

港湾技術研究所 正会員 中 辻 隆
 “ “ 奥 山 育 英
 “ “ 早 藤 能 伸

1. 概説

従来、航路シミュレーションは、船および船をとりよく力学的、運動学的特性に基づいてある管制条件、自然条件のもとでの船の運動自体をシミュレートし、そして発生量と通行量および変速・変針回数等の腹散を航路評価の基本としているものが多かった。

しかし、そこには現象の把握において多くの粗い近似を含み、また実際の演算においても電子計算機で多くの容量と時間とを必要とするものが多い。

そこで、視点を換え、シミュレーションの場をリンクとノードの連なりからなるネットワークで表現する。そして各リンク、各ノードにはそこを通過する時間の確率分布とそこに存在し得る船の最大数(容量)が与えられる。船をある確率分布に従って発生させながら、各々のリンク、ノードに与えられた確率分布に従って、リンク、ノードの通過時間を船に与えて、船をノードからリンク、リンクからノードへと次々に進ませて行く。次に入りたいリンクが既に他船で一杯ならリンクの手前で待ち、次に入りたいノードが既に容量一杯ならそのノードの手前で空を待つ。しかし、船と船には、通常の窓口サービスの待ち行列とはちがって、通る航路や、船種船型として管制といったものにより優先、非優先の関係を生じる。ここでは、一種類の標準船ばかりで、航路による優先非優先だけを考えてシミュレーションを進めた。こうして得られる船の動きに関する時系列データから、各ノードや各リンクでの待ちや状態確率をもとめ、もって、マクロ的ではあるが、そのシステム(ネットワーク)を評価する手法とすべく研究を進めてき、ある程度の成果が得られたので報告したい。また、基本概念がリンクノードでの通過時間と容量であるので、臨港交通問題や複雑な待ち合わせの問題にも容易に適用しうることがわかったのでこのことについても簡単ではあるけども言及してみたい。

2. シミュレーションのモデル

リンクとノード シミュレーションの場はリンクとノードによりネットワークに構成される。一本のリンクは必ず一方通行であり、二つ以上のレーンがある時には平行して新しいノードとリンクとの結合をつくる。ノードは発生、吸収、分岐、合流、交差の四種類に分類される。より複雑な航路においては、ダミーのリンクやノードを用いる。

優先・非優先 合流、交差のノードにおいては、航路により、優先、非優先が定められる。

確率分布と容量 各リンク、各ノードには観測調査より得られたデータをもとに、そこを通過するのに必要は時間の確率分布と、そこに収容し得る容量が与えられる。

標準船 各リンク、各ノードでの容量は、標準船の数に換算した値を用う。

事象 事象には、ノード出、リンク入、リンク出、ノード入の四種類がある。

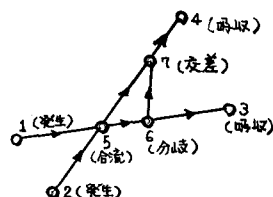


Fig-1

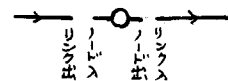


Fig-2

3. シミュレーションの実施

シミュレーションの概要をFig-3に示す。シミュレーションタイムはイベントシーケンシャルによって進めらる。

リンク入、ノード入の時刻は入る予定のリンクノードの“待ちの状態”によって決定される。即ち、リンクやノードに実際存在する数が、そのリンクやノードの容量より小さければ、ノード出、リンク出の時刻が時刻に続くリンク、ノードの入りの時刻となる。既に容量一杯である時には、リンク待ち、ノード待ちの状態となり、他船のそのリンク、ノードでの出の事象が起きて、自船の待ちが解除される時はじめてその時刻がリンク入、ノード入の時刻となる。

リンク出、ノード出の時刻は、所定の確率分布に従って乱数を発生させて得た通過時間を、リンク入、ノード入の時刻に加えたものである。

なお、ここでは、交差ノードにおいては優先船と非優先船との混在を許さないと仮定している。即ち、優先船がノードを航行中には、非優先船は容量に余裕があっても入ることができず、また、他船のノード出があってもノード待ちを解除されることはない。その逆もしかりである。

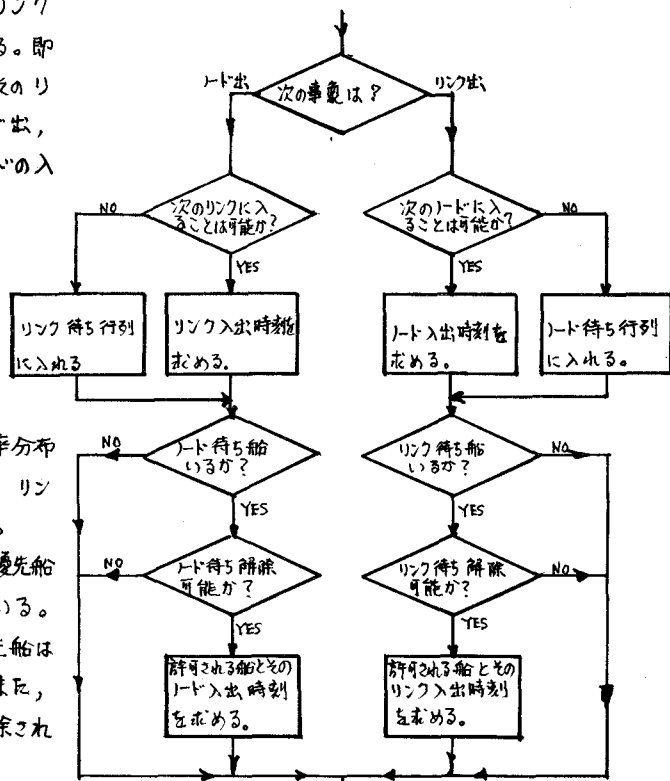


Fig-3

4. ネットワークの評価

船が吸収点に到着すると、発生源から吸収点までの全リンク、ノードでの入出の時刻が磁気テープに書き出される。こうして得られた磁気テープを編集して、各リンク、各ノードでの ①待ち時間の分布、②状態確率、③存在隻数の時間に関する積分値を、そして各0-D間の ④通過時間の分布 ⑤待ち時間の分布を対象とするネットワークを評価するための基準値として求める。なお、この磁気テープを編集することによって、再びシミュレーションを実行することなく、他の評価指標を求めることもできる。

5. 応用

安全な海上交通を守るための管制システムを推し量る基礎資料とするために、実際にレーダー観測により得られたデータをもとに、伊良湖水道と東京湾とにネットワークを組みシミュレーションを行った。

概説で述べたように、この航路シミュレーションは、個々の船の運動の履歴は無視して、リンクとノードの容量と通過時間だけが基本概念であるから、ネットワークを組み合わせれば、都市内交通、都市間交通、そして臨港交通のシミュレーションにも容易に適用することができ、また通過時間をサービス時間とらえればおそれず、待合めせの問題にも用いることができる。通常の数学モデルや、シミュレーションモデルには乗りづらいシフト型やタンデム型の待ちあわせの問題にも応用し得る。

6. あとがき

今後の方向としては、船種、船型により標準船の型を増やし、航路による優先度だけではなく、船の型や、管制による優先をも組み込んで、精度の高いシミュレーションを目指すとともに、より多くの評価指標のプログラム開発をはかり、問題に応じて適切に対応できる様にしていきたい。最後に名を連ねることはできなかつたが、このプログラム開発には、当研産生の佐々木芳寛技官の技量に負う所が多かつたことを申し添えたい。