

解説

MR・VR技術を施工管理に導入 ～働き方改革・生産性向上につなげたい～

よねもり せいじ
米森 清祥

サン・シールド(株)
代表取締役



こばやし やすし
小林 靖司

(株)ポケット・クエリーズ
セールスマネジャー



1 はじめに

日本の総人口は、総務省の統計によると約1億2,593万人（2020年6月現在）であり、前年同月と比較して1年間で約32万人減少しております。今のまま推移していくと、2045年には総人口が1億640万人まで減少することが、予測されています（図-1）。

その中でも注目すべき15～64歳までの生産年齢人口の割合は、現在の7,400万人から5,580万人と、約25%も減少することが予測されています。

働き盛りの人口が減少するという事は、日本の産業の生産性が著しく低下し、企業経営に影響を及ぼすば

かりではありません。生産性の低下による個人所得の減少や、超高齢化社会の到来により、高齢者を支える社会福祉のバランスが危ういものとなるなど、国を挙げて長期にわたる対策が必要とされています。

2 建設業従事者の不足と背景

建設業では、従事者不足という深刻な問題を抱えています。その背景のひとつに、建設投資額が平成4年（1992）の84兆円をピークに現在は52兆円まで減少し、この25年あまりで徐々に仕事の量と規模が減ってきているためです（図-2）。

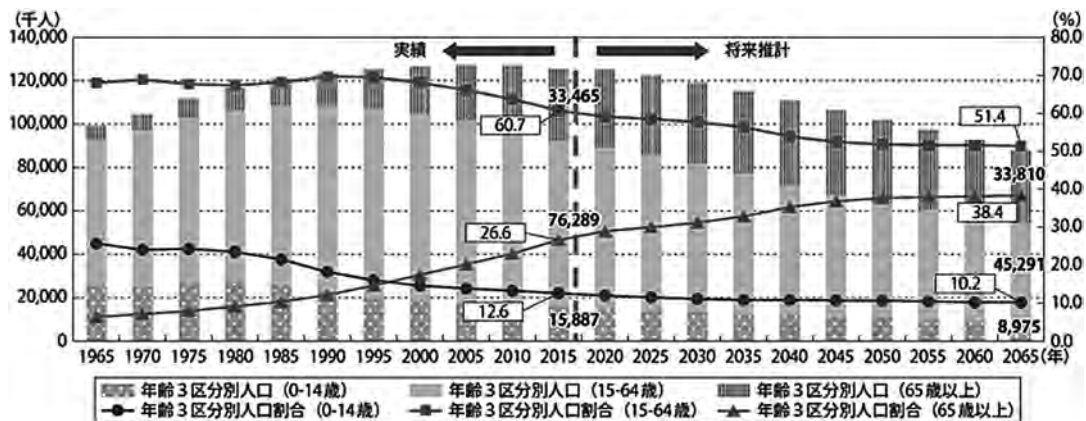


図-1 我が国の人口推移（国土交通白書2019より）

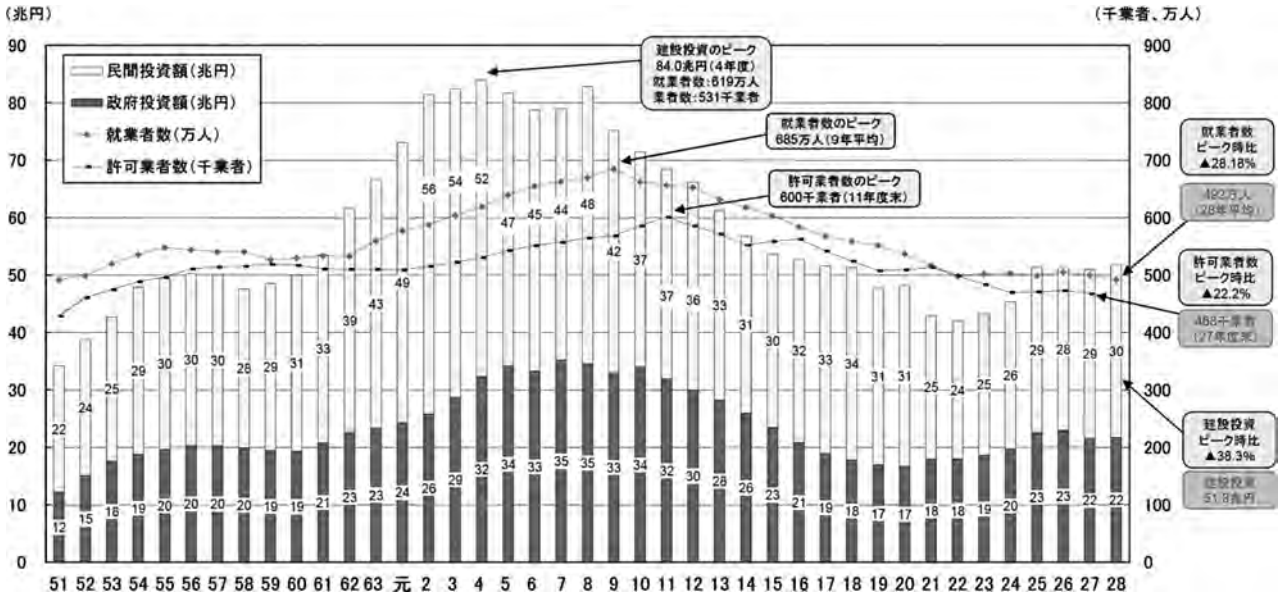


図-2 建設投資額と就業者数の推移 (国土交通省資料より)

また、建設業従事者の高齢化も顕著に表れています。55歳以上の割合が34%なのに対し29歳以下は11%、しかも今後10年間でかなりの数の定年や年齢による離職が予想されます。その離職分を若年労働者による補充が十分できず、若年労働者は入職しても定着しないという側面もあるため、若年労働者の補充だけに頼ることに限界があるといえます (図-3)。

一方で、高度成長期以降に建設され、50年以上経過した道路や橋、トンネル、河川、下水道、港湾など社会資本インフラの老朽化が進んでおります。建設業はこれらの整備やメンテナンスの担い手であり、災害発生時には最前線で地域の安全・安心を守る国土強靱化の大きな役割を担っており、建設業就業人口の減少はそれを脅かすと恐れられています。

3 働き方改革による生産性向上

「働き方改革を推進するための関係法律の整備に関する法律 (働き方改革関連法)」が平成30年 (2018)

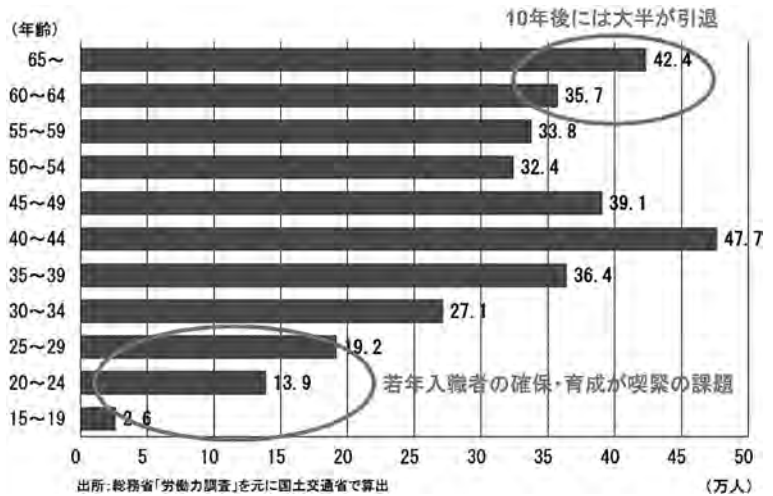


図-3 建設業就業者数年齢別割合 (国土交通省資料より)

6月29日の第196回国会において可決・成立し、平成31年 (2019) 4月から施行されました。この法律のうち建設業に近いものは「長時間労働の是正」「多様な働き方の実現」「賃金の引上げと労働生産性向上」の3つが柱になっています。

「長時間労働の是正」により、健康リスクの減少や余暇の増大など「豊かな人生」を送るための時間をもつことができます。労働者の適正なワーク・ライフ・バランスを確保することで、労働意欲の向上が期待されます。「やる気」がある労働者が多い企業は、生産性が向上し、

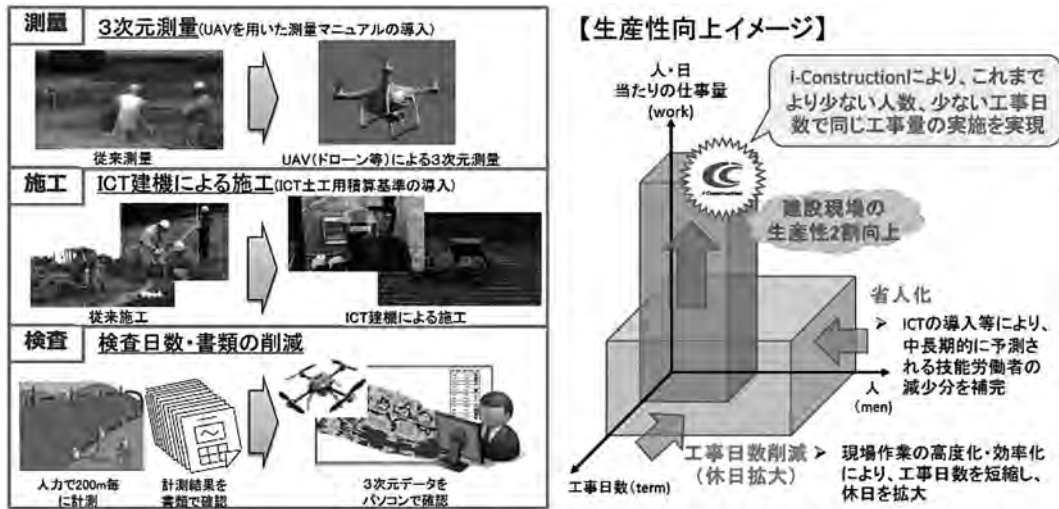


図-4 建設現場の生産性向上とi-Construction (国土交通省資料より)

企業にもメリットをもたらします。建設業でも4週8休を目指した休日の拡大などの取り組みが本格的に動きはじめてきました。

勤務場所と労働時間を限定することで、労働意欲があるにもかかわらず子育てや親の介護などで労働に参加できない人が増えています。これまで「働き方改革」でテレワークが推奨されていながら導入が進んでいなかったものが、今年世界中に混乱と経済的なダメージを与えた「コロナ禍」により急速に導入が進みました。テレワークを積極的に導入することにより「柔軟な働き方」が可能となったこと、これまで労働に参加できなかった人も働く機会が増えたことは歓迎すべきことです。

「賃金引上げと労働生産性向上」については、賃金引上げにより労働者の労働意欲を向上し、生活を豊かにします。労働時間を減らしながら賃金を引き上げるためには、労働生産性の向上が求められます。これらの実現にはコストを要し、その財源を発注者に求めざるを得ないのですが、生産性を向上することにより、その負担の転嫁を抑える努力も必要となってきます。休日の拡大についても工期への影響が懸念されますが、生産性の向上により最小限に抑える努力が必要です。

4 i-Constructionの推進

建設業は「一品受注生産」「現地屋外生産」「労

働集約型生産」という特殊性から、自動化・ロボット化などが難しいとされてきました。この課題を解決すべく、政府はIoT (Internet of Things) を建設現場に展開する「i-Construction」を推進しています (図-4)。

5 推進工事の施工管理に導入するMR・VR技術の概要

本稿では当社が推進工事の施工管理に導入するMRやVR技術を紹介したいと思います。まずは、それぞれの技術の特徴について簡単に説明します。

我々が住む世界を「現実」と呼びます。人間がコンピュータ上で作成した3Dモデルなどを「仮想」と呼び、そこに動作を加えて現実そっくりに再現した空間を「仮想現実 (VR)」と呼びます。ゲームなどが代表的な例です。さらに、ヘッドマウントディスプレイ (ゴーグル) の中で、現実と仮想現実を融合させた最新の技術を「複合現実 (MR)」と呼びます。よく似ている技術に「拡張現実 (AR)」があります。これらの技術はビジネスやエンターテインメント等、様々な場面での活用が浸透しつつあり、その事業規模は国内において2016年は192億円であったのが、2025年には4,136億円まで拡大することが予想されております。

5.1 建設業にMR・VR技術がもたらす効果

建設業では計画・工事・検査の各工程にMR・VR技術を用いることにより「業務の効率化や省力化」を図

る取り組みが進められています。例えば、構造物などの3次元モデルをMRやVRデータに変換させて空間に投影することで、工程の各段階における検査や照合などの「見える化」に用いられています。実際の建設機械や人などの3次元モデルをヘッドマウントディスプレイ越しの現実空間に配置させ、シミュレーションを行うことも可能です。当社はこのMRやVR技術を、推進工事の施工管理に活用しようと考えています（表-1、図-5）。

5.2 MR・VR技術の推進工事現場への展開

従来、技術の継承は建設現場でおこなわれてきました。この技術で事務所などの遠隔地と複数の現場間をリモ-

トでつなぐシステム構築が実現します。「いつでもどこでも」に加えて、「誰でも」もキーワードにし、ベテラン技術者が現地で教えるのではなく、遠隔操作によりベテラン技術者から「誰でも」技術の習得を可能にしました（図-6）。

当社のMR・VR技術で実現可能な事項を以下に示します。

① 計画段階での簡単な工事のシミュレーション

- ・敷地に資機材が配置可能か否かの判断（MR）
- ・架空線や道路幅員など、車両が走行可能ななどの検討（MR）

表-1 VR・AR技術の主な利用シーン（国道交通白書2019より）

技術	基本的な用途	業種	利用例
VR	現実にはできないことを体験	旅行	海外など旅行先の検討時にガイドブックの代わりに活用
		不動産	モデルルームの疑似見学、完成前物件の日照のシミュレーション（朝・昼・夜）異なる階の部屋の窓からの眺望確認
		自動車	ショールームの展示車以外のカラーや内装の確認
		広告	360度／3D映像を使った新たな広告、視線トラッキング技術による広告視聴時間の把握
		小売	仮想空間の店舗でネットショッピング
		医療	手術の予行練習、痛み・ストレスの緩和
		教育	古代文明や宇宙、歴史的建築物、自然現象などの疑似体験
AR	現実世界を拡張	旅行	観光地で、スマホのカメラをかざすと観光情報や歴史上の遺跡などをスマホに映し出したり、進むべき方向を表示する道案内など
		不動産	現地で物件にスマートフォンをかざすと、価格や間取りなどの物件情報が表示される
		自動車	ヘッドアップディスプレイを通じて、フロントガラスに目的地までのルートや車間距離、速度、地図情報などを表示
		小売	洋服の仮想試着や仮想メイクアップ（化粧品）など
		物流	ピッキング作業や配達作業のサポート
		航空	機内サービス時に、顧客の顔を認識し、その顧客の情報（目的地、マイルプログラムステータス、好みのドリンクなど）を表示



図-5 現実空間と仮想空間の概念図

②掘進機や資機材などの工場自主
検査への仮想臨場

- ・ 検査要領の確認や検査、検査データの確認(VR)
- ・ 検査のチェックポイント等の把握(VR)

③掘進機を整備するスタッフの教育

- ・ 部品に属性を持たせて交換時期の照合や誤接続の防止(MR)
- ・ 整備のマニュアルに基づき正しい整備手順を習得する(VR)

④現場での施工前や施工途中での活用

- ・ 仮設構造物の配置や設計照査(MR)
- ・ 次工程への移る際の最終シミュレーション(立坑への掘進機投入シミュレーションなど)(MR)
- ・ トラブルが起きた際のリモートトラブルシューティング(VR・MR)

⑤展示会や見学会

- ・ 施工現場の見学(VR)
- ・ 展示会やプレゼンへの活用(VR・MR)

6 MR・VR技術を取り入れた 推進工事の施工管理

施工管理とは、定められた工期内で決められた位置に高品質で事故やトラブルが起これないような施工計画を立案し、計画どおりに適正に工事を進めるために、工程管理・品質管理・出来形管理・安全管理の手法を用いて確認することです。

「あかり工事」と呼ばれる製作状況を確認しながら施工管理をする一般土木工事と異なり、「推進工事」は掘進機や推進設備などが示すトルク・ストローク・流量・圧力・速度などのアウトプット情報から現在の状況を把握し、施工管理手法に基づきその都度的確な判断と対応をして工事が進行しています。

ここで思いついた施工管理だけでも、掘進管理(姿勢制御・掘進土量・掘進速度・推進力の管理・添加材や裏込め材の配合やボリューム、圧力の管理)、掘

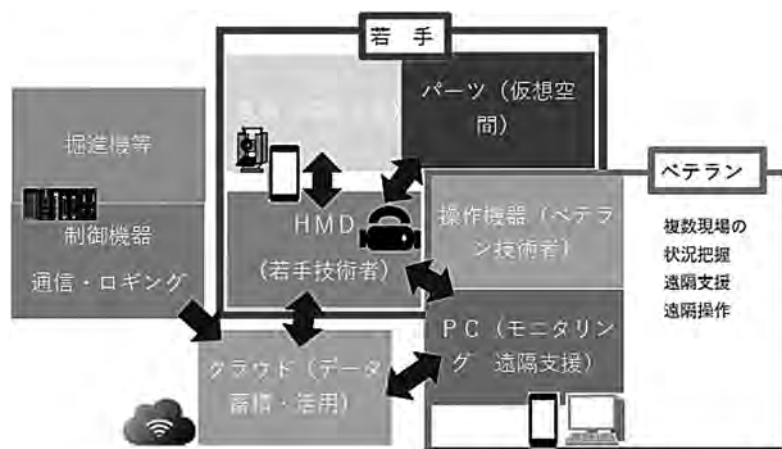


図-6 MR技術による後方支援システム

進中の推進管・支圧壁・立坑の管理(管内部や目地の状態や変位)、周辺地表面の管理など多岐にわたります。これらはほんの一部でありあらためて管理項目の多さや複雑さに気づきます。

7 施工管理技術の習得の難しさ

推進工事の施工現場では、多くの判断材料と、短い時間で判断と対応をしなければなりません。その判断は、作業員や管理者が自らの記憶にある過去の事例や経験などを瞬時に引き出し対応しており、いうならば「データの活用が上手にできている」=「施工管理が上手くできている」のではないのでしょうか。

それに加え前述の、建設現場特有の「一品受注生産」「現地屋外生産」「労働集約型生産」という特殊性により、技術習得の難しさのハードルがさらに上がっていると考えています。潜在したスキルに現場は左右され、過ちに気づいた時に後戻りできないなど、現場を任せられる者の責任が大きく一人前になるのに相当の時間を要することなども、若い人が入職しても長続きしない要因のひとつとなっているのではないのでしょうか。

そのバラツキの平準化と生産性向上により「現場に就く者の負荷を低減させたい」「若い人が推進業界に入り込みやすく、入ったら定着できる労働環境を作りたい」そんな思いから、若い人が馴染みやすいであろうMRやVR技術の導入に踏み切りました。

8 iVoRi360による施工管理

当社は、ゲームやアプリケーション開発をおこなっている(株)ポケット・クエリーズと2019年春に業務提携を結び、推進工事版MR・VRシステムの構築と活用を推進しています。

まずはVR技術の活用事例から紹介します。(株)ポケット・クエリーズではヘッドマウントディスプレイとコントローラを用いた「iVoRi360（アイヴォリサンロクマル）」という

技術があります。バーチャルの空間に360°カメラで撮影した画像をVRデータ（空間の背景として使用）に変換します。従来の一枚一枚画像を利用するトレーニングも確かに有効ですが、現場全体のシチュエーションを把握するには複数の画像を頭で融合させる想像力、現場再現力が必要とされます。この技術があれば、イメージが苦手な技術者でも鳥瞰的や様々な角度から画像をみることで、現場のシチュエーションが容易に把握できることが期待できます。実際に施工管理のうち安全教育や店社の

安全パトロールなどの「安全管理」についてはほぼシステムが完了し、デモ現場も始動しはじめました（図-7、8）。

9 QuantuMRによる施工管理

次にMR技術の活用事例を紹介します。VRと同じくヘッドマウントディスプレイを用いた「QuantuMR（カンタムアール）」という技術があります。このヘッドマウントディスプレイはPCがゴーグル状になったものを使用すると考えていただければと思います。こちらは最新のバーチャル技術であり、VRとARの融合といえます。ヘッドマウントディスプレイの装着者が見ている現実の空間に3次元モデルを作成投影、MRデータに変換し現場での事前検討が可能となる技術で、ヤード配置や立坑や構造物などの寸法や構造の検討などの「設計照査」に有効と考えていま



技術や技能のトレーニングのみではなく、安全教育や熟練度の把握、バーチャル展示にも活用できる。

図-7 VR技術（iVoRi360）による支援

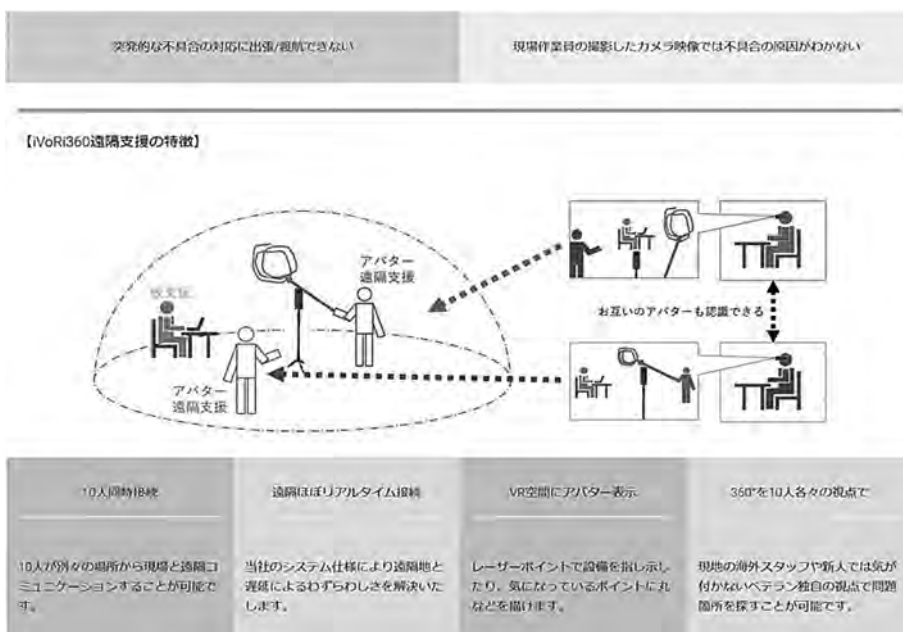


図-8 VR技術（iVoRi360）によるシミュレーションイメージ

す。2次元の図面だけで現場のイメージを掴むのには経験とテクニックを要します。QuantuMRを導入することにより、検討段階での思い込みや勘違いなどの防止に役立ちます。

10 施工管理への導入の問題点

施工管理全般についての項目とVR・MR技術の活用について表に示しました（表-2）。

表のうち◎については現在活用が可能な管理項目、○についてはこれから活用に向けて開発を進める項目としました。

MR・VR技術はそれ単体では、視認的な「見える化によるトレーニング効率化」や「掘進機や先導体の正確な整備管理」には有効ですが「この状況下ではどの対応をすればベストか」など施工管理のうち最も難しい「品質管理や出来型管理」に関連する項目については、もう少し研究が必要です。

当社では掘進機や先導体、地上設備の計器にAI（人工知能）を搭載させ、最適なオペレーションを集約し、集めたデータをもとに学習させることにより「いまはこのような状態になっている。この判断をすべきだ」と施工管理の補助ができるようなシステム構築も進めています。

しかし、どんなにいいものやシステムがあっても、正確

表-2 施工管理への活用が期待できるMR・VR技術

施工管理のうちMR・VR技術が活用できる事項（例）		導入可能な技術	
		MR	VR
施工計画	資機材の配置計画	◎	
	現地調査		◎
	施工計画立案に必要な書類の確認	◎	
	設計図書の確認	◎	
	使用機械の確認	◎	◎
	設計照査	○	○
工程管理	作業標準の確認	◎	
	使用機械の点検、使用履歴の確認	◎	
	工事に支障となるトラブルシューティング	○	
	作業手順や進捗の確認と修正	◎	◎
	作業状況や工程管理帳票の記憶・確認と適切な対応	○	○
	次の工程に進む前の事前シミュレーション		◎
品質管理	規格値と現在の測量結果、その後の適切な対応	○	
	規格値にあわせる（掘進管理）	○	○
	推進管など使用材料の点検	○	
	推進管など使用材料の自主検査への立ち会い		◎
	作業管理（掘進中の切羽の安定管理）		○
	掘進管理（日進量、推進力・管材や支圧壁の状態・精度、地表面の状態や状況）	○	
	滑材・裏込材注入管理	○	○
安全管理	安全管理基準の確認	◎	
	使用機械の点検、安全巡視		◎
	現地KYの実施、ヒヤリハット事例の活用		◎
	遠隔地からの安全指導	◎	◎
	安全パトロール	◎	◎
	安全教育	◎	◎
その他	掘進機の到達・解体シミュレーション		◎
	現場見学（遠隔地からバーチャル）	◎	◎
	企業説明（現場や工事紹介）	◎	
	施工検討会、反省会		◎

な判断を下し施工管理や操作をするのは人間です。現場の従事者には現場入場前の基礎教育や指導をおこない、施工管理そのものを理解したうえで、現場に従事させることが必要不可欠であると考えます。それらの習得にもMR・VR技術を有効に活かしていきたいと考えています。

また、ヘッドマウントディスプレイなどを装着しての施工管理にはいくつか課題が残されていることもわかりました。ひとつはヘッドマウントディスプレイを装着することによる「画面酔い」や「装着者の頭部や頸部への負荷」屋外使用での「逆光」、画面に集中するあまり一種の「歩きスマホ状態」に陥り「つまずき・転倒・転落」など、危険な状態が生じかねないことです。これらの対策としてヘッドマウントディスプレイの小型化や軽量化、レンズ性能の改善など、メーカーに期待するところもありますが、当社では安全対策として、ヘルメット一体型にすることや、歩くと画面がスリープ状態になるなど、ハード面の開発も進めていく考えです。

次にMR・VRシステムはコンピュータ通信を使用することから、データ通信の問題もあります。大量のデータを送受信するために、現場への高度通信網が必要になること。データ容量によりタイムラグが生じるなどの改善の余地があります。データ容量の削減やシステムの見直しなど、現場において実証実験を重ねて実用化につなげていきたいと考えています。

11 おわりに

近い将来、有能な技術や技能を持ったベテランの技術者や技能者が定年などにより離職する可能性が予測されています。今、技術承継をおこなわなければ、高いレベルを誇る日本の推進技術がやがて低迷する恐れをいただいています。

これから海外の推進工事案件も増え、推進技術の輸出が活発化することが予想されます。言葉を越えた推進工事への展開・導入も視野に入れ、推進技術の輸出がスムーズに進むよう、本稿で紹介したMR・VR技術を役立てたいと考えています。

ひとりでも多くの推進工事に携わる方、これから社会人になる「デジタルネイティブ世代」に、世界でもトップクラスの日本の推進技術に触れていただき「若い人材の確保」や「働き方改革」につながるよう、また推進業界の発展に微力ながら貢献できるよう、今後も研究開発に邁進していきたいと思えます。

○お問い合わせ先

サン・シールド(株)

〒444-1154

愛知県安城市桜井町城阿原28

Tel : 0566-99-6860 Fax : 0566-99-6861

<https://www.sunshield.co.jp/>

(株)ポケット・クエリーズ

〒151-0071

東京都渋谷区本町1-17-12 リッツ初台ビル 3F

Tel : 03-5333-1533 Fax : 03-5333-1532

<http://quantize-world.com/>

【参考文献】

Youtube「QuantuMR (クァンタムアール) ~設備点検におけるMixed Realityソリューション~」Pocket Queries,Inc.



Youtube「MRを用いた推進工事シミュレーション」サン・シールドチャンネル

