

放射環状道路網における迂回距離分布

02602330 筑波大学 *宮川 雅至 MIYAGAWA Masashi
01102840 筑波大学 腰塚 武志 KOSHIZUKA Takeshi
01009480 筑波大学 大澤 義明 OHSAWA Yoshiaki

1 はじめに

信頼できる道路網を構築するためには、災害や事故に伴う道路閉塞による影響を客観的に把握する必要がある。また、路車間情報システム等を用いたリアルタイムの交通情報提供は、道路閉塞による損失を最小限に抑えることが期待できる。

本研究では、放射環状道路網上の1地点が閉塞した際に移動距離がどの程度増加するのかを明らかにする。そのための基礎となる迂回距離分布を厳密に求める。なお、格子状道路網での迂回距離分布は既に導出済みである。さらに、情報提供によって道路閉塞による迂回をどの程度減らせるのかを分析する。

2 迂回距離分布

図1に示す隣り合う放射路のなす角 φ 、環状路の間隔 l である n 本の放射路と m 本の環状路から成る道路網上での移動を考える。移動の起終点は放射路上で一様にかつ独立に発生するものとする。また、移動者は道路閉塞に関する完全情報を有しており、移動を開始する前に最短の代替経路を選択すると仮定する。

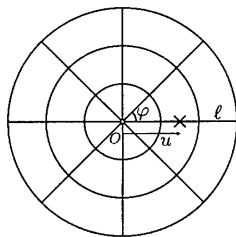


図1: n 放射 m 環状道路網

道路閉塞に伴う移動距離の増分、つまり代替経路距離と最短経路距離との差を迂回距離と呼び、 Y で表す。そして、迂回距離分布 $F(y)$ を迂回距離 Y が y 以下であるような交通量で定義する。当然だが、この分布は道路閉塞の場所に依存する。迂回移動は起終点の位置に応じて、13パターンに分類できる。迂回パターン1)に関する迂回距離分布は以下のように求まる。

1) 2リンク間の移動は図2の s - t 平面上の1点として表現できる。ここで s, t はそれぞれ移動の起点と終点の位置を表している。迂回が生じるのは閉鎖リンクを最短経路として利用する $t < l\theta/2$ のときである。迂回経路は $t < l(\theta - \varphi)/2$ のとき内回り、 $t \geq l(\theta - \varphi)/2$

のとき外回りとなるから、迂回距離 Y_1 は

$$Y_1 = \begin{cases} l\varphi, & (0 \leq t < \frac{l}{2}(\theta - \varphi)) \\ l\theta - 2t, & (\frac{l}{2}(\theta - \varphi) \leq t \leq \frac{l\theta}{2}) \end{cases}$$

となる。迂回距離 Y_1 が y 以下である交通量 $F_1(y)$ は $l\theta - 2t \leq y \Leftrightarrow t \geq (l\theta - y)/2$ より図中斜線部の面積として

$$F_1(y) = \begin{cases} \frac{y}{2l}, & (0 \leq y < l\varphi) \\ \frac{l\theta - y}{2l}, & (y = l\varphi) \end{cases} \quad (1)$$

と表現できる。迂回距離分布 $F_1(y)$ は起点のある放射路と終点のある放射路のなす角 θ に依存するので、同一のパターンに含まれる移動であっても終点の位置によって分布は異なる。

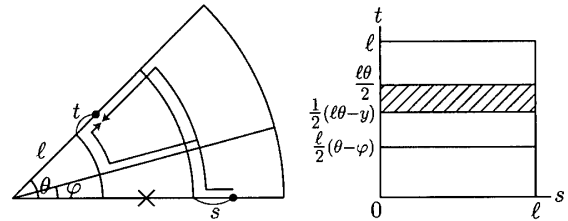


図2: 迂回1)

他のパターンについても迂回距離分布 $F_i(y)$ が同様の方法によって求まり、それらを各パターンの組合せの数だけ足し上げることで $F(y)$ が得られる。

8放射3環状道路網において、 $u = 3l/2$ としたときの迂回距離分布を図3に示す。ここで、 u は道路網の中心 O から閉鎖地点までの道路沿いで測った長さである。格子状道路網と比べると、分布の形状はかなり複雑である。迂回を強いられる交通量は総交通量 $(24l)^2 = 576l^2$ の9.0%である。

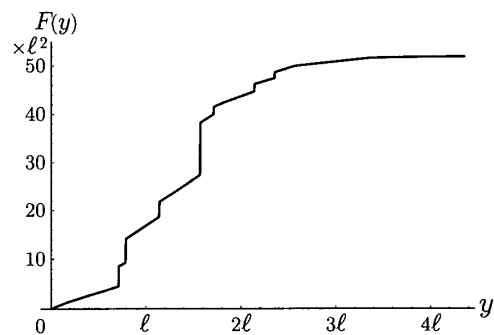


図3: 迂回距離分布 ($u = 3l/2$)

3 情報の効果

道路閉塞に関する情報提供効果を評価するため、図4に示す3種類の情報提供方法を比較する：

完全情報 移動開始前に情報が入手済みの場合

交差点情報 閉鎖地点を含むリンク両端の交差点で初めて情報が得られる場合

情報なし 情報が全く得られない場合

図中、破線が最短経路、実線が迂回経路を表す。交差点情報や情報なしの場合には、まずは最短経路に沿って移動し、交差点や閉鎖地点から代替経路を選択する。特に、情報なしの場合には、閉鎖地点から一度引き返さなければならず、大きな迂回を強いられる。

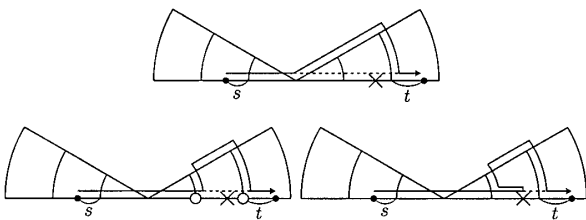


図4: 情報提供と迂回経路

3種類の情報提供方法を総迂回距離に着目して比較する。8放射3環状道路網(図1)において、道路網の中心Oから閉鎖地点までの距離uを変化させたときの総迂回距離Ψを図5に載せる。最も外側のリンク端点で、交差点情報と情報なしの総迂回距離が一致する。情報の効果は中心に近いリンクの方が大きいことが分かる。

情報の効果を $u = 3l/2$ という特定の地点で評価すると、情報なしに比べて交差点情報は71.6%、完全情報は47.6%の迂回で抑えられる。なお、各移動が平均してどの程度迂回をしているかは、総迂回距離を総交通量で割ることにより、 $u = 3l/2$ の場合、完全情報 $0.12l$ 、交差点情報 $0.18l$ 、情報なし $0.26l$ となる。

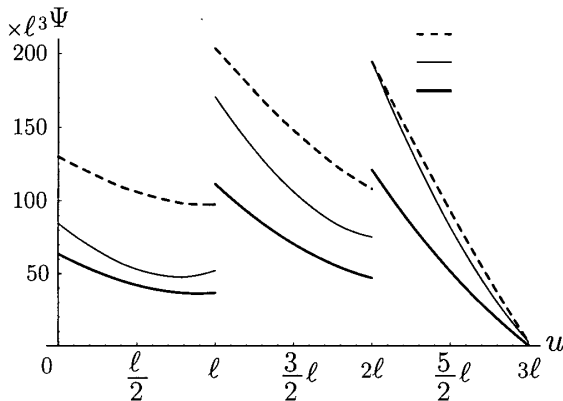


図5: 総迂回距離

4 環状路配置

8放射2環状道路網(図6)において、道路閉塞時の総迂回距離が最も小さくなるような環状路の配置を求める。環状路の間隔を l_1, l_2 とし、 $l_1 + l_2 = 1$ とする。総迂回距離は閉鎖箇所によって異なるため、その平均値を考える。環状路の位置 l_1 を変化させたときの総迂回距離の平均値は図7のようになる。完全情報の場合には、 $l_1 = 0.508$ で、情報なしの場合には $l_1 = 0.483$ で最小値をとる。これより、情報提供によって望ましい環状路の配置が外に向かうことが分かる。

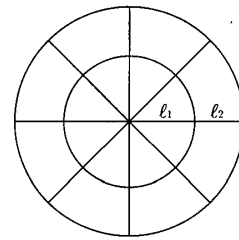


図6: 8放射2環状道路網

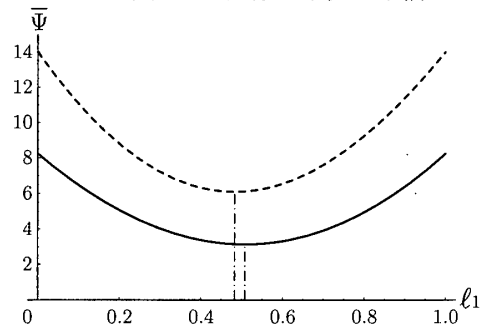


図7: 環状路間隔と総迂回距離

なお、平常時の総移動距離は $l_1 = 0.409$ で最小となる。つまり、平常時の効率性だけでなく、災害や事故による道路閉塞の発生を考慮するならば、環状路は平常時に最適な位置よりも外側に配置すればよいことになる。

5 おわりに

得られた主要な知見は以下の2点である。

- (1) 情報の効果は閉塞地点が中心に近いときほど大きい。
- (2) 道路閉塞を考慮すると、望ましい環状路の配置は外に向かい、それは情報を提供する方が顕著である。

参考文献

- [1] 腰塚武志: 移動からみた放射状と格子状ネットワークの比較, 都市計画論文集, 34, pp.763-768, 1999.
- [2] 腰塚武志, 栗田治: 放射・環状ネットワークにおける環状路の役割について, 都市計画論文集, 21, pp.217-222, 1986.
- [3] Vaughan, R.J.: *Urban Spatial Traffic Patterns*, Pion, 1987.