

20. 映像 IoT による現場臨場の効率化に関する実験報告

可児建設株式会社
株式会社環境風土テクノ
立命館大学

○ 可児 純子
須田 清隆
建山 和由

1. はじめに

建設現場の「働き方改革」では「CIM 制度整備・定着化」「生産性向上」「社員満足度向上」など、多様な挑戦が行われている。CIM(Construction Information Modeling /Managements)の解釈は、①シームレスな情報共有、②トレーサビリティ機能の充実、③建設情報の資産化・知財化と共に④i-Constructionへの展開と考える。一方、中小建設業では、CIM が浸透しない理由として①技術者の高齢化と若い人が入社しない②小規模工事が多く、個人にノウハウが集中している③高齢技術者の退職と一緒にノウハウが失われる④経験主義が強く技術継承（コミュニケーション）が苦手であるなどが考えられる。本報告では、中小企業の実情で今後増え、人材確保が困難になる現状で、限られた人的資源の有効活用として、移動時間や打合せ会議の効率化を目的に、現場の臨場を映像で行うことによる効率化に関する実験的考察をまとめたものである。特に、中小建設業の働き方改革として、IoT によるリアルなコミュニケーションでの仮想臨場は、安全監視や品質管理などのプロセスのコンカレント化による現場負担の軽減策として期待するものである。

2. 現状分析

過年度の研究から、中小建設業の現状として施工現場でのコミュニケーションの特性に関して、以下に示すようにリスクイメージの個人差のみでなく、空間やリスクを捉える手順にも個人差があることが確認されている。

【中小建設業のコミュニケーション特性】

- ① 工事現場では個人個人の価値観や経験値に照らし合わせて、現場空間のリスクを決定していることが多い。そのため、リスク評価など経験の違いや知覚情報によって個人差が表れており、共通なリスク判断を難しくしている。
- ② 中小建設業は高齢化が著しく、コミュニケーション能力の不足が見られ、建設空間に対する

リスクイメージの捉え方や感じ方において、感覚的な説明に終始する傾向がある。

- ③ 現場の捉え方としては、熟練技術者は俯瞰的に現場を観察した後にその現場のリスクの発生要因を人眼的にフォーカスし、虫眼的に原因や要因を分析し、認識したリスクを思考の過程を省略して単純なイメージで表現する傾向が強い。
- ④ 小規模現場では会議や打ち合わせのために移動時間が工事進行に影響することがあり、十分なコミュニケーション機会が取れなく、問題発生後に原因追跡や分析に手間取ることが多い。

以上より、中小建設業の技術者の特性として経験量によって異なる技術課題の表現力や、リスクイメージやリスク判断難度を伝えるコミュニケーション齟齬の発生、および現場立会いや打ち合わせなどコミュニケーションする上での移動に要する時間負担などが複合的な問題に発展し、中小建設業においては施工現場の生産性の障害になっていることが推察できる。

3. 研究目的

本研究の目的は、上記課題であるコミュニケーションの対応として、映像デバイスを主なセンサーとした先端の IoT 技術による臨場創出であり、「施工の見える化」とより進展させた

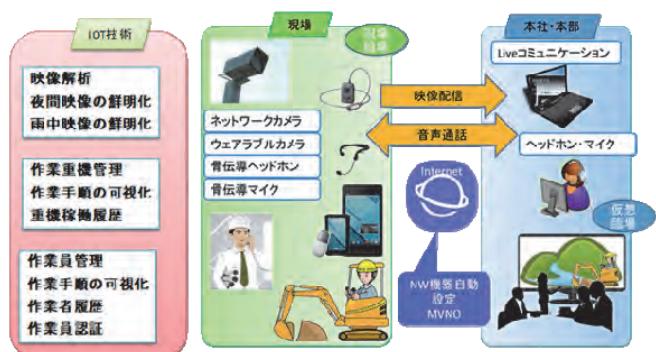


図1既存IoT技術の活用による仮想臨場環境

‘Visual-Construction’ の有益性の評価である。試行工事を通じて、全周型カメラやネットワークカメラで撮影した映像による施工現場の状況監視、および施工プロセス（映像の時系列管理）の最適化、品質管理（全体画像から部分切り出しで詳細精査）の高度化とともに、現場立地への対応として自営 LTE ネットワークによる情報管理の有用性など、映像情報の IoT 化による『仮想臨場の演出による遠隔コミュニケーション（図 1 参照）』の有効性を確認するものである。

4. 映像活用の効用

映像活用の効用は、過年度の研究を通じて、ターンバック機能、センシング機能、ビッグデータ機能、コミュニケーション機能の四つの機能の有益性が確認されている。そのため、これらの機能を最大活用できるように施工現場の課題やリスクを判断し、臨場を表す映像シーンを撮影取得することが重要になる。

① ターンバック機能

現実空間の事象を画像情報として時系列的に蓄積することにより、本来は操作するできない時間を映像という媒体の中で巻き戻す振り返り機能で、a) 事故・災害時の状況把握（事象発生の前後も含めて）や b) 工事のトレーサビリティ（施工品質の保証、検査への適用）に適用

② センシング機能

現実空間での事象を逐次蓄積し、現実モデルの現況把握や環境等による不可把握のための映像情報の提供する課題追求機能で、a) 構造物の状態監視、b) 仮想モデルと現実モデルとの空間的整合性の検証、c) 作業工程の監視と管理、d) 運用状況の把握および e) 外部環境因子の状況把握に適用

③ ビッグデータ機能

蓄積データの様々な解析や映像データによる AI 化を実現する情報集積機能で、a) 危険事象（インシデント）の検出と防止策の検証、b) 効率的な施設運用（システムとの連携）および c) 作業効率の検証などに適用

④ コミュニケーション機能

映像による共通認識や合意形成への展開を促進する会話機能で、a) 日常の施工リスクの伝達、b) 施工空間のイメージ共有化および c) コミュニケーション齟齬の解消などに適用

5. 試行工事

5.1 試行工事概要

試行工事では、以下の工事に適用し、IoT を活用した映像臨場を実施・その効果を検証している。

表 1 試行工事一覧（●適用）

試行工事	工事概要	リアル映像監視	映像記録	IoT 現場見学会
河川築堤工事	平成 26 年度庄内川大治築堤工事	●	● 映像 CIM・タグ	
道路改修工事	国土交通省 41 号名濃バイパス道路建設工事	●計測併用	● 映像 CIM	
河川改修工事	愛知県総合治水対策特定河川工事	●	● 映像 CIM	● コミュニケーション
河川改修工事	国土交通省 平成 29 年度庄内川大蠶蟻低水護岸工事	●計測併用	● 映像 CIM・タグ	● コミュニケーション

5.2 コミュニケーションシステム

工事現場の映像臨場には、過年度の研究成果である映像 CIM 技術に、360° 全周を撮影する全天球型映像（図 4 参照）やネットワークカメラによるリアル映像にモバイル通信技術をもってコミュニケーションシステムを構築している。モバイル通信技術（図 2 参照）には、ウェラブルカメラと骨伝導ヘッドホンと骨伝導マイクによって臨場確認を可能にしている。



図2 骨伝導装置

6. 臨場検証

映像活用の臨場検証としでは、ネットワークカメラによるリアルタイムな定点映像やモバイル映像による移動点映像に双方向会話を可能にしたリアルコミュニケーションの臨場効果と、上記映像をタイムラプス化した記録映像を収録した映像

CIM データベース（図 16、17 参照）の検索機能を活用して、映像の振り返り（ターンバック）や映像解析（センシング）による現場精査などの臨場効果を検証している。記録映像については、工事現場を俯瞰的、人瞰的、虫瞰的と視野の規模に応じて収録整理している。

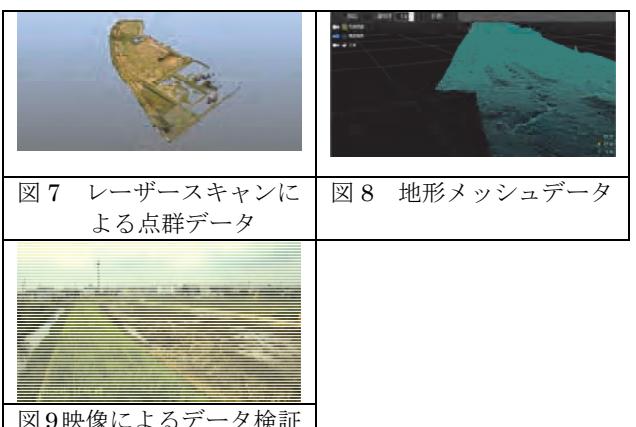
6.1 施工詳細を捉える臨場（愛知県総合治水対策特定河川工事）

MC による ICT 土工の臨場として、ウェラブルカメラで MC の運転手順や施工方法を確認し、施工性の高い手順の選定を容易にしている。同時に施工現場の丁張レスによる施工出来栄えが分かりやすく確認できている。



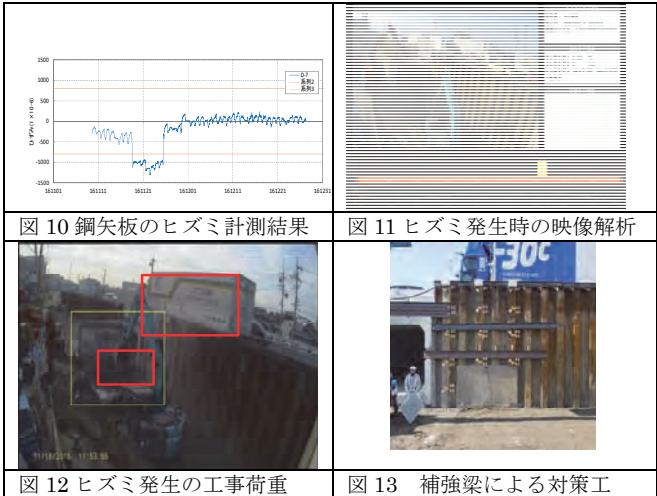
6.2 測量結果に対する臨場（愛知県総合治水対策特定河川工事）

レーザースキャンで測定・処理した点群データで作成した 3 次元メッシュの仕上がりを、実際のネットワークカメラで撮影した映像から切り出した画像から測定データの確認を容易にしている。



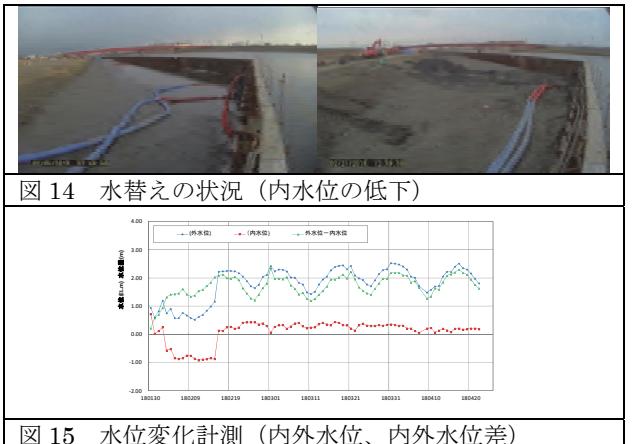
6.3 局所的な要因を捉える臨場（国土交通省41号名濃バイパス道路建設工事）

土留め鋼矢板のヒズミ計が、管理基準近傍に大きく発生したことで、ネットワークカメラで撮影した映像によりヒズミ発生時刻での施工状況を確認し、数値解析による要因分析を行い対策工を迅速に講じ、安全施工に繋げている。



6.4 鋼矢板への荷重変位の臨場（国土交通省平成29年度庄内川大蠍螂低水護岸工事）

水替えによる水位差の計測結果の考察に、施工状況を振り返り（ターンバック）、施工時荷重（水圧）の周期性として大潮時に最大荷重が鋼矢板に負荷されることを確認している。



6.5 鋼矢板への荷重変位の臨場（国土交通省平成29年度庄内川大蠍螂低水護岸工事）

収録した記録映像に、施工上の課題や注意事項などをタグ化し、映像の重要度を点数化しデータベースに収録している。施工後の、技術や工法の情報の取り出しや分析を可能にしている。





図 17 検索された映像の重みづけ

7. 現場見学会での臨場実験

映像による臨場を、遠隔での会議室で、現場とのリアルコミュニケーションと施工記録を収録している映像 CIM を活用して、俯瞰的な視点、人目



線の視点、虫眼的な視点での現場の課題表現について、映像の情緒性に対してスケール感を表すことを目的に3面のスクリーンをもって双方向コミュニケーションによる現場見学会を開催、映像による臨場表現の効果を検証している。

IoT 現場見学会を実施した結果、その効果について以下にまとめると。

- ①リアル映像や映像記録によって現場の臨場感が室内でも詳細に表現したこと、遠隔でも現場と同等の意思決定や技術判断ができるようになった。
- ②全天球型映像は取りこぼしがなく、現場全体を捉える臨場には有効であった。
- ③現場技術者との音声を伴うリアルタイムのやり取りが、遠隔での現場の状況認識の迅速化を可能にした。

一方、課題として、映像を撮影する位置の決定や施工の流れを捉える技術力の差によって現場の説明力が大幅に異なる点、IoT 技術に関して通信速度や容量における課題が挙げられた。特に、中小企業においては、前者の技術力において技術者格差は大きく、企業によっては技術力の底上げ方策が必要になると考えられる。ここでは、この技術力によって映像の撮り方が異なる可能性があることから、これを修正するために映像撮影のガイドラインの整備が必要になると考えられた。ここでは、映像の撮影のガイドラインとして、技術者が考えながら映像の撮影方法を誘導する 17 条のルール作りを提案している。

【映像撮影ガイドライン】

- 一 映像を撮る前に現場風景の隅々まで眺めよう
- 二 現場風景にある環境の変化を想像しよう
- 三 現場風景に自分を置いてスケールを感じよう

- 四 現場風景に存在する人々を想像しよう
- 五 現場風景にある最大のリスクを感じよう
- 六 要するに、土木屋の感性と知性を動員して現場風景の意味を知ろう
- 七 そのうえで、現場風景の押さるべき要所を考えよう
- 八 押さるべき要所は、点から線（接近景）、線から面（中景）をたどり俯瞰化（全景）で捉えよう
- 九 現場風景の映像には、問題を表し、原因を表現し、結論を刻もう
- 十 次世代にもわかりやすく、現場風景の映像の中に存在する意味やリスクを伝えよう
- 十一 土木技術の継承のために先人たちの土木のメッセージを理解しよう
- 十二 映像を振り返り、積極的に先人たちの知財を追跡しよう
- 十三 土木技術を伝えるにふさわしい映像をみんなで集め、利用しよう
- 十四 映像のなかで残すもの、変えるもの、測るものを見（あげつら）おう
- 十五 映像にある良いところを大いに語らい真似しよう
- 十六 その中で、土木を誤解するもの、見苦しいもの、センスのないものを伝えることはやめよう
- 十七 地域の土木技術を維持するために映像利用の作法を学ぼう

8. 最後に

一般に、技術者の判断は、リスク、品質、コスト、効率性など多岐にわたるが、技術者固有の認知能力で、現場から問題要因を探知し対応している。特に職人的な技術者の多くは、「百聞は一見に如かず」や「理屈じゃない」と断言する人が多い。そのような技術者が保有する施工ノウハウは、情緒的に捉えているところがあり、論理的な説明を苦手にしている。映像活用は、この苦手な部分を補い、職場内のコミュニケーションの環境づくりとしてその意味で大きく貢献すると確信している。今後、映像に設計情報やスケールを組み込むことで、劇場型になる映像でも現実規模に近いリスク認知を可能にすると想像できる。また、映像集約は、中小建設業にとって当に知財化でもあり、技術伝承でもあることから、人系の生産性を高める i -Construction の実現に繋がっていくものと考える。

参考文献

- 1) 須田他：「中小零細建設業を対象にする映像を活用した CIM の開発」日本機械化協会 平成 27 年度 建設施工と建設機械シンポジウム論文集
- 2) 須田他：「映像を活用した統合型データモデルの研究」平成 27 年 12 月（一財）日本建設情報総合センター第 14 回 研究助成事業成果報告会