

オプション市場から見た震災後のわが国金融市場の動向

金融市場局 平木一浩

Bank of Japan Review

2011年6月

本年3月に発生した東日本大震災は、実体経済のみならず金融市場にも大きな動揺をもたらした。震災翌週の3月15日に、日経平均株価はリーマン・ショック以降最大となる1,000円を超える下げ幅を記録したほか、円相場は対ドルで一時史上最高となる76円台に急伸し、主要国は協調介入を行なった。本稿では、株式・債券・外国為替（ドル/円）の3市場について、オプション価格から得られる将来時点の価格の確率分布（インプライド分布）を抽出し、震災が各市場の期待形成に与えた影響を分析した。分析結果からは、震災の影響は、先行きの平均的な価格見通しだけではなく、市場ごとの固有の状況を反映しつつ、見通しのばらつきや歪み（テイルリスクなどの不確実性に対する市場参加者の認識）にも及んだことがわかった。

はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、わが国の金融経済に甚大な影響を与えた。実体経済面では、生産設備の毀損や電力供給の制約などから、生産面を中心に大きな下押し圧力が発生した。金融市場においても、わが国経済の先行きを巡る不透明感の高まりにより、投資家のリスク回避姿勢が強まったことなどを背景として、各種金融資産価格は大きく変動した。

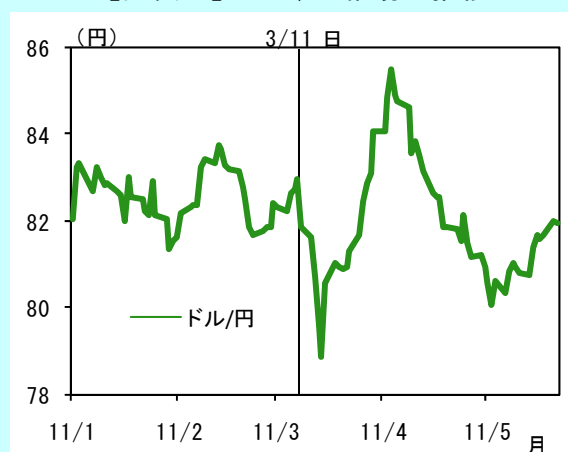
震災直後の動きを市場別に確認すると、まず、日経平均株価は、地震・津波被害の全容把握に時間を要するなか、震災によって発生した原子力発電所の事故や急激な円高を背景に大きく下落し、3月15日には、1日の下落幅としてはリーマン・ショック以降最大となる1,015円安を記録した（図表1）。国債利回りも、震災直後に低下したが、その変動幅は株価などに比べると、小幅なものにとどまった。この間、為替市場も震災の影響を大きく受けた。通常、大規模自然災害が発生した国の通貨は下落するケースが多いと考えられるが<sup>1</sup>、ドル/円相場については本邦金融機関が保有する対外資産の売却（レパトリエーション）を巡る思惑などから円が買われる展開となり、3月17日には円は対ドルで一時、史上最高値となる76円25銭まで急伸した。こうした急激な円高の動きを受

【図表1】 株価・長期金利の推移



(出所) Bloomberg

【図表2】 ドル/円相場の推移



(出所) Bloomberg

け、3月18日には主要国による円売り協調介入が行われた。

このように、震災後、金融資産価格は大きく変動したが、震災の影響は、こうした表面的な資産価格の変化だけでは捉えきれない、将来の価格に関する分布のばらつきや偏り、市場参加者のテールリスク認識にも波及したと考えられる。こうした点を確認するため、本稿では、基本的な金融派生商品（デリバティブ）の一つであるオプション価格を用いて、市場参加者の期待形成が今回の震災によって、どのような影響を受けたかを考察する。

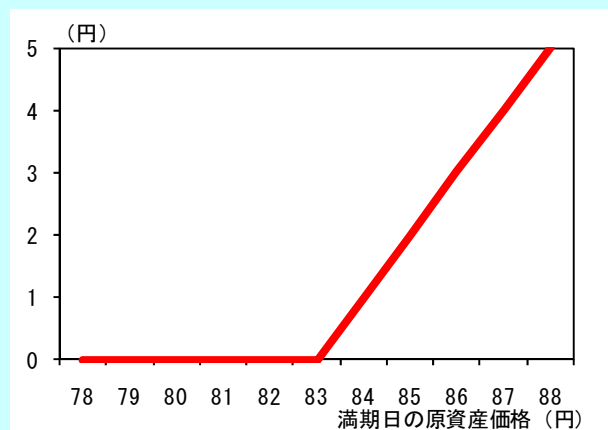
## 分析手法の概要

ここではまず、オプションの価格データを用いて、市場参加者が予想する将来時点の（原）資産価格の確率分布（インプライド分布）を導出する方法について、直感的な説明を行う<sup>2</sup>。

オプションとは、特定の資産（例えばドル）を特定の価格（行使価格）で購入（コール・オプション）または売却（プット・オプション）できる権利のことである。特に、ある特定の1日（満期日）にのみ権利行使が可能なオプションは、ヨーロピアン・オプションと呼ばれる<sup>3</sup>。例えば7月4日満期の行使価格83円のドル/円・ヨーロピアン型コール・オプションとは、7月4日に83円でドルを購入できる権利であるので、7月4日のドル/円のスポット価格が83円より円安であればオプションを行使することで、利益を得ることが可能となる。一方、7月4日のドル/円のスポット価格が83円より円高であれば、オプションを行使しても利益は得られないので、オプションの権利を放棄すればよい。従って、このコール・オプションの利益（ペイオフ）は図表3のように表わされる。

このように、ある時点におけるオプション価格は、単純化して言えば、権利行使価格と満期日における対象資産の予想価格の分布によって決定される<sup>4</sup>。従って、もし多くの権利行使価格に対するオプションが取引されていれば、これら1つ1つのオプション価格と整合的な満期日の資産価格の確率分布（インプライド分布）を導出することができる。

【図表3】コール・オプションのペイオフ



本稿では、こうした考え方にに基づき、わが国の株価、債券価格およびドル/円相場について、市場参加者が予想する将来時点の価格の確率分布を求め、それが震災の前後でどのように変化したのかを考察する。具体的には、株価については6月限物の日経225オプション価格、債券価格については6月限物の長期国債先物オプション価格、ドル/円相場については期間3カ月のドル/円オプションの店頭価格を利用した。満期日については、①震災から数カ月先の見通しを把握する、②上場デリバティブである日経225オプション・長期国債先物オプションは、震災前後の時期においては6月限月物が流動性などの面で優れている<sup>5</sup>、といった点を踏まえ、6月頃の分布となるようデータを選んだ。

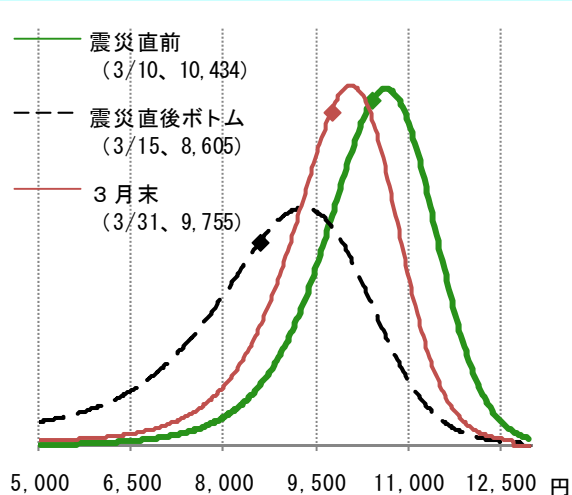
## 分析結果

ここでは、オプション価格を用いて導出されたインプライド分布の推移を、特に震災前後の変化に焦点をあて、株価・債券価格・ドル/円相場の順に考察する。

### （株式市場）

日経平均株価のインプライド分布について、まず、震災前後におけるそれぞれの分布のモード（分布の山のピーク）に着目すると、震災直後の日経平均最安値を記録した3月15日に大きく左方にシフトし、その後3月末にかけて右方へ幾分戻す動きを示した。こうした推移は、原子力発電所における事故発生や一時的な円高加速を受けた、日経平均株価の急落と、その後の緩やかな持

【図表 4】日経平均のインプライド分布



(注) 凡例の数値およびグラフの点は終値を示す。

(出所) Bloomberg

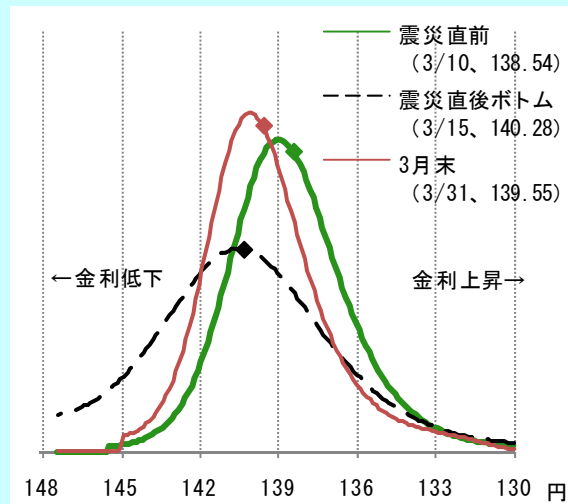
ち直しの動きに概ね沿ったものであるといえる (図表 4)。

次に、グラフの左右の拡がりや左端の裾の厚さに注目してみよう。まず、震災直後の 3 月 15 日の分布を見ると、震災前と比べ、分布が左右に拡がった姿となっている。これは、市場参加者が意識する、先行き (満期日時点) の株価に関する不確実性が、高まっていたことを示している。さらに、同日の分布は、震災前に観察された分布の形状と比べ、左側の裾が厚くなっているが、これは市場参加者が日経平均株価の急落といった下方リスクをより強く意識していたことを表している。原発事故の帰趨や先行きの経済見通しに関する不確実性が増すなか、リスク回避度を高めた投資家は、日経平均株価の下落から示唆される以上に、ダウンサイドリスクに対する警戒感を強めていたと考えられる。もっとも、その後、日経平均株価が 9,000 円台後半まで回復するなかで、左方への歪みも緩やかに解消していった。この間、日本銀行がリスク性資産を中心に金融資産の買入額を増額したことにより、金融市場における安心感を醸成したこともあって、下方リスクに対する強い懸念が徐々に後退していったことが窺われる。

#### (債券市場)

前述の通り、長期金利は、震災直後に低下したものの、株価や為替に比べればその変化は小幅で

【図表 5】債券先物のインプライド分布 1



(注) 凡例の数値およびグラフの点は終値を示す。

(出所) Bloomberg

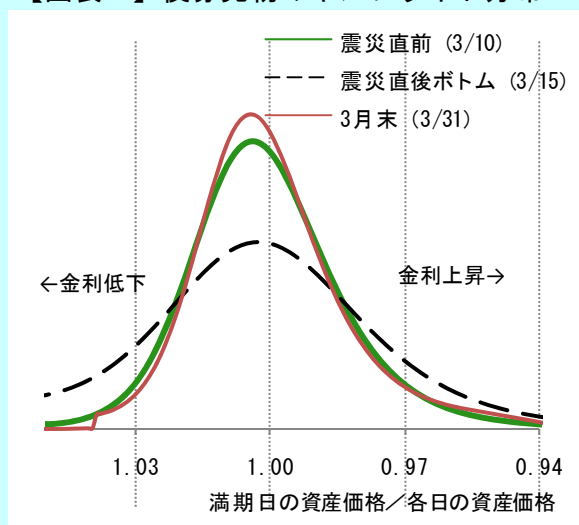
あった。この背景として、市場からは、震災が年度末月に重なったことや、先行きの不透明感の高まりなどから、投資家が債券売買をひとまず控えたことが背景にあるといった指摘が聞かれた。実際、債券先物のインプライド分布を確認すると、震災直後、金利低下を意味する左方へのシフトが確認できるものの、その幅は株式と比べると小幅なものにとどまったといえる (図表 5)。

もっとも、分布のばらつきや歪みに着目すると、表面上の利回りの動きのみからは確認できない、市場参加者が抱くリスク認識の変化が示唆される。まず、震災直後には、分布が左右両方向に大きく拡大した。これは、経済見通しの悪化に伴う金利低下方向のリスク認識のみならず、先行きの震災復興対応が財政悪化 (金利上昇) をもたらす可能性も意識されていたことを示唆している。

さらに、グラフの右裾に着目すると、震災前後でその形状が殆ど変化しなかったことがみとれる。これは、市場参加者の平均的な見方は金利低下方向にシフトしたものの、震災対応に伴う先行きの金利上昇というテイルリスクに関して、市場参加者の意識がより高まったことを窺わせる。この点をより正確にみるため、債券価格の乖離率を横軸に取って分布を書き直して、テイルリスクを比較してみると、金利上昇リスクを表わす右裾の厚みの増加が明確に確認できる<sup>6</sup> (図表 6)。

このように、インプライド分布の変化をみると、

【図表6】債券先物のインプライド分布2



(注) 横軸は各日の資産価格からの乖離率を示す。

(出所) Bloomberg

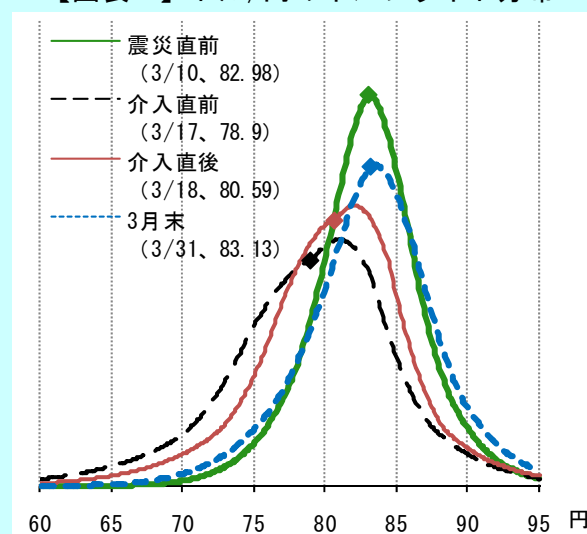
震災をきっかけとして、債券市場の参加者が金利の低下と上昇の双方向のリスクを強く意識していたことが分かる。実際、市場参加者からは、「景気の下押しによる長期金利水準の低下」を先行きのメインシナリオとして挙げる声が聞かれた一方、「巨額の復興支出が、すでに高水準にある本邦の公的債務残高をさらに増加させ、先行きの金利上昇リスクが高まっている」との指摘も聞かれた。さらに、震災直後には、実体経済の被災程度や復興支出の規模に高い不確実性があったことも、テイルリスクへの警戒感を増幅させたと考えられ、ここでみたインプライド分布の変化と整合的である。その後、4月初までに国債の増発を伴わない形で一次補正予算の大枠が固まったほか、復興財源としての増税議論が始められたことなどをを受けて、本稿の分布が想定する6月までの間に、債券需給や財政が悪化する懸念は大幅に後退した。これにより、テイルリスクへの警戒感が後退していったことも図表6よりみてとれる。

#### (為替市場)

最後に、外国為替市場について、震災および協調介入の前後におけるインプライド分布の変化をみてみよう(図表7)。

震災直後、協調介入が実行される前の期間において、円相場は対ドルで76円台にまで急伸した。これに伴い、インプライド分布も、円高を表わす左方向へシフトした。更に、左右の裾の厚さに関

【図表7】ドル/円のインプライド分布



(注) 凡例の数値およびグラフの点は各日のNY時間終値を示す。

(出所) Bloomberg

しても、それ以前の分布の形状と比べ、左側が厚くなったことが確認できる。これは、市場参加者が、先行きの円急騰リスクに対する認識を強めていたことを意味する。

円相場の急騰を受け、3月18日に円売り協調介入が行われた。これを受けたインプライド分布の変化をみると、まず、協調介入をきっかけとして、それまでの左方シフトから、円安を意味する右方への分布シフトがみられた。こうした動きは介入後も続いたことから、協調介入は、それまでの円高進行の流れを反転させる方向に作用したことが確認できる。さらに、分布の歪みをみると、左側の裾の厚さが解消に向かっており、一段の円急騰に対する警戒感が、介入をきっかけとして、徐々に後退していったことが示唆される。

#### ボラティリティ指標による3市場の比較

Chicago Board Options Exchange (CBOE) では米国株式のボラティリティ指数であるVIX (Volatility Index) を上場している。VIXは市場に大きなショックが起きた時に急上昇する性質があり、市場参加者からは投資家のリスク回避姿勢の度合いを示す「恐怖指数」として言及されることが多い<sup>7</sup>。VIXはオプション価格から一定の方法を用いて計算されたものであり(詳細はBOXを参照)、本稿で採用したインプライド分

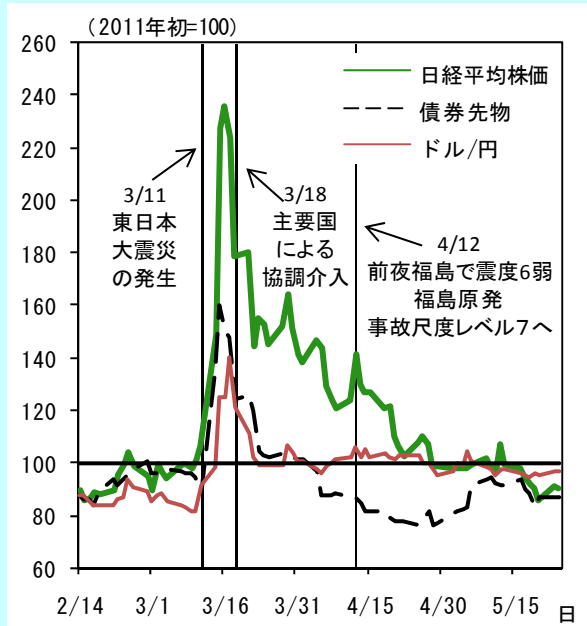


布の導出手法を用いると、同時にVIX型のボラティリティ指標を算出することも可能となる。以下ではこのVIX型ボラティリティ指標を用いて、株式・債券・為替の3市場の変化を比較してみよう。

図表8は2011年初を100とした3市場のボラティリティ指標の推移である<sup>8</sup>。3市場とも震災が発生した直後の3月14日週に、それまでの水準の1.5倍から2倍超のボラティリティ水準に大きく跳ね上がった。このうち、株式市場および債券市場のボラティリティ指標は、原発事故の深刻化を受けて、3月15日から16日にかけて最高値を付けた。一方、為替市場のボラティリティ指標は、介入直前の急激に円高が進行した3月17日に最高値を付けたが、協調介入後は低下し、これが好感される形で、株式・債券市場も落ち着きを取り戻していった<sup>9</sup>。

債券・為替については、3月末までには、ボラティリティ指標が震災前の水準に復していったが、株式市場のボラティリティ指標の低下ペースは緩やかであり、4月12日にはいったん上昇している。これは、東北地方において比較的大きな余震が発生したことや、福島原発の事故尺度の引き上げといったイベントに反応したものと考えら

【図表8】ボラティリティ指標の推移



(出所) Bloomberg

れる。市場規模や市場参加者の特性が異なるため単純比較が難しい点是否定できないが、震災直後のボラティリティ指標の跳ね上がりの大きさも考え併せると、震災関連のイベントに対する警戒感の高まりは、リスク資産である株式市場においてもっとも顕著にみられたとすることができる<sup>10</sup>。

### BOX VIX型ボラティリティ指標の概要

オプションの価格は、オプション契約時点から満期時点までのボラティリティによって決まる。このため、市場に多数の行使価格のオプションが取引されている際に、それらの価格からボラティリティに関する情報を抽出する方法が研究されてきた<sup>11</sup>。VIX型ボラティリティ指標は、あらゆる行使価格のオプション価格を利用したものであり、以下の特徴を持つ。

- ① 全ての行使価格のオプション価格を利用しているため、テイルリスク等を取り込んだ指標である
- ② VIX指標（正確にはVIX指標の2乗）はオプション取引を通じて実際に複製することができる
- ③ VIX指標はBlack-Scholesモデルなど特定のモデルを仮定しなくても成り立つ指標である<sup>12</sup>

米国株については、CBOEがS&P500オプションの価格からVIXを算出・上場している。日本株については、日本経済新聞社が日経225オプションの価格を元にVIXと同様の手法で、「日経平均ボラティリティ・インデックス」を算出している。

本稿のインプライド分布算出手法では、算出過程において任意の行使価格のオプション価格の推定値が求められるため、これを利用してVIX型のボラティリティ指標を算出した。なお、VIXは、上場商品であるものの、市場取引されているS&P500指数オプションの価格からある一定の方法に基づいて算出されているものであり、売買動向によって価格が決定される他の上場商品とは異なった性質を持つ点には、注意が必要である。

## おわりに

本稿では、オプション価格を用いて、市場参加者の予測する将来時点の株価・債券価格・ドル/円相場のインプライド分布を求め、震災がこれらの金融市場に与えた影響を分析した。株式市場においては、震災直後に下方リスクへの警戒感が急激に高まったものの、その後、そうしたリスク認識は徐々に減じていった。こうした動きの背景には、日本銀行が、震災後、リスク性資産を中心に金融資産の買入額を増額したことにより、金融市場における安心感を醸成したことも寄与したものとみられる。債券市場については、震災直後の国債利回りの動き自体は、相対的に小動きであったが、インプライド分布からは、市場参加者が先行きの長期金利の上昇・低下双方に対するリスク認識を相応に強めていた点が確認された。為替市場については、震災直後の急激な円高によって、いったんは円急騰のテイルリスクが意識されたものの、協調介入をきっかけとして、そうしたリスクに対する警戒感は低下していった。

以上でみたように、インプライド分布を観察することによって、先行きの平均的な価格見通しだけではなく、テイルリスクなど不確実性に対する市場参加者の認識を把握することが可能となる。また、ヒストリカル・ボラティリティなどと異なり、フォワード・ルッキングな指標であるため、政策当局の対応が市場参加者の将来予測にどのように働きかけたかを考察するうえでも、有益な情報を提供するツールとなりうる。こうした点を踏まえると、市場参加者のリスク認識の変化を分析するうえで、こうしたインプライド指標の重要性はさらに高まっていくと考えられる。

<sup>1</sup> 例えば、2011年2月22日に発生したニュージーランド地震では、当日ニュージーランドドルは米ドルに対して2%以上下落した。

<sup>2</sup> インプライド分布の導出法についてのより詳細な説明については、菊池健太郎、「金融危機以降の米国短期金融市場における期待形成—金利キャップを用いたインプライド確率分布に基づく分析—」、日銀レビュー、2010-J-16等を参照。

<sup>3</sup> これに対し、定められた最終取引日までの任意のタイミングで権利行使が可能なオプションをアメリカン・オプションと言う。

<sup>4</sup> 正確にはこの確率分布は「リスク中立確率分布 (risk-neutral measure)」と呼ばれ、現実世界の確率分布

(physical measure)に市場参加者のリスクへの姿勢を調整したものとなる。

<sup>5</sup> 取引所上場デリバティブは、取引を集中させることで流動性を高め、取引者の利便性を向上させるために、3月・6月・9月・12月限月物の取引期間を長く設定することが多い。このため、これらの限月の価格データの信頼性が相対的に高いことが知られている。

<sup>6</sup> オプションの行使価格を(原)資産価格で割ったものはマネーネス (moneyness) と呼ばれる。インプライド分布はオプション価格から算出されていることに留意すると、図表6はマネーネスを基準に、異なった日のインプライド分布を比較している、と解釈することができる。

<sup>7</sup> VIXは通常20前後で推移するが、リーマン・ショック後の2008年11月には80を超える値を付けたほか、2010年5月のギリシャ・ショック時にも急騰した。

<sup>8</sup> 為替オプションは期間3か月である一方、株式・債券オプションは限月が固定されている。ここでは株式・債券のボラティリティ指標について、比較のためVIXや日経平均ボラティリティ指数と同様の手法により、90日間のボラティリティ指標となるよう正規化している。

<sup>9</sup> 債券先物のボラティリティ指標が4月に入り低下しているが、年度末から新年度にかけての季節要因もその一因として考えられる。

<sup>10</sup> 今回の震災に限らず、経済イベントやショックに対して各資産のボラティリティが異なった反応を示すことがある。この背景について整理することは重要であると考えられるため、別途研究を進めている。

<sup>11</sup> 1990年代に、オプションの保有を通して、原資産の将来の実現分散を複製するバリエーション・スワップ (Variance Swap) と呼ばれるデリバティブに関する研究が進んだ。VIX型ボラティリティ指標は、この一連の研究に基づくものである。主要論文として、Neuberger (A. Neuberger, "The Log Contract", the Journal of Portfolio Management, 1994), Demeterfi et al. (K. Demeterfi, E. Derman, M. Kamal and J. Zou, "More Than You Ever Wanted To Know About Volatility Swaps", Goldman Sachs Quantitative Strategies Research Notes, 1999)などを参照。

<sup>12</sup> VIX以外のボラティリティ指標としてはアット・ザ・マネー・インプライド・ボラティリティ (IV) が有名である。IVは名前の通り(原)資産価格付近の行使価格のオプションのみのボラティリティ情報を持つものであり、Black-Scholesモデルをもとにした指標である。IVとVIXの比較については、杉原慶彦、「わが国株式市場のモデルフリー・インプライド・ボラティリティ」、日本銀行金融研究所、金融研究、2010を参照。

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 (03-3279-1111 内線 2703) 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。