

運輸省港湾技術研究所 正会員 奥山 育英
 正会員 早藤 能伸

1. ま え が き

海上交通の輻輳は、近年における船型の大形化、高速船の就航、危険物積載船の増加により、重大事故の発生につながり、さらにその二次災害が広範囲にわたるおそれのあることを考慮すると、安全な海上交通の確保を目指すことは重要であり、そのため幾多の調査・研究が為されてきている。最近では更に、海上空港の建設、長大架橋の建設、沖合の一部埋立、既設航路の浚渫・拡張などが次々と計画され、計画段階における海上交通への影響の事前評価の要請も高まってきている。

このため先ず、海上交通の実態を捉えることを目的として、レーダーおよび自動撮影装置を利用した観測法を確立し、更にこれらの観測データを座標読取装置、大型電算機、図形表示装置により一連のデータ処理および解析・図化を行う解析システムを開発し、観測海域での交通流および船舶の挙動について調査を行ってきた。更にこれらの観測結果で得られたデータをもとに海上交通輻輳の将来予測についてマクロ的分析を行うことを目的とし、船舶の流れを短時間で、かつ効率的に再現する輸送ネットワークの評価シミュレーションを開発し、海上交通計画に活用してきている。

逆に、船舶のミクロな動きを分析しようとして対象とする海域全域にわたりミクロシミュレーションによりこれを行えば、時間的にもコスト的にも困難を伴い易く現実的ではない。そこで予めマクロシミュレーションにより交通流上ネットになると予想される箇所を抽出し、限定されたエリアでのミクロシミュレーションを実行すれば極めて効率的に分析を行うことができる。更にミクロシミュレーションの結果を逆にマクロシミュレーションの入力とすることも可能で、これらの目的で、船舶航行シミュレーションプログラムを開発した。

2. 航行モデルについて

船舶は平面交通に近い動き方をすること、長い時間にはわたる履歴を伴う動きをすること、船型で数センチから数十万センチもの船が同一海域上を航行することなどから、船舶の航行のモデル化を行った場合、非常に複雑なものとなるが、できるだけ現実に近いように設定し、シミュレーション結果の信頼性向上に努めた。

1) 構成

シミュレーションは4つのブロックにより構成されている。それらは、i) 船舶発生ブロック ii) 条件設定ブロック iii) シミュレーション実行ブロック iv) 出力処理ブロック であり、それぞれの詳細について以下に記す。

2) 船舶発生ブロック

シミュレーションの実行に先だって全ての船舶を発生させ、その内容を磁気テープに保存する独立したルーチンである。ここで設定する項目は実行時に必要となる 船舶発生番号 発生時刻 発生場所 航行ルート および 船種 船型 全長 吃水 操縦性能 などの船舶諸元、要目であり、また項目数をパラメータにしてモデルの変更に対応できるようにしてある。

3) 条件設定ブロック

実行時に必要となる各種の条件を設定するルーチンであり、船舶の航行の制約に関する i) 物理的制限 ii) 船相互についての優先関係 iii) 外部の指示にもとづく条件 などを設定するもので、i)として航路形状、同分離帯、海岸線などを凸凹角形の組み合わせにより設定し、また、船舶の発生から消滅までの航行ルートを航路形状と独立させたルートにより定めている。

ii)とiii)はまとめて船相互に關する優先關係として2種類を考へ、i) 船の位置 航行動作または船それ自体により定まるもの、ii) 相対位置および2船の進路により定まるものを設定した。i)として6段階の優先度を設定しそれぞれ順に、①操業漁船、作業船、故障船 ②緊急の避航を要している船 ③管別により優先を与えられた船または超大型船 ④優先航路の中にある船 ⑤非優先航路の中にある船 ⑥その他の船 を設定した。ii)としては、行き合い、交差、同航、追従、追い越しなどの場合に分けてそれぞれの条件を与えている。

4) シミュレーション実行プログラム

このプログラムでは船をどのように動かすかということがモデル化されており、船の運動性能を中心とした操船方法について、その条件のもとでの避航の判定方法を以下に記す。

定常速度として、FULL、HALF、SLOW、DEAD SLOW、STOPの5段階を使用することとし、変速を行った場合の速度は、現在速度、目標速度、増減速度係数を用い変速を開始してから経過時間の関数として与える。また、変針についても同様の取扱いをしているが、今回は旋回性指数、追従性指数、および航角により変針量を求めている。

船の航行動作は、何の制約もない進行中の場合と避航が必要な場合のいずれかであるが、これらを更に詳しく分類してみると、通常の航行における直進、変針、変速、および避航後におけるコース復帰のための変針、変速シフト等があり、また、避航のための変針、変速、シフトなどの航行動作に区別される。

次に避航の判定と優先度により以下に記した方法で船の避航コースを定めた。自船と相手船のそれぞれの船種、船型、速度、航行位置などから避航領域を求めるとともに、現在時刻から適当な時間経過後まで連続的に避航領域の予測判定を行い、自船が避航義務を有する全ての相手船を避航できるコースを仮りのコースとして定める。これを優先度の高い船から順に求め、途中、緊急を要する避航船の発生により優先度が変化する度に優先度を更新し、再び優先度の高い船から仮りのコースを求め直す。こうして全ての船の仮りのコースが決まり、コースが決まり、シミュレーション時間を単位時間だけ進める。

船舶の発生時または避航動作の終了直後、その船のルートに対し、斜路、速度、変位などで一定基準以上の差が生じている場合は、そのルートの許容範囲に到るまで復帰するコースを採らせている。

以上の結果、それぞれの船の航行動作、速度、位置、航角などの時々刻々のデータが得られるが、これらを全て磁気テープ上に保存し、次の出力処理プログラムにより必要なものを求める。

5) 出力処理プログラム

シミュレーションの目的により、分析の対象とし計量する統計の種類も異なると思われるが、ここでは、i) 交通容量の視座から、ルート別通過隻数と平均速度、ii) 交通密度の視座から、場所別方向別平均存在隻数 iii) 安全と快適さの視座から、場所別船型別平均避航回数、平均避航時間、を求めることにより、分析を行うための出力項目とした。

また、上記の出力項目による静的な分析だけでなく、視覚的、動的に捉えるため、時間が経過するにつれて変化する船相互の位置の様子を図化するとともに、最終的にはこのシミュレーション結果をCOM (Computer Output Microfilm) に連結させて16mmの映画化が行えるようにしてある。

3. あとがき

船舶航行シミュレーションには、大きな湾内の航路全体をカバーする広範囲の水域を対象とするマクロ的な交通流を分析するものから、一船だけの操船シミュレーターに近いものまで考えることができる。ここでは、これらの中間に位置するものをねらい、既開発のマクロシミュレーションと組み合わせて使用することにより、海上交通の交通流に關して効果的分析を行えることがわかった。

[参考文献]

日本海難防止協会：超大型船操船の手引き (1970年3月)