

資料

令和5年度第7回国土技術政策総合研究所研究評価委員会

分科会（第一部会） 議事次第・会議資料

令和5年度第7回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）

議事次第

日時：令和5年11月16日（木）

場所：WEB開催

1. 開会
2. 国総研所長挨拶
3. 分科会主査挨拶
4. 評価方法・評価結果の扱いについて
5. 評価
 - ＜令和4年度終了の事項立て研究課題の終了時評価＞
 - ・ 3次元データに対応したWEB会議システムの開発
 - ・ 高頻度流域精密測量による短期・中期土砂流出対策手法高度化のための研究
 - ・ 緊急仮設橋の性能規定と部材等規格化に向けた調査研究
 - ・ 現場の環境変化を考慮した土木施工の安全対策の高度化に関する研究
6. 国総研研究総務官挨拶
7. 閉会

会議資料

	頁
資料1 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）委員一覧	203
資料2 評価方法・評価結果の扱いについて	204
資料3 研究課題資料	
3-1 3次元データに対応したWEB会議システムの開発	205
3-2 高頻度流域精密測量による短期・中期土砂流出対策手法高度化のための研究	211
3-3 緊急仮設橋の性能規定と部材等規格化に向けた調査研究	218
3-4 現場の環境変化を考慮した土木施工の安全対策の高度化に関する研究	225

注) 資料3については、研究評価委員会分科会当日時点のものである。

国土技術政策総合研究所研究評価委員会 分科会
(第一部会) 委員一覧

第一部会

主査

里深 好文

立命館大学工学部環境都市工学科 教授

委員

鼎 信次郎

東京工業大学環境・社会理工学院
土木・環境工学系 教授

齋藤 哲郎

(一社)建設コンサルタンツ協会 技術委員会委員長
大日本ダイヤコンサルタント株式会社
取締役 専務執行役員 技術本部長

関本 義秀

東京大学空間情報科学研究センター 教授

田村 圭子

新潟大学危機管理本部危機管理センター 教授

戸田 祐嗣

名古屋大学大学院工学研究科 教授

中島 典之

東京大学環境安全研究センター 教授

濱岡 秀勝

秋田大学大学院理工学研究科 教授

※五十音順、敬称略

評価方法・評価結果の扱いについて

（第一部会）

1 評価の対象

令和4年度に終了した研究課題の終了時評価

2 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を今後の研究の目的、計画等へ反映することを目的とする。

3 評価の視点

必要性、効率性、有効性の観点を踏まえ、「目標の達成度」について終了時評価を行う。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

評価にあたっては、研究開発課題の目的や内容に応じ、研究課題毎に初期、中期、後期の段階に振り分け、それぞれの段階に応じて、以下の留意すべき点を踏まえた評価を行う。

（初期段階：先進的あるいは挑戦的な取組

中期段階：実用化に向けた取組

後期段階：普及あるいは発展に向けた取組

4 進行方法

（1）評価対象課題に参画等している委員の確認

評価対象課題に参画等している委員がいる場合、対象の委員は当該研究課題の評価には参加できない。（該当なし）

（2）研究課題の説明（10分）

（3）研究課題についての評価（20分）

① 主査及び各委員により研究課題について議論を行う。

② 審議内容、評価等をもとに、主査が総括を行う。

5 評価結果のとりまとめ及び公表

評価結果は審議内容、評価用紙等をもとに、後日、主査名で評価結果としてとりまとめ、議事録とともに公表する。

なお、議事録における発言者名については個人名を記載せず、「主査」、「委員」、「事務局」、「国総研」等として表記する。

6 評価結果の国土技術政策総合研究所研究評価委員会への報告

本日の評価結果について、今年度開催される国土技術政策総合研究所研究評価委員会に分科会から報告を行う。

3次元データに対応したWEB会議システムの開発

研究代表者	: 社会資本マネジメント研究センター長 塩井 直彦
課題発表者	: 社会資本情報基盤研究室長 西村 徹
研究期間	: 令和2年度～令和4年度
研究費総額	: 約100百万円
技術研究開発の段階	: 中期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

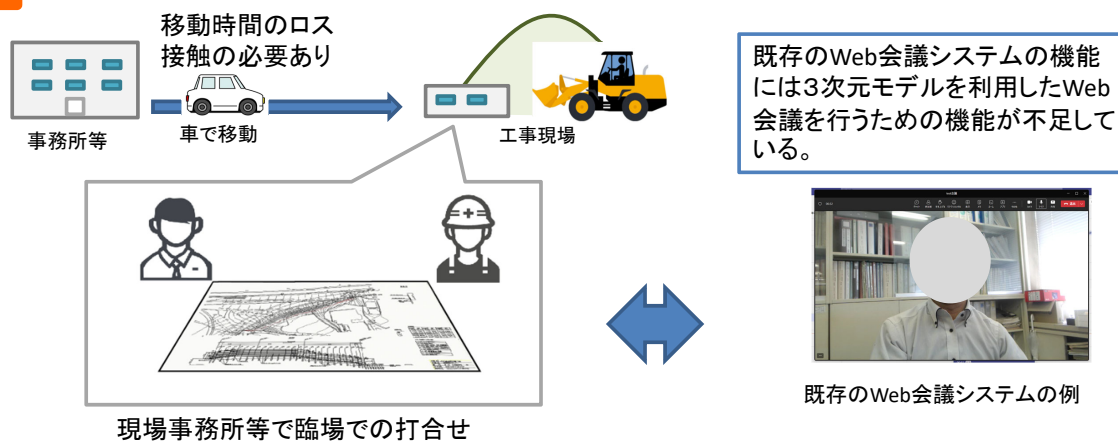


1. 研究開発の背景・課題

背景

- 建設現場における受・発注者間の打合せや地方整備局・事務所間等の打ち合わせの遠隔化は、移動時間の短縮を見込めるため、働き方改革の一環として実現する必要があった。
- 国交省として3次元モデルの利用を推進するにあたって、Web会議においても3次元モデルを利用できる環境が必要であった。

課題



- 2次元の図面では詳細な形状の把握や周囲とのとりあいなどの干涉確認が困難である。
- 2次元図面の代わりに3次元モデルを利用してWeb会議を行うためには、既存のWeb会議システムでは機能が不足している。

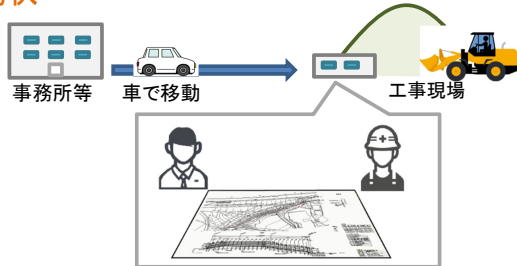


2. 研究開発の目的・目標

目的・目標

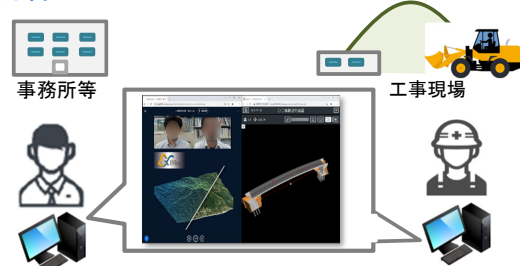
建設現場における受・発注者間の打合せの遠隔化及び高度化を実現する(アウトカム指標:移動時間の短縮による労働時間の削減)ために、3次元データに対応したWeb会議システムを開発し実際に構築することで、受発注者が本システムを利用できるようにする。(アウトプット指標:システムの構築)

現状



大きな2次元図面を用いた臨場で打合せが多い

目標



受・発注者間の打合せの遠隔化及び高度化を早期に実現する

必要性

- 既存のWeb会議システムには搭載されていない機能を有していることから、開発における技術的な意義は大きい。また、実際に動作するシステムを開発することで当該機能の有効性を示す必要がある。
- 本システムの普及により、既存のWeb会議システムでは実現困難な3次元データを用いた情報共有が可能になることから、対面での打合せ回数が減らせる可能性があるため、社会的・経済的意義はある。

3



3. 研究開発の概要・構成

① 3次元データに対応したWeb会議システムに必要な機能要件の抽出

- 3次元データをWeb会議で共有するために必要な機能に関するヒアリング調査
- 必要となる機能の抽出

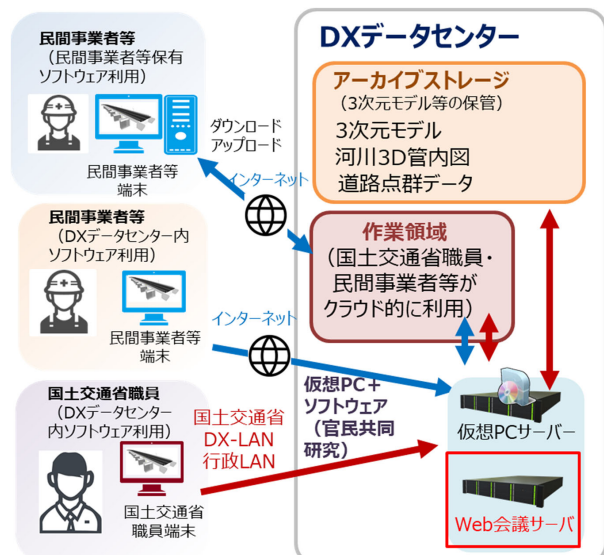
② 3次元データに対応したWeb会議システムの開発

③ DXデータセンター※へのシステム構築と普及に向けた取り組み

- システム構築
- 地方整備局及び受注者への利用促進・地整及び受注者等への説明会において紹介・Webサイトでのマニュアル公開

※) DXデータセンター

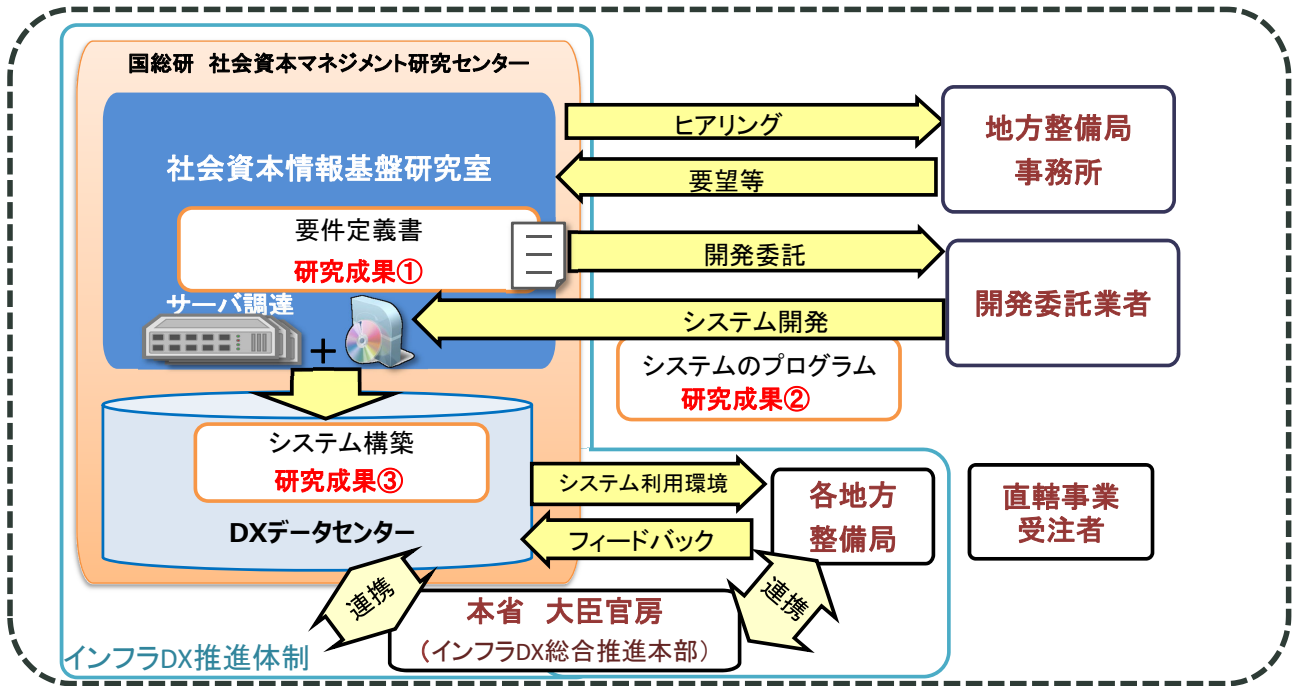
- BIM/CIMで用いる3次元モデル等を保管し、受発注者が測量・調査・設計・施工・維持管理の事業プロセスや、災害対応等で円滑に共有するための実証研究システム。
- 令和5年1月より本格運用開始。



4



4. 研究の実施体制



効率性

- ・実際に3次元モデルを活用した工事を行った経験のある地方整備局の事務所にヒアリングを行えたことで、**効率的に機能要件を抽出**できた。
- ・開発したシステムの構築・運用・周知活動の場として**DXデータセンターを活用**したことで、**システム構築・運用・周知を効率的**に行うことができた。

5



5. 研究成果：①3次元データに対応したWeb会議システムに必要な機能要件の抽出

研究成果

- ・必要となる機能について事務所にヒアリングを行い、機能要件を抽出し、機能要件定義書を作成した。

1) 3次元データに対応したWeb会議システムに必要な機能要件の抽出 (3次元設計モデルを用いた打合せ経験のある事務所※にヒアリング)

既存のWeb会議にも搭載されている機能

- ・招待者以外を入室させない機能が必要
- ・自動で文字起こしできると良い。
- ・会議内容の録画が出来ると良い。

3次元データの利用に関連する機能

- ・(3次元モデル上に)ホワイトボードのようにフリーハンドで文字や図形を記載できる機能が必要
- ・3次元モデルに写真を貼り付けたい。
- ・会議に使った書き込み等のある3Dモデルを会議後も閲覧したい。
- ・会議中にプレゼンターが3Dモデルを表示しているときに、同じ3Dモデルを手元で違う角度からも表示したい。

※)関東地方整備局 甲府河川国道事務所/常陸河川国道事務所

2) 必要となる機能の抽出

(Web会議機能
機能要件定義書内の機能項目)

既存のWeb会議にも搭載されている機能

- 1 会議管理機能(会議設置者、会議参加者を分けてユーザ管理する機能)
- 2 音声・映像共有機能(カメラ画像とマイク音声共有機能)
- 3 画面共有機能(資料等を共有する機能)
- 4 議事録作成機能(文字起こし機能)
- 5 録画機能(会議の内容を録画出来る機能。)
- 6 セキュリティ機能(インターネット上に公開しても容易にハッキングされないための機能)

3次元データの利用に関連する機能

- 7 ホワイトボード機能(画像の貼り付け及びフリーハンドで記載できる機能・モデルに記載した内容を保存できる機能)
- 8 Web会議での3次元モデル表示機能(※詳細は5. ②3次元モデル共有機能で後述)

「フリーハンドで記載できる機能」部分の機能要件定義書抜粋

項目	種別	機能説明
ツール	button	朱書きに用いるツールを切り替える。 テキスト、直線、楕円、三角形四角形、ペン、パンの中から選択する。
朱書きの太さ	button	書き込み線の太さを変更する。 太さは1pt、2pt、4pt、6pt、8pt、10pt、12pt、14ptから選択する。 [ツール]でテキスト入力を選択している場合、フォントサイズを変更する。 フォントサイズは16pt、20pt、24pt、28pt、32pt、36ptから選択する。
朱書きの色	button	書き込み線の色を変更する。 色は黒、白、赤、オレンジ、明るい黄緑、ライム、シアン、水色、青、紫、マゼンタ、グレーから選択する。

6

3次元データに対応したWeb会議システムのプログラムを開発

機能要件定義書をもとにシステム開発を発注

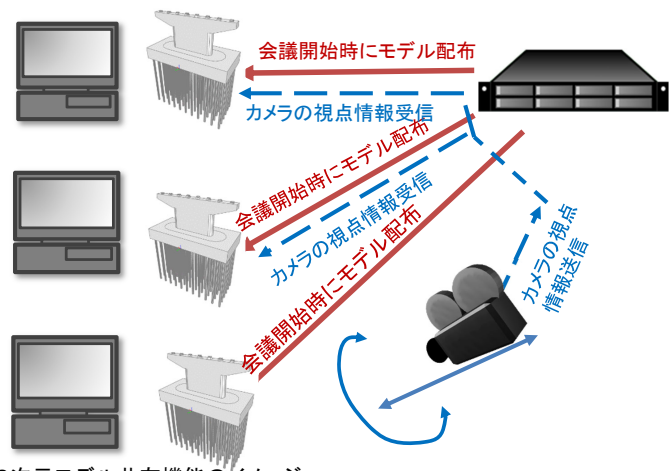
システムの主な特徴

- ・Web会議機能と3次元モデル共有機能を**独立した機能**として利用できるようにした。
- ・Web会議機能は、オープンソースソフトウェア※であるBigBlueButtonを利用した。
- ・3次元モデル共有機能は、モデルを写しているカメラの**視点情報を共有**することで実現し、**ネットワークの負荷の軽減**を図っている。(特許共同出願中)

※ GNU Lesser General Public License



BigBlueButtonの初期設定ツール画面



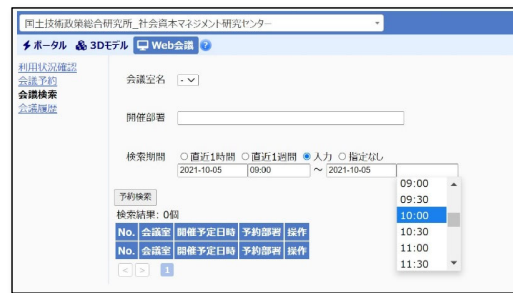
3次元モデル共有機能のイメージ

会議開始時に会議参加者へモデルを配布し、会議中はカメラの視点情報を共有する。

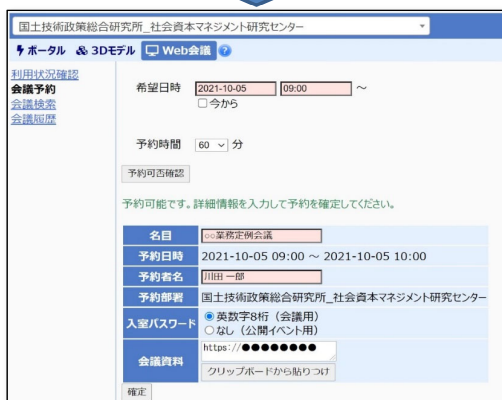
Web会議機能



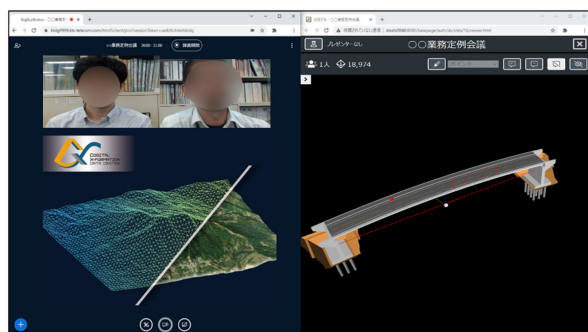
ログイン画面 (ID・パスワードを入力)



参加画面 (日時・会議名を検索して参加)



予約画面 (日時、会議名、予約者名を入力)



Web会議画面

通常のWeb会議画面と3次元モデル共有機能の画面が表示される。(独立して利用可能)

3次元モデル共有機能

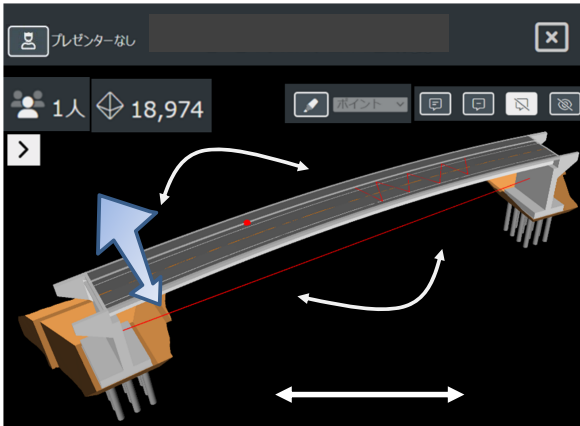
プレゼンターモード: 自分の操作が会議参加者へ共有される。

閲覧モード: 自分の操作が会議参加者に共有されない。

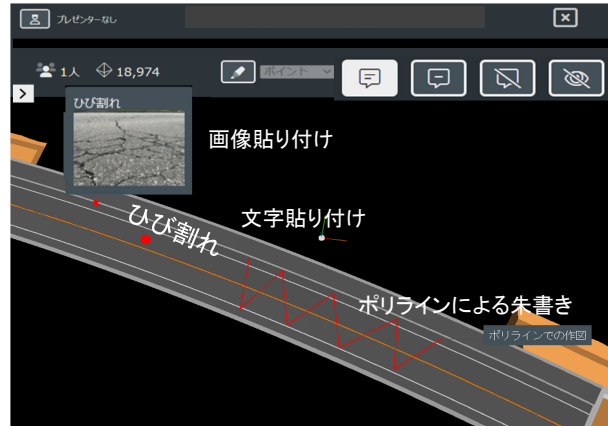
→自分の見たい角度・大きさで3次元モデルを閲覧することができる。

閲覧モードの利用例

- ・発表者の表示している画角・大きさでは見えにくいときに表示変更する。
- ・発表者と異なる視点で表示したい部分を他の参加者と共有する。



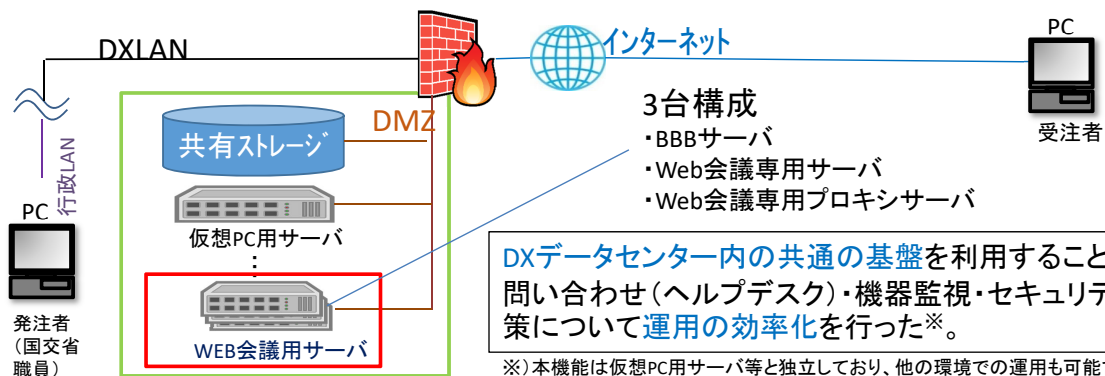
- ・モデルをマウスで自由に操作可能
 - 回転
 - 拡大・縮小
 - 平行移動



- ・3Dモデル上に文字・画像(jpg,png)を貼り付け可能
- ・モデル上にポリラインによる朱書き可能(フリーハンドでも記載できる)
- ・参加者が一つのモデルに同時に追記して共有

1) システム構築

・DXデータセンターの受注者・発注者が利用できる領域(DMZ)にサーバを設置し、システムを構築した。



2) 地方整備局及び受注者への利用促進

- ・DXデータセンターの地整及び受注者等への説明会での説明
- ・DXデータセンターポータルサイトでのマニュアル揭示

- ・参加者が数百人規模の地整及び受注者等への説明会においてDXデータセンターの機能と共に紹介(R4~R5年度に4回実施)
- ・DXデータセンターの情報が一括して揭示してあるポータルサイトへのマニュアル(pdf版、動画)揭示

3) モニター事務所における利用例 (令和5年7月 アンケート調査結果より)

- ・3次元設計データを共有し、設計変更内容の確認
- ・空撮写真を共有したWeb会議の開催
- ・ステップ図及び完成パースの確認



6. 成果の普及等

成果の普及に向けた取り組み

- ・参加者が数百人規模の地整及び受注者等への説明会においてDXデータセンターの機能と共に紹介（R4～R5年度に4回実施）
- ・DXデータセンターの情報が一括して掲示してあるポータルサイトへのマニュアル(pdf版、動画)掲示

今後の予定

- ・Web会議の利用者数をカウント出来る機能を付加する。
- ・DXデータセンターにおける継続運用及びヘルプデスクを通じた意見等のモニタリング
- ・DXデータセンターの実証を通じてデータ活用環境の整備指針をとりまとめる。

発表論文等

- 1)DXデータセンターの主な機能と今後の展開～BIM/CIM原則適用に向けて～, 小川智弘・中村英佑, 「土木技術資料 令和5年1月号」,pp14-17, 2023年1月
- 2)DXデータセンター始動！～3次元データの活用に向けて運用を開始～, 小川智弘・中村英佑, 「土木技術資料 令和4年9月号」,pp48-49, 2022年9月
- 3)3次元データの活用に向けたDXデータセンターの構築, 中村秀佑・小川智弘, 「JACIC情報 126号」, pp18-22, 2022年10月
- 4)DXデータセンターの構築について, 中村秀佑・小川智弘, 「建設マネジメント技術 2022年6月号」,pp33-37, 2022年6月

11



7. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
3次元データに対応したWeb会議システム構築	① 3次元データに対応したWeb会議システムに必要な機能要件の抽出	・ヒアリング調査を通じて、3次元データをWeb会議で共有するために必要な機能を抽出	Web会議システムの仕様作成時に活用	◎	
	② 3次元データに対応したWeb会議システムの開発	・3次元データに対応したWeb会議システムのプログラム	Web会議システムをDXデータセンターへ構築する際に活用	◎	
	③ DXデータセンターへのシステム構築	・システム構築 ・地方整備局及び受注者への利用促進(Webサイトでのマニュアル公開)	DXデータセンターを利用する受・発注者が活用	◎	

<目標の達成度> ◎:十分に目標を達成できた。 ○:概ね目標を達成できた。
 △:あまり目標を達成できなかった。 ×:ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

令和5年度BIM/CIM原則適用に向けて、開発したWeb会議システムをDXデータセンターに構築し、DXデータセンターの機能として周知した結果、IDの発行数が令和5年8月現在で3600人程度であった。なお、利用者からは以下の様な意見をいただいている。

- ・受発注者間でステップ図及び完成パースの確認に利用した。
- ・メールから自動的に会議を立ち上げることが出来ると良い。
- ・Web会議ではなくビューア単体で3次元モデルを受発注者が確認するという使い方もある。

また、研究開発で得られた知的財産の管理のため“会議参加者各自が共通の3次元設計データを自由な角度から閲覧するための手法”について特許を出願中であり、特許査定まで終了している。

12

高頻度流域精密測量による短期・中期土砂流出対策手法高度化のための研究

研究代表者 : 土砂災害研究部長 田村 毅
 課題発表者 : 砂防研究室長 山越 隆雄
 研究期間 : 令和3～4年度
 研究費総額 : 約30百万円
 技術研究開発の段階 : 初期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



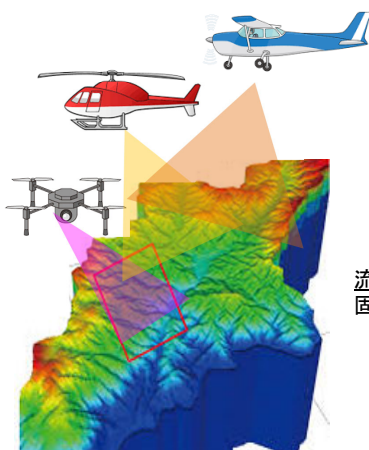
1. 研究開発の背景・課題

背景

- 近年、豪雨の頻発化・激甚化により土砂・洪水氾濫やその後の活発な土砂流出による被害が頻発している。
- この被害を防止・軽減するためには、対策計画の立案に必要となる河床変動計算等の数値解析技術の高度化を早期に実施する必要がある。

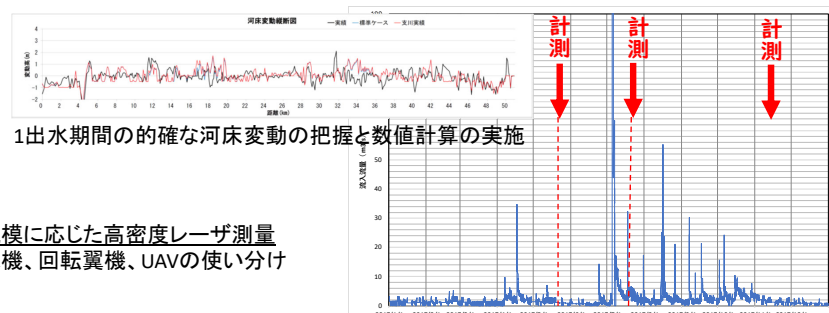
課題

- 数値解析の計算結果の比較・検証に用いられる地形データは数年に1度の広域を対象とした航空レーザ計測から得られることが一般的である。この数年の間には複数の中小出水があったことが想定されるため、必ずしも計算対象とする出水現象のみを的確にとらえられているわけではない。



流域規模に応じた高密度レーザ測量
 固定翼機、回転翼機、UAVの使い分け

出水現象前後の高頻度計測イメージ





2. 研究開発の目的・目標

目的・目標

- 前記の課題である、「解析対象出水の前後の地形データ」に対し、土砂生産が活発な山地流域内を高頻度に航空レーザ測量によって高精度な地形測量を実施して、中小出水前後も含めた比較検証データを収集する調査手法を開発する。

必要性

- 上記の調査手法を開発して、不確実性の少ない高頻度・高密度測量データの取得に取り組むことで、対策計画立案のための数値解析技術の精度向上に必要な比較・検証データの蓄積を進める必要がある。

3



3. 研究の概要とフロー

① 高頻度・高密度地形測量の実施

② 流砂水文観測データを含めた山地流域の土砂動態の詳細把握

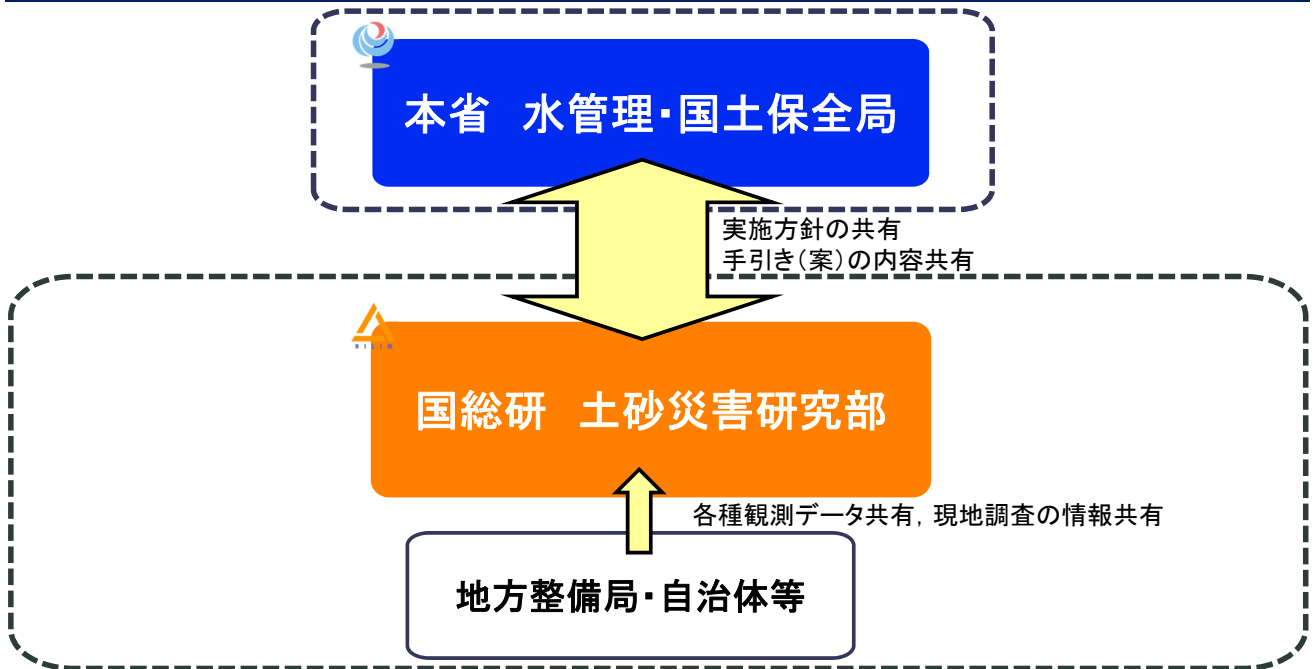
本研究の実施内容



③ 出水に伴う河床変動再現計算と課題抽出

④ 条件設定方法の違いによる精度検証

4



効率性

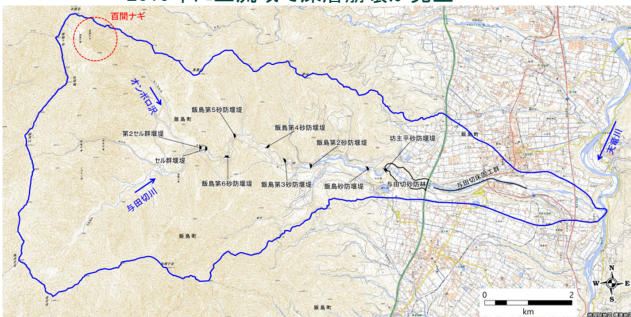
必要な航空レーザー測量データについては、可能な限り他機関からの貸与・提供でにより収集するとともに、本省砂防部と意見交換を行うことで実際の運用を意識しながら効率的に研究を実施した。

- ・ 事務所と連携し、高頻度に航空レーザー測量を実施できた。
- ・ 「雪渓による誤差」や「河床変動が大きいと考えられる砂防施設前後の捕捉」に配慮した。

1. 対象流域

山地流域かつ近年土砂生産、土砂移動が活発であることから以下の流域を選定。

対象流域: 天竜川水系と田切川 (長野県上伊那郡飯島町)
流域面積: 42.7km²、平均河床勾配: 1/9
2019年に上流域で深層崩壊が発生



2. 航空レーザー計測に使用した機材

項目	計測諸元	項目	計測諸元
使用機体	固定翼航空機	スキャン頻度	123Hz-150Hz
使用機材	TerrainMapper-2	スキャン角	16.5-20°
対地高度	360m-2500m	サイドラップ率	50%
飛行高度	3053m-3597m	計測密度	12 点/m ²
対地速度	252km/h(70m/s)	計測コース数	28コース
照射頻度	540kHz-940kHz	デジカメ解像度	13cm

3. 計測・差分分析

国総研による計測は5月と11月の2回実施した。また、7月に天竜川上流河川事務所がほぼ同範囲について計測を実施した。

この3時期における計測データ間の標高値差分を取り、河床変動状況を差分分析した

2022年5月29日計測 国総研
(差分期間① 5/29~7/29)

2022年7月29日計測 天竜川上流河川
(差分期間② 7/29~11/6)

2022年11月6日計測 国総研

オンボロ沢上流域の雪渓
→雪渓は除いて地形解析



- ・ 平年に比べて少雨の年であったが、上流域では、土石流の発生も確認されている



天竜川上流河川事務所HPより

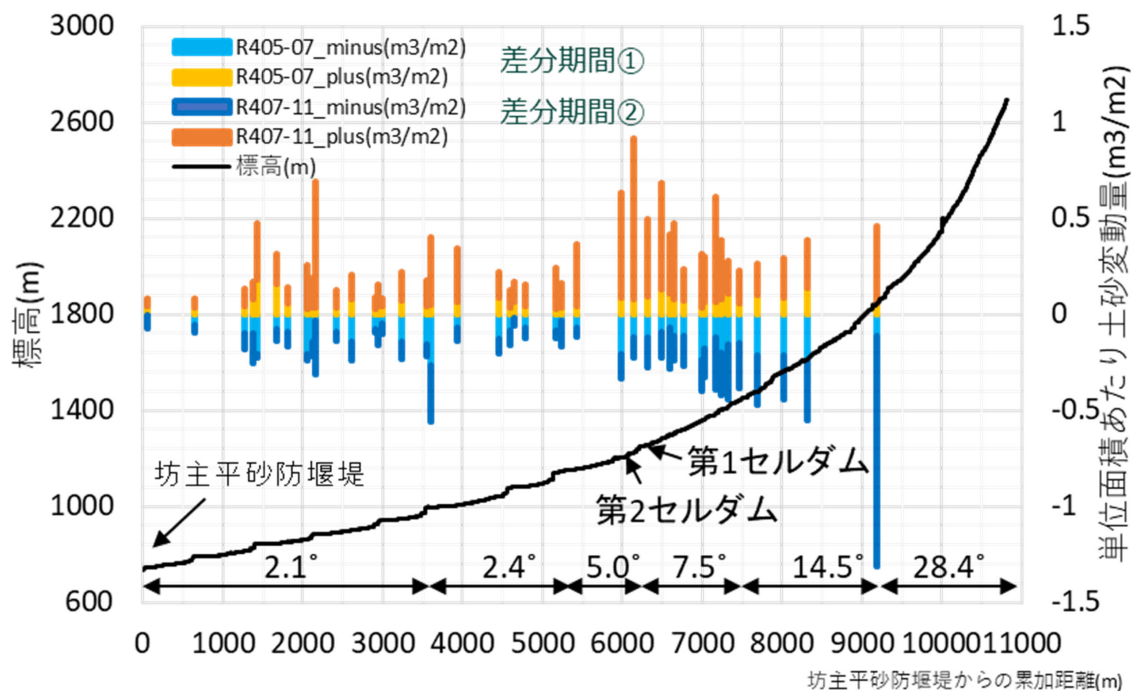
	最大24時間雨量 (Gumbel plot)	確率年・雨量※
差分期間① (R4/5/29-7/29)	74 mm (7/4)	1/2 153.9 mm 1/5 199.9 mm 1/10 230.4 mm
差分期間② (R4/7/29-11/6)	123 mm (9/20)	1/50 297.5 mm 1/100 325.9 mm

※黒覆山(1977~2022年)



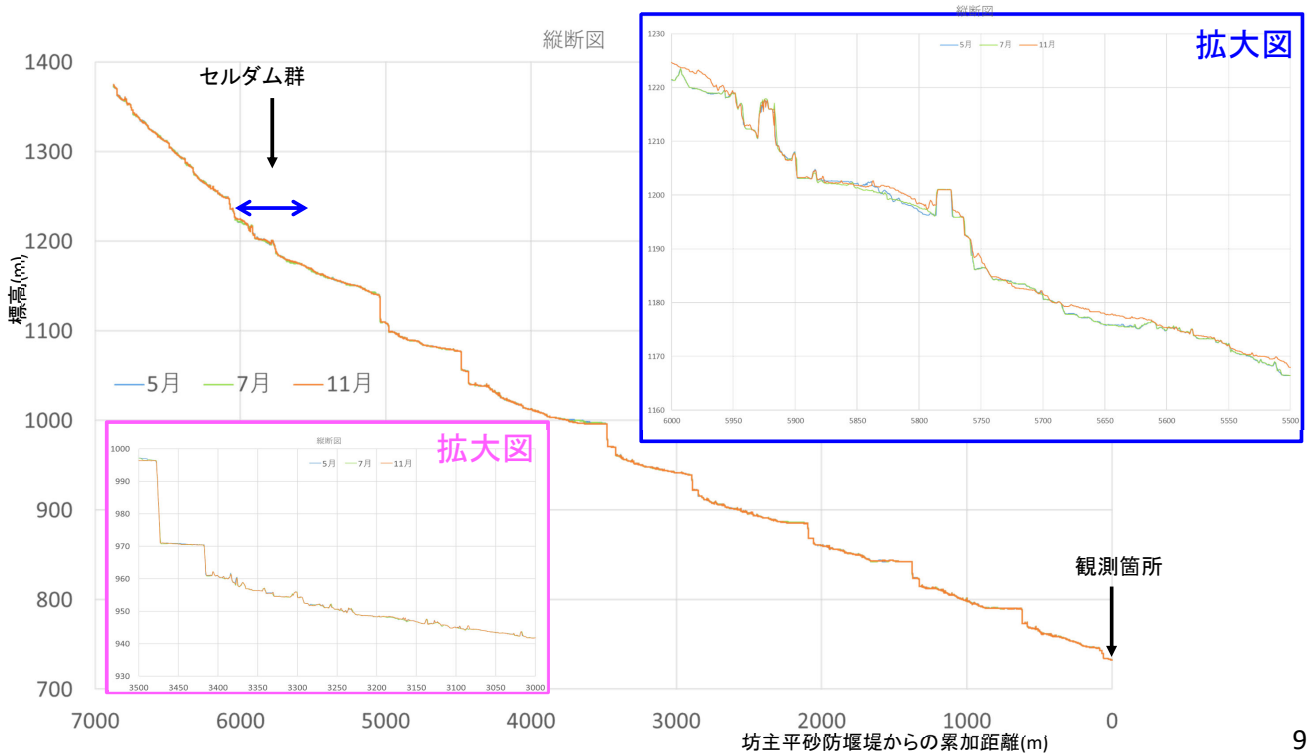
7

- ・ 全区間にわたって顕著な河床変動を伴う土砂移動現象は見られない。一部上流区間で土石流が発生した。
- ・ 差分期間①よりも、差分期間②の方が河床変動幅は大きい→期間②の方が、期間雨量が大きく、土石流の発生もあったことが反映されていると考えられる
- ・ 差分期間①では、堆積より侵食が卓越しているが、差分期間②では、侵食より堆積が卓越している

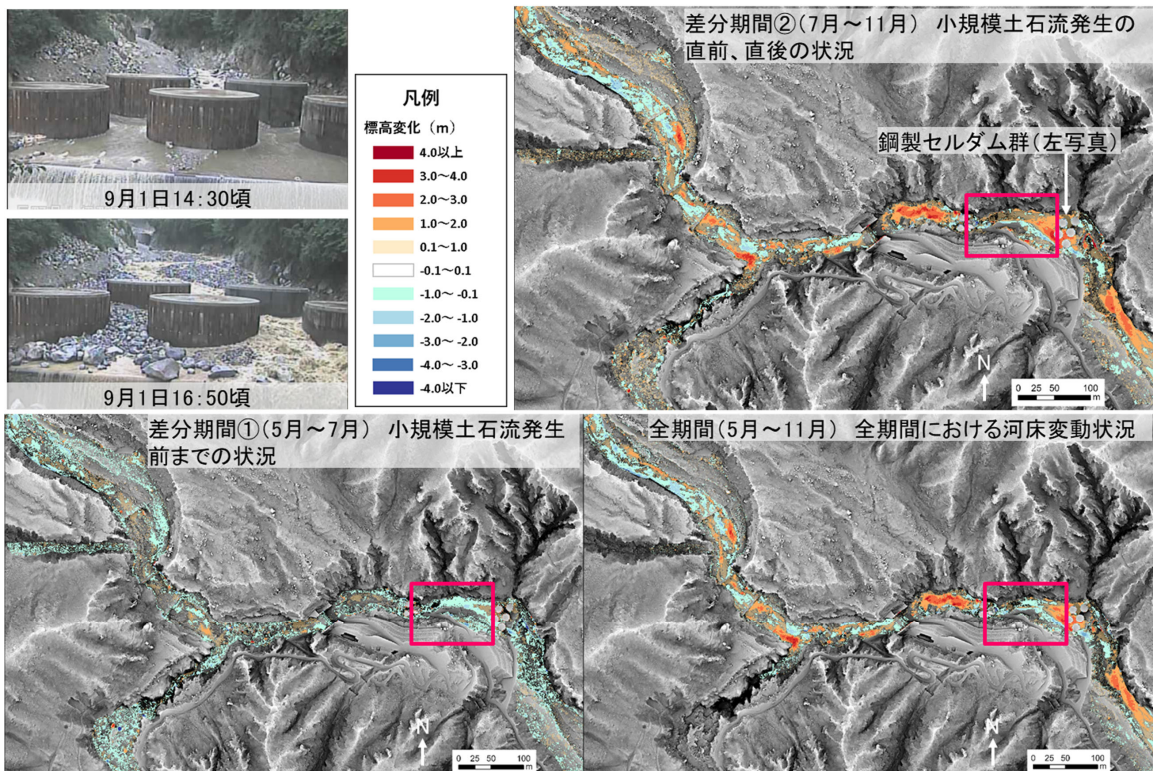


8

- 5750～5850m地点では、5月→7月：河床低下、7月→11月：河床上昇
- その一方で、現地観察等で変動が認められない区間ではレーザー計測結果上、河床変動はほぼゼロ
- 砂防施設の上下流の中小出水時の河床変動状況の経時的な推移が把握可能



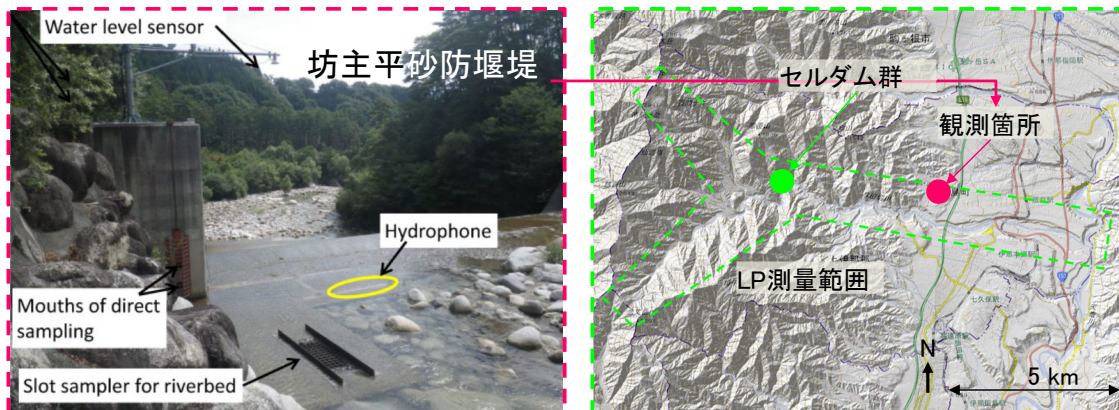
- 中小規模の出水であっても、局所的には数m程度以上の河床変動が生じる。**施設効果を把握する等、詳細な変動状況の把握には、頻繁に河床変動を計測することが重要**



- 差分期間①と小規模な土石流の発生イベントを含む期間②の間に、流砂量には有意な差が見られるものの、下流で観測されているピーク流量、ピーク流砂量に大きな差は見られず、その数値も例年と比べて小さかった。
- 河床変動幅の大きい差分期間②の期間流砂量は差分期間①の期間流砂量より多く、一定程度の相関が見られるが、測定のトリガーとして観測を活用するためには、観測位置や手法等より詳細な分析が必要

	流砂水文観測値			
	期間総流出水量※	ピーク流量・水深	期間総掃流砂量※・ピーク掃流砂量	期間総浮遊砂量※・ピーク浮遊砂量
差分期間① (R4/5/29-7/29)	286 mm	34.34 m ³ /s 0.61m (7/19)	348 m ³ 0.059 m ³ /s (7/19)	1,417 m ³ 0.29 m ³ /s (7/19)
差分期間② (R4/7/29-11/6)	481 mm	37.15 m ³ /s 0.64 m (9/20)	472 m ³ 0.044 m ³ /s (9/20)	3,058 m ³ 0.20 m ³ /s (9/20)

※欠測期間含



11

- 本研究で得られた成果について、以下の発表会等で発表し、成果の普及を図った。

令和5年度砂防学会研究発表会

「高頻度航空レーザ測量による土砂動態分析に関する一考察」

国土交通省 国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 山越 隆雄, 坂井 佑介, 西脇 彩人
アジア航測株式会社 堀 喬紀, 柏原 佳明, 西村 直記, 菊地 慎太郎, 實村 昂士

- また、河床変動計算実施の地形データの取得に関する留意点として、成果の普及を図る予定。

国総研資料「土砂・洪水氾濫及び中長期土砂流出対策計画のための調査手法の手引き(案)」として発出予定

- 今後は、本研究成果を踏まえて以下の取り組みを実施する予定。

- ALB等の活用を見据えた最新の知見の収集・整理
- 今回の検討成果の今後発生する災害における検証
- 実際の河床変動計算を想定した今回の成果の確認(観測コスト、計算結果の差異など)

12



7. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
土砂生産が活発な山地流域内を高頻度に航空レーザー測量によって高精度な地形測量を実施して、中小出水前後も含めた比較検証データを収集する調査手法を開発する。	①高頻度・高密度地形測量の実施	事務所と連携して、土砂生産が活発な山地流域における高頻度、高精度な航空レーザー計測を実施(2022年5月, 7月, 11月)	今回の成果に加え、全国の実施事例を収集分析し、高頻度高精度地形データの取得条件(取得時期や測量実施の判断基準)等について、とりまとめる。	◎	
	②流砂水文観測データを含めた山地流域の土砂動態の詳細把握	土砂生産が活発な山地流域における、中小出水時における河床変動特性を空間的、時間的に詳細に把握した事例を作成するとともに、詳細に把握するための調査方法に関する知見を得た。 一方で、本研究の計測期間内に発生した土砂移動について、流砂水文観測データとの関連を示す適切な事例として示すことはできず、今後の課題である。	今回の成果に加え、全国の実施事例を収集分析し、中小出水時を含めた河床変動特性の空間的、時間的な詳細把握する方法について、とりまとめる。 とりまとめた調査手法を用いて、本省・地方整備局とも連携し、対策計画立案のための数値解析技術の高度化に必要な比較・検証データの蓄積を進める。	○	

<目標の達成度>

◎:十分に目標を達成できた。

△:あまり目標を達成できなかった。

○:概ね目標を達成できた。

×:ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

これまで実施されてきた複数年ごとの測量と比較して、高頻度に地形データを取得することで、河床変動や土砂移動状況などを詳細に把握できた。この成果を踏まえてさらに研究を進めることで、より確からしい土砂・洪水氾濫対策計画の立案につなげることができる。

緊急仮設橋の性能規定と 部材等規格化に向けた調査研究

研究代表者	: 道路構造物研究部 星隈 順一
課題発表者	: 橋梁研究室長 白戸 真大
研究期間	: 令和3年度～令和4年度
研究費総額	: 約50百万円
技術研究開発の段階	: 初期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



1. 研究開発の背景・課題

背景

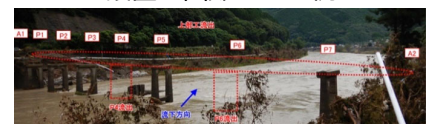
- 令和2年7月熊本豪雨をはじめとして、近年の激甚化・頻発化する災害で道路橋上部構造の流出被害が多数発生した。
- 各地方整備局に配備されている緊急仮設橋は、架設方法が限定的であったり、現場ヤードが必要なこと、幅の調整ができないことで、多様な現場のニーズや条件に対応できない場合がある。

整備局保有の緊急仮設橋

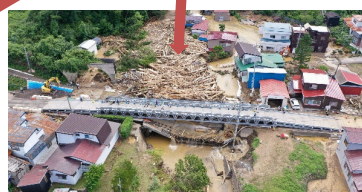
- 現地に組立てヤードやクレーン一括架設のスペースが必要。
- 現地に合わせた橋長・幅員の微調整ができない。
- 橋毎に解体・組立て可能だが、橋どうしで部材の流用はできない。
- 新設橋と同じ荷重条件で設計されている。



設置が困難だった例



河川内に別途ヤードが必要（架設方法の制約）



トラス主構による上空・幅制限

課題

- 発災後の多様な現場ニーズや条件に適合した緊急仮設橋の技術開発を促すこと
- そのため、ニーズや技術的課題の明確化と解決の方法論を提示すること



2. 研究開発の目的・目標

目的・目標

道路橋の技術基準である道路橋示方書が2017年に信頼性や限界状態に基づく設計体系を導入したメリットを生かして、緊急仮設橋の要求性能と構造合理化の方向性を提示する。

1. 道路橋示方書を適用するにあたって、緊急仮設橋の特有の条件を考慮した要求性能の明確化

A) 緊急対応のごく短期的な使用、通行の規制を前提にする場合、対応する外力条件の設定が期待される。

(※道路橋示方書は、外力の評価に用いる期間を100年とし、外力の組み合わせを規定している)

B) 小部材を組み合わせるなどで幅、長さを可変にするには多数の接合部が不可欠となることから、技術基準に適合されるだけでなく、緊急仮設橋特有の接合部の要求性能の提示が期待される。



例) 添接板



例) ピン

2. 多様な条件に対応可能で、経済的・効率的に緊急仮設橋を備蓄できる構造の可能性の提示

必要性

重要物流道路から孤立集落に続く生活道路まで多様な現場条件にも緊急に対応できるような緊急仮設橋を経済的・効率的に備蓄することで、道路ネットワークの機能継続に関する信頼性の向上が図られる。

3



3. 研究開発の概要・構成

① 橋梁の流失事例に基づく架橋条件の整理

② 緊急の用途を考えた場合の設計外力の検討

③ 仮設橋の維持管理事例の把握と接合部の要求性能の整理



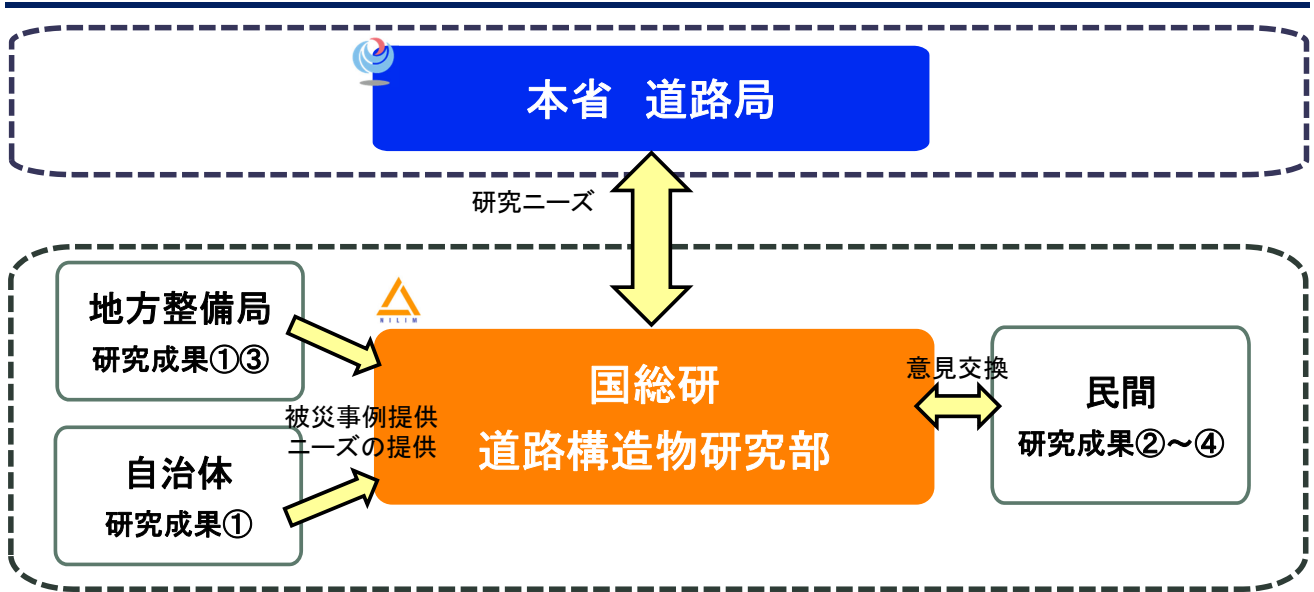
④ 試設計を通じた、性能規定化の効果の検証

※研究成果②～④について、技術開発者へのヒアリングも実施

4



4. 研究の実施体制



効率性

研究を効率的に進めること、汎用性の高い成果を得ることを目的に以下の取り組みを行った。

- 道路橋の管理者である地方整備局や自治体から、緊急仮設橋ならではの設計条件の把握のために被災、仮橋の設置事例を収集した。
- 民間団体に対して、本研究成果が民間企業の技術開発に与える影響をヒアリングした。

5

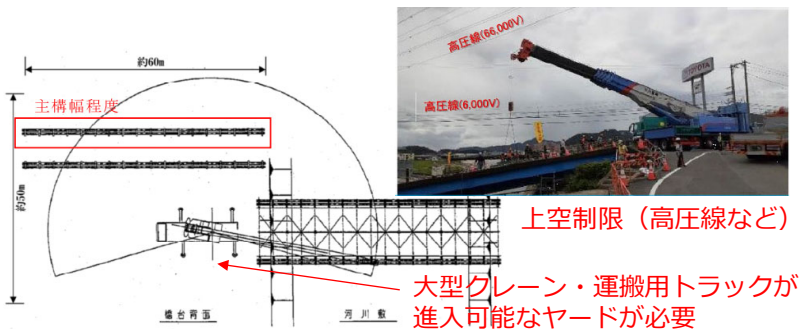


5. 研究成果：①橋梁の流失事例に基づく架橋条件の整理

研究成果

- 過去20年(2001年から2021年)に水害により道路橋が被災した事例(90事例)を収集し、諸元や緊急仮設橋の使用の有無を調査した。
- 現在の緊急仮設橋で対応できない例は少なくない。主な理由は、①クレーン架設を前提にしたときの施工ヤードの不足や上空・幅制限、②支間長の不足である。

■ 緊急仮設橋の架設方法(クレーン架設)



施工ヤード、上空・幅制限による架設不可事例

施工ヤード確保不可	36事例
上空・幅制限	3事例

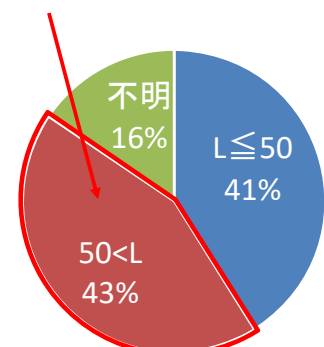
(90事例のうち)

■ 整備局保有の緊急仮設橋

ほぼ全数が適用支間50m

被災した橋の支間長の比率

約半数は適用できない



被災90事例の支間長割合

6

- 過去に国総研が行った信頼性工学的観点からの研究では、供用期間が10年程度以下となる場合には、活荷重や地震の影響などに対して、現行基準に比べて小さな荷重係数が設定できる可能性があることが分かっている。
- 本研究では、荷重係数だけではなく、活荷重そのものにも着目し、通行を小型車(3t未満)に制限することを前提に、橋の各部に与える影響(曲げモーメントやせん断力)を安全側に見積もることができる活荷重を提案することにした。

多数のケースの計算で、
様々な車両の載り方を想定

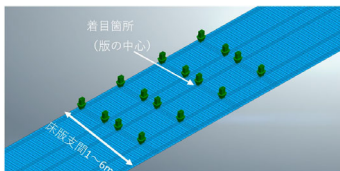
<イメージ(一例)>



載荷方法側面図(例)

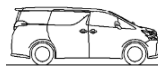


載荷方法断面図(例)

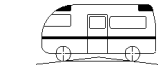


載荷方法(例:車両群)

□乗用車 □軽乗用車

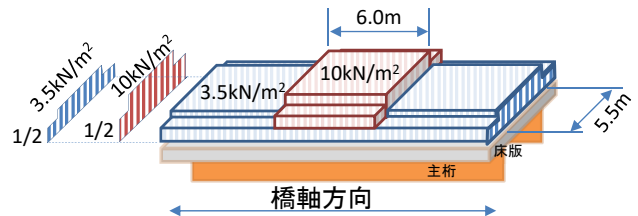


□救急車 □小型トラック

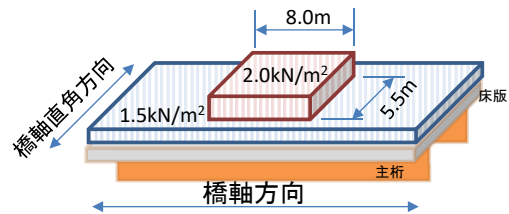


想定車両(例)

■市町村等の道路橋に適用可能な活荷重



■提案荷重:小型車荷重



- さらに、小型車(3t未満)の車列の中に、救急車両(5~6t程度)、バス(5~15t程度)、消防車両(7~16t程度)が混入したときに橋に与える影響をシミュレーションした。
- 7t程度までの車両(たとえばポンプ車など)であれば、連行しないなどの制限を加えることで通行させられると考えられる一方で、それ以上大きな車両を考慮するときには道路橋示方書の活荷重を適用することが実用的であることも確認した。

■提案荷重で通行可能な例



仮設橋



小型車

■規制を行わない場合には、道路橋示方書の活荷重を採用することが合理的である





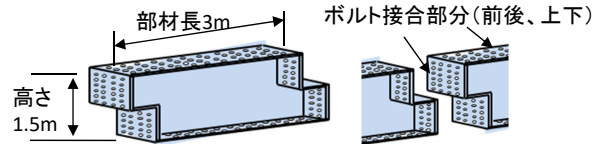
5. 研究成果：③仮設橋の維持管理事例の把握と接合部の要求性能の整理 研究成果

- 現地条件に応じて主桁や横桁の寸法を可変とするには、小部材を組み合わせた主桁や横桁が考えられるが、接合部が多くなる。施工性の観点から、様々な提案が期待される。
- 構造信頼性の要件はすでに道路橋示方書に規定されている一方で、既往の仮橋の維持管理の実績から、接合部に『接合部の点検・モニタリングの確実性と容易さ』を要求することが望ましいことが分かった。
- 要求に対する技術的な実現性を確認した ⇒ 例として桁形状のパーツを想定し、接合部にて降伏が先行し、かつ、延性的な破壊に至る構造が実現できることを確認した。

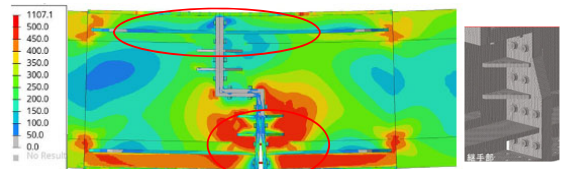
下部構造ではあるが、仮橋では接合部が多く、供用中は、ボルトのゆるみ等に対する点検が行われていることを把握した。



引張ボルト接合を活用することで、特殊な技術を用いずに実現できることを確認した。



圧縮部分は弾性域に留まるように設計できる。



引張ボルトの降伏が他のよりも先行するように設計できる ⇒ 隙間を点検、モニタリングしておけば、桁としての点検の省力化にもつながる

9



5. 研究成果：④試設計を通じた、性能規定化の効果の検証 研究成果

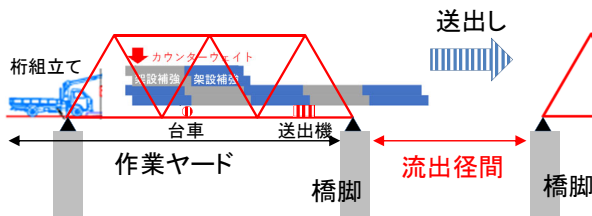
- 検討した活荷重や接合部の要求性能を満足するパーツを用いた緊急仮設橋の試設計を実施(L=30m, 60m, 100m)した結果、以下の効果が確認できた。
 1. 緊急仮設橋の活荷重を規定することで、適用支間長の増大に結び付く。
 2. 接合部の要件を規定することで、施工性がよく、維持管理性も確保したパーツを上・前後に組み合わせるなど、多様な架設条件へ対応できる技術開発を促せる。(例:軽量材料も活用できるなど。)

■ 試設計の条件

- 多径間の下路トラス橋の中央径間側が流出
- 残っている下路トラス橋の橋面からの送出し架設



■ 送出し架設のイメージ



送出し架設: 組立てた桁を順次送り出す

■ 試設計結果(支間長別、適用活荷重別の断面)

支間長	30m	60m	100m
断面図			
単位面積あたり重量	5.3kN/m ²		9.1kN/m ²
適用活荷重	B活荷重 (25tまで通せる)	提案荷重 (小型車のみ)	提案荷重 (小型車のみ)
概算送出し日数	約5日	約8日	約20日

検証結果

- 支間長60mまでは、提案荷重を用いることで成立する。(既存の架設橋が適用できなかった事例の50%以上をカバー)
- 単位面積あたり重量は、既存の緊急仮設橋と同程度であり、下部構造に与える負担は従来と変わらない。
- 支間長100mになると、計算上は成立するものの、別な形式が有利になる可能性が高い

10

- 本研究の目的は外力と接合の新たな要求性能を提案することにあつたが、試設計の結果からは、さらに、新たな緊急仮設橋の開発可能性の技術的な見通しも得られた。
 - ・ 試設計の結果からは、パーツを繰り返し使用することを前提に、パーツ形状、強度、接合方法、最大重量、耐久性のバリエーションを指定した、パーツ単位の整備・備蓄を行うことも考えられる。
 - ・ この場合、パーツの具体的な仕様は施工性なども考慮する必要があり、民間提案で行うのが望ましい。
- ⇒ 国交省の技術開発助成制度等を通じて産学での研究開発を喚起することも考えられる。

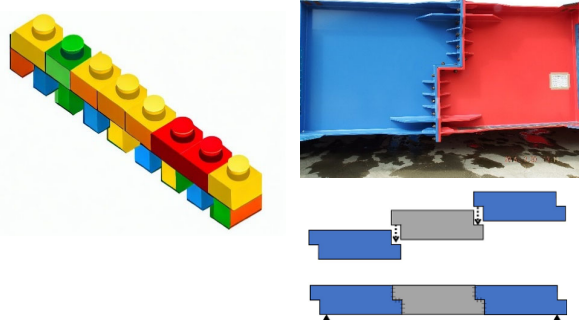
(1) 現在の緊急架設橋

- ・ クレーン一括架設
- ・ 各整備局で1橋単位で製作、備蓄
- ・ 支間長50m程度までで整備されている



(2) 現状を補完する新たな架設橋のイメージ

- ・ クレーン架設だけでなく、送り出し架設も可能
- ・ 代表整備局又は各整備局でパーツ単位で製作、備蓄
- ・ パーツを組み合わせることで支間長50m以上も可能



試設計で考慮したパーツの組み上げ方法(例)

11

- 研究期間中に、道路橋に関連する業界団体である(一社)日本橋梁建設協会(会員会社31社)に対して実施した。その結果、研究成果の実装への期待が確認できた。

主なご意見：

- ・ 要求性能を明らかにすることで、様々な材料、形式の活用につながると考えられる。
- ・ 諸元を現地条件に応じて変更できるようにするには、提案のようなユニット化、標準化は考えられる。ユニット化、標準化にあたっては、桁パーツ案だけでなく、トラスパネル案なども考えられる。
- ・ 下部構造をそのまま活用するにあたって、被災した下部構造の照査を行えるように、既設橋の性能評価のための基準類が別途必要と考えられる。

■ 既発表論文等

第35回 日本道路会議 (R5.11.1～R5.11.2開催)

- ・ 「応急組立橋の性能規定化に向けた一検討」

■ 現在作成中

国総研資料 「緊急仮設橋の設計に関する研究(ガイドライン案)」

- ・ 活荷重案
- ・ 接合部に求める要求性能案
- ・ 架設条件に制約を受ける場合の試設計(パーツの設計例、適用例)
- ・ 海外の事例のレビュー

■ 今後

道路橋の技術基準類の策定や改定での反映を提案する。

(例1)道路橋の修繕の技術基準の整備にあわせて、供用期間が短い橋の要求性能の規定を導入することを検討するための基礎資料とする。

(例2)道路橋の技術基準の改定に合わせて、主桁の接合部での損傷を先行させる構造の導入を検討する基礎資料とする。

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
道路橋の技術基準である道路橋示方書が2017年に信頼性や限界状態に基づく設計体系を導入したメリットを生かして、緊急架設橋の要求性能と構造合理化の方向性を提示する。	①道路橋示方書を適用するにあたって、緊急仮設橋の特有の条件を考慮した要求性能の明確化	1. 小型車の様々な載荷状況を想定した活荷重を提案した。 2. 接合部の要件を提案するとともに、数値解析により、技術的な実現性を確認した。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重等の要求性能について、道路橋の技術基準類の策定、または、改定での反映を提案する。 ・ 技術資料(ガイドライン(案))を公表する。 	◎	
	②多様な条件に対応可能で、経済的・効率的に緊急仮設橋を備蓄できる構造の可能性の提示	1. 試設計により、提案する活荷重を満足させることで、従来形式とは異なる架設方法、適用支間長を実現できることを確認した。 2. 試設計により、接合の要件を明らかにすることで、維持管理性を向上させつつ、分割桁等のパーツを連結し、上下重ね合わせることで、支間長や幅員を現地調整することの技術的成立性が認められた。 ⇒ 分割パーツの共有で、緊急橋の効率的な形成につながる可能性もある。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 整備局等にて、緊急仮設橋の整備・更新の在り方への反映を促す。 ・ 国交省の技術開発助成などのスキームを通じて、要求性能とコンセプトを満足する新たな形式等の研究開発を促す。 	◎	

<目標の達成度> ◎:十分に目標を達成できた。

△:あまり目標を達成できなかった。

○:概ね目標を達成できた。

×:ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

- ニーズと要求性能を明確にしたこと、技術的な実現可能性を示したことで、産学での技術開発を促すことができると考えられる。
- 本研究で提案した要求性能を既設橋の修繕設計にも適用することで、合理的な修繕設計につながる可能性がある。

現場の環境変化を考慮した 土木施工の安全対策の高度化に関する研究

研究代表者	:	社会資本マネジメント研究センター長 塩井直彦
課題発表者	:	社会資本施工高度化研究室長 杉谷康弘
研究期間	:	令和2年度～令和4年度
研究費総額	:	約23百万円
技術研究開発の段階	:	中期段階



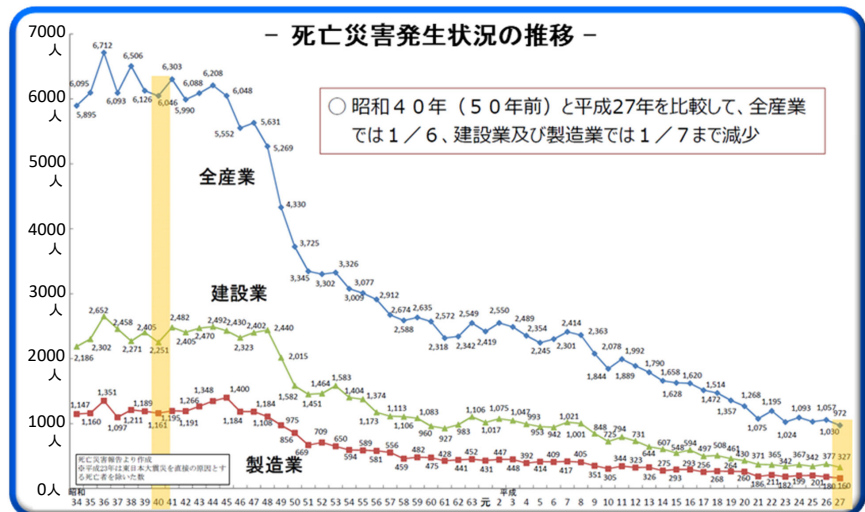
National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



1. 研究開発の背景・課題

背景

- 建設業は、労働災害一件当たりの労働損失が大きい産業であり、人口減少局面に移行する中、若手入職者が減少し、慢性化する人手不足の中で、就業者構成の高齢化等が進みつつある。また、従来よりも猛暑日が増加するなど、建設現場を取り巻く各種環境が変化。
- 建設業の死亡事故は長らく低減してきたが、各種環境変化の中で、従来の対策では下げ止まり感があり、これら環境変化に対応した、安全対策の高度化が必要。



課題

- 厚労省が労働災害の防止に係る概括的政策を実施し、国交省がより細部の技術的・業行政的政策にて、数次の安全規定の改正を経て、安全対策の強化が図られてきており、チェックリスト的、現場実践的なマニュアルは、広く参照され活用されている。
- 一方、平成18年安衛法改正により、安衛関係法令に規定される最低基準としての危害防止基準を遵守に加え、「リスクアセスメント」(※)が導入された。(生産工程の多様化・複雑化に対し、事業者が自主的に個々の事業場等の特性に基づいて労働災害を防止。)
- さらに、平成28年立法の「建設工事従業者の安全及び健康の確保の推進に関する法律」に基づく「基本計画」(平成29年決定)にて、「リスクアセスメント等の基礎情報の充実」に政府が取り組むこととされた。
- 中小規模の建設会社が広く利用可能、かつ、現在の取り組みの延長として、リスクアセスメントへの移行を促進させるための橋渡しが必要となっている。

(※「リスクアセスメント」: (1)労働者の就業にかかる危険源(ハザード)危険性または有害性等の特定、(2)リスクの見積もり、(3)低減するリスクの優先度及びリスク低減措置の労働災害のリスク低減検討のプロセス(厚労省告示「危険性または有害性等の調査等に関する指針」より))

2. 研究開発の目的・目標

目的・目標

- 【アウトプット】
- ・土木施工作業に適用可能なリスクアセスメント手法の提案（環境変化に対応した安全対策、新技術の採用の容易化）
 - ・リスクの量的評価案の提案
- ・『建設機械施工安全マニュアル』（国土交通省大臣官房参事官室）等への反映
- 【アウトカム】
- ・アウトプットを通じ、各種環境変化に対しても安全な土木施工現場の実現に寄与
 - ・安全対策の高度化（新技術の採用）の取り組みを促進

「建設機械施工安全マニュアル」第3編安全確認チェックシート『掘削工』より
 （国土交通省 大臣官房 参事官室）

土砂オープンカット（ブルドーザ掘削）

作業工程	作業手順	安全確認事項	記入者
3. 掘削	・掘削の災害防止	<ul style="list-style-type: none"> ・ROPS、FOPS 付き機械を使用し、作業時はシートベルトを着用する。 ・急斜面での掘削は、重機足場を重機幅の1.5倍以上を確保する。(①) ・傾斜地での急走行は避ける。 ・掘削距離は最短にし、低速で行う。 ・機体は常に左右水平な状態で行う。 ・路肩、傾斜地の掘削時は、機械の転落、転倒防止のため誘導員を配置する。(則 158) ・立入禁止範囲を明示する。(則 585) ・堅固なヘッドガードを備える。(則 153) 	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		<ul style="list-style-type: none"> ・法面の先端は、一山残しとする。(②) ・掘削作業内で人が作業するときは、旗を立て、誘導員を配置する。(③) (則 365) ・重機に近付くときは、合図をし運転者の了解を得、作業終了の合図を確認する。 	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>



従来の安全対策

- ・経験則の積上げによるマニュアル
- ・従来の担い手が前提

建設現場を取り巻く環境変化

- ・従来の担い手の変化
- ・作業環境も変化(維持管理・酷暑...)

担い手や作業環境の変化にも対応できる、安全対策の高度化を促す取り組みが急務（リスクアセスメント適用）

必要性

- ・既存の安全対策は、過去の現場技能者の経験則としての安全措置事項の積み上げによっており、担い手の変化等のもとの有効性には限界がある。
- ・リスクアセスメント手法の適用を促す取り組みにより、今後の土木施工現場を取り巻く環境変化に対応した対策の立案等が行われることが必要である。

3

3. 研究開発の概要とフロー

■研究調査項目の全体（本省マニュアル改訂との関係）

(1) リスクアセスメントプロセスの支援に関する検討

① 現状利用されている土木工事における安全指針・マニュアルで示されている安全確認事項163項目を、リスクアセスメントに活用できるよう、危険源/危険事象毎に再整理 【成果①-1】

② 新技術導入による安全対策検討の試行プロセスの検討 【成果①-2】

(2) 建設現場の安全確保に関する現状課題分析

① 現在の建設現場で行われている安全対策目標設定とリスクアセスメント実施に関する実態調査
 <建設会社(大中小)へヒアリング>

② 建設現場の環境事象とリスクの量的指標との相関性分析 【成果②-2】

(3) 安全/リスクの量的指標の検討

① 安全/リスクの概念整理

② リスクの量的指標の適性が予想される分布関数の検討、実統計データを用いた適合度検定、各事業区分でのリスク関数の試算 【成果②-1】

(4) 成果の活用・普及に向けた取り組み検討

① リスクアセスメントプロセスの促進に資する成果公表に係る検討【成果③】

【従来のマニュアル改訂】

- ・関連法規の改正規定を追記反映。
- ・建設機械メーカーや、各施工企業団体と意見交換し、各工種ごとの追加注意事項を募集し追加。

(本省実施事項)



【追加項目】

・安全措置項目163項目のリスクアセスメントプロセスに従った危険源/危険事象の整理リスト 【成果①-1】

・リスク低減措置立案/評価における新技術導入の評価手法例の提案 【成果①-2】

・リスクの量的評価案の提案 【成果②-1】

4



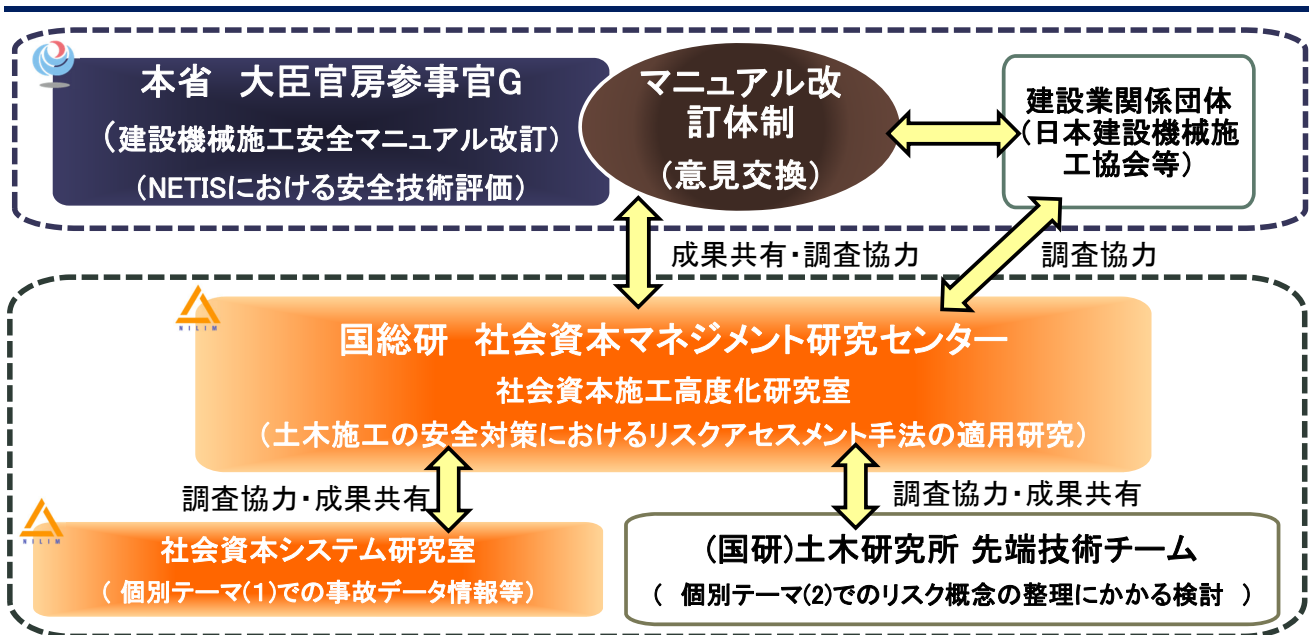
4. 研究計画

区分(目標、テーマ、分野等)	実施年度			総研究費
	R2	R3	R4	研究費配分
(研究費[百万円])	8	8	7	総額23
(1)リスクアセスメントプロセスの支援に関する検討	[Gantt bar spanning R2, R3, R4]			約12 [百万円]
(2)建設現場の安全確保に関する現状課題分析	[Gantt bar in R2]		[Gantt bar in R4]	約7 [百万円]
(3)安全／リスクの量的指標の検討	[Gantt bar spanning R2, R3, R4]			約3 [百万円]
(4)成果の活用・普及に向けた取り組み検討			[Gantt bar in R4]	約1 [百万円]

5



5. 研究の実施体制



効率性

- 国総研 社会資本マネジメント研究センターにて、施工高度化研究室が中心となり、既存統計データを用いた事故分析データの整理や各種検討を進め、本省の建設機械施工安全マニュアル改訂の体制と連携し、土木施工の安全対策におけるリスクアセスメント手法の適用検討を効率的に進めた。
- また、建設機械施工における包括的なリスク検討に取り組む(国研)土木研究所の先端技術チームと、リスク概念整理の検討において、成果共有・調査協力を行った。

6



6. 研究成果：①-1 リスクアセスメントプロセスの支援に関する検討

(現状の土木工事のマニュアルに示されている措置事項の危険源/危険事象での整理)

◆機械土工における163項目の安全確認事項(措置事項)について、事故事例から発災原因/危険源を整理

『建設機械施工安全マニュアル』第3編 安全確認チェックシート『掘削工』より
(国土交通省 大車官房 参事官室)

土砂オープンカット (ブルドーザ掘削)		建設年月日	記入者			
作業工程	作業手順	安全確認事項	チェック欄			
3.掘削	掘削の災害防止	<ul style="list-style-type: none"> ROPS, FOPS 付き機械を使用し、作業時はシートベルトを着用する。 急斜面での掘削は、重機足場を重機幅の1.5倍以上に確保する。(③) 傾斜地での急進行は避ける。 掘削距離は鼻短にし、低速で行う。 機体は常に左右水平な状態で行う。 路肩、傾斜地の掘削時は、機械の転落、転倒防止のため誘導員を配置する。(則 158) 立入禁止範囲を明示する。(則 585) 整頓なヘッドガードを備える。(則 153) 法肩の先端は、一山残しとする。(②) 掘削作業内で人が作業するときは、旗を立て、誘導員を配置する。(③) (則 365) 重機に近付くときは、合図をし運転者の了解を得、作業位置の接地を確認する。 重機作業範囲から無縁機で連絡合図を行う。 排土板を地上に降ろす。 エンジン止め、ブレーキをかける。 降車時は「キー」を抜く。 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

・マニュアル記載の機械土工についての163の安全確認事項に対し、それを行うことがリスク低減措置事項となりうる発生災害について、中央労働災害防止協会や厚生労働省「職場の安全サイト」にて公開されている労働災害事例の情報を元に、以下の①,②,③を整理。

・①,②,③の情報から、④危険源/危険事象への遡り検討を行い、機械土工における危険源/危険事象の新たな13分類を試案として作成・分類した。

- ①災害事例、事故種別
- ②使用機械
- ③原因
- ④危険源/危険事象(機械土工に特化した新たな13分類)

掘削工		安全確認事項の目的				機械土工向けに新たに整理した危険源/危険事象
土砂オープンカット (ブルドーザ掘削)		危険源/危険事象の整理				
作業工程	安全確認事項	発生状況	事故種別	使用機械	原因	危険源/危険事象
3.掘削	・法肩の先端は、一山残しとする。	夜間に原石山より高さ2m以上の作業場で切り崩した土砂及びズリを斜面下方へ落とす作業中に斜面から転落した。路肩への一山残しの指示は出していたが、被災場所を確認したところ、路肩に土砂はなかった。	転落災害	ブルドーザ	<ul style="list-style-type: none"> 誘導者を配置していなかった。 高さ2m以上となる岩石の採取のための掘削の作業について、採石のための作業主任者を選任していない。また、指揮をとっていなかった。 一山残しの作業を怠った。 	路肩・法肩 [源]
	・掘削作業内で人が作業するときは、旗を立て、誘導員を配置する。(則365)	資材置場において、ブルドーザが後方に動き出し、後方にいた被災者がこのブルドーザと駐車してあった4ユニットトラックに挟まれ死亡した。	接触災害	ブルドーザ	<ul style="list-style-type: none"> 作業中の建設機械との接触防止措置を講じていなかった。 誘導員を配置していなかった。 適切な作業計画と作業員への周知徹底が不足していた。 	作業員 [事象対象]

7



6. 研究成果：①-2 リスクアセスメントプロセスの支援に関する検討

(新技術導入による安全対策検討の試行プロセスの検討)

◆機械土工向け危険源/危険事象13種の出現頻度をもとに検討対象整理、NETIS登録情報を元に技術リストを作成

危険源/危険事象	建設機械施工安全マニュアルの安全措置事項としての登場回数(回)	典型的な災害事例の状況	効果的な装置	危険源/危険事象(対象)	必要な機能(装置)	検索結果	NETIS番号	
1 安全意識の欠落	6			作業員 (事象対象)				
2 意図しない機械の動き	2							
3 過剰使用	4							
4 関係者以外(事象対象)	1							
5 作業員(事象対象)	49	機械の作業範囲内での作業あるいは、通過など接近する際に運転手に互いに認識できていない場合に発生する接触災害。誘導員の配置や無線、合図などにより対策しているがヒューマンエラー等により災害の発生をゼロにするのは難しい。	人(作業員)を検知し緊急停止する装置					
6 作業計画の不備	41							
7 重機の足場	19	重機の足場が不安定であることから発生する転落災害。	地山の強度や形状などをリアルタイムに計測・算出できる装置					
8 不十分な準備	5							
9 障害物	5							
10 適していない環境	7							
11 不注意	5							
12 用途外使用	6							
13 路肩・法肩	13	路肩・法肩への接近は全作業員が接近路肩・法肩を検知し警報や緊急停止を注するなどで発生する転落災害。止る装置						

①危険源/危険事象について、163の安全確認事項との対応関係における、出現頻度により、検討対象の重点化対象を設定する

②効果的な装置機能をNETIS登録情報を元に整理する

③NETIS登録情報における、NETISテーマ設定のリストを元に、技術のリスト作成する

重機の足場	地山の強度や形状などをリアルタイムに計測・算出できる装置。	画像解析ソフトによる土砂災害監視システム	KT-190123-A
路肩・法肩(源)		重機危険区域接近警報システム	CG-220027-A
		ダンプ手配・運行管理システム「DANPOO(ダンプー)」	KK-220047-A
	路肩・法肩への接近は全作業員が接近を注意する装置。	運搬情報管理システム it-Trucks	KT-220025-A
		工事車両安全走行ナビゲーション	HK-170004-VR

8



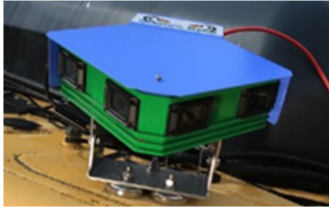
6. 研究成果：①-2 リスクアセスメントプロセスの支援に関する検討 (新技術導入による安全対策検討の試行プロセスの検討)

・採用を想定する技術による、リスク低減効果と当該システムを利用するに当たってのシステムに依存することによるリスクを検討する。

→NETISより抽出する情報；(①NETIS登録番号)(②技術名称)(③技術概要)(④技術の特徴)
(⑤本技術での低減対象リスク)

→検討項目；⑥各現場の状況に応じた想定するリスク(特に発生頻度)、
⑦技術導入によるリスク低減効果
⑧システム依存によるリスク

1	NETIS登録番号	KT-180148-A
2	技術名称	重機と作業員の接触防止システム「クアトロアイズ」
3	何について何をやる技術なのか?	4台のカメラで撮影しAIで人の認識を行う重機と作業員の接触防止(警報・自動停止)システム
4	主な特徴	(1)高精度な作業員認識精度 (2)接近距離によって警報と強制停止を設定 (3)ほとんどの重機に後付けで適用可能
5	技術の対象となるリスク	機械の作業範囲内の作業員、あるいは、機械付近を通過など接近する作業員が運転手に認識されない場合に発生する接触災害。
6	想定リスクの重篤度と発生頻度	重篤度：高い(はさまれ・巻き込まれ(死亡災害；1件当たり7500日の労働損失日数の労働災害)) 発生頻度：高い(日常的に行われる作業)
7	技術導入効果	作業員と運転手による従来の相互注意が行われることを前提に、当該相互注意のヒューマンエラーによるリスクを回避することが期待出来る。
8	導入する技術・システムへ過度な依存をすることによる新たなリスク	・本装置があるという過信により運転手の安全確認がおろそかとなり、災害の発生頻度が上昇でのリスクが増大 ・本装置の作動条件の範囲外であることを確認せずに活用することによる、災害発生頻度が上昇でのリスク増大



機器の現物写真



警報エリアと停止エリアの設定イメージ
クアトロアイズの認識イメージ



資材に身体が隠れた作業員の認識

9



6. 研究成果：②-1 安全／リスクの量的指標の検討 [強度率の適用] (安全／リスクの概念整理)

◆安全とリスクの定義に関する調査

「安全(safety)とは、許容不可能なリスクがないこと」(リスクを認識し、許容可能であると判断している状態。：絶対安全は無い。)

“ISO/IECガイド51:2014” ”JIS Z8051:2015” 安全側面一規格への導入指針

◆リスクの概念式の確認

・リスク＝「危害のひどさ・度合い(Severity of harm) × 「危害の発生確率」

- ①危険源(ハザード)への人の暴露の頻度及び時間
- ②危険事象へと繋がる頻度
- ③危険事象での適切な対応による危害の回避可能性

◆リスク概念に則った“量的指標”として「強度率」の適用を検討

・強度率＝ 延べ労働損失日数／延べ実労働時間 × 1000

$$= \frac{\text{延べ労働損失日数}}{\text{労働災害による死傷者数}} \times \frac{\text{労働災害による死傷者数}}{\text{延べ実労働時間}} \times 1000$$

① 建設会社ヒアリングにより建設業界での活用実態を確認
(※安全成績としての個社公表、安衛方針での活用事例)

② リスク特性と実値評価のための分布関数の同定検討
(※強度率(実現値・目標値)の潜在的発現可能性に基づく評価)

※「強度率」算定における「延べ労働損失日数」

労働損失日数は次の基準により算出する。

ア 死亡..... 7,500日
イ 永久全労働不能..... 表の身体障害等級第1級～第3級の日数(7,500日)
ウ 永久一部労働不能..... 表の身体障害等級第4級～第14級の日数(級に応じて50～5,500日)
エ 一時労働不能..... 所定休日も含めた暦日数の延べ休業日数に300/365(うるう年は300/366)を乗じた日数

死亡：労働災害のため死亡したもの(即死のほか負傷又は業務上の疾病が直接の要因で死亡したものを含む。)

永久全労働不能：労働基準法施行規則に規定された身体障害等級表の第1級～第3級に該当する障害を残すもの。

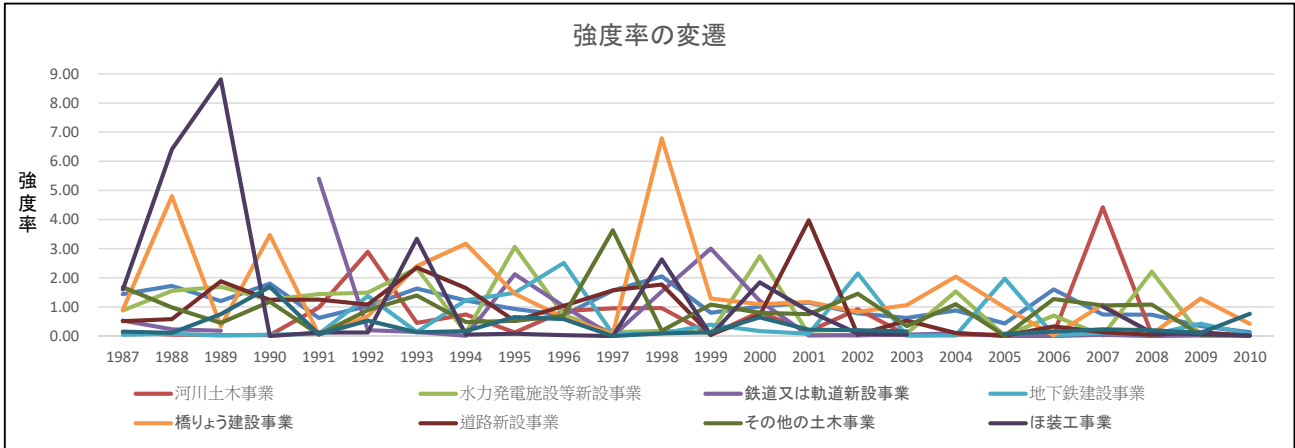
永久一部労働不能：身体障害等級表の第4級～第14級に該当する障害を残すもので、身体の一部を完全にそう失したもので、又は身体の一部の機能が永久に不能となったもの。

一時労働不能：災害発生の日以降、少なくとも1日以上は負傷のため労働できないが、ある期間を経過すると身体の一部又は身体の一部の機能をそう失せずに治癒し、身体障害等級表の第1級～第14級に該当する障害を残さないもの。

別表 身体障害等級別労働損失日数表

身体障害等級(級)	1～3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
労働損失日数(日)	7,500	5,500	4,000	3,000	2,200	1,500	1,000	600	400	200	100	50

6. 研究成果：②-1 安全／リスクの量的指標の検討 [強度率の適用] (安全／リスクの概念整理)



◆リスク特性を踏まえたリスク評価の実現

(従来) 事故数で目標設定、ゼロかどうかで評価(若しくは標準値等との比較)

例)「死亡災害ゼロを目指す」
「重篤事故ゼロを目指す」
「休業日数4日以上〇件以下を目指す」

- ・潜在的リスクを踏まえた目標設定が困難
- ・受注工事内容の違いの反映が困難

(目指す姿) 従来法に加え、リスクを量的データで統計的に評価

例)「死亡災害ゼロ、土木工事業の潜在的なリスクに対して、生起確率10%未満レベルである“強度率 0.06以下”を目指す」

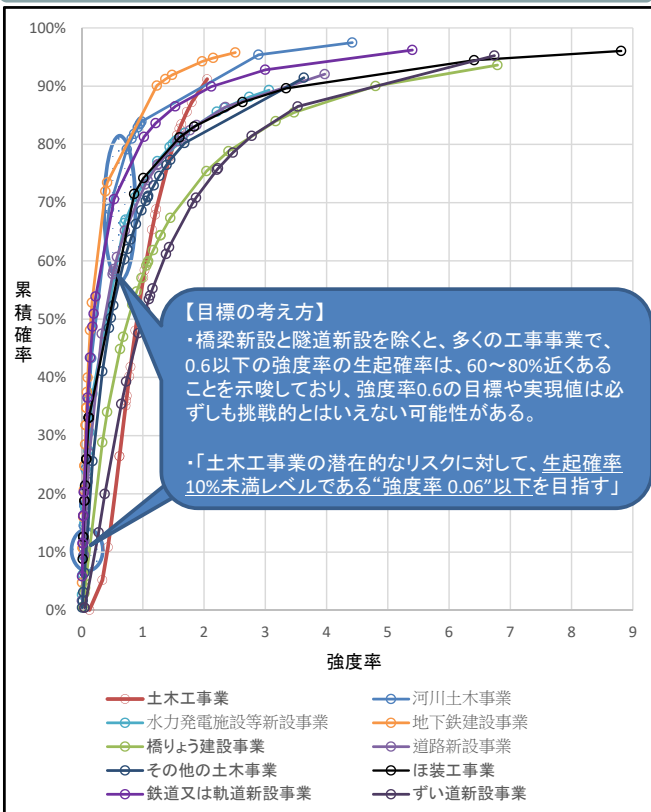
- ・リスクを確率変数と見なし振る舞いを捉える
- ・振る舞いが従う確率分布の同定
- ・確率分布の形状で潜在的リスクを横並び評価
(※確率分布は、確率密度分布でも累積確率分布でも可)

・強度率 = 0.06 = 6000日休業/100百万h × 1000 (※死亡災害1件で、7500日休業)
・延べ総労働時間: 100百万時間 (※一人当たり約2000時間/年で、計5万人)

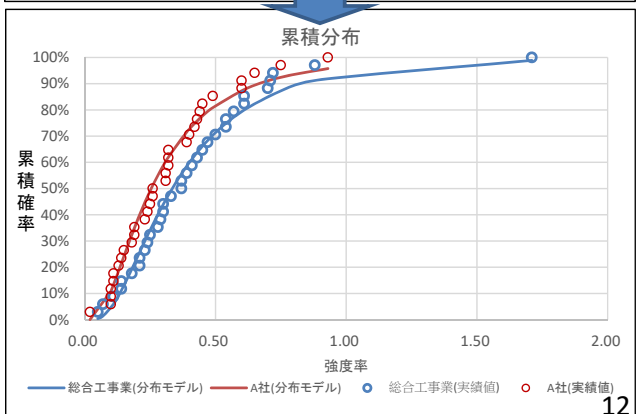
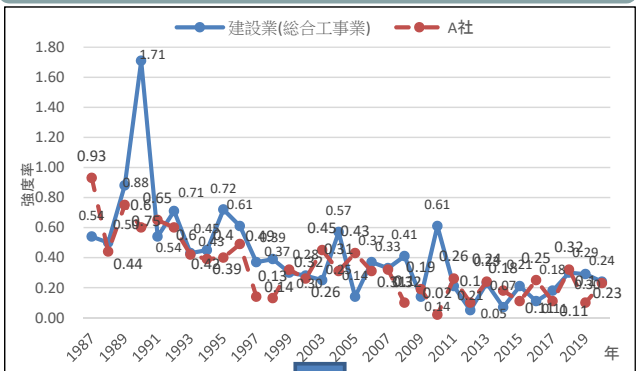
11

6. 研究成果：②-1 安全／リスクの量的指標の検討 [強度率の適用] (強度率の適合が予想される分布関数の検討)

各工事業種別毎での実データに基づく強度率の発現に関する累積分布モデルを生成

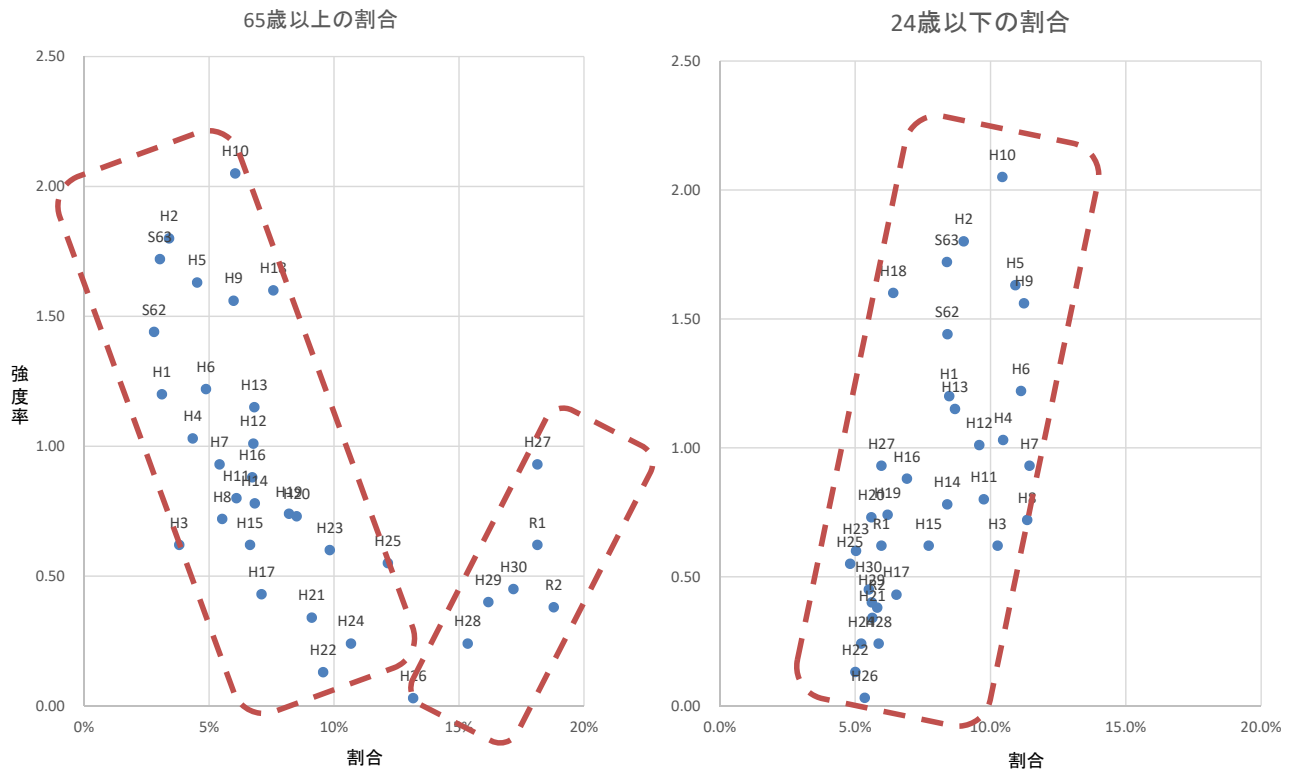


個別企業(A社)の業界実績との強度率の比較も、暦年表よりも、累積分布の実績と分布モデルで、リスク特性の比較がよりイメージしやすくなる。
(→ 建設機械施工安全マニュアル改訂作業に提案)



12

◆相関関係調査事例Ⅲ:②従業員の年齢層別割合と安全/リスク量的指標(土木工事業全体の強度率)の相関調査



15

◆中小建設企業でのリスクアセスメント実施における課題と成果活用に関する調査

「積算や施工体制台帳の作成システム等と連動したソフトの中で、リスクアセスメントを実施する機能を用いて、作業手順書とリスクアセスメントを同時作成して対応している。」

◆作業手順書とリスクアセスメント実施書(KY実施報告)の作成支援ソフトベンダーへの連携検討のヒアリング

・ヒアリング先企業で導入のシステムの開発ベンダー

「積算ソフト、工程計画書作成ソフト、施工体制台帳作成ソフトの製品化が進んできた。その入力データを転用して、作業手順書とリスクアセスメント実施書作成機能も8年前より開発。施工体制台帳の機能までのものを全国35,000が導入、そのうち、5,000ユーザーがリスクアセス機能も契約。拡大が進んでいる。」

「マスター(危険源や措置事項のリスト)は、厚労省や(一社)建災防のマニュアル、ガイドライン等を参考に、リストを拡充している。今後、国交省のマニュアルも参照したい。なお、マスター(各リスト)の更新作業ミスが怖いため、競争領域では無く、各ベンダーが協調して使えるマスターが欲しい。」

「新技術活用によるリスク低減は、今後機能として導入を考えており、活用検討フォーマットは参考にしたい。なお、NETIS掲載技術の他システムからのAPIでのプル機能の展開が行われるのも良い。」

→ リスクアセスメント資料については、本省のマニュアルとしての活用に加え、再利用しやすいフォーマットにて、オープンデータとして公開、利用状況のフォローアップと改善検討

16



7. 成果の普及等

成果の活用・普及に向けた取り組み

- ・国土交通省 大臣官房 参事官G 施工企画室担当の『建設機械施工安全マニュアル』の改訂支援
→ 成果②-1及び2について、「安全確認事項」リストに対する危険源整理リストを参考資料に追加提案
- ・(一社)日本建設機械施工協会「i-Construction推進本部 安全施工WG」におけるロードマップ検討に対応
→ 成果①について、安全対策の目標値設定、モニタリング指標の検討にむけた提案

今後の追加的な取り組み

- ・危険源/危険事象リスト等の再利用しやすいフォーマットでのオープンデータとしての公開、利用状況のフォローアップと改善検討
- ・リスクの定量指標としての“強度率”の細分化集計に向けた関連機関との協力関係構築
→ 厚労省;労働災害動向調査等の公表統計値からの事業別の強度率算定方法に関する情報提供依頼
- ・CCUSなどの“作業ごとの労働時間算定”にかかるシステムとの連携可能性に関する検討

発表等

- ・R4.5.19 (一社)日本建設機械施工協会 九州支部年次総会 講演
「重機の安全支援装置の現状とリスク」 国総研 社会資本施工高度化研究室 主任研究官 大槻 崇
→ リスクの量的指標としての強度率にかかる統計的特性、新技術活用プロセス案
- ・R6 建設機械と建設施工のシンポジウム等での発表を予定

17



8. 事前評価時の指摘事項と対応

事前評価時の指摘事項	対応
<p>・リスクアセスメントの現場導入促進にかかる研究は実施すべきと評価できる。</p> <p>・研究の実施に当たっては、<u>現在の建設現場の抱える問題点を把握(1)し、課題ごとに研究手法を明確にし(2)た上で、中小企業を含めて業界全体に普及する成果を意識(3)して研究を進められたい。</u></p> <p>・人的被害の軽減の対策案作成時に、ロボット技術等最新技術の検討を明示的に示してはどうか。</p>	<p>・(1)に対しては、ヒアリングによりドキュメント(マニュアル・手引き等)と合わせて、リスクアセスメント実施書を作成するソフトウェア等の必要性を確認しました。</p> <p>・(2)に対しては、大きく取り組みを2点に再整理し(リスクアセスメントの実施普及に向けた既存マニュアルの改訂検討と、統計データを用いた指標の検討。)、ヒアリング、データ収集・分析、検討を進めました。</p> <p>・(3)に対しては、ソフトウェア等の必要性に対応して、リスクアセスメント支援システムベンダーとの連携を意識したオープンデータ化を検討しました。</p> <p>・安全措置事項の危険源リストに連動した、新技術活用検討プロセスの検討を行いました。</p>

18

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
・土木施工作業に適用可能なリスクアセスメント手法の提案（環境変化に対応した安全対策の評価の容易化） ・『建設機械施工安全マニュアル』（国土交通省大臣官房参事官G）等への反映	① ・「建設機械施工安全マニュアル」の“安全確認事項”に関する危険源検討整理 ・安全対策検討時の新技術活用検討プロセス案の提案	・既存の施工現場の安全確認事項を、リスクアセスメントプロセスと紐づけるための基礎資料を作成した。 ・危険源について、ヒューマンエラー的要素も加味した整理を行い、当該エラーに対応した新技術活用に関する検討プロセスの試行方法を提案した。	・国土交通省 大臣官房 参事官G 施工企画室担当の『建設機械施工安全マニュアル』の改訂支援に活用 ・NETISテーマ設定の安全技術評価における記載項目での連携に活用	◎	
	② ・リスクの量的指標の検討、分析 ・建設現場を取り巻く環境事象とリスクの関連性分析	・施工現場での安全／リスクの評価における量的指標として、“強度率”の有意性を確認。 （先行企業での活用実態確認、リスク概念を反映した指標であることの統計検定を通じた有意性の確認） ・リスクの統計モデルの同定を試行 ・天候等との施工現場を取り巻く環境要因とリスク指標との関連性の確認検証（分析結果の深掘り、裏付けが更に必要。）	・参加している機械施工の高度化に係る業界団体での安全対策の目標値設定、モニタリング指標の検討にむけた提案 （※“強度率”という産業横断的評価指標を用いたリスク評価と安全目標設定の普及提案）	○	

<目標の達成度> ◎:十分に目標を達成できた。 ○:概ね目標を達成できた。
 △:あまり目標を達成できなかった。 ×:ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

- ・既存の施工現場の安全確認事項を、リスクアセスメントプロセスと紐づけるための基礎資料と、当該資料を踏まえた新技術活用に関する検討プロセスの試行方法を提案した。
- ・施工現場の安全対策の実施に向けて、安全／リスクの量的評価指標としての“強度率”の有意性を確認し、産業横断的評価、潜在的リスクの評価などへの活用に向けた統計モデルを用いた評価の可能性が得られた。