

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：82629

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510213

研究課題名(和文) 墜落災害防止のための可視化した安全教育支援ツールの開発

研究課題名(英文) Development of Visualized Safety Education Support Tool for Prevention of Fall Accidents

研究代表者

大幢 勝利 (Ohdo, Katsutoshi)

独立行政法人労働安全衛生総合研究所・建設安全研究グループ・上席研究員

研究者番号：50358420

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：墜落災害は建設業の中で最も死亡者数の多い災害であるが、本研究はその防止対策として、墜落災害における典型的災害事例の体系化を行い、その情報に基づき、可視化した安全教育支援ツールの開発を行うことを目的とした。そのため、典型的災害の体系化をWebで公表されている労働災害データベースから行い、AR(Augmented Reality)技術による可視化手法を用いて安全教育支援ツールを開発した。最終的に、開発したツールの効果を試用等により検証し、その有効性を確認することができた。また、研究代表者らが主催した墜落防止に関する国際会議において中心的な役割を果たし、国内外の研究者らに本研究の成果を公表した。

研究成果の概要(英文)：Fall accidents are the most frequent fatal accidents in the construction industry. To prevent these accidents, this study aimed at systematizing the typical fall accidents, and developing a safety education support tool based on the information of typical accidents. Therefore, in this study, the typical accidents were investigated by the injury accident reports obtained from the Web. The safety education support tool was developed and visualized using the augmented reality technique. Finally, the effects of the developed tool could be confirmed by the trial education to the construction workers. The results were published at the international conference on fall prevention, which was sponsored mainly by the principal researcher of this study.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学，社会システム工学・安全システム

キーワード：墜落 拡張現実 可視化 情報システム 安全教育 労働災害

## 1. 研究開始当初の背景

作業者の墜落による死亡災害は、従来から建設業の死亡災害の約4割を占めており、最も頻発する災害となっている。このため、その対策は急務とされており、厚生労働省が平成20年に策定した第11時労働災害防止計画においても、墜落災害の防止は重点対策として掲げられた。さらに平成21年3月には労働安全衛生規則が改正され、適切な手すりの設置など設備面の強化を中心にその対策が施された。

このような対策にもかかわらず、平成21年においても建設業全体の死亡者数が371名であるのに対し、墜落によるものが147名と約4割を占めており、その発生割合に依然として変化は見られていない。

研究代表者は、厚生労働省の検討会に参画し、墜落災害の発生要因について分析を行った。その結果、墜落災害の発生要因として、墜落防止のための手すりがなかった等、設備面での問題が多く指摘された。その一方で、不安全行動と呼ばれる作業者の誤った行動など、作業側の問題も指摘されていた。検討会で実施した業界団体に対するヒアリングでは、不安全行動は設備面の対策のみでは防止が困難であり、それに加え作業者に有効な安全教育を行う必要性が指摘された。

しかし、建設作業における安全教育は、法令に定められたものを除けば各現場における対応となっており、作業の安全よりも生産性向上に主眼が置かれ、必ずしも有効な方法で行われていない状況にあった。特に、中小事業者において経験の浅い作業者が被災する事例が増えており、有効な安全教育の実施が望まれていた。

これを海外に目を向けると、欧米においても墜落災害の発生頻度が高く、英国においては2005年に高所作業規則が制定され、高所で作業する作業者全員が必要な能力を有することが義務付けられた。また、米国においては墜落防止に関する戦略的研究が開始されたところであり、2010年には米国労働安全衛生研究所において墜落防止に関する国際会議が開催され、墜落防止に対する設備面での対策に加え、作業者の能力向上のための有効な安全教育に関する議論が高まりつつあった。

## 2. 研究の目的

以上のような背景の中、建設業における安全教育の重要性を認識し、学会の研究委員会等において安全教育に関する検討を行い、その手法や有効性などについて議論を進めてきた。その結果、下請けなど中小事業者の安全教育は元請け任せの場合が多く、自身の会社では有効な安全教育が実施されていないこと、およびテキストベースのマニュアルよりも可視化された情報を用いた方が有効な事例があること等が明らかとなった。これらのことから、中小事業者でも簡単に利用できる、墜落防止のための可視化した安全教育手

法を提案しようと考えた。

そこで本研究では、建設業において頻発する墜落災害の防止対策として、「墜落災害防止のための可視化した安全教育支援ツールの開発」を行うことを目的とした。

本ツールの開発においては、公表されている労働災害のデータベースを活用して墜落災害の典型的事例を抽出し、得られた危険情報をAR (Augmented Reality; 拡張現実感) 技術により可視化して安全教育支援ツールの開発を行う。さらにスマートフォンやタブレット型端末等の活用により、作業内容ごとにどこでも容易に危険情報を得られるよう工夫する。また、将来的には墜落以外の頻発災害についても対応可能とするよう、容易にデータが追加可能なシステムとすることとした。

## 3. 研究の方法

### (1) 典型的墜落事例の検討

労働災害のデータベースとしては、厚生労働省の「職場のあんぜんサイト」(<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/>)を利用することとした。同サイトにおいては、過去から現在までの労働災害統計や災害事例など、職場の安全に関する有用な情報が数多く掲載されている。本研究では、そのサイトの「災害事例」の中にある、「労働災害(死傷)データベース」を分析した。労働災害(死傷)データベースは、休業4日以上労働災害(以下、死傷災害)のうち、およそ1/4を無作為抽出することが可能となっている。本研究では、「労働災害(死傷)データベース」より、平成21年に発生した死傷災害を分析することとした。

平成21年に全産業で発生した死傷災害を事故の型で分類すると、転倒が23,002人、20%と最も多く、次いで墜落・転落が20,006人、18%となっている。この墜落・転落による死傷者数20,006人を業種別に分類すると、建設業が最も多く5,558人、31%を占めている。本研究では、この建設業の墜落・転落による死傷災害5,558件のうち、約1/4の1,499件分のデータを抽出して、詳細に分析することとした。

分析項目は、抽出したデータをまず工事の種類別に分類し、その中で墜落が頻発している工事を抜き出して、データベースに示されている100字程度の「災害状況」から、1. 墜落した場所、2. 墜落した際の動作、の2項目について分析することとした。なお、データベースにおいては「起因物」が示されており、それによりある程度墜落した場所が分類できるが、「はしご等」の中に「はしご」と「脚立」が含まれるなど、より詳細に分析したほうが良いと判断されるため、「災害状況」から分析することとした。

### (2) AR技術による安全教育支援ツール開発

開発したツールは、危険箇所の詳細な情報をGPSから取得した位置情報と合わせて登録



設工事業で発生した死傷災害における、墜落した場所の分類をそれぞれ示す。鉄骨・鉄筋工事業では「足場」からの墜落が最も多く、次いで「脚立」「屋根」の順となっており、この3つで半数以上を占めている。一方、道路建設工事業では「建設機械」「トラック」「はしご」の順に多くなっており、この3つで約半数を占めている。

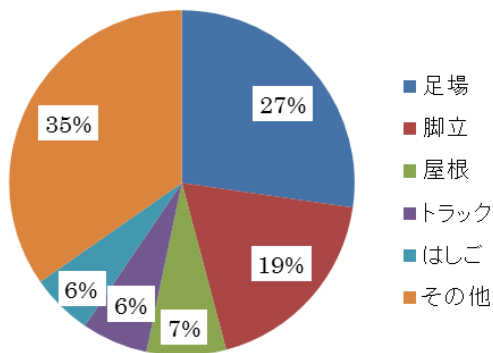


図-3 鉄骨・鉄筋工事業の墜落した場所

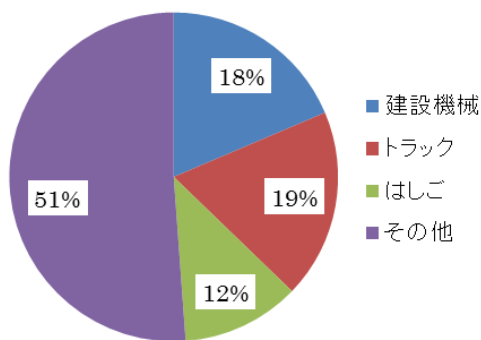


図-4 道路建設工事業の墜落した場所

次に、図-5は鉄骨・鉄筋工事業、図-6は道路建設工事業で発生した死傷災害における、墜落した際の動作の分類をそれぞれ示す。前者は「バランスを崩す」「滑った」の順で約半数を占めているが、後者は「滑った」「踏み外した」の順となっている。以上より、業種によって、墜落した場所やその際の動作が異なることから、それぞれの状況に合わせた対策を行う必要があることが明らかになった。

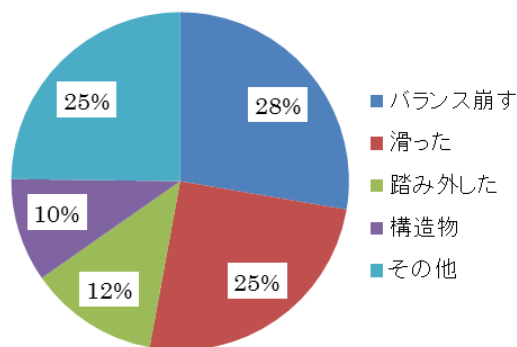


図-5 鉄骨・鉄筋工事業の墜落した動作

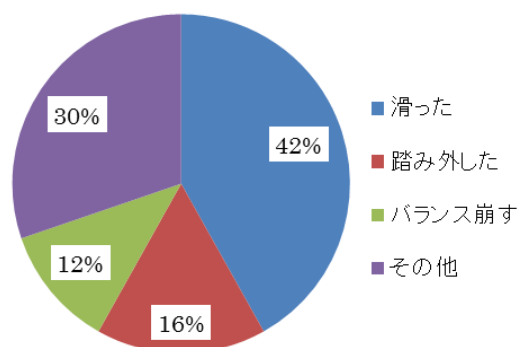


図-6 道路建設工事業の墜落した動作

## (2)AR技術による安全教育支援ツール開発

開発したツールは、建設現場での危険箇所特定および危険箇所情報の共有化を目指したもので、安全教育時にコスト、場所、準備時間を必要とせず、安全教育が現場で容易に実施できることを研究目的の一つとした。そこで、開発したツールの有用性を検証するために、座学での既存の安全教育と本ツールを用いた安全教育の比較実験を行った。比較対象として、危険予知イラストシート（以下、KYTシートとする）を用いて「危険箇所発見数」と「危険箇所の発見までの所要時間」という2種類の数値データと、各被験者のアンケートからシステムの評価を行った。また、危険予知能力や危険意識などには個人差があり、結果が偏らないようKYTシートは、説明用紙1枚、本研究の安全教育前の「危険箇所発見数」と「危険箇所の発見までの所要時間」の計測用紙を各5枚、本研究の安全教育後の危険予知能力や危険意識の向上を評価するKYTシートを各5枚準備した。各シートの「危険箇所発見数」、「危険箇所の発見までの所要時間」、「アンケート」から既存の安全教育と本システムを用いた安全教育の効果と比較し、本システムの有用性を検証した。

被験者として、建設業の安全教育を受講したことがない作業員を実験の対象とした。理由として、実際の建設現場で作業経験が少ない作業員の事故が多数発生しているという現状があり、効率的な安全教育が必要とされているからである。安全教育を受講したことがない作業員に対して本システムが有効であった場合、作業経験があり、作業現場において、既に安全教育を受講した作業員に対しても有効であると考えられる。また、今後とも建設業においては就業経験のない新人を受け入れるために効率的な安全教育が必要とされていることから、作業経験のない作業員での実験は必要であると考えられる。さらに、被験者として座学で安全教育を受ける被験者と、本システムを用いて安全教育を受ける被験者の能力の差をなくすため、年齢、職業、性別を各実験で均等になるように分類した。参加人数として、座学での安全教育と本システムを用いた安全教育を各5人ずつの計10人を対象に実験を行った。

実験結果を表-2 と表-3 に示す。表-2 はヒヤリハット実験と本システム実験の被験者 5 人ずつ計 10 人の回答数と回答時間の結果である。4 つのテーブルに分けられていて、テーブルは、ヒヤリハット実験結果 (左) と本システム実験 (右) の結果ごとに、安全教育実施前 (上) と安全教育実施後 (下) の危険箇所の回答数と回答にかかった時間をまとめた。表-2 から安全教育実施前と安全教育実施後の回答数と回答時間は各実験とも一部を除いて良くなっている。大きな増加率ではないが、特に安全教育実施前の回答数が少ない被験者は、安全教育実施後の回答数が大きく増加していることから、危険意識や危険予知能力があまりなかった状態から実験を通して危険意識や危険予知能力が安全教育後に向上したものと考えられる。また、回答時間が長くなっている被験者が見られることから、危険箇所に対する意識が強まり、危険箇所を特定する作業に熱心に取り組む姿勢が育まれたものと理解できる。表-3 は、ヒヤリハット実験と本システム実験を割合的に比較したものであり、安全教育実施前と後における危険箇所の回答数と回答時間の変化と上昇率をまとめたものである。表-3 より、ヒヤリハット実験と本システム実験の結果から、本システム実験の方が回答数においてヒヤリハット実験より 10.0%の向上がみられた。回答時間にあまり差はなかったが、安全教育実施前より約 13%の時間短縮がみられた。これは、危険箇所の回答数を考慮すると、事前評価に比べて事後評価の回答時間がかなり早くなっていて、本システム実験のほうがその効果が高かったと言えることができる。

表-2 被験者別実験結果

ヒヤリハット実験結果			本システム実験結果		
安全教育実施前			安全教育実施前		
被験者	回答数	回答時間	被験者	回答数	回答時間
1	17	215	A	11	335
2	12	70	B	11	67
3	9	50	C	16	114
4	11	125	D	5	45
5	9	40	E	18	37
安全教育実施後			安全教育実施後		
被験者	回答数	回答時間	被験者	回答数	回答時間
1	20	296	A	12	325
2	13	82	B	15	79
3	13	42	C	20	77
4	17	73	D	19	211
5	12	71	E	19	29

表-3 各実験結果の実験前後による上昇割合

ヒヤリハット実験結果			本システム実験結果		
合計数	事前	事後	合計数	事前	事後
	58	→		75	61
上昇率	+29.3%		上昇率	+39.3%	
回答時間	事前	事後	回答時間	事前	事後
	8.62	→		7.50	9.80
上昇率	-13.0%		上昇率	-13.2%	

本研究により得られた知見は以下の通りである。

- ・ヒヤリハット実験と本システム実験によるどちらの安全教育も、危険箇所の回答数と回答時間の向上が見られた。特に、本システム実験では、回答数が 39.3%も向上し、危険意識や危険予知能力を高めるために有用であることがわかった。
- ・回答時間は、ヒヤリハット実験と本システム実験で、約 13%の時間短縮がみられあまり差は見られなかった。しかし、危険箇所の回答数を考慮すると、本システム実験の方が効果的であると言えることができる。
- ・タグが表示されている危険箇所の近くまで行き、タグをタップすることで登録した詳細情報が画面に表示される。この詳細情報と危険箇所及び災害箇所を同時に自身でその場で確認することができ、危険箇所をイメージしやすくすることができた。
- ・現場所長だけでなく、個々の作業員も、登録されてない危険場所をフィードバックすることができ、登録漏れを防止し、現場の作業員全員で危険箇所の特定、登録、確認が可能である。
- ・本システムを活用することによって、自発的に危険箇所を考え意識させることが可能となる。
- ・Google マップを用いた表示機能を使うことで、現場に入る前に、すでに登録されている現場の危険箇所を確認することができ、入場時の受け入れ教育などでも活用可能であると考えられる。

### (3) 成果の公表

土木学会安全問題研究委員会等を通じ、建設会社の安全担当者との議論を行った。さらに、本研究成果の活用等、安全管理と情報について幅広く議論するため、安全工学シンポジウム 2012 においてオーガナイズドセッションを開催し、現場のニーズを把握した。

また、研究代表者らが主催した、2013 年墜落防止と防護に関する国際会議において、中心的な役割を果たすとともに、国内外の研究者らに本研究の成果を公表した。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

① Katsutoshi Ohdo, Seiji Takanashi, Yasumichi Hino, Hiroki Takahashi, Yasuo Toyosawa, Study on Fall Protection from Scaffolds by Plastic Sheets, International Journal of Safety, 査読有, Vol. 10, No. 1, 2011, pp.10-15

② 大嶋勝利, 日野泰道, 高梨成次, 高橋弘樹, くさび緊結式足場の組立・解体時における安全帯取付方法の実験的検討, 土木学会論文集 F6 (安全問題), 査読有, Vol. 68, No. 2, 2013, pp. I\_96-I\_103

③ 大嶋勝利, 墜落災害防止のための可視化し

た安全教育支援ツールの開発－墜落災害の傾向分析－，建設業安全衛生年鑑，査読無，平成24年版，2012，p.85

④ 広兼道幸，伴場翔，大幢勝利，田邊準一，AR技術を用いた現場における安全管理情報の共有化システムの構築，土木学会論文集F6（安全問題），査読有，Vol.69，No.2，2014，pp. I\_165- I\_170

⑤ 大幢勝利，墜落災害防止のための可視化した安全教育支援ツールの開発－墜落した場所と動作の関係の分析－，建設業安全衛生年鑑，査読無，平成25年版，2013，p.83

〔学会発表〕（計16件）

① 徳井亮輔，広兼道幸，AR技術を用いた直感的マニュアルの構築と評価，第7回 構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム，2011年10月13日，東京

② Katsutoshi Ohdo，Yasumichi Hino，Seiji Takanashi，Hiroki Takahashi，Yasuo Toyosawa，Safety Evaluation on Fall Protection System from Scaffolds by Scaffold Sheeting，Asia Pacific Symposium on Safety 2011，2011年10月20日，Jeju，Korea

③ Ryosuke Tokui，Michiyuki Hirokane，Application of AR based manual to prevention of human error，5th Asian-Pacific Symposium on Structural Reliability and its Application (APSSRA2012)，2012年5月25日，Singapore

④ Katsutoshi Ohdo，Tetsuo Hojo，Investigation on fall accidents and measure for decrease fall risk from scaffolds in Japan，10th International Conference on Occupational Risk Prevention (ORP2012)，2012年5月23日，Bilbao，Spain

⑤ Tetsuo Hojo，Katsutoshi Ohdo，Risk Assessment in Construction Industry，10th International Conference on Occupational Risk Prevention (ORP2012)，2012年5月23日，Bilbao，Spain

⑥ 大幢勝利，北條哲男，死傷災害データベースに基づく建設業の墜落災害要因の傾向分析，安全工学シンポジウム2012，2012年7月5日，東京

⑦ 田邊準一，広兼道幸，大幢勝利，AR技術を用いた現場における安全管理情報の共有化システムの構築，安全工学シンポジウム2012，2012年7月5日，東京

⑧ 大幢勝利，労働災害データベースを活用した建設業の墜落災害要因分析，第19回信頼性設計技術ワークショップ，2012年8月31日，横浜

⑨ 大幢勝利，北條哲男，建設業の墜落災害要因視覚化のための労働災害データベース分析，第28回ファジィシステムシンポジウム，2012年9月13日，名古屋

⑩ 田邊 準一，広兼 道幸，大幢勝利，拡張現

実を用いた建設現場における安全教育支援システムの構築，第28回ファジィシステムシンポジウム，2012年9月13日，名古屋

⑪ Sho Banba，Michiyuki Hirokane，Jun-ichi Tanabe，Katsutoshi Ohdo，Development of a Safety Education Support System for Construction Sites using Augmented Reality Technique，International Conference on Soft Computing Technology in Civil，Structural and Environmental Engineering，2013年9月4日，サルデーニャ，イタリア

⑫ 大幢勝利，北條哲男，広兼道幸，Web上のデータを活用した建設工事における墜落災害要因分析とその対策，土木学会第68回年次学術講演会，2013年9月5日，千葉，習志野

⑬ Katsutoshi Ohdo，Tetsuo Hojo，M. Hirokane，Investigation on fall accidents by injury accident database in Japan，8th Asia Pacific Symposium of Safety 2013，2013年10月18日，シンガポール

⑭ Tetsuo Hojo，Katsutoshi Ohdo，Analysis on Characteristics of Fall Accidents in Construction Industry，International Conference on Fall Prevention and Protection 2013，2013年10月23日，東京，日本

⑮ Michiyuki Hirokane，Sho Banba，Katsutoshi Ohdo，Development of AR Based Safety Education Support System in Construction Site，International Conference on Fall Prevention and Protection 2013，2013年10月24日，東京，日本

⑯ Katsutoshi Ohdo，Effects of Countermeasures for Scaffold-Related Falls in Japan，International Conference on Fall Prevention and Protection 2013，2013年10月24日，東京，日本

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大幢勝利 (Katsutoshi Ohdo)

独立行政法人労働安全衛生総合研究所・建設安全研究グループ・上席研究員

研究者番号：50358420

### (2) 研究分担者

広兼道幸 (Michiyuki Hirokane)

関西大学・総合情報学部・教授

研究者番号：70268332

北條哲男 (Tetsuo Hojo)

ものづくり大学・技能工芸学部・教授

研究者番号：30348346