

令和元年度
ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に
関する検討委員会
報告書

令和2年3月

建設業労働災害防止協会

はじめに

本報告書は、令和元（平成 31）年度設置の「ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会」（建山和由委員長）の検討結果をとりまとめたものです。

平成 29 年 6 月の設置から 3 年目を迎えた本年度は、これまでの検討結果の成果である「労働災害防止のための ICT 活用データベース」を平成 31 年 4 月 15 日に一般公開し、令和 2 年 2 月 29 日現在、271 事例を掲載するに至りました。

このデータベースに事例を掲載するにあたっては、第三者委員会である「労働災害防止のための ICT 活用データベース申請審査委員会」（建山和由委員長）を設置し、掲載の可否について審査する体制も整備され、円滑な運営が行われているところです。

こうした取組の結果、データベースに掲載されている活用事例のアクセス回数は月平均 6,000 回を超え、累計約 70,000 アクセスを数えました。また、フリーワード検索機能を追加する等、より利用者が使いやすい仕様となるよう、適宜データベースの改修を行いました。

一方、調査研究では、災害防止に有用な建設工事従事者のレジリエンス力向上を目的として、VR 等の先端技術をどのように活用すれば実効性ある安全衛生教育を展開できるか等、作業部会（VR 部会）を設置して、そのあり方について検討を行いました。ここでは、建設業及び他産業における先進事例の整理によって、その状況を把握するとともに、建設労務安全研究会会員企業を対象とした「建設工事における VR 教育事例」に関する調査を試行的に実施しました。蒔苗耕司部会長には、こうした検討の土台となる資料のとりまとめ及び考察を行っていただきました。

さらに、2 つ目のテーマである災害復旧・復興工事の二次災害防止に有用な ICT を検討するにあたり、過去の災害事例から事故リスクを低減させ、安全面を補完する ICT の活用可能性を分析した玉手聡委員の提起を踏まえ、次年度、本格的に検討する過去の災害事例の整理を行いました。

このように、本年度の調査研究では、これまでの研究成果であるデータベースを質・量両面で発展させるとともに、今後、飛躍的な技術革新が期待される VR 等の先端技術を災害防止に役立てる方策を検討しました。この研究が建設工事現場における安全衛生活動の一層の推進と ICT の進展に寄与するものとなることを期待します。

最後に、建山和由委員長を始め各委員、オブザーバーの皆様には多大なご尽力をいただき、心より感謝申し上げますとともに、VR 事例の調査に御協力いただきました建設労務安全研究会の会員の皆様に対しましても、重ねて感謝申し上げます。

令和 2 年 3 月

建設業労働災害防止協会

**令和元年度 ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会
委員名簿**

○建山 和由	立命館大学 理工学部 教授
玉手 聡	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 労働災害調査分析センター（併）建設安全研究グループ センター長
平野 良雄	労働安全コンサルタント（元 厚生労働省 労働基準局 安全衛生部長）
久保 久典	株式会社浅沼組 安全品質環境本部 安全部長（東京）
伊藤 勝啓	清水建設株式会社 安全環境本部 本部長
岡林 大二郎	一般社団法人 日本建設機械施工協会 業務部 業務部長
<オブザーバー>	
大村 倫久	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室 技術審査官
山下 尚	国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 企画専門官
川尻 竜也	国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐
宮澤 政裕	建設労務安全研究会 事務局長
濱島 京子	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ 上席研究員

※ ○印は、委員長（順不同・敬称略）

**ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会作業部会（WG）
委員名簿**

○蒔苗 耕司	公立大学法人 宮城大学 創造・開発学系／事業構想学群 教授
玉手 聡	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 労働災害調査分析センター（併）建設安全研究グループ センター長
久保 久典	株式会社浅沼組 安全品質環境本部 安全部長（東京）
伊藤 勝啓	清水建設株式会社 安全環境本部 本部長
宮澤 政裕	建設労務安全研究会 事務局長
濱島 京子	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ 上席研究員

<オブザーバー>

大村 倫久	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室 技術審査官
加藤 正弘	ミドリ安全株式会社 営業統括本部 営業推進部 安全衛生相談室 担当部長
倉持 滋	株式会社つくし工房 営業部 次長
赤崎 信也	株式会社積木製作 取締役 マネージャー

※ ○印は、部会長（順不同・敬称略）

目 次

序論	1
第Ⅰ部 委員会の設置	3
第1章 委員会の設置	5
第1節 令和元年度委員会の設置目的	5
第2節 検討の経緯	7
第2章 建設業のICTに関する最近の状況	11
第1節 i-construction等、行政の動向	11
第2節 建設業における労働災害から見たさらなる安全への課題	19
第3章 労働災害防止のためのICT活用データベースの運用状況	26
第1節 ICT活用データベース事例掲載件数	26
第2節 ICT活用データベースのアクセス状況	27
第3節 ICT活用データベース掲載事例の分類（2020年2月29日現在）	29
第4節 ICT活用データベースの改修状況	32
第Ⅱ部 今年度の検討課題とその対応	45
第1章 レジリエンス力の強化のためのVR等安全衛生教育の情報収集・整理に関する検討	47
第1節 令和元年度 ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討 委員会 作業部会（WG）の設置	47
第2節 検討の経緯	49
第3節 検討の背景	51
第4節 VRを活用した労働安全衛生教育	57
第5節 VR事例の収集及び整理	58
第6節 建設工事におけるVR事例に関する調査の試行実施	76
第7節 考察	116
第2章 災害復旧・復興工事の災害発生事例からみたICT活用可能性に関する検討	118
第1節 検討の背景	118
第2節 無人化施工システム導入による本質安全化	120
第3節 災害復旧工事における土砂生き埋め事故の防止	121
第4節 過去の災害復旧・復興工事における災害事例からみたICT活用の有効性の検討	127
第3章 次年度の検討課題	139
第1節 VR等を用いた安全衛生教育体系のあり方に関する検討	139
第2節 災害復旧・復興工事の災害発生事例からみたICT活用可能性に関する検討	142

引用文献

序 論

長年増加を続けてきた日本の総人口も、2007 年頃をピークに減少に転じた。これは、日本が近年初めて経験する社会現象で、今後、日本社会に様々な影響を及ぼすことが危惧されている。特に建設業では、年々課題となっている担い手不足がますます深刻化するとともに、インフラに投資される予算が減少することが懸念されている。そういう状況に置かれているにもかかわらず、建設業は未だに「きつい・汚い・危険」の 3K から脱し切れていない。この主要な原因の一つが低迷する労働生産性にあると見られている。一般製造業では、1990 年前後から生産ラインに自動化技術などの先端技術を導入することにより、20 年間で生産性を 2 倍近くにまで向上させたが、建設業は逆に低下させてきた。しかし、逆の見方をすれば、建設業は、生産性を上げる余地を残していると考えられることもできる。

国土交通省では、このような状況を受けて 2016 年に i-Construction なる新たな施策をスタートさせた。この i-Construction では、様々な方策を通じて建設業の生産性を向上させ、従来の 3K から、給料、休日、希望の 3 つの K で明るい展望を持つことのできる「新 3K」の産業にその体質を変えていくことを目指している。そのための主要な方策の一つが ICT(情報通信技術)の活用で、ICT を建設の様々な場面で活用することにより、生産性を上げる取り組みが進められている。

i-Construction がスタートしてまもなく 4 年が経つ。その導入効果としては、建設業における給与水準は明らかに向上しつつあるが、就労中の死亡者数は横ばい状況で、減少の兆しを見ることができない。すなわち従来の 3K の一つである「危険」は、未だ十分に改善されたとはいえない状況にある。今後、熟練技術者がリタイアしていく時期を迎えるにあたり、経験や知識が有効に継承されないと、事故や災害が逆に増えていくことも危惧される場所である。

このような状況の中、建設業労働災害防止協会では、平成 29 年度から「ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会」を立ち上げ、ICT を活用して建設工事における事故防止策の検討を始めた。そこで集められた情報をベースに平成 31 年 4 月には、「労働災害防止のための ICT 活用データベース」を公開し、建設現場の安全性向上に資する ICT 技術の普及に向けた取り組みを始めた。

令和元年度は引き続き、ICT 技術を活用した事故防止について情報収集とその普及に向けた議論を行ったが、その中でも特にバーチャルリアリティ（VR）を活かした安全教育に注目し、その導入について検討を始めた。VR とは、コンピューターを用いて人工的に仮想現実空間を作り出し、あたかもそこにいるかのような臨場感をもって様々な事象を仮想的に体験することのできる技術である。この技術を活用して建設現場における事故を仮想体験することにより、事故に対する意識を高めることができる。委員会では、この技術を活用すれば、建設現場で直接作業を行う人だけでなく、工事関係者全員の安全意識を高めることができるのではという考えから、その効果的な活用法、普及における課題とその改善策等について研究することを目的として新たに部会を設けて検討を始めた。

委員会では、引き続き建設現場における事故と災害の防止に向けて、積極的な取り組みを進めていく所存である。関係の皆様これまで以上にご支援、ご協力をいただきますよう、お願いをいたします。

令和 2 年 3 月

ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会
委員長 建山 和由
(立命館大学 理工学部 教授)

第 I 部

委員会の設置

第 1 章 委員会の設置

第 1 節 令和元年度委員会の設置目的

1. 1 委員会開催要綱

1 趣旨・目的

建災防では、平成 29 年度「ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会」を設置し、建設工事現場において ICT を活用することによってもたらされる労働安全衛生水準の向上に資する情報を収集してきた。さらに、これらの情報を建設工事現場における危険有害要因の除去及び作業負荷の軽減に通じる有益な技術情報として整理し、ICT を活用することで生じる新たな危険状況への対応等についても併せて検討を行い、これらの情報を登載したデータベースの構築を進めた。

こうして得られた成果について、平成 31 年 4 月、労働災害防止に資する ICT 活用事例及び研究開発事例等を登載した「労働災害防止のための ICT 活用データベース」として当協会ホームページに公開したところである。

そこで、今年度は当該データベースの円滑な運用を進めるとともに、近年、危険体感教育として注目を集めている VR (Virtual Reality) 等の安全衛生教育について、現場に求められるレジリエンス力（予測・注視・対処・学習の能力）を強化するための手法として位置づけ、その情報を収集・整理し、体系的にデータベース上に掲載することとする。さらに、ICT は災害復旧・復興工事現場において二次災害を防止する効果的な方法でもあることに鑑みて、その活用方法についても事例収集等を通して検討する。

もって、建設工事現場における生産性の向上及び安全衛生水準の向上を希求し、労働災害防止に資するものとする。

2 検討事項

- (1) レジリエンス力の強化のための VR 等安全衛生教育の収集・整理について
- (2) 災害復旧・復興工事における災害発生状況と ICT の活用方法について
- (3) その他

3 構成等

- (1) 本検討委員会は、建災防本部専務理事が別紙の専門家の参集を求めて開催する。
- (2) 本検討委員会には委員長を置き、委員長は委員会の議事を整理する。
- (3) 本検討委員会は、必要に応じ作業部会（WG）を設置することができる。
- (4) 本検討委員会は、必要に応じ関係者からヒヤリング等を行うことができるものとする。

4 その他

- (1) 本検討委員会は、原則として公開するものとする。但し、個人情報、個別企業等に係る事案を取り扱うときは非公開とする。

本検討委員会の事務は、建災防技術管理部計画課において行う。

1.2 委員名簿

令和元年度 ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会
委員名簿

○建山 和由	立命館大学 理工学部 教授
玉手 聡	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 労働災害調査分析センター（併）建設安全研究グループ センター長
平野 良雄	労働安全コンサルタント（元 厚生労働省 労働基準局 安全衛生部長）
久保 久典	株式会社浅沼組 安全品質環境本部 安全部長（東京）
伊藤 勝啓	清水建設株式会社 安全環境本部 本部長
岡林 大二郎	一般社団法人 日本建設機械施工協会 業務部 業務部長
<オブザーバー>	
大村 倫久	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室 技術審査官
山下 尚	国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 企画専門官
川尻 竜也	国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐
宮澤 政裕	建設労務安全研究会 事務局長
濱島 京子	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ 上席研究員
<事務局>	
本山 謙治	建設業労働災害防止協会 技術管理部長
田村 和佳子	建設業労働災害防止協会 技術管理部 計画課長代理兼 建設業メンタルヘルス対策室長
松本 淳	建設業労働災害防止協会 技術管理部 計画課 計画係長
高野 星雅	建設業労働災害防止協会 技術管理部 計画課

※ ○印は、委員長

（順不同・敬称略）

第2節 検討の経緯

第1回委員会

日時 令和元年6月4日 14:00

場所 TKP 田町カンファレンスセンター B1A

議題

1) 報告事項

- ア 「令和元年度 ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会」設置趣旨及び検討事項について
- イ 労働災害防止のための ICT 活用データベースの運用状況について
- ウ 労働災害防止のための ICT 活用データベース申請審査委員会の設置について

2) 検討事項

- ア レジリエンス力の強化のための VR 等安全衛生教育の情報収集・整理について
- イ ワーキンググループの設置について
- ウ 災害復旧・復興工事における災害発生状況と ICT の活用方法について

配布資料

- | | |
|-----------|---|
| 資料No. 1-1 | 建設技術の新たなステージ i-Construction ～労働災害防止への期待～ |
| 資料No. 1-2 | 令和元年度 ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会設置要綱 |
| 資料No. 1-3 | 令和元年度 ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会委員名簿 |
| 資料No. 1-4 | ICT 活用データベースの運用状況について |
| 資料No. 1-5 | 令和元年度労働災害防止のための ICT 活用データベース申請審査委員会設置規程 |
| 資料No. 1-6 | ICT とレジリエンス |
| 資料No. 1-7 | 令和元年度 ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会作業部会（WG）開催要綱（案） |
| 資料No. 1-8 | 災害復旧・復興工事における災害発生状況と ICT の活用方法について |
| 参考資料 1 | 労働災害防止のための ICT 活用データベースの公開に関する周知について |
| 参考資料 2 | 令和元年度 建設業におけるメンタルヘルス対策のあり方に関する検討委員会設置要綱及び委員名簿 |
| 参考資料 3 | 「建設現場における不安全行動・ヒヤリハット体験に関する実態調査」実施結果報告書（平成 30 年 11 月） |

第2回委員会

日時 令和元年8月22日 15:00

場所 三田鈴木ビル5階 会議室

議題

1) 報告事項

- ア 令和元年度第1回 ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会
会議事要旨（案）について
- イ 労働災害防止のための ICT活用データベースの運用状況について
- ウ 令和元年度 ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会
作業部会（WG）について

2) 検討事項

- ア 建設業における VR等安全衛生教育の現状について
 - ① メーカーからの状況説明
 - ② VR体験
 - イ 建設業における効果的な VR教育のあり方について
- 3) その他

配布資料

- 資料No. 2-1 令和元年度 ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会
作業部会（WG）開催要綱及び委員名簿
- 資料No. 2-2 令和元年度第1回 ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する検
討委員会会議事要旨（案）
- 資料No. 2-3 ICT活用データベースの運用状況
- 資料No. 2-4 労働災害防止のための ICT活用データベース リーフレット
- 資料No. 2-5 令和元年度 ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会
作業部会（WG）実施事項（案）
- 資料No. 2-6 VRを用いた安全衛生教育の現状①（ミドリ安全様）
- 資料No. 2-7 VRを用いた安全衛生教育の現状②（積木製作様）
- 資料No. 2-8 VRを用いた安全衛生教育の現状③（つくし工房様）
- 資料No. 2-9 建設業における効果的な VR教育のあり方（案）

参考資料 1 建設業労働災害防止協会：建設の安全7・8, 6-7, 2019,

参考資料 2 西尾レントオール：安全くん 4-159, 10, 2019

参考資料 3 （一社）日本建設業連合会 IT推進部会 先端 ICT活用専門部会：

建設現場における先端 ICT活用の最新の動向, 2019,

https://www.nikkenren.com/kenchiku/ict/seminar/pdf/2018/H30_04.pdf

参考資料 4 （社）日本労働安全衛生コンサルタント：厚生労働省委託事業

平成23年度 危険体感教育指導員養成講習, 2011, <https://www.mhlw.>

go.jp/new_info/kobetu/roudou/gyousei/anzen/dl/120302.pdf

参考資料 5 国土交通省 ICT 導入協議会：第 9 回資料 -4, 2019. 7. 11,
<http://www.mlit.go.jp/common/001299659.pdf>

参考資料 6 厚生労働省：第 13 次労働災害防止計画（抜粋）, 2018,
<http://www.mhlw.go.jp/content/11200000/000341158.pdf>

第 3 回委員会

日時 令和元年 12 月 12 日 15:00

場所 三田鈴木ビル 5 階 会議室

議題

1) 報告事項

- ア 第 2 回「令和元年度 ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会」議事要旨について
- イ 労働災害防止のための ICT 活用データベースの運用状況について
- ウ 令和元年度建設工事現場のヒヤリハットに関する実態調査Ⅱ 集計結果（中間報告）について
- エ VR 部会検討状況報告について（蒔苗部会長）

2) 検討事項

- ア レジリエンス力の強化のための VR 等安全衛生教育の事例収集について
 - ① 調査票案の作成、調査の方法
 - ② 活用の方法
- イ 災害発生状況と ICT の活用方法について
- ウ 労働災害防止のための ICT 活用データベース申請審査要領ほか規定の変更について
- エ 令和元年度 ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会報告書骨子案について

3) その他

配布資料

- | | |
|-------------|---|
| 資料No. 3-1 | 令和元年度 ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する
検討委員会名簿（委員変更） |
| 資料No. 3-2 | 令和元年度 ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討
委員会第 2 回議事要旨 |
| 資料No. 3-3 | ICT 活用データベースの運用状況について |
| 資料No. 3-4 | 労働災害防止のための ICT 活用データベース掲載事例等の申請勧奨に
ついて（令和元年 12 月 9 日付事務連絡） |
| 資料No. 3-5 | 建設工事現場のヒヤリハットに関する実態調査Ⅱ 集計結果（中間報告） |
| 資料No. 3-6-1 | VR 部会検討状況報告 |
| 資料No. 3-6-2 | 建設工事現場における事例整理表（案）及び VR 事例 |

資料No. 3-6-3	建設工事における VR 事例調査項目（案）
資料No. 3-6-4	VR 事例の整理（イメージ）及び事例整理表
資料No. 3-6-5	VR 事例の活用と今後の方向性、教育施設の設置状況及び施設の事例
資料No. 3-7-1	建設工事における VR 教育事例 調査票（案）
資料No. 3-7-2	VR 教育事例の活用について
資料No. 3-8	災害事例に対応した ICT 事例
資料No. 3-9	ICT 活用データベース申請審査要領ほか規定の変更について
資料No. 3-10	令和元年度 ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会 報告書骨子案
参考資料 1	国道 57 号滝室坂トンネル＜坂梨工区＞パンフレット， 清水・東急・森 特定建設工事協同企業体
参考資料 2	「事務所独自の表彰制度を新たに創設」 国土交通省関東地方整備局北首都国道事務所，2019.11.1

第2章 建設業のICTに関する最近の状況

第1節 i-Construction等、行政の動向

1.1 建設業におけるICT推進の背景

少子高齢化に伴う人手不足により他産業以上に技能者等の確保が深刻な課題となっている建設業では、ICT活用により労働生産性向上を目的とする「i-Construction」施策が展開されている。こうした動向について、建山和由委員長は「労働安全衛生コンサルタント」寄稿論文「ICTを活用した建設分野の生産性向上と労働災害防止」において次のように述べている。

1. 動き出した建設革命

長年増加を続けてきた日本の総人口も、2007年頃をピークに減少に転じた。これは、日本が初めて経験する社会現象で、今後、社会の様々な場面で影響が現れることが危惧される。建設分野では、特に15歳から64歳までの生産年齢人口の減少から、担い手不足が益々深刻になるというだけではなく、インフラの使用や税収も減ることになり、結果としてインフラに投資される予算も厳しくなることが懸念される。一方で、90年代から日本のインフラ投資は急速に変わりつつある。新規投資は90年代に比べて半減する反面、新設よりも難しい維持管理への投資は減ることがなく、今後増えていくことになる。さらに、自然災害という点からも建設業界は非常に厳しい時代に入っている。自然災害は年々激化しており、より甚大な災害が起きると予想され、今まで以上に防災対策に取り組んでいかなければならない。建設業界は人も予算も限られる中で今まで以上に難しい工事をこなしていかなければならない状況に陥っていくことになる。

そういう状況に置かれているにもかかわらず、建設業は未だに「きつい・汚い・危険」の3Kから脱し切れていない。この主要な原因の一つが低迷する労働生産性にあると見られている。図1は産業別の労働生産性の推移を表している。この図から明らかなように、一般製造業は、1990年頃から生産ラインに自動化技術などの先端技術を導入することにより、20年間で生産性を2倍近くにまで向上させたが、建設業は逆に低下させてきた。しかし、逆の見方をすれば、建設業は、生産性を上げる余地を残していると考えられることもできる。

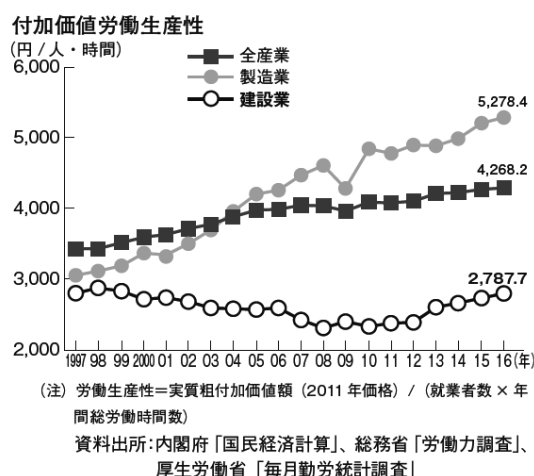


図1 産業別労働生産性の推移

国土交通省では、このような状況を受けて 2016 年に i-Construction なる新たな施策をスタートさせた。この i-Construction では、様々な方策を通じて建設業の生産性を向上させ、従来の 3K から、給与が高く、休日があって、かつ希望を持つことのできる「新 3K」で象徴される魅力ある産業にその体質を変えていくことを目指している。そのための主要な方策の一つが ICT（情報通信技術）の活用で、ICT を建設の様々な場面で活用することにより、生産性を上げる取り組みがなされている。

i-Construction がスタートして 3 年が経つが、国交省が想定していた以外にも建設革命に向けて様々な取り組みが動き出している。その一つが ICT を活用した安全性の向上である。もともと、i-Construction の目的は、3K の改善であったが、これまでは 3K を包括する形で労働生産性の向上が追求されてきた感が強かった。これにより労働生産性は徐々に改善してきたが、3K の一つである「危険」は、未だ十分に改善したとはいえない状況にある。

図 2 は、就労中の死傷者数の経年推移を産業別に表したグラフである。建設業の就労環境や就労条件は以前に比べると大きく改善されているものの、就労中の死傷者の数は全産業の 1/3 を占めている。他産業に比べて不確定要因が多く、作業の規模が大きな職種であり、事故が起こり易いことは否めないが、それでも改善の余地がないわけではない。このような状況を改善すべく、ICT を生産性向上だけでなく、建設工事における事故や労働災害防止に活用しようとする取り組みが始まっている。ことを目指している。そのための主要な方策の一つが ICT（情報通信技術）の活用で、ICT を建設の様々な場面で活用することにより、生産性を上げる取り組みがなされている。

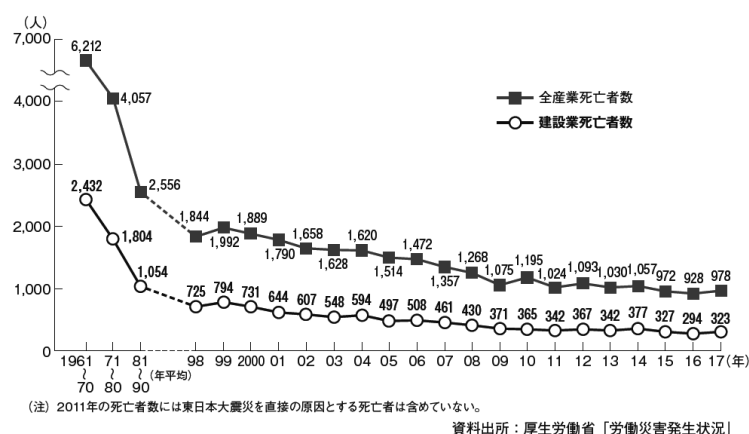


図 2 産業別の就労中死亡者数の推移

このような趣旨に基づき、建設工事では国土交通省主導の ICT 施工が普及している。以下、国土交通等行政各機関における取組状況を示す。

1.2 国土交通省による取組

1) ICT 導入協議会

国土交通省は、平成 28 年 2 月に i-Construction の 3 本柱の一つである土工への「ICT の全面的な活用」に向けて、ICT を建設現場へ円滑に導入し、その普及推進を図るため、関係業界等の意見を聴取し、具体的な課題解決に向け共通の認識を得ることを目的として ICT 導入協議会（建山和由議長）を設置した。

現在まで 9 回の会議が開催され、ICT 活用工事に関連する基準類の見直し、地方普及展開に向けた「現場支援型モデル事業」を開始するとともに「i-Construction 大

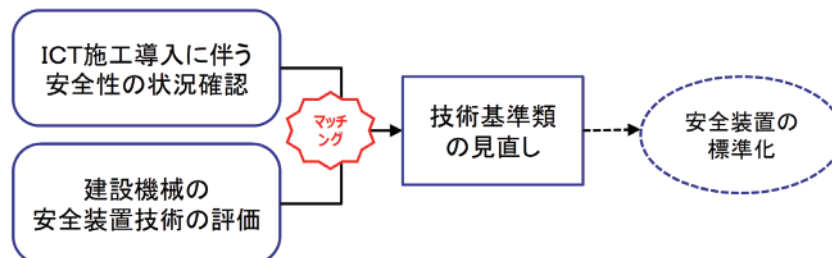
賞」の創設、i-Constructionに関する工種拡大、『官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）』の推進等、ICT普及拡大へ向けた検討を進め、令和元年度には、ICT施工における安全対策についても検討を始めた。（図 I－2－1）

ICT施工による安全対策に関する検討

国土交通省

■2019(令和元)年度の検討内容(案)

- ① ICT施工導入に伴う安全性の状況確認
→ 建設現場にICTを導入することによる現場安全性の動向を確認。
施工現場における安全面の効果や課題を抽出。
- ② 建設機械の安全装置技術の評価
→ 「建設機械の安全装置類」に関する要求水準を整理。
現場実証を行う等、技術検証を行ったうえで技術比較を実施。
- ③ 技術基準類の見直し検討
→ 「建設機械に関する技術指針」等の見直しを検討



1

図 I－2－1 ICT 施工による安全対策に関する検討

2) ICT 活用工事の実施状況

こうした ICT 普及拡大を目的とする様々な施策の展開により、平成 30 年度には直轄工事における ICT 活用工事の公告件数 1,948 件のうち約 6 割の 1,105 件で実施され、都道府県・政令市における ICT 土工の公告件数が 2,428 件、実施件数は 523 件に大幅に増加した。（図 I－2－2）

ICT活用工事の実施状況

- H30年度は、直轄工事におけるICT活用工事の公告件数1,948件のうち約6割の1,105件で実施。
○ 都道府県・政令市におけるICT土工の公告件数が2,428件、実施件数は523件に大幅に増加。

ICT施工実施状況

単位：件

工種	平成28年度		平成29年度		平成30年度	
	公告件数	うちICT実施	公告件数	うちICT実施	公告件数	うちICT実施
土工	1,625	584	1,952	815	1,675	960
舗装工	—	—	201	79	203	80
浚渫工	—	—	28	24	62	57
浚渫工(河川)	—	—	—	—	8	8
合計	1,625	584	2,181	918	1,948	1,105
実施率	36%		42%		57%	

都道府県・政令市におけるICT施工実施状況

単位：件

	平成28年度	平成29年度		平成30年度	
	ICT実施件数	公告件数	うちICT実施	公告件数	うちICT実施
土工	84	870	291	2,428	523
実施率		33%		22%	

ICT活用工事の実施状況

・ICT土工	平成30年度 ICT土工対象工事		
	発注者指定型	施工者希望Ⅰ・Ⅱ型	合計
公告工事件数	189	1,486	1,675
うちICT実施工事件数	189	771	960
実施率	100%	52%	57%

・ICT舗装工	平成30年度 ICT舗装工対象工事		
	発注者指定型	施工者希望Ⅰ・Ⅱ型	合計
公告工事件数	14	189	203
うちICT実施工事件数	14	66	80
実施率	100%	35%	39%

・ICT浚渫工	平成30年度 ICT浚渫工対象工事		
	発注者指定型	施工者希望型	合計
公告工事件数	22	40	62
うちICT実施工事件数	22	35	57
実施率	100%	88%	92%

・ICT浚渫工(河川)	平成30年度 ICT浚渫工(河川)対象工事		
	発注者指定型	施工者希望Ⅰ・Ⅱ型	合計
公告工事件数	1	7	8
うちICT実施工事件数	1	7	8
実施率	100%	100%	100%

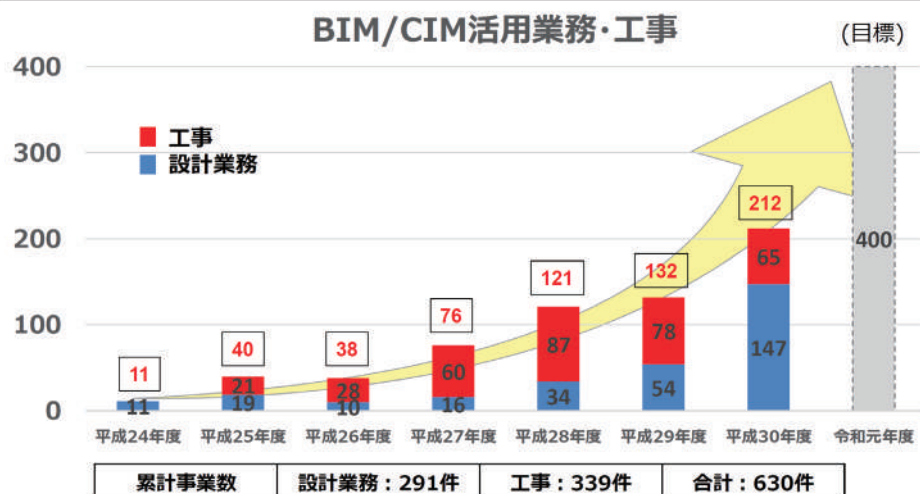
2

図 I - 2 - 2 ICT 活用工事の実施状況

また、B I M / C I M活用業務・工事件数については、平成30年度、212件（設計業務：147件、工事：65件）で実施され、令和元年度は400件（設計業務＋工事）の実施を目標としている。（図 I - 2 - 3）

BIM/CIM活用業務・工事件数の推移

- 平成24年度から橋梁、ダム等を対象に3次元設計(BIM/CIM)を導入し、着実に増加。
- 平成30年度は、212件(設計業務:147件、工事:65件)で実施。
- 令和元年度は、400件(設計業務+工事)の実施を目標。



3

図 I - 2 - 3 BIM/CIM 活用業務・工事件数の推移

1.3 厚生労働省の取組

1) 「ITを活用した新しい安全衛生管理手法のすすめ方について」

厚労省では、平成21年5月、団塊の世代の大量退職に伴う安全衛生分野の知識、技術、ノウハウの喪失、労働者の熟練度の低下等に対応するため、PDA（個人用携帯端末）、ICタグ等のIT技術を活用して安全衛生の確保のための情報提供、警告等を可能とする「ITを活用した新しい安全衛生管理手法」の検討を行い、普及用ツールとしてマニュアル[概要編]、マニュアル[詳細編]及び解説用ビデオDVDを作成し、公開している。

2) 第13次 労働災害防止計画（2018年度～2022年度）

平成30年2月公表された「第13次労働災害防止計画」では、ICTに関し、次のように明記され、ICT等の技術革新に対応した安全性の確保及び向上を労働安全衛生施策として掲げている。

4 重点事項ごとの具体的取組

(3)就業構造の変化及び働き方の多様化に対応した対策の推進

エ 技術革新への対応

- ・ 人との協調作業を可能とする産業用ロボット等について、機能安全の基準や認証制度を検討する。
- ・ 信頼性の高い自動制御装置によって機械等を監視及び制御する安全方策の普及を図る。
- ・ AI（人工知能）やマンマシンインターフェースの開発に伴い、これまでの産業用ロボットの定義（記憶装置の情報に基づきマニプレータの屈伸等を自動的に行う機械）に当てはまらないロボットが産業現場に普及していくことが見込まれるため、これらの安全対策や安全基準・規格等を検討する。
- ・ AI や GPS 技術の急速な能力向上により、近い将来において、工場等の産業現場においても自律的に作業を行う機械の導入が進むと見込まれるため、こうした技術革新を見越した上で、人と機械の安全な協働の方策等について必要な基準を検討する。
- ・ IoT（Internet of Thing：インターネットに物が接続されること）やこれにより収集されたビッグデータを活用した労働災害の防止や労働者の健康確保に関する調査研究を推進する。

(8)国民全体の安全・健康意識の高揚等

イ 危険体感教育及び震災に備えた対策の推進

- ・ 労働者の危険感受性の低下が、労働災害が減少しない原因の一つとなっているとの指摘があることを踏まえ、VR（バーチャル・リアリティ）技術を応用した危険感受性を高めるための教育の推進を図る。

1.4 日本建設業連合会の取組

日本建設業連合会では、平成28年度より専門部会を設置して、先端ICTツールの活用事例やハードウェア、アプリケーション、クラウドサービスなどの最新情報、各社の取り組みなどを情報共有し、会員各社の生産性向上に寄与することを目的とした様々な活動を行っている。

主たる取組を、次に示す。

1) お手軽便利なICTツール集

生産性向上に資するICTツール集を同会HP上で公開している。平成30年実施の日建連会員企業（建築）を対象とした「便利ツールに関するアンケート」（n=44）によれば、「監視カメラ」「測量」「VR・AR・MR」等、ハードウェアへの依存性が高い分野は「個別導入」が多く、「図面資料閲覧」ではBIM用ツールが多く用いられ、文字入力 of 効率化を目的としたツールも多く採用されていることが明らかとなった。（図I-2-4）

便利ツールとは

お手軽便利なICTツール集

日建連加盟各社から持ち寄られた情報をもとに、生産性向上につながるツールをまとめた技術資料です。

各ツール1シートにまとめており、ホームページで、使用時期・用途・対象者・対象OS・キーワードにより、検索が可能です。



© Copyright 2019, Japan Federation of Construction Contractors

建設現場における先端ICT活用の最新動向

P.4

図 I - 2 - 4 お手軽便利な ICT ツール集

2) 先端 ICT 利用に関するアンケート (n =44)

先端ICT利用に関するアンケート

「ドローン」「AI・IoT」「HMD（ヘッドマウントディスプレイ）」に関して、取り組み状況や活用シーンなどのアンケートを実施。

調査対象	日建連会員企業(建築)
回収率	70%(44社/63社)
調査方法	メールによる配布と回収
調査時期	2018/11/15~2018/12/14

「ドローンに関するアンケート」

ドローンとは、複数の制御装置を持つ「マルチコプター」。

Q1 ドローン導入状況について、選択してください。

Q2 採用しているドローンのメーカー、機種を教えてください。

「AI・IoTに関するアンケート」

AI人工知能とは、高度な知的作業を自動化する技術。

Q1 AIの活用及び開発への取り組み状況について、選択してください。

Q2 AIの活用及び開発に取り組んでいる段階について、選択してください。

「HMD（ヘッドマウントディスプレイ）に関するアンケート」

HMD（ヘッドマウントディスプレイ）とは、頭部に装着するディスプレイ装置のことを指します。

Q1 HMD導入状況について、選択してください。（「その他」を選択したときは、（ ）内に具体的な導入状況を記入してください。）

Q2 HMDで採用している、あるいは検討中の表示技術を選択してください。複数選択可能。

© Copyright 2019, Japan Federation of Construction Contractors

建設現場における先端ICT活用の最新動向

P.13

図 I - 2 - 5 先端 ICT 利用に関するアンケート

一方、先端 ICT として「ドローン」「AI・IoT」「HMD」に関する取組の状況をアンケート調査した結果によれば、次の傾向が判明した（以下、上位回答のみ列挙）。（図 I－2－5）

	ドローン	AI	IoT	HMD
導入状況	「作業所で利用している」35 件	「取り組んでいる」21 件	「取り組んでいる」28 件	「導入している」24 件 VR 21 件 AR 8 件 MR 9 件 モニタ 10 件
利用状況	「施工段階」46 件	「画像解析・画像認識」8 件 「施工支援」7 件	「バイタルチェック」6 件	VR「営業・企画・設計段階」16 件 AR「施工段階」6 件 MR「施工段階」9 件 モニタ「施工段階」8 件
課題	「安全上の問題、第三者災害に対するリスク等」31 件 「航空法の規制」28 件 「ドローン操作者の養成・確保」24 件	「導入するのにハードルがあると感じる」7 件 「導入効果がわからない」3 件 「時短・省力化」10 件	「導入効果がわからない」3 件 「導入するのにハードルがあると感じる」3 件 「活用の仕方がわからない」3 件	「ハードウェアの性能が不十分」17 件 「導入コストが高い」17 件 「建設現場で活用できるアプリケーションが充実していない」15 件

こうした利用状況等を定期的に把握することによって、国土交通省の i-Construction をバックアップするとともに、建設工事における先端技術の導入を推進している。

第2節 建設業における労働災害の傾向から見たさらなる安全への課題

はじめに

本節では建設業における労働災害の発生状況を長期的な視点で分析し、その背景的な要因もふまえて考察する。建設業における死傷者数と死亡者数はこれまで着実に減少しているが、近年は減少率が鈍化している¹⁾。このような傾向は建設の現場が十分安全になったことを意味しているのだろうか。本報告では、労働災害の発生数について経時的な推移を示し、産業別の就労者数と労働災害の発生数との比較から建設業の危険を分析した上でさらなる安全に必要な課題を考察する。

2.1 労働災害の発生数の推移

図I-2-1は労働災害の発生数の推移を示す。横軸は西暦を1953年から2018年まで示し、上側のグラフには死亡者数（左側）と死傷者数（右側）を合わせて示している。黒色で示した2つの曲線は全産業における労働災害であり、白丸印は死傷者数、黒丸が死亡者数を示す。四角印は同様に整理した建設業の労働災害の推移である。

この比較から、全産業と建設業の死亡者数と死傷者数はともにピークが一致しており、その発生年は前回の東京オリンピックが行われた1964年の3年前である1961年であったとことがわかる。その数は全産業での死亡者数が6712人、建設業は2652人、死傷者数については全産業が48.2万人、建設業は4.8万人という多さであり当時の厳しい労働環境を知ることができる。しかしながら、1961年以降、死亡者数と死傷者数の曲線はほぼ連動するように減少している。特に、1972年に施行された労働安全衛生法のインパクトは大きく、死亡災害の減少は急激に進んだ。表1に示すように2018年の死傷者数は全産業で12.7万人、建設業では1.5万人にまで減少しており1961年と比較ではそれぞれ約1/4と1/9という少なさである。また、死亡者数については全産業で909人、建設業で309人であるから同様に比較すると約1/7と1/8である。このように、我が国の労働災害はこの57年間で相当な減少を遂げ、特に建設業では死傷、死亡ともに1/8以下となった。

このように建設業と全産業ではともに死亡者数と死傷者数は大きく減少したが、近年の傾向を見るとその曲線はなだらかとなっている。すなわち、減少割合は小さくなっており収束傾向が見られる。これは労働の現場がもう十分に安全になったことを示しているのだろうか。

図I-2-1の下側のグラフは建設業の労働災害の占有割合を示す。死亡者数と死傷者数はほぼ連動した増減を示している。建設業における労働災害の占有割合は1979年まで増加しその最大値は死亡が47%、死傷は34%を記録した。その後、死亡と死傷の両方の値はともに減少に転じ、2015年には死亡者数が34%、死傷者数は13%となりここ数年はほぼ横ばい傾向となっている。

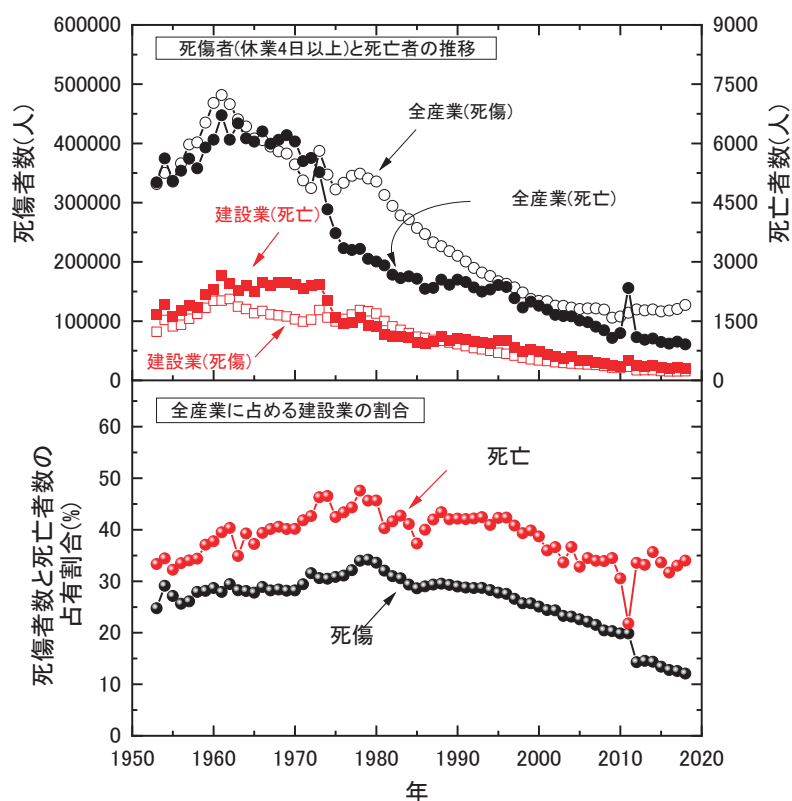


図 I - 2 - 1 労働災害の発生数と建設業における労働災害の占有割合の推移(1953 年から 2018 年)

表 I - 2 - 1 死亡者と死傷者の減少率(1961 年ピークに対する 2018 年の値)

		1961 年 (ピーク時)	2018 年	減少率 (2018 年/1961 年)
死亡	全産業	6712	909	1/7
	建設業	2652	309	1/8
死傷	全産業	481686	127329	1/4
	建設業	134552	15374	1/9

表 I - 2 - 2 就労者数と労働災害数(2018 年)

先頭の 文字 下付け	全産業 <i>A</i>	建設業 <i>B</i>	製造業 <i>C</i>	建設業 の比 <i>B/A</i>	製造業 の比 <i>C/A</i>
就業者数 a	6655 万人	503 万人	1060 万人	1/13	1/6
死傷者数 b	12.7 万人	1.5 万人	2.7 万人	1/8	1/5
死亡者数 c	909 人	309 人	183 人	1/3	1/5

表 I - 2 - 2 は、2018 年の就労者数²⁾と労働災害数¹⁾の一覧を示す。総務省統計局の労働力調査によれば、全産業における就業者数 *Aa* は 6655 万人であり、建設業 *Ba* のそれは 503 万人、製造業 *Ca* では 1060 万人である。建設業と製造業 (*Ba* と *Ca*) の就業者数に

ついて、全産業（Aa）に対する割合を概算で求めると、建設業（Ba/Aa）が 1/13、製造業（Ca/Aa）では 1/6 である。一方、同年の労働災害による死傷者数と死亡者数について先と同様に割合を計算すると、建設業の死傷者の割合（Bb/Ab）は 1/8 である。さらに式（1）のように計算すると就業者数に対する死傷の危険度は全産業平均よりも約 1.6 倍大きく、さらに死亡については 4.5 倍高いことがわかる（式（2））。

$$\text{建設業で死傷する危険度} = \frac{1.5}{12.7} \times \frac{503}{6655} \div 1.6 \quad (1)$$

$$\text{建設業で死亡する危険度} = \frac{309}{909} \times \frac{503}{6655} \div 4.5 \quad (2)$$

表 I - 2 - 3 は建設業と製造業における労働災害の発生割合を全産業比の結果をまとめたものである。製造業では死亡の危険度が全産業比で 1.3 倍、死傷は 1.3 倍である。一方、建設業では 1.6 倍から 4.5 倍の高さである。建設業と製造業は同じ物づくりをする産業であるが、その仕事をする環境の違いによって危険度には大きな差が生じている。建設業での死亡する危険度は製造業と比べて約 3.5 倍高く（=4.5/1.3）この突出する部分の改善が建設業における安全上の課題と言える。

表 I - 2 - 3 労働災害が発生する危険度の概算比較（2018 年）

	建設業	製造業
死傷する危険度	1.6 倍	1.3 倍
死亡する危険度	4.5 倍	1.3 倍

2.2 災害度数率と災害強度率の推移

図 I - 2-2 は災害度数率（AFR）の推移を示す。AFR とは 100 万延実労働時間当たりの労働災害による死傷者数である。ここでの死傷者数とは業務上の負傷、業務上の疾病（休業 1 日以上及び身体の一部または機能を失うもの）及び死亡したもの数である。AFR は厚生労働大臣官房統計情報部が毎年発表する労働統計年報の中に示されている。この図は 1954 年から 2017 年までの 63 年間の推移であるが全産業と建設業ではともに大きな減少を遂げている。

具体的には、1954 年に全産業では 29.53、建設業では 65.44 という非常に高い頻度であった。その後の減少は縦軸を対数スケールで示したことからみてもわかるとおり、ある意味すさまじい勢いで進んだ。先の図 I - 2 - 1 に示した災害発生数そのものは 1961 年がピークであったが AFR はこれと一致しない。すなわち、当時の高度経済成長による仕事量の増加とそれによる労災事故の増加は AFR の減少を打ち消すほどのものであったということを意味する。AFR 自体は 1954 年以降ほぼ一貫した減少を示し、産業現場の安全レベルは改善が進んだ。

1968 年に「建設業」は「総合工事業」と「職別工事業、設備工事業」に分けて整理されるようになり、さらに 2015 年には「職別工事業、設備工事業」は「総合工事業を除く」というように整理方法が変わった。また、総合工事業の AFR 値は 1980 年に全産業よりも小さくなり大小関係は逆転した。このように建設業（「総合工事業」及び「総合工事業を除く」）では災害の発生頻度は全産業以下となるまでに改善された。

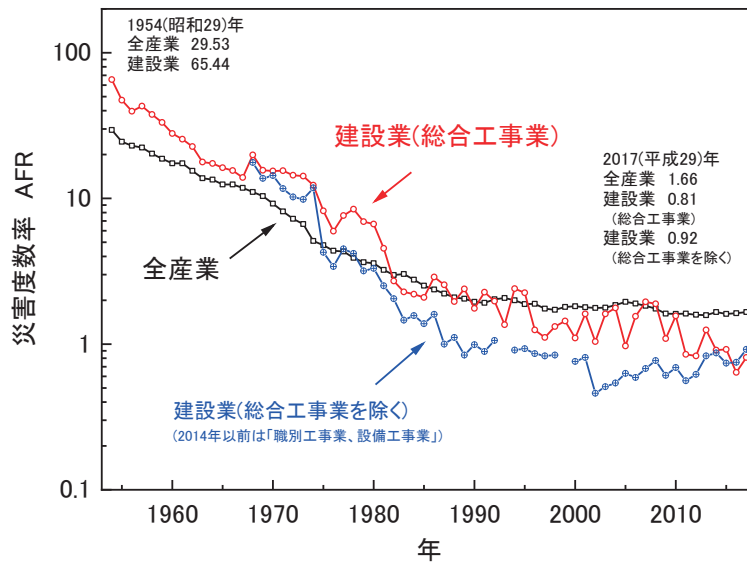


図 I-2-2 災害度数率 AFR の推移(1954 年から 2017 年)

表 I-2-4 災害度数率の減少率(1954 年に対する 2017 年の比較)

災害度数率 AFR	1954 年	2017 年	減少率(2017 年/1954 年)
全産業	29.53	1.66	1/18
建設業(総合工事業)	65.44	0.81	1/80

表 I-2-4 は 1954 年と 2017 年の災害度数率から求めた減少率を示す。1954 年に比べると全産業の AFR は 1/18 と大きく減少しているが、総合工事業では 1/80 というさらに劇的な減少を遂げている。このように我が国の産業安全はこの 63 年間で著しく改善されてきた。

図 I-2-3 は災害強度率 (ASR) の推移を示す。ASR とは 1,000 延実労働時間当たりの労働損失日数である。労働損失日数と言うまでも無く労働災害による死傷者の延労働損失日数であり、具体的には死亡は 7,500 日、永久全労働不能で身体障害等級 1～3 級は 7500 日、永久一部労働不能は身体障害等級の 4～14 級に応じて 50～5,500 日、一時労働不能は暦日の休業日数に 300/365 を乗じた日数とされる。

ASR も AFR と同様に 1954 年から 2017 年までの 63 年間で全産業と建設業ではともに大きな減少を遂げている。1954 年時点では総合工事業の AFR は 9.20 であり全産業の 2.85 に対してほぼ 3 倍の大きな差があった。その後、AFR と同様に大きな減少をとげ、2017 年には全産業と建設業（「総合工事業」及び「総合工事業を除く」）の値は 0.1 強にまで減少した。ここ数年は両値の大小関係が年ごとに入れ替わる状況である。表 5 に示した減少率を見ると全産業では 1/32、建設業では 1/51 というやはり劇的と言える減少を遂げており産業現場の安全は災害強度率の面からも大きく改善されたことがわかる。

以上より、災害度数率 (AFR) と災害強度率 (ASR) は 1954 年から 2017 年までに大きく減少した。特に総合工事業では顕著で AFR は 1/80 に ASR については 1/51 となった。AFR については 1995 年以降全産業のそれよりも小さく、ASR は 2012 年以降大小関係が年ごとに入れ替わるような状況である。したがって、昨今の AFR と ASR の両指標については建設

業（「総合工事業」及び「総合工事業を除く」と全産業で肩を並べている。

今後、労働力が減少する中で連動して災害数自体も減少することも予想されるが、安全状態の判別のためにはAFRとASRを注視する必要がある。新たな施工技術の開発やICT技術の導入によって生産性が改善される中でその安全性は必ずしも明らかとなっていないものもある。新技術に安全上の盲点はないか、また、導入によって別の危険は生じないか検証する必要がある。今後は如何にAFRとASRをこれまで以上に低くしていくかが課題ではないだろうか。

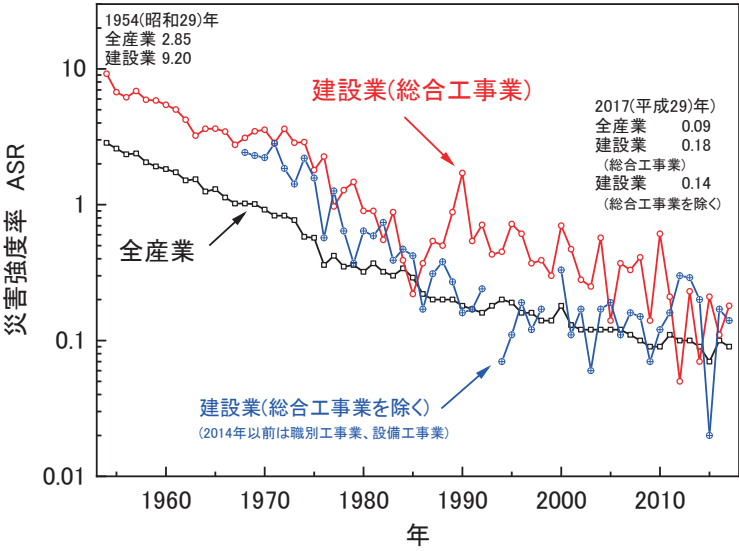


図 I-2-3 災害強度率 ASR の推移(1954 年から 2017 年)

表 I-2-5 災害強度率の減少率(1954 年に対する 2017 年の比較)

災害強度率 ASR	1954 年	2017 年	減少率(2017 年/1954 年)
全産業	2.85	0.09	1/32
建設業(総合工事業)	9.20	0.18	1/51

2.3 定期監督等で指摘された法違反

表 I-2-6 は平成 28 年に事業場監督³⁾で指摘された法違反について、建設業と製造業で集計した結果を示す。製造業では「労働時間」に関する違反が全体の 14.7%と最も多く、次いで「安全基準」の 11.2%，以下「健康診断」の 10.5%と続く。一方、建設業では、「安全基準」が 43.0%と最も多く、次の「作業主任者」6.1%と比べて突出している。「安全基準」に関する建設業の違反割合を製造業のそれで除した値は式 (3) のように約 3.8 倍でありこの値は先の I-2-3 に示した建設業と製造業での死亡危険の比 3.5(=3.5/1.3) に近い。したがって、法違反の観点では建設業で多い安全基準の違反を少なくすることが必要である。ただし、なぜ建設業でこのように違反は多いのか、その根本的な原因も同時に調べる必要があると思われる。

表 I - 2 - 6 製造業と建設業における法違反の内訳（平成 28 年）

	製造業(%)	建設業(%)
労働時間	14.7	5.3
安全基準	11.2	43.0
割増賃金	7.9	4.3
就業規則	3.8	1.3
賃金台帳	2.7	2.3
衛生管理者	2.8	0.6
作業主任者	6.1	6.1
衛生基準	7.4	4.1
定期自主検査	7.6	2.3
安全衛生教育	1.9	1.2
作業環境測定	5.0	0.2
健康診断	10.5	3.3
その他	18.5	25.9

$$\frac{43.0}{11.2} \div 3.8 \quad (3)$$

2.4 さらなる安全への課題

全産業における労働災害は 1961 年にその発生数のピークを示し、その後、着実な減少を遂げた。建設業においてもほぼ同様であり傾向は連動してきた。ピーク時と比較すれば死亡災害の減少率は全産業が 1/7、建設業は 1/8 と相当な改善が図られた。しかしながら、各産業の就業者数をベースに死亡者数を除して比較すると建設業の死亡危険は全産業より約 4.5 倍高いことも明らかとなった。したがって、建設業における今後のターゲットは如何に死亡災害を減少させるかではないだろうか。

定期監督等による法違反の内訳を比較すると建設業では安全基準が突出しており、その割合は製造業の 3.5 倍と多い。そのため死亡災害の減少にはまず安全基準の遵守が必要と見られる。ただし同時に、なぜ建設業で違反は多いのか、その原因についても調べる必要がある。製造業では工場のような屋内の常設の設備の中で生産は行われる。一方、建設業は屋外の仮設の中で仕事をする。加えて、その生産方法は単品受注生産とも言われ、もの作り自体に技術的困難さを伴う。したがって、安全レベルの向上には生産環境や方法の違いも考慮する必要がある。

次に、労働災害の発生頻度と災害強度の観点から見ると、その減少は発生数以上に劇的なものであった。具体的には、1954 年当時との比較で建設業の災害度数率（AFR）は 1/80 に減少し、近年は AFR の値自体も全産業より小さい。また、災害強度率（ASR）も 1/51 まですべて減少しておりその値は全産業とほぼ同レベルとなった。

一方、今後は労働力が減少する中で如何に AFR と ASR の減少をこれまで以上に進めるかが課題となる。ICT の導入により危険作業に人が介在せずに工事を進めることが可能になる等。労働災害防止の面で大きな効果があると考えられる反面、もその解決の一手段となる

と思われるが、新技術の導入によって別の危険は生じないかないか十分検証されなければならない。省力化と同時に安全化も進まなければ AFR や ASR は逆に増加することとなり、危険に逆戻りすることになるためである。

ISO/IEC Guide 51 の中で tolerable risk(受容可能なリスク)とは level of risk that is accepted in a given context based on the current values of society(社会における現時点での評価に基づいた状況下で受け入れられるリスク)と述べている。「現時点での」の部分は社会が要求する安全のレベルは時代とともに高まることを示唆しているものと思われる。労働災害の発生数や頻度はこれまでに大きな減少を遂げたが、それに満足することなく今後も向上させなければならない。災害分析から明らかとなった課題に各産業間で異なる危険度があった。具体的には建設業では死亡の危険度が全産業平均よりも 4.5 倍高いことから、重篤性の高い災害の防止が必要である。

建設業の労働災害の中には繰り返し発生しているタイプのものがある。すなわち、未解決な危険が残されている。例えば、建設機械と労働者の接触や土砂崩壊による生き埋めなどもその一つである。機械と人間が共同する作業を工事から無くすことは容易でない。センサーで接近を検知したり機械を止めたりする技術もあるようだが作業性に問題は無いだろうか。また、土という自然材料の強度は鉄やコンクリートのような人工材料と異なって把握が難しい。だからといって小規模工事に非常に強固な土止めを設置することは経済性の面で疑問もある。すなわち、作業性や経済性を無視した安全対策は現実的に受け入れられず危険が放置されている面がある。したがって、真に有効な手段の研究と実践が必要なように思われる。

(玉手聡委員)

参考文献

- 1) 厚生労働省「職場のあんぜんサイト」：労働災害統計,
<https://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/anst00.htm>.
- 2) 総務省統計局：労働力調査－過去の結果の概要,
<http://www.stat.go.jp/data/roudou/rireki/gaiyou.htm>.
- 3) 平成 28 年労働基準監督年報（第 69 回），厚生労働省労働基準局 p.23, pp38-42.

第3章 労働災害防止のためのICT活用データベースの運用状況

本章では、平成31年4月15日に運用を開始した「労働災害防止のためのICT活用データベース」について、令和元年度における掲載内容や利用状況、改修箇所等の状況を示す。

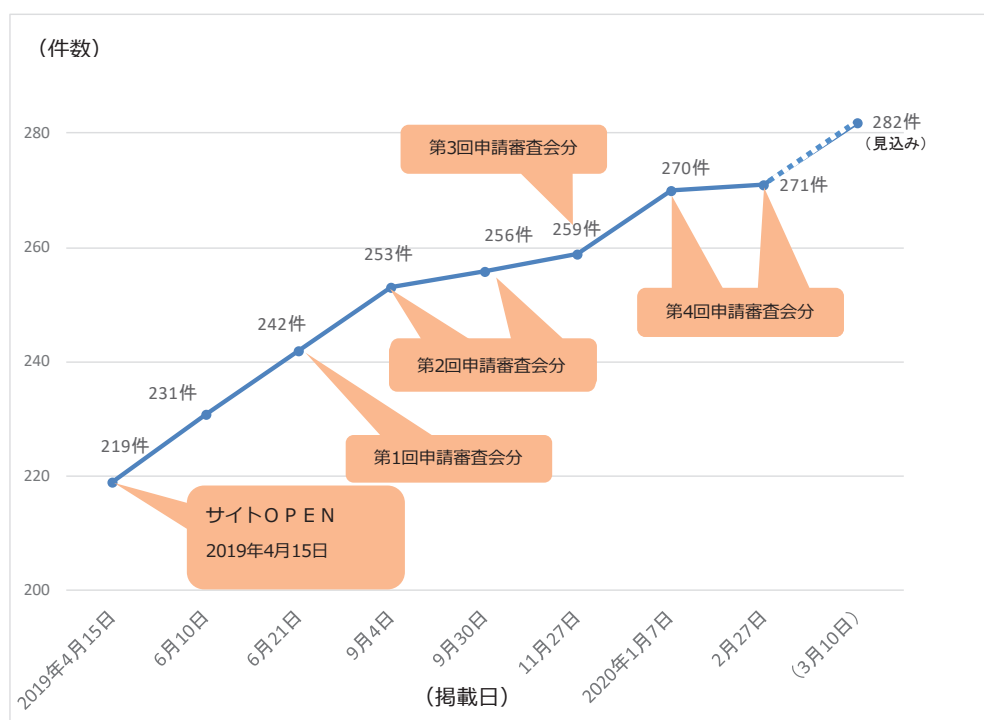
第1節 ICT活用データベース事例掲載件数

データベースにおける事例の掲載件数についてみると、オープン時は活用事例209件、研究開発事例10件の累計219件であったものが、2020/2/29時点では活用事例243件、研究開発事例28件の累計271件となっており、活用事例は34件増、研究開発事例は18件増、累計では52件増となった。なお、2020/3/20時点の受付済みの申請を含めると、累計282件となる見込みである。（表I-3-1）

表I-3-1 ICT活用データベース掲載件数の推移

掲載日	活用事例	研究開発事例	累計	
2019/4/15	209	10	219件	オープン時
2019/6/10	12	0	231件	都合により事後に掲載
2019/6/21	10	1	242件	6/4 第1回申請審査会分
2019/9/4	3	8	253件	8/22 第2回申請審査会分
2019/9/30	3	0	256件	8/22 第2回申請審査会分
2019/11/27	3	0	259件	10/18 第3回申請審査会分
2020/1/7	2	9	270件	12/12 第4回申請審査会分
2020/2/27	1	0	271件	12/12 第4階申請審査会分
計	243件	28件	271件	2020/2/29時点

(282件見込み) (2020/3/10時点受付済み)



図I-3-1 ICTデータベース掲載件数の推移

第2節 ICT 活用データベースのアクセス状況

2.1 ページ別アクセス状況

データベース関連ページのアクセス状況をみると、オープン時の 2019/4/15 から 2020/2/29 時点の間において、活用事例へのアクセス回数が 69,686 回で最も多く、次いでトップページが 28,884 回、研究開発事例が 7,045 回、研究開発が望まれる ICT が 1,548 回となっている。(表 I-3-2)

表 I-3-2 え データベース関連ページのアクセス状況

	閲覧回数 (2019/4/15～2020/2/29)
ICT トップページ	28,884 回
ICT 活用事例	69,686 回
ICT 研究開発事例	7,045 回
研究開発が望まれる ICT	1,548 回

2.2 アクセス回数の推移

月別アクセス回数の経緯をみると、活用事例では 7 月以前で 7,000 ～ 8,000 回、8 月以降は概ね 5,000 ～ 6,000 回のアクセスが毎月されており、トップページについても、7 月以降は毎月約 2,000 回のアクセス回数で推移している。研究開発事例については、2019/9/1 (880 回) から同年 10/31 (958 回) まで、また 2020/1/1 (1,499 回) から同年 2/29 (1,079 回) までのそれぞれ 2 か月間においてアクセス回数が急増している。(図 I-3-2)

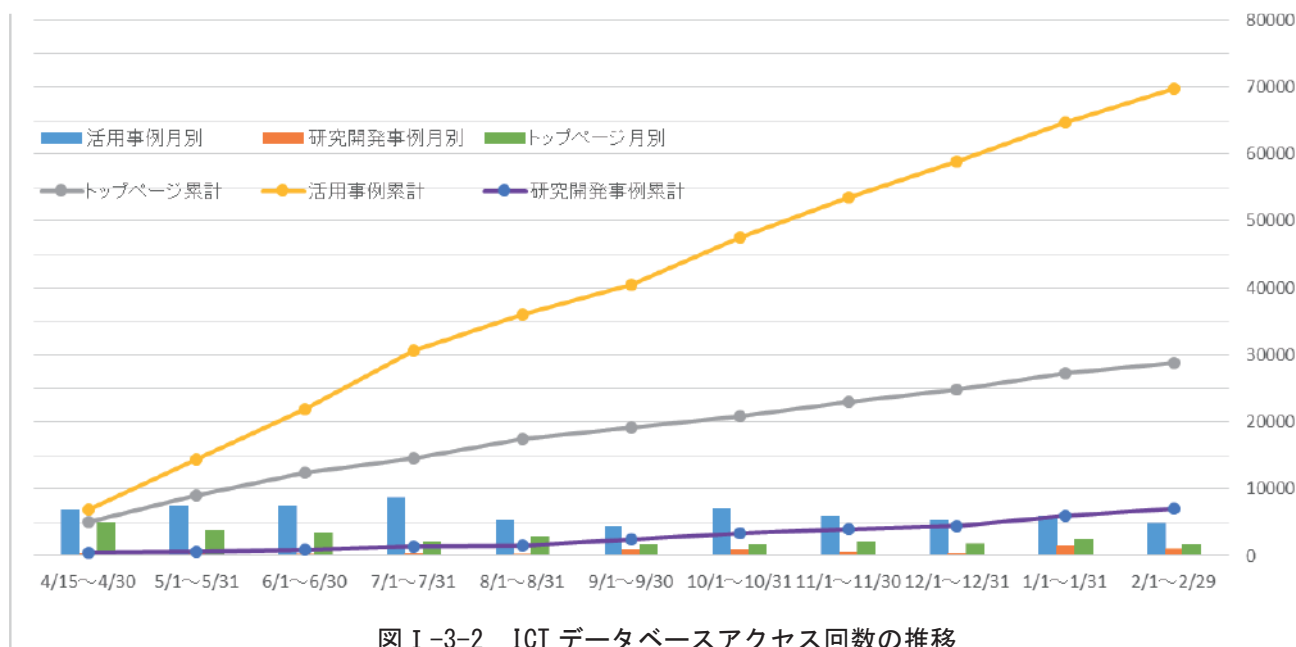


図 I-3-2 ICT データベースアクセス回数の推移

月別アクセス回数

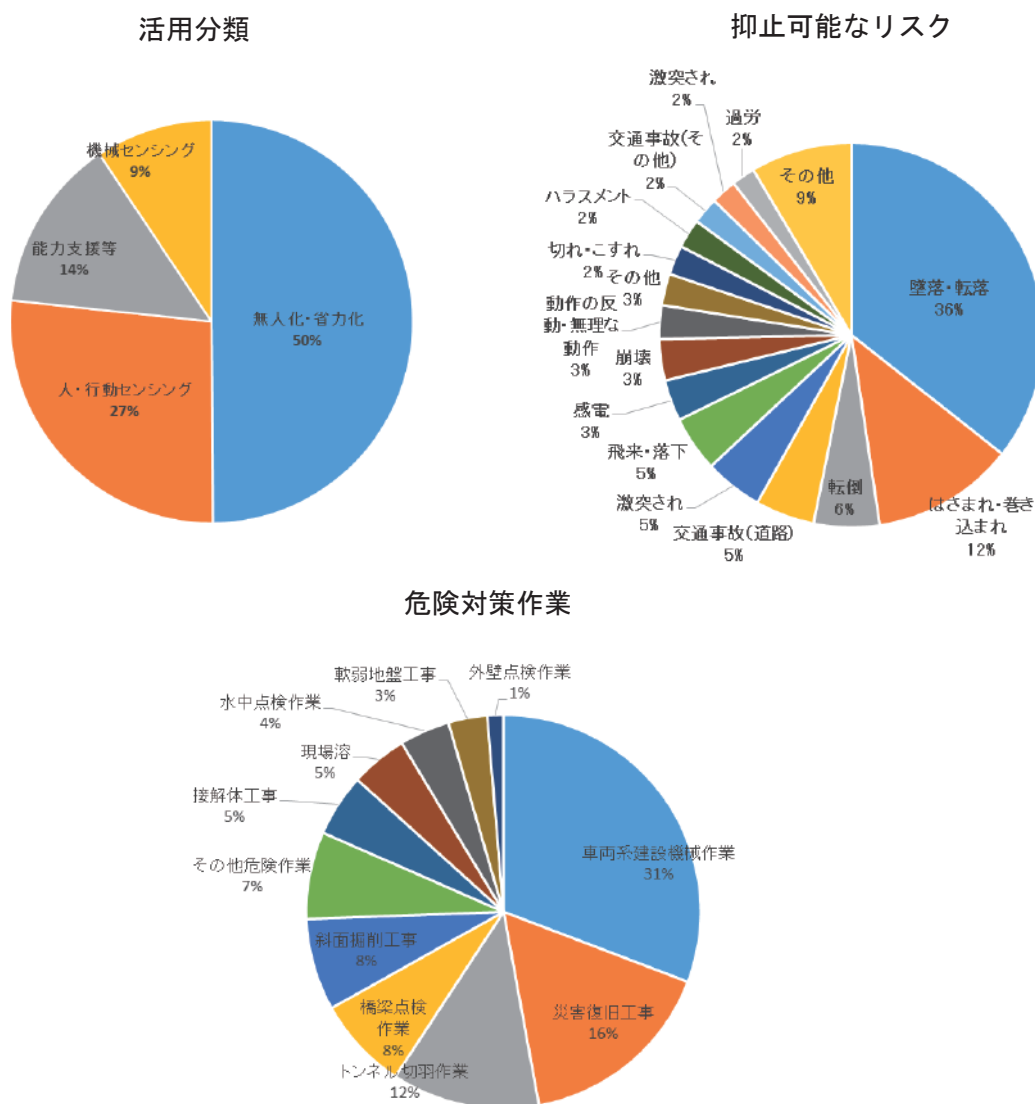
	4/15～4/30	5/1～5/31	6/1～6/30	7/1～7/31	8/1～8/31	9/1～9/30	10/1～10/31	11/1～11/30	12/1～12/31	1/1～1/31	2/1～2/29
活用事例月別	6865	7545	7489	8703	5343	4465	7033	6001	5370	5914	4955
研究開発事例月別	389	287	236	394	239	880	958	633	451	1499	1079
トップページ月別	5089	3893	3462	2111	2885	1726	1610	2210	1805	2469	1624

累計アクセス回数

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
活用事例累計	6865	14410	21899	30605	35948	40413	47446	53447	58817	64731	69686
研究開発事例累計	389	676	912	1306	1545	2425	3383	4016	4467	5966	7045
トップページ累計	5089	8982	12444	14555	17440	19166	20776	22986	24791	27260	28884

2.3 カテゴリー検索の状況（抜粋）（2019/4/15～2020/2/29）

カテゴリー検索の利用状況についてみると、まず活用分類の枠では、「無人化・省力化」が最も多く、同カテゴリー内全体の半分を占めている。次に、抑止可能なリスクの枠では、「墜落・転落」が36%でもっとも多く、次いで「はさまれ・巻き込まれ」が12%、「転倒」が6%となっている。そして危険対策作業の枠については、「車両系建設機械作業」が32%で最も多く、次いで「災害復旧工事」が16%、「トンネル切羽作業」が12%となっている。（図I-3-3）



図I-3-3 各カテゴリー検索の利用状況

第3節 ICT活用データベース掲載事例の分類（2020年2月29日現在）

3.1 掲載中のICT活用事例等の分類

1) 適用工事別

データベースに掲載中のICT活用事例等の分類について、まず適用工事別にみると、土木が52%、建築が33%、設備が9%となっている。（表I-3-4）

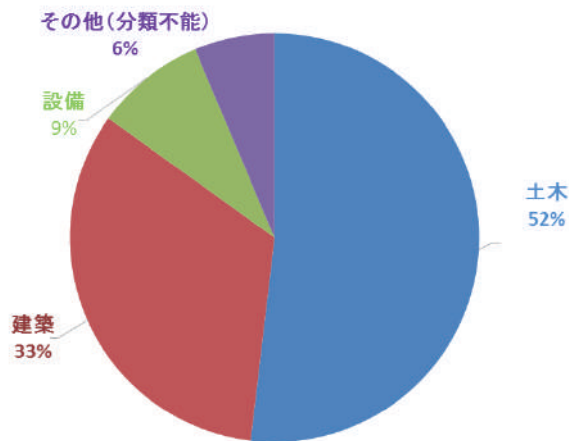


図 I-3-4 適用工事別にみた事例の状況

2) ICT使用による抑止可能なリスク（災害の種類）別

次に抑止可能なリスク（災害の種類）別にみると、「はさまれ・巻き込まれ」が82件と最も多く、次いで「墜落・転落」が72件、「激突」が61件となっている。（図I-3-5）

なお、本分類は同一事例内で複数該当するケースがあるため、データベース掲載件数の累計と本分類による件数の累計は一致しない。

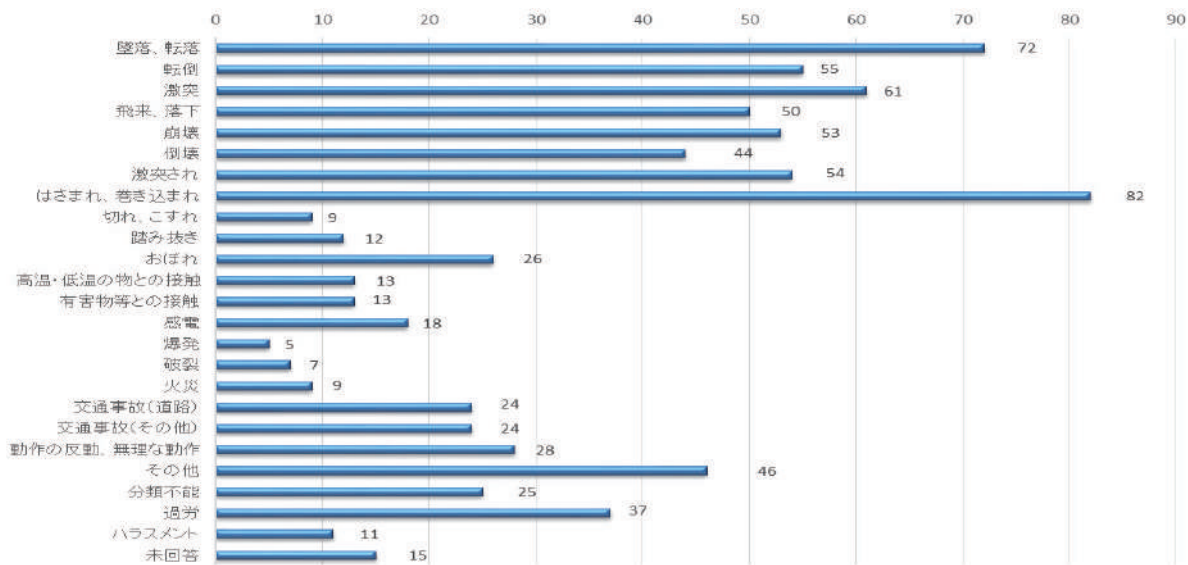


図 I-3-5 抑止可能なリスク（災害の種類）別にみた事例の状況

3) 労働災害・健康障害防止の観点からの ICT 活用分類別

次に労働災害・健康障害防止の観点からの分類別にみると、まず危険作業対策のカテゴリーについては、375 件の事例が該当しており、「車両系建設機械作業」が 61 件で最も多く、次いで「斜面掘削作業」が 56 件、「災害復旧工事」が 49 件となっている。

次の有害業務対策のカテゴリーには、99 件の事例が該当し、最も多いのは「熱中症」の 25 件、次いで「その他有害業務」の 16 件、「粉じん」の 12 件となっている。

そして職場環境改善対策・メンタルヘルスのカテゴリーは、349 件の事例が該当しており、「生産性の向上」に関連するものが 135 件と最も多い。次いで「不安全行動の抑止」が 87 件、「苦渋反復作業の解消」が 47 件であった。(図 I-3-6)

なお、本分類についても②同様、同一事例内で複数該当するケースがあるため、データベース掲載件数の累計と本分類による件数の累計は一致しない。

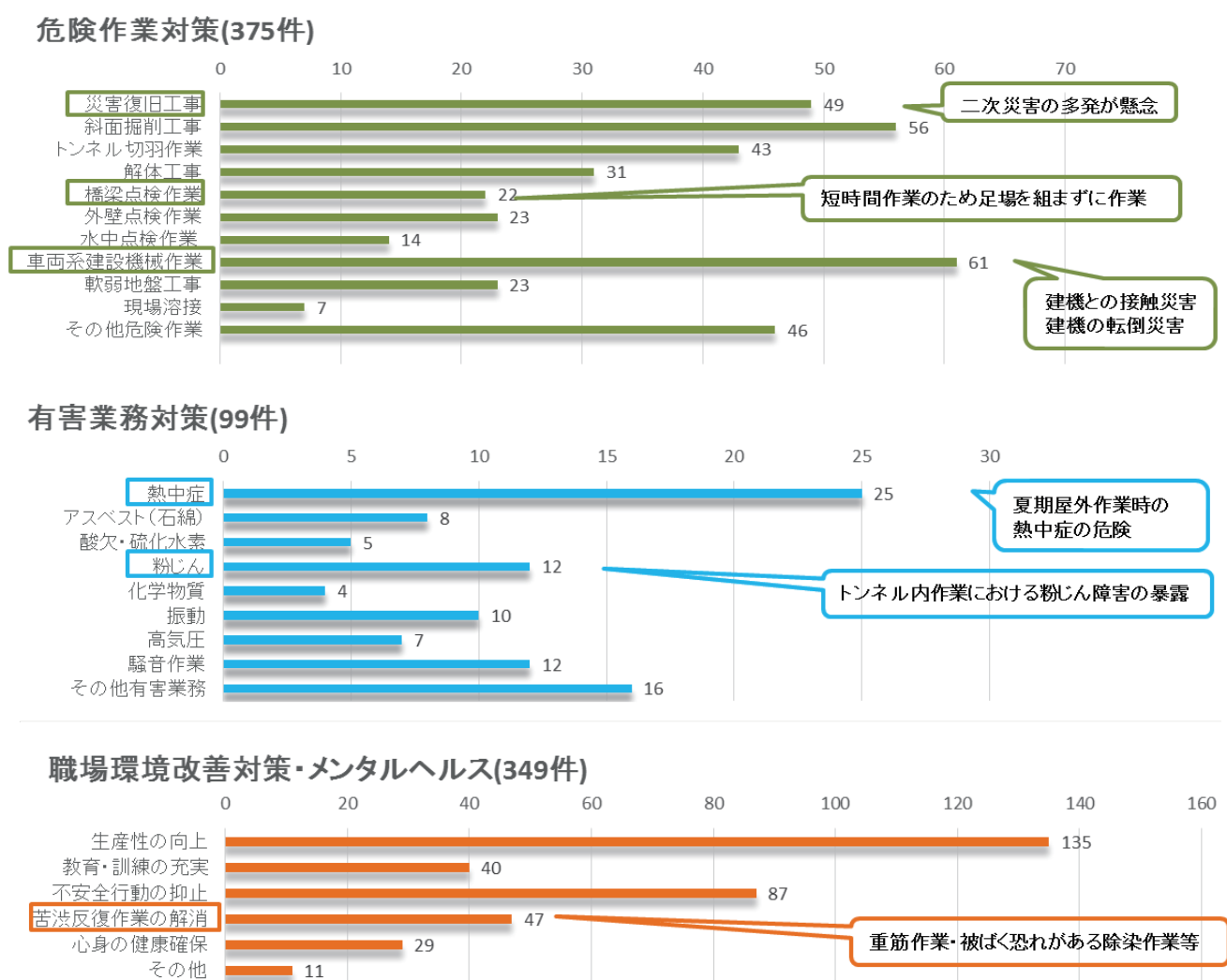


図 I-3-6 労働災害・健康障害防止の観点からの分類別にみた事例の状況

4) 対象とする主な対策別（本質安全化）

従来の対策では防ぐことができなかった危険有害要因に対して、ICT の活用により本質安全化に適用した対策の分類別でみると、「無人化・省力化」が 44% で最も多く、次いで「機械センシング」が 20%、「能力支援」が 16%、「人・行動センシング」が 14% となっている。（図 I-3-7）

- | | |
|--------------|--------------------------------|
| 1. 無人化省力化 | : 人間が危険場所に接近、接触せずに作業ができる工法・機器等 |
| 2. 人・行動センシング | : 人間に感知させる、人間の能力を支援する機器等 |
| 3. 機械センシング | : 機械によって感知、制御する機器等 |
| 4. 能力支援 | : 1. ～3. 以外のツール |

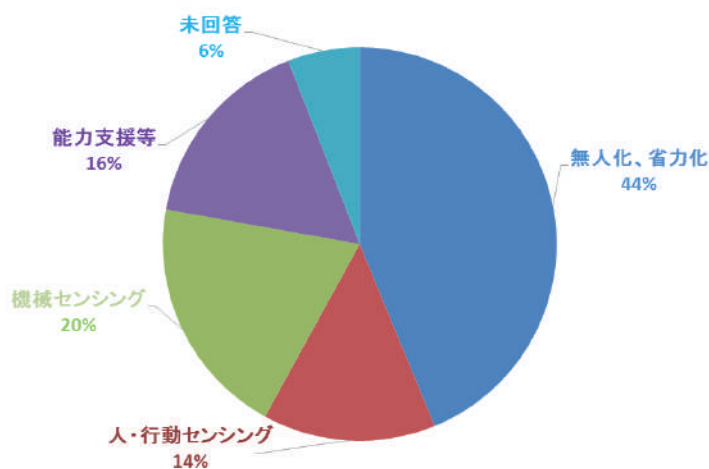


図 I-3-7 対象とする主な対策(本質安全化)別にみた事例の状況

5) ICT 技術別

活用されている ICT 技術の分類別でみると、「ソフトウェア」が 34 件で最も多く、次いで「計測・測位・変位」が 29 件、「タブレット」が 28 件となっている。（図 I-3-8）

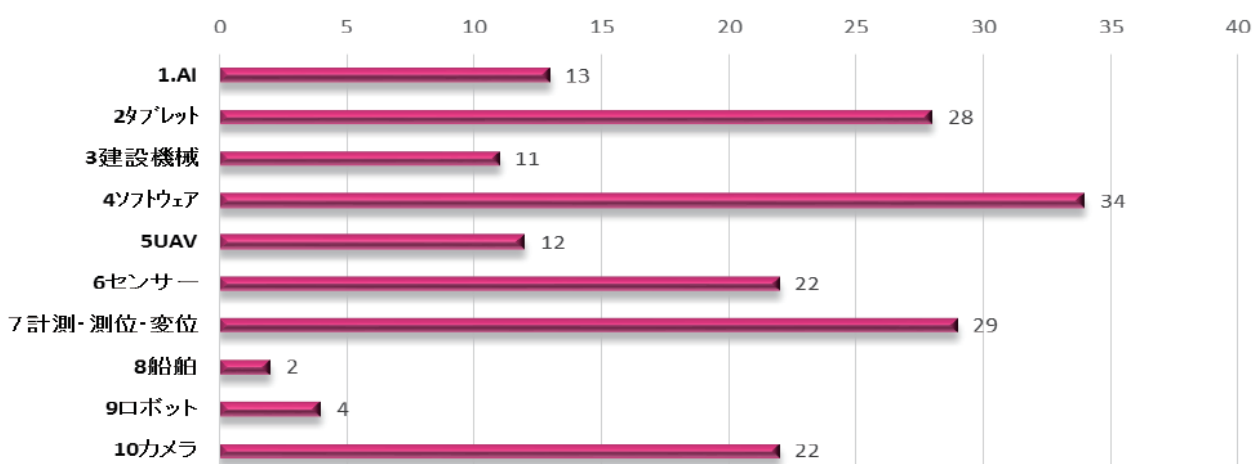


図 I-3-8 活用されている ICT 技術の分類別にみた事例の状況

第4節 ICT 活用データベースの改修状況

本データベースについては、2019/4/15 の運用開始以降、活用事例及び研究開発事例の掲載件数を増やすだけでなく、データベースをより利用しやすくするため、機能等の改修を都度行っている。

以下、令和元年度に実施したデータベースの改修状況について示す。

4.1 ICT 活用事例の検索におけるフリーワード検索機能を追加



これにより、目的の技術が使用されている事例や、複数の工種に該当する事例等を、利用者が見つけやすくなったと考えられる。

4. 2 研究開発が望まれる ICT のページに趣旨説明欄及びメール受付欄を設置

研究開発が望まれるICT

現在位置 > トップページ > 安全管理・技術支援のご案内 > 労働災害防止のためのICT活用データベース > 研究開発が望まれるICT

▼ 研究開発が望まれるICTについて | ▼ 製造者側に開発／改良を期待する技術 | ▼ 利用したい技術

研究開発が望まれるICTについて

「研究開発が望まれるICT」では、建設関係者から寄せられた「製造者側に開発／改良を期待する技術」と「利用したい技術」について「無人化・省力化」「人・行動センシング」「機械センシング」「能力支援」のカテゴリ一別に整理しています。

「製造者側に開発／改良を期待する技術」では、建設工事において「今ある技術がさらにこのように改良されるとよい」「こんな技術が新たに開発されるとよい」と考えられるICT情報を掲載しています。

一方、「利用したい技術」では、建設工事において「こんな依頼があったら利用したい」と考えられるものを掲載しています。

こうした建設関係者のニーズを掲載することによって、労働災害防止に役立つ新たなICT開発の進展を期待するものです。

製造者側に開発／改良を期待する技術

----- (省 略) -----

研究開発が望まれるICT情報がありましたら、下記メールアドレスへご連絡ください。

建設業労働災害防止協会 技術管理部

建設業労働災害防止協会 技術管理部

メールでお問合せの方は

ICT_otolawase@kensaihou.or.jp

TOP

本ページの趣旨を冒頭に記載することにより、位置付けを明確にするとともに、問い合わせ先のメールアドレスを記載することで、利用者がアクセスしやすくなったと考えられる。

4.3 当協会 HP トップページの上段に設置したバナー広告に申請要領へのダイレクトにジャンプできる入口を設置

建設業労働災害防止協会(建災防)

お問合せ・アクセス 協会情報 English

トップページ 技能講習・各種教育のご案内 図書・用品のご案内 支援事業のご案内 安全管理・技術支援のご案内 広報活動のご案内

災害ゼロを目指して ICT活用データベースの公開がスタートしました!!

無料で 労働災害防止のための ICT活用事例などを閲覧できます!

VR安全衛生教育、熱中症予防IoT、危険作業場所のICT建機活用事例

登録申請を随時受付中です! 申請要領はココをクリック

COHMS(コスモス) 災害統計

利用方法等

Google カスタム検索

現在位置 トップページ > 安全管理・技術支援のご案内 > 労働災害防止のためのICT活用データベース > 利用方法等

建設業におけるメンタルヘルス対策、「建災防方式健康チェック」について

労働災害防止のためのICT活用データベース ICTの活用により労働災害防止の情報を紹介します。

既存不適合機械等 移動式クレーンの過負荷型壁落制止用器具 要する経費の一部を補助

利用方法等

当サイトの利用方法、申請要領（活用事例・研究開発事例）は、こちらをご覧ください。

利用方法 申請要領

▼ 目的 ▼ 1.登録申請 ▼ 2.審査前確認 ▼ 3.審査・判定 ▼ 4.通知 ▼ 5.データベース等への掲載 ▼ 6.変更・抹消申請 ▼ 7.留意事項 ▼ 8.その他

労働災害防止のためのICT活用データベース申請要領

目的

建設業労働災害防止協会（以下、「建災防」という。）では、ICTの活用により建設工事における労働災害防止に資する事例を収集・整理し、危険有害業務の軽減や、作業負担の軽減に資する技術情報を取りまとめることとし、併せて、ICT活用による新たな危険状況（残留リスク）への対応等についても整理を行い、審査・登録されたものについて「労働災害防止のためのICT活用データベース」（以下、「データベース」という。）に掲載します。

この要領は、ICTの活用事例・ICTの研究開発事例の申請手順を示すことを目的としています。概略は次のとおりです。

1.登録申請 2.審査前確認 3.審査・判定 4.通知 5.データベース等への掲載 6.変更・抹消申請

1.登録申請

(1) 申請資格

ICTを活用した労働災害防止に資する情報及び開発が望まれるICT情報の掲載を希望する法人とします。

(2) 申請の種類

① 建設現場における労働災害防止に資するICTの活用事例

ICTの活用により建設工事における危険有害業務の軽減や作業負担の軽減等を図り、労働災害防止に役立った事例

② 建設現場における労働災害防止に資するICTの研究開発事例

今後、建設工事における労働災害防止に役立つと考えられるICTの事例（当該技術を所有する法人のみ申請可）

(3) 申請の様式

申請の種類に応じて当協会ホームページから所定の申請様式をダウンロードし、申請書を作成の上、下記(5)記載のEメールアドレスへ送信してください。なお、申請書は、審査委員会後の返却はしません。

活用事例 : ▶ 様式1号「労働災害防止のためのICT活用データベース【登録・変更】申請書（活用事例）」(Excel) [91KB]

研究開発事例 : ▶ 様式2号「労働災害防止のためのICT活用データベース【登録・変更】申請書（研究開発事例）」(Excel) [88KB]

▶ 申請書の記入例（活用事例・研究開発事例）(PDF) [347KB]

これにより、データベース申請要領等の利用方法等に関するページへのアクセスがしやすくなり、データベース利用の促進につながったと考えられる。

4.4 労働災害防止のためのICT活用データベースのトップページに申請要領へのダイレクトにジャンプできる入口を設置

労働災害防止のためのICT活用データベース

現在位置 [トップページ](#) > [安全管理・技術支援のご案内](#) > 労働災害防止のためのICT活用データベース

労働災害防止のためのICT活用データベースについて

本データベースは、ICT（情報通信技術）の活用により建設工事における労働災害防止に資する事例を収集・整理し、危険有害業務の低減や、作業負荷の軽減に通じる技術情報を取りまとめるとともに、ICT活用による新たな危険状況（残留リスク）への対応等についても整理し、掲載したものです。

▶ [労働災害防止のためのICT活用データベースのコンセプト（PDF）](#) [573KB]

新着情報

2019-6-20 [ICT](#) [【ICT活用データベース】11件の事例を新規登録しました。](#)

2019-4-15 [ICT](#) [お知らせ](#) [労働災害防止のためのICT活用データベースの公開がスタートしました！](#)

登録申請を随時受付中です！ 申請要領はココをクリック👉

利用方法等

[労働災害防止のためのICT活用データベース](#) > [利用方法等](#)

利用方法

当サイトの利用方法、申請要領（活用事例・研究開発事例）は、こちらをご覧ください。

申請要領

▼ 目的 ▼ 1.登録申請 ▼ 2.審査詳細確認 ▼ 3.審査・判定 ▼ 4.通知 ▼ 5.データベース等への掲載 ▼ 6.変更・抹消申請 ▼ 7.留意事項 ▼ 8.その他

労働災害防止のためのICT活用データベース申請要領

目的

建設業労働災害防止協会（以下、「建災防」という。）では、ICTの活用により建設工事における労働災害防止に資する事例を収集・整理し、危険有害業務の低減や、作業負荷の軽減に通じる技術情報を取りまとめることとし、併せて、ICT活用による新たな危険状況（残留リスク）への対応等についても整理を行い、審査・登録されたものについて「労働災害防止のためのICT活用データベース」（以下、「データベース」という。）に掲載します。

この要領は、ICTの活用事例・ICTの研究開発事例の申請手順を示すことを目的としています。概略は次のとおりです。

1.登録申請

2.審査詳細確認

3.審査・判定

4.通知

5.データベース等への掲載

6.変更・抹消申請

1.登録申請

(1) 申請資格
ICTを活用した労働災害防止に資する情報及び開発が望まれるICT情報の掲載を希望する法人とします。

(2) 申請の種類
①建設現場における労働災害防止に資するICTの活用事例
ICTの活用により建設工事における危険有害業務の低減や作業負荷の軽減等を図り、労働災害防止に役立った事例
②建設現場における労働災害防止に資するICTの研究開発事例
今後、建設工事における労働災害防止に役立つと考えられるICTの事例（当該技術を所有する法人のみ申請可）

(3) 申請の様式
申請の種類に応じて当協会ホームページから所定の申請様式をダウンロードし、申請書を作成の上、下記(5)記載のEメールアドレスへ送信してください。なお、申請書は、審査委員会後の返却はしません。

活用事例 : ▶ [様式1号「労働災害防止のためのICT活用データベース【登録・変更】申請書（活用事例）」](#) (Excel) [91KB]

研究開発事例 : ▶ [様式2号「労働災害防止のためのICT活用データベース【登録・変更】申請書（研究開発事例）」](#) (Excel) [88KB]

▶ [申請書の記入例（活用事例・研究開発事例）](#) (PDF) [347KB]

前記 4.3 と同様に、データベース申請要領等の利用方法等に関するページへのアクセスがしやすくなり、データベース利用の促進につながったと考えられる。

4. 5 労働災害防止のための ICT 活用データベースのトップページに「新着情報」を追加

労働災害防止のためのICT活用データベース

現在位置
[トップページ](#)
>
[安全管理・技術支援のご案内](#)
>
労働災害防止のためのICT活用データベース

労働災害防止のためのICT活用データベースについて

本データベースは、ICT（情報通信技術）の活用により建設工事における労働災害防止に資する事例を収集・整理し、危険有害業務の低減や、作業負荷の軽減に通じる技術情報を取りまとめるとともに、ICT活用による新たな危険状況（残留リスク）への対応等についても整理し、掲載したものです。

▶ 労働災害防止のためのICT活用データベースのコンセプト（PDF） [573KB]

新着情報

2019-6-20
ICT
【ICT活用データベース】11件の事例を新規登録しました

2019-4-15
ICT お知らせ
労働災害防止のためのICT活用データベースの公開がスタートしました！

新規掲載事例 2019年6月20日 掲載

技術名称	企業名	登録番号／掲載日
工事安全打合せシステム	前田建設工業株式会社	3-15 2019年6月20日
配筋検査システム	前田建設工業株式会社	3-16 2019年6月20日
内装検査システム	前田建設工業株式会社	3-17 2019年6月20日
臨場型遠隔映像システム [T-ROBO Remote Viewer]	大成建設株式会社 横浜支店	15-17 2019年6月20日
3Dマシンガイダンスバックホウを活用した法面整形	戸田建設株式会社 東北支店	11-10 2019年6月20日
GPSを活用した盛土転圧管理	戸田建設株式会社 東北支店	11-11 2019年6月20日
VRを活用した危険感受性向上教育	戸田建設株式会社 東北支店	11-12 2019年6月20日
リアルタイムコミュニケーションシステム [CONNET]	株式会社キッズウェイ	29-1 2019年6月20日
クラウド型環境センサー [WEATHERY]	株式会社キッズウェイ	29-2 2019年6月20日
熱中症対策 冷却下着ベスト型	帝国繊維株式会社	30-1 2019年6月20日
気象とICTを融合させた自然災害防災システム [ZEROSAI]	シズメット株式会社	2019年6月20日

※新規掲載事例を一覧で表示

これにより、新たに追加された事例の件数等のデータベース更新情報が一目でわかるようになり、また新規事例へのアクセスも容易になったと考えられる。

4. 6 申請書の記入例を補足

申請書の記入例 (活用事例、研究開発事例)

No.	項目	必要/任意	記入例	活用事例	研究開発事例
			記載のポイント		
1	申請書	必須	会社名：〇〇建設株式会社 △△支店 氏 名：建太郎 太郎 職 業：エンジニア TEL：●●●●●●●●●● FAX：●●●●●●●●●● E-mail：☆☆☆☆☆@kensaihou.co.jp 申請する方の会社名、氏名、部署名、TEL/FAX、E-mailを記載してください。	☐	☐
2	連絡担当官 (主務課長又は課長のFAX)	必須	吉田氏		
3	技術名称	必須	ドローン		
4	活用工事	必須	この工法・製品を使用するにあたり、気を付けた点などを記載してください。 例1 ドローン本体の購入費用：定価〇〇円 例2 ドローン本体のリース料金：〇〇円/月 データ解析ソフトの購入費用：定価〇〇円 データ解析ソフトのリース料金：〇〇円/月 申請の製品が購入品、リース品等の他社製品の場合は定価（公表価格）等が設定されている場合があります。メーカー等へ価格等を確認のうえ記載してください。	☐	☒
5	作業	必須	100段階	☐	☒
6	機器・活用方法	必須	この製品・工法を建設工事で活用した実績について、件数又は環道数を記載してください。 特許・実用新案	☐	☒
7	特徴・効果	必須	この製品・工法の特許・実用新案について、該当するものを選択してください（必ず1つ選択）。 「技術の所有権」及び「販売」関係について、該当するものを選択してください（必ず1つ選択）。 ※ 「自社」以外の「他社」「共有」「共用」「その他」を1つ選択した場合、() 内に技術所有企業等の名称を必ず記載してください。販売していない場合は、「その他（販売なし）」として記載してください。 「技術の所有権」例：「他社」（A社）、「共有」（B社・C社）、「共用」（D社）、「その他」（権利関係未確定など） 「販売」例：「他社」（A社）、「共有」（B社・C社）、「その他」（権利関係未確定など）	☐	☒
8	活用上の注意点	必須	ドローン本体の整備・点検を防止するため、下記の内容を注意し、使用した。 ・電圧調整が不安定な場所では、GPS機能を利用して飛行する機体は使用しない。 ・飛行前には風が強い場所を避け、適切な場所から飛行させる。 ・バッテリー消費について事前に確認する。（電圧残量の低下に伴う自動帰還機能を設定する。） この工法・製品を使用するにあたり、気を付けた点などを記載してください。	☐	☒
9	価格等	必須	例1 ドローン本体の購入費用：定価〇〇円 例2 ドローン本体のリース料金：〇〇円/月 データ解析ソフトの購入費用：定価〇〇円 データ解析ソフトのリース料金：〇〇円/月 申請の製品が購入品、リース品等の他社製品の場合は定価（公表価格）等が設定されている場合があります。メーカー等へ価格等を確認のうえ記載してください。	☐	☒
10	活用実績 (井戸又は環道数)	必須	100段階	☐	☒
11	特許・実用新案	必須	この製品・工法の特許・実用新案について、該当するものを選択してください（必ず1つ選択）。 ☐ 特許 ☐ 実用新案 ☐ 特許 ☐ 実用新案 ☐ 特許 ☐ 実用新案 ☐ 特許 ☐ 実用新案	☐	☒
12	当該技術所有企業	必須	「技術の所有権」及び「販売」関係について、該当するものを選択してください（必ず1つ選択）。 ※ 「自社」以外の「他社」「共有」「共用」「その他」を1つ選択した場合、() 内に技術所有企業等の名称を必ず記載してください。販売していない場合は、「その他（販売なし）」として記載してください。 「技術の所有権」例：「他社」（A社）、「共有」（B社・C社）、「共用」（D社）、「その他」（権利関係未確定など） 「販売」例：「他社」（A社）、「共有」（B社・C社）、「その他」（権利関係未確定など）	☐	☒
13	ホームページ等	必須	http://www._____.jp この製品・工法を紹介しているURLを記載してください。	☐	☒
14	第三者評価・表彰等	必須	〇〇学会 平成〇〇年度 発表 平成〇〇年 国土交通省 NETIS登録「_____」 この工法・製品が評価・表彰の対象となった場合、記載してください。 ※ 該当がない場合は、「特になし」と記載してください。	☐	☒
15	禁止可能なリスク (災害の種類)	必須	この工法・製品を使用することにより、禁止できるリスクについて、該当するものを選択してください（複数回答可・必ず1つ選択）。 ☐ 1. 地震、地震 ☐ 2. 台風、大雨 ☐ 3. 洪水 ☐ 4. 火災 ☐ 5. 落石、崖崩れ ☐ 6. 土砂災害 ☐ 7. 津波 ☐ 8. 雪害 ☐ 9. 凍結 ☐ 10. 乾燥 ☐ 11. 日照不足 ☐ 12. 低温 ☐ 13. 高温 ☐ 14. 高湿度 ☐ 15. 低湿度 ☐ 16. 高圧電圧 ☐ 17. 低圧電圧 ☐ 18. 電磁波 ☐ 19. 電磁干渉 ☐ 20. 電磁誘起 ☐ 21. 電磁誘起 ☐ 22. 電磁誘起 ☐ 23. 電磁誘起 ☐ 24. 電磁誘起 ☐ 25. 電磁誘起 ☐ 26. 電磁誘起 ☐ 27. 電磁誘起 ☐ 28. 電磁誘起 ☐ 29. 電磁誘起 ☐ 30. 電磁誘起	☐	☒

「19 活用分類」に用語の解説を追加する等、説明を補足した。

申請者が申請書を記入する際に、具体的な記入例を示すことで、作成の負担感軽減と申請の促進につながったと考えられる。

4. 7 リーフレットを作成



労働災害防止のための ICT活用データベース

ICT活用データベースの紹介

- ICTは従来の労働災害防止対策では達成が難しい「本質安全化」を実現するために有効な技術です。
- 建災防では、労働災害防止に役立つ情報をデータベースとしてまとめ、HPで公開しています。
- このデータベースは新たに開発された技術も随時更新し、開発が望まれる技術情報を集約することで、ユーザーとメーカーを繋ぐことができる成長型システムとして運用しています。

ICT活用事例

新技術を随時更新掲載

成長型システム

ICT施工開発企業等

ICT施工の情報

研究開発が望まれるICT

ICT施工利用者等

ICT情報の収集

労働災害防止のためのICT活用データベース(建災防)

申請は無料です

ICT活用事例など皆様からの積極的なご協力の下とおります。

労働災害防止に役立つことがあります。

ICT_otoiawase@kensaihou.or.jp
あてにメールで申請書を送信

■申請要領のページ



データベースの閲覧・掲載無料!!

委員会の審査を経た情報だけを掲載した信頼できるデータベース!!

カテゴリ検索ができます!!

カテゴリから探す		
土木建築 土木建築 土木建築 土木建築	土木建築 土木建築 土木建築 土木建築	土木建築 土木建築 土木建築 土木建築

残留リスク(活用上の注意点)を掲載しています!!

ICT活用による新たなリスク

掲載例



建設現場でICTを活用した作業の様子

建設業労働災害防止協会(建災防)

労働災害防止のためのICT活用データベース

お問い合わせ先、申請先

建設業労働災害防止協会

技術管理部 計画課 ICT担当 ☎03-3453-0464

ICT_otoiawase@kensaihou.or.jp

リーフレットの作成により、全国大会等の建設関係者が多く集まる場面での周知がしやすくなり、利用及び申請の促進につながったと考えられる。

4. 8 研究が望まれる ICT「アンケート用紙」を掲載

建築防犯防衛安全防犯団法に基づき設立された団体です

建設業労働災害防止協会(建災防)

小 中 大

☑ お問合せ・アクセス ☑ 協会情報 A English

トップページ | 技能講習・各種教育のご案内 | 図書・用品のご案内 | 支援事業のご案内 | 安全管理・技術支援のご案内 | 広報活動のご案内

研究開発が望まれるICT

現在位置 [トップページ](#) > [安全管理・技術支援のご案内](#) > [労働災害防止のためのICT活用データベース](#) > [研究開発が望まれるICT](#)

▼ 研究開発が望まれるICTについて | ▼ 製造者側に開発/改良を期待する技術 | ▼ 利用したい技術

研究開発が望まれるICTについて

「研究開発が望まれるICT」では、建設関係者から寄せられた「製造者側に開発/改良を期待する技術」と「利用したい技術」について「無人化・省力化」「人・行動センシング」「機械センシング」「能力支援」のカテゴリー別に整理しています。

「製造者側に開発/改良を期待する技術」では、建設工事において「今ある技術がさらにこのように改良されるとよい」「こんな技術が新たに開発されるとよい」と考えられるICT情報を掲載しています。

一方、「利用したい技術」では、建設工事において「こんな技術があったら利用したい」と考えられるものを掲載しています。

こうした建設関係者のニーズを掲載することによって、労働災害防止に役立つ新たなICT開発の進展を期待するものです。

研究開発が望まれるICT「アンケート用紙」

研究が望まれるICTを随時募集しております。「アンケート用紙」にご記入の上、ICT_otoizawase@kensaibou.or.jpにメールで送信してください。なお、アンケートは匿名可としております。

▶ [研究が望まれるICT「アンケート用紙」\(Word\) \[17KB\]](#)

製造者側に開発/改良を期待する技術

無人化・省力化

- 作業員や重機用の簡素な接近警報装置等
- 自動運転による施工
- 省力化ロボットAI
- ジャンボドリルの自動化施工技術
- 人工知能(AI)による災害事例検出
- 溶接ロボットの高性能化、溶接効率の向上
- 坑内空間で位置把握可能なアンテナシステム

人・行動センシング

- バイタルセンサーとの融合

機械センシング

- 水中測量技術
- 位置測位の更なる精度向上

能力支援

- 車両系機械等の旋回時の扶まれ体感
- JWW等のデータを修正可能にするソフト等

その他

- 製品の価格引き下げ(コストダウン)
- 各種規格の統一

「研究開発が望まれるICT」アンケート用紙

当協会が運営している労働災害防止のためのICT活用データベースにおいて掲載している「研究が望まれるICT」に関するアンケートです。今後、建設工事において「今ある技術がさらにこのように改良されるとよい」や、「こんな技術があったら利用したい」と考えられることをご記入ください。

記入者 (匿名可)	お名前		TEL	
	会社名		E-mail	
	所属部署			

①製造者側に開発/改良を期待する技術

名称	
内容	
理由	

②利用したい技術

名称	
内容	
理由	

FAXまたは電子メールにてお送りください。
建設業労働災害防止協会 技術管理部 計画課 ICT担当
FAX番号：03-3453-0992
E-mail：ICT_otoizawase@kensaibou.or.jp

前記 4.3 の改修に加え、アンケート用紙としてフォーマットを作成することにより、利用者のニーズ把握が容易になったと考えられる。

4. 9 ICT の新着情報のページに更新事例情報を追記

新着情報（2019年11月27日）

現在位置 [トップページ](#) > [安全管理・技術支援のご案内](#) > [労働災害防止のためのICT活用データベース](#) > 新着情報（2019年11月27日）

2019年11月27日 新規掲載・更新事例

技術名称	企業名	登録番号／掲載日／更新日
工程表作成ツールの活用【工程's（こうていず）】	鹿島建設株式会社	5-11 掲載日：2019年11月27日
作業関連業務調整会議の電子化【KMS（Kajima Meeting System）】	鹿島建設株式会社	5-12 掲載日：2019年11月27日
アラームメール機能付き風速計	鹿島建設株式会社 関西支店	5-13 掲載日：2019年11月27日
作業員向け安全管理システム【Envita®】	株式会社大林組	24-11 掲載日：2019年4月15日 更新日：2019年11月27日

<当サイトの利用に関連する保証及び責任について>

当協会は、当サイトに最新の正確な情報を掲載するよう努力しますが、この情報の正確性、安全性、適切性について責任を負わず、併せて保証いたしません。

当サイト及び当サイトからリンクされているサイトへのアクセス及び利用する方は、自己の責任及び善良なる管理者の注意義務に基づいたものとみなします。

当協会は、当サイト及び当サイトからリンクされているサイトの利用、アクセス又はアクセス不能の結果生じる損害及び当サイトの利用結果生じる損害について責任を負いません。

当サイトを活用して行う建設工事については、いうまでもなく、各事業者において、法令遵守、安全第一をもって工事の施工を行うことを求めます。

登録番号／掲載日／更新日

5-11
掲載日：2019年11月27日

5-12
掲載日：2019年11月27日

5-13
掲載日：2019年11月27日

24-11
掲載日：2019年4月15日
更新日：2019年11月27日

前記 4.5 の改修に加え、個々の事例ごとの更新日を記載することにより、最新の情報にアクセスしやすくなったと考えられる。

4. 10 ICT 活用事例一覧に掲載事例数を掲載

建設業労働災害防止協会(建災防)

小 中 大

お問合せ・アクセス 協会情報 English

トップページ 技能講習・各種教育のご案内 図書・用品のご案内 支援事業のご案内 安全管理・技術支援のご案内 広報活動のご案内

ICT活用事例

現在位置: トップページ > 安全管理・技術支援のご案内 > 労働災害防止のためのICT活用データベース > ICT活用事例

フリーワードから探す

Google カスタム検索

検索

アクセス件数ランキング

> ICT活用事例 > ICT研究開発事例

カテゴリーから探す

活用分類 | 土木工事 | 建築工事 | 設備工事 | その他 | 抑止可能なリスク(災害の種類) | 危険作業対策 | 有害業務対策 | 職場環境改善・メンタルヘルス対策 | ICT関連

()は事例件数

活用分類

- > 無人化・省力化 (142)
- > 人・行動センシング (47)
- > 機械センシング (56)
- > 能力支援等 (54)

土木工事

- > 地下埋設物・架空線等上空施設一般 (13)
- > 運搬工 (19)
- > コンクリート工事 (29)
- > 道路工事 (48)
- > シールド・推進工事 (31)
- > 構築物の取りこわし工事 (23)
- > 砂防工事 (28)
- > その他の土木工事 (42)
- > 機械・装置・設備一般 (15)
- > 土工工事 (66)
- > 圧気工事 (12)
- > 橋梁工事(架設工事) (35)
- > 河川及び海岸工事 (44)
- > 水力発電所等建設工事 (18)
- > 土地整理土木工事 (29)
- > 土木工事全般 (9)
- > 仮設工事 (34)
- > 基礎工事 (30)
- > 土石流の到達するおそれのある現場での工事 (18)
- > 山岳トンネル工事 (50)
- > ダム工事 (38)
- > 鉄道軌道建設工事 (27)
- > 上下水道工事 (18)

建築工事

- > 仮設工事 (57)
- > 地蔵工事 (32)
- > 電気設備工事 (27)
- > 改修工事 (27)
- > 鉄骨・鉄筋コンクリート造家屋建築工事 (34)
- > 建築工事全般 (8)
- > 建設機械 (41)
- > 躯体工事 (44)
- > 機械設備工事 (31)
- > 解体工事 (43)
- > 木造家屋建築工事 (18)
- > 土工工事 (57)
- > 仕上工事 (35)
- > 外構工事 (29)
- > 管工事 (25)
- > その他の建築工事 (26)

設備工事

- > 電気・通信工事 (13)
- > 設備工事全般 (2)
- > 機械器具設置工事 (14)
- > その他の設備工事 (15)

その他

各カテゴリーの件数を記載することで、事例の数が一目でわかるようになり、利用者が閲覧しやすくなったと考えられる。

4. 1 1 ICT 研究開発事例のカテゴリライズ

現状の ICT 研究開発事例はカテゴリー化しておらず事例一覧のみを示していた。

ICT研究開発事例 事例一覧			
所属名称	企業名	登録番号・開業日	
トレンス(定款発行の元向・新規開発システム)	株式会社トレンス	18-15 2019年1月4日	
製造現場の自動化	西尾レントオール株式会社	33-1 2019年10月4日	
経営情報基盤「定づい」 & 「君づいまれび」	西尾レントオール株式会社	33-3 2019年10月4日	
個人化施工管理システム [HRCsystem・新築おまわり system]	西尾レントオール株式会社	35-2 2019年10月4日	
クラウド構築システム『クラウド3d』 & 『クラウド3dVLS』	西尾レントオール株式会社	33-4 2019年10月4日	
入居案内用VR型情報システム [AR-web]	西尾レントオール株式会社	35-3 2019年10月4日	
建築関係活用型実行履歴システム [バックしぬい] (BIM)	西尾レントオール株式会社	35-6 2019年10月4日	
都市安全安心防犯設備 大型監視用「防ぎくんR」・小規模用「防ぎくんR-S」	西尾レントオール株式会社	35-7 2019年10月4日	
気象BCを融合した防災対策支援システム [EXOSIA]	シズメット株式会社	36-1 2019年4月20日	
TTCU-KYUSUJIN	コマツ	33-8 2019年4月15日	
SMARTCONSTRUCTIONアプリ	コマツ	33-7 2019年4月15日	
ラジコン付き	コマツ	33-6 2019年4月15日	
ペイロードモニター	コマツ	33-5 2019年4月15日	
集荷モニタリングシステム	コマツ	33-4 2019年4月15日	
KOMVETTER (集積運搬用システム)	コマツ	33-3 2019年4月15日	
インテリジェントマシンコントロール・ブルドーザ	コマツ	33-2 2019年4月15日	
インテリジェントマシンコントロール・掘削ショベル	コマツ	33-1 2019年4月15日	
発電機制御装置システム	コマツ	33-0 2019年4月15日	
土砂崩壊の危険予測システム	コマツ	32-2 2019年4月15日	

ICT 活用事例と同様の
のカテゴリーズとし
た。

ICT新開発事例

[トップページ](#)
[緊急情報・救済支援のご案内](#)
[登録済登録済のICT活用データベース](#)
[ICT研究開発事例](#)

フリーワードから探す

アクセス件数ランキング

[ICT活用事例](#)
[ICT研究開発事例](#)

カテゴリーから探す

[活用分野](#)
[土木工事](#)
[建築工事](#)
[設備工事](#)
[その他](#)
[停止可能なリスト \(災害の種類\)](#)
[危険作業対策](#)
[緊急業務対策](#)

[業務環境改善・メンタルヘルス対策](#)
[ICT関連](#)

()は事例件数

活用分野

[人・社会・省力化 \(8\)](#)
[人・行動センシング \(5\)](#)
[機械センシング \(22\)](#)

土木工事

[地下埋設物・架空線等上空設備一般 \(7\)](#)
[橋・堤防・高圧一級 \(6\)](#)
[仮設工事 \(9\)](#)
[土工工事 \(19\)](#)
[基礎工事 \(9\)](#)
[基礎工事 \(13\)](#)

[コンクリート工事 \(3\)](#)
[圧入工事 \(3\)](#)
[石工の調査するおそれのある現場での工事 \(8\)](#)

[岩盤工事 \(16\)](#)
[橋脚工事 \(河川工事\) \(8\)](#)
[山岳トンネル工事 \(9\)](#)

[シールド・掘削工事 \(7\)](#)
[河川及び海岸工事 \(18\)](#)
[ダム工事 \(15\)](#)

[既設物の取りこなし工事 \(9\)](#)
[電力・電線等架設工事 \(11\)](#)
[鉄道・鉄道設備工事 \(10\)](#)

[砂防工事 \(16\)](#)
[土木関連土木工事 \(18\)](#)
[上下水道工事 \(13\)](#)

[その他の土木工事 \(7\)](#)
[土木工事全般 \(17\)](#)

建築工事

[仮設工事 \(8\)](#)
[建設機械 \(10\)](#)
[土工事 \(18\)](#)

[タブレット・スマートフォン \(4\)](#)
[建設機械 \(9\)](#)
[ソフトウェア・アプリケーション \(10\)](#)

[センサー \(11\)](#)
[計測・測位・画像 \(11\)](#)
[カメラ \(9\)](#)

ICT活用事例と同様の
カテゴリー化と
した。

研究開発事例は当初カテゴリ分類されておらず、利用者が目的の事例を見つけることが困難だったが、本改修によって、活用事例と同様に検索や絞り込みが可能になったと考えられる。

4.1.2 アクセスランキングの実装

ICT研究開発事例

現在位置 [トップページ](#) [安全管理・技術支援のご案内](#) [労働災害防止のためのICT活用データベース](#) [ICT研究開発事例](#)

フリーワードから探す

Google カスタム検索 [検索](#)

アクセス件数ランキング

[ICT活用事例](#) [ICT研究開発事例](#)

クリックでアクセスランキングのページヘジャンプ

カテゴリから探す

▼ 活用分類 | ▼ 土木工事 | ▼ 建築工
▼ 職場環境改善・メンタルヘルス対策

ICT活用事例

＜最新＞月間アクセス件数ランキング(令和2年2月1日～2月29日)

現在位置 [トップページ](#) [安全管理・技術支援のご案内](#) [労働災害防止のためのICT活用データベース](#) [＜最新＞月間アクセス件数ランキング\(令和2年2月1日～2月29日\)](#)

順位	アクセス数	技術名称	企業名	登録番号/掲載日
1位	168回	VR実感を加えた危険体感教育	株式会社南谷組	2-5 掲載日: 2019年4月15日
2位	136回	重機作業員技能検知・情報装置	戸田建設株式会社	119 掲載日: 2019年4月15日
3位	106回	作業員向け安全管理システム [Emitta®]	株式会社大林組	24-11 掲載日: 2019年4月15日
4位	104回	VR実感を加えた危険体感教育 [株式会社明電舎]	前田建設工業株式会社 本店	3-10 掲載日: 2019年4月15日
5位	104回	工事現場管理システムの小規模現場向け化 [デキスパート]	株式会社ピー・エス二	18-1 掲載日: 2019年4月15日

ICT研究開発事例

順位	アクセス数	技術名称	企業名	登録番号/掲載日
1位	167回	web上で労働安全書類の作成から提出・受け取り、協力会社情報管理できるツール [Greenfile.work]	シェルフィー株式会社	37-1 掲載日: 2020年1月7日
2位	90回	KomVision (遠隔監視カメラシステム)	コマツ	33-3 掲載日: 2019年4月15日
3位	88回	web上で日々発生する建設現場で必要な作業員や工事管理などの情報の作成から管理までできる施工現場の業務効率化[webシステム「Greenfile.work」]	シェルフィー株式会社	37-2 掲載日: 2020年1月7日
4位	78回	RFID作業員接近情報装置 「ロガードマン」	西尾レントオール株式会社	35-10 掲載日: 2020年1月7日
5位	63回	サーフェスマーケティング システム VR オブジェクトの安全行動を制御・検知することによる安全教育システム[バックホウ編] 一斉告発の検知装置のシミュレーションが数回ありま	株式会社アクティオ	36-1 掲載日: 2020年1月7日

過去の月間アクセス件数ランキング

ICT活用事例

[2019年12月](#) [2020年01月](#)

ICT研究開発事例

[2019年12月](#) [2020年01月](#)

月間のアクセス件数についてランキングを設置することで、利用者から多くアクセスされている人気の事例を知ることができるとともに、アクセスも容易になったと考えられる。

第Ⅱ部

今年度の検討課題とその対応

第1章 レジリエンス力の強化のためのVR等安全衛生教育の情報収集・整理に関する検討

第1節 令和元年度 ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会作業部会（WG）の設置

1.1 作業部会設置要綱

1) 趣旨・目的

建災防では、平成29年度及び平成30年度設置した「ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会」において、建設工事現場でICTを活用することによりもたらされる労働安全衛生水準の向上に資する情報を収集・整理し、平成31年4月15日に「労働災害防止のためのICT活用データベース」として当協会ホームページに公開したところである。

近年、建設工事現場におけるICTは生産性の向上等にとどまらず、直裁的に労働災害防止の効果を生むものとして、VR等による安全衛生教育が注目を集めている。

一方、建災防が平成30年度に実施した「建設工事現場における不安全行動・ヒヤリハット体験に関する実態調査」ではヒヤリハット体験の割合は58.2%という結果となり、従来型のヒヤリハット撲滅に主眼を置いた取組だけでは十分ではないことが明らかとなった。このため、建災防では新たにレジリエンス・エンジニアリングの概念のなかでヒヤリハットを災害に至らなかった好事例として捉え直すことにより、労災防止に役立つレジリエンス力を精査し、この能力を高める手法について別委員会において検討を進めているところである。レジリエンス力とは、事態の変化を「予見」「注視」し、それらに「対処」する能力であり、こうした能力を向上させるためにはVR等を活用した「学習」が有効であると考えられている。

そこで、VR等を活用した安全衛生教育については、中小企業でも活用しやすい様々なコンテンツが開発されていることを踏まえ、これらの情報を建設工事現場で活用しやすいように整理したうえで、データベースに登載することにより、データベースの利用促進と間接的な建設工事現場に対する労働災害防止対策支援を図ることができると考えられることから、検討委員会の下に、作業部会（WG）を設置して、これを検討することとした。

2) 検討事項

- (1) レジリエンス力強化のためのVR等安全衛生教育の情報収集及び整理の方法
- (2) その他上記に関連する事項

3) 構成等

- (1) 本作業部会（WG）は、建災防本部専務理事が2の検討事項に精通する別紙の専門家の参集を求めて開催する。
- (2) 本作業部会（WG）には部会長を置き、部会長は委員会の議事を整理する。

(3) 本作業部会（WG）は、必要に応じ関係者からヒアリング等を行うことができるものとする。

4) その他

(1) 本作業部会（WG）は、原則として公開するものとする。ただし、個人情報、個別企業等に係る事案を取り扱うときは非公開とする。

(2) 本作業部会（WG）の事務は、建災防技術管理部において行う。

1.2 作業部会委員構成

ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会作業部会（WG）

委員名簿

○蒔苗 耕司	公立大学法人 宮城大学 創造・開発学系／事業構想学群 教授
玉手 聡	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 労働災害調査分析センター（併）建設安全研究グループ センター長
久保 久典	株式会社浅沼組 安全品質環境本部 安全部長（東京）
伊藤 勝啓	清水建設株式会社 安全環境本部 本部長
宮澤 政裕	建設労務安全研究会 事務局長
濱島 京子	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ 上席研究員

<オブザーバー>

大村 倫久	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室 技術審査官
加藤 正弘	ミドリ安全株式会社 営業統括本部 営業推進部 安全衛生相談室 担当部長
倉持 滋	株式会社つくし工房 営業部 次長
赤崎 信也	株式会社積木製作 取締役 マネージャー

<事務局>

本山 謙治	建設業労働災害防止協会 技術管理部長
田村 和佳子	建設業労働災害防止協会 技術管理部 計画課長代理 兼 建設業メンタルヘルス対策室長
松本 淳	建設業労働災害防止協会 技術管理部 計画課 計画係長
高野 星雅	建設業労働災害防止協会 技術管理部 計画課

※ ○印は、委員長

（順不同・敬称略）

第2節 検討の経緯

第1回作業部会

日時 令和元年10月18日 15:00

場所 安全衛生総合会館14階会議室

議題

1) 検討事項

ア 労働災害防止に役立つVR事例の整理・収集方法について

- ① VR事例収集の趣旨・目的
- ② VR等安全衛生教育の現状（積木製作様）
- ③ 建設現場におけるVR事例の整理・収集

イ VR事例の活用方法について

- ① 事故防止に効果的なVRを活用した教育体系の事例
- ② VR事例の活用方法と今後の方向性

2) その他

配布資料

資料No. 2-1 作業部会名簿

資料No. 2-2 建設工事現場のヒヤリハットに関する実態調査 中間報告

資料No. 2-3 VR事例収集の趣旨・目的

資料No. 2-4 建設工事現場におけるVR事例整理表（案）

資料No. 2-5 建設工事現場におけるVR教育用教材整理表（案）

資料No. 2-6 建設工事現場におけるVR事例収集フォーマット（案）

資料No. 2-7 鉄道業における事故防止を目的とした教育手法

資料No. 2-8 VR事例の活用方法と今後の方向性

参考資料 VRコンテンツ リーフレット（積木製作様ご提供）

第2回作業部会

日時 令和2年2月4日 15:00

場所 三田鈴木ビル5階 会議室

議題

1) 検討事項

ア VR部会報告書 第一次案について

① 報告書 第一次案の概要

② 建設工事におけるVR教育事例の試行実施調査の結果（中間集計）

イ 次年度の検討課題について

2) その他

配布資料

資料No. 4-1 令和元年度ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する
検討委員会報告書目次第一次案

資料No. 4-2 令和元年度ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する
検討委員会報告書第一次案（VR部会関連箇所抜粋）

参考資料1 建設工事におけるVR教育事例 調査票① A社

参考資料2 建設工事におけるVR教育事例 調査票② A社

参考資料3 建設工事におけるVR教育事例 調査票③ B社

参考資料4 建設工事におけるVR教育事例 調査票④ C社

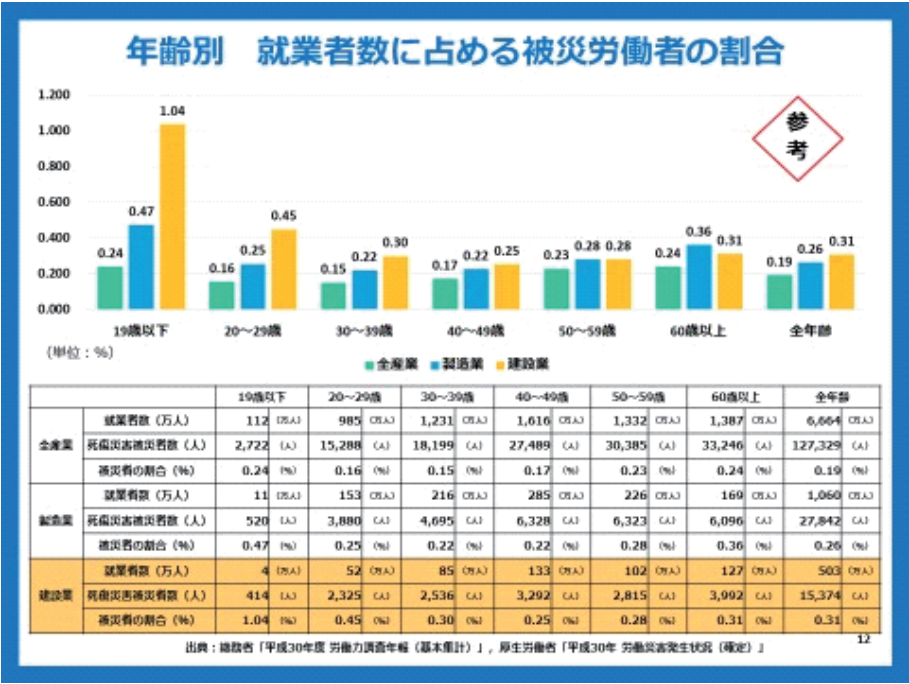
参考資料5 建設工事におけるVR教育事例 調査票⑤ D社

第3節 検討の背景

平成 31（令和元）年度の ICT 委員会では、メンタルヘルス委員会において実施した平成 30 年度のヒヤリハット実態調査（受託主体：建設労務安全研究会）から、過去 1 年間にヒヤリハットを体験した者の割合が約 6 割に及んでいる結果を踏まえ、ヒヤリハットの除去が災害の撲滅につながるという従来の安全衛生活動の考え（Safety I）だけではなく、ヒヤリハットが災害に至る前にリカバリーした事例でもある点に注目した新たな安全衛生対策（Safety II）の一つとして、建設工事従事者のレジリエンス力向上に有効と考えられる VR 安全衛生教育を重点的に検討することとした。

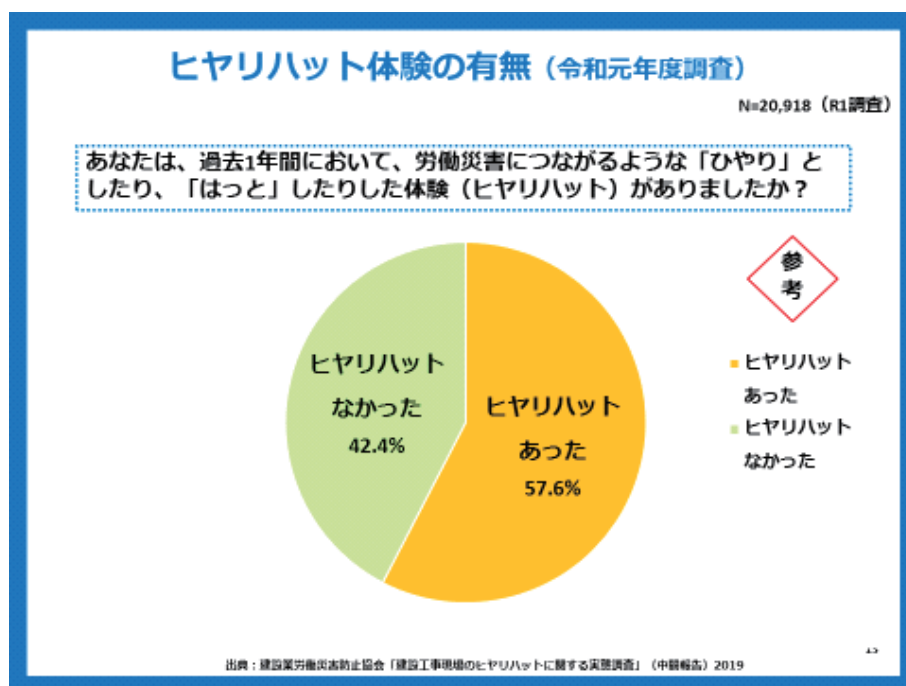
VR による教育は災害等の疑似体験をリアルに実感することが可能で、危険感受性を高め、危険回避するための基礎的な能力、すなわちノンテクニカルスキルを向上させ、レジリエンス力を高めることができると考えられる。

とりわけ、建設業における若年労働者の災害発生割合について、公表されている総務省「平成 30 年度労働力調査年鑑（基本集計）」及び厚生労働省「平成 30 年労働災害発生状況（確定）」のデータに基づき独自に集計したところ、「19 歳以下」では「全産業」0.24 に対して「建設業」1.04、「20～29 歳以下」は「全産業」0.16、「建設業」0.45 となり、他産業に比して、若年者の災害発生災害割合が高いことが示された。（図Ⅱ－１－１）



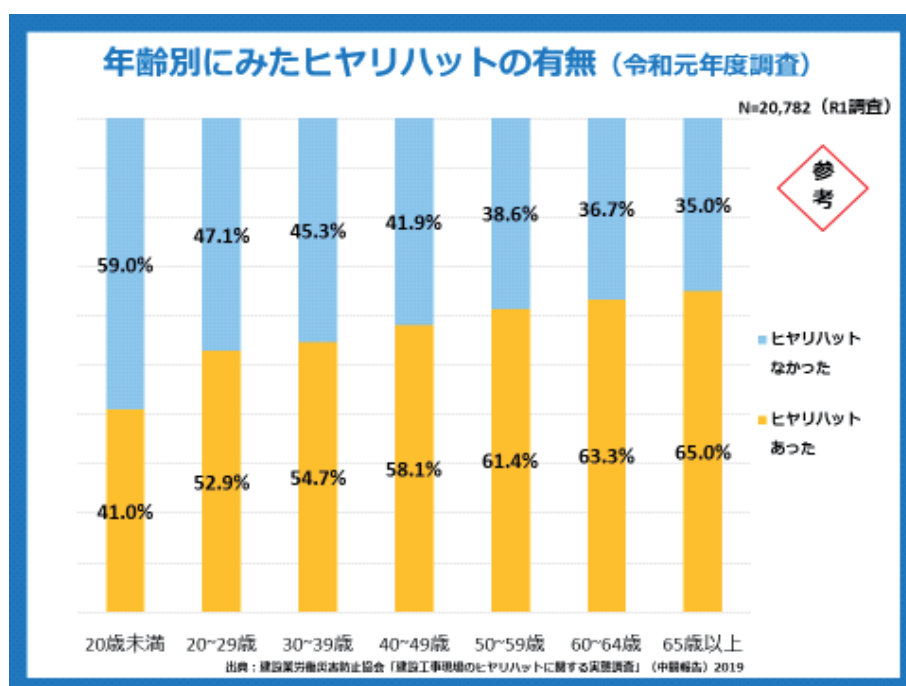
図Ⅱ－１－１ 年齢別就業者数に占める被災労働者の割合

また、本年度実施のヒヤリハット実態調査では、ヒヤリハットが「あった」と回答した割合が 57.6% となり、平成 30 年度調査と近似する結果が得られた。（図Ⅱ－１－２）



図Ⅱ－１－２ ヒヤリハット体験の有無（令和元年度調査）

さらに、本年度の調査については、ヒヤリハットの有無を年齢別に集計したところ、年齢が上がる程ヒヤリハットが「あった」と回答する割合が増加し、20歳代以下の若年者はヒヤリハットが「なかった」と回答する割合が高いことがわかった（「20歳未満」では「あった」41.0%、「なかった」59.0%、「20～29歳未満」は「あった」41.0%、「なかった」59.0%）。（図Ⅱ－１－３）



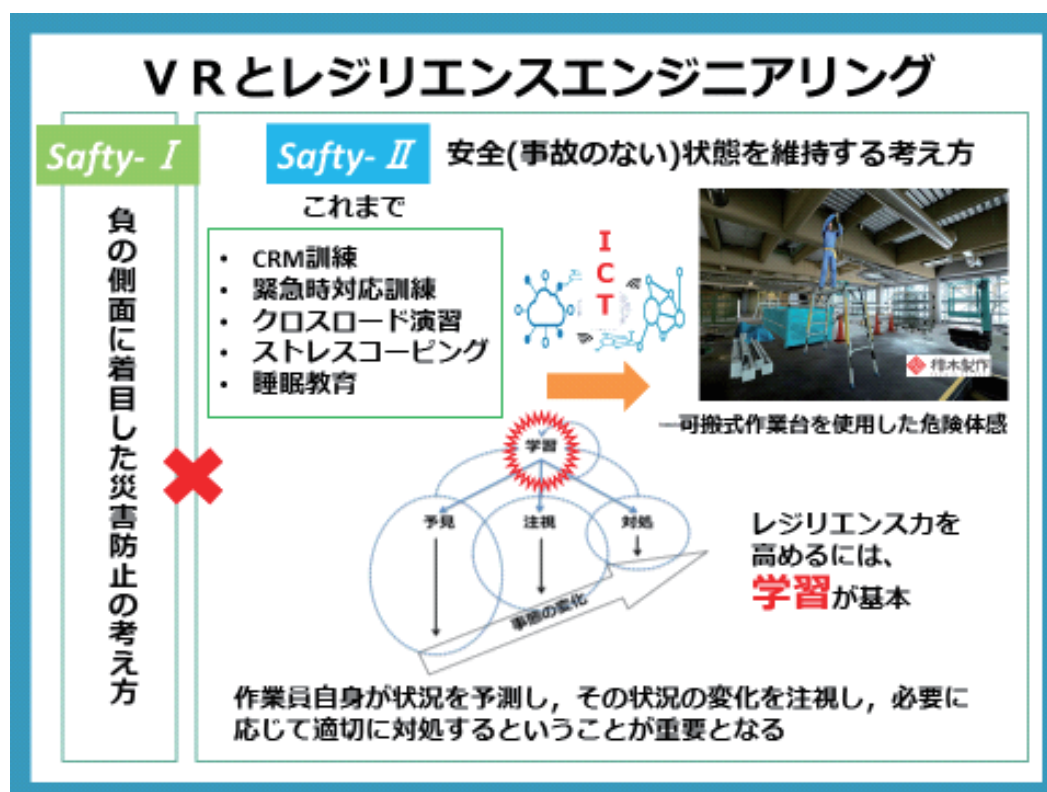
図Ⅱ－１－３ 年齢別にみたヒヤリハットの有無（令和元年度調査）

こうしたことから、建設業に就労する若年者は災害発生割合が高い一方、事故・災害に至る前段階と考えられるヒヤリハットを適切に認識できていないのではないかと考えられる。そもそも災害ポテンシャルの高い建設現場では、他産業以上に先駆けてリスク低減策等の災害防止に取り組んできたことを踏まえると、若年者等レジリエンス力の低い労働者の災害を防止するためには、リスクアセスメント等リスクを低減させる取組み(Safety I)とともに、リスクのある状態においても安全を維持できる Safety II の取組みを併せて実践することが一層求められると考える。

Safety I は事故や危険の芽を摘むための取組である一方、Safety II は事故やトラブルに発展しそうな事象を見極め、事態の変化に柔軟に対処できるような安全の取組をいうが、このうち後者は状況を予測しその状況の変化を注視し、必要に応じて適切に対処する力を養うことができるといわれている。これを E.Hollnagel は「レジリエンス力」と定義したが、この力を高めるのに有効な方法の1つとしてノンテクニカルスキルの重要性を指摘している。ノンテクニカルスキルとは、認知的、社会的、個人的リソースとしてのスキルをいい、Flin は安全や効率に関わるノンテクニカルスキルとして、状況認識、意思決定、コミュニケーション、チームワーク、リーダーシップ等を挙げている。

VR 活用により様々な疑似体験を学習によって積み重ねることができる点で、こうしたノンテクニカルスキルの向上に効果があると考えられ、経験値の低い若年者の災害防止に役立つものと推察される。(図Ⅱ-1-4)

技能者の高齢化等、人手不足が深刻な問題となっている建設業では、若年者等多様な人材を確保し育成するうえでも、この点、早急に取り組まなければならない課題といえる。



図Ⅱ-1-4 VRとレジリエンスエンジニアリング

最後に、この度のVR事例収集の基盤をなす考え方として着目した「レジリエンス・エンジニアリング」について、未だその概念が浸透している状況にはないことに鑑みて、建設業におけるメンタルヘルス対策のあり方に関する検討委員会 鳥居塚崇委員（日本大学生産工学部教授）に解説いただいた内容を参考として掲載する。

レジリエンス・エンジニアリングとヒューマンエラー防止

建設場面においてはヒューマンエラーが、即、事故につながるためこれまでもヒューマンエラー対策がなされてきた。それは主に 1) ヒューマンエラーが発生しても事故に至らないようなシステムの工夫と、2) ヒューマンエラーそのものを発生させないような取り組みの、2 つの側面から行われてきた。

1) システム的な防護策

ヒューマンエラーが発生したからといってそれがすべて事故やトラブルに発展するのではなく、システム的な防護策に救われることも多く、防護策に救われなかった場合のみ事故やトラブルに発展する。ここで言う防護策とは、作業員が危険な領域に侵入すると作動する警報ブザーや立ち入り防止センサに代表されるように、作業員の行動が規範（基準）を逸脱すると危険を知らせてくれたり、それ以上その行動を続けることを防いだりする働きを持つものである。また、このような工学的な防護策ばかりではなく、例えばヘルメットやハーネス、防護網、あるいは警備員の配置やダブルチェックといったようなものも含まれる。チェックシートも防護策の一種である。また作業員の行動が規範を逸脱しそうなになっても逸脱できないような仕組みもこの種の防護策と捉えることができる。安全帯を装着しないと作動しないような機械などが相当する。よく「人間は必ずミスをする」という言葉を聞くが、ここで紹介したシステム的な防護策はその考え方に基づく対策である。

2) ヒューマンエラーを発生させない取り組み

一方、当然ではあるが、ヒューマンエラーを発生させないことも重要である。それらの発生件数を減らせれば、自ずと、それらに起因する事故の発生件数も減少するからである。それには、それら規範を逸脱する行動を促している「背後要因」に着目することが重要となる。背後要因とは作業員の行動を形成するその背後にある要因のことを示し、表 1 に示すような外的要因と内的要因と作業特性との組み合わせである。これらはヒューマンエラーを誘発する要因でもある。すなわちこれらの背後要因が作業員にとって悪玉である場合、ヒューマンエラーや不安全行動の誘因となる。では作業員にとって悪玉とはどのような場合か？それは作業員の特性に適合していない場合である。身体的な特性、五感の特性、認知的な特性、生理的な特性、心理的な特性、加齢による特性変化…というように人間には様々な特性がある。例えば「人間が負担なくものを持ち運べるのは 50lbs（23kg）までである（航空機の受託手荷物の荷重制限が 23kg である理由の 1 つ）」「人間の短期記憶の容量は 7±2 項目である」「元来、人間は近道（ショートカット）が好き」などである。人間の特性は数えれば限りがないが、それらの特性をできるだけ把握しておくことが望まれる。一方、表 1 を参考に建設現場を思い返してみると、考慮すべき背後要因が実にたくさんあることがわかる。ヒューマンエラーを減らすということは、これらの背後要因を作業員（人間）の特性に適合するように調整するということ地道な作業でもある。作業改善や職場改善は実は背後要因の調整を行なっていることでもあるので、そのような視点で改善を行うと効果的であろう。ところで「背後要因を作業員の特性に適合させるように調整」することが重要であると述べたが、これは作業員の特性を背後要因に適合させるということではない。人間の能力や特性を変化させることは困難であるが、背後要因を変化させることは可能だからである。

表 1 の内的要因は人間内の問題ではあるが人間の能力や特性とは異なり、ある程度制御が可能となる。内的要因にはメンタル・ヘルスも含まれる。つまり、メンタル・ヘルスが良好でない状態は、ヒューマンエラーを

人間の能力や特性を変化させることは困難であるが、背後要因を変化させることは可能だからである。

表 1 の内的要因は人間内の問題ではあるが人間の能力や特性とは異なり、ある程度制御が可能となる。内的要因にはメンタル・ヘルスも含まれる。つまり、メンタル・ヘルスが良好でない状態は、ヒューマンエラーを誘発しやすい状態にあると捉えることができる。したがってメンタル・ヘルスを良好に保つための取り組みは、ヒューマンエラーを抑制する効果があると言える。

3) リスクが前提の考え方

20 世紀後半から急速に進んだ社会・技術システムの複雑化と、セイフティ・クリティカル（安全が重大な結果に関わること）な場面の増加によって、私たちの周囲のどこにでもリスクが存在するようになった。このような社会では、つねにリスクがあることを前提として考えざるを得ない。これまでのようにリスクを低減させるにはどうすべきかという議論も重要だが、それに加えて、リスクが前提の中でどのように安全状態を維持すべきかを考えることが重要となる。この考え方は災害発生時のレジリエンスに関する議論にとどまらず、日頃の安全対策を考える上でも非常に有効である。上述したようにさまざまな事象が複雑化する中、事故や危険の真因がわからないものも多いだけでなく、それらの要因が複雑に絡んでいることも少なくないからである。あるいはその要因を取り除くことが困難な場合も現実的には少なくない。事故や危険の芽を摘むことが重要である一方、このような場合はいかにしてそれを表出させないかがむしろ重要となることもある。つまり人間は、決められたことを着実に遂行することに加え、数々のリスクに立ち向かうことができるよう、しなやかで強靱な力が必要となる。このようなしなやかさ（弾力性、回復力）を科学的に扱おうという考え方がレジリエンス・エンジニアリングである。

レジリエンスという語は弾力性や回復力を示し、土木工学や心理学などでは従来から知られていた概念であるが、2011 年に発生した東日本大震災以降、この概念が急速に広まり始めた。それは福島第 1 原子力発電所事故に対する対応の教訓から、このような災害への対策を考える必要性に迫られたことによるものが大きい。この災害を通じて、情報のありかた、緊急時対応のありかた、あるいは組織による意思決定のありかたを切に考えさせられた人は少なくないであろう。それらは確に対処の成否の重要な要因となったが、視点を変えれば、その災害の程度や特徴を見極めながらレジリエントに（弾力的に）対応することができたかどうかに関わっているといえる。なぜレジリエントな対応が成功したのか... レジリエントな組織やシステムはどのような特性を持つのか、そしてそのような特性を持つ組織やシステムをどのように実現するのか... このような問いに立ち向かうのがレジリエンス・エンジニアリングである。

4) レジリエンス・エンジニアリングとヒューマンエラー

これまでの安全に対する考え方の基礎は「人間には能力限界がある」「人間はミスをする」であった。つまり人間の負の側面に着目した「事故防止」的な考え方であると言える。それに対してレジリエンス・エンジニアリングにおける安全の考え方は「安全状態の維持」であり、人間のしなやかさに着目した考え方... つまり「人間は柔軟である」「人間は変動する」ため「人間はこんなこともできる」という考えが基礎にある。換言すれば人間の正の側面に着目した考え方であると言える（このように「安全状態の維持」を主眼にした安全の考え方を「Safety II」と呼ぶこともある）。人間は柔軟であるからこそ、あらかじめ決められていないことに対しても適宜行動することが可能であり、刻々と変化する状況でも目標に向けて最適な方策を考えることが可能であり、またそれに向けて対処することが可能となる。

つまり Safety II では、作業員自身が状況を予測（予測）し、その状況の変化を注視（注視または監視）し、必要に応じて適切に対処（対処）するということが重要となる。またこれらに加えて普段の情報の蓄積（学習）も重要となる。なお、この4つの能力、すなわち「予測」「注視（または監視）」「対処」「学習」を Hollnagel, E. はレジリエンスの4能力と呼んでいる。

以上のように捉えると、Safety II では作業は作業員の主体性に任せる、あるいは作業員に自由に作業をさせると誤解を招きがちであるがそうではない。「柔軟な」対応はあくまでも作業規範や作業手順書を優先した上でのことである。その中で Safety II が生きてくるのは、手順書の行間を読み込んでそれを埋めるための対応をとる場合や、事態が手順書を逸脱（つまり想定外）した場合、あるいは作業員の行動が手順書を逸脱（つまりヒューマンエラーや不安全行動）した場合である。殊にヒューマンエラーに着目すると、ヒューマンエラーが発生すると「手順書通り」の作業、あるいは「想定していた通り」の作業から逸脱することになる。そのため、作業員の「柔軟な」対応による「リカバリー」が求められる。

表1 行動の背後要因

外的要因	内的要因	作業特性
・建設構造	・過去の経験	・突発事象
・作業環境	・能力／技術／性格	・作業の速さ
・作業時間／休憩	・空腹／喉の渇き	・作業の危険度
・シフトローテ	・モチベーション	・作業の重要度
・人員計画	・態度	・作業の単調度
・組織形態	・体調／疲労	・作業の品格、無意味性
・報酬／懲罰	・精神的ストレス	・刺激のなさ
・手順書	・肉体的ストレス	・援助の欠如
・ハウレンソウ	・家庭や周囲の影響	・注意のそれ（騒音、グレア、等）
・企業文化	・性差	・矛盾した手掛かり
など	など	など

第4節 VRを活用した労働安全衛生教育

最近、産業界において、VRを活用した安全衛生教育を行う事業者が増えており、建設業においても同様に、新規入職者等に対するVR安全衛生教育を行っている事業者は多くなっている。また、HMD（ヘッドマウントディスプレイ）の小型化、高性能化、省力化、低価格化等によりその普及は今後もさらに進むと予想されている。一方で、建設業においてはその活用は主に危険体感教育であるが、そのコンテンツについては、網羅的に把握し整理された資料は存在しない。

そこで、建設工事現場において活用されているVR安全衛生教育事例を収集し、項目別に整理し、その普及を一層促進するとともに、コンテンツが不足している対象（想定する災害の種類等）の開発を促進することを目的として、VR事例の整理を行うこととした。

VR事例の収集・整理の手順は、次のとおり。

VR事例の整理について	
趣旨	・ VRによる教育は災害の疑似体験をリアルに学ぶことができ、形骸化しにくい等、建設現場では徐々に普及が進んでいるが、これについては危険感受性を高める実効性ある取組であるか等を体系的に検証した先行研究は見当たらない。また、災害発生割合の高い若年者は災害防止に役立つ活動として危険体感教育等の定期イベントを重視していることが明らかとなったヒヤリハット実態調査の結果も踏まえると、早急に対策を精査する必要があると考えられる。 ・ そこで、効果的な教育のあり方を検討するために、建設工事現場で採用されているVR教育の事例をその内容の類似性に基づき整理を行い、これらに共通する課題を抽出し、VR教育のあり方を考察することとする。 ・ なお、整理した内容はデータベース上に公開して、メーカーのVR開発及びユーザーの利活用促進を図り、もって労働災害防止に資する情報を提供するものとする。
手順	1. インターネット、新聞等によって建設業及び他産業のVR教育活用事例を収集。 2. 1の整理によって得られた内容の類似性に基づき、調査項目を設定し、今後行う事例収集のアンケート帳票を作成。 3. データベースに公開する情報システムを構築。

第5節 VR事例の収集及び整理

5.1 VR事例の収集

建設工事現場におけるVR事例を収集するにあたり、まず当協会のICTデータベース（ICT-DB）及び過去の建設業労働災害防止大会発表論文、さらに新聞、インターネット等のメディア媒体に掲載されているケースをとりまとめ、VR活用の状況を把握することとした。

とりまとめた事例は全27ケース、建設業21ケース、他業種6ケースとなった（59～65頁）。

以上の事例収集によって主として次の6点が明らかとなった。

- ① VR教育のコンテンツは、未だバリエーションが少ない。
- ② VRの技術的仕様を事例から読み取ることが困難。
- ③ VR教育の多くは「安全教育」の一環として位置づけられるが、「技能養成研修」「階層別研修」「社員研修」として実施されるものもある。
- ④ 対象者を限定した独自のカリキュラムに基づき運営されているところもある。
- ⑤ 「安全教育」は、具体的な災害防止のほか、全般的な安全意識の向上、危険に対する気づきの促進が主たる目的として掲げられるが、実際どのような効果があるのか、明らかでない。
- ⑥ VR教育をどのような手順で進めるのか、明らかでない。

VRを導入した教育は未だコスト等の負担も大きく、費用に見合う効果が得られるか等の課題があり、それらをクリアし普及を進めるには、メーカー側の開発機運を高めるとともに、バーチャルな「事故体験」を日常業務にどのように活かし、災害防止に役立つレジリエンス力を養うか等、当該事例収集によって明らかとなった点を踏まえ、より具体的な情報を収集する必要があると考えられる。

5.2 鉄道業における事故防止のための教育手法

前掲 5.1 の事例収集結果から、鉄道業では教育効果の持続性を担保し、個人と組織のレジリエンス力に寄与する事故防止対策が講じられていることがわかった。そこで、公益財団法人鉄道総合技術研究所のホームページに掲載されている教育手法 6 パターンを次のとおり整理した。

鉄道業における事故防止を目的とした教育手法										
No	業種	名称	概要	技術	目的	対象	手法	効果	出典	
1	鉄道	触車事故防止のためのVR体験型教育手法	VR技術を活用して、線路内作業のリスクや触車事故の発生プロセスを学ぶ体験型の教育手法。	VR	事故防止 ルール遵守	事故発生プロセス	VR体験（ロールプレイ） 事例置き換え課題（グループディスカッション）	触車事故防止のためのルール遵守促進	公益財団法人 鉄道総合技術 研究所	HP
2	鉄道	生理指標による運転士の状態推定	高性能多点脳波計等の各種生理指標の同時測定を実施し、運転作業時の生理変化が客観的に把握できる。複数の生理指標を組み合わせることで、集中状態や心理的動揺を推定できる。		事故防止	運転手の生理状態（心身の変化）	模擬運転（ロールプレイ）	異常時の心身の状態変化の気づき	公益財団法人 鉄道総合技術 研究所	HP
3	鉄道	指令業務における異常時コミュニケーション訓練手法	異常時の情報伝達場面を模倣したシナリオを体験し、訓練での会話の様子を撮影したビデオ画像をみて振り返りを行う。その1、2か月後に通常業務でのコミュニケーションの状況を振り返り、最後に訓練結果をフィードバックする。		事故防止	正確かつ円滑な情報共有	ロールプレイ	① 異常時のコミュニケーション技術の重要性認識（意識づけ） ② 通常業務での実行度の向上 ③ 協働体制の強化	公益財団法人 鉄道総合技術 研究所	HP
4	鉄道	運転士の異常時対応能力向上プログラムの実用システム	運転士が異常時の状況を運転訓練シミュレータ上で体験し、適切な対応ができる能力を培う教育プログラム。		事故防止（HE防止）	異常時の心理的状況	運転訓練シミュレータ（ロールプレイ）	異常時における自身の行動特性等の気づき	公益財団法人 鉄道総合技術 研究所	HP
5	鉄道	指差喚呼の効果を体感できる学習方法	指差喚呼のヒューマンエラー防止効果を体感的に学習できるソフトウェアとそれを用いた体感学習法。		事故防止（HE防止）	指差喚呼のHE防止効果	エアー体感学習	指差喚呼の効果認識の向上	公益財団法人 鉄道総合技術 研究所	HP
6	鉄道	ヒューマンファクター事故分析手法	ヒューマンファクターによる事故の原因を、① 本東あるべき姿からの逸脱分析、② 逸脱の発生原因の追究、③ 分析によって明らかとなった問題点の整理の3段階に分け、各段階に適した分析手法を組み合わせたもの。		事故防止（HE防止）	ヒューマンファクター	事故分析	① 事故原因の理解 ② 気づきと行動変容	公益財団法人 鉄道総合技術 研究所	HP

5.3 VR教育に関する教育施設

他方、前掲 5.1 の事例収集を進める過程において、近年、安全重視の方針を掲げ、業務に伴う事故防止を目的とした民間の教育施設が計画、着工されていることもわかった。そこで、その設置状況を把握するためにVRを含んだ教育を実施している施設を中心に、他産業 5 ケース、建設業 7 ケースの事例を整理した。

他産業

教育施設の設置状況

No	会社	施設	概要	教育の内容等	VR	備考
1	J R 東海	安全本習学修館	J R 東海の在平線車両の検査や修繕を担当する作業員に対する安全教育のために整備されたもの。過去の事例や体験訓練を通じて安全意識の文化を醸成するとともに、業務の本質を自ら考え、業務に活かす狙い。	-	○	2019年6月開設
2	J R 西日本	J R 西日本社員研修センター	J R 西日本グループ安全考動計画 2022において掲げたヒューマンファクターの視点を取り入れた実践的教育プログラム。	・鉄道現場における系統（駅係員、乗務員、車両、施設、電気）別に、「脱車」や悪所からの「墜落」など9つの災害を再現	○	2018年5月運用開始
3	J R 東日本	横浜バイサイドトレーニングセンター	異常事態を疑似的に体験することにより、基本動作の習得、安全のための正しいルールの理解、現場での対応力向上等を目的として整備。	・乗務員区所シュミレーター ・鉄道工事従事者訓練シュミレーター ・ホームドア訓練装置など	○	2019年9月運用開始
4	全日空	総合トレーニングセンター ANA Blue Base	実際の飛行機到着から出発までを想定し、運航に関わるすべての社員が合同で訓練できる環境を整備し、安全性向上を図るもの。	・パイロット向け古フライトシュミレーター ・客室乗務員向けモーションピックモックアップ ・リアルファイヤーファイティングトレーナー ・コミュニケーションラウンジ、茶室など	○	2020年6月運用開始
5	東京電力	安全考動センター	東京電力グループ社員向け研修施設。安全意識を高め、現場に必要に「当事者意識」「危険察知力」「阻止行動力」を身につけることを目的とする。	・導入、体験、体験の3つのゾーンに分かれ、体験ゾーンでは墜落・落下、滑り、つまづき、巻き込まれ、挟まれ、重量物運搬、感電等、28事例を体験できる。	○	2017年4月開設

建設業

教育施設の設置状況

No	会社	施設	概要	教育の内容等	VR	備考
1	清水建設	ものづくり研究センター	「見る・触る・やってみる」を可能とする体験型研修施設を備え、建築・土木現場、建設設備工事現場を再現する。協力会社の研修への活用も想定。	・ひとづくりのための実践的な環境 ・若手技術者を対象 ・隔年度体系的な教育プログラム（座学+OJT+センター研修）	-	計画中
2	大林組	次世代型研究施設	自由闊達なコミュニケーションの誘発により、新たなイノベーションや企業文化を生み出すことをコンセプトとした施設。	-	-	2022年3月完成予定
3	竹中工務店	竹中技術実務研修センター 憩	「見て・触れて・体得する」をコンセプトとし、ものづくりの基本を学び、技術を伝承する体験型研修施設	・品質づくり込み研修（確能、入社年数別に建築、設備、建築設計、構造設計、工事監・品質管理、改修工事、安全（安全管理）、協力会社（鉄筋工事）等のカリキュラム）を実施	-	2011年1月開設
4	大成建設	大成建設会友会 会友企業を対象として、技能実務研修や次世代経営者育成研修などを行う施設。	大成建設会友会企業を対象として、技能実務研修や次世代経営者育成研修などを行う施設。	・安全管理・施工管理、計画・測量や建設技能講習などのカリキュラム ・技能者キャリアアップ研修、経営者研修	-	
5	安藤ハザマ	技術研究所	「ものづくりをする人づくりの場所」をコンセプトとして開設。TTCつくばで合宿しながら3か月間のものづくりの基本を学ぶ。	-	-	2016年6月開設
6	鉄建建設	建設技術総合センター	「次代の交通インフラを拓く」をコンセプトとして掲げ、安全研修と土木・建築技術伝承に向けて社内外の技術者育成を図る。	・国外研修、国内研修、研究開発の3つのフィールドを設置し、交通インフラ工事に必要な安全・技術・経験を学ぶことが可能	-	
7	東鉄工業	未定	-	-	-	2021年10月完成予定

5.4 まとめ

ここまで収集・整理した事例から、建設業では本部会が射程とする Safety-Ⅱに基づく対策として危険感受性やノンテクニカルスキルの向上を目的とした VR 教育が体系立って実施されていない可能性が浮き彫りとなった。

前掲 5.2 の鉄道業では、事故防止を目的とした多様な教育手法が開発され、いずれも目的・効果が明瞭に示された上で教育への展開を図っている。VR 教育単体で実施するのではなく、様々な手法を組み合わせることによって相乗効果を生むのではないかと考えられる。

VR 教育だけを取り立ててみても、事故発生・ルール遵守を目的として、事故発生プロセスを理解するために VR 体験とグループ討議をセットで実施し、リアルな事故体験にとどまらず、自らの日常業務を振り返りながら課題に取り組む討議の進め方については建設業においても転用できるものと思われる。

また、前掲 5.3 でみた教育施設では、運輸、航空、電力等、安全第一主義を掲げる産業分野はヒューマンファクターの理論に基づく体系化された複合型の教育を展開している。ここにおいては、教育の対象者を分別し、細やかな職種に対応した体験型トレーニングが構築されている。VR の活用についても、全日空の「総合トレーニングセンター ANA Blue Base」に代表されるように、業務上のシミュレーション訓練にとどまらず、モックアップの導入も進められていることがわかる。

一方、建設業に目を転じれば、収集した 7 社中、VR を教育に活用しているケースは 0 件であり、技術伝承を目的として体験型研修を実施している施設が多く見受けられる。7 社ともに、今後「ひとづくり」にフォーカスした施設の大幅なリニューアルとそれに伴う施設の充実が予想されるが、現時点では他産業に比して体系立った教育への VR 導入が遅滞していることは否めない。

しかしながら、バーチャルに災害を体験できる VR 教育の有効性に鑑みると、重大事故の多い建設業において活用次第では大きな効果を生むものであり、その需要は多いと考えられる。

以上の点を踏まえ、今後、高度な発展が期待される VR 等の技術を、建設業において、どのように教育に活用すべきか、その方法や効果を整理して情報提供することが建設事業者、その労働者等、建設現場従事者にとって有用であると考えられる。そこで、改めて VR 教育に関する好事例を建設事業者から収集することとした。

5.5 建設工事における VR 事例の収集調査票案の作成

ここまでにみた事例収集の結果を踏まえ、建設工事に特化した VR 事例を収集するため、調査票案を作成した。

調査票案を作成するにあたっては、VR 活用の実態を踏まえ、建設工事における活用の有無を確認したうえで、開発側（メーカー）及び使用者側（ユーザー）それぞれのニーズを汲み取れる質問項目を設定した。主な狙いと質問項目については、次のとおりである。

狙い	質問項目
VR教育の普及促進	【開発側（メーカー）】 ・ HMDの製品名、付帯技術、体感装置の有無、映像 ・ 開発年次 ・ 課題 ・ VRに期待すること 【使用者側（ユーザー）】 ・ コンテンツの内容（工事の種類及び災害等の種類）
効果的なVR教育の手法	・ 利用状況、実施場所、対象者、教育区分 ・ 実施手順 ・ 目的、効果 ・ より効果を上げるために必要なこと

建設工事における VR 教育事例 調査票（案）

建設業労働災害防止協会

1. 趣旨

昨今、災害の疑似体験をリアルに学ぶことができる VR 等を活用した体験型の安全教育が全産業で注目されています。この VR 教育は作業時の危険感受性を高めるために有効であることが指摘され、今後、大幅な普及が見込まれています。そこで、実際に建設工事で活用されている VR 事例を収集し、VR の内容やその効果と課題等を整理して、より効果的な活用方法等の情報を当協会の ICT データベースに掲載することにより、広く建設工事の災害防止に役立てるものです。

2. 調査の方法

- ・ この調査は、主として建設工事で活用されている VR 教育の事例を収集する **ために行う**もので、選択式と自由記述式を組み合わせた質問紙によって構成されています。
- ・ 別添の調査票を用いて、貴社 **における** VR 等を用いた教育についてご回答ください。
VR 教育を実施している場合は Q2 を、VR を用いた教育を実施していない場合は Q3 をお答えください。
- ・ **VR 教育を実施している場合**、1 社あたり現場及び店社それぞれ 3 事例程度の提出をお願いします。

3. 回答上の注意点

- ・ **VR 教育を実施している場合**、現場または店社で VR を用いた教育 1 件ごと 1 枚の調査票に記載し、提出してください（Q2 は教育を実施した部署で記載してください）。
- ・ **VR を用いた教育を実施していない場合は**、1 社あたり 1 枚の調査票を提出してください（Q3 は本社で記載してください）。
- ・ この調査でご回答いただいた内容は、建設業労働災害防止協会 ICT 活用データベースに掲載される予定です。
- ・ 掲載される技術の権利関係について、他社に所有権等がある場合は予め掲載の許可を得ていただきますようお願いいたします。
- ・ 本件掲載にあたり、貴社ご担当者に内容を確認させていただく場合があります。

<用語の解説>

- ・ VR (Virtual Reality : 仮想現実) …コンピュータ上に仮想的な世界を作り出し、あたかも現実そこに在るかの様な体験をさせる技術。※1
- ・ AR (Augmented Reality : 拡張現実) …現実の環境にコンピュータを用いて情報を付加することにより人工的な現実感を作り出す技術。※1
- ・ MR (Mixed Reality : 混合現実) …AR をさらに発展させ、現実空間と仮想空間を混合し、現実と仮想とがリアルタイムで影響し合う新たな空間を構築する技術。※2
- ・ HMD (ヘッドマウントディスプレイ) …ゴーグルやヘルメット、眼鏡のような形状の、頭部に装着して使用する表示装置。※3
- ・ 3D-CG…コンピュータグラフィックス (CG) の表現手法の一つで、3次元空間に存在する立体の様子を平面に投影して描画したもの。※3

<出典>

※1 首相官邸 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部

「世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画について 用語集」2018.6

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20180615/siryou3.pdf>

※2 経済産業省北海道経済産業局「北海道 xR 企業カタログ 2019 Ver.1」2019.3

https://www.hkd.meti.go.jp/hokim/20190322_2/catalog.pdf

※3 「IT 用語辞典 e-Words」 <http://e-words.jp/>

建設工事における VR 教育事例 調査票（案）

- 建設工事の VR 教育について、ご回答ください。

Q 1 貴社では、現場または店社において VR 教育を実施していますか。

1 はい 2 いいえ

1 と答えた場合は、Q 2 へ、2 と答えた場合は Q 3 へ

Q 2 【Q 1 で 1 はい と回答した方】

貴社で実施している VR 教育について、ご回答ください。

1	企業名	※貴社名を記載してください。 ●●株式会社	2	ご担当者氏名 電話/Mail	※ご担当者名と連絡先/mail を記載してください。	
3	コンテンツの内容（工事の種類）	※該当するものすべてに○（複数回答） 【共通】 仮設備設置工事 掘削・埋戻し工事 土止め工事 杭工事 足場工事 型枠工事 鉄筋工事 コンクリート工事 機械設備組立・解体工事（クレーン等） 造園工事 解体工事 作業橋台工事 舗装工事 車両による運搬工事 プラント工事 その他（ ） 【土木】 山岳トンネル工事 シールド工事 推進工事 潜函工事 石積工事 法面工事 重機土工事 河川工事 港湾・海岸工事 鋼構造物工事 さく井工事 橋梁工事 その他（鉄道近接工事） 【建築】 鉄骨建方工事 PC工事 外装工事 屋根工事 内装仕上工事 塗装工事 防水工事 左官工事 建具工事 外構工事 木造家屋建築工事 その他（ ） 【設備工事】 電気工事 電気通信・信号装置工事 管工事 機械器具設置工事 その他（ ） 【その他】 すべての工事で共通する作業（例）玉掛作業、脚立作業（ ）				
4	コンテンツの内容（災害等の種類）	※該当するものすべてに○ 墜落・転落 転倒 激突 飛来・落下 崩壊 倒壊 激突され はさまれ・巻き込まれ 切れ・こすれ 踏み抜き おぼれ 高温・低温の物との接触 有害物等との接触 感電 爆発 破裂 火災 交通事故（道路） 交通事故（その他） 動作の反動・無理な動作 過労 ハラスメント 分類不能 その他（ ）				
5	教材の名称	※教材名を記載してください。 「●●●●」	6	技術	※該当するものに1つ○ VR AR MR その他（ ）	
			7	BIM/CIM 連携の有無	有り 無し	
8	HMD	※該当するものに1つ○ PC 接続タイプ 一体型タイプ スマートフォン 製品名（ ）	9	付帯技術	※該当するものすべてに○ コントローラー センサー その他（ ）	
10	開発年次		11	自社開発／他社開発	自社開発 他社開発（ ）	
12	映像	※該当するものに1つ○ 3D-CG 実写 合成	13	体感装置	※該当するものに1つ○ はさまれ 感電 墜落 転落 その他（ ）	
14	概要	※自由記述 この技術の概要を記載してください。				

15	利用状況	※自由記述・・ どの程度、活用されているかについて記載してください。			
16	実施場所 (場面)	※該当するものに1つ○ 本社 支店 自社研修施設 現場 外部施設 その他 ()	17	設置	※該当するものに1つ○ 常設型 ポータブル(移動式)
18	対象者	※該当するものに1つ○ 【元請】社員全般 新入社員 若手社員(入社3年以内) 中堅社員(入社4年以降) 管理職 その他 () 【協力会社】社員全般 若年作業員(～29歳) 中堅作業員(30～64歳) 高齢作業員(65歳～) 新規採用者 外国人労働者 職長 オペレータ 職種等限定(対象:) その他 ()			
19	教育区分	※該当するものに1つ○ 社員教育 職長教育 送り出し教育 新規入場者教育 特別安全行事 作業手順教育 VR専門教育 一般安全教育 発注者指定(半日)教育 その他 ()			
20	人数	()名	21	体験時間	1人あたり()分 合計 ()分
22	教育の実施 手順	※自由記述・・ 例) ①映像で学習(事故発生状況をCGで学習) ②VRによる危険感受性向上教育 ③安全教育(ディスカッション)			
23	VRを活用 した目的	※該当する上位3つに○ 災害の防止 危険の認識 安全意識の醸成 注意喚起・気づき 作業方法・ルールの理解促進 不安全行動の抑止 問題解決思考・対策行動の強化 省人化・効率化の促進 迅速な合意形成 状況認識能力の向上 意思決定能力の向上 コミュニケーション能力の向上 リーダーシップ能力の向上 その他 ()			
24	VRを活用 して得られ た効果	※自由記述・・ 例)			
25	課題	※該当する上位3つに○ 使用する者が限られ手持ち時間がある 体験だけで知識の習得には向かない 効果実感が得られない 教育効果の持続性 心理的負担(恐怖心、驚愕など) 年齢制限 体調への影響 導入コストの負担感 コンテンツが限定的 ハードウェアの性能が不十分 ハードウェアの扱いが難しい VRを用いた教育体系の未確立 その他 ()			
26	効果を上げ るために必 要なこと	※自由記述・・ 例)			
27	今後、VR に期待する こと	※自由記述・・ 例) VRを組み込んだ複合型危険体感装置 ゲーム感覚で体験できる VR			

7	コンテンツ の内容（災 害等の種 類）	※該当するものすべてに○ 墜落・転落 転倒 激突 飛来・落下 崩壊 倒壊 激突され はさまれ・巻き込まれ 切れ・こすれ 踏み抜き おぼれ 高温・低温の物との接触 有害物等との接触 感電 爆発 破裂 火災 交通事故（道路） 交通事故（その他） 動作の反動・無理な動作 過労 ハラスメント 分類不能 その他（ ）			
8	教材の名称	※教材名を記載してください。 「●●●●」	9	技術	※該当するものに1つ○ VR AR MR その他（ ）
			10	BIM/CIM 連携の有無	有り 無し
11	HMD	※該当するものに1つ○ PC接続タイプ 一体型タイプ スマートフォン 製品名（ ）	12	付帯技術	※該当するものすべてに○ コントローラー センサー その他（ ）
13	開発年次		14	自社開発／ 他社開発	自社開発 他社開発（ ）
15	映像	※該当するものに1つ○ 3D-CG 実写 合成	16	体感装置	※該当するものに1つ○ はさまれ 感電 墜落 転落 その他（ ）
17	概要	※自由記述 この技術の概要を記載してください。			
18	利用状況	※自由記述 どの程度、活用されているかについて記載してください。			
19	実施場所 （場面）	※該当するものに1つ○ 本社 支店 自社研修施設 現場 外部施設 その他（ ）	20	設置	※該当するものに1つ○ 常設型 ポータブル（移動式）
21	対象者	※該当するものに1つ○ 【元請】社員全般 新入社員 若手社員（入社3年以内） 中堅社員（入社4年以降） 管理職 その他（ ） 【協力会社】社員全般 若年作業員（～29歳） 中堅作業員（30～64歳） 高齢作業員（65歳～） 新規採用者 外国人労働者 職長 オペレータ 職種等限定（対象： ） その他（ ）			
22	教育区分	※該当するものに1つ○ 社員教育 職長教育 送り出し教育 新規入場者教育 特別安全行事 作業手順教育 VR専門教育 一般安全教育 発注者指定（半日）教育 その他（ ）			
23	人数	（ ）名	24	体験時間	1人あたり（ ）分 合計（ ）分
24	教育の実施 手順	※自由記述 例）①映像で学習（事故発生状況をCGで学習）②VRによる危険感受性向上教育 ③安全教育（ディスカッション）			
25	備考	※この調査で得た情報をデータベースで公開するにあたり、ご意見がありましたら記載してください。			

第6節 建設工事におけるVR事例に関する調査の試行実施

6.1 調査の目的

ICTデータベース上での公開を目的として収集する建設工事のVR事例について、次年度調査の予備調査として作製した調査票案により適切な情報収集ができるか否か、その妥当性を判断するために、建設労務安全研究会に所属する会員企業を対象として試行実施を行うこととした。

6.2 調査の概要

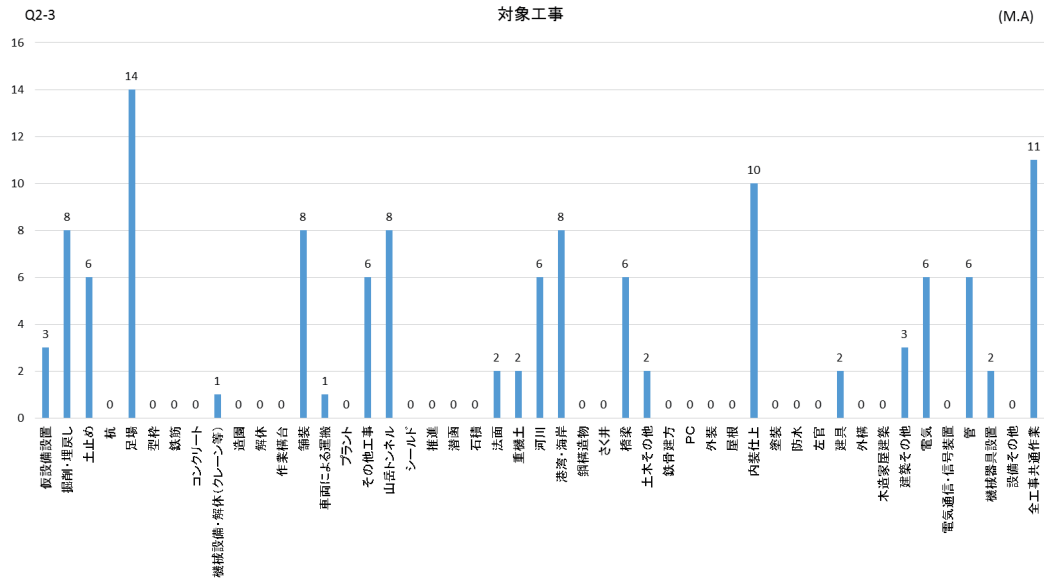
調査期間	2019年12月25日～2020年1月31日
対象企業	建設労務安全研究会の会員企業12社
調査の条件	・ VR教育実施の有無別に回答を求め、実施している場合は現場または店社における事例を3ケース程度、提出してもらうこととした。また、現場または店社で行うVR教育1件ごと1枚の調査票作成を求め、当該教育の具体的な内容を29項目の質問によって把握することとした。 ・ 他方、未実施の場合は実施していない理由等について25項目を設定して回答を求めた。
回答数	12社、22件

6.3 調査の結果（単純集計）

Q1	VR教育実施の有無												
	Q1 VR教育実施の有無 <table><thead><tr><th>回答</th><th>件数</th><th>割合</th></tr></thead><tbody><tr><td>はい</td><td>17</td><td>77.3%</td></tr><tr><td>いいえ</td><td>4</td><td>18.2%</td></tr><tr><td>未回答</td><td>1</td><td>4.5%</td></tr></tbody></table> ※上記は事例の件数をいう。会社別としては「はい」7社、「いいえ」4社、「未回答」1社となった。	回答	件数	割合	はい	17	77.3%	いいえ	4	18.2%	未回答	1	4.5%
回答	件数	割合											
はい	17	77.3%											
いいえ	4	18.2%											
未回答	1	4.5%											
Q2	VR教育の具体的な内容(Q1で「はい」と回答した17件)												

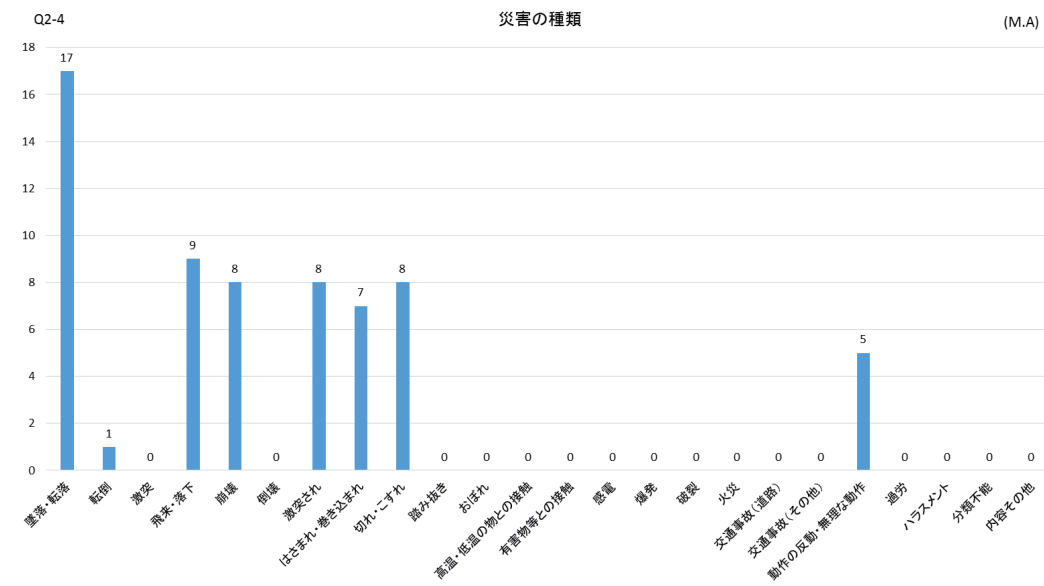
3

コンテンツの内容

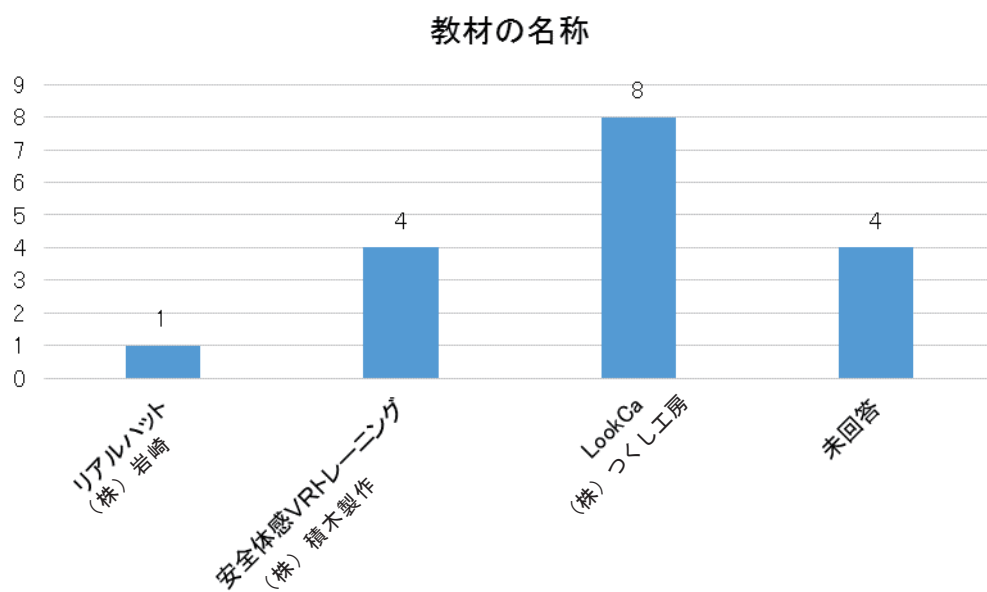


4

コンテンツの内容



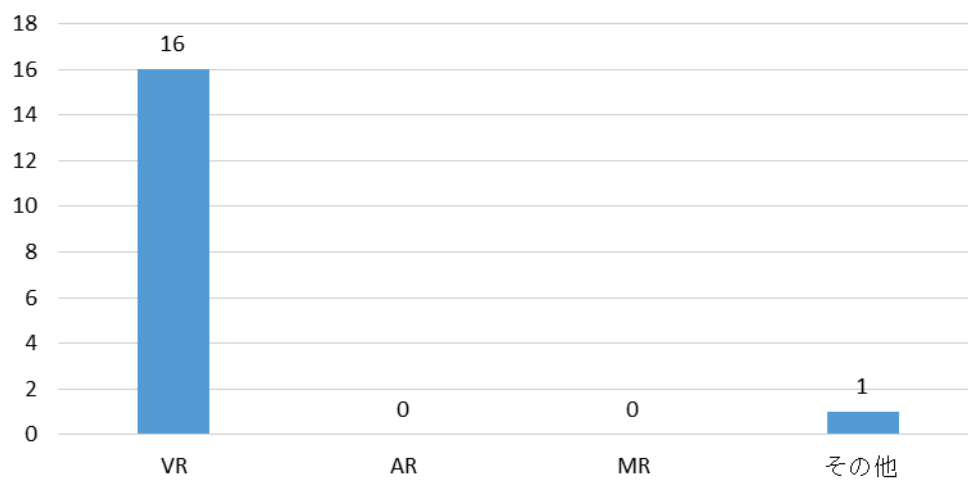
5



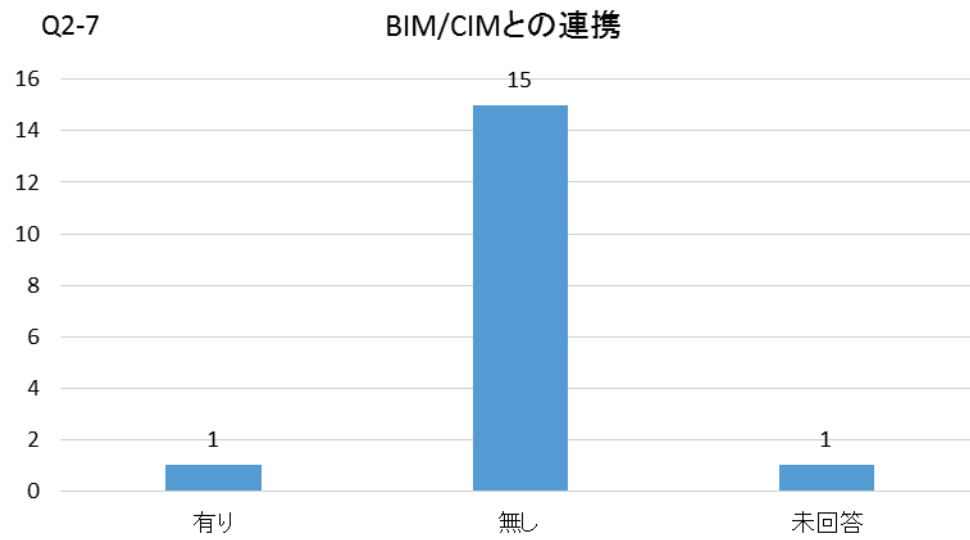
6

Q2-6

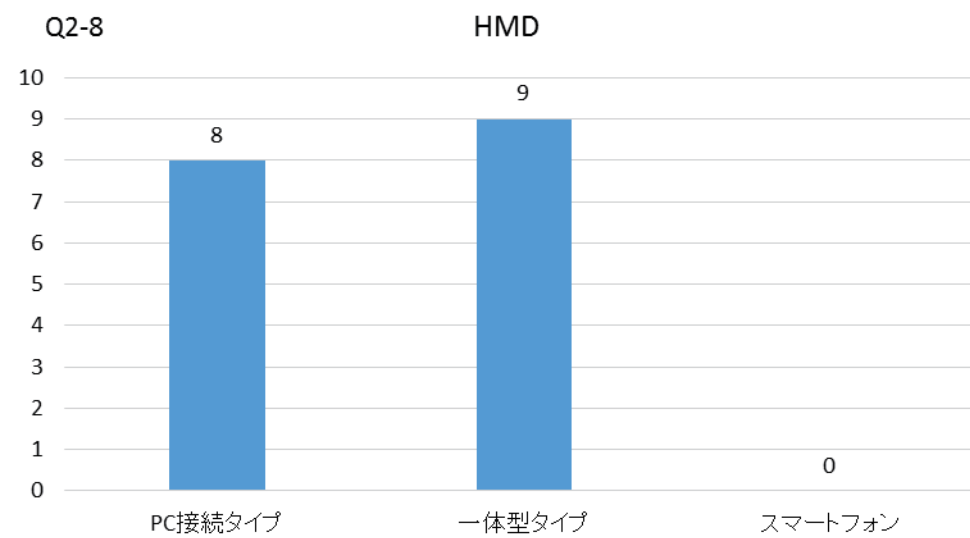
使用技術



7



8

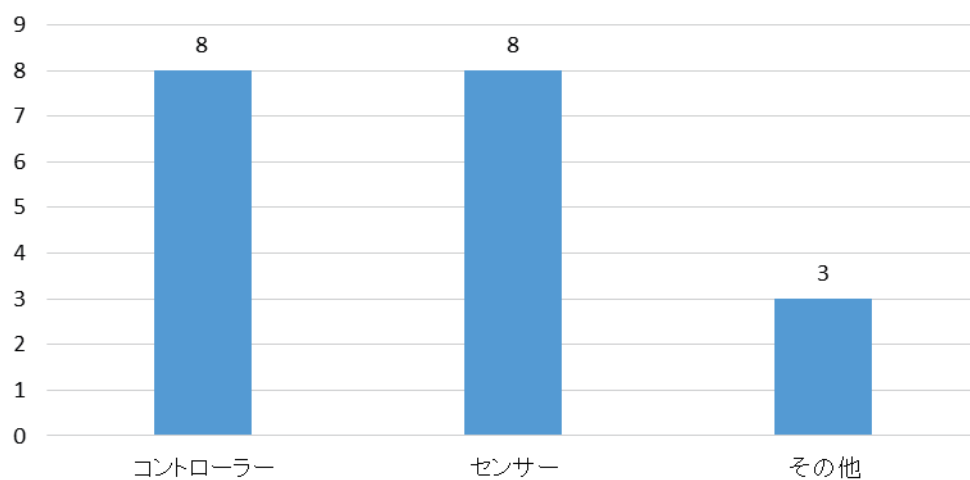


9

Q2-9

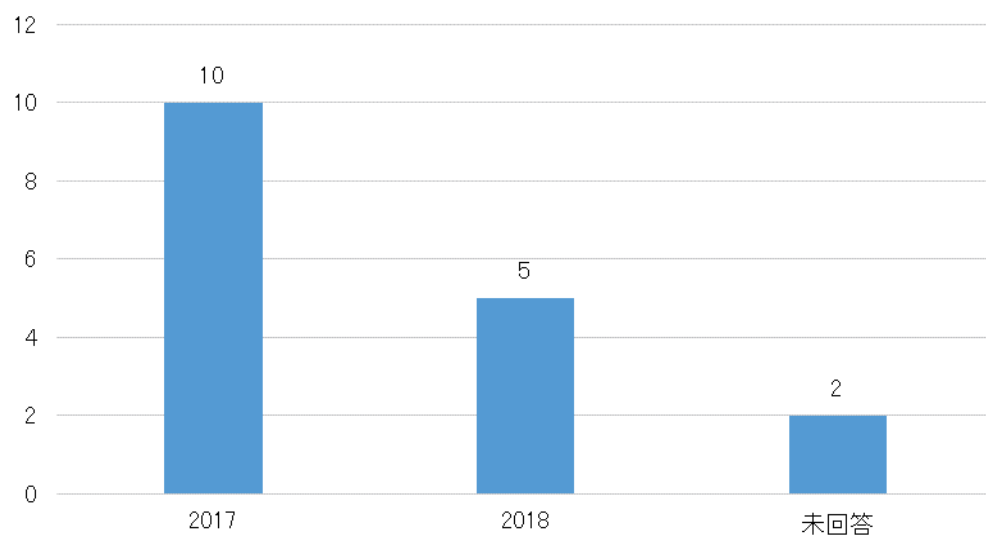
付帯技術

(M.A)



10

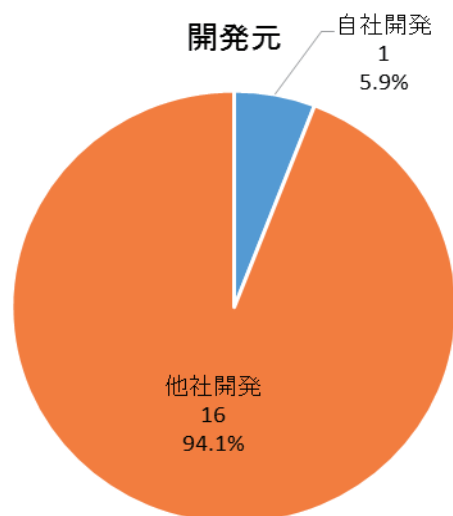
開発年次



11

自社開発／他社開発

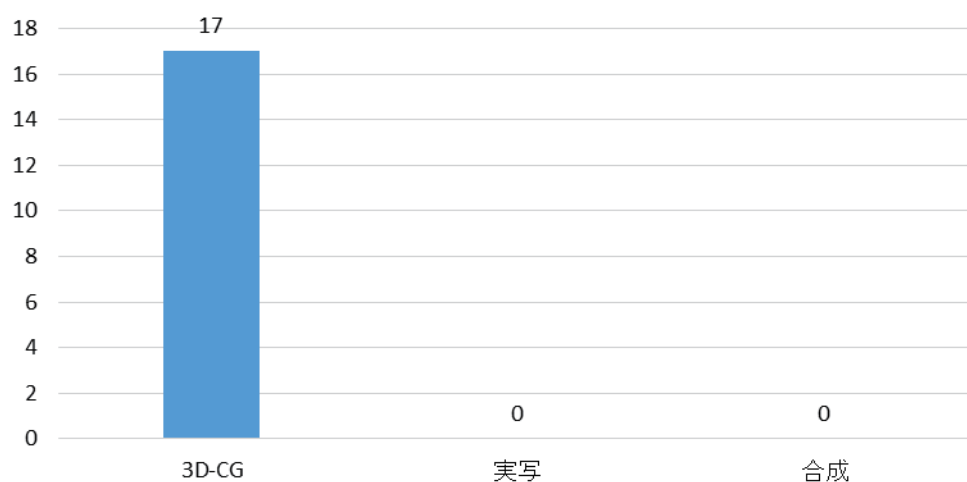
Q2-11

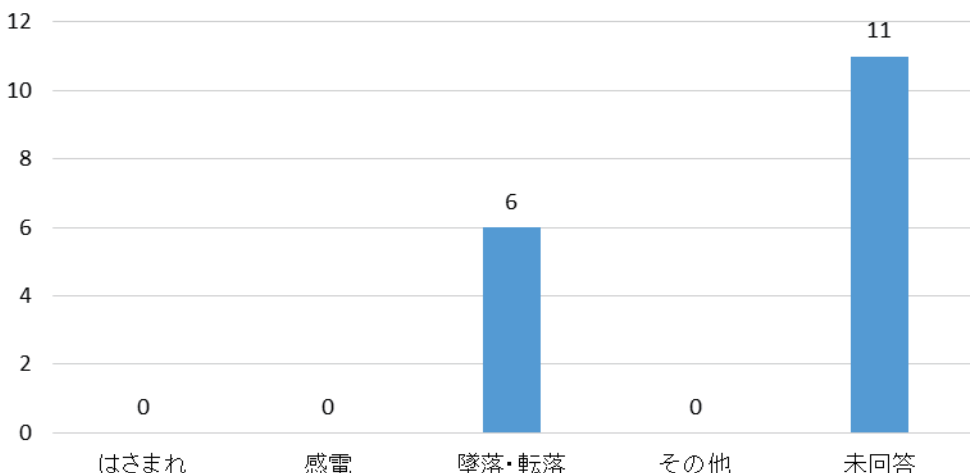


12

Q2-12

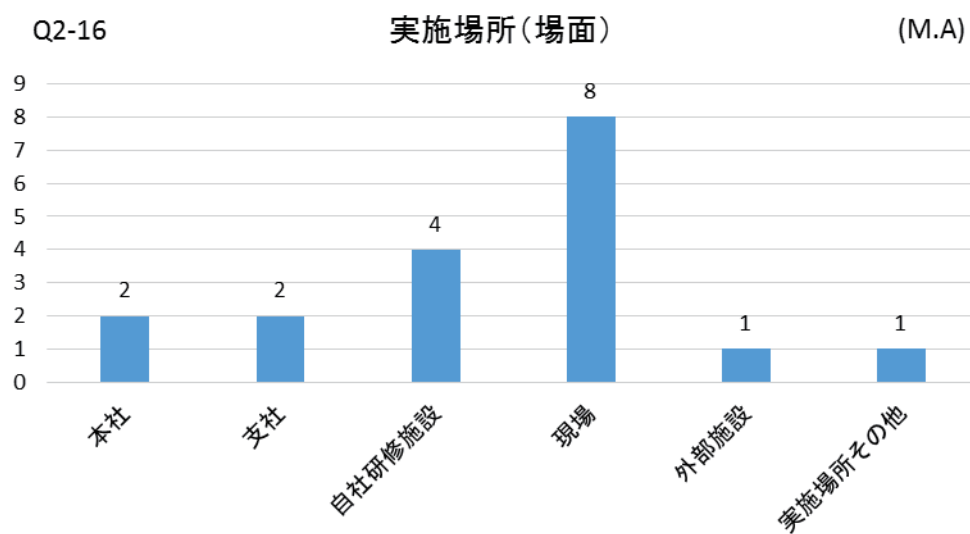
映像



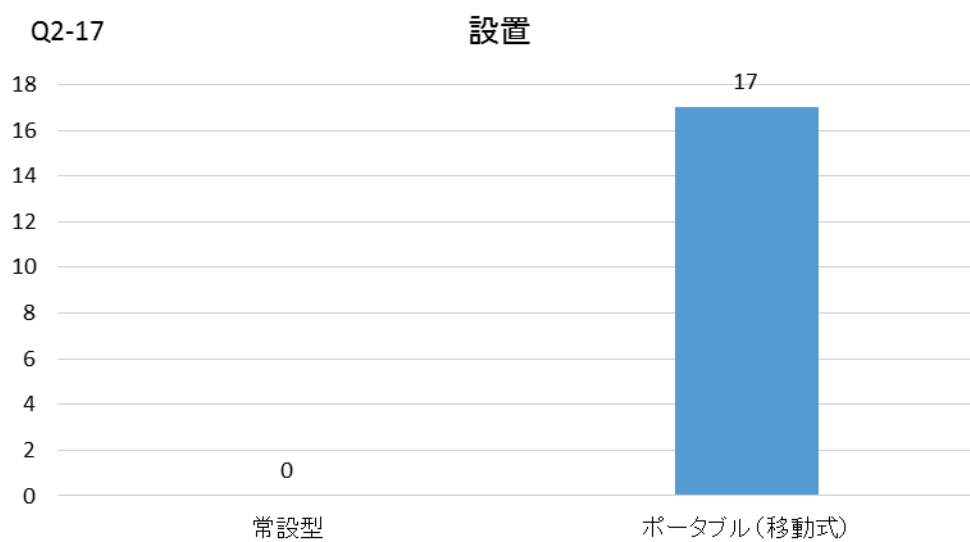
13	Q2-13 体感装置  <table border="1"> <thead> <tr> <th>体感装置</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>はさまれ</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>感電</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>墜落・転落</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>未回答</td> <td>11</td> </tr> </tbody> </table>	体感装置	回数	はさまれ	0	感電	0	墜落・転落	6	その他	0	未回答	11
体感装置	回数												
はさまれ	0												
感電	0												
墜落・転落	6												
その他	0												
未回答	11												
14	概要 ・ 実際に起こった重大災害をベースに作られたシナリオの世界で、現実世界では難しい被災体験をすること・災害に遭遇しないようにするにはどうしたらいいかを試行錯誤し、「安全に必要なことは何か」を学習する。 ・ 3社共同で安全教育のノウハウをVRベンダーへ提供し作成したソフトを利用。 ・ 可搬式作業台を使用した作業、開口部廻りの作業、外部仮設足場の点検の3タイプの作業について作成した。与えられた課題を正しい作業手順で作業を完了し、危険な行為をしなかった場合は高得点を与えるよう採点・評価する。また危険体感コースを設けて作業における危険だけを体験できるようにもしている。 ・ ヘッドマウントディスプレイとヘッドフォンでVR危険体感する。 ・ 専用の会場や大掛かりな装置の準備を必要とするセンサー型と異なり、ヘッドマウントディスプレイとヘッドフォンのみで構成されているため、現場内で多くの作業員に手軽に体験してもらうことに適している。 ・ 360度動くことが可能、3D映像に臨場感がある。												

15	利用状況 ・フルハーネス型安全帯の特別教育の実装研修の合間で体験してもらった。 ・墜落災害のメニューがあるので、墜落災害を疑似体験し、安全帯の重要性を認識してもらうのに役立った。 ・入社3年目の技術系社員を対象に、階層別安全環境教育（3泊4日）の集合教育に導入（室内でVR体験） ・入社3ヵ月の新入社員に対し、VRと実技教育を併用した危険体感教育に導入 ・会社保有のため、必要に応じて借りる制度。現場では工期内で1回使用。 ・協力業者の次世代リーダー教育に使用（ノンテクニカルスキル養成教育のツールとして利用） ・年間4回（定員20名/回）行われる次世代職長教育でノンテクニカルスキル教育を行うために使用した。 ・作業所での安全勉強会において協力業者の作業員に体験させ安全意識の高揚を図っている。また、当社従業員の集合教育のカリキュラムの一つとして体験させている。 ・3～4名にHMDを装着させVR体験させ、体験者が見ている画像を他の10～30名程度の者がプロジェクター、ディスプレイで見る事で、大人数が同時に体験できるようにし、1人目がやった操作方法や手順説明を省く事で効率よく時間を使用している。 ・若手教育（3年次）に使用 ・新入社員研修に使用 ・当団体は大手建設会社の取引専門工事業者を会員として組成している安全衛生環境事業協力を目的とした業者協力団体の内、安全・衛生・環境の管理に係る教材開発の検討・助言、支店組織への展開を所掌する、分科会組織である。年2回の協議会議体においてVRコンテンツ視聴および討議を行い、現場作業員への有効性を検討している。 ・平均して1ヶ月に30人程度が利用 ・全国安全週間、全国労働衛生週間での作業員への安全教育イベントとして活用 ・外部からの現場見学会の際、体験イベントとして活用 ・VR配布時には、入場している作業員の中でVRの疑似災害体験を行っていない人に実施。その後は新規入場者の内、VRでの疑似災害体験を他現場も含め、一度も行っていない方は、時間を決めて疑似体験を実施した。 ・新規入場者教育の際に実施している ・当作業所工事は官庁発注者の指定により月一回の関係者安全教育が義務付けられているため、その際に順次体験視聴してもらい、全員が体験済みの状況となっており、今後の新しいコンテンツ配信を待機している状況。 ・VR新作コンテンツが配信されたら機器にダウンロードして防災協後等に作業員に体験視聴してもらう。 ・入場者が全員視聴するように定期的に視聴会を開催した。 ・平均25人/月 ・平均4回/年
----	---

16

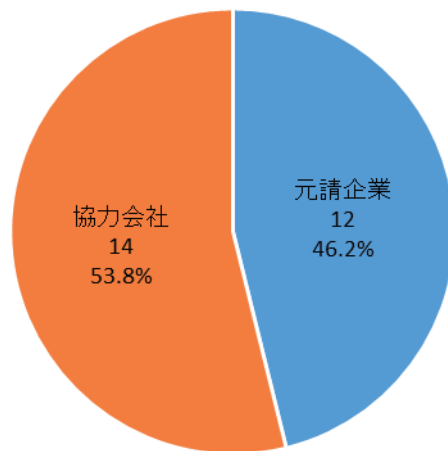


17



Q2-18

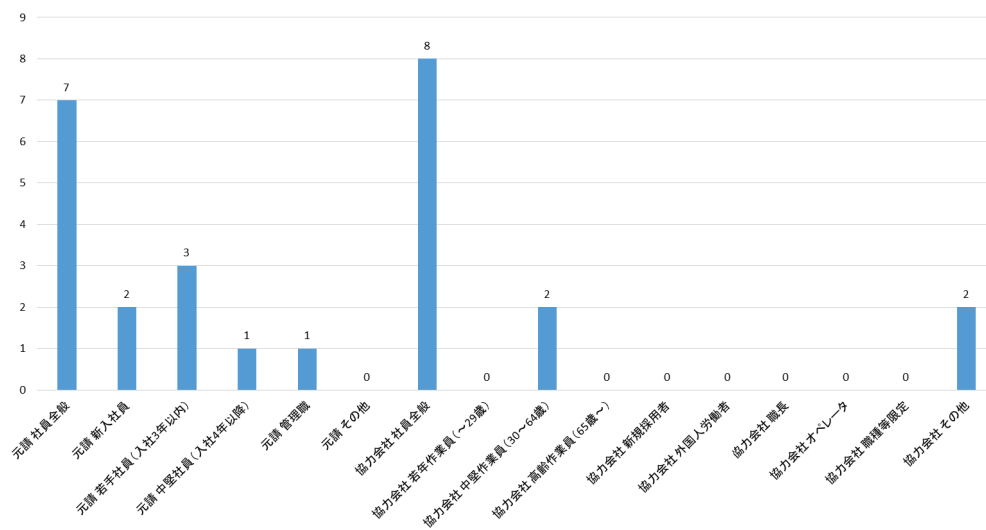
対象者



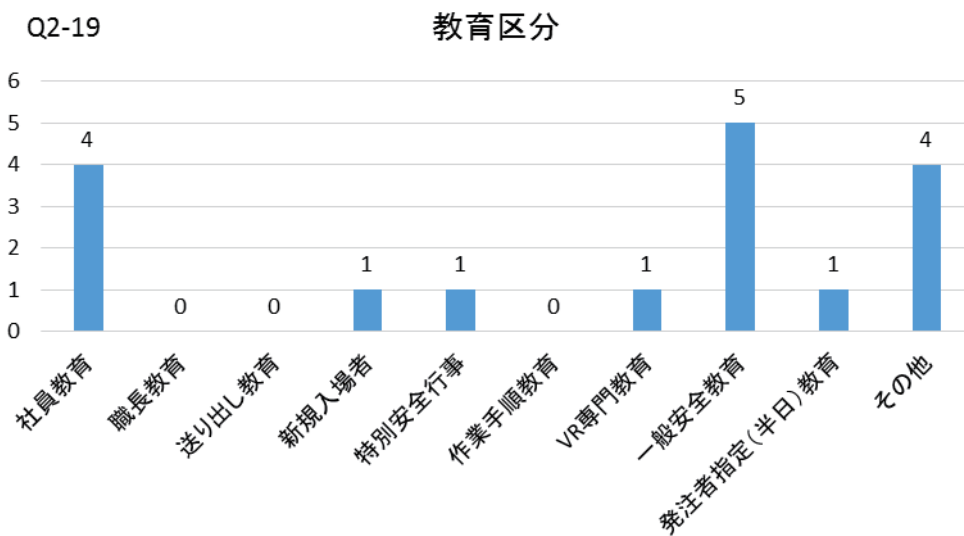
Q2-18

対象者 詳細

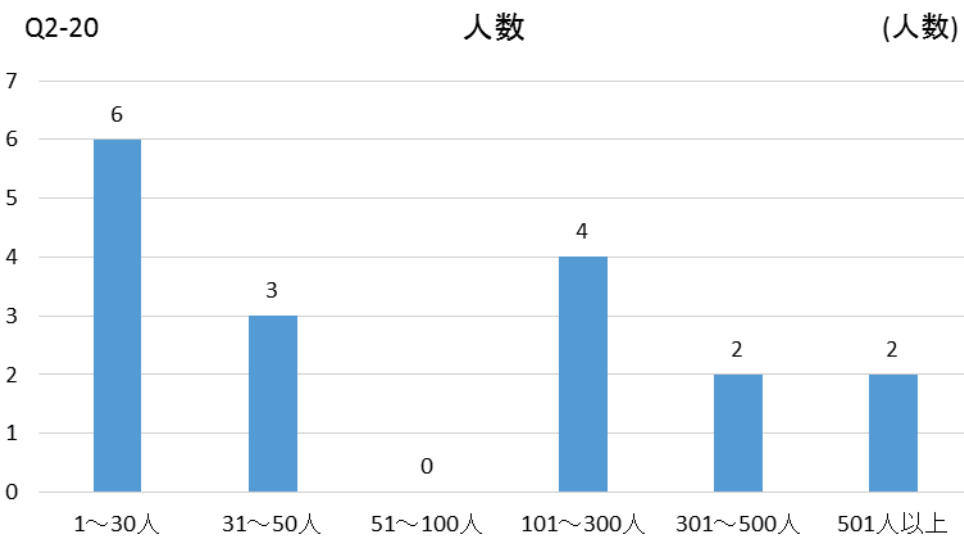
(M.A)

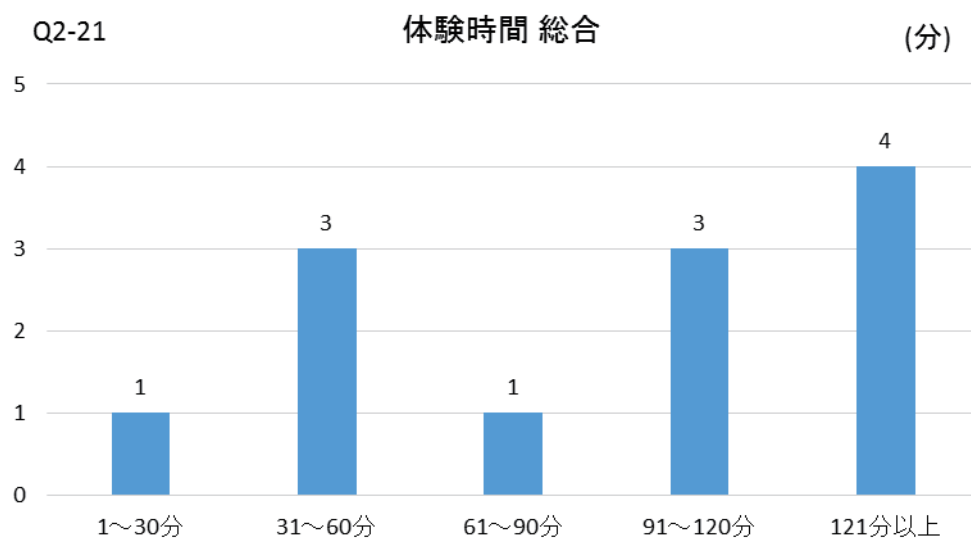
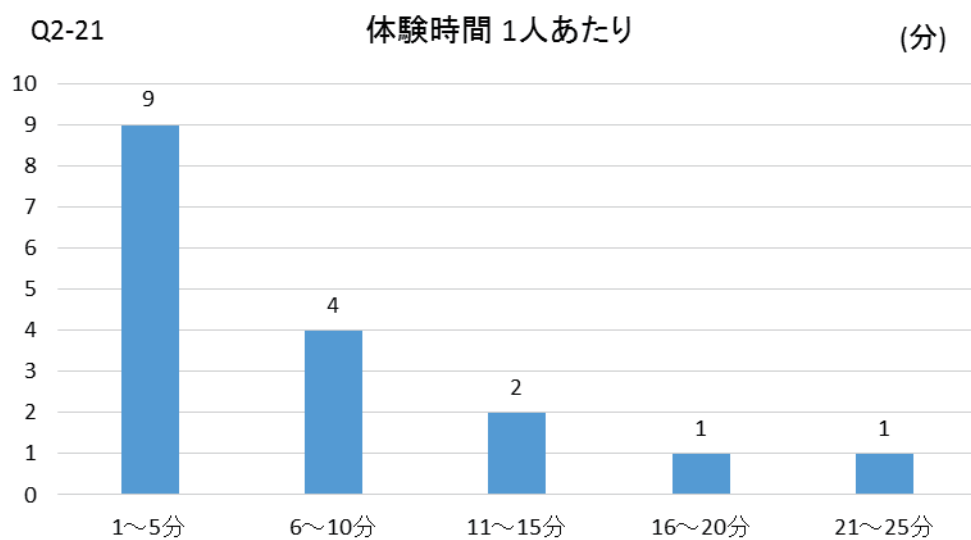


19



20

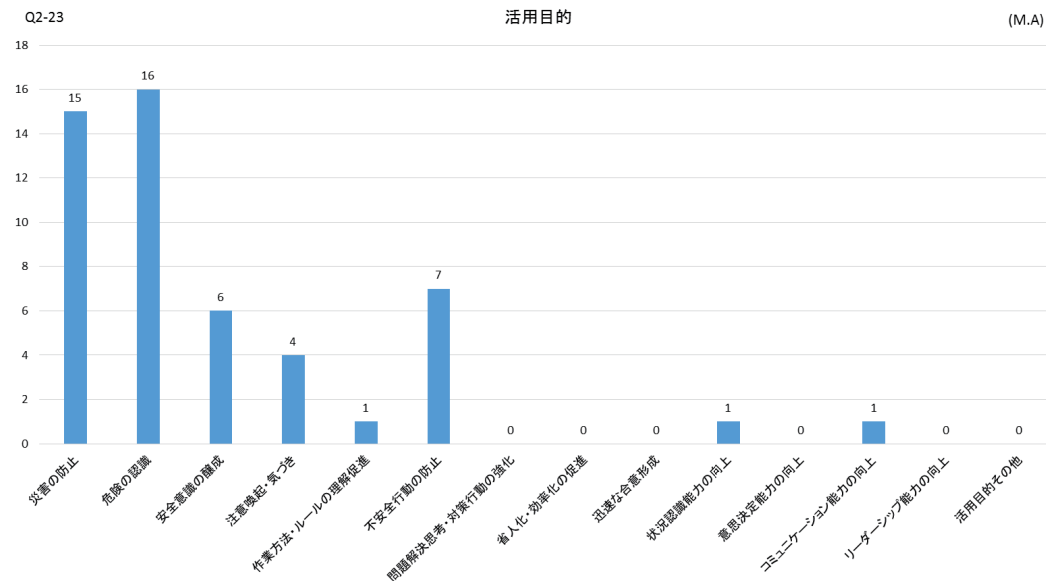




教育の実施手順

- ・ フルハーネス型安全帯の特別教育の実装研修の合間で体験してもらった。
- ・ 可搬式作業台の災害事例等を教育後、VRによる同種作業の危険体感教育を実施
- ・ 可搬式作業台の本体（実物）を使用した適正な設置方法及び正しい使用方法を実技教育後にVRによる同種作業の危険体感教育を実施
- ・ 「仮想現実空間内で災害を体験する」⇒「災害を防ぐための方法を見出し実践する」⇒「体験や見学で気づいたことを基に議論をする」といった流れ。
- ・ ①6名1チームとして、リーダーだけに現場のCG映像を見せ作業内容を説明する。
②その後リーダーは口頭で作業予定をメンバーに説明して、メンバーが作業手順書を作成（約15分）
③その後、手順に基づきVRでメンバーが作業を行い問題点を討議し、最後にインストラクターがまとめる。
- ・ ①作業手順書で作業内容、点検箇所の説明
②VR体験により危険感受性向上、危険箇所点検、不具合箇所点検を行ない、最後に採点する事で評価する
③映像・書類を見せながら作業手順や点検箇所の説明（振り返り）
- ・ 140名を10班に分け、1班14名に対しVR機器を14台用意した。10個のVR危険感受性教育コンテンツの内、3コンテンツを必須とし、時間が余れば他のコンテンツを視聴。
- ・ 視聴前に疑似体感するにあたってどのような点に留意するかを説明、視聴後に各コンテンツの内容に即した安全知識や実際の現場への活用方法に関する簡単な講話を行う。
- ・ 200名を6班に分け、1班33名に対しVR機器を17台用意し15分2交代で全員視聴した。10個のVR危険感受性教育コンテンツの内、3コンテンツを必須とし、時間が余れば他のコンテンツを視聴。
- ・ 視聴前に疑似体感するにあたってどのような点に留意するかを説明、視聴後に各コンテンツの内容に即した安全知識や実際の現場への活用方法に関する簡単な講話を行う。
- ・ 職種に密接な内容のコンテンツを視聴させ、感じたことの意見収集を行う。
- ・ 受講記録をつける。
- ・ ①ディスカッション(自分の作業に起こりうるVR災害事例の選択)
②VR体験
③感想を聞く
- ・ VRによる危険感受性向上教育を実施
 - ① 新規入場者教育
 - ② VRによる安全講習
- ・ 職種に密接な内容のコンテンツを視聴させ、感じたことの意見収集を行う。
- ・ 受講記録をつける。
 - ①安全体験施設を利用した体験学習
 - ②VRによる模擬体験教育

VRを活用した目的



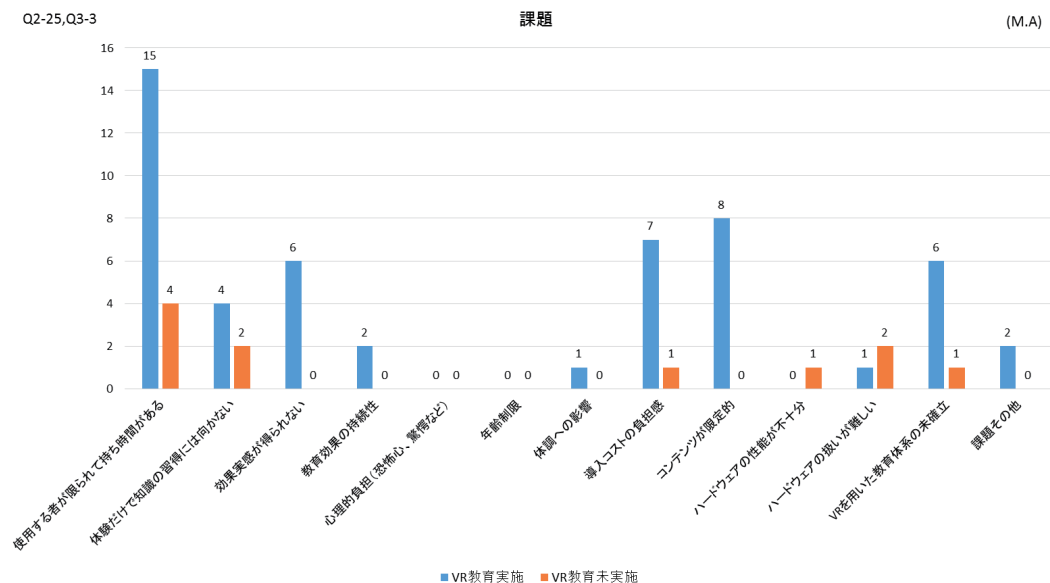
VRを活用して得られた効果

- ・ 危険の再認識、フルハーネス特別教育の実技時間の有効活用（装着待ち時間）
- ・ VRを体験することで、安全知識の習得と危険感受性を高め、可搬作業台に関する理解を深め、現場での監督・指導に役立つ。
- ・ 自身が実技とVRを体験することで、安全知識の習得と危険感受性を高め、可搬作業台に関する理解を深め、現場での監督・指導に役立つ。
- ・ 生身では体験できない、したくないことを経験し災害の怖さを感じた
- ・ 普段の自分の目線ではない視点から見ることができ、自分自身のすべき行動が理解できた
- ・ 不安全行動が発生する原因は職長の状況把握や作業員への伝え方の不具合であることに気づかせる。
- ・ 自分の見たものは必ず思い込みによるバイアスがかかることを理解させる。
- ・ コミュニケーションでの伝える側の思い込みによるエラーについて、気づきを与える。
- ・ 普段の作業の中の危険性に対する理解が深まった
- ・ 入社3年次技術系職員に災害の疑似体験をさせることで、危険な状態や行動を認識させることが出来た。
- ・ 現場に配属される前の新入社員に疑似体験させることで、危険な状態や行動を認識させることが出来た。
- ・ 災害自体の減少と業務の繁忙により災害の実体験に乏しく危険を感じるが乏しい若年社員・作業員や慣れや油断の生じがちな高齢の職方作業員に緊張感を与えるような教材を開発し、現場に実装する。
- ・ 最もインパクトのある安全教育は、災害を体験する事であるが、それでは命がいくつあっても足りないの
で、VRを利用する事で災害をいくつも疑似体験できた。また、VR機器という最新機器に対して、作業員が
災害事例を教えられるのではなく、興味を持って体験してくれる効果は大きい。
- ・ 外国人でも理解しているように思えた。
- ・ 安全意識の向上
- ・ 災害実体験に代えて建設現場におけるリスクが疑似体験でき、安全ルール順守の必要性が再認識できた。

- ・ 作業所業務は危険と隣り合わせであるとの意識を体感教育でき、被災しないように安全ルールを順守することの重要性を認識させることができた。
- ・ ①特別な施設を設けることなく災害を体験できる
②作業を行う各人の危険予知・リスクアセスメント能力を高め、安全意識の向上に繋げる

25

課題



26

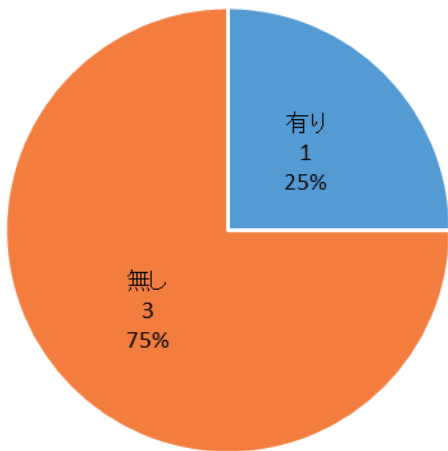
効果を上げるために必要なこと

- ・ 数多くの災害事例を導入するなどして、それぞれの作業員自身の経験として体感できるようになるといいと思います。
- ・ より効果的な危険体感教育にするためには災害事例やヒヤリハット事例をもとにVRの種類を増やし、またVR毎に実技教育（現地・現物）と併用した教育プログラムが必要
- ・ まずは基本的な知識を習得させる（何が正しいのか）
- ・ 作業員の危険への意識向上
- ・ VRで行動した内容を振り返りが重要で、心理的負担をVRで体験させるだけでは条件付けには至らない。
- ・ 振り返りでインストラクターがコーチングするためにはVR上での当人の行動を客観的に受講者へ見せることが重要。
- ・ 今回の使用ソフトはこの機能がないため、デブリーフィングで上手く伝わっていない。
- ・ 体験したことでの気づきを現場へ持ち帰るために行動目標を宣言させることも効果がある。
- ・ ただ単にVR体験だけでなく、作業手順の説明やVR体験した後の振り返り説明を入れると安全意識の高揚に対する効果が向上すると思われる
- ・ 汎用的なツールにするためにはコストを下げる必要がある。
- ・ 効果の確認方法を確立する（効果があったかどうか曖昧）
- ・ VRコンテンツ視聴後に使用する、コンテンツ内容とセットとなる安全に係る知識等の演習教材の開発

	・ 汎用的なツールにするためにはコストを下げる必要がある。 ・ 効果の確認方法を確立する（効果があつたかどうか曖昧） ・ VRコンテンツ視聴後に使用する、コンテンツ内容とセットとなる安全に係る知識等の演習教材の開発 ・ 消化が多忙な現場作業所において人を集め視聴体験し受講記録を残すというプロセスを各支店隔々に周知徹底すること。 ・ より多くの職種の災害事例コンテンツがあると、もっと多くの職種に具体的な安全教育ができる。 ・ 著作権の問題もあると思うが、出来れば、著作権フリーにして各自のスマホで体験出来るようにすれば、多少なりとも効果があがると思います。 ・ 継続的に実施する ・ ではどうすれば災害に合わないか、実際の作業を顧みるプロセスが必要。 ・ 怖さを体感させるだけでなく、災害防止のためにどうすべきかを安全教育でフォローすることが大切。 ・ 各職種・作業に沿ったコンテンツを作成し、現場作業員全員が体験できるようにする
27	今後のVRに期待すること ・ 現状はシナリオが決まったものなので、自身の行った動作及び決定行為によって展開が変われば、自身の行動レベルに反映されるようになってくるのではないのでしょうか。 ・ 単に危険を仮想で体感するのみならず、自身が学習できるプログラムや監督・指導のポイントを理解できるものを望む ・ ソフトの改良 具体的には・・・ ①実際の現場の現在の状況映像で体験可能にする（具体性をもたす、3D-CADとの一体化等） ②危険箇所や注意箇所のフィードバックを充実させる（法令等含め） ③酔ってしまう人がいる ④ソフトの充実 ・ 今回はノンテクニカルスキル向上を図るために、テクニカルスキル向上用のソフトをアレンジして使用した。製作段階で参画していたため、このようなアレンジを想定して提案を行っていたため使用できたが、市販のソフトではテクニカルスキルに特化したものが非常に多く、ノンテクニカルスキル教育には不向きなものが多い。今後はこのような教育も同時に行えるフレキシビリティのあるソフトの開発に期待する。 ・ コンテンツの充実 ①土木工事関係のコンテンツの充実 ②実際の現場の場面で、過去に起きた災害が発生した場合の体験ができるコンテンツ ③災害が発生する前に戻って、作業を繰り返し同じ災害を反復体験できるコンテンツ ・ コストを下げること ・ 各編は短時間でも多様なコンテンツを随時配信されたい。 ・ より高性能で、ヘッドセットを付けなくてもVRを体験できるような設備ができる事。 ・ 多言語対応 ・ ゲーム感覚で体験できるVR、よりリアルな環境を体感できるソフトの開発 ・ 土木工事特有の災害事象のコンテンツを配信してもらいたい。 ・ 多様なコンテンツの随時展開 ・ VRの改良

28	①ワイヤレス化 ②風や匂いを感じる ③手の感覚を刺激する 技術の所有権等、権利関係 Q2-28 契約形態 <table><thead><tr><th>契約形態</th><th>件数</th><th>割合</th></tr></thead><tbody><tr><td>売買契約</td><td>8</td><td>47%</td></tr><tr><td>リース契約</td><td>9</td><td>53%</td></tr></tbody></table>	契約形態	件数	割合	売買契約	8	47%	リース契約	9	53%
契約形態	件数	割合								
売買契約	8	47%								
リース契約	9	53%								
29	備考(意見) ・リースしたものだが、高価なため毎回教育に使用するのは出来ない。購入しても新しい機種となるためリースしか考えていない。多くの人が同時に疑似体験できる映像が欲しい。 ・類似した事例の場合は、1通にまとめられるようにした方が取りまとめやすいのではないかと。 ・業界全体で共有できれば良い									

Q3	VRを教育に活用しない理由((Q1で「いいえ」と回答した4件))
2	VRを活用しない理由 ・ VR導入を検討したが、機材購入のコストが高く、また、多人数での集合教育においては、待ち時間が多くなり、集合教育に適さない。また、費用対効果が無い。 ・ 導入検討をしましたが、講習のスケジュールリングが難しくまた、リース料金が高く断念した。 ・ 手待ち時間が長く、疑似体験の印象のみで災害防止のための対策や知識との関連付けが難しいため。 ・ 東京及び大阪に安全体感施設を新設し、安全体感と知識の習得を図る教育を開始したため。 ・ 機材コストが高いこともさることながら、教育時間・効率性の面から実施を見送っている状態である
3	課題 ※課題については、Q2-25参照。

4	今後、VRに期待すること ・ 業界全体が使用できる（多人数の研修ができる設備がある）複合型危険体感施設があれば、教育の中に組み込むことも検討できる。 ・ ハードは、年々安くなってきています。ソフトの種類を増やし簡易に取り込める方法ができれば普及すると思う。VRを用いた教育体系が未確立で、ただの体験になっている。 ・ 現在、常設の施設で実施している安全体感教育に参加しづらい対象者（遠方のため等）への補完的なツールとして、上記課題を克服できるものとなることを期待する。 ・ 一度に多数の者が体験できるようにして欲しい。コスト面も安価にして欲しい。									
5	Q3-5 VR導入検討の有無 <table><thead><tr><th>有無</th><th>件数</th><th>割合</th></tr></thead><tbody><tr><td>有り</td><td>1</td><td>25%</td></tr><tr><td>無し</td><td>3</td><td>75%</td></tr></tbody></table> VR導入検討有りの場合	有無	件数	割合	有り	1	25%	無し	3	75%
有無	件数	割合								
有り	1	25%								
無し	3	75%								
6	コンテンツの内容（工事の種類） ・ すべての工事で共通する作業									
7	コンテンツの内容（災害の種類等） ・ 墜落・転落、転倒、激突、飛来・落下、崩壊、倒壊、激突され、はさまれ・巻き込まれ									
8	教材の名称　＜回答なし＞									
9	技術　＜回答なし＞									
10	BIM/CIM連携の有無　＜回答なし＞									
11	HMD　＜回答なし＞									
12	付帯技術　＜回答なし＞									
13	開発年次　＜回答なし＞									
14	自社開発／他社開発　＜回答なし＞									

15	映像 <回答なし>
16	体感装置 <回答なし>
17	概要 <回答なし>
18	利用状況 <回答なし>
19	実施場所（場面） <回答なし>
20	設置 <回答なし>
21	対象者 ・ 【元請】新入社員、若手社員（入社3年以内）
22	教育区分 <回答なし>
23	人数 <回答なし>
24	教育の実施手順 <回答なし>
25	備考（意見） <回答なし>

調査票未回答かつ意見のみ提出された場合（1社）	
	・ このアンケートで、費用対効果を図れるとよいが、何か方法はないでしょうか？ ・ または、VR教育において、効果のほどを図るすべはないでしょうか？ ・ どのくらい有効に効果が続くのか検証法があるとよい。 ・ 全体的に聞いており、何を調べたいのか、わかり辛い。 ・ 例えば、「VRを活用した目的」など、既にわかりきったことのように、選択肢として記載されており、アンケートを取る以前に回答が出ているように感じる。 ・ 社内で活用している支店としていない支店がある場合、どのように回答すればよいのでしょうか？ ・ 「教育1件ごと1枚の調査票に記載し」は何度も実施しているところでは、現実的ではない。 ・ 「ICT活用データベースに掲載される予定です。」と書かれていますが、どのように掲載されるのか、心配。（情報として出してよいものかと迷う） ・ 「他社に所有権等がある場合は、予め掲載の許可を得ていただきますようお願いします」と書かれていますが、これでは、簡単に回答できなくなるのでは？ ・ メーカーがわかっているので、どこかの組織で、まとめて許可を得ていただけると助かる。 ・ Q2-5 教材の名称において、どの会社も自社開発を除いては、同じ会社を使っているのでは？ ・ 各社、どうしても選択肢に挙げられた教材を使用しているとしたら、我々から、アンケートを取るよりもメーカーにヒアリングをしたほうが早いし、即効性があるのでは？ ・ 11.を受け、アンケートはメーカーに聞き、ゼネコンへは自社開発品についてのみアンケートを取ってはいかがでしょうか？ ・ Q2-20 人数において、人数のカウントの期間を明確にしたほうが良い。 ・ 導入からの人数か？ 2019年度初めからの人数か？

- ・ Q2-29「※この調査で得た情報をデータベースで公開するにあたり、ご意見がありましたら記載してください。」と書かれていますが、公開できるものと公開できないものがあるので、自社開発をした会社については、このアンケートでは、答えられないのではないのでしょうか？
- ・ Q3以降、VRを教育に活用していない方からの回答なので、Q2と同じ設問では、おかしいのではないのでしょうか？例えば、「想定して回答する項目」やそもそも回答できない「開発年次、自社開発／他社開発、利用状況」など。
- ・ MRとCGを融合したものについて、ほとんど聞かれていない。（建設工事では、まだ、そこまで進んでいないとわかっているようだ）
- ・ VR教育を実施するにあたっての（有効な）運営方法も聞いたほうが良いのでは？
- ・ 同上、運営上、困っていることを聞く。
- ・ 実際に受けた方の感想は、どうなのでしょう？この検証方法も何か良い方法はないのでしょうか？
- ・ 自覚と安全意識の向上を目的としていると思いますが、受講者の状況にあったコンテンツの選択ができるのかなど、聞きたいところです。
- ・ 受講者向けの有効なアンケートシートを作成してほしい。
- ・ 事業者（雇用主）向けの有効なアンケートシートを作成してほしい。

6.4 コンテンツの整理

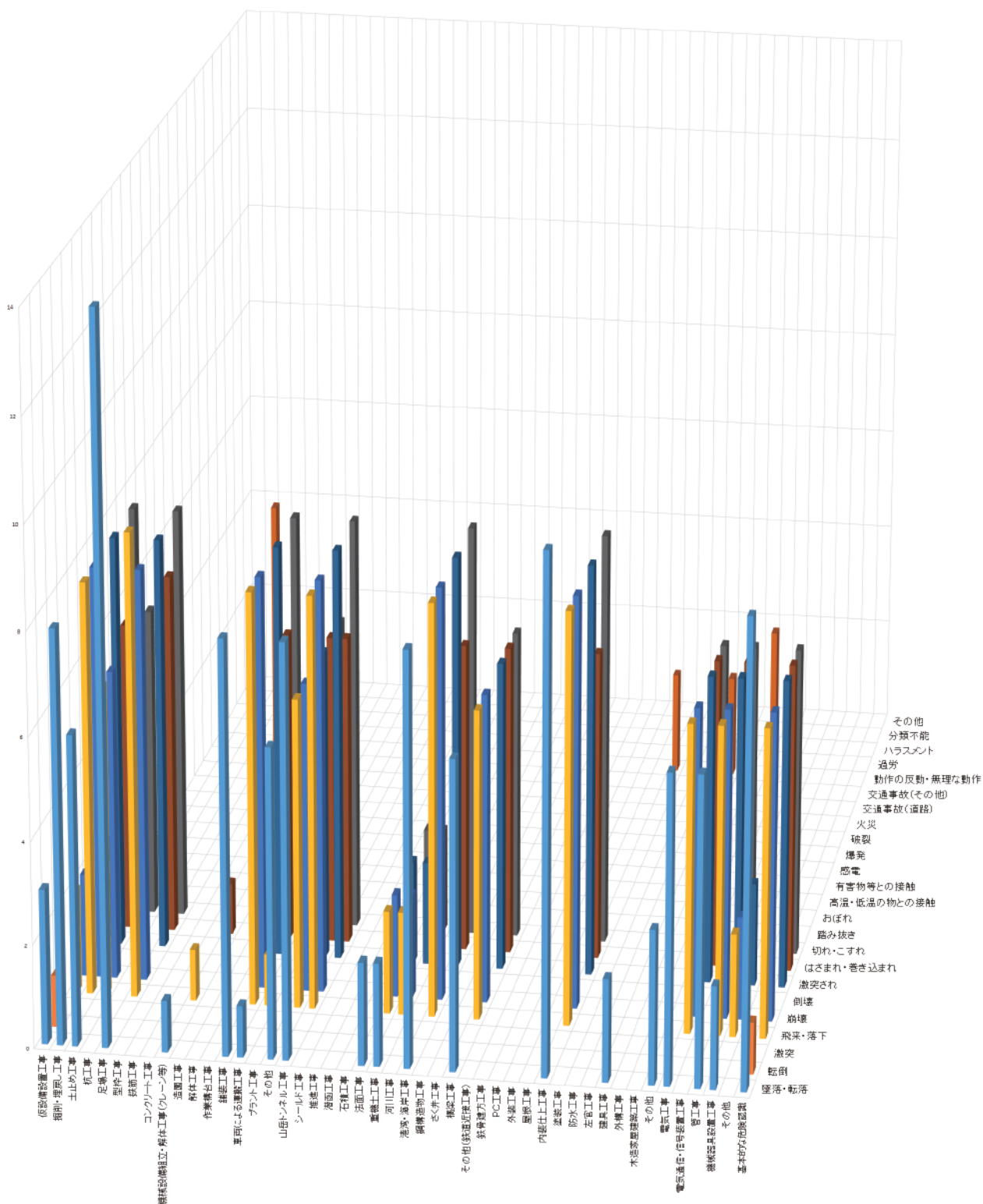
本調査票案において設定したコンテンツの内容に関し、工事の種類（Q2-3）と災害等の種類（Q2-4）をクロス集計した結果を、次の表Ⅱ－１－１及び図Ⅱ－１－５としてまとめた。

災害の種類別にみると「墜落・転落」111件、「飛来・落下」95件、「崩壊」「激突され」「切れ・こすれ」92件となり、工事の種類別では「足場工事」59件、「内装仕上工事」50件、「舗装工事」「掘削・埋戻工事」「山岳トンネル工事」「港湾・海岸工事」46件となった。一方、0カウントの災害及び工事の種類も多く、一覧表から明らかなように、現行のVRコンテンツは特定の工事（作業）、災害に集中、偏在している。

表Ⅱ－１－１ VR 事例整理表

VR事例整理表

	災害の種類 工事の種類	墜落・転落	転倒	激突	飛来・落下		崩壊	倒壊	激突され	はさまれ・巻き込まれ	切れ・こすれ	踏み抜き	おぼれ	高温・低温の物との接触	有害物等との接触	感電	爆発	破裂	火災	交通事故（道路）	交通事故（その他）	動作の反動・無理な動作	過労	ハラスメント	分類不能	その他	計
共通	仮設備設置工事	3	1		2	2		2		2																	12
	掘削・埋戻し工事	8			8	8		8	6	8																	46
	土止め工事	6			6	6		6	6	6																	36
	杭工事																										0
	足場工事	14			9	8		8	7	8												5					59
	型枠工事																										0
	鉄筋工事																										0
	コンクリート工事																										0
	機械設備組立・解体工事(クレーン等)	1			1				1																		3
	造園工事																										0
	解体工事																										0
	作業構台工事																										0
	舗装工事	8			8	8		8	6	8																	46
	車両による運搬工事	1			1				1																		3
	プラント工事																										0
	その他	6			6	6		6	6	6																	36
土木	山岳トンネル工事	8			8	8		8	6	8																	46
	シールド工事																										0
	推進工事																										0
	潜函工事																										0
	石積工事																										0
	法面工事	2			2	2		2		2																	10
	重機土工	2			2	2		2		2																	10
	河川工事																										0
	港湾・海岸工事	8			8	8		8	6	8																	46
	鋼構造物工事																										0
	さく井工事																										0
	橋梁工事	6			6	6		6	6	6																	36
	その他(鉄道近接工事)																										0
	建築	鉄骨建方工事																									
PC工事																											0
外装工事																											0
屋根工事																											0
内装仕上工事		10			8	8		8	6	8												2					50
塗装工事																											0
防水工事																										0	
左官工事																										0	
建具工事		2																				2				4	
外構工事																											0
木造家屋建築工事																											0
その他		3																				3					6
設備工事	電気工事	6			6	6		6	6	6																	36
	電気通信・信号装置工事																										0
	管工事	6			6	6		6	6	6																	36
	機械器具設置工事	2			2	2		2		2																	10
	その他																										0
基本的な危険認識		9	1		6	6		6	6	6																	40
計		111	2	0	95	92	0	92	75	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	571



図Ⅱ－１－５ VR事例整理表（グラフ）

6.5 主な事例

本試行調査によって得られた21件につき、主な事例を示す。

1) VR活用事例（5件）

建設工事における VR 教育事例 調査票 ①

1	企業名	※貴社名を記載してください。 A 社	2	ご担当者氏名 電話／Mail	
3	コンテンツの内容 (工事の種類)	※該当するものすべてに○ (複数回答) 【共通】 仮設備設置工事 掘削・埋戻し工事 土止め工事 杭工事 足場工事 型枠工事 鉄筋工事 コンクリート工事 機械設備組立・解体工事(クレーン等) 造園工事 解体工事 作業構台工事 舗装工事 車両による運搬工事 プラント工事 その他 (可搬式作業台作業) 【土木】 山岳トンネル工事 シールド工事 推進工事 潜函工事 石積工事 法面工事 重機土工事 河川工事 港湾・海岸工事 鋼構造物工事 さく井工事 橋梁工事 その他(鉄道近接工事) 【建築】 鉄骨建方工事 P C 工事 外装工事 屋根工事 内装仕上工事 塗装工事 防水工事 左官工事 建具工事 外構工事 木造家屋建築工事 その他 () 【設備工事】 電気工事 電気通信・信号装置工事 管工事 機械器具設置工事 その他 () 【その他】 すべての工事で共通する作業 (可搬式作業台)			
4	コンテンツの内容 (災害等の種類)	※該当するものすべてに○ 墜落・転落 転倒 激突 飛来・落下 崩壊 倒壊 激突され はさまれ・巻き込まれ 切れ・こすれ 踏み抜き おぼれ 高温・低温の物との接触 有害物等との接触 感電 爆発 破裂 火災 交通事故(道路) 交通事故(その他) 動作の反動・無理な動作 過労 ハラスメント 分類不能 その他 ()			
5	教材の名称	※教材名を記載してください。	6	技術	※該当するものに1つ○ VR AR MR その他 ()
			7	BIM/CIM 連携の有 無	有り 無し
8	HMD	※該当するものに1つ○ PC 接続タイプ 一体型タイプ スマートフォン 製品名 ()	9	付帯技術	※該当するものすべてに○ コントローラー センサー その他 ()
10	開発年次	※開発された年次を記載してください。 平成 30 年度	11	自社開発／ 他社開 発	※該当するものに1つ○ 自社開発 他社開発
12	映像	※該当するものに1つ○ 3D-CG 実写 合成	13	体感装置	※該当するものに1つ○ はさまれ 感電 墜落・転落 その他 ()
14	概要	3 社共同で安全教育のノウハウを提供し作成したソフトを利用。			
15	利用状況	協力業者の次世代リーダー教育に使用 (ノンテクニカルスキル養成教育のツールとして利用) 年間 4 回 (定員 20 名/回) 行われる次世代職長教育でノンテクニカルスキル教育を行うために使用した。			

16	実施場所 (場面)	※該当するものに1つ○ 本社 支店 自社研修施設 現場 外部施設 その他 ()	17	設置	※該当するものに1つ○ 常設型 ポータブル (移動式)
18	対象者	※該当するものに1つ○ 【元請】社員全般 新入社員 若手社員 (入社3年以内) 中堅社員 (入社4年以降) 管理職 その他 () 【協力会社】社員全般 若年作業員 (～29歳) 中堅作業員 (30～64歳) 高齢作業員 (65歳～) 新規採用者 外国人労働者 職長 オペレータ 職種等限定 (対象:) その他 ()			
19	教育区分	※該当するものに1つ○ 社員教育 職長教育 送り出し教育 新規入場者教育 特別安全行事 作業手順教育 VR専門教育 一般安全教育 発注者指定 (半日) 教育 その他 (次世代職長教育)			
20	人数	(20) 名/回	21	体験時間	1人あたり (5) 分 合計 (30) 分
22	教育の実施手順	6名1チームとして、リーダーだけに現場のCG映像を見せ作業内容を説明する。 その後リーダーは口頭で作業予定をメンバーに説明して、メンバーが作業手順書を作成 (約15分) その後、手順に基づきVRでメンバーが作業を行い問題点を討議し、最後にインストラクターがまとめる。			
23	VRを活用した目的	※該当する上位3つに○ 災害の防止 危険の認識 安全意識の醸成 注意喚起・気づき 作業方法・ルールの理解促進 不安全行動の抑止 問題解決思考・対策行動の強化 省人化・効率化の促進 迅速な合意形成 状況認識能力の向上 意思決定能力の向上 コミュニケーション能力の向上 リーダーシップ能力の向上 その他 ()			
24	VRを活用して得られた効果	不安全行動が発生する原因は職長の状況把握や作業員への伝え方の不具合であることに気づかせる。 自分の見たものは必ず思い込みによるバイアスがかかることを理解させる。 コミュニケーションでの伝える側の思い込みによるエラーについて、気づきを与える。			
25	課題	※該当する上位3つに○ 使用する者が限られ手待ち時間がある 体験だけで知識の習得には向かない 効果実感が得られない 教育効果の持続性 心理的負担 (恐怖心、驚愕など) 年齢制限 体調への影響 導入コストの負担感 コンテンツが限定的 ハードウェアの性能が不十分 ハードウェアの扱いが難しい VRを用いた教育体系の未確立 その他 (ソフトの性能向上)			
26	効果を上げるために必要なこと	VRで行動した内容を振り返りが重要で、心理的負荷をVRで体験させるだけでは条件付けには至らない。 振り返りでインストラクターがコーチングするためにはVR上での当人の行動を客観的に受講者へ見せることが重要。 今回の使用ソフトはこの機能がないため、デブリーフィングで上手く伝わっていない。 体験したことでの気づきを現場へ持ち帰るために行動目標を宣言させることも効果がある。			
27	今後、VRに期待すること	今回はノンテクニカルスキル向上を図るために、テクニカルスキル向上用のソフトをアレンジしてしようした。 製作段階で参画していたため、このようなアレンジを想定して提案を行っていたため使用できたが、市販のソフトではテクニカルスキルに特化したものが非常に多く、ノンテクニカルスキル教育には不向きなものが多い。今後はこのような教育も同時に行えるフレキシビリティのあるソフトの開発に期待する。			
28	技術の所有権等、権利関係	※該当するものに1つ○ リース契約 売買契約 ※売買契約の場合、該当するものに1つ○ 【ハード】所有権 (自社 他社 () 不明) 特許権 (自社 他社 () 不明)			

		実用新案権（ 自社 他社（ ） 不明 ） 【ソフト】所有権（ 自社 他社（ ） 不明 ） 特許権（ 自社 他社（積木製作所） 不明 ） 実用新案権（ 自社 他社（ ） 不明 ）
29	備考	※この調査で得た情報をデータベースで公開するにあたり、ご意見がありましたら記載してください。
30	画像	危険箇所・要因 安全帯を吊りボルトに装着 工具類の整頓 手掛かり棒の設置 感知バーの設置 端部ストッパー設置 作業台を段差部から離れた位置に設置 伸縮脚のロック 開き止め金具のロック 作業台に背を向けての昇降 作業台から身を乗り出しての作業 工具等を持ったままの昇降  主観モード 静止画モード 戻る 危険箇所・要因 安全帯の未装着 安全帯を吊りボルトにかけた 工具を作業台から片づけた 手掛かり棒の設置 感知バーの設置 端部ストッパー設置 作業台を段差部から離れた位置に設置 伸縮脚のロック 開き止め金具がまっすぐロック 作業台に背を向けて昇降しない 作業台から身を乗り出しての作業しない 工具等を持ったままの昇降しない ✓ ✓ ✓ ✓ 転落せずに作業完了 総合評価 4 /14

建設工事における VR 教育事例 調査票 ②

1	企業名	※貴社名を記載してください。 A 社	2	ご担当者氏名 電話／Mail	
3	コンテンツの内容 (工事の種類)	※該当するものすべてに○ (複数回答) 【共通】 仮設備設置工事 掘削・埋戻し工事 土止め工事 杭工事 足場工事 型枠工事 鉄筋工事 コンクリート工事 機械設備組立・解体工事 (クレーン等) 造園工事 解体工事 作業構台工事 舗装工事 車両による運搬工事 プラント工事 その他 (可搬式作業台作業) 【土木】 山岳トンネル工事 シールド工事 推進工事 潜函工事 石積工事 法面工事 重機土工事 河川工事 港湾・海岸工事 鋼構造物工事 さく井工事 橋梁工事 その他 (鉄道近接工事) 【建築】 鉄骨建方工事 P C 工事 外装工事 屋根工事 内装仕上工事 塗装工事 防水工事 左官工事 建具工事 外構工事 木造家屋建築工事 その他 () 【設備工事】 電気工事 電気通信・信号装置工事 管工事 機械器具設置工事 その他 () 【その他】 すべての工事で共通する作業 (可搬式作業台上での作業、枠組足場の点検)			
4	コンテンツの内容 (災害等の種類)	※該当するものすべてに○ 墜落・転落 転倒 激突 飛来・落下 崩壊 倒壊 激突され はさまれ・巻き込まれ 切れ・こすれ 踏み抜き おぼれ 高温・低温の物との接触 有害物等との接触 感電 爆発 破裂 火災 交通事故 (道路) 交通事故 (その他) 動作の反動・無理な動作 過労 ハラスメント 分類不能 その他 ()			
5	教材の名称	※教材名を記載してください。 (株)積木製作 安全体感 VR トレーニング建設現場シリーズ	6	技術	※該当するものに1つ○ VR AR MR その他 ()
			7	BIM/CIM 連携の有 無	有り 無し
8	HMD	※該当するものに1つ○ PC 接続タイプ 一体型タイプ スマートフォン 製品名 (VIVE HMD VR)	9	付帯技術	※該当するものすべてに○ コントローラー センサー その他 ()
10	開発年次	※開発された年次を記載してください。 2018 年	11	自社開発／ 他社開発	※該当するものに1つ○ 自社開発 (3 社共同) 他社開発 ()
12	映像	※該当するものに1つ○ 3D-CG 実写 合成	13	体感装置	※該当するものに1つ○ はさまれ 感電 墜落・転落 その他 ()
14	概要	可搬式作業台を使用した作業、開口部廻りの作業、外部仮設足場の点検の3タイプの作業について作成した。与えられた課題を正しい作業手順で作業を完了し、危険な行為をしなかった場合は高得点を与えるよう採点・評価する。また危険体感コースを設けて作業における危険だけを体験できるようにもしている。			

15	利用状況	作業所での安全勉強会において協力業者の作業員に体験させ安全意識の高揚を図っている。また、当社従業員の集合教育のカリキュラムの一つとして体験させている。 3～4 名に HMD を装着させ VR 体験させ、体験者が見ている画像を他の 10～30 名程度の者がプロジェクター、ディスプレイで見る事で、大人数が同時に体験できるようにし、1 人目がやった操作方法や手順説明を省く事で効率よく時間を使用している。			
16	実施場所 (場面)	※該当するものに 1 つ〇 本社 支店 自社研修施設 現場 外部施設 その他 ()	17	設置	※該当するものに 1 つ〇 常設型 ポータブル (移動式)
18	対象者	※該当するものに 1 つ〇 【元請】社員全般 新入社員 若手社員 (入社 3 年以内) 中堅社員 (入社 4 年以降) 管理職 その他 () 【協力会社】社員全般 若年作業員 (～29 歳) 中堅作業員 (30～64 歳) 高齢作業員 (65 歳～) 新規採用者 外国人労働者 職長 オペレータ 職種等限定 (対象:) その他 ()			
19	教育区分	※該当するものに 1 つ〇 社員教育 職長教育 送り出し教育 新規入場者教育 特別安全行事 作業手順教育 VR 専門教育 一般安全教育 発注者指定 (半日) 教育 その他 (当社従業員には「社員教育」)			
20	人数	(10～30) 名	21	体験時間	1 人あたり (10～20) 分 合計 (30～60) 分
22	教育の実施手順	①作業手順書で作業内容、点検箇所の説明 ②VR 体験により危険感受性向上、危険箇所点検、不具合箇所点検を行ない、最後に採点する事で評価する ③映像・書類を見せながら作業手順や点検箇所の説明 (振り返り)			
23	VR を活用した目的	※該当する上位 3 つに〇 災害の防止 危険の認識 安全意識の醸成 注意喚起・気づき 作業方法・ルールの理解促進 不安全行動の抑止 問題解決思考・対策行動の強化 省人化・効率化の促進 迅速な合意形成 状況認識能力の向上 意思決定能力の向上 コミュニケーション能力の向上 リーダーシップ能力の向上 その他 ()			
24	VR を活用して得られた効果	普段の作業の中の危険性に対する理解が深まった			
25	課題	※該当する上位 3 つに〇 使用する者が限られ手待ち時間がある 体験だけで知識の習得には向かない 効果実感が得られない 教育効果の持続性 心理的負担 (恐怖心、驚愕など) 年齢制限 体調への影響 導入コストの負担感 コンテンツが限定的 ハードウェアの性能が不十分 ハードウェアの扱いが難しい VR を用いた教育体系の未確立 その他 (① VR 酔いへの対策や身体への影響、例えば VR 酔いで脳が普段以上に疲れた状態で車を運転して帰る等の危険性の把握、② VR 体験中に画面の動きに対して身体を傾けて倒れる人がいるため補助する人・装置が必要、③ VR の場面(特に墜落するような恐怖体験の場面)に反応して素早く動く人がいたり、壁や机に向かって突進する人がいるので身体を安全に保持する方法が必要)			
26	効果を上げるために必要なこと	ただ単に VR 体験だけでなく、作業手順の説明や VR 体験した後の振り返り説明を入れると安全意識の高揚に対する効果が向上するように思われる			

建設工事における VR 教育事例 調査票 ③

1	企業名	※貴社名を記載してください。 B 社	2	ご担当者氏名 電話／Mail	
3	コンテンツの内容 (工事の種類)	※該当するものすべてに○ (複数回答) 【共通】 仮設備設置工事 掘削・埋戻し工事 土止め工事 杭工事 足場工事 型枠工事 鉄筋工事 コンクリート工事 機械設備組立・解体工事 (クレーン等) 造園工事 解体工事 作業構台工事 舗装工 事 車両による運搬工事 プラント工事 その他 () 【土木】 山岳トンネル工事 シールド工事 推進工事 潜函工事 石積工事 法面工事 重機土工事 河川工事 港湾・海岸工事 鋼構造物工事 さく井工事 橋梁工事 その他 (鉄道近接工事) 【建築】 鉄骨建方工事 P C 工事 外装工事 屋根工事 内装仕上工事 塗装工事 防水工事 左官工事 建具 工事 外構工事 木造家屋建築工事 その他 () 【設備工事】 電気工事 電気通信・信号装置工事 管工事 機械器具設置工事 その他 () 【その他】 すべての工事で共通する作業 (可搬式作業台)			
4	コンテンツの内容 (災害等の種類)	※該当するものすべてに○ 墜落・転落 転倒 激突 飛来・落下 崩壊 倒壊 激突され はさまれ・巻き込まれ 切れ・こすれ 踏み抜き おぼれ 高温・低温の物との接触 有害物等との接触 感電 爆発 破裂 火災 交通事故 (道路) 交通事故 (その他) 動作の反動・無理な動作 過労 ハラスメント 分類不能 その他 ()			
5	教材の名称	※教材名を記載してください。	6	技術	※該当するものに1つ○ VR AR MR その他 ()
			7	BIM/CIM 連携の有 無	有り 無し
8	HMD	※該当するものに1つ○ PC 接続タイプ 一体型タイプ スマートフォン 製品名 ()	9	付帯技術	※該当するものすべてに○ コントローラー センサー その他 ()
10	開発年次	※開発された年次を記載してください。 平成 30 年度	11	自社開発／ 他社開 発	※該当するものに1つ○ 自社開発 他社開発 (積木製作所)
12	映像	※該当するものに1つ○ 3D-CG 実写 合成	13	体感装置	※該当するものに1つ○ はさまれ 感電 墜落・転落 その他 ()
14	概要	—			
15	利用状況	入社 3 ヶ月の新入社員に対し、VR と実技教育を併用した危険体感教育に導入			

16	実施場所 (場面)	※該当するものに1つ○ 本社 支店 自社研修施設 現場 外部施設 その他 (自社機材ヤード)	17	設置	※該当するものに1つ○ 常設型 ポータブル (移動式)
18	対象者	※該当するものに1つ○ 【元請】社員全般 新入社員 若手社員 (入社3年以内) 中堅社員 (入社4年以降) 管理職 その他 () 【協力会社】社員全般 若年作業員 (～29歳) 中堅作業員 (30～64歳) 高齢作業員 (65歳～) 新規採用者 外国人労働者 職長 オペレータ 職種等限定 (対象:) その他 ()			
19	教育区分	※該当するものに1つ○ 社員教育 職長教育 送り出し教育 新規入場者教育 特別安全行事 作業手順教育 VR専門教育 一般安全教育 発注者指定 (半日) 教育 その他 ()			
20	人数	(38) 名 2日かけて2班分けて実施	21	体験時間	1人あたり (6) 分 合計 (120) 分
22	教育の実施手順	可搬式作業台の本体 (実物) を使用した適正な設置方法及び正しい使用方法を実技教育後にVRによる同種作業の危険体感教育を実施			
23	VRを活用した目的	※該当する上位3つに○ 災害の防止 危険の認識 安全意識の醸成 注意喚起・気づき 作業方法・ルールの理解促進 不安全行動の抑止 問題解決思考・対策行動の強化 省人化・効率化の促進 迅速な合意形成 状況認識能力の向上 意思決定能力の向上 コミュニケーション能力の向上 リーダーシップ能力の向上 その他 ()			
24	VRを活用して得られた効果	自身が実技とVRを体験することで、安全知識の習得と危険感受性を高め、可搬作業台に関する理解を深め、現場での監督・指導に役立つ。			
25	課題	※該当する上位3つに○ 使用する者が限られ待ち時間がある 体験だけで知識の習得には向かない 効果実感が得られない 教育効果の持続性 心理的負担 (恐怖心、驚愕など) 年齢制限 体調への影響 導入コストの負担感 コンテンツが限定的 ハードウェアの性能が不十分 ハードウェアの扱いが難しい VRを用いた教育体系の未確立 その他 (ソフトの性能向上)			
26	効果を上げるために必要なこと	より効果的な危険体感教育にするためには災害事例やヒヤリハット事例をもとにVRの種類を増やし、また各VR毎に実技教育 (現地・現物) と併用した教育プログラムが必要			
27	今後、VRに期待すること	単に危険を仮想で体感するのみならず、自身が学習できるプログラムや監督・指導のポイントを理解できるものを望む			
28	技術の所有権等、権利関係	※該当するものに1つ○ リース契約 売買契約 ※売買契約の場合、該当するものに1つ○ 【ハード】所有権 (自社 他社 () 不明) 特許権 (自社 他社 () 不明) 実用新案権 (自社 他社 () 不明) 【ソフト】所有権 (自社 他社 () 不明) 特許権 (自社 他社 () 不明) 実用新案権 (自社 他社 () 不明)			
29	備考	※この調査で得た情報をデータベースで公開するにあたり、ご意見がありましたら記載してください。			

VR安全体感教育について

Safety & Environment Department

1

VR安全体感とは

- VR:CGや音響技術等を利用して人間の視覚や聴覚に働きかけ、空間や物体、時間に関する、現実感を伴う空間や環境を人工的に作り出す技術。
- 現実では難しい、墜落、落下、挟まれ等の体験をVR(仮想現実)空間を用いて疑似体験・体感することにより、その危険性を印象付け、安全意識の向上を図る。



Safety & Environment Department

2

VR安全体感のメリット

- 大がかりな設備を必要としない。
- 疑似体験であり、危険性はほとんどないが、インパクトは強い。
- 持ち運びができ、支店、工事事務所等での出張教育が可能。
- 使用手順の教育・確認もできる(可搬式作業台)。

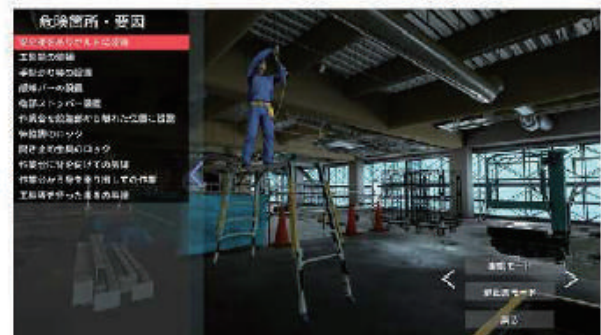
VR安全体感のデメリット

- 初期導入費用(100万程)、ソフト追加購入費用(30～60万程)。
しかし他のゼネコンでは、安全教育経費がコストダウンの例あり。
- ライセンス1本ごとに一人ずつの教育となり、時間がかかる。
他のビデオ教育と併用して教育実施など工夫が必要。
- ソフトの本数(種類)が現状では少ない(今後追加見込みあり)。



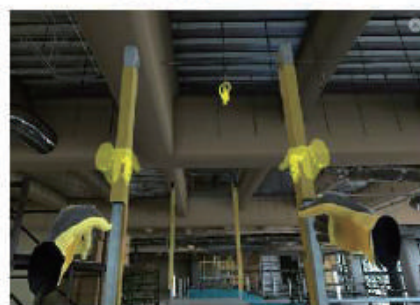
VR安全体感 (可搬式作業台)

使用手順、チェックポイントの
説明：5分程
(作業台を使用する際の危険
予知能力の向上教育)



疑似体験：5分程

疑似体験時の安全成績



危険箇所・要因	
安全帯の未装着	✓
安全帯を吊りボルトにかけた	✓
工具を作業台から片づけた	✓
手すり棒の設置	✓
感知バーの設置	✓
喚起ストッパー設置	✓
作業台を段差部から離れた位置に設置	✓
伸縮部のロック	✓
回き止め金具がまっすぐロック	✓
作業台に背を向けて昇降しない	✓
作業台から身を乗り出しての作業しない	✓
工具等を持ったままの昇降しない	✓
総合評価	
4 / 14	





建設工事における VR 教育事例 調査票 ④

1	企業名	※貴社名を記載してください。 C 社	2	ご担当者氏名 電話／Mail	
3	コンテンツの内容 (工事の種類)	※該当するものすべてに○ (複数回答) 【共通】 仮設備設置工事 掘削・埋戻し工事 土止め工事 杭工事 足場工事 型枠工事 鉄筋工事 コンクリート工事 機械設備組立・解体工事 (クレーン等) 造園工事 解体工事 作業構台工事 舗装工事 車両による運搬工事 プラント工事 その他 () 【土木】 山岳トンネル工事 シールド工事 推進工事 潜函工事 石積工事 法面工事 重機土工事 河川工事 港湾・海岸工事 鋼構造物工事 さく井工事 橋梁工事 その他 (鉄道近接工事) 【建築】 鉄骨建方工事 P C 工事 外装工事 屋根工事 内装仕上工事 塗装工事 防水工事 左官工事 建具工事 外構工事 木造家屋建築工事 その他 () 【設備工事】 電気工事 電気通信・信号装置工事 管工事 機械器具設置工事 その他 () 【その他】 すべての工事で共通する作業 (可搬式作業台作業 電動工具作業)			
4	コンテンツの内容 (災害等の種類)	※該当するものすべてに○ 墜落・転落 転倒 激突 飛来・落下 崩壊 倒壊 激突され はさまれ・巻き込まれ 切れ・こすれ 踏み抜き おぼれ 高温・低温の物との接触 有害物等との接触 感電 爆発 破裂 火災 交通事故 (道路) 交通事故 (その他) 動作の反動・無理な動作 過労 ハラスメント 分類不能 その他 ()			
5	教材の名称	※教材名を記載してください。 VR 事故体験安全教育 LookCa	6	技術	※該当するものに1つ○ VR AR MR その他 ()
			7	BIM/CIM 連携の有無	有り 無し
8	HMD	※該当するものに1つ○ PC 接続タイプ 一体型タイプ スマートフォン 製品名 (LookCa)	9	付帯技術	※該当するものすべてに○ コントローラー センサー その他 ()
10	開発年次	※開発された年次を記載してください。 2017 年	11	自社開発／ 他社開発	※該当するものに1つ○ 自社開発 他社開発 ()
12	映像	※該当するものに1つ○ 3D-CG 実写 合成	13	体感装置	※該当するものに1つ○ はさまれ 感電 墜落・転落 その他 ()
14	概要	ヘッドマウントディスプレイとヘッドフォンで VR 危険体感する。			
15	利用状況	若手教育 (3 年次) に使用 3～4 名に HMD を装着させ VR 体験させ、体験者が見ている画像を他の 10～30 名程度の者がプロジェクター、ディスプレイで見事で、大人数が同時に体験できるようにし、1 人目がやった操作方法や手順説明を省く事で効率よく時間を使用している。			
16	実施場所 (場面)	※該当するものに1つ○ 本社 支店 自社研修施設 現場	17	設置	※該当するものに1つ○ 常設型 ポータブル (移動式)

		外部施設 ()			
18	対象者	※該当するものに1つ○ 【元請】社員全般 新入社員 若手社員(入社3年以内) 中堅社員(入社4年以降) 管理職 その他() 【協力会社】社員全般 若年作業員(～29歳) 中堅作業員(30～64歳) 高齢作業員(65歳～) 新規採用者 外国人労働者 職長 オペレータ 職種等限定(対象:) その他()			
19	教育区分	※該当するものに1つ○ 社員教育 職長教育 送り出し教育 新規入場者教育 特別安全行事 作業手順教育 VR専門教育 一般安全教育 発注者指定(半日)教育 その他()			
20	人数	(140) 名	21	体験時間	1人あたり(25) 分 合計 () 分
22	教育の実施手順	140名を10班に分け、1班14名に対しVR機器を14台用意した。10個のVR危険感受性教育コンテンツの内、3コンテンツを必須とし、時間が余れば他のコンテンツを視聴。 視聴前に疑似体感するにあたってどのような点に留意するかを説明、視聴後に各コンテンツの内容に即した安全知識や実際の現場への活用方法に関する簡単な講話を行う。			
23	VRを活用した目的	※該当する上位3つに○ 災害の防止 危険の認識 安全意識の醸成 注意喚起・気づき 作業方法・ルールの理解促進 不安全行動の抑止 問題解決思考・対策行動の強化 省人化・効率化の促進 迅速な合意形成 状況認識能力の向上 意思決定能力の向上 コミュニケーション能力の向上 リーダーシップ能力の向上 その他 ()			
24	VRを活用して得られた効果	入社3年次技術系職員に災害の疑似体験をさせることで、危険な状態や行動を認識させることが出来た。			
25	課題	※該当する上位3つに○ 使用する者が限られ手待ち時間がある 体験だけで知識の習得には向かない 効果実感が得られない 教育効果の持続性 心理的負担(恐怖心、驚愕など) 年齢制限 体調への影響 導入コストの負担感 コンテンツが限定的 ハードウェアの性能が不十分 ハードウェアの扱いが難しい VRを用いた教育体系の未確立 その他()			
26	効果を上げるために必要なこと	汎用的なツールにするためにはコストを下げる必要がある。 効果の確認方法を確立する(効果があったかどうか曖昧) VRコンテンツ視聴後に使用する、コンテンツ内容とセットとなる安全に係る知識等の演習教材の開発			
27	今後、VRに期待すること	コストを下げること			
28	技術の所有権等、権利関係	※該当するものに1つ○ リース契約 売買契約 ※売買契約の場合、該当するものに1つ○ 【ハード】所有権(自社 他社() 不明) 特許権(自社 他社() 不明) 実用新案権(自社 他社() 不明) 【ソフト】所有権(自社 他社() 不明) 特許権(自社 他社() 不明) 実用新案権(自社 他社() 不明)			
29	備考	※この調査で得た情報をデータベースで公開するにあたり、ご意見がありましたら記載してください。			



建設工事における VR 教育事例 調査票 ⑤

1	企業名	※貴社名を記載してください。 D 社 α 作業所	2	ご担当者氏名 電話/Mail	
3	コンテンツの内容 (工事の種類)	※該当するものすべてに○ (複数回答) 【共通】 仮設備設置工事 掘削・埋戻し工事 土止め工事 杭工事 足場工事 型枠工事 鉄筋工事 コンクリート工事 機械設備組立・解体工事 (クレーン等) 造園工事 解体工事 作業構台工事 舗装工事 車両による運搬工事 プラント工事 その他 (測量) 【土木】 山岳トンネル工事 シールド工事 推進工事 潜函工事 石積工事 法面工事 重機土工事 河川工事 港湾・海岸工事 鋼構造物工事 さく井工事 橋梁工事 その他 (鉄道近接工事) 【建築】 鉄骨建方工事 PC 工事 外装工事 屋根工事 内装仕上工事 塗装工事 防水工事 左官工事 建具工事 外構工事 木造家屋建築工事 その他 () 【設備工事】 電気工事 電気通信・信号装置工事 管工事 機械器具設置工事 その他 () 【その他】 すべての工事で共通する作業 (玉掛作業)			
4	コンテンツの内容 (災害等の種類)	※該当するものすべてに○ 墜落・転落 転倒 激突 飛来・落下 崩壊 倒壊 激突され はさまれ・巻き込まれ 切れ・こすれ 踏み抜き おぼれ 高温・低温の物との接触 有害物等との接触 感電 爆発 破裂 火災 交通事故 (道路) 交通事故 (その他) 動作の反動・無理な動作 過労 ハラスメント 分類不能 その他 ()			
5	教材の名称	※教材名を記載してください。 VR 事故体験安全教育 LookCa	6	技術	※該当するものに1つ○ VR AR MR その他 ()
			7	BIM/CIM 連携の有 無	有り 無し
8	HMD	※該当するものに1つ○ PC 接続タイプ 一体型タイプ スマートフォン 製品名 (IDEALEND K2+)	9	付帯技術	※該当するものすべてに○ コントローラー センサー その他 ()
10	開発年次	※開発された年次を記載してください。 2017 年	11	自社開発/ 他社開 発	※該当するものに1つ○ 自社開発 他社開発
12	映像	※該当するものに1つ○ 3D-CG 実写 合成	13	体感装置	※該当するものに1つ○ はさまれ 感電 墜落・転落 その他 ()
14	概要	専用の会場や大掛かりな装置の準備を必要とするセンサー型と異なり、ヘッドマウントディスプレイとヘッドフォンのみで構成されているため、現場内で多くの作業員に手軽に体験してもらうことに適している。			
15	利用状況	平均して1ヶ月に30人程度が利用 全国安全週間、全国労働衛生週間での作業員への安全教育イベントとして活用 外部からの現場見学会の際、体験イベントとして活用			
16	実施場所 (場面)	※該当するものに1つ○ 本社 支店 自社研修施設 現場 外部施設 その他 ()	17	設置	※該当するものに1つ○ 常設型 ポータブル (移動式)

18	対象者	※該当するものに1つ○ 【元請】社員全般 新入社員 若手社員（入社3年以内） 中堅社員（入社4年以降） 管理職 その他（ ） 【協力会社】社員全般 若年作業員（～29歳） 中堅作業員（30～64歳） 高齢作業員（65歳～） 新規採用者 外国人労働者 職長 オペレータ 職種等限定（対象： ） その他（外部からの見学者）			
19	教育区分	※該当するものに1つ○ 社員教育 職長教育 送り出し教育 新規入場者教育 特別安全行事 作業手順教育 VR専門教育 一般安全教育 発注者指定（半日）教育 その他（ ）			
20	人数	（ 約 350 ） 名	21	体験時間	1人あたり（ 4 ） 分 合計（ 1,400 ） 分
22	教育の実施手順	①ディスカッション(自分の作業に起こりうるVR災害事例の選択) ②VR体験 ③感想を聞く			
23	VRを活用した目的	※該当する上位3つに○ 災害の防止 危険の認識 安全意識の醸成 注意喚起・気づき 作業方法・ルールの理解促進 不安全行動の抑止 問題解決思考・対策行動の強化 省人化・効率化の促進 迅速な合意形成 状況認識能力の向上 意思決定能力の向上 コミュニケーション能力の向上 リーダーシップ能力の向上 その他（ ）			
24	VRを活用して得られた効果	入社3年次技術系職員に災害の疑似体験をさせることで、危険な状態や行動を認識させることが出来た。			
25	課題	※該当する上位3つに○ 使用する者が限られ手待ち時間がある 体験だけで知識の習得には向かない 効果実感が得られない 教育効果の持続性 心理的負担（恐怖心、驚愕など） 年齢制限 体調への影響 導入コストの負担感 コンテンツが限定的 ハードウェアの性能が不十分 ハードウェアの扱いが難しい VRを用いた教育体系の未確立 その他（ ）			
26	効果を上げるために必要なこと	より多くの職種の災害事例コンテンツがあると、もっと多くの職種に具体的な安全教育ができる。			
27	今後、VRに期待すること	より高性能で、ヘッドセットを付けなくてもVRを体験できるような設備ができる事。			
28	技術の所有権等、権利関係	※該当するものに1つ○ リース契約 売買契約 ※売買契約の場合、該当するものに1つ○ 【ハード】所有権（ 自社 他社（ ） 不明 ） 特許権（ 自社 他社（ ） 不明 ） 実用新案権（ 自社 他社（ ） 不明 ） 【ソフト】所有権（ 自社 他社（ ） 不明 ） 特許権（ 自社 他社（ ） 不明 ） 実用新案権（ 自社 他社（ ） 不明 ）			
29	備考	※この調査で得た情報をデータベースで公開するにあたり、ご意見がありましたら記載してください。			
30	画像				

2) VRを活用していない事例

Q3	VR導入検討の経緯
2	VRを活用しない理由 ・ 導入検討をしましたが、講習のスケジュールリングが難しくまた、リース料金が高く断念した。
3	課題 ・ 使用する者が限られ手待ち時間がある、導入コストの負担感、VRを用いた教育体系の未確立
4	今後、VRに期待すること ・ ハードは、年々安くなってきています。ソフトの種類を増やし簡易に取り込める方法ができれば普及すると思う。VRを用いた教育体系が未確立で、ただの体験になっている。
6	コンテンツの内容（工事の種類） ・ すべての工事で共通する作業
7	コンテンツの内容（災害の種類等） ・ 墜落・転落、転倒、激突、飛来・落下、崩壊、倒壊、激突され、はさまれ・巻き込まれ
21	対象者 ・ 【元請】新入社員、若手社員（入社3年以内）

第7節 考察

本研究では、ICT データベース・文献等による安全衛生教育における VR 事例調査と今後の調査事例収集のための試行調査を実施した。その調査結果をもとに VR 利用状況・形態、利用されている VR 教材の内容、VR 導入の阻害要因について以下に示す。

【利用状況・形態について】

- ① 試行調査対象 12 社のうち 7 社が既に VR の導入を行っており、建設業においても安全衛生教育への VR の導入が進みつつある。
- ② VR の利用形態として、企業での階層別研修や安全教育研修等の集合研修の教材としての利用や、実際の建設現場で行われる安全教育のための教材としての利用が挙げられる。
- ③ VR を体験するだけではなく、講話や討議等を含めた一体的な安全衛生教育が取り入れられているケースが多い。また企業とベンダーとの協力により教育コンテンツを開発している事例もみられる。

【VR 教材について】

- ① VR ベンダーが提供する安全衛生教育用の教材パッケージが利用されているケースが多い。
- ② 利用可能なコンテンツは、VR ベンダーが提供する特定の工事、災害に偏在している。

【VR 導入の阻害要因】

- ① VR 教材の導入・利用にかかるコストが高い。
- ② 機材台数の制約により、体験者が制限されたり、待ち時間が長くなる等の問題がある。

以上の結果を踏まえて、以下に考察を示す。

近年、民生用の VR 機器が急速に普及し、デジタルゲームを中心としたエンタテインメント分野を中心に VR の利用が進んでいる。特に 2016 年はゲーム用の VR 機材の販売が相次ぎ「VR 元年」とも言われ、VR が社会的なブームともなった。これに伴う VR 機器の普及は、逆に産業界に伝播し、建設業を含めた幅広い産業分野で VR の導入が急速に進んでいる。今回の調査結果でも VR 元年の翌年 2017 年における VR の導入件数が初出で 10 件となっており、ブームを機会として VR の導入が急速に進んでいることを表している。

安全衛生教育における VR の適用は、「危険な体験を安全に体験できる」ことに大きな意義があり、自らの行為や注意の不足が及ぼす危険を体感的に感じることによる災害事故の抑止効果が期待されている。その一方で従来の VR の利用では、現実感の高い疑似体験ができることの「目新しさ」や「面白さ」が先行しており、VR が一般化しつつある中で、VR を用いた安全衛生教育の実質化が必要である。以下にそのために取り組むべき課題を 3 つ示す。

① レジリエンス力強化のための VR 教材の充実

本研究で対象とするレジリエンス力を高めるためには、より多くかつ多様な場面を提供し、各場面の中で様々な危険事象を体験すること、さらに自らの体験に対する自らの行為を顧みる機会を設けること、そして再び同じ場面を体験することにより、自らの改善を認識するというサイクルが必要である。このためには、多種多様な体験をインタラクティブに提供することができる VR 教材の開発が求められる。

② VR を核とした効果的な教育方法の確立

集合研修機会等での VR 適用において、機器台数の制約等の問題を直ちに解決することは難しい。そのため、限られた機材と時間の中で効果的な教育方法を考える必要がある。例えば事例調査の中では VR 体験者を数名に限定し、それ以外の参加者は体験者と同一の画面を閲覧し、その後に討議を行うプロセスを採用している例も示されている。VR 教材の他、講話や討議、映像教材等を組み合わせた教育効果の高い教育方法について考えていく必要がある。また、安全教育への VR 適用の効果も明らかにしていく必要がある。

③ ICT・VR 技術を活用した安全衛生教育システムの創出

ICT の進歩に伴い HMD 等の機材も急速な進化と低廉化が進み、個人が所有するスマートフォンでも簡易な HMD を作成することも可能である。このような機材を活用すれば、複数人が同一の仮想工事現場に入り込み、相互に作業を模擬することもできる。安全衛生教育自体を VR 環境の中で提供すれば、自分の居場所を問わず遠隔でも教育・研修を受けることが可能となる。また、日本語の理解力に乏しい外国人労働者に対する安全衛生教育においても、VR が有効な手段になることが期待される。5G 等のネットワーク通信技術も急速に進化する中で、より高度に ICT・VR 技術を活用した教育方法を含めた安全衛生教育システム全体についても将来に向けて検討を進めていく必要がある。

以上、今後取り組むべき課題について示した。次年度の研究では、これらの課題に対して、引き続き VR による安全衛生教育の事例調査と導入効果の把握を進めるとともに、他業界での先行事例等を踏まえた効果的な VR 教材及び教育方法の検討、また将来に向けた安全衛生教育システムのあり方について検討を進めていく必要がある。

(蒔苗耕司部会長)

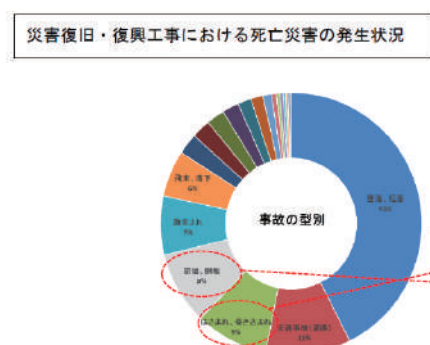
第2章 災害復旧・復興工事における災害発生事例からみたICT活用可能性に関する検討

第1節 検討の背景

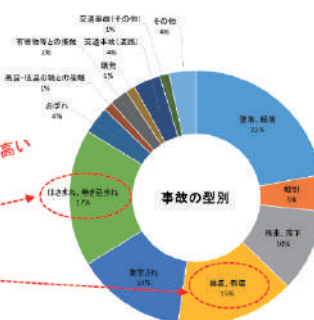
近年、異常気象による大規模な豪雨、豪雪、地震、火山噴火等の自然災害が多発するなか、災害復旧・復興工事の重要性が年々増している。災害復旧・復興工事は、災害発生後、国民の生命や財産を保護するための社会資本の再整備の初動として位置づけられ、より緊急かつ確実性をもって施工されるべきものであるが、建設業においては長期的な課題となっている人手不足を背景として、その担い手となる人員確保が困難となっている。こうしたなか、災害発生後の急激な工事量の増加に伴い不足する人員として多くの未熟練工が建設工事に参入すること等により、労働災害の発生が懸念されている。

建災防が発刊する「建設業安全衛生年鑑」によれば、建設業における死亡災害は平成19年から同28年の10年間に於いて3676件であるが、そのうち災害復旧・復興工事は86件、2.3%を占めている。

さらに死亡災害を事故の型別にみると、工事全体では「墜落・転落」43%、「交通事故（道路）」11%、「はさまれ・巻き込まれ」9%、「崩壊・倒壊」9%であるのに対し、災害復旧・復興工事では「墜落・転落」22%、「はさまれ・巻き込まれ」17%、「崩壊・倒壊」15%が上位を占めている（図Ⅱ-2-1、Ⅱ-2-2）。



図Ⅱ-2-1 建設業の死亡災害
（平成19年～28年）【事故の型別】

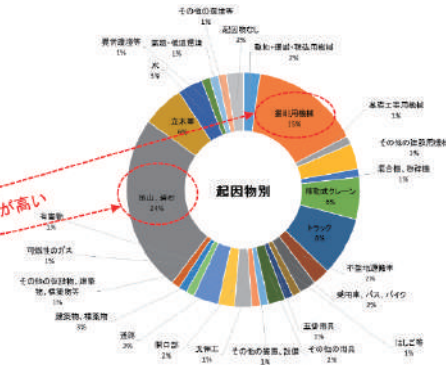


図Ⅱ-2-2 建設業の災害復旧・復興工事に関連した死亡災害
（平成19年～28年）【事故の型別】

一方、起因別では、工事全体が整地・運搬・積込用機械、その他の仮設物・建築物・構造物、玉掛用具などの「その他」33%、「屋根、はり、もや、けた、合掌」11%、「建築物・構造物」8%、「トラック」8%、「足場」8%、「乗用車・バス・バイク」6%、「地山・岩石」6%、「掘削用機械」6%であるのに対し、災害復旧・復興工事では、「地山・岩石」24%、「掘削用機械」15%、「トラック」6%となっている（図Ⅱ-2-3、Ⅱ-2-4）。



図Ⅱ-2-3 建設業の死亡災害
(平成19年～28年)【起因物別】



図Ⅱ-2-4 建設業の災害復旧・復興工事に関連した死亡災害
(平成19年～28年)【起因物別】

こうしたデータから、災害復旧・復興工事の死亡災害は「崩壊・倒壊」「はさまれ・巻き込まれ」が多く、「地山・岩石」「掘削用機械」を起因物として発生している割合が高いことがわかる。

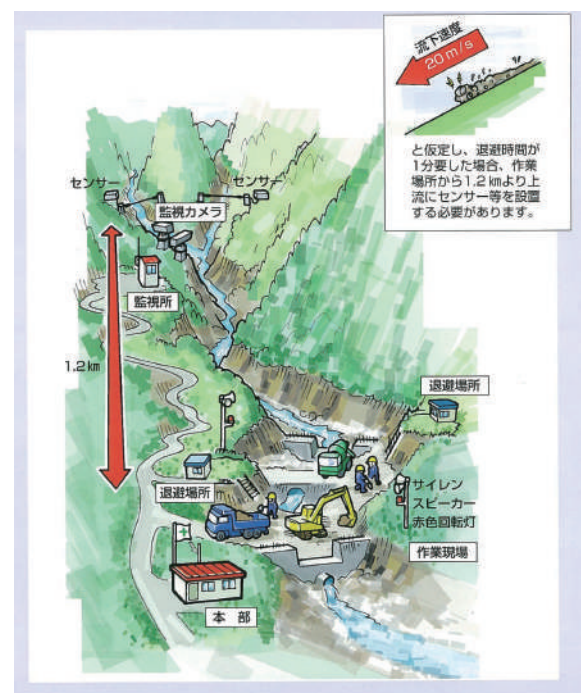
第Ⅰ部第2章第2章でみたとおり、建設業の労働災害による死亡者数は、2016年に史上初めて300人を割り込み、2018年には309人となった。これはピークであった昭和36年(1961年)の2,652人と比べると約1/9であり、この間、建設業では、様々な労働災害防止活動を積極的かつ継続して行った結果がこうした労働災害の減少につながったと考えられる。

しかしながら、従来の対処的な労働災害防止対策ではどうしても災害発生リスクをゼロにはできない建設工事現場がいまだ存在するのも事実である。例えば、次に示すような土石流発生個所の復旧工事のような現場では、再び土石流が発生する可能性があるなか、人が介在して作業を行う限り、労働災害の発生リスクをゼロにはできない。もしこうした現場でICTを活用した無人化施工が行われるようになると土石流が発生したとしても人が介在していないので労働災害は起こりえないことになる。これにより労働災害防止に関する本質安全化が実現できることになる。

このような自然災害における災害復旧・復興工事においては、作業時の重篤な二次災害リスクを低減させるICT活用による本質安全化を目的とした技術の普及・浸透が不可欠といえる。

そこで、この点に着目して、過去の災害復旧・復興工事の死亡災害事例に対して、ICTを活用することにより効果的な労働災害防止が可能であったかについて検討することとした。

まず、ICT活用によって人が介在せずに工事施工が可能となる本質安全化の達成に資する代表例を示す。



出典：土石流による労働災害の防止に向けて
(建設業労働災害防止協会)

第2節 無人化施工システム導入による本質安全化

前掲の土石流災害発生現場における復旧復興工事では、脆弱な地盤上で作業をする限りにおいて、高度の二次災害リスクが存在する。こうしたリスクを除去して本質安全化を目指すとするならば、次に示す人を介在させない「無人化施工」が望ましい。

ICT 活用事例	ネットワーク対応型無人化施工システム (2-9)		
概要・活用方法	主に自然災害被災地の危険性が高く、人が立ち入れない施工現場において、十分に離れた安全な場所に操作室を設置し、カメラ映像と ICT を使用して建設機械をオペレータが遠隔操作することで工事を行うシステムである。無人化施工を行うためには、仮設備として操作室、無線基地局、中継局等を設置し施工現場内においてネットワークシステムを構築する必要がある。		
			
	ネットワークシステム	操作室操作状況	建設機械作業状況
特徴・効果	・ 斜面崩壊等の危険性の高い場所において安全に工事が行える。 ・ 建設機械をオペレータが遠隔操作することから重機災害に係る危険作業がない。		
活用上の注意点	・ 霧等の悪天候により映像で建設機械を確認できない場合は作業できない。 ・ 映像をみながら建設機械を遠隔操作する特殊な作業のため熟練のオペレータを要する。		
対象とする主な対策（本質安全化）	災害復旧工事、無人化・省力化、土木／砂防工事、転倒／激突／崩壊		

このような無人化施工は、有人エリア・無人エリアの区分明確化や遵守事項を含んだガイドラインの整備、天候条件への影響、熟練オペレータの育成等、課題は残るものの、これにより作業員の身体・生命の危険を侵害するリスクを除去することができる。但し、現時点では、かかる技術をあらゆる災害現場に普及させることは現実的に困難であることから、従来工法に対して安全面を補完する ICT を活用し、安全性を高めることが現実的であろう。

そこで次に、玉手委員の研究から災害復旧工事における斜面崩壊リスクを低減させる ICT（計測システム）の活用可能性を検討する。

第3節 災害復旧工事における土砂生き埋め事故の防止

はじめに

斜面が崩壊する危険性を「工事前」、「工事中」、「完成後」で比較すると、一般的に工事中が最も高いと言われる。その理由は、安定状態にあった斜面が掘削されることによって部分的に勾配が大きくなるためであり、一時的に不安定化する。この不安定な状態は工事の終了によって解消され、崩壊危険は減少する。しかしながら、工事中の労働災害は確実に防止されなければならない。そのためには、斜面の崩壊危険をしっかりと把握し、安全対策を講ずることが不可欠である。

工事中の仮設構造物は使用期間が短いため完成後の構造物に比べて安全率は通常低く設定されている。すなわち完成後には長期的に安定させるが工事は短期と見なされて経済的観点から低く設定されている。トレードオフの関係にある建設現場の安全性と経済性の問題について、本研究では従来のハード的対策からソフト的対策に発想を変えて検討した。具体的には、ICTによって斜面の安定状態を監視する技術を検討した。

本研究では斜面崩壊の兆候を捉える計測システムを開発し、危険な兆候はいち早く現場内に知らせることを試みた。ここでは工事中に発生した生き埋め事故の例から同種の工事に共通する安全上の課題を考察し、その解決手段の一つとして本システムの利用による災害防止の可能性を議論する。

3.1 事例研究から明らかとなった安全上の課題

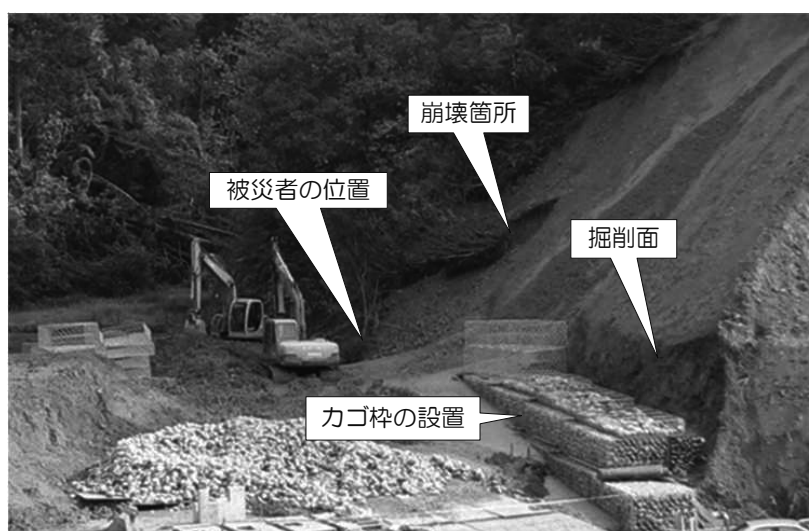
図Ⅱ-2-5は工事中に発生した土砂生き埋め事故の例である。この事故は、地震によって崩壊した斜面を補強する復旧工事中に発生した2次災害である。写真の右奥側で発生した土砂崩壊によって、その下側で作業していた労働者2名が生き埋めとなった。この図から当時の工事の進め方を推測することができる。

本工事の最終目的は斜面前面に「カゴ枠」という構造物を設置して斜面の安定化を図ることであった。しかしながら、その工事中に斜面が崩壊する重大事故が発生した。

カゴ枠を設置するためにはまず、その箇所を整える必要がある。具体的には、斜面下側の部分（法先）を垂直に近い大きな角度で切土掘削し、底面をならす。言うまでも無く斜面は勾配が急になるほど崩壊しやすくなる。そのため限界を超えないよう注意しなければならない。図の手前側には設置が完了したカゴ枠を見ることができる。おそらく、これを（成功を）踏まえて同じ高さで奥側の掘削に進んだものと思われる。しかし、作業者はこの奥側で被災した。この事例から以下のような問題がわかった。

- 1) たとえ小さな現場内であっても、手前側と奥側のように場所が離れると土の条件は異なる。土は自然に堆積した材料であるためコンクリートや金属などの人工材料と比べて強さにバラツキが生じやすい。また、一見しただけではその強さがわからない問題もある。
- 2) 土は（斜面は）一旦安定しても時間が経つと崩れることがある。これは塑性的な性質によるものと見られクリープ的な破壊を呈することが知られている。この一時的な安定が人の判断を誤らせる問題がある。

- 3) 結果的に逃げ遅れて人的被害に至っている。崩壊の兆候を見逃したり気付くのに遅れたりしたことが考えられる。すなわち、危険な兆候を見逃す問題もある。
- 4) 掘削中の斜面崩壊を防止する適当な仮設の工法がない。平坦な地盤を溝状に掘削する工事は軸対称な条件であり、左右の壁の間に切梁を設置することで反力をとれる（土止め支保工）。一方、斜面は非対称な条件であるため崩壊に抵抗する反力の確保が容易でない。本格的な工法は種々あるものの仮設として適当なものは無いのが現状のようである。



図Ⅱ-2-5 工事中に発生した土砂崩壊の生き埋め事故

以上のように、土という材料には危険判別の難しさや仮設による崩壊防止の難しさがある。そのような状況にあっても労働災害（人的被害）は確実に防止されなければならない。ここではその一手段として斜面崩壊の兆候を早期に捉えて現場内に知らせる簡易な計測システムを紹介する¹⁾。

3.2 土砂崩壊の簡易危険検出システム

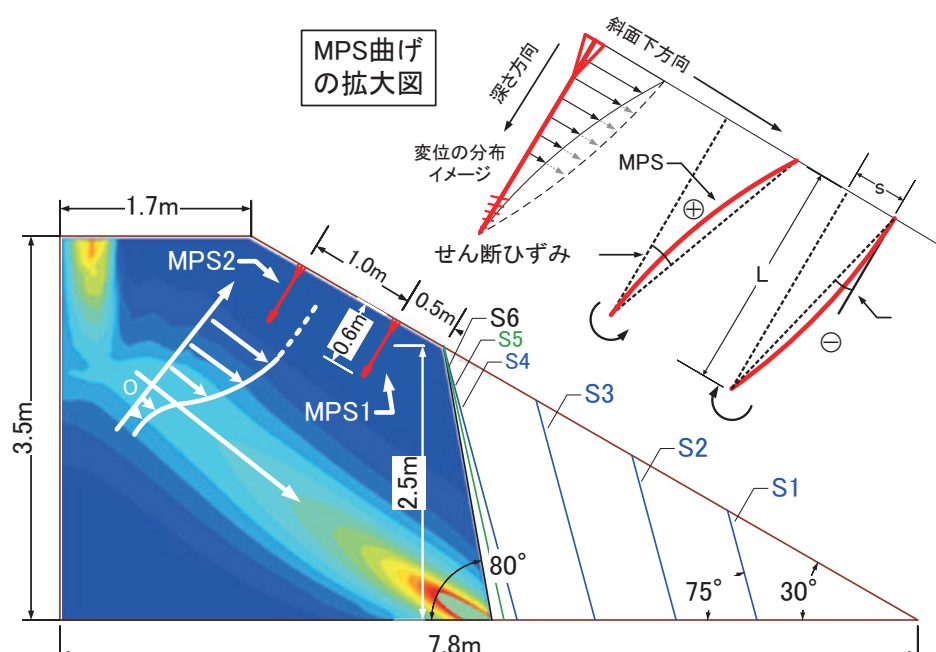
図Ⅱ-2-6 はせん断ひずみが卓越する推定すべり面上の任意な位置 0 点において、その垂直方向に分布する変位のイメージを示す。0 点での接線に平行な変位はすべり面近くで変化が大きく、離れた部分で増加は収束する。そのため浅い表層付近のせん断ひずみは従来微小と見なされ計測対象とはされなかった。

しかしながら、本研究では表層のせん断ひずみがすべりと連動して増加するものと考え、その計測方法の検討を重ねた。表層に着目した理由は、表面の変位や傾斜よりもその変化の元となっている地中のせん断ひずみを直接計測した方が反応は敏感に捉えられると考えたためである。また、計測対象を浅い部分とすることでセンサー自体を小型化でき、設置も容易となる。したがって、工事現場でも利用しやすくなる。

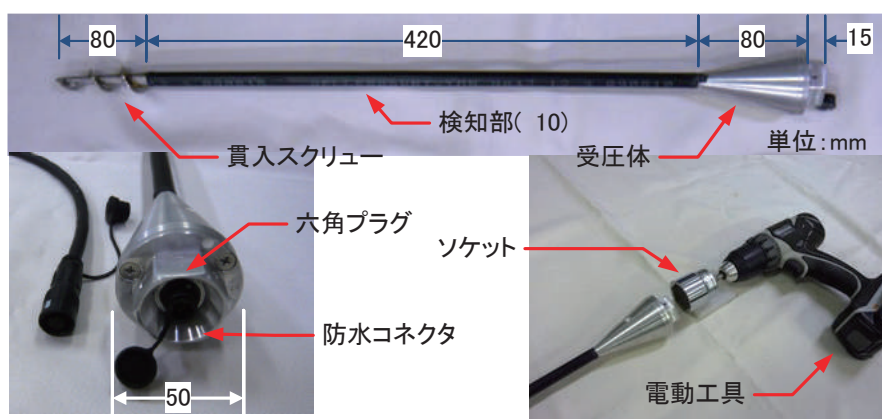
本研究では、表層のせん断ひずみを計測するセンサーとして「表層ひずみ棒」を考案した²⁾。このセンサーは短い棒の下端にスクリュウを備えたものであり、本稿では Mini Pipe Strain meter を略して MPS と呼ぶ。MPS は回転させながら斜面に貫入設置するセンサーであり、この棒の曲げ変形によってせん断ひずみの増加を捉えるものである。

図Ⅱ－２－７はその外観を示す。MPS は全長 595mm、最小直径（パイプ）10mm、最大直径（受圧体）50mm、重量約 3.6N の小型のセンサーである。先端には長さ 80mm の貫入スクリューを有する。MPS は曲げ変形して反応するセンサーであり、値の正負は先の図Ⅱ－2-6 中に示した曲げ方向に対応する。棒に貼り付けたひずみゲージは耐候性を有する保護チューブで覆った。長さ L に対する端部のたわみ s の比を式 (1) に示すように換算せん断ひずみ s (%) と定義し、MPS の出力は L に変換して整理した。

$$\theta (\%) = \frac{s}{L} \times 100 \quad (1)$$



図Ⅱ-2-6 斜面内部の変位とせん断ひずみの分布イメージと実験での掘削の位置と MPS の設置位置



図Ⅱ-2-7 表層ひずみ棒(MPS) センサーの外観と構成



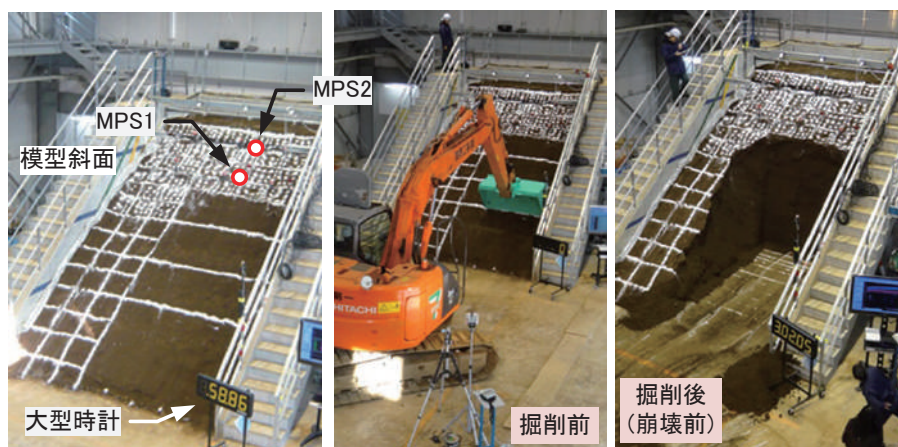
図Ⅱ-2-8 MPS と警報器と受信器によって構成する「土砂崩壊の簡易危険検出システム」

図Ⅱ-2-8 は MPS を含む「土砂崩壊の簡易危険検出システム」を示す。警報器にはデータ収録とその演算機能がプログラムされている。ケーブルを接続すると自動的に計測を開始し、危険な兆候を捉えるとライトとブザーで警報する。またその警報は電波で伝達され建設機械などに置いた受信器で知ることができる。

3.3 土砂崩壊実験による検知性能の確認

最適含水比に調整した関東ロームをドラグ・ショベル（以下、建設機械という）で図Ⅱ-2-9のように盛土して模型斜面を作製した。盛土した土試料にはその自重のみが作用するようにし、正規圧密状態の軟らかな地山を再現した。

模型斜面は高さ 3.5m、幅 4.0m に勾配 30 度に成形し、奥行き 1.7m の天端を与えた。擁壁と模型斜面の間には摩擦を軽減するためのシートを 3 面に配置した。また、斜面の表面には観察用のマーキングを施した。掘削は図Ⅱ-2-9 に示す幅 4.0m の斜面のうち、向かって右側の幅 2.5m 部分に対して行い、右側壁が対称面となるようモデル化した。このモデルは先の本第 3 節第 2 項に紹介した災害状況を一部再現したものである。



図Ⅱ-2-9 模型斜面を部分掘削する様子

3.4 掘削からしばらく経って崩壊するケースでの予知

実験結果の詳細は既報³⁾に譲るが、斜面は掘削終了から約 24 分後に崩壊し、クリープ的な現象が再現された。このような崩壊までのタイムラグは作業者に安定の判断を誤らせる可能性がある。また、目視では変位や亀裂を発見できないことも明らかとなった。一方、

MPS は崩壊 24 分前からひずみ速度の増加を検知し、崩壊約 30 秒前には実際に警報を発することに成功した⁴⁾⁵⁾。この時間は数十メートルの避難を可能にするもので、少なくとも土砂の直撃による人的被害は軽減できる可能性が高い。

なお、今回得られた結果は本実験に固有なものでもあり、条件が異なる様々な現場で同じようなタイミングで警報できるとは限らない。これは現場の土質や施工条件の違いによって土の動きは異なるためであり、MPS の反応には差を生じるためである。

したがって、MPS の利用ではその性能を過信しないことが重要である。本計測の目的は、これまでは現場技術者の経験（目視）に委ねられてきた危険の把握を計測技術で「支援する」ことである。MPS は人間による監視を補助する装置であって、安全装置とは本質的に異なる。計測を過信して逆に危険とならないよう利用では留意する必要がある。

3.5 実際の工事現場における MPS の利用例

図Ⅱ-2-10 と図Ⅱ-2-11 は実際の工事で MPS が使用された例を示す。道路盛土に図Ⅱ-2-10 のような変状（亀裂）が生じたため、補強工事が行われた。その方法は図Ⅱ-2-11 に示すような斜面の法尻部を掘削した後にカゴ枠を設置し、盛土を安定化させるものであった。すなわち、先の本第3節第2項に紹介した災害事例の工事（図Ⅱ-2-5）と類似するものであった。



図Ⅱ-2-10 道路盛土に生じた変状とその下方における補強工事



図Ⅱ-2-11 盛土斜面の法尻掘削(左)と掘削部の上方に設置した MPS 装置(右)

MPS は掘削箇所の上部に設置して斜面の動きを監視させた。本工事では MPS に加えて変位も計測したが、全工程を通じて顕著な変化は見られなかった。それは本工事に先立って水抜き工や斜面補強などの入念な安定対策が施されていたためと見られ、崩壊等のトラブルがなく無事工事は完了した。

今回利用した事業者からは、設置が容易で使いやすく、現場で斜面の動きを直接知ることができるためわかりやすいなどの感想が寄せられた。

3.6 まとめ

本研究では本第3節第2項に整理した4つの問題点に着目して ICT による解決を検討した。具体的には、計測技術を利用した斜面の監視であり、ここでは工事中の現場で利用しやすい簡易なシステムの提供を重要テーマに位置づけた。そして「表層ひずみ棒」(MPS)という新たなセンサーを考案するとともに、計測と演算の機能を内蔵させた警報装置を開発してシステム化した。本システムは危険な兆候を検出するとライトとブザーで警報するものであり、さらに無線でその情報を伝達する。

実大規模の斜面崩壊実験を行ったところ、MPS は小さな変化を確実に捉え、崩壊約 30 秒前に実際に警報を発した。すなわち、目視では気づけない変化をいち早く捉えて、崩壊危険を「見える化」した。

図Ⅱ-2-5 や図Ⅱ-2-11 に示したような斜面において、掘削に先立って MPS を上部に設置しておけば、工事中の変化を計測することができる。そして、危険な兆候を早期に察知できれば作業者を崩壊前に避難させられる。

土砂崩壊による労働災害を防止するためには、崩壊そのものを防止することが第一である。しかしながら、土という自然材料は強さを知ることが容易でない。また、地震や豪雨などの災害後は地盤が劣化しているため、その復旧工事には2次災害の危険が伴う。したがって、さらなる安全には、たとえ崩壊しても人的被害は発生させないための対策も講じておくことが必要ではないだろうか。

本研究では、危険な兆候が目視では判別しにくい土の変形について、ICT の利用による把握を試みた。今後も研究を継続して性能の向上を図るとともに、その適用性などについて調査する予定である。

(玉手聡委員)

参考文献

- 1) 建設業労働災害防止協会ホームページ：ICT 研究開発事例，土砂崩壊の簡易危険検出システム，https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/entry/003276.html
- 2) 玉手聡：貫入型パイプひずみ計，特許公報，P4942348，pp.1-11，2012.
- 3) 玉手聡，堀智仁，三國智温，伊藤和也，吉川直孝，末政直晃：斜面の浅い部分のせん断ひずみ計測による崩壊予兆の把握に関する大型模型実験，土木学会論文集 C，Vol.69，No.3，pp.326-336，2013.
- 4) 三國智温，玉手聡，堀智仁，末政直晃：崩壊部周辺における斜面表層のせん断ひずみ計測，第48回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.1903-1904，2013.
- 5) 労働安全衛生総合研究所：土砂崩壊の実大シミュレーション実験，<http://www.jniosh.go.jp/group/construction/simulation/simulation.html>

第4節 過去の災害復旧・復興工事における災害事例からみた ICT 活用の有効性の検討

前節の玉手委員による研究では、地震によって崩壊した斜面を補強する復旧工事に発生した2次災害を題材として、かかる斜面崩壊の兆候を ICT によって早期に捉えて現場内に周知することによって重大事故のリスクを低減させ、安全面を補完する計測システムの活用可能性が示唆された。

第Ⅱ部第2章第1節でみたように、災害復旧・復興工事の死亡災害は「崩壊・倒壊」「はさまれ・巻き込まれ」が多く、「地山・岩石」「掘削用機械」に起因して発生している割合が高いことに特徴づけられる。

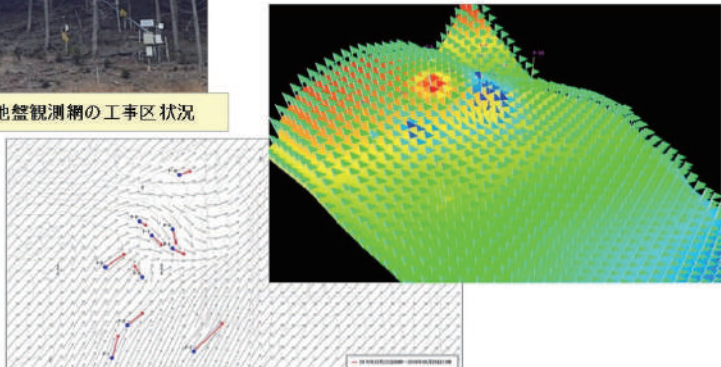
このような災害発生状況の特徴に着目して、安全面を補完する ICT の活用可能性を探索することは、広く災害防止に資するだけでなく、本データベースを利用する建設ユーザー及びメーカー双方の利益に繋がるものである。

そこで、まず、災害復旧・復興工事における ICT の活用を検討するにあたり、前掲第3節で玉手委員が取り上げた災害事例をパイロットケースとして、安全面を補完する視点から当該事例に有効であると想定される ICT との関連を検討する。ここでは、①当該事例に対応する従来の対策とその問題点、② ICT を活用した補完的な安全対策とその効果、③その対策を講じてもなお残留するリスクの3点から整理することとする。

起因物	地山、岩石	事故の型	崩壊、倒壊	災害発生年	H17
災害事例	農業用水路の災害復旧工事現場において、地山斜面下の土止め用大型フトン籠（高さ1.5m 幅5m 奥行2m）の中で詰石作業を行っていたところ、地山法面が幅13m、高さ13m（土量約254 m ³ ）にわたり崩壊し、逃げ遅れた作業員2名が生き埋めとなった。大型フトン籠内で一緒に作業していた他の3名は直前に退避し無事であった。				
従来の対策の概要とその問題点	斜面崩壊による災害防止には、計画の設計段階から設計・施工までの全工程を通して安全な状態を維持することが必要となる。具体策は、次のとおり。 ①作業者が斜面下の危険箇所で作業を行う必要性の是非を検討。 ②施工途上の斜面の安定性を検討し、「逆巻き施工」「計測施工」等、適切な工法を用いる。 ③「仮設の土止め設置」等、より安全な施工方法を検討。 上記に対する問題点としては、災害復旧工事の場合、高度な緊急性を求められることから、十分な検討を行う時間的余裕がなく、より簡便な工法を採用する可能性があるとともに、人が介在する限り100%の災害リスク除去は困難である。				

ICT-DB 掲載事例のうち、本件に対応可能な技術として次の3ケースが活用できると考えられる。

No.1 【活用事例】地盤防災モニタリングシステム（14-10）

ICT を活用した補完的安全対策とその効果	【概要・活用方法】 自立型地盤観測網は、計測機器を効果的に配置することで斜面全体の巨視的な地盤挙動を把握し得る観測網を構築し、地すべりの予兆現象や規模等を捉えることを目的とした斜面監視体制である。 地盤防災モニタリングシステムは、自立型地盤観測網の観測結果をリアルタイムに受信し、分析・可視化を行うことで観測エリア内の面的な地盤挙動を視覚情報として把握することが可能とする。 ①土工事を行う周辺地山に自立型地盤観測網を構築することで土工事に伴う地盤挙動を早期に把握し、地盤災害の早期対策および作業員や第三者への注意喚起へ活用する。 ②降雨や地震等による地盤災害の恐れがある斜面・のり面に自立型地盤観測網を構築し、地すべり等の地盤災害の予兆を早期に把握することで被害の除去や軽減を目的とした地すべり対策工事に活用する。  造成工事における自立型地盤観測網の工事区状況  地盤防災モニタリングシステムにおける可視化事例 【特徴・効果】 ①太陽光パネルおよび鉛蓄電池を搭載しており、商用電源の確保が難しい環境下でも長期的な運用が可能となる。 ②域内無線通信網や携帯パケット通信網を介した計測データの収集が可能であり、通信線の敷設といった危険作業が不要となる。 ③観測結果をリアルタイムに受信し、分析・可視化することでリアルタイムな地盤挙動を把握することが可能となる。
ICT を活用してもなお残るリスク	【活用上の注意点】 ①十分な日照が得られない箇所では、十分な電力を確保することが難しい。 ②地盤傾斜計の観測値は定量的な管理基準がないため、数値による監視には不向きである。

No.2 [研究開発事例] 土砂崩壊の危険検出システム (32-1)

ICT を活用
した補完的
安全対策と
その効果

【概要・活用方法】

工事中の斜面において土砂崩壊の危険を監視する装置である。簡易センサーの「表層ひずみ棒」(以下、MPS という)を斜面に設置し、地中内で微増するせん断ひずみを計測する。これは、土の変形が「止まっている」のか、それとも「継続している」のかを視覚的に示す物であり、せん断ひずみの増加が一定速度以上になると一次警報(D1)を発し、さらに加速度的な増加を検出すると二次警報(D2)を発する。さらに検出した危険は警報器から無線で受信機へと伝達される。この受信器には室内設置型と重機等の運転席に置くカップホルダー型の2種類がある。

掘削開始前の斜面にあらかじめMPS を貫入設置して使用する。MPS 専用の警報器とともに使用すればケーブルを接続するだけで電源が自動投入され、データの収録とその解析を開始する。解析結果に D1 が検出されると黄色ランプが点灯し、さらに D2 を検出すると赤ランプとブザーが作動する。MPS とその警報器の構成を「土砂崩壊の簡易危険検出システム」と呼ぶが、MPS 単体をセンサーとして使用することも可能である。その場合は汎用装置等でデータ収録して使用する。

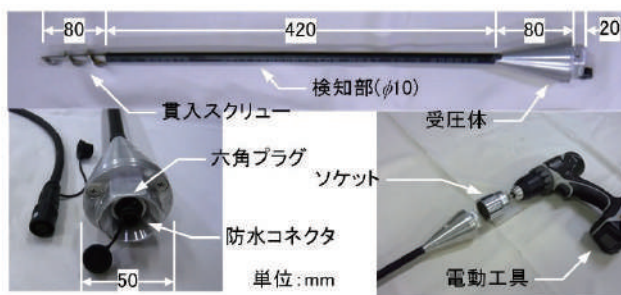


図1 写真上はセンサー本体(表層ひずみ検 Mini Pipe Strain meter, MPS)の外観。左下は計測用の接続コネクタの部分。右下は地盤への貫入に使用する電動工具。



図2 右はMPSセンサーに接続した警報器(データ収録とその解析及びライトとブザーによる警報とそれを電波で送信する)。左と中央は受信器(電波を受信して警報を受取る。重機の運転席や事務所などに設置)

警報器5台まで
受信可能



図3 左は受信器の表示部(最大5台の警報器から受信可能、ランプの色で監視中、注意、警報を示す)。右は重機運転席のカップホルダーに置いた受信器。

	【特徴・効果】 目視では判別が難しい崩壊前の僅かな地山の動きを検出する。 具体的には、土のせん断ひずみのクリープ的な増加を検出すると警報を発する。 崩壊までの時間的猶予内(タイムラグ)に作業者を避難させて人的被害を軽減する。
ICT を活用してもなお残るリスク	【活用上の注意点】 本計測システムはあくまでも人間による監視を支援するものとして利用することが重要。

No.3 [ICT 活用事例] 法面傾斜監視クラウドシステム [OKIPPA104] (17-6)

ICT を活用した補完的安全対策とその効果	【概要・活用方法】 ①本システムは、センサボックスだけで始められる傾斜監視クラウドシステムである。 ②自営の基地局及び配線(給電、通信)を整備することなく、省電力広域無線通信 LPWA(※)を搭載した小型センサボックス(10cm×10cm×4cm)を計測したい箇所(切盛土の法面や擁壁、護岸、柱状物等)に設置するだけで、傾斜角度や衝撃、位置情報等の計測データをクラウドサーバ上の管理システムへ無線通信転送することで、インターネット環境にある PC やスマホ等により常時確認することができるシステムである。 (※)LPWA : Low Power Wide Area の略 ■土砂部 ■コンクリート部 ■金属部 【特徴・効果】 <センサボックス> ・自営の基地局及び配線の設置・保守が不要。 ・センサボックスを設置するだけで監視を開始可能。 ・電池で稼動し、電池交換は2年間不要(1時間に1回通信する場合)。 ・ボックス設置方法は、ビス及びアンカー止め、マグネット利用から選択可能。 <管理画面> ・広域省電力無線通信 LPWA(sigfox)でクラウドサーバへ送信し、インターネット上の管理画面で常時確認可能。
-----------------------	---

	・遠隔操作で、計測及び通信間隔を変更可能(傾斜角度の計測最小間隔:15 分に 1 回)。 ・閾値の任意設定により、メール等でアラート通知が可能。 ・計測データは、CSV や Excel で取り込み可能。 ・任意の日付を計測開始日の「起点」として計測値を差分表示することが可能。
ICT を活用してもなお残るリスク	【活用上の注意点】 ①本システムは、巡視による目視点検の補佐として活用することが重要である。 ②傾斜角度の計測精度は約 0.1 度であるため、監視目的に応じた運用が必要である。

上記 3 ケースから ICT 活用によって、より安全な施工のため従来工法をアシストする技術であることがわかるが、人が介在する以上、現行の技術のみをもって本質安全化の実現は困難であり、かかるリスクを可能な限り、安全へと近づけていくことが必要である。そこで、上記 3 ケースに共通する対応策を次にまとめた。

残留リスクへの対応策	① 当該監視システムの適切な運用のための体制整備及びその周知。 ② 計測データの性能向上、データ管理基準の設定、など
------------	---

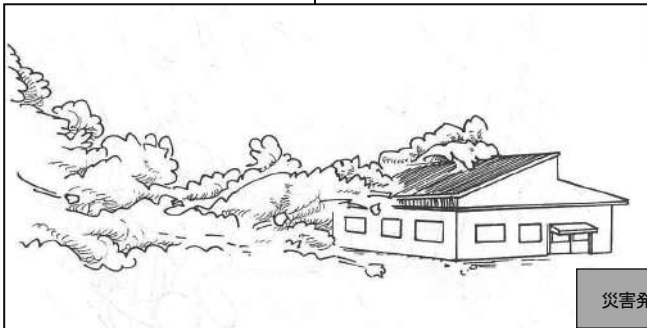
以上の整理により、従来の対策と ICT 導入による対策との違いが明らかになるとともに、本質安全化へ向け、現存する ICT の改良点が明確化された。これにより建設ユーザーにとっては、活用上の注意が喚起される一方、メーカーにはさらなる技術の向上と発展を促すことが可能となる。

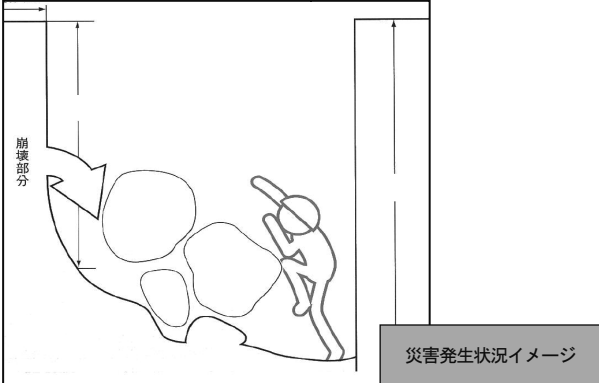
なお、災害復旧・復興工事にかかる過去の死亡災害事例については、次の表Ⅱ-4-1 のとおり 16 件把握しているが、その分析は次年度実施することとしたい。

表Ⅱ-4-1 災害復旧・復興工事にかかる過去の死亡災害事例

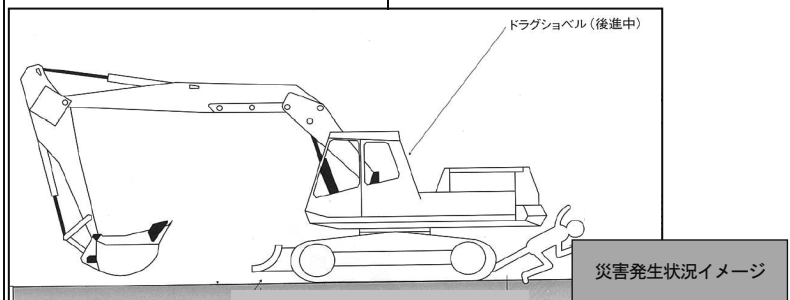
起因物・事故の型別	事故の型	発生年	No.	災害事例タイトル	災害事例
地山、岩石による崩壊災害	崩壊、倒壊	H17	1	地山斜面下の土止め用大型フトン籠の中での詰石作業中に地山法面が崩壊。	農業用水路の災害復旧工事現場において、地山斜面下の土止め用大型フトン籠(高さ 1.5m 幅 5m 奥行 2m)の中で、詰石作業を行っていたところ、地山法面が、幅 13m、高さ 13m (土量約 254m ³)に渡り崩壊し、逃げ遅れた作業員 2 名が生き埋めとなった。大型フトン籠内で一緒に作業していた他の 3 名は直前に退避し無事であった。
	飛来・落下	H20	2	転圧作業を行うため工区外に停めてあったハンドガイドローラーを取りに行ったところ、上部から落石があり被災した。	林道災害復旧工事現場において、転圧作業を行うため工区外に停めてあったハンドガイドローラーを取りに行ったところ、上部から落石があり被災した。  災害発生状況イメージ 出典：建災防 安全衛生教育用労働災害事例集 P45 イラスト
	飛来・落下	H22	3	ブラケット足場上でブロック間の目地作業をしていたところ、山腹上方からの落石に跳ね飛ばされるかたちで足場から落下した。	災害復旧治山事業に係る山腹への土止壁設置工事において、被災者は積上げた土止めブロック面に取付けたブラケット足場(高さ 1.5m)上でブロック間の目地をブラシで掃除していたところ、山腹上方からの落石に跳ね飛ばされるかたちで足場から落下した。落石した岩は作業箇所より上方 100m 付近と推測されるが場所の特定はできず。落石した岩の寸法は最も大きなもので 60cm 角である。

起因物・事故の型別	事故の型	発生年	No.	災害事例タイトル	災害事例
地山、岩石による崩壊災害	飛来・落下	H22	4	ブレーカにて法面の浮石を破碎中に、浮石が滑落しブレーカのキャビンに飛び込んだ。	災害復旧工事用の仮設道路建設のため、ブレーカにて法面の浮石を破碎中に、浮石が滑落し、ブレーカのキャビンに飛び込み、運転していた被災者の大腿部に当たった。
	崩壊、倒壊	H24	5	トレーラーが、山中の公道を走行中、道路脇斜面から落石があり、運転席部分の屋根を直撃。	重機（ドラグ・ショベル）を積載したトレーラーで、山中の公道を走行中、迂回路から市道へ戻る合流地点で切り返しをしている時に、道路脇斜面から落石があり、運転席部分の屋根を直撃し被災した。直撃した落石は、約 60 c m×約 40 c m×約 30 c m
				 災害発生状況イメージ 出典：建災防 安全衛生教育用労働災害事例集 P45 イラスト	
				 災害発生状況イメージ 出典：建災防 安全衛生教育用労働災害事例集 P46 イラスト	

起因物・事故の型別	事故の型	発生年	No.	災害事例タイトル	災害事例
地山、岩石による崩壊災害	崩壊、倒壊	H25	6	休憩箇所上方の法面が崩落し、5 名が崩落した土砂に巻き込まれ死亡。	道路災害復旧工事現場において、法肩から約 14～ 20m 下（直高）の法尻付近で作業者 8 名が土止め用のふとん籠の設置作業を行っていた。作業者 8 名は法尻の水路付近で午後の休憩を取っていたところ休憩箇所上方の法面が崩落し、5 名が崩落した土砂に巻き込まれ死亡した。また、重機内（ドラクショベル）で休憩していた 2 名は土砂で重機が横転した際に負傷（打撲）した。  災害発生状況イメージ 出典：建災防 安全衛生教育用労働災害事例集 P43 イラスト
	崩壊、倒壊	H19	7	掘削した法面付近に逆 T 字型擁壁を建設中、杭打ち作業中に土砂崩壊が発生し、1 名が被災。	台風により崩壊した道路・法面の改修補強工事現場において、高さ約 12m の法面を高さ 6～ 3m、勾配 3 分（73 度）で災害発生日約 1 ヶ月前に掘削し、掘削した法面付近に逆 T 字型擁壁を建設中、逆 T 字型擁壁設置のための場所が不足していたため、法面を掘削し、付近で地ならし、杭打ち作業中に土砂崩壊が発生し、1 名が被災した。  災害発生状況イメージ 出典：建災防 事例に学ぶ安全対策第 5 集 P6 イラスト

起因物・事故の型別	事故の型	発 生 年	No.	災害事例タイトル	災害事例
地山、岩石による崩壊災害	崩壊、倒壊	H19	8	掘削作業中、掘削溝内部の掘削法面が崩壊し土砂に埋まった。	災害復旧工事現場において、被災者が車両系建設機械（ドラグ・ショベル）を使用して、ケーブルクレーンのアンカー設置のための穴を掘削（掘削勾配は約 90 度）作業中、当該掘削溝内部に被災者が立ち入ったところ、掘削法面が崩壊し、被災者の全身が崩壊した土砂に埋まった。  出典：建災防 事例に学ぶ安全対策第2集 P10 イラスト

起因物・事故の型別	事故の型	発生年	No.	災害事例タイトル	災害事例
掘削用機械による、はさまれ災害	激突され	H19	9	トラッククレーンとクローラ式ドラグ・ショベルを所定駐車位置で縦列駐車しようとした際、前に駐車したトラッククレーン運転手（被災者）が、後から来たドラグ・ショベルに轢かれた。	道路復旧工事において、昼休みに入るためトラッククレーンとクローラ式ドラグ・ショベルを所定駐車位置で縦列駐車しようとした際、前に駐車したトラッククレーン運転手（被災者）が、後から来たドラグ・ショベルに轢かれた。被災者は一度ドラグ・ショベルの左側（運転席脇）から後ろを通り右前側に回りこんでおり、ドラグ・ショベルオペレーターからはバケットで死角となる位置であった。
	はさまれ、巻き込まれ	H23	10	ドラグ・ショベルが後退してきて、作業員が轢かれた。	被災者は、歩道側の縁石に「墨出し」をした後、墨の付き具合を見るため屈んでいたところ、路盤を掘削していたバケット容量 0.1 m ³ のドラグ・ショベルが後退してきて、轢かれた。
	はさまれ、巻き込まれ	H24	11	整地作業を行っていたドラグ・ショベルが後進した際、後方にいた被災者がクローラに轢かれた。	道路災害復旧工事において、整地作業を行っていたドラグ・ショベルが後進した際、当該ドラグ・ショベルの後方にいた被災者がクローラに轢かれた。



出典：建災防 事例に学ぶ安全対策第1集 P27 イラスト

起因物・事故の型別	事故の型	発生年	No.	災害事例タイトル	災害事例
移動式クレーンによる災害	激突され	H28	12	敷鉄板の搬出作業中、ドラグショベルで吊り上げた敷鉄板をダンプ荷台上で荷受けしていた被災者が、敷鉄板とダンプのあおりに挟まれた。	災害復旧工事の現場において敷鉄板の搬出作業中、ドラグショベルで吊り上げた敷鉄板をダンプ荷台上で荷受けしていた被災者が、敷鉄板とダンプのあおりに挟まれた。
	飛来、落下	H19	13	コンクリートブロックを積載形移動式クレーンで積み込もうと吊り上げて旋回したところ、積載形移動式クレーンが傾きだし、傾いたアウトリガーと地面にあったコンクリートブロックの間に挟まれた。	自社資材置き場からコンクリートブロック（1×1×1m）を運搬するために積載形移動式クレーンで3個を荷台に積み4個目を別のトラックに積み込もうと吊り上げて旋回したところ、積載形移動式クレーンが傾きだしたため、右側の操作位置から前方に逃げようとした時に、傾いたアウトリガーと地面にあったコンクリートブロックの間に挟まれた。
	はさまれ、巻き込まれ	H24	14	足場の解体材を移動式クレーンを用いて積み込んだ後に、被災者が、同クレーンを移動させようと、アウトリガーを10数cm程度引き上げたところ、同クレーンが後退したことにより、アウトリガーと鋼製擁壁との間に挟まれた。	豪雨により崩壊した林道の復旧工事現場において、足場の解体材を移動式クレーン（積載型トラッククレーン、吊上荷重2.9t）を用いて積み込んだ後に、被災者が、同クレーンを移動させようと、アウトリガーを10数cm程度引き上げたところ、同クレーンが後退したことにより、アウトリガーと鋼製擁壁との間に挟まれた。
	はさまれ、巻き込まれ	H25	15	ホイールクレーンのエンジンを停止し、運転席から降りたところ、角度9度の坂道に停車していたホイールクレーンが動き出し、坂を下り始め、ホイールクレーンに巻き込まれた。	災害復旧工事現場において、被災者は、同僚とホイールクレーンでホッパーを吊り上げ、生コン打設作業を行った。作業終了後、アウトリガーを収納し、敷板を片付け、作業日報に作業終了の確認のサインを受領するため、パーキングブレーキをかけ、ホイールクレーンのエンジンを停止し、運転席から降りたところ、角度9度の坂道に

					停車していたホイールクレーンが動き出し、坂を下り始め、ホイールクレーンに巻き込まれた。
	はさまれ、巻き込まれ	H26	16	仮置き場に降ろす作業をするとき、吊り上げた六脚ブロックが既設の六脚ブロックと接触し、反動で六脚ブロックがずれ動き、合図をしていた被災者がオールテレーンクレーンのアウトリガーと六脚ブロックの間に挟まった。	港湾工事において、トレーラーの荷台に積んだ六脚ブロック（20 t）を 130 t オールテレーンクレーンで吊り上げ、仮置き場に降ろす作業をするとき、吊り上げた六脚ブロックが既設の六脚ブロックと接触し、反動で六脚ブロックがずれ動き、合図をしていた被災者がオールテレーンクレーンのアウトリガーと六脚ブロックの間に挟まった。

出典：建設業労働災害防止協会発行 安全衛生年鑑

第3章 次年度の検討課題

本年度は、VR及び災害復旧・復興工事を二大テーマとして、建設工事の災害防止に有用なICT活用にかかる検討を行ったものであるが、いずれも検討途上であり、次年度はそれぞれ次の点について検討する必要があると考える。

第1節 VR等を用いた安全衛生教育体系のあり方に関する検討

1.1 建設工事におけるVR事例の収集調査

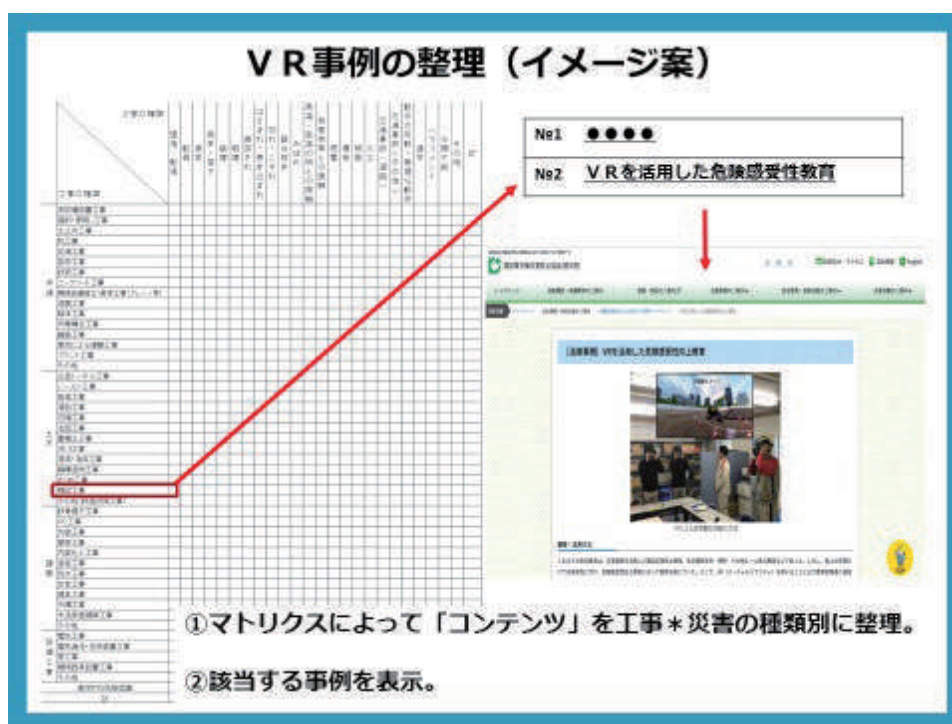
本年度実施した試行調査の結果を踏まえ、未だVR教育が浸透していない状況において建設工事業者（ユーザー）のみを対象として収集したとしても、実数が少なく、似通った内容となってしまうことが予想される。したがって、建設工事業にVR機材を提供するメーカーも対象として調査を実施することとする。

については、事例収集調査の帳票をメーカー側も視野に入れた項目設定へと変更する必要がある、その具体的な検討については、次年度の検討課題とする。

1.2 建設工事におけるVR事例の整理

前掲の調査によって収集した事例をICTデータベースに掲載するにあたり、本年度はその整理の方法と構成案を提示した（図Ⅲ－3－1）。

- ① 該当する「工事（作業）の種類」と「災害の種類」のマトリクスによって収集した事例を整理する。
 - ② ①の整理表のなかに事例を格納し、該当する事例をマトリクス別に表示する。
- かかるフローに即して、次年度はICTデータベースへの掲載を進める。



図Ⅲ－3－1 VR事例の整理（イメージ）

1.3 建設工事の安全衛生教育におけるVR教育のあり方

本年度の事例収集及び試行実施調査を通じて、建設工事におけるVR教育の普及は未だ発展途上であることがわかった。現時点では、VRを用いた単発の体験のみに終始するケースも散見され、その効果を疑問視する建設事業者も存在する。他産業の先進事例を踏まえると、その目的を明らかにしたうえで、五感に訴えるVR教育を他の教育と重疊的に組み合わせ、体系化することが有効である。次年度は、安全衛生教育におけるVR教育をどのように位置づけ及び体系化するか等、そのあり方について検討する（図Ⅲ－3－2）。



図Ⅲ－3－2 VR事例の活用方法と今後の方向性

次年度のあり方を検討するにあたって、具体的には次の事項を実施する。

- ① 他産業の先進事例（公益財団法人鉄道総合技術研究所、全日空総合トレーニングセンターANA Blue Base等）の取組状況を視察したうえで、建設業に転用できる手法及び体系的なプログラム（運用を含む）を提示する。
- ② VR教育にかかる効果測定、その結果に基づく受講者アンケートを作成する。
- ③ VR作製メーカーの把握と次のコンセプトで協同化する。
 - ・ レジリエンス向上の視点からのVR教育教材の開発
 - ・ VR安全教育のパイ拡大
 - ・ VR開発分野の不均衡の是正
 - ・ ユーザーとのニーズ、シーズに関する相互意見交換の場の設定

第2節 災害復旧・復興工事の災害発生事例からみた ICT 活用可能性に関する検討

2.1 災害復旧・復興工事における災害事例と ICT の活用

前章で述べたとおり、本年度は災害復旧・復興工事の二次災害事例として1ケースを取り上げ、検討を行った。次年度はさらに事例の範囲を拡げ、対応可能な ICT 及びその技術を活用してなお残る課題に関する整理・検討を行うこととする。

2.2 災害復旧・復興工事に着目したデータベースの事例整理

現行運用しているデータベース（ICT-DB）は、活用分類、工事、抑止可能なリスク（災害の種類）等、主要カテゴリー別に ICT 事例を整理しているものであるが、災害復旧・復興工事については「危険作業対策」のカテゴリーにおいて「災害復旧工事」として、実際の工事現場で活用された40のケースが掲載されている（図Ⅲ－3－3）。

危険作業対策 災害復旧工事		
現在位置 / トップページ / 安全管理・技術支援のご案内 / 労働災害防止のためのICT活用データベース / ICT活用事例 / 危険作業対策 災害復旧工事		
危険作業対策 災害復旧工事 事例一覧		
技術名称	企業名	登録番号／掲載日
河川出水警報システム【T-iAlert® River】	大成建設株式会社	15-2 2019年4月15日
振動ローラーによる自律転圧作業【T-ROBO® Roller】	大成建設株式会社	15-5 2019年4月15日
iPadによる工事写真撮影及び検査書類整理	松井建設株式会社	16-1 2019年4月15日
法面傾斜監視クラウドシステム【OKIPPA104】	西松建設株式会社	17-6 2019年4月15日
工事写真管理システムの小黒板情報電子化【デキスパート】	株式会社ピーエス三豊	18-1 2019年4月15日
ドローンによる写真測量	株式会社ピーエス三豊九州支店	18-2 2019年4月15日
地盤・仮設構造物変位自動計測システム【Tメッシュネット】	株式会社竹中土木	20-3 2019年4月15日
GNSS活用海中障害物撤去システム	株式会社大本組本社	13-8 2019年4月15日
レーザースキャナ活用建設機械自動運転機能【インテリジェントマシンコントロール油圧ショベル】	株式会社淺沼組	12-4 2019年4月15日
ドローンによる空中撮影	株式会社淺沼組	12-3 2019年4月15日
テレビ電話活用現場管理システム【スマートクローバー】	日本国土開発株式会社	23-5 2019年4月15日
ドローン活用空撮・地形測量	日本国土開発株式会社	23-6 2019年4月15日
GNSS活用重機土工【マシンガイダンス】	日本国土開発株式会社	23-7 2019年4月15日
WEBカメラによる現場状況把握	鉄建建設株式会社	10-14 2019年4月15日
ドローンによる空撮と測量	鉄建建設株式会社	10-12 2019年4月15日
TS（トータルステーション）活用マシンコントロール	鉄建建設株式会社	10-11 2019年4月15日
TS（トータルステーション）活用杭芯測量	鉄建建設株式会社	10-10 2019年4月15日
2Dレーザ活用エリア監視・警報システム【レーザーバリアシステムLMSシリーズ】	鉄建建設株式会社	10-8 2019年4月15日
スマートフォン活用工事車両運行支援システム【Vas Map】	鉄建建設株式会社	10-7 2019年4月15日
気象情報自動配信システム【KIYOMASA】	鉄建建設株式会社	10-6 2019年4月15日
タブレット端末活用図面閲覧システム	鉄建建設株式会社	10-3 2019年4月15日
3Dレーザースキャナを活用した現状把握	鉄建建設株式会社	10-2 2019年4月15日
ポータブルサイフォン	株式会社大林組	24-1 2019年4月15日
BIM活用による施工計画検討	鉄建建設株式会社	10-1 2019年4月15日

図Ⅲ－3－3 ICT-DB 危険作業対策 災害復旧工事

前章で検討した「災害復旧・復興工事」の死亡災害事例に対応する ICT 事例の整理により、本データベースが目指す技術のスパイラルアップが期待できる。さらに、今後、ICT-DB の事例が増加することを加味すれば、利用者が求める情報を効率的に検索できることが求められる。とりわけ、緊急性を要する災害復旧・復興工事では、各々の現場に適した災害防止に効果のある ICT を迅速に検索することが必要であり、こうしたニーズに対応するため、新たに、過去発生した災害事例とそれに対処し得ると考えられる ICT をタイアップさせて表示のうえ、個々の ICT 事例を閲覧できるよう整理することとする。

引用文献

第Ⅰ部

第2章 第1節

- ・ 建山和由, ICT を活用した建設分野の生産性向上と労働災害防止. 労働安全衛生コンサルタント ; 2019, 39-132, 47-54
- ・ 国土交通省 HP
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html
- ・ 厚生労働省, IT を活用した新しい安全衛生管理手法のすすめ方について
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei32/>
厚生労働省, 第13次労働災害防止計画
<https://www.mhlw.go.jp/content/11200000/000341158.pdf>
- ・ 日本建設業連合会 HP <https://www.nikkenren.com/>
お手軽便利な ICT ツール集の検索
<https://www.nikkenren.com/kenchiku/saving/tools/search.html>
先端 ICT 利用に関するアンケート
https://www.nikkenren.com/kenchiku/ict/seminar/pdf/2018/H30_04.pdf

第2章 第2節

- ・ 厚生労働省. 職場のあんぜんサイト: 労働災害統計,
<https://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/anst00.htm>.
- ・ 総務省統計局: 労働力調査—過去の結果の概要,
<http://www.stat.go.jp/data/roudou/rireki/gaiyou.htm>.
- ・ 平成28年労働基準監督年報(第69回), 厚生労働省労働基準局 p.23, pp38-42

第3章

- ・ 建設業労働災害防止協会 労働災害防止のための ICT 活用データベース
https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/index.html

第Ⅱ部

第1章 第3節

- ・ 建設業労働災害防止協会. 平成30年度建設業におけるメンタルヘルス対策のあり方に関する検討委員会報告書, 2019
- ・ 建設業労働災害防止協会. 建設工事現場のヒヤリハットに関する実態調査(中間報告), 2019
- ・ 総務省. 平成30年度労働力調査年報(基本集計)
<https://www.stat.go.jp/data/roudou/report/2018/index.html>
- ・ 厚生労働省. 平成30年度労働災害発生状況(確定)
https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_04685.html
- ・ Erik Hollnagel, Nancy Leveson 他, レジリエンス・エンジニアリング—概念と指針, 2012

第1章 第5節

- ・建設業労働災害防止協会，第55回全国建設業労働災害防止大会資料集2018
- ・建設業労働災害防止協会，第56回全国建設業労働災害防止大会資料集2019
- ・建設業労働災害防止協会，労働災害防止のためのICT活用データベース
https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/index.html
- ・建通新聞 2019.2.21 4面
- ・建設通信新聞 2019.4.1 3面
- ・建設通信新聞 2019.4.10 3面
- ・日刊建設工業新聞 2019.5.28 18面
- ・日刊工業新聞 2019.7.26 3面
- ・日刊工業新聞 2019.11.15 3面
- ・建設通信新聞 2019.11.15 4面
- ・東急建設HP
<https://www.tokyu-cnst.co.jp/index/download/2922/inline/20170824VR.pdf>
- ・建設機械施工 ;2017, 69-10
- ・建設機械施工 2019, 71-4
- ・週刊アスキー <https://weekly.ascii.jp/elem/000/001/878/1878238/?r=1>
- ・静岡新聞 <https://www.ats.com/news/article/social/shizuoka/681416/html>
- ・三菱マテリアルHP
<https://www.mmc.co.jp/corporate/ja/news/press/2018/18-0530.html>
- ・マイナビニュース <https://news.mynavi.jp/article/20170626-jreastvr/>
- ・日本航空HP <https://press.jal.co.jp/ja/release/201907/005220.html>
- ・全日空HP <https://www.anahd.co.jp/group/pr/201903/20190320.html>
- ・公益財団法人鉄道総合技術研究所HP <https://www.rtri.or.jp/rd/seika/>
- ・乗り物ニュース <https://trafficnews.jp/post/87622>
- ・JR西日本HP https://www.westjr.co.jp/press/article/2018/04/page_12286.html
- ・JR東日本HP <https://www.jreast.co.jp/press/2013/20131102.pdf>
- ・全日空HP <https://www.anahd.co.jp/group/pr/201905/20190529-2.html>
- ・東京電力HP http://www.tepco.co.jp/toudenhou/hd/1510275_9039.html
- ・清水建設HP <https://www.shimz.co.jp/shimzdesign/topics/monozukuri.html>
- ・大林組HP https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20190723_1.html
- ・竹中工務店HP <https://www.takenaka.co.jp/news/2019/02/04/index.html>
- ・大成建設HP https://www.aisei.co.jp/about_us/wn/2015/150616_3698.html
- ・安藤間HP <http://www.ad-hzm.co.jp/tr/giken/>
- ・鉄建建設HP <https://www.tekken.co.jp/center/>
- ・東鉄工業HP <http://totetsu.co.jp/recruit/training.html>
- ・首相官邸高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部．世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画について 用語集
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20180615/siryou3.pdf>

- ・経済産業省北海道経済産業局．北海道 xR 企業カタログ 2019 Ver.1
https://www.hkd.meti.go.jp/hokim/20190322_2/catalog.pdf
- ・IT 用語辞典 e-Words <http://e-words.jp/>

第 2 章 第 1 節

- ・建設業労働災害防止協会．建設業安全衛生年鑑 2007 ～ 2017
- ・厚生労働省・建設業労働災害防止協会．土石流による労働災害防止に向けて
https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/leaflet/files/guideline_dosekiryu.pdf

第 2 章 第 2 節

- ・建設業労働災害防止協会．労働災害防止のための ICT 活用データベース
https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/index.html

第 2 章 第 3 節

- ・建設業労働災害防止協会ホームページ：ICT 研究開発事例，土砂崩壊の簡易危険検出システム，https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/entry/003276.html
- ・玉手聡：貫入型パイプひずみ計，特許公報，P4942348，pp.1-11，2012.
- ・玉手聡，堀智仁，三國智温，伊藤和也，吉川直孝，末政直晃：斜面の浅い部分のせん断ひずみ計測による崩壊予兆の把握に関する大型模型実験，土木学会論文集 C，Vol.69，No.3，pp.326-336，2013.
- ・三國智温，玉手聡，堀智仁，末政直晃：崩壊部周辺における斜面表層のせん断ひずみ計測，第 48 回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.1903-1904，2013.
- ・労働安全衛生総合研究所：土砂崩壊の実大シミュレーション実験，<http://www.jniosh.go.jp/group/construction/simulation/simulation.html>

第 2 章 第 4 節

- ・建設業労働災害防止協会．労働災害防止のための ICT 活用データベース
https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/index.html

第 3 章 第 1 節

- ・日刊建設工業新聞 1 面 2019.9.12

第 3 章 第 2 節

- ・建設業労働災害防止協会．労働災害防止のための ICT 活用データベース
https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/index.html

