

## 第IV部門

## 所要時間の平均と分散を考慮した経路決定手法に関する研究

京都大学工学部 学生員 ○有馬 和輝  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 安東 直紀  
 京都大学大学院工学研究科 フェロー 谷口 栄一  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 山田 忠史

## 1. 研究の背景と目的

急速な IT 技術の普及などにより、ビジネスは高度化、高速化の一途を辿っている。それに伴い、現代社会は非常に時間制約の強い社会となっており、公共交通機関や、貨物の配送業などにおいては、Just-in-Time が原則であるといえる。したがって、いかにして遅刻も早着もすることなく、予定通りの時刻に目的地に到着するかということは、道路利用者にとって重要な関心事項の一つであり、所要時間変動を考慮した経路評価は有意義であると考えられる。

先行研究において、岡ら<sup>1)</sup>は平均所要時間に加えて、所要時間の標準偏差に着目し、これら二つの値をパラメータに持つ経路の評価関数を仮定している。

本研究では、道路ネットワークにおいて出発地と目的地の2地点を結ぶ経路のうち、この評価関数の値が最大となる経路の決定手法を構築するとともに、ケーススタディとして実際の道路ネットワークに適用し、手法の有効性を示す。

## 2. 経路の評価関数

岡ら<sup>1)</sup>は、経路の平均所要時間  $\mu$  と所要時間の標準偏差  $\sigma$  に関する無差別曲線は原点に対して凹性を示すことなどを仮定し、以下の式(1)を評価関数としている。

本研究においても、この式(1)を経路の評価関数として用いることとする。

$$U = (\mu^2 + (\alpha\sigma)^2)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

ここに

$U$  : 経路の評価関数値

$\mu$  : 経路の平均所要時間

$\sigma$  : 経路の所要時間の標準偏差

$\alpha$  :  $\sigma$  が評価関数に与える影響の大きさを表すパラメータ

式(1)の評価関数を三次元座標にプロットしたものを図1に示す。

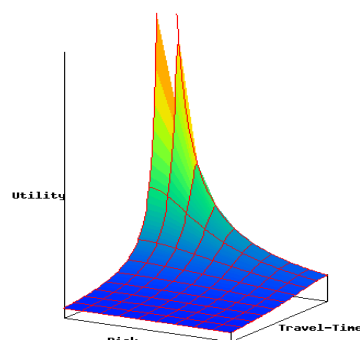


図1 評価関数の3次元プロット

## 3. 評価関数値最大経路決定手法

式(1)の評価関数値が最大となる経路を以下の手順で求める。まず、Eppstein<sup>2)</sup>によるk-最短路問題を解くアルゴリズムを用いて、出発地と目的地を結ぶ経路について平均所要時間の短いものから順に探索を行う。得られた各経路について、所要時間の標準偏差を求め、 $\mu$ - $\sigma$  平面上にプロットする。各経路の  $\mu$ ,  $\sigma$  をプロットした散布図に、評価関数値が等しい  $\mu$ ,  $\sigma$  の組み合わせの集合である無差別曲線を描く。それらの複数ある無差別曲線のうち、最も大きな評価関数値を示す無差別曲線に含まれる経路が評価関数値最大経路となる。評価関数値最大経路を決定する概念図を図2に示す。

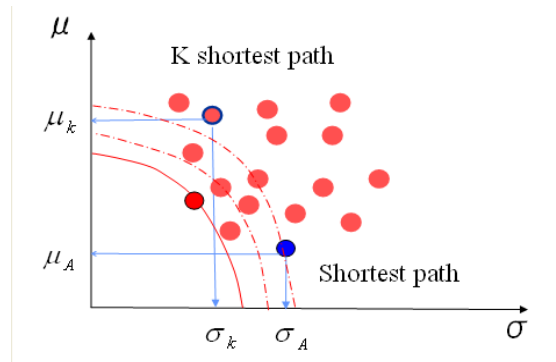


図2 経路の散布図と無差別曲線

無差別曲線は評価関数のパラメータ  $\alpha$  の値によって変化する。 $\alpha$  の値が大きいくほど、所要時間の標準偏差の小さい経路が評価関数値最大経路として決定される。したがって、所要時間の標準偏差の重要度は  $\alpha$  の値により調整することが可能であり、所要時間変動の小さい経路を探索することが可能となる。

#### 4. ケーススタディ

上述の手法の有効性を検討するために、実際の道路ネットワークに本手法を適用する。

大阪中心部の道路ネットワークの一部を対象ネットワークとする。ノード数は 225、リンク数は 789 である。対象ネットワークを図 3 に示す。リンクの所要時間は平成 16 年 10 月 1 日から 11 月 16 日までの平日 30 日間における 15:00 の VICS データを用いた。

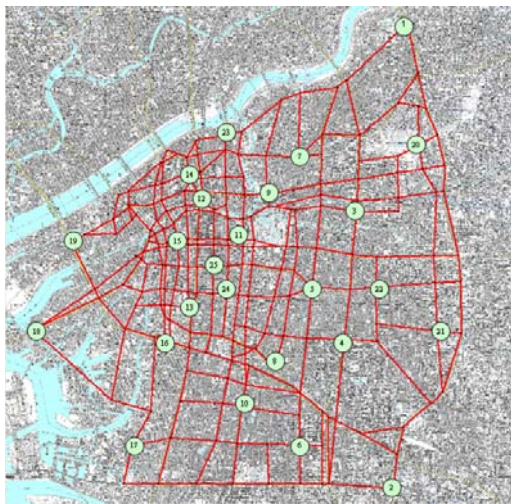


図 3 大阪中心部の道路ネットワーク

図 3 のネットワークにおいて、出発ノードを 16 番ノード、目的ノードを 1 番ノードとする経路について考察する。この OD を持つ経路について、 $\mu$ ,  $\sigma$  散布図を図 4 に示す。

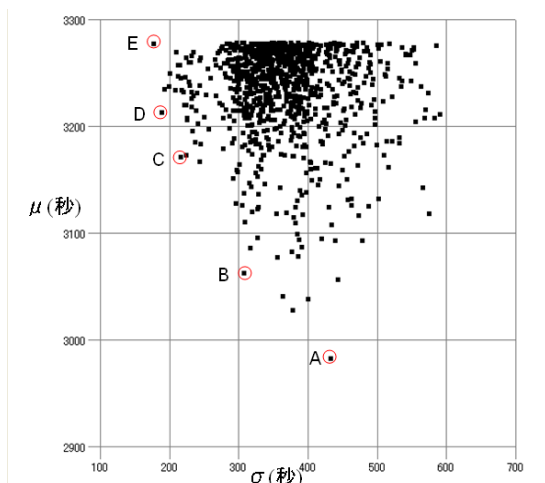


図 4 出発ノード 16 目的ノード 1 の経路の散布図

上述の手法に従って評価関数値最大経路を探索した。図 4 の各経路の散布図のうち A~E の経路が  $\alpha$  の値により評価関数値最大経路となる。それぞれの経路が評価関数値最大経路となる  $\alpha$  の値を表 1 に示す。また例として経路 A,B,E を図 5 に示す。表 2 から、 $\alpha$  の値を調整することにより、所要時間の標準偏差を考慮した経路を探索可能であることがわかる。

表 1 評価関数値最大経路

| 評価関数値最大経路 |                            |
|-----------|----------------------------|
| A         | $0 < \alpha \leq 2.29$     |
| B         | $2.29 < \alpha \leq 3.74$  |
| C         | $3.75 < \alpha \leq 4.87$  |
| D         | $4.87 < \alpha \leq 10.13$ |
| E         | $10.13 < \alpha$           |

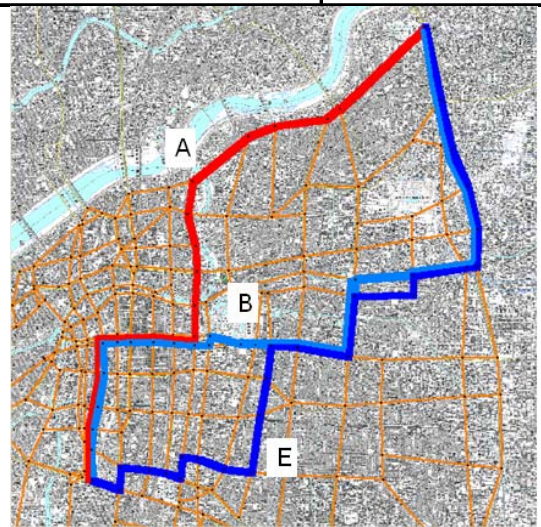


図 5 評価関数値最大経路

表 2 評価関数値最大経路の所要時間データ

|   | 平均所要時間(分) | 標準偏差(分) |
|---|-----------|---------|
| A | 49.71     | 6.43    |
| B | 51.04     | 5.13    |
| C | 52.85     | 3.60    |
| D | 53.56     | 3.13    |
| E | 54.62     | 2.95    |

#### 5. 結論

本研究では、平均所要時間と所要時間の標準偏差をパラメータに持つ経路の評価関数を用いて、評価関数値が最大となる経路の決定手法の構築を行った。さらに実際の道路ネットワークに適用した。

今後の課題としては、より現実に適した評価関数形の検討が挙げられる。

#### 参考文献

- 岡弦太郎, 安東直紀, 谷口栄一, 山田忠史: 平均分散法を用いた道路ネットワークにおける経路の評価に関する研究, 土木学会関西支部年次学術講演会, IV-54, 2008.
- Eppstein D: Finding the k Shortest Paths, SIAM Journal on Computing, Vol.28, No.2, pp652-673, 1998