

所 外 発 表 論 文 等 概 要

**鋼板の反発を利用した厚さ測定法の検討 (第2報)
- インパルスハンマによる方法 -**

Thickness Measuring Technique Based on
Repulsion Behavior of Steel Plates

(Second report)-Impulse Hammer Method-

島田道男、吉井徳治、成瀬健

平成16年7月

非破壊検査第53巻第7号

船舶は海洋環境で運用するため、船殻部材が経年的に腐食衰耗し、船体の構造健全性が徐々に低下する。定期的な船舶検査による腐食衰耗の把握と適切な修繕の実施により船体の構造健全性を確保している。しかしながら、経年的な船体劣化を原因とする海難事故が依然として発生している。そのため、船舶検査の適用方法と船舶検査技術の両面からの対策が重要になっている。

船体の腐食衰耗は、現在専ら超音波厚さ計によって行われているが、部材の腐食生成物の除去と腐食凹凸面の平滑化が必要であり、適用性が良くない。そこで、船舶検査において、錆落としや骨位置確認の目的で行われるハンマリングを計装化し、鋼板の厚さを測定する方法について実験的に調べた。

厚さの異なる鋼板におけるインパルスハンマ打撃荷重波形を収集し、波形特性値を抽出し試験片厚さとの関係を調べた。波形特性値としては、波形積分値(以下、荷重積分値と称する)、ピーク荷重、最大最小比(微分荷重曲線の最大値に対する最小値の比の絶対値)を抽出した。次に、厚さが特性値の4次式で表せると仮定し、その係数を重回帰分析で求めた。重回帰分析のデータとしては、6mm~25mmの7種の厚さの鋼板についてそれぞれ5回ずつ測定した計35の特性値データを用いた。また、特性値を4次式に代入し、試験片の厚さと比較し、厚さ推定精度を調べた。

荷重積分値、ピーク荷重、最大最小比は厚さの減少とともに低下し、半値幅は逆に厚さの減少とともに増加する傾向を示した。4つの特性値は、厚さが大きな領域では、値が飽和する傾向であった。

どの特性値においても厚さが大きい領域では、厚さ推定誤差が増大した。しかし、荷重積分値を用いた厚さ推定の誤差が小さく、6mm~19mmの範囲で最大0.5mm程度であった。半値幅による推定誤差は大きかった。

船舶に適用する場合を想定し、亀裂がある場合、裏面に隅肉溶接がある場合、測定面に塗膜や腐食による凹凸がある場合の推定誤差も調べた。隅肉溶接や亀裂は一定距離離れることによりその影響を避けることが出来た。塗膜は測定精度を大きく低下させるので、測定方法の改良が望まれる。腐食凹凸面も錆が潰れる現象により、大きな厚さの評価精度が低下することが分かった。

本推定法は、比較的薄い鋼板の厚さ推定には有効である。測定範囲を広げるための研究が実用化には必要と思われる。

**種々の外力を受ける船用玉形弁の安全性評価
Safety Evaluation of Marine Globe Valves
Subjected to Various Forces**

伊飼通明、綾威雄

平成16年10月

日本マリンエンジニアリング学会誌 第39巻10号

ダクタイル鋳鉄製船用玉形弁の新規格制定に際しては、ISO規格採用の適否と軽量化の可能性を明らかにしておく必要があった。そこで、船用玉形弁のJISF規格をISO規格に整合させるために内圧(耐圧)実験結果を基に安全性の確認を行い、船用弁の最適設計を行ってきたが、船用弁は内圧だけでなく建造時や航行時に配管を通して種々の外力(例えば、船がピッチングすれば船内に固定された配管も力を受け配管に接続された弁も外力として力を受ける)及び操作トルクを受ける。そこで、船用弁の設計上、これらの外力の影響を考慮する必要があるか否かを明らかにするため強度実験と強度解析を行った。その結果、5K80Aの船用玉形弁に作用する外力及び操作トルクについて以下のことが明らかとなった。

- (1) 表-1に実験による各外力の合成応力値を示す。E1からE4は図-1の弁箱上での位置を示す。玉形弁の設計基準である内圧負荷実験からE2での引張強度に対する安全率は21.6であり、業界の推奨値である8を大きく超えているが、さらに水平方向、垂直方向上向き外力が同時に作用するとE2での安全率が10.7に下がり、弁の設計時には外力を考慮して設計する必要がある。
- (2) 操作トルクは、玉形弁の安全率を低下させるのではなく、玉形弁の弁箱胴の強度の安全側に働く。

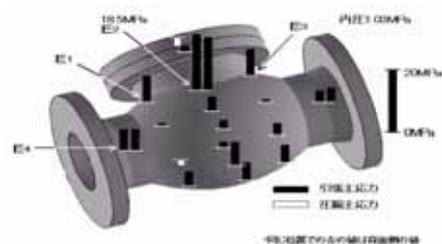


図-1 船用玉形弁の内圧実験結果

表-1 弁箱上の位置での各外力の合成応力値

弁箱上の位置	外力作用実験			
	内圧+水平+垂直下向き		内圧+水平+垂直上向き	
	主応力値 (MPa)	安全率	主応力値 (MPa)	安全率
E1	22.53	17.7	-0.08	—
E2	12.04	33.2	37.31	10.7
E3	21.80	18.3	0.16	—
E4	21.96	18.2	20.41	19.5

避航操船判断支援情報に関する考察

Study on decision making support information for
evasive maneuvering

有村信夫、沼野正義、福戸淳司、田中邦彦

平成16年5月

日本航海学会論文集第111号

海難事故統計によると、衝突事故発生時における操船者の69%は、衝突直前まで、相手船が衝突危険船であることを認識せずに衝突に至っている。

したがって、輻輳海域の衝突事故を防止して、航行の安全性向上を図るためには、衝突予防援助装置で航行の危険性を評価する指標要素に、船舶の諸元・性能特性と実船調査で得られる閉塞領域を取り入れて、航行実態に合った支援情報を操船者に提供する必要がある。

本考察では、ARPAの避航操船判断支援機能を向上するため、被験船の近傍で他船の侵入を避けている閉塞領域を実船調査で収集したARPA航跡データの解析で求めた。また、航行の危険性を判断する評価指標の「避航領域」は、閉塞領域の大きさと船舶の諸元及び操縦性能特性を取り入れてモデル化した。さらに、避航操船判断支援情報としては、衝突の危険性の高い避航領域への他船の侵入を避けるために必要な回避幅の情報を表示する支援方式を提案した。そして、避航操船判断支援情報に係わる回避幅情報の適応性は、実海域で収集したARPAデータを用いたシミュレーションで検討した。

考察の結果は、次の通りである。

操船者は、回避幅情報から自船針路と避航領域の離間距離の余裕、針路上の衝突の危険性、及び、自船・相手船の避航操船の効果を瞬時に把握することができる。

回避幅情報は、他船情報と重畳することが少ないので、狭水域航行時の複数船舶との見合い状態においても適応できる。

したがって、回避幅情報は、避航領域に関する注意喚起の警報情報として、また、避航操船判断時の支援情報として有効であることが分かった。

Applicability of Spatially Periodic Boundary Conditions to Numerical Computation of Flow in a Channel obstructed by an Array of Square Rods

角柱列を挿入した平行平板間流れの数値解析

における周期境界条件の適用妥当性

村田裕幸、澤田健一、鈴木健二郎

平成16年8月

Heat Transfer-Asian Research Vol.33,Issue6

乱流のように不規則性が顕著ではないが、非定常性を持つ流れにおける熱伝達は、定常流下の熱伝達より良好なことから、実際上の重要性が少なくない。このため、例えば平行平板間に単一角柱を挿入して不安定化させた流れに関して研究が行われている。しかし、実用上の見地からは、複数の物体を流れ方向に周期性を持って配置する場合などの、より実機に近い系を取り上げることが有意義である。流れ方向に周期性を持つ流れは、若干の研究例を除けば、ほとんど研究されていない。流れ方向に幾何学的な周期性を持つ流れを解析する場合、流れ場の幾何学的最小周期単位を計算領域としてその前後で流れ場の周期性を仮定するのが実用上簡便である。しかしながら、非定常流について、このような方法で得られた解の妥当性について検討した例は見当たらない。

本研究では、平行平板間流路に複数個の角柱を流れ方向に等間隔で挿入した場合の非定常流を取り上げ、計算領域の入口・出口に周期境界条件を適用して、その流動挙動を数値解析した。一般に、計算結果は境界条件に支配されるため、流れ方向に周期境界条件を適用すると、そのことが計算結果を拘束することになる。この拘束度は計算領域を拡大するにつれて次第に低下する。そこで本研究では、角柱寸法、流路レイノルズ数、角柱の配列ピッチを変化させた系に対して、単位周期領域を複数個連結して計算領域の大きさを変化させた計算を実施し、その影響を検討した。

その結果、計算領域の大きさによって計算結果が変動する場面があることを見出し、流れ場の最小周期単位を計算領域として周期境界条件を適用する取り扱いが、限られた流動条件でのみ物理的に妥当と判定できることを明らかにした。なお、計算結果が変動する場合、ストローハル数と揚力係数の振幅が計算領域の大きさに敏感に反応するのに対し、抗力係数は殆ど変化しない。また、計算領域の大きさによらず解が一意に定まる場合の流動特性について検討し、ストローハル数、抗力係数、揚力係数の振幅が閉そく比の増大に伴って顕著に増大することを見出した。

Development of portable free-air ionization chamber as an absolute intensity monitor for high-energy synchrotron radiation up to 150 keV

150keV高エネルギーシンクロトロン放射の絶対強度モニタとしての可搬型自由空気電離箱開発
成山展照 岸紀行 大西世紀
平成16年6月

Nuclear Instruments and Methods
in Physics Research Vol.524,Issues1-3

高エネルギーシンクロトロン放射の強度モニタとして、平行平板型自由空気電離箱を開発し、モンテカルロ放射線輸送計算コードEGS4を用いて電離箱の性能を計算した。

電離箱では電離により生じた電子を電極へ導き、電流量として放射線強度を測定する。このため半導体検出器等に比べて放射線による損傷を免れるという利点があるが、正確な測定を行うためには箱内からの電子流出及び箱外からの電子流入が問題となる。このため今回開発した電離箱では壁材料に厚さ10mmのステンレス板を用い、これらの開口部を入り口側10×150mm、出口側20×160mmとした。

電離箱の性能解析にはEGS4を用いた。EGS4はGeV領域での素粒子実験解析を目的とし、SLAC(スタンフォード大学線形加速器センター)で開発されたが、近年KEK(高エネルギー加速器開発機構)において数十keV領域での物理過程の改良が行われ低エネルギーから高エネルギーまで広く対応できるようになっている。電極間隔を8.5cmにしてEGS4で電離箱外への流出電子割合を計算したところ70keV以下では0.5%以内、70～150keVでは2.7～3.3%、150keVでは1.1%程度という結果を得た。入射光子の直線偏光による効果を考慮しなければ、入射光子エネルギーが70～100keVの場合流出電子割合が4～5%に、同150keVの場合3%にまで増加した。

他の放射線検出器との比較を行うため、今回開発した電離箱を用いてSPring-8で50～150keV領域での放射線強度を測定した。比較する対照はカロリメータにより較正済みの自由空気電離箱(電極間隔5cm)及び、Si-PIN型フォトダイオード検出器とした。直線偏光を考慮したモンテカルロ計算の結果から予想されるように、これら測定器の結果は70keV以下で1.3%、70～100keVでは2.2%、150keVでは1.0%の範囲で良好一致を示した。今回開発した電離箱を用いて3%以内の誤差で光子強度測定を行うことができ、と結論付けることができた。

マイクロバブル流れの二相乱流構造

Two-Phase Turbulence Structure in a Microbubble Flow

川島久宜, 北川石英, 菱田公一, 児玉良明
平成16年9月

日本機械学会 2004年度年次大会講演論文集

タンカーなどの肥大船が水から受ける抵抗の多くは摩擦抵抗であり、性能向上を得るためにこれを低減することが望まれている。摩擦抵抗低減法として、微小気泡(マイクロバブル)を用いた方法が注目されている。この方法は、低減効果があることは確認されているものの、そのメカニズムは未だ説明されていない。本研究ではマイクロバブルを用いた摩擦抵抗低減メカニズムの解明を目的として、水平チャンネル内のマイクロバブル流れに対し可視化計測を行い、気泡と気泡周囲の液体との相互関係について調べた。可視化計測では、同一時刻・平面における液相、気泡の画像を2台のカメラにそれぞれ撮影する。液体の計測にはLIF法を用い、液体中の蛍光粒子に対してPTV法により速度場を求める。一方、気泡は近赤外を背景光としたバックライト法を用いて撮影した。上述した計測法を用いて以下の知見を得た。

1. マイクロバブル流れ中の気泡は、液相のレイノルズ応力を低下させる働きがある(図1参照)。
2. 気泡の変形が大きくなるほど、気泡周囲における速度変動成分の負の相関頻度(N_i/N_T : $N_i: u'v' < 0$ となる個数, N_T : 解析に使用した総数)が多くなる(図2参照)。負の相関頻度の増加は乱流を等方性へと変化させ、せん断応力を低下させることから、気泡の変形がマイクロバブル流れにおいてせん断応力を低下させる原因であると言える。

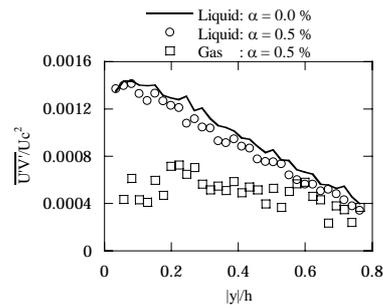


図1 レイノルズ応力分布

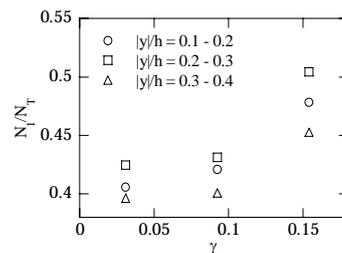


図2 気泡の変形と負の相関頻度

船舶に搭載した電磁誘導センサによる海氷厚の観測

Observation of Sea Ice Thickness using
a Ship borne Electromagnetic-inductive Sensor

宇都正太郎、下田春人、泉山耕
館山一孝、牛尾収輝

平成16年7月

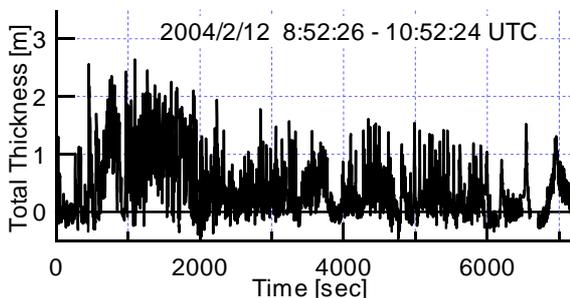
第32回可視化情報シンポジウム講演論文集

海氷の厚さは地球の気候システムの形成及び変動のメカニズムを明らかにする上で非常に重要なパラメータである。また工学的な見地からは、船舶や氷海域に設置される構造物に作用する氷荷重に最も影響を及ぼすパラメータの一つである。しかしながら海氷厚に関する我々の知見は非常に限られている。これは一般に海氷観測の機会が少ないことに加えて、海氷の厚さをリモートセンシングで観測し得る手法に限られていることによる。

本報告では、はじめに海氷厚の観測手法全般について、観測に用いるセンサ及びプラットフォームの2つの観点から記述した。さらに代表的な海氷厚観測手法の一つである電磁誘導法について観測の原理を解説した。

氷海航行能力を有する船舶は海氷観測の有力なプラットフォームの一つである。船舶による観測には砕氷能力による制約上、観測海域が限定されることや、容易な氷況を選んで航行する傾向がある等の欠点はあるものの、定期的なミッションを有する船舶では、毎年ほぼ同一の氷海域を、ほぼ同一時期に観測できる。

このような利点を鑑み、海上技術安全研究所では南極昭和基地周辺及び北海道沿岸オホーツク海域において長期にわたる海氷厚のモニタリング観測を実施している。初期の観測では簡便なビデオによる氷厚観測を実施していたが、南極では2000年12月以来、またオホーツク海では2004年2月から小型の電磁誘導センサを用いた観測を実施中である。本報告ではこれらの観測結果の概要を紹介し、本手法による海氷厚観測の有効性を示した。



オホーツク海で観測された観測結果の一例
(氷厚と積雪深の和の時系列データ)

Fatigue Life Assessment for Welded Structures without Initial Defects

: An Algorithm for Predicting Fatigue Crack
Growth from a Sound Site

初期欠陥を考慮しない溶接構造物の疲労寿命評価：
健全部から発生した疲労き裂の成長予測
のためのアルゴリズム

豊貞雅宏、後藤浩二、丹羽敏男

平成16年9月

International Journal of Fatigue Vol.26, No.9

本論文では、応力集中部から発生した疲労き裂に対して、初期欠陥を考慮することなくその寿命を推定可能な新たな疲労寿命評価法を提案する。

この評価法では、からのように疲労き裂が成長するものと仮定する。すなわち、

応力集中部からせん断モードのき裂が発生・伝播する。せん断き裂が最初の結晶粒界に達した時点でき裂の開閉モードが現れる。

成長とともに、き裂の変形モードはモード（せん断型）からモード（開閉口型）に変わる。

その後、き裂開閉口モードにより疲労き裂は伝播する。

さらに、形状等が異なる2つのき裂体を考えた場合、応力拡大係数範囲が同じであれば、両者は同様なき裂成長をするものと仮定する。

このような仮定のもと、問題となるき裂体(たとえば、溶接構造物の構造的連続部(応力集中部)から発生・伝播する疲労き裂)のき裂長さ a と応力拡大係数 K との関係が、貫通き裂が存在する無限板中のき裂長さ a と応力拡大係数 K の関係と等しくなるような分布応力(等価分布応力)を定義する。このように定義すると、外力が作用することによりき裂体に生じる応力ならびに溶接残留応力は、等価分布応力に換算できるので、この等価分布応力を、著者らが開発した疲労き裂開閉口シミュレーションコードFLARPに適用し、無限板中のき裂問題として解くことにより、溶接構造物の構造的連続部から発生・伝播する疲労き裂の寿命が、初期欠陥を考慮することなく近似的に推定可能となる。

また、上記の健全部から発生・伝播した疲労き裂の成長予測のためのアルゴリズムの有効性は、ガセットタイプの疲労試験片を対象に、推定値と実験値を比較することにより確認した。

Fatigue Crack Propagation for a Through Thickness Crack

: A Crack Propagation Law Considering Cyclic Plasticity near the Crack Tip

板厚貫通き裂の疲労き裂伝播：
き裂先端近傍の繰り返し塑性挙動に着目した
き裂伝播則
豊貞雅宏、後藤浩二、丹羽敏男
平成16年9月

International Journal of Fatigue Vol.26, No.9

本論文では、疲労き裂伝播中のき裂先端近傍における1サイクルの挙動を詳細に考察することにより、き裂先端近傍に非可逆的な挙動が現れないかぎり疲労き裂は成長しないとの仮定のもと、負荷過程において、き裂先端に引張の塑性域が形成される荷重(RPG荷重: Re-tensile Plastic zone Generated Load)から最大荷重に至る荷重範囲がき裂進展に寄与するものと考え、この荷重範囲に相当する応力拡大係数範囲 K_{RPG} が疲労き裂伝播速度を律するパラメータとして提案した。

そして、このパラメータを用いることにより、応力比ならびに荷重履歴の影響を定量的に評価できること、 K やき裂開口荷重を規準とする K_{eff} を用いた場合、下限界現象が現れるが、 K_{RPG} を用いた場合には、下限界現象は現れず、 K_{RPG} と疲労き裂伝播速度との間には両対数グラフ上で直線関係が成立することを実験的に確認した。このことより、下限界現象は適当でないパラメータを用いることにより見かけ上生じるもので、材料固有の値ではないことを明らかにした。

また、Dugdaleモデルを基礎とした任意応力分布下における疲労き裂開閉モデルを提案し、板厚貫通き裂に対してその疲労き裂伝播挙動を推定可能な解析プログラムを開発した。なお、ここで提案した疲労き裂開閉モデルは、Newmanが提案したモデルをもとに、解析対象を任意応力場まで拡張し、き裂面に弾完全塑性体の棒要素を配置することにより、き裂開口荷重ならびにRPG荷重を推定する際には、き裂前方の応力の再配分を考慮し、さらに、き裂が進展する際に塑性的な変位収縮を考慮している。

そして、種々の負荷条件(応力比、負荷履歴、過大荷重等)や残留応力場における疲労き裂伝播問題に適用することにより、開発した解析プログラムの有効性を確認した。さらに、 K_{RPG} が疲労き裂伝播速度を律するパラメータとなりうるのかその物理的意味を明らかにした。すなわち、 K_{RPG} は1サイクル中にき裂先端近傍で塑性挙動が繰り返される領域長さと密接な関係にあることを明らかにした。

Development of Supporting System for Emergency response to Maritime Transport Accidents Involving radioactive Material

放射性物質を含む海上輸送事故に対する緊急時対応支援システムの開発

小田野直光、松岡猛、鈴木浩
平成16年9月

Proceedings of the 14th International Symposium on Packaging and Transportation of Radioactive Materials

海上技術安全研究所では、国土交通省からの委託により、放射性物質海上輸送の事故時における規制当局の緊急時対応を支援するため、海上輸送に係る原子力事故評価システムの構築を行っている。本論文では、海上輸送に係る原子力事故評価システムの概要について述べるとともに、評価システムに基づく緊急時対応のあり方を検討した結果について議論する。

原子力事故評価システムの構築では、放射線等の潜在危険性を把握するため、放射線影響評価プログラム、大気放出時被ばく影響評価プログラム、および海洋放出時被ばく影響評価プログラムを整備するとともに、事故時の運用に有益な情報を提供するため、シミュレーション結果を可視化する機能と、各種のデータベースを整備した。データベースには、各輸送物の核種組成など事故時評価のための入力データ、および輸送容器・運搬船等に関する情報が含まれている。

開発した事故支援システムを検証するため、事故評価システムをIAEA-TECDOC-1231「放射性物質の海上輸送事故の過酷さ、確率、リスク」に記載されているもの同様の条件の仮想的な沈没事故に適用した。その結果はIAEA-TECDOC-1231に記載されているものと同レベルのものであり、また、計算時間も非常に短いので、迅速な対応をするための素早い判断のために使用することが可能である。

緊急時対応のあり方の検討として、遮へい性能喪失事故および密封性能喪失事故の想定を行い、事故想定に基づき評価プログラムにより事故時の影響を評価した。影響評価プログラムの結果および「放射性物質の事故時における緊急時対応の計画作成および準備(TS-G-1.2)」に基づき、放射性物質海上輸送の事故時の緊急時対応のあり方を検討した。さらに、その検討を踏まえ、原子力事故評価システムの運用計画を作成した。

構築した原子力事故評価システムは、事故想定シミュレーションによる緊急時対応計画の十分性の確認、および事故評価シミュレーションによる事故発生時の対応支援に活用していく予定である。さらに、事故時の線量及び放射性核種濃度の測定値からの逆解析による輸送物の被害状況の把握について検討する。

Radiation Safety in Sea Transport of Radioactive Material in Japan

日本における放射性物質の海上輸送時の
放射線安全性

小田野直光、柳博之

平成 16 年 9 月

Proceedings of the 14th International Symposium on
Packaging and Transportation of Radioactive Materials

日本における核燃料サイクルにおいて、放射性物質の海上輸送は非常に重要な役割を果たしている。近年では、原子力の研究、開発及び利用の拡大に伴い、放射性物質の輸送量の増加と輸送形態の多様化が進んでおり、放射性物質の海上輸送時の安全確保は重要な課題のひとつである。本論文では、放射線防護の観点から、近年の日本における放射性物質の海上輸送の安全確保について、輸送作業従事者の被曝線量実績データと放射性物質運搬船上での線量率分布測定データに基づき検証する。

放射性物質の海上輸送時の放射線防護について議論するにあたり、輸送する放射性物質の放射線量及び輸送実績を考慮し、対象とする輸送物は、日本国内で各原子力発電所から六ヶ所村の施設へ搬入される使用済燃料及び低レベル廃棄物とした。

個人被曝線量の実績という観点からは、むつ小川原港における海上輸送作業のうち荷役作業に従事した作業員(輸送会社社員、荷役作業員、放射線管理作業員)の被曝線量を整理した。調査の結果、近年の作業員の被曝線量データは輸送規則で定める線量限度と比較して十分低くなっていることが示された。また、専用運搬船の乗組員及び船内に一時的に立ち入る者に対する線量データは線量計の検出限界以下であった。これらの事実は、専用運搬船内の線量が非常に低いレベルであることを示している。また、海上輸送従事者に対する被曝線量調査の結果を海外での他の輸送モードにおける調査結果と比較するため、海上輸送作業従事者の年度毎の総線量と各年度に輸送された輸送物の全輸送指数から、輸送指数当たりの集団線量を算出した。

放射性物質運搬船の船内での線量率分布については、低レベル放射性廃棄物運搬船及び使用済核燃料運搬船において、海上技術安全研究所で測定を実施してきた。その結果、船内の線量率は、日本の輸送規則で定める基準と比較して十分低くなっていることが明らかとなり、運搬船の乗組員の被曝線量実績が非常に低いことを証明するものである。

以上より、日本における放射性物質海上輸送時の船内及び荷役における放射線安全が十分に確保されていることは明らかである。

Steady Drifting Motion of Disabled Ships in Wind, Wave and Current

航行不能船舶の風・波・潮流中の定常漂流運動

上野道雄、二村正、宮崎英樹、原正一、

星野邦弘、湯川和浩、山川賢次

平成16年10月

Proceeding of ICCGS (International Conference on
Collision and Grounding of Ships) 2004

航行不能船舶の漂流が、重大な環境被害をもたらす座礁等の海難事故につながらないようにするためには、気象海象等のデータを用いた漂流予測とこれに基づく航行不能船舶の曳航等の対策が必要となる。その際に基本となる漂流予測は、予測される海域における気象海象条件下でどちらの方向にどの程度の速度で漂流するかといった定常漂流状態の予測になると考えられる。

本報告では、まず、航行不能船舶の定常漂流状態を斜航流体力と風の力、波の力を考慮して釣合方程式を解くことによって解析した。その結果、風と波と潮流の複合外乱下において複数の解が得られることを示した。次に、複数の定常漂流状態の存在を調べるため、波浪中の漂流実験を実施した。その結果、同一の長波頂規則波の条件下で、左右対称な2組の定常漂流状態が確認された。この事実は複数解の存在に関する上述の解析結果と対応するものと考えられる。次に、実際の漂流事例を解析し、事例と同じ風と潮流の条件で定常漂流状態の推定計算をおこなった。対象とする横傾斜した航行不能船舶に関する流体力データが得られず、類似船型の直立時のデータを用いたため、得られた複数解には漂流速度と漂流方向、船首方位がすべて漂流事例と一致する解はなかった。しかし、漂流方向や船首方位においてはほぼ一致する解が得られた。さらに、実海域で漂流実験を実施し、実船の漂流運動データを収集した。実験時の気象・海象データと模型実験データに基づく計算結果と実海域の漂流運動データを比較検討して、計算結果が示す漂流運動の解が実際の漂流運動をよく説明する解を含んでいることを示した。

本報告で示した推定手法を用いて定常漂流状態を推定することは、海難事故現場において漂流する航行不能船舶に対する救助対策の立案等に役立つものと期待される。

ただし、船舶が航行不能となる原因は様々で、本報告で示した例のように大きく横傾斜した状態のほかにも大きなトリムがついた状態や船体の一部が折損した状態などもあり得る。したがって、より精度の高い推定のためには、多様な船型と船の状態に対する斜航流体力と風および波の力の推定法の開発が必要と考えられる。

Numerical Simulations of Breaking Waves around an Advancing Ship by an Unstructured NS Solver

非構格子NSソルバーによる進行する船舶
まわりの砕波の数値シミュレーション

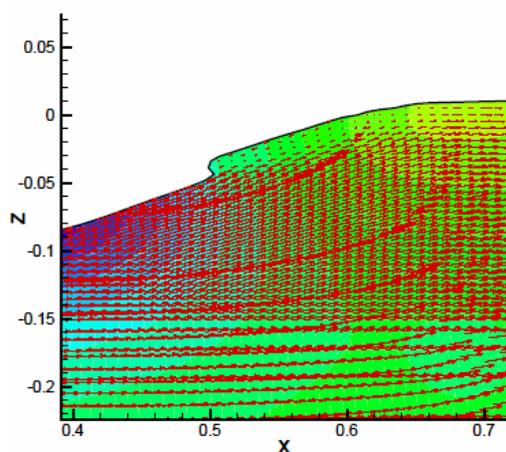
日野孝則

平成16年8月

Proceedings of 25th Symposium on Naval
Hydrodynamics

CFD(計算流体力学)は船舶設計における性能推定ツールとしてよく用いられるようになってきた。しかし、現状のCFD手法では容易に解析できない流体现象も残っている。船舶まわりの自由表面流れでしばしば観察される、砕波もそのような現象の一つである。砕波は、界面のトポロジ変化や水と空気の干渉、エネルギー散逸などの複雑な物理現象がその本質であり、そのシミュレーションは困難である。一方で、ある種の船舶にとって砕波抵抗は重要な抵抗要素であり、その解析は性能予測に不可欠である。したがって船舶設計用のCFDは砕波を扱えることが望ましい。本論文では、海技研で開発中の非構格子ナビエ・ストークス・ソルバーを用いて、船舶まわりの砕波のシミュレーションを試みる。本手法は自由表面の扱いに界面捕獲法を用いており、波面の大規模変形に対応することができると期待される。

単純化された肥大船型を対象としてシミュレーションを行い、海技研の持つ計測データベースと比較した。その結果、船首前方のいわゆるsurging breakerは再現されなかったが、船体中央部での波の変形はある程度までシミュレートされた(下図)。砕波のシミュレーションを可能にするためには、格子解像度の向上の他、非定常流れとして扱うこと、水と空気の干渉をモデル化することなどいくつかの要素を検討する必要がある。



図：船体中央部での砕波

Simulating Experiments of CO₂ Ocean Storage with a Large High-pressure Tank

大型高圧タンクを利用したCO₂深海貯留の
陸上模擬実験

中島康晴、城田英之、小島隆志、山根健次、
綾威雄、波江貞弘

平成16年9月

Proceedings of 7th International Conference on
Greenhouse Gas Control Technologies

化石燃料から排出される二酸化炭素(CO₂)を排ガス中から分離・回収し、水深3,500m以深の深海底に貯留するCO₂深海貯留は、地球温暖化を抑制する革新的技術の一つとして注目され、海技研において研究を行っている。これまでの研究から、貯留したCO₂が海洋環境へ及ぼす影響を評価する必要性が認識されているため、海技研は米国及びノルウェーの研究機関とともに海洋環境影響評価を目的とする国際共同研究を実施している。本研究では、実海域実験及び数値シミュレーションとともに、大型高圧タンクを用いた陸上模擬実験を実施し、CO₂液滴からのCO₂の溶出特性について検討している。本報では、球体からの溶出速度の推定に広く用いられているRanz-Marshallの式を利用して溶出速度を推定し、これと実験結果との比較について報告する。

実験では、圧力30MPa、温度278~280K及び281~285Kの静水中に約2kgのCO₂液滴を2日間にわたって静置し、液滴径の変化および周辺におけるpHの変化を測定した。実験に使用した大型高圧タンクは、内径1.1m、深さ3.0mの円筒型高圧容器であり、高圧ガスを使用する場合の最大耐圧は40MPaである。内部には熱電対、pHセンサ、モニターカメラ等が設置され、圧力、温度、pH、内部映像等のデータを収集、記録することが可能である。

実験の結果、液滴表面には実験開始後すみやかにCO₂ハイドレート膜が生成し、実験期間中を通じてこの膜が存在することが確認された。液滴径については、実験で観察された変化は、液滴周囲に流れがある場合の計算結果よりはるかに小さいが、流れなしの場合の計算結果よりは大きなものであった。実験では、液滴の周囲に人為的な流れは生じさせていないものの、自然発生的なわずかな擾乱は観察されており、このような擾乱が液滴からのCO₂の溶出を促進させていることが示唆された。また、pH測定については、いずれの測定位置及び温度域においてもpHは低下したが、pH変化の大きさは測定位置及び温度により相違した。CO₂を貯留したタンク底面から離れるにつれてpHの変化は急激に小さくなり、底面付近にCO₂が高濃度に溶解した密度成層が形成されることが示唆された。また、温度の低下によってpHの変化は抑制されており、この結果は、推定された溶出速度における温度依存性と定性的に一致した。

GO-FLOW手法による船舶推進プラントのシステム安全評価

System Reliability Evaluation for Shipboard Propulsive Plant Using GO-FLOW Methodology

桐谷伸夫

平成16年9月

日本マリンエンジニアリング学会誌第39巻9号

近年、大規模システムにおいては十分な信頼性・安全性を確保しつつ保守コストを低減することを目標として、事後保全と予防保全、更には予知保全までの最適な組み合わせによる保全作業実施を指向したRCM(Reliability Centered Maintenance)技術が考えられている。ここでRCMの前提あるいはバックグラウンドとなるものは、対象システムや機器の信頼度の現状評価であることは言うまでもない。すなわち、実利的な数値的解析結果に基づく信頼性評価が重要であり、かつ必要要件と考えられる。この観点において、海上技術安全研究所では11万件を越えるフィルードデータに基づく船舶信頼性情報データベースが運用されていることから、実利性の高い船舶の安全評価を実施することが可能となっている。また、GO-FLOW手法は海上技術安全研究所において開発されたシステム安全解析手法のひとつであり、運転時間要素を取り込むことが容易である点に大きな特徴を持つものである。

本論では、主機や燃料油系、発電原動機系などの様々なサブシステムから構成される船舶推進プラントに注目して、その安全度をGO-FLOW手法によって定量的に評価することを実施した。特にプラントを構成する各サブシステムが持つ従属性を考慮し、逐次処理によって収斂されたプロペラの正常稼働、換言するならば推進機能の正常維持を安全評価の対象とした。更に一般故障情報のみならず、重故障(その機能不全により主機の停止や減速をもたらす故障)を対象とした信頼性情報の導入により、船舶の推進機能維持に対する安全評価を運転時間に基づいて行った。

GO-FLOW手法による安全評価の結果、船舶推進プラントを構成する機器のいずれかに故障の発生する確率(Pf:正常稼働失敗確率)は運転約70時間で0.5となり、運転約400時間で上限に漸近(Pf=1)することが明らかとなった。一方、船舶の航行機能喪失の確率は運転約156時間で確率0.5となり、運転約1,400時間で上限に漸近することも明らかとなった。また完全な予防保全が発電系サブシステムに施された場合、推進プラントへの機能喪失の確率低減効果は、運転約200時間において約0.1である。

これまでの研究により船舶推進プラントを構成する各サブシステムのGO-FLOWモデル化が順次達成され、本論においては船舶推進プラント全体を対象としたGO-FLOWモデルが構築された。このモデルは、船舶に止まらず大規模システムや設備の定量的な安全評価を可能にするテンプレートモデルとなるものであり、高い汎用性を持つものである。このような定量的評価の観点からのシステム安全評価の実施は、本論で対象とした船舶推進プラントのみならず、様々なシステムや設備、機器の構築においても重要な要件となるものである。

CFRP製ライザー管の継手構造に関する研究 Research on the Joint Structure of CFRP Riser Pipe

渡辺喜保、安藤裕友、鈴木英之、稲崎洋一

平成16年7月

日本造船学会論文集第195号

本研究では、多重トラップロック構造をもつCFRP製ライザー管の設計コンセプトの明確化および4,000m水深に耐え得るCFRP製ライザー管の開発を目的とする。ここでは、類似の構造をもつジャッキアップリグ用脚固定装置に関する一連の研究成果を参考にして多重トラップロック構造をもつCFRPライザーの試設計を行い、実験模型5体を製作し、模型実験および有限要素法解析を行い、それらの結果を比較検討した。その結果として、以下の結論を得た。

(1)有限要素法解析による計算結果は基準模型の実験結果とほぼ同じ傾向を示したことにより、有限要素法解析はCFRP製管と金属コネクタとの複雑な継手構造をもつCFRP製ライザー管の挙動の推定に有効であることが確認された。

(2)CFRP製管と金属コネクタの互いにかみ合う7つの山を、1山ずつ荷重が伝達しないと仮定して求めた荷重と、CFRP製管表面の歪の関係を実験によるものと比較し、CFRP製ライザー管継手構造の破壊プロセスを推定することができた。

(3)実験後のCFRP製管断面の観察結果にもとづき、ヘリカル層を締め付けるフープ層内の亀裂の経路を仮定した有限要素法解析により求めた荷重と、CFRP製管表面の歪の関係を実験によるものと間に良い相関が得られ、これによりCFRP製ライザー管継手構造の破壊プロセスを明確にした。

(4)1~25tonfの引張繰り返し荷重を100回載荷した繰り返し試験結果から、ヘリカル層を押さえつけるフープ層に亀裂が発生したにもかかわらず、実験結果として得た荷重・歪関係は繰り返し数が増加してもほとんど変動がないことから、今後繰り返し数の多い疲労試験による確認が必要であるが、フープ層に亀裂が発生しても継手構造の機能が健全である可能性が示された。

(5)ヘリカル層を次の山の頂上を覆うように延長し亀裂発生部を補強した補強模型の実験結果から、最終強度が基準模型の約1.3倍になったことおよび荷重が約15tonfになるまで亀裂が発生しなかったと推定されたことにより、亀裂発生点の構造を工夫することが効果的であることがわかった。

(6)最外層であるフープ層を増厚した補強模型の実験結果から、最終強度が基準模型の約2倍になったことにより、ある厚さのフープ層でヘリカル層を押さえつけることが効果的であることがわかった。

Classification of Hydrate Formations Basing on the Difference of Chemical Potentials

化学ポテンシャル差に基づくハイドレート生成形態の分類

綾威雄、小島隆志、城田英之、山根健次、
中島康晴、波江貞弘

平成16年8月

第32回国際地質会議講演要旨集

ハイドレート生成条件下では、ハイドレート共存溶解度と非共存溶解度の二つの溶解度が存在する。前者はハイドレートそのものの溶解度であり、後者はゲスト分子の溶解度である。これは、ハイドレート飽和溶解水の化学ポテンシャルの方がゲスト分子飽和溶解水の場合より低く、より安定であることを示している。従って、溶液、ゲスト分子単体とハイドレートの3相が共存する状態では、3相平衡条件下でない限り、常に非平衡となっている。このゲスト分子と溶解水との化学ポテンシャル差がハイドレート生成の基本的ドライビングフォースである。

化学ポテンシャル差の作用方法が幾つかあることに注目し、ハイドレート生成を以下の4種類に分類した。

1. 静的生成：ポテンシャル差に起因するゲスト分子のフラックスが拡散現象により支配される生成様式で、溶解水側の拡散により支配される「水側拡散支配」と、ハイドレート膜内の拡散により支配される「ハイドレート内拡散支配」に細分される。
2. 動的生成：ゲスト分子と水分子との直接接触が連続的または断続的に持続する場合の様式で、上述の化学ポテンシャル差が直接作用するため、ハイドレート生成は極めて速く、様々な様相を示すハイドレートが生成する。直接接触が持続するメカニズムの解明は工業的価値が高く、今後の解明が待たれる。
3. 析出：ハイドレート溶解度は高温ほど大きいため、高温(10 程度)で飽和状態の溶解水を冷却(2 程度)すると、過飽和となったゲスト分子が突然ハイドレートとして析出する。析出が始まるまでには相当な待ち時間を要するが、一旦析出が始まると生成速度は動的生成に匹敵するほど速い。析出をうまくコントロールできれば工業的価値が生まれる。
4. 非生成：ハイドレート生成条件下であるにもかかわらず、生成しない状態のことである。非生成状態がかなり安定であるため、一様式として理解する方が、ハイドレート生成全体を把握するために必要である。

以上の生成様式の分類は、ハイドレート生成に関わる様々な未知現象の解明に役立つものと期待される。

衝突によるタンカーからの大規模油流出事故防止プロジェクトにおける船舶衝突解析事例

Some Examples of Ship-to-Ship Collision Analysis on the Project of Preventing Disastrous Oil Spill from Struck Oil Tanker Ship

山田安平、遠藤久芳

平成16年9月

LS-DYNA&JMAGユーザ会議2004

当研究所では、衝突によるタンカーからの油流出防止のために、衝突時のエネルギーを衝突船の船首でも吸収する緩衝型船首バルブ構造の研究開発を行っている。当該研究の一環として、汎用非線形構造解析ソフトLS-DYNAを用いて、満載状態のVLCCタンカーの船体中央部付近にパラスタ状態のAframaxタンカーが真横90度に衝突する解析を行い、その効果を通常型の船首構造のもとと定量的に比較した。その結果、試設計した緩衝型船首構造を適用した扁平形状船首バルブを有するAframaxは、静止した被衝突船にとって最も厳しいとされる90度真横衝突において、通常型に比べて速力を約40%大きくしても、D/H VLCCに内殻破断を生じさせないことが分かった。特に、万一油流出事故が生じた際に被害が甚大となる港内では、緩衝型船首構造を採用すれば、港内制限最大速力(12kt)で航行しても内殻破断を生じないことが推定された。また、被衝突船が前進速度を有する場合には、船首バルブが大きな曲げ崩壊を生ずることによって接触面積が大幅に増大し、局所的な応力集中による外板及び内板の破断が低減する傾向があると考えられる。特に、被衝突船の前進速力が比較的大きい場合には、接触面積増大による影響が大きく、通常型の場合において、外板破断が生ずるが、通常型船首及び緩衝型船首の双方において、内殻破断は生じないことが分かった。今回実施した計算条件においては、扁平形状を有する船首バルブを緩衝型にした場合、船首バルブ部の構造破壊吸収エネルギー(ES,B)が両船の構造破壊吸収エネルギー(ES)に占める比率(RS,B)は、通常型に比べて10~20%程度上昇することが分かった。以上より、緩衝型船首構造を採用することにより、衝突による油流出低減に一定の効果があることが確認できた。

高ペクレ数での球形気泡後流域の物質輸送
 Mass Transfer in the Wake Region of a Spherical Bubble at High Péclet Number
 杉山和靖、高木周、松本洋一郎
 平成16年9月
 日本機械学会論文集 B 編 70 巻 697 号

溶解などの物質移動を伴う気泡流は、多くの分野で観測される流れである。気泡流の重要な特徴として、気泡が群として周囲流体に作用するため、系に多重スケールが存在することが挙げられる。気泡群としての物質移動の理解には、個々の気泡の後流域での物質濃度分布の詳細が重要である。本研究では一様流中の球形気泡周りの物質輸送を解析し、後流域での物質濃度分布の相関式を得た。解析は、高ペクレ数 Pe の条件で、境界層理論、直接数値シミュレーション(DNS)によって行った。

まず、任意の気泡表面速度分布に対して適用可能なシャーウッド数 Sh の $O(Pe^{1/2})$ 、 $O(Pe^0)$ 成分の理論解を求めた。そして、気泡表面速度分布に関して、低いレイノルズ数 Re 、高い Re の理論解と DNS の結果を利用して、 Sh 、 Pe 、 Re の関係式を求めた。さらに、境界層理論を拡張し、境界層、不拡散域、後流域の3つの領域(図1参照)に分けて摂動解析することによって、気泡の後流域における物質濃度分布の理論式を求めた。また、気泡中心からの距離を x とすると、対称軸上での物質濃度分布が気泡表面の速度分布と $Pe^{-1/2}(x-1)$ で整理できることがわかった。特に、 Sh の $O(Pe^{1/2})$ 成分の相関式を用いることによって、物質濃度分布を Re 、 Pe 、 x の関数として代数的に簡便に記述した。また、DNS との照合により、本相関式の妥当性を確認した(図2参照)。本理論解は気泡後流の物質濃度分布を代数的関数として記述でき、後流域に存在する別の気泡の物質移動速度の低下をモデル化する上で役立つと考えられる。

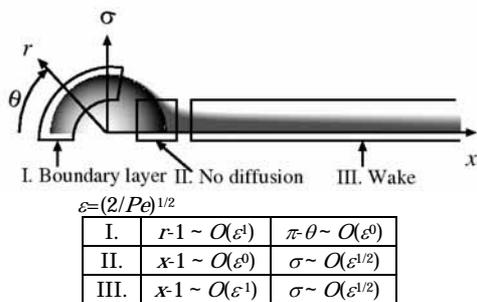


図1 Schematic figure of three regions.

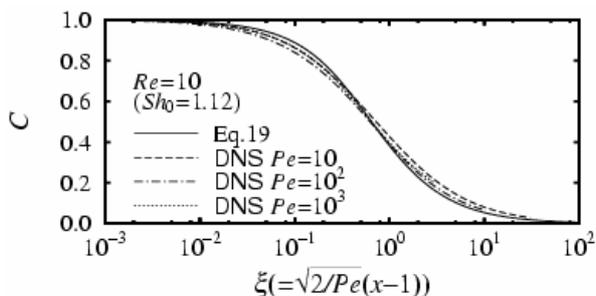


図2 Comparison between DNS and theoretical results of scaled concentration profile on x -axis at $Re=10$.

An assessment of the safety level for freeboard
 乾舷の安全レベル評価
 小川剛孝、高橋俊次郎、石田茂資
 平成16年9月
 IMO(国際海事機関)第47回SLF小委員会情報文書
 (SLF/INF12)

船舶の安全基準の一つである満載喫水線条約(ICLL)の見直し作業が国際海事機関(IMO)において進められている。短期間で見直せるものについては作業が終了し、今後は乾舷表を中心に見直しが行われる予定である。

乾舷の高さは、船舶の安全性や貨物の積載量に大きく影響する。そのため様々な観点からの検討が必要とされている。よって、単に経験則だけではなく耐航性理論を用いた論理的な検討が求められている。この検討の一環として、著者らはICLLの適用状況を調査すると共に海水打ち込みの発生確率を用いた乾舷の安全レベルの評価を実施した。結果をIMOの情報文書として取りまとめたのでその概要を以下に示す。

ICLLで規定する乾舷とほぼ同じ乾舷を有するバルクキャリア及びタンカーを対象に、ICLL適用状況の調査をおこなった。乾舷表で規定される乾舷及び諸修正ならびに実際に有する乾舷と船の主要目の関係を調べた結果、以下のことが明らかとなった。

減少B型乾舷を持つ船長の短い船舶は存在しない。

ダブルハルが強制化された事により、A型乾舷を取得せずにB型乾舷を取得するタンカーが増加した。

バルクキャリア及びタンカーは、表定乾舷にその70~80%の修正量を上乘せした乾舷を有している。修正量のうち、型深さ修正と舷弧修正がその殆どを占め、船楼修正は殆ど無い。

これらの調査結果から、表定乾舷及び諸修正の持つ安全性を定量的に検討する必要があることがわかった。著者らは、調査に用いた船舶を用いて海水打ち込み発生確率の船長方向分布と波浪荷重の長期予測値を計算した。これにより以下のことが明らかとなった。

- (1)海水打ち込み発生確率は、船長と相関が強い。
- (2)波浪荷重の発生確率から判断して、指定された乾舷に対する喫水を持つ船の波浪荷重は十分安全側にある。
- (3)A型、減少B型、B型の各乾舷を持つ船舶の海水打ち込み発生確率は、若干異なる。打ち込み発生確率に及ぼす乾舷の影響は、船長の影響に比べて小さい。
- (4)標準舷弧は海水打ち込み発生確率と必ずしも整合性が無く、舷弧修正をほどこした乾舷でも適切に海水打ち込みを抑制できている。

温暖化対策「二酸化炭素の深海貯留」

A Measure to Mitigate the Global Warming:
CO₂ Deep Ocean Sequestration

綾威雄

平成16年11月

エスロントタイムズ(積水化学工業株広報誌)No. 97

サンフランシスコの南方150kmに耳型をした風光明媚なモンレー湾が広がっている。当所は、ここ数年、その沖合で、米国とノルウェーとの国際共同研究としてCO₂の深海貯留実験を続けている。平成15年10月には、世界最深度となる4,000mでの実験に成功した。この深度では、CO₂は海水より十分重くなり、数10個のCO₂液泡群が6リットルのピーカー内で長時間にわたって安定していることが確認された。

ところで化石燃料の燃焼により生じるCO₂の重量は、原子量12の炭素原子1個に同16の酸素原子2個が結びつくため、生成水を除いても、元の3倍を超える。我が国は、毎日、20万トンタンカー4隻分の化石燃料を輸入しているが、そのほとんどを何らかの形で燃焼させることによりエネルギーを得ている。仮に、我が国が大気に捨てているCO₂を全て回収し、液体CO₂として20万トンタンカーに積み込むと、10隻分にもなる。もちろん、全てを回収する必要はないが、10%の回収でも、一日20万トンタンカー1隻分になる。

このように、超大量のCO₂を処理しなければ、温暖化傾向を緩和することができない。これが、解決を困難にしている温暖化問題の重要な側面である。

一方、省エネルギーとか自然エネルギーの活用等でCO₂の排出削減努力が続けられているが、京都議定書が我が国に科している「2012年までに1990年比-6%」の達成は容易でないと考えられている。そして、超大量性に優れている海洋隔離と地中処理が温暖化対策の最後の「とりで」として注目されるようになった。海洋のCO₂隔離能力は地中処理の百倍以上もあることから、実現した場合の効果は非常に大きい。

CO₂は、深度400~500mで液体となるが、圧縮性が大きいので、深度2,700m以深では海水より重くなり、自由沈降する。また、深度400~900m以深で海水と反応してハイドレートとなる。これらの密度の関係とハイドレート生成により、CO₂海洋隔離は、2,000m以浅で溶解・希釈させる「溶解法」と、深海底の窪地に溜める「貯留法」に分類できる。貯留されたCO₂が重力的に安定するには、CO₂飽和溶解海水より重くなる3,500m以深が求められる。

当所は、影響範囲を限定することができ、隔離期間として2000年以上が期待できる貯留法にターゲットを絞り、研究を進めてきた。今後は、実験規模を徐々に大きくするとともに、貯留サイト回りの生態系への影響を明らかにすることが重要である。そして、温暖化対策として、遅くとも2020年までに実用化する必要があると考えている。

CO₂の海洋隔離と地中処理の原理と実現性

Principle and Reality of CO₂ Storage
in the Ocean and Aquifer

綾威雄

平成16年9月

日本機械学会 中国四国伝熱セミナー講演集

1988年に米国上院において温暖化懸念が証言されて以来、温暖化問題が世界的大問題と認識されるようになり、1997年12月に京都で開かれた第3回気候変動枠組条約締約国会議(COP-3)に代表されるような政治的取り組みや、著者が関わってきたCO₂海洋隔離技術の開発など、各分野から解決への努力が続けられている。しかしながら、温暖化問題、即ちCO₂問題の本質である処理すべき量の超大量性だけでなく、国により温暖化についての認識が異なること、世界最大のCO₂排出国である米国の消極性やCO₂排出量の大きな増加が見込まれる中国などの発展途上国が京都議定書に加わっていないことなど、解決困難な要素が数多くあり、温暖化が緩和へ向かっているとは決して言えない状況にある。そして、決定的解決法とは言えない京都議定書の達成さえも危ぶまれている。この状況が続けば、益々温暖化が進行し、世界の大多数の国や人々が温暖化対策を実行しようとしたときには、気候を支配する海洋の熱的慣性が数10年もあることから、手遅れとなる懸念される。

このような温暖化を真に解決するには、人類のエネルギー消費レベルを産業革命以前のレベルに戻すか、超大量の回収CO₂を海洋か地中に溜める以外にはないが、前者は非現実的と思われる。そのため、CO₂の海洋隔離と地中処理は、温暖化を緩和することのできる最後の「とりで」と考えられており、先進各国で研究開発が盛んである。

当該セミナーでは、温暖化の原点に立ち戻り、温暖化対策に求められる諸要件を導き出し、海洋隔離と地中処理がそれらを満足することを示した。そして、その原理と開発の現状を概観し、それぞれの方法について今後の問題点を整理した。結論として、海洋隔離と地中処理には開発要素はあるものの、解決困難な技術的問題は見当たらないことを示した。しかし、世界世論が納得できる正確な環境影響評価が提示できないため、開発一直線という状況でもない。その意味では、CO₂隔離は、未だ「行わなければならないか」迷っている状態にあると言える。この問題に関わってきた研究者として、海外の研究者グループと連携をとりつつ、科学的データを蓄積することが、今できる唯一のことと考えている。

Comparison between the GO-FLOW and the ATRD Methodologies for the Analysis of a Dynamic System

動的システム解析についてのGO-FLOWとATRD手法の比較

Gueorgui Petkov、松岡猛
平成16年9月

エネルギー・機械学部国際科学集会(EMF'2004)

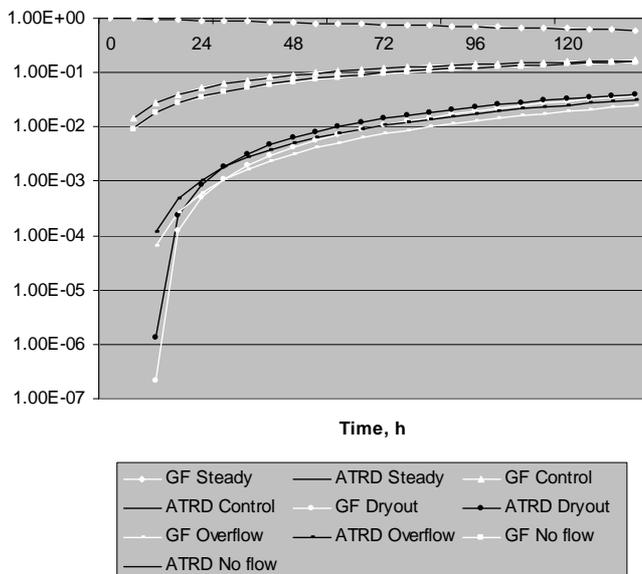
従来から動的システムの信頼性解析は伝統的なイベント・ツリー、フォールト・ツリーを拡張した種々の解析手法により試みられてきた。それらの手法を同一の解析対象に適用し結果を比較することにより、手法の欠点、定式化の一般的規則、今後の改善の方向性が見えてくる。

本論では、海上技術安全研究所が開発したGO-FLOW手法とATRD手法(Dr. Petkovにより開発された手法)を動的システムの信頼性解析に適用している。

対象とする系としてホールドアップタンクを取り上げ解析条件を同一として解析し結果の比較を行った。

ポンプ2台、弁1個よりなるホールドアップタンクシステムの動作条件を説明し、GO-FLOW手法によるモデル化、解析方法および解析に要する計算時間等の説明を与えた。次に同じシステムを対象としたATRDによる解析方法を説明した。

両手法による解析結果の比較を図に示す。タンク内の液位が定常状態である確率は一致しており、制御された状態および、流入流出が無い状態もほぼ一致している。枯渇および溢れ出る状態の発生確率についてはGO-FLOWの方がやや小さな値を与えている。今後の検討課題である。



ソフィア工科大学のDr. Petkov は短期外来研究者として海上技術安全研究所に滞在した経験があり、その時の研究成果が本報告に反映されている。

Comparison between the GO-FLOW and the DYLAM Methodologies for the Analysis of a Dynamic System

動的システム解析についてのGO-FLOWとDYLAM手法の比較

松岡猛
平成16年9月

エネルギー・機械学部国際科学集会(EMF'2004)

工学システムが複雑化、大型化してくると機械-人間-ソフトウェアからなるシステムの動的な挙動が顕著となり、そのようなシステムの信頼性解析を実施するための、より進んだ手法が必要となってくる。動的システムでは構成機器の故障、修理、運転員の操作等がシステム状態へ影響を与え、逆にシステム状態が機器の故障、制御へ影響を及ぼす。このような動的システム解析のための手法開発として種々の試みがなされてきたが、その中の一つとしてDYLAM(イタリアで開発された解析手法)がある。本論では、海上技術安全研究所が開発したGO-FLOW手法とDYLAM手法を動的システムの標準的な課題であるホールドアップタンクに適用し結果の比較を行い両手法の優劣を論じた。

まず、ポンプ2台、弁1個よりなるホールドアップタンクシステムの動作条件について説明した。本解析対象には人間行動の要素は組み込まれていないが、システム状態の動的な様相が取り扱われている。

解析条件の説明において、DYLAMによって実施した4種類の解析条件(打ち切り条件、解析精度)および、GO-FLOW手法による解析方法の概要を示した。解析結果を見るとDYLAMとGO-FLOWとではほぼ同じ結果を与えることがわかった。しかし、計算時間でみると、DYLAMは8分~40分と解析時間が長いことと、解析精度を落とすと結果が不正確になってくることがわかった。

考察において、DYLAM、GO-FLOW両手法で実施している解析原理について検討し、DYLAMが多大な計算時間を要する原因を述べた。これに対してGO-FLOWでは可能な限り数値計算を早い段階で実施し組み合わせ数の増大を防いでいるため、短い計算時間で精度良い結果が得られることを示した。

また、DYLAMではシステムの運転条件を複数の式で表現しそれに対応したサブルーチン(計算プログラム)を作成する必要がある。これに対してGO-FLOWでは対象システムをチャートという図形式で表現すれば良く、解析が容易であるという特長を持っていることを述べている。

玉形弁の弁体脱落事故原因の調査

Investigation on the Accident of Valve Disc
for Globe Valves

伊飼通明、畑中哲夫、天田重庚

平成16年10月

第72回日本マリンエンジニアリング学術講演会

船用玉形弁の弁体は閉止性能を高めるために弁棒を固定せず、回転自由の構造となっている。このために弁体が回転して弁棒との摩擦により弁体が脱落し、弁が制御不能に陥る事故が報告されている。そこで、弁体の回転のメカニズムを把握すべく直線配管系で流れの偏りを発生させて弁体の回転確認の実験を行ったが、流速4.85 m/s以下では回転を確認できなかった。次に玉形弁の1次側にエルボを設けた曲がり配管系で弁体(CAC406)をアルミ弁体に軽量化して実験を行った。その結果、図1に示すように弁体の回転を実証することができた。パラメータは玉形弁とエルボ間の距離であり、弁とエルボ間が短いほど回転速度が速い。また、弁体の回転方向も右曲管接続エルボだと反時計回りに回転することが解った。一方、右曲管接続エルボの流体解析を行い、図2に示すように弁体周りでは圧力分布に偏りが発生していることが解り、この偏りが流速の偏りになり反力として弁体に作用して弁体を回転させていることが解った。

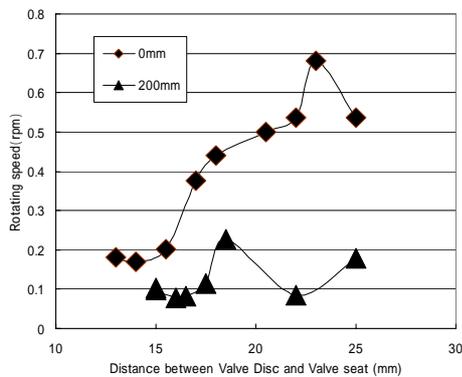


図1 弁体開度と弁体の回転数の関係

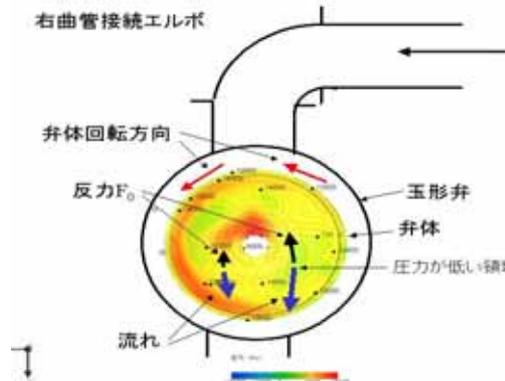


図2 右曲管接続エルボの流体解析結果(圧力分布)

船用新型FRP材料について

On Advanced FRP for Ship Structures

千秋貞仁、櫻井昭男

平成16年7月

関西造船協会 らん 第64号

近ごろ小型船の用途の多様化と科学技術の進歩に伴い、従来材に加えて新しい材料が船殻材料として使用されるようになってきている。新材料のうち、PWC(水上オートバイ)への使用が進んでいるSMCについては、日本小型船舶検査機構によって基本的材料特性の把握と、船殻材料として使用する場合の検査上の留意事項に関する調査研究が実施されている現状である。本解説では、SMCなど量産船舶への使用が進んでいる材料について概説するとともに、三次元的組織・構造体を船体用材料に応用する試みについての紹介を行った。

高速船への応用実績はまだないものの、今後の応用に向けての基礎研究が始まっており、関連すると思われる最新情報をまとめた。

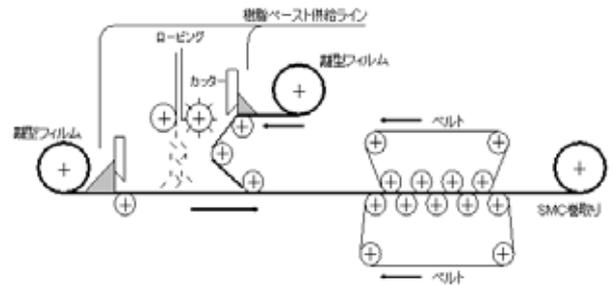


図1 : SMCの製造プロセス

SMC(Sheet molding compound)材は図1に示す製造プロセスによってプリプレグが作製される。同材は水上オートバイにはすでに使用されており、高速走行時の実用例として紹介した。また、立体繊維複合材は従来の積層材に較べて、層間剥離が生じにくい構造になっており、高速走行時の波浪衝撃と疲労に強いことが期待されることで、FRP船が高速化した場合の船体への応用材として紹介した。また、大阪支所での編み物複合材の製造法に関する研究について触れた。さらに、既に開発されているFRPの材料特性を数値計算するいくつかの手法の概略を紹介して、FRPの数値計算の発展過程のレビューを行った。今後、高速走行時の材料特性計算への応用が期待されると思われる、最近新しく開発された均質化法によるFEM計算についての概説も行い、FRPの将来の高速船への応用可能性を示した。

3.3 高速船の推進器

Propulsors for High Speed Ships

右近良孝

平成16年9月

日本造船学会学会誌 Techno Marine 9月号

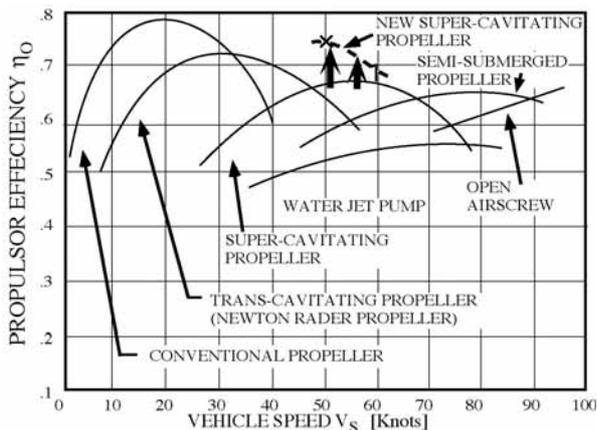
高速船用推進器の研究開発の現状について解説した。

まず、現在使われている高速船用推進器の効率の比較について述べた。最近使われているウォーター・ジェット推進器(WJ, 軸流ポンプ)との効率の直接比較は難しいが、プロペラの方が効率だけの観点からは原理的に優れていることを述べた。WJは旋回性能が良いが保針性は悪い。インペラは流速が遅いため、キャビテーションが発生しにくい、プロペラより高荷重で作動することになる。この他の推進器として、キャビテーション抑制型プロペラ、トランス・キャビテーション・プロペラなどの期待できるプロペラについて触れた。

スーパー・キャビテーション・プロペラ(SCP)は高速船よりも高速艇用として最も優れている。本報告ではSCPの原理について詳細に触れるとともに、最近の研究の成果について述べた。まず、キャビテーションの発見と歴史、SCPの開発について触れた。キャビテーションが発生すると、流体力学的には翼と同等の働きをし、キャビティ流理論で精度良く取り扱うことができる利点がある。これを利用して、高効率なSCPが理論計算を用いてできることを説明した。

更に、SCPの採用実績と他のプロペラとの比較について述べた。SCPの実績は必ずしも多くなく、軽荷重な船ではサーフェス(・ピアシング)・プロペラが最近盛んに使われていることに触れた。

最後に、プロペラ設計には従来余り言及されていないエンジンとのマッチングの重要性を指摘した。



各プロペラの推進効率の比較

ヘリコプター搭載蛍光ライダーによる 海洋流出油の観測

Observation of oil spill using a
helicopter-based fluorescence lidar

篠野雅彦、樋富和夫、山之内博、田口昇、
桐谷伸夫、山岸進

平成16年9月

第23回レーザーセンシングシンポジウム予稿集

タンカーの海難事故は、石油が海上に大量に流出する可能性があり、海岸の生物環境や人間の経済活動に深刻な影響を与える危険性を含んでいる。1997年に発生した日本海沖でのナホトカ号折損事故では、C重油約6,000klが海洋上に流出する事態となったため、オイルフェンス等で流出油の拡散を防ぎ、油回収船で回収を行うか、油拡散剤で処理することが求められた。しかし荒天下での流出油の目視確認は昼間でも難しく、拡散状況が正確に把握できなかったため、海洋上での流出油防除作業は計画段階から困難を極めた。このような背景から、タンカーの油流出事故に対する海洋汚染防除対策として、海洋流出油の正確な情報を得るためのモニター装置の開発が急務であると考えられる。

現在、リモートセンシング研究グループでは、海洋流出油モニターのための、ヘリコプター搭載蛍光ライダーを開発している。これは、タンカーの海難事故が発生した場合に現場海域に急行し、昼夜や天候を問わず油流出状況をリアルタイムモニターすることを目的としたリモートセンシング装置である。この装置は、ヘリコプターに搭載することで、海難現場までの高速移動と、注目している海域での低速移動しながらのモニター作業を可能にしている。また、レーザーを海面に照射し、海面や海中で発生した蛍光を観測するアクティブリモートセンシングであるため、昼夜や天候に関らず高感度で流出油を観測することが可能である。さらに、レーザー励起による蛍光を観測するため、原油、重油、軽油等の石油類だけでなく、目視では海水と判別しづらい、種々の透明な石油化学製品も検出対象物とすることができる。

2004年5月、フランスにて開催された「DEPOL04」(海上流出油の観測と回収の国際実験)に参加し、フランス沖においてこの装置による初めての海上流出油観測を行った。本論文は、このライダー装置について説明し、今回の観測結果を示して、流出油からの蛍光信号と海水からの水ラマン信号の判別方法を検討するものである。

A Hull Form Generation Method on Initial Design Stage

初期計画時における船型生成法

川島英幹、日野孝則

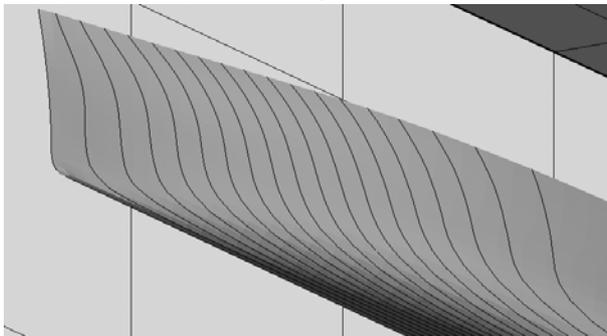
平成16年9月

PRADS2004前刷集

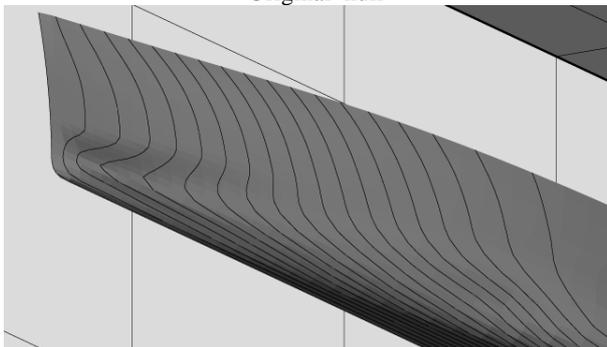
現在、船舶の初期計画における主要目の検討は主として既存船のデータベースを用いて行われ、船型開発は、主要目の類似した既存の母船型を出発点とすることが多い。一方、CFD(計算流体力学)によるシミュレーションを用いた計画/設計では、主要目選定の段階から、船型が定義されている必要がある。また新型式船の計画時など、適当な母船型が無い場合もある。このような場合には、船型の特徴を表現できる簡便な船型生成法が有用である。

本論文では、プロファイル、デッキサイドライン等の輪郭線と船体表面の特徴を抽出した曲線を制御することで船型を生成する手法を提案し、既存の船型から抽出した特徴曲線によって原船型が良く近似されること、および特徴曲線の制御によって任意の主要目に適合する船型が得られることを示した。

更に、数値計画法とこの船型変形法を組み合わせることで、与えた要目に適合した船型が自動的に得られることを示した。下図は、Series60船型を、指定した浮心位置にならるように変形させた例である。



Original hull



Modified hull

Sliding Wear Behavior and Tribofilm Formation of Ceramics at High Temperatures

セラミックスの高温における摺動摩耗挙動と
トライボフィルム形成

Qiaoqin Yang、千田哲也、古谷典平、

Akira Hirose

平成16年9月

Surface and Coatings Technologies Vol. 184

4種類の構造用セラミックス(アルミナ、ムライト、炭化ケイ素、ホウ化チタン)について、相互の組合せによる摺動摩擦摩耗試験を、大気中の室温、500 及び1,000 で行った。摩擦係数は、材料の組合せや温度に関わりなくほぼ一定であった。比摩耗量は、室温と500 では高く、ほぼ 10^{-4} mm^3/Nm のオーダーにあった。一方、1,000 での比摩耗量は 10^{-5} mm^3/Nm または 10^{-6} mm^3/Nm と低く、場合によっては重量増加がみられることがあった。走査電子顕微鏡(SEM)観察によると、摩擦面には常に膜状物質(トライボフィルムと呼ぶ)が形成されていた。

摩擦面及び摩耗粉の詳細な観察と分析を行ったところ、材料の組合せと摺動条件により、トライボフィルムはそのち密さにより3つのタイプに分類することができた。多孔性のトライボフィルムは、通常は室温及び500 の高摩耗率の場合にみられ、摩耗粉粒子の凝集により形成されたと考えられる。ち密なトライボフィルムは、平滑な表面形成とともに、1,000 の 10^{-6} mm^3/Nm のレベルの低摩耗率の場合にみられ、高温における動的再結晶を伴う塑性変形により形成されたと考えられる。局所的にち密なトライボフィルムは、1,000 で 10^{-5} mm^3/Nm 程度の比摩耗量の場合にみられ、再付着した摩耗粉粒子が高温で焼結して形成されるものと考えられる。

これらの結果から、トライボフィルムの形成はセラミックスの摩耗挙動に重要な役割を果たしていることが示された。ち密で密着性の高いトライボフィルムの形成が、ミクロな脆性破壊による摩耗を抑制し、摩耗率を大きく減少させることができると考えられる。

アルミナすべり摩耗面のTEM

TEM Observations of Sliding Wear Surface of Alumina

川越陽一、千田哲也、古谷典千、村上健児、足立幸志

平成 16 年 9 月

平成 16 年度日本セラミックス協会秋期シンポジウム

アルミナは同種材料同士の滑り摩耗において、室温と高温(約 1,100K以上)で、比摩耗量が $10^{-6}\text{mm}^3/(\text{N}\cdot\text{m})$ 以下という優れた耐摩耗性を示すことがある。一方で、荷重が高いときは室温でも亀裂を発生させて $10^{-5}\text{mm}^3/(\text{N}\cdot\text{m})$ 以上の摩耗量を示すこともある。高温では表面に微細粒子の層が観察され、摩耗量の減少に寄与するといわれる。室温においては表面に水酸化アルミニウムの形成がみられるとの報告があるものの、摩耗量低減メカニズムは明らかではない。今回は、室温(293K)において同種同士($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$)の滑り摩耗試験を実施し、低摩耗(マイルド摩耗)現象がみられた試料についてその摩耗面近傍の透過型電子顕微鏡(TEM)による観察、分析を行い、表面近傍の微細構造の変化から摩耗メカニズムを考察した。

摩耗試験はPin-on-disk型摩擦摩耗試験装置を用い、大気中、無潤滑状態でおこなった。荷重は 5N、すべり速度は 0.2m/s、摩擦距離は 1,500mである。試験片として用いたピンは先端半径 2mm、ディスクは直径 30mmである。

摺動部表面の走査型電子顕微鏡(SEM)観察によると、室温(293K)で試験した試料では、一部に亀裂がみられるものの、摺動面全体が平滑化されていた。試料表面近傍断面のTEM観察の結果、最表面に膜状の領域がみられ、その直下の領域に転位がみられる結晶領域がある。また表面から十分離れたところでは、オリジナルな状態からほとんど変化のみられない領域があった。最表面層の暗視野像観察では、極微細の斑点が多数みられた。この領域の電子線回折像から、最表面の膜状領域が極微細構造を持つことが推測される。

すべり摩耗では接触により塑性変形が生じ、それが蓄積して粒界に亀裂が発生し、摩耗量が増大すると考えられる。しかし、表面になんらかの潤滑効果をもつ膜が生成すると、応力集中が緩和されることで、荷重が低い場合には大規模な亀裂発生が抑えられるために材料除去には至らず、摩耗量が抑えられると考えられる。

CO₂深海貯留の安定条件

Stable Condition of CO₂ Storage at the Ocean Floor

綾威雄、山根健次、小島隆志、中島康晴、

城田英之、波江貞弘、P.G.Brewer、

E.T.Peltzer、P.M.Haugan、T.Johannessen

平成16年11月

日本機械学会 熱工学コンファレンス講演論文集

CO₂の海洋隔離は、地中隔離と共に、温暖化対策に求められる処理量の超大量性を満足し、その実現が期待されている。このCO₂海洋隔離について、これまで様々なアイデアが提案されているが、それらは、CO₂が海水より軽くなる深度2,000m以浅から気泡又は液泡として放出し、広大な海洋に溶解希釈させる「溶解法」と、CO₂が海水より重くなる深度の海底窪地に液体として溜める「貯留法」に大きく分類できる。

溶解法は放出深度が浅いため、貯留法よりコストと技術面で有利であるが、海洋中への隔離期間が50~300年と比較的短いことが懸念される。一方、貯留法は、処理深度が深く、技術面で不利であるが、隔離期間として海洋鉛直循環周期に当たる2000年以上が期待されている。これら両手法を比較するには、貯留可能深度を知る必要があるが、未だ正確な貯留深度が明らかになっていない。そこで、貯留サイト選定の重要要件の一つでもある貯留可能深度を種々の角度から考察した。

従来、CO₂を深海底に安定に貯留できる深度は、CO₂が海水より重くなる2,700mを超える、3,000mで十分と考えられてきた。しかし、貯留されるCO₂の上方を覆う海水は、やがてCO₂ハイドレート或いはCO₂ガスで飽和となる。そして、これら飽和海水は自然海水より重くなるため、CO₂が安定に貯留されるためには、CO₂がこれらの飽和海水より重くなる必要がある。最近入手した海水中のCO₂溶解度と密度データを基に、CO₂がこれら飽和海水と等密度となる深度を求めると、それぞれ、3,400mと3,800mとなった。一方、モンテレー湾海洋研究所のBrewerらが行った深度3,627mの実海域実験において、安定貯留の障害となる「あふれ現象」が観察されている。従って、あふれ現象のきっかけを与えない3,800m以深が望ましいと考えられる。そこで、深度3,941mにおける実海域実験を行ったところ、1昼夜に亘って安定貯留されることを確認した。以上より、CO₂の安定貯留のためには、3,800m以深が必要となることが分かった。

Direct Perception of Collision Danger Information for Safe Marine Navigation

安全運航のための衝突危険情報の
直接知覚技術に関する研究

劉峭、Egil Pedersen

平成16年10月

Proceedings of International Conference on
Systems, Man and Cybernetics (IEEE SMC 2004)

海上における船舶の事故は、人命や経済の損失及び自然環境に深刻な影響を及ぼすものである。船舶事故の中で、船舶同士の衝突事故は最も割合が高い。そこで、安全な海上運航の実現のために船舶同士の衝突を回避しなければならない。

従来、自動衝突予防援助装置(ARPA)の船上搭載によって、船舶同士の衝突危険は顕著に減少したが、ARPAは航海士の衝突危険の直接知覚(Direct Perception)の支援及び航海士の知的問題解決行動の支援に関しては、改善の余地がある。

本論文では、人間の認知特性に基づいて、航海士の状況認識や避航操船行動などを説明した。また、ARPAのインタフェース表示も紹介した。さらに、情報収集の支援、衝突危険の分析及び判断の支援、避航操船行動の支援において、現在のARPAのインタフェース表示の欠点を指摘した。その上で、インタフェース上に衝突危険線CDL(Collision Danger Line)及び衝突危険区CDS(Collision Danger Sector)を表示することによって、航海士の衝突危険判断及び避航操船行動の支援が有効であることを主張した。

次に、絶対運動モード表示下で、CDLとCDSを求める方法を幾何的に説明した上で、既に開発されたCDL/CDSディスプレイ表示について説明した。CDL/CDSインタフェース表示を設計するとき、人間の認知特性を配慮して、カラーコーディングや線形技術を採用した。また、画面表示の混乱を避ける為、CDL/CDS表示の選択標準も採用した。このように開発されたCDL/CDSインタフェース表示を当所のSEATRASシミュレータにインストールし、東京湾内の航行シミュレーションによる主観評価を行った。その結果、このCDL/CDSインタフェース表示により航海士は状況認識や速やかな避航操船行動ができるという評価が得られた。