

東京湾海上交通管制一元化前後の 船舶交通及び国際VHF無線通信の実態調査

清水 祐哉¹・國枝 佳明²・田丸 人意²・竹本 孝弘²

A Survey of Vessel Traffic and International VHF Radio Communications Before and After Centralization of Vessel Traffic Control in Tokyo Bay

Yuya SHIMIZU, Yoshiaki KUNIEDA,
Hitoi TAMARU and Takahiro TAKEMOTO

Abstract

Tokyo Bay is one of the most congested areas in the world, where about 500 vessels come and go every day. In the past, the traffic control room of each port was located around the bay, but Tokyo Bay vessel traffic control was unified to improve chronic traffic congestion and emergency vulnerability, and it was integrated into the TOKYO WAN Vessel Traffic Service Center in Yokohama. While the number of vessels in the bay is gradually decreasing, the total tonnage of the vessels is increasing year by year, and the importance of traffic control for large vessels is further increasing.

In this study, in response to the centralization of Tokyo Bay vessel traffic control, we investigated the changes in vessel traffic in the bay using speed data by AIS and based on the actual situation of vessel traffic and vessel-land communication using international VHF radiotelephone, we proposed a more efficient vessel-land communication method to improve safety of vessel. As a result of the survey, it was found that the speed of large vessels increased, and the proportion of information provision increased due to centralization.

Keywords : *Traffic Control, VHF Communication, Tokyo Bay, AIS*

キーワード: 交通管制、VHF コミュニケーション、東京湾、船舶自動識別装置

1. はじめに

東京湾は我が国における海上交通の要所である。湾奥には首都とそれを囲むように経済活動が盛んな都市が存在しており、湾口には豊かな漁場が広がっているため、大小様々な船舶が航行している。また、浦賀水道のような屈曲した航路や、中ノ瀬のように水深が20m未満の浅水域も存在するため、交通量の多さも相まって大型船にとっては航行の難所といえ

る。過去には、大型船同士の衝突や、巨大タンカーの乗揚げといった重大海難が発生している。そのため、今日では海難を未然に防ぐために陸上無線局やレーダー局が整備され、常時船舶の安全運航を支援している。

しかし、従来の交通管制は慢性的な船舶交通の渋滞や2011年の東日本大震災発生時において露呈した東京湾内での錨泊船の集中のような非常災害発生

¹ 学生会員 東京海洋大学大学院 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6) m185020@edu.kaiyodai.ac.jp

² 正会員 東京海洋大学学術研究院 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6)

時の脆弱性などが問題として指摘されていた⁽¹⁾。これらの問題を解決するため、2018年1月30日より東京湾における海上交通管制が一元化された⁽²⁾。具体的には、観音崎の東京湾海上交通センター及び千葉、東京、川崎、横浜各港の交通管制室が統合され、新たに東京湾海上交通センターとして横浜に管制室が設置された。その他、高性能なレーダーやカメラの設置、位置通報に代わる入域通報の導入、一部通報の省略なども変更点として挙げられる。一部通報の省略は陸上無線局及び東京湾内を航行する船舶の双方にとって負担が軽減されることになると言える。

また、東京湾の港湾統計⁽³⁾によると、一日あたり約500隻もの船舶が東京湾を航行しているが、東京湾内における入出港船の隻数は徐々に減少している。一方で、1隻当たりの総トン数に着目すると、平成17年から平成26年にかけておよそ1.5倍の大型化になっており、年々増加傾向である。出入港隻数の減少により輻輳度が減少したように思えるが、船舶の大型化に伴い1隻あたりが占有する安全領域は増大すると考えられるため、湾内の危険度が改善されたとは考えられない。船舶の大型化は即ち操縦が制限される船舶が増えることに繋がるため、通信の重要性は更に増している。これらの変化を踏まえて議論を進める。

2. 研究の目的

交通管制の一元化により、以前よりも円滑な航行管制や非常災害発生時における対応力の向上が期待される一方、その効果が発揮されているかについては検証が必要である。

そこで、本研究では船舶自動識別装置（以下、AIS）データ及び国際VHF無線電話の聴取により、一元化の前後で湾内における交通及び通信の比較を行った。海上交通管制一元化の前後で東京湾の船舶交通及び船陸間コミュニケーションにどのような変化が生じたかを調査し、湾内の船舶交通の安全性を高めるより効果的なコミュニケーションの手法を検討する。

3. 研究方法

一元化前後における変化について、AISデータ及びVHF通信の音声データを調査し分析を行った。

3.1 船舶交通の変化

東京湾の船舶交通の実態を把握するために、東京海洋大学先端ナビゲートシステムに蓄積されたAIS

の動的データ及び静的データを用いて東京湾内における一元化以前及び以降のデータから船舶交通の変化を調査した。以下に調査対象を示す。

(1) 調査期間

先端ナビゲートシステムから入手可能であり尚且つ平日であることを満たすために次の期間のAISデータを調査した。

- ・一元化前：2014年3月17日00:00～
2014年3月21日23:59
- ・一元化後：2018年4月2日00:00～
2018年4月6日23:59

(2) 海域

図1はAISデータの調査対象海域を示している。東京湾口である洲崎沖から東京港入り口付近にある東京沖灯浮標までの海域を対象とした。

(3) 船舶

高速艇を除く移動中の船舶を対象とするために、2ノット以上20ノット以下で航行している船舶を対象とした。

また、大型船の速力の変化を調査するためAISの静的データを用い、海上交通安全法の巨大船等の範疇である長さ160m以上の船舶（以下、巨大船）と長さの制限を設けない船舶の二つの観点から分析した。

3.2 船陸間通信の変化

東京湾海上交通管制一元化後の船陸間コミュニケーションの現状を把握するために、東京湾内にお

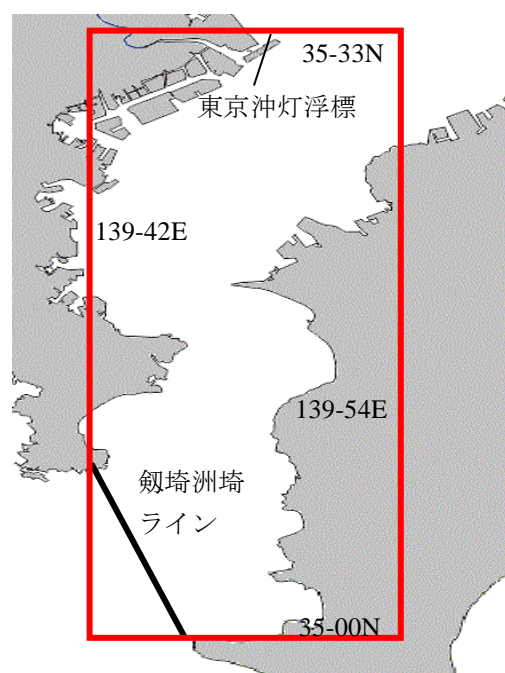


図1 調査対象海域

いて国際 VHF 無線通信を聴取した。

一元化以前のデータ⁽⁴⁾については、2016年6月20日15時から18時及び同月21日の5時から8時に行われた調査結果を使用した。調査場所は富津岬であり時間は輻輳時間帯に限定されている。

一元化後のデータは、東京海洋大学練習船汐路丸において国際 VHF 無線通信の音声データと航行する船舶が発する AIS 情報を24時間収集した。得られた音声又は AIS データから通信内容や通信海域を記録した。

(1) 日時

一元化後に収集したデータは過去のデータと比較するために調査時間を合わせた。

一元化前：2016年6月20日15:00～18:00

2016年6月21日05:00～08:00

一元化後：2019年7月24日05:00～08:00

2019年7月24日15:00～18:00

(2) 海域

一元化前：千葉県富津岬で聴取を行った。

一元化後：千葉県館山沖で聴取を行った。

聴取対象海域を図2に示す。

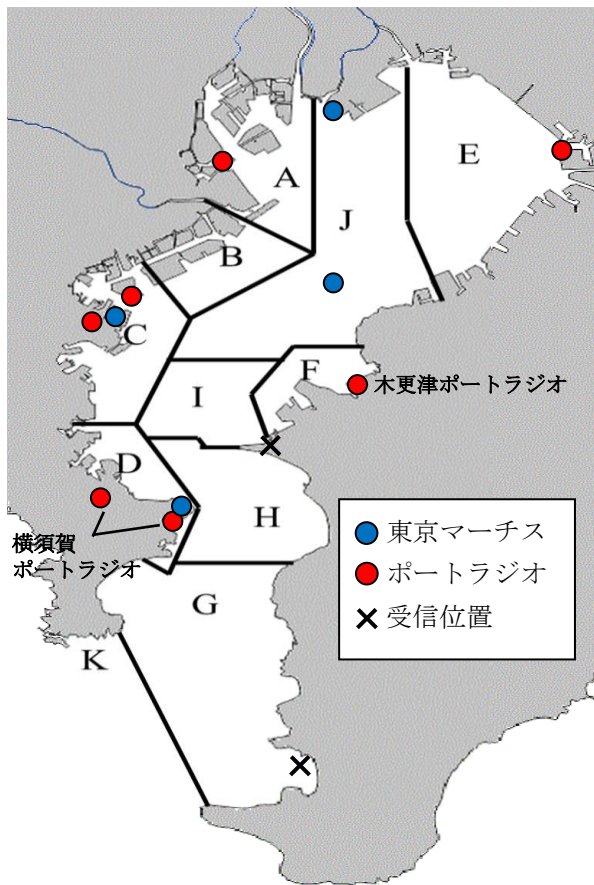


図2 無線局の位置及び海域分割図

(3) 使用機器

VHF 帯受信アンテナを汐路丸船橋上部に設置し、ケーブルを携帯型国際 VHF 無線機3機及び AIS 受信機1機に接続してデータ収集を行った。また、聴取時に別の呼出又は通信が行われることを想定し、VHF 無線の音声データを記録した。

(4) データの集計

VHF コミュニケーションについて収集したデータは、表1に示すデータシートを用いて各通信で分類を行った。通信内容から把握することができない場合が多い海域、船長及び船種については AIS データを用いて記録した。

4. 船舶交通及び国際 VHF 無線通信分析

以上に示した調査手法に従って収集したデータを基に分析を行った。AIS データと VHF データに分けて、以下に分析結果を示す。

4.1 速力分布の変化

海上保安庁によると、一元化の効果により東京湾口から東京西航路までを航行する船舶の移動時間が平均約25分短縮されると試算されている⁽⁵⁾。これを踏まえ、速力分布がどのように変化したかを調査した。

表2は調査対象船舶が発信する AIS の速力データを用い、全船舶及び巨大船、一元化の前後、北航南航及びその小計で分類し平均速力を算出したもので

表1 VHF コミュニケーションデータシート

日時	2019年7月24日			呼出開始	時	分	秒
通信開始	時	分	秒	通信終了	時	分	秒
使用 CH	CH		使用言語	日・英・他			
海域	京浜港東京区	京浜港川崎区	京浜港横浜区				
	横須賀港	千葉港	木更津港				
	浦賀水道南方	浦賀水道周辺	中ノ瀬周辺				
	東京湾北部(港外)	東京湾外					
呼出	船名	長さ	m	船種			
	マーチス	東京 P		横浜 P			
	川崎 P	千葉 P		木更津 P			
	その他						
応答	船名	長さ	m	船種			
	マーチス	東京 P		横浜 P			
	川崎 P	千葉 P		木更津 P			
	その他						
内容	通報	ETA	位置	投錨			
		抜錨	着岸	ETD			
	情報提供	シングルアップ	スタンバイ	出港			
		避航合意	注意喚起	指示			

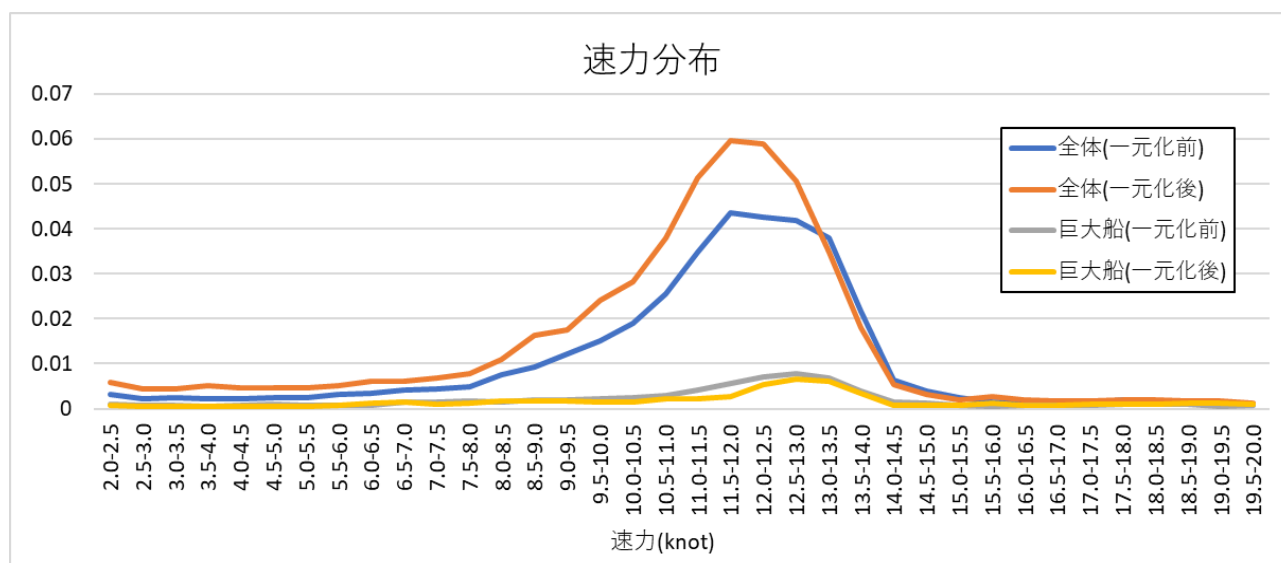


図3 速力分布図

表2 平均速力の変化

(単位：knot)	全体	北航	南航
全体(一元化前)	11.41	11.24	11.58
全体(一元化後)	10.97	10.71	11.58
巨大船(一元化前)	11.47	10.51	12.56
巨大船(一元化後)	11.85	11.20	13.05

ある。但し、AIS データは 0 から 14 ノットまでは 10 秒間隔、14 から 23 ノットまでは 6 秒間隔で動的情報を送信している。即ち、14 ノット以上の場合 14 ノット以下の 1.67 倍多く送信されているため、同一データとして扱えるよう 1.67 の逆数である 0.6 を 14 ノット以上のデータにかけることによって擬似的に同一送信間隔にした。したがって、ここでいう平均速力は 14 ノット以上のデータを補正した後、速力データをデータ件数で割った値である。全体の平均速力は一元化前後で比較して減少傾向にあるが、巨大船に関しては速力増加が認められる。また、巨大船か否か及び一元化の前後に関係なく北航船よりも南航船の平均速力が大きい。

図3は調査対象船舶が発信する速力データの件数の総和を 0.5 ノット毎に分割し総数で割った一日平均の速力分布である。表2同様、速力のデータを疑似的に同一送信間隔にするため、14 ノット以上のデータ件数を 0.6 倍にした。縦軸が速力データの発信件数、横軸が速力を表し、青色及び黄色は一元化前及び後の全船舶、緑色及び赤色は一元化前及び後の巨大船を示す。また、AIS 動的データから北航船と南航船に分類したところ、ほぼ同様の分布図になった。一元化前後で一日平均の全体の速力発信件数が 283,431 件から 380,798 件と増加しているものの、巨大船の件数は 52,865 件から 43,514 件へと減少している。また、隻数については、巨大船以外が 445 隻から 477 隻、巨大船が 105 隻から 85 隻と一元化前後で変化した。航行隻数が漸増または漸減しているにも関わらず発信件数が大きく変化しているのは、

隻数の増減に伴い発信件数が増減したことや、平均速力の変化によって指定海域に留まる或いは離脱する船舶が増加したことが理由として挙げられる。

4.2 VHF 通信の変化

一元化前の調査では、1 日目は 107 件、2 日目は 93 件、計 200 件の音声データを入手している。

今回の調査では 208 件の利用可能な VHF 通信データを入手できた。遠方の船舶局や湾奥の陸上局等音声不明瞭であったためにデータの取得が困難な通信や、輻輳時間帯で通信が混雑していたために聴取できなかった通信も存在するため、これらの情報が欠落していることを念頭に分析をする。

4.2.1 一元化前後の通信の変化

今回行った調査から交通管制一元化前後の船陸間コミュニケーションの変化を調べる。

図4では、16ch の呼出から変波までを呼出時間、変波後から 16ch に戻すまでを通信時間として、それぞれの平均時間を算出した。その結果、一元化前後で呼出時間は 0.5 秒増、通信時間は 3.4 秒減となった。次に、通信時間の長さ別の内訳を図5に示す。

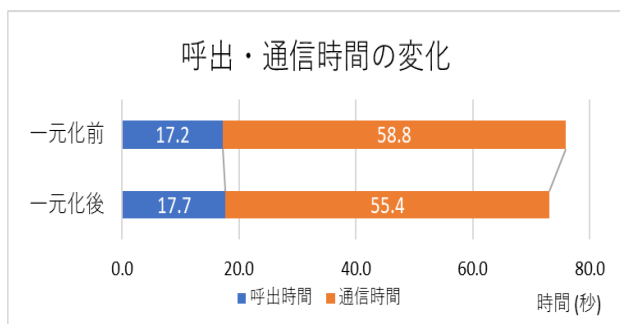


図4 呼出・通信時間の変化

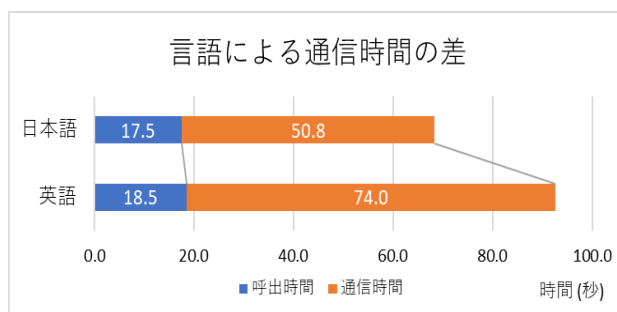


図6 言語による通信時間の差

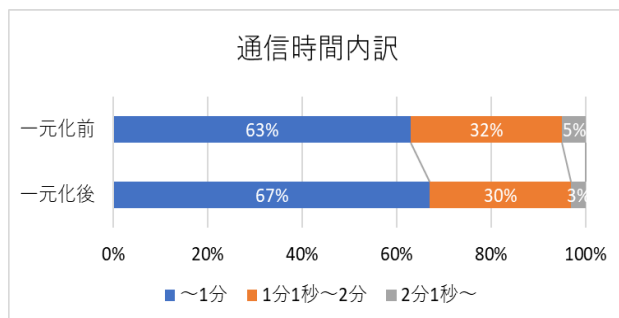


図5 通信時間別の割合

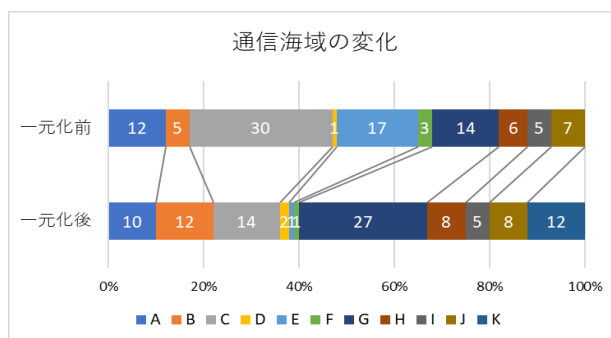


図7 通信の行われた海域

一元化前後において、通信時間の平均が1分以内であることや、通信の殆どが30秒から60秒の間に集中していることから、1分の通信時間を境として一元化前後の変化を評価する。1分以内の通信が63%から67%、1分以上の通信が37%から33%と一元化後では短い通信の割合が増加傾向にあった。1分以内の通信の割合の増加や平均通信時間の減少から、一元化の前後で全体の通信時間が減少していることがわかった。通信時間が減少しているものの、一つの呼出の終了から他の呼出開始までの間隔が15秒以内の通信が14件から22件、ほぼ同時刻に呼出を行ったために呼出時間の一部が重複していた通信が12件から24件へと一元化前後で増加している。実際には、聴取できなかった通信も存在するため、これ以上の通信件数が重複していると考えられる。呼出終了から他の呼出開始までが15秒以内であると、呼出の平均時間であっても各呼出の間に呼出を行える余地がない。また、強引に呼出を行ったとしても他の呼出と重複してしまい、結果的に呼出時間が長くなっている通信も現に存在した。交通が輻輳している時間帯であるため、以上のような通信も起こりうるだろうが、なかには必要至急な通信もあるため、呼出の重複や長い時間の呼出は減らす必要がある。

通信の使用チャンネルについては12CHが7件、13CHが11件、14CHが61件、66及び69CHが16件であった。主に14CHが通信に使用され、14CHが

使用中の場合に13CHや12CHを使用しており、特に13CHでは11件中9件が情報提供であったことから、必要至急の通信で使用されないことがわかる。66CH, 69CHでは10件が英語による通信で、主に英語の場合にこのチャンネルが使用されていた。

通信に使用された言語の内訳に関しても大きな差異はなく、日本語による通信が134件から156件で約7割、英語による通信が66件から52件で約3割程度と一元化前後による大きな変化は認められなかった。しかしながら、図6に示すように、日本語の通信に比べて英語の通信では呼出時間が6%増、通信時間が46%増と比較的長くなっており、日本語に比べて理解がうまくいかずに時間を要する通信が多かった。また、一つの文章が冗長になるが故に、中にはVTSオペレーター自身が語法の誤り⁽⁴⁾に気付かずミスコミュニケーションに繋がる通信もあった。例えば、中ノ瀬西方海域から横浜港に向かう船に対して反航船を左舷対左舷で避航するよう指示する際、(前略), please alter course, her starboard side. と長い文章の末尾に言っていたが、正しくは alter course to starboard of you 又は pass on her port side である。避航操船における左右の指示を曖昧にしまい、意図と反する挙動をする船舶に対し改めて呼出を行い、誤りを正すように指示をし直す通信が存在していた。

図7は通信を行った際の海域を図2の範囲でカテ

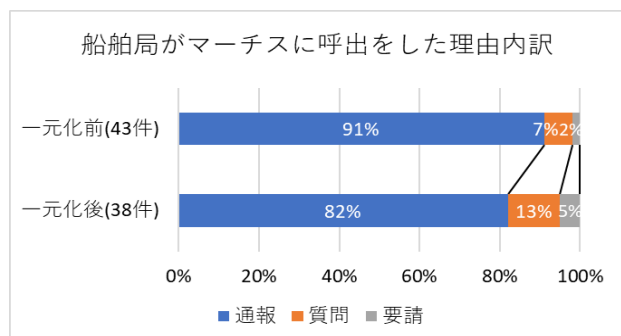


図8 船舶局が東京マーチスを呼び出した理由

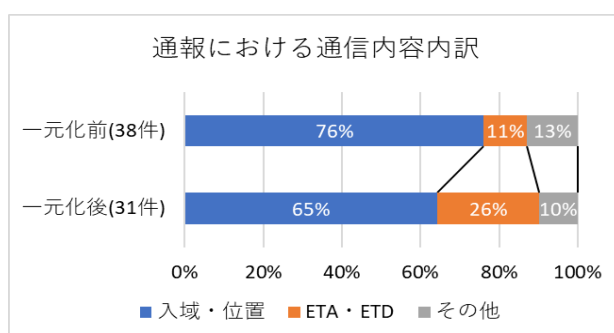


図9 通報の内容内訳

ゴライズした各海域での通信の割合を示す。通信海域の変化については、VHF 聴取海域の館山湾の死角にあたる京浜港横浜区(C)や湾奥の千葉港(E)の音声取得困難であったこと及び湾口で聴取していたため湾外のデータ(K)を多く取得していたことを鑑みれば、取得困難な海域を除いて概ね変化はなかったといえる。また、取得した通信について、一般的に受信位置から近い送信局の通信が優先されて受信するが、横須賀ポートラジオと木更津ポートラジオの通信がそれぞれ少ないことを考慮すると、図2より三浦半島に2か所存在する横須賀ポートラジオの送信局と富津岬の北東にある木更津ポートラジオの送信局を除き、一元化前後の受信位置に関わらず東京マーチスの空中線電力が最も強くなると考えられる。このことから、湾口付近のとりわけ東京マーチスの通信が優先されたためにG及びKの海域の通信の割合が増したと考えられる。

呼出を行った無線局を陸上と船舶の二つに分類したところ、一元化前は船舶局からの呼出が78%であったのに対し、一元化後では陸上局が59%と船舶局の呼出を上回っている。陸上局の呼出が44件から85件、船舶局の呼出が156件から123件へと変化していることから、一元化後では陸上局の呼出が増加し船舶局の呼出が減少しているといえる。

東京湾の陸上無線局は東京湾海上交通センター及び各港ポートラジオに大別でき、湾内の交通管制は主に東京湾海上交通センターが行い、湾内の各港の情報についてはポートラジオが担当海上保安部の指示の下、情報提供を担当している。本調査では湾の奥や港内の通信のデータが十分でないことや東京マーチスの通信が優先されることを鑑み、通信内容を分析するにあたり、各港ポートラジオや従来の千葉、東京、川崎、横浜の港内保安に替わる東京マーチスの通信については分析の対象から除外した。

図8は船舶局が東京湾海上交通センターに呼出を

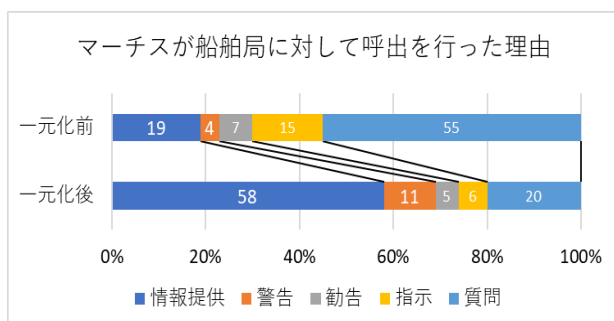


図10 通信内容内訳

行った理由を通報、質問、要請に分類したものである。通信件数は43件から38件へと減っており、わずかではあるが通報の割合が減少し、質問、要請の割合が増加している。また、図9では通報の内容を入域・位置通報、ETA・ETD通報、その他に分類したものを示す。通報の76%を占め29件あった位置通報が一元化後では20件で通報全体の65%になり、それ以外の通信の割合が増えている。一元化以前の通報件数は6時間で38件、一方一元化後は31件であるため、単位時間当たりの通報に直すと、入域・位置通報は毎時4.8件から3.3件に減っていることがわかる。同様に計算するとETA・ETD通報は毎時0.7件から1.3件へ漸増、その他は毎時0.8件から0.5件と漸減していた。

図10は東京湾海上交通センターが船舶局に対して行った呼出の内、情報提供、警告、勧告、指示、質問で分けたものである。一元化前後で比較した結果、質問回数が大きく減少し、相反して情報提供の割合が増加していることがわかる。警告、勧告、指示もわずかに増減しているが、情報提供及び質問の変化程ではない。

5. 考察

以上の分析より得られた結果から、一元化前後での船舶交通及び国際VHF無線通信の変化及び課題点を示す。

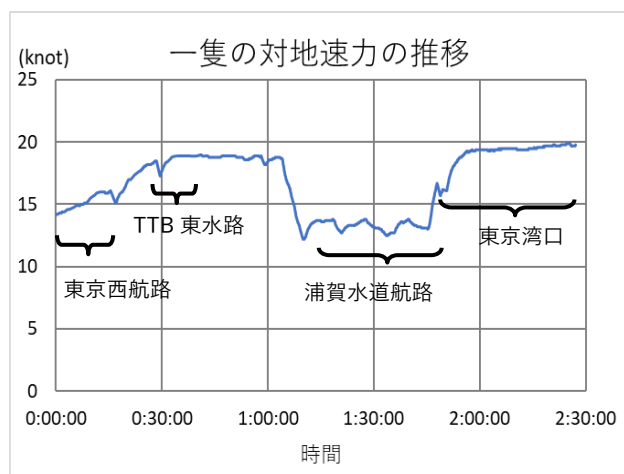


図 11 東京湾南航船の速力変化

5.1 速力分布の変化

東京湾の港湾統計によると船舶の大型化に伴い通航隻数が徐々に減少しており、巨大船の速力発信件数が減少傾向にあるのは隻数の減少や速力増加により早く指定海域外に離脱することが一因であると考えられる。しかし、全長によらない船舶全体の速力発信件数は増加している。港湾統計に記されている隻数は、入港船に限定されているため、湾内を往来する船舶まで包含されておらず、依然湾内の輻輳は続いており管制の重要度は高いといえる。

次に平均速力については、巨大船の速力上昇が認められた。北航船及び南航船の平均速力は約 0.5～0.7 ノットの上昇である。東京湾の入口から湾奥までの距離が約 35 海里であり、35 海里の移動を 0.7 ノット速く航行することを仮定すると 10 分程度の時間短縮である。交通の整理によって時間短縮されると海上保安庁が発表し実際に時間が短縮されていると考えられるが、隻数減少の反面船舶の大型化により危険が解消されたとは言い切れない。交通の効率化と等しく安全性及び利便性も交通管制によって確保される必要があると考える。

また、変化した点ではないが、船の大きさや一元化の前後に限らず南航船の速力が北航船よりも大きな値であった。北航の場合、港にアプローチすることや速力制限がある浦賀水道航路及び中ノ瀬航路に向けての速力調整または交通流に乗るための速力調整などが比較的低い平均速力値の原因として挙げられる。一方で南航の場合は、北航では中ノ瀬航路を経由するところを、図 11 に示す通り、速力制限のない中ノ瀬西方海域を通ることで平均速力が北航船よりも大きな値になったと考えられる。

5.2 通信内容の変化

通信時間の短縮という分析結果から、より簡潔な通信になっており通信の効率化が図れていると考えられる。しかし、依然 1 分以上の通信が 3 割を占めており、湾内を 12 ノットで航行することを想定すると、1 分で 370m、2 分で 740m も前進してしまう。浅瀬への乗揚げや他船との衝突を避けるために、このような長い通信は減らしていく必要がある。とりわけ英語による通信は呼出時間及び通信時間ともに冗長になる傾向があるため、母国語の訛りが入った英語やネイティブスピーカーによる早口な英語などに管制官が慣れる必要があると考える。

通信の行われた海域についてはほとんど変化がなかったが、東京湾口での通信が増加していた。今回の調査では館山湾で VHF を聴取していたため、湾口の通信を多く受信できたものと思われる。しかし、その通信のほとんどが剣崎洲崎ラインの付近であり、前回の調査地点である富津岬からでも十分通信の電波が届く範囲である。おそらく、湾口付近での調査に加え湾奥の件数が少なかったことによる相対的な増加であるものと思われる。

東京マーチスが船舶に対して行う通信においては、質問の割合が減少し情報提供の割合が増加していた。前回の調査では通信の過半数を質問が占めていたが、今回は、情報・警告・勧告・指示といった航行に関する情報提供の割合が約 8 割まで増加していた。このことから、東京湾の交通管制は、航行船舶から情報を得ようとする従来の通信から湾内にいる船舶に対して航行に関する情報を与える通信へと変化したといえる。情報提供の割合が増加した原因として、高性能カメラや高性能レーダーの導入により湾内にある船舶の位置の特定が容易になったことや、港湾一体となって管制することにより広範囲を対象とした情報収集及び情報提供が可能になったことが挙げられる。このような通信の改善により、湾内の交通の整理や安全性の向上に貢献していると考えられる。

一方で、AIS を搭載している通報義務のない船舶からの入域通報が 6 件存在していた。通信全体の 208 件からすれば僅か 3% の件数であるが、通報件数 23 件の内 26% を占めることになる。輻輳時間帯は 16 チャンネルでの呼出が絶え間なく行われており、変波後の通信チャンネルも混雑している状況でこのような通信が存在すると、交通管制に混乱を招き、湾内の船舶に対して必要な情報提供を行えない可能性

が出てくる。一元化以前は位置通報の返答で東京マーチスから航行に関する情報について提供されていたが、一元化後では通信に限らず東京マーチスのホームページ上で航行情報は公開されているため、インターネットなどを利用して情報を確認することができれば、不要な通信を避けることができる。

以上のことから、より良いコミュニケーションにするためには、専ら通信時間の短縮が有効であると考える。特に輻輳時間帯の呼出及び通信時間を短縮することにより、湾内の船舶を網羅的に管制することができる。通信を短くするためには、船舶運航者が意識的に航行情報を収集することで不要な通報や冗長な通信をなくすことができる。一方、交通管制官は積極的な情報提供により安全かつ効率的な運航が可能になり不要不急な通信の減少が見込める等、改善の余地が見られる。船陸双方が通信時間の短縮や情報収集及び提供を行うことによって効果的なコミュニケーションへと改善できると考える。

6. 結論

本研究では、東京湾海上交通管制の一元化前後における変化を調査するため、まず東京湾内における船舶交通の変化を分析した。次に国際 VHF 無線電話を用いた船陸間コミュニケーションの実態を把握するため、東京湾において国際 VHF 無線通信の聴取及び通信を行った海域を把握するために AIS データの取得を行った。さらに、一元化前後のコミュニケーションの変化から効果的な船陸間コミュニケーションの手法について検討した。

本研究で得られた主要な結論は以下の通りである。

- (1) 一元化前後で湾内の巨大船の平均速力が増加傾向にあり、交通の整理が現れたものであると考えられる。
- (2) 東京マーチスが船舶に対して行う通信は、質問の割合が減少して、航行に関する情報提供の割合が増加した。
- (3) 交通管制の一元化後では航行に関する情報の提供が増えている一方で、呼出の混雑という課題点が浮き彫りになった。
- (4) AIS 搭載船の不要な入域通報も依然として行われている。
- (5) 不要な通信を避けるために、事前に東京マーチスのホームページ上で公開されている情報が得られることを周知する必要がある。

- (6) 通信の中には 1 分を超える長い通信も存在している。船舶運航者は意識的に通信時間を短くし、また、湾内交通の効率性及び安全性の向上のための効果的な情報提供手法・手段を検討する必要がある。

以上に挙げた一元化後の実態を、交通管制官及び船舶運航者双方が共通認識することによって、より安全かつ効率的な船舶運航が可能になると考える。

参考文献

- (1) 海上保安庁：東京湾一元化の概要と効果
<https://www.kaiho.mlit.go.jp/safety/cat/5gaiyou.html>
- (2) 日本海難防止協会：東京湾における海上交通管制の一元化
http://www.nikkaibo.or.jp/pdf/575_2017-2.pdf, 2019. 8. 9.
- (3) 国土交通省関東地方整備局 東京湾口航路事務所：数字で見る東京湾
<https://www.pa.ktr.mlit.go.jp/wankou/data/index.htm>, 2019. 8. 6.
- (4) 西田智美：東京湾における国際 VHF を用いた船陸間コミュニケーションに関する研究, 東京海洋大学海洋工学部, 卒業論文, 2016.
- (5) 海上交通安全法等の一部を改正する法律案
<http://www.mlit.go.jp/common/001120981.pdf>
- (6) 高木直之・内田洋子：日本人 VTS 英語の誤用分析と効果的学習法の提案, 日本航海学会論文集, Vol. 129, pp. 39-43, 2013.