強潮流下における弓削丸の操縦運動解析

丹羽康之*・沼野正義*・福戸淳司*・室原陽二**

Analysis of Strong Current on Maneuverability of Yuge-Maru

Yasuyuki NIWA, Masayoshi NUMANO,
Junji FUKUTO and Youji MUROHARA

Abstract

Kurushima channel is one of the most difficult channels for ship navigation, because of the narrow width of the channel, the unique traffic rules and the strong and variable tidal current flows. Authors surveyed the tidal current flows and ship movement at the same time at the passage area of Kurushima channel by the observational systems of Yuge-Maru August, 1998, and analyzed the effect of the current on ship speed.

Results are summarized as follows:

When it was just before and after turn of tide, in spite of small current speed, ship speed is lower than theoretically estimated speed. At that time the current was observed as unsteady, so we consider this is the reason why ship speed was lowered.

When it was the time that the current was the strongest, ship speed was around the theoretically estimated speed. At that time the current was quite steady and ship speed was, therefore, not lowered.

1. はじめに

来島海峡は図 1 に示すように屈曲した狭水道であり、強潮流が発生する故、順潮時は中航路を逆潮時は西航路を航行するという「順中逆西」という航法がとられている。しかしながら転流時には水道入り口での船の滞留が発生したり、また航路の交差などがあるために、衝突の危険性がある。そのため潮流に関係なく航路を固定する右側通航を提案する動きもあるが、それを実現するためには、来島海峡という強潮流下において潮流が操縦運動性能に与える影響を明らかにし、潮流に左右されない操船方法を確立する必要がある。

来島海峡航行時の潮流を実際に観測した報告例⁽¹⁾は数少なく、潮流分布の詳細は解明されていない。またシミュレーションを利用した来島海峡における

図 1 来島海峡航路およびその周辺海域

* 正会員 運輸省船舶技術研究所 (〒181-0004 東京都三鷹市新川6-38-1)

**非会員 運輸省船舶技術研究所 (〒181-0004 東京都三鷹市新川6-38-1)

操船と潮流影響に関する研究⁽²⁾が報告されているものの、潮流データは推定値であり、マクロ的なものを利用している。他にも船体運動を計測し潮流影響の推定についての報告⁽³⁾もあるが、潮流自身の観測は行われていない。そこで今回は、実際に来島海峡の潮流および船体運動を同時に観測したので、観測結果および第一報として潮流が操縦運動に与える影響として、船速の変化について着目した解析結果について報告する。

2. 観測概要

観測は弓削商船高等専門学校の練習船「弓削丸」で行った。本船の主要目は、長さ(垂線間)35m、幅(型)8m、満載喫水(型)2.8m、総トン数240tである。潮流の観測には超音波ドップラー流速計(米国RDインストルメント社製300kHz型)を用いた。今回は水深7.9mから2m間隔について、東西、南北、上下の各方向成分を観測することにより、3次元分布として得ることができた。また観測結果の値は、信頼度という形でパーセントで記録される。サンプリング時間は約18秒間隔である。同時に船体運動収録装置で、時刻、舵角、CPP翼角、回頭角速度、船首方位、X対地船速・Y対地船速、緯度・経度、風向・風速を観測した。サンプリング時間は約1秒間隔である。

観測は平成10年8月21日、22日の2日間にわたり行った。来島海峡航路を通常の通航方法に従って、繰り返し往復し、2日間で中水道4回(北航:3回、南航:1回)、西水道6回(北航:2回、南航:4回)、延べ10回観測を行った。

観測時の潮流(中水道標準点)と観測期間を図2(a),(b)に示す。なお今回の観測時の潮流最強時は8月21日14時6分であり、潮流は北流6.3ノットであった。

観測時間帯の気象・海象については天候は晴れ、風速は1m/s~2m/sの間であり、非常に穏やかであった。

観測期間の一通航中はCPP翼角を3種類のいずれかの一つに固定した。3種類の固定した角度であるが、平水中を航行中の場合、対水船速が9ノット、10ノット、13.5ノットのものである。この対水船速を設定船速と呼ぶ。

また舵角は大舵角をとらないようにし、結果全て10°以下に収まっている。

図2(a) 観測日の潮流(8/21)

図2(b) 観測日の潮流(8/22)

3. 観測・解析結果

3.1 観測結果の表示

観測結果が視覚的にとらえやすいように、図3に示すような表示ソフトを作成した。これは来島海峡を斜め上空からみた鳥瞰図としてとらえており、視点角度の変更やズームイン・ズームアウトのインターフ

図3 観測結果の鳥瞰図

エースなども備えている。画面には地形、航跡、船首方向、船速、潮流などが表示されている。また潮流については各観測点の各深さごとにベクトル表示されている。画面右上のテキストボックスには、現在位置の各種情報を表示することができる。さらにアニメーション的に動きを見ることができる。

また潮流データの精度は信頼度という形でパーセント表示で与えられるが、ここでは何パーセント以下であれば不採用にするというインターフェースも備えている。

3.2 解析方法

操縦運動に働くものが潮流のみであり、潮流が定常かつ一様流であるならば、設定船速ベクトルと潮流ベクトルの合ベクトルが対地船速ベクトルになるはずである。しかしながら実際に潮流は定常かつ一様流ではないため、上述には誤差が生じる。ここではその誤差に注目した。図4に示すように、設定船速ベクトルと潮流ベクトルの合ベクトルと対地船速ベクトルの差ベクトルを Δv とする。そして Δv の船首方向成分を Δv_x とし、解析を行った。

3.3 解析結果

3.3.1 深さに対する検討

3.2のベクトル計算において、今回潮流を深さ7.9mから2mおきに観測しているが、どの深さの値が潮流の代表値になりうるか検討しておく必要がある。8月21日の第1回の観測結果について、図5(a),(b),

図4 解析方法

図 5 (a) 8/21 1 回目 深さ11.9mの潮流データを用いた解析結果

図 5 (b) 8/21 1 回目 深さ15.9mの潮流データを用いた解析結果

(c) 示すものは順に11.9m、15.9m、19.9mの各深さについての潮流の絶対値、解析結果 Δv_x を示す。また横軸の潮流観測点とは、超音波ドップラー流速計で潮流を観測した時間であり、約18秒間隔である。ABCDはそれぞれ図1に示すように水道東部(A)、最狭部東部(B)、最狭部西部(C)、水道西部(D)である。図5(a), (b), (c)について比較すると、おおむね大きな変化はないことがわかる。また多田らによれば水深30m程度までは、来島海峡の航路内のほぼ全域で上層下層は一様な流れ方を示していると報告されている⁽¹⁾。ただし、海面付近の場合では船底等の影響が考えられ、また海底付近では超音波ドップラー流速計の精度が落ちる傾向があるため、今回の解析には深さ15.9mの潮流の値を用いることにした。

3.3.2 転流時の場合

図6および図7に解析結果として、潮流の絶対値、 Δv_x および舵角を示す。図6は8月21日第1回目の観測の解析結果であり、西水道を東から西へ通航し、設定船速は9ノット、転流直前時のものである。

潮流は最狭部を含めて全体的に弱く、最後は転流直前のためほとんどなくなっていることが確認できる。しかしながら Δv_x は、最狭部を中心に負の値を示しており、大きく乱れている。この値の分だけ、船速が低下していることになる。

また図7は8月22日第2回目の観測の解析結果である。中水道を西から東へ通航し、設定船速は10ノット、転流直前時のものである。

図6同様に、潮流は最狭部を含めて全体的に弱い。 Δv_x は負の値であり、大きく変化して、船速が落ちていることがわかる。

転流直前で、 Δv_x が大きな負の値の時の鳥瞰図の拡大図を図8に示す。一観測点では、潮流の深さに対する分布はほぼ同様の傾向を示しているが、各観測点の隣同士を比較すると方向にばらつきが生じている、すなわち潮流の変化が激しいことがわかる。

図 5 (c) 8/21 1 回目 深さ19.9mの潮流データを用いた解析結果

図 6 解析結果(8/21 1 回目、西水道、東一西、設定船速9ノット)

図 7 解析結果(8/22 2 回目、中水道、西一東、設定船速10ノット)

図8 転流直前時の潮流分布

このように、潮流自身は弱いものの、変化が大きいといった局所的な乱れのため船速が低下したものと考える。

3.3.3 強潮流時の場合

図9は8月21日第4回目の観測の解析結果である。西水道を西から東へ通航し、設定船速は9ノット、潮流は今回の観測期間で最強の時間帯である。

潮流については転流前後に比べて強く、特に最狭部で強くなっていることが確認できる。しかしながら Δv_x についてみると、転流直前時に比べると小さな値(0に近い値)になっている。鳥瞰図の拡大図を図10に示すが、潮流は強く、深さ分布および周辺でほぼ同様の傾向を示しており、転流時のような乱れのない様かつ定常に近い潮流が存在していることがわかる。このため、 Δv_x は小さな値をとったものと考ええる。

また舵角については大舵角をとっていないことが確認でき、今回の解析結果には影響を及ぼしていないことが確認できる。

4. まとめ

弓削丸で来島海峡を航行し、潮流及び船体運動の観測を同時に行い、各種インターフェースを備えた観測結果表示ソフトを作成した。

また潮流が操縦運動に与える影響として、船速の変化について着目した解析を行い、転流時と強潮流時で以下のような船速の変化が異なる現象が起きている結果が得られた。

転流時では潮流の影響以上に船速が低下している。これは局所的に流れに乱れが生じていることによるものと考えられる。

強潮流時では、潮流の影響による対地船速の変化はあるが、潮流は定常流に近い状態であるため、転流前後時のような局所的な乱れは小さく、船速低下は小さいことを確認した。

しかしながら、今回の観測だけでは回数が少ないため今後さらに航海実験を進めていきたいと考えている。そして最終的に操船方法の確立へ向けていくつもりである。

謝 辞

本観測は、弓削商船高等専門学校との共同研究として実施した。弓削丸関係者に感謝の意を表する。

図9 解析結果(8/21 4回目、西水道、西一東、設定船速9ノット)

図10 強潮流時の潮流分布

参 考 文 献

- (1) 多田光男・村山雄二郎・沼野正義・緒方純俊：来島海峡航路内での流動構造と船体挙動の観察，日本航海学会論文集，第100号，pp.113-119，1999.
- (2) 小瀬邦治・高瀬 悟・飯島康弘：来島海峡における操船に及ぼす潮流影響に関する研究，日本航海学会論文集，第99号，pp.247-254，1998.
- (3) 小瀬邦治・高瀬 悟：キネマティックGPSを利用した船体運動の計測による潮流影響の推定について，日本航海学会論文集，第99号，pp.255-262，1998.

質 疑 応 答

臼井英夫(広島商船高等専門学校)：

- (1) 潮流と船体運動の計測におけるサンプリング時間が異なりますが、ベクトル計算はどのようにおこなわれたのでしょうか。
- (2) 渦の影響はどのように考慮されたのでしょうか。
- (3) 船首部と船尾部では潮流の方向がことなる場合については、どのように考慮されたのでしょうか。

丹羽康之：

- (1) 舵角等の船体運動収録装置による観測データは、潮流を観測したサンプリング時間の平均値を利用しています。ただしX対地船速・Y対地船速については潮流観測のサンプリング時間の間大きな変化がないことを確認し、潮流観測時と同時刻の値をその間の代表値として用いました。潮流観測に用いた超音波ドップラー流速計と船体運動収録装置の時刻は、観測前にGPS時刻に合わせました。
- (2) 今回の観測では、渦といつ遭遇したということは特別に記録していません。渦の影響は解析結果の流れの乱れの中に現れていると考えることができると思います。今後の観測ではビデオ撮影を同時に行うなどし、具体的な場所や時刻を記録し、解析の要素に加えたいと思います。
- (3) 今回の解析では考慮していませんが、船首・船尾の横移動速度を観測したデータもありますので、今後の解析の要素に加えたいと思います。また今回は大舵角をとらないようにしましたが、今後は舵角も含めた操縦性能も含めたいと考えています。