

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

国土交通省国土技術政策総合研究所 高橋宏直*¹
カリフォルニア大学バークレー校 吉田二郎*²
名古屋工業大学大学院 山本幸司*³

By Hironao TAKAHASHI, Jiro YOSHIDA, Koshi YAMAMOTO

公共事業等に代表される大規模プロジェクトの計画立案, 事業実施の意思決定に際して, 将来の不確実性に対応することは重要であり, 厳しい財政状況下ではその必要性は特に高まっている。

大規模プロジェクトを想定した場合に, 将来の不確実性への対応方策として関西国際空港事業に代表される段階整備があるものの, 段階整備計画の立案のための実用可能な定量的な手法は見あたらない。

このため, 本研究ではリアルオプションにおける2項モデルを用いて, 事業担当者が利用可能な具体的検討手法および現実的な段階整備計画の構築が可能であることを示す。

【キーワード】事業計画, 段階整備計画, リアルオプション

1. はじめに

公共事業等に代表される大規模プロジェクトの計画立案, 事業実施の意思決定に際して, 将来の不確実性に対応することは重要であり, 厳しい財政状況下ではその必要性は特に高まっている。

このような状況において, 近年では建設マネジメントの立場からの事業実施に際しての不確実性に対応する研究^{1)~8)}が進められている。また, 不確実性下での意思決定に際しての定量化の具体的な手法としてリアルオプションの適用が有効あり, このリアルオプションに関する研究^{9)~13)}も行われている。

大規模プロジェクトを想定した場合に, 将来の不確実性への対応方策として関西国際空港事業に代表される段階整備がある。この段階整備計画の立案のための定量的な手法としてリアルオプションを用いた研究^{14), 15)}があるものの, 実際のプロジェクトへの

の適用は容易ではない。このため, 本研究ではCox, Ross and Rubinstein¹⁶⁾により整理されたリアルオプションにおける2項モデルを用いて, 事業担当者が利用可能な具体的検討手法を示すとともに, 現実的な段階整備計画の構築が可能であることを確認する。特に, 本研究では2項モデルを用いた解析を実施することにより以下の特徴を有する。

- ①プロジェクト価値の経年的な変遷過程および各時点での発生確率を明示する。
- ②段階整備において第1段階から第2段階へ移行可能な確率を明示する。
- ③不確実性を示す指標(σ)の度合いに応じた結果を明示する。

なお, 本研究ではリアルオプションの適用に際して当該プロジェクトのもたらす確率的便益と同等の確率的キャッシュフローを既存の資産によって複製ができるという立場に立っている。また, 2項モデルの具体的な適用方法に関しては, 例えば, 文献17)等が参考になる。

*1 港湾研究部港湾計画研究室 046-844-5027

*2 博士課程

*3 工学研究科社会工学専攻教授 052-735-5484

2. プロジェクト価値の変動と段階整備計画の必要性

本研究での検討対象とする基本プロジェクトを図-1に、その設定条件を表-1に示す。ここでは、外周 1600mの造成地あるいは埋立地による開発プロジェクトを想定している。また、今後の段階整備計画を想定して下記の条件を設定する。なお、価格は現時点（ $T=0$ ）での価格を示し、それ以外の場合には特に明記する（以下 同）。

- ①コストの発生は外周延長に相当して発生し、その単価は 1000 万円/mとする。
- ②便益は外周に囲まれた段階での用地面積に相当して発生し、その単価は 20 万円/m²とする。
- ③整備に関する費用および整備後の便益は、年に 1 回離散的に発生する。
- ④社会的割引率の設定では、市場利子率以外の社会的価値判断やリスク耐力等は対象としていない。
- ⑤工事費の上昇率は社会的割引率と同値で確定的に上昇することを仮定している。

事業担当者は、現時点（ $T=0$ ）において将来の不確実性に対応した段階整備の方策を検討する立場に立っている。表-2に示す2項モデルの算定要素により現時点でのプロジェクト価値の変動状況を表-3に、表-3で示す各セルの発生確率を表-4に示す。例えば、ここで設定した不確実性を示す指標（ボラティリティ： σ 以下 不確実性（ σ ））が 30%の状況の場合、現時点でのプロジェクト価値 240 億円は 1 年後には 45.8%の確率で 324.0 億に上昇し、逆に 54.2%の確率で 177.8 億円に下落することを示している。この結果、施工期間の最終年次（便益が発生する前年）のプロジェクト価値の状況が表-3の6年目の列に示される。ここで、毎年、上昇の状況が継続した場合にはプロジェクト価値は

表-1 設定条件

プロジェクト施工期間	年間	6
割引率（=安全利子率）	r	2%
不確実性	σ	30%
便益額（ $T=0$ ）	億円	240.0

表-2 2項モデルの算定要素

上昇率= $\exp(\sigma)$	u	1.350
下落率= $\exp(-\sigma)$	d	0.741
上昇確率= $(1+r-d)/(u-d)$	pu	0.458
下落確率= $1-pu$	pd	0.542

表-3 プロジェクト価値の変動

(単位: 億円)

評価時点($T=0$)を基準とした年次						
0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
240.0	324.0	437.3	590.3	796.8	1075.6	1451.9
	177.8	240.0	324.0	437.3	590.3	796.8
		131.7	177.8	240.0	324.0	437.3
			97.6	131.7	177.8	240.0
				72.3	97.6	131.7
					53.6	72.3
						39.7

* : $\sigma=30\%$ $r=2\%$

表-4 各セルの発生確率

評価時点($T=0$)を基準とした年次						
0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
1.000	0.458	0.210	0.096	0.044	0.020	0.009
	0.542	0.497	0.341	0.209	0.120	0.066
		0.293	0.403	0.370	0.283	0.194
			0.159	0.291	0.334	0.306
				0.086	0.197	0.271
					0.047	0.128
						0.025

* : $\sigma=30\%$ $r=2\%$

表-5 プロジェクト価値の期待値の推移

(単位: 億円)

0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
240.0	244.8	249.7	254.7	259.8	265.0	270.3

1451.9 億円にまでなるものの、その発生確率は 0.9%である。一方、下落の状況が継続した場合のプロジェクト価値は 39.7 億円にまで下落し、その発生確率は 2.5%である。表-3のプロジェクト価値の変動結果と表-4の各々の発生確率から算定され

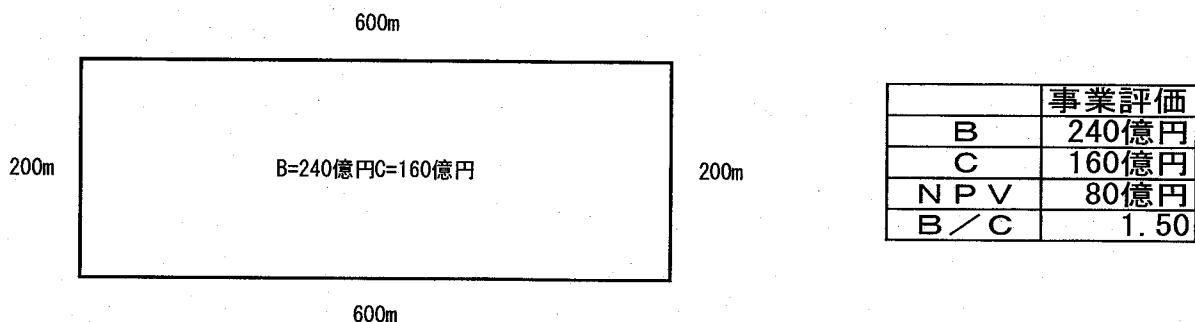


図-1 基本プロジェクト

表－6 T=6 時点で当初想定便益以上
が確保される確率（概算値）

不確実性(σ)	確保確率
0%	100%
10%	64%
20%	50%
30%	42%
40%	36%
50%	31%

るプロジェクト価値の期待値を表－5に示す。いうまでもなく、この結果は表－1での便益額 240 億円と割引率（安全利子率）2%から算定される各年の値とは同値になる。（例えば、 $240 \times (1.02)^6 = 270.3$ ）

したがって、不確実性(σ)が30%の条件では施工期間の最終年でのプロジェクト価値の期待値は270.3 億円(T=6)ではあるものの、プロジェクト自体の結果としては39.7～1451.9 億円(T=6)までに変動している状況が想定される。さらに、6年目において当初の想定プロジェクト価値(270.3 億円)以上が確保されている確率は42%でしかない。（6年目のプロジェクト価値240 億円のセルに対応した確率30.6%の半分は確保できる側の値と仮定した概算値として $(0.009 + 0.066 + 0.194 + (0.306 \times 0.5)) = 0.422$ を算定した。）

ここで、同様の手法によりT=6時点で当初想定便益以上が確保される確率（以下 確保確率）を、不確実性(σ)の変動に応じて算定した結果を表－6に示す。もちろん、不確実性が全くない0%の状況であれば240 億円(T=6では270.3 億円)が100%確保される。一般的に不確実の度合いが低いとされる不確実性(σ)=10%の状況においてさえも確保確率は64%であり、不確実性(σ)=20%の状況での確保確率は50%となっている。

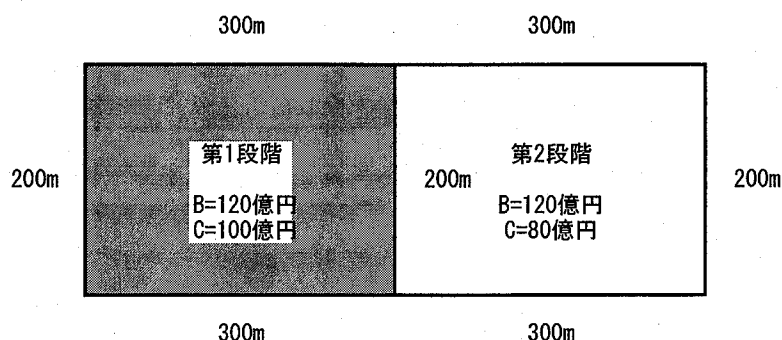
このように、現時点において最大限の情報を収集して、最適な手法により立案された事業計画であっても将来の不確実性下での変動を完全に回避することは現実的には不可能である。事業担当者にとっては、この不確実性にともない発生するリスク（当初想定便益が確保されない状況）を回避するための方策を構築することは重要なことであり、その有効な手段の一つが段階整備計画である。このため、この基本プロジェクトに対応した段階整備計画を以下に4例を示し、その具体的検討手法を示すとともに現実的な段階整備計画の構築が可能であること確認する。

なお、段階整備計画の策定においては下記の2点を前提条件とする。

- ①第1段階の終了時点で事業中止（放棄）とすることはせず、第1段階のみでも便益が発生する計画（第1段階としても完了する計画）とする。
- ②第1段階事業と第2段階事業を合計した全体でのNPV（正味現在価値：なお、本研究ではオプション価値も含めた拡大NPVを意味する）およびB（便益）/C（コスト）の値は基本プロジェクトと同等の値を確保することを目標とする。

3. 段階整備計画（案－1）

段階整備計画（案－1）の概要を図－2および表－7に示す。すなわち、新たに中仕切りを整備することで、先ず丁度半分のみを完成させて、第1段階の施行の最終年(T=3)において第2段階への移行を選択できる権利（オプション）を有する計画とする。しかしながら、全体事業としての便益は同値であるものの、新たに中仕切り整備を行うことによりコストは、160 億円から180 億円と20 億円増大す



事業評価			
	全体	第1段階	第2段階
B	240億円	120億円	120億円
C	180億円	100億円	80億円
NPV	60億円	20億円	40億円
B/C	1.33	1.20	1.50

図－2 段階整備計画（案－1）

表-7 段階整備工程 (案-1)

	0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
第1段階整備 (B=120:C=100)	<判断>	(整備)	(整備)	(整備)			
第2段階整備 (B=120:C=80)				<判断>	(整備)	(整備)	(整備)

表-8 プロジェクト価値 (第2段階) の変動

(単位: 億円)

評価時点 (T=0) を基準とした年次						
0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
120.0	162.0	218.7	295.2	398.4	537.8	726.0
	88.9	120.0	162.0	218.7	295.2	398.4
		65.9	88.9	120.0	162.0	218.7
			48.8	65.9	88.9	120.0
				36.1	48.8	65.9
					26.8	36.1
						19.8
*: $\sigma=30\%$ $r=2\%$						

表-9 オプション価値の算定プロセス

(単位: 億円)

評価時点 (T=0) を基準とした年次						
0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
45.4	80.4	135.4	210.3	—	—	—
	17.5	36.8	77.1	—	—	—
		1.8	4.0	—	—	—
			0.0	—	—	—
				—	—	—
					—	—
						—
投資額			-84.9			
*: $\sigma=30\%$ $r=2\%$						

表-10 T=3 時点での判断状況

評価時点 (T=0) を基準とした年次						
0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
—	—	—	○投資	—	—	—
	—	—	○投資	—	—	—
		—	○投資	—	—	—
			×撤退	—	—	—
				—	—	—
					—	—
						—

表-11 不確実性 (σ) に対する NPV, B/C 評価および第2段階への移行確率

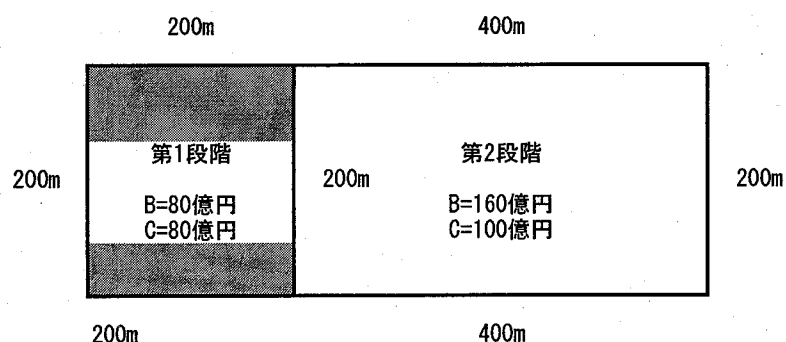
σ	NPV	B/C	移行確率
0%	60.0億円	1.33	100%
10%	60.0億円	1.33	100%
20%	62.2億円	1.35	87%
30%	65.4億円	1.36	84%
40%	70.5億円	1.39	39%
50%	77.0億円	1.43	35%

円, B/C は 1.43 であり, 基本プロジェクトの値と比較しても低い. このため, 当初に設定した前提条件から, 段階整備計画 (案-1) が妥当とは判断されない.

ることから NPV は 80 億円から 60 億円に減少し, B/C は 1.5 から 1.33 に低下する. 特に, 第1段階の事業についての NPV は 20 億円, B/C は 1.20, 第2段階の事業についての NPV は 40 億円, B/C は 1.50 となる. この第2段階事業のプロジェクト価値の変動を表-8 に, この結果に基づいて3年目に有するオプション価値の算定プロセスの結果を表-9 に示す. ここで, 表-8 での3年目のプロジェクト価値が, この時点で判断される第2段階への投資額 84.9 億円 ($T=3$) よりも高い場合には, 表-10 に示すように第2段階への移行のための投資 (権利の行使) を実施し, 低い場合には事業から撤退する. この結果, この不確実性 (σ) が 30% の場合での第2段階事業としての NPV は 45.4 億円と算定される. これに, 第1段階での NPV の 20 億円を合わせた段階整備計画 (案-1) 全体としての NPV は 65.4 億円, B/C は 1.36 となる. さらに, 表-8 に対応した各セルの発生確率は不確実性 (σ) と割引率 (r) が同じ表-4 を用いて, 第2段階への移行確率は 84% と算定される. 逆にいえば, 残りの 16% の確率で $B/C < 1$ となっている第2段階への投資を回避することが可能となる.

ただし, この時点では第1段階の施行は完了しているために, $B (=48.8: T=3) / C (=191.0: T=3) = 0.26$ のプロジェクトを保有していることになる. 事後的には, 第1段階の B/C も低いものとなるが, 全体を一度に整備する場合と比較すると, 事業規模が抑制されていることが確認される. 不確実性 (σ) の 0%~50% に対応した全体事業としての NPV, B/C および第2段階への移行確率を表-11 に示す. この結果, 現時点で高い不確実性 (σ) を想定するほど高い NPV, B/C が想定されるものの, 想定される第2段階への移行確率は低くなる.

しかしながら, ここでも不確実性が非常に高いと判断される 50% の状況においても NPV は 77.0 億



事業評価			
	全体	第1段階	第2段階
B	240億円	80億円	160億円
C	180億円	80億円	100億円
NPV	60億円	0億円	60億円
B/C	1.33	1.00	1.60

図－3 段階整備計画（案－2）

表－12 段階整備工程（案－2）

	0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目
第1段階整備(B=80:C=80)	<判断>	(整備)	(整備)					
第2段階整備(B=160:C=100)				<判断>	(整備)	(整備)	(整備)	(整備)

4. 段階整備計画（案－2）

段階整備計画（案－2）の概要を図－3および表－12に示す。ここでは、先ず小規模に先行して、状況を判断して大規模に展開するという考え方のもとに、全体の1/3を先行して2年間で完成させる。そして、T=3において第2段階への移行を選択できる権利（オプション）を有することとする。段階整備計画（案－1）と同様に、全体事業としてのBは同値であるものの、中仕切り整備を行うことによりCは、160億円から180億円と20億円増大することからNPVは80億円から60億円に減少し、B/Cは1.5から1.33に低下する。特に、第1段階の事業に関してのNPVは0億円、B/Cは1.00、第2段階の事業に関してのNPVは60億円、B/Cは1.60となる。

表－11と同様に段階整備計画（案－2）での不

表－13 不確実性（σ）に対するNPV、B/C評価および第2段階への移行確率

σ	NPV	B/C	移行確率
0%	60.0億円	1.33	100%
10%	60.0億円	1.33	100%
20%	62.2億円	1.35	87%
30%	66.1億円	1.37	84%
40%	70.3億円	1.39	81%
50%	78.3億円	1.43	35%

表－14 段階整備工程（案－3）

	0年目	1年目	2年目	3年目	4～7年目	8年目	9年目	10年目	11年目
第1段階整備(B=120:C=100)	<判断>	(整備)	(整備)	(整備)					
第2段階整備(B=120:C=80)						<判断>	(整備)	(整備)	(整備)

確実性（σ）の0%～50%に対応した全体事業としてのNPV、B/Cおよび第2段階への移行確率を表－13に示す。ここでも、不確実性（σ）が50%の状況においてNPVは78.3億円、B/Cは1.43であり、基本プロジェクトの値と比較しても低い。このため、当初に設定した前提条件から、段階整備計画（案－2）も妥当とは判断されない。

5. 段階整備計画（案－3）

段階整備計画（案－1）および（案－2）が共に、基本プロジェクトと比較して優位とならなかった要因として、第1段階の規模に関係なく、ともに3年目という早い段階において第2段階への移行を判断することが挙げられる。実際の事業を想定した場合には、第1段階事業が終了後にある程度の期間での収益動向を判断して第2段階への移行を判断するのが一般的である。

このため、段階整備計画（案－3）として、段階整備計画（案－1）の図－2と同様ではあるものの表－14に示すように第2段階への移行への判断を3年目から8年目まで5年間遅らせることとする。

この第2段階事業のプロジェクト価値の変動を表－15に示す。この8年目でのプロジェクト価値は10.9～1332.8億円に変動している。この結果に基

表-15 プロジェクト価値(第2段階)の変動

(単位: 億円)

評価時点(T=0)を基準とした年次	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
	120.0	162.0	218.7	295.2	398.4	537.8	726.0	979.9	1322.8
		88.9	120.0	162.0	218.7	295.2	398.4	537.8	726.0
			65.9	88.9	120.0	162.0	218.7	295.2	398.4
				48.8	65.9	88.9	120.0	162.0	218.7
					36.1	48.8	65.9	88.9	120.0
						26.8	36.1	48.8	65.9
							19.8	26.8	36.1
								14.7	19.8
									10.9

*: $\sigma=30\%$ $r=2\%$

表-16 オプション価値の算定プロセス

(単位: 億円)

評価時点(T=0)を基準とした年次	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
	57.0	90.3	139.9	211.4	311.8	449.5	635.9	888.0	1229.0
		30.8	51.7	84.5	134.3	206.8	308.3	445.9	632.2
			14.3	25.8	45.5	77.8	128.6	203.3	304.7
				5.1	10.2	19.8	37.8	70.1	124.9
					1.1	2.4	5.3	11.8	26.3
						0.0	0.0	0.0	0.0
							0.0	0.0	0.0
								0.0	0.0
									0.0
投資額									-93.7

*: $\sigma=30\%$ $r=2\%$

表-17 不確実性(σ)に対するNPV, B/C評価および第2段階への移行確率

σ	NPV	B/C	移行確率
0%	60.0億円	1.33	100%
10%	60.9億円	1.34	94%
20%	68.0億円	1.38	64%
30%	77.0億円	1.43	54%
40%	85.8億円	1.48	47%
50%	94.2億円	1.52	40%

づいて8年目に有するオプション価値の算定プロセスを表-16に示す。この結果、この不確実性(σ)が30%の場合での第2段階事業のNPVは57.0億円と算定される。これに、第1段階でのNPVの20億円を合わせた段階整備計画(案-3)としてのNPVは77.0億円、B/Cは1.43となる。さらに、第2段階への移行確率は54%と算定される。

ここでも段階整備計画(案-3)での不確実性(σ)の0%~50%に対応した全体事業としてのNPV, B/Cおよび第2段階への移行確率を表-17に示す。この結果、不確実性(σ)が50%の状況でのNPVは94.2億円、B/Cは1.52であり、不確実性(σ)が40%の状況でのNPVは85.8億円、B/Cは1.48であり、基本プロジェクトの値と同等の結果が得られている。しかしながら、第2段階への移行確率は40%であることから、段階整備計画(案-3)が基本プロジェクトよりも優位であるとは限らないものの、現実的な段階整備計画の構築が可能であることが確認される。

6. 基本プロジェクトの初期条件変化による影響

2. において設定した基本プロジェクトのB/Cは1.5を想定している。実際に、段階整備計画の必要性が特に求められるのはB/Cの値がより低いプロジェクトの場合である。このために、ここでは図-4に示すように基本プロジェクト2としてB=180億円、B/C=1.125を想定して、この場合での段階整備計画の効果を分析する。

ここでは、3. と同様に、先ず丁度半分のみを完成させて、第1段階の施行の最終年(T=3)において第2段階への移行を選択できる権利(オプション)を有する段階整備計画(案-4)として、その概要を図-5に示す。段階整備工程は表-7と同じである。ここでも、全体事業としてのBは同値の180億円であるものの、中仕切り整備のコストは、160億円から180億円と20億円増大することからNPVは20億円から0億円となり、B/Cは1.125から1.0にまで低下する。特に、第1段階の事業に関してのNPVは-10億円、B/Cは0.9、第2段階の事業に関してのNPVは10億円、B/Cは1.125となる。

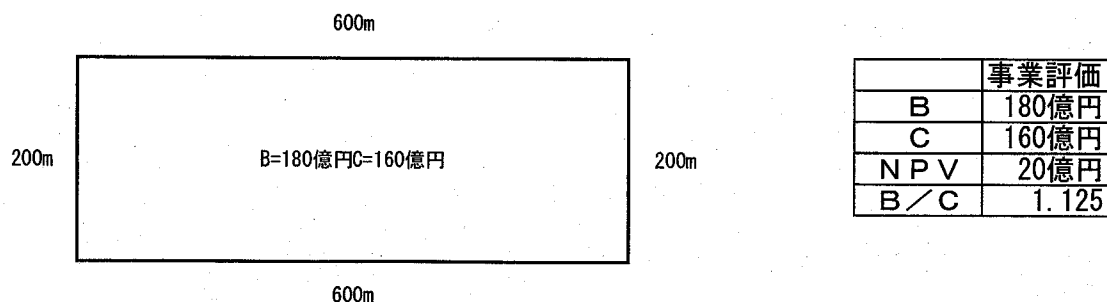
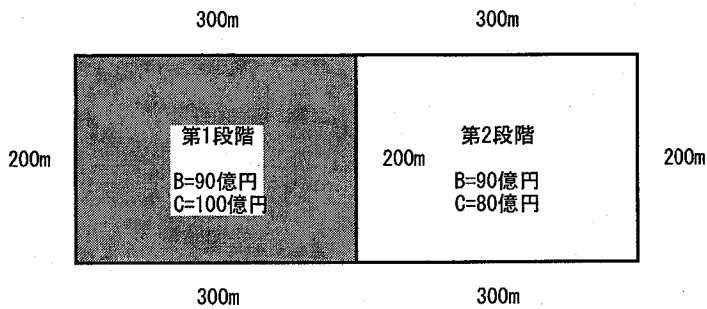


図-4 基本プロジェクト2



事業評価			
	全体	第1段階	第2段階
B	180億円	90億円	90億円
C	180億円	100億円	80億円
NPV	0億円	-10億円	10億円
B/C	1.00	0.90	1.125

図－5 段階整備計画（案－4）

表－18 プロジェクト価値（第2段階）の変動

(単位: 億円)

評価時点(T=0)を基準とした年次						
0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
90.0	121.5	164.0	221.4	298.8	403.4	544.5
	66.7	90.0	121.5	164.0	221.4	298.8
		49.4	66.7	90.0	121.5	164.0
			36.6	49.4	66.7	90.0
				27.1	36.6	49.4
					20.1	27.1
						14.9

*: $\sigma=30\%$ $r=2\%$

表－19 オプション価値の算定プロセス

(単位: 億円)

評価時点(T=0)を基準とした年次						
0年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
24.2	45.0	80.8	136.5	—	—	—
	7.4	16.4	36.6	—	—	—
		0.0	0.0	—	—	—
			0.0	—	—	—
				—	—	—
					—	—
						—
投資額			-84.9			

*: $\sigma=30\%$ $r=2\%$

表－20 不確実性(σ)に対するNPV, B/C評価および第2段階への移行確率

σ	NPV	B/C	移行確率
0%	0.0億円	1.00	100%
10%	2.3億円	1.01	61%
20%	8.1億円	1.05	49%
30%	14.2億円	1.08	44%
40%	20.1億円	1.11	39%
50%	25.8億円	1.14	35%

この第2段階事業のプロジェクト価値の変動を表－18に、この結果に基づいて3年目に有するオプション価値の算定プロセスの結果を表－19に示す。この結果、この不確実性(σ)が30%の場合での第2段階事業のNPVは24.2億円と算定されるものの、第1段階事業のNPVが-10億円であることから全体のNPVは14.2億円、B/Cは1.08となる。

ここでも段階整備計画(案－4)での不確実性(σ)の0%～50%に対応した全体事業としてのNPV, B/Cおよび第2段階への移行確率を表－20に示す。この結果、不確実性(σ)が40%の状況でのNPVは20.1億円、B/Cは1.11であり、基本プロジェクト2の値と同程度の結果が得られている。

(案－1)と(案－4)は全く同じ思想の段階整備計画案でありながら、基本プロジェクトのB/Cが1.5の場合には得られなかった高い結果がB/Cが1.125の場合には得られている。

すなわち、基本プロジェクトのB/Cが低い状況、言い替えれば将来の不確実性に対して脆弱な場合での整備計画を段階化することの有効性が確認される。

7. おわりに

本研究において以下の点を明らかにした。

- ①不確実性(σ)の度合いに応じたプロジェクト価値の変動の状況を示し、その不確実性にともない発生するリスク(当初想定 of 便益が確保されない状況)を回避するための方策構築の重要性を明確にした。
 - ②基本プロジェクトに対応した段階整備計画を対象として、その具体的検討手法を明らかにした。さらに、第1段階以降の第2段階に移行するまでの期間を適切に設定することで基本プロジェクトと同等のNPV, B/Cを有する現実的な段階整備計画の構築が可能であることを示した。
 - ③基本プロジェクトのB/Cが低い場合での整備計画を段階化することの有効性を確認した。
- 今後は、不確実性(σ)の設定方法についてさらに検討するとともに、より具体的な大規模プロジェクトを対象とした段階整備計画の具体的な立案が必要であると考えます。

【参考文献】

- 1) 森一基, 高瀬達夫, 小山 健: リスクを考慮した PFI による再インフラ整備に関する研究, 第 19 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, pp171-174, 2001
- 2) 後藤忠博, 伏見 聡, 小路泰広, 山口真司: 不確実性を考慮した事業評価と事業コスト管理の関連性に関する基礎的考察, 第 20 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, pp143-146, 2002
- 3) 小路泰広: PFI におけるリスクとその分担方法についての基礎的考察, 第 20 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, pp151-154, 2002
- 4) 織田澤利守, CHIN Kar Keong, 小林潔司: 海外 BOT プロジェクトにおけるリスク分担と利潤構造, 建設マネジメント研究論文集 Vol. 9, pp141-150, 2002
- 5) 後藤忠博, 山口真司, 小路泰広, 伏見 聡: 事業の不確実性を考慮した事業進捗管理のあり方に関する基礎的考察, 建設マネジメント研究論文集, Vol. 10, pp141-150, 2003
- 6) 後藤忠博, 山口真司, 荒井竜司: 公共事業プロセスにおけるリスク評価手法に関する一考察, 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, pp67-70, 2004
- 7) 渡邊法美: 新しいリスク・不確実性マネジメントプロセスの開発とその応用可能性, 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, pp79-82, 2004
- 8) 大津宏康, 尾ノ井芳樹, 李 圭太, 大西有三: 建設プロジェクトにおける地盤リスク評価に関する一方策について, 第 20 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, pp155-158, 2002
- 9) 石原克治: プロジェクトファイナンスにおけるオプション価値評価, 第 19 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, pp179-182, 2001
- 10) 織田澤利守, 四辻裕文, 小林潔司: 遅延リスクとプロジェクト評価, 第 20 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, pp147-150, 2002
- 11) 中浜俊介, 湊 隆幸: PFI 契約へのオプション導入の可能性について, 第 19 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, pp183-186, 2001
- 12) 織田澤利守, 四辻裕文, 小林潔司: 遅延リスクと事業評価, 建設マネジメント研究論文集, pp119-128, 2003
- 13) 中浜俊介, 湊 隆幸: PFI 型事業における政府サポートスキームへのリアルオプションの適用, Vol. 10, pp181-189, 2003
- 14) 織田澤利守, 小林潔司: プロジェクトの事前評価と再評価, 土木学会論文集 No. 737/IV-60, pp189-202, 2003
- 15) 織田澤利守, 小林潔司, 松田明広: 評価費用を考慮したプロジェクトの事前・再評価問題, 土木学会論文集 No. 751/IV-62, pp97-110, 2004
- 16) Cox, John C, Stephen A. Ross and Mark Rubinstein: "Option Pricing: A Simplified Approach", Journal of Financial Economics, 7, pp229-263, 1979
- 17) トム・コーブランド, ウラジミール・アンティカロフ: 決定版リアル・オプション 戦略フレキシビリティと経営意思決定, 東洋経済新報社, 2002

A Study on A Phased Plan of Infrastructure Improvement Under Uncertainty

By Hironao TAKAHASHI, Jiro YOSHIDA, Koshi YAMAMOTO

In the planning and constructing of a large-scale infrastructure project, taking account of uncertainty is important especially under a severe fiscal constraint.

However, there is no practical framework for the analysis of a phased infrastructure-improvement plan such as the one for the Kansai International Airport.

This paper shows a practical method of making a phased plan by using the binomial-tree method in real options.