

リアル・オプションアプローチによる道東自動車道整備計画の評価に関する研究

Evaluation of Doto Expressway Development Plan using Real Option Approach

北海道大学大学院工学研究科
北海道大学大学院工学研究科
北海道大学大学院工学研究科

○学 生 員 田上 哲也 Tetuya TAGAMI
正 員 岸 邦宏 Kunihiro KISHI
フェロー 佐藤 馨一 Keiichi SATOH

1. 背景と目的

社会基盤整備への投資の決定は、事業の必要性、効率性、実現可能性等を総合的に評価して決定される。しかし、社会経済情勢や国民の価値観の変化により需要等が変動し、当初考えられていた効果が現れない場合がある。そのため、整備計画当初からそれらの社会的損失を発生させるような変動を考慮したうえで、社会資本の計画・整備を行なう必要がある。また近年、財政悪化の為、事業期間の長い社会基盤整備への投資余力が減少している。特に高速自動車国道事業に関しては、政府の行政改革委員会によって、現在建設中の路線も含めた全面凍結も検討されており、公共投資により発生する便益の不確実性を考慮した上での、各事業の実施・撤退に関する判断基準が必要であると考えられる。

本研究では、不確実性を踏まえた投資やプロジェクト実施の意思決定を支援するリアル・オプションアプローチを、社会資本整備への投資に適用することを試みる。リアル・オプションアプローチは、撤退する・延期するといった経営上のオプションを持つ価値を評価することを可能とする手法である。投資の不可逆性・投資の先送りの可能性などを認めることで、意思決定の採択・不採択に加え、採択延期という選択が可能になる。

適用事例として、道東自動車道における夕張～十勝清水間の建設プロジェクトをとりあげ、建設・撤退・延期に関する評価基準を示すことを検討する。

2. リアル・オプションアプローチ¹⁾²⁾

金融におけるオプションとは、将来のある時点で（またはある時点までに）ある一定の価格（行使価格）で金融資産などの原資産を売り買いする権利のことを指す。この金融オプションを実物資産(Real Asset)に応用したのが、リアル・オプション法である。従来の NPV(Net Present Value)法では、不確実性を考慮せず、現時点で考えられるシナリオが変更されないという前提で事業資産価値（純便益）が計算されるため、実施する、しない、といった二捨択一の判断しかできなかった。しかし、高速道路投資をはじめ、多くの公共投資では、実施・撤退の判断を延期するというオプションを持つことは可能と考えられる。NPV 法による事業評価によって、現時点で建設・撤退すべきと評価された場合であっても、意思決定の延期により生じる価値（延期オプションの価値）を放棄していることを考慮すれば、各々の採択基準は厳しくなる。将来の不確実性を考慮し、リアル・オプションアプローチによってオプション価値を算出することにより、判断延期の選択枝も含めた事業評価が可能となる。

リアル・オプションを社会資本整備へ適用した研究として、横松ら³⁾がプロジェクト遅延損失モデルを、織田澤ら⁴⁾が道路事業の、将来の次段階の整備による効果も含めた段階的整備の経済評価モデルを検討している。本研究では、すでに供用されているの高速道路に挟まれた整備計画区間を持つ、道東自動車道を取りあげ、社会的便益の現在価値を原資産としてリアル・オプションを適用し、実際に建設・撤退に関する評価を行なう。

3. リアル・オプション法による道東自動車道の評価

(1)道東自動車道の概略



図-1 道東自動車道の概略図

対象とする道東自動車道、千歳～夕張間、夕張～十勝清水間、十勝清水～池田間をそれぞれ A,B,C とする。現在までに道路 A、道路 C が先だって建設され、供用中となっている。途中区間である道路 B は整備計画中であるが、事業の凍結も検討されている。現在、道路 A,C の年平均日交通量は、それぞれ 2300 台、1300 台程度と少なく、純便益は極めて高いマイナスの値になっていると考えられるが、道路 B が供用されれば、札幌と帯広が高速道路で直接結ばれることになり、道路 A,B の交通量増加も見込まれる。

(2)道路 B への投資判断基準

道路 B に関して、現時点で可能な選択枝は、「①道路 B 建設を実施」、「②道路 B の建設から撤退」、の二つがある。以降ケース①、ケース②と定義する。表-1 は各ケースで発生する社会的費用と社会的便益を、現在価値で示したものである。

表-1 適用事例での社会的便益と費用

全て現在価値換算	ケース①		ケース②	
	道路B	道路A、道路C	道路B	道路A、道路C
便益	PB_B	$PB'_{A,C}$	0	$PB_{A,C}$
過去に発生した便益	0	$PB_{0A,C}$	0	$PB_{0A,C}$
便益小計	$PB_B + PB'_{A,C} + PB_{0A,C}$		$PB_{A,C} + PB_{0A,C}$	
維持管理費	PM_B	$PM_{A,C}$	0	$PM_{A,C}$
過去の維持管理費	0	$PM_{0A,C}$	0	$PM_{0A,C}$
建設費	PI_B	$PI_{A,C}$	0	$PI_{A,C}$
費用小計	$PM_B + PI_B + PM_{A,C} + PM_{0A,C} + PI_{A,C}$		$PM_{A,C} + PM_{0A,C} + PI_{A,C}$	
B-C (NPV)	$PB_B + PB'_{A,C} + PB_{0A,C} - [PM_B + PI_B + PM_{A,C} + PM_{0A,C} + PI_{A,C}]$		$PB_{A,C} + PB_{0A,C} - [PM_{A,C} + PM_{0A,C} + PI_{A,C}]$	

PB_B : 道路Bにおける便益 PB_{0B} : 道路Bで過去に発生した便益

$PB'_{A,C}$: 道路Bが供用された時の道路A,Cの便益

PM_B:道路Bの維持管理費、PI_B:道路Bの建設費
従来のNPV法による判断基準は(1)式で表せる。しかし、

$$PB_B - PM_B - PI_B \geq 0 \quad (1)$$

道路Bの建設から撤退すると、道路A,Cに誘発的に発生したはずの便益を失うことになる。この点を考慮して、本研究では投資判断基準を(2)式のように定義する。

$$PBn = PB_B + \{PB'_{A,C} - PB_{A,C}\} \geq PM_B + PI_B \quad (2)$$

PBnは道路B供用により、道路A,Cに誘発される便益を考慮した便益の現在価値である。これは、ケース①、ケース②各々の場合の純便益の差になっている。しかし、これらの便益の発生には不確実性が伴っているため、現時点で建設する、または撤退すべきと評価された場合であっても、意思決定の延期によって生まれる価値の放棄を考慮して評価する必要性がでてくる。

(3) 便益の算出

本研究では、考慮する便益を走行時間短縮便益と料金収入としてPBnの算出を行なう。これらの便益には、交通量の変動が大きな影響を与える。その為、発生便益のリスクファクターとして、交通量伸び率R1を採用する。交通量伸び率R1は、道内都市間を結ぶ道央自動車道の平成2～10年データを用い、人口減少が見込まれる平成32年まで期待値1.02、標準偏差0.06の正規分布、それ以降は、期待値1.00、標準偏差0.06の正規分布に従うと仮定する。評価の基準年は平成13年、建設期間5年、算出期間は道路B供用後40年、道路A,Cの初期交通量は平成13年の実交通量、それぞれ2394、1249台/日を用いる。道路Bの初期交通量及び通行車のODの割合は、平成11年度北海道生活圏自動車ODと料金時間差転換率曲線及び、道路時刻表を用い算出した(表-2)。道路B建設費は2930億円、維持費4.2億円/km、社会的割引率は0.04とする。式(3)は走行時間短縮便益の算出方法である。

表-2 道路B供用後のOD別交通量

	千歳市～夕張				夕張～十勝清水				十勝清水～池田			
	普通車		貨物車		普通車		貨物車		普通車		貨物車	
札幌-富良野	348	9%	26	3%	348	7%	26	2%	0	0%	0	0%
札幌-帯広	1574	39%	328	38%	1574	31%	328	31%	1574	33%	328	32%
札幌-北見	417	10%	86	10%	417	8%	86	8%	417	9%	86	8%
札幌-釧路	920	23%	296	34%	920	18%	296	28%	920	20%	296	29%
旭川-帯広	0	0%	0	0%	324	6%	60	6%	324	7%	60	6%
旭川-釧路	0	0%	0	0%	94	2%	18	2%	94	2%	18	2%
苫小牧-富良野	51	1%	15	2%	51	1%	15	1%	0	0%	0	0%
苫小牧-帯広	340	8%	56	6%	647	13%	126	12%	647	14%	126	12%
苫小牧-北見	123	3%	20	2%	233	5%	42	4%	233	5%	42	4%
苫小牧-釧路	285	7%	40	5%	498	10%	75	7%	498	11%	75	7%
予測小計	4058	100%	867	100%	5106	100%	1072	100%	4707	100%	1032	100%
予測合計	4926				6179				5740			

$$B_B(t) + B'_{A,C}(t) = \sum_j \sum_l Q_{Bj}(t) P_{Bjl} T_{Bj} \alpha_j + \sum_j \sum_l Q_{Aj}(t) P_{Ajl} T_{Ajl} \alpha_j + \sum_j \sum_l Q_{Cj}(t) P_{Cjl} T_{Cjl} \alpha_j$$

$$B_{A,C}(t) = \sum_j \sum_l Q_{Aj}(t) P_{Ajl} T_{Ajl} \alpha_j + \sum_j \sum_l Q_{Cj}(t) P_{Cjl} T_{Cjl} \alpha_j \quad (3)$$

$$Q(t) = R_1 \times Q(t-1) \quad PBn = \sum_{t=0}^{45} B_B(t) + B'_{A,C}(t) - B_{A,C}(t)$$

Q_{*}:道路*の交通量 α:時間価値原単位 l:OD j:車種(普通車、貨物車) T_{ijl}:ODがlの車が、道路*を通行することによる短縮時間 P_{ijl}:道路*を通行する車種jの車で、ODがlである交通量の割合

(4) モンテカルロ DCF 法

モンテカルロ DCF 法とは、将来のキャッシュフロー

(費用、便益)に不確実性がある場合に、モンテカルロシミュレーションを繰り返して事業価値を評価する手法である。モンテカルロ DCF 法により、便益の現在価値 B_nの期待値と、標準偏差を明らかにする。

(5) 便益過程の定式化

投資撤退・実施を延期するというオプションの価値を算出する為に、便益の発生する過程を定式化する。

便益の現在価値 PB_n(t)が幾何ブラウン過程に従うと仮定すると、微小時間tでの便益の現在価値の伸び率は(4)式で表わすことができる。また、投資を延期する等のオプションの価値を、Black and Scholes Model (5)式で算出することができる。

$$\frac{dPBn(t)}{PBn(t)} = \mu dt + \sigma W(t) \quad (4)$$

μ:トレンド項(社会的割引率)

W(t):平均0、分散dtを持つ正規分布に従う標準ブラウン運動

$$C(S, \tau; E) = SN(d_1) - Ee^{-r\tau} N(d_2) \quad (5)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S/E) + (r + \frac{1}{2}\sigma^2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{\tau} \quad N(z) = \int_{-\infty}^z n(x)dx$$

S:原資産価格(Bn) E:権利行使価格 τ:満期までの期間

r: risk free rate(割引率) σ:原資産のボラティリティ

N(z):標準正規分布の累積密度関数 n(x):標準正規密度関数

本研究では、式(2)より原資産価格SはPBn、権利行使価格Eは、道路Bの維持費と建設費を足しあわせた総費用PM_B+PI_Bとする。ボラティリティσは、モンテカルロ DCF 法により算出した、NPV 分布の標準偏差を、一年ベースに換算して用いる。

(6) 道東自動車道の事業評価

5年間の実施を延期するというオプションを検討するため、ブラックショールズ式によりオプション価値を算出する。その結果を利用して、道東自動車道の投資について判断する。結果は発表時に示す。

4. おわりに

本研究では、リアル・オプションの基本的な考え方を、道東自動車道(夕張～十勝清水間)の事例に適用し、事業リスクを加味した評価基準を検討した。また、この手法を適用する為に、リスクファクターを設定して、便益の現在価値のボラティリティを推計した。今回はリスクファクターとして交通量の伸び率を仮定したが、今後は金融リスク計測手法の一つである VaR(Value at Risk)算出法を用いて、リスクファクター間の相互作用も考慮し、より実際の問題に近づけていきたいと考えている。

参考文献 1)Trigeorgis,(2001),リアル・オプション,エコノミスト社 2)刈屋武昭,(2001),入門リアルオプション,東洋経済新報社 3)横松宗太,プロジェクトの実施遅延がもたらす経済損失評価,2001 年度第 36 回日本都市計画学会学術研究論文集,925-930 4)織田澤利守,段階的プロジェクトの経済便益評価:リアルオプションアプローチ,土木計画学論文発表会