

PS-20 最適曳航支援システムの開発（その2）

環境・エネルギー研究領域 海洋汚染防止研究グループ *原 正一、星野邦弘、山川賢次
海洋開発研究領域 海洋資源開発グループ 湯川和浩

1. はじめに

平成 10 年度から 5 年計画で国土交通省特別研究「荒天下における航行不能船舶の漂流防止等に関する研究」が開始し、本年度が最終年度となる。本研究の目的は、荒天下において機関故障等により航行不能に陥った船舶（損傷、折損・分離、転覆により異常形状となった船舶またはその一部）の漂流を阻止し、安全な場所に曳航する技術を確立することによって、大きな二次的災害を引き起こす危険性を未然に防止することである。最終目標として最適曳航支援システムを開発し、パソコン上で航行不能船舶の漂流運動、曳航索張力、曳航操船及び曳船の曳航馬力を予測して操作者に最適な曳航支援ができる情報を提供することを目的とする。

平成 12 年度までに、母型船データを整備し、非転覆・折損状態における浸水計算プログラムを開発し、漂流抵抗、波漂流力等の計算に必要な船体の没水形状である船体最終姿勢を求めることが可能となった。平成 13 年度には、さらに船を転覆・折損状態まで拡張して浸水計算、縦強度計算を可能にし、その際の船体没水形状を使用して波漂流力計算の入力データとして必要なメッシュ作成機能を追加した。

本報告では、最適曳航支援システムの現状を詳述し、最終年度のシステムを解説する。

2. 最適曳航支援システムの追加機能

(1) 起動メニュールーチン

母型船 (Typeship) の種類及び積載状態（満載、軽荷）、要目 (L, B, D) の入力により、遭難船を推定し、浸水計算を行うまで自動的に計算する。浸水計算入力画面でデータを入力することにより、メッシュ分割計算まで自動的に計算し終了する。

(2) デッキ上の上部構造物の入力

風による遭難船の抵抗あるいは転覆状態での抵抗、波漂流力を求めるために、水面下 Deck 上の構造物を

円筒、直方体を重ねた形で入力できる。

- 1) 円筒はメッシュ形状生成時に同一断面積の正 4 角形として処理する。
- 2) Deck 上には複数設置可能とする。
- 3) 上部構造の上に上部構造が設置される場合は 1 個のみとする。
- 4) 上部構造同士は隣接しないものとする。
- 5) 転覆時に浮力には、寄与しない。浮力に寄与する場合は、別途考慮できる。

(3) 相似処理機能

母型船の種類及び積載状態（満載、軽荷）、要目 (L, B, D) の入力により、遭難船の諸データを計算する。

- 1) L, B, D の変更に伴い、長さ、幅、深さ方向の寸法を母型船との比を乗じた値に全て変更する。
- 2) 船内区画 (Compartment)
船体構造の座標は B, D の比で変更する。外板からの距離も同様とする。また、フレーム No は同一とし、フレームスペースについてのみ変更とする。
- 3) 載貨重量 (Light Weight)
船殻重量 (Basic Weight)、局部重量 (Local Weight) 及び積み付けは Weight を $(L' B' D') / (LBD)$ の比を乗じた値とする。
なお、局部重量とは。載貨重量の中で、機関部、デッキハウス等の部分荷重を意味する。

本相似船データ作成後、ハイドロ曲線、横揺れ周期、船内区画、重心計算の各計算を自動的に行う。

(4) 重量重心計算機能（浸水計算の追加機能）

折損時も含め船体の重心計算を行い、この値を使用して、姿勢計算及び浸水計算を行う。この際、喫水の入力は不要となる。

- 1) 対象となる重量は下記のとおりである。

・載貨重量の船殻重量

・載貨重量の局部重量

・タンク積載物

2) 浸水時の姿勢計算に使用する船体重心位置

浸水計算では、自由水影響（FSE：Free Surface Effect）の重心位置変化（GG0）を入力する。

3) 載貨重量の船殻重量の入力

重心位置（長手方向重心位置、垂直重心位置）及び重量が入力され、船殻重量の形状は自動計算される。

4) 載貨重量の局部重量及びタンク積載物の入力

船内区画で容量計算されているタンクについては、重量または容積、比重のみ入力されると、垂直方向重心位置（VCG）は自動計算される。

5) 折損時は自動的に下記の処理を行って重心計算する。

・載貨重量の局部重量及びタンク積載物に関して、後端、前端が残存部にあるもの以外は計算対象外となる。

・載貨重量の船殻重量は折損位置で切り、残存部について長手方向重心位置、重量を計算する。垂直重心位置は変わらないものとなる。

（5）ユーザーファイル機能

遭難船のオフセットが既知の場合、そのテキストデータを最適曳航支援システムの中の船舶に登録する。

（6）波漂流力計算用インターフェース作成（メッシュ分割）

船体の全表面のメッシュ作成を行い、水面下のメッシュを出力する。

（7）転覆・折損時の復元性計算

転覆・折損時の浸水計算を実施し、GZ 曲線、最終釣り合い位置（喫水、トリム、ヒール）を算出する。折損時には、折損位置を考慮して折損タンクを自動的に検出して計算する。

（8）縦強度計算機能

船舶算法で使用されている縦強度計算を行う。即ち、船舶の船体を一本の梁と仮定し、梁にかかる荷重と浮力を積分して、船体長さ方向の各位置における、せん断力（S.F.）を計算し、S.F.を積分して、曲げモーメント（B.M.）を計算する。

荷重の扱いは以下の3種類とする。

1) 局部重量

局部重量は、複数個の台形分布とする。

2) 船殻重量

船殻重量は、既知の値で載貨重量より局部重量を差し引き、残りを梯形分布として近似する。

3) 積載荷重

各ホールド、タンクに積載した荷重を台形分布とする。

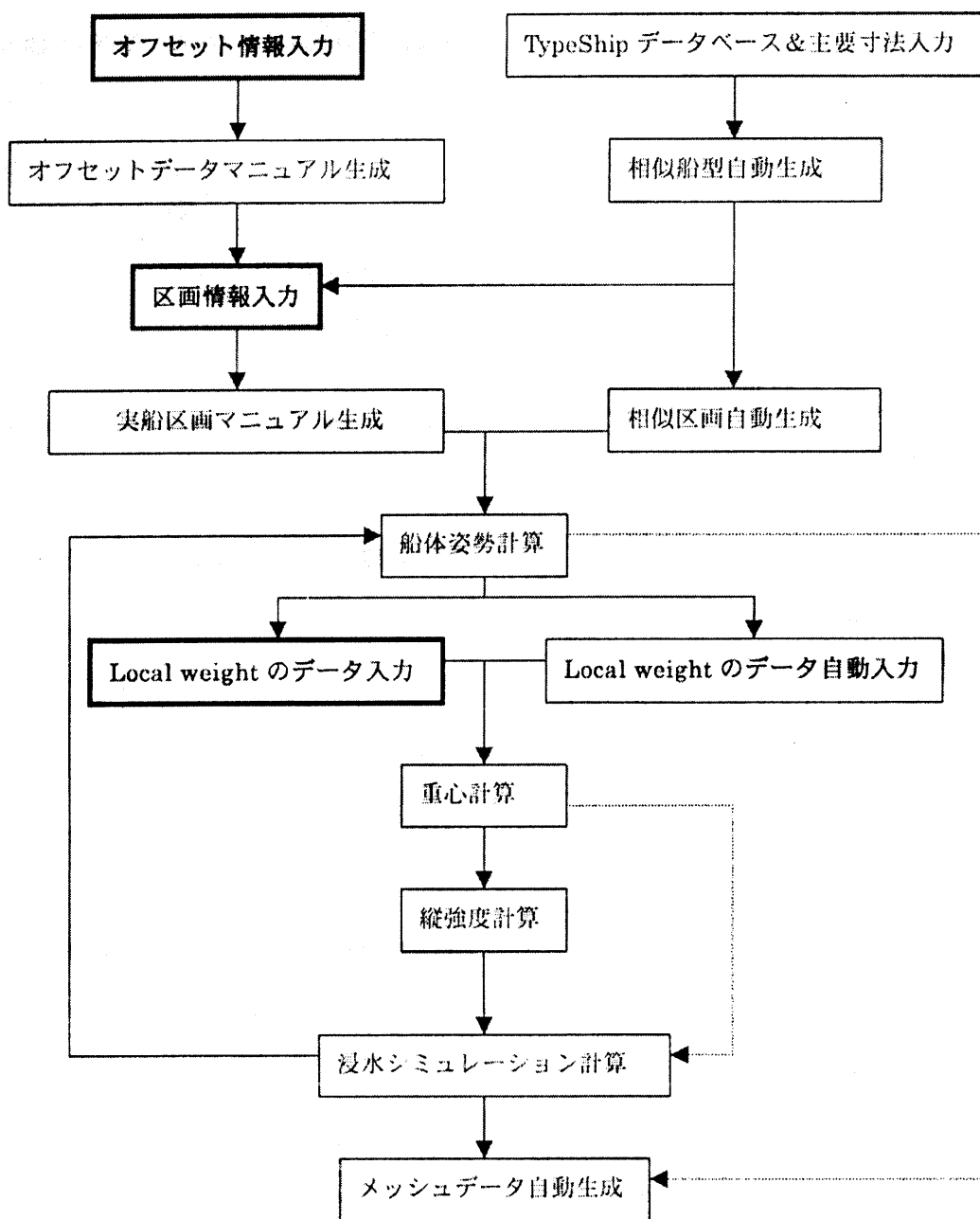
（1）～（8）の機能については、パソコン画面に向かう操作者の立場で考えると、まず遭難船舶についてオフセット情報、船内区画情報の有無により選択肢が分かれる。また、次のステップの浸水シミュレーションを実施するかどうかについても判断が必要である。

表－1 情報の有無によって想定されるケース

ケース No.	オフセット情報	船内区画情報	浸水シミュレーション	操作時間の比較
(1)	なし	なし	あり	中
(2)	あり	あり	あり	超大
(3)	なし	あり	あり	大
(4)	あり	なし	あり	小
(5)	なし	なし	なし	極小

遭難が発生した場合、船体のオフセット情報は通常入手することが困難なことが多い。しかしながら、積み付け情報は時間を要する場合があるが提供され、船内の区画情報を得ることが可能となるケースがある。想定されるケースとして、表-1 に示すものが考えられる。(1)あるいは(3)のケースが確率的には多く(2)あるいは(4)のケースは稀であると考えられる。(1)と(3)のケースにおいて、区画情報の有無による入力作業の差がある。考慮すべきことは、それぞれの情報の入手には、時間を要することである。さらに、情報の入手後にその情報の入力に時間がかかる場合があるので、現場の遭難船の状況を監視しながら対応を判断していくことが肝要である。

図－1のフローチャートは、遭難事故が発生した後の操作の流れを示している。最も多いケースは、母型船（Typeship）データベースと主要寸法情報から相似船型を自動生成し、船内区画についても相似区画を自動生成する。さらに、最も難しいとされる船体重心の予測計算、縦強度計算を実施し、浸水計算の必要があれば実施して船体の最終姿勢を求める



図－１ 最適曳航支援システムのフローチャート

ルーチンに入る。船体重心計算に必要な Local Weight は選択した母型船のものと同一となる。ここで、現場の船体姿勢情報が入手できれば浸水計算をせずに、船体姿勢を入力し最終的に没水形状が求まるので、波漂流力計算のための入力データである船体表面メッシュを作成して計算プログラムが実行できる状態となる。また、オフセット情報がある場合には、定められたフォーマットにより入力データファイルを作成し、さらに船内区画情報も入力できる。

このような場合、前者のように種々の仮定がはいっていないため厳密な計算が可能となる。図中の太実線で囲んだ部分はオプションを意味する。

３．最適曳航支援システムの表示例

表－２に示すダブルハルを有する 15 万トンタンカーを例にとり、最適曳航支援システムの機能を使用した表示例を紹介する。

表－２のタンカー２として、相似船型を想定した。

表－２ 想定タンカーの主要寸法と相似船型

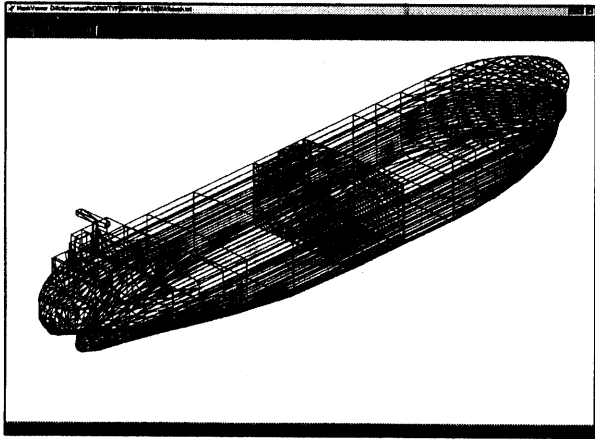
Type ship D/W	Tanker 150,000	Tanker 2
Lpp (m)	265.00	200.00
B(mld) (m)	48.30	40.00
D(mld) (m)	22.40	20.00
d (mld) (m)	15.20	
Cb	0.83	
lcb (%)	-3.30	
	double hull	

区画についてもこの相似船型に準じたものが作成される。図－２に相似船舶の全船メッシュを、図－３に船尾から 120m の点で折損し、平均喫水（折損船体中央部での喫水）8m、トリム 3°、ヒール 160°の最終船体姿勢である。図より、折損により露出した船内区画にもメッシュが生成されていることがわかる。メッシュ作成の手順としては、まず船全体のメッシュを作成し、その後平均喫水、トリム、ヒールが確定した後にその水線面にかかるメッシュについて再度作成することになる。作成されたメッシュを利用して、３次元特異点分布法により波漂流力を計算する。

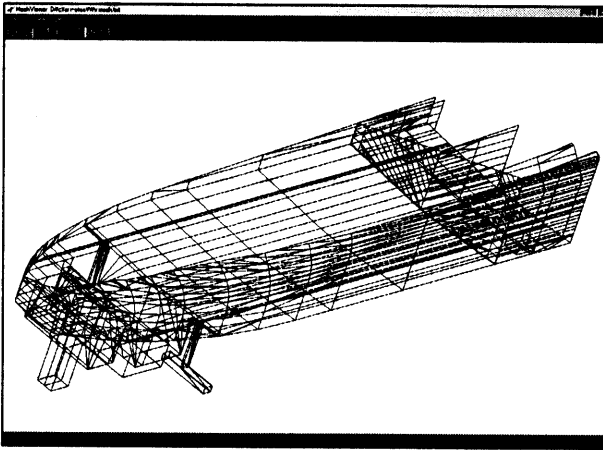
４．まとめ

本報告では、最適曳航支援システムにおける平成 13 年度に新しく追加した機能について詳述した。遭難船舶を想定して、その主要寸法から船体最終姿勢を求め、没水した船体に働く波漂流力を求めるまでのプロセスである。ここでは、任意の形状を有する船体（転覆・折損状態）についてのメッシュ自動作成プログラムを開発した。これは喫水、トリム、ヒールを与えれば特異点分布法等の数値計算の入力データとなる点で汎用性のある計算プログラムと考えられる。また、船体内の区画とも連動しているため、隔壁等の船体構造を考慮できることに特徴がある。

今後は、これまで開発された計算プログラムの調整、結合作業を行い、総合システムをして完成させる予定である。



図－２ 15 万トンタンカーの全船メッシュ作成例



図－３ 転覆・折損時の水面下のメッシュ作成例

参考文献

1)原正一、荒天下における航行不能船舶の漂流防等に関する研究概要（最適曳航支援システムについて）、第 74 回船舶技術研究所研究発表会講演集、平成 12 年 6 月
2)原正一、最適曳航支援システム（その 1．損傷船舶の最終姿勢）、第 1 回海上技術安全研究所発表会講演集、平成 13 年 6 月