

指差喚呼によるエラー防止効果の体感ソフトウェアの開発

人間科学研究部 安全心理
主任研究員 重森雅嘉

1. 開発の背景

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誘発された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い。また作業の後確認などで間違いがあ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。まず指差喚呼のエラー防止効果を検証し、検証に用いた課題を改良することによりソフトウェアを作成した。

2. 指差喚呼のエラー防止効果

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⁾。しかし、用いられた課題は、次々に現れる信号の色に応じてボタンを押すもののみである。指差喚呼がさまざまな場面で用いられていることを考慮すると、どの場面で効果を持つものかを把握しておく必要がある。このためには、指差喚呼がどのようにしてヒューマンエラーを防止するのかを知る必要がある。

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⁾。(指差の注意焦点効果)
- (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⁾。(喚呼の記憶促進効果)
- (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⁾。(喚呼のエラーモニター効果)
- (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⁾。(指差喚呼の覚醒効果)
- (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⁾。(指差タイムラグのエラー抑制効果)

指差喚呼のエラー防止効果が、これらの複合的なものならば、ぼんやりしやすい場面では腕を伸ばした指差と大きな声の喚呼を心がけたり、複数の手順を行う場面では抜けがないように手順の喚呼を強調したりするように、場面合わせたやり方が工夫できる。また体感ソフトウェアでもそれぞれの効果を個別に体感できる方が指差喚呼の意味を具体的に学べ、形骸化防止が期待できる。しかし、これらのエラー防止効果は検証されたものではないため、まず指差喚呼のエラー防止効果について検証を行った。

3. 指差喚呼のエラー防止効果の検証

指差喚呼の各エラー防止効果を検証するため、効果に対応した課題を用意し(表1)、指差や喚呼をしながから課題を実施する条件と指差や喚呼をせずに課題を実施する条件の成績を比較した。

表1 指差喚呼のエラー防止効果と効果の検証に用いた課題

指差喚呼のエラー防止効果	検証課題	課題の内容
指差の注意焦点効果	点数え課題	散らばった点を制限時間内に数える課題
喚呼の記憶促進効果	n-Back 課題	色に応じたボタン押しをしながら n 個前の信号と提示された色が同じかどうかを判断する課題 (例では、「はい」が正解) (図1)
喚呼のエラーモニター効果	焦燥課題	ゴー信号に対するボタン押しをしながら、まれに出現するストップ信号に焦ってボタンを押さないようにする課題
指差喚呼の覚醒効果	監視課題	長時間 (一時間)、次々に出現するダミー信号を無視しながら、まれに出現するターゲット信号にボタンを押す課題
指差タイムラグのエラー抑制効果	注意切替課題	値の大きさと字の大きさが相反する場面で、指定された属性 (値か字かが課題ごとに変わる) の大きい方を選択する課題 (例では、19が正解) (図2)

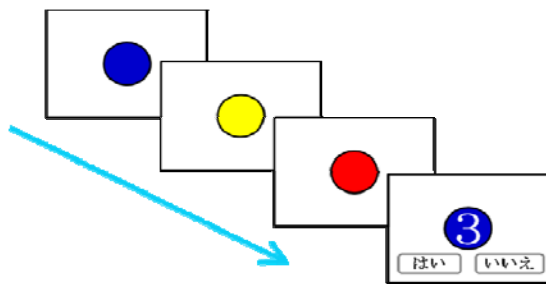


図1 n-Back 課題

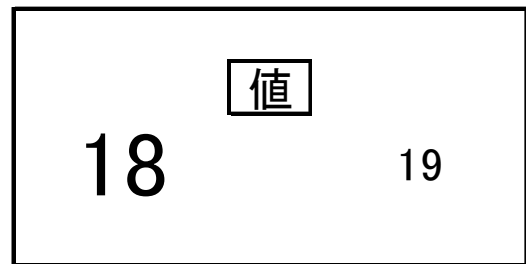


図2 注意切替課題

実験の結果は以下であった。

(1) 指差の注意焦点効果

指を差しながら点を数える条件と指を差さずに数える条件では指差条件の方が正確であったことから、指差により注意が対象に多く向けられることが示された (図3)。

(2) 喚呼の記憶促進効果

信号の色を喚呼しながらボタン押しをする条件と喚呼せずにボタン押しをする条件では、2つ前の信号の色については喚呼あり条件が正しく答えられたが、3つ前の信号では喚呼あり条件の成績が悪くなった (図4)。これは、喚呼が作業の記憶を促進するが、複雑な作業では逆に邪魔になる可能性を示す。

(3) 喚呼のエラーモニター効果

ゴー信号とストップ信号を喚呼しながらボタン押しをする条件と喚呼せずにボタン押しをする条件

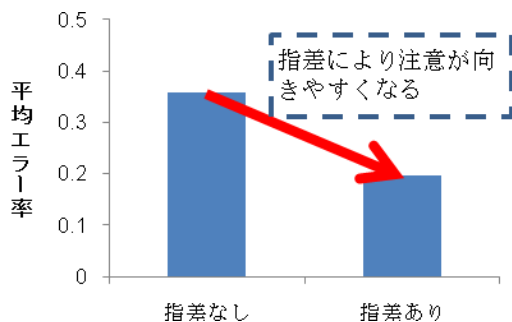


図3 点数え課題の実験結果

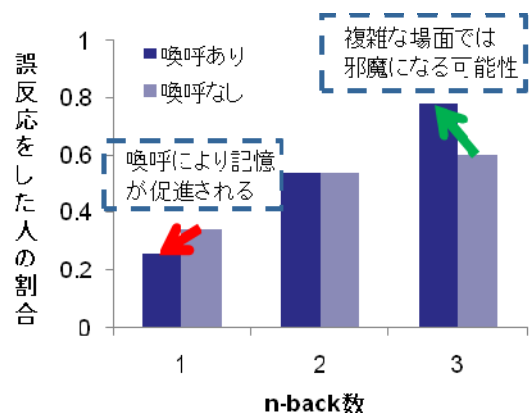


図4 n-Back 課題の実験結果

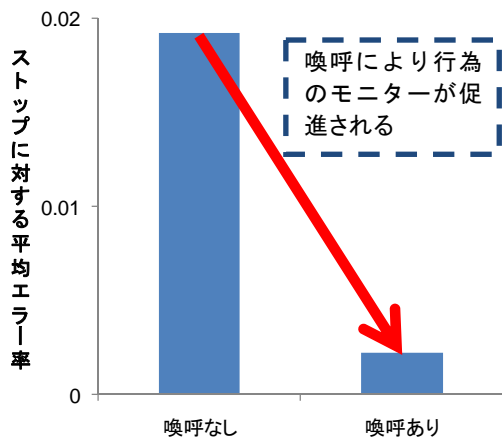


図5 焦燥課題の実験結果

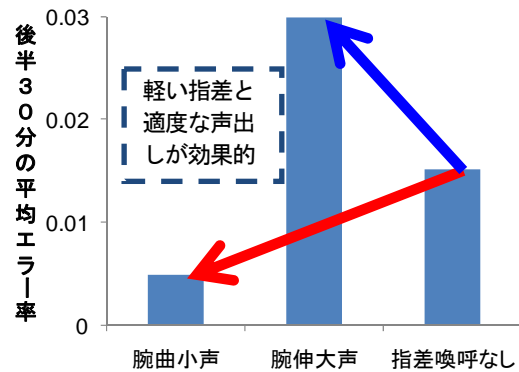


図6 監視課題（1時間）の後半30分の実験結果
腕曲小声：軽く指を差し適度な声で喚呼した場合
腕伸大声：しっかり腕を伸ばし大声で喚呼を続けた場合

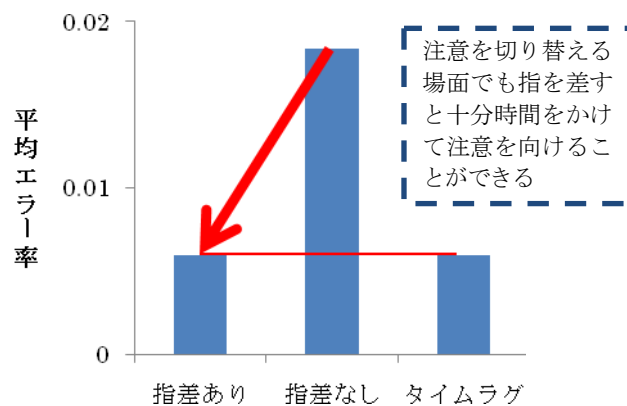


図7 注意切替課題の実験結果
タイムラグ条件は強制的に時間をかけてボタン押しをさせた条件

では、ストップ信号に対してボタンを押すエラーが喚呼あり条件で少ないことが示された（図5）。これは、目でだけでなく声に出して耳でも確認（モニター）することにより、焦燥エラーが防止されることを示す。

(4)指差喚呼の覚醒効果

次々に提示されるダミー信号を無視しながら、まれに提示されるターゲット信号に対してボタンを押す課題を1時間実施し、軽く腕を伸ばして指差し適度な声で喚呼しながら実施する条件（腕曲小声条件）、まっすぐ腕を伸ばし大声で喚呼しながら実施する条件（腕伸大声条件）、指差喚呼を行わない条件で成績を比較した。その結果、指差喚呼なし条件よりも腕曲小声条件で後半30分のエラー率が小さいことが分かった（図6）。しかし腕伸大声条件では逆にエラー率が大きいことも分かった。これは、長時間監視場面では覚醒を維持するために指差喚呼が有効であることを示すものである。しかし、確認が頻繁である場合は、腕を伸ばし大声で喚呼をし続けると疲労により確認がおろそかになることも示された。

(5)指差タイムラグのエラー抑制効果

注意の切替が必要な場面のエラー率を、指を差しながら行う条件と差さずに行う条件で比較した結果、指差あり条件のエラー率が小さかった（図7）。これは、1.5秒、課題に注意を向けさせた後に課題を行う場合（タイムラグ条件）と同程度のエラー率であり、指を差すことで時間をかけて注意を向けられるためにエラーが少なくなることが分かった。

4. 指差喚呼のエラー防止効果体感ソフトウェア

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ソフトウェアを開発した。ソフトウェアは、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8)。

課題は、指差喚呼のエラー防止機能に合わせ、検証実験で用いたものを基に5つ作成した。これらは最初に指差や喚呼なしで実施した後、指差や喚呼をしながら実施する。

結果のフィードバックでは、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ものである。

現在、実際に指差や喚呼のエラー防止効果を多くの人が体感できるかどうかを試作品により確認している。すでに検証実験で指差喚呼の有無によりこれらの課題のエラー率が異なることが示されているが、これは平均値の比較である。ソフトウェアでは平均ではなく個人個人が指差や喚呼のエラー防止効果を体感できる必要がある。

このため、今後は効果がより大きく現れるように確認結果に基づいて課題を改良し、解説についても、事業者の協力により、職種に応じた具体的な作業や具体的な事故と関連させた説明を用意する予定である。このような体感効果の検証と改良を重ね、今年度末には完成品を仕上げる予定である。

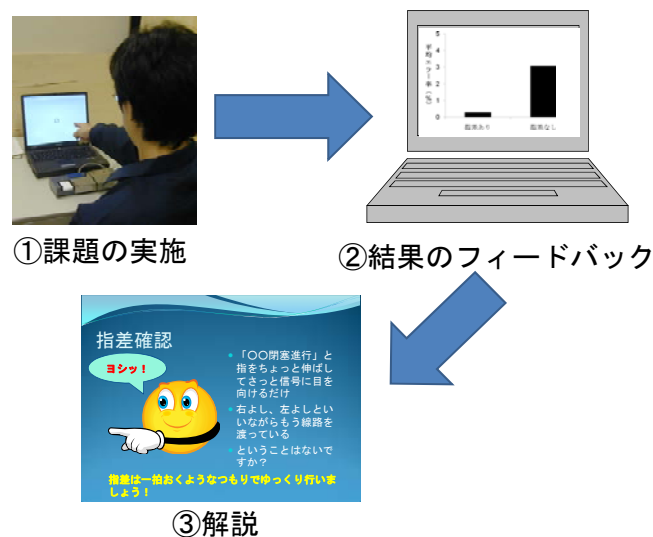


図8 指差喚呼のエラー防止効果体感ソフトウェア

参考文献

- 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, 2006, 丸善: 東京.
- 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, 17, p. 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, 9, p. 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, 31, p. 28-33, 1980.