因推定を防 ぐことができます。例えば、車両が原因なのに地上側の 設備が原因と錯覚し、復旧が遅れるケースがありますが、 システムから的確な情報を提供することによって、原因 のスピーディーな解明につながるのではと思います。

現在開発中の運転整理システムについても説明します。このシステムは、指令員が負担に感じている業務を自動化し、指令員が判断業務に専念できる環境を提供することをめざしており、指令業務の改善におおいに繋がるのではないかと思います。その一方で、システム化されても指令員が保持すべき技量は何なのかをよく考え、明確化したうえで開発していくことが大切ではないかと思います。

申し上げたいことをまとめます。冒頭で述べたとおり、システム化には安全・品質・効率の向上など、大きなメリットがあり、当社もそのメリットを享受してきました。しかし、このメリットを継続的に享受していくためには、システムの中における人間の役割をよく吟味し、人間の特性を踏まえたうえで、適切にHMI(ヒューマン・マシン・インターフェース)をテザインするということが非常に大切だということです。

この点についての理解をさらに深めるために、次のパネルディスカッションでは、人間・機械間の適切なインターフェース・デザインがエラー防止に対していかに大切か、なぜシステム化・自動化を進めるほど人間への配慮が必要か、自動化・システム化のもたらす過信や不信にどう対応すべきか、といったような事柄について、医療・航空機・自動車分野の方々と議論していきたいと思います。

- ●運用指令:車両故障 → 車両のモニター画面が指令室で見ら れる → 指令業務の見える化 → エラー防止、手戻り回避
- ●運転士:異常時発生 → TIMSの情報を活用して運転士に状 況・原因をわかりやすく表示 → 異常原因の錯覚防止、スピー ディな原因解明・手戻り回避
- ●指令:運転整理システム(開発中) → 指令員が負担に感じて いる業務を自動化、指令員が判断業務に専念できる環境 → その際、指令員が保持すべき技量の明確化が大事。

システム化のメリット(安全・品質・向上)を継続的に享受 ずるためには、人間の特性をよく考慮し、HMIを適切に ザインすることが非常に大切

図33 具体的な取組み例

以上、安全研究所のこれまでの取組みと安全に関する 今後の課題についてお話をさせていただきました。ご静 聴ありがとうございました。