

# 生産効率向上化のための 「工場見える化システム」の実用化

2015年度 成果概要報告書

2016年9月



一般財団法人 日本船舶技術研究協会





## 目 次

|                                   |               |
|-----------------------------------|---------------|
| <b>1. 研究概要</b> . . . . .          | <b>1</b>      |
| 1. 1 目的 . . . . .                 | 1             |
| 1. 2 開発目標 . . . . .               | 1             |
| 1. 3 研究内容 . . . . .               | 2             |
| 1. 4 研究期間 . . . . .               | 3             |
| 1. 5 研究体制 . . . . .               | 3             |
| 1. 6 研究結果 . . . . .               | 3             |
| <br><b>2. 活動状況報告</b> . . . . .    | <br><b>7</b>  |
| 2. 1 調査研究委員会 . . . . .            | 7             |
| 2. 2 委員会議事概要 . . . . .            | 8             |
| 2. 3 技術セミナー . . . . .             | 9             |
| <br><b>3. まとめと今後の展望</b> . . . . . | <br><b>14</b> |

添付資料 技術セミナー講演資料



## 1. 研究概要

### 1.1 目的

我が国造船業が今後も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更なる生産効率の向上が不可欠である。建造現場での人や物、さらには作業の流れを「見える化」するための情報技術確立し、造船工場を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ことができるようになれば、更なる生産効率の向上も期待できる。

(一財)日本船舶技術研究協会では日本財団の助成を受け、2012～13年度にかけて、モニタリング技術の研究として「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)」を実施した。本事業は、この研究成果を踏まえて、造船所の現場で実際に活用することができるモニタリングシステム、即ち「工場見える化システム」の実用化を行うことを目的とする。

### 1.2 開発目標

造船所において実用に供されるシステムの開発を目指して、次の3点を開発目標とした。

#### (1) 造船生産現場における「人」の作業識別及び行動識別を行うシステム

- ①作業者の位置と作業内容の情報収集を、ビデオ画像と、スマートフォンに組み込まれたWi-Fi電波強度、GPS、加速度センサおよびRFIDリーダ等の組み合わせにより実施する。
  - ②得られた情報を分析し、作業や作業者の移動図とヒートマップおよび作業者や作業エリアによって整理された作業進捗状況の表(ガントチャート)等を容易かつ迅速に作成できるシステムとする。
- なお、ブロックなどのモノの位置や移動の把握は対象とせず今後の開発課題とした。

#### (2) 小組立工場を対象としつつ、他の工程への発展性をもつプラットフォームを構築。

現状は小組立工場を対象としているが、今後のセンサ技術やIoT技術の進歩を取り込んで中組・大組立工場にも適用できるように、高い汎用性と発展性を備えたプラットフォームシステムとして開発する。

#### (3) ネットワーク化を想定したWEBアプリケーションシステムとして構築

各社の情報通信ネットワークの中で活用できるように、スタンドアローンのシステムではなく、インターネットを介したWEBアプリケーションシステムとして構築する。

以上の「工場見える化システム」の概念を図1.2.1に示す。

## 「工場見える化システム」の実用化

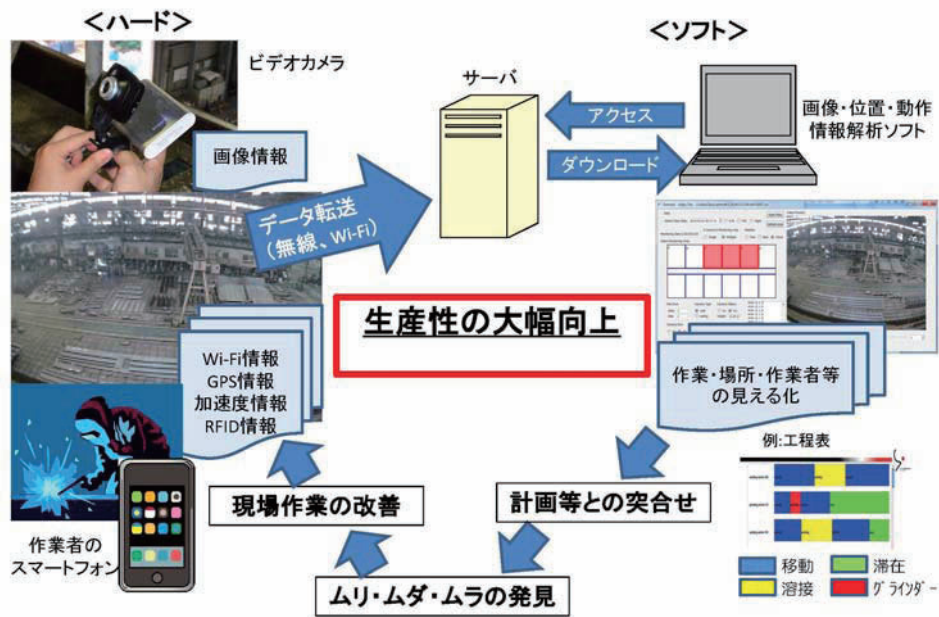


図1.2.1 工場見える化システムの概念

### 1.3 研究内容

#### (1) 工場見える化システムのソフトウェア開発

ビデオ画像とスマートフォンに仕込まれたWi-Fi、GPS、加速度センサ、さらにはRFIDリーダ等のデータを融合して、人の識別、作業識別及び行動識別を行う「工場見える化システム」のソフトウェアを開発する。本システムの有する機能は次の通り。

- ①データベース機能
- ②スマートフォンアプリ
- ③データ解析機能
- ④データ表示機能
- ⑤ビデオ検索・表示機能 等

#### (2) 工場見える化システムのハードウェアの開発

ハードウェアは市販品を主に用いるものとし、可能なかぎり安価で簡易なシステムを構築することを目標とした。

##### ①専用ビデオカメラの開発

本システム専用のビデオカメラとして市販のカメラを改造して製作する（Wi-Fi通信機能の付加等）。

##### ②その他のハードウェアの整備

RFIDリーダ、ICタグ、スマートフォン、無線LAN AP（アクセスポイント）、PC、外部メモリー等のシステムを構築するのに必要なハードウェアを市販の製品をベースに整備する。

### (3) 実証実験

工場見える化システムを構成するシステム（ソフト及びハード）の事前性能確認試験を行うと共に、全てを総合した実証実験を造船工場で実施する。さらにその結果をもとに造船工場のモニタリングシステムとして、より使い易いシステムへの改善を図る。

## 1.4 研究期間

2015 年 4 月 1 日 ～2016 年 9 月 30 日

当初は 1 カ年計画であったが、半年延長した。研究スケジュールを表 1.4.1 に示す。

## 1.5 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
- ・（国研）海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所
- ・（一社）日本造船工業会
- ・ 株式会社名村造船所
- ・ 住友重機械マリ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）

## 1.6 研究結果

### (1) 工場見える化システムのソフトウェア開発

東大で開発された画像処理技術をベースに、先に述べた 3 つの開発目標、

- ① 造船生産現場における「人」の作業識別及び行動識別を行うシステムの構築
- ② 小組立工場を対象としつつ、他の工程への発展性をもつプラットフォームを構築
- ③ ネットワーク化を想定した WEB アプリケーションシステムとして構築

を達成するプラットフォームシステムを開発した。

### (2) 工場見える化システムのハードウェア開発

出来る限り安価で簡易なシステムとするため、工場見える化システムで用いるハードウェアは全て市販品を用いた。今回準備したハードウェアの機種、数量及び構成は図 1.6.1 に示す。全ての購入金額は約 240 万円である。

### (3) 実証実験

本システムの機能の検証及び改良のための実証実験を3つの造船所において合計4回実施した。これにより、システムの機能の検証及び問題点の抽出と及びその改良等が達成できた。また、本システムをそれぞれの造船所のレイアウトに対応して適用するための十分な運用習熟訓練を行うことができた。

#### ①第1回目

目的；基本システムの検証とシステムの運用習熟訓練

日時；2016年2月22日（月）～2016年2月26日（金）

場所；A造船所 小組立工場

#### ②第2回目

目的；前回不具合部分の修正後の基本システムの検証と運用習熟訓練

日時；2016年3月25日（金）～2016年3月26日（土）

場所；A造船所 小組立工場

#### ③第3回目

目的；改良システムの検証と運用習熟訓練

日時；2016年7月4日（月）～2016年7月6日（水）

場所；B造船所 小組立工場

#### ④第4回目

目的；工場レイアウトの違いへの改良システムの対応の検証と運用習熟訓練

日時；2016年9月7日（水）～2016年9月9日（金）

場所；C造船所 小組立工場

表 1.4.1 研究スケジュール

|                                   | 2015年度 |      |        |                | 2016年度         |              |              |      |
|-----------------------------------|--------|------|--------|----------------|----------------|--------------|--------------|------|
|                                   | 4～6月   | 7～9月 | 10～12月 | 1～3月           | 4～6月           | 7～9月         |              |      |
| ①工場見える化システムのソフトウェア開発              |        |      |        |                |                |              |              |      |
| ＜第1段階＞：基本システム構築                   |        |      |        |                |                |              |              |      |
| ・システム仕様検討                         |        |      |        |                |                |              |              |      |
| ・システム設計・作成                        | 発注○    |      |        |                |                |              |              |      |
| ＜第2段階＞：改良及び精度向上                   |        |      |        |                |                |              |              |      |
| ・システム仕様検討                         |        |      |        |                |                |              |              |      |
| ・システム設計・作成                        |        |      |        | 発注○            |                |              |              |      |
| ②工場見える化システムのハードウェア開発              |        |      |        |                |                |              |              |      |
| ・専用ビデオカメラの開発                      |        |      |        |                |                |              |              |      |
| ・その他ハードウェア（RFID、スマホ、無線LAN AP等）の整備 |        |      |        |                |                |              |              |      |
| ③実証実験                             |        |      |        |                |                |              |              |      |
| ・造船所における総合実証実験                    |        |      |        | 第1回<br>2/22-26 | 第2回<br>3/25-26 | 第3回<br>7/4-6 | 第4回<br>9/7-9 | ○    |
| ・効果検証／フィードバック／完成                  |        |      |        |                |                |              |              |      |
| ④セミナー、報告書等                        |        |      |        |                |                |              |              |      |
| ・工場見える化システム実用化委員会（4回程度）           | ○      |      | ○      |                | ○              |              | ○            |      |
| ・セミナー開催                           | 7/21   |      | 12/11  |                | 5/23           | 8/17         |              | ○    |
| ・成果報告書                            |        |      |        |                |                |              |              | 9/14 |

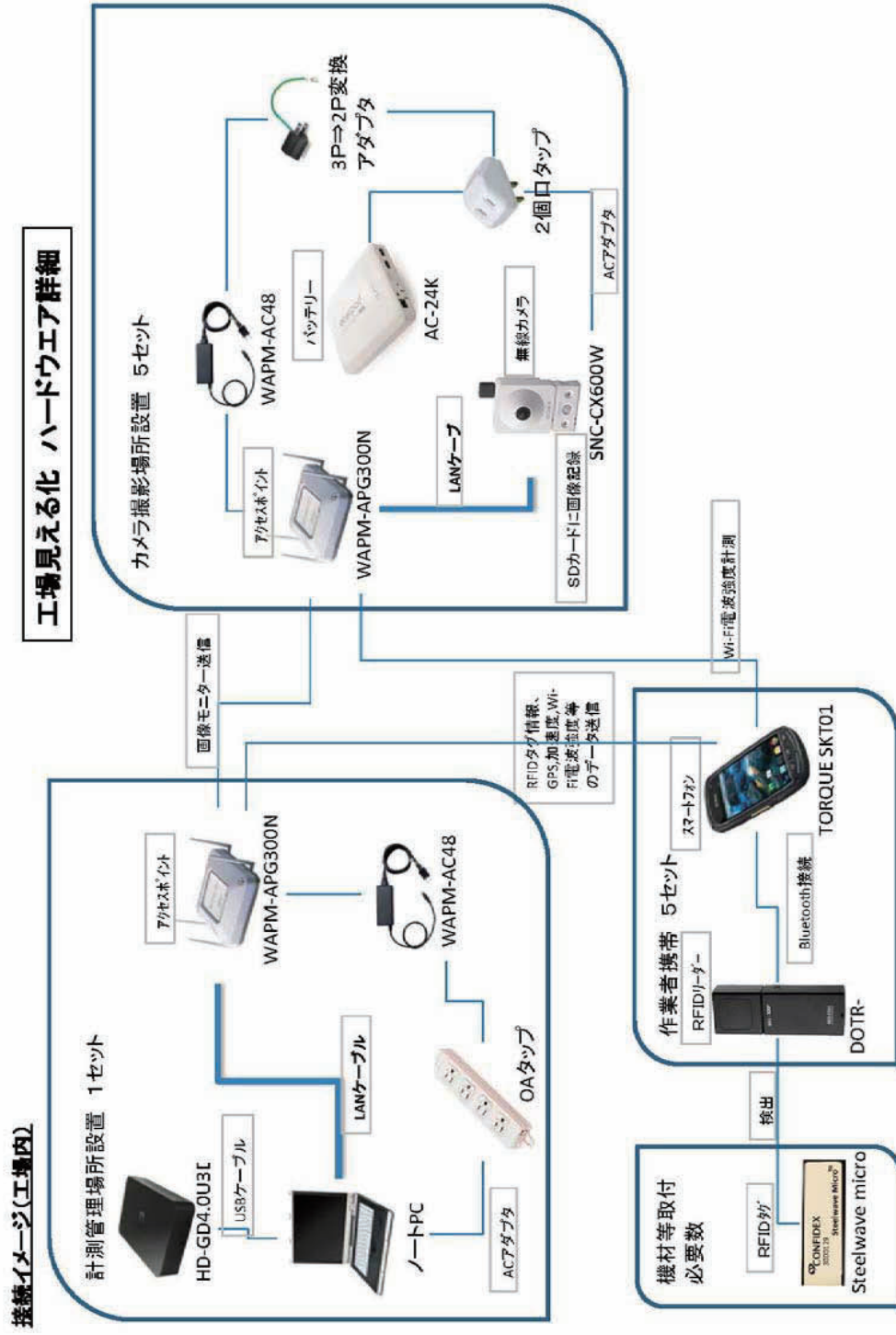


図 1.6.1 ハードウェア詳細



## 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、（一財）日本船舶技術研究協会をプラットフォームとした「工場見える化システムの実用化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  
(敬称略)

|      | 氏名                                 | 所属                                                     |
|------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 委員長  | 青山 和浩                              | 国立大学法人 東京大学<br>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<br>大学院 工学系研究科 システム創成学専攻 准教授                |
|      | 篠田 岳思                              | 国立大学法人 九州大学<br>大学院 工学研究院 海洋システム工学部門 教授                 |
|      | 松尾 宏平                              | (国研) 海上・港湾・航空研究所 海上技術安全研究所<br>構造基盤技術系 基盤技術研究グループ 主任研究員 |
|      | 乗富 賢蔵                              | 住友重機械マリンエンジニアリング(株)<br>製造本部 工作部 計画グループ スタッフ            |
|      | 大迫 貴庸                              | (株)名村造船所<br>船舶海洋事業部 生産管理部 生産技術課 課長                     |
|      | 中村 拓貴                              | 三井造船(株)<br>船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 管理部 計画グループ                 |
| 関係者  | 五十嵐健司                              | (一社) 日本造船工業会<br>技術部 調査役                                |
|      | 末次 英明<br>(2016年4月<br>林康一郎より<br>交代) | 名村情報システム(株)<br>システム開発部開発2グループ GL                       |
| 関係官庁 | 松本 友宏                              | 国土交通省<br>海事局 船舶産業課 専門官                                 |
| 事務局  | 竹内 智仁<br>(2016年4月<br>松尾真治より<br>交代) | (一財) 日本船舶技術研究協会<br>研究開発グループ グループ長                      |
|      | 森山 厚夫                              | (一財) 日本船舶技術研究協会<br>研究開発ユニット プロジェクトリーダー                 |
|      | 杉山 哲雄                              | (一財) 日本船舶技術研究協会<br>研究開発ユニット                            |
|      | 安本 春菜                              | (一財) 日本船舶技術研究協会<br>研究開発ユニット                            |

## 2.2 委員会議事概要

委員会は4回実施した。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「工場見える化システムの実用化に関する調査研究委員会」

日時：2015年7月21日（火）13：30～17：00

場所：スタンダード会議室虎ノ門HILLS FRONT店 6階B会議室

議題：①委員紹介

②知的財産権技術資料リスト

③守秘義務誓約書

④事業計画書（案）

⑤モニタリングによる工場の見える化（総論）

⑥「工場見える化システム」ソフトウェア仕様

⑦「工場見える化システム」カメラシステムの検討状況

⑧工場見える化システムの活用について

⑨造船所におけるカメラモニタリングシステム画像を用いた作業分析法

⑩青山先生の最近の研究

### ○ 第2回「工場見える化システムの実用化に関する調査研究委員会」

日時：2015年12月11日（金）13：30～17：00

場所：（一財）日本船舶技術研究協会 4F大会議室

議題：①第1回委員会議事録（案）

②知的財産権技術資料リスト

③研究進捗状況

④ソフトウェア進捗状況報告

⑤ハードウェア進捗状況報告

⑥「工場見える化システム」応用のアイデア

⑦「工場見える化システム」の維持管理イメージ（案）

⑧「工場見える化システムの実用化」技術セミナーのプログラム（案）

### ○ 第3回「工場見える化システムの実用化に関する調査研究委員会」

日時：2016年5月23日（月）11：00～15：00

場所：（一財）日本船舶技術研究協会 4F大会議室

議題：①第2回委員会議事録（案）

②知的財産権技術資料リスト

- ③研究進捗状況
- ④ソフトウェア開発状況報告
- ⑤実証実験概要
- ⑥「工場見える化システム」の応用と維持管理について
- ⑦技術セミナーについて
- ⑧その他、情報提供
  - 自律型行動計測システム
  - UWB位置測位システム

○ 第4回「工場見える化システムの実用化に関する調査研究委員会」

日時：2016年8月17日（木）13：30～17：00  
 場所：（一財）日本船舶技術研究協会 4F大会議室  
 議題：①第3回委員会議事録（案）  
 ②知的財産権技術資料リスト  
 ③研究進捗状況  
 ④技術セミナーの講演内容について  
 ⑤「工場見える化システム」の維持管理方案

## 2.3 技術セミナー

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日本造船工業会の協賛を得て、「造船工場の見える化システムに関する技術セミナー」を開催した。

本セミナーには、造船、船用工業、海運等の海事関係者、システム開発業界などから約150名の参加があった。

### 1) 日時及び場所

日時： 2016年9月14日（水） 13:30～17:00  
 場所： 日本財団 大会議室

### 2) 各講演の概要

基調講演 造船の見える化からCPS（Cyber Physical System）へ

・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

造船所において作業実績の詳細を適切に把握するためのツールとしてCPS（Cyber空間上の建造シミュレーションと現実の建造工程のモニタリングによる建造革新）による強い生産システムの構築が必要であること

から、現実の建造工程をモニタリングできる「見える化」の実用化が期待されている。これにより、船舶建造マネジメントシステムのPDCAサイクルの中の重要な構成要素（CHECK）を構築できるとする説明があった。

講演 1. 工場見える化システムの実用化

- ・（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 森山厚夫

造船生産現場での「人」の作業識別・行動識別を可能とするシステムの開発概要を説明し、ビデオ画像と作業者が装着するスマホによる各種データの解析によりヒートマップやガントチャートを容易に迅速に作成できることをデモによって実演した。

講演 2. 工場見える化システムのソフトウェアの概要

- ・名村情報システム（株）西日本事業本部伊万里事業所  
システム開発部開発2グループ グループリーダー 末次英明

工場見える化システムの動作条件やネットワーク構成など詳細な設計思想について説明し、各種データベースに影響を及ぼすことなく新たなセンサやアプリケーションを付加できるよう構築されていることなど紹介があった。

講演 3. 工場見える化システムの造船所における応用

- ・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 乗富賢蔵
- ・（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 大迫貴庸
- ・三井造船（株）船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場  
管理部 計画グループ 中村拓貴

工場見える化システムに期待する応用例について、各造船所での課題から浮かび上がったニーズに対し、取得の必要なデータの整理と実現した場合の生産工程へのメリットを説明した。また、工場安全の観点から「人」の作業識別・行動識別に注目して安全マネジメントの実現に期待するなどの提案がなされた。

講演 4. 造船現場改善コンサルティングにおける工場見える化システムの活用

- ・（一財）日本船舶技術研究協会 業務グループ  
第2ユニット長 谷川文章

造船現場での生産性向上などの改善にかかるコンサルティングには、人の動きやモノの動きなどの現状把握が基本となるため、工場見える化システムは従来のワークサンプリングやタイムスタディに省力化（人手による観測や記録）やデータ生成に大きな効果を与えてくれ、今後のコンサル業務を加速できることを強調された。

講演 5 . 行動センシングデータによる造船作業の推定

・ 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 白山 晋

個々の作業者の行動センシングをもとにデータ化することで、動作識別、位置計測、作業内容の推定が可能となった。その計測手法の説明と効果についての説明があった。今後、プラットフォームとしての工場見える化システムに組み込むことで、作業分析の精度が高まることに期待された。

講演 6 . 画像情報を活用した造船所における作業・安全観測法

・ 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 田中太氏

画像情報や情報携帯端末によって、作業の標準化・作業の安全化・有効な観測法についての考え方を説明された。標準作業手順の検討では、熟練者と非熟練者との要素作業に相違点があり、作業者の時間軸と作業内容を一覧にすることで改善点がみえてくるなど新たな切り口が示された。見える化によって、あるべき姿（＝標準化）が推進され、作業の安全が深化することを期待された。

講演 7 . ICT技術の応用による造船現場の作業支援システムの研究開発

・ （国研）海上・港湾・航空技術研究所 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 松尾宏平

講演者が関与している研究開発の一つであるAR技術の造船に応用した場合の有効性について話された。いわゆるARアプリケーションの研究開発を造船支援のために推進しており、現場作業である「曲げ加工」「配管施工」「艀装作業」にARを実装した例を紹介された。研究が進むことで、工場見える化システムへの補完的役割を担うことに期待を表明された。



開会挨拶 神林伸光 船技協理事長



青山和浩様



森山厚夫 船技協研究開発PL



末次英明様



乗富賢蔵様



大迫貴庸様



中村拓貴様



谷川文章 船技協業務第2ユニット長

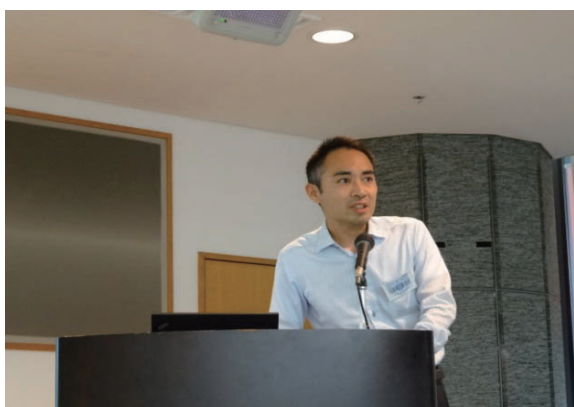




白山晋様



田中太氏様



松尾宏平様



閉会挨拶 三谷泰久 船技協常務理事

### 3. まとめと今後の展望

本システムの開発により、先に述べた3点の開発目標、即ち、

- ①造船生産現場における「人」の作業識別及び行動識別を行うシステム
- ②小組立工場を対象としつつ、他の工程への発展性をもつプラットフォームを構築
- ③ネットワーク化を想定したWEBアプリケーションシステムとして構築

を達成できた。しかし、より実用性を高めるために、今後は、**ブロックなどのモノの移動の把握**並びにスマートグラスやQRコード等（下図参照）のモニタリング情報を追加することで、**中組・大組の作業の見える化**を行う必要があると考える。

また、作業者がスマートウォッチ等のウェアラブルPC を携帯することにより、作業者の体温や脈拍等のデータを取得し、**作業者の健康管理**を行うようなシステムも求められるところである。

さらに、計画と見える化システムの解析結果を準リアルタイムで対比させることにより、作業の遅れの把握と適切な対応を迅速に行うことができる**予実管理システム**を開発する必要があると考えられる。





添付資料

技術セミナー 講演資料



# 造船の見える化から CPS (Cyber Physical System) へ

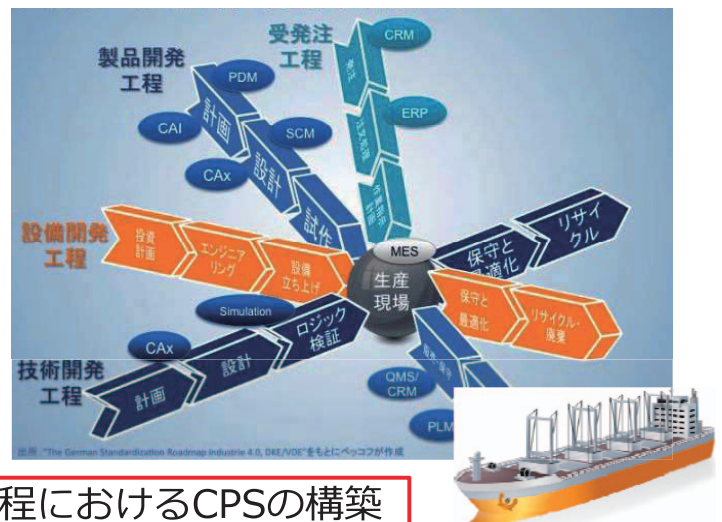
青山 和浩

東京大学 大学院工学系研究科  
システム創成学専攻 教授

## 研究背景

- 製造業界の近年の動向
  - インダストリー4.0：製造に関わるあらゆるものを情報化することで製造を高度化。
  - モノの情報のインターネット化（IoT）により、設備と人が協調して動くサイバーフィジカルシステム（CPS）の構築により工程を最適化することが期待。

### Cyber Physical System



### 船舶建造工程におけるCPSの構築

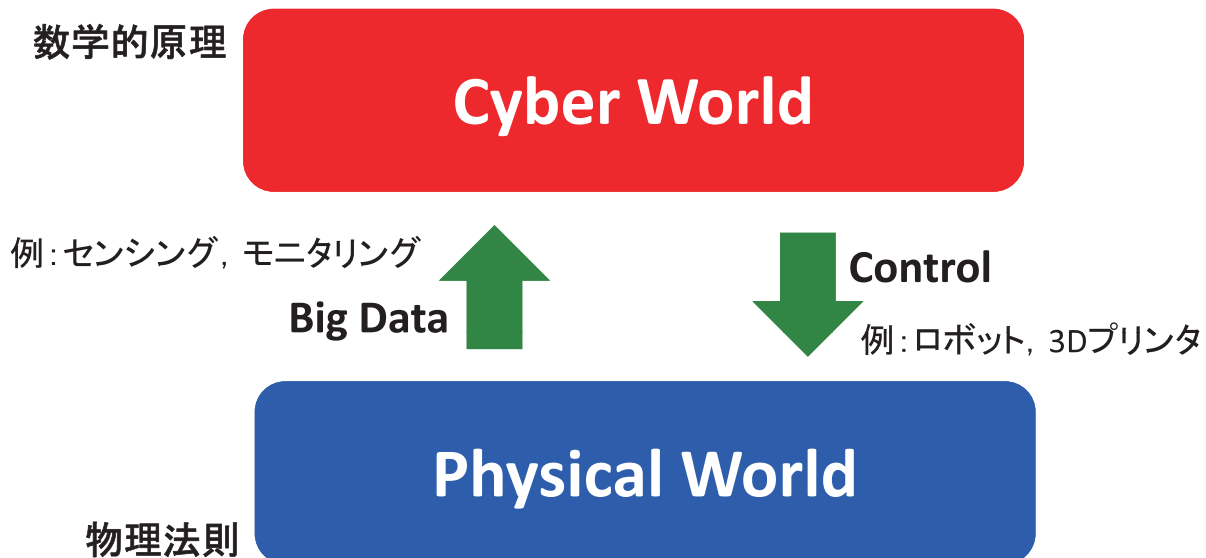
# Industry 4.0とは

- 第一次産業革命・・・18c後半に始まった蒸気機関などによる新しい動力の活用による工場の機械化
- 第二次産業革命・・・19c後半に始まった電力の活用による大量生産の開始
- 第三次産業革命・・・20c後半に始まったPLCなど電気とIT（情報）を組合せたオートメーション化

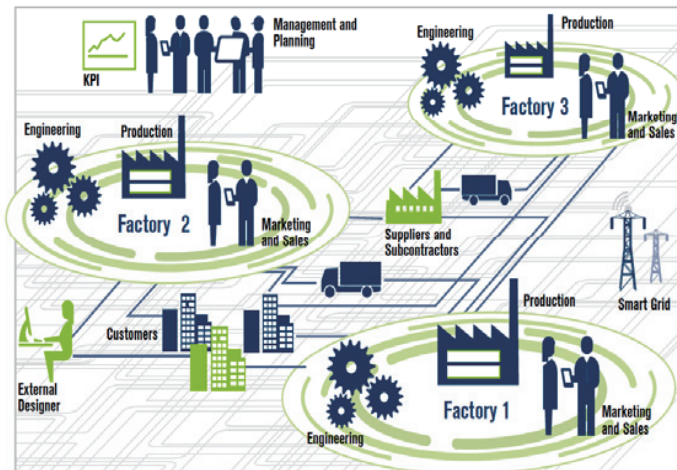


- 第四次産業革命：Industry4.0・・・CPS（Cyber Physical Systems）に基づく変革
  - Internet of Things：モノのインターネット
  - Industrial Internet は、機器、データ、人を有機的につなげる。
- 全てのモノが「つながる」ことによる、新たなモノづくりの姿を目指す。

## CPS: Cyber-Physical Systems



# 水平と垂直方法のネットワーク



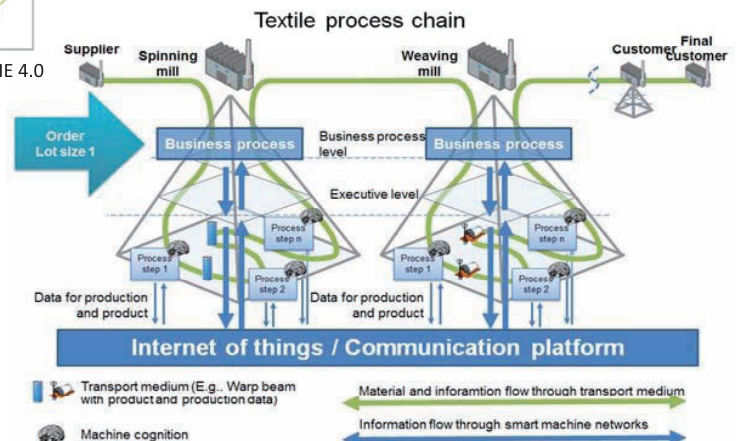
出典: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0

## 水平方向のネットワーク

- 多数の企業を結んだバリューネットワーク
- グローバルなネットワーク

## 垂直方向のネットワーク

- 工場内のネットワークで統合化された製造システム
- 多数の工程、機器、設備を結んだネットワーク



出典: [http://www.textile-future.com/textile-manufacturing.php?read\\_article=1829](http://www.textile-future.com/textile-manufacturing.php?read_article=1829)

Shipbuilding Innovation by CPS: Cyber Physical System

5

# JSTRAによる調査研究活動

## 船舶建造高品質化・効率化技術の調査研究

モニタリング技術等の船舶建造工程への適用に係る調査研究

体制:

助 成: 日本財団

委員会: 日本船舶技術研究協会

造船会社: JMU (津), SHI-MU

名村造船, 三井造船 (千葉)

2012年度

- モニタリング技術の調査
- 造船工場でのモニタリング機能の検討

2013年度-2014年度

- 画像処理システムを中核としたモニタリングシステムの試作
- モニタリングで得られた工程情報を可視化するブラウザの設計と試作

2015年度: モニタリングシステムのプロトタイプシステムの構築, 実験  
(工場見える化システムの実用化に関する調査研究委員会)



Shipbuilding Innovation by CPS: Cyber Physical System

6

# 研究背景・目的

- 日本の造船所の現状
  - 日本は世界第一位の造船量を誇っていたが、近年アジア諸国が低コストで高品質な船を製造するようになり、日本は現在低迷状態にある。
  - コスト競争に負けないために造船所の生産性の向上が必要であり、より改善が見込まれる箇所を発見し対処することが求められる。
  - 作業者の作業の**実績の詳細**（いつどこで誰が何をしたか）を適切に把握する必要がある。
  - 造船所 → **ジョブショップ型**であるため行動分析が難しい

## 現状の作業報告方法：

### 作業者本人による自己報告

- 各班長がその日の報告書を提出する形式
- 作業の詳細は記載されていない

### ジョブショップ型

- 作業者が作業場所に行く形式
- 作業環境が変化する（部品が移動する）ため作業者の場所だけでは作業内容を推定することが出来ない。

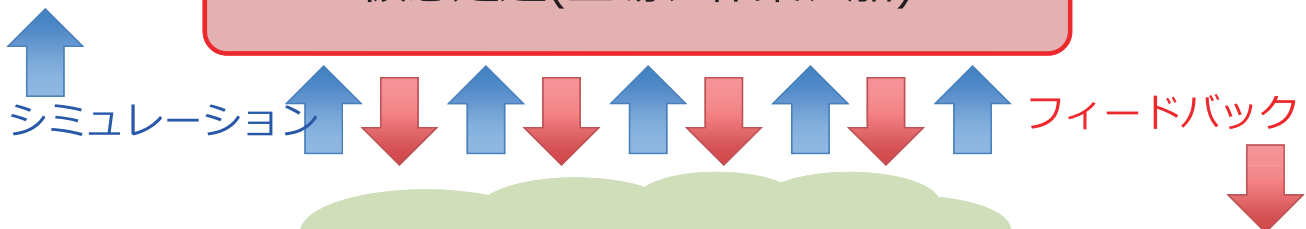
Webカメラなどを用いたモニタリングシステムの構築  
造船工場の見える化



# CPSS: Cyber Physical Systems for Shipbuilding

## Cyber World

仮想建造(工場、作業、船)



建造クラウド(工場、作業、船)



モニタリング



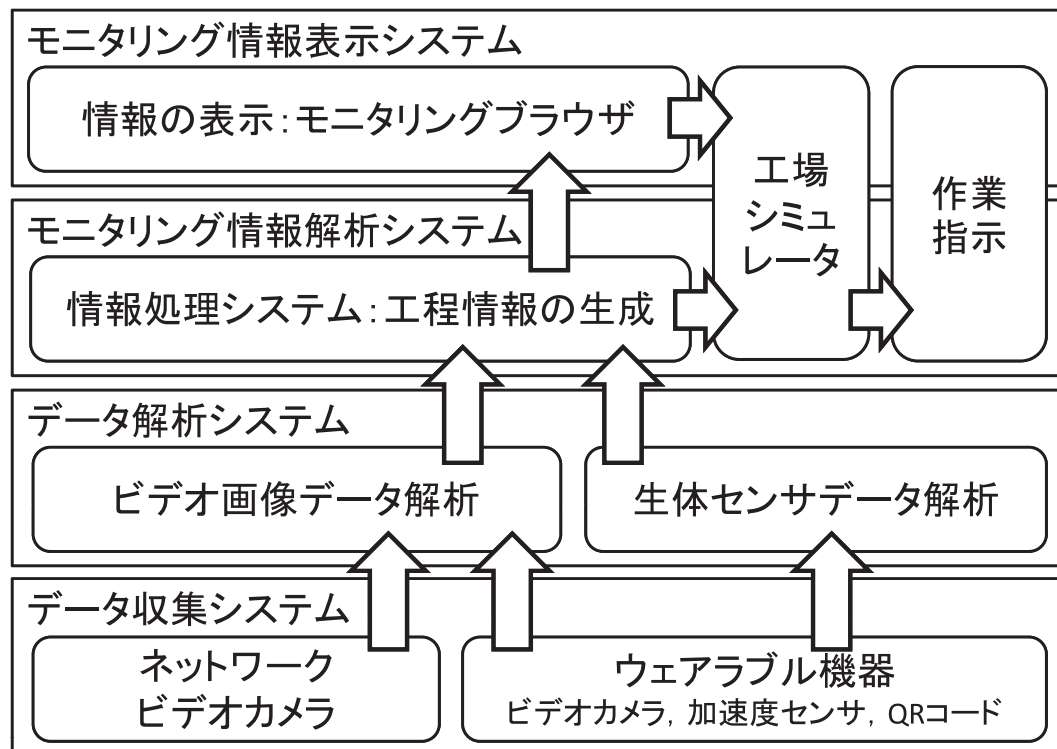
見える化

現実建造(工場、作業、船)

## Physical World



# 船舶建造マネジメントシステムの構成



## 適用対象：小組立（内業工場）



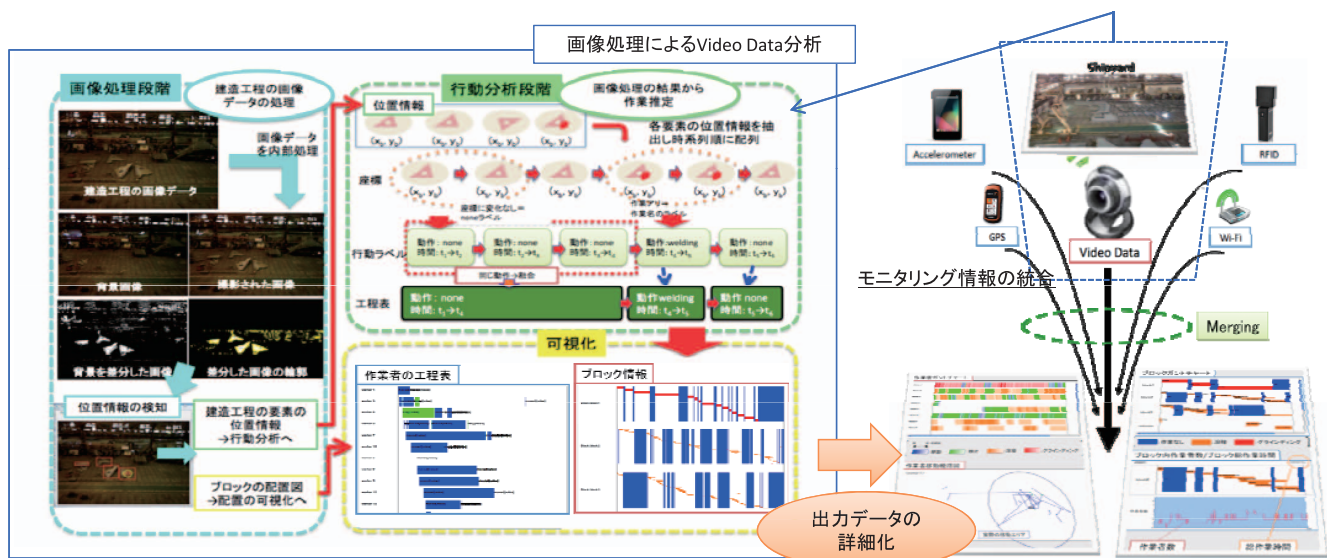
# モニタリングによって管理する情報

- 生産資源情報：人、設備
  - 位置、動き、作業との関連
- 作業情報
  - 作業の種類、内容（配材、溶接作業など）
  - 作業場所、作業の開始、終了など
  - 生産資源との関連
  - 対象：ブロック、溶接線など
- 作業対象：物（製品）の情報
  - 構造、艤装、溶接、塗装
  - 品質状態（変形量、塗膜状態、溶接ビードなど）



## 生産現場のモニタリングによる工程情報の可視化

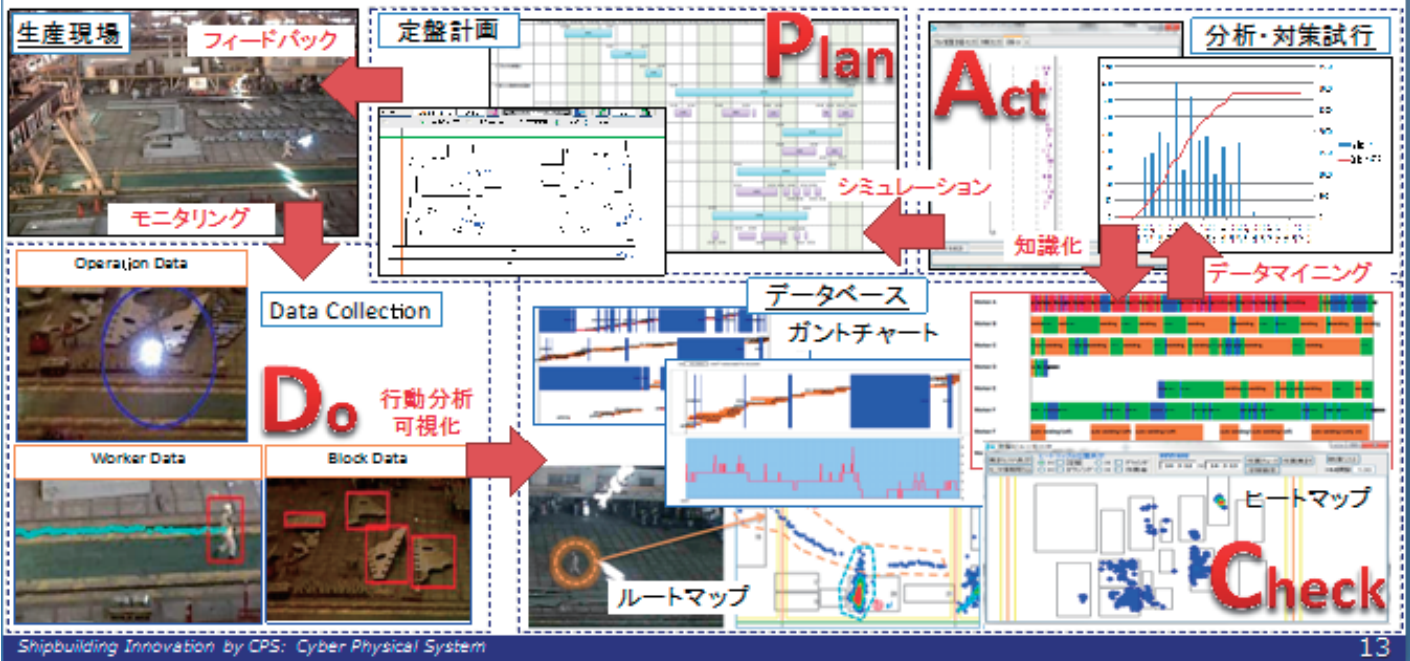
- 造船工場は全体として非常に複雑な挙動を示しており、作業状況を管理することは非常に難解である。
- 船舶の建造現場をWebカメラによって撮影した画像データ，また他の様々な機器によるモニタリングデータを統合することで作業者や作業の情報を抽出し，より詳細な工程管理情報を獲得する。





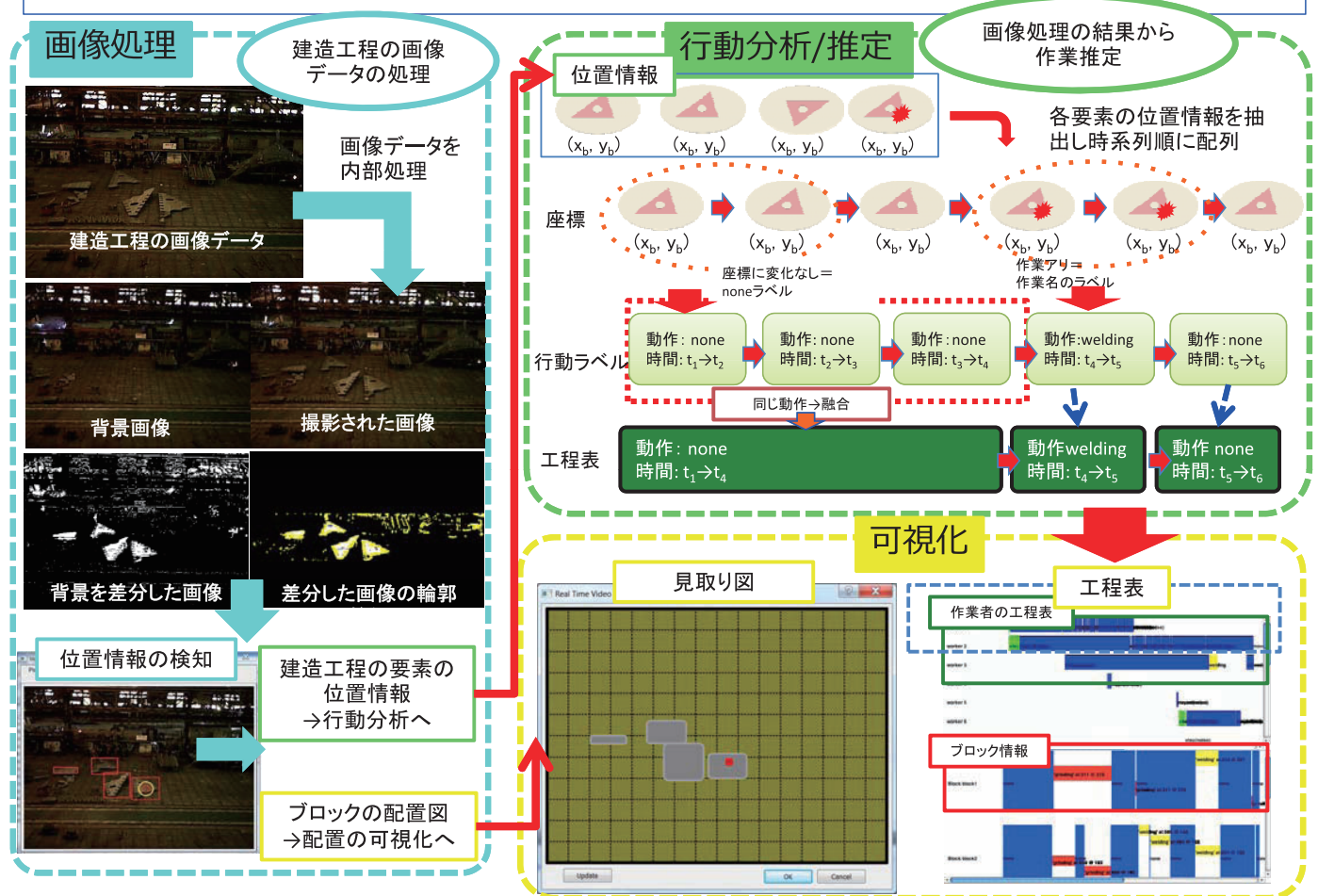
# 船舶建造プロセスにおける建造マネジメント

- 船舶建造プロセスにおいてQCD(Quality/Cost/Delivery)の向上を図るためには、トータルな建造マネジメント手法の確立と高度化が求められる。
- モニタリング技術によってリアルタイムモデリングを行うことで現場の問題を発見し、その問題に対して適切な対応策を講じることで工場全体の最適化を図る。

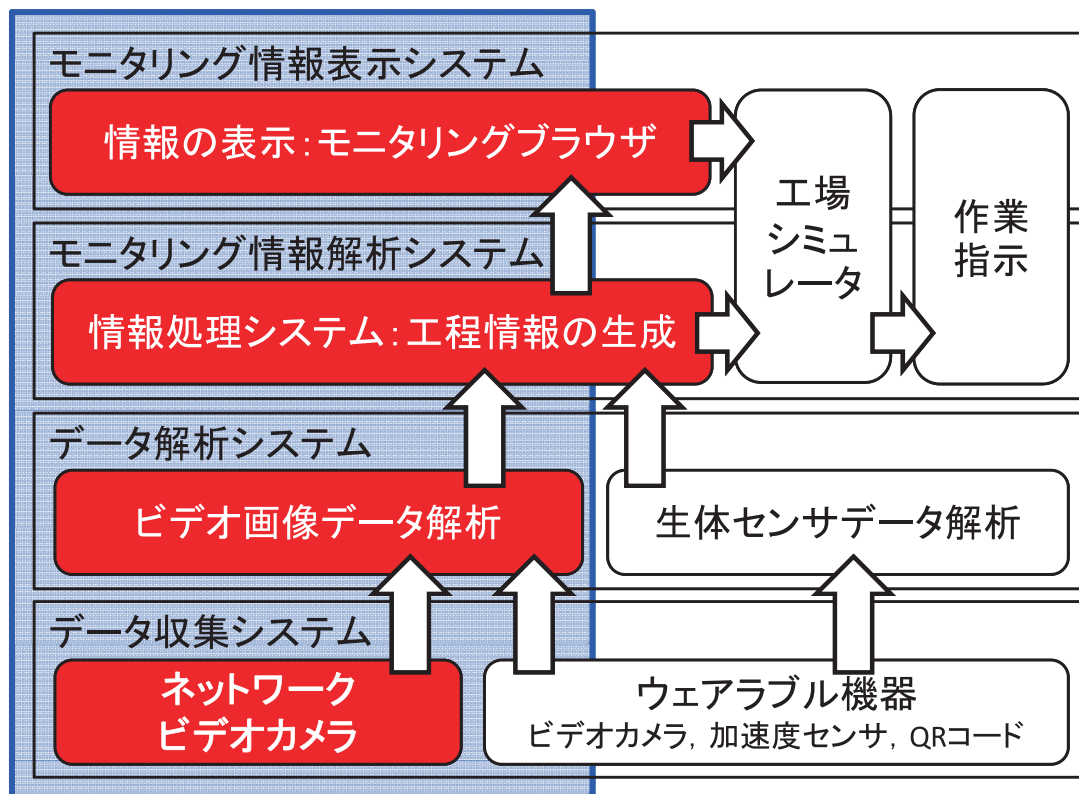


13

造船所における建造工程をモニタリングし可視化することで現状の問題点の発見を支援するシステムの構築。作業者・ブロック・作業を可視化。

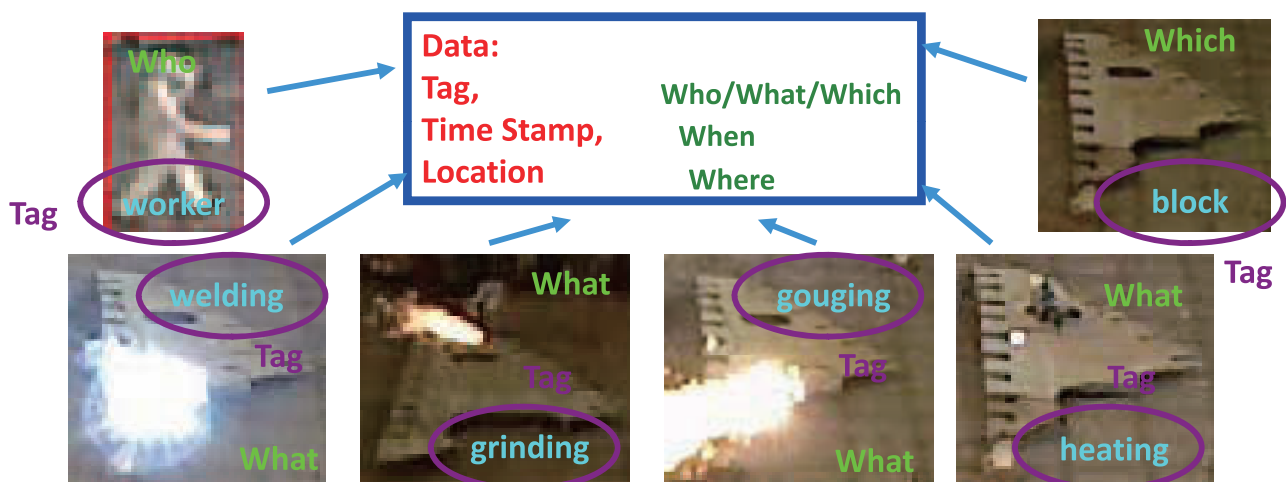


# 船舶建造マネジメントシステムの構成



## 画像処理によって獲得するデータ

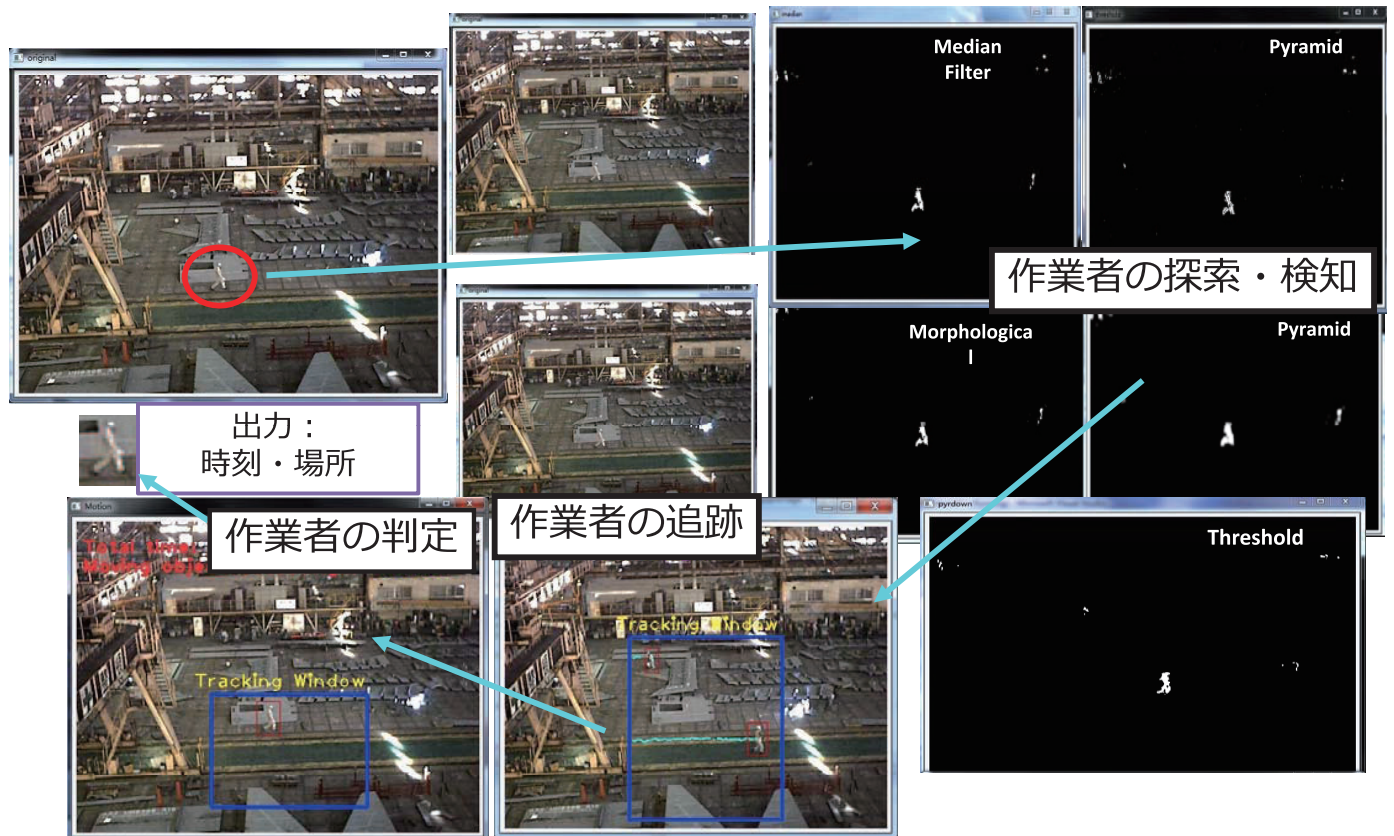
- フレームの時間前後の差分，背景画像との差分，光の色や形状などを利用することでデータを抽出
  - 溶接作業の特徴：白色の強い閃光，円形状，閃光に応じて形の大小が変化。
- 作業者，ブロック，作業（溶接，研削など）の場所/時刻を獲得
  - 溶接作業の生産性指標：アークタイム※の算出などへの活用



※アークタイム：アーク溶接作業においてアークを出している時間（JIS Z 3001）



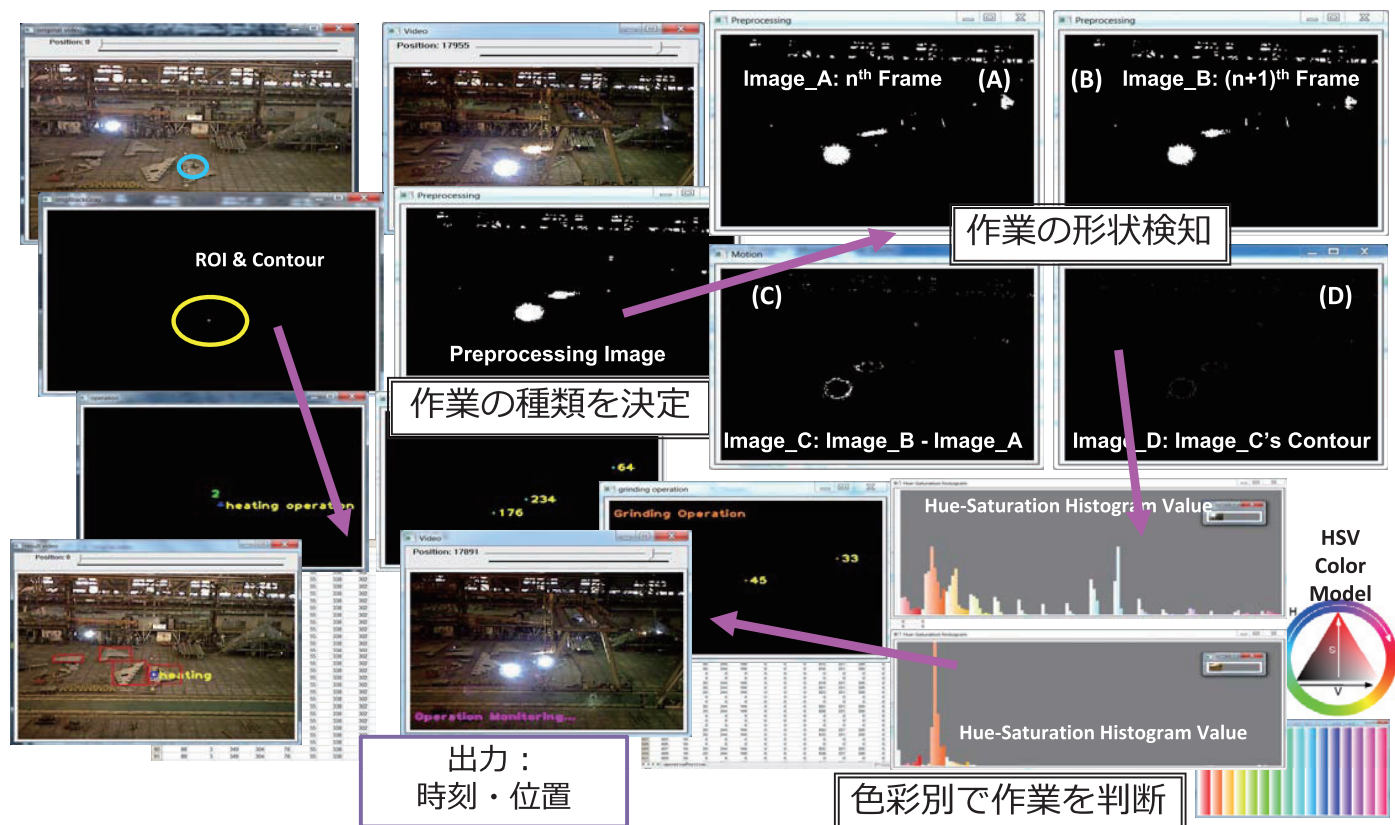
# 画像処理：作業者情報



# 画像処理：作業ブロック/エリア情報



## 画像処理：作業情報



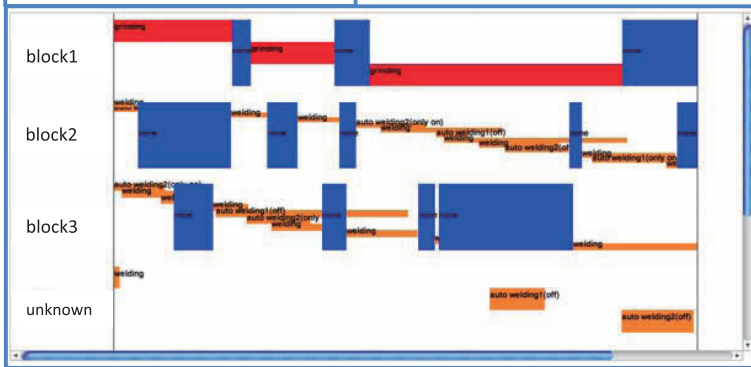
## 画像処理による生成データ

| Frame                                | Second |                 | Location (x, y) |                 | Width | Height | Location (x, y) |     |
|--------------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|--------|-----------------|-----|
| A                                    | B      | C               | D               | E               | F     | G      | H               |     |
| 62                                   | 60     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 63                                   | 61     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 64                                   | 62     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 65                                   | 63     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 66                                   | 64     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 67                                   | 65     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 68                                   | 66     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 69                                   | 67     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 70                                   | 68     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 71                                   | 69     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 72                                   | 70     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 73                                   | 71     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 74                                   | 72     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 75                                   | 73     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 76                                   | 74     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 77                                   | 75     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 78                                   | 76     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 79                                   | 77     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 80                                   | 78     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 81                                   | 79     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| 82                                   | 80     | 2               | 349             | 304             | 78    | 55     | 338             | 302 |
| Collected Data: time stamp, location |        |                 |                 |                 |       |        |                 |     |
| Frame                                | Second | Location (x, y) |                 | Location (x, y) |       |        |                 |     |
| A                                    | B      | C               | D               | E               | F     | G      | H               |     |
| 1462                                 | 1460   | 104             | 1               | 202             | 190   | 1      | 606             | 150 |
| 1463                                 | 1461   | 104             | 1               | 204             | 190   | 0      | 0               | 0   |
| 1464                                 | 1462   | 104             | 1               | 204             | 190   | 0      | 0               | 0   |
| 1465                                 | 1463   | 104             | 1               | 204             | 190   | 0      | 0               | 0   |
| 1466                                 | 1464   | 104             | 1               | 206             | 190   | 1      | 604             | 150 |
| 1467                                 | 1465   | 104             | 1               | 206             | 190   | 1      | 602             | 148 |
| 1468                                 | 1466   | 104             | 1               | 208             | 190   | 1      | 600             | 148 |
| 1469                                 | 1467   | 104             | 1               | 208             | 188   | 1      | 598             | 148 |
| 1470                                 | 1468   | 104             | 1               | 208             | 188   | 1      | 596             | 148 |
| 1471                                 | 1469   | 104             | 1               | 210             | 188   | 1      | 594             | 148 |
| 1472                                 | 1470   | 104             | 1               | 210             | 188   | 1      | 592             | 148 |
| 1473                                 | 1471   | 104             | 1               | 210             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1474                                 | 1472   | 104             | 1               | 212             | 188   | 1      | 590             | 148 |
| 1475                                 | 1473   | 104             | 1               | 214             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1476                                 | 1474   | 104             | 1               | 214             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1477                                 | 1475   | 104             | 1               | 216             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1478                                 | 1476   | 104             | 1               | 216             | 188   | 1      | 584             | 148 |
| 1479                                 | 1477   | 104             | 1               | 216             | 188   | 1      | 584             | 148 |
| 1480                                 | 1478   | 104             | 0               | 0               | 0     | 0      | 0               | 0   |
| 1481                                 | 1479   | 104             | 1               | 494             | 254   | 1      | 218             | 188 |
| 1482                                 | 1480   | 104             | 1               | 218             | 188   | 1      | 578             | 148 |
| 1483                                 | 1481   | 104             | 1               | 220             | 188   | 1      | 578             | 148 |
| 1484                                 | 1482   | 104             | 1               | 576             | 148   | 0      | 0               | 0   |
| 1485                                 | 1483   | 104             | 1               | 222             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1486                                 | 1484   | 104             | 1               | 222             | 188   | 1      | 576             | 148 |
| 1487                                 | 1485   | 104             | 1               | 222             | 186   | 1      | 574             | 148 |
| 1488                                 | 1486   | 104             | 1               | 224             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1489                                 | 1487   | 104             | 1               | 224             | 186   | 0      | 0               | 0   |
| 1490                                 | 1488   | 104             | 1               | 226             | 188   | 1      | 568             | 148 |
| 1491                                 | 1489   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1492                                 | 1490   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1493                                 | 1491   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1494                                 | 1492   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1495                                 | 1493   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1496                                 | 1494   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1497                                 | 1495   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1498                                 | 1496   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1499                                 | 1497   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1500                                 | 1498   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1501                                 | 1499   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1502                                 | 1500   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1503                                 | 1501   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1504                                 | 1502   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1505                                 | 1503   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1506                                 | 1504   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1507                                 | 1505   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1508                                 | 1506   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1509                                 | 1507   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1510                                 | 1508   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1511                                 | 1509   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1512                                 | 1510   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1513                                 | 1511   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1514                                 | 1512   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1515                                 | 1513   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1516                                 | 1514   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1517                                 | 1515   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1518                                 | 1516   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1519                                 | 1517   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1520                                 | 1518   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1521                                 | 1519   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1522                                 | 1520   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1523                                 | 1521   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1524                                 | 1522   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1525                                 | 1523   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1526                                 | 1524   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1527                                 | 1525   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1528                                 | 1526   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1529                                 | 1527   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1530                                 | 1528   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1531                                 | 1529   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1532                                 | 1530   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1533                                 | 1531   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1534                                 | 1532   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1535                                 | 1533   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1536                                 | 1534   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1537                                 | 1535   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1538                                 | 1536   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1539                                 | 1537   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1540                                 | 1538   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1541                                 | 1539   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1542                                 | 1540   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1543                                 | 1541   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1544                                 | 1542   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1545                                 | 1543   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1546                                 | 1544   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1547                                 | 1545   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1548                                 | 1546   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1549                                 | 1547   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1550                                 | 1548   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1551                                 | 1549   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1552                                 | 1550   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1553                                 | 1551   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1554                                 | 1552   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1555                                 | 1553   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1556                                 | 1554   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1557                                 | 1555   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1558                                 | 1556   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1559                                 | 1557   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1560                                 | 1558   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1561                                 | 1559   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1562                                 | 1560   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1563                                 | 1561   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1564                                 | 1562   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1565                                 | 1563   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1566                                 | 1564   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1567                                 | 1565   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1568                                 | 1566   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1569                                 | 1567   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1570                                 | 1568   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1571                                 | 1569   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1572                                 | 1570   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1573                                 | 1571   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1574                                 | 1572   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1575                                 | 1573   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1576                                 | 1574   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1577                                 | 1575   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1578                                 | 1576   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1579                                 | 1577   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1580                                 | 1578   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1581                                 | 1579   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1582                                 | 1580   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1583                                 | 1581   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1584                                 | 1582   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1585                                 | 1583   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1586                                 | 1584   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1587                                 | 1585   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1588                                 | 1586   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1589                                 | 1587   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1590                                 | 1588   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1591                                 | 1589   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1592                                 | 1590   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1593                                 | 1591   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1594                                 | 1592   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1595                                 | 1593   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1596                                 | 1594   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1597                                 | 1595   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1598                                 | 1596   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1599                                 | 1597   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1600                                 | 1598   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1601                                 | 1599   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1602                                 | 1600   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1603                                 | 1601   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1604                                 | 1602   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1605                                 | 1603   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1606                                 | 1604   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1607                                 | 1605   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1608                                 | 1606   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1609                                 | 1607   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1610                                 | 1608   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1611                                 | 1609   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1612                                 | 1610   | 104             | 1               | 226             | 188   | 0      | 0               | 0   |
| 1613                                 | 1611   | 104             | 1               | 226             | 188   |        |                 |     |



# 得られる作業情報（画像処理のみ）

## ブロックガントチャート



■ : 作業なし

■ : 溶接

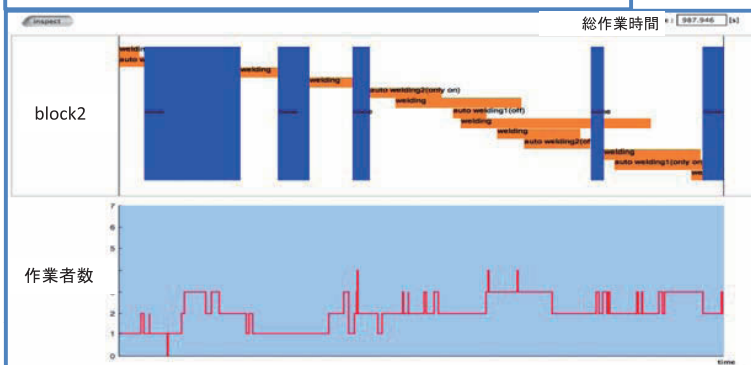
■ : グラインディング

・間違った位置座標が与えられたラベル, 位置座標が与えられていないラベルが存在

・位置座標が与えられていないラベルはどのブロックでおこなわれたものか判別できていない

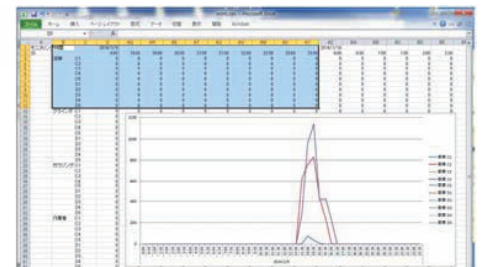
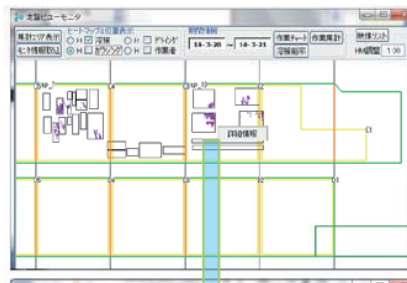
・間違った位置座標が与えられているラベルの分, ブロック内作業人数と総作業時間は実際のもものとズレが生じている

## ブロック内作業人数/ブロック総作業時間

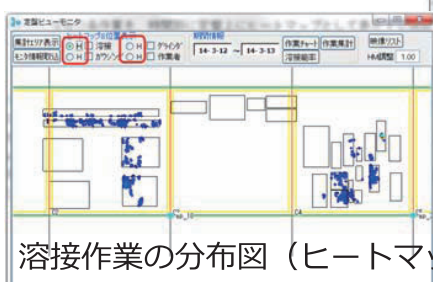


# 建造モニタリングブラウザの構築

- ・ 作業状況の可視化 : 計画と実際のズレの把握, 作業状況, 配置状況の比較. 対策フィードバック等への利用
- ・ ガントチャートとビデオの紐付け : トラブルの原因究明等への利用
- ・ 作業履歴データの管理 : アークタイム, 生産性などの算出

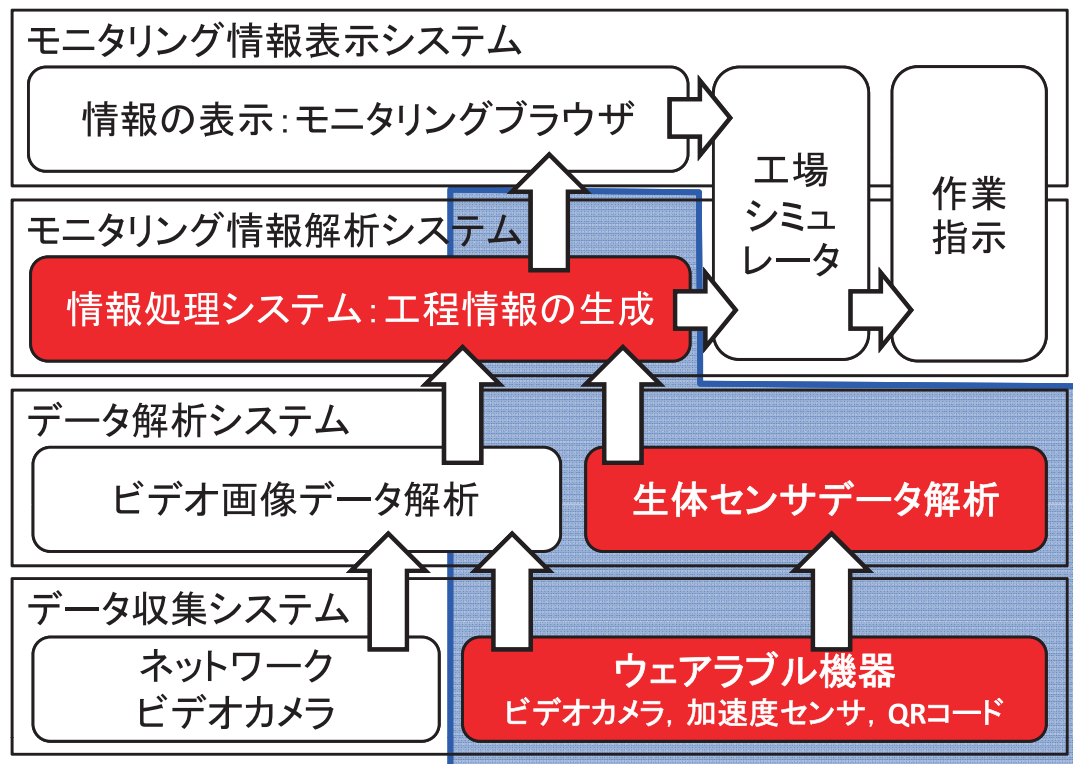


作業負荷の集積グラフ  
アークタイム



ビデオデータによる確認

# 船舶建造マネジメントシステムの構成



## ウェアラブルデバイスを利用した作業者の状態獲得

「機材を扱っている状態」「作業対象を認知している状態」  
→スマートグラスでQRコード認識を用いる。

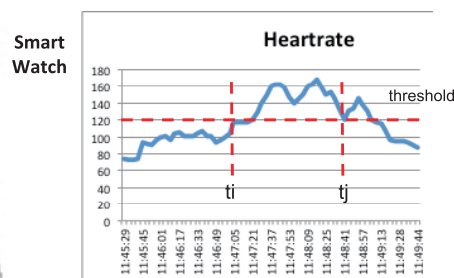
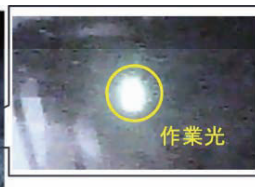
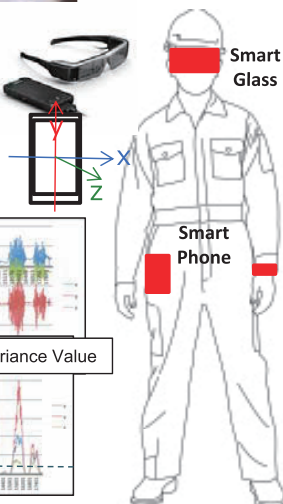
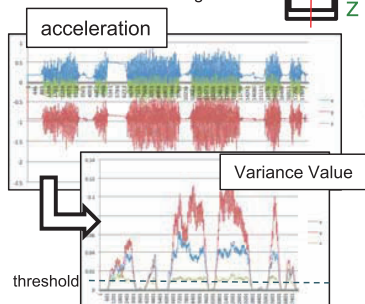
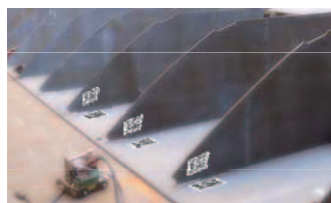
「作業を観測している」

→視野に作業光を捉えているか否かの判定

→スマートグラスで画像処理を利用

「移動している状態」

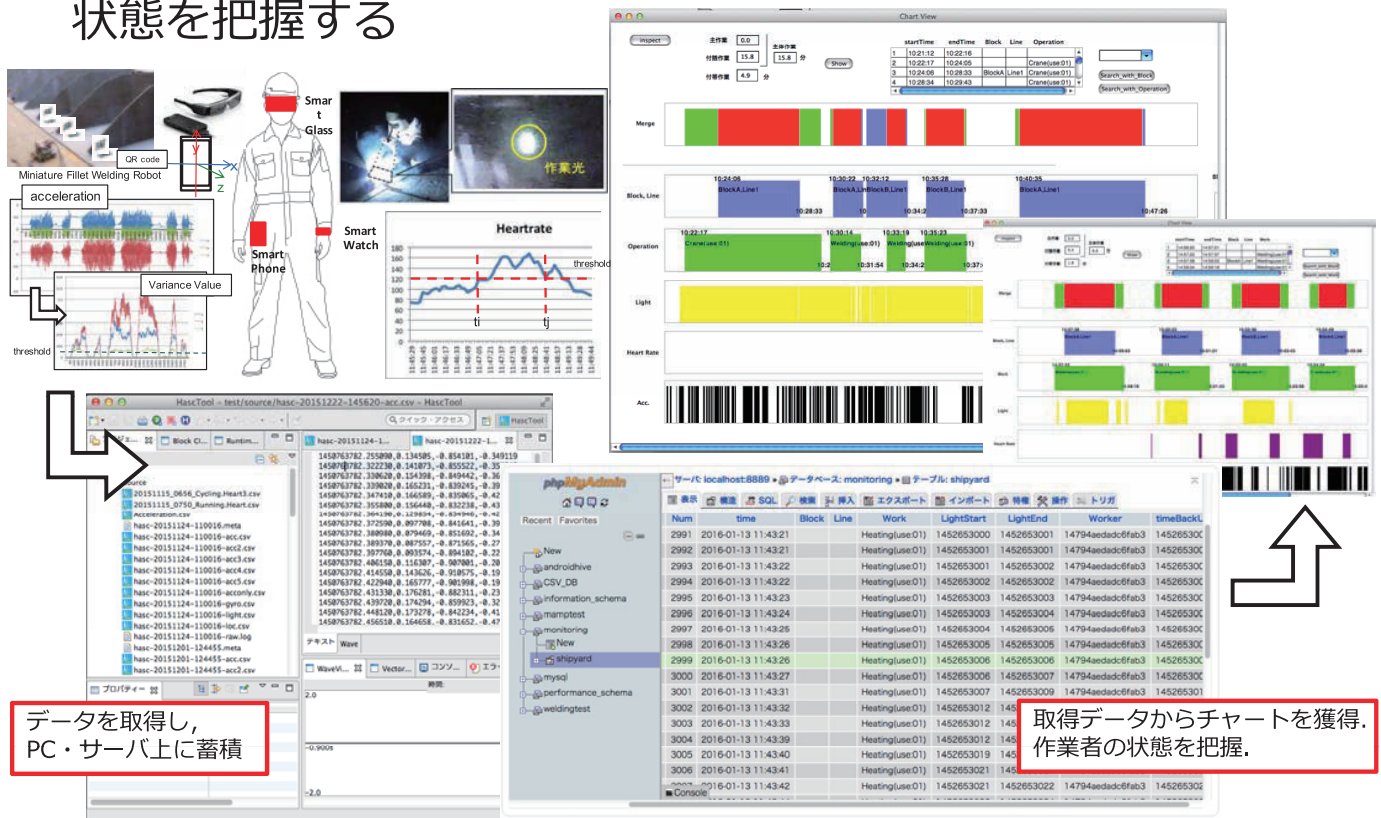
→加速度センサを用いて、移動情報を取得する。



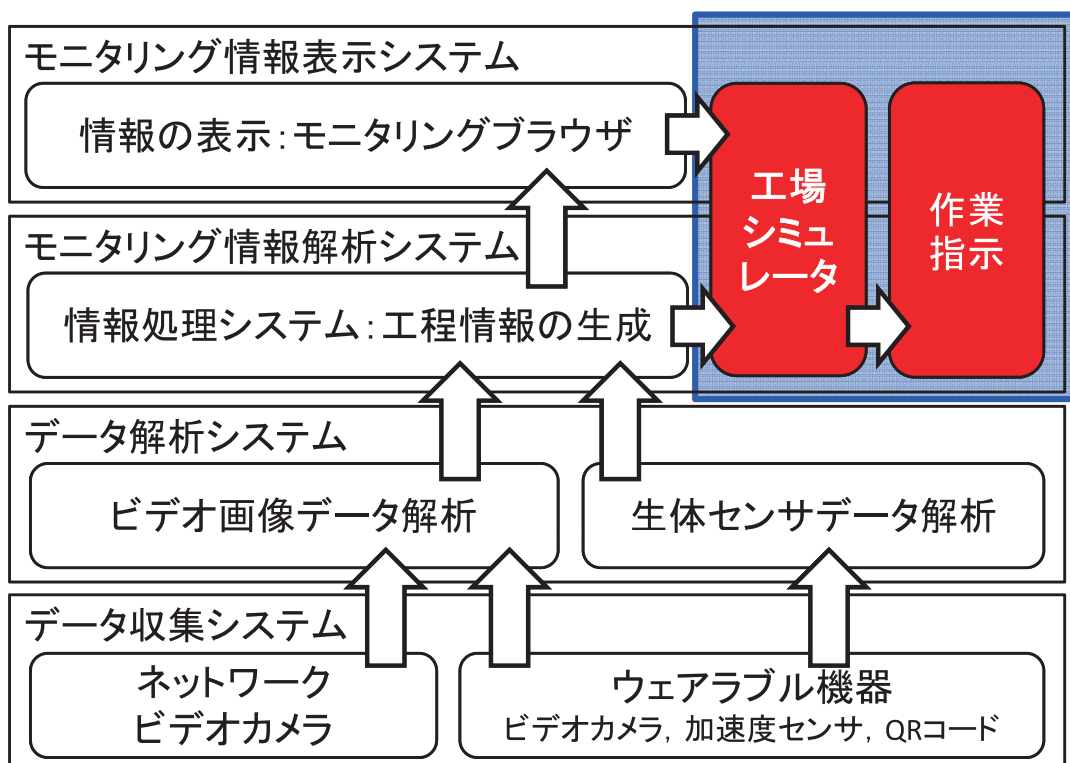
作業者の内部状態「負担がかかっている状態」  
→負荷の指標として、心拍センサで心拍数を取得する。「心拍数が高い」

# 作業者の状態から取得される作業情報

- 作業者毎に複数の情報を取得し，組合せることで，その時の状態を把握する

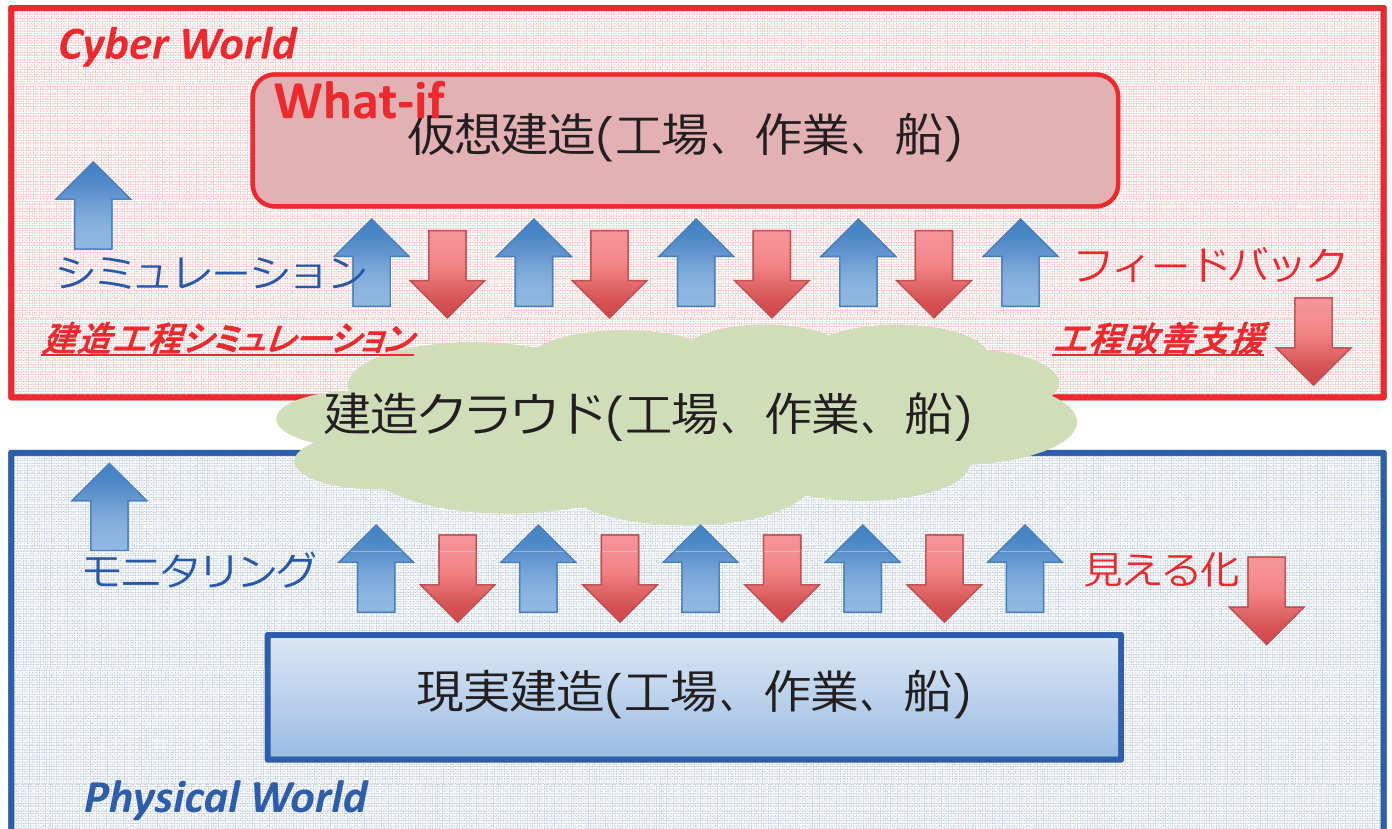


# 船舶建造マネジメントシステムの構成

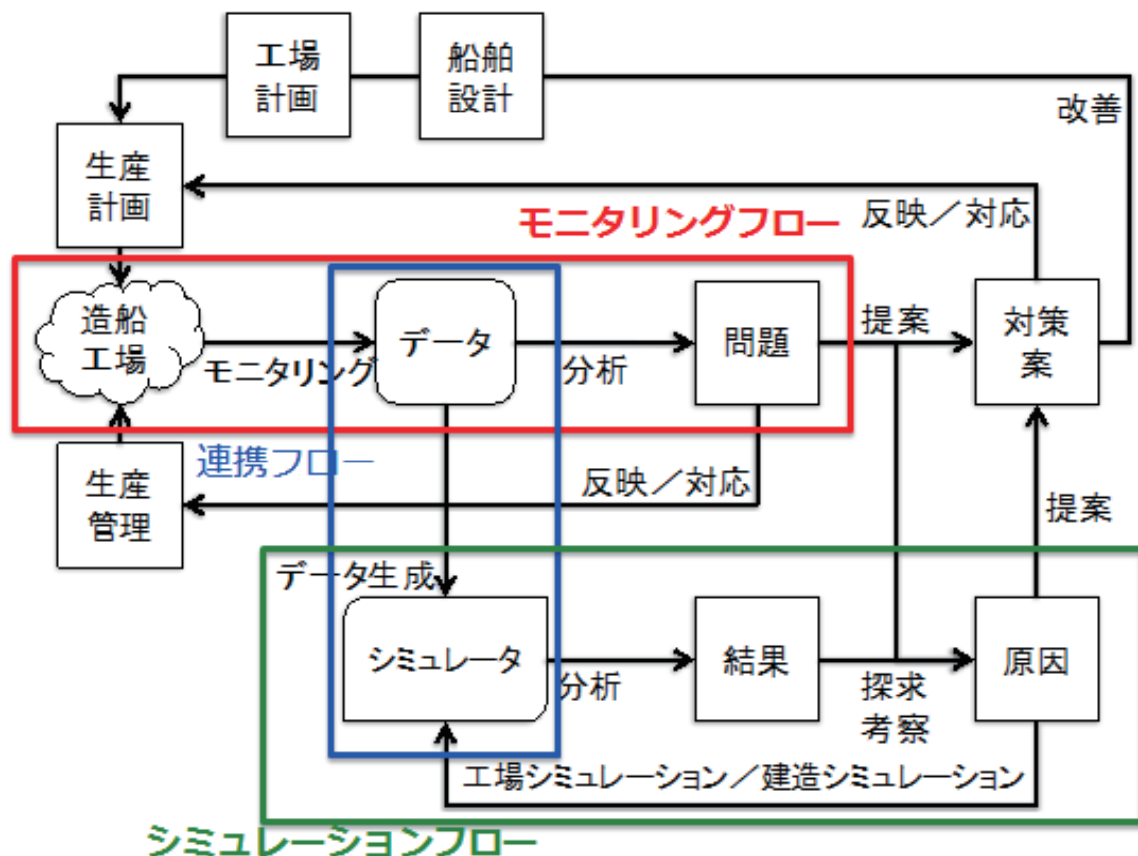




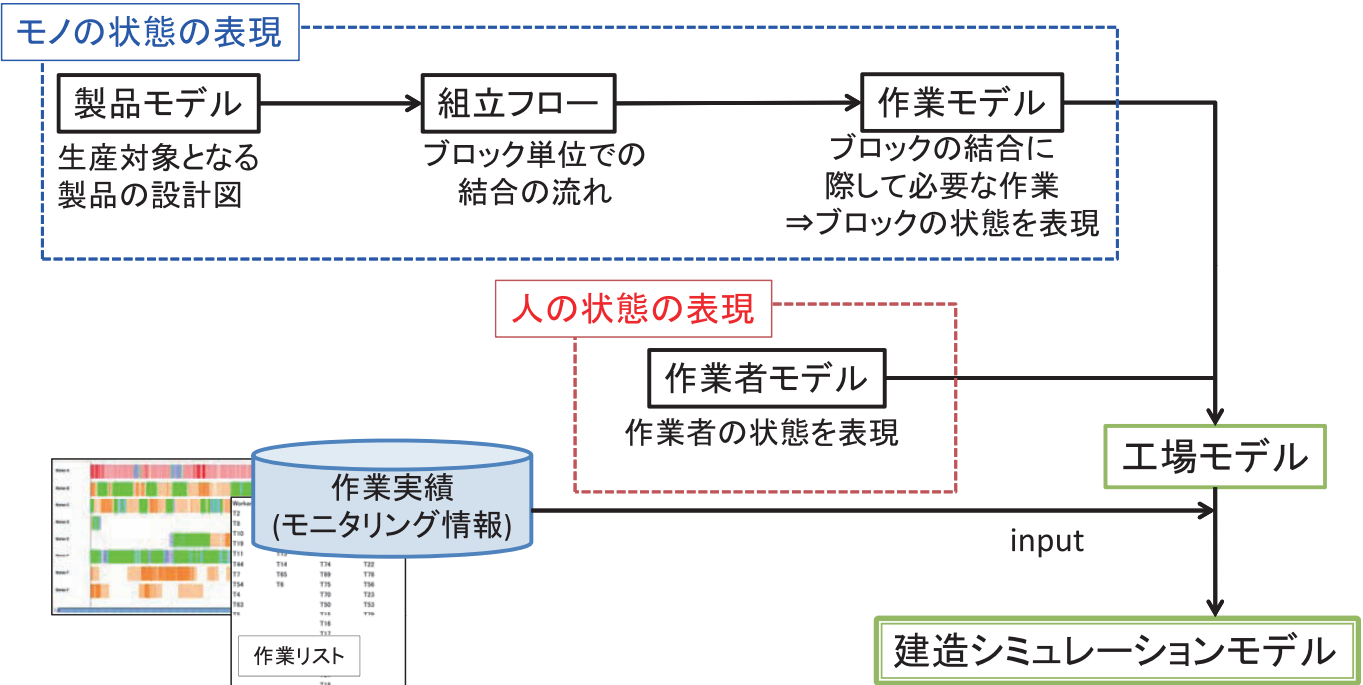
# CPSS: Cyber Physical Systems for Shipbuilding



## 建造モニタリングPDCAサイクル



- 工場内には大別して人とモノの2つが存在
  - それぞれの状態をモデル化し統合 ⇒ 工場モデル
  - 工場モデルに対しモニタリング情報を入力 ⇒ シミュレーションモデル

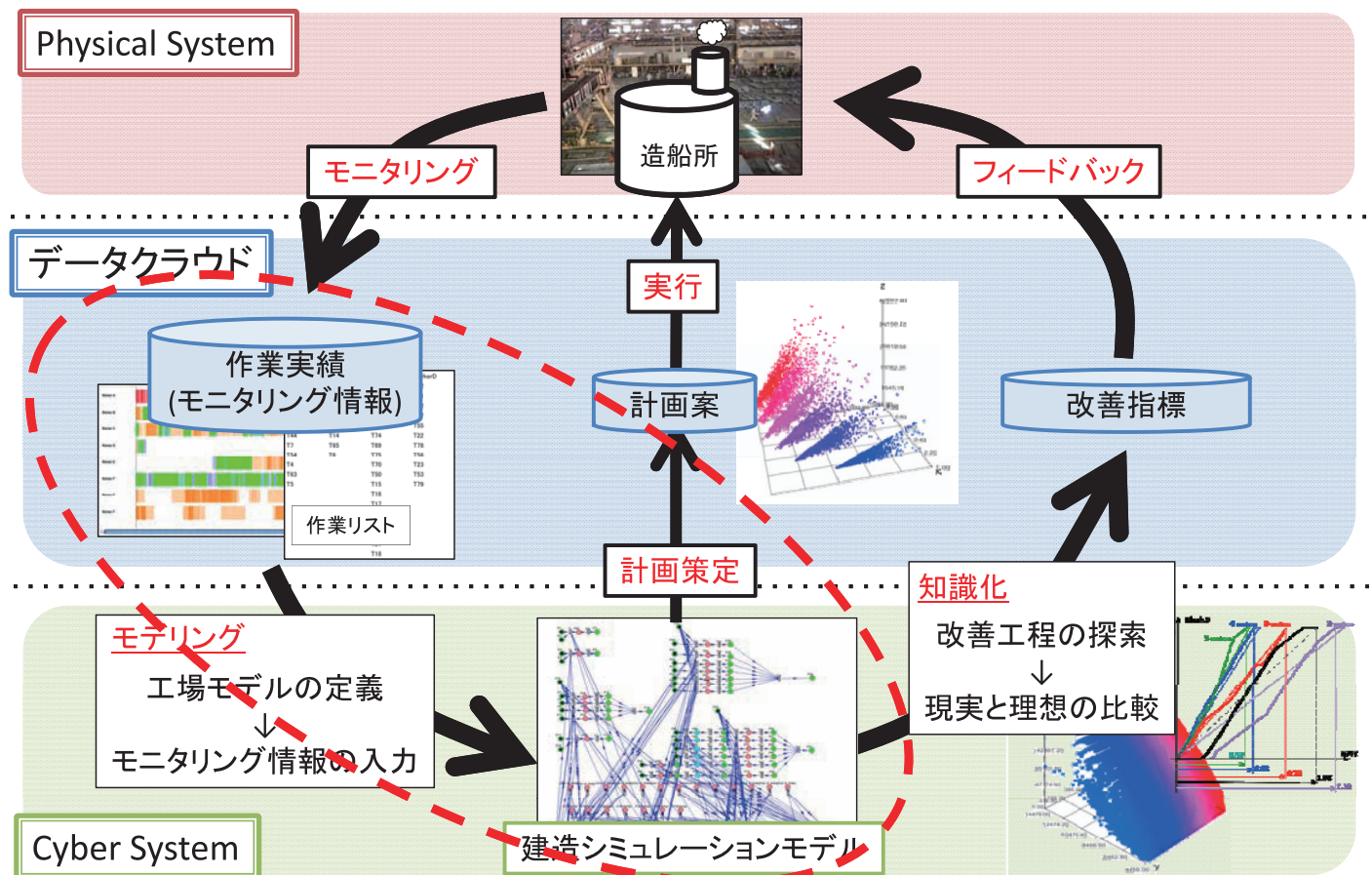


The diagram illustrates the Digital Shipbuilding System (DO) architecture, organized into three main horizontal layers: Physical System (top, pink), Cyber System (bottom, green), and a central Planning/Execution layer (blue).

- Physical System (DO):**
  - CHECK:** Includes **モニタリング** (Monitoring) and **データクラウド** (Data Cloud).
  - 実行** (Execution) leads to **造船所** (Shipyard).
  - フィードバック** (Feedback) loops from the shipyard back to the monitoring stage.
- Planning/Execution Layer:**
  - PLAN:** Involves **計画案** (Plan Case) and **計画策定** (Plan Formulation).
  - ACT:** Involves **改善指標** (Improvement Indicators).
- Cyber System:**
  - モデリング** (Modeling): **工場モデルの定義** (Definition of factory model) → **モニタリング情報の入力** (Input of monitoring information).
  - 知識化** (Knowledgeification): **改善工程の探索** (Exploration of improvement process) → **現実と理想の比較** (Comparison of reality and ideal).
  - 建造シミュレーションモデル** (Shipbuilding Simulation Model) is the core of the Cyber System.

Arrows indicate the flow of data and information between these components, forming a continuous cycle for digital shipbuilding.

# シミュレーションモデルの構築

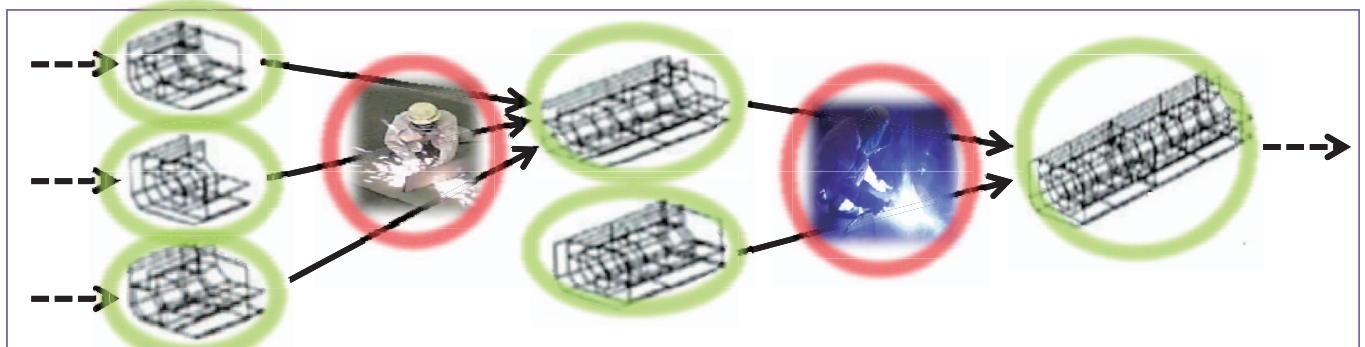


Shipbuilding Innovation by CPS: Cyber Physical System

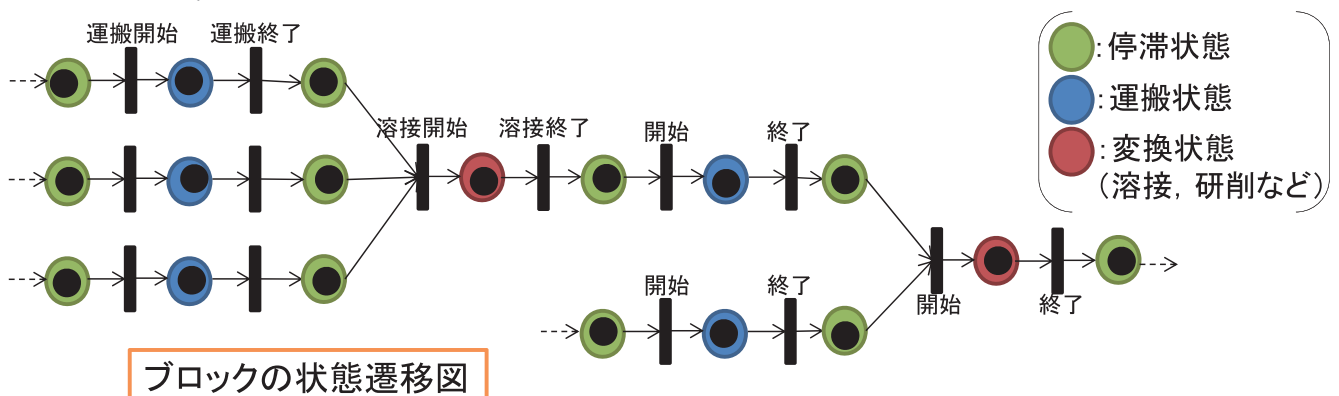
31

## ブロックの状態遷移モデル

・設計情報として、ブロックの組立フローと、それに伴う作業情報が存在



ブロックの結合の流れ(ブロックの状態遷移)をペトリネットにより表現



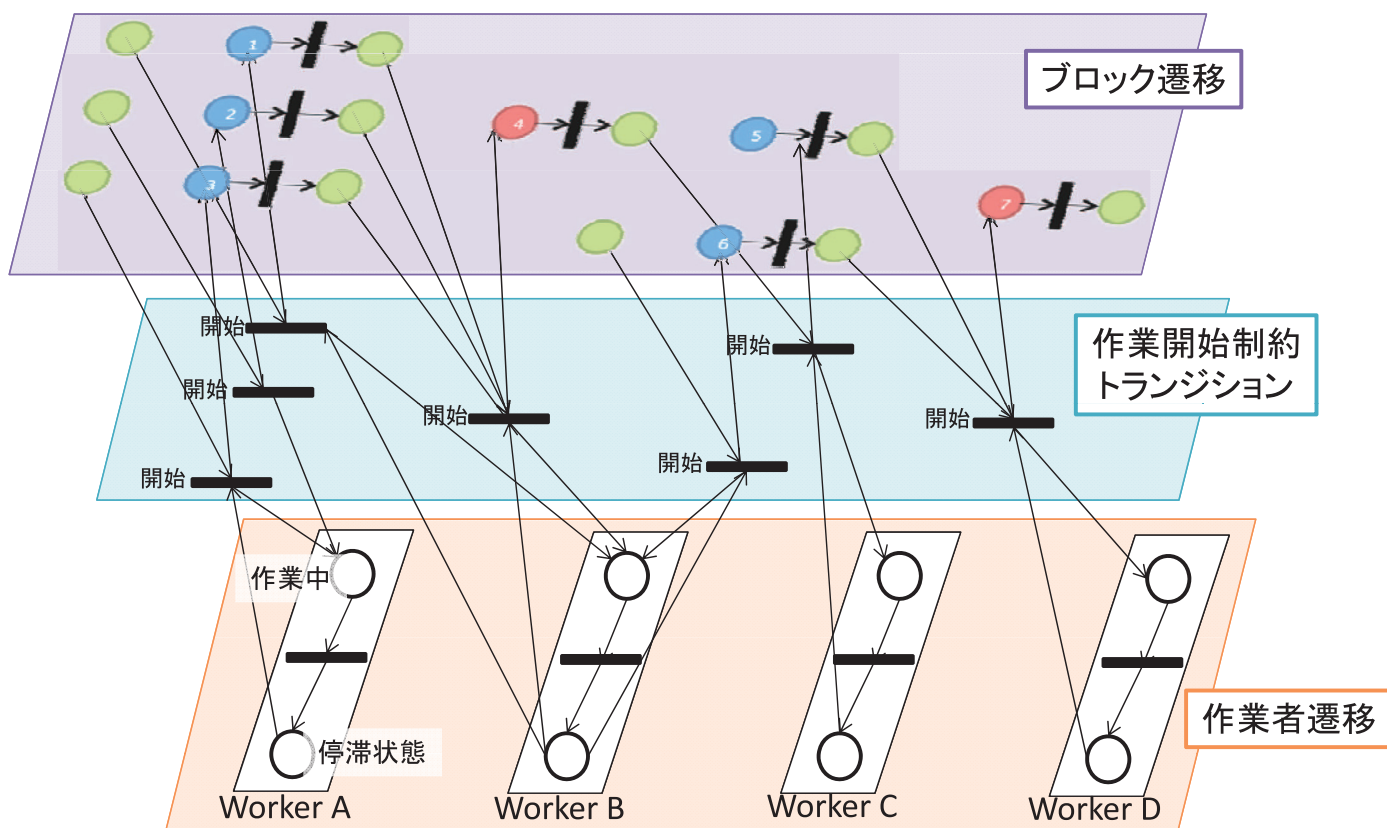
Shipbuilding Innovation by CPS: Cyber Physical System

32



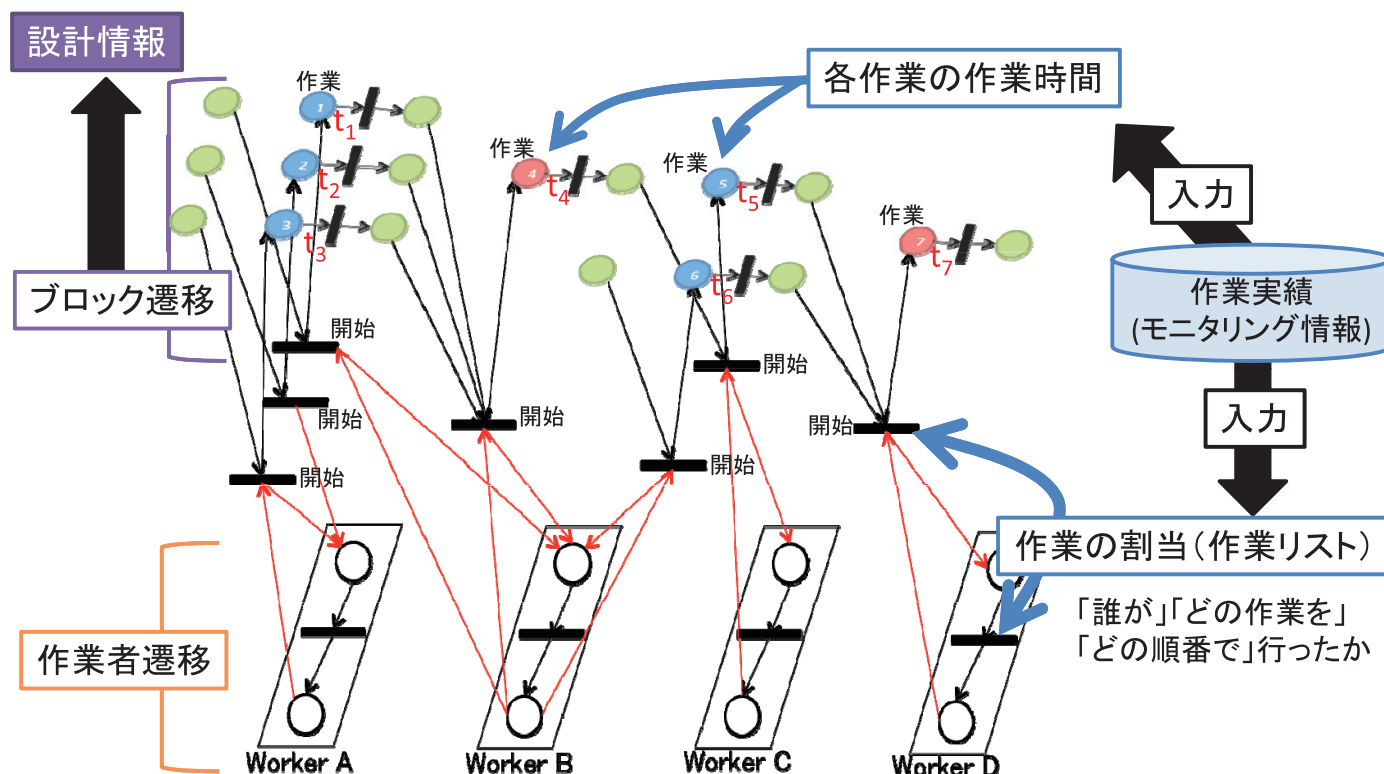
# 工場モデル

- ・作業者と担当作業の作業開始トランジションを共有することでモデルを融合



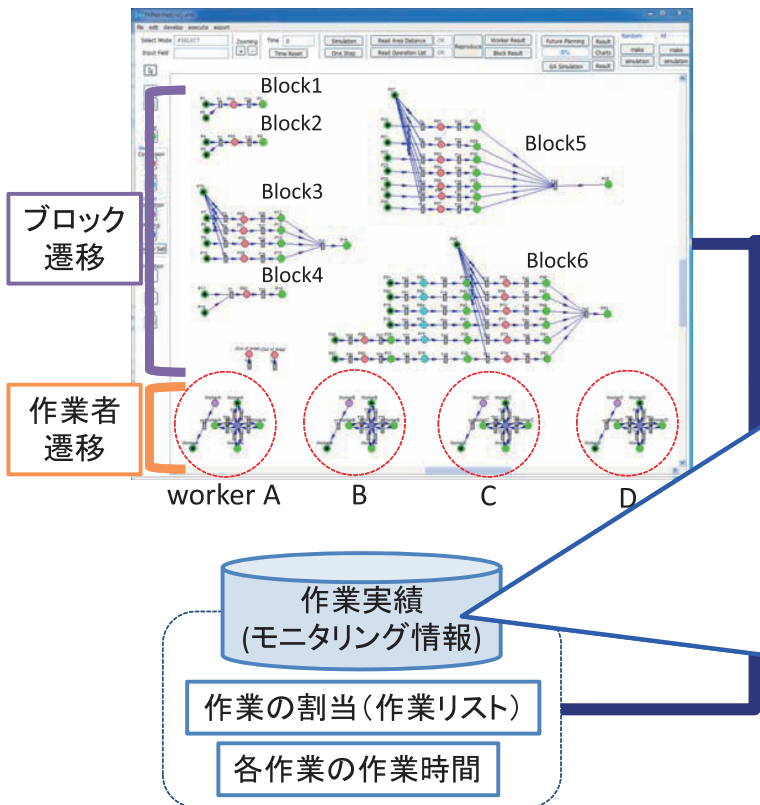
## モニタリング情報の入力

- ・建造シミュレーションの実行には「作業時間」と「作業割当」が必要



# シミュレーションの実行例（実際の工程の再現）

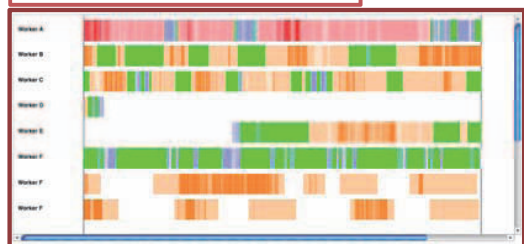
実際の3時間の造船工程のモニタリングデータ(仮)



## 作業リスト

| WorkerA | WorkerB | WorkerC | WorkerD |
|---------|---------|---------|---------|
| T2      | T1      | T66     | T72     |
| T8      | T64     | T3      | T51     |
| T10     | T9      | T67     | T52     |
| T19     | T12     | T73     | T77     |
| T11     | T13     | T68     | T55     |
| T44     | T14     | T74     | T22     |
| T7      | T65     | T69     | T78     |
| T54     | T6      | T75     | T56     |
| T4      |         | T70     | T23     |
| T63     |         | T50     | T53     |
| T5      |         | T15     | T79     |
|         |         | T16     |         |
|         |         | T17     |         |
|         |         | T76     |         |
|         |         | T20     |         |
|         |         | T21     |         |
|         |         | T18     |         |

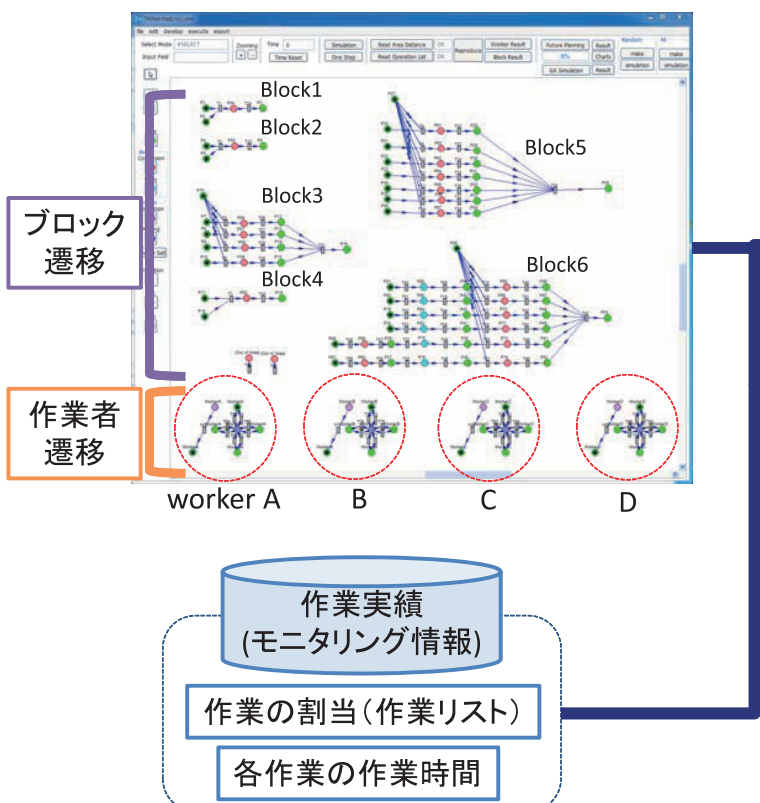
## 作業者ガントチャート



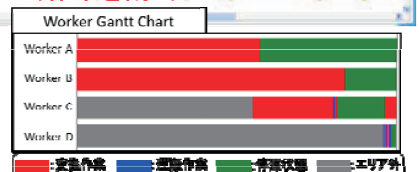
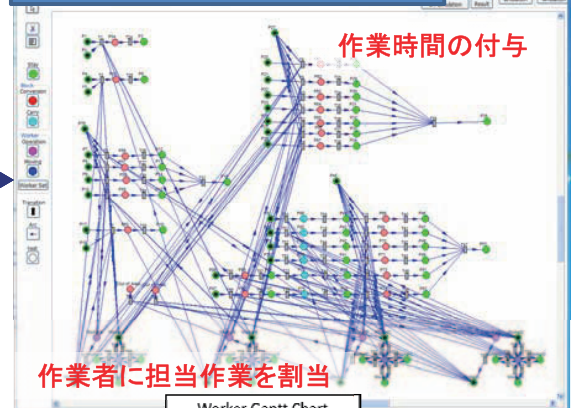
モニタリングデータから抽出  
-作業に要した時間

# シミュレーションの実行例（実際の工程の再現）

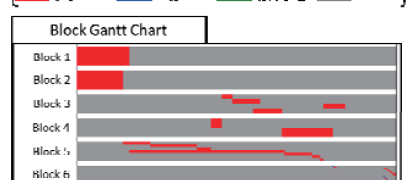
実際の3時間の造船工程のモニタリングデータ(仮想)に適応(総作業数28, 作業者数4人)



## 建造シミュレーションモデル

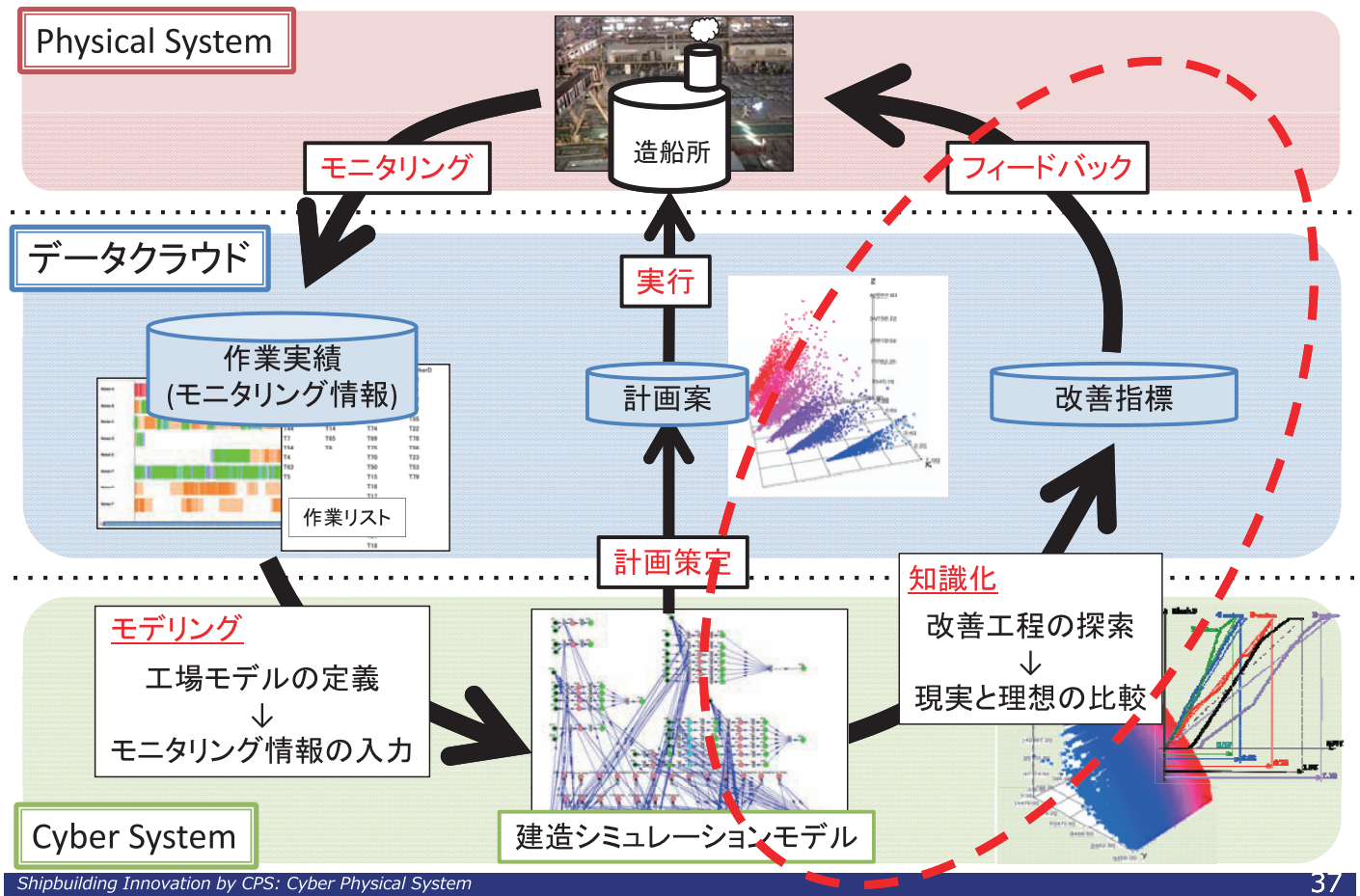


実行



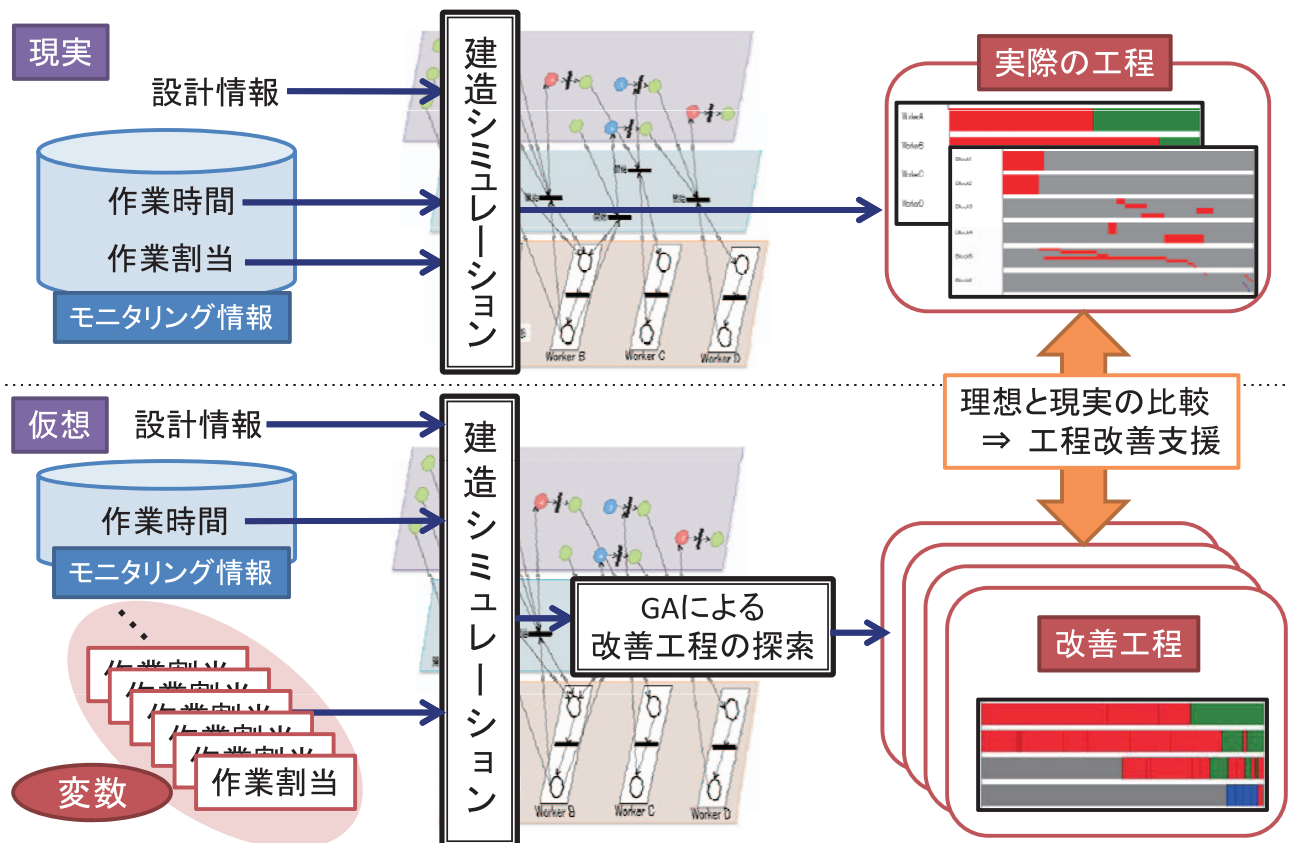


# 改善工程の探索による工程改善支援の構築



37

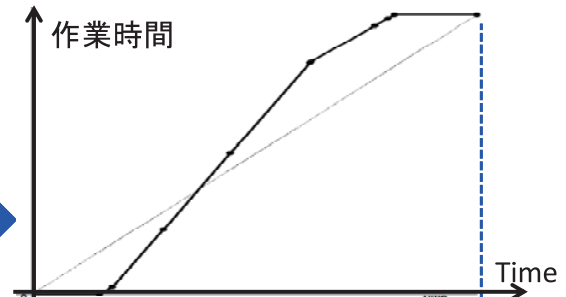
## シミュレーションによる改善工程群の探索



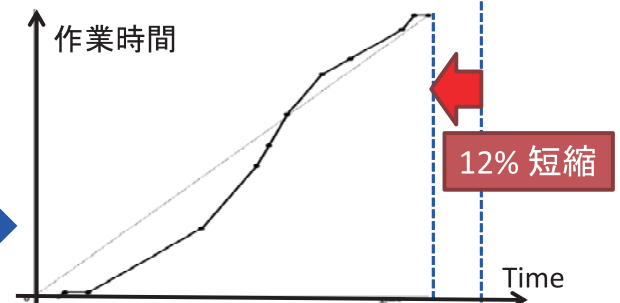
## 考察1（同作業人数結果との比較）

- 同じ作業人数において，元の工程よりも早く作業が終了する工程が探索された ⇒ 今後の類似工程への利用が可能

実際の作業工程



作業時間を短縮した改善工程



## 考察1（同作業人数結果との比較）

実際の作業工程



作業時間を短縮した改善工程



前後制約のある作業を早めに処理

組立上の  
順序制約  
(運搬→仮溶接)

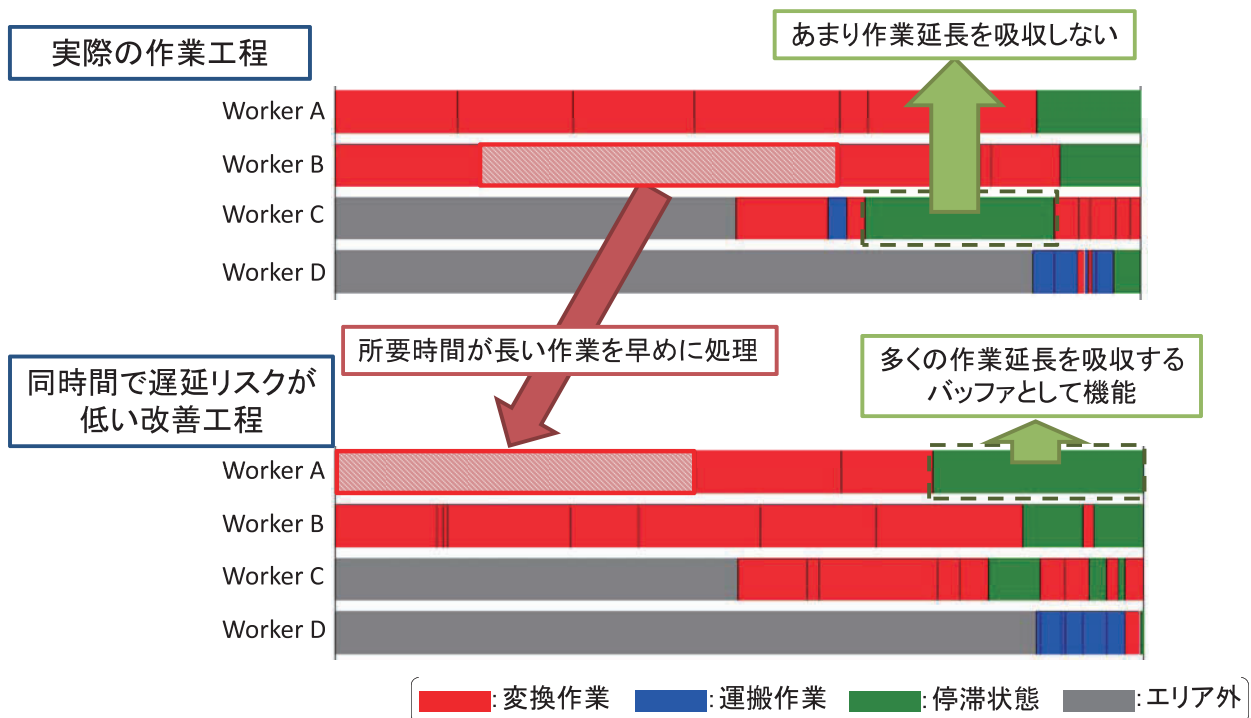
〔 変換作業 : 変換作業 運搬作業 : 運搬作業 停滞状態 : 停滞状態 エリア外 : エリア外 〕

- 前後制約がある作業を早めに処理することで，後半の作業選択の自由度が高まる

「前後制約のある作業を優先して行う」

作業時間短縮

# 考察1（同作業人数結果との比較）



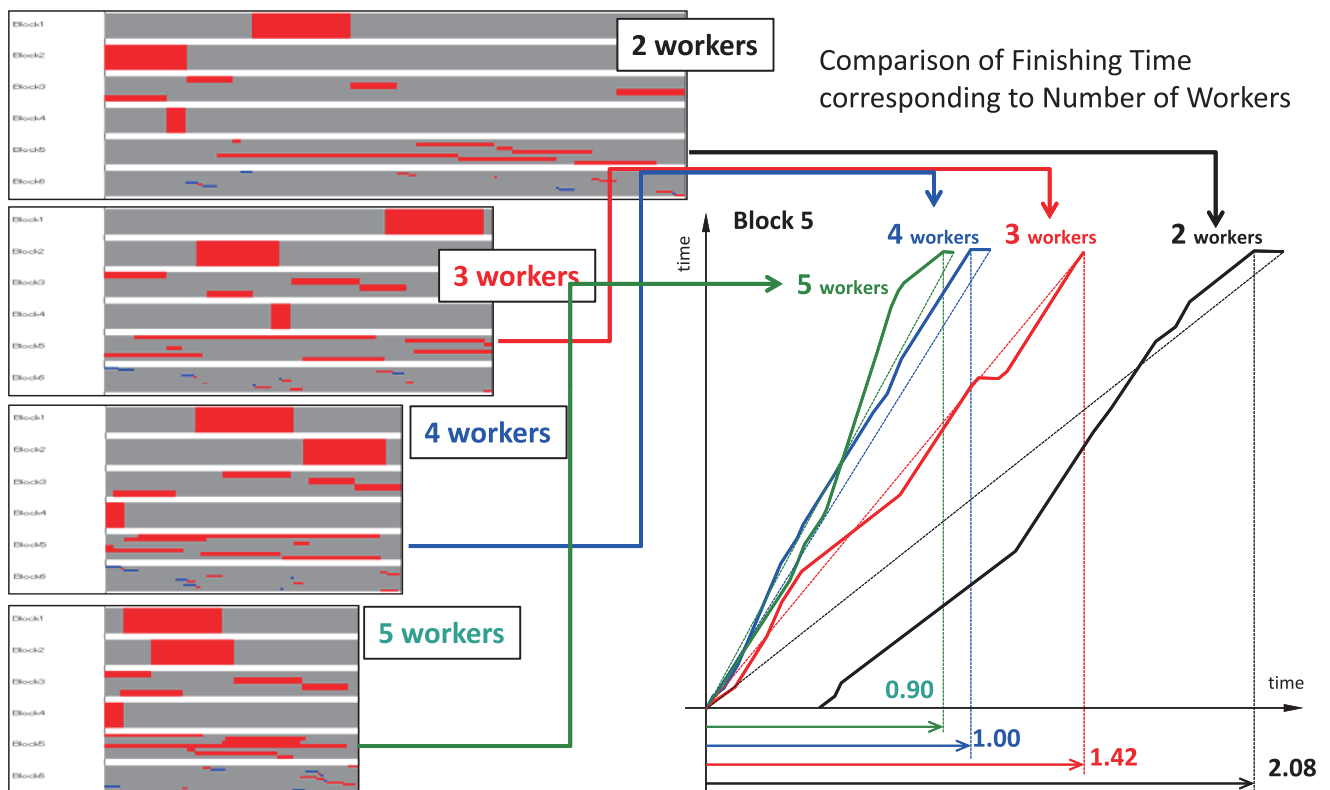
- 前半部にある作業時間が長い作業の延長を後半部に存在する停滞状態が吸収

「作業時間が長い作業を優先して処理」

遅延リスク低下

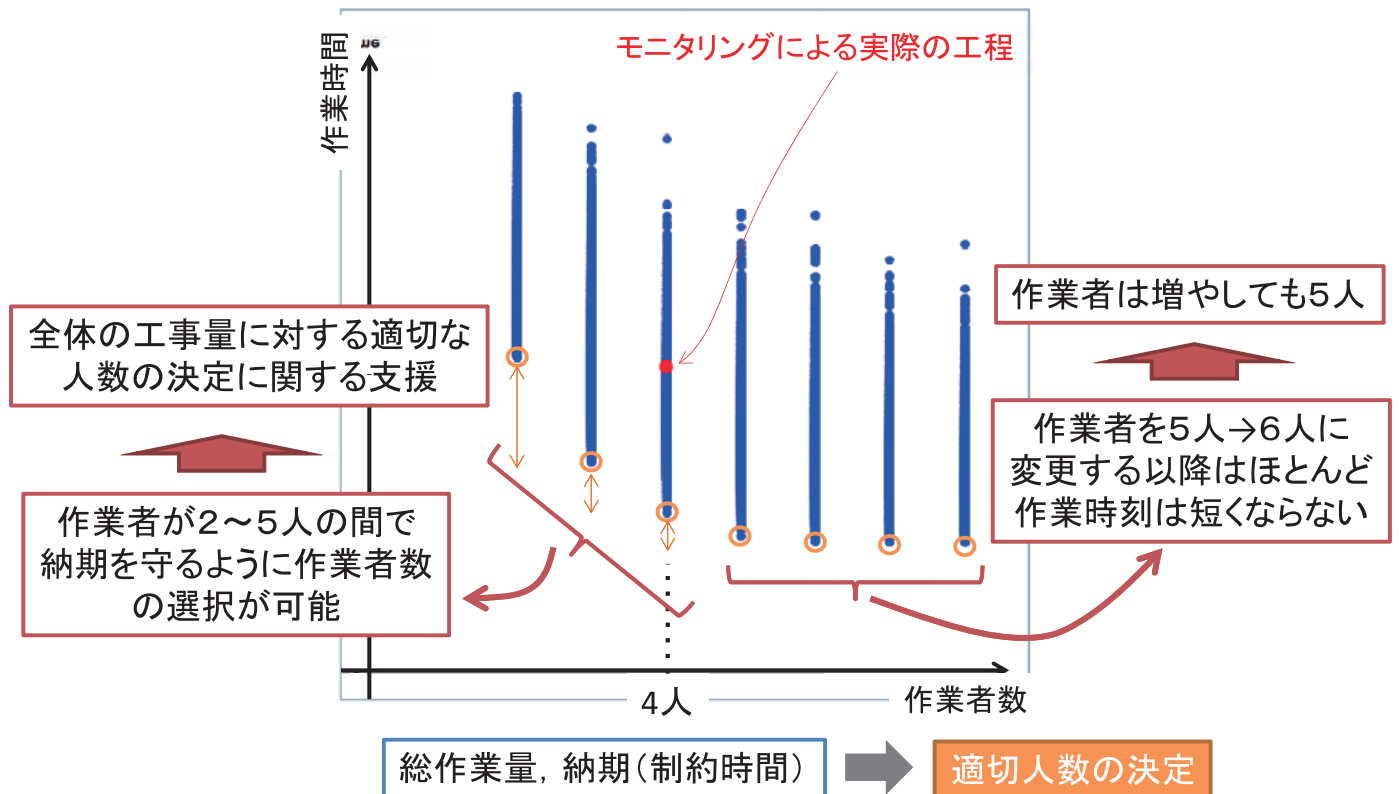
## 考察2（異なる作業人数の結果との比較 1/2）

- 異なる作業人数における最短工程の比較



## 考察2（異なる作業人数の結果との比較 2/2）

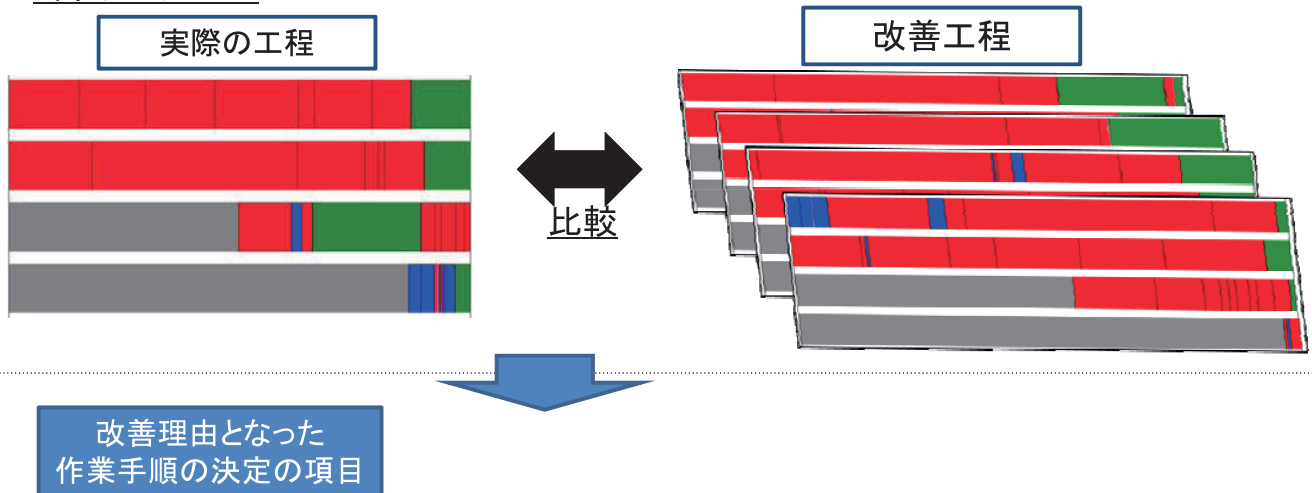
### ・ 異なる作業人数における最短工程の比較



## 改善工程と現実の比較による工程改善支援

一般的に正しいかどうか分からないが、改善工程の作業処理の順番に関する指標を改善工程から考察できる。

### 今回のケース



「前後制約のある作業を優先して行う」

作業時間短縮

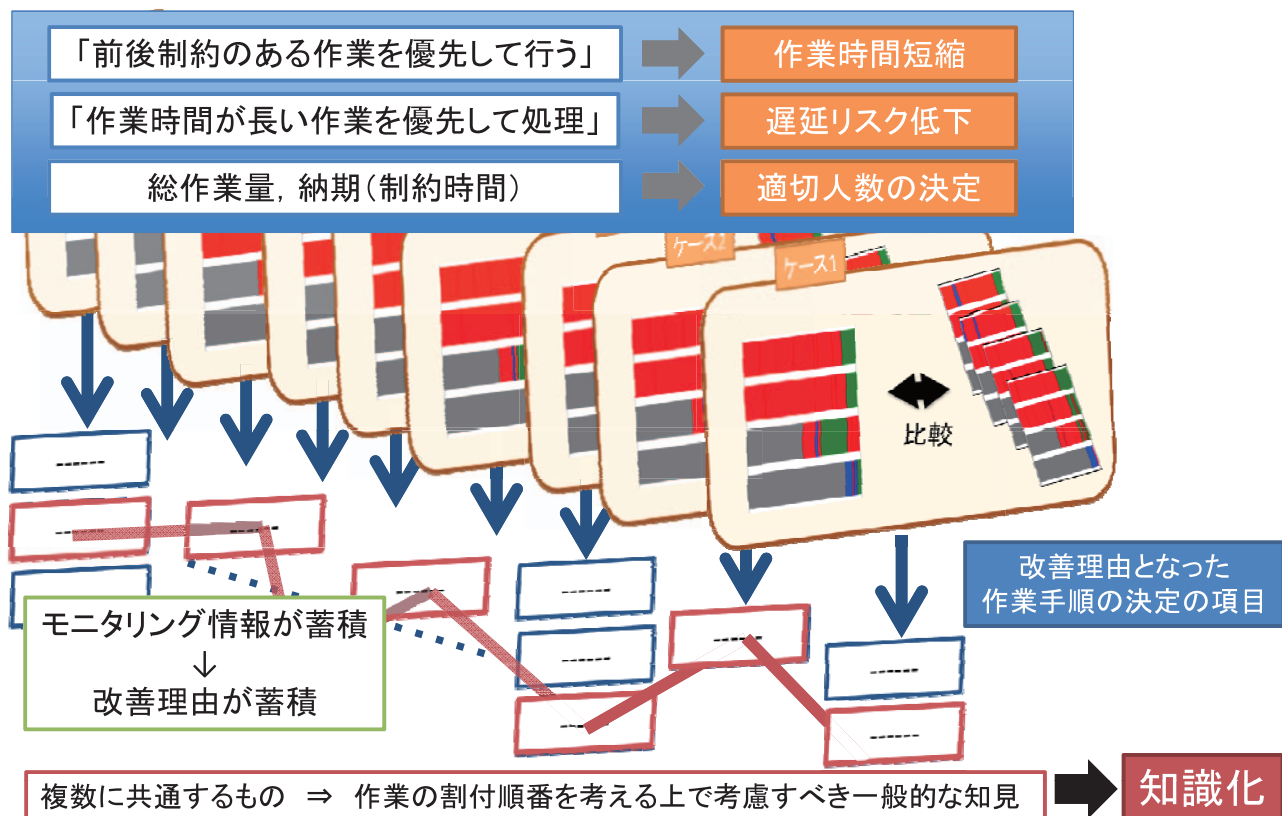
「作業時間が長い作業を優先して処理」

遅延リスク低下

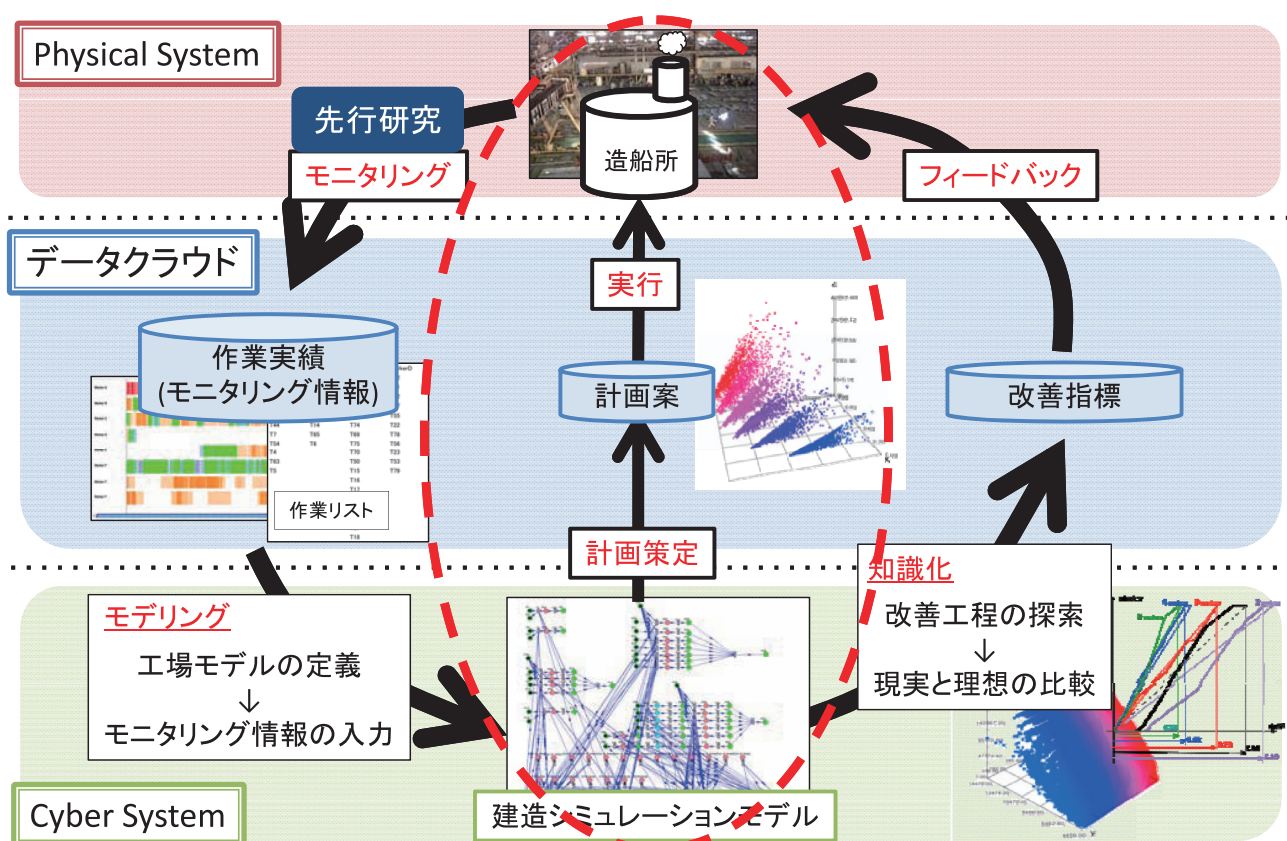
総作業量, 納期(制約時間)

適切人数の決定

# 改善工程との比較による工程改善支援



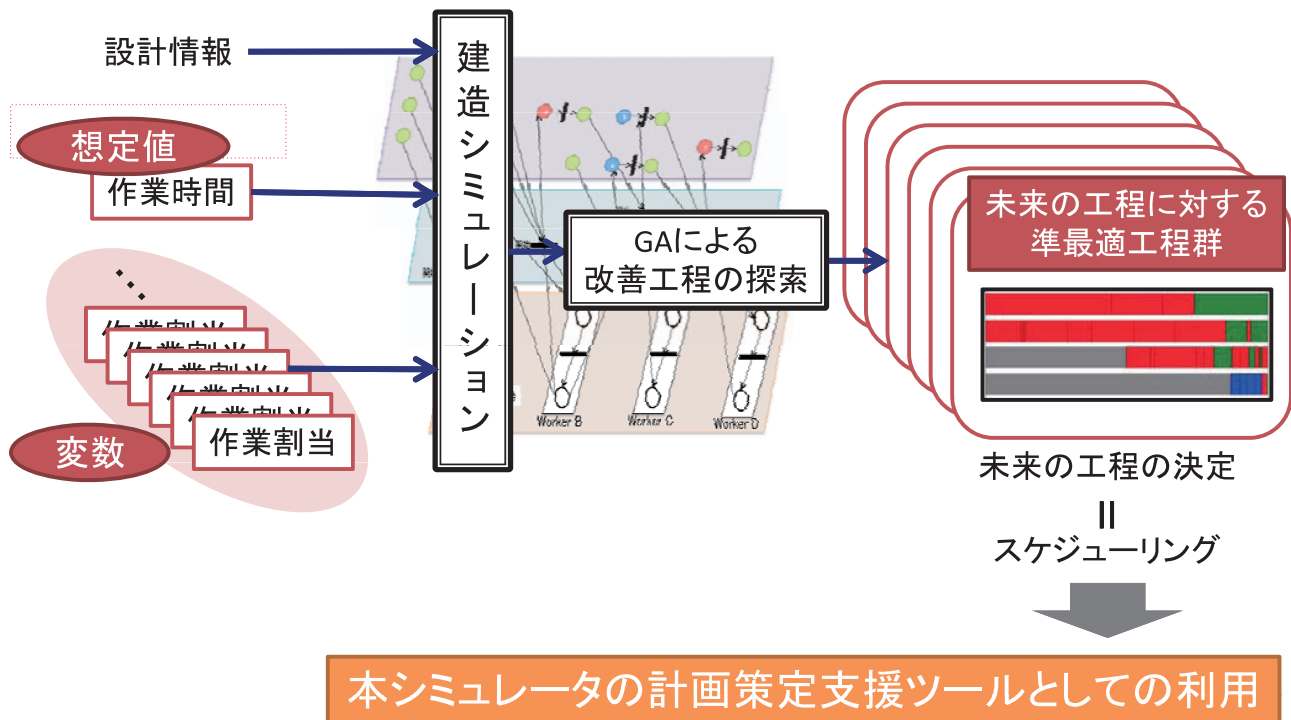
## 建造シミュレータの計画策定への利用



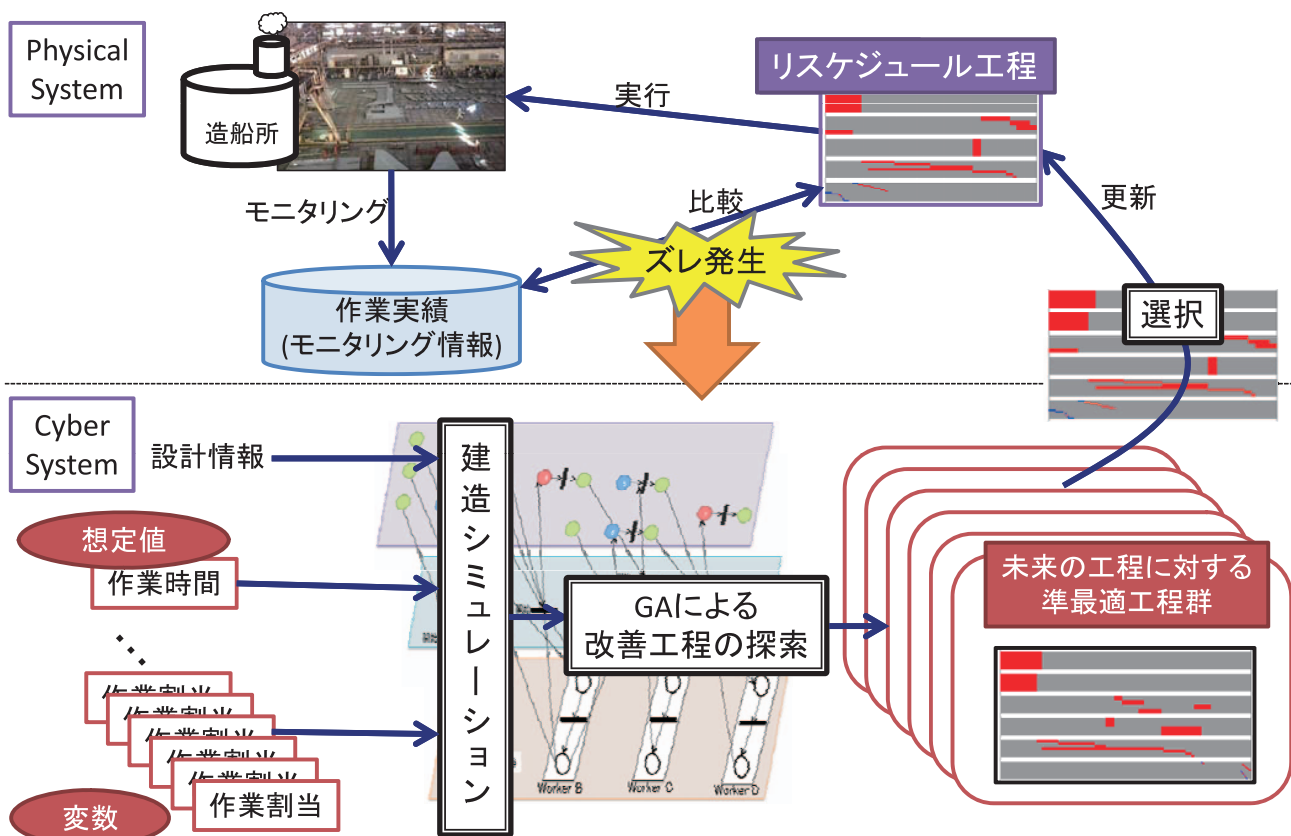


# 未来の工程に対するシミュレーション

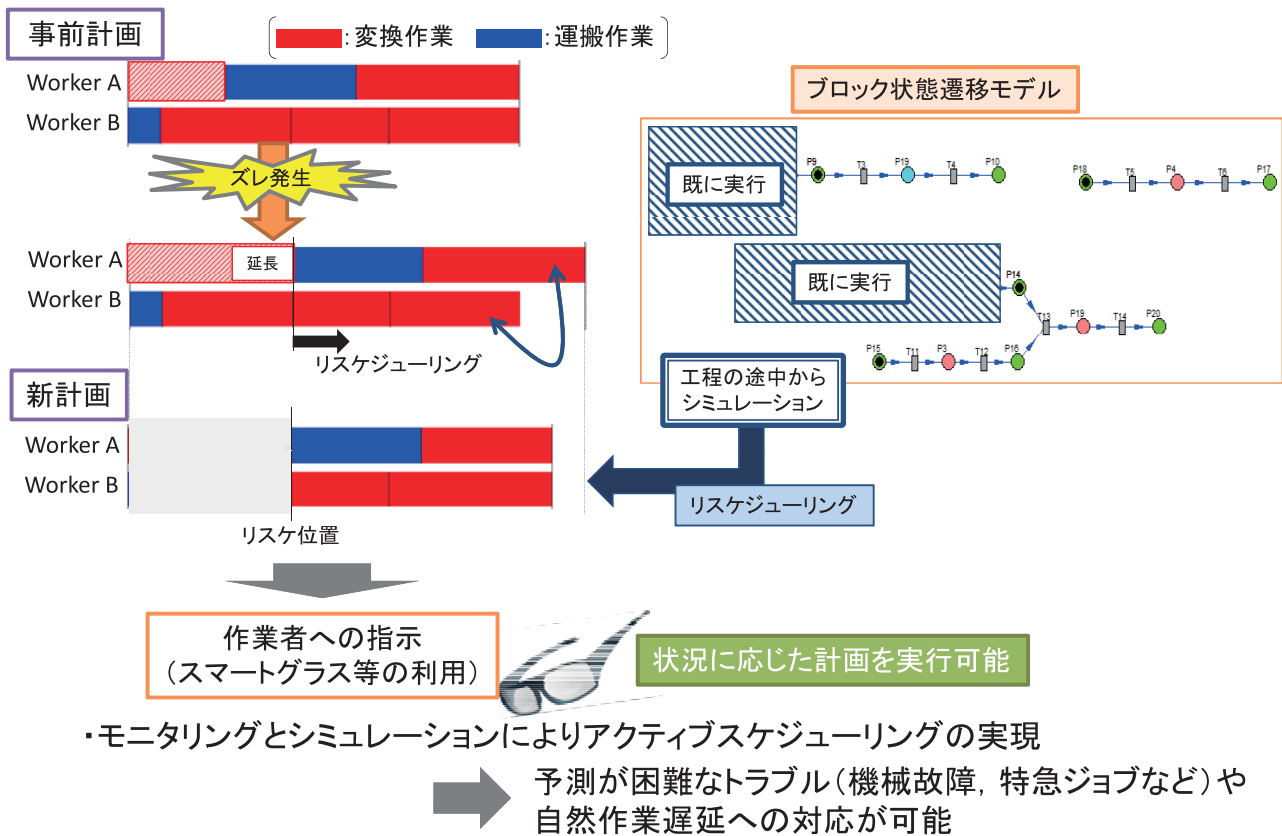
- 作業時間に想定値を用いて最適な建造工程を探索



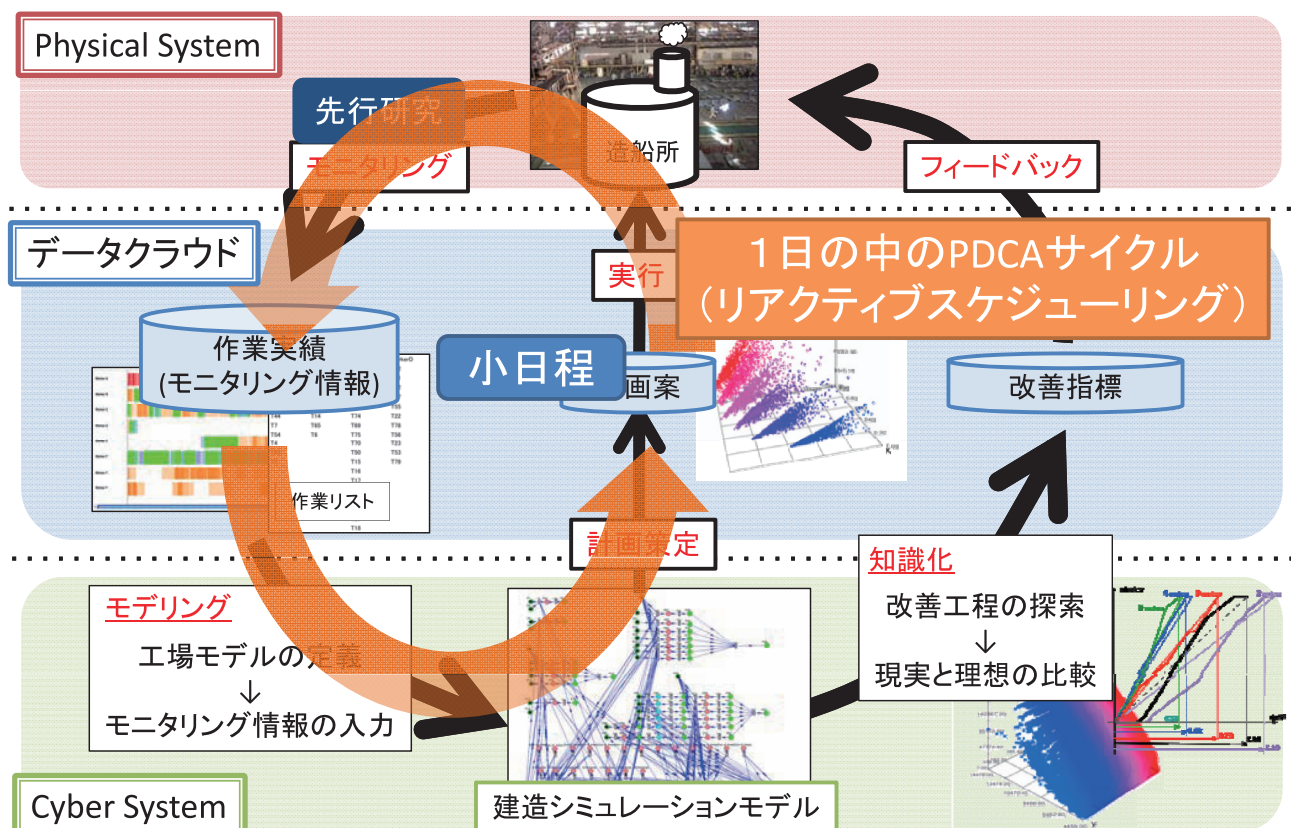
## モニタリングとシミュレーションによるリアクティブスケジューリング



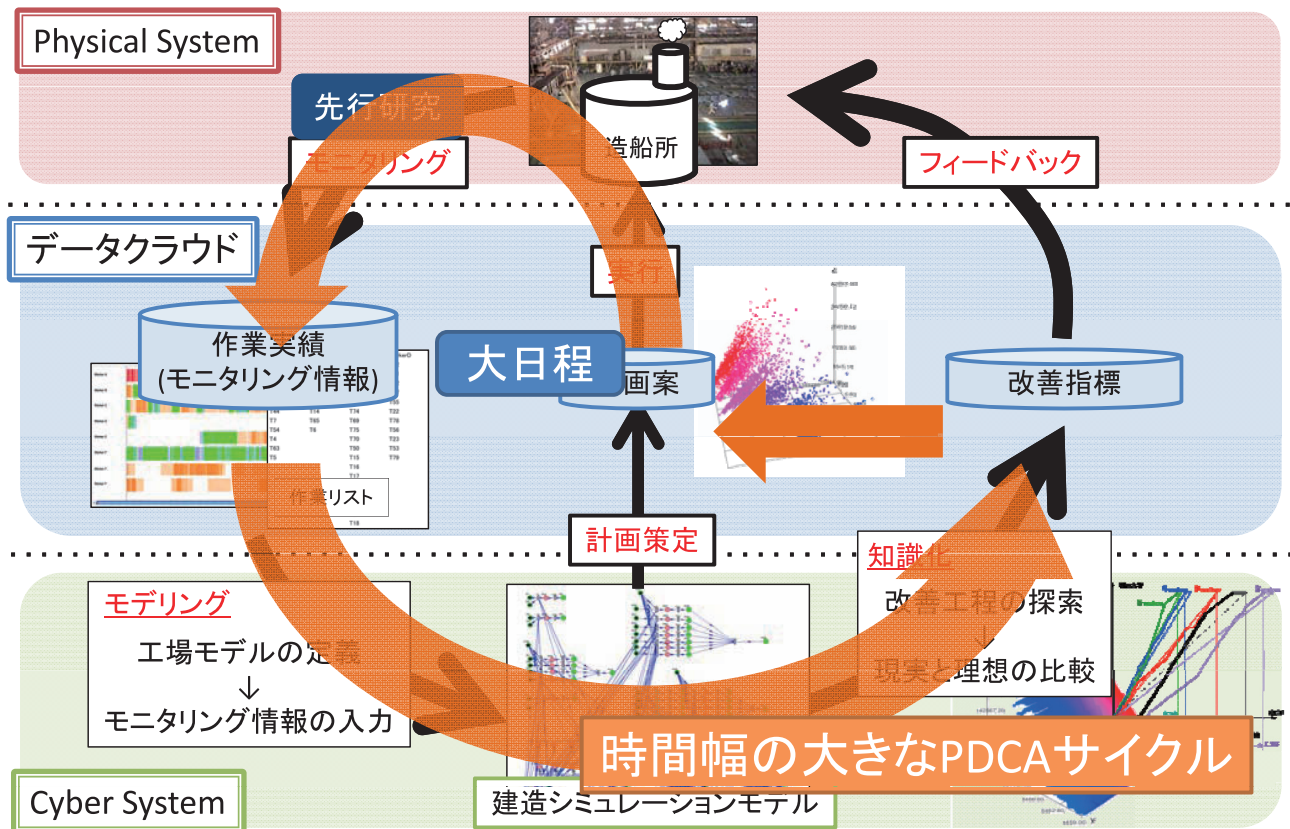
# モニタリングとシミュレーションによるリアクティブスケジューリング



## まとめ1 : CPSの構築とPDCAサイクルの自動化



## まとめ2：CPSの構築とPDCAサイクルの自動化



Shipbuilding Innovation by CPS: Cyber Physical System

51

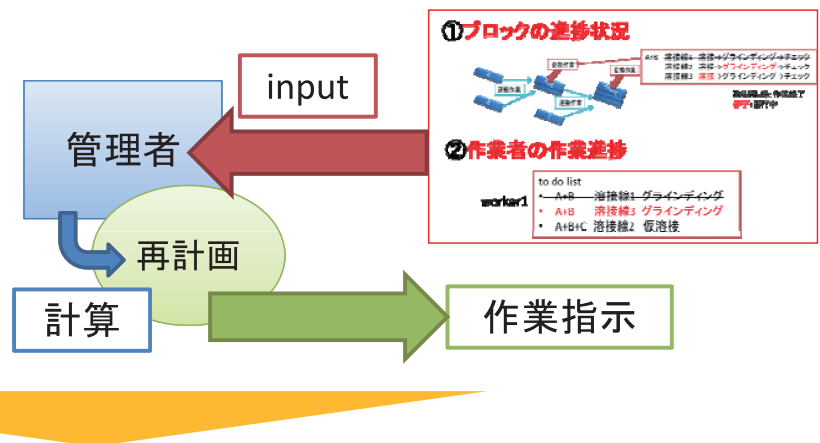
## 作業者に対する作業指示

変換作業の現状の情報から再計画

再計画

現状から作業順、人員配置を変更することで、作業全体の終了時刻が早まるか検討

→もっとも終了時刻が早い作業順、人員配置を採用



出力画面から映し出された作業指示イメージ

再計画案が作成されたら、現場の作業員に作業指示を行う

作業指示内容

- 変換作業の順番変更・交換
- 人員の再配置・グループ変更

作業指示方法

- ①スマートグラスの出力画面への表示
- ②ジェスチャ認証により、指示を承認したことを確認

Shipbuilding Innovation by CPS: Cyber Physical System

52

# 検知／モニタリングから推定／計画へ

- 製品の流れ（工程）のシミュレーション
  - 生産資源と製品との関係を把握：工場のモデル構築
  - 工場内物流のシミュレーション
  - 無理，無駄な場所の特定．標準時間の収集
- 作業者の行動（作業）のシミュレーション
  - 作業者の判断／意思決定のモデルを構築
  - 作業指示情報の内容，提供方法の検討
  - 設計の改善：船体構造，艀装などの設計変更
- 製品の変化（品質）のシミュレーション
  - 作業と品質の関係を把握：物理モデルを構築
  - 品質確保のための適切な作業指示情報の作成

## データ駆動型建造システム

- モニタリングデータの有効活用
  - モニタリングデータが集積：ビックデータ
  - 原因と結果の因果関係を分析：データマイニング
  - トラブル発生の予兆管理：狭義のモニタリングの実現
- 高い生産性，高い品質の実現
  - 労働安全の向上：環境の改善活動の促進
  - 品質の向上：品質の改善活動の促進
  - 生産性の向上：生産の改善活動の促進
- 価格に囚われない競争力の実現
- 強い生産システム：造船の確立



# まとめ：CPSSによる強い生産システムの実現

CPSS: Cyber Physical System for Shipbuilding

## 企業サイド

- 船舶（製品）の品質保証データの獲得
- トレーサビリティの確立
- オペレーション、メンテナンスデータも追加し、ライフサイクルデータとして管理・活用

## 労働者サイド

- 作業者/労働者に優しい工場へ
- 能力、体調に合わせた無理が無い優しい工場
- 作業指示システムの構築と連携
- ムリ・ムダ・ムラの排除
  - ムリとは負荷が能力を上回っている状況
  - ムダとは負荷が能力を下回っている状況
  - ムラはムリとムダの両方が混在して時間によって表れる状況

# 工場モニタリングとインダストリ4.0

モニタリングによって実現化される製造データを基盤とした製造マネジメントへの期待と、造船工場を題材に近未来の工場の姿を議論

- 生産マネジメントを高度化する技術
  - IoT（Internet of Things）の時代、ビッグデータ技術
  - ICT（情報通信技術）の有効利用
  - インダストリ4.0／インダストリアル・インターネット
- 工場モニタリングの試作と可能性
  - 建造情報の収集システムの構築
  - 収集した情報の活用技術・マネジメント技術の構築
  - プロトタイプシステムの紹介
- モニタリングからインダストリ4.0へ
  - 人と設備、物がつながる製造業
  - 人間中心（Human Centric）の製造環境の構築
  - 人間中心（Human Centric）のモニタリングシステム



# 工場見える化システムの実用化 【日本財団助成事業】

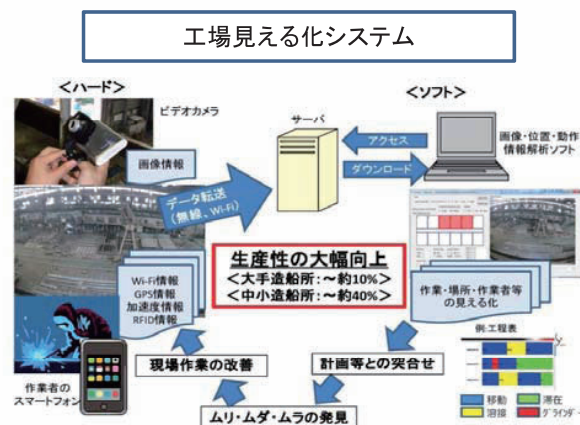
平成28年9月14日  
(一財)日本船舶技術研究協会  
森山 厚夫

1

## 1. 造船工場見える化システムとは

「見えない問題は解決できない。それを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』 東洋経済新報社 2005年)

- ・ 「見える化システム」とは、
  - 人やモノの位置・移動情報、作業内容情報が自動的に収集され、集計でき、
  - これらの情報を、時間軸と作業者・作業内容の関係などとしてわかり易く図表化できるシステムである。これにより、計画と実態の比較を短時間で容易かつ定量的に行うことが可能となり、作業のムリ・ムダ・ムラの発見と、作業改善による生産性向上に大きく役立つ。



2

## 2. 本プロジェクトの開発目標

### (1) 造船生産現場における「人」の作業識別及び行動識別を行うシステム

- ① 作業者の位置と作業内容の情報収集を、ビデオ画像と、スマートフォンに組み込まれたWi-Fi電波強度、GPS、加速度センサ並びにRFIDリーダ等の組み合わせにより実施する。
- ② 得られた情報を分析し、作業や作業者の移動図とヒートマップ並びに作業者や作業エリアによって整理された作業進捗状況の表(ガントチャート)等を容易かつ迅速に作成できる

ブロックなどのモノの位置や移動の把握は対象とせずに今後の開発課題とした。

### (2) 小組立工場を対象としつつ、他の工程への発展性をもつプラットフォームを構築

現状は小組立工場のみにも適用可能であるが、今後のセンサ技術やIoT技術の進歩を取り込んで中組・大組立工場にも適用できるように、高い汎用性と発展性を備えたプラットフォームシステムとして開発する。

### (3) ネットワーク化を想定したWEBアプリケーションシステムとして構築

各社の情報通信ネットワークの中で活用できるように、スタンドアローンのシステムではなく、インターネットを介したWEBアプリケーションシステムとして構築する。

3

## 3. 研究開発体制

委員長 : 青山和弘 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

委員構成: (国大)東京大学、(国大)九州大学、  
(国研)海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全  
研究所、住友重機械マリンエンジニアリング(株)、  
(株)名村造船所、三井造船(株)

関係者 : 国土交通省海事局船舶産業課、  
(一社)日本造船工業会、名村情報システム(株)

事務局 : (一財)日本船舶技術研究協会

4

## 4. 工場内における作業及び作業情報の収集方法

情報収集は、ビデオ画像及びスマートフォンに組み込まれたWi-Fi電波強度、GPS、加速度センサ並びにRFIDリーダ等により行う。ハードウェア構成を図1に、カメラのセットアップを図2に示す。機器は全て市販品であり可能な限り安価で簡易なシステムとした。



図1 ハードウェア構成

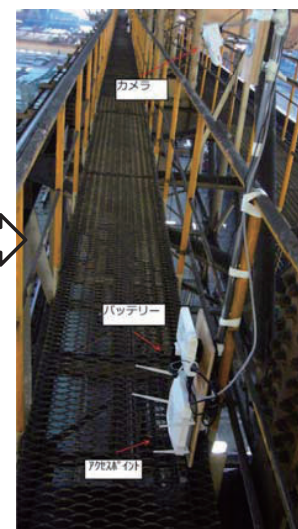


図2 カメラセットアップ状況

5

## 5. ビデオ画像の解析方法

東大で開発された画像処理技術を用いて作業（溶接、グラインダー、ガウジング等）と作業者の移動を解析した。作業は図1に見るように光の強度、色相、範囲などの違いを捉えて作業の抽出と識別を行った。

作業者の位置や移動は、現在の画像と前の画像の背景差分を取ることで抽出した。作業者の認識状況の例を図2に示す。

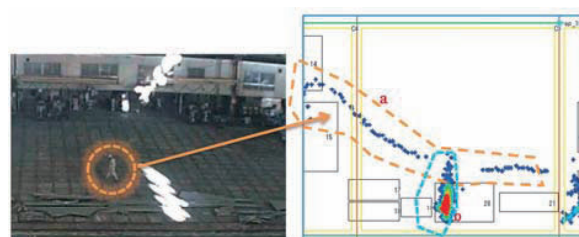


図2 作業者認識状況

溶接



グラインダー



ガウジング



図1 作業（溶接、グラインダー、ガウジング）の光の強度、色相、範囲の違い

6

## 6. 作業(溶接、グラインダー等)及び作業者の移動図とヒートマップ

- ビデオ画像の解析により、作業及び作業者の移動図(図1)やヒートマップ(図2)を作成することができる。
- 本解析により、作業者がどの時間帯に、どの場所で、どのような作業を実施しているかを全体的に把握することができる。
- 本解析を1日～数日に亘って実施すれば工程のマクロ観察が可能になるので、工程の改善の可能性がある作業エリア及や作業時間帯を見出すことができる。

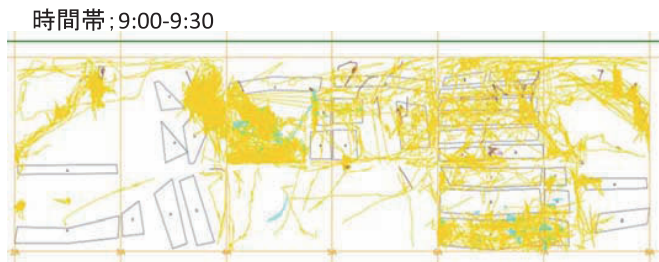


図1 作業(溶接、グラインダー)及び作業者の移動軌跡  
(水色:溶接、茶:グラインダー、黄:作業者移動軌跡)

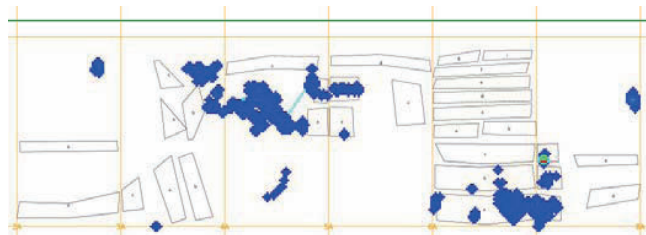


図2 溶接のヒートマップ  
(溶接の密度は 青 < 緑 < 赤 の順)

7

## 7. 作業時間分布及び作業累積チャート

- 工程の改善の可能性がある作業エリアに関して(右図参照)作業時間分布(図1)及び作業累積チャート(図2)を作成することができる。
- 本解析により、実作業(溶接など)や作業者移動の時間割合を把握することができるので、工程改善計画等に有用なデータを得ることが可能になる。

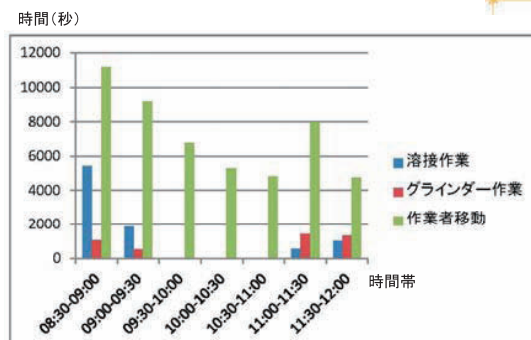
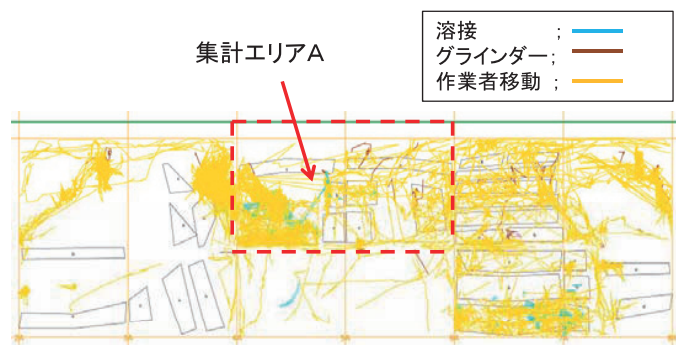


図1 作業時間分布(集計エリア:A、時間帯:8:30-12:00)



図2 作業累積チャート(集計エリア:A、時間帯:8:30-12:00)

8



## 8. 作業エリアの作業進捗状況(ガントチャート)の作成及び編集、逆引き機能

- 工程改善の可能性がある作業エリアについては、より詳細なモニタリングを実施する。これには作業進捗状況(ガントチャート)の解析が有効である。
- ビデオ画像の解析により、作業エリア毎の作業(溶接等)と作業者の移動のガントチャートを自動作成。
- ただし、画像解析システムの機能上、移動や作業を中断・再開した場合、実際は一連の動作・作業であっても異なる動作・作業と認識されてガントチャートが作成される(図1の上図を参照)。
- この対応として、人間の目視によるビデオ画像の確認とガントチャートの修正編集が必要。これを容易にするため、ガントチャートからのビデオ画像の逆引き機能と、ガントチャートの編集機能(チャートの結合、削除等)を導入した。

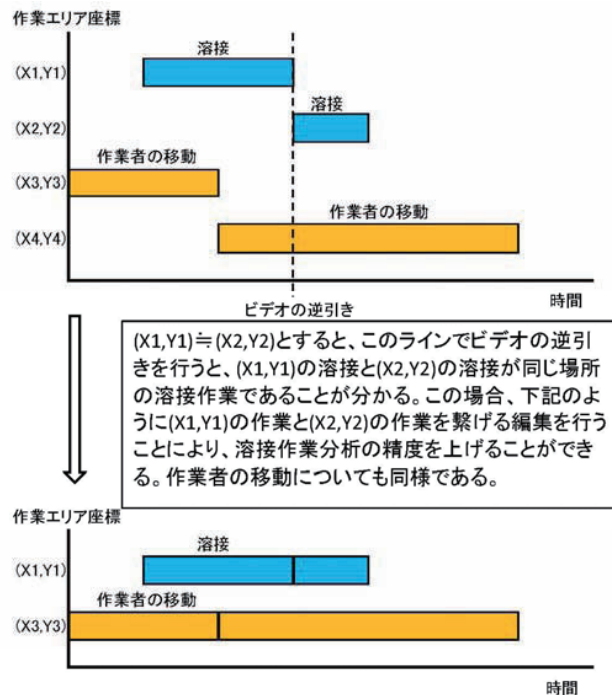
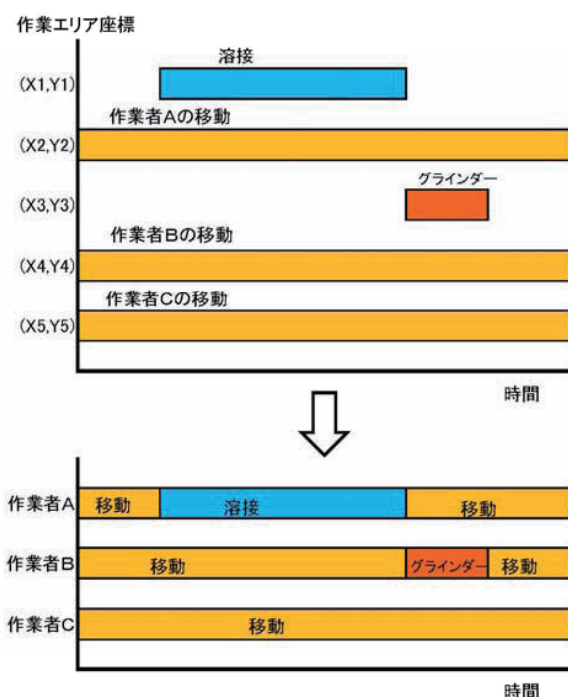


図1 溶接作業と作業者の移動のガントチャート

9

## 9. 作業者の作業進捗状況(ガントチャート)の作成

- 左上図において $(X1,Y1) \equiv (X2,Y2)$ の場合、溶接作業は作業者Aが実施していることが分かる。
- 同様に、 $(X3,Y3) \equiv (X4,Y4)$ の場合、グラインダー作業は作業者Bが実施していることが分かる。
- そこで、作業と移動を合成することにより、左下図に示すように作業者のガントチャートを作成することができる。



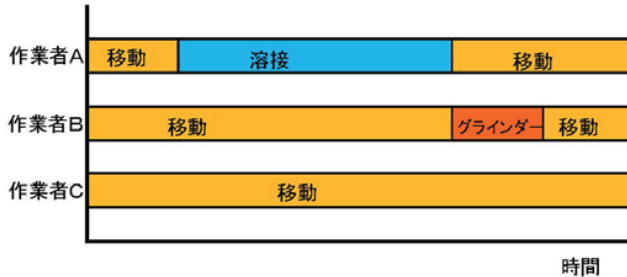
10



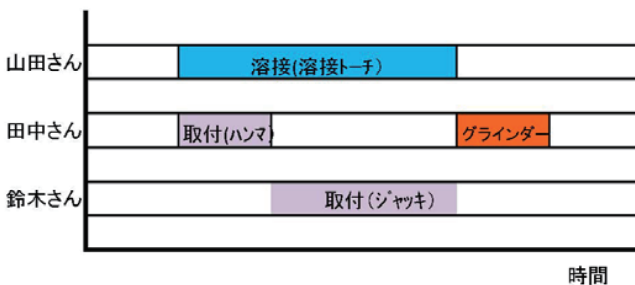
## 10. ビデオ画像とスマホ情報の組み合わせによる 情報の精度向上(作業者の認定)

ビデオ画像解析では作業者の移動や作業は解析できるが、作業者の氏名の特定はできない。スマホ情報(RFIDデータ、GPS、Wi-Fi電波強度等)を活用すると、以下の如く作業者の氏名を特定することができる。

### ・画像解析結果(作業者のガントチャート)



### ・RFID解析結果



**RFIDの解析**は作業者が使用する機器(溶接トーチ、ジャッキ、ハンマー等)にICタグを貼付しておき、RFIDリーダーを持った作業者が近づいた場合にICタグ情報をRFIDリーダーが拾うという仕組みである。即ち、これより作業履歴を解析することが可能である。

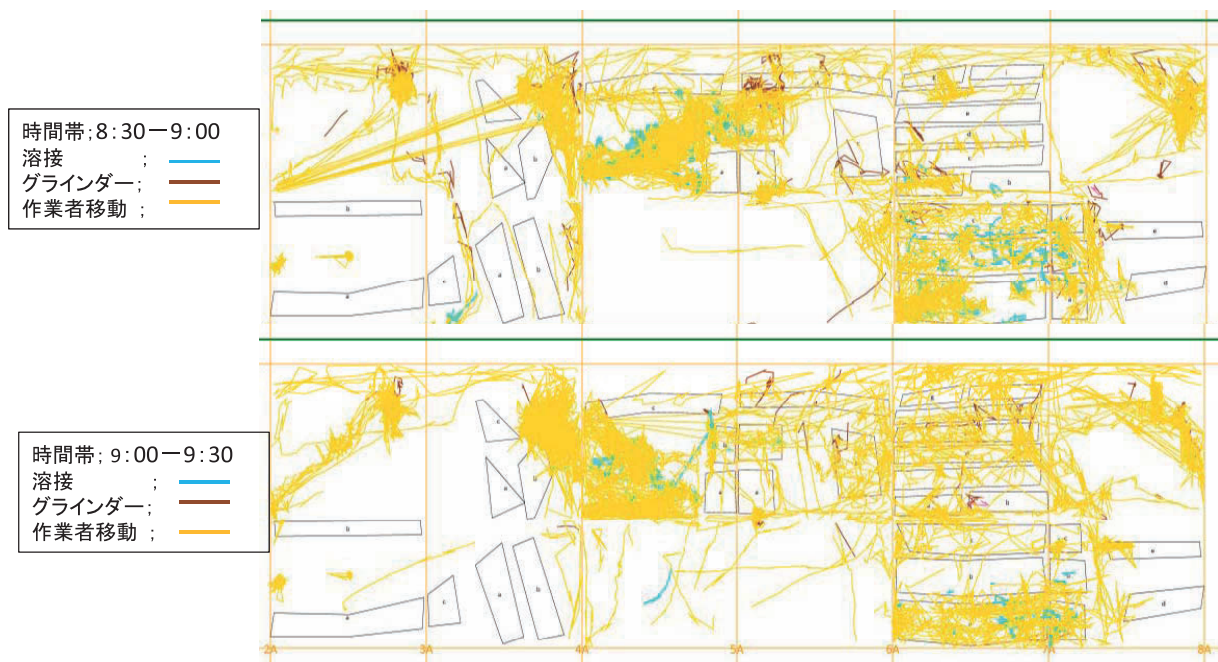
**GPS及びWi-Fi電波強度等による位置の解析**から山田さん、田中さん、鈴木さんが作業者A,B,Cと同じエリアに存在することがわかるので、左図の両方の解析結果(ガントチャート)を比較すると、作業者の氏名の特定が可能になる。

作業者A → 山田さん  
作業者B → 田中さん  
作業者C → 鈴木さん

11

## 11. 計測・解析事例(某造船所、小組立工場の午前中の計測)

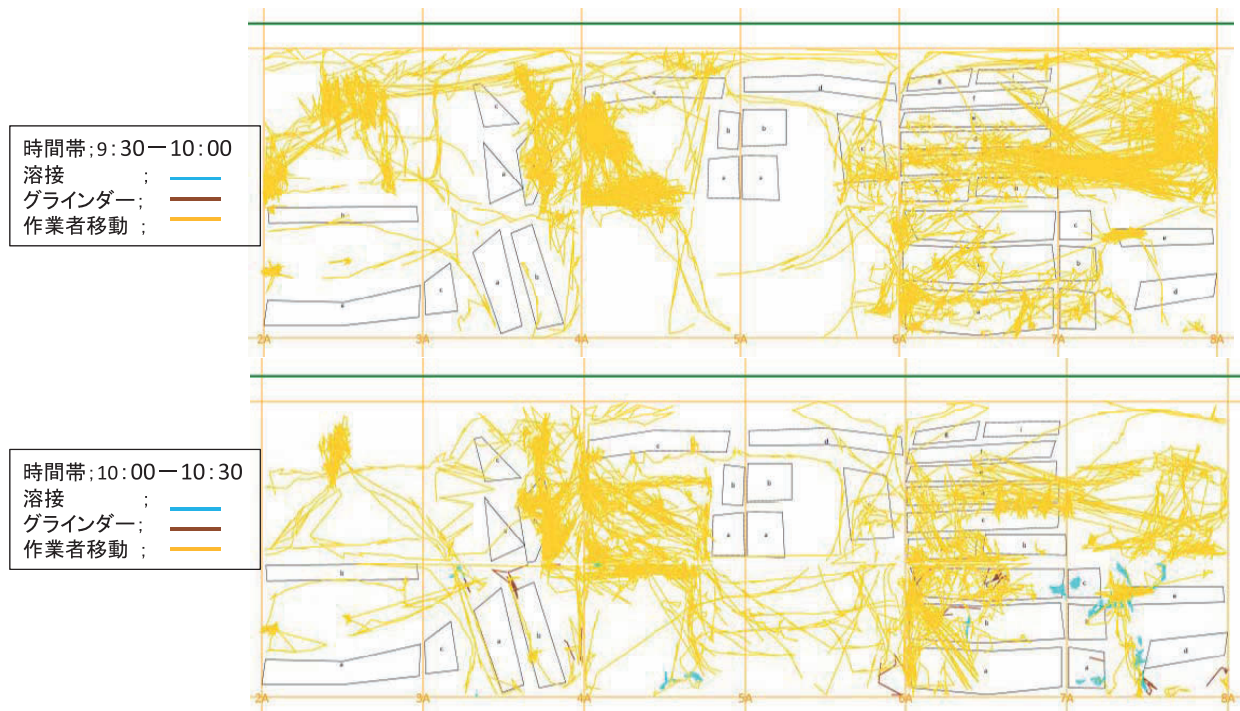
### ■作業(溶接、グラインダー)及び作業者の移動図の解析例



12

## 11. 計測・解析事例(某造船所、小組立工場の午前中の計測)

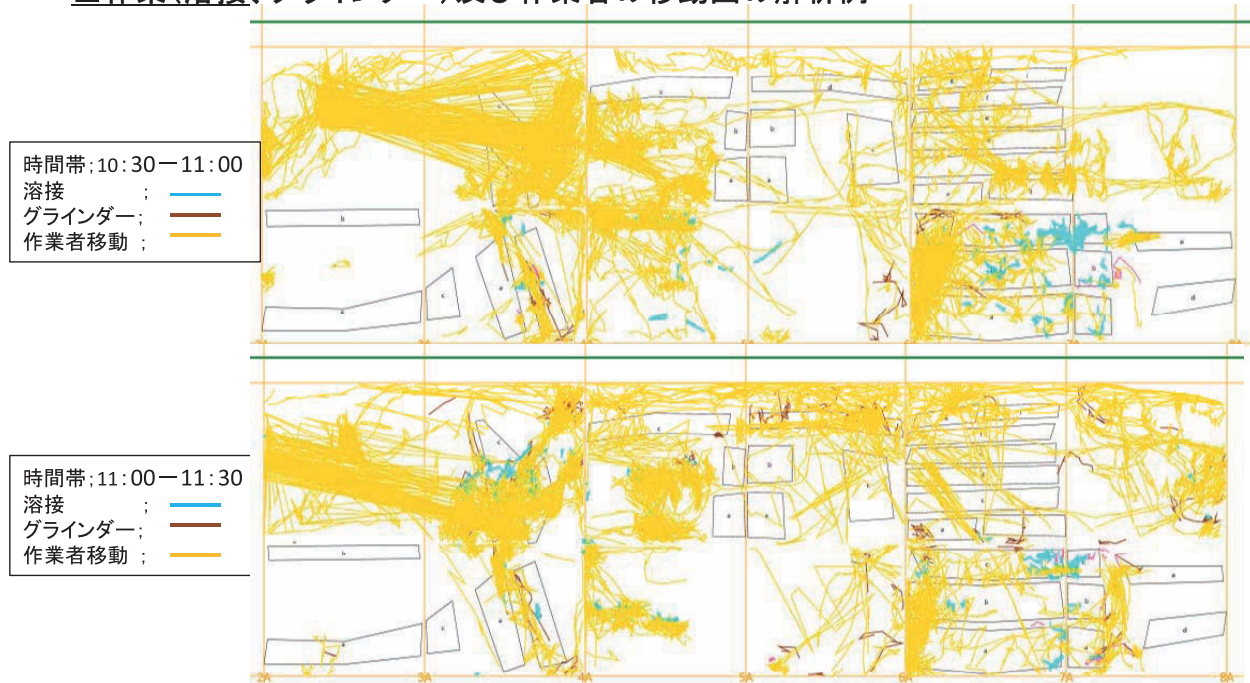
### ■作業(溶接、グラインダー)及び作業者の移動図の解析例



13

## 11. 計測・解析事例(某造船所、小組立工場の午前中の計測)

### ■作業(溶接、グラインダー)及び作業者の移動図の解析例



14



## 11. 計測・解析事例(某造船所、小組立工場の午前中の計測)

### ■作業(溶接、グラインダー)及び作業者の移動図の解析例



15

## 11. 計測・解析事例(某造船所、小組立工場の午前中の計測)

### ■作業者のガントチャートの解析例

時間帯: 9:00-9:30  
 溶接 ; —  
 グラインダー ; —  
 作業者移動 ; —

詳細解析が必要なエリアを9:00-9:30の時間帯のエリアAとすると、このエリアの作業者のガントチャートの解析を行えば、個々の作業者の行動を把握することが可能になる。

エリアA



エリアAの画像



エリアAの作業者のガントチャートの解析



16

## 12. 今後の計画

### (1) 本プロジェクト終了後のシステムの取り扱い

本会賛助会員に対して希望先には条件付きでソフトウェアを無償提供する予定。

### (2) 問合せ先

(一財)日本船舶技術研究協会 研究開発ユニット

森山、杉山

[TEL:03-5575-6428](tel:03-5575-6428)、FAX:03-5114-8941、E-mail:[rdu@jstra.jp](mailto:rdu@jstra.jp)

17

## 13. 将来展開

### 将来展開の可能性

- ・現状は小組立工場の見える化を対象としたプラットフォームシステムであるが、これに今後、ブロックなどのモノの移動の把握並びにスマートグラスやQRコード等(下図参照)のモニタリング情報を追加することで、中組・大組の作業の見える化を行うことができる。
- ・作業者がスマートウォッチ等のウェアラブルPCを携帯することにより、作業者の体温や脈拍等のデータを取得し、作業者の健康管理を行うことができる。
- ・計画と見える化システムの解析結果を準リアルタイムで対比させることにより、作業の遅れの把握と適切な対応を迅速に行うことができる。

#### ・QRコード／RFIDタグ

- － RFID: Suicaなどに用いられる、無線通信で情報をやりとりする技術。
- － 各作業用具やワークに設置されたQRコード/Tagを作業者が携帯したカメラ/リーダによって読み取ることで、作業者が各時刻にどの作業を行っているのか判定。



スマートグラス/QRコード及びRFIDリーダ/RFIDタグを活用した作業の見える化

18





# 工場見える化システムの ソフトウェアの概要

平成28年9月14日

末次 英明

西日本事業本部 伊万里事業所 システム開発部

 名村情報システム株式会社

Copyright © 2016 Namura Information Systems Inc.

---

## ■. 目次

1. システム概要
2. システム動作条件
3. 画像解析用カメラ条件
4. ネットワーク構成
5. システム内容
6. カスタマイズ

# 1. システム概要



現場作業者の移動データ（スマートフォンのGPS・Wi-Fi強度・加速度、RFID等）やビデオカメラで撮影した動画の画像解析を行い、作業者や作業の情報を抽出する。抽出情報の表示、データの出力が可能なプラットフォームを構築

## ＜システム特徴＞

### ■ 設置性

WEBアプリケーション対応であるため、利用者のPCに見える化システムをインストールすることなくソフトウェアを利用できる

### ■ 保守性

サーバーの保守だけでソフトウェアのアップデートができる

### ■ 拡張性

機能追加は柔軟に対応できる仕組みとなっている

# 2. システム動作条件



- JavaVMが動作するPCであれば動作が可能
- インストールはシステムファイルのコピーのみで利用可能

## アプリケーションサーバ（Windowsの場合）

|     |                         |                        |
|-----|-------------------------|------------------------|
| OS  | Windows 7 SP1 64bit 以降  | ※ 32bit版のWindowsでも動作可能 |
| CPU | Intel Core i7 3.0GHz 以上 |                        |
| メモリ | 8GB 以上                  | ※ 32bit版のOSであれば4GB     |
| HDD | 1TB 以上                  | ※ 解析用ディスクとして使用         |

## クライアント

|      |                                                 |
|------|-------------------------------------------------|
| ブラウザ | Java Script が動作するブラウザ（Internet Explorer は11 以降） |
|------|-------------------------------------------------|

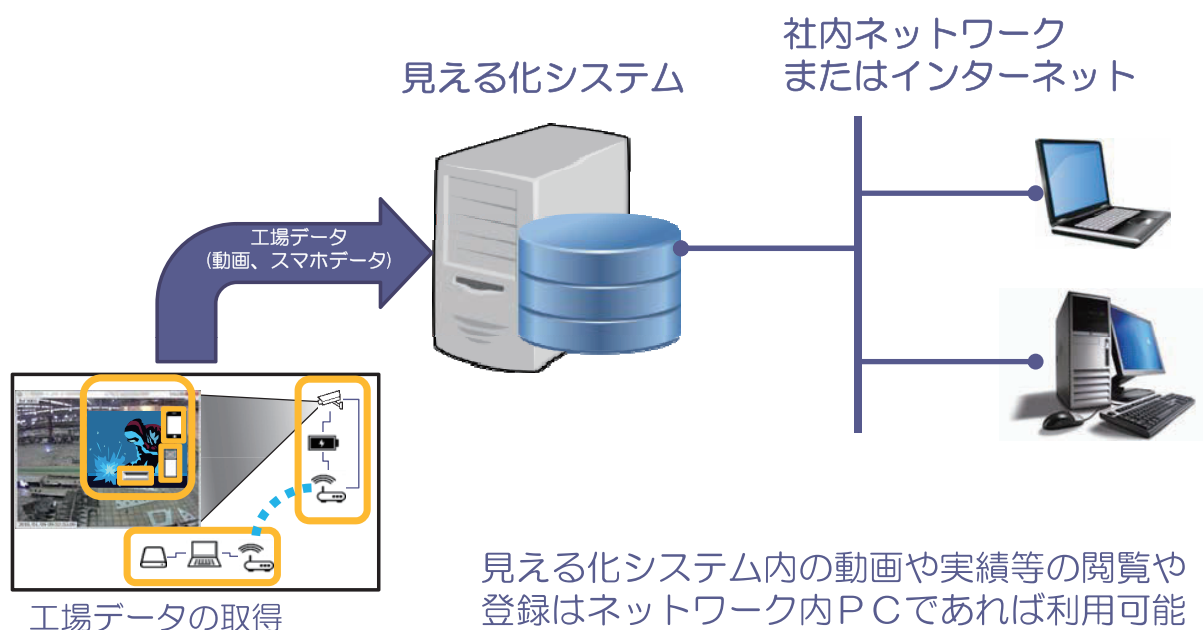
### 3. 画像解析用カメラ条件

- カメラは市販されている一般的なWEBカメラやネットワークカメラによる撮影動画にて解析が可能

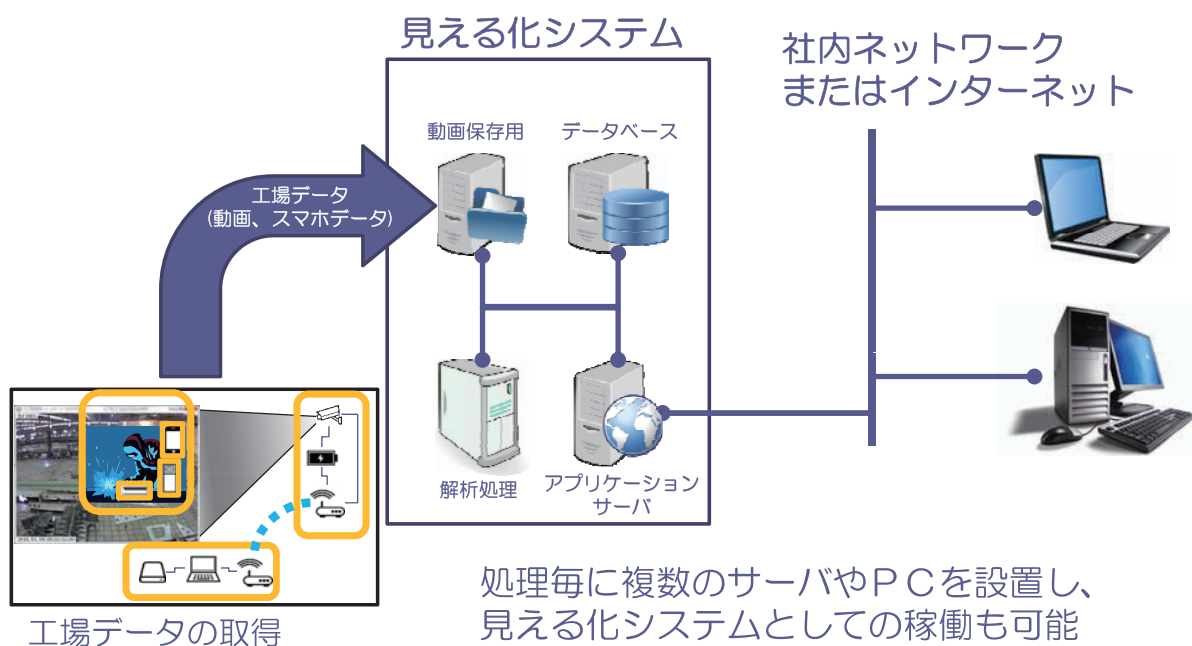
#### 推奨条件

|         |           |
|---------|-----------|
| ファイル形式  | MP4またはAVI |
| コーデック   | H.264     |
| フレームレート | 20フレーム以上  |
| ビットレート  | 480p以上    |

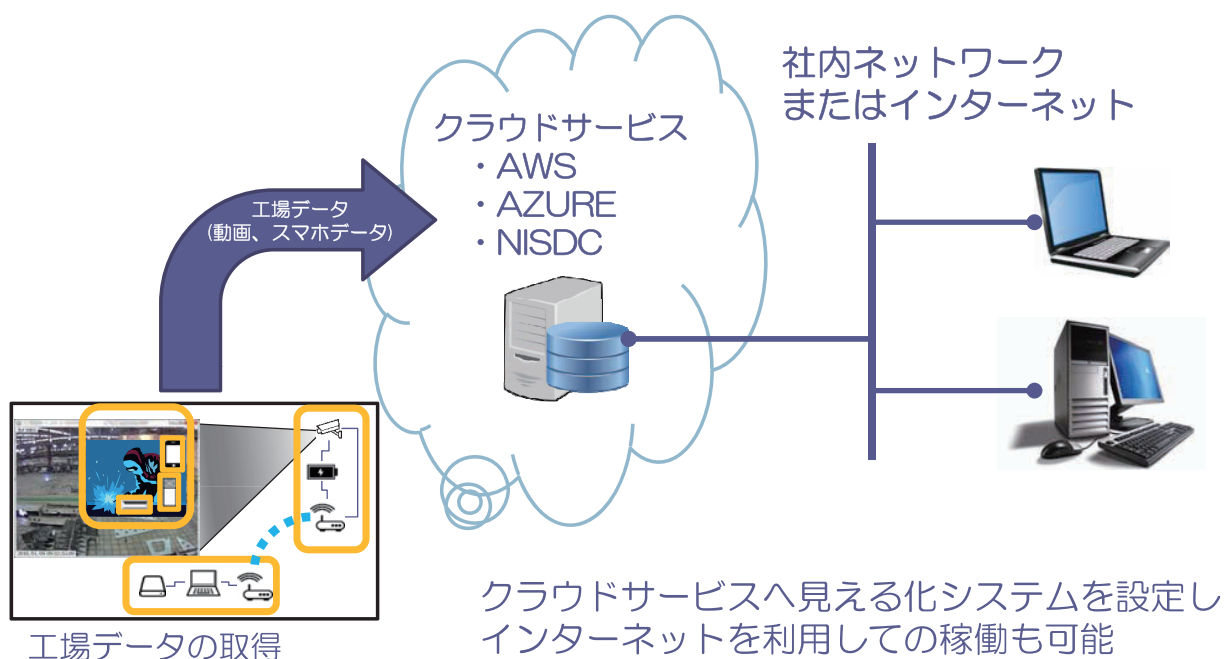
### 4. ネットワーク構成



## 4. ネットワーク構成



## 4. ネットワーク構成



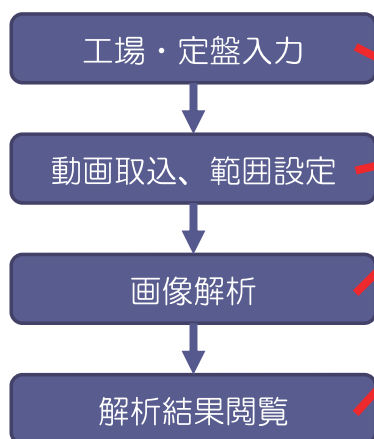


## 5. システム内容ーメイン画面

- メインメニューは順番どおりに入力していくことで、容易に解析の準備をできるように画面を構成

➤ 1画面で1機能とすることにより、容易な操作性を実現

解析までの主な順序

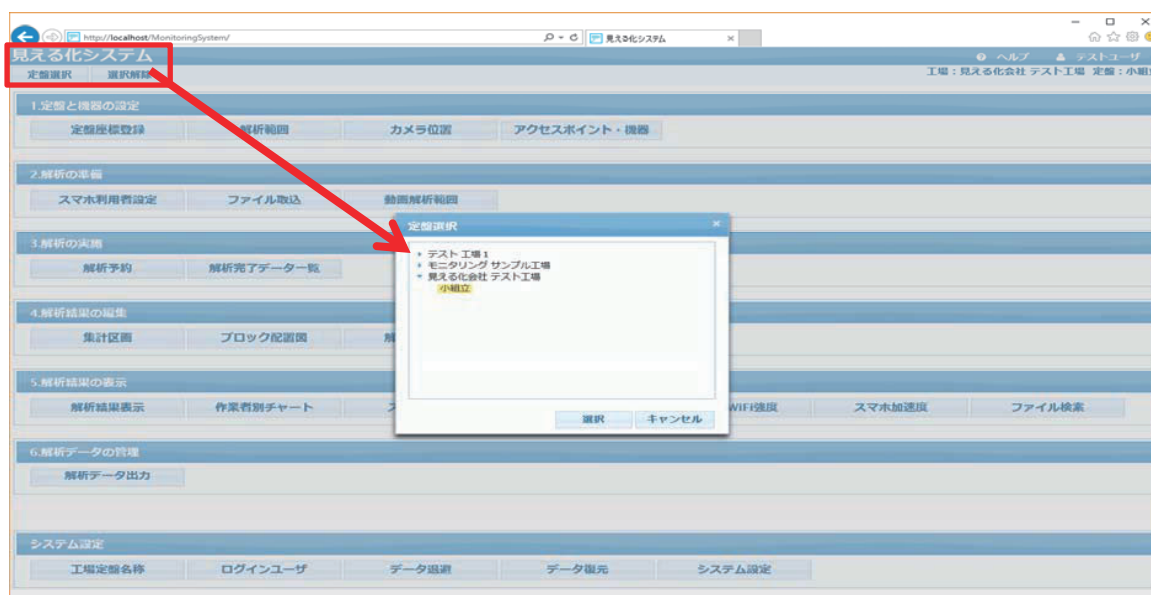


実際の画面



## 5. システム内容ー工場定盤選択

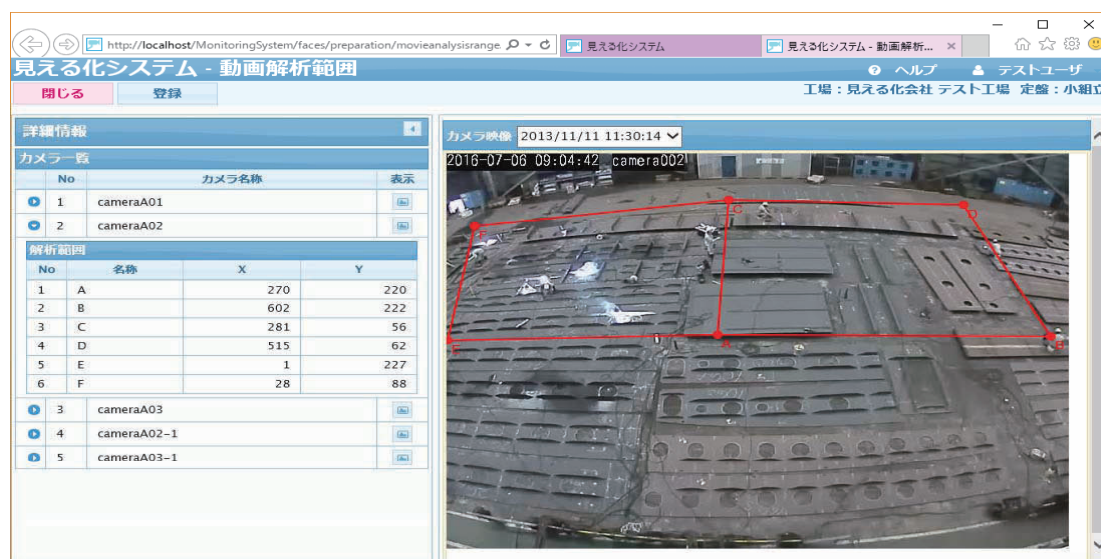
- 予め工場や定盤を選択しておくことで、各画面での選択を軽減し、実績入力に集中できるように構成



## 5. システム内容－解析範囲設定



- 動画のキャプチャ画像を背景とし、解析範囲を設定可能

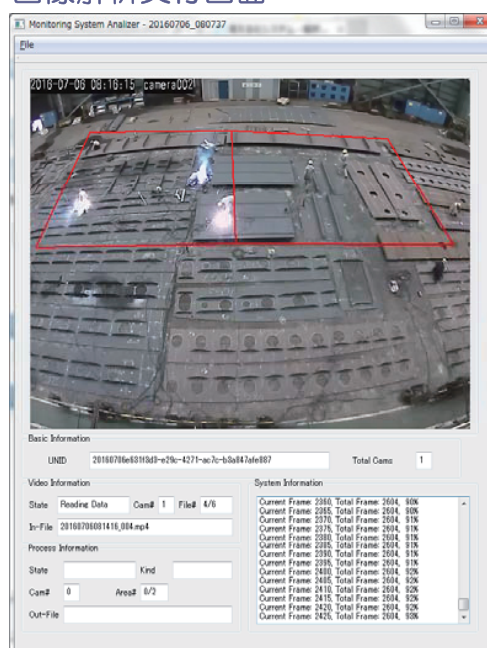


## 5. システム内容－解析実行



- 画像解析は解析範囲内の解析を同時に10個まで実施可能
- 解析時間は動画撮影時間の半分程度の時間が必要
- 夜間の自動解析実行や即時解析開始など、実行タイミングを調整可能

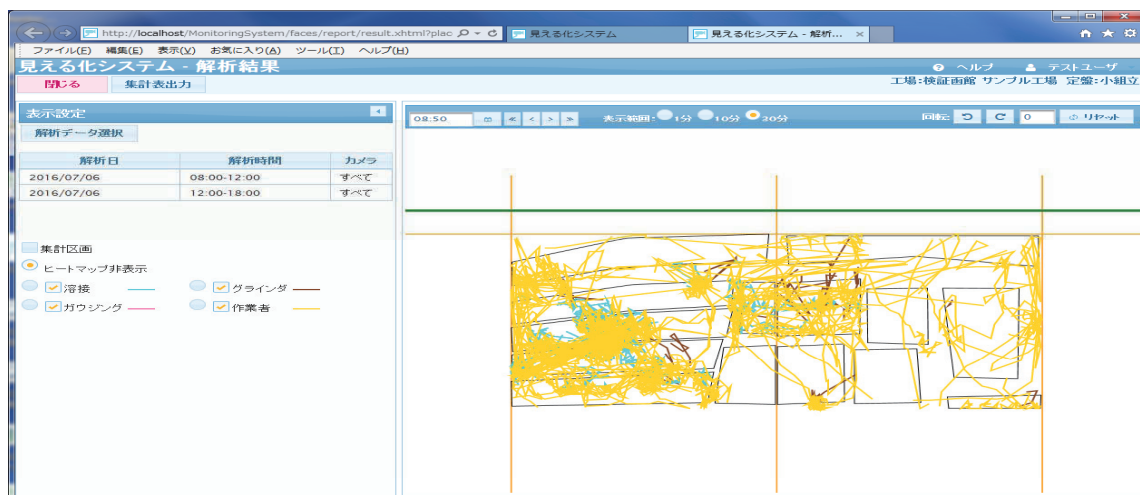
画像解析実行画面



## 5. システム内容－解析結果

- 定盤上の部材やブロックを多角形入力して現場の詳細な状況を再現することが可能

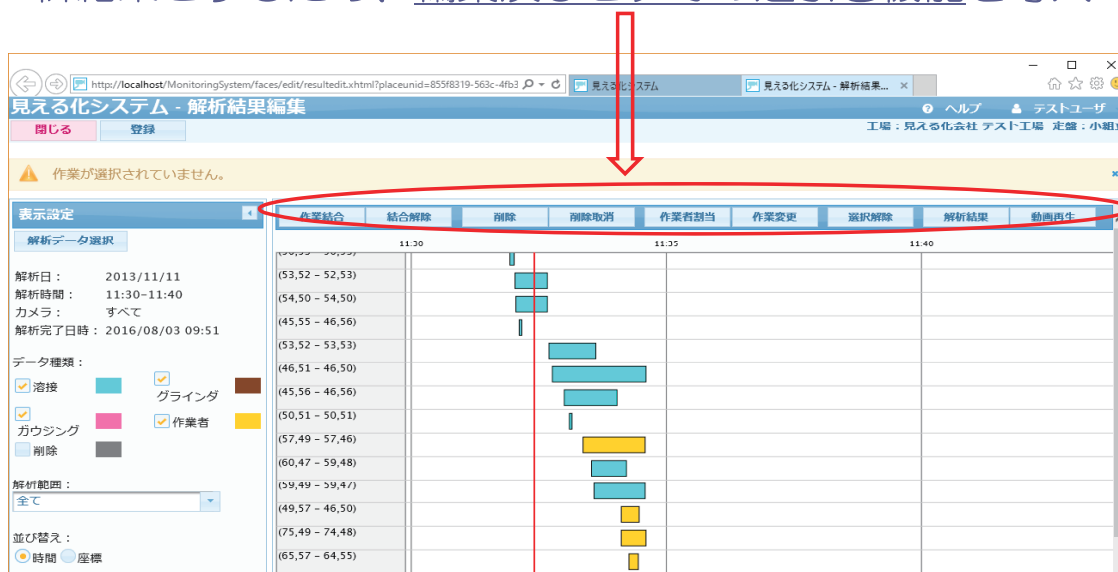
➤ 作業及び作業者の移動図やヒートマップをこの上に示すことにより、解析結果をより分かりやすく表現することができる



Copyright © 2016 Namura Information Systems Inc.

## 5. システム内容－ガントチャート

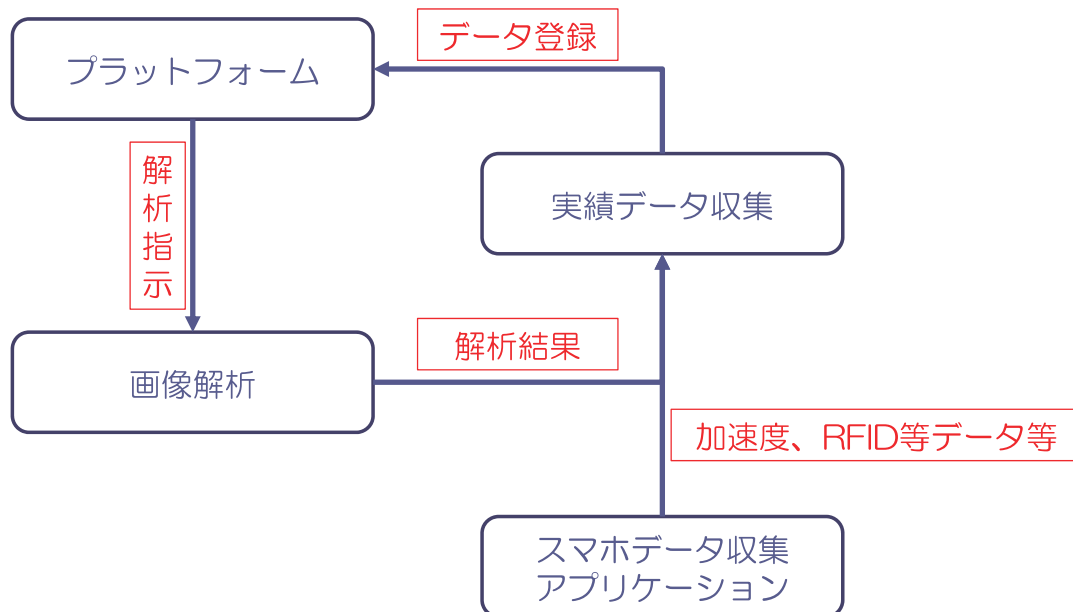
- 解析結果のガントチャート表示については、より正確な解析結果とするため、編集及びビデオの逆引き機能を導入



Copyright © 2016 Namura Information Systems Inc.

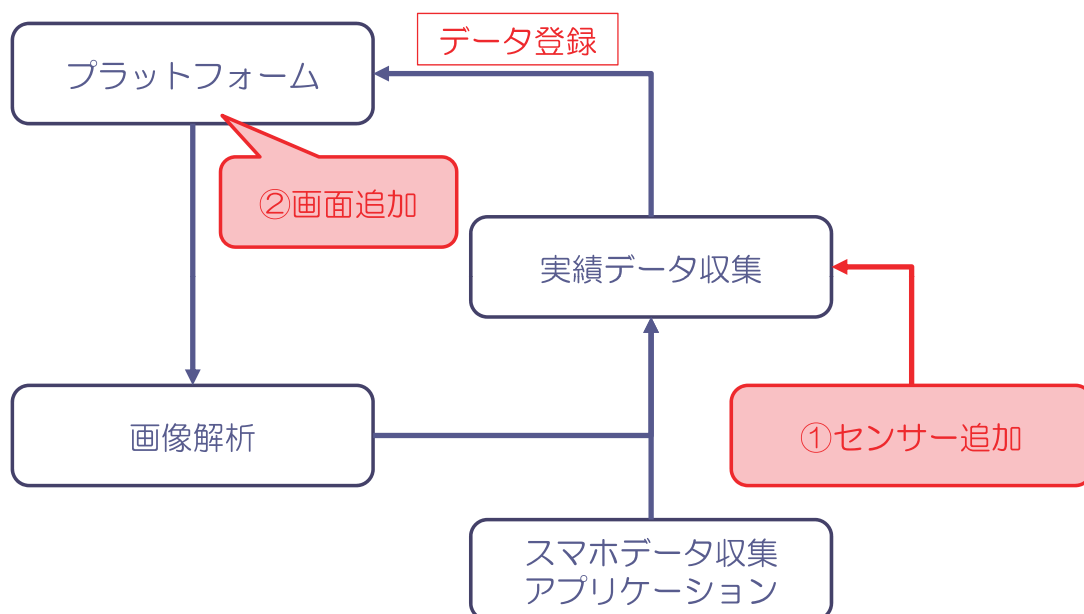
## 6. カスタマイズ

### ●全体のシステム構成



## 6. カスタマイズ

### ●画面やセンサーデータを追加する場合



## 6. カスタマイズ



- 見える化システムの開発は下記一覧にて構築している。

### プラットフォーム、実績データ収集

| 開発      | 名称               |
|---------|------------------|
| 言語      | Java             |
| フレームワーク | Java EE          |
| HTTPサーバ | GlassFish Server |
| データベース  | PostgreSQL       |
| 動画変換    | FFmpeg           |

### 画像解析

| 開発    | 名称     |
|-------|--------|
| 言語    | C++    |
| ライブラリ | OpenCV |

## 6. カスタマイズ



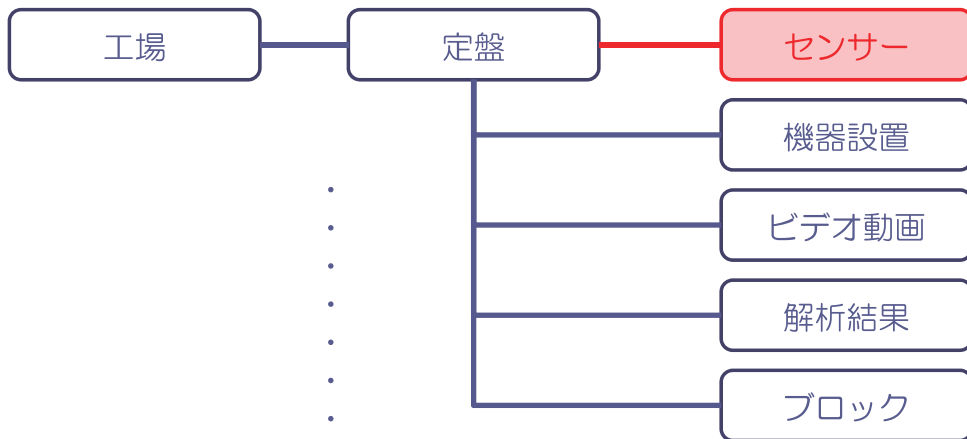
- 下記3点に分割してシステム構築を行っている
  - データ操作・・・データベースとのデータ入出力
  - 画面制御・・・データの検索結果表示、登録ボタン等の処理
  - 表示画面・・・ユーザが操作する画面の作成
- 画面作成は、HTML5やJavaScriptを利用している  
開発は、特殊な技術や有償ツールは利用していない
- プログラムは見やすいように、フォルダやシステムの機能ごとに整理して保存している



## 6. カスタマイズ

- データは、種類に分けてデータベース管理している

- センサーなどの追加は、他の情報やデータに影響することなく追加できる



# 工場見える化システムの 造船所における応用

乗富 賢蔵

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G

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

中村 拓貴

三井造船(株) 船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 管理部 計画G

1

## 検知／モニタリングの利活用

- **環境の改善:労働安全の向上**
  - 働き易い労働環境の整備 → 意欲, 体力の維持
  - 適切な時間管理:無駄な無理, 必要な無理. メリハリ
- **品質の改善:製品品質の向上**
  - 品質不良の発生原因の究明と対策
  - 品質不良の影響伝播の把握:手直し作業の収集
- **生産の改善:生産性の向上**
  - 工程混乱の現状把握
  - 工程混乱の発生原因の究明と対策

2

# モニタリングの展開方向

- 対象工程の拡張展開
  - 中組, 大組工程への展開: 要望高
  - ビデオ画像の限界. ビデオ以外のデータ収集, デバイスの利用
- 生産システムモデルの構築
  - 計画情報の有効活用, 融合
  - モニタリングシステム, データの構成論
  - 生産システムを表現する情報モデルの検討
  - モニタリングデータの活用方法の検討
- 作業者のためのモニタリング(見守り): 新しいデバイス(ヘルスケア)の導入
  - 作業者の体調管理, 体調管理と生産性の関係分析
  - フィットネス機能, ヘルスケア機能を有するデバイスの活用

3

## 期待する応用

- 作業実績の収集と活用: 見える化の高度化(横展開, 縦展開)
  - 詳細な作業実績の収集
  - 正確な作業実績の収集
  - 現場の労働環境の改善. 計画の改善.
- ワークのモニタリング: ブロック, 部品の追跡(トラッキング)
  - 工場内のモノの識別: 形状認識と場所
  - モノの流れの把握, 管理. 工作要領, 作業指示との連携
- 溶接品質のモニタリング: 溶接部の品質マネジメント
  - 溶接情報のデジタル化: デジタル溶接機の有効活用
  - 溶接部の品質管理(事前, 事後)
- 工場安全の実現: 作業者の安全マネジメント
  - 作業者の生体情報センシング
  - 生体情報による健康管理, 安全管理

4

# 作業実績の収集と活用

見える化の高度化(横展開, 縦展開)

詳細な作業実績の収集

正確な作業実績の収集

現場の労働環境の改善, 計画の改善.

5

## 「造船工場の見える化」の高度化(横展開, 縦展開)

### • 働き易い作業環境の実現: 作業改善(コスト)

- 作業者やモノの移動軌跡, 頻度から, 道具の段取り位置や作業環境について評価し, 改善案を考える.

### • 作業分析の簡易化とビックデータ分析

- 改善活動に作業分析は欠かせなく, 従来のビデオ分析では膨大な時間を要し, 十分なデータ量を手に入れない. その結果, 改善活動が困難.
- 作業分析のデータと実績を紐付けて登録できるデータベースを構築し, ビデオ内容から改善すべきポイントと, 改善案を提示するシステムを構築

### • 計画と実績の対比(納期, コスト)

- 計画した工期, 時数, 配員数との比較を行い, 計画に対して誤差が大きくなりつつあるときにアラートする.
- 遅れに応じた日程計画の変更. ダイナミックな作業指示.

6

## 働き易い作業環境の実現: 作業改善(コスト)

### 問題:

- 作業者の移動が多くムダ?な歩行が見受けられる.

### 要望:

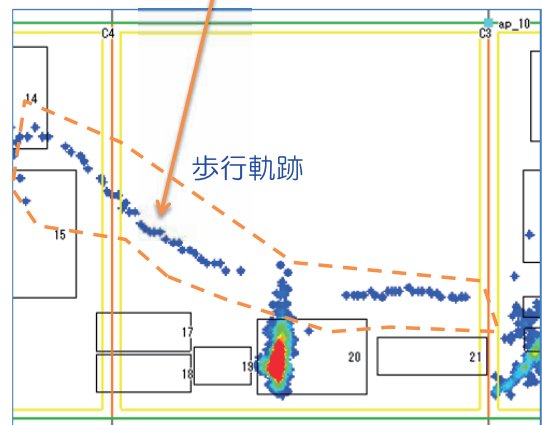
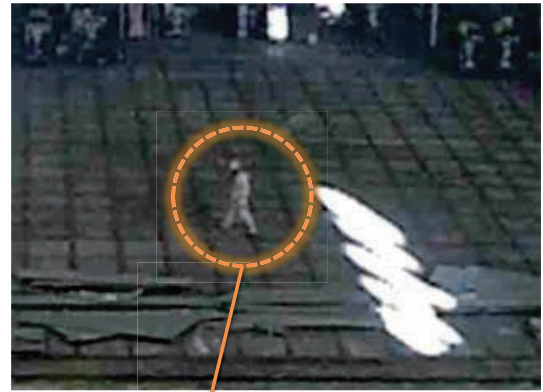
- 作業者やモノの移動軌跡, 頻度を分析し, 道具やモノの配置を評価する.

### 対応策:

- 移動軌跡解析, 移動頻度分析

### 効用:

- ムダな移動が減少する.
- 適切なモノの配置によって, 効率的に作業出来る.



7

## 作業分析の簡易化とビックデータ分析

### 問題:

- ビデオによる目視の作業分析を行うが, 時間がかかりすぎて十分な効果が得られない.

### 要望:

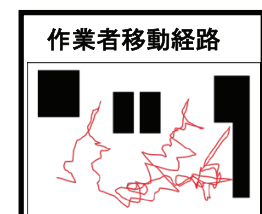
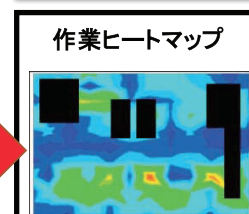
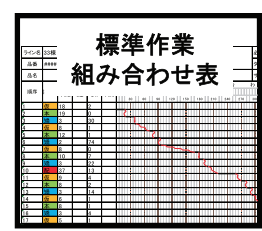
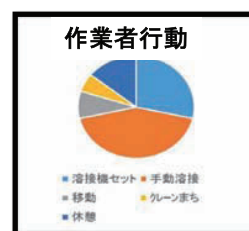
- ビデオ画像データから作業分析を行ない, 分析結果と改善案が提示される.

### 対応策:

- 複数のセンサから得られたデータ(画像、加速度、位置、アークタイム、溶接条件、温度、スイッチ ON/OFFなど)を統合することによって作業状態を推定し, 作業分析に必要なデータを自動的に出力する.

### 効用:

- 短時間での作業分析が可能.
- 改善後の再分析で効果を定量的に検証出来る.



8



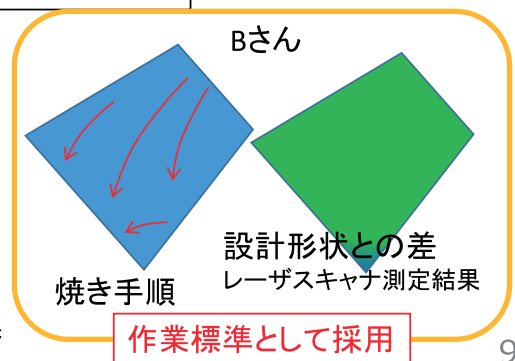
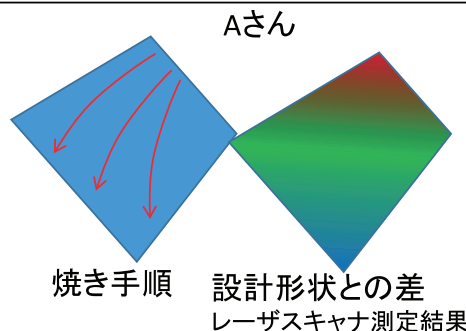
# 「曲げ作業：撓鉄作業」の作業分析

**課題：** 作業者ごとに、火力・加熱箇所などに違いがあり、同じ形状の板でも工数や品質に差ができてしまう。

**要望：** 作業者毎の焼き方の差を把握し、撓鉄作業の作業標準の作成したい。

**対応策：** 標準作業作成に必要なデータの取得

|          |                                            |
|----------|--------------------------------------------|
| ・焼き位置/速度 | 複数視点からのビデオデータ取得<br>特定輝度の追跡、バーナー取付マーカから座標取得 |
| ・火力      | ガス圧/流量/バーナー高さ                              |
| ・冷却水当て方  | 水管取付マーカから座標取得、水量                           |
| ・板形状     | レーザスキャナ 木型からのズレ距離                          |
| ・拘束治具位置  | 画像データ                                      |



9

## ブロック作業開始と終了を確認

**問題：**

- 作業者の日報ベースでの報告のため、実作業時間、実作業工期がとれないため、次の工程計画に反映がしきれない

**要望：**

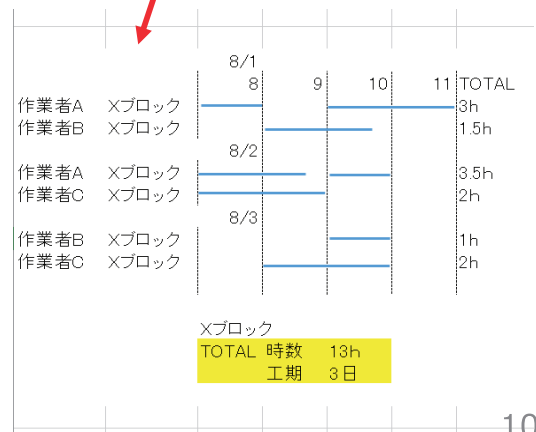
- ブロックごとの実際の作業時間を収集できるようにする

**対応策：**

- 作業している時間をビデオ画像等で認識させる

**効用：**

- 工程精度向上、最適工程の検討
- ムダな日程計画の削減によって、効率的に作業出来る



10

## 計画と実績との対比(納期, コスト)

### 問題:

- 作業状況のリアルタイムな把握が困難.
- 計画に対して進み遅れが不明.
- 配員管理が不適切なため時数が増加.

### 要望:

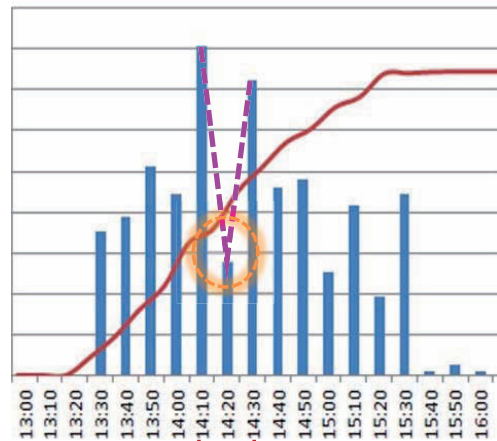
- 計画した工期, 時数, 配員数との比較を行い, 計画に対して誤差が大きくなりつつあるとき, アラートする.
- 遅れに応じた日程計画の変更, ダイナミックな作業指示.

### 対応策:

- 計画と実績との差異を監視.
- 作業人数, モノの移動, 作業時間のチェック

### 効用:

- リアルタイム進捗管理で先手の対策を講じる事が出来る.
- 作業実績を把握する事により, 次の計画へ反映.



トラブル発生！！



対策

11

## 「造船工場の見える化」の高度化(横展開, 縦展開)

### 作業実績の収集

- ブロック(区画)の作業実績(工期, 時数, 配員数)を解析

### 予実管理

- 作業計画(工期, 時数, 配員数)を「工場見える化システム」に入力しておき, 両者の比較(リアルタイムでなく1日遅れ程度)を実施.

### 作業分析と作業改善

- 作業人数と溶接作業のガントチャートは現状システムで解析可能.
- 精度は60%~80%程度であるので, 高精度化が望まれる.

### 横展開: 小組立工程以外へ適用

- 切断工程: 切断機, クレーンと作業者との連携が見える化
- 曲げ工程: 作業順序の見える化, 作業指示へ
- 艀装工程: 作業順序の見える化, 作業指示へ
- 大組, 総組, 搭載工程へ: 見えない空間の見える化

12

## 対象工程の拡張

- 中組, 大組工程への展開
  - 課題: 作業をビデオ撮影できない. 基本的には物陰で作業.
- ビデオ撮影: 工場撮影
  - ブロックへの作業者の出入りを撮影, カウント
  - 作業時間, 作業量の推計
- ビデオ撮影: 作業撮影
  - 眼鏡カメラでの撮影, 画像処理による作業の開始, 終了時刻の計測
- RFID, バーコードなど
  - 梯子などに貼付け, 検知
- ブロック内の行動推定
  - 加速度センサ, ジャイロセンサの利用

13

## ワークの認識

ワーク(ブロック, 部品)の追跡(トラッキング)

工場内のモノの識別: 形状認識と場所

ワークの流れの把握, 管理. 工作要領, 作業指示との連携

14

# ワーク(ブロック, 部品)の追跡(トラッキング)

## ・仕掛品の把握(納期, コスト)

- ・モノの動きが無い(モノが動かない, 作業をされない)状態をウォッチし, 仕掛品の滞留が無いかチェックする.
- ・モノの流れから工事の遅れを把握する.

## ・定盤上での部材の適切な配置の検討

- ・ステージ毎(小組, 大組)に, 部材, ブロックを建造する棟, 定盤は決められているが, 部材, ブロックを定盤の何処に置くかの指示はない. 現場の判断であり, 無駄も多い.
- ・計画の精度向上が難しい.

## ・ブロックの滞留個数, 種類の検出

- ・滞留ブロック個数を検出する方法がなく, 管理者の感覚で予定表を描き, 実作業者が滞留ブロックの置き場を探して保管している.
- ・滞留ブロックが溢れる想定を十分できておらず, 滞留個数をオーバーした時に建造がSTOPしてしまう

15

# 仕掛品の把握(納期, コスト)

## 問題:

- ・ブロックに取付ける部材や艀装品などが遅れ、仕掛品が滞留することがあるが、リアルタイムにわからないケースがある

## 要望:

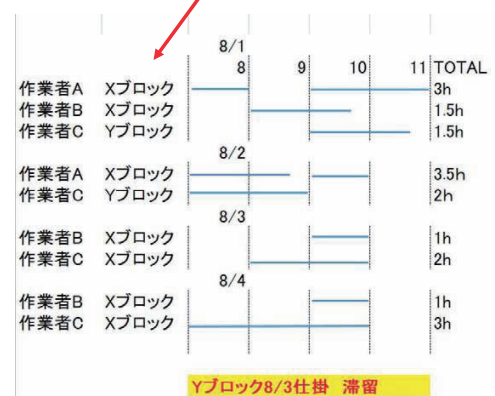
- ・動きが無い(作業されない)状態のブロックをウォッチし, 仕掛品の滞留が無いかチェックする

## 対応策:

- ・仕掛品の滞留チェック
- ・作業者が入っていないブロックをチェックし, 計画完了予定に対して早すぎることをチェック

## 効用:

- ・動きが無い部材から工事の遅れ, 品物の遅れを把握し, 対策の検討を行う



16

# 定盤上での部材の適切な配置の検討

## 問題:

- 部材,ブロックを定盤の何処に置くかを現場判断に委ねているためムダも多い

## 要望:

- 定盤への配材状況を見える化し, 作業分析を行う

## 対応策:

- 定盤の空状況をチェック
- 次に流す部材を検証し, 定盤配置を指示

## 効用:

- 定盤のムダなスペースの減少
- 計画精度の向上



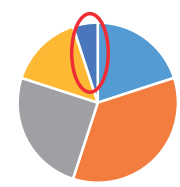
赤枠の空白スペースはムダなスペースとなっている

定盤面積使用率



■ Aブロック ■ Bブロック ■ Cブロック  
■ Dブロック ■ 空白

定盤面積使用率



■ Aブロック ■ Bブロック ■ Cブロック  
■ Dブロック ■ 空白

17

# ブロックの滞留個数, 種類の検出

## 問題:

- 滞留ブロック個数を検出する方法がなく, 滞留ブロックが溢れる想定を十分にできていない. 滞留個数がオーバーした場合, 建造がSTOPしてしまう

## 要望:

- 形状を検知してどのブロック, どの部材がどこにあるか把握を行う

## 対応策:

- 部材把握による今後の工程検討

## 効用:

- ムダなブロック滞留の減少
- (必要最低減の工程間のバッファ)

滞留部材



|            |     |            |           |
|------------|-----|------------|-----------|
| 8/1        |     |            |           |
| ○棟         | 必要日 | △棟         | □棟        |
| Xブロック 26部材 | 8/3 | Aブロック 2部材  | 8/2       |
| 8/2        |     |            |           |
| ○棟         | 必要日 | △棟         | □棟        |
| Xブロック 26部材 | 8/3 | Bブロック 8部材  | 8/4       |
| Yブロック 9部材  | 8/5 |            | Eブロック 8/4 |
| 8/3        |     |            |           |
| ○棟         | 必要日 | △棟         | □棟        |
| Yブロック 9部材  | 8/5 | Bブロック 8部材  | 8/4       |
| Zブロック 18部材 | 8/6 | Cブロック 16部材 | 8/5       |

18



# 溶接品質の保証

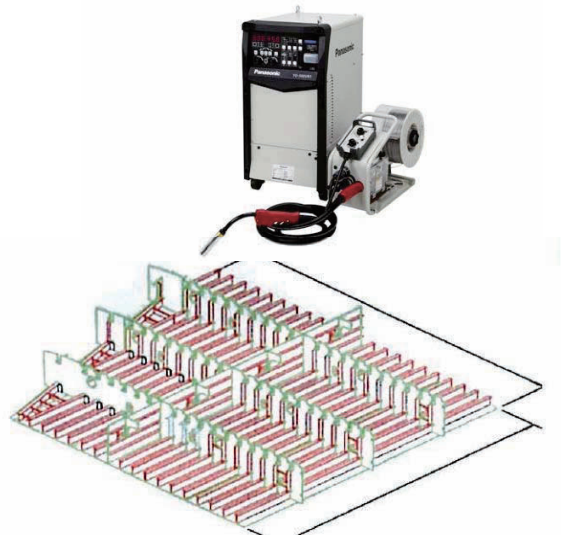
## 溶接部の品質マネジメント

溶接情報のデジタル化: デジタル溶接機の有効活用  
溶接部の品質管理(事前, 事後)

19

## ワーク(溶接部)のモニタリング

- 溶接品質(品質)
- 物量(溶接長)のアーク長さ収集
- デジタル溶接機から「電流×電圧×アークタイム」の情報を無線送信.
- 工場見える化システムで受信し, 実脚長及び実パス数を解析によって推定する
- デジタル溶接機からの無線情報を受信する機能
- 実脚長及び実パス数を解析により推定するプログラム



20

# ワーク(溶接部)のモニタリング

## 問題:

- 溶接品質確認は検査員による主観的な検査が行なわれているため、過剰品質、過小品質の差が出る

## 要望:

- 溶接部を検知して、品質の過剰／過小をチェック
- ブローホールやスパッタなどもチェック

## 対応策:

- 事前にモニタリングによるチェックを行い、修正のうえ、検査を行う

## 効用:

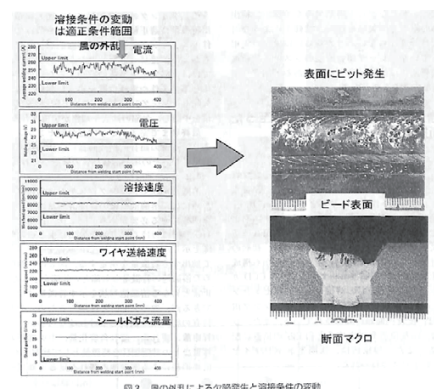
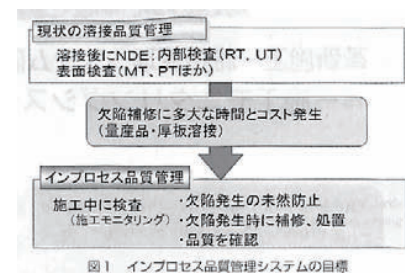
- 最適品質による船造り



21

# 溶接, 塗装のモニタリング

- 溶接部のライフサイクルマネジメント
  - 溶接部のライフログ
  - 溶接前: JSQS的チェック 開先状態, ギャップ／目違いの計測
  - 溶接中: 溶接のプロセスモニタリング, 溶接欠陥, 融合不良など
  - 溶接後: 溶接外観, 脚長など, 衰耗状況
- 塗装部も同様にモニタリング, 管理
- 残存寿命推定のための基礎データ
- 適切なメンテナンス計画の立案
- 船舶のライフサイクル価値の最大化



# 不具合情報のマネジメント

問 題:

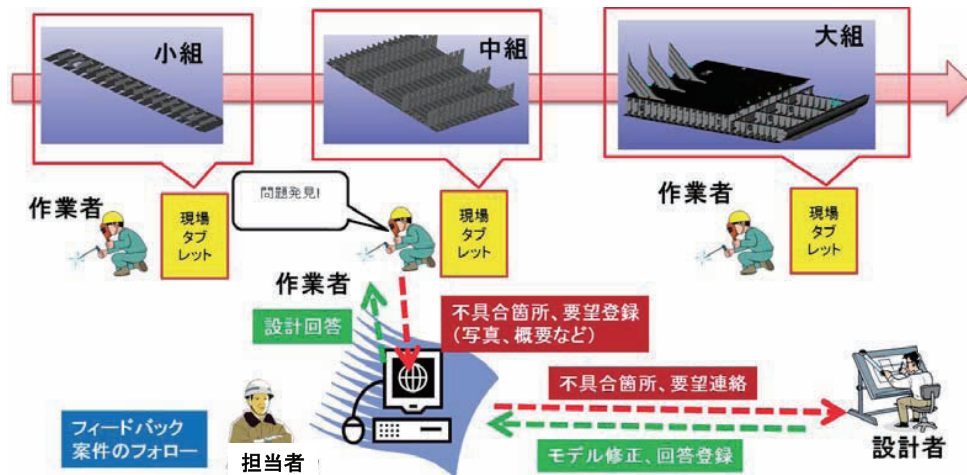
- 作業現場で発見される様々な不具合・要望は、担当者が取りまとめ対応している。  
量が膨大となると、細かいところすべては把握しきれずに同じロスが繰り返される。

要 望:

- 工作現場で確認される不具合情報を効率的に管理したい。

対応策:

- 工程進捗情報を収集し、3Dモデルと連携して管理(現場管理者がタブレットで進捗登録)
- 現場で確認された不具合情報を報告すると、工程進捗情報を持った3Dモデルに関連付けられる。
- 現場がモデルに情報をフィードバックできるようにする(情報に双方向性をもたせる)



23

# 工場安全の実現

作業員の安全マネジメント

作業員の生体情報センシング

生体情報による健康管理, 安全管理

24

# 工場安全の実現

問題:

1. 夏季…熱中症が多発
2. 高所からの墜落
3. 閉所での酸欠
4. 衣服に火の粉が燃え移る
5. 作業中に倒れ、行方不明
6. 吊り具の選定不良

要望:

1. 作業者の体温、心拍数などモニタリングして、前兆を発見したい
2. 安全帯使用状況の監視、不完全足場になっていないかチェック
3. ガス検知、酸素濃度の監視
4. 熱感知センサー
5. 作業者位置検知
6. 吊荷重と使用道具のマッチング監視



25

## 作業者の安全マネジメント

### • 作業者の健康管理(安全)

- ウェアラブル端末より取得される脈拍等のデータから、作業者の体調を管理、急な変化が生じた場合にはアラームを発する。



26

## 作業者のためのモニタリング(見守り)

- 新しいデバイス(ヘルスケア)の導入
- 作業者の体調管理, 体調管理と生産性の関係分析
- フィットネス機能, ヘルスケア機能を有するデバイスの活用. スマホとの連携
- この1, 2年で急成長が予想される技術分野.
- 造船工場で先行的に使うことは大変に良いこと. 作業者の協力も得易い.

27

## 作業者の安全マネジメント

- 作業者の生体情報センシング
- 作業者の健康管理, 安全管理
- ウェアラブル端末情報(脈拍, 体温等)を「工場見える化システム」で取得
- 閾値を超えた場合の警報システム
- ウェアラブル端末経由で作業員が不具合を音声情報で発信
- 音声情報を文字情報に変換し, 不具合情報ファイルを作成

28



## 期待する応用

- 作業実績の収集と活用: 見える化の高度化(横展開, 縦展開)
  - 詳細な作業実績の収集
  - 正確な作業実績の収集
  - 現場の労働環境の改善, 計画の改善.
- ワークのモニタリング: ブロック, 部品の追跡(トラッキング)
  - 工場内のモノの識別: 形状認識と場所
  - モノの流れの把握, 管理, 工作要領, 作業指示との連携
- 溶接品質のモニタリング: 溶接部の品質マネジメント
  - 溶接情報のデジタル化: デジタル溶接機の有効活用
  - 溶接部の品質管理(事前, 事後)
- 工場安全の実現: 作業者の安全マネジメント
  - 作業者の生体情報センシング
  - 生体情報による健康管理, 安全管理



造船工場の見える化システムに関する技術セミナー  
～船舶建造工程管理の革新をめざして～

## 造船現場改善コンサルティングにおける 工場見える化システムの活用

平成28年9月14日

一般財団法人 日本船舶技術研究協会  
業務グループ 業務第2ユニット長

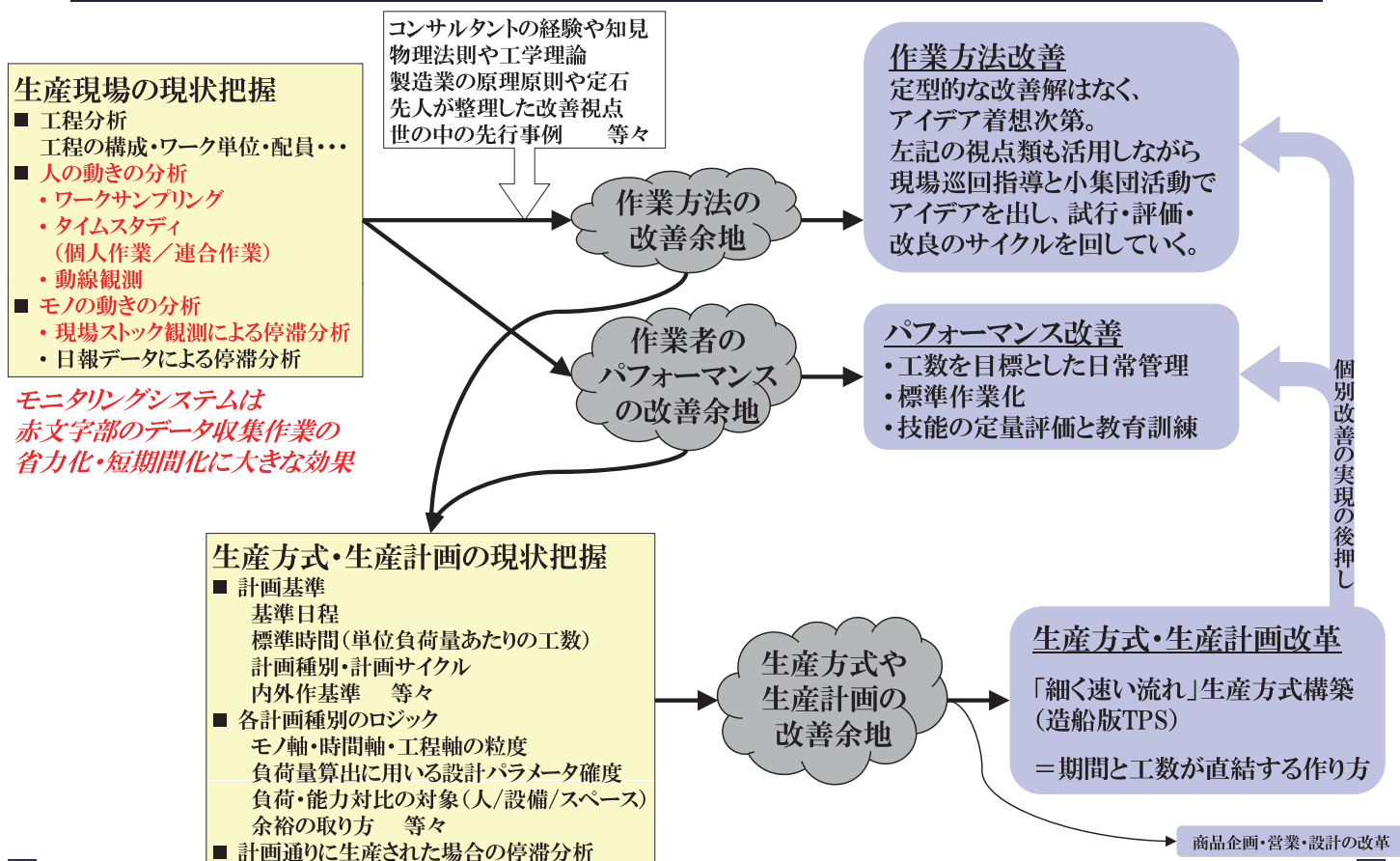
谷川文章



一般財団法人 日本船舶技術研究協会  
Japan Ship Technology Research Association

Confidential

### 組立系職場の生産性向上 工数・LT・スペース コンサルティング全体像



## 代表的な観測・分析手法 タイムスタディとワークサンプリング

|       |        | タイムスタディ                                                     | ワークサンプリング                                                                                                                                                                                             |
|-------|--------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 観測方法  |        | 原則として1名(多くても2~3名)の作業者を連続して観測し、「〇時〇分~〇時〇分何をしていた」を時系列で逐次記録する。 | 複数名の作業者を複数回巡回して観測し、「各回各作業者を観測した瞬間に何をしていた」を記録する。<br>記録されたカウント数を作業種類毎に集計し、カウント数の比率をもって、その職場の作業工数構成とみなす。<br>例: 20名の職場×10分サイクルで終日巡回して計50回<br>= 合計1,000カウントの記録<br>うち歩行が250カウント<br>→この職場は工数の25%を歩くことに費やしている |
| わかること | 作業工数構成 | △<br>1日の観測で特定の少人数のみ                                         | ◎<br>1日の観測で職場全体像を把握                                                                                                                                                                                   |
|       | 作業手順   | ○<br>但しその特定の個人について                                          | ×<br>瞬間しか見ないので前後の作業のつながりは不明                                                                                                                                                                           |
|       | 行動の原因  | ◎<br>例えば同じ「歩行」でも、<br>道具を取りに行ったのか<br>手洗いに行ったのか<br>区別できる      | ×<br>道具を取りに行くのも手洗いに行くのも<br>同じ「歩行」と観測される                                                                                                                                                               |

一般に、まずワークサンプリングで全体像を把握して改善余地を発見する。  
その後必要に応じて、改善余地の具体的な原因を解明し解決アイデアを得る目的で、タイムスタディを行なう。

Copyright© 2016 Japan Ship Technology Research Association

2

## 造船X社における見える化システム試行結果 (1/2)

観測日時: 2016年7月6日 8:30~12:00

観測場所: 造船X社 小組立棟 全面

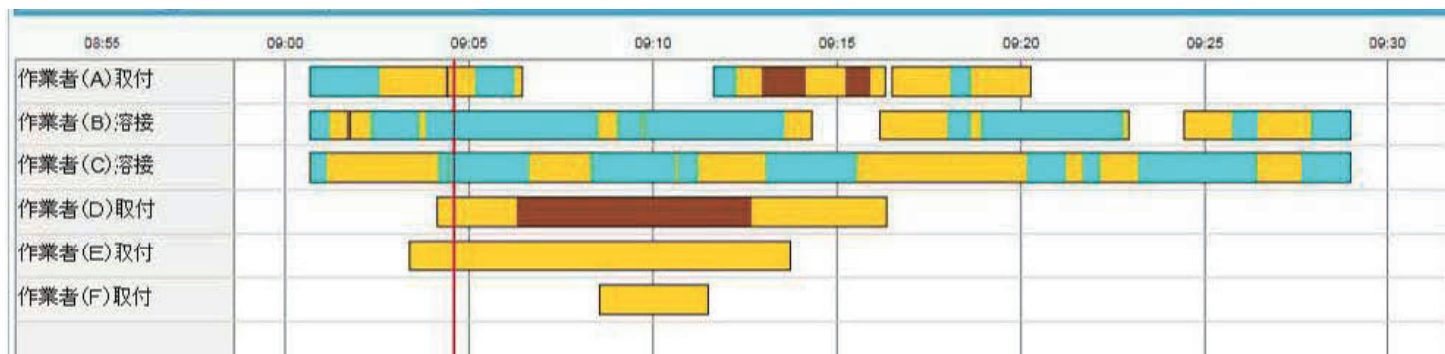
勤務人数: 33名(職班長含む)

上記のうち本セミナーでサンプルとして示す解析結果:

9:00~9:30

1/6のエリア

6名

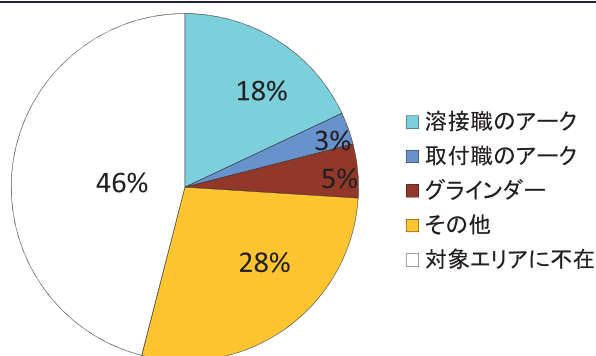


作業ガントチャート(複人数のタイムスタディが一度に済む)

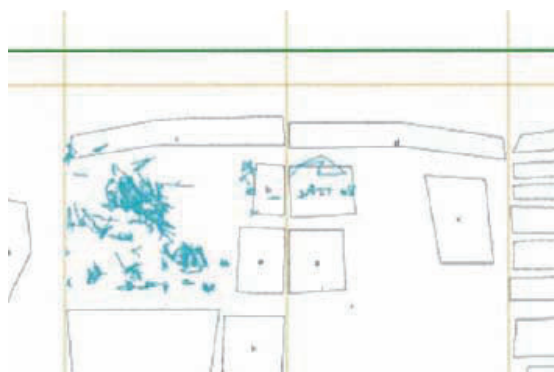
Copyright© 2016 Japan Ship Technology Research Association

3

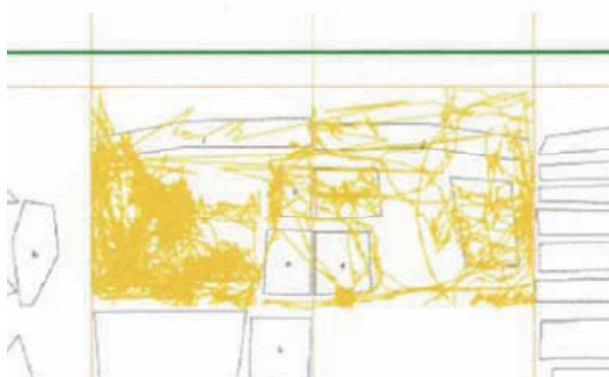
## 造船X社における見える化システム試行結果 (2/2)



作業工数構成(ガントチャートを集計するだけ)



ヒートマップ(アーク)



6名の動線



ヒートマップ(グライNDER)

Copyright© 2016 Japan Ship Technology Research Association

4

## 見える化システム解析結果から導いた主な改善余地と改善仮説

### ■ 取付職の不在時間帯が目立つ(他のエリアへ行っている)。

⇒ 小組別順序計画の不備があるのではないかな？

### ■ 小組にしては溶接職のアークタイムが少ない。

ヒートマップを見る限り、「移動が多いから」ということではなさそう。

⇒ 機械溶接(簡易自動溶接またはグラビティ)の多台持ちが十分であれば、  
ほぼ常時アークが出るはず(小组では3~5台が相場)。

すべて手溶接? あるいは機械溶接でも1~2台持ち?

### ■ 動線が長く、かつ無秩序。

⇒ 小组別順序計画と、小组の並べ方がマッチしていないのではないかな？

⇒ 小组内の部材施工順の標準作業書が整備されていないのではないかな？

Copyright© 2016 Japan Ship Technology Research Association

5





# 行動センシングデータによる 造船作業の推定

東京大学大学院工学系研究科

白山 晋(しらやま すすむ)

## 背景

2

- ・アジア諸国等の台頭により造船業において生産性の向上が求められている
- ・造船業では作業環境改善・効率化が遅れ気味である

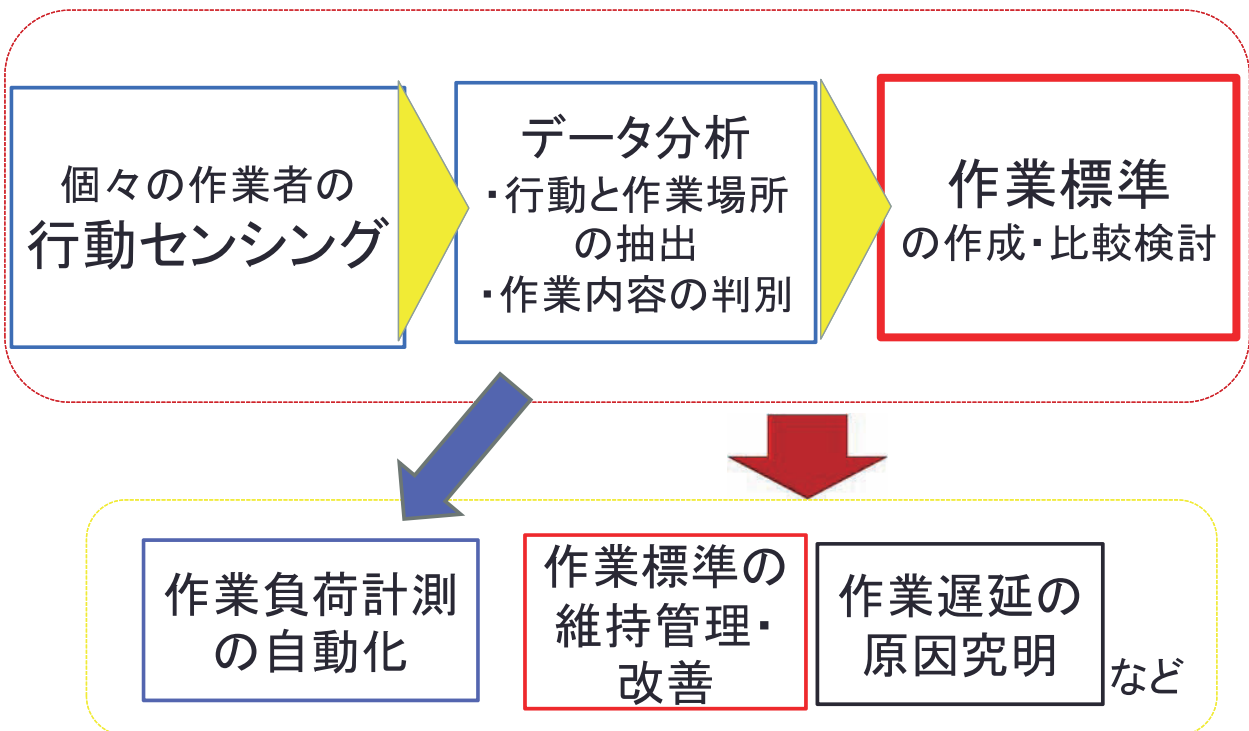
### 1. 大量生産ではなく受注生産

- ・自動化の難しさ, 人手による作業が多い
- ・作業標準を定めることが難しい

### 2. 作業の詳細な報告が行われていない

- ・「いつ」「どこで」「誰が」「どのように」という情報の欠如

→ 「なぜ」の推定や, 改善・効率化に必要なデータが不足



## 先行研究

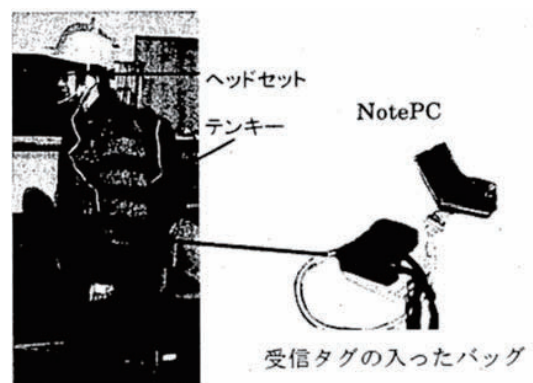
- 「ウェアラブルシステムの造船作業計測への適用」  
(大和ら, 2001)

手法

- ・音声認識による作業計測
- ・磁気タグによる位置計測

課題

- ・実環境における環境音の影響
- ・計測精度の低さ



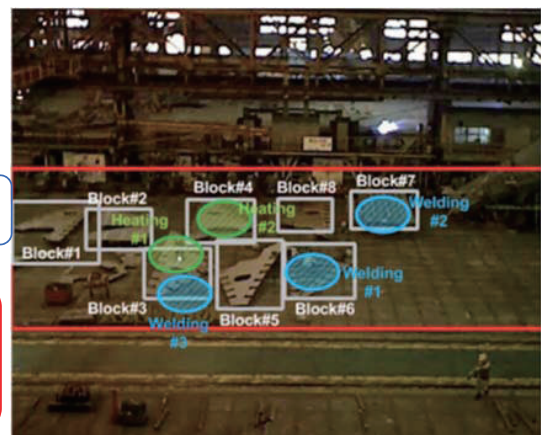
- 「Monitoring System for Advanced Construction Management (Integration Methods of Monitoring Data to Generate Virtual Job Shop)」 (Liuら, 2013)

手法

- ・画像処理による作業計測・位置計測

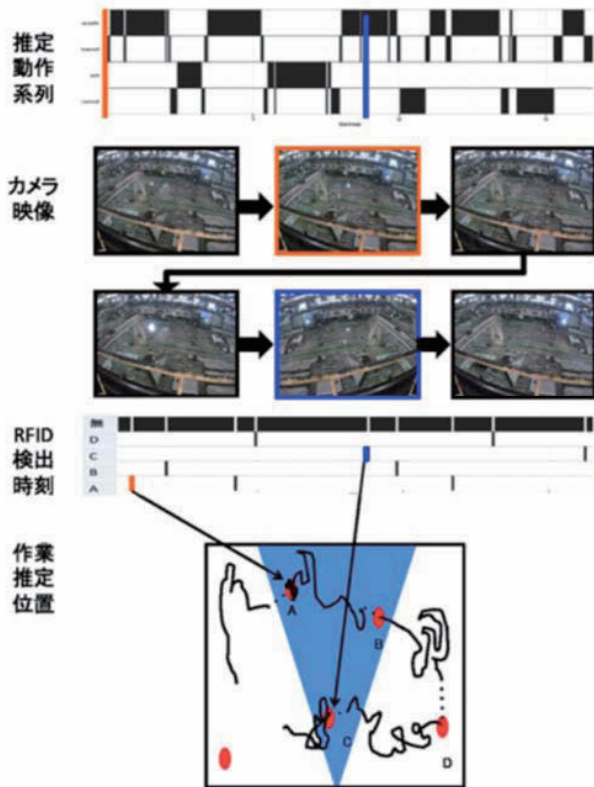
課題

- ・作業者の個体識別の難しさ
- ・カメラの死角では計測不可能
- ・小組立の作業計測が中心



●「行動センシングデータを利用した作業負荷算出手法に関する研究」

(大森・白山, 2014)



手法

- ・加速度データによる動作認識
- ・カメラ映像による作業内容計測
- ・加速度の積分による位置推定
- ・RFIDによる位置補正

課題

- ・詳細な動作の識別
- ・位置データの詳細化  
(加速度積分の精度の低さ)
- ・映像分析による作業内容の推定  
→ 分析の負担が大きく、自動化が難しい

詳細な動作の識別が難しい作業例

グラインダ

鋼板の切断部分の面取り, 溶接部分のスパッタ除去, 塗装前の錆落としなど

- ・ 一つの作業でも異なる姿勢があり, 姿勢が同じでも頭部の向きが異なる場合がある.



“バーチャルヒューマンモデルによる作業性, 安全性の研究” 奥本ら

- ・作業者に負担にならないように行動センシングを行い、そのデータを基に作業者の作業状態を把握すること
- ・先行研究の課題の解決 {
  - ・動作認識の詳細化
  - ・作業内容の推定

①作業計測の高度化

②位置計測の高精度化

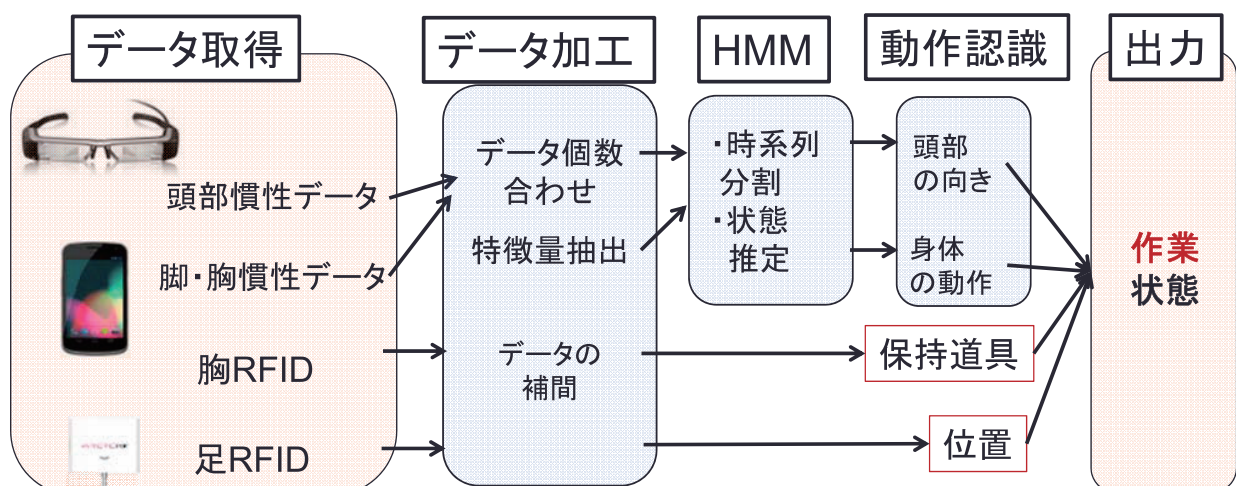
によって、「いつ」「どこで」「誰が」「どのように」行ったかを明らかにする

## 提案手法

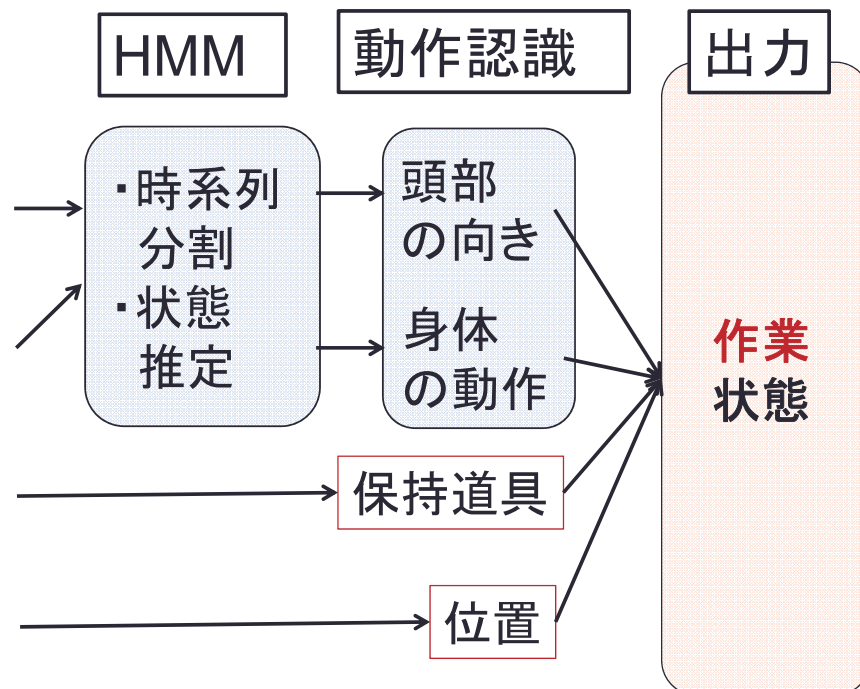
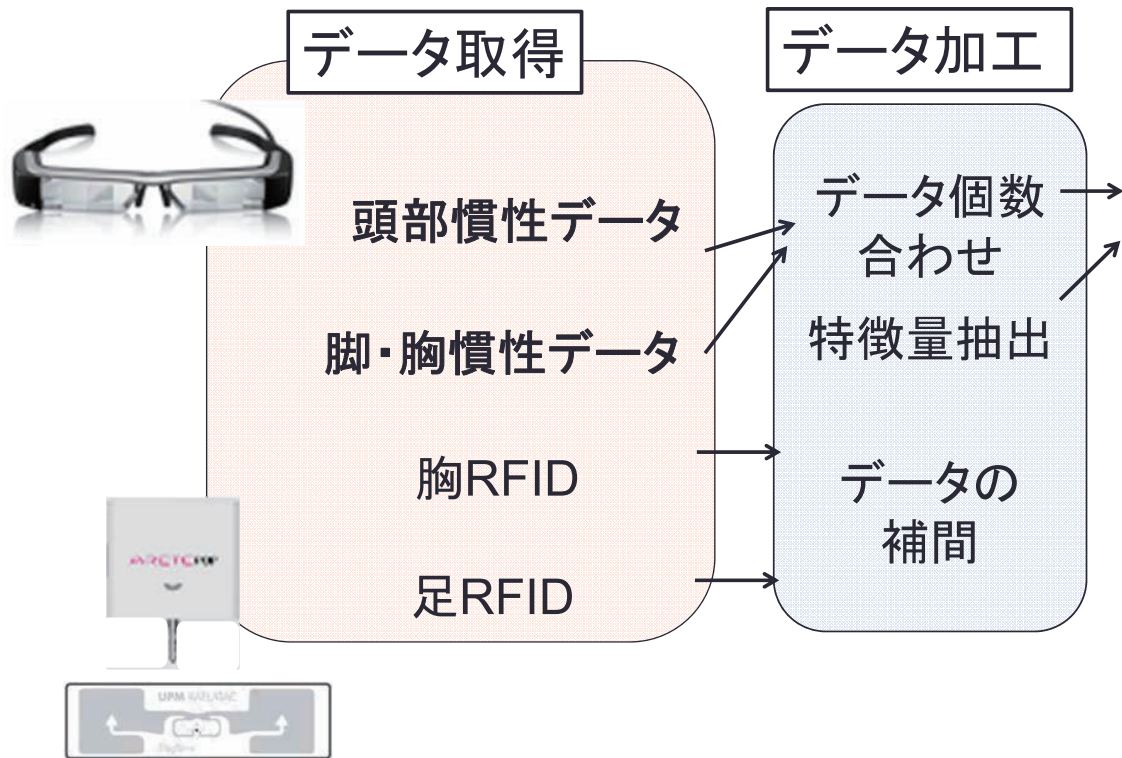
①作業計測→加速度データによる動作認識

RFIDによる作業内容の推定

②位置計測→RFIDによる位置の検知







## 使用機器

11

### MOVERIO

EPSON社製スマートグラス  
加速度センサ・ジャイロセンサ内蔵  
AndroidのOS搭載



### GALAXY NEXUS

Androidスマートフォン  
加速度センサ・ジャイロセンサ内蔵

### ARETE POP

スマホにイヤホンジャックから  
接続する事によって使える  
UHF帯のRFIDリーダー



## 機器の装着

12

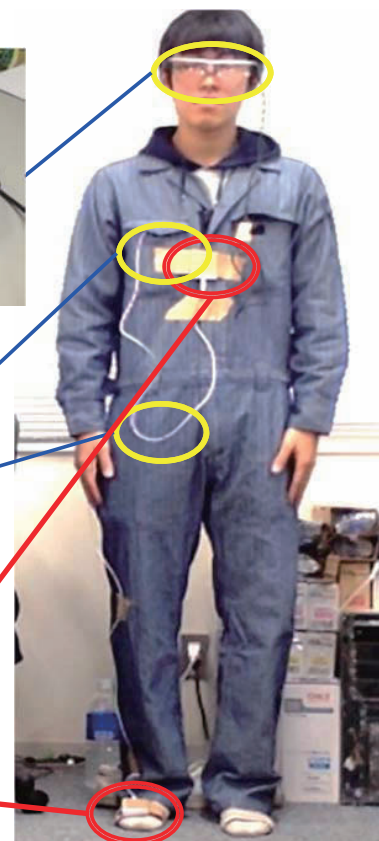
- Android端末
  - 頭・胸ポケット
  - 脚ポケット
- RFIDリーダー
  - 胸部
  - 足部



NEXUS



ARETE POP





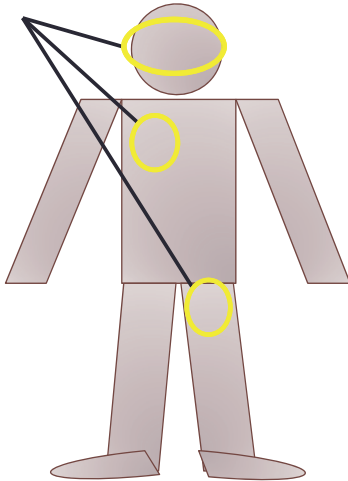
- 先行研究では加速度・角速度データは、HASCロガー、RFIDデータは開発したアプリで別々に取得
  - 加速度・角速度・RFIDデータを同時に記録するアプリを実装
    - > 加速度・ジャイロ
      - 30Hzでデータ取得
    - > RFID
      - 2Hzでデータ取得
- データはcsvファイル形式で保存

| 時刻             |           | 加速度・角速度データ |            |             |              |              |                             | RFIDデータ |  |
|----------------|-----------|------------|------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------------|---------|--|
| 14:59:29:14182 | 3.6079473 | 8.635094   | -2.2983205 | 0.013855628 | -0.033041574 | -0.021317273 |                             |         |  |
| 14:59:29:14182 | 3.6079473 | 8.635094   | -2.2983205 | 0.013855628 | -0.033041574 | -0.021317273 | 30000000000000000000ABC0010 |         |  |
| 14:59:29:14182 | 3.6079473 | 8.635094   | -2.2983205 | 0.013855628 | -0.033041574 | -0.021317273 |                             |         |  |
| 14:59:29:14182 | 3.6438725 | 8.6032095  | -2.3170316 | 0.024514131 | -0.040502686 | -0.020251475 |                             |         |  |
| 14:59:29:14182 | 3.6311149 | 8.558303   | -2.4237597 | 0.010658237 | -0.009593239 | -0.013856427 |                             |         |  |
| 14:59:29:14182 | 3.6311149 | 8.558303   | -2.4237597 | 0.010658237 | -0.009593239 | -0.013856427 |                             |         |  |
| 14:59:29:14182 | 3.6311149 | 8.558303   | -2.4237597 | 0.010658237 | -0.009593239 | -0.013856427 | 3000300833B2DDD901400000000 |         |  |
| 14:59:29:14182 | 3.6827917 | 8.612041   | -2.4010072 | 0.035172634 | -0.046897735 | -0.021317273 |                             |         |  |
| 14:59:29:14182 | 3.632496  | 8.579558   | -2.4095392 | 0.027712055 | -0.041568484 | -0.019185679 |                             |         |  |
| 14:59:29:14182 | 3.632496  | 8.579558   | -2.4095392 | 0.027712055 | -0.041568484 | -0.019185679 |                             |         |  |
| 14:59:29:14182 | 3.6694694 | 8.59812    | -2.51028   | 0.024514131 | -0.04263428  | -0.02238307  |                             |         |  |
| 14:59:29:14182 | 3.6694694 | 8.59812    | -2.51028   | 0.024514131 | -0.04263428  | -0.02238307  | 30000000000000000000ABC0003 |         |  |
| 14:59:29:14182 | 3.627257  | 8.566087   | -2.4763005 | 0.023448335 | -0.04263428  | -0.01811988  |                             |         |  |
| 14:59:30:14182 | 3.628754  | 8.629106   | -2.6009912 | 0.019185146 | -0.039436888 | -0.021317273 |                             |         |  |
| 14:59:30:14182 | 3.6901264 | 8.554411   | -2.5213568 | 0.008526376 | -0.026646258 | -0.026646258 |                             |         |  |
| 14:59:30:14182 | 3.6901264 | 8.554411   | -2.5213568 | 0.008526376 | -0.026646258 | -0.026646258 | 3000300833B2DDD901400000000 |         |  |
| 14:59:30:14182 | 3.642226  | 8.52148    | -2.6195526 | 0.001065797 | -0.023448868 | -0.035173167 |                             |         |  |
| 14:59:30:14182 | 3.5892363 | 8.4978285  | -2.5686584 | 0.003197391 | -0.015988022 | -0.033041574 |                             |         |  |

- ・加速度データ分析による詳細な**動作認識**

## ● 加速度データによる動作認識

Android端末



- ・加速度データを隠れマルコフモデル(HMM)を用いて分類する事によって作業者の動作を推定



- ・作業の中の**作業者の詳細な動作**を推定する
- ・動作の分類
  - ・造船現場の映像資料
  - ・奥本らの研究

「バーチャルヒューマンモデルによる作業性、安全性の研究」(奥本ら, 2001)



| 作業動作    | 説明                                     |
|---------|----------------------------------------|
| 歩行      | 主に固定の作業場所への移動<br>外業作業が多い               |
| 姿勢保持    | 基本的には、「しゃがみ」「中腰」「立位」の<br>3種類<br>溶接作業など |
| 持ち上げ/下げ | 部材・工具・機器の持ち上げ下げ<br>玉掛け作業中に多い           |
| 運搬      | 部材・工具・機器の準備・片付け                        |
| 押し/引き   | 位置決めのため部材を押し引きする                       |



## 名村造船所の現場映像

- ・小組立ではしゃがんで溶接してから立って移動(道具などをとる)という動作が繰り返される。
- ・大組立では移動は少なく、その場でしゃがんだり立ったりを繰り返して作業をしている。
- ・作業者が実際に溶接作業をしている時、身体(脚部と胸部)と頭部どちらも静止している。
- ・立位作業・しゃがみ作業はそれぞれさらに上向き、立向き、下向きに分類できる。

### 小組立工程



### 大組立工程



立 正面

座 下向き

座 正面

座 上向き

立 正面

座 下向き

18

## 以下の動作をHMMを用いて識別する

| 奥本らによる分類 |      | 分類する動作 |   |
|----------|------|--------|---|
| 姿勢保持     | 立位   | 立位     | 1 |
|          | 中腰   | 中腰     | 2 |
|          |      | 座位     | 3 |
|          | しゃがみ | しゃがみ   | 4 |
| 歩行       |      | 移動     | 5 |

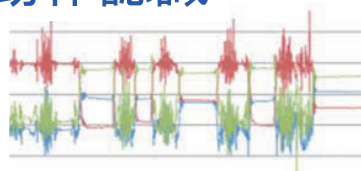
+

| 頭部運動の分類 |      |
|---------|------|
| 1       | 上向き  |
| 2       | 立向き  |
| 3       | 下向き  |
| 4       | 運動状態 |

- ・「移動」のときは頭部の向きは付加情報として記録しない
- ・頭部の向きが「運動状態」のときは向きを記録しない

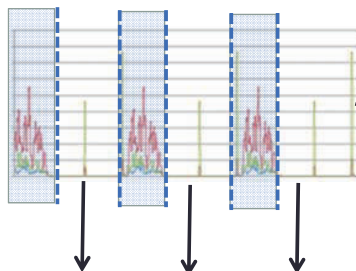


データ取得



各時点において最新の60個のデータの分散・平均を求める

動静の分離

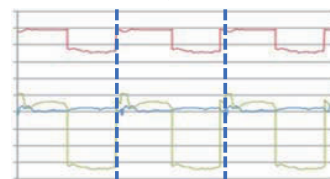


分散が0.6以上のデータは

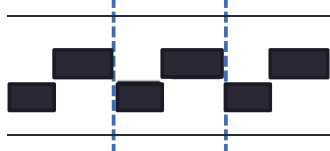
| 身体 | 頭部   |
|----|------|
| 移動 | 運動状態 |

と判断する

静止状態の分離



HMMによる分析

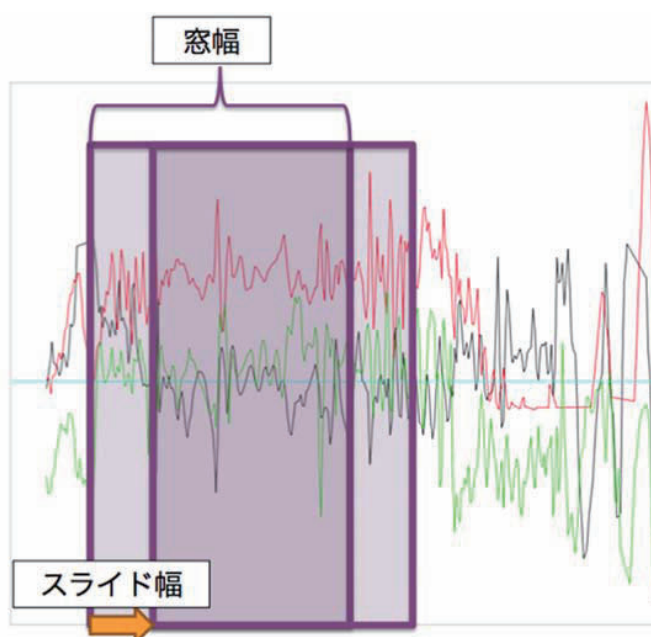


| 身体   | 頭部  |
|------|-----|
| 立位   | 上向き |
| 中腰   | 立向き |
| 座位   | 下向き |
| しゃがみ |     |

を分離する

## 特徴量抽出

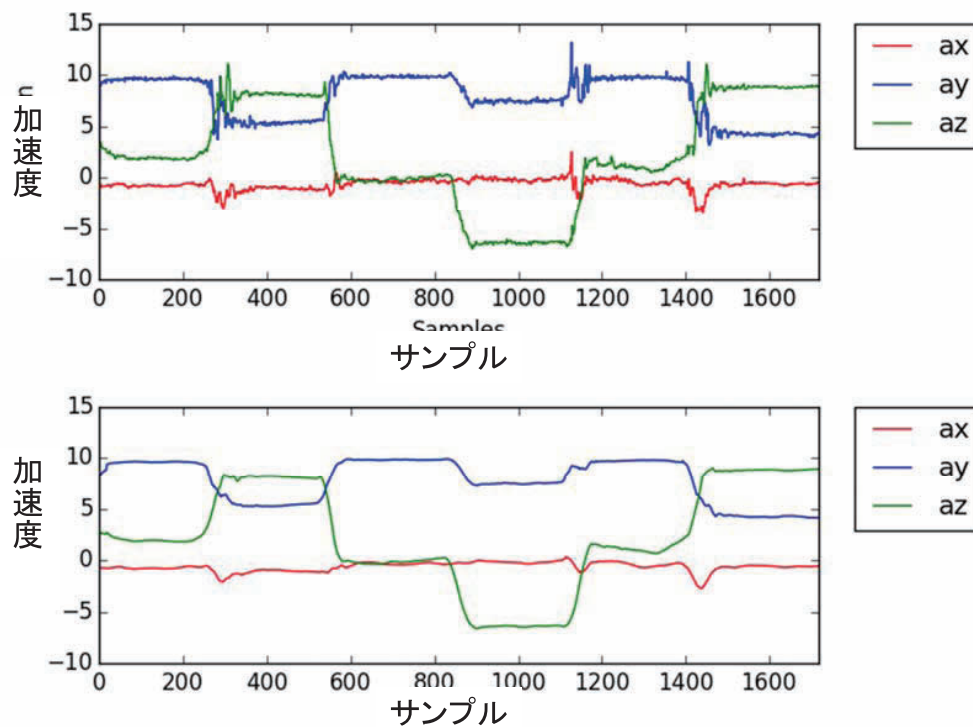
ノイズの影響を抑えるため、スライディングウィンドウ方式を適用し、取得した加速度の平滑化を行う。



窓の幅: 2秒  
スライド幅: 0.03秒

窓内のデータの平均値を窓の代表値とする

## 加速度データと特徴量の例



21

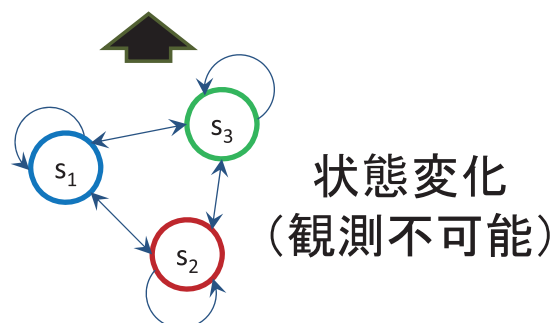
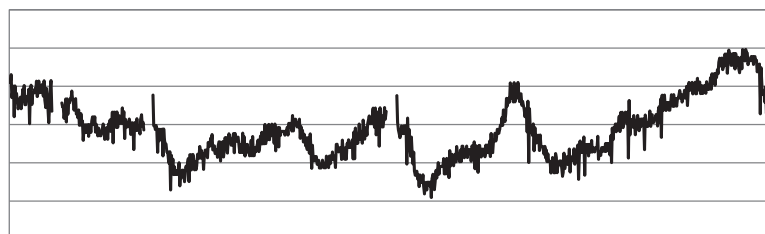
## 作業計測 > 動作認識

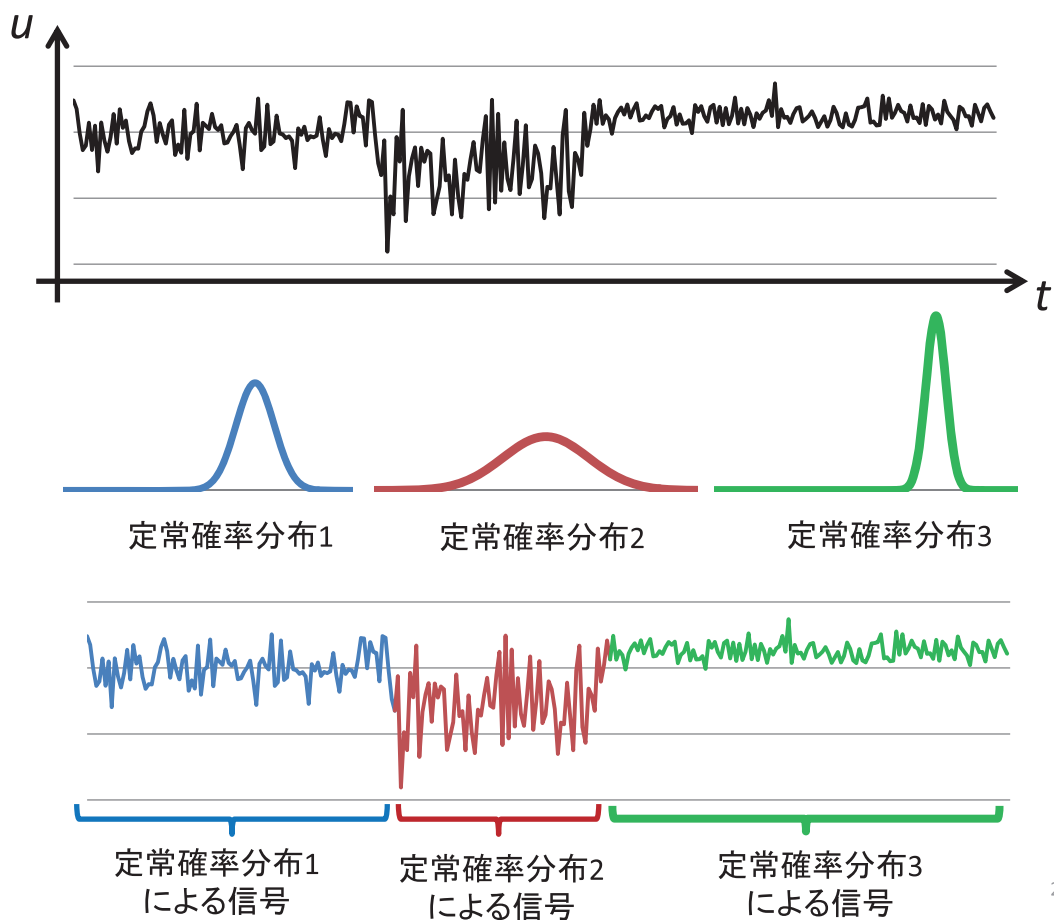
22

### 隠れマルコフモデル(HMM)

- 非定常な時系列を定常情報源の確率的な切り替えにより表現する手法

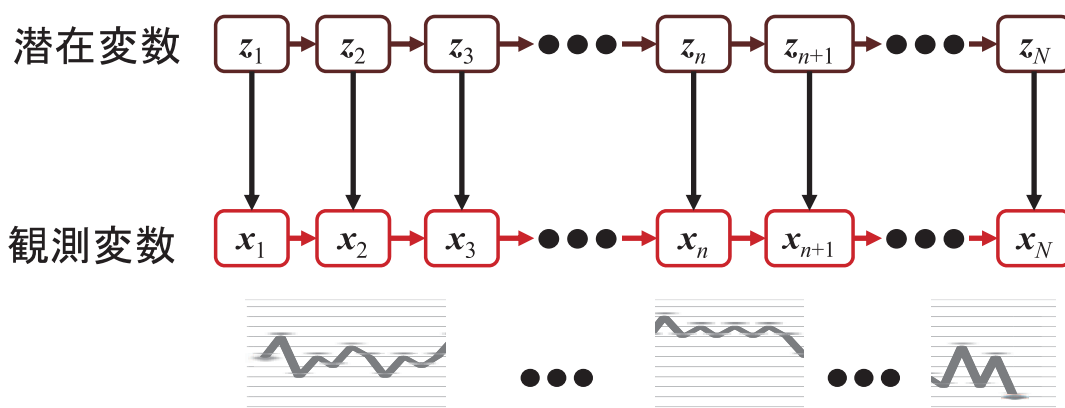
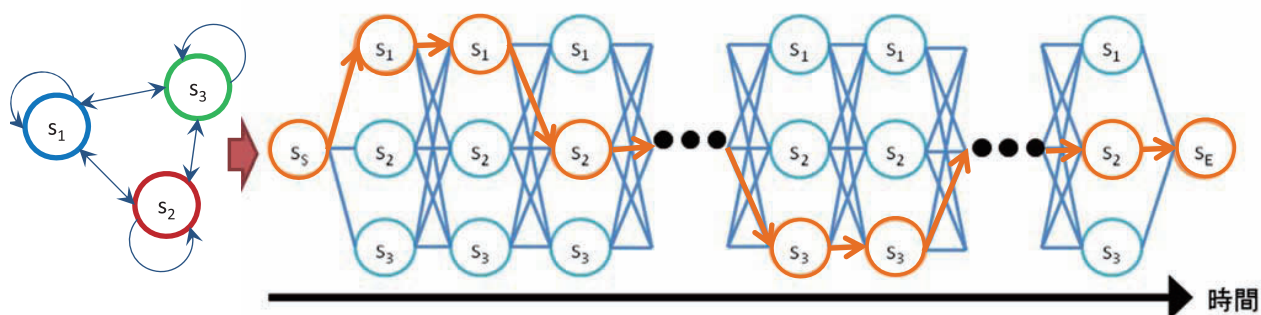
#### 時系列データ(観測可能)



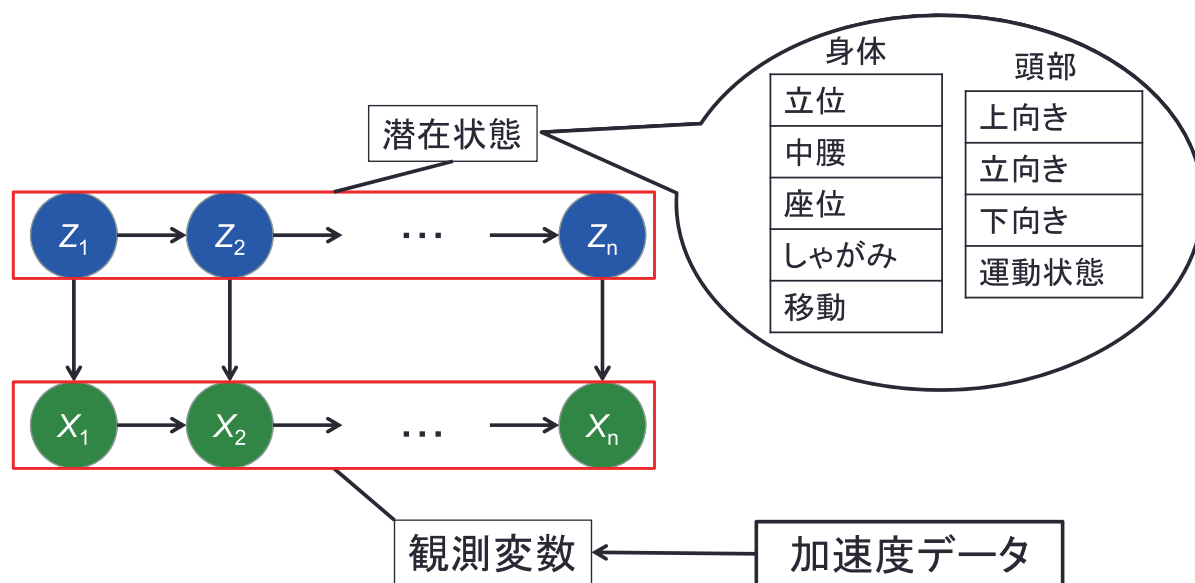


23

## 状態の遷移

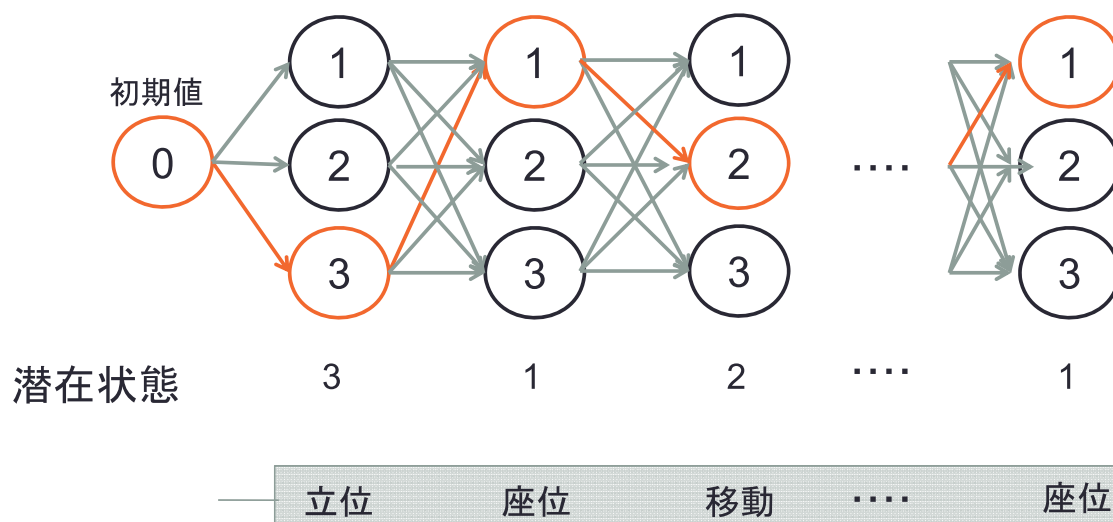


得られた観測変数系列が生じる、尤もらしい潜在変数系列を推定



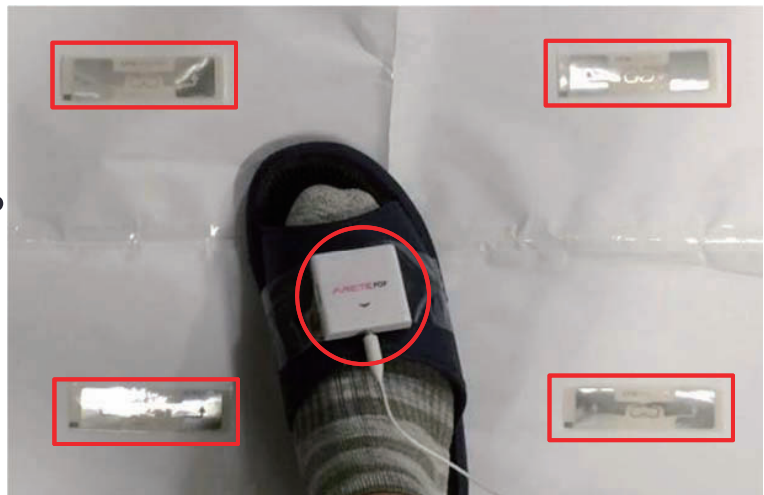
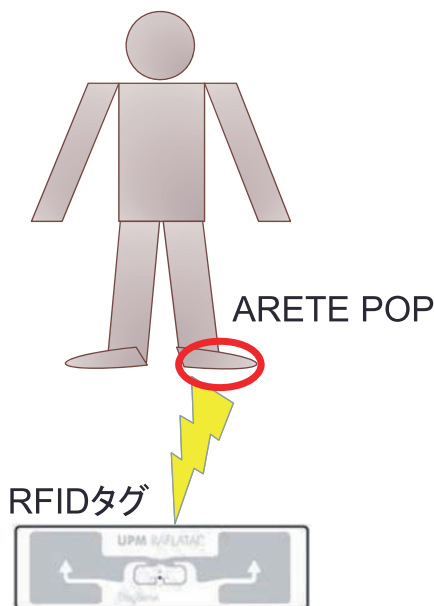
- Viterbiアルゴリズムを用いる事によって確率的に最尤の状態遷移経路を導くことができる

観測値  $X_1=5.82$   $X_2=0.987$   $X_3=0.452$  ....  $X_n=0.452$



## ・RFIDによる位置計測と作業内容推定

- ・足部に装着したRFIDリーダより、地面に貼られたRFIDタグを認識する



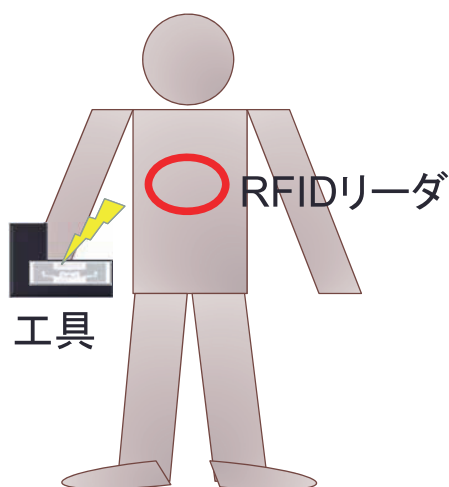
※タグが30秒間計測されなかった場合、その場所を離れたと判定

## ●RFIDによる作業内容推定

- ・胸部に装着したRFIDリーダで工具に貼られたRFIDタグを検知する



- ・保持している道具に結びつく作業内容を行っていると推定



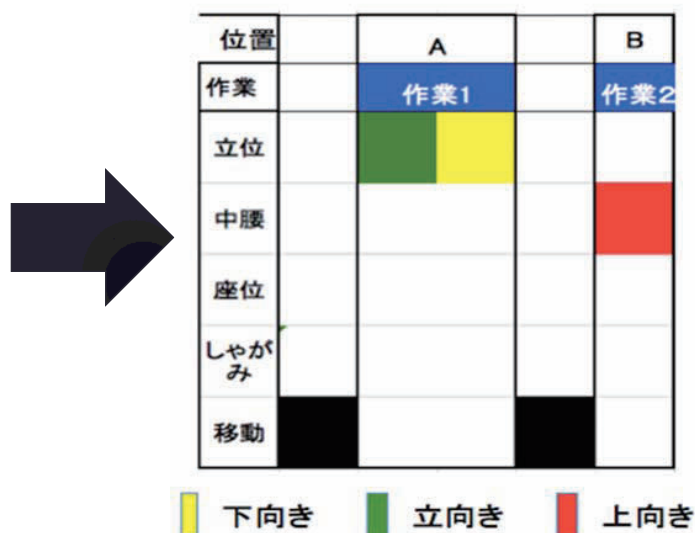
例：溶接トーチ保持→溶接作業

※タグが30秒間計測されなかった場合、その工具を離したと判定



データの例

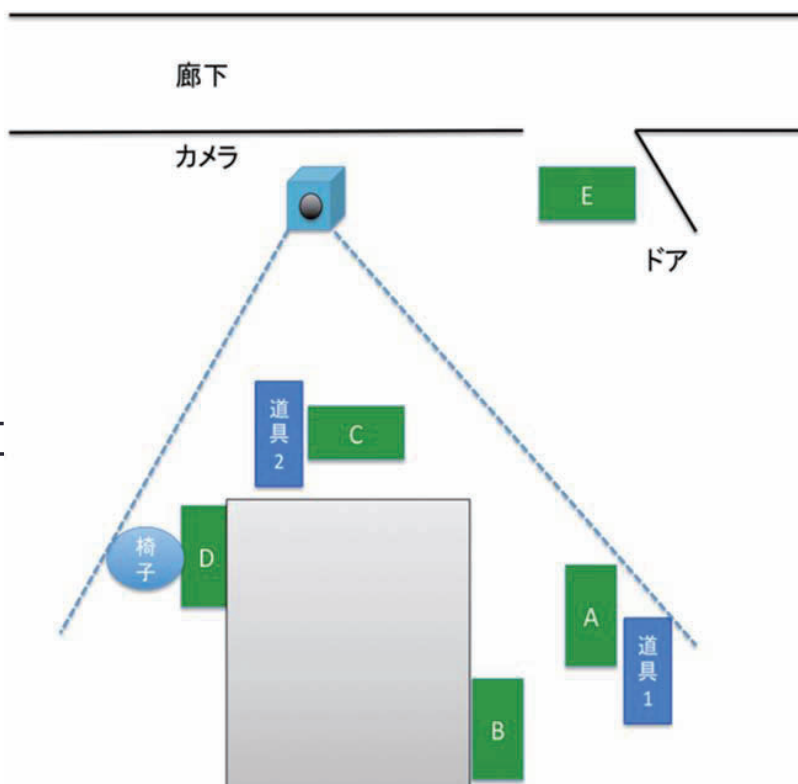
| 時刻    | 12:48:59:80 | 12:48:59:83 | 12:48:59:87 | 12:48:59:90 | 12:48:59:93 |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 位置    | -           | A           | A           | -           | B           |
| 身体動作  | 移動          | 立位          | 立位          | 移動          | 中腰          |
| 頭部の向き | 運動状態        | 立向き         | 下向き         | 立向き         | 上向き         |
| 道具    | -           | 1           | 1           | -           | 2           |

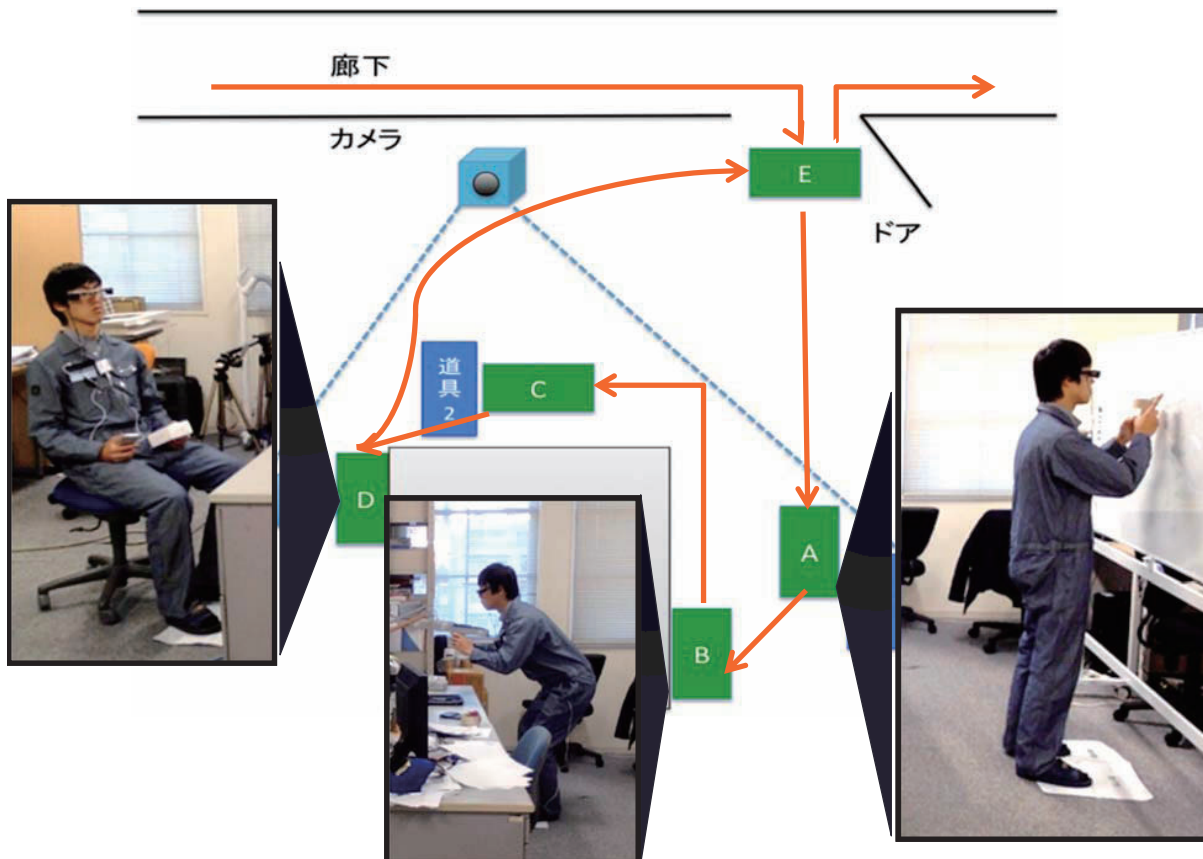


図のようにデータを統合する

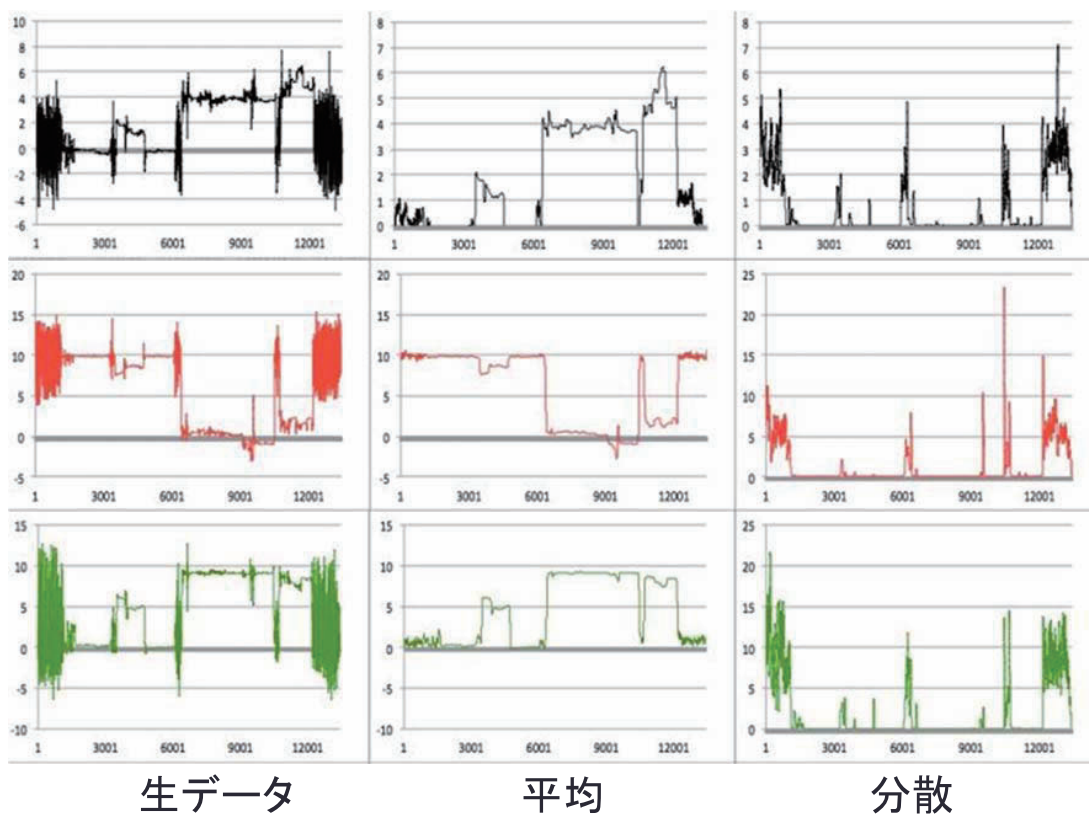
## 実験

- 立位, 中腰, 座位, しゃがみ, 移動の5種類の動作をランダムに移動しながら行う
- A~Eにおいて位置計測を行う
- 道具を持った場合は溶接作業に準ずる動きをする

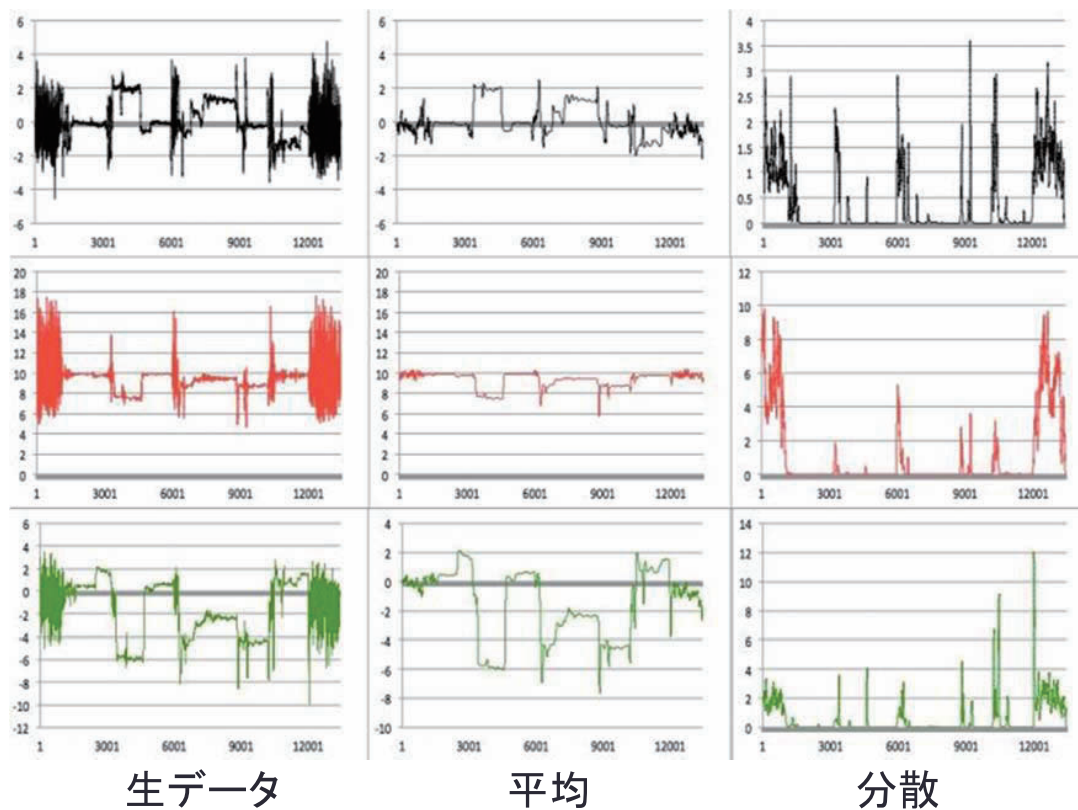




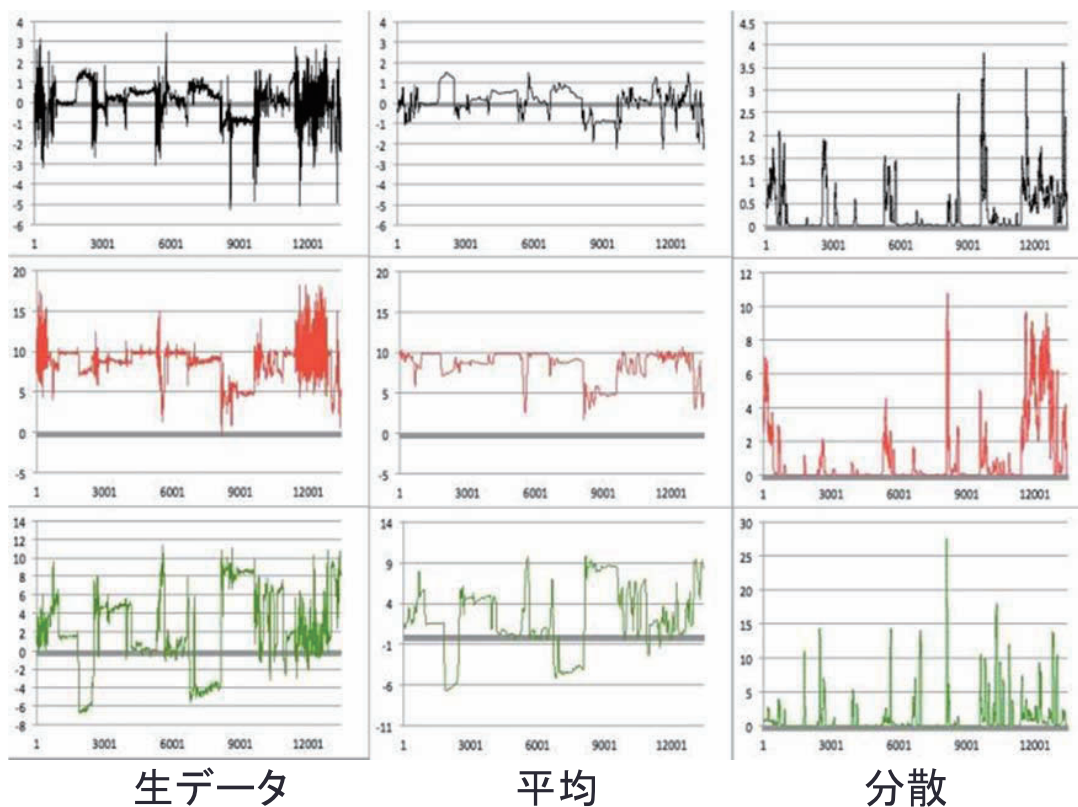
脚部加速度データ



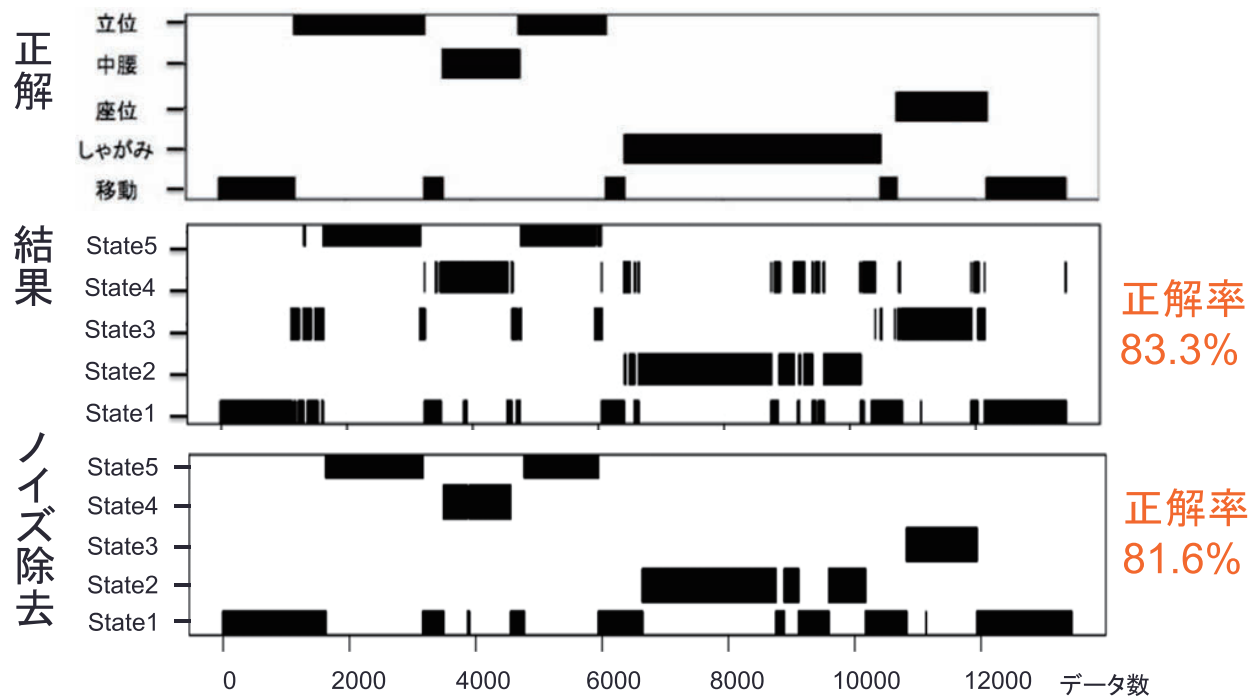
## 胸部加速度データ



## 頭部加速度データ

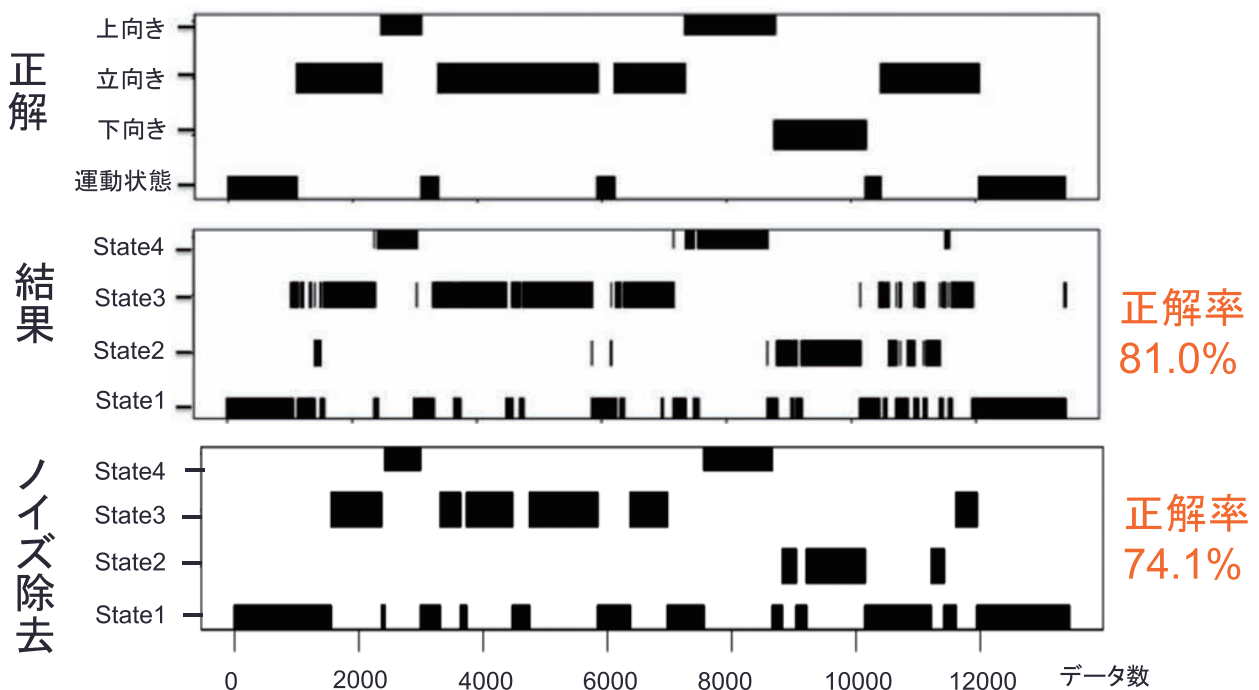


### ・HMMを用いた5状態への分離とノイズ除去



※5秒以上連続しない動作は全て「移動」とする

### ・HMMを用いた4状態への分離とノイズ除去



※5秒以上連続しない動作は全て「運動状態」とする

## 混合行列と適合率

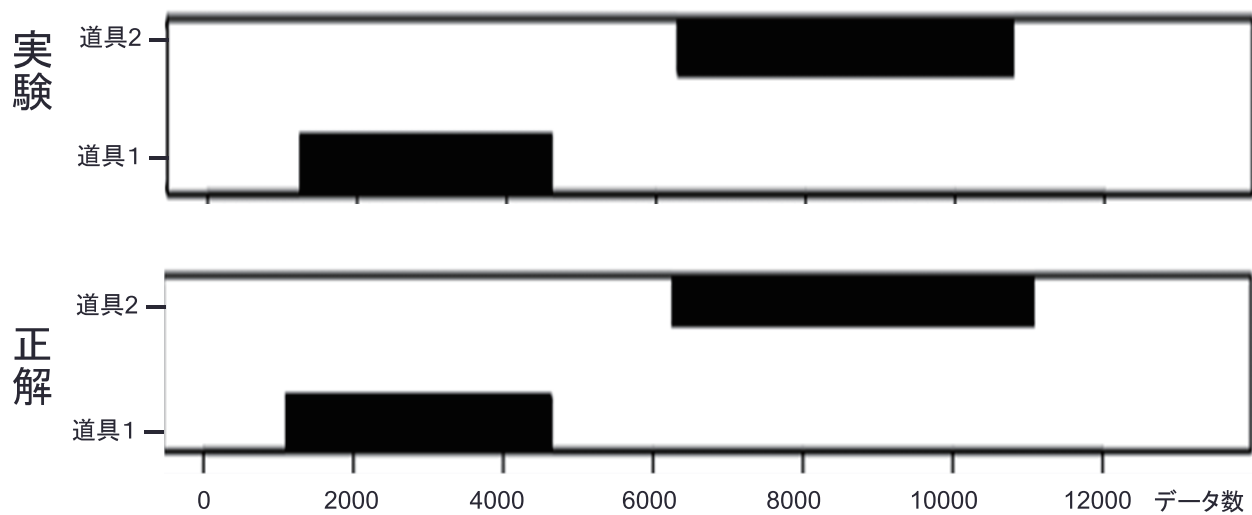
|      | 立位   | 中腰  | 座位   | しゃがみ | 移動   | 適合率   |
|------|------|-----|------|------|------|-------|
| 立位   | 2734 | 2   | 422  | 0    | 280  | 79.5% |
| 中腰   | 0    | 999 | 77   | 0    | 139  | 82.2% |
| 座位   | 0    | 46  | 1214 | 0    | 173  | 84.7% |
| しゃがみ | 0    | 491 | 5    | 3122 | 440  | 76.9% |
| 移動   | 0    | 88  | 70   | 6    | 3130 | 95.0% |

## 混合行列と適合率

|      | 運動状態 | 上向き  | 立向き  | 下向き  | 適合率   |
|------|------|------|------|------|-------|
| 運動状態 | 3208 | 0    | 66   | 5    | 97.8% |
| 上向き  | 241  | 1829 | 1    | 1    | 88.2% |
| 立向き  | 1385 | 69   | 4632 | 538  | 69.9% |
| 下向き  | 242  | 0    | 1    | 1220 | 83.4% |

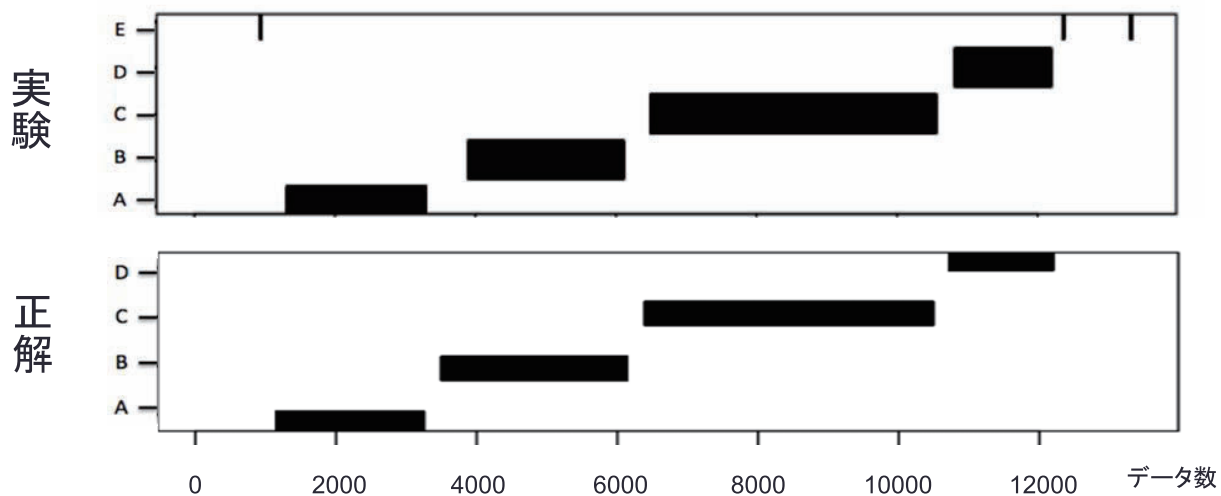


## • 胸のRFIDリーダのデータからの保持道具の検出



## ②位置計測

## • 足のRFIDリーダのデータからの移動経路の抽出



※Eはカメラで撮影していないため正解がない

実験結果

|      |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |
|------|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|
|      |   | E |     |   |   |   |     |   | E | E |
| 位置   |   |   | A   |   | B |   | C   |   | D |   |
| 作業   |   |   | 作業1 |   |   |   | 作業2 |   |   |   |
| 立位   |   |   | ■   | ■ |   | ■ |     |   |   |   |
| 中腰   |   |   |     |   | ■ |   |     |   |   |   |
| 座位   |   |   |     |   |   |   |     |   | ■ | ■ |
| しゃがみ |   |   |     |   |   | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ |
| 移動   | ■ |   |     | ■ | ■ |   |     | ■ |   | ■ |

正解

|      |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |
|------|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|
|      |   | E |     |   |   |   |     |   | E | E |
| 位置   |   |   | A   |   | B |   | C   |   | D |   |
| 作業   |   |   | 作業1 |   |   |   | 作業2 |   |   |   |
| 立位   |   |   | ■   | ■ |   | ■ |     |   |   |   |
| 中腰   |   |   |     |   | ■ |   |     |   |   |   |
| 座位   |   |   |     |   |   |   |     |   | ■ | ■ |
| しゃがみ |   |   |     |   |   | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ |
| 移動   | ■ |   |     | ■ | ■ |   |     | ■ |   | ■ |

■ 上向き  
■ 立向き  
■ 下向き

## まとめ

- Android端末を用いた造船作業計測手法を提案した
- 先行研究の以下の3点の課題を解決した

## ①動作識別

→造船現場に対応した動作を分類し、  
8割程度の精度で各動作を識別できる

## ②位置計測

→RFIDを用いることで精度を向上できる

## ③作業内容推定

→RFIDによる道具の検知を行うことで  
映像データ無しで作業内容の推定ができる

## ・動作の詳細分離

| 作業動作    | 説明                                     |
|---------|----------------------------------------|
| 歩行      | 主に固定の作業場所への移動<br>外業作業で多い               |
| 姿勢保持    | 基本的には、「しゃがみ」「中腰」<br>「立位」の3種類<br>溶接作業など |
| 持ち上げ/下げ | 部材・工具・機器の持ち上げ下げ<br>玉掛け作業中に多い           |
| 運搬      | 部材・工具・機器の準備・片付け                        |
| 押し/引き   | 位置決めのため部材を押し引きする                       |

本研究では奥本らの分類のうち一部しか識別できていないため、残りの動作についても識別を行うこと

## ・見える化システム(プラットフォーム)への組み込み

# 補足資料

作業負荷計測の自動化

作業標準の維持管理・改善

参考文献

# 作業負荷計測の自動化

METs (Metabolic equivalents)

活動・運動を行った時に安静状態の何倍のカロリー消費をしているかを表す

|    | 歩行 | 立位作業 | 座位作業 | 荷物運搬 | しゃがみ作業 | 中腰作業 |
|----|----|------|------|------|--------|------|
| 負荷 | 2  | 3    | 2    | 8    | 7      | 5    |

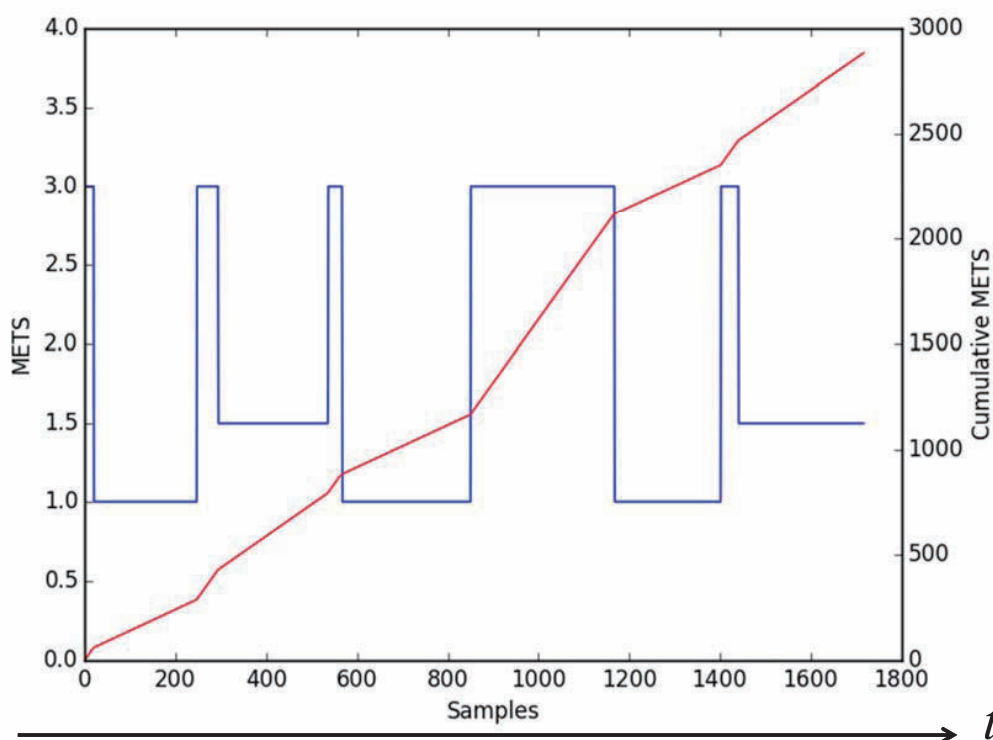
状態に対しても規定可能

| 状態    | METs |
|-------|------|
| 上向き   | 3.0  |
| 正面    | 1.0  |
| 下向き   | 1.5  |
| 頭部の回転 | 3.0  |

値は1サンプル(0.033秒)毎の数値とし、METs値の大きさは奥本らの研究に基づく

METs値を単位時間負荷としてその累積を累積負荷として算出 45

## 頭部の状態に対する作業負荷算出の例

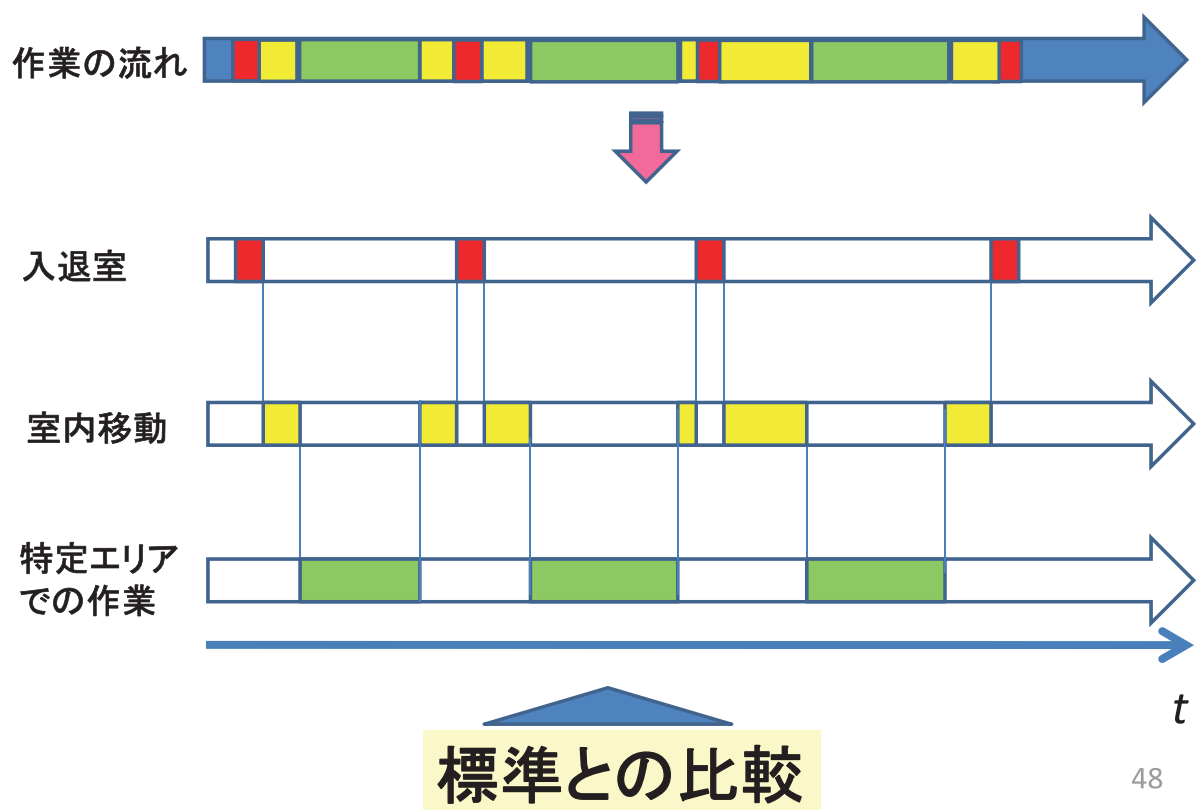


# 作業標準の維持管理・改善



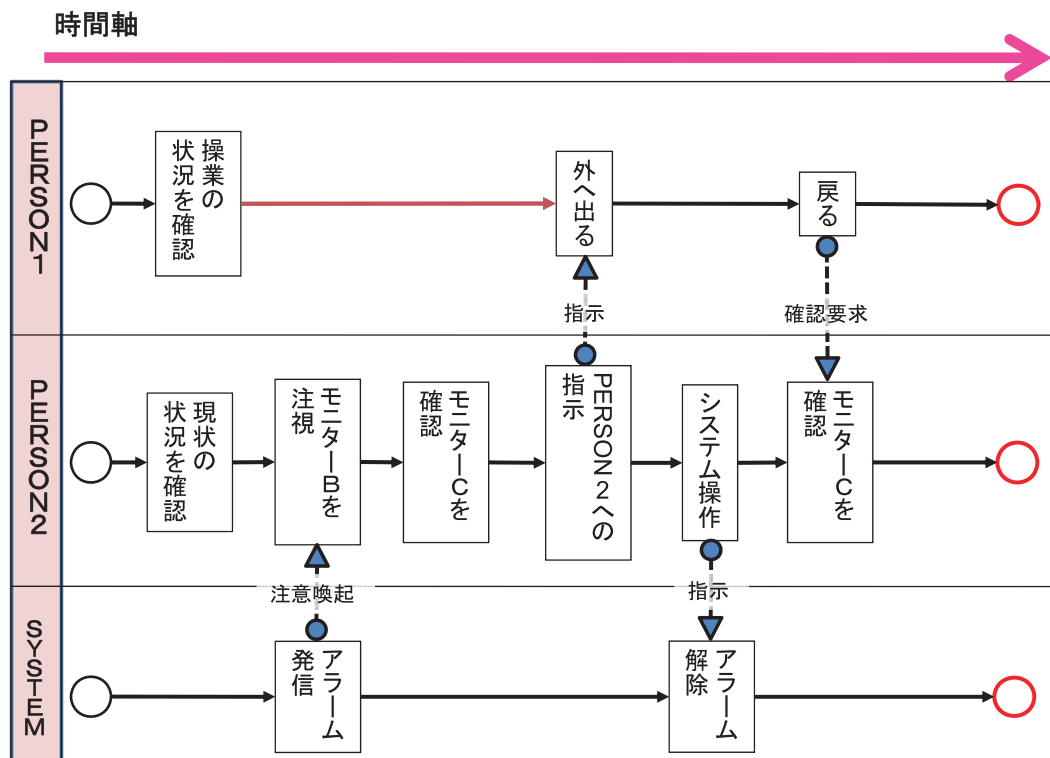
47

## 作業者の標準的な動きからのズレを計測から検知

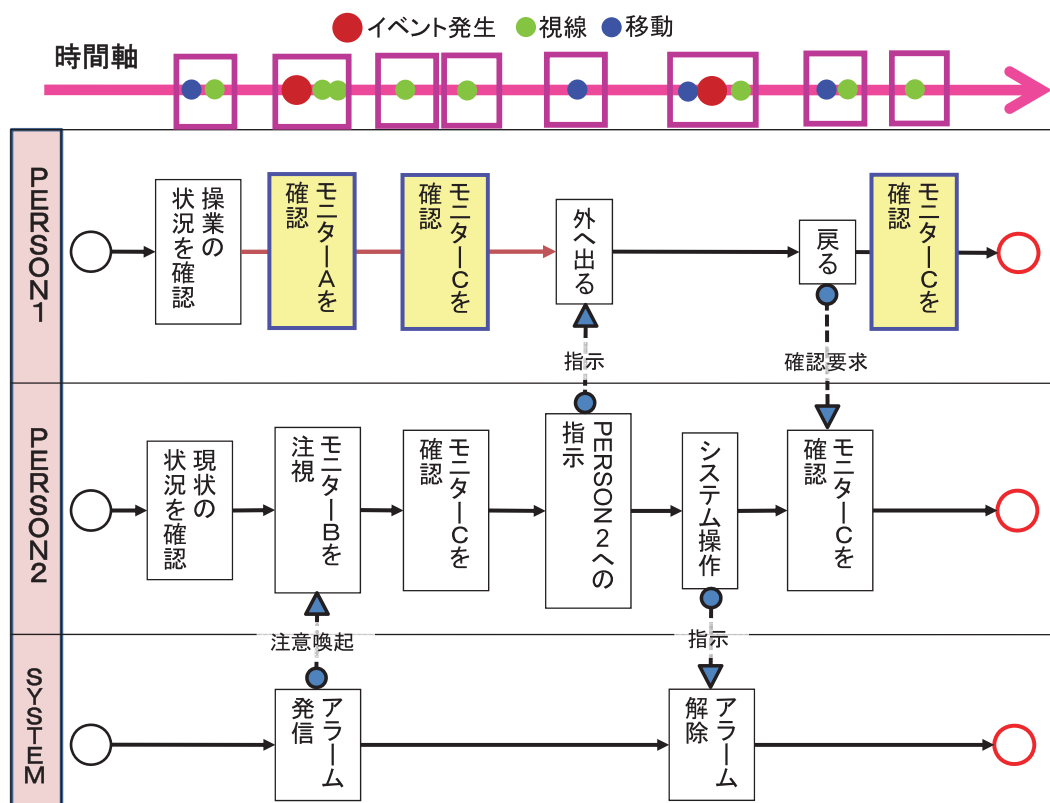


48





49



50

## タスクを与えた被験者の位置計測からの行動分析

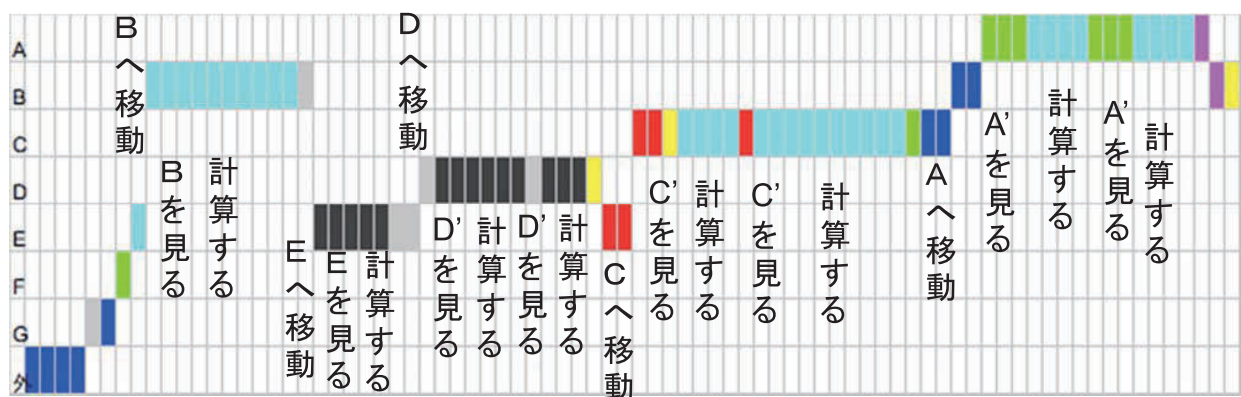
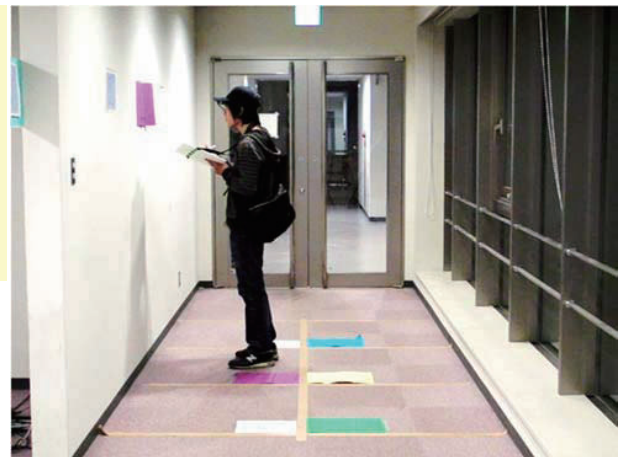
- ・領域A～Fから見られるモニタが決まっている
- ・顔の向きは、右図のような水平な8方向に限定する
- ・領域Xへ移動，モニタを見る，計算する，を繰り返す



51

ビデオカメラ映像から  
**目視で位置計測※**を行い、  
作成したガントチャートから、  
**行動素を抽出**

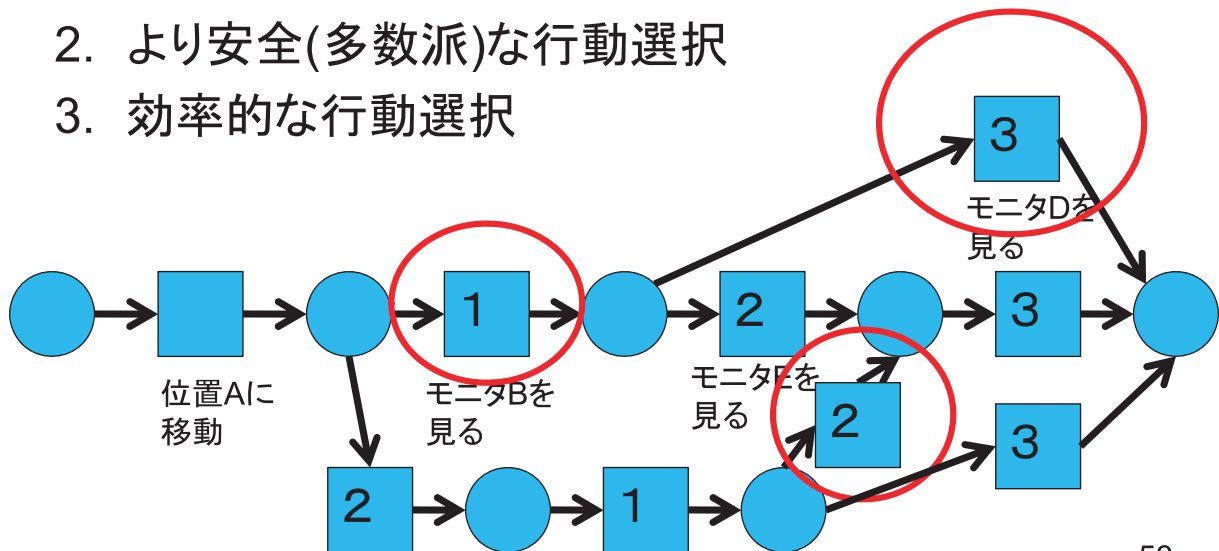
※その後、スマートフォンのセンサーを利用した計測を行っている



52

## ズレの記述(ペトリネットの利用)

- ペトリネットによる記述.
- ペトリネットの修正
  1. 間違えた行動の削除
  2. より安全(多数派)な行動選択
  3. 効率的な行動選択



53

## ワークフローへの変換(改善)

変化前

「モニタB→E→D→C'→A→F'→E→Aの順に計算する」



一連の分析

変化後

「モニタB→E→D→(計算や順番の)確認  
→C'→A→確認→F'→確認→E→Aの順に  
確認しつつ計算する」

54

## 参考文献

- [1] 大和裕幸, 小林郁太郎, 白山晋, 増田宏, 榎本昌一, 西田尚徳, 中村智和: ウェアラブルシステムの造船作業計測への適用, 日本造船学会論文集, Vol.190, pp.431-438, 2001
- [2] Liu, J., Hirota, J., Wu, C.-X., and Aoyama, K.: Monitoring System for Advanced Construction Management(Integration Methods of Monitoring Data to Generate Virtual Job Shop), Proceedings of the International Conference on Computer Applications in Shipbuilding (ICCAS), Vol.2, 2013
- [3] 大森崇弘, 白山晋: 行動センシングデータを利用した作業負荷算出手法に関する研究, 人工知能学会第2種研究会資料, SIG-KST-2013-03-04, 2014
- [4] 奥本泰久, 村瀬晃平, 中馬越幸次: バーチャルヒューマンモデルによる作業性, 安全性の研究: 第三報 重筋作業時の身体負荷について, 日本造船学会論文集, Vol.189, pp.317-326, 2001

# 画像情報を活用した 造船所における作業・安全観測法

九州大学大学院 海洋システム工学部門  
篠田岳思

## 講演内容

- 1) 作業安全のためのリスクアセスメント:
- 2) ビデオ画像分析による作業観測法
- 3) 携帯型小型カメラによる作業観測法
- 4) 「見える化」と「見せる化」の違いとは

1

## 研究背景 画像情報の活用の意義と課題

- 造船所での作業、**一人作業**が多く、作業者が何をやっているのかよく分からない。
- カメラ技術の向上:
  - ・モニタリングカメラ: 防犯, 安全面での利用
  - ・小型カメラ: スポーツ, 目線画像
- 長所:
  - ・インターネット回線を通じて遠隔地からモニタリング
  - ・膨大な画像を取得・蓄積できる
  - ・全ての作業者の**細かい動作レベル**まで観測可能
- 課題:
  - ・プライバシーへの配慮
  - ・造船所へ適用した場合, **何をどう, 観測するか。**
  - ・**膨大な画像の分析方法**

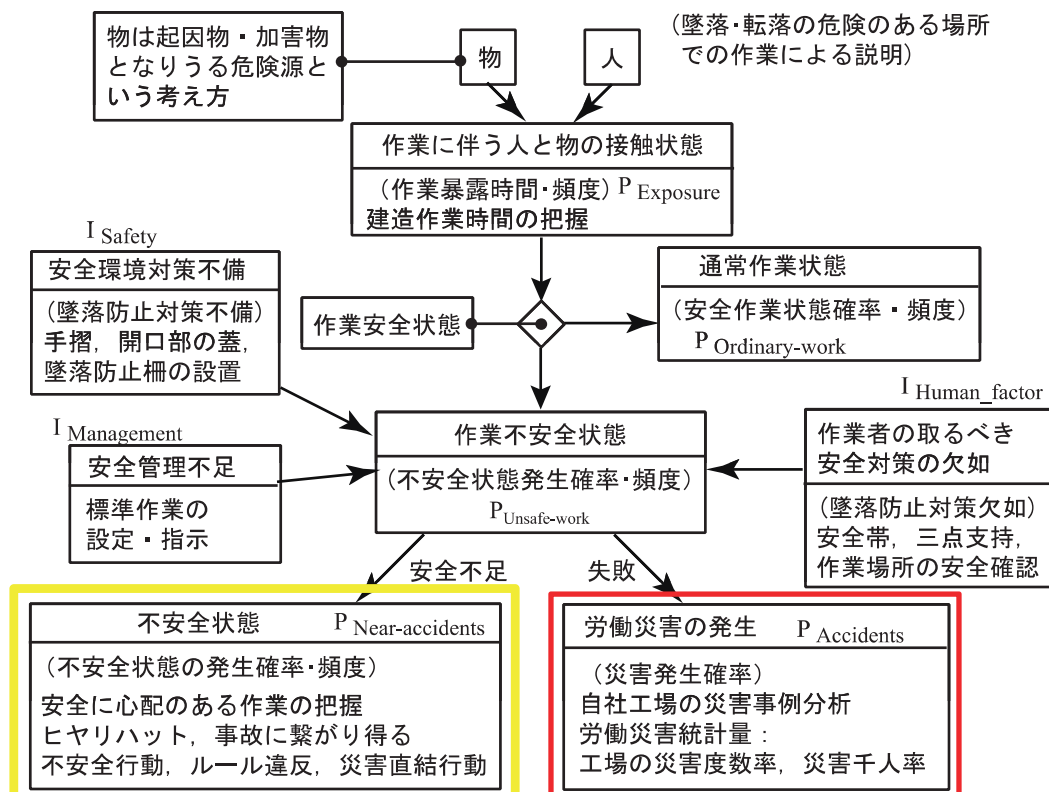
## 研究の目的

画像情報を活用した造船所における作業・安全観測法  
作業の標準化, 作業の安全化, 有効な観測法を検討

2



# 災害発生モデルと作業安全観測の考え方



3

## 切断工程でのスラットコンベア

コンベア寸法：

スラット間隔:150mm, スラット高さ:150mm, スラット厚さ: 9mm, コンベア幅:3800mm



歩行に熟練を要する



スラット板の反り返り



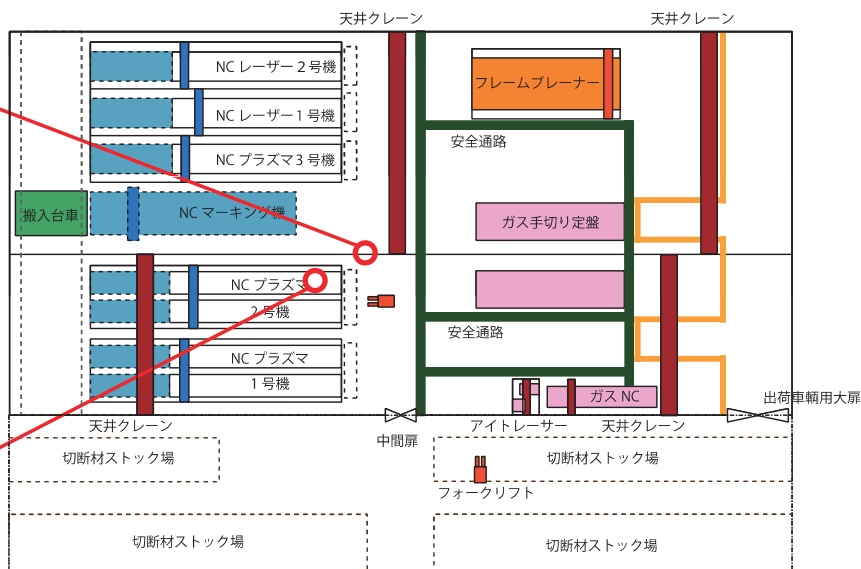
ノロの付着  
楕形表面の  
ひっかかり

4

## 作業・安全観測のための画像情報の活用



- ・不安全行動および状態の把握  
過去の災害事例と、想定できない事象の見極め
- ・ハザードの同定と不安全行動の頻度確率の検討



切断工場見取り図

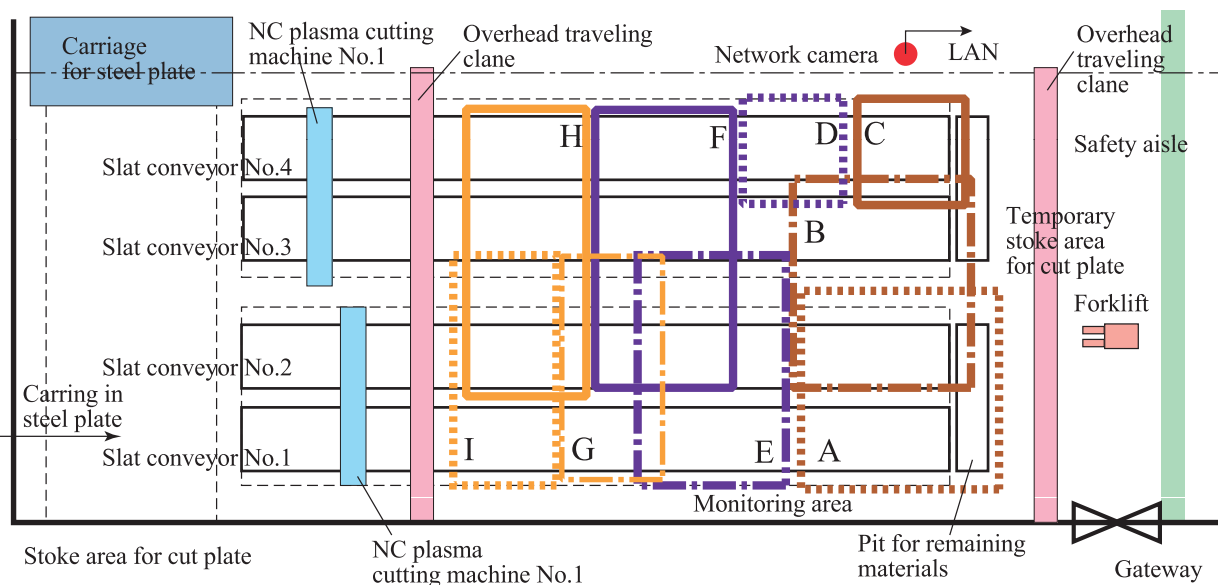
5

## ネットワークカメラのモニタリングエリア

モニタリング方式1: 画角固定方式, カメラアングル(A+B)領域

モニタリング方式2: カメラアングルF, B, (C+D), H

モニタリング方式3: 画角ロテーション方式, カメラアングルA-I,  
9箇所の領域を巡回してビデオ記録



6

## 撮影に現れた作業者の不安全行動数

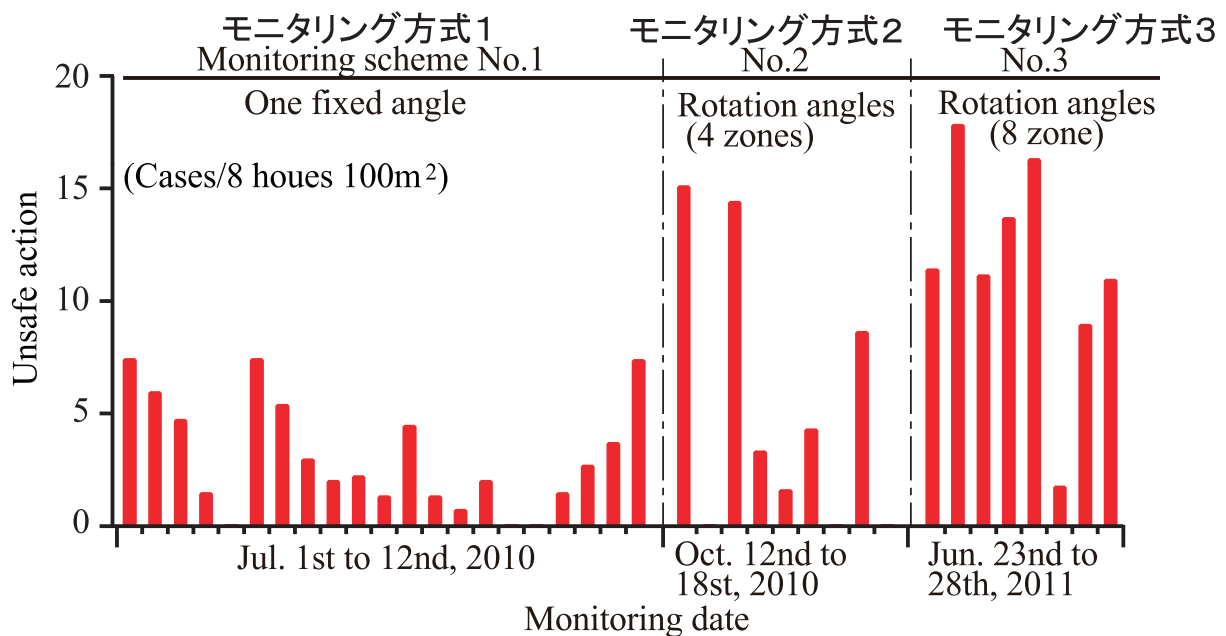
モニタリング方式1: 画角固定方式, アングル(A+B)領域  
 モニタリング方式2: 画角ローテーション方式, アングルF, B, (C+D), H  
 モニタリング方式3: 画角ローテーション方式, アングルA-I, 9箇所

| Angle | Area  | 撮影コマ数 |       |     | コマ内<br>作業者数 |     |      | コンベア上<br>作業者数 |      | 不安全行動<br>発見数 |     |
|-------|-------|-------|-------|-----|-------------|-----|------|---------------|------|--------------|-----|
|       |       | Day   | Night | Sum | D           | N   | S    | S             |      | S            |     |
| A     | 133.1 | 54    | 47    | 101 | 190         | 125 | 315  | 131           | 41.6 | 10           | 7.6 |
| B     | 133.4 | 55    | 47    | 102 | 169         | 122 | 291  | 220           | 75.6 | 13           | 5.9 |
| C     | 38.3  | 55    | 47    | 102 | 28          | 22  | 50   | 38            | 76.0 | 0            | 0.0 |
| D     | 38.3  | 55    | 47    | 102 | 47          | 44  | 91   | 83            | 91.2 | 1            | 1.2 |
| E     | 122.2 | 55    | 46    | 101 | 211         | 150 | 361  | 310           | 85.9 | 27           | 8.7 |
| F     | 137.3 | 55    | 46    | 101 | 210         | 172 | 382  | 363           | 95.0 | 33           | 9.1 |
| G     | 83.9  | 56    | 46    | 102 | 190         | 128 | 318  | 284           | 89.3 | 20           | 7.0 |
| H     | 127.3 | 54    | 47    | 101 | 160         | 116 | 276  | 254           | 92.0 | 15           | 5.9 |
| I     | 82.6  | 53    | 48    | 101 | 134         | 112 | 246  | 214           | 87.0 | 7            | 3.3 |
| 合計    | 896.4 | 492   | 421   | 913 | 1339        | 991 | 2330 | 1897          | 81.4 | 126          | 6.6 |

7

## ネットワークカメラによる観測スキームの検討

- ・モニタリング方式 画角固定方式(連続撮影), 画角ローテーション方式:
- ・モニタリング方式の異なる不安全状態の評価の検討
- ローテーション方式の集計の工夫
- 不安全発見数を, 8時間換算, 100平米換算



8

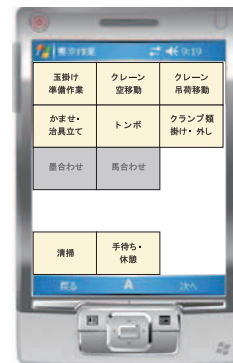
# 情報携帯端末による 作業・安全観測システムの開発

## ●作業・安全観測の目的

- ・作業と不安全状態を同時に作業観測
- ・作業に潜む不安全状態を定量的に把握、改善
- ・作業相互がお互いの作業を観測、安全に活用

## ●作業・安全観測方法

IEにおける瞬間観測法による作業・安全観測



PDA (Personal Digital Assistant)

## 瞬間観測法

ランダムに、ある作業を瞬間観測、作業毎に頻度集計、作業割合を推定  
＜長所＞

- ・確率論に基づき、短時間で精度に応じた作業要素の割合を推定できる。

＜短所＞

- ・確率論に依存するため説得性が難しい場合がある
- ・作業時間が小さいものへの信頼度向上には、膨大なデータ数が必要、  
膨大なデータ処理 -> 携帯端末により解消

9

# 携帯型情報端末による 作業・安全観測・観測結果(切断工程)

2009年

| 工程              | 要素作業       | ルール違反 | 災害直結 | 不安全件数 | 不安全発見率 | 観測件数 | 災害の型分類 |       |                       |                    |                       |           |               |      |            |
|-----------------|------------|-------|------|-------|--------|------|--------|-------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------|---------------|------|------------|
|                 |            |       |      |       |        |      | 墜落・転落  | 転倒    | 飛来・落下                 |                    | 激突され                  |           | 挟まれ<br>巻き込まれ  | 高温接触 | その他        |
|                 |            |       |      |       |        |      | 墜落・転落  | 転倒・踏み | 基準外の荷<br>の吊り・<br>引っ掛け | 吊荷の<br>不安定・<br>不安定 | 荷振れ・合<br>図無し・人<br>払い等 | 機器<br>接触等 | 手足払い<br>・立ち位置 | 火傷   | 保護具<br>未使用 |
| 工程5<br>NC切断     | NC操作       | 2     |      | 2     | 5%     | 44   |        |       |                       |                    |                       |           |               |      | 2          |
|                 | ガイドナー      | 3     |      | 20    | 38%    | 52   | 1      | 1     |                       |                    |                       | 6         |               |      | 12         |
|                 | コンベア上移動    |       | 4    | 20    | 42%    | 48   | 5      | 12    |                       |                    |                       | 2         |               |      |            |
|                 | ノロ・手切断     |       | 1    | 1     | 5%     | 21   |        |       |                       |                    |                       | 1         |               |      |            |
|                 | 移動         |       | 1    | 1     | 6%     | 16   |        |       |                       |                    |                       |           |               |      |            |
|                 | 機器監視       | 2     |      | 2     | 7%     | 27   |        |       |                       |                    |                       |           |               |      | 2          |
|                 | 機器準備       | 1     |      | 1     | 6%     | 18   |        |       |                       |                    |                       |           |               |      | 1          |
|                 | 残材切断       | 3     |      | 30    | 34%    | 88   | 1      | 5     |                       |                    |                       | 11        |               | 9    | 3          |
|                 | 書き入れ       |       | 1    | 1     | 2%     | 44   |        |       |                       |                    |                       | 1         |               |      |            |
| 工程7<br>アイトレーサー  | 移動         | 1     |      | 1     | 33%    | 3    |        | 1     |                       |                    |                       |           |               |      |            |
| 工程9<br>運搬       | ハッカー吊荷移動   | 1     |      | 32    | 55%    | 58   |        | 3     | 1                     | 2                  | 25                    |           | 1             |      |            |
|                 | マグチャック吊荷移動 |       | 1    | 31    | 54%    | 57   |        | 1     |                       | 1                  | 26                    |           | 3             |      |            |
|                 | マグボート吊荷移動  |       |      | 30    | 52%    | 58   |        |       |                       | 1                  | 22                    |           | 6             |      |            |
|                 | 残材積込       | 1     |      | 20    | 41%    | 49   |        |       | 1                     |                    | 10                    |           | 9             |      |            |
| 工程10<br>屋外での仕分け | フォーク荷移動    | 1     |      | 33    | 66%    | 50   |        | 5     |                       |                    | 25                    | 2         |               |      |            |
| 工程12<br>トレーラー運搬 | ラッシング      |       |      | 27    | 47%    | 57   | 10     | 7     |                       |                    |                       |           | 10            |      |            |
|                 | 積込確認・指示    |       |      | 20    | 43%    | 46   | 7      | 2     |                       |                    |                       |           | 11            |      |            |

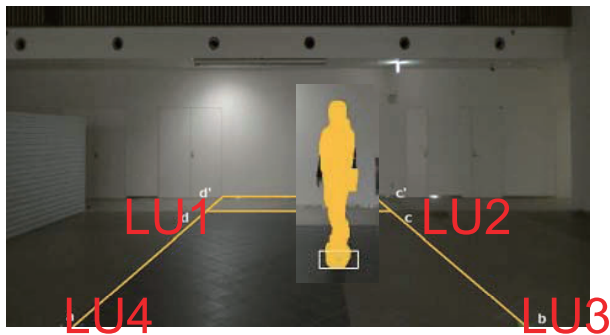
10



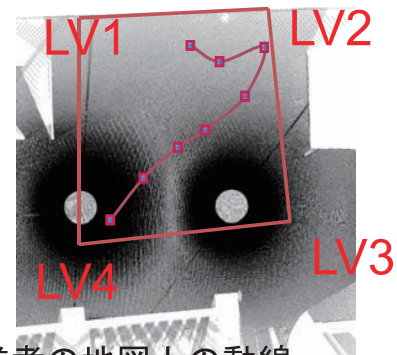
## ビデオ画像分析による作業観測法

造船所での、作業効率および作業安全について、ビデオモニタリングと画像解析により、作業・安全状況の定量的把握について検討する。

- 1) ビデオ画像から作業者の抽出し、**画像上の位置情報**の抽出
- 2) 3Dスキャナー、船殻データを用い**地図情報**
- 3) 作業者の画像上の1)位置情報と2)地図情報の**マッチング**を  
**ホモロジ変換**により同定し、動線を抽出する。
- 4) 作業者の位置推定の検討を行い、作業・安全観測への適用の検討



作業者の抽出と画像上の位置

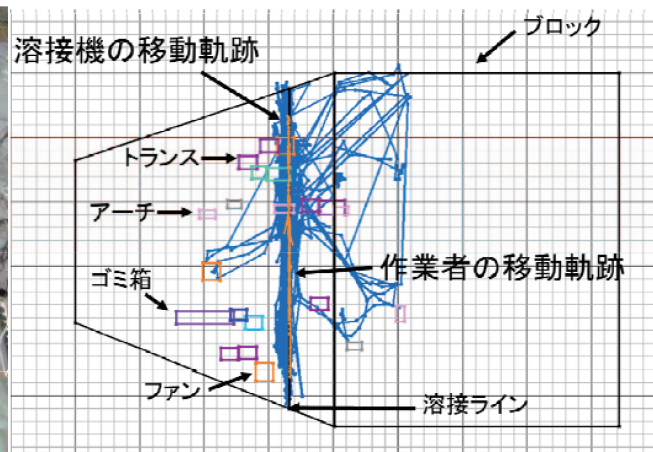
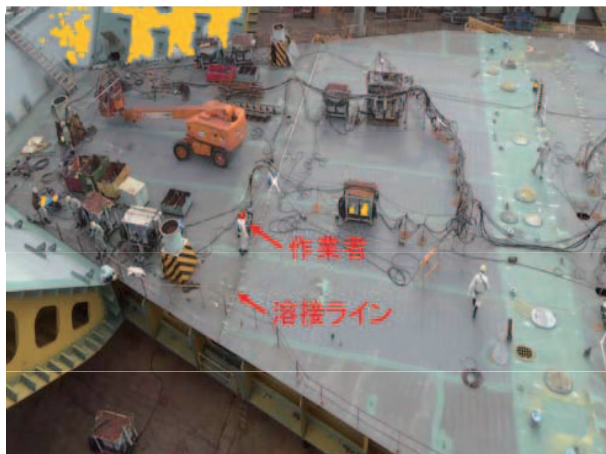


作業者の地図上の動線

11

## 作業者と溶接機の移動軌跡の取得

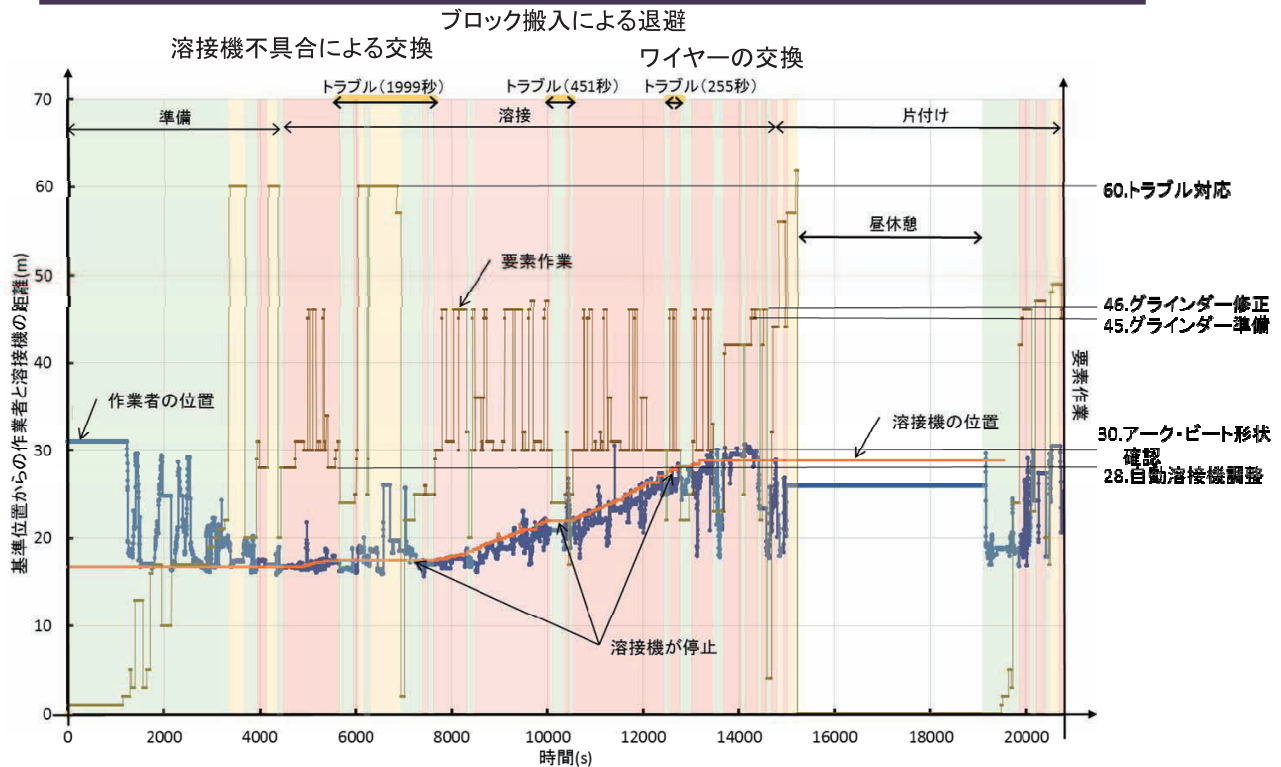
- 作業者と溶接機の位置情報から**軌跡動画**を作成
- 溶接機と作業者の**基準位置からの距離**を算出



12



## 作業者の位置情報を用いた作業の評価



13

## 携帯型小型カメラによる作業観測法

- ・セパレート形式: カメラ部, 録画部  
録画部, 背中にし, 頭部の負担が軽減
- ・リチウムイオン乾電池により長時間の連続撮影
- ・1日1回のバッテリー交換,  
1日の作業を連続撮影可能



取得された動画



カメラを装着した作業者



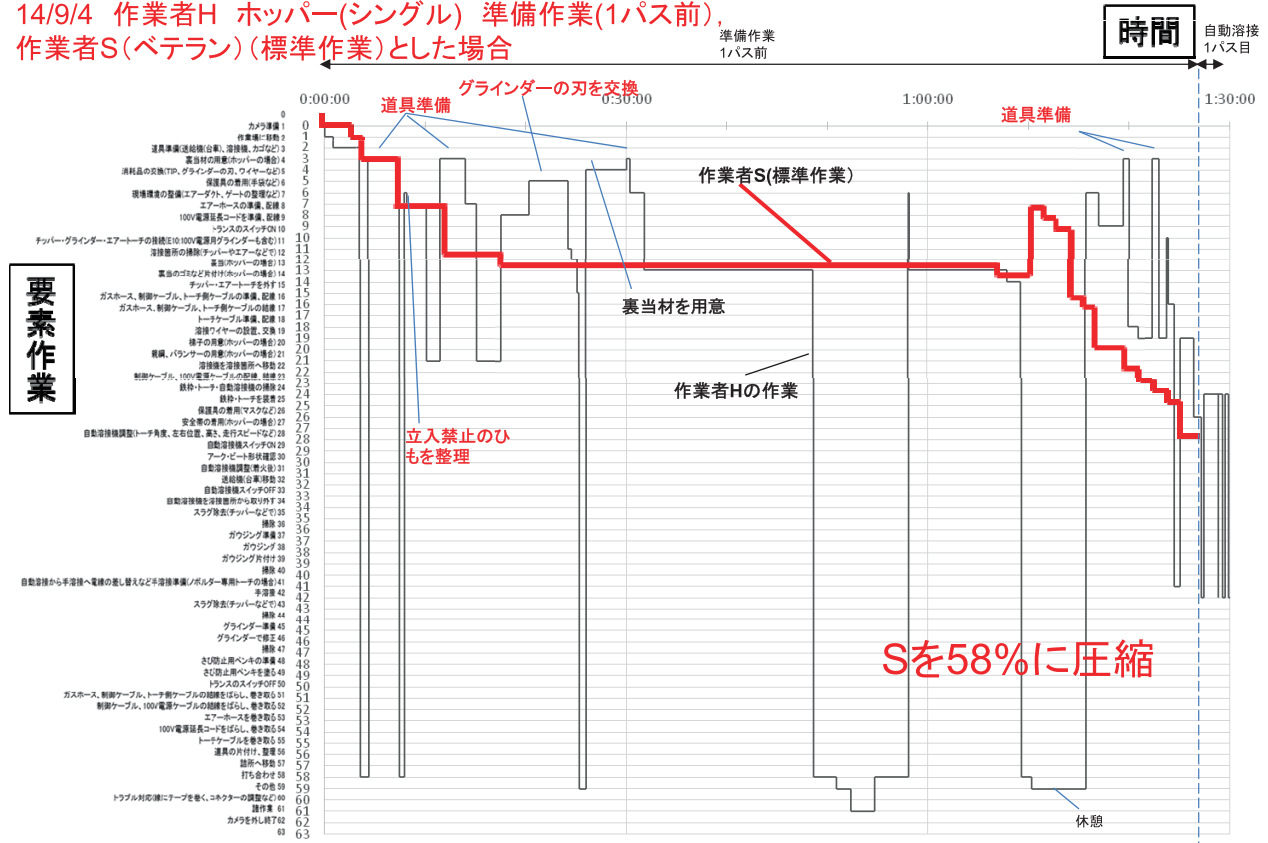
小型カメラ

14

14

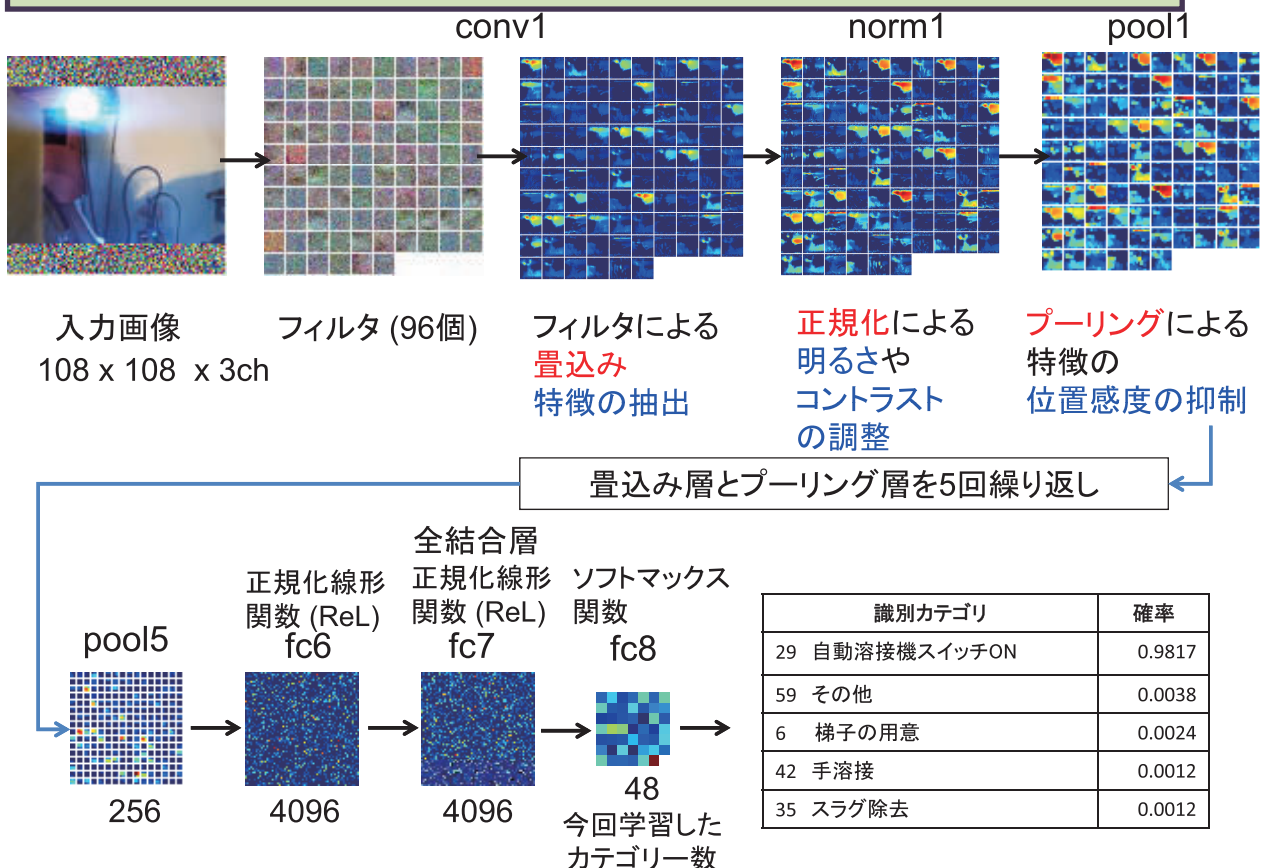
## 作業進行図による標準作業手順の検討

14/9/4 作業者H ホッパー(シングル) 準備作業(1パス前),  
作業者S(ベテラン)(標準作業)とした場合



15

## 画像識別のためのニューラルネットワークの構成と流れ



16

## NNの識別率改善(チューニング)を適用後の計算結果

出力

| 作業要素名              | 2    | 6   | 8    | 9    | 13  | 17  | 22   | 24  | 28   | 30   | 35   | 42   | 46   | 56  | 58   | 59   | 61   |
|--------------------|------|-----|------|------|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| 2:作業場へ移動           | 11.6 | 0.0 | 2.3  | 4.7  | 2.3 | 0.0 | 4.7  | 2.3 | 0.0  | 25.6 | 9.3  | 0.0  | 2.3  | 2.3 | 11.6 | 4.7  | 16.3 |
| 6:梯子の用意            | 6.7  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 10.0 | 0.0 | 6.7  | 26.7 | 10.0 | 3.3  | 3.3  | 3.3 | 3.3  | 13.3 | 13.3 |
| 8:裏当材の用意           | 0.0  | 0.0 | 13.8 | 3.4  | 0.0 | 0.0 | 20.7 | 3.4 | 0.0  | 13.8 | 6.9  | 0.0  | 6.9  | 0.0 | 13.8 | 3.4  | 13.8 |
| 9:裏当               | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 91.1 | 0.4 | 0.9 | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.9  | 0.4  | 1.7  | 0.0  | 0.0 | 0.4  | 1.7  | 2.6  |
| 13:エアホースの準備, 配線    | 1.8  | 0.0 | 0.0  | 8.9  | 3.6 | 0.0 | 7.1  | 7.1 | 7.1  | 12.5 | 14.3 | 1.8  | 1.8  | 3.6 | 5.4  | 3.6  | 21.4 |
| 17:溶接箇所の掃除         | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 60.0 | 1.7 | 0.0 | 2.6  | 0.0 | 0.9  | 1.7  | 27.8 | 0.9  | 0.0  | 0.0 | 0.9  | 1.7  | 1.7  |
| 22:溶接ワイヤーの設置, 交換   | 5.7  | 0.0 | 3.8  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 22.6 | 3.8 | 3.8  | 7.5  | 13.2 | 1.9  | 1.9  | 0.0 | 7.5  | 1.9  | 26.4 |
| 24:鉄棒・トーチ・自動溶接機の掃除 | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 19.6 | 6.5 | 2.2  | 21.7 | 28.3 | 0.0  | 10.9 | 0.0 | 2.2  | 2.2  | 6.5  |
| 28:自動溶接機調整         | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 1.9 | 0.0 | 7.7  | 5.8 | 21.2 | 9.6  | 42.3 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 3.8  | 5.8  | 1.9  |
| 30:アーク・ビート形状確認     | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.3 | 0.0 | 0.8  | 0.8 | 0.0  | 86.2 | 6.1  | 3.0  | 0.6  | 0.3 | 0.3  | 0.3  | 1.4  |
| 35:スラグ除去           | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 2.3 | 0.0 | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 88.5 | 1.1  | 1.1  | 0.0 | 0.0  | 2.3  | 4.6  |
| 42:手溶接             | 0.8  | 0.0 | 0.0  | 1.6  | 0.0 | 0.0 | 1.6  | 2.3 | 1.6  | 9.3  | 12.4 | 62.8 | 0.8  | 0.8 | 0.0  | 0.8  | 5.4  |
| 46:グラインダーで修正       | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 1.6  | 4.8 | 1.6  | 8.1  | 83.9 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| 56:道具の片付け, 整理      | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 6.6  | 6.6 | 3.3  | 13.1 | 9.8  | 0.0  | 1.6  | 3.3 | 11.5 | 8.2  | 36.1 |
| 58:打ち合わせ           | 1.7  | 0.0 | 1.7  | 1.7  | 1.7 | 0.0 | 0.0  | 0.0 | 3.4  | 6.9  | 1.7  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 39.7 | 25.9 | 15.5 |
| 59:その他             | 0.3  | 0.0 | 0.7  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0 | 1.0  | 3.1  | 0.3  | 0.3  | 0.0  | 0.0 | 5.1  | 86.7 | 2.4  |
| 61:諸作業             | 2.8  | 0.0 | 0.0  | 1.4  | 0.0 | 4.2 | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 1.4  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 2.8  | 87.5 |
| 作業の割合(%)           | 1.8  | 1.3 | 1.3  | 10.4 | 2.4 | 4.9 | 2.3  | 2.0 | 2.2  | 15.5 | 3.7  | 5.5  | 2.7  | 2.6 | 2.5  | 12.5 | 3.1  |

識別できた要素作業は7項目  
の割合は合計53.2%

17

## 「見える化」と「見せる化」の違いとは

○「見せる化」は異常が見えても改善しない職場体制

例えば,

工程進捗グラフを職場に表示して, 遅れ問題が見えても

「遅れを回復せよ」と言うだけで

「何故遅れたか改善活動をしないう職場体制」

○「見える化」は異常が見えたら直ぐに改善する職場体制

・問題点を発見, なぜなぜ分析, 真因を追及

・「見える化」の第一歩は, 標準化, あるべき姿のモデル化

標準化=モデルと, 現実の差から, 「見える化」が深化,

・研究開発事業の成果である, 「造船工場の見える化システム」

により, 真の「見える化」が推進され, 改善できる職場体制ができることを望みます。

18



造船工場の見える化システムに関する技術セミナー  
～船舶建造工程管理の革新をめざして～

## ICT技術の応用による造船現場の 作業支援システムの研究開発

---

2016年9月14日

松尾 宏平

kohei@nmri.go.jp



国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所  
**海上技術安全研究所**  
National Maritime Research Institute.

### ■ 海技研の生産技術に関する研究

---

平成28年度から、第4期中期計画。

#### 重点研究21

「海事産業の発展を支える技術革新と人材育成に資する技術開発に関する研究」

#### ■ 造船の生産計画・管理に関する研究開発

⇒生産計画・管理システム、VR/AR、AI、IoT、etc.

#### ■ 造船の生産性向上に資する機器の開発

⇒造船ロボット、パワーアシストスーツ、新工法

#### ■ 新しい造船生産工程管理の提案

⇒非熟練及び短時間労働者を新たに取り入れた新概念の造船工程



## 講演内容

- 海技研のARシステムの研究開発  
⇒ AR技術の造船向けの具体例、その意義
- ARシステムと工場見える化システムの接続  
⇒ 工場見える化システムとの関係  
⇒ 工場見える化システムの先にあるもの
- まとめ

## 海技研のARシステムに関する研究開発

AR (Augmented Reality, 拡張現実)技術：

- ・ 情報端末を使って、様々な情報をオーバーレイ。
- ・ 直感的。人の認知を拡張。
- ・ 新しい情報の提示の仕方。人と情報の新しいやり取りの仕方。
- ・ 広告、宣伝、エンターテインメントの分野で利用拡大。

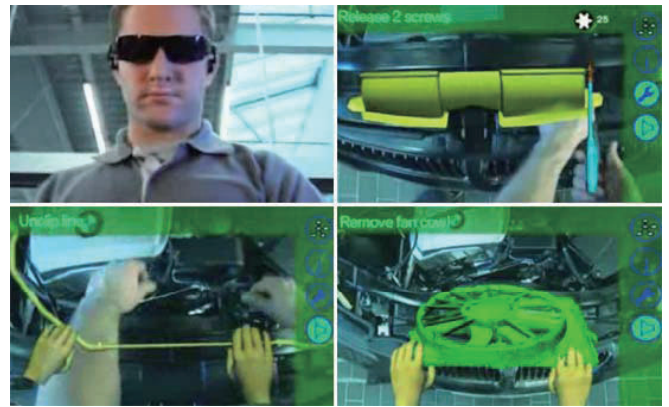


ものづくりでの利用：

- ・ 車、家電業界。
- ・ 組立、メンテのサポート。

造船分野で想定される目的：

- ・ 生産の指示、サポート。
- ・ 教材、技能伝承。



BMWの取り組み：車のメンテナンスをサポートするARシステム

研究開発の経緯：

- ・ 人依存が強い産業でより効果大。
- ・ 造船での応用事例なし。

研究の目的：

- ・ AR技術の造船応用への有効性を確認。
  - ・ 造船利用の場合の技術的課題の抽出。
- ⇒造船向けARアプリケーションの研究開発。

AR (Augmented Reality)：

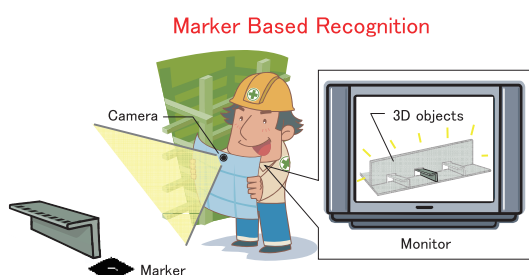
- ・ 新しい情報の提示の仕方。人と情報の新しいやり取りの仕方。
- ・ リアルタイム。インタラクティブ。

要素技術・原理：

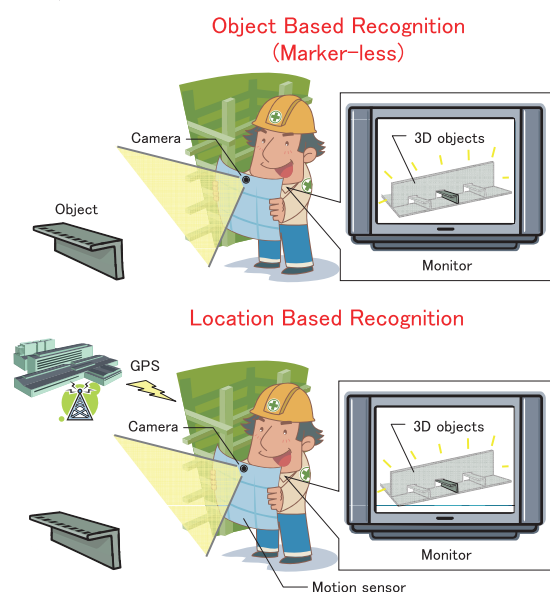
- ・ 認識技術、Computer Graphics、表示するコンテンツ。

ARの主な認識方法：

- ・ マーカーベース
- ・ マーカーレス
- ・ ロケーションベース



Marker Based Recognition



Location Based Recognition

## ■ 造船作業を支援するARアプリケーションの開発

研究期間： 2011年～

開発アプリケーション：

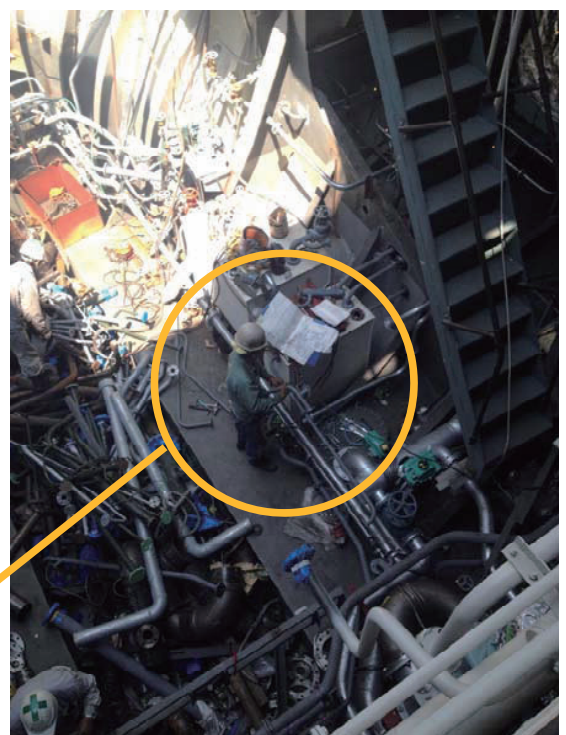
- ・ 造船の現場作業、生産管理を支援するアプリの開発。
  - ー 曲げ加工支援ARアプリケーション
  - ー 配管施工支援ARアプリケーション
  - ー 艤装作業支援ARアプリケーション
- ・ 現在、いずれのアプリも造船所での実運用に向けた製品版アプリの開発を推進中。

## ■ 艤装作業支援ARアプリケーション

- ・ 取り付ける艤装品の図面を出したり、取付け箇所の案内、現場で作業管理するARアプリ。
- ・ 2014年度に開発したアプリ。
- ・ 富士通殿のシステムをベースに開発。

取り付ける管について、図面で確認している様子。

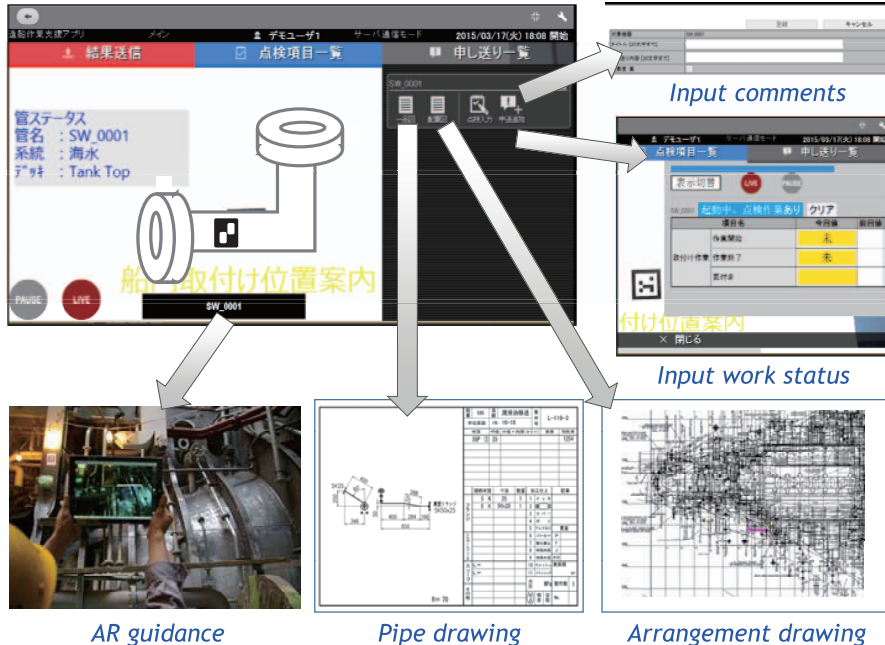
- ー 図面（配置図）が複雑で、該当する管がどれか、どのように取り付けるかの理解に時間を要する。
- ー 現在、現場から詳細な作業状況（管一品ごとの作業のかかり、終了の報告）はされていない。



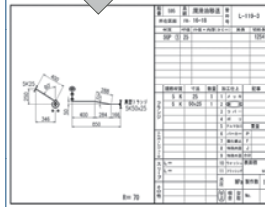
## 艤装作業支援ARアプリケーションの機能:

- 艤装品の認識（マーカースタンプ）
- 関連図面の自動表示
- 取付け箇所のAR的ガイド
- 各種コメント等の追記、情報共有
- 進捗管理

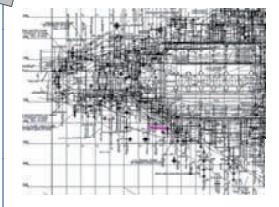
Main View



AR guidance



Pipe drawing

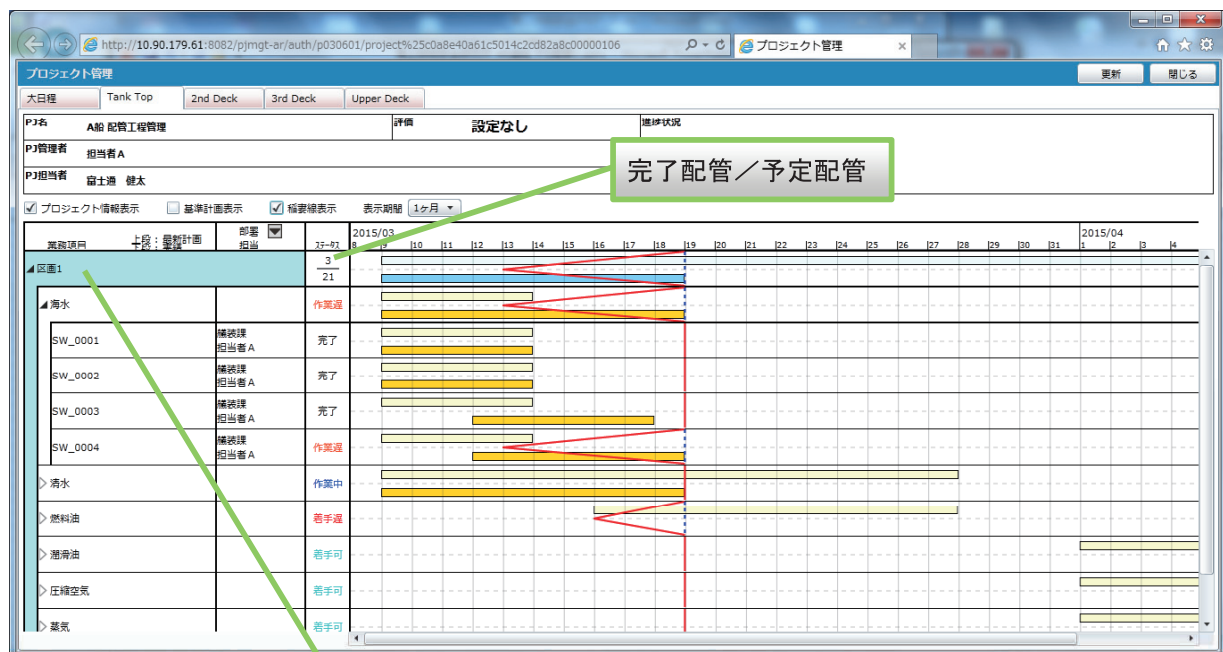


Arrangement drawing

Copyright© 2015 National Maritime Research Institute, JAPAN

8

## 管一品ごとの進捗管理の様子



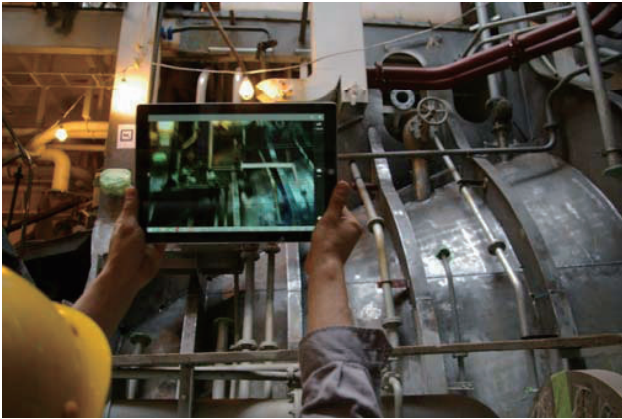
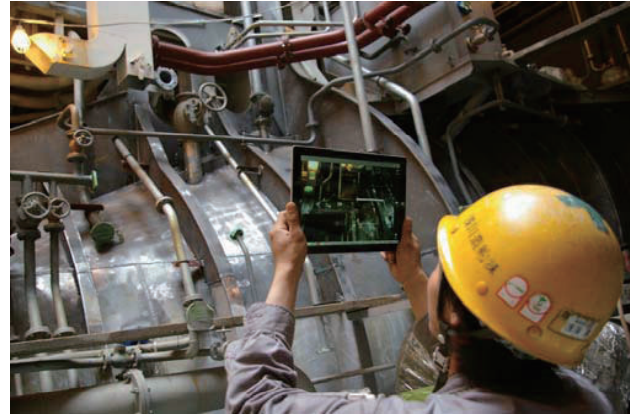
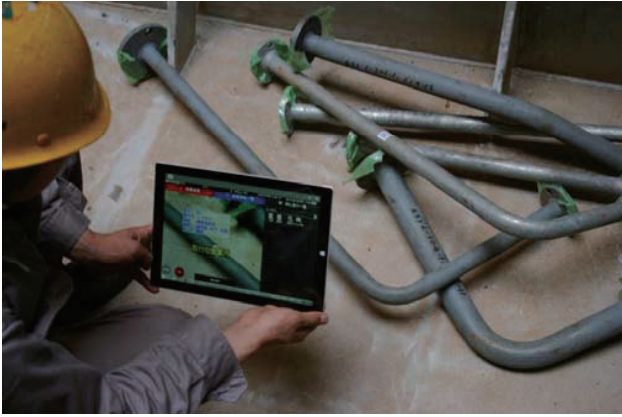
タブを開くと配管毎の日程

本システムによる配管取り付けの進捗管理画面の様子

Copyright© 2015 National Maritime Research Institute, JAPAN

9



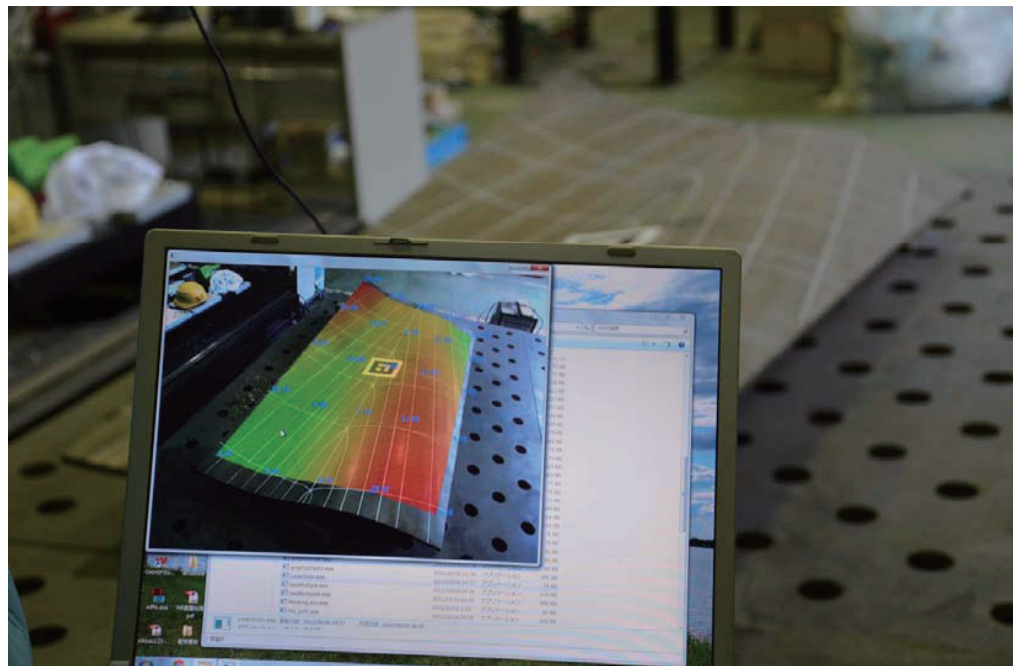
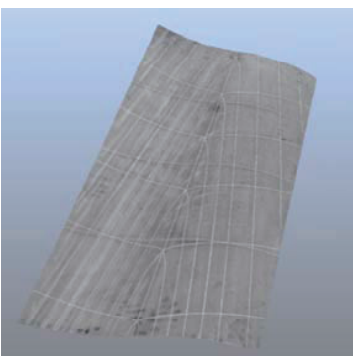


Copyright© 2015 National Maritime Research Institute, JAPAN

10

## 曲げ加工作業支援ARアプリケーション

- ぎょう鉄の作業中に、外板計測、施工手順の支援。
- レーザスキャナで高精度に外板形状を計測。



Copyright© 2015 National Maritime Research Institute, JAPAN

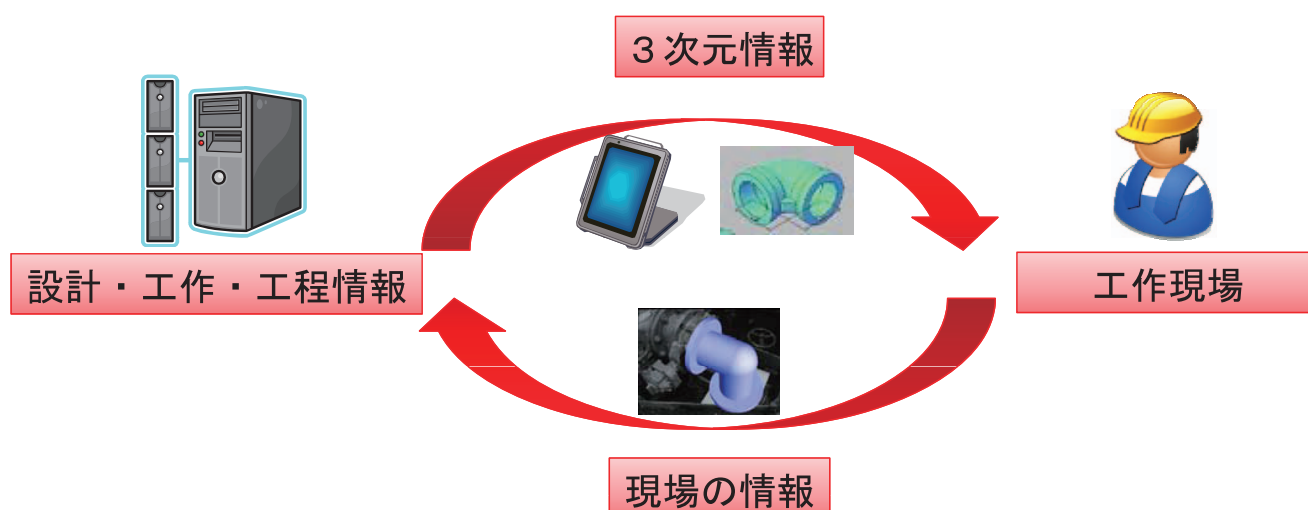
11



## ARシステムと工場見える化システムの接続 ～AR技術と造船のCPS (Cyber Physical System)～

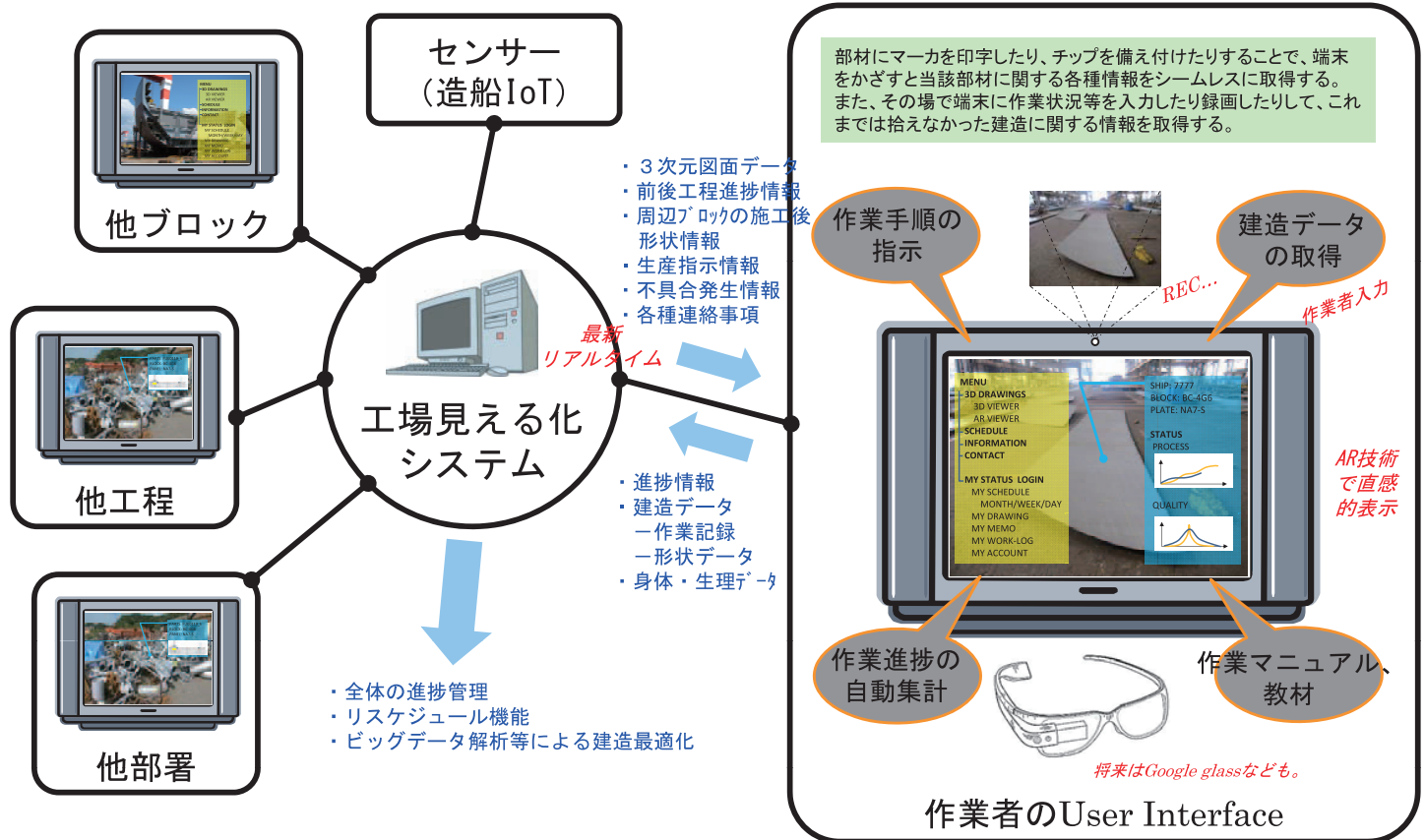
AR技術は、単にビジュアルな生産支援をするだけではない。

- ✓ ナチュラル、直感的なユーザーインターフェース。
- ✓ カメラを通して、映像や音声等を記録。
- ✓ 現場でリアルタイムに情報にアクセス、構内の誰とでも、どこでも常時接続。
- ✓ 設計データ、3Dモデルとも常時アクセス可能。
- ✓ 遠隔にいる誰かとも状況・経験を共有（熟練工が自宅等から指示・支援も）。
- ✓ 現物に情報を貼り付けることができる（船内付箋、船内 google map、構内SNS etc.）。



- 設計情報の現場での有効活用。
- 3次元表示、3次元での認識。紙の図面からの脱却。
- 作業員が設計を行う「現場設計」の構想。  
⇒設計部だけで設計するのではなく、現場でも設計を。

## 工場見える化システムとの接続



Copyright© 2015 National Maritime Research Institute, JAPAN

14

工場見える化システムは、造船工場にICTの情報網を張り巡らし、ARシステムはそれを補完。

工場見える化システムの先にあるもの:

### ■造船工程の全体最適化、生産性向上

⇒IoT、人工知能(AI)、ロボット技術、3次元プリンタ等の導入。

⇒AIが最適な建造計画を立案し、人とロボットが協調して働く。

### ■造船の新しい働き方

⇒造船作業の一般化(科学的な理論に基づく系統的な方法の確立)。

⇒熟練職人でなくとも作業が可能とし、多様な人材が働ける場へ。

⇒人の本来の能力を発揮するような造船作業。

### ■建造トレーサビリティ

⇒人の能力も定量的に評価され、正当な賃金が対価へ。

⇒生産への寄与度(質と量)が、対価と適切にリンク。

⇒日本造船の品質の保証、定量化、差別化。

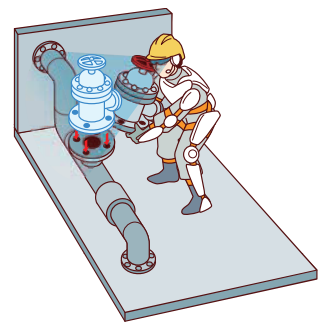
Copyright© 2015 National Maritime Research Institute, JAPAN

15

## ■ まとめ

海技研のARシステムと「工場見える化」システムの接続から、今後の造船工程の有り方を展望。

- ✓ AR技術は、単に直感的な表示をするだけでない。  
⇒ 広大な造船工場のデータを取得
- ✓ 工場見える化と接続し、より効率的な造船の情報管理。  
⇒ センサー技術とも連動し、造船IoTの促進へ。
- ✓ 今後は、取得したデータの有効活用が重要。  
⇒ AI技術の応用など。
- ✓ 「ICT×ロボットによるミライ造船所の構想」の実現へ。





Supported by  日本 THE NIPPON  
財団 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。

生産効率向上化のための「工場見える化システム」の実用化  
2015年度成果報告書

2016年（平成28年）9月発行

発行 一般財団法人 日本船舶技術研究協会

〒107-0052 東京都港区赤坂2丁目10番9号 ラウンドクロス赤坂

TEL 03-5575-6428

FAX 03-5114-8941

URL <http://www.jstra.jp/>

E-mail [info@jstra.jp](mailto:info@jstra.jp)

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。