Japanese Journal of Applied Psychology
2017, Vol. 43, No. 1, 74–89

連続講演

日本応用心理学会第 83 回大会
大会委員会企画連続講演

日　時： 2016 年 9 月 1 日（木）
場　所： 札幌市立大学
連続講演 1： 話題提供者　深澤伸幸（前東京富士大学）
連続講演 2： 話題提供者　中村恵子（札幌市立大学）
司　会　者： 山本勝則（札幌市立大学・第 83 会大会委員長）

企画趣旨並びに総括

連続公演は，大会のテーマに沿って，シミュレーションに焦点を当てた企画にいたしました。心理学を基礎心理学と応用心理学とに分けると，応用心理学は何らかの実践と関わる分野ということができると思います。そして，心理学的知見を取り入れて実践に取り組む場合，行き当たりばったりの実践は考えられません。予測と試行に基づいて実践が行われます。それら予測と試行を精密にし，より的確な実践に向かうために，シミュレーションが有力です。

応用心理学は，人の認知および行動と，現実社会で生起する事象との関連を扱うことが多い学問分野です。生起した事象を解明するためには情報収集と分析が行われますが，原因や影響要因を明らかにするために，シミュレーションが用いられることがあります。出来事をシミュレーションで再現することは，事象の解明の有力な手段です。そして，その後の対策を検討するためにも役立ちます。

一方，シミュレーションは，これから生起する事象を想定して，その場で人が行うことを期待される行動を身に付ける訓練に用いられることもあります。将来に向けた技術トレーニングとしてのシミュレーションは，必要な技術を身に付けるための強力な手段です。そして，直面することが予想される状況に取り組むための，心準備としても役立ちます。

このような性質を有するシミュレーションは，昨今，技術開発，リスク管理，技術トレーニングなど様々な分野で用いられています。この連続講演では，シミュレーション研究とシミュレーション教育に詳しい，二人の先生をお迎えしてお話をしていただきました。

深澤伸幸先生には，最初にシミュレーションという概念について説明していただき，続いて，事故とヒューマンエラーとの関連を解明するために，シミュレーションを活用する方法についてお話いただきました。

中村恵子先生も，最初に概念としてのシミュレーションについて説明してくださいました。続いて，看護教育・看護継続教育場面での技術トレーニングへのシミュレーションの活用についてお話いただきました。

シミュレーションという共通性とともに，学問分野の違いを学ぶことができる良い機会になりました。技術開発，リスク管理，技術トレーニングなどの実践的課題に取り組むために，そこで生じている認知と行動の分析と行動変容を目的としたシミュレーションの活用の可能性を，実践例を通して感じることができたと思います。

シミュレーションは，シミュレートされる現実との関係では，仮想現実です。しかし，現代社会は，デジタル化の進展に伴って，あらゆる分野でバーチャルな世界が優勢になりつつあります。リアルとバーチャルを繋ぐシミュレーションについて，応用心理学の面から，今後の可能性と取り組みの必要性の一端を投げかけることができたと思います。

日本応用心理学会大 83 回大会　講演 1

産業場面で生じるエラー行動とシミュレーション

講演者：深澤伸幸（前東京富士大学）

山本勝則先生

山本：こんにちは。私は日本応用心理学会第 83 回大会の大会委員長を務めさせていただく，札幌市立大学の山本勝則と申します。本日は，シミュレーションの様々な可能性に関する連続講演を企画いたしました。シミュレーションを用いた様々な技法は，昨今技術開発，リスク管理，技術トレーニング等，様々な分野で用いられています。この連続講演では，シミュレーション研究とシミュレーション教育に造詣の深い 2 人の先生をお迎えして，お話ししていただくことにしました。

最初に東京富士大学教授の深澤伸幸先生にシミュレーションを活用した，ヒューマンエラーと事故との関連を解明する方法について，お話しいただきます。 交通関係のエラー対策に関するお話です。続いて，札幌市立大学特別顧問で名誉教授の中村恵子先生に，看護教育，看護継続教育における技術トレーニング で，シミュレーションを活用する場合についてお話ししていただきます。

両先生ともそれぞれの分野について長期間の研究，実践をなさっておられます。技術開発，リスク管理，技術トレーニングなどの実践的課題に取り組むために，そこで生じている認知と行動の分析と行動変容を目的としたシミュレーションの持つ可能性について，実践例を通してお伝えします。本日は，理論的にも実践的にも大変充実した実績を持っておられる先生方の話を堪能していただく準備が整っております。

では，深澤先生，お願いします。

はじめに

深澤：こんにちは。ただ今ご紹介いただきました深澤と申します。過日，山本先生からシミュレーションに関する企画で話題提供をするように依頼されまして，実際のところ，本日はどのようなお話をしようかといろいろ迷いましたが，難しいお話は中村恵子先生にお譲りし，私は研究の中で生じるヒューマンエラー発生過程のビデオや状況を見ていただき，研究から得られた実際例を中心に話を進め，シミュレーションを用いた研究の必要性や利便性をお話しさせていただくことといたしました。

本日は，2 つの異なったタイプのシミュレーション場面での研究を中心に話題提供をさせていただきます。1 つは，比較的ハイテクに近い形でのシミュ

深澤伸幸先生

レーション場面です。シミュレータ装置を用いて人間がそれに応答，対応する中で起こす操作ミスということの実験例です。もう1つは，非常にローテクノロジーと呼ばれる認知学習に関わる事例で，各人が頭の中でシミュレーションすることを通じ，その結果，職場行動に改善が見られるとした研究です。これら2つの事例を通じ，シミュレーション研究の利点と必要性について，皆さんと一緒にVTRを見ながら考えていきたいと思います。お話をさせていただく内容ですが，①シミュレーション技術を用いる利点と必要性。それから②としまして，そもそもシミュレーションとは何なのかというお話を簡単にいたします。それから③番目にシミュレーション研究につきまして，列車運転シミュレータ装置を用いた場面で出てくるヒューマンエラーの発生過程というものの研究内容と，もう1つは非常にローテクノロジーと呼ばれる手法に関わるもので，危険感受性訓練を用いた脳内コンピュータの活用研究で得られました事例をお話しし，話題提供とさせていただきます。後者の危険感受性訓練を用いた研究では，職場の安全風土醸成研究の中で用いたものをお話しいたします。

シミュレーション技法を用いる利点・必要性

まずはじめにシミュレーション技法を用いる利点・必要性 (Figure 1) ということになりますけど，私が大学院を出て30年ほど安全心理という領域に身を置いてきました。人的側面からの事故防止・安全教育研究を進めていく中で，実は様々な疑問に直面しました。1つは，筆紙法（適性検査）に限界を感じたことです。私は自動車事故を防止するという職域におりました関係上，自動車運転者に関する適性検査というものの開発に従事していました。様々な諸外国の適性検査も含めていろいろ検討してみましたが，なかなか高い精度を得ることができませんでした。例えば，無事故者群と事故多発者群間の検査結果が，社会的な常識面という基準で見てみると逆転してしまって，なかなかうまくいかないという現実に遭遇しました。自己評価法の限界とも呼べるものです。下図は，旅客自動車事業に従事する職業運転者の性格特性に関する自己評価（無事故運転者 vs. 事故発生運転者）と上司による他者評価（無事故運転者 vs. 事故発生運転者）の結果を示しています (Figure 2)。

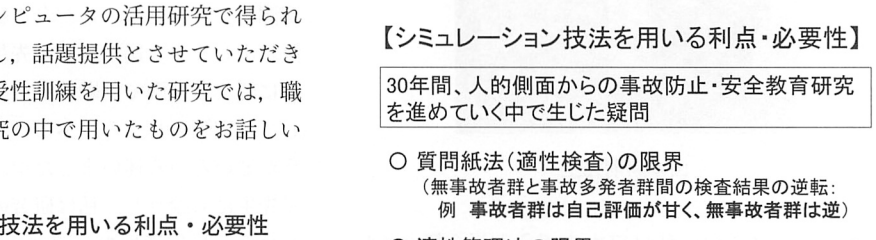


Figure 1

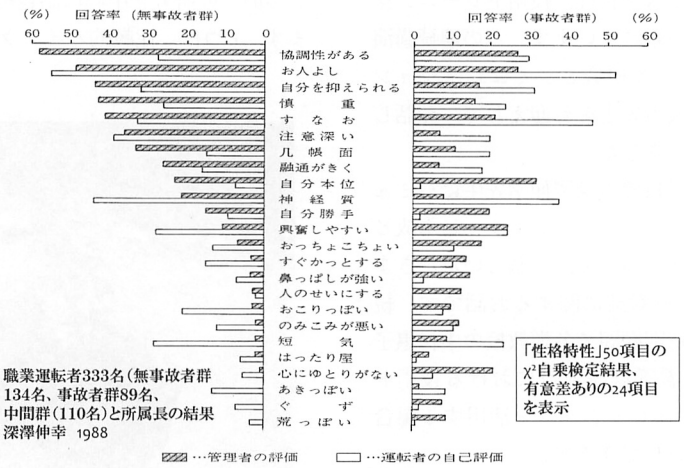


Figure 2

一般に筆紙法における適性検査では，自己評価することになりますが，事故者群というのは自己評価が甘く，その一方で無事故者群は自分自身をよく知っており，自分の短所というものを知っている反面，長所も知っている。つまり判断基準の問題で，これは統計技法を用いてもなかなか解決ができません。そういうことがすべて質問紙に対する回答として出てきてしまいますので，なかなか両者の判別が難しいという現実に当たって頭を悩ましていました。

二つ目が適性管理法の限界です。産業場面においては，適性検査を用いた助言・指導方法が一般的に行われ，この指導法は適性管理法と呼ばれています。この適性検査の種類を大別すると筆紙法と機材検査があり，質問紙を用いた場合，抽象的な場面で問いかけを行います。抽象的な質問に対する反応結果から具体的な指導，助言をするということが難しいし，また相手も納得しにくいため，期待されるほどの教育効果が見られないというジレンマを抱えておりました。

三つ目の方法として，事故報告書を用いる方法もありますが，これも難しい問題をはらんでいます。事故報告書がすべて正しいということはなく，特に事故原因になると，本人がその原因を知っているかといえばそうとも言えません。後で VTR でもお示ししますが，当事者はなぜミスを起こし，事故に至ったのかということについて，認識していない場合が多いのです。事故を引き起こした当事者から聞き取りをした上司（あるいは事故報告書作成者）は，報告書作成者自身の過去経験や推察をもって事故原因を記載します。つまり事故報告書の中からわかるものは，表面的な形式（事故の形態や発生時刻・場所等）はよくわかりますが，最後の，「では，なぜ起きたのか」という原因や発生過程という点では，きちっと書かれているかどうかに疑問が残ります。このような様々な問題点，限界がもたらしている現状の中で，事故発生に至る過程や行動分析が不十分である，という考えに帰着しました。リーソンやスウェイン等の多くの研究者が，様々なヒューマンエラーに対する考え方や定義を出しておりますけども，そもそもその発生過程というものがはっきりしていない以上，なかなか説得力を持たない。それから行動分析が不十分だということに加え，この行動分析の結果を利用した安全教育という面においても手続きが不明確で，今ひとつ安全に向けた行動の変容手続きというものが見えにくい状況にあります。人的側面からの安全対策が不十分，期待されるほどの効果が得られないという評価を，社会から心理学は受けていることが，残念ながら現状です。

では，そういう問題点をどのように克服したらいいかということになりますけども，少し研究の枠組みを変えていこうと考えました。つまり，研究方法の中に現実場面のシナリオと時間軸を含む文脈を組み込む方法。この中で人がどういう判断をし，どういう行動を取るのかということを，なるべく実態に即したような形で探ることが必要と考えました。すなわち，事故発生に至るヒューマンエラー行動を可視化する方法です。可視化できない以上，なかなかその先の推論，具体的な手法や対策というものが見えてきません。人がミスやエラーを発生させる過程を明確にするために，コンピュータ制御によるシミュレータ装置を用い，人が作業場面で模擬作業していく中で，人はどのように誤っていくのかを，時系列に基づいて明確にする方法を考案しました (Figure 3)。この方法につきましては，後程 VTR を見ながらご説明いたします。

それからもう 1 つ別の方法ですが，メタ認知を活用し，各自の行動傾向を意識化し，可視化する方法も用いました。これは，自分が無意識で取る行動，あるいは，思考形態を自分で意識化させるということになります。その方法として危険感受性訓練法を用い，頭の中で，各人が脳を働かせ考えることを通じ，行動の変容をもたらす訓練が必要と考えました（認知的動機づけの応用です）。これは職場安全風土

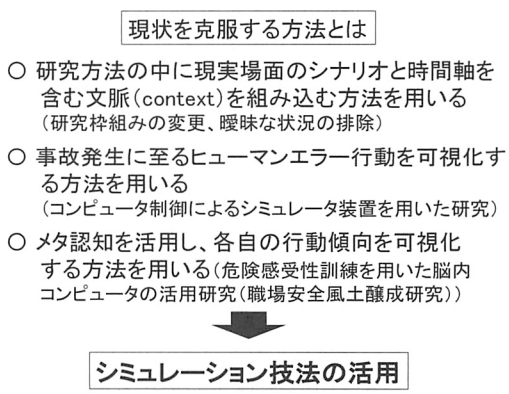


Figure 3

醸成研究の中で用いられたもので，後程 VTR でご説明します。

シミュレーション技法とは

シミュレーション技法の利用目的

では，少し話題を変えて，先ほど山本先生もおっしゃいましたけど，そもそもシミュレーションとは何か。なかなか社会人文系においては，わかったようでわからないものです。ただシミュレーション (simulation) というのは，一般に「模擬実験」とか「模擬訓練」というふうに訳されて，タイプとしては 2 つあります。実際に実物を模擬した模型などを利用する場合。もう 1 つは，演算・数値解析を得意とするコンピュータを使ったモンテカルロ法等で推測していくというようなことになります。なぜこういうシミュレーション技法が今広まってきているのかと言えば，心理学ではなく，他の分野で広がっているかと言いますと，実際の装置を用いて訓練することがコスト的に高価である，また非常に危険を伴う場合に安全性の確保を目的として，例えばフライトシミュレータ，航空機ですね。航空機 1 機，パイロット養成する段階で墜落してしまったら，1 機で数百億円という費用が飛んでしまう。それから非常に貴重な人命も失ってしまう。そういうことを防ぐために，実際ではありませんけども，訓練用としてフライトシミュレータや船舶シミュレータ等が活用され，展開されてきています。加えて，物理的環境が内包する諸要因が未だ不明である場合にもシミュレーション技法が用いられています。現象の仕組みがよくわからない，そういうときに既知の知見を基に「仮想現実」を構成し，そこで得られる結果から潜在的なシステムの解明を求める。これは常に経験則ですね。経験則を繰り返すことによって，このシステム解明をさらに進化させ，現実の場面に近いシステムを構築するというときに，シミュレーションという方法がよく用いられています (Figure 4)。

シミュレーション技法の応用領域

一般にシミュレーション技法は原理の解明を目指すときに使われます。例えば，今流行のビックバンとか，宇宙の起源とか。このような現象はどこにもありませんし，見ることもできません。あくまでも我々の仮想現実の中で，仮想の中から解明していく。そういうときに，このシミュレーションという技法が活用されます。気象予報もシミュレーションの活用例です。つまり，未知の現象の仕組みを明らかにするための研究方法が，シミュレーション技法です。その一方で，シミュレーションというものを広く捉えた場合に，訓練用としてのシミュレーションという方法も用いられています。主に技能獲得の方法として教育訓練の場で使われています (Figure 5)。例えば，視聴覚教材を用いてロールプレイや問題解決策を話し合い，技術獲得や技術の向上に資するようなものとして行われることもあります。また医療・救急用シミュレータとして，医療に従事する者への治療法，診断法，手術法における技術獲得時に活用されています。シミュレーション技法に関しましては，講演 2 で中村先生が詳しくお話になると思いますので，シミュレーション技法のお話はこの辺にして先に進みたいと思います。

【シミュレーション技法の利用目的】

○ 実際の装置を用いて訓練することがコスト的に高価であり、非常に危険を伴う場合費用抑制と安全性の確保
（フライトシミュレータ、船舶シミュレータ等）

○ 物理的環境が内包する諸要因が不明である場合、既知の知見を基に「仮想現実」を構成し、ここで得られる結果から、潜在的なシステムの解明を目指す場合

Figure 4

訓練としてのシミュレーション技法の活用例
（主に技能獲得、教育訓練）

「フライトシミュレータ、ドライビングシミュレータ、船舶シミュレータ」（操縦や操船技能獲得）

「教育場面でのシミュレーション」
（視聴覚教材を用い、ロールプレイや問題解決策を話し合い、技能獲得・向上に資する）

「医療・救急用シミュレータ」
（医療に従事する者への治療法、診断法、手術法における技能獲得）

Figure 5

列車運転シミュレータ装置を用いたヒューマンエラー発生過程の研究

シミュレーション場面の概要

これからは，列車運転シミュレータ装置を用いた

ヒューマンエラー発生過程の研究という話に移っていきたいと思います。

なぜこのような運転場面を模擬したシミュレータ装置を作成したのかと言いますと，列車運転時に生じるヒューマンエラー行動というのは，実際のところ，誰も見たことはありません。どういう過程で発生してくるのかもわかりません。ただわかっているのは，最後に事故報告書が上がってきたときに，作業手順の省略がありましたとかいうことはわかりますが，作業手順の省略がなぜ起きてきたのかということはよくわからない。そこで，このエラー行動が発生する過程を時系列に基づき記述し，可視化する。その結果，人的側面からの予防策を考えていこうということを目的として，研究を行いました。

用いた装置は，列車運転時の模擬作業を行うために新たに考案された，行動分析用の列車運転シミュレータです。被験者は脳波，心拍数測定器具に加え，注視点記録装置を装着した状態で，実際の模擬運転作業をします。分析指標としては，すべての作業パフォーマンス，並びに環境面ですね。下り勾配，上り勾配およびカーブとか，そういうこともすべてエラー行動を起こすときに関係してきますので，環境場面の状況と，作業パフォーマンスを記述します。それから，その時々に生じる脳波・心拍数，注視点パターンを時系列に捉えることをねらいとしています。運転台の見かけは，ゲームセンターにある「電車で GO!!」のデラックス版と似ていますね。列車の場合の運転台では，車のアクセルに相当するのをノッチと言い，ブレーキはブレーキです。自動車の場合は，足でアクセルやブレーキの操作を行いますが，列車の場合は手で行います。通常，右手がブレーキで左手がノッチというアクセルを操作します。被験者にはプロの職業運転者にもお願いすることを考え，ノッチ，ブレーキは実際の車両に取り付けられている機材と同一のものを使用しています。ゆえに，装置の握り具合の感触は，すべて日常で運転を行っている列車と可能な限り同一のものとなるように配慮し，例えば，列車運転教習所に入所し，運転教習中の方々も実験に参加し，運転スキルの獲得過程の計測も行えるように列車運転シミュレータ装置を考案しました。シミュレータに組み込まれた線路情報は，A 鉄道会社の実際の 10 駅間の営業線区を反映していますので，意図的にエラー行動を引き出すような無理な実験課題ではありません。職業運転者も被験者として参加できることも目指して作成しました。

今回お話をさせていただく結果は，30〜54 歳の男性で，列車運転未経験者 6 名に対して行った実験結果です。当時私が勤務していたのは鉄道総合技術研究所ですが，被験者は，その敷地内にある別会社の方に，会社を経由して業務として参加してもらう契約を通じて参加していただきました。当然日当は受託会社から支給されます。実験に参加した方々は仕事として来ますから，いい加減なことはしないということになります。

手続きですが，連続 5 日間の実験を行います。当然，列車運転未経験者となりますので，作業習熟実験を 3 日間，それからエラー誘発実験期間が 2 日間という形で実験を組みました。エラー誘発要因としては，日中と夜間，青信号〜赤信号に至るまでの信号現示状況の変化，扉開閉時間の遅延等に加え，ATS 通過時の速度といった設備・システムがあります。

1 日当たり午前 2 時間，昼食・休憩 1 時間，午後 2 時間の 1 日 5 時間の勤務となります。実験では列車運転未経験者が被験者となりますので，鉄道上の実際のルールというものを事前に教える必要があります。実験開始前に，研修と称して 2 日間勉強していただきました。この中には区間の駅名や鉄道における信号などの基本的な知識の習得に加え，予想されるエラーが発生した場合の復帰手続きなどの実技も含まれます。その後，実験に入りました。

作業課題としては，通常の列車運転作業と同様に，駅間に定められた標準の運転時間で運転する。皆様は，鉄道には列車ダイヤがあるのをご存じだと思いますけれども，列車はでたらめに走っているわけじゃないですね。駅と駅は何分で結ぶ，走るということがすべて決まっています。ですからこの時間を大体その範囲で走ってもらわなきゃ困る。それから次，定められた停止位置に正確に止めるということです。加えて，鉄道の場合はエラー行動を防止する 1 つの有効な手段として，指差し喚呼というのを行っています。運転士や車掌さん，ならびに駅員の皆さんが出発進行の際に，「前方よし」，「扉よし」と言って出発進行となります。発進時，走行時……，走行中は信号確認ですね。それから停止時に

【実験装置】

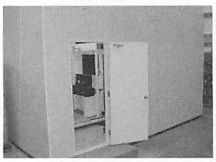


図1 シミュレータルーム

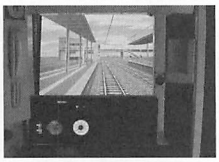
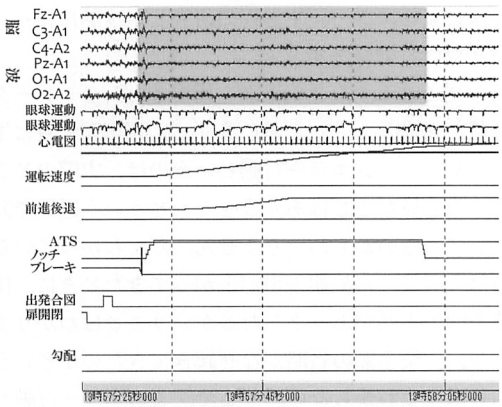


図2 提示刺激(CGI)

図3 実験風景(イメージ)

図4 制御・計測・記録ユニットと脳波計

Figure 6



記録データ記載例（sub. H. K.、1029PM N回）

Figure 7

必ず，停止位置に止まったかどうか確認するというときに，指を差して，「よしっ」という形で確認をします。そういうことの確認，指差し喚呼を行うよう，被験者にインストラクションを与え，実際の作業場面に近い模擬作業をしていただきました。

実験状況は上の図の通りです (Figure 6)。被験者が実際に模擬作業を行う場所がチャンバーと呼ばれるシミュレータルームです。チャンバーの中には，実際の運転台を模擬した操作台と，景観を提示するためのスクリーンがあり，映像は実際の駅間に見られる景観を CGI で提示しています。左下には，実際の模擬作業を行っている被験者の様子をイメージとして示しています。被験者は注視点記録装置，脳波計と心拍数を導出する電極を貼り付けた状態で模擬作業に入ります。実験中チャンバーは締め切りますので，被験者の様子や模擬作業を監視するため，外部に制御・計測・記録ユニットおよびデジタル脳波計を置きました。ヒューマンエラーの研究においても，しばしば実験法を用いることがあります。実験もある意味のシミュレーション技法なんですけれども，ただ，往々にして実験法を用いますと，必ずエラーを出すような実験を組むんですね。何も出なかったら論文が書けないから。何とか書こうと思うと，人を引っかけるような作為的なアーティフィシャルな項目が増えてくる。だけど，なるべく作為的にエラー行動を誘発する方法を取らずに，自然観察的にエラー行動の発生を記述しようと考えました。今回は，ある A 鉄道会社から路線図の提供を受け，実際の営業路線の 10 駅区間を忠実にそのシミュレータの中に反映するようなシステムを作成しました。ですから実験上で被験者を罠にかけるようなシナリオではなく，日々の営業線としている課題，シナリオを通じて実験を行いました。

分析指標ですけども，上から脳波，眼球運動（水平，垂直），心電図を表示しています (Figure 7)。下が環境とパフォーマンスを表します。運転速度が上がり，前進していることがわかります。それからノッチ，つまりアクセルですね。アクセルを上げることに伴い，速度が上がってくる。その前に，ブレーキを開放していくことが時間軸の中で表示されます。

この A 鉄道のシステムでは，扉が閉まると運転台の前にあるランプ，戸閉めランプが点灯し，さらに車掌から 2 音ブザー，つまりプップッーという音が返されることにより，発進できるという形を取ります。ですからここで扉のランプが点灯する，加えて 2 音ブザーが鳴ることにより，出発するということが可視化できるということになります。

実際に実験風景の VTR をちょっと見ていただこうかと思います。

《ビデオ開始（掲載省略）》

医療法の問題も心配だったので，脳波と心電図等の計測に関しては臨床検査技師の先生に来ていただいて，実際の計測を行いました。今，脳波の電極をつけているところで，後ろにチャンバーが見えるという状況でございます。これがパフォーマンスの監視用。こちらが一応被験者の状況確認。それからちょっと見にくいんですけれども，注視点を見るものがあります。今ランプがつきました。扉が閉まり

ました。(中略)…。8 両編成を想定していますので，停止位置標「8」のところで止めます。このようなことで実験を進めていきます。もちろん実際の列車には，こういう速度や勾配，距離に関する表示補助板はありません。あくまで距離がどのぐらい，勾配がどのぐらいというのは，映像だけではわかりにくいので，実験では，補助情報として表示板をつけております。

《ビデオ終了》

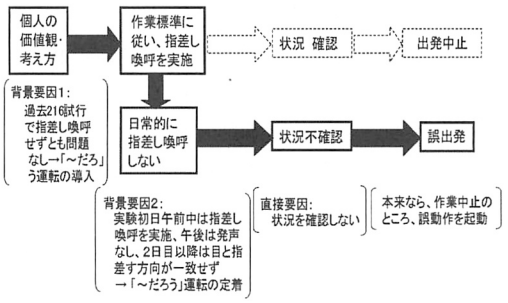
出発信号の誤認事例

実験を行っている中で，出発信号の誤認が生じました。鉄道も自動車と同じで，緑は進め，赤は止まれです。ですから「赤」が出ていたら列車も止まるはずなんですが，1 名の被験者は赤信号でも出発してしまいました。実験開始 4 日目の午前中，エラー誘発実験の初日です。これまでの 3 日間の習熟実験のときは，必ず信号は青だったんですね。ところが「今日からエラー実験に入りますよ」と言った初日に，発生させました。

被験者は A さん，男性で 34 歳。当該被験者は常習的に指差し喚呼を行わない。リーソンによれば違反行動ということになりますけども，指差し喚呼を行わなかった。その他の 5 名の被験者はすべて，インストラクションを守り，指差し喚呼を実施し，列車を誤出発することはありませんでした。じゃあこれがどんなふうに起きたか，実際に VTR を見てみましょう。

《ビデオ開始（掲載省略）》

ちょっとやる気ないよね。何か，話を聞いたら午前中テニスをやってきたということで，やる気ないのみえみえですね。指差し喚呼やってないでしょう。目と手が合ってない。今，ブレーキを戻し，ノッチを入れました。入れました。「あっ」，ブレーキを入れ止めました。出発信号機は赤を現示していますね。彼は信号を注視していますね。信号機の現示が青に変わりました。再度ブレーキを戻し，ノッチを入れ，再発進しました。今度は目がしっかり信号を見ています。今度はしっかりと信号を見ていますね。しっかりと信号を見てます。ちゃんと指差し喚呼もできています。先ほどと比べればちゃんと指を指して注意する方向を見ています。彼は，やらない，できないんじゃない，やらないのです。要求されている確認作業を行わないと，事故は一発で起きます という例です。



ヒューマンエラーに起因する誤出発事例発生過程

Figure 8

《ビデオ終了》

じゃあ，今見てきた事例を図解してみましょう (Figure 8)。どうして起きたか。個人の価値観とか考え方はもちろんありますけども，実際にその背景要因として過去 3 日間，習熟訓練では 10 駅区間，発進・停止，発進・停止の繰り返しを行います。そのときは常に信号は青（進行）でした。そういう中で条件づけられているんですね。過去 216 試行で指差し喚呼しなくとも問題なかったんです。しかしながら実際の作業を行うにあたっては，作業標準に従って指差し喚呼を実施しなければなりません。指差し喚呼をしないから状況の確認が抜けることにより，信号誤認を起こしてしまいます。結果として見誤り・見落としが生じます。他の 5 名の被験者はすべて指差し喚呼を行っていました。彼らはちゃんとこのときも指差し喚呼をやっていて，「前方信号赤，停止」ということの手順を取って発進させなかった。反面，日常的に指差し喚呼をしてない者はどうだったかというと，実験の初日，午前中は何とか指差し喚呼をやってました。ところが午後は発声音がない。2 日目以降は，目と指が指す方向が一致しない。形だけやってます。ここで「～だろう」運転が定着し，状況の確認もしないままに発車してしまった。これは実験上ですから全然問題ありません。問題ないんですけども，もしもこれが実際に生じた場合には，大きな始末書です。こういう形で見えないものを見せてくれることが，シミュレーション技法の利点といえます。

大幅な停止位置不良事例

また別の例を見てみたいと思います。6 名の被験

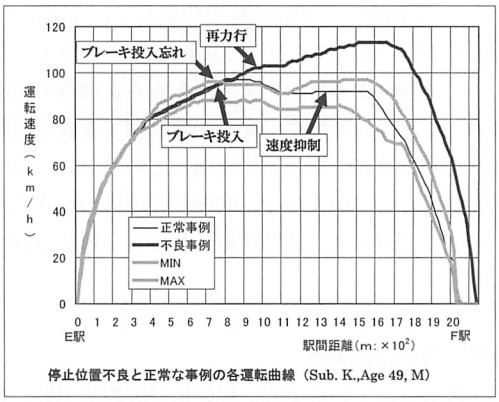
者の中でも模擬運転が最も安定していた人で，ほとんど停止位置不良も起こさなかった被験者 B さん，49 歳が引き起こした，停止位置を 100 m 以上も行き過ぎる大幅な停止位置不良の事例です。模擬運転にも慣れてきた習熟実験 2 日目の午後 2 時 30 分頃，午後のまどろみの時間といわれる時間帯で，サーカディアン・リズムも一時的に低下する時間に被験者本人にも説明ができない形で，エラー行動を起こしました。ちょっと VTR を見てみましょう。

《ビデオ開始（掲載省略）》

これからご覧いただきます場面は，左カーブの下り勾配 25 パーミル（‰）を含む場面です。普通百分率は 100 分の 1 ですが，鉄道の場合は 1000 分の 1 なんですね。それでパーセント (%) ではなくてパーミル（‰）を用いています。1000 分の 25 度の角度で下がっていく，下り勾配です。自動車の場合も勾配 20 度というとかなりきついです。列車の場合もかなりきついんで，速度を落とさなきゃならない区間です。今左カーブで下がっていきます。(中略)……。通常はブレーキをかけ減速しますが，逆にノッチを入れ，加速しています。今，ブレーキを入れて減速しています。前に駅が見えました。ああ，もう駄目だという顔をしてる。「あっ」，止まれない，非常ブレーキをかけたら，運転士には打つ手がありません。そのまま行って車両が止まることを待つだけです。(中略)……。駅を通過していますので，列車は逆転器を使って後退運転をし，正常の停止位置へと列車を戻しています。

《ビデオ終了》

VTR で示した場面を振り返ってみましょう。今見ていただいたのは E 駅と F 駅の間で起きた事例です。これはランカーブ (Run-Curve) と言って，運転曲線なんですね。つまりこの E 駅と F 駅のそれぞれの駅は，必ず何分何秒で走行すると決まっています。図中，縦軸は運転速度を示しています (Figure 9)。横軸は駅間の距離を示しています。駅間には大体いつも同じ運転曲線パターンというのがあるんですね。運転に対する曲線のパターン。それが乱れたときに事故が起きます。この場合，この被験者 49 歳の方は，大体この灰色の上と下とで 2 本ありますけども，この人が行う行動の振れ幅を示しています。この範囲の中であればほぼ正常に停止できます。この方が起こしたこの細い黒い線は，エラー

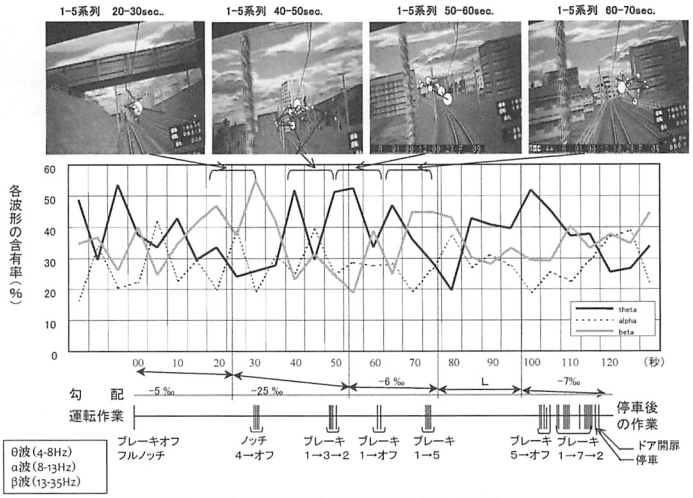


停止位置不良と正常な事例の各運転曲線（Sub. K.,Age 49, M）

Figure 9

を起こした 1 回前の試行のときの結果です。ちゃんと通常のいつもの通りにこの速度曲線が収まっています。つまり停止位置にぴちっと止まれた。ところが午後の 2 系列目（14 時開始）の試行時において，通常はブレーキを投入するところでブレーキの投入を忘れるというエラー行動が見られます。ほぼ 14 時 20 分かそのあたりですね。その中で，当然速度はそのまま増加していきます。加えて，今度は課されていない，つまり要求されていない課業として，再力行というアクセルをかける加速行動を取ってしまった。結果として速度はさらに上昇し，駅接近に気がつき慌てて非常制動，最大のブレーキをかけて止めようと努めました。しかしあとは物理の慣性の法則で行ってしまう。車両 1 両約 33 m ありますから，100 m というと大体 3 両ぐらいになります。

成功したときと失敗したときで，その人がどういう状態にあったかというものを見てみましょう。図中の上段は注視点パターンを示し，図中の中段は，脳波の含有率を示しています (Figure 10)。さらに下段は，模擬運転操作におけるパフォーマンスと線路の形状で，これらの指標を時系列で表示しています。中段の脳波の含有率を中心に見ていくことにしましょう。図中の太い線がθ波と呼ばれる波形の含有率。灰色で示した線がβ波と呼ばれる緊張波。それから，この点線であるのがα波と呼ばれる線の結果を表しています。皆さんご承知のように，θ波はまどろみの状態の際に多く見られます。今会場におられる皆さんの状態も午後のまどろみの時間帯ですので，θ波がかなり出ていると思いますが，これが高くなるとウトウトとなります。他方，何か考え事



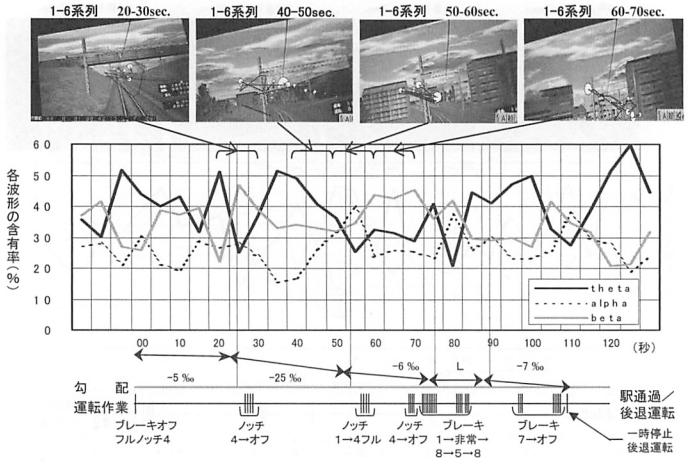
E駅-F駅間の運転作業と各脳波の含有率との関係
（sub.K.,Age49,13:15-13:18p.m., 正常事例）

Figure 10

をするときには，この緊張波のβ波が立ちます。ブレーキとか，ノッチを入れる前には，必ずこのβ波が立ちます。それから30秒あたりで，つまり下り勾配に入ってきますので，速度を抑えるためにノッチを切る。そのときにちゃんと緊張波が立って，確認行動を取っています。それからずっといくとブレーキをかけてしまうと，今度は少し緊張感が低下し，スーッと眠気が出てくる。つまりやることをやってしまうと，我々は緊張を落としていくことが見られます。決して人間は同じレベルで注意力を持続はできません。様々な波を持ちながら一定の水準を維持することで実際の作業を行っています。

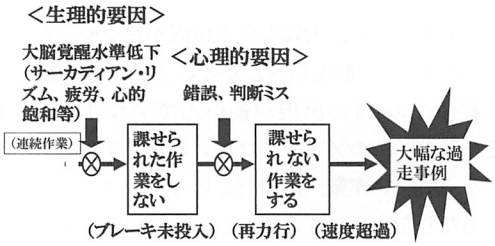
上が注視点記録のパターンですね。目がどこを見ていたかというと，大体信号機を見ています。それから左カーブを進行中は視線が線路に沿ってその先，先へと順次送られ，進行方向を確認している様子が読み取れます。右カーブに向かう際は，進行方向前方の地平線を起点とし，視線を右方向に頻繁に向け，建物に隠れ死角となっている右方向から情報を取ろうとし，チラッチラッと右前方の様子を把握するようなのぞき込みの行動を取っていることが読み取れます。このような行動は，我々が行う先の状況を把握するというための予測の目線です。そういうものを取っているときは，行動というのは非常に安定し，ちゃんと環境に適応した行動が取れています。

じゃあ，一方，大幅な停止位置不良をやったときに，どういう行動を取ったかということを見ますと，比較的このθ波の出現が長いんですね (Figure 11)。それから，このノッチオフはいいんですけども，やらなくていい作業，再力行といった，ノッチを入れたあたりを少し見てみますと，十数秒間にわたってずっとθ波が出てくる中で，少し「ウトッ」としてますね。このウトッとしてるときに，スッとα波が立って気持ちよくなってる。ジェットコースター効果で「フーッ」と，気持ちがよくなります。その直後に急にβ波が立ってきてる。何か判断が始まったんです。何か考えたんです。考えるのはいいんだけれども，考えたときに誤った行動を取ってしまった。ということは，何か錯誤した可能性がある。そういうことを繰り返していって，おかしいな，おかしいなと困惑している様子が読み取れます。視線で見ると2点間往復運動で，どうしてるのかなと目が宙を舞うという，そんな感じが読み取れます。明らかにのぞき込みという確認行動が出てこない。狼狽という……，狼狽。目がキョロキョロと動く。そういう中で事故を起こしてしまった。被験者のBさんに，この大幅な停止位置不良事例が生じた直後に，「どうかしましたか？」とインターコムを通じて尋ねたら，「すべての駅に止まるんでしたよね」，と本人は自分でもわからないというように首をかしげながら言うんですね。つまり多くの場合，人は事故原



E駅-F駅間の運転作業と各脳波の含有率との関係
（sub.K.,Age49,14:27-14:31p.m., 停止位置不良事例）

Figure 11



ヒューマンエラーに起因する大幅な過走事例発生過程

Figure 12

因を適切に説明できません。事故原因を論理的に説明できたら，通常は事故になっていません。

図解してみましょう (Figure 12)。連続で単調な作業が連続している中で，生理的要因としては大脳の覚醒水準の低下，サーカディアン・リズム，疲労，心的飽和等が生じる中で，我々は何とか頑張って作業しています。その中で，「ふっ」と，課せられた，要求された作業ができないということが生じます。その後，β波が立ちます。ここで次の駅までの距離が長いような距離の錯誤（判断ミス）が生じたのか，あるいは，勾配の錯視という現象が起きた可能性が予測されます。勾配の大きな下り坂から緩い勾配の下り坂を見た場合，前方の緩い勾配は上りに感じられるんですね。それで速度を上げた可能性があります。いずれにしても錯誤と思われる判断ミスが起き，まずいと思った本人は，やらなくていい作業，つまり再力行をして速度を上げてしまった。その結果大幅な速度超過が出て，取り返しがつかないことになりました。

こういうふうにシミュレーション技法を使うとエラーの発生過程が可視化できます。

驚愕に基づく作業手順の省略事例

最後になりますけども，驚愕に基づく作業手順の省略事例をお話しします。これはどういうことかと言うと，ビックリしたときに，我々は間違いますよという事例です。ビックリ仰天。どういうことかと言いますと，習熟運転 3 日目の午後，正常に駅構内へと進行中に突然 ATS（列車非常停止装置）が起動して，運転台にベルが鳴り響いた。そして，列車が止まってしまった。本人は一瞬何が起きたかわからず狼狽してしまった。今まで何らかの問題にも遭遇せず，安心感の中で列車を運転してきましたが，突然ベルが鳴り響き，被験者 C は，驚愕動転し，とにかく鳴動している ATS のベルを止めなきゃということに行動が向かい，鳴動している ATS のベルを一時解除しました。ここまではいいですね。次に停止位置の手前で止まっていますから，とにかく所定の停止まで列車を動かさなきゃいけないと考え，所定の位置まで列車を運転させました。停止後，盛んに首をかしげながらも納得したような表情をして，「フッー」と緊張感を緩めました。彼は ATS の鳴動するベルを止めるため ATS を一時解除し，列

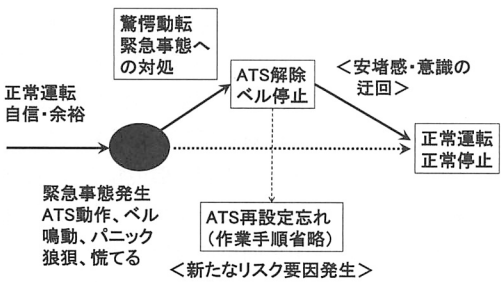
車を所定の位置に停止させ，次の発車に備えましたが，解除したATSの再設定はしませんでした。ATSは設定してあってはじめてATSなんですが，ATSを一時解除したら必ず再設定をしておかないと，次のリスクが生まれてきちゃうんですね。別の事故発生のリスクが生まれます。特にこのシミュレータのシステムは，A鉄道会社のシステムで，これは駅の通過防止を防ぐために，駅中央からは時速15 km以下の進行をしなければならないのですが，速度超過をする場合にはATSが起動します。それは実験前の研修で，被験者は何回も練習しておいたものです。それではVTRを見てみたいと思います。

《ビデオ開始（掲載省略）》

（前半部省略）……。（駅進入状況）余裕ですよ。余裕。これで行けるという余裕で……。突然ATSが起動し，ベルが鳴動し，被験者は慌てています。「しまった」と思い，被験者はおもむろに立ち上がり，今，ベルトを引っ張りATSを解除しました。次に列車を所定の位置まで進めました。一息ついて次の発車に備えています。しかし，ATSは切れたままで，再設定していませんね。

《ビデオ終了》

今の事例を図解してみますと，正常な運転ができており，本人も自信や余裕を持って駅に進入している様子が読み取れます(Figure 13)。我々は，通常頻度の少ない作業や細かい作業手順等に関しては，作業標準も部分的に失念することがあります。記憶の部分的な喪失が起こる。これで大丈夫だろうという安心をしていたところ，エマージェンシー，緊急事態が発生すると，激しい情動が喚起され，パニックで狼狽し，慌てることは誰にでもあります。緊急事態に遭遇すると，人は取り敢えず驚愕動転時の緊急事態の対処として，とにかく目の前のベルを止めなきゃというところに行きます。当然ですけども。そうするとATSを解除して，ベルが停止する。これで強い緊張感が緩み，ちょっと安心するんですね。で，とにかく最後の目的である停止位置まで列車を持っていかなきゃいけないと考え行動します。驚愕という強い情動が喚起するとともに，とにかく緊急事態を脱出しなければならないと考え，目の前の事態の収拾へと意識が向かいます（意識の迂回の発生）。その後，緊張の緩みが生じ，必要な課業であるATSの再設定を忘れてしまうという事態が生じました。本来ならばATSを解除したら必ずATSの再設定をすることが必要で，そのまま走行した場合はATSのない状態，新たなリスクが発生する状態を生んでしまいます。強い情動反応が生じる緊急事態では，とにかく目先の対処に追われます。シミュレーション技法を用いることで，我々が取る行動の過程を分析することができていく。こういう意味で，行動分析を進めるための例をちょっとお話しいたしました。



驚愕動転に伴う作業行動の省略

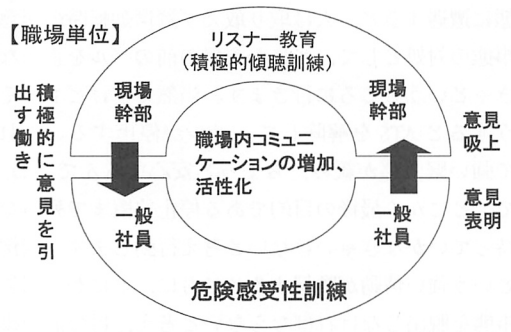
Figure 13

危険感受性訓練法を用いた脳内コンピュータ活用研究

最後にローテクノロジーの話もちょっとしておきたいと思います。

ここでは危険感受性訓練法を取り上げ，写真により提示された課題に対し，被験者各自が頭の中で自分が今後取るであろう行動について考え，最終的な結論を得るまでのシミュレーションを行うという例をお話しいたします。研究はA鉄道会社の2つの運転区を対象とし，そこに所属する助役，指導担当，および列車運転士延べ306名の参加を得て，アクションリサーチ方式で行った事例をお話しいたします。本研究では，職場内コミュニケーションの活性化を図るため，職場構成員すべてを教育対象者としました（2005年4月～2006年12月）。一般に安全教育が実施される場合は，上司が部下に対して一方的に教育を与えるという形ですが，ここでは，組織メンバー全員が考える教育というものを目指し，1名の区長を除き，運転区に所属するメンバーすべてを対象としました。

職場風土をより安全な方向へと向けていくために



職場安全風土醸成プログラムの構造

Figure 14

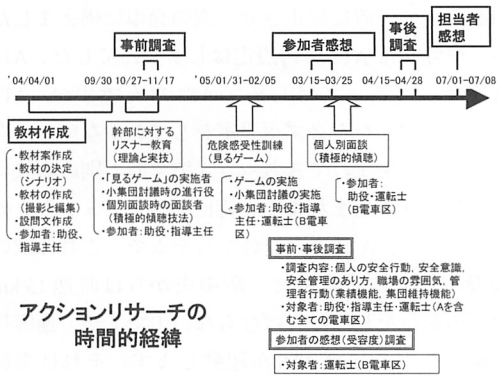


Figure 15

は，管理職の方にも変わってもらうことが大切です。管理職の皆さんと部下である列車運転士の皆さんとでは，当然職務内容が違いますので同じ教育手法は使えません。管理職の方にはリスナー教育を課し，一方列車運転士の方には，実際の現場に潜在する危険（リスク）に向けての感受性を向上させるための危険感受性訓練への参加を依頼しました (Figure 14)。

本研究のねらいはメンバー各自の行動変容を促し，結果として風通しの良い職場をつくることを目指すものです。風通しの良い職場に欠かせないことは，職場内のコミュニケーションが活発になることです。一般社員は危険に対する感受性を磨きましょう。磨いていくと，いろんな職場環境に潜在するリスクに気づくことができるでしょう。次の段階では，作業環境に潜在するリスクを感じたならば，それらを幹部に伝えられるようにしましょう。他方幹部の皆さんは，積極的傾聴訓練を受け，列車運転士の皆さんが感じたことを言いやすい雰囲気をつくっていただくようにしましょう，ということをねらいとしました。部下である運転士の皆さんは自身の感受性を磨く訓練を通じ，運転作業環境が抱える危険を同僚・先輩や上司に伝える。管理職は部下の考えを受け止めることになります。このような職場内のコミュニケーションを回すことを意図しました。まずはじめに，教材を管理者の皆さんと一緒に作成しました (Figure 15)。次に幹部に対するリスナー教育を行いました。その後リスナー教育を受けた幹部が部下の運転士に対して感受性訓練という，ここでは「見るゲーム」と呼びますけれども，ゲームを実施します。調査は，危険感受性訓練の効果測定について，事前調査と事後調査でチェックをしました。

危険感受性訓練の仕組みですけども，実際に列車運転士が日々運転する場面を写真撮影し，それらを提示し，被験者に「あなたはならばその場面の中でどういう運転行動をしますか？」ということを，問いかけます。次にその写真を見ながら小集団討議の場に移行します（数名～十数名で構成）。ゲーム後の討議では，まず自分の考えを述べることが求められます。次に同じ場面について同僚や先輩の意見を聞く機会を被験者に提供します。そうすると，必ず場面を見る視点や環境知覚に差異が生じてきます。討議を通じ，彼我の差を考えることを求め，最終的により安全な行動について考えを深めるという手続きを取りました。後日は個別の安全カウンセリングを行い，より定着を図っていくという仕組みです。

今回は，対象者が列車運転士の方になりますので，列車運転台から撮影した写真，日常運行している運転場面を教材とし，部分的に写真の内容を変更しました。例えば信号の現示を変えたり，踏切際に人を立たせたりという小細工をし，見るゲームの教材を作成しました。1つの場面に時間的，距離的に連続した2枚の写真を用い，10秒ずつ順次被験者に提示します（自由観察）。一場面の観察が終わった直後に，今見た写真に対してどういう状況だったかについて質問をします。設問は環境知覚と運転行動に関して4問ずつ設定しています。　各場面を提示する前に，状況説明を簡単に行いシナリオに沿ったイメージをつくらせます。例えば，上り回送列車を担当し，○○構内5番線へ進入し，そのままストップまで担当するつもりで見てくださいというも

のです。我々素人が見たら見るべきポイントがどこにあるのか，どこを見ていいかわかりません。ところがプロの方は，例えば線路の分岐器の開通方向，つまり線路がどちらに開いているのか，というところまで見ているんですね。やはり素人とプロの目の付けどころは全然違いますね。これはテストではありませんから得点化，スコアリングはできませんが，質問の構成としては，環境知覚力の高低，それから行動面での事故回避か，危険敢行かという形式を取っているため，被験者の特性を大掴みですが描くことはできます。各人の回答結果は，後日行われる個別の安全カウンセリング時に使用します。ちょっとビデオを見てみましょう。

《ビデオ開始（掲載省略）》

今回は，職場会議中の20分間をお借りし，見るゲームを行い，直後に小集団へと別れ，危険感受性訓練を実施しました。今は図版を見終わった後で質問に回答しているところです。見るゲームはこのように20, 30人いっぺんにやりますけども，その後は，小集団は10名前後ぐらいでグループをつくって行います。（中略）この場面は，小集団討議の場面で，見るゲームで用いた写真を見ながら，自分ならこのような行動を取りますと，話しています。管理職のファシリテーターが隣の人の意見を聞いてみましょうということで，他の討議参加者へと話題を振っていますね。複数の意見が出てきますと，意見に違いが出てきます。ファシリテーターは違いが出てきたら，なぜ違いが出てきたかを考えていただくように仕向けていきます。もちろんファシリテーターの性格や特質によって雰囲気が違ってきます。加えて若手だけが集まった場合と年配者がいる場合でも違うんですけれども，ゲームと討議を通じ，各人は提示された写真の中に存在するシナリオに気づいていきます。実際に場面を繰り返し見ていく中で，安全とか，危険というのを考えるようになっていきます。本研究のねらいは，安全か危険かを教えることではなく，状況の推移を読み取り，目には見えませんが状況が内包するシナリオに気づき，自らが安全のためにどのような方法や行動を取ることが重要であるのかを，考えるように仕向けて行くものです。

《ビデオ終了》

事後調査において入手しました自由記述の感想文ですけども，いくつかお示しします。はじめに30歳前半，勤続7年から10年の方の感想を見てみましょう。「つい画面の中央ばかりが気になってしまい，周りの変化に気づかない場合があり，進路確認の仕方に問題があったか」と思ってしまった。写真を見てるだけですが，こういうことに気づいてくれるんですね。「今回行った場面の場所で，『この部分が危険だな』と感じ，今後の事故防止の参考になりました。次回も行ってほしい。」とも表明してくれました。ここでは，環境知覚のあり方への振り返り，潜在する危険源への気づき，そんなものが読み取れます。次は40歳後半で勤続21年以上の方の例です。「普段見慣れている場所や様々な状況において，事故の要因となる危険がたくさん潜んでいる」ことを感じた。たった2枚の写真，それだけなんですよ。「また，ポイントを押さえた見方の工夫や確認の重要性についても再認識した。今後も強い事故防止意欲……。」を感じた。この方も自身が日常行っている環境知覚のあり方への振り返り。自分自身が環境をどう見ているのか，ということに気づいた。それから潜在危険源への気づき。こういうものが見られました。最後に，運転経験が3年未満の若い方では，「大変興味を持ちながらのゲームとなった。また，他の先輩との意見交換の場ともなり，貴重な情報の入手に成功できた」と感想を述べていました。経験年齢に差異はあり，各人が感じるものは異なっていますけれども，基本的には自分自身が環境をどのように見ているのか，自分自身で環境を読み取り，そこに内在するシナリオに気づき，自分自身の行動傾向を振り返ることができたという結果になりました。

事前と事後の調査の項目の間の比較をしますと，次のことがわかりました (Figure 16)。全部で70ぐらい項目があったのかな。そのうち運転士自身が自己評価として行った，事前と事後への回答結果を比較しました。非常にプリミティブなt検定結果でありますが，事後改善が見られたものは次の通りです。その中で面白いのは，「上司への相談機会が増えた」ということで，上司と部下における職位がもたらす対人関係の緊張感が低下したことを示唆する結果が見られました。一方，もっと面白いのが，他者評価の結果です (Figure 17)。現場の幹部は部下の行動をどう見てたかというと，部下は確認行動を省

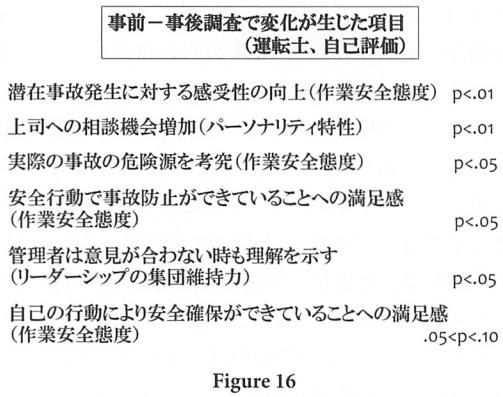


Figure 16

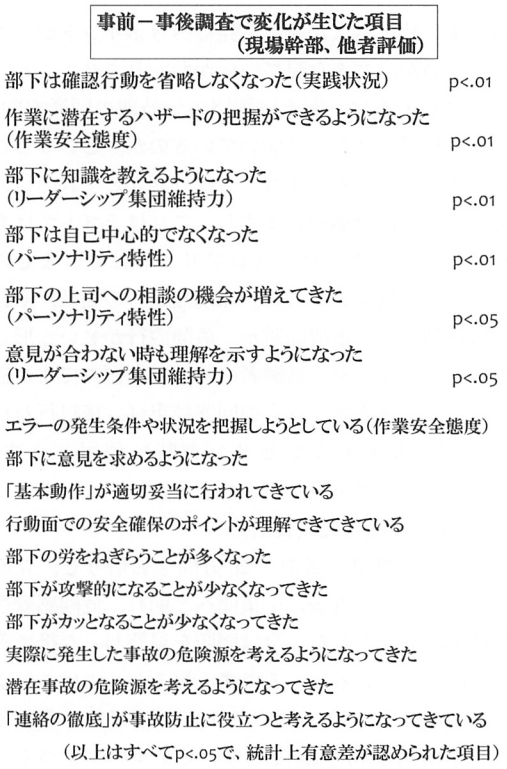


Figure 17

略しなくなったと回答しています。それまで現場の幹部は部下に対して，基本動作の励行を実施するように繰り返し言ってきたんだけども，事後はほとんど言わなくなったということです。この結果によれば，上司から言われなくとも自らが基本動作を実践できるようになってきたということを示唆しています。さらに面白い結果は，本研究で用いた訓練方法は，何も感情に関する，情動に関するトレーニングをやってないんですよ。ところが，部下は自己中心的でなくなったという結果が得られました。次に，部下から上司への相談の機会が増えてきたと回答しています。この結果は，自己評価をした部下の運転士の側からも，上司への相談の機会が増えたということは先ほどもお話ししましたが，部下も上司も同じ方向にベクトルが向いてる。つまり，おそらく職場内のコミュニケーションが活性化されてきたというふうに見ることができると思います。さらに興味深い結果としては，「攻撃的になることが少なくなってきた」，「カッとなることが少なくなってきた」という点で，感情に関するトレーニング，何もやっていないですけれども，こういう一連の手順の中で人は変わっていきます。おそらくそれは頭の中で環境の推移がもたらす文脈（シナリオ）や環境に直面している自分，さらにはそこで自分が取るであろう行動等を含め，場面全体のシミュレーションが各自の脳内で生じていることが推論されます。つまり自らが自発的に安全－危険ということを考え始めてるんですね。これらの結果は，当然，因子構造の変化にも見られました。最も3カ月間の短期間の比較ですので，全体としては大きな変化は見られませんが，職場の雰囲気の改善という因子が事前と事後で変化し，事前では第6位の因子だったのが，事後では第5位に上がり，因子寄与率も上がってくるんですね。つまり，各自の行動の変化が職場環境の改善に寄与してきたことが推察できました。

このようなローテクノロジーを利用した，人間の脳内コンピュータの活用訓練を行うと，「基本動作」の励行といった行動面の変容が自発的に行われ，結果として作業に対する手抜きが減ってくるんですね。加えて，上司と部下との心理的な距離が縮まり，易怒性の減少，職場の人間関係がもたらす緊張の緩和や雰囲気が改善される。このような結果として職場風土の改善が図られてきます。さらに運転士ばかりか，現場の管理職にも安全に対する考え方，部下や上司に対する接し方に変化が出てきて，職場全体が明るくなってくる。一方，一般職の運転士が潜在危険を考え始め，主観的な危険判断（危険感受性）を向上させて，潜在危険源（リスク源）への気づきというものが見られたということになります。

今回は比較的ハイテクノロジーを使ったシミュレーション研究と，ローテクノロジーの視聴覚教材

を使った認知学習によるシミュレーション研究の事例をお話ししてきました。

今後応用心理学の課題として，また課題解決を目指す応用心理学において必要なことは，従前の研究方法に加え，シミュレーション技法を使うことは，より有効ではないかということをお話しさせていただきました。ちょっと時間が超過してしまって申し訳ありません。今日お話しさせていただいたことが，皆さんのご研究や業務にとりまして何らかの参考になれば幸いです。長時間にわたりご清聴いただきまして有難うございました。

以上で終了いたします。

主な引用・参考文献

深澤伸幸 1998 15章　事故者への対策　三隅二不二・丸山康則・正田　亘(編)　応用心理学講座2，福村出版，p. 248

深澤伸幸他 2003 列車運転シミュレータ上で発生するヒューマンエラー，鉄道総研報告 (RTRI Report), **17**(1), 15-18

深澤伸幸 2005 リスク・パーセプションと人間行動，高文堂出版

深澤伸幸 2005 脳波の変動と反復作業時のヒューマンエラー，労働の科学，**60**(8), 45-49

深澤伸幸 2014 ヒューマンエラーの心理学入門―エラー行動の理解と対策に向けて―，国際文献社

深澤伸幸・赤塚　肇・喜岡恵子 2007 職場の安全風土醸成に向けた教育プログラムの開発，鉄道総研報告 (RTRI Report), **21**(5), 5-10