

IV-248

海上ロータリーにおける船舶交通特性の分析

鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行
旭化成情報システム(株) 正会員 ○近藤 一

1. はじめに

輻輳する湾域における船舶の安全航行を確保するためには、多方面から集中する交通を整流し、横切り遭遇をできる限り減少させることが有効である。その一つの方法が航路体系のロータリー化であるが、交通疎通能力やそこで発生する輻輳の程度といった海上ロータリーにおける船舶交通特性は、十分に解明されていない。また、海上ロータリーに関する明確な概念さえも規定されていない。

そこで本研究では、まず海上ロータリーの概念設計を行い、船舶航行実態観測調査データを解析し、海上ロータリーに進入しようとする個々の船舶の挙動をモデル化した。ついで、海上ロータリーをT型交差点が連続した航路とみなし、そこを航行する船舶の航法を設定することにより、海上ロータリーの諸元や交通特性に応じて全体的な交通状況を出力するモデルを構築した。本モデルを用いて種々の状況下における交通容量や航行危険度を算定し、海上ロータリーの形態や諸元についても検討を加えた。

2. 海上ロータリー

海上ロータリーは、入路(ロータリーへ進入するための取付航路)、出路(ロータリーから離脱するための取付航路)、周回航路(入出路相互を結ぶ環状の航路)から構成される。本研究では、入(出)路中心線と周回航路の中心線の交差点を入(出)路接続点、入(出)路と周回航路から構成される入(出)路接続点付近の航路区間を入(出)路接続部と呼ぶこととする。

海上ロータリーの形状(周回航路の形状、入路・出路の設置および配置、入出路の取付角度、入出路の形状)は、船舶の運動性能や操縦方法および航法等により、かなりの部分が規定される。海上ロータリーの諸元(周回航路の規模、周回航路の幅員、入出路の幅員、入出路の長さ)はそこを航行する船舶の船型によって規定される部分が多いため、計画対象船舶を定め、これが特段の困難なく航行できるように諸元を定める必要がある。本研究では、ロータリーの形状や諸元について検討した。また、海上ロータリーでは、反時計回りの一方通行方式とし、周回船舶に優先権を与え、航行速度の上限を定めるなど、航行方式の面からも検討を加えた。

3. 流入不能確率算定モデル

流入船舶は入路接続部に到着したときに周回船舶のギャップを確認し、それが流入不可能なギャップであれば、流入船舶は流入可能なギャップが見つかるまで周回船舶の交通流に流入できない。道路交通の場合は停止することにより待ちが可能であるのに対し、船舶は減速あるいは避航することによって停止による待ちの代替とする。その結果、流入船舶は周回船舶と併走(同航)する形で、周回船舶間の流入可能なギャップを探す。この流入船舶が隣接する出路までそのまま同航を続ければ、周回航路から離脱する船舶と交錯する可能性があり、安全航行上危険である。

そこで本研究では、流入船舶が隣接出路に到着するまでには周回航路に流入できない確率を、流入不能確率と定義し、これを航行危険度の評価指標とした。

モデル化に関しては以下の仮定を設けた。

1) 入路接続部における船首間隔分布に関する仮定

入路接続部における周回船舶の船首間隔分布は、当該接続部における周回船舶交通量に応じた Cowan M3 モデル¹⁾に従うものとする。

2) 進入船舶の挙動に関する仮定

ロータリーに進入しようとする船舶は、入路接続部に到着した時点で周回交通流に流入できる場合には船型固有の速力 v_i^* で入路から周回路へと続航し、進入できない場合には、 v_i ($v_i = r_v v_i^*$, $r_v < 1$ は定数) に減速し、周回交通流に流入するまで当該速度で航行する。ただし、 v_i' ($v_i < v_i' < v_i^*$) への減速で入路接続点における流入が可能な船舶は v_i' に減速する。上記の減速は、入路接続点に達した瞬間に完了するように入路上で行うものとする。

入路接続点に到着した瞬間に周回交通流に流入できない進入船舶は、周回航路にそって v_i で航行し、進入可能な船首間隔に直面した瞬間に周回交通流に流入する。

3) 同一入路から前後して進入する船舶相互の影響に関する仮定

同一入路から進入する後続船は先行船の減速の影響を受けずに航行する。また、後続船は流入のタイミングをうかがっている先行船の存在にかかわらず流入可能な時点で流入する。

4. 交通容量の算定フロー

本研究では、危険な状況が発生する可能性をサービス水準(流入可能確率)で表し、所定のサービス水準が確保される範囲内での交通量の最大値として交通容量を定義する。交通容量は図1に示すフローにそって、流入不能確率の許容値 P_0 を定めることにより算出される。

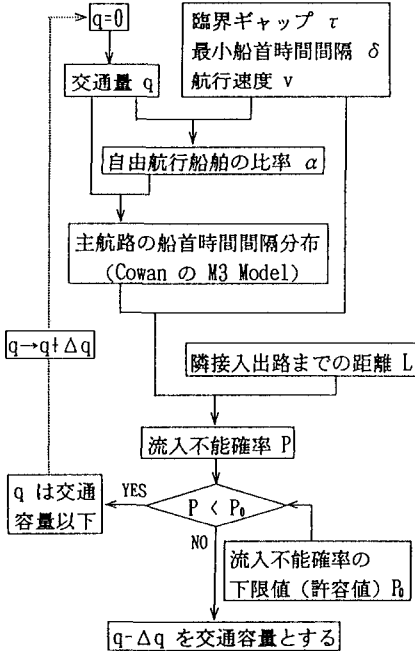


図1 交通容量の算定フロー

5. 数値実験

上記の方法に基づき、図2のような諸元の海上ロータリーを想定し、一定のODパターン、船舶の速度、ロータリー全体の交通量の下で、入出路の数を変化させ、これと流入不能確率、交通容量の関係を調べた。得られた結果を図3、図4に示す。入出路の数が増えるにつれ流入不能確率は高くなり、交通容量は減少する傾向にあるという結果が得られた。入出路の数が増えると、同じ諸元のロータリーでは隣接入出路までの距離が短くなり、遭遇するギャップ数が少なくなるため、流入船舶の周回航路への流入は困難となる傾向にある。つまり、入出路の数を多くするにはロータリーの諸元を大きくする必要がある。図3に示した条件下では入出路数3の場合であっても、流入不能確率が0.1を超えるため、想定した諸元の海上ロータリーでは入出路の数は少なくとも3を超えないことが望ましいといえる。

6. おわりに

本研究では、海上ロータリーに進入しようとする個々

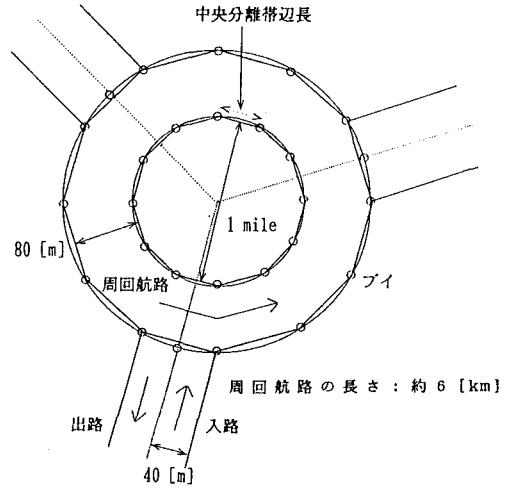


図2 想定した海上ロータリー

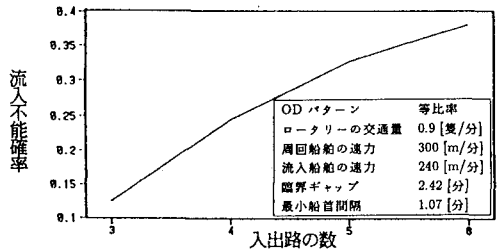


図3 入出路の数と流入不能確率

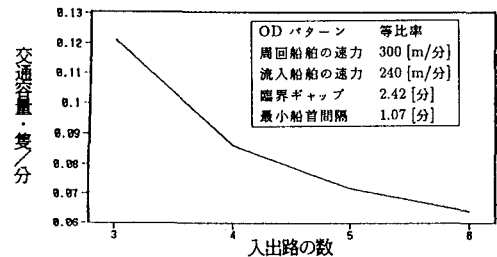


図4 入出路の数と交通容量

の船舶の挙動に着目し、ロータリーにおける交通容量と流入不能確率を算定するモデルを示した。

本研究では、交通現象をモデル化する際多くの簡略化を行っている。さらに実際に即したものに改良する必要がある。例えば、臨界ギャップは周回航路の交通量が増大するにつれて短くなるなど、交通量等の航行環境や操船者によっても異なる可能性がある。したがって、どのような要因がいかなる影響を及ぼしているかを今後さらに明らかにしておく必要がある。

参考文献

- 1) Cowan, R. J. : Useful headway models, Transp. Res., 9(6), pp. 371 ~ 375, 1975.