

クロスアセット

### 要約

本稿は、NOMURA-BPIにおけるMBSのリスク指標および投資収益指数の算出方法をまとめたものである。

MBSとは複数の住宅ローンを担保とした固定利付債券であり、ローンの元利金返済を投資家が受け取るパススルー証券としての仕組みを持つ。そのため、裏付けとなっている住宅ローンにおける長期延滞や、返済スケジュール及び融資条件の変更といった事象によるMBSの期限前償還が生じる。従って、MBSは、将来キャッシュフローが確定していないという特徴がある。こうした要素を考慮しリスク指標や投資収益指数を算出するためにNOMURA-BPIで用いられているNOMURAプリペイメント・モデル(期限前償還モデルおよび解約率推定モデル)について紹介する。

Global Markets Research

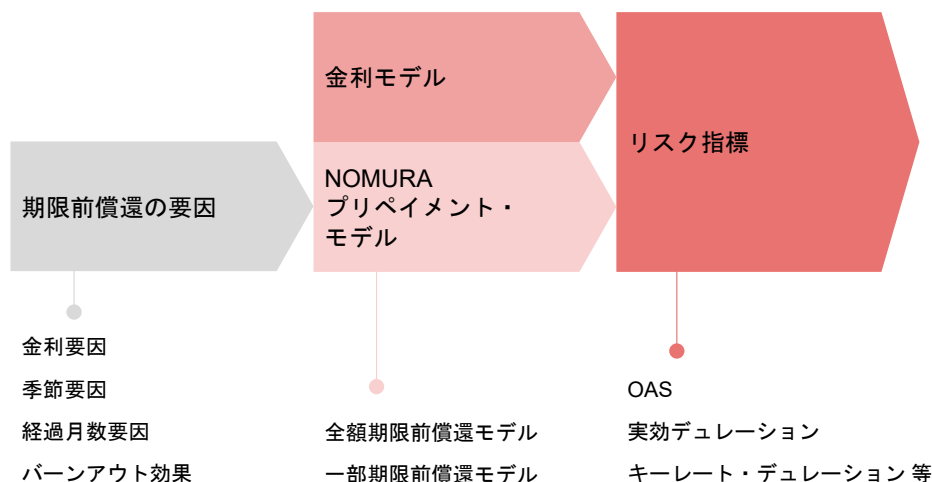
2025年3月31日

リサーチアナリスト

インデックス事業部

インデックス事業部 - NFRC

bpi@nfrc.co.jp



出所:野村フィデューシャリー・リサーチ&コンサルティング(NFRC)

## 目次

1. はじめに .....	1
2. 期限前償還の要因 .....	2
2.1 全額期限前償還の要因 .....	2
2.2 一部期限前償還の要因 .....	6
3. NOMURA プリペイメント・モデル .....	8
3.1 期限前償還モデル .....	8
3.2 解約率モデルについて .....	11
3.3 将来キャッシュフローの計算方法 .....	12
4. リスク指標・投資収益指数の計算 .....	12
4.1 リスク指標の計算方法 .....	12
4.2 投資収益指数の計算方法 .....	16

## 1. はじめに

NOMURA-BPI(野村ボンド・パフォーマンス・インデックス)を構成するセクターの一つに、MBS(住宅ローン担保証券)がある。2001年3月に、貸付債権担保住宅金融支援機構債券(以下、機構MBS)が初めて発行され、2003年4月よりNOMURA-BPIへ新たなセクター分類であるMBSセクターの債券として組入を開始した。そして2025年3月現在、機構MBSのみがMBSセクターに分類されている。

機構MBSは、住宅ローンを担保として発行された固定利付債券である。また、住宅ローンの借り手が毎月返済する元利金を、そのまま投資家が元本償還、利息という形で受け取るパススルー証券である。この住宅ローンの借り手が毎月返済する元金は、当初予定されていたスケジュール通りに返済されるわけではなく、一般にそれよりも前倒しで返済される。したがって、そのキャッシュフローをそのまま受け取る機構MBSは、将来のキャッシュフローが確定していない固定利付債券である。

このため、複利やデレション等のポートフォリオ指標を通常の固定利付債と同様に計算することができない。そこで、将来の期限前償還を予測し、この予測に基づいて作成したキャッシュフローからリスク指標等を計算する必要がある。つまり、リスク指標を計算する上で、この期限前償還をどのように予測するかが非常に重要なポイントとなるのである。

期限前償還のスピードは、SMM (Single Monthly Mortality)やCPR (Conditional Prepayment Rate)を用いて表されることが一般的である。次式の通り、SMMは月間の期限前償還の割合を月率で示しており、それを年率換算したものがCPRである。

$$SMM[\%] = \frac{\text{月間の期限前償還}}{\text{月初における月末予定残高}} \times 100$$

$$CPR[\%] = 100 - \left(1 - \frac{SMM[\%]}{100}\right)^{12} \times 100$$

機構MBSの分析に際しては、このSMMもしくはCPRを予測するために「期限前償還モデル」を構築することとなる。

また、担保となっている住宅ローン債権に長期延滞や融資条件の変更等が発生した場合、機構MBSのうちS種債<sup>1</sup>と2007年3月以前に発行された月次債については、住宅金融支援機構が当該債権を自らの保有する(健全な)債権に差替える。一方、2007年4月以降に発行された月次債については、当該債権を解約して、その元本相当額の機構MBSを繰上償還する。このような繰上償還は期限前償還と同様の影響をキャッシュフローに及ぼすため、2007年4月以降に発行された月次債については、長期延滞や融資条件の変更等の発生率を予測する「解約率推定モデル」の構築も必要となる。

この他に注意すべき特徴として、クリーン・アップ・コール条項がある。これによると、機構MBSの残高が発行時の10%を下回った場合、住宅金融支援機構は当該MBSを早期償還することができる。NOMURA-BPIで算出する機構MBSに関する諸指標は、残高が発行時の10%を下回った翌月にクリーン・アップ・コールが行われるという前提で計算される。

以下では、期限前償還の傾向を要因別にまとめた後、NOMURA-BPIにおいて用いているNOMURAプリペイメント・モデル(期限前償還モデルおよび解約率推定モデル)を紹介し、リスク指標および投資収益指数の算出方法について述べる。なお、これまで機構MBSに関するモデルは図表1の通り変遷している。

<sup>1</sup> 機構MBSには、原則毎月発行される「月次債」と、不定期に発行される「S種債」および「T種債」がある。S種債は2005年~2009年の間に発行された。T種債は2018年~2021年の間に発行された。

図表 1 機構 MBS に関するモデルの変遷

2003年4月	機構 MBS の組入れ開始 (NOMURA プリペイメント・モデルの導入)
2007年4月	解約率モデルの導入
2011年4月	NOMURA プリペイメント・モデルの変更 (バーンアウト効果の導入)
2016年3月	リスク指標算出に用いる金利モデルの切替

出所: NFRC

## 2. 期限前償還の要因

機構 MBS の期限前償還、すなわちその担保となっている住宅ローンの繰上返済が発生する理由は様々である。住宅ローンの債務者は、現在の借入残高の全額を一度に返済できるだけでなく(全額期限前償還)、借入残高の一部のみを返済することもでき(一部期限前償還)、それぞれの代表的な発牛理由としては、以下のものが考えられる。

全額期限前償還: 借り換え、住み替え など

一部期限前償還: 余裕資金による返済 など

期限前償還を引き起こす要因はいくつか挙げられるが、それらは複合的に影響していると考えられる。次節以降では、住宅金融支援機構から公表されている償還履歴データ(スタティックデータ)を用いて、全額期限前償還と一部期限前償還のそれぞれについて影響を与えている要因を考察する。

### 2.1 全額期限前償還の要因

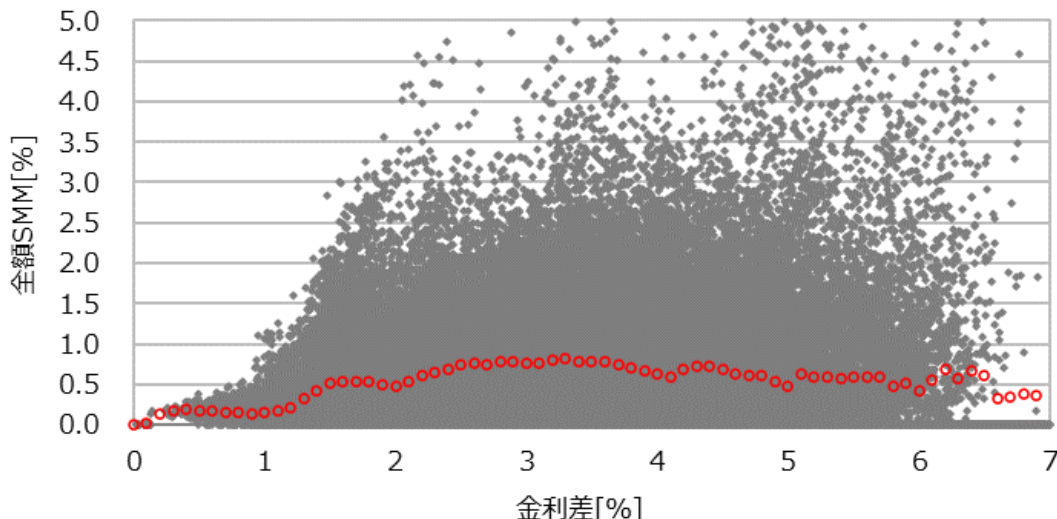
#### 2.1.1 金利要因

観測月の月末の債権残高加重平均金利(Weighted Average Coupon、以下 WAC)とその3カ月前の月末の5年国債パーイールド<sup>2</sup>の差(以下、金利差)を横軸にとり、縦軸に全額期限前償還による SMM(以下、全額 SMM)をとったグラフが図表 2 である。赤色の丸い点は、各金利差水準での全額 SMM の平均を表している(本章の以下の図表においても同様である)。

この図表によると、金利差が 3%程度より小さい範囲では、市場金利が低下(金利差が拡大)すると全額 SMM が高く、逆に市場金利が上昇(金利差が縮小)すると全額 SMM が低い傾向が見られる。これは、ローンを借りた時点と比べて市場金利の低下が進んだ場合、市中での住宅ローン金利も低下して経済的に合理的な借り換えが起こりやすくなるためと考えられる。金利差が 3%以上で全額 SMM が若干低下する傾向が見られるのは、後述のバーンアウト効果の影響と考えられる。

<sup>2</sup> 5年国債パーイールドの参照時点については、時点を様々に変えて償還履歴データへのモデルのフィッティングを行い、その中で最も当てはまりの良かった、3カ月前の月末時点の値を用いることとした。このようなラグが発生するのは、市場金利が変動してから銀行等の設定する借り換えローン金利が変動するまでに多少のタイムラグがあることや、銀行等の借り換えローン金利が変動してから債務者による検討や必要書類等の準備、借り換え先の銀行による審査等にはそれなりの期間が必要であること、さらに機構には繰上返済を行う1カ月前までに申し出る必要があること、などが原因と考えられる。

図表 2 全額 SMM:金利要因(2024年12月末までの公表データによる)



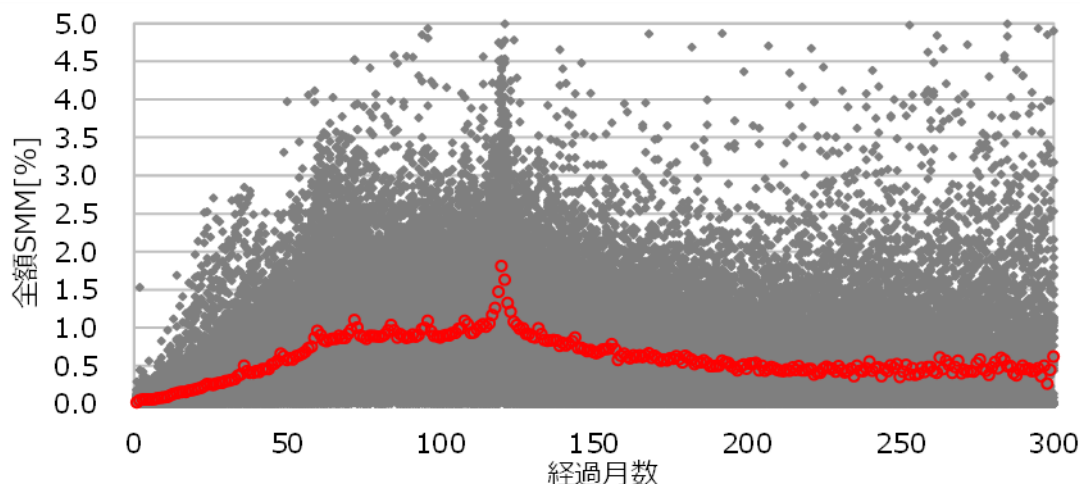
出所:住宅金融支援機構データより NFRC 作成

注:金利差 = WAC - 観測月3カ月前の月末の5年国債パーイールド

### 2.1.2 経過月数要因

住宅ローンの契約時点から経過月数と全額 SMM との関係を表したものが図表 3 である。全額 SMM はローンの開始からしばらくは徐々に上昇し、経過月数が 70 カ月を超えた付近からほとんど一定の値で推移した後に 120 カ月前後にピークがあり、その後は緩やかに下がっていく傾向が見られる。全額 SMM がローンの借入当初は低く、経過月数が大きくなるとともにその割合が一定レベルまで高くなってゆく傾向については、①住宅を購入してから日が浅いので住み替えの需要が起りにくい、②返済開始直後は金利が急激に低下しない限り借り換えが起りにくい、などの定性的解釈が成り立つだろう。また、120 カ月付近でピークをつけているのは、返済開始から 10 年後に適用金利が上昇するローンの債務者が、適用金利の上昇前にできるだけ繰上返済を行おうとする行動を反映していると考えられる。

図表 3 全額 SMM:経過月数要因(2024年12月末までの公表データによる)



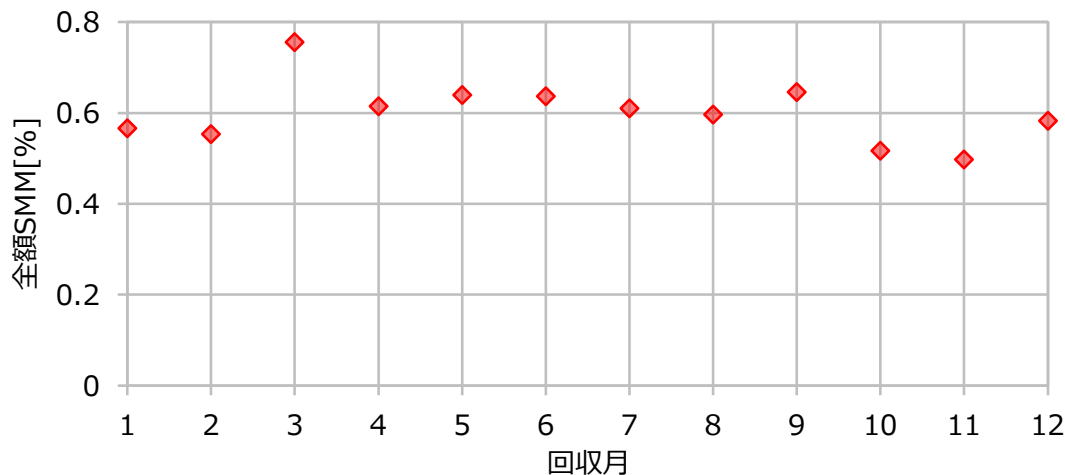
出所:住宅金融支援機構データより NFRC 作成

120 カ月以降の全額 SMM の低下は、ローン開始から十分な時間が経つと、金利の変動に敏感、あるいは余裕資金が多いといった特性を持つ借り手がローンを完済してゆくことで、積極的に繰上返済しようとする借り手がローンプール全体において少なくなるのが一因と考えられる。そのため、全額 SMM の低下の一部は、経過月数要因というよりは後述のバーンアウト効果として捉えることが適切であろう。

### 2.1.3 季節要因

ローンの回収月ごとに全額 SMM の平均値を表したのが図表 4 である。

図表 4 全額 SMM: 季節要因(2024 年 12 月末までの公表データによる)



出所: 住宅金融支援機構データより NFRC 作成

この図表から全額 SMM は 3 月に高くなり 1 月・2 月や 10 月・11 月は低いという傾向が見てとれる。3 月は年度末であり、住み替えによる全額期限前償還が他の月より起こりやすいためと考えられる。

### 2.1.4 バーンアウト効果

住宅ローン債務者の返済行動は多様であるが、金利の変化などに敏感な借り手ほど繰上返済によってプールから早く抜けやすいだろう。そのため低金利環境を経験したプールほどプール全体の金利感応度は低下すると言われているが、これがバーンアウト効果と呼ばれるものである。

バーンアウト効果をモデルに取り入れるためには、どのような説明変数を用いばよいただろうか。いくつかの選択肢が考えられるが、ここでは「借換の誘因がより強い状況をより長く経験したローンプールほどバーンアウトが進んでいる」という考え方にに基づき、以下の通り定義される「累積金利誘因(cumulative incentive)」をバーンアウトの説明変数とする<sup>3</sup>。

$$cumulative\ incentive_t = \sum_{n=1}^{t-1} incentive_n$$

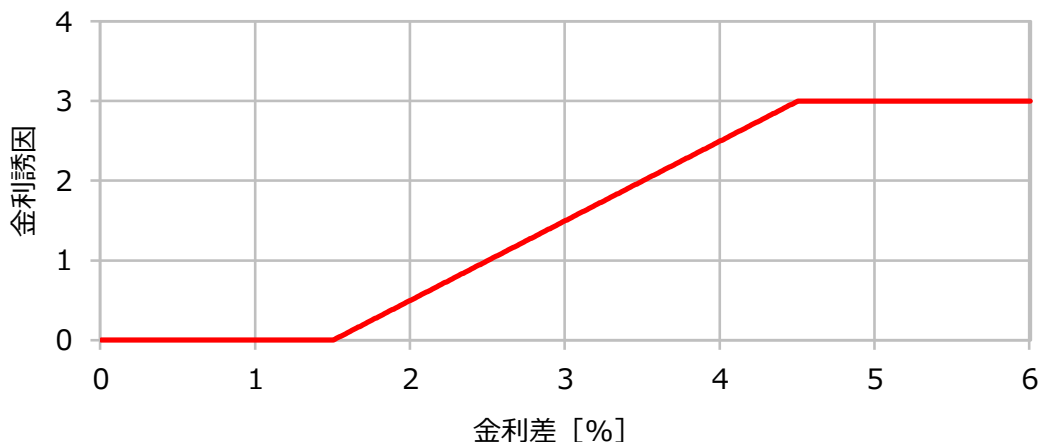
$$incentive_n = \min\{\max\{spread_n - threshold, 0\}, upper\_bound\}$$

ここで、 $n$  はローン開始からの月数、 $t$  はデータの観測月におけるローン開始からの月数とする。また、 $spread_n$  は、金利要因の説明変数である「金利差」の各時点での値である。「金利誘因(incentive)」はその

<sup>3</sup> 累積金利誘因を計算するためには、ローン開始時からの WAC の履歴が必要となる。償還履歴データの観測開始は 1996 年 5 月であるため、それ以前に開始したローンからなるプールでは、ローン開始当初の WAC が観測されない。そこで、当該プールについては、観測されている最古の WAC がローン開始時から一定であったと仮定して計算する。プール中の債権に適用金利の変更がなければ、WAC があまり変わらないため、このような仮定は妥当だろう。ただし、償還履歴データにはローン開始から 10 年後に適用金利がステップアップする債権が含まれているため、1986 年 5 月以前に開始のローンについては、金利ステップアップ後の WAC しか観測されていない。金利ステップアップ後の WAC がローン開始時から続いていたと考えることはできないため、ローン開始が 1986 年 5 月以前であるデータは用いていない。

月にどれだけ金利による全額期限前償還の誘因があったかを簡易的に示す値であり、例えば threshold=1.5、upper\_bound=3.0 とすると、金利差との関係は図表 5 に示す通りとなる。

図表 5 金利誘因関数の形状(threshold=1.5、upper\_bound=3.0)



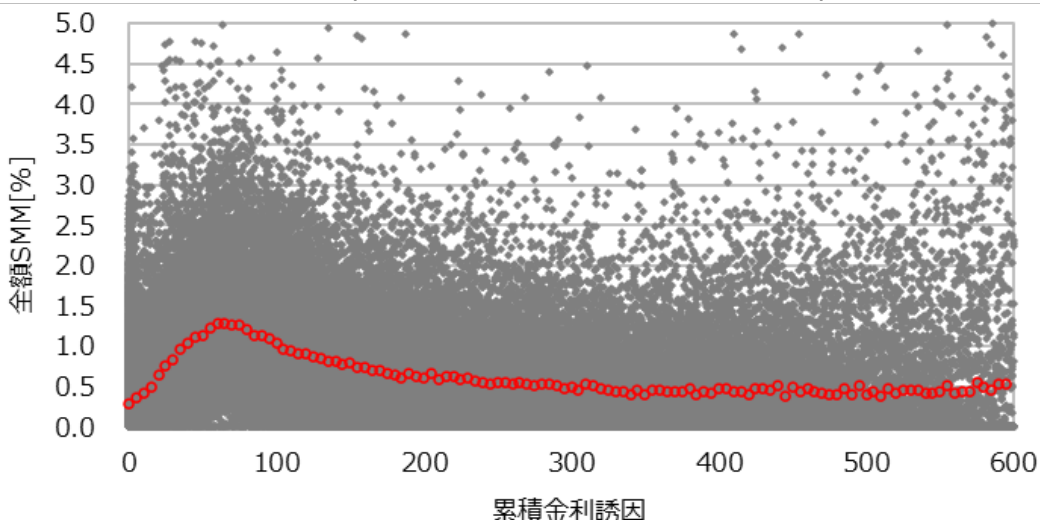
出所: NFRC

注: 金利差 = WAC - 観測月 3 カ月前の月末の5年国債パーイールド

これは、上述の金利要因の傾向を考慮して定義した関数である。後述の期限前償還モデルの金利要因関数  $f$  の簡易版と見ることできる。金利差が十分に大きくなると、それ以上拡大しても期限前償還の誘因はそれほど増加しないだろうし、逆に金利差が十分に小さくなると、期限前償還の誘因はゼロに近づく。金利誘因の累計値である「累積金利誘因」は、ローン開始から観測月の前月までに当該ローンプールがどれだけ全額期限前償還の誘因にさらされていたかを示すものと解釈することができる。

threshold=1.5、upper\_bound=3.0とした場合の累積金利誘因と全額 SMM の関係を表したのが図表 6 である。累積金利誘因が 70 程度までは全額 SMM は上昇し、それを超えると徐々に低下する傾向が見られる。最初の全額 SMM の上昇は、経過月数要因における 70 カ月程度までの上昇傾向に対応したものと考えられ、累積金利誘因が 70 を超えたあたりからの全額 SMM の低下はバーンアウト効果が表れたものと考えられよう。

図表 6 全額 SMM:バーンアウト効果(2024 年 12 月末までの公表データによる)



出所: 住宅金融支援機構データより NFRC 作成

### 2.1.5 その他の要因

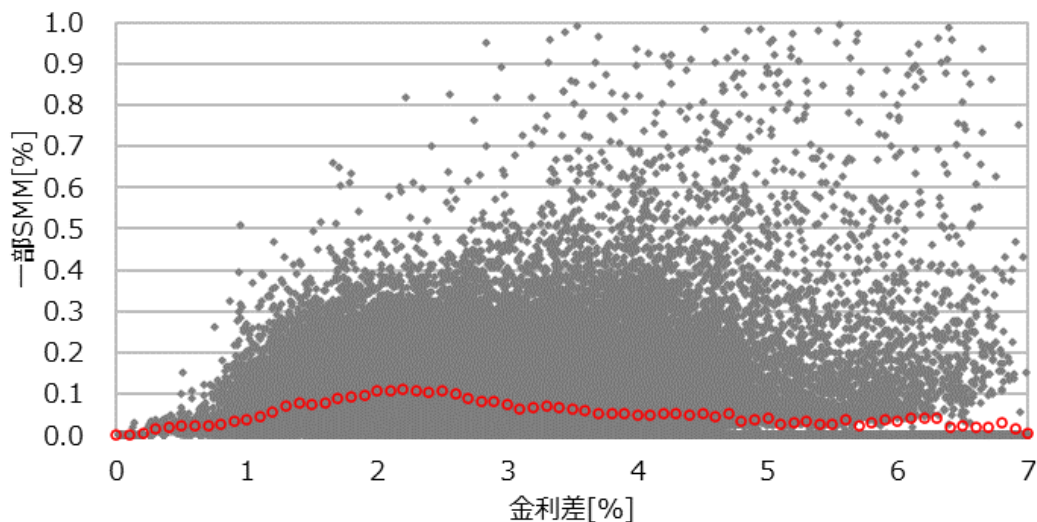
これまでに示した要因以外にも、不動産価格や地域性、社会制度の変更など、様々な要因が全額期限前償還に影響を与えるだろう。

## 2.2 一部期限前償還の要因

### 2.2.1 金利要因

観測月の月末の債権残高加重平均金利(WAC)とその3カ月前の月末の5年国債パーイールドの差(以下、金利差)を横軸にとり、縦軸に一部期限前償還による SMM(以下、一部 SMM)をとったグラフが図表 7 である。

図表 7 一部 SMM: 金利要因(2024 年 12 月末までの公表データによる)



出所:住宅金融支援機構データより NFRC 作成

注: 金利差 = WAC - 観測月 3 カ月前の月末の5年国債パーイールド

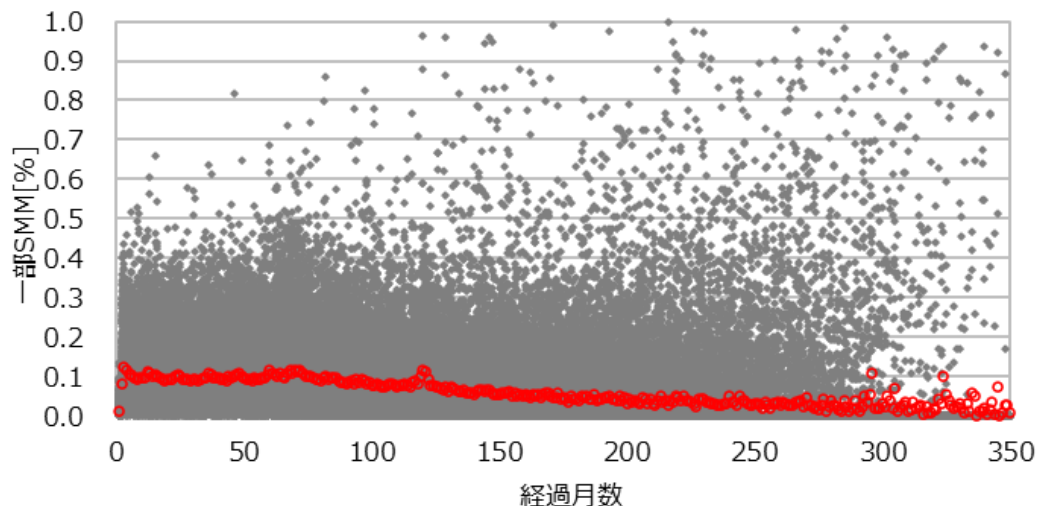
一部期限前償還の額は全額期限前償還より平均的に小さく、グラフの縦軸の目盛りが全額 SMM の場合より 1 桁小さいことに注意されたい。この図表からは、金利差と一部 SMM の間にあまり明確な関係は見出せない。全額 SMM より 1 桁程度低い水準であることを考えても、一部 SMM は金利差との関係ではほぼ一定という認識が妥当であろう。

### 2.2.2 経過月数要因

住宅ローンの契約時点から経過月数と一部 SMM との関係を表したのが図表 8 である。この図表からは、ローン開始直後から一部 SMM はある程度高く、70 カ月を過ぎたあたりから徐々に低下する傾向が見られる。借入残高を減らすことで将来支払うべき金利負担が軽減されるため、早い段階から手元の余裕資金を一部繰上返済にあてる債務者がある程度存在すると考えられる。図表 3 に示した全額 SMM の傾向と合わせて考えると、返済開始直後は期限前償還のうちほとんどが一部期限前償還であり、その後は全額期限前償還の割合が高まってゆくことがわかる。



図表 8 一部 SMM:経過月数要因(2024年12月末までの公表データによる)

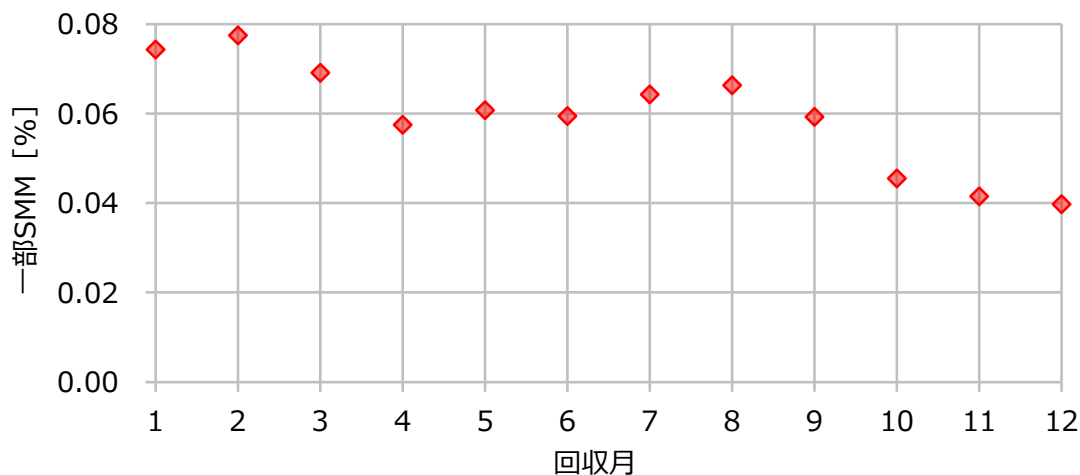


出所:住宅金融支援機構データより NFRC 作成

### 2.2.3 季節要因

ローンの回収月ごとに一部 SMM の平均値を表したのが図表 9 である。

図表 9 一部 SMM:季節要因(2024年12月末までの公表データによる)



出所:住宅金融支援機構データより NFRC 作成

この図表からは、一部 SMM は年初が高く年末が低い傾向や、1月・2月や7月・8月に高まる傾向が見られる。これらは、住宅ローン減税の額が年末のローン残高を基準に決められるため、年末よりは年始に繰上返済を行う誘因が働くこと、手元に余裕資金ができるボーナス後に一部繰上返済を行う債務者が多いことが原因と考えられる。

### 2.2.4 その他の要因

これまでに示した要因以外にも、雇用情勢や地域性など、様々な要因が一部期限前償還に影響を与えるだろう。

### 3. NOMURA プリペイメント・モデル

#### 3.1 期限前償還モデル

機構 MBS の収益性やリスクを分析するためには、ローンの借り手が期限前返済するスピードを予測する必要があり、それをモデル化したものが「期限前償還モデル」である。以下では 2011 年 4 月ポートフォリオより適用している期限前償還モデルについて説明する。

NOMURA-BPI のリスク指標計算で用いている期限前償還モデルでは、モデルの「安定性」「追随性」「簡便性」<sup>4</sup>を重視し、以下に示す通り全額 SMM と一部 SMM をそれぞれモデル化している。各パラメータの値は、最新のデータ<sup>5</sup>を利用して毎月推定される。ただし、金利誘因の算出に用いる 2 つのパラメータ(threshold および upper\_bound)については、当面は threshold=1.5、upper\_bound=3.0 とする。

$$SMM[\%] = \text{全額}SMM[\%] + \text{一部}SMM[\%]$$

$$\text{全額}SMM_t[\%] = f(wac_t - r_{t-3}, burnout_t) \times g^{full}(age_t) \times h^{full}(month_t)$$

$$\text{一部}SMM_t[\%] = g^{partial}(age_t) \times h^{partial}(month_t)$$

ただし

$$wac_t = \text{回収月の月末時点での債券残高加重平均貸付金利}$$

$$r_{t-3} = \text{回収月の3カ月前の月末時点での5年国債パーイールド}$$

$$burnout_t = \sum_{n=1}^{t-1} incentive_n = \text{cumulative incentive}_t$$

$$incentive_n = \min\{\max\{wac_n - r_{n-3} - \text{threshold}, 0\}, \text{upper\_bound}\} (\geq 0)$$

$$age_t = \text{貸付開始からの経過月数}$$

$$month_t = \text{回収月}(1, 2, \dots, 12)$$

<sup>4</sup> モデル更新時におけるリスク指標の変動を抑制する目的で、「安定性」を重視している。また、市場の意向から外れすぎないように、住宅金融支援機構から公表されている開示データなどある程度の整合性を保つべきであるという観点から「追随性」も重要である。一方、これらの条件を満たしつつも、モデルが過度に複雑にならないよう「簡便性」に配慮している。

<sup>5</sup> パラメータ推定には、住宅金融支援機構から毎月発表される「償還履歴データ」(情報ベンダーから取得可能。情報ベンダーについては [http://www.jhf.go.jp/investor/shisan\\_tanpo/screen.html](http://www.jhf.go.jp/investor/shisan_tanpo/screen.html) )にて紹介されている。)を利用している。

### 3.1.2 全額 SMM のモデル

全額 SMM については、金利要因関数 $f$ 、経過月数要因関数 $g^{full}$ および季節要因関数 $h^{full}$ の積で表すが、金利要因関数を金利差だけでなく累積金利誘因(バーンアウト効果の説明変数)にも依存させることでバーンアウト効果を取り入れる。その他の要因として挙げた不動産価格についてはデータ入手や将来予測がそれほど容易でないため考慮しないこととする。また、地域性についても、地域別データではローンプール中の債務者数が少ない地域もあり、観測される SMM のばらつきが大きい点や、モデルの簡便性の観点から、考慮していない。

#### ① 金利要因の関数 $f$

$$\begin{aligned} f(wac_t - r_{t-3}, burnout_t) &= \alpha_0 + \alpha_1 \times (1 - e^{-\Omega}) \times b(burnout_t) \\ \Omega &= \exp\{\beta_0 + \beta_1 \times (wac_t - r_{t-3})\} \\ b(x) &= \frac{1}{1 + (\gamma_0 x)^{\gamma_1}} \end{aligned}$$

金利要因関数 $f$ は6個のパラメータ $\alpha_0, \alpha_1, \beta_0, \beta_1, \gamma_0, \gamma_1$ を含み、 $\beta_0$ を除き全て非負とする。 $wac_t - r_{t-3}$ が十分小さくなると $\alpha_0$ に漸近し、 $wac_t - r_{t-3}$ が十分大きくなると $\alpha_0 + \alpha_1 \times b(burnout_t)$ に漸近する関数である。また、バーンアウト効果を示す関数 $b$ は、 $b(0) = 1$ から $x$ の増加とともに0に向かって減少する関数である。

ここで注意しておきたいのは、累積金利誘因は、債券発行時からではなくローン開始時からの金利誘因の累計であることである。最近発行されている月次債はローン実行後すぐに証券化されたものであるため発行時の累積金利誘因は0となっているが、S種債や住宅金融公庫時代に発行された月次債などの、発行時の加重平均経過期間が0ではない銘柄については、発行時の累積金利誘因は基本的に0ではない<sup>6</sup>。

#### ② 経過月数要因の関数 $g^{full}$

$$g^{full}(age_t) = \min\left[\frac{age_t}{\tau}, 1\right]$$

全額 SMM の経過月数要因関数 $g^{full}$ は1個のパラメータ $\tau > 0$ を含む。 $g^{full}$ は $0 < age < \tau$ において0から1まで一定割合ずつ増加し、それ以降は横ばいとなる。PSJモデル<sup>7</sup>と同様の形状である。

#### ③ 季節要因の関数 $h^{full}$

$$h^{full}(month_t) = h_{month}^{full}$$

全額 SMM の季節要因関数 $h^{full}$ は12個のパラメータ $h_m^{full}$  ( $m = 1, \dots, 12$ )を含み、 $h_{10}^{full} = 1$ とする。

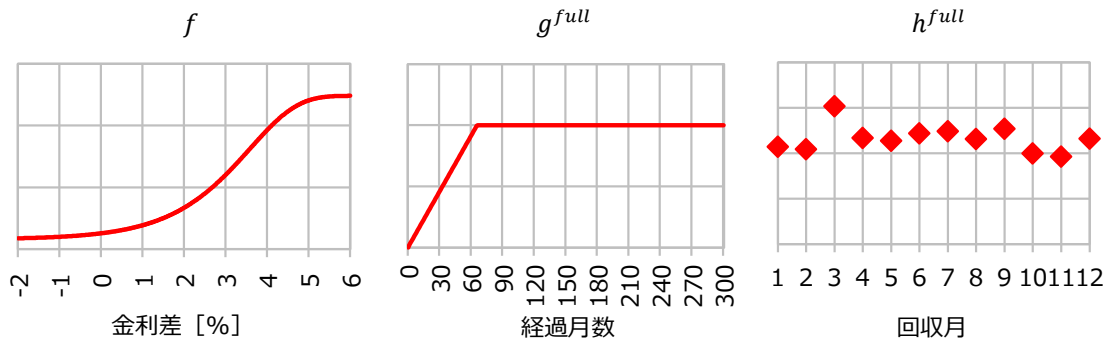
2024年12月末までに公表されたデータに基づいて推定されたパラメータを用いて、全額期限前償還の各要因関数の形状を示したのが図表10である。関数 $f$ については、累積金利誘因が0の場合の形状を示している。

<sup>6</sup> 債券発行時の累積金利誘因は、加重平均経過期間が0となる時点からの金利誘因を足し合わせることで算出する。その際、発行前のWACが必要となるが、各債務者の借入金利はステップアップが発生するまでは一定であるため、発行時において担保プール中の全債権が金利ステップアップ前である場合は、発行時WACが発行前からずっと観測されていたと仮定すれば計算することができる。機構S種13回債以降のS種債など、発行時に担保プール中に金利ステップアップ後の債権が存在する場合には、償還履歴データを利用して発行前のWACを推定している。

<sup>7</sup> PSJ(Prepayment Standard Japan)モデルとは、機構MBSの期限前償還を表す簡便なモデルとして日本証券業協会により導入された期限前償還モデル。

詳細は日本証券業協会PSJモデルガイドブック([https://www.jsda.or.jp/shiryoshitsu/toukei/psj/files/160418\\_guide.pdf](https://www.jsda.or.jp/shiryoshitsu/toukei/psj/files/160418_guide.pdf))を参照のこと。

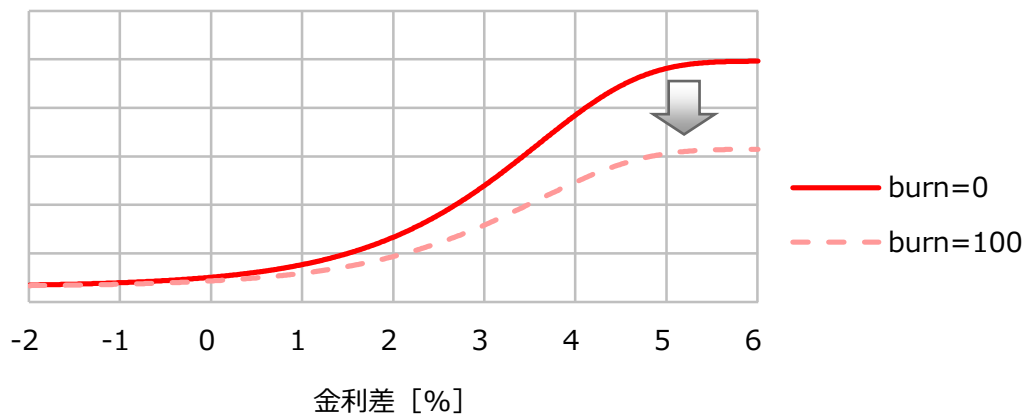
図表 10 全額期限前償還の各要因関数の形状



出所: NFRC  
 注: 金利差 = WAC - 回収月 3 カ月前の月末の5年国債パーイールド

ここで、金利要因関数  $f$  に取り込まれているバーンアウト効果の影響について簡単に触れておこう。当該モデルにおける金利要因関数  $f$  は、累積金利誘因が大きくなるにつれて上限の値(金利差が十分大きくなると漸近する値)が下がるような関数型となっている。図表 11 に累積金利誘因が 0 の場合と 100 の場合の金利要因関数  $f$  の形状を示した。このように累積金利誘因の値が大きくなると、金利差が拡大しても関数  $f$  の値が大きくなりにくくなるため、全額 SMM の上昇も抑えられる。つまり、金利差に対する感応度は低下する。

図表 11 金利要因関数  $f$  の形状



出所: NFRC  
 注: 金利差 = WAC - 回収月 3 カ月前の月末の5年国債パーイールド

### 3.1.2 一部 SMM のモデル

一部 SMM については、金利による影響が明確には表れていないため金利要因は考慮せず、経過月数要因関数  $g^{partial}$  および季節要因関数  $h^{partial}$  の積とする。

① 経過月数要因の関数  $g^{partial}$

$$g^{partial}(age_t) = k_0 + \frac{k_1 - k_0}{t_0 - 1} \{ \min(age_t, t_0) - 1 \} + \frac{k_2 - k_1}{t_2 - t_1} \times \max(\min(age_t, t_2) - t_1, 0)$$

一部 SMM の経過月数要因関数  $g^{partial}$  は 6 個のパラメータ  $k_i (i = 0, 1, 2)$ 、 $t_i (i = 0, 1, 2)$  を含み、 $k_i > 0 (i = 0, 1, 2)$ 、 $1 < t_0 < t_1 < t_2$  である。

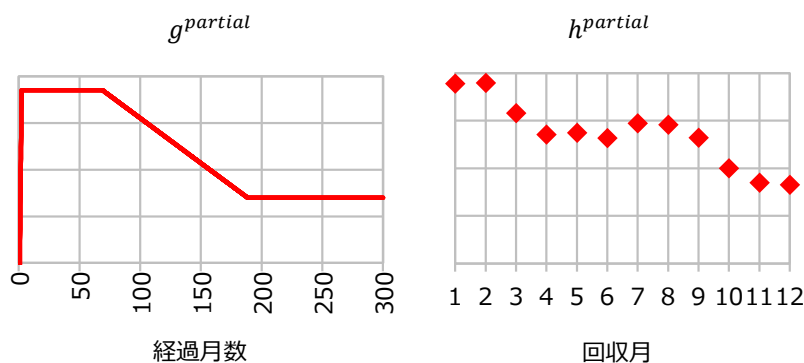
② 経過月数要因の関数  $h^{partial}$

$$h^{partial}(month_t) = h_{month}^{partial}$$

一部 SMM の季節要因関数  $h^{partial}$  は 12 個のパラメータ  $h_m^{partial}$  ( $m = 1, \dots, 12$ ) を含み、 $h_{10}^{partial} = 1$  とする。

2024 年 12 月末までに公表されたデータに基づいて推定されたパラメータを用いて、一部期限前償還の各要因関数の形状を示したのが図表 12 である。

図表 12 一部期限前償還の各要因関数の形状



出所: NFRC

3.2 解約率モデルについて

2007 年 4 月以降に発行された機構 MBS の月次債については、期限前償還率に加え、住宅ローン債権の長期延滞や融資条件の変更等の発生率を「解約率推定モデル」によって予測する。

当該モデルでは、解約を「長期延滞による解約」と「長期延滞以外による解約」の 2 つに分類し、それぞれ次の通りモデル化している。どちらも解約率を年率でモデル化していることに注意されたい。なお、解約率については、期限前償還率と比べ、データ上の明確な傾向が見出しにくいいため、定性的分析も加味してモデルの構築を行った。

① 長期延滞による解約率推定関数  $d$  [%]

$$d(t) = \begin{cases} \theta_0 \min(X, t) & (t \leq Y) \\ \theta_0 X + \theta_1 \min(t - Y, Z - Y) & (Y < t) \end{cases}$$

5 個のパラメータ  $X, Y, Z, \theta_i$  ( $i = 0, 1$ ) を含み、 $0 < X < Y < Z$  とする。 $d(t)$  は 4 個の線分をつないだグラフで描かれる関数であり、 $t \geq Z$  では一定の値をとる。

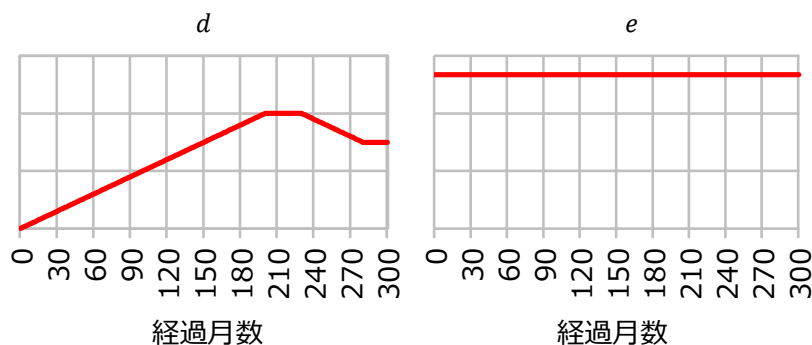
② 長期延滞以外による解約率推定関数  $e$  [%]

$$e(t) = u$$

1 個のパラメータ  $u$  を含む。

2024 年 12 月に適用されたパラメータをもとに各関数の形状を示したものが図表 13 である。

図表 13 解約率推定モデルの各関数の形状



出所: NFRC

### 3.3 将来キャッシュフローの計算方法

機構 MBS では、当初予定されている毎月の元利払い後の残高割合が「予定ファクター」として発行時に公表され、その後は半年毎にそれまでの償還実績を考慮して更新した値(リスクスケジュールファクター)が公表される。これらは将来の期限前償還および解約を考慮していない値であるが、そこにモデルによって予想された期限前償還率および解約率を反映させることで、リスク指標等の計算の基礎となる予想キャッシュフローを作成することができる。

担保となっている住宅ローンには個別性があり、返済期間や適用金利などは債務者により異なる。そのため実際には、同じ金額が繰上返済されたとしても、どの債務者がどのように繰上返済したか(全額繰上返済か一部繰上返済か、さらに一部繰上返済の場合は期間短縮か返済額圧縮か)により、将来キャッシュフローに与える影響は異なってくる。しかしそのような債務者の個別性を完全に反映することは事実上不可能なため、返済スケジュールが同一の債務者が多数存在するなどの仮定を置いた上で計算することとなる。

そのような仮定の下で、予想キャッシュフローの算出にあたっては、モデルによって予想された全額 SMM および解約率の分だけ将来各時点のキャッシュフローを削減することで、これらの影響を反映している。一部 SMM については、実際に行われる一部繰上返済の多くが期間短縮型であることを考慮し、その期間短縮効果のある程度反映するような計算を行っている。具体的には、一部 SMM は期間短縮後の支払期間における将来各時点の予想元本残高が同じ額ずつ減少するとの仮定に基づき計算している。

## 4. リスク指標・投資収益指数の計算

### 4.1 リスク指標の計算方法

将来キャッシュフローが確定していない機構 MBS に対しては、通常の固定利付債券に用いられているような複利や修正デュレーションといった概念をそのまま適用することはできない。以下で、機構 MBS の各リスク指標についての具体的な算出方法を示す。なお、これらのリスク指標は期限前償還モデルに依存した値であることに注意されたい。

#### 4.1.1 複利・修正デュレーション・残存年数<sup>8</sup>など

期限前償還モデルを用いると、将来の金利パスを一つ決めれば、それに沿った各時点での期限前償還率が決定される。そこで、現在のイールド・カーブから推定されるフォワードレートを将来の金利パスで

<sup>8</sup> 機構 MBS のように途中で元本の一部が償還される場合、元本が残存している期間としては、最終償還日までの残存年数ではなく、平均残存年数(アベレージ・ライフ)という概念がよく用いられる。このような市場慣行に鑑み、NOMURA-BPI では、機構 MBS の「残存年数」としてこの平均残存年数を採用し、ポートフォリオ指標として公表している。ただし、組入基準の残存年数としては、平均残存年数ではなく最終償還残存年数を利用する。

あるとみなして、将来のキャッシュフローを確定し、複利や修正デュレーション、残存年数等の指標を算出する。具体的な計算手順は以下の通りである。

1. 計算日のイールド・カーブから推定されるフォワードレートが実現するとして、将来の金利パスを確定させる。
2. 1.で算出した金利パスと経過月数、季節(何月か)を入力値として、将来の各時点の期限前償還率を算出する。
3. 2.の期限前償還率と予定ファクターから将来のキャッシュフローを算出する。
4. 3.の将来キャッシュフローから、通常の固定利付債と同様の計算方法<sup>9</sup>で、複利回り、デュレーション、修正デュレーション、コンベキシティ、残存年数を算出する。

#### 4.1.2 OAS(Option Adjusted Spread: オプション価値調整後スプレッド)

複利、修正デュレーション、平均残存年数などについては、将来のキャッシュフローを確定させて算出する方法を用いた。しかし、将来の金利パスが異なれば、将来のキャッシュフローも異なり、これらの指標についての計算結果も異なる。特にデュレーションやコンベキシティといったリスク指標については、将来の金利変動こそが本質的であり、この影響を考慮した指標がより重要である。また、NOMURA-BPI において収益指標の参考として発表している T スプレッド(対国債スプレッド)も、機構 MBS が内包するオプション的な特性のために、通常の固定利付債のような単純な評価はできず、オプション価値調整後スプレッド(OAS)という概念を用いて評価する。機構 MBS に内包されるこのような金利感応特性を評価するためには、期限前償還モデルに「金利モデル」を組み合わせる必要がある。

将来の金利の推移によって期限前償還率を決定するモデルを考えるため、まず、将来の金利がどのように推移していくかをモデル化する必要がある。NOMURA-BPI では、金利モデルとして、短期金利 $r(t)$ が平均回帰する 1 ファクター・モデルを採用している。具体的には、短期金利が次に示す確率微分方程式に従うようなモデルである。

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

ここで、 $\theta(t)/\phi(t)$ は平均回帰していく水準、 $\phi(t)$ は平均回帰速度、 $\sigma(t)$ はボラティリティ、 $z(t)$ は標準ブラウン運動を表す。これらのパラメータ $\theta(t)$ 、 $\phi(t)$ 、 $\sigma(t)$ については、マーケットの割引率、スワップション・ボラティリティを入力データとして、推定する。マーケットの割引率は、NOMURA パーイールド・モデルで推定された国債の割引率を利用する。

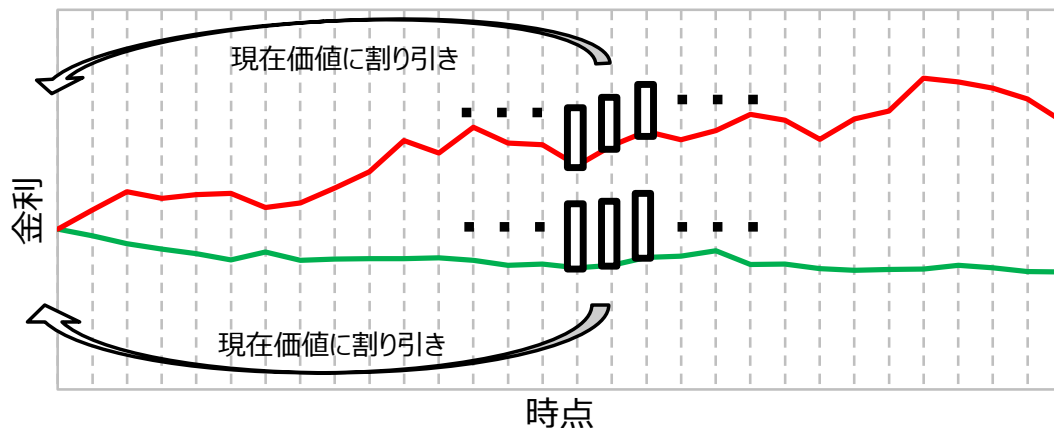
この金利モデルと期限前償還モデルを用いて、以下のように OAS を計算する<sup>10</sup>。

1. 金利モデルにより、将来の金利パスを多数発生させる。
2. 1. の各金利パスにおいて、将来各時点での参照金利(5年パーイールド)を算出し、期限前償還モデルからキャッシュフローを算出する。そのキャッシュフローを、一定のスプレッド $\delta$ を上乗せした金利で現在価値に割り引き足し合わせることで、金利パスごとの価格を算出する。
3. 2. で算出した金利パスごとの価格の平均をとることで機構 MBS の理論価格を算出する。
4. 3. で算出した価値と、機構 MBS の市場価値(時価+経過利息)とが一致するような $\delta$ を求め、OAS とする。

<sup>9</sup> 詳しくは、「NOMURA-BPI ルールブック 7.指標の定義」<http://qr.nomura.co.jp/jp/bpi/index.html> を参照。

<sup>10</sup> この計算手法はモンテカルロ・シミュレーションと呼ばれ、経路依存性をもつ(将来キャッシュフローがそれまでの金利の推移に依存する)商品进行评估する際に一般的に用いられている。2011年3月まで適用の NOMURA プリペイメント・モデルを用いた計算では金利ツリーを用いて時点を後ろ向きに計算する手法を採っていたが、モデル変更でバーンアウト効果を導入したことにより経路依存性が増したため、モンテカルロ・シミュレーションへの変更を行った。

図表 14 金利パスごとの価格の算出(概念図)



出所: NFRC

機構 MBS については OAS を T スプレッドとして発表する。機構 MBS が含まれたセクターや総合セクターの収益指標としては、固定利付債の T スプレッドと同様に時価総額に応じて加重平均されることになる。

#### 4.1.3 実効デュレーション・実効コンベキシティ

実効デュレーションおよび実効コンベキシティの算出方法を以下に示す。ここでは、上記で算出した OAS を一定として、イールド・カーブを上下に動かした場合の価格感応度と定義して、実効デュレーション・実効コンベキシティを算出する。

1. スポットレート・カーブを上下に  $\Delta r$  動かし、将来の各時点における金利パスを表すツリーを構築する。
2. OAS 計算方法の 2., 3.と同様の方法により、現在価値を算出する。ただし、定数  $\delta$  としては OAS を用いる。
3. スポットレート・カーブを上下に動かした場合の 2 つの価値と市場価値とから、以下の式によって実効デュレーションを計算する。

$$\text{実効デュレーション} = \frac{P(-\Delta r) - P(+\Delta r)}{2P(0)\Delta r}$$

$$\text{実効コンベキシティ} = \frac{P(-\Delta r) + P(+\Delta r) - 2P(0)}{P(0)(\Delta r)^2}$$

$P(-\Delta r)$  : スポットレート・カーブを  $\Delta r$  下に動かした場合の価値

$P(+\Delta r)$  : スポットレート・カーブを  $\Delta r$  上に動かした場合の価値

$P(0)$  : 市場価値(時価+経過利息)

$\Delta r$  : スポットレート・カーブを動かす幅

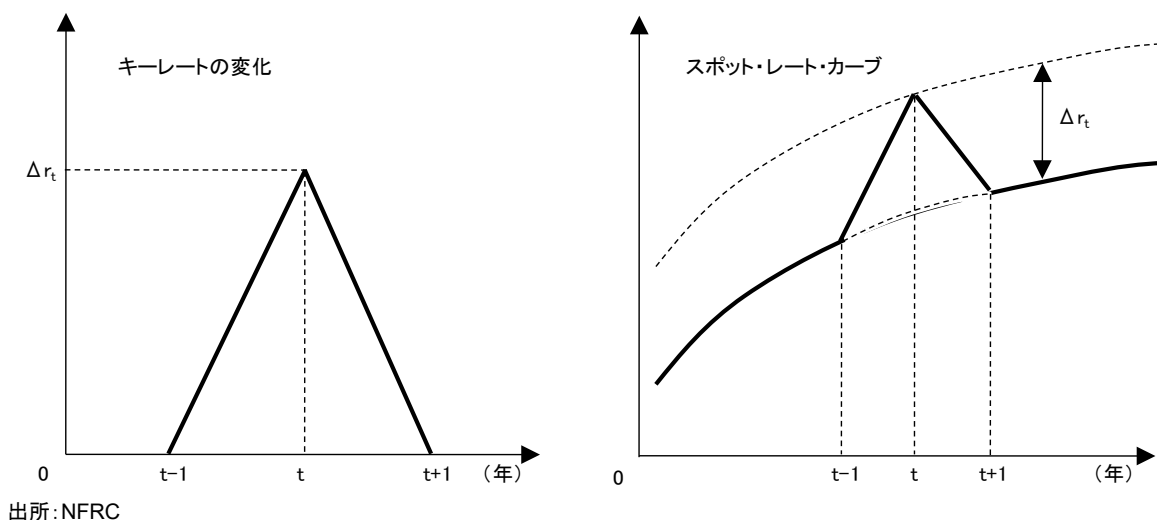
#### 4.1.4 キーレート・デュレーション

実効デュレーションがスポットレートの平行な変動に対する感応度であったのに対し、キーレート・デュレーションは特定年限の金利変化に対する感応度である。MBS のキャッシュフローは幅広い年限に分布しており、実効デュレーションだけでは金利リスクを捉えきれない。そのため、より精緻なリスク尺度であるキーレート・デュレーションが必要となる。



MBS セクターでは、0年から29年まで1年おきに合計30個のキーレートを設定し、それぞれの変化に対する感応度を計算する。具体的には各キーレートを図表15のような形状で上下に動かし、実効デュレーションと同様の方法で計算する。

図表 15 キーレートの変化とスポットレート・カーブの形状(概念図)



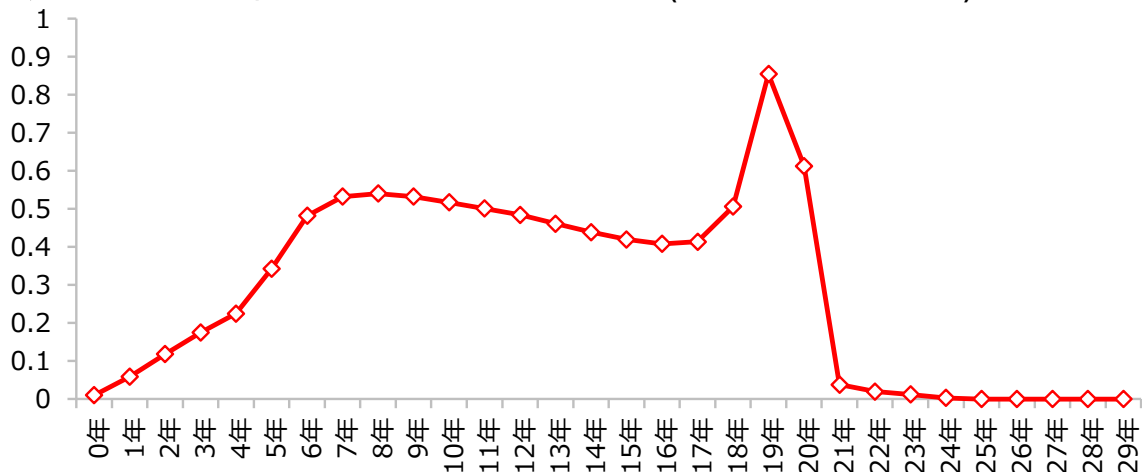
出所: NFRC

$$t\text{年キーレート・デュレーション} = \frac{P(-\Delta r_t) - P(+\Delta r_t)}{2P(0)\Delta r_t}$$

$P(-\Delta r_t)$  :  $t$ 年キーレートを図の形状で下に動かした場合の価値  
 $P(+\Delta r_t)$  :  $t$ 年キーレートを図の形状で上に動かした場合の価値  
 $P(0)$  : 市場価値(時価+経過利息)  
 $\Delta r_t$  :  $t$ 年キーレートを動かす幅

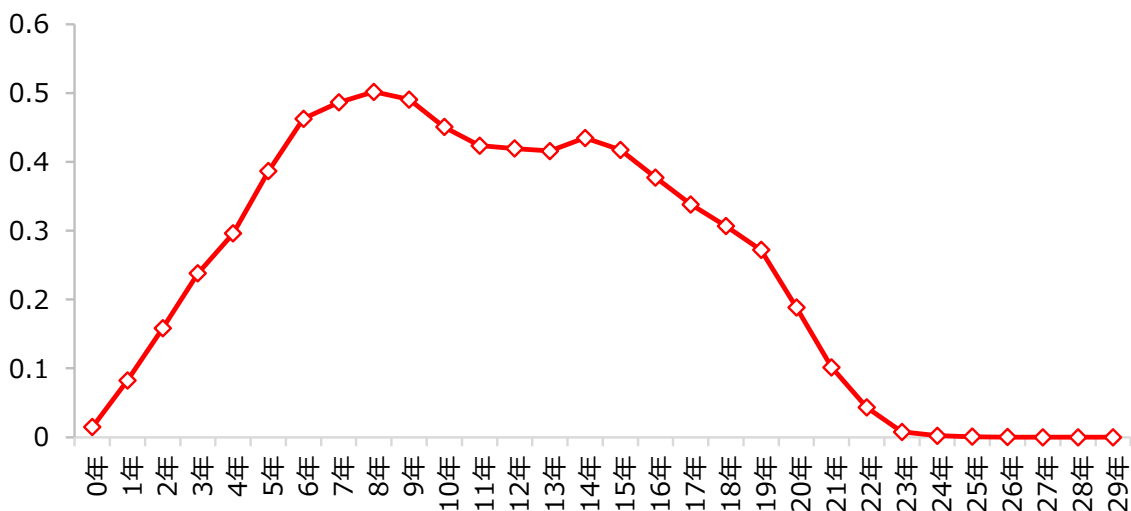
図表 16 に、機構 MBS 月次第 170 回債(2024 年 12 月 30 日時点の実効デュレーションは 8.66)のキーレート・デュレーションを掲載する。満期一括型の債券とは異なり、最終償還日以外にも少なからず金利感応度が存在することが分かる。MBS の予測キャッシュフローと満期一括償還型債券のキャッシュフローとの相違が反映された結果である。また、図表 17 には NOMURA-BPI MBS セクターのキーレート・デュレーションを掲載している。

図表 16 第170回機構 MBS のキーレート・デュレーション(2024年12月30日時点)



出所: NFRC

図表 17 NOMURA-BPI MBS キーレート・デュレーション(2024年12月30日時点)



出所: NFRC

#### 4.2 投資収益指数の計算方法

機構 MBS についても、投資収益指数および投資収益率の計算は現状の NOMURA-BPI の計算方式に従って行われる。ただし、住宅金融支援機構から毎月 25 日(25 日が休日の場合は前営業日)に発表されるファクター(翌月の元本支払い後の予定残高)の取り扱いには注意を要する。当然ではあるが、当日および前月末時点の経過利子込時価総額は翌月の償還金が確定したかどうかに関係なく決定されるので、翌月償還金の確定が投資収益率の計算に影響を及ぼすことはない。なお、複利などの収益指数、デュレーションなどのリスク指標については、発表のタイミング以降、確定したキャッシュフローを考慮して計算される。

$$MVLt_{(today)} = TA \times F_{(today)} \times \frac{P_{(today)}}{100} \quad MVLt_{(e.l.m.)} = TA \times F_0 \times \frac{P_{(e.l.m.)}}{100}$$

$$CF_{(e.l.m., today)} = \begin{cases} 0 & \text{(元利払日前)} \\ TA \times F_0 \times \frac{C}{1200} + TA \times (F_0 - F_1) & \text{(元利払日以降)} \end{cases}$$

$$F_{(today)} = \begin{cases} F_0 & \text{(元利払日前)} \\ F_1 & \text{(元利払日以降)} \end{cases}$$

$MVLt_{(today)}$  : 当日の時価総額(経過利子込)

$CF_{(e.l.m., today)}$  : 前月末営業日から当日までの償還金と利払金の合計

$TA$  : 発行額面

$C$  : 表面利率(%)

$F_1$  : 当月実績ファクター(前月 25 日発表)

$F_0$  : 前月実績ファクター(前々月 25 日発表)

$P_{(today)}$  : 当日利含単価

$P_{(e.l.m.)}$  : 前月末利含単価

## ディスクレイマー

NOMURA-BPIの知的財産権およびその他一切の権利は野村フィデューシャリー・リサーチ&コンサルティング株式会社(以下、NFRC)に帰属します。

なお、NFRC は、当インデックスの正確性、完全性、信頼性、有用性、市場性、商品性および適合性を保証するものではなく、インデックスの利用者およびその関連会社が当インデックスを用いて行う事業活動・サービスに関し一切責任を負いません。

インデックスの算出において、電子計算機の障害もしくは天災地変その他やむを得ない事由が発生した場合は、インデックスの公表を延期または中止することがあります。

本資料作成時点において想定していない事象が発生した際には、事前にアナウンスの上、当該アナウンスにおける記載事項を優先的に取り扱うことがあります。

インデックス・データを取得した経路(当社ウェブサイト、情報ベンダー各社のサービスを通じた取得、等)に関わらず、これらのインデックスをご利用の際は、「インデックス・ライセンスについて」をご確認ください。「インデックス・ライセンスについて」<http://qr.nomuraholdings.com/jp/indexlicense.html>

■本資料は、お客様への情報提供を目的として、野村フィデューシャリー・リサーチ&コンサルティング株式会社(以下、NFRC)が作成したものです。

■本資料に掲載された全ての意見や予想は NFRC の本資料作成時点での判断に基づいており、通知なく変更されることがあります。また、本資料における将来の予測に関する意見が実際に生ずるということを保証するものではありません。本資料の内容の一部は、NFRC が信頼性があると判断した様々な入手可能な情報に基づいています。しかし、NFRC はその正確さを保証するものではなく、これらの情報は要約された不完全なものである可能性があります。過去の投資実績は将来の結果を示唆するものではありません。

■本資料は特定の証券取引に関する投資勧誘や投資アドバイスを目的としたものでもありません。

■NFRC が開発・提供する市場インデックス(自社関連インデックス)が使用されている運用商品等をお客様が投資対象とする場合、当該インデックス利用料の一部が直接的・間接的問わず NFRC に帰属する可能性があります。自社関連インデックスの詳細は以下のウェブサイトをご参照ください。

証券市場インデックス <http://qr.nomuraholdings.com/jp/>

■本資料は、配布されたお客様限りでご使用ください。本資料は NFRC の著作物であり、NFRC の書面による事前の承諾なく、本資料の全部もしくは一部を複製、転送または再配布することはご遠慮ください。

会社名 野村フィデューシャリー・リサーチ&コンサルティング株式会社

金融商品取引業者 登録番号 関東財務局長(金商) 第 451 号

加入協会 一般社団法人 日本投資顧問業協会 会員番号(第 011-00961 号)