

# あんけん

～研究成果レポート～

Vol.3



平成22年7月

西日本旅客鉄道株式会社  
安全研究所

# 目 次

## 1 研究所の概要

(1) 基本方針 .....	2
(2) 安全研究所が目指す方向性 .....	2
(3) 研究の体制 .....	4
(4) 安全研究所における4年間の主な取り組み .....	5

## 2 21年度の主な研究成果の概要

(1) 異常時の対処方に関する研究（その1） 鉄道版CRM（R-CRM）の構築に向けて .....	10
(2) ミスの連鎖の発生メカニズムに関する基礎的研究 .....	16
(3) 運転士等の眠気予防策に関する研究 .....	20
(4) お客様への効果的な協力要請、働きかけ方の研究 .....	26
(5) 指差・喚呼において、ひと呼吸おく効果の検証 .....	32
(6) 運転士の視覚・聴覚の注意配分に関する研究 .....	37
（無線連絡受信後における鉄道運転士の注意特性）	
(7) 操作しやすい運転台の開発 .....	41
（客室からの騒音が運転操作に及ぼす影響）	
(8) 新幹線保守用車の操作性向上に関する ヒューマンインタフェースの研究 .....	48

## ごあいさつ

「あんけん V o 1. 3」をお届けします。

「あんけん」はJR西日本安全研究所が前年度取り組んだ、主な研究テーマや活動の概要を取りまとめ、毎年発行するアニュアル・レポートです。

ぜひ「あんけん」をかわいがっていただくようお願い申し上げます。

またこのレポートをご覧になり、さらにご興味をお持ちの方ご意見をいただける方は、安全研究所にご一報いただきお話をうかがいたいと思います。お待ちしております。

当安全研究所は福知山線列車脱線事故後、それまでヒューマンファクターへの取り組みが不足していたとの反省からヒューマンファクターに特化した研究や活動を行うことを目的に設立されました。

ゼロからのスタートでしたが、4年が経過し研究も進んできており、このほど3冊目のレポートを発行することができました。

ヒューマンファクターの考え方は世の中でもまだまだ進んでいませんが、当社においてはヒューマンファクターの基本的知識に関する教育を進めているところです。今後安全研究所としても研究を進めるとともに、全社的にヒューマンファクターの考え方を浸透させるよう最大限の努力をしていきたいと思っています。

一方この分野で先端的な研究や取り組みをされている大学や企業のご協力をいただき、より高い成果をあげたいと思っています。よろしく申し上げます。

さらに将来的には当安全研究所が国内を代表する研究機関となるよう所員一同頑張っています。

今後とも、より一層のご指導ご鞭撻を賜りますようよろしくお願い申しあげてご挨拶といたします。

平成 22 年 7 月



西日本旅客鉄道株式会社

常務執行役員 安全研究所長

白 取 健 治

# 1 研究所の概要

## 1 研究所の概要

### (1) 基本方針

私たちは、研究を進めていくにあたり鉄道が多くの人手を介して運営されていることから、「いつでも」「どこでも」「だれでも」という3つの言葉をキーワードとし、安全研究所の基本方針を策定しました。

### 安全研究所「基本方針」

私たちは、「いつでも」「どこでも」「だれでも」できる安全を追求します。

1. 社内外との密接な連携を図り、ヒューマンファクター等の視点から安全を研究します。
2. 現場から頼られるとともに、安全を最優先する企業風土の実現を目指します。
3. 研究成果を有効活用するとともに社外にも公開し、広く社会に貢献します。

### (2) 安全研究所が目指す方向性

ヒューマンファクターの観点に基づく研究成果を当社の安全対策に反映させ、安全研究所が社内外から頼られる存在となるよう設立以来取り組んできました。

今後もこの取り組みを継続するとともに、ヒューマンエラーを少しでも減らすため積極的に現場・主管部等への提言やヒューマンファクターの見方・考え方の浸透を図っていきます。

さらに、基礎から応用までの最先端の研究開発、ヒューマンファクターに関する専門知識をもつ研究員の育成、他業種・学会の情報収集及び分析等に取り組み、国内を代表するヒューマンファクター研究機関を目指します。

#### ① 重要テーマをはじめとする研究活動の推進

- ・安全マネジメントの視点からの安全性向上、心理・生理面を踏まえたヒューマンエラーの防止、人間工学面を踏まえたヒューマンエラーの防止の3つの切り口から研究を推進してまいります。

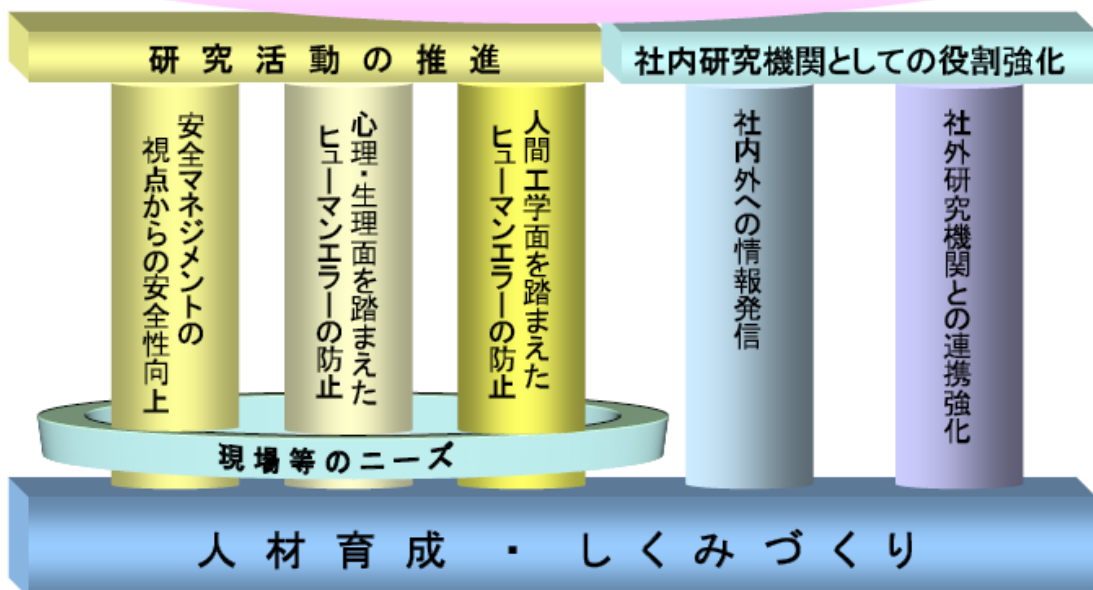
- ・現場等のニーズやシーズの発掘による新たな研究テーマに積極的に取り組むほか、引き続き「ミスの連鎖防止のための訓練手法」「操作しやすい運転台」「お客様に対する協力要請」等のテーマについては、安全研究所をあげて取り組んでいきます。
- ・安全最優先の風土醸成やヒューマンエラーによる事故の防止には、ヒューマンファクターに関する概念を社員に定着させることが重要であるとの観点に立ち、社内におけるヒューマンファクター研究所として社内教育を担っていきます。

## ② 社内研究機関としての役割の強化

- ・研究成果については、社内に対する提言にとどまらず、他社・学界等の社外への情報発信を行い広く社会に貢献します。
- ・(財)鉄道総合技術研究所や大学をはじめとする社外研究機関や鉄道他社等との人事交流を行い、緊密な連携をとりながら研究を行います。
- ・ヒューマンファクターに関する相談やコンサルティングに積極的に対応します。
- ・国内外のヒューマンファクターに関わる調査機能の充実を図ります。

# 安全研究所が目指す方向性

社内から頼られるヒューマンファクター研究  
「いつでも」「どこでも」「だれでも」できる安全の追求



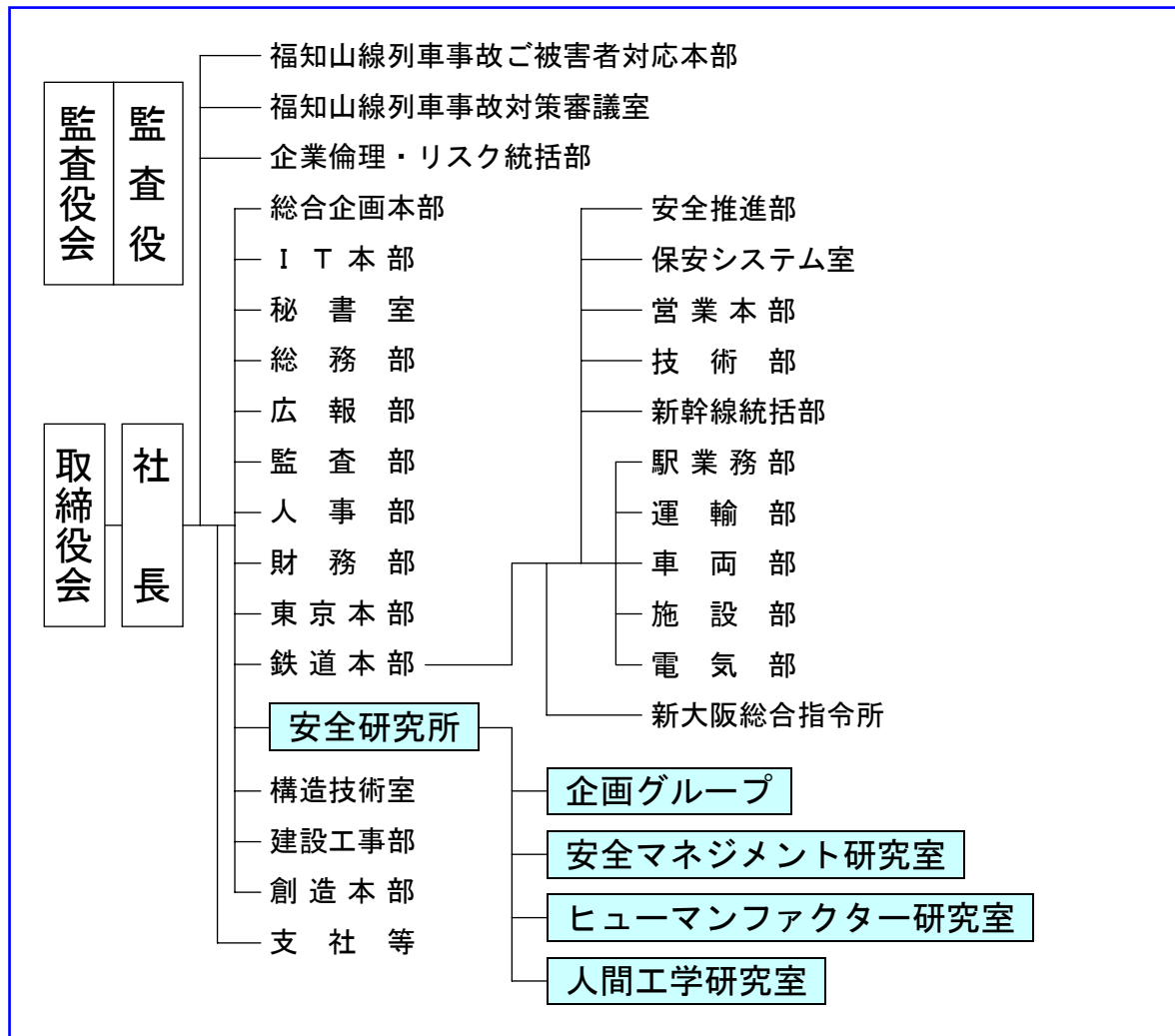
### (3) 研究の体制

安全研究所は、2006年6月23日に設立されました。

社内だけでなく他企業や研究機関から専門家を招き、現在白取所長（常務執行役員）以下31名で調査・研究活動を推進しています。

以下のとおり鉄道本部等から独立した社長直属の組織です。

(2010年7月1日現在)



#### 安全研究所の主な業務内容

##### 企画グループ

研究企画、調査企画、ヒューマンファクター教育、ヒューマンファクター指導者養成

##### 安全マネジメント研究室

鉄道の安全性を高めるためのマネジメント手法や評価手法などについて分析・研究

##### ヒューマンファクター研究室

人間の心理・生理面から起こるヒューマンエラーの解決策について研究

##### 人間工学研究室

ヒューマンファクターの観点から、事故防止に必要な人間と設備・機械との関わり（ヒューマンインタフェース）について研究

#### (4) 安全研究所における4年間の主な取り組み

- ※ ☞は、「2011年度の主な研究成果の概要」に掲載しています。
- ※ これまでの研究成果の詳細については、「あんけん Vol. 1」「あんけん Vol. 2」をご覧ください。( <http://www.westjr.co.jp/security/labs/> に掲載しています。)

##### ① 主な研究

###### ア 安全マネジメントの視点からの安全性向上

安全性を定量的かつ客観的に評価するしくみや安全管理体制の構築に関する課題を研究し、弊社の経営の根幹である安全性向上のための方法や手段を提言します。

###### ○安全マネジメントシステムの構築に関する基礎的研究

- ・運転職場において潜在するリスクを容易に把握するため、新たなリスク評価手法の提案を目指して研究を行いました。

###### ○ベテラン運転士と若手運転士が起こすヒューマンエラーの分析および対策の提案

- ・経験年数によりヒューマンエラーの背後要因の傾向に差異があるという研究結果が得られました。この結果を定期教育に反映するよう主管部に提言しました。

###### ○ミスの連鎖を排除する仕組みの構築

- ◇ミスの連鎖の発生メカニズムに関する基礎的研究 ☞
- ◇ミスの連鎖防止のための訓練手法に関する研究
- ◇異常時にも冷静さを取り戻させるための対処方の研究 ☞

- ・ミスの連鎖のメカニズムを考え、ミスの連鎖を防止するための研究を進めています。また、航空業界を中心に導入されているCRM(Crew Resource Management)スキルを活用することを検討しています。

###### ○お客様への効果的な協力要請、働きかけ方の研究 ☞

- ・駅および車内におけるお客様の安全確保の観点から、異常時にお客様からより効果的にご協力いただく方法について研究を進めています。

###### イ 心理・生理面等を踏まえたヒューマンエラーの防止

人間の心理特性、生理特性、集団特性を踏まえたヒューマンエラーの防止策の提言や安全教育と指導方法の充実に資する研究を行います。

###### ○運転士等の眠気防止策に関する研究 ☞

- ・「眠気防止ガイドライン」を作成し、運転士・車掌全員に配付しました。(H21. 12)

・乗務行路や乗務員宿泊所についての研究を推進しています。

#### ○効果的なほめ方・叱り方等に関する研究

・ほめどころをほめるとモチベーションの向上につながるとの研究成果が得られました。  
・支社の要望に基づき乗務員職場でほめ行動を推進し効果を検証しました。

#### ○運転士の指差・喚呼の実施方法に関する研究 ☞

・研究成果を踏まえ、平成20年11月に乗務員の基本動作の見直しを実施しました。

#### ○運転士の視覚・聴覚に関する注意配分に関する研究 ☞

・運転士の無線連絡に対する注意特性を明らかにすることにより、より効果的な情報伝達のあり方について研究を推進しています。

#### ○誇りの持てる業務のあり方の研究

・現場社員が働きがいと誇りを持って仕事ができるよう調査・研究を推進しています。

### ウ 人間工学面を踏まえたヒューマンエラーの防止

ヒューマンエラーの発生し難い設備、使いやすく安全な設備・システムの研究を通じて、人間工学分野の研究ノウハウの蓄積を図り、現場の安全度向上に貢献します。

#### ○操作しやすい運転台、ワンマンドア開閉スイッチ誤扱い防止に関する研究 ☞

・エラー発生の少ないスイッチ形状や左右の手を使い分けた取り扱い方を提示するとともに、ワンマンドア開閉スイッチの形状を考案し特許を出願しました。(H21.3)

#### ○新幹線保守用車の操作性向上に関するヒューマンインタフェースの研究 ☞

・主管部と連携し新幹線保守用車の保安装置一元監視モニターについて研究を行いました。この成果は、次期保安装置に採用される予定です。

#### ○働きがい・誇りが持てるマン・マシンシステムのあり方の研究

・人と機械の適切な役割分担について調査・研究を進めています。

## ② ヒューマンファクター教育

ヒューマンエラーを防止するためには、ヒューマンファクターの視点による「気付き」や分析を欠かすことが出来ません。

そのため、社員一人ひとりがヒューマンファクターの知識を習得し、それに基づき社員が自ら考え行動する「考動」が必要なことから、教材「事例でわかるヒューマンファクター」を作成し全社員に配付しました。さらに社員浸透を図るため出前講義を含めた講義を行っています。



- ・ 現場へ出向き「出前講義」の実施  
安全ミーティング、職場内研修を活用したヒューマンファクターの講義  
247 回、7,030 名 (H19.4～H22.3 末)
- ・ 社内研修への導入  
新任現場長研修、新任助役係長研修等の職務階層別研修での講義  
115 回、3,710 名 (H20.4～H22.3 末)

### ③ 社内外への情報発信

研究成果については、社内に対する提言にとどまらず、社会貢献の観点から広く社外に対して情報を発信しています。

- ・ 社内向けの研究成果報告会を開催 (H20.8.8、H21.2.12)
- ・ 「事例でわかるヒューマンファクター」冊子の配付及び提供  
社内配付 42,000 部、社外提供 70,000 部 (H22.3 末現在)
- ・ 研究成果の概要をとりまとめた「あんけん」を発行し社内外へ配付  
(H20.9、H21.7)
- ・ 「運転士のための眠気防止ガイドライン」を作成し社内外へ配付 (H21.12)
- ・ 日本心理学会等への研究成果発表 32 件 (H22.3 末現在)
- ・ 社外向けの研究成果報告会を開催 (H21.7.2) (日本運転協会関西支部と共催)
- ・ 部外講演の実施  
鉄道事業者等の依頼により講演を実施  
67 回、8,040 名 (H22.3 末現在)



## 2 21年度の主な研究成果の概要

# 1 異常時の対処方に関する研究（その1） 鉄道版 CRM（R-CRM）の構築に向けて

横江 隆司 和田 一成 沖 覚 守屋 祥明 藤野 秀則 阿部 啓二 石橋 明

## 1 目的

昨年度の研究において、航空業界を中心に導入されている CRM（Crew Resource Management）スキルを活用することで、当社においても連鎖エラー（エラーやトラブルに直面して心理的影響を受けた結果ひき起こされたエラー）を防止できる可能性が考えられました。今年度は、こうした心理的影響による連鎖エラーのみならず、その引き金となっているエラーの防止にも検討範囲を拡大したうえでヒューマンファクターの見地から運転士の課題を抽出しなおしました。そして、CRM スキルを訓練に取り入れて、これらの課題を克服することを検討しました。

## 2 内容

### (1) 分析対象

平成 16 年度から 19 年度に発生した運転士による責任・指導事故 288 件の中の連鎖エラー 82 件のうち、平成 20 年 4 月の事故概念の見直し後の基準に照らして注意事象に該当すると考えられる事例と、注意事象には該当しないものの、思い込みや不適切なコミュニケーションが関係した事例とを合計した 24 件を対象としました。（表 1）

表 1 分析対象事象の内訳

該当する事象	該当件数	該当する事象	該当件数
ATS「切」のまま運転	7	速度超過	2
停止信号を冒進	6	踏切無遮断	1
ドア扱い誤り	6	車掌欠乗で運転	1
無断後退	3	防護無線を無断で復帰して 運転	1

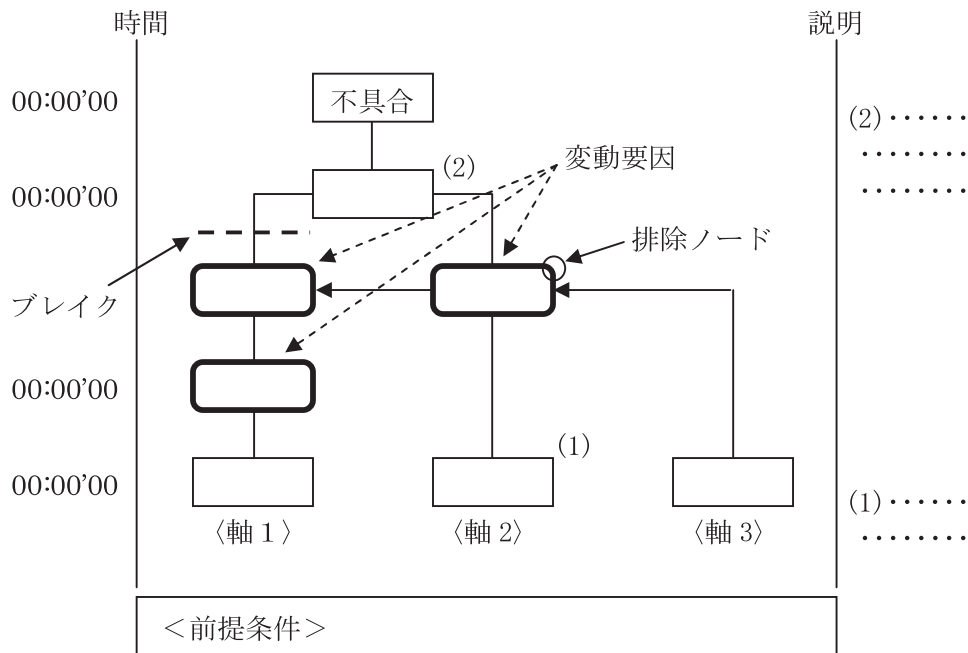
※ 1 つの事例の中に複数の事象が含まれるものがあるため、該当件数の合計は分析対象件数より多くなっています。

(2) 分析手順

上記の 24 件のエラー事象について、事故報告書（事故発生当時作成、Q&A 含む）をもとに、次の 3 つのステップで分析し、運転士の課題を抽出しました。

① VTA (Variation Tree Analysis : 時間軸に沿った行動・判断の分析)

関係者の言動を時系列で整理して、どこにエラーや問題があったのか分析する(図 1)。



VTA で使われる記号

- ノード：オペレータが通常から逸脱した行動
- ノード：通常から逸脱した判断・発話
- ノード間で特に影響ある項目
- ブ레이크：ノードとノードとの間に引く
- 排除ノード：ノードの右肩につける
- (n) 欄外右で説明したノードに番号をつける

図 1 VTA の基本型

② なぜなぜ分析

なぜそのエラーが起こったのか、その問題を排除できなかったのか分析する。

③ TEM 分析

どのようなスキルがあればそのエラーを防いだり、問題を排除したりすることができたのか分析する。

※TEM (Threat and Error Management) とは

TEM とは、スレット (人間にエラーを起こさせやすくする要因) や、エラーに適切に対処すれば事故は防げる (反対に、適切に対処しないと事故につながる) とする考え方で (図 2)、航空業界においては CRM スキルを発揮して TEM を行うことが CRM の実践であるとされています (図 3)。

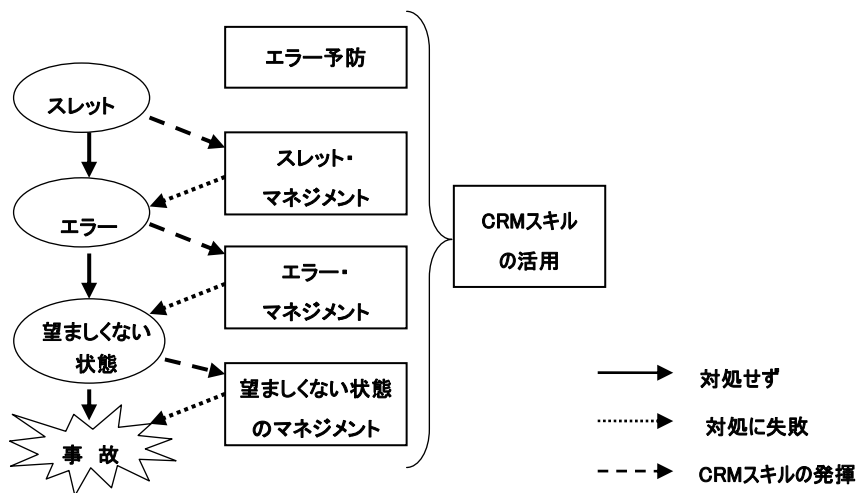


図 2 TEM の概念図

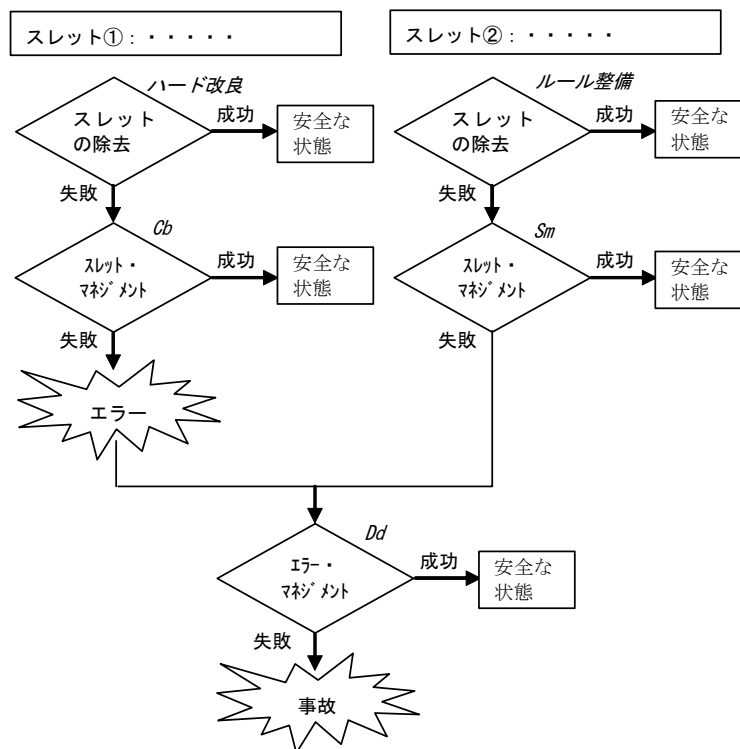


図 3 TEM 分析結果のフローチャート

### 3 結果と考察

上の手順にしたがって 24 件の分析対象事例を分析した結果、運転士の課題として表 2 にある 19 項目を抽出することができました。

例えば、運転士が ATS の取扱いに自信を持てなかったにもかかわらず、他の社員に尋ねることができずにこれを「切」としたまま運転してしまった事例からは「不安や疑問を感じても声に出すことができない」という項目が抽出されました。さらに、防護無線が鳴り止んだ際、指令に連絡せずに運転再開しようとする運転士に対して便乗運転士が何も指摘できなかった事例からは「不安や疑問を感じても声に出すことができない」という項目に加え、「運転士や周りの社員もチーム意識が希薄」という項目も抽出されました。

これらの事例では、自信のないときは他の社員に尋ねる、関係社員が協力して列車を安全に運行する意識を持ち、誤りを指摘するといった行動が取れていれば、その時点でエラーを未然に防止できたと考えられます。同様に考えると、24 件の事例は表 2 の 19 項目の課題が克服されていれば防止することができたと考えられます。

また、これらの課題を航空業界の CRM スキル（表 3）と比較した結果、そのほとんどが類似あるいは重複しており、航空業界と同様の 5 つの CRM スキル（コミュニケーション、チームワーク、状況認識、意思決定、ワークロード管理）に分類できることが分かりました。このことから、航空業界で導入されている CRM 訓練を応用した新たな鉄道運転士用の CRM 訓練を開発することによって、運転士業務に関わるヒューマンファクター上の課題を克服することができる可能性が示唆されました。

### 4 まとめ

昨年度の研究において連鎖エラーに分類された事例のうち、当社の現行ルールにおいて注意事象に該当すると考えられるものを中心に詳細な分析（VTA、なぜなぜ分析、TEM 分析）を行いました。この結果、運転士のエラー事象に共通する 19 項目の課題を抽出することができました。また、これらの課題が克服されれば、重大エラーを防止できることが分かりました。さらに、航空業界で導入されている CRM 訓練を応用して活用することで、これらの課題を克服することができる可能性が示唆されました。

今後は、これらの 19 項目を克服することができるようなスキルの習得を目的に、鉄道版 CRM（R-CRM）の構築を目指すこととします。

表2 分析の結果得られた運転士の課題

運転士の課題	CRM スキル
不安や疑問を感じても声に出すことができない	コミュニケーション
運転士と関係者の間で十分に情報共有していない	
確認会話が適切に行われていない	
トラブルやエラーが適切に報告されていない	
運転士や周りの社員のチーム意識が希薄	チームワーク
周りの社員が運転士任せにして、主体性を発揮していない	
周りの社員が運転士を落ち着かせられていない	
状況把握を記憶に頼り、リソースを活用していない	状況認識
得られた情報から問題を正しく把握できていない (自分は正しいと思い込み、いつもと違う状況に気づかない)	
自分自身の状態(眠気、焦り・慌て等)を正しく把握していない	
眠気や馴れによる意識レベルの低下に十分な警戒をしていない	
決められたルールを守っていない	意思決定
知識があやふやなのに、リソースを活用していない	
固定観念や人の意見にとらわれている	
操作する前に、関係する機器を再確認していない	
トラブルやタイムプレッシャーにより落ち着きを失っている	ワークロード 管理
エラーすると不安や恐怖を感じ、隠そうとする	
眠気を感じても、何も対処していない	
他事に気をとられ、本来なすべきことをしない	

表3 航空業界のCRMスキル

CRM スキル	構成要素
コミュニケーション	情報を正しく伝え、正しく受け取ること 疑問や問題が生じた際は、解決されるまで得た情報を声に出し、説明すること など
チームワーク	チーム活動に適した雰囲気・環境作り リーダーの行動に対して、それを確実に遂行するためにフォローアップすること など
状況認識	一点集中や思い込みなどを避けて注意力を持って状況を把握すること 個人が得た運航状況を効果的にチームで共有すること など
意思決定	決定を共通に理解した上で実行すること 決定や行動を振り返ること など
ワークロード管理	不確定な状況（予想できるもの）に備えて、常日頃、準備・計画すること 限られた時間の中で上手に作業の優先度を決定すること など



## 2 ミスの連鎖の発生メカニズムに関する 基礎的研究

和田 一成 守屋 祥明 横江 隆司 沖 覚 藤野 秀則

### 1 目的

日々の鉄道現場の中で、トラブルに巻き込まれたり、ミス（ヒューマンエラー）を起こしてしまったりしたとき、さらに次々とミス（ヒューマンエラー）を続けてしまうことがあります。本研究では、その中でも、焦りや慌てのような情動によってエラーが続いていってしまう現象を、ミスの連鎖（エラーの連鎖）と呼んでいます。ミスの連鎖は、なぜ起こってしまうのでしょうか。本研究は、そのメカニズムを考え、鉄道運転士におけるミスの連鎖を防止することに貢献していくことを目的としています。

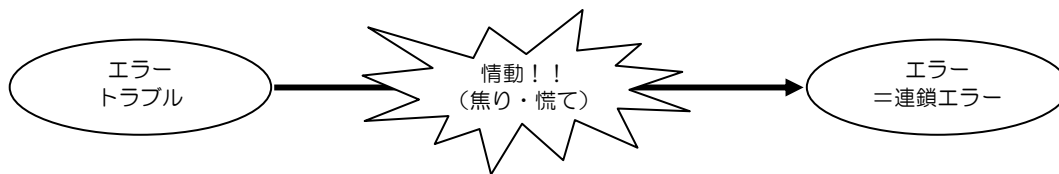


図1 連鎖の過程

### 2 内容

#### 2-1 概要

昨年度は、運転シミュレータを用いて、トラブルに直面した運転士がどのような状態になるのかを確認する実験を行いました。実験では、運転中にトラブルイベントを発生させ、そのときの反応を、心拍などの生理指標、ノッチやブレーキなどの運転操作、質問紙による感情状態の確認など、さまざまな角度から測定しました。また、訓練手法の構築に活用するために、実験の最後に、インタビュー形式で実験中に考えたことや、焦り・慌てに関する普段の工夫などを聞き取り調査しました。

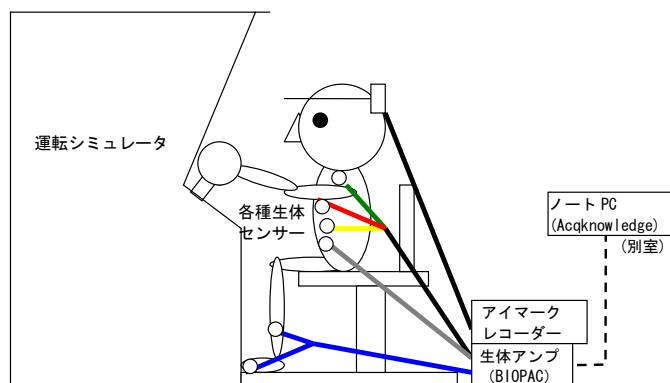


図2 実験イメージ図

実験では、図のように協力者の方々に様々なセンサーを装着した状態でのシミュレータ運転を行っていただきました。図の上から三点は、心拍の測定、腹部の点は呼吸の測定、足の二点は皮膚電気活動（EDA）の測定のためのものです。

また、BIOPACはこのような生理指標の測定のための専用機器、Acqknowledgeは、BIOPACで測定したデータを記録するための専用ソフトです。

## 2-2 実験方法

### (1) 実験協力者

実験協力者は、現役の運転士 40 名（全員男性、平均年齢 27.0 歳、平均経験年数 3 年 10 ヶ月）としました。

### (2) 課題

実験では、シミュレータ上で 7 駅の各駅停車の行路を設定しました。行路運転中にはトラブルイベントが発生することがあり、これらに適切に対処しつつ最終駅まで運転することが実験の課題でした。行路は、何も起こらない行路が 1 本とトラブルイベントが発生する行路が 4 本あり、発生したイベントは、各行路 3 つずつでした（表 1、図 3）。

表 1 トラブルイベントの種類

行路	第1イベント	第2イベント	第3イベント
A	特発動作	停止位置行過ぎA*	踏切人身事故
B	飛来物発見(隣接線)	停止位置行過ぎB**	踏切自動車事故
C	信号急変(閉そく指示運転)	急病人発生	場内信号消灯
D	踏切内自動車進入(早期発見)	通告(踏切警報機故障)	パイロットランプ不点灯

\*ホーム内の軽微な行過ぎ

\*\*ホームを外れた、大幅な行過ぎ

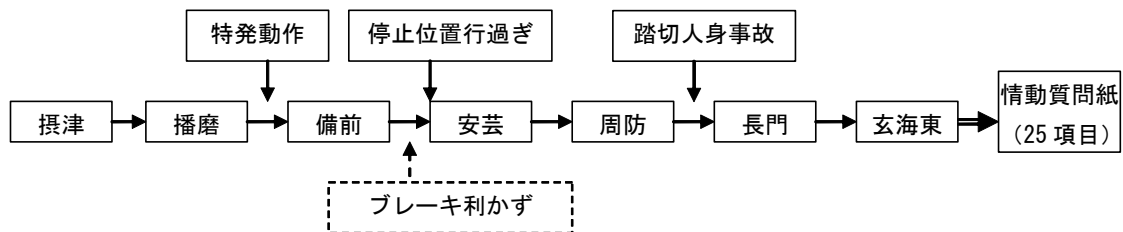


図 3 実験でのトラブル行路の例 (A 行路)。

### (3) 測定項目

情動状態を客観的に捉えるために、心拍、皮膚電気活動 (EDA)、呼吸の 3 種類の生理指標を測定し、情動の内容を把握するために、情動質問紙 (25 項目、9 段階評価) にも答えてもらいました。さらに、ノッチ、ブレーキ、速度などの運転に関する情報も測定しました。実験の最後には、情動抑制の工夫などについてもインタビューしました。

### (4) 手続き

まず実験の概要説明と練習を行い、その後本試行を行いました。本試行では、ベースライン行路 1 本とトラブル行路 4 本を行いました。所要時間は、ベースライン行路で約 15 分、トラブル行路で約 30 分から 40 分でした。行路が終了するたびにそれぞれのトラブルについての情動質問紙への回答を求め、終了後、10～30 分程度の休憩を取りました。

すべての行路運転が終了した後、運転中の感想や普段の情動抑制の工夫 (焦り・慌て対策) などについてインタビューし、実験を終了しました。

## 4 結果

### 4-1. 生理指標

図4にある実験協力者の踏切自動車事故イベントでの心拍 (R-R 間隔)、EDA の変化を示します。R-R 間隔とは、一回の鼓動の中で一度だけ規則的に現れる R 波という波の間隔を示したもので、この間隔は、鼓動の速さを示していることとなります。つまり、R-R 間隔が短ければ (グラフの線が下がれば)、鼓動も速くなっているということであり、緊張・興奮状態であるということがわかります。

また、EDA とは、精神性の発汗を測定したもので、緊張時の「手に汗握る」という現象を利用したものです (実験では足で測定しましたが、原理は同じです)。このグラフは、R-R 間隔とは反対に、緊張・興奮するほどグラフの線が上がっていきます。縦軸として電気の伝導率を取っており、汗の水分によって電気が伝わりやすくなるからです。

グラフの事例では、トラブル発生直後に心拍・EDA とともに大きな変化が起こっており、驚きなどの情動が発生したことが推察されます。その後、トラブル対処中に EDA が少し高い状態が続きますが、心拍は波の高さ・細かさともにトラブル前に近い状態に戻っています。さらに、トラブルへの対処が終了し、再起動を行う際にパンタグラフの上昇を失念するという連鎖エラーが発生しています。すなわち、この事例では、大きな心理的变化が起こってしばらくしてから連鎖エラーが発生していることとなります。このように、生理指標を用いて時間の経過に伴う情動状態の変化とエラーの発生を分析することが可能であることが確認されました。この他のイベントも含めると、他の数名でも様々なエラー (逆転器戻し忘れ、防護無線発報忘れなど) が起こっており、今後、さらに詳細に情動とエラーの関係を検討していく予定です。

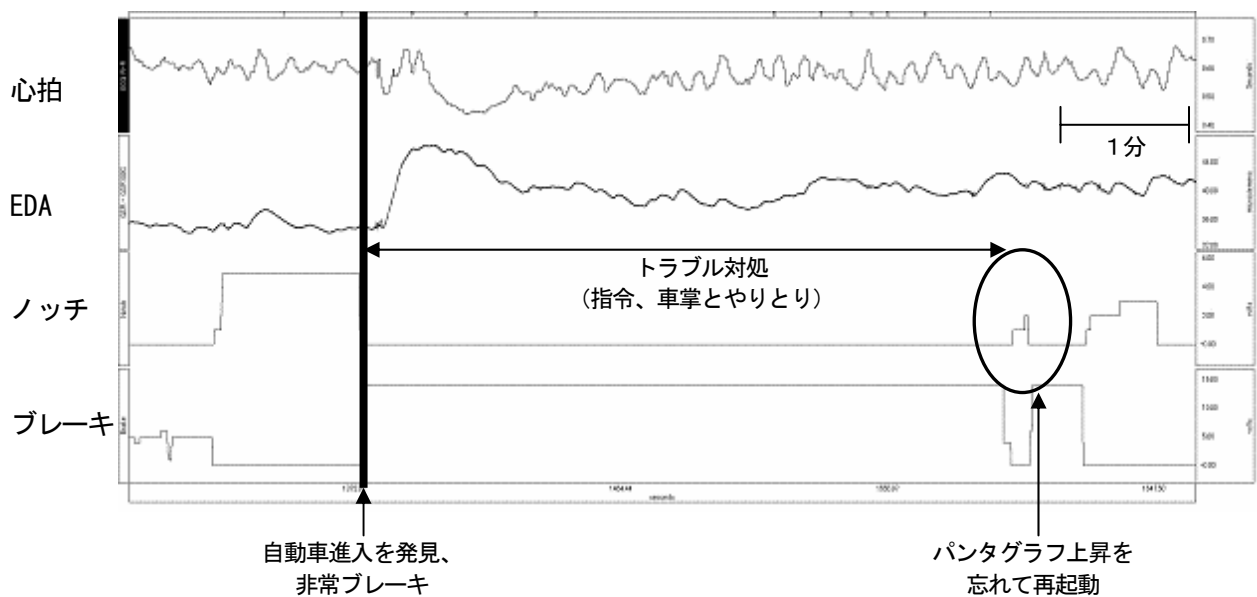


図4 ある実験協力者の踏切自動車事故イベントでの生理指標の変化と運転操作

#### 4-2. 情動質問紙

全イベントの評定値を用いて因子分析を行いました。因子分析とは、今回の実験のように評定項目がたくさんあるときに、それらをいくつかにまとめて考えることができないかを把握するための分析です。

因子分析を実施した結果、質問紙で用いた25項目のうち20項目が3つの因子にまとめられることが分かりました(表2、残りの5項目は評定平均値が低く、分析不能でした)。そこで、第1因子を「驚き・慌て因子」、第2因子を「イライラ因子」、第3因子を「くやしき因子」と命名しました。第1因子はトラブル直後の反応を主に表し、第2因子はそのトラブルに対する直感的な評価(不快さ)を表し、第3因子はもう少し時間を置いてからの社会的あるいは理性的な判断も加えた評価(くやしき、恥ずかしさ)を表しているのではないかと考えられます。つまり、今回のトラブルイベントに遭遇したときの気持ちは、このような3つの軸で評価されていたこととなります。

トラブルの内容によって各因子の強さも異なり、B行路の踏切自動車事故などでは驚き・慌て因子が強く見られましたが、A・B行路の停止位置行過ぎで停車する場面では、くやしき因子が比較的強く見られました。今後は、これらの因子の強弱がエラーの発生にどう関わるのかなどを詳細に検討していく予定です。

#### 5 まとめ

本研究では、具体的な連鎖エラーを詳細に確認・検討するという目的を持って、運転シミュレータを用いた実験を行いました。実験の結果、トラブルイベント後の連鎖エラーの発生を確認することができ、生理指標の変化とともに、時系列的な分析が可能であることが示唆されました。また、情動質問紙への回答結果から、トラブルイベントに対する感情・情動は、3つの因子から構成されていることが示されました。これらの結果をもとに、今後は、他の指標も活用しながら、このような情動反応とその後のエラーとの関係をさらに詳細に分析していく予定です。

表2 因子分析結果

因子	質問項目
驚き・慌て	あわてた 驚いた 動転した 焦った うろたえた とまどった ハッとした 緊張した 不安な 怖い
イライラ	不愉快な 面倒くさい イライラした 嫌な あきらめた
くやしき	くやしい 恥ずかしい 悲しい 苦しい 後悔した

# 3 運転士等の眠気予防策に関する研究 ～その2 運転士の生活と眠気との関係～

横井 学 岡留 健二

## 1 目的

この研究は、運転士の乗務中の眠気に関する調査を行い、乗務中の眠気を防止する方法を検討することを目的としています。今回は、眠気防止対策をまとめた「眠気防止ガイドライン」を作成し全乗務員に配付しました。その活用状況を調査するとともに、眠気発生に影響すると考えられる乗務行路や睡眠環境に関する調査・研究を実施しました。

## 2 内容

### (1) 平成 20 年度の研究内容と結果

乗務中の眠気防止対策としては、列車運転時の対処策だけでなく、運転士自身の睡眠・生活習慣の改善を指導し、眠気を予防する対策も必要であることがわかりました。そこで、眠気を防止・予防するための対策をまとめた「眠気防止ガイドライン」試作版を作成するとともに、効果を検証しました。その結果、多くの運転士が試作版を活用して眠気防止効果を感じたこと、また眠気防止対策の実施が促進されたこと、さらに運転中の眠気予防や睡眠状態が改善されるなど、一定の効果が認められました。

### (2) 「眠気防止ガイドライン」の全乗務員への配付及び活用状況等の調査の実施

平成 20 年度の研究の結果を踏まえ、さらに読みやすさを重視するなどの改良を加えて「眠気防止ガイドライン」を作成し、平成 21 年 12 月に全乗務員（運転士・車掌）に配付しました。そのうえで、平成 22 年 2 月～3 月に活用状況等に関するアンケート調査を実施しました。

### (3) 乗務行路及び睡眠環境に関する基礎的調査の実施

眠気発生に影響を与えると考えられる乗務行路や睡眠環境に関する基礎的な調査を、前述のアンケート調査に合わせて実施しました。また、乗務行路の現状把握の一環として点呼時刻の傾向を調査しました。

### 3 結果

#### (1) 「眠気防止ガイドライン」(図1)の作成

全乗務員に配付したガイドラインの作成にあたっては、読みやすさを重視して「序」「実践編」「知識編」の構成としました。はじめの「序」の章では眠くなりやすい時間帯にも仕事をする運転士として眠気について考え、眠気を予防することの大切さが書かれています。次に「実践編」では、自分の眠気や睡眠に関わる生活習慣を振り返り、眠気を防ぐには何をすればよいかが書かれており、さらに「知識編」でその根拠を説明しています。また、索引をつけて効率よく読むことができる構成とし、わかりやすさを重視して平易な文章になるように改良しました。このような工夫を行い、平成21年12月に全乗務員に配付しました。



図1 眠気防止ガイドライン

#### (2) 「眠気防止ガイドライン」の活用状況等の調査

平成22年2月～3月に、全乗務員を対象に「眠気防止ガイドライン」の活用状況等についてのアンケート調査を行いました。(回答率65.9%)

##### ① 「眠気防止ガイドライン」の読みやすさについて

最初に、「眠気防止ガイドラインを読みましたか」については、「配付後すぐに読んだ」と回答した人が43.2%、「アンケートを見て読んだ」と回答した人が17.3%であり、合わせて約60%が「読んだ」と回答しました。

そこで、「読んだ」と回答した人に対して、内容に関する質問をしました。

まず「どのページを読みましたか」については、「全部読んだ」と回答した人が57.5%、「一部読んだ」と回答した人が29.5%でした。次に「内容はわかりやすかったですか」については、「普通」と回答した人が56.6%と最も多く、「大変わかりやすい」「ややわかりやすい」と回答した人は合わせて33.3%でした。また「冊子のボリューム感はどうですか」については、「ちょうど良い」と回答した人が75.9%でした。

このように、「ガイドラインを読んだ」という回答率は約60%でしたが、読んだ人からは概ね良好な評価が得られました。

② 眠気防止の取組みについて（図2）

ガイドラインの実践編にある眠気防止の取組み項目（13項目）に関して質問したところ、「乗務員宿泊所では静かにする」「眠気の対処方法を行う」などの実践度が高い一方、「睡眠日誌を2週間以上つける」「寝る直前のお風呂はぬるめにする」などの実践度が低いことがわかりました。

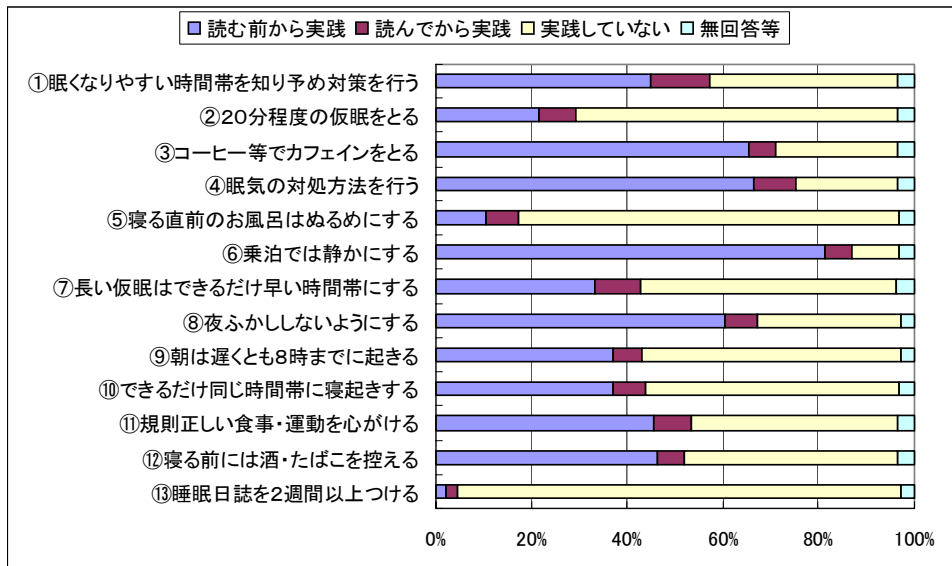


図2 眠気防止の取組み 回答結果

③ 睡眠や眠気の状態について

夜間の睡眠の質の悪さや日中の眠気の状態を表す項目（12項目）がガイドラインの配付後どのように変化したかを質問したところ、「乗務中に眠気を感じる」頻度が「減った」と回答した人が17.0%であり、一定の効果があつたと考えられます。

④ 「眠気防止ガイドライン」知識編で関心のある項目について

ガイドライン知識編の項目（13項目）について質問したところ「眠気のリズム」「20分仮眠の効果」「よい睡眠とは？」の関心度が高い一方、「睡眠日誌をつけてみよう」「お医者さんにかかるとき」「参考文献」の関心度が低いことがわかりました。

(3) 乗務行路及び睡眠環境に関するアンケート調査の実施

「眠気防止ガイドライン」の活用状況等についてのアンケート調査に併せて、乗務行路及び睡眠環境に関するアンケート調査も実施しました。

① 乗務中に眠くなりやすい時間帯について (図3)

まず、13 時台～15 時台及び 22 時台～0 時台で、「乗務中に眠くなりやすい」と回答した人の割合が高くなっていますが、これは生体リズムによる眠気と考えられます。一方で5 時台～7 時台の割合も 20%前後

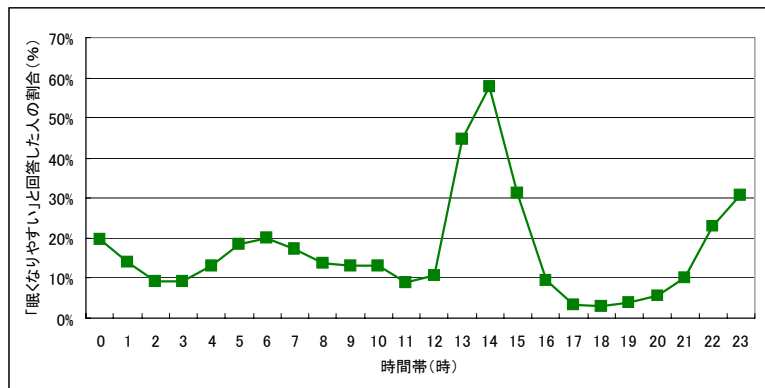


図3 乗務中に眠くなりやすい時間帯

と比較的高くなっていますが、これは生体リズムによる眠気のほか、乗務員宿泊所でよく眠れなかったことによる眠気とも考えられます。

また、日常の生活リズムと眠くなりやすい時間帯との関連を分析するため、眠気防止の取組みに関する設問のうちの「朝は遅くとも8時までに起きる」について、すでに実践している運転士と実践していない運転士との間で乗務中に眠くなりやすい時間帯を比較しました。すると、5 時台から 12 時台及び 15 時台から 20 時台ではすでに実践している運転士の回答率が低く、逆に 22 時台では実践していない運転士の回答率が低いことがわかりました (図4)。これは、生体リズムは起床時刻に調整されるため、日常の起床時刻と泊行路における仮眠後の起床時刻との差を小さくすることを実践している運転士は、午前中の眠気の発生を低減できているものと考えられます。

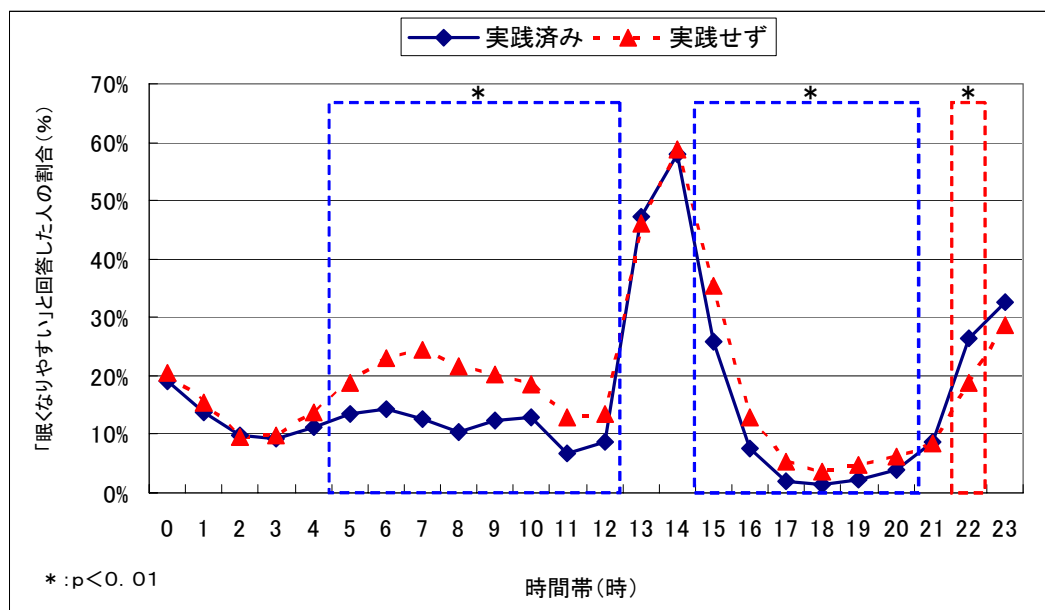


図4 「朝は遅くとも8時までに起きる」の実践状況別 乗務中に眠くなりやすい時間帯の比較



② 「朝型」「夜型」について

朝に調子が良いタイプ（朝型）か夜に調子が良いタイプ（夜型）かを質問したところ、「かなり朝型」「やや朝型」の合計が 28.5%であったのに対し、「かなり夜型」「やや夜型」の合計は 40.5%となりました。

③ 眠るために重要な環境について

睡眠環境に関する項目について重要と考えられる順番を質問したところ、「音環境」「温熱環境」「寝具」「生活害虫の有無」の重要度が高いという結果となりました。

睡眠環境の知見では、睡眠の質に影響する物理的環境要因として「音環境」「温熱環境」「光環境」が三大要因といわれていますが、アンケート結果はそれと異なる結果となりました。これは乗務員宿泊所を想定して回答したためと考えられます。

(4) 乗務行路における点呼時刻の傾向

平成 21 年 3 月ダイヤ改正における在来線運転士の泊行路（全社分：合計 935 行路）について、点呼時刻を調査しました（図 5）。

まず出勤点呼は、最も多い時間帯の 11 時台を中心に時間帯が広く分散していました。一方、仮眠前の到着点呼及び仮眠後の発点呼は、最も多い時間帯を中心とした前後 3 時間に集中していました。また終了点呼は、9 時台から 12 時台までの 4 時間に集中しているものの、13 時以降の終了点呼も約 10%ありました。

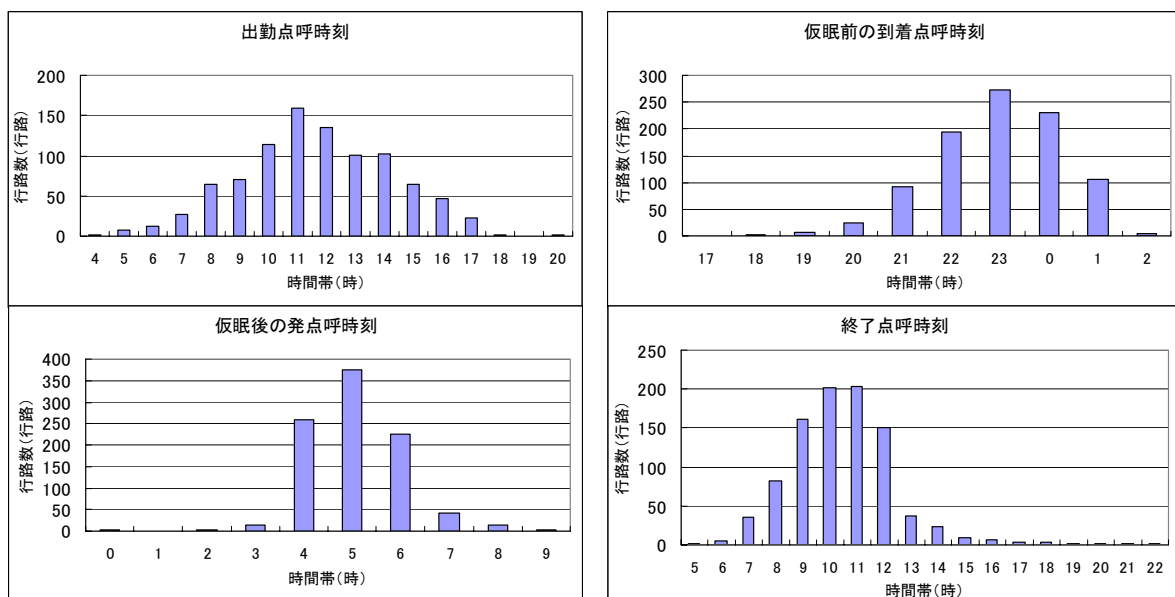


図 5 平成 21 年 3 月ダイヤ改正における在来線運転士の泊行路での点呼時刻（時間帯別）

## 4 まとめ

### (1) 眠気防止ガイドラインについて

平成20年度までの研究を踏まえ、全乗務員に対して「眠気防止ガイドライン」を配付したところ、「読んだ」という回答率は約60%だったものの、読んだ人からは概ね良好な評価を得られたり睡眠や眠気の状態に改善が見られたりするなど、一定の効果があったと考えています。

今後は、睡眠や眠気について乗務員個人や職場で科学的根拠に基づいた取組みを定着させるため、「眠気防止ガイドライン」を活用した教育等を支援します。

### (2) 乗務行路について

生理学では、朝型の生体リズムの人は深夜に眠くなりやすく、夜型の生体リズムの人は朝に眠くなりやすいことが知られていますが、今回のアンケートで、朝8時まで起きる習慣のある運転士は、そうでない運転士と比較して午前中に眠くなる率が小さいなど、その傾向が当社の運転士にもあてはまることがわかりました。

今後は、生体リズムを考慮した乗務行路や勤務シフトという観点から眠気防止の研究を進めます。

### (3) 睡眠環境について

アンケートにより、乗務員宿泊所の睡眠環境に関する乗務員の意識について、全社的な傾向がわかりました。しかし、睡眠環境に不快感があっても客観的・科学的に改善に取り組まれている事例はわずかであることから、今後は、睡眠環境を整備するための基準（指針、マニュアル）について研究を進めます。

## 4 お客様への効果的な協力要請、働きかけ方の研究

大道 環 高須 洋 堀下 智子 藤野 秀則

### 1 目的

当社にとって、異常時に駅および車内におけるお客様の安全確保を図るためには、社員の行動はもちろん、お客様にも協力して頂くことが必要不可欠となります。本研究では「駅および車内におけるお客様の安全確保」という観点から、図1に示す駅および車内に設置されている非常ボタンに着目しました。

非常ボタンについては、「お客様の声」や現場の報告などから、お客様に機能や目的が正しく伝わっていない可能性があるとともに、お客様が押すべき時に押せない、何らかの心理的要因の存在が考えられます。

そこで、本研究では当社をご利用頂くお客様の認識度や使用実態などを調査・分析し、周知方法や心理的要因の緩和策を提言することでお客様に対する効果的なご利用を促進し、より高い秩序維持や安全の確保を目指していきます。



駅ホーム

車内

図1 非常ボタン

### 2 内容

#### (1) 調査内容

主な調査内容を、表1に示します。

表1 調査の内容

	調査項目	アンケートでの質問内容
1	非常ボタンの存在周知に有効な情報源の把握	現状、どの情報源(ポスター・放送など)からボタンの存在を知ったか回答
2	非常ボタンを使った後に起こる事象に対するお客様の正しい知識の把握	現状の周知方法でどれだけ正しい内容がお客様に伝わっているのか、選択肢の中から回答
3	お客様が非常ボタンを使用する判断基準の把握	ボタンを「押す」「押さない」の判断をさまざまなトラブル事例ごとに回答
4	非常ボタンの使用を躊躇する理由の把握	「押さない」と判断した背景にある、心理的な要因を選択して回答

#### (2) 調査方法

ア 手法：アンケート(質問紙法)

(ア) 調査紙を駅で配布

(イ) 郵送で回収

(ウ) 回答された方に、非常ボタンについて正しく理解して頂くための解説チラシをお送りしました。

イ 配布駅・日時・時間帯：

ご利用頻度の高い、定期券をご利用になる通勤・通学のお客様、および特急列車（新幹線も含む）ご利用のお客様のデータを多く取得するため、以下に示す3駅（多方面からの特急列車到着駅（①）、代表的な郊外の駅（②③））で、夕方の帰宅時間帯に調査を実施しました。

①新大阪駅	22年2月2日（火）	（17:00～20:00）	600部	
②堺市駅	22年2月3日（水）	（17:00～18:40）	750部	
③王寺駅	22年2月4日（木）	（17:30～18:30）	750部	計2,100部

(3) 配布対象者：

調査紙の配布後すぐに現物を確認して回答されてしまうことを避けるため、降車後、駅の改札外へ出られるお客様に配布しました。

(4) 回答締切：22年2月12日（金）

(5) 回答数：1,284通（回収率61%）

### 3 結果

(1) 非常ボタンの認知率

表2に、回答されたすべての方に対する非常ボタンの認知率を示します。認知率は駅ホーム・車内とも、概ね70%となっていることがわかります。

表2 非常ボタンの認知率（N=1284）

選択肢	駅ホーム	車内
非常ボタンを知っている	941(73%)	896(70%)
非常ボタンを知らない	323(25%)	373(29%)
無回答	20(2%)	15(1%)

表3には、前問で「知っている」と答えた方の主な情報源を示します。表より、駅ホーム・車内とも「実物を見て」が90%を占める結果となっています。一方、当社側で積極的に行っている周知活動（放送、ポスター、画面案内、キャンペーンなど）は、駅ホームでは10%以下でしたが、車内では車内放送・車内のポスターが20%近い効果となっています。

表3 非常ボタンの存在を知った情報源（複数回答）

選択肢	駅ホーム	車内
実物を見て	95%	91%
車内放送	5%	18%
車内のポスター	7%	10%
テレビや新聞の報道	9%	7%
他の人が押しているのを見たことがある	1%	6%
駅のポスター	6%	5%
駅の放送	5%	3%
車内のテレビモニタ案内	2%	2%
駅や車内での押しボタン啓発キャンペーン	1%	2%
実際に押したことがある	0%	1%
人から聞いて	1%	1%
駅のテレビモニタ案内	1%	1%

表4 非常ボタン機能の認知率（N=1284）

選択肢	駅ホーム	車内
機能を知っている	222(17%)	302(24%)
機能を知らない	1,042(81%)	966(75%)
無回答	20(2%)	16(1%)

(2) 非常ボタン機能の認知率

表4に、回答されたすべての方に対し

ての非常ボタン機能の認知率を示します。表より、駅ホーム・車内とも 20 %前後にとどまっており、約 8 割のお客様は機能についてご存じないことがわかりました。

表 5 は、表 4 において「機能を知っている」と回答された方の内訳です。実物で機能を知った方は約 50 %ですが、(1) の結果と異なる点は、テレビや新聞で扱われた事故などの報道から存在を知った割合が増えていること、また、車内非常ボタンでは、実際に自分が遭遇した経験から存在を知ったケースが上位になっていることです。

表 5 非常ボタンの存在を知った情報源(複数回答)  
(「機能を知っている」回答者)

選択肢	駅ホーム	車内
実物を見て	50%	53%
テレビや新聞の報道	21%	11%
車内放送	17%	21%
駅のポスター	11%	8%
車内のポスター	11%	11%
人から聞いて	10%	5%
駅の放送	8%	5%
他人が押しているのを見た	7%	25%
押しボタン啓発キャンペーン	4%	3%
車内のテレビモニタ案内	3%	4%
駅のテレビモニタ案内	1%	2%
実際に押したことがある	0%	3%

### (3) 非常ボタン機能の具体的知識

この設問では、実際には起きない事象も含めた選択肢の中から、ボタンを押すとどうなるかを選んでもらいました。表 6、表 7 に結果を示します。表より、駅ホームでは 80 %以上の方が駅係員に通報されると回答されました。また、車内でも、乗務員への通報手段となっていることは 80 %以上の方が回答されていますが、「自列車が停止するルール」を回答された方は 40 %以下となっていました。これは、自由記述に散見される「電車が止まるとは知らずに押し、恥ずかしい目にあった」という意見などにも、傾向が表れています。

また、駅ホームの回答結果で、50 %近くの方が「列車が停止する」と回答しています。実場面では、ボタンに連動して列車が自動的に止まるのではなく、運転士が確認してブレーキ手配を採らない限り列車は止まらないのですが、この選択肢を選んだ方の中には「列車は必ず止まるもの」と考えられている方が潜在している可能性が考えられます。社内では、ホームから転落したお客様を他のお客様が線路に飛び降りて救助して頂いたケースも起きてお

表 6 非常ボタン機能の知識(駅ホーム:複数回答)

選択肢	回答
駅係員のいる事務所に通報される	82%
ブザーが鳴る	75%
ボタン上部に設置している回転灯/パトライトが点灯する	65%
このホームに入ってくる電車が停止する	54%
このホームを発車しようとしている電車が停止する	39%
JRの指令所に通報される	39%
付近の電車の運転士・車掌に通報される	37%
この駅付近を走る全ての電車が停止する	18%
向かい側のホームに入ってくる電車が停止する	11%
駅係員と通話ができる	11%
警察や消防に通報される	5%
JRの指令所と通話ができる	3%

表 7 非常ボタン機能の知識(車内:複数回答)

選択肢	回答
この電車の運転士・車掌に通報される	83%
ブザーが鳴る	59%
この電車が停止する	37%
JRの駅や指令所に通報される	36%
この電車の車掌と通話ができる	36%
付近の電車の運転士・車掌に通報される	12%
この電車付近を走る全ての電車が停止する	7%
警察や消防に通報される	4%
JRの駅や指令所と通話ができる	4%

り、線路に降りることへの危険性を周知することが必要であると考えられます。

尚、「警察や消防に通報」等、実際には起きない事象に対しては、両者とも回答結果は1ケタ台でした。

#### (4) 非常ボタン使用の判断

図2、図3に、仮定したトラブル状況に対する非常ボタンの使用判断の結果を示します。図より、「押すべき」と回答された方の上位群の特徴は「物理的に電車と人との接触（またはその可能性）」「列車の往来そのものの支障」「車両の異常」「倒れるほどの体調不良」など、すべて「誰の目にも明確に判断しやすいもの」となっています。一方、当社側としては通報して欲しい「犯罪行為」の一つである「痴漢に関する事象」は、駅

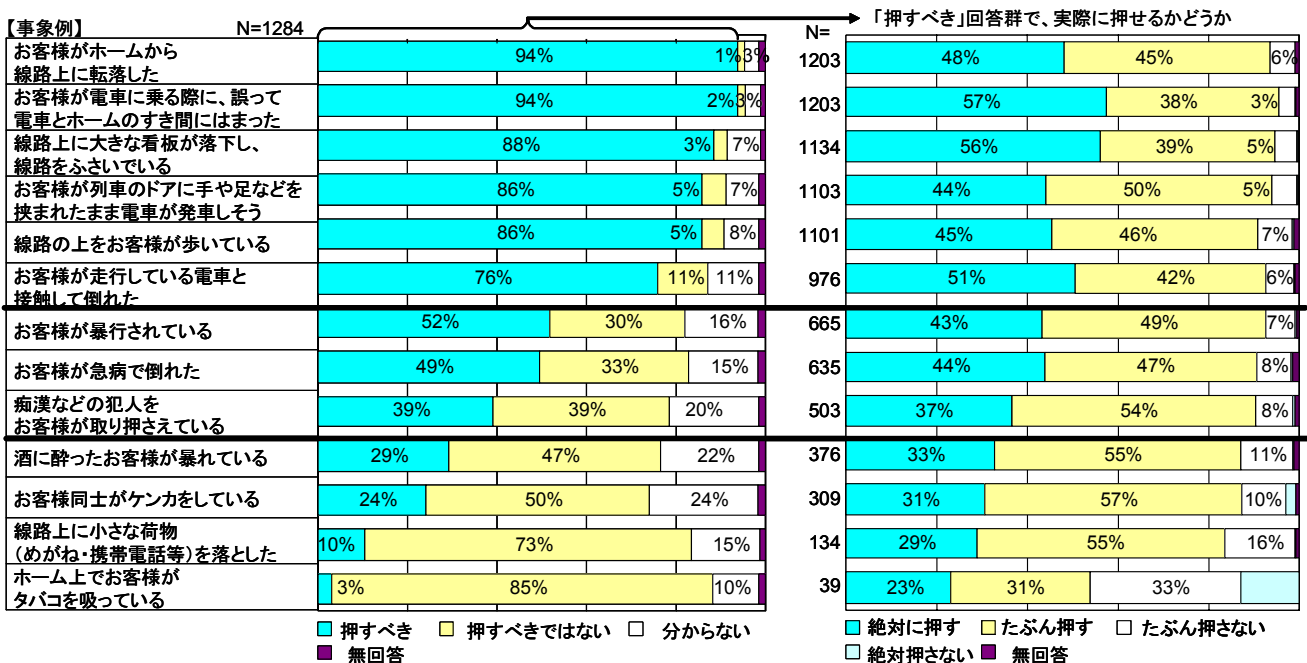


図2 非常ボタン使用の状況判断（駅ホーム）

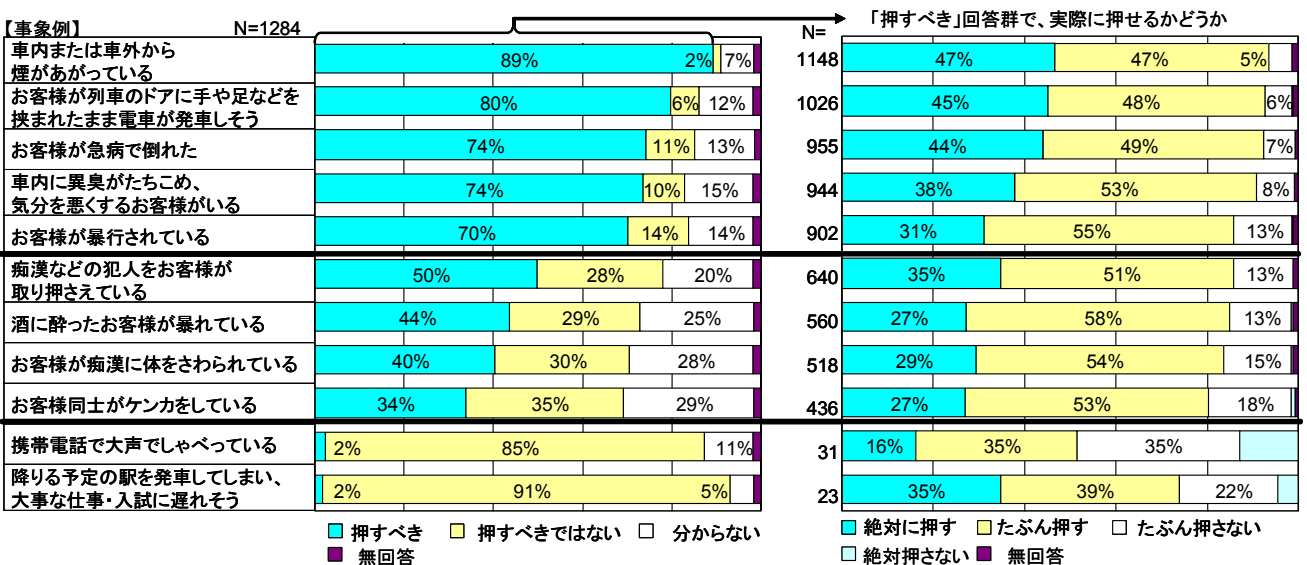


図3 非常ボタン使用の状況判断（車内）

ホーム・車内とも「押すべき」が 50 %以下であり、お客様の理解や当社側の周知が不足していることが考えられます。

また、『押すべき』と判断しても『実際に押せるか』の回答では、特に車内非常ボタンにおいては、すべての回答において「絶対押す」は 50 %以下となっており、実際にはお客様が非常ボタンを押すべき状況でも、ボタンを押せない場合が多いことがわかります。

(5) 非常ボタン使用をためらう理由

次に、図4は、前問で「絶対押す」と回答された方以外の方が選んだ「ためらう理由」の結果です。図より、「自らで対処、あるいは他の手段で対処する方がよい」が多いことがわかります。また、その次に続く「大した状況でない時、とがめられそうだ」「このボタンを押したらどうなるかわからない」「押すとすぐに電車が止まるかもしれない」から、「列車を止めることそのものへの不安感や罪悪感」が存在することが考えられます。お客様の心理として、異常時には、まず係員とコンタクトをとりたいと望んでいることがうかがわれます。

車内に関して特徴的であるのは「自らのトラブルへの巻き込まれ」や「他のお客様との関係（依存、迷惑、気恥ずかしさ）」に関する回答が駅ホームに比べて上回っている点です。これは、ホームとは違って、閉鎖された車内空間に見知らぬ人間同士が長時間居合わせる状況がもたらす、心理的な抑制効果が存在しているのではないかと考えられます。

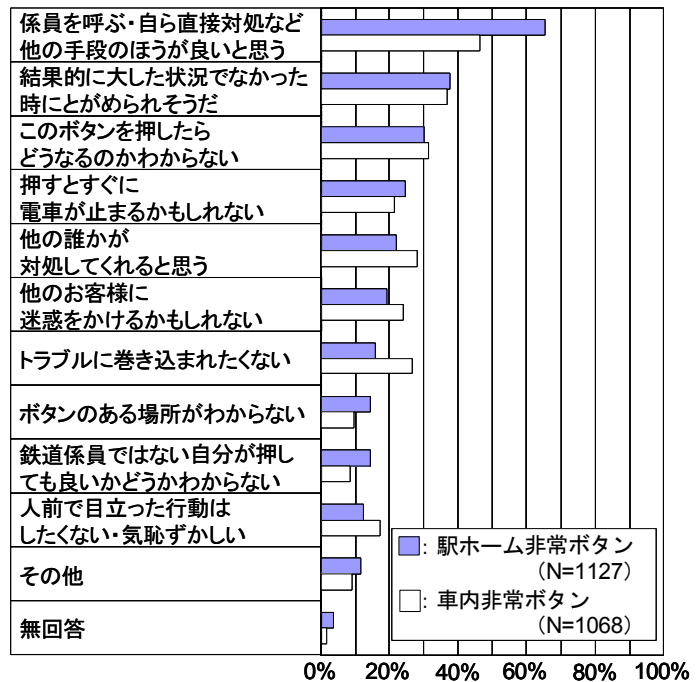


図4 非常ボタン使用をためらう理由 (複数回答)

表8 非常ボタン使用 (遭遇) 経験およびその理由

・ 駅ホーム非常ボタン		・ 車内非常ボタン	
押した	2人	押した	9人
押したところを見た	14人	押したところを見た	87人
【理由】(複数記述)		【理由】(複数記述)	
線路に転落	4件	急病人	79件
急病人	4件	ドア挟まれ	4件
ホームと車両のすき間に転落	2件	列車抑止中	2件
酔客、障害の方	2件	トイレから出てこず	1件
ドアに挟まれ	1件	乗り過ごした	1件
痴漢	1件	けんか	1件
暴れる人	1件	いたずら	1件
不明	1件	シート汚れ	1件
		不明	3件

(6) 非常ボタン使用経験とその理由

表8に、「非常ボタンを自ら使用または周囲で使用された」経験に関する自由記述について分類した結果を示します。

表より、回答総数では、駅ホー

ム非常ボタンに比べて車内非常ボタンのほうが多く、中でも特に「急病人」がその約80%を占める79件となっています。また、この「急病人」と回答された方の約30%(24件)が「駅間停車は疑問である」旨の自由記述をされていました。その他の自由記述の中にも「乗務員へ通報するためだけの手段として使用できないのか」という意見があり、車内非常ボタンに通話・通報と停車要求を別にできる機能を要望されていることもうかがえました。

#### 4 まとめ

本研究では、お客様の協力により安全確保を図るための基礎データとして、駅ホーム・車内非常ボタン使用に関する現状の調査を行いました。その結果を以下に示します。

- (1) 「非常ボタンの存在」については、駅ホーム・車内とも、認知率は概ね70%でした。また、その情報源は「実物で知った」という回答が90%以上でした。
- (2) 「非常ボタンの機能」については、駅ホーム・車内とも約8割のお客様は機能についてご存じないことがわかりました。内容については、駅ホーム・車内とも80%近くは「係員に通報される」と回答されていましたが、一方で、非常ボタンが作動してから、その後どうなっていくのかの推移に対する知識(例:車内では「押せば電車が止まる」ルールであること等)の浸透度はこれに比べると低くなっていました。
- (3) 「使用の判断」については、「誰の目にも明確に判断しやすい事象」では70%以上の回答率でしたが、「実際に押せるか」に対しては、お客様が非常ボタンを押すべきと考えた状況でも、ボタンを押せない場合が多いことがわかりました。また、当社側としては通報して欲しい「犯罪行為」の一つである「痴漢に関する事象」は50%以下で、お客様の理解や当社側からの周知が不足していることが考えられました。
- (4) 「使用をためらう理由」からは、「列車を止めることそのものへの不安感や罪悪感」が存在することが考えられ、お客様の心理として、異常時にはまず係員とコンタクトをとりたいと望んでいることがうかがわれました。また、急病人発生時の駅間停車については、遭遇経験者の約30%の方が疑問を感じていました。
- (5) お客様には、非常ボタンの使用による、列車を止めることへの不安感・罪悪感が見られたことから、「列車を止めずに係員にコンタクトをとる」ために、係員への通話通報機能と停車要求機能を分離する等の対策の検討が必要と考えます。

今後は、社内の関係主管部とより密な連携を図り、お客様が非常ボタンを押す判断を的確に行うことができ、より押しやすくするための対策を検討していきます。



# 5 指差・喚呼において、ひと呼吸おく効果の検証

久保田 敏裕      和田 一成      藤野 秀則      篠原 一光\*

\* 大阪大学大学院 人間科学研究科

## 1 目的

本研究は、指差・喚呼の動作のなかでひと呼吸をおくタイミングや回数の違いが、作業の正確さ・迅速さや作業者の疲労度にどのような影響を及ぼすのかを実験的に検証し、より効果ある指差・喚呼の実施方法について提言を行うことを目的としています。

## 2 内容

### (1) 実験の内容

安全研究所は、19年度に運転士見習を含む在来線全運転士を対象とした指差・喚呼についてのアンケートを実施しました。

その結果、「指差と信号現示の喚呼の間にひと呼吸いれることで、焦り・慌てを防止する」という項目については、運転士が納得し実施している割合が他の項目と比較して低いことが明らかになりました。また、指差・喚呼が実施しづらい理由としては、「疲れてきたとき」「全部やっていると疲れる」といった負担感によるものが上位を占めていました。

そこで、指差・喚呼中のひと呼吸おくタイミング・回数を変化させ、その際のエラー率、反応速度、質問紙結果を指標として、作業の正確さ、迅速さ、作業者の疲労感を測定しました。

実験協力者は、25歳から30歳の運転士でした。図1の通り、提示された標的の色と形を指差・喚呼によって確認した後、あらかじめ指定した標的の色と形が同じ標的が提示された場合にはボタンを押すという課題を実験協力者に与えました。

また、運転中と同じ程度の心理的な負荷を与えるため、課題と並行して標的を提示する直前に計算式を表示し、その答えを標的提示から5秒後に回答してもらいました。

提示された標的は、図3の通り、形が5種類・色が3種類の組み合わせの15種類とし、図3の①の標的が提示された場合にボタンを押すよう指定しました。

### (2) 実験方法

実験協力者が反応ボタンを押した際の反応時間およびエラー率について、図4の9通りの条件間で比較することとしました。疲労感については、覚醒度等についてのアンケートを利用し、各条件の前後で評価を行いました。

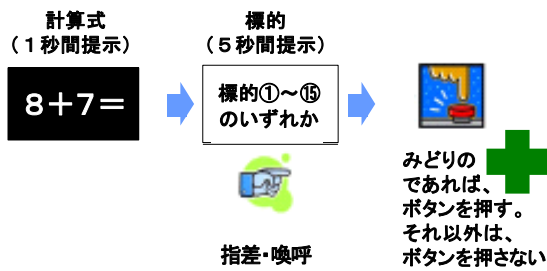
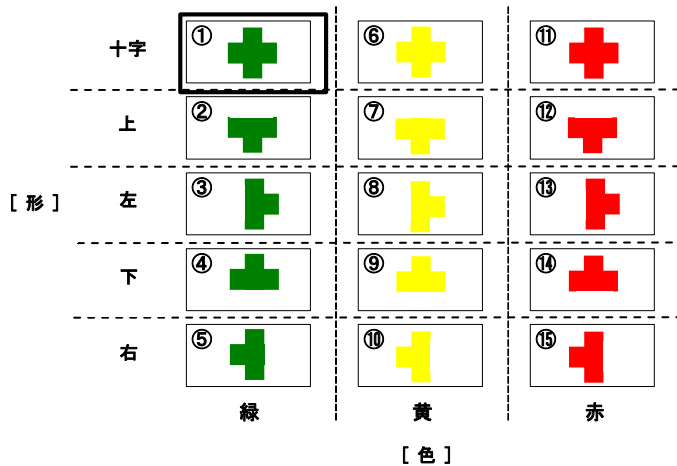


図1 実験協力者の作業内容



図2 実験風景



※標的①が提示されるとボタンを押します。  
 ※標的の「形」と「色」を喚呼します。  
 例えば、①が提示されたときは「緑、十字」、  
 ⑮が提示されたときは「赤、右」と喚呼します。

図3 標的の種類

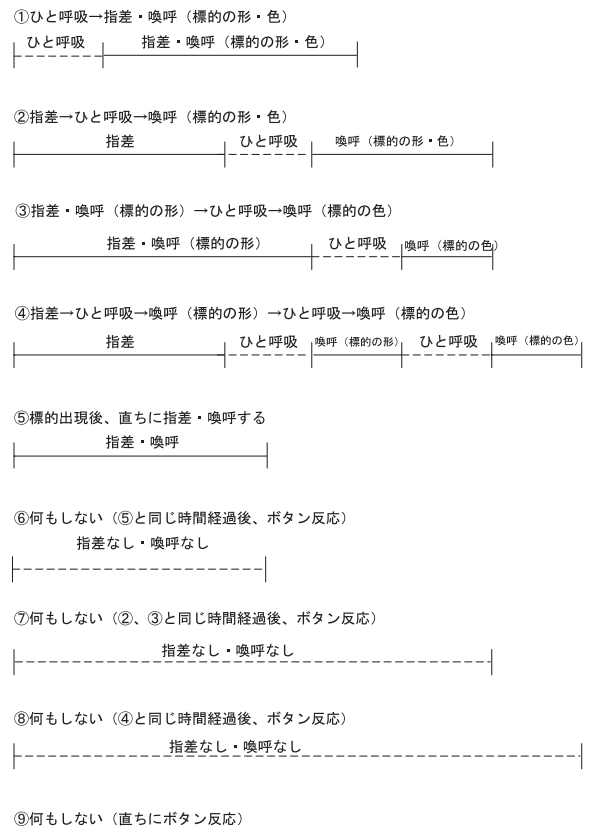


図4 条件 (指差・喚呼の確認方法)

### (3) 実験結果

#### ① 反応時間

指差・喚呼が終了してから実験協力者が反応キーを押すまでの時間を反応時間として測定しました。分析の結果、条件①・②と条件③・④の間で統計的な差がみられました。また、条件②～④と条件⑤の間でも統計的な差がみられました(図5)。

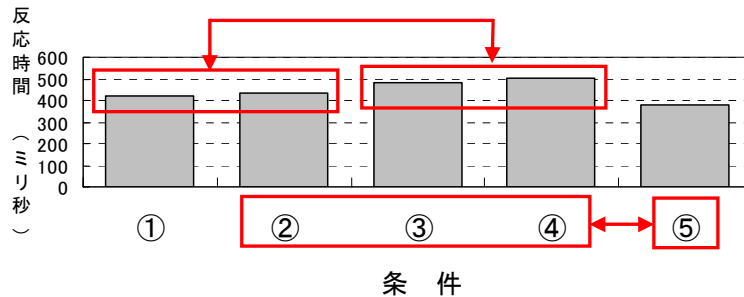


図5 反応時間

#### ② エラー率

反応のエラー率については、反応の不要な条件で反応したエラーと反応の必要な条件で反応しなかった(いわゆる「見逃し」)エラーに分けて分析しましたが、確認方法の違いで統計的な差はみられませんでした(図6、図7)。

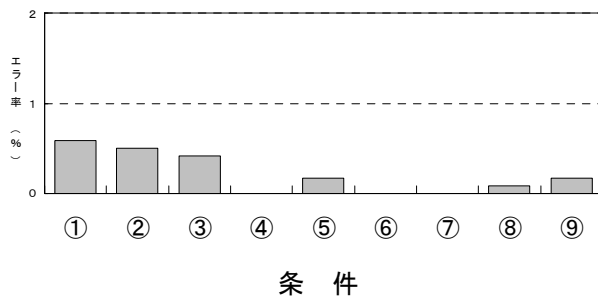


図6 エラー率：  
反応の不要な条件で反応したエラー

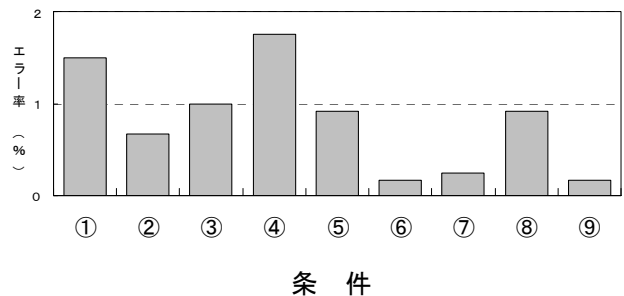


図7 エラー率：  
反応の必要な条件で反応しなかったエラー

今回の実験では、標的を5秒間提示し、ボタンを押す必要があるにもかかわらず、この間にボタンを押さなかったときはエラーとしました。指差・喚呼にひと呼吸を2回おく条件④(指差→ひと呼吸→喚呼(標的の形)→ひと呼吸→喚呼(標的の色))では、一連の動作を終了するまでに平均で3秒以上かかっており(他の条件では2秒前後)、このため条件④では他の条件よりも「見逃し」エラー率が高くなってしまった可能性があります。

### ③ 判断の慎重さ

本実験では、実験協力者がどの程度、慎重に判断していたのかについて、信号検出理論により分析しました。

信号検出理論とは、実験協力者の反応傾向を $\beta$ （ベータ）と呼ばれる指標を用いて表し、 $\beta$ の値が1より大きければ慎重に反応しようとする（あいまいな場合には反応しない）傾向があるとみなし、逆に、1より小さければ、正しいかどうかがあいまいな場合にはとりあえず反応しようとする傾向にあるとみなすものです。なお、1の場合は、自分の認識に応じた判断ができているとみなします。

分析の結果、条件⑥・⑦・⑨に対して条件④は慎重に判断している傾向がみられました（図8）。

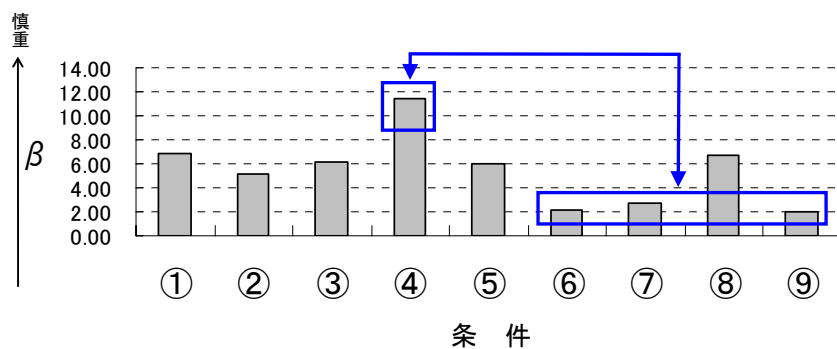


図8 判断の慎重さ

### ④ 覚醒度・焦り度の主観的評価

それぞれの条件で主観的な疲労等がどの程度だったかを検証するため、各条件前後に評価を行い、その値について分析しました。

覚醒度については、条件①～⑤と条件⑥・⑧の間に統計的な差がみられました。また、条件②・③については、実験⑨とも統計的な差がみられました（図9）。

覚醒を維持するという点では、ひと呼吸の有無にかかわらず指差・喚呼を行うことの重要性が改めて確認できました。

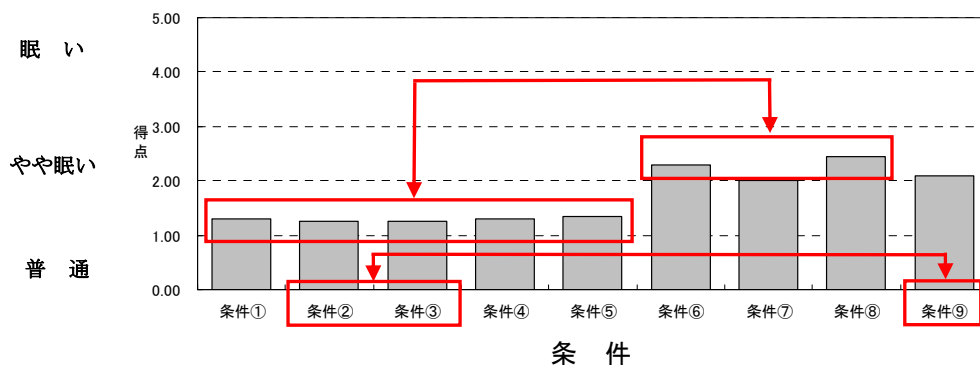


図9 覚醒度

焦り度については、条件①・②・⑤と条件⑥～⑧の間に統計的な差がみられました。また、条件③についても、実験⑦・⑧と統計的な差がみられました（図10）。

作業に伴う焦りの感覚については、指差・喚呼は行わないものの、指差・喚呼を行った場合と同等の確認時間を設けた場合に焦りの度合いが抑制され、指差・喚呼を行うと焦り度が高まるという結果になりました。これは、指差・喚呼を行うことで課題遂行時間（今回の課題では標的提示から5秒間）が短くなるため焦り度が高くなる一方で、指差・喚呼をしない条件では、ブザーを待って反応するので、課題に対して受身になり焦り度が低くなったためという可能性が考えられます。

なお、指差・喚呼ありの場合においても、回答の平均値はほぼ「どちらでもない」であり、実場面でも問題はほとんどないものと思われます。

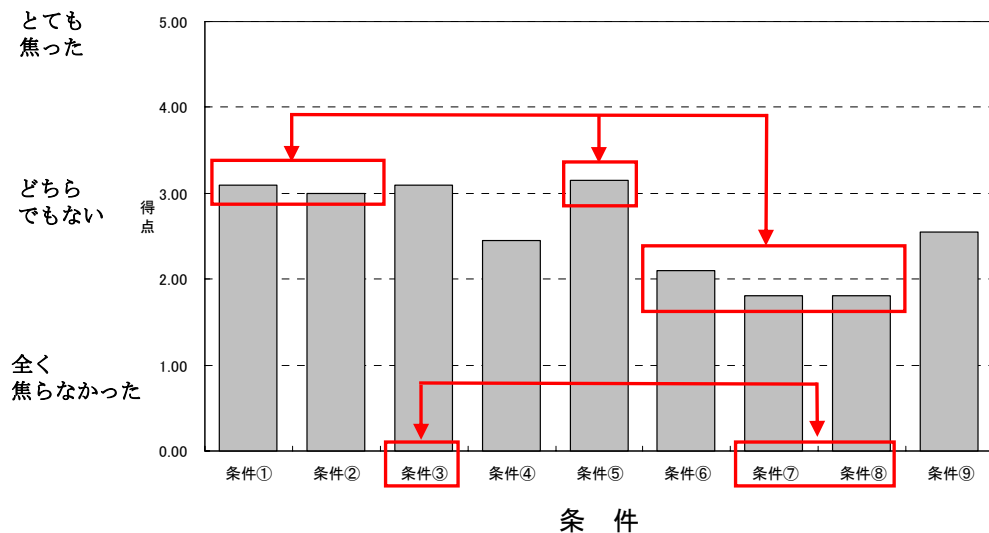


図10 焦り度

### 3 まとめ

今回の実験では、指差・喚呼にひと呼吸を2回おいた場合（指差→ひと呼吸→喚呼（標的の形）→ひと呼吸→喚呼（標的の色）の場合）、反応を慎重にさせる可能性が示されました。

※この研究は、安全研究所と大阪大学大学院人間科学研究科との共同研究で実施しました。

# 6 運転士の視覚・聴覚の注意配分に関する研究 (無線連絡受信後における鉄道運転士の注意特性)

上田 真由子      久保田 敏裕      沖 覚      臼井 伸之介\*

\*大阪大学大学院 人間科学研究科

## 1 目的

運転士は、重要である無線連絡（通告や人身事故等）を受信している「あいだ」、自動的にその内容に対して注意が惹かれることがわかりました。ただし、現場の意見として、「無線連絡を聞いたあと、その内容は運転の役に立つ」という声がありました。そのため、平成21年度は、運転士がその重要な無線を聞いた「あと」、どのような影響があるのかを調べました。

## 2 内容

### (1) 実験協力者

現役運転士 30 名（平均年齢 27.5 歳 / 運転士平均経験年数 4 年 4 ヶ月）

### (2) 実験内容（図1・図2参照）

実験協力者に列車運転場面を模したパソコン課題を行っていただきました。

また、運転士と指令員の無線を介した様々な会話のやりとり（表1）が図3のように視覚課題を行っている途中から流れるように設定しました。更に、この内容は、先行列車情報（自車よりも先行する列車に対する無線）と、後行列車情報（自車よりも後行する列車に対する無線）の2種類に分類しました。

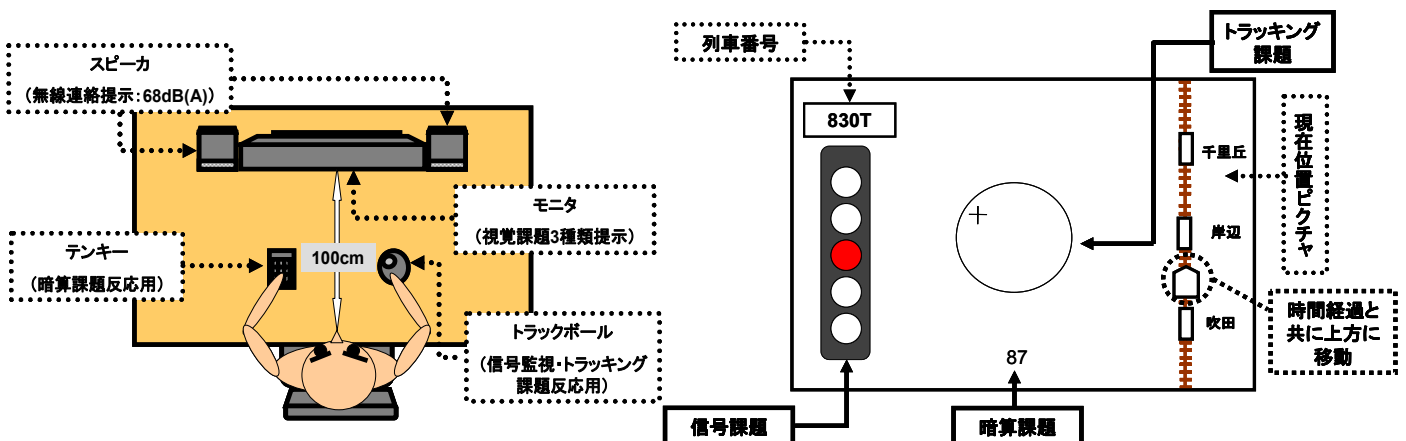


図1 実験器材配置図

図2 パソコン課題画面例

パソコン課題の内容は以下の通りです。

信号注視課題：画面左端に「緑」と「赤」の2種類の鉄道信号をランダムに表示する。実験協力者は緑か赤のどちらの信号が提示されたのかをできるだけ速く正確に判断し、ボタンを押す

⇒列車運転中の「信号注視」を模擬したもの

トラッキング課題：画面上を斜めに運動する十字カーソルが画面中央の円の外に出ないように、トラックボールを用いて制御する

⇒列車運転中の「操縦」を模擬したもの

暗算課題：画面下方に表示される2桁の数字の和の1の位が4以下であるか、5以上であるかを出来るだけ速く正確に判断し、ボタンを押す

⇒列車運転中の「定時運転をするために必要な時間や速度の計算」を模擬したもの

表1 無線連絡内容

内容	説明	重要度順位	重要度区分
人身事故	人が負傷または死亡したこと	1	大
飛来物付着 車椅子	架線に運転上支障がある飛来物が引っかけたこと 車椅子のお客様が乗降する準備を依頼すること	2 3	中
蛍光灯玉切れ	列車の蛍光灯の取替えを依頼すること	4	小

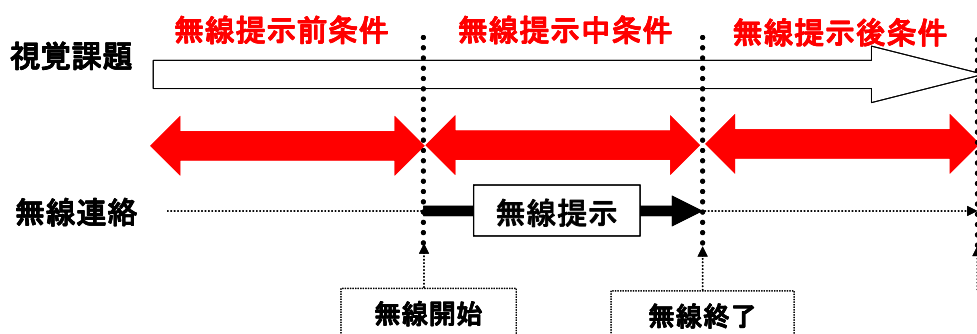


図3 無線連絡提示方法

また、実験協力者は、課題遂行中に流れていた無線連絡について、「無線連絡の内容」・「先行・後行列車の選択（自車よりも先行列車に対する無線連絡であったのか、あるいは後行列車に対する無線連絡であったのか）」を課題終了毎に回答する必要がありました。

### 3 結果

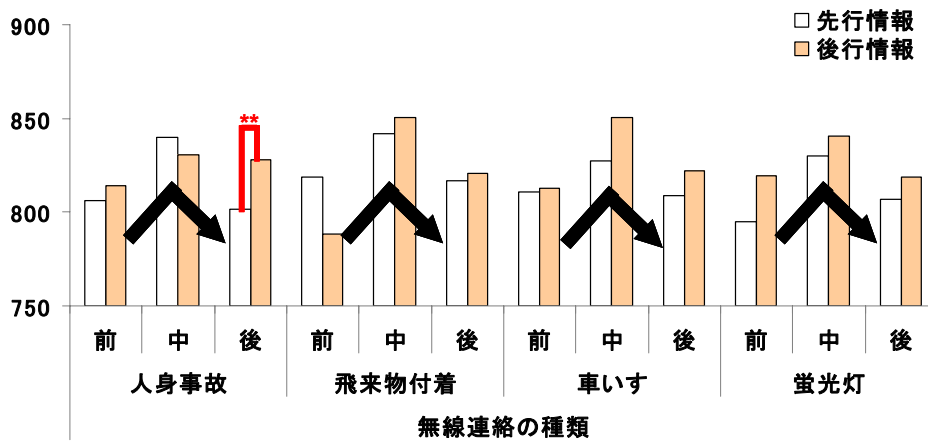


図4 信号監視課題の反応時間 (ms)

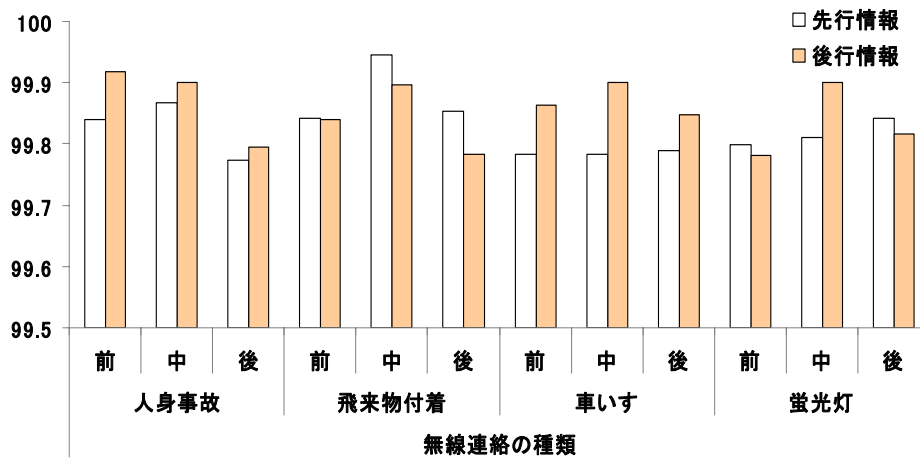


図5 トラッキング課題成績 (%)

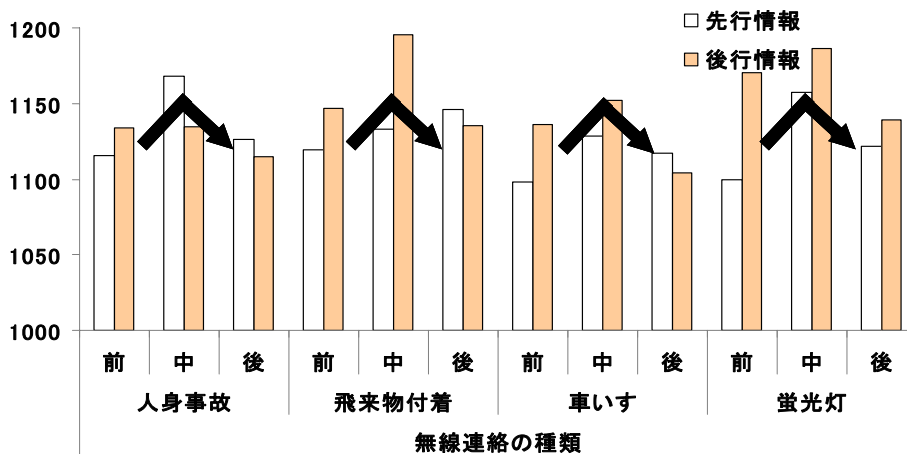


図6 暗算課題反応時間 (ms)

図4から図6は、各パソコン課題の結果を表しています。横軸の上段はそれぞれ、無線連絡提示「前」、無線連絡提示「中」、無線連絡提示「後」の条件を表しています。また、下段は、無線連絡提示「中」に流した無線連絡の種類を表しています。



## 4 考察

パソコン課題の統計的な分析結果から、以下のことがわかりました。

- (1)信号監視・暗算課題共に、無線連絡提示中よりも提示前後の反応が速い
- (2)人身事故の無線連絡提示後において、信号注視課題では、後行情報条件よりも、先行情報条件下での反応時間が速い

まず、(1)の結果については、無線連絡が流れている間は、その内容に注意を惹かれたため、各運転作業に対する注意配分が小さくなり、その結果として反応が遅くなったと考えられます。

次に、(2)の結果は、人身事故の無線連絡は、大きくダイヤが乱れる内容であることがポイントです。このような無線連絡においては、異常時対応の運転作業を行う必要があります。更に、この内容が先行列車に対する情報であれば、近い未来、運転士自身の運転に支障が生じる可能性は高いでしょう。そのため、重要かつ先行列車に対する無線連絡を聞いた「あと」は、後行列車に対する情報を聞いた「あと」よりも覚醒水準を上げます。その結果、信号に対する反応が速くなるのだと考えられます。

## 5 まとめ

今回の実験から、以下のことがわかりました。

- ① 運転士は、近い未来、自身の運転に支障が生じる可能性の高い無線連絡を有効活用する傾向がある
- ② 全体の傾向として、無線連絡が流れている「あいだ」、その内容に注意を惹かれた場合、運転の作業効率は低下するが、無線連絡が流れた「あと」は、作業効率は無線連絡が流れる「前」と同程度に回復する

※ この研究は安全研究所と大阪大学大学院人間科学研究科との共同研究で実施しました。

### 【参考文献】

芳賀繁・澤貢・藤浪浩平・宇賀神博(1999). 列車運転作業を模した課題を用いた室内実験による作業負担測定と負担度調査票の開発, 立教大学心理学科研究年報, 第 41 号, pp.25-34.

# 7 操作しやすい運転台の開発 (客室からの騒音が運転操作に及ぼす影響)

杉本 守久      上田 真由子

## 1 目的

現在、安全基本計画に基づき「操作しやすい運転台の開発」について調査・研究を推進しています。この研究は、より操作しやすく間違え難い運転台を開発し、次世代通勤・近郊型車両の開発に反映させることを目的として、関係箇所が横断的に取り組んでいるテーマです。今回は、運転士の運転室環境に視点をあて、安全研究所で取組んだ、客室からの騒音が運転操作に与える影響について、実験等によって明らかになった内容を報告します。

## 2 内容

### (1) アンケート調査

調査、研究を実施する前段として、在来線全乗務員約 6,500 名（運転士・車掌）を対象としたアンケートを実施し、運転状況下での問題点把握、課題抽出を行いました。

アンケートによる問題点把握、課題抽出の結果、「運転室背面からの視線や話し声が運転操作への集中を阻害する」といった意見が多数を占めました。また、運転士へのヒアリング結果も運転室背面からのお客様の話し声や傘等の金属打音が気になり、「運転操作への集中に影響する」といった、同様のデータが得られました。この結果から、外部騒音等の運転室環境が運転士の運転操作に与える影響を把握し、次世代車両開発に対して提言を行うこととしました。

### (2) 騒音影響実験

#### ア 騒音条件

騒音条件は、表 1 に示す 6 条件としました。各条件の騒音レベルは、当社 223 系営業列車の天王寺⇔日根野間における 15km/h～45 km/h、45km/h～75 km/h および 75km/h～110 km/h 走行時の運転室の騒音レベル（A 特性）、停車中の同系列車の運転室における擬似騒音「大中小」の強さ

表 1 騒音条件

条件	内 容
1	走行音 67dB
2	走行音 61dB (67dB の半減)
3	走行音 67dB×傘打音 75dB
4	走行音 67dB×会話音 75dB
5	走行音 67dB×傘打音 63dB (75dB の 1/4 減)
6	走行音 67dB×会話音 63dB (75dB の 1/4 減)

による運転台背面ガラスへの指輪打音、背面握り棒への傘打音および会話音の騒音レベル（A 特性）を適用しました。

条件 1 は騒音実験のベースとなる走行音であり、騒音レベルはホーム進入時の列車速度に相当する 45km/h～75 km/h 走行時における最大騒音レベルの 67dB としました。条件 3 は走行音と背面握り棒への傘打音の合成音とし、傘打音の騒音レベルは、擬似騒音発生時「中」の強さの時の最大騒音レベルの 75dB としました。条件 4 は走行音と会話音の合成音とし、会話音の騒音レベルは傘打音の騒音レベルと同じとしました。条件 2 は走行音の騒音レベルの低減による対策効果、条件 5 および 6 は、傘打音および会話音の騒音レベルの低減効果を検討するための設定としました。

なお、実験協力者はこれらの騒音に一切応答する必要がありませんが、聴覚を完全に遮断させないようにするため、稀に提示される警報音に対して応答するように教示しました。これは運転士が列車の運転操作中に無線連絡等の音に関する処理を実行していることを考慮したためです。

#### イ 実験装置

各騒音ファイルは、実験室の特性やスピーカーの本来持つ特性を提供するための音場調整を行い、実験協力者の 1.0m 後方に設置した 2 つのスピーカーから提示しました。機器配置については図 1 に示すとおりです。

#### ウ パソコン課題

実験で用いた課題は、鉄道総研で作成された「CogLab RTRI Ver. 6.0」プログラムを用い、パソコンで作成した課題を実験協力者の 1.4m 前方にある 42 型プラズマテレビに表示させました。実験協力者はテーブルの前に着座し、そのテーブル上には、図 2 に示すパソコン課題への応答入力用のコントローラーとあご台を配置しました。あご台の高さは固定し、実験協力者の視線と課題画面の視方角が、正常視線から下方になるようにしました。

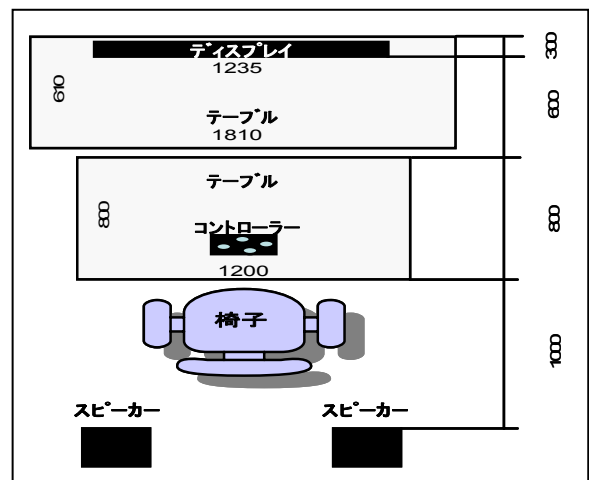


図 1 機器配置

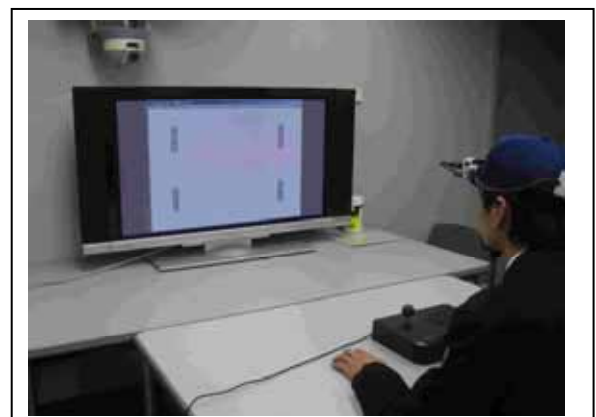


図 2 操作部とあご台

課題内容は、運転士の列車運転作業を模擬するため、図3に示す鉄道信号の5現示に相当する「緑」「黄・緑」「黄」「黄・黄」「赤」の5種類の信号をテレビ画面の四隅に1秒間ランダム表示させました。

また、5種類の信号現示の中から、「赤」「黄・黄」が表示された場合に、指定された応答ボタンを出来るだけ早く、正確

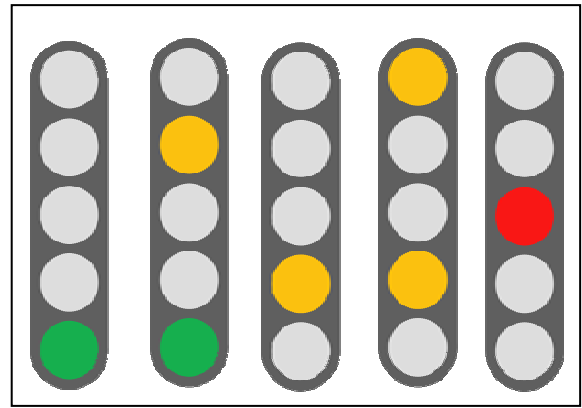


図3 5種類の信号現示

に右手の人差し指で1秒以内に応答（押して離す）する信号応答課題としました。

なお、人差し指は常にボタンの上に置くようにしました。併せて、警報音の提示時間は1秒間、騒音レベルは80dBとしました。

#### ウ 実験の構成

実験は、習熟実験と本実験の2つの構成としました。習熟実験は、ベース音となる条件1の騒音条件を用い、1分間の練習を6試行、1試行毎に1分の休憩を挟みながら実施しました。本実験は、1条件の試行時間を5分とし、6つの騒音条件について1試行毎に2分の休憩時間を挟みながら実施しました。また、実験協力者による順序効果が相殺されるように決定した試行順序を採用しました。

#### エ 実験協力者

223系車両に乗務する運転士、女性6名（平均年齢26.7歳）、男性24名（平均年齢27.8歳）、計30名の協力を得ました。

#### オ 評価方法

##### (ア) パソコン課題成績

騒音が視覚認知および聴覚認知に及ぼす影響を検討するため、「赤」「黄・黄」信号への応答成績および警報音への応答成績について、無反応または反応遅れがあった場合を不正解として分析を行いました。無反応とは「赤」信号または「黄・黄」信号に応答しなかった場合、反応遅れとは「赤」または「黄・黄」信号に応答しているが、1秒以内に反応しなかった（1秒経過後にボタンを押して離した場合、または1秒以内にボタンを押しているが1秒以内にボタンが離せなかった場合）場合としました。

##### (イ) アイマークカメラデータ

騒音に対する注意特性を検討するため、アイマークカメラのデータにより視線位置を抽出し、X軸方向（水平方向）の標準偏差とY軸方向（垂直方向）の標準

偏差を求めました。これら視線位置のX軸標準偏差とY軸標準偏差を指標として捉え、視線への騒音の影響を分析しました。また、視線の停留時間に応じた停留頻度に関して騒音の影響を分析しました。

### 3 結果

#### (1) パソコン課題

「赤」信号および「黄・黄」信号に対する不正解率（無反応・反応遅れ）について男女実験協力者 30 名の平均値と標準偏差を図4に示しました。文字や図形の視覚認知、判断や操作に関する動作認知、単純計算等の情報処理段階レベルの知的作業では、音環境の影響が作業量や正答率に表れにくいと報告されています。本結果の不正解率を見ると、条件2（走行音 61dB）は他の各条件より不正解率が高く、騒音としては負荷が高い条件3（走行音 67dB+傘打音 75dB）および条件4（走行音 67dB+会話音 75dB）で不正解率が低い結果となりました。騒音環境が良い（騒音レベルが低い）ほど成績が向上するとした仮説に反し、逆に騒音環境が悪い条件での成績が向上する結果となりました。なお、統計解析の結果では、6条件間に有意水準 5%の差は認められませんでした。

図5は、男性と女性の「赤」信号および「黄・黄」信号に対する不正解率（無反応・反応遅れ）について男性 24 名、女性 6 名の平均値と標準偏差を示したものです。男性、女性とも上記の結果と同様の傾向がみられますが、女性は男性に比べて、条件4を除く全ての条件で不正解率が高い結果となりました。また、走行音半減の条件2

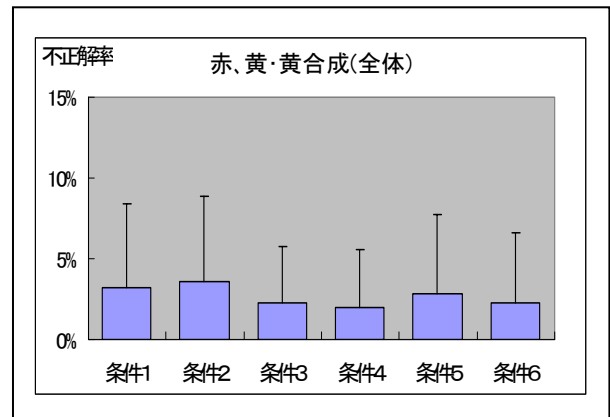


図4 全体信号応答成績

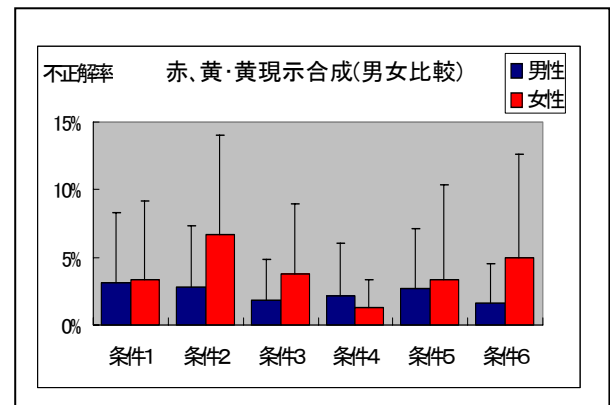


図5 男女の信号応答成績

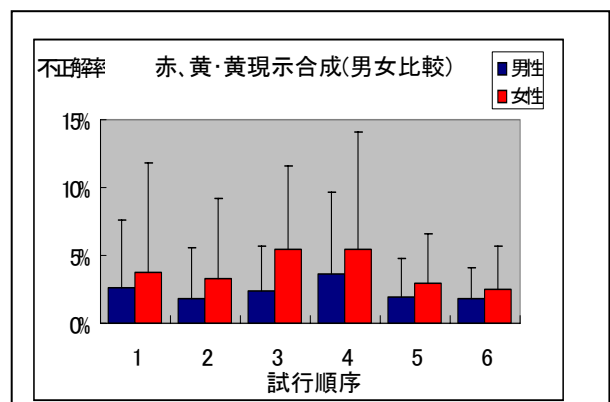


図6 試行回数の影響相違

で不正解率が高く、通常走行音＋会話音の条件4が低い結果となりました。ただし、6条件間の不正解率に男性、女性とも有意水準5%の差は見られませんでした。

図6は、試行回数の影響について示したものです。試行回数が増加するにしたがい不正解率が増加すると仮定していましたが、男性、女性とも第3、4試行で不正解率が高くなり、第5、6試行で不正解率が低下する傾向が見られました。

これらの結果から、男性、女性とも試行回数による飽きや単調等による覚醒水準低下は、中間試行での低下が最大となり、後半の試行で向上したことから、飽きや単調等に伴う覚醒水準低下は見られませんでした。このことから、条件3および条件4の音は、今回の実験協力者にとって、気分の高揚や緊張感の喚起といった覚醒効果を促す方向に作用したことで、不正解率が低下したのではないかと考えられます。しかし、覚醒効果を促す音は、長時間続くとストレスや疲労が蓄積される場合があるため、今後は作業時間を考慮した検証も必要と考えられます。

今回の実験の枠組みにおいて、音が直ちに信号応答成績に影響するといった統計学上の有意差は表れませんでした。しかし、今回の音が列車運転作業に影響を及ぼさないとはいえない可能性を残しています。8桁の短期記憶作業の正答率にプリンター音、キーボードの打鍵音、数字の読み上げ音、新聞記事の朗読音に影響すること、文書校正作業の正答率に空調音や教室での2名の会話音に影響すること等、情報処理段階レベルよりも高次の思考の処理を必要とする知的作業では、音環境の影響が表れるという報告があります。今回の実験課題は、列車運転作業の信号注視を想定したものであり、情報処理段階レベルの作業と考えられるからです。

## (2) アイマークカメラ

アイマークカメラデータの解析は、全試行分が揃っている男性実験協力者23名、女性実験協力者4名の計27名のデータを用いました。女性実験協力者の分析では、2名分のデータを用いていないため、試行順序による影響を統計的に排除できなかった可能性があります。

まず、視線の画面中心への集中度の指標として、視線位置の標準偏差(SD)を検討しました。視線位置は、視野カメラ画面での水平方向(X軸)と垂直方向(Y軸)の2成分で表されます。実験協力者の視線位置は、信号の確認作業に伴って移動し、X軸・Y軸の両方向の位置変化として表れます。また、Y軸方向の変位には瞬きに伴う視線移動の影響が強く出現すると考えられます。このことから、各成分は以下の特徴を示していると考えられます。

- ・ X 軸 SD : 信号の確認作業に伴う視線移動の特徴量
- ・ Y 軸 SD : 信号の確認作業と瞬きに伴う視線移動の特徴量

すなわち、集中が切れて画面の中心辺りに視線が集中するようなケースでは X 軸 SD が減少し、眠気や疲労等の影響により瞬きが頻発するようなケースでは Y 軸 SD が増加すると想定しました。図 7 は試行回数、図 8 は騒音条件の影響について、いずれも男女別に X 軸 SD (上段) および Y 軸 SD (下段) の平均値と実験協力者間の標準偏差を示したものです。図 7 の結果を見ると、男女実験協力者とも X 軸 SD は試行回数に伴う変化が見られませんが、Y 軸 SD では試行回数を重ねるに従って増加する傾向が確認できます。次に、図 8 の結果を見ると、男性と女性との共通点として、条件 3 および条件 4 は他の条件に比べて、Y 軸 SD が低くなっているように見えます。これらの条件間に有意水準 5% の差は認められないものの、条件 3 および条件 4 の騒音は、パソコン課題と同様に気分の高揚や緊張感の喚起といった覚醒効果を促す方向に作用したため、瞬きを抑制する方向に作用したのではないかと考えられます。

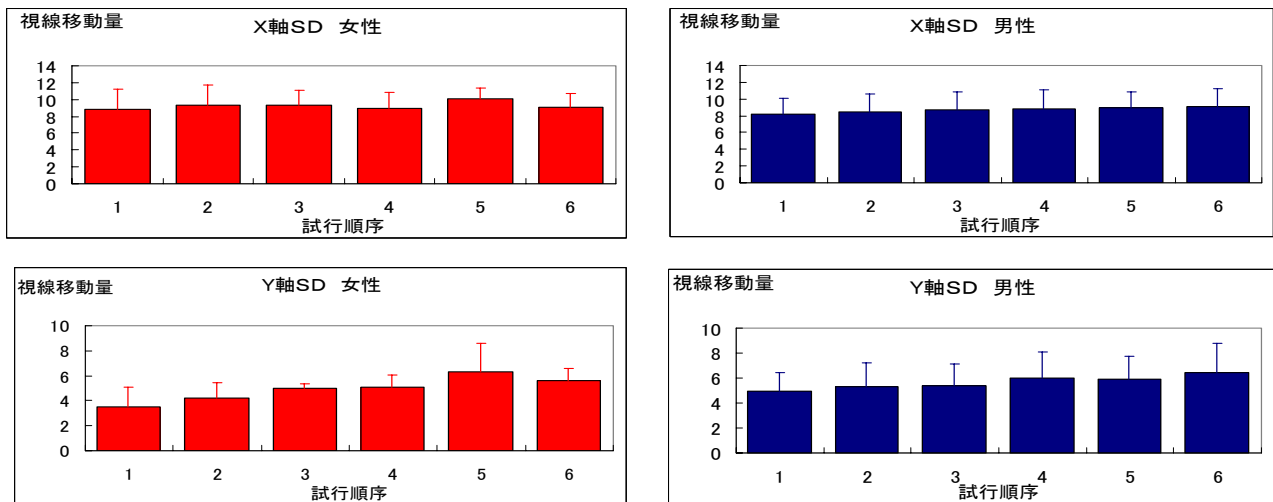


図 7 試行回数別の視線位置標準偏差

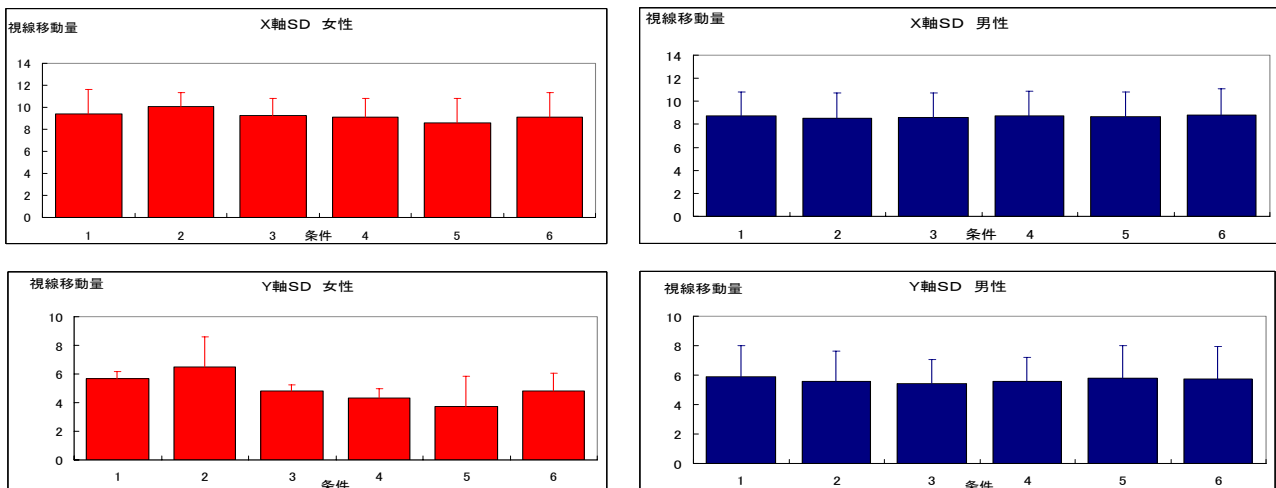


図 8 騒音条件別の視線位置標準偏差

### (3) アンケート評価

実験終了後に、各実験協力者に営業運転中に発生している客室からの騒音について、気になる程度、および気になる騒音の種類についてアンケート調査を行いました。結果は図9に示す通り、全体傾向としては73%が気になっており、男女別でも男性75%、女性67%が気になると回答しています。同様に気になる騒音の種類について図10に示しますが、全体傾向として背面ガラスへの打音、傘等の打音や運転操作に関する会話音といった回答が多数を占めました。また、男性は全体傾向と同程度の回答比率でありましたが、女性は会話音に関する回答比率が高く、運転操作に関する会話音は100%が気になる騒音と回答しています。このことから、アンケート結果では傘打音および会話音を運転士が気にしていることが分かりました。

## 4 まとめ

アンケート結果から、男性運転士、女性運転士とも運転室背面からの傘打音や会話音が気になる一方、今回のパソコン課題による短時間の実験結果では、その影響を統計的に確認できませんでした。よって、今回の結果のみで提言をすることは難しいですが、適度な騒音環境（刺激）がある場合において成績が向上していることから、運転室環境が静寂になるほど、運転操作に対する正確性が高まるとは一概に言えないと思われま

す。騒音については、今後将来的に開発していく次世代車両の運転室環境においても、重要な課題であり、重要な研究テーマであると考えられます。

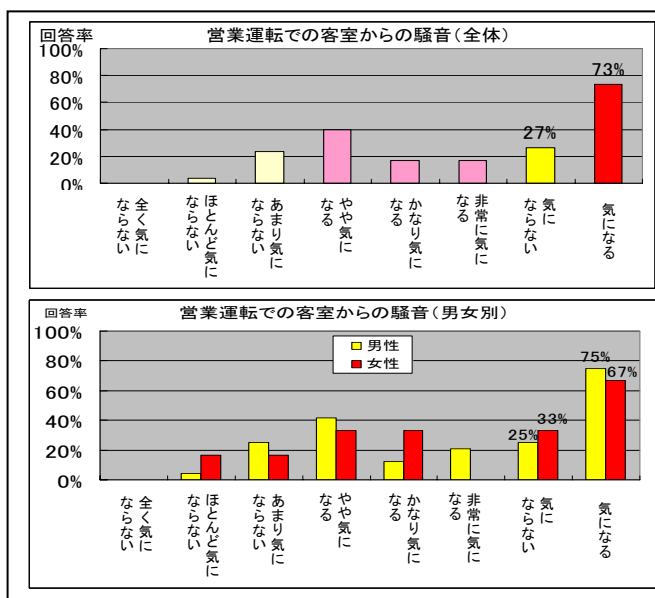


図9 営業運転での客室からの騒音

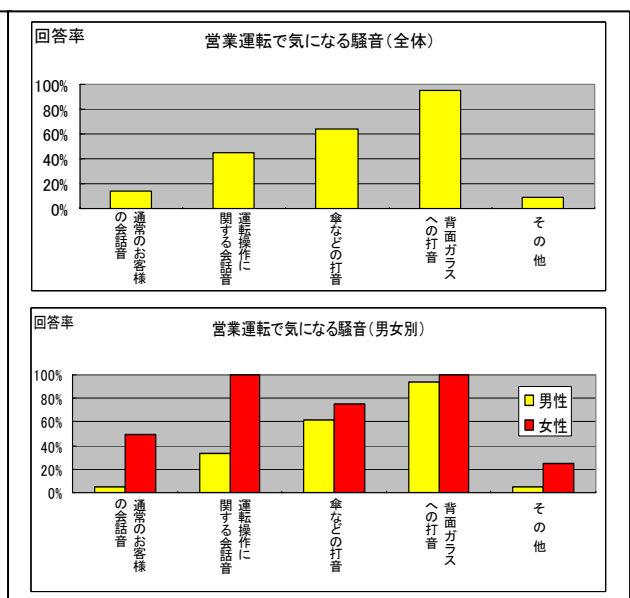


図10 営業運転で気になる騒音





## ウ 騒音

現場調査を基に、以下4つの騒音を提示しました。なお、値はいずれも等価騒音レベルです。

- ① 停車中の 57 dBの騒音 (以下、57 dB騒音)
- ② 走行中の 72 dBの騒音 (以下、72 dB騒音)
- ③ 走行中の 77 dBの騒音 (以下、77 dB騒音)
- ④ 走行中の 82 dBの騒音 (以下、82 dB騒音)

## エ 聴覚表示

将来的に導入する聴覚表示として「ピンポン、〇〇m先□□です」(〇〇には「200」「300」「400」「500」のいずれかを、□□には「保守用車」「線閉」「分岐器」のいずれかを表示)という表示を設定し、実験ではこれを前半部分と後半部分に分け、以下2種類の聴覚表示を提示しました。なお、これら聴覚表示の提示は3 dBずつ上げながら、または3 dBずつ下げながら提示し、実験協力者に主観的な評価を求めました。

- ① 「ピンポン」という報知音 (以下、報知音)
- ② 「〇〇m先□□です」という音声案内 (以下、音声案内)

**表 1 報知音の実験結果**

項目	57 dB			72 dB			77 dB			82 dB		
	最小	最適	最大	最小	最適	最大	最小	最適	最大	最小	最適	最大
Ave	36.9	69.9	73.8	40.9	71.8	75.3	47.5	72.8	76.2	47.4	73.4	76.9
SD	0.5	3.1	3.0	2.0	3.1	3.0	2.8	3.1	3.0	2.2	2.5	2.9
Max	39.1	76.2	80.7	45.2	77.0	81.9	53.8	79.5	86.0	51.1	78.7	83.9
Min	36.7	62.3	67.5	37.3	64.7	68.6	42.2	67.6	69.7	43.5	67.6	70.5

※ 単位：dB (等価騒音レベル)

**表 2 音声案内の実験結果**

項目	57 dB			72 dB			77 dB			82 dB		
	最小	最適	最大	最小	最適	最大	最小	最適	最大	最小	最適	最大
Ave	40.3	66.6	69.7	50.8	69.2	72.1	56.9	71.3	73.3	58.6	73.1	75.1
SD	1.6	3.0	2.9	1.9	2.4	2.8	1.6	2.1	2.7	2.2	1.9	2.3
Max	43.2	71.7	75.5	54.9	73.2	77.7	59.7	77.0	79.1	62.9	77.7	81.3
Min	37.5	61.1	65.8	46.5	63.6	66.4	52.9	67.4	67.4	54.0	69.9	70.7

※ 単位：dB (等価騒音レベル)

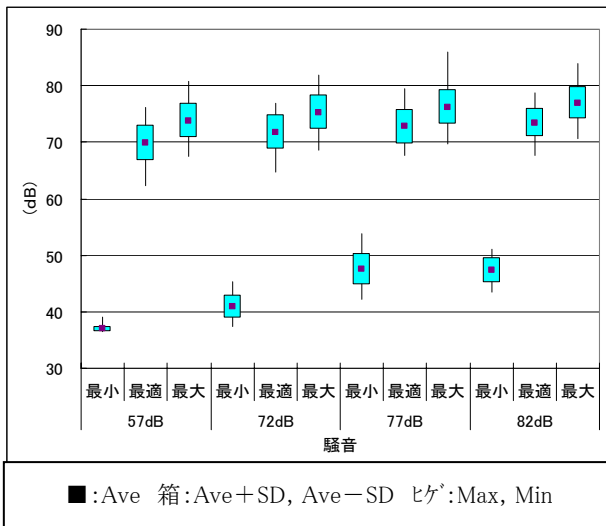


図2 報知音の実験結果

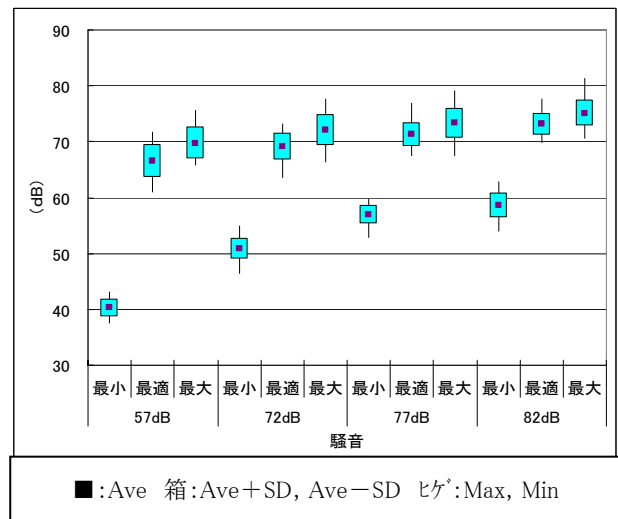


図3 音声案内の実験結果

## オ 実験結果

全実験協力者（37名）の回答から、各騒音における最小音量、最適音量、最大音量の平均値（Ave）、標準偏差（SD）、最大値（Max）、最小値（Min）を求めました（表1、表2）。図2と図3はこの結果をグラフ化したものです。なお、縦軸の値は聴覚表示の等価騒音レベルを示しています。

## カ 考察

最小音量、最適音量、最大音量のいずれについても、騒音の音量が上がるに従い、平均値が大きくなる傾向にあり、騒音の影響を受けていることが伺えます。

各騒音において、最小音量と最適音量の平均値の差と、最大音量と最適音量の平均値の差を比較すると、どの騒音においても後者の方が小さいことがわかります。実験後のヒアリングで「安全装置の音なので最適音量は若干大きめの音量となるように回答した」との意見も聞かれたことから、本実験の最適音量は「実験協力者の安全装置の音量に対する認識」に強く影響を受けていることが考えられます。ただし、シミュレータの操作や騒音など他の影響も否定できません。

## (2) 音量設定

### ア 音量設定の考え方

実験結果から安全装置の音量設定を行うことを考えます。安全装置が動作するのは主に走行中であるため、音量設定は72dB騒音、77dB騒音、82dB騒音で検討を行うことにしました。そして、これら走行中の騒音環境下で、以下4つの基本的な考え方を

基に音量設定を行うこととしました。

- ① ほぼ全ての人が聴取可能な音量とする。
- ② ①を満たした上で、ほぼ全て人が不快と感しない音量とする。
- ③ ①を満たした上で、多くの人が最適と感じる音量とする。
- ④ ②と③を満たすための手法として、必要に応じて音量調節機能を導入する。

#### イ 必要な値の算出方法

(ア) 多くの人が最適と感じる音量：X

各騒音の最適音量の値から、「多くの人が最適と感じる音量」（以下、X）を算出します。72 dB騒音、77 dB騒音、82 dB騒音のそれぞれの最適音量の平均値の平均をとり、これをXとします。

(イ) ほぼ全ての人が聴取可能な音量：Y

各騒音の最小音量の値から「ほぼ全ての人が聴取可能な音量」（以下、Y）を算出します。72 dB騒音、77 dB騒音、82 dB騒音の最小音量の「Ave+3SD」を計算し、この中で最も大きな値をYとします。今回の回答結果が正規分布に従っていると仮定すると、Yは「約99.9%の人にとって聴取可能な音量」ということができます。

(ウ) ほぼ全ての人が不快でない音量：Z

各騒音の最大音量の値から「ほぼ全ての人が不快でない音量」（以下、Z）を算出します。72 dB騒音、77 dB騒音、82 dB騒音の最大音量の「Ave-3SD」を計算し、この中で最も小さな値をZとします。今回の回答結果が正規分布に従っていると仮定すると、Zは「約99.9%の人にとって不快でない音量」ということができます。

#### ウ 音量設定の方法

アの音量設定の考え方に従い、音量設定を行います。

まず、初期値（安全装置から初めて提示される音量で、オペレータが調節を行わない限り変わらない音量）を設定します。初期値はY以上であることを前提に、Xに最も近い値とします。初期値は次式により決定します。

$$(\text{初期値}) = \text{Max} (X, Y)$$

表3 音量設定の方法

場合	初期値	音量調節	下限値
$X \leq Y \leq Z$	Y	×	—
$X \leq Z \leq Y$	Y	×	—
$Y \leq X \leq Z$	X	×	—
$Y \leq Z \leq X$	X	○	Z
$Z \leq X \leq Y$	Y	×	—
$Z \leq Y \leq X$	X	○	Y

※ ○:必要、×:不要

次に、音量調節機能を設定します。音量調節機能は、これを設定することにより不快と感じる人を減らすことができる場合に導入します。そして、音量調節機能を導入した場合には下限値（安全装置の音量調節における最も小さな音量で、オペレータがそれ以上上げることのできない音量）を設定します。下限値はYとZを比較し、大きい方の値とします。これは下限値もY以上であることが前提条件にあるためです。下限値は次式により決定します。

$$(\text{下限値}) = \text{Max} (Y, Z)$$

なお、音量調節機能を導入した場合の上限値（安全装置の音量調節における最も大きな音量で、オペレータがそれ以上上げることのできない音量）については触れていませんが、これは特に設定しません。

X、Y、Zの大小関係で場合分けし、初期値、音量調節機能の必要・不要、下限値をまとめると表3となります。

## エ 実際の音量設定

### (ア) 報知音

音量設定の方法を基に報知音の音量を設定します(図4)。X=72.7、Y=55.9、Z=66.3と算出されます。よって、初期値は72.7 dBとなります。また、音量調節機能を導入することになり、そのときの下限値は66.3 dBとなります。

### (イ) 音声案内

音量設定の方法を基に音声案内の音量を設定します(図5)。X=71.2、Y=65.2、Z=63.7と算出されます。よって、初期値は71.2 dBとなります。また、音量調節機能を導入することになり、そのときの下限値は65.2 dBとなります。

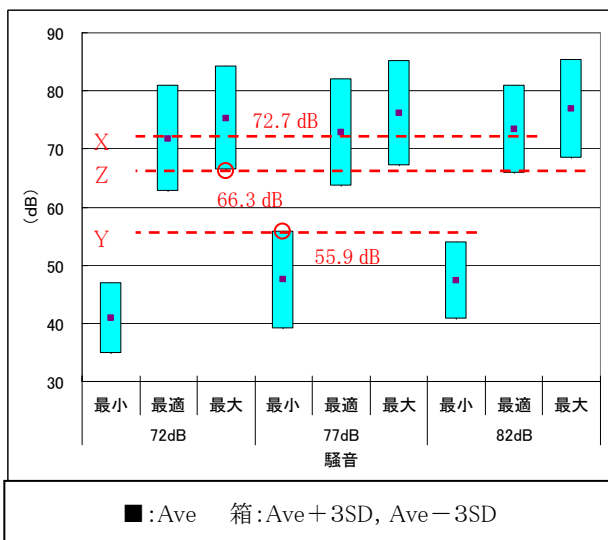


図4 報知音の音量設定

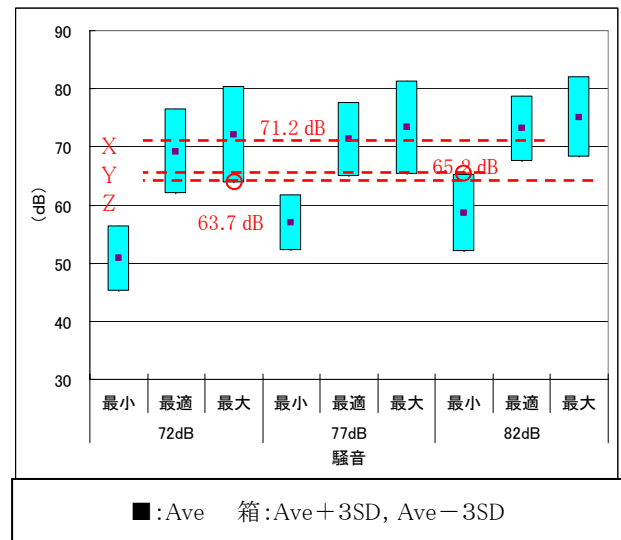


図5 音声案内の音量設定

### 3 まとめ

本研究では、新幹線保守用車の安全装置の聴覚表示について、様々な騒音環境下、運転操作をしながら聴く音として、聴取可能でかつ不快でない音量を検討しました。

検討にあたって、まず、安全装置からの聴覚提示として「ピンポン、〇〇m 先□□です」という表示を出すことを設定し、この聴覚表示の騒音環境下での聴取について実験により主観評価を求めました。

そして、実験結果を活用した音量の設定方法を整理し、この方法を基に安全装置の聴覚表示の音量設定を提案しました。

以下、その提案内容をまとめます。

- ① 「ピンポン」という報知音については 72.7 dBを初期値として音量調節機能を導入し、そのときの下限値を 66.3 dBとすることが望ましい。
- ② 「〇〇m 先□□です」という音声案内については 71.2 dBを初期値として音量調節機能を導入し、そのときの下限値を 65.2 dBとすることが望ましい。

本研究では聴覚表示の音量に着目し研究を進めました。聴覚表示を検討する場合には、この他、スペクトル特性や時間的特性なども考慮する必要があります。これらについては既往文献を基に検討を進めていきます。

また、我々の最終的な目的は視覚表示も含めた安全装置のヒューマンインタフェースの仕様を提案することです。これまでの研究成果<sup>1) 2)</sup>も踏まえながら、ヒューマンインタフェース全体の検討を進めていきたいと考えています。

#### 【参考文献】

- 1) 石上寛、高須洋：新幹線保守用車の操作性向上に関するヒューマンインタフェースの研究、あんけん Vol. 1～研究成果レポート、p. 32-35、西日本旅客鉄道株式会社安全研究所、2008. 9
- 2) 石上寛、高須洋：新幹線保守用車の操作性向上に関するヒューマンインタフェースの研究、あんけん Vol. 2～研究成果レポート、p. 52-57、西日本旅客鉄道株式会社安全研究所、2009. 7



西日本旅客鉄道株式会社 安全研究所

TEL 06-6627-8303 / FAX 06-6627-8307

ホームページアドレス <http://www.westjr.co.jp/security/labs/>

無断複製厳禁