

I-147

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2）

鹿島建設㈱ 正員 物井 康 鹿島建設㈱ 正員 山本 正明
 鹿島建設㈱ 正員 見坊 東光 鹿島建設㈱ 正員 大田 哲也

1. 研究目的

シーバースの稼働をシミュレーションするためには、気象・海象現象を実現象に近い形で再現する必要がある。本研究では、波高、周期、風速等の気象・海象現象を相互相関も考慮した定常確率過程としてシミュレーションする方法を検討し、苫小牧シーバースの気象・海象現象に適用した結果について述べる。

2. シミュレーションの対象

船舶の着栈・荷役等が可能であるか否かは、有義波高（ $H_{\frac{1}{3}}$ ）、有義波周期（ $T_{\frac{1}{3}}$ ）、10分間平均風速（ U ）の3つの指標によって決められる。したがって、ここではこれらの3指標をシミュレーションの対象とする。また、有義波高と有義波周期の間には相関があることなどから、上記3つの相互相関も考慮することとする。なお、シミュレーションにあたっては1年を四季に分け、季節と季節の間は非定常とし、年と年の間は定常性を仮定する。

3. シミュレーション理論

観測データに基づいて設定された平均値、分布型、パワースペクトル、クロススペクトルの4項目が、多数回シミュレーションを実行することによって平均的に再現されるようにシミュレーションを行う。

正規分布する定常確率過程 x_n は、次式に基づきFFTを用いてシミュレーションすることが可能である。

$$x_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} [X_k \cdot \exp(j \frac{2\pi k n}{N})]$$

ここに、 N : 継続時間 T の分割数（ $T = N \cdot \Delta t$ 、 Δt は時間刻み）

n : 時刻 t に対応する変数（ $t = n \cdot \Delta t$ ）

k : 円振動数の番号

$$j : j = \sqrt{-1}$$

X_k : 実数部及び虚数部をそれぞれ独立な正規乱数によって定めた複素数の乱数

対数正規分布する定常確率過程をシミュレーションする場合は、対数正規分布する変数の対数をとると正規分布することを利用すれば、上述の基本式を用いたシミュレーションが可能となる。

4. 観測データの統計的性質

有義波高等の統計的性質は、苫小牧シーバースにおいて2時間間隔で一日12回計測されたデータに基づいて検討する。有義波高及び有義波周期が着栈限界値を越える頻度を1974～1977年の期間を対象に調べると図-1の様になり、季節毎に頻度に変化する傾向のあることがわかる。本研究では一年間を季節に着目して4つに層別して取り扱うこととする。代表的なデータとして1975年のデータを取り上げてシミュレーションを行うこととした。1975年について各季節の平均値・標準偏差を表-1に示す。表-1には、確率紙及びカイ二乗検定を用いて分布型適合度を検討した結果に基づいて設定した分布型をも示す。

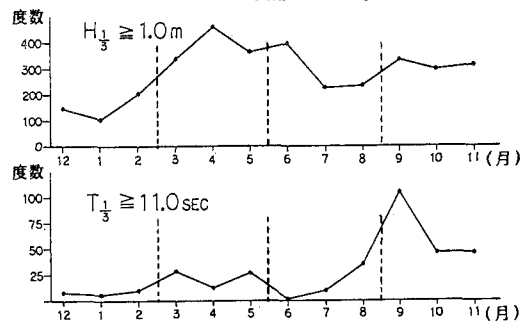


図-1 着栈限界以上となる有義波高・有義波周期の頻度

表-1 季節毎の平均値・標準偏差・分布型

		冬	春	夏	秋	分布型
		12月～2月	3月～5月	6月～8月	9月～11月	
有義波高 (m)	平均値	0.5	0.7	0.6	0.7	対数正規分布
	標準偏差	0.4	0.5	0.3	0.6	
有義波周期 (sec)	平均値	5.5	6.4	6.3	6.9	正規分布
	標準偏差	1.9	1.9	1.5	2.2	
平均風速 (m/sec)	平均値	5.7	5.6	4.7	5.8	正規分布
	標準偏差	3.0	3.4	2.6	3.4	

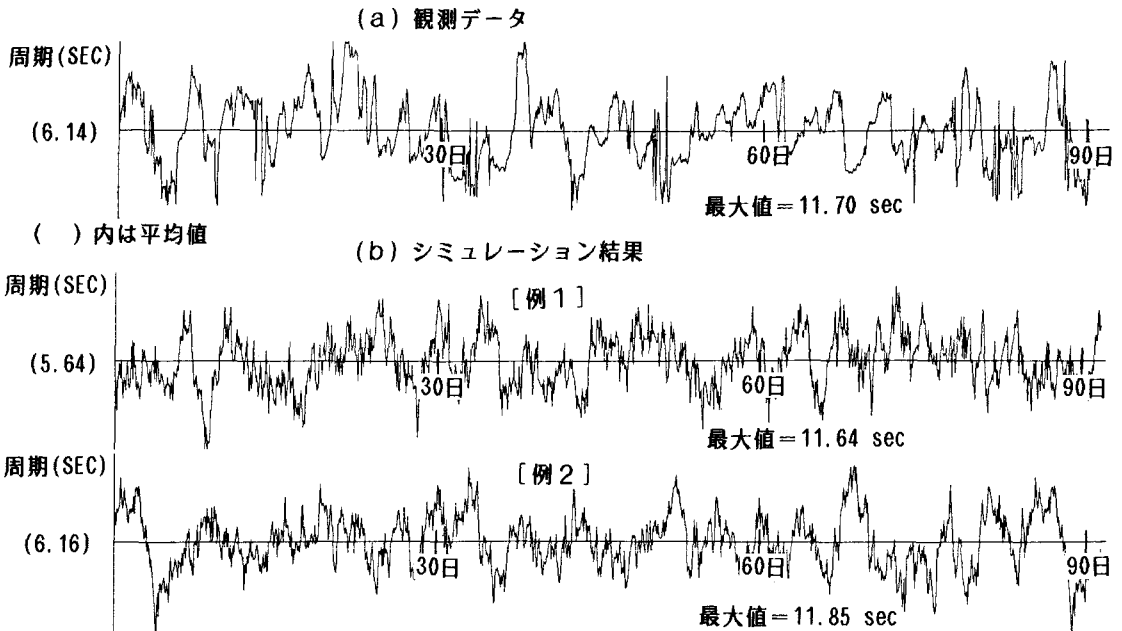


図-2 観測データとシミュレーション結果（時系列）

5. シミュレーション結果

1975年のデータに基づいて有義波高、有義波周期、平均風速の同時シミュレーションを行った。その一例として、冬における有義波周期のシミュレーション結果を示す。観測データとシミュレーション結果の時系列を図-2に示す。シミュレーション結果の平均値は、観測データの平均値にほぼ等しいといえる。また、パワースペクトル及びクロススペクトルについて観測データとシミュレーション結果の比較図を図-3に示す。図から、観測データとシミュレーション結果は比較的良好一致を示していると思われる。

6. 今後の課題

気象・海象現象には季節変動以上の長周期変動も本来含まれていることから、供用期間をカバーできるような長期の観測データを収集し、長期変動を考慮する必要がある。すなわち、年周期変動を考慮してシミュレーションを行う必要がある。

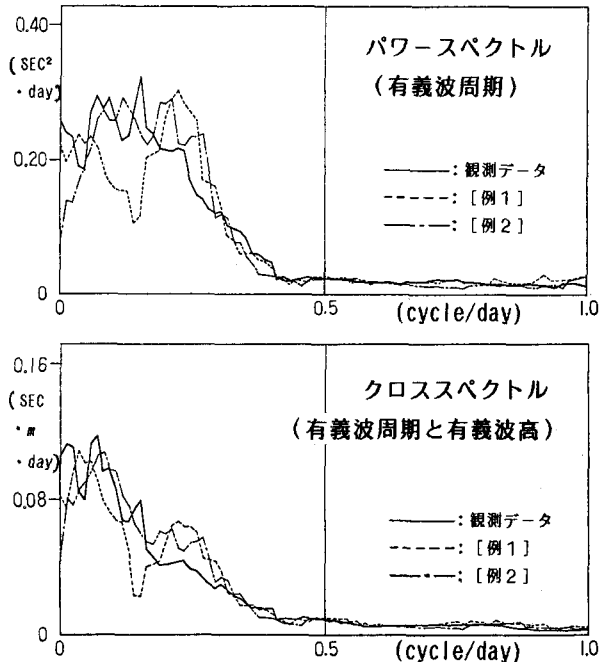


図-3 スペクトルの比較

謝辞 本研究は、当社の信頼性工学研究会が研究を行った成果をまとめたものであり、研究会のメンバー各位に感謝する次第である。また、本研究を進めるに当たり数々の貴重な助言を頂いたA.H-S. Ang 教授（イリノイ大）、星谷 勝教授（武蔵工大）に厚く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 星谷 勝「確率論的手法による振動解析」鹿島出版会、1974.8.
- 2) Sinha, A.K. : On Digital Simulation of Multicorrelated Random Processes and Its Applications, Ph. D. Thesis, Virginia Poly. Tech. and State Univ., 1973.7.