

オプションから抽出した不確実性指標の拡充
—テールリスク指標とボラティリティの期間構造—

金融市場局 崎山登志之、眞壁祥史、長野哲平

Bank of Japan Review

2017年4月

市場における不確実性の指標としては、「恐怖指数」とも呼ばれる VIX を含めた満期の短いオプションから算出したインプライド・ボラティリティ（短期 IV）が用いられることが多い。短期 IV は市場で認識される「目先の価格変動リスクの大きさ」を捉える重要な指標だが、それだけでは「リスク認識の偏り」や「長期的にみたリスクの大きさ」への認識を把握することは難しい。本稿では、短期 IV の補完指標として、米国株式市場で注目されつつあるリスク認識の偏りを捉える SKEW——ブラック・スワン指数と呼ばれることもある——や IV の期間構造等を紹介する。諸指標の動きからは、①米国株式市場では、短期 IV が低位で推移する中でも、株価が急落するテールリスクが一定程度意識されてきたこと、②わが国の長期金利市場では、マイナス金利導入後に金利の先行きの見方が大きく変化したこと、等が示唆される。

はじめに

市場参加者が認識する不確実性の指標としては、満期の短いオプションから算出したインプライド・ボラティリティ（以下、短期 IV）が用いられることが多い。とくに、シカゴ・オプション取引所（CBOE）が算出している米国株価（S&P 500）の短期 IV である「VIX」は、市場参加者のセンチメントを表す「恐怖指数（fear gauge）」と呼ばれるほど、その動きは注目されている。

VIX をはじめとした短期 IV は、市場参加者が認識する「目先の価格変動（資産収益率）リスクの大きさ」を示しており、不確実性を端的に象徴していることは間違いない。もともと、近年、こうした短期 IV だけでは、以下のような不確実性の重要な側面を捉えきれないとの指摘が増加している。

- ① 短期 IV では、市場参加者の価格変動リスクに対する認識に「偏り」があるかを捉えられない。例えば、株価が急落するといった「テールリスク」に対する市場の見方は、短期 IV に十分には反映されにくい。
- ② VIX など短期 IV は満期が 1 か月程度のオプションから抽出されており、原理的に「長期的

にみた価格変動リスクの大きさ」に対する認識を捉えることが難しい。

こうした中、米国株式市場では、VIX と同じく CBOE が算出している「SKEW」に注目が集まっている。SKEW は、先行き 1 か月の株価収益率に対する市場参加者のリスク認識の偏りを計測したものであり、前述①の問題意識に応える指標の一つである。直観的には、SKEW は「株価の大幅下落確率が、大幅上昇確率よりどの程度大きいか」を示しており、市場では株価急落というテールリスクを示すブラック・スワン指数と呼ぶ向きもみられる¹。

また、前述②の問題意識に対しては「IV の期間構造」により、期間毎にみた価格変動リスクの大きさを捉えることが有用である。

このように、本稿では、従来の短期 IV に加え、他の不確実性に関する指標をみることで、市場参加者のリスク認識の特性を多面的に把握することを検討する²。具体的には、まず SKEW や IV の期間構造の概念と利用上の留意点を整理したうえで、米国株式市場を取り上げ、これらの諸指標がどのように動き、それは何を示唆しているのかを確認する。最後に、本邦の株式・債券市場について、これら諸指標の考え方も踏まえ、短期 IV で

は捉えきれないリスク認識の特性を把握することを試みる。

リスク認識の「偏り」と「期間構造」：オプション価格からの把握

（リスク認識の「偏り」）

最初に、CBOE が米国株式市場の参加者のリスク認識の「偏り」を捉えうる指標として考案した SKEW について、簡単に解説する。

株式オプション市場では、オプションは、その行使価格毎に取引されている。このオプション価格からブラック＝ショールズ式に基づき算出した IV（BSIV）を行使価格毎に並べたものはボラティリティ・スマイルと呼ばれている。このボラティリティ・スマイルを用いて、先行きの株価収益率の分布（インプライド分布）を算出することができる^{3,4}。

ボラティリティ・スマイルが行使価格に依存せ

ず直線である場合には、ここから算出される株価収益率は正規分布に従う。もっとも、実際のオプション価格から算出したボラティリティ・スマイルは、低い行使価格で高くなる傾向があり、こうした場合、対応するインプライド分布は左右で歪んだ形状となる。直観的に言えば、行使価格の低い BSIV が高い（相対的にオプション料が高い）ことは、市場参加者が「先行きの株価が当該行使価格を下回る確率は正規分布が想定する確率より高い」と捉えていることに、ほぼ相当する。

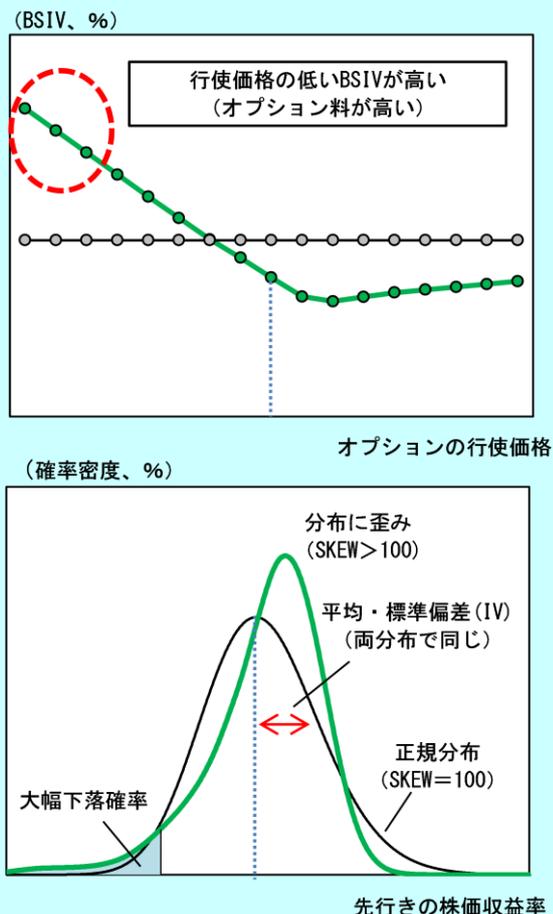
図表 1 は、2つのボラティリティ・スマイルおよび対応する株価収益率のインプライド分布を示している。両分布の平均および標準偏差（IV）は同一であり、市場参加者の認識する価格変動リスクの大きさは同じである。ただし、黒線の分布が左右対称な正規分布であるのに対して、緑線では、行使価格の低いオプションの BSIV が高くなっており、そのインプライド分布は、左右非対称となっている（株価の大幅下落確率が大幅上昇確率より高い）。

こうした緑線の分布にみられる非対称性といった歪みを評価する代表的な統計量として歪度（skewness）がある⁵。CBOE の SKEW とは、株価収益率のインプライド分布の歪度を計算した上で、「 $100 - 10 \times \text{歪度}$ 」で定義したものである⁶。左右対称な黒線の正規分布では SKEW は 100 となる一方、緑線のような分布では SKEW は 100 を上回る。このように SKEW が 100 を上回るとは「株価の大幅下落確率（図中の青色部分）が、大幅上昇確率より大きい（リスク認識の偏り）」ことを意味しており、市場では株価が急落するテールリスクが意識されていると解釈できる⁷。

もっとも、SKEW をリスク認識の偏りを表す指標として用いる上では、幾つかの留意点がある。

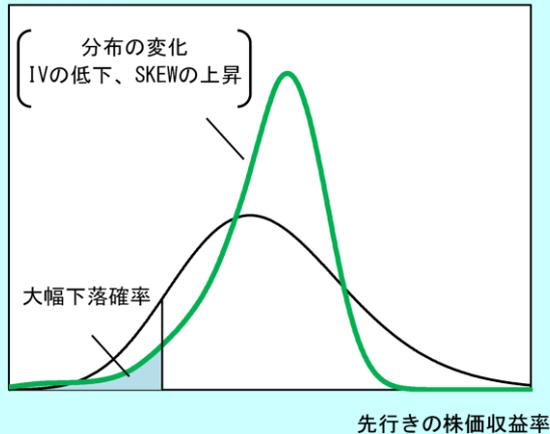
第 1 に、SKEW は分布の相対的な歪みを捉える指標であり、大幅下落確率の絶対値を捉えているわけではない。例えば、緑線の分布において SKEW が 100 を上回る一方、IV が低下した場合、同分布における株価の大幅下落確率（図中の青色部分）が黒線の正規分布における大幅下落確率より小さくなるケースもありうる（図表 2）⁸。

【図表 1】ボラティリティ・スマイルとインプライド分布



【図表 2】 株価の大幅下落確率への影響：IV 低下と SKEW 上昇が同時に生じるケース

(確率密度、%)



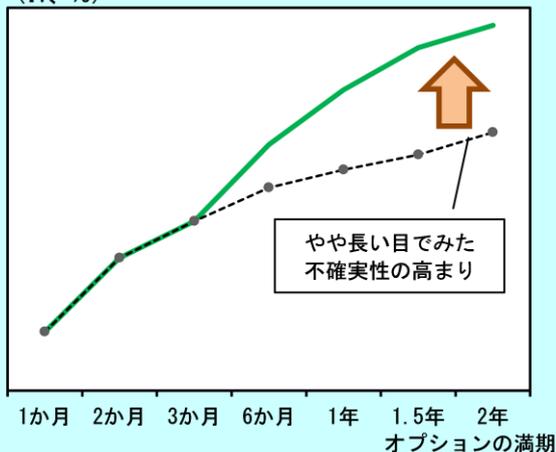
第2に、SKEWは、分布の端（テール）の部分の変化の影響を受けやすい特性がある。そのため、テールリスク認識の微細な変化を捉えやすい一方、分布の中央に近い部分を含めて分布全体の形状が大きく変化する場合には、リスク認識の変化を上手く捉えにくい面もある。例えば、後述するわが国の長期金利の事例のように、何らかのイベントをきっかけに分布の形状が全体的に変化してしまうケースが該当する。こうした場合には、SKEWを用いるよりも、分布から直接求められる「予想変動レンジ」等を直接観察することが有用である。

（リスク認識の「期間構造」）

市場参加者の認識する「長期的にみた価格変動リスクの大きさ」を把握する手法としては、IVの期間構造を把握することが考えられる。例えば、

【図表 3】 IVの期間構造

(IV、%)

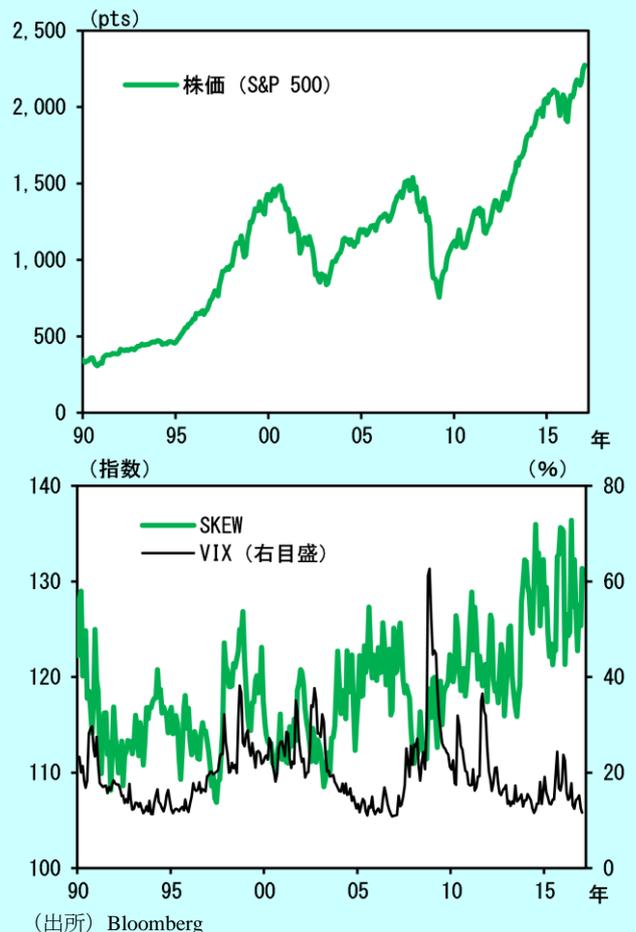


市場参加者が「当面の株価は動きにくい、やや長い目でみた株価の不確実性は高まった」と認識すれば、①短期 IV が低水準となる一方、②満期が長いオプションから算出した長期 IV が上昇することが考えられる（図表 3）。

ただし、IVの期間構造を用いて市場参加者の見方を評価する手法は、満期が長いオプションの市場の流動性が十分にあり、その価格が市場の見方を正確に反映していることを前提としている点には注意が必要である⁹。

以上のように、市場参加者のリスク認識の特性を正確に捉えるためには、これらの諸指標の特性や留意点を理解した上で、複数の指標から多面的に状況を評価・解釈することが重要となる。

【図表 4】 米国株価の短期 IV (VIX) と SKEW



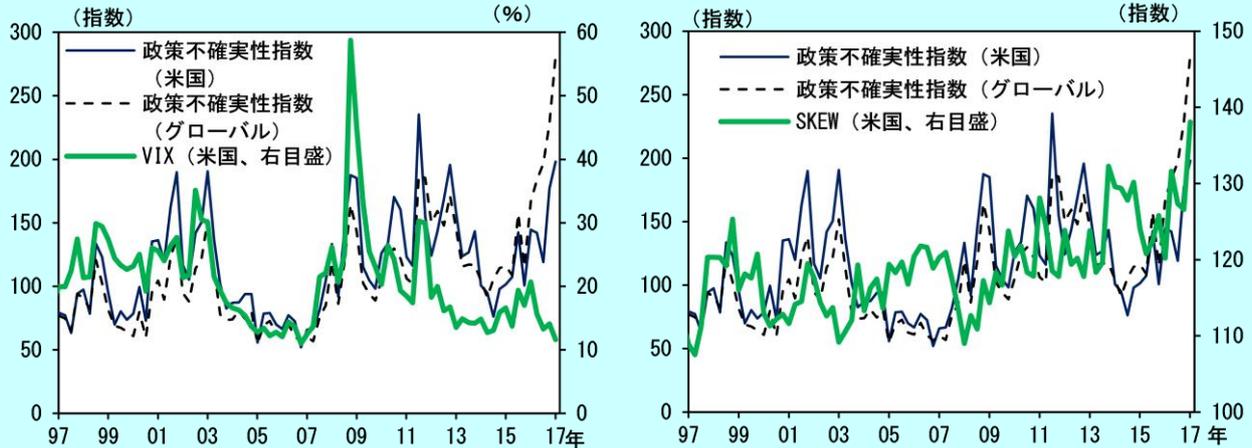
米国株式市場における不確実性指標

本節では、米国株式市場を対象に、短期 IV (VIX) に加え、SKEW や長期 IV の動きから市場参加者のリスク認識の特性を捉えることを試みる。

【BOX】政策不確実性指数とオプションから抽出した不確実性指標

スタンフォード大学の経済学者らが提唱した政策不確実性指数（Economic Policy Uncertainty Index）は、主要紙が政策不確実性に言及した記事数等から作成されている^{BOX注}。同指数は、金融危機以前はVIXと高い相関を示してきたが、最近では両者の乖離が目立ち、むしろSKEWとの相関が強まっている（BOX図表）。このことは金融危機以降のグローバルな政治的不確実性の強まり——欧州債務危機や米国の債務上限問題等——が、①緩和的な金融環境もあって、目先の市場の混乱に繋がる可能性は低い一方、②リスクが全面的に顕在化すれば市場を大きく揺るがしうるものとして捉えられていた可能性を示唆している。

【BOX 図表】政策不確実性指数とVIX、SKEW

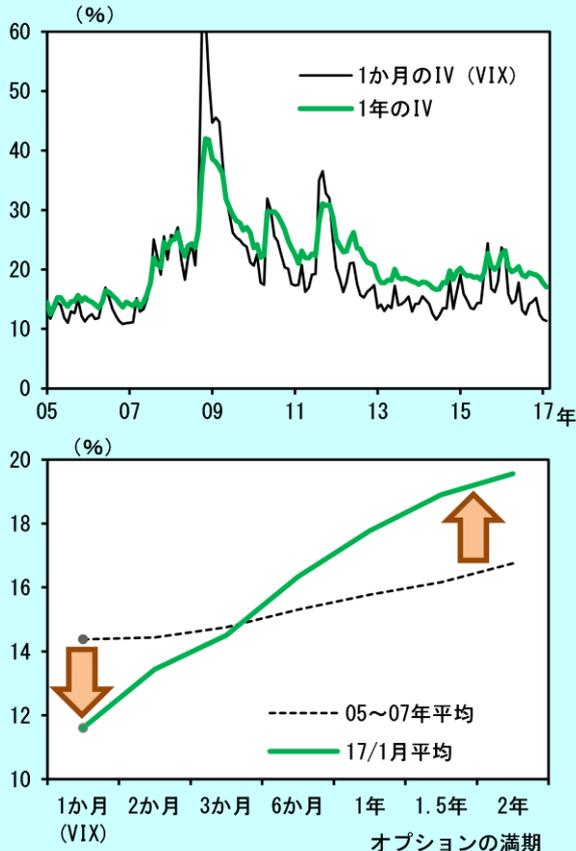


（BOX注）政策不確実性指数の詳細は、同指数を掲載しているホームページ（<http://policyuncertainty.com/index.html>）および下記の論文を参照。米国の政策不確実性は、BOX図表ではグローバル指数との整合性の観点から報道記事のみをベースとした指標を掲載している。

Baker, Scott, Nicholas Bloom, and Steven Davis, “Measuring Economic Policy Uncertainty,” *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 131, 2016.

（出所）Bloomberg、Economic Policy Uncertainty

【図表5】米国株価のIVの期間構造



（注）月中平均。1か月のIV(VIX)はCBOE公表値。2か月以上のIVはオプション価格から算出（以下同様）。（出所）Bloomberg

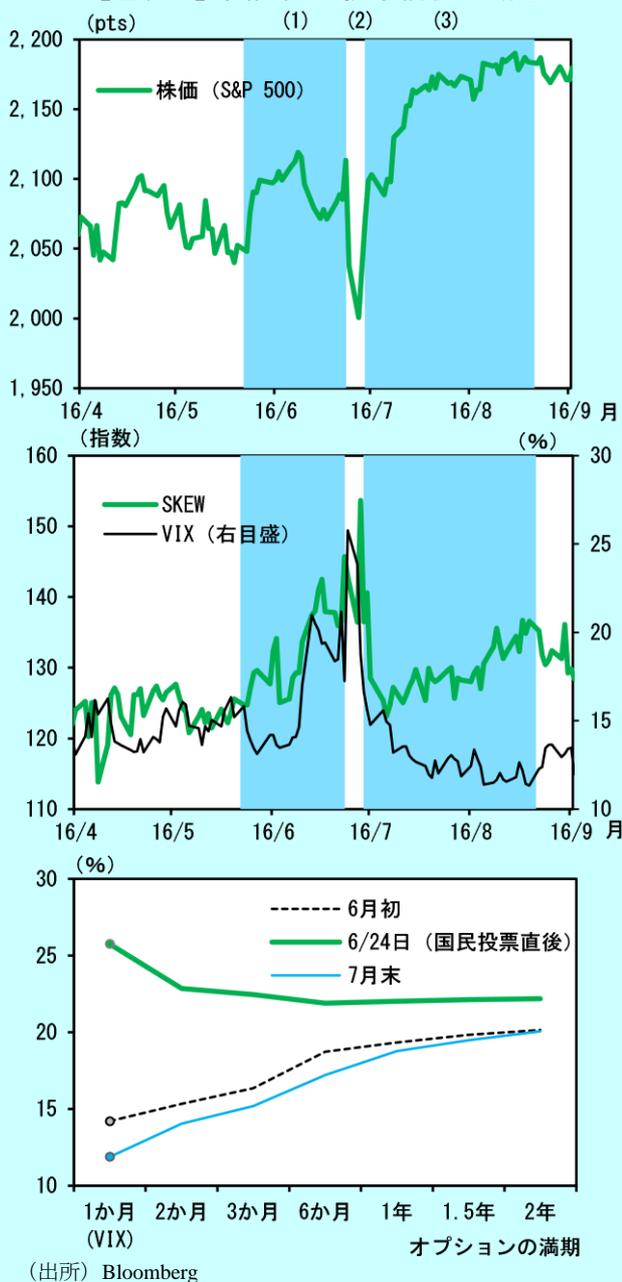
（長期でみた諸指標の推移：金融危機後の特徴）

米国株式のVIXとSKEWを長期時系列で見ると、2008年の金融危機以降は、株価が上昇するもとの、①VIXが低下方向で推移している一方、②SKEWが基調として上昇を続けており、両指標の乖離が目立っている（図表4）。こうしたVIXとSKEWの乖離は、先行き1か月という期間で、①株価の変動率は基本的には低いが、②株価が急落する「テールリスク」は相応にある、と市場で見做されていると解釈できる。

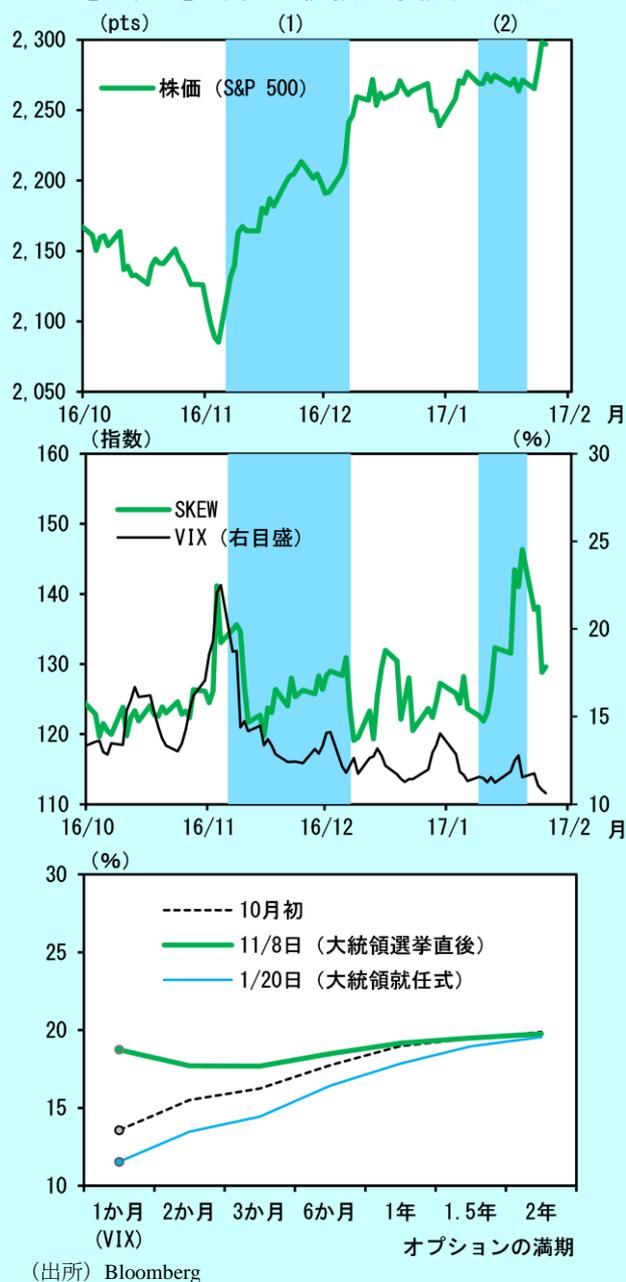
この間、IVの期間構造をみると、短期IVであるVIXが低下する中であっても、長期IVは、金融危機前と比較するとやや高めの水準を維持している（図表5）。このことは、米国株価について、金融危機以降、目先は大きく変動することはなくとも、やや長い目でみれば不確実性が大きい、と市場参加者が考えていることを示している可能性がある。

市場参加者からは、市場が落ち着いている中であっても、このように「テールリスク」や「長期のリスク」に対する警戒感が根強いことが、最近

【図表 6】英国国民投票前後の動き



【図表 7】米国大統領選挙前後の動き



の金融市場の重要な特性の一つと指摘する声も聞かれている。金融危機の履歴効果が働いていることや、米欧を中心とした政治的な不透明感の強まりが、こうした認識の背景にある可能性もある（政策不確実性と金融市場の不確実性指標との関係についてはBOXを参照）。

（英国国民投票や米国大統領選挙前後の不確実性指標の動き）

次に、EU 離脱を巡る英国の国民投票と米国大統領選挙という最近の2つのイベント時に、米国株式から抽出した不確実性指標がどのように動いたのか、確認する。

2016年6月23日の英国国民投票前後のVIXとSKEWをみると、(1)投票前の5月下旬頃から株価が上昇しVIXも低位にある中でSKEWが先行して上昇を始め、追って6月中旬からVIXも上昇している。投票直後には、(2)株価が急落するとともに、VIX・SKEWとも大幅に上昇した。とくにSKEWは指数が遡れる1990年以降の最高値を記録している。その後は、米国の利上げ観測後退もあって、(3)株価が上昇しVIXも投票前を下回る水準まで急低下したが、SKEWはいったん低下した後再度上昇している。この間、IVの期間構造をみると、VIXが大きく動いた一方で、長期IVは高止まっている（図表6）。

こうした各指標の動きからは、①国民投票前には、EU 離脱案が否決される可能性が相応に高いとみられていた中であっても、想定外の事象が株価の急落を招くテールリスクが強く意識されていたこと、②国民投票後には、先進国の金融緩和継続観測の強まり等が市場の動揺を抑えるもとも、株価が急落するテールリスクは意識され続けていたことが示唆される。また、期間構造からは、③国民投票後しばらくすると、目先の株価変動リスクは急低下したものの、やや長い目でみれば、相応の株価変動リスクが意識され続けたことも窺われる。

2016年11月8日の米国大統領選挙前後の局面では、VIXとSKEWの乖離がよりはっきりとしている(図表7)。即ち、(1)大統領選挙以降、株価が大幅に上昇しVIXが低下する中であってもSKEWは上昇傾向を辿り、(2)とくに1月20日の大統領就任式前には、VIXが大幅な動きを示さない中で、SKEWは、英国国民投票直後を幾分下回る高水準まで上昇した。IVの期間構造をみても、長期IVは相対的に高めの水準を維持した。こうした各指標の動きは、大統領選挙後の局面において、目先の株価変動リスクは小さいとの見方が支配的な中であっても、株価が急落するテールリスクや、やや長い目でみた株価変動リスクが相応に意識され続けていたことを示唆している。

このようにSKEWやIVの期間構造を用いて多面的に事象を捉えることによって、VIXのみを用いる場合と比べて、より仔細に市場参加者のリスク認識の特性を把握することが可能になると考えられる。

わが国の市場における不確実性指標

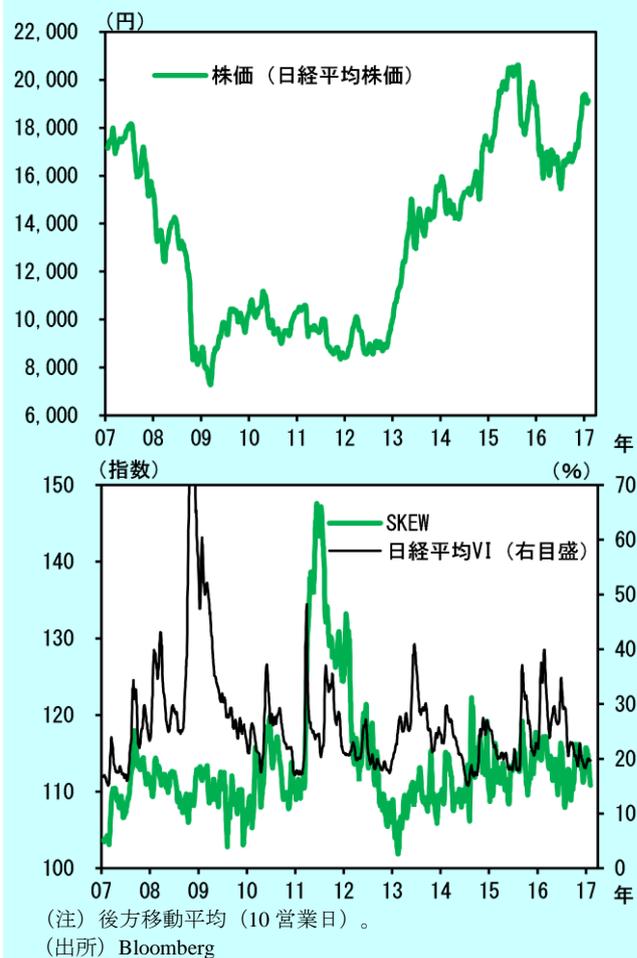
わが国の株式市場についてはSKEWに相当する指標は現段階で公表されていないため、オプション市場から類似の指標を計測し、簡単にその特徴を整理する。また、わが国の長期金利についても、予想変動レンジの動きから短期IVでは捉えられないリスク認識の特性を把握することを試みる。

(本邦株式市場)

わが国の株式市場のSKEWを、Bloomberg上のオプション価格データから作成可能な2007年以

降についてみると、殆どの期間において110前後で安定しており、リスク認識の偏りは小さい(図表8)。

【図表8】本邦株価の短期IV(日経平均VI)とSKEW



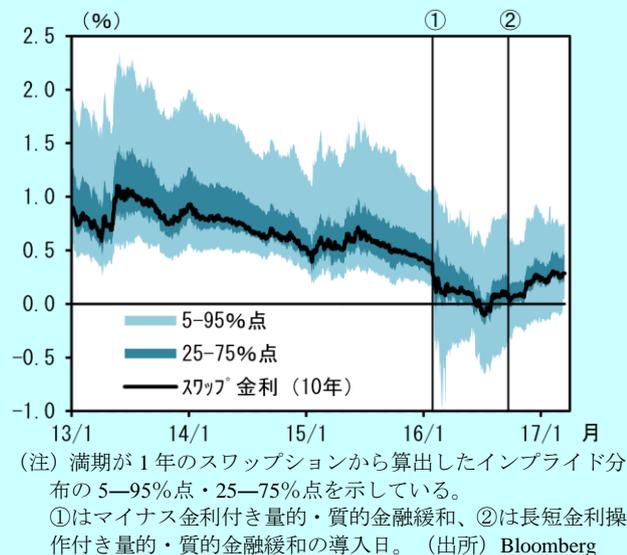
こうした中で例外となっているのが2011年春から2012年半ばにかけての東日本大震災後の時期である。SKEWは震災後に急騰した後、暫く高水準で推移した。これは、同時期に、わが国経済の先行きについて悲観的な見方が強まり——2008年の世界的な金融危機時と比べると短期IVの上昇幅は小幅にとどまったが——株価が更なる低水準にまで急落するテールリスクが強く意識されたことを示唆している。

(本邦長期金利)

長期金利については、金利水準との対比が容易であるスワップのオプション(スワップション)を用いて、インプライド分布の歪みを計測する¹⁰。ただし、わが国の長期金利に対する分布の形状は全体として、2016年1月のマイナス金利導入以降、大きく変化しており、前述のようにSKEWという

指標で特徴を捉えることは困難である。そこで、代替的に、オプション価格が内包する長期金利水準の「予想変動レンジ」をもって、市場参加者のリスク認識の偏りを確認することとする(図表9)。

【図表9】本邦長期金利の予想変動レンジ



1年後の長期金利の予想変動レンジをみると、①2016年1月のマイナス金利政策の導入以前は、金利上昇リスクが意識されていた一方、長期金利がゼロ%近傍まで大幅に低下する可能性はかなり低いとみられていたことが窺われる。これに対して、②マイナス金利政策導入後の予想変動レンジをみると、非対称性が急速に低下し、長期金利がマイナス圏内まで低下する可能性が意識される形状に変化した。また、③2016年9月の長短金利操作の導入以降は、長期金利低下方向への警戒感が再度後退したことも示唆されている。

このように長期金利についても、短期IVだけでは捉えられない有益な情報が、予想変動レンジから抽出可能である。ただし、わが国のスワップション市場では市場参加者、とくに行使価格が現在の金利水準から大きく離れたスワップションを取引する主体は限られており、スワップション価格が市場参加者全体の見方を必ずしも反映しない可能性がある点には留意する必要がある¹¹。

まとめ

本稿では、従来の短期IVを補完しうる指標として、リスク認識の偏りを示すSKEWや長期的にみた価格変動リスクの大きさに対する認識を示す長期IVといった概念を紹介した。

テールリスクや長期的なリスクに対する市場参加者の認識は、不確実性の分析に通常用いられる短期IVには反映されにくい。SKEWや長期IVといった諸指標を——その限界や特性を十分に理解した上で——併せて用いて分析することにより、市場参加者のリスク認識の特性より多面的に把握することが可能になるといえる。

¹ ブラック・スワンとは、そもそも「あり得ないもの」を表す言葉であり、金融市場では「発生する可能性は低けれども、発生すれば甚大な影響を及ぼすリスク」という文脈で用いられることが多い。詳しくは下記を参照。

Taleb, Nassim, *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*, Random House, New York, 2007.

² 下記の論文では、金融機関が(リスク認識の偏りを反映しやすい)長期的にみたリスクに十分な注意を払わなかったことが、国際金融危機に繋がった可能性を指摘している。

Engle, Robert, “Long-Term Skewness and Systemic Risk,” *Journal of Financial Econometrics*, Vol. 9, No. 3, 2011.

³ 本稿では、下記の論文を参考に、オプション価格(ボラティリティ・スマイル)からインプライド分布を算出している。

Malz, Allan M., “A simple and Reliable Way to Compute Option-Based Risk-Neutral Distributions,” Federal Reserve Bank of New York Staff Reports No. 677, 2014.

⁴ BSIVは行使価格毎に異なる値となるため、モニタリング上、どの行使価格のBSIVを用いるかを定める必要がある。実際には、米国株のVIXや本邦株の日経平均VIといった特定のモデルを前提としないMFIV(Model Free Implied Volatility)が利用されることが多い。これらは、ボラティリティ・スマイルから算出したインプライド分布の標準偏差とほぼ一致する。こうした観点から、本稿では、長期IVをインプライド分布の標準偏差で計算している。MFIVのより詳細な説明は、下記を参照。

平木一浩、福永一郎、「最近のVIX(恐怖指数)と各国金融市場のボラティリティ指標」、日銀レビュー、2012-J-2

⁵ 歪度(skewness)とは、平均回りの3次のモーメントを標準偏差で標準化した指標であり、分布が左右対称であれば、歪度は0となる。

⁶ CBOEのSKEWの算出方法の詳細については、下記のCBOEによるホワイトペーパーを参照。

<http://www.cboe.com/micro/skew/documents/skewwhitepaperjan2011.pdf>

⁷ 為替市場で用いられるリスク・リバーサル(行使価格がATMから同程度離れたOTMのコールオプションとプットオプションのBSIV差)も、相場変動に対する市場参加者の見方の偏りを示す。リスク・リバーサルとの対比でみると、SKEWは、①分布全体の情報を用いており、よりテールリスクを反映しやすい、②IVの水準の影響を受けない、といった特徴がある。直観的には、SKEWはリスク・リバーサルをIVで割り込んだものに近い概念である。リスク・リバーサルのより詳細な説明は、下記を参照。

加藤晴子、福永一郎、山田健、「リスク・リバーサルからみた為替変動へのリスク認識」、日銀レビュー、2012-J-14

⁸ こうした観点から、前述のMalz(2014)などでは、株価の大幅下落確率自体をテールリスク指標の1つとして提案している。

⁹ 本稿では、IVの期間構造分析は、長期のオプションが相応に取り込まれている米国株式市場に限定して行う。

¹⁰ 株価については、株価収益「率」をベースにインプライド分布を計測したが、長期金利については、金利変化「率」ではなく、金利変化「幅」についてインプライド分布を計測している。これは、株価がゼロ以下にならないのに対して、長期金利はマイナスになりうることなどに対応している。

¹¹ こうした点を踏まえると、スワップションから算出した予想変動レンジを、市場参加者に対するサーベイ等と併せて評価するこ

とも有用であろう。例えば、各社が行っている先行きの長期金利水準に関するサーベイで市場参加者の回答のバラつきをみると、スワップションから抽出した予想変動レンジと同様、マイナス金利政策導入以降、金利低下方向をみる向きが大幅に増加したことが確認できる。

日銀レビュー・シリーズは、最近の金融経済の話題を、金融経済に関心を有する幅広い読者層を対象として、平易かつ簡潔に解説するために、日本銀行が編集・発行しているものです。ただし、レポートで示された意見は執筆者に属し、必ずしも日本銀行の見解を示すものではありません。

内容に関するご質問等に関しましては、日本銀行金融市場局総務課市場分析グループ（代表 03-3279-1111）までお知らせ下さい。なお、日銀レビュー・シリーズおよび日本銀行ワーキングペーパー・シリーズは、<http://www.boj.or.jp> で入手できます。