

造船工程へのAR技術の応用・実用化 に関する研究

松尾 宏平*、藤本 修平*、白石 耕一郎**

Introduction of AR Technologies to Ship Building Works

by

Kohei MATSUO, Shuhei FUJIMOTO, Koichiro SHIRAISHI

Abstract

This paper focuses on how to apply AR technologies to shipbuilding industry, and introduces our activities on AR application developments for shipbuilding. Authors have developed some AR applications to support shipbuilding works on the shop floor, and those applications are the AR application to support sheet metal forming works and the AR application which supports designing pipe layout on the shop floor. The former AR application can guide workers where and how to perform press work or gas heating work for getting the intended shape on the shop floor in an intuitive manner. Some demonstrations of the application held in an actual shipyard are also introduced. They show how the AR application works effectively for the workers. The latter AR application assists workers to design pipe which are not designed beforehand in design process, as they contain uncertainty caused by pipe production and assembling in a factory. The AR application finds the location of both ends of the pipe, automatically draws suitable shape of the pipe, and effectively illustrates graphics of the pipe as AR once the worker holds a tablet PC to the direction to an objective pipe.

The paper explains details of above AR applications, including those system diagrams, and shows some results of demonstrations for easy understanding how they work. The paper also describes our perspective for future development of an AR application which augments workers ability especially for shipbuilding.

* 構造基盤技術系、** 流体設計系
原稿受付 平成26年4月24日
審査日 平成26年6月20日

目 次

1. まえがき	2
2. AR 技術とその造船への応用について	2
2.1 AR 技術の概要	2
2.2 AR 技術の造船への適用について	3
3. 造船用 AR アプリケーションの開発	3
3.1 曲げ加工支援 AR アプリケーション	3
3.2 配管施工支援 AR アプリケーション	5
4. 造船への AR 技術利用の展望	8
5. まとめ	9
参考文献	9

1. まえがき

海上技術安全研究所では、造船所での設計・生産にかかる情報技術の高度化の研究に取り組んでいる。情報技術の高度化には、情報の高次元化（具体的には3次元化、あるいは時間軸も含めて4次元化）、情報の構造化、複雑系の表現など、いくつかの切り口がある。この内、情報の3次元化については、3次元情報に基づく設計、船舶の3次元データの構築、工作現場における3次元データの利活用に関する取り組みを行っている。

3次元 CAD が従来に比べコモディティ化し、多くの造船所で3次元設計への取り組みが行われている。3次元設計により、

- ・複雑な形状・構造を直感的に確認しながら設計ができるので設計がし易い、ひいては設計の品質も上がる。
- ・3次元モデルを直接 CAE などのシミュレーションのモデルに転用でき設計業務が効率化する。
- ・3次元モデルの絵を工作現場に渡すことで、現場作業員の理解を手助けできる。

などの効果が期待できる。一方、以下のような観点から、現状では3次元情報を十分に活かしきっていないとも言える。

- ・思考が2次元の世界から脱却していない。造船の表現・設計手法は、これまで2次元をベースに構築されていたが、それらの手法や思考パターンが3次元の世界においてもそのままトレースされている。例えば、3次元システムにおいては、船体空間を3次元として一律に表現できるのに、特定の断面（伝統的にフレーム、ウォータ、バトックの断面）内にダウン・ディメンジョン化して設計されている（そもそも、人の思考が2次元のか3次元のかという根本的な問題はあるが）。また、

現図場での作図作業に由来する伝統的な製図手法が、コンピュータを用いた設計にもそのまま導入されている。

- ・3次元情報を3次元として有効に活かしていない。情報の次元が上がると表現・取扱手法の再構成が必要であるが、この分野が、技術的にも、また人の思考習慣的にも、全くのフロンティアである。構造の FEM や流体の CFD は3次元情報を有効活用している事例だが、設計（形状や物の配置の決定など）や工作現場において、3次元的情報の取り扱いが発展途上のように思える。例えば、内鋼材や外板の板割りは、フレームやウォータラインに沿わなくても、曲面形状に応じてより自由で最適な配置があるかもしれない。また、工作現場では3次元の工作物を3次元の姿で表現する「3次元図面」が適している場合もある。

本報告では、3次元システムに応じた思考習慣や表現・取扱手法を構築するという大きな目的の下、特に生産現場における3次元情報の有効活用の事例として、造船工程への AR (Augmented Reality、拡張現実) 技術の応用に関する取り組みについて報告する。

本報告では、始めに、AR 技術の概要について、その産業利用の観点も含めて概説する。次に、AR 技術の造船への応用について考察する。そして、2つの AR アプリケーションの開発について紹介する。最後に、造船工程における AR 技術の応用に関する展望を述べる。

2. AR 技術とその造船への応用について

本章では、AR 技術の概要とその造船への応用について説明する。

2.1 AR 技術の概要

AR 技術は、現実にはコンピュータ等で作成した擬似情報を違和感なく追加することで、人の認知を拡張する技術である。特に視覚の拡張に関しては、人が実際に見ている現実空間に、コンピュータグラフィックスで絵や文字情報等を重ね合わせ表示する。AR 技術は人への情報提供の新しいインターフェースであり、人はよりダイレクトに、直感的に情報を取り込むことができ、その応用に対して多くの可能性が期待されている。

視覚を拡張する AR 技術の基礎技術としては、現実空間の認識技術、Computer Graphics 技術、そして、どのような情報をどのように提供するか

のコンテンツの問題に纏められる。図-1はマーカベースによるARのイメージを示したもので、タブレットPCに備えられたカメラでマーカを認識することで現実空間を理解し、部材に対して追加の情報(この場合、その部材の取付け後のイメージをARで表示)を与えている様子を描いている。図-1では、現実を認識するため、マーカによる現実認識を行っているが、他に、物体認識やGPS等の利用も挙げられる。

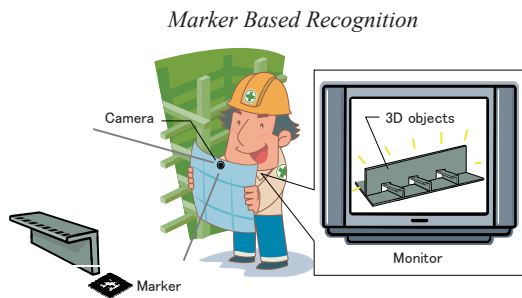


図-1 マーカベースによるARのイメージ図

現在、AR技術は、広告、宣伝、エンターテインメント分野でその利用が多く見られる。消費者に、携帯端末(スマートフォン等)を通して、より直感的な情報を与え購買意欲を向上させる。一方、AR技術のものづくりへの応用に関しては未だ研究段階と言え、例えば、自動車メーカーのBMWは、車のメンテナンス作業をAR技術で支援する研究を紹介している²⁾。

2.2 AR技術の造船への適用について

AR技術を造船工程に応用することを考えると、その用途として以下の通りに纏められる。

- ・生産の指示、支援のためのツール
- ・教材、技能伝承のためのツール
- ・計測・測量のためのツール

属人的な作業が欠かせない造船業のようなものづくり現場では、よりダイレクトで直感的な情報提示技術は有望と考えられる。AR技術によって、以下のようなことが実現可能である。

- ・見えないものを見せる：物の背後を映す、重量・重心、温度などを表示するなど、本来は見えないものを表示することで人の認知の支援を行う。
- ・3次元図面：2次元図面にダウン・ディメンション化せず、組立形状や作業手順などをそのまま材料に3次元的にAR表示する「3次元図面」など、新しい情報

提供のあり方が構想できる。

- ・インタラクティブな情報のやり取り：情報を受けるだけでなく、現場側でARを用いて情報発信するなど、双方向の情報共有が実現できる。

上記を踏まえて、AR技術を造船工程へ応用することを考えれば、例えば、以下のような利用用途が想定できる。

- ・品番、各種物理量(重量・重心など)の表示。
- ・船殻部材取り付け要領など、組立工程の作業支援。
- ・艤装作業の作業支援、主機などの艤装品のメンテナンス作業の支援。
- ・インタラクティブ操作：現場図面起こし(例：現場合わせ管)。
- ・インタラクティブ操作：ロボット、NCへの指示、コントロール。
- ・インタラクティブ操作：在庫管理など、工場管理。
- ・AR教材、遠隔地にいる熟練工からの技能伝承。
- ・計測機器の代替(曲げ型、トランシットなど)。

このような整理を踏まえて、現場での造船工程をAR技術でサポートするためのアプリケーションソフトウェア(以降、ARアプリケーション、あるいは単にARアプリと言う)の開発に取り組んだ。

3. 造船用ARアプリケーションの開発

船舶の3次元データを如何に工作現場で活用するかが重要な課題である。本章では、このアプローチのひとつとして実施した2つのARアプリケーションの開発について説明する。

3.1 曲げ加工支援ARアプリケーション

はじめに、造船における曲げ加工(ぎょう鉄)の作業支援を行う曲げ加工支援ARアプリケーションについて説明する。

3.1.1 外板曲げ加工とARアプリケーション

造船の曲げ加工は、典型的な匠の技と見なされるが、その理由は以下の通りに纏められる。

- ・曲面の3次元形状がイメージしにくい。
- ・目的曲面への成形プロセスの立案が難しい。
- ・計画した成形プロセス通りに成形するのが難しい。
- ・曲げ型を用いた仕上りの形状計測が難しい。

これらの問題の解消に、AR 技術によるダイレクトで直感的な情報提供が役に立つものと考えられる。具体的には、次のような AR アプリケーションが想定される。

- ・ 完成形状や成形プロセスをイメージさせるもの。
- ・ リアルタイムで施工要領を指示するもの。
- ・ 外板の形状計測をサポートするもの。

また、曲げ加工支援 AR アプリケーションの開発に際しては、以下の技術的課題が挙げられる。

- ・ 大型の物体（鋼板）への AR 表示
- ・ 状況に応じた最適な情報のビジュアル化
- ・ 外板施工に十分な精度の確保
- ・ 造船所内での利用に耐えうる実用的なシステム

図-2 は曲げ加工を支援する AR アプリケーションのイメージだが、施工中の外板に対して作業者が次の施工箇所をタブレット PC を介して AR で確認している様子を表している。

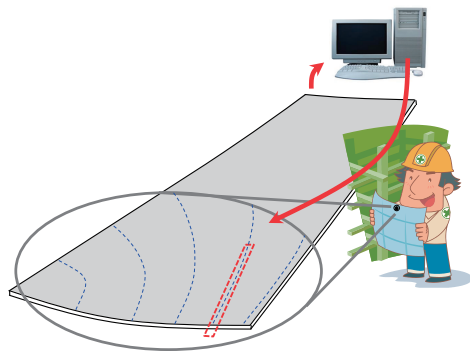


図-2 曲げ加工支援 AR アプリケーションのイメージ

3.1.2 外板曲げ加工 AR アプリケーションの開発

3.1.1 を踏まえ、外板曲げ加工を想定した AR アプリケーションの開発を行った^{3), 4), 5), 6), 7)}。

外板曲げ加工用の AR アプリケーションは、以下の機能から構成される。

- ① 外板の形状を計測する機能。
- ② 計測結果を評価し、次の施工手順などを計算し出力する機能。
- ③ 計測結果や施工要領を AR 表示する機能。

この内、①の施工中の外板形状計測については、様々なアプローチが考えられるが、十分な計測精度を保ちつつ、実運用上簡便に計測できる方法として、レーザスキャニングによる計測手法を採用した。具体的には、既に造船所で導入されているレーザスキャニングによる船体曲面外板形状計測システム^{8), 9)}とシステム接続することで、実用上利用可能な船体曲面外板の形状計測を実現した。

②については、①で得られた外板形状データを利用し、目標形状（設計データ）との誤差表示や次の施工箇所等の出力を行う。特に、施工手順の出力に関しては、曲率線展開法及び曲率線曲げ加工の理論¹⁰⁾をベースに、あらゆる施工段階から最適な施工手順が出力できるように改良したものを AR システムに実装した。具体的には、曲面幾何特性、特に曲率線格子が目的形状の曲率線格子になるように、面外曲げや面内伸縮を定量化し、具体的なプレス方案やガス加熱方案として出力するものである。

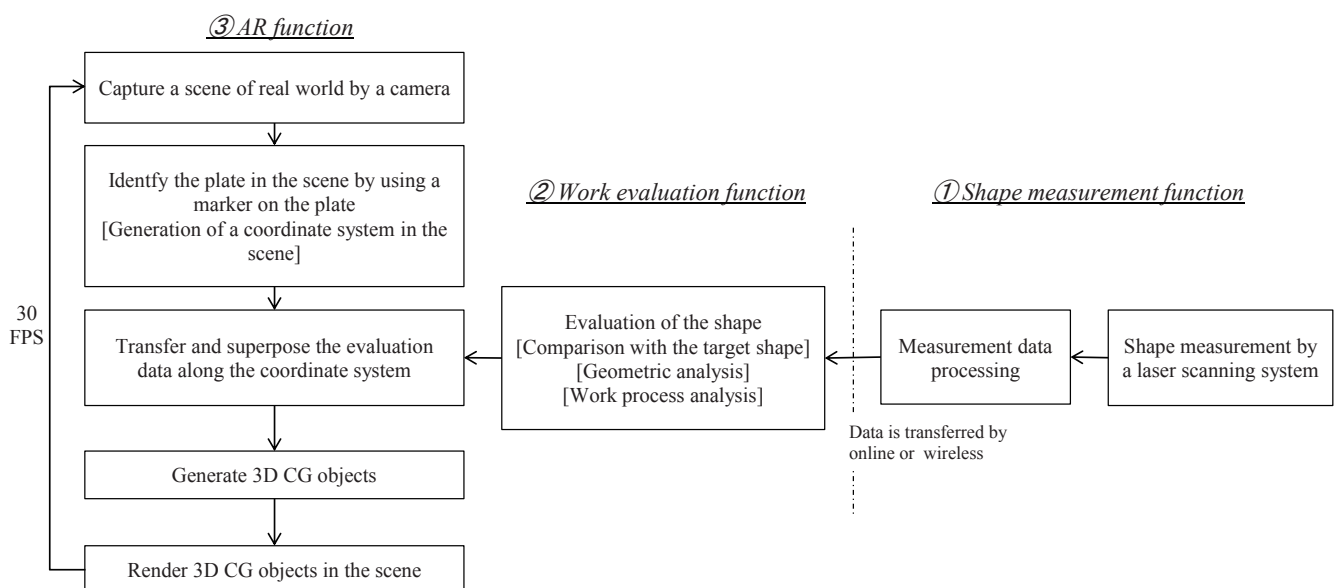


図-3 曲げ加工支援 AR アプリケーションのシステムフロー

③について、本 AR アプリでは現実認識の方式としてマーカベース認識を採用した。これは、システムに接続されたカメラのビデオ画像から事前に登録されたマーカを画像認識し、認識されたマーカの情報に基づいて現実空間内での座標系の定義、コンピュータグラフィックスの重畳表示等を行うものである。なお、本 AR アプリケーションは、加藤によって開発され¹¹⁾、ワシントン大学によってサポートされているオープンソースのソフトウェアライブラリである ARToolKit¹²⁾ を利用して開発を行った。具体的には、カメラとの接続、マーカの認識、コンピュータグラフィックスの表示などの基本機能は ARToolKit のライブラリを利用し、レーザスキャニングシステムとの接続、外板曲げ加工に関する評価機能、表示するコンピュータグラフィックスの作成は独自で開発した。

図-3 に外板曲げ加工支援 AR アプリケーションのシステムフローを示す。図中左側が AR 機能であり、上記の③に相当する。図の右側と中央が、上記の①及び②の機能にそれぞれ相当する。

本 AR アプリケーションの利用手順としては以下の通りである。

- ・まず、対象外板の所定位置に、マーカを設置する(将来的には、マーカの NC マーキングやマーカレス・トラッキング技術の導入により、この手続きを省略する)。
- ・外板形状計測システムにより外板の形状計測を行う。本 AR アプリでは、協力造船所に導入されているレーザスキャニングによる形状計測システムを利用した。
- ・AR アプリケーションのインストールされたカメラ付きのタブレット PC 等を用意する。そして、対象外板の前で AR アプリを起動する。
- ・対象外板の設計データや形状計測データを AR アプリに取り込む。AR アプリは、形状評価や次の施工手順等についての計算を行う。
- ・作業者が、カメラを外板(正確にはマーカ)に向ければ、各種情報(目標形状との誤差情報、次の施工場所)が様々な表現方法(コンター表示、文字表示など)で実際の外板の上に重畳表示される。
- ・作業者は現在の状況を AR で直感的に確認し、次の作業の参考とする。

図-4 は、造船所で実施した AR アプリケーションのデモンストレーションの様子である。タブレット PC に装着された Web カメラが捉えた外板の画像に、コンピュータグラフィックスが重ね合わされ、実際の外板に直に曲面特性値のコンター図

や現状の曲面の曲率線が表示されているのが見て取れる。同様に、目的形状との誤差表示や次の施工場所を示す機能も備わっている。

デモンストレーション等から得られた AR アプリケーションの評価や課題を挙げると以下の通りである。

- ・現物に直接的に CG を重畳表示することは、3次元形状の理解に非常に有益である。
- ・形状確認について、外板全体で定量的な評価ができる。通常、外板曲げ加工では、曲げ型(木型)を使って外板形状の評価を行っている。本システムを導入することにより、曲げ型の当たる箇所だけでなく、外板の面全体を定量的に評価でき、品質の向上につながる。
- ・外板の形状計測については、レーザスキャニング式の形状計測システムとの接続を取ったため、計測精度に関しては実用上問題なかった。今後、他の形状計測システムとの接続についても検討し、AR アプリの運用の幅を広げる必要がある。
- ・マーカを外板上にいくつも設置するのは現実的でない。これについては、マーカレス認識などによる解決が必要である。

以上の問題点を踏まえて、引き続き、AR アプリケーションの改良を加えていく。

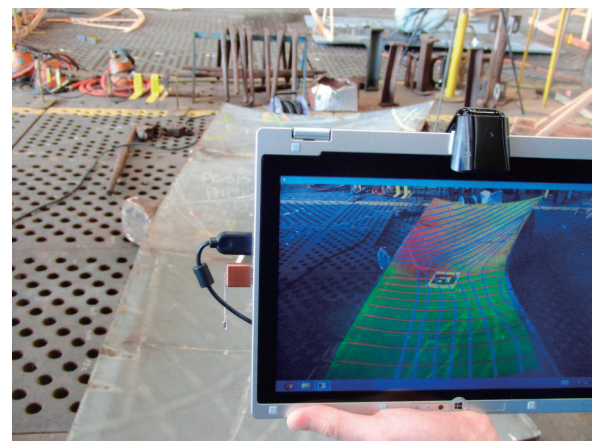


図-4 曲げ加工 AR アプリのデモンストレーション

3.2 配管施工支援 AR アプリケーション

次に、配管施工を AR 技術で支援する配管施工支援 AR アプリケーションについて説明する。

3.2.1 配管施工と AR アプリケーション

一般商船は、ブロック建造法と呼ばれる方式で建造されるのが主流となっている。ブロック建造法とは、船体を幾つかのブロックに

分割し、個々のブロックを予め地上で組み立て、出来上がったブロックを船台に運び上げ、それぞれを接合する方法である。しかしながら、各ブロックの接合箇所の精度管理は非常に難しいため、設計段階では接合箇所の配管設計は行わず、現場で配管の計測、設計、そして施工を行う場合が多い。この工程を「現場合わせ」と呼び、施工に熟練した技術が求められる。一般商船では、数百本もの現場合わせ管が存在し、船内の艤装の中でも時間を要する工程であるため、作業の高精度化及び効率化が求められている。現場合わせ管の施工は、管をつなぐフランジ位置の計測、フランジ間をつなぐ配管設計、管製作、そして、製作した管の取り付けといった流れで行われる。

この現場合わせ管の製作・取り付け作業に、AR技術による作業支援が役立つものとする。具体的には、次のようなARアプリケーションが想定される。

- ・製作する対象配管の両端の位置を自動計測し、最適な配管形状を自動設計するもの。
- ・実際に取り付けの様子をAR表示し、作業者がその場で設計変更などをできるもの。
- ・現場で設計した現場合わせ管の3次元データを設計部などと情報共有し、船体3次元情報の相互補完を行うもの。

また、配管施工支援ARアプリケーションの開発に際しては、以下の技術的課題が挙げられる。

- ・正確な配管位置の計測。管の径が大きくなるほど管が剛になるため、より正確な管製作が必要となる。特に、施工上重要となるフランジのボルト穴の位置関係までを含めて正確に計測する必要がある。
- ・造船所内での利用に耐えうる堅牢なシステムの開発。特に、狭隘部やカメラからの的確な視野が得られない場合についての問題。

3.2.2 では、現場合わせ管の施工を簡易化するために開発した配管施工支援ARアプリケーションについて説明する。

3.2.2 配管施工支援ARアプリケーションの開発

現場合わせ管の工程（型取り、管設計）を簡易化し、効率良く施工できるようにするためにAR技術を用いた配管施工支援ARアプリケーションを開発した^{13), 14), 15)}。本ARアプリのシステム構成を図-5に示す。

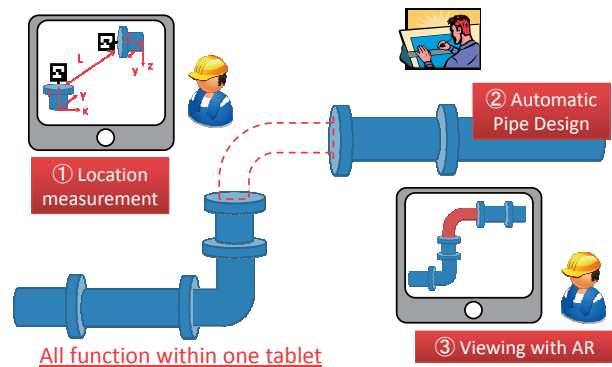


図-5 配管施工支援ARアプリの構成

本ARアプリは、次の3つの機能によって構成されている。

- ① 画像計測を用いた位置計測
- ② 自動配管設計
- ③ ARによる配管設計案の表示

①の位置計測では、画像計測技術を用いて、配管同士を接続する2つのフランジの相対位置を計測する。具体的には、対象の配管を取り付ける両端のフランジにそれぞれマークを取り付け、これらのマークの相対位置を画像認識によって計測する。現時点では、双方のマークがひとつの画像の中に同時に納まった場合のみ相対位置の計測に対応している。この画像認識による計測によって従来は巻尺などを用いて行っていた型取り等の作業が無くなり、精度を落とすことなく大幅に作業時間の短縮を行うことが可能である。なお、配管の設計にはフランジ間の相対位置だけでなく、フランジの種類や配管の口径、材質などの情報が必要になるが、これらについて現状ではARアプリ上でユーザが選択・教示するようにしている。しかし、将来的にはマークにこれらの情報を埋め込み、ユーザが施工する配管に応じてマークを選択して利用することで、これらの入力作業を省くことも視野に入れている。

本ARアプリについても、マークの画像認識などのARの基本機能に関してはソフトウェアライブラリARtoolKit¹²⁾を用いた。ARToolKitによる画像解析の位置計測精度に関しては、実験室内での簡易実験や後述する造船所内での実証実験の結果から、本アプリの使用想定において数ミリ単位のオーダーで相対位置を計測できることが判明している（計測精度に関するより定量的な評価は、マークの種類、マークサイズ、カメラの性能、

距離、視野、明暗などの周囲環境によって異なるため、より詳細な整理が必要)。造船所で求められる現場合わせ管の必要工作精度(取り付けの相手側フランジとの接合面の一致度)については、配管の種類によるが、例えば、小径の管であれば数ミリ程度であり、現状でも必要精度を満たしている。一方、大口径管については、管が剛なため取り付け時の修正が効かず、非常に高い精度が求められる(例えば、300A(内径が約30cm)の配管ではギャップ0.1度以内)。これらの配管に対しては、現時点で十分な精度を有しておらず、マーカの認識精度を向上させる、あるいは、他の位置計測手法を導入するなどの方策が必要となる。

②の自動配管設計では、①で計測したフランジの相対位置データを用いて、両フランジを接続するため配管設計を自動で行う。本ARアプリ開発では、自動配管設計ツールとして安藤・木村らが開発しているプログラム¹⁶⁾を使用した。設計対象空間を格子状に分割して重み付きグラフを生成する際、グラフのノードを特徴付ける状態量として、格子分割した各格子の位置座標に加え、その格子を通るパイプの方向を考慮するものである。これによって、パイプ直径に依存しない自由な寸法で配管設計が可能となる。また、直角に曲がるエルボだけでなく、S字に曲がるようなベンドも考慮することができる。加えて、本プログラムは、障害物をポリゴンや直方体として入力することで、自動的に回避する機能も有している。また、複数本の配管設計を自動的に行うことも可能である。

③の設計案の表示では、AR表示を用いることによって、実際の現場の風景に配管の設計案を投影することができ、直感的に設計案を確認することが可能である。

本ARアプリは、タブレット上で現場合わせ管の位置計測、配管設計、設計案の確認の全ての作業を行うことができるという特徴を持っている。また、本ARアプリはGUIを備えており、すべての操作をボタン操作(タッチパネル操作)で行うことができる。

本ARアプリケーションの利用手順としては以下の通りである。

- ・まず、対象の現場合わせ管の両端に接続する相手側のフランジを確認する。そして、この相手側フランジにマーカを取り付ける。(将来的には、相手側フランジのボルト穴を使って、留めるだけでマーカをセットできる「マ

ーカ付フランジ」の利用を想定する。)

- ・次にARアプリケーションを起動する。そして、対象配管の基本情報(材料、呼び径、呼び圧力等)を入力する。
- ・両方の相手側フランジが1画面中に同時に見えるようにカメラをセットする。
- ・画像解析によるフランジ位置の自動計測、自動配管設計を行い、設計案をAR表示する。

本ARアプリケーションの有用性を検証するために、修繕船の船内において実証実験を行った(図-6)。対象となる配管は、機関室内のバラストポンプと接続するための管である(図-6 左上図)。製作する現場合わせ管が取り付けられる相手側フランジにマーカを取り付け、カメラのついたタブレットPCを通して作業者が見ている様子が図-6 右上図である。両端の相対位置計測及び配管自動設計が終了し、配管設計案をAR表示している様子が、図-6 下図である。図-6 下図から、取り付けるべき配管の設計案がAR表示によって直感的に確認できることが見て取れる。



図-6 配管施工支援ARアプリケーションの使用例
(左上: 対象の現場合わせ管の様子、
右上: タブレットPCをかざして見ている様子、
下: 配管設計案のAR表示の様子)

本 AR アプリは以下の機能を完備して実用上使えるシステムとなるが、現時点では実現できておらず、今後の開発課題である。

- ・自動設計された配管設計案を実際の空間を背景に AR 的に直感的操作（タッチパネル操作）で修正する機能。
- ・工場での配管製作で参照するための図面の作成機能。
- ・ここで作成した配管 3 次元データを設計の CAD データベース等に送信し、船舶情報の共有化を図る機能。

配管施工支援 AR アプリが作業現場において効果的であることが確認できた一方で、実際に使用した結果と作業員からのヒアリングを通して以下の課題点が明らかになった。

- ・施工対象のパイプ以外にも数多くのパイプやそれらのサポートが存在するため、それらを回避した配管設計が必要である。
- ・障害物によってマーカが隠れる場合があるので、その問題を解決した位置計測方法及びマーカの工夫が必要である。
- ・船内は作業スペースが限られており、カメラとマーカの距離を十分に確保できず、位置計測を行えない場合がある。
- ・カメラとマーカが離れている場合、マーカの認識精度が下がる。

今後、これらの課題点の改善や追加機能の開発を行い、実際の造船所において実用化できる AR アプリケーションを開発する。特に、AR アプリケーションによる計測精度を定量的に見積もって、計測精度ごとにどのようなシーン（新造での先行艀装、新造での船内艀装、新造でのブロックの継手にある配管、修繕での利用等）で利用できるかの仕様を明確にする必要がある。

4. 造船への AR 技術利用の展望

最後に、造船における AR 技術の応用について総括し、将来展望を述べる。

造船における AR 技術の応用には、以下の 3 つのポイントがある。

- ① 工作現場での 3 次元情報の有効活用
- ② 工作現場での新しい情報表示
- ③ 設計／工作の新しい情報のやり取り

①に関しては、3 次元 CAD で作成した 3 次元モデルを拡大・縮小・回転するだけでなく、今後は、施工手順のアニメーション化な

ど、工作現場向けに情報を作成・再加工する取り組みが必要と思われる。つまり、本来 3 次元である製品を 2 次元の図面にダウン・ディメンション化せず、3 次元の情報のままで工作現場に情報提供するという「3 次元図面」の発想を普及することである。これには、現場での表示デバイス導入の他、3 次元 CAD データなどから施工手順などの情報自体を作成する技術開発の取り組みが必要である。また、3 次元情報の閲覧については、AR 技術だけでなく、立体映像技術（3 次元ディスプレイ技術、ホログラフィー技術等）も注目されており、今後、造船設計・工作でこれらをどのように適用するか、検討を続けていくべきである。将来、ウェアラブル端末や電子ペーパー、非接触操作等を用いた NUI(Natural User Interface)の普及に伴い、本質的には、人の理解容易化、作業の脱技能化、情報の精密化・リアルタイム化・見える化、パーソナライゼーションにつながるものと思われる。最終的には、情報を 3 次元的に見るだけでなく、情報を 3 次元的に操作する技術の造船への応用についても検討すべきと思われる。

②に関しては、AR 技術によって「本来見えないもの」を見せることが実現できる。まさに人の能力の拡張のことであり、これによって、危険を感知したり、各種の状態量（ブロック重量などの工作情報、温度などの環境量等）を定量的に把握することができる。造船を含め、既に人は個人の認識能力を大きく超えた範疇の社会活動を営んでいる。ICT もしくは情報通信技術の援用によって、複雑な事象の「量的感覚」を身に着ける技術開発の取り組みは今後の新しい方向性と考えられる。

③に関しては、本報告で紹介した配管施工支援 AR アプリケーションの事例の通り、AR アプリを使って、現物を見つつ現場にて設計作業の一部をすることができる。これは、「現場設計」の考えで、今後、設計部／工作部の融合など、造船所における情報のあり方を変える取り組みと見なすことができる。また、造船の場合、例えば、工場内に散らばるブロックに向かって作業員が赴き、そこで各自の担当作業を行うというように、工場内の様々な場所に情報（この例の場合、施工状況に関する情報）が分散している分散型の情報構造になっている。このような分散型の場合、情報（データ）を記録・収集することが非常に困難であった。AR 機能を搭載したメガネ型情報端末など、ウェアラブル端末の導入は、

分散型情報向けの記録・収集にも適しており、造船所のモニタリング・生産管理の抜本的な改善に大きな可能性を秘めている。これには、無選別に収集したデータを有意に識別、選別、整理する技術開発が必要である。

以上の通り、AR技術を含む、新しいICT技術は造船生産技術のパラダイムを変えうる可能性を秘めており、今後、重点的に研究開発を実施する必要があると考えている。

5. まとめ

本報告では、AR (Augmented Reality) 技術の造船への応用に関して、海上技術安全研究所が取り組んでいる研究を報告した。

特に、具体的なARアプリケーションの開発については、曲げ加工支援ARアプリケーションと配管施工支援ARアプリケーションを開発したのでその紹介を行った。これらのアプリケーションについては、実際の造船所での運用に向けて機能の改善を引き続き行っていく予定である。

参考文献

- 1) 松尾宏平：3次元情報に基づく設計・生産に向けた取り組み、海上技術安全研究所研究発表会講演集13(2013)、pp.29-30
- 2) BMWのARメンテナンス、
<https://www.youtube.com/watch?v=P9KPJlA5yds>
- 3) 松尾宏平：ARの造船応用研究の紹介、海上技術安全研究所研究発表会講演集12(2012)、pp.17-18
- 4) 松尾宏平：造船曲げ加工へのAR (Augmented Reality) 技術の適用について、日本船舶海洋工学会講演会論文集第15号(2012)
- 5) Kohei Matsuo, Uwe Rothenburg, Rainer Stark: Application of AR Technologies to Sheet Metal Forming in Shipbuilding, Proceedings of the 23rd CIRP Design Conference, Bochum, Germany, 2013, pp.937-945.
- 6) Kohei Matsuo: Demonstration of AR application for sheet metal forming works in shipyard, International Conference on Computer Applications in Shipbuilding (ICCAS 2013), 2013.
- 7) 松尾宏平, 白石耕一郎, 藤本修平：造船工程へのAR(Augmented Reality)技術の適用について、人工知能学会 第20回 知識・技術・技能の伝承支援研究会(SIG-KST), 平成25年10月.
- 8) 稗方和夫他：レーザスキャナによる曲がり外板の工作精度評価システムの開発、日本船舶海洋工学会論文集、Vol. 13 (2011) P 231-238.
- 9) 中垣憲人他：レーザスキャナによる曲がり外板の工作精度評価システムの研究開発(第2報)、日本船舶海洋工学会論文集、Vol. 17 (2013) p. 169-176.
- 10) 松尾宏平他：船舶の曲り外板製造を支援する新しい外板展開システムの開発、日本機械学会論文集C編、76巻771号(2010)、pp.2797-2802.
- 11) Hirokazu Kato, et al.: Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system, In Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR 99), 1999.
- 12) ARToolKit,
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- 13) 白石耕一郎、松尾宏平：AR技術を用いた配管施工支援システムについて、日本機械学会生産システム部門研究発表講演会2014、pp41-42.
- 14) 白石耕一郎、松尾宏平：配管の現場合わせを支援する配管施工支援ARシステムの開発、日本船舶海洋工学会講演会論文集第18号(2014)
- 15) Kohei Matsuo, Koichiro Shiraishi: Introduction of AR Applications for Shop Floor in Shipbuilding, 13th International Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries (COMPIT2014), 2014.
- 16) Yuto Ando, Hajime Kimura: Automatic Pipe Routing to Avoid Air Pocket, International Conference on Computer Applications in Shipbuilding (ICCAS), Busan, Korea, 2013.