

国債先物オプション入門

—オプション市場から見た 金利リスクについて—

財務総合政策研究所 研究員 服部 孝洋*1

1 はじめに

国債市場において金利が上昇（下落）するかどうかは多くの人を知りたい情報です。もっとも、金利が上昇（下落）するかどうかだけでなく、金利がどれくらい大きく変動するかどうかは実は非常に重要です。ファイナンスの理論では、資産価格の変動性を「リスク（ボラティリティ）」と表現しますが、リスクは人々の投資行動やプライシングなど金融市場に多面的な影響を与えるがゆえ、これまで膨大な研究がなされてきました。

金利の変化に伴うリスクを「金利リスク」といいますが、本稿では国債の有する金利リスクについて、特に日本国債先物オプションと呼ばれる金融派生商品（デリバティブ）との関係で議論を行います。オプションとは事前に特定の値段で国債などの資産を買う（売る）権利を指しますが、オプションを知る必要がある最大の理由は、オプションを通じて市場参加者が現在考えている金利リスクに関する情報が得られるからです。読者の中には新聞などで「恐怖指数」をみたことがある方もいるかもしれませんが、実はこの指標はオプションの価格からリスク量を抽出することで構築されています。

本稿では、オプションの中でも特に、先物オプションに焦点を当てます。服部（2020a,b）では国債先物が取引所取引であることから高い流動性を有する点を強調しましたが、オプション市場についても同じことがいえます。流動性が低いオプションから金利リスク

量を算出しても、市場全体の意見を反映しているとはいえません。日本国債先物オプションは取引所に上場しているがゆえ他の円金利に係るオプションに比べ相対的に流動性が高く、そこでの価格形成から得られるリスク量に多くの投資家の意見が反映されるのです*2。本稿では日本国債の恐怖指数に相当する日本国債VIXについても紹介しますが、同指数は日本国債先物オプションに基づき算出されています。

筆者の意見では、市場業務に係る政策担当者にとってオプションの情報は有益です。例えば、日本政府は債務管理を行う上で、金利急騰リスクを把握する必要がありますが、オプションから得られるリスク量は簡易的に金利上昇リスクをモニターする手法になります。実はオプションやボラティリティはそれだけで1冊の書籍が書けるような内容ですが、本稿では政策担当者や市場参加者が最低限押さえておくべき点に絞り、解説を加えている点が特徴です。

2 オプションとリスク（ボラティリティ）の関係

2.1 金利リスクとは

実務で最も多く用いられる金利リスクの算出方法は金利変化の標準偏差（ σ ）を計算する方法です。例えば、10年国債の金利リスクを計算するため、10年国債の金利データを過去1年分取得したとしましょう。そのデータを用いて、1営業日ベースでの金利変化に変換*3し、標準偏差を計算した結果、その値が0.1%

*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。財務省や日本取引所グループ等、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。

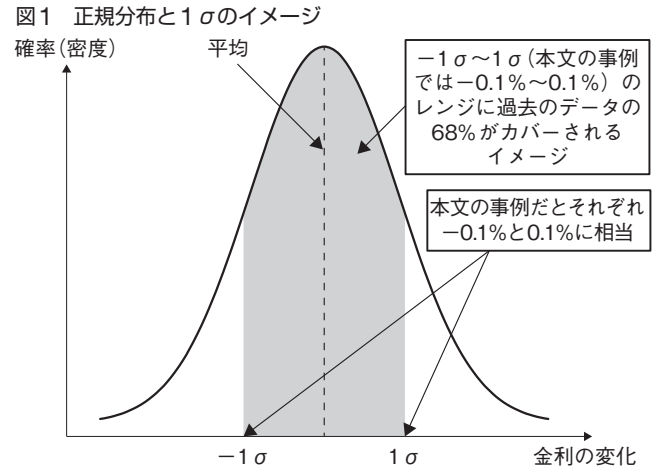
*2) ハル（2016）でも、「なぜ現物オプション取引より先物オプション取引が、選択されるのであろうか。その主な理由は、先物契約は多くの状況において原資産より流動性が高く、取引しやすいからである」（p.602）と指摘しています。

*3) 筆者の知る限り金利水準そのものを用いて標準偏差を計算することはありません。株価や為替など他の資産についても収益率に変換してから標準偏差を計算します。

であるとし、この値の解釈の一つは、金利の動きには大小がある中で、過去1年の経験則でいえば68%のデータについて（1営業日で） -0.1% から $+0.1\%$ のレンジで動いていたというものです。注意すべき点は、ここでは、金利変化が正規分布に従っていることを想定して解釈している点です。図1にそのイメージが記載されていますが、金利変化が正規分布に従っていると想定することで1 σ 区間（ここでいえば -0.1% から $+0.1\%$ ）に過去の動きの68%が収まっていると解釈することができます。正規分布の仮定が強すぎると思われる読者もいるかもしれませんが*4、ひとまずここで計算されたリスク量である0.1%が金利変化のレンジを示しているというイメージを持つことが大切です。

前述のケースでは1 σ を用いましたが、これより大きな値を用いれば過去の経験でカバーされる割合が上昇します。例えば、2 σ （ $=2\times 0.1\%$ ）に相当する -0.2% から $+0.2\%$ のレンジであれば過去の金利変化の95%がカバーされます（これも正規分布から得られる性質です）。逆に考えれば、1営業日で金利が $\pm 0.2\%$ 以上変化する確率は5%以下になりますから、金利リスク量として1 σ から2 σ の値を用いることでリスク量について保守的な値を用いることができます。金融機関の実務の言葉を借りれば、これは95%のレンジ（信頼区間）でみたリスク量（Value at Risk, VaR）になります（この事例だと、0.2%が95%の信頼区間でみたVaRです）*5。ちなみに、これらは過去のデータから算出したボラティリティであるため、ヒストリカル・ボラティリティ（Historical Volatility, HV）と呼ぶこともあります。

注意すべき点は、ここで計算している値は10年国債の「金利変化」のボラティリティであり、「価格変化」ではない点です。金利変化のボラティリティを



「金利ボラティリティ（イールド・ボラティリティ）*6」といいますが、実際の国債価格は金利の変化に対して、おおよそ債券の年限に比例して変動します。これは国債に投資した場合、その年限が長くなるほど、キャッシュフローを固定する期間が長くなることで金利が変化することによる影響が大きくなるためです*7。例えば、10年国債の場合、金利がたとえ0.1%しか変化していなかったとしても、価格はおおよそ1%（ $=0.1\% \times 10$ ）変化します。このような価格の変化に基づくボラティリティを「価格ボラティリティ（プライス・ボラティリティ）」といい、投資家が実際に認識する損益は価格の変化に相当します*8。国債の場合、金利変化のほうが直感的であることから、チャートなどで金利リスク量を見る場合、金利ボラティリティを用いることが多い印象です。

このほかにも注意すべき様々な論点があります。例えば、ここでは過去1年のデータを用いましたが、異なる期間のデータを用いることもできます。金融機関のリスク管理ではおおよそ過去1~5年間のデータを用いていますが、トレーディングの現場ではより短い期間のデータでリスク量を算出する傾向があります。また、ここでは1営業日の金利変化に基づきリスク量

*4) 本稿では σ が意味することを直感的に理解するために正規分布を前提に解釈します。もちろん、正規分布に従わない分布を考えることもできます。金利変化の動きが正規分布からずれる可能性については次回の論文で議論することを予定しています。
 *5) 金融機関の実務では信頼区間が99%のVaRを計算するなど、より保守的なリスク量が用いられています。
 *6) プライス・ボラティリティは本稿で定義する金利ボラティリティにデュレーションを掛け合わせることで計算することができます。なお、筆者の実感では、円金利については本稿が定義する金利ボラティリティが用いられることがほとんどですが、ファイナンスのテキストを読む際は金利ボラティリティの定義に気を付ける必要があります。例えば、タックマン（2012）では本稿が金利ボラティリティと記載しているものを「ベース・ポイント・ボラティリティ」と記載する一方、同書では「金利ボラティリティ」を金利変化「率」のボラティリティと定義しています。
 *7) ここでは簡易的に説明しましたが、正確な金利感応度は（修正）デュレーションで算出されます。デュレーションとは1単位の金利変化が起こった場合、債券の価格が何パーセント変化するかを指し、 $D = -\frac{1}{P} \frac{\Delta P}{\Delta y}$ で定義されます（ D はデュレーション、 P は債券価格、 y は利回り）。固定利付債の場合、年限がおおむねデュレーションと近い値をとる特性があることから、本稿では年限を使った例を用いています。詳細はタックマン（2012）の5章などを参照してください。
 *8) 国債の価格データを用いた場合、価格の変化率を算出し、標準偏差を計算すればプライス・ボラティリティを計算できます。また、国債先物の価格データでも同様にプライス・ボラティリティを算出できますが、この場合は中心限月をつなぐ必要があります（中心限月については服部（2020a）を参照してください）。

を計算していますが、1週間や1か月でみたリスク量を計算することもあります。金融機関におけるリスク管理の実務では、この事例のように10年国債だけでなく、株式など他の資産との関係を考慮したり、正規分布以外の分布を使用するなど、多方面に議論が進みます。

2.2. インプライド・ボラティリティ

過去のデータに基づくボラティリティ (HV) をリスク量として用いた場合の問題点は将来の予測に関する情報が含まれない点です。例えば、現在、非常に安定的に金利が推移しているものの、今月末にこれまでに経験のない重要なイベントがあり、多くの市場参加者はそのリスクを感じているとしましょう。この場合、過去のデータは変動していませんから、HVから得られるリスク量は投資家が認識しているリスク量より低い可能性を有します。

そこで投資家の将来の期待が反映されているオプションの価格をベースにリスク量を抽出するというアイデアが生きてくることになります。オプションの定義は、前述のとおり、例えば、今月末に150円で日本国債先物を買う権利です。現在の先物価格が150円である場合、もし月末に価格が151円であれば150円で先物を買うメリットがありますから、権利を行使することでプラスの利益が得られます。しかし、もし仮に月末に価格が149円である場合、そもそも市場で先物を149円で買うことができるため、権利を行使する必要はなく、損益は発生しません。すなわち、オプションの買い手はオプション料を支払うことで価格が上昇した時のみ利益を得られる状況ですから、これはいわば価格上昇時の保険のような金融商品を買っていると解釈可能です。もちろん、オプションを売る側からすれば、このオプションを安く売ってしまったら、損をすることになりますから、リスクが高い状況ではオプション料を高くする必然性が生まれます。

このように、オプションの価格は金利リスクに関す

る需給の綱引きで決まるわけですから、オプションの価格が分かれば、その価格から投資家が感じている金利リスク量を推測することができます。このリスク量はオプション価格から示唆 (インプライ) される金利リスク (ボラティリティ) であることから、インプライド・ボラティリティ (Implied Volatility, IV) と呼ばれます。IVは金利と同様、通常、年率で表示されます。

実務的にIVを算出する際、ブラック・ショールズ・モデル^{*9}など正規分布に基づくモデルを用いることがほとんどですが^{*10}、この理由は実務家が正規分布を正しいと考えているからではありません。そもそも、実務家がオプションのプレミアムをボラティリティに変換する理由は、ボラティリティに変換したほうが直感的にわかりやすいからであり、これは市場参加者が債券価格ではなく、利回り (金利) に直して議論することと同じです。注意すべき点は、IVはモデルに依存しますから、各社が異なるモデルを使うとIVの解釈が難しくなる点です。そこで、市場参加者は国債先物からIVを算出する際、正規分布に基づく「ブラック76モデル」を標準的なモデルとして用いることにしたわけです^{*11}。ブラック76モデルとは、フィッシャー・ブラック教授が1976年に発表した論文で提案されたモデルであり、通常のブラック・ショールズ・モデルにおける株価をフォワード価格へ修正したモデルです^{*12}。金利モデルは多数ある中で、ブラック76モデルが用いられる理由は、多くの実務家にとってなじみ深いブラック・ショールズ・モデルとの類似性が高いことに加え、国債先物オプションの場合、その満期が短いことなど^{*13}も挙げられます (国債先物オプションの商品性は後述します)。

ちなみに、メディアなどでしばしば取り上げられる恐怖指数は正式にはVIX (Volatility Index) と呼ばれており、IVに基づき算出されています。最も代表的なVIXはS&P500など株式指数のオプションのIV

*9) ブラック・ショールズ・モデルはフィッシャー・ブラック教授とマイロン・ショールズ教授が導出したオプションのプライシングに関する最もスタンダードなモデルです。ショールズ教授はノーベル経済学賞を受賞しましたが、このオプション・モデルはその受賞理由になっています。ブラック・ショールズ・モデルの詳細はハル (2016) などオプションのテキストを参照してください。

*10) Cox-Ingersoll-Rossモデル (CIRモデル) など正規分布を仮定しないモデルも存在します。

*11) タックマン (2012) は「市場参加者は価格とボラティリティを結びつけるどんな標準的モデルを使うかについて合意を取ることにしたのである」(p.436)と指摘しています。

*12) ブラック76モデルは、Black (1976) によって提案されたモデルです。ブラック76モデルの説明はハル (2016) を参照してください。

*13) ブラック76モデルでは先物価格が株価のように対数正規過程に従うことを想定しています。これは先物価格が短期的にはランダムな動きをするという意味で現実的かもしれませんが、長期的には発散していくような動きを想定しており、非現実的な想定である可能性があります。例えば、Hull-Whiteモデルのように、長期的にみれば金利に平均回帰性を持たせたモデルが適切になってくる可能性などがあります。

に基づき算出されています。日本国債市場と関係が深いVIXとしては、日本国債先物オプションのIVを利用して算出した日本国債VIX指数が存在します。

2.3. HVとIVの特徴

IVが優れている点は、前述のとおり、オプション価格には市場参加者による将来の予想が反映される点です。先ほどの事例のようにもし仮に月末にこれまでに経験のないようなイベントがある場合は、その保険に相当するオプションの需要が増えますから、オプションの価格（IV）が上昇します。また、投資家はHVの動きをみることができ、その情報を用いてオプションの取引をすることができるわけですから、原理的にはIVはHVの情報も含むことになります。

もっとも、IVがHVに比べて常に優れているわけではありません。事実、金融機関のリスク管理の現場ではHVを利用するケースが少なくありません。HVの場合、国債や株式などの価格データさえ得られればリスク量を算出することができます。その一方、オプションの場合、そもそも市場がないことが多いです。たとえ市場があったとしても流動性があるとは限りません。例えば、日本国債現物のオプションについては店頭市場で証券会社がマーケット・メイクをしていますが、先物などに比べ流動性が低いだけでなく、Bloombergなどを用いてもその価格を取得することはできません。すなわち、多くの資産を有する金融機関等がリスク管理を行う場合、HVを使わざるを得ないのです。

3 日本国債先物オプション

3.1. 制度の詳細

国債先物オプションとは、前述のとおり、月末まで特定の価格で国債先物を購入する（売却する）権利になりますが、国債先物と同様、日本取引所グループに上場しています。例えば、証拠金や限月の存在、取引時間など国債先物と同様の制度設計がとられています（国債先物の詳細は服部（2020a,b）を参照してくだ

さい）。国債先物オプションについては1か月刻みで限月が設定されており、例えば2020年4月の場合、5月限、6月限、9月限が上場していますが、満期が近いオプションが売買される傾向があります^{*14}。

国債先物オプションの特徴は、行使価格（国債先物を購入できる価格）毎に上場している点です^{*15}。具体的には中心となる価格に対して上下10種類ずつ、合計21種類の行使価格が設定されます（例えば行使価格が145円00銭、145円50銭などのように50銭刻みでオプションが設定され、それぞれ上場します）。中心となる行使価格は取引開始日の前営業日の先物価格に最も近い価格がベースになります（この価格をATM（At The Money）ということもあります）。決済については、権利行使日の取引終了時刻（15時15分）に先物取引を成立させることなどで行います。

オプション取引には満期日のみ行使可能である「ヨーロピアン・タイプ」といつでも行使可能な「アメリカン・タイプ」がありますが、国債先物オプションはアメリカン・タイプのオプションとなっている点も特徴です^{*16}。国債先物オプションを買った投資家は月末まで好きなタイミングで行使することができますが、実際には満期前に行使することはほとんどありません^{*17}。事実上、ヨーロピアン・タイプのオプションとして取引されていると解釈する実務家もいます。

日本国債先物オプションの（1日あたりの）取引高は1990年以降、平均7000枚弱であり、日本国債先物に比べれば相対的に少ないものの、市場参加者からは円金利オプションとして最も流動性が高いと評価されています。行使価格別でみたオプションの売買についてはATM周辺が多く、ATMから離れるほど建玉が低下する傾向にあります。

3.2. S&P/JPX 日本国債VIX

もっとも、オプションから算出した金利リスク量を中長期で把握したい場合、国債先物オプションそのものは限月交代のたびにデータをつなぐ必要がありますし、行使価格が50銭刻みであることに係る調整も必

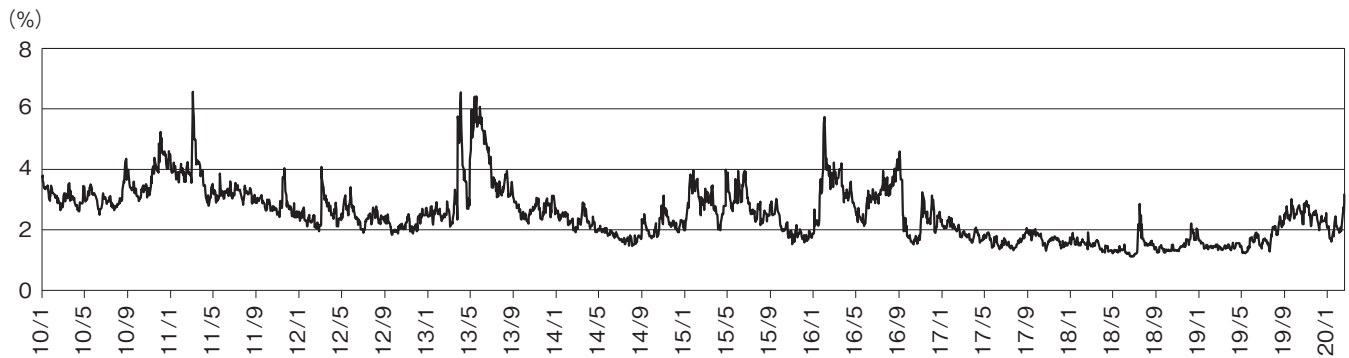
*14) 国債先物オプションの場合、国債先物とは異なり、限月間スプレッド取引の板は存在していません。

*15) ここでは例を含めてJPXのサイトを参照しています。詳細は<https://www.jpx.co.jp/derivatives/products/jgb/jgbf-options/04.html>などを参照してください。

*16) ちなみに、日経225オプションはヨーロピアン・タイプです。また、オプションの行使のタイミングが一定期間ごとに設定されるオプションをバミューダ・タイプのオプションといいます。

*17) 仮に日本国債先物オプションが行使された場合、権利行使の割当ては、各取引参加者等の権利行使が行われた銘柄の売建玉を取引単位ごとに細分化してランダムに抽選する方法により行われます。詳細はJPXのサイトを参照してください。

図2 日本国債VIX指数



要です。そのため、国債先物オプションから算出した「S&P/JPX 日本国債 VIX 指数」をみるのが一案です*18。この指数は国債先物オプションから算出されているため、国債先物価格に基づくプライス・ボラティリティが算出されている点に注意してください。日本国債 VIX 指数は2019年7月10日からリアルタイムでの配信が始まり、取引時間中でも指数の変化の把握が可能となったことから、市場にサプライズがあった際の指数の変化をタイムリーに把握できるようになりました。

図2は日本国債VIX指数の推移をみたものです。東日本大震災時（2011/3）や日銀による量的・質的金融緩和導入後（2013/4）、マイナス金利政策導入後（2016/2）など市場にサプライズがあったタイミングで上昇する傾向がみられています。前述のとおり、ボラティリティは資産価格の変動のレンジを示していますから、日本国債VIX指数が2.5%の場合、68%（95%）のレンジでみれば、投資家は年率±2.5%（±5.0%）だけ先物価格が変動すると予想していると解釈できます。

もっとも、実務の現場では、1年間の金利リスク量より、1日や1週間などといった短期間でのリスク量を知りたいことが少なくありません。例えば1営業日の金利リスク量を計算したければ、（1年の営業日数を250とすると）年率のリスク量である2.5%を $\sqrt{250}$ で割ることで算出できます*19。すなわち、おおよそ

0.16%（ $\equiv 2.5\% / \sqrt{250}$ ）が68%のレンジでみた先物価格の1日の変化率の予測値になります。何銭価格が動くかどうかを把握する方が直感的である場合、この水準に先物価格をかけ合わせれば1営業日でみたおおよその先物価格の変化幅が分かります。すなわち、先物価格が150円の場合、 $150 \times 0.16\% = 23.7$ 銭程度のレンジで1営業日の間、変動すると市場参加者は予測していると解釈できます（さらに利回りの変化に直すことも可能です*20）。

4 おわりに

本稿ではオプションという観点から金利リスクを考える際、最低限押さえるべき知識を整理しました。もっとも、実務でIVを用いる場合はもう少し細かな論点を把握する必要があります。次回はより実務的な論点について議論していくことを予定しています。

参考文献

- [1]. ジョン・ハル（2016）「フィナンシャルエンジニアリング〔第9版〕—デリバティブ取引とリスク管理の総体系」きんざい
- [2]. 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、60-74.
- [3]. 服部孝洋（2020b）「日本国債先物入門—日本国債との裁定（ベースス取引）とレポ市場について—」ファイナンス2月号、70-80.
- [4]. 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
- [5]. Black, F. 1976. "The Pricing of Commodity Contracts". Journal of Financial Economics 3 (1-2), 167-179.

*18) 日本国債VIXの算出では、日本国債先物オプション（コール及びプット）のアウト・オブ・ザ・マネーの価格に基づく、向こう30日間のIVが用いられています。詳細は日本取引所グループのサイトに掲載されている「S&P/JPX 日本国債 VIX 指数 メソッドロジー」を参照してください。
 *19) もし金利変化の分布に正規分布を仮定すれば、営業日をTとすると、1日で算出したボラティリティに \sqrt{T} をかけ合わせることで、異なる期間のボラティリティを簡易的に算出できます（逆に、1年の営業日数を250とした場合、年率のリスク量を $\sqrt{250}$ で割ることで1営業日のリスク量を算出できます）。ハル（2016）が指摘しているとおり、この性質は資産価格の変化が正規分布かつ独立同一分布に従っている場合は成立しますが、そうでない場合は近似式である点に注意が必要です。本稿では250営業日を1年としましたが、異なる営業日数を用いることがある点に注意してください。日本国債VIXは1年間を365日として計算しているため、 $\sqrt{365}$ で割ることで1日あたりの金利リスク量を計算するという考え方もありえます。
 *20) 服部（2020a）のBOX 4で説明していますが、現在の相場環境では、チーペストの金利が1bps動いた場合、国債先物価格は10銭程度動きます。この関係を使えば、68%のレンジでおおよそ2.4bps（ $\equiv 23.7/10$ ）程度の金利変化を市場参加者は予想していると解釈することもできます。