

港湾の利用特性分析における AISデータ活用法に関する一考察 ～阪神港を対象として～

藤本 紘大¹・秋田 直也²・山口 淳史³

¹学生員 神戸大学 大学院海事科学研究科 (〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町5-1-1)
E-mail:149w312w@stu.kobe-u.ac.jp

²正会員 神戸大学 大学院海事科学研究科 (〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町5-1-1)
E-mail:akita@maritime.kobe-u.ac.jp

³非会員 生協協同組合コープこうべ (〒658-0051 神戸市東灘区住吉本町1-3-19)

近年、船舶から送信されるAISデータの活用について、船舶の安全航行での活用のほかに他の分野においても有益な情報を得るための解析手法が多々提案されている。こうした中、本研究では、定期コンテナ船による阪神港の利用実態を、AISデータを用いて把握することを試みる。具体的には、まず、神戸港または大阪港に寄港する定期コンテナ船サービスの情報とAISデータをリンクさせる手順について示す。次に、神戸港または大阪港に寄港する定期コンテナ船サービスにみられる特徴について整理する。その上で、定期コンテナ船サービスの情報をリンクさせたAISデータを用いて、大阪湾内における船舶の動静とバースへの接岸状況を把握する。そして最後に、本研究で得られた知見をもとに、AISデータを用いることの利点と課題について考察する。

Key Words : AIS Data, Information of Regular-Container Service, Hanshin Port, Utilization Characteristics.

1. はじめに

AIS (Automatic Identification System : 船舶自動識別装置) とは、船舶航行の安全を目的に、自船の船名・位置などの航海情報を VHF 帯で定期的に送信する一方で、各船舶から発信される航海情報を受信し、電子海図などに表示するシステムのことである。これにより、AIS を搭載する船舶では、目視の可否によらずに複数の船舶の行動を随時把握することが可能となり、衝突の危険性を著しく軽減する効果が得られる。また、陸上施設では、海上交通管制に必要な船舶固有情報を、自動的、且つ、リアルタイムに入手することが可能となり、狭水域等での安全航行への活用が行われている。2004年7月1日に発効した改正 SOLAS 条約 (海上人命安全条約) における日本国内での根拠法「国際航海船舶及び国際港湾施設の保安の確保等に関する法律」では、2008年7月1日以降、以下の要件を満たす全ての船舶に AIS を搭載することが義務付けられている。

- ・国際航海に従事する 300 総トン以上の全ての船舶
- ・国際航海に従事する全ての旅客船

・国際航海に従事しない 500 総トン以上の全ての船舶

こうした AIS によって送信される各船舶の航海情報 (以下、AIS データという) は、ビッグデータといえ、これを活用した種々の研究が多く試みられている。例えば、瀬田ら²⁾は、AIS データを陸上において連続受信することによって、伊勢湾・三河湾とその周辺海域を航行している船舶の操船困難性評価をリアルタイムで行うシステムを開発し、当該海域における海上交通の安全性評価を行うとともに、特定の船舶について、運行状況と周辺環境状況といった航行管理情報を様々な表示方法でモニタリングする船舶航行管理システムの構築を行っている。また伊藤⁴⁾は、(旧)海難審判庁における裁決録と AIS データによる航跡情報等をリンクさせることで海難の背後要因を系統的に分析している。さらに安藤ら⁵⁾は、国内外における主要コンテナターミナルにおけるバース占有率や接岸時間等を算定し、各ターミナルの利用状況の特徴について明らかにしている。

こうした中、本研究では、定期コンテナ船による阪神港の利用実態を、AIS データを用いて把握することを試みる。具体的には、まず、AIS データで取得されている

船舶航行情報を整理した上で、神戸港または大阪港に寄港する定期コンテナ船サービスの情報と AIS データをリンクさせる手順について示す。次に、神戸港または大阪港に寄港する定期コンテナ船サービスにみられる特徴について整理する。その上で、定期コンテナ船サービスの情報をリンクさせた AIS データを用いて、大阪湾内における船舶の動静とバースへの接岸状況を把握する。そして最後に、本研究で得られた知見をもとに、AIS データを用いることの利点と課題について考察する。

2. 分析データの構築方法

(1) 使用する AIS データの概要

本研究で使用する AIS データは、鳥羽商船高等専門学校の協力のもと、神戸大学深江キャンパス内に設置された AIS 受信機にて受信されたものである⁹⁾。本データには、AIS 搭載船舶から送信される動的情報と静的情報が取得されており、それぞれ共通情報として、受信された日付と時刻の情報、MMSI (Maritime Mobile Service Identities) 番号が付加されている。本データから、主に以下の情報を得ることができる。

①動的情報

- ・自船位置 (緯度・経度)
- ・対地針路
- ・対地速力
- ・船首方位 など

②静的情報

- ・IMO (International Maritime Organization : 国際海事機関) 番号
- ・Call Sing (呼出番号)
- ・船名
- ・船舶の種類
- ・アンテナ位置 (船首・船尾・左舷・右舷からの距離) など

(2) 付加する定期コンテナ船サービス情報の概要

本研究では、AIS データに付加する定期コンテナ船サービス情報として、株式会社オーシャンコマースが運営する Cyber Shipping Guide (<http://www.ocean-commerce.co.jp>) で提供されている定期船サービス情報と船舶明細情報を用いる。本 Web サイトから、主に以下の情報を得ることができる。

①定期船サービス情報

- ・オペレーター名
- ・サービス名
- ・寄港地のローテーション
- ・航海頻度

- ・投入船 (船名・Call Sign・総トン数・コンテナ最大積載個数など)

②船舶明細情報

- ・船名
- ・IMO 番号
- ・Call Sign
- ・総トン数
- ・コンテナ最大積載個数
- ・建造年
- ・船速
- ・オペレーター名 など

(3) AIS データと定期コンテナ船サービス情報とのリンク方法

AIS データと定期コンテナ船サービス情報とを以下の手順によってリンクさせた (図-1)。

Step1 : 神戸港または大阪港に寄港する定期コンテナ船サービスの抽出

定期船サービス情報から、寄港地のローテーションを参照して、神戸港または大阪港に寄港する定期コンテナ船サービスを抽出する。

Step2 : フルコンテナ船の抽出

AIS データから、船舶明細情報を参照して、フルコンテナ船から送信されたものを抽出する。なお、抽出にあたっては、両データが共通でもつ IMO 番号の情報をを用いた。

Step3 : AIS データと定期コンテナ船サービス情報とのリンク

Step1 で抽出された神戸港または大阪港に寄港する定期コンテナ船サービスにおける投入船舶の情報と Step2 で抽出されたフルコンテナ船から送信された AIS データとを、MMSI 番号をもとにリンクさせる。

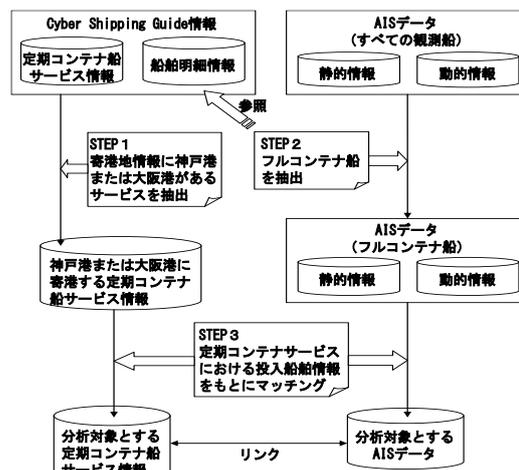


図-1 本研究で使用するデータベースの構築手順

3. 抽出された定期コンテナ船サービスの概要

Cyber Shipping Guide で提供された 2012 年 1 月時点の定期コンテナ船サービス情報から、神戸港または大阪港に寄港する 87 サービスを抽出することができた。因みに、これらサービスに投入されている船舶は、国際航海に従事する 300 総トン以上の船舶であることから、全てが AIS を搭載することが義務付けられたものとなる。

(1) 定期コンテナ船サービスの類型化

抽出できた神戸港または大阪港に寄港する定期コンテナ船サービスを、サービスが寄港する国外・国内の港湾の組み合わせによって分類した。その上で、所属するサービス数が多い組み合わせとして、表-1 に示す 6 つのグループを抽出した。これら 6 グループに所属するサービスは 59 で、全サービスの 68% を占める。東アジアと近畿との間で行われるサービスのグループ VI (19 サービス) と、これに次ぐ、東南アジア・東アジアと近畿・中部・関東との間で行われるサービスのグループ III (14 サービス) が多いことがわかる。また、欧米・東南アジア・東アジアに寄港するサービスのグループ I と II は、それぞれ 4 サービス、7 サービスとなっており、全体の 13% 程度となっている。

(2) 抽出されたグループごとにみられる特徴

抽出されたグループごとにみられる主な特徴について、神戸港・大阪港への寄港パターン、寄港数、投入船（投入船数、コンテナ最大積載個数、船速）の観点から整理したものを表-2 に示す。

まず、欧米・東南アジア・東アジアに寄港するサービスのグループ I と II については、神戸港または大阪港のどちらか 1 港のみに寄港し、寄港数は「11 港以上」と多い。また、「5 隻以上」の船舶が投入され、船速「22.5 ノット以上」のものが主となっている。さらに、大阪港のみに寄港するグループ II に比べ、神戸港のみに寄港するグループ I の方が、より大型の船舶が投入されている傾向がみられる。

次に、東南アジア・東アジアに寄港するサービスのグループ III・IV については、大阪港から神戸港の順でそれぞれに寄港し、コンテナ最大積載個数「1,001TEU 以上 3,000TEU 以下」で船速「17.5 ノット以上 22.5 ノット未満」の船舶が「3~4 隻」投入されている。さらに、グループ III の寄港数が「11 港以上」と「6 港以上 10 港以下」のサービスで二分しているのに対し、グループ IV では、寄港数は「11 港以上」と多くなっている。

最後に、東アジアに寄港するサービスのグループ V と VI については、コンテナ最大積載個数「1,000TEU 以下」で船速「17.5 ノット未満」の船舶が「1 隻」投入されて

表-1 抽出できた主な定期コンテナ船サービスのグループ

	寄港地域							所属サービス数
	国外			国内				
	欧米他	東南アジア	東アジア	近畿	関東	中部	西日本	
グループ I	○	○	○	○	○	○	×	4
グループ II	○	○	○	○	○	×	×	7
グループ III	×	○	○	○	○	○	×	14
グループ IV	×	○	○	○	×	×	○	8
グループ V	×	×	○	○	×	×	○	7
グループ VI	×	×	○	○	×	×	×	19

注) ○: 寄港している、×: 寄港していない

表-2 グループごとにみられる特徴

グループ (n=サービス数)	神戸港・大阪港への寄港パターン	寄港数	投入船		
			投入船数	コンテナ最大積載個数	船速
グループ I (n=4)	一港寄港(神戸港のみ)	11 港以上	5 隻以上	6,001TEU 以上	22.5 ノット以上
グループ II (n=7)	一港寄港(大阪港のみ)	11 港以上	5 隻以上	3,001TEU 以上 6,000TEU 以下	22.5 ノット以上
グループ III (n=14)	両港寄港(大阪港→神戸港)	11 港以上と 6 港以上 10 港以下とが それぞれ 50%	3~4 隻	1,001TEU 以上 3,000TEU 以下	17.5 ノット以上 22.5 ノット未満
グループ IV (n=8)	両港寄港(大阪港→神戸港)	11 港以上	3~4 隻	1,001TEU 以上 3,000TEU 以下	17.5 ノット以上 22.5 ノット未満
グループ V (n=7)	両港寄港(神戸港→大阪港)と両港寄港(大阪港→神戸港)とがそれぞれ 43%	6 港以上 10 港以下	1 隻	1,000TEU 以下	17.5 ノット未満
グループ VI (n=19)	両港寄港(大阪港→神戸港)	5 港以下	1 隻	1,000TEU 以下	17.5 ノット未満

いる。さらに、グループ VI では、大阪港から神戸港の順でそれぞれに寄港するパターンが主となっているのに対し、グループ V では、神戸港から大阪港の順に寄港するパターンと大阪港から神戸港の順に寄港するパターンの割合がそれぞれ 43% となっている。また、グループ VI の寄港数が「5 港以下」であるのに対し、グループ V の寄港数は「6 港以上 10 港以下」と多くなっている。

以上のことから、日本との距離が近い海外地域へのサービスほど、寄港数、投入船数、コンテナ最大積載個数、船速が減少する傾向にあるといえる。

4. 大阪湾内における船舶動静の分析

AIS データから、2012 年 1 月 8 日 (日) ~14 日 (土) の 1 週間の間に、大阪湾に入湾し退出したフルコンテナ船を 51 隻抽出することができた。

(1) 大阪湾への入出経路

まず、図-2 は、AIS データから抽出できたフルコンテナ船の緯度・経度情報を大阪湾全域において地図上に表示したものである。これより、大阪湾への入出経路として、明石海峡経路と紀淡海峡経路の 2 経路があることがわかる。また図-3 は、大阪湾への入出経路の構成割合を示したものである。これより、大阪湾に入出する際、紀淡海峡経路を利用して入出する船舶が 62%、明石海峡経路を利用して入出する船舶が 34% となっている。また、入湾する際は紀淡海峡経路を、出湾する際は明石海

峡経路を利用する船舶が 4%みられるものの、大半の入出は同一経路であるといえる。

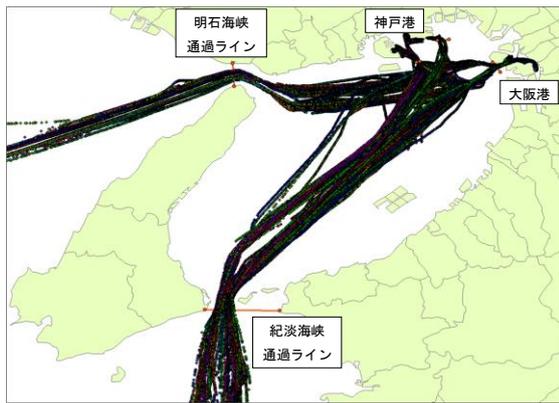


図-2 大阪湾全域における船舶の動静

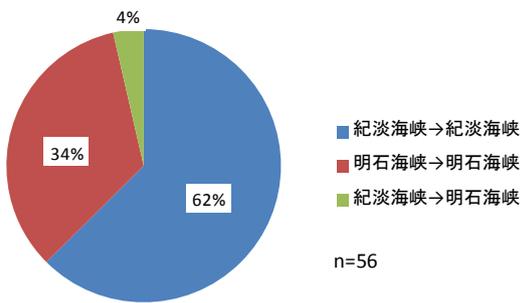


図-3 大阪湾の入出経路の構成

(2) 入出経路別にみた大阪湾への入出時刻

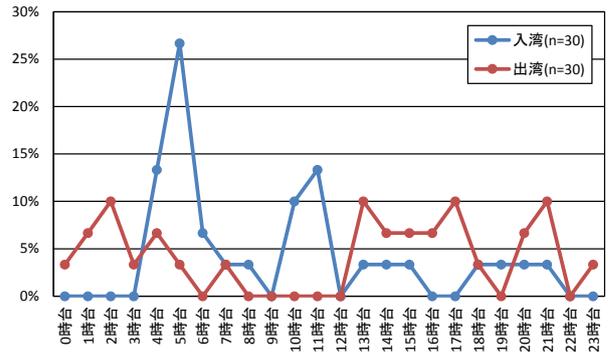
次に、図-4 は、入出経路ごとに、大阪湾への入出時刻を示したものである。なお、入出時刻を求めるにあたっては、それぞれの経路において通過ラインを設定し、これを横切った時刻とした（図-2 参照）。

大阪湾に入湾する時刻についてみると、紀淡海峡経路、明石海峡経路ともに、4～5 時台に集中して入湾している傾向がみられ、とりわけ、5 時台に大きなピークがあることがわかる。また、これに加えて、紀淡海峡経路では 10～11 時台に、明石海峡経路では 13～15 時台に入湾が多い様子が窺える。

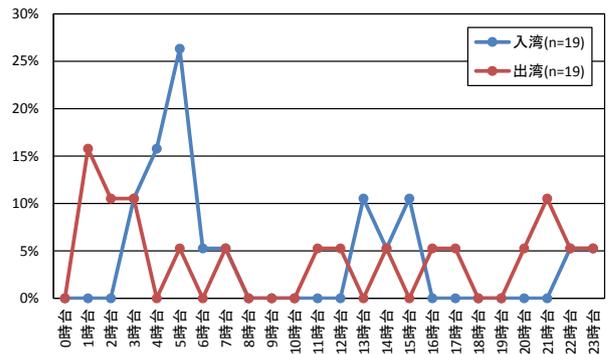
一方、大阪湾から出湾する時刻についてみると、紀淡海峡経路では、大きなピークはみられず、また、6～12 時台において出湾がほとんどみられない。これに対し、明石海峡経路では、1～3 時台において出湾が多い様子が窺える。

さらに、図-5 は大阪湾での在湾時間を示したものである。在湾時間は、最短のもので7時間、最長のもので37時間となっている。また 23 時間が 10%と最も多く、全

体の 76%が 24 時間以内の在湾時間となっていることがわかる。



a) 紀淡海峡経路



b) 明石海峡経路

図-4 入出経路別にみた大阪湾への入出時刻

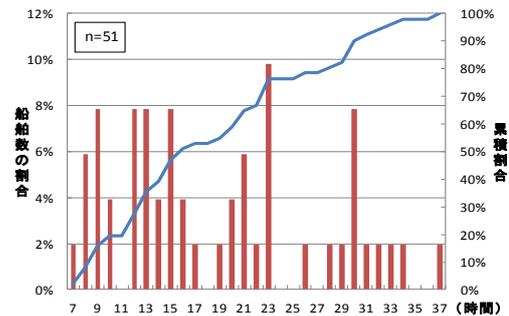


図-5 大阪湾における在湾時間

(3) 入出経路に影響を及ぼす要因の抽出

最後に、2進決定木分析を用いて、大阪湾への入出経路の選択に影響を及ぼす要因を抽出する。具体的には、分割変数として「国内における立寄港」「船舶の大きさ」「国外における立寄港」の3変数を取り上げ、分割基準としてGiniの多様性指標を最も減少させるような2分割を繰り返した。図-6はその結果を示したものである。これより、「船舶の大きさ」が最も寄与しており、総トン数1万トン以上、且つ、コンテナ最大積載個数1,000TEU

以上の船舶に紀淡海峡経路を選択する傾向が強くみられる。さらに、「国内における立寄港」の中で「水島港、高松港、松山港」のいずれかに寄港する場合、明石海峡経路を選択する傾向が強まるといえる。

こうした背景として、瀬戸内海（備讃瀬戸、来島区）において、総トン数1万トン以上の船舶に対して強制水先区が設定されていることがあげられ、これらサービスにおいて船舶の大型化が困難であることが推測される。

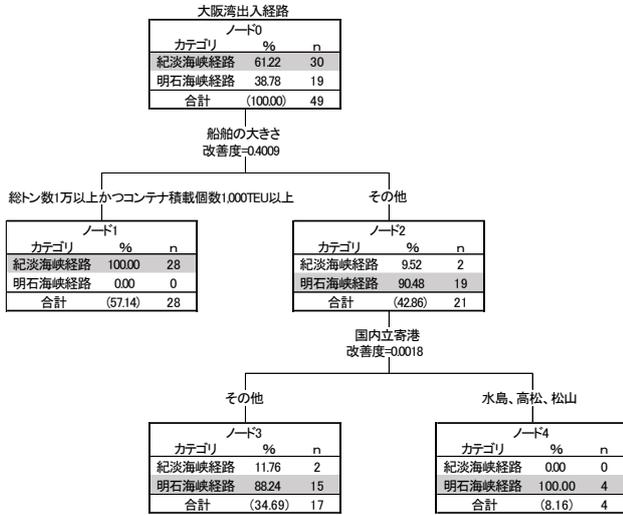


図-6 2進決定木分析の結果

5. バースへの船舶の接岸状況の分析

ここでは、神戸港ポートアイランド第2期地区に位置する PC18 バースを対象として、船舶の接岸状況について把握する。具体的には、安藤らによる研究⁷⁾を参考に、PC18 バースの全面に離着岸エリアを設定し、そのエリア内で観測された AIS データを抽出した。その上で、船速 1 ノット以下が連続するデータの区間を船舶が接岸している時間と定義し、データ区間が始まる最初のデータの観測時刻を接岸時刻、データ区間が終わる最後のデータの観測時刻を離岸時刻として求めた。その結果、2014 年 1 月 4 日（水）～31 日（火）の期間に PC18 バースに接岸したと判定される 49 隻を AIS データから抽出することができた。

(1) バースを利用する定期コンテナ船サービスの特徴

抽出された 49 隻の内、44 隻について定期コンテナ船サービス情報とリンクさせることができ、PC18 バースを利用する隔週の 1 サービス（ロシア航路）を含む 11 サービスを特定することができた。サービス数の内訳では、表-1 と同様に、東アジアと近畿間とを結ぶサービスのグループ VI が 4 サービスで最も多く、これに次いで、東南

アジア・東アジアと近畿・中部・関東との間で行われるサービスのグループ III が 3 サービスで多くなっている。また、欧米地域に寄港するサービスのグループ I と II に属するものはみられなかった。さらに、11 サービスの内、2 サービス（ロシア航路とニュージーランド航路）を除く、9 サービスが大阪港から神戸港の順で両港に寄港するサービスとなっている。

(2) 接岸時間にみられる特徴

次に、抽出された 49 隻の内、先述した定義に基づいて接岸時刻と離岸時刻を特定できた船舶は 47 隻あった。これら 47 隻について接岸時間を求めた結果を図-7 に示す。これより、極端に長い接岸時間もみられるものの、概ね 6 時間台をピークとした正規分布となっている様子が窺える。

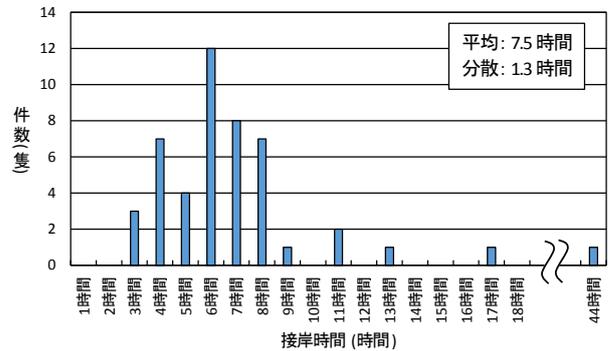


図-7 バースでの接岸時間

そこで、こうした接岸時間に起因する要因を把握するため、目的変数を「接岸時間（単位：分）」とし、説明変数には、以下の 3 変数を取り上げた重回帰分析を行う。

- ・サービスにおける寄港数
- ・上海港寄港ダミー（上海港に寄港するサービスの場合は 1、寄港しない場合は 0）
- ・接岸時刻ダミー（22～24 時に接岸する場合は 1、それ以外は 0）

なお、分析データとしては、接岸時間が不明な船舶、定期コンテナ船サービスとリンクできない船舶、隔週サービス（ロシア航路）に投入されている船舶、接岸時間が 10 時間を超える船舶（特異値と判断）を除いた 35 隻分を用いた。

表-3 は重回帰分析の結果を示したものである。決定係数 R^2 の値が 0.3743 とあまり大きくないものの、「サービスにおける寄港数」が 1% で、「接岸時刻ダミー」5% で有意となっている。また、係数の符号がすべてプラスであることから、いずれの変数も接岸時間を長くする要

因といえる。さらに、接岸時間には「サービスにおける寄港数」が最も寄与し、寄港数が1港増えるごとに約15分、接岸時間が増加するものと推測される。

表-3 重回帰分析の結果

	係数	t 値	P 値
サービスにおける寄港数	15.6369	3.3230	0.0023
上海港寄港ダミー	81.3810	1.8212	0.0782
接岸時刻ダミー	70.0133	2.5210	0.0171
切片	182.5479	2.9745	0.0056
重相関 R	0.6118		
決定係数 R ²	0.3743		

(3) バースへの船舶の接岸状況

図-8は、バースへの接岸時刻の分布を示したものである。これより、船舶の接岸時刻が22時台に集中して発生していることがわかる。

また一方で、バースに船舶が接岸している確率を以下の算出式によって求めた。

$$\text{バースに船舶が接岸している確率} = \frac{\text{ある時間に船舶がバースに接岸している日数}}{\text{データの測定期間}}$$

なお、本研究では、複数の船舶がバースに接岸している状態は考慮しておらず、ただ、ある時間に1隻でも船舶が接岸しているか否かの判断を行った。その結果を示したものが図-9である。これより、16時から22時までの約6時間の時間帯において、船舶が接岸している確率が極端に低くなっていることがわかる。

こうした背景には、PCI8バースを利用している定期コンテナ船サービスのほとんどが、大阪港から神戸港の順で2港に寄港するサービスとなっていることが関係しているものと考えられる。

6. AISデータを用いることの利点と課題

AISデータでは、陸上で観測されるプローブデータに比べ、高い建物や地下などの遮蔽物がないことから、比較的精度の高い位置情報が得られており、港湾の利用特性の把握に用いるのに問題はないと判断できる。また、本研究で対象とした定期コンテナ船サービスに投入されている船舶についてみると、全ての船舶にAISを搭載することが義務付けられていることから、港湾エリア内における当該サービスに関わる全ての船舶の動静を把握することが可能となる利点をもつ。さらに、港湾における船舶の時間と空間の利用状況を同時に捕捉できる点に優

れ

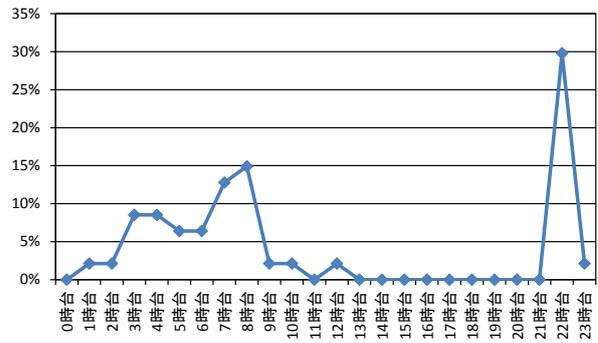


図-8 バースへの接岸時刻

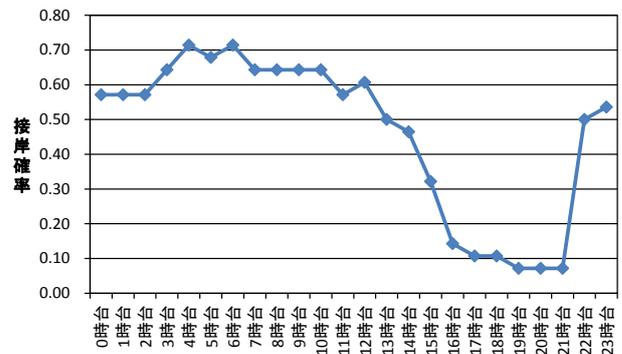


図-9 時間別にみたバースに船舶が接岸している確率

れているといえ、本研究においても、大阪湾における入出湾経路や在湾時間、バースでの接岸時間やバースの接岸状況を容易に把握することができた。

また、AISデータと定期コンテナ船サービス情報をリンクさせることによって、瀬戸内海を航行せざるを得ないサービスにおいて船舶の大型化が困難である状況が推測されたとともに、バースへの接岸時間に影響する要因としてサービスの内容を考慮することができた。さらに、バースの利用状況に大阪港との関係性が示唆されたが、本研究で用いたAISデータでは大阪港と神戸港の利用状況を時間経過とともに連続して把握することが可能であり、今後、こうした関係性を明らかにできるものと考えられる。また、こうした知見は、阪神港として神戸港と大阪港との連携・機能分担を図っていく上で必要なものと考えられる。

その一方で、AISデータを用いることによる課題として、以下の点があげられる。

- ・ 捕捉されていないAISデータの補完。
- ・ バースへの接岸時における作業内容が不明。
- ・ 定期コンテナ船サービスとリンクできない船舶の処理。
- ・ スケジュールと異なった船舶データの処理。
- ・ 「秘密の保護」に配慮した公表の方法。など

7. おわりに

本研究は、定期コンテナ船による阪神港の利用実態を、AISデータを用いて把握することを試み、AISデータを用いることの利点と課題について考察した。本研究で得られた成果を以下に示す。

- ①AISデータと定期コンテナ船サービス情報をリンクさせる方法を構築することができた。
- ②阪神港に寄港する定期コンテナ船サービスでは、東アジアと近畿との間で行われるサービスのグループIVと、これに次ぐ、東南アジア・東アジアと近畿・中部・関東との間で行われるサービスのグループIIIとで、全体の68%を占めていることがわかった。
- ③大阪湾への入出経路として、明石海峡経路と紀淡海峡経路の2経路があることが示せた。また、入出経路には「船舶の大きさ」が最も寄与しており、こうした背景に瀬戸内海における強制水先区の設定が関係していることが推測できた。
- ④バースへの接岸時間は、概ね6時間台をピークとした正規分布となっていることが示せた。また、PC18バースにおいて、16時から22時までの間、船舶が接岸している確率が極端に低くなっており、こうした背景には、大阪港との寄港順序が関係していることが示唆できた。
- ⑤本研究で得られた知見をもとに、AISデータを利用する上での利点と課題を整理することができた。
さらに、本研究で残された課題として、AISデータから、入出湾時刻ならびに接岸・離岸時刻を自動で取得するシステムを構築した上で、分析対象期間を拡大し、サンプル数を増やすことで、得られた知見の統計的な精度を高めていきたい。また、本研究で得られた知見が発生

する背景要因を関係者へのヒアリング調査などを実施し、明らかにしていきたい。さらに、欠損データの補完方法や定期コンテナ船サービスとリンクできない船舶の処理方法などについて検討していきたい。

謝辞：本稿におけるAISデータの使用にあたっては、鳥羽商船高等専門学校ならびに神戸大学大学院海事科学研究科 臼井英夫氏のご協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 例えば、総務省 Web ページ
(<http://www.tele.soumu.go.jp/jadm/system/satellit/ais/>)
- 2) 瀬田広明, 鈴木治, 鎌田功一, 天野宏: AIS を用いた海上交通のリアルタイム解析—ES モデルにおける操船困難性評価—, 日本航海学会論文集, 115号, pp.45-50, 2006.
- 3) 瀬田広明, 鈴木治, 鈴木秀司, 境善行, 鎌田功一, 天野宏: 陸上における練習船「鳥羽丸」の航行管理システムの開発, NAVIGATION, 166号, pp.59-64, 2007.
- 4) 伊藤博子: 海難データベースを用いた事故分析, 海上技術安全研究所報告, 第12巻, 第2号, pp.81-100, 2012.
- 5) 安藤和也, 赤倉康寛: AIS データによる世界の主要コンテナターミナルのバース占有率の比較分析, 国土技術政策総合研究所資料, No.676, 2012.
- 6) 鈴木治, 田中友規, 浪江宏宗, 藤井肇: 海上交通流把握のための陸と船からのデータ収集システム, 日本航海学会論文集, 123号, pp.111-117, 2010.
- 7) 前掲5)

(2014. 8. 1 受付)

Use of AIS Data to Analyze Utilization Characteristics of Ports -A Case Study of Hanshin Port-

Kodai FUJIMOTO, Naoya AKITA and Atsushi YAMAGUCHI