

## 第6回 「検査・点検ロボット運用モデル検討会」向け資料

### 資料 6-2 実施内容の詳細報告

(手取り撮影、画像処理技術の実施結果報告)

令和4年2月2日

株式会社日立システムズ

# 目次

1	はじめに .....	2
2	実証実験の概要 .....	2
2.1	撮影対象および目的 .....	2
2.2	利用機材 .....	2
2.3	撮影方法 .....	3
3	実験結果 .....	4
3.1	高画素カメラを用いた撮影 .....	4
3.2	撮影画像による3Dモデルおよびオルソモザイク画像作成 .....	5
3.3	オルソモザイク画像によるAIさび診断 .....	7
4	考察 .....	11
5	参考 .....	13

## 1 はじめに

本報告書は、最先端技術(高画素カメラ・AI・クラウド)を利用した船舶検査の効率向上に向けた実証実験の過程と実験結果をまとめたものである。

## 2 実証実験の概要

### 2.1 撮影対象および目的

本実験では、常石造船様でメンテナンスを実施している貨物船のカーゴホールド内部を対象とする。また、目的は上部ハッチを閉じた状態、すなわち点検用重機が設置できない状態で点検に十分な画像の取得が可能か検証することである。

### 2.2 利用機材

本実験では、下記のカメラを利用した。

#### ①SONY 製 a7R2

画像素子：35mm フルサイズ (35.9×24.0mm)

解像度：7952 x 5304 (42MP)

レンズ焦点距離：50 mm



図 2.2.1 a7R2 カメラ本体

#### ②Phase One 製 iXM-100MP

画像素子：中判サイズ (43.9×32.9mm)

解像度：11664 x 8750 (100MP)

レンズ焦点距離：80 mm



図 2.2.2 Phase One カメラ本体

## 2.3 撮影方法

本実験では、据え置き型の小型投光器を3台設置し、撮影を実施した。a7R2 カメラは手持ちで撮影し、iXM-100MP カメラは三脚に設置した上で撮影した。

また、点検活用の利便性を向上させるために3Dモデルやオルソモザイク画像（複数の画像を1枚に合成した画像）の作成が可能な撮影方法で実施した。具体的には画像を重ねるように撮影している。

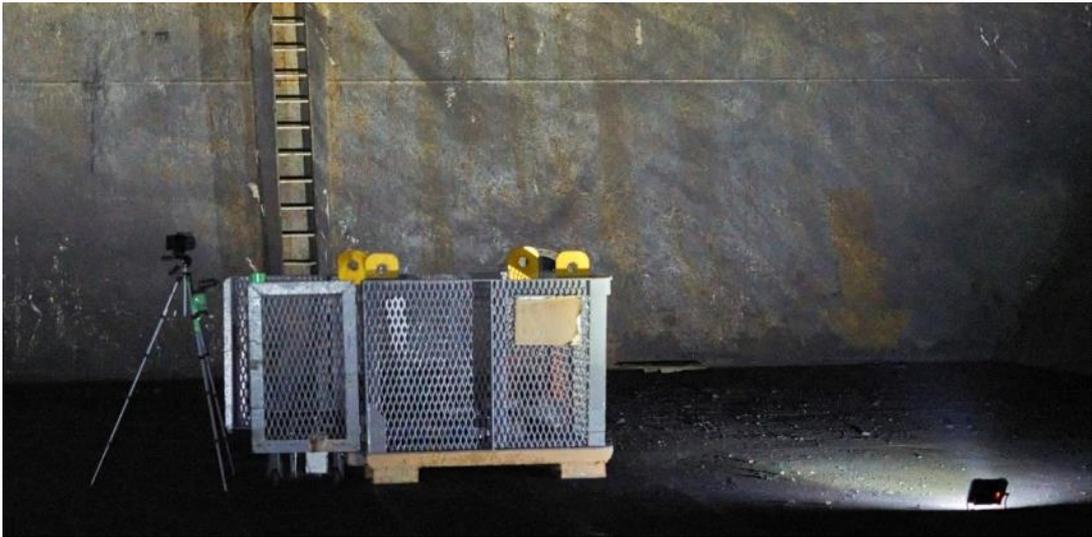


図 2.3.1 投光器と三脚のイメージ

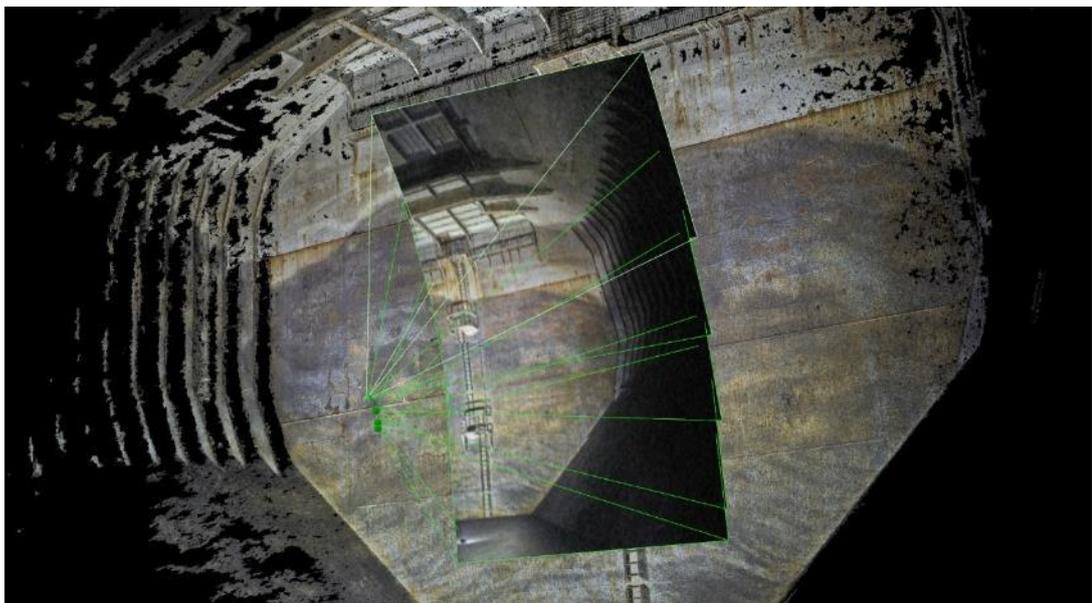


図 2.3.2 画像を重ねて撮影するイメージ

### 3 実験結果

#### 3.1 高画素カメラを用いた撮影

カーゴホールドの内部を漏れなく、かつ3Dモデル等を作成しやすいように側面の壁に正対する撮影と隅角部を斜めに撮影する2パターンの組み合わせで撮影した。正対する撮影では、黄色矢印の方向を向いて撮影した。隅角部の撮影では、赤矢印の方向を向いて撮影した。

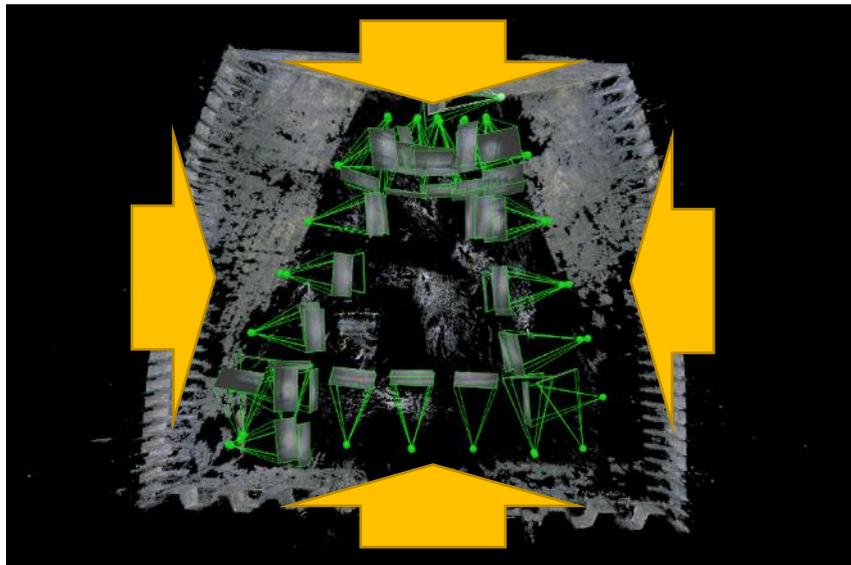


図 3.1.1 正対して撮影するイメージ

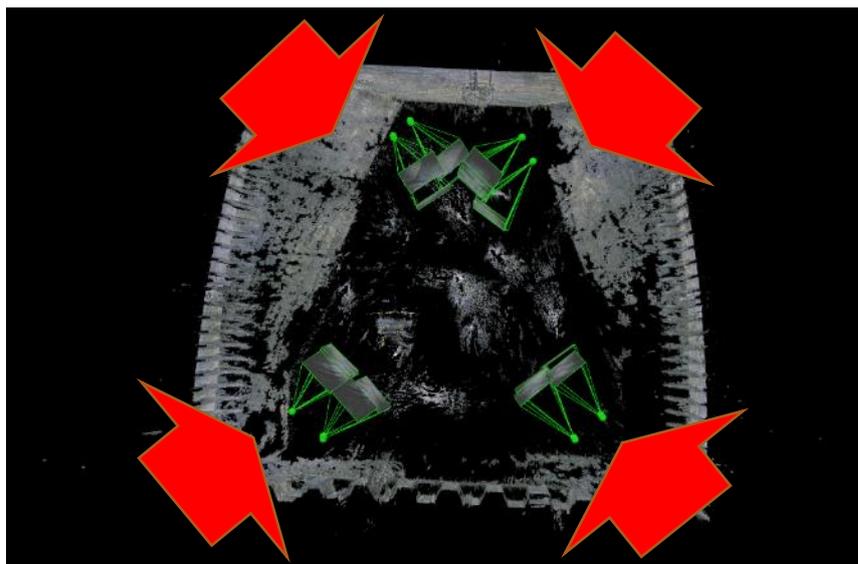


図 3.1.2 隅角部を撮影するイメージ

また、上部ハッチを閉めた状態、すなわち暗所となったため、撮影は高画質で暗めに設定し、RAW データで保存した。その後、現像作業（色見などの設定）を実施して高画質でカラーのJPG形式の画像を作成した。

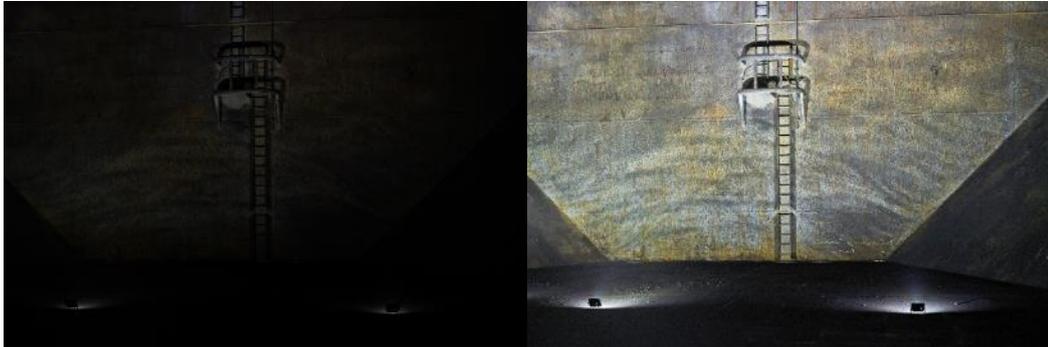


図 3.1.3 RAW (左) と現像後 JPG (右)

### 3.2 撮影画像による 3Dモデルおよびオルソモザイク画像作成

先述の 2 カメラを用いて、3Dモデルを作成した。3Dモデルの出来栄えに大きな差異はないが、カメラの特徴として a7R2 の方が鮮やかな出来栄えとなっている。

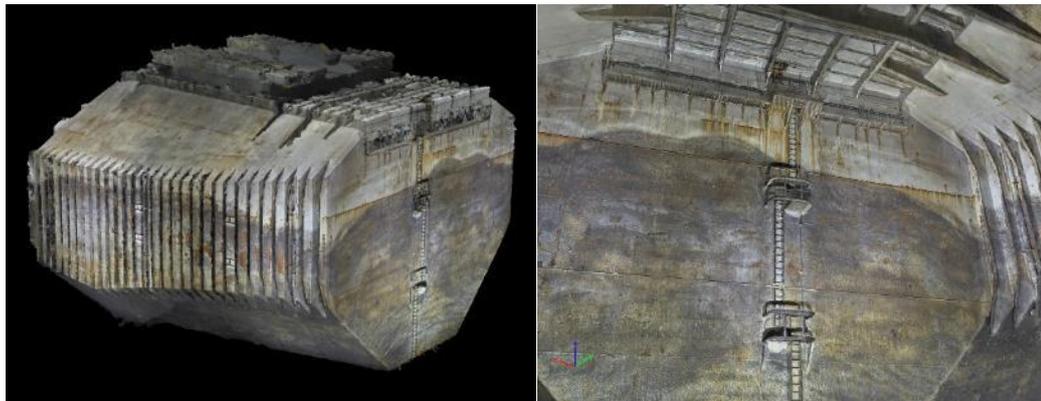


図 3.2.1 541 枚の a7R2 撮影画像で作成した 3Dモデル

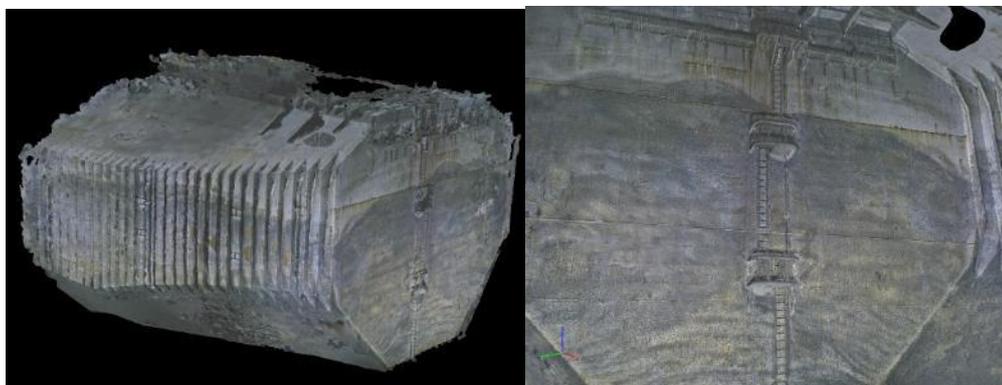


図 3.2.2 712 枚の iXM-100MP 撮影画像で作成した 3Dモデル

4方向の側面に対してオルソモザイク画像を作成した。作成したオルソモザイク画像を比較した場合、a7R2の方が鮮やかな出来栄え、iXM-100MPは原色に近く鮮明であることが分かる。

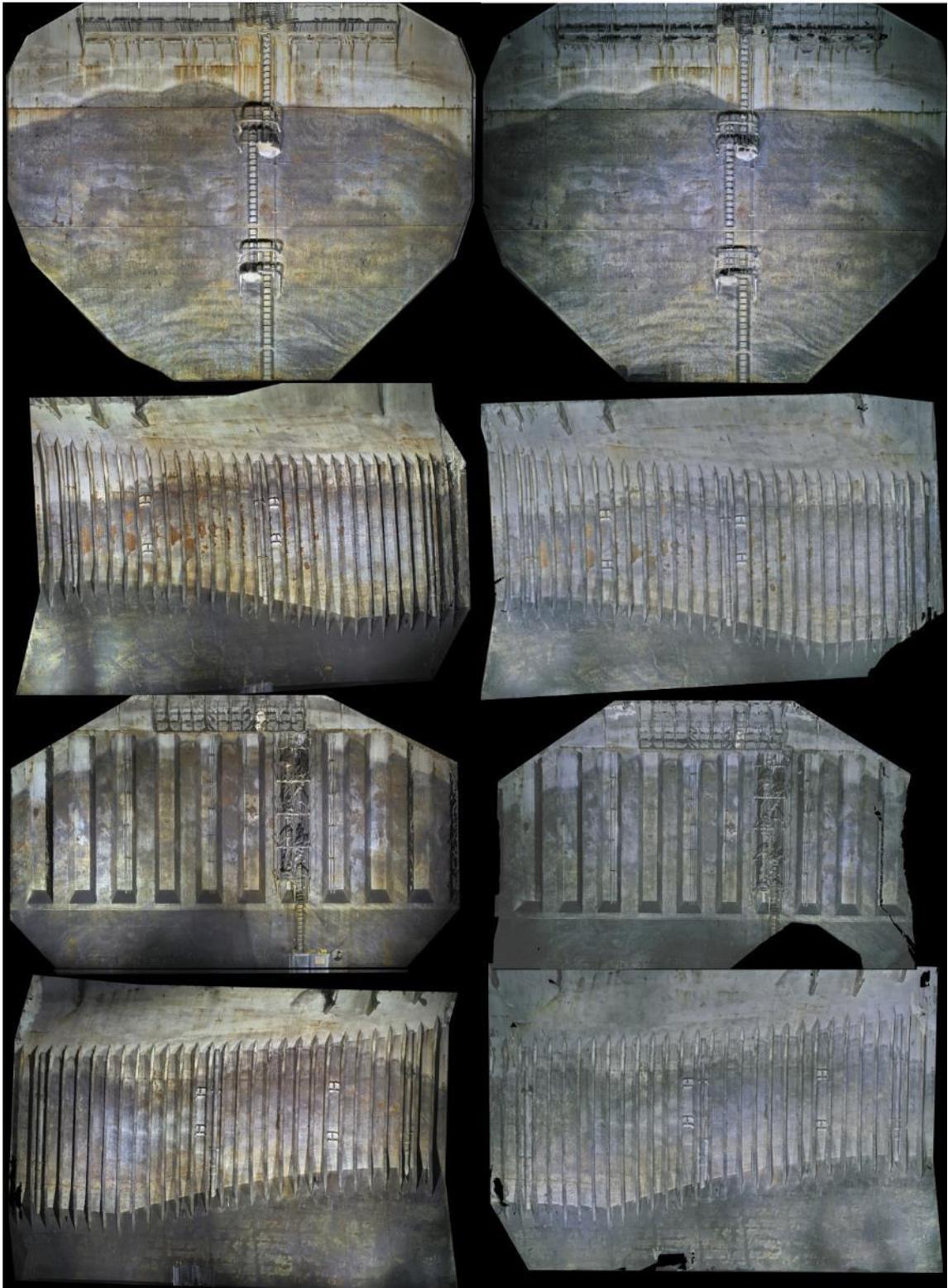


図 3.2.3 a7R2 (左) と iXM-100MP (右) の撮影画像から作成したオルソモザイク画像

それぞれのカメラで作成したオルソモザイクを拡大、画質を確認すると iXM-100MP で作成した画像がより繊細であることが分かる。必要な繊細さについて点検作業員など有識者による確認が必要となる。

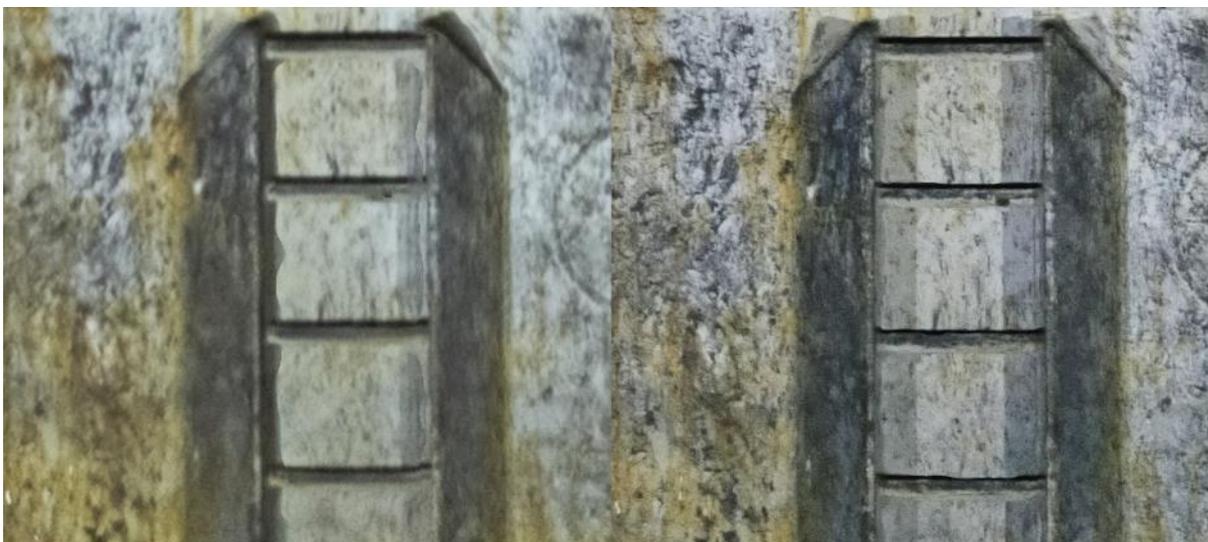


図 3.2.4 a7R2 (左) と iXM-100MP (右) の鮮明さの比較

### 3.3 オルソモザイク画像による AI さび診断

オルソモザイク画像を用いて AI (日立システムズ製) のサビ検知を実施した。屋外の赤錆をメインに学習させている AI である。



図 3.3.1 AI の学習で利用している画像のイメージ

下図のとおり鮮明さがやや低いですが色味の違いが明確に出ている a7R2 で作成したオルソモザイクの方が、精度が高く検知できていると考えられる。また、AI の特徴として誤検知が少ないが、検知すべきサビの漏れがある。

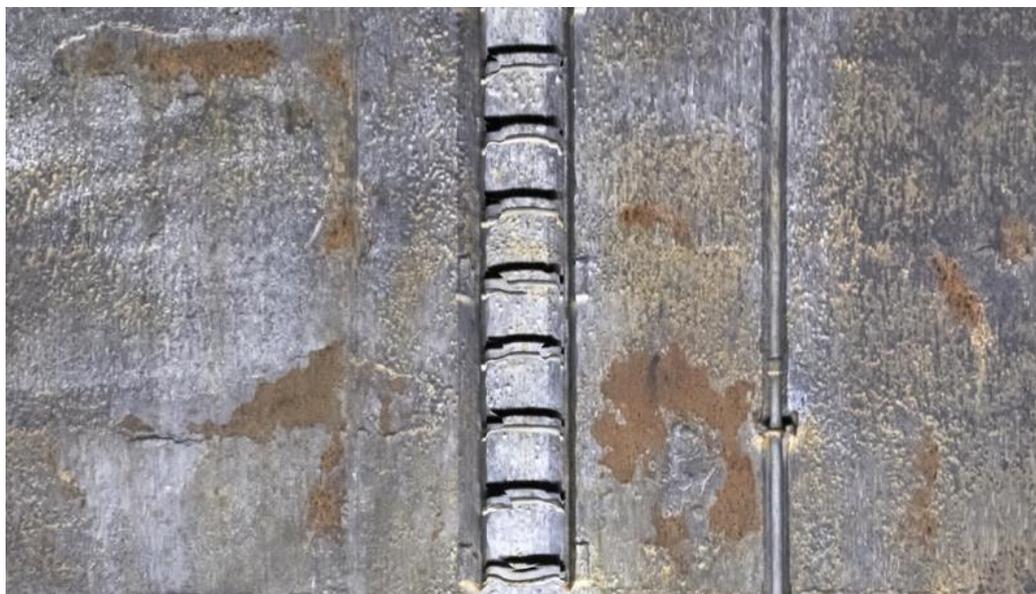
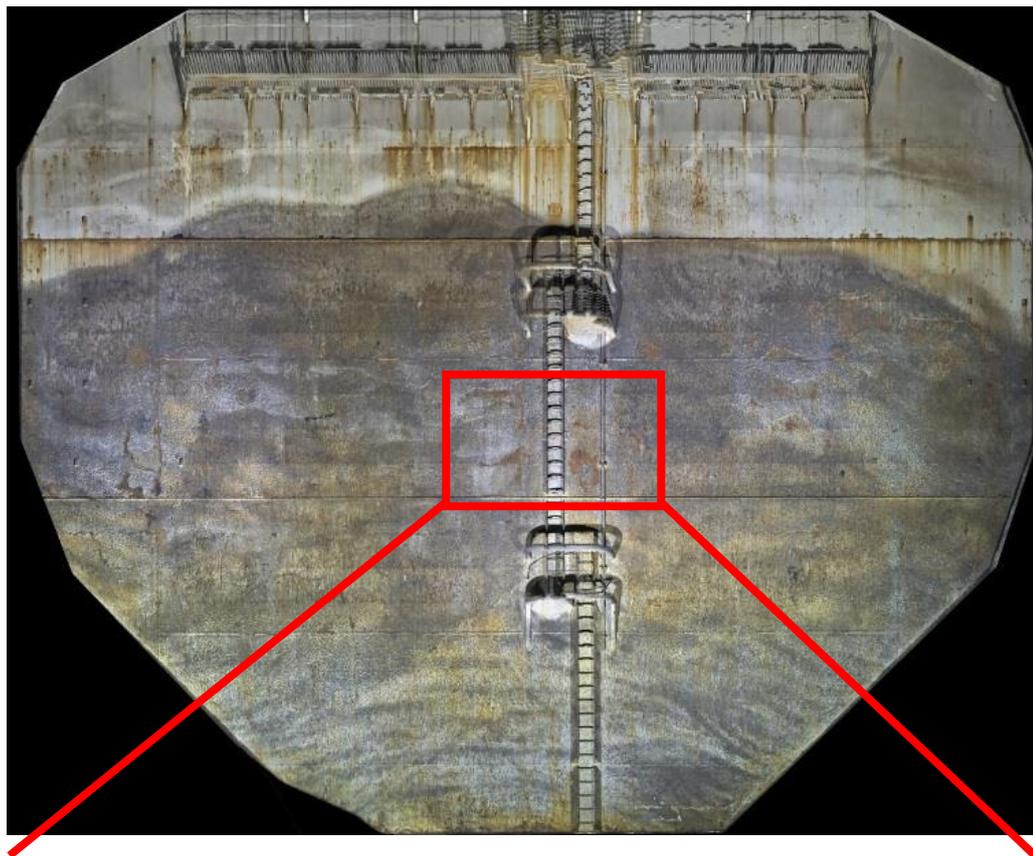


図 3.3.2 AI 診断に利用した a7R2 のオルソモザイク画像（全体、拡大）のイメージ

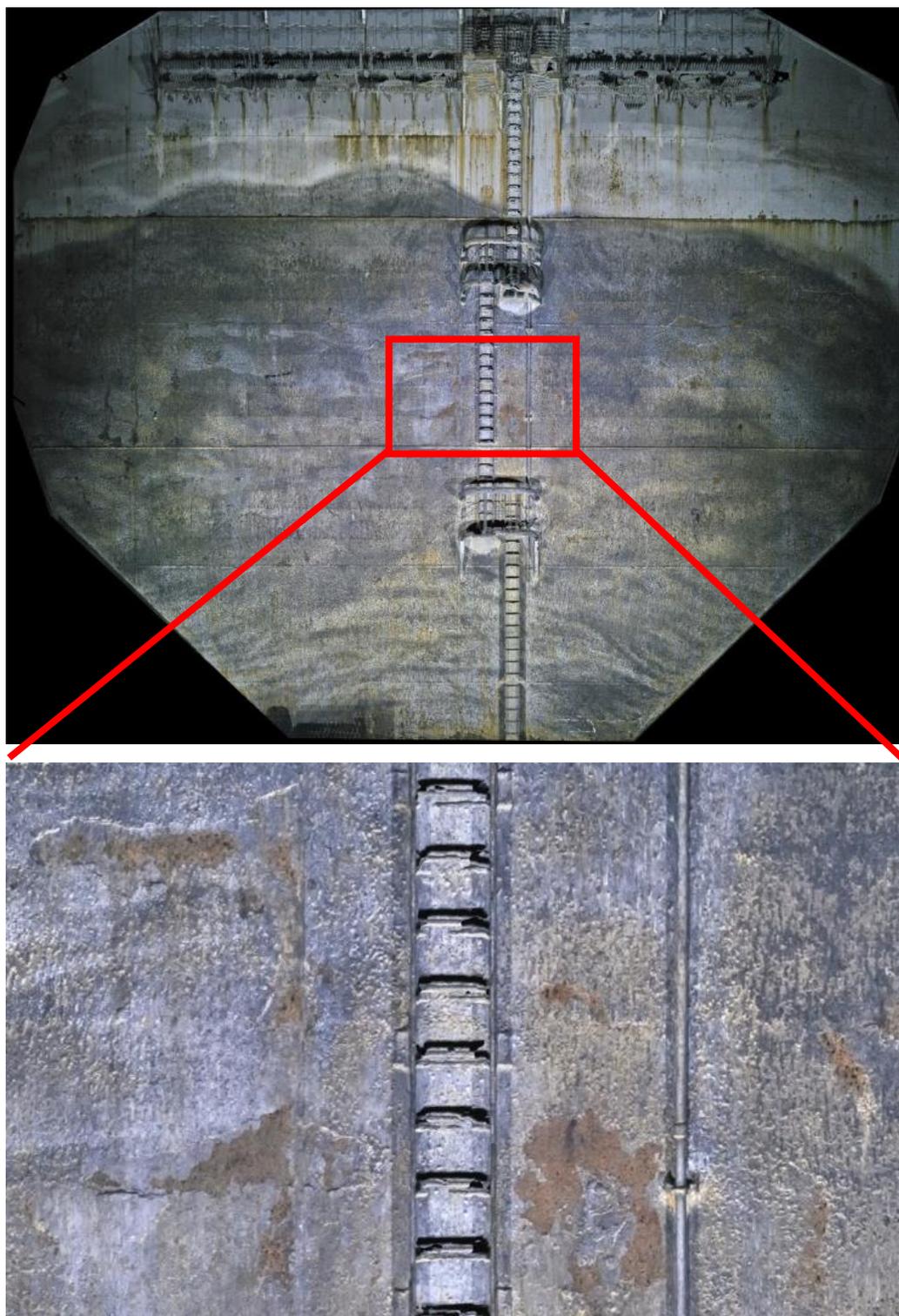


図 3.3.3 AI 診断に利用した iXM-100MP のオルソモザイク画像（全体、拡大）のイメージ

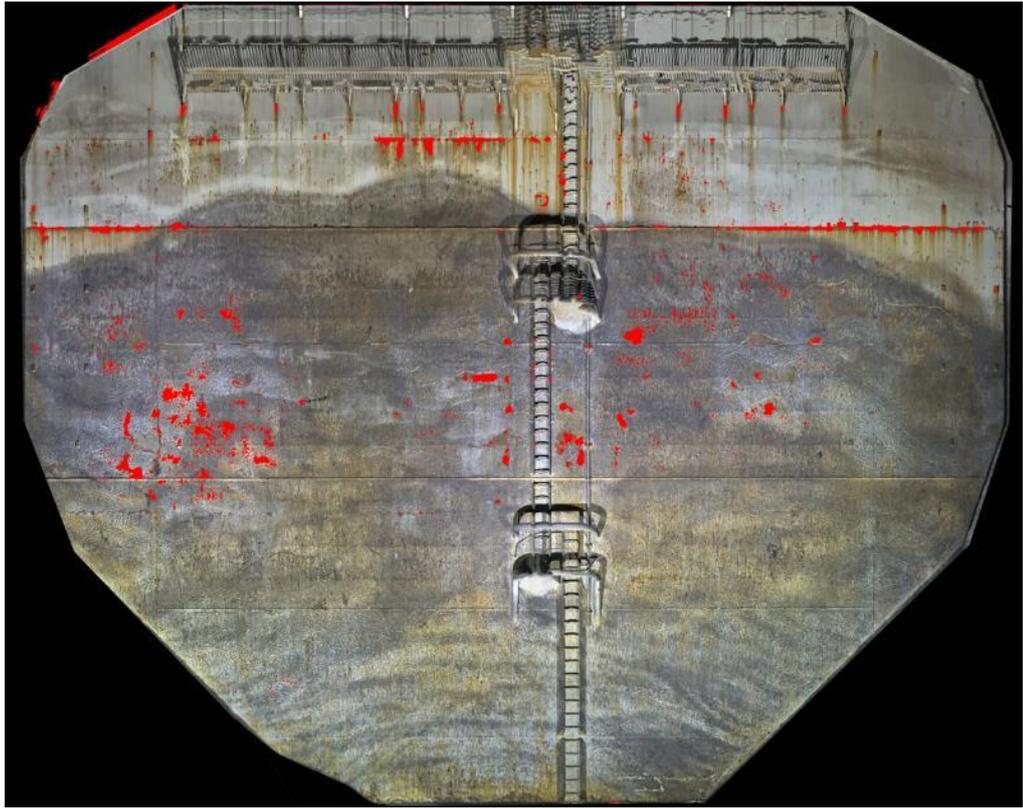


図 3.3.4 a7R2 撮影画像を日立システムズのさび AI を利用した診断結果



図 3.3.5 iXM-100MP 撮影画像を日立システムズのさび AI を利用した診断結果

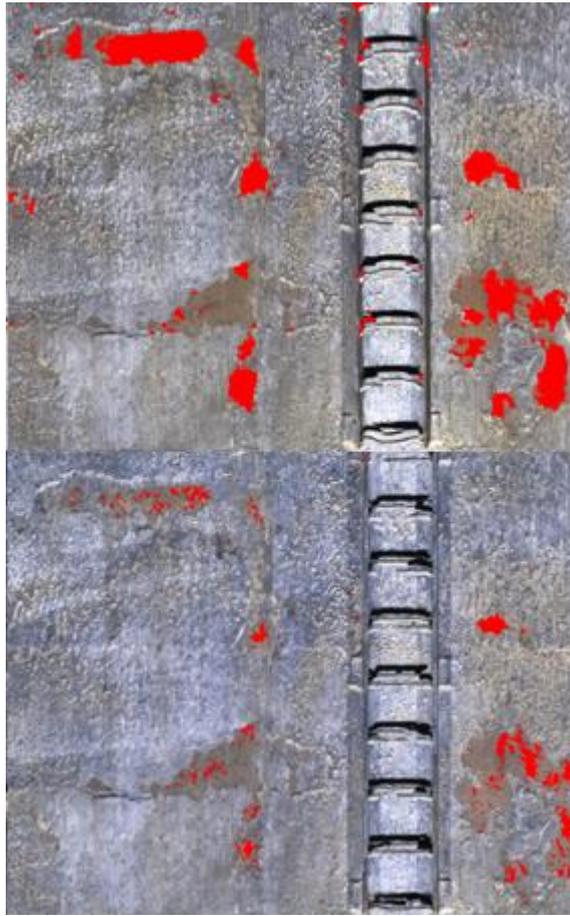


図 3.3.6 AI 診断結果の比較（拡大画像）  
（上：a7R2、下：iXM-100MP）

## 4 考察

### 4.1 カメラ撮影における課題と対策

本実験で利用したカメラを総合的に判断すると a7R2 の利用が最適であると判断する。比較検討した結果は下表のとおりである。

今後、船員などによる対応を考えていくと、運用性が高く、撮影に関してルール（撮影方法の手引き書など）が作成でき、それがいかに簡単であるかが重要になる。どれだけ素晴らしい結果となった場合でも、コストが高く、手間がかかり、技術力も問われる技術は船舶点検に浸透することは難しい。コスト、操作性、性能を考慮すると家電量販店で購入可能なミラーレス一眼の高級機種が妥当である。レンズや照明などの備品についても同様に、汎用品で持ち運びに便利なものが良いと考える。機材の決定により、どのようなカメラ設定、撮影方法をすべきかルールの策定も容易にできることはメリットであると考えられる。

表 4.1.1 カメラの違いによる比較

カメラ名	解像度	色味	カメラ技術力	コスト	運用性
a7R2	○ 42MP	◎ 鮮明	○ 高度な知識、 技術は不要	○ 安価 40万円程度	○ 手順作成により 船員で対応可能
iXM-100MP	◎ 100MP	○ 見た目に 近い色	× 高度な知識、 技術が必要	× 高価 600万円程度	△ 手順作成でも 船員で対応が困難

## 4.2 AI 診断における課題と対策

色見が赤茶色となっている箇所については正確に抽出できている。しかし、本実験のような完全に暗所での撮影は屋外の撮影に比べて難易度が高く、安定して色味が明確、鮮明になっている画像を撮影することが難しいと考えられる。そこで、AIによる診断を利用する場合は、暗所でのカーゴホールドに特化した追加学習が必要と考える。カメラ設定や撮影方法により画像品質を向上させる方法もあるが、現場の運用負荷が大きくなるため現実的ではない。



図 4.2.1 AI 診断により検知漏れとなった画像イメージ (赤枠内)

## 5 参考

### 5.1 iPhoneSE2 を用いた検証

一般的なスマートフォンである iPhone を用いて撮影、オルソモザイク作成、AI 診断を実施した。参考のため 1 面のみ実施している。

iPhone は解像度が 12MP 程度であり、画像素子のサイズも小さい。高性能カメラと同等の繊細で綺麗な画質で撮影するためには対象物に近づいて撮影する必要がある。また、画像素子のサイズが小さいため、明るい画像を取得するためには照明で対象物を明るく照らす必要がある。そのため今回の撮影では照明の届かないカーゴホールドの上部は暗くなった。また、対象物を見上げて撮影する形すなわち 90 度に近い角度での撮影となったため全面のオルソモザイクを作成することができなかった。作成できた領域は下半分程度である。



図 5.1.1 遠距離（左側）と近距離（右側）での画質の違い

色味、繊細さの影響から AI 診断によりサビは検出漏れ、誤検知が多くなっている。AI は黒い塗りつぶし部分の誤検知はないが、壁面の汚れと思われる部分を誤検知している。ハッチを開けた状態での画像など AI が診断しやすい状況ではサビとして認識していた部分を検知漏れしていることがある。



図 5.1.2 iPhone 撮影画像から作成したオルソモザイク画像

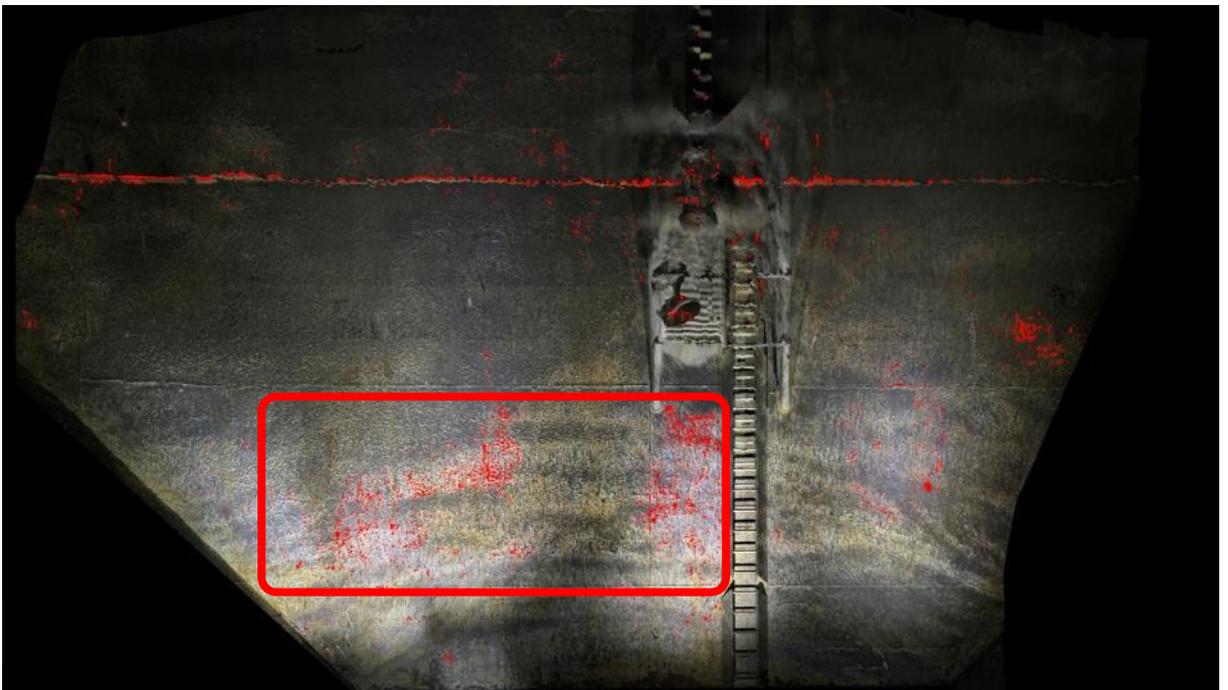


図 5.1.3 iPhone 撮影画像を日立システムズのさび AI を利用した診断結果

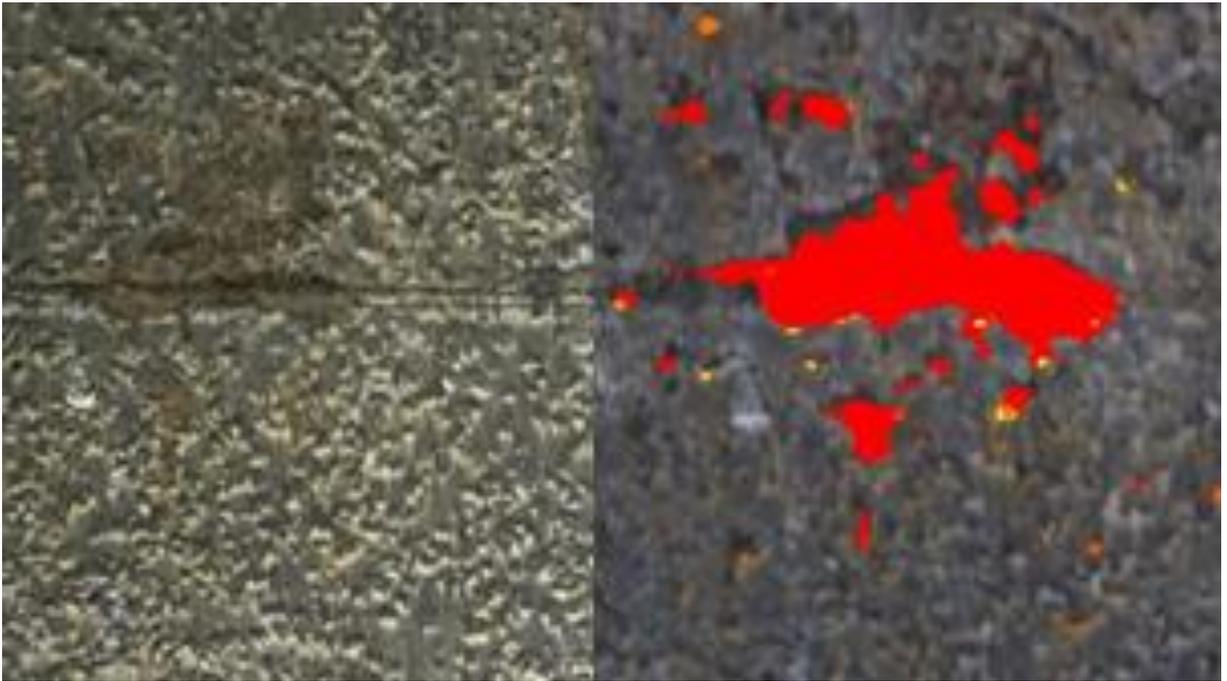


図 5.1.4 iPhone（左側）と a7R2（右側）の同じ部分の診断結果比較

## 5.2 a7R2 を用いた上部ハッチを開けた状態での検証

上部ハッチを開けた状態では、日向と日陰で明暗の差が大きいため複雑なカメラ設定が必要となる。撮影およびオルソモザイク作成は暗所で撮影した画像と比較して容易に対応することができた。明るい状況での撮影は、ISO 感度を低くすることによる画像のザラザラ、ノイズを低減し、色味の違いを明確にすることができるためである。AI 診断結果についても、暗所での画像より精度が高く検出し、誤検知も減っていることが容易に確認できる。



図 5.2.1 a7R2 のハッチを閉じた状態（左側）と開けた状態（右側）同じ部分の画像比較



図 5.2.2 a7R2 撮影画像から作成したオルソモザイク画像（上部ハッチ開け）

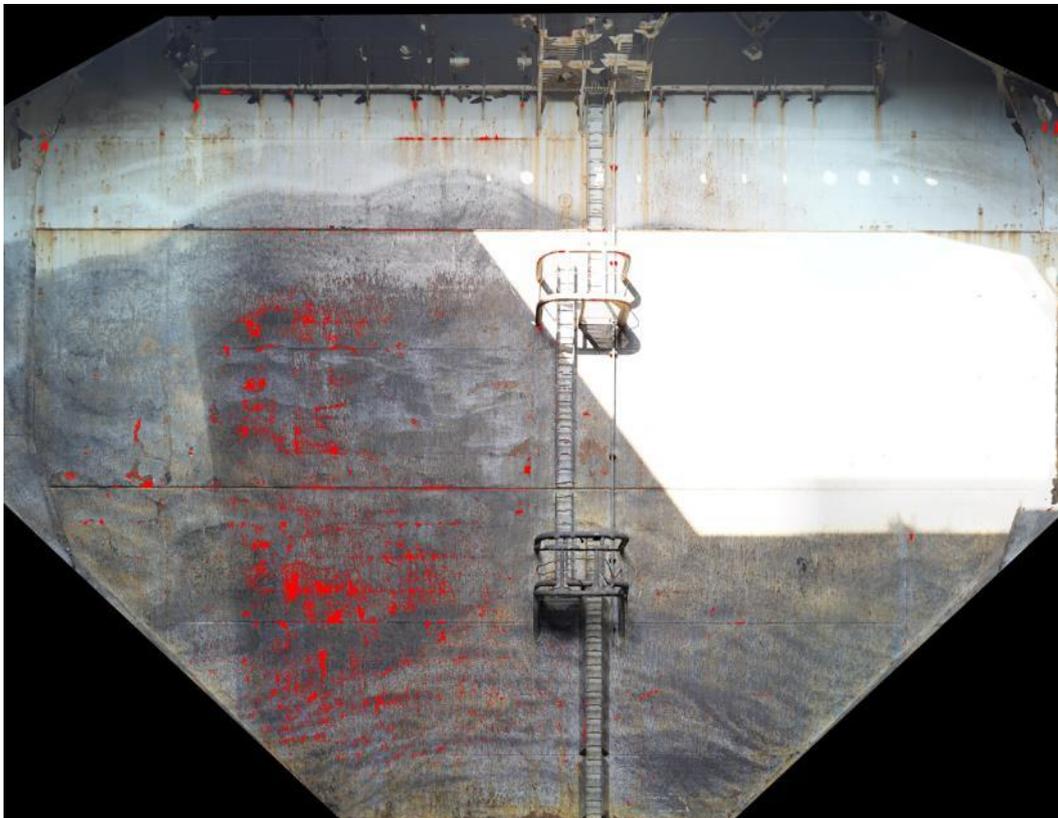


図 5.2.3 a7R2 撮影画像を日立システムズのさび AI を利用した診断結果



図 5.2.4 a7R2 のハッチを閉じた状態（左側）と開けた状態（右側）同じ部分の診断結果比較

以上