

社会基盤施設整備計画の柔軟性評価 —高速道路暫定2車線開業を例に—

日本大学 金子雄一郎*¹
元日本大学 福田 裕希*²
日本大学 島崎 敏一*³

By Yuichiro KANEKO, Hiroki FUKUDA and Toshikazu SHIMAZAKI

本研究は社会基盤整備計画の柔軟性を評価する方法について、高速道路の暫定2車線開業を例に検討したものである。具体的には、まず既存資料から過去の高速道路の暫定2車線開業事例を抽出し、その後4車線化した時期と暫定供用期間、交通量の推移等を把握した。それらを踏まえて仮想の高速道路整備事業を対象に、当初から4車線で開業する場合と暫定2車線開業する場合の純現在価値（NPV）の差について、様々なシナリオを設定して算定した。さらにこの暫定2車線開業が有する柔軟性の価値について、リアルオプションアプローチを用いた評価を試みた。その結果、暫定2車線開業は一定の価値を有することが確認された。

【キーワード】柔軟性、暫定2車線開業、リアルオプション

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

我が国はここ数十年の間に高度経済成長やバブル経済、その後の停滞などを経験し、また近年では、人口減少や高齢化の進展、原材料費の高騰など社会経済が大きく変化している状況下にある。したがって社会基盤施設の整備計画は、このような社会経済情勢の不確実性を踏まえて柔軟に策定していくことが重要であろう。ここで柔軟性を有する計画とは、例えば当初は暫定的な整備を行ったうえで、その後の情勢を踏まえて追加の整備（拡幅や延伸など）を行うか否かを判断できるような計画である。

本研究の目的はこの社会基盤施設の整備計画における柔軟性を評価する方法について、高速道路の暫定2車線開業を例に検討するものである。暫定2車線開業とは一般に、開業後一定期間の利用状況等に応じて完成4車線化（以下4車線化と表記）への是非を判断できる方法であり、この点が柔軟性を有していると考えられる。

具体的には、まず既存資料から過去の高速道路の暫定2車線開業事例を抽出し、その後4車線化した時期とそれまでの期間、交通量の推移等を把握する。それらを踏まえて仮想の高速道路整備事業を対象に、当初から4車線で開業する場合と暫定2車線開業し一定期間の後4車線化する、もしくはそのまま2車線を継続する場合の純現在価値（Net Present Value, 以下NPVと表記）の差について、様々なシナリオを設定して算定する。さらにこの暫定2車線開業が有する柔軟性の価値について、金融工学におけるリアルオプションアプローチを用いて評価を試みる。

(2) 既往研究の整理と本研究の位置付け

公共事業における柔軟性の評価に関する既往研究として、後藤ら¹⁾は、道路事業を担当する事務所等にヒアリングを行い事業実施時に考慮される柔軟性を整理したうえで、その評価方法について検討している。具体的にはバイパス整備事業を例に、区間毎に不確実性要因が異なる場合、この不確実性を考慮するか否かで評価値である費用便益比が変化し、整

*1 理工学部土木工学科 03-3259-0664

*2 元理工学部土木工科学部生（現さいたま市役所）

*3 理工学部土木工学科 03-3259-0989

備の優先順位が異なることを示している。また荒井ら²⁾は、需要が不確実な元でバイパスの車線数を決定する例を取り上げ、車線数を選べるといった計画に柔軟性を持たせた事業では、費用便益比の期待値が上昇する可能性があることを示している。

これらの研究では、実際の事業における不確実性の要因を整理したうえで、実務で普及している費用便益分析手法を用いて柔軟性の価値を評価している。

一方、将来の不確実性に対して計画変更の柔軟性をもたせる考え方は金融工学におけるリアルオプション理論として確立されており、最近では公共事業の評価に適用する研究も行われている。このうち実際の事業への適用を念頭においた研究として、高橋ら^{3)・4)}は、大規模プロジェクトの段階整備計画を対象にリアルオプションにおける2項モデルを適用し、事業担当者が利用可能な具体的な検討方法を示している。そしてその方法を用いて、段階整備計画の構築に関するいくつかの検討を行っている。

以上の既往研究に対して本研究では、高速道路の暫定2車線開業という実際の事例を取り上げ、4車線化した時期と暫定供用期間、主要な不確実要因である交通量の推移等を把握する。それらを踏まえて仮想の高速道路整備事業を対象に、暫定2車線開業の柔軟性の価値について、費用便益分析手法を用いて評価する。さらにこの柔軟性価値の評価へのリアルオプションアプローチの適用方法について、上述の高橋ら^{3)・4)}の方法を参考に検討する。

2. 暫定2車線開業事例の検討

(1) 暫定2車線開業の有する柔軟性

暫定2車線開業とは、本来高速道路は道路構造令で車線数が4以上であると決められているのに対して、早期の高速道路ネットワークの整備や交通量の少ない地域での運用等を理由に暫定的に2車線で開業するものである。その際、一般に用地は4車線分確保しておくとなっている^{注1)}。

この暫定2車線開業の有する柔軟性の価値として、主要な不確実要因である開業後の交通需要の変化に応じた選択肢を有している点が挙げられる。すなわち当初から4車線化せず、暫定開業後に交通量が増加した場合には、4車線化(2車線拡幅)することで更なる便益を確保できる。また、交通量が殆ど変化

しないもしくは減少している場合には、2車線を継続することで過大投資を避けることができる。

一方、開業後に事前の予測を大幅に上回る交通需要が発生した場合には混雑が発生し、暫定2車線としたことでかえって便益が減少することとなる。

(2) 暫定2車線開業の状況

a) 暫定2車線開業の件数

本研究では、1980年から2006年の間に開通した高速道路(高規格幹線道路)を対象とする。具体的には、月刊誌「高速道路と自動車」に掲載されている開業道路名・開業日時・開業区間・路線延長・車線数・総事業費等の情報から暫定開業された高速道路を抽出し、その後4車線化した時期やそれまでの期間、暫定供用中の交通量や物価の推移を把握する。

対象となる高速道路の開業総数は、同一道路で区間が異なるものを含め253件あり、そのうち暫定2車線開業は71件であった。これらについて2006年までに4車線化された事業は14件あり、一方、暫定2車線のままの事業は57件であった。ここで各年における新規開業件数と暫定2車線開業件数を図-1に示す。これより、1989年以降に暫定開業件数が増加していることが分かる。

b) 暫定2車線開業から4車線化した高速道路

暫定2車線開業後に4車線化された高速道路のそれぞれの開業日時、区間、延長、開業年の通日行台数を表-1に示す。これより暫定2車線での供用期間は、一部を除き約7年~13年と概ね10年前後となっていることが分かる。なお上信越自動車道(長野~須坂長野東)では、暫定供用期間が2年8ヶ月と他の事例に比べて大幅に短くなっているが、その理由として長野冬季オリンピック(1998年2月開催)への対応が想定されるが、詳細は不明である。

(3) 暫定供用期間中の交通量及び物価の推移

a) 交通量の変化

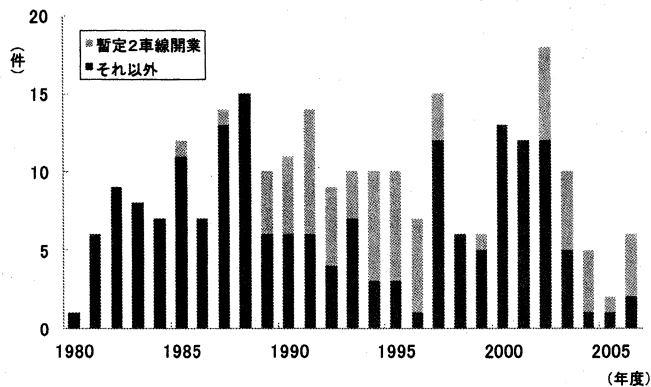
暫定2車線から4車線化された高速道路の各年10月の日平均通行台数の推移を図-2に示す。これより暫定供用中の交通量の推移について、大半の高速道路では増加傾向にあることが分かる。ただし、延伸などによって交通量が増加した場合も含まれることから、「高速道路と自動車」に記載されている日平

表-1 暫定2車線開業後に完成4車線化された主な高速道路の概要

高速道路名	暫定2車線開業				完成4車線化				暫定2車線 供用期間
	開業日時	開業区間	延長 (km)	通行台数 (台/日)	開業日時	開業区間	延長 (km)	通行台数 (台/日)	
北陸自動車道	1987/7/21	上越～名立谷浜	14.2	— ※	1999/10/30	上越～名立谷浜	8.4	152,201	12年3ヶ月
九州自動車道	1989/12/7	八代～人吉(一部4車線)	38.5	— ※	1999/4/14	肥後トンネル区間	7.8	202,111	10年5ヶ月
大分自動車道	1990/3/10	杷木～日田	14.0	11,365	1998/11/11	杷木～日田	14.0	38,541	8年8ヶ月
道央自動車道	1990/10/30	深川～旭川鷹栖	26.7	53,548	2001/10/17	深川～音江PA	4.8	103,536	10年11ヶ月
					2002	深川～旭川鷹栖(一部)	15.5	100,810	約12年
					2003/9/30	深川～旭川鷹栖(一部)	6.4	102,310	12年11ヶ月
伊勢自動車道	1990/12/6	久居～勢和多気	26.9	28,366	1996/3/8	久居～松坂	10.7	38,806	5年3ヶ月
山陽自動車道	1991/3/16	岡山総社～岡山JCT	2.7	104,470	1999/10/15	岡山総社～岡山JCT	2.7	193,846	8年7ヶ月
秋田自動車道	1991/7/25	横手～秋田南	56.0	4,293	2001/7/7	協和～秋田南	5.9	12,473	9年11ヶ月
山形自動車道	1991/7/31	関沢～山形北	13.8	25,212	1998/9/11	関沢～山形蔵王	7.5	18,644	7年1ヶ月
					2002/10/30	山形蔵王～山形北	6.3	28,598	11年3ヶ月
磐越自動車道	1992/10/29	猪苗代磐梯高原～会津坂下	34.8	4,940	2001/10/31	磐梯山SA～磐梯河東	2.1	19,591	9年
上信越自動車道	1993/3/25	長野～須坂長野東	9.0	26,129	1995/11/30	長野～須坂長野東	9.0	35,565	2年8ヶ月
上信越自動車道	1996/11/14	小諸～更埴JCT	36.8	51,814	2004/7/17	上田管平～更埴JCT	17.1	51,695	7年8ヶ月

注：通行台数は、開業年10月の各路線の日平均通行台数（出典：「高速道路と自動車」）。ただし11、12月に開通した路線は翌年10月値を掲載。

※「高速道路と自動車」に掲載されていない。



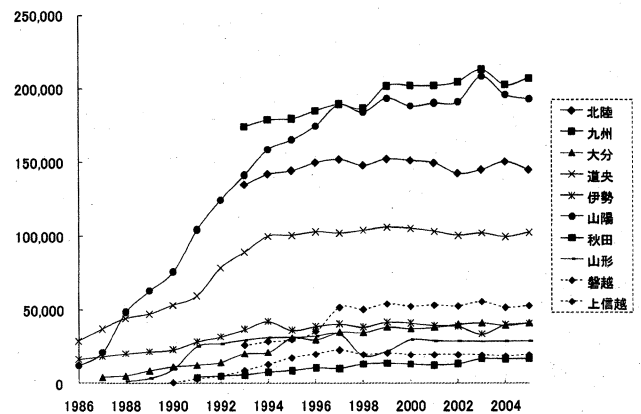
注：1997～2001年は、既往文献において一部情報が掲載されていないため、暫定開業数は総数ではない。

図-1 暫定2車線開業件数の推移

均区間交通量（I.C.間、一部の高速道路のみ）を基に整理した暫定開業区間の交通量の推移を図-3に示す。これより各区間で増加傾向にあるが、そのパターンは異なることが分かる。

b) 物価の変化

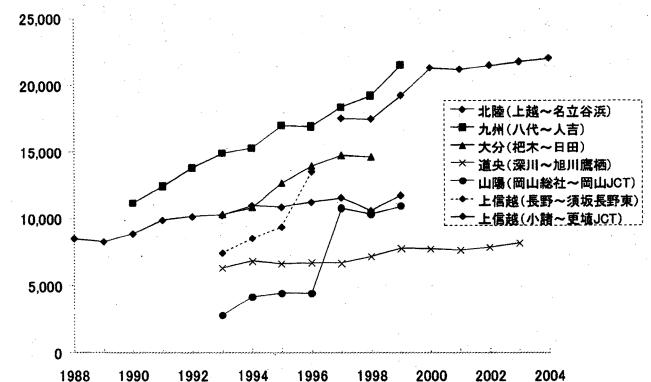
上述したように暫定供用期間は10年前後と比較的長期に及ぶことから、その間に物価が変動することが想定される。図-4に道路事業に関わる物価変動として建設工事費デフレーター（2000年度を100とした場合）を示す。これより、1986～1992年にかけて物価の上昇があったことが分かる。一方で、1997～2002年度では物価の低下も見られる。このような物価変動は、後述する費用便益分析の結果にも影響を与えるため注意が必要である。



注：縦軸の交通量は各年10月の日平均通行台数（台/日）。各高速道路の暫定2車線開業区間と時期は表-1参照。

出典：「高速道路と自動車」掲載の情報より筆者ら作成。

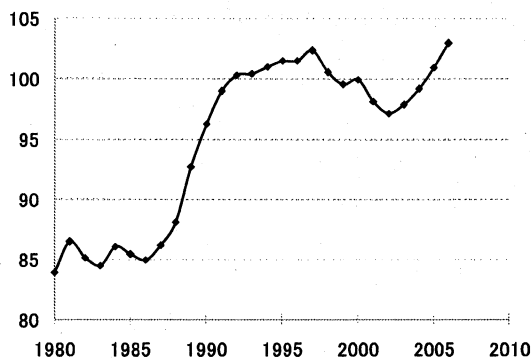
図-2 暫定開業した高速道路の交通量の推移



注：縦軸の交通量は各年10月の日平均区間交通量（台/日）。暫定開業区間が複数のI.C.間に跨る場合、平均値を用いている。

出典：「高速道路と自動車」掲載の情報より筆者ら作成。

図-3 暫定開業区間の交通量の推移



出典：国土交通省総合政策局情報管理部建設調査統計課：「基礎統計資料（建設工事費（道路総合）デフレーター）」

図-4 道路事業に関わる物価の推移

(4) まとめ

以上の検討より得られた結果をまとめると、以下のとおりである。

- ・ 1989 年以降、暫定 2 車線開業件数が増加傾向にある。
- ・ 既存事例における暫定 2 車線開業から 4 車線化までの期間は、概ね 10 年前後である。
- ・ 暫定開業区間の交通量は増加傾向にあるものの、そのパターンは高速道路毎で異なる。
- ・ 道路事業に関わる物価は 1986～1992 年にかけて上昇の後、1997～2002 年では低下しているなど大きな変動が見られる。

3. 暫定 2 車線開業の評価

(1) 評価方法の検討

暫定 2 車線開業の評価にあたっては、既往研究を踏まえて費用便益分析を用いることとする。具体的には、図-5 に示すような A、B の 2 地点間に高速道路を整備する事業を想定する。そして暫定 2 車線開業後の一定期間を経て、4 車線化（2 車線拡幅）もしくは 2 車線のまま継続のどちらかを判断する状況を想定する。この際用地については、あらかじめ 4 車線分を取得しておくものとする。以上を踏まえた検討ケースは図-6 のとおりである。これらの 3 つのケースについて費用と便益を算定し、その差である NPV（期待値）を比較する。

暫定供用期間は 2 章の結果を踏まえて 10 年に、全体の評価期間は一般の道路事業の評価期間と同様 40 年に設定する。また交通量について、開業時の A・B 間の交通量については 10,000、15,000、20,000 台/日

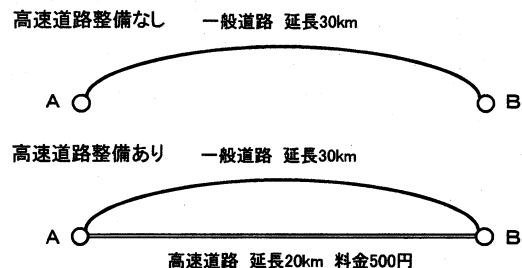


図-5 本研究で想定した整備事業

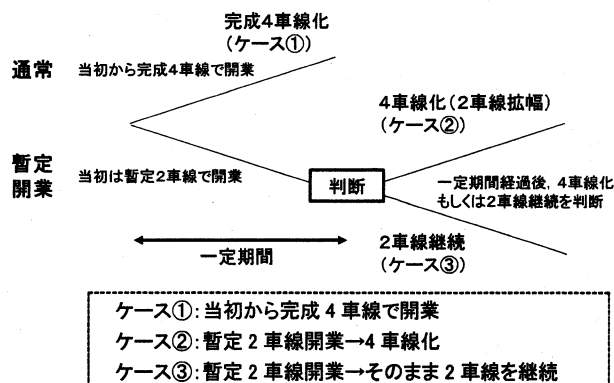


図-6 検討ケースの内容

の 3 パターン設定し、一般道路：高速道路を 1：2 で配分する。開業後の交通量の変化については、表-2 のような 5 つのシナリオを設定する。

(2) 評価結果

a) 便益の算定

高速道路の開通による A・B 間の所要時間の短縮便益を算定する^{注2)}。そのための一般化費用について、高速道路整備なし（Without）は、一般道路を利用した場合の所要時間に時間評価値を乗じて算定する。高速道路整備あり（With）は一般道路利用の一般化費用と高速道路利用の一般化費用（料金含む）を各々の交通量で加重平均して算定する。なお、所要時間については交通量の増減による影響を考慮するために、通常の交通量配分計算で用いるリンクパフォーマンス関数（BPR 関数）を用いて算出する。

$$t_a(x_a) = t_{a0} \cdot \left\{ 1 + \alpha \cdot \left(\frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right\}$$

ここで t_{a0} ：自由走行時間（リンク長／設計速度）， C_a ：日交通容量（一般道路（2 車線）：10,000 台/日，高速道路（4 車線）：50,000 台/日，同（2 車線）：20,000 台/日）， α ， β は文献 5）を参考に各々 0.48，2.82

表-2 開業後のA・B間交通量の変化のシナリオ

シナリオ		開業時の 日平均交通 量(台/日)	日平均交通量 の変化量(台/年)	
			1~10 年	11~40 年
1	一定(不変)	10,000 15,000 20,000 (3パターン)	0	0
2	一定期間後安定		+500	0
3	一定期間後増加		+500	+200
4	当初大幅増加		+1,000	0
5	減少		-100	-100

に設定する。時間評価値は 50 円/台・分、高速道路料金は 500 円、社会的割引率は 4%とする。以上の下、消費者余剰法（台形公式）に基づき便益を算定する。

b) 費用の算定

各ケースの高速道路の事業費を表-3 のように設定する。建設費と用地費の割合は文献6) を参考に 7:3 とし、維持管理費は 3 千万円/km 年とする。

c) 評価結果

以上に基づき費用便益分析を行った結果を表-4、図-7、図-8 に示す。表-4 より、いずれのシナリオにおいても暫定 2 車線開業のケース②及びケース③の方が、当初から 4 車線開業のケース①より NPV が大きくなっていることが分かる。これは、ケース①は便益は大きいものの多額の事業費が初期に集中して発生しているのに対し、ケース②は便益はケース①に比べて小さくなるものの、暫定 2 車線から 4 車線化のための事業費（280 億円）が 4%の社会的割引率を介して現在価値換算されて低くなるためである。

また、暫定 2 車線を継続するケース③の NPV が 3 つのケースの中で最も大きくなっているが、これは便益は小さくなるものの 4 車線化のための事業費を要しないことが大きく関係している。

なお、各シナリオについて、交通量の大幅な増加を想定しているシナリオ 4 では、暫定 2 車線開業の NPV は最も小さくなる。一方、交通量の減少を想定しているシナリオ 5 では、当初から 4 車線で開業することの社会的損失は 59 億円及び 212 億円と大きい。このことは今後の人口減少下において社会基盤整備計画を策定していくうえで柔軟性を考慮することが重要であることを示唆しているものと考えられる。

以上より、今回設定したシナリオ下では、暫定 2 車線開業を選択することで NPV が増加することが期待され、その額はケース②では 21~59 億円、ケース

表-3 高速道路の事業費の設定

ケース	建設費	用地費
①	当初から 4 車線化:560 億円	240 億円
②	暫定 2 車線開業:280 億円 その後 4 車線化(2 車線拡幅):280 億円	240 億円
③	暫定 2 車線開業を継続:280 億円	240 億円

表-4 シナリオ毎の費用便益分析結果
(開業時の交通量:15,000 台/日の場合)

シナリオ	ケース	便益:B	費用:C	NPV	②-①	③-①
シナリオ1	①	3,397	919	2,478	57	196
	②	3,338	804	2,535		
	③	3,254	579	2,674		
シナリオ2	①	3,798	919	2,880	42	138
	②	3,725	804	2,922		
	③	3,597	579	3,018		
シナリオ3	①	3,931	919	3,012	42	104
	②	3,858	804	3,054		
	③	3,696	579	3,116		
シナリオ4	①	4,154	919	3,235	21	45
	②	4,060	804	3,257		
	③	3,860	579	3,281		
シナリオ5	①	3,232	919	2,314	59	212
	②	3,176	804	2,373		
	③	3,105	579	2,526		
各シナリオの発生確率が同一(各20%)の場合					44	139

単位:億円

③では 45~212 億円になることが分かる。

次に図-7、図-8 より、開業時の交通量の違いがケース間の NPV の差に与える影響について見ていく。いずれも交通量が多くなるほど NPV の差は小さくなり、交通量が 20,000 台/日の場合、シナリオ 2~4 では NPV の差がマイナスとなっており、当初から 4 車線開業であるケース①の方が NPV が大きくなっていることが分かる。これは当初から交通需要の規模が大きく、その後も一定の増加が見込まれる場合は、当然のことながら最初から 4 車線化開業を選択すべきであることを示したものである。

d) 柔軟性の価値の評価

以上の検討は個々のケース間の比較であるため、暫定 2 車線開業が有する柔軟性の価値、すなわち交通需要の状況に応じて 4 車線化もしくは 2 車線の継続を判断できるという点までは評価していない。この柔軟性の評価について、開業後の交通量の変化のシナリオは表-2 で与えられており、各シナリオがどの程度で発生するかが問題となるが、ここでは単純化のため発生確率は同一（各 20%）として検討する。

上述したように、暫定 2 車線開業のケースについては、いずれのシナリオにおいても暫定 2 車線を継

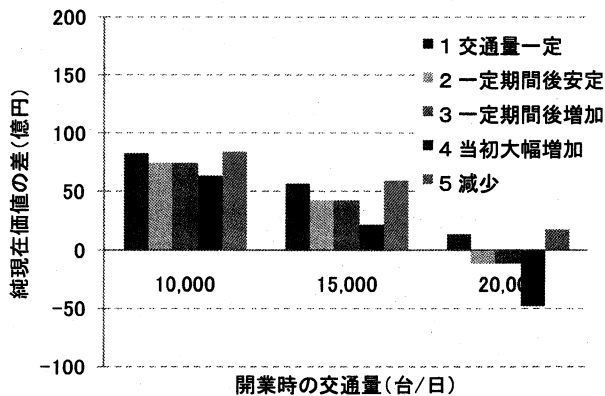


図-7 純現在価値(NPV)の差(ケース②-ケース①)

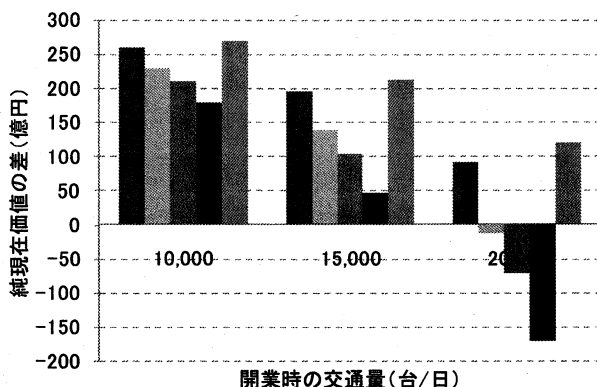


図-8 純現在価値(NPV)の差(ケース③-ケース①)

続するケース③の方が4車線化するケース②よりNPVが大きくなっている(表-4 参照)。したがって、ケース③のシナリオ毎のNPVを発生確率(各20%)を基に加重平均した139億円が、この場合の暫定2車線開業の柔軟性の価値ということになる。

e) 物価変動の影響

c) の検討では、暫定2車線開業の建設費とその後の4車線化の建設費を同額(280億円)としているが、後者について、建設費の上昇を考慮した場合について検討する。ここで費用便益分析においては原則として物価上昇等は考慮しないが、将来の建設費について物価動向と乖離した動向が根拠を持って説明できる場合には、その乖離分を別途考慮して上乗せしてもよいとされている⁷⁾。ここではその乖離分を仮に2%として分析した結果を表-5に示す。

これより、表-4に比べて当初から交通量の大幅な増加を想定しているシナリオ4について、当初から4車線開業のケース①の方が暫定2車線開業のケース②よりNPVが大きくなるという結果が得られた。すなわち、物価の上昇局面において交通量の大幅な増

表-5 シナリオ毎の費用便益分析結果
(開業時の交通量:15,000台/日、物価上昇率2%の場合)

シナリオ	ケース	便益:B	費用:C	NPV	②-①	③-①
シナリオ1	①	3,397	919	2,478	15	196
	②	3,338	845	2,493		
	③	3,254	579	2,674		
シナリオ2	①	3,798	919	2,880	1	138
	②	3,725	845	2,880		
	③	3,597	579	3,018		
シナリオ3	①	3,931	919	3,012	1	104
	②	3,858	845	3,013		
	③	3,696	579	3,116		
シナリオ4	①	4,154	919	3,235	-20	45
	②	4,060	845	3,215		
	③	3,860	579	3,281		
シナリオ5	①	3,232	919	2,314	17	212
	②	3,176	845	2,331		
	③	3,105	579	2,526		

単位:億円

加が見込まれる場合には、あらかじめ4車線で整備することは有効であることを示している。このことは、1990年代以前に多く見られる当初から4車線化開業(図-1 参照)は、一定の合理性を持ち得ているとも言えよう。

4. リアルオプションアプローチの適用

(1) リアルオプションの概要

3章では費用便益分析に基づき暫定2車線開業の柔軟性の価値を算定したが、1章でも述べたように、将来の不確実性に対して計画変更の柔軟性を持たせる考え方は金融工学におけるリアルオプション理論として確立されており、最近公共事業の計画、評価に適用する研究も行われている。上述した高橋ら^{3), 4)}の研究のほか、加藤ら⁸⁾は、鉄道事業を撤退オプションを内包する実物資産と見なし、事業のオプション価値を地方鉄道の事例を対象に算定している。

これらの研究は、実務として必要な現実の事業価値評価にリアルオプションの概念がほとんど反映されていない現状を踏まえたものであると言える。

ここでオプションには、延期・拡大・縮小・撤退・段階・転用など様々な種類があるが⁹⁾、暫定2車線開業については、開業後一定期間の交通需要の状況等に応じて4車線化への是非を判断できる方法であり、延期オプションという位置づけになるものと考えられる。

以上を踏まえ本研究では、高速道路の暫定2車線開業を、4車線化を一定期間延期できる権利を有する実物資産とみなし、そのオプション価値を算定する。

具体的な算定方法については、既往研究^{3), 4), 8)}を参考に、完備市場を前提とした無裁定条件下での2項モデルを用いることとする。

(2) 条件設定

2項モデルによるオプション価値の算定のための条件について、基本的には3章の数値計算と整合するように設定する。具体的には以下のとおりである。

- ・暫定供用期間：10年（権利行使期間に相当）
- ・評価対象期間：40年
- ・社会的割引率 r ：4%（安全資産利子率と同値）
- ・事業価値のボラティリティ σ ：50%（暫定供用期間中）

- ・事業費：暫定2車線開業520億円、
4車線化（2車線拡幅）280億円
- ・交通量：15,000台/日（暫定開業時）

ここで事業価値とは、高速道路整備によって発生する便益に相当するものであると捉えている。またボラティリティ σ は、文献⁴⁾を参考に便宜的に50%としている^{注3)}。

なお、暫定供用期間については本来、意志決定のための期間と建設期間に区分され、前者が権利行使期間に相当するものと考えられるが、ここでは単純化のため両者をもって権利行使期間としている。

(3) 算定結果

(2)で設定した条件に基づき、オプション価値を算定していく。高速道路の事業価値は、不確実性の状況下（ボラティリティ σ で表現）で暫定供用期間中において変動する。将来の事業価値の分布が対数正規分布にしたがうと仮定して、2項モデルにおける上昇率（ u ）、下落率（ d ）、上昇確率（ pu ）、下落確率（ pd ）は表-6のとおり算定される。

暫定2車線を4車線化した場合の追加の便益は7.2億円/年（交通量15,000台/日の場合の完成4車線の便益と暫定2車線の場合の便益の差：171.6億円/年－164.4億円/年）であり、これが11年目から40年目まで発生したものを現在価値換算（開業時点）すると84.3億円となる。

この事業価値84.3億円の変動は表-7に示すとおりである。これより、10年目の時点で最大12511億円（発生確率は0.015%）から最小0.8億円（発生確率は

表-6 2項モデルの条件設定

上昇率	$u=\exp(\sigma)$	1.65
下落率	$d=\exp(-\sigma)$	0.61
上昇確率	$pu=(1+r-d)/(u-d)$	0.42
下落確率	$pd=1-pu$	0.58

表-7 事業価値の変動

0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
84.3	139.0	229.2	377.8	622.9	1027.0	1693.2	2791.6	4602.6	7588.4	12511.2
	51.1	84.3	139.0	229.2	377.8	622.9	1027.0	1693.2	2791.6	4602.6
		31.0	51.1	84.3	139.0	229.2	377.8	622.9	1027.0	1693.2
			18.8	31.0	51.1	84.3	139.0	229.2	377.8	622.9
				11.4	18.8	31.0	51.1	84.3	139.0	229.2
					6.9	11.4	18.8	31.0	51.1	84.3
						4.2	6.9	11.4	18.8	31.0
							2.5	4.2	6.9	11.4
								1.5	2.5	4.2
									0.9	1.5
										0.6

単位：億円

表-8 発生確率及び事業価値

0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
1.0000	0.4159	0.1730	0.0720	0.0299	0.0124	0.0052	0.0022	0.0009	0.0004	0.0002
	0.5841	0.4859	0.3031	0.1681	0.0874	0.0436	0.0212	0.0101	0.0047	0.0022
		0.3411	0.4257	0.3541	0.2455	0.1531	0.0892	0.0495	0.0264	0.0137
			0.1993	0.3315	0.3447	0.2867	0.2087	0.1389	0.0866	0.0515
				0.1164	0.2420	0.3020	0.2931	0.2438	0.1825	0.1265
					0.0680	0.1696	0.2469	0.2739	0.2563	0.2132
						0.0397	0.0991	0.1854	0.2371	0.2483
							0.0232	0.0675	0.1364	0.1952
								0.0135	0.0451	0.0984
									0.0079	0.0296
										0.0046
事業価値(億円)										
84.3	87.7	91.2	94.8	98.6	102.6	106.7	110.8	115.3	119.9	124.7

表-9 オプション価値の算定

0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
26.5	53.5	106.1	206.9	395.9	741.6	1357.4	2423.2	4219.4	7189.9	12096.8
	9.2	19.7	41.5	86.4	176.8	354.0	691.4	1310.0	2393.1	4188.2
		2.4	5.4	12.4	28.1	62.7	138.0	298.1	628.5	1278.7
			0.3	0.9	2.1	5.3	13.3	33.3	83.4	208.4
				0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0
						0	0	0	0	0
							0	0	0	0
								0	0	0
									0	0
										0
完成4車線化のための投資額										-414.5

単位：億円

は0.46%)までとなる（表-8参照）。これから4車線化のための追加投資280億円（10年目時点換算で414.5億円）を考慮した結果、表-9のとおりオプション価値は26.5億円となる（表中の0年目の値）。なお、ボラティリティ σ を減少させるとオプション価値は低下し、 $\sigma=30\%$ では6.2億円となる。これは不確実性があまり想定されない、すなわち交通量の変

動が小さい場合、暫定開業という柔軟性を持たせる意義が小さいことを意味している。

以上のオプション価値は、3章の費用便益分析に基づく柔軟性の価値と異なっている。これは費用便益分析における不確実性（交通量の変動）に関するシナリオ（表-2 参照）と、リアルオプションアプローチにおけるボラティリティ σ との間で必ずしも整合が取れていないことが一因として挙げられる。この点は柔軟性評価における重要な課題であり、引き続き検討を行っていく必要がある。

5. おわりに

本研究では高速道路の暫定2車線開業を例に社会基盤整備計画の柔軟性の価値について、費用便益分析手法に加えてリアルオプションアプローチを用いた評価を試みた。費用便益分析では多くのシナリオの下、暫定2車線開業のNPVが当初から4車線開業のNPVを上回った。またリアルオプションアプローチを適用した結果、暫定2車線開業は一定のオプション価値を有しているという結果が得られた。費用便益分析のように多数のシナリオを設定することなく柔軟性の価値を算定できる点が、リアルオプションアプローチを適用する利点の一つと考えられる。

なお今回は取り上げなかったが、用地の先行取得についても地価の変動（特に上昇）下ではオプション価値を有する可能性があり、今後算定を行いたい。

冒頭述べたように、社会基盤施設整備を巡る情勢は以前より不確実性を増しており、計画策定においてリアルオプションアプローチによる評価を行う意義はあると考えられる。そのためにも、ボラティリティの設定など実務面での課題の検討が必要である。

【補注】

- 1) 最近では当初から完成2車線として、用地を取得しない場合も存在する。
- 2) 暫定2車線と比較した場合の4車線化の効果として、走行時間の短縮の他に、走行費用の削減や安全性の向上などが挙げられる。
- 3) 本来は3章における交通量の変化のシナリオ（表-2 参照）と整合を図る必要があるが、本文中でも述べたように今後の課題としたい。また、実際の適用にあたっては、過去のデータ（事業価値の標準偏差）などから求める必要がある。

【参考文献】

- 1) 後藤忠博・小路泰広・小林元彦・山口真司：公共事業における計画の柔軟性に関する現状での評価と課題，土木計画学研究・講演集，No.27，CD-ROM，2003。
- 2) 荒井竜司・山口真司・後藤忠博：不確実性下での公共事業の柔軟性評価手法に関する基礎的検討，第22回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集，pp.53-56，2004。
- 3) 高橋宏直・吉田二郎・山本幸司：不確実性に対応した大規模プロジェクトの段階整備計画手法に関する研究，建設マネジメント研究論文集，Vol.12，pp.19～26，2005。
- 4) 高橋宏直・吉田二郎・山本幸司：社会資本の段階整備計画へのリアルオプション適用に関する研究，運輸政策研究，Vol.8，No.3，pp.25～32，2005。
- 5) 土木学会土木計画学研究委員会交通需要予測技術検討小委員会編：道路交通需要予測の理論と適用〈第1編〉利用者均衡配分の適用に向けて，土木学会，2005。
- 6) 道路投資の評価に関する指針検討委員会編：道路投資の評価に関する指針（案），財団法人日本総合研究所，1998。
- 7) 国土交通省鉄道局監修：鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル 2005，財団法人運輸政策研究機構，2005。
- 8) 加藤浩徳・原田優子：地方鉄道の撤退オプション価値評価に関する事例研究，日本交通学会研究報告会資料，2007。
- 9) 刈谷武昭・山本大輔：入門リアルオプション，東洋経済新報社，2001。

Evaluation Method for Flexible Infrastructure Planning under Uncertainty - Case Study of the Expressway Interim Service -

By Yuichiro KANEKO, Hiroki FUKUDA and Toshikazu SHIMAZAKI

The object of this study is to investigate an evaluation method for flexible infrastructure planning under uncertainty, as an example of the expressway interim service in Japan. The expressway interim service is measures with the flexibility which will be able to choose whether to expand the number of lanes or not in consideration of the state of traffic demand. In this study, the variation in traffic volume and fluctuation in prices of commodity which are major uncertain factors during interim service period is calculated based on existing statistics. Then, the value of flexibility in the expressway interim service is estimated by the cost-benefit analysis method and the real option approach.
