

国債先物 オプション入門

東京大学公共政策大学院 服部 孝洋
日本取引所グループ



(目次)

1. はじめに	2
2. 先物オプションとは	2
2. 1 オプションの基本は保険	2
2. 2 国債先物オプションは上場オプション	3
2. 3 オプションを通じた金利リスク量の把握	5
3. オプションの基本概念の整理	8
3. 1 コール・オプションとプット・オプション	8
3. 2 プット・オプション：先物価格の変化と損益の関係	10
3. 3 流動性が高いオプションはアウト・オブ・ザ・マネー (OTM)	11
3. 4 本源的価値と時間的価値	13
4. プット・コール・パリテイ	16
4. 1 先物の損益をプットとコールに分解	16
4. 2 プット・コール・パリテイの使用例	17
5. 日本国債先物オプション	18
5. 1 制度の詳細	18
5. 2 国債先物オプションの流動性	20
5. 3 S&P/JPX 日本国債 VIX	21
6. 国債先物オプションの有するリスク量 (グリークス)	23
6. 1 グリークスとは	23
6. 2 国債先物オプションのグリークスの事例	27
7. 国債先物オプションを用いた事例	29
7. 1 保険としてみた国債先物のオプションの購入	29
7. 2 オプションを売却する戦略	30
7. 3 ボラティリティのトレーディング	37
7. 4 マーケット・メイカーによる国債現物オプションのヘッジ	43
7. 5 国債先物オプションの場合、満期が短いためベガ・リスクは小さい	44
8. おわりに	45

1. はじめに

本稿では国債先物オプションを解説することを目的としています。国債先物オプションは、最も流動性の高い円金利のオプションであり、円金利リスクのヘッジやリスク量の計算など、幅広く用いられています。本稿の最大の特徴は、世の中に存在するオプションの書籍のほとんどが株式や為替を事例にしているのに対し、国債先物オプションを事例として取り上げながらオプションについて解説する点です。国債先物オプションについて理解が進みにくい一つの要因は、具体例に立脚した解説書が少ない点も看過できません。本稿では国債先物オプションの制度面の説明をするとともにできるだけ国債先物オプションの事例を用いて実際の市場でどのように用いられているかの理解を深めます。また、円債市場との関係で先物オプションの理解を高めるため、国債現物のオプションやスワップオプション等、他の金利オプションとの関係についても適時解説します。

本稿の構成は次の通りです。まずは先物オプションの特徴を説明した後、国債先物オプションの事例を用いてオプションの知識を整理します。そのうえで、国債先物オプションの制度的な特徴を説明し、最後に具体例を取り上げます。

2. 先物オプションとは

2. 1 オプションの基本は保険

本稿では取引所で取引されるデリバティブの中でも、国債先物オプションを取り扱います。そもそもオプションとは、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。国債先物オプションとは、例えば、1か月後に152円で日本国債先物を購入（売却）する権利を指します。このように将来特定の時点で特定の価格で売買することは、将来自分にとって都合が悪い事態になった場合（例えば価格が急騰してしまい、将来高い値段での取引を余儀なくされるなど）、自分にとって都合が良い取引を行うことが可能であることを意味しますから、オプションは将来相場が変化したときの保険のような機能を有しています。

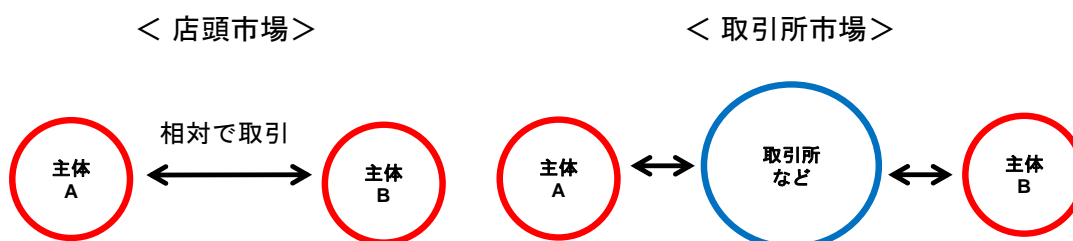
例えば、読者が将来152円で国債先物を売るオプション（これをプット・オプションといいます）を保有しており、このオプションの満期時点で先物価格が151円であるとしましょう。この場合、オプションを行使すれば、市場価格が151円であるなかで、152円という高値で売却することができるため、権利を行使することで1円の利益が生まれます。しかし、もし仮に満期時点で先物価格が153円である場合、そもそも市場で先物を153円という高値で売却することができるため、権利を行使する必要はなく、損益は発生しません。すなわち、このオプションの買い手はオプション料を支払うことで価格が下落した時に利益を得られる状況ですから、これはいわば価格下落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。オプションは様々な理由で取引されていますが、その商品性の本質は投資家に対して保険を提供する機能である点を把握することが大切です。

2. 2 国債先物オプションは上場オプション

取引所市場と店頭市場

次節で国債先物オプションの事例を用いながらオプションに係る様々な基本的な概念を確認していきますが、読者がまず認識すべき点は、国債先物オプションは取引所で取引されるオプションであるという点です。そもそも一般的に金融市場における取引には取引所取引(市場取引)と店頭取引(相対取引、OTC (Over The Counter) 取引)が存在します。店頭取引は図表1の左図にあるように、AとBが相対で取引する市場です。一方、取引所取引とは、図表1の右図にあるとおり、AとBが取引を行う際、主に取引所が媒介に入って取引を行う仕組みを指します。債券市場は主に店頭市場で取引されていますが、典型的には証券会社に所属するトレーダー(ディーラー)¹が債券を在庫で保有することで市場を作っています²。トレーダーは顧客から買い注文があった場合、在庫で保有している債券を吐き出すことで顧客の注文に対応する一方、売り注文の場合、その債券を顧客から取得して在庫として保有します。証券会社のトレーダーは顧客の間に立ち価格を提示することで債券を売買可能にする市場を作っており、いわば債券市場におけるマーケット・メイカーといえます³。

図表1 取引所市場と店頭市場



読者がまず頭に入れるべきことは、ほとんどのビジネスは相対取引である点です。我々がコンビニで何かモノを購入するときでも、コンビニが有する在庫を吐き出すことで売買を

¹ 筆者の経験上、実務家はマーケット・メイカーを指すうえで、トレーダーとディーラーという2つの表現を用います。もっとも、トレーダーをマーケット・メイカーではなく、単なる仲介者のような形で使うことがあるなど、厳密な定義が残念ながら存在しないため、文脈に応じて、使い手がマーケット・メイカー以外を指している可能性がある点に注意が必要です。

² トレーダーはたとえ国債を保有していなかったとしても、注文があった国債を借りてきて販売することもできます。この場合、トレーダーはショートポジションになります。国債についてはレポ市場と呼ばれる現物の貸借を行う市場があります。レポ市場について服部(2020a)を参照してください。

³ トレーダーが常時プライスを提示することで相対取引を基本に売買を成立させることをマーケット・メイカーといいます。

成立させています。コンビニと（店頭市場である）債券市場の大きな違いは、在庫として抱えているものが国債の場合、その市場規模が巨大であり、その価格が刻々と変化することから、リスク管理の重要性がより一層大きい点です。

一方、取引所取引は店頭取引に比べ、特殊な取引といえます。通常のビジネスは誰かが在庫を有することで取引がなされるのですが、取引所取引では、取引所に多くの人買い注文と売り注文を持ち寄り、取引所が買い注文と売り注文を上手くマッチングすることで売買が成立します。この取引が特殊であることは株式市場の事例を考えるだけで明らかです。通常、株式会社設立に伴い他者から出資を受ける場合、その取引は相対でなされます。その後、企業が大きくなり、その株式が取引所で取引されることを上場といいます。上場にあたっては、主に取引所から求められる厳しい基準及び審査が求められます。株式が取引所で取引されることは、このようなプロセスの結果であることを考えると、取引所取引は特殊な取引であることがわかります。

取引所取引は流動性を高めるため様々な標準化がなされる

上述のように一定の条件を満たさなければ成立しない取引所取引ですが、日本国債先物オプションは取引所に上場しているオプションであり、取引所に上場するために、オプションを行使できる価格（権利行使価格）や行使できるタイミングが標準化されています。たしかに標準化を行わず、例えばすべての国債を上場させた場合、取引が分散され、取引自体が全く起こらないということが起こりえます。一見複雑に見える先物取引の制度を理解するうえで、流動性を高めるため、様々な形で標準化がなされていると理解することが重要です。

例えば大阪取引所に上場している国債先物は、上場させるため「標準物」と呼ばれる架空の証券が取引されています（現物へは一定のルールに基づき満期のタイミングで国債と受け渡すことができる仕組みになっています）。現物国債の場合、数百を超える銘柄があるところ、1つの架空証券に取引を集中させることで流動性が劇的に向上します。事実、日本国債先物は一日だけで数兆円を超える売買がなされており、売買に立脚したプライシングを可能にします（国債先物の仕組みは筆者と日本取引所グループ（JPX）で記載した「国債先物入門」⁴を参照ください）。取引所取引は取引所が価格や売買を把握することが可能であるがゆえ、取引に係るデータ等の開示が充実しており、透明性が高い市場とも言えます。

ちなみに、店頭市場で取引されている債券（金利）オプションも存在します。その代表例が国債の現物オプションや金利スワップを原資産とするスワップションです（スワップションの詳細について興味がある読者は「スワップション入門」（服部, 2021a, b）、金利スワップそのものに関心がある読者は「金利スワップ入門」（服部, 2020）を参照してください）。

⁴ <https://www.jpx.co.jp/derivatives/products/jgb/jgb-futures/index.html> を参照してください。

国債先物オプションとの主な違いは、店頭市場である場合、オーダー・メイドの設計が可能である点です。例えば、スワップションであれば、1年スワップを原資産とするオプションのように短い年限から30年スワップのオプションのような長い年限まで取引がなされており、投資家のオーダー・メイドに合わせた取引が可能です。もっとも、流動性や透明性という観点では先物オプションが勝っているといえましょう（事実、円金利のスワップションは流動性の低さが懸念されています）。

2. 3 オプションを通じた金利リスク量の把握

インプライド・ボラティリティ (IV)

国債先物オプションが市場参加者の中で注目される一因に、オプションの価格から国債に関する金利リスク量⁵を抽出できることが挙げられます。たしかに国債市場において金利そのものが上昇（下落）するかどうかは多くの人が知りたい情報です。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非常に重要です。ファイナンスの理論では、資産価格が変動することを「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。

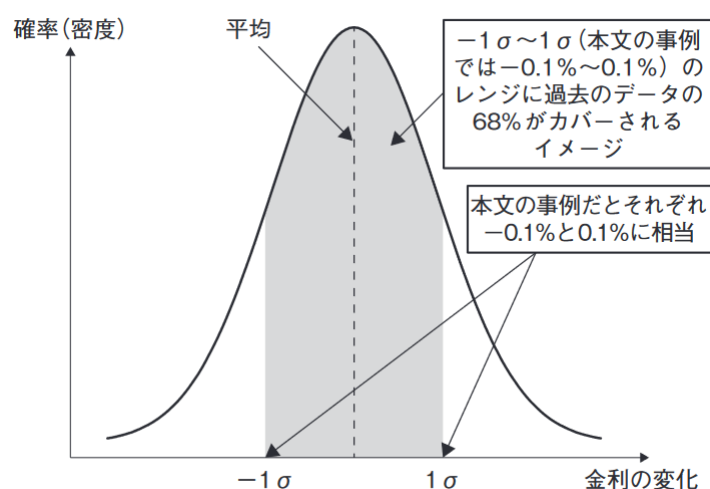
そもそも金利リスクとは、金利が変化することに伴い、債券の価格が変化するリスクを指します。債券の場合、金利が上昇（低下）することにより価格が低下（上昇）しますから、金利が変化することにより損益が発生します。前述のとおり、オプションとは事前に特定の値段で国債などの資産を買う（売る）権利を指しますが、オプションの価格を通じて市場参加者が現在考えている金利リスクに関する情報を得ることができます。読者の中には新聞などで「恐怖指数（VIX指数）」をみたことがある方もいるかもしれませんが、実はこの指標はオプションの価格からリスク量を抽出することで構築されています。

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し、標準偏差を計算して、これが0.1%であったとします。正規分布を前提にこの値の解釈を行うと、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解釈することができます。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

⁵ 厳密に言えば、国債先物オプションから抽出されるリスク量は、国債先物の価格の変化率に関するリスク量です。もっとも、価格の変動率はデュレーションを用いれば金利の変動に変換できるため、ここではわかりやすさを重視し、金利リスク量としています。この事例は日本国債VIXの節で取り上げています。デュレーションやその変換の詳細は、筆者が記載した「金利リスク入門」（服部, 2020f）を参照してください。

表 2 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 1σ 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、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。

図表 2 正規分布と 1σ のイメージ



ファイナンスの理論では、資産価格の変動性を「ボラティリティ」と表現しますが、ここで例を挙げた 0.1%という値は過去のデータに立脚して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）と呼びます。過去のデータに基づく 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予測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となります。前述の通り、オプションの買い手は、例えば、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あり、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。その意味で、オプションの価格はボラティリティと密接な関係を有しており、その価格からボラティ

リティを抽出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）。

このように先物オプションを用いることで、金利に関して投資家がどのようなリスク量を有しているかを定量的に把握することが可能になります。前述のとおり、恐怖指数（VIX 指数）もオプションの価格を用いた IV に立脚した指数になりますが、JPX は国債先物オプションに立脚した VIX 指数（日本国債 VIX 指数）を構築しています（詳細は後述します）。

BOX 1 ブラック 76 モデル（ブラック・モデル）

実務的に IV を算出する際、ブラック・ショールズ・モデル⁶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⁷、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（ブラック・モデル）」を標準的なモデルとして用いる商慣行が生まれました。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⁸。オプションの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も挙げられます。

ブラック 76 モデルの詳細を知りたい読者は筆者が記載した「スワップション入門（モデル編）」（服部, 2021b）あるいはハル（2016）などファイナンスのテキストを参照してください。

⁶ 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。

⁷ 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。

⁸ 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）や服部（2021b）などを参照してください。

3. オプションの基本概念の整理

3. 1 コール・オプションとプット・オプション

ここから国債先物オプションの事例を用いながら、オプションの基本について確認していきます。前述のとおり、オプションとは国債先物などを一定の価格で売買する権利を指しますが、買う権利と売る権利でそれぞれコール・オプションとプット・オプションという異なる名称が付されています。コール・オプションは例えば事前に定められた一定の価格で国債先物を「買う権利」になります。このオプションの購入者は国債先物の価格が上昇した際、権利行使することで利益を得られますから、コール・オプションは価格が上がったときの保険として機能します。一方、プット・オプションは一定の価格で国債先物を「売る権利」ですから、このオプションの購入者は国債先物の価格が低下した場合に行使することで利益を得ることができます（逆に言えば、買い手が行使しないことも可能である点がオプションの特徴ですが、その特徴については後述します）。そのため、プット・オプションは価格が下がったときの保険として機能します。日本国債先物オプションに関しては、コール・オプションとプット・オプションがそれぞれ上場しています。

図表3は日本国債先物オプションについて、2022年における一時点のコール・オプションとプット・オプションの情報が表示されており、これが国債先物オプションの板のイメージになります（Bloombergのオプション・モニター（JBA Comdty OMON）を使えば、現在の板情報を得ることができます）。縦軸に権利行使価格があり、横軸にオプションの価格（プレミアム）、（その価格をベースにした）インプライド・ボラティリティ（IV）、建玉⁹（契約総数）が記載されています。権利行使価格とはあらかじめ定められた購入（売却）価格を指します。

日本国債先物オプションでは図表3に示している通り、25銭刻みで権利行使価格が設定されています。例えば、図表3の右側に権利行使価格が150.5円のプット・オプションの情報が記載されていますが、このオプションは満期時点において150.5円で国債先物を売る権利に相当します。図表3をみると、150.5円で行使できるプット・オプションの価格が0.04円（4銭）と表示されていますが、これは（100円に対して）4銭払えば¹⁰、このオプ

⁹ 国債先物オプションを購入した場合、権利行使か反対売買で決済がなされます。そのため、国債先物オプションを新たに売買することは未だ決済がなされていない契約総数を変化させることになります。建玉は「未決済契約の総数」と説明されるためややこしいですが、その時点における先物の契約総数と理解しておけば問題ありません。

¹⁰ 先物オプションを1枚購入した場合、オプション価格が1円であると支払いは100万円になります。そのため、このケースで仮に1枚このプット・オプションを購入した場合、4万円を支払う必要があります。債券では100円を基準に考えますが（この価格を単価といいます）、ここでは単価をベースに考えている点に注意してください。

ションを購入することができることを意味しています。国債先物オプションの想定元本は1億円であるため、4万円(=1億円×0.04%)を支払うことになります。なお、国債先物オプションの価格は1銭刻みです(例えば図表3において権利行使価格150円のプットの価格は1銭です)。

図表3 日本国債先物オプションの例

コール				プット			
行使価格 (円)	価格 (円)	IV (%、年率)	建玉(枚)	行使価格 (円)	価格 (円)	IV (%、年率)	建玉(枚)
150.00				150.00	0.01	2.00	251
150.25				150.25	0.02	1.95	289
150.50				150.50	0.04	1.81	450
150.75	0.33	1.96	21	150.75	0.10	1.85	316
151.00	0.16	1.75	281	151.00	0.19	1.70	621
151.25	0.07	1.7	724	151.25	0.33	1.51	115
151.50	0.03	1.66	405	151.50	0.55	1.56	232
151.75	0.01	1.61	132	151.75	0.79	1.61	33
152.00	0.01	1.66	90	152.00			
152.25	0.01	1.71	215	152.25			
152.50	0.01	1.76	60	152.50			

(注) IVはブラック76のモデルに基づいています。国債先物オプションの価格は1銭刻みですが、ここではミッドを表示しています(実際の板にはビットとアスクが表示されます)。上記の値は仮想的な値として解釈してください。

その横にIVが1.81%と記載されていますが、これはブラック76モデルによって算出されたIVを示しています(ブラック76モデルについてはBOX1を参照してください)¹¹。建玉は450枚ですが、1枚1億円を想定元本としてこれまで累積で450枚分の契約が結ばれていることを意味します。ちなみに、この時の国債先物の価格は151.0円ですが、先物価格と権利行使価格が一致する場合、このオプションをAt The Money(ATM)といいます。図表3をみると、権利行使価格が151円のオプションが記載されていますが、このオプションがATMオプションです¹²。この例では先物価格と権利行使価格が一致していますが、

¹¹この結果は1年間で仮に先物の価格変化率が正規分布に従うと解釈すれば、先物の価格が向こう1年間の間で、上下1.81%の間に68%のレンジに収まることを意味しています。

¹²金利に関するオプションでは、権利行使価格をフォワード価格としたオプションをATMと呼ぶことが

実際の市場において行権利行使価格の刻みが 25 銭であることから、先物価格と権利行使価格が一致する先物が市場に存在することは稀です。先物価格に最も近い権利行使価格を有するオプションを商慣行上、ATM と呼ぶことも少なくありません。

3. 2 プット・オプション：先物価格の変化と損益の関係

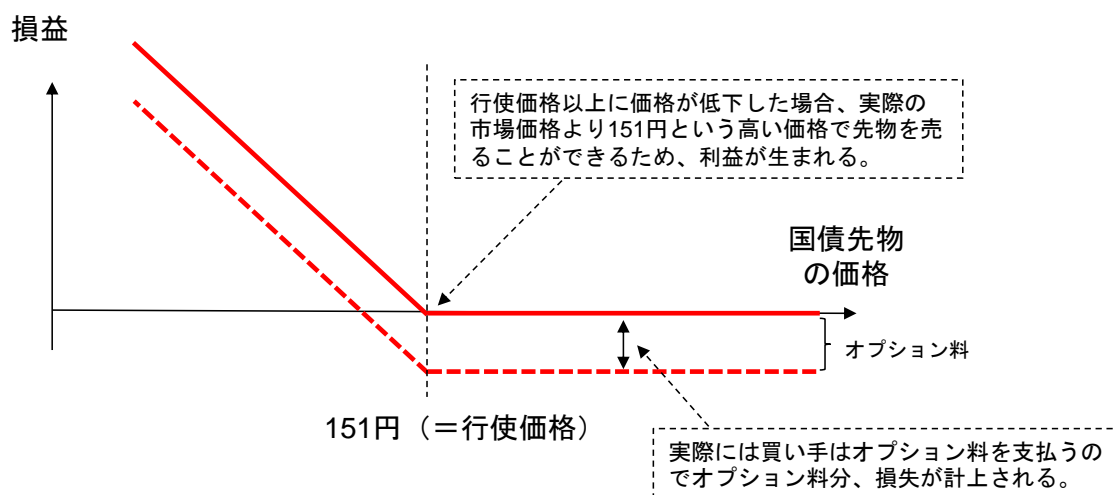
次に満期時にこのオプションを行使した際の経済性について考えてみましょう。満期時点での国債先物の価格が 152 円である場合、現在の国債先物市場において国債先物を 152 円で売却できることを意味します¹³。読者が権利行使価格 151 円のプット・オプションを持っている場合、このプット・オプションが 151 円で売却する権利であることを考えれば、わざわざ市場の実勢（152 円）より低い価格である 151 円で売却する必要がないので、この権利は行使しません。もっとも、先物価格が 151 円以下であれば、権利行使価格である 151 円で売却できることは市場実勢より割高で売却できることを意味しますから、このオプションを行使することで利益が生まれます。

オプションの教科書では、オプションが有するこのようなエコノミーを図表 4 のような形で示します。縦軸はオプションの買い手の損益であり、横軸は先物価格になります。権利行使価格が 151 円であるプット・オプションは、先物価格が 151 円を下回る場合、価格が下がれば下がるほど 151 円で売却する権利から得られる利益が増えます。一方、先物価格が 151 円を上回った場合、このオプションは行使されないため利益はゼロです（実際にはこのオプションを買うにはコストがかかるため、オプション料を含めた損益は赤い点線になります）。注意してほしいことは、これはオプションの買い手の利益を示しているということです。オプションの売り手はこの逆側のポジションをとることになるため、売り手の損益はこの図を上下逆にしたものになります。すなわち、オプションの買い手の損失は最悪なシナリオでも（ここで捨象している）オプション価格の負担で済みますが、売り手の場合、どこまでも損をする可能性がある点に注意が必要です。

一般的です。もっとも、商慣行上、日本国債に関するオプションでは、権利行使価格を（フォワードではなく）スポット価格としたオプションを ATM と呼ぶことも少なくありません。ちなみに、株式については権利行使価格をスポット価格とするオプションを ATM と呼ぶことが一般的であり、金融商品によって定義が異なる点に注意が必要です（株式の場合、フォワードを計算するうえで不確実性を含む配当が関係することがその一因です）。

¹³ ここでは話を簡単化するため、ビットとアスクについては捨象しています。

図表4 プット・オプションの損益図



3. 3 流動性が高いオプションはアウト・オブ・ザ・マネー (OTM)

これまで権利行使価格が 151 円のプット・オプションを中心に考えましたが、その他の権利行使価格の先物オプションも上場されています。図表 5 は図表 3 におけるプット・オプションにフォーカスしたものです。例えば、150.5 円や 150 円を権利行使価格とするオプションなど、現在の先物価格である 151 円より低い権利行使価格のプット・オプションも上場しています。これらのオプションは、市場価格 (151 円) より低い価格で売却する権利であるため、オプションの保有者が現時点でこの権利を行使するメリットがありません。見方を変えれば、これらのオプションは、オプションの所有者が権利行使をした場合、利益が出ない状態といえます。このようなオプションを「アウト・オブ・ザ・マネー (Out of The Money, OTM)」のオプションといいます。

一方、権利行使価格が 151.5 円など現在の先物価格より高い権利行使価格のプット・オプションも上場しています。現時点の先物価格は 151 円ですから、これらのオプションは現時点で行使しても利益が出ます。このように権利を行使した際利益が出るオプションを「イン・ザ・マネー (In The Money, ITM)」といいます。オプションの実務では OTM や ITM のコールやプットという表現が頻繁に出てくるため、ひとまずこの用語に慣れる必要があります。

図表5 日本国債先物のプット・オプション

行使価格	行使価格と 先物価格の差	ATM/OTM/ITM	価格	本源的 価値	時間的 価値	建玉残高
150.00	-1.00	OTM	0.01	0	0.01	251
150.25	-0.75	OTM	0.02	0	0.02	289
150.50	-0.50	OTM	0.04	0	0.04	450
150.75	-0.25	OTM	0.1	0	0.1	316
151.00	0.00	ATM	0.19	0	0.19	621
151.25	0.25	ITM	0.33	0.25	0.08	115
151.50	0.50	ITM	0.55	0.5	0.05	232
151.75	0.75	ITM	0.79	0.75	0.04	33

筆者が特に強調したい点は実際に取引されているオプションは OTM のオプションである点です。オプションの本質的なニーズは保険的機能にあり、これは現在、低いコストを負担することで確率は低いものの仮に発生した場合、その損失を回避できることを意味します。OTM のオプションは購入時点では権利行使する価値はありませんが、将来悪いシナリオが起こった場合に保証する役割を果たします。また現在行使して利益が出ないという意味でこのオプションは権利行使する可能性が低く、オプション料を低く抑えることができます。

その一方、そもそも ITM のオプションは保険としての機能を果たしていません。ITM のオプションは現時点で行使しても利益が出ますし、オプションを売る側からすれば、ほぼ権利が行使されるため、高い価格を求めることになります。買い手の立場からすれば、ほぼ権利行使されるオプションを高い価格で買うのであれば、国債先物自体を買えばよいわけですから、ほぼ権利行使されるオプションのニーズは少ないといえます。実際、ITM のオプションはほとんど売買されていません。

図表5をみると、ITM のオプションに建玉があるようにみえますが、実際には、当該オプションがかつて OTM であった時に取引がなされ、その後市場の変化することにより ITM になったことが主因です（例えば読者が今、先物が 151 円である中、150 円のプット・オプションを買った場合、これは OTM ですが、先物価格がその後 149 円になれば ITM になり、読者がこのオプションをすぐに行使しなければ建玉として表れます）。

図表5を見ていただくと、ITM のプット・オプションの価格は高くなることが確認できます。例えば、151.5 円のプット・オプションの価格には 55 銭のプレミアムが付かれています。現時点の先物価格が 151.0 円ですから、読者がこのオプションを持っていた場合、今すぐ権利行使することで利益を得られますから、権利行使できる確率が高いオプションに

は高いプレミアムが付されていると解釈できます。一方、図表5をみると、OTMのオプションは1～10銭といった価格が付されており、ITMのオプションに比べ低い価格であることが確認できます。

建玉をみても、OTMのオプションの方が取引されていることがわかります。図表5をみると、OTMのオプションについては、150.75円のオプションの建玉は316枚、150.5円は450枚という形で取引が成立しています。一方、ITMのオプションについては、151.75円のオプションは33枚であり、それ以上の価格では取引がなされていません。ちなみに、詳細は後述しますが、日本国債VIX指数はOTMのオプションから計算されています。これは流動性が高いオプションの価格データを使うことで指数を構築していると解釈することができます。

3. 4 本源的価値と時間的価値

図表5には本源的価値（イントリンシック・バリュー）¹⁴と時間的価値（タイム・バリュー）も記載されています。本源的価値とは、現在権利行使した場合の利益になります。一方、オプションには本源的価値以外に、時間的価値も存在します。国債先物は将来変動しますが、オプションを買うことで損失を限定することができることを考えると、オプションの買い手は時間が長くなれば長くなるほどそのメリットを享受できる確率が上がるといえます¹⁵。そのため、オプションの価値は時間が長くなるほど高くなる傾向があり、これを時間的価値といいます¹⁶。

図表5を用いて、本源的価値と時間的価値を実際の数値例で確認しましょう。再び図表5における151.5円のプット・オプションをみると、このオプションには55銭の価格が付されています。読者がこのオプションを持っていた場合、現在の先物価格が151円であることを考えると、このオプションを行使することで（市場実勢が151円である中、50銭割高である）151.5円で売ることができるわけですから50銭の利益が得られます。これが本源的価値です。一方、このオプションには55銭の価格が付されていますが、本源的価値である50銭を超えた5銭分が時間的価値になります。このようにITMのオプションの価格は本源的価値と時間的価値に分解できます。OTMの場合、その定義上、今すぐ行使しても利

¹⁴ 書籍によっては本質的価値と記載するものもあります。

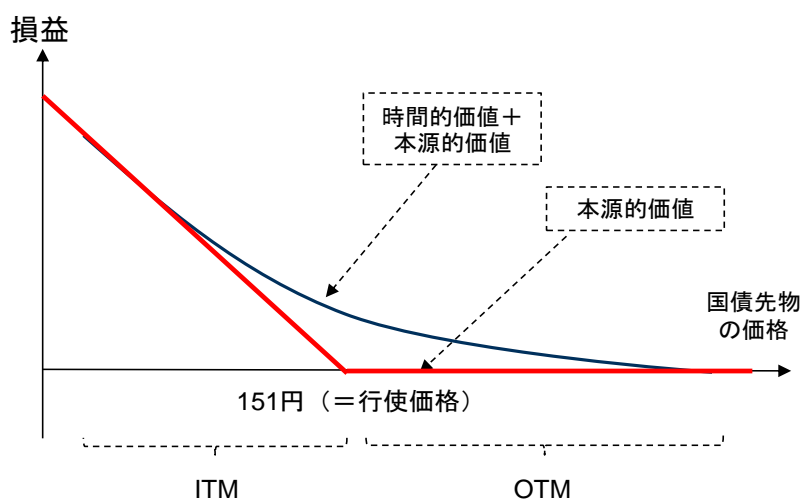
¹⁵ 分散は時間のルートに比例するため、時間の経過とともにオプションのプレミアムが上がると解釈することもできます。

¹⁶ オプションは保有しているだけで時間価値が減っていくため、オプションの保有者は時間の経過とともに損失を計上する傾向があります。このリスクをセータといいます。厳密にはオプション価格を時間で微分することで定義されます（オプションの価値を V 、時間を t とするとセータは $\theta = \frac{\partial V}{\partial t}$ と解釈することもできます）。

益がでないため、本源的価値は0です。そのため、OTMのオプションの価格は時間的価値になります。前述のとおり、実際に取引されるオプションはOTMですから、オプション取引における価値の源泉は時間的価値にあるといえます。

図表4にプット・オプションの損益図を記載しましたが、これは満期時にオプションを行使した時の損益を考えていました。その意味で図表4は本源的価値のみを示していたといえます。オプションの価格にはこれに時間的価値が加わるため、図表6のように修正されます（ここではオプション料を捨象しています）。図表6はATMのところで時間的価値が最も大きく、ATMから離れると次第に時間価値が小さくなること、また、OTMのオプションについては時間的価値のみがある点に注意してください。

図表6 プット・オプションの損益図（時間的価値と本源的価値）



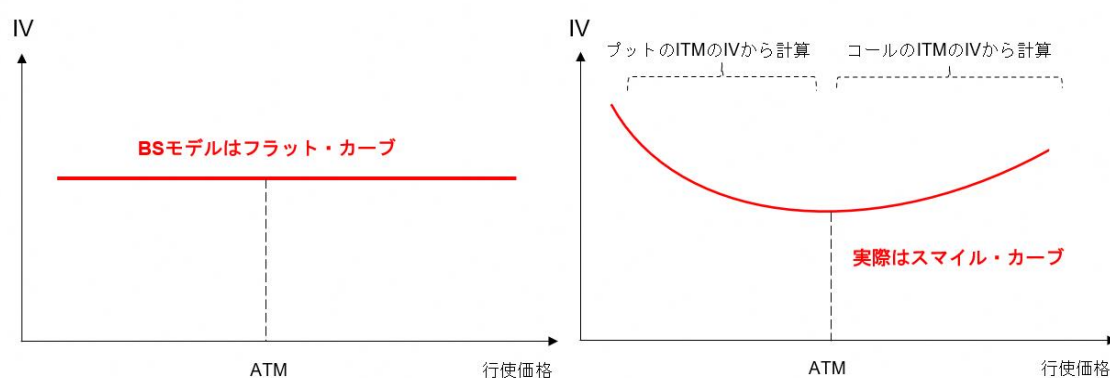
BOX 2 ボラティリティ・スマイル（スマイル・カーブ）について

先物価格や金利の変化に正規分布を想定する直感的なイメージは、(1) 平均的なことが起こりやすく、(2) 価格や金利の上昇・下落がバランスよく発生し、かつ、(3) 急騰や暴落はあまり起こらない、というものです。前述のとおり、市場ではブラック76モデルなどは正規分布に立脚したモデルが頻繁に用いられますが、実際先物価格や金利変化は正規分布とは異なるものです。特に問題であることは、オプションの売り手が正規分布に基づいて判断すると、例えば価格の暴落（金利の急騰）を過小評価してしまう可能性がある点です。この問題は1987年において米国で経験した株価の暴落、いわゆるブラック・マンデーを契機に意識されるようになりました。実際の市場では正規分布では想定されないような頻度で暴落が発生することが広く認識されるようになったわけです。このような問題に対して、市場参加者は、オプションの中でも、暴落を保証するオプションに追加的なプレミアムをのせ

るかたちでこれに対応しました。これがボラティリティ・スマイルやスマイル・カーブと呼ばれる現象です。

図表7は縦にIV、横に権利行使価格を記載した図を示しています。実は、ブラック・ショールズ・モデルやブラック76モデルはそもそもボラティリティが権利行使価格に依存せず一定であるという仮定をしています（詳細はハル（2016）などを参照してください）。そのため、図表7のようにこれらのモデルに基づくフラットなカーブになります。しかし実際にはATMから離れるほどIVが高くなるという現象が見られます。図表3を再び見てもらうと、プットのATMにおけるIVは1.7%ですが、例えば、OTMである150円の権利行使価格のIVは2.0%となっていることが確認できます（本文で説明した通り、ITMのオプションの流動性は低いため、スマイル・カーブを描くときはプットとコールのITMのIVを用いて算出します）。

図表7 ボラティリティ・スマイルのイメージ



本稿ではスマイルの詳細は記載しませんが、オプションの文献では必ず詳細に議論され、実務でも非常に重要な論点です。詳細は、筆者が記載した「ボラティリティ・スマイルとスキュー」（服部, 2020d）を参照してください。また、BloombergのJBA Comdty OVDVを用いると、国債先物オプションのスマイル・カーブを簡易的にみることが可能です¹⁷。

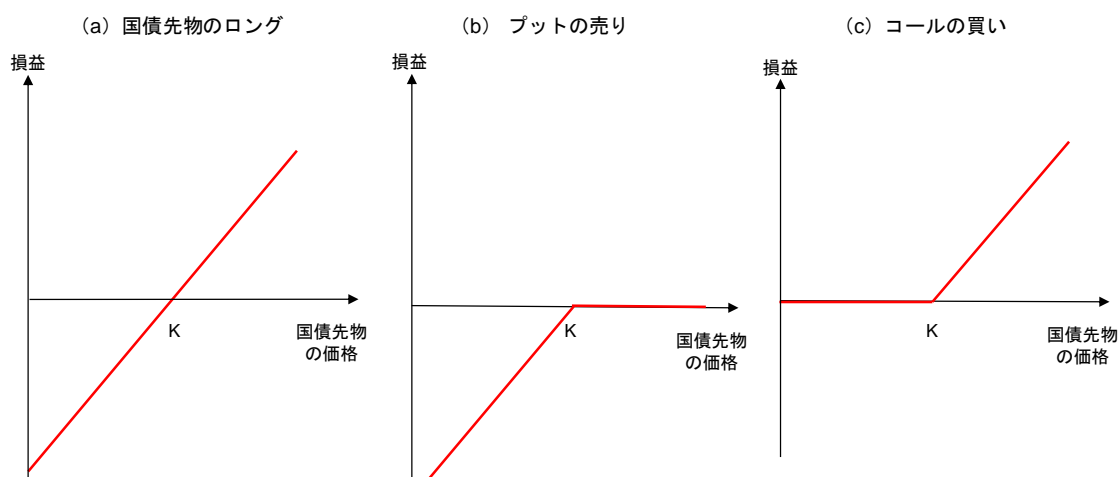
¹⁷ Bloombergでは、ボラティリティ・スマイルを表示するうえで、権利行使価格として10DPや10DCなどの表示がなされています。10DPは10%デルタのプット、10DCは10%デルタのコールを示しています。デルタの定義については後述します。デルタとスマイル・カーブの関係は服部（2020d）を参照してください。

4. プット・コール・パリティ

4. 1 先物の損益をプットとコールに分解

これまで主にプット・オプションを事例にオプションの基本事項について確認してきました。ここから「プット・コール・パリティ」について説明しますが、この関係は実務的にも非常に重要です。まず図表 8 の一番左側をご覧ください。この図は、価格が K である国債先物を購入（ロング）した時における（例えば 1 か月後など）満期時点の損益を示しています（ロングの場合、1 か月後、 K より価格が上がれば利益が生まれますし、 K より価格が下がれば損失が計上されます）。プット・コール・パリティが意味することは、実は、この国債先物の損益をプット・オプションとコール・オプションに分解できるということです。

図表 8 プット・コール・パリティのイメージ



図表 8 の (b) と (c) には権利行使価格が K であるプット・オプションのショートと権利行使価格が K であるコール・オプションのロングの損益も記載されています。権利行使価格 K のプット・オプションを売却（ショート）した場合、（プットとコールの価格を捨象すれば） K より価格が下がればオプションの権利がオプションの所有者によって行使されるため、損失を計上しますが、価格が上がれば損益は発生しません。そのため、プットのショートの損益は図表 8 (b) のような形で示されます（プット・ロングは図表 4 で紹介しましたが、図表 8 (b) は図表 4 を上下逆にした図表になります。ここではオプション料を捨象した図になっています）。一方、コール・オプションは権利行使価格 K で購入する権利であることを考えると、権利行使価格 K のコール・オプションをロングした場合、 K より価格が上がれば行使するため、コールのロングの損益は図表 8 (c) のような形で表現できま

ず（価格が下がると行使しないので損益はゼロです）。

大切な点は、図表 8 をみて一目瞭然であるように、満期時点における「国債先物のロング」の損益は「プットの売り」と「コールの買い」の合算で完全に複製できるということです。このことから、下記の関係式を導くことができます。

$$\text{コール} - \text{プット} = \text{国債先物の損益} \quad (1)$$

この関係がプット・コール・パリティです（式（1）における「コール」はコール・オプションをロングした時のプレミアム、「プット」は、プット・オプションをロングした時のプレミアムを指します。そのため、プラスが付されている場合、プレミアムの支払いを意味する一方、マイナスが付されている場合、プレミアムの受け取りを意味します。もっとも、前述のとおり、図表 8 ではオプション料を捨象している点に注意してください）。この式を少し変形して、「コール＝プット＋国債先物の損益」としてみれば、コールは、プットに先物の損益を調整したものとして解釈できます。

注意してほしい点は、プット・コール・パリティは一定の条件で成立することです。まず、プット・コール・パリティが成立するには、権利行使価格と満期がプットとコールで等しい必要があります。図表 8 には権利行使価格 K が表示されていますが、国債先物ロングの損益をプットとコールに分解するためには権利行使価格が一緒でなければいけないことはこの図表からも明らかです。また、図表 8 は満期時点での損益を比較していますから、先物およびコール・プットの満期が一致していなければプット・コール・パリティは成立しないことも理解できます。

4. 2 プット・コール・パリティの使用例

プット・コール・パリティは実務的には次のような場面で用いられます。例えば、読者が 152 円のプット・オプションを保有しており、このオプションの適切な価格を評価したいとしましょう。現在の先物価格は先ほどと同様 151 円とすれば、これは ITM のプット・オプションですが、図表 3 を再掲すると、このプット・オプションの価格は提示されていません（図表における①）。これは前述のとおり、ITM のオプションは流動性が低いためです¹⁸。しかし、152 円の権利行使価格のオプションについては、OTM であるコール・オプションであれば 1 銭というプライスが表示されています。そのためプット・コール・パリティの関

¹⁸ このように ITM のオプションの価格が板で見られないことは頻繁に起こりますし、仮に掲載されていてもビット（売値）とアスク（買値）のどちらかしかない、あるいは、ビットとアスクが大きいなど判断が難しいことが少なくありません。

係を利用すれば、流動性のある OTM のコール・オプションの価格から、ITM のプット・オプションの価格を算出することができます（図表における②）。

図表 3（再掲） 日本国債先物オプションの例

コール				プット			
行使価格	価格	IV (%)	建玉残高 (枚)	行使価格	価格	IV (%)	建玉残高 (枚)
150.00				150.00	0.01	2	251
150.30				150.25	0.02	1.95	289
150.50				150.50	0.04	1.81	450
150.80	0.33	1.96	21	150.75	0.1	1.85	316
151.00	0.16	1.75	281	151.00	0.19	1.7	621
151.30	0.07	1.7	724	151.25	0.33	1.51	115
151.50	0.03	1.66	405	151.50	0.55	1.56	232
151.80	0.01	1.61	132	151.75	0.79	1.61	33
152.00	0.01	1.66	90	152.00			
152.30	0.01	1.71	215	152.25			
152.50	0.01	1.76	60	152.50			

①ITMであるがゆえ、権利行使価格152円のプットの価格が観察できない

②そのため、OTMのコールの価格を用いて、プット・コール・パリティを利用してプットの価格を推定する。

前述のとおり、満期時点において「コール＝プット＝先物の損益」ですが、先物の満期時点の損益は「先物価格－権利行使価格」ですから、「コール＝プット＝先物価格－権利行使価格」が得られます。「プット＝コール－先物価格＋権利行使価格」を考えれば、「コール（0.01円）－先物の価格（151円）＋権利行使価格（152円）」を計算することで、1.01円という ITM のプット・オプションの価格が得られます。これがプット・コール・パリティを用いた簡易的な ITM のオプションのプライシングのイメージです（正確な計算には金利の調整などが必要です¹⁹）。

5. 日本国債先物オプション

5. 1 制度の詳細

ここまでがオプションの基本的な説明でしたが、ここから具体的に国債先物オプションの制度面について説明していきます。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

¹⁹ 正確には満期時点ではなく、現時点で考えるため、権利行使価格を現在価値にするなど、金利の調整が必要ですが、ここでは直感を得るため簡易的に計算しています。

所グループ（大阪取引所）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（国債先物の詳細は筆者が記載した「国債先物入門」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2022年4月の場合、5月限、6月限、9月限が上場していますが、満期に近いオプションが売買される傾向があります。

国債先物オプションの特徴は、権利行使価格（国債先物を購入できる価格）毎に上場している点です。具体的には中心となる価格に対して上下20種類ずつ、合計41種類の権利行使価格が設定されます（例えば権利行使価格が145円00銭、145円25銭などのように25銭刻みでオプションが設定され、それぞれ上場しています）。権利行使価格に関するこのような工夫も前述のとおり、上場させるための標準化と解釈できます（一方、スワップションや日本国債現物オプションのような店頭市場の商品の場合、権利行使価格をオーダー・メイドにすることが可能です）。

中心となる権利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。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。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。なお、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。

2021年9月にJPXは従来、権利行使価格を50銭刻みとしていましたが、25銭刻みに変更しています。その背景には、50銭刻みとした商品設計は金利が高かった環境を前提としていたことが挙げられます。かつてのように金利が高かった時代では金利の変動も大きく、それに伴い、先物が50銭や100銭動くことも珍しくなかったのですが、現在のようにそもそも金利が低く、ボラティリティが低い状況であると、50銭という刻みが荒すぎるという側面があります。前述のとおり、権利行使価格の刻みはあくまで流動性を作るための標準化と解釈できるため、時代に合わせて修正することは合理性があります。

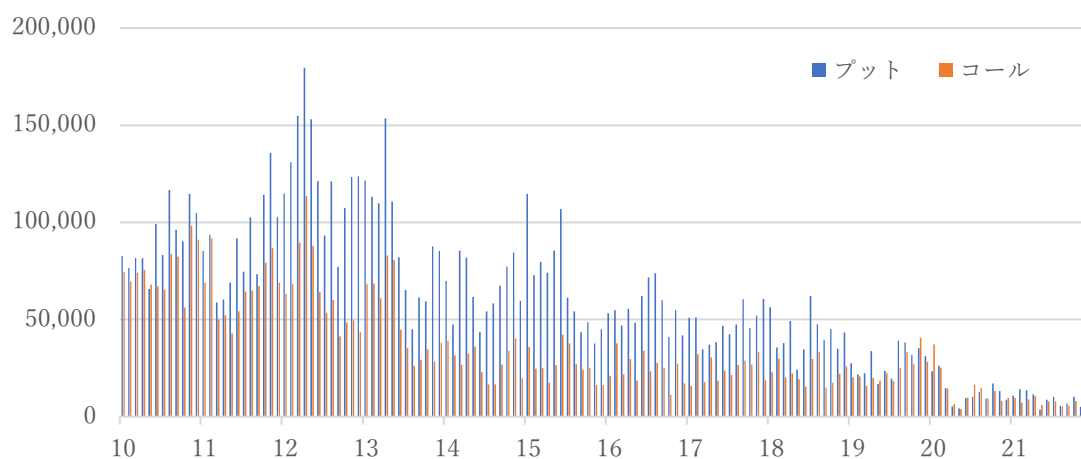
ちなみに、国債先物オプションの場合、国債先物とは異なり、限月間スプレッド取引の板は存在していません（限月間スプレッド取引については「国債先物入門」を参照してください）。

5. 2 国債先物オプションの流動性

日本国債先物オプションの（1日あたりの）取引高は1990年以降の平均でみると6,302枚であり、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。権利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²⁰。このように日々の売買が把握できる背景には取引所取引であり、売買やそこで形成される価格の透明性が高いことに起因しています（先物オプションの場合、分刻みの売買データも容易に取得することができます）。一方、店頭オプションの場合、市場全体の売買のデータを得ることは非常に困難です（Bloombergなどを用いてもデータの取得はできません）。

図表9が2010年以降の国債先物オプションの取引高の推移になります。これをみると、近年低下傾向にあることがわかります。この背景には日銀による低金利政策が継続していることから、金利変動リスクが低下しており、そのリスクの保険である先物オプションのニーズが低下していることにあります。また、これをみるとプットがコールの売買を基本的には上回っていますが、これは多くの金融機関が国債などを保有していることから、金利上昇時の保険のニーズがあり、その保険としてプットにニーズがあることが見て取れます。

図表9 国債先物オプションの取引高の推移



(注) 月平均の値を用いています。

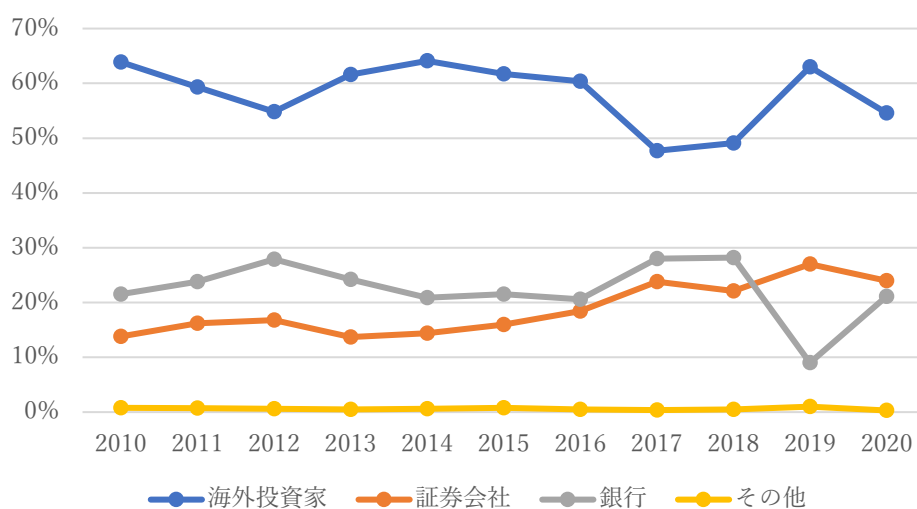
²⁰ JPX「国債先物市場の現状と今後の取組み」における「参考- ATM に集中する長期国債先物オプションの取引」などを参照してください。

https://www.mof.go.jp/about_mof/councils/gov_debt_management/proceedings/material/d20200622-3.pdf

(出所) JPX

図表 10 は国債先物オプションにおける投資部門別売買状況になります。これをみると、5割から6割は海外投資家であることがわかります。一方、証券会社が1割から2割、銀行が2割から3割であり、その他はほとんどいないということになります。証券会社は後述する国債オプションなどを含め、マーケット・メイクを行う上でのヘッジ・ニーズ等により取引を行っています。日本の邦銀は円債中心の運用を行っていますが、そのヘッジに加えて、オプションの売却などによる投資戦略などを行っています。海外投資家の場合、ヘッジファンドなど多様な投資家が存在しています。なお、毎年マーケットの状況はJPXが「マーケット・ハイライト」というレポートを半年に一度出しているため、その中でこれらの基本的な統計を把握することができます²¹。

図表 10 投資部門別取引状況



(出所) JPX

5. 3 S&P/JPX 日本国債 VIX

前述のとおり、オプションは標準化のため満期についても毎月末といった形で標準化されていますが、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、権利行使価格

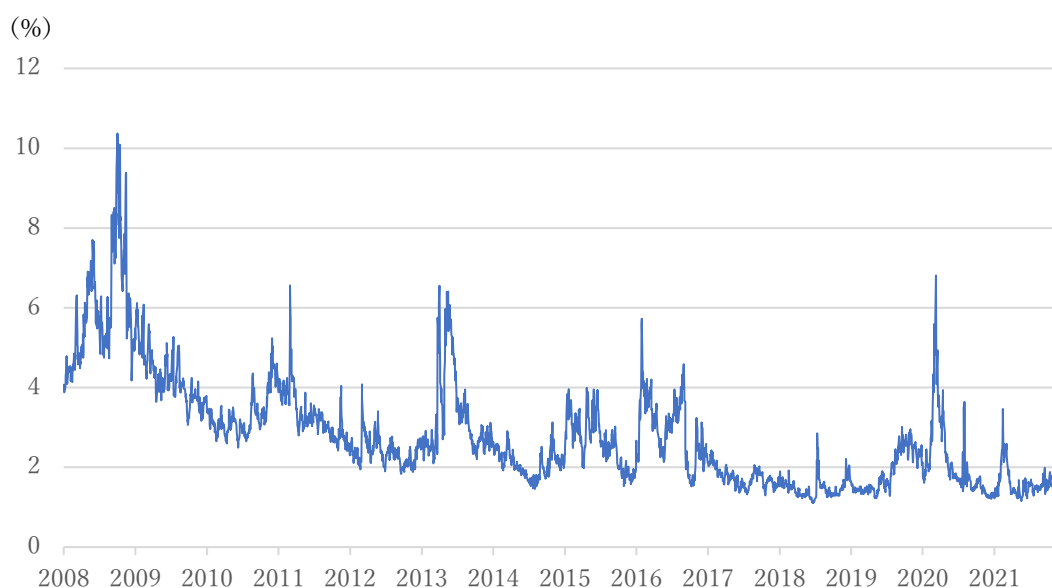
²¹ 詳細は下記を参照してください。

<https://www.jpx.co.jp/derivatives/market-highlights/>

が25銭刻みであることに係る調整も必要です。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²²。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²³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。

図表11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。

図表11 日本国債 VIX 指数



(出所) JPX

²² 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 OTM 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 メソドロジー」を参照してください。

²³ 10 年金利の変化の時系列データを用いて標準偏差を計算する例を取り上げましたが、これは金利変化から計算するため、イールド・ボラティリティといえます。

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日とすると)日本国債VIX指数が2.5%の場合、2.5%を $\sqrt{250}$ で割ることで算出できます²⁴。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。

ここでは価格をベースにリスク量を考えましたが、ここからさらに利回りの変化に直すことも可能です。現在の相場環境では、最割安銘柄(チーペスト)²⁵の金利が0.01%(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。

なお、BOX 1ではブラック76モデルに基づいてIVを算出するという話をしましたが、日本国債VIXは特定のモデルに基づいていない点に注意が必要です。これをモデル・フリー・インプライド・ボラティリティといますが、詳細は服部(2020d)のBOX 2を参照してください。

6. 国債先物オプションの有するリスク量(グリークス)

6.1 グリークスとは

ここから実務において非常に重要な論点である国債先物オプションが有するリスク量について説明します。金融機関のリスク管理には様々な手法がありますが、最も代表的なリスク管理の指標は、ある変数が動いた時の感応度(センシティビティ)です。例えば、国債の場合、デュレーションなどでリスク管理がなされますが、金利が動いた時に国債の価格がど

²⁴ 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日とした場合、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ます。

²⁵ 最割安銘柄については筆者が記載した「国債先物入門」を参照してください。

の程度動くかという感応度の形でリスク量が測られます（デュレーションの詳細は筆者が記載した「金利リスク入門」を参照してください）。

オプションのリスク管理についてもこのような感応度が広く用いられています。具体的には、読者がオプションをロングやショートしている状況において、原資産の価格が変化したり、ボラティリティが上昇するなど、様々な要因が変化した場合、それが自分のポジションにどのような影響を与えるかを把握するという形でリスク管理をします。最も代表的な指標は原資産の価格が動いた場合の感応度であり、これを「デルタ」といいます。国債先物オプションの場合は、原資産である国債先物価格が微小に動いた時に、どの程度の損益を被るかという形で把握されます（数式を用いた定義はBOX3で行いますが、オプション価格を先物価格で微分したものとして定義されます）。

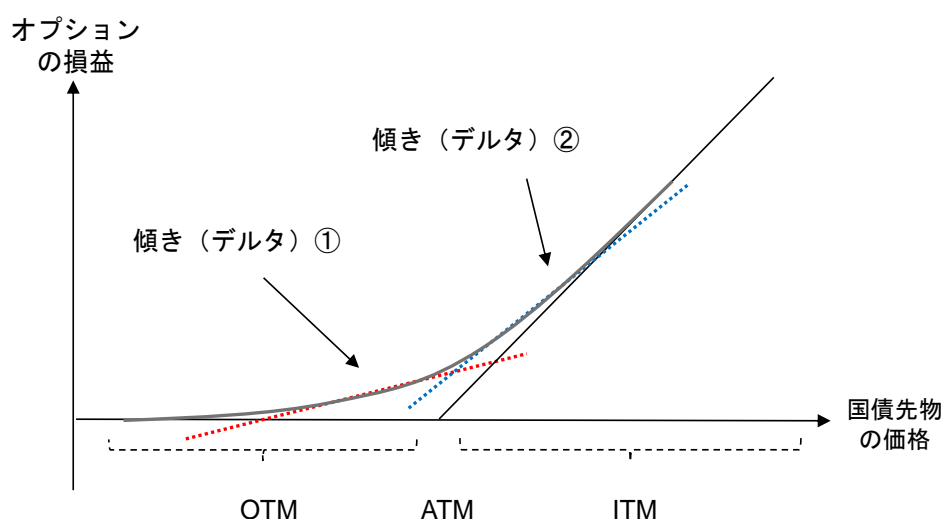
ガンマ・リスクはオプションの商品性が有する非線形性から生まれる

オプションで注意すべき点は、このデルタが先物価格の水準によって大きく異なるという点です。図表12はコール・オプションの損益（ペイオフ）の図ですが、例えば、原資産である国債先物の価格が微小に動いた際、どの程度オプションの損益が発生するかは、この図でいえば損益を示すラインの傾きに相当します。この図表を見れば明らかのとおり、この傾きはこの図表の①と②において異なりますから、感応度であるデルタは先物価格に依存することがわかります。このようにデルタが先物価格に依存するリスクをガンマ・リスクといいます。

デルタが先物価格に依存する根本的な理由は、オプションの損益がそもそも図表12のような非線形の形状をしているからであり、これはコール・オプションには権利行使価格を超えたら利益が生まれ、権利行使価格を超えなければ利益が生まれないという「非線形性」があるからです（国債先物を単にロングしていただければ、価格が1単位上がったら1単位の利益を得る一方、価格が1単位下がったら1単位損失を被るため非線形性はありません）。これはオプションが有する商品性ですから、いわばオプションの商品性そのものが非線形性を作り出し、その結果、デルタが先物価格に依存する構造が生まれるわけです。実際のオプションの損益は、満期におけるこの屈折した損益構造に「時間的価値」が加わることで図表12のように滑らかな曲線となるため、ペイオフの傾き（デルタ）も先物価格が動くにつれてスムーズに動きます。ちなみに、ガンマは、（原資産）である国債価格が微小に動いた時のデルタの動き（あるいはオプション価格を先物価格で二階微分したもの）として定義されます²⁶。

²⁶ 債券を金利のオプションとみなせば、債券のデュレーションはデルタであり、コンベクシティはガンマに相当します。コンベクシティについては筆者が記載した「コンベクシティ入門」を参照してください

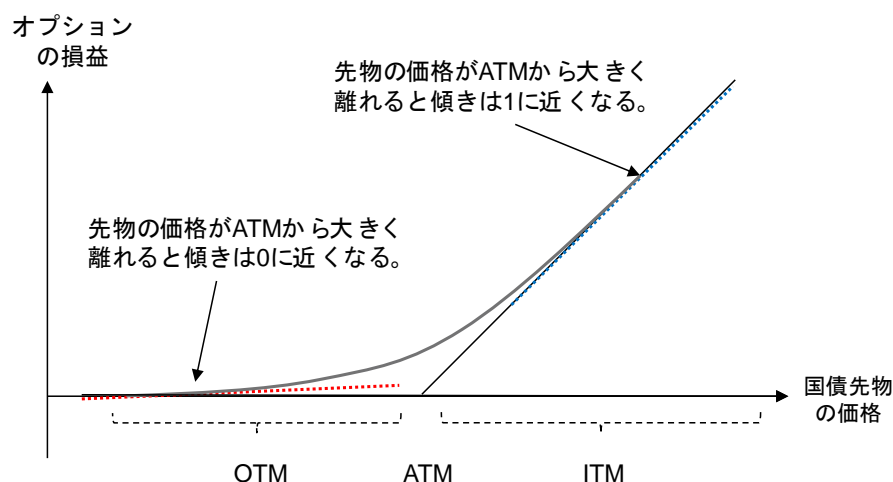
図表 12 コール・オプションの損益図：デルタとガンマの関係①



ガンマとデルタの具体的な値についてより直観的な理解を深めるために、図表 13 を用います。この図は、先物価格が権利行使価格から大きく乖離した事例を示しています。例えば、同図の中心に ATM がありますが、この図から見て大きく右側にいくと、国債先物価格が ATM よりかなり高い場合になります（大幅に ITM に行くことを意味しますが、これを実務では「ディープ ITM」ということもあります）。この場合、国債先物価格が 1 単位上がった（下がった）場合、オプションの損益が 1 単位増加（低下）するため、前述の非線形性は小さくなり、線形に近くなります。これはデルタが +1 に近づくことを意味しますが、このように先物価格が権利行使価格よりかなり高い場合はほぼ行使されるため、そのものの国債先物をロングしていることと同じ経済性を持つこととなります（ペイオフの傾きは ATM から右側にいくほど +1 に近づくことが図から確認できます。先物をロングした場合、前述のとおり、価格が 1 単位上がったら 1 単位の利益を得る一方、価格が 1 単位下がったら 1 単位損失を被るため、デルタは 1 です）。

い。

図表 13 コール・オプションの損益図：デルタとガンマの関係②



一方、この図の中心から大きく左側に行くと、先物価格が ATM より低い値をとっていることを意味しますが（ディープ OTM を意味しますが）、この場合、オプションのペイオフの傾きは水平になり、やはり非線形性が小さくなります。これは先物価格がかなり低下してしまった場合では、先物価格が変化したとしても、どのみち行使されないため、オプションの損益は動かないわけですが、この場合、デルタは 0 に近くなります（ほぼ行使されないオプションを保有することは何も持たないこととほぼ同じと解釈できます）。

このように ATM から大幅に先物価格が乖離した場合（ディープ ITM やディープ OTM になった場合）、コール・オプションをロングしたときのデルタは 1 と 0 になりますが、ATM はちょうどその中間と解釈できるため、ATM のデルタは 0.5 に近い値になると解釈できます。これはいわば ATM は行使されるかどうかの確率が 0.5 と解釈できますから、オプションにおけるデルタは、オプションが行使される（ITM になる）おおよその確率と解釈することもできます。上述のメカニズムが頭に入ると、非線形性を捉えるガンマは ATM 周辺で大きくなり、そこから乖離すると小さくなっていくことが理解できます（ガンマは非線形的な関係であるため、ATM から大きく乖離するとガンマは 0 に近くなります）。これらの性質はオプション市場の実務家の全員が頭に入っている性質ですが、これから事例を用いてこれらの性質を確認していきます。

具体的にはここではデルタとガンマを取り上げましたが、オプションにはこれ以外にも、ボラティリティが動いた時の損益（ベガ）や時間が動いた時の損益（セータ）等があります。これらはすべてデルタやガンマなどギリシャ文字を使うことからグリークスといいます。BOX 3 でグリークスについて数式を用いて定義をしています。

6. 2 国債先物オプションのグリークスの事例

ここから実際の事例を用いて、国債先物オプションのリスク量をグリークスの観点で確認します。図表 14 は国債先物オプションのコールとプットの 100 枚分のグリークスを示しています。まず、一番左側にあるコールをみますが（「コール①」の列です）、まずこれは権利行使価格 150 円の国債先物オプション（2022 年 2 月末に満期）を 2022 年 1 月末に保有していた場合、国債先物価格が 150 円だった時のグリークスをみています。「コール①」は ATM のケースであるため、デルタが概ね 0.5 と予想されますが、この表からそれが確認できます（Bloomberg では%表示されており、50.09%と表示されています）。

図表 14 国債先物オプション（コール及びプット）の 100 枚ロングした時のグリークス

	コール①	コール②	コール③	プット
保有量	100枚ロング	100枚ロング	100枚ロング	100枚ロング
国債先物の価格	150	150.15	149.85	150
行使価格	150	150	150	150
満期	2/28/2022	2/28/2022	2/28/2022	2/28/2022
デルタ (%)	50.09	58.34	41.83	-49.9
ガンマ (%)	83.14	81.31	81.39	83.14
ベガ	15.95M	15.62M	15.60M	15.95M
セータ	-558.95K	-547.00K	-546.42K	-558.95K

（注）ここでは Bloomberg を用いて計算しています。各グリークスの値はブラック 76 モデルに基づいて算出されています。

国債先物の枚数に紐づけてデルタを把握することが重要

オプションのデルタを実務的に解釈するうえで非常に重要な点は、この 50%という値を国債先物に紐づけて理解することです。国債先物は 1 枚のデルタは 100%であるため（前述のとおり、先物価格は 1 単位動いたら 1 単位動くため、デルタは 100%です）、国債先物の枚数でリスク量を解釈すると先物 50 枚分（＝デルタ 50%×オプションの保有量 100 枚）のリスク量を持っていると理解できます。実務家は自らのリスク量を国債先物の枚数という観点でリスク量に換算して考えることが非常に多いため、国債先物オプションについてもそのリスク量を先物と紐づけて理解しておくことが非常に大切です（先物のリスク量については「国債先物入門」や「金利リスク入門」をご参照ください）。

前述のとおり、デルタとは原資産（ここでは国債先物）の価格が動いた時にどの程度動くかを指しますが、例えば、図表 14 における「コール②」の事例は、国債先物の価格が 15 銭上がった場合（先物価格が 150.15 円）のデルタを示していますが、これをみると、デルタ

が 58.34%であることがわかります。これは読者が前述と同様、国債先物オプションを 100 枚持っていたとしても、先物の価格が上がることで、国債先物の 50 枚分のリスク量が約 58 枚分のリスク量に増えたことを意味します（このような非線形性は前述のガンマの特性です）。図表 14 の「コール③」に記載しますが、価格が 15 銭下がったケース（先物価格が 149.85 円のケース）は、デルタは 41.83 であり、100 枚分のコールのリスク量は約 42 枚分程度に下がります。

ガンマ・リスクの具体例

ここでガンマを用いた計算例を確認します。図表 14 の「コール①」をみると、ガンマは 83.14%と表示されています。これは先物価格が 1%変化したときのデルタの変化率を指しています。先ほどは 15 銭の上昇を考えましたが、デルタがおおよそ 50%から 58%程度へ上昇していました。15 銭価格が動くことは先物価格が 0.1%動いていることですから、（図表 14 においてガンマが 1%あたりの変化で定義されていることに注意すると） $83.14\% \times 0.1\%/1\% = 8.3\%$ 上昇という形でガンマを使ってデルタの上昇を計算できます。この結果は、先ほどの例でデルタがおおよそ 8%増加していたことと整合的です。

極端な例ではありますが、同じコール・オプションを 100 枚持っていても価格が高騰すれば国債先物 100 枚分に近いリスク量になりますし、価格が暴落すれば先物 0 枚分に近いリスク量になります。先ほどの図で確認したことですが、コール・オプションは先物価格が高騰すればほぼ行使されるため、国債先物をロングしているものとほぼ同義ですし、暴落すればまず行使されないの为先物を持っておらず、リスク量がないことと同じです。オプションの所有者からすれば、相場の動き次第で急にデルタのリスク量が上がるということが起こり得ることを意味し、リスク量を落とすなどの必要性が生まれることがあります。

ちなみに、この事例からわかるとおり、デルタは価格が上がったらリスク量が上がり、価格が下がったらリスク量が下がるという形で、オプションの所有者にとって有利に働くという特徴も有しています。この性質を利用したトレーディングとしてガンマ・トレーディングがありますが、これは次節で具体例を挙げて説明します。

ベガおよびセータ・リスクの具体例

図表 14 には、ベガとセータも示されています。ベガの場合、1%ボラティリティが動いた場合の損益を表します。オプションではボラティリティが上がるとプレミアムが上がりますから、オプションの所有者は利益が生まれ、ベガはプラスに表示されています。図表 14 ではボラティリティが 1%上昇した場合、1,595 万円の利益が生まれると解釈できます。

一方、セータの場合、1 日経過した時の損益を示しています（セータは BOX 3 で定義されているようにオプション価格を時間で微分した概念であるため、たとえば先物価格やボ

ラティリティなど時間以外の要因は一定であることを前提にしている点に注意してください)。オプションには時間的価値があり、時間的価値は時間の経過とともに失われていきます。そのため、セータはマイナスになることが予測されます。この図では一日たつと 55.9 万円の損失を計上すると解釈できます。

なお、一番右側に国債先物オプションのプットを 100 枚ロングした時のグリークスが表示されていますが、デルタは $\Delta 49.9\%$ というマイナスであり、符号が逆ですが、ガンマはプラス、ベガはプラス、セータはマイナスという形で、デルタ以外は同じ方向にリスク量を持っていることが確認できます。プットの場合、利益が出る場合は、原資産の価格が下がった時ですから、デルタはマイナスに表示されます。なお、本稿ではオプションのロングのグリークスを表示していますが、オプションのショートの場合、この逆の値が表示されます。

金融機関のトレーダーはこのように自らのポジションが有するリスク量をグリークスに分けて管理しています。実務的には、各グリークスでどの程度のリスク量をとってよいかについて内部規定を設けることが多く、例えば、リスク量が超過した場合、リスク管理部門等からリスク量を落とすような指示がなされます。グリークスについては 7 節の事例でもう少し具体例を用いて説明します。

7. 国債先物オプションを用いた事例

7. 1 保険としてみた国債先物のオプションの購入

最後に国債先物オプションを事例とした取引の例を取り上げます。前述のとおり、プット・オプションは価格下落時の保険であると解釈できるため、金利上昇リスクに備えるためには、OTM のプット・オプションを購入するということが考えられます。金利が上がる（先物価格が下がる）と投資家が考えている場合、例えば、国債先物をショートすることも考えられます。国債先物オプションを買う代わりに、国債先物をショートすることでヘッジした場合、自分の想定した相場と逆方向に動いた際（例えば金利は上昇せず低下した際）、損失を被ることになります。一方、国債先物オプションを買った場合、オプション料を負担する必要がありますが、オプション料以上の追加的な損失を回避できるという効果を有します（ここではプット・オプションについて取り上げましたが、国債先物の急騰のリスクの保険という観点で見れば、コール・オプションについても同様のことがいえます）。

これと全く逆の行為になりますが、プット・オプションを売れば、いわば逆に保険を売る行為になりますから、オプション料を得ることができます。もちろん、例えば国債先物が暴落してオプションが行使されれば損をするわけですが、価格が低下しなければオプションは行使されず、オプション料を稼ぐことができます。そのため、相場が動かないと考えた機関投資家がオプションを売るという形で国債先物オプション市場に入ってくることになり

ます。実際、オプションを売ってオプション料を稼ぐ戦略を主流とする投資家も少なくありません。

ここでは保険としての機能を重視した説明をしましたが、オプションの購入は、小さい確率が起こった場合に大きな利益を得るための投資としてみることもできます。その意味では（特にディープ・アウトの）オプションを買うことは宝くじを買うことに似ていると解釈することもできます（宝くじとは当たることはほとんどないけれども、起こった場合、大きな利益が得られる商品といえます）。そのため、例えば、ディープ OTM のコールやプットであれば、1 銭などの低いオプション料で購入できるため、宝くじを買うような感覚でオプションの購入がなされることもあります。

7. 2 オプションを売却する戦略

保険としてみたオプションの場合、オプションを購入する必要がありますが、前述のように、相場があまり動かないと考えている場合、先物オプションを売却してオプション料を稼ぐという戦略があります。実際、オプションを売ることが戦略として頻繁に用いる投資家も少なくありません。しかし、オプションを売る場合でも様々な戦略があります。ここでは最も基本的であり、非常に良く用いられるカバード・コール、バイライト、ターゲット・バイイングに絞って説明をします²⁷。なお、これらの戦略は国債先物オプションだけでなく、国債現物のオプションについても非常に良く使われる戦略です（国債現物オプションについては後述します）。

カバード・コール (OTM コール売り)

まず、読者は国債先物の価格が 151 円である時に国債先物をロングしたとします。その後、国債先物の価格が低下して、150 円になり、読者は 1 円含み損を抱えている状況とします。この場合、読者はこの後価格が下がると考えるなら、この時点でロスカットですが、読者は今後先物価格が上がると考えており、151 円という購入価格（簿価）に戻ったら売却して損益をゼロにしようと考えていたとします。

この場合、151 円まで価格が上がるまで待って売却した場合、読者が得られる利益は 0 円です。しかし、読者が 151 円まで上がって損益をゼロにすることを既に決めているのなら、151 円で国債先物を売るオプション（つまり、オプションの保有者からみれば国債先物を 151 円で購入できるコール・オプション）を売却すれば、現時点で将来 151 円で売るポジションを作ることができます。注意すべきは、この場合、コール・オプションを売っているた

²⁷ 代表的なテキストである日本銀行（1995）や三菱東京 UFJ 銀行（2012）でも、債券オプションの売り戦略として、この 3 つが取り上げられています。

め、そのオプション料が得られる点です。例えば、151 円の OTM のコール・オプションの価格が 10 銭であったとしましょう。この場合、仮に 151 円に価格が戻った場合、もともとの損益は 0 であったところ、オプション料の 10 銭を稼ぐことができます（逆に価格が 150 円から下がっていったら損失を被る可能性があるのですが、カバード・コールのリスクは後述します）。ここでのケースは、現在の先物価格は 150 円であるため、権利行使価格 151 円のコール・オプションは（150 円である中、151 円で購入する投資家はいないので）OTM である点に注意が必要です（OTM の場合、オプション料は時間的価値になることは前述しました。したがって、この戦略はいわば時間的価値を収益化していると解釈できます）。

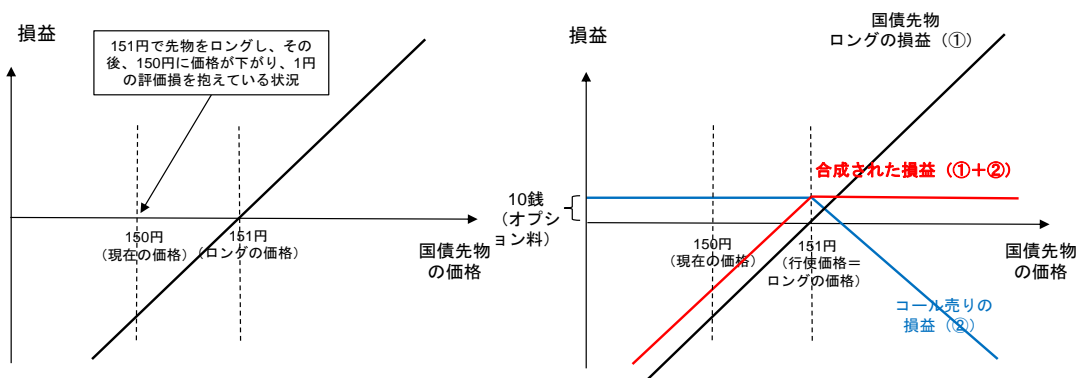
このように OTM のコールを売る戦略を「カバード・コール」といいます。この戦略がカバード・コールといわれる理由は、コール・オプションを使って、前述のように自分のポジションをカバーしながら時間価値を収益化できることによります²⁸（ここでは説明の関係上、先物をロングしているケースを取り上げていますが、OTM のコール売り単体でもカバード・コールという点に注意してください。この例は後述します）。カバード・コールは「OTM のコールの売り」になりますが、この場合、151 円で売ることとみれば、（151 円で売るといって）「指値売り」と解釈することもできます。

図表 15 がカバード・コールの損益図です。まず左図をみてほしいのですが、先ほど言及したとおり、そもそも 151 円で読者は先物をロングしました。しかし、150 円に価格は低下します。読者は 151 円に戻ったら売却すると考えており、権利行使価格 151 円の（OTM の）コール・オプションを売却します（図表 15 の右図の青いラインですが、これまでのオプションの損益とは異なり、ここではオプション料を明示的に示すため、10 銭分上にシフトしている点に注意してください）。もともとロングしていた先物とオプションの合成された損益が右図の赤色で記載されていますが、151 円に戻った場合、10 銭のオプション料が得られることが確認できます。

この損益図をみるのが重要である点は、このポジションにどのようなリスクがあるかも確認できる点です。まず、図表 15 をみてもらうと、カバード・コールのポジションを取った後、価格が下落していくとそれは損失の拡大につながっていきます。また重要な点は、仮に価格が 151 円以上に上がった場合の収益を放棄している点に注意する必要があります。つまり、価格が 151 円以上になったらその分の利益を上げられるところ、その利益を 10 銭にとどめているとみることもできるのです。

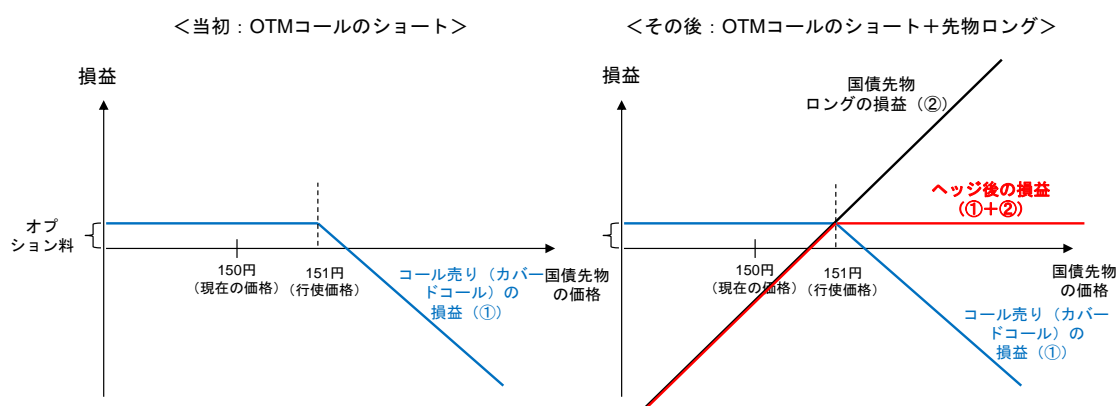
²⁸ 三菱東京 UFJ 銀行（2012）ではカバード・コールを「保有している国債を売却することを目的として、時価よりも高い水準に権利行使価格を設定したコール・オプションを売却する戦略」（p.331）と説明しています。

図表 15 カバード・コールの損益図



ここでは国債先物で既にポジションをとっていることを前提に説明をしましたが、OTMのコールを売ることでカバード・コールという点に注意が必要です。ここではもう一つ事例を取り上げます。例えば、現在の先物価格が150円であり、読者は先物価格が十分に高く、これ以上はあまり上がらないと考えているとします。そこで、読者はオプション料を稼ぐために151円で行使するコール・オプションを売ったとします。これはOTMのコールの売りなので、カバード・コールのポジションを作ったといえます（これは図表16の左図です）。

図表 16 カバード・コールの損益図



もっとも、その後、読者の想定とは異なり、先物価格が上昇して、151円になったとします。この左図をみると、これ以上価格が上がると損失を被る可能性が生まれます。そこで、読者は先物価格が151円になった時点で先物をロングして価格が上昇するときに発生する

損失をヘッジしたとします（図表 16 をみると 151 円以上になった場合、ちょうど「コールの売り」から生まれる損失と「国債先物のロング」から生まれる利益が相殺されることが確認できます）。そのヘッジ後の損益が図表 16 の右側のラインです。

バイライト（国債先物買い+コール売り）

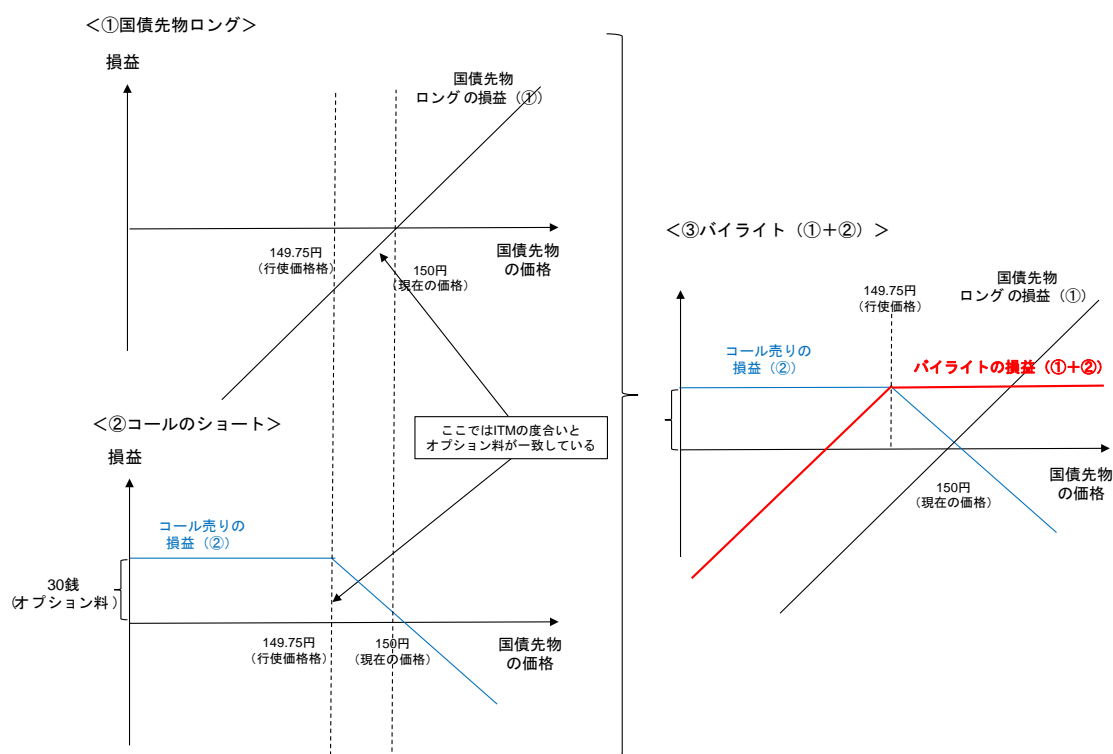
ここで再度、図表 15 と 16 における「合成された損益 (①+②)」や「ヘッジ後の損益 (①+②)」に注目すると、「現物のロング+コールの売り」は「プットの売り」を合成できていることがわかります。プット・コール・パリティの節で、「コールは、プットに先物の損益を調整したもの」と説明しましたが、この事例からも、プットとコールは密接であるものであることがわかります。このように「国債先物のロング」と「コールの売り」を「同時」に行うことで、「プットの売り」のポジションを合成することを「バイライト」といいます²⁹。バイライトとは、Buy Write をカタカナにしたものですが、実は Write は英語でオプションの売却を意味します。そのため、バイライトとは、その名前の通り、「現物買い+コール売り」になります。

カバード・コールとバイライトの違いは、バイライトの場合、購入のタイミングが同じという意味でタイミングに起因する点もありますが、バイライトの場合、（カバード・コールのように OTM の売りではなく）「ITM のコールの売り」になることもあります。例えば、国債先物の現在の価格が 150 円であるとして、権利行使価格が 149.75 円のコール・オプション料が 30 銭であったとします（この場合、149.75 円は今の先物価格より低いので、このオプションは ITM です）。そのうえで、読者が 150 円の国債先物を買うと同時に、権利行使価格が 149.75 円である ITM のコール・オプションを買うとします。

このポジションが ITM のバイライトですが、この損益図を示したものが図表 17 です。図表 17 の左上の図のように、国債先物をロングすると同時に、左下図のように ITM のコールを売ります。この二つのポジションを合成したものが図表 17 の右側に示されています。この図をみると、プットの売りと類似した形状をしていますから、コール・オプションを使ってプットの売りを合成しているとみることもできます。

図表 17 バイライト（ITM のケース）の損益図

²⁹ 三菱東京 UFJ 銀行（2012）ではバイライトを「現物買いとコール・オプション売りを同時に行うことでプット・オプション売りポジションを合成する戦略」（p.332）と定義しています。



この事例ではオプションが ITM になっていますから、OTM であるカバード・コールに比べ、このオプションが行使される確率が相対的に高いことや、それに付随してオプションを売ることから得られるプレミアムが高い点が特徴です。現在の価格が 150 円である中、満期に 149.75 円で指値売りをしているイメージです。いずれにせよ、パイライトの場合、カバード・コールとは異なり、(OTM のコールの売りだけでなく) ITM のコールの売りとなるケースがあることに注意してください。

ちなみに、ここではオプション料と ITM の度合い (先物価格と権利行使価格の差) が異なるケースになっていますが、現物国債のオプションの場合、オプション料と (国債現物のスポットで ATM を定義した) ITM の度合い³⁰を一致させる形式が良く用いられます³¹。このように一致させるためには、オプションの契約をオーダー・メイドにする必要がありますから、実務的には先物市場ではなく、店頭市場で用いられます (国債の現物オプションについては後述します)。

³⁰ 現物オプションの場合、ATM をスポットで定義する点に注意してください。

³¹ パイライトとプットの売りは、経済的には類似しています。ただ、国債現物オプションの場合、パイライトについては現物を保有するとデリバティブのセットなることやそれに付随して会計処理などが異なる等の違いが生まれる点に注意が必要です。

ターゲット・バイイング (OTM プット売り)

コール・オプションを売る戦略がカバード・コールやバイライトでしたが、プット・オプションを売る戦略もあります。その代表例がターゲット・バイイングです。例えば、現在先物価格が 151 円である中、読者は今後一時的に先物価格が下落するものの、長期的には価格は上昇傾向にあると考えているとしましょう。あくまで一例ですが、短期的に中央銀行の政策に不確実性があるって売られる可能性を感じているものの、長期的には緩和スタンスが継続され、先物が上昇トレンドにあると考えるケースなどです。そのうえで、読者は仮に 150 円まで下がったら十分に下落したと考え、国債先物を購入することを決めていたとします。このように一時的に下がった後、購入することをしばしば、「押し目買い」と呼びます。

読者はこの場合、価格の下落するまで待って、150 円になったら、先物をロングするということもできます。もっとも、権利行使価格 150 円のプット・オプションを売ることで、現時点で、150 円になったら購入するというポジションをつくることができます。そもそもプット・オプションが国債先物を一定価格で売る権利であるため、「プットの売り」は「売る権利を売っている」ことを意味します。「売る」という表現が2つ続いているため非常に複雑に思われますが、(プットの売りの反対側にいる) プットの買い手は、先物を 150 円で売る権利を有していますから、プットの買い手は先物価格が 150 円以下になったら読者に先物を 150 円で売りつけるというイメージを持てば、(権利行使価格が 150 円の)「プットの売り」とは(先物価格 150 円以下になったら)先物価格を 150 円で購入することを意味することがわかります(「ショート」の「ショート」は「ロング」とみることがもできます)。したがって、読者は 150 円になるまで待ってロングするのではなく、権利行使価格 150 円のプットを売ることにより、その期間のオプション料を稼げますから、150 円になるまで待つ時間の収益化ができます。この場合、現在 151 円であるため、(わざわざ 150 円で購入するオプションを行使しませんから) OTM のプットのオプションを売っていることとなります。したがって、ターゲット・バイイングは OTM の売りであり、時間的価値を収益化している点に注意してください。

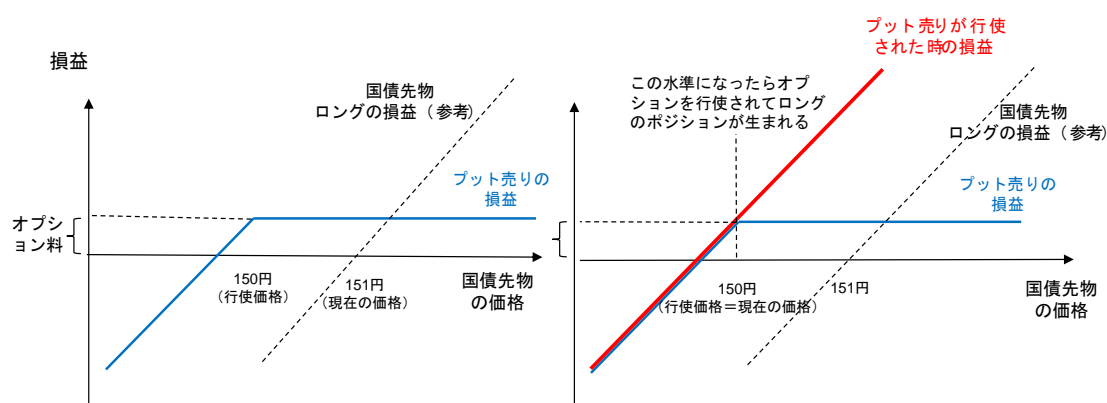
上記の戦略は 150 円になったらロングするという意味でターゲットを決めて購入することから、ターゲット・バイイングと呼ばれています。また、前述のとおり、一時的に下がった後、購入することを「押し目買い」と呼ぶことからターゲット・バイイングは「押し目買い戦略」と整理されることも少なくありません³²。

図表 18 がターゲット・バイイングの損益を示しています。まず先ほど記載したとおり、現在の先物価格は 151 円です。読者は価格が一時的に下がると考えており、150 円に下がっ

³² 例えば、日本銀行(1995)ではターゲット・バイイングを「押し目買い型」と整理しています。

たらロングしようとしています。そのため、権利行使価格の 150 円を権利行使価格とするプットを売りますが、その損益図が図表 18 の左です。そして、仮に読者の想定どおり先物価格が 150 円以下になった場合、このオプションは行使され、読者は先物ロングのポジションが生まれます（図表 18 の赤いラインがその際の損益を指します）。

図表 18 ターゲット・バイイングの損益図



ターゲット・バイイングの弱点は次の 2 点です。まず、読者の予想とは異なり、価格が上がっていた時の利益を捨てて、オプション料にその収益を留めている点です。言い換えれば、ターゲット・バイイングのポジションを作った場合、そもそも相場が下がらないとロングのポジションを作れないため、そのまま相場が（下がらずに）上昇した場合、ロングのポジションが生まれなため、その際に得られる収益を放棄していることとなります。また、図表 18 に記載しているとおり、権利行使価格 150 円の「プットの売り」は、150 円でロングを意味しますから、オプションを行使によって 150 円でロングした場合、先物価格が 150 円からさらに低下していった場合は損失を拡大していくことにも注意が必要です。さきほど、「プットの買い手は先物価格が 150 円以下になったら読者に 150 円で先物を売りつける」という表現を使いましたが、たとえば、先物が暴落して先物価格が 145 円になった場合、読者は現在の相場が 145 円であるにもかかわらず、150 円で先物を購入することになり、これが損失につながります（もっとも、仮に 150 円まで価格が下がるのを待ってからロングした場合でも、ロングした後価格が下がれば同様に損失を計上する点には注意してください）。

ここでは 3 つのオプションの売り戦略を紹介しました。説明上、これらの戦略の良い部分に焦点をあてましたが、注意が必要である点は、これらの戦略は当初想定した方向と違う方向に価格が変化した場合、損失につながる点です。例えばカバード・コールは価格が急騰したときに得られる利益を放棄しましたし、ターゲット・バイイングは価格が下がり続けた

場合はやはり損失を計上します。重要な点は、オプションの買い手の立場にも立つことです。オプションの買い手からすれば、価格の急騰（急落）が実現しえると思っっているからオプションを買っているわけですから、オプションの買い手がそもそもあまり起こりそうにないと思うのであれば、オプション料は抑えられ、読者が得られるオプション料は減ります³³。また、読者がオプションを売却した場合に魅力的なオプション料であると感じられたとしても、その反対側にいる買い手は、読者が想定しないシナリオが実現しうると考えているからこそ取引が成立するという点に注意が必要です。

7. 3 ボラティリティのトレーディング

そもそも、国債先物オプションも、オプションの一つですから、オプションが有する各種トレーディング手法が用いられることも少なくありません。先述の通り、オプションは保険ですから、保険を買ってリスクをヘッジしたり、保険を売って収益を得るというオプションそのものの特性に立脚した取引があります。しかし、オプションの市場では様々なトレーディングがなされており、このことがオプション市場における流動性の高い市場の形成に寄与しています。

例えば、読者の中にはマーケットが上がるか、下がるかの方向性はわからなかったとしても、相場が大きく動くかどうかであれば予測できると考える人もいるかもしれません。事実、ボラティリティは一度上がると上がりやすいという現象が確認されており、これをボラティリティ・クラスタリングということもあります。例えば、国債先物オプションの価格から算出されるボラティリティ（IV）が自分の考えるボラティリティと乖離していたとします。この場合、将来、自分が考える方向にボラティリティが上がる（下がる）のであれば、オプションをロング（ショート）することで、実際にボラティリティが上がる（下がる）ことでオプションの価格が上がり（下がり）キャピタル・ゲインを得ることもできます。読者がこういう形でボラティリティに対して予測をしていた場合、国債先物のロング・ショートではこういう相場観を収益化することはできませんが、オプションを用いれば可能になります。

ストラドル

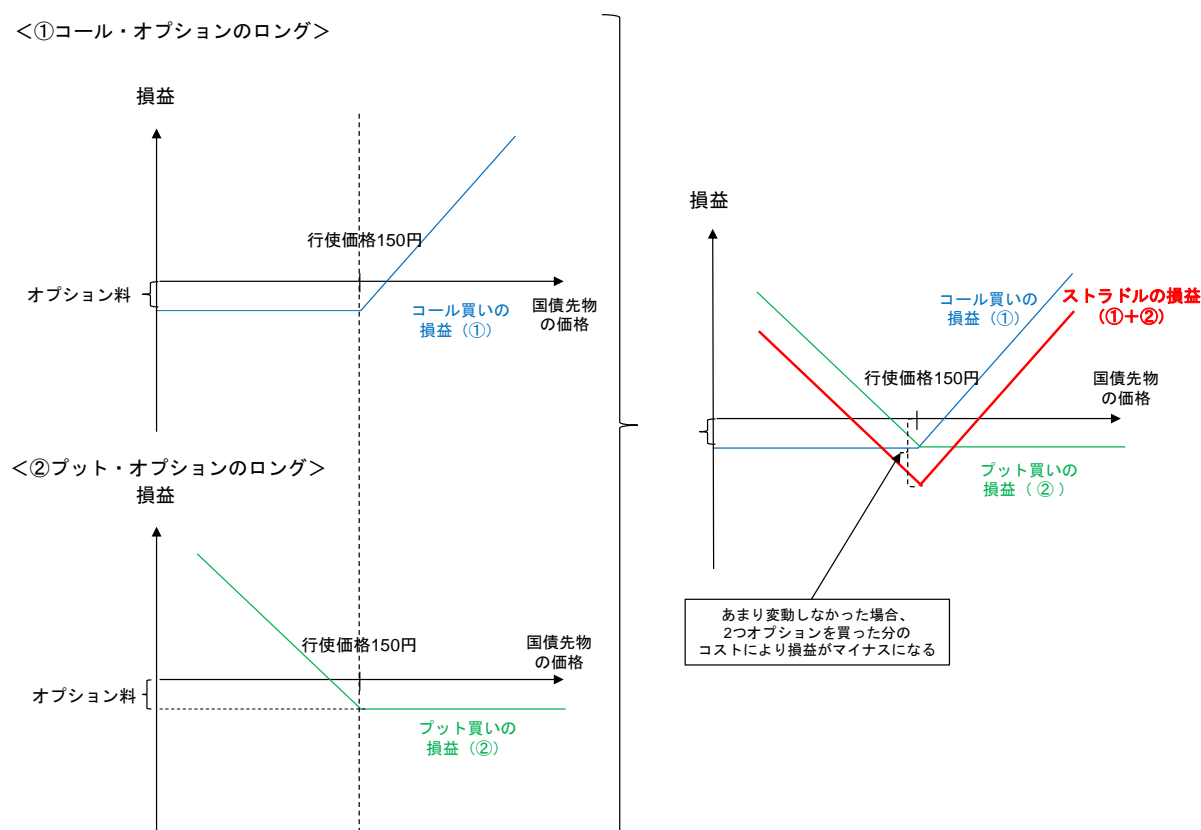
前述のとおり、オプションを買うことそのものがボラティリティをトレーディングしていることとなりますが、ボラティリティのトレーディングの典型的な戦略としてストラドルが挙げられます。これは同じ権利行使価格のコール・オプションとプット・オプションを購入することで相場が上昇しても下落しても利益が得られるポジションを作る戦略です。

³³ 言い換えれば、取引された時点では理屈上、フェアな取引であるため、売り手と買い手によるオプション料の評価が同じということです。

ストラドルはオプションを二つ買う点が最大の特徴なのですが、このように権利行使価格をそろえてコールとプットを買うことを「ストラドルの買い（ストラドル・ロング）」といいます。逆に、同じ権利行使価格のコールとプットを売ることを「ストラドルの売り（ストラドル・ショート）」といいます。

図表 19 は、権利行使価格が 150 円のストラドルのロングの損益を示しています。左上に権利行使価格 150 円のコール・オプションの買いの損益が示されており、左下に（それと同じ権利行使価格である）権利行使価格 150 円のプット・オプションの買いの損益が示されています。ストラドルはその合成なので、図表 19 の右側のような損益図になります。

図表 19 ストラドル・ロングの損益図



ストラドル・ロングのポイントは、二つのオプションを購入しているため、オプション料の負担が相対的に増える点です。特に、ATM 周辺のストラドルを買った場合、オプション料は（イメージとしては）2 倍になります。したがって、プットとコールを買うことで、相場が上がっても下がっても、儲けられるのですが、相場が動かなかった場合、オプション料の負担がかさみ、損失につながります。国債先物オプションの場合、そもそも流動性がある

満期が1か月程度なので(国債先物オプションのベガ・リスクが小さい点は後述します³⁴)、ストラドルの買いは、短期的に上がるか、下がるかわからないものの、相場が大きく動く予想される場面で購入することが検討されます(逆に、ストラドルを売る人はその逆の相場観をもっているといえます)。例えば、コロナ禍における危機時など、どちらの方向に行くかわからないものの大きな変動がありそうなときに検討される戦略といえましょう。

ストラングル

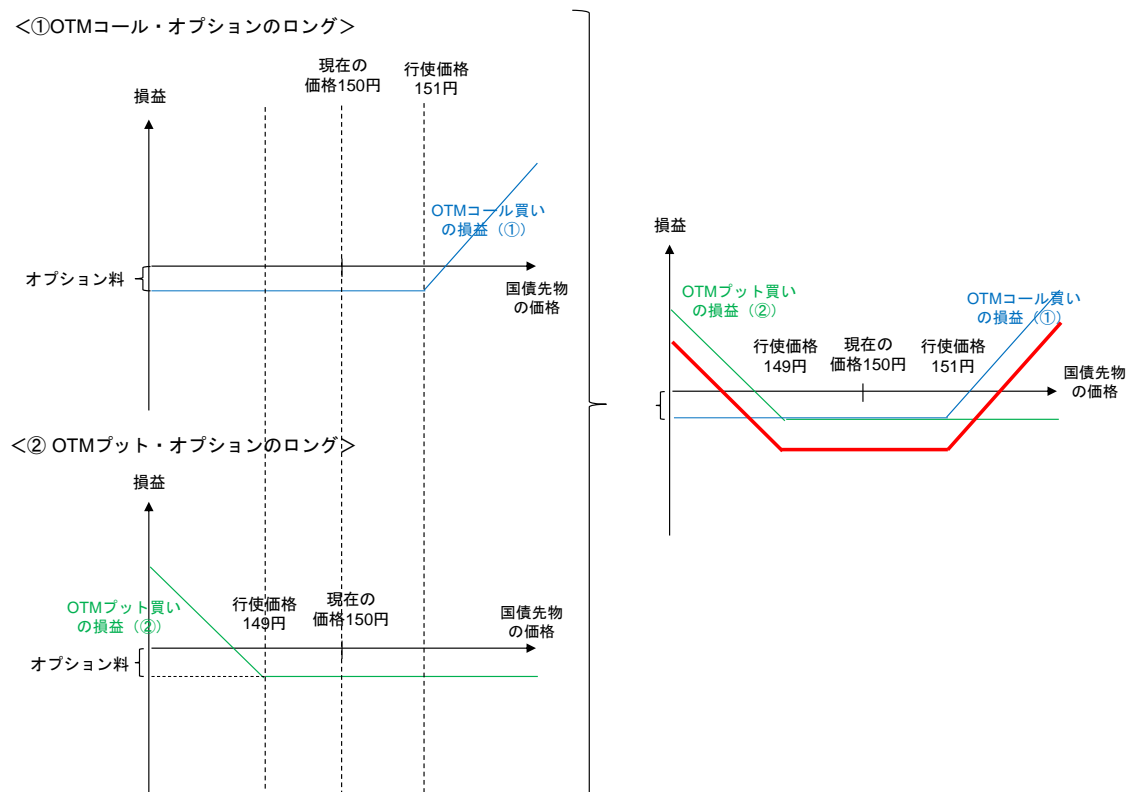
ストラドルの変形として、ストラングルという戦略があります。これはストラドルのように必ずしも権利行使価格をそろえないでコールとプットのオプションを購入(売却)する戦略です。先ほど指摘したとおり、オプションを二つ買うのでオプション料のコストがかさむ傾向があります。もっとも、この原因は、権利行使価格をそろえて購入することにあります。例えば、ATM周辺のオプションを二つ買う場合、オプション料は2倍になりますし、仮にオプション料が低いプットのOTMを買ったとしても、コールがITMになるため、オプション料が高くなります。そのため、権利行使価格をそろえず、コールについてもプットについてもOTMのオプションを買えば、オプション料を節約³⁵できる可能性があります。この場合、あまり行使される可能性が高くないオプションを二つ買っているため、相場が上昇ないし下落することで大きく動いた時の宝くじを買うというイメージの戦略です。

図表20がストラングル・ロングの損益を示しています。図表20の左上のように、現在の先物価格が150円である中、権利行使価格151円であるOTMのコールを買います。それと同時に、権利行使価格149円であるOTMのプットを買います。このようにOTMを組み合わせることで、現在の価格から(ストラドルに比べ)大きく上昇(下落)しなければ利益を得られませんが、購入するコールとプットはOTMであるため、コスト(オプション料)を(ストラドルに比べ)抑えることができます。

³⁴ ストラドルはオプションを二つ組み合わせるため、その分、ベガなどのグリークスが大きくなる傾向があります。スワップションの場合、満期が長いいため、ベガが大きくなる傾向がありますが、ストラドルはベガ・リスクの大きいスワップションのヘッジなどで用いられることもあります。

³⁵ 投資時点で、買い手と売り手のオプションの評価は同じである点に注意してください。

図表 20 ストラングル・ロングの損益



図表 20 におけるストラングルの例では、OTM のコールとプットを同時に買う (売る) ケースを取り上げましたが、実際にはコールとプットを別々に購入して、結果として自分のポジションにストラングルのポジションが生まれることも少なくありません。例えば、現在の先物価格が 150 円であり、読者は、もし仮に実現したら収益が上がるという宝くじのような感覚で、オプション料 1 銭³⁶で 152 円の OTM を買っておいとします。その後、先物価格が上がり、151 円まで来たとします。この段階で、読者は同じように、仮に価格が大きく下落したら収益が上がるという宝くじのような感覚で、149 円の OTM のプットを 1 銭で買ったとしましょう。この場合、読者は結果として OTM のコールとプットを購入したことになるため、自分のポジションにストラングルが生まれていることになります。

ガンマ・トレーディング

前節ではリスク指標としてグリークスについて説明しましたが、ボラティリティのトレ

³⁶ ここでの 1 銭は架空上の値であり、オプション料はその時のボラティリティや満期などに依存します。あくまでもこの状況で安いオプション料の例として 1 銭という例を使っています。

ーディングの代表例として、ガンマ・トレーディングが挙げられます。前述でガンマについて説明しましたが、例えば、前節と同様、現在の先物価格が150円であり、読者は（権利行使価格150円の）ATMのコール・オプションを100枚ロングしたとします。このデルタはおおよそ前述の通りおおよそ50%になりますから、国債先物で換算すると50枚ロングのリスクを有しています。そのため、読者は、ATMのコール・オプション100枚ロング分のリスク量（デルタ）をゼロにするため、国債先物を50枚ショートすることでデルタをゼロにします（但し、ガンマなどデルタ以外のリスクは残る点に注意してください）。このようにデルタをゼロにするポジションをデルタ・ニュートラルということもあります。

前述のとおり、ガンマ・リスクとは先物価格にデルタが依存する非線形リスクですが、この状況で、例えば、先物価格が下がった場合、読者のポジションはどのようなのでしょうか。前節で説明したグリークスを用いますが、コール・オプションは先物価格が下がれば（上がれば）、デルタは下がる（上がる）という動きをしました。そのため、コール・オプション100枚分をロングしていたデルタは先物価格の低下とともに低下することになります。前節の例を使うと、先物の枚数で換算すると15銭の低下でデルタは42%程度になるため、先物50枚分のデルタ・リスクは、国債先物42枚分のリスク量へ減少します。

注意すべきは前述のとおり、読者はデルタをゼロにするために、国債先物を50枚分ショートにしていた点です。前述のとおり、オプションのデルタが42枚になってしまいましたからデルタ・ニュートラルという観点では、読者は先物に換算すると8枚分の先物ショートを多くショートしている状況を意味します。そこで、読者は先物を8枚買うことで、先物ショートのポジションをカバーして50枚から42枚へ減少させます。これで読者のポジションのデルタが再度ゼロになります。

注目すべき点は、読者が50枚ショートして、8枚カバーした行為から生まれる損益です。そもそも読者は150円で先物をショートしていたわけですから、先物価格が150円から15銭低下することで、先物から15銭の利益が出ています。50枚の先物をショートしていましたが、42枚分はオプションとの関係でニュートラルになることに留意すると、先物8枚分について1枚15銭分のキャピタル・ゲインが得られることになります（先物は1枚1億円であり、1枚保有していた場合、1銭動くと1万円の損益が生まれるため、120万円（＝8枚×15万円）の利益が生まれることになります）。

ガンマ・トレーディングの面白い点は、価格が逆の動きをしたとしても収益を挙げられる点です。そこで、次に、先物価格が再度上昇して150円に戻ったケースを考えましょう。この場合、またコール・オプションは再びATMにもどりますから、読者が有するコール・オプションのリスク量は、先物でみて50枚分のデルタになります。しかし、先物のショートは現在、42枚であるため、読者の有するポジションのデルタをニュートラルにするために、8枚売りなおして、先物のショートを50枚にします。この場合、再び先物の売買に伴う利

益を考えると、149.85円という低い値段で前述のとおり8枚買って、150円になって8枚売ったため、1枚15銭分のキャピタル・ゲインが得られます。ここからも同様に120万円の利益を得ることができます。

ガンマ・トレーディングとは、上記のように保有しているオプションのデルタが先物の価格の変動に伴い変化する中で、先物を売買することでデルタをニュートラル（ゼロ）を繰り返すことで収益化することを指します。先ほどの例では先物価格が15銭下がって15銭戻る中で、オプションのポジションはコール100枚であることは変わらないにもかかわらず、そのデルタ・リスクが先物換算で50枚から42枚、さらに42枚から50枚へと動きます。読者はそのデルタ・リスクをゼロにするため、先物を適時、ロングやショートで調整しましたが、この過程で利益が得られました。ガンマ・トレーディングが面白い点は上がっても、下がっても収益が挙げられるという点ですが、それが可能になる本質は、オプションの保有者にとって価格が変動した場合、自分にとって有利な方向にリスク量が増える点にあります。つまり、オプションをロングしている人にとってデルタが価格に依存すること（ガンマが存在すること）は基本的にプラスに働き、価格が変化することが収益を生むこととなります。さらにいえば、ガンマは前述のとおり先物価格がATMから離れていくにつれゼロに近くなるため、ATM周辺で先物価格が大きく変動するとガンマ・トレーディングの収益が高くなることもわかります。

ここでは15銭の変動を例として挙げましたが、相場がもっと大きく動いた場合は利益も大きくなります。例えば、先物価格が50銭下がった場合、コール・オプションのデルタは25%³⁷くらいになります（この場合、オプションのデルタは先物で25枚になります）。読者の有するデルタをニュートラルにするため、50枚分ショートしていた先物のポジションを25枚にするため、先物を25枚買うわけですが、150円で売っていた先物価格が149.5円になったわけですから、先物25枚について50銭分のキャピタル・ゲインが得られることとなります。1銭動く先物1枚で1万円の利益でしたから、1,250万円（=25枚×50万円）の利益が上がるのがわかります。先ほど15銭動いた場合の利益が120万円でしたが、先物価格が大きく動くと、価格の動きから得られるキャピタル・ゲインだけでなく、デルタの動きからも利益が得られますから、より一層その利益が増えることとなります³⁸。

このようにみると、オプションをロングするガンマ・トレーディングは魅力的に見えるかもしれませんが、このようにガンマ・トレーディングから利益が得られるのは、先物価格が

³⁷ 前節と同じ条件で、BloombergのOVMEの機能を用いて概算しています。

³⁸ ちなみに、同じ50銭の動きでも、ガンマ・トレーディングはATM周辺で動いた方が、その収益が高くなります。それはガンマがATM周辺で最大になるためですが、詳細はオプションのテキスト等を参照してください。

変動していることが原因です。仮に価格変動が起こらなかつたらこのような収益は得られません。前述のとおり、オプションにはセータで時間を通じて損失を計上することとなるため、価格変動が起こらない場合、セータ分、オプションの保有者は損失を計上することになります。このようにオプション・ロングはガンマとセータのトレードオフに直面していると解釈することが大切です³⁹。なお、先物価格が大きく動いた場合、ガンマ・トレーディングをしているオプションの買い手は収益を上げますが、前節で説明したようにオプションの売り手は損失を計上しているという側面も理解しておくことが大切です。

7. 4 マーケット・メイカーによる国債現物オプションのヘッジ

銀行などの金融機関は、国債そのもの（現物）を多く保有していることから、現物のヘッジという目的で国債の現物オプションを購入することがあります。日本国債現物のオプションも流動性は相対的に低いものの取引はなされています。日本国債現物のオプションとは、たとえば1週間後に10年国債を100円で売買する権利の取引です。

前述のとおり、債券市場では証券会社が在庫を持ちプライスを出すことでマーケット・メイクを行っていますが、国債現物のオプションについても店頭市場で取引されています。証券会社には日本国債のオプションを担当しているオプショントレーダーが存在し、彼らがプライスを提示することで市場が形成されています。国債の現物オプションはこのように店頭市場で取引されているため、書籍によっては債券店頭オプションや国債店頭オプションなどという表現が用いられます。

国債先物オプションは、この国債現物のオプションのヘッジとしても用いられます。例えば、読者が10年日本国債のオプションの買いの注文を受けて、このオプションを売却したとします。この場合、読者はオプションの売りのポジションに立つことになり、前述の通り、デルタやガンマなどのリスクを有します。このリスクをヘッジするために、例えば、日本国債先物オプションで（逆のポジションである）買いのポジションをとることでリスクのヘッジを行います。もっとも、日本国債先物はいくまで国債先物のオプションであるため、10年国債と国債先物の価格の動きがずれるなど、一定の（ベース）リスクが残るため、完全なヘッジができない点に注意が必要です⁴⁰。

³⁹ ハル（2016）ではグリークスについて説明した19章の7節で「デルタ、セータ、ガンマの関係」について数式を使って議論しており、デルタ・ニュートラルなポジションにおいてデルタとセータがトレードオフになることを説明しています。厳密な理解をしたい読者はハル（2016）等を参照してください。

⁴⁰ 例えば、5年国債のオプションの売りポジションを国債先物オプションの買いでヘッジした場合、国債先物オプションは7年国債との連動制を持つ国債先物が原資産となっているため、5年と7年国債の金利の変化の違いなどのリスクがあります。

7. 5 国債先物オプションの場合、満期が短いためベガ・リスクは小さい

国債先物オプションに関し、グリークスという観点で気を付けるべき点は、国債先物オプションの設計上、満期が1か月などと短いため、ベガのリスクが小さい点です。ベガとはIVが動いた時のオプション価格の変化ですが、結論的には、満期が短いオプションについては、原資産が動くことの影響が大きいとガンマの影響が大きい一方、満期が長い場合、原資産の価格の動きというよりは、IVの動きの影響が強くなり、ベガの重要性が増します⁴¹。国債先物オプションの場合、そもそも流動性があるオプションの満期が1か月以下ですから、ベガのリスクは相対的に小さく、そもそもこのマーケットで、ベガセクターという表現が使われることはありません。

ここではオプション全般の取引について触れましたが、オプションのトレーディングはそれだけで一冊の本になる内容であるため、ここでは最低限の記述にとどめています。より詳細な内容を知りたい読者は関連書籍を参照していただければ幸いです（シンセティック・ショートに関心がある読者は、服部（2020c）のBOXでプット・コール・パリティの観点で丁寧に説明しているため、そちらを参照してください）。例えば、日本銀行（1995）が実際の相場の事例を用いながら説明しています。

BOX 3 グリークスについて

本稿では数式を用いてグリークスの定義をしましませんが、オプションの価格（プレミアム）を O とし、原資産の価格を S 、ボラティリティを σ 、時間を t とすると、デルタ（ δ ）、ガンマ（ γ ）、ベガ（ v ）、セータ（ θ ）は下記のように定義できます。

$$\delta = \frac{\partial O}{\partial S}$$

$$\gamma = \frac{\partial^2 O}{\partial S^2}$$

$$v = \frac{\partial O}{\partial \sigma}$$

$$\theta = \frac{\partial O}{\partial t}$$

オプションの教科書ではグリークスの定義をした後、グリークスの特性について様々な

⁴¹ オプションのテキストでは、ブラック・ショールズ・モデルなどを用いて、ベガが \sqrt{t} の増加関数になることが示されています。そのため満期が長いほどベガが大きくなります。

形で説明がなされています。ここでは最低限の定義だけ紹介しますが、詳細については例えばハル（2016）の19章などを参照してもらえれば幸いです。

8. おわりに

本稿は国債先物オプションを中心に先物の基礎的な内容について記載をしました。本稿は服部（2020b,c）を大幅に加筆・修正したものです。本稿ではより具体例を用いて説明をしました。ボラティリティ・スマイルやブラック76モデルなど割愛したトピックもあるため、そちらを参照していただければ幸いです。また、国債先物オプションと金利リスクは密接な関係を有していますが、金利リスクの概要を知りたい読者は服部（2020f）もご一読いただければ幸いです。

なお、通常オプションの書籍というと、ブラック・ショールズのオプション公式などオプションの導出の説明に紙面が割かれる傾向にあります。もっとも、オプション公式の導出は既に大量に書籍があるため、本稿では触れていません。関心がある読者はハル（2016）など関連書籍を参照していただければ幸いです。

参考文献

- [1]. 服部孝洋（2020a）「日本国債先物入門—日本国債との裁定（ベース取引）とレポ市場について—」『ファイナンス』2月号、70-80.
- [2]. 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、38-42.
- [3]. 服部孝洋（2020c）「国債先物オプション入門—プット・コール・パリティを中心に—」『ファイナンス』5月号、40-48.
- [4]. 服部孝洋（2020d）「ボラティリティ・スマイルとスキュー—日本国債市場における正規分布から乖離した動きについて—」『ファイナンス』6月号、47-55.
- [5]. 服部孝洋（2020e）「金利スワップ入門—基礎編—」『ファイナンス』8月号、56-65.
- [6]. 服部孝洋（2020f）「金利リスク入門—デュレーション・DV01（デルタ、BPV）を中心に—」『ファイナンス』10月号、54-65.
- [7]. 服部孝洋（2021a）「債券（金利）オプション入門—スワップオプションについて—」『ファイナンス』8月号、49-60.
- [8]. 服部孝洋（2021b）「スワップオプション入門（モデル編）—ノーマル（ブラック）・モデルおよびSABRモデルについて—」『ファイナンス』8月号、56-67.
- [9]. 三菱東京UFJ銀行（2012）「国債のすべて—その実像と最新ALMによるリスクマネジメント」きんざい
- [10]. 日本銀行（1995）「オプション取引のすべて—デリバティブ取引とリスク管理」

日本銀行金融市場研究会

- [11]. 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