

係留設備向けリアルタイム保守管理システムの開発 Phase 1

事業ID: 2019526670

三菱重工業株式会社

1. 事業の目的、概要

洋上オイル・ガス生産設備の係留システムの損傷リスクや保守コストの低減・管理に向けて、物理モデルと計測データを融合して設備信頼性を定量化し、最適な保全条件を提案可能なデジタルツイン（システム）を実現するオペレータニーズが存在する。

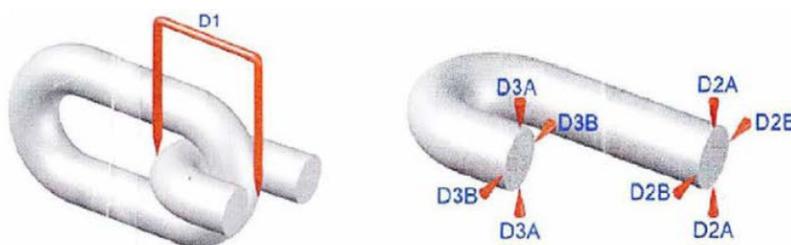
そこで、本事業（Phase 1）では、デジタルツインフレームワーク（ワークフロー、アーキテクチャ）の概念設計、システム/ダッシュボードの試作、デジタルツインに用いる検査データの標準化等を実施した。

2. 事業で得られた成果

過去の係留システム関連の事故統計を調査し、係留システムの中で最も故障頻度が多い係留チェーンを主対象として、以下に示す技術開発、検討成果を得た。

① 係留チェーンの検査データに関する標準テンプレートの開発

- 複数の代表的検査レポート、オイル・ガス分野の係留設備の有識者（オペレータ、係留チェーンベンダら）を対象としたワークショップのフィードバックを踏まえて検査データのテンプレート（図1）を構築した。



Top Link ID NO.	D1A	D1B	Bottom Link ID NO.	D2A	D2B	D3A	D3B	Water Depth	Northings	Eastings	Other Inspection Data (3D Scan/Photogrammetry)	other documentation (e.g. photographs)	Marine Growth Condition on the Link
-----------------	-----	-----	--------------------	-----	-----	-----	-----	-------------	-----------	----------	--	--	-------------------------------------

図1 係留チェーンの検査データテンプレート（一部抜粋）

② デジタルツインワークフロー/アーキテクチャの構築

- 今回構築した係留デジタルツインのワークフロー（図2）は、①ベースライン情報の収集（設計、製造、据付情報）、②腐食評価、③係留力評価、④応力評価、⑤疲労損傷、摩耗量評価、⑥妥当性確認とモデルパラメータ最適化、⑦信頼性とリスクの可視化、⑧設備維持管理のための意思決定、の8つの手順を含む。

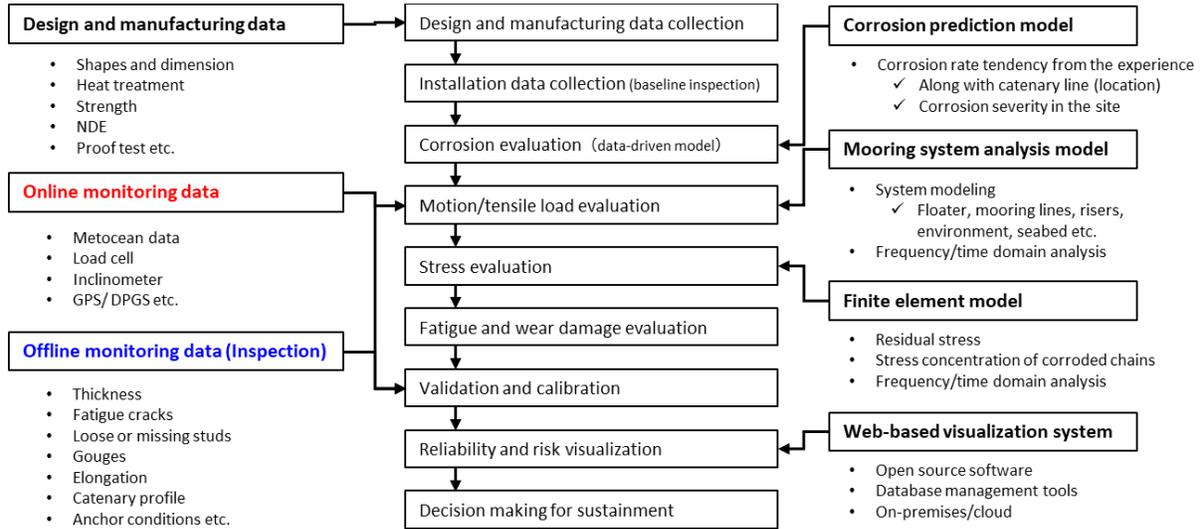


図2 係留デジタルツインの構築ワークフロー

- 係留デジタルツインのアーキテクチャ(図3)では、右端のデジタルツインプラットフォームで、前述のワークフロー①～⑥のプロセスが実行され、中央のオペレータ側のIoTプラットフォームで、⑦設備信頼性、リスクの可視化を通じた意思決定支援が実行される。
- デジタルツインプラットフォームの特徴は、高忠実度、高負荷の解析モデル、物理シミュレーションについては、都度、解析を実行するのではなく、事前に複数条件で実施した物理モデルを機械学習モデルに学習させ、オンデマンドで即時評価可能な代理モデル（サロゲート）を構築する点にある。
- 構築したデジタルツインは、オペレータのIoTプラットフォームに提供され、未計測部位の物理量（係留力など）や計測ができない物理量（疲労損傷度など）の予測値を出力するなど、状態モニタリング、警報発報に加え、寿命延伸や予防保全などの高付加価値サービス/アプリケーションへ活用される。

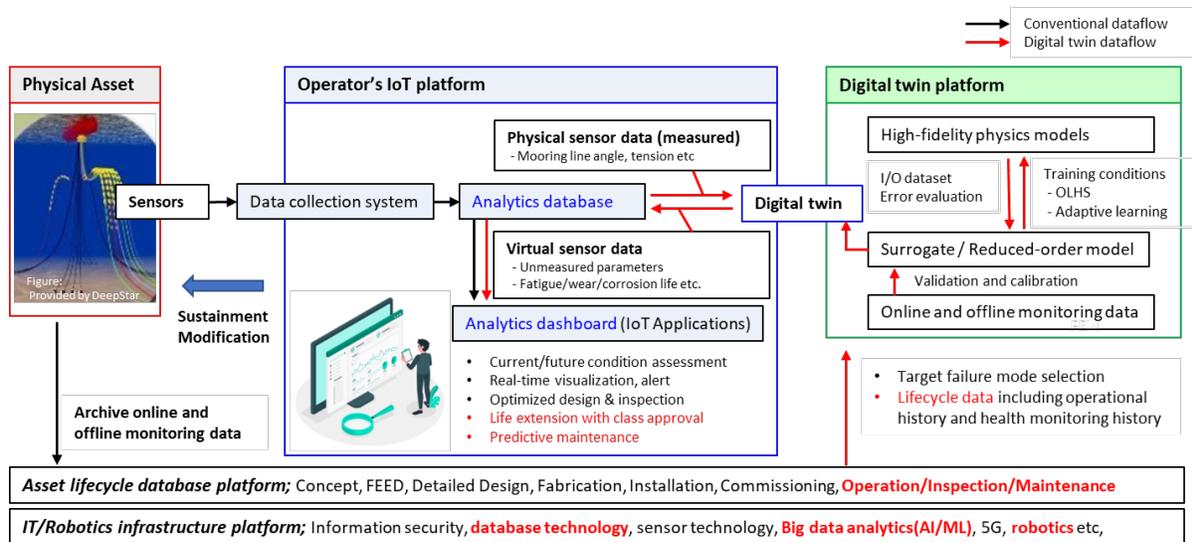


図3 係留デジタルツインのアーキテクチャ

③ デジタルツインダッシュボードの試作

- Phase 2でのデジタルツインシステムの本格開発に向け、ダッシュボードのプロトタイプ(図4)を試作した。
- リアルタイム状態可視化ダッシュボードでは、気象データ、FPSOの位置/向き、係留ラインの張力、角度などの計測データや、デジタルツインで算出した各予測値を、限界値と共に可視化する仕様とした。
- 例えば、ダッシュボード中央に示した係留ライン毎の張力モニタリングでは、現在の計測値/予測値と合わせて、信頼性を担保するための運転限界IOW(Integrity Operating Window)を示し、許容値を大きく逸脱する場合にはアラートを発報し、対策を提案する機能を検討した。

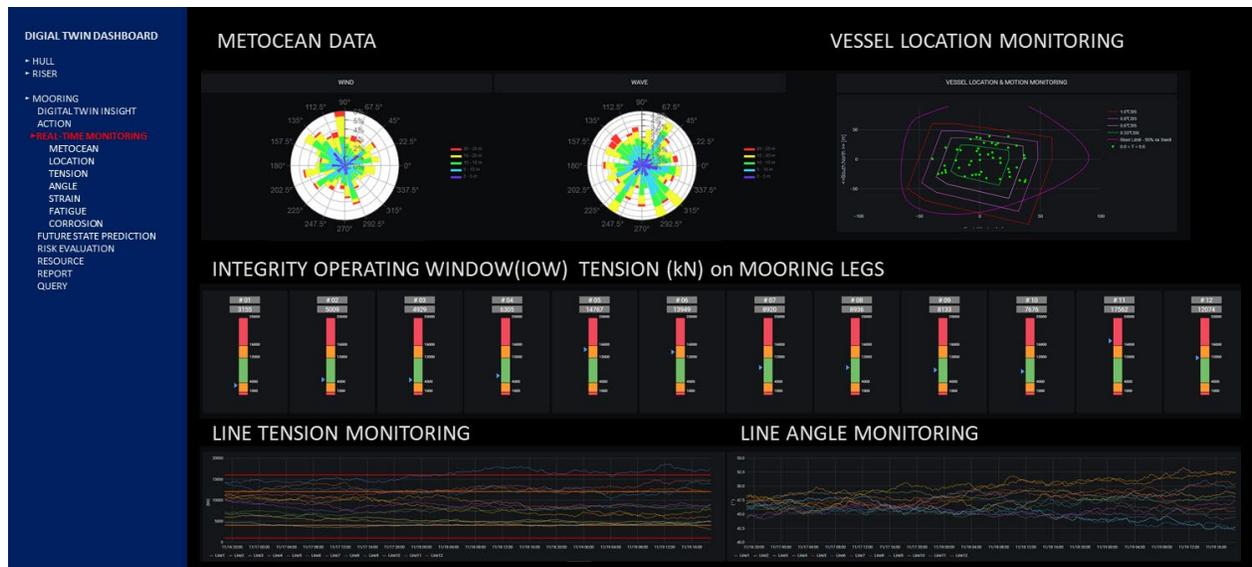


図4 デジタルツインダッシュボードの例 (リアルタイム状態可視化の一部)

3. 学会発表及び論文発表

学会発表1件: OTC 2021, 2021年8月 (MHI、MHIA、DNVの共著)

Shunsaku Matsumoto (MHI), Vivek Jaiswal (DNV), Tadashi Sugimura (MHI), Shintaro Honjo (MHIA), Piotr Szalewski (DNV), “Mooring Integrity Management Through Digital Twin and Standardized Inspection Data”, Offshore Technology Conference 2021, OTC-31036, August 2021