

34BC 軸芯見透し用 新型レーザーの開発

永津 和典*

Kazunori Nagatsu



建造中の機関室内は、どうしても混在作業が発生してしまう区画であり、現場管理者として非常に神経を使う。毎船、綿密な打ち合わせや事前対策を施しても、重大災害に繋がりがねない事故が発生することがある。

ある日、機関室最上部の天井裏で溶接していた作業者の傍らからハンマーが落下し、機関室下部で歩いていた別の職場の作業員の体に接触し倒れ込んだ。幸い軽い手当で済んだが、これは実際に筆者が目の前で見た事例である。上記の例は、機関室に最後に搭載される“AU”と呼ばれるブロックを搭載した後に溶接する作業中で発生した。

AUブロックとは、主機（メインエンジン）を搭載するために、機関室上部を覆う“AD”ブロックに開口されたアッパーデッキを塞ぐものである。34BCでは、上記のような事故を防ぐ対策として、船体が小さいことも幸いし、AUブロックとADブロックとの一体化が可能であるため、34BCの10隻目＝S.No. 376より一体ブロックとして搭載されることが決定された。

だが、実行するには船殻工程の関係上、ファーストブロックであるA1ブロックを搭載後、数日後にはADブロックを搭載することになり、この間に主機を搭載することが必要になった。そのため、“軸芯見透し”が従来の方法では困難であることが分かった。これを克服するために、新型のレーザーを導入する必要がある、白紙からの検討を行い実用化に漕ぎ着けた。

本稿は、軸芯見透し方法に関する検討～レーザーが実用に至るまでの経緯と、その後の展開を報告する。

1. 緒言

1. 1 軸芯見透し

ドックで機関の最も重要な作業が軸芯見透しである。これが船の心臓である主機を据え付ける基準となり、性能に大きく寄与する。主機のクランクシャフトからプロペラシャフトまでを百分の一mm単位で調整している。

これまでの弊社の見透し方法は、渠中にて主機搭載前にエンジンピット内オモテに三脚台を固定し、トランシットをセットする。図面指示の高さに合わせてレーザーを出し、これを軸芯としている。同時に舵芯とのズレを確認して軸芯見透し完了となる。見透し後にはSTERN TUBE内のボーリングもしくはSTERN TUBE UNITの位置決めを行い、軸系を完成させている。

写真1～3は、従来の軸芯見透し作業である。



写真1 エンジンピット内に設置のトランシット

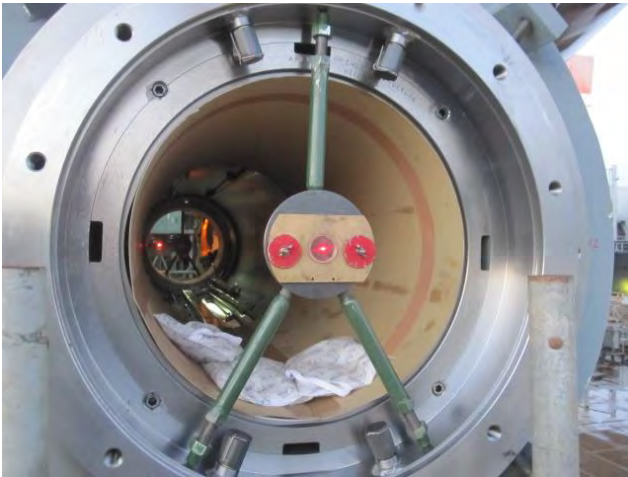


写真2 レーザーによるSTERN TUBE UNIT位置決め



写真3 舵芯(ピアノ線)とのズレ確認

1. 2 34BCでの軸芯見透し検討

34BCの軸芯見透しは、総組定盤と渠中の2回行われる。

1回目は、ADブロックの搭載されていない状態である。ブロック下層からA-B-Cブロックと呼び、これらが一体となった状態(写真4:A1ブロックと呼ぶ)で行われる。トランスミッターレーザーにて、STERN TUBE 一体型ユニット(軸受)のセンターを決めて固めることを目的としている。

2回目は、A1ブロックがドックに搭載され、ADブロックが溶接された時点で、軸芯と舵芯のズレを確認する。それが最終の軸芯見透しであるが、この段階ではすでに主機が搭載され、軸がSTERN TUBE UNITに挿入されている。

よって、従来のようにエンジンピットにトランスミッターを据えたり、STERN TUBE UNIT 内にレーザーを通過させることが不可能となる。

この条件にて軸芯見透しを行うためには、軸の端面にレーザーを取付けることが必至の課題となった。

写真4は、総組定盤のA1ブロックであり、ドックへ搭載する直前の状態である。この段階で、STERN TUBE UNITの据え付けも完了している。

STERN TUBE UNITの総組での据え付けは、連続建造開始後でスムーズに実施されているが、これも渠中工期短縮において、非常に大きな貢献を果たしている。

34BCの1~5隻目にて、A1・B1・C1各ブロックの搭載状態による軸芯の変化を計測し、C1ブロック一体となってもドックでの軸芯本見透しにおいて影響が無いというデータの蓄積により、総組でのSTERN TUBE UNIT据え付けを実行に移すことが可能となったものである。

ドックでは、既に位置の決まった軸芯に対して、舵芯を合わせて舵系を決める作業だけとなっている。舵ケージには、チョックファストを採用している。



写真4 総組定盤 A1 一体ブロック

写真5は、ドック搭載の翌日のA1内部状況である。既に軸が挿入されているため、エンジンルームからのレーザーは外部には届かない。



写真5 主機搭載前の軸周り(軸挿入済)

なお、STERN TUBE UNIT とは、従来の船尾管ボーリング後にブッシュを圧入していたものを廃止し、あらかじめオモテとトモを一本化した筒に、ブッシュが圧入された船尾管ユニットのことである。

このユニットを挿入してセンタリングを行い、チョックファストという硬化する樹脂をSTERN TUBEとユニットの間に流し込むだけで、軸周りが完成するという、極めて効率の良い装置である。(写真6)

主に弊社の小型～中型船で、数年前より採用されている。



写真6 STERN TUBE UNIT

1. 3 主機搭載

主機搭載における、AUブロック有無の違いについて、簡単に説明する。

1) AUブロック有(写真7)

ADブロック搭載と軸芯見透し検査も完了しており、アップーデッキの狭い開口より主機を搭載する。

主機とブロック端部の隙間が、場所によっては殆ど無いため、干渉回避の為、かなりの神経を使う。



写真7 AU開口からの主機搭載(34BC)

2) AUブロック無

34BCの象徴となった、ADブロック搭載前での主機搭載である。A1ブロック搭載後、中1日をおいての搭載であり、主機搭載前日までにプロペラ軸や中間軸、その他交通装置や予備品などを積み込むという、非常にタイトなスケジュールとなっている。

しかし、主機搭載自体は、ADブロックの狭い開口が無く、2nd Deckレベルの広い開口のため、干渉箇所も無く、素早い搭載が可能となった。

これまで1～2時間ほどかかっていたが、最近では20～30分で完了しており、想定していなかった効果があらわれることとなった。(写真8)

(ゴライアスクレーン占有時間の大幅な削減)

主機搭載後は、即日、主機組立を完了し、翌日のADブロック搭載に備える。(写真9) AUブロックが無い場合、溶接箇所はブロック取合部のみとなり、過去のような危険性が激減した。



写真8 AD搭載前の主機搭載(34BC)



写真9 主機搭載翌日のAD1搭載

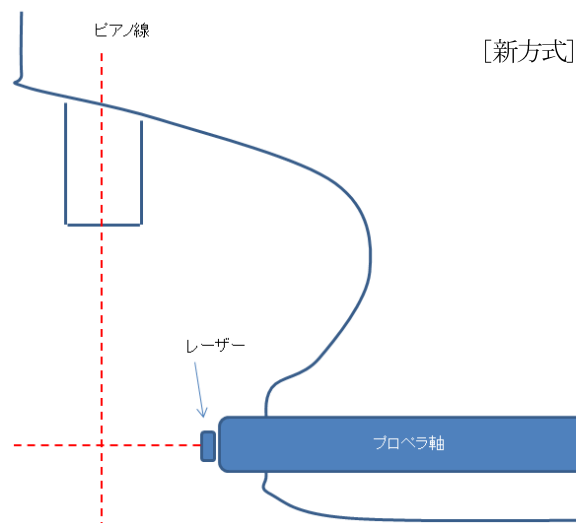
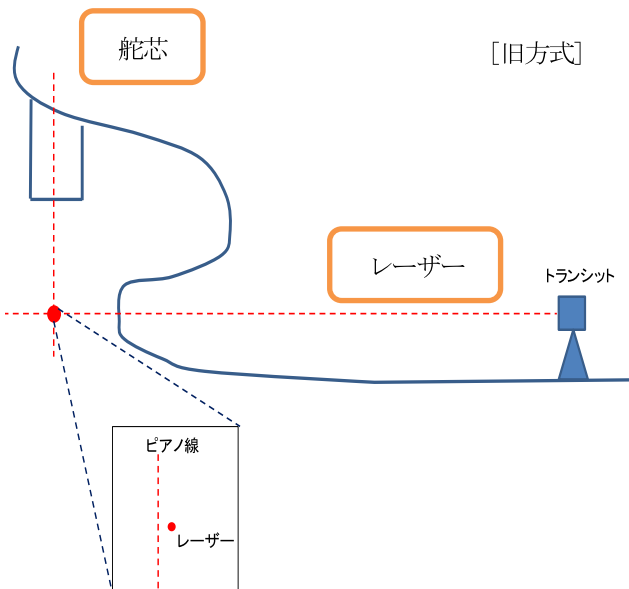
2. レーザー検討

2. 1 見透し方式

先述のように、レーザーを機関室に設置することが困難であり、仮に設置しても、主機クランク軸中心に見透し穴を貫通させる必要が発生するので、金額・設計面においてデメリットが発生する。よって、レーザーはプロペラ軸のトモ端面に取付けるのが現実的という結論に達した。

プロペラ軸は、すでに1回目の軸芯見透しで決定された STERN TUBE UNIT 上に載っているの、軸自身も軸芯とは同軸方向にあるものと定義する。

よって、プロペラ軸トモ端面の中央へレーザーを照射し、光源を反転させてピアノ線(舵芯)とのズレを確認するか、あらかじめ両方向へ照射できるレーザーを用意し、ピアノ線に照射する方式かで検討を開始した。(第1図)



第1図 見透し方式のイメージ図

2. 2 取付方法

取付方法の検討には、数通りの候補を上げ、出来る限り市販品を採用することで、開発の手間を省くことにした。候補を絞り込み、マグネットベースによる検討から開始し、メーカを片っ端から調査した。実物をレンタルして検証を行ったが、軸端面への取付けでは、想定される重量を保持する磁力に見合うものが無かった。

次に、軸端面にあるボルト穴に着目して検証を行った。このボルト穴は、プロペラの脱落を防止する大径ナットを固定する“回り止め”を取付けるために加工されている。ここへレーザーを保持する治具台を取付けることとした。

ただし、写真10のように、軸芯見透しで肝心となる「芯」が分からないため、軸メーカにセンターを機械加工にて残してもらうよう申し入れを行った(写真11)。

また、端面が軸芯に対して直角でない場合、レーザーが軸芯上から外れるため、軸加工時に端面と軸芯が完全直角になるよう指示をしている。



写真10 (改善前) 軸中心の不明なプロペラ軸トモ端面



写真11 (改善後) 軸中心のポンチ穴とマーカー

2. 3 照射方式

次に、レーザー自体について、照射方式の検討を行った。当初は既製品のレーザーを取付けるだけ、として考え、ポインタ・反転台・建築用レーザーレベル等のカタログ製品を探したが、精度誤差が大きく、校正もなく検査用として使用できるものが見当たらなかった。

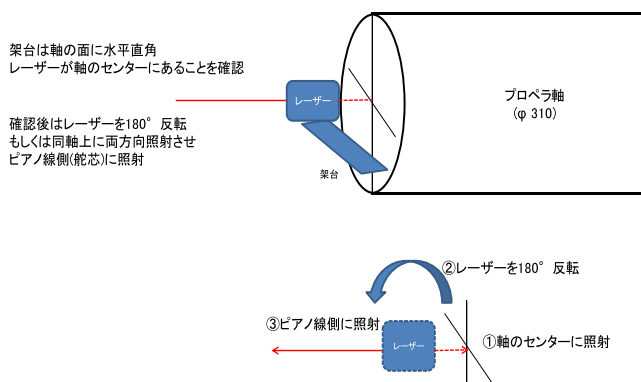
また、レーザーの特性として、照射距離が遠くなるほど拡散するものがあり、スポットタイプであっても径が大きく、中心位置が分かりにくいものが大半であった。

今までのトランシットタイプ(写真 12)であれば、焦点調整機能があり、大型船のように照射距離が数十 m あっても、焦点径が 2mm 以下となる。焦点調整機能も必要条件となる。ただし、重量・大型タイプは、台の変形による軸芯のズレが懸念されるため、軽量・コンパクトを基本とした。



写真 12 焦点調整機能があるトランシット

更に、レーザーをプロペラ軸の芯に照射した後、反転させるための台を検証したが、軸芯から 1 度未満ずれただけで、舵芯とのズレの許容値である 8mm を超えるため、微細な調整が出来るものが条件であったが、装置が過大となるため、反転式も断念せざるを得なかった。(第 2 図)



第 2 図 反転台を用いた計画案

2. 4 レーザー仕様確定

数か月にわたり、デモ機等で検証を重ねた結果、以下の方式で製作することに決定した。

[レーザー]

- ・焦点調整機能があること
- ・両軸方向へ照射できること
- ・同軸上に照射できること
- ・一体化しても軽量かつコンパクトであること
- ・ある程度の防滴、防塵性があること
- ・ドライバッテリーが使用できること

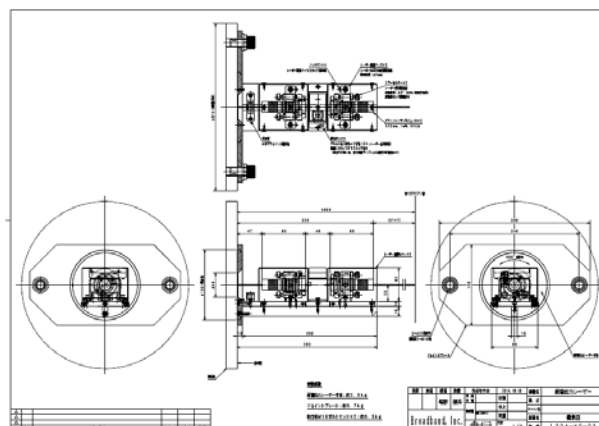
[台]

- ・レーザーの重量によって変形しないこと
- ・プロペラ軸の端面ボルト穴を使用すること
- ・軸中心にレーザーを容易に合わせられること

これらの条件を基に、計画図に取り掛かった。

今回、積極的に打合せいただいたレーザー専門メーカーにご協力をお願いし、最適なレーザーと校正をお願いすることになった。

第 3 図は、最終案として挙がった計画図である。



第 3 図 計画図

計画案が出来上がったが、製作上の問題点が浮上した。製作するにあたり、2 本のレーザーのうち、上下か左右方向でオフセットする必要があるとのことだった。左右方向がズレることは決してあってはならないので、左右は絶対同軸で調整する代りに、上下をほんの僅か移動することにした。だが、プロペラ軸の位置が回転した状態であると、ボルト穴向きも同時に回転するために、レーザーを取付けた際、上下方向のズレが軸芯のズレになってしまう。

レーザー台はいつも水平に調整できるよう水準器を設け、さらにレーザーの台自体が回転調整できるよう工夫した。

2. 5 完成品と検証

完成したレーザーが、写真 13～15 である。

また、主要目は以下の通りである。

レーザー：出力 1mW (532nm)

外形寸法 W86xH90xL260 mm

重量 2kg

プレート：外形寸法 W280xH150xT10 mm

重量 0.7kg

電源：DC 3V アルカリ乾電池 x2

性能：①ピアノ線側

ビーム径 < $\phi 2\text{mm}$ @4m

水平ズレ $\pm 1.5\text{mm}$ @4m

②プロペラ軸側

ビーム径 < $\phi 1\text{mm}$ @0.3m

水平ズレ $\pm 0.5\text{mm}$ @0.3m

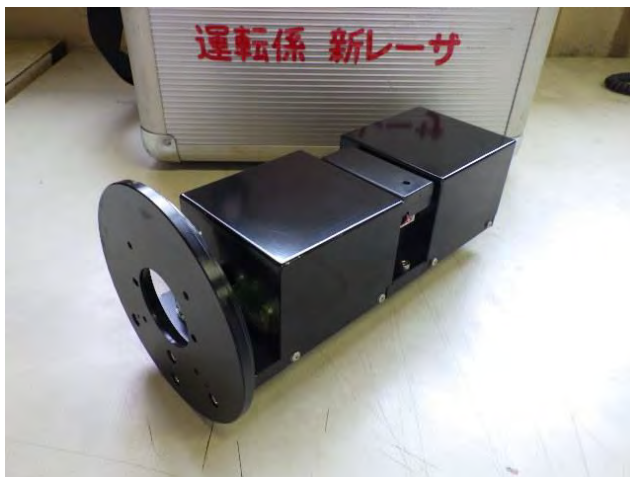


写真 13 レーザー全景



写真 14 内部配置

 A document titled "検査成績書" (Inspection Results Sheet) for a laser inspection. It contains a table with columns for "検査項目" (Inspection Item), "検査結果" (Inspection Result), and "検査者" (Inspector). The table lists various inspection items and their results, including "軸芯見透し" (Shaft Core Penetration) and "プロペラ軸" (Propeller Shaft).

写真 15 検査成績書

2. 6 実用状況

S.No. 376 より、実際に本レーザーを使用して、軸芯見透し検査を実施している。取付け時間は2～3分で、誰にでも簡単にできる。段取りから検査終了までのトータル時間も、トランシットを設置した場合と比較し、大幅に削減されている。

軸芯見透し検査は、外板の右舷・左舷の温度差が、 3°C 以内の基準があるので、弊社では日の出前に行っている。朝早く(特に夏場)より船主殿や船級殿に立会いいただくため、段取りよく検査を進めることが肝要である。最近では、せっかくの早出時間を有効に活用するため、プロペラ圧入検査も同時に行っている。

さらに、視認性の高いレーザーの採用により、好評を得ている。検査方法と内容についても、すぐにご理解をいただき、スムーズな検査の進行為毎船続いている。

写真 16～19 は、取付状況と検査風景である。

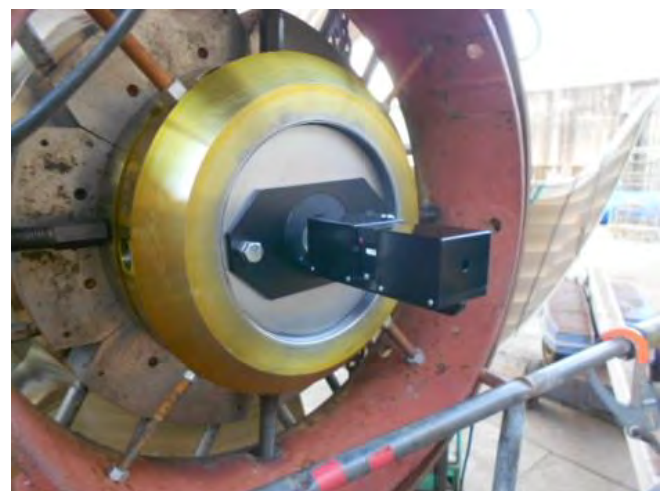


写真 16 取付状況

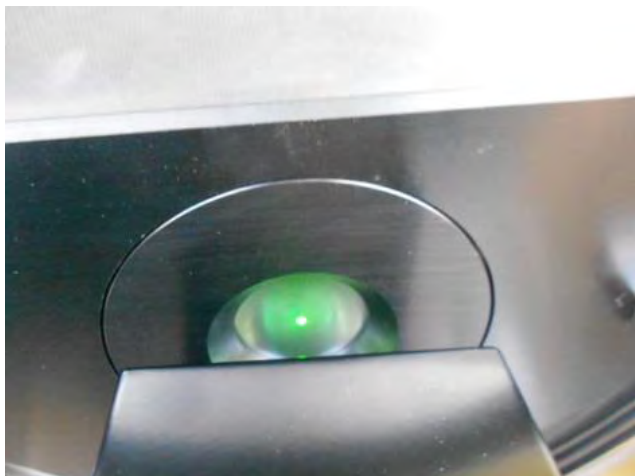


写真 17 軸側照射
※軸中心のポンチマークに照射

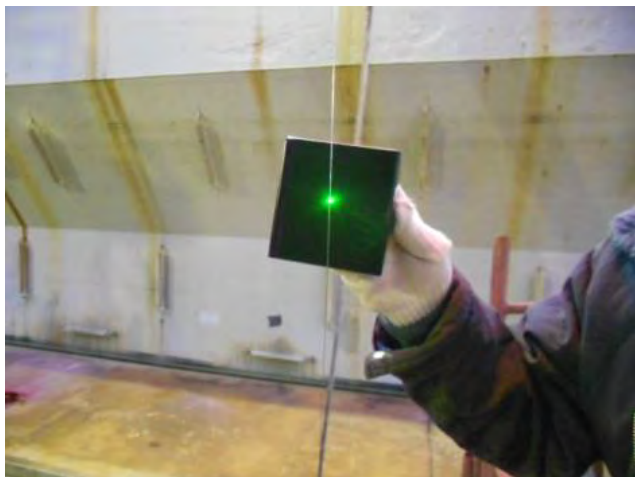


写真 18 ピアノ線(舵芯)側照射
※ピアノ線とレーザー中心の距離を計測する



写真 19 検査時風景
※船主殿・船級殿の確認で検査終了



写真 20 AU 溶接時の通路(進水前)
※ゴミ等が大量に落ちてくる

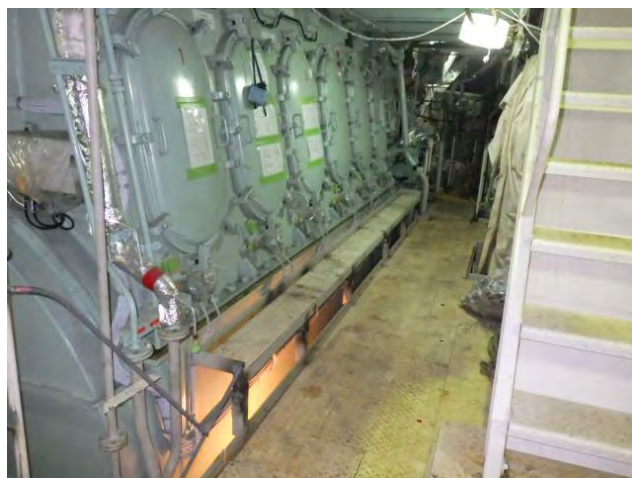


写真 21 AU 廃止後の機関室(進水前)
※換気・照明も十分である

3. 効果

AU ブロックの廃止による、主機早積みの実行により、作業環境や以降の艀装工事にも、大きな変化が現れた。

まず一つ目として作業環境の激変である。A1 搭載後から、AD 搭載まで中 2 日となり、更に 2 日後には溶接完了である。これにより、これまでの混在作業の中で、一番の危険性を抱えていた船殻工事が早期に完了し、いつまでも機関室内に火の粉やノロが散乱するという光景は無くなった。

現在の機関室は、通行に支障となる障害物も無く、整然としており、クリーンな作業環境で作業をしている。作業性も向上していることは、言うまでもない。

写真 20～22 は、AU 時と AD 一体時の比較である。



写真 22 整然とした通路(進水前)

二つ目は、艤装船工事の短縮化である。

ブロックが早期にカタチになることと、作業性の向上で工事が格段に早く完了しており、進水後の機器起動開始も前倒しで進んでいる。

写真 23 は、進水直前の機関室の様子であるが、鉄構品や配管の溶接工事、計装工事もほぼ完了しており、進水後に機器の起動・調整が素早く行える状態までになっている。



写真 23 クリーンな機器類 (進水前)

特に発電機については、34BC 開始時には進水から 12 日目には起動していたものが、現在は 8 日目で起動している。これは進水後のシフトでの係船作業において、甲板機を使用するために必要であったレンタル発電機の使用削減に効果がある。

このように、機器の起動を早めることにより、係留運転が進水後 24 日目の実施であったものが、現在は 18 日目に実施可能となり、全体として工期短縮に繋がったといえる。

4. 結言

2014 年 7 月からの計画開始から、同年 12 月の完成まで、約半年を費やし、予定の船より運用開始することができた。当初は、レーザーなど種類があり、簡単に見つかるだろうと考えていた。照射方法についても反転すればよいだけと考えていたが、時間ばかりが経過し、中々希望に沿うものが現れなかった。反転台も微妙な角度で、照射先が大きくズレるなど、挫折の繰り返しであった。

小さく地味なモノだが、船舶の性能を左右する重要なところであるため、完成したレーザーを照射した瞬間、大きな達成感を得ることが出来た。

また、他部署でも AD ブロッケー一体化によるメリットが出たとのことで、全社的にも思わぬ効果をもたらすことがあり、当初の目的以上の達成であった。

今後の 82BC 等の新船型において、今回開発したレーザーを活用する機会があると思われる。更なる改善を重ね、精度の高い軸芯見透しを確立させていくと共に、その後の工程が更に効率的に進捗できることを念頭に、これからも日々、邁進していく所存である。

謝辞

最後に、遠い九州まで足を運んでいただき、専門の立場から丁寧なアドバイスをいただき、完成までお世話になりました有限会社ブロードバンド 代表取締役 櫻井様並びに、色々な角度から意見を頂いた社内関係各位にこの場を借りまして、深く御礼申し上げます。