

需要・交通量を連続時間で扱う準動的交通量配分～金沢都市圏への適用～

金沢大学	理工学域環境デザイン学類	学生会員	○鴻江 雄太
金沢大学	理工研究域環境デザイン学系	正会員	中山晶一郎
金沢大学	理工研究域環境デザイン学系	フェロー	高山 純一
金沢大学	理工研究域環境デザイン学系	正会員	藤生 慎

1. はじめに

これまでに、一日の中で大きく変化するネットワークフローを動的に取り扱うことが可能な動的利用者均衡や動的利用者最適、交通流シミュレーションなどが開発されている。しかし、それらのモデルの現実ネットワークへの適用の大きな問題として、詳細な動的なOD交通量データの入手可能性があげられる。現実のODデータの入手可能状況としては、一時間単位のODデータを入手するのが限界のことが多い。そこで、ODデータの粗い精度に見合ったモデルを使用する方が合理的であり、現実ネットワークへの適用には、時間帯別配分モデルなどが適切な場合が多いと考えられる。

時間帯別配分モデルとは、一日をいくつかの時間帯に分け、各時間帯で配分を行うものである。ただし、各時間帯で目的地に到着することが出来なかった交通量は次の時間帯に残留することにより、時間帯間のフローのダイナミクスを取り扱っている。このように時間帯間ではダイナミクスの記述が可能であるため、本研究では、時間帯別配分モデルを準動的配分モデルと呼ぶことにする。これまでの準動的モデルは、時間帯内では交通状態が一つであったため、時間帯の長さがある程度ある場合は、交通流の動きをきめ細かに記述することはできなかった。特に、時間帯の境界では、大きな誤差を生む可能性もある。一方、時間帯を短くすると、計算コストの問題がある。そこで、本研究では計算コストがかかる均衡はある程度の長さの離散時間とし、交通流自体は連続時間とする。これにより、交通流の動きは連続的に計算することができ、細かな交通流の記述が可能となる。しかしながら、均衡自体は離散時間のため、連続時間動的配分からはある程度のかい離は発生する。本研究では、均衡を離散時間として考慮するものの、交通需要や交通量を連続時間で記述するリンクベースの配分モデルを用いていく。

2. 研究の手法

(1) フローダイナミクス

フローダイナミクスとして以下の仮定を置く。

- A1. 各リンクでの旅行速度は時間帯内では一定
- A2. フローは連続時間で連続的に動く
- A3. 各リンクへの流入フローは流入した時間帯かその次の時間帯で流出する

時間帯の長さを一定値の L とし、時間帯 s ($s \in S$) は連続時間 $(s-1)L$ から sL までとする。なお、 S は時間帯の集合である。時間帯は s と記述し、連続時刻（連続時間）は t とする。ノード i とノード j を結ぶリンクをリンク ij と呼ぶことにする。なお、リンク ij 上ではフローはノード i からノード j へのみ移動し、その逆には動かないこととする。また、連続時刻 t でリンク ij に流入するフローを $f_{ij}(t)$ とする。

リンク上を時間帯内では定速でフローは流れるため、図-1 のような流入率関数に従い流入したフローは、時刻 $t = sL$ では図-2 のような状態となっている。図-1 と図-2 は丁度鏡で映したように左右対称の形となっている。なお、 ρ_{ijs} は時間帯 s でのリンク ij の旅行速度であり、 d_{ij} はリンク ij の距離である。図-2 では、 $100(L-d_{ij}/\rho_{ijs})/L$ % の流入量が時間帯内にリンクを流出する。残りの $100d_{ij}/(\rho_{ijs}L)$ % のフローは時間帯内では流出することができず、次の時間帯で流出する。以上より、時刻 t にリンク ij に流入したフローがそのリンクを流出するまでに要した時間 $c_{ij}(t)$ は以下ようになる。

$$c_{ij}(t) = \begin{cases} \frac{d_{ij}}{\rho_{ijs}} & (s-1)L \leq t < sL - \frac{d_{ij}}{\rho_{ijs}} \\ \left(1 - \frac{\rho_{ijs}}{\rho_{ijs+1}}\right)(sL - t) + \frac{d_{ij}}{\rho_{ijs+1}} & sL - \frac{d_{ij}}{\rho_{ijs}} \leq t < sL \end{cases}$$

連続時刻 t に、ノード i から目的地であるノード n への最小旅行時間 τ_{int} がリンク ij の旅行時間 c_{ijt} とノード j から n までの最小旅行時間 τ_{jnt} との和に等しければ、リンク ij はノード i とノード n 間の最小旅行時間経路上にあるため、リンク ij 上にノード n へ向かう交通量が存在し得る。よって、 $x_{ijt} > 0$ ならば、 $c_{ijt} + \tau_{jnt} - \tau_{int} = 0$ が成立し、 $c_{ijt} + \tau_{jnt} - \tau_{int} > 0$ ならば、 $x_{ijt} = 0$ となる。また、1つの時間帯内においてもリンク旅行時間は変化する。

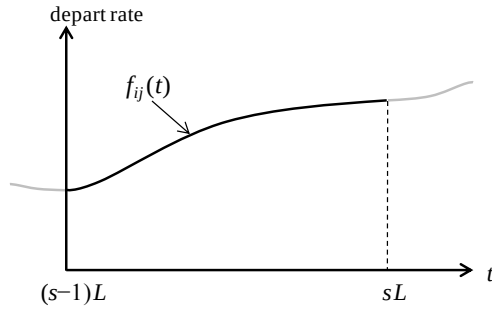


図-1 時間帯 s での流入率関数

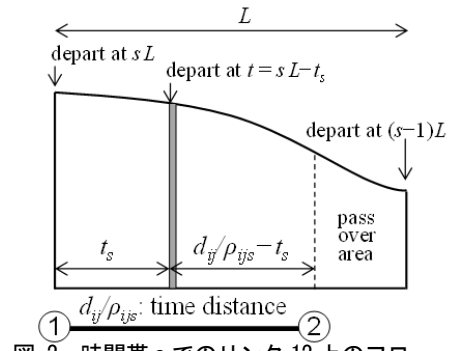


図-2 時間帯 s でのリンク 12 上のフロー

表-1 単純ネットワーク条件

	リンク1	リンク2
距離(d)	20km	30km
最高速度(ρ_{max})	60km/hr	100km/hr
交通容量(γ)	5.0×10^3 pcu/hr	6.0×10^3 pcu/hr

表-2 適用結果 (各リンク速度, 交通量)

	リンク1速度	リンク2速度	リンク1交通量	リンク2交通量
時間帯1	50.1km/hr	75.5km/hr	0.82×10^3 pcu/hr	1.47×10^3 pcu/hr
時間帯2	37.3km/hr	55.6km/hr	1.89×10^3 pcu/hr	2.67×10^3 pcu/hr
時間帯3	58.2km/hr	50.0km/hr	0.15×10^3 pcu/hr	0.18×10^3 pcu/hr

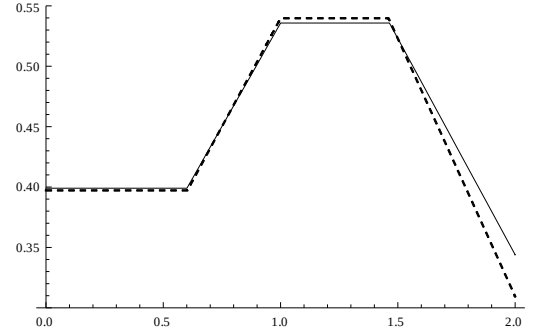


図-3 リンク 1, 2 の通過に要する時間

よって、配分で用いる時間帯 s でのリンク ij の旅行時間は以下のような旅行時間の平均を用いることとする.

$$\bar{c}_{ijs} = \frac{\int_{(s-1)L}^{sL} c_{ij}(t) f_{ij}(t) dt}{\int_{(s-1)L}^{sL} f_{ij}(t) dt}$$

また、本研究では、時間帯 s にリンク ij に流入した交通量に関して、ノード j からノード n への最小旅行時間 μ_{ijns} を以下のように定義する.

$$\mu_{ijns} \equiv r_{ijs} \tau_{jns} + (1 - r_{ijs}) \tau_{jn(s+1)}$$

ここで、 r_{ijs} は時間帯 s でリンク ij へ流入したフローのうちその時間帯内で流出する割合である.

(2) 均衡

以上の条件から準動的配分は以下ようになる.

$$\bar{c}_{ijs} + \mu_{ijns} - \tau_{ins} = 0 \quad \text{if } p_{ijns} > 0$$

$$\bar{c}_{ijs} + \mu_{ijns} - \tau_{ins} \geq 0 \quad \text{if } p_{ijns} = 0$$

相補形式表すと、 $\forall ij \in A-n, n \in D, s \in S$ で

$$p_{ijns} (\bar{c}_{ijs} + \mu_{ijns} - \tau_{ins}) = 0$$

$$p_{ijns} \geq 0, \bar{c}_{ijs} + \mu_{ijns} - \tau_{ins} \geq 0$$

また、リンク選択率ベクトル p は割合であり、 $\forall ij \in A, n \in D, s \in S$ で以下を満たす必要がある.

$$\tau_{ins} \left(\sum_{j \in N_i^{out}} p_{ijns} - 1 \right) \geq 0, \tau_{ins} \geq 0, \sum_{j \in N_i^{out}} p_{ijns} - 1 \geq 0$$

3. 単純ネットワークへの適用

以上の準動的交通量配分モデルを用いて、1OD2 リンクの単純ネットワークに適用した. 表-1 の条件を用いて、時間帯 1 のリンク a の速度を以下の式 (グリーンシールズの式) により与える.

$$\rho_{as} = \rho_{a,max} \left(1 - \frac{x_{as}}{\gamma_a} \right)$$

また、時間帯の長さを 1 時間とし、時間帯 1 と 2 の交通需要 $q(t)$ は以下の式で与える.

$$q(t) = \begin{cases} 7t, & 0 \leq t < 1 \\ 14 - 7t, & 1 \leq t < 2 \end{cases}$$

適用結果を表-2、図-3 に示す. 図-3 の実線がリンク 1 の通過に要する時間、点線がリンク 2 の通過に要する時間である. 図-3 から分かるように、交通流の動きを連続的に表すことができる.

4. 金沢都市圏への適用

本研究では、準動的交通量配分モデルを金沢ネットワークに適用させる. この適用結果については、講演時に発表する.

参考文献

- 1) 藤田素弘, 松井寛, 溝上章志: 時間帯別交通量配分モデルの開発と実用化に関する研究, 土木学会論文集, No. 389/IV-8, pp. 111-119, 1988.
- 2) 宮城俊彦, 牧村和彦: 時間帯別交通配分手法に関する研究, 交通工学, Vol. 26, No. 2, pp. 17-28, 1991.