

第IV部門

蟻コロニー最適化に基づく都市高速道路の路線別料金設定

株式会社竹中土木 正会員 ○角山 雅人  
 関西大学 環境都市工学部 正会員 井ノ口弘昭  
 関西大学 環境都市工学部 正会員 秋山 孝正

1. はじめに

都市高速道路料金は、対距離料金制に基づき各種の料金政策が運用されている。これらは、ETCによる料金徴収を前提としており、さらに多様な料金設定が可能であると思われる。本研究においては、需要対応型の対距離料金として路線別料金設定について分析を行う。

すなわち、都市高速道路全線一律の対距離料金設定に対して、路線単位の道路混雑を踏まえた課金制度を構成し、総走行時間短縮便益の増大を意図するものである。このとき、路線別料金の設定では、複数の料金設定の実用的な最適化が必要であり、蟻コロニー最適化の手法を導入して、具体的な路線別料金の計算手順を明確化する<sup>1)</sup>。最終的には、算定された都市高速道路の路線別料金設定についての有効性を検証する。

2. 都市道路網のモデル分析

一般に都市道路網は、都市高速道路と一般道路で構成される。図1に、本研究で対象とする仮想的な都市道路網を示す。すなわち、都市道路網は一般道路（黒色）・都市高速道路（青色）・ランプ（赤色）であり、リンク数：232、ノード数：69、セントロイド数：9となる。

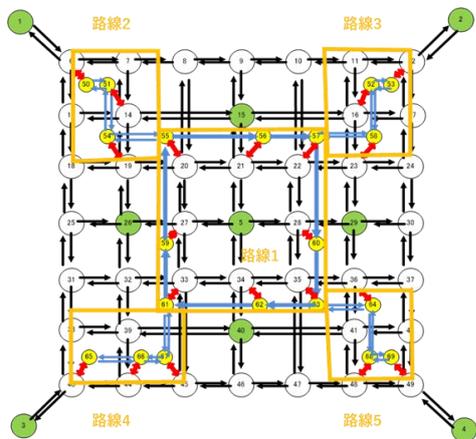


図1 道路ネットワークモデル

また都市高速道路は路線1～路線5の5路線である。

ここで、都市高速道路料金として、上限・下限付きの線形型対距離料金を想定する。通常の全路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。これに対して、本研究では路線別の料金関数を設定する。表1に具体的な路線別料金の設定を示す。

表1 路線別料金設定（下限値・上限値）

パラメータ	設定範囲	設定単位	設定数
下限値（路線別：5路線）	200～400（円）	50円	5
上限値（全路線同一）	1100～1500（円）	100円	5

路線別料金では、下限値が路線別に設定され、上限値は複数路線で一定距離以上の利用料金で一律とした。したがって、全5路線で6種類の設定値を決定する。

3. 蟻コロニー最適化の適用

都市高速道路料金設定時の道路交通状態を需要変動型利用者均衡配分により算定する。路線別料金問題は、都市道路網の総走行時間最小化の二段階問題（MPEC）として定式化できる。この場合、最適な路線別料金（下限値、上限値）の組み合わせの求解に蟻コロニー最適化を用いる。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群知能最適化手法である<sup>2)</sup>。

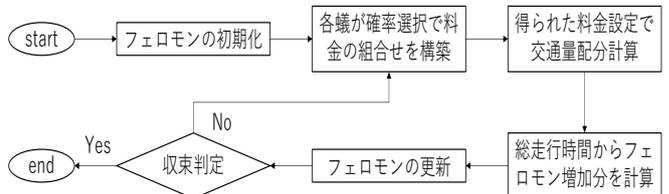


図2 蟻コロニー最適化のアルゴリズム

Masato KAKUYAMA, Hiroaki INOKUCHI, Takamasa AKIYAMA  
 kakuyamam@outlook.jp

4. 都市高速道路路線別料金についての考察

蟻コロニー最適化（5回の試行）により算定された都市高速道路路線別料金について考察する。図3に、具体的な都市高速道路路線別料金を示す。

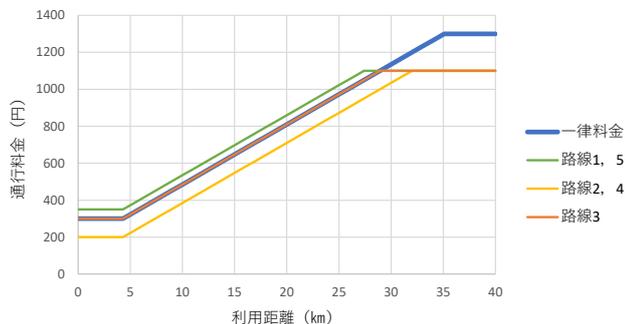


図3 都市高速道路路線別料金の設定

表2に、路線別料金の設定結果を示す。ここでは、一律の対距離料金に対する相対的变化を表示している。

表2 路線別料金の設定結果 (円)

	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	1,300
路線別料金	350	200	300	200	350	1,100
変化量	50	△100	0	△100	50	△200

本表より、路線別料金では、一律料金に対して上限値は△200円である。これは都市高速道路の長距離利用促進に対応する。路線別料金の下限値は、路線1・路線2で50円の増加である。ここで、路線1（都市高速道路の環状線）であり道路交通集中に関係した結果である。また、放射線部では、△100円となる2路線で設定された。つぎに表3に都市高速道路の流入台数の変化を示す。

表3 都市高速道路の流入台数の変化 (台)

	路線1	路線2	路線3	路線4	路線5
一律料金	136,335	226,492	92,588	78,787	152,426
路線別料金	85,628	233,061	87,245	104,308	144,738
変化量	△50,706	6,569	△5,343	25,521	△7,689

本表より、路線別の相対的な料金設定の増減に対応して、流入交通量が変化することがわかる。

つぎに都市高速道路の路線別料金の有効性を検証する。表4に路線別料金設定時の総走行時間を示す。表5に路線別料金に関する各種評価指標値を整理する。

表4 総走行時間の比較

	総走行時間 (台・分)		
	都市高速道路	一般道路	道路網全体
一律料金	16,591,739	117,684,029	134,275,768
路線別料金	18,060,615	109,948,725	128,009,339

表5 都市高速道路の評価指標

	利用台数 (千台)	料金収入 (万円)	平均支払額 (円)	総利用距離 (km)
一律料金	687	55,184	804	12,459,799
路線別料金	704	51,274	729	12,817,589

表4より、路線別料金により、一律料金に対して総走行時間が6,266台・千分短縮している。また表5より、都市高速道路の利用台数・総利用距離は増加している。一方で、都市高速道路の料金収入・平均支払額が減少している。すなわち、都市高速道路の短距離利用が増加する結果となり、全般的に路線別料金設定に対する合理的な算定結果が観測された。

5. おわりに

本研究では、都市高速道路路線別料金に関する考察を行った。特に蟻コロニー最適化を用いた実用的な路線別料金設定方法を示した。

本研究の主要な成果は以下のように整理できる。

- (1) 都市高速道路のOD需要に対応した適正料金として路線別料金を提案した。路線別料金により自律的な道路交通調整効果が期待できることがわかった。
- (2) 都市高速道路の路線別料金設定問題を蟻コロニー最適化により定式化した。これより、近似的な路線別料金の組み合わせ最適解が実用的に算定できる。
- (3) 都市高速道路の路線別料金設定に基づく都市道路網の道路交通量変化を検討した。各種指標値の算定結果から、路線別料金の有効性が検証された。

今後の課題として①現実規模道路網での算定方法、②料金徴収単位の詳細化などが挙げられる。

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. 4.
- 2) 大内東, 山本雅人, 川村秀憲, 柴肇一, 高柳俊明, 當間愛晃, 遠藤聰志: 生命複雑系からの計算パラダイム, 森北出版, 2003