

京都大学大学院 学生員 久保田 茂
 京都大学工学部 正員 長尾 義三

1. はじめに

海上都市や海上ターミナルなどの大規模な海上埋立てのプロジェクトにおいては、大量の土砂を海上輸送ならびに陸上輸送を行う必要がある、一般にその輸送形態はいくつかのリンクとノードから構成される多重リンク系になると考えられる。これらの輸送システムの最適化を行うに際しては、個々のサブシステムの解析を行うだけでは不十分であり、隣接するリンク間の影響を考慮したうえでシステム全体の挙動を解析しなければならない。そのアプローチの一段階として2リンク輸送システムの解析における近似解法が挙げられるが、本研究はその近似解法の収束状況を明らかにするとともに、シミュレーションを行った結果と比較し精度に関する検討を加え、その実用性を示すものである。

2. 2リンク輸送システムのモデルと近似解法の概要

本研究では海上輸送に押船・バージ、陸上輸送にダンプトラックを使用し、ノード地点に揚土機を設置するシステムを対象とする。海上のリンクを積土、往航、揚土、復航の4ステージ、陸上のリンクを積土、捨土の2ステージのサイクルキューモデルで記述すると図1に示されるモデルになる。また、各ステージの窓口では指数サービスとし、1台の揚土機によってバージからダンプトラックに直接土砂を積み換えるものとする。したがって、このモデルではノード地点にストックヤード

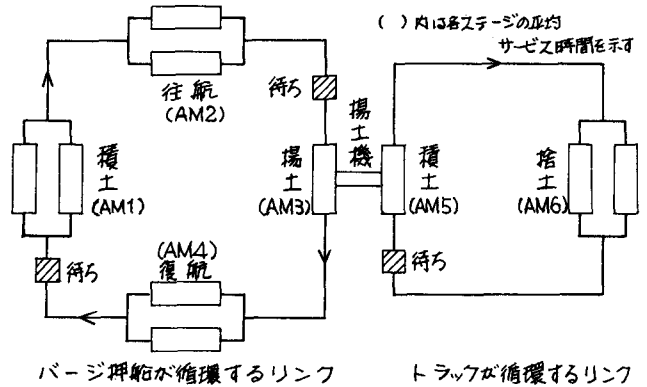


図1 2リンク輸送システムのモデル

がないためにバージ、ダンプトラックのどちらか一方だけが窓口に入っている、もう一方が窓口に来ないかぎりサービスを行うことはできず、窓口の中で待ち時間が生じることになる。この待ち時間を窓口に並ぶ際の待ち時間と区別し、窓口における平均サービス時間の増分と考えるわけである。この増分を含めたバージの揚土時間AM3、ダンプトラックの積土時間AM5を求めれば、それぞれのリンクを独立に扱うことが可能になり、従来の手法を用いて2リンク輸送システムが解析できることになる。このようなシステムに関してはシミュレーションによるほかはあまり解析が行われていないが、本研究が提案する近似解法を用いれば従来のサイクルキューモデルを利用し収束計算することによって解析できることになる。以下に近似解法の手順を示す。

- i) 揚土機の機種・能力を与え、海上、陸上のリンクそれぞれについて投入機種、台数、各ステージの平均サービス時間を設定する。この際、ノードにおけるバージの揚土時間とダンプトラックの積土時間については窓口内での待ち時間を0として求めておき、それぞれAM03, AM05とする。
- ii) 2つのリンクに関してそれぞれ従来のサイクルキューモデルを用いて独立に解析を行い、ノード地点の揚土の窓口の占有率U3, 積土の窓口の占有率U5を求める。ここで占有率とは窓口にはバージまたはダンプトラックの入っている確率をいう。
- iii) i), ii)式に示される結合条件式を用いて、リンク間の影響を考慮しノード地点の揚土と積土の平均サービス時間AM3, AM5を求めてii)にもどる。設定した収束の判定条件を満足するまでこの繰返し計算を行う。

$$AM3 = AM03 / U5 \quad \dots (1)$$

$$AM5 = AM05 / U3 \quad \dots (2)$$

この収束結果は2リンク輸送システムの定常状態を解析していることになり、各ステージの窓口における待ち時間や稼働率など必要に応じて利用することができる。

3. 近似解法の収束状況

次に計算の具体例を挙げ近似解法の収束状況を明らかにする。パラメータを表1のように設定するとともに次の項目を与件とする。

i) $N=1$ とし、 $AM03=1.0$ 、 $AM05=0.1$ とする。

ii) データから算出した結果、 $AM4=0.83 \times AM2$ を用いる。

iii) 収束の判定条件は $AM3$ 、 $AM5$ の値の変化がともに 0.001% 以内とする。

表2に示す結果は $NS=2$ 、 $ND=10$ 、 $AM1=1.0$ 、 $AM2=0.5$ 、 $AM6=0.5$ の場合の計算結果であり4回で収束が完了している。このケースは海上のリンクのサイクルタイムに比して陸上のリンクのそれが小さく、また投入台数もダンプトラックのほうが十分であるため $AM3$ がほとんど増加していない。したがって収束計算の回数が少なくなっていると考えられる。この表のような収束状況は窓口での平均サービス時間が大きくなれば利用率が上がることで、さらに結合条件式の性質から理解できる。パラメータの変化による収束状況の相違についても調べており、これに関しては講演時に発表することにする。

4. シミュレーション結果との比較

本研究が提案する2リンク輸送システムの近似解法について、その精度に関して検討を加える必要があり、シミュレーションを行った。この場合、 $0.0 \sim 1.0$ までの一様乱数を用い、指数分布の累積分布関数を逆変換したのものによって一義的にサービス時間を対応させ、また計算回数は1万回とした。そして、2つのケースについて近似解法による結果との比較をしたものが表3である。ケース(a)は $AM1=0.5$ 、ケース(b)は $AM1=1.0$ とし、他のパラメータについては $N=1$ 、 $NS=2$ 、 $ND=10$ 、 $AM2=1.0$ 、 $AM6=0.5$ と等しく設定している。この表によれば、 $AM3$ 、 $AM5$ に関してケース(a)、(b)ともに10%程度の誤差にすぎないが、(a)、(b)ともに近似解がシミュレーション解より小さい値、すなわち危険側になっていることに注意を要すると考えられる。

	AM3	AM5
ケース(a)	1.124912	0.206692
近似解	1.000381	0.185227
ケース(b)	1.095932	0.231916
近似解	1.000113	0.217591

表3 シミュレーションとの比較

5. おわりに

本研究に示す近似解法は、パラメータを変化させることによってあらゆるケースに利用できる特徴を持ち、収束した結果を用いれば2リンク輸送システムの最適施設配置や最適規模決定にも適用が可能であると考えられる。また、計算時間もシミュレーションに比して約1/4程度と少なくて済むが、両リンクの初期の稼働率(占有率)によって収束計算の回数が大きく左右され、 $AM03$ と $AM05$ を用いた場合の $U3$ 、 $U5$ の差が大きいほど計算回数が少なくなることもわかった。さらに、4で示した10%程度の誤差が部面基準を用いた場合、運搬土量、費用にどの程度影響し、許容できる範囲にあるかどうかについては発表時に言及したいと考えている。

参考文献 1. 長尾・黒田・久保田・岸本; 「海上運土システムの最適化」 S53 関西支部講演概要集
 2. 長尾・則武・久保田; 「海上土砂運搬システムに関する基礎的研究」 S52 関西支部講演概要集