

時変 ON-OFF スイッチネットワークについて

日大生産工 (院) ○ 杉山 清史
日大生産工 篠原 正明

1 序論

ネットワークにおけるリンク重みを, 時間的に変化すると捉えた場合の最短路問題を, これまでに様々な方法で研究してきた. 今回は新たな発展として, 解析するネットワークのリンクを, 離散時間で開閉するシステムのモデル (ON-OFF スイッチネットワークモデル) に適用する. 更に非スイッチモデルによる解析結果との比較も加えて考察する.

2 時変拡張ネットワーク

ネットワークにおいて, 出発点から目的地点までの最適な経路を選択することをルーティングという. 但しネットワークにおいては, 必ずトラフィック量が存在する. そのトラフィック量つまり, リンク通過時間等のリンク特性が一定であるネットワークにおけるルーティングを静的ルーティングという. これに対してトラフィック量が, 時間帯幅を小さくとした離散時間によって変化する場合を考慮したネットワークルーティングを時変動的ルーティングと定義する.

次に, 時変動的ルーティングの求解方法を説

明する. 先ず小さな時間帯幅で作られるネットワークを, 時間軸方向に並べて新たな大きいネットワークへと拡張する. そして与えられた時変動的な重みから, 異なる時間でのノード間を時間枝でリンクさせる. こうして作られたのが図 4 に示す拡張ネットワークである.

3 重み付きモデル

3.1 モデルとリンク重み

シミュレーションで用いる単位時間当たりのモデルを図 2 に示す.

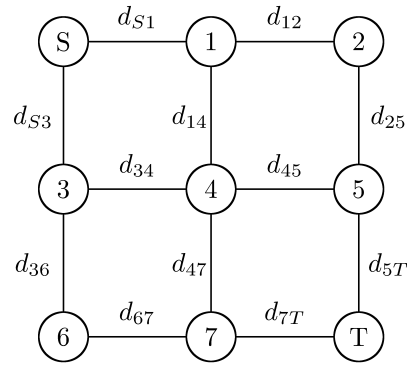


図 2: 単位時間モデル

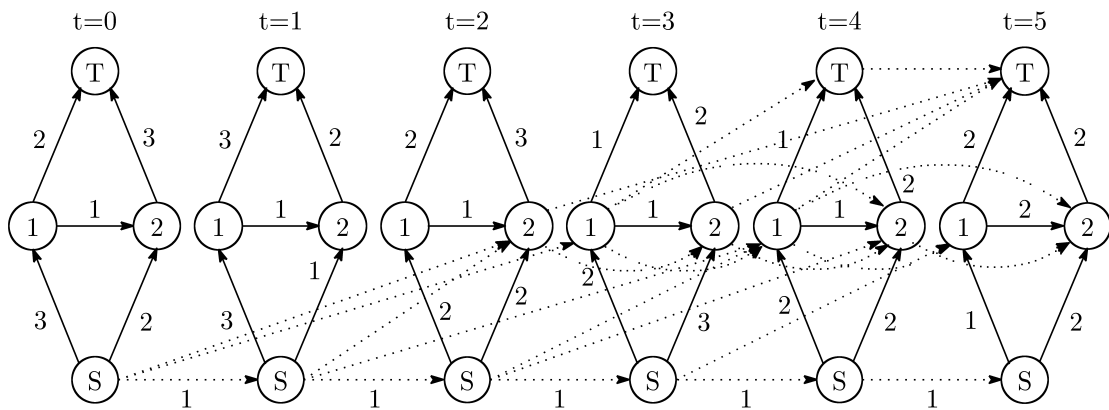


図 1: 時変拡張ネットワーク例

表 1: 時変動リンク重み

t=	0	1	2	3	4	5	6	7	8
d_{S1}	4	2	2	1	1	1	1	1	2
d_{12}	1	1	4	1	1	1	1	1	2
d_{S3}	3	1	2	1	1	1	1	1	1
d_{14}	1	1	3	2	1	1	1	1	3
d_{25}	1	4	1	1	1	1	2	1	3
d_{34}	1	2	1	1	1	1	1	1	2
d_{45}	2	1	1	3	1	2	2	1	1
d_{36}	2	2	1	1	1	1	1	1	1
d_{47}	2	1	1	4	4	3	4	1	1
d_{5T}	3	1	1	1	2	3	4	1	5
d_{67}	1	1	1	3	1	1	3	1	2
d_{7T}	1	1	1	3	2	3	2	1	1

図2の中規模モデルにおいての時変動的なリンク重みを表1に与える. ここでも $d_{ij} = d_{ji}$ とした無向ネットワークを用いる.

3.2 ON-OFF スwitchの設定

表1に示した時変動リンク重みを任意的にリンクを断つ. 切断するリンク重みを表2に示す. これを利用してネットワークルーティングを計算する.

表 2: 時変動リンク重み

t=	0	1	2	3	4	5	6	7	8
d_{S1}	-	2	2	1	-	1	1	-	2
d_{12}	1	-	4	-	1	1	-	1	2
d_{S3}	3	1	-	1	1	-	1	1	-
d_{14}	-	1	3	2	-	1	1	-	3
d_{25}	1	-	1	-	1	1	-	1	3
d_{34}	1	2	-	1	1	-	1	1	-
d_{45}	-	1	1	3	-	2	2	-	1
d_{36}	2	-	1	-	1	1	-	1	1
d_{47}	2	1	-	4	4	-	4	1	-
d_{5T}	-	1	1	1	-	3	4	-	5
d_{67}	1	-	1	-	1	1	-	1	2
d_{7T}	1	1	-	3	2	-	2	1	-

3.3 結果と比較

リンクを切断した各時間でのネットワークから時間軸上(下方向)に生成される拡張ネットワークを図3に示す.

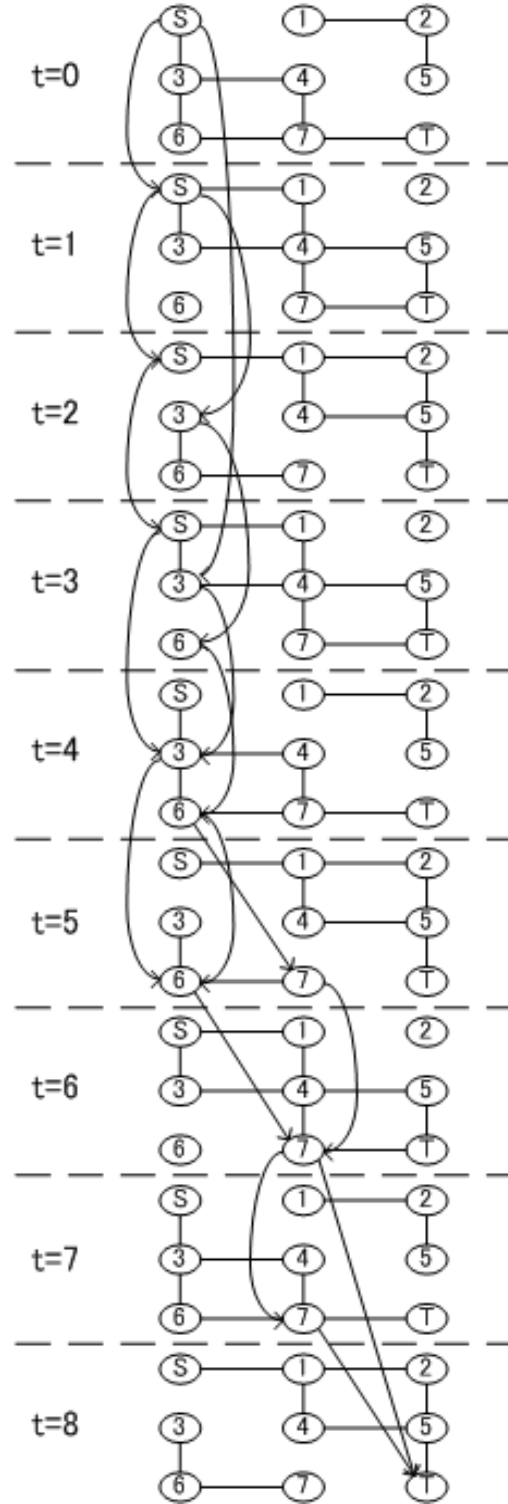


図 3: 拡張ネットワーク

図3の結果から, 予想到着時間は $t=8$ 後と得られた. またその経路は全6通りのパターンが存在することがわかった. 6パターンの経路を以下の表3にまとめた.

4 一定リンク重みモデル

表 3: 重み付きモデル最短経路パターン

パターン	経 路
1	$S \rightarrow S \rightarrow S \rightarrow S \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 7 \rightarrow T$
2	$S \rightarrow 3 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 7 \rightarrow T$
3	$S \rightarrow S \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 6 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 7 \rightarrow T$
4	$S \rightarrow S \rightarrow S \rightarrow S \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow T$
5	$S \rightarrow 3 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow T$
6	$S \rightarrow S \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 7 \rightarrow T$

尚, このモデルではリンク重みは統一して1としている. つまりリンクが成立している表4中の○の部分には次の時点でノード i からノード j へと移動できるということである.

[illegible]

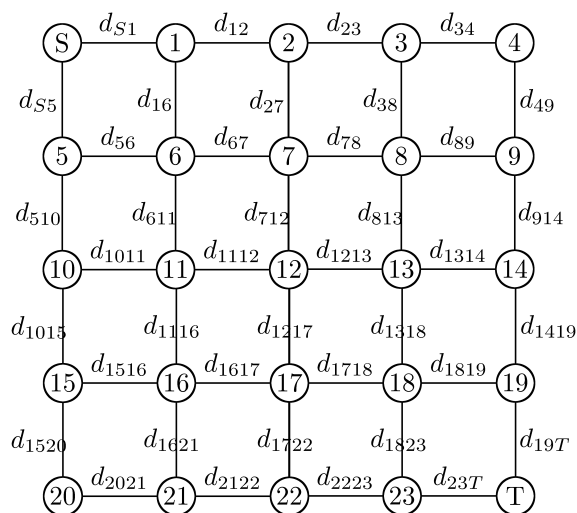


図 4: 単位時間 ON-OFF モデル

4.2 結果

このモデルでの最短は, 出発地点から目的地まで 9 ステップで到着する. それに該当する経路数は全 70 通りであるが, この結果では僅か 1 通りの経路でしか, 9 ステップでは到着しなかった. その経路が図 5 の太線で示された順路である.

この結果からは 1 通りの経路でしか最短時間での到着は不可能となったが, リンクの ON-OFF 設定により, 大幅に経路数が少なくなっていることがわかる. ここには掲載していないパターン of ON-OFF 設定で検証してみても, 同様の見解が表れていた.

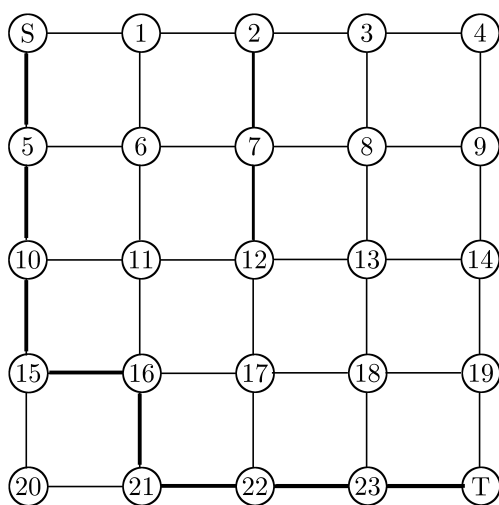


図 5: 最短時間での到着経路

5 結論

離散時間によるスイッチネットワークモデルに対して, これまでに研究してきた拡張ネットワークを使った経路探索のアプローチが適用できることがわかった.

スイッチネットワークのシステムは, 通行止めや踏み切りというように活用次第で道路交通の分野でも適用できる. また一種のアトラクションゲームとしての適用も考えられる. 今回は任意的にスイッチの ON-OFF を操作したが, これを周期的にすることでも, 活用分野を広がる可能性をもつ.

非スイッチネットワークモデルとも比較したが, ON-OFF の条件を加えることで, 尚且つそれを増やすことで到着時間に影響が生じると共に経路にも影響が生じた. 選択した最短経路でも, 予期せぬ障害が生じた場合には経路を変更せざるを得ない. このとき最短経路が複数存在していれば, さほどの影響は回避できる. スwitchネットワークモデルではこういった経路の代替性が少なくなること考察できた.

リンク重みを 1 に統一したモデルについては発展の形として, 動的計画法による図的解法へと適用できると考えられる.

参考文献

- [1] 篠原 正明 「回路網諸問題の代数構造とその算法—特に最短経路問題について—」 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会 (1973) 2-3-10, pp137-138
- [2] 杉山 清史, 篠原 正明 「時変ネットワークにおける Dijkstra 法」 日本大学生産工学部第 36 回学術講演会数理情報部会 7-38, pp111-112
- [3] 杉山 清史, 篠原 正明 「Warshall-Floyd 法と Power 法を用いた時変ネットワークにおける全点間最短経路問題」 日本大学生産工学部第 36 回学術講演会数理情報部会 7-39, pp113-114