

関西大学 環境都市工学部 学生員 ○河崎 玲
 関西大学 環境都市工学部 正会員 秋山 孝正

1. はじめに

わが国の都市高速道路では、対距離料金制が採用されており、一律に利用距離に対応した通行料金が徴収される。一方で、料金徴収面でETCの普及から、多様な料金設定が可能となっている。したがって、従来の建設費用の償還主義に基づく料金設定に対して、交通需要に対応した弾力的料金の設定が期待される。

これらのことから、本研究では、従来の都市高速道路に全線一律の対距離料金を設定するのに対して、空間的な交通需要に対応する「路線別対距離料金」について考察する。具体的には、路線別料金を組み合わせ最適化として定式化する。また実用的な解法として、蟻コロニー最適化を適用する。最終的に、都市高速道路の路線別料金設定について料金政策としての妥当性を検証する。

2. 都市高速道路の路線別料金設定

一般的に都市高速道路網は都心環状線と郊外部と接続する放射線で構成される。これを踏まえて、図2に本研究で想定する都市道路網の概要を示す。この都市道路網は、一般道路(黒色)、都市高速道路(赤色)、ランプ(青色)で構成される。具体的な要素として、リンク数:88、ノード数:55、セントロイド(黄色)数:9となっている。

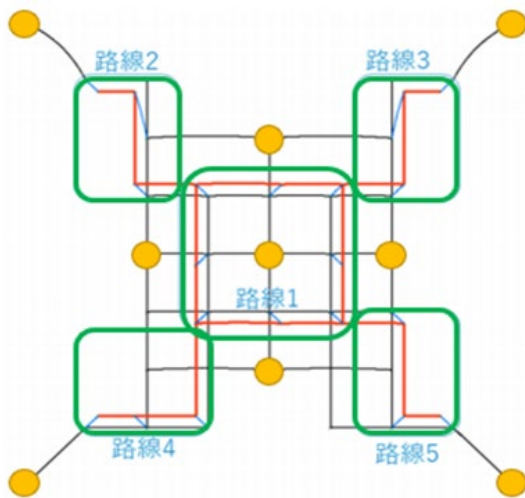


図1 道路ネットワークモデル

ここで、都市高速道路の料金設定として、上限・下限付きの対距離料金を想定する。通常的全線一律の対距離料金として、下限 300 円～上限 1300 円を設定する。表1に本研究で提案する路線別料金の設定条件を示す。

表1 料金の組み合わせ

	パラメータ	設定範囲	設定単位	設定数
下限	路線1	※200~400円	20円	11
	路線2	200~400円	20円	11
	路線3	200~400円	20円	11
	路線4	200~400円	20円	11
	路線5	200~400円	20円	11
上限	全線	1200~1400円	20円	11

ここで、路線1(環状線)では、混雑度が相違するため、表1に加えて、料金設定範囲の水準を+200円、+400円として、同様のケース設定を行う。

3. 組み合わせ最適化問題の解法

路線別料金の組み合わせ最適化問題に、既存研究を参考として、蟻コロニー最適化を適用した。蟻コロニー最適化は蟻の搾餌行動における最適化行動を模倣した最適化手法の総称である。図2に本研究における蟻コロニー最適化のアルゴリズムを示す。

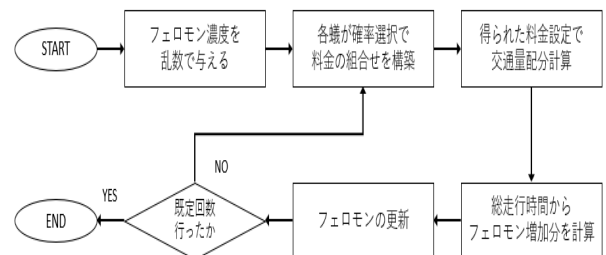


図2 蟻コロニー最適化のアルゴリズム

本研究では、はじめに限定数の料金の組み合わせ最適化問題に、蟻コロニー最適化を用いて最適解が得られることを検証した。

つぎに、本研究の路線別料金に関する組み合わせ最適化問題を算定する。蟻コロニー最適化では、近似解が算定されるので、数回の試行が必要である。本研究では、実用的な解として、5回試行した場合の組み合わせ解を

採用する。図3に蟻コロニー最適化(5回の試行)により得られた目的関数(総走行時間)の推移を示す。例として路線1の料金範囲の水準が+200円のケースを示す。

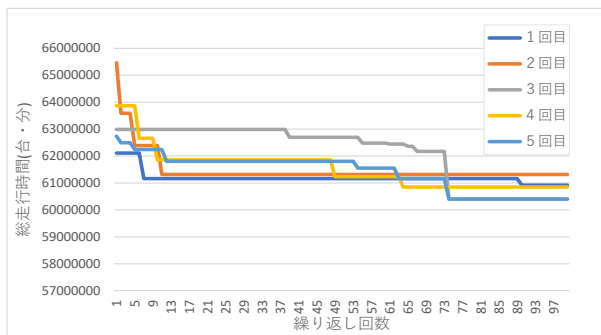


図3 目的関数の推移

図4に蟻コロニー最適化によって、目的関数が最小となった路線別料金の概要を示す。路線別料金は、下限値を与えて同一料率で算定している。

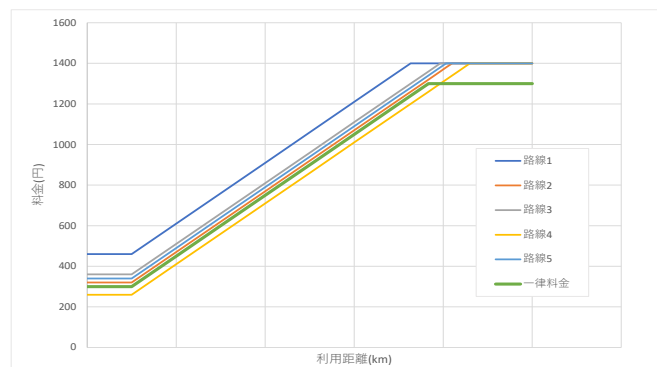


図4 路線別料金の概要

4. 都市高速道路の路線別料金の妥当性検討

算定された路線別料金の評価指標と一律料金で得られたものとを比較をし、評価を行う。表2に路線別料金の算定結果、表3、表4に評価指標を示す。

表2 都市高速道路路線別料金の算定結果

	路線1	路線2	路線3	路線4	路線5	上限
一律料金	300	300	300	300	300	1300
路線別料金	460	320	360	260	340	1400
料金差	160	20	60	△40	40	100

路線別料金では、一律料金と比較すると、路線4を除いて一律料金に対して料金水準が大きい設定となった。特に路線1(環状線)では、高水準となっている。これは、環状線部の相対的な混雑度が大きいことに起因していることが考えられる。

表3 路線別料金の評価指標①

	総走行時間(台・時)				生成交通量
	一般道路	都市高速道路	全体	減少率	
一律料金	770,053	258,175	1,018,202	26%	923,777
路線別料金	784,973	221,438	1,006,411	37%	923,711

表4 路線別料金の評価指標②

	都市高速道路			
	利用台数	料金収入(億円)	平均支払額(円/台)	乗り継ぎ台数
一律料金	425,407	4.5	1,064	4204
路線別料金	415,356	4.6	1,129	9764

評価指標より、路線別料金を設定した場合には、一律料金に対して総走行時間が小さい値となった。また、乗り継ぎ交通量が増加していることから、都市高速道路の短距離利用が促進された。一方で、全体的な料金の値上がりにより、若干ではあるが生成交通量が減少している。また、都市高速道路の利用台数が減少し、料金収入が増加していることから平均支払額が増加している。さらに死重損失の減少分を評価するために、「死重損失の減少率」を算定している。減少率を比較すると、一律料金の26%に対して、路線別料金では37%減少されたことになった。これにより、路線別料金を設定することで一律料金に対して死重損失が11%減少となり、社会的余剰の増加が認められる結果となった。

以上のことから、全般的には路線別料金を設定することで、都市高速道路の路線別の交通需要に対応した弾力的な料金運用の可能性が示された。

5. おわりに

本研究では、都市高速道路の路線別料金設定に関する考察を行った。

本研究の主要な成果を以下に整理する。

- 1) 路線別料金は、交通の自律的調整を意図した都市高速道路料金の弾力的運用と考えることができた。
- 2) 路線別料金の組み合わせ最適化の実用的解法として蟻コロニー最適化が適用可能であることがわかった。

今後の課題として①現実規模の都市道路網での評価、②組み合わせ最適化手法の比較などが挙げられる。

最後に本研究の遂行にあたり、計算機処理に関して関西大学環境都市工学部井ノ口弘昭准教授に多大なご協力をいただいた。ここに記し感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 井ノ口弘昭, 秋山孝正: 群知能技術を用いた都市高速道路の料金設定方法の提案, 交通工学論文集, Vol. 5, No. 4, pp. 18-23, 2019.
- 2) 角山雅人, 秋山孝正, 井ノ口弘昭: 蟻コロニー最適化に基づく都市道路網の路線別料金設定, 土木学会関西支部年次学術講演会概要, IV-16, 2021.