

## 乗務員訓練シミュレータでのエラー体験にもとづくヒューマンファクター教育に関する研究

Development of human factors education program based on error experiences in drive simulator for train drivers



山川 朋子\*



蔵谷 正人\*\*



武田 祐一\*\*\*



楠神 健\*\*\*\*

Train driving is basically a one-person duty, therefore, error prevention skill of each train driver is essential to maintain safe operations. In this research, we developed new education program aiming to enhance train drivers' ability to make effective measures to prevent human errors by understanding error mechanisms. This education program features simulator training with error inducing scenarios and a reflection of error experiences from human factors perspectives. Since the effectiveness has been confirmed, this program is now included in a periodical driver training carried out in our company.

●キーワード：ヒューマンエラー、エラーメカニズム、シミュレータ訓練、運転士教育

### 1. はじめに

鉄道の安全を確保するため、これまで「知識」や「技術」の習得および向上を目指した研修や訓練が重点的に行われてきた。しかしながら、航空や医療を中心に、知識や技術（テクニカルスキル）の向上だけでは安全を確保できないことが指摘されている<sup>1)</sup>。例えば、すぐれた技量をもつ外科医でも、チームメンバーである看護師や麻酔科医などとのコミュニケーションが不十分であったり、患者の容体に対する状況認識を誤ったりすれば、不安全な結果に至ることもある。知識や技術を補完するこのような社会的、認知的なスキルは「ノンテクニカルスキル」と呼ばれている<sup>2)</sup>。鉄道においても、安全のレベルアップを図るためには、テクニカルスキルと同様にノンテクニカルスキルについても教育・訓練を実施していく必要がある。

本研究では、単独業務であるため安全の確保が個人の状況認識力に大きく依存する運転士の業務に着目し、ヒューマンエラーのメカニズムを理解することによって状況に応じたエラー防止策を自ら考える力（以下、「エラー防止スキル」と呼ぶ）を高めることを目的とした教育プログラムを開発した。エラー防止スキルは、現在の状況から起こり得るヒューマンエラーの芽を検知し、エラーを未然防止する力という点で、ノンテクニカルスキルの状況認識力の一部といえる。エラー防止スキルを高めることにより、例えば「中断により他の作業に気を取られると、それまで手掛けていたことを忘れやすい」といった人間の特性を踏まえて、「重要な場面では中断を回避したり、注意を奪われないように作業方法を変更する」などの具体的でかつ効果的な対策を一人ひとりが考え出せるようになることが期待される。

### 2. 現状分析

現状の運転士のエラー傾向を調査するため、2009年～2011年度に発生した事象（事故およびインシデント）について、関連した運転士のエラーをReasonのエラー分類手法<sup>3)</sup>を用いて分類した。その結果、スリップ（うっかり操作を誤るなど）やミステイク（知識不足や誤ったルールの適用など）よりも、ラプス（失念）が最も多く、全体の48%を占めることが分かった。失念の対策としては、①強く記憶する（「何度も自分に言い聞かせたり書き留めたりして長期記憶に留める」や「体調を整え覚醒水準を高める」など）、②一時的に忘れても必要な時に思い出せる工夫をする（「アラームをセットする」や「チェックリストを活用する」など）、が考えられる。強く記憶するための対策と、忘れても思い出す対策とは相互補完的であるため、両方の観点から対策を実施しているほど失念防止に効果がある。そこで、本研究では運転士の関わる失念事象で最も件数の多い「徐行区間における速度超過」を取り上げ、これら2つの観点から運転士の現状の失念対策を調査した。143名の運転士を対象とし、自由記述形式で各自のエラー防止に関する取り組みや工夫を尋ねた。なお、徐行区間とは線路工事などの影響で、一時的に通常よりも速度を落とすとして運転する区間のことである。一般的に徐行区間以外はずべて通常の運転操縦をするため、徐行区間の存在を忘れてしまったり、他の事に気を取られて徐行区間の予告信号機に気付かないケースなどが存在する。

運転士経験のある安全研究所の研究員が、調査対象となった運転士の対策を評価したところ、「強く記憶する、および、忘れても思い出す」の両方の観点から有効と思われる対策を実施している運転士は全体の42%にとどまり、過半数の運転士の対策は、効果的な失念防止策としては十分でな

い（「意識を持って運転する」や「しっかり運転する」などは精神論にもとづくものであり、それだけではエラーを効果的に防ぐことはできない）ことが判明した。そこで、今回は、発生頻度の多いエラーであり、かつ、エラー対策が十分とはいえない「失念」に焦点を絞り、効果的な教育プログラムを開発することとした。

## 3. 教育プログラムの開発

### 3.1 教育の枠組み

ノンテクニカルスキル教育については、航空業界でいち早くシミュレータを用いたCrew Resource Management訓練（CRM訓練）が開発され、その後医療分野においても広まっていた<sup>1)</sup>。このCRM訓練では、チームワークやコミュニケーション、状況認識などを向上させることを目的として、シミュレータ上で異常事態を体験させる。キャプテンや副操縦士などは他のメンバーを最大限活用して適切に対処する訓練を行うとともに、訓練後にフィードバックを得ることでノンテクニカルスキルを向上させるというものである<sup>2)</sup>。失敗経験から得られた知識は、実践的な学習資源として教育効果が高いと言われている<sup>3)</sup>。以上の知見より、本研究では、ノンテクニカルスキルの一部であるエラー防止スキルを効果的に高めるため、各支社に設置されている総合訓練センターの乗務員訓練シミュレータでのエラー体験を教育のきっかけとすることとした。そして、その後の振り返りを通してエラーメカニズムの理解を促し、一人ひとりの運転士のエラー防止スキル向上を図る教育の枠組みとした（図1）。なお、当社では全運転士を対象に2年周期でシミュレータ訓練を実施している。



図1 エラー防止教育の枠組み

本教育プログラムにおける振り返りは、シミュレータ訓練後、すなわちエラー体験直後に、訓練センターにて実施するものと、運転士が乗務員区所に戻った後に一定期間において区所にて実施するものに分けられる。前者の振り返りは、エラー体験直後の学習意欲が高い状況を利用した振り返りであり、なぜエラーをしてしまったのかについて、人間の認知特性などに関するヒューマンファクターの知見をもとにそのメカニズムを解説し、効果的な対策の着眼点を習得するためのもので

ある。一方、後者は教育効果の継続を促すためのフォローアップであり、運転士の現在のエラー対策や取り組みを話し合い、必要に応じて助言を与えるものである。振り返りの効果的かつ円滑な実施を支援するため、本研究では運転士用および指導者用のヒューマンファクター教育教材をそれぞれ作成した。詳細は以下で説明する。

### 3.2 エラー（失念）誘発シナリオの開発

当社の乗務員訓練シミュレータは2000年に開発、導入された<sup>4)</sup>。数あるシナリオの中には、無意識・反射型のエラーを誘発するものも存在するが、運転士に最も多いエラーである「失念」を誘発し、体験させるシナリオはこれまで開発されてこなかった。

そこで、本研究では、失念による速度超過を誘発するシナリオを開発した。徐行区間を新たに設定し、当該区間を走行中に車両故障などの割り込み事象を発生させることによって、事象の処置完了後、運転を再開した時に徐行区間であることを失念してしまうシナリオである（図2）。徐行区間において割り込み事象を発生させるため、シミュレータ訓練中に任意の箇所で車両故障や列車非常停止警報装置動作、緊急地震速報などを発生させるスイッチボックスもあわせて開発した（図3）。

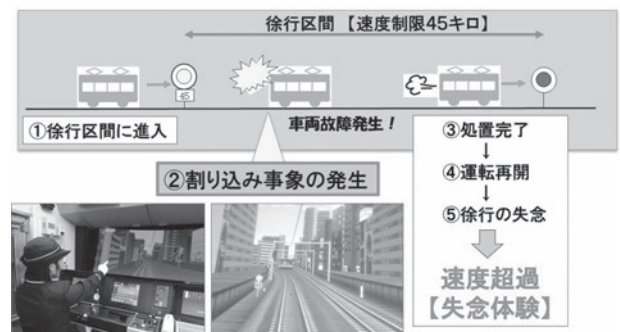


図2 失念誘発シナリオ（速度超過）



図3 事象発生用スイッチボックス

### 3.3 運転士用ヒューマンファクター教育教材

本教育プログラムでは、シミュレータ訓練後にエラー体験の振り返りを行う。ヒューマンエラーに関する理解を深め、エラー体験直後の振り返りにおける議論をより効果的なものとするため、運転士用の教育教材を作成した(図4)。ヒューマンエラーの基礎を分かりやすく解説することを目的として、本教材はマンガ形式とした。教材の内容は、以下の3項目である。

- (1) エラー防止への関心提起
- (2) エラーの種類と発生メカニズムの理解
- (3) エラーの背後要因の理解

振り返りを行う前に、この教材に目を通すことで、ヒューマンエラーの基礎を理解し、振り返り時の議論を深度化させることができる。



図4 運転士用教材

### 3.4 指導者用教材

本教育プログラムで重要な役割を担うのが、振り返りを担当する訓練センター講師および乗務員区所の指導員である。訓練後の運転士へのフィードバックを的確に行い、フォローアップを効果的に実施するためには、指導員がヒューマンエラーについて深い理解と指導スキルを身につけている必要がある。そこで、指導担当者のヒューマンエラーに関する指導力向上をねらいとした指導者用教材を作成した(図5)。教材の内容は、以下の3項目とした。指導者向けの内容のため、エラーのメカニズムなどだけではなく、教育の全体像からエラー防止対策の着眼点、指導時のポイントまで幅広く解説されている。

- (1) エラー防止教育のねらい
- (2) エラー防止教育の全体像と指導ポイント
- (3) エラーの種類ごとの発生メカニズムと対策の着眼点

この教材をもとに指導者が事前に学習することで、訓練センターおよび乗務員区所における振り返り教育時にエラー防止スキルを適切に教育できる。



図5 指導者用教材

## 4. 結果

教育効果の測定は、Kirkpatrickが提唱する研修プログラムの4つの評価レベルを参考とした<sup>7)</sup>。

- ・ レベル1: 受講者の反応
- ・ レベル2: 受講者の知識向上
- ・ レベル3: 受講者の行動変化
- ・ レベル4: 業績の向上

レベル4は、ここでは「運転士の行動変化による安全性の向上」を意味するが、長期的な評価が必要であることから、本研究ではレベル1から3までについて教育効果を測定した。

### 4.1 レベル1 (受講者の反応)

本教育プログラムに対する受講者の反応を評価するため、乗務員区所でフォローアップを担当した指導者にインタビュー調査を行った。その結果、指導者の声から以下のような訓練生の反応を知ることができた。

- ・ ベテランでもエラーに対して弱い部分があることを認識したようだ。シミュレータで徐行区間の速度超過に陥ったことについて大きな反応があった。対策を講じる意味や効果が分かった。
- ・ エラー体験を通じて、二つの事象が重なるどどちらかがおろそかになることを実感したようだ。

## 4.2 レベル2および3 (知識向上、行動変化)

本教育プログラムを受講した運転士の知識向上および行動変化を把握するため、教育受講前後の運転士の失念対策の変化を評価した。対象となった運転士は、シミュレータ訓練終了後、区所での振り返り教育まで受講した32名である。なお、区所での振り返り教育は、訓練センターでの訓練後おおむね1~2ヶ月後に行われた。

運転士の失念防止策を、以下の2群に分類した結果を表1に示す。

- ・ A群: エラー防止の着眼点を踏まえた効果的な対策を行っている
- ・ B群: エラー防止の着眼点を踏まえていない、あるいは、対策を行っていない

失念対策の着眼点の1つである「強く記憶する」については、受講の前後でB群からA群への有意な変化が確認された(受講前には21名であったA群の人数が、受講後には26名に増加した)。一方で、「忘れても思い出す工夫」については、受講の前後で有意な差は見られなかった。

表1 エラー (失念) 防止スキルの変化 (n=32)

失念対策	受講前(人数)		受講後(人数)		χ <sup>2</sup> 値	P<.10*
	A群	B群	A群	B群		
①強く記憶する	21	11	26	6	3.463	*
②忘れても思い出す工夫	13	19	14	18	0.719	

## 5. 考察

教育効果の測定の結果、運転士のエラー (失念) 防止スキルについて、「強く記憶する」対策では有意な効果が見られたものの、「忘れても思い出す工夫」には行動変化が見られなかった。この要因として、徐行区間を忘れないように強く記憶するという取り組みは、これまで指導されてきた対策と通ずるところがあり、本教育プログラムにおけるエラー体験を通してその重要性が改めて理解され、行動変化に結び付いたことが考えられる。その一方で、徐行区間を一時的に忘れてしまったとしても、必要なタイミングで思い出せばよいという発想は、それ自体に馴染みが薄く、運転士の理解が十分得られなかったため、行動変化に至らなかった可能性がある。

今後、教育効果をさらに向上させるためには、運転士および振り返りを担当する指導者のヒューマンエラーに対する理解をより深めるような支援を引き続き行っていく必要がある。

## 6. おわりに

本研究では、運転士がエラーのメカニズムと対策の着眼点を理解し、「適切なエラー対策を自ら考える力 (エラー防止スキル)」を高める教育プログラムを開発した。教育効果を評価した結果、運転士の失念対策に関する行動変化には一定の効果が認められた。この結果を受け、本教育プログラムは2013年度より全支社に展開され、現在に至っている。

今後も運転士がヒューマンエラーをより深く理解し、適切な対策を自ら考え実行する取り組みを継続させるべく、振り返りを担当する指導者の指導力向上を引き続き支援していく。また、本研究では、運転士に最も多いエラーである「失念」に焦点を当て、エラー体験シナリオを開発したが、頻度は少なくとも結果が重大となるエラーについては、同様にエラー防止スキルを向上させていく必要がある。今後は、「失念」以外の重要なエラータイプについても、エラー体験をきっかけとした同様の教育プログラムを構築していきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) Fletcher, G., McGeorge, P., Flin, R., Glavin, R. and Maran, N.; The role of non-technical skills in anaesthesia: a review of current literature, British Journal of Anaesthesia, 88(3), 418-429, 2002
- 2) ローナ・フィリン, ポール・オコンナー, マーガレット・クリチトン; 現場安全の技術—ノンテクニカルスキル・ガイドブック, 2008, 小松原明哲ほか訳, 海文堂, 2012
- 3) J.Reason; ヒューマンエラー認知科学的アプローチ, 海文堂, 1994
- 4) Helmreich, R.; On error management: lessons from aviation, BMJ, 320, 781-785, 2000
- 5) 失敗知識活用研究会; 失敗知識活用研究会報告書, 文部科学省, 2001
- 6) 佐藤雅文, 蔵谷正人ほか; 事故予防型乗務員訓練シミュレータの開発, 運転協会誌, 2000
- 7) Kirkpatrick, D.; Evaluating training programs: the four levels, Berrett-Koehler Publishers, 1994