

An Analysis of a Dynamic System by the GO-FLOW Methodology

GO-FLOW 手法による動的システムの解析

松岡 猛、小林道幸

平成8年6月

Proc. of Int. Conf. on Probabilistic Safety
Assessment and Management (PSAM-III)

船舶技術研究所で開発を進めている GO-FLOW システム信頼性解析手法により動的システムの信頼性解析が容易に実施できる事についての発表である。

論文においては、まず動的システムの解析の必要性、重要性について述べ、次に動的システムとは何かの定義を与えている。

動的システムのサンプル問題としては、Aldemir (オハイオ大学) により取り上げられたホールドアップタンクがあり、動的システム解析の多数の研究者により解析が実施されている。本論文でもこの問題を対象に解析を実施した。システムは2台のポンプと一個の弁より構成されている(図参照)。通常はポンプ1台により水を供給し、流出配管から同量の水を弁を通して排出し、タンクの中の水位を一定に保っている。故障の発生に対応して、補助ポンプの起動、弁の開閉操作等を行い水位を一定に保つことを目標とする。時間経過に伴い、水位が保持される確率、溢れる確率、空になる確率を求める事が与えられた課題となる。

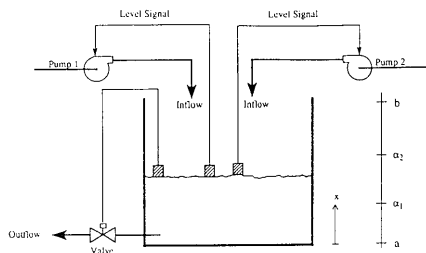
故障状態としてはポンプの故障停止、故障による暴走運転、弁の開固着、閉固着を考慮。故障率としてはポンプ1の運転中の故障を $0.004562/h$ 、ポンプ2の運転中の故障を $0.005714/h$ 、待機中の故障を $0.000571/h$ 、弁の故障率を $0.003125/h$ とした。また、ポンプ2の供給量はポンプ1の半分とした。

このシステムに対応した GO-FLOW チャートを与え、ポンプ、弁のモデル化の方法を詳しく述べている。タンクの水位をプロセス量として取り上げ、水位の変化に要する時間を GO-FLOW チャートの中でモデル化するため遅延オペレータを導入した。ポンプ2については運転中の故障と待機中の故障を考慮してある。弁の開固着の場合はポンプ1、2共停止させる。ポンプ1の故障停止の場合は弁を閉じる、ポンプ2を起動させる等の対応操作も GO-FLOW チャート中にモデル化され、表現されている。

タンクの水位の状態、及び機器の動作状態の組み合わせによりシステム状態を10に分類し、最終信号線として表現した。各最終信号線は機器の故障状態の組み合わせの複数組により構成されている。

解析結果として、0-115時間の間における各システム状態の出現確率のグラフを与えてある。

本論文により GO-FLOW が動的システムの解析も容易に実施できることが示され、PSA におけるシステム解析の手法として有用な手法であることがわかった。



〈原子力技術部〉

On-Board Experiment and Monte Carlo Analysis of Dose Equivalent Rate Distribution in the LLW Shipping Vessel "Seiei Maru"

低レベル放射性廃棄物運搬船“青栄丸”による
線量当量率分布の実船実験とそのモンテカルロ解析

植木紘太郎、大橋厚人、笹尾正士、
讃井敏光、布施卓嘉

平成7年12月

PATRAM'95 Proc. of the 11th Int.
of the Packaging and Transportation
of Radioactive Materials

本報告は低レベル廃棄物(LLW)運搬船“青栄丸”による実船実験によって船内外のガンマ線線量当量率を測定し、モンテカルロコード MCNP 4A で解析したものである。線量当量率の測定はまた“青栄丸”がむつ小川原港に入港時に岸壁において行っており、これによってスカイシャインの寄与を調べた。

“青栄丸”は7つの船倉があり、合計384個のコンテナが積載でき、3,072本のLLWドラム缶を輸送することができる。

線量当量率の測定はアロカ社のシンチレーションサーベイメータを用い、ハッチカバー上を中心に、居住区についても実施した。ハッチカバー上のモンテカルロ法による解析は2通りについて行った。1つはモンテカルロ法の特長を十分引き出すため、1船倉に積載される60個のLLWコンテナについてそれぞれ1個のコンテナに収納される8本のLLWドラム缶を4本ずつ2ブロックに束ね、線源強度は各コンテナ毎に与えた非均質モデルであり、もう1つは船倉に積載される60個のLLWコンテナ領域を空間も含め一様にした均質モデルによる計算である。この均質モデルは従来から用いられる点減衰核コード QAD やディスクオーディネイトコード ANISN や DOT 3.5 によっても計算することができるが、非均質モデルについてはモンテカルロ法によってのみ可能である。

本研究によって次のような結論を得ることができた。

1. LLW 積載領域を非均質化したモデルをモンテカルロ法で解析することにより、実験値と比較し良い一致が得られたが、均質モデルによるモンテカルロ解析では測定値に対し5倍程度過大評価になった。
2. 本研究からハッチカバー表面上における最大線量当量率は $2.5 \mu\text{Sv}/h$ を越えないものと推定される。規則上の制限値は $2,000 \mu\text{Sv}/h$ であり、安全ファクターは800である。また、“青栄丸”から50m離れた岸壁上における最大線量当量率は $0.05 \mu\text{Sv}/h$ であり、年間でも $0.438\text{mSv}/y$ である。したがって、本船の公衆に対する放射線被曝は十分安全である。
3. 岸壁上の測定からスカイシャインの寄与を判別することが困難であったので、その寄与を MCNP 4A コードで計算し、推定した。その結果、岸壁上でのスカイシャインの寄与は本船のハッチカバー開の状態でおおよそ11%であると推定された。