

避難港における避難船挙動シミュレーションの開発*

Development of the refuge ship simulation in a port of refuge *

樋口直人**, 稲村肇***

By Naoto HIGUCHI**, Hajime INAMURA***

1. はじめに

環境問題への取り組みとしてモーダルシフトの重要性がよく議論されている。中でも内航海運については、フィーダー輸送に関する研究等、様々な研究および調査が行われており¹⁾、規制緩和が進むことによって内航海運の貨物量は増加するという旨の報告が多くなされている。

内航海運が活発になり、航行隻数が増加した時に考慮しなくてはならない項目の一つに避難港の問題がある。現在日本には36港の避難港があり、荒天時の船舶の避難先として運用されている。しかしながら避難港における避難可能な隻数は後述する避難水域原単位によって求められており、上限が定められている。また、近年公共投資への風当たりが強いことから、費用便益分析では便益の出にくい避難港を新たに整備することは難しい。そのため、内航海運が活発化することによって十分な避難先を確保することが困難になることが予想される。

そこで本研究では、避難港の運営方法に着目し、最適な避難可能隻数を新たに提案することで既存の施設を有効に活用することを目指す。そのために、避泊中の船舶の荒天時、特に台風時における挙動シミュレーションを開発し、開発したシミュレーションを用いて新たな避難水域原単位を推定することを目的とする。なお、シミュレーションの開発にあたっては、現在避泊状況の実態調査が行われている小名浜港のデータを元に作成する。

2. 避難水域原単位と実際の避難船の挙動

避難水域原単位とは「港湾投資の評価に関するガイドライン 1999²⁾」に定められている港湾内の静穏水域における、1隻の船舶の避泊に必要な水域面積のことで、表-1および図-1に示すように船型と水深から求められる円形の水域である。これは荒天時においては風向が時々刻々と変化することから、アンカーを中心とする円を設定することで、他の船舶との衝突を避けることを目的としている。

表-1 船型別避難水域原単位²⁾

項目	船型区分			備考
	100GT~ 500GT未満	500GT~ 1,000GT未満	1,000GT~ 3,000GT未満	
避泊水域 原単位の半径	145+2.5D	155+2.5D	180+2.5D	D:水深
	双錨泊	100	110	135
	単錨泊			-

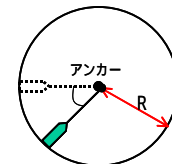


図-1 避難水域原単位²⁾

しかし実際には時刻とともに風向が変化する場合、図-1のRの値が大きくなると、アンカーの性質上、走錨してしまうため、ある程度Rの値が大きくなった時点で再投錨を行う必要がある。その際、先に投錨した位置と同じ位置に再投錨することで、最終的には一点を中心とする円で船舶を錨泊させることは可能であるが、隣接する他船舶との位置などの影響により、実際にはより狭い範囲で避難水域は運用されているようである。

そこで本研究においては、図-2右のような円よりも小さい範囲内で船舶を避難させているという仮定を置く。この仮定をもとにシミュレーションを作成し、実測データとの比較検討を行うことによって、実用性の高いモデル作成を行う。

*keywords: 港湾計画, 避難船シミュレーション

**学生員: 工修 東北大学大学院情報科学研究科

***F会員: 工博 東北大学大学院情報科学研究科教授
〒980-8597 仙台市青葉区荒巻字青葉06
TEL 022-217-7497, FAX 022-217-7494

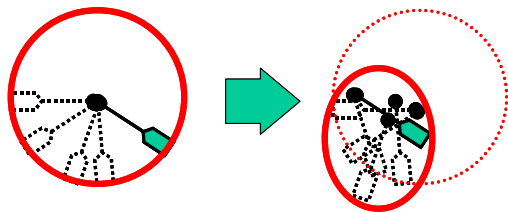


図 - 2 避難水域原単位のイメージ図

3. 避難船挙動シミュレーション

船舶の挙動シミュレーションに関しては、洋上を航海中のものについては過去様々な研究がなされており³⁾、操船シミュレータとして実用化もなされている。しかし、荒天時における錨泊中の船舶に関する航跡をシミュレートするモデルは存在しない。よって、本研究では実測データを元にした荒天時の挙動シミュレーションを作成する。

なお、今回対象とする船舶は、避難港の避難水域を利用する 100GT ~ 3,000GT 未満の小型船舶（貨物船およびコンテナ船）であり、対象とする港湾は小名浜港とする。

(1) 荒天時における避難船舶にかかる力

荒天時に錨泊中の船舶は、投錨したアンカーを中心とする円を描くように挙動するが、錨泊中の船舶にかかる力としては、風および潮流の影響が非常に大きい。ここではモデルの簡便化を図るため、これらの影響を一つの外力として考えることとし、外力の船舶に対する方向は風向と同一とする。当然ながらこの外力は船型毎に変化するため、船型毎のパラメータとして外力を設定する必要がある。本モデルの力学系を図 - 3 に示す。図中、 $F(t,s)$ は時間毎および船型毎に定義された外力による影響の大きさを、 (t) は時間毎の風向を、そして u は船舶の速度成分を示している。

なお、錨泊の方法には単錨泊と双錨泊の 2 種類が存在するが、本研究では荒天時を対象としているため、単錨泊を対象とする。

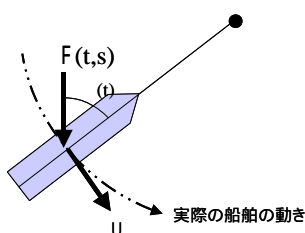


図 - 3 力学系

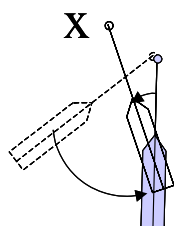


図 - 4 再投錨の定義

(2) 再投錨

2. で示したように、風の影響により一定の角度を移動した船舶においては、走錨を避けるためにアンカーを再投錨する必要がある。そこでまず、再投錨する位置を、図 - 4 に示すように、初期の位置から角度 θ だけ移動すると、船舶とアンカーを結ぶ直線に対して θ の方向へ距離 x の位置に再投錨するように設定する。この θ と x の各パラメータは実測データから船型別に推計され、それらを用いて避難船の挙動シミュレーションを行いことによって新たな避難水域原単位を推定することが可能となる。

(3) 複数船舶による避泊可能隻数の推定

(2) において得られる避難水域原単位を用いて、実際の港湾計画図上で作図することによって船型別の避難船舶の位置および隻数の推定を行うことができるが、それと同時に安全性のチェックを行う。具体的には、新たな避難水域原単位を元に複数の船舶をシミュレーション上で避泊させ、他の船舶との衝突ないかをチェックする。これにより、安全かつ最適な避難水域原単位を得ることができる。

4. おわりに

今回荒天時における避難船舶の挙動シミュレーションのモデル化を行った。これによってより効率的な避泊水域原単位を推定することが可能になる。しかしながら、シミュレーションに入力すべき各種係数が未定義のままである。そこで今後は現在小名浜港にて行われているビデオを使用した避泊状況の実態調査データを元にして各種係数を推定し、再現性の高いシミュレーションの開発、および完成したシミュレーションを用いた新たな避泊水域原単位の推定を行う予定である。

- 1) 例えば、運輸省第二港湾建設局：国内のフィーダーコンテナ貨物の流動調査研究報告書、1994 年
- 2) 港湾投資の社会経済効果に関する調査委員会：港湾投資の評価に関するガイドライン 1999、1999 年
- 3) 例えば、日本造船学会：第 3 回操縦性シンポジウムテキスト、1981 年