

IV-35 コンテナターミナルの荷役動態に関する一考察

京都大学工学部 正員 長尾義三
京都大学大学院 学生員 〇則武通彦

1. はじめに

外貿におけるコンテナ輸送の発達とともにその基礎施設たるコンテナターミナルの建設・整備は緊急を要する課題であるが、そのためには船倉からコンテナフレートステーションにいたる陸あげ（あるいは船づみ）のオペレーションを明らかにする現象記述モデルの作成が必要と考えられる。そのモデルができれば、これまで論ぜられなかった貨物の陸あげ（あるいは船づみ）時間を決定することが可能となりコンテナ船のクイックデイスパッチの有利性も定量的に考察することが出来る。本研究においてはストラドルキャリア方式（陸あげ・デッキ）のコンテナターミナルで行なった調査結果にもとづき、待ち合せモデルとシミュレーションモデルによる荷役動態の解析を行なった。

2. 待ち合せモデルによる解析

図-1 ストラドルキャリア方式の概念図

本方式の時間的・空間的な概念は図-1のように表わすことができる。すなわちコンテナクレーンとストラドルキャリアは相互にサイクリックな挙動を行ない、中間に一時貯留機能をもったエプロンが存在する。いまクレーンは1台でそのトリップ時間は平均値が時間ユニット、パラメータのアーラン分布、一方キャリアはM台でそのトリップ時間は平均値 λ^{-1} の指数分布とするとこのシステムの状態はプロセス $\{n, t\}$ によって記述できる。ここにもは時刻を表わし、
$$n = \begin{cases} 0 & : \text{クレーンが待つとき、} \\ (i+j+l)r & : \text{クレーンがj番目の位相にあり、エプロンおよびキャリアの空き容量がlのとき、} \end{cases}$$

図-2 クレーンのサイクルタイム

である。定常確率方程式と確率条件は、

$$P_1 = r\lambda_0 P_0$$

$$P_{n+1} = (1+r\lambda n)P_n \quad : 0 < n < r$$

$$P_{n+1} = (1+r\lambda n)P_n - r\lambda n - rP_{n-r} \quad : r \leq n < (V+M+1)r$$

$$\sum_{n=0}^{(V+M+1)r} P_n = 1$$

で与えられる。ここにVはエプロンの容量で、また

$$\lambda_n = \begin{cases} M\lambda & : 0 \leq n \leq (V+1)r \\ (M-k)\lambda & : (V+1)r + (k-1)r < n \leq (V+1)r + kr \end{cases}$$

である。これより、

$$\text{クレーン遊休率} = P_0, \text{キャリア平均待ち台数} = M\{1 - (1 - P_0)/M\lambda\}$$

となる。図-2は観測により得られたクレーンのサイクルタイムのヒストグラムであり、折線は適合度検定 $(\chi_0^2 = 10.4 < \chi^2(5, 0.05) = 11.07)$ の結果を图示したものである。同じく図-3にはキャリアのサイクルタイムのヒストグラムを示しており、表-1は本モデルによる解析結果である。

3、シミュレーションモデルによる解析

前述のモデルにおいてはクレーンおよびキャリアのサイクルタイムはそれぞれアーラン分布、指数分布として解析を行なったが、実際は図-2,3に見られるような分布形をもっており理論的には解きがたい。そこで各トリップ時間の確率分布を乱数列を用いて再現させるモンテカルロシミュレーションの手法により解析した。その結果は表-2に示すとおりである。

4、考察

本研究においてはあげ、デッキの場合のみをとり扱ったが、他のケースも現象としては同一とみなせる。以下、主な結論をあげれば、

(1)表-1,2を見ればわかるように、待ち合せモデル、シミュレーションモデルは実測値とよく合っている。よってコンテナターミナルの荷役動態はこれらのモデルにより解析できるものと考えられる。

(2)表-1,2より、待ち合せモデルとシミュレーションモデルとはキャリア台数や一時滞留コンテナ数を変えたケースでもよく符合している。よって実際の施設計画で予測の際には、とり扱

いの容易な待ち合せモデルを適用しても十分目的が達成されることがわかった。しかし観測データの精度、分布形への適合度

あるいは乱数の精度等の問題が残されているのでこれらは慎重にりと扱う必要があると考えられる。

(3)表-1,2より、キャリアが2台の場合は一時滞留コンテナ数を2から0としてもクレーンの遊休率に及ぼす影響は6~7%の増大でしかない。しかしながら一時滞留コンテナ数を2に定めてキャリア台数を2から1に減らすと、クレーン遊休率は36~37%にも達しサイクル数も39%/hrから26%/hrへと減少する。このことよりエプロンの一時滞留機能はシステムにとってあまり重要ではなく、むしろ投入キャリア台数の変化の方がはるかに大きな重要性をもつことがわかる。

(4)表-1,2よりわかるように、現実のターミナルオペレーションにおいてはクレーンの遊休をできるだけおさえようとしている。これはコンテナ船のクイックデイスパッチを意図している態度のあらわれとみることができる。

以上の研究からただちにコンテナ船の入港から出港までの時間を決定することはできないが、今後ハッチオープン、ハッチクローズ、クレーンシフトなどの確率分布を調査し、それらをくみ込んだシミュレーションモデルを作成することによりそれが可能となるものと考えられる。本研究はその際のサブモデルとしての意義をもつものである。

参考文献

1) J. T. Morgan; "Two Link Material Handling Systems", JORSA, Vol. 14, No. 1, 1966

図-3 キャリアのサイクルタイム

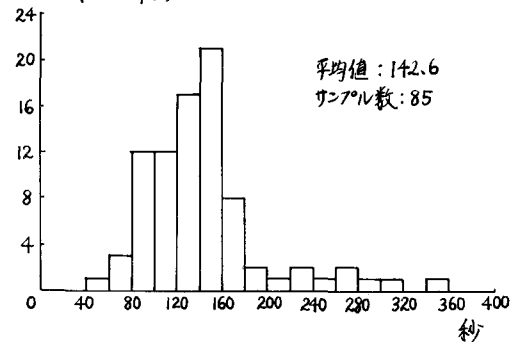


表-1 待ち合せモデルによる解析結果

キャリア台数	2			1
一時滞留コンテナ数	0	1	2	2
キャリア平均待ち時間(%)	36.0	31.8	29.7(25.5)	0.2
クレーン遊休率	0.08	0.04	0.02	0.37
キャリア平均待ち台数	0.40	0.36	0.34	0

(注) ()内は実測値

表-2 シミュレーションモデルによる解析結果

キャリア台数		2			1
一時滞留コンテナ数		0	1	2	2
クレーンサイクル数(1/hr)		36.4	38.7	39.3	25.8
平均待ち時間 (sec/cy)	クレーン	7.5	2.9	0.6(0.9)	51.9
	キャリア	40.8	34.1	32.0(25.5)	0
クレーン遊休率		0.08	0.03	0.01	0.36
キャリア平均待ち台数		0.44	0.38	0.36	0

(注) ()内は実測値