

IV-127 石灰石積出港の泊地計画

港湾技術研究所 正 〇早藤 能伸
港湾コンサルタント 大林 卓人
港湾技術研究所 佐々木 芳寛

1. まえがき

港湾のシステム設計の中で、滞船現象を解析するためには比較的単純化された待ち合わせモデル、例えば、 $M/M/1$, $M/E_2/1$ などの数表が用いられるが、実際のケースではその取扱いが極めて複雑なために、この数表では適用に工夫を要する。このため実際例ではこれらの数表を参考としつつ、シミュレーションモデルを電子計算機を使用して数値計算によって推定していることが少なくない。

ここでは滞船現象に関する汎用のシミュレーションプログラムを、当所で現有しているプログラムの長所を採り入れて開発するとともに、石灰石積出港の泊地計画での適用例について述べる。

2. プログラム作成の基本方針と構成

シミュレーションプログラムを作成する場合に、シミュレーション言語として作成すれば、汎用性あるいは柔軟性があるが、プログラムステップは長くなり、またモデルごとあるいはケースごとに、言語としてのサブルーチンライブラリを呼ばなければならない。一方独立したアプリケーションプログラムとして作成すれば、汎用性は多少失われるけれども、対象モデルの制限内であれば、どのような組合せであってもデータをセットすることによってインプットが可能である。ここではプログラム作成の容易さおよびインプットの容易さから後者を採用することにした。プログラム作成にあたっては、出来るだけ機能別に分割し、これをサブプログラムとするとともに、それぞれを担当者が専用のメインプログラムを作成して、入出力の照合によるサブプログラムの個別チェックを行い、これらが全部完了したところでメインプログラムによりつなぎ合わせた。このようにすれば一つ一つのチェック範囲もせまく且つ容易で、全体プログラムで通した場合のトラブルが非常に少いばかりでなく、プログラム作成時間も大幅に短縮される。

プログラムの構成は、①全体を統合するメインプログラム、②全てのデータセットを取扱うインプットルーチン、③3個の初期セットルーチン、④本船到着ルーチン、⑤入出港規制および荷役中断ルーチン、⑥荷役時間および接岸時間決定ルーチン、⑦ソートおよび統計ルーチン、などで構成されている。

3. 各部の取扱い

インプットルーチンは、全てのデータ様式を単一データ、1次元データ、2次元データ、および3次元データのいずれかで表わし、タイトルを付したこれらの組合せでデータを入力する。

初期セットルーチンは、主要な確率分布（一定分布、指数分布、位相2のアーラン分布、位相3のアーラン分布）をプログラム内に内蔵し、さらにインプットで入力される分布型などについて、分布としては重複し確率変数としては独立に使用することを前提とした全ての乱数の初期セットを行う。また入力される分布の平均値の計算、およびその他のプログラム上の準備を行う。

本船到着ルーチンは、本船を船群に分け、船群別に一定の平均到着率で発生・到着させる。さらに1日を周期とする最大10時間帯の平均到着率で与えることも可能である。本船の到着と同時に、船群別の揚積貨物量を指定された確率分布にしたがって決定する。

入出港規制および荷役中断ルーチンは、これらの中断算を生起させる要因として、それぞれに対し3つまでの理由の合成結果として与えられる。例えば、夜間制限、曜日隔週休および気・海象を同時に考慮することが可能である。これらはいずれも確率事象として与えることが出来、入港、荷役、出港のそれぞれに対し4種類までの

中断等様式を設け、これをバースごとにタイプ指定を行なわせている。この場合、特に夜間荷役中断に関しては、指定による一定の能率低下をもつて荷役を続行させることも可能である。

荷役時間および接岸時間決定ルーチンは、気象・海象条件を考慮に入出港が可能かどうかをもチェックし、条件が悪い場合は良くなるまで延期する。また、到着した本船がどのバースに接岸可能かサーチし、バースが決まると、揚積貨物量とそのバースの荷役能力から荷役に要する時間を求め、気象・海象および夜間、休日などの荷役条件を考慮したうえで実際の接岸時間を決定する。

ソートおよび統計ルーチンは、電子計算機の内部メモリー制約から、外部メモリーを媒体とする独立なプログラムとして作成した。シミュレーションの結果、全船の履歴が外部メモリーに保管される。これは、船群、到着時刻、揚積貨物量、入港時刻、接岸時刻、荷役時間、出港可能時刻、出港時刻、接岸バースなどで、任意の指定された項目の差として、在港時間分布、待ち時間分布、揚積貨物量分布などを求めることが出来、さらに別の指定を追加することによって在港隻数分布、待ち隻数分布を求めることが可能である。

4. 適用例

シミュレーションによる模擬の適用例は、次の計画目標ならびに設定条件にもとづいておこなわれた。取扱ひ品目を8品目、これに応じて船群を8グループと設定し、

船群	1	2	3	4	5	6	7	8
貨物取扱量(千トン)	30000	7600	3000	3000	1000	1000	3000	150
総到着隻数(年向)	3200	550	1300	20	80	650	2480	500
割当バース数	10	2	5	1	1	1	5	2
平均荷役能力(1/時)	1000	1000	300	110	300	300	200	20

になるものと想定した。具体的には、オーバーラップを含めバース数を22とし、バースの使い方を船群別専用バースとしている。本船の入出港に関しては全く規制が行われないものとし、到着率については全船がその到着間隔が指数分布にしたがって到着するものとし、荒天日数を差引いた350日を1年として算定した。接岸時間には、荷役準備時間としてバースにより30分～1時間の余裕をとった。

本計算に入る前に、数表に載っているケースについて充分な精度で合っていることを確認のうえ、最終的には次の2ケースについて比較検討した。即ち、バースの一部夜間荷役と休日荷役中断に関するもので、バースの運営方法によって在港隻数および待ち時間分布ひいては泊地数に對しどのような影響が現われるかを調べた。2つの代替案の夜間および休日の取扱いを総めると

バース	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
A案 荷役型態	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A案 休日	E	E	E	日	日	日	0	0	0	日	E	E	E	日	日	日	日	日	E	日	日	日
B案 荷役型態	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
B案 休日	-	-	-	日	日	日	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	日	日

のようになる。ここで荷役型態の数値は荷役の交替数で、休日の0, E, S, -はそれぞれ隔週休, 1週遅れの隔週休, 毎日旺休, 休み無しを表わしている。

以上についてのシミュレーション結果は下表のとおりであった。これは全船群についての同時統計だが、実際の分析にはさらに船群別の結果も利用する。

	在港隻数		待ち隻数		待ち時間	
	平均	90%値	平均	90%値	平均	90%値
A案	27.7	45	11.2	24	5.1	13
B案	22.1	34	6.5	15	3.0	7.0