

I-146 信頼性手法によるシーバース稼働シミュレーション手法の開発(その1)

鹿島建設㈱ 正員 田辺寛明 鹿島建設㈱ 正員 山本正明
 鹿島建設㈱ 正員 松本 隆 鹿島建設㈱ 林 英輝

1. はじめに

石油備蓄基地等においてシーバースを計画する場合、その構造形式の選定及びバース数の決定は基本的かつ重要な問題である。これらの判断は、建設コスト、自然環境条件、必要なバース稼働率、安全性等を総合的に評価して行われているが、判断基準は必ずしも明確なものとはなっていないのが現状である。そこで、本研究ではこれらの判断をより客観的、合理的に行うために、確率論的概念を取り入れた信頼性手法を用いて、シーバースの稼働状況をシミュレーションする手法の開発を行ったものである。

2. シミュレーション手法の概念

一般にシーバースの稼働状況は、配船計画やシーバース構造形式及び建設地点における気象海象条件により大きく左右される。つまりシーバースにおける稼働状況をシミュレーションするためには、配船計画、構造形式、気象海象条件を設定した上で、タンカーの入港、着岸から離岸までを出来る限り現実的にモデル化を行えば良い。今回の研究では、配船計画、気象海象条件、タンカーの着岸荷役作業時間をランダムに変動する事象として仮定した上で、モンテカルロシミュレーション法によりシーバースの稼働状況を算定するものとした。図-1に、今回開発したシミュレーションの基本フローを示す。このシミュレーションの特徴は、タンカーの年間配船計画と人工気象海象条件の時系列グラフを設定した後、タンカーの着岸、荷役、離岸の各作業を、時系列グラフ上で入港から順次作業時間を計算しながらシミュレーションすることにより年間のタンカー稼働状況を求めていることである。この計算を繰り返すことにより年間のタンカーの稼働時間、作業待ち時間等の期待値を求めることが出来る。なお、人工気象海象条件は、FFT法(高速フーリエ変換)により設定した。詳細については別報告を参照のこと。

3. 配船計画

今回の研究では、出光興産(株)苫小牧シーバースを始めとし各地のシーバースにヒアリング調査を実施し、その結果を基に図-2に示す配船計画作成用フローを作成した。原油バースの場合、揚油量、タンカー配船数、配船時間に関するおおよその年間計画はあるが、石油市場、世界情勢等によりタンカーの配船状況はかなり変動する。このため、本フローでもタンカーの年間配船隻数、揚油量、配船日、入港時刻等を、建設対象地点における原油需給バランスに対応した乱数モデルにより決定することにした。苫小牧シーバースを対象とした場合、年間配船隻数、年間総揚油量を現地の実績からそれぞれ13隻~20隻、230万KL~330万KLの様な確率分布を仮定した上で求めている。また、タンカー一隻当りの揚油量は、入港するタンカーの大きさにより大きく変動しており、苫小牧シーバースの実績を例に出すと図-3に示すヒストグラムとなる。新しく建設するバースを対象とする場合には、入港するタンカーの大きさを仮定した上で揚油量の変動を考慮する必要がある。

図-1 シミュレーション基本フロー

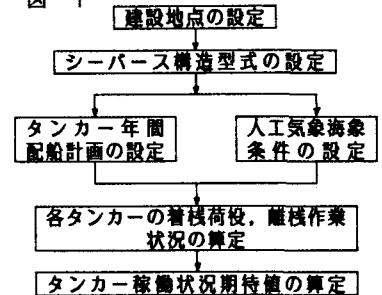
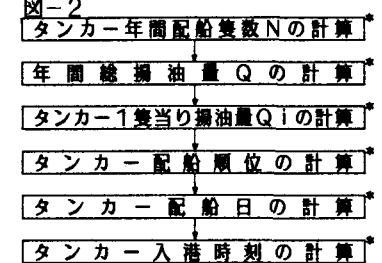
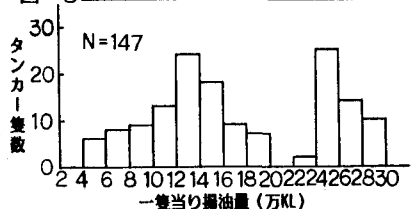


図-2 タンカー配船計画作成用フローチャート



*計算はすべて確率分布モデルに乱数を発生させて行う。

図-3 タンカー一隻当り揚油量ヒストグラム



4. 着栈・荷役作業フロー

タンカー入港後の着栈、荷役作業のフロー図を図-4に示す。この作業フロー図は配船計画の場合と同様に、各地のシーバースに対するヒアリング結果を基に作成したものである。このフロー図では、着栈、荷役作業毎に必要な作業時間を乱数モデルにより決定しており、着栈作業の開始、荷役作業の継続、中止を気象海象条件に応じて判断している。

① 着栈作業：タンカー入港後、シーバースへの着栈は、バースマスターと関係者の協議により決定されるものであり、作業開始時における気象海象条件が着栈限界条件以下で、かつ荷役作業終了予定時刻までの予測気象海象条件が荷役限界条件以下である場合に許可される。もし限界条件を越えている場合には着栈は許可されず、着栈許可待ちとなる。

② 荷役作業：タンカーの荷役作業中は、定期的（2時間毎）に気象海象観測値の検討を行うと共に、1日2回(10:30 17:00)出される気象海象条件の予測値についても検討を行い、作業継続又は中止の判断を行う。もし気象海象条件の予測値がさらに悪化する方向にある場合には、荷役を中止しローディングホースを切り離して緊急離栈する。緊急離栈後は一時港外に避泊し、気象海象条件が回復後再度着栈する。

5. 限界条件

シーバースの稼働状況に影響を与える気象海象条件として

は、各種の文献調査及びヒアリング結果より、有義波高 H_{+} 、有義波周期 T_{+} 、10分間平均風速 U を考慮することにした。また、各地のシーバースにおける限界条件及びタンカーの動揺特性から、図-5に示す限界気象海象条件を設定した。この図で、着栈限界とは着栈許可を出せる条件、荷役限界とはタンカーの荷役作業が継続できる条件、係留限界とはタンカーを係留したままでもシーバースに悪影響を及ぼさない条件をそれぞれ表わしている。タンカーの動揺特性を考えた場合、波高と周期の間に相関が認められることから、本研究でもこれを考慮した限界条件を設定した。

6. 気象海象条件の予測

気象海象条件の予測手法については、従来より多くの研究が行われており、その予測精度はかなり高いものとなっている。本研究では従来から行われている気象海象予測値と実際の観測値の分析に基づいて、予測値と観測値との誤差分布を求め観測値から逆算する形で着栈、荷役作業時における予測値を計算した。

図-6に予測誤差のヒストグラムの一例を示す。

7. 今後の課題

今回開発したシミュレーション手法は、シーバースの稼働状況を出来る限り現実に近い状況で再現することを目指しており、有効性を確認するため出光興産船苦小牧シーバースを対象地点としてシミュレーションを実施中である。今後は、最適配船計画の立案及びライフサイクルコストによる最適構造型式の選定等を行えるシステムとする予定である。なお、本研究にあたって貴重なデータを提供して頂いた出光興産船苦小牧シーバース及びヒアリングに協力して頂いたシーバースの皆様へ感謝致します。また、本研究をまとめるにあたって御協力頂いた当社の信頼性工学研究会のメンバーに深く感謝致します。

図-4 着栈・荷役作業モデル

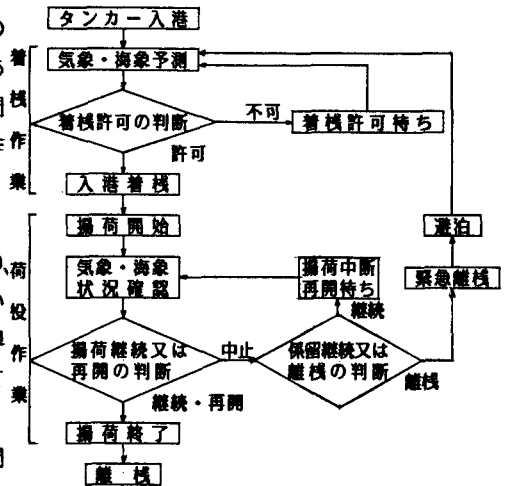


図-5 着栈・荷役・係留限界条件

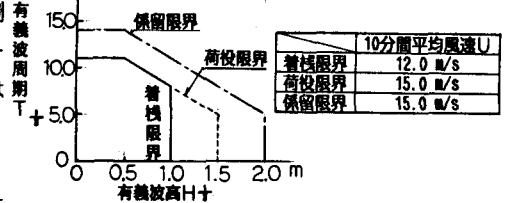


図-6 予測値誤差ヒストグラム

