

指差喚呼のヒューマンエラー防止効果体感プログラム

重森 雅嘉* 佐藤 文紀* 増田 貴之*

Experience-Based PC Learning System for Human Error Prevention by Point and Call Check

Masayoshi SHIGEMORI Ayanori SATO Takayuki MASUDA

We developed an experience-based software for human error prevention using the point and call method. The point and call method prevents human error by five functions. A learner is able to experience each error prevention function using the tasks in our software, which correspond to the five functions. We also validated the effectiveness of this software in the training for conductors and train operators. We compared the respective mean subjective ratings for five point and call method functions between before and after training. The result indicated that the learners were more convinced of the human error prevention effectiveness of the point and call method after the training than before it. Some railway companies use the software in their safety education and training programs.

キーワード：指差喚呼，ヒューマンエラー，安全教育，事故防止

1. はじめに

指差喚呼は、「確認や操作の対象を指差し、対象の状態や操作内容を発声する確認方法」である¹⁾。運転士の信号確認だけでなく、ホームの安全確認や作業後の確認など、さまざまな場面で用いられている。

指差喚呼は鉄道で広く活用されているエラー防止対策であるが、指差喚呼が適切に実施されなかったために防げなかったヒューマンエラーがヒヤリハット報告などでたびたび報告されており、実施が徹底されていなかったり、形骸化したりしている可能性がある。指差喚呼が適切に実施されない理由には、指差喚呼によりエラーが防止できるという感覚が得られにくいことが考えられる。指差喚呼が防止する主なヒューマンエラーは確認ミスであるが、信号の色を見分けるなど確認自体は簡単なことが多く、見間違いをすることはまれである。このため、指差喚呼により確認ミスが防止されているという感覚を得ることが難しい。

そこで、指差喚呼のヒューマンエラー防止効果を体感するソフトウェアの開発を行った。これは、パソコンで課題を行い、指差喚呼を行わない場合にエラー率が高まることを体感し、指差喚呼の重要性を学習するものである。本稿では、開発したソフトウェアの概要と実際の研修においてソフトウェアの有効性を検証した結果について述べる。

2. 指差喚呼のヒューマンエラー防止効果

指差喚呼により信号色に合わせたボタン押し課題のエラー数が減少することが確かめられている^{2)・3)}。また、指差喚呼がヒューマンエラーの防止に役立つ理由としては、次の5つが挙げられている。

- (1) 指差は、自己を対象に近づけ、刺激を正確かつ鮮明に網膜に伝える⁴⁾ (指差の視線停留効果)。
- (2) 喚呼は、名称を思い出して言うため意識を対象に集中させ記憶の形成を助ける⁴⁾ (喚呼の記憶強化効果)。
- (3) 指差と喚呼の併用は、視覚・聴覚などの動員により認知の精度が高まる⁴⁾ (喚呼のエラー気づき効果)。
- (4) 顎や手や腕の筋肉運動が刺激となって大脳の活動レベルが上がる⁴⁾ (指差喚呼の覚せい効果)。
- (5) 知覚・反応間へのタイムラグの挿入による、焦燥反応の抑制³⁾ (指差による反応遅延のエラー抑制効果)。

3. 体感プログラム

指差喚呼の5つのエラー防止効果のそれぞれを体感するためのプログラムを開発した。プログラムは、①課題の実施、②結果のフィードバック、③内容の解説の3つから構成される(図1)。課題は、まずヒューマンエラーを体験し、その後、指差または喚呼をしながら同じ課題を実施することにより指差喚呼のヒューマンエラー防止

* 人間科学研究部 安全心理研究室

特集：人間科学

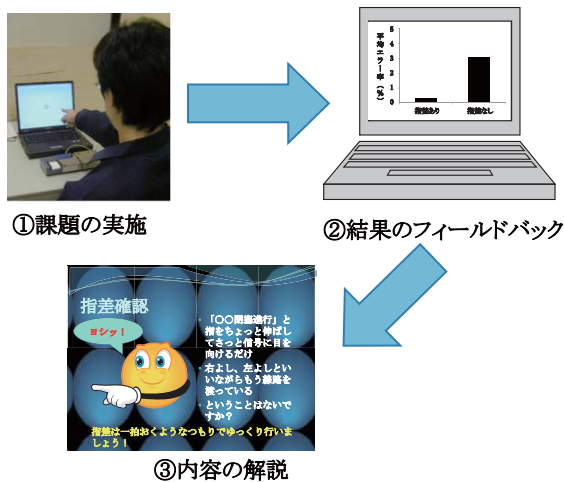


図1 指差喚呼のヒューマンエラー防止効果体感プログラム

効果を体感するものである。結果のフィードバックは、指差や喚呼あり条件となし条件のエラー率の違いをグラフで示す。想定している結果は、指差や喚呼あり条件の方が、エラー率が小さいというものである。ただし、人によっては、差がほとんどないか逆転する場合があるため一般的な結果も同時に示す。解説は、エラー課題および指差喚呼のエラー防止効果と実際の作業や事故との関連を説明する。

4. 体感課題

体感課題は、指差喚呼のエラー防止機能に合わせ、認知心理学で用いられているものを基に作成した(表1)。これらの課題が認知心理学的な研究で用いられる場合は、時間の制約も少なく、多くの被験者を含むグループ間の平均値の差が検討対象となる。しかし、体感課題では、短時間に、できるだけ多くの受講者に指差喚呼の有無による効果を体感してもらう必要がある。このため、試行を重ねて改良を行った。点数え課題は、画面に散らばった点を数える課題であり、指差なしとありの結果を比較することにより、指差による視線の停留による見間違い防止効果を体験する。日常、何かを数えるときに指を差すことが多い。これは視線が細かな点のそれぞれに

表1 指差喚呼のヒューマンエラー防止効果体感課題

指差喚呼の要素	指差	エラー防止機能	視線の停留	点数え
			行為の遅延	じゃんけん
	喚呼		記憶の強化	色記憶
			エラーの気づき	瞬時判断
指差喚呼	覚せい維持	時計		

惹き付けられ不安定になるのを防ぐためである。点数え課題は、このような場面を模したものであるが、指差の効果を明確に体感するためには、点の数や密度、数えるための時間などの設定が難しい。今回、体感に最適な点のパターン等は実験を繰り返すことにより決定した。じゃんけん課題は、親が出した手に負ける手を後出しで選択する課題であり、指差なしとありの結果を比較することにより、指差による行為の遅延が習慣化されたエラーパターンの出現を防止することを体験する。後出しで負けるじゃんけん課題は、勝ち手を出そうとする普段の習慣と異なる場面で柔軟な対応を求められるものである。遊戯等でも用いられるものであるが、習慣的なパターンが非常に強く現れるものであるため、今回、PC上で実施できるように工夫した。色記憶課題は、画面の中央に提示される色と同じものを下の選択肢から選ぶと同時に数個前の色を覚えておく課題であり、喚呼なしとありの結果を比較することにより、喚呼により行為が記憶に強く残ることを体験する。色記憶課題は、認知心理学ではn-Back課題と呼ばれ一時的な記憶を研究するために用いられるものである。喚呼による記憶効果は明確に現れるが、喚呼なしで実施する場合にも心の中で色名を喚呼してしまう人がいる。この場合、喚呼なしとありの差ははっきり見られなくなってしまうため、ソフトウェアでは最後にザザザザと言いながら課題を実施してもらい、心の中の喚呼を妨害する条件を作成し、結果をフィードバックするようにしている。瞬時判断課題は、次々登場する敵キャラクターをキー押しにより消すと同時に、まれに現れる味方キャラクターは消さない課題であり、喚呼なしとありの結果を比較することにより、喚呼によるエラーの気づき効果により押し間違いが防止されることを体験する。これは、認知心理学では、ゴー/ノーゴー課題と呼ばれ、衝動性の研究に用いられる。短時間で体感効果を明確に表すために、時間制限のバーを上部に明示し、タイムプレッシャーを与えるようにした。時計課題は、時計の秒針を監視しながら、まれに秒針が2目盛まどめて飛ぶ現象(ターゲット)を見つけてキー押しをする課題であり、指差喚呼なしとありの結果を比較することにより、指差喚呼がぼんやりするのを防止し、見逃しエラーを防ぐ効果を体験する。これは、心理学ではヴィジランス課題と呼ばれるものである。しかし、実験で用いられるときには、ぼんやりした状態を作り出すために30分以上実施されることが多い。今回、体感課題として4、5分でこれを実施するようにしたため、指差喚呼の有無によるターゲットの見逃し率に違いはほとんど生じないものになった。しかし、指差喚呼なしで監視した場合にはターゲットを見逃したかもしれないという不安感に強く苛まれる。このため、体感課題では、見逃したかもしれないと感じたときにも別のキー押しをす

るようにし、課題実施後に不安感を測るアンケートに答えることにより指差喚呼の覚せい効果をはっきり示すようにした。

5. 体感プログラムの効果検証

5.1 目的

開発した指差喚呼のエラー防止機能体感システムを用いた研修を受けることにより指差喚呼の個々のエラー防止機能に対する認識が高まるかどうかを確認しておく必要がある。そこで、本システムを用いた研修の有効性を確認するために、鉄道会社の実際の研修において調査を行った。

5.2 方法

2010年10月13日～2010年12月15日に某鉄道会社において実施された車掌および運転士研修において本システムを用いた研修を行い、研修前後にアンケートを行うことによりシステムの有効性を検証した。

5.2.1 対象者

車掌研修および運転士研修を受ける鉄道会社社員745名（このうちアンケートの記述に不備のあった9名のデータを分析から外したため分析対象としたのは736名）であった。

5.2.2 手続き

講師1名が教師卓でスクリーンに映したシステムの画面を用い、システムの操作法および課題の実施法を学習者に指示した。1回の研修における学習者は約35名であった。

学習者はまず各自のパソコンの前に座り、講師の指示により事前アンケートに回答した。その後、課題の一つを実施し、グラフによる結果のフィードバック、課題の説明を受け、体感した指差喚呼のエラー防止効果について仕事場面での考察を行った。次に指差喚呼の5つのエラー防止機能についての説明を受け、最後に事後アンケートに回答した。これらの手続きに要する時間は20分から30分程度であり、研修時間に余裕があった場合はその後別の課題を体験した。

各研修で実施する課題は、どの課題もほぼ均等な人数がデータとして集められるようにした他はランダムに決めた。

5.2.3 アンケート

事前事後のアンケートでは、個々のエラー防止機能に対する認識を5段階評価で回答させた。質問項目は、「指を差した方が、差さないより視線や注意が確認対象にちゃんと向く」（指差による視線・注意の停留）、「指を差した方が、差さないよりゆっくり確認することができる」（指差による行為の遅延）、「喚呼した方が、しないよ

り動作が記憶に残る」（喚呼による記憶の強化）、「喚呼した方が、しないより失敗に気づきやすい」（喚呼による失敗の気づき）、「指差喚呼した方が、しないよりぼんやりしにくい」（指差と喚呼による覚せい維持）であった。いずれの項目も自分にどのくらい当てはまるかを、「1. まったく当てはまらない」、「2. あまり当てはまらない」、「3. どちらとも言えない」、「4. やや当てはまる」、「5. 非常に当てはまる」のいずれかの番号に丸を付けることにより回答させた。

5.2.4 講師

研修の講師は研修を実施した鉄道会社の研修担当社員が行った。研修を担当した講師は、事前に鉄道総研職員によりシステムの操作法や講義内容などの説明を受けた。

5.3 結果

各課題を受けた学習者の人数は、点数え課題118名、じゃんけん課題158名、色記憶課題123名、瞬時判断課題182名、時計課題155名であった。

アンケートの学習者が体感した課題に関するエラー防止効果に関する認識（例えば、点数え課題を受けた学習者であれば「指を差した方が、差さないよりゆっくり確認することができる」）の平均値を課題ごとに研修前後で比較した（図2）。指差喚呼のエラー防止効果の認識について研修前後（級内配置）と課題ごと（級間配置）の2×5の二要因混合配置分散分析1を行ったところ、研修前よりも研修後で指差喚呼のエラー防止効果の認識が高まることが分かった（ $F(1,731) = 16.88, MSe = 0.27, p <$

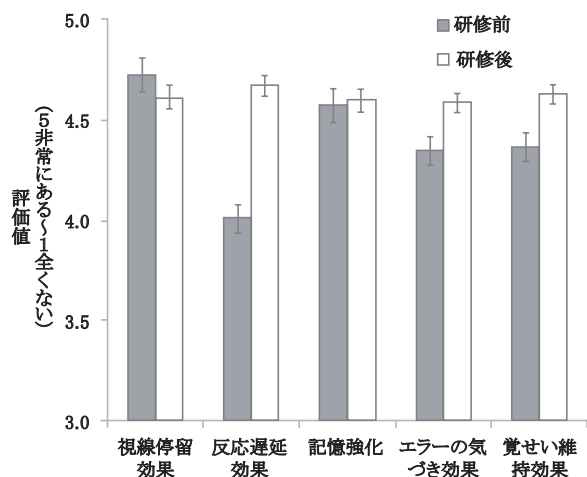


図2 研修前後における各課題のエラー防止効果の認識の平均値（バーは標準誤差）

1 観測データの変動（分散）を要因による分散と誤差による分散に分け、要因の効果を判断する統計手法。今回は級内と級間が混ざった2要因の効果を検討した。級内は同じ人、級間は異なる人の条件間データ。

特集：人間科学

.01, $\eta^2 = 0.02$)。また課題間で指差喚呼のエラー防止効果の認識に違いが見られた ($F(1, 731) = 6.49, MSe = 0.68, p < .01, \eta^2 = 0.02$)。さらに、研修前後と課題ごとの要因の間に交互作用が見られた ($F(4, 731) = 23.38, MSe = 0.27, p < .01, \eta^2 = 0.03$)。

そこで、研修前と研修後のそれぞれの課題間のエラー防止効果の認識について検定を行ったところ、研修前の課題間には差が見られた ($F(4, 731) = 19.09, MSe = 0.55, p < .01, \eta^2 = 0.10$) が、研修後の課題間には差が見られなかった ($F(4, 731) = 0.43, MSe = 0.40, ns., \eta^2 = 0.002$)。研修前の指差喚呼のエラー防止効果の認識に違いが見られたのは、いくつかの効果については今回の研修を受ける以前に既に認識が高かったことが伺える。研修後の効果の認識に違いが見られなくなったのは、研修によりどの効果の認識も高まったためと考えられる。

続いて、各課題の研修前後における指差喚呼のエラー防止効果の認識を分析した結果、じゃんけん課題 ($F(1, 731) = 118.90, MSe = 0.27, p < .01, \eta^2 = 0.16$) と瞬時判断課題 ($F(1, 731) = 15.73, MSe = 0.27, p < .01, \eta^2 = 0.02$)、時計課題 ($F(1, 731) = 18.84, MSe = 0.27, p < .01, \eta^2 = 0.03$) において、研修後に指差喚呼のエラー防止効果の認識の向上が明確に見られた。しかし、色記憶課題においては、研修後の指差喚呼のエラー防止効果の認識の向上が見られなかった ($F(1, 731) = 0.16, MSe = 0.27, ns., \eta^2 = 0.0002$)。また、点数え課題において、研修後に逆に指差喚呼のエラー防止効果の認識がわずかではあるが低下する傾向が見られた ($F(1, 731) = 3.27, MSe = 0.27, p < .10, \eta^2 = 0.004$)。

これらの課題による結果の違いは、課題そのものの効果の違いというよりも研修前に学習者が指差喚呼のエラー防止機能に対して持っている認識の違いを反映したものと見える。すなわち、指差の反応遅延効果や喚呼のエラー気づき効果、指差喚呼の覚せい維持効果など、研修前に低い認識しか持っていなかったエラー防止機能については研修後に明確に向上が見られるが、指差の視線停留効果や喚呼の記憶強化効果など研修前から比較的高い認識を持っていた機能については、研修前から認識が高いため、研修後に大きな向上が見られなかったり、ともするとやや低下が見られたりする場合がある。しかし、低下に関しても統計的に小さなものであり、点数え

課題を用いた研修が指差喚呼のエラー防止機能の認識にマイナスの影響を及ぼすとは考えにくい。

全体としてみると、本システムを用いた研修により、指差喚呼の個々のエラー防止機能に対する学習者の認識が向上することが示された。特に、事前の認識が低い、指差による行為の遅延、喚呼によるエラーの気づき、指差と喚呼による覚せい維持に関しては、本システムを用いた研修により、その効果に対する認識が高まることが示された。

6. おわりに

現在、本プログラムは、九州旅客鉄道株式会社の教育施設である安全創造館の基本動作体験コーナーやその他鉄道会社において指差喚呼の教育研修に用いられている。

今後、課題の増加、より簡便な集合研修システム、研修効果を持続させるための教材、自主学習用システムなどの開発を検討したい。

文献

- 1) 財団法人鉄道総合技術研究所; 第2版 鉄道技術用語辞典。東京:丸善; 2006
- 2) 清宮栄一・池田敏久・富田芳美: 複雑選択反応における作業方法とPerformanceとの関係について－「指差・喚呼」の効果についての予備的検討－, 鉄道労働科学, Vol.17, pp.289-295, 1965
- 3) 芳賀繁・赤塚肇・白戸宏明: 「指差呼称」のエラー防止効果の室内実験による検証, 産業・組織心理学研究, Vol.9, No.2, pp.107-114, 1996
- 4) 飯山雄次: 指差唱呼の効果と応用: その科学的背景, 安全, Vol.31, No.12, pp.28-33, 1980

² 分散分析の結果。括弧内は自由度(変動可能な変数の数)。F値は分散(データのばらつき)に基づき推定母平均の差を表す指標。値が大きいほど差があることを示す。MSeは平均平方で、誤差のばらつきを表す。値が小さいほどデータの精度がよい。p値は推定母平均が同じである確率。一般に、0.05以下で統計的に意味のある差があると判断し、0.1以下で差がある傾向があると判断する。 η^2 は効果量で、実験結果の効果の大きさを表す。