

タブレット端末を用いた安全教材の訓練効果と安全管理への応用 —低層住宅建築現場を対象として—[†]

高橋 明子*¹ 三品 誠*² 高木 元也*¹
島崎 敢*³ 石田 敏郎*⁴ 梅崎 重夫*⁵

建設現場はリスクの高い作業環境や作業内容が多いため、作業員自らが安全教育や安全活動によって現場のリスクを学習し、労働災害防止のために努力をする必要がある。このような状況から、著者らは平成 24 年度から基盤的研究において、低層住宅建築現場を対象としてタブレット端末を用いた危険予知のための安全教材を作成し、教育内容の理解の観点から教育訓練効果を検討してきた。しかし、実際の現場での危険認知能力が高まるかなど別の指標での教育訓練効果の検討も必要であった。そこで、本研究では、危険認知能力とその自己評価に着目し、安全教材の訓練効果の検証を行った。その結果、危険認知能力が向上することや自己評価が安全側へ変化することが確認できた。さらに、作成した安全教材を現実の作業員訓練に導入するために、教材の提供方法、管理者による履歴や成績の管理方法など、実用的な課題もあわせて検討し、管理用の Web システムの構築を試みた。

キーワード: 危険予知活動, 訓練効果, 自己評価, 危険認知, 安全管理

1 はじめに

建設業は高所作業や仮設状態での作業など災害リスクの高い作業環境が多いこと、作業の進捗に伴い、新たなリスクが生じる可能性が高いこと、使用する電動工具や用具の安全性が作業員の作業方法に依存することなどの特徴があり、安全活動に参加したり、安全教育を受けたりすることにより、作業員自らが現場のリスクを学習し、安全意識を高めて、労働災害防止のために努力することが重要となる。

建設現場では安全活動として危険予知活動が一般的に普及し、日常的に行われている。危険予知活動は作業開始前に少人数のグループに分かれて、その日の作業の危険なポイントを指摘し、それが発生した場合の対処方法を考えるという方法が一般的である。この活動によって、作業に潜む危険を抽出するとともに、危険認知能力が向上することも期待できる。

建設現場の中で、低層住宅建築現場においても危険予知活動は安全活動として導入されている。しかし、低層住宅建築現場はその特徴から、危険予知活動を実施する場合にいくつかの課題がある。

2 低層住宅建築現場における危険予知活動の課題とその対応

低層住宅建築現場の特徴として、小規模な現場であり、

作業員が一人作業を行う場合もあるため、作業開始前に危険予知活動が実施されづらいことが挙げられる。また、現場が各所に点在する上、現場の安全管理担当者が一人で複数箇所の現場を管理することが多いため、各現場での危険予知活動の実施状況を把握するのが難しいことも指摘できる。このようなことから、低層住宅建築現場において、作業員が一人でも安全活動を実施でき、さらに、安全管理担当者が遠隔から安全活動の実施状況を把握できるような安全教材の開発が必要だと考えられた。

著者らは平成 24 年度から基盤的研究において、低層住宅建築現場を対象とし、タブレット端末を用いて作業員が一人でも現場のリスクを学習することのできる安全教材を作成し、訓練効果について検討を行った¹⁾。この教材の 1 試行を図 1 に示す。まず、作業状況を文章で提示した後、作業場面の画像を 4 枚同時に提示した (図 1(a))。このとき、4 枚の画像のうち 1 枚の画像に危険要因が含まれ、作業員が 4 枚の画像の中から危険要因を含む画像を見つけてタップすると、正誤と解説が表示された (図 1(b))。同時に、教育訓練を実施した受講者の情報、正誤、反応時間などのデータは、インターネットを経由してサーバーに自動的に送信された²⁾。教材に含めたシナリオは、低層住宅建築現場で労働災害が多発している 4 作業 (足場上の作業、脚立の作業、電動丸のこの作業、自動釘打ち機の作業)³⁾ で、8 つの危険要因 (8 場面) を 1 セットとして作成した。作業員は、各シナリ

[†] 本報告の内容は、労働科学 (2016) Vol.92, No.3/4, 33-41, 日本人間工学会第 55 大会, The 2nd Asian Conference on Ergonomics and Design (ACED2017) に、発表したものを一部修正してとりまとめたものである。

*¹ 労働安全衛生総合研究所リスク管理研究センター

*² 有限会社サイビジョン

*³ 国立研究開発法人防災科学技術研究所

*⁴ 早稲田大学

*⁵ 労働安全衛生総合研究所

連絡先: 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6

労働安全衛生総合研究所 リスク管理研究センター 高橋明子¹

E-mail: takahashi-akiko@s.jniosh.go.jp



(a) 問題 (b) 正誤と解説

図 1 作成した安全教材

才による教育訓練を複数回繰り返して実施することにより、現場の危険要因を学習する仕組みであった。

基盤的研究では70名の建設作業者を対象とし、この教材による教育訓練の効果を年齢間で比較した¹⁾。その結果、すべての年齢層において、この教材による教育訓練を繰り返し実施することにより、正答率の上昇や判断時間の短縮が認められた。これらのことから、教育内容の理解の観点からこの教材に教育訓練効果のあることが認められた。しかし、安全教育として実際の現場での危険認知能力が高まるかなど別の指標での教育訓練効果の検討も必要だと考えられた。

そこで、本研究では教材による教育訓練により、実際の現場のリスクを発見する能力である危険認知能力が向上するかどうかについて検討する必要があると考えられた。

また、安全教育が盛んに行われている交通分野では、自己の運転技能や危険認知能力の評価が、その後のリスクを敢行するか、回避するかについての認知や行動へ影響を及ぼすことが示されている⁴⁾⁶⁾。一方で、教育訓練などの介入によって自己の運転技術や危険認知能力を認識することで、運転技能^{7,8)}、危険認知能力⁹⁾、事故遭遇可能性¹⁰⁾の自己評価を安全側に変化させることが示されており、リスクを回避する認知や行動へ導くことが期待できる。そのため、危険認知能力に関する自己評価についても検討する必要があると考えられた。

これらのことから、本研究では、教育訓練の効果の指標として、危険認知能力に加え、危険認知能力に関する自己評価を検討することを目的とした。なお、実験は既存の危険予知トレーニング（以下、KYT）とタブレット端末によるKYT（以下、タブレット端末式KY）を比較することにより、教育訓練効果を検討した^{11,12)}。

3 安全教材の訓練効果の検証^{11,12)}

1) 目的

危険認知能力とその自己評価を指標として、教材の教育訓練効果を実験的に検討することを目的とした。なお、実験は既存のKYTとタブレット端末式KYを比較することにより、教育訓練効果を検討した。

2) 方法

実験は実験参加者にタブレット端末式KYもしくは既存のKYを実施してもらい、その前後で、危険予知テストと自己評価アンケートを実施して、危険認知能力とその自己評価の変化を検討した。

危険予知テストは低層住宅建築現場を題材とし、労働災害の多い4作業（外部足場上の作業、脚立の作業、電動丸のこの作業、自動釘打ち機の作業）を中心に、不安全状態や不安全行動を含む場面を静止画で4場面作成し、20項目の危険要因を含めた（図2）。実験参加者に、A4のコピー用紙に印刷したものを提示し、危険箇所マジ



場面 A

場面 B



場面 C

場面 D

図2 危険予知テスト

ックペンで丸印を付けてもらった後、何が危ないか（危険要因）、どんなことが起きそうか（発生事象）について回答用紙に記入してもらった。

自己評価アンケートは、普段の危険認知度を自己評価するため、不安全状態を見つけられているか（不安全状態の認知）、不安全行動をわかっているか（不安全行動の認知）、不安全行動をとっているか（不安全行動の敢行）、危険予知を適切にできているか（危険予知の適切性）の4項目を設定し、「全くそう思わない」から「非常にそう思う」までの7段階で回答してもらった。

KYTは、先述のとおり、既存のKYTとタブレット端末式KYの教育訓練効果を比較した。既存のKYTとして、作業者が一人で実施できること、現場で実際に利用されていることから、自問自答によるKYT（自問自答KY）を設定した。自問自答KYは、ハウスメーカーの労務安全管理担当者1名の助言を参考とし、危険予知テストに含まれる危険要因と発生事象をすべて想起できるものを12項目選定した（例えば、「墜落しないか、転落しないか?」、「落ちてこないか、倒れてこないか?」）。実験参加者に、普段の作業の様子を思い出しながらこれらの文章を15分間音読し、危険予知をしてもらった。タブレット端末式KYは、外部足場上の作業、脚立の作業、電動丸のこの作業、自動釘打ち機の作業の4種類のシナリオ1セットを2回ずつ教育訓練として実施してもらった。なお、タブレット端末式KYは、危険要因の正誤と解説により、学習すべき危険要因が提示されるが、自問自答KYは学習すべき危険要因は提示されず、各KYTは特徴が異なった。

実験参加者は、経験の浅い建築技術専門学校訓練生34名（すべて男性、年齢18.6±0.5歳）で、実習を含む建設作業技術の指導を6ヶ月間受けていた。タブレット端末式KY群20名と自問自答KY群14名に無作為に分けた。

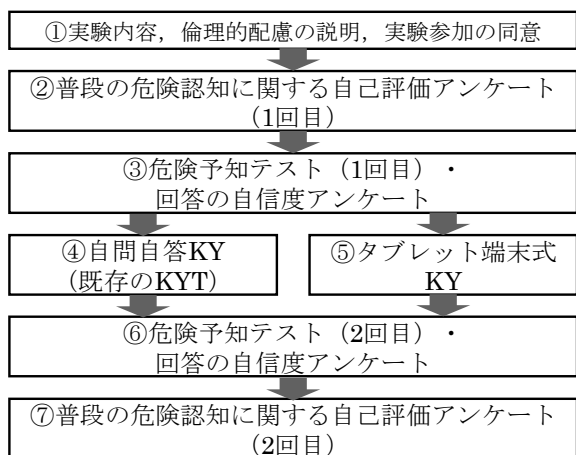


図3 実験手順

実験は図3のような手順で実施した。実験内容の説明をした後(図3①)、普段の危険認知に関する自己評価アンケートを実施した(図3②)。次に、1回目の危険予知テストを実施した(図3③)。危険予知テストは、練習試行1場面を実施した後、本試行として4場面を1場面ずつランダムに実施した。実験参加者は、提示された場面について危険要因と発生事象をすべて指摘したら、次の場面へ進んだ。このとき、1場面ごとに回答の自信度を「全く自信がない」から「非常に自信がある」までの7段階で評価してもらった(図3③)。さらに、自問自答KYあるいはタブレット端末式KYを実施した(図3④、⑤)。その後、2回目の危険予知テストを実施した(図3⑥)。2回目の危険予知テストは1回目と同一のものを用い、実験参加者は、危険要因と発生事象を新たに見つけた場合に回答を加筆した。最後に、再度普段の危険認知に関する自己評価アンケートを実施した(図3⑦)。

3) 結果

まず、危険予知テストの危険要因と発生事象の正解数について、それぞれKY前後とKY種類で比較をした。分析には、危険予知テスト4場面の危険要因の正解数の合計と発生事象の正解数の合計を用いた。その結果を図4に示す。

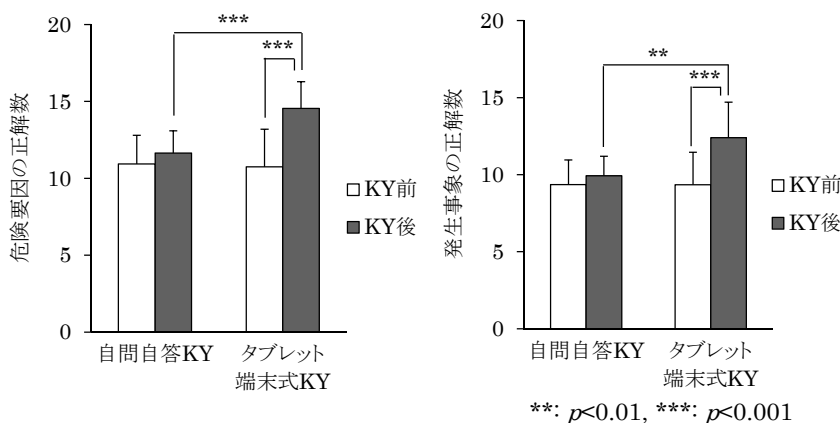


図4 危険予知テストの正解数の変化

危険要因の正解数について比較した結果、タブレット端末式KY群のみKY実施後に正解数が有意に増加し、タブレット端末式KY群のKY実施後の正解数は、自問自答KY群よりも有意に多かった。

発生事象の正解数についても比較した結果、タブレット端末式KY群のみKY実施後に正解数が有意に増加し、タブレット端末式KY群のKY実施後の正解数は、自問自答KY群よりも有意に多かった。

危険予知テストの回答の自信度について、KY前後とKY種類で比較をした。回答の自信度は、危険予知テスト4場面の平均値を分析に用いた。その結果を図5に示す。回答の自信度について比較した結果、どちらのKY群もKY実施後に有意に上昇した。以上のように、危険予知テストの正解数はタブレット端末式KY群のみKY後に増加し、自問自答KY群は増加しなかったが、回答の自信度はどちらのKY群もKY実施後に有意に上昇した。

次に、危険認知に関する自己評価4項目について、KY前後とKY種類で比較した。なお、タブレット端末式KY群の実験参加者1名が、KY実施後に危険認知の自己評価について回答しなかったため、この1名のデータを分析から除外した。その結果を図6に示す。

危険認知に関する自己評価4項目について比較した結果、不安全状態の認知と危険予知の適切性については、有意な差はなかった。一方、不安全行動に関する自己評価(不安全行動の認知と不安全行動の敢行)については、どちらのKY群もKY実施後に「自分は不安全行動をわかっていなかった」、「自分は不安全行動をしていた」というように、作業者の不安全行動に関する自己評価が変化した。

4 考察

まず、危険予知テストの結果について考察する。タブレット端末式KY群は、KY実施後に危険予知テストの危険要因と発生事象の正解数が増加し、危険予知テストの回答の自信度も上昇した。これらのことから、タブレット端末式KY群は、学習すべき危険要因が画像により

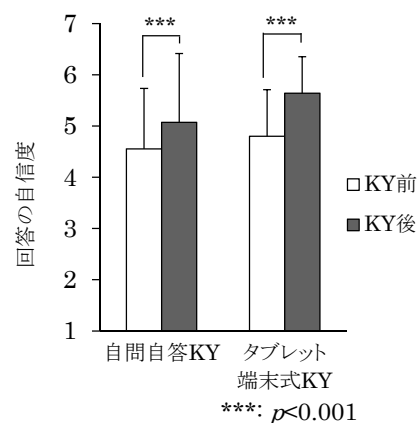


図5 危険予知テストの回答の自信度

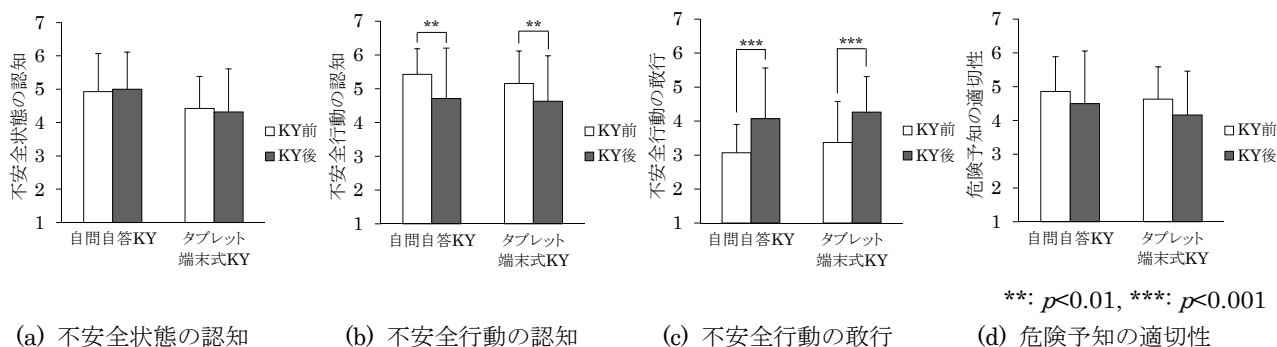


図6 危険認知に関する自己評価の変化

フィードバックされたために、それらを理解、想起しやすくなり、加えて、回答の自信度も上昇したと推察される。一方、比較対象であった既存の自問自答 KY 群は、KY 実施後に危険予知テストの危険要因と発生事象の正解数が増加しなかった。これは、自問自答 KY に学習すべき危険要因のフィードバックがなく、実験参加者の知識以上の危険予知が十分にできなかったからだと考えられる。しかし、KY 実施後に危険予知テストの回答の自信度が上昇したことから、自問自答 KY 群は、KYT をしたことにより、十分に危険予知できたとつもりになってしまい、回答への自信を高めてしまったと考えられる。

次に、自己評価アンケートの結果について考察する。タブレット端末式 KY 群も自問自答 KY 群も、KY 実施後に不安全行動に関する自己評価が有意に安全側に变化した。このことから、タブレット端末式 KY 群は、危険認知の結果と同様に、学習すべき危険要因がフィードバックされたことにより、「自分は不安全行動をわかっていた」、「不安全行動をしていた」という気づきがあり、自己評価が妥当な評価へ修正されたと考えられる。一方で、自問自答 KY 群は、学習すべき危険要因がフィードバックされず、十分な危険認知ができなかったにもかかわらず、起こりそうな事故を考えるという行為によって、各自の不安全行動に対する何らかの気づきがあり、自己評価が変化したと推察される。

本研究では、既存の KYT である自問自答 KY とタブレット端末式 KY の教育訓練効果を比較し、タブレット端末式 KY の教育訓練効果について検討した。その結果、知識以上の危険予知ができない自問自答 KY よりも、正解が提示されるタブレット端末式 KY のほうが、危険認知能力や自己評価の観点から、教育訓練効果があることが認められた。これは、実験参加者が経験の浅い作業者であったことも影響していると考えられる。実際の現場では、作業者のプロフィールによって教育内容を変えることはあまり行っていないが、作業者の経験に合わせた KYT 手法を選択する必要があると言える。

5 管理用 Web システムの構築と現場での実証実験¹³⁾

1) 目的

以上の検討により、タブレット端末を用いた安全教材による訓練効果を明らかにすることができたが、現実の

作業訓練を導入するためには教材の提供方法、管理者による成績の管理方法など、実用的な課題もあわせて検討する必要がある。これらの課題について、管理用 Web システム（端末との連携、ユーザー向け管理機能を含む）を構築し、現場での実証実験により内容の検討を行った。

2) 管理用 Web システムの構築

利用する組織の管理者がタブレット端末を登録し、登録された端末が所定の教材を自動的に取得し、端末上で実施された訓練の結果を受信し、その結果を管理者が取得するための諸機能を実現した。これらの機能はサーバー上で稼働するアプリケーション、いわゆる「Web システム」の形で実装した（図 7）。

3) 端末との連携

利用する組織の管理者が管理用 Web システムを利用してタブレット端末を登録すると（図 8(a)）、登録された端末に所定の教材が自動的にダウンロードされる。また、端末上で実施された訓練結果は即時に管理用 Web システムに送信され、同システム上のデータベースに保存される。

4) ユーザー向け管理機能

管理用 Web システムの機能のうち「結果表示」および「端末管理」機能は、利用者の属する組織ごとに所定の管理者のみが閲覧できる形で実装した（図 8(b)）。

5) 現場での実証実験

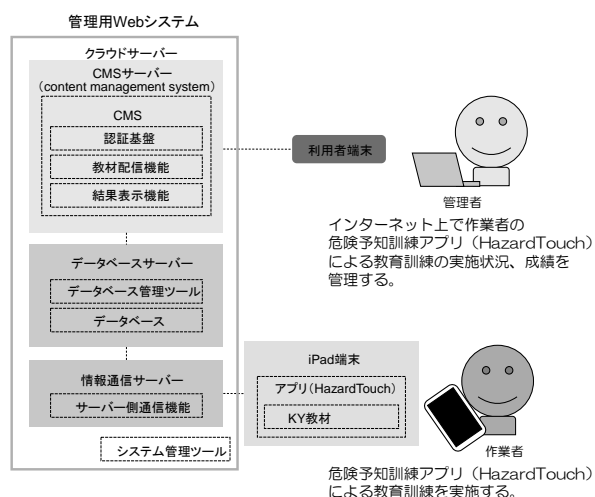


図7 管理用 Web システム



(a) タブレット端末の登録



(b) 教育訓練の実施履歴・成績のデータ
図 8 管理者用 Web システムの画面



図 9 実証実験風景

上記により構築した管理用 Web システムのうち、利用者組織の管理者向け機能を「管理サイト」として利用者に開示することにより実証実験を行った。実際の建築現場作業者に教材を利用してもらい、管理者に管理サイト機能を試用してもらった結果を聞き取りなどにより収集し、検討を行った(図 9)。

6 まとめ

本研究は、平成 24 年度から基盤的研究において作成した安全教材について、危険認知とそれに関する自己評価に着目し、教育訓練効果を実験的に検討した。その結

果、危険認知とその自己評価において訓練効果が認められ、安全教材による教育訓練により、危険認知能力が向上することや自己評価が安全側へ変化することが示唆された。

さらに、現実の作業員訓練に導入するために、教材の提供方法、管理者による成績の管理方法など、実用的な課題もあわせて検討し、管理用 Web システムを構築した。

本研究は、低層住宅建築現場を対象としたが、作成した安全教材は 4 分割で画像を提示するという単純な仕組みであり、他分野での応用が可能である。そのため、今後は様々な分野での労働災害防止に安全教材を活用していきたい。

参考文献

- 1) 高橋明子, 高木元也, 三品誠, 島崎敢, 石田敏郎. 建設作業員向け安全教材の開発と教育訓練効果の検証. 2013 ; 49 (6) : 262-270.
- 2) 三品誠, 島崎敢, 中村愛, 石田敏郎. 情報端末を用いた危険認知訓練システムの開発. 第 48 回日本交通科学協議会総会・学術講演会講演集. 2012 ; 69-72.
- 3) 社団法人住宅生産団体連合会, 独立行政法人労働安全衛生総合研究所. ヒューマンエラー防止対策ガイドブック低層住宅建築工事. 2010.
- 4) Fernandes, R., Job, R.F.S., Hatfield, J. A challenge to the assumed generalizability of prediction and countermeasure for risky driving behaviors. Journal of Safety Research 2007; 38(1): 59-70.
- 5) 中井宏, 臼井伸之介. 運転技能の自己評価がリスクテイキングに及ぼす影響. 交通心理学研究. 2007;23(1) : 20-28.
- 6) 藤川美枝子, 西山啓. 高齢ドライバーの運転行動上の自己評価に関する研究. 交通心理学研究. 2002 ; 18 (1) : 1-6
- 7) Mckenna, F.P., Myers, L.B. Illusory self-assessments- Can they be reduced? British Journal of Psychology 1997; 88: 39-51.
- 8) Gregersen, N.P. Young drivers' overestimation of their own skill-An experiment on the relation between training strategy and skill. Accident Analysis and Prevention 1996; 28(2): 243-250.
- 9) 太田博雄. 安全運転教育用 CAI システム「予知郎」による高齢ドライバーのための実験教育とその効果測定. 東北工業大学情報処理技術研究所紀要. 1997 ; 10 (1) : 11-24.
- 10) Perrissol, S., Smeding, A., Laumond, F., Floch, V.L. Effect of road safety training program on drivers' comparative optimism. Accident Analysis and Prevention 2011; 43(1):478-482.
- 11) 高橋明子, 高木元也, 三品誠, 島崎敢, 石田敏郎. 経験の浅い作業員の危険予知訓練による危険認知能力と自己評価の変化. 労働科学 2016 ; 92 (3/4) : 33-41
- 12) 高橋明子, 高木元也, 三品誠, 島崎敢, 石田敏郎. 建設作業員向けのタブレット端末式 KY と従来型 KY の訓練効果の比較, 日本人間工学会第 55 回大会発表論文集. 2014 ; 50 (Supplement) : 126-127.

- 13) Akiko Takahashi, Makoto Mishina, Shigeo Umezaki,
Motoya Takagi. Development of a risk prediction
training system and the applicability in safety

management, Proceedings of The 2nd Asian Conference
on Ergonomics and Design 2017 (人間工学 Vol.53,
Supplement) 2017; 694-695