

# 都市交通網における環状路の特性分析と最適設計への応用

慶應義塾大学 \*高橋 昭文 TAKAHASHI Akifumi  
 01107680 慶應義塾大学 栗田 治 KURITA Osamu

## 1. はじめに

現在、首都圏の高速道路網を見てみると、都心を起点とし郊外に伸びている中央道、東名道等の放射路と、それに比べて数の少ない環状路で成り立っている。環状路の数が少ないゆえの不便さを解消すべく、最近では圏央道やアクアラインの建設等が行われている。しかし、そもそも環状路の設置効果や適切な設置位置に関して十全たる指針が得られているわけでない。そこで本研究では、

その1：既存環状路が無い地区に1つの高速環状路を設置する場合

その2：既存環状路が稠密に存在する地区に新たに1本の高速環状路を設置する場合

の2通りについて、指針を求めることを目的としている。

## 2. 既設の環状路が無い場合の配置

まず円の中心を起点とする放射路のみが、無限に稠密に存在する半径  $R$  の円を考える。その中に高速で移動できる半径  $r$  ( $0 \leq r \leq R$ ) の環状路を1本だけ新設する。円内の任意の2点で一樣な頻度で移動が起こるとする。さらに既存の路線の移動速度を  $w$ 、新設路線の移動速度を  $v$  ( $v \geq w$ ) であるとする。ここで起点  $(p, 0)$  から終点  $(l, \theta)$  までの移動は必ず新設された環状路を移動しなければならないため、移動時間は、

$$\frac{1}{w}(|p-r| + |l-r|) + \frac{1}{v}r\theta \quad (1)$$

となる。

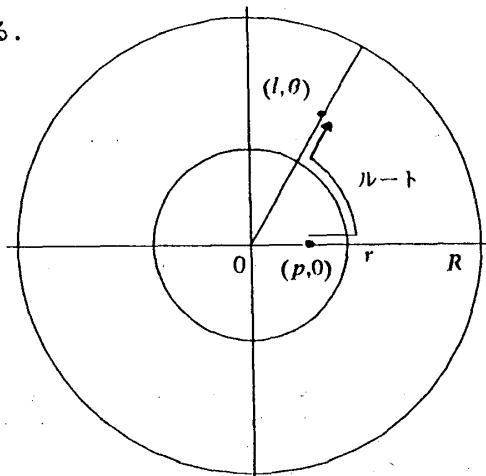


図1 モデル内の移動経路(その1)。

モデル内におけるトリップの総所要時間は、

$$2\pi \int_0^R \int_0^R \int_0^{2\pi} \left( \frac{1}{w}(|p-r| + |l-r|) + \frac{1}{v}r\theta \right) \times pl \, d\theta \, dl \, dp \quad (2)$$

と表すことが出来る。よってこの場合、総所要時間を最小化するためには、この式の最小値をとる  $r$  の値を求め、

$$r = \frac{1}{2} \left( \sqrt{2 - \frac{\pi w}{2v}} \right) R \quad (3)$$

の位置に環状路を設置すればよいことがわかる。

なお  $R=1$  とし  $k = \frac{w}{v}$  として、(3)式を示したのが図2である。

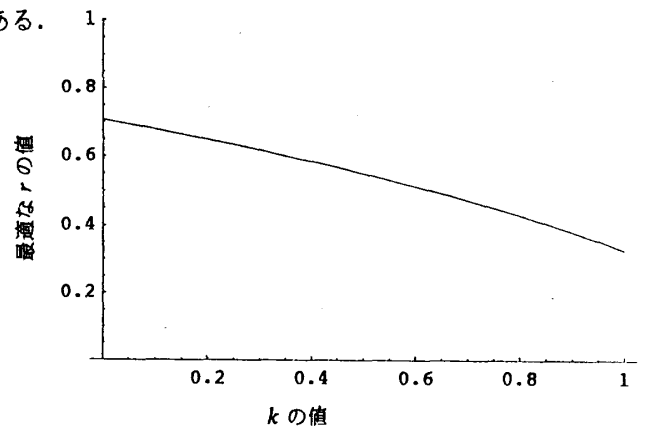


図2 速度比  $k$  と最適な  $r$  の値(その1)。

$v=w$  のときは、 $r=0.328$  である。また、 $v \rightarrow \infty$  のときには  $r=0.707$  であることがわかる。

## 3. 既設の環状路がある場合の配置

今度は放射路だけでなく、既に同心円の環状路も無限に稠密に存在している円を考える。そして高速で移動できる半径  $r$  の環状路を新設するのである。速度の設定は先程と同じである。起点から終点までの移動経路は本質的には3つ存在し、

ルート1：中心を通過する経路

$$\text{移動時間 } t_1 = \frac{1}{w}(p+l) \quad (4)$$

ルート2：既設の環状路を利用する経路

$$\text{移動時間 } t_2 = \frac{1}{w}(\min(p, l) \times \theta + |p-l|) \quad (5)$$

ルート3：新設した環状路を利用する経路

$$\text{移動時間 } t_3 = \frac{1}{w}(|p-r| + |l-r|) + \frac{1}{v}r\theta \quad (6)$$

である。

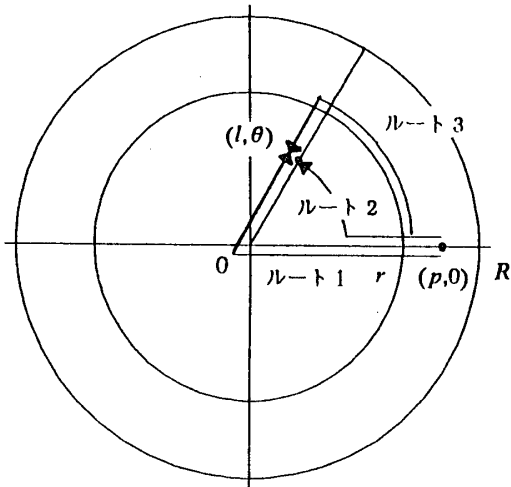


図3 モデル内の移動経路(その2).

この3つのルートから最短移動時間経路を選択する。つまり起点・終点・速度により移動経路が異なるのである。その例として以下の図を2つ示す。

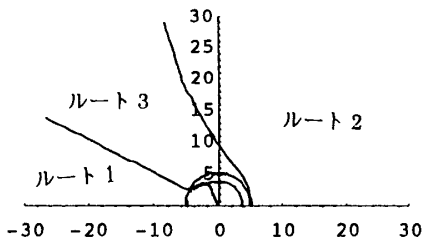


図4 移動の目的地へのルートの割り当て。  
 $v=40$   $w=30$   $p=20$   $r=5$  のとき。  
 (下の半円に関しては上の半円と対称であるため省略)

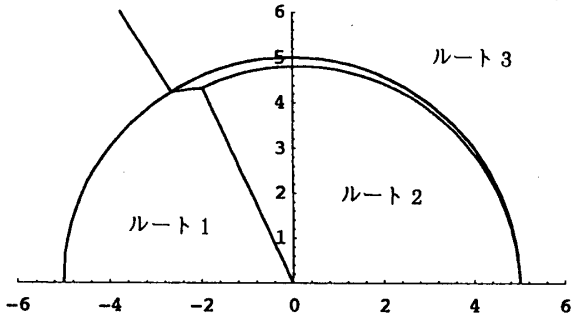


図5 移動の目的地へのルートの割り当て。  
 $v=40$   $w=30$   $p=4$   $r=5$  のとき。  
 (下の半円に関しては上の半円と対称であるため省略)

この図は起点と速度比  $k$  が決まった時、終点  $(l, \theta)$  によって、どのような経路を選択するのかを示している。

なお本研究を通じて、どのような起・終点と速度を与えようとも、ルートの割り当てを図示できるコンピュータ・プログラムを作成済みである。

さてこのモデルの中での総移動時間は

$$2\pi \int_0^R \int_0^{2\pi} \int_0^R (\min(t_1, t_2, t_3) \times p l) dl d\theta dp \quad (7)$$

と表すことが出来る。これが最小値をとる  $r$  の値を求めることによって、環状路の最適設計を行なうことができる。本研究ではこのような「総移動時間を最短にする配置  $r_1$ 」と同様に「新設環状路の利用延べ距離を最大化する配置  $r_2$ 」「新設環状路を利用する移動の割合を最大化する配置  $r_3$ 」についても求めた。移動時間が短くなれば移動者にとって喜ばしいし、新設環状路の利用距離や頻度があがれば設置の意味がそれだけあるといえる。なお、モデルの半径  $R$  を1とした時の配置位置を以下の図に示す。

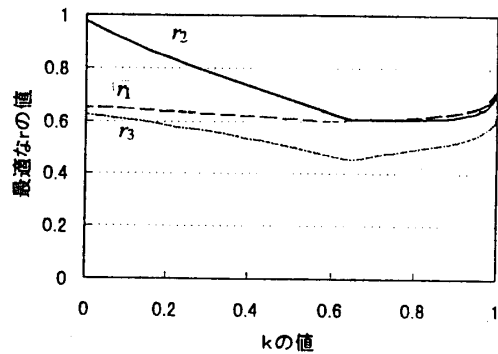


図6 速度比  $k$  と最適な  $r$  の値(その2)

この図を見ると、どの場合においても  $k$  が0から0.6あたりまでは、速度比が大きくなるにしたがい配置を中心に近づけ、 $k$  の値がそれ以上のときには中心から離していけばよいことが分かる。その中でも環状路の利用延べ距離に注目したときが一番速度の影響を受けやすいこともわかる。

#### 4. 終わりに

今後の課題として、高速環状路の果たす役割についてもっと深く考察する為に、

1. 人口密度の様々な形態を考える。
2. 距離分布の導出。
3. 環状路の本数を増やす。

の様な事を考えている。

#### 5. 参考文献

- [1] 栗田 治(1986): 放射・環状ネットワークにおける環状路の役割について、昭和61年度第21回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.217-222.