

9 デジタルツインと海運における社会実装

ークラウドの活用ー

知識・データシステム系 * 松倉 洋史、佐藤 圭二

1. はじめに

デジタルツイン技術の船舶での本格的な活用を想定すれば通信ネットワークの利用は有益と考えるが、デジタルツインでは大量のデータを扱うため、通信速度が限られている現状では対応が困難である。また、デジタルツイン処理により重大な異常を検知した場合、まれにしか起こらない事象であることが多いため、経験不足で有効な対処が困難である可能性がある。これらの困難を緩和するためにはクラウドを用いて、適切に船上と陸上で役割分担を行うことが有効と考える。本報告では、クラウドについて概略を説明すると共に、海運において有用と考えられる社会実装形態について述べる。

2. クラウドについて

2.1 概要

クラウドは近年急速に普及が進んでいる。ここでいうクラウドとはクラウドコンピューティング(cloud computing)を意味する。クラウドは、インターネットなどを経由してコンピュータ資源をサービスの形で提供する利用形態をさし、インターネットを雲で表すことが多いことからこの名で呼ばれている。これに対し、システムのハードウェアを自らが購入し自らが管理する場所に設置して排他的に運用する従来型の利用形態はオンプレミス(on-premises)と呼ばれる。

クラウドには厳密な定義はなく、ネットワークを介したサービス利用形態であるといった説明が行われることも多い。本検討の趣旨からは、クラウド事業者を利用してサービスを開発し顧客に提供する側（以下、利用者）からみた、具体的サービス利用形態から整理するのが都合が良い。

クラウドは利用者とクラウド事業者の役割分担により、図-1 のように大きく IaaS（イアース/アイアース：Infrastructure as a Service）、PaaS（パース：Platform as a Service）、SaaS（サース：Software as a Service）に分けられる¹⁾。

IaaS はクラウド事業者側がサーバーやストレージなどのハードウェア一式のみを利用者に提供し、利用者はその上に OS や、Web サーバー・データベースサーバー等のミドルウェアをインストールし、更にアプリケーションを開発してエンドユーザー（自社従業員や顧客）に対してサービスを提供するものである。クラウド事業者とクラウド利用者における、セキュリティを含めた維持管理の役割分担も同様となる。高性能なハードウェアを自由に選択できる反面、設計・開発・

維持管理等には高度の知識が必要となる。

一方、PaaS は OS 及びミドルウェアまでをクラウド側が用意し、利用者はその環境上でアプリケーションの開発/インストールを行うものである。開発に必要な環境を全てクラウド側が用意するため、システム開発に資源を集中できる。ただし、クラウド側が用意した開発環境以外は使えない不自由さはある。

SaaS は従来ローカル PC 等にソフトウェアをインストールして利用していたサービスを、クラウド上に配置してネットワーク経由で利用するものである。利用者側ではソフトウェアのメンテナンスをしなくてすむ反面、ネットワークに繋がっていないときは利用できない。

主なクラウドプラットフォームサービスとしては、Amazon.com, Inc. の AWS(Amazon Web Services)、Microsoft Corporation の Azure(アジュール)、Google LLC の GCP(Google Cloud Platform)、Alibaba Cloud、IBM Cloud などがある。そのうち、AWS と Azure が 2 強となっている。

以上、クラウドを利用者のサービス利用形態の観点から整理すると共にクラウドプラットフォームサービスについて簡単に紹介した。なお、IaaS・PaaS・SaaS はそれぞれ特有のメリット/デメリットがあるため、十分な比較検討の上で利用するサービス形態を選ぶことが肝要である。

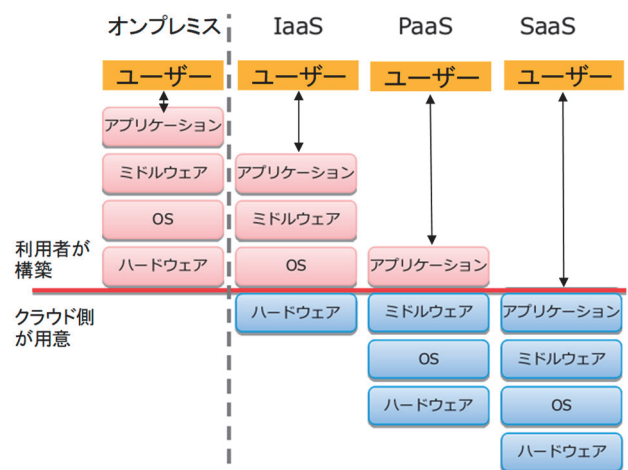


図-1 クラウドの種類²⁾をもとに著者作成

2.2 メリット

利用者からみた、クラウドの一般的なメリットについて整理する。

	クラウド	オンプレミス（従来）
迅速性・柔軟性の実現	✓ すぐに利用（構成変更も）できる。 ✓ ハードウェア（やソフトウェア）の購入・設置（設定）が不要。 ✓ 数分でサーバの導入や構成変更が可能。	サーバ購入・設置に数日～数ヶ月必要。 → 利用開始の遅れ → 機会損失
最新技術への追随	✓ 常に最新のサーバを利用できる。 ✓ 契約期間中でも新型サーバに移行可能。 ✓ 最新機能（例：GPU、SSD）の追加も可能。	契約期間（耐用年数）は同じサーバを利用。 → 技術の陳腐化
運用負担の軽減	✓ サーバ（ハード）の保守・障害対応不要 ✓ 障害時はクラウド事業者が（自動的）に復旧。 ✓ ユーザへの影響最小。 ✓ 電気設備点検の停電対応不要。 ✓ セキュリティ対策負担軽減・徹底	ハードウェア保守・障害対応のための業務負担大。 → 業務圧迫
経費負担の削減	✓ 使った分だけ支払う ✓ 従量課金（10分単位～） ✓ 光熱費負担軽減、サーバ室設備整備不要	繁忙期に合わせたサーバの購入が必要。 → 費用増大

図-2 クラウドのメリット ²⁾をもとに著者修正

クラウドを利用した際の一般的メリットは、図-2 のように大きく 4 つに分けられる。

一つ目は迅速性・柔軟性の実現である。従来はサーバーの導入・設置に数日から数か月かかっていたものが、ハードウェア・ソフトウェアの購入や設置が不要なため、素早く利用環境を整えることが出来る。

次に最新技術への追随である。従来は一度導入した場合、古くなって利用を停止するまで、あるいはリース等の契約期間が終わるまで使用し続ける必要があった。しかし、クラウドでは契約期間中でも新型の環境へ移行することが出来る。

更に、運用負担の軽減というメリットがある。従来はハードウェア保守や障害対応のために人員を割いた上で高度な知識を身にしておく必要があった。クラウドの場合は、クラウド事業者側が保守・障害対応を行うこととなるため、その負担は無くなる。

最後に、クラウド利用により経費負担の削減が可能である点が挙げられる。従来は、繁忙期のピーク需要に合わせてハード・ソフトの環境を整えておく必要があった。そのため、繁忙期以外は能力が活用されないこととなるが、クラウドは基本的には従量制のため、経費負担は使った分だけとなり無駄がない。

上記をデジタルツイン利用の観点から見ると、データストレージ利用の単価が安くいつでも必要なだけのサイズのストレージを利用可能、強固なバックアップ体制を容易に利用可能、どこからでもアクセスが可能（事例検討や設計へのフィードバック等に有利）、高度なセキュリティ環境を利用可能とまとめることも可能である。

以上のようにクラウドによって様々なメリットを期待できる。これらによりクラウドサービスは近年急速に普及が進んでいる。

2.3 日本海運における先進的クラウドデータサービスの取組み事例

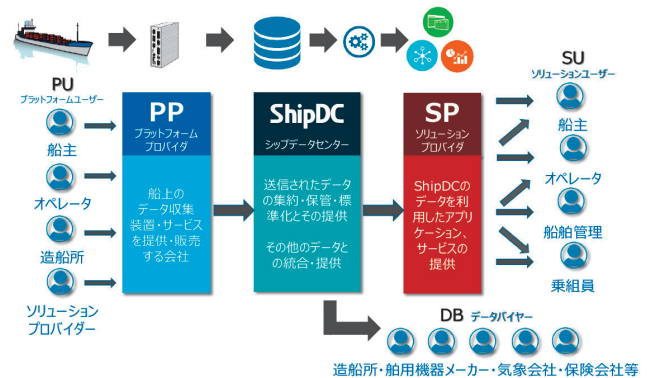
我が国の海運におけるクラウドデータプラットフォームの先進的な取組みとして、一般財団法人日本海事協会の100%子会社である株式会社シップデータセンターによるIoS OP(Internet of Ships Open Platform)がある ³⁾。図-3 に示すようにクラウド上に船舶関連データの流通基盤（データ交換市場）を構築し、データを活用したイノベーション、新規サービスの開発などを通じて、業界全体としてデジタル時

代における新たな海事クラスターの形をつくり、次世代につながることを目的とする。

図-3 IoS OP の目的 ³⁾

上記は世界でも先進的な取り組みとされ、我が国海事産業におけるデジタルツインの利用プラットフォームとしても検討対象となると期待できる。ここではIoS OP について概要を説明する。

IoS OP の基本的な仕組みと関係するステークホルダーを図-4 に示す。

図-4 IoS OP の仕組みとステークホルダー ³⁾

IoS OP に関連するステークホルダーは以下の 6 種に整理される。

- (1) PU(Platform User) : 船主・オペレータ・船舶管理者などの、船上装置を購入し通信費を負担するなど、データ収集に貢献する者をいう。
- (2) PP(Platform Provider) : 船上のデータ収集装置の販売者及び船上データ収集事業者をいう。
- (3) Ship Data Center : IoS OP の運営を通じ、セキュアな陸上データ保管とアクセス制御付きのデータ提供を行う。
- (4) SP(Solution Provider) : データを活用した分析・解析などの高付加価値サービス提供事業者をいう。
- (5) SU(Solution User) : 船主・オペレータ・船舶管理者・乗組員など、ソリューションプロバイダーのサービス利用者をいう。
- (6) DB(Data Buyer) : 造船所・メーカー等の、自社製品へのフィードバックのためにデータ利用権を購入する者をいう。

例えば、PUであるオペレータが運航船舶に船上装置を設置し、PPと契約及び費用負担をしてシップデータセンターのサーバーに位置・船速・機関状態等のデータを蓄積し、SPにSUとして解析を依頼して分析結果を得るというケースが考えられる。蓄積されたデータはDBによる利用権購入の対象となる。ただし、データのオーナーシップはPUが持ち、PUの了承なしには他者にデータが渡ることはいないよう、契約上及び機能上配慮されている。

データをシップデータセンターのクラウドデータサーバーに送信する際は主にはメールに添付することで行う。これは世界中の多様な通信環境から確度高くサーバーにデータを送るためのものである。また、SPがシップデータセンターのクラウドデータサーバーからデータをダウンロードする際には、RESTful-APIによる通信により行う。

なお、シップデータセンターでは、千葉市にある日本海事協会情報センター内に図-5に示すテストベンチを保有している。陸上にて各種データ収集装置と船上アプリケーションとの接続確認試験ができるほか、船陸衛星通信によるブロードバンド接続や送受信テストなどが実施可能である。

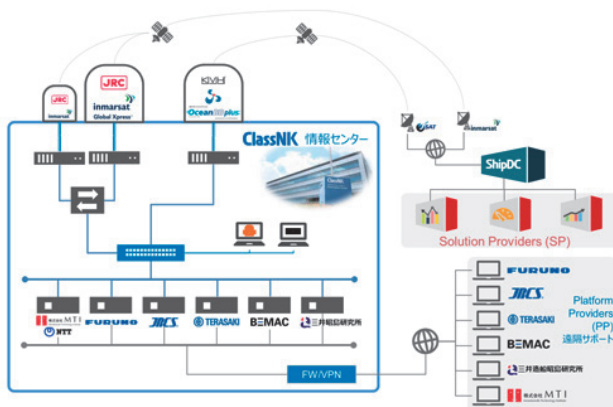


図-5 テストベンチ³⁾

3. 船とデジタルツイン

本節では船舶デジタルツインの情報収集・蓄積手段としてクラウドを利用することを想定した基礎的な検討を行う。ただし、船舶デジタルツインの対象及び利用方法により様々な状況が考えられる。ここでは最も取り組み時期が早いと思われる、安全面、すなわち異常モニタリング時に想定される機能及び構成を想定して、クラウドの当面の社会実装形態の検討を行う。

3.1 実装上の課題

船舶デジタルツインでクラウドを利用することにより、利用者（サービス開発・提供者）はクラウドの持つ一般的なメリット、すなわち、2.2節で述べた迅速性・柔軟性、最新技術への追随、運用負担の軽減・経費負担の軽減について享受することが可能である。

一方、課題としては、船舶を分析対象としていることから

航行中は衛星回線を介した通信のみになるため、大量の通信が行えないという点があげられる。デジタルツインにおいては多数のセンサーから発せられる多くの測定値を用いることが通常である。

陸上では5G回線の普及が見込まれるなどの通信速度・容量は改善されると期待できるが、船舶からの情報通信は当面、リアルタイムには衛星回線が使用されること、通信費用の単価が陸上比で高い状態が続くと考えられることから、船陸でデジタルツインを行うことは困難が伴う。上記に対して適切な対処が必要となるが、解決策の1つがいわゆる図-6に示すエッジコンピューティングの活用である。これは、通信料の節約及びクラウド側での処理負担の軽減等のためにセンサー側に近い機器でも計算処理を行うものである。

3.2 エッジコンピューティング

クルマなどの移動体におけるエッジコンピューティングでは、通常、高性能を維持したままのエッジ処理デバイスの小型化・省電力化・防塵・耐振・経年劣化対策・気温・湿度対策・メンテナンスや、それらに配慮した上でのメモリ拡大やCPU速度の向上など、克服すべき技術課題は多い。一方、船舶ではそれらの多くは回避可能である。

船では重量の制約は無く、PCを中心に構成されたシステムを設置するスペースは十分あり、また電力も豊富である。設置個所がブリッジであれば室温も管理された比較的良好な環境であり、防塵・耐振・耐湿についても特別な対策は不要である。コンピュータが専門ではないといえ技術系の専門技能者も乗船しており、簡単なメンテナンスも可能である。船舶では通常のPCを大きな改良なく搭載可能であるため、エッジデバイス用に別途アプリケーションを開発する必要はなく、十分な計算資源を容易に利用可能である。船はエッジコンピューティングと親和性が高い。

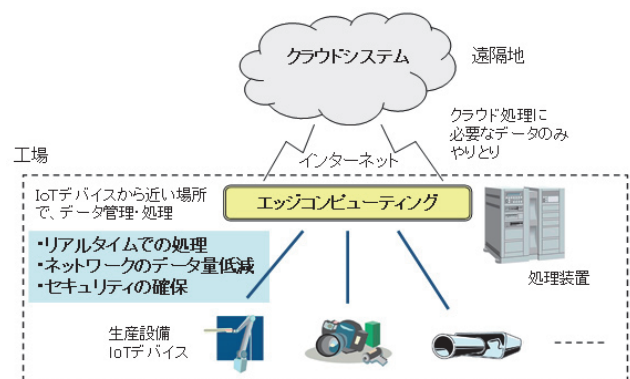


図-6 エッジコンピューティング⁴⁾

4. 社会実装例

以上を踏まえ、船舶デジタルツインにおけるクラウドの利用例を図-7に示す。下記は、船舶デジタルツインの特性であるデータ量の多さという難点（扱いづらさ）を、船舶とオペレータあるいは分析会社との機能分担により緩和することを意図したものである。

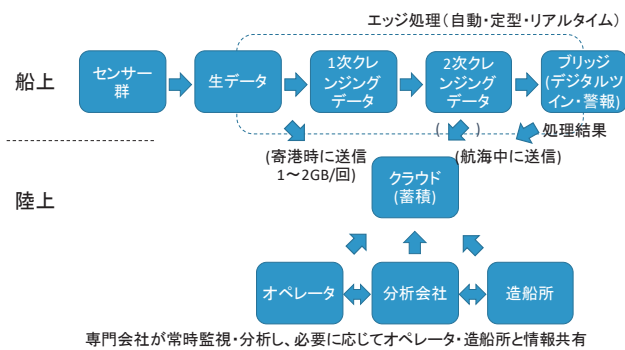


図-7 船舶デジタルツインにおけるクラウドの利用例

(1) 船上処理

VDR(Voyage Data Recorder)や船の各所に設置された各種センサーから、大量の生データがエッジ処理を担うコンピュータに送信されて蓄積される。生データはデコード、タイムスタンプ付加、不良データ削除、欠損値処理等の一次クレンジング処理をされた後、蓄積される。その際、欠損値を補うために他種類のセンサーデータの活用も期待される。一次クレンジング処理されたデータは、データ間隔の調整(間引き)、補完、整形処理等の2次クレンジングをされてデジタルツイン処理の入力データとなる。それらデータを使ってブリッジ(あるいは機関室)ではデジタルツイン計算が実行される。

ブリッジ等で行われるデジタルツイン処理は、基本的には人の手を要しない自動の定型処理が適切である。処理の主な目的は、船体・主機等に安全余裕がなくなった際のアラーム発生である。

(2) データの送信

前述のとおり、当面は航海中に利用できるのは衛星回線を用いた低速・高コスト通信である。そのため、当面は処理結果のみを随時クラウドへ送信・蓄積することとなる。将来通信環境が改善されれば、2次クレンジングデータを随時送信して、わずかな時間遅れでもってデジタルツイン計算をクラウド上で行うことも考えられる。

外航船は数日～数週間の航海を行うため年間25～50回程度の寄港、内航船ではそれ以上の頻度の寄港を期待できる。寄港先で通信環境が整っていれば、生データをクラウドに送信することが可能となる。1隻あたり年間50GBの生データが発生するとすれば、一寄港当たり最大でも1～2GB送信するものであり、十分現実的な値である。

(3) オペレータ・分析会社・造船所による利用

何らかの異常が発生し、アラームが発生した後はそれまでクラウドに蓄積されている生データを用いた(事後的な)デジタルツイン計算や高度なリスク分析など、相当の専門知識が必要と考えられる。めったに発生しない事態に備えて高度な知識・分析能力をもつ人材を各オペレータが確保し教育して維持することは困難である。アラームの発生頻度は少ないため、経験を積む頻度も限られる。

そのため、多くの場合、専門の分析会社(図-4におけるSP: Solution Provider)が任に当たるのが適切と考える。その際、アラームが発生した船舶を普段は扱っていないにも関わらず、アラーム発生時のみ当該船に対して高度な分析を行うことは非現実的であることから、平常時の監視も含めて担当とするのが適当である。

アラーム発生時の分析の際は、生データがクラウドという共有可能なリソース上にあることから、オペレータや当該船舶を建造した造船所と分析結果や知見を共有しながら最適な対処を行っていくことが可能となる。この点もクラウドを利用するメリットである。

以上、船舶デジタルツインがどのような機能・構成となるのかの最終的な姿は定まっていなかったものの、主に安全監視を対象に暫定的な機能及び構成を想定してクラウドの利用形態例を示した。今後は研究開発が進み、具体的な船舶デジタルツインの機能・利用法等が定まると並行して、通信面の制約を踏まえた、船側と陸側の現実的な役割分担を検討する必要がある。

5. まとめ

本報告では、クラウドの概要・メリット・我が国の先進的取り組み事例を説明すると共に、主に安全監視を想定してエッジコンピューティングを活用したクラウドの現実的利用形態例を示した。利用の具体化にはデータ量の問題、機能分担の問題、他にはセキュリティ・費用の問題等、検討すべき事項は多々あるものの、多数の船舶データを効率的に分析するという観点からは有益なアプローチとなると考えられる。今後の船舶デジタルツインの発展に期待したい。

謝辞

本報告は一般財団法人 日本船舶技術研究協会が日本財団の助成により実施している「超高精度船体構造デジタルツインの研究開発」⁵⁾からの受託研究の成果を基に作成したものである。記してここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 富士通クラウドテクノロジーズ: クラウドナビ, < <https://cloud.nifty.com/navi/beginner/iaas.htm> >, 閲覧 2019.4
- 2) 国立情報学研究所: 大学・研究機関のためのクラウドスタートアップガイド Ver.1.0, (2018)
- 3) 株式会社 シップ データ センター: < <https://www.shipdatacenter.com/> >, 閲覧 2019.4
- 4) 独立行政法人中小企業基盤整備機構: < <http://j-net21.smrj.go.jp/well/qa/entry/Q1312.html> >, 閲覧 2019.4
- 5) 一般財団法人日本船舶技術研究協会, 超高精度船体構造デジタルツインの研究開発 2018年度報告書, (2019)