

# 船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究 (工程管理システムの調査研究)

2013 年度 成果概要報告書

2014 年 7 月



国立大学法人 東京大学



## はしがき

随分と昔（第二次世界大戦の前）から、日本の造船業は建造の高品質化、効率化は最重要課題として積極的に取組まれ、その努力の賜物として戦後の復興期に建造量の世界一位となったことは有名な事実である。現在も絶え間ない努力がされているが、韓国や中国との激しい国際競争の荒波の中では、国際標準として応急される高い品質を維持しながら、建造工数の3割減を実現する新しい効率的な船舶建造技術の確立へ向けての方策が要望され、高精度な生産計画、生産管理、高品質化を実現する高度な QCD マネジメントが望まれる。

このような中で、(一般財団法人)日本船舶技術研究協会が事務的取り纏め役となり、東京大学と九州大学、(独立行政法人)海上技術安全研究所、主要造船各社である三井造船(株)、住友重機械マリンエンジニアリング(株)、ジャパンマリンユナイテッド(株)、(株)名村造船所の協力を受け、日本財団の助成金による研究資金の援助を得て、「船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究(工程管理システムの調査研究)」が平成24年度から25年度にわたって二年間実施された。本報告書は平成25年度の報告書であるが、この二年間の活動成果を纏めたものでもある。

ところで少し前に、企業活動の変革の課題に対して、「見える化」という言葉が注目を集めている。下記に有名なフレーズを示すが、多くの企業が競って「見える化」に取り組んだことは記憶に新しいことである。

**「見えない問題は、解決できない。それが見えるようにするための仕組みが“見える化”である」**

(遠藤 功：見える化-強い企業をつくる“見える”仕組み(東洋経済新聞報社、2005年10月))

造船所は広く、建造する船殻構造は大きく、その建造時間も長い。このような特徴を持つ生産現場においては工事の進捗状況の情報を集約し、関連各位に周知するなどの「見える化」の努力は日々されてきた。これ以上のレベルの「見える化」については、熟練作業者の高度な感覚によってカバーされ、暗黙的ではあるが、現場は十分に見えていたようである。しかしながら、日本の社会環境が大きく変化し、外国人労働者の増加、熟練作業者の減少など造船所における労働環境が変わり、現場を見ることが出来る能力を持つ人々が減少した結果として、これまで見えていた物が見えなくなりつつあることは深刻である。このように、日本の造船業の現場が大きく様変わりしようとしている現在、現場を容易に見ることが出来る環境の構築が必要とされている。

以上の認識に基づき、本研究では、携帯電話／スマートフォン、無線 LAN、GPS(Global Positioning System)、RFID(Radio Frequency Identifier)、高画質ビデオレコーダ、画像解析ソフトの高度化など、ICT(Information and Communication Technology)の技術的発展が目覚ましい状況を踏まえ、それらを有効活用した「造船の見える化」の具体的な取組みとして「モニタリング」の実現を研究課題とした。

東京大学の白山先生、稗方先生、九州大学の篠田先生、田中先生からは学術的立場からモニタリングに関係する多くの課題、技術をご教示いただいた。(独立行政法人)海上技術安全研究所の松尾氏からは、研究を進める上で重要な課題に対して深く検討して頂き、それらの研究成果から多くの知見を得ることができた。心より御礼を申し上げる。

参加して頂いた主要造船各社の方々、尾上氏、山口氏、大迫氏、赤池氏からは、会議の席で多岐にわたる現場の状況、課題を頂戴し、さらに、現場が欲する魅力的なニーズを数多く紹介して頂いた。これらは調査研究を進める上で貴重な情報源となった。また、本研究においては、現場における位置計測に有効に利用できる技術を検証するために Wi-Fi 電波強度計測実験や GPS の位置計測実験を行い、ビデオ画像解析によってモニタリング情報を得るためにビデオカメラの撮影実験

を実施し、多くの実験サポートを頂戴した。実際の造船工場で得られたビデオや計測データを活用できたことは、造船所のモニタリングシステムを構築する上で価値あるデータとなった。力強いサポートについて深く御礼を申し上げたい。

また、本研究を進める中では、学生の研究サポートを受けた。呉氏、劉氏、広田氏、大森氏、廣氏など、各人の研究テーマとして進められ、十分な研究成果を出された事に敬意を払いたい。

(一般財団法人)日本船舶技術研究協会には本研究に関する会議、実験、調査等すべての研究活動に対して適切にマネジメントして頂いた。田村氏、河野氏、森山氏、井下氏のサポートが無ければ何も出来なかったことと思われる。特に、森山氏におかれては、私のマネジメント能力の不足でいろいろとご迷惑をおかけし、大変にご苦勞をされたことと思う。時には本研究の方向に関して激論をしたこともあった。今では懐かしい思い出であるが、本当に心から御礼を申し上げたい。

本研究は、日本財団の助成を受けて進めさせていただいた。モニタリングの重要性をご理解いただき、大変に貴重なご支援を頂戴した。深く御礼を申し上げたい。

本研究は、造船工場の小組立工程を対象に、ビデオ撮影を実施し、ビデオ画像解析と加速度センサとRFIDデータを利用した作業情報や作業者の行動情報を抽出するモニタリングシステムを構築した。さらにはモニタリングで得られる情報をブラウジングできるモニタリングブラウザを提案し、実システムを構築した。また、モニタリングで得られた情報を利用した工場シミュレータとの連携に関しても検討した。短期間であったが、モニタリングシステムとしての可能性と課題を十分に示す成果を残すことができたものと評価できる。

最近では、Internet of Things (IoT) と呼ばれる、全てのモノがインターネットに繋がり、情報のやり取りが実現化される時代が到来すると言われている。工場の中の設備や人や材料、部品、製品などが全てインターネットに繋がり、必要な情報が集められ、製造工程のトラブルの回避、状況に応じたダイナミックな生産計画の最適化などが実現される新しい生産システムの登場が期待されている。現にドイツでは、Industry 4.0 と呼ばれるプロジェクトにおいて、IoT の考え方に立脚した情報通信ネットワークによる第4次産業革命を現実的問題として進めている。世の中は急激に変化している。

造船の建造効率化/短納期化を実現するには、予期できない天候不良、品質不良の発生などが要因となり、高精度な生産計画、生産管理が非常に難しいとされてきた。高品質化と効率化は造船を革新する両輪である。高効率化は生産資源を有効活用し、高品質な製品を実現する。また、高品質化は、手戻りを減少させ、効率化を高める。造船業は多くの人々の力を結集して進められる魅力的な産業である。ICT を活用した造船の「見える化」によって高品質化と効率化を実現し、より魅力的な産業へ変革する事ができればと願うばかりである。

数年後、日本の造船所にモニタリングという言葉が定着しており、今回の調査研究で議論した様々な考え方、技術が実用化されていることを期待しながら、お世話になった全ての方々に御礼を申し上げたい。ありがとうございました。

研究実施代表 青山 和浩

(平成 26 年 6 月 吉日)

## 1. 研究概要

### 1.1. 背景及び目的

一昨年来の新造船需要の回復に伴い、我が国造船業の新規受注も活況を呈しているが、各造船国における大量受注により数年先の過剰船腹の増大が再び懸念されており、今後ますます造船市場での競争の激化が予想される。こうした中、我が国造船業が新興造船国に対する競争力を維持していくためには、船舶の建造工程におけるトータルな建造マネジメント手法の確立と高度化が不可欠である。具体的には、建造現場での人や物、さらには作業の流れや生産物の状態（品質等）を見える化するための情報技術を確立し、造船工場をリアルタイムモニタリングすることによって、建造工程における問題個所の把握と対応策を適切に講じる必要がある。

2012年度事業において、市販のモニタリングシステムを活用するよりも安価で船舶建造現場に適した、移動・設置が容易な基本モニタリングシステムが構築できた。2013年度はその基本モニタリングシステムにより得られた課題の解決を図る他、モニタリングにより得られたデータの解析技術を確立し、実際に船舶建造工程を改善できる高度なモニタリングシステムの構築を目的とする。

### 1.2. 研究内容

2012年度は造船工場に適用可能な無線 LAN ネットワークを検討し、カメラによる現場撮影や作業員の位置計測等が可能になる基本モニタリングシステムを構築した。2013年度はこれらの成果と抽出された課題を踏まえて、次の研究を実施した。

#### （1）新デバイスによるモニタリングシステムの高度化

基本モニタリングシステムに新デバイス（新型カメラ、加速度センサ、RFID 等）を追加適用して、より高度で簡便なモニタリングが可能となるようなシステムを開発した（必要に応じて実証実験を実施した）。

#### （2）モニタリングデータの処理方法の確立

基本モニタリングシステムは画像処理をベースとしているが、作業現場の撮影環境が劣悪なために様々な画像ノイズが発生し、画像処理によって抽出される行動にエラーが含まれる。また、作業者が特定できないという問題がある。このため、新デバイス等を活用してこれらの問題を解決し、信頼度の高い工程管理情報を抽出するためのモニタリングデータの処理方法を確立した。

#### （3）モニタリングによる生産性向上の可能性のケーススタディ

モニタリングシステムにより得られたデータを造船所の生産性向上に活用する具体例として次の2つのケースを検討した（必要に応じて実証実験を実施した）。

- ① モニタリングブラウザの構築（造船所の定盤計画・管理システムへの応用）
- ② モニタリングデータと生産シミュレーションの連携運用

#### （4）建造モニタリングやレーザ溶接等による建造マネジメント高度化の技術課題調査

建造マネジメント高度化のために必要と考えられる革新的技術を広く調査した。さらに、革新的技術の造船適用に関する検討を行い、この結果を踏まえて今後取り組むべき技術開発課題を整理し、その開発ロードマップと将来造船工場のコンセプトイメージを作成した。

### 1.3. 研究期間

2013年4月1日 ～ 2014年6月30日

### 1.4. 研究体制

(一財) 日本船舶技術研究協会をプラットフォームとする調査研究委員会を組織し、下記の体制において、5回の委員会及び5回のワーキンググループ会議を実施した。

委員長；国立大学法人 東京大学 青山和浩教授

- ・国立大学法人 東京大学
- ・国立大学法人 九州大学
- ・(独) 海上技術安全研究所
- ・(一社) 日本造船工業会
- ・ジャパンマリユナイテッド株式会社
- ・株式会社 名村造船所
- ・住友重機械マリンエンジニアリング株式会社
- ・三井造船株式会社
- ・(一社) 日本造船工業会
- ・国土交通省海事局船舶産業課
- ・(一財) 日本船舶技術研究協会 (事務局)

### 1.5. 研究スケジュール

研究スケジュールを表 1.1 に示す。

### 1.6. 研究成果

#### (1) 新デバイスによるモニタリングシステムの高度化

##### a) 画像処理の高度化

基本モニタリングシステムは、無線 LAN ネットワークを構築し、ネットワークカメラによる画像の取得を行ったが、より高度で簡便なシステム構築を目指して、次の二つのシステムを検討した。

##### ①天井カメラ撮影システム

これまでの造船所のモニタリング映像は高所からの撮影ではあったものの斜め方向からのため画角に限界があった。これを改善するために造船所の天井の水銀灯ソケットに差し込める天井カメラの試作を行った。

##### ②ドライブレコーダーを利用した撮影システム

市販のドライブレコーダー (小型軽量、4時間の連続撮影、ポータブルバッテリー駆動等) を用いた造船所のモニタリングを検討した。この方法によるとカメラの取付が簡便であり、ポータブルバッテリーを電源として4時間連続撮影できるので、AC 電源のケーブル敷設が不要というメリットがある。

##### b) 作業者の位置情報の検出

2012年度は、スマートフォンの Wi-Fi 及び GPS の機能を用いた作業者の位置情報の検出を行っ

たが、2013年度はより精度を高めるために、高精度 GPS デバイスを用いた作業者の位置情報の計測実験を実施した。その結果、位置検出精度が 20~40m から 7~9m へ向上すること等が分かった。また、RFID による作業者の位置検出方法を検討した。即ち、溶接装置等の機器に RFID のタグを貼付しておけば、RFID のリーダを持った作業者が近づくと反応するので、この作業者がどこに居るかを検出することが可能である。この方法で RFID による作業者の位置検出実験を実施した。

#### c) 画像処理による位置特定の高精度化

Wi-Fi や GPS 等を用いる上記の方法と比べてより高精度に作業者の位置特定を行うため、画像処理を利用した下記の方法を検討した。

- ① 数台のカメラによるビデオ画像の合成による対象領域のカバー
- ② 画像解析による作業者の抽出と足元の位置情報の抽出
- ③ 3D スキャナーを用いて工場の地図情報を取得
- ④ 作業者の画像上の位置情報と地図情報のマッピングを行い、作業者の工場での位置を割り出す。

#### d) 加速度センサの利用による行動推定

ビデオカメラの画像から作業者の行動は認識できるが、作業者がブロックの内部等カメラの死角に入った場合は認識できない。このような場合は加速度センサを利用した作業者行動推定の可能性が考えられる。

そこで、加速度センサを利用して人の行動を推定するために、次の二つの検討を実施した。

##### ① スマートフォンの加速度データからの行動識別手法の開発

作業者の腰部と胸部に加速度センサを付けて、基本動作（歩く、立つ、座る等）の識別が可能かどうかの実験を実施した。その結果、次の結論が得られた。

- ・腰部に装着した加速度センサのデータから行動の分離が可能。
- ・腰部センサに加えて胸部センサを利用することにより上肢の動作の分離が可能。
- ・分離したデータをもとに自動認識や労働負荷等の算出が可能。

##### ② 複数種センサデータ融合手法の開発

加速度センサデータと映像のデータを RFID を用いて融合する実験を行い、個体識別、作業識別及び行動識別を行うことができる可能性があることが分かった。即ち、加速度センサでは座っている状態が識別できるが、どのような作業（溶接、グラインダー等）をしているかの認識はできない。映像データがあるとこれ分かるが、これだけでは人の認識ができないので人の認識は RFID を用いて行うという方法である。但し、RFID のタグがどこに付けられているかの位置情報は既知とする必要がある。

#### (2) モニタリングデータ処理法の確立

次の三つの方法を用いることによりモニタリングの精度を向上させることができた。これによりモニタリングデータの処理方法を確立することができた。

##### ① 複数種センサデータ融合手法の開発

加速度センサデータと映像データを RFID を用いて融合し、作業者の特定及び作業者の位置情報を抽出した。

## ②画像撮影の冗長化

画像処理データの信頼性を向上させるために、複数のカメラで撮影した画像を用いることを考慮した。

## ③データの信頼性評価

画像ノイズに起因する画像データに含まれるエラーを除去するために、加速度センサのデータとRFIDのデータを支援情報として画像データの信頼性を評価し、ノイズデータを排除した。

以上の処理により、全体の約63%の作業に対して正しく作業員名を判定できた。また、約75%のノイズを排除した結果を出力することができた。

また、モニタリングシステムを造船所に使用してもらうためのユーザーズマニュアルを整備した。

### (3) モニタリングによる生産性向上の可能性のケーススタディ

モニタリングシステムにより得られたデータを造船所の生産性向上に活用する具体例として次の2つのケースを検討し、モニタリングシステムの有用性を明らかにした。

#### a) モニタリングブラウザの構築（造船所の定盤計画・管理システムへの応用）

造船所で実際に使われている定盤計画・管理システムとモニタリングシステムを連携して、次のような機能を有するシステムを構築した。

##### ① 計画と実際のズレの把握

各ブロックの定盤上の配置計画情報とモニタリングシステムから作成した実際の配置情報を比較し、計画とのズレを把握。対策フィードバック等に活用。

##### ② 作業ガントチャートとビデオのひも付け

作業ガントチャート（図1.1参照）の一部をクリックすると、その作業のビデオや作業員等を読み出す機能。トラブルの原因究明等に利用。

##### ③ ヒートマップの表示

溶接、グラインダ、ガウジング等がどの場所でどの程度発生したかの確認ができる。工程計画等に活用する。

#### b) 工場シミュレータとの連携

工場シミュレータは、工場内のモノの流れや人の動きをモデル化してシミュレーションを実行し、工程を最適化する手法であるが、これとモニタリングシステムを連携して次の機能を有するシステムの構築を検討した。

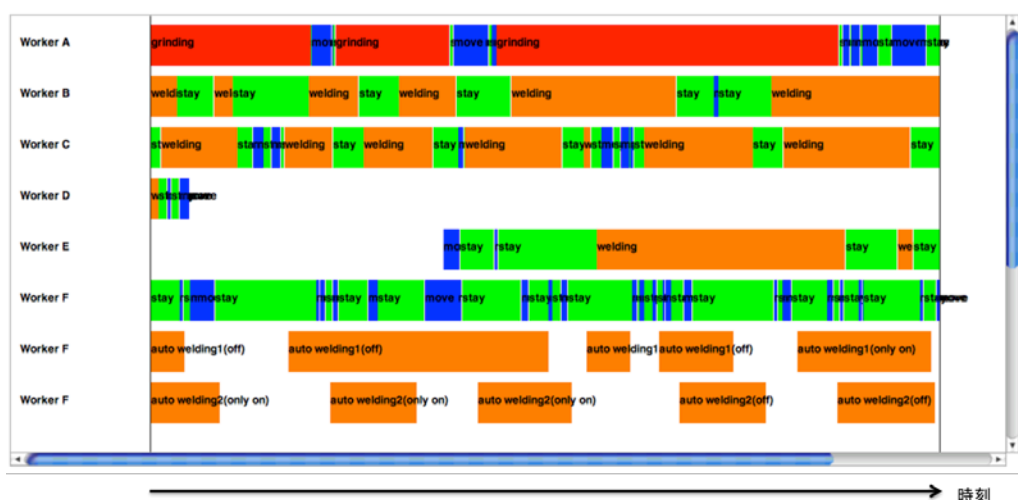
##### ① フィードバック機能

モニタリングデータを工場シミュレータの入力データとして用いれば、工場で起こったことをコンピュータ内に再現することができ、作業の定量的分析・評価や他の行動を取った場合のシミュレーションができる。これにより、生産現場での生産性を向上させるフィードバックとして活用する。

##### ② 工程のパフォーマンス推定

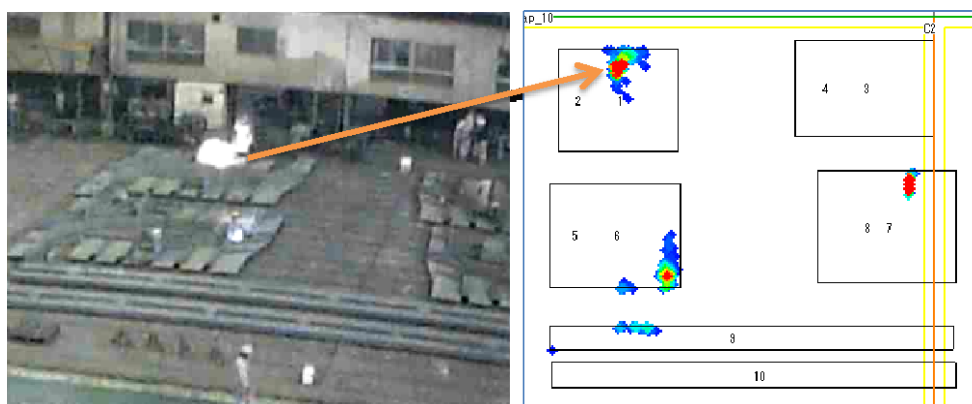
モニタリングによる生産実態と工場シミュレータによる理想の生産をつきあわせてFit & Gap分





:移動
  :静止
  :グラインダー
  :溶接

(a) ガントチャート



(b) 溶接作業のヒートマップ

図 1.1 ビデオ画像分析から得られた作業のガントチャートとヒートマップ

析を行う。これにより現状の生産のパフォーマンスを知ることができるとともに、新工程設計でのパフォーマンスも推定することができる。

以上の連携の概念を図 1.2 に示す。

#### (4) 建造モニタリングやレーザ溶接などによる建造マネジメント高度化の技術課題調査

建造モニタリングやレーザ溶接など、建造マネジメント高度化のために必要と考えられる革新的技術等を広く調査した。さらに、革新的技術の造船適用に関する検討結果を踏まえて、今後取り組むべき技術開発課題として次の 11 項目を抽出した。

- ① 詳細で正確な予実管理の実現 (人、モノ)
- ② 3次元プリンタの適用
- ③ 現場での 3次元データ利用技術 (3次元図面など)
- ④ 多能工化育成に向けた研究開発

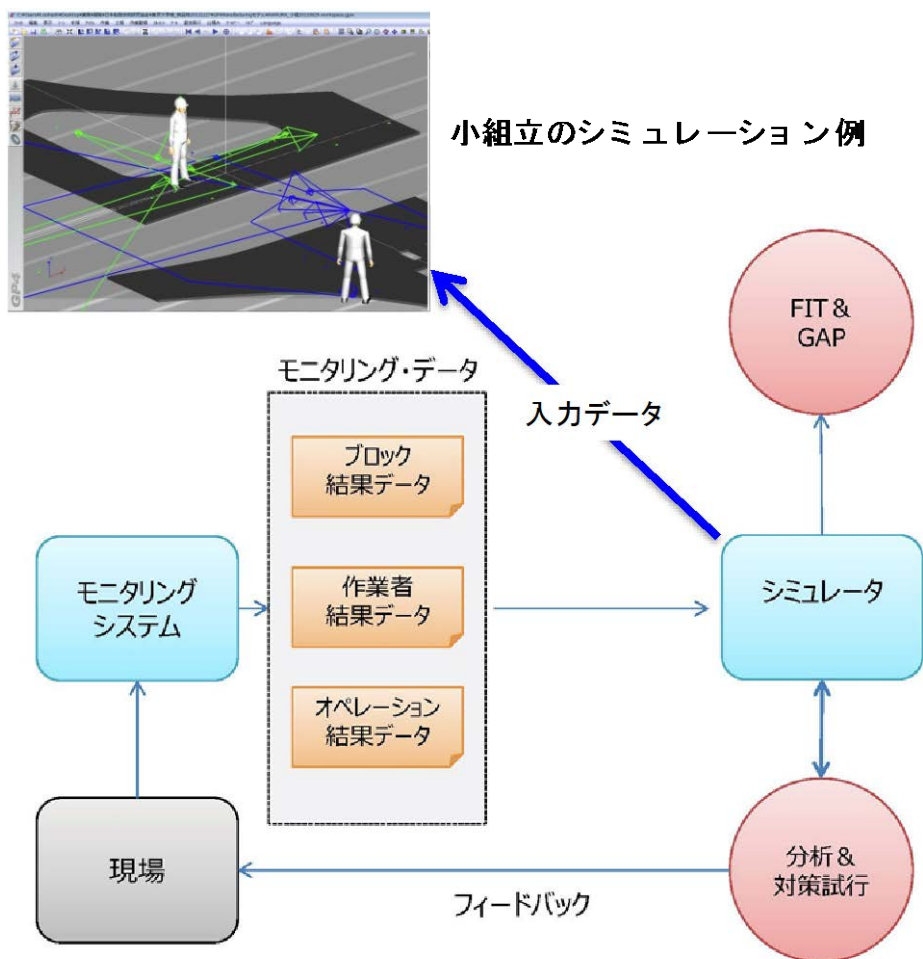


図 1.2 モニタリングシステムと生産シミュレーションの連携運用イメージ

- ⑤リバースエンジニアリングの有効活用
- ⑥つくり易さを考慮した設計技術
- ⑦新しい接合技術
- ⑧パワーアシスト、遠隔操作技術など、ロボットと人の将来の協調技術
- ⑨最新 ICT デバイスの利用
- ⑩フィードバック型の生産試験システム
- ⑪造船所のビックデータの解析と有効利用

この 11 項目の研究開発課題について、開発内容をブレイクダウンし、2030 年頃までを想定したロードマップを作成した。これを表 1.2 に示す。

また、これらの先進的な技術を取り入れた将来の造船工場（50 年程度先）のイメージを、一般の人にも理解して頂ける程度に書き下し、図 1.3 に示すようなイラスト付きの冊子体として作成した。本冊子は、造船所の方にとっても先進的技術とその造船応用、それらの導入が意味するもの考えるきっかけになることと思われる。この冊子の内容の一部を図 1.4 に示す。

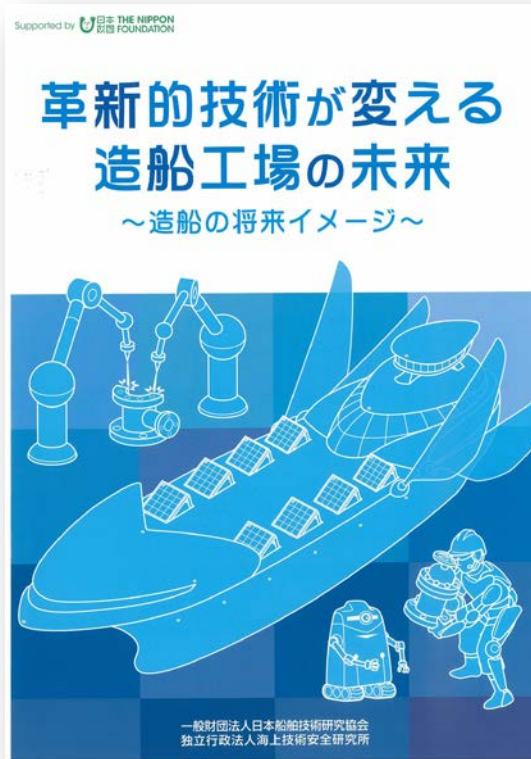


図 1.3 造船の将来イメージ冊子の表紙

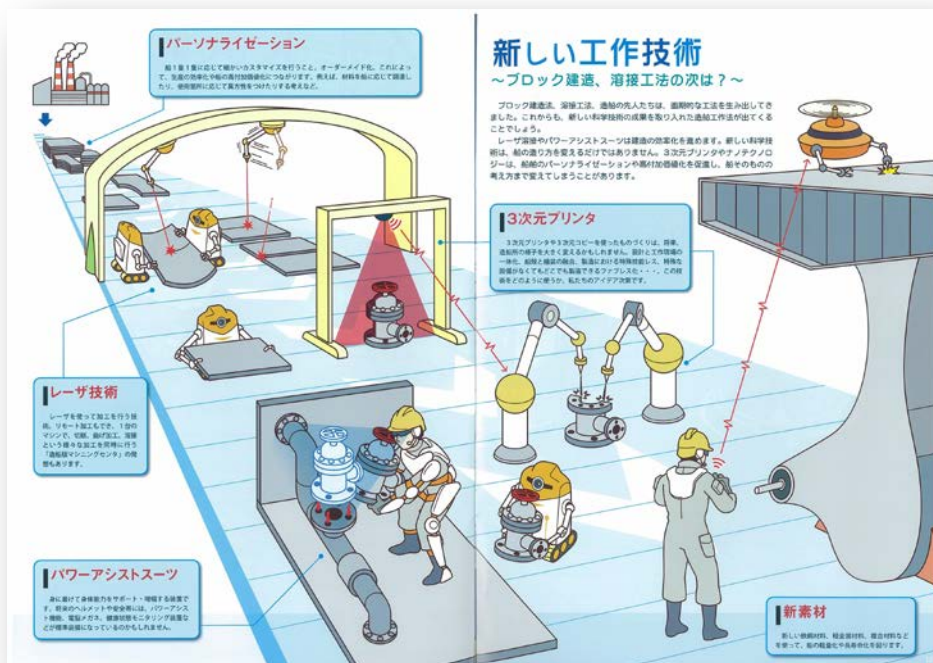


図 1.4 将来の造船工場コンセプトイメージの例（冊子より抜粋）

表 1.1 研究スケジュール

研究項目	2013年					2014年									
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会		○ 第1回		○ 第1回WG		○ 第2回WG	○ 第2回合同			○ 第3回合同				○ 第4回合同	○ 第5回合同
① 新デバイスによるモニタリングシステムの高度化				高精度GPS、RFID、加速度センサー等のデバイスの活用、スマートフォンを活用したデータ収集システム等			画像処理を用いた位置検出方法の高度化								
② モニタリングデータ処理法の確立				画像処理を中心とするモニタリング技術、複数データ(画像、加速度、RFID等)の統合による作業者の特定、データの信頼性を考慮した作業履歴等			加速度センサーによる作業者の行動推定								
③ モニタリングによる生産性向上の可能性のケーススタディ				造船所の定盤計画・管理システムへの応用(ヒトデータの取り付け、管理・検索等)			生産シミュレーションへの応用(モニタリング技術と生産シミュレーションの連携運用等)								
④ 建造モニタリングやレーザー溶接などによる建造マネジメント高度化の技術課題調査				将来技術ニーズ調査、革新的技術のロードマップ作成、将来の造船工場のコモンプラットフォーム作成											
⑤ モニタリング実証実験				○				○		○		○	○	○	○
⑥ プロジェクトとりまとめ															とりまとめ

表 1.2 開発ロードマップ

	～2016	2016～2020	2020～2025	2025～2030
①詳細な予実管理の実現(人、モノ)				
・造船用シミュレーションシステムの開発				
- M BOM等、船舶のモデリング技術の確立				
- 建造工程のモデリング技術の確立(工程のグループ化、メタ化含む)				
- 造船用生産シミュレータの開発				
・造船用統合型工程モニタリングシステムの開発				
・計画と工程モニタリングを統合したリアルタイム予実管理システムの開発				
- リアルタイム予実管理システムを活用した新しい生産管理の検討				
②3次元プリンタの適用				
・3次元プリンタの造船適用に関する整理				
- 3次元プリンタの開発動向のフォロー				
- 3次元プリンタの造船適用に関する整理				
・水槽試験における3次元プリンタの適用に関する検討(数値水槽の実現)				
- ラピッドプロトタイプング(rapid prototyping)としての造船利用に関する検討				
- 3次元形状や工作性・工作手順等の事前検証に利用するための検討				
・3次元プリンタを用いた部品等の造形技術の検討				
- 船殻における適用可能箇所の検討				
- 機殻における適用可能箇所の検討				
- 積造用降型や曲げ型などの治具を3次元プリンタで代替することに関する検討				
・3次元プリンタを使った新ビジネスの考案				
③現場での3次元データ利用技術(3次元図面など)				
・3次元CADモデルを作業現場で活用する取り組み				
- 適用する造船工程と出力する情報の整理				
- 施工手順書の自動作成システムの開発				
・作業現場での情報インタフェース技術の開発				
- 最新ICTデバイスの開発動向のフォロー				
- 積造工程に関するARアプリケーションの開発				
- その他、NUI(Natural User Interface)技術の造船適用に関する検討				
④多能工化の育成に向けた研究開発				
・教育用システムの開発				
- VR(Virtual Reality)技術を用いた教育用システムの開発				
・多能化を促すための建造技術の開発				
- 簡素化する仕組みの導入や簡素化する工法に代替することの検討				
- 施工を支援するツール(施工手順書作成システム等)の開発				
⑤リバースエンジニアリングの有効活用				
・リバースエンジニアリングの造船適用に関する整理				
- 計測デバイスの開発動向のフォロー				
- リバースエンジニアリングの造船適用に関する整理				
・3次元形状計測・評価システムの開発				
- 点群データ処理技術に関する研究				
- 点群データからCADモデルを作成するなどデータ処理技術の研究				
- ブロック等の現物と重ね合わせるなどデータ処理、可視化技術の研究				
・リバースエンジニアリングを使った新ビジネスの考案				
- 3次元データ(Viewerデータ含む)の造船所内利用に関する検討				
- 3次元データ(Viewerデータ含む)の船主など他の関係者が利用する仕組みの検討				
⑥つくり易さを考慮した設計技術				
・つくり易い材料開発についての検討				
- 新しい鋼材の在り方に関する検討				
- 鋼材以外の新材料(非鉄材料、CFRP等)利用に関する検討				
・つくり易くなる施工法についての検討				
- レーザ溶接技術の厚板、組立工程への適用についての研究開発				
- 接着剤工法の造船適用に関する研究				
- 簡素化する仕組みの導入や簡素化する工法に代替することの検討				
・施工性を事前評価するシステムの開発				
- 施工手順書の自動作成システムの開発				
- エルゴノミクス性を踏まえた施工検討手法の確立				
⑦新しい接合技術				
・新しい接合技術の開発				
- レーザ溶接技術の厚板、組立工程への適用についての研究開発				
- 接着剤工法の造船適用に関する研究				
- 接合のし易い、あるいは接合不要な建造法についての検討(新材料利用など)				
・ブロック組立・搭載を高度化するシミュレーション技術等の開発				
- ブロック変形に関するシミュレーション及びコントロール技術の研究				
- ブロックの3次元計測技術と組立シミュレーション技術の開発				
⑧パワーアシスト、遠隔操作技術など、ロボットと人の将来の協調技術				
・造船における人とロボットの協調技術に関する研究				
- パワーアシストスーツの造船適用に関する研究				
⑨最新ICTデバイスの利用				
・最新ICTデバイスの造船適用に関する整理				
- 最新ICTデバイスの開発動向のフォロー				
- 最新ICTデバイスの造船適用に関する整理				
・最新ICTデバイスを利用した造船用アプリケーションの研究開発				
- 眼鏡型ウェアラブル端末を利用した造船アプリケーションの開発				
- 作業員の身体データを利用する造船アプリケーションの開発				
⑩フィードバック型の生産支援システム				
・モニタリングシステムの研究開発				
- 造船用統合型工程モニタリングシステムの開発				
- 3次元形状計測・評価システムの開発				
・フィードバック型生産支援システムに関する研究開発				
- リスクにも対応する柔軟な生産管理システムの開発				
- ブロック組立・搭載を支援するシステムの開発				
- 積造工事におけるフィードバック型生産支援システムについての検討				
⑪造船所のビッグデータ解析と有効利用				
・造船所のビッグデータ利用に関する研究				
- ビッグデータ解析の造船適用事例に関する検討				
- 造船所のセンサーネットワーク構築に関する検討				
- 具体的な適用事例に対する研究開発				
・船舶のビッグデータ利用に関する研究				
- ビッグデータ解析の船舶適用事例に関する検討				
- 船舶のセンサーネットワーク構築に関する検討				
- 具体的な適用事例に対する研究開発				

## 2. 活動状況報告

本事業を円滑に進めるため、2012年度と同様に大学・研究機関・造船所他から委員として参画していただき、「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」を設置した。また、「建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ」を設置し、革新的技術の現状調査、革新的技術のロードマップ及び将来造船所のコンセプトイメージ等を検討した。調査研究委員会とワーキンググループは密接に連携して調査研究を進めた。

### 2.1. 調査研究委員会

#### ○「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

委員名簿 (敬称略・順不同)

委員長	青山 和浩	国立大学法人東京大学	大学院工学系研究科 システム創成学専攻	教授
委員	白山 晋	国立大学法人東京大学	大学院工学系研究科 システム創成学専攻	准教授
	稗方 和夫	国立大学法人東京大学	大学院新領域創成科学研究科 人間環境学専攻	准教授
	篠田 岳思	国立大学法人九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門	教授
	松尾 宏平	(独)海上技術安全研究所	構造基盤技術系 基盤技術 研究グループ	主任研究員
	宇野 清隆	ジャパンマリンユナイテッド(株)	技術研究所 生産技術研究グループ	グループ長
	山口 雄嗣	住友重機械マリンエンジニアリング(株)	製造本部 工作部 計画グループ	計画セクション
	大迫 貴庸	(株)名村造船所	船舶海洋事業部 生産管理部	生産技術課 課長
	赤池 泰暢	三井造船(株)	船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 (2014年3月まで)	製造部 計画グループ
	中村 拓貴	三井造船(株)	船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 (2014年4月から)	製造部 計画グループ
関係者	山口 祐二	(一社)日本造船工業会	技術部	部長
	藤本 修平	(独)海上技術安全研究所	構造系構造解析・加工研究 グループ	研究員
事務局	田村 顕洋	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット (2014年3月まで)	ユニット長
	河野 順	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット (2014年4月から)	ユニット長
	森山 厚夫	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット	

プロジェクトリーダー

井下 聡 (一財)日本船舶技術研究協会 研究開発ユニット

チームリーダー

片山 敦子 (一財)日本船舶技術研究協会 研究開発ユニット

○「建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ」

委員名簿 (敬称略・順不同)

主査	松尾 宏平	(独)海上技術安全研究所	構造基盤技術系 基盤技術 研究グループ	主任研究員
委員	篠田 岳思	国立大学法人九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門	教授
	青山 和浩	国立大学法人東京大学	大学院工学系研究科 システム創成学専攻	教授
	宇野 清隆	ジャパンマリユニテッド(株)	技術研究所 生産技術研究グループ	グループ長
	山口 雄嗣	住友重機械マリンエンジニアリング(株)	製造本部 工作部 計画グループ計画セクション	
	大迫 貴庸	(株)名村造船所	船舶海洋事業部 生産管理部 生産技術課	課長
	赤池 泰暢	三井造船(株)	船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 (2014年3月まで)	製造部 計画グループ
	中村 拓貴	三井造船(株)	船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 (2014年4月から)	製造部 計画グループ
関係者	山口 祐二	(一社)日本造船工業会	技術部	部長
	藤本 修平	(独)海上技術安全研究所	構造系構造解析・加工研究 グループ	研究員
	大橋 輝雄	(株)レクサー・リサーチ	PDT グループ	グループ・リーダー
事務局	田村 顕洋	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット (2014年3月まで)	ユニット長
	河野 順	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット (2014年4月から)	ユニット長
	森山 厚夫	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット プロジェクトリーダー	
	井下 聡	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット	チームリーダー
	片山 敦子	(一財)日本船舶技術研究協会	研究開発ユニット	

## 2.2. 調査研究の作業状況

2013年度

- 4月 1日 日本財団の助成を得て事業開始
- 4月25日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 5月17日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 5月24日 2013年度第1回モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会開催運営
- 6月10日 モニタリング情報を活用した工場シミュレーションに関する打合せ実施（レクサーリサーチ）
- 6月21日 工場モニタリングに関する造船所ニーズ調査実施
- 6月24日 建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ運営に関する打合せ実施（海上技術安全研究所）
- 7月 1日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 7月12日 モニタリング情報を活用した工場シミュレーションに関する打合せ実施（東京大学・レクサーリサーチ）
- 7月17日 2013年度第1回建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ開催運営
- 8月 9日 モニタリング技術等の将来技術に関する造船所ニーズ調査打合せ実施ならびにアンケート実施
- 8月20日 モニタリング情報を活用した工場シミュレーションに関する打合せ実施（レクサーリサーチ）
- 9月 6日 モニタリング情報を活用した工場シミュレーションに関する打合せ実施（東京大学・レクサーリサーチ）
- 9月10日 建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ運営に関する打合せ実施（海上技術安全研究所）
- 10月10日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 10月18日 2013年度第2回モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会及び第2回建造マネジメント高度化検討WG合同委員会開催運営
- 11月 7日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 11月26日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 12月19日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）
- 1月 7日 モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ（東京大学）



1月15日	2013年度第3回モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会及び第3回建造マネジメント高度化検討WG合同委員会開催運営
1月20日	(株)スタジオ・キーストンとの間で「将来の造船工場コンセプトイメージ冊子の作成業務」請負契約締結
1月21日	モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ(東京大学)
1月30日	建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ運営に関する打合せ実施(東京大学・海上技術安全研究所)
3月12日	船舶建造工程の技術革新に関する技術セミナーの開催運営(日本財団ビル)
3月25日	モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ(東京大学)
5月21日	2013年度第4回モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会及び第4回建造マネジメント高度化検討WG合同委員会開催運営
6月9日	モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会の運営打合せ(東京大学)
6月18日	ユーザビリティ評価試験(三井造船千葉造船工場)
6月30日	2013年度第5回モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会及び第5回建造マネジメント高度化検討WG合同委員会開催運営

### 2.3. 委員会議事概要

「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」は2013年度内(但し、事業は2013年6月まで延長)に以下のとおり計5回開催した。また、「建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ」は計4回開催した。この中で、両委員会の第2回から第5回は合同で実施した。

#### ○ 第1回「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

日時：2013年5月24日(金) 11:00～16:30

場所：TKP 赤坂ツインタワーカンファレンスセンター  
カンファレンスルーム 10D

議題：①昨年度成果報告について  
②今年度事業計画(案)について  
③研究スケジュール(案)について  
④造船所ニーズ調査について

#### ○ 第1回「建造マネジメント高度化検討ワーキンググループ」

日時：2013年7月17日(水) 14:00～16:30

場所：TKP 赤坂ツインタワーカンファレンスセンター

カンファレンスルーム 10A

- 議題：①建造マネジメント高度化検討WG実施計画書（案）について  
②建造マネジメントを高度化革新的技術の検討について  
③レーザ溶接技術導入による船体構造の変革可能性のケーススタディ実施計画書（案）について  
④ガーダー方式ダブルハル構造船のブロック建造要領書（案）について  
⑤レーザ溶接パネル組立ライン構想（案）について  
⑥「生産システム設計」高度化によるグローバル事業戦略へのインパクトについて

○ 第2回「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

及び第2回「建造マネジメント高度化検討WG」合同委員会

日時：2013年10月18日（金）13：30～17：10

場所：（一財）日本船舶技術研究協会

議題：＜建造マネジメント高度化検討WG関連＞

- ①船舶の建造マネジメント高度化のための要件と必要技術・候補技術の現状調査について  
②アンケート所感／総括  
③将来の造船工場コンセプトと革新的技術ロードマップの検討方針（案）について  
④モニタリング技術と生産シミュレーション技術の連携による次世代造船生産システム計画技術の研究—実施提案

＜モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究関連＞

- ⑤研究進捗状況  
⑥造船所ニーズ調査結果報告（H25年度研究のための調査）について  
⑦ビデオ画像分析による作業・安全観測の検討  
⑧加速度センサデータを利用した労働負荷算出について  
⑨工場モニタリング技術の研究進捗報告  
⑩A video list for Demonstration

○ 第3回「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

及び第3回「建造マネジメント高度化検討WG」合同委員会

日時：2014年1月15日（水）10：30～16：30

場所：東京大学 本郷キャンパス 工学部3号館 423会議室

議題：＜建造マネジメント高度化検討WG関連＞

- ①モニタリング技術と生産シミュレーション技術の連携運用に関する調査について  
②アンケート（革新的技術編）所感／総括  
③技術ロードマップ作成と将来の造船工場コンセプトイメージの策定について

＜モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究関連＞

- ④研究進捗状況について
- ⑤工場モニタリング技術の研究進捗報告について
- ⑥加速度センサデータを利用した労働負荷算出に関して
- ⑦ビデオ画像分析による作業・安全観測の検討
- ⑧三井造船千葉事業所での実験計画
- ⑨総合実証実験計画
- ⑩船舶建造工程の技術革新に関する技術セミナー案

○ 第4回「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

及び第4回「建造マネジメント高度化検討WG」合同委員会

日時：2014年5月21日（水）10：30～16：30

場所：東京大学 本郷キャンパス 工学部3号館 424会議室

議題：

<モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究関連>

- ①研究進捗状況について
- ②加速度センサデータからの行動識別と複数種センサデータの融合手法
- ③ビデオ画像分析による作業・安全観測の検討
- ④工場モニタリング技術全般の研究進捗報告

<建造マネジメント高度化検討WG関連>

- ⑤モニタリング技術と生産シミュレーション技術の連携運用に関する調査
- ⑥講演；工程設計データの入力前処理システムの開発に関して
- ⑦革新的技術のロードマップと将来の造船工場コンセプト

○ 第5回「モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に関する調査研究委員会」

及び第5回「建造マネジメント高度化検討WG」合同委員会

日時：2014年6月30日（月）13：30～17：00

場所：東海大学 校友会館 三保の間

議題：

- ①研究進捗状況について
- ②モニタリングシステムのユーザビリティ評価
- ③今後の工場モニタリングのニーズ調査
- ④研究成果報告書（案）の審議

## 2.4. 技術セミナー

日本財団からの助成を得て、レーザ溶接技術とモニタリング技術を2つの柱とする「船舶建造工程の高品質化・効率化技術の調査研究事業」を2012年度～2013年度にわたって実施したが、当該事業の成果を報告する目的で、公益社団法人日本船舶海洋工学会及び一般社団法人溶接学会の協賛を得て、「船舶建造工程の技術革新に関する技術セミナー」を開催した。

本セミナーには、造船、舶用工業、海運等の海事関係者のほか、レーザ溶接業界、鉄鋼業界、橋梁業界等から約150名の参加があった。

## 1) 日時及び場所

日 時： 2014年3月12日(水) 13:30~17:45

場 所： 日本財団 大会議室

## 2) 各講演の概要

### ① 「レーザ溶接技術及びハイブリッド溶接技術の現状と動向」

国立大学法人大阪大学 接合科学研究所

所長

片山 聖二

最新のレーザ溶接技術（リモート溶接、高パワー化、ハイブリッド溶接、超精密溶接、金属-樹脂接合等）の現状と動向の説明をした。また、大阪大学接合科学研究所が実施している高速度カメラや高輝度 X 線等を用いたレーザ溶接現象の観察結果等についても説明した。

### ② 「レーザ・アークハイブリッド溶接プロセス実験結果」

国立大学法人大阪大学 接合科学研究所

技術専門職員

水谷 正海

造船用厚板鋼板の完全溶込み T 継手及び突合せ継手の最適溶接条件を求めるために実施したプロセス実験結果を説明した。板厚、ギャップの大きさ、シールドガスの種類、プライマーの有無、溶接面の性状（機械切断、レーザ切断）等の影響を調べる実験を行った結果、ほぼ研究目標を達成したという説明があった。

### ③ 「レーザ・アークハイブリッド溶接継手の強度評価」

国立大学法人九州大学 大学院工学研究院海洋システム工学部門

准教授

後藤 浩二

レーザ・アークハイブリッド溶接の溶接施工法承認要領を各船級協会の関連規則等を参考に、検討した結果について説明した。また、プロセス実験で健全であると認められた継手の強度等をこの溶接施工法承認要領に基づき評価した結果の説明をした。

### ④ 「レーザ・アークハイブリッド溶接実証実験の実施状況」

(株) 名村造船所 船舶海洋事業部

生産管理部 溶接技術課長

濱崎 俊之

名村造船所で実施したレーザ・アークハイブリッド実証実験の概要を説明した。また、造船所におけるレーザ・アークハイブリッド溶接の適用について、ロンジの先付ラインや FCB 板継ラインに適用できる可能性がある旨の説明をした。

### ⑤ 「レーザ・アークハイブリッド溶接のビルトアップロンジへの適用検討結果」

ジャパンマリンユナイテッド(株) 技術研究所

レーザー・アークハイブリッド溶接をビルトアップロンジの製作に適用することを 目的に、開先精度（GAP、切断端面等）の影響、プライマーの影響及び溶接速度限界を調べる実験を実施した結果について説明した。切断端面の影響は小さいこと、プライマーを除去するとブローホールが削減できること、溶接速度は3000 mm/分でも良好なビード外観が得られること等について説明した。

#### ⑥ 「モニタリング技術による造船工場の見える化」

国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科システム創成学専攻  
教授 青山 和浩

モニタリングによる造船工場の見える化の意義を説明した。また、小組立工場を例に、工場のモノの流れや人の動きを低コストで、かつ簡便にモニタリングするシステムの開発と実証実験結果の説明があった。更に、モニタリング技術の造船への具体的応用例として、工程計画・管理システムへの応用（計画と実際のズレの把握と対策等）、モニタリングと生産シミュレーションの連携等も説明した。

#### ⑦ 「革新的技術のロードマップと将来の造船工場コンセプト」

(独)海上技術安全研究所 構造解析・加工研究グループ  
主任研究員 松尾 宏平

船舶建造高品質化・効率化に寄与すると考えられる革新的技術を幅広く検討し、それらの造船への適用に関するアンケート調査結果を踏まえて、11の技術開発課題を抽出し、その技術ロードマップの説明をした。さらに、50年程度先の将来の造船工場のコンセプトイメージを作成して冊子にまとめたとの説明がなされた。

#### ⑧ 「船舶建造高品質化・効率化プロジェクトのまとめと今後の展開」

(一財)日本船舶技術研究協会  
常務理事 田中 護史

本プロジェクトのまとめとして、アフラマックスタンカーの建造工程にレーザー・アークハイブリッド溶接を大規模に適用するケーススタディを実施した結果、従来のアフラマックスタンカーの建造工程と比較して大きな工数削減の効果が得られることを説明した。また、今後の展開として、レーザー・アークハイブリッド溶接実証実験装置一式を名村造船所から九州大学に移設し、当該研究を継続することを示した。

Supported by  日本財団 THE NIPPON FOUNDATION

この報告書は、日本財団の助成金を受けて作成しました。

---

— 船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究 —  
(工程管理システムの調査研究)  
2013年度 成果概要報告書

2014年（平成26年）7月発行

発行者：青山 和浩 システム創成学専攻 教授  
東京大学大学院 工学系研究科

〒113-8656 東京都 文京区本郷 7-3-1

TEL/FAX: 03-5841-6504 Mail: aoyama@sys.t.u-tokyo.ac.jp

---

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。

