

先物・オプションマーケット

転換社債のリスク管理

興銀第一フィナンシャルテクノロジー株式会社

山本 毅, 白石 愛

はじめに

日本における転換社債の歴史は古く、第1号は1949年に発行された土佐電気鉄道第1回債、現在の時価転換方式になってからは、1966年に発行された日本通運債が第1号である。債券としての性質と、株式交換オプションとしての性質を併せ持つ転換社債は、最も古い金融ハイブリッド商品と言える。これまで一般向けの解説書等で行われてきた転換社債の評価は、Black-Scholes Modelをベースに、債券部分とオプション部分を分離しそれぞれの価格を足し合わせることで、転換社債の理論価格とするものであった。しかしながら、この考え方はいくつか近似が行われており、その限界を認識しておく必要がある。ひとつは、オプション部分と債券部分が分離可能として評価されている点、もう一つは、転換社債は通常一定の期間内、常時行使可能なアメリカンタイプであるにもかかわらず、株式オプションを便宜的にヨーロピアンで評価している点である。昨今のように、転換社債を発行する際、様々な商品設計上の工夫がなされ、転換価額修正条項のような付加的オプションが付与されると、

この考え方では、こうした条項を織り込んで転換社債の価格を評価することはできない。

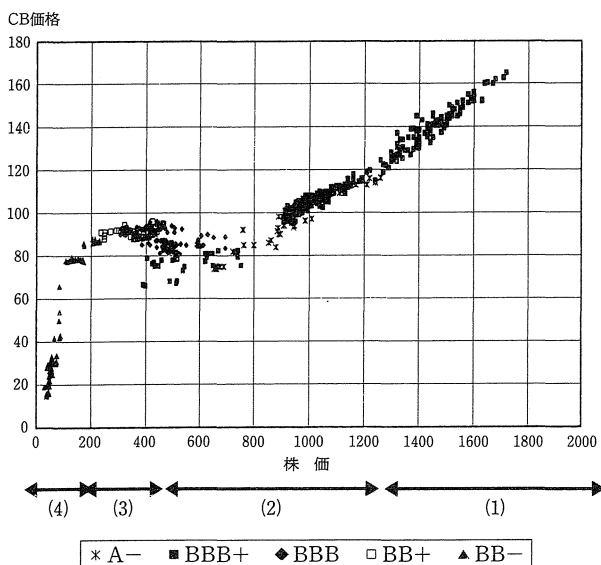
本稿では、CRR Modelを拡張し、株式オプション部分と債券部分とに分離できないアメリカンタイプの商品とする1ファクター数値計算法を用いた。さらに金利の変動、Default確率を織り込むことも可能であるが、相関係数等パラメータ推定は複雑となる。

転換社債のポートフォリオ分析については、回帰分析を用いて、ポートフォリオのリターンとIndexのリターンとを比較する手法が一般的であるが、本稿では、上記モデルとデリバティブのリスク管理手法を用いてDeltaやVega等のリスク指標を計算し、転換社債の仮想ポートフォリオに適用することにより、転換社債のリスク管理手法について考察してみる。さらに、個別銘柄のインプライド・ボラティリティによる転換社債市場の歪み、また修正条項付転換社債評価のリスク管理上の留意点についても考察してみた。

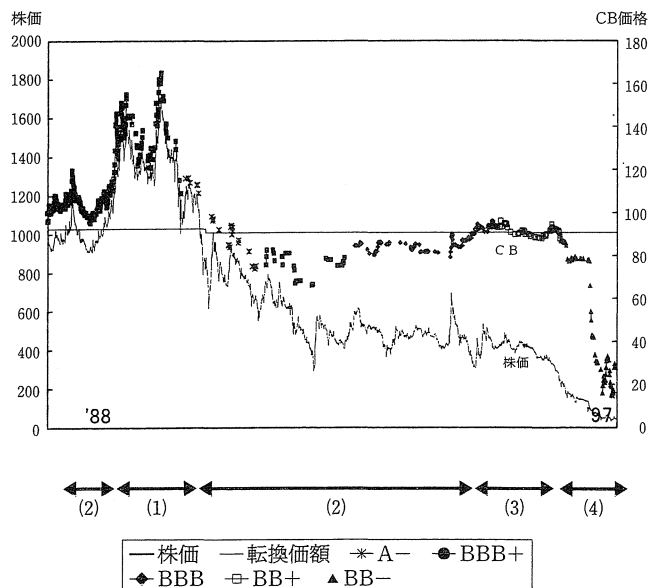
転換社債のリスク管理については、株価、ボラティリティ及び金利等の変動に考慮する必要があり、リスク指標を用いて昨今の金融機関のリスク管理に利用されているVaRをポートフォリオ毎に計算し、市場リスク管理を行うことも応用が可能である。

(注) VaR：近年、国際業務に関わる銀行はVaR(Value at Risk)という新しい経営指標の算出がBISの2次規制により義務づけられた。この指標は現在銀行が持っている金利や為替のリスクが、将来の市場変動でどの程度の損失の可能性があるかを計測

(グラフ1) A社 CB価格と株価の関係



(グラフ2) A社 CB価格推移



したものである。個別商品毎や、ポートフォリオ毎でも計測することができる。例えば「5日後に5%の確率で起こりうるポートフォリオの最大損失額」がVaRとなる。

1. ハイブリッド商品（複合商品）としての転換社債の性質

ここでは、転換社債（以下CB）の性質を、実在するA社の過去10年間の株価、CB価格、格付を用いて分析してみる。

グラフ1はA社の88年から97年までのCB価格と株価との関係を示した散布図であり、グラフ2は、時系列に株価とCB価格を示したグラフである。2つのグラフから、CB価格の特性を(1)~(4)の4つの範囲に分けて考える。

- (1) の範囲は、株価が転換価額を大きく上回る、Deep In the Moneyの状況であり、乖離率はマイナスとなる。この範囲では株価の動きに敏感に反応する。
- (2) の範囲は、株価が転換価額周辺で推移している状況であり、通常のCBとして評価することができる。この範囲ではCB価格は株価だけでなく、ボラティリティの水準にも大きく影響を受ける。
- (3) の範囲は、株価が転換価額を大きく下回る、Deep Out of the Moneyの状況であり、すでに転換権の価値は小さく乖離率はかなりプラスとなる。この範囲ではボラティリティや株価の変動に反応しないが、債券価格のフロアー効果が働いておりCB価格は底硬く推移する。
- (4) の範囲は、格付低下の後、株価の下落、CB価格の下落が観測される。これは、銘柄の信用力低下によるクレジットスプレッドの拡大によるものである。
CB価格は、(1)では株式としての性質、(2)では、通常のCBとしての性質、(3)では債券の性質が強く表れている。(4)では信用力の低い債券としての性質を持っている。

2. 転換社債ポートフォリオのリスク管理

金融商品のリスクを管理していく上では、その公正価

値を認識し、その価値に影響を与えるリスク指標を把握することが重要なポイントとなる。ここではデリバティブのリスク管理に用いられる手法を、国内CB29銘柄より構成された仮想ポートフォリオに適用し、価格変動要因分析を行った。

まず、基準日を98/10/15、99/1/14、99/4/15とし、各基準日における指標を用いてCB市場全体について概観すると、6ヶ月の間にCBの市場価格は上昇し、かつ取引も徐々に活発化していることが解る。

次に、分析対象銘柄として98/10/15時点にてCB終値が存在し、かつインプライド・ボラティリティ（以下IV）が算出される29銘柄を任意に選択し、仮想ポートフォリオを作成した。構成銘柄の業種、格付（R&I）は以下の通りである。（対象銘柄の平均残存年数：4.4年）

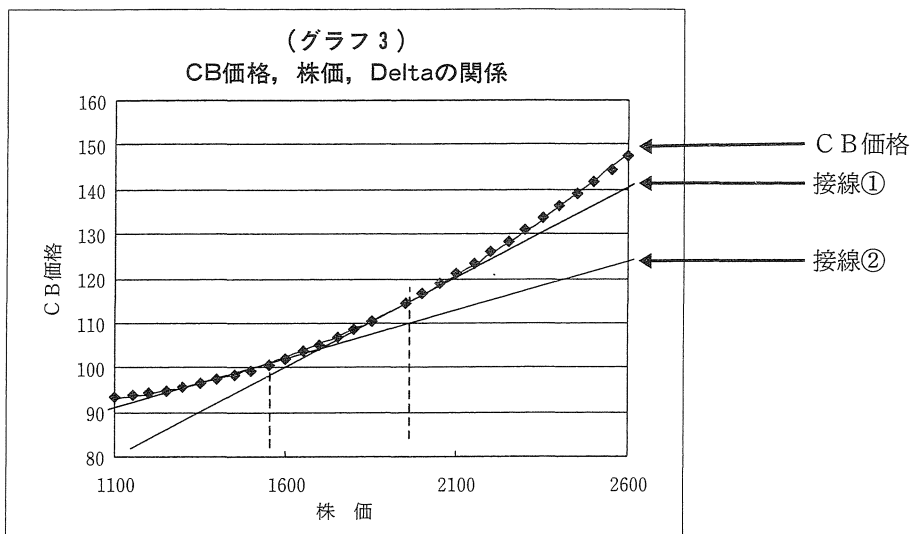
日経36種コード		構成比率	格付け	構成比率
01	食品	6.90%	AAA	3.45%
03	繊維	3.45%	AA+	13.79%
07	化学工業	3.45%	AA	24.14%
21	機械	13.79%	AA-	6.90%
23	電気機器	34.48%	A+	17.24%
27	自動車	10.34%	A	6.90%
31	精密機器	6.90%	A-	17.24%
33	その他製造業	3.45%	BBB-	6.90%
41	建設	3.45%	BB+	3.45%
43	商社	6.90%		
57	陸運	3.45%		
63	倉庫・運輸連	3.45%		

この仮想ポートフォリオの市場リスクを考える上で、上述のモデルより計算されるリスク指標を活用する。具体的には、リスク指標によりCBに内包する市場リスクを分解し、銘柄毎に株価変動や金利変動、IVの変動によってCB価格がどの程度変化するかを把握する。その上で、実際にそれぞれの市場価格が変化した場合に、ポートフォリオ全体にどの程度の影響があるかを計測する。

リスク指標と分析における各変動要因との関係については、Delta+Gammaを株価要因、Vegaをボラティリティ要因として考えることができる。株価が1%変化した時のCB価格変化率をDeltaとする。これは株価への連動

各基準日におけるCB指標

	Quick 平均 (円)	単純平均 (円)	直利平均 (%)	値付率 (%)	乖離率平均 (%)	パリティ平均 (%)
98/10/15	479.23	97.24	1.74	60.75	214.71	49.01
99/1/14	492.13	99.41	1.68	57.73	201.57	53.33
99/4/15	532.93	107.85	1.48	68.61	120.15	68.07



度合いを示す指標で、例えば、In the Money(以下ITM)の状況では、株価と同様の動きをすることを意味する1に近づき、Out of the Money(以下OTM)の状況では、株価に無関係となる0に近づく。グラフ3の緩やかなカーブは株価が変化した時のCB価格の変化を表しており、接線②の傾きが株価1580円時のDeltaである。また、株価が1%変化した時のDelta変化率をGammaとする。グラフ3で株価が2000円に変化すると接線①の傾きが新たなDeltaとなり、接線②の傾き(Delta)とは異なる。このように株価とCB価格の非線型性を説明する要素がGammaである。株価のボラティリティが1%変化した時のCB価格変化幅をVegaとする。At the Money(以下ATM)の状況で最大値をとり、ATMを離れるに従い、0に近づく。例えば、Deep ITMの状況であれば、株価の影響度が非常に強いいため、またDeep OTMの状況であれば、オプション価値がほとんどないため、ボラティリティを変化させてもCB価格には影響しない。

作成した仮想ポートフォリオについて99/4/15時点に

・98/10/15 ~ 99/4/15における
CBポートフォリオの要因変化

	変化率	構成比率
株価	13.80%	75.16%
ボラティリティ	4.16%	22.66%
金利	-0.72%	-3.92%
クレジットスプレッド	-0.002%	-0.01%
時間	0.18%	0.98%
クーポン	-0.64%	-3.49%
その他	1.58%	8.62%
計	18.36%	100.00%

て、過去6ヶ月、及び3ヶ月間のCBポートフォリオの価格変動要因分析を行った。その結果、98/10/15~99/4/15ではCBポートフォリオ全体は18.36%上昇した。そのうち、株価要因(株価が変化したことによるCB価格への影響度)は13.8%、ボラティリティ要因(ボラティリティが変化したことによるCB価格への影響度)は4.16%である。また、99/1/14~99/4/15ではCBポートフォリオ全体は12.26%上昇し、そのうち株価要因は10.38%、ボラティリティ要因は1.16%である。つまり、CB価格への影響度は株価要因が70%を超えており、ボラティリティ要因が10%~20%強となっている。

これらの要因の中でCB価格への影響が高い、株価、ボラティリティについて詳細に分析を行う。

(1) 株価要因 (Delta+Gamma)

ここでは、株価変動に対するCB価格の変動リスクについて考える。

以下の表は、過去6ヶ月、及び3ヶ月間における、対

・99/1/14~99/4/15における
CBポートフォリオの要因変化

	変化率	構成比率
株価	10.38%	84.67%
ボラティリティ	1.16%	9.46%
金利	0.81%	6.61%
クレジットスプレッド	0.33%	2.69%
時間	0.02%	0.16%
クーポン	-0.52%	-4.24%
その他	0.08%	0.65%
計	12.26%	100.00%

注) クレジットスプレッドとは銘柄別の信用リスクのことであり、ここではLibor over spreadを用いている。

象銘柄の株価、日経平均、TOPIXの変化率を算出した結果である。全般的に株価は上昇しており、この株価上昇がCBポートフォリオに対してどの程度影響があるのか考察する。

	対象銘柄株価平均	日経225	TOPIX
98/10/15→99/4/15	38.19%	28.71%	36.51%
99/1/14→99/4/15	29.12%	21.75%	25.05%

両期間において、日経225やTOPIXの変化率と、CBポートフォリオの株価要因を比較すると、株価が上昇した程CB価格は上昇していない。これは、98/10/15時点ではパリティが100以下の株価連動度合いの低下した銘柄が多いことが最大の原因である。(10/15時点の対象銘柄のパリティ平均：79.3%)

ここで、CBポートフォリオ対象銘柄のDelta, Gammaを用いて、CBポートフォリオに内包されている株価変動に対するリスクについて考察してみる。

次の表は、各基準日における対象銘柄のDeltaとGammaの平均である。

	98/10/15	99/1/14	99/4/15
Delta	0.3123	0.4646	0.5639
Gamma	0.0010	0.0080	0.0080

まず、98/10/15から99/1/14にかけて対象銘柄のDeltaの変化を観察すると、多くの銘柄でDeltaの値が上昇しており、CBポートフォリオのポジションが株価変動に対しより敏感に(リスクが大きくなる)なっていることが定量的に把握できる。次に、98/10/15、99/1/14時点のDelta, Gammaと、6ヶ月、及び3ヶ月間の株価変動額とを用いて算出されるCBポートフォリオの予想変動額と、実際に算出された株価要因とを比較する。98/10/15～99/4/15では、実際の株価要因はリスク指標を用いて予測される変化により95%説明しており、99/1/14～99/4/15では86%説明している。このことから、Delta, Gammaを用いることにより、株価変動に対して再計算せずにCB価格の変動を推測することが可能であると言える。

(2) ボラティリティ要因 (Vega)

ここでは、ボラティリティ変動によるCB価格の変動リスクについて考察する。

以下の表は、各基準日における対象銘柄のIVの平均と、各基準日における4.4年のヒストリカル・ボラティリティ(以下HV)を業種別に算出した結果である。

・IVと業種別HVの平均

(単位：%)

日経36種コード		98/10/15	99/1/14	99/4/15
01	食品	27.04	27.77	27.70
03	繊維	17.03	17.15	16.80
07	化学工業	35.62	36.08	34.34
21	機械	29.48	30.51	29.98
23	電気機器	30.82	31.64	32.21
27	自動車	38.78	39.86	40.51
31	精密機器	30.06	30.99	31.21
33	その他製造業	32.64	34.43	34.16
41	建設	28.41	28.70	28.53
43	商社	32.63	32.28	32.36
57	陸運	28.18	28.49	28.82
63	倉庫・運輸連	39.61	40.46	40.66
平均		30.86	31.53	31.44
IV		18.72	26.09	26.78

99/1/14、4/15時点のIVは98/10/15に比べ8%程度上昇している一方、株のHVは落ち着いて推移している。98/10/15時点では、株価も低迷しており流動性が低いことなどから、CB市場の歪みがIVに反映されていたと思われる。その後、株価が回復し、CB価格も上昇、取引きされるCB銘柄数の増加により流動性も回復(値付け率の上昇：60.75%→68.61%)したことで市場環境が改善し、HVとの乖離を改善する形で、IVが上昇している。

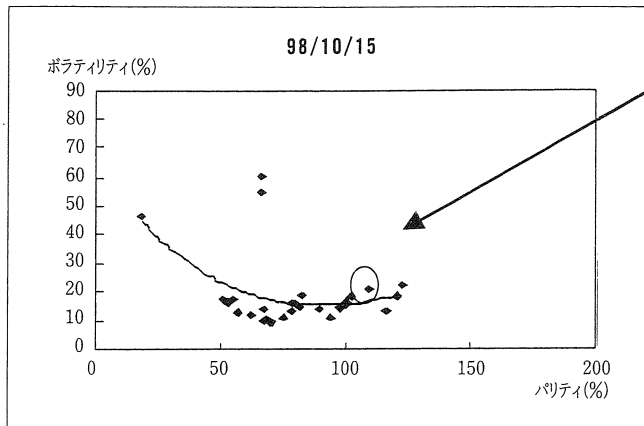
ここで、Vegaを用いて、CBポートフォリオに内包されるボラティリティ変動リスクについて、考察してみる。

以下の表は、各基準日における、対象銘柄のパリティとVegaの平均である。

	1998/10/15	1999/1/14	1999/4/15
パリティ	79.3%	89.1%	106.6%
Vega	0.0765	0.1066	0.1414

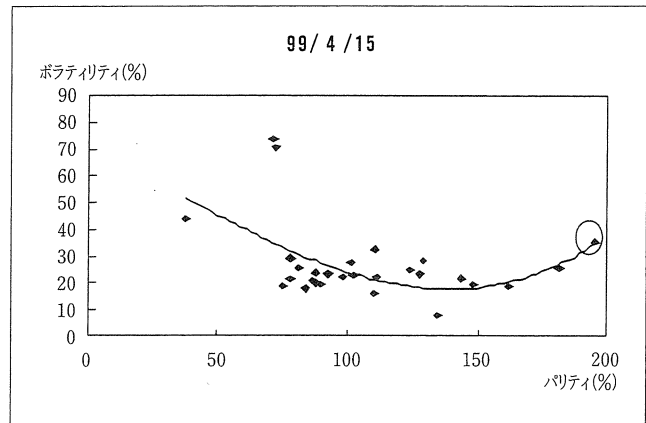
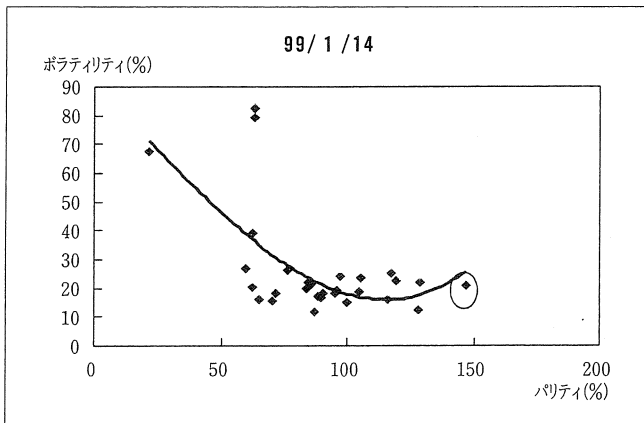
まず、各基準日のパリティとVegaを比較すると、ATMに近づくほどVegaが上昇しており、CBポートフォリオのポジションがボラティリティ変動に対しより敏感に(リスクが大きくなる)なっていることが定量的に把握できる。次に、98/10/15、99/1/14時点のVegaと6ヶ月、及び3ヶ月間のボラティリティの変化幅とを用いて算出されたCBポートフォリオの価格変動予想額と、実際に算出されたボラティリティ要因とを比較する。98/10/15～99/4/15では、実際のボラティリティ要因はリスク指標を用いて予測される変化により89%説明しており、99/1/14～99/4/15では84%説明している。このことから、Vegaを用いることにより、ボラティリティ変動に対して再計算せずにCB価格の変動を把握することができ

(グラフ4)



富士通 8 回債

	パリティ	インプライドボラティリティ
1998/10/15	109.32%	20.88%
1999/1/14	146.89%	20.70%
1999/4/15	195.39%	35.40%



ると言える。

3. 個別銘柄のインプライド・ボラティリティ

仮想ポートフォリオに含まれる対象銘柄のうち、以下の2つの個別銘柄について、ボラティリティに関する考察を試みる。まず同じ個別株 (SONY) を原資産とする商品のIVとHVの比較を行う。さらに富士通8回債の観察を通じて、スマイル構造 (OTMやITMのIVがATMのIVより高くなる現象) について検証する。

①CBと個別株オプションにおけるボラティリティの比較 (SONY5回債)

99/4/15時点にて、対象銘柄のうち個別株オプションも取引されているSONYについて、ボラティリティの比較を行った。

CB 5 回債のIV (残存：2.5年)	株のHV (2.5年)	個別株オプションのIV (期間：2年)
25.41%	35.93%	37.30%

個別株オプションのIVと株のHVとは比較的近いが、これらに比べCBのIVはかなり低い水準にある。これらのボラティリティを単純に比較することはできないが、

CB市場の流動性の欠如や、需給の要因等様々な原因によりCBのIVが低水準になっていると考えられる。このようにCBが割安の状態にある場合は、裁定機会になり得ると考えられ、取引が活発になれば、CBのIV水準と個別株オプションのIV水準の乖離は改善されるものと思われる。

②ボラティリティとパリティの関係 (富士通8回債)

グラフ4は、各基準日における対象銘柄のパリティとIVとの関係を示した散布図である。時間を追って観察すると、株価が上昇することでパリティが上昇した銘柄については、IVの上昇幅も大きくなっており、金利オプション市場や通貨オプション市場にて観測されるようなスマイル構造が確認された。

ここで、富士通8回債の推移を観察すると、パリティ：109.32%→146.89%の時は、IVは横ばいであるが、4/15時点のようにDeep ITMになると、IVも大きく上昇した。この現象は、実際の株価収益率の分布が、正規分布よりもすそ野が広いFat tailと呼ばれる形状をしていることから、OTMやITMの銘柄がATMの銘柄よりも高く評価される傾向にあり、それがIVに反映された形で現れてい

るものと考えられる。

4. 修正条項付CBの評価

今回、数値計算法によるモデルを用いてプレーンなCBの分析をしてきたが、最近発行が相次いでいる修正条項付CBについても、モデルの一部を拡張することで同様に評価・分析ができる。

最近1年間に国内市場で新規に発行されたCBは29件、3,693億円であるが、そのうち13件、1,740億円は修正条項が付与されたCBである。このように、すでに新発債のうち件数で44.8%、金額で47.1%が修正条項付CBである。

こうした修正条項付CBに対して、プレーンなCBとして計算した場合、修正条項の価値だけ割安に評価してしまうことになる。実際、ある下方修正条項付CBについて、株価やボラティリティの条件を同じにし、修正条項を付けた場合とプレーンなCBとして評価した場合とについて算出してみると、以下のような結果となる。

残存期間4年、下方修正条項付CB(4/15時点)

	修正条項を付与して評価	プレーンとして評価
理論価格	111.25	105.88
Delta	0.30838	0.38876
Gamma	0.00101	0.00129
Vega	0.63237	0.67909

理論価格やリスク指標において、修正条項の有無によ

り顕著な差が見られることから、修正条項を適正に評価できるモデルを用いて、リスク管理を行う必要があると言える。

5. おわりに

以上、CBの性質、デリバティブリスク管理手法の応用、市場で観測されるIVについて見てきた。CB理論価格算出モデルより考察したリスク管理においては、以下の4点を強調したい。

- (1) 転換請求期限まで常時転換可能なCB理論価格の算出を行うためには、アメリカンタイプの商品に対応し、かつ債券/株式オプションを一体として評価するモデルの採用が必要である。
- (2) Delta, Gamma等のリスク指標を活用し、将来の株価やボラティリティ等の変動に対するCB価格変動を予測することが可能である。また、2点間の価格変化(実績)に対し各リスク要因毎に分解可能となる。
- (3) 金利、通貨オプション市場に存在するボラティリティのスマイル構造が、CBのIVにも観測されることから、CB理論価格を算出する際には、転換価額と評価時株価との関係により、使用するボラティリティを決定する必要がある。
- (4) 修正条項付CBが新発債の約半数を占めており、修正条項を適正に評価できるモデルを用いて理論価格算出、価格変動要因分析を行う必要がある。

