

2-10 ベックツイン船のジョイスティック操船システムとその離着棧制御

正会員 長谷川 和彦* 田中 彩子**

1. 緒言

狭水路、港湾などでの操縦性の良さからベックツイン舵を装備した船舶が入出港の多い内航船を中心として活躍している。ベックツイン舵の特徴はその舵形状とそれゆえ大角度まで取れること、そして、左右で違った角度を取ることである。そのため、操舵にはジョイスティック装置が使われている。しかし、そのジョイスティック装置はあくまであらかじめ決められた左右の舵角を取るためのガイド装置であり、任意の方向へ船を誘導するためのものではない。

このベックツイン装備船においてベックツイン舵とバウスラストを組み合わすことにより低速時に任意の方向へ船を移動することができる。しかし、2つの操作量を扱うには勘と経験が必要であり、倒した方向に移動できるジョイスティック装置があると便利である。そこで、こうしたジョイスティック装置に適用できることを想定して簡単な制御アルゴリズムを開発し、シミュレーションによりその有効性や問題点の抽出を行った。

2. ベックツイン装備船の操縦運動数学モデル

ベックツイン装備船の操縦運動数学モデルについてはすでに浜本らの研究¹⁾があり、ここではそれを使う。潮流及び風の外乱も考慮すると運動方程式は次のようになる。

$$\begin{aligned}
 (m+m_x)\dot{u} - (m+m_y)v_{ca}r &= T(1-t) \\
 &\quad -R(u) + X_H(v_{ca}, r) \\
 &\quad + X_R(\delta_s, \delta_p) \\
 &\quad + X_w \\
 &\quad - (m+m_y)U_c r \sin(\psi_c - \psi)
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 (m+m_y)\dot{v} + (m+m_x)u_{ca}r &= Y_H(v_{ca}, r) \\
 &\quad + Y_R(\delta_s, \delta_p) \\
 &\quad + Y_B \\
 &\quad + Y_w \\
 &\quad + (m+m_y)U_c r \cos(\psi_c - \psi)
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 (I_{zz} + J_{zz})\dot{r} &= N_H(v_{ca}, r) \\
 &\quad + N_R(\delta_s, \delta_p) \\
 &\quad + N_B \\
 &\quad + N_w
 \end{aligned} \tag{3}$$

ここで、

- u, v, r 縦、横方向の速度および回頭角速度
- m, m_x, m_y 船の質量および縦、横方向の付加質量
- I_{zz}, J_{zz} 慣性モーメントおよび付加慣性モーメント
- X_H, Y_H, N_H 船体に働く前後力、横力、回頭モーメント
- X_R, Y_R, N_R 舵による前後力、横力、回頭モーメント
- Y_B, N_B バウスラストによる横力、回頭モーメント
- X_w, Y_w, N_w 風による前後力、横力、回頭モーメント
- T, t プロペラスラストとスラスト減少率
- $R(u)$ 船体抵抗
- δ_s, δ_p 右および左の舵角
- U_{ca}, V_{ca} 前後および横方向の対水流速

* 大阪大学大学院工学研究科

** 三菱重工業(株) (研究当時、大阪大学工学部)

Keywords : VecTwin rudder system, Joystick steering system, Berthing, Deberthing, Operational aids

3. ジョイスティックコントローラ

3.1 制御則

ここではベックツインの操舵切り替えにバンバン制御則を、そして、プロペラとバウスラスタに対してフィードバック制御則を用いて、簡単なジョイスティックコントローラを設計した。その構成を Fig. 1 に示す。操船者は現在の船首方位を直進方向として（ヘッドアップ方位）、そのままの姿勢で進みたい方向にジョイスティックレバーを倒す。倒す角度に応じてその方向への移動速度を比例させる。

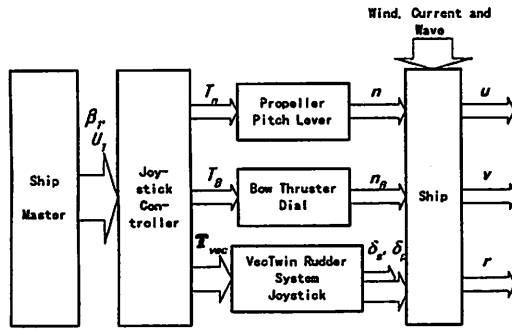


Fig. 1 Block diagram of joystick controller

3.2 一定舵角+バウスラスタのフィードバック制御

まず、舵角を固定し、船首方位を一定に保つためバウスラスタにフィードバック制御を加えた結果を Fig. 2 に示す。定常ではほぼ直線状の斜航状態になることがわかる。

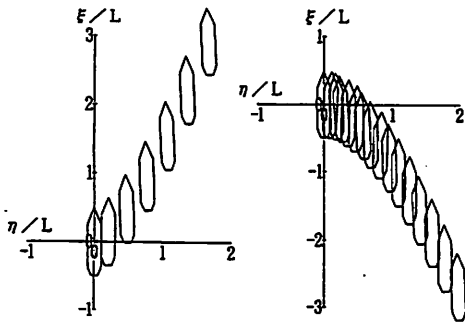


Fig. 2 Simulation result: a pair of constant rudder angles with feedback bow thruster control

(left) rudder ($\delta_r=25\text{deg}$, $\delta_p=70\text{deg}$)

(right) rudder ($\delta_s=25\text{deg}$, $\delta_p=70\text{deg}$)

3.3 横移動およびその場回頭制御

Fig. 2 に示すふたつの制御状態を船の移動方向が90度の周りで切り替えるバンバン制御を行うことにより横移動ができる。シミュレーション結果を Fig. 3 に示す。

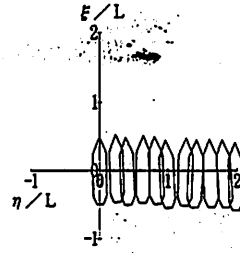


Fig. 3 Simulation result: rudder bang-bang control with feedback bow thruster control

これに移動速度制御を加味したのが Fig. 1 に示したブロック図の考え方である。また、切り替え移動角度をかえることにより船首方位を保ったまま任意の方向への移動が可能となるし、同様の考え方でその場回頭も実現できる。

3.4 離着桟シミュレーション

以上述べた要素操船がジョイスティックで実現できたので、実際にそのジョイスティックシステムを用いて、風、潮流のある状況での離着桟をシミュレーションにより実行した。その結果を Fig. 4 に示す。

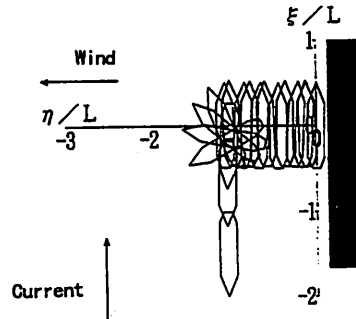


Fig. 4 Simulation result: manual unberthing using joystick system under wind and current disturbances (Current from South and wind from East)

4. 結論

本論文における結論をまとめる。

- 1) ベックツイン舵とバウスラスタを装備した船用のジョイスティック操船システムが簡単なアルゴリズムで実現できることを示した。
- 2) シミュレーションによりその有効性を確認した。

参考文献

- 1) 浜本、榎本：Maneuvering performance of a ship with VecTwin Rudder System, 船論, 181, 197-204, 1997