

関西大学 環境都市工学部 学生員 ○蘇 玉
 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

都市高速道路では、情報通信技術の急速な進展を踏まえて、多様な対距離料金の設定が可能となっている。このとき、混雑料金理論から道路混雑に対する限界費用価格を意図した道路課金が期待される。本研究では、環状線と放射線で構成される都市高速道路に対して、路線別の料金設定の有効性を検討する。具体的には、路線別の基本料金に対する設定レベルを用いた組み合わせ最適化問題を考える。このため、膨大な組み合わせ最適化問題の解法に群知能の技術を利用することを検討する。最終的に最適な路線別料金設定に対する経済便益算定を行う。

2. 都市高速道路の路線別料金設定

情報通信技術の進展から、都市高速道路の弾力的な料金設定が可能となっている。このため近年では、都市高速道路では、起終点を基本して関連する高速道路網と統一的な対距離料金が設定されている。従来、都市高速道路の弾力的料金運用として各種の料金設定が提案されている^{1),2)}。本研究では、都市高速道路の路線別の混雑状況に対応した路線別料金制を検討する。具体的には、路線間で一律の対距離料金に対して、路線別に異なる料金設定を可能とするものである。ここでは、都市高速道路と一般道路で構成される都市道路網を想定して検討を行う。

具体的には、図1の一般道路と都市高速道路で構成される都市道路網を利用する。

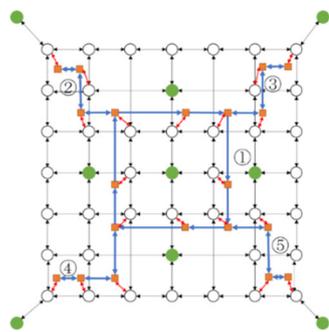


図1 都市道路ネットワーク

ここで、都市高速道路は環状線(路線①)と放射線(②~⑤)で構成される。料金関数形状は同一である。

本研究では、図2に示すような路線別料金を設定する。各路線の料金の関数形は同一で、基本料金に対する増加・減少分(+200円~△200円)を規定する。つまり、都市高速道路の路線①~⑤で異なる料金設定となる。

この路線別料金を考える場合、一般に複数路線が存在しており、組み合わせ最適化問題として解く必要がある。すなわち、図2に示す①~⑤の関数形を同時に決定する。

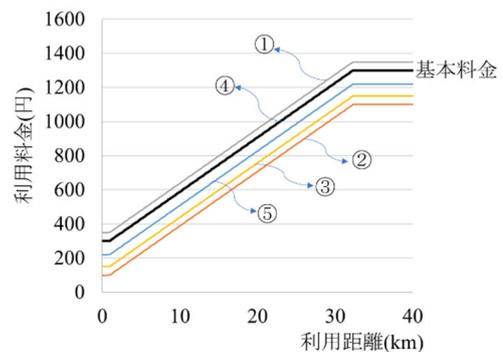


図2 路線別料金設定

3. 群知能を用いた路線別料金の最適化

都市高速道路の路線別料金に関して、異なる料金関数の組み合わせ最適化問題の解法を考える。

3.1 群知能技術の適用

本研究では、路線別料金の設定問題を走行時間短縮便益で検討する。すなわち、都市道路網全体の総走行時間最小化を目指した妥当な路線別料金を設定する。

すなわち、各路線別料金は一律の料金に対する料金水準(41⁵通り)を決定するため、5路線の関数形式を同時に決定する必要がある。したがって、組み合わせ総数は41⁵=115,856,201通りとなる。本研究では、膨大な演算を回避するため、実用的な近似解法を用いる。ここでは、群知能から、蟻コロニー最適化(ACO)を利用する。

3. 2 群知能による最適化のアルゴリズム

図3にACOを用いた路線別料金設定問題の解法手順を示す。蟻数：100、繰り返回数：100で算定する。

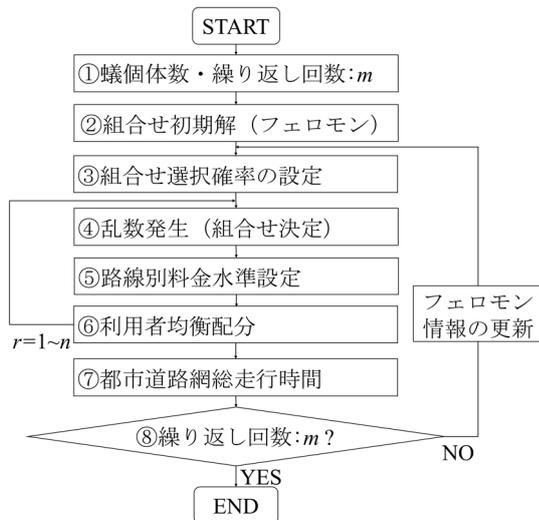


図3 蟻コロニー法による最適計算

ここで、蟻コロニーのフェロモン値は、総走行時間の逆数とする。すなわち、蟻群の選択経路(路線別料金水準)の最適化により、路線別料金の組み合わせ(5路線)を決定するものである。

4. 路線別料金設定に関する考察

ここで、初期設定(乱数)に対する解の安定性を検討するため5回試行を行った。図4に収束状況を図示する。

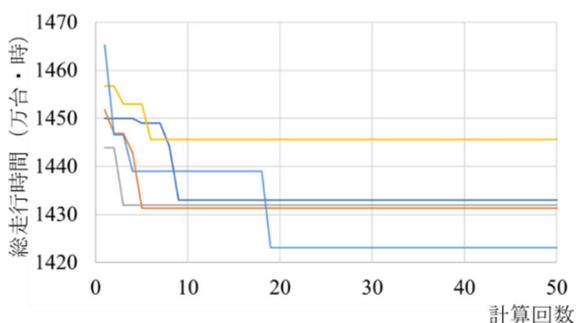


図4 各試行の収束結果

目的関数の収束過程は相違するが、概ね20回程度の演算で安定した近似値に至る。しかしながら収束解は類似解に限定されない。この点で、ACOアルゴリズムの改良が期待される。表1に各試行の計算結果を整理する。

本表より、全般的に料金水準は小さく(△)、試行5で目的関数が最小である。図5に具体的な料金関数を示す。

図5より、路線②(最高)～路線①(最低)で、250円の料金水準の変動があることがわかる。

表1 各試行の計算結果

試行	収束回数	収束値(万台・時)	最適解(単位:10円)
1	9	1,433	(△19, △9, △12, +5, +8)
2	5	1,431	(△19, △4, △13, △11, △11)
3	3	1,432	(△16, △9, △5, △13, +0)
4	6	1,446	(△20, △10, △8, △10, +12)
5	19	1,423	(△20, +5, △15, △8, △6)

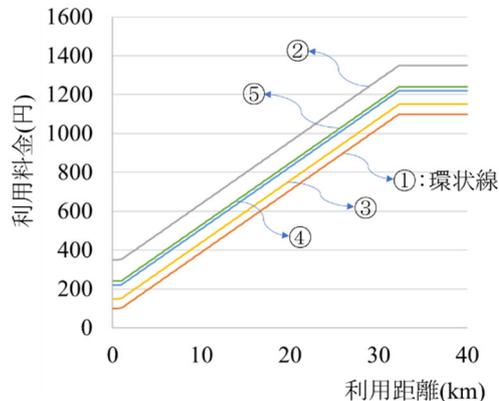


図5 最適路線別料金設定

この最適路線別料金設定による道路交通流動変化を推計する。表2に各種評価指標を整理する。

表2 最適路線別料金の評価

ケース	都市高速道路		総走行時間(千時間)			走行時間短縮便益(万円)
	利用台数(台)	料金収入(万円)	都市高速道路	一般道路	都市道路網	
一律料金	782,754	67,926	227	1,318	1,546	-
最適料金	1,152,629	38,732	285	1,139	1,423	33,671

路線別料金設定では、一律料金に対して走行時間短縮便益が計上される。すなわち、路線別料金の最適設定より、都市道路網の交通流動の円滑化が可能である。

5. おわりに

本研究では、群知能による都市高速道路路線別料金の設定を提案した。本研究の主要な成果として、①都市高速道路の弾力的な路線別の料金水準を規定する方法を提案した。②群知能より蟻コロニー(ACO)最適化を用いた路線別料金の設定法を提案した。③路線別料金の算定結果から走行時間短縮便益が算定され有効性が示された。

参考文献

- 井ノ口弘昭・奥嶋政嗣・秋山孝正: 都市高速道路における路線別対距離料金の適用可能性の検討, 交通工学論文集, Vol.2, No.4, pp.A9-A15, 2016.
- 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. 3, 2019 (forthcoming).