

AISデータを用いた 国際定期コンテナ船サービスにおける 神戸港・大阪港への寄港実態の分析

秋田 直也¹

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

本研究は、AISデータと国際定期コンテナ船サービス情報とをリンクさせたデータベースとAISから抽出したバースへの着岸・離岸時刻を用いて、神戸港と大阪港における国際定期コンテナ船の寄港実態を明らかにすることを目的とした。その結果、まず、サービスのおよそ半数を占める中国・韓国航路では、大半が神戸港と大阪港の両港に寄港していた。さらに、これらに投入されている船舶は「1000TEU以下」クラスが主で、一因に、瀬戸内海の通航が関係してことが示唆できた。次に、バースへの着岸・離岸時刻の分布を混合正規分布と仮定することで、神戸港・大阪港ごとに、主となるバース滞在パターンを特定することができた。さらに大阪港において、6時台に離岸が集中する理由や、バースで時間調整が行われている可能性があることを示せた。

Key Words : AIS Data, Containerships, the ports of Kobe and Osaka, Mixture of Normal Distributions

1. はじめに

(1) 本研究の背景と目的

AIS (Automatic Identification System: 船舶自動識別装置) とは¹⁾、船舶の船名・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。本来は、船舶航行の安全を目的としたものであるが、近年、AISから発信される情報を継続的に記録したデータ (以下、AISデータという) についても、その有効性や価値が認められつつある。さらに、AISデータは、受信機と処理ソフトさえ揃えば、手軽に取得することができることから、いわゆるビッグデータとして、様々な分野での利用がみられるようになった。例えば、交通容量や交通流を表現するなどのマクロ的・統計的な検討や、事故解析や安全対策の検討などのミクロ的な検討のベースデータとして利用されている²⁾。

また一方で、港湾利用に関する情報については、各港の港湾管理者などが、Web上で公表する統計資料に限られており、ターミナルごとなどといった詳細なデータを入手することは、守秘義務の観点から非常に難しい状況にある。こうした中で、安藤ら³⁾は、AISデータを用いて、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。ここで安藤らは、稼働率を算出するにあたり、各ターミナルのバースウインドウを作成するのに必要となるバースの接岸位置と接岸時間をAISデータから求めている。しかし、こうしたAISデータを活用した港湾の利用実態に関する知見は、まだまだ乏しい状況にあるといえる。

そこで本研究では、AISデータと国際定期コンテナ船サービス情報とをリンクさせたデータベースとAISから抽出したバースへの着岸・離岸時刻を用いて、神戸港と大阪港における国際定期コンテナ船の寄港実態を明らかにすることを目的とする。具体的には、本研究では、全てがAISを搭載していると判断できる国際航海に従事するフルコンテナ船に着目し、神戸港または大阪港に毎定曜日に寄港する国際定期フルコンテナ船を分析対象とした。その上で、まず、蓄積されたAISデータから分析対象船舶のAISデータを抽出し、それらと国際定期コンテナ船サービス情報とをリンクさせたデータベースを構築する。そして構築したデータベースから、それぞれの船舶のバースへの着岸・離岸時刻を抽出する。次に、構築したデータベースをもとに、神戸港または大阪港に寄港する国際定期コンテナ船の特徴について把握する。さらに、バースへの着岸・離岸時刻の分布が混合正規分布であると仮定し、これを構成する正規分布を神戸港・大阪港別、着岸・離岸時刻別に抽出する。そして、抽出され

た正規分布をもとに、神戸港・大阪港別に主となるバース滞在パターンを特定する。また、大阪港から神戸港に寄港するパターンについて、大阪港の離岸時刻と神戸港の着岸時刻との関係を推測するとともに、神戸港と大阪港に与えるそれぞれの影響を考察する。

(2) 本研究の特徴

本研究の特徴として、以下の点があげられる。

- ①AISデータと国際定期コンテナ船サービス情報とをリンクさせることで、船舶の挙動を航路や寄港パターンから分析しようとする点。
- ②AISデータを用いることによって、これまで港湾統計では把握が困難であった、空間的、且つ、時間的な情報を分析に加えようとする点。
- ③バースの着岸・離岸時刻の分布が、混合正規分布であると仮定し、その分布を構成する正規分布の数と各パラメータを推定することで、各港における主なバースの利用状況を把握しようとする点。
- ④神戸港と大阪港における国際定期コンテナ船の寄港状況を、港ごとではなく、同一の時系列データで把握し、両港の関係を定量的に示そうとする点。

2. 構築した分析データベースの概要

(1) 使用するAISデータの概要

本研究では、鳥羽商船高等専門学校によって神戸大学深江キャンパス内に設置された AIS 受信機⁹⁾が、2012年1月1日から12月31日までの1年間に受信し、蓄積したAISデータを用いる。本データには、大阪湾内に滞在するAIS搭載船舶から送信される動的情報と静的情報とが蓄積されており、共通情報として、受信された日付と時刻、MMSI (Maritime Mobile Service Identities) 番号がそれぞれに付与されている。主な情報項目を以下に示す。

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番号
- ・Call Sign (呼出番号)
- ・船名
- ・船舶の種類
- ・アンテナ位置 など

(2) 本研究で分析対象とする船種

AISは、2004年7月1日に発効した改正SOLAS条約(海

上人命安全条約)にもとづき、日本国内では、2008年7月1日以降、以下の要件を満たす全ての船舶に搭載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

本研究では、こうしたことを勘案し、分析対象として、全てにAISが搭載されていると考えられる国際航海に従事するフルコンテナ船に着目した。

なお、AISデータがもつ「船舶の種類」の情報では、フルコンテナ船は「貨物船」として分類されている。このため、分析対象とする船舶の判別には、株式会社オーシャンコマースが運営するWebページ「Cyber Shipping Guide (<http://www.ocean-commerce.co.jp>)」で提供されている船舶明細情報を参照することにした。この船舶明細情報において、分析対象とするフルコンテナ船の総トン数をみると、全て300総トン以上の船舶であることから、必ずAISを搭載していることが確認される。

(3) AISデータと国際定期コンテナ船サービス情報とのリンクの方法

まず、蓄積されたAISデータから、船舶明細情報を参照して、分析対象とするフルコンテナ船から送信されたAISデータを抽出する。また、船舶の照合には、AISデータと船舶明細情報が共通でもつIMO番号の情報を用いた。

さらに、「Cyber Shipping Guide」で提供されている国際定期コンテナ船サービスの寄港地のローテーション情報をもとに、神戸港または大阪港に、Weeklyで寄港するサービスのみを抽出する。

そして、抽出された国際定期コンテナ船サービスにおける投入船舶のMMSI番号の情報をもとに、国際定期コンテナ船サービスの情報とAISデータとをリンクさせる。これにより、AISデータから得られる船舶の挙動が、どのような国際定期コンテナ船サービスによって発生しているのか、反対に、国際定期コンテナ船サービスごとに、どのような船舶の運航挙動がとられているのか、などを容易に把握することができる。

(4) バースへの着岸・離岸データの抽出方法

まず、神戸港と大阪港における各コンテナ専用バースに、離着岸判定エリアを設定し、このエリア内にAIS情報の緯度と経度が入っている状態を、バースに着岸している状態として判断することにした。

その上で、分析対象船舶が1回の寄港ごとに、離着岸判定エリア内に最初に入った緯度・経度情報をもつAISデータの受信日と受信時刻を当該寄港における着岸時刻、エリア外に出た直後の緯度・経度情報をもつAISデータの受信日と受信時刻を離岸時刻とし、これら2つの時刻

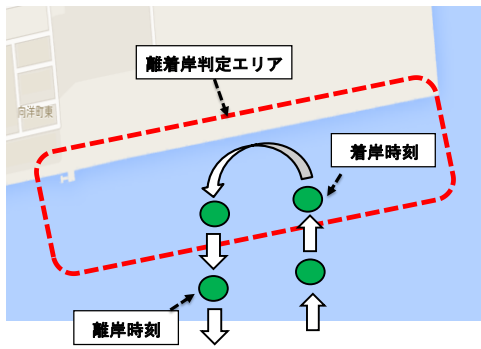


図-1 設定するバース離着岸判定エリア

の差をバース滞在時間と定義した(図-1)。

また、AISデータの受信精度の問題から、1回の寄港に対して、着岸時刻あるいは離岸時刻が複数個抽出されるケースがみられた。その場合は、一番最初に離着岸判定エリアに入った着岸時刻を真の着岸時刻とし、反対に、一番最後に離着岸判定エリアから出た離岸時刻を真の離岸時刻とすることにした。

(5) 分析対象船舶の抽出結果

本研究で提案する方法を用いて、分析対象とするフルコンテナ船を、2012年1月1日から2012年12月31日までの1年間のAISデータから抽出した。

まず、神戸港に寄港するフルコンテナ船として、3,739隻から発信されたAISデータを抽出することができ、これらの内、バースへの着岸・離岸時刻が判別できたものは、3,215隻分であった。港湾統計資料から2012年に寄港した外貿コンテナ船の隻数は、4,048隻であったことから、およそ79%にあたる隻数が抽出されている。

同様に、大阪港に寄港するフルコンテナ船として、3,276隻から発信されたAISデータを抽出することができ、これらの内、バースへの着岸・離岸時刻が判別できたものは、2,840隻分であった。港湾統計資料から大阪港に2012年に寄港した外貿コンテナ船3,619隻であったことから、およそ78%に相当する隻数が抽出されている。

3. 神戸港・大阪港に寄港する国際定期コンテナ船の特徴

(1) 航路と船舶の大きさとの関係

まず、船舶の大きさでは、「1001~3000TEU」クラスが39%、「1000TEU以下」クラスが38%と、ほぼ同じ割合で主となっている。また大型の船型となる「6001~10000TEU」クラスは4%程度に留まっている。

次に、航路では、「中国」航路と「東南アジア」航路がともに36%で主となっている。また「北米」航路は13%、「欧州」航路は3%程度となっている。

最後に、航路と船舶の大きさとの関係を図-2に示す。

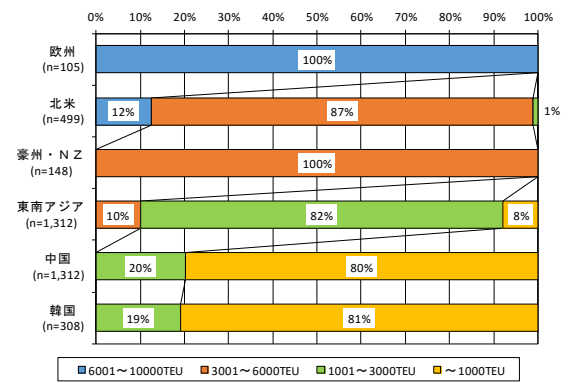


図-2 航路と船舶の大きさとの関係

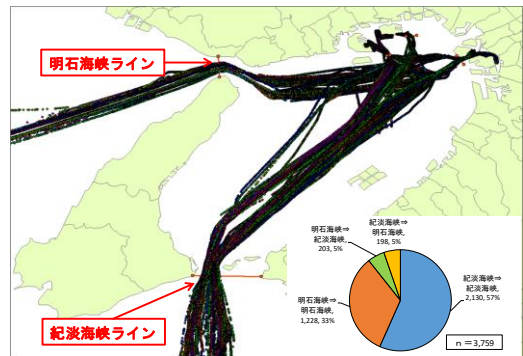


図-3 大阪湾への入出経路

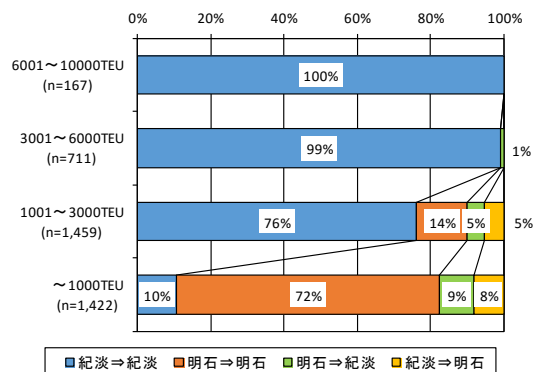


図-4 船舶の大きさと大阪湾への入出経路との関係

これより、「東南アジア」航路の船舶では「1001~3000TEU」クラスが、「中国」「韓国」航路では「1000TEU以下」クラスが、それぞれ主となっている。また「欧州」「北米」「豪州・NZ」航路では、比較的大きなクラスの船舶が投入される傾向にあるといえる。

(2) 船舶の大きさと入湾・出湾経路との関係

図-3は、AISデータの緯度・経路情報を地図上にプロットしたものである。これより、大阪湾へのアクセスとして、紀淡海峡または明石海峡を経由する2つの経路があることがわかる。また、「紀淡海峡から入湾し、紀淡海峡から出湾する」組合せが57%、「明石海峡から入湾し、明石海峡から出湾する」組合せが33%となっており、これらで大半を占めている。

さらに、船舶の大きさと入湾・出湾経路との関係を図-4に示す。これより、「1000TEU以下」クラスの船舶

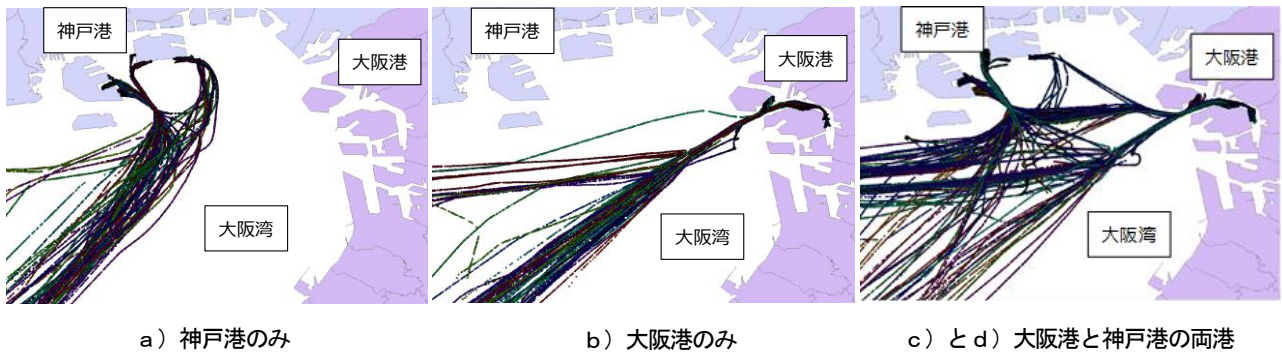


図-5 船舶の寄港パターン

において、「明石海峡から入湾し、明石海峡から出湾する」経路が主となっていることがわかる。さらに、これらのクラスの船舶の9割が明石海峡を経由して瀬戸内海を航行している様子が窺える。こうしたことから、船舶の大きさと航行経路との関係には、瀬戸内海を通航する際の種々の制約が影響しているものと推測される。

(3) 神戸港・大阪港への寄港パターン

まず、寄港地のローテーション情報から、神戸港または大阪港への船舶の寄港パターンには、a)神戸港のみ、b)大阪港のみ、c)大阪港から神戸港、d)神戸港から大阪港の4つがみられた。また、これらの構成割合は、c)大阪港から神戸港が43%で最も多く、以下a)神戸港のみの30%、b)大阪港のみの19%、d)神戸港から大阪港の8%の順となっている。

次に、寄港パターンごとに、AISデータの緯度・経度の情報を地図上にプロットしたものが図-5である。これより、a)神戸港のみ、b)大阪港のみの寄港パターンでは、「紀淡海峡」を経由している経路が多い様子が窺える。一方、c)大阪港から神戸港とd)神戸港から大阪港の寄港パターンでは、「明石海峡」を経由する経路が増える様子が窺える。

最後に図-6は、船舶の大きさと寄港パターンとの関係を示したものである。これより、c)大阪港から神戸港とd)神戸港から大阪港の寄港パターンの割合は、小さなクラスの船舶ほど大きくなる傾向がみられ、「3001~6000TEU」クラスの船舶に少しみられるものの、「1001~3000TEU」と「1000TEU以下」のクラスの船舶で顕著に大きくなる様子が窺える。

(4) 神戸港・大阪港別にみた船舶の動静

まず、航路の構成では、神戸港・大阪港ともに、「中国」航路と「東南アジア」航路の割合が圧倒的に大きく、これらで神戸港71%、大阪港81%と大半を占める。また「北米」航路は神戸港で12%、大阪港で3%程度に留まっており、「欧州」航路にいたっては神戸港で3%、大阪港については全くみられない。

次に、神戸港と大阪港別に寄港パターンの構成割合を

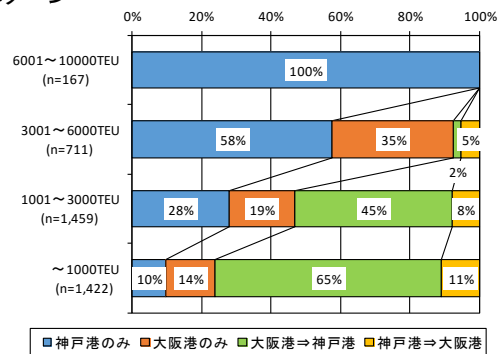


図-6 船舶の大きさと寄港パターンとの関係

みると、いずれもc)大阪港から神戸港の寄港パターンの割合が最も大きく、それぞれ56%、64%となっている。これに、d)神戸港から大阪港の寄港パターンの割合を加えると、神戸港に寄港する66%、大阪港に寄港する75%の船舶が両港に寄港していることがわかる。

4. バースへの着岸・離岸時刻における集中時刻の抽出

(1) 神戸港・大阪港別にみた着岸・離岸時刻の分布

図-7は、神戸港・大阪港別に、AISデータから抽出したバースへの着岸・離岸時刻の頻度分布を示したものである。これより、まず、バースへの着岸時刻では、神戸港・大阪港ともに、7時台に激しく集中していることがわかり、それぞれ35%、30%とおよそ3分の1を占めていることがわかる。また両港ともに17時台がこれに次いでおり、それぞれ8%、6%の割合となっている。

次に、バースからの離岸時刻についてみると、神戸港では、16時台が11%で最も多く、次いで15時台の10%、12時台の7%の順となっている。これに対し、大阪港では、6時台に激しい集中がみられ、全体の22%を占めている。また15時台が10%でこれに次いで大きくなっていることがわかる。

(2) 混合正規分布モデルの概要

本研究では、図-7でみた船舶のバースへの着岸・離岸時刻の分布が、いくつかの正規分布からなる混合正規

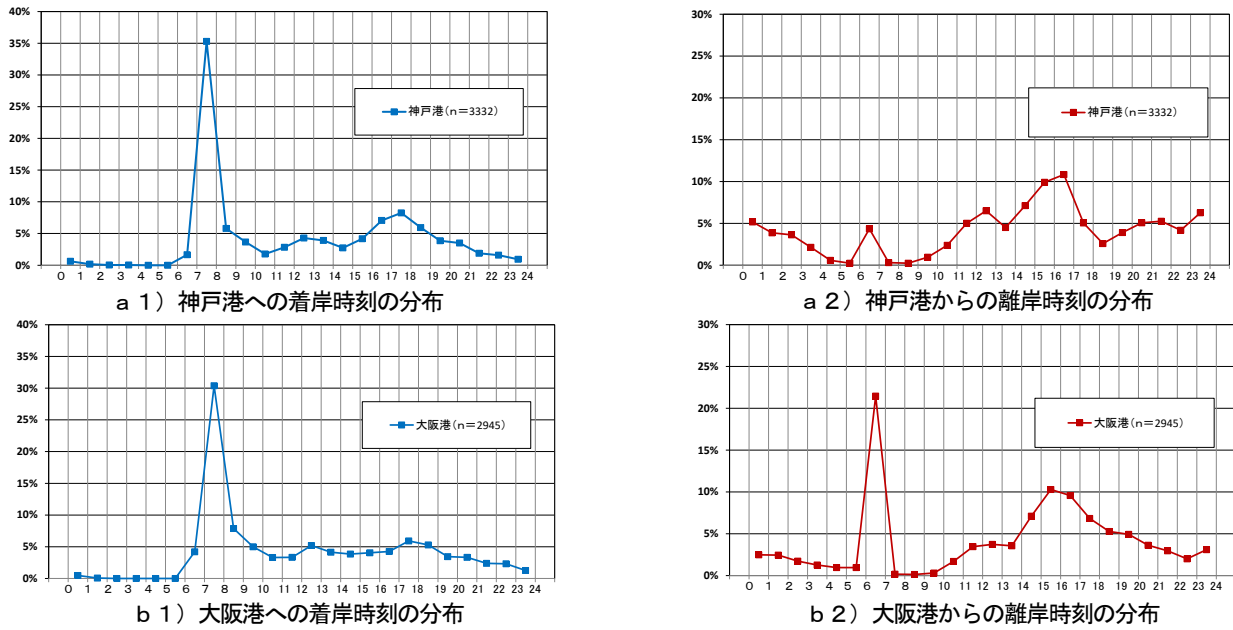


図-7 神戸港・大阪港へのバスの離岸・着岸時刻の分布

分布であると仮定し、その分布を構成する正規分布の数と各正規分布のパラメータの推定を行った⁵⁶⁾。

ここで混合正規分布とは、単純な分布の和で表される確率分布モデルであり、その確率密度分布は正規分布に従う。時刻 x における確率密度分布 $p(x)$ を、正規分布が K 個の確率密度関数 $p(x)(k = 1, \dots, K)$ の線形結合によりモデル化すると以下の式のようにになる。

$$p(x) = \sum_{k=1}^K \varepsilon_k N(x|\mu_k, \sigma_k^2)$$

ここで、 ε_k は寄与率、 μ_k は正規分布の平均、 σ_k^2 は正規分布の分散を表し、寄与率 ε_k は以下の条件を満たす。

$$\sum_{k=1}^K \varepsilon_k = 1 \quad 0 \leq \varepsilon_k \leq 1$$

その上で、正規分布個数 K を推定するにあたってはベイズ情報量基準 (BIC) を用いるとともに、パラメータの推定は EM アルゴリズムを用いて行った。

(3) パラメータの推計結果

図-8 は、神戸港・大阪港別に着岸時刻と離岸時刻についてのパラメータ推定を行った結果を示したものである。なお、図中では、1 時間ごとの船舶の頻度分布も同時に重ねて示している。また、 ε 、 μ 、 σ^2 の値は、抽出された正規分布の寄与率、平均時刻、分散を示している。

まず、着岸時刻では、神戸港で6つ、大阪港で7つ、離岸時刻では、神戸港で6つ、大阪港で8つの正規分布が抽出された。また図より、推計された分布が、それぞれの頻度分布に近い形となっている様子が窺える。

そして、着岸時刻では、神戸港・大阪港ともに、7 時台と 17 時台において、離岸時刻では、神戸港で 12 時台、

16 時台、20 時台、大阪港で 6 時台と 15 時台において正規分布の寄与率が高くなっていることがわかる。

さらに、抽出された正規分布の平均時刻と港湾における荷役作業時間帯との関係を示したのが図-9 である。これより、抽出された正規分布の平均時刻が、荷役作業時間帯の開始または終了時刻の前後の時刻となっていることがわかる。このことから、抽出された正規分布は、港湾での荷役作業の時間帯の影響によって発生しているものと推測される。

(4) 抽出された正規分布への船舶の配分

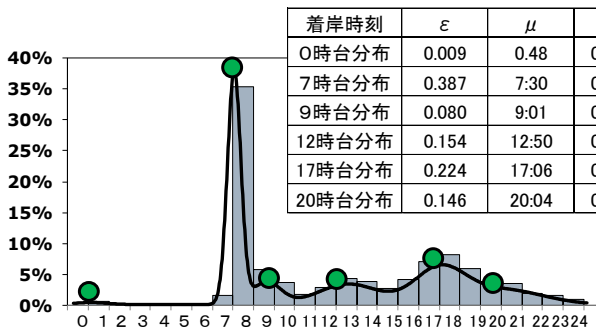
AIS データから抽出された各船舶の着岸時刻と離岸時刻を、抽出された正規分布に配分する方法として、船舶の実際の着岸または離岸時刻と正規分布の平均時刻との基準差を求めた。具体的には、船舶の実時刻と正規分布の平均時刻との差の 2 乗を正規分布の分散で除して基準化した値を、抽出された正規分布ごとに算出し、最も小さな値をとる正規分布に船舶を配分した。

その結果を示したものが、表-1 である。これより、各正規分布の寄与度と、その正規分布に配分された船舶の割合との間に、神戸港・大阪港の着岸時刻・離岸時刻ともに、大きな差がみられない。このことから、船舶が概ね良好に各正規分布に配分されていると判断できる。

5. バース滞在パターンからみた神戸港・大阪港の特徴

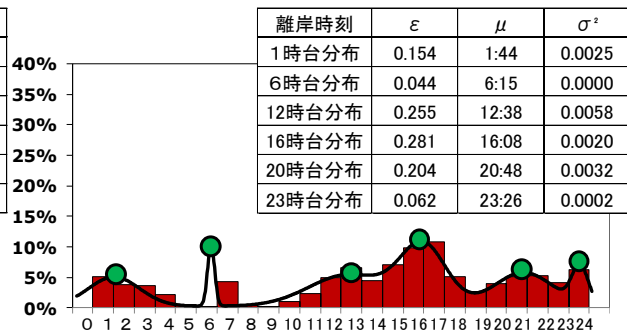
(1) 主なバース滞在パターンの抽出

まず、バース滞在パターンとして、神戸港の着岸時刻で抽出された正規分布の平均時刻 (6 時台) と離岸時刻で



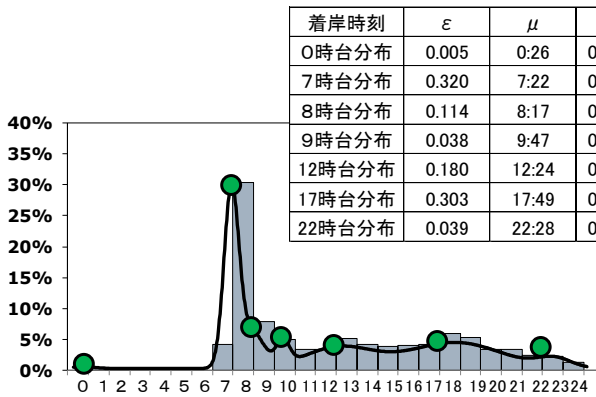
着岸時刻	ϵ	μ	σ^2
0時台分布	0.009	0.48	0.0011
7時台分布	0.387	7:30	0.0002
9時台分布	0.080	9:01	0.0008
12時台分布	0.154	12:50	0.0034
17時台分布	0.224	17:06	0.0024
20時台分布	0.146	20:04	0.0059

a 1) 神戸港への着岸時刻におけるパラメータ推定結果



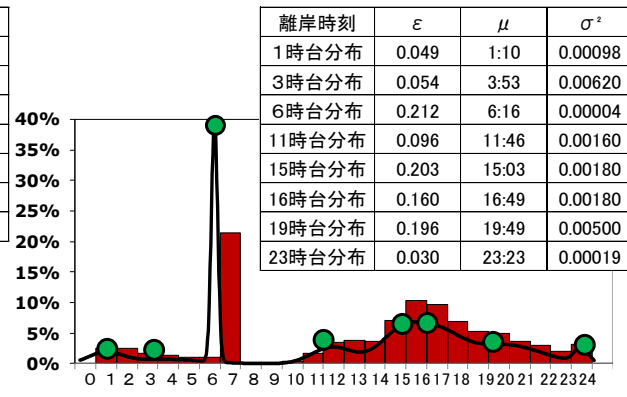
離岸時刻	ϵ	μ	σ^2
1時台分布	0.154	1:44	0.0025
6時台分布	0.044	6:15	0.0000
12時台分布	0.255	12:38	0.0058
16時台分布	0.281	16:08	0.0020
20時台分布	0.204	20:48	0.0032
23時台分布	0.062	23:26	0.0002

a 2) 神戸港からの離岸時刻におけるパラメータ推定結果



着岸時刻	ϵ	μ	σ^2
0時台分布	0.005	0:26	0.00042
7時台分布	0.320	7:22	0.00020
8時台分布	0.114	8:17	0.00058
9時台分布	0.038	9:47	0.00017
12時台分布	0.180	12:24	0.00044
17時台分布	0.303	17:49	0.00082
22時台分布	0.039	22:28	0.00011

b 1) 大阪港への着岸時刻におけるパラメータ推定結果



離岸時刻	ϵ	μ	σ^2
1時台分布	0.049	1:10	0.00098
3時台分布	0.054	3:53	0.00620
6時台分布	0.212	6:16	0.00004
11時台分布	0.096	11:46	0.00160
15時台分布	0.203	15:03	0.00180
16時台分布	0.160	16:49	0.00180
19時台分布	0.196	19:49	0.00500
23時台分布	0.030	23:23	0.00019

b 2) 大阪港からの離岸時刻におけるパラメータ推定結果

図-8 パラメータ推定の結果

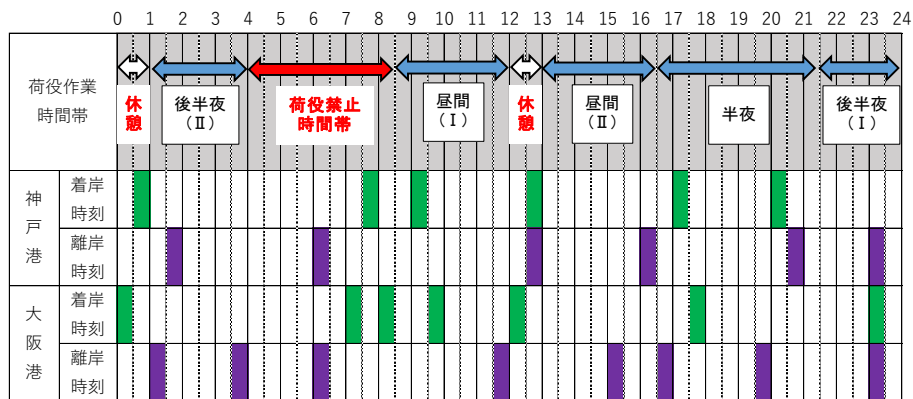


図-9 荷役作業時間と抽出された正規分布の平均時刻との関係

表-1 各正規分布の寄与率とコンテナ船の配分割割との比較

a 1) 神戸港への着岸時刻	着岸時刻	0時台分布	7時台分布	9時台分布	12時台分布	17時台分布	20時台分布		
	寄与率(ϵ)	1%	39%	8%	15%	22%	15%		
	船舶配分率	1%	37%	10%	15%	21%	16%		
a 2) 神戸港からの離岸時刻	離岸時刻	1時台分布	6時台分布	12時台分布	16時台分布	20時台分布	23時台分布		
	寄与率(ϵ)	15%	4%	26%	28%	20%	6%		
	船舶配分率	15%	5%	26%	27%	20%	7%		
b 1) 大阪港への着岸時刻	着岸時刻	0時台分布	7時台分布	8時台分布	9時台分布	12時台分布	17時台分布	22時台分布	
	寄与率(ϵ)	1%	32%	11%	4%	18%	30%	4%	
	船舶配分率	1%	29%	15%	5%	18%	28%	5%	
b 2) 大阪港からの離岸時刻	離岸時刻	1時台分布	3時台分布	6時台分布	11時台分布	15時台分布	16時台分布	19時台分布	23時台分布
	寄与率(ϵ)	5%	5%	21%	10%	20%	16%	20%	3%
	船舶配分率	5%	9%	17%	10%	20%	17%	19%	4%

抽出された正規分布の平均時刻（6つ）を組み合わせた36パターンを想定する。その上で、各パターンに所属する船舶数を「神戸港のみ」「大阪港から神戸港」の寄港パターン別に求め、それぞれ所属隻数の多いものから順に、累積隻数が70%に至るまでのパターンを、主なバース滞在パターンとして取り上げた。同様の方法で、大阪港の着岸時刻（7つ）・離岸時刻（8つ）についても、主なバース滞在パターンを取り上げた。その結果、神戸港については、「神戸港のみ」の寄港パターンで10パターン、「大阪港から神戸港」の寄港パターンで7パターン、大阪港については、「大阪港のみ」の寄港パターンで10パターン、「大阪港から神戸港」の寄港パターンで12パターンを、主なバース滞在パターンとして特定することができた。

(2) 主なバース滞在パターンにみられる特徴

図-10に、神戸港と大阪港ごとに、特定された主なバース滞在パターンを示す。図中では、それぞれのバース滞在パターンを着岸時刻から離岸時刻の間をハッチングすることによって表すとともに、ハッチング内の数字は、各パターンに所属する船舶の隻数を示している。

まず、神戸港についてみると、7時台が着岸のみ、12時台、16・17時台、20時台が離岸と着岸、23・1時台が離岸のみが主となっている様子が窺える。また、12時台に離岸する船舶が多いことから、神戸港に滞在する船舶数のピークは、9～11時台までの午前中であることが推測される。さらに7時台の着岸では、「神戸港のみ」の寄港パターンにおいて、滞在時間が長いバース滞在パターンが含まれている様子が窺えるとともに、約63%が「大阪港から神戸港」の寄港パターンで着岸する船舶となっている。このことから、大阪港から神戸港への大きな流動が発生していると推測される。さらに、2時台から6時台の間、バースに滞在する船舶はみられない。

次に、大阪港についてみると、7・8時台が着岸のみ、12・13時台と15・16・17時台が離岸と着岸、19時台、1時台、6時台が離岸のみが主となっている様子が窺えるとともに、18時台以降6時台までの間に着岸する船舶はみられない。また、12時台に離岸する船舶が少ないことから、大阪港に滞在する船舶数のピークは、13～15時台の午後になることが推測される。さらに、「大阪港から神戸港」の寄港パターンにおいて、滞在時間が長いバース滞在パターンが含まれている様子が窺える。そして、神戸港でみられなかった2時台から6時台の間においても、バースに船舶が滞在しているとともに、6時台に神戸港に向けた離岸が生じていることがわかる。

(3) 大阪港から神戸港への寄港にみられる特徴

図-11は、「大阪港から神戸港」の寄港パターンにつ

時刻	寄港パターン別の主なバース滞在パターン												着岸 隻数	離岸 隻数	滞在 隻数						
	神戸港のみ寄港						大阪港→神戸港														
7時台	38	43	121	167									337	289			995	995			
8時台	38	43	121	167									337	289				995			
9時台	38	43	121	167	52	79							337	289			131	1,126			
10時台	38	43	121	167	52	79							337	289				1,126			
11時台	38	43	121	167	52	79							337	289				1,126			
12時台	38	43	121	167	52	79	52	67					337	289	93	107	319	510	935		
13時台	38	43	167				79	52	67					289	93	107			935		
14時台	38	43	167				79	52	67					289	93	107			935		
15時台	38	43	167				79	52	67					289	93	107			935		
16時台	38	43	167				79	52	67					289	93	107			935		
17時台	38	43	167				67	41						107	263	97			680	255	
18時台	38	43					67	41						107	263	97			401	656	
19時台	38	43					67	41						107	263	97				656	
20時台	38	43					67	41	42					107	263	97	200		242	475	423
21時台	43							41	42						97	200					423
22時台	43							41	42						97	200					423
23時台	43							41	42						97	200			97		326
0時台	43							41	42						200						326
1時台	43							41	42						200					326	0
2時台																				326	0
3時台																				0	0
4時台																				0	0
5時台																				0	0
6時台																				0	0

a) 神戸港における主なバース滞在パターン

時刻	寄港パターン別の主なバース滞在パターン												着岸 隻数	離岸 隻数	滞在 隻数								
	大阪港のみ寄港						大阪港→神戸港																
7時台	61	32					94	223	171	79									651	651			
8時台	61	32	64	27	25			94	223	171	79	90	95							302	953		
9時台	61	32	64	27	25			94	223	171	79	90	95								953		
10時台	61	32	64	27	25			94	223	171	79	90	95								953		
11時台	61	32	64	27	25			94	223	171	79	90	95							94	959		
12時台	61	32	64	27	25	34	69					623	171	79	90	95	117	79		299	1,158		
13時台	61	32	64	27	25	34	69					623	171	79	90	95	117	79			1,158		
14時台	61	32	64	27	25	34	69					623	171	79	90	95	117	79			1,158		
15時台	61	32	64	27	25	34	69					623	171	79	90	95	117	79			438	720	
16時台	61	32	64	27	25	34	69					623	171	79	90	95	117	79			438	720	
17時台		32		27	25	34	69					171	79	90	95	117	79				360	360	
18時台				25		69	90	29	35			79		117	79	43	57	84	240		518	878	
19時台				25		69	90	29	35			79		117	79	43	57	84	240			878	
20時台				25		69	90	29	35			79		117	79	43	57	84	240			354	524
21時台						29	35					79		57	84	240						524	524
22時台						29	35					79		57	84	240						524	524
23時台						29	35					79		57	84	240						524	524
0時台						29	35					79		57	84	240						524	524
1時台						29	35					79		57	84	240					86	438	438
2時台							35					79			84	240						119	319
3時台							35					79			84	240						319	319
4時台												79				240						319	319
5時台												79				240						319	319
6時台												79				240						319	319

b) 大阪港における主なバース滞在パターン

図-10 神戸港・大阪港別にみた主なバース滞在パターン

時刻	大阪港 離岸隻数	⇒	神戸港 着岸隻数	時刻	大阪港 離岸隻数	⇒	神戸港 着岸隻数
2 1 時台				9 時台			
2 2 時台				1 0 時台			
2 3 時台				1 1 時台	94		
0 時台				1 2 時台			200
1 時台	57			1 3 時台			
2 時台				1 4 時台			
3 時台	84			1 5 時台	313		
4 時台				1 6 時台	267		
5 時台				1 7 時台			360
6 時台	319			1 8 時台			
7 時台			626	1 9 時台	230		
8 時台				2 0 時台			200

図-11 大阪港の離岸時刻と神戸港の着岸時刻との関係

いて大阪港の離岸時刻と神戸港の着岸時刻との関係を示したものである。これより、6時台から7時台、11時台から12時台、15・16時台から17時台、19時台から20時台の間に主な港湾間での移動が発生していることが推測される。また、大阪港の離岸時刻は、神戸港での予定着岸時刻に影響を受けていることが考えられる。このことは、大阪港において、神戸港にみられない6時台に離岸が集中していることから裏付けられ、荷役作業禁止時間帯であるにも関わらず、大阪港に滞在し続けていることや、大阪港を離岸した後、神戸港沖で錨泊して沖待ちしている状況がみられるのは、神戸港に7時に入港するために時間調整を行っているからだと判断される。

6. おわりに

本研究では、AISデータと国際定期コンテナ船サービスの情報とをリンクさせたデータベースとAISデータから抽出したバースへの着岸・離岸時刻を用いて、神戸港と大阪港における国際定期コンテナ船の寄港実態を明らかにすることを試みた。本研究で得られた成果は以下のとおりである。

①AISデータと国際定期コンテナ船サービス情報とをリンクさせることによって、例えば「中国」「韓国」航路のサービスでは「1000TEU以下」クラスの船舶が主に利用されており、その理由として瀬戸内海の航行が関係していることを示せた。

②バースへの着岸・離岸時刻の分布を混合正規分布と仮定することで、神戸港・大阪港ごとに、国際定期コンテナ船の主なバース滞在パターンを特定することができた。

③神戸港と大阪港における寄港状況を、同一の時系列データで把握することで、大阪港における6時台の離岸の集中が発生する理由や、大阪港において時間調整が行われている可能性があることを示唆することができた。

最後に、本研究に残された課題として以下のことがあげられる。

①神戸港と大阪港ごとに、国際定期コンテナ船の主なバース滞在パターンを特定したが、今後は、これらの発生要因を国際定期コンテナ船サービス情報との関係から明らかにしていきたい。

②また、AISデータに港湾でのコンテナの揚げ積み個数情報をリンクさせる方法を開発し、本研究で得られたバ

ースでの滞在時間と、揚げ積みしたコンテナ個数との関係を明らかにしていきたい。

②さらに、神戸港と大阪港の両港に寄港するパターンが、両港のバース滞在行動にどのような影響を与えているのかを検討していきたい。

謝辞：本研究を遂行するにあたっては、藤本紘大院生（現：株式会社ダイフク）、横山滋樹学生（現：株式会社日立物流）、黒木克典技術主任（神戸大学大学院海事科学研究科技術部）のご協力を得た。またAISデータの使用にあたっては、鳥羽商船高等専門学校のご支援を得た。ここに、感謝の意を表する次第です。

参考文献

- 1) 例えば、総務省 Web ページ
- 2) 福戸淳司：AIS 情報の取り扱いと日本周辺海域の AIS データの現状，NAVIGATION（特集），No.188，pp.33-42，2014.
- 3) 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.
- 4) 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 モデルによる操船困難性評価－，日本航海学会論文集，115 号，pp.45-50，2006.
- 5) 金森敬文・竹之内高志・村田昇：R で学ぶデータサイエンス 5 パターン認識，共立出版，2009.
- 6) 石井健一郎・上田修功：続・わかりやすいパターン認識－教師なし学習入門－，オーム社，2014.

(2016.7.31 受付)

Analysis of Actual Conditions of Calling at the ports of Kobe and Osaka in Regular International Container Services by Using AIS Data

Naoya AKITA