

小型船舶航行支援システム用 データベースサーバの要求定義に関する考察

正会員 ○長尾 和彦 (弓削商船高等専門学校) 非会員 瀬尾 敦生 (ヤフー株式会社)
非会員 杉本 大志 (愛媛大学) 非会員 都築 伸二 (愛媛大学)

要旨

船舶事故は減少傾向にあるものの、毎年 2,000 件以上発生しており、その 8 割以上が小型船舶によるものである。船舶事故を防止する目的として、船舶自動識別装置(AIS:Automatic Identification System)があるが、小型船舶には普及が進んでいない。我々は、近年普及が進んでいるスマートフォンや LPWA を活用した AIS 代替システムの開発を行っている。本システムはスマートフォンの GPS 情報を利用し、位置情報を共有することで、船舶の接近の警告などを行うものである。本システムを実用化するためには、広範囲の AIS 船舶情報をリアルタイムに収集し、データを共有するためにネットワークを構築する必要があり、AIS をはじめとする様々なシステムが相互接続する必要がある。

本研究では、クラスタ化や柔軟な検索が可能とされる ElasticStack を用いて、AIS やスマートフォンからの位置情報を収集するサーバを構築した。AIS データ収集による実証実験から、サーバの要求定義について検討を行う。

キーワード：情報処理、 AIS、 スマートフォン、 ネットワーク、 DB

1. はじめに

四方を海に囲まれた海洋国家である我が国において、海上輸送は重要なインフラであり、船舶の安全航行が常に求められている。2018 年における船舶事故隻数は 2,189 と増加に転じた⁽¹⁾。そのうち、小型船舶(漁船、遊漁船およびプレジャーボート)が関わる事故は全体の 8 割を超えており、抜本的な対策が求められている。船舶事故を未然に防ぐための対策として、自動船舶識別装置(AIS:Automatic Identification System)がある。AIS は船舶の識別符号、種類、位置、進路、速度、航行状態などを VHF 帯電波で送受信し、船舶及び陸上局と情報交換するシステムである。AIS の設置が義務化されている船舶では、設置義務化後に事故が減少しており、一定の効果が見られる。一方、小型船舶には搭載義務がなく、費用負担、免許取得が必要などの理由から普及が進んでいない。船舶事故の距離別発生数によれば、沿岸に近い程事故が多い傾向が見られ、3 海里未満で 8 割を超えている。これは、沿岸部ほど多くの船舶が航行していることと関係すると考えられる。

我々は、スマートフォンを用いた AIS 代替システムを提案・開発を行っている⁽²⁾。本システムはスマートフォンの GPS データおよび AIS 端末のデータをサーバに集約し周辺船舶の位置を通知、航行支援を行うものである。システム構成図を図 1 に示す。同

様のシステムを開発している組織も複数あり、国土交通省によるスマートフォンを用いた航行支援に関するガイドライン策定の実証実験に参加し⁽³⁾、システムの有効性を確認している。

多くの船舶事故が沿岸付近で発生している状況ではあるが、交通量の多い瀬戸内海などの内海においてもスマートフォンが利用できないエリアが存在しており⁽⁴⁾、何らかの代替手段が必要となる。低速ながら長距離省電力の無線通信方式である LPWA(Low Power Wide Area)を用いたシステムの検討を行っている⁽⁵⁾。

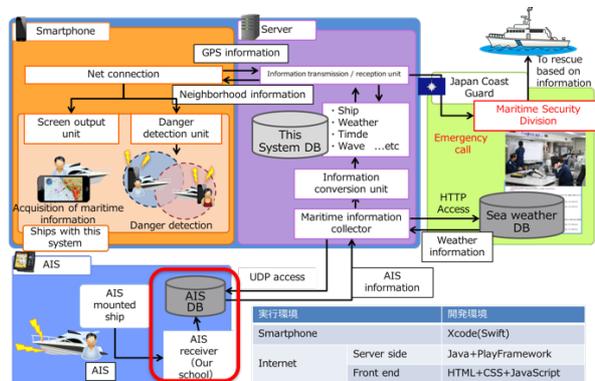


図 1 smartAIS システム構成図

現状では AIS をはじめとする複数の方式が乱立しており、同様のサービスを接続して相互運用する仕

組みが必要となる。複数のシステムからデータを収集・連携するためには、対故障性、応答性、拡張性に優れたサーバが求められる。

本研究では、瀬戸内海における AIS データの収集による実証実験から、サーバの要求定義について検討を行う。

2. 船舶航行支援システムの要求定義

2.1 航行支援システムの通信要件

・AIS

AIS は船舶の動静情報を得るための手段として 2002 年に IMO で規定された航行支援の無線規格である。AIS では大型船舶用(ClassA)と小型船舶用(ClassB)の2種類があり、送信出力と項目が異なる。AIS 端末間で直接送受信する形式であるため、特定のサーバは必要としない。

・スマートフォンを用いた航行支援システム

国土交通省がまとめたスマートフォンを用いた小型船舶向け航行支援システムに関するガイドラインでは、小型船舶が高速航行すること、GPS の誤差などを考慮し、通信間隔は3秒と定められた。ガイドライン策定時には、5組織が参加しており、サーバ構成・データフォーマットも統一されていない。

・LPWAによる航行支援システム

我々は、携帯電波の不感地帯を補完する手段として LPWA の利用を提案している⁽⁵⁾。商用化されている LPWA サービスの大半は上りのみの片方向通信である。携帯電波の不感地帯を補完し、衝突回避のために必須である双方向通信を実現するため、LoRa Private を用いる方式について検討を行った。漁業従事者とのヒアリングから、本装置によって漁場の位置を知られたくないとの意向が強いことから⁽⁶⁾、通信プロトコルは LPWA 端末同士が直接受信してニアミス回避する LoRa ビーコン形式が望ましい。類似システムにドローン用システムが提案されている。ドローンの場合に比べ、送信間隔はゆっくりで良い(〜3秒)が、電波到達範囲(〜5Km以内を想定)に存在する船舶数ははるかに多い(〜100隻程度)ことが予想される。これらを検討して設計を行なった結果、1パケット24byteデータを5Kbpsで送出できることを確認した⁽⁷⁾。

現時点では、LPWA は端末間通信に限定しているが、定期的にサーバ側へ位置情報を送信することを目標としている。漁業情報を秘匿する関係から、LoRa ビーコンには船舶の識別 ID を付与しない。

表1に通信要件の比較を示す。

表1 航行支援システムの通信要件の比較

項目	AIS(A)	AIS(B)	LTE	LPWA	
静的情報	○	○	△	×	
動的情報	ID	○	○	×	
	位置	○	○	○	
	時間	○	○	○	
	速度	○	○	任意	×
	方向	○	○	任意	×
状態	○	○	任意	×	
危険判定	指定なし	指定なし	500m以内	500m以内	
表示方法	指定なし	指定なし	1Km以内	5Km以内	
通信頻度(静)	360(s)	360(s)	×	×	
通信頻度(動)	0~14 10 14~23 6 23~ 2 (Knot) (s)	0~2 180 2~ 30 (Knot) (s)	3(s)	3(s)	
圏外警告	不要	不要	3回(9s)	不要	
緊急通報	短文	短文	118に通報	なし	
サーバ	不要	不要	要	任意	

2.2 サービス相互接続のためのサーバ要件

AIS など複数のサービスと連動して、船舶の位置情報などを管理するためには、共通のデータベースサーバが必要となる。既存サービスでは個別にサーバを構築しているため、サーバ間連携が必要となる。サービスごとに必要とされるデータ項目に違いがあるため、柔軟に対応できるものでなければならない。広範囲の AIS 情報を収集し公開している既存サービスも存在する^(8,9)が、これらは数100秒程度の更新間隔であるため、リアルタイムな航行支援に用いることはできない。サーバに求められる要件を以下に示す。

- ・データ項目が柔軟に設計可能であること
 - ・インターネットからアクセス可能であること
 - ・サーバのクラスタ化により、高負荷対策が可能であること
 - ・地域ごとのサーバ分散・連携が可能であること
 - ・集約されたデータの可視化が容易であること
- 相互接続サーバの設置により、改善される項目を表2に示す。

表2 相互接続サーバによるサービス改善

		受信側		
		AIS	LTE	LPWA
送信側	AIS	◎	○	○
	LTE		◎	△
	LPWA		△	◎

- ◎ 直接接続
- 相互接続サーバ経由
- △ 間欠接続

3. 全文検索エンジンによるサーバ構築

ビッグデータやクラウドへの移行により、データベースにスケーラビリティや高速性が求められている。

ElasticSearch⁽¹⁰⁾ は Elastic 社が開発しているスケーラビリティに優れた全文検索エンジンであり、リアルタイムデータ分析、ログ解析などに利用されている。HTTP(REST API)によるデータ制御が可能など、クラウドとの親和性が高い。またデータの可視化ツールとして kibana⁽¹¹⁾が提供されており、データ分析などで利用されている。データベースのクラスタ化、複数のデータベースによる横断検索など、サーバ要件を満たすものとして実験に用いた。

3.1 全文検索エンジンによる実証実験

ノート PC(MacbookAir)に 仮想コンテナシステム Docker をインストールし、ElasticSearch コンテナ(以下 ES サーバ)、Kibana コンテナを稼働した。ES サーバはクラスタ構成が可能である。

以下の条件で、実証実験を行った。

- ・ 小型 AIS 受信機 (RaspberryPi3ModelB+USB デジタルチューナ) を 2 台本校 1F に設置した。AIS アンテナ(140cm)を接続したものを AIS1、小型アンテナ(15cm)を接続したものを AIS2 とする。
- ・ 小型 AIS 受信機では、受診した AIS データをデコードし、JSON 形式に変換して、ES サーバに送信する。
- ・ ES サーバでは、2 種類のインデックス (1)AIS のログ情報 (ais-yyyy-mm-dd)、(2)船舶ごとの最新データ (ships-seen)を記録する。
- ・ 実施期間は 2020.03.07~2020.03.24 とした。

3.2 ログデータの可視化

Kibana は ES サーバに集約されたデータをさまざまな形式で加工・可視化を行うためのツールである。実証実験で得られたデータをもとに、以下の可視化を行った。

実験期間中のアクセス結果を図 2 に示す。895 隻から 105,600 件の AIS データが受信された。AIS1 が 92%と大半を占めており、アンテナによって特性が大きく異なることがわかる。2020.03.03 の AIS 情報を地図にマッピングしたものを図 3 に示す。

3.3 REST API によるデータ検索

ES サーバは WEB ベースでデータ検索や操作が可能であり、柔軟な操作が容易に行える。また、位置検索に対応するなど、航行支援システムとの親和性も高い。一方で全文検索であるため、問い合わせに

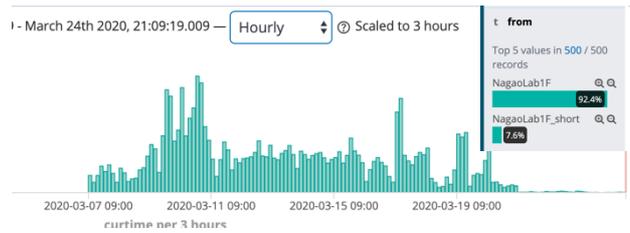


図 2 可視化ツールによるアクセス数のグラフ化

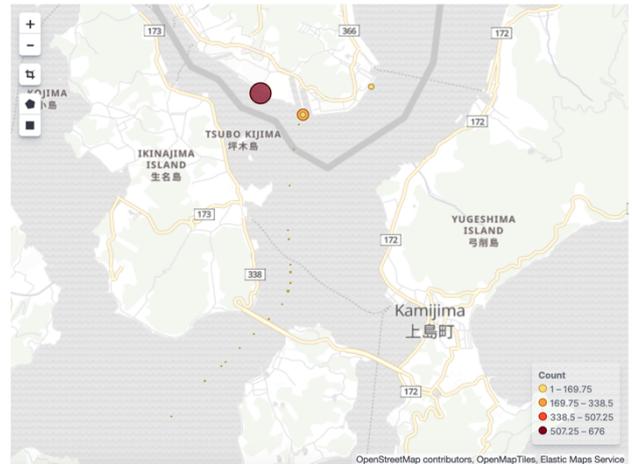


図 3 可視化ツールによる船舶位置の表示

対する応答特性が問題となる。船舶 ID、周辺 1Km の船舶などのパラメータを変えて問い合わせを行った。計測結果を表 3 に示す。十分な応答速度であることがわかる。

表 3 データクエリと応答速度 (10 回平均)

	index	ais-2020*	ships-seen
レコード数	count	105604	895
船舶ID	query: { "match":{"mmsi": 431004134} }	5 (ms)	1 (ms)
周辺船舶	"query": { "geo_distance": { "distance": "1km", "location": { "lon": 135.49, "lat": 33.56 } }}}	6 (ms)	2 (ms)

4. 瀬戸内海地域における運用シミュレーション

船舶航行支援システムでは、サービスを利用する船舶から位置情報を取得すると同時に、近隣の船舶の位置情報を返さないといけない。これらの通信量は周辺海域に存在する船舶数に依存する。サーバがこれらのリクエストを処理できるかどうかを検証するため、瀬戸内海地域の登録船舶数を元にシミュレーションを行った。

前提条件として、AIS 搭載船舶を来島海峡を通過

する船舶数(250 隻/日)⁽¹²⁾、AIS 非搭載船を瀬戸内海に隣接する府県の在籍船舶数(80000 隻)とした⁽¹³⁾。LTE/LPWA の割合は距離別事故数の割合(8:2)とした。近隣対象船舶数は 100 隻で固定とした。実証実験では、AIS データを全て送信していたが、航行支援では船舶 ID、位置情報、時間のみで十分である。これにより、端末とサーバ間で送受信されるデータはテキストベースで 100byte 程度となる。

1 日あたりの通信回数を元に算出した送受信データ量・通信帯域を図 4 に示す。普及率が 50%で 910Mbps となっており、一般的なサーバが収容される通信帯域としては十分に実現可能である。



図 4 送受信データ量と通信帯域

登録されたデータは、サーバ側でクラスタ化したサーバに分割することも可能であり、地域ごと用途ごとなどで負荷分散することも可能である。

リアルタイムの航行支援では、各船舶ごとの最新情報のみが必要であるため、古い情報を保存する必要はない。これは、船舶 ID ごとに上書きすることで実現される。船舶 ID を持たない LPWA 端末では、有効時間内のデータを表示することとなる。将来的には、LPWA を中継するゲートウェイ等で、機械学習により船舶を特定してサーバに登録するなどの技術を確認することが求められる。

5. まとめ

小型船舶向け航行支援システムで利用される位置情報共有サーバの要求定義を検討し、ES サーバによる実装を行った。船舶の航行数や登録数から、50%の普及率で 910Mbps と現状のインターネットで対応可能であること、分散型全文検索エンジンのクラスタ化による地域や負荷に対応できることを確認した。また、比較的容易に小型 AIS 受信機・PC から

データ登録・閲覧を実用的な時間で応答できることを確認した。

今後は瀬戸内海での実証実験を通して、データの蓄積とログの整理、アクセス負荷、LPWA 端末からのアクセスへの対応を行う。また、クラウド上にサーバを移行し、サーバの分散について検討を行い、システムの改良と普及を進める予定である。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(C)(No.19K04862)、戦略的情報通信研究開発推進事業(No.191609005)の助成による。

参考文献

- (1) 海上保安庁, “海上保安統計年報第 69 巻” (2019)
- (2) 長尾他, “スマートフォンで動作する AIS と連携した小型船舶向け事故防止システム”, 日本航海学会論文集 135 巻, pp.11-18(2017)
- (3) 国土交通省, “スマートフォンを活用した小型船舶の事故防止”, http://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_tk6_000019.html (2017)
- (4) 肥田他, “海上における電波強度収集システムと安全航行への活用について”, 日本航海学会講演予稿集 5 巻 2 号(2017)
- (5) 長尾他, “LPWA を用いた船舶位置同定システムに関する考察”, 第 18 回情報科学技術フォーラム (2019)
- (6) 長尾他, “個人情報に配慮したスマートフォンを用いた小型船舶航行支援システム”, 情報処理学会第 80 回全国大会(2018)
- (7) 磯崎, 杉本, 都築, LoRa 無線モジュールの送受信遅延時間とそのゆらぎの測定, 令和元年度電気関係学会四国支部連合大会 (2019)
- (8) MarineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence, <https://www.marinetraffic.com/>, 2020.3.24.
- (9) shipfinder: <http://jp.shipfinder.com/>, 2020.3.24.
- (10) Elasticsearch チュートリアル, <https://www.elastic.co/jp/> (2019)
- (11) Kibana, <https://www.elastic.co/jp/kibana> (2019)
- (12) 主要狭水道別通航船舶の隻数の推移, https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/g2/g2cat02/kaiun/index.html
- (13) 日本小型船舶検査機構, 年度末における在籍船, http://jci.go.jp/jci/pdf/toukei/year_zaiseki_30.pdf(2019)