

# 船舶修繕における「測る」技術の進化

## — 3Dレーザースキャナ活用事例のご紹介 —



企業レポート

松崎拓也\*

The evolution of measurement technology using 3D laser scanners in ship repair.

Key Words : Ship repair, Laser scanner, Point cloud, 3D measurement, 3D CAD

### はじめに

船の世界で重要な法律の一つに「船舶安全法」がある。この法律は、1914年のタイタニック号の沈没事故を契機に採択された「SOLAS条約」の国内措置法として、昭和8年に公布された。文語体で書かれた同法の第一条には次のようである。

「日本船舶ハ本法ニ依リ其ノ堪航性ヲ保持シ且  
人命ノ安全ヲ保持スルニ必要ナル施設ヲ為スニ  
非ザレバ之ヲ航行ノ用ニ供スルコトヲ得ズ」

一 船舶は、運航開始から解撤に至るまで、定期的なメンテナンスを継続することにより、厳しい航海に耐え、人命と積荷の安全を守る性能を維持し続けなければならない一



図1 (株) 三和ドック 工場全景写真

当社、株式会社三和ドックは、この船舶の性能維持・向上のための修繕工事と改造工事を、毎年300隻以上の一般商船を対象に施工し、船舶の安全運航の一翼を担っている。

船舶修繕工事の特徴を一言で表せば「機械化が難しく、人に依存する割合が高い仕事」といえる。物を修理する業界はどこも似ているが、たとえば、自動車の製造工場では大量のロボットが活躍しているのに対し、整備工場では整備士の手作業で大半の仕事が行われている。これと同様に、船舶修繕も、どこがどのように壊れているか、どのように修理するべきか、そもそも今修理が必要なのかなど、対応方法は状況に応じて異なり、また船舶の仕様は一品一様であるため、多くの仕事が型にはまった流れ作業とはいかず、機械化や自動化が元来難しい仕事である。

ただし、昨今の技術進展により、一部の補助的な仕事はデジタル技術による効率化が図れる状況となりつつある。本報ではその一端として、3Dレーザースキャナを活用した「測る」技術に関する取り組みを紹介する。

### 大規模な改造工事での活用

船舶修繕工事は、すでに出来上がった船舶を対象とするため、多くの場面で現状を「測る」作業が必要となる。当社では、2010年頃から一般的に利用可能となってきた、非接触式の3Dレーザースキャナを用いた計測技術にいち早く着目し、その活用方法を探っていた。

時を同じくして、船舶から排出されるバラスト水による生物の越境移動の防止を目的に、国際航海を行う全船舶に大型の海水処理設備の搭載を義務付ける「バラスト水管理条約」の発効が間近に迫り、設計・施工両面のリソース不足が強く懸念されてい



\* Takuya MATSUZAKI

1976年4月生まれ  
広島大学 工学部 第四類 エンジニア  
リングシステム課程 (2000年)  
現在、株式会社三和ドック 設計部長  
学士  
専門/溶接・接合工学  
TEL : 0845-26-1111  
FAX : 0845-26-1000  
E-mail : t.matsuzaki@sanwadock.co.jp



た。この問題に対処するため、業界関係者と共に、3D スキャニング技術の大規模改造工事への活用に関する研究開発に取り組んだ<sup>1)</sup>。

開発した、3D スキャニングから改造工事に至るまでの処理の流れを、図2 (a)~(f) に示す。改造する船舶に荷役地等で乗船し、概略の改造方針を決めたのち、3D スキャナで船内を計測し (a)、点群データと呼ばれる無数のポイントデータを取得 (b)、このデータをもとに改造前の船内形状を忠実に再現した3D モデルを作成し (c)、3DCAD による改造設計を行い (d)、工事開始前までに改造部品の製作を済ませ (e)、準備万端で改造工事に着手する (f)、という流れである。

この手法の導入により、従来では実現できなかった短工期を実現するとともに、3DCAD を用いた綿密な設計を行うことで、現場工事の際に生じる不具合を最小化し、高品質な改造工事を行えることとなった<sup>2)</sup>。

なお、現在もこの手法は、船舶からの SO<sub>x</sub> や GHG 排出規制にかかる環境対策工事等で広く活用されている。

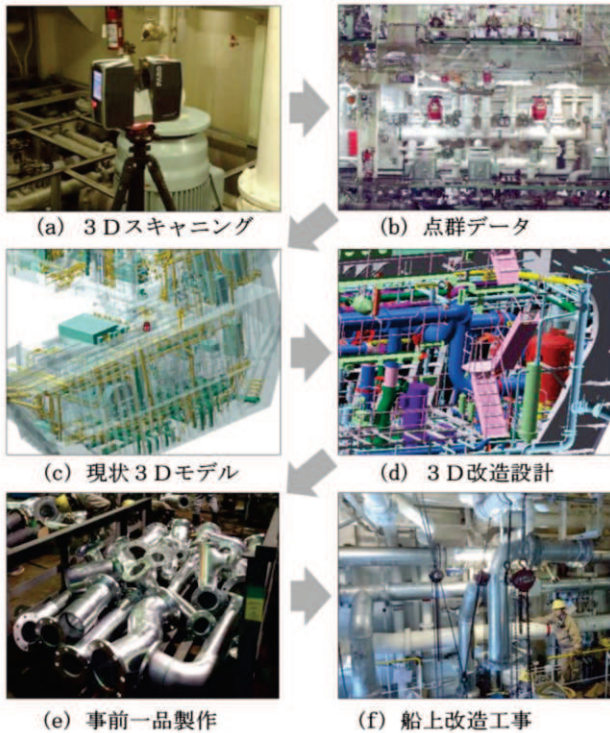


図2 大規模改造工事における3D スキャニングの活用手法

### 高精度な取替配管を製作する手法

船舶には、船内の重要機器間をつなぐ配管が多数

存在する。これらの配管は経年により、内外部から腐食や損傷が進行するため、しばしば取替工事を行うこととなる。通常取替工事では、現装の配管を船内から取外して工場に搬入し、図3に示すように定盤上での型取り作業を行い、この型をもとに同一形状の取替配管を製作する。この方法はローテクに見えるが、高能率で必要な精度も担保できるため、船舶修繕現場ではごくスタンダードな方法である。

しかし、この方法では型となる現装配管が必ず必要であるため、船舶が修繕ドックに入場してからしか工事に着手できず、たとえば配管製作に数週間を要する特殊コーティング配管の取替工事は、短い修繕工事期間内では完工させることができない。

そこで、図4に示す、事前に3D スキャニングと配管製作を行う手法を考案した。



図3 配管の定盤での型取り作業 (従来法)

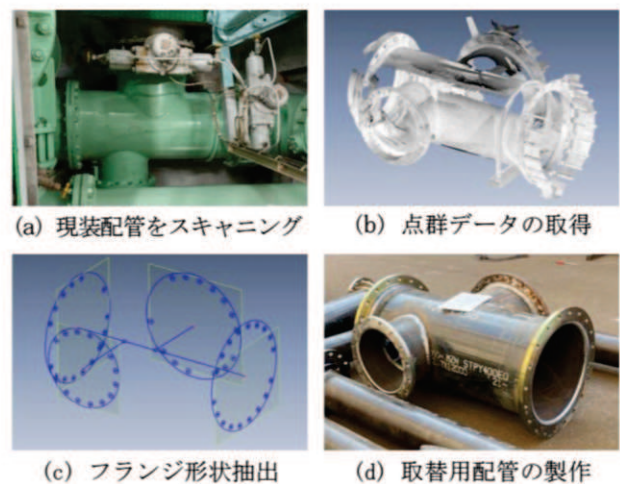


図4 3D スキャニングによる配管取替工事

一般的な両端フランジ付き配管の場合、フランジの中心位置、傾き、ボルト穴位置の精度は重要である一方、途中の配管形状は、数ミリの誤差があった



としても配管の接続には問題がなく、ある程度許容できる。したがって、3D スキャニングおよび形状抽出 (図 4 (a), (c)) のいずれの段階においても、フランジ部分をいかに正確に記述できるかが重要となる。

図 5 は、実際に計測したフランジ部分の点群データを拡大したものである。実物は平面であっても、点群データには計測誤差やノイズが含まれるため、ある程度のバラツキがある。フランジ形状抽出の際には、計測データには必ず誤差が内包されてい

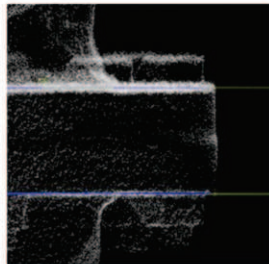


図 5 配管フランジ部の点群データ

ることを前提に、周囲の配管との接続状況も加味して、問題が生じがたい方向に位置を調整する必要がある。

さらに、いくら正確な配管形状データが抽出できたとしても、そこから製作図をおこしてアナログ的な方法で配管製作を行うと、許容できない製作誤差が生じる可能性が大いにある。そこで当社では、図 6 に示す 3D の配管形状データをデジタル情報で直接受け渡し、フランジの位置を 3 次元空間上で正確に再現することができる「パイプ再現装置」を用いることで、形状データ通りの取替配管を製作している。

本手法は、特に修繕機会が限られる、大型ガス運搬船の海水系配管の取替工事で多くのご用命をいただき、高評価を得ている。



図 6 パイプ再現装置による配管型取り作業

### 船体曲がり外板取替工事での活用

損傷や衰耗により、船体前後部の曲り外板を取替える場合、通常は部分的に船型データを建造造船所から入手して、これに従い新しい外板を製作するが、

時に船型データの入手が叶わない場合がある。

図 7 は、すでに事業撤退した造船所で建造された船舶の延命工事として、全ての船体外板の取替を行った事例である。取替工事に着手する約半年前に船体外部の 3D スキャニングを行い、形状抽出、板展開、切断・曲げ加工等の準備を済ませ、出来る限り短い工期で完工させた。

実際のところ、3D スキャニングで船舶の全体形状を得ることはさほど難しくはないが、同一形状の新板を製作するためには、板の継ぎ目である数ミリの凹凸しかない溶接線と、板の裏骨のフレームラインの位置をスキャニングデータから正確に検出する必要がある。試行錯誤の結果、点群データをポリゴン化して、わずかな形状変化を抽出する方法で、この課題を解決している (図 8 参照)。

ちなみに、非可展面である船体の曲り外板の製作には、鉄板を加熱・冷却することで縮みや伸びを与える「ぎょう鉄」と呼ばれる特殊技能が用いられる。この作業には絶対的な作業時間が必要であるため、工事が始まってから現場型取りを行う従来法では、ぎょう鉄の職人に工事前半で大変な負荷がかかる。一方、3D スキャニングを用いる方法は、この種の工事では十分な準備期間を取ることができるため、作業量の平準化にも大きく貢献する。

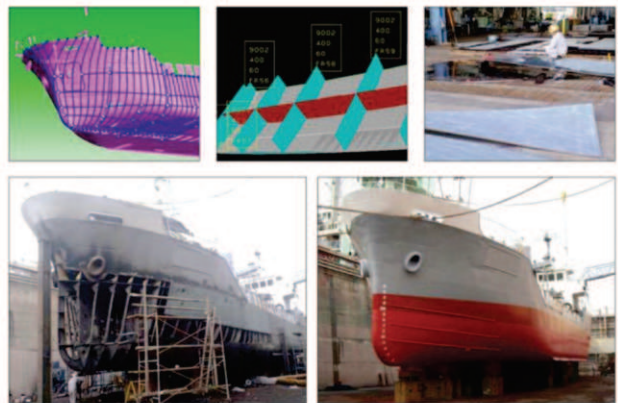


図 7 3D スキャニング技術を利用した船体外板取替工事



図 8 ポリゴン化した曲がり外板の点群データ

## おわりに

今回紹介した3つの活用事例では、いずれも最大計測距離 100m 程度の据置型非接触式の 3D レーザースキャナを用いているが、対象物のサイズや求める精度によって最適な計測ツールは異なり、その選択肢もここ十数年で劇的に増えている。また、形状計測技術に限らず、モニタリング、画像・音響解析、ドローンなどの技術進化により、船舶修繕工事では縁遠いと思っていた DX による効率化の可能性も、徐々にではあるが広がってきている。

## 参考文献

- 1) 3次元レーザースキャナの実業務への適用に関する研究開発、日本海事協会共同研究 (2014)  
[https://www.classnk.or.jp/classnk-rd/assets/pdf/report/2014/12-40\\_1.pdf](https://www.classnk.or.jp/classnk-rd/assets/pdf/report/2014/12-40_1.pdf)
- 2) 内田俊隆：就航船への BWTS レトロフィットの実際、マリンエンジニアリング学会誌、Vol.57、No.6、P740-745 (2022)

