

ネットワークの流動量分布から見た集計誤差に関する考察

02302320 筑波大学 社会工学研究科 *田村一軌 TAMURA Kazuki
01102840 筑波大学 社会工学系 腰塚武志 KOSHIZUKA Takeshi

1. はじめに

都市交通分析では、計算機上に仮定のネットワークモデルを構築し道路交通を説明するのが一般的である。このとき従来はネットワークのノードに移動の起終点を集約することによりノード間の移動のみを用いて分析してきたが、本来都市における移動はネットワーク上の任意の2点間で発生・集中するものである(厳密に言えば2次元平面上にある起終点をネットワークに集約したものである)。したがって、このように起終点をノードに集約することにより、本来の移動との間に誤差が生じていると言える。

この集約による誤差(集計誤差)は、ネットワークの構造によって異なることが予想される。例えばネットワークにおけるノードの“粗密”を考えたときに、ノードが比較的密に入っているネットワークならば集計誤差が小さくなるのが容易に想像できるだろう。

筆者は文献[3]において、ネットワーク上で一様に発生する移動を対象とした流動量(通過量)分布導出方法を確立したが、本稿では筆者が導出した流動量分布と従来の方法による流動量とを比較する。これにより、ネットワークの構造と集計誤差について考察し、ネットワークの性質や都市交通をネットワークで分析することの意義について考えることの手がかりにしたい。

2. ネットワークの流動量分布

ネットワーク上の任意の2点 x_1, x_2 について、2点間の移動を $\overline{x_1x_2}$ と表すと、ネットワーク上の地点 x における流動量 $f(x)$ は、

$$f(x) = \int_{x \in \overline{x_1x_2} \neq \phi} dx_1 dx_2 \quad (1)$$

と記述できる。すなわち、あらゆる2点の組み合わせに対しその間の最短経路を決定しさえすれば、地点 x を通過する移動の数を数え上げられることによって、 $f(x)$ を求めることができる。また、ネットワーク上で発生する移動(起終点のペア)の総量は、リンク長の合計を L としたとき L^2 になる。

流動量分布を求めるためにはネットワークをリンク単位で考え、2点の組み合わせを

- (1) 2点在同一リンクにある場合
- (2) 2点が異なるリンクにある場合

の2つに分ける。それぞれについてあらゆる地点 x における流動量を計算し全て足し上げると、流動量分布を求めることができる。

流動量を導出する方法の詳しい説明については文献[2],[3]を参照されたいが、実際の計算は非常に煩雑である。例えば(1)の場合であっても2点の位置によっては移動がそのリンク以外のリンクを経由する場合がある。また(2)の場合にはリンクの組み合わせに対し、リンクを分割することにより、

- (i) リンク間の経路が1つだけしかない場合
 - (ii) 長さの等しいリンクの両端ノード間に長さの等しい2つの経路が存在する場合
- の2つの場合に帰着することができるのだが、ただし分割の仕方がリンクの組み合わせによって変わってくる。

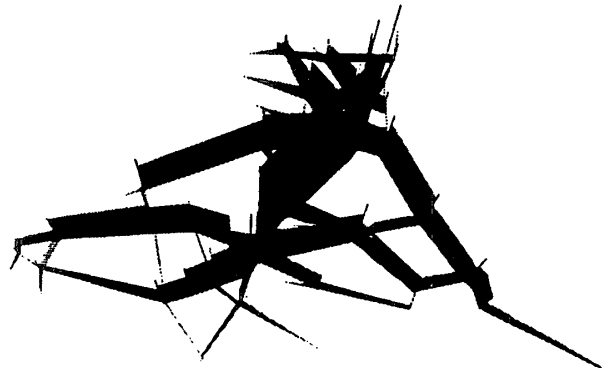


図1: 流動量分布計算例

図1は茨城県の国道ネットワークの流動量分布を計算した結果である。

3. 起終点の集約

ネットワーク上で一様に発生する移動とノード間の移動について、同一ネットワークでそれらの移動による流動量を比較するために、今回は次のような方法で起終点をノードに集約した。図2のように、ノードに接続しているリンクのリンク長合計の1/2をそのノードの重みとして与える。こうすることで、すべてのノード間の移動を考えたときにその移動の総量は L^2 で表されることになり、2つの方法で対象とする移動の総量が一致することになる。

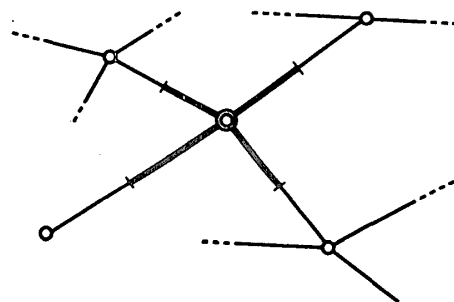


図2: 起終点の集約

4. ノード流動量

さて、実際に両者の比較を行うわけだが、今回はノードを通過する移動の量を比較の対象とすることにした。ノードを通過する移動には、そのノードに接続しているリンクの中でどのリンクから入ってきてどのリンクに出ていくかという経路がいくつかあることになるが、ここではそれらの合計の値をノード流動量と呼ぶことにする。図1においてノードから上に伸びている線分の長さがそのノードの流動量を示している。

ノード間の移動におけるノード流動量に関しては、ノードを起終点とする移動をそのノード流動量として扱うかどうかという問題があるのだが、今回はそれも含めた値を用いることにした。逆に言えば、ネットワーク上で発生する移動の場合にはこのような問題は考えなくてよい、ということもできるだろう。

5. 流動量の集計誤差

ノード流動量を考えたとき、移動の起終点をノードに集約するということは、本来の移動経路を変更し、起終点が集約されたノードを必ず通るようにすることだ、と考えることができるだろう。つまり移動によってはその移動経路が大きく変わってしまうことになる。また、起終点がともに同じノードに集約されてしまう場合にはその移動によるノード流動量は0になってしまう。

このことにより当然ノード流動量の値にも差が生じるわけだが、このノードに集約することによる差をここでは流動量の集計誤差とし考察の対象とする。

図3は、茨城県内を通る国道からなる道路ネットワークと、その中から国道4,6,50,51,118,123,124,125号のみを取り出し簡素化した道路ネットワークである。茨城県国道ネットワークについて、リンク総延長 $L = 1,027.3\text{km}$ 、ノード数 $n = 82$ 、リンク数 $m = 108$ であり、簡素化したネットワークについては $L = 524.7\text{km}$ 、 $n = 23$ 、 $m = 24$ である。

この2つのネットワークについてノード流動量を求め比較したものが図4である。

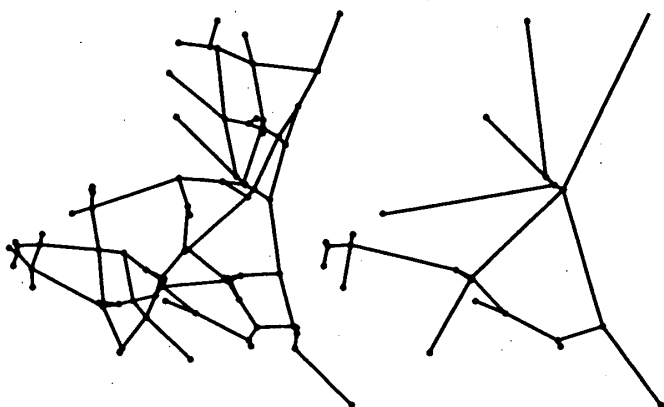


図3: 対象ネットワーク

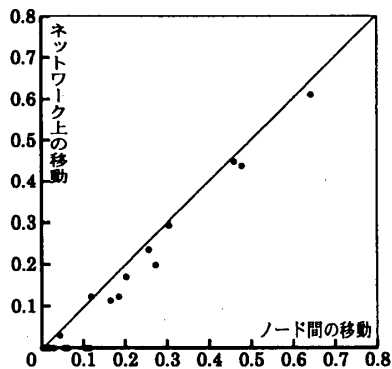
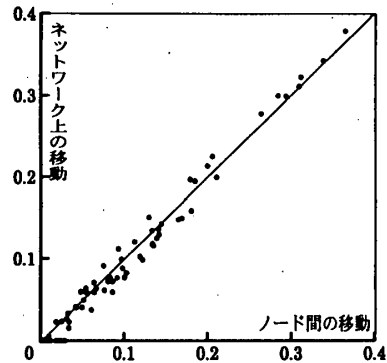


図4: ノード流動量の比較

6. おわりに

今回の分析で注目した「ノード流動量の誤差」をどのように評価するかは、実際のモデルの設計や分析の目的に依存する。

しかしいずれにしても、リンクを1つ加えただけで最短経路が大きく変わってしまうといったようなネットワークの空間としての性質を考えたときに、ネットワーク上に発生・集中する移動についておさえておくことが重要なのではないだろうかと思っている。

また、ネットワークによって誤差のでかたに差があることが分かったが、このことを手がかりにネットワークの特性を捕らえ端的に表すような指標といったものについても考えていきたい。

参考文献

- [1] 腰塚武志 (1997): 移動から見たネットワークの分析. 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集. pp.252-253.
- [2] 田村一軌, 腰塚武志 (1998): ネットワークの距離分布. 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集. pp.222-223.
- [3] 田村一軌, 腰塚武志 (1999): ネットワークの流動量分布. 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集. pp.158-159.
- [4] 田村一軌 (1999): 移動から見た道路網の分析方法. 筑波大学大学院社会工学研究科修士論文.