

日本銀行 金融高度化センター ワークショップ

「銀行勘定における金利リスク管理 — 預貸金のデュレーションの把握 —」

弊社の提供するコア預金モデルについて

2013年10月23日(水)

 **データ・フォアビジョン株式会社**
データ・サイエンス本部 野口 雅之
(noguchi@dfv.co.jp)

〒104-0045 東京都中央区築地5-6-10
浜離宮パークサイドプレイス15階
TEL:03-6226-6606

コア預金モデルの概要

バーゼルII：第二の柱（監督上の検証プロセス）における位置付け

・第二の柱における原則

バーゼルII 第二の柱における、監督上の検証プロセスは4つの原則からなり、その第一の原則（原則1）は以下の通りとなっている。

銀行は、自行のリスク・プロファイルに照らした全体的な自己資本充実度を評価するプロセスと、自己資本水準の維持のための戦略を有するべきである。

・原則1で対処されるべきリスク

原則1で対処されるべきリスクは以下の5つであり、そのうちの銀行勘定の金利リスクの把握・評価においては**アウトライヤー基準**が採用され、そこで**コア預金**の利用が認められた。

- 信用リスク(与信の集中リスクなど)
- オペレーショナルリスク
- マーケットリスク
- 銀行勘定の金利リスク
- 流動性リスク
- その他のリスク(戦略リスク、風評リスク)

・原則1で求められる厳格な管理プロセス

原則1で求められる厳格な管理プロセスは以下の通りである。

- 取締役会と上級管理職による監視
- 健全な自己資本の評価
- リスクの包括的な評価
- モニタリングと報告
- 内部統制の検証

コア預金とは何か（1/2）

2005年11月22日に金融庁より公表された「バーゼルⅡ第2の柱（金融機関の自己管理と監督上の検証）の実施方針について」においてアウトライヤー基準及びコア預金の定義がなされている。

・アウトライヤー基準

銀行勘定の金利リスク量がTier I + Tier II 対比20%をこえる銀行は、強い監視（早期警戒制度）の対象になりうる（**アウトライヤー基準**）。

ここで、金利リスク量は「①上下200ベース・ポイントの平行移動による金利ショック又は②保有期間1年、最低5年の観測期間で計測される金利変動の1パーセンタイル値と99パーセンタイル値によって計算される経済価値の低下額」によって算定される。ここで流動性預金の経済価値の低下額の算定においては**コア預金**を用いる事が認められている。

アウトライヤー値が低めに算定される傾向があるため、
②の基準を採用する金融機関が多いようである。

・コア預金の定義

「明確な金利改定間隔がなく、預金者の要求によって随時払いだされる預金（流動性預金）のうち、引き出されることなく**長期間銀行に滞留する預金**」。

a.（金融庁基準）

①過去5年の最低残高、②過去5年の最大年間流出量を現残高から差し引いた残高、③現残高の50%相当額のうち、最小の額を上限とし、満期は5年以内（平均2.5年）として金融機関が独自に定める。

b.（内部モデル）

銀行の**内部管理上、合理的に預金者行動をモデル化し**、コア預金額の認定と期日への振り分けを実施している場合は、その定義に従う。

金融庁基準を採用している金融機関ではほぼ③の残高が採用されていると思われる。また、均等に残高が減少するキャッシュフローを仮定することがほとんど。

コア預金とは何か（2/2）

・流動性預金の金利リスク

仮に流動性預金の金利が**100%無担保O/Nレートに連動しているならば**、資金期日がどうあろうとも、**金利リスクはゼロ**となる（金利満期が1日）。

実際には**連動していない**（完全に無関係でもない）。**普通預金金利の追随率は40%程度**

⇒残高のうち追随率分は、金利満期1日の変動金利調達、残り**(1－追随率)**分は、

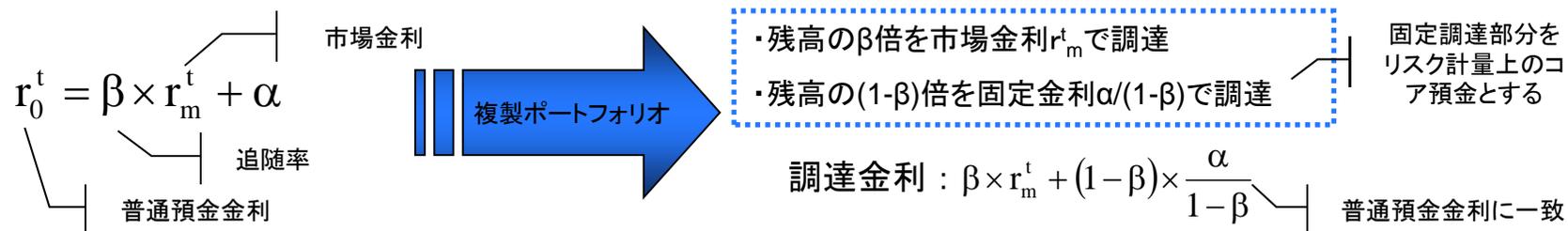
資金期日＝金利期日の**固定金利調達**とみなせる。

⇒内部モデル上は、**長期間滞留する流動性預金残高のうち固定金利調達見合いの部分**を**コア預金**とする。

※追随率は、**流動性預金金利と市場金利**の連関度を表す指標であり、**残存率を表す指標ではない**点に注意

金利リスクと追随率の考え方

市場金利と流動性預金金利（普通預金金利など）に以下の関係があるとき、同様の収益性を生む複製ポートフォリオを考える。



・コア預金を用いたアウトライヤー比率の計測

コア預金を導入すると、**流動性預金自体の金利リスクは大きく計測される**。

運用側（特に長期）の金利リスクと相殺されるため、一般的には**ポートフォリオ全体の金利リスクは小さく計測される**。

弊社の提供するコア預金モデル

・モデル構築のポイント

①視認性・透明性・説得力

- モデルのインプットとアウトプットの因果関係が明確であること。
- モデル検証分析（バックテスト）が可能であること。

②グローバルスタンダード

- ファイナンスモデルに立脚したモデルであること。
- 金利期間構造モデル（タームストラクチャーモデル）のように、世界的に標準となっている理論モデルをベースに内部モデルを構築すること。

③顧客属性の考慮

- 顧客属性（法人／個人別、金額階層別など）ごとにモデルの構築が可能であること。

DFV標準流動性預金モデル 2/7

- 「DFV標準流動性預金モデル」は以下4つの要素で構成される。

①流動性預金残高推定モデル標準構造 残高の動き = $\beta_0 + \beta_1 \times \text{金利}^\alpha + \beta_2 \times \text{外部要因}$

- 標準顧客セグメントは法人と個人の二区分。各金融機関のデータ整備状況により更なる細分化を実施。
- 説明変数は金利要因と外部要因で構成。
- 金利要因は、個別金融機関の残高変動の適合度により短期市場金利または流動性預金金利を選択。

②市場金利推定モデル標準構造 $dr(t) = \alpha(\theta(t) - r(t))dt + \sigma dz(t)$

- 金利期間構造モデルはHull-White型。
- 各種設定値 (α 、 θ 、 σ) はDFV標準パラメータを提供。
- DFV標準パラメータは四半期に一度更新。

③流動性預金金利推定モデル標準構造 流動性預金金利 = $\beta_0 + \beta_1 \times \text{一ヶ月市場金利}$

- 一ヶ月市場金利と流動性預金金利の関連を推定するモデル。
- 係数 (β) はDFV標準パラメータとして提供。
- DFV標準パラメータは四半期に一度更新。

④コア預金残高推定モデル標準構造 ボリュームアットリスク (Volume at Risk) としてコア預金を算出

- 期間別のコア預金残高を推定するモデル。
- ②、③モデルを使用しモンテカルロシミュレーションによる金利分布を作成。
- 金利分布を①に適用、流動性預金残高の将来分布を作成、各時点での下限 (99% Volume at Risk) がコア預金残高。

DFV標準流動性預金モデル 3/7

①流動性預金残高推定モデル

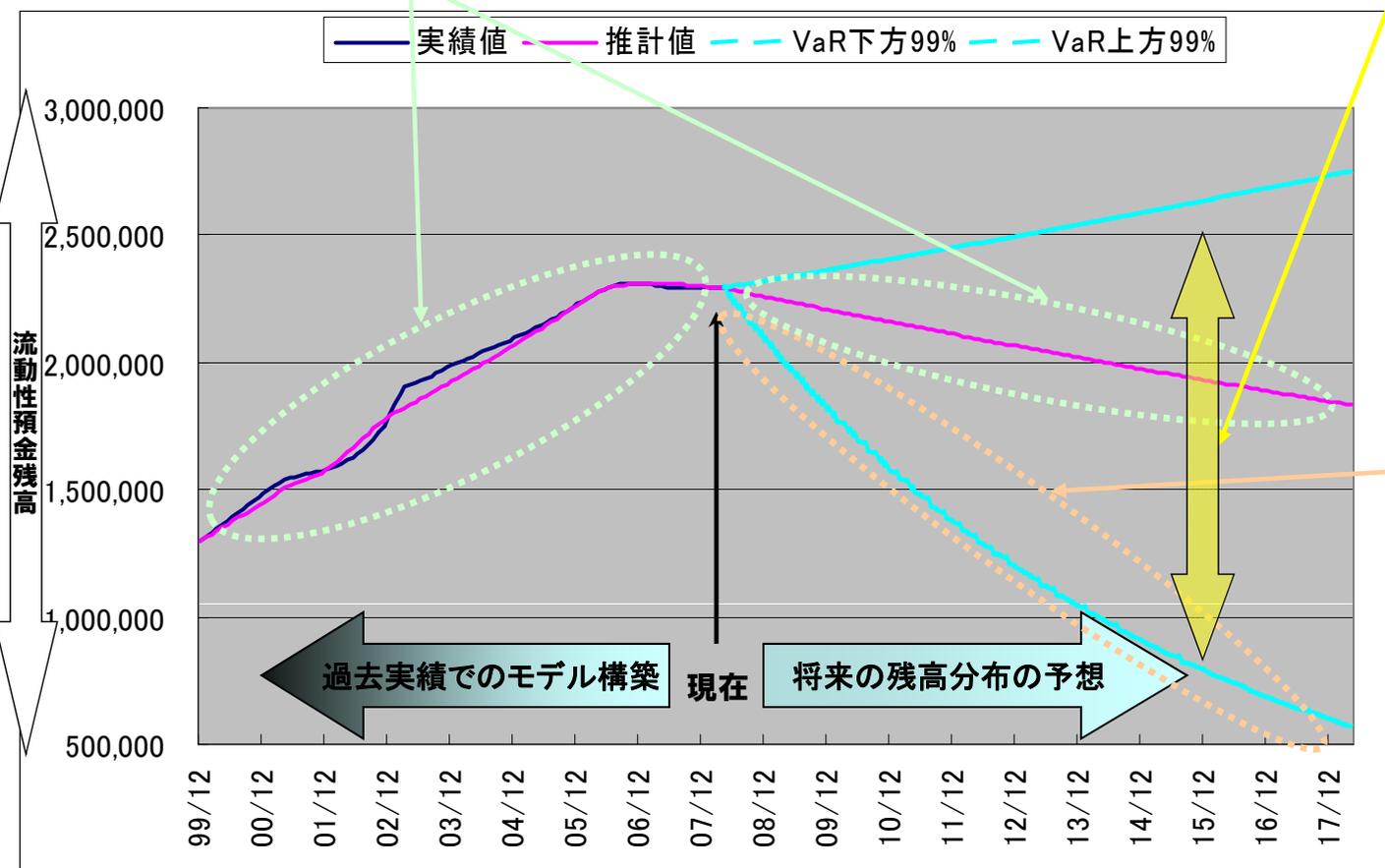
過去の流動性預金実績値に対し回帰分析を実施する事により、預金残高と説明変数の関連をモデル化。得られたモデルを用いて、将来の残高推移の予想を行う。

流動性預金残高の将来予想

説明変数の将来予想をある一定の幅を持たせて実施する事により、流動性預金残高の将来予想分布を発生させる。説明変数の将来予想は以下のモデルにより実施する。

②金利期間構造モデル

③流動性預金金利推定モデル



④コア預金残高推定モデル

流動性預金金利推定モデル及び金利期間構造モデルにより得られた流動性預金残高の将来予想分布に対し、残高が減少している下方の分布に着目する事により、コア預金残高を推計する。具体的には、将来予想分布の下方99%点等をコア預金残高の推計値とする。

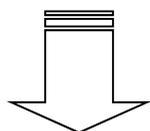
流動性預金残高の実績と予想値

DFV標準流動性預金モデル 4/7

ご参考) 拡張Vasicekモデルとコア預金残高の算出について

$$dr(t) = \alpha(\theta(t) - r(t))dt + \sigma dz(t)$$

$r(t)$: 1ヵ月物市場金利
 α : 平均回帰速度
 σ : 市場金利のボラティリティ
 $\theta(t)$: 平均回帰水準
 $z(t)$: 標準ブラウン運動



差分化すると。。。

$$r(t+1) - r(t) = \alpha(\theta - r(t)) + \sigma \varepsilon(t)$$

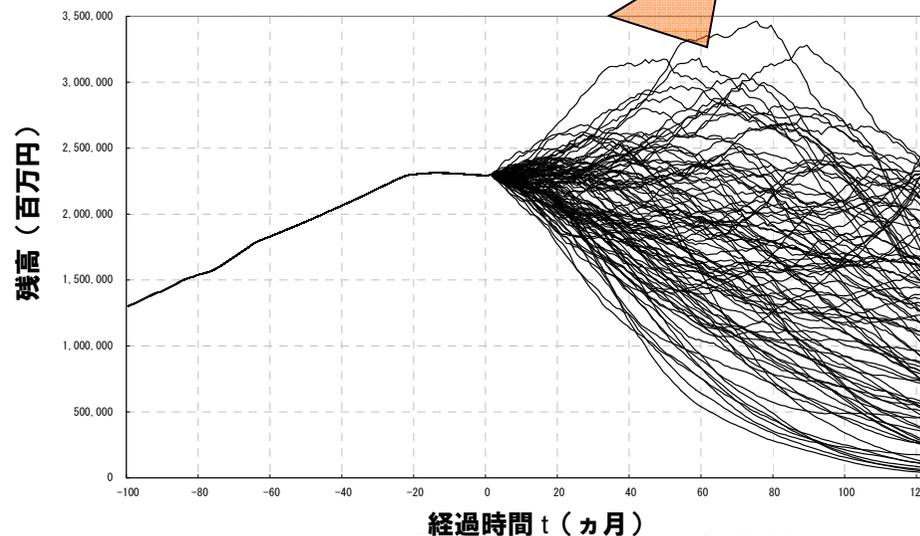
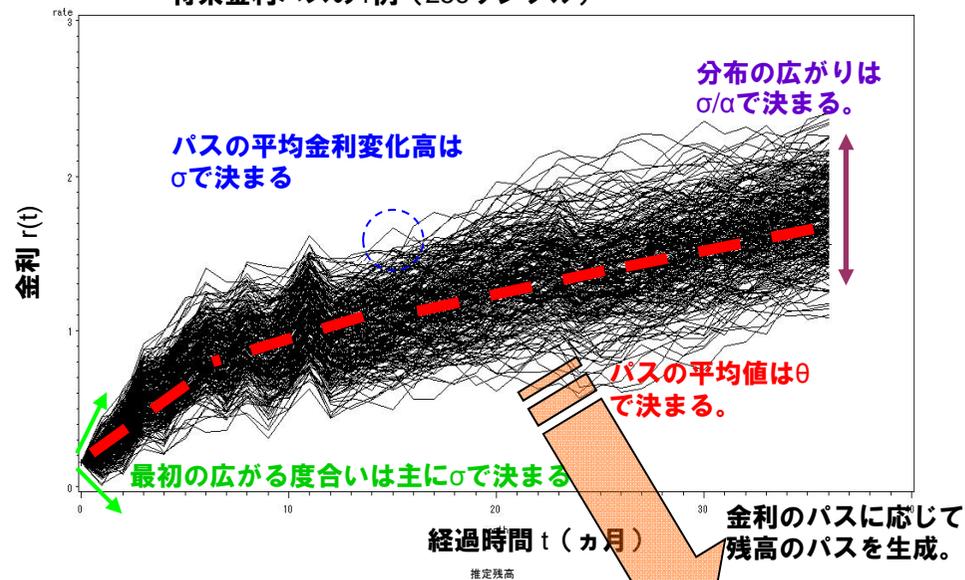
上式で $t \rightarrow \infty$ の極限で $r(t+1) \sim r(t)$ となるとすると 正規分布

$$r(t) \sim \theta + \frac{\sigma}{\alpha} \varepsilon(t)$$

となる。

これは、 $r(t)$ の分布は平均 θ 、標準偏差 σ/α の正規分布に近づくことを意味する。

将来金利パスの1例 (256サンプル)



DFV標準流動性預金モデル 5/7

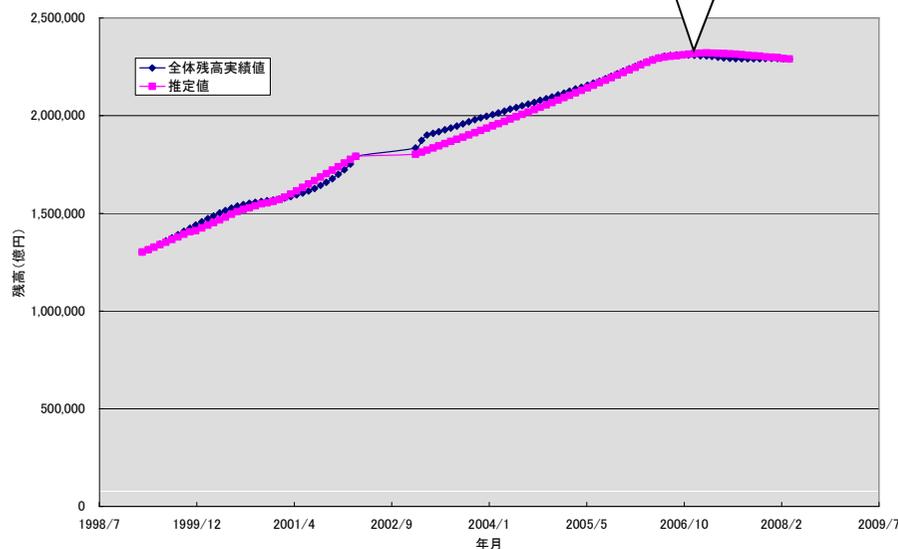
DFV標準流動性預金モデルの事例

- DFV標準流動性預金モデルを日銀より公表された流動性預金残高情報に適用

$$\text{流動性預金前月比} = 1.00906 - 0.01221 \times \sqrt{\text{一ヶ月市場金利 (\%)}}$$

流動性預金モデルを使用することにより、残高の過去実績をかなりの精度で推計可能

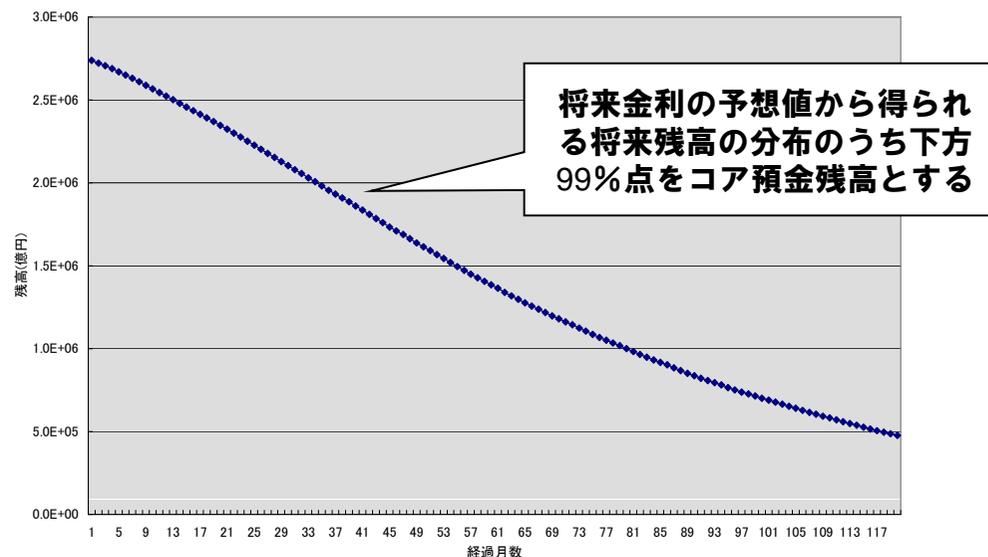
過去実績値と推計値の比較



調整R²値:0.9914

将来の金利予想に関しては、金利の期間構造モデル（Hull-Whiteモデル）を使用して確率分布を求める

将来コア預金残高の時系列推移



将来金利の予想値から得られる将来残高の分布のうち下方99%点をコア預金残高とする

平均残存期間:5.3589年

DFV標準流動性預金モデル 6/7

○ 個人、法人別モデル

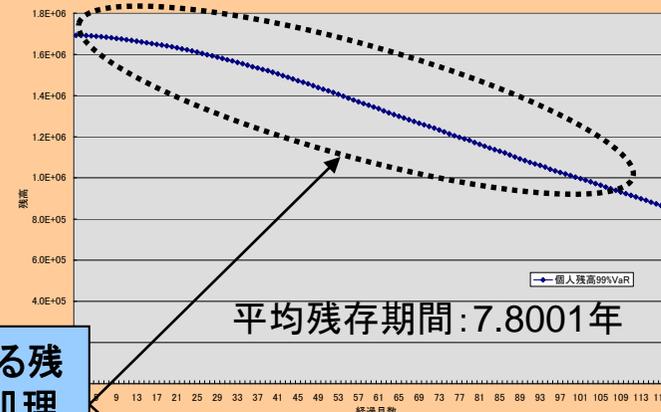
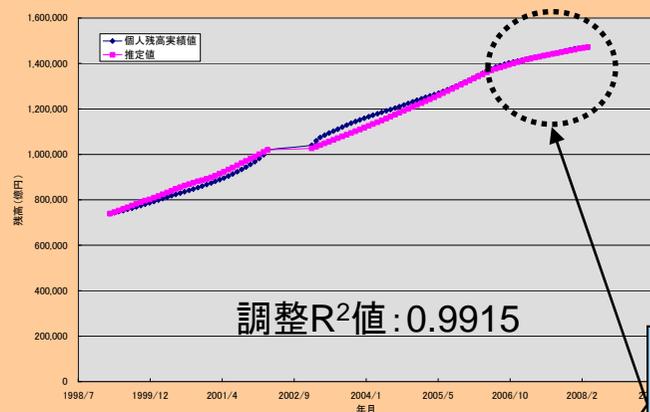
$$\text{個人流動性預金前月比} = 1.00904 - 0.00769 \times \sqrt{\text{一ヶ月市場金利 (\%)}}$$

$$\text{法人流動性預金前月比} = 1.01008 - 0.01988 \times \sqrt{\text{一ヶ月市場金利 (\%)}}$$

過去実績値と推計値の比較

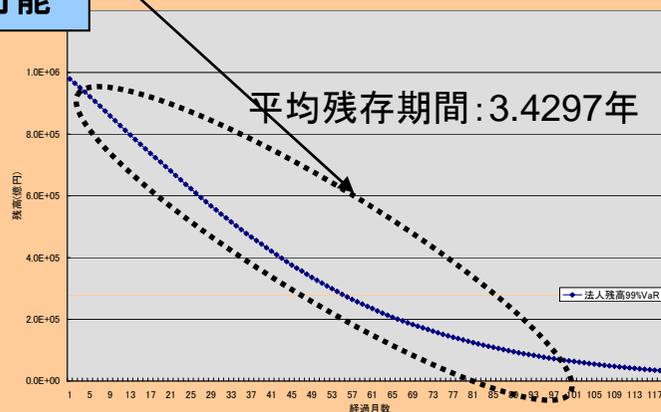
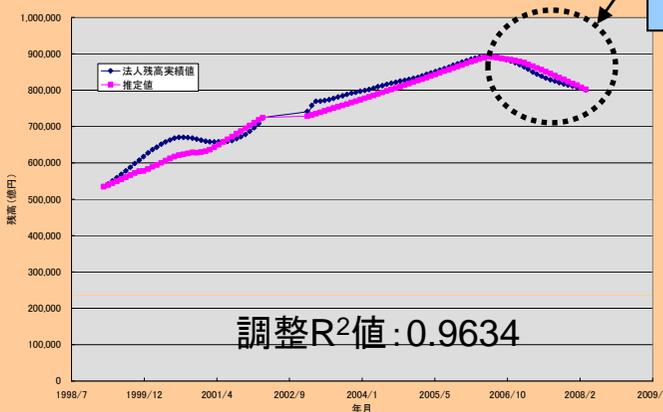
将来コア預金残高の時系列推移

個人モデル



属性の違いによる残高の動きをより肌理細やかに表現可能

法人モデル



DFV標準流動性預金モデル 7/7

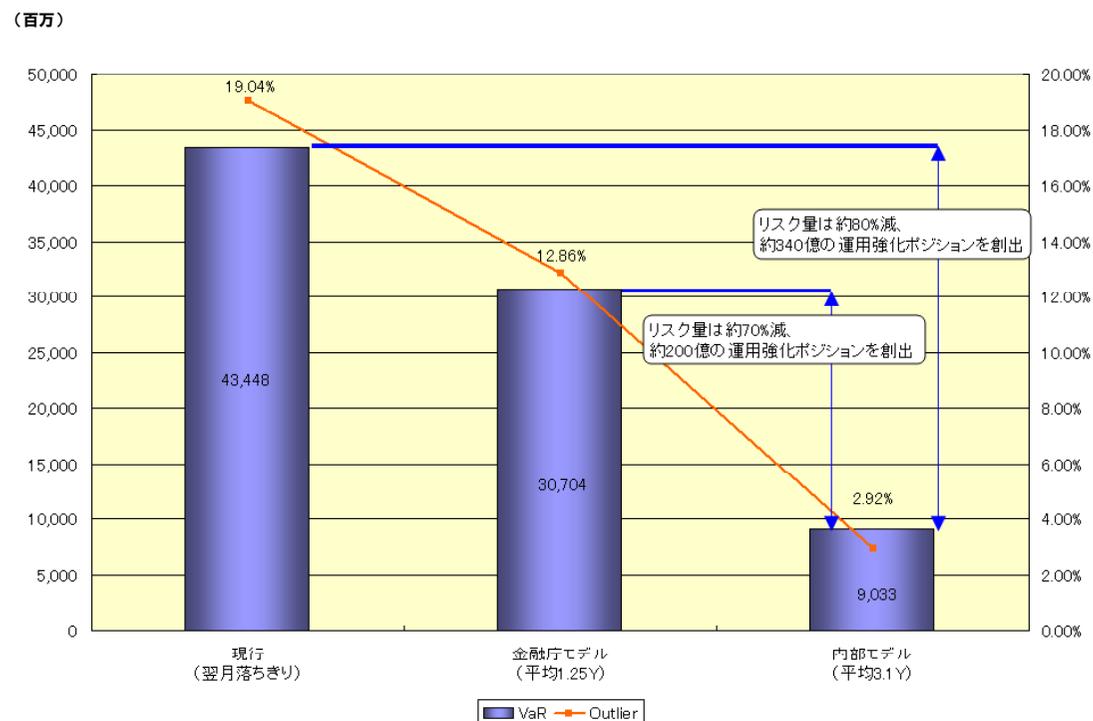
流動性預金“内部モデル”導入によるリスク計量結果への影響

- 「流動性預金“内部モデル”」を用いて、モデル銀行のB/Sを使用して収益性向上とリスク量の試算を行なう。
- 内部モデルによって、リスク量は『約80%減(430億→90億)』となり、見かけ上大幅な削減が実現された。
- これは内部モデル導入によりリスク量が減少することを意味しない。モデル導入により、より実態に近い負債の満期構造が把握され、結果としてより実態に近いリスク量(リスクプロファイル)が把握されたことを意味する。
- より実態に近いリスク量ひいてはリスクテイク余力を把握することで、自由度の高い高度化されたALM運営の土台が築かれる。

[モデル銀行のB/S](前頁と同じ)

(単位:百万)		(単位:百万)	
資産の部		負債及び純資産の部	
貸出金	2,100,000	預金	2,700,000
法人	1,260,000	流動性	1,350,000
個人	84,000	定期性	1,350,000
有価証券	750,000	資本金	300,000
うち 国債	375,000		
その他資産	150,000		
合計	3,000,000	合計	3,000,000

- 総資産負債3兆円
- 運用サイドは、全体の7割が貸出金、1/4が有価証券
- 調達サイドは、全体の9割が預金調達
- デュレーションは、貸出金2.2年、有価証券1.5年(国債1.2年)、預金全体3ヶ月(内 定期性6ヶ月)
- VaRは分散共分散法で計測(信頼区間99%、保有期間125日)
- Outlierは99%タイル値で計測
- 流動性預金“内部モデル”



他のモデルとの比較

コア預金モデルの分類 1/2

○ 間接推計型 (AA-Kijimaモデル)

- 近年のほぼ残高増加のみが観察される期間のデータを用い、レジームシフトモデルにより、「残高増加局面」や「残高安定局面」での残高増加率を推計し、そこから将来の「残高減少局面」での増加率(減少率)を間接的に推計。
- さらに残高減少の確率的変動も加味しVolume-at-Riskとしてコア残高を算出。

○ 直接推計型 (ヒストリカル推計型)

- 過去の流動性金残高減少時期(預金金利自由化以前)での残高減少率を直接的に推計し、これを将来の「残高減少局面」での増加率(減少率)として利用。
- 上記、間接推計型と同様に残高減少の確率的変動も加味しVolume-at-Riskとしてコア残高を算出。

○ イールドカーブ参照型 (DFVモデル)

- 過去データから流動性預金残高の動きと金利水準等の関連をモデル化(流動性預金残高推定モデル)。
- 基準日時点のイールドカーブから推計される将来金利の確率分布を上記流動性預金残高推定モデルに適用することで将来残高の確率分布を推定し、Volume-at-Riskとしてコア残高を算出。

コア預金モデルの分類 2/2

モデル区分	間接推計型 (AA-Kijimaモデル)	直接推計型 (ヒストリカル推計型)	イールドカーブ参照型 (DFVモデル)
平均満期	推計に用いるデータ次第ではあるが、基本はこれらのモデルの中では短めに推計される傾向がある	間接推計型よりは長めに推計される傾向がある	基準日時点のイールドカーブ次第だがこれらのモデルの中では長めに推計される傾向がある
平均満期の安定性	比較的変動が大きく、変動の原因の解明が困難	比較的変動は小さい	イールドカーブ次第で変動は大きい、変動要因の理解は容易。変動を抑制する工夫も可能
残高の将来推計	△	△	○
パラメータ推計	レジームシフトモデル、EMアルゴリズムなどを使用し複雑	過去実績の推計のみの為、単純	残高推計モデルに関しては比較的単純だが、別途金利期間構造モデルのパラメータ推計が必要
追随率、打切り期間	モデル外で推計	モデル外で推計	モデル外で推計

コア預金モデルの留意点・今後の高度化等

○ モデルの考え方の違いに関する留意点

- 様々なモデルの考え方、特徴(長所・短所)について比較検討すべき。

○ 計測結果の安定性に関する留意点

- コア預金推定の計測基準日に応じて平均満期が相応に変動する可能性に留意すべき。
- これらの変動の可能性を踏まえ、アウトライヤーや金利リスク量の計測結果への事前の影響調査や、変動を抑える工夫を行う事も検討。

○ 金利リスク・アウトライヤー計量に関する留意点

- コア預金モデル導入に伴い、金利リスクの方向性の逆転(金利上昇時ではなく、金利低下時に経済価値の毀損)が生じる可能性がある。
- 会計のミスマッチ(資産(有価証券やスワップ等)については時価評価が求められる一方、負債(流動性預金)の時価評価が認められない点)にも十分に注意が必要。
- 追従率や最大満期など、流動性預金の金利リスク計量に大きな影響を与えるパラメータがモデル内では評価出来ていない事に対する認識が重要。
- 追従率の将来的な変動の可能性について、常に検証を実施し、必要に応じてシミュレーション等を行う事が必要。
- 2011年度下期からは、アウトライヤー計測の為の1%、99%シナリオにおける金利上昇幅が低下。
- 観測期間の延長や上下200bpの金利ショックによるアウトライヤー計測の検討も必要。

○ 今後の高度化について

- 住宅ローンの期限前償還や短期貸金、定期預金のロールオーバーなど、リスク計量上使用する、流動性預金以外の銀行勘定の実態的満期の把握の必要性について。
- セグメント別(預金残高や性別、年齢、貸金の有無などの区分別)の預金動向の分析・把握。
- 地域人口動態などの預金残高へ与える影響の把握と、これに基づく流動性預金残高の将来予想の活用。

(ご参考)AA-Kijimaモデル 1/2

○ レジーム・シフト・モデル

- レジーム・シフト・モデルとは、特徴の異なるレジーム(局面)が確率的に遷移する状態を表現する為のモデルであり、各レジームの特徴(残高の変動率 y_t)はドリフト μ_{Rt} 、ボラティリティ σ を用いて以下の通り表現される

$$y_t = \mu_{Rt} + \sigma \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim N(0,1)$$

- 上記は、ある時点 t での残高の変動率 y_t が平均値 μ_{Rt} の周りで標準偏差 σ で分布している様子を表している
- また、残高の変動率の平均的な値 μ_{Rt} はレジーム毎に異なり、その時点 t がどのレジームに属しているかによって決定される
- なお、残高の変動率の平均的な値 μ_{Rt} の符号が正負により、残高が平均的に増加する局面か、減少するかが判断できる

○ モデルパラメータの推計方法(EMアルゴリズム)

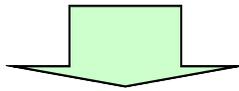
- 各レジームにおける残高の変動率 y_t に対するドリフトやボラティリティ、レジーム間の推移確率などはEMアルゴリズムという手法から推計される
- AA-Kijimaモデルでは、このアルゴリズムを用いて、過去の預金残高の推移をドリフト μ_{Rt} の値から「残高増加局面」「残高安定局面」の2つのレジームに分解
- 但し、過去における預金残高は一貫して増加し続けていることから、結果として分解されるレジームは「残高減少局面」は現れない

○ AA-Kijimaモデルにおけるコア預金残高推計

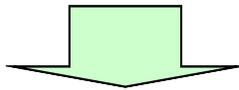
- コア預金残高の推計にあたっては、残高減少局面での特徴(ドリフト、ボラティリティ)を表現する必要があり、AA-Kijimaモデルでは、過去の残高増加局面の時間軸を逆転することによって、残高減少局面と解釈している
- このようにAA-Kijimaモデルとはレジーム・シフト・モデルをベースに、時間軸を逆転する事によって残高減少局面の特徴を表現し、将来の預金残高の確率分布を求め、そのVolume at Risk(分布の下限 α %点から算出される残高)をコア預金残高とするモデルと言える

(ご参考)AA-Kijimaモデル 2/2

過去の流動性預金残高残高の動きに対し、レジームシフトモデルを適用する事により残高増加レジーム、残高安定レジームを特定する。



現状、日本では残高減少レジームを殆ど経験していない為、時間軸を反転させる事により残高増加レジームを残高減少レジームに読み替える。



残高減少レジームでのトレンド(μ)、ボラティリティ(σ)を使用し、残高減少の確率分布を表現し、この残高の下方X%点をVolume at Risk (X%VaR)とする。

残高増加局面の残高の動き

$$y_t = \mu_{\text{上昇}} + \sigma_{\text{上昇}} \varepsilon$$

残高安定局面の残高の動き

$$y_t = \mu_{\text{安定}} + \sigma_{\text{安定}} \varepsilon$$

y_t : 残高変化率

μ_x : 変化率のドリフト

σ_x : 変化率のボラティリティ

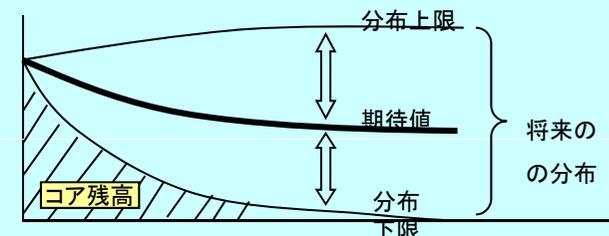
ε : 正規乱数

時間軸を反転させ、残高増加局面、残高安定局面のドリフトから残高減少局面のドリフトを推計



以下の式により、残高減少局面での残高の将来分布を特定して、残高分布の下方の値(99%点等)をコア残高とする。

$$y_t = \mu_{\text{減少}} + \sigma_{\text{減少}} \varepsilon$$



弊社の近年の取組みについて

弊社の近年の取組について 1/3

● 平均満期算出の安定化について (Minimum Volume-at-Riskによる平均満期の算出)

- 基準日から見て過去n年間(n×12ヶ月分)の月末イールドカーブを元に算出されたVolume-at-Riskに対し、将来のそれぞれの時点(月毎)での最低残高をコア預金残高として定義することで、より保守的に(満期を短く)推定し基準日時点のイールドカーブの変動による満期の推定結果への影響も抑制する。

Minimum Volume-at-Riskによる平均満期の算出事例

基準年月	直近n年を観測期間とした場合のMinimum Volume-at-Risk(ヶ月)										
	0(現行)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2006年12月	60.92	55.30	55.30	55.30	55.30	55.30	55.30	55.28	54.60	53.58	43.38
2007年12月	64.98	54.11	53.51	53.51	53.51	53.51	53.51	53.51	53.49	52.86	52.19
2008年12月	75.49	55.35	53.92	53.32	53.32	53.32	53.32	53.32	53.32	53.30	52.67
2009年12月	80.99	71.29	55.35	53.92	53.32	53.32	53.32	53.32	53.32	53.32	53.30
2010年12月	87.90	78.79	71.29	55.35	53.92	53.32	53.32	53.32	53.32	53.32	53.32
2011年12月	94.56	82.46	79.28	71.68	55.63	54.14	53.50	53.50	53.50	53.50	53.50
2012年12月	103.42	94.00	82.96	79.75	72.09	55.90	54.40	53.74	53.74	53.74	53.74

平均満期算出の前提条件

- ✓流動性預金残高推定モデルとしては日銀データを用いたモデル(説明変数はTibor1M)を使用
- ✓金利期間構造モデル(拡張Vasicekモデル)のパラメータは2002年1月から2010年12月までの市場金利情報を用いて推定

● 金融機関の信用リスクの考慮

- これまでの取付騒ぎや破綻行の事例調査
- 信用事象発生頻度と発生時の残高減少率を加味したコア残高の算出
- 信用事象発生を加味した基準時点残高設定によるリスク計量

銀行	大手銀行A	大手銀行B	大手銀行C	大手銀行D(破綻行)	大手行E(破綻行)	地方銀行	第二地銀	合算
期間	1980~2001	1980~2001	1980~2001	1980~1997	1980~1999	1980~2007	1989~1997	1980~2007
データ数	21	21	21	17	19	27	8	134
平均	108.34%	108.79%	108.17%	100.82%	99.04%	105.37%	93.08%	104.60%
標準偏差	10.54%	13.67%	15.81%	10.72%	14.56%	7.74%	18.28%	13.25%
1%点	94.67%	94.58%	92.26%	70.92%	67.98%	94.95%	71.34%	68.21%
5%点	98.61%	96.34%	97.10%	87.02%	78.33%	95.68%	73.18%	86.80%
最小	93.68%	94.14%	91.04%	66.89%	65.40%	94.82%	70.88%	65.40%

弊社の近年の取組について 2/3

○ 地域の人口動向を考慮した分析

- 人口動向(労働者人口、高齢人口)や年齢構成の将来変化を考慮したコア預金のモデル化。(人口動向、年齢構成を説明変数として取り入れ。)

モデル化のイメージ

残高の動き = $\beta_0 + \beta_1 \times \text{金利}^\alpha + \beta_2 \times \text{外部要因} + \beta_3 \times \text{人口動態要因} + \dots$

✓流動性預金残高の変動要因として人口動態要因を明示的に取り入れることにより、地域人口動態、或いは自行口座保有者の年齢構成の変化などによる残高変動を表現。

- 口座あたり残高と人口動向の組合せによる、コア預金のモデル化。(口座あたり残高を金利等で推定し、口座数は人口動向により推定。最終的なコア残高は「口座あたり残高 × 口座数」により算出。)

モデル化のイメージ

残高の変動 = 一口座あたり残高の動き × 口座数の動き,

一口座あたり残高の動き = $A_0 + A_1 \times \text{経済環境要因} 1 + \dots$,

口座数の動き = $A_0 + A_1 \times \text{人口動態要因} 1 + \dots$

✓一口座当たりの残高の動きは主に市場金利などの経済環境要因で説明。
✓口座数の動きには主に人口動態要因で説明。

- 更なる高度化の方向性としては、明細単位の預金情報を活用することで、預金者属性や預金者のライフイベント等を反映させたより詳細なモデル化も考えられる。

弊社の近年の取組について 3/3

◎ 住宅ローン期限前償還モデルの構築

- 以下の各手法でモデル構築を実施
 - 離散時間ロジットモデルによる期限前償還モデルの構築
 - 比例ハザードモデルによる期限前償還モデルの構築
- モデル化の留意点
 - 期限前償還の把握の為にデータ整備が必要
 - 債務者の信用力や商品性による期限前償還率の違いの反映
 - 特約満期終了後の商品(金利タイプ)の変化の評価 など

◎ 定期預金や短期貸金等のロールオーバー分析

- 定期預金、短期貸金の実質満期の把握
 - 自動継続のみならず、非自動継続の定期預金に関しても一定数、ロールオーバーが行われている事を確認
 - 非自動継続の定期預金に関し、ロールオーバー時の預入満期の変化も踏まえた実行満期の推計も実施