

海上運土システムの最適化

京都大学工学部 正員 長尾義三
京都大学工学部 正員 黒田勝彦

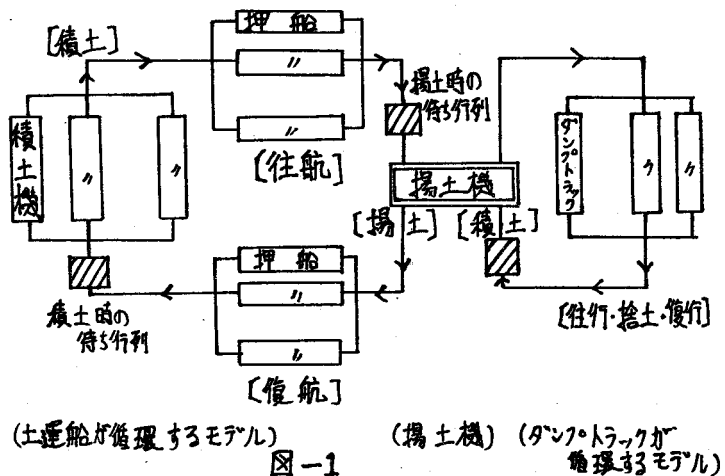
京都大学大学院 学生員 久保田 茂
京都大学大学院 学生員 岸本 高彦

1. はじめに、陸上の運土及び海上の運土が結合されたシステムは一般に2リンク輸送システムとして考えられる。従来2リンクシステムは解析的には簡単に解けず、シミュレーション手法によっていた。本研究は、2リンクシステムを2つのサイクルキュー・モデルの結合として考え、結接点における簡単な連続式を想定することによる解法を提案し、運土システムに適用した例でその考え方を示した。

2. 2リンク運土システムのモデル 典型的な海陸運土システムとして、海上運土システムは、土運船と押船を考え、陸上運土システムは、ダンパ・トラックを対象として考察する。海上運土システムは、土運船と押船を一体化して考えると4ステージ・サイクルキューモデルで記述できる。一方、陸上運土システムは、捨土時の待ちを考慮しなければ、2ステージ・サイクルキュー・モデルとして記述できる。いま、最も簡単な場合として、2つのリンクの結合は、船からトラックへ直接土砂を積み換える揚土機が一台設置されている場合を考える。即ち、2つのサイクルキュー・モデルは、揚土機のサービスによって結合されていると考えるのである。このモデルは図-1のごとく表わすことができる。

3. 2リンク・サイクルキューの近似解法 前述したモデルでは、揚土機による船からトラックへの直接受け渡しを考えているので、実際の積み換えのサービスに要する時間は、独立に2つのサイクルキュー・モデルを解ける場合のサービス時間に、積み換えの際に生じる待ち時間を加えたものとして評価できる。このサービス時間が求まれば、それを用いて両リンクを独立に解析することは、両リンクが結合した状態の解析をおこなうことになると思われる。

海上、陸上のそれぞれのリンクの結合点のサービスの窓口を M 、 N とし、結合した状態における窓口の稼働率を U_M 、 U_N 、サービス時間を AM_1 、 AM_2 とする。実際の船からの揚土、トラックへの積土のサービスに要する時間を $AM_1(0)$ 、 $AM_2(0)$ とすれば、その値は船やトラックの容量と揚土機の能力によって決定される。今、トラッ



クが来ている確率をトラックの積土の窓口の稼働率と考えれば、サービス時間 $AM1$ のうち実際に揚土機が稼働している時間の割合は近似的に $\bar{U}N$ とおける。ただしこの場合、トラックの待ち行列長は考慮していない。したがって $AM1 \times \bar{U}N = AM1(0)$ が成り立ち、同様に $AM2 \times \bar{U}M = AM2(0)$ が成り立つ。両

式から

$$\left. \begin{aligned} AM1 &= AM1(0) / \bar{U}N \\ AM2 &= AM2(0) / \bar{U}M \end{aligned} \right\} (1)$$

が導かれる。これが結合状態の条件式となる。

さらに海上・陸上両リンクの T 時間における運土量を Q_S , Q_T , 揚土機の単位時間当りの能力を $\bar{U}U$ とすると、

$$Q_S = \bar{U}U \times T \times \bar{U}M \times AM1(0) / AM1$$

$$Q_T = \bar{U}U \times T \times \bar{U}N \times AM2(0) / AM2$$

となり、式(1)がなりたっているとき $Q_S = Q_T$ は明らかである。つまり、運土量に関する連続条件がなりたっている。

式(1)を満たすサービス時間 $AM1$, $AM2$ は稼働率 $\bar{U}M$, $\bar{U}N$ により決定されるが、 $\bar{U}M$, $\bar{U}N$ は $AM1$, $AM2$ の値を与えることによって

求められる。そこで初期値として $AM1(0)$, $AM2(0)$ を与え、その解析結果から求まる稼働率を式(1)に代入して新たなサービス時間を求める。以下この計算をくりかえし、計算が収束すればそのサービス時間は式(1)を満足していることになる。この収束性の証明は簡単にできるので省略する。また、この計算過程は図2に示される。

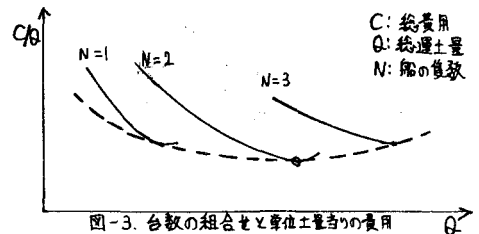
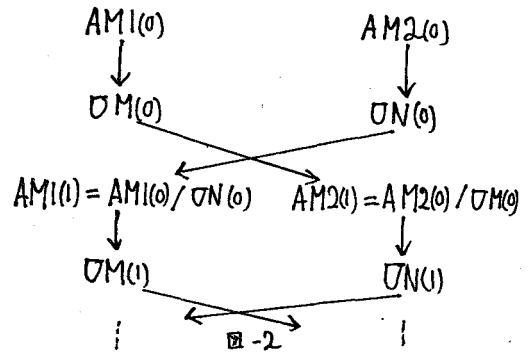


図-3. 台数の組合せと単位土量当りの費用

表-2. 最適台数組合せ

揚土能力 1200 (m³/h)

台数	2000 m³	3000 m³	4000 m³
2000 PS	(3, 17) 377.8	(2, 13) 379.1	(3, 17) 428.7
3000 PS	(2, 14) 373.1	(2, 15) 377.9	(2, 14) 408.4
3500 PS	(2, 14) 377.1	(2, 15) 382.4	(2, 15) 404.1

揚土能力 1500 (m³/h)

台数	2000 m³	3000 m³	4000 m³
2000 PS	(3, 17) 366.7	(2, 13) 363.7	(3, 17) 412.9
3000 PS	(3, 18) 378.0	(2, 15) 367.9	(2, 15) 395.6
3500 PS	(2, 16) 367.0	(3, 19) 384.3	(2, 16) 389.8

揚土能力 2000 (m³/h)

台数	2000 m³	3000 m³	4000 m³
2000 PS	(4, 21) 357.5	(3, 19) 352.4	(3, 18) 402.0
3000 PS	(3, 19) 365.9	(3, 21) 355.1	(3, 20) 382.0
3500 PS	(3, 20) 370.7	(3, 21) 358.5	(3, 21) 379.3

海上運搬距離 40.0 km

陸上運搬距離 0.5 km

(船の隻数, トラック台数)
1 m³当りの運搬費用

4. 2リンク運土システムへの適用例

最適の基準としては、単位期間において運搬土砂 1 m³当りの費用を最小とするシステムを考える。今、トラックの機種を8を積とし、土運船の容量・押船の馬力・揚土機の能力は表1のような場合を考える。それぞれの組合せに関して図3のグラフは最適台数の組合せを与えている。また、各機種の場合に対して最適台数を求めた解析結果が表1であり、これから最適なシステムが決定できる。

(参考文献) 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

昭和52年度 関西支部 講演概要