アンケート調査に基づく船舶離着岸時における 速力情報に関する研究

辰己 公朗*・久保田 崇**・藤井 英信***・河口 信義****・新井 康夫*****

Ship's Speed Information Standards in Docking/Leaving Maneuvering Based on Questionnaire Survey

Kimio TATSUMI, Takashi KUBOTA, Hidenobu FUJII,

Nobuyoshi KOUGUCHI and Yasuo ARAI

Abstract

Regulation should be modified properly according to an advancement of science and technology. However current science and technology allows a navigator to use more accurate ship's speed information, it seems that the regulation of a ship's speed was unmodified for a considerable time. Primary purpose of this research is to clear on some mismatching points between a present regulation and navigators' requirements on the basis of a ship's speed. At the first step of this research, the questionnaire and interview survey were carried out. This survey targets at the captain who maneuvers from 500 to 50,000 gross tonnages. The main subjects for question are how dose a captain use the current navigational instruments or SDME (Speed and Distance Measurement Equipment) such as Electric Magnetic Log, Doppler Sonar, and GPS, to collect ship's speed information and dose he feel satisfaction with an accuracy of ship's speed by means of above instruments. As the result of this survey, in Docking/Leaving maneuvering many captains obtained speed information from his visual sight and the navigational instruments, and need more speed over the ground than speed through the water. The desired demand accuracy of speed in Docking/Leaving maneuvering was about 1~50 cm/sec, and the desired time was at once.

Keywords : *Speed over the ground, Speed through the water, Docking/Leaving maneuvering, SDME, GPS*

キーワード: 対地・対水船速, 船舶離着岸, 船速距離計, GPS

1. はじめに

1970 年代の後半以降 VLCC などの巨大船では、SDME (Speed and Distance Measurement Equipment) として 2 軸 (前後左右方向) もしくは 3 軸方向 (前後方向および船首・船尾における左右方向) の対地速度を 1cm/sec 程度の高精度で計測できるドプラナーを、適切かつ安全に離着岸を遂行するための航

海用機器として頻繁かつ有効に活用している。またその後に 2000 年 SOLAS においても、50,000GT 以上の船舶は 2 軸の SDME を装備すべきであると勧告された⁽¹⁾⁽²⁾。

最近タンカーなどの大型船が離着岸する場合には、ドルフィン側に船速距離計 (Docking SDME) が設置されており、その船速距離計として水中超音波の音

* 正会員 広島商船高等専門学校 (〒725-0231 広島県豊田郡大崎上島町 4272-1) tatsumi@hiroshima-cmt.ac.jp

** 正会員 大島商船高等専門学校 (〒742-2193 山口県大島郡周防大島町大字小松 1091-1) kubota@oshima-k.ac.jp

*** 正会員 大島商船高等専門学校 (〒742-2193 山口県大島郡周防大島町大字小松 1091-1) fujiih@oshima-k.ac.jp

**** 正会員 神戸大学 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1) kouguchi@maritime.kobe-u.ac.jp

***** 正会員 海技大学校 (〒659-0026 兵庫県芦屋市西藏町 12-24) arai@mail.mtc.ac.jp

波障害を避けるためにレーザ方式が良く利用されている。しかしながら、50,000GT 未満の船舶が離着岸する場合は、目視を主たる速度情報収集手段としており、速度計を利用していないため、目視による速度情報収集を含めて作業量が集中し、作業負荷が過大になることも考えられる。

そこで、本研究は離着岸を安全に行なうために必要な速力情報要件を明らかにし、航海者が必要としている速力に関する性能基準が現規則とどの程度整合しているか調査することを目的とする。その第一歩として本論文では、500GT 以下の小型船舶から 50,000GT 以上の大型船舶の船長に対し、速度情報を提供するための航海用機器である電磁ログ、ドプラソナーやドルフィン設置の SDME、さらに現在、位置情報のみならず速度情報においても使用されている GPS 等⁽³⁾が、離着岸時に、速力情報の情報収集手段としてどのように利用されているか、またそれらの機器から得られる速力情報が精度的な要求を満足しているか等に関するヒアリングおよびアンケート調査を行ない⁽⁴⁾、それぞれの速度情報が大きさの異なる船舶でどのように取り扱われているかを含め、その現状および問題点について考察を行なう。

ここで、本論文で使用される略語および用語の定義を以下に示す。

- (1) DL : ドプラログ (Doppler Log) で 1 軸の方向を測る。
- (2) DS : ドプラソナー (Doppler Sonar) で 2 軸以上の方向を測る。
- (3) EML : 電磁ログ (Electric Magnetic Log)
- (4) SOG : 対地速力 (Speed Over the Ground)
- (5) STW : 対水速力 (Speed Through the Water)
- (6) BOTH : SOG と STW の両方
- (7) Speed : スカラー量としての速力を意味する。
- (8) Velocity : ベクトル量としての速度を意味する。

2. アンケート調査

2006 年 7 月、離着岸および投錨時における船速の性能要件に関して、事前に 15 人に対してヒアリング調査を行ない、その後無作為に様々な船種の内外航船舶の船長 211 人に対しアンケート調査を行なった。そのアンケートの回収率は 4 割程度であり、アンケート結果の分析はクロス集計を行なった後に、その有意性を検定するための χ^2 乗検定⁽⁵⁾を行なった。ただし、50,000GT 以上の船舶については、2 軸対地速度の SDME 設置義務を有し、経験的な着岸速度の値が示されている⁽⁶⁾。このことから、主な調査対象船舶を 50,000GT 未満の内航船舶とし、さらに外航

船舶の船長に対する調査結果を比較対象として用いた。

2.1 調査項目

調査項目は、速力情報の活用等について関連性があると考えられる項目に考慮し、以下に調査項目を示す。

- (1) 年齢
- (2) 海技士取得免許
- (3) 船舶のトン数 (GT)
- (4) 船種 (タンカー, LPG 船, コンテナ船, 貨物船, PCC, フェリー, その他)
- (5) バースの種類 (岸壁, 桟橋, ドルフィン)
- (6) 着岸方法 (A~G の方法)
 - A : 一定の角度で岸壁に向かいエンジンを使いつつ、フォアラインやスターンラインをとってから引き寄せる。
 - B : 錨を入れて、船尾を回転し、船尾より桟橋につける。
 - C : 場合によっては大錨を使うとともにエンジンで前進速力を殺しラインを取ってからラインを巻きつけてつける。
 - D : アスターンで前進を殺し、船首より岸壁または桟橋につける。ラインをとらない。
 - E : アスターンで前進を殺し、船首より岸壁または桟橋につける。大錨を入れておく。
 - F : 錨を使用する。
 - G : タグを使用する。
- (7) 着岸時の速力計測
 - A : 速力情報の依存度 (DL, DS, EML, GPS, 目視, その他)
 - B : 必要とする速度情報の種類 (SOG, STW, BOTH)
 - C : 必要とする速度センサ位置および速度情報 (図 1 参照 : BOW (船首部の横移動), AHEAD/ASTERN (船体中央部の前後進), STERN (船尾部の横移動))
 - D : 要求精度
 - E : 計測間隔
 - F : 満足度 (満足している, 満足していない)

Fig.1 Measuring Points and Direction of Velocity

2.2 対象者および対象船舶

本アンケート結果から得られた調査対象者の取得免許と乗船船舶のトン数との関係を表1に、また年齢との関係を表2に示す。さらに乗船船舶の船種とトン数との関係を表3に示す。

表1より、海技者免許一級と三級の取得者が多く、船舶のトン数が増すにしたがって、上位の海技資格が必要となることを示している。この理由として、外航船舶の場合は大型船が多く、船長の要件として一級海技士免状を必要とし、内航船舶では船長としての資格が三級海技士で良いことから、調査対象者として一級海技士と三級海技士の免状取得者が多い結果となった。

表2より、年齢別に見た調査対象者としては一級および三級海技士免状受有者で50代が約6割5分を占めており、他の年代は極めて少数であった。

表3より、調査対象者が乗船している船舶のトン数には大きな偏りはないが、船種においてはコンテナ船が全くなく、LPG船、PCCともに少なく、風の影響を大きく受けやすい船舶は少数であった。

Table 1 Relation between License and Ship's Size

Ship's Size (GT)	~ 500	~ 3,000	~ 5,000	~ 10,000	~ 50,000	50,000 ~	Total
License							
1 st Grade	0	1	2	8	6	10	27
2 nd Grade	0	1	3	2	0	0	6
3 rd Grade	3	4	11	5	3	0	26
4 th Grade	2	3	0	0	0	0	5
5 th Grade	11	0	0	0	0	0	11
Blank	0	0	1	0	0	0	1
Total	16	9	17	15	9	10	76

Table 2 Relation between License and Age

Age	30s	40s	50s	60s~	Blank	Total
License						
1 st Grade	0	5	17	1	4	27
2 nd Grade	1	0	3	0	2	6
3 rd Grade	1	2	22	1	0	26
4 th Grade	0	1	2	1	1	5
5 th Grade	2	1	5	2	1	11
Blank	0	0	0	0	1	1
Total	4	9	49	5	9	76

Table 3 Relation between Ship's Type and Size

Ship's Size (GT)	~ 500	~ 3,000	~ 5,000	~ 10,000	~ 50,000	50,000 ~	Total
Ship's Type							
Tanker	0	2	9	0	0	4	15
LPG tanker	0	1	0	0	0	4	5
Container ship	0	0	0	0	0	0	0
Cargo ship	13	1	3	6	0	0	23
PCC	0	0	1	1	4	0	6
Ferry	0	4	1	2	4	0	11
Others	3	1	3	6	1	2	16
Total	16	9	17	15	9	10	76

3. アンケート解析結果

岸壁や棧橋における離着岸において、一般的には離岸に比べて着岸の方が困難であることが考えられることから、以下では主として着岸に関する解析結果を述べる。

3.1 バースの種類

図2に船舶のトン数と着岸バースの種類との関係を示す。

Fig.2 Kind of Berth

χ^2 乗検定 (有意水準は5%) の結果、船舶の大きさと着岸場所に、次のような特徴が見られた。500GT未満の船舶は岸壁への着岸割合が多く、3,000~5,000GT と 50,000GT 以上の船舶は比較的ドルフィンへの着岸割合が多い。これは 3,000~5,000GT と 50,000GT 以上の船舶の船種はタンカーが最も多く、タンカーは荷役の関係からドルフィンへ着岸することが多いことが影響していると考えられる。また、500~3,000GT の船舶は棧橋への着岸が多く、これも 500~3,000GT の船舶においてフェリーが多いことが影響しているためと考えられる。アンケート調査を行なう際に、できるだけ無作為にサンプルを抽出することに心がけたが、回答結果として上記に示した偏りが生じていることを念頭に置く必要がある。

3.2 着岸方法

2.1 で示した着岸方法 A～G について、どの方法で着岸する機会が最も多いかに関する結果をトン数別で図 3 に示す。同図より、3,000GT 以上のほとんどの船舶における着岸方法は A を多く採用しており、500～3,000GT の船舶は、A と C が同程度を示しており、このクラスの船舶では錨の利用が有効であることが分かる。さらに、10,000～50,000GT の船舶では着岸方法 A と D の着岸手法が多く、これは船種にフェリーが多いことも影響していると考えられる。

Fig.3 Maneuvering Procedures

3.3 着岸時の速力計測

3.3.1 速力情報の依存度

船舶のトン数ごとに速力情報をどの機器に依存しているかを分類した。その結果を図 4-1、4-2 に示す。

ドブローログやドブローソナーを装備していないと考えられる 500GT 以下の船舶で、それらの機器から得られる速力情報に対する依存度はほぼ皆無であったが、それら機器を装備している可能性が高い 3,000～50,000GT の船舶では、その 3～4 割程度の船舶が速力情報をドブローログやドブローソナーに依存しており、さらに 50,000GT 以上の船舶ではその 8 割がドブローログやドブローソナーに速力情報を依存している。目視や電磁ログに対する速力情報の依存度は 10,000GT 以上の船舶でトン数が増加するにしたがって徐々に減る傾向にある。また、GPS に対する依存度には、多少のばらつきが見られるものの、トン数に関係することなくその約 5 割程度が速力情報を得るために依存している。さらに、船舶のトン数が増加するに連れて、複数の機器に対する依存が増加している。

紙面の都合からここで示すことができなかったが、本アンケート結果から対象船舶中の 58% が着岸時に速度計を常時利用していることが分かり、船種としてはタンカー、LPG 船、PCC、RO-RO 船が大半を占めていた。また、比較的水面に近いところで運航するタグでは着岸時において速度計をあまり利用しないで、視覚に頼っていることも分かった。

以上のことから、船舶のトン数が増加するにしたがい、速力情報を得るための目視の依存度は減少している傾向があり、逆に DL や DS 等の対地速力が計測可能な航海機器類の依存度は増加している傾向がある。さらに、船舶のトン数には関係なく、速度情報を得るための機器として GPS を用いている。このことは対地速力を測る安価な機器が、GPS の他にないことが考えられる。そこで、目視以外で安価で高精度に対地速力を計測できる機器があれば着岸時に航海者にとって有効であることが考えられる。

Fig.4-1 Dependence on Speed or Velocity Instruments (DL, DS and Visual)

Fig.4-2 Dependence on Speed or Velocity Instruments (EML, GPS and Others)

3.3.2 必要とする速度情報の種類

調査対象船舶において対地速力 (SOG) および対水速力 (STW) のどちらかあるいはその両方を必要としているかの調査結果を図 5 に示す。

Fig.5 Necessity of SOG or STW

図 5 の結果から、ほとんどの船舶において SOG あるいは SOG と STW の両方を速力情報として必要としている。当然として、ほとんどの船舶で STW 情報より SOG 情報の方をより必要としているが、3,000～5,000GT の船舶の一部において、STW を必要としている。

3.3.3 速度センサ位置および速度情報

各トン数別の船舶において必要とする速度センサ位置および速度情報について調査した結果を図 6 に示す。また、図中の語句については、2.1 の図 1 にも示しており、BOW は船首部の横移動、AHEAD/ASTERN は船体中央部の前後進、STERN は船尾部の横移動を意味している。

Fig.6 Measuring Points

図 6 から、船舶のトン数が増加するにしたがい、前後進速度情報を必要としている傾向があり、50,000GT 以上の船舶ではそれに加えて横移動速度情報を要求している。また、10,000～50,000GT の船舶はフェリーが大半を占め、着岸方法も船首方向からの着岸が要求されているので、前後進速度の必要性が増加している。5,000GT 未満の船舶では速度情報の必要性は減少傾向にあるが、前後進速度のみならず横移動速度も必要としている結果となった。さらに、PCC、貨物船、フェリーでは、船尾部の横移動速度情報を必要としており、LPG 船では船首部における横移動速度情報を特に必要としていた。

以上の結果をまとめると、横移動速度情報は特に横移動して着岸させる手法を用いる船舶において、船橋から離れた位置での船首部や船尾部の横移動速度が必要とされている。また、前後進速度情報は、船首から直角または斜め方向に進出し着岸する手法を用いる船舶において必要とされている。大型船は横移動して着岸させる船舶が多いことから、特に横移動速度が要求されるが、3,000GT 未満程度の船舶においても横移動速度情報が必要とされ、かつ活用

されていることも分かった。全体的に見ると、前後進速度情報だけでなく横移動速度も約 4 割の船舶で活用されていることが分かった。

3.3.4 要求精度

船舶のトン数別に要求される速度情報の精度を調査した結果を図 7 に示す。

Fig.7 Required Accuracy on Speed or Velocity

50,000GT 以上の VLCC では 1cm/sec 程度の高精度の速力情報を必要としていることは明らかであるが、本アンケート対象船舶の速力情報の要求精度は 1～50cm/sec (0.02～1knot) と広範囲にわたっている。

結果は一般的に規則で規定されている要求精度と同程度の傾向を示しているが、従来から用いられている速度計の精度が対象者の要求精度に影響を与えていることも推測される。また、本アンケート調査では対象者が要求している速度情報の精度を聞いているにもかかわらず、着岸時の限界速度と考えられる回答も多く見られ、対象者が実際の着岸時に必要と考えられる速力情報精度が反映されていない回答もあった。

3.3.5 満足度

ヒアリングおよびアンケート調査の結果から、現在の速度計から得られる速度情報に関してどの程度満足しているかについて調査した結果を示す。

その結果から、76%の対象者が現状の速力情報に満足していることが分かった。満足している理由として、「GPS の使用によりほぼ正確な SOG を得られるから」という回答が多くあった。しかしながら、17%程度の対象者は現状の速力情報に満足しておらず、その理由として、「ドブラーログの速度表示が、プロペラやタグが原因となって引き起こされる波によって乱れる」、「現状の機器の速力情報が正確でないから」、「速度情報表示器の設置位置が悪く、着岸作業中に見ることができない」等があった。

着岸時において、特に小型船では対地速度が GPS により得られるようになったため、速力情報に対す

る満足度が上がっている。船種やトン数により速度計の装備状況や着棧の難易度が異なり、アンケート対象者は与えられた環境で得られる速力情報を用いながら最善を尽くすことを要求されており、現状の速力情報に満足しているわけではない。そこで、満足していない理由の中には「正確でない」といった速度計に対する否定的な意見も見受けられることから、潜在的な要求としてアンケート対象者はさらに精度の高い速力情報を必要としており、本アンケートおよびヒアリングの結果から速力情報の精度を向上させることに対する検討を行なう必要性を十二分に感じた。

4. まとめ

本アンケートおよびヒアリングから得られた結果に対する考察を以下にまとめる。

(1) アンケート調査結果から

- (a) 着棧時、船舶のトン数にかかわらず、目視および速力計を活用し、速力情報を収集している。また、小型船においては、目視を多用していると考えていたが、安価で装備が容易な GPS も併用していることが分かった。
- (b) 着棧時には、対地速力情報 (SOG) を必要としている。ただし一部の中型船では、対水速力情報 (STW) も用いている。
- (c) 着棧時における速力情報に対する要求精度は、1~50cm/sec (0.02~1knot) と広範囲にわたっている。
- (d) 先では示していないが、着棧時の計測時間間隔は、瞬時の要求が大半であった。

(2) ヒアリングの意見から

ほとんどの船舶で対地速力 (SOG) 情報を取得できる速度計を装備している現状から、IMO 決議⁽⁷⁾では、ARPA と接続される船速測定装置によって対水速力 (STW) を提供可能であるべきと勧告されているが、対地速力 (SOG) 情報も考慮すべきであるという意見が見られた。

また、着棧時のような低速時では現機器から得られる速力情報が信頼のおける情報ではないため、目視などの機器によらない人間の五感に頼っているという意見が見られた。

本研究から、現状の船舶において速力情報を収集するための速力計に対象者の多くは満足していることが分かったが、この結果は今得られる情報を十二分に用いることで能力を発揮しようとする実務者の

主観的な意見であると考えられる。また、機器の信頼性が乏しいという意見もあることから、機器の信頼性を向上させ、その情報を目視等で得た情報に付加することで、より信頼性のある速度情報となりうると考えられる。

したがって、現場の実務者がより安全に実務を実行することの手助けを目的とする研究者の立場から、精度のみではなく応答性や信頼性も含めて、包括的かつ定量的に評価することが要求されており、さらに高精度で高信頼な速力情報を提供できるシステムを考える必要がある。

今後はアンケート調査を継続し、コンテナ船の回答の充足、50,000GT 未満の船舶における性能要件の系統的な調査、精度、応答性および信頼性について、航行の状況 (離着棧時、揚投錨時、通常航行等) に応じた決定方法について検討する必要がある。

謝辞

本アンケート調査に、ご協力いただいた大変多くの皆様に、この紙面を借りて感謝申し上げます。

なお、本研究の一部は日本船用工業会による助成であることを付記し、深く謝意を表します。

参考文献

- (1) Maritime Bureau, Ministry of Land Infrastructure and Transport: International Convention for the Safety of Life at Sea, 2000, 海文堂, 2002 年 6 月.
- (2) IMO Resolution MSC. 96(72) : Adoption of amendment to performance standards for devices to indicate speed and distance, May 2000.
- (3) IEC 61108-1 Ed.2.0 (2003) : Maritime navigation and radio communication equipment and system - GNSS - Part 1.
- (4) N. Kouguchi, Y. Arai, H. Fujii, T. Kubota, S. Okuda, K. Tatsumi and K. Itani : Velocity Information for Passing Narrow Channel and Docking/Anchoring Maneuvering, Proceedings of International Symposium Information on Ships ISIS 2006, Hamburg Germany, 2006, CD, pp.12.
- (5) 酒井隆 : 実務入門 図解 アンケート調査と統計解析がわかる本, 日本能率マネジメントセンター, 2003 年 10 月.
- (6) 本田敬之助 : 操船通論, 成山堂, 2001 年 9 月, pp.142.
- (7) IMO Resolution A823(19) : Performance standards for automatic radar plotting aids (ARPA), November 1995

質疑応答

矢吹英雄（東京海洋大学）：

離着岸という大きなくくりで必要な速力情報の検討を行なっておられるようですが、例えば着岸操船では、岸橋の前面で停止させるアプローチ操船、岸橋に着岸させる横移動操船等個々の操船局面に応じた検討が必要なのではないでしょうか。

辰己公朗：

ご質問の離着岸という大きなくくりではなく、個々の操船局面に応じた見当が必要ではないかという点ですが、本論文では着岸方法を考えられる幾つかのパターンに分類して、どの方法を主として用いているかを調査項目としています。次回に調査を行なう機会があれば、是非ともご指摘の時間的な細分化した手法で分類を行なうことを検討したいと思います。

三好晋太郎（三井造船照島研究所）：

速度センサの要求精度の回答結果が不十分であったということに関して、詳しくご説明していただきたい。また、ドプラソナーへの依存度が、船舶が大きくなるほど高くなっているが、それはそのまま装備している割合になっているのかどうか、お教えいただきたい。

辰己公朗：

最初のご質問の速度センサの要求精度の回答結果が不十分であった点に関してですが、従来から用いられている速度計の精度が対象者の要求精度に影響を与えていることや本アンケート調査では対象者が要求している速度情報の精度を聞いているにもかかわらず、着岸時の限界速度と考えられる回答も多く見られたことです。

次のご質問のドプラソナーの依存度の割合が装備の割合になっているかどうかという点については、調査していないため、はっきりした回答はできませんが、装備率が依存度に関係していることは、十分に考えられます。