

鋼橋架設現場における 3DCG と VR を用いた見学会の試み

札幌市水道局 給水部 工事課 ○鈴木 聖人
小関 正志
計画課 猪子 敬之介

見学会は公共事業の PR、技術の知識向上等を目的に開催されるが、工期の中のごく限られた作業や構造物の構築過程しか見ることができず、見学者に対し工事を分かり易く伝えられない状況にあると考えられる。そこで、鋼橋架設現場において 3DCG と VR を用いた見学会を開催した。アンケート調査の結果、工事内容、構造物の完成に関して約 9 割の見学者が過去の見学会に比べ分かり易いと回答しており、3DCG と VR の導入効果が高いことを検証した。

キーワード：見学会、3D、CG、VR、アンケート調査

1 はじめに

土木工事における見学会は、一般人、建設業従事者等に向け、公共事業の PR、地域貢献、地域との協力体制の確立や理解の促進、土木技術に関する知識向上などを目的に開催される。これらの目的を一つないし複数達成するには、見学会において工事関係者が見学者に対し工事の情報を分かり易く提供し工事への理解度を向上させる必要があると考えられる。

見学会において、工事への理解度の向上に繋がる諸情報は、どのような工事が行われて、どのような構造物が造られているかを「見る」、どのような順序や方法によって工事が行われているか、その内容を「聞く」、工事によって造られた構造物を「触る」(歩く、使うなど)といった人間の視覚・聴覚・触覚により得られるものである。このうち「触る」に関しては、工事期間中に構造物が完成していることは稀であることから、見学会では主に「見る」、「聞く」の視覚・聴覚情報を見学者に提供することになる。従って、視覚・聴覚情報が適切に提供され、それらがうまく相互補完し合うことで、見学者に対して工事を分かり易く伝えることが可能となり、工事への理解度を向上させることができると考えられる。

しかしながら、従来の見学会は見学者に対し工事を分かり易く伝えられているとは言い難い状況にあ

る。このような状況の背景には、次のような時間的制約や見学者の基礎知識レベルに関する問題点が挙げられる。

- (1) 見学会は一般に工事期間中に行われるものであり、長い工期の中のごく限られた特定の日の構造物の構築過程や作業状況しか見ることができない。
- (2) 完成した構造物を見ることができないため、図面やパンフレットを見てもどの程度の規模、形状寸法の構造物ができ上がるのかがイメージできない。
- (3) 基礎知識がある程度ないと、説明を受けてもどのような順序や方法で工事が行われているか理解できない。

これらの問題に対して、著者らは視覚情報の優位性(例えば、メラビアンの法則など)に着目した。一般的な見学会における 2 次元の図面やパンフレットを用いた工事説明による視覚・聴覚情報に加え、工事の内容あるいは順序や方法、構造物の完成イメージなどといった視覚情報を強調・補完する仕組みを構築すれば、見学者に工事を分かり易く伝えることができ、工事への理解度の向上に繋がるとの仮説を立てた。そして、この仮説に基づくアンケート調査を行うことで、見学者の工事への理解度に変化が生じるのか把握することを目指す。

本論文では、見学会において視覚情報を強調・補

完し得る仕組みとして、3次元コンピュータグラフィックス（以降、3DCGと呼ぶ）とヴァーチャルリアリティ（以降、VRと呼ぶ）を導入し、仮説に基づくアンケート調査を実施した鋼橋架設現場の事例を取り扱う。この定量調査の結果を元に、3DCGとVRを導入したことにより、見学者の工事への理解度に変化が生じたかを客観的に評価する。

2 3DCGとVRの概要

(1) 3DCGの概要

3DCG (3DimensionalComputerGraphics) とは、CGのうち、コンピュータ上で立体空間の情報を生成し、仮想的な3次元の世界を投影したものである。

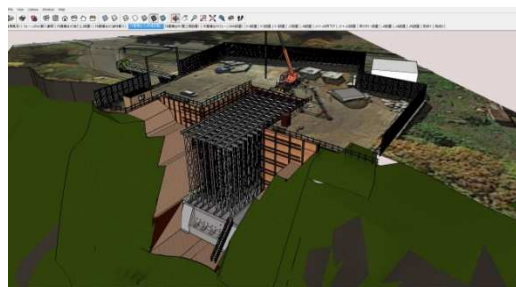
3DCGの製作は、まず、地形の測量データを有する範囲において、地形や永久・仮設構造物を含め、3次元CADソフトウェア (AutoCADCivil3D) により3次元座標上に立体空間を作製した (モデリング)。次に、3DCADと互換性のある3次元モデリング・ソフトウェア (Sketch Up) を用いて、3DCADで作製した立体空間を取り込み、GoogleEarthから得た地形や画像を貼り付け、現場の質感を出すことにした (テクスチャマッピング)。最後に、光源の位置やカメラの向き、画角などを指定することにより、コンピュータが3次元の画像を自動計算する動作環境が整う (レンダリング)。これらの処理過程を経て3DCGを製作した。

見学会に3DCGを導入するにあたっては、従来の2次元の図面やパンフレットを用いた説明に対し、視覚情報を強調・補完することを見据え、トラッククレーンの据え付けから鋼橋架設完了に至る鋼橋架設方法の施工順序、構造物完成について計20ステップを作製することにした。3DCGのスナップショットを図-1に示す。

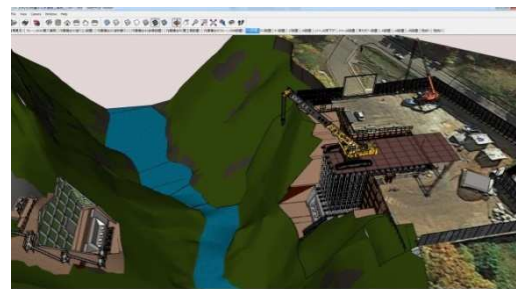
(2) VRの概要

VR (Virtual Reality) とは、CGを用いて人工的に現実感を創出する技術である。ゴーグル型映像装置 (Oculus Rift) を介して3次元空間に自らが居るような疑似体験ができる。

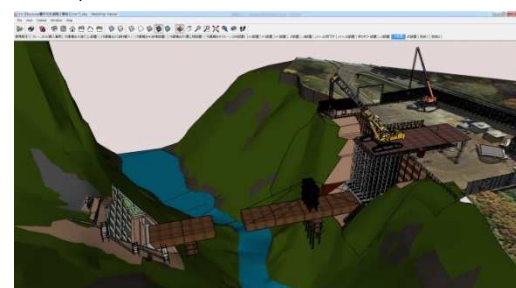
ここでは、本章1節の3DCGデータを活用してVR



a) クローラクレーン構台の設置



b) 200t吊りクローラクレーンの設置

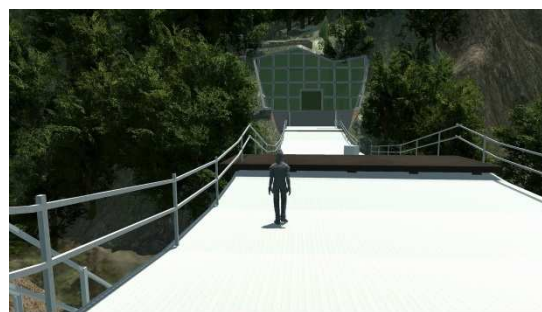


c) クローラクレーンベント工法による鋼橋架設

図-1 3DCGのスナップショット



a) クローラクレーン構台上を歩行している様子



b) ワイヤブリッジ足場を歩行している様子

図-2 VRのスナップショット

用空間モデルを構築した。空間モデルは鋼橋の架設過程や架設後のシーンを複数設定した。見学会では、見学者の世代や属性、基礎知識レベル、工事の進捗などに応じてシーンを変え、ゴーグル型映像装置を

介して構造物の規模、形状寸法が視覚情報で疑似体験できるようにした。VRのスナップショットを図-2に示す。

表-1 見学会の開催日と団体名、世代、属性、見学者数

開催日	団体名	世代	属性	見学者数
10/29	定山溪まちづくり協議会・定山溪連合町内会	40～60代以上	一般人	13名
11/7	土木学会北海道支部・札幌市生涯学習総合センター	20～60代以上	一般人・建設業従事者	25名
11/9	札幌市定山溪中学校	10代以下、40～50代以下	一般人	17名
11/11	札幌市建設局・水道局	20～50代以下	建設業従事者	25名
11/14	北海道大学構造デザイン工学研究室	20～50代以下	一般人	8名

表-2 アンケート調査の質問

No.	質問	回答方法
質問1	現場見学会で使用した3次元コンピュータグラフィックス(3DCG)について質問いたします。 今回は工事途中でしたが、工事の内容や順序は理解できましたか?	a.できた b.できなかった
質問2	現場見学会で使用した3次元コンピュータグラフィックス(3DCG)について質問いたします。 工事内容や順序、橋の完成イメージは平面的な図面、画像と比べてどちらがわかりやすかったですか?	a.平面的な図面・画像 b.3DCG
質問3	現場見学会で使用した3次元メガネ(VR)について質問いたします。 どのくらいの大きさの橋ができるのかイメージできましたか?	a.できた b.できなかった
質問4	現場見学会で使用した3次元メガネ(VR)について質問いたします。 図面や画像を見るのに比べ、3次元メガネ(VR)を通して見た橋の大きさに違いがありましたか?	a.ある b.ない
質問5	現場見学会に参加したことが「ある」とお答えした方に質問いたします。 過去に参加した現場見学会に比べ、3次元コンピュータグラフィックス(3DCG)や3次元メガネ(VR)を使用すると、工事の内容や順序、構造物の完成イメージなどがわかりやすかったですか?	a.わかりやすい b.どちらともいえない c.わかりにくい



a) 3DCGによる工事内容と順序の説明

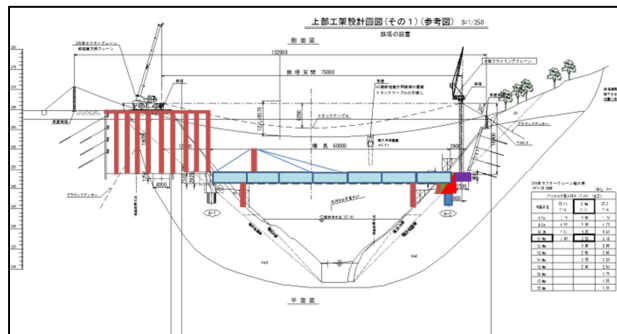


図-3 工事内容と順序の説明のための2次元図面



b) VRによる鋼橋架設後の疑似体験

写真-1 見学会開催状況の一例

3 アンケート調査の方法

アンケート調査は、3DCGとVRのデバイスの環境が整う2015年(平成27年)10月29日～11月14日の計5回の見学会を対象に実施した。5回の見学会の開催日と団体名、世代、属性、見学者数を表-1に示す。

アンケート調査の質問を表-2に示す。アンケート調査の内容は、一般的な見学会における2次元の図

面やパンフレットを用いた工事説明による視覚・聴覚情報に加え、工事の内容、順序や方法、構造物の完成イメージといった視覚情報を強調・補完する仕組みを構築すれば、見学者に工事を分かり易く伝えることができ、工事への理解度の向上に繋がるとの仮説に基づいて、3DCG と VR が工事への理解度に寄与しているかという質問に終始した（質問 1～4）。また、表-1 に示すようにアンケート調査の対象は 10 代以下～60 代以上と世代の幅が広く、建設業従事者以外の一般人の見学者が多いことを踏まえ、質問の内容は極力平易な表現となるように努めた。さらに、過去に参加した見学会に比べて、3DCG と VR を導入した場合、工事の内容、順序や方法、構造物の完成イメージが分かり易いか難いかという質問も加えた（質問 5）。

見学会開催状況の一例を写真-1 に示す。見学会では、まず、アンケート調査の主旨に鑑み、従来の方法との比較のために、2次元の一般的な図面（図-3）を配布し画像（MicrosoftPowerPoint）を通して説明を加えた上で、3DCG による工事内容や順序を説明した。次に見学者が VR を体験し、最後に鋼橋架設現場を見学するようにした。これは、座学で基礎知識を学び、想像力を働かせてから、現場を見て経験を積むという人材育成の一手法に倣ったものである。そして、見学会終了後にアンケート用紙を配布しアンケート調査を実施することにした。

4 アンケート調査の結果と考察

アンケート調査の総回収数は 88 サンプルであった。見学者は世代別で 10 代以下 18%、20～30 代 33%、40～50 代 24%、60 代以上 25%、属性別で一般人 65%、建設業従事者 35%であった。また、過去に見学会に参加したことがある見学者は全体の 55%であった。アンケート調査の結果を図-4～8（表-2、質問 1～5）に示す。

(1) 3DCG に関する結果と考察

この節では 3DCG を導入したことによる工事の内容や順序、構造物の完成イメージについて、見学者の理解度がどのように変化したかを考察する。

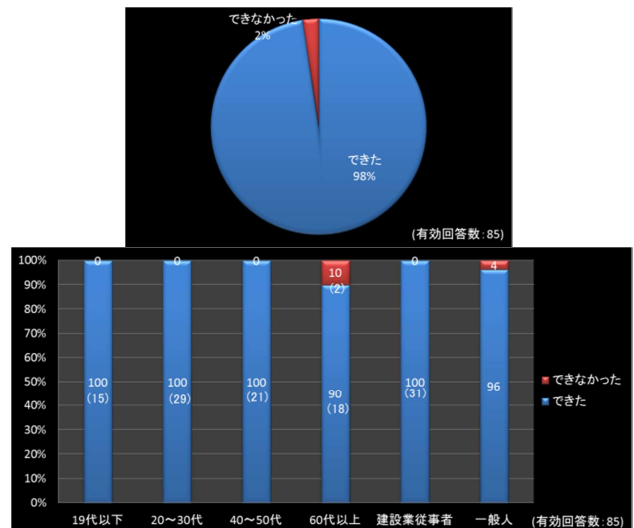


図-4 質問 1（上図：全体、下図：世代別・属性別）

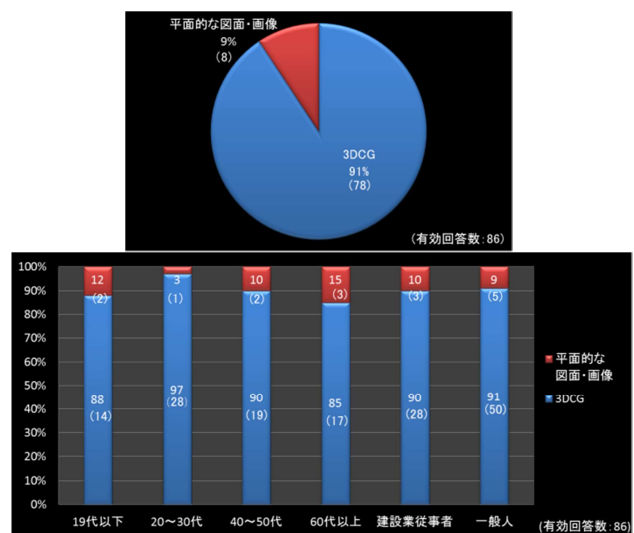


図-5 質問 2（上図：全体、下図：世代別・属性別）

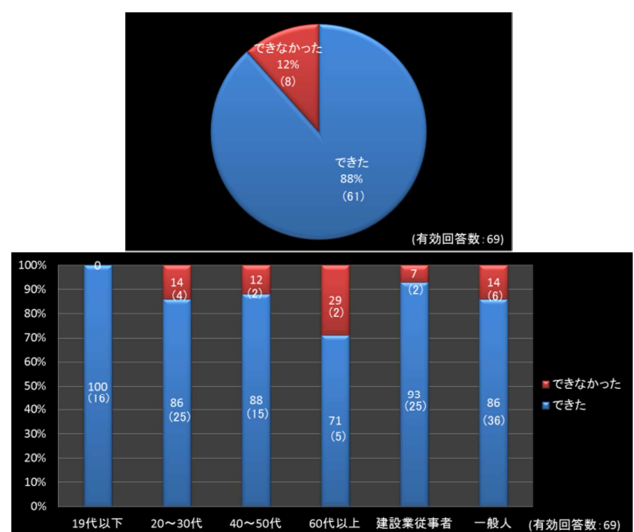


図-6 質問 3（上図：全体、下図：世代別・属性別）

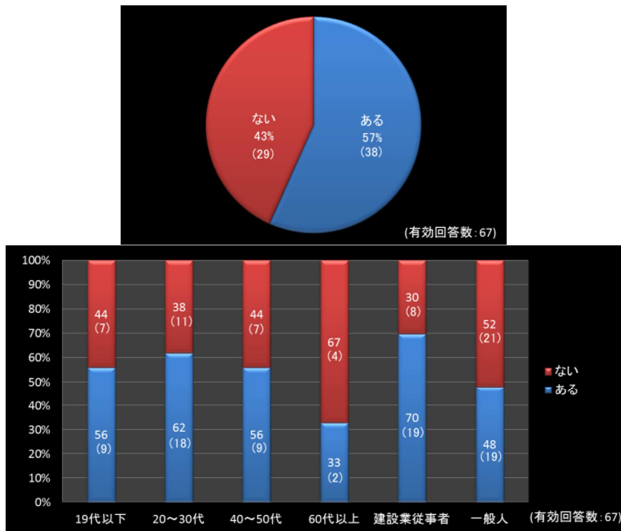


図-7 質問4 (上図：全体、下図：世代別・属性別)

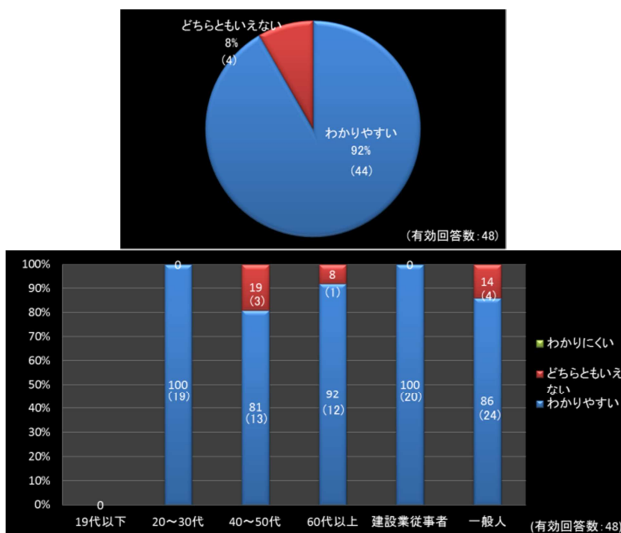


図-8 質問5 (上図：全体、下図：世代別・属性別)

図-4 (表-2、質問1)によると、工期の中のごく限られた特定の日に於いて、工事の内容や順序が理解できたという回答が98%、理解できなかったという回答が2%となっている。世代別に見ると60代以上の10%、属性別に見ると一般人の4%が理解できなかったという回答であった。そこで、理解できなかったと回答した60代以上、一般人のアンケート用紙を見ると、図-5の質問2では何れも3DCGが分かり易いと回答していることから、3DCG自体ではなく、基礎知識の少ない見学者に対する工事関係者の説明内容や方法に課題があると推測された。

また、図-5 (表-2、質問2)では、3DCGによる工事内容や順序、構造物の完成イメージが、平面的な

(2次元)図面や画像と比べてどちらが分かり易かったという質問に対して、3DCGと回答したのが91%、平面的な図面・画像と回答したのが9%であった。世代別、属性別で見ると、回答の割合が平均的なトレンドとなっている。これについては、見学会開催時にヒアリングによる定性調査を実施している。この調査では、3DCGが分かり易いとの見学者が多くを占めていたものの、従来から見慣れている平面的な図面や画像が分かり易いという見学者も複数おり、図-5 (質問2)の結果に繋がったものと考えられる。このため、工事への理解度の向上を図るには、世代や属性を問わず、3DCGだけではなく、従来の2次元の図面や画像を併用することも必要と考えられる。

(2) VRに関する結果と考察

この節では1節に続いてVRを導入したことにより、構造物の規模や形状寸法について、見学者の理解度がどのように変化したかを考察する。

図-6 (表-2、質問3)を見ると、どの程度の大きさの構造物ができ上がるのかイメージできたという回答が88%、できなかったという回答が12%となっている。世代別に見ると世代が高くなるにつれてイメージできなかったと回答する見学者が多くなっている。属性別では、一般人と建設業従事者の間で有意な差は見られなかった。これは、若い世代がゲームや映画などを通じて仮想的3次元空間に慣れ親しんでいることに起因しているものと推察される。

続いて図-7 (表-2、質問4)である。この質問内容は、日常的に実現場、工事に関する図面や画像を見ることがなく、図面や画像による情報を与えてもスケール感を把握し辛い一般人の見学者が、VRを介して構造物を見た際にその大きさに違いを感じるであろうことを意図したものである。結果は予想に反して、一般人の見学者については、VRを介して見た構造物の大きさに違いがあると回答したのが48%と半数を割った。これに対し、日常的に実現場、工事に関する図面や画像を見る機会のある建設業従事者が、構造物の大きさに違いがあると回答したのが70%であった。従って、実現場や図面等を見慣れて

いても立体的にイメージできる建設従事者が少なくなることが言える。

(3) 過去の見学会との比較結果と考察

本章最終節では 3DCG と VR を導入したことにより、過去に参加した見学会と比較して、見学者の理解度の変化を考察する。

図-8 (表-2、質問 5) では、見学会に参加したことがある見学者に対して質問を行っている。これによると、過去に参加した見学会に比べ、3DCG や VR を用いたことにより、工事の内容や順序、構造物の完成イメージなどが分かり易かったとの回答が 92%、どちらとも言えないとの回答が 8%、分かり難いとの回答が 0%であり、ネガティブな意見は皆無であった。本章 1~3 節の結果を俯瞰すると、第 1、3 章で論じた仮説について、3DCG や VR のような視覚情報を強調・補完するデバイスによって、見学者に工事を分かり易く伝えることができ、工事への理解度の向上に繋がることになり、その妥当性が検証されることになった。しかしながら、本章 1、2 節で述べたように、これらのデバイスは、見学会の説明者、見学者の世代や属性などに依存する特性を有している。これらの条件に応じてデバイスの使用の有無を選択する必要があると考えられる。

5 結論

本論文では、鋼橋架設現場の見学会において視覚情報を強調・補完し得る仕組みとして 3DCG と VR を導入し、仮説に基づくアンケート調査を実施した。この定量調査の結果を元に得られた結論は次のとおりである。

- 3DCG により工事内容や順序、構造物の完成イメージなどといった視覚情報を強調・補完すると、工事への理解度の向上に繋がる。
- 3DCG を用いても、基礎知識の少ない見学者に対する工事関係者の説明内容や方法の課題が解消される訳ではない。また、世代や属性を問わず、3DCG だけではなく、従来の 2 次元の図

面や画像を併用することも必要と考えられる。

- VR を導入することにより、構造物の規模、形状寸法について見学者の理解度が向上する傾向にある。
- VR の導入にあたっては、ゲームや映画などを通じて仮想的 3 次元空間に慣れ親しんでいる若い世代に効果的であることや、実現場や図面等を見慣れていても立体的にイメージできる建設業従事者が少なくなっていることなどを念頭に入れておく必要がある。
- 3DCG や VR のような視覚情報を強調・補完するデバイスによって、見学者に工事を分かり易く伝えることができ、工事への理解度の向上に繋がるという仮説の妥当性が検証されることになった。
- しかしながら、3DCG や VR のようなデバイスは、見学会の説明者、見学者の世代や属性などに依存する特性を有している。これらの条件に応じてデバイスの使用の有無を選択する必要がある。

6 おわりに

本論文では、見学会における 3DCG と VR の導入効果に関して一定の結論を得ることができた。しかしながら、この結果は、アンケート調査のサンプル数が少なく、必ずしも一般性を有しているものではない。また、工事内容や順序、構造物の規模や形状寸法あるいは世代や属性などによるところが大きいと判断される。

今後の課題として、関連工事において本論文のような取組みを継続して行い、アンケート調査結果のサンプル数を多く収集することで、仮説の検証をさらに進める予定である。

謝辞： 本論文作成にあたり、調査に協力頂いた一二三北路株式会社、株式会社岩崎にこの場を借りて御礼申し上げます。