

クラウドERPの投資タイミングにおける リアル・オプション適用

東京理科大学 工学部 経営工学科 4年 4408076 松村 卓

発表構成

1. 研究背景
2. 研究目的
3. 分析手法
4. モデル提案
5. 分析手法
6. 結果・考察
7. まとめ
8. 参考文献・付録

研究背景①～IT市場と投資の背景～

クラウド・コンピューティング(付録29,30)の発達

- ・ グループウェア・webメールから基幹業務パッケージまで適用範囲が拡大

コスト削減重視

- ・ 金融危機・震災の影響で,企業のIT投資額が減少.(図1)

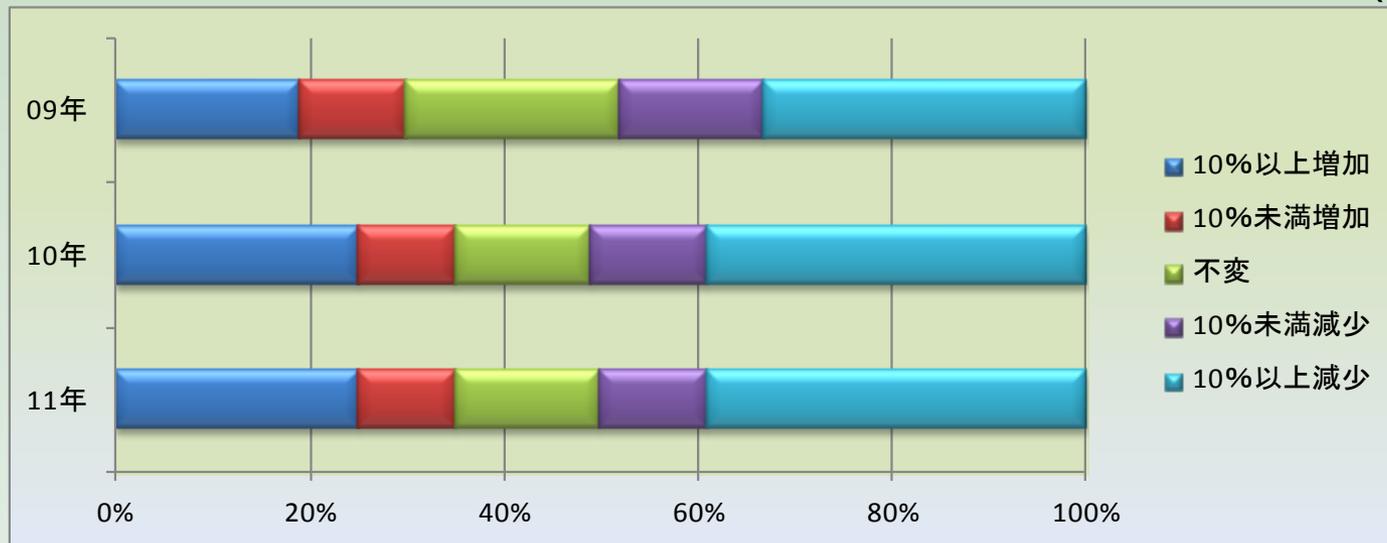


図1: 日本企業のIT投資額[6]

研究背景②～ERPとは～

ERP(Enterprise Resource Planning) (付録p27,28)

- 「最新のITを活用した受注から出荷までの一連のサプライチェーンと管理会計,財務会計人事管理を含めた企業の基幹業務を支援する統合情報システム」である.[8]
- 基幹業務パッケージにおいて, ERPは他のパッケージよりも導入率が高い.(図2)

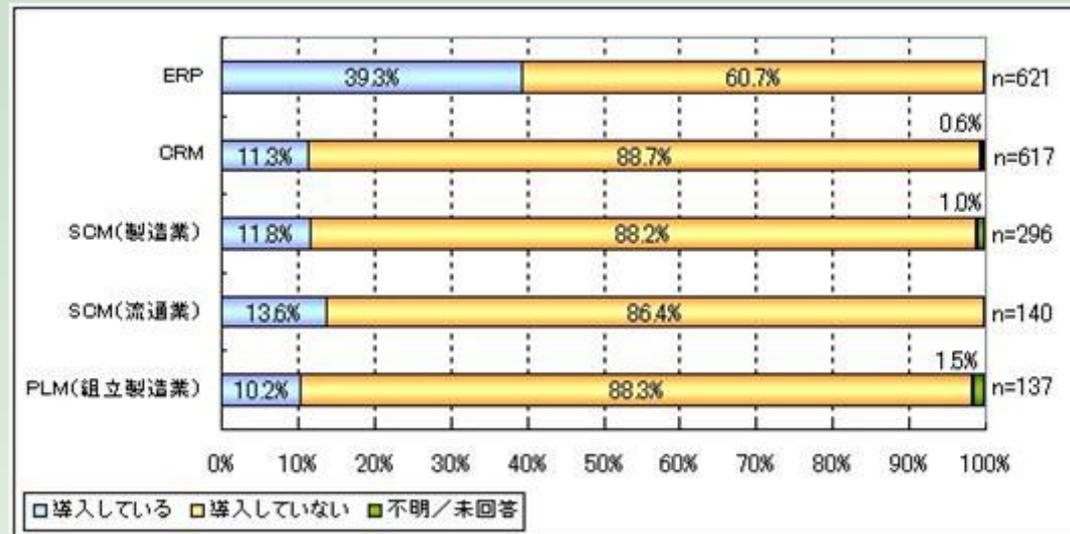


図2: 基幹業務パッケージの導入率[12]

研究背景③～既存型ERPの現状～

- ▶ ここで既存型ERPとは、ハード・ミドルウェアを自社で管理する形態の製品を指す。
- ▶ 既存ERPはコストが高くニーズに合致していない。(図3)

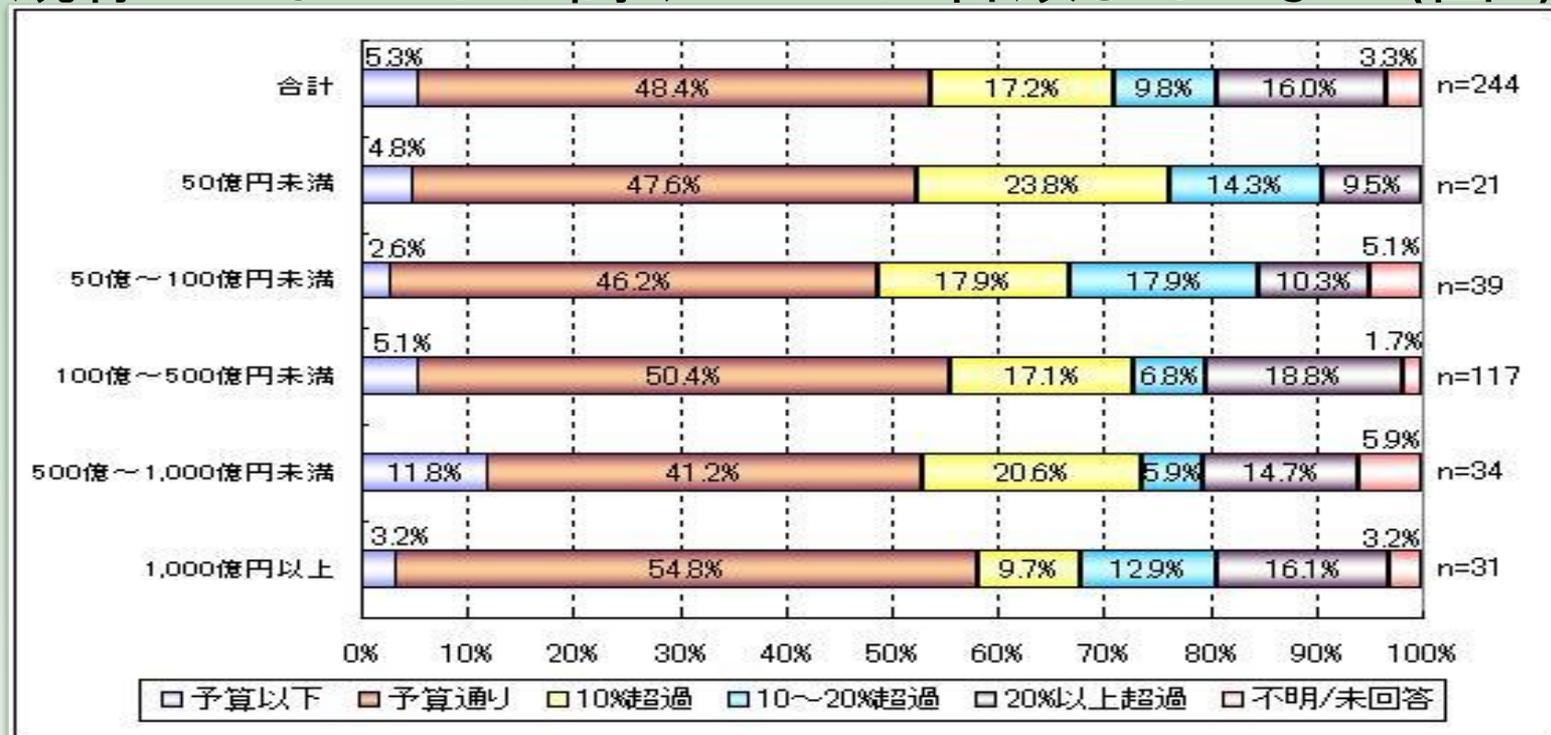


図3: 既存ERPのコスト超過率[12]

研究背景④～クラウドERPのメリット・デメリット～

▶ **メリット**

1. コスト削減

- 月額制での課金.規模の経済による維持費の低下.ハード面の費用.

2. 不確実性への対応

- 事業の拡大・縮小等の不確実性は存在.既存型よりハードウェア面での心配が少なく,フレキシブルな対応が可能

▶ **デメリット**

1. セキュリティの脆弱性

- クラウド化により既存では発生しなかった課題の発生可能性.

2. 将来的な初期投資費用の価格低下

- 現時点では新規技術のため提供側の知識不足・導入過程でのバグの発生・導入のパターン化が進んでいない可能性.

研究背景⑤～企業のERP導入意思～

- ▶ 新規導入検討よりも、既にERPを使っている顧客の方が、今後のERPへの投資を考えている。(図4)

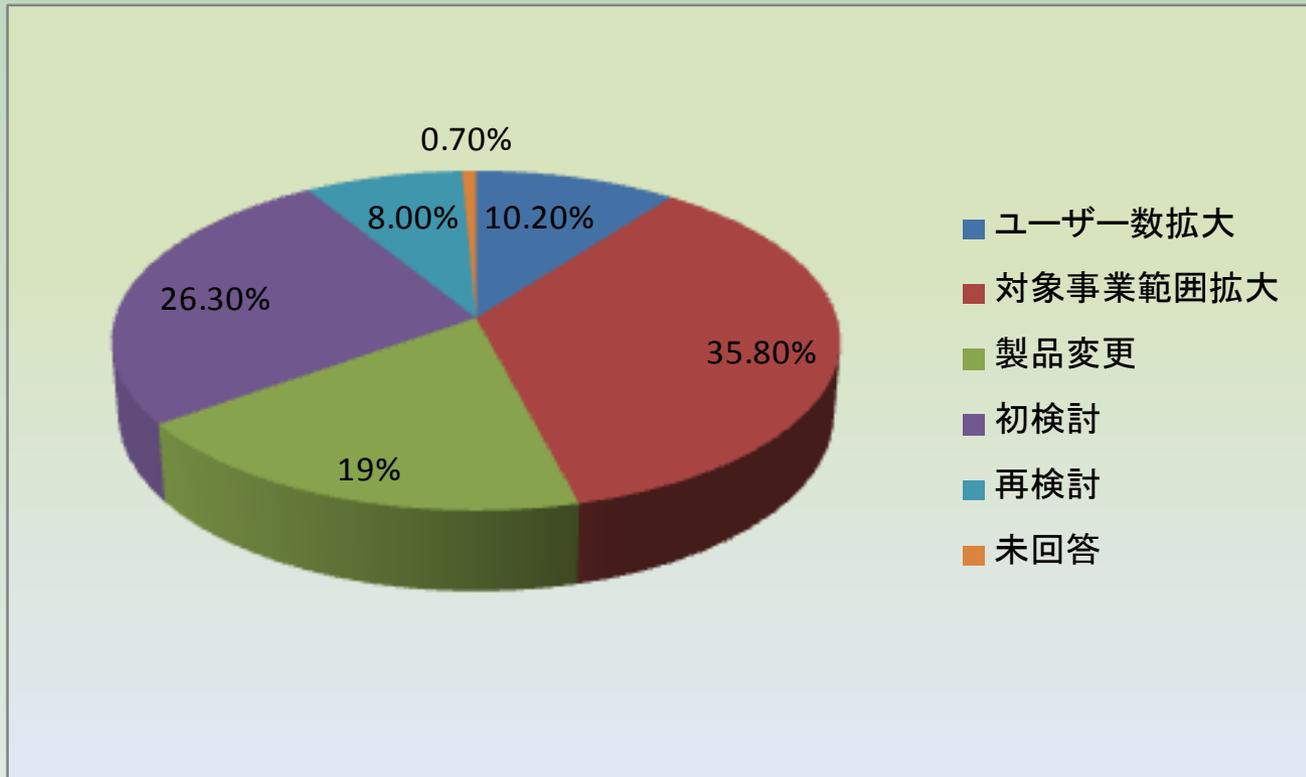


図4:ERPの導入検討比率[13]

研究目的

研究背景

ERPの市場は他のパッケージに比べ大きい。しかし既存型では顧客要求に合致しない。

企業が持つ不確実性を踏まえた導入検討が必要。

クラウド型ERPの台頭,既存ユーザーの興味。

研究目的

クラウドERPにリアル・オプション分析を適用し,既存型とのコスト比較を行い,適切な投資タイミングを検討する。

分析手法

▶ リアル・オプションとは

予め決められた期間(行使期間)内に,予め決められたコスト(行使価格)で,何らかの行動を行う権利(義務ではない).

▶ リアル・オプション・アプローチ(ROA)

不確実性の高い事業の価値を評価する際に,
確率的・動的な視点から評価する.



- 従来の評価手法である正味現在価値(NPV)等では将来の不確実性を考慮しにくい.
- ROAは不確実性を考慮した評価手法である.

モデルの適応対象

対象

- 既存ERPを持ち, クラウドERP導入を検討している企業(仮想)

対象範囲

- 企業内のIT投資対象(ERP)

対象期間

・評価

- 評価: 期間内の各年度における価値について評価
- 期間: 10年(企業の長期的経営計画)

原資産設定

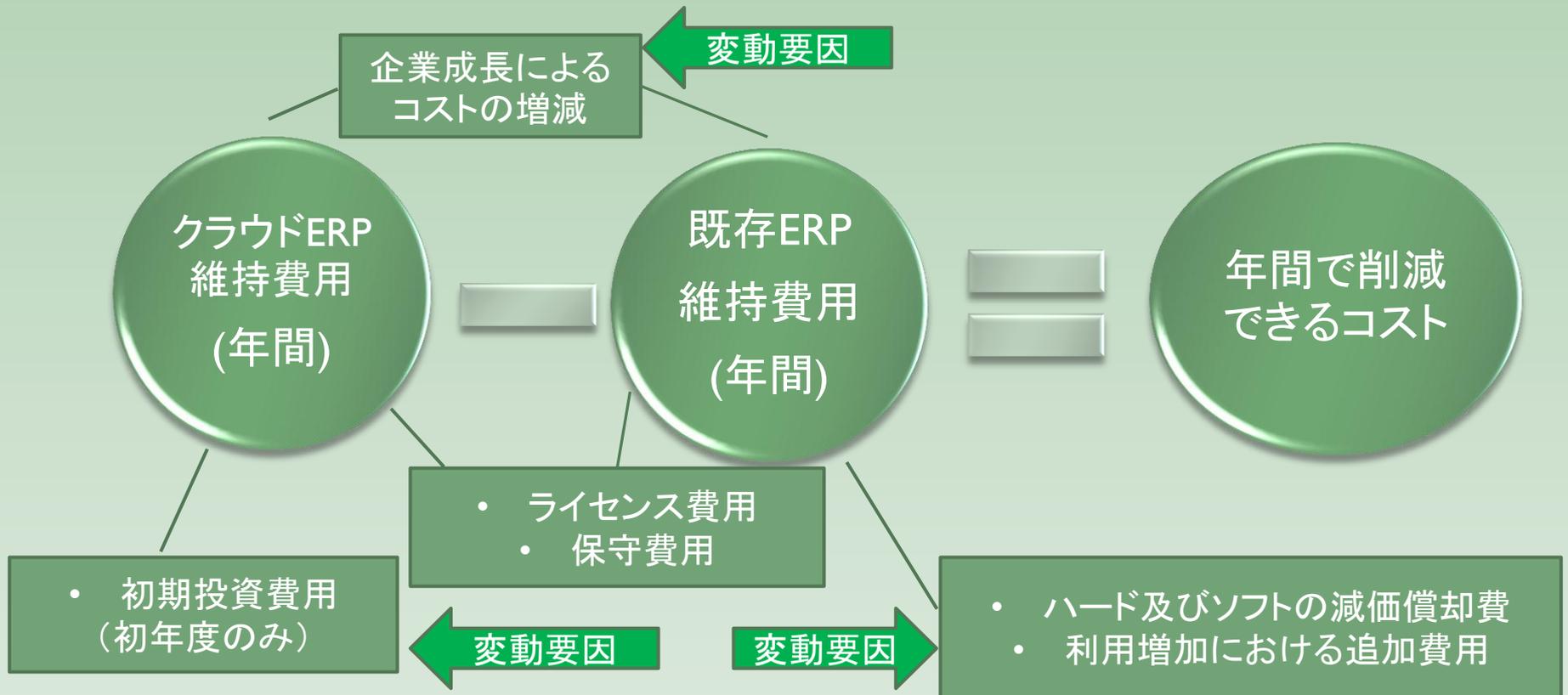


図5:原資産設定のモデル



•モンテカルロシミュレーションを用いて年間削減コストを推定.

モデルの定式化

▶ クラウドERPの維持コスト

$$C_x = \sum_{i=1}^{12} (u * Rp_{ix} + Hp_{ix}) + I \dots (1)$$

▶ 既存ERPの維持コスト

$$C_y = \sum_{i=1}^{12} Hp_{iy} + (Sp + SWp) \\ + Rp_y * u \dots (2)$$

▶ 年間削減できるコスト及びコストのNPV

$$C = C_x - C_y \dots (3) \quad NPV = \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+z)^i} \dots (4)$$

削減できるコスト (付加価値): C

t年目に必要なクラウドERP維持コスト: C_x

t年目に必要な既存ERP維持コスト: C_y

ユーザーライセンス数: u

保守・運用料金: H_p

ライセンス月額料: R_p

既存ERPのライセンス数: r

サーバー費用: S_p

ソフトウェア費用: SW_p

初期投資額: I

期間: T

割引率: Z

評価方法

▶ モンテカルロシミュレーションの実行

(1)～(4)式を用いてシミュレーションを行う(10000回)

▶ NPV・ROAによる価値評価・分析

▶ タイミング・オプションによる評価

→ 時期を特定せずにいつ投資するのが最適なのかを図るオプションである.[1]

1. 投資時期毎のNPVの単純比較評価(本源的価値のみ)
2. 複数ヨーロピアン・コールの比較評価

(本源的価値+時間的価値)

投資時期毎のNPVの単純比較

- ▶ 即日投資のNPVを基準とし、x年待機後のNPVから差し引く。得た値をリスク調整済割引率で現在価値ベースに割引く。
- ▶ 割引後の値が最大であるx年を最適投資時とする。

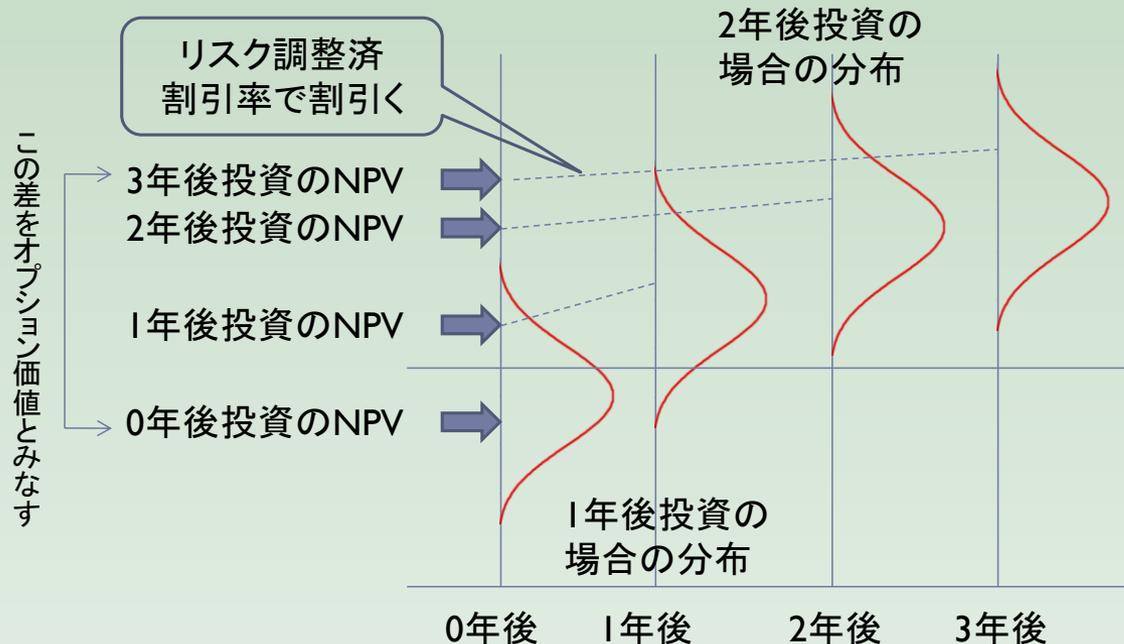


図6: 投資タイミングの違いとプロジェクトNPV

複数ヨーロピアン・コールによる比較評価

- ▶ オプション期間を1年,2年,...とする複数のコールオプションを想定する.
- ▶ 原資産はプロジェクトPV,権利行使価格は投資額とする.
- ▶ 満期日に評価を行い,価値が最大のオプション期間を最適な投資タイミングとする.

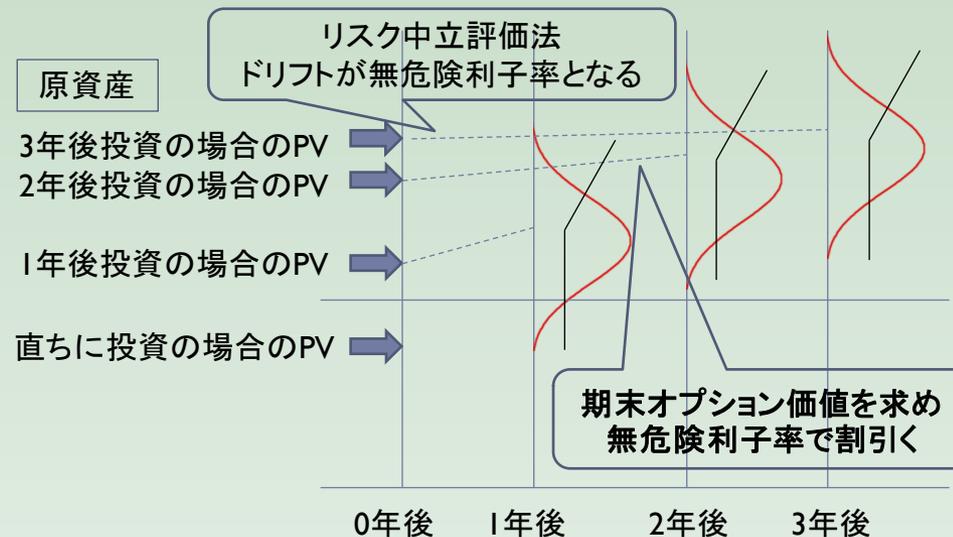


図7: 権利行使時期の異なるオプション

Black-scholes-modelについて

- ▶ 複数ヨーロッパ・コール評価手法として, Black-Scholes法を用いる. 算出式は以下の通り.

$$P = -SN(-d_1) + Xe^{-rT}N(-d_2) \dots (5)$$

$$d_1 = \left(\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T \right) / \sigma\sqrt{T} \dots (6)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \dots (7)$$

P : オプションの価値

S : 原資産

X : 回収額

T : オプション期間

r : リスクフリーレート

σ : ボラティリティ

$N(-d_1), N(-d_2)$: 累積確率

- ▶ ここで原資産 S : 年間コスト削減額のPV
回収額 X : 初期投資額とする.

使用パラメータ(要約)

表1: モデル導出に必要なパラメータとその概要

使用パラメータ	概要と数値
クラウド型ERPライセンス月額料[17]	8300円/1ライセンス (販売・購買・在庫管理)
クラウド型保守費用(ソフトウェア管理費)[17]	160円/1ライセンス
クラウド型初期投資(コンサルティング費用)[17]	500000~6000000円(工程数によって変動)
既存型ERPライセンス料金(年間契約)[18]	105000円/1ライセンス (販売・購買・在庫管理)(6ライセンス~)
既存型ERP保守費用(固定費)[18]	200000円/1社
既存型初期投資額(ソフトウェア)[18]	2730000円(5ライセンス込)
既存型初期投資額(ハードウェア)[19]	1701000円/台(使用率50%の容量をもつサーバ)
意思決定期間	1年毎
加重平均コスト	0.04([18]のデータ提供元のwacc(2006~2010の平均)) * [17]が上場していないため
リスクフリーレート	0.0137(国債利回り2001~2011年度の平均値)
ソフトウェア減価償却年数	5年(国税庁)
ハードウェア減価償却年数	6年(国税庁)

シミュレーション内容①

- ▶ モンテカルロシミュレーションにより変動費を動かしNPV及びヨーロッパ・コールを算出する。(モンテカルロDCF法)

※DCF=(discount cash flow)企業が将来にわたって生み出すフリーキャッシュフローを推計し、その流れを一定の率によって割り引いて算出した現在価値のこと。

● 分析を行うに当たっての想定

- ▶ 現在10ライセンスを使用し、将来的に100ライセンスまで増加すると仮定。
 - ▶ 削減コストCは企業成長を仮定し、ロジスティック分布を用いて変動させる。
 - ▶ 初期投資Iは時間により低減すると仮定し、指数分布を用いる。
 - ▶ サーバーは使用率80%を超過した時点で追加でサーバーを購入する。

シミュレーション内容②

- ▶ S-plusによるExcelシートの読み込みにより,データの編集及び計算を行った.
- ▶ モンテカルロ・シミュレーションはCrystalBallを用い,想定における各変動費の平均を算出した.
- ▶ S-plusによるプログラミング機能を用いNPV及びblack-scholes-modelによるコールオプションの価値算出を行った.(付録参照)

結果

- ▶ モンテカルロDCF法によるNPV及びblack-scholes-modelによるコールオプションの価値 (ROA) の算出結果は以下の通り.

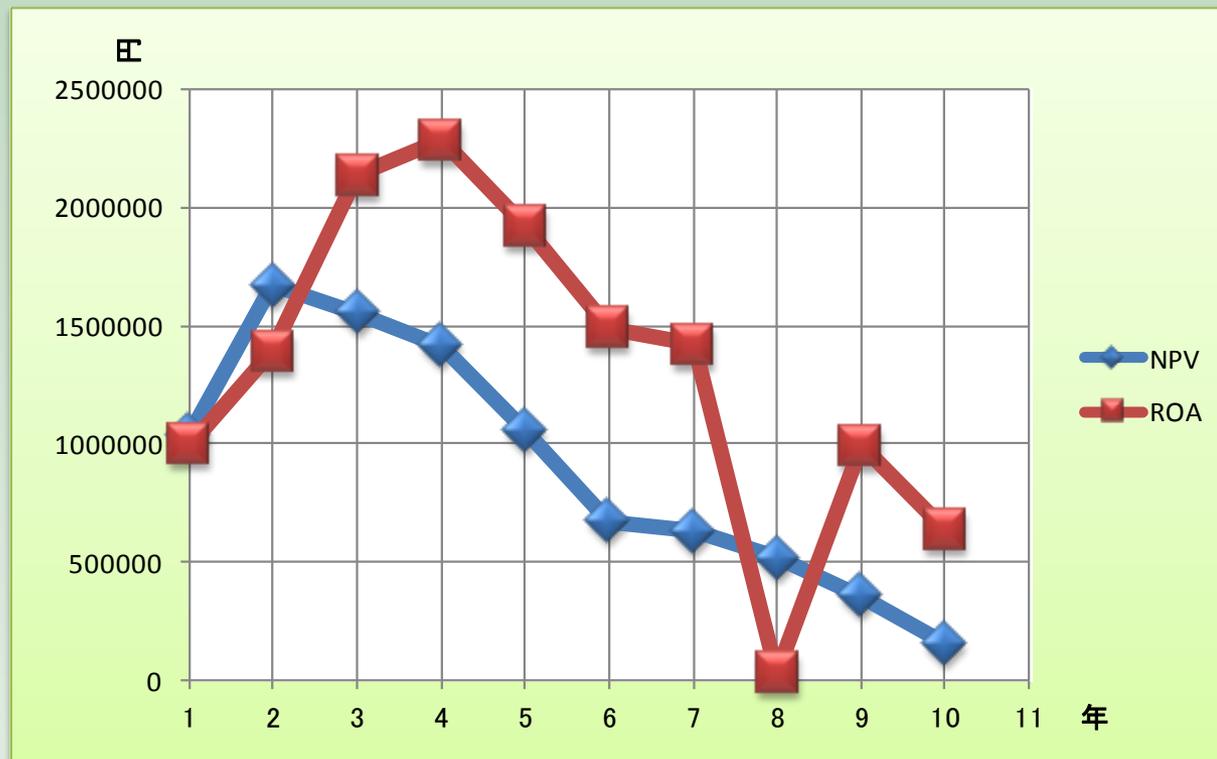


図8: NPVおよびROAによる投資タイミング評価

クラウドERPの投資タイミングにおけるリアルオプション適用 2012/1/13

考察

- ▶ 図8より, NPVによる投資判断では2年待機が最適となった.
- ▶ またヨーロピアン・コールによる投資判断では4年待機が最適となった.

→ NPVとヨーロピアン・コールによる投資タイミングに差が見られる.

→ 不確実性による時間的価値の変動が投資タイミングに影響を与えられられる.

まとめ・課題

● まとめ

- ▶ ERPの様な基幹型パッケージにおいて,クラウド化を検討する場合,NPVのみの評価よりも,時間的価値を判断できるヨーロッパ・コールも検討するべきである.

● 今後の課題

- ▶ アメリカン・オプションによる連続的なオプション価値の評価
- ▶ より多数の不確実性を考慮したオプション価値評価

参考文献

- ▶ [1]:加藤 敦,「リアルオプションとITビジネス」,エコノミスト社
- ▶ [2]:コープランド・T, アンティカロフ・V, 栃本 克之,「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
- ▶ [3]:中兼 純,瀬古沢 照治,「ERP投資評価へのリアルオプションへの適応」,電気学会論文誌. C, 電子・情報・システム部門誌, 130(12), 2249-2255, 2010-12-01 社団法人 電気学会
- ▶ [4]:小園 健太,「リアル・オプション分析による仮想化導入へのIT投資評価」東京理科大学 卒業研究論文集2009年度
- ▶ [5]:テックターゲットジャパン(<http://techtarget.itmedia.co.jp>) 最終閲覧日2011/9/3
- ▶ [6]:IDC JAPAN(<http://www.idcjapan.co.jp>) 最終閲覧日2011/9/3
- ▶ [7]:株式会社協和エクシオ(<http://www.exeo.co.jp>) 最終閲覧日2011/9/3
- ▶ [8]:ERPパッケージの知識(<http://www.sk-erp.com/index.html>)最終閲覧日2011/9/3
- ▶ [9]:宮脇啓透,「価値分析によるIT投資評価について」(http://www.jri.co.jp/consul/cluster/data/ict/it_investments.htm) 最終閲覧日2011/9/3
- ▶ [10]:ITpro(<http://itpro.nikkeibp.co.jp>)最終閲覧日2011/9/3
- ▶ [11]:@IT(<http://www.atmarkit.co.jp>)最終閲覧日2011/9/3
- ▶ [12]:YANO ICT (<http://www.yanoict.com>)最終閲覧日2011/9/7
- ▶ [13]:ITmedia エンタープライズ(<http://www.itmedia.co.jp>)最終閲覧日2011/9/7

参考文献

- ▶ [14]ITトレンド: <http://it-trend.jp/> , 最終閲覧日2011/9/23
- ▶ [15] NTRAND: <http://www.ntrand.com>, 最終閲覧日2011/9/23
- ▶ [16]iFinancial: <http://www.ifinance.ne.jp>, 最終閲覧日2011/9/23
- ▶ [17] ZACEnterprise製品資料・価格表, 株式会社オコ提供
- ▶ [18]TENSUITE(C/S版)ver3.0製品資料・価格表, 株式会社日立情報システムズ提供
- ▶ [19](株)日立製作所
<http://www.hitachi.co.jp/products/bladesymphony/product/bs2000.html>
- ▶ [20]ZDNet Japan
http://japan.zdnet.com/security/sp_deepsecurity2011/20426616/

付録

▶ 用語説明①

▶ リアル・オプション価値 (ROV) の定義

- ▶ ROVは事業の価値のうち,将来のオプションから生み出される価値.

プロジェクトの価値 = ROV + DCF法による価値

▶ リアル・オプションの概念

▶ 狭義のリアル・オプション法

- オプション・プライシング理論を使用して評価する手法

EX) ブラック=ショールズ・モデル, リスク中立アプローチ

▶ 広義のリアル・オプション法

- オプションプライシング理論を使用せず評価する手法

EX) DCF法・, デジヨン・ツリー・アナリシス

▶ 用語説明②

- ▶ コール・オプション: 買う権利を与えるオプション.
- ▶ プット・オプション: 売る権利を与えるオプション.
- ▶ プレミアム: オプション自体の価格.
- ▶ 権利行使: オプション契約に従って実際に資産を売買すること.

▶ オプションの種類

- ▶ ヨーロピアン・オプション: 満期日にのみ権利行使が可能.
- ▶ アメリカン・オプション: 満期日までいつでも権利行使可能.

▶ 用語説明③

PV(現在価値): 将来のキャッシュ・フローを現在の価値に置き直すと、どれほどの価値があるかを示す指標である。一般的に資金をn年後確実に受け取ることができるとすれば、n年間資金を運用する場合の金利z%とすると、を(1+z)のn乗で除すことにより、の現在価値であるPを求めることができる。式は以下の通りである。

$$P = \frac{F_1}{1+z} + \frac{F_2}{(1+z)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+z)^n} \quad PV = \frac{\sum_{i=1}^n CF}{(1+z)^i}$$

NPV(正味現在価値)を求めることができる。正味現在価値とは、ある事業によって毎年生み出されるキャッシュ・フローを適切な割引率で割り引き、現在価値に換算し、初期投資額Iを差し引いたものを指す。導出された値が事業価値となり、この方法を正味現在価値法(NPV)という。値は以下の式で導出される。

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{FCF_i}{(1+z)^i} = PV - I$$

▶ 用語説明④

▶割引現在価値(DCF)法:事業の価値は,その事業が将来に生み出すとされるキャッシュフロー(以下,CF)の総和と考えられる.どんな事業にも資本コストがかかるので,将来の資本コストから資本コストを割り引くことによって現在価値に換算する必要がある.この事業分析法を割引現在価値(DCF)法という.

将来のn期間に発生するフリー・キャッシュ・フロー(以下,FCF)をとし,単位機関の割引率をzとすると,現在価値(PV)は,以下の通りである.

▶フリー・キャッシュ・フロー:企業が債権者や株主などに分配することのできる資金額をさす.この資金は,企業が調達した資金を運用することで生み出される.従って,FCFは運用によって流入する資金を捉えることによって求められる. また,FCFは以下の式により導出できる.

$$FCF = \text{営業活動によるCF} - \text{設備投資による支出} = \text{営業利益} - \text{営業利益に対する税金} + \text{減価償却費} - \text{設備投資による支出}$$

また,営業利益に対する税金,減価償却費は以下の式のように求められる.

営業利益に対する税金 = 損益計算書における法人税等 - (受取利息 + 営業利益以外の利益 - 支払利息) * 法人税etc...

減価償却費 = 償却資産の取得率 * 0.9 / 耐用年数(定額法)

▶ 用語説明⑤

▶割引率:企業・事業の経済的価値の投資プロジェクトの評価においては,資金の時間価値とリスクを反映させた割引率を用いて,期待CFを割引き,現在価値の形にするのが一般的である.
この割引率として資本コストを用いるのが原則である.

資本コスト = リスク・フリーレート+リスク・プレミアム

リスク・フリーレート:安全資産のリターン

リスク・プレミアム :事業のリスクに応じたリターン

▶ドリフト:平均収益率.

➤ERPの主な機能

ERPは、受注から出荷までカバーしている。その為、多くの機能をもっている。また機能ごとに、サブシステムを持っている

しかし、データベースによっては、1つで全部のシステムが動くように設計されている。ERPパッケージの主な機能としては以下の点がある。

会計管理: 財務会計(一般会計,買掛金管理,売掛金管理,財務管理)・手形管理・管理会計(間接費管理,製品製造原価会計,収益性分析・管理)・財務会計

販売管理: 受注管理・出荷・売上げ・請求,売掛管理

在庫管理: 受払管理・棚卸資産評価

購買管理: 発注管理・入荷,仕入れ・支払い・買掛管理

生産管理: 製番管理・所要量計算・外注管理・製造工程・作業実績・原価計算

品質管理: 品質保証・品質管理

プラント保全: プラント保全・文書管理・サービス管理

人事管理: 人事管理・給与

固定資産管理

プロジェクト管理

ワークフロー

業界別ソリューション

➤ERP導入の目的

ERPを導入することで達成する目的は以下の点である。

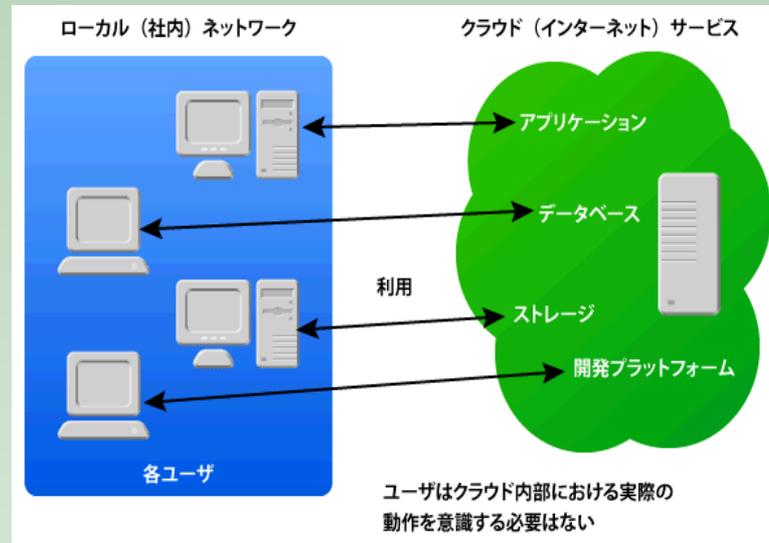
- 全世界の企業の業務ベストプラクティスが利用可能
- リアルタイムへの対応
- 情報処理コストの抑制コンピュータ関連のコスト削減.
- 短期で安価・良品が生成可能
- オープン/マルチベンダ環境の実現
- グローバル化
- 統合データベースの実現
- システムジャングルの解消

以上の点を達成することで以下の経営目的を達成できる。

- キャッシュフローの向上
- 売上,利益の向上
- 顧客満足の上
- 在庫削減
- 間接コストの削減
- 縦割りの非効率な会社の動きの改善

➤クラウド・コンピューティングの定義

クラウド・コンピューティングとは、ネットワーク上に存在するサーバーが提供するサービスを、それらのサーバー群を意識することなく利用できるコンピューティングを指す。



図a: クラウド・コンピューティングの概念図

つまりは、従来ローカル・コンピュータや自社管理のネットワーク内部に所在していたリソースをクラウド上つまりインターネット上に配置することにより実現する。ここで言うリソースはソフトウェアやハードウェア、大規模インフラや開発環境プラットフォームなど複数の階層のものを含む。

▶ 主なクラウド・コンピューティングの種類

SaaS: ソフトウェアやアプリケーションをネットワーク経由でサービスとして提供する形態。ユーザは、提供されるアプリケーション・サービスに対してその使用料を支払う。代表的なサービスとして、オンデマンドによりCRM (Customer Relationship Management), SFA (Sales Force Automation) アプリケーションを提供するセールスフォース・ドットコム「Salesforce.com」等が挙げられる。

PaaS: 企業のIT環境を構成するハードウェアをはじめ、OSやミドルウェア、データベース、さらには開発言語やAPI (Application Programming Interface) といったシステム開発のためのツールも含めたプラットフォーム一式を提供するもの。Googleの「Google App Engine」等がその代表となる。ユーザ独自のシステム構築をオンデマンドで素早く、安価に実現できる点がメリットと言える。

IaaS: はネットワークを介して、サーバやストレージ等のハードウェア資源を提供するもの。「IaaS (Infrastructure as a Service)」と呼ばれることもある。現在、最も普及しているサービスであり、多くのデータセンター／ホスティング事業者において提供が開始されている。特に最近では、プロビジョニング機能等により、ユーザがオンデマンドで柔軟にリソースの拡張を行えるような、より利便性の高い仕組みを備えたサービスも登場している。



図b: クラウド・コンピューティングの種類

Black-scholes-modelについて

Black-Scholes modelとは,ヨーロッパ・タイプ(満期日にのみ行使可能なオプション)のオプション価格を計算するモデルである.

このモデルは1973年にアメリカのフィッシャー・ブラック(Fisher Black)とマイロン・ショールズ(Myron Scholes)が共同で発表し,ロバート・マートン(Robert C.Merton)によって証明されたオプション価格評価モデルである.

計算に必要なデータ(株価,行使価格,期間,変動率,金利)は市場で入手できる上,計算にかかる時間が非常に短いという利点があるため,実務で広く利用されている.

S-plusによるblack-scholes-model

```
#=====
#black-scholes-modelによるコール・オプションの評価
#=====
Valuation = function(pv, i, time)
{
  r <- 0.0137
  sigma <- 0.15
  cat("project Value =", pv, "yen¥n")
  cat("strike =", i, "yen¥n")
  cat("volatility =", sigma, "%¥n")
  cat("maturity =", time, "years¥n")
  cat("risk free rate =", r, "yen¥n")

  d1 <- d1 - sigma * sqrt(time)
  bs.call <- pv * pnorm(d1) - i * discount.fact * pnorm(d2)
  cat("bs call value=", round(bs.call, 3), "¥n")
}

Valuation(7038267.086,6000000,1)
Valuation(5954583.6,4579656.4,2)
Valuation(5534851.539,3495542.123,3)
Valuation(4833934.352,2668063.643,4)
Valuation(3843979.892,2036469.123,5)
Valuation(2943587.526,1554388.142,6)
Valuation(2513161.19,1186427.267,7)
Valuation(2078018.572,2265502.934,8)
Valuation(1611515.544,691201.0814,9)
Valuation(1111333.22,527577.2426,10)

#=#Net Present Value=====
  NPV <- pv - i
  cat("NPV call value=", round(NPV, 3), "¥n")

#=====Black scholes Model=====
  discount.fact <- exp( - r * time)
  d1 <- (log(pv/i) + (r + sigma^2/2) * time)/(sigma *
sqrt(time))
```

S-plusによる出力結果

> Valuation(7038267.086, 6000000, 1)
project Value = 7038267.086 yen
strike = 6000000 yen
volatility = 15 %
maturity = 1 years
risk free rate = 0.0137
NPV call value= 1038267.086
bs call value= 997519.81

> Valuation(5954583.6, 4579656.4, 2)
project Value = 5954583.6 yen
strike = 4579656.4 yen
volatility = 15 %
maturity = 2 years
risk free rate = 0.0137
NPV call value= 1671375.27
bs call value= 1393202.255

>Valuation(5534851.539,3495542.123, 3)
project Value = 5534851.539 yen
strike = 3495542.123 yen
volatility = 15 %
maturity = 3 years
risk free rate = 0.0137
NPV call value= 1551732.416
bs call value= 2136805.298

> Valuation(4833934.352, 2668063.643, 4)
project Value = 4833934.352 yen
strike = 2668063.643 yen
volatility = 15 %
maturity = 4 years
risk free rate = 0.0137
NPV call value= 1412640.709
bs call value= 2284274.799

> Valuation(3843979.892, 2036469.123, 5)
project Value = 3843979.892 yen
strike = 2036469.123 yen
volatility = 15 %
maturity = 5 years
risk free rate = 0.0137
NPV call value= 1057056.769
bs call value= 1919563.069

> Valuation(2943587.526, 1554388.142, 6)
project Value = 2943587.526 yen
strike = 1554388.142 yen
volatility = 15 %
maturity = 6 years
risk free rate = 0.0137
NPV call value= 670684.384
bs call value= 1487726.399

> Valuation(2513161.19, 1186427.267, 7)
project Value = 2513161.19 yen
strike = 1186427.267 yen
volatility = 15 %
maturity = 7 years
risk free rate = 0.0137
NPV call value= 627956.623
bs call value= 1421067.369

> Valuation(2078018.572, 2265502.934, 8)
project Value = 2078018.572 yen
strike = 2265502.934 yen
volatility = 0.15 %
maturity = 8 years
risk free rate = 0.0137
NPV call value= 5153706.362
bs call value= 28863.504

> Valuation(1611515.544, 691201.0814, 9)
project Value = 1611515.544 yen
strike = 691201.0814 yen
volatility = 0.15 %
maturity = 9 years
risk free rate = 0.0137
NPV call value= 352508.463
bs call value= 991835.528

> Valuation(1111333.22, 527577.2426, 10)
project Value = 1111333.22 yen
strike = 527577.2426 yen
volatility = 0.15 %
maturity = 10 years
risk free rate = 0.0137
NPV call value= 154145.977
bs call value= 639569.168