財務総合政策研究所
Ministry of Finance, Policy Research Institute
過去の「シリーズ日本経済を考える」については、財務総合政策研究所ホームページに掲載しています。
http://www.mof.go.jp/pri/research/special_report/index.html

105

金利リスク入門 —デュレーション・DV01（デルタ、BPV）を中心に—

東京大学 公共政策大学院、財務総合政策研究所
服部　孝洋[*1]

1．はじめに

金利リスクとは、金利が変動することにより国債の価格が変化するリスクです。財務省は償還期限が1年以内の短期国債に加え、2年債から40年債まで様々な年限の国債を発行していますが、実は年限によってその金利リスク量が異なります。国債の安定消化は国債の投資家である金融機関の状況に依存しますが、金融機関はリスク管理や金融規制の観点から、自らがとることができるリスク量に上限があります。その意味で、国債の安定消化を理解するうえで、国債の有する金利リスクがどの程度であるかを適切に理解しておく必要があります。

これまで日本国債の金利リスクについては「ファイナンス」で様々な角度から取り上げてきました。本稿は金利リスクに絞ってその内容を深掘りすることを目的としています。具体的には金利リスクの基本であるデュレーションとDV01（デルタ、ベーシス・ポイント・バリュー（Basis Point Value, BPV））について取り上げますが、本稿では出来る限り日本国債における実務の観点で、その内容について説明します。

2．デュレーション

2．1　国債の金利と価格は逆の動き

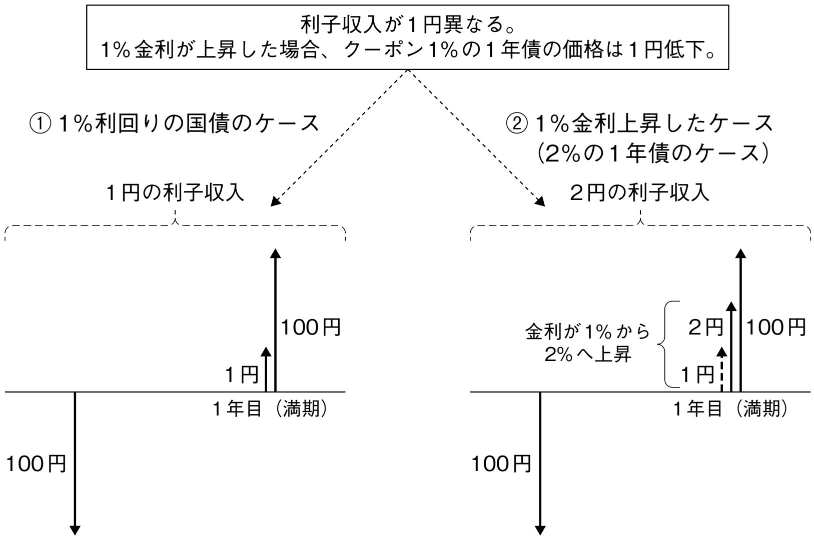
債券の初学者が最初に躓く点は、国債の金利と価格が逆の動きをする点です。日本政府は国債を発行することで資金調達をしていますが、具体的には銀行や生命保険会社などが国債を購入することで金融機関の有する資金が政府に流れています。銀行や生命保険会社が積極的に国債に投資することは政府にとって資金調達が容易になることを意味します。仮に多くの投資家が国債を保有したいと考えた場合、国債の需要が増大するので、国債の価格が上がります。一方、政府の側から見れば、多くの投資家が国債を保有したいと思うのであれば低い金利で資金調達をすることができます[*2]。これが、価格と金利が逆の動きをするメカニズムの直感的な説明です。

この関係をもう少し厳密に考えてみます。例えば、読者がクーポンが1%の1年国債に100円投資した場合を考えてみましょう（図1の左図参照）。この場合、1年経過後、政府から金利が1円支払われると同時に、投資した元本である100円も返済されます。100円投資したものが1年後100円で戻ってきて、1円の利子（クーポン）がもらえるのですから、この投資に係る年間のリターン（利回り）は1%になります[*3]。

ここで、金利上昇と国債の価格の関係を考えるた

＊1）本稿の意見に係る部分は筆者の個人的見解であり、筆者の所属する組織の見解を表すものではありません。本稿の記述における誤りは全て筆者によるものです。また本稿は、本稿で紹介する論文の正確性について何ら保証するものではありません。本稿につき、コメントをくださった多くの方々に感謝申し上げます。
＊2）逆に、投資家が国債を買いたいと思わなければ、国債の価格は下がり、政府は高い金利を付すことで投資家の購買意欲を高める必要があります。
＊3）ここではわかりやすさを重視するため、期中得られる利子の再投資は捨象しています。

図1　金利上昇前後のキャッシュ・フローのイメージ（1年債のケース）



め、仮に、読者が1年債に投資した直後に、1年債の金利（利回り）が1%から2%に上昇したとしましょう。これは市場には利回り2%の1年国債が流通していることを意味します。金融市場では同じ金融商品には同じリターンが付されるようプライシングされますから（これを一物一価の法則といいます）、先ほど読者が保有した1%のリターンを生む1年国債（年間1円のクーポンを生む1年国債）は利回りが2%になるように価格が調整されなければなりません*4。

それでは価格はどれくらい調節されるでしょうか。利回り2%の1年債に投資した場合、1年後に2円を受け取れるので、2円の利子収入が得られることが分かります（図1の右図参照）。一方、以前投資したクーポン1%の1年債が生み出す利子は1円にとどまり、市場で取引されている1年債との利子の差は1円（＝2円－1円）になることが分かります。もっとも、仮に1円のクーポンを生み出す1年債であっても、（100円から価格が1円低下した）99円で投資できるのであれば、投資家は（1）利子収入から1円得られるだけでなく、（2）価格の上昇で1円（1年国債は満期で100円で償還されます）の利益が得られますから、合計2円のリターンが得られます（つまり、クーポン1%をもたらす1年債を投資家が99円で投資できるのであれば2%の利回りの1年債と収益が均等化します）。その意味で、当初100円で購入した1%のクーポンをもたらす国債が2%のリターンを生むには、価格が99円まで低下する必要が生まれます（つまり、1%金利上昇した場合、価格は1円低下します）。

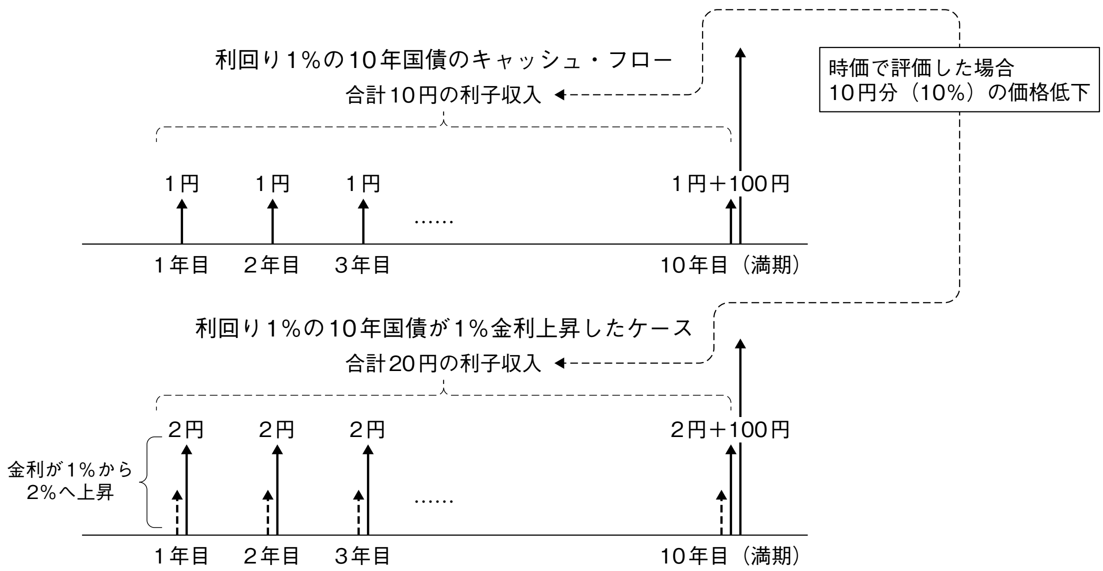
2.2　金利リスクと契約の期間の関係

このように国債の価格と金利は逆の動きをしますが、国債の投資家からすれば金利が動くことで保有している国債の価格が動くことから、金利の変動はいわば国債の投資リスクとして認識されます。前述のように、このリスクを「金利リスク」といいますが、国債の金利リスク量を測るうえで最も用いられる指標はデュレーションと呼ばれるリスク指標です。そもそもデュレーションは期間を示す概念であり、期間がリスク量を示すといわれても最初はピンとこないかもしれません。しかしよく考えれば、私たちが何か契約を結ぶ際、長期にわたる固定契約を結んだ場合、仮に契約後に市況が変わると、契約が固定されているため変化の影響を長期にわたり受けることがわかります。その意味で、長期の固定契約はそもそも環境変化に対して大きな影響を受ける契約と解釈することができます。

このように考えると、年限の長い国債が高い金利リスクを有することが直感的に理解できます。ほぼすべての国債が固定のクーポンを支払う固定利付債であることを考えると、長い年限の国債を購入するとは、長い期間、日本政府に固定金利で資金を貸すことですから、まさに長期契約と解釈できます。例えば、10年国債を購入した場合、その時点で（満期まで保有した

＊4）このように現在の市場価格で評価することを時価評価といいます。

図2　金利上昇時のキャッシュ・フローのイメージ（10年債のケース）



時の）投資のリターン（利回り）が10年にわたり固定されることになりますから、仮に10年金利が上昇した場合、その影響は10年間に及ぶことになります。デュレーションの長い国債の金利リスクが大きい直感はここにあります。

このことを数値で確かめるため、ここで先ほど取り上げた1年債とは異なり、読者がクーポン1％の10年国債へ100円投資したケースを考えましょう。この場合、10年間毎年1円の金利を受け取りますから、図2の上図のとおり、10年で合計10円の利子収入が得られます*5。仮にこの10年国債に投資した直後に1％であった10年金利が2％へ上昇したとしましょう。先ほどの1年債の例と同じく1％上昇した場合、10年債の価格はどれくらい調節されるでしょうか。

利回り2％の10年債に投資した場合、2円を10年間受け取れるので、図2の下図のように、合計20円の利子収入が得られます*6。一方、読者が保有している10年国債のクーポンレートは年率1％であるため、合計10円の利子収入にとどまり、その収益差は10円（＝20円－10円）となります。これに対して、例えば、クーポンが1％の10年債であっても、（100円から価格が10円低下した）90円で投資できるのであれば、投資家は（1）利子収入から10円得られるだけでなく、（2）価格の上昇で10円の利益が得られますから、合計20円の収入が得られます。その意味で、1％のクーポンの10年債が2％のリターンを生むには、価格が90円まで低下する必要が生まれます。すなわち、10年債の金利が1％上昇した場合、価格は100円から90円へ低下することになるわけです。

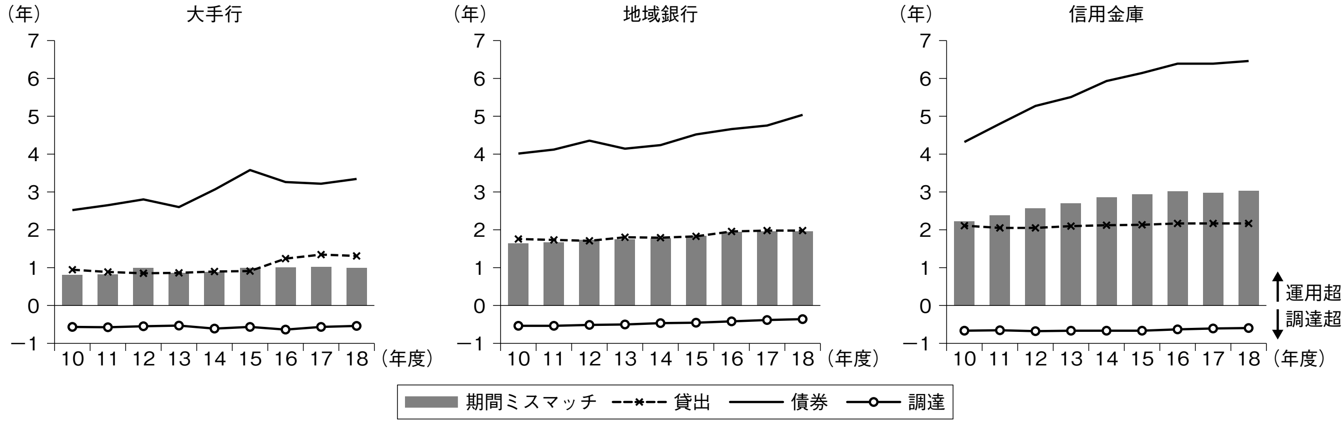
1年債の時とは異なり10年債のケースでは、同じ1％の金利上昇でも価格が1円から10円と10倍大きく低下したことに読者は気づかれたと思いますが、年限の長い国債を購入して金利が上昇した場合、その分の下落率が大きくなる本質はここにあります。10年債の場合、投資した瞬間に10年間の収入が固定されるため、市場環境が変わった場合、長期にわたり影響を受けるがゆえに価格が大きく調整される必要が生まれるわけです。初学者が持つべきイメージは、国債のような固定利付債の場合、デュレーションとは債券の年限であり、年限は金利の変化に関する価格感応度（金利が動いた時、どのくらい価格が動くか）におおよそ一致するということです。この例からもわかる通り、仮に金利が1％動いた場合、1年債の価格は1％変化しますが、10年債の価格はその10倍である10％変化するため、デュレーション（年限）の長い債券は高い金利リスクを有するのです。

2.3　デュレーションの使用例

金利感応度を把握することは金利が変化した際の損益を把握することにつながります。例えば、読者が国

＊5）ここではわかりやすさを重視するため、期中得られる利子の再投資は捨象しています。
＊6）ここではわかりやすさを重視するため、期中得られる利子の再投資は捨象しています。

図3　業態別でみた資産および負債の平均残存期間



（注）1.「期間ミスマッチ」は資産と負債の平均残存期間の差。資産の平均残存期間は、貸出、債券、金利スワップ受分の加重平均値。負債の平均残存期間は、調達、金利スワップ払分の加重平均値。
2. 2018 年度の計数は 2018 年 12 月末の値。
（資料）日本銀行

債を運用している金融機関の運用担当者であり、おおよそ1,000億円の日本国債を運用していたとします。実際の運用に当たっては金利が変化した場合に自分の運用の損益がどうなるかを把握する必要があるのですが、デュレーションを把握すればそれを簡易的に計算することができます。例えば、読者が1年から40年まで様々な償還年限の国債を持つものの、もし平均的な年限がおおよそ5年であれば、仮に1%金利が上昇した場合、金利の変化の5倍だけ国債の価格が落ちることになります。そのため、おおよそ1,000億円×5×1%＝50億円の損失という形で、金利が上昇した時の損失を簡易的に計算することができます*7。

仮にこの金融機関が長期債への投資を積極化するなどして、保有する国債の平均的な年限を7年に伸ばしたとします。平均7年であれば1,000億円×7×1%＝70億円が金利上昇時の損失となり、平均5年の場合に比べて損失額（リスク量）が増加します。反対に年限を2年に短縮すれば1,000億円×2×1%＝20億円の損失ですから、年限を長くするほど金利が上昇した場合の損失が大きくなることが確認できます。ここでは金利の上昇を例にしましたが、金利が低下した場合は、その逆に利益を得ることができます*8。このことからも、デュレーションを伸ばすことはリスクは高いですが、リターンも高くなりえることがわかります。

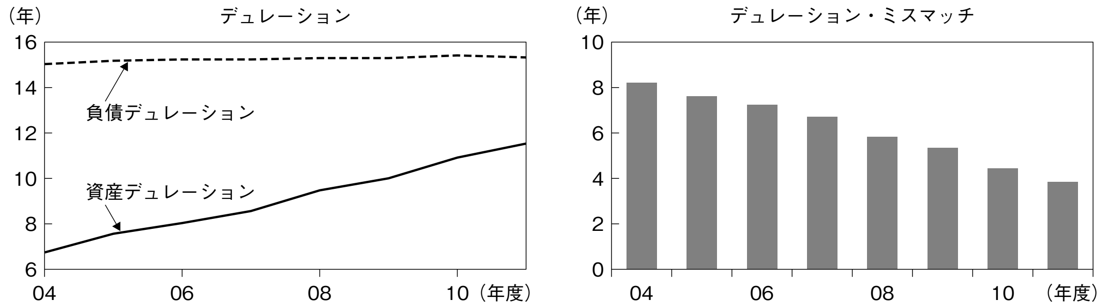
金融機関がどの程度金利リスクを取っているかを把握する場合、金融機関の有するデュレーション（年限）をみることが一案です。図3は日銀が作成している「金融システムレポート」の抜粋で、大手行、地域銀行、信用金庫の貸出や債券の平均年限（平均残存期間）を示しています。例えば図3の左図は大手行の債券の平均残存期間が示されていますが、おおむね上昇傾向であることが分かります。このことは地域銀行および信用金庫も同様であり、日本の銀行は資産サイドの金利リスクを概ね増加させていることがわかります。また、大手行に比べ信用金庫の方が平均残存期間が長く、金利リスク量は相対的に大きいと判断できます。

もっとも、金融機関が有する金利リスク量を正確に把握するためには、金融機関が有する負債側の年限も把握する必要があります。実際、図3には調達サイド（負債サイド）の年限に加え、期間ミスマッチも記載されています。このように資産と負債のバランスで金利リスクの管理を行うことをAsset Liability Management（ALM）といいますが、ALMの概要についてはBOX 1で説明します。

＊7）厳密にはコンベクシティがあるため、この計算は少し粗い推計になっています。ここではわかりやすさを重視するため、コンベクシティがないケースを想定しています。コンベクシティについては次回の論文で説明することを予定しています。
＊8）例えば、保有している国債（1,000億円）の年限が5年であり、金利が1%低下した場合、50億円の利益が得られます。

BOX 1 Asset Liablitity Management（ALM）とは

図4 日本の生命保険会社における資産・負債デュレーションとデュレーション・ミスマッチ



（注）デュレーション・ミスマッチは負債デュレーションから資産デュレーションを引いたもの。集計対象は大手9社。
（出所）菅和・倉知・福田・西岡（2012）より抜粋。

本文で述べたとおり、金融機関が有する金利リスク量を正確に把握するためには、資産側のデュレーションだけでなく、負債側のデュレーションも考える必要があります。資産側のデュレーションだけをみると、銀行は短い年限の資産を有する一方、生命保険会社は長い年限の資産を有しています。これだけをみると、生命保険会社の方が金利リスクを取っているように思われるかもしれません。

しかし実は、この事実をもって生命保険会社の方が銀行より金利リスクを取っているということにはなりません。なぜなら、銀行は負債サイドの年限が短い一方、生命保険会社は負債サイドの年限が長く、金融機関は資産と負債の年限を合わせるようにリスク管理をしているからです。このようなリスク管理は、資産と負債の有する金利リスクを管理することから、Asset Liablitity Management（ALM）といいます。銀行の負債サイドの年限が短い理由は預金という形で資金を調達しているためです。逆に、生命保険会社は例えば終身年金などを販売することで資金調達をしていますから、負債サイドの年限は長くなります。

資産サイドと負債サイドの年限がずれると、金利が変化した時にリスクが顕在化します。例えば、資産サイドの年限が短く、負債サイドの年限が長い生命保険会社の事例を考えます。この場合、仮に金利が低下すると、負債サイドは長期の契約を結んでいるため、金利が低下する以前の高い金利を調達コストとして支払い続ける必要がある一方、資産サイドは年限が短いため、仮に保有している債券が償還を迎えてしまうと、再投資する債券は低い金利で運用しなければなりません。金融機関は、このように金利が変化することに伴うリスクを管理するため、資産サイドと負債サイドの年限に大きな乖離が起こらないような運営をしています。実際、日本の生命保険会社はかつてこのリスクにさらされ、2000年以降、資産と負債のデュレーションのマッチングを進めています（図4を参照）。

債務管理当局の観点でみれば、生命保険会社や銀行のバランスシートの規模やそれが有する金利リスクなどに応じて短期債と長期債の投資意欲が異なってくることを意味します。そのため、市場参加者との対話などを通じ、金融業界における銀行や生命保険の規模や調達構造を把握しておくことは、債務管理当局がどのような年限の国債を発行するかを考えるうえで重要になるわけです。例えば、英国の債務管理当局は各国に比べて年限の長い国債を発行していますが、その一因として、英国の年金において、リスク管理の観点で年限の長い国債のニーズが高いことが背景にあります（年金も生命保険会社と同様、年金という金融商品の性質上、遠い将来の支払いの約束をしているため、負債側のデュレーションが長いといえます）。英国の事例については中対・村田（2018）が包括的に説明しているため、詳細は同論文をご参照ください。

ちなみに、財務省は財政投融資制度を活用して地方自治体や政府系金融機関に融資などの形で資金提供をしていますが、2000年代の改革以降は財政投融資でもALMに取り組んでいます。詳細は「財政投融資リポート」などをご参照ください。

3　デュレーションのフォーマルな定義

3．1　金利が変化した時の価格変化「率」（金利感応度）

ここでフォーマルにデュレーションを定義しておきます。デュレーションとは金利が変化した時の価格変化「率」（金利感応度）を指します。金利変化をΔr、国債価格の変化をΔPとすると、デュレーション（D）は下記のように定義できます。

$$D=-\frac{1}{P}\frac{\Delta P}{\Delta r}$$

ここでマイナスがついている理由は、金利が上昇すると価格は下がるため、$\frac{1}{P}\frac{\Delta P}{\Delta r}$はマイナスの値になることから、マイナスをつけてデュレーションがプラスの値になるように調整しているためです。

上記の式を書き換えると、下記の関係を導出できます。

$$\frac{\Delta P}{P}=-D\Delta r$$

この関係式は金利の変化に対して国債の価格がどれくらい動くかを把握する式として実務的には非常に頻繁に用いられます*9。例えば、10年国債の利回りが1bps（0.01%）動いた場合、価格はそのデュレーションに比例して動きますから、デュレーションを10とすると、上記の式から$-D\Delta r=-10\times 1bps=$（100円当たり）△10銭と価格変化が計算できます。20年債の利回りが3bps動いた場合は、デュレーションを20とすると、$-D\Delta r=-20\times 3\mathrm{bps}=$（100円当たり）△60銭という形で計算できます。価格の変化を利回りの変化に直したいときもありますが、上の関係式より$\Delta r=\frac{1}{D}\frac{\Delta P}{P}$となるため、価格変化率をデュレーションで割ることで利回りの変化に変換することができます。

気を付けるべき点はデュレーションの概念は微小の変化で定義されている点です。そのため、大きく金利が動いた場合には価格変化はデュレーションから算出される値からずれる可能性があります。例えば、10年国債を保有しており、デュレーションを用いて金利の変化に伴う価格への影響を考えたい場合、1bpsの金利変化であれば正確に計算できる一方で、1%（100bps）という100倍の金利変化のリスク量を計算する際、1bpsのリスク量の100倍と試算することは少し粗い計算であるということです。実はデュレーションの大きさは金利の水準に依存し、これを捉えるものとしてコンベクシティという概念があります。この概念はBOX 2で若干ふれていますが、コンベクシティについては次回のレポートで取り上げることを予定しています。

3．2　デュレーションと平均回収期間

図5は2年から40年国債の実際のデュレーションを示していますが、年限とほぼ同じであるものの、若干ずれていることが分かります。例えば10年国債のデュレーションを計算すると、直近の10年債の修正デュレーションは9.79であり、10よりわずかに小さくなります。

この理由として、国債のような固定利付債に関しては金利感応度が「債券の平均回収期間」と密接な関係にあることが挙げられます。債券の平均回収期間とは、最初投資した100円が平均してどのくらいの期間で回収できるかを指しています。先ほどの例のようにクーポン1%の10年国債に100円投資した際、毎年1円を回収して、10年目には金利と元本の合計101円を回収することになります。たしかに、大部分の回収は満期である10年目ですが、途中も1円ずつ回収しているため、その平均的な回収期間は10に近いものの、10年より若干短くなります。詳細はBOX 2で数式を使って説明しますが、固定利付債の金利感応度は債券の平均回収期間にほぼ一致することを示せます。

図5　各年限の国債のデュレーション

2年	5年	10年	20年	30年	40年
1.95	4.83	9.79	19.04	27.25	35.67

注：上記は2020年8月時点での直近発行銘柄（カレント銘柄）についてBloombergの値を用いています。

連載 日本経済を考える

＊9）ハル（2008）は「この式の便利さが1938年にMacaulayが初めて使ったデュレーションがよく使われる尺度になった理由である」（p.93）と言及しています。筆者のこれまでの論文でも、例えば、服部（2020b）ではイールド・ボラティリティをプライス・ボラティリティに修正するのにデュレーションを掛け合わせることで調整しましたが、これもこの式に基づいて算出しています。

債券の回収期間に着目した金利リスク指標はMacaulay（1938）が提唱した概念であることからマッコーレー・デュレーションと呼ばれることも少なくありません。

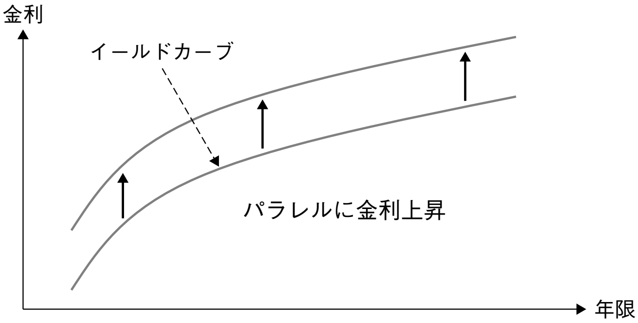
図5をみると、2年債のように短い年限ではデュレーションは年限である2に近い値をとっていますが、40年債では35.67であり、年限と比較的大きく乖離することが分かります。この理由は、一般的に年限が長い国債ほど高い金利が付される（イールドカーブ*10の傾きが右肩上がりである）ことに加え、40年債は年限が長く、途中の利払いが多いため、途中で回収されるキャッシュ・フローの割合が大きくなり平均回収期間が短くなるためです。このロジックに鑑みれば、クーポンがない債券（いわゆるゼロ・クーポン債（割引債））は途中でキャッシュの回収がないため、年限と平均回収期間は一致します（デュレーションと年限もほぼ一致しますが、詳細はBOX 3を参照してください）。もっとも、実際に取引されている割引債は日本については1年以下の短期国債など一部に限られます*11。

3.3　デュレーションが想定している金利上昇のシナリオ

デュレーションを把握する上で大切な点は次の2点です。まず1点目は、想定している金利上昇はすべての年限の金利が等しく上昇している点です。これを示したのが図6で、イールドカーブが平行に動くことを想定しています（このような動きをパラレルシフトといいます）。もっとも、現実的にはイールドカーブがパラレルにシフトするとは限らず、例えば、1年～19年の金利は横ばいである一方、20年債の金利のみ上昇することもありえます。このようにカーブ全体の動きではなく、特定の年限の金利上昇リスクを捉える概念としてグリッド・ポイント・センシティビティ（キー・レート・デュレーション）という考え方があります（この概念は次回の論文で説明します）。

2点目は、デュレーションでは微小な金利変化に伴う価格変化という思考実験をしている点です。実際の金利上昇に基づいた分析が必要な場合、実務的には過去のデータからボラティリティを計算したり、1%の金利上昇など保守的なシナリオを想定します。特に、金利が大きく変動したシナリオを考える場合は、コンベクシティによる効果もあるため、単純にデュレーションに基づいた分析は不正確なものになる可能性があります（前述のとおり、コンベクシティについては次回詳細に説明します）。

図6　デュレーションで想定している金利上昇



4．DV01（デルタ、BPV）

4.1　DV01（デルタ、BPV）とは

実際のリスク管理の現場では、デュレーションのような金利感応度をみたいわけではなく、実際に自分のポジションに対してどのくらいのリスク量を有しているかを知りたいケースが少なくありません。例えば、金融機関で運用を行う場合は、自分が取れるリスク量が制限されていることが多いことから、単なる金利感応度ではなく、自分の現在取っているリスク量（金額）そのものを把握する必要が出てきます。むろん、リスクを取らないとは何もしないことと同義なのでリスクを取ること自体は問題ないのですが、大切なことはそれが適正なリスク量であるかを把握することです。

例えば、銀行が国債を運用するうえで、金利リスクを取る必要はありますが、一方で銀行はビジネスをするうえで株主から資金調達をしています。株主からの資金調達とはいわばリスクを取ってよいと考えている投資家から資金を調達することであるため、自己資本の一定割合にリスク量が収まる運用をしているならば、その金融機関は安全な運用をしていると解釈する

＊10）イールドカーブとは横軸に年限、縦軸に金利を軸とした年限と金利を表現する曲線です。詳細は服部（2019）を参照してください。
＊11）日本高速道路保有・債務返済機構が財投機関債が利子一括払いの40年債を発行するなど、日本国債以外では長期の割引債が発行されることもあります。

こともできます。このような観点から、銀行が有する自己資本に対してどの程度金利リスクをとっているかを金額で把握する必要がでてくるわけです。

国債を把握する上で最も典型的な金利リスク量はDV01（Dollar Value of One Basis Point）(「ディー・ブイ・オー・ワン」と読みます）です。DV01は金利が1bps（＝0.01％）変化した時の価格の変化「量」を示します（デュレーションは金利が動いた時の価格の変化「率」であったことに注意してください)。そのため、下記のように定義できます。

$$\mathrm{DV01} = -\frac{\Delta P}{\Delta r} \times 0.01\%$$

デュレーションは$D = -\dfrac{1}{P}\dfrac{\Delta P}{\Delta r}$でしたから、$\mathrm{DV01} = D \times P \times 0.01\%$となります。仮に10年国債のデュレーションを9.8とすれば、10年国債を1億円保有していた場合のDV01は$D \times P \times 0.01\%$＝1億円×9.8×0.01％＝9.8万円となりますから、DV01という観点でみたこのポジションのリスクはおおよそ10万円のリスク量であることが分かります。

円債市場のややこしいところは、DV01を表すうえで別の表現を用いることが非常に多い点です。特に円債市場では、DV01を「デルタ」や「ベーシス・ポイント・バリュー（BPV)」などと表現することも少なくありません*12。「デルタ」は円債市場で非常によく使われますが、そもそも「デルタ」とは教科書的に言えばオプションに関する概念であり、原資産が動いた時にオプションの価格がどれくらい変化するかを指します。国債の運用担当者は自らポジションを持っており、仮に金利が動いたらどの程度自分のポジションが動くかを金利リスク量として把握しています。そのため、金利（原資産）が変化した時の資産価値（オプション価格）の変化という意味合いで「デルタ」という表現を使っているわけです（オプションの表現を使えば、債券を金利のデリバティブと解釈しているわけです)。円債市場では「デルタ」という表現は非常に頻繁に用いられますが、筆者は大学でオプションの概念としてデルタを勉強していたため、当初戸惑った覚えがあります。

４.２　日本国債のDV01の例

図7は、財務省の「令和2年度国債発行計画」における国債発行額についてDV01というリスク量から評価したものになります*13。この図をみると、発行金額としては2年債が33兆円と最も多いですが、金利リスクの供給量でみれば、10年国債のDV01が291億円*14であり、最も大きいことがわかります。実は今年度の国債発行計画においては割引短期国債が82.5兆円発行されていることから、金額でみれば短期債の発行が最も大きいように思われます。ただし、割引短期国債の内訳は、1年債が36.9兆円であり、6か月債が45.6兆円であるため、(割引債については年限がデュレーションにほぼ一致することを使うと）82.5兆円の割引短期国債のDV01は59.7億円*15であり、割引短期国債の発行量は多いものの、2年〜40年国債に比べて金利リスク量の供給は抑えられていることが分かります。

金融機関は国際的な金融規制など様々な制約にさらされており、自らが取得できるリスク量には限界があります。投資家のニーズに沿った発行を行うことは投資家の国債の購入意欲につながり、最終的に発行体にとっては調達コストを抑えることにつながることを考えると、債務管理当局としては国債が有するリスクが年限ごとで異なってくることを理解しておく必要があります。

図7　2020年度の国債発行額と金利リスク量

	2年	5年	10年	20年	30年	40年
年間発行額（兆円）	33	28.2	29.7	13.5	10.2	3
DV01（億円）	64	136	291	257	278	107
先物（枚数）	59,363	125,573	268,149	237,060	256,411	98,709

注：上記は2次補正後の国債発行量です。

連載 日本経済を考える

＊12）筆者の印象では、円債市場では、投資家の分類（外国人投資家、中央金融法人、地域金融機関等）や金融機関内での役割（トレーダーやセールス等）などによって大きく用語の使い方が異なります。違う表現を使っていても同じことを指していることが少なくない点に注意が必要です。
＊13）国債発行額については財務省のウェブサイトを参照しています。先物1枚のDV01は10.84万円としています。
＊14）10年国債1億円分のDV01は9.8万円ですから、29.7兆円の10年国債のDV01は、その29.7万倍ですから291億円になります。ここでのDV01はBloombergの値をベースにしています。
＊15）ここでは6か月の割引債のデュレーションを0.5、1年の割引債のデュレーションを1としたうえで、0.01％×1×36.9兆円＋0.01％×0.5×45.6兆円という形で簡易的に計算しています。

４.３　国債先物で評価した金利リスク量

次に、実務家は先物の枚数で金利リスク量を把握していることが非常に多いことから、国債先物との比較でみた国債のリスク量について考えてみます。まず実務家は10年国債1億円のリスク量が国債先物の1枚分（想定元本1億円分）のリスク量とおおよそ同じであると頭に入れています。日本国債10年1億円のDV01は前述のとおり9.8万円ですが、先物1枚をロングした時のDV01は10.84万円であり*16、おおよそ10万円程度であることが理解できます（この数値からもわかる通り、厳密には先物1枚と10年国債1億円分のDV01は異なります）*17。例えば、10年の国債を1億円分取得した場合、金利リスクを削減するために、それを売却することでリスク量を落とすこともできます。もっとも、JGBトレーダー*18がマーケット・メイクのために国債を在庫として保有した場合は売却するわけにいきません。そこで、先物を1枚売ることで△10.84万円という金利リスク量を作り、自分が有している9.79万円というリスク量と相殺することで、リスク量を落とすことができます。

服部（2020a）で強調したとおり、国債先物の重要な役割はヘッジツールの提供ですから、国債市場のマーケット・メイクで先物が頻繁に用いられています。例えば、10年国債の入札の結果、あるプライマリー・ディーラーが1,000億円の国債を在庫として保有したとしましょう。この場合、DV01は9,790万円になりますが、国債先物を903枚売ればおおよそ△9,790万円のDV01を作ることができるため、1,000億円の国債を有するとともに903枚の先物を売ることで、リスク量をゼロに近い状態にできます。これは金利リスク量という観点では、中立的（ニュートラル）なポジションであると解釈できます*19。

財務省が発行する国債の発行量も先物の観点でリスク量を評価することができます。例えば、明日10年国債が2兆円発行されるとします。2兆円分の10年国債のDV01は19.6億円程度ですが、先物の枚数に換算するとおおよそ1.8万枚になります。いわば、このケースの10年国債の発行量は先物でみて1.8万枚分のリスク（DV01）の供給量があると解釈できます。図7には、今年度の国債の発行額およびDV01とともに、先物何枚分に相当する金利リスク量であるかも記載されています。

注意すべき点は、以上の議論はイールドカーブのパラレルシフトを想定しているため、1年から10年金利はすべて同じように1bps上昇していると想定している点です（DV01はデュレーションと同様、パラレルシフトを想定しています）。先物は先ほどみたように10年国債とほぼ同じDV01を有しますが、服部（2020a）で説明したとおり、先物の価格の動きはその設計上、7年国債と連動する仕組みがとられています。そのため、10年国債と（7年国債と連動する）先物の価格が完全に同じ動きをするとは限りません。例えば、10年国債をロングし、先物のショートでヘッジしていたとします。仮に何らかの理由で、10年国債の価格は下がるものの、先物価格（7年国債の価格）は横ばいであったとすると、先物によるヘッジは機能しないことになります。このように国債を先物でヘッジした場合、イールドカーブがパラレルにシフトするとはかぎらないがゆえ、一定のリスクが残る点に注意が必要です（これをベーシス・リスクといいます）*20。

＊16）この値はBloombergで算出した値です。国債先物のDV01の考え方の詳細は服部（2020a）のBOX 4を参照してください。
＊17）国債先物のDV01が10万円を超える理由については服部（2020a）のBOX4を参照してください。
＊18）証券会社のトレーダーは債券を在庫で持ちながら、顧客にプライスを提示することで流通市場を形成しています。トレーダーでなくディーラーという表現が使われることもあります。JGBトレーダーとは、債券の中でも日本国債を担当しているトレーダーを指します。
＊19）ちなみに、プライマリー・ディーラーは銀行や生命保険会社などの注文を集約して入札に参加しているため、仮に1兆円落札したとしてもその落札分の大部分は投資家が保有します。その意味で、仮に特定の業者の落札額が多かったとしても、実際には落札額分の金利リスクを取っているわけではありません。
＊20）服部（2020a）で説明したとおり、先物のDV01は$\frac{\Delta P}{\Delta r}\times 0.01\% = \frac{1}{CF}\frac{\Delta P^{CTD}}{\Delta r}\times 0.01\%$になります（ここで$P$は先物価格、$P^{CTD}$はチーペストの価格、$CF$はコンバージョン・ファクターです）。$\frac{\Delta P^{CTD}}{\Delta r}\times 0.01\%$は7年国債のDV01に相当します。しかし、先物のリスク量はこれに$\frac{1}{CF}$を掛けた値になります。服部（2020a）で説明したとおり、現在、CFはおおよそ0.7前後になりますから、$\frac{1}{CF}$はおおよそ1.4程度の値になります。したがって、先物の変化自体は7年国債に連動しますが、先物価格の動きは$\frac{1}{CF}$で拡張されたような大きさで動く点に注意が必要です（その結果、先物のDV01はおおよそ10年国債のDV01に近い値になります）。

連載　日本経済を考える

5．おわりに

本稿では、日本国債に係る金利リスクについてデュレーションやDV01という観点で説明してきました。本稿で強調したとおり、国債の主な投資家である金融機関はリスク管理を行う必要があります。したがって、政府は安定的な国債消化のため、金融機関がどのようにリスク管理を行っているかや、現在金融機関がどの程度リスク・テイクを行っているか等を把握する必要があります。もっとも、金利リスク量を把握するうえでは他にも重要な概念が存在します。特に、コンベクシティやグリッド・ポイント・センシティビティという概念は重要性が高いため、次回はこれらの概念を解説することを予定しています。

BOX 2 マッコーレー・デュレーションと修正デュレーション

1．数式を用いたデュレーションの定義

ここではマッコーレー・デュレーションと修正デュレーションの関係を考えます。まず毎年cというクーポンが得られる10年国債を考えます。この場合、1年目はc円、2年目はc円と続き、最後にクーポンのc円と元本の100円が得られます（実際のクーポンは年2回支払いですが簡略化しています[*21]）。一般的に資産価格は将来のキャッシュ・フローを割り引くことでプライシングがなされると想定しますが、ここでも、国債のキャッシュ・フローを金利rで割り引くことで、下記のように10年国債の価格が定まっているとします。

$$P=\frac{c}{(1+r)}+\frac{c}{(1+r)^2}+\cdots+\frac{c+100}{(1+r)^{10}}\cdots\ (1)$$

デュレーションの定義は$-\frac{1}{P}\frac{\Delta P}{\Delta r}$でしたが、極限を取り、上記の式を$r$で微分して$-P$で割ると、下記の関係式が導出できます。

$$D=-\frac{1}{P}\frac{\partial P}{\partial r}=\frac{1}{P}\left[1\times\frac{c}{(1+r)^2}+2\times\frac{c}{(1+r)^3}+\cdots+10\times\frac{c+100}{(1+r)^{11}}\right]$$

$$=\frac{1}{(1+r)}\underbrace{\frac{1}{P}\left[1\times\frac{\mathrm{c}}{(1+r)}+2\times\frac{\mathrm{c}}{(1+r)^2}+\cdots+10\times\frac{c+100}{(1+r)^{10}}\right]}_{(※)}\cdots\ (2)$$

この式の（※）の部分をみると、例えば、$1\times\frac{c}{(1+r)\ P}$は1年に$\frac{c}{(1+r)\ P}$（すなわち、クーポン$c$の現在価値を$P$で割った値）というウェイトがかけられており、$2\times\frac{c}{(1+r)^2P}$は2年に$\frac{c}{(1+r)^2P}$というウェイトがかけられていると解釈できます。そのため、（※）を年限について各キャッシュ・フローの現在価値で加重平均を取るような調整をしているとみれば、この部分は「平均回収期間」と解釈することができます。この（※）の部分をマッコーレー・デュレーションD_{Mac}と定義すれば、デュレーションとマッコーレー・デュレーションは下記のような関係で表現することができます。

$$D=\frac{D_{Mac}}{1+\mathrm{r}}$$

＊21） タックマン（2012）では年2回の利払いで定式化しているため、厳密な説明を知りたい方は同書を参照してください。また、ここではわかりやすさを重視するため10年債の事例を取り上げていますが、タックマン（2012）ではT年債という一般的な形でデュレーションを定義しています。

連載 日本経済を考える

上記に鑑みると、平均回収期間に相当するマッコーレー・デュレーションを（1＋r）で割ることで、微分で定義した厳密な金利感応度へ「修正」していると解釈できます。そのため、この修正されたデュレーションを「修正デュレーション」といいます。

２．注意点

マッコーレー・デュレーションに基づけば、債券の平均回収期間で金利感応度を把握できるため、実務的にわかりやすい概念ですが、この概念は基本的には固定利付債にのみ適用される点に注意が必要です。多くの日本国債のように固定利付債であれば、10年債は「年限が10なのでおおむねデュレーションが10程度だ」と年限をベースに感応度を把握することができます*22。しかし、クーポンが期中変動する変動債の場合、年限と金利感応度（デュレーション）は一致しません*23。本文ではデュレーションを$-\frac{1}{P}\frac{\Delta P}{\Delta r}$、すなわち、債券一般に対して金利が変化した場合の価格感応度で定義しましたが、そもそも期間の概念であるマッコーレー・デュレーションを（1＋r）で割ることで金利の価格感応度として解釈できるのは、式（1）のような固定利付債を考えているからです*24。

もっとも、円債市場の実務ではデュレーションといった場合、マッコーレー・デュレーションや修正デュレーションを指すことも多く、ほとんど区別せずに使われていることも少なくありません。これは、ほとんどの債券が固定利付債であることから、金利感応度と年限はおおよそ近い値になるため、厳密に区別しなければならないケースが少ないことに起因すると筆者は考えています*25。

ちなみに、式（2）をみると、デュレーションは金利rに依存することが分かります。仮に金利が低くなれば、式（2）におけるキャッシュ・フローを低く割り引くため、平均回収期間が長くなりますし、逆に金利が高くなると、式（2）におけるキャッシュ・フローを高く割り引くため、平均回収期間が短くなります。このようにデュレーションは金利水準にその大きさが依存するのですが、このことをコンベクシティといいます。デュレーションが金利水準に依存することは非常に重要なポイントですが、コンベクシティについては次回のレポートで詳細に説明する予定です。

BOX 3 割引債（ゼロ・クーポン債）の マッコーレー・デュレーションと修正デュレーション

本文で記載したとおり、マッコーレー・デュレーションは平均回収期間ですから、割引債の場合、途中でクーポンがなく、途中で回収する部分がないですから、マッコーレー・デュレーションは年限と一致します。先ほどの例でいえば、マッコーレー・デュレーションは10年国債の場合、$\frac{1}{P}\left[1\times\frac{c}{(1+r)}+2\times\frac{c}{(1+r)^2}+\cdots+10\times\frac{c+100}{(1+r)^{10}}\right]$でしたが、10年の割引債の場合、期中のクーポンがないため、c＝0とすれば下記が導出できます。

$$D_{Mac}=\frac{1}{P}\left[10\times\frac{100}{(1+r)^{10}}\right]$$

＊22） 現在は発行が停止されていますが、財務省はかつて15年変動利付国債を発行していました。
＊23） 例えば、10年の変動債（クーポンは6か月円LIBORに連動）の場合、年限は10年ですが、デュレーションは0.5程度になります。
＊24） タックマン（2012）では、修正デュレーションは固定利付債におけるデュレーションの特殊なケースとして紹介しています。
＊25） タックマン（2012）は「マッコーレー・デュレーションD_{Mac}は今日ではあまり使用されない」（p.123）と指摘しています。

そもそも割引債の価格は満期で100円になる債券をrで割り引いた値になるため、$P=\frac{100}{(1+r)^{10}}$となります。この式を上記の式に代入すれば下記が導出でき、10年の割引債のマッコーレー・デュレーションが年限である10と一致することが確認できました。

$$D_{Mac}=10$$

また、マッコーレー・デュレーションと修正デュレーションの関係は$D=D_{Mac}/(1+r)$でしたから、10年の割引債の修正デュレーションは下記のようになり、年限を金利で修正していることが分かります。

$$D=\frac{10}{1+r}$$

参考文献
[1]. 菅和聖・倉知善行・福田善之・西岡慎一（2012）「わが国生命保険会社のバランスシート構造と国債投資」日銀レビュー2012-J-16
[2]. ブルース・タックマン（2012）「債券分析の理論と実践（改訂版）」東洋経済新報社
[3]. 日本銀行（2019）「金融システムレポート」
[4]. 服部孝洋（2019）「イールドカーブ（金利の期間構造）の決定要因について―日本国債を中心とした学術論文のサーベイ―」ファイナンス10月号、41–52.
[5]. 服部孝洋（2020a）「日本国債先物入門：基礎編」ファイナンス1月号、p.60–74.
[6]. 服部孝洋（2020b）「国債先物オプション入門―オプション市場からみた金利リスクについて―」ファイナンス4月号、p.38–42.
[7]. ジョン・ハル（2008）「フィナンシャルリスクマネジメント」ピアソンエデュケーション
[8]. 中対剛・村田大介（2018）「イギリスの平均償還年限とその背景－国債の需要と供給両面からの分析－」PRI Discussion Paper Series（No.18A-09）
[9]. Macaulay, F.（1938）The Movements of Interest Rates, Bond Yields and Stock Prices in the United States Since 1856. National Bureau of Economic Research, New York.