

プローブシップデータに基づく定期船運航管理時の異常検知

金岡拓哉¹ 浦上美佐子^{1,a)} 本木久也¹
西下葉津紀² 大内清香¹ 松井孝³ 和田雅昭⁴

近年、各種移動体などから時々刻々と連続的に生成される実時間情報を、動的かつ複合的に処理することで、社会的に大きな価値を生み出す取り組みが注目を集めている。陸上 ITS 分野において、走行車両そのものをプローブ（探査針）としてとらえ位置情報などの動的情報をプローブカーデータとして取得し、交通把握を行うプローブ技術がある。この技術を海の ITS 分野で考えると、船舶は海上交通のプローブとみなされる。しかし、海上移動体の多数を占めているのは、平水区域や沿岸区域を航行する小型船舶であり、この小型船舶の通信手段は、経費削減のために陸上で用いている携帯電話をそのまま利用することが多くなってきており、プローブ技術活用のために特別で高額な装置を各小型船舶に設置することは考えにくい。このような環境の中、小型船舶を対象にしたプローブシップデータの活用について検討する。本研究では、自治体が運営する定期船を対象に、リアルタイム性の高い応用として、各定期船から得られた位置情報の時系列データ（プローブシップデータ）から運航時の入出港異常検知を行うシステムについて提案する。さらに、リアルタイム型のプローブシップデータを蓄積し、その蓄積型プローブシップデータから、簡易的に運航状況の把握を行うことについて言及し、評価する。

1. はじめに

近年、人や車といった移動体などから連続的に生成される実時間情報を、リアルタイムに、且つ、複合的に処理することで、社会的に大きな価値を生み出す取り組みが注目を集めている。その取り組みの一つに、陸上 ITS（高度道路交通システム）分野において、走行車両そのものをセンサとしてとらえ位置情報などの動的情報をプローブカーデータとして取得し、交通把握を行うプローブ技術^{[1][2]}がある。このプローブ技術を海の ITS（高度海上交通システム）分野で考えると、船舶は海上交通のプローブとみなされ、海上へのプローブ技術の展開が期待される。既に、外航船や内航船の運営管理会社においては、管理対象船舶の各種データを陸上で把握し、入出港管理や自動運航のためのリアルタイム情報として活用している事例もある^[3]。しかし、海上移動体の多数を占めているのは平水区域や沿岸区域を航行する小型船舶である。この小型船舶の通信手段は、電波の到達エリアで使用可能な海域が限定されているものの、経費削減のために陸上で用いている携帯電話やスマートフォンをそのまま利用し、音声通話やデータ通信をすることが多くなってきている^[4]。自治体が運営している定期船の通信手段も例外ではない。

本研究では、安全運航管理上、定時運航を厳守することが求められている定期船に着目し、リアルタイム性の高いプローブ技術の応用として、各定期船から得られた位置情報の時系列データ（以降、プローブシップデータ）から運航時の入出港異常検知を行うシステムについて提案する。さらに、リアルタイム型プローブシップデータを蓄積し、その蓄積型プローブシップデータから、簡易的に運航状況

の把握等が期待できることについて言及し、評価する。

2. 定期船運航管理時の異常検知の必要性

2.1 周防大島町が運航管理している4隻の定期船

山口県東南部の瀬戸内海に位置している大島郡周防大島町は、2004年10月1日に、旧4町が合併し誕生した地方自治体である。周囲には5つの有人島があり、定期船で結ばれている。合併以前は、各旧町に1つの定期船をもち、定期船から比較的近い場所にある旧町の役場毎に、国土交通省運輸局で定める運航管理^[5]を行っていた。しかし、合併後は、定期船の安全運航管理を1つの役場で、4隻の定期船を管理することとなった。図1にこれら4つの航路、①小松～笠佐島航路（旧大島町、かささ丸）、②久賀～前島航路（旧久賀町、くか丸）、③樽見～日新航路（楽ノ江港及び江ノ浦港へ寄港、旧橘町、ひらい丸）、④情島～伊保田航路（旧東和町、せと丸）、を示す。また、図2に各定期船の写真、表1に各定期船の船舶情報を示す。



図1 周防大島町が運航管理している定期船の航路図

1 大島商船高等専門学校
National Institute of Technology, Oshima College.
1095-9, Komatsu, Suo-Oshima-cho, Yamaguchi, 742-2193, Japan.
2 日立 INS ソフトウェア株式会社
Hitachi INS Software, Ltd.
3 周防大島町役場

Suo-Oshima town office.
4 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate.
a) misako@oshima-k.ac.jp



図2 周防大島町の定期船

(左上:かささ, 右上:くか, 左下:ひらい丸, 右下:せと丸)

表1 各定期船の船舶情報^[6]

	小松⇄笠佐島	久賀⇄前島	樽見⇄日前	情島⇄伊保田
船名	①かささ	②くか	③ひらい丸	④せと丸
旅客定員	12人	28人	62人	25人
船舶トン数	4.9t	9.1t	19t	4.8t
全長	10.60m	13.30m	18.50m	11.50m
幅	2.96m	3.32m	4.08m	2.70m
深さ	1.22m	1.25m	1.77m	1.21m
航路距離	1.9km	6.05km	10.1km	5.0km
片道運航時間	7分	20分	30分	15分

2.2 定期船を安全に運航管理するための3つの問題点

4 隻の定期船を安全に運航管理する上で、3 つの問題点がある。1 つ目は、各定期船の船長と陸上にいる役場の運航管理者との間で、入港時および出港時の安全連絡を全ての便で行うことが、国土交通省が定める安全運航確保のために義務付けられている点である。現在、海上の各定期船の船長と陸上の運航管理者との連絡手段は、携帯電話の音声通話のみに頼っている。しかし、これを正しく実行すると、1 日に出入港の総数 60 回(寄港地の出入港を含めると全総数 80 回)、その都度、音声通話での安全連絡を行う必要があるため、運航管理者への負担が大きくなることは容易に想像できる。2 つ目は、先に述べた、安全連絡の手段はすべて携帯電話の音声通話に頼っている点である。異常時には、船長一人が、船体の損傷状況把握、被害拡大の防止、旅客への正確な情報提供等の対応を行うため、役場にいる運航管理者への通報が異常時対応の後になる可能性が高い。このような状況では、異常時に義務化されている役場の運航管理者から運輸局の運航管理官への連絡は速やかに行われるという保証はない。3 つ目は、運航管理者がいる役場から、各定期船が入出港する港との距離が離れている点である。遠方であるため運航管理者による目視確認が困難であるため、運航状況把握は船長からの連絡に頼るしかない。

2.3 プローブシップデータの活用

2.2 節で述べた 3 つの問題点を改善するため、役場の運航管理者と各定期船の船長と意見交換した結果、次の 2 点の機能を持ったシステム要求があった。一つ目の要求は、

運航管理者が船長からの音声通話連絡に頼らずに、時刻表に沿った定時運航の状況を知りたい、ということである。この理由は、定時運航が出来なかった場合、運航に支障を与える何らかの異常が発生した可能性が高い。このような状況連絡が運航管理者に自動的に届けば、船長からの一方向の連絡だけではなく、運航管理者から船長へも連絡を取ることが可能となり、素早い安全対応が可能となる。2 つ目の要求は、1 つ目の要求を実現するための運航管理者への連絡を、システムが自動的に判断し、電子メールで連絡が欲しい、ということである。この理由は、運航管理者が他業務のため、電話に出られない状況を作らず、短い文字列で定期船の状況把握ができるためである。

以上の要求を実現するために、各定期船から得られた位置情報の時系列データであるプローブシップデータに注目する。各定期船から得られるこれらのデータと、港の位置および時刻表とを比較することで、定時運行の状況を把握し、入出港異常検知を行うシステムを提案する。既に文献[7]においてシステム提案しており、本研究では、具体的な構築、運用について述べる。そして、これらのリアルタイム型プローブシップデータを蓄積し、日本気象協会等から得られるリアルタイムまたは過去の海象・気象情報と共に加工し、蓄積型プローブシップデータとして扱うことで、過去の運航状況を把握することについても述べる。

3. 各定期船を同時に運航管理するためのシステム概要

本章では、2 章で述べたシステム要求を実現するため、公立はこだて未来大学を中心として開発されたユビキタスナビ^[8]を用いたシステム概要について述べる。

3.1 ユビキタスナビと marinePLOTTER

ユビキタスナビは、GPS を搭載した漁船やフェリー等の船舶の位置情報や速度等を、船内に設置したマイクロキューブ^[9]のキューに 10 秒毎に蓄積し、これらの蓄積した情報を本文とする電子メールを 1 分毎に指定したアドレスへ、3G 回線を利用して送信することが可能である。マイクロキューブを設置した船舶の情報は、クラウドサーバに蓄積され、marinePLOTTER^[10]という iPad アプリケーションを用いれば、運航管理者はタブレット上で、リアルタイムな運航状況把握ができるシステムである。既に、多くの漁船に設置され、漁業協同組合において活用されている^[11]。

事前調査実験として、周防大島町の定期船が運航する海域において 3G 回線の通信品質を調査したところ、海域によっては電子メール受信遅延や、通信回線切断が発生した。しかし、最大遅延が 2 分以内であり、定期船の運航管理システムでは、分単位のリアルタイム性があれば、十分であるため、このユビキタスナビを採用することに決定した。



図3 ユビキタスナビ（右下）と3Gアンテナ（左上）

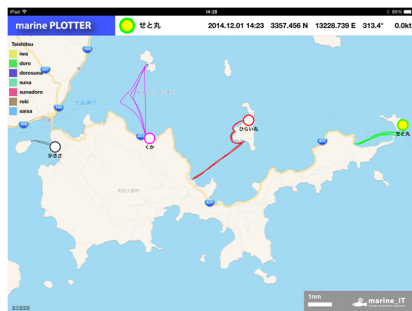


図 4 marinePLOTTER の画面 (2014.12.1)

図 3 に、ひらい丸に設置したユビキタスナビ, 3G アンテナを示す。GPS アンテナは船外に設置し, ユビキタスナビに接続した。そして, 定期船のエンジン (または電源) を ON すると自動的にユビキタスナビの電源も ON するように配線した。このことにより, エンジン ON の間はリアルタイム型プローブシップデータを発信し続けることになる。図 4 は, marinePLOTTER 上に表示された各定期船の 1 日分の航跡である。なお, 図 4 中の○は, 各定期船の現在位置を示す。図 4 の定期船「くか」の航跡に着目すると, 航跡が大きく曲がっていることが分かる。この図 4 の 2014 年 12 月 1 日は, 過去の気象データより^[12], 最大風速は西南西より 9.4[m/s], 最大瞬間風速: 南西より 24.9[m/s], 平均風速は 4.2[m/s]であった。当日, 定期船「かささ」は, 運航管理規程^[13]及び船長の航海安全確保の判断により, 2 便が欠航した。このように, 航跡 (蓄積型プローブシップデータ) から海象・気象の影響を確認することができる。

3.2 漁船と定期船の運航管理の相違

本研究で提案するシステムと、はこだて未来大学で作成された漁船用管理システムでは、漁船と定期船の違いから、運航の仕組みに相違点が存在する。これは、入出港の判定の違いである。漁船と定期船は発着港の数異なる。図 5 のように、漁船は発着港（入出港のための港と同義）が母港のみとなるが、定期船には 2 か所以上の発着港が存在する。したがって、定期船は対象となる港の時刻表に沿った定時運航に関して判定する必要がある。

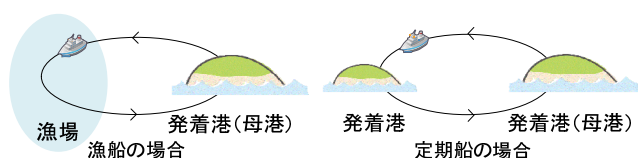


図5 漁船と定期船の相違点

3.3 本システムに必要な機能

本研究では、2.3 節で述べたシステム要求を実現するために、以下の条件を含めた運航管理を行うシステムを構築した。図 6 に本システムの概要図を示す。もちろん小さな自治体でも導入しやすいように安価で特別な免許も必要ないこと、専門家でなくてもデータベース（以下、DB）との連携で運航管理が容易なことも条件に含めている。

(条件1) 複数の港の入出港判定機能

(条件2) 時刻表の±5 分以内に運航していなければ、「運航異常」のメッセージを運航管理者に知らせること

(条件2)の「運航異常」の定義について説明する。一般旅客定期航路事業及び人の運送をする内航不定期航路事業において使用する船舶の場合、定められた時刻表通りの定時運航が義務付けられている。しかし、乗客や気象・海象等の運航への影響が考えられるため、時刻表の±5分を許容範囲とした。

3.4 システム概要と DB 設計

図 6 にシステム概要を示す。まず、各定期船に設置したユビキタスナビは、10 秒毎に蓄積したプローブシップデータを本文とする電子メールを 1 分毎に指定したクラウド型サーバへ送信する。運航管理者は、MarinePlotter を用いて、このクラウド型サーバへ http アクセスし、各定期船の当日

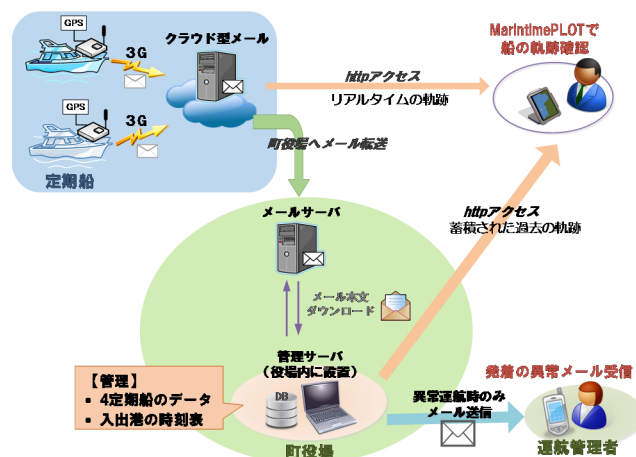


図6 システム概要

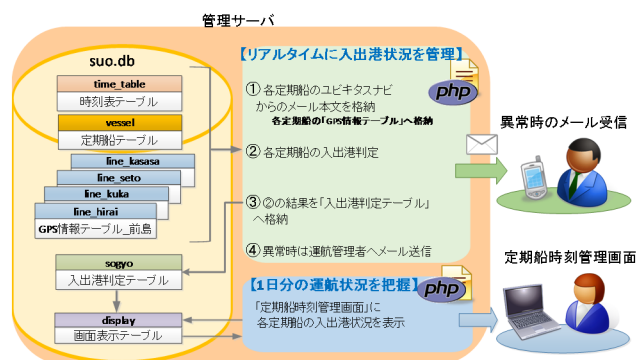


図7 設計したDBの各テーブル関連図

分の航跡を確認することができる。ここまでは、文献[8]のシステムをそのまま利用する。次に、運航管理者のいる役場のサーバ（ノート PC を用いて構築）上にある入出港判定プログラムが、自動的に、各定期船のユビキタスナビから受信したメール本文のデータを DB に保存する。この DB は、図 7 に示すように設計した。テーブル「line_船名」は、定期船ごとに存在し、定期船の位置情報を蓄積していく。これらの位置情報をもとに、PHP で作成した入出港判定プログラムで定時運航の正常／異常を判定する(3.5 節参照)。そして、その判定結果が異常の場合、事前に登録した運航管理者のメールアドレス宛てに送信する。

その他のシステム機能として、入出港判定結果を 4 隻の定期船毎に作成したテーブル「sogyo」に蓄積し、役場のサーバで確認できるようにディスプレイ表記する機能を有している。加えて、全てのプローブシップデータは、DB に蓄積され、各定期船の航跡を遡って確認することができる。この航跡確認にも、marinePLOTTER を利用する。

3.5 入出港の判定方法

入出港判定は表 2 のように、リアルタイム型プローブシップデータと DB 内の蓄積型プローブシップデータの双方を用いて行われる。判定方法を以下に示す。

初期値として、各定期船の時刻表、入港／出港で利用する 2 つの港の位置データを入力する。ここで、入出港の判定を行う際、港の位置データの許容範囲を 50m とした。その理由は、岸壁の使用状態によって接岸する側が右舷側や左舷側と定まっていないこと、給油のために波止場内を航行することもあるため、判定のための許容範囲が必要なためである。

- $Timetable_{ki_out}$: 定期船 k の i 番目の便の出港時刻
- $Timetable_{ki_in}$: 定期船 k の i 番目の便の入港時刻
- P_{kj} : 定期船 k の港 j の位置（緯度・経度）
- $Range_j$: 入出港判定のための港 j の許容範囲(m)

本システムで使用した入出港判定は、以下の方法に従う。まず、プローブシップデータから、次のデータを取得する。

- $Time_{current}$: 現在時刻
- $P_{current_k}$: 定期船 k の現在位置（緯度・経度）
- P_{past_k} : 定期船 k の 1 分前の位置（緯度・経度）
- $Dist_{current_kj}$: 定期船 k の現在位置と港 j との距離(m)
- $Dist_{past_kj}$: 定期船 k の 1 分前の位置と港 j との距離(m)

まず、 $Dist_{current_kj} = |P_{kj} - P_{current_k}|$ ($j=1,2$) を用いて、現在の定期船の位置と、定期船が入港／出港する港との各距離を求める。次に、 $Dist_{past_kj} = |P_{kj} - P_{past_k}|$ ($j=1,2$) を用いて、1 分前の定期船の位置と、定期船が入港または出港する 2 つの港との各距離を求める。そして、1 つ目の港側 ($j=1$)、(a) $Dist_{current_k1} - Range_1$ 、(b) $Dist_{past_k1} - Range_1$ を求める。もう一方の港側 ($j=2$) で、(c) $Dist_{current_k2} - Range_2$ 、(d) $Dist_{past_k2} - Range_2$ を求める。これら、(a)から(d)の値を使

って、定期船の入港／出港を判断する。例えば、(a)と(b)がマイナス値の場合、1 つ目の港の内にいると判定する。(a)がマイナス値で(b)がプラス値の場合、1 つ目の港の内から外に出港したと判定する。(a)と(b)がプラス値の場合、1 つ目の港の外にいると判定する。

この入出港判定において、港の内から外、港の外から内と判定された場合、入港判定のときは $|Time_{current} - Timetable_{ki_in}|$ 、出港判定のときは $|Time_{current} - Timetable_{ki_out}|$ を用いて、定時運航の判定を行う。このとき、結果が 5 分以内であれば「正常」な入出港、6 分以上 10 分以内であれば「異常」な入出港と判定した。加えて、11 分以上の場合は予定外の運航や臨時便も考えられるため「便不明」という扱いにした。

表 2 セと丸の入出港判定内容 (2015.1.25)

時刻表	入出港	判定時刻	判定内容	時刻表との差
6:45:00	港1 out	6:46:20	港1 out +	0:01:20
7:00:00	港2 in	6:58:20	港2 in -	0:01:40
7:20:00	港2 out	7:21:10	港2 out +	0:01:10
7:35:00	港1 in	7:33:10	港1 in -	0:01:50
8:05:00	港1 out	8:06:00	港1 out +	0:01:00
8:20:00	港2 in	8:18:00	港2 in -	0:02:00
11:20:00	港2 out	11:20:50	港2 out +	0:00:50
11:35:00	港1 in	11:31:50	港1 in -	0:03:10
12:35:00	港1 out	12:36:30	港1 out +	0:01:30
12:50:00	港2 in	12:48:30	港2 in -	0:01:30
13:40:00	港2 out	13:41:20	港2 out +	0:01:20
13:55:00	港1 in	13:52:20	港1 in -	0:02:40
14:30:00	港1 out	14:32:10	港1 out +	0:02:10
14:45:00	港2 in	14:43:10	港2 in -	0:01:50
16:05:00	港2 out	16:05:50	港2 out +	0:00:50
16:20:00	港1 in	16:17:50	港1 in -	0:02:10
17:10:00	港1 out	17:11:40	港1 out +	0:01:40
17:25:00	港2 in	17:23:30	港2 in -	0:01:30
17:40:00	港2 out	17:41:30	港2 out +	0:01:30
17:55:00	港1 in	17:49:30	港1 in -	0:05:30

4. 運航管理時の異常検知手法

定期船の運航管理システムを動作させ、入出港判定で異常検知した場合、運航管理者にメール送信をしている。本章では、本システムで得られた蓄積型プローブシップデータ（航跡情報）を活用した運航管理手法を検討する。既に、漁船において、ユビキタスナビから得られる航跡情報を活用した漁場抽出アルゴリズム^[1]が提案されているが、本章では定期船の運航管理や運航効率化のために検討した内容について述べる。

4.1 入出港判定回数と運航状況

2015 年 3 月 18 日から 2015 年 4 月 2 日までの 1 日あたりの入出港判定回数とその内訳、1 日の平均風速を表 3 に示す。そして、平均風速は、気象庁のアメダス観測所「安下庄観測所」が観測した風速の 1 日の平均を記録した。なお、表中の「異常」、「便不明」の判定方法は 3.5 に従う。この定期船運航管理システムでは、入出港判定の港として、寄港地を含まない。したがって、4 隻の定期船の 1 日当たりの時刻表を基にした入出港総数は、60 回である。

入出港判定の結果から、時刻表通りの正常運航以外に、(A)異常運航、(B)臨時便の運航、(C)判定できない運航を検知したことを確認できた。ここで、(B)と(C)についてする。

(B)は、表 3 の 3 月 30 日に着目する。「便不明」が 6 回記

録されている。時刻表に従わない臨時便が3回あったのではないかと推測した。実際に、システム内に蓄積したプローブシップデータを基に3月30日の入出港に関わるデータを比較した結果、ひらい丸が樽見-日前間で1往復、せと丸が伊保田-情島間で片道の便外の入出港を確認した。このことより、入出港を判定した回数(表3の総判定回数)を用いれば、時刻表にはない臨時便等の便外での入出港を検知し、運航状況を把握できることが分かった。

(C)は、表3の「未判定回数」に着目する。この「未判定回数」は総回数60回から正常と異常回数を減算した値である。これは、入港する前に乗船者がいないことが目視で来た場合、入港せずに引き返すことがある場合を示す。このことは、船長ヒアリングより確認した。表3で示す程度の平均風速であれば、運航に影響を与えないことも分かった。

表3 入出港判定の結果

月日	総判定回数	時刻表入出港回数	正常	異常	便不明	未判定回数	平均風速[m/s]
3月18日	62	60	55	2	5	3	3.7
3月19日	57	60	53	3	1	4	1.4
3月20日	59	60	53	2	0	5	1.6
3月21日	64	60	58	2	4	0	1.8
3月22日	58	60	54	3	1	3	2.1
3月23日	56	60	53	2	1	5	2.2
3月24日	58	60	57	1	0	2	2.2
3月25日	64	60	57	2	5	1	2.2
3月26日	60	60	57	3	0	0	2
3月27日	62	60	58	2	2	0	1.9
3月28日	60	60	57	3	0	0	1.9
3月29日	60	60	56	4	0	0	1.4
3月30日	66	60	58	2	6	0	1.9
3月31日	63	60	56	2	5	2	2.8
4月1日	68	60	56	4	8	0	2.9
4月2日	64	60	57	3	4	0	3

4.2 受信したメール数と運航状況

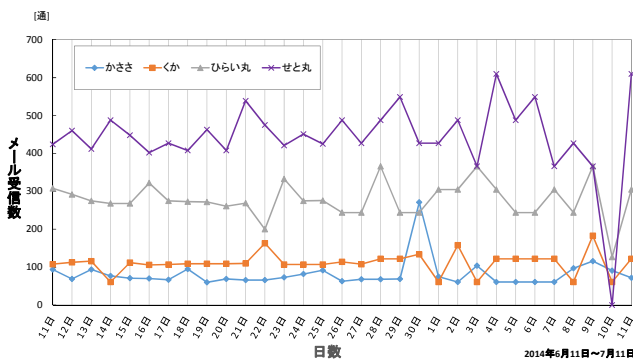


図8 各定期船ユビキタスナビからのメール受信数
(2014.6.11～7.11を抜粋)

図8は各定期船に設置したユビキタスナビから1分毎にメール本文にプローブシップデータが記録され、運航管理システムが受取ったメール数を表示している。縦軸がメール受信数、横軸は日付を示す。◆はせと丸、●はひらい丸、■はくか、▲はかささを示す。図8より、各定期船によって毎日のメール数の受信数が異なることがわかる。図8を解析した結果、4つのことが分かった。

1つ目は、気象・海象の影響を受ける。図8の「せと丸」の30日目のメール数が0である。これは、天候不良のため、せと丸が全便欠航になった日である。この日は、他の航路も比較的メール数が少ないことから、欠航便があったことがわかる。このように受信メール数によって、気象・海象に起因する欠航状況を把握することができる。ただし、当然のことながら、事故に起因する欠航状況との区別は難しい。

2つ目は、臨時便の数に影響を受ける。図8の「かささ」の20日目でメール数が突出して多くなっている。この理由として、普段は3便であるが、この日だけ臨時便を含めて8便運航したため、メール受信数が多くなった。

3つ目は、定期船運航で使用していることが関係している。「くか」の13日目のメール数が若干増加している。これは、「すなめり」等の海洋生物を目的に観光にきた観光客向けに、クルージングを定期船で行ったため、普段のメール数より少し多くなっていることがわかった。

4つ目は、船長ごとに運転の癖が関係してくる。かささは、特別な日以外、船長は1人である。ひらい丸の船長は、2人交代制、くかは3人交代制、せと丸は4人交代制で運航されている。これらのことを踏まえて、図8を見ると、せと丸以外は、毎日、ほぼ同じメール数になっている。しかし、せと丸は、他船と比べて増減の幅が大きくなっている。この原因を調査するため、せと丸に注目し、船長別にメール受信数を作成した結果を図9に示す。

4つ目は、船長ごとに運転の癖が関係してくる。かささは、特別な日以外、船長は1人である。ひらい丸の船長は、2人交代制、くかは3人交代制、せと丸は4人交代制で運航されている。これらのことを踏まえて、図8を見ると、せと丸以外は、毎日、ほぼ同じメール数になっている。しかし、せと丸は、他船と比べて増減の幅が大きくなっている。この原因を調査するため、せと丸に注目し、船長別にメール受信数を作成した結果を図9に示す。

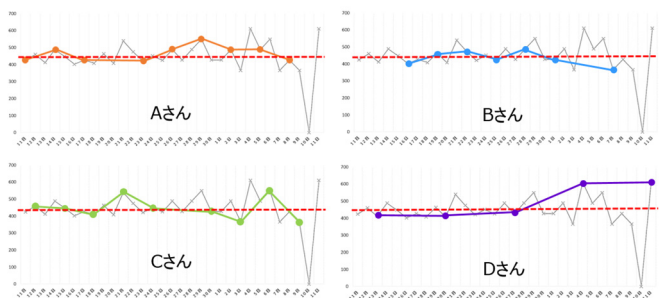


図9 せと丸の船長別のメール受信数

図9より、せと丸の1日のメール受信数の最大数は610通、最小数は366通、平均数は442.8通であった。図9の各グラフ内の破線が平均を示す。船長別にみると、ほぼメール数の変化に同じ傾向があることがわかる。

以上のことから、設置したユビキタスナビがエンジンスイッチを入れると同時にメール受信する仕組みとなっているため、メール受信数を把握すれば、臨時便の存在、海象・気象の影響、船長の違いによる影響把握を検討することができるという。

4.3 受信した速度データと運航状況

図10、図11は、ひらい丸1便において、船長が異なる場合の速度データを示した図である。縦軸が速度、横軸が時刻である。両図とも、港を①時刻に出発し、2箇所の港を寄港して②の時刻に港に入港する。そして、②から③の

間に、エンジンのスイッチを付けたまま乗船客を待ち、③の時間に港を出発し、2つの港へ寄港して、再び母港へ④の時間に入港する。図10、11より、寄港するため、加減速をしながら入港／寄港／出港していることがわかる。図中の矢印の範囲は、どこかに入港しているわけではないが速度がゼロになっている。この原因は、調査の結果から、通信品質または電圧状況が悪くユビキタスナビにプローブシップデータが記録できなかったことが分かっている。このことは、船長別に図10と図11を比較しても、ほぼ同じ時刻で速度が途切れているため、通信品質の悪いエリアを航行している可能性が高いことがわかった。ただし、本システムの入出港判定には影響を受けなかったため、このことについては言及しない。

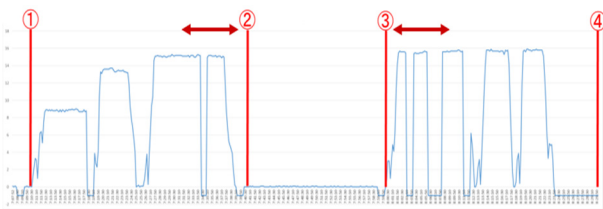


図10 ひらい丸1便 (2015.6.11) a 船長

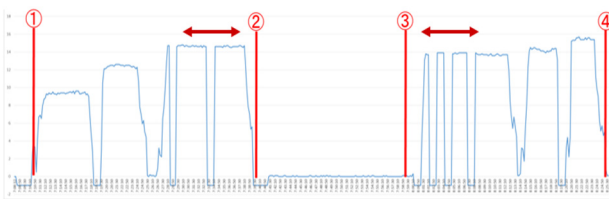


図11 ひらい丸1便 (2015.6.13) b 船長

4.4 定期船の給油状況から燃費状況把握

表4 定期船の給油状況

船名	運航距離 [km]	給油日間の総運航距離[m]	タンク容量 [L]	給油量[L/回]	運航日数 [日]	便数 [便/日]	燃費[m/L]
かささ	1,900	197,600 ~ 209,000	440	200	15~16	3~4	988 ~ 1,045
くか	6,050	254,100 ~ 278,300	750	240~420	6~7	3	605 ~ 1,059
ひらい丸	10,100	424,200 ~ 727,200	2,000	1,000	5~8	4	424 ~ 727
せと丸	5,000	150,000 ~ 270,000	700		3~5	5	214 ~ 386

船舶での燃費の考え方は、船舶の走行型である排水型と滑走型で大きく考え方が異なる。排水型は走行中も停止中も喫水線の位置があまり変わらない。そのため海水に接する面積は一定である。これは、大型船や漁船の様な低速船が該当する。これに対して、滑走型は高速航行中わずかな接水面を残して水面を滑走する。定期船は、滑走型であるため、速度により海水に接する面積が変化し、通常の船舶の燃費計算式に当てはめることができない。ここで、表4は、役場で記録している各定期船の運航距離、1便当たりの距離、1日分の走行距離、1回当たりの給油量（せと丸は記録がないためタンク容量）、1回の給油での運航日数、1日の便数を示す。

船舶の燃費の計算は、陸上の自動車の燃費計算と異なり、潮流、風速等の海象・気象に影響を受けるが、今回は、陸

上と同じ航行距離を給油量で除算し求めている。

計算結果から、比較的燃費の良い定期船は、かささとくかであった。片道時間が他の2つの航路と比較して短いことが挙げられる。表1に示すように各定期船の大きさや収容人数が異なるため、単純比較はできない。滑走型の場合は、ある程度の目安となるといえる。

4.5 速度データから計算した加速度データと運航状況

図12は、かささの1便（時刻表；小松港 8:00 出港、笠佐港 8:15 入港）の速度と加速度を表している。左縦軸が速度、右縦軸が加速度、横軸が時刻である。エンジンスイッチを入れマイクロキューブを起動した時点を経典として起ている。図中の速度が「-1」を示しているところは、電圧異常や通信品質の影響等によりマイクロキューブからのメール受信がなかったため、受信メール数0と区別するために、便宜上「-1」とした。

出港から2分も経過しない間に速度が11knot以上に急加速している。これは、出港後、船長は、定時運航する義務があるため、出港後、早く速度を最大にしたいという意思が表れており、急激に増速していることがわかる。逆に入港時は、急激に減速していることがわかる。このように、図12の加速度に着目すると、急激な変化がある箇所は、出港時および入港時であることがわかる。そして、出港後、増速し最大速度に近づいた後は、ほぼ一定の安定した速度で、運航しているため加速度がほぼ0であった。このことから、加速度がわかることによって、入港／出港の時刻を特定することができることが分かった。また、運航に障害となる漂流物や海洋生物等の影響を受けた場合、運航速度に影響が出ると考えられる。このような場合も、加速度のデータが、障害を受けた場所や時間を特定するための補助データとなることが分かった。

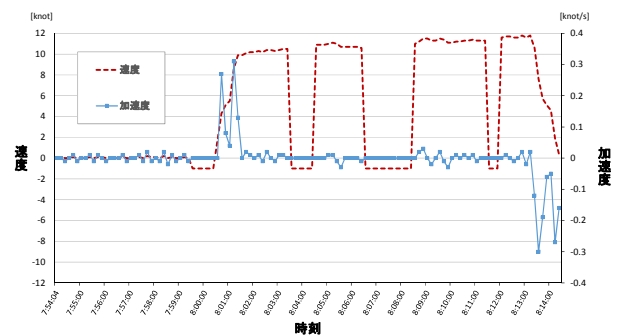


図12 かささ1便 (2013.6.11) の速度・加速度

ここで、図12の出港後、速度「-1」となる部分に対して、本システムの安定運用のための検証をかかさ航路の定期船で行った。具体的には、ユビキタスナビの電源コードを電圧計で計測し、運航中にどのように電圧が変化するかを調査した。その結果、加速や減速のときに、電圧が不安定になるといった、運航中に1,2回瞬間的に0Vを指す現象が起った。ユビキタスナビの電源は定期船の電源システムか

ら直接電力供給している。周防大島町の定期船は小型であるため、エンジン起動時、加速時、そして減速時には、本システムへの電力供給が不安定になりやすいといえる。

4.6 定期船の船長に対するヒアリング調査

かささ航路を運航する船長に、ヒアリングを行った。ヒアリングの結果、定期船を運航する上で、2つのことがシステムに影響すると判明した。1つ目は天候である。台風が近づいている日など、高波で定期船が転覆する恐れがあるので、その日の朝にくる役場から運休連絡に従って、すぐに対応するとのことであった。2つ目は定期船の利用者の有無である。入港する港に利用者がいない場合、待機する港側にそのまま引き返すことがある。現システムの場合、港から半径 50m において内外判定の結果を用いて、正常/異常の判定を行うので、正常であるにも関わらず異常判定してしまう恐れがある。以上のことから、ヒアリングを通してシステムに影響がある事項について、プログラムで例外処理を行う必要があることが分かった。

5. おわりに

周防大島町定期船の運航管理システムの設計と構築を行い、入出港の異常/正常を判定し、管理者へのメール送信を行うシステム構築を行った。さらに、各定期船から送られてくるブローブシップデータの受信メールの総数から、各定期船のエンジン ON/OFF 状況を把握すること、蓄積したブローブシップデータから速度データを作成し、加速や減速の状況や船長による操船癖などを読取ることによって運航状況把握ができることについて言及した。今後、さらに各ユビキタスナビから受信できるブローブシップデータをもとに運航効率化や燃費効率化への検討を行い、運航に関わる助言を行っていきたい。本研究では、周防大島町が管理する4隻の定期船の運航状況を可視化し、同時に運航状況をあらわすデータをリアルタイムで活用し、これらのデータを蓄積しデータベース化することで管理業務を支援するシステムを構築し、運用を開始することができた。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(No.25420876)の助成を受けたものである。ここに付記して謝意を表する。

参考文献

- [1] ブローブ情報の利活用による道路交通情報の高精度化に関する調査検討報告書：総務省, 2009.3.
- [2] 牧村和彦: ブローブデータに基づく交通状況の予測, 国際交通安全学会誌, Vol.31, No.1, pp.31-38, 2006.6.
- [3] AIS を活用した航行支援システム (海上保安庁) http://www.kaiho.mlit.go.jp/syokukai/soshiki/toudai/ais/ais_index.htm, 2009.10. (平成 26 年 10 月閲覧)

- [4] 総務省調査報告書, 広域通信エリアを確保するための沿岸漁業用海岸局に必要な技術的条件に関する調査検討会報告書, 2014.3. (平成 27 年 8 月閲覧)
- [5] 運輸の安全の確保 (国土交通省), <http://www.mlit.go.jp/unyuanzen/> (平成 26 年 10 月閲覧)
- [6] 周防大島町交通機関時刻表 (町営渡船時刻表) <http://www.town.suo-oshima.lg.jp/seisakukikaku/timetable.html> (平成 26 年 10 月閲覧)
- [7] 西下葉津紀, 渡邊貴弓, 浦上美佐子, 本木久也, 岡宅泰邦, 松井孝, 和田雅昭, 周防大島町 4 定期船の運航情報管理システムの設計と構築, 第 16 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム論文集, 5 pages in CD-ROM, 2014.11.
- [8] 和田雅昭, 畑中勝守, 庄司りり, 松本浩文, 船舶位置情報共有プラットフォームの構築に向けて ~ユビキタスナビゲーションシステムの開発~ 日本航海学会論文集, Vol.126, pp.205-211, 2012.3.
- [9] Masaaki Wada, Minoru Sano, Katsumori Hatanaka, Hiroaki Taka, Makoto Okamoto, Development of a ubiquitous GIS plotter utilizing mobile facilities for fishery industries Proceedings of 2013 MTS/IEEE OCEANS - Bergen, 6 pages in CD-ROM, 2013.6.
- [10] marinePlotter, <http://www.facebook.com/marinePLOTTER>
- [11] 山崎礼華, 和田雅昭, 佐野稔, 高博昭, 航跡情報を活用した漁場抽出アルゴリズムについて~たこいさり樽流し漁の事例~ 日本航海学会論文集, Vol.130, pp.62-68, 2011.
- [12] 国土交通省気象庁, 過去の気象データ検索 (山口県安下庄観測所) <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/> (平成 27 年 5 月閲覧)
- [13] 周防大島町, 運航管理規程, 2004 年 10 月.