金融機関のIT投資効果の定量評価

――リアルオプションとバランススコアカードを活用したアプローチ――

青　木　克　人

要　旨

金融機関（銀行，証券会社，損害保険会社）の情報システム化投資案件につき定量評価するモデルを構築した。情報システム化投資の定量評価を実現する課題を「効果の定量評価が困難であること」，「未来予測を含むこと」の2点とし，前者につきバランススコアカード（BSC）を活用，後者につき，リアルオプションを活用する。BSCにより，情報システム化投資と財務上の効果との関係を導出し，リアルオプションの手法を導入することより，財務上の効果の不確実性を織り込んだ上で，投資のリスクを縮小，投資の現在価値の向上を実現する。また，この過程で定量化，将来予測の根拠を明示することにより，投資の効果及びその予測につき，事後のモニタリングを実施することも可能となる。金融機関のモデル構築にあたっては，収益構造の異なる銀行，証券会社，損害保険会社を対象として，戦略的IT投資案件の投資効果の事前予測を仮定し，各々BSCを用いて定量効果を予測してNPVを算出後，投資のオプションを想定してリアルオプションアプローチを導入するという構成とした。

目　次

Ⅰ．はじめに
　1．本稿の目的
　2．金融機関のIT投資の金額とIT投資対象分野
　3．本稿で対象とする戦略IT投資領域の定義
　4．IT投資評価の現状と本稿の方向
Ⅱ．NPVとリアルオプション
　1．NPV（ネット・プレゼント・バリュー）
　2．リアルオプションの導入
　3．オプション価値の計算方法
　4．本稿におけるIT投資のリアルオプション価値の計算
Ⅲ．バランス・スコアカード（BSC）を活用したIT投資効果の定量評価
　1．金融機関におけるIT投資効果の定量化の重要性
　2．定量化方針の検討
Ⅳ．リアルオプション及びバランス・スコアカードを用いたIT投資効果定量化ケース
　1．ケース構築の意義

2．金融機関業種別ケース
V．むすびにかえて
1．小括
2．残された課題
参考文献

I．はじめに

1．本稿の目的

昨今，金融機関（銀行，証券会社，保険会社等）の経営戦略の大きな課題となっている情報システム（IT）投資についてはその効果の定量的評価を行う有効な手法は存在しなかった（広瀬［2001］他）。従来の手法は，単一のシナリオを前提に評価するNPVが主体であり，現在及び将来における経営の柔軟性は評価されてこなかった。

また，Benaroach[1999]，Chalasani[1998]，Kumar［1997］等は，IT投資の個別事例につき，経営の柔軟性（オプション）を加味して評価した研究であるが，IT投資全般につき論及したものは，加藤［2002］が嚆矢である。また，IT投資の効果については，現行IT支出と比較したコスト削減効果の一部のみが定量評価されることが主流のため，CEO，CIO等の意思決定者がIT投資案件を正当化することが困難であった。

さらに，製造業や流通業と異なる収益構造をもつ，金融機関のIT投資の定量評価は特に検討のされていない領域である。つまり，現時点で，金融機関のIT投資全般につき，定量的かつ，経営の柔軟性を加味した評価方法を整理した研究は存在しない。

本稿においては，金融機関の経営者の関心の高い戦略的IT投資を対象に，①従来定性評価の比率の高かったIT投資効果を，バランス・スコアカード（BSC）等を活用して定量評価し，②戦略的なIT投資案件につき経営上の選択肢（オプション）を定義してその価値（オプションバリュー）を加味してモデル化することにより，経営者がIT投資の効果を事前及び事後に的確に評価して最適なIT投資戦略を策定する一助とすることを目的とする。

2．金融機関のIT投資の金額とIT投資対象分野

（1）　金融機関のソフトウエア投資額

日銀短観（2003年6月）（図表1）によると，金融機関のソフトウエア投資額（計画）は，前年度の減少（金融機関計で前年比16.4%減）に比べると，好転（同8.3%増）となっているものの，前年度の減小を補う状況ではない。

金融機関の決算動向からも，ITへの積極的な投資が見込まれる状況ではない。IT予算を一律前年費○○%削減といった金融機関が多い。

（2）　IT投資効果の定量評価の重要性

この様な状況であり，金融機関のIT投資マインドは冷え切っているが，金融機関にとり，ITにより解決されるべき経営課題が存在しなくなったわけではない。

銀行その他貸出を行う機関は最適な法人融資を，証券会社はSTP対応，保険会社も販売チャネルの効率化等の課題を抱えているし，各

図表1　金融機関のソフトウェア投資　（単位　%）

	前年度＜前年同期＞比						前回調査比修正率				
	2002年度	2003年度（計画）					2002年度	2003年度（計画）			
		上期	下期		上期	下期		下期		上期	下期
金融機関計	−16.4	−22.0	−11.6	8.3	29.5	−7.6	0.5	3.4	0.0	−0.4	0.3
銀行業計	−24.3	−29.6	−19.3	12.7	40.3	−9.6	2.9	5.4	−2.5	0.2	−5.6
うち都市銀行	−31.0	−38.9	−23.8	14.7	58.4	−17.5	4.6	8.3	−2.8	−0.1	−6.4
地方銀行	−16.0	−20.6	−11.6	22.0	34.4	11.6	−2.4	−4.3	−3.2	2.5	−8.3
地方銀行Ⅱ	−8.3	−27.5	13.6	63.3	2.0倍	35.0	−3.5	−5.9	13.0	10.3	16.1
証券業計	11.4	11.2	11.6	−1.5	6.7	−8.1	2.5	4.6	4.3	4.6	4.1
保険業計	−5.8	−12.8	−1.1	3.2	12.7	−2.3	−6.8	−1.7	5.2	−6.3	14.6

（注）銀行業計には長期信用銀行および信託銀行も含む。
〔出所〕日本銀行，「短観」（http://www.boj.or.jp/stat/tk/tk.htm＃0102）

金融機関の共通課題としても，新商品開発，バックオフィス事務改革・コスト削減のためのBPR・共同化，顧客管理，収益管理，経営統合に係るIT統合等々，金融機関にはITに関連する経営課題が山積していると言っても過言ではない。IT統合の目途を立ててから経営統合の日程を決めるという金融機関もある。

つまり，IT投資案件は目白押しであるが，資金は限られているため各々の投資対効果等を定量的に把握することがますます重要になっている。また，大規模IT投資は，株主，格付け機関等へのインベスター・リレーション（IR）としても重要な位置を占めている。このように，経営課題の解決に必要なIT投資に関する経営判断を適正に実施するため，IT投資の効果を定量的に示し，意思決定者に提示可能となることが必要である。

3. 本稿で対象とする戦略IT投資領域の定義

（1） IT投資の分類

金融機関のIT投資分野については，アンダーセンコンサルティング［1999］によると，大きく図表2のような分類が考えられる。「戦略的IT投資」から構成され，ビジネスで新たな価値を創造するための「戦略投資」と，「システム保守」「運営費」から構成され，現在動いているシステムを定常的に運用するためのランニングコストと位置づけられる「定常費用部分」である。

（2）本稿で対象とするIT投資領域

本稿は，IT投資の意思決定を支援することを目的としているため，経営上の柔軟性（オプション）を行使可能なIT投資を対象とする。図表2中，経営上のオプションを行使可能な投資は，表の分類上から，「戦略投資部分」に該当する，a．投資対効果が明確化されているIT投資案件，b．業務プロセス，人・組織，ITの統合的改革投資，c．全社レベルでの投資意思決定を中心に検討する。検討においては，b．c．についても，a．同様，投資対効果の明確化を試みる。

（3） 本稿で対象としないIT投資領域

規制対応等，経営上の柔軟性（オプション）が考えられないIT投資領域は本稿の対象外とする。

図表2　IT 投資の分類

戦略投資部分	戦略的IT 投資	a．投資対効果が明確化されているIT 投資案件
		b．業務プロセス，人・組織，IT の統合的改革投資
		c．全社レベルでの投資意思決定
定常費用部分	システム保守	d．安定稼働，機能向上，制度変更等のためのシステム改訂コスト
		e．対売上，収益比率等によって投資枠を部門単位に設定
	運　営　費	f．システムの運営上必ず発生するコストであり，以下のようなものから構成される ・ハード，ソフトウエア保守コスト ・システム運用コスト ・バグ対応コスト ・年度末対応 ・組織変更対応　など

〔出所〕アンダーセンコンサルテイング［1999］，241頁。

4. IT 投資評価の現状と本稿の方向

（1） 定量効果と定性効果

IT 投資の評価については，「定量効果」に加え，定量化の困難な「定性効果」を共に評価する見解の分析が多い（金融情報システムセンター［1994］，松島［1999］，櫻井［2001］，谷守［2002］等）。

情報システムによる経済効果は客観的に測定することが困難な部分が太宗を占めるため，定性効果が発生する。そうした場合，客観的には定量効果の部分のみで評価されていることが推測されるため，過小評価されがちであることが推測される。

本稿では，金融機関の IT 投資の効果を「収益向上」「コスト削減」に帰結させるモデルを検討する。

（2） IT 投資効果評価の手段

一方，現在，IT 投資効果評価の手段として下記のようなものが挙げられる。

(i)　定性効果評価のツール

・バランス・スコアカード（BSC）（吉川［2000］，谷守［2000］，ベリングポイント［2003］他）

・インフォメーションエコノミクス（IE）（Parker［1990］，松島［1999］）

(ii)　定量効果評価のツール

・ネット・プレゼント・バリュー（NPV）／ディスカウント・キャッシュ・フロー（DCF）（Dixit［1994］他）

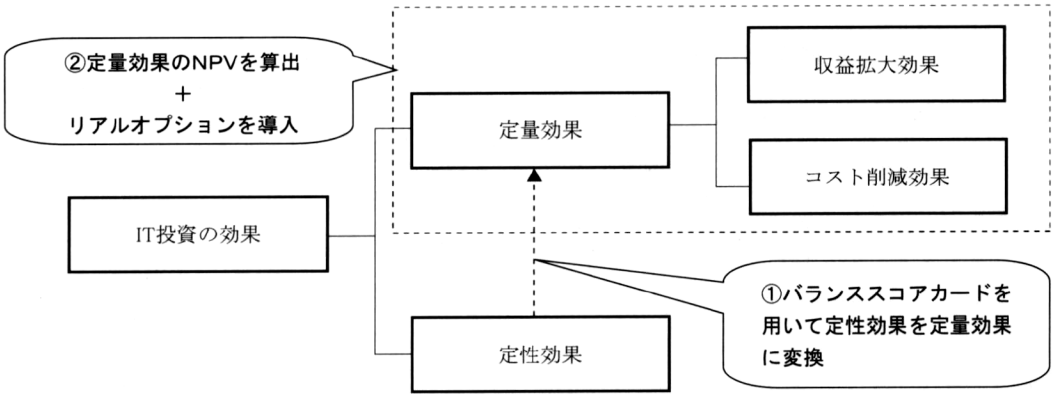
・アクティビティ・ベイスト・コスティング（ABC）（吉川［1997］）

（3） 本稿のフレームワーク

図表 3 に本稿のフレームワークを示す。IT 投資の効果の構成要素を定量評価と定性効果とし，定量効果の構成要素を収益拡大効果とコスト削減効果とする。

本稿では①従来，定性効果として評価されてきた部分をバランススコアカード（BSC）を活用して定量評価可能にするとともに，②定量化された効果はあくまでも未来の予測に依っている点に着目し，リアルオプションを導入することにより，投資の定量効果に影響を与えるリスク要因を明示化して評価することを

図表3　本稿のフレームワーク



可能にする。

Ⅱ．NPVとリアルオプション

次章以降の検討の前提として，現在一般的な投資評価手法であるNPVと，本稿での主要手法となるリアルオプションにつき整理し，NPVの算出方法とその問題点，リアルオプション価値の算出方法とNPVとの関係を明らかにする。

1. NPV（ネット・プレゼント・バリュー）

NPVとは，投資後各年次のキャッシュフローを複利で割り引いたものである（Dixit［1994］他）。

（1） NPVの計算式

0年次（現在）における投資額をI_0，n年次におけるキャッシュフローをC_t，割引率をrとすると，次式が成立する。

$$NPV=\sum_{t=1}^{n}C_t/(1+r)^t-I_0 \quad \cdots①$$

（2） NPVの問題点

NPVは，（1）にて示した通り，現在においてn年次におけるキャッシュフローを定数化して算出されるため，「「オプションプレミアム」あるいは総合的な価値，適合的で戦略的な要素を無視することによって，伝統的（受動的）なNPVはプロジェクトを過小評価する（〔出所〕トウリジオリス［2001］，452頁。）」傾向にある。

2. リアルオプションの導入

リアルオプションは金融派生商品であるオプション（コール／プット）の価格決定理論を，実物資産に応用したものである。また，オプションとは「物事がどのように展開したかをみた後で意思決定を行う機会である。意思決定の日に，あるイベントがうまくいっていれば，ある意思決定を行えばよいし，うまくいっていなければ，別の選択肢を選べばよい。これは，オプションの損益線が線形ではないこと，すなわち「意思決定が変われば結果も変わる」ことを意味する（Amram［1999］pp6-7）。」の通り，前述のNPVとは異なり，将来の意思決定の変化による結果の変化を反映することが可能

である。

3. オプション価値の計算方法

・オプション価値の計算方法（オプションプライシングモデル）には大別して，(1)連続時間を想定し微分方程式の解析解を求める「ブラック＝ショールズモデル」，(2)離散時間を想定する「二項モデル」がある。

（1） ブラック＝ショールズモデル（Dixit［1994］他）

・IT投資への適用例…Chalasani［1998］，Schwarts［2000］他

・コールオプションのオプション価値計算

$$C=N(d_1)S-N(d_2)Xe^{-rT} \quad \cdots②$$

C：コールオプションの現在価値

S：原資産の現在価値

X：権利行使価格

r：リスクフリーレート

T：期日までの期間

σ：原資産のボラティリティ（標準偏差）

N(・)：標準正規分布の分布関数

$$d_1=\frac{\ln(\frac{S}{X})+(r+0.5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}},$$

$$d_2=d_1-\sigma\sqrt{T}$$

（2） 二項モデル（Mun［2003］等）

・二項モデルのIT投資への適用例…Benaroach［1999］，Kumar［1997］他

・原資産の現在（T＝0）価値をSとする。1期間経過後，確率PでSがSu，確率（1－P）でSがSdに変化するとする。このとき，$\frac{S_u}{S}=u$，$\frac{S_d}{S}=d$とおくと，

$$\text{リスク中立確率}P=\frac{(1+r-d)}{(u-d)} \quad \cdots③$$

となる。（r：無リスク金利，$0<d<u$）とする（図表4-a）。これにより，割引率においてリスクを加味する必要がなくなる。

∵原資産価格上昇の場合のリターンをR^+，原資産価格が下落した場合のリターンをR^-とおくと，

$$PR^++(1-P)R^-=r$$

これをPについて解くと，

$$P=\frac{r-R^-}{R^+-R^-} \qquad R^+=u-1,\ R^-=d-1\text{を代入して，}$$

$$=\frac{(1+r-d)}{(u-d)}$$

また，原資産価格Sの1年後の数値の標準偏差σ（変動係数）が判明している場合（∵原資産価格がウィナー過程をとると仮定）$Su=Se^{\sigma}$，$Sd=Se^{-\sigma}$となり，また，$1+r\equiv e^r$なので，

$$P=\frac{(e^r-e^{-\sigma})}{(e^{\sigma}-e^{-\sigma})} \qquad (0<r<\sigma) \quad \cdots④$$

とおける（Mun［2003］他）。

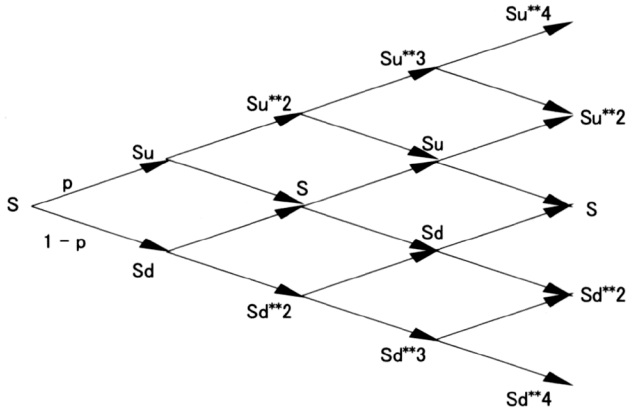
・二項モデルにおけるオプション価値の計算

最初にオプションが存在しない場合のケース(ベースケース)のツリーを作成する（例；原資産価格Sが一期間経過後，確率pでSuに確率1－pでSdに変化。以下同様）。

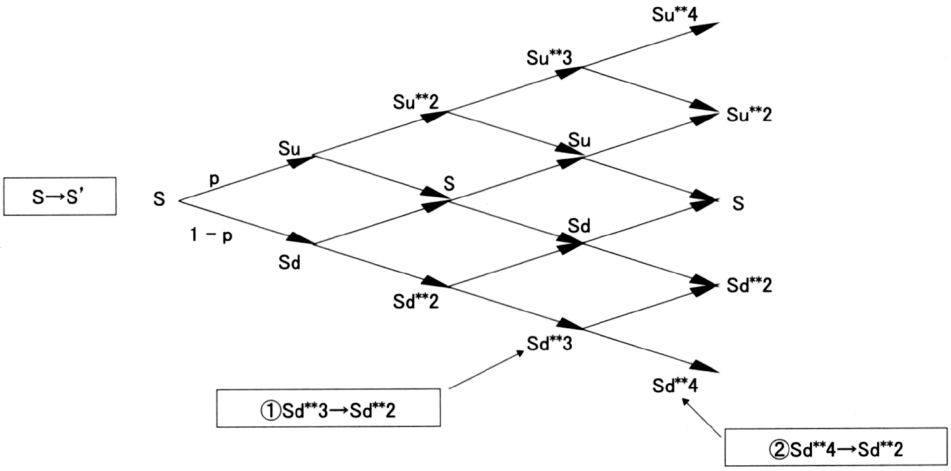
次に，オプションが存在する場合のツリーを作成する（撤退オプションの例）

この事業から撤退した際の事業資産の残存価値X＝Sd＊＊2とする。ノード①②においては，撤退オプションを行使することにより，各々事業価値がX＝Sd＊＊2まで上昇する。これにより原資産の現在価値SがS'まで上昇する。このとき，S'－Sが撤退オプ

図表4-a　ベースケースのツリー（4期間モデル）



図表4-b　オプション導入後のツリー



ションの価値となる（図表4-b）。

4. 本稿におけるIT投資のリアルオプション価値の計算

二項モデルの期間を無限小にすることにより，ブラック＝ショールズモデルとオプション価値の計算結果は漸近することが学説上明らかである（Copeland［2001］，Mun［2003］他）。

一方，実際のIT投資の評価，戦略的意思決定は，1年，半年，3ヶ月といった離散的な単位で行われる（各種評価のための決算数値等の入手がこうした離散的なタイミングとなることに起因）。

さらには，経営者が戦略策定，意思決定に用いるという本稿の目的に適していると考えられるため，本稿では二項モデル，なかでも，リスキーな原資産価格の過程の標準的仮定である，前述の④式を採用する。但し，リスク・フリーレートは，ドリフト項と読み替える。

Ⅲ．バランス・スコアカード（BSC）を活用したIT投資効果の定量評価

1．金融機関におけるIT投資効果の定量化の重要性

金融機関にとり，情報技術（IT）は，商品そのものであり，また，販売・サービスのチャネルに関しても，ITの利用が不可欠なものの比率が高まっている。金融機関の増収も，コスト削減も，顧客の満足も，ITに依存する分野はますます拡大している。

そうした中，金融機関の社内IT投資は，その効果の定量化が困難な領域であったため，本来は戦略的に経営戦略の一環として投資されるべきところを，コストセンターの扱いとされている場合が多く，戦略的判断の材料が乏しい状況にある。

とくに，意図としては定量的な効果を期待しているが定量化の手段が希薄なため定性効果しか謳えず，IT投資の効果を過小評価されることが多いのではないかと推測される（金融情報システムセンター［1994］，谷守［2002］，松島［1999］等）。

結果として，総額として同じ金額をITに投資したとしても，その投資ポートフォリオは最適化されていない可能性が高いことが推測される。

2．定量化方針の検討

損害保険会社における，自動車保険契約のインターネットによる継続（更改）サービスを例とする。

通常，自動車保険の更改を行う場合，既存契約情報，事故情報等から更改申込書を作成し，契約者捺印を取り付けた後，それをさらに代理店→保険会社と送付，OCR，画面入力等でデータ化する必要があるが，仮にこれを契約者がインターネットで直接機械入力することを可能にするサービスの導入を行うと考える。

（1）　モデルケースにおけるコスト削減効果

・内部ビジネスプロセス効率向上という定性効果を1回の自動車保険更改当りのコスト削減という定量効果に変換する。このIT投資に関するオプションを検討する際には，定量化された削減コスト＝Z円が原資産Sとなる。

（2）　モデルケースにおける増収効果

顧客満足度向上という定性効果を，保険契約更改率という代理変数により，保険料増収額という定量効果に変換する。このIT投資に関す

図表5-a　モデルケースにおけるコスト削減効果

インターネットによる自動車保険契約継続サービスの開始（IT投資）
↓
内部ビジネスプロセス効率向上（定性効果）
↓
販売・サービスチャネル及びバックオフィスコストが1回あたりx円×年間y回＝Z円削減（定量効果）

図表5－b　モデルケースにおける増収効果

インターネットによる自動車保険契約継続サービスの開始（IT投資）
↓
顧客利便性向上（定性効果）
↓
保険契約更改率のx％向上
↓
保険料増収y円（定量効果）

るオプションを検討する際には，保険量増収額＝y億円が原資産となる。

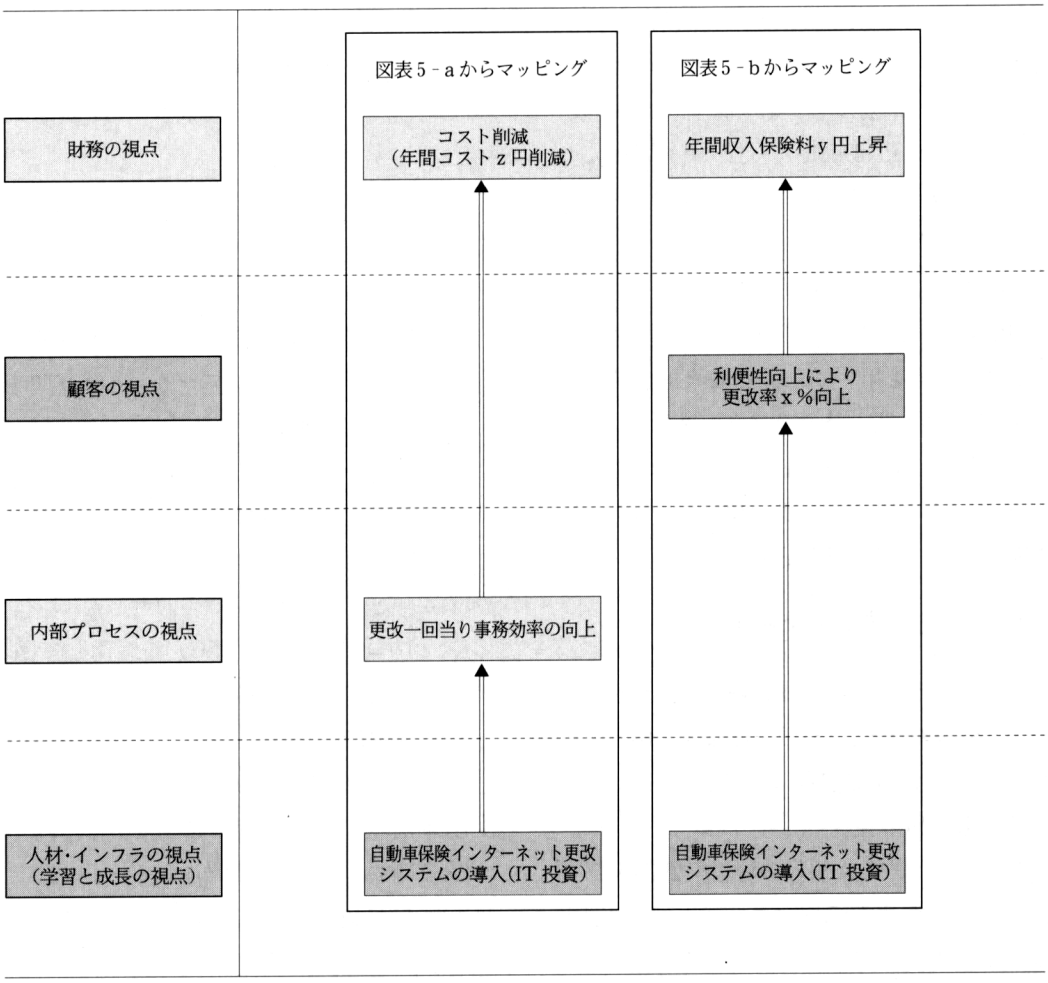
（3） バランス・スコアカードの導入

図表5-a，図表5-bの内容を，より一般的に検討するため，バランス・スコアカードを活用する。

なお，バランス・スコアカードは相互に関連の深い「財務の視点」，「顧客の視点」，「プロセスの視点」，「学習と成長の視点」を指標化し，経営管理するアプローチ（吉川［2000］，ベリングポイント［2003］他）であるが，ベリングポイント［2003］，加藤［2003］でも検討されている通り，「学習と成長の視点（インフラ・人的資源の視点）」→「プロセスの視点」→「顧客の視点」→「財務の視点」という階層を想定する。

また，指標のスコアリングだけではなく，2章でも述べたとおり，財務の観点に直結する定量分析を行う（図表6）。

図表6　BSCへのマッピング



Ⅳ．リアルオプション及びバランス・スコアカードを用いたIT投資効果定量化ケース

1．ケース構築の意義

本章では，金融機関IT投資の定量化手法を，日本の銀行，証券会社，保険会社を想定したモデルを構築することにより提案する。実際の経営判断に活用できるモデルとするため，できる限り現実の意思決定者の観点で記述する。銀行，証券会社，保険会社は各々収益構造が異なるため，IT投資の定量効果の算出方法も各々ケースを挙げる。特に，IT投資の定量効果については米国の小切手決済ネットワークYankee24の，PosDebitサービスへの参入につき検討したBenaroach［1999］でもインタビューによる定数インプット項目となっており，IT投資とその定量効果たる財務上の効果の因果関係が曖昧である。本章ではバランス・スコアカードを用いて，IT投資と財務効果の関係を明らかにし，またリアルオプションを導入してリスク要因を明確化することにより，IT投資効果の事前の予測，事後のモニタリング等を明示的に実施可能とする。

2．金融機関業種別ケース

（1）　銀行のケース「法人融資業務支援システムの導入」（地域金融機関EB研究会［2003］他を参考に作成）

・IT投資検討の背景

地方銀行であるA銀行の経営企画部X部長は，中期経営計画の策定にあたり，法人融資からの収益向上をいかにコスト効率よく行うかに頭を悩ませていた。

従来も営業店の渉外担当者が，中小企業顧客を社有軽乗用車，原付車，公共交通機関等を活用し，「集金」「融資の相談」「返済の督促」等に日夜奔走し融資の推進・管理を実践していたが，昨今の不景気によるリストラにより人員は削減されており，また，信用環境の悪化により，貸出債権の管理と回収作業のためこれまで以上の労力が求められ，担当者は多忙を極め，これ以上どうやって法人融資を拡大するが課題であった。

X部長は，コンサルタントとのセッションの中で，融資業務に関する全プロセスを一元管理する融資支援システムにより，現状の要員数のままで中小企業顧客対象の融資拡大を検討することを決定し，社内にタスクチームを結成した。

・IT投資案件の内容と期待される効果

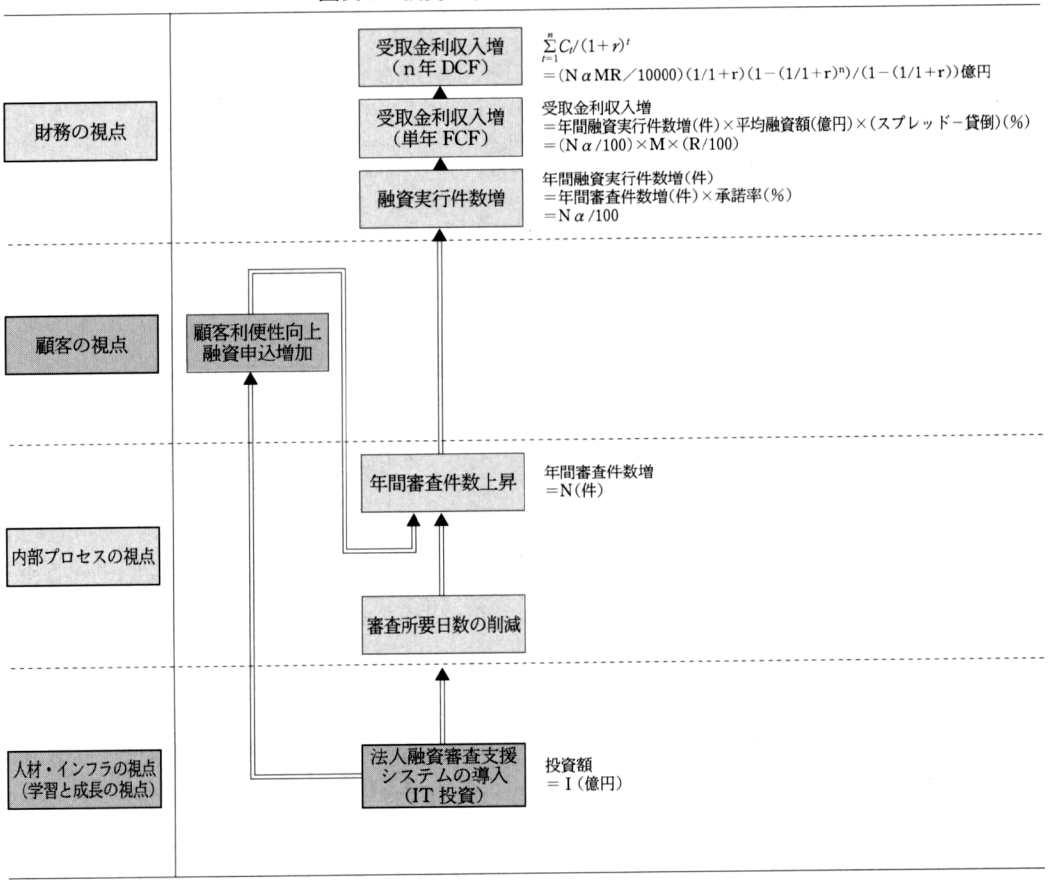
タスクチームでは，X部長の依頼内容を検討した結果，顧客自らインターネット経由でアクセス可能な融資の自動審査システムを導入することにした。顧客がインターネット経由で同行にアクセスし，融資の申込みを行い，それをワークフロー（電子帳票の回覧・承認）により審査実施するというものである。

法人融資の自動審査システムを導入，融資拡大の要件を，融資審査件数の向上と考え，バランス・スコアカード（BSC）を活用して図表7の通り収益構造を整理した。

・効果の収益構造

今回のIT投資により新規の融資申込みが年間N件増加しかつ承諾率がα％であるため，新規融資件数がNα/100件増加する。また，ここで平均融資金額をM（億円），平均融資利回りをR（貸出金利－調達金利－貸倒損失）（％）

図表7　投資効果と定量化（銀行のケース）



とすると，結果として融資による年間キャッシュフローがNαMR/10000（億円）上昇することになる。

・今回の投資効果の定量化（NPVの算出）

A行においては，A行の100カ所の支店で各年間20件の融資申込み受付増を達成する見込みと予測した（N＝2000）。また，平均融資承諾率は30%でありこの数値を維持すると予測された（α＝30）。

同行法人融資の平均金額は0.1億円である（M＝0.1）。法人融資の平均利回り（貸出金利－調達金利－貸倒損失）は10%であった（R＝10）。さらに，A行の内規として，戦略的基盤への投資の効果は投資実施後3年（n＝3）まで積算している。

また，低金利を反映し，社内金利は2%（r＝0.02）であった。一方，ITベンダーの見積もりを加味したIT投資額は，初年度のみ20億円であった（毎年の運用・保守は現行の要員による内製のため不要とする）。

X部長及びタスクチームは，以上のデータより，下記の通り投資の現在価値（NPV）を算出した。

NPV（割引現在価値）

$$= \sum_{t=1}^{n} C/(1+r)^t - I \qquad \text{（式①より）}$$

$$= (N\alpha MR/10000)(1/1+r)(1-(1/1+r)^n)/(1-(1/1+r)) - I$$

$$(C = N\alpha MR/10000,\ N = 2000,\ \alpha = 30,$$

M＝0.1, R＝10, n＝3, r＝0.02, I＝20）
＝－2.70

結果として，このプロジェクトのNPVは2億7,000万円の赤字となってしまった。上記計算式への入力数値のうち，改善の余地があるものはないか？X部長はタスクチームに再び検討を依頼した。

・タスクチームでの再検討

単純に，社内金利（r）を下げるか，投資効果測定期間（n）を上げるか，またはベンダーに交渉して，投資金額（I）を減らせばNPVは上昇するが，社内金利や投資効果測定期間は内規であり所与である。

残った数値の内，最もリスクが高いのは，新規申し込み件数の増加数である。仮に現在1店舗年間20件と見込んでいる件数を20％増加させて24件（N＝24×100＝2400）とするだけで，プロジェクトのNPVは7,600万円のプラスになる。

大きな投資リスクの存在がこうして明らかになり，このまま，投資の決定を行うにはリスクが高すぎるという結論に達した。

・「段階オプション」の適用

そこで，当初この投資計画を検討したコンサルティングファームのコンサルタントに相談したところ，「一部の店舗で一定期間テスト導入を行い，その結果により再度全店展開するかどうか判断してはどうか」とのアドバイスを受けた。

それを受けて開発ベンダーに相談したところ，「当初5店舗（5％）のみを4億円（20％）で導入し，残り95店舗への対応費用を16億円とすることも可能」との回答があった。

この結果を再度コンサルタントにフィードバックすると，「だとすれば，段階的に投資を拡張する「段階オプション」の適用が可能ですね。Nのリスク（ボラティティ）はわかりますか？」とのコメントであった。図表8より，過去4年の法人の「インターネット利用率」と「1店舗あたりのインターネットでの法人融資の申込み件数」に線形関係を仮定し，図表8より，インターネット利用率の標準偏差（変動係数）を求め，σ＝0.16を採用することにした。

図表8　企業（従業員100人以上）におけるインターネット利用状況（平成10～14年）

（％）

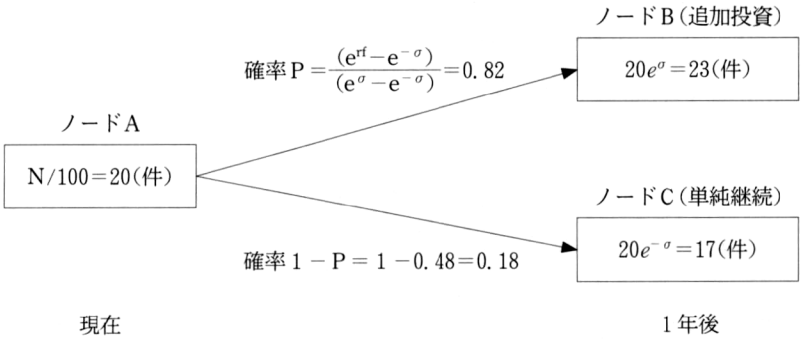
年次	インターネット利用率
平成10年	63.8
11	78.3
12	89.3
13	94.5
14	96.1

〔資料〕総務省情報通信政策局「通信利用動向調査報告　企業編」
〔出所〕総務省，「IT関連統計資料集」（http://www.stat.go.jp/data/it/zuhyou/i38.xls）

ドリフト項r^fをインターネット利用率の伸びの幾何平均（推定期間：平成10年～14年）からr^f＝0.11とし，式④より，1店舗あたり融資申込み件数N／100＝20が確率P＝$(e^{0.11}-e^{-0.16})/(e^{0.16}-e^{-0.16})$＝0.82で1年後“上昇シナリオ”23に，1－P＝0.18で下落シナリオ17に変化する（図表9）。

このシナリオとITベンダーの提供プランをもとに，現時点（ノードA）で5店舗にI_0＝4億円を投じてパイロットプランを実施し，1年後上昇シナリオ（ノードB）であれば残り95店舗にI_1＝16億円を投資して全店展開，1年後下落シナリオ（ノードC）であれば追加投資を行わず，単純継続とする前提で，再度NPV（option）を計算した。

図表9　1店舗あたり融資申込み件数N／100のシナリオ



なお，投資効果積算期間n＝3は，当初投資，追加投資が各々行われた時点から3年（A行内規の援用）である。

NPV（option）

$$=\underbrace{P\left(\left(\sum_{t=1}^{n}C_0/(1+r)^t-I_0\right)\right.}_{\text{当初投資（5店舗4億円）}}+\underbrace{\left.\left(\sum_{t=1}^{n}C_1/(1+r)^t-I_1\right)(1/1+r)\right)}_{\text{追加投資（95店舗16億円）}}$$

…上昇シナリオ（確率P）

$$+(1-P)\underbrace{\left(\sum_{t=1}^{n}C_2/(1+r)^t-I_0\right)}_{\text{当初投資（5店舗4億円）}}$$

…下落シナリオ（確率1－P）

（$C_0=X_0\alpha MR/10000$, $C_1=X_1\alpha MR/10000$, $C_2=X_2\alpha MR/10000$, $X_0=28\times5=140$, $X_1=28\times95=2660$, $X_0=15\times5=75$, $\alpha=30$, $R=10$, $n=3$, $r=0.02$, $I_0=4$, $I_1=16$, $\alpha=30$, $R=10$, $n=3$, $r=0.02$, $P=1.16$）

＝3.02

・「段階オプション」の適用により，本件NPVは，3.02－（－2.70）＝5.72億円上昇し，プラスに転じた。これが「段階オプション」のオプションバリューである。X部長は，稟議を通して，本件投資を推進することとした。

（2）　証券会社のケース「オンライン取引の急増を視野に入れたSTP」

（眞壁［2001］，金融情報システムセンター［2002］，日本金融通信社［2003］，野村総合研究所［2002］，伊藤［2003］等を参考に作成）

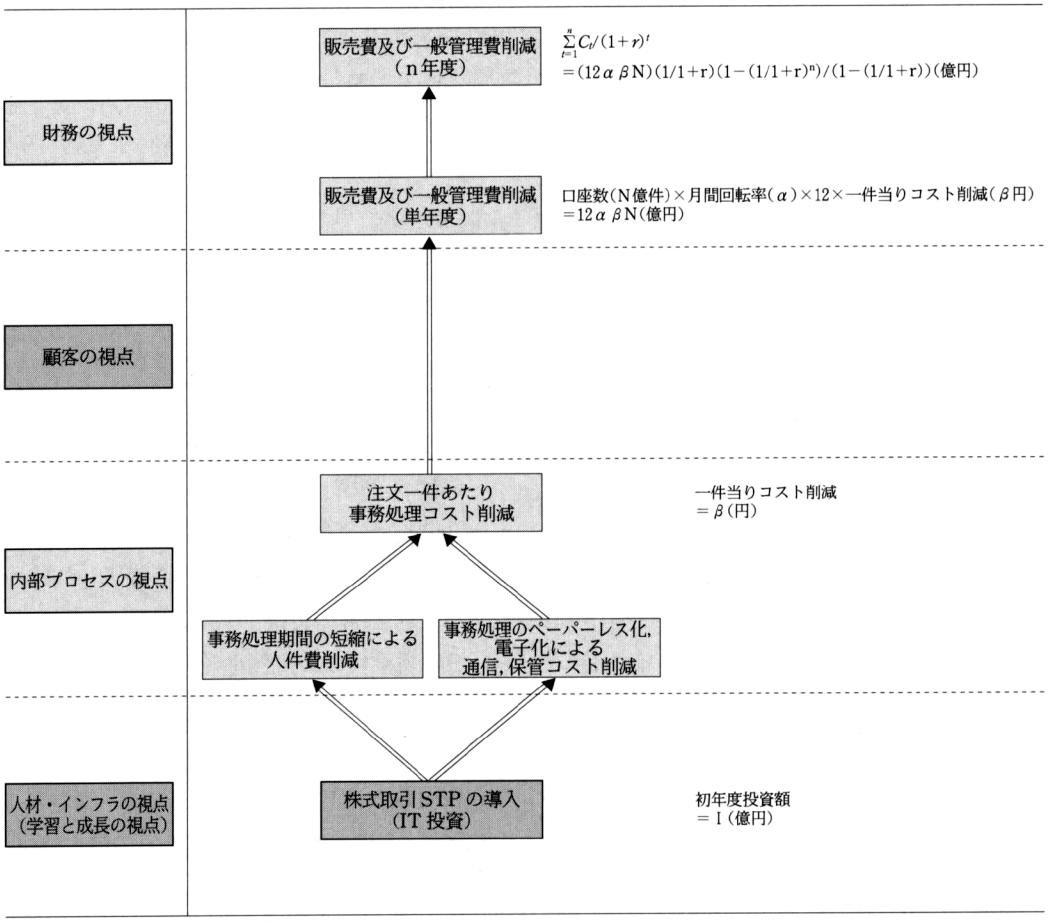
・IT投資検討の背景

B証券会社の事務企画部長Y氏は同社株式取引業務を支える一連の情報システムの「変化要因」に頭を抱えていた。

取引日の翌日に決済を完了する「T＋1対応」は，証券業界の情報システムの最大の検討課題であり，ここ数年のうちに投資が必要になるのは明らかであると共に，フロントからバックまで影響範囲が広いため，必要投資額も大きく，投資判断を先送りにする会社が多く見られた。一方，同社はいわゆるオンライン専業証券ではないが，近年のパソコン・携帯電話等によるインターネットの普及により，ネット取引口座数が急増していた。

日本金融通信社［2003］によると，主要証券会社15社（ネット専業を除く）のネット取引口座数は2002年9月末から2003年9月末までの1年間に，22.7％増加している。同社はこうした状況から，取引件数の増加に対応した事務処理体制の構築を検討する必要があったが，今後どれだけ取引件数が増加するかは，未知数であっ

図表10　投資効果と定量化（証券会社のケース）



た。

こうした課題を勘案し，Y部長は次期システム検討タスクを立ち上げて検討した結果，「T＋1」対応及びオンライン取引の急増を視野に入れたSTP（ストレート・スルー・プロセシング）への投資が必要との結論に達した。

・IT投資案件の内容と期待される効果

本件IT投資を実行することにより，注文→約定→決済に到るまで，従来の電話，FAXでの情報伝達の激減，処理時間の短縮により，フロントオフィス，バックオフィスの業務効率化，ペーパーレス化が進み，コスト削減効果が期待される。Y部長はこの投資案件の戦略的意図と投資効果を明確化して整理するため，バランス・スコアカード（BSC）を用いて，図表10を作成した。

・効果の収益構造

インターネット取引口座数N（億件）の1ヶ月の回転数αを測定し，年間に換算すると，年間注文数T＝12αN（億件）である。また，今回の投資により，現在の注文1件当りの事務コストがβ円削減されるため，年間12$\alpha\beta$N円のコスト削減が見込まれる。

・今回の投資効果の定量化（NPVの算出）

同社のインターネット取引口座数N＝0.002（億件）であり，1ヶ月の回転数α＝0.8で

あった。つまり年間処理数T＝0.0192（億件）である。また，今回の投資により，現在の注文1件当りの事務コストが1,300円から800円へとβ＝500円の削減となることが見込まれている。また，ITベンダーの見積もりにより投資額I＝30（億円）であった。

さらに，同社のIT投資の回収期間n＝3（年），現在の資本割引率はr＝0.02である。

以上より，次式の通りNPVを算出した。

$$NPV=\sum_{t=1}^{n}C_t/(1+r)^t-I \qquad (式(1)より)$$

$$=(12\alpha\beta N)(1/1+r)(1-(1/1+r)n)/(1-(1/1+r))-I$$

$$(N=0.002,\ \alpha=0.8,\ \beta=500,\ n=3,\ r=0.02,\ I=30)$$

$$=27.69-30.00=-2.31$$

結果として，この投資は2億3,100万円の赤字となってしまった。しかし冒頭述べたとおり，STPについてここ数年のうちに導入が必須であるとい状況に変化はなく，何とかしてこの投資を実施する必要があった。

上記計算式のうち，改善の余地があるものを検討してみた。社内金利（r）を下げるか，投資効果測定期間（n）を上げるか，またはベンダーに交渉して，投資金額（I）を減らせばNPVは上昇する。

証券口座の回転率（α）や1件当りのコスト削減（β）の増はNPVに寄与するが，それ程大きな変化が考えられるものではなかった。しかし，証券口座の数（N）は，現在の状況からして，大幅な増加が考えられないわけではなかった。

そこで，B部長は，シンクタンクコンサルタントに相談したところ，「そもそもこの投資に，明確な期限は今のところありませんね。それでは，ネット取引の普及で，さらなる増加の見込まれるNの増加を“待って”みてはどうか」とのアドバイスがあった。

図表11　インターネットの人口普及率（平成10～14年）

年次	インターネットの人口普及率（%）[1)2)]
平成10年	13.4
11	21.4
12	37.1
13	44.0
14	54.5

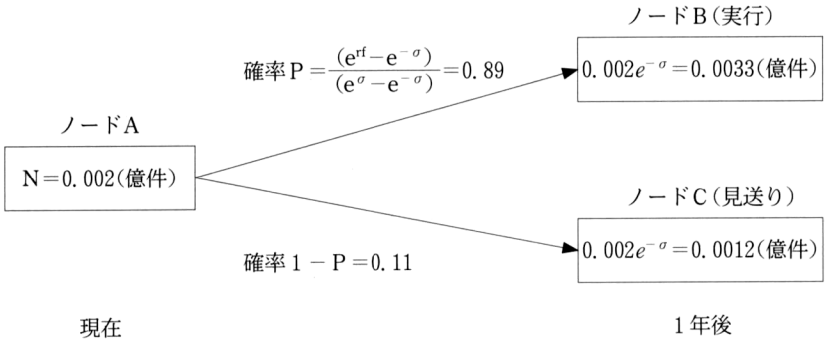
（注）1）パソコン，携帯電話，携帯情報端末，インターネット対応型テレビゲーム機，TV等からの利用者を含む。
2）高齢者及び小中学生の利用増を踏まえ，対象年齢を年々拡げており，平成12年末以前とは厳密に比較出来ない（平成11年末までは15～69歳，平成12年末は15～79歳，平成13年末から6歳以上）。
〔資料〕総務省情報通信政策局　「通信利用動向調査報告　世帯編」
〔出所〕総務省，「IT関連統計資料集」（http://www.stat.go.jp/data/it/zuhyou/i04.xls）

早速，再度タスクチームに命じて，Nの1年間のボラティリティ（変動係数，以下σ）を検討した結果，今後1年間の携帯電話やインターネットでのコンシューマー市場の株式取引の普及度合や，株式市場の活性化にインターネットの世帯普及率と線形の関係を仮定し，インターネットの人口普及率（図表11）の標準偏差よりσ＝0.49（推定期間：平成10年～14年のデータによる）。求めた。

また，r^f＝ドリフト項をインターネットの人口普及率の増加率の幾何平均より求めr^f＝0.42（推定期間：平成10年～14年）とし，式④より，αが確率$P=(e^{0.42}-e^{-0.49})/(e^{0.49}-e^{-0.49})$で1年後“上昇シナリオ”$Ne^{0.49}$に，1－Pで下落シナリオ$Ne^{-0.49}$に変化することを意味する（図表12）。

仮に今から1年後，上昇シナリオであった場合（ノードB）にのみ今回の投資を実行し，下

図表12　証券取引口座数Nのシナリオ



落シナリオ（ノードC）の場合は投資を実行しないとするとそのオプションを考慮したペイオフは，

NPV（option）

$=P(\sum_{t=1}^{n}C_t/(1+r)^t-I)(1/1+r)$

（1年後に投資実施のため，さらに現在価値に割り戻している）

$=((e^{0.65}-e^{0.21})/(e^{0.21}-e^{-0.21}))((12\alpha\beta N)(1/1+r)(1-(1/1+r)^n)/(1-(1/1+r))-I)/(1+r)$

（$N=0.0024$，$\alpha=0.8$，$\beta=500$，$n=3$，$r=0.02$，$I=30$）

$=14.07$

つまり，1年間投資を待つことによって，$N=0.002 \rightarrow Ne^{0.42}=0.0033$となったときにのみ投資を実行することができれば，今回の投資のNPVを14.07－(－2.31)＝16.38億円高めることが可能となるのである。この16.38億円が，図4①で示した「延期オプション」のオプションバリューである。Y部長はこの「延期オプション」を行使して1年間タスクを延長し，1年後，無事，Goサインを出すことができた。

・PDCAサイクルの実践

以上の検討はあくまでも投資実施当初のものであり，投資実施後の投資効果の検証が重要な意味をもつ（松島［1999］，小野［2003］）。そういった観点では，投資後，今回の変数の管理および，見直しが重要となる（N（証券口座数），α（証券口座の月間回転率），β（1件当りコスト削減額），r（社内金利），t（投資効果参入年数））。

（3）　保険会社のケース「自動車保険の携帯電話・インターネット更改」（東京海上［1991］，日本アクチュアリー会［2000］，東洋経済編集部［2003］等を参考に作成）

・IT投資検討の背景

C損害保険会社の自動車営業推進部長Z氏は，近年のeビジネスの浸透を自動車保険の拡販，収益向上につなげようと，タスクチームを組成して投資案件を検討した結果「自動車保険の携帯電話・インターネット更改」が俎上に上った。

自動車保険は1年契約が主体であり，それはすなわち，毎年更改の必要が生じることを意味する。当然競合他社は，あの手この手でC社の顧客の自動車保険の満期日を調査し，自社契約への切り替えを案内し，契約の奪取を狙ってくるため，満期日以前に，早期の更改を行うことが自社における継続率の向上につながる。

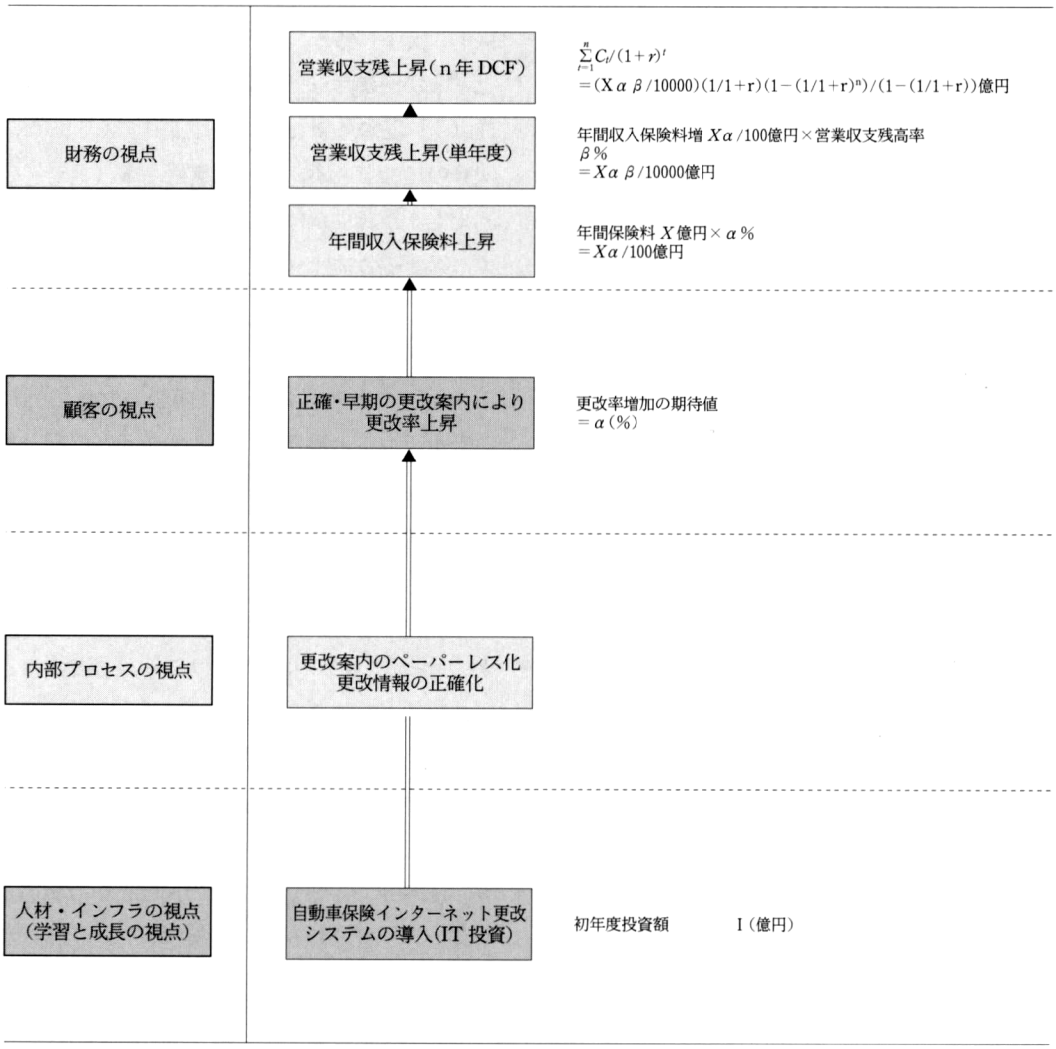
一方，更改申込書は，満期の3～5ヶ月前にC社事務センターで作成され，担当代理店宛，または契約者へ直接郵送されるか，団体扱いの場合は，職域宛に送付されるが，作成から送付までの間の，顧客住所や，職場の異動の未反映等により送付そのものに時間を要したり，車両入替等により契約内容が変更された場合に保険料の再計算が必要になったりと，手戻りや，途中での修正が入り，更改が満期日ぎりぎりになる等，他社への契約の流出の“隙”が生じていることが問題になっていた。

・IT投資案件の内容と期待される効果

これに対し，顧客が携帯電話またはパソコン等より更改用のサイトにアクセス，または代理店がPCや携帯電話を顧客に持参し，その場で最新の契約内容を確認しながら更改を行うことにより，更改を迅速化し，ひいては更改率を向上させようという案件を検討することとなった。

Z部長はこの投資案件の戦略的意図と投資効

図表13　投資効果の定量化（NPVの算出）



果を明確化して整理するため，バランス・スコアカード（BSC）を用いて，図表9を作成した。

・効果の収益構造

毎年更改対象となる自動車保険料X億円の更改率（%）が今回のIT投資によりαポイント上昇することにより，毎年の収入保険料（一般事業会社の売上高に該当）は$X\alpha$/100億円上昇するが，収入保険料のうちフリーキャッシュフロー（FCF）となるものの比率は「営業収支残高率」（(収入保険料－支払保険金－事業費用）/収入保険料），一般企業の売上高営業利益率に該当）β%であり，結果として，当該投資により，毎年$X\alpha\beta$/10000億円の収益増を得ることになる（図表13）。

・IT投資効果の算出

C社においては，戦略的基盤への投資の効果は投資実施後5年（n＝5）まで積算している。また，低金利を反映し，社内金利は2%（r＝0.02）であった。

さらに，昨年度決算によると，営業収支残率はコスト削減が奏効し8%（β＝8）であった。C社の自動車保険（全て1年契約）の年間収入保険料は5,000億円（X＝5000），更改率は，今回の投資により，85%から90%へと5%改善（α＝5）の見込みであることがタスクの検討において確認された。

一方，ITベンダーの見積もりを加味したIT投資額は，初年度のみ100億円であった。

Z部長は，以上のデータより，下記の通り投資の現在価値（NPV）を算出した。

社内金利，営業収支残高率は一定とする。

NPV

$$=\sum_{t=1}^{n}C_t/(1+r)^t-I \qquad \text{（式①より）}$$

$$=(X\alpha\beta/10000)(1/1+r)(1-(1/1+r)^n)/(1-(1/1+r))-I$$

（X＝5000，α＝5，β＝8，n＝5，r＝0.02，I＝100）

＝94.27－100＝－5.73

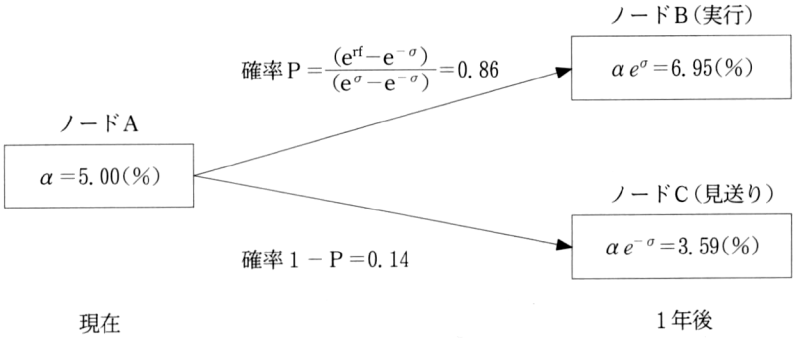
結果として，このプロジェクトのNPVは5億7,300万円の赤字となってしまった。しかし，戦略的に今回の投資は，どうしても避けて通れない関門であることは，Z部長も，上司のW常務も承知していが，NPVがマイナスのプロジェクトをW常務が承認しないことは今までの経験から明らかだった。

上記計算式のうち，改善の余地があるものはないか？Z部長は必死で考えた。社内金利（r）を下げるか，投資効果測定期間（n）を上げるか，またはベンダーに交渉して，投資金額（I）を減らせばNPVは上昇する。また，決算の指標である，営業収支残高率（β%）の向上も，投資効果に寄与する。しかし，それらは，Z部長がコントロールできるものではなかった。

Z部長は途方にくれ，顔見知りのコンサルティングファームのD氏に相談したところ，「そもそもこの投資は，更改率のα%の向上を狙ったものであり，αが5%より高まる可能性はないのか，もしそうであれば，その予測値が高まったときに投資するという選択肢（オプション）はないのか」との指摘を受け，これが，昨今流行の「リアルオプション」であるとのアドバイスを受けた。

早速，再度タスクチームに命じて，αの1年間のボラティリティ（標準偏差，以下σ）を検討した結果，図表8，図表11より法人，個人のインターネットの普及率の増加率と更改率の上昇率αとの間の線形関係を仮定した。また，同社の法人契約と個人契約の契約件数及び保険料はほぼ同額とみなせたことから，4.2.(1)・(2)で

図表14　更改率増分（α）のシナリオ



求めた法人・個人のインターネットの普及率の標準偏差（推定期間：平成10年～14年）の平均値（(0.16＋0.49)/2）≒0.33＝σが推定されるとの回答があった。

同様に，法人，個人のインターネット利用率増加率の幾何平均（推定期間：平成10年～平成14年）より，r^f＝ドリフト項を（(0.11＋0.42)/2）≒0.26とすると，式④より，αが確率P＝$(e^{0.26}-e^{-0.33})/(e^{0.45}-e^{-0.33})$で1年後“上昇シナリオ”$\alpha e^{0.26}$に，確率1－Pで下落シナリオ$\alpha e^{0.26}$に変化することを意味する（図表14）。

仮に今から1年後，上昇シナリオであった場合（ノードB）にのみ今回の投資を実行し，下落シナリオ（ノードC）は投資を実行しないとする，とそのオプションを考慮したペイオフは，

$$P\left(\sum_{t=1}^{n} C_t/(1+r)^t - I\right)(1/1+r)$$

（1年後に投資実施のため，さらに現在価値に割り戻している）

$$=((e^{0.55}-e^{0.29})/(e^{0.29}-e^{-0.29}))$$

$$((X\alpha\beta/10000)(1/1+r)(1-(1/1+r)^n)/(1-(1/1+r))-I)/(1+r)$$

$$=26.25 \qquad (X=5000,\ \alpha=5,\ \beta=8,\ n=5,\ r=0.02,\ I=100)$$

つまり，1年間投資を待つことによって，$\alpha=5 \rightarrow \alpha e^{0.45}=7.84$となったときにのみ投資を実行することができれば，今回の投資のNPVを26.25－(－5.73)＝36.98億円高めることが可能となるのである。この38.96億円が，「延期オプション」のオプションバリューである。Z部長はこの「延期オプション」を行使して1年間タスクを延長し，1年後，無事，Goサインを出すことができた。

・PDCAサイクルの実践

以上の検討はあくまでも投資実施当初のものであり，投資実施後の投資効果の検証が重要な意味をもつ（松島［1999］，小野［2003］）。そういった観点では，投資後，今回の変数の管理および，見直しが重要となる（X（更改対象保険料），α（更改率のIT投資実施前に対する増分），β（営業収支残比率），r（社内金利），t（投資効果参入年数））。

また，とくにαが事前の予測値から大きくはずれたとすれば，投資効果の本来的な部分であり，その標準偏差σを含めて再検討する必要がある。

V．むすびにかえて

1．小括

本稿では従来困難とされてきた金融機関のIT投資の定量評価の課題を「投資効果の定量

化」，「投資効果の不確実性の評価」の２つとし，実務レベルでの検討，議論の足がかりとなるべく，課題を整理した。また，従来検討されていなかった，金融機関の収益構造に踏み込んだ議論を展開し，銀行，証券会社，保険会社の現場意思決定者の観点でケースを作成することにより，不確実性を織り込んだ金融機関のIT投資効果の定量評価について，ある程度の道筋を示すことができた。

具体的には第Ⅰ章において従来投資効果の評価に使われてきた各種手法につき，整理した上で，第Ⅱ章においては「投資効果の不確実性の評価」に対してリアルオプションを導入し，投資効果のリスクに対する考え方を整理した。

また，第Ⅲ章においては「投資効果の定量化」に対してバランススコアカードを活用し，IT投資がどのように財務効果を生むのかを明示的かつ定量的に示す方法を提示した。

第Ⅳ章においては，第Ⅰ章から第Ⅲ章の議論を踏まえ，銀行，証券会社，保険会社各々の意思決定者がIT投資をバランススコアカードにより定量化，また，リスク変数を検討することにより，リアルオプションを導入して不確実性を評価した上でIT投資戦略を策定する具体的な仮想事例を作成した。

本稿は，従来特にIT投資の定量評価の困難であった金融機関である銀行，証券会社，保険会社を対象に「投資効果の定量化」「投資効果の不確実性の評価」という大きな課題に取り組み，事前及び事後にIT投資の効果を不確実性を織り込んで定量評価する一定の方法論を提示した。

2. 残された課題

IT投資の定量的評価については，本稿で取り上げた２つの課題である，「投資効果の定量化」，「投資効果の不確実性の評価」の他にも，以下のような課題があると考えられる。いずれも，より現実に近いIT投資の定量的評価を行うために，有用と思われるものである。

（1） 個別投資の効果の実証分析

第４章の各モデルのケースの充実は，意思決定者の参考となるであろう。そのためには実企業の管理会計データを相当数入手し，数年をかけて投資対効果を検証する必要がある。

（2） 原資産価格のドリフト（r），変動係数（σ）のより正確な推定方法の確立

(1)とも関連するが，r，σによりシナリオ，オプション価値は影響を受ける。金融機関内部における仮説検証の実例を増やすことにより，分散推定の精度を上げることは，当モデルのより有効な活用につながると考えられる。

（3） IT投資のコストのリスク評価

IT投資効果の評価は，コストを固定した上で効果を判断することに主眼がおかれるが，大規模プロジェクトともなると，プロジェクトリスクにより，開発期間超過等のコストの変動リスクが無視できなくなる可能性もある。金融機関にはこうした大規模投資の機会も増えているため，有用な議論となる可能性がある。

（4） ゲーム理論の導入

とくに寡占が成立している業界における新商品開発等，有力な競合相手の存在する場合には，競争相手の行動が原資産価格に与える影響を無視できなくなることが考えられる（Dixit［1994］，山口［2002］他）。

（5） 金融機関以外への適用

物流や，開発・製造といった領域へのIT投資のオプションモデルを導入し，対応する収益構造モデルを導入することにより，金融機関以外への適用が可能になるであろう。

参考文献

アムラム，M.N.石原雅行訳［2001］，『リアル・オプション　経営戦略の新しいアプローチ』，東洋経済新報社。

アンダーセンコンサルティング・金融ビッグバン戦略本部［1999］，『金融業のIT産業化』，東洋経済新報社。

伊藤嘉邦［2003］，『STP戦略で変わる！金融機関』，金融財政事情研究会。

小野修一［2003］，「投資効果の評価方法を知る」『日経コンピュータ』，日経BP社，通巻586号，62頁-69頁。

加藤敦［2002］，「IT分野におけるリアルオプション適用の可能性」（http://www2.dwc.doshisha.ac.jp/akatoh/realoptions.html），同志社女子大学。

――――［2003］，「第2章　ブロードバンド・コンテンツ・ビジネスに向けてのIT投資評価：「リアルオプション＋BSC」の提案」『ブロードバンド・コンテンツのプラットフォームと制作プロセスに関する研究』，企業活力研究所，83頁-131頁。

金融情報システムセンター［1994］，『金融機関等におけるシステム投資の効果測定に関する研究会報告書』，金融情報システムセンター。

――――［2002］，『金融情報システム白書（平成15年版）』，財経詳報社。

コープランド，T.栃本克之訳［2002］，『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。

ゴラン，O.N吉川武男訳［2000］，『戦略的バランストスコアカード』，生産性出版。

櫻井通晴［2001］，『ソフトウエア管理会計』，白桃書房。

週刊東洋経済編集部［2003］，『週刊東洋経済　臨時増刊　保険ビジネスの現在・未来が見える　生保・損保特集』，東洋経済新報社，通巻5842号。

谷守正行［2002］，「IT資産の原価計算と投資効果測定～バランスト・スコアカードを使ったIT戦略投資～」『バンキングシステム』，32巻・3号，2頁-42頁。

地域金融機関EB研究会［2003］，「地域金融機関の法人取引におけるIT活用」『金融情報システム』，通巻267号，119頁-161頁。

トゥリジオリス，L川口有一朗他訳［2001］，『リアルオプション』，エコノミスト社。

日本金融通信社［2003］，「ネット取引口座が急増　みずほインベスターズ4倍増　コスモは下期3万口座突破へ」『ニッキン　2003年11月7日号』，日本金融通信社。

日本アクチュアリー会［2000］，『損保2（平成12年改訂版）』，日本アクチュアリー会。

野村総合研究所［2002］，「プロが教える業種・業務知識　証券会社編」『日経ITプロフェッショナル9月号～12月号』，日経BP社，通巻4号～7号。

広瀬一人［2001］，「投資判断の新潮流　不確実性から利益生む」『日経情報ストラテジー』，日経BP社，第10巻10号，212頁－215頁。

東京海上火災保険・東京海上システム開発［1991］，「損害保険とコンピュータ」，損害保険事業総合研究所。

眞壁修［2001］，『図説　よくわかる金融ネット』，PHP研究所。

松島桂樹［1999］，『戦略的IT投資マネジメント』，白桃書房。

山本大輔［著］・刈屋武昭［監修］［2001］，『入門リアル・オプション』，東洋経済新報社。

山口浩［2002］，『リアルオプションと企業経営』，エコノミスト社。

吉川武男［1997］，『金融機関のABCマネジメント』，東洋経済新報社。

――――・ベリングポイント［2003］，『バランス・スコアカード導入ハンドブック』，東洋経済新報社。

マン，J C. 川口　有一郎訳［2003］，『実践　リアルオプションのすべて』，ダイヤモンド社。

Benaroch M. and R. Kauffman［1999］, "A Case for Using Real Options Pricing Analysis to Evaluate Information Technology Project Investments"
（http://sominfo.syr.edu/facstaff/mbenaroc/resume/PAPERS/OPM-ISR/WWW-PAPR.html）*Information Systems Research,* pp70-86

Chalasani P. and S. Jha［1998］, "An Options Approach to Software Prototyping"
（http://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub1/chalasani_prasad_1998_4/chalasani_prasad_1998_4. pdf）

Dixit A and R.S. Pindyck［1994］, "Investment Under Uncertainty", Princeton University Press

Kumar R［1997］, "Understanding the Value of Information Technology Enabled Responsiveness", *The Electronic Journal of Information Systems Evaluation*
（http://www.ejise.com/volume-1/volume1-issue1/issue1-art1.htm）

Parker M. and R.J. Benson［1990］, "Information Strategy and Economics", Prentice Hall

Schwartz Eduardo. S. and Carlos Zozaya-Gorostiza［2000］, "Valuation of Information Technology Investments as Real Options"
（http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=246576）

（埼玉大学大学院経済科学研究科博士後期課程）