

第IV部門

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

京都大学工学部 学生員 ○岡 弦太郎

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

近年、ビジネスは高度化・高速化の一途を辿っている。現代社会では非常に強い時間制約が日常的になっており、高水準で安定した輸送・移動の手段がますます求められている。そのため、道路における経路を評価する指標としても、従来から用いられている平均所要時間に加え、所要時間の変動を考慮することは意義があると考えられる。

既往の研究において、川本ら¹⁾は都市内における配車配送計画において、リンク所要時間の平均値に基づく最短経路を用いるケースと比べて、アンツルーティングにより得られる経路、すなわち、平均所要時間は大きくなるが、所要時間の分散が小さい経路を用いた方が、総配送コストの面で優れていることを示している。

そこで本研究では、平均所要時間と所要時間の標準偏差に着目し、これら二つのパラメータを用いて経路を評価する手法を提案する。また、実際の道路ネットワークにおける所要時間情報を用いて、提案した手法の評価を行うとともに、既往の研究結果との比較を行う。

2. 平均分散アプローチ

所要時間の平均値と分散という二つのパラメータを用いて経路評価を行うに際して、本研究では、主に証券市場などで用いられている現代ポートフォリオ理論²⁾における平均分散アプローチ³⁾を採用する。この手法は、ある投資対象が投資家に与える効用を期待収益率と収益率の分散の関数として表現することで、その投資対象の評価を行うものである。

道路ネットワークにおいて経路とは、リンクの組み合わせである。したがって、評価対象経路の所要時間、平均所要時間、所要時間の分散を、経路に含まれるリンクの所要時間から計算する。それらは以下の式で計算される。

$$\bar{t}_p = \sum_{i=1}^n \bar{t}_i \quad (1)$$

$$\mu(\bar{t}_p) = \sum_{i=1}^n \mu(\bar{t}_i) \quad (2)$$

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_{ij} \quad (3)$$

ここに、

 $\bar{t}_i$: リンク i の所要時間 $\bar{t}_p$: 経路の所要時間 $\mu(\bar{t})$: 所要時間 $\bar{t}$ の平均値 σ_p^2 : 経路の分散 σ_{ij} : リンク i とリンク j の所要時間の共分散 n : 経路に含まれるリンク数

所要時間上部にチルダのついている変数は確率変数である。

本研究では、上記の式より、平均所要時間と所要時間の標準偏差を求め、それら二つの値をパラメータに持つ関数を仮定し、その関数値により経路の評価を行う。

3. 平均所要時間と所要時間の標準偏差の計算

大阪市中央部の道路ネットワーク上の配車配送計画に注目し、平成16年10月1日から11月16日までの期間にVICSより得られた所要時間情報を用いて、所要時間の平均値と分散に関する計算を行う。

評価対象の経路として、下記の3経路に着目する。

- 経路A: 経路選択モデルにアンツルーティングを用いた場合に、確率論的配車配送計画手法(VRPTW-PA)により得られた最適解に含まれる経路
 - 経路B: リンク所要時間の平均値に基づく最短経路探索手法を用いた場合に、確率論的配車配送計画手法(VRPTW-P)により得られた最適解に含まれる経路
 - 経路C: リンク所要時間の平均値に基づく最短経路探索手法を用いた場合に、確定論的配車配送計画手法(VRPTW-F)により得られた最適解に含まれる経路
- 既往の研究結果¹⁾より、総配送コストに関して、

VRPTW-PA, VRPTW-P, VRPTW-Fの順に優れていることが示されている。

式(2)と(3)を用いて、上記各経路の平均所要時間と所要時間の標準偏差を計算した結果を表1に示す。

表1 各経路の平均所要時間と標準偏差

経路	時刻	平均所要時間(秒)	標準偏差(秒)
A	15:00	29,298	2,006.1
	16:00	28,829	1,457.0
	17:00	27,521	1,738.8
B	15:00	27,246	2,238.3
	16:00	27,172	1,687.0
	17:00	25,613	1,952.7
C	15:00	28,946	2,128.9
	16:00	28,811	1,619.1
	17:00	27,562	2,051.6

4. 経路の評価

経路評価のための関数を設定するに当たり、次のような仮定を設ける、すなわち、「道路利用者は、平均所要時間 μ が同じであれば、所要時間変動によるリスクを小さくするために、より所要時間の標準偏差 σ が小さい経路を愛好する」と想定する。

また、 μ と σ の限界代替率は、現状での選択経路から得られる充足度合によって変化すると仮定する。例えば、 σ を減らす代わりに、 μ が増えるケースを考えると、 μ が大きくなるにつれ、 σ の減少量は大きくなる。これにより、 $\mu - \sigma$ 平面上において、 μ と σ の無差別曲線は原点に対して凹性を示すと考えられる。さらに、道路利用者は、平均所要時間および標準偏差の小さい経路を愛好するのが一般的である。

本研究では、これらの仮定を反映した式(4)を、評価関数として用いることとする。

$$U_p = (\mu_p^2 + (\alpha \sigma_p)^2)^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

ここに、

U_p : 経路の評価関数値

μ_p : 経路の平均所要時間

σ_p : 経路の所要時間の標準偏差

α : 標準偏差の影響の大きさを表す定数

式(4)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。ここで、式(4)に表1の値を代入し、 α を連続的に変化させた際の、経路A～Cの評価関数の値を観察す

ると、表2に示す α の範囲内において、評価関数の大小が、既往の研究で経路A～Cに対応する配車配送計画の最適解のコストに関する優劣と整合することがわかった。

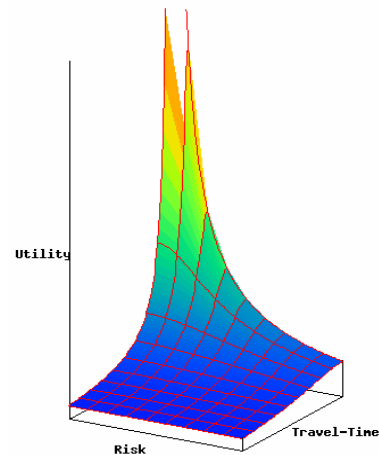


図1 評価関数の3次元プロット

表2 既往の研究結果と整合する α の範囲

時刻	α
15:00	10.857 < α < 14.141
16:00	11.330 < α < 20.224
17:00	10.857 < α

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用いて経路を評価する手法の構築を行った。さらに、実際の道路ネットワークにおける所要時間情報を用いて計算を行うことにより、評価関数の設定次第では、配車配送に関する既往の研究結果と整合性を持つ結果を得ることが可能であることを示した。

今後の課題としては、より現実に即した評価関数の検討や、計算時間の短縮などが挙げられる。評価関数については他の経路を用いた検証や、アンケートなどを用いた標準偏差の重みに関する調査を行い、より適切な関数形について検討していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 川本宗由, 谷口栄一, 山田忠史 : アンツルーティングを活用した配車配送計画手法の効果分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.32,2005, CD-ROM
- 2) たとえば日本証券アナリスト協会編, 榊原茂樹, 青山讓, 浅野幸弘 : 証券投資論, 第3章 pp110-160 1991
- 3) H. M. Markowitz : Portfolio Selection, Wiley, 1959