

安全のヒューマンファクターに関する研究開発

JR東日本研究開発センター 安全研究所 香西恵介 楠神 健



JR東日本では予防安全管理体制の確立を目指して、ヒューマンファクター研究に取り組んでいます。主なテーマは、「新しいタイプのヒューマンエラーへの対応」「運転操縦支援システム」「入換信号機冒進防止対策」「輸送指令員のチームパフォーマンス向上手法」「軌道工事管理者の安全能力・安全センス訓練」「運転適性検査体系の評価」「メンテナンスのヒューマンエラー事故の防止」などです。本稿では、SHELモデルを用いて各研究テーマの位置付けを説明するとともに、各テーマのねらいや内容について説明します。

1 JR東日本のヒューマンファクターの取り組み

当社では、予防安全管理体制の確立を目指して、ヒューマンファクターの観点から事故防止に関する様々な研究に取り組んできました。運転士の信号冒進などの運転事故防止、保守作業員の触車事故などの労働災害防止、あるいは駅構内の安全表示などお客様の安全に関する研究などです。

それではまず、ヒューマンファクターについて、航空界から広まったSHELモデルを用いて説明します(図1)。Lはライブウェア(Liveware、すなわち人間)、Sはソフトウェア(Software、手順やマニュアル)、Hはハードウェア(Hardware、機械やシステム)、Eは作業環境(Environment)を表しています。このモデルでは、人間を中心に各要素がその周りに配置されています。ヒューマンファクターでは、安全性を高めていくために、中心に位置する人間の特性と限界をよく理解するとともに、それを踏まえて人間を取り巻く各要素を最適化することが重要とされています。



図1：SHELモデル

このSHELモデルをベースに現在の研究テーマをみてみます。

(1)L-Hからのアプローチ

主に人間とハードウェアとの関係に着目して取り組ん

でいるのが、以下の3テーマです。

新しいタイプのヒューマンエラーへの対応

運転操縦支援システム

入換信号機冒進防止対策

新システムの導入に伴う新しいタイプのヒューマンエラーの分析を行っているのがです。は、煩雑な情報の記憶負担を減らすとともに複雑な情報の確認を支援することにより、エラー防止を図るシステムです。は、エラーの影響が小さい駅構内でのエラー防止を図るための注意喚起装置です。

(2)L-LあるいはL単独からのアプローチ

主に人間と人間の関係あるいは人間自身のレベルアップの観点から取り組んでいるのが以下の3テーマです。

輸送指令員のチームパフォーマンス向上訓練

軌道工事管理者の安全能力・安全センス訓練

運転適性検査体系の評価

運行管理および危機管理の要である輸送指令の遂行能力向上をチーム力のレベルアップにより図ろうとするのがです。は、軌道工事の安全上の要である軌道工事管理者に対してヒューマンファクターからみた安全上のポイントを教えるための手法です。は、導入後50年以上が経過している運転適性検査の現在の妥当性を再評価するとともに、その活用方法を考えるテーマです。

(3)全要素からのアプローチ

すべてのアプローチから取り組んでいるのが、

メンテナンスのヒューマンエラー事故の防止

です。安全性に影響する可能性のある5つの故障について、そのメカニズムと防止対策を検討しています。

以上のように、当社の安全上の課題に対して、最も有効と考えられるアプローチを選択し、その問題解決に取り組んでいます。以下では、各テーマの狙いや内容について、もう少し具体的にご説明します。

2 個別テーマの紹介

(1)新しいタイプのヒューマンエラーへの対応

停止信号の冒進による列車衝突を防止するために、ATS（自動列車停止装置）が装備されていますが、89年から速度照査機能を有する新型ATSであるATS-Pが首都圏で整備されてきています。

新しいシステムの導入により、安全性は格段に向上していますが、人がかかわっている以上、ヒューマンエラーを根絶することは困難であり、新しいタイプのエラーが発生する可能性があります。このような新しいタイプのエラーをモニターし、対策を提案していくことも安全研究所の使命の一つです。

具体的には、総合訓練センターでの事故予防型シミュレータを使用した訓練（図2）などから、信号冒進後の運転士の思考過程を分析すると、いくつかのパターンがあることなどが分かっています。ATS-Pのブレーキ動作に対して、「信号を冒進しそうになっている」に加え、「パターンにあたった」、「車掌弁を引かれた」、「ATS-Pが故障した」などです。



図2：事故予防型シミュレータによる訓練

現時点の対策としては、信号を冒進していることがすぐに分かるインターフェースや安易に機能を解除できないインターフェース（牽制機能）などが重要ではないかと考えています。今後は実験を用いてその効果を確かめていく予定です。

(2)運転操縦支援システム

列車の運転は自動車の運転と異なり、あらかじめ線路の形状や信号機の建植位置、ブレーキをかける地点など相当量の情報を記憶し、これを信号確認など動作の基準としています。お客様への利便性を向上するため、湘南新宿ラインなど新しい線区の直通運転サービスが増え、これに伴い運転士の記憶量も増加する傾向にあります。

そこで、一時的な失念や不確実性の防止を目的として、本線および入換運転を支援することとし、「運転台の高機能化に対応し、必要に応じて記憶の再確認が可能な支援情報の提供」を開発コンセプトとしました。

2002年夏にACトレイン¹⁾を用いて田町電車区構内で現車試験を実施したところ、（図3）

- ・入換信号機が輻輳する箇所において、思い込み等によるエラーに対して効果があること
 - ・停止位置について確実な情報が得られること
- など、当初の目的がクリアされる結果が得られました。



図3：ACトレインによる現車試験

(3)入換信号機冒進防止対策

入換信号機（駅・電車区構内で使用される信号機のこと。以下、入信と記述します）冒進事故には、発生する場所によって、本線を支障し重大な事故につながる恐れがあるものと、転てつ器の破損等により輸送障害につながるものがあります。前者への対策は、該当の箇所に保安装置を設置し、万一の場合に列車を自動停止させる対策としていますが、後者は、運転士の注意力によって防止を図っています。この研究では、後者に着目しヒューマンエラーのメカニズムを解析したうえで、「効果的かつ安価で迅速に行える対策」をコンセプトとした研究を行いました。この事故の原因として、運転士の確認不足によるものが多くを占め、発生場所は入換進路上の2番目以降の入信で発生しています。この観点から、「入信の存在に気付かせ、意識的な確認行動への誘導」かつ「起動後、2番目以降の入信（入換作業の内容によっては複数の信号を使う）への対策」が有効であると考え、視認性および誘目性を考慮した「注意喚起表示器」（図4）について研究を行いました。



図4：注意喚起表示器

この表示器は、入換車両の検知を車輪がフレキシブルスイッチを踏むことにより行い、ソーラー電源駆動のLEDを点滅させるものですが、定地試験および現車試験において、視認性と誘目性の有効性が高いことを確認し

ました。今後は、長期間設置した場合の「慣れ」と有効性の変化や、機器の耐久性などについて検証し実用化を図る予定です。

(4)輸送指令員のチームパフォーマンス向上手法

当社最大の指令室である東京総合指令室の担当エリアでは、日々約8000本の列車本数、1,300万人のお客様にご利用いただいています。列車の運行面に関する指令を行う輸送指令の当直数は約50名です。安全の確保とともに輸送品質の向上を行い、指令員の働き甲斐を高めていくためには、個人のスキルアップに加え、

- ・チーム（組織）としてのパフォーマンスの向上
- ・状況変化対応能力の向上

などが重要です。このような課題に対して、航空界で実施されているCRM（Crew Resource Management）手法を参考にし、当社の指令独自の教育・訓練体系として構築することとしました。

具体的には、チームやメンバーへの情報経路や、それぞれの関係を整理し、チームの要となる指令長のあるべき姿について策定するとともに、訓練の最重要ポイントとなるディブリーフィング（振り返り）に向けての教育体系ならびに教材作りを進めています。この教育訓練は04年度から開始する予定です。

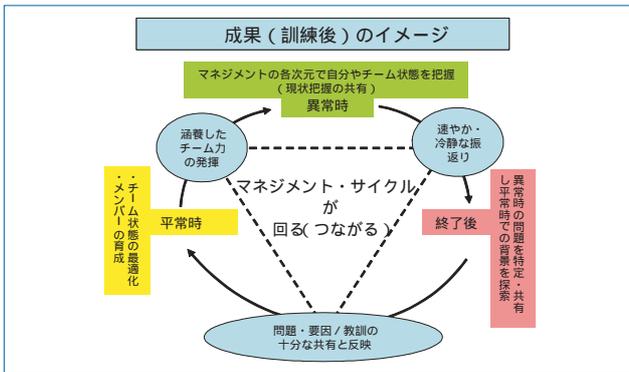


図5：チームパフォーマンス向上訓練の成果イメージ

(5)軌道工事管理者の安全能力・安全センス訓練

軌道工事管理者は現場での安全確保や作業チームの統制など、工事を安全に遂行するうえで従前にも増して要の役割を担っています。触車事故を防止するため、線路閉鎖（列車を作業区間に入れないよう、関係の信号機を赤にしてから作業を行う）により、列車運行と保守作業の分離を図り安全性が向上していますが、手続きやコミュニケーション等に伴うエラーを予防し更に安全性を高める必要があります。これらの状況を考慮して、軌道工事管理者の安全態度など現状の能力が計れ、その向上が図れる診断・訓練法を開発することとしました。

具体的には、作業の仕組みや体制を切り替えた1999年以降の事故事例を分析し、「運行状況の確認省略・不良」を始めとする要注意事故パターンと、そこで発生する要注意エラーを分析し、計16個の訓練テーマを策定しました。訓練方法として図6で示すように、テーマに基づく出題、議論、要点の解説、振り返りを骨子として、10名程度で約90分を考えています。また、チーム統率という軌道工事管理者の役割を意識して、リーダーシップ診断も訓練の中で実施します。この訓練は、2004年度からパートナー会社5社で開始する予定です。

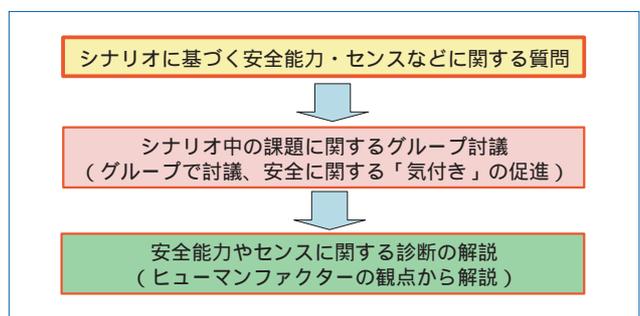


図6：訓練方法の概要

(6)運転適性検査体系の評価

運転士は表1に示すように、登用時に作業性検査など、在来線では4種類の、新幹線では更に高速適応能力を確認するため計9種類の検査を受け、また定期検査として3年に一度、作業性検査を受検します。

表1：運転適性検査の対象者、受験項目

	臨時検査					定期検査
	作業性検査	知能検査	注意配分検査	反応速度検査	高速適応検査	作業性検査
信号取扱担当 線閉指揮者等						
在来線指令員 車掌・誘導担当						
在来線運転士						
新幹線運転士						
新幹線指令員						

運転適性検査は1949年に制度化されて以来50年余が経過していますが、これまで大きな見直しは行われていません。一方、乗務する車種について、SLから電車主体となり操縦が容易になったことや、ATS-P、ATCなど保安装置が発達し、一つのエラーでは大事故にならなくなったこと、さらには列車無線や運転台での車両状態モニターの発達など、運転士の負荷が軽減されてきたことなど運転環境が大きく変化しています。

このような背景から、現在および今後の運転環境に対応した新しい運転適性検査体系のあり方を研究しています。

図7に研究の進め方を示していますが、現行検査の識別力の把握に基づく検査体系の評価と、検査結果の指導・教育への活用の可能性について重点を置き研究する予定です。

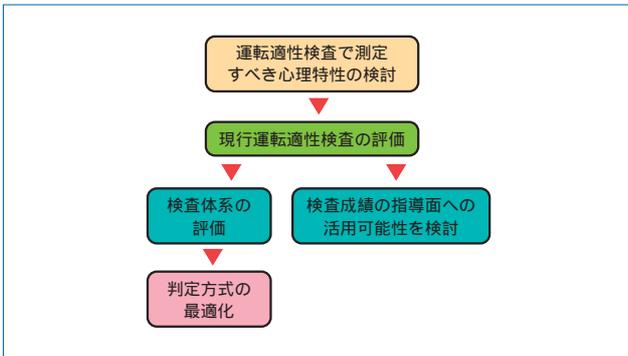


図7：研究のフロー

(7)メンテナンにおけるヒューマンエラーの低減

鉄道は大規模な装置産業であり、当社においては営業キロ7,500キロ余、車両数13,500両余の設備を有しています。これらの機能を維持するためにメンテナンスが必要であり、メンテナンスフリー化や、メンテナンスの機械化・自動化が進んでいますが、人手による部分も残っており、そこにヒューマンエラーが介在する余地があります。研究の対象として、信号設備、車両について焦点をあて、エラーが発生した場合に大きなリスクが考えられる故障、すなわち誤結線や継電器（リレー）の誤取付、車両からの部品の落下など、踏切の無しゃ断や列車の脱線などにつながるヒューマンエラーの発生メカニズムの解明、対策について研究しています。

具体的には、車両メンテナンスにおいては、当社発足以来の故障を分析し、誤配線やリレーの誤取付、ならびに車両からの部品の落下の観点で速度計発電機やブレーキライニング、およびブレーキコックの復位失念の5つの事象に対して、4M4E手法（原因について、Man, Machine, Media, Managementで究明し、対策について

表2：人間工学面における対策の概略

主な背後要因	反復作業中の特殊作業	作業や確認が困難な環境	付帯作業への注意低下、失念
エラー種別	誤配線 継電器の誤取付け -Route / mistake	速度計発電機、ブレーキライニングの取付締め -Skill / slip	ブレーキコック復位の失念 -Skill / lapse
Education	要注作業について、Know whyや失敗事例を用いた教育を充実させる	詰め合わせや盛り合わせなどスキルや技能を要する作業について、現物で習熟できる仕組みを作る	個人レベルのエラー低減には限界があり、作業チームとしてチェック機能が働く方向への訓練等を実施する
Engineering	作業の精度は低いが、エラーに伴うリスクが高い作業についてアセスメントを行う 配線や取付時に、アフォーダンスを使用した人間中心の設計や標記にする	速度発電機について、車輪転動など他作業で必要となる解体が不要な構造に変更する ブレーキライニングについて確認がしづらい環境であり、装着状況のインジケータ等の検討	ブレーキの動作状態を運転台でモニタでき、エラーによるリスクを下げる仕組みの新製車への拡大を図る
Enforcement	改造などに伴う図面の管理や、作業指示時の要注点の明示など、情報管理とその伝達・共有化を進める	取付ボルトの仮締め状態や回り止め失念等に対して、作業とチェックを作業者間で交代するなどダブルチェック化する	チーム作業での確認行為を、傷害事故防止（締切）役と、列車の安全（復位）役に役割分担を明確化する

Education, Engineering, Enforcement, Exampleで検討する手法）等を用いた人間工学面での分析と対策、さらには安全態度に注目したアンケート調査による産業心理学面での分析と対策を進めています。表2に現時点での人間工学面に関する対策の概略を示します。

3 今後必要な取組み

ヒューマンファクターに関する今後必要な取組みについては、以下の4つの観点に整理できます。

(1)安全管理

事故が発生してから対策をとるのではなく、事前にリスクを把握し、対策を打てる仕組みが重要です。それが実際に運用可能な安全管理の仕組みを検討したいと考えています。取り組むべき事柄としては、事故調査法、インシデント活用法、リスク評価法、予防的安全管理手法であり、まず、現場で実施可能でかつ必要な情報が収集できる事故調査法について、来年度から取り組みます。

(2)教育・訓練

安全のヒューマンファクターに関しては、徐々に社内に浸透していますが、現場第一線にはまだなじみの薄い概念です。たとえば、ヒューマンエラーの発生するメカニズムを知り、それを踏まえて体験的なレビューを繰り返すことにより、エラーの起きやすい作業や状況が予測できるようになります。これは、各人の事故防止のノウハウになるものです。安全性の向上に伴い事故経験が減少する中、そのようなノウハウを現場社員が蓄積していく仕組みが必要と考えています。

(3)安全文化

安全文化については、その重要性は頻繁に言われますが、構築方法について具体的に言及されることはあまりありません。しかし、安全を支える基盤は、企業の安全文化であることには間違いありませんので、その診断手法、安全レベルのモニター手法、そして、安全文化の構築手法などについて検討していきたいと考えています。

(4)経営上の課題に対する対応

その他、その時々々の経営課題に対するヒューマンファクター面での検討も重要です。技術継承方策、高齢社員の活用・ケア方法、異常時支援システム、アウトソーシングなどが重要なキーワードになります。

参考文献

- 1) 大澤光行：21世紀にふさわしい車両をめざして
JR East Technical Review, No.1(2002) pp.9-12.