

京都大学 正員 長尾 義三
 京都大学 正員 森本 寿芳
 運輸省 正員 ○黒田 秀彦

1. まえがき

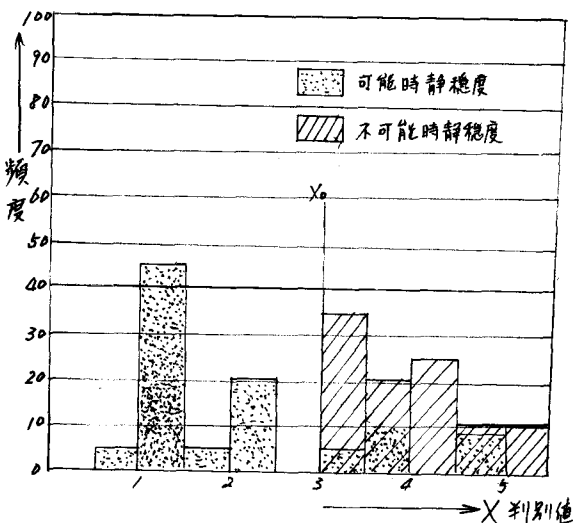
近年、経済発展、社会開発の基盤として、港湾の重要性が認識されるとともに、港湾施設の合理性・合目的性が一層追求されるに至っている。しかし、泊地の機能に関しては、その解明がもっとも遅れている部門といえよう。例えば泊地に要求される静穏性について、明確な定義が与えられておらず、また港湾機能におよぼす影響も何ら定量的に把握されていない。本研究はこの点に注目し、港湾活動におよぼす自然条件の影響を知るため、一次判別関数法により港湾活動の可能・不可能を判断する基準となるべき静穏度を定義し、これにより港湾活動が可能となる限界静穏度を統計的に決定し、実際に発生する静穏度の生起確率より、港湾における機能（船舶の出入、荷役等）がどのように変動するかをシミュレーションモデルによって定量的に把握しようとした。さらにこのような基礎的分析をもとに泊地を中心とする外港計画システムを提案する。

2. 静穏度および限界静穏度とらの定量化

静穏度および限界静穏度の定義については土木学会関西支部で発表したとおりである⁽¹⁾。前回ではおもに入出港作業の限界静穏度について述べたが、今回はさらに荷役作業についても要因分析と限界静穏度について考察を加えた。図-1は一次判別関数法によって入出港作業の可能時および不可能時の

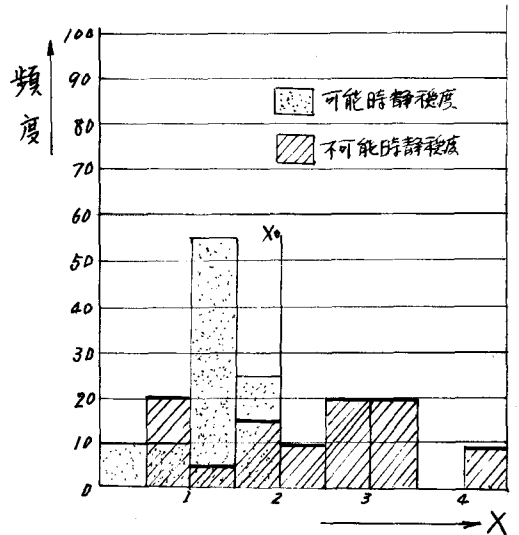
図-1 入出港可否の判別値

図-2 荷役可否の判別値



$$X = -0.128X_1 + 0.421X_2 + 0.286X_3$$

ただし X_1 : 船型 ($GT \times 10^{-3}$)
 X_2 : 波高 (m)
 X_3 : 風速 (m/sec)



$$X = 0.226X_1 + 1.887X_2 + 0.076X_3 + 0.819X_4 - 0.185X_5$$

ただし X_1 : 船型 ($GT \times 10^{-3}$)
 X_2 : 波高 (m)
 X_3 : 風速 (m/sec)
 X_4 : 雨量 (mm/hr)
 X_5 : 貨物の種類 (1: 木材, 2: 肥料, 3: 糧食, 4: 鉱物)

の静穏性指標と計算した結果であるが、この図から入出港作業の限界静穏性指標は $X_0=3$ である。このときの波高および風速、すなわち、限界波高、限界風速の値をみると、対象船舶10,000tの場合には風速10%のとき、限界波高は1.5mとなる。つぎに荷役作業の限界静穏性についてみると図-2のようである。これから荷役作業の限界静穏性指標は $X_0=2$ である。

ろ. 外港施設の静穏度におよぼす影響

外かく施設のようなハーバー施設の種類の規模、配置は港内静穏性を決定する要因の一つである。泊地の静穏度を乱す基本的な要因の中でも港内波は風・雨とともに最も港湾に関係する。港内波には防波堤開口部から侵入する沖波の波高および防波堤天端を越えて伝達される越波による伝達波高、各種施設に反射しておこる反射波および港内二次巻主波がある。沖波の港内への侵入を阻止するためには、防波堤開口部をせき止め、越波を防ぐためには天端高を高くし、反射波を少なくするには港内の各種施設の構造を消波構造にする必要がある。したがって、これら施設と港内波の関係を把握する必要がある。として機械システム的な立場からみるとこれら各成分波と施設の関係よりもむしろそれら成分波の合成されたものとて出現する合成波と各種施設との関係が直接求まると便利である。したがって、ここでは便宜上つぎの港内波高の推定式を用いた。

$$H_i = \left(C_1 \frac{B_x}{L} + C_2 \right) \frac{hL}{A} \cdot H_0 + 0.3 \left(1.5 - \frac{R}{H_0} \right) H_0 \quad \text{----- (1)}$$

各変数、係数は表-1に示すとおりである。

上式は板屋地一辺による侵入波高推定式および北海道開発局土木試験所による越波による伝達波高の推定式を重ね合わせたものであり、これは比較的侵入波の影響が卓越した狭水域の港湾によく当てはまる。

表-1 変数の定義

A: 泊地面積	(m^2)
B_x : 主波高に対する防波堤開口幅	(m)
L: 沖波波長	(m)
H_i : 港内波高	(m)
H_0 : 沖波波高	(m)
h: 泊地水深	(m)
R: 天端高	(m)

$10 \geq \frac{B_x}{L} > 70$ のとき	$C_1 = 20, C_2 = 100$
$30 \geq \frac{B_x}{L} > 100$ のとき	$C_1 = 70, C_2 = 50$
$45 \geq \frac{B_x}{L} > 300$ のとき	$C_1 = 20, C_2 = 200$

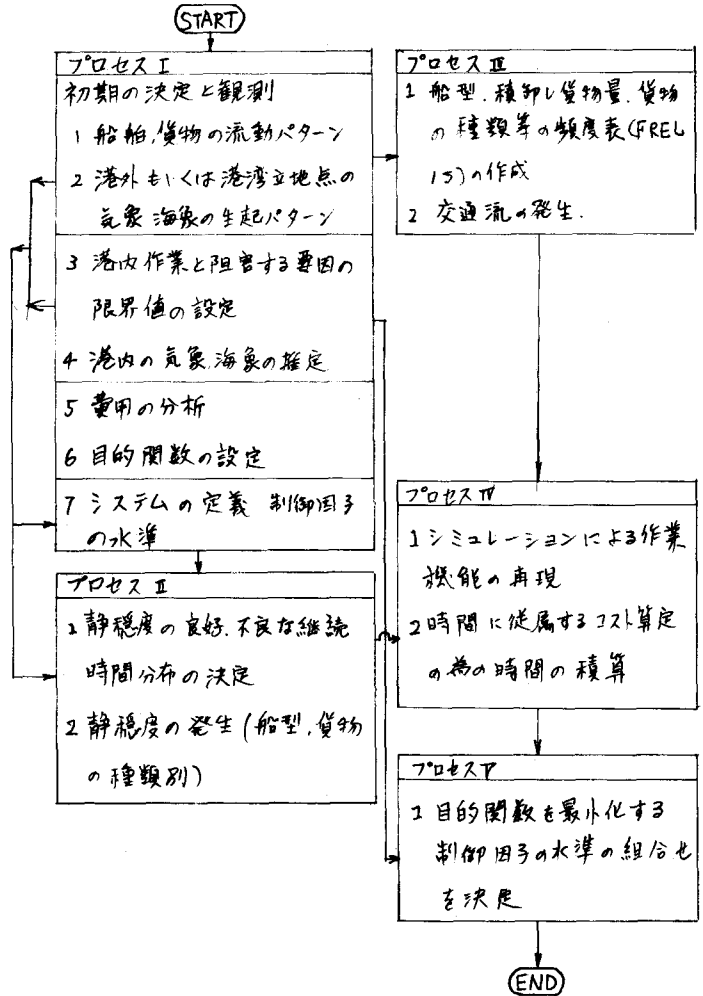
4. ハーバー計画最適化のアルゴリズム

本研究で定義されるハーバー計画システムの中心代替案のシステム設計は図-3の5つのプロセスから成り立っている。ハーバー計画最適化のための代替案はこの図の5つのプロセスを通して設計されるが、各プロセスはつぎのようなシステムモデルで構成されている。

まず、プロセス(Ⅱ)の静穏度の継続時間分布は、前述のように港内波高の推定式を媒介にプロセス(Ⅰ)で集計された自然条件に属するケースを2、前述のように判別関数により判別値を計算し、限界静穏度 X_0 より大(不良)または小(良好)な判別値の継続時間分布を求める。プロセス(Ⅲ)は、(1)に作成された頻度表よりランダム抽出を行なう。このアウトプットは、船舶の到着時刻、船型、積卸貨物量、貨物の種類などからなり、つぎのシミュレーションプロセスの入力データを作成する。プロセス(Ⅳ)のシミュレーションモデルは講演時に説明するが、ハーバー計画のシステムアプローチに際しては、その目的に寄与するものは阻害する要

図の中から支配的要因を抽出し、要因相互の関係および計画手段としての制御因子の目的におよぼす影響が把握される必要がある。そして、ハーバーステムは船舶の流動構造によってシステムとしての把握が可能となる。流動構造を定量的に把握し、計画システムに組み入れるためには操作可能なモデルを作成する必要がある。ここでは計画者の持つ計画手段を操作的に組み込むようなモデルを作成する目的でシステムモデルを構成する。本研究では、ハーバーステムを種々の窓に、通路とそこを流れる船舶にフリ構成されるシステムとして捉え、システムに何らかの事象が生じた時刻に生ずる事象の対象となる範囲について、シミュレーションする方法をとった。この方法は、船舶の流動の制御を容易にし、演算速度を高める利点がある。(V)の最適化プロセスではつぎのような評価関数によって費用を計算し、最小費用を構成する代替案を見出す。

図-3 ハーバー計画最適化のプロセス



$$C = \left\{ \sum_k F_k \left[\sum_j TBER(k, j) + \sum_j TSE(k, i, j) + \sum_j TSH(k, i, j) \right] + L_0 E_0 + L_0 E_0 b / \sum_k E_k \right\} \quad (2)$$

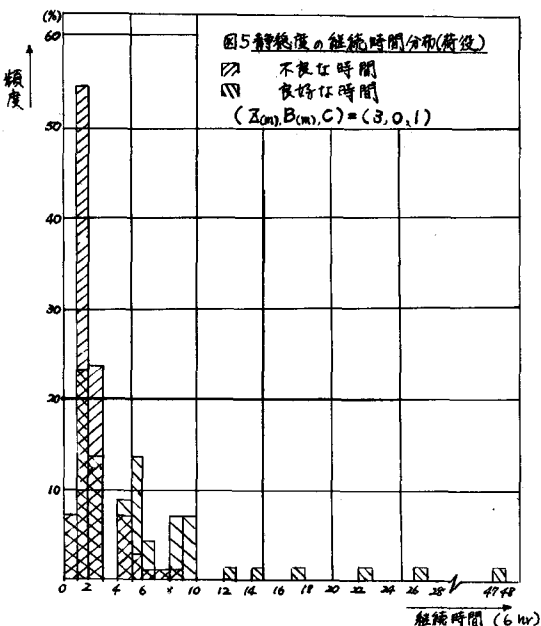
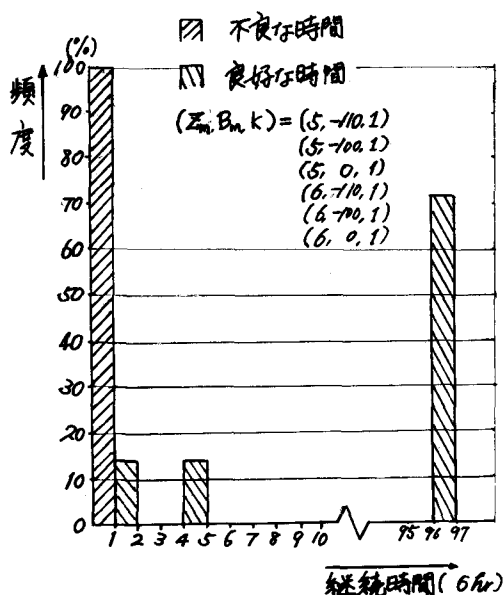
表-2 (2)式の変数の定義

F_k ; 船型 k の船舶の在港単位時間に費やされる1隻あたり費用 (円/時・隻)	
$TBER(k, j)$; 船型 k の j 番目の船舶のバース待ち時間 (時間)	
$TSE(k, i, j)$; 船型 k の船舶 j の作業 i 時における静穏度の悪化に因る遅延時間 (時間)	
$TSH(k, i, j)$; 船型 k の船舶 j の作業 i 時における夜間作業禁止に因る遅延時間 (時間)	
$\sum_k E_k$; 年間取扱貨物量 (トン/年), E_i は i 番目の船の積載量 (トン/隻)	
L_0 ; 防波堤長さ (m)	L_0 ; 防波堤長さ (m)
E_0 ; 岸延長さあたり防波堤建設費 (円/年・m)	E_0 ; 岸延長さあたり防波堤建設費 (円/年・m)

表数の説明は表-2に示す。

ここでは港内で費やされる費用のうち大半を占める在港時船費および施設費をとりあげてみる。

図-4 静穏度の継続時間分布(入港)



5. システムアプローチによる計算例

入出港の可否および荷役の可否に関する静穏度良好な時間および不良な時間の継続時間分布の1例が図-4および図-5に示してある。平均到着時間間隔を60時間/隻の港について費用と開口幅、天端高の関係を示したものが図-6である。他のケースについての詳細な結果および説明は講演時に発表するか、本モデルにより応用ハーバー計画システムアプローチの方法と問題点を指摘できるとと思われる。

[参考文献]

- 1) 長尾義三, 黒田秀夫, 江熊親信; 「防地の静穏度に関する基礎的研究」; 『昭和44年度土木学会開西支部年次学術講演会講演概要』昭和44年5月
- 2) 板尾純一; 『堀江港湾の計画に関する研究』昭和44年3月
- 3) 近藤敏郎, 佐藤功; 「防波堤天端高に関する研究」『北海道開発局土木試験所月報』第117号『昭和48年3月。

図-6 トン当り変動費用

