

確率過程による都市交通のシミュレーション

東北大学工学部 学生員 ○堀井 雅史
同 正員 鈴木 登夫
仙台市役所 鹿野 正利

1. はじめに

現在、仙台市の中心部の街路網は、各所で交通渋滞を来し、何らかの処置を講じなければならぬ状態にきている。そこで、本研究では、確率過程を用いた交通量配分手法を用いて、実際の道路網に適用し、現在の交通状況の把握を試みた。確率過程には、いくつかの研究によ、て数学的記述とその実証が明らかにされマルコフ過程を用いることにした。

2. 吸収マルコフ過程

対象道路網外からの発生交通量が、与えられ遷移確率に従って道路網内を流れ、道路網外へ吸収される場合に、各道路に配分される交通量を考える場合、吸収マルコフ連鎖を用いると非常に有効である。

吸収状態が r 個、非吸収状態が s 個あるとする。非吸収状態はさらに交通の発生源 m 個と過渡状態 $s-m$ 個に分けられる。この時、遷移確率行列は、次のような標準形で表わすことができる。

$$P = \begin{pmatrix} I & O \\ R & Q \end{pmatrix} \quad (1) \quad \begin{array}{l} I: \text{吸収状態を示す } r \times r \text{ の単位行列, } O: r \times s \text{ の零行列} \\ R: \text{非吸収状態から吸収状態への } s \times r \text{ の遷移確率, } Q: \text{非吸収状態相互の } s \times s \text{ の遷移確率} \end{array}$$

(1)式の n 次の遷移確率 $P^{(n)}$ は、次式で与えられる。

$$P^{(n)} = \begin{pmatrix} I & O \\ R_n & Q^n \end{pmatrix} \quad (2) \quad \begin{array}{l} Q^n: Q \text{ の } n \text{ 乗} \\ R_n: R_n = (I + Q + Q^2 + \dots + Q^{n-1})R \end{array}$$

Q に対しては、

$$I + Q + Q^2 + \dots + Q^{n-1} = (I - Q)^{-1} \quad (3)$$

なる関係が成立し、右辺は、 $(I - Q)$ の逆行列で、吸収マルコフ連鎖の基本行列である。ここで基本行列の ij 要素は、非吸収状態 s_i から推移を開始し、非吸収状態 s_j を訪れる回数の期待値を表わし、 R_{ij} は非吸収状態 s_i から推移し吸収状態 S_j に吸収される遷移確率を表わしている。

さて、ここで発生源から発生する交通量を u とし、吸収源に吸収される交通量を U とすれば、各道路の交通量 X は、 $1 \times (s-m)$ の行ベクトルで、また U も $1 \times r$ の行ベクトルで示される。

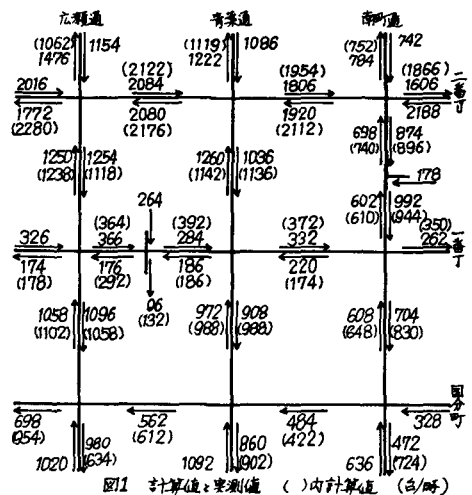
$$X = U(I - Q)^{-1} \quad (4) \quad U = (u_1, u_2, \dots, u_{s-m})$$

$$U = U(I - Q)^{-1}R \quad (5)$$

3. 吸収マルコフ過程の実際の道路網への適用

実際の道路網に適用する場合、発生交通量として対象道路網外からの流入交通量、遷移確率として、各交差点での右左折、直進率を用い、この道路網に流入した車は、交差点の右左折、直進率に支配され、また、ランダムに次の道路区間へと移動していくと仮定する。

さて、本研究では、図1の仙台市中心部の主要な街路網を対象に各道路の交通量と各交差点の右左折率を測定し、単位時間の発生交通量と遷移確率をもとに、各道路の配分交通量の算定を行った。図1には、計算値と実測値が合せて載せてある。これによると、計算値と実測値がかなり一致していると言える。



ところで、対象道路網内の一番丁通は、特異な性格をもち時間帯によって通行止めが実施されるため、2つの性格をもつ交通量が測定できる。そこで、通行止めの場合の一番丁通りに進入する交差点では、右折禁止となる場合は、右折率を0にし、その分を左折率と直進率にたしあわせ、その和が1になるように修正し、他は同一の右左折率を用いて計算したのが図2である。これも実用上一致していると考えられる。

4. 吸収マルコフ連鎖モデルによるシミュレーション

上述した道路網を利用して、種々の交通規制を実施した場合の各道路への影響について着目した。交通規制を実施すれば交差点での選路確率は、影響を受けるが、ここでは不変と仮定して計算を行なった。

まず、一番丁通りに着目すると、各道路の交通量が交通容量(道路構造令による)を越えるのは一番丁通りにだけである。それで、何らかの手段での交通規制について考えなければならぬ。一番丁通り通行止めについては、3で述べた通りで、次に、一番丁通り南行一方通行に規制した場合の影響を考えた。この場合の計算値と規制前の交通量を図3に示す。この2つの場合とも規制後は、各道路の交通量は交通容量を越えない。つまり、数値的に見れば、かなり実現性があると言える。

次に、他の道路の交通規制について考えてみる。これらの計算を行なった結果、交通量が交通容量を越える道路が一番丁通り以外にも見られた。その中の1つの例として、広瀬通りの二番丁へ一番丁間を通行止めにした場合の計算値と規制前の値を図4に示す。

5. あとがき

吸収マルコフ過程による交通量配分手法は、不明な点も多く、更に多くの問題点が残されているが、実際の道路網に適用した場合、実際の交通とかなり一致することがわかった。この方法は、さわめて短期的な交通量予測に適し、道路工事などの短期的な交通規制、右折禁止や容量制限、一方通行などの予測に適しているものと思われる。

また、各OD交通量が、道路網に対してどのように配分されるかについては、さらに研究を進めなければならない。今回は、対象にした道路網が小さく、部分的な解析にすぎなかったため、もっと広い範囲の道路網を対象に、多面的解析を加えていくつもりである。

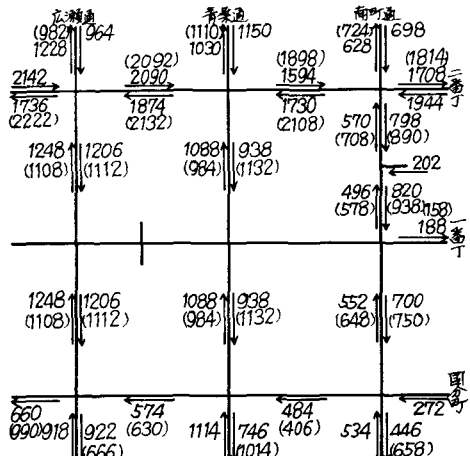


図2 一番丁通行止 計算値と実測値(1)の計算値(右側)

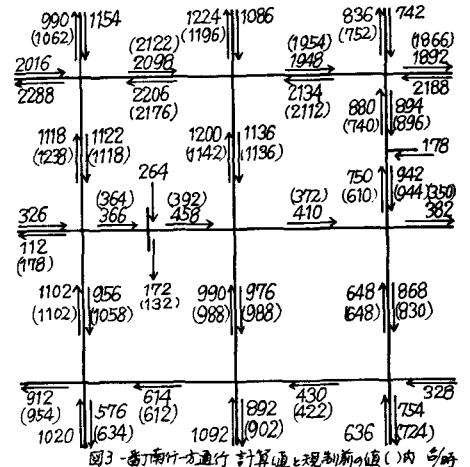


図3 一番丁南行一方通行 計算値と規制前の値(1)の内 右側

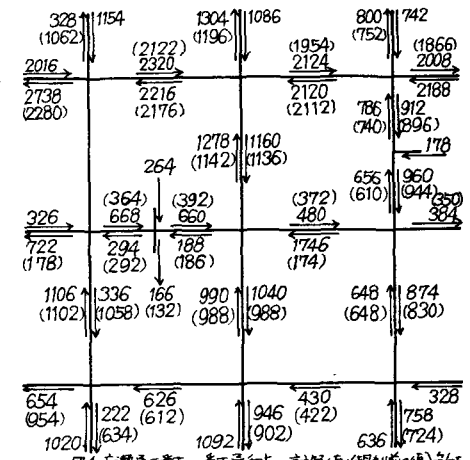


図4 広瀬通り二番丁へ一番丁通行止 計算値と規制前の値(右側)