

VR技術を用いたポンプ補器類・配管配置の確認、および流動状況の把握

Checking auxiliary equipment and piping around the pump using VR

(株)荏原製作所 對馬 廣大・平田 和也

1. はじめに

VR（仮想現実、Virtual Reality）技術は、エンターテインメント業界を中心に発展し、主にCG（Computer Graphics）を用いて仮想の世界があたかも現実であるかのように知覚する（以下：没入）技術である。近年、ハードウェアやソフトウェアの高性能化、および3D-CAD技術の進歩が加速しており、産業分野でも盛んにVR技術が応用されはじめています。産業分野におけるVRの活用方法は、エンターテインメント業界での利用と同様に、HMD（Head Mounted Display）を用いて仮想空間内に没入し、主に3D-CADモデル（以下：3Dモデル）を立体視する方法が一般的である。この技術を用いることで、PCの画面や、印刷物でしか確認できなかった3Dモデルを、仮想空間内に映し出し臨場感をもって視覚を通じた体験ができる。そして、大きさ、形状、および構造を確認し、その結果を基に設計段階でそれらを修正することも可能となった。

当社はポンプや半導体製造装置、ごみ焼却プラント等の産業機械やエンジニアリング技術で社会インフラを支える事業を展開している。各事業部門の営業、設計、さらにアフターサービス等の各種業務では、改善や顧客価値向上のためにVR技術の適用を推進中⁽¹⁾である。

当社におけるVR設備としては、一般的なHMD（2017年より運用開始）に加え、2018年に「CAVEシステム（以下：CAVE）」（写真1）を構築し、運用を開始した。CAVEとは、正面、側面、お

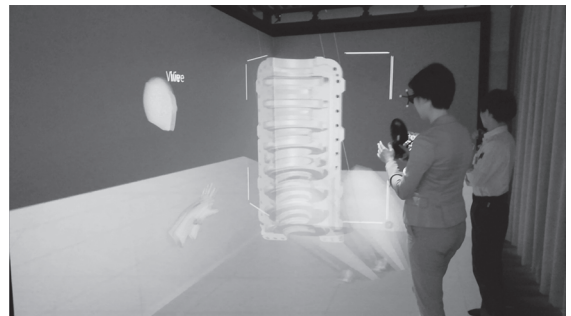


写真1 当社が運用しているCAVEシステム

よび底面等の複数枚のスクリーンを有し、スクリーンごとに右目用、および左目用の画像を交互に投影する個別のプロジェクターを有する大型の設備群である。ユーザー（以下：没入者）はHMDではなく、プロジェクターにリンクした液晶シャッターメガネを用いて仮想空間内に没入する。また、各プロジェクターの映像は没入者の位置、および視線方向に合わせて変化し、没入者に3Dモデルの位置関係の違和感を持たせることなく、3Dモデルの立体視が可能である。HMDは装着すると視界全てが塞がれるため、一度没入すると周囲の状況はおろか、自らの手足すら認識できなくなる。それに対しCAVEは、液晶シャッターメガネを装着しても視界は塞がれないため、複数人で同じ3Dモデルを認識・共有することが可能となる点が特徴の一つである。これにより複数人で立体視している3Dモデルに対して、「ここ、そこ」等と指を差しながら議論することも可能である。また、液晶シャッターメガネはHMDと比較して軽量であるため、没入時

の装用感も良好である。

HMDを用いたVRでは、HMDの他に高性能なグラフィックボードを具備したPC（当社ではノート型モバイルワークステーションを使用）、仮想空間内で操作を行うコントローラー、仮想空間内で没入者の位置を特定するためのトラッカー、さらに接触干渉時に没入者の肘から指先までを仮想空間で表示させるためのVRグローブ等の機器を用いる。固定された設備としてのCAVEとは異なり、これら全ての機器が持ち運び可能であるため、社内外を問わず様々な場所でVR技術を活用できるという特徴もある。

2. 接触干渉

「接触干渉」とは、3Dモデルを立体視している仮想空間において、3Dモデルと没入者の手モデル、もしくは3Dモデル同士が接触しているかを判定する技術である。3D-CADでもその技術は用いられているが、VRでもそれを応用し仮想空間内で活用している。仮想空間における没入者はコントローラーを手にする。もしくは上腕部と手首にトラッカー、手にVRグローブを装着する。没入者が装着したコントローラーやVRグローブの動きは、仮想空間における手や腕の動きとして、仮想の手や腕を位置矛盾無い状態で表示される。その後、没入者は、仮想空間内に表示される仮想の手や腕を用い、3Dモデルの一部パーツ等に対して、触れる、掴む、さらに移動させることが可能となる。ここで写真2に当社の製品である高圧多段ポンプを示す。写真2の中央部にはポンプ本体、さらにその周囲に多数の小配管類、およびバルブなどの補機類が配置されている。

第1図は高圧多段ポンプの3DモデルにVRグローブ及びトラッカーを装着して没入、および干渉チェックを実施している状況である。3Dモデル作成時に設定した色で表示されている配管や補機類に対し、VRグローブを装着した没入者の手が触れると青色に変化し、さらにグローブが振動することにより没入者へ接触を知らせる。

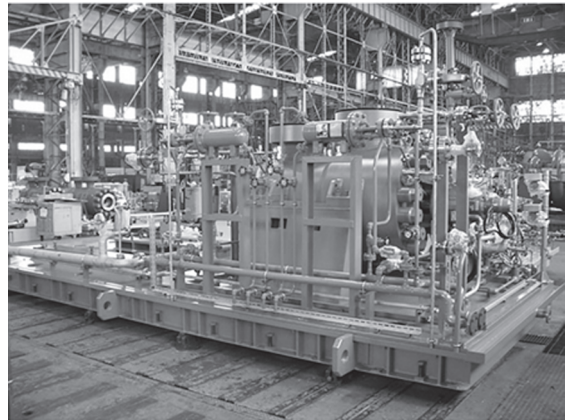
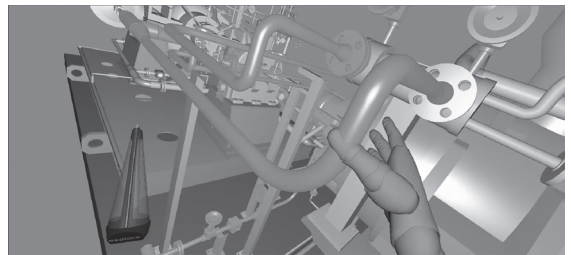
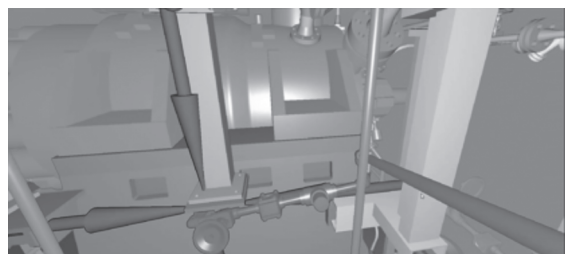


写真2 当社製高圧多段ポンプ



第1図 没入者に接触を知らせる実例

また、VRグローブは没入者の五指の動きに対応している。没入者が部品を「掴む」ことで配管や補機類が赤色に変化し、没入者へ掴んだことを知らせ、掴んだ部品を移動させることも可能になる。第2図は実際に高圧多段ポンプの3Dモデルの配管を掴み、配管の取り回しを確認している状況である。



第2図 配管取り回し確認の実例

「掴んだ」配管同士が接触した場合、配管がすり抜けることなく停止して、配管のどこが干渉しているかを矢印で示す。これにより、あた

かも現実に配管を取り扱っているかの様な体験を没入者へ与えることが可能である。本技術を用いることで、従来のHMDの課題であった、一度装着すると自身の手足が認識できず没入時に3Dモデルとの距離感、および手の届く範囲を確認できなくなるといった点を解決した。

当社において接触干渉は、主に設計時のデザインレビューに活用されている。例として複雑で多くの配管を有し、実機寸法での試作が困難な写真2で示したような大型の高圧多段ポンプにおける事例を以下に挙げる。

- ① ポンプ本体周囲の配管類やバルブ等の補機類の配置や配管取り回しの確認
- ② メンテナンス時の作業性の確認
- ③ 揚排水機場や工場内設備計画時のレイアウトの確認
- ④ 工場見学や各種展示会における、製品スケールや新旧製品の形状比較などの体感型プロモーション

なお、当社における3Dモデルの立体視、および接触干渉技術に関するソフトウェアとしてCAVEでは(株)フィアラックスの「EasyVR」、またHMDでは日本イーエスアイ(株)の「IC.IDO」を用いている。

3. 流れ解析結果の可視化

近年流れ解析技術は研究としてのみならず、設計や開発といったモノづくりの現場におけるツールとして広く活用されている。現在の流れ解析はほぼすべてが三次元解析であるため、当然結果も三次元の流れ場情報を得ることができる。得られた結果は速度ベクトル、および圧力コンター等として画面に表示、もしくは紙面に出力して評価をする。これらの従来の評価手法では、主に流れ場の観察したい部分を切断して断面として表示を行う。未知の流動現象に対して任意断面を観察することになるため、三次元性が高く複雑な流れ場、もしくはポンプ内部流路のように複雑形状内の流れ場では、断面に垂直方向の情報を失うことになり、流れ場をより

詳細に評価することが困難であった。また断面以外でも鳥瞰図表示、もしくはアニメ表示なども用いられているが、複雑な三次元の流れ場把握にはこれらも評価が困難である。

そこでCAVE、またはHMDを用いてVR空間中に構築した流れ場へ没入することにより、詳細な流れ場評価を試みた。今回は大型立軸ポンプ(写真3参照)を対象として、ポンプへと水を導く吸い込み水槽、そしてポンプの入口である吸込みベルマウス周辺の流れ解析を行った。

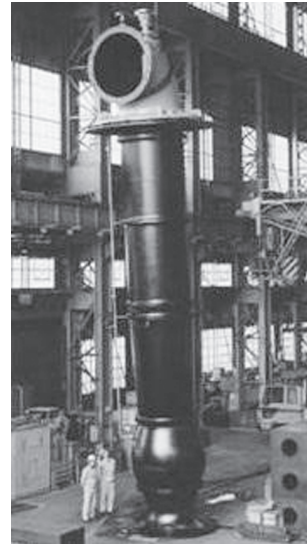
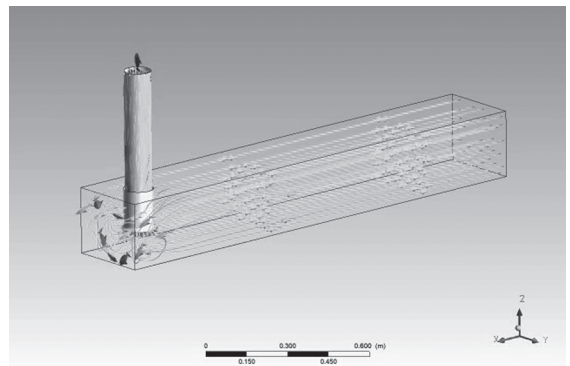


写真3 当社製大型縦軸ポンプ

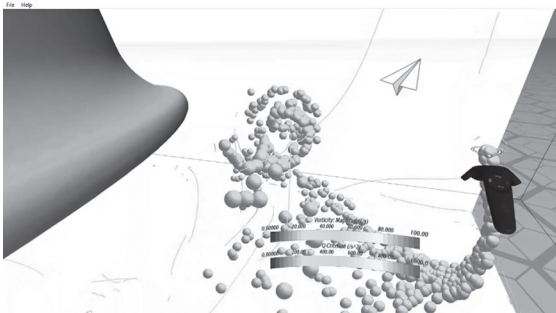
まずは解析結果の表示例として、吸込み水槽上流部からベルマウス周辺の流跡線を第3図に示す。



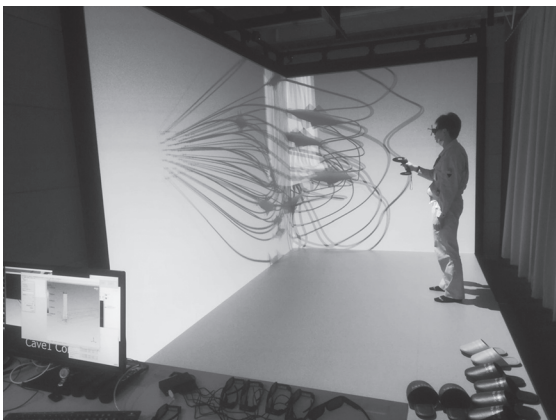
第3図 ベルマウス周辺の流跡線

吸い込み水槽の上流側である図の右上から可視化用の魚型マーカーを流し、左下に位置するベルマウスへ流入する流動状況を観察した。第3図より特にベルマウスの下流側において流跡線が乱れ、魚型マーカーが複雑な流動を呈していることが確認できる。しかし流れ場の三次元性が高いため、当該領域に存在しているであろう水中渦、および空気吸込み渦の発生位置や方向などを正確に把握することが困難である。

次に同じ結果をCAVE、およびHMDを用いてVR空間における評価の様子を第4図、および第5図に示す。なお今回用いたソフトウェアは、CAVEでは㈱フィアラックスの「EasyVR」、そしてHMDではSIEMENS社の「STAR-CCM+VR」である。



第4図 HMDを用いた流れ解析結果評価の実例



第5図 CAVEを用いた流れ解析結果の実例

CAVEでは複数人が同じ仮想空間を共通認識でき、さらにお互いの存在・姿を認識しながらの没入となるため、立体視した解析結果への指差し等を行いながら『これ、この辺り、この様な感じ』といった直感的な言葉を用いた議論が可能である。またHMDでは装置システムの持ち運びが容易であるため、様々な場所でVR技術を用いた評価が可能となる。いずれの方式においても、流れ場の内部を自由に移動しながら観察する方向を任意に変更することにより、局所的で複雑な流動様相の把握が容易となる。特に今回の解析対象においては水中渦、および空気吸込み渦それぞれと、ベルマウスの位置関係、および渦による複雑な三次元流動様相の把握にVR技術は大変有効であった。

4. 遠隔協調

「遠隔協調」とは、遠隔地をインターネット回線で接続し、それぞれの地点から同一の仮想空間へ没入し、同一の3Dモデルを立体視する技術である。それぞれの地点からの没入者は、仮想空間において互いにアバターとして顔や手が立体視されるため、それぞれの立ち位置、視線、さらに指差し位置を仮想空間上で相互に認識可能である。また一人のアバターが行った3Dモデルへのマーカー設置や寸法追記等の変更も、即時に全ての没入者が見ているモデルに反映される。

遠隔協調の活用事例として、例えば地方の排水機場に設置されたポンプの故障に対し、現地の作業員と本社の技術者が同一の仮想空間に没入する事例が挙げられる。仮想空間上で作業員が3Dモデルを指差しながらポンプの障害状況を説明し、技術者が同じモデルを用いて対応方法を指示する事が可能となる。HMDとHMD、もしくはHMDとCAVEでも遠隔協調は可能であるため、HMDセットのみを地方へ送り、現地でセッティングすれば技術者が全国各地を巡回する必要が無くなり、迅速に広範囲な各種トラブル対応が可能となる。昨今の感染症の感染拡大防

止対策による長距離移動が制限される状況において、本技術は有効であろう。また、社内において研究、開発、設計、さらに生産の各部門が遠隔地に分散している場合にも、従来のテレビ会議システムを用いて画面に表示された図面等による平面的な情報を用いた議論ではなく、試作品を目の前にしたかのような立体視による設計デザインレビューが可能となる。計画時における構造や形状の把握が、より正確で詳細に各部門担当者にて共有されるため製品品質の向上、および開発リードタイムの削減、現場における据付作業時の手戻り削減等も期待される。

当社における遠隔協調技術の活用事例を示す。写真4は本社（東京都）、および熊本事業所（熊本県）へHMD等のVRシステム一式を送り、藤沢事業所（神奈川県）にあるCAVEと接続し遠隔協調を実施している状況である。写真4内のCAVEスクリーンには、各所からの没入者が画面内のアバターとして頭部、および両手部の表示が確認できる。同一の仮想空間内において、3Dモデルを共通認識しながら工場建屋内のレイアウト確認、および製品組み立て時の作業性確認を行った。今後は海外拠点との接続も計画中である。

5. 今後の課題と展望

今後VR技術をより一層社内へ浸透させる際の課題として、3Dモデルが製作されていない下水処理場、揚排水機場、または、ごみ焼却プラント等に対するVR化への対応が挙げられる。これまで紹介してきた技術においてポンプの搬入、組立、および配管の取り回し、そして稼働後の運用、メンテナンス性等を確認したい場合には、ポンプ単体の3Dモデルに加え下水処理場や排水機場建屋等の3Dモデルも必要である。現在新規に機場を設計する際には、3D-CADを用いるのでVR用3Dモデルの準備は比較的容易である。しかし、既設の機場の多くは、3Dモデルは製作されていない。そこで、それら既設の機場に対しては、3Dレーザースキャナー（以下：3Dスキャナー）で得られる点群データの活用⁽²⁾が挙げられる。3Dスキャナーを用いることで、既設の機場の点群データは半日程度で取得可能であり、新規に3Dモデルを用いるよりもより早く、より現状に即した3Dモデルを得ることが可能となる。点群データ、そしてポンプ等単体製品の3Dモデルを仮想空間に併設することにより、ポンプ分解・組立性の確認、新設するポンプの搬入経路の確認、配管の取り回しの検証等を仮想空間内にて行うことが可能となる。



写真4 藤沢事業所と熊本事業所による遠隔協調の一例

点群データの活用の一例として第6図を示す。第6図は仮想空間内に3Dスキャナーで取得した点群データ、さらに3D-CADで製作した3Dモデルを併設して、HMDを用いて没入した状況である。



第6図 点群データ活用の一例

画像中央下部には、没入者が手にしているHMDのコントローラーの表示が確認できる。没入者は仮想空間内において、このコントローラーを疑似的な手として3Dモデルに触れ、さらに移動させることが可能である。また先述の3Dモデルと点群データの接触干渉チェックも可能である。点群データのVR技術への応用を活性化することで、より様々な業務に応用展開が可能であろう。なお第6図におけるVR没入には、ラティス・テクノロジー(株)の「XVL Studio VRオプシオン」を用いた。

6. おわりに

VRはAR(拡張現実、Augmented Reality)、MR(複合現実、Mixed Reality)、およびSR(代替現実、Substitutional Reality)と共にxRと総称されるが、これらxR技術は今後様々な分野で急速に浸透し、技術的にさらに発展することが予測される。当社では今後もxR技術に関する技

術調査・開発を継続するだけでなく、各事業の現場へxR技術活用の提案を行い各種業務の効率化・高精度化等を進めてゆく。さらに営業・広報活動においても活用を進め、顧客満足度および企業価値向上のためのツールとして、当社が掲げるESG経営への貢献を期待している。

■その他当社製品全般に関するお問い合わせ：

[https://www.ebara.co.jp/contact/product/about_products/index.php?contact_group=General Enquiries about Products](https://www.ebara.co.jp/contact/product/about_products/index.php?contact_group=General%20Enquiries%20about%20Products)

<参考文献>

- (1) 平田：荏原製作所におけるVR技術の産業応用，第86回CG・可視化研究会
- (2) 對馬：VR技術を用いたDX～製造業のVR活用の最前線，月刊下水道(2020.7)

【筆者紹介】

對馬 広大

(株)荏原製作所 技術・研究開発統括部

基盤技術研究部 データ科学研究課

〈主なる業務歴および資格〉

2017年入社。情報システム部門で主に見積・積算系の社内システムの開発・保守運用に携わる。2019年より技術・研究開発部門を兼任。VR担当として現在の業務を開始。

平田 和也

(株)荏原製作所 技術・研究開発統括部

基盤技術研究部 データ科学研究課 担当課長

〈会社事業内容及び会社の近況〉

荏原はポンプをはじめとする回転機械、ごみ焼却施設の建設や運転・管理、半導体製造装置などの設計・製造を担う産業機械メーカーである。社会の課題を解決するため、次の100年に向けて世界規模で事業を展開している。