

運輸省 正会員 ○岸本高彦
京都大学工学部 正会員 長尾義三

1. はじめに

従来、多重リンクシステムの解析はシミュレーション手法を用いる場合がほとんどであるが、多重リンクシステムのような大規模システムの解析ならびに最適化に対しては分解法あるいは分割法の適用が一般的には有効である。本研究では多重リンクシステムの解析を分解法により効率的に行う理論的解析手法を提案し、さらに大規模連立システムに適用することによりその有用性を示すとともに最適化手法についても考察を加えた。

2. 多重リンクシステムの分解法による解析

1) 分解法の適用

分解法によるモデル化の手順は、与えられたシステムを境界面をいくつかのサブシステムに分割し、次に各サブシステムのモデルを作り、最後にこれらのサブシステム間を再結合したときに満たすべき連立方程式を作成するという分解・再結合の方法によ、システム全体のモデルを作成することになる。このときに問題となるのは、サブシステムのモデル化と連立方程式の作成、ならびにその連立関係の調整法である。多重リンクシステムを各リンクの結合点において分割し、各リンクをサブシステムとしてモデル化したのが図1である。 U_i は操作量ベクトルを表すが、解析を行なう上では条件としている。 Y_i はシステム外部への出力ベクトルである。 $X_{i,j}$ はサブシステム*j*からサブシステム*i*へ入る入力ベクトル、 $Z_{i,j}$ はサブシステム*i*からサブシステム*j*へ入る出力ベクトルを表すが、ここでは変数としている。各サブシステムは一般に循環待ち合せ系とみなせるのでサイクルキューでモデル化できる。したが、以下においては連立方程式の作成とその調整法について述べる。

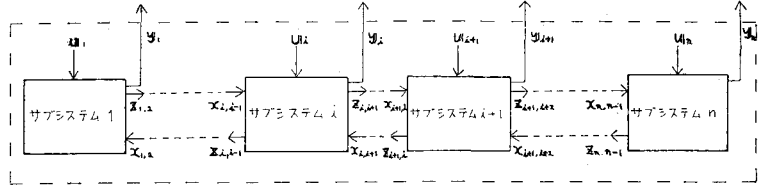


図1 多重リンクシステムのサブシステムへの分解

2) 連立方程式

各リンク間で直接受け渡しの行なわれるシステムにおいて各サブシステムが結合点窓口において受ける影響は、結合点窓口のサービス時間と隣接するサブシステムの窓口の状態の影響を受けて変化することである。そこで、 $S_{i,j}$ としては結合点窓口のサービス時間を、 $Z_{i,j}$ としては結合点窓口の状態を表すものとして占有率を考える。 $X_{i,j}$ と $Z_{i,j}$ の関係を表すのが連立方程式であるが、これは以下の結合点における2つの条件から求めることができる。

① リンク*i*からリンク*i+1*へ受け渡す輸送量とリンク*i+1*がリンク*i*から受けとる輸送量は等しい。

② それぞれの窓口において他方のリンクの影響による諸遅延がある。

リンク*i*の輸送機器からリンク*j*へ貨物を積み換えるのに実際に要する時間を $S_{i,j}$ とすると条件①は、

$$X_{i,j} = G \cdot S_{i,j} / Z_{i,j}, \quad X_{j,i} = G \cdot S_{j,i} / Z_{j,i} \quad (G: \text{定数}) \quad (1)$$

となる。また②の条件は次のように考える。リンク*j*によるリンク*i*の諸遅延 $d_{i,j}$ を確率的に考え

$$d_{i,j} = X_{i,j} \cdot (1 - Z_{i,j}), \quad d_{j,i} = X_{j,i} \cdot (1 - Z_{j,i}) \quad (2)$$

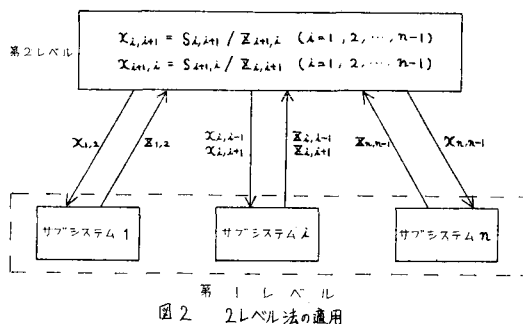
とする。すると次式の関係が得られる。

$$X_{i,j} = S_{i,j} / Z_{i,j}, \quad X_{j,i} = S_{j,i} / Z_{j,i} \quad (3)$$

明らかに式(1)式(2)において $G=1$ の場合である。したが、式(3)を連立方程式とする。

(3) 調整計算法

サブシステム i とサブシステム $i+1$ の結合点においては4つのパラメータが存在しているが、 $z_{i,i+1}$ ならびに $z_{i+1,i}$ の値は $z_{i,i+1}$ 、 $z_{i+1,i}$ の値をそれぞれ与えて各サブシステムを待行列理論で解析することにより、2得られる。したが、2連系方程式(8)を減らす4つのパラメータ値を陽式的に求めることは不可能であるので、図2に示すように各サブシステム間の調整を第2レベルで行なう2レベルの調整問題と考える。この調整計算を繰り返して収束させることにより、2数値的に解析するものとする。なお、この計算過程が収束することの証明は可能であるがここでは省略する。



(4) 貯留施設へ解析モデル

多重リンクシステムにおいてはシステムの効率的運用をほめるために結合点(ノード)に貯留容量を設けるのが普通である。貯留施設の解析手法としては貯留施設の存在を結合点における連系方程式に対する制約条件と考える連系方程式に含めて解く方法もあるが、本研究では貯留施設もリンクと同様1つのサブシステムとしてとらえて解析することとする。貯留施設の両側のリンクの輸送機器の容量の小さい方を単位容量と考える。貯留施設の容量はその整数倍であるとする。貯留施設においてこの単位容量を持つ1つのユニットの働きを考えると、一方のリンクとの結合点の窓口で貨物を受けとりとただちにもう一方のリンクとの結合点で貨物を渡し、それがおけるとただちに貨物を受けとりとに返す、という働きをさせている。したが、各ユニットが積荷のサービス、荷おろしのサービスという2つのサービスステージの間を循環するという2ステージサイクルキューモデルによって貯留施設のモデル化が可能である。

(5) 分解法と状態方程式法との比較

今までに述べた解析手法を多リンクシ

表1 分解法と状態方程式法の比較

	U1	U2	U3	U4	CPU TIME
分解法	0.8555	0.4312	0.9921	0.2140	0.7 (sec)
状態方程式法	0.8566	0.4297	0.9957	0.2141	2.1 (sec)

ステムに適用し、状態方程式をつくり、解析する従来の解析手法との比較を行なう。状態方程式法とは多リンクシステム全体を1つの

システムと考える。その推移状態を記述し、さらに定常状態における状態方程式を解くことにより、システム全体としての状態確率を求める方法である。¹⁾両解析法と稼働率により比較したのが表1である。分解法は複雑な推移状態の記述を必要とせず、しかも短時間で状態方程式法と同様の結果を得られる有用な手法であるといえる。

3. 大規模搬送システムの最適化

評価基準を設け、海上搬送システムと陸上搬送システムとが協働により、2結合された多リンク搬送システムへの最適な組み合わせ台数の決定を本解析法を用いて行なう。またこのシステムにホッパーを設けることによる限界便益曲線を求め、それをもとに限界費用曲線との一致点として最適なホッパー容量を決定する方法を開発した。なお、詳細は講演時に発表する。

4. おわりに

多重リンクシステムを分解法により理論的に解析する方法論を示し、大規模搬送システムに適用することにより、本解析法がシステムの最適化に際し有用な情報を与えようとして有効な手法であることを明らかにした。しかし各サブシステムをサイクルキューモデル化することの妥当性ならびに各バットルとして他のパラメータを用いることの可能性とその場合の連系方程式の検討を今後の課題としてあげることができよう。

(参考文献) 長尾久保田 岸本: 2リンク工物搬送システムの最適化モデルに関する一考察, 第34回年次学術講演会講演概要集第4部, PP.384-385