

IV-209

輻輳水域における船舶多重遭遇の分析

中国日本電気ソフトウェア 正会員○草村 浩司
鳥取大学大学院 学生員 近藤 一
鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行

1 本研究の背景と目的

3隻以上の船舶が同時に見合い関係になる状況を多重遭遇というが、このような状況下での避航操船は1隻に対する避航操船に比べて格段に困難であるため、多重遭遇に陥ることは衝突事故につながる可能性が高いものと推察される。とりわけ、2船間の避航方法のみを定めた現行法規の下では、航法上のディレンマに陥る事があり、多重遭遇時の操船難易度を航法の面からも検討する必要性を示唆している。

そこで、まず多重遭遇のパターンを航法上のディレンマに陥っているか否かにより分類した。次いで、交通実態観測調査結果を解析することにより輻輳海域における多重遭遇の発生状況をパターン別に把握し、発生頻度の高い水域を抽出した。抽出された水域における船舶の航行パターンと多重遭遇の頻度を関係づける簡単な確率モデルを作成し、航路条件、交通条件の変化が多重遭遇の発生頻度に及ぼす影響についても検討を加えた。

2 多重遭遇の定義と航跡データからの抽出法

地点Pで船舶Bが船舶Aに対し時間差 T_{AB} 以内で交差したとする。この時、

(1) 地点Qで船舶Cが船舶Aに対し時間差 T_{AC} で交差し、かつ、船舶Aの地点P、Q間の通過時間差が T^{PQ} 以内。

(2) 船舶Cが、船舶Aとはほぼ同方向の針路を取っていて船舶Aの避航動作の妨げとなる位置Dにいる。

のいずれかであれば、船舶Aは地点Pにおいて多重遭遇を起こしたと定義する。

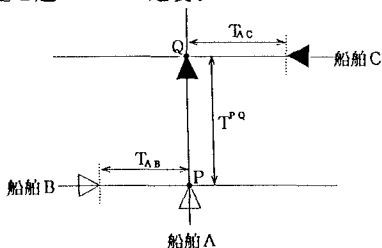


図1 多重遭遇

交差角などから11のパターンに分類し、抽出を以下の3段階に分けて行った。

1. 2隻の船舶と交差する船舶の抽出。
2. 1の中から通過時間、パターン別に多重遭遇を抽出。
3. 発生地点の図示。

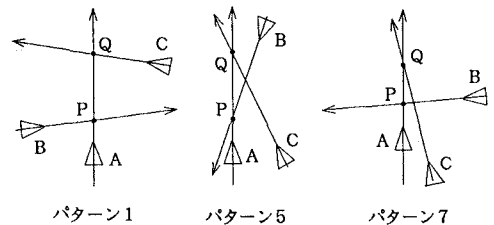


図2 多重遭遇のパターンの例

3 多重遭遇の発生確率

次に、航路条件と交通条件から多重遭遇の発生確率を推定するモデルを構築する。以下の4つの仮定、

- ・船舶の単位時間当たり発生数はポアソン分布に従う。
- ・船舶の航行位置分布は正規分布に従う。
- ・航路の中心線は直線で、船舶は中心線と平行に進む。
- ・同一ノードから発生する船舶の速度は一定とする。

を設けた時、着目する船舶Aが n 回の多重遭遇を起こす確率 $P_t(n)$ は、

$$P_t(n) = \sum_{\{l | \text{mod}(n, l) = 0\}} P_{AB}(l) \cdot P_{AC}(n/l) \times \int_A \int_B \int_{C(x_1, x_2)} P^A(x_1) P^B(x_2) P^C(x_3) dx_1 dx_2 dx_3 \quad (1)$$

で表せる。ここに $P_{Ai}(m)$ は船舶Aが m 隻の船舶 i と時間 T_{Ai} 以内に交差する確率、 $P^i(y)$ は船舶 i の航行位置分布であり、着目船1隻あたりに期待される多重遭遇発生回数 N_t は次式で与えられる。

$$N_t = \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot P_t(n) \quad (2)$$

4 事例分析の結果

川崎沖で観測された48時間分、および明石海峡で観測された24時間分の航跡データを用い、2.の方法に沿って多重遭遇を抽出した。多重遭遇の発生水域を遭遇パターン別にみると、図3(a),(b)より数多く発生している水域は遭遇パターンにより必ずしも同じでない。

多重遭遇の発生数は、対象となる船舶が他の2隻の船舶と交差したときの時間差には比例せず、その時間差が長い遭遇に比べ、短い遭遇ほど発生確率がより小さいという結果が得られている。

また、多重遭遇が比較的多く発生している水域を対象に、方向別交通量、航跡分布等を求め、3.のモデルを用いて発生回数を推定した。図4で示すとおり、推定値と観測値はほぼ良好な一致を示している。時間差が4～5分より短い多重遭遇については観測された回数がモデルによる推定値を下回っているが、これは避航による影響と解釈される。

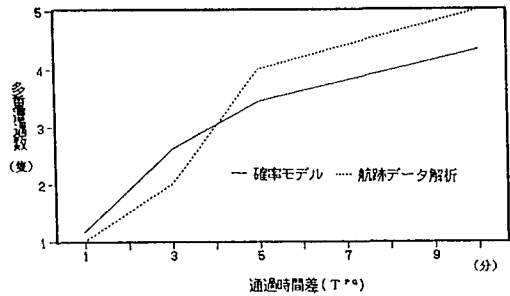


図4 多重遭遇発生数の推定値と観測値の比較
(他船との通過時間差3分、パターン1)

5 航路の統合・分散化と多重遭遇の発生確率

ある長さの航路区間を横断する交差船舶の総数を一定に保った状態で交差航路の数を変化させ、交差航路の統合・分離が多重遭遇の発生に及ぼす影響を検討した。

図5より、複数の交差航路が隣接して存在する水域では、航路の分割または統合により多重遭遇を減少させることが可能であり、そのための最適な分割数が存在することが理解される。

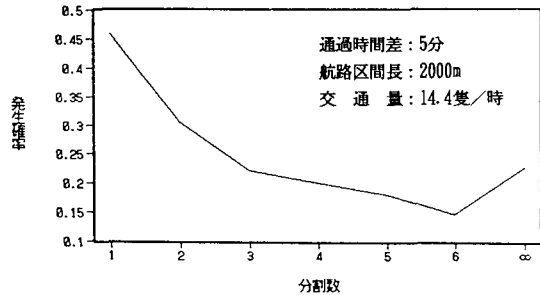


図5 航路分割による多重遭遇発生確率の変化

今後は、このモデルを発展させ、多重遭遇の発生を考慮にいたれた航路体系の計画法として検討を進める予定である。

最後に、明石海峡における観測データは大島商船高等専門学校の辻啓介講師より提供していただいた。記して謝意を表する。

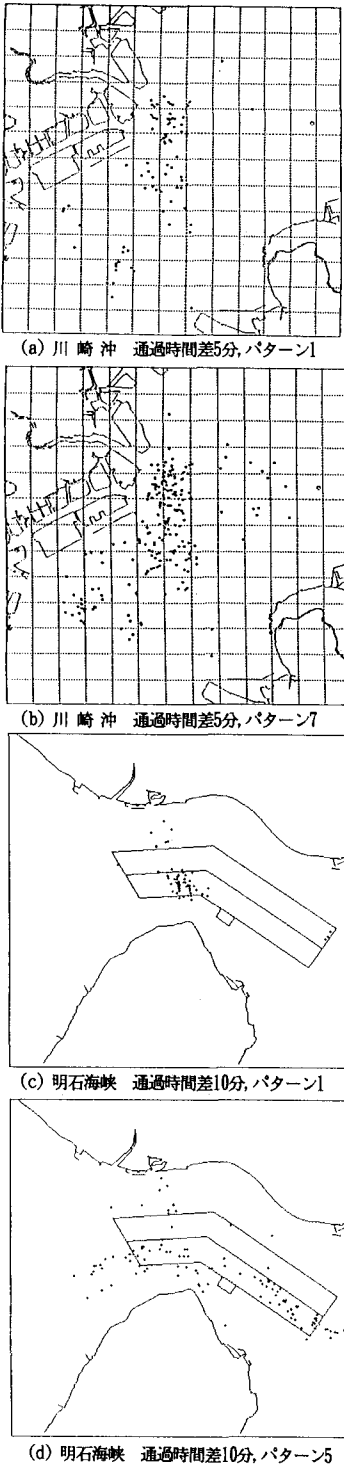


図3 多重遭遇位置図