総合科目Ｂ「技術経営入門」
金融工学

２００５年１２月１４－１５日

東京工業大学
大学院イノベーションマネジメント研究科技術経営専攻
中川　秀敏

今回述べられていることは、すべて中川の個人的な見解・意見であり、必ずしも一般的な見解・意見と考えないでいただきたい。

今日の金融業は

「最先端技術を駆使した製造業」

という表情をもつ。

即ち、金融業が今後も生き残るためには

「金融技術のイノベーション」

が不可欠である。

話題

1. 「金融工学」「数理ファイナンス」とは？
   - 役に立つ学問？　儲かる学問？

2. 銀行の抱える「リスク」とは？
   - 信用リスクモデルの精緻化・オペリスクの計量化

3. 「住宅ローン」を研究してみよう
   - To refinance, or not to refinance, that’s the question

4. 様々なリスク移転のしくみ
   - 天候や地震もリスク移転。小さいリスクも束ねて移転

1.「金融工学」「数理ファイナンス」とは？

金融工学･数理ファイナンスとは？

- 理工系学部の卒業生が大量に金融業界に就職している

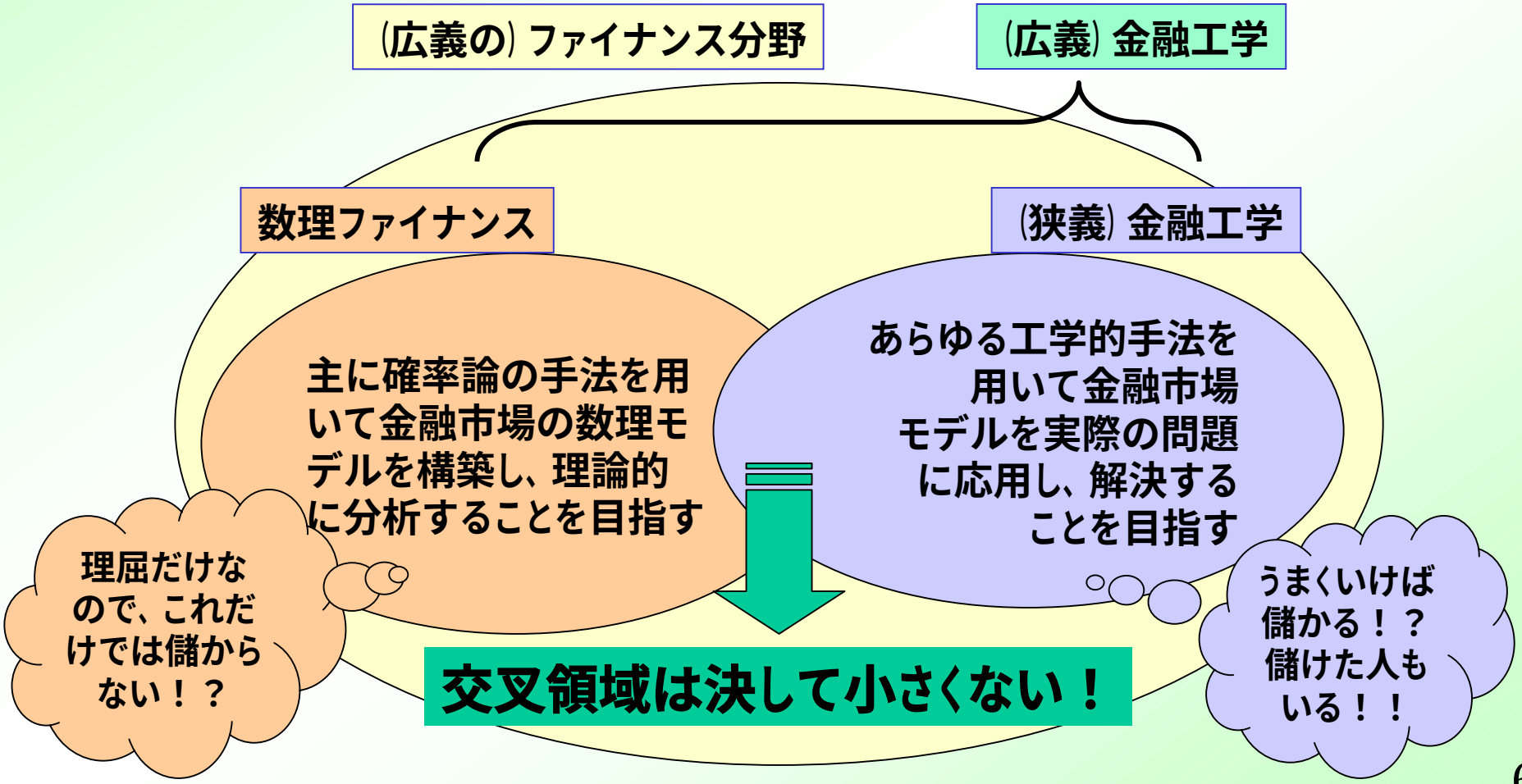
- 複雑な金融商品の開発や緻密なリスク管理のためには数学を応用させることが重要であることが認識されてきた

↓

金融工学･数理ファイナンス

金融工学・数理ファイナンスとは？

★数理ファイナンス(Mathematical Finance)と金融工学(Financial Engineering)の区別に対する個人的見解



金融工学・数理ファイナンスの目指すもの

- デリバティブ（金融派生商品）の適正な価格付け＆ヘッジ戦略の計算理論
- 目的に応じた投資戦略（どの資産をどれだけ持つか）の決定理論
- 金融リスクの計測と管理の理論

プロの世界だけの話？

この研究分野の簡単な歴史

1. デリバティブの歴史→かなり古い
   - 古代ギリシャ：オリーブ絞り器の借用予約権（オプション）
   - 17世紀初オランダ：チューリップ球根のオプション
   - 18世紀末アメリカ：株式や商品のオプション取引市場誕生
   - 江戸時代日本：帳合米（米の先物取引）

2. 20世紀以前の確率論の歴史
   - 16世紀イタリア：サイコロ投げの研究(Cardano, Galileo)
   - 17世紀フランス：Pascal と Fermat の「掛け金分配問題」
   - 大数の法則、中心極限定理・・・

ピーター・バーンスタイン（青山護訳）
「リスク－神々への反逆」
など参照のこと

この研究分野の簡単な歴史

3．数理ファイナンスの先駆的研究

•1900年：Bachelier「投機の理論」

「投機の期待超過収益は0」

→確率モデルとしてのブラウン運動の概念に到達

（厳密な定式化は Einstein や Wiener による）

先生に認められなかった不遇な研究者

4．20世紀の確率論の発展（数理ファイナンスに関連する部分）

•Kolmogorov による「公理化」→純粋数学の一分野に

•太平洋戦争中：伊藤清による「確率積分」「伊藤の公式」

•確率解析の発展（日本の確率論研究者も数多く貢献）

この研究分野の簡単な歴史

5．後のノーベル経済学賞受賞者たちの活躍

- (広義) 金融工学の観点から
  - Markowitz「ポートフォリオ理論」(90年受賞)
  - Sharpe「CAPM」(90年受賞)
  - Scholes, Merton「Black-Scholes-Mertonモデル」(97年受賞)
    (Black は95年没)
  - Engle「ARCHモデル」(2003年受賞)
  - 他にTobin(81), Modigliani(85),Miller(90)

LTCM破綻で
騒がれたが・・・

6．数理ファイナンスの発展

- 1979年：Harrison-Kreps「無裁定とマルチンゲールの等価性」
  →現在の数理ファイナンスの基本的概念
- 80年代～一気に研究が盛んに。

2．銀行の抱える「リスク」とは

これからの銀行

- 取引先･顧客の差別化
- お得意様は窓口に、それ以外は端末へ
- 大きな融資から小さな融資へ
- 投資信託や外貨預金による手数料ビジネスへ
- 証券･保険などの垣根を越えた統合･再編

銀行を取り巻く環境

- バブル崩壊に始まり、長引くデフレ不況により解決されない不良債権問題

- 間接金融から直接金融への移行
  (銀行の旧来ビジネスモデルの限界)

- 内外からのリスク管理と収益性向上という厳しい宿題

銀行にとってのリスク

- 市場リスク・・・資産（株・債券・外貨など）の市場価値の不確実性
  - 収益率の変動リスク・・・収益率の標準偏差（ボラティリティ）やバリューアットリスク（VaR）でとらえるのが一般的
  - 流動性リスク・・・実際の資産の売買のしやすさに関するリスク
- 信用リスク・・・与信先や投資先の企業（や個人）の信用力の不確実性
  - デフォルトリスク・・・融資先や保有している債券発行体の破綻の可能性
  - 格下げリスク・・・保有している債券発行体の格付けが下がる可能性
- オペレーショナルリスク・・・定義はいろいろ
  - 事務リスク・・・人員による事務エラーや犯罪行為の可能性
  - システムリスク・・・システムのエラーやダウンの可能性
  - （レピュテーションリスク・・・世間の評判により間接的に損害を被る可能性）
  - （モデルリスク・・・モデルの誤用による損失の可能性）
  - （法務リスク・政治リスク・気象リスク・天災リスク・・・なども含めることも）

市場リスクに関する事例

- 市場リスク（流動性リスクを含めて）
  - 1987年10月19日、ブラックマンデー。S&P500が1日で22.6%下落。翌日のTOPIXも14.9%下落。
  - 1998年8月ロシア危機。ロシアのルーブル切り下げ・対外債務の一部支払い凍結宣言を契機に、世界中の市場が混乱。LTCMなどのヘッジファンド危機につながる。

【日経平均株価：前日比上昇率ベスト5】

1位	1990/10/02	13.24%
2位	1949/12/15	11.29%
3位	1987/10/21	9.30%
4位	1997/11/17	7.96%
5位	1994/1/31	7.84%

【日経平均株価：前日比下落率ベスト5】

1位	1987/10/20	-14.90%
2位	1953/3/5	-10.00%
3位	1970/4/30	-8.69%
4位	1971/8/16	-7.68%
5位	2000/4/17	-6.98%

信用リスクに関する事例

- 信用リスク（2000年度以降の主な東証上場企業の倒産）
  - 2000年　長崎屋、エルカクエイ、ライフ、第一ホテル（会社更生法）、そごう、赤井電機（民事再生法）
  - 2001年　大成火災海上、新潟鐵工所（会社更生法）、マイカル、青木建設（民事再生法）
  - 2002年　日本重化学工業、佐藤工業、日産建設（会社更生法）、第一家庭電器、大日本土木（民事再生法）
  - 2003年　あしぎんFG（会社更生法）、セザール、福助（民事再生法）
  - 2004年　キャッツ、大木建設、ジェネラスコーポレーション（民事再生法）
  - 2005年　勝村建設（民事再生法）

（東京商工リサーチ倒産月報2005.9より）

※会社更生法と民事再生法の詳細はここでは触れないが、会社更生法は原則的に経営者の交代が求められるのに対し、民事再生法では経営者の交代は必要条件ではない。一般には、民事再生法の方が手続きも簡便で再生プロセスも早い。
　他にも法的整理や任意整理といったいわゆる清算型倒産の場合もある。

不良債権（信用リスク）

2005年3月時点の不良債権等の状況（金融庁HPより）

不良債権残高（単位：兆円）		全国銀行	都銀 長信銀 信託	地方銀行 第二地銀
2002年3月	金融再生法開示債権	43.2	28.4	14.8
	リスク管理債権	42.0	27.6	14.4
	個別貸倒引当金	7.9	4.7	3.2
2003年3月	金融再生法開示債権	35.3	20.7	14.7
	リスク管理債権	34.8	20.4	14.4
	個別貸倒引当金	6.1	3.0	3.1
2004年3月	金融再生法開示債権	26.6	13.8	12.8
	リスク管理債権	26.2	13.6	12.6
	個別貸倒引当金	5.4	2.6	2.9
2005年3月	金融再生法開示債権	17.9	7.4	10.4
	リスク管理債権	17.5	7.3	10.2
	個別貸倒引当金	4.4	2.0	2.4

※大手銀行が急速に不良債権処理を進めていることがうかがえる

オペリスクに関する事例

- オペレーショナルリスクの定義
  - the risk of loss resulting from inadequate or failed internal processes, people and systems or from external events「内部プロセス･人･システムが不適切であること若しくは機能しないこと、又は外性的事象が生起することから生じる損失に係るリスク」
    (Basel Committee on Banking Supervision (2001))

- 個人の不正に関わる事例
  - 1995年、BARINGS社のシンガポールの子会社のトレーダーNick Leeson が先物取引で生じた8億2,700万ポンド（最終的には9億2,700万ポンド）もの累積損失を隠すために隠し口座を利用していたことが発覚。結局、同年BARINGS 社は清算された。
    （→ニック･リーソン「私がベアリングズ銀行をつぶした」新潮社）
  - 1995年、大和銀行NY支店の債券トレーディング部門の井口俊英が、11億ドル以上の累積損失を隠すために顧客の保護預り証券を無断で売却。同年NY支店は閉鎖。大和銀行は3億4千万ドルの罰金を支払った。（→井口俊英「告白」文春文庫）

国際決済銀行（BIS）の規制

- いわゆる「BIS規制」の現状
  国際的な業務をする銀行に対して
  「自己資本比率8％ルール」を課している！

分子　自己資本（資本金・株式の含み益など）

分母　リスク資産（企業融資・有価証券など）

$$\frac{\text{自己資本}}{\text{リスク資産}} \geq 8\%$$

リスク資産の金額算出方法は独特
・自国の国債はいくら保有してもリスク0とする
・企業向けは貸出額100%を計上
（信用力の高低に関係なく）

算出方法
見直し中

BIS規制ルールに対して

- まじめな取組としては
  →2006年度からの新ルールでは、各銀行の内部格付に基づく信用力が貸出額に対するリスク量の掛け目に反映される
  →信用リスク評価モデルの研究・開発が盛ん
  →オペレーショナル・リスクの計量化

- しかし手っ取り早いのは、分母（リスク資産）を少なくすること
  →貸しはがし
  →国債などの低リスク資産の購入

銀行との関わり方

- もはや増える貯金箱･絶対安全な金庫ではない。

- 総合的なサービス業として自分のニーズにあった銀行を見つけることが重要。

３．「住宅ローン」を研究してみよう

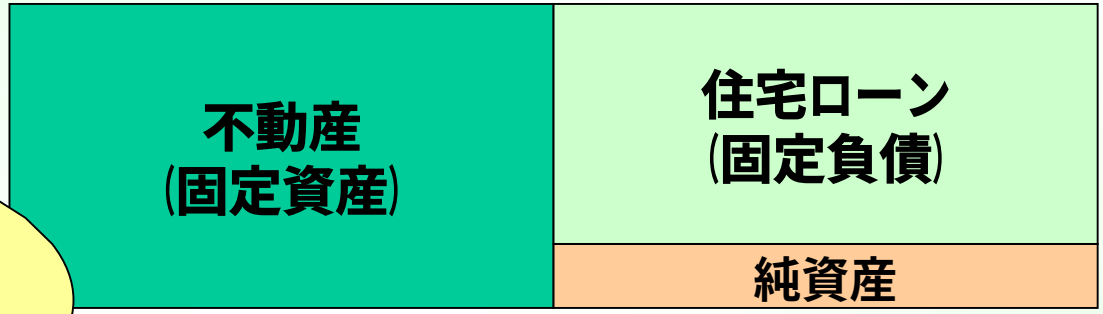
持ち家か賃貸か？

- マイホームを購入することは、自分が大家さんになって自分自身に賃貸することと、経済効果は変わらない。
→重要なのは購入物件が払うべき家賃と同等以上の収益をもたらす資産かどうか！

- しかし、住宅ローンを借りて購入することと同等の物件に賃貸で住むことの間にはバランスシートの面では、雲泥の差がある。

バランスシート比較

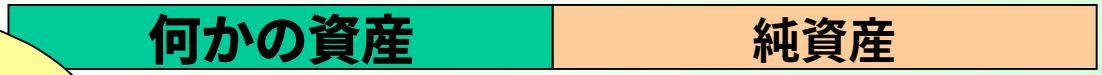
◆住宅ローンで購入した場合



買ったと同時に資産価値は下がる。ローン完済の頃には･･･

ローンの金利支払いが毎期P/Lに計上

◆同等の条件の住宅を賃貸した場合

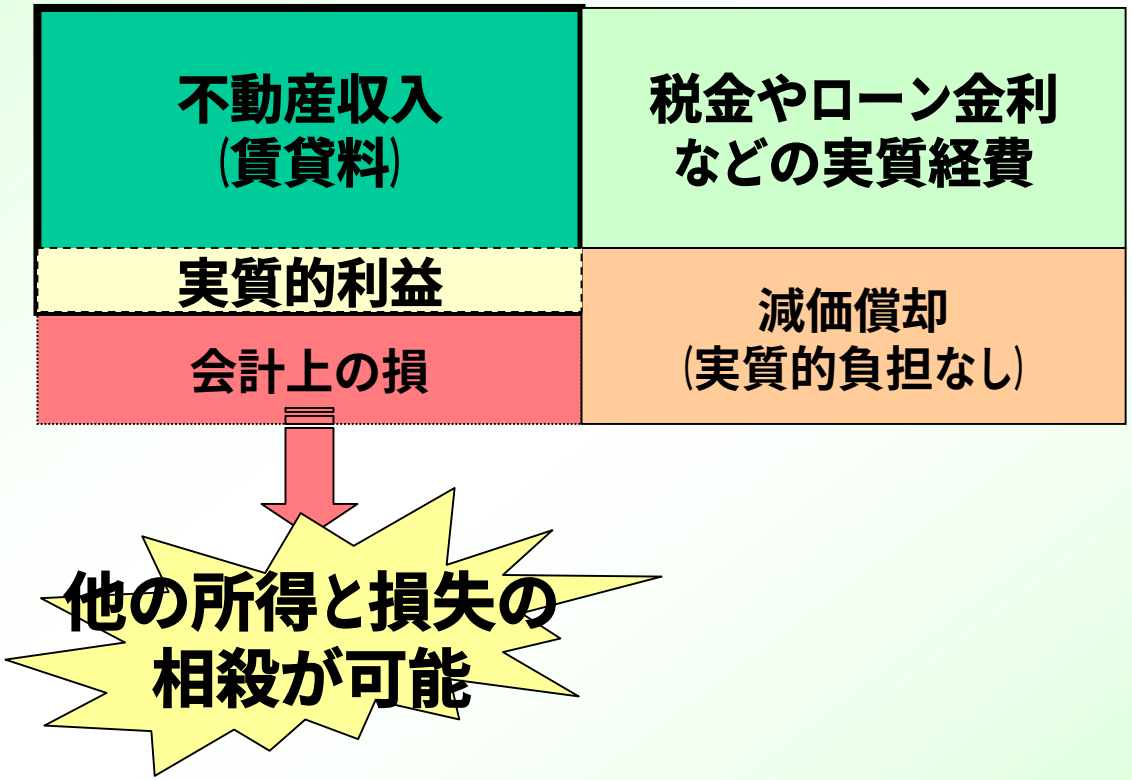


毎月家賃は払う必要はあるけれど、この資産がそれ以上の利益を産めば･･･

家賃支払いが毎期P/Lに計上

マンション経営はお得？

◆営業マンの「減税効果」のロジック



◆大金持ちの減税対策としては確かに有効。庶民には？？

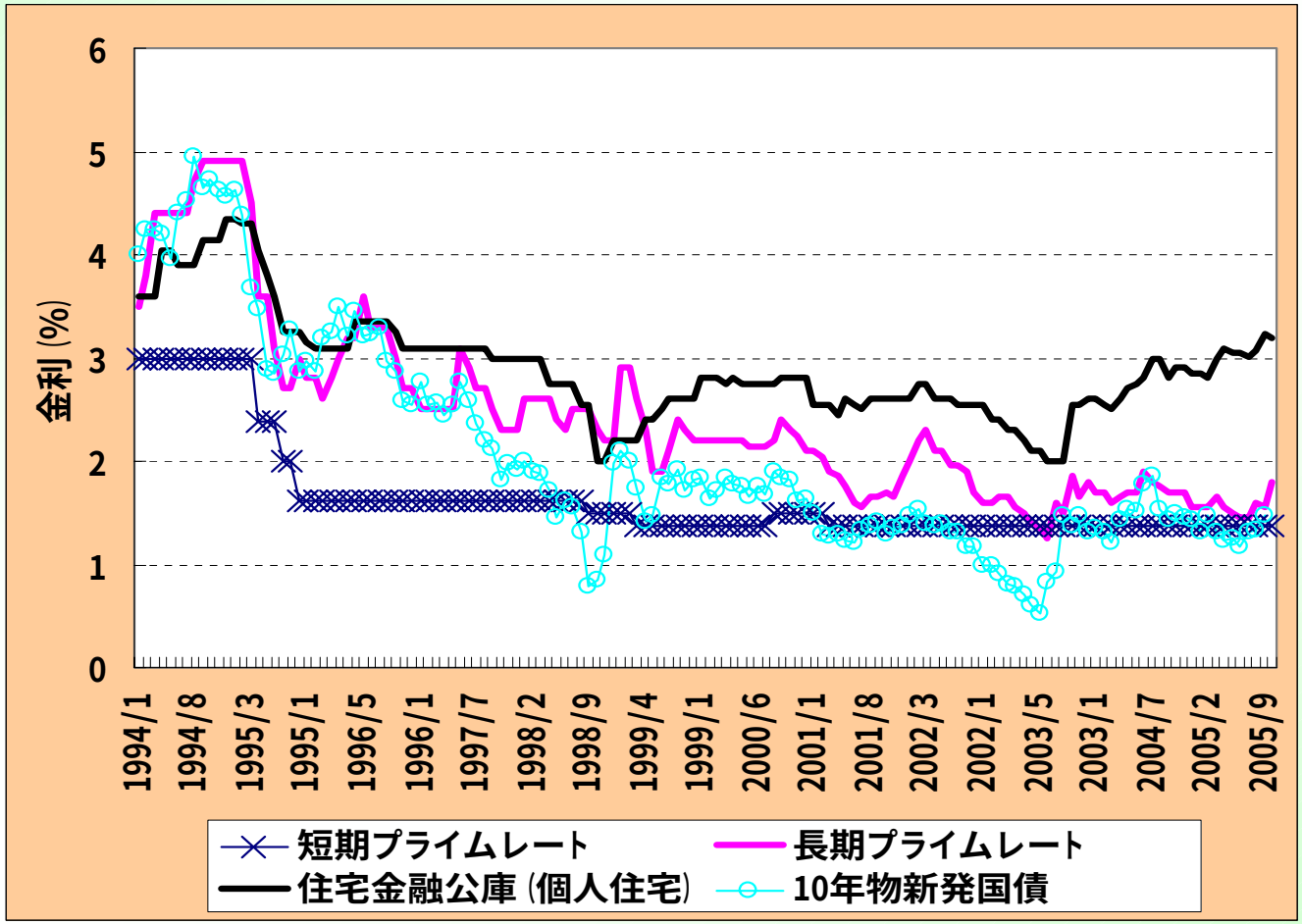
住宅ローンの研究

- マイホーム購入やマンション経営をするのであれば、
  - 住宅ローンのしくみ (税制なども含めて)
  - 返済スケジュールの組み方
  - 資産価値の評価法

  などをきちんと勉強する必要がある。

- 今回はローンの売り手である銀行のノウハウについて見てみる。

各種金利の推移



※月末の値（単位%）　日本銀行HPデータ

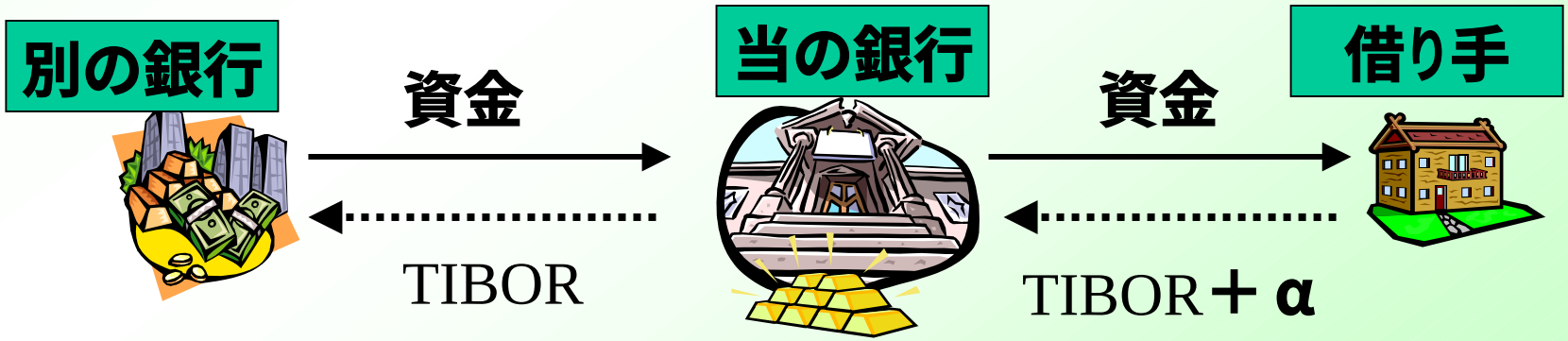
民間住宅ローンの種類

- **変動金利**（2.375%）
  - 短期金利（例えば6ヶ月TIBOR）＋αという形で提示。年に2回程度見直し。
- **上限付変動金利**（10年 適用金利 3.300%・上限金利 4.600%）
  - 金利の決め方は変動金利と同じだが、適用利率に上限があり、適用金利が上限金利を超えることはない。
- **固定金利**（3年 2.400%, 5年 2.950%, 10年 3.700%, 20年 4.900%）
  - 契約期間内は一定の金利（期間後は新たに変動or固定を決めるのが通常）
  - 最近は30年超の固定ローンを出す民間企業も（SBIモーゲージ 35年 2.55%）

※数値は東京三菱銀行の住宅ローン 2005年11月融資分
※金利以外の条件（団体信用生命保険料や各種手数料の有無）も重要

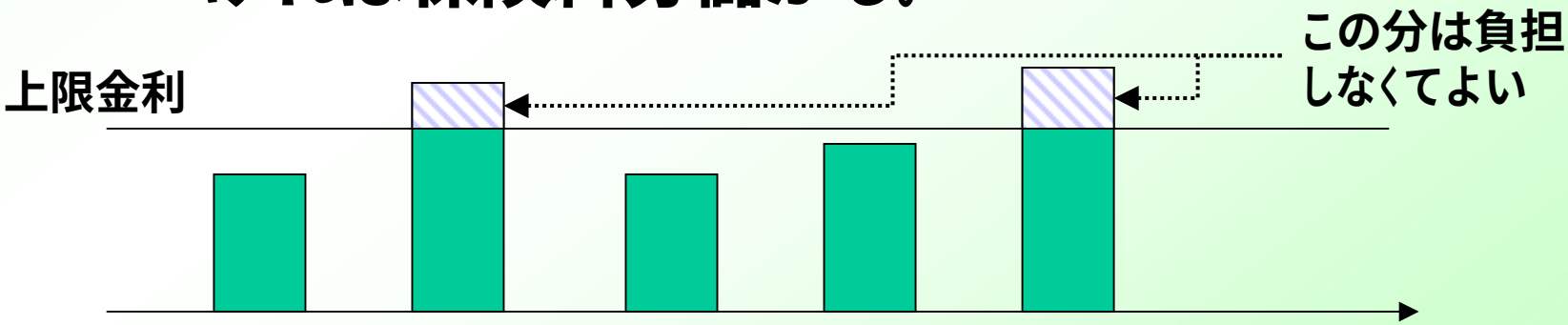
銀行にしてみると・・・

- 変動金利ローンは「おいしい」
  - インターバンク市場で6ヶ月資金を調達（金利は6ヶ月のTIBOR※）　※Tokyo InterBank Offered Rate
  - 調達資金をそのままローンとして融資（金利は6ヶ月のTIBOR＋マージン）
  - 銀行は金利変動リスクを負わずに「マージン」分だけ鞘取りできる。



銀行にしてみると・・・

- 上限付変動金利ローンは融資と同時に、借り手に「キャップ」という金利デリバティブを保険として売っている
  - デリバティブを売っている分、通常の適用金利よりも高くしている。（どれだけ高くすればよい？）
  - 契約期間中に変動金利が上限金利を超えなければ保険料分儲かる。



銀行にしてみると・・・

- 固定金利の長期貸出はリスクが高い
  - 低金利固定融資は金利の上昇リスク (調達コストの上昇・有利な運用機会の損失) の影響が大きい。
  - 低金利固定で長期の資金調達手段が可能であれば・・・やはりマージンを調達金利に上乗せして鞘取りできるはず。

- 住宅ローンは借り手に期限前返済のオプションがある (→プリペイメント・リスク)
  - 金利低下局面で低金利ローンへの借換が発生。
  - 返済された資金は低金利で運用せざるを得ない。

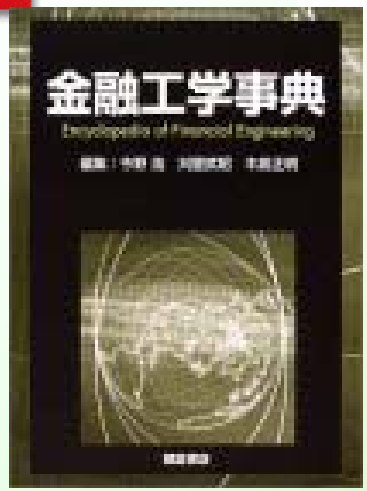
そこで・・・

- 「金利リスク」や「プリペイメント・リスク」を第三者に移転する方法が考えられた
  - 金利スワップ
    (プリペイメント・リスクは残るが、比較的手軽)
  - 住宅ローンの証券化 (RMBS※)
    (プリペイメント・リスクも移転できるが、いろいろな手続きが必要)

※Residential Mortgage-Backed Securities

広告

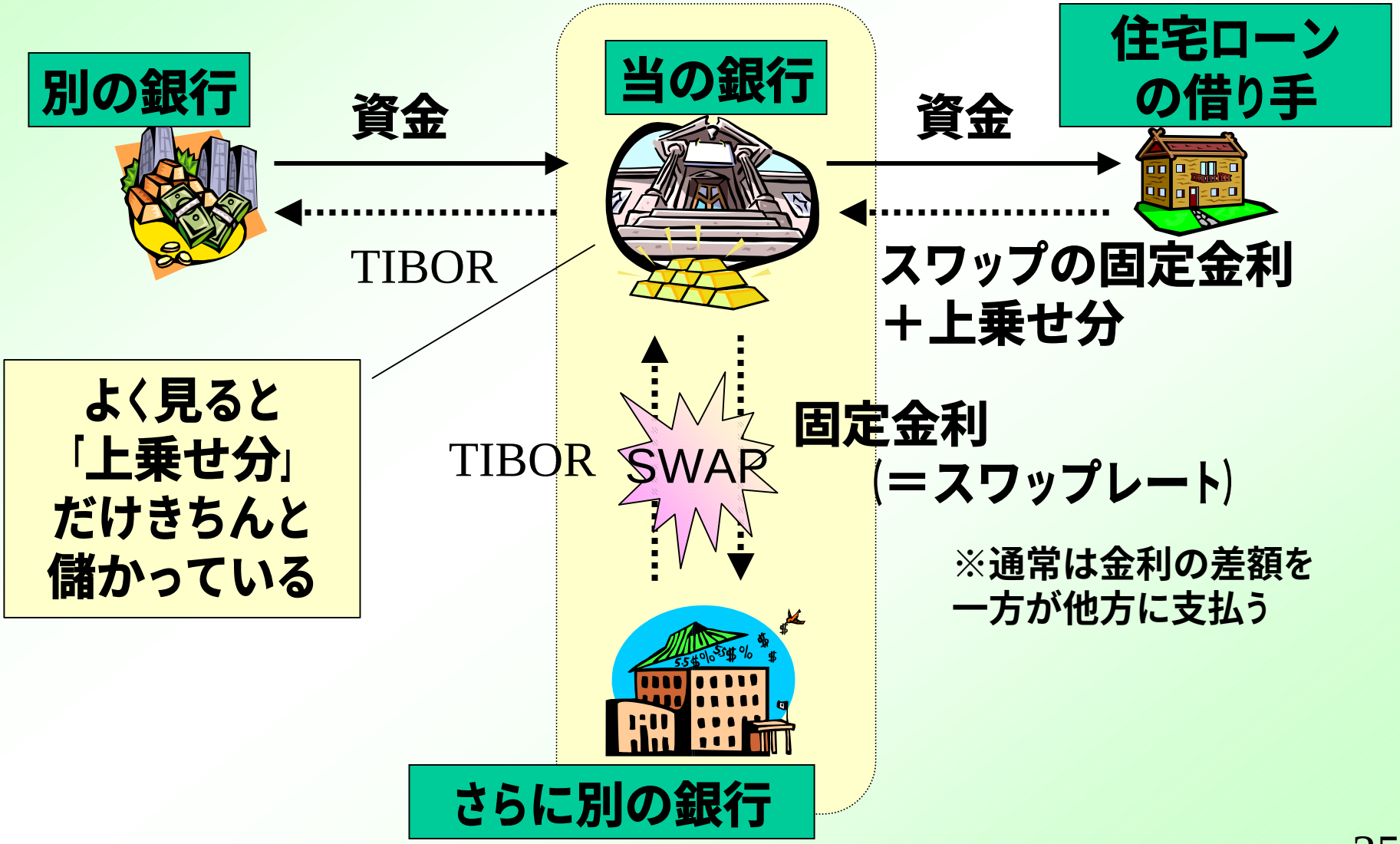
【中川が一部書いたり翻訳したりした書籍】



金利スワップ①

- 固定金利と変動金利を交換する取引
  - インターバンク市場から6ヶ月資金を調達（例えば、金利は6ヶ月のTIBOR）する。
  - 別の金融機関と「固定払い・変動受け」の金利スワップ契約を結ぶ。
  - ローンの借り手にスワップ契約で支払う固定金利にマージンを上乗せして、スワップ契約と同じ期間固定金利で貸出。

金利スワップ②


別の銀行
資金
TIBOR
当の銀行
資金
住宅ローン
の借り手
スワップの固定金利
＋上乗せ分
よく見ると
「上乗せ分」
だけきちんと
儲かっている
TIBOR
SWAP
固定金利
(＝スワップレート)
※通常は金利の差額を
一方が他方に支払う
さらに別の銀行

住宅ローンの証券化

- 多数の住宅ローンをひとまとめに（プール）し、そのプールから生じるキャッシュフロー（債務者の支払う元利金から手数料を引いた額）を受け取れる超長期の債券として証券化

- これを住宅ローン担保証券(RMBS, Rは省略してMBSと呼ぶことが多い）と呼ぶ。（商業用不動産を担保にしたものはCMBS）

- 「金利リスク」と「プリペイメント・リスク」を証券の購入者に移転

住宅ローンの証券化

- 米国では1970年頃から発行され、米国債市場についで、債券市場としては世界で2番目の規模。

- 日本でも、住宅金融公庫のローン債権が2000年から証券化され、年々発行額が増加。
  →住宅金融公庫は2007年4月に廃止され、証券化支援を主業務とする独立行政法人住宅金融支援機構が設置の予定

- 金融機関にとっては、バランスシートの健全化も図れるなどメリットが多い。
  →リスク管理上は、優良な資産なので手放さない方が良い場合も。

プリペイメント・リスク

◆原因

- 持ち家の売却 (Housing turnover)
- 借換 (Refinancing)
  →より低い金利のローンへ移行 (主要因)
- 債務不履行(Default)
  →抵当権の喪失や担保物件の清算
- ローン期間の短縮化(Curtailment)
  →ローン期間の短縮を図るため、一部繰上返済
- 一括返済(Full payoff)
  →残存元本が少なくなったときに全額繰上返済

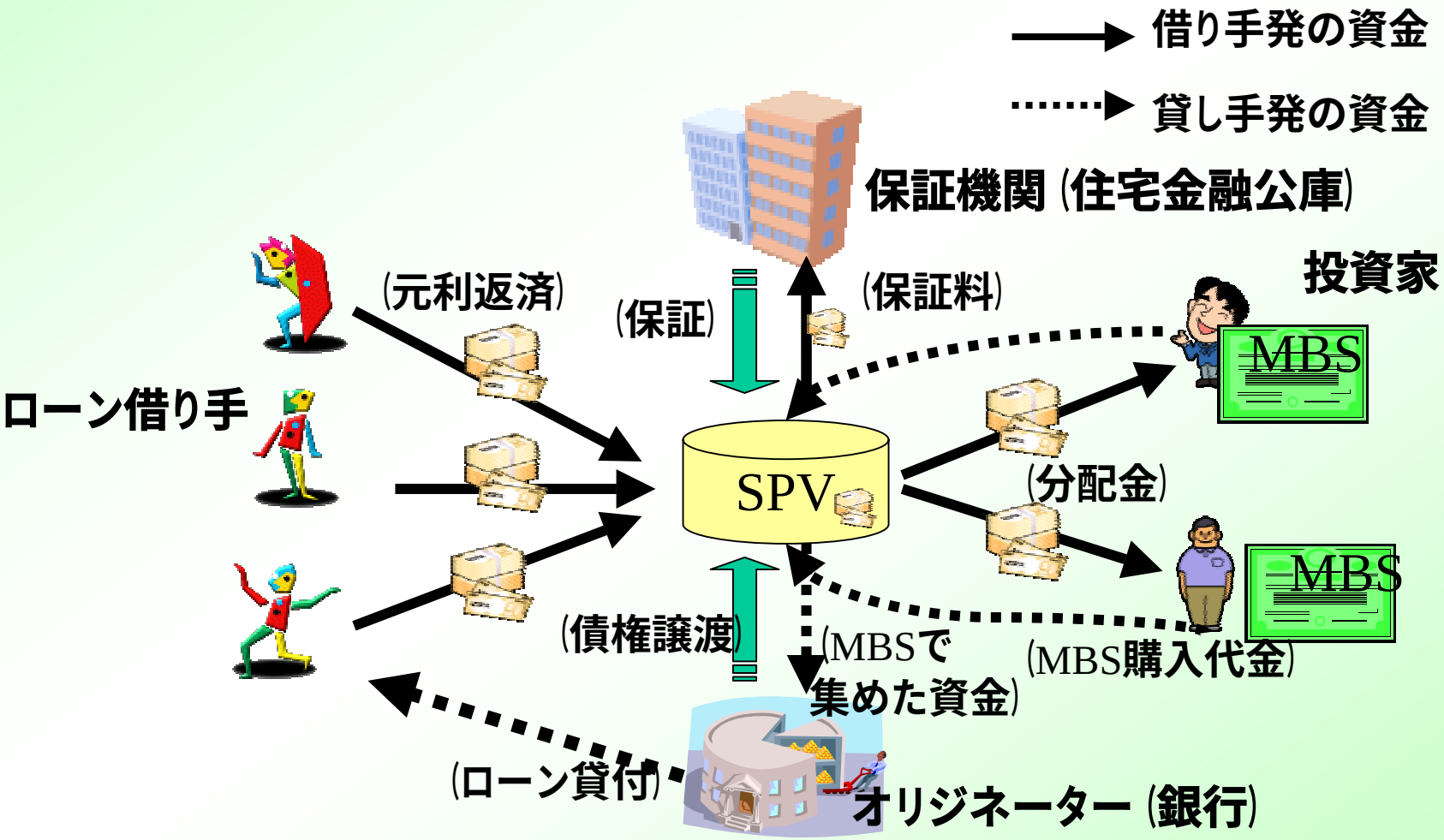
プリペイメント・リスク

◆ 実際のプリペイメントの傾向

・ローン返済期間の経過とともに prepayment の割合は増加し、その後減少していく。
・prepayment の割合は春・夏が高く、秋・冬は低い。また、地理的要因にも左右される。
・金利の低下にともなって prepayment の割合は上昇。ただしタイムラグがある。
・長期間の低金利局面でも prepayment しない借り手は決して prepayment しない。
・バーンアウト現象：一度ある金利水準で prepayment が大量に発生すると、2回目以降同じ金利水準に至っても最初ほど prepayment が発生しない。（日本では観測されるに至っていない）

MBSのイメージ

- パス･スルー(pass-through)型



４．様々なリスク移転のしくみ

証券化とは

- 証券化とは、金融機関や事業法人が、その保有する金銭債権や不動産等の資産を他の資産から分離して、その分離した資産が生み出す収益を裏付けとして債券や株式などの有価証券を発行し、投資家から直接資金調達するしくみ

※井手保夫, 「証券化」がよく分かる, P.54

- 前述した住宅ローン担保証券（MBS）が代表的な証券化商品

※「証券化」に関する資料を作成するにあたり、以下を参考にした。

井手保夫, 「証券化」がよく分かる, 文藝春秋

井手保夫, 入門の金融・証券化のしくみ, 日本実業出版社

証券化のポイント

- 何を証券化するのか？
  - 金銭債権、不動産、知的財産権･･･
- どのような仕組み（ＳＰＶ）で証券化するのか？
  - 会社、信託、組合
- どのような証券を発行するのか？
  - 債券、株式、コマーシャルペーパー

証券化に関連する法律

- 1998年　ＳＰＣ法（特定目的会社による特定資産の流動化に関する法律）
  - ①不動産②指名金銭債権③これらの信託受益権　に限定
- 2000年　資産流動化法（ＳＰＣ法の改正・改称）、投信法（投資信託及び投資法人に関する法律）
  - 証券化対象商品が財産権一般に拡大

証券化されてきた資産（1）

- 金銭債権
  - 住宅ローン、商業不動産ローン、自動車ローン、リース債権、クレジットカード債権、売掛債権、診療報酬請求権、訴訟和解金・・・
- 不動産
  - オフィスビル、賃貸マンション、ショッピングセンター、工場、駐車場、老人ホーム、病院、刑務所、ゴルフ場、シネコン

※井手保夫,「証券化」がよく分かる, P.15-16（一部変更）

証券化されてきた資産（2）

- コンテンツ
  - 「ときメモ」の売上収益、映画・演劇の興行権、レコード（デビッド・ボウイ、ロッド・スチュワート）の版権、スポーツのテレビ放映権
- 事業
  - 熱海ビーチラインの運営、イギリスのパブチェーンの収益、ＦＩＦＡのスポンサー料
- 投資商品
  - ヘッジファンド、プライベート・エクイティの出資持分

※井手保夫,「証券化」がよく分かる, P.15-16（一部変更）

ＳＰＶの形態

- ＳＰＣ(Special Purpose Company)
  - 資産の買い取りや証券の発行などの特定の目的のためだけに設立される会社
  - ケイマン諸島などのタックスヘイブンに設立されるのが一般的
- 信託
  - 「受託者（信託銀行）」が一定の目的に沿って「委託者」や「受益者」のために信託された財産権の管理・処分等を行う
  - 発行される「信託受益権」をＳＰＶに譲渡し、証券発行
  - 日本で安定して利用されるＳＰＶ（税の透明性の確保）
- 組合

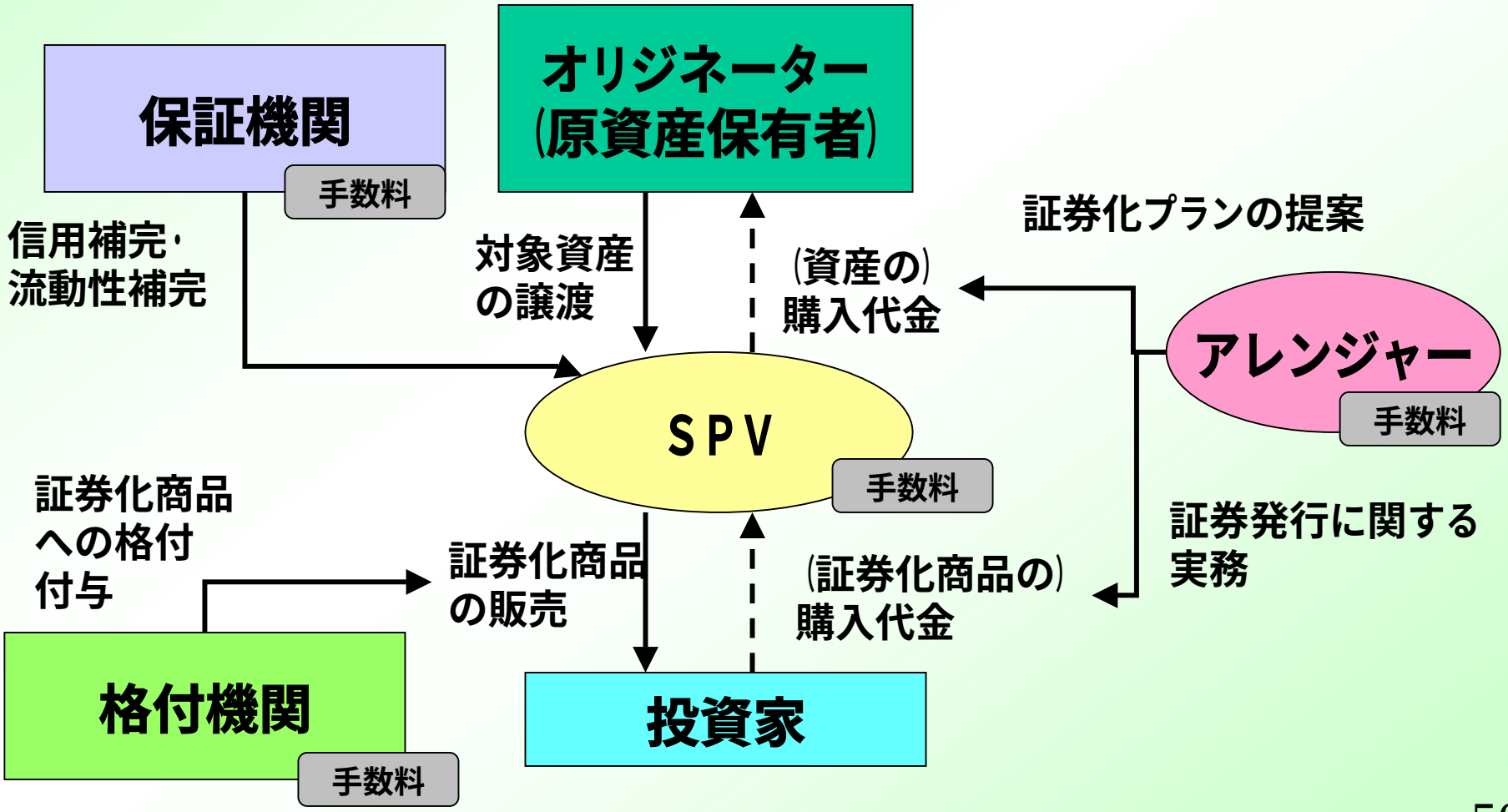
主な証券化商品

- ＭＢＳ（住宅ローン、パススルー型）
  - Mortgage Backed Securities（住宅ローン担保証券）
- ＣＭＯ（住宅ローン、ペイスルー型）
  - Collateralized Mortgage Obligation（モーゲージ担保債務証書）
- ＣＭＢＳ（商業不動産担保ローン）
  - Commercial Mortgage Backed Securities（商業用モーゲージ担保証券）
- ＲＥＩＴ（商業不動産、エクイティ型）
  - Real Estate Investment Trust（不動産投資信託）
- ＣＤＯ（ＣＢＯ／ＣＬＯ）（債券やローンのような債務、ペイスルー型）
  - Collateralized Debt (Bond / Loan) Obligation（債務担保証券）
- ＡＢＳ（その他一般的な資産。リース債権やカード・ローン債権など）
  - Asset Backed Securities（資産担保証券）

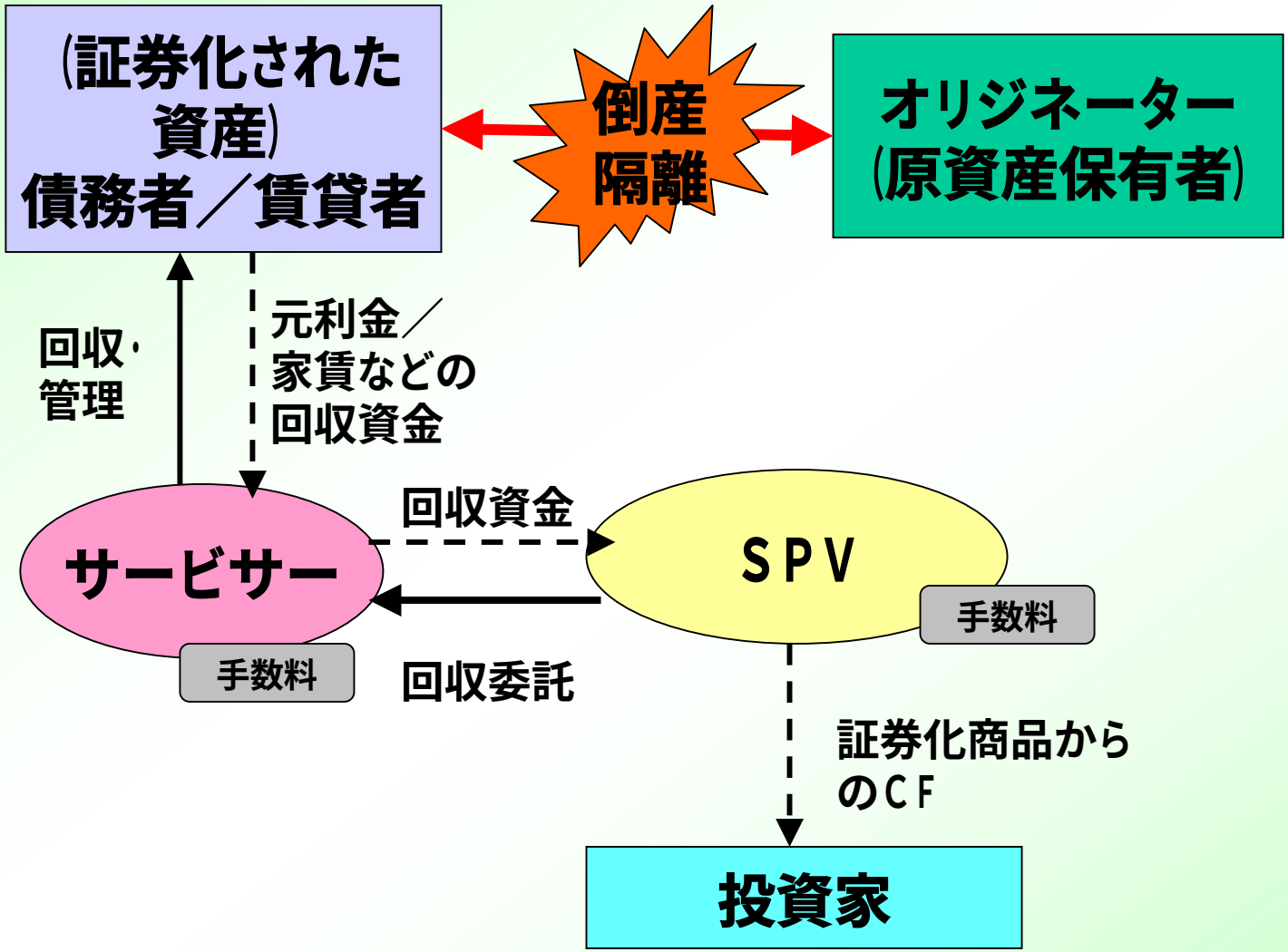
証券化の関係者

- オリジネーター（原資産保有者）
- ＳＰＶ（特別目的事業体）
- サービサー（ＣＦの回収・管理）
- 格付機関
- 保証機関
- アレンジャー（ストラクチャーの企画・提案、証券の引受・販売など）

基本的なしくみ（発行前）


保証機関
手数料
オリジネーター
（原資産保有者）
信用補完・
流動性補完
対象資産
の譲渡
（資産の）
購入代金
証券化プランの提案
アレンジャー
手数料
SPV
手数料
証券化商品
への格付
付与
証券化商品
の販売
（証券化商品の）
購入代金
証券発行に関する
実務
格付機関
手数料
投資家

基本的なしくみ（発行後）


（証券化された資産）
債務者／賃貸者
倒産隔離
オリジネーター
（原資産保有者）
回収・管理
元利金／家賃などの回収資金
回収資金
サービサー
SPV
手数料
手数料
回収委託
証券化商品からのCF
投資家

証券化のメリット

- オリジネーターのメリット
  - 資産リスクの回避
  - 低コストでの資金調達
  - オフバランス効果（バランスシートからの切り離し）
  - 資金調達の多様化
- 投資家のメリット
  - 商品特性の明確化
  - ポートフォリオの分散効果
  - 高格付けと高利回りの可能性

信用補完の方法

- 内部信用補完・・・対象資産からのＣＦを利用する
  - 優先劣後構造
  - キャッシュリザーブ（ＳＰＶへの積立）
  - セラーリザーブ（超過担保）
  - キャッシュコラテラル（現金担保）
- 外部信用補完・・・高格付をもつ外部の保証機関の信用力を利用する
  - フルラップ型（全額保証）
  - 部分型（証券化商品でよく用いられる）

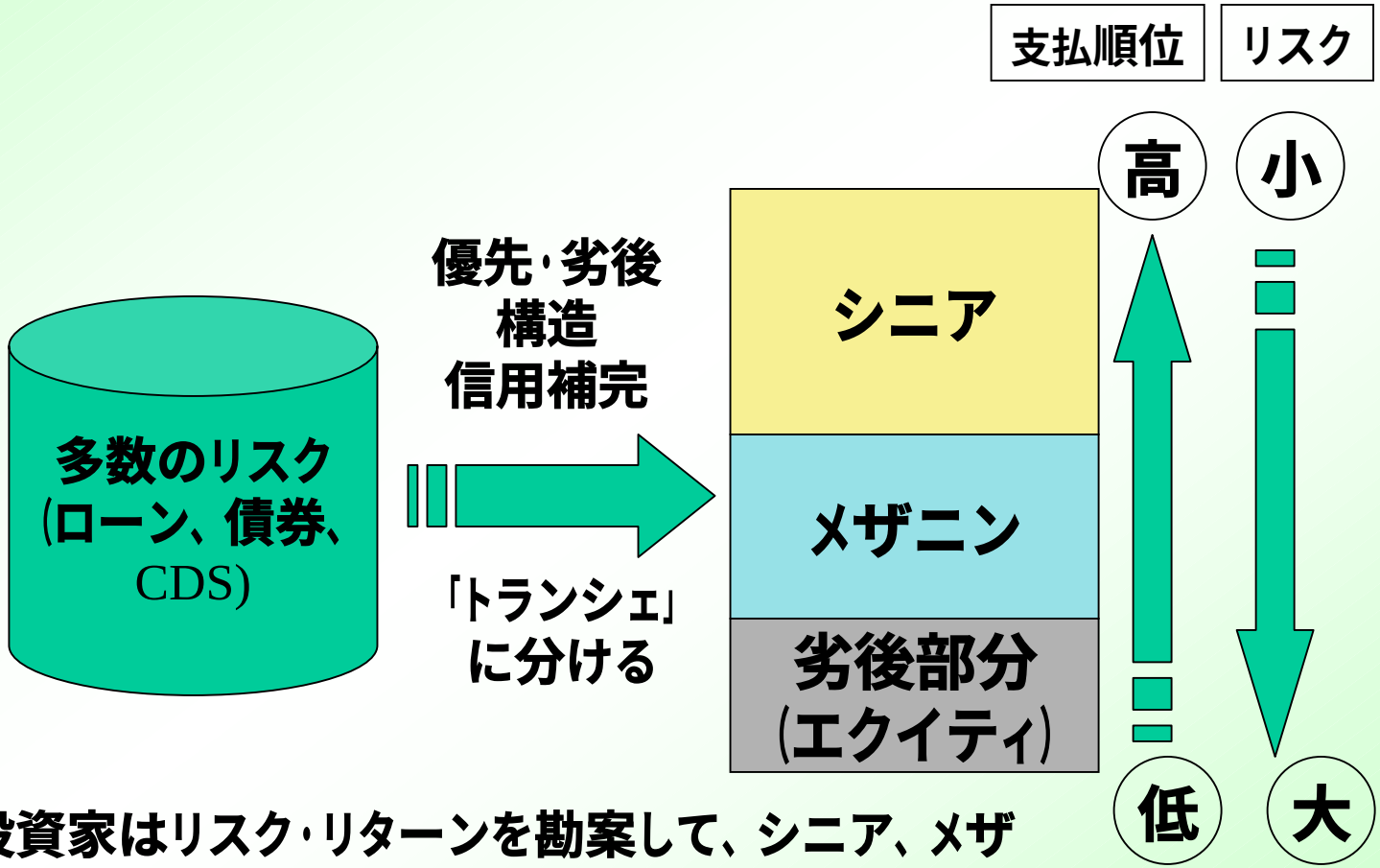
CDOとは

- ＣＤＯ（Collateralized Debt Obligation）
  - 複数の債務(Debt)で構成されたプール（ポートフォリオ）からのキャッシュフローを担保（Collateral)をもとに組成して、様々なリスク･リターンの組み合わせを実現させた金融商品
  - 現在では、CDOの原資産は信用リスクに関するものだけでなく、幅広くなってきている。

CDOの原資産

(原資産)		(証券化商品)
• 融資･ローン(Loan)	→	CLO
• 債券(Bond)	→	CBO
• CDO	→	CDO of CDO
• ABS	→	CDO of ABS

CDOの組成



投資家はリスク・リターンを勘案して、シニア、メザニン、エクイティの債券を購入（エクイティは高リスクなのでオリジネーターが保有することが多い）

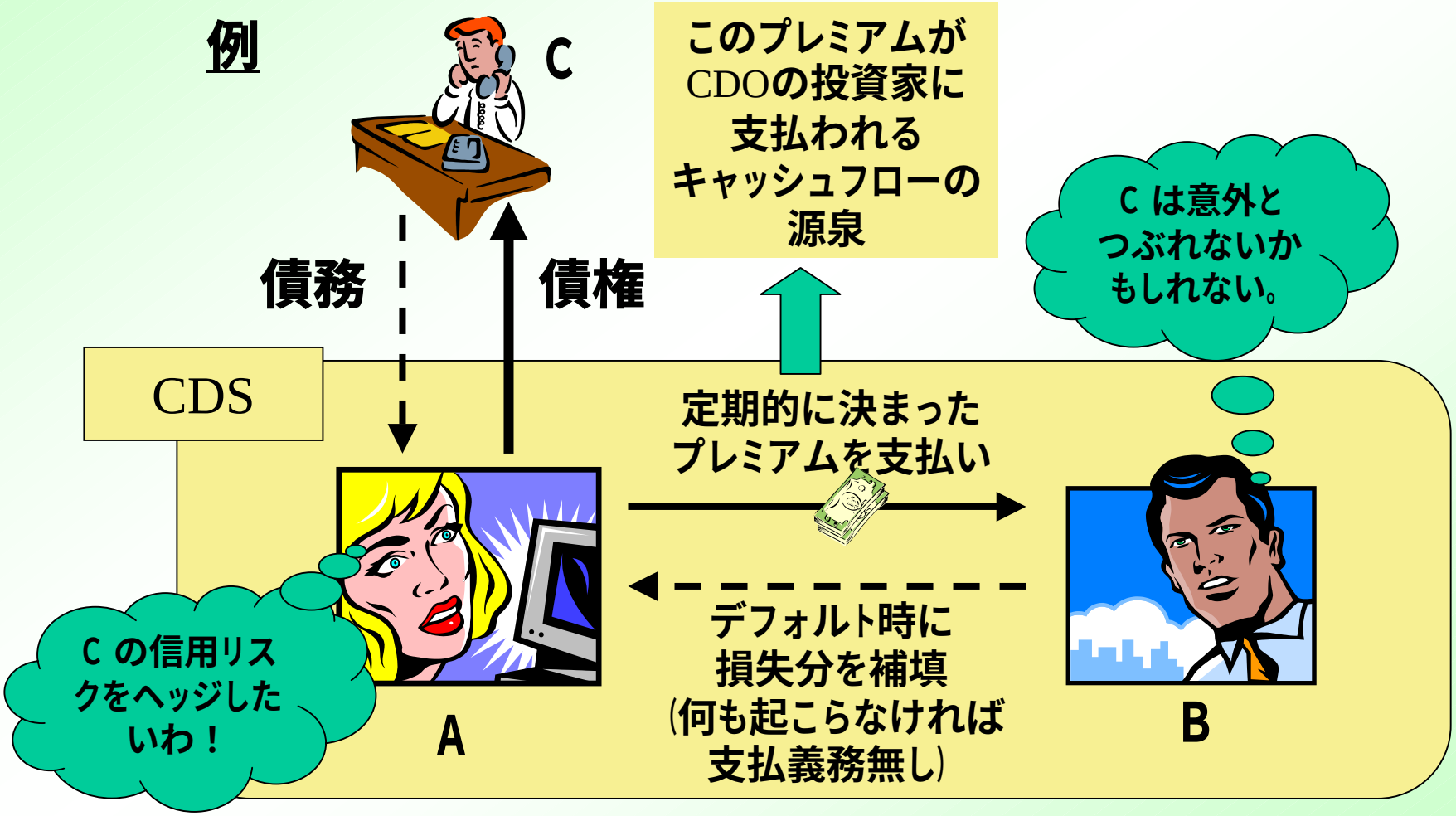
CDOの組成

- キャッシュ型
  - 現物資産（社債やローン債権）を担保資産とするタイプ。オリジネータにはバランス・シートの資産軽減効果がある一方、資産譲渡に関わる面倒な事務負担も多い
- シンセティック型
  - リスクの移転をクレジット・デフォルト・スワップ(CDS)を通じて行う。担保資産としては国債などとなる。ドキュメントの標準化などで事務負担は軽減される一方、バランスシート軽減にはつながらない。

クレジット・デフォルト・スワップ（CDS）

- CDSとは、保有する信用リスクを回避するため、リスクの移転先い決まったプレミアム（保険料に相当）を支払うことで、契約上の信用事由が起こったときに、損失分を相手から補填してもらえるという契約

クレジット・デフォルト・スワップ (CDS)



CDO評価の際の問題点

- どのようにトランシェを区切るか？
- 各トランシェに対するペイオフ（利息）をどのように決めるか？

- プール内の個々のリスクだけでなく、リスク間の依存関係（リスクの分散度合い）を考えなければならない。
- ただし、依存関係のモデル化は難しい（モデル化しても実際の複数のデフォルト事象の関係を認定するのは困難）。

天候デリバティブ

- 天候デリバティブとは、気温や降水量などの気象観測値をインデックスとして、主に企業が気象変動によって被る収益低下をヘッジする目的で行う金融取引（商品）のこと
- 1997年に、Enron（2001年破綻）と Koch（現Entergy Koch Trading）の間で締結されたミルウォーキーの冬期気温に対する collar 型取引が世界的な天候デリバティブ取引第1号とされる。
- 1999年に天候リスク・マネジメント協会(WRMA:Weather Risk Management Association)が、取引手法の標準化の推進等を目的に設立された。
- 日本では、1999年に三井海上（現三井住友海上）とヒマラヤ（スキー用具販売会社）が積雪量を対象に行ったコールオプション型取引が最初と言われる
  - 降雪量が少ない場合のリスク・ヘッジ目的
- ビジネスにおける天候リスクの大きさの認識とともに、取引急拡大

天候デリバティブ

- 気温をインデックスとした例
  - HDD(Heating Degree Days)：主に暖房需要の目安
  - CDD(Cooling Degree Days)：主に冷房需要の目安
  - 1日あたりHDD や CDD を次のように与える

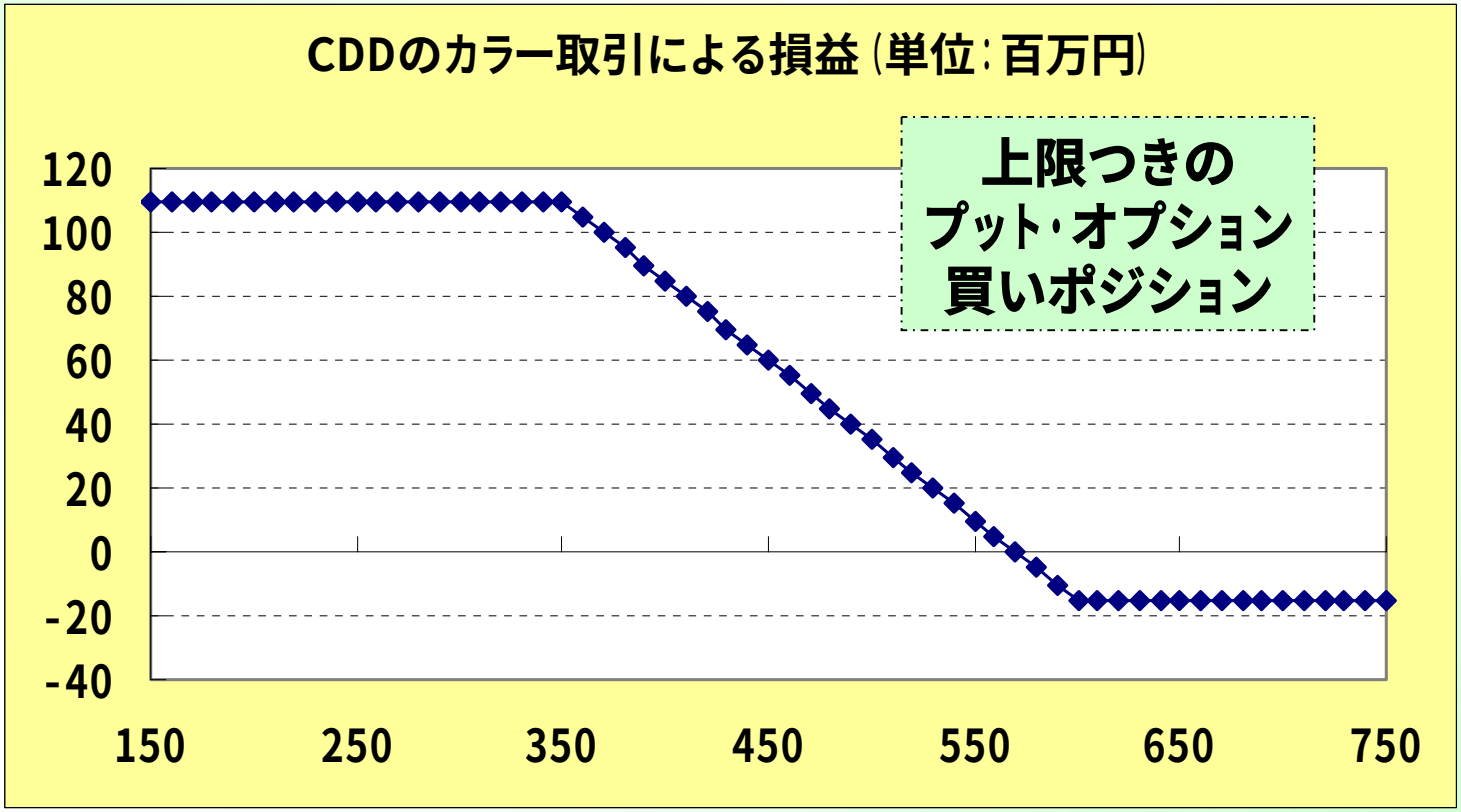
$$daily\,HDD = \max\{\,5℃ - (\text{日中最高気温と最低気温の平均}),0\,\}$$

$$daily\,CDD = \max\{\,(\text{日中最高気温と最低気温の平均}) - 25℃,\ 0\,\}$$

  - これをある期間の間累積していたものを HDD や CDD とする
  - 取引条件としては例えば、以下のような形で設定する
    - 観測地点：横浜（神奈川県横浜市○○区××△△）
    - 計算期間：2005年7月1日～2005年8月31日（62日間）
    - ヘッジ範囲：CDD が350℃以上600℃以下
    - 受取金額：1℃あたり50万円
    - プレミアム：1,500万円

天候デリバティブ

- 前ページの条件で冷夏リスクをヘッジした場合の損益



※最大で、(600-350)×0.5－1.5=125百万円、最低－1.5百万円

天候デリバティブ

- プライシング
  - 保険数理的アプローチ (過去データを用いて期待支払額を計算し、それを現在価値に割り引いて価格付けする。原資産のリスクが分散可能であると仮定できる場合には正当化できる)
  - 金融工学的アプローチ (効率的な市場の存在を前提に、リスク中立な確率を考えて価格付けする)

- 気温以外のインデックス (問：それぞれどのようなビジネスで需要があるか？)
  - 累積降水量、降水日数
  - 累積積雪量、積雪日数
  - 最大風速

事例研究：東京電力と東京ガスの気温スワップ

- 電力事業にとっての天候リスク
  - 冷夏・暖冬
    →冷暖房機器の使用量減少による減収
  - 渇水
    →ダムの水量減少により水力から他の発電への切り替えコスト増
- ガス事業にとっての天候リスク
  - 猛暑・暖冬
    →給湯用のガス需要減少による減収

電力とガスでは夏季の気温に関する感応度が正反対

事例研究：東京電力と東京ガスの気温スワップ

- 実際の気温スワップ（気温リスク交換契約）
  - 契約期間：2001年8月1日～9月30日（61日間）
  - 指標：東京管区気象台（大手町）における日平均気温
  - 基準気温 26℃
  - 東電の支払気温：基準温度＋0.5℃（26.5℃）
  - 東ガスの支払気温：基準温度－0.5℃（25.5℃）
  - 最大交換額：約7億円（基準気温±2.0℃）

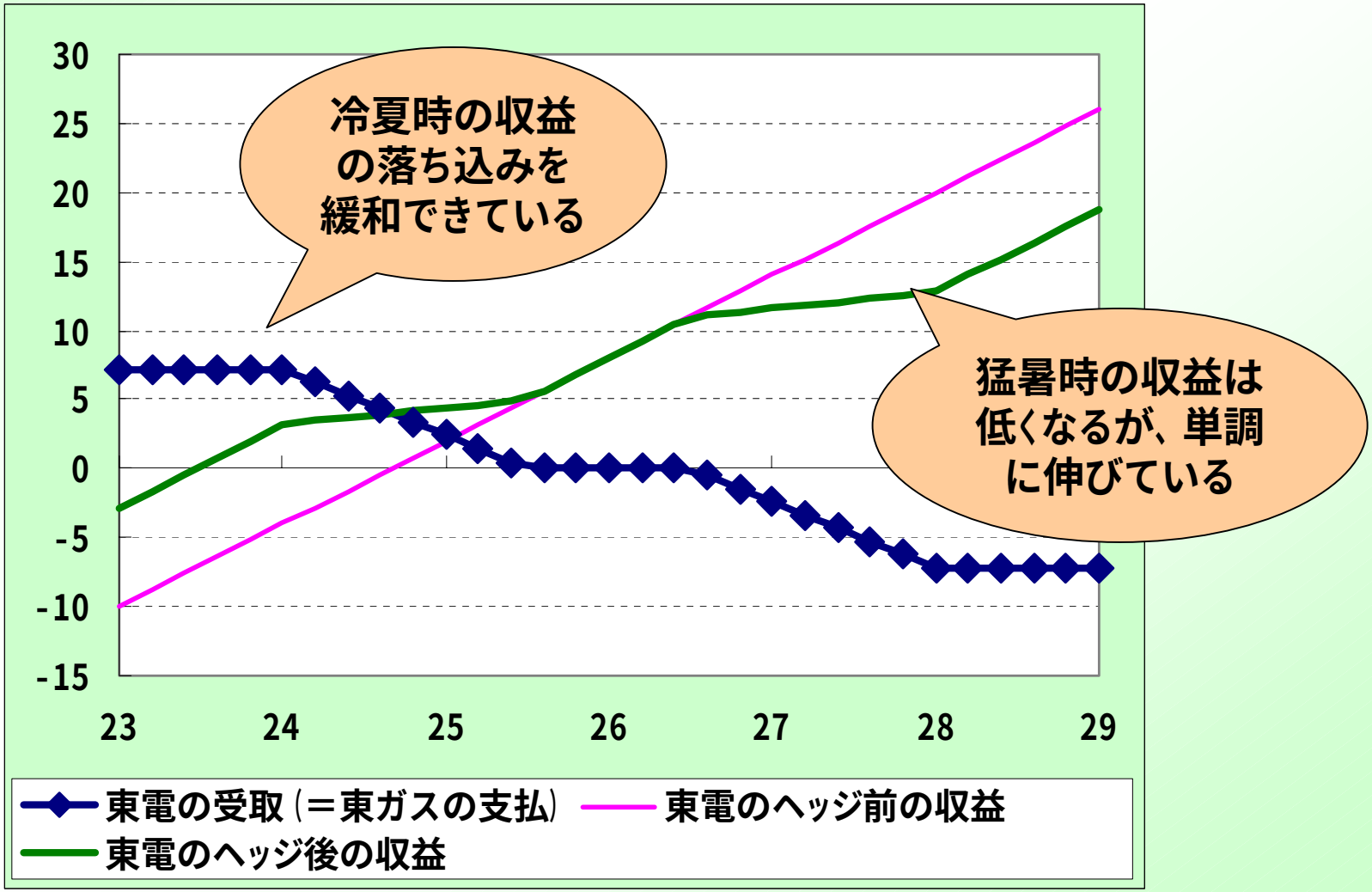
実際の期間中の日平均気温は24.8℃（冷夏）

↓

東ガスが東電に約3億2000万円支払

事例研究：東京電力と東京ガスの気温スワップ

東電から見たときの損益曲線イメージ



事例研究：オリエンタルランドの地震リスク・ヘッジ

- 地震リスクの外部移転
  - 1999年ディズニーシー建設時に、地震リスクを第三者に移転することを目的に発行
  - 施設の直接損害だけでなく、入場者数の減少などの二次的損害もカバーされる
  - 千葉県浦安市舞浜（シンデレラ城）を中心に、震源の深さ１０km以内で、
    - 半径１０km以内(Inner circle)でマグニチュード６．５以上
    - 半径５０km以内(Inner ring)でマグニチュード７．１以上
    - 半径７５km以内(Outer ring)でマグニチュード７．６以上

事例研究：オリエンタルランドの地震リスク・ヘッジ

- 元本リスク型(Catastrophe bond)
  - 発行額１億ドル、利回り６ヶ月米ドルLIBOR+3.1%の５年債
  - 償還価格：先のイベントが発生した場合、償還価格は75%〜0%の範囲で減少
- 信用リスク・スイッチ型(Catastrophe Financial Contingent Facility)
  - 発行額１億ドル、利回り６ヶ月米ドルLIBOR+0.75%の５年債
  - 償還価格は100%だが、イベント発生時はオリエンタルランド発行の社債を購入することになる。当座の利払いなどは軽減され、結果的に元本償還期間は最長８．５年まで延長

国内の研究情勢

- 東大･阪大･一橋大･立命館大 では数理ファイナンスの研究が盛ん (東工大も･･･)
- 社会人大学院でファイナンス講座が続々新設 (数理ファイナンスもカリキュラムに)
- 高校や大学教養で「数理ファイナンス」の授業が始まる日もそう遠くない (？)

最先端の理論は途方もなく難しいが、
理論の本質的なアイデアは中学数学
程度で理解できる。

さいごに

- 自分の研究は、自分の資産運用には役に立ってない。
  - 株式の含み損を抱える。最近の株高で少し戻す
  - 儲かったこともあるが、緻密な銘柄選択の結果ではない

- しかし、自分の研究は、社会全体の役には立っていく（だろう）。
  - 金融とITを融合した新しい社会システムの実現を目指して研究