

シミュレーション手法による穀物荷役施設の規模決定に関する一考察

京都大学工学部 正員 吉川和広
 同上 正員 山本幸司
 同上 准員 水野温夫

1. はじめに

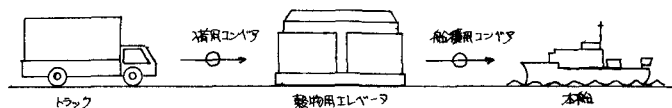
近年世界的に穀物が不足し、またその需給地の地域的偏在のため、穀物を生産国から消費国まで確実・低廉かつ迅速に輸送するための国際輸送システムの形成が極めて重要となってきた。この問題を解決するため、国際輸送システムの総合的な分析が必要であるが、これを1つのシステムとしてモデル化することは分析上困難であるため、その一環として穀物供給国の港頭地区にのみ着目し、穀物荷役の動態の分析を試み下ものである。なお、皇例としてはブラジル、アルゼンチン南国からわが国向けのメイズ（とうもろこし）およびソルガム（こうりゃん）の輸送現象を取りあげた。

2. 穀物荷役現象のモデル化および分析方法

港頭地区における穀物の荷役現象をモデル化したものが図-1である。すなわち、穀物は中継サイロから主トトラックにより港頭地区に運ばれてくる。港頭地区に到着した穀物は入荷用コンベアより穀物用エレベータに収納され、本船への船積みが可能となれば船積用コンベアにより積み込まれる。これらの現象は、穀物主客とし、入荷用コンベア、穀物用エレベータ、船積用コンベアおよび本船を窓口とするタンデム型の待ち行列系として捉えることができる。しかし、本船を穀物に対するサービス提供側としてのみではなく、船積用コンベアの穀物出口から船積みというサービスを受ける客と考えることもできる。以上のことから、港頭地区における穀物荷役現象は、トラックと本船とによる2重待ち合わせの性質を持つタンデム型の待ち行列系と考えられる。

トラックの到着率、本船の到着率、コンベア能力の日々の変動等については実際の詳しいデータが得られなかつたため、各々と考えられる範囲で以下のような仮定を行うことにした。

図-1 港頭地区における穀物荷役



① トラックの日々の到着分布は正規分布に従うものとし、その変動係数は0.1とする

（一般には、単位微小時間間隔のトラック到着分布はポアソン分布に従うとされているが、日を単位とした場合はその平均値が非常に大きくなり、正規分布に従うとした方がより実際的である）

② 本船の入港分布はポアソン分布に従う

③ コンベアの能力の日々の変動は正規分布に従うものとし、その変動係数は0.1とする

④ 本船の積荷量（トン数）の変動は正規分布に従うものとし、その変動係数は0.1とする

以上のような複雑な待ち行列系を分析する方法としては解析的方法と、モンテカルロ・シミュレーションによる方法が考えられるが、前者では定式化が困難であるか、たとえ定式化できてもその解析が不可能と考えられるため、後者の方法を用いることにした。

3. シミュレーション結果の考察

このモデルは、トラックと本船とによる2重待ち合わせの性質が強いため、特にトラックの並べ待ち台数および本船の並べ待ち岸待ち日数を分析の対象として、穀物荷役の動態を把握することにした。シミュレーションのインプット・データとして、トラックの平均到着台数、入荷用・船積用コンベヤの能力、穀物用エレベータの容量、本船の平均到着隻数および本船のトン数を考えた。その結果の1例は表-1、図-2、

図-3に示すとおりであり、次のことが得られた。

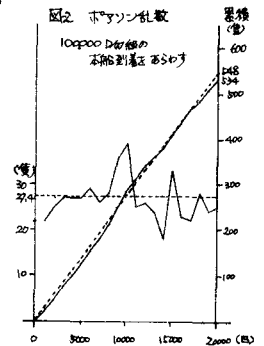
- ① 本船の到着パターンは港頭地区の穀物荷役動態に非常に大きな影響を及ぼし、そのパターンにみられる変動はそのまま荷役動態つまりトラックの待ちおよび本船の待ちの変動として現われる

表-1 ポアソン分布の場合 (20000Bあたり)

本船	トラックの待ち	本船の待ち	穀物到着量
(D台)	待ち台数(台)	待ち日数(日)	穀物到着量(トン)
10000	9624	169781	1.010
25000	7999	213792	1.007
60000	18855	72189	1.007
100000	23771	52152	1.021

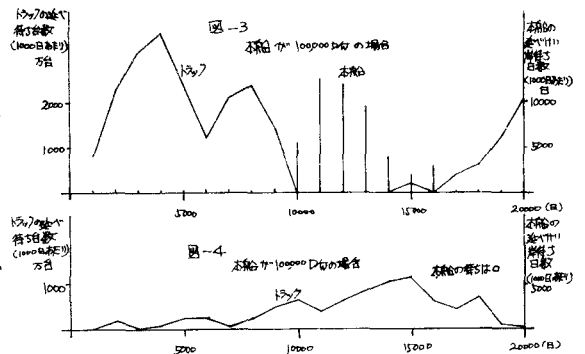
表-2 正規分布の場合 (20000Bあたり)

本船	トラックの待ち	本船の待ち	穀物到着量
(D台)	待ち台数(台)	待ち日数(日)	穀物到着量(トン)
10000	0	22916	1.000
25000	2	124957	0.990
60000	1583	406	1.000
100000	7565	0	1.002



- ② 穀物荷役施設 (入荷用・船積用コンベヤ、穀物用エレベータ) の変化による影響は、本船到着の変動が及ぼす影響と比較すると小さなものであるため、荷役施設の規模決定に際しては本船の配船計画等を十分考慮しなければならない

- ③ 穀物荷役施設の規模を変化させる場合には、まず入荷用コンベヤの能力の増大が荷役動態全体に良好な結果を及ぼす場合が多い



- ④ 本船のトン数が大きくなるに伴ってトラックの待ちが増大し、本船の待ちが減少する
- ⑤ トラックの待ちと本船の待ちはトレード・オフの関係にあり、両方を同時に減少させることは非常に難しい

以上のような結果のため、さらに、本船到着が一定間隔の場合および正規分布に従う場合をあらかじめ想定し、シミュレーションを実施した。その結果は、表-2、図-4に示すとおりであり、トラックの待ち、本船の待ちとも減少することがみとめられた。

4. おわりに

穀物生産地から港頭までの陸上輸送のモデル化、穀物生産国の港湾から消費国までの海上輸送のモデル化を試みることににより、陸上輸送、港湾荷役、海上輸送のサブシステムを総合したトータル輸送システムを提案して行くことが今後に残された課題であらう。