

道路維持管理へのリアルオプションアプローチの適用

Application of the Real Option Approach for the Road Maintenance Management

室蘭工業大学

○学生員 渡 大輔 (Daisuke WATARI)

室蘭工業大学

学生員 三澤 勉 (Tutomu MISAWA)

北海道開発土木研究所

正 員 有村 幹治 (Mikiharu ARIMURA)

室蘭工業大学

正 員 田村 亨 (Tohru TAMURA)

1. はじめに

近い将来、高度成長期に整備された大量の社会資本が更新時期を迎えることから、社会資本整備費用における更新費・維持管理費の占める割合は急激に増加するものと見込まれる。将来の新規社会資本投資は、これら増大する更新費・維持管理費により、大きな制約を受けることになる。そのため、維持管理を効率的に行い、維持管理費の削減を図っていくことが重要視されている。

道路維持管理体制に着目し、その問題点を整理すると以下ようになる。1) 路面調査や工事履歴が残っていないことが殆どで、それらをフィードバックさせた管理ができない、2) 舗装路面の劣化予測誤差が大きい、3) 利用者費用が考慮されていない、4) 適切な対策工の選定や対策時期の設定が不明確で、これらは道路管理者の主観的判断に委ねられることが多い、などが挙げられる。これらの問題はいずれも重要であるが、問題点1)と2)に関しては今後、路面調査データをデータベース化していくことで対応できる。そこで、本研究は問題点3)と4)に着目し、特に4)の問題解決に向けてリアルオプション(以下ROと記す)を適用し、明確かつ客観的な最適補修タイミングを検討することを目的とする。

2. リアルオプションを適用した道路維持管理

2.1 維持管理問題へのリアルオプション適用概念

ROとは、不確実性を考慮した意思決定手法である。不確実性を考慮できるという点で、伝統的な意思決定手法であるDCF(Discounted Cash Flow)法などと異なる。道路を取り巻く環境には、将来需要や舗装路面の劣化過程などの不確実性が存在する。そこで、これら不確実性を意思決定の要素に組み込むことができるROは、維持管理問題においても有効であると考えられる。金融資産と維持管理問題へ応用したROを対応させると表-1のようになる。

表-1 金融資産と維持管理問題の対応

金融資産	維持管理問題
株価	維持修繕の効果による社会的便益の現在価値
行使価格	維持修繕に投じる費用
期限	維持修繕を行うまでの期間
リスクフリーレート	社会的割引率
株式収益の不確実性	社会的便益の不確実性

2.2 インプット項目の定義と計算結果

(1) 維持修繕に投じる費用

本研究では、維持修繕工事として打換工、オーバーレイ(以下OLと記す)、表面処理の3つを考える(表-2)。利用者費用としては、燃費と維持修繕工事実施に伴う待ち時間損失の2つを考慮する(利用者費用の算出については、参考文献1)を参照)。さらに、維持修繕とは既存舗装がまだ発揮できたであろう効果を廃棄する行為といえるので、その廃棄した既存舗装の効果分を費用として含める。

表-2 工事単価(円/m²)と修繕日数(日)

	打換工	OL	表面処理
工事単価	20000	5000	2000
修繕日数	174	10	2.9

(2) 維持修繕の効果による社会的便益の現在価値

維持修繕の効果とは、無補修により破壊的ダメージを負った場合の復旧費に対する、維持管理を行うことで軽減される費用と定義する。この費用には、管理者費用の軽減分の他に利用者費用の軽減分も含める。その算出過程については紙面の都合上、発表時に述べることにする。

(3) 維持修繕を行うまでの期間

維持修繕を行う管理レベルとその対応工法は、参考文献1)より表-3のように設定する。管理限界レベルは、打換工の必要性が生じる2.4未満とする。モンテカルロシミュレーションにより劣化予測を行った結果、18年目にMCIは管理限界レベル2.4を下回った。よって、維持修繕工事を最大限延期できる期間は18年となる。

表-3 管理レベルと対応工法

管理レベル	対応工法
$3.8 \leq MCI < 5.7$	表面処理
$2.4 \leq MCI < 3.8$	OL
$MCI < 2.4$	打換工

(4) 社会的便益の不確実性(ボラティリティ)

本研究では道路を取り巻く主要な不確実性は、MCI変化量と交通需要変動であるとし、維持修繕の効果はこれらに依存すると仮定する。MCIのボラティリティは、劣化予測結果から得られる変動係数とすると5.38%と

なる(図-1)。一方、交通需要のボラティリティはヒストリカルデータにより推定すると4.59%となる(図-2)。よって、これら2つのファクターを考慮したボラティリティは9.98%となる²⁾。

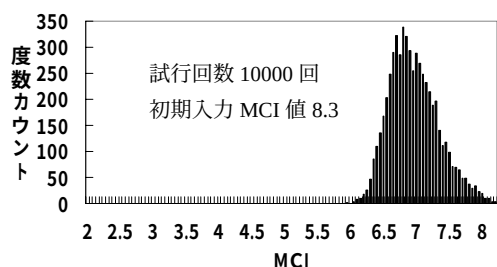


図-1 モンテカルロシミュレーション劣化予測 (t=1)

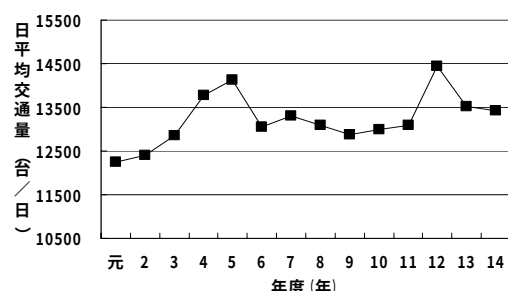


図-2 交通需要推移 (R37 虻田郡虻田町高砂町 19)

3. リアルオプションの計算過程とその結果

3.1 状況設定

ここでは、修繕工事としてOLを実施した後、何年後に再び維持修繕工事を実施するのが最適なのかという問題を検討する。当該道路状況を以下に示す。

- ・ 対象区間：国道 37 号 (虻田郡虻田町高砂町 19)
- ・ 年平均日交通量：13,228 台/日
- ・ 維持修繕工事の規模：7,000m² (2,000m×3.5m)
- ・ 劣化予測によれば OL を実施した場合、当該舗装は 18 年後に打換工が必要になる
- ・ 社会的割引率 r ：4%
- ・ 上昇乗率 u ：1.105、下落乗率 d ：0.905
- ・ リスク中立確率 p ：0.635

3.2 オプション計算

本研究では、RO 価値をバイノミアルモデルにより算出する。例えば、5 年後に補修工事を実施した場合のオプション価値の算出を考える。この場合、上記のような設定条件の下でバイノミアルツリーを作成すると図-3 のようになる。そして、式 (1) を用いて期待ペイオフをひとつずつロールバックしていくことで、オプション価値を求めることができる。なお、式 (1) の t は年、 k はバイノミアル・シナリオ数を表している。その結果、5 年後に補修工事を実施するというオプション価値は、約 4.6 億円と算出される (図-3)。

$$V_{t,k} = \max \left[\left(V_{t+1,k} P + V_{t+1,k+1} (1-P) \right) e^{-r}, 0 \right] \quad (1)$$



図-3 5 期間のバイノミアルツリー (左図) と 5 年後補修工事を行うというオプション価値算出結果 (右図)

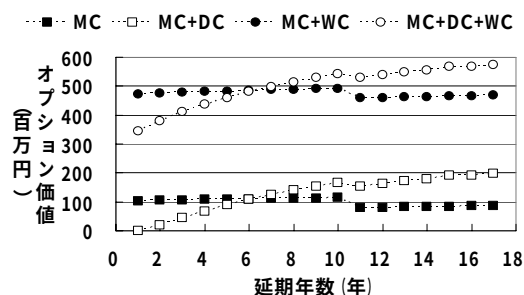


図-4 オプション価値の変化

同様に各年でのオプション価値を計算したものを図-4 に示す。ここで、MC は管理者費用、DC は燃費、WC は維持修繕工事実施に伴う待ち時間損失を示す。

4. おわりに

本研究による主な結果を以下に示す。

- ・ RO を適用することで明確な補修タイミングを示すことができた
 - ・ 利用者費用を考慮するか否かで最適補修タイミングが大きく異なることを示すことができた
 - ・ MC、(MC+WC) の場合は、OL を行う年を境に事業価値が低下し、最適補修タイミングは表面処理であれば 10 年目、OL であれば 17 年目となる
 - ・ DC を考慮した場合、事業価値は OL を行う年において一旦減少するものの、その後また増加し、最適補修タイミングは 17 年目となる
- 今後の課題を以下に示す。
- ・ 道路ネットワークにおける問題へと拡大する
 - ・ 他の利用者費用を考慮する

謝辞：本研究を進めるに当たり、北海道開発局の木下豪様、北海道開発土木研究所の清野昌貴様には、多大なるご協力を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 渡大輔、三澤勉、田村亨：ライフサイクルコストを考慮した道路の最適修繕ルール、土木学会北海道支部、第 59 号、pp566-567、2003
- 2) 石原克治：建設マネジメントへのリアルオプションアプローチの適用、建設マネジメント勉強会サマースクール、pp109-120、2002
- 3) 安田亨：リアルオプション分析を応用したトンネルの戦略的維持管理手法の提案、建設マネジメント勉強会サマースクール、pp129-140、2002