

海上土砂運搬システムの最適化に関する研究

京都大学 工学部 正員 長尾 義三
 兵庫県 正員 久保田 茂
 京都大学 工学部 学生員 井上 博暁

1. はじめに

海上土砂運搬システムの種類としては、底開式バージを用いるシステム、自力掘土バージを用いるシステム、ステーション方式、フロートリクレーマ方式があげられるが、本研究では、4ステージ循環待ちモデルによって解析される、ステーション方式、フロートリクレーマ方式を対象とし、状態方程式を用いた新しい解析法を提案する。さらに、システムのシミュレーション解析を行い、両者の解析結果の比較から本研究における解析法の妥当性を示す。なお各ステージのサービス時間は指数分布であるものとする。

2. 4ステージ循環待ちモデル

4ステージ循環待ちモデルにおいては、往航、復航のサービス窓口数となる押船の隻数が刻々と変化するため、従来の研究では押船とバージを一体化して解析されてきた。しかし、現場においては一般に押船はバージと切り離して運航させ、その隻数はバージの隻数よりも少ない。したがって、従来の解析法では現実のシステムの挙動を十分に解析することは困難であると思われる。

本研究においては押船とバージを一体化するという仮定をはずし、より現実に対応した図1に示すようなモデルを設定しシステムの解析を行う。モデルの解析においては、バージの状態だけでなく押船の状態もあらわしうる状態確率を設定する必要がある。そこで、システムの状態確率を次のようにあらわす。

$$P(n_1, n_2, n_3, n_4; k_1, k_2, k_3, k_4)$$

n_i : ステージ*i*内にあるバージの隻数

k_1 : 往航待ちの押船の隻数 k_2 : 往航サービス中の押船の隻数

k_3 : 復航待ちの押船の隻数 k_4 : 復航サービス中の押船の隻数

システムの状態の遷移から、状態方程式の一般形を導くことになる。

$$(a_1 \mu_1 + k_2 \mu_2 + a_3 \mu_3 + k_4 \mu_4) P(n_1, n_2, n_3, n_4; k_1, k_2, k_3, k_4)$$

$$= b_1 \mu_1 \times \begin{cases} P(n_1+1, n_2-1, n_3, n_4; k_1, k_2, k_3, k_4) & \dots k_2=0 \\ P(n_1+1, n_2-1, n_3, n_4; k_1+1, k_2-1, k_3, k_4) & \dots k_2 \neq 0 \end{cases}$$

$$+ (k_2+1) \mu_2 P(n_1, n_2+1, n_3-1, n_4; k_1, k_2+1, k_3-1, k_4)$$

$$+ b_3 \mu_3 \times \begin{cases} P(n_1, n_2, n_3+1, n_4-1; k_1, k_2, k_3, k_4) & \dots k_4=0 \\ P(n_1, n_2, n_3+1, n_4-1; k_1, k_2, k_3+1, k_4-1) & \dots k_4 \neq 0 \end{cases}$$

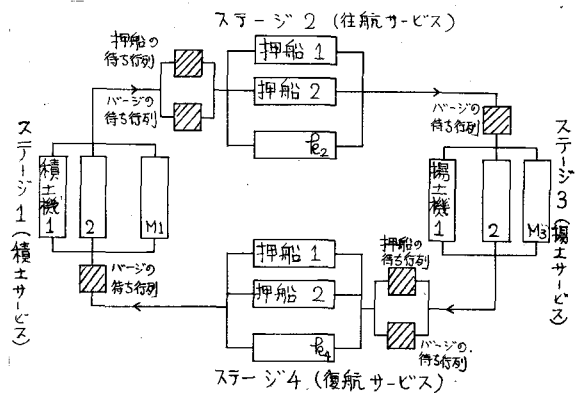


図 1

$$+(k_a+1)\mu_a P(n_1-1, n_2, n_3, n_a+1; k_1-1, k_2, k_3, k_a+1) \quad (1)$$

上式において $a_1 = \min[M_1, n_1]$ $a_3 = \min[M_3, n_3]$ $\theta_1 = \min[M_1, n_1+1]$

$\theta_3 = \min[M_3, n_3+1]$ μ_i : ステージ i のサービス率

M_1 : 積込ステージの窓口数 M_3 : 揚込ステージの窓口数

式(1)に示した状態方程式から、状態確率を求めるためには連立方程式を解く必要があるが、本研究では収束計算法を用いた。この解法は1)状態確率に初期値を与える。2)状態方程式を作成し1)を代入して新しい状態確率を求める。3)2)で求めた値を新たに状態方程式に代入し設定した収束条件を満たすまで繰り返し計算を行う。4) $\Sigma P=1$ の確率条件式を満たすように計算値を修正する。という作業からなる。

3. シミュレーション手法

シミュレーション手法としては、単位時間進行方式を採用する。すなわち、所定の初期条件のもとにシミュレーションを開始し単位時間経過ごとにシステムの状態をチェックするという作業のくり返しからなるものである。解析にあたっては次のような設定を行う。

①単位経過時間は0.01時間とする。

②各ステージのサービス時間は0.0から1.0までの一様乱数を生じさせ、累積密度関数を用いて一義的に決定する。

4. 状態方程式による解析とシミュレーション解析との数値計算結果の比較

本研究で提案する状態方程式による解析とシミュレーション解析の数値計算を表1に示す4ケースについて行い、その結果を表2に示した。ただし、各ケースとも、それぞれのステージのサービス時間を1.0, 1.0, 1.0, 0.86(時間)とする。

パラメータ ケース	M1	M3	MP	MB
1	1	1	2	3
2	1	1	2	4
3	2	1	2	4
4	1	2	2	4

表1 MP 押船の隻数
MB バージの隻数

表2より、状態方程式による解析結果とシミュレーションによる解析結果の比較において、両者の誤差は数%である。したがって、本研究における解析法の妥当性が示されたと判断される。

(参考文献)

米谷 河正: レンセツ工事に関する一考察 土木学会論文集 No.125 1966

久保田: 2リンク土砂運搬システムの最適化モデルに関する一考察

京都大学修士論文 1979

項目	稼働率	U1	U3	UP	UB
状態方程式		.48788	.49275	.45063	.62730
シミュレーション		.50368	.50858	.46716	.64886
誤差(%)		3.24	3.21	3.67	3.44

項目	稼働率	U1	U3	UP	UB
状態方程式		.25353	.60645	.54127	.54401
シミュレーション		.27081	.57958	.55219	.55219
誤差(%)		6.82	4.43	2.68	1.50

項目	稼働率	U1	U3	UP	UB
状態方程式		.55623	.55866	.50906	.53324
シミュレーション		.55573	.56031	.51959	.53880
誤差(%)		0.08	0.30	2.07	1.04

項目	稼働率	U1	U3	UP	UB
状態方程式		.55623	.25508	.54160	.54413
シミュレーション		.56983	.27029	.52129	.54457
誤差(%)		2.45	5.96	3.75	0.09

U1 積込窓口の稼働率 U3 揚込窓口の稼働率
UP 押船の稼働率 UB バージの稼働率

表2