

# 交通プロジェクトのリスクの評価指標

島崎敏一\*

プロジェクトの評価にあたって重要な不確実性の評価においては、感度分析、リスク分析などの方法が使用されてきたが、それを実際に利用するには、各事象の生起確率の推定などの困難があった。プロジェクトの実施を投資行為と考えると、それにオプションを設定することを考えれば、この不確実性を含めた評価指標が構成できる。この考え方に基づいて、プロジェクトリスクを含めた評価指標であるプロジェクトリスクインデックス(FRI)を提案し、その性質を解析した。

Key Words : risk, uncertainty, F/S, option

## 1. はじめに

最近の経済不況の直前までの日本の経済の急激な発展にともなって、先進諸国からの日本の政府開発援助増額の要請は大きくなってきており、その第4次中期目標(ODA倍増計画：1992年までの5か年間のODAの総額を500億ドル以上にする)を実施中である。経済協力開発機構の開発援助委員会は、その構成国の対外援助について毎年、審査を行っている。その結果によれば、1990年の日本のODAは、90.86億ドル、前年比にするとドルベースで3.1%増、円ベースで0.2%増であった。この額は、対GNP比にすれば0.32%であり、89年も同じ値であった<sup>1)</sup>(Table1)。一方、国内についてみれば、1990年6月の日米構造協議の結果、日本はその後の10年間に430兆円の公共投資をするという約束をしている。

このような大規模な社会基盤施設への投資が、国内、国外とも計画されている中で、その計画・実施に当たっては、プロジェクトの効果についての評価が非常に重要となる。その中心となるものは、フィージビリティスタディ(F/S)であるが、F/Sを行うに当たっては、さまざまな問題がある。プロジェクトに伴う不確実性の評価も、それらの問題のうちの1つである<sup>2)</sup>。

従来、プロジェクトの不確実性の評価に当たって使用されてきた主な方法は、感度分析とリスク分析である。感度分析とは、影響が大きいと考えられる項目について、ある範囲内でその値を変化させてみて、経済的内部収益率や財務的内部収益率などへの影響を検討するものである。これは、次のリスク分析に比較して、比較的容易に行えるが、単純化しすぎているおそ

れがある。一方、リスク分析は、影響が大きいと考えられる項目について、取りうる値とその生起確率を推定し、最終的には、経済的内部収益率や財務的内部収益率の累積確率分布を求めようとするものである。この場合、不確実性を分析するのにその生起確率を知る必要があるなど、現実計算を行うには困難が予想される。

本論文は、このようなプロジェクトの不確実性の分析をするための、新しい指標であるプロジェクトリスクインデックス(PRI)を提案するものである。PRIは、証券取引における危険のヘッジの手段の1つとして使われているオプション取引の価格を参考としたものであり、リスク分析の代替手法として使用することを目指したものである。この指標は、従来のF/Sの作成作業において使用されてきた値を利用することにより、新たな膨大な作業が必要とはならないことを念頭においている。

## 2. プロジェクト評価における不確実性の従来の評価手法

### (1) 不確実性の原因

プロジェクト評価を行うにあたって、不確実性はさまざまな局面で生じる。大きくは、便益または収入の計測と費用の計測に分類できるであろう。さらに、これらの値のかなりの部分は、その基礎となる交通需要予測に依存しているため、ここでは、これを含めた3つの項目について、その不確実性の原因について概観する。

交通需要予測の段階で不確実性が発生する根本の原因は、交通施設の建設には長い年月がかかり、そのため、需要予測にあたって非常に長期にわたる予測をする必要があることによる。これは、いわば、予測技術上の問題である。一方、予測の前提となる社会情勢

\* 工博 東京大学助教授 工学部土木工学科(前アジア工科大学助教授)(〒113文京区本郷7-3-1)

Table 1 Cash Flow from Japan to Developing Countries (Million US\$)

Item	1986	1987	1988	1989
ODA	5634	7454	9134	8965
OOF	-724	-1808	-639	1544
PF	9668	14815	12929	13502
Total	14578	20462	21423	24133
ODA/GNP(%)	0.29	0.31	0.32	0.32

note : ODA = Official Development Assistance  
 OOF = Other Official Flow  
 PF = Private Flow

の変化が基本的には傾向線としてしかとらえられないことも、不安定な経済成長をしている場合に不確実性を生じる大きな原因である。また、交通需要予測に限らない共通の問題であるが、予測あるいは計算の基礎となる社会・経済データの不備、不足がある。この問題は、特に、開発途上国におけるF/Sにおいては、もっとも重要な問題である。

便益または収入の計測にあたって生じる不確実性の原因は、大きくは、2つに分類できる。1つは、計測の基礎となる交通需要量の予測の不確実性に起因する。便益または収入は、多くの場合、かなりの部分が交通需要量に比例するからである。他の1つは、交通需要量から便益への変換にあたっての不確実性である。たとえば、便益の計測にあたっては、交通需要量から時間短縮効果を予測し、時間価値を掛けることによって貨幣タームに変換するという方法が取られることが多い。このときの、時間価値などに不確実性を生じる原因がある。

費用は、初期投資費用と開業後の運営費用に分けられる。初期投資費用における不確実性は、工事数量の変動、工事用材料・人件費などの市場価格から経済価格への変換を含めた単価の変動により生じる。初期投資費用の変動はその性格上、土木工事部分から生じることが多い。開業後の運営費用については、人件費の変動、維持費の変動などによって生じるのが普通である。維持費は、通常は、過去の例から建設費に対する一定割合である額を推定するという方法によることが多いが、建設費自体の不確実性と変換率などを含めた単価の不確実性の両者から不確実性が生じる。

これらの不確実性は、その性格上、事前に予測することは困難であり、また、建設プロジェクトという性格上、例数も少ないのが実態であり、統計的な処理も一般には困難である。このため過去においては、不確実性に対処するためには、主として、感度分析とリスク分析の手法が利用されている。

## (2) 感度分析

感度分析とは、経済・財務分析への入力となる交通需要や便益、建設費用、運営費用などに対して、ある適切な変動幅を与えたときに、経済・財務評価の結果がどの程度の影響を受けるかを検討することである。これにより、対象プロジェクトの各条件の変動による安定性を知ることができ、また、大きな影響を持つ項目を知ることができる。

感度分析の対象に用いられる項目は、一般には交通需要、建設費及びその投資時期、維持・運営費、割引率、シャドウ賃金率、さらには経済フレームなどであるが、プロジェクトによって異なる。また、使用される変動割合についても、普通は、±10%程度であるが、これもプロジェクトによって異なる。

感度分析の計算自体は、比較的簡単に実行できるが、その前提となる適切な項目の選択、変動幅の設定などには高度の経験と知識が必要とされる。感度分析の結果えられるものは、各影響項目の変動による結果の変動量であるため、さらに、その解釈にあたっては、高度の総合的判断が必要とされる。また、感度分析は原則として、1つの変動項目に対する結果の変動を検討するものであり、いわば、線形の関係を想定したのとなっており、複数の要因が重なった不確実性の判断は困難となる。

## (3) リスク分析

感度分析では、影響項目の変動幅だけを与えたのに対して、リスク分析では、その生起確率も与えることにより、経済・財務分析の評価指標に確率分布を与えようとするものである。これにより、感度分析によって得られる情報に加えて、影響項目の変動という各事象の生起確率が求められ、より定量的に不確実性を評価できることになる。

一般に、リスク分析においては、重要と考えられる影響要因とその変動値およびそれぞれの生起確率を求め、それらのすべての組み合わせについて、生起確率と評価指標を計算する。このとき、各影響要因の変動は、独立に生じると仮定する。これによって、経済・財務指標の累積確率分布が求められることになる。

しかし、リスク分析を行うにあたっては、いくつかの問題がある。各影響要因の生起確率の推定が困難であること、各影響要因の変動の独立性、影響要因の数が増えた場合に組み合わせの数が急速に増加して計算量が増えることなどが、その主要なものである。これらの原因から、リスク分析を、現実に信頼性高く行うのは、かなり困難である。

## 3. 新しい評価指標

### (1) 評価指標の考え方

プロジェクトの不確実性を評価するときの指標が持

つべき条件は、上で検討したことから、影響項目の変動が生じる確率など推定の困難な値を必要としない方が望ましい。一方、現実のF/Sを見てみれば、多くの場合、プロジェクトの評価にあたって、プロジェクトの環境条件が非常に好ましい状態で推移した場合である楽観値と好ましくない状態で推移した場合である悲観値の両者を算出している場合が多い。したがって、このような変数によって、不確実性が評価できれば、好都合であると考えられる。

プロジェクトの実施を、その国民経済的な意義ということと離れて、民間銀行などの立場から、純粋な投資であると考えた場合、投資家としては、不確実性に対するリスクのヘッジをするのは当然である。証券投資などの場合には多くのヘッジの方法が考案されている。その1つは、オプション取引である。オプション取引には、将来のある時点までの期間内（権利行使期間）に、ある価格（権利行使価格）で株式を買う権利であるコールオプションと売る権利であるプットオプションとがある<sup>3)</sup>。このオプション自体に、オプション市場で値段がついている。たとえば、コールオプションを考えた場合、ある人がある株式を値上がりすると考えていた場合、このオプションを買っておけば、その株式がいくら値上がりしても、将来時点で権利行使価格で購入することができる。したがって、将来の購入時点で即座に売れば、その時点での実際の株価と権利行使価格の差額からオプション価格を減じた分だけの利益を得られることになる。もし、株式の値段が下がった場合には、買わなければ良いのであるから、損失はオプションの購入費用だけですむ。このとき、オプションの価格は、オプション販売時点での株式の価格、将来どのくらい値上がりするか値下がりするかという見通しとその主観的確率、権利行使価格、権利行使期間、割引率によって決まると考えられる<sup>4)</sup>。この意味で、オプション価格はその株式の不確実性を含めた魅力度を反映していると考えられる。すなわち、価格が高いオプションは、その上に書かれた株式のリスクも含めて、オプションで設定した権利行使価格などの条件が魅力的であることを示しており、低いものはその逆である。なお、オプションには、権利行使期間終了時のみ権利を行使できるヨーロッパ型と、権利行使期間内であればいつでも権利行使をできるアメリカ型がある。

一般には、プロジェクトの経済評価を行う場合に使用される指標については、内部収益率（IRR）、純現在価値（NPV）、費用便益比（B/C）などがある。どの指標を使用するかについては、いくつかの考え方があり、複数プロジェクトから社会的利益を主として考慮し資金制約を考えない場合にはNPV、資金

Table 2 Relation between Option of Security and Project Evaluation

オプション	プロジェクト評価	記号
株価の上限値	総収入の上限	$uS$
株価の下限値	総収入の下限	$dS$
現在株価	プロジェクト費用	$S$
権利行使価格	採択基準となる総収入	$K$
割引率	割引率	$r$
株価値上がり確率	総収入が上限となる確率	$q$

制約を考える場合にはB/C、資金返済能力を考える場合にはIRRとする考え方<sup>5)</sup>、交通プロジェクトについては、NPVが良いとするもの<sup>6),7)</sup>などがある。本研究では、主としてNPVに相当するものを考慮し、Table-2のような対応を考えて、プロジェクトの不確実性を含んだ評価指標として、株式を売買するときのヨーロッパ型コールオプションの価格に相当するプロジェクトリスクインデックス（PRI）を導入する。

(2) プロジェクトリスクインデックスの導出

プロジェクトの評価を行うに際して、プロジェクトライフを1単位期間と考えて、プロジェクトライフ終了時のプロジェクトの状態のみを考慮して行う場合を考察する。この単位期間が、権利行使期間に相当する。プロジェクトの建設費と運営費を含めた総費用をSとする。なお、Sは現在値で表示するものとし、簡単のため、運営費は需要などによらず、一定であるとする。総収入は確率的に変動すると考え、その上限値のときの比をu、下限値のときの比をdとすれば、1単位期間後の総収入は、確率qで上限値uSとなり、確率(1-q)で下限値dSとなるとする。なお、総収入は、1単位期間後の将来値で表示するものとする。Sは、現在の株価に相当する。rを割引率として、 $u > r > d > 0$ とする。割引率rがuよりも大きいときには、投資をしない方が明らかに得であり、割引率rがdよりも小さいときには、逆に、投資をすれば確実に得になることからこのように仮定をする。なお、割引率の値としては、%値ではなく、通常の利率に1を加えたものを使用する。

同じ価値を持つポートフォリオの価格は同一で利用してオプションの価格を決定するため、このようなプロジェクトについて、そのプロジェクト自体の売買とそのプロジェクト上に書かれたプロジェクトを売買する権利についてのオプションを考える。Cuを単位期間後に、総収入が上限値になったときのオプションから得られる金額、同様にCaを下限値になったときの金額とする。ここで、オプションの権利行使価格をKとすれば、総収入がKを越えていけば、そのプロジェクト

自体を購入して、総収入を得るのが得となり、越えていなければ、プロジェクトの購入を取りやめれば、オプションの購入価格だけで損害はおさまることになる。なお、実際のオプション市場では、各種のKに対するオプションが用意されており、異なる価格がつけられているが、プロジェクト評価に適用する場合には、所定の内部収益率を実現する総収入の将来値を考えればよいであろう。すると、 $C_u$ と $C_d$ は、次のように表せる。

$$C_u = \max(uS - K, 0) \dots \dots \dots (1)$$

$$C_d = \max(dS - K, 0) \dots \dots \dots (2)$$

ここで、投資家が運用しようとしている資金を2つに分けて、 $wS$ をそのプロジェクトに投資し、残り $B$ を銀行に預金するというポートフォリオを考える。銀行預金をした場合には、単位期間後には確実に割引率 $r$ で利息がつくものとする。ここで、 $w$ は、プロジェクトの1部を購入するとして、その割合とする。すると、このポートフォリオの現在の価値は、 $wS+B$ となり、このポートフォリオの単位期間後における価値は、確率 $q$ で $wuS+rB$ となり、確率 $(1-q)$ で $wdS+rB$ となる。単位期間後に、総収入が上限値になっても、下限値になっても、このポートフォリオとオプションが、まったく同じ価値を持つためには、次式が成立すればよい。

$$C_u = wuS + rB \dots \dots \dots (3)$$

$$C_d = wdS + rB \dots \dots \dots (4)$$

これを、 $w$ と $B$ について解くと、

$$w = \frac{C_u - C_d}{(u - d)S} \dots \dots \dots (5)$$

$$B = \frac{u C_d - d C_u}{(u - d)r} \dots \dots \dots (6)$$

となる。なお、式(6)からわかるように、 $B$ の値は、0または負となる。すなわち、上で述べた、 $B$ を銀行に預けるというのは、実は、銀行から金を借りるということに相当することに注意する必要がある。このポートフォリオとコールオプションを所有することは、単位期間後にプロジェクトの総収入が上限になっても、下限になっても、同一の金額を得られることから等価である。それゆえ、コールオプションの現在の価格もこのポートフォリオの現在の価値 $wS+B$ と等しい必要がある。すなわち、コールオプションの価格を $C$ とすれば、

$$C = \frac{C_u - C_d}{u - d} + \frac{u C_d - d C_u}{(u - d)r} \dots \dots \dots (7)$$

となる。なぜならば、たとえば、オプションの価格 $C$ がポートフォリオの価値 $wS+B$ よりも小さいとすれば、 $C$ だけの金を借りてオプションを購入し、直ちにこれをポートフォリオを購入したいと思っている人に $wS+B$ で売り、そこから借りた $C$ を返済すれば、資金0で $wS+B-C$ なる利益を得られるという裁定機会が生じることになり、不合理である。逆の場合にも同様の議論によって裁定機会が生じる。

次に、プロジェクトライフ全体を1期間とはせず、通常の間単位で計算するため、多期間に拡張することを考える。これを容易にするため、変数の変換を考える。いま、 $p$ を次式(8)で定義すると、 $p$ は、 $u, r, d$ についての仮定から、 $0 < p < 1$ となる。

$$p = \frac{r - d}{u - d} \dots \dots \dots (8)$$

すると、式(7)で与えられるコールオプションの価格 $C$ は、次のように表現できる。

$$C = r^{-1} (p C_u + (1 - p) C_d) \dots \dots \dots (9)$$

確率変数 $X_t$ を、時点 $t$ において、確率 $p$ で $u$ 、確率 $(1-p)$ で $d$ という値を取る変数とすれば、式(9)のコールオプションの価格 $C$ は、さらに次のように変形できる。

$$C = r^{-1} E [\max(SX_1 - K, 0)] \dots \dots \dots (10)$$

ここで、 $E[*]$ は、 $r, d, u$ のみから計算される $p$ を確率であるとみなした時の期待値をあらわす。

いま、2期間を考え、記号 $i, j$ は値として $u$ または $d$ を取るものとして、 $C_{ij}$ を $t=2$ で、株価が $ijS$ となったときのコールオプションの価値とする。第1期間の終了時に単位期間内の総収入が $iS$ になったときのコールオプションの価値 $C_i$ は、期間を1期間ずらして考え、1期間モデルの時の $C$ を、 $C_u$ に、 $C_u, C_d$ を、 $C_{uu}, C_{ud}, C_{dd}$ に対応させて考えれば、上と同様の展開により、次の式がえられる。

$$C_u = r^{-1} E [\max(uSX_2 - K, 0)] \dots \dots \dots (11)$$

$$C_d = r^{-1} E [\max(dSX_2 - K, 0)] \dots \dots \dots (12)$$

これに、第1期間の関係を採用すれば、

$$C = r^{-2} E [\max(SX_1X_2 - K, 0)] \dots \dots \dots (13)$$

となり、同様の計算を繰り返せば、一般に $T$ 期間については、次式が成立する<sup>9)</sup>。

$$C = r^{-T} E [\max(S \prod_{t=1}^T X_t - K, 0)] \dots \dots \dots (14)$$

ここで導出したコールオプションの価格 $C$ は、プロ

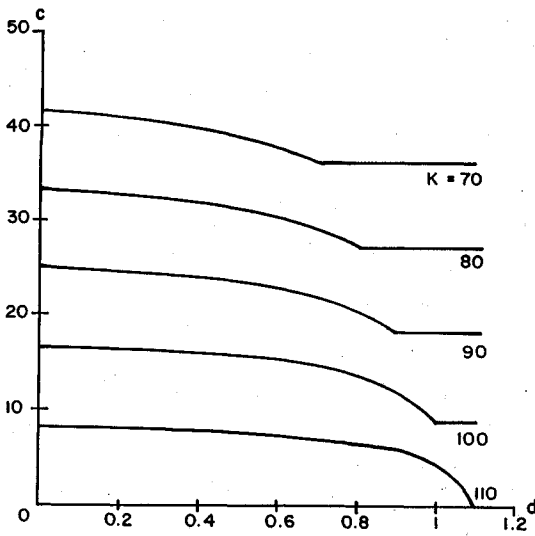


Fig.1 Option Price (C) and Decrease Rate (d) at Strike Price (K) in 1 Term Model ( $u=1.2, S=100, r=1.1$ )

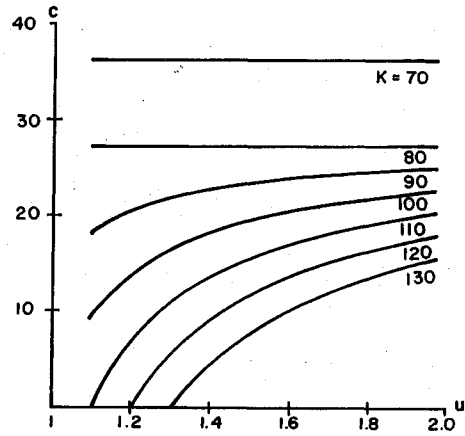


Fig.2 Option Price (C) and Increase Rate (u) at Strike Price (K) in 1 Term Model ( $d=0.8, S=100, r=1.1$ )

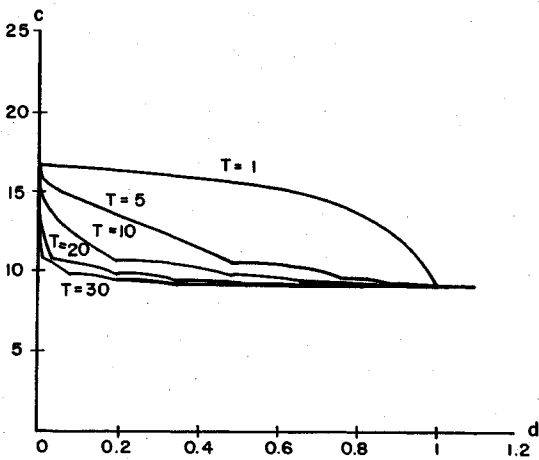


Fig.3 Option Price (C) and Decrease Rate (d) at Strike Price (K) in Multi-Term Model ( $u=1.2, S=100, K=100, r=1.1$ )

プロジェクトの不確実性を含めた評価指標であるプロジェクトリスクインデックス (PRI) として使用できる。

### (3) プロジェクトリスクインデックスの性質

ここで、提案したプロジェクトリスクインデックス (PRI) のいくつかの性質について検討する。まず、もっとも重要な性質は、式(7)または式(14)からわかるように、ここで求められたオプション価格Cは、1期間モデルでも、多期間モデルでも、総収入の費用に対する比 $u$ 、 $d$ に関する主観確率の値 $q$ にはよらないということである。すなわち、オプ

ション価格は、総収入の費用に対する比のみによる。このことは、不確実性を表す数字の1つを、指標から減らしたことになり、不確実性を含めた評価指標としては好ましい性質であるといえる。

パラメータが変化したときのプロジェクトリスクインデックスの変化の様子については、標準的なパラメータの値を中心に、図によって検討する。ここで、標準的な値としては、総収入の上限 $u=1.2$ 、下限 $d=0.8$ 、プロジェクトの費用 $S=100$ 、権利行使価格 $K=100$ 、割引率 $r=1.1$ とする。

Fig.1は、プロジェクトリスクインデックスCと下限の時の比 $d$ の関係を、権利行使価格Kの5種類の値についてプロットしたものである。これによれば、 $d$ の減少とともにプロジェクトリスクインデックスCは増加する。一見奇異に見えるが、権利行使価格Kが保証されているとすれば、最悪の場合には非常に小さな総収入しか実現しないと思われるプロジェクトでも、損失の額がオプション価格の分だけで抑えられるということであるから、その価値は高くなるということである。権利行使価格Kについては、図からわかるように、Kが大きくなるほど、プロジェクトリスクインデックスCは減少する。これは、実際に大きな総収入が実現されない限り、利益が見込めないということであり、魅力的でなくなるからである。プロジェクトリスクインデックスの上限値は、 $d=0$ で $Cu/ur$ なる値をとり、下限値は、 $K/S \leq d \leq r$ の範囲で $Cd/r$ なる値をとる。すなわち、上限のときの比 $u$ が大きくなるほどプロジェクトリスクインデックスの上限値は小さくなり、割引率 $r$ が大きくなるほどプロジェクトリスクイ

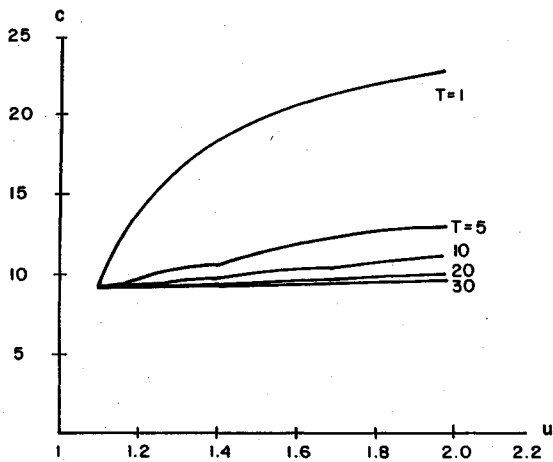


Fig.4 Option Price (C) and Increase Rate (u) at Strike Price (K) in Multi-Term Model ( $d=0.8$ ,  $S=100$ ,  $K=100$ ,  $r=1.1$ )

ンデックスの下限値は減少する。

同様に、Fig.2は、総収入が上限の時の比  $u$  とプロジェクトリスクインデックスの関係を示したものである。この場合も、権利行使価格  $K$  については、図からわかるように、 $K$  が大きくなるほど、プロジェクトリスクインデックスは減少するが、理由は、Fig.1の場合と同様である。 $K \geq dS$  の場合に、プロジェクトリスクインデックスは  $u$  によらず直線となるが、 $K$  が  $dS$  以下の場合には、上限値は、 $u = \infty$  で  $(1-d/r)S$  となり、下限値は、 $u=r$  で  $Cu/r$  となる。ただし、下限値は、 $K/S \geq r$  ならば 0 となる。総収入の上限値  $u$  の場合のプロジェクトリスクインデックスの挙動は自然である。

Fig.3は、多期間モデルと1期間モデルの場合の差を見るために、プロジェクトリスクインデックスと総収入の下限の時の比  $d$  の関係をいくつかの期間について示したものである。このとき、上限の時の比  $u$ 、下限の時の比  $d$ 、割引率  $r$  の値は、1期間モデルの場合のそれぞれの値の  $1/T$  乗の値を使っている。これによれば、期間の数  $T$  が増加するほど、オプションの値は単調に減少している。同じ期間の曲線については、下限の時の比  $d$  について単調に減少しているが、同じ期間に対する曲線を見ると、微係数が不連続な点が  $T$  の値に相当する数だけある。この原因は、 $Cu$  と  $Cd$  の値の計算に際して、 $u$  を取る場合と  $d$  を取る場合が  $T$  期間の間にそれぞれ何回起きれば、利益が出るかについて、その回数が整数値しかとれないために生じる。Fig.4は、プロジェクトリスクインデックス  $C$  と上限の時の比  $u$  の関係について、Fig.3と同様にプロットしたものであるが、Fig.3と同様のことがいえる。なお、当然のことではあるが、Fig.3においてもFig.4においても、期間数

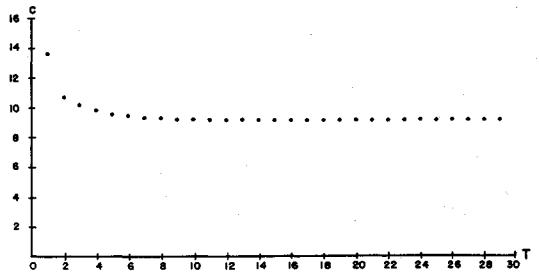


Fig.5 Number of Terms (T) and Option Price (C) in Multi-Term Model ( $u=1.2$ ,  $d=0.8$ ,  $S=100$ ,  $K=100$ ,  $r=1.1$ )

が1の場合には、プロジェクトリスクインデックスは1期間モデルの場合と一致する。

Fig.5は、多期間モデルにおいて期間数  $T$  が、増加したときのプロジェクトリスクインデックスの変化を見たものである。なお、このとき、上限の時の比  $u$ 、下限の時の比  $d$ 、割引率  $r$  については、Fig.3、Fig.4と同様の考え方をしている。これによれば、プロジェクトリスクインデックス  $C$  は、期間数  $T$  の小さなおとこでは、急速に減少し、 $T$  が大きくなると、 $S - K/r$  の値に漸近する。なお、Fig.5の計算において、 $u$ 、 $d$ 、 $r$  について  $1/T$  乗した値ではなく、そのままの値を使用した場合には、プロジェクトリスクインデックス  $C$  の値は、急速に大きくなる。

#### (4) プロジェクトの不確実性を含めた指標

上で検討したことによれば、プロジェクトの不確実性を含めた指標であるプロジェクトリスクインデックス (PRI) としては、ここで提案したオプション価格  $C$  が使用できることが判明した。その使用に当たっては、1期間モデルと多期間モデルの可能性があるが、次の理由により、1期間モデルを利用するのが好ましいと考えられる。第1は、プロジェクトの不確実性を問題にしているのであるから、多期間モデルによるとしても、上限値などの値は、各期間ごとに別の値を使用するのではなく、Fig.3の計算で仮定したように、全体期間に対する値を  $1/T$  乗した値を使うことになる。すると、結局は、精度的には1期間モデルと変わらない結果となる。また、多期間モデルで求めた場合の値は、期間数が多くなるほど、上昇、下降の動きが平均化され、変動が小さくなり指標としては使いにくくなる。

なお、以上では、費用と収入を考えて議論を進めてきたが、これを経済的な費用と便益と考えれば、経済評価にもそのまま適用できる。

#### 4. 結論と今後の課題

以上、プロジェクト評価に当たって常に問題となる不確実性を含めた評価指標であるプロジェクトリスクインデックス (PRI) を導き、その性質について解析し、実際の使用に当たっての提案を行った。その結果、次のことが、判明した。

(1) ここで、提案したPRIは、総収入が上限あるいは下限となる確率を含まず、リスク評価の指標として優れている。内部収益率などが同じで、総収入の樂觀値・悲観値が異なるプロジェクトの場合には、PRIが大きなプロジェクトの方が好ましいと考えられる。

(2) 1期間モデルと多期間モデルを導いたが、実際の使用に当たっては精度などを考慮すると、1期間モデルが適している。

なお、今後の課題としては、過去の実際のプロジェクト例について、このPRIを適用し、その実用性を検証する必要がある。

#### 5. おわりに

プロジェクトの評価における不確実性の問題は、今後も、国内のプロジェクト、開発途上国に対する政府開発援助の審査のどちらにも重要である。ここで提案したプロジェクトリスクインデックス (PRI) の適用によって、少しでも好ましいプロジェクトの選択ができるようになることは、日本にとってばかりでなく、開発途上国にとっても意義のあることと考える。とくに、東欧諸国やベトナムを初めとする東南アジア

で、計画経済から市場経済体制へ移行しようとしているような、経済予測の困難な状況においては、特に有効であると考えられる。

最後に、本研究は、国際協力事業団の専門家として東京大学工学部からアジア工科大学に派遣されている期間に行ったものである。この機会を与えていただいた方々および研究費を提供していただいた国際協力事業団に謝意を表したい。

#### 参考文献

- 1) 海外経済協力基金編：海外経済協力便覧，（海外経済協力基金，1991年。
- 2) Ian G. Heggie: Transportation Engineering Economics, McGraw-Hill, 1972, p.225.
- 3) Steven C. Blank, Colin A. Carter and Brian H. Schmiesing: Futures and Options Markets, Prentice Hall, 1991.
- 4) Donald E. Fischer and Ronald J. Jordan: Security Analysis and Portfolio Management, Prentice Hall, 1991.
- 5) 土木学会編：海外交通プロジェクトの評価，p.136，鹿島出版会，昭和61年12月。
- 6) Button, K.J. and Pearman, A.D.: The Practice of Transport Improvement Appraisal, Robert Hartnoll Ltd., 1983.
- 7) Dickey, J.W. and Miller, L.H.: Road Project Appraisal for Developing Countries, John Wiley and Sons, 1984.
- 8) Stopher, P.R. and Meyburg, A.H.: Transportation System Evaluation, Lexington Books, 1978.
- 9) 森村英典・木島正明：ファイナンスのための確率過程，日科技連，1991年4月。

(1993.6.24.受付)

## PROJECT RISK INDEX FOR TRANSPORTATION PROJECT EVALUATION

Toshikazu SHIMAZAKI

Sensitivity analysis and risk analysis have been used for the evaluation of uncertainty of transportation projects. Application of these analyses to the real projects has several difficulties such as difficulty of estimation of occurring probability of events. Considering the transportation project as an investment and setting an option on it, it is possible to construct an index which includes the information on uncertainty of transportation projects. Based on this consideration, this paper proposes the project risk index which is calculated from the values used in usual feasibility study, and analyzes the several characteristics of the index.