

所外発表論文等概要

〈運動性能部〉

半拘束式操縦性試験法について

**Semi-Captive Model Test Technique to identify  
Maneuvering Characteristics of Ships**

不破 健・二村 正

昭和59年11月

関西造船協会秋季連合大会

関西造船協会誌 196号

操縦性の推定法は種々研究されているが、従来の拘束模型試験と自由航走試験の中間的な手法を開発し、模型実験法および解析手法を示した。

操縦性の推定法では模型船の実験に基づき運動方程式の諸係数を定め、任意の操船に対する運動を計算す

る方法が現在のところ最も信頼性が高い。しかし、運動の自由度や操船状況を種々設定すると、実験で決定すべき係数が増え、必要な実験パラメータと実験工数は膨大なものになる。また流体力計測にはCMTやPMMなどの特殊な施設や装置を必要とする。自航模型実験には無線操縦による実験技術と施設が必要とされる。また、解析結果の精度は拘束試験に比べやや劣る。そこで、一般の長水槽で容易に実験可能な方法として拘束模型試験と自航模型実験とを折衷した方法を考案し、試験的に実施し検討を行った。実験例は少数で、十分に検証されていないが、中水槽における浅水状態の実験に適用した。今回は、そのうち、正弦操舵に対するもので、データの良好なケースを検討している。

## 浅水域における操縦性能の推定

## Manoeuvrability Prediction of Ships in Shallow Water

平野雅祥, 湯室彰規, 野中晃二, 小林弘明

昭和60年2月

日本造船学会誌 668号

船舶の大型化, 多種多様化に伴い, 港湾等船舶の輻輳する制限水域での海上交通の安全性の面から, 浅水域での船舶の操縦性能が重要視されるようになって来た。

基本となる深水域での船舶の操縦性能に関しては, 操縦運動推定は, 特殊な船型や操船方法を除けば, すでに实用レベルに達していると考えられるが, 浅水域での操縦性能に関しては, 流体力データの不足, 流体力推定法の問題, 検証のための自走模型試験や実船試験のデータの不足等のため, 深水域に比べて研究は大幅に遅れている現状にある。

大型タンカー ESSO OSAKA に関する実船試験の実施を機会に, 浅水域における操縦性能の実船・模型船の相関に関する国際協力研究の実施が SNAME より提案され, 日本でも13機関が集まりワーキング・グループを作り, 操縦性能推定について, 実験的, 解析的検討を行って来た。本報告は同ワーキング・グループで行われた研究結果をもとに, 浅水域における操縦性能の推定に関する現状を述べたもので, まず, 流体力の場における浅水影響, 及び, 運動の場における浅水影響について述べ, 次いで, シミュレーション計算と自走模型試験結果を比較し, 浅水域における操縦性能推定法の現状, 推定精度, 問題点を指摘し, 広範なデータの収集, 流体力推定法, 数学モデルの構成法について, 今後の研究の必要性を示した。

## (船体構造部)

## 構造用鋼管T継手部の残留応力

## Residual stresses in welded tubular T-joints

松岡一祥, 直井 保

昭和60年5月

日本造船学会論文集 157号

固定式, 可動式の多くの海洋構造物は, 種々の寸法の鋼管により組み立てられている。これらの構造物にはノード (node) と呼ばれる鋼管継手があり, この継手部には, 2本ないしそれ以上の鋼管が溶接により結合されている。この溶接により生じる残留応力は, 静的な崩壊強度のみならず, 疲労強度にも悪影響を与えられている。しかし, 鋼管継手部の残留応力については, ほとんど研究が行われていない。そこで, これらの継手部の設計にあたって, 残留応力を考慮した強度の検討はほとんど不可能なのが現状である。

本論文は, 溶接製鋼管継手の中で最も単純かつ一般的な, T継手の溶接残留応力を, 実験のおよび解析的に取り扱っている。2種の供試体の残留応力を切り出し法で測定している。1つは主管の径が700mm, 枝管の径が400mm, もう1つは枝管の径が300mmである。解析法は, 固有応力の概念, Duhamelの相似定理の拡張, および曲がった溶接ビードの幾何学的な特徴に基づいている。残留応力の測定結果と解析結果とは比較的よく一致することが確かめられている。さらに, 溶接止端部の残留応力集中について, 解析的な検討を加えている。

以上の検討の結果, 構造用鋼管T継手部の溶接残留応力について, 以下の結論を得ている。

- (1) T継手部では枝管が主管に引き込まれるような溶接変形が生じている。
- (2) (1)の変形により生じる溶接部の溶接線垂直方向の残留応力は, 主管の内側で引張, 外側で圧縮である。
- (3) 主管の外側表面の残留応力の溶接線垂直方向成分は, 溶接部から少し離れた位置で最大となる。
- (4) 溶接止端部には残留応力の集中が見られるものの, 疲労強度上問題となる主管外側では圧縮の応力であり, 溶接残留応力は疲労強度に影響を与えない。

## 海洋構造物用エポキシ系防食塗膜の初期劣化

### Early Stage Deterioration of Anti-corrosive Epoxy Coating for Offshore Structure Use

松岡一祥, 在田正義, 翁長一彦

昭和60年 5月

日本造船学会論文集 157号

本論文は、海洋構造物用のエポキシ系防食塗膜 2 仕様様の初期劣化現象を取り扱っている。塗装鋼板の曲げ試験における欠陥発生撓みおよび、試験後の塗膜はくり面積から塗膜の限界歪を算定する方法を示し、各種膜厚の塗装系についてその正当性を確かめている。この限界歪の海洋暴露による変化を求め、エポキシ系塗膜の初期劣化の度合いが限界歪で評価できることを示している。海洋環境での限界歪の変化と比較して、空気または酸素を吹き込んだ食塩水中での劣化促進効果を化学反応速度論的に定量化している。実海水暴露によるエポキシ系塗膜の交流抵抗変化と上記食塩水中での劣化促進試験の交流抵抗変化とを比較して、得られた促進効果の式が、力学的な限界歪のみならず電気化学的な性質に対しても有効であることを示している。食塩水中での劣化促進試験による体積抵抗率（直流抵抗）変化を整理し、エポキシ系塗膜では限界歪の低下が終了する時期と、塗膜に電導パスが生じる時期とがほぼ等しいことを見出している。熱冷衝撃試験による劣化促進効果についても交流抵抗変化から促進効果の概算値を示している。

最後に、エポキシ系防食塗膜の海洋環境での初期劣化現象を、限界歪、交流抵抗および体積抵抗率の変化を総合して示している。すなわち、限界歪の低下が終了し、それ以後限界歪が不安定となる時期、交流抵抗の低下が終了する時期、塗膜に電導パスが生じ塗膜下の腐食反応が活発となるため直流抵抗が激減する時期、これらはほぼ等しく、これをもってエポキシ系塗膜の実海水における初期劣化の段階は終了すると考えられること。さらに、この期間は大阪湾の海水中では 1~1.35年、玉野の洋上暴露では 1.85~2.5年程度であると述べている。

## Water Leak Tests of Ferrocement in Tension

### 引張りにおけるフェロセメントの漏水試験

小林佑規

昭和60年 6月

Proceedings of the International Symposium, Nihon University, Tokyo, Japan, June, 1985 Ocean Space Utilization '85, Sprirges Verlag

フェロセメントは、曲面状の薄板に成形することが容易であり、ボート、小型漁船、バージ、ポンツーンなど浮体構造物に適している。通常のコンクリート構造物に比較し、薄板であるため、設計等では特に強度と水密性（漏水性）に考慮すべきである。一方、フェロセメントは、細い線型の網目状の補強材を用いるため、ひびわれの分散性がきわめてよい。さらに、水セメント比の小さなモルタルで作るため、モルタルの透水性が低く、耐劣化特性に優れており、海洋環境における補強材の耐食性も向上するものである。

本報告は、フェロセメント板の漏水試験およびモルタルと補強材との付着強度試験から、漏水特性とひびわれ幅との関係についてとりまとめたものである。

フェロセメントの表面にひびわれが生じて、直ちに漏水するものではない。漏水ひびわれ幅の最小値は、ACIのRC水密構造に要求される許容ひびわれ幅 0.1mmに比べ、0.025mmと相当小さいが、ひびわれは、補強材応力が降伏点に達するまで安定している。さらに、ひびわれからの漏水状態は、降伏点を越えても浸み出しの状態を保持する。以上のことから、漏水特性は、次の三段階に分類して取扱うことができる。

- (1) ひびわれが生じても漏水は生じない状態、
- (2) 浸み出し状態が持続する状態
- (3) ひびわれ幅の拡大により漏水が噴出する状態

平均ひびわれ間隔は、有効埋込み長さから計算した付着応力とモルタルの引張強度からの推定値が実験値とよく一致した。ここで有効埋込み長さは、引き抜き試験から得られたものである。また、有効埋込み長さは、フェロセメントとしての性能を有するに必要な補強材比あるいは比付着係数を決定付けるものである。

**Collapse Strength of Stiffened Cylindrical Shell  
for Buoyance Element of Large-scale Floating  
Structure**

**大型浮遊式海洋構造物用防撓円筒殻製要素浮体の崩壊  
強度**

松岡一祥, 直井 保, 岡 修二, 有田喜久雄  
昭和60年 6月

Ocean Space Utilization '85 Vol.1

本論文は、大型浮遊式海洋構造物を支える要素浮体の強度について、実験および解析的な検討結果を示している。要素浮体としては、浮遊式海上空港および多目的（例えばLPGタンク）浮遊式プラットフォーム用に試設計された防撓円筒殻を想定している。

海上空港の場合、防撓円筒殻は上部構造の桁に底板を介して結合されている。そこで、要素浮体に加わる外力は、桁との結合部で集中的な軸力となって上部構造に伝達される。この場合、防撓円筒殻は、集中的な軸力により局部崩壊すると考えられる。一方、LPGタンクなどを内部に格納する多目的プラットフォームでは、上部構造下部を2重底として剛性を高めており、防撓円筒殻は2重底を貫通して取り付けられている。そこで、防撓円筒殻は上部構造に固定された片持梁として取り扱える。この場合、要素浮体に加わる外力は、曲げおよび剪断力さらに軸力として上部構造に伝達され、曲げまたは剪断による全体崩壊が問題となる。

本論文では、まず防撓円筒殻の集中的な軸力による局部崩壊を取り扱い、弾塑性領域では防撓材まわりの殻の有効幅により崩壊荷重が推定できることを示している。さらに弾性領域での崩壊に関しては簡便な座屈推定式を示している。防撓円筒殻が片持梁と考えられる場合については、模型実験およびFEM解析結果を比較し、初期不整量の影響について述べている。さらに、曲げおよび剪断による崩壊荷重のDnVルールに基づく推定式を示し、先の実験および解析結果との比較を行い、DnVルールに基づく崩壊荷重の推定方法が有効なものであると述べている。

本論文で用いられた模型および解析対象は、試設計されたもののほぼ1/10モデルであり、その崩壊強度を、水槽試験などから求められた波浪外力と比較すると、強度は外力に比べて十分に大きく、試設計モデルは強度的には妥当なものであることを示している。

(382)

**〈機 関 性 能 部〉**

**温度成分の空間分布観測法の研究**

**Study on Spatial Distribution Measurements  
of Temperature and Species Concentration**

佐藤誠四郎

昭和60年 1月

機械学会 流動・燃焼のレーザ計測と制御研究分科会  
成果報告書 No.2

近年燃焼解析のため、1点での計測から多点同時計測、二次元的な分布計測さらには三次元空間分布計測などのより多くの情報の取得が要請される機運にある。光干渉法を用いた温度測定では光路に沿った積分量が得られるので、通常測定対象が二次元場および軸対称場に限定される。しかし計算機トモグラフィ (Computed Tomography, 略称CT) の手法を用いることによって、任意の分布形状の場合にも拡張され、局所的な値のみならず広い範囲の三次元空間分布の測定が可能となる。定常状態に対するCT手法の適用には、投影データを得る以外ほぼ問題はなく、非定常状態ではいかにして多くのデータを同一時刻に得るかが重要な課題である。

本研究は、ホログラフィ干渉法による火炎温度の三次元空間分布を求めるため、非定常燃焼場へのCT手法適用を目的として、先ず各方向の干渉像を一度に撮影できる多方向干渉光学系を開発、提案しアルコール火炎の温度測定を行った。また比較のため熱電対法との同時測定を行った。

撮影光学系は、24方向の干渉像（投影データ）が一度に得られるもので、アルコール火炎の三次元温度空間分布が精度良く得られること、投影データ数と得られる空間分解能の目安、温度測定値は熱電対法とほぼ一致すること、いくつかの再構成計算方法の復元精度などを明らかにした。

今後の問題として、多方向干渉光学系の撮影干渉像の視角および視野を広げること、データ処理の自動化などがある。

## 温度・成分の空間分布観測法の研究

### Study on Spatial Distribution Measurements of Temperature and Species Concentration

佐藤誠四郎  
昭和60年2月

#### 燃焼現象のレーザ計測とモデリング研究成果報告書

ホログラフィ干渉法を用いた成分濃度および燃焼温度の測定を目的として、温度・成分の同時測定法、温度の三次元空間分布計測法の燃焼場への適用化を検討した。

燃焼領域の温度と主要な成分の同時計測には多波長干渉法によることにした。まず空気中に噴射した炭酸ガスの濃度場を対象に、2つの異なった波長のレーザを用いる二波長ホログラフィ干渉法により測定を行い、適用上の問題点、測定精度、測定限界およびその可能性などを検討した。

燃焼温度の三次元空間分布の計測には、ホログラフィ干渉法と計算機トモグラフィ (Computed Tomography, 略称CT) の手法を組合せ、適用化のための多方向干渉光学系の開発、改良を行い、アルコール芯火炎の温度測定に適用した。また測定値の空間分解能、再構成計算の復元精度の検討、温度測定値の比較のため熱電対法との同時測定を行った。

得られた結果として、二波長ホログラフィ干渉法による温度・成分濃度の同時測定では干渉縞の読取り精度と干渉感度を高める必要があり、干渉測定精度は1/100~1/1000 波長程度が必要で、この精度は現状の干渉写真を基にした方法では難しく、高精度干渉法の適用化が必要であることを明らかにした。

燃焼温度の三次元空間分布の測定については、定常状態に対するCT手法はほぼ確立されているが、非定常燃焼場への適用化のためには、いかにして同一時刻に多くの投影データを得るかが最大の問題である。ここでは投影データを一度に撮影できる多方向干渉光学系の開発、提案を行い、アルコール火炎に適用し本手法の有用性を示した。得られた温度測定値の空間分解能、精度の検討などを行い、本手法は火炎構造などの研究に有力な手法となる見通しを得た。

## タンク内付着残液の低減策の研究

### Techniques for minimizing the Residual Cargo in Tank

上田浩一、植田靖夫  
昭和60年5月

日本船用機関学会、第36回学術講演会講演集

有害液体化学物質の船外投棄については、国際海事機関 (IMO) に於て作成された「排出の方法及び設備に関する基準」に沿って行わなければならない。各国政府はこの基準に基づいて具体的な排出のためのマニュアルを作成することが義務付けられている。これを実行するには荷揚時の貨物残液量を減少させるための技法を確立技法を確立することが重要である。ばら積み輸送される液体化学物質は広範な物性値の異なるものであるが、このうち粘性を基準として、粘性と壁面付着量との関係を実験的に調べた結果について述べる。またベンチレーションによる除去について、模型実験を行ない、その効果の概要について調べた結果について述べる。内容は次のとおりである。

ケミカル物質の粘性と付着量の関係についてはIMO案により概略は表わせる。しかし粘性係数が大きい場合 (3 st 以上) には面に一様に付着するためバラツキが少ないが、粘性係数が小さい場合 (6 cst 以下) には液滴になり付着するためにバラツキが多い。

洗浄による付着量の推定は、完全には洗浄されないため、やや少なくなる。

ベンチレーションとして蒸気を使用した模型実験結果では、供給蒸気量の1~5%程度のケミカル量が除去され、低温 (約10℃) の空気で乾燥する場合にはかなりの時間を要する。

船用ディーゼル機関の摩耗金属分析  
(第3報 燃料特性)

Analysis of Wear Metals of Marine Diesel Engine  
(The Third Report: Characteristics of Fuel)

山岸 進, 加藤 寛, 村山雄二郎, 福田誠治  
昭和60年5月  
第36回日本船用機関学会講演会

本報は機関摩耗診断モニターシステムの開発を目指した研究の第三報である。これまでに確立した、鉄分析方法を用いて実船2隻の大形2サイクルディーゼル機関の潤滑油中の鉄(Fe)濃度履歴を計測して得たデータと摩耗量に関連深い燃料性状について多変量解析を行った。

その結果次の事が明らかにされた。

- (1) Fe濃度は運転初期において、シリンダー毎の差が大きいが、しかし時間経過と共に差は小さくなり、安定期では全シリンダーほぼ一定値に落ちつく。
- (2) 同一試料を回収率の異なる前処理法で処理する事により、粒径変化を推定でき、摩耗状態を調べる上で有効であり、それは無次元指標に整理される。
- (3) C重油の一般性状分析値を主成分分析し、その特性値がより少数の結合特性で整理される事がわかった。少数特性とは燃料が直留残渣系かどうかと、いうことと燃焼に関する性質(粘度, セタン価)が主要なものである。
- (4) 上の特性を用いて主成分分析を行ったところ、安定期の機関摩耗にとって、燃料が直留残渣系かどうかという事が最も関連があると予想される。今後、データ数を増して、この傾向を確認したい。

高粘度原油洗浄に関する研究(第2報)

Study on the High Pour Point Crude Oil Washing  
(2nd Report)

渡辺和夫, 加藤 寛  
山之内博, 沼野正義  
昭和60年5月

日本船用機関学会第36回学術講演会 講演前刷

船舶からの油の排出規制強化の一環として、油タンカーの構造及び運用面においてSBT(分離バラストタンク)と共に貨油タンクのCOW(原油洗浄)が一定のタンカーに義務づけられるに至った。現在我が国には年間4,000万klを上回る高粘性原油が輸入されているが、この種の原油によるCOWの実態を、COW本来の目的とされる船内残留油の低減、ひいては船外排出油量の低減による海洋汚染防止効果と関連して解明する必要がある。

本報告は第1報と同様の高流動点供試油及び実験装置を用い、COWマニュアルに基いてタンク洗浄を行ったときの付着残留油量に関する実験の一部を含み、主として船外排出油量の低減に関する実験研究を中心にその概要を述べる。

内容構成は

- 1) タンク壁温の高低及びCOW実施の有無にそれぞれ対応して得られたタンクモデル内の付着残留油量を基とした実船ウイングタンク内付着量の試算及び検討,
- 2) 高流動点供試油(HPP供試油)のCOWにつづく温水洗浄(クローズド・サイクル方式)によって生じた洗浄排水のスロップタンク内における油水分離性,
- 3) スロップ水の水切りに対する「限外ろ過装置」の適用試験からなり、結論として、COWの技法はHPP原油の場合にもタンク内残留油量の低減に効果的と言えるが、壁温の影響が著しく、寒冷時には付着残留油量に十分注意が必要であること、クローズド・サイクル方式による温水洗浄で生じたHPP原油スロップ水の油水分離性は、総じて中東系原油に比べて良好であるが、洗浄水の圧力・温度条件によっては20ミクロンを下回る微細は油粒を相当量含むこと、この種スロップ水の効果的な水切り対策としての「限外ろ過装置」の有効性を指摘している。

## 低質重油の性状とすす、デポジット及びリング摩耗などとの関連性

### Influence of Qualities of Low Grade Fuels on Soot, Deposit, Ring Wear and Others

塩出敬二郎, 辻 歌男

昭和60年6月

日本船用機関学会誌 第20巻第6号

近年船用燃料は、原油の重質化、石油需要構造の变化、2次分解装置の導入などにより低質化している。

これに伴って燃料の着火性、燃焼性などが低下しているために良好な燃焼を行うのが困難となり、燃焼生成物による機関故障が増加している。そこで、低質重油の性状が機関故障とどのような関連性を持っているかを小型ディーゼル機関による実験によって調べた。実験は性状の異なる7種類の低質重油と1種類のA重油及び2種類のA/Cブレンド油を用いて、各油について30時間の連続運転を行った。そして、燃料性状(残留炭素分、硫黄分、粘度、灰分、ディーゼル指数、水分など)が機関のスモーク濃度、すす濃度、デポジット付着量、ピストンリング摩耗量、潤滑油粘度、潤滑油中のNペンタン不溶解分、全塩基価などにどのような影響を与えるかを検討した。実験結果をまとめると次のようである。A/Cブレンド油では、A重油の割合が増加すれば、C重油に比べて燃焼が改善されスモーク濃度、デポジット付着量、ピストンリング摩耗量などを減少する。低質重油では、すす濃度は燃料中の残留炭素分や硫黄分が多くなると高くなる。スモーク濃度は残留炭素分の増加、ディーゼル指数の低下、燃料粘度の上昇などにより高くなる。ピストンリング摩耗量は、残留炭素分、灰分、水分が多くなると増加する。潤滑油中のNペンタン不溶解分は、残留炭素分や水分が多くなると増加する。潤滑油粘度は水分、残留炭素分、灰分が多くなると高くなる。潤滑油の全塩基価は燃料粘度の上昇、硫黄分の増加などで減少が促進される。

## Prevention of Escaping Oil from Mechanical Barriers in the Presence of Water Currents

### オイルフェンスの漏油防止

上田浩一, 植田靖夫

昭和60年6月

Proc. of International Symposium on Ocean Space Utilization '85

船舶或いは臨海施設が原因するところの油の海面への大量流出事故に際しては、何よりの初動対策として拡散防止のためのオイルフェンスを展開するのが常である。しかし現用のオイルフェンスは海面の油の拡散阻止に対して必ずしも万能でなく、特にある程度以上の潮流、波、風が伴った場合の性能を向上させることが要望されている。この問題に対処し、回流水槽による実験を行ない、オイルフェンスの基礎性能について明らかになったことから、およびそれを基に考案したオイルフェンスの漏油防止装置について述べる。オイルフェンスの滞油性能は油層フルード数と無次元油層長さで整理することによりよく示すことができ、潮流に関する滞油限界は油層フルード数が0.8前後である。ネットを用いた漏油防止装置を使用することにより、オイルフェンスの漏油防止効果を50%程度以上向上させることができることが確認された。オイルフェンスの基礎性能の実験については潮流を主に実験を行なったが、風および波の影響、油種を変えた場合の滞油についても実験を行なった。また模型展張オイルフェンスにより開口比の影響についても調べた。これらの実験結果を基に検討した結果を述べた。

## 〈原子力船部〉

## プール水中での蒸気凝縮時における凝縮振動の振動周波数

Oscillation Frequencies at Condensation Oscillation Induced by Steam Condensation into Pool Water

綾 威雄, 成合英樹, 若林 学

昭和60年3月

日本機械学会論文集 51巻463号B編

沸騰水型原子炉の圧力抑制型格納容器では、冷却材喪失事故に一次冷却系から流出する高温の蒸気を、ベント管を通してプール水中で凝縮させることによって格納容器内圧の上昇を抑える構造を採っている。蒸気がプール水中で凝縮する際には、蒸気の流量やプール水温に依存して、いろいろなパターンの圧力振動がベント管出口で発生する。本研究で取り上げる「凝縮振動」は、比較的大きな蒸気流量時に生ずる典型的なパターンであり、従来の研究では、この凝縮振動の振動周波数を、ベント管内の気柱共鳴や、ベント管出口の気泡の固有振動数で説明しようとした。

著者は、凝縮振動時にベント管出口で凝縮しつつ膨張と収縮をくり返す蒸気泡の運動が圧力振動の周波数と一致するという高速写真による観察結果に基づきベント管出口の蒸気泡の運動に対する基礎式を線形化して振動数に対する一般論を展開し、本実験および従来公表されている各種小規模実験における振動数のデータと比較した。その結果、以下の結論を得た。

- (1) ベント管出口の蒸気泡の振動が、3階の線形微分方程式で表わされ、この特性方程式から凝縮振動の振動周波数が一般に2つの無次元パラメータに依存して定まる。
- (2) この2つのパラメータの値により、振動周波数は凝縮支配の振動数で近似できる場合と、気泡の固有振動数で近似できる場合が存在する。特に大気圧の蒸気に対しては、いずれで近似してもほぼ同じ値になる場合が多い。このことが、従来、気泡の固有振動モデルとなったり、或いは凝縮支配振動となって提案された理由であろう。
- (3) 気泡を円柱および球状でモデル化し、上述の解析解に適用して各実験パラメータの依存性を調べたところ、従来得られている小規模実験データがほぼこれらの形状に対する解析値と一致した。

(386)

## GO-FLOW: A Reliability Analysis Methodology Applicable to Piping System

GO-FLOW: 配管系へ適用可能な信頼性解析手法

松岡 猛, 小林道幸

昭和60年3月

American Nuclear Society,  
Proceedings on International ANS/ENS Topical Meeting on Probabilistic Safety Methods and Applications

原子力プラントに代表される大規模システムの確率的な安全評価手法としては、フォールト・ツリー解析イベント・ツリー解析が用いられている。しかし、フォールト・ツリー解析では、頂上事象として、ひとつのシステムの不作動だけしか選定できない。フォールト・ツリーの作成には、解析者の熟練を要し、作成されたフォールト・ツリーに論理的な欠陥がない事を確認するのが難しい、等の問題点がある。

これらの問題点を補う解析方法としてGO手法がある。このGO手法により、配管系である原子力船“むつ”の非常用崩壊熱除去系の信頼性解析を実施した結果、この手法には、なお問題点がある事が判明した。

つまり、GO手法においては、状態がoff→on→offの様に変化する系を解析する事は不可能であり、また、時間経過と共に系が故障する確立を求める事も、解析を繰り返す必要があり手数がかかる。

そこで、上記の問題点を解決した、信頼性解析手法GO-FLOWを開発した。この手法は、チャートによるシステム表現方法、信号の流れを追う解析方法においてGO手法と類似しているが、信号の意味、タイム・ポイントの取り方、定義されているオペレータの機能はGO手法とは本質的に異なっている。

本論文においては、GO-FLOW手法の概念、標準オペレータ、信号の意味、タイム・ポイントの取り方、計算実行手順を中心に、GO-FLOW手法について説明し、更に、GO-FLOW手法による解析例として、原子力船“むつ”の非常用崩壊熱除去系、BWR非常用炉心冷却系、の二つの解析例、及び結果を示している。



## 乾式キャスクの遮蔽計算に対する QAD-CG コード の精度評価

### Accuracy Evaluation of the QAD-CG Code for Shielding Calculation on the Dry-Typed Shipping Cask

金井康二, 植木紘太郎

昭和60年3月

昭和60年日本原子力学会年会

点減衰核積分法による QAD-CG コードは、使用済核燃料輸送容器のガンマ線遮蔽計算にもしばしば利用されている。しかしながら同コードの精度を系統的に評価した研究は、ほとんど見当たらない。本報告では TN-12A 乾式キャスクの実験値を基に、同コードで採用している数値や近似計算を検討し、それぞれ精度へ及ぼす影響を調べ適用限界を明確にし、同コード改良への指針を与えることを目的とする。

ガンマ線量率分布の測定はサーベイメータを使い横置き TN-12A キャスクの表面上部方向から 0 度、90 度及び 270 度の位置にそれぞれ 50cm 間隔でなされている。この線量率分布を計算するに当り ORIGEN 82 コードで線源評価をし、線源領域内の空間分布は一様として QAD 計算の線源データを与えた。この他に、燃料集合体端部の鋼材の放射化による線源(特に  $^{60}\text{Co}$ ) が考えられるがここでは無視した。このため計算値は両端部で過小評価している。

QAD 計算では形状に対してはほとんど正確な取り扱いができる。ここではフィンの部分を均質化したこと、トラニオン部分を無視したこと以外実形状と同一に入力した。QAD 計算で問題となるのは①線源領域に渡る積分として、その領域を細分割し積算する近似を行なっていることである。分割数を倍々と増して検討した結果 ( $\gamma$ ,  $\phi$ ,  $z$ ) の円柱座標を  $50 \times 25 \times 50$  程度で良いことが判明した。次に②使用する定数の問題は、減衰係数に対して線形内挿と  $\log\text{-}\log$  内挿による結果を比較、またデータも最新のものと入れ変えて計算を行ない検討した。最後に③再生係数の取り扱いは、同コード内蔵の Capo 形では深い透過では負の値を算出するおとを指摘し、これを Modified G-P 法によって改善した場合との比較も行なった。

## Phased Mission Problem —GO-FLOW 手法による信頼性解析—

### Phased Mission Problem —Reliability Analysis by GO-FLOW Methodology—

松岡 猛, 小林道幸

昭和60年3月

日本原子力学会年会 要旨集

原子力学会59年秋の分科会で報告した、GO 手法による信頼性解析の結果、GO 手法には、解析対象とするシステムのモデル化が容易である等の長所を持っているが、複雑な動作モードを持つ系への適用、時間経過に伴う故障率の算出、等が困難である事が判明した。そこで著者らは、これらの点を克服する目的で、GO-FLOW 手法を開発した。本報告では、GO-FLOW 手法による Phased Mission Problem の解析実施例を示す。

解析対象としては Phased Mission Problem としてよく知られた、BWR 非常用炉心冷却系を選んだ。この系は、LOCA 時の炉心からの除熱を目的としており、動作モードとしては、三段階のフェーズを持っている。フェーズ 1 は、初期炉心冷却、フェーズ 2 は、サブプレッション・プール冷却、フェーズ 3 は崩壊熱除去であり、各フェーズにおいては、単独、あるいは、複数のサブ・システムの組み合わせの動作が必要とされる。

GO-FLOW 手法による解析の結果、各フェーズの開始及び終了における、系の動作失敗確率が、一度の計算によって得られた。

本手法により、Phased Mission Problem に見られる様な複雑な動作モードを持った系の、時間経過に伴う、動作成功/動作失敗の確率が、一度の計算で得られる事が示された。今後、実際の原子力プラント等、大規模、複雑な系へ本手法を適用する予定である。

## 〈東海支所〉

船用炉の蒸気放出時ドライ・アウト水位に及ぼす  
船体傾斜角の影響

Effect of Ship Inclination on the Dry-out Water  
Level of the Marine Reactor during Steam Relief

伊従 功, 村田裕幸, 綾 威雄, 小林道幸,  
成合英樹, 近藤正和

昭和60年3月

日本原子力学会 60年会要旨集

海難で傾斜した原子力船の原子炉一次系から蒸気を放出する場合を想定して炉心ドライ・アウト模擬実験を行った。本報では、炉の傾斜角とドライ・アウト開始時点における炉心水位との関係及び炉心内ボイドの挙動等について得られた実験の結果を報告する。

実験装置は一体型船用炉を高さ方向にはほぼ実寸大に模擬したものである。炉心部は有効発熱長1500mmで外径10.5mmφのヒーター・ピン114本とタイ・ロッド6本とをピッチ15mmで5行×24列に配列した二次元模擬炉心である。蒸気発生器部は炉心を円筒状に取巻く三次元熱交換器で、炉心とはホット・レグ及びコールド・レグによって連結されている。蒸気放出管はホット・レグより上方に設けられている。ヒーターピンのスペーサーは格子状板バネで4段、間隔は360mmである。炉心の加熱方式は全領域一様加熱(熱流束一定)である。

実験条件は大気圧とし、二次系冷却水は抜いて空にした状態で炉心を加熱し、ヒーター・ピン表面に埋め込んだ熱電対でドライ・アウトを検出した時点で加熱を停止し、ドライ・アウト水位(ピン先端基準)を記録した。

主なる実験結果は次のとおりである。

- (1) 炉心水位がある程度低下しても、炉心冷却は激しいボイドの吹上げによって継続される。正立時にはボイドの吹上げは2本ないし3本の柱状吹上流となり、不安定であるが、傾斜時には気相と液相が分離されて安定した回流を生じる。
- (2) ヒータ出力が200kW以下で傾斜角が0°~60°の範囲では、ドライ・アウト水位は出力が大きいくほど低くなる。また、この範囲では、ドライ・アウト水位は傾斜角の影響をあまり受けない(200kWの場合：傾斜角0°で約1m, 60°で約90cm)。
- (3) 大傾斜時には、ある出力のところでドライ・アウ

ト水位は最低になる(傾斜角85°の場合：80kWあたりで最低値約16cmをとる)。