

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)

2012 年度 成果概要報告書

2013 年 3 月

国立大学法人 東京大学

研究実施代表

大学院工学系研究科

青山 和浩

1. 研究概要

1.1 背景及び目的

世界経済の減速と船腹需給ギャップの拡大等今後造船市場での競争の激化が予想され、日本における造船業の存亡自体が問われている状況である。この状況において、我が国造船業が存続するためには、新興造船国に対して QCD (Quality/Cost/Delivery) の絶対的な競争力の向上が必要不可欠である。この競争力を向上するためには、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命題であることに対する議論の余地はない。

高度な建造マネジメントを実現するためには、船舶の建造工程がどのような状況にあるのかを常に把握する技術が基盤技術として必要不可欠である。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し、そこで得られた膨大なデータを処理（データマイニングなど）することによって、建造工程における問題箇所を適切に把握し、問題発生に対する対応策を適切に講じることによって、トータルな QCD 向上を図ることである。

このため、本研究では、造船の生産現場に適したモニタリングデバイス及びシステムの開発並びに取得した膨大なデータの処理・分析の研究を実施した。

1.2 研究内容

1.2.1 船舶建造モニタリング技術の研究

(1) 市販モニタリングシステムの調査

市販のモニタリングシステムに関して文献調査及びヒアリング調査等を実施し、造船工場に適用する場合、有効と思われる数種類のモニタリングシステム（画像認識や位置検出技術等）を抽出した。

(2) 市販モニタリングシステムの造船現場適用に関する実証実験

有効と思われるモニタリングシステムの造船現場への適用性を調べる実証実験を下記の造船所で実施した。

- ① 三井造船株式会社 千葉事業所
- ② 株式会社名村造船所 伊万里事業所
- ③ ユニバーサル造船株式会社（現ジャパンマリンユナイテッド株式会社） 津事業所

(3) 実証試験結果の解析・報告書作成

(2) で得られたモニタリングデータ（画像、作業員の位置情報等）を解析してシステムの比較や課題の抽出を行い、報告書を作成した。

1.2.2 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

工場のモニタリング技術の活用により物や人の流れを整流化できる。また、ムリ・ムダ・ムラの発見と早期の改善が可能となり、生産効率の向上を図ることができる。これらの可能性を活かした船舶建造工程の変革を検討した。

1.3 研究期間

2012年4月1日 ～ 2013年3月31日

1.4 研究体制

船技協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、4回の委員会を実施した。

- ・国立大学法人 東京大学 青山教授（主査）
- ・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
- ・ジャパンマリン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
- ・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 1.5.1 に示す。

1.6 研究結果

1.6.1 船舶建造モニタリング技術の研究

(1) 市販モニタリングシステムの調査

造船工場に適用する場合、有効と思われる次のモニタリングシステム（画像認識や位置検出技術等）を抽出した。

- ① 無線 LAN(Wi-Fi)による通信ネットワーク
- ② ネットワークカメラ用いた工場内ビデオ撮影
- ③ Wi-Fi 電波強度による位置検出技術
- ④ エアロスカウト社の方法による位置検出技術
- ⑤ RFID を利用した対象、位置検出方法

(2) 市販モニタリングシステムの造船現場適用に関する実証試験

(1) で抽出したモニタリングシステムの造船現場への適用性を調べる実証実験を下記の造船所で実施した。

- ① 三井造船株式会社千葉事業所（上記①の性能のチェック）
- ② 株式会社名村造船所伊万里事業所（上記②及び③のテスト）
- ③ ユニバーサル造船株式会社（現ジャパンマリンユナイテッド株式会社）津事業所（上記②、④及び⑤のテスト）

その結果、次のことがわかった。

①基本モニタリングシステムの確立

市販の安価なデバイス（カメラ、AP（アクセスポイント）、PC 等）を用いて、造船工場において無線 LAN(Wi-Fi)によるネットワークシステムを構築できることがわかった。

②画像認識

無線 LAN 対応のネットワークカメラ（6 台）からの映像をデータ送信用無線 LAN-AP（1 台）経由で、PC のハードディスクに記録できるかを確認した。なお、記録にはカメラ付属のソフトウェアを使用した。

その結果、クレーン稼働時に瞬断が見られたが、全てのカメラと問題なく接続できデータ受信ができることが確認できた。但し、市販カメラの一般的特性として画角が狭いので、できるだけ高所へ設置する必要があることがわかった。また、記録に使用したカメラ付属のソフトウェアでは性能が十分でないことがわかった。

③電波強度による位置特定の精度検証

無線 LAN-AP を使用した位置特定の精度検証を行った。無線 LAN-AP を 8 台使用し、Android

端末（スマートフォンやタブレット）を使用して各 AP の電波強度を測定することで行った（即ち、電波強度の強弱で端末を持った人間がどの AP の近くにいるかを推定する方法）。

その結果、次のことがわかった。

- ・無線 LAN・AP の出力を強くするほど精度は向上する。
- ・AP で囲まれたどのエリアに端末を有した人間が居るかどうかを特定できる確率は、40 m × 40 m のエリアでは 80 % 程度、40 m × 20 m のエリアでは 70 % 程度の確率で各々のエリアを絞り込むことができることがわかった。

④Wi-Fi の電波発信源の位置を特定する技術（エアロスカウト社の方法）

作業員に Wi-Fi 電波を発信するタグを持たせて、タグが発信する電波を数か所に設置したローションレシーバ（LR）で検知（受信）して PC に送り、PC で解析して作業員の位置を特定する方法である。このシステムの実証試験を行った結果、次のことがわかった。

- ・平均で約 17 m、最大で約 20 m の誤差があり、更に作業過程において鉄壁に近づくと LR へ電波が到達しづらく電波の反射強度の影響も大きくなるため状況によっては更に誤差が大きくなることが考えられる。
- ・LR 数を追加すると精度は向上するが、工場の柱に沿っては LR の追加は容易だが、これと直角方向へは設置しづらく精度向上には限界があると考えられる。

（3）実証試験結果の解析・報告書作成

モニタリングから得られた膨大なデータを処理して、画像データや作業員の位置データ等から作業員の行動データを抽出する手法の構築／ソフトの開発を行った。本ソフトによると、単なる画像処理のみでは溶接の光の反射した場所も溶接していると判断して処理されてしまう等の問題点があり、他の情報（作業員の位置データ等）を補足的に用いるなどして解析の精度を上げる必要があることがわかった。なお、本研究は次年度も継続する予定である。

1.6.2 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

文献調査及びヒアリング調査等により、船舶建造の各工程におけるモニタリングの概念の検討及びモニタリング技術として活用可能な技術を抽出検討した。その例を表 1.6.1 に示す。なお、本研究は次年度（平成 25 年度）も継続する予定である。

1.7 次年度の研究計画

（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（加速度センサ、音声認識等）及び新システムを追加適用して、より高度なモニタリングが可能なるようなシステムを開発する（必要に応じて実証試験を実施する）。

（2）モニタリングデータ処理法の確立

モニタリングから得られた膨大なデータを生産性の向上に活用するためには様々なデータ処理を施す必要がある。高度化されたモニタリングシステムにより得られたデータを用いて、この膨大なデータの処理法を、前年度の検討を踏まえて研究・開発する。

（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

基本モニタリングシステムによって得られたデータ・情報に基づいて、どこに工程上のムリ・ムダ・ムラがあるのか、工程の最適化の余地はないのか、ケーススタディとして検討する（必要に応じて実証試験を実施する）。

（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

前年度の検討をふまえ、船舶の各建造工程に活用可能なモニタリング技術を具体的に適用するケーススタディを行い、これらの可能性を活かした船舶建造工程の変革の概念を検討する。

表 1.6.1 各工程におけるモニタリング技術の例

	現状の分析			計画
	現実からデータを抽出する	データから情報を抽出する	情報から知識を得る	計画を立てる
	現実からデータを抽出するための方法	データから抽出された情報	情報から得られる知識	シミュレーション内容
水切り 鋼材置場 鋼材処理	RFID、バーコード、画像解析 (形状認識、位置認識、人物 認識)	鋼材の動向(搬入履歴、置き 位置) 作業記録(板の捌き具合) ガントチャート クレーン作動状況 鋼材のストック記録(平均・最 長保管期間)	鋼材発注に関する情報 (妥当な保管期間など) ストック管理方法(ストック 方法、ハンドリング方 法)	資材搬入・搬出計画 ストック管理計画
切断、マーキン	画像解析(形状認識、位置認 識、人物認識)、NC履歴デー タ解析、RFID	NC作業記録(切断長、稼働 率)、切断精度 作業記録(配材、NC設定、手 マーキン、搬出等) ガントチャート 手書き・手切り内容 NC切断機精度の経時変化	切断精度の経時変化 データベース	最適鋼材配材、ネスティ ング、NC/手作業の工程 配分、作業動線計画、 NCメンテナンス計画
加工(曲げ)	画像解析(形状認識、人物認 識)、レーザスキャン等	作業記録(プレス手順、ガス 加熱手順、治具使用、各プロ セスにおける曲面形状) ガントチャート 仕上がり形状・精度 仕上げ切断のデータ	各曲げプロセスにおける 変形応答、曲げ変形要 素データベース 熟練工のブラクティスの ナレッジ化、曲面幾何量 による難易度の分類	曲げ加工シミュレータ、 最適曲げ加工手順、プレ ス/ガス加熱の工程配 分計画、スケジューリン グ、板割り計画、最適伸 ばしシロの設定
小組(ビルドアップ、トラン ス、パネル加工)	画像解析(形状、人物認識)、 アークタイマー、デジタル溶 接機、タグ(GPS等)、開先做 い、レーザスキャン	作業記録(配材、仮留、溶 接) ガントチャート 作業者の動線 クレーン・溶接機等稼働状況 仕上がり形状・精度 仕掛材ストック期間	熟練工による作業のベ ストプラクティス 溶接による経時の変形・ 歪応答	配材計画、スケジューリ ング、最適組立手順、溶 接変形・歪解析
中組・大組	画像解析(形状、人物認識)、 アークタイマー、デジタル溶 接機、タグ(GPS等)、開先做 い、レーザスキャン	作業記録(定盤準備、配材、 仮留、溶接、先行艱装) ガントチャート 作業者の動線 設備の稼働状況 ブロック形状・仕上がり精度	熟練工による作業のベ ストプラクティス 溶接による経時の変形・ 歪応答	定盤計画、配材計画、ス ケジューリング、組立手 順、溶接変形・歪解析、 ブロック割り計画
搭載	画像解析(人物認識)、タグ、 GPS、レーザスキャン、 MONMAS	作業記録(吊り位置、クレー ン操作、姿勢、仮留、溶接、 歪取り) ブロック形状/船体形状 ブロック目違い量 ガントチャート 作業者の動線	熟練工による作業のベ ストプラクティス	組立・搭載シミュレーシ ョン、ブロック吊り状態の 変形解析
艱装	画像解析(物体認識、人物認 識、位置認識)、タグ	作業進捗 ガントチャート 作業者の動線	熟練工による作業のベ ストプラクティス	艱装品管理(RFIDなど)、 パイプ組立シミュレーシ ョン
全体計画、データ一元化				建造シミュレーション、工 場シミュレータ スケジューラ PLM, PDM, 3D CAD、

2. 活動状況報告

2.1 調査研究委員会

研究を実施するに当たり、一般財団法人日本船舶技術研究協会をプラットフォームとした「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」（以下、委員会）を設立した。委員会委員については、表 2.1.1 に示す通り、大学、研究機関、造船所から参加いただいた。

表 2.1.1 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名簿

	氏名	所属
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 構造系 構造解析・加工研究グループ 主任研究員
	尾上 仁久	ジャパンマリンユナイテッド(株) 技術総括部 生産技術開発グループ 主査
	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 製造部 計画グループ
	関係者	山口 祐二
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
関係官庁	宮城 良二	国土交通省 海事局 船舶産業課 技術係長
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 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

2.2 調査研究の作業状況

調査研究の作業状況について、以下に概要を示す。

- 2012年 4月 1日 事業開始
- 2012年 4月～7月 市販のモニタリングシステム調査
- 2012年 5月 9日 (一社)日本造船工業会生産部会にて委員会への造船所の参加協力
依頼
- 2012年 6月 27日 第1回委員会開催(於:船技協)
- 2012年 7月～ 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の高
2013年 3月 度化の技術課題調査
- 2012年 8月～ 造船所向け基本システムの開発
2013年 1月
- 2012年 8月 23日 市販モニタリングシステムの建造現場適用に関する実証実験実施
～ 24日 (於:三井造船(株)千葉事業所)
- 2012年 10月 2日 市販モニタリングシステムの建造現場適用に関する実証実験実施
～ 4日 (於:(株)名村造船所 伊万里事業所)
- 2012年 10月～ モニタリングデータの解析法の検討
2013年 2月
- 2012年 11月 5日 第2回委員会開催(於:東京大学)
- 2012年 12月 10日 市販モニタリングシステムの建造現場適用に関する実証実験実施
～ 11日 (於:ユニバーサル造船(株)津事業所)
- 2013年 2月 20日 第3回委員会開催(於:船技協)
- 2013年 3月 19日 第4回委員会開催<レーザ溶接技術の船舶建造工程への適用に関する調査
研究委員会との合同開催>
(於:TKP赤坂ツインタワーカンファレンスセンタ)

2.3 委員会議事概要

第1回から第4回までの委員会議事について、以下に概要を示す。

【第1回】

日時:2012年 6月 27日(水) 14:00～17:00

場所:(一財)日本船舶技術研究協会 大会議室

議題:本調査研究の目的・計画等,モニタリングシステムの概要,モニタリング実証実験計画,など

【第2回】

日時:2012年 11月 5日(月) 13:00～17:00

場所:東京大学本郷キャンパス 工学部 8号館 324 演習室

議題:研究進捗状況報告,造船所でのモニタリング実証実験結果,次年度事業計画(案),など

【第3回】

日時:2013年 2月 20日(水) 13:30～16:30

場所：(一財) 日本船舶技術研究協会 大会議室

議題：造船所でのモニタリング実証実験結果，モニタリングデータの解析方法，
報告書目次及び分担（案），次年度事業計画（案），など

【第4回】

日時：2013年3月19日（火）13:30～17:00

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 9C

議題：研究成果報告，レーザ溶接技術とモニタリング技術等の活用による船舶建造
工程の高品質化・効率化のイメージ，など

発行 平成 25 年 3 月
発行者 青山 和浩
東京大学大学院 工学系研究科
システム創成学専攻 教授
〒113-8656
東京都 文京区本郷 7-3-1
電話 03-5841-6504
Mail aoyama@sys.t.u-tokyo.ac.jp

本報告書は、競艇の交付金による日本財団の助成金を受けて作成したものである