

2. リンク輸送系の動態解析の例として、

多量リリンク輸送系として把握できる場合が多い。しかし、このような多量リリンク輸送系の最適設計を一度に行なうことは困難である。よって、貯留容量がかなり大きいノードで系を分割すると、適当にリンク相互間のインプット、アウトプットを媒介変数として2-3リンクからなるサブシステムの結合体として全体系を考察することが必要となる。本考察ではこの考えにしたがい、2-3リンクから構成される輸送系の動態について待ち合せ理論とシミュレーションによる解析を行ない、さらにその解析結果にもとづき妥当な評価関数を設定して、海上コンテナ碼頭における荷役機械の組み合せを決定し、さらに荷役方式間の比較を行なった。

1. はじめに

生産地から消費地に至る貨物の輸送プロセスを、多数のリンクからなるネットワーク結合した多重リリンク輸送系として把握できる場合が多い。しかし、このような多重リリンク輸送系の最適設計を一度に行なうことは困難である。よって、貯留容量がかなり大きいノードで系を分割すると、適当にリンク相互間のインプット、アウトプットを媒介変数として2-3リンクからなるサブシステムの結合体として全体系を考察することが必要となる。本考察ではこの考えにしたがい、2-3リンクから構成される輸送系の動態について待ち合せ理論とシミュレーションによる解析を行ない、さらにその解析結果にもとづき妥当な評価関数を設定して、海上コンテナ碼頭における荷役機械の組み合せを決定し、さらに荷役方式間の比較を行なった。

2. 動態解析

本考察では、2リンク輸送系で一つのリンクの輸送機関は1台、中間ノードに貯留容量がある場合（Vユニットまで）について考える。輸送機関が1台のリンク（リンク1）のサイクルタイムが位相 r 、平均 $1/\mu$ をもつアーランであり、輸送機関が複数台（M台）のリンク（リンク2）のサイクルタイムは平均 $1/\lambda$ の指数分布からなるものとする。いま、システムの状態をプロセス $\{(n; m)\}$ によって記述する。ここに、 m は時刻を表わし、 n は状態変数で

$$n = \begin{cases} 0 & \text{：リンク1の輸送機関が遊休するとき} \\ s + lr & \text{：リンク1の輸送機関がs番目の位相にあり、貯留施設にはl待っているリンク2の輸送機関の空き容量の合計がlユニットのとき} \end{cases}$$

である。定常状態における確率方程式は、

$$\begin{aligned} P_2 &= \lambda_0 P_0 / r\mu, \\ P_{n+1} &= (1 + \lambda_n / r\mu) P_n, \\ &\quad (0 < n < r) \\ P_{n+1} &= (1 + \lambda_n / r\mu) P_n \\ &\quad - \lambda_n r P_{n-r} / r\mu, \\ &\quad (r \leq n < (V+1)r) \end{aligned}$$

であり、確率条件式は

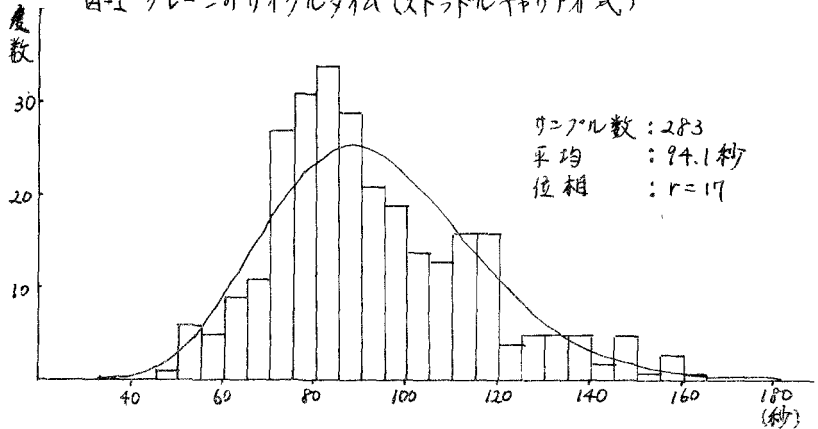
$$\sum_{n=0}^{(V+1)r} P_n = 1$$

である。ここに、

表-1 ストラドルキャリア方式の場合のクレーン遊休率(V=1)

P	M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.1	I	0.90	0.80	0.70	0.61	0.51	0.43	0.35	0.27	0.21	0.15
	II	0.90	0.80	0.70	0.60	0.51	0.41	0.32	0.24	0.17	0.11
	III	0.90	0.80	0.69	0.60	0.50	0.40	0.31	0.21	0.12	0.07
0.2	I	0.80	0.61	0.44	0.29	0.18	0.10	0.05	0.03	0.01	0
	II	0.80	0.60	0.42	0.26	0.13	0.06	0.02	0.01	0	0
	III	0.80	0.60	0.39	0.21	0.06	0.01	0	0	0	0
0.3	I	0.71	0.45	0.25	0.12	0.05	0.02	0.01	0	0	0
	II	0.70	0.42	0.20	0.07	0.02	0	0	0	0	0
	III	0.70	0.38	0.12	0.01	0	0	0	0	0	0
0.4	I	0.62	0.32	0.14	0.05	0.02	0	0	0	0	0
	II	0.61	0.27	0.08	0.01	0	0	0	0	0	0
	III	0.60	0.20	0.01	0	0	0	0	0	0	0
0.5	I	0.53	0.22	0.08	0.02	0.01	0	0	0	0	0
	II	0.52	0.16	0.03	0	0	0	0	0	0	0
	III	0.50	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0

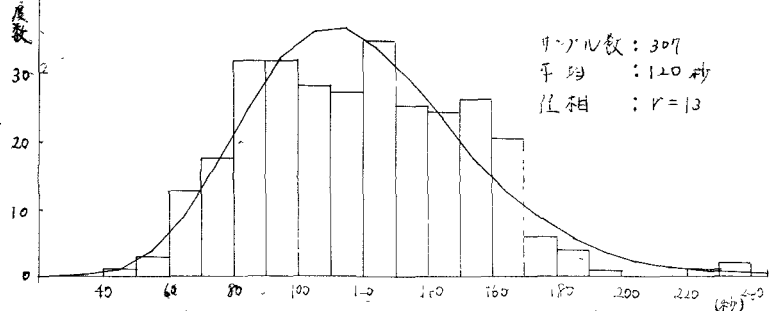
図-1 クレーンのサイクルタイム（ストラドルキャリア式）



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

度
数

図-2 ストラドルキャリアのサイクルタイム (ストラドルキャリア式)



である。解析結果は、たとえば $V=1$ のケースについて、 $\rho = \lambda/\mu$ と M をパラメータにして表-1 にモデルⅡとして示した。この場合、位相 r につ

ては実測値にもとづき $r=17$ とした。(図-1 参照)。一ち、図-2 はリンク 2 の輸送機関のサイクルタイムを尤適合度検定したものである。このように、両リンクのサイクルタイムに規則性が加わった場合については状態の数が増し、理論解析が困難になる。表-1 のモデルⅢは、このようなシステムをモンテカルロ・シミュレーションにより解析した結果である。

3. 考察

考察に先立ち、表-1 のモデルⅠは両リンクとも指数分布を仮定して得た待ち合せ理論解である。また、表-1 は $V=1$ の場合の結果であるが、同様な表は $V=0, 1, 2$ に対応してそれぞれ得られるので、それらをモデル a, b, c と呼ぶ。これらより、次のことが明らかになった。

1) モデルⅠの a, b, c 、モデルⅡの a, b, c あるいはモデルⅢの a, b, c を比較すれば、 V が一定の場合サイクルタイムに規則性が加わるにつれて輸送機関の遊休率が低下するという実際のオペレーションの経験を示している。特に、 P_0 に及ぼす各モデルⅠ、Ⅱ、Ⅲの間の差異は、 a, b, c いずれの場合も $PM < 0.6$ および $PM > 1.6$ の範囲にあっては 4% 未満であり、比較的小さい。前者はクレーンが一時的に待つ場合で、後者はキャリアが一時的に待つ場合に相当する。よって、各モデルの取捨選択にあたっては、対象とする輸送システムの PM の値がどの範囲に入っているかに注意する必要がある。

2) モデルⅠ、Ⅱ、Ⅲいずれにおいても V が 1, 2 の場合、すなわち貯留施設が存在する場合は、 V が 0 の場合、すなわち貯留施設のない場合に比較して遊休率が低下している。これは、貯留施設の存在によって、隣接リンクの影響が緩和されるためである。とくに、 $0.5 < PM < 2.0$ の範囲ではその低下が顕著であり、 $V=0$ と $V=1$ との差異はモデルⅠでは最大 8.3%、モデルⅡでは 8.2%、モデルⅢでは 6.6% となっている。

3) 貯留施設が存在する場合の V の値の影響を調べてみると、 V の値が 1 と 2 の場合と比較するとその差異はモデルⅠ、モデルⅡ、モデルⅢの順に小さくなっている。とくに、モデルⅢの場合の差異は、最大でわずか 3.2%、平均 0.8% 程度である。

さらに、3 リンク輸送系の動態解析およびこれらの動態解析モデルに適用してリコンテナ頭施設の計画例の試算を行ったが、詳細については講演時にゆずる。

参考文献

J. T. Morgan: Two-Link Material Handling Systems, JORSA, Vol. 14, No. 1, 1966