

本邦のイールド・カーブ 変動パターンの測定(2)

— Were the Curves “Kinky” ? —

高橋 豊 治

目 次

- I. はじめに
- II. イールド・カーブ計測結果
- III. イールド・カーブの共通変動要因
- IV. 終わりに（次号に向けて）

I. はじめに

本稿は、金利リスク・ヘッジも視野に入れて、円 (JPY)、米ドル (USD) 金利スワップ市場と国債流通市場におけるイールド・カーブを計測し、主成分分析の手法を活用することで、もともになる変動要因を集約する高橋 [2017a] での分析範囲を拡張する試みである。前号に続いて¹⁾、円金利スワップ市場の ISDAFIX データの利用可能な期間に注目してさらに追加的な分析を試みるとともに、超長期国債に関する分析も行う。

まず、前号では円金利スワップ市場との対比のために2014年1月24日（実際には1月20日）以前までを対象としていた長期国債の流通市場でのイールド・カーブについても、2014年1月24日（実際には1月20日）までとそ

1) 本稿で前号とは「本邦のイールド・カーブ変動パターンの測定(1)」『商学論纂』第59巻第1・2号（2017年9月）169-200頁を指す。以下同様。

れ以降、そして全期間とに分けて分析を行う。また、同じ国債の流通市場であっても長期国債と超長期国債（20年）とでは、イールド・カーブの動きが同じものなのかどうかについても同様の期間について分析を行う。

前号では円金利スワップのイールド・カーブに関して、ISDAFIXとしての円金利スワップのデータは2014年1月までしか利用できなかったが、本号ではBloombergの公表する金利スワップの指標データを利用して追加的な検証を行う。期間は1996年4月1日から2016年11月11日まで、これをさらにISDAFIXデータの利用可能な2014年1月24日までとそれ以降とに分けた検討も加える。さらに、通貨の違いがイールド・カーブにどのように影響しているかを対比させるため米ドル金利スワップ市場のイールド・カーブについても円金利スワップ市場のイールド・カーブ同様の手法で、同じ期間を対象にして分析を行う。

金利スワップ市場に関しては1996年4月から2014年1月までの期間についてイールド・カーブを計測、すなわち、6か月もの円LIBORとスワップ金利のデータから、いわゆる *coupon stripping* によりディスカウント・ファクターを推計し、得られたディスカウント・ファクターからスポット・レートを推計する。これらのイールド・カーブの状況をグラフでとらえたのち、イールド・カーブの変動要因を測定するため、日次データによる主成分分析を行っている。イールド・カーブの変動パターンの変動要因分析によれば、イールド・カーブ変動の影響要因として3つのファクターが想定されることに加え、0.5年とその他のスポット・レートは異なった動きをしていると考えられることを確認した。3つのファクターについては、第1のファクターはイールド・カーブの平行シフト要因と考えることができること、第2のファクターは、イールド・カーブの傾きを変える（緩やかにしたり、きつくしたりする）要因であると考えられることができること、そして最後に第3のファクターは、先行研究とは異なり、0.5年のスポット・

レートの変動要因と考えられることを発見している。一方、国債流通市場に関しては、まず毎月20日(休業日の場合は翌営業日)のディスカウント・ファクターを、ディスカウント・ファンクションとして3次の自然スプライン関数を想定することでスプラインのパラメータを推計する。その後、得られたパラメータをもとに、3か月刻みのディスカウント・ファクターを推計し、イールド・カーブを構築する。こうして構築したイールド・カーブをもとに、長期国債については2006年1月から2014年1月まで半年刻みのスポット・レートの変動を主成分分析に集約することで変動の特徴を明らかにしている。

本稿の構成は以下の通りである。まず、Ⅱ節において、実際のイールド・カーブを計測しグラフによる観察から変動パターンを確認した後、Ⅲ節で主成分分析により、それぞれの市場でのイールド・カーブの動きの特徴を明らかにする。その際に、分析期間を2014年1月24日までとそれ以降とに分けた場合、全体の期間を対象にした場合の3つのパターンで、イールド・カーブの動きに相違があるかどうかを明らかにする。最後にⅣ節において、本号の分析結果とインプリケーションを簡単に述べる。

Ⅱ. イールド・カーブ計測結果

以上の考え方に従い、国債流通市場と金利スワップ市場の金利の期間構造、すなわち国債流通市場のイールド・カーブ(いわゆるJGBカーブ)と金利スワップ市場のイールド・カーブ(いわゆるスワップ・カーブ)の比較を試みる。推計に利用したデータは、日本証券業協会の公社債店頭売買参考統計値である。図1は2006年8月21日における、公表されている国債種類別の残存年数と平均最終利回りを図示したものである。この図からわかるように、われわれのディスカウント・ファクター推計のために必要な情報をカバーしているのは、10年長期国債と20年超長期国債である。よりわ

かり易いようにこの2種類のみを図2に示しておいた。今回は10年長期国債の銘柄属性と平均単価のデータを用いて、2006年1月から2016年10月までの期間について、毎月20日（休日の場合は翌営業日）時点のイールド・カーブを構築した。

長期国債流通市場

超長期国債流通市場

日本円金利スワップ市場

米ドル金利スワップ市場

の4種類の市場についてイールド・カーブの計測を行った。国債流通市場については、図1から図4の残存ごとの平均最終利回りの関係（利回り曲線）をみても超長期国債の利回り曲線に瘤のような形状がみられること（2006年では残存17年あたり）、長期国債の利回り曲線が屈折していること（2006年では残存7年あたり）が観察される。かつて長期国債流通市場に指標銘柄が存在していた時代には、指標銘柄とその他の銘柄の取引に大きな違いがあることから、利回りが連続しない現象がしばしば観察された。国債流通市場でのイールド・カーブ計測にあたっては、できるだけ滑らかなイールド・カーブとなるように、3次の自然スプライン関数を利用してディスカウント・ファクターの推計を行う²⁾。推計にあたって、前号（175-177頁）で述べたように、基準日でのディスカウント・ファクターが1という制約を課した177頁の(5)式に従い、回帰分析によりスプラインのパラメータを求める方法を採用した。また、スプライン関数のKnotには、0年、0.5年、1年、2年、3年、4年、5年、7年、10年、12年、15年、20年

2) Kinky Yield curve に関しては、Dai, Singleton & Yang [2007], Knowles & Bonnet [2014], Mohan [2006], Rebonato, Mahal, Joshi, Buchholz, & Nyholm [2005]などに指摘があり、対応策としてのディスカウント・ファクター推計方法が様々検討されている。

図1 国債残存期間ごとの平均最終利回り (2006年8月21日)

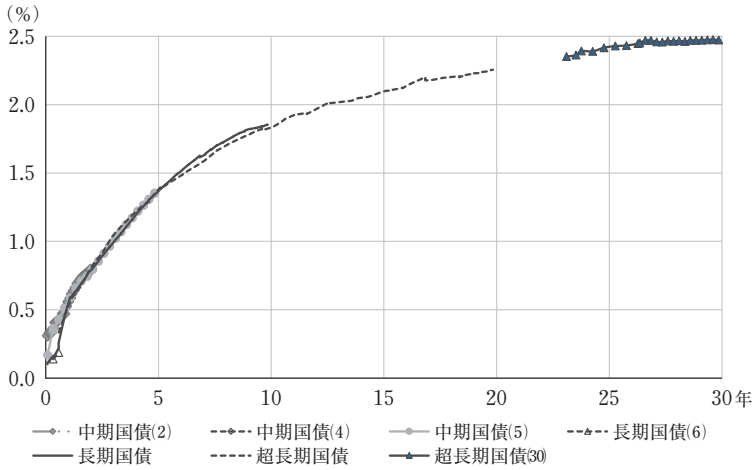


図2 国債残存期間ごとの平均最終利回り；長期国債と超長期国債 (2006年8月21日)

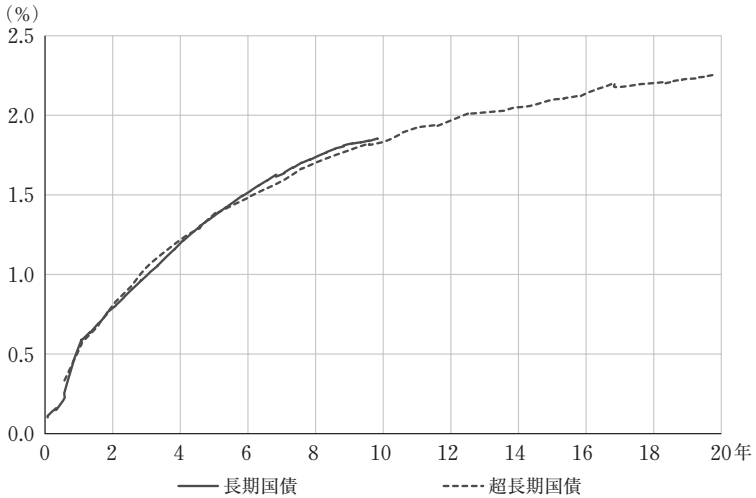


図3 国債残存期間ごとの平均最終利回り（2007年8月20日）

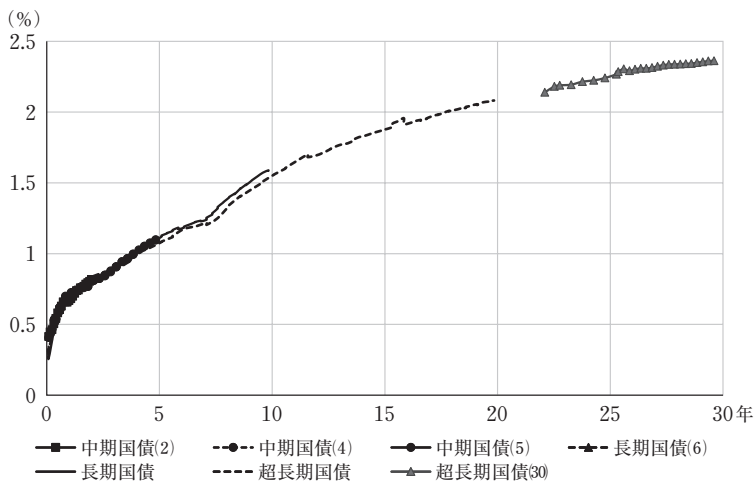
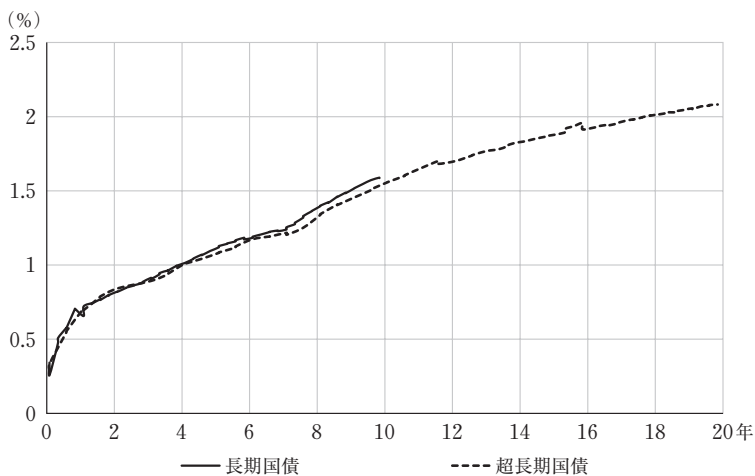


図4 国債残存期間ごとの平均最終利回り；長期国債と超長期国債（2007年8月20日）



を用いている。

一方、金利スワップ市場でのイールド・カーブ計測にあたっては、今回は半年ごとのスポット・レートの推計から構築されるイールド・カーブの変動パターンの測定を行うことから、前号で紹介した手法のうち最も簡便な、市場のスワップ金利を線型補間することで6か月ごとのディスカウント・ファクターを推計する方法を採用した。スポット・レート推計にあたっては、国債の場合と同様求めたディスカウント・ファクターから連続複利表示のスポット・レートを推計した。利用したデータは、6か月ものLIBORは英国銀行協会(British Bankers Association : BBA)並びにICEの公表するLIBOR 6moを、スワップ金利は国際スワップ・デリバティブ協会(International Swaps and Derivatives Association, Inc. : ISDA)並びにICEの公表するISDAFIXである。ISDAFIXおよびその継承としてのデータが利用できる期間、具体的には、JPYに関しては1998年10月8日から2014年1月24日までの期間を分析対象とした。今回の分析対象期間全体にわたって利用可能なスワップ金利は1年から10年までの1年刻みのものであることから、イールド・カーブ分析の対象として、0.5年から10年までの0.5年刻みのスポット・レートとした。

長期国債流通市場

こうして得られたイールド・カーブの動きを、まずはグラフにより確認しよう。国債流通市場のイールド・カーブの計測結果は、1年、3年、5年、7年、10年のスポット・レートの2006年から2016年までの期間について時系列的な推移を図5に示している。また、2006年から2016年までの期間について毎年6月20日(休日等の場合は翌営業日)のイールド・カーブを図6にグラフにした。

図5 国債流通市場のスポット・レートの推移（長期国債）

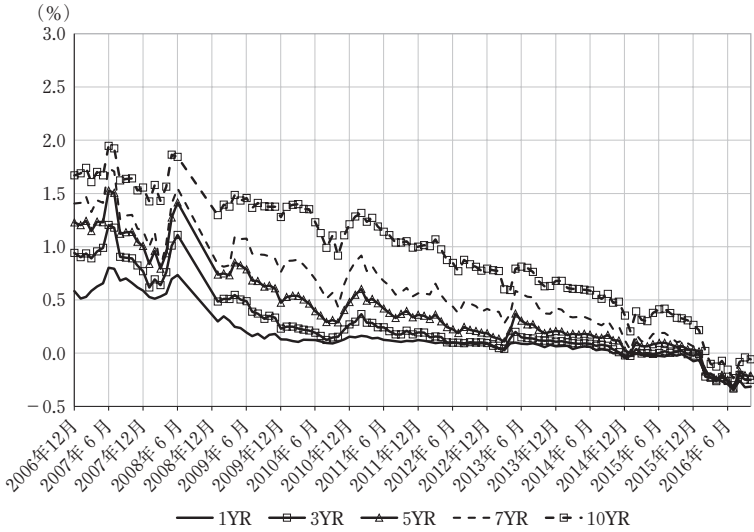


図6 国債流通市場のイールド・カーブの推移（長期国債）

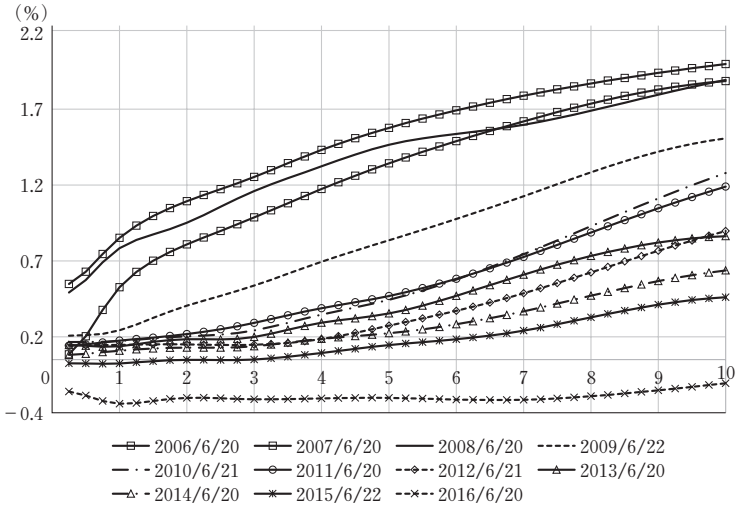


図6の国債流通市場のイールド・カーブの動きをみると、2006年から2009年の平行シフトに近いような動きや、2010年から2015年までの傾きの変化による動き、2015年から2016年の傾きの変化とともに水準が変化する(傾きの変化と平行シフトの合成のような)動きが観察できる。

超長期国債流通市場

超長期国債(20年物)流通市場のイールド・カーブの計測結果は、1年、3年、5年、7年、10年、15年、20年のスポット・レートの2006年から2016年までの期間について時系列的な推移を図7に示している。また、2006年から2016年までの期間について毎年6月20日(休日等の場合は翌営業日)のイールド・カーブを図8にグラフにした。

図7 国債流通市場のスポット・レートの推移(超長期国債)

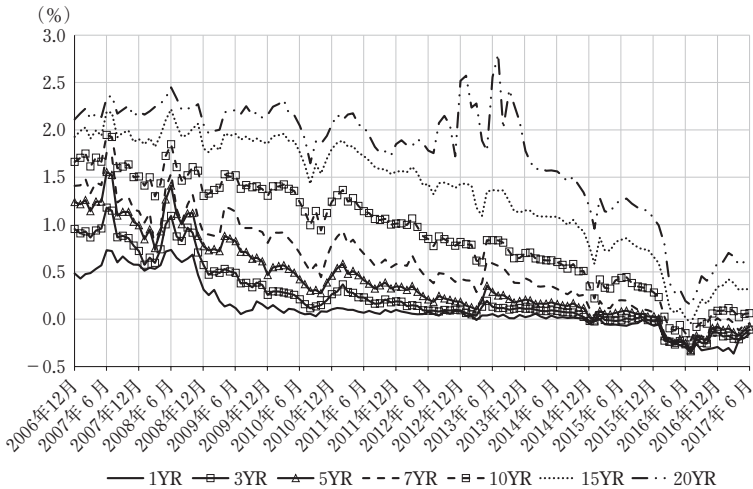
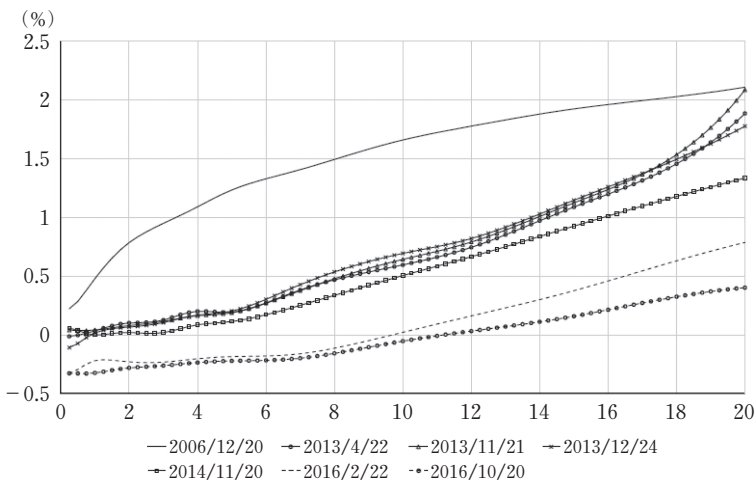


図8 国債流通市場のイールド・カーブの推移（超長期国債）



日本円金利スワップ市場

円金利スワップ市場のスポット・レートの計測結果のうち、1年、3年、5年、7年、10年のスポット・レートを1996年から2006年までについて図9に示している。さらに図10に1998年から2013年までの16年間にわたって、毎年10月8日（休日等の場合は翌営業日）のイールド・カーブの状況をグラフにした。JPYのイールド・カーブの動きは、1年ごとの動きをみる限り、平行シフトというよりは傾きの変化を基調としているようにみることができる（いずれも10月8日前後の比較）。1998年から1999年の変化は2年のスポット・レートを回転の中心にして傾きが急に（短期は低下・長期は上昇）、1999年から2000年の変化は6年のスポット・レートを回転の中心にして傾きがやや緩やかになっている（短期の上昇が大きく、長期の下落は小幅）。その後2001年には全体的な水準を大きく下げ、2001年から2002年は0.5年のスポット・レートを回転の中心にして傾きが緩やかになっている（短期の下落は小さく、長期の下げ幅は大きい）。その後は0.5年のスポット・レ

図9 金利スワップ市場のスポット・レートの推移 (JPY)

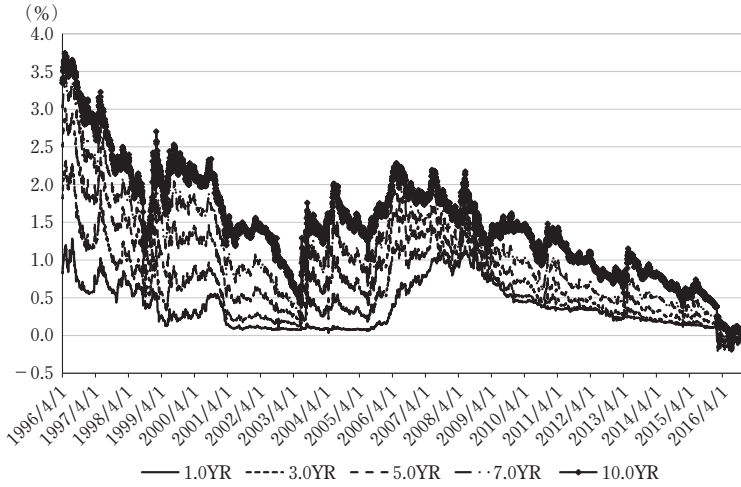
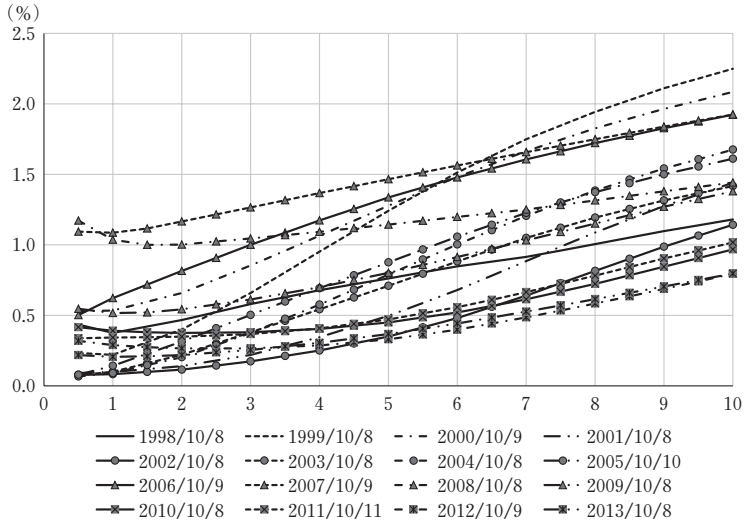


図10 金利スワップ市場でのイールド・カーブの動き (JPY)



ートを回転の中心にして回転シフトしている。2002年から2003年は形状の変化（より直線的に）も伴いながら傾きが急になり、2004年には4年のスポット・レートまでは大きな変化はなくそれより長期のものは上昇した。2005年は形状（曲率）が変化している。2005年から2006年は上方に平行シフトしている。このように、比較的平行シフトに近いのは、2000年から2001年の変化と2005年から2006年の変化のみで、あとは回転シフトが中心とみることができそうである。

米ドル金利スワップ市場

次に米ドル金利スワップ市場について金利スワップ市場のイールド・カーブの動きを確認しよう。米ドル金利スワップについても、円ドル金利スワップと同様、イールド・カーブの計測結果は、1年、3年、5年、7年、10年のスポット・レート1998年から2006年までについて図11に示している。イールド・カーブについては、計測した日次のもののうち、1998年

図11 金利スワップ市場のスポット・レートの推移（USD）

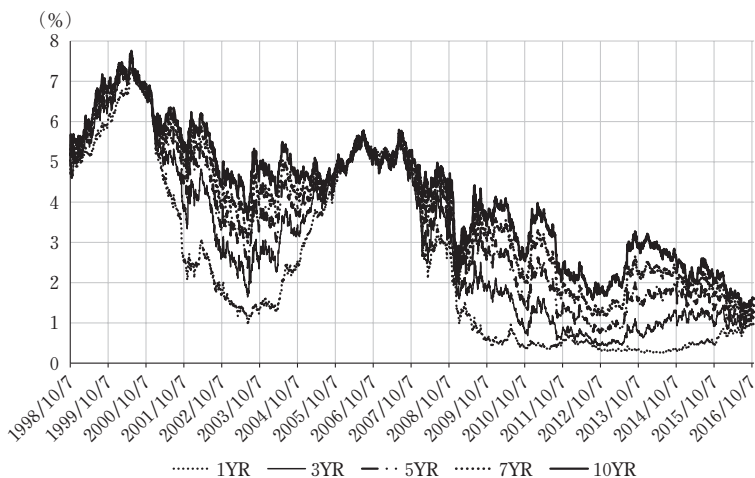
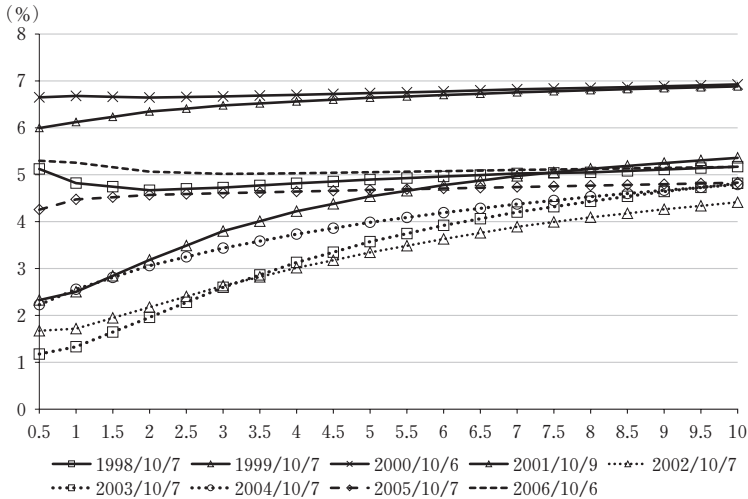


図12 金利スワップ市場でのイールド・カーブの動き (USD)



から2006年までの8年間にわたって、毎年10月7日(休日等の場合は翌営業日)のイールド・カーブの状況を図12にグラフにしている。

図12をみると、1998年から1999年の移動は、0.5年から3年のスポット・レートの移動幅は小さいが、比較的平行移動に近い動きをしている。その後0.5年から3年のスポット・レートが上昇し、2000年には高い水準で水平に近いイールド・カーブが観察されている。2001年から2005年までのイールド・カーブの動きは、10年のスポット・レートの動きが小さく固定されていて、短期のスポット・レートの動きが大きく上下しているように見受けられる。

Ⅲ. イールド・カーブの共通変動要因

グラフによるイールド・カーブの動きの直観的な理解ができたところで、イールド・カーブの変動要因を測定するため主成分分析を行うことにしよう。イールド・カーブの動きについて、スポット・レート r_j の変化

率 x_j をリスク・ファクターとして、 $dr_j = r_j \cdot \tilde{x}_j$ を想定しているのので、スポット・レート r_j の変化率 $x_j = \frac{dr_j}{r_j}$ に対する主成分分析を行う。

長期国債市場のスポット・レートは10年までであること、円金利スワップ市場、米ドル金利スワップ市場のスポット・レートは0.5年刻みで推計しているため、全体の市場の対比をはっきりさせるため、すべての市場について0.5年刻みのスポット・レートの10年のスポット・レートまでの変動を取り出して分析した。

まずは、スポット・レートの変化率の相関行列を求めた後、相関係数の固有値 λ_k 、固有ベクトル $w_{j,k}$ を算出する。固有値をもとに各主成分の寄与率（それぞれの主成分が全体のイールド・カーブの変動のうち、どの程度の変動を説明できているか）、および寄与率の集計である累積寄与率を明らかにすることで、イールド・カーブの動きをどの程度の編集の動きに集約することができるかを検証する。市場や時期によってイールド・カーブの動きをどの程度集約できるかは異なるが、集約した主成分もとのスポット・レートに与える影響の違いを成分パターン・プロファイルとしてグラフ化する。成分パターン・プロファイルでは、主成分のスポット・レートに与える影響の違いを、横軸にスポット・レート、縦軸に相関係数をとることで、集約された成分ごとにスポット・レートの変化にどのようにかかわっているかをみることができる。先行研究では、第3主成分までをイールド・カーブの変動パターンを決定する共通要因と考えるものが多いことから、今回は（累積寄与度の程度にかかわらず）いずれの市場についてもイールド・カーブの変動に対する第1主成分から第3主成分までの影響に限定して因子負荷量を示している。第 j 期のスポット・レート変化率 x_j について、第1から第3主成分 (F_1, F_2, F_3) の影響を求める。具体的には、

$$x_j = a_{j,1}F_1 + a_{j,2}F_2 + a_{j,3}F_3 + e_j$$

について $a_{j,k} = \sqrt{\lambda_k} \cdot w_{j,k}$ を求め図示している。それぞれについて、成分 1～3 は、それぞれ、第 1 主成分、第 2 主成分、第 3 主成分であることを意味している。

全期間を対象とした分析 長期国債流通市場

表 1 に長期国債市場のスポット・レートの変化率の相関行列が示されている。後述の米ドル金利スワップ市場でも明らかのように、他の通貨の場合、隣り合わせの年限のスポット・レートとの相関が高く、離れるほど相関が低くなるのが一般的であるが³⁾、表 1 の国債市場をみると、3 年と 3.5 年の相関係数 0.7631 や、0.5 年と 1.5 年の 0.7025、1 年と 2.5 年の 0.6883 のように比較的高いものもあるが、概して相関係数は低くマイナスとなっているものも少なくない。

ついで表 2 のスポット・レートの変化率の相関行列の固有値をみると、長期国債については、第 1 主成分の固有値が 8.34、寄与率が 42%、第 2 主成分、第 3 主成分は固有値がそれぞれ 3.68、2.31、寄与率も 18%、12% とあまり大きくない。それでも、第 3 主成分までの累積寄与率が 72% を占めていることからすると、図 13 に示してある全体の傾向とあわせてみれば第 3 主成分までをイールド・カーブの変動パターンを決定する共通要因として考えてもよいだろう。

図 14 のスポット・レートに対する因子負荷量（長期国債）全期間国債市場のイールド・カーブ変動要因をみると、第 1 主成分は 6 年から 9 年への共通変動要因を捉えているようだが、第 2 主成分、第 3 主成分は年限によっての違いも大きいいため、はっきりとした解釈をするのは難しそうだ。

3) 例えば、高橋 [2017a] を参照。

表1 スポット・レートの変化率の相関行列 (長期国債) 全期間

	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0			
0.5	1	0.0080	0.7025	-0.0331	0.0492	0.0477	0.0487	-0.0963	-0.1472	0.1365	-0.1384	0.1186	0.0599	0.0305	0.0204	0.0149	0.0107	0.0064	-0.0005	0.0083			
1.0		0.0080	1	0.0497	0.1520	0.6883	0.1175	0.0626	-0.0334	0.0051	-0.0075	0.0074	-0.0103	0.0042	0.0280	0.0471	0.0572	0.0547	0.0273	0.0125			
1.5			0.7025	0.0497	1	-0.0658	0.0583	0.0364	0.0476	-0.0482	0.0007	-0.0150	0.0130	-0.0282	-0.0516	-0.0604	-0.0645	-0.0463	-0.0114	-0.0230			
2.0				0.0658	0.0497	1	0.3816	0.2711	0.3154	-0.2338	0.0330	-0.0882	0.0810	-0.1398	-0.2190	-0.1741	-0.1377	-0.1075	-0.0763	-0.0197			
2.5					0.0658	0.0497	1	0.3546	0.4426	-0.3672	-0.0230	-0.0576	0.0471	-0.1346	-0.2661	-0.2066	-0.1469	-0.0982	-0.0563	-0.0178			
3.0						0.0658	0.0497	1	0.7631	-0.6833	-0.0844	-0.0799	0.0574	-0.2413	-0.5390	-0.6039	-0.5742	-0.4432	-0.3331	-0.1169			
3.5							0.0658	0.0497	1	-0.9314	-0.1489	-0.0736	0.0435	-0.2884	-0.6857	-0.7679	-0.7223	-0.6425	-0.5493	-0.4125			
4.0								0.0658	0.0497	1	0.4876	-0.2787	0.3081	-0.0592	0.4100	0.5493	0.5355	0.4813	0.4133	0.3124			
4.5									0.0658	0.0497	1	-0.9740	0.9806	-0.8988	-0.5865	-0.4232	-0.3764	-0.3506	-0.3186	-0.2512			
5.0										0.0658	0.0497	1	-0.9995	0.9747	0.7542	0.6135	0.5622	0.5229	0.4718	0.3709			
5.5											0.0658	0.0497	1	-0.9673	-0.5889	-0.5378	-0.5001	-0.4512	-0.3547	-0.1235			
6.0												0.0658	0.0497	1	0.8816	0.7715	0.7197	0.6701	0.6036	0.4753			
6.5													0.0658	0.0497	1	0.9764	0.9371	0.8785	0.7936	0.6299			
7.0														0.0658	0.0497	1	0.9852	0.9422	0.8668	0.7040			
7.5															0.0658	0.0497	1	0.9847	0.9323	0.7858			
8.0																0.0658	0.0497	1	0.9793	0.8662			
8.5																	0.0658	0.0497	1	0.9459			
9.0																		0.0658	0.0497	1	0.8229		
9.5																			0.0658	0.0497	1	-0.7706	
10.0																				0.0658	0.0497	1	-0.7706

表2 相関行列の固有値(長期国債)全期間

主成分	固有値	差	寄与率	累積寄与率
1	8.34	4.66	42%	42%
2	3.68	1.37	18%	60%
3	2.31	0.62	12%	72%
4	1.70	0.02	8%	80%
5	1.67	0.83	8%	89%
6	0.85	0.27	4%	93%
7	0.58	0.23	3%	96%
8	0.35	0.07	2%	97%
9	0.28	0.10	1%	99%
10	0.19	0.15	1%	100%
11	0.04	0.03	0%	100%
12	0.00	0.00	0%	100%
13	0.00	0.00	0%	100%
14	0.00	0.00	0%	100%
15	0.00	0.00	0%	100%
16	0.00	0.00	0%	100%
17	0.00	0.00	0%	100%
18	0.00	0.00	0%	100%
19	0.00	0.00	0%	100%
20	0.00		0%	100%

図13 固有値, 寄与率, 累積寄与率 (長期国債) 全期間

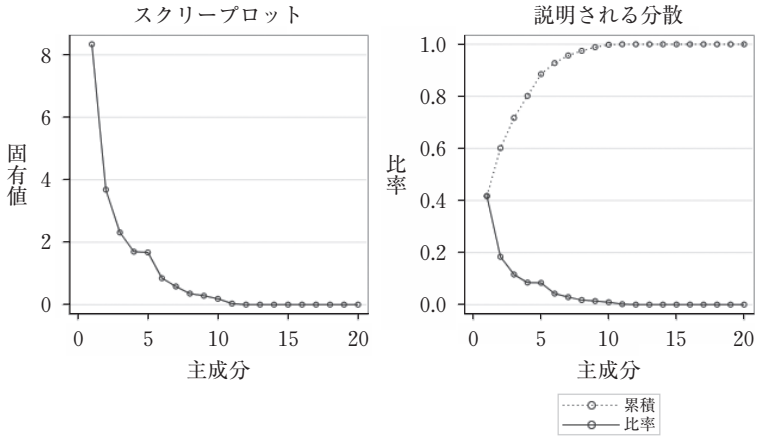
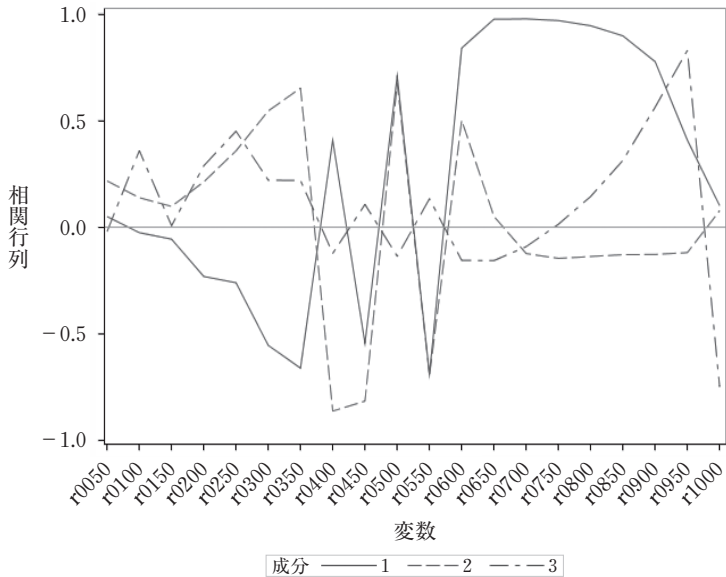


図14 スポット・レートに対する因子負荷量 (長期国債) 全期間



超長期国債流通市場

超長期国債市場でのスポット・レートの変化率の相関行列は表3に示してある。表3の相関係数をみると、表1の長期国債市場の相関行列と同様、マイナスとなっているものも少なくなく概して相関係数は低い。このことは、この期間の国債流通市場のスポット・レート変動は共通の要因によって生じているとみるのは難しいことを示しているのではないかと推察される。

ついで表4のスポット・レートの変化率の相関行列の固有値をみると、第1主成分の固有値が6.83、寄与率が34%、第2主成分、第3主成分は固有値がそれぞれ2.97、2.40、寄与率も15%、12%と、長期国債流通市場の場合よりもさらに低くなっている。第3主成分までの累積寄与率も61%しかないので、各主成分の固有値の推移と、寄与率、累積寄与率を示した図15からみても第3主成分までをイールド・カーブの変動パターンを決定する共通要因というのは苦しい解釈になる。

図16のスポット・レートに対する因子負荷量(長期国債)全期間国債市場のイールド・カーブ変動要因をみると、第1主成分は3年が-1、3.5年がゼロ、4年が+1と、この部分のイールド・カーブの傾きを変化させる変動要因と解釈できるかもしれない。第2主成分、第3主成分はより複雑な変動を捉えているようだ。しかし、長期国債市場と同様、超長期国債市場も共通要因がどのようなものかについては、はっきりとした解釈をするのは難しそうだ。

表3 スポット・レートの変化率の相関行列(超長期国債)全期間

	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0.5	1	0.0312	-0.0593	-0.0158	0.0113	0.0294	0.0002	-0.0292	-0.0243	-0.0293	-0.0027	-0.0027	-0.0351	-0.0327	-0.0282	-0.0050	-0.0148	-0.0169	-0.0054	-0.0086
1.0	0.0312	1	-0.1249	-0.0549	-0.0686	-0.0209	0.0108	-0.0214	-0.0248	-0.0303	-0.0288	-0.0086	-0.0442	-0.0309	-0.0442	0.0060	-0.0323	-0.0453	-0.0150	-0.0223
1.5	-0.0593	-0.1249	1	0.7438	0.7422	0.6085	0.0488	-0.3048	-0.2256	-0.2685	-0.2500	0.0132	-0.3945	-0.2541	-0.2334	-0.0018	-0.0972	-0.1169	-0.0174	-0.0745
2.0	-0.0158	-0.0549	0.7438	1	0.7030	0.6343	0.0570	-0.4487	-0.3821	-0.4367	-0.4126	-0.0979	-0.4677	-0.3203	-0.3071	-0.0276	-0.1630	-0.1864	-0.0362	-0.1057
2.5	0.0113	-0.0686	0.7422	0.7030	1	0.9268	0.0936	-0.7312	-0.6533	-0.7162	-0.6905	-0.3034	-0.5467	-0.3837	-0.3713	-0.0353	-0.2035	-0.2347	-0.0512	-0.1231
3.0	0.0294	-0.0209	0.6085	0.6343	0.9268	1	0.0894	-0.8240	-0.7501	-0.8184	-0.7910	-0.3799	-0.5727	-0.4082	-0.3972	-0.0458	-0.2247	-0.2559	-0.0586	-0.1326
3.5	0.0002	0.0108	0.0488	0.0570	0.0936	0.0894	1	-0.0619	-0.0421	-0.0383	-0.0343	-0.0121	-0.0091	-0.0054	0.0099	-0.0061	0.0159	0.0245	0.0097	0.0098
4.0	-0.0292	-0.0214	-0.3048	-0.4487	-0.7312	-0.8240	-0.0619	1	0.9911	0.9930	0.9929	0.8095	0.1798	0.2117	0.2337	0.0154	0.1376	0.1606	0.0462	0.0728
4.5	-0.0243	-0.0248	-0.2256	-0.3821	-0.6533	-0.7501	-0.0421	0.9911	1	0.9867	0.9835	0.8757	0.0765	0.1504	0.1875	0.0039	0.1106	0.1353	0.0483	0.0545
5.0	-0.0293	-0.0303	-0.2685	-0.4367	-0.7162	-0.8184	-0.0383	0.9830	0.9867	1	0.9981	0.7920	0.2310	0.2301	0.2779	0.0101	0.1676	0.2065	0.0752	0.0881
5.5	-0.0273	-0.0288	-0.2500	-0.4126	-0.6905	-0.7910	-0.0343	0.9829	0.9935	0.9981	1	0.8258	0.1803	0.1974	0.2559	0.0011	0.1458	0.1864	0.0731	0.0761
6.0	-0.0027	-0.0086	0.0132	-0.0979	-0.3034	-0.3799	-0.0121	0.8095	0.8757	0.7920	0.8258	1	-0.3863	-0.1358	-0.0721	-0.0426	-0.0679	-0.0595	0.0043	-0.0525
6.5	-0.0351	-0.0442	-0.3945	-0.4677	-0.5467	-0.5727	-0.0091	0.1798	0.0765	0.2310	0.1803	-0.3863	1	0.4315	0.5609	0.0183	0.2858	0.3813	0.1314	0.2064
7.0	-0.0327	-0.0309	-0.2541	-0.3203	-0.3837	-0.4082	-0.0054	0.2117	0.1504	0.2301	0.1974	-0.1358	0.4315	1	0.6835	-0.0692	0.1928	0.3068	0.1275	0.1355
7.5	-0.0282	-0.0442	-0.2534	-0.3071	-0.3713	-0.3972	0.0099	0.2337	0.1875	0.2779	0.2559	-0.0721	0.3609	0.6835	1	-0.4514	-0.2039	0.0633	0.1243	0.0383
8.0	-0.0050	0.0060	-0.0018	-0.0276	-0.0353	-0.0458	-0.0061	0.0154	0.0039	0.0101	0.0011	-0.0426	0.0183	-0.0692	-0.4514	1	0.4608	0.3842	0.1036	0.1197
8.5	-0.0148	-0.0323	-0.0972	-0.1630	-0.2035	-0.2247	0.0159	0.1376	0.1106	0.1676	0.1458	-0.0679	0.2858	0.1928	-0.2039	0.4608	1	0.7804	0.3677	0.1574
9.0	-0.0169	-0.0453	-0.1169	-0.1864	-0.2347	-0.2559	0.0245	0.1606	0.1353	0.2065	0.1864	-0.0595	0.3813	0.3068	0.0633	0.3842	0.7804	1	0.7430	-0.0772
9.5	-0.0054	-0.0150	-0.0174	-0.0362	-0.0512	-0.0586	0.0097	0.0462	0.0483	0.0752	0.0731	0.0043	0.1314	0.1275	0.1243	0.1036	0.3677	0.7430	1	-0.6696
10.0	-0.0086	-0.0223	-0.0745	-0.1057	-0.1231	-0.1326	0.0098	0.0728	0.0545	0.0881	0.0761	-0.0525	0.2064	0.1355	0.0383	0.1197	0.1574	-0.0772	-0.6696	1

表4 相関行列の固有値(超長期国債)全期間

主成分	固有値	差	寄与率	累積寄与率
1	6.83	3.86	34%	34%
2	2.97	0.57	15%	49%
3	2.40	0.67	12%	61%
4	1.73	0.40	9%	70%
5	1.32	0.31	7%	76%
6	1.01	0.03	5%	81%
7	0.98	0.09	5%	86%
8	0.89	0.33	4%	91%
9	0.56	0.05	3%	94%
10	0.51	0.20	3%	96%
11	0.31	0.07	2%	98%
12	0.25	0.15	1%	99%
13	0.10	0.04	1%	99%
14	0.06	0.02	0%	100%
15	0.04	0.03	0%	100%
16	0.02	0.01	0%	100%
17	0.01	0.00	0%	100%
18	0.00	0.00	0%	100%
19	0.00	0.00	0%	100%
20	0.00		0%	100%

図15 固有値, 寄与率, 累積寄与率 (超長期国債) 全期間

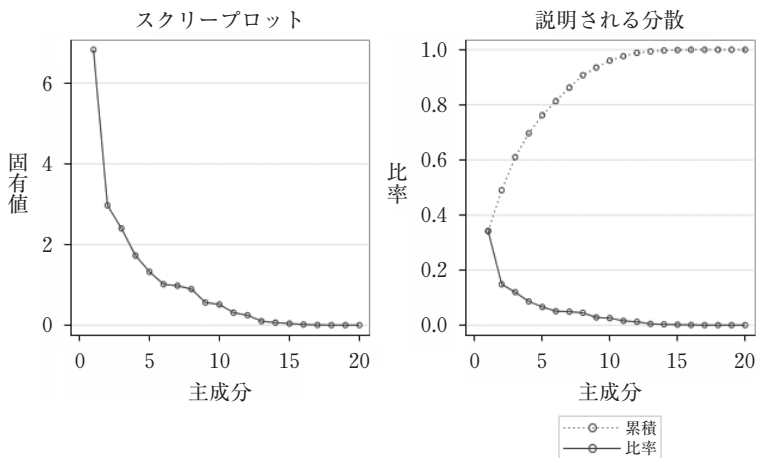
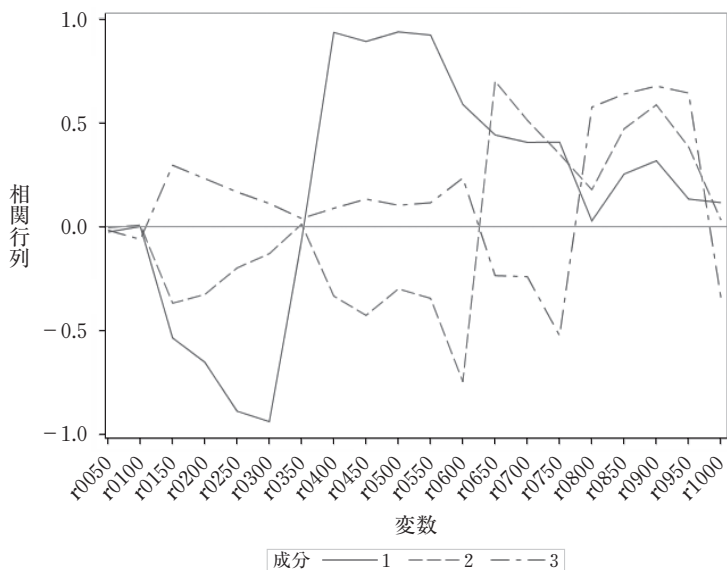


図16 スポット・レートに対する因子負荷量 (超長期国債) 全期間



円金利スワップ市場

円金利スワップ市場については、表5に、スポット・レートの変化率の相関行列が示されている。表5の相関係数は、2014年1月24日までの計測結果と比べて、大きく低下しマイナスの相関係数も多くみられる。このことから、円金利スワップ市場の共通の変動要因の影響は小さくなっている、それぞれのスポット・レートの独自の動きが増えているのではないかと推察される。

円金利スワップ市場におけるスポット・レート変動についての相関行列の固有値を表6、図17に示しておいた。表6の固有値をみると、2014年1月24日までの計測結果と比べて、第1主成分の寄与率が37%と大きく低下している。第2主成分の寄与率7%はほぼ同じ、第3主成分の寄与率6%はわずかに上昇している。その結果、第3主成分までの累積寄与率は50%でしかない。累積寄与率が70%を超えるのは第7主成分まで含めた場合と、それぞれのスポット・レートの変動の動きの共通要因が低下していることを示している。

図18の因子負荷量をみると、第1主成分は1.5年から5.5年までに影響を与えているが、その他の期間への影響は小さいことがわかる。第2主成分の影響は5.5年までの期間について3.5年を境にプラスとマイナスの影響となっており、5.5年までの期間のイールド・カーブの傾きへの影響要因と考えられる。いずれにしても表6、図17に示されている通り、第3主成分までの影響力が小さくなっているため、イールド・カーブの変動要因が複雑になっていることが予想できる。

表5 スポット・レートの変化率の相関行列 (JPY) 全期間

	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0																			
0.5	1	-0.0142	-0.0442	-0.0441	-0.0437	-0.0426	-0.0469	-0.0506	-0.0456	-0.0529	-0.0653	-0.0233	0.0040	-0.0286	0.1409	-0.0427	0.0440	-0.0008	0.0185	0.0180																			
1.0		-0.0142	1	0.0842	0.0830	0.0743	0.0668	0.0614	0.0560	0.0507	0.0465	0.0286	-0.0174	-0.0442	0.0406	0.0041	0.0109	0.0011	0.0017	0.0049	0.0025																		
1.5			-0.0442	0.0842	1	0.9496	0.9341	0.9084	0.8819	0.8480	0.7217	0.6156	0.5241	0.0864	0.1391	0.0436	-0.0378	0.0668	0.0172	0.0250	0.0369	0.0242																	
2.0				-0.0441	0.0830	0.9496	1	0.9886	0.9655	0.9427	0.9103	0.7708	0.6438	0.5668	0.1216	0.0969	0.0493	-0.0219	0.0747	0.0209	0.0389	0.0319																	
2.5					-0.0437	0.0743	0.9341	0.9886	1	0.9936	0.9790	0.9532	0.8026	0.6767	0.6051	0.1459	0.0824	0.0274	0.0442	0.0473	0.0328																		
3.0						-0.0426	0.0668	0.9084	0.9655	0.9636	1	0.9923	0.9722	0.8143	0.6912	0.6369	0.1645	0.0662	0.0498	-0.0252	0.0532	0.0491	0.0429	0.0324															
3.5							-0.0469	0.0614	0.8819	0.9427	0.9790	0.9923	1	0.9935	0.8476	0.7185	0.1724	0.0452	0.0458	-0.0375	0.0306	0.0324	0.0450	0.0257	0.0254														
4.0								-0.0506	0.0560	0.8480	0.9103	0.9532	0.9722	0.9935	1	0.8744	0.7306	0.6927	0.1753	0.0183	0.0386	-0.0498	0.0314	0.0391	0.0067	0.0172													
4.5									-0.0456	0.0507	0.7217	0.7708	0.8026	0.8143	0.8476	1	0.5550	0.5620	0.1356	-0.0182	0.0161	-0.0554	-0.0250	0.0208	0.0217	-0.0211	0.0008												
5.0										-0.0529	0.0465	0.6156	0.6438	0.6767	0.6912	0.7185	0.7306	0.5550	1	0.5572	0.1155	-0.0598	-0.0038	-0.0682	-0.0544	0.0148	0.0088	-0.0461	-0.0129										
5.5											-0.0653	0.0286	0.5241	0.5568	0.6051	0.6369	0.6718	0.6927	0.5620	0.5572	1	0.6622	-0.1483	-0.0463	-0.1014	-0.1106	0.0065	-0.0142	-0.0950	-0.0368									
6.0												-0.0233	-0.0174	0.0864	0.1216	0.1459	0.1645	0.1724	0.1753	0.1356	0.1155	0.0622	1	-0.1068	-0.0285	-0.0450	-0.0506	0.0016	-0.0091	-0.0376	-0.0149								
6.5													0.0040	-0.0442	0.1391	0.0969	0.0824	0.0662	0.0452	0.0183	-0.0182	-0.0598	-0.1483	-0.1068	1	0.0576	-0.0128	0.0084	0.0115	0.0112	0.0163	0.0089							
7.0														-0.0286	0.0406	0.0436	0.0493	0.0507	0.0498	0.458	0.0161	-0.0038	-0.0463	-0.0285	0.0576	1	-0.0786	-0.0476	0.0064	-0.0048	-0.0238	-0.0078							
7.5															0.1409	0.0041	-0.0378	-0.0219	-0.0239	-0.0252	-0.0375	-0.0498	-0.0554	-0.0682	-0.1014	-0.1106	0.0065	-0.0142	-0.0950	-0.0368									
8.0																-0.0427	0.0109	0.0668	0.0747	0.0646	0.0532	0.0396	0.0056	-0.0250	-0.0544	-0.1106	-0.0506	0.0016	-0.0091	-0.0376	-0.0149								
8.5																	0.0440	0.0011	0.0172	0.0209	0.0274	0.0323	0.0324	0.0314	0.0208	0.0148	0.0065	0.0016	0.0115	0.0064	0.0247	0.0739	1	-0.0310	-0.0509	-0.0143			
9.0																		-0.0008	0.0017	0.0250	0.0389	0.0442	0.0491	0.0450	0.0391	0.0217	0.0088	-0.0142	-0.0091	0.0112	-0.0048	0.0239	0.0259	-0.0310	1	-0.0165	0.0033		
9.5																			0.0185	0.0049	0.0369	0.0500	0.0473	0.0429	0.0257	0.0067	-0.0211	-0.0461	-0.0950	-0.0376	0.0163	-0.0238	0.0440	0.0278	-0.0509	-0.0165	1	0.0602	
10.0																				0.0180	0.0025	0.0242	0.0319	0.0328	0.0324	0.0254	0.0172	0.0008	-0.0129	-0.0368	-0.0149	0.0089	-0.0078	0.0226	0.0194	-0.0143	0.0033	0.0602	1

表6 相関行列の固有値 (JPY) 全期間

主成分	固有値	差	寄与率	累積寄与率
1	7.46	6.14	37%	37%
2	1.33	0.14	7%	44%
3	1.19	0.10	6%	50%
4	1.09	0.03	5%	55%
5	1.06	0.03	5%	61%
6	1.03	0.01	5%	66%
7	1.02	0.05	5%	71%
8	0.97	0.03	5%	76%
9	0.95	0.06	5%	80%
10	0.88	0.01	4%	85%
11	0.87	0.07	4%	89%
12	0.81	0.34	4%	93%
13	0.47	0.05	2%	96%
14	0.42	0.12	2%	98%
15	0.30	0.19	2%	99%
16	0.11	0.08	1%	100%
17	0.03	0.03	0%	100%
18	0.01	0.01	0%	100%
19	0.00	0.00	0%	100%
20	0.00		0%	100%

図17 固有値, 寄与率, 累積寄与率 (JPY) 全期間

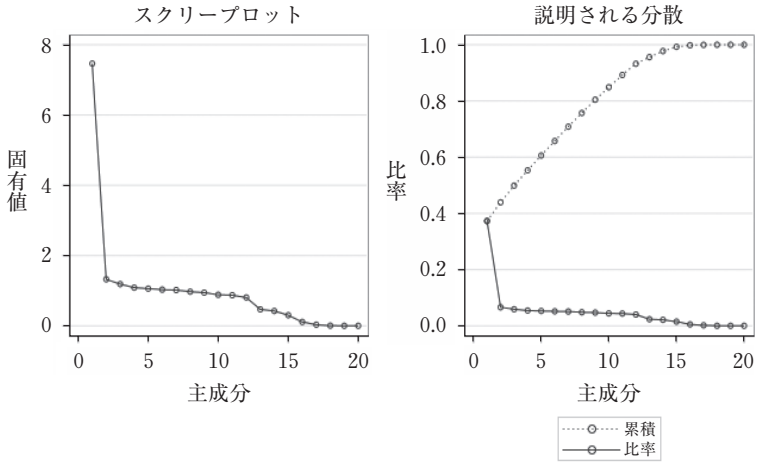
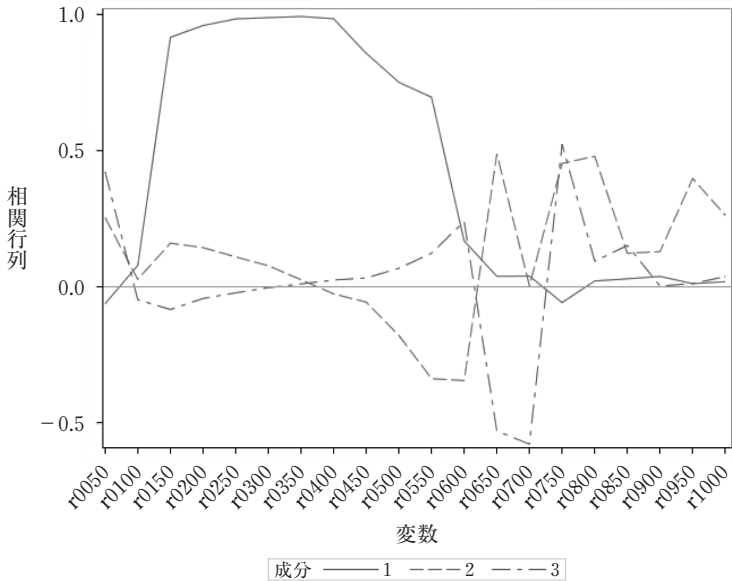


図18 スポット・レートに対する因子負荷量 (JPY) 全期間



米ドル金利スワップ市場

米ドル金利スワップ市場におけるスポット・レート変化率の相関行列を表7に示してある。0.5年と他の年限のスポット・レートの変化率の相関係数は最大で0.4678と低く、それ以外の年限相互の相関係数は年限の差が開くにつれ低くなるが1年と10年の間でも0.4888と0.5年のスポット・レートとの相関係数に比べると非常に高いことが示されている。

米ドル金利スワップ市場におけるスポット・レート変動についての相関行列の固有値を表8、図19に示しておいた。表8の固有値をみると、2014年1月24日までの計測結果と大きな違いはない。第1主成分の寄与率が85%、第2主成分の寄与率9%、第3主成分の寄与率4%で、第3主成分までの累積寄与率は98%となっている。また、第3主成分の固有値が0.80と1に比較的近い数字となっており、第3主成分までが大きな共通変動要因と考えることができるだろう。

図20の因子負荷量をみると、円金利スワップ市場ほどではないものの、全般的に、各ファクターの0.5年のスポット・レートに対する影響と1年以上のスポット・レートに対する影響とが異なっている。特に、第1と第3のファクターについてこの傾向がよりはっきりしている。この点は、表7のスポット・レートの相関が0.5年のスポット・レートと他の年限のスポット・レートの相関が低いことから予想されたことである。0.5年以外のスポット・レートに対する因子負荷量に注目すると、次のような特徴がみられる。まず第1のファクターは、0.5年以外のスポット・レートに対して0.87~1.0で、円金利スワップ市場と同様5年が最大でその前後の期間では影響が小さくなっている。非常に大雑把にみれば各スポット・レートでほぼ同一であるから、この要因の変動はイールド・カーブの平行シフト要因と考えることができる。第2のファクターは、4年を境に短期のスポット・レートほどプラスで、長期のスポット・レートほどマイナスの影

表7 スポット・レートの変化率の相関行列 (USD) 全期間

	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0.5	1	0.4678	0.4219	0.3716	0.3470	0.3154	0.3146	0.3053	0.2992	0.2904	0.2891	0.2861	0.2816	0.2759	0.2690	0.2598	0.2656	0.2707	0.2610	0.2490
1.0	0.4678	1	0.9498	0.8733	0.8164	0.7475	0.7277	0.6933	0.6680	0.6400	0.6266	0.6111	0.5939	0.5753	0.5497	0.5204	0.5369	0.5524	0.5222	0.4888
1.5	0.4219	0.9498	1	0.9813	0.9430	0.8837	0.8750	0.8482	0.8242	0.7969	0.7814	0.7636	0.7439	0.7226	0.6955	0.6644	0.6818	0.6980	0.6661	0.6305
2.0	0.3716	0.8733	0.9813	1	0.9752	0.9249	0.9248	0.9049	0.8836	0.8588	0.8428	0.8245	0.8042	0.7822	0.7559	0.7256	0.7425	0.7583	0.7272	0.6923
2.5	0.3470	0.8164	0.9430	0.9752	1	0.9860	0.9777	0.9461	0.9281	0.9059	0.8931	0.8779	0.8607	0.8417	0.8152	0.7845	0.8015	0.8174	0.7859	0.7503
3.0	0.3154	0.7475	0.8837	0.9249	0.9860	1	0.9865	0.9480	0.9333	0.9138	0.9040	0.8919	0.8778	0.8621	0.8363	0.8062	0.8228	0.8383	0.8075	0.7724
3.5	0.3146	0.7277	0.8750	0.9248	0.9777	0.9865	1	0.9872	0.9782	0.9636	0.9560	0.9459	0.9335	0.9191	0.8964	0.8690	0.8842	0.8981	0.8701	0.8375
4.0	0.3053	0.6933	0.8482	0.9049	0.9461	0.9480	0.9872	1	0.9962	0.9863	0.9806	0.9722	0.9614	0.9485	0.9290	0.9049	0.9183	0.9304	0.9058	0.8764
4.5	0.2992	0.6680	0.8242	0.8836	0.9281	0.9333	0.9782	0.9962	1	0.9969	0.9934	0.9869	0.9779	0.9665	0.9509	0.9303	0.9418	0.9520	0.9312	0.9053
5.0	0.2904	0.6400	0.7969	0.8588	0.9059	0.9138	0.9636	0.9863	0.9969	1	0.9983	0.9935	0.9860	0.9760	0.9639	0.9469	0.9566	0.9649	0.9476	0.9253
5.5	0.2891	0.6266	0.7814	0.8428	0.8931	0.9040	0.9560	0.9806	0.9934	0.9983	1	0.9984	0.9940	0.9869	0.9774	0.9626	0.9711	0.9781	0.9632	0.9429
6.0	0.2861	0.6111	0.7636	0.8245	0.8779	0.8919	0.9459	0.9722	0.9869	0.9935	0.9984	1	0.9985	0.9944	0.9871	0.9745	0.9819	0.9878	0.9750	0.9568
6.5	0.2816	0.5939	0.7439	0.8042	0.8607	0.8778	0.9335	0.9614	0.9779	0.9860	0.9940	0.9985	1	0.9986	0.9936	0.9831	0.9894	0.9941	0.9835	0.9672
7.0	0.2759	0.5753	0.7226	0.7822	0.8417	0.8621	0.9191	0.9485	0.9665	0.9760	0.9869	0.9944	0.9986	1	0.9971	0.9886	0.9938	0.9974	0.9888	0.9744
7.5	0.2690	0.5497	0.6955	0.7559	0.8152	0.8363	0.8964	0.9290	0.9509	0.9639	0.9774	0.9871	0.9936	0.9971	1	0.9972	0.9994	1.0000	0.9973	0.9886
8.0	0.2598	0.5204	0.6644	0.7256	0.7845	0.8062	0.8690	0.9049	0.9303	0.9469	0.9626	0.9745	0.9831	0.9886	0.9972	1	0.9992	0.9968	1.0000	0.9971
8.5	0.2656	0.5369	0.6818	0.7425	0.8015	0.8228	0.8842	0.9183	0.9418	0.9566	0.9711	0.9819	0.9894	0.9938	0.9994	0.9992	1	0.9992	0.9993	0.9933
9.0	0.2707	0.5524	0.6980	0.7583	0.8174	0.8383	0.8981	0.9304	0.9520	0.9649	0.9781	0.9878	0.9941	0.9974	1.0000	0.9968	0.9992	1	0.9970	0.9880
9.5	0.2610	0.5222	0.6661	0.7272	0.7859	0.8075	0.8701	0.9058	0.9312	0.9476	0.9632	0.9750	0.9835	0.9888	0.9973	1.0000	0.9993	0.9970	1	0.9970
10.0	0.2490	0.4888	0.6305	0.6923	0.7503	0.7724	0.8375	0.8764	0.9053	0.9253	0.9429	0.9568	0.9672	0.9744	0.9886	0.9971	0.9933	0.9880	0.9970	1

表8 相関行列の固有値(USD)全期間

主成分	固有値	差	寄与率	累積寄与率
1	17.10	15.40	85%	85%
2	1.70	0.90	9%	94%
3	0.80	0.55	4%	98%
4	0.26	0.18	1%	99%
5	0.07	0.02	0%	100%
6	0.05	0.04	0%	100%
7	0.01	0.00	0%	100%
8	0.01	0.01	0%	100%
9	0.00	0.00	0%	100%
10	0.00	0.00	0%	100%
11	0.00	0.00	0%	100%
12	0.00	0.00	0%	100%
13	0.00	0.00	0%	100%
14	0.00	0.00	0%	100%
15	0.00	0.00	0%	100%
16	0.00	0.00	0%	100%
17	0.00	0.00	0%	100%
18	0.00	0.00	0%	100%
19	0.00	0.00	0%	100%
20	0.00		0%	100%

響を与えている。つまりこのファクターの変動はイールド・カーブの傾きを変える(緩やかにしたり、きつくしたりする)要因であると考えることができる。第3のファクターは、第2のファクターに比べれば影響は小さいものの、0.5年以外のスポット・レートについて、逆の影響を与えている。ただし、このファクターは0.5年のスポット・レートに対する影響が0.81と非常に大きいものであるから、イールド・カーブの傾き等の形状に与える

図19 固有値, 寄与率, 累積寄与率 (USD) 全期間

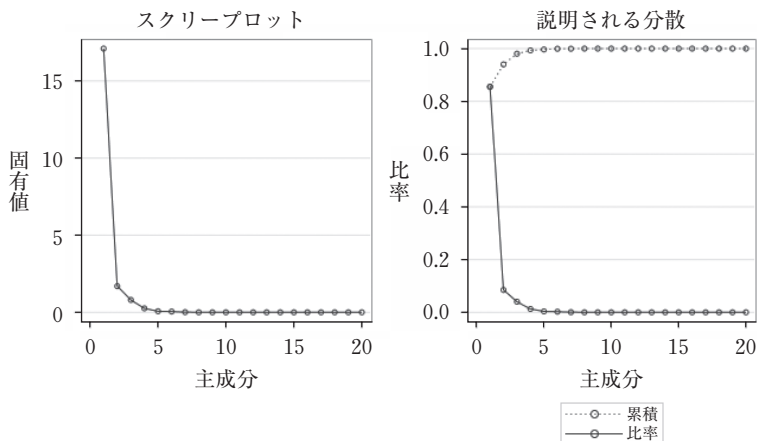
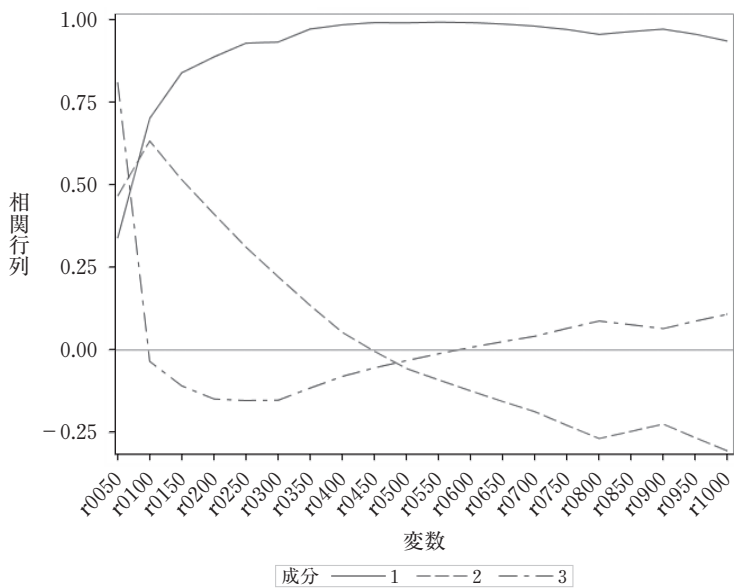


図20 スポット・レートに対する因子負荷量 (USD) 全期間



影響要因というよりは、0.5年のスポット・レートの独自の変動要因と考えるべきであろう。この点も円金利スワップ市場の場合と同様である。

2014年1月24日以前の変動パターン 長期国債流通市場

表9の長期国債の相関行列をみると、0.5年のスポット・レートと他の年限のスポット・レートの相関が、0.5年と1.5年のスポット・レートの相関係数が0.7548と高いのを例外として、すべてマイナスと低い相関を示していることがわかる。2.5年以降のスポット・レートの変化率の相関係数は比較的高く、この年限以降の動きには共通要因があるかもしれない。

表10の固有値スポット・レートの変化率の相関行列の固有値をみると、長期国債については、第1主成分の固有値が14.42、寄与率が72%、第2主成分、第3主成分は固有値がそれぞれ2.10、1.65、寄与率も10%、8%と、第1主成分の影響が大きく、第3主成分までの影響が91%であることから、各主成分の固有値の推移と、寄与率、累積寄与率を図示した図21とあわせてみると第3主成分まででイールド・カーブの変動パターンをほぼ説明できると考えてよいだろう。

図22の因子負荷量をみると、各ファクターの2年までのスポット・レートに対する影響とそれ以降の年限のスポット・レートに対する影響とが異なっている。第1主成分は2年から3年の負荷量は少し低いもののその後は、かなり1に近く全体的に同様の影響を与えているとみることができると。一方、第2主成分と第3主成分は2年までのスポット・レートへの効果は同じような傾向であるのに対し、2年以降は5.5年から6年あたりを境にして第2主成分はマイナスからプラスへ、第3主成分はプラスからマイナスへと負荷量が推移している。つまり、これらの主成分はイールド・カーブの傾きに影響を与える共通要因と考えられるが、その影響の方向が全く逆になっているという複雑な変化を示している。

表9 スポット・レートの変化率の相関行列(長期国債) 2014年1月24日以前

	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0.5	1	-0.0794	0.7548	-0.2348	-0.0807	-0.0440	-0.0445	-0.0424	-0.0395	-0.0362	-0.0330	-0.0299	-0.0274	-0.0264	-0.0273	-0.0292	-0.0309	-0.0317	-0.0308	-0.0272
1.0	-0.0794	1	-0.0331	0.0473	0.0706	0.0683	0.0507	0.0391	0.0380	0.0381	0.0343	0.0291	0.0243	0.0202	0.0165	0.0128	0.0085	0.0033	-0.0032	-0.0113
1.5	0.7548	-0.0331	1	-0.3695	-0.1485	-0.0936	-0.0984	-0.0954	-0.0899	-0.0856	-0.0835	-0.0811	-0.0784	-0.0768	-0.0771	-0.0780	-0.0782	-0.0770	-0.0732	-0.0657
2.0	-0.2348	0.0473	-0.3695	1	0.9019	0.8452	0.8077	0.7525	0.7335	0.7111	0.6718	0.6275	0.5897	0.5642	0.5516	0.5457	0.5415	0.5358	0.5252	0.5047
2.5	-0.0807	0.0706	-0.1485	0.9019	1	0.9844	0.9077	0.8268	0.8134	0.7955	0.7453	0.6841	0.6299	0.5898	0.5632	0.5439	0.5268	0.5085	0.4859	0.4546
3.0	-0.0440	0.0683	-0.0936	0.8452	0.9844	1	0.9532	0.8847	0.8734	0.8568	0.8105	0.7526	0.6995	0.6587	0.6303	0.6084	0.5883	0.5669	0.5411	0.5066
3.5	-0.0445	0.0507	-0.0984	0.8077	0.9077	0.9532	1	0.9822	0.9707	0.9520	0.9227	0.8855	0.8476	0.8160	0.7921	0.7720	0.7520	0.7297	0.7027	0.6662
4.0	-0.0424	0.0391	-0.0954	0.7525	0.8268	0.8847	0.9822	1	0.9940	0.9781	0.9603	0.9356	0.9066	0.8802	0.8588	0.8396	0.8197	0.7974	0.7704	0.7341
4.5	-0.0395	0.0380	-0.0899	0.7335	0.8134	0.8734	0.9707	0.9940	1	0.9944	0.9807	0.9559	0.9254	0.8978	0.8762	0.8575	0.8385	0.8172	0.7911	0.7555
5.0	-0.0362	0.0381	-0.0856	0.7111	0.7955	0.8568	0.9520	0.9781	0.9944	1	0.9934	0.9719	0.9429	0.9162	0.8955	0.8779	0.8600	0.8397	0.8146	0.7797
5.5	-0.0330	0.0343	-0.0835	0.6718	0.7453	0.8105	0.9227	0.9603	0.9807	0.9934	1	0.9920	0.9733	0.9532	0.9362	0.9204	0.9032	0.8831	0.8581	0.8231
6.0	-0.0299	0.0291	-0.0811	0.6275	0.6841	0.7526	0.8855	0.9356	0.9559	0.9719	0.9920	1	0.9943	0.9830	0.9709	0.9573	0.9409	0.9207	0.8953	0.8599
6.5	-0.0274	0.0243	-0.0784	0.5897	0.6299	0.6995	0.8476	0.9066	0.9254	0.9429	0.9733	0.9943	1	0.9968	0.9896	0.9787	0.9636	0.9439	0.9185	0.8827
7.0	-0.0264	0.0202	-0.0768	0.5642	0.5898	0.6587	0.8160	0.8802	0.8978	0.9162	0.9532	0.9830	0.9968	1	0.9976	0.9902	0.9777	0.9598	0.9353	0.8996
7.5	-0.0273	0.0165	-0.0771	0.5516	0.5632	0.6303	0.7921	0.8588	0.8762	0.8955	0.9362	0.9709	0.9896	0.9976	1	0.9973	0.9890	0.9746	0.9525	0.9178
8.0	-0.0292	0.0128	-0.0780	0.5457	0.5439	0.6084	0.7720	0.8396	0.8575	0.8779	0.9204	0.9573	0.9787	0.9902	0.9973	1	0.9970	0.9875	0.9694	0.9371
8.5	-0.0309	0.0085	-0.0782	0.5415	0.5268	0.5883	0.7520	0.8197	0.8385	0.8600	0.9032	0.9409	0.9636	0.9777	0.9890	0.9970	1	0.9965	0.9841	0.9567
9.0	-0.0317	0.0033	-0.0770	0.5358	0.5085	0.5669	0.7297	0.7974	0.8172	0.8397	0.8831	0.9207	0.9439	0.9598	0.9746	0.9875	0.9965	1	0.9952	0.9756
9.5	-0.0308	-0.0032	-0.0732	0.5252	0.4859	0.5411	0.7027	0.7704	0.7911	0.8146	0.8581	0.8953	0.9185	0.9353	0.9525	0.9694	0.9841	0.9952	1	0.9920
10.0	-0.0272	-0.0113	-0.0657	0.5047	0.4546	0.5066	0.6662	0.7341	0.7555	0.7797	0.8231	0.8599	0.8827	0.8996	0.9178	0.9371	0.9567	0.9756	0.9920	1

表10 相関行列の固有値 (長期国債) 2014年1月24日以前

主成分	固有値	差	寄与率	累積寄与率
1	14.42	12.32	72%	72%
2	2.10	0.45	10%	83%
3	1.65	0.66	8%	91%
4	0.99	0.61	5%	96%
5	0.38	0.14	2%	98%
6	0.24	0.15	1%	99%
7	0.09	0.02	0%	99%
8	0.07	0.03	0%	100%
9	0.04	0.03	0%	100%
10	0.01	0.01	0%	100%
11	0.00	0.00	0%	100%
12	0.00	0.00	0%	100%
13	0.00	0.00	0%	100%
14	0.00	0.00	0%	100%
15	0.00	0.00	0%	100%
16	0.00	0.00	0%	100%
17	0.00	0.00	0%	100%
18	0.00	0.00	0%	100%
19	0.00	0.00	0%	100%
20	0.00		0%	100%

図21 固有値，寄与率，累積寄与率（長期国債）2014年1月24日以前

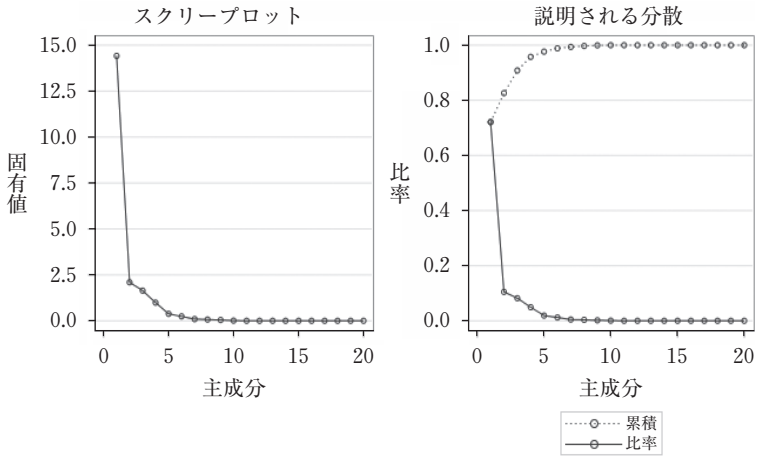
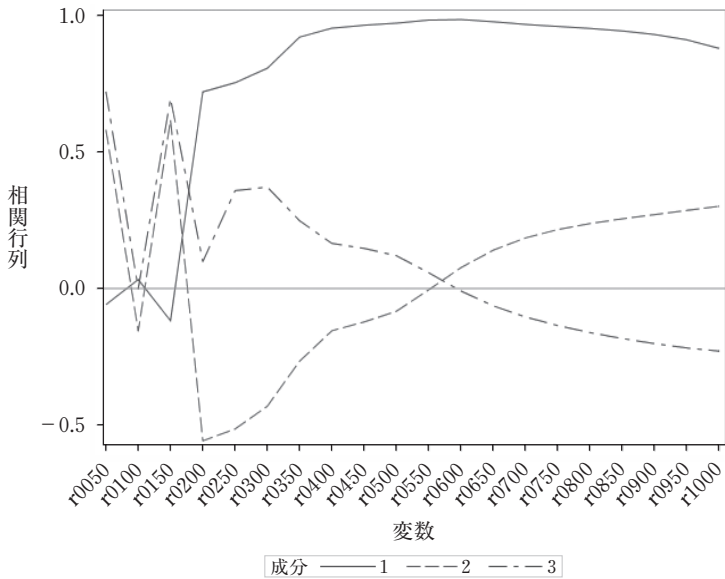


図22 スポット・レートに対する因子負荷量（長期国債）2014年1月24日以前



超長期国債流通市場

表11の長期国債の相関行列をみると、2年までのスポット・レート相互の相関が低い値を示していることがわかる。2年以降のスポット・レートの変化率の相関係数は比較的高く、この年限以降の動きには共通要因があるかもしれない。

ついで表12のスポット・レートの変化率の相関行列の固有値をみると、第1主成分の固有値が14.07、寄与率が70%、第2主成分、第3主成分は固有値がそれぞれ3.78、1.04、寄与率も19%、5%であり、第3主成分までの累積寄与率も94%なので、各主成分の固有値の推移と、寄与率、累積寄与率を示した図23からみても第3主成分までをイールド・カーブの変動パターンを決定する共通要因と考えてよいだろう。場合によっては第2主成分まででも十分かもしれない。

図24の因子負荷量をみると、70%と最も寄与率の高い第1主成分は1.5年以降が0.5を上回っており、3.5年以降にはほぼ同じような影響があることがわかる。第2主成分は1.5年以降の年限に関して5.5年から6年あたりを境にしてマイナスからプラスに転じていることから、5.5年あたりを中心にイールド・カーブの傾きに影響を与える要因と考えることができる。第3主成分は、0.5年のスポット・レートに1近い影響を与えているものの、その他の年限への影響は大きくないことから、0.5年のスポット・レートの変動要因と考えることができる。

表11 スポット・レートの変化率の相関行列 (超長期国債) 2014年1月24日以前

	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0.5	1	-0.0785	-0.0854	-0.1010	-0.0377	-0.0118	0.0119	0.0227	0.0191	0.0170	0.0206	0.0262	0.0309	0.0333	0.0333	0.0319	0.0300	0.0284	0.0281	0.0297
1.0	-0.0785	1	-0.5604	-0.5501	-0.5772	-0.4950	-0.3721	-0.3165	-0.3151	-0.2920	-0.2443	-0.1985	-0.1607	-0.1285	-0.0978	-0.0661	-0.0325	0.0028	0.0383	0.0713
1.5	-0.0854	-0.5604	1	0.9874	0.9775	0.9079	0.7306	0.6080	0.6155	0.6105	0.5443	0.4607	0.3884	0.3331	0.2895	0.2501	0.2105	0.1693	0.1273	0.0872
2.0	-0.1010	-0.5501	0.9874	1	0.9867	0.9376	0.7983	0.6884	0.6920	0.6821	0.6214	0.5462	0.4799	0.4282	0.3864	0.3476	0.3077	0.2652	0.2213	0.1791
2.5	-0.0377	-0.5772	0.9775	0.9867	1	0.9703	0.8228	0.6978	0.7045	0.6990	0.6358	0.5551	0.4842	0.4294	0.3862	0.3472	0.3079	0.2666	0.2242	0.1835
3.0	-0.0118	-0.4950	0.9079	0.9376	0.9703	1	0.9182	0.8055	0.8088	0.8020	0.7483	0.6780	0.6134	0.5628	0.5236	0.4889	0.4541	0.4170	0.3781	0.3402
3.5	0.0119	-0.3721	0.7306	0.7983	0.8228	0.9182	1	0.9692	0.9567	0.9314	0.9018	0.8657	0.8294	0.7915	0.7625	0.7354	0.7062	0.6732	0.6370	0.6009
4.0	0.0227	-0.3165	0.6080	0.6884	0.6978	0.8055	0.9692	1	0.9879	0.9574	0.9414	0.9227	0.8960	0.8693	0.8459	0.8231	0.7976	0.7676	0.7337	0.6994
4.5	0.0191	-0.3151	0.6155	0.6920	0.7045	0.8088	0.9567	0.9879	1	0.9897	0.9754	0.9490	0.9144	0.8827	0.8580	0.8361	0.8125	0.7848	0.7531	0.7204
5.0	0.0170	-0.2920	0.6105	0.6821	0.6990	0.8020	0.9314	0.9574	0.9897	1	0.9917	0.9632	0.9248	0.8911	0.8667	0.8465	0.8255	0.8007	0.7719	0.7417
5.5	0.0206	-0.2443	0.5443	0.6214	0.6358	0.7483	0.9018	0.9414	0.9754	0.9917	1	0.9887	0.9630	0.9375	0.9183	0.9017	0.8834	0.8606	0.8334	0.8044
6.0	0.0262	-0.1985	0.4607	0.5462	0.5551	0.6780	0.8657	0.9227	0.9490	0.9632	0.9887	1	0.9924	0.9786	0.9660	0.9530	0.9366	0.9148	0.8880	0.8595
6.5	0.0309	-0.1607	0.3884	0.4799	0.4842	0.6134	0.8264	0.8960	0.9144	0.9248	0.9630	0.9924	1	0.9964	0.9895	0.9798	0.9652	0.9444	0.9183	0.8905
7.0	0.0333	-0.1285	0.3331	0.4282	0.4294	0.5628	0.7915	0.8693	0.8827	0.8911	0.9375	0.9786	0.9964	1	0.9979	0.9915	0.9795	0.9609	0.9366	0.9103
7.5	0.0333	-0.0978	0.2895	0.3864	0.3862	0.5236	0.7625	0.8459	0.8580	0.8667	0.9183	0.9660	0.9895	0.9979	1	0.9977	0.9896	0.9748	0.9539	0.9306
8.0	0.0319	-0.0661	0.2501	0.3476	0.3472	0.4889	0.7354	0.8231	0.8361	0.8465	0.9017	0.9530	0.9798	0.9915	0.9977	1	0.9971	0.9874	0.9715	0.9523
8.5	0.0300	-0.0325	0.2105	0.3077	0.3079	0.4541	0.7062	0.7976	0.8125	0.8255	0.8834	0.9366	0.9652	0.9795	0.9896	0.9971	1	0.9966	0.9867	0.9725
9.0	0.0284	0.0028	0.1693	0.2652	0.2666	0.4170	0.6732	0.7676	0.7848	0.8007	0.8606	0.9148	0.9444	0.9609	0.9748	0.9874	0.9966	1	0.9967	0.9881
9.5	0.0281	0.0383	0.1273	0.2213	0.2242	0.3781	0.6370	0.7337	0.7531	0.7719	0.8334	0.8880	0.9183	0.9366	0.9539	0.9715	0.9867	0.9967	1	0.9973
10.0	0.0297	0.0713	0.0872	0.1791	0.1835	0.3402	0.6009	0.6994	0.7204	0.7417	0.8044	0.8595	0.8905	0.9103	0.9306	0.9523	0.9725	0.9881	0.9973	1

表12 相関行列の固有値 (超長期国債) 2014年1月24日以前

主成分	固有値	差	寄与率	累積寄与率
1	14.07	10.29	70%	70%
2	3.78	2.74	19%	89%
3	1.04	0.45	5%	94%
4	0.58	0.31	3%	97%
5	0.27	0.15	1%	99%
6	0.12	0.03	1%	99%
7	0.09	0.03	0%	100%
8	0.05	0.05	0%	100%
9	0.01	0.00	0%	100%
10	0.00	0.00	0%	100%
11	0.00	0.00	0%	100%
12	0.00	0.00	0%	100%
13	0.00	0.00	0%	100%
14	0.00	0.00	0%	100%
15	0.00	0.00	0%	100%
16	0.00	0.00	0%	100%
17	0.00	0.00	0%	100%
18	0.00	0.00	0%	100%
19	0.00	0.00	0%	100%
20	0.00		0%	100%

図23 固有値, 寄与率, 累積寄与率 (超長期国債) 2014年1月24日以前

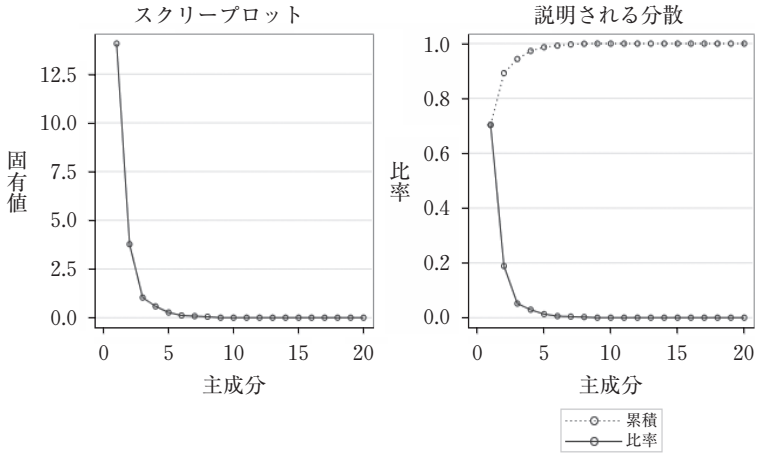
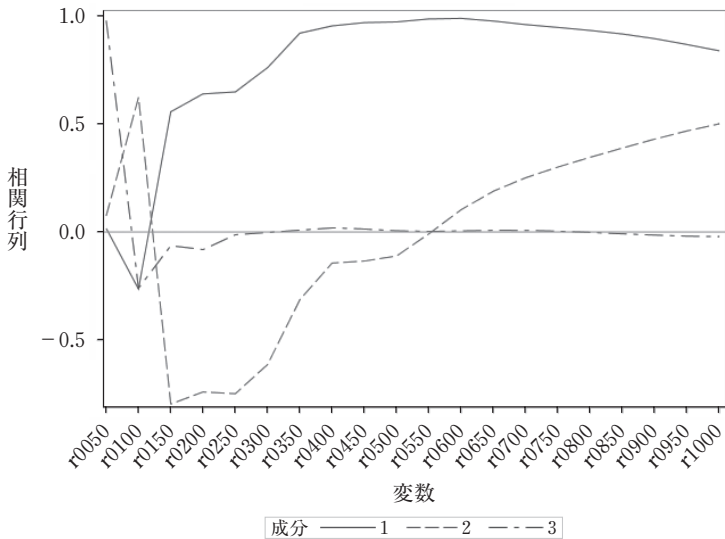


図24 スポット・レートに対する因子負荷量 (超長期国債) 2014年1月24日以前



円金利スワップ市場

相関行列の固有値の推計結果を表13に示しておいた。表14と図25の固有値をみると、第1主成分と第2主成分では固有値にかなりの違いがあるものの、第3主成分までが1に比較的近い数字となっており、加えて寄与率も第1主成分が84%、第2主成分が7%、第3主成分が4%を占め、第3主成分までの累積寄与率が96%を占めている。このことから、第3主成分までをイールド・カーブの変動パターンを決定する共通要因と考えてよいだろう。

図26の因子負荷量をみると、円金利スワップ市場でのスポット・レート変化については、全般的に0.5年のスポット・レートに対する因子負荷量が、他の年限のスポット・レートに対するものと大きく異なっている。つまり、各ファクターの0.5年のスポット・レートに対する影響と1年以上のスポット・レートに対する影響とが異なっている、別の視点から見ると0.5年とその他のスポット・レートは異なった動きをしているということもできるだろう。これは図10に示した1年ごとのイールド・カーブの動きも、すべての期間ではないが0.5年のスポット・レートを軸に回転している場合があったことと無関係ではないだろう。また、表5のスポット・レートの変化率の相関行列(JPY)のスポット・レートの相関が0.5年のスポット・レートと他の年限のスポット・レートの相関が極端に低いことから、考えられることであろう。

図26の0.5年以外のスポット・レートに対する因子負荷量に注目すると、次のような特徴がみられる。まず第1のファクターは、5年が最大でその前後の期間では影響が小さくなっているものの、特に1.5年以降のスポット・レートに対して0.8~1.0で、非常に大雑把にみれば各スポット・レートでほぼ同一であるから、この要因の変動はイールド・カーブの平行シフト要因と考えることができる。第2のファクターは、4.5年を中心に短期のスポッ

表13 スポット・レートの変化率の相関行列 (JPY) 2014年1月24日以前

	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0.5	1	0.1837	0.1671	0.1433	0.1210	0.1033	0.0905	0.0793	0.0704	0.0624	0.0555	0.0491	0.0455	0.0414	0.0425	0.0421	0.0417	0.0412	0.0410	0.0402
1.0	0.1837	1	0.7814	0.7121	0.6998	0.6795	0.6484	0.6194	0.6182	0.6118	0.6010	0.5892	0.5425	0.4965	0.5409	0.5734	0.5746	0.5730	0.5452	0.5176
1.5	0.1671	0.7814	1	0.9249	0.9106	0.8863	0.8559	0.8248	0.8105	0.7918	0.7739	0.7556	0.7237	0.6833	0.7055	0.7108	0.7057	0.6979	0.6801	0.6585
2.0	0.1433	0.7121	0.9249	1	0.9856	0.9597	0.9371	0.9105	0.8905	0.8662	0.8449	0.8236	0.8010	0.7646	0.7762	0.7669	0.7585	0.7473	0.7404	0.7265
2.5	0.1210	0.6998	0.9106	0.9856	1	0.9933	0.9796	0.9595	0.9450	0.9248	0.9062	0.8869	0.8633	0.8251	0.8392	0.8308	0.8220	0.8102	0.8015	0.7855
3.0	0.1033	0.6795	0.8863	0.9597	0.9933	1	0.9928	0.9777	0.9674	0.9505	0.9342	0.9167	0.8930	0.8542	0.8697	0.8621	0.8531	0.8410	0.8313	0.8142
3.5	0.0905	0.6484	0.8559	0.9371	0.9796	0.9928	1	0.9958	0.9874	0.9722	0.9591	0.9443	0.9239	0.8869	0.9023	0.8931	0.8850	0.8737	0.8665	0.8511
4.0	0.0793	0.6194	0.8248	0.9105	0.9595	0.9777	0.9958	1	0.9935	0.9799	0.9696	0.9571	0.9392	0.9037	0.9191	0.9092	0.9019	0.8913	0.8858	0.8716
4.5	0.0704	0.6182	0.8105	0.8905	0.9450	0.9674	0.9874	0.9935	1	0.9962	0.9902	0.9812	0.9632	0.9277	0.9480	0.9423	0.9339	0.9220	0.9151	0.8996
5.0	0.0624	0.6118	0.7918	0.8662	0.9248	0.9505	0.9722	0.9799	0.9962	1	0.9975	0.9915	0.9735	0.9381	0.9622	0.9602	0.9512	0.9387	0.9306	0.9143
5.5	0.0555	0.6010	0.7739	0.8449	0.9062	0.9342	0.9591	0.9696	0.9902	0.9975	1	0.9982	0.9821	0.9481	0.9751	0.9754	0.9675	0.9560	0.9486	0.9329
6.0	0.0491	0.5892	0.7556	0.8236	0.8869	0.9167	0.9443	0.9571	0.9812	0.9915	0.9982	1	0.9855	0.9530	0.9822	0.9844	0.9776	0.9670	0.9602	0.9449
6.5	0.0455	0.5425	0.7237	0.8010	0.8633	0.8930	0.9239	0.9392	0.9632	0.9735	0.9821	0.9855	1	0.9905	0.9958	0.9744	0.9670	0.9560	0.9556	0.9456
7.0	0.0414	0.4965	0.6833	0.7646	0.8251	0.8542	0.8869	0.9037	0.9277	0.9381	0.9481	0.9530	0.9905	1	0.9859	0.9463	0.9388	0.9277	0.9317	0.9256
7.5	0.0425	0.5409	0.7055	0.7762	0.8392	0.8697	0.9023	0.9191	0.9480	0.9622	0.9751	0.9822	0.9958	0.9859	1	0.9869	0.9820	0.9732	0.9737	0.9647
8.0	0.0421	0.5734	0.7108	0.7669	0.8308	0.8621	0.8931	0.9092	0.9423	0.9602	0.9754	0.9844	0.9744	0.9463	0.9869	1	0.9977	0.9912	0.9873	0.9749
8.5	0.0417	0.5746	0.7057	0.7585	0.8220	0.8531	0.8850	0.9019	0.9339	0.9512	0.9675	0.9776	0.9670	0.9388	0.9820	0.9977	1	0.9979	0.9933	0.9802
9.0	0.0412	0.5730	0.6979	0.7473	0.8102	0.8410	0.8737	0.8913	0.9220	0.9387	0.9560	0.9670	0.9560	0.9277	0.9732	0.9912	0.9979	1	0.9948	0.9810
9.5	0.0410	0.5452	0.6801	0.7404	0.8015	0.8313	0.8665	0.8858	0.9151	0.9306	0.9486	0.9602	0.9556	0.9317	0.9737	0.9873	0.9933	0.9948	1	0.9956
10.0	0.0402	0.5176	0.6585	0.7265	0.7855	0.8142	0.8511	0.8716	0.8996	0.9143	0.9329	0.9449	0.9456	0.9256	0.9647	0.9749	0.9802	0.9810	0.9956	1

表14 相関行列の固有値 (JPY) 2014年1月24日以前

主成分	固有値	差	寄与率	累積寄与率
1	16.88	15.49	84%	84%
2	1.38	0.50	7%	91%
3	0.89	0.42	4%	96%
4	0.47	0.32	2%	98%
5	0.15	0.03	1%	99%
6	0.11	0.04	1%	99%
7	0.07	0.04	0%	100%
8	0.03	0.01	0%	100%
9	0.01	0.01	0%	100%
10	0.01	0.01	0%	100%
11	0.00	0.00	0%	100%
12	0.00	0.00	0%	100%
13	0.00	0.00	0%	100%
14	0.00	0.00	0%	100%
15	0.00	0.00	0%	100%
16	0.00	0.00	0%	100%
17	0.00	0.00	0%	100%
18	0.00	0.00	0%	100%
19	0.00	0.00	0%	100%
20	0.00		0%	100%

ト・レートほどプラスで、長期のスポット・レートほどマイナスの影響を与えている。つまりこのファクターの変動はイールド・カーブの傾きを変える(緩やかにしたり、きつくしたりする)要因であると考えることができる。

第3のファクターは、第2のファクターに比べれば影響は小さいものの、逆の影響を与えている。ただし、このファクターは0.5年のスポット・レートに対する影響が1に近いものであるから、前号でも指摘した通り、

図25 固有値, 寄与率, 累積寄与率 (JPY) 2014年1月24日以前

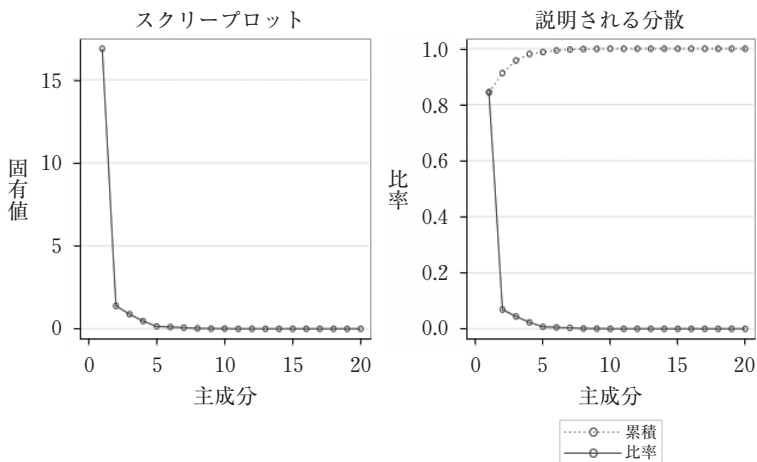
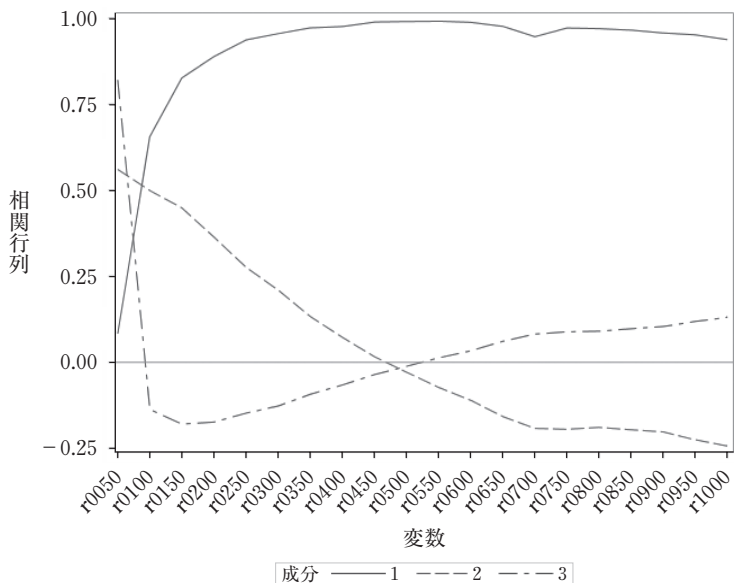


図26 スポット・レートに対する因子負荷量 (JPY) 2014年1月24日以前



イールド・カーブの傾き等の形状に与える影響要因というよりは⁴⁾、0.5年のスポット・レートの変動要因と考える方が素直であろう。

米ドル金利スワップ市場

米ドル金利スワップ市場の相関行列は表15に示されている。表7の全期間の相関行列と比較して、特別大きな傾向の違いはみられない。

米ドル金利スワップ市場におけるスポット・レート変動についての相関行列の固有値を表16に示しておいた。表16の固有値をみると、全期間での計測結果と大きな違いはない。第1主成分の固有値が16.93、寄与率が85%、第2主成分の固有値が1.82、寄与率9%、第3主成分の固有値が0.81、寄与率4%で、第3主成分までの累積寄与率は98%となっている。図27もあわせてみると第3主成分までが大きな共通変動要因と考えることができるだろう。

4) 先行研究では、概ね曲率への影響要因との結論になっていることが多い。

表15 スポット・レートの変化率の相関行列 (USD) 2014年1月24日以前

	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0.5	1	0.4834	0.4387	0.3849	0.3581	0.3222	0.3232	0.3138	0.3079	0.2988	0.2982	0.2956	0.2913	0.2856	0.2790	0.2696	0.2756	0.2809	0.2709	0.2585
1.0	0.4834	1	0.9479	0.8644	0.8006	0.7223	0.7004	0.6620	0.6342	0.6039	0.5900	0.5740	0.5563	0.5372	0.5110	0.4811	0.4981	0.5140	0.4831	0.4488
1.5	0.4387	0.9479	1	0.9790	0.9345	0.8652	0.8568	0.8271	0.8010	0.7716	0.7554	0.7368	0.7163	0.6940	0.6663	0.6344	0.6524	0.6692	0.6363	0.5996
2.0	0.3849	0.8644	0.9790	1	0.9703	0.9106	0.9127	0.8912	0.8684	0.8418	0.8251	0.8059	0.7845	0.7614	0.7346	0.7036	0.7210	0.7372	0.7054	0.6695
2.5	0.3581	0.8006	0.9345	0.9703	1	0.9833	0.9744	0.9375	0.9181	0.8941	0.8809	0.8651	0.8473	0.8275	0.8001	0.7680	0.7859	0.8025	0.7697	0.7324
3.0	0.3222	0.7223	0.8652	0.9106	0.9833	1	0.9840	0.9380	0.9220	0.9008	0.8911	0.8789	0.8646	0.8486	0.8216	0.7900	0.8076	0.8239	0.7914	0.7544
3.5	0.3232	0.7004	0.8568	0.9127	0.9744	0.9840	1	0.9846	0.9747	0.9586	0.9510	0.9407	0.9279	0.9131	0.8893	0.8604	0.8765	0.8911	0.8617	0.8272
4.0	0.3138	0.6620	0.8271	0.8912	0.9375	0.9380	0.9846	1	0.9958	0.9847	0.9790	0.9703	0.9591	0.9455	0.9252	0.8998	0.9140	0.9268	0.9009	0.8698
4.5	0.3079	0.6342	0.8010	0.8684	0.9181	0.9220	0.9747	0.9658	1	0.9965	0.9929	0.9862	0.9766	0.9644	0.9483	0.9268	0.9389	0.9495	0.9277	0.9005
5.0	0.2988	0.6039	0.7716	0.8418	0.8941	0.9008	0.9586	0.9847	0.9965	1	0.9981	0.9929	0.9847	0.9738	0.9616	0.9439	0.9540	0.9626	0.9447	0.9212
5.5	0.2982	0.5900	0.7554	0.8251	0.8809	0.8911	0.9510	0.9790	0.9929	0.9981	1	0.9983	0.9934	0.9857	0.9760	0.9605	0.9695	0.9768	0.9612	0.9397
6.0	0.2956	0.5740	0.7368	0.8059	0.8651	0.8789	0.9407	0.9703	0.9862	0.9929	0.9983	1	0.9984	0.9938	0.9864	0.9731	0.9809	0.9871	0.9736	0.9540
6.5	0.2913	0.5563	0.7163	0.7845	0.8473	0.8646	0.9279	0.9591	0.9766	0.9847	0.9934	0.9984	1	0.9985	0.9933	0.9819	0.9887	0.9938	0.9823	0.9646
7.0	0.2856	0.5372	0.6940	0.7614	0.8275	0.8486	0.9131	0.9455	0.9644	0.9738	0.9857	0.9938	0.9985	1	0.9968	0.9873	0.9931	0.9971	0.9876	0.9716
7.5	0.2790	0.5110	0.6663	0.7346	0.8001	0.8216	0.8893	0.9252	0.9483	0.9616	0.9760	0.9864	0.9933	0.9968	1	0.9968	0.9993	1.0000	0.9970	0.9874
8.0	0.2696	0.4811	0.6344	0.7036	0.7680	0.7900	0.8604	0.8998	0.9268	0.9439	0.9605	0.9731	0.9819	0.9873	0.9968	1	0.9991	0.9965	1.0000	0.9968
8.5	0.2756	0.4981	0.6524	0.7210	0.7859	0.8076	0.8765	0.9140	0.9389	0.9540	0.9695	0.9809	0.9887	0.9931	0.9993	0.9991	1	0.9991	0.9992	0.9926
9.0	0.2809	0.5140	0.6692	0.7372	0.8025	0.8239	0.8911	0.9268	0.9495	0.9626	0.9768	0.9871	0.9938	0.9971	1.0000	0.9965	0.9991	1	0.9966	0.9866
9.5	0.2709	0.4831	0.6363	0.7054	0.7697	0.7914	0.8617	0.9009	0.9277	0.9447	0.9612	0.9736	0.9823	0.9876	0.9970	1.0000	0.9992	0.9966	1	0.9967
10.0	0.2585	0.4488	0.5996	0.6695	0.7324	0.7544	0.8272	0.8698	0.9005	0.9212	0.9397	0.9540	0.9646	0.9716	0.9874	0.9968	0.9926	0.9866	0.9967	1

表16 相関行列の固有値 (USD) 2014年1月24日以前

主成分	固有値	差	寄与率	累積寄与率
1	16.93	15.11	85%	85%
2	1.82	1.02	9%	94%
3	0.81	0.53	4%	98%
4	0.27	0.19	1%	99%
5	0.09	0.03	0%	100%
6	0.05	0.04	0%	100%
7	0.01	0.00	0%	100%
8	0.01	0.01	0%	100%
9	0.00	0.00	0%	100%
10	0.00	0.00	0%	100%
11	0.00	0.00	0%	100%
12	0.00	0.00	0%	100%
13	0.00	0.00	0%	100%
14	0.00	0.00	0%	100%
15	0.00	0.00	0%	100%
16	0.00	0.00	0%	100%
17	0.00	0.00	0%	100%
18	0.00	0.00	0%	100%
19	0.00	0.00	0%	100%
20	0.00		0%	100%

図27 固有値, 寄与率, 累積寄与率 (USD) 2014年1月24日以前

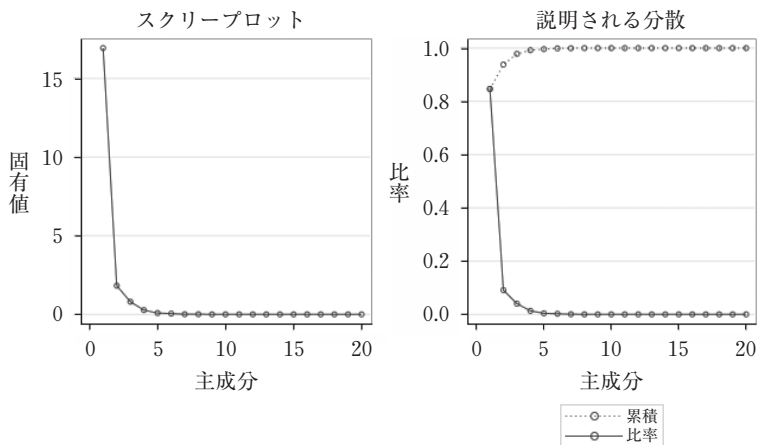
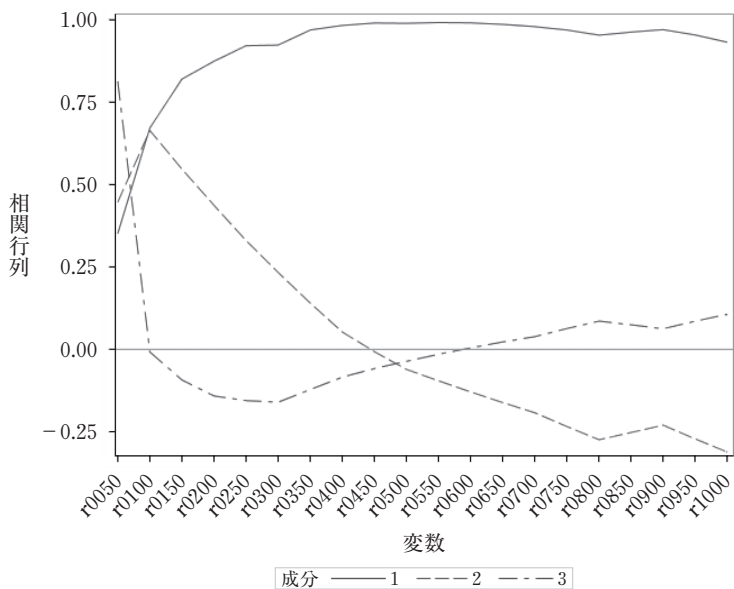


図28 スポット・レートに対する因子負荷量 (USD) 2014年1月24日以前



2014年1月24日以降の変動パターン 長期国債流通市場

表17の長期国債の相関行列をみると、隣り合わせの相関係数が-1に近い数字であったり、その隣の年限では+1に近い数字であったりとスポット・レート各年限間の動きに相関があるようにはみえない。この期間のイールド・カーブの動きは、それ以前と比較して大きく崩れてきていることの証左かもしれない。

表18の固有値スポット・レートの変化率の相関行列の固有値をみると、長期国債については、第1主成分の固有値が8.77、寄与率が44%とこれ以前の機関と比べ大きく下がっている。第2主成分、第3主成分は固有値がそれぞれ3.85、2.54、寄与率も19%、13%と、わずかに上昇している。第1主成分の影響が大きく低下したため、第3主成分までの累積寄与率が76%にまで低下したが、各主成分の固有値の推移と、寄与率、累積寄与率を図示した図29とあわせてみると、それでもまだそれなりの共通変動要因であると考えるもよいだろう。

図30の因子負荷量をみると、第1主成分は6年から9年までは1に近い影響をみることができのに対して、0.5年から3.5年にかけて-1に向けて減少している。第2主成分、第3主成分の影響は一様ではなく、スポット・レートごとに影響要因が異なっているのかもしれない。

表17 スポット・レートの変化率の相関行列 (長期国債) 2014年1月24日以降

	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0.5	1	0.2260	0.1537	-0.0077	0.2086	0.1077	0.0935	-0.1968	-0.3459	0.3295	-0.3328	0.2958	0.1778	0.1233	0.1128	0.1069	0.0902	0.0480	-0.0296	0.0885
1.0	0.2260	1	0.6075	0.1986	0.8874	0.1597	0.0948	-0.0672	-0.0139	0.0058	-0.0067	-0.0034	-0.0187	-0.0050	0.0250	0.0542	0.0746	0.0783	0.0491	0.0018
1.5	0.1537	0.6075	1	-0.0501	0.5277	0.2523	0.2785	-0.2160	0.0843	-0.1447	0.1370	-0.1959	-0.2668	-0.2633	-0.2360	-0.2025	-0.1656	-0.1162	-0.0407	-0.0269
2.0	-0.0077	0.1986	-0.0501	1	0.3839	0.2595	0.3124	-0.2385	0.0400	-0.0984	0.0908	-0.1518	-0.2351	-0.2379	-0.2165	-0.1927	-0.1664	-0.1248	-0.0487	-0.0270
2.5	0.2086	0.8874	0.5277	0.3839	1	0.3701	0.4727	-0.4190	-0.0562	-0.0361	0.0240	-0.1244	-0.2829	-0.3006	-0.2598	-0.2067	-0.1510	-0.0850	-0.0023	-0.0521
3.0	0.1077	0.1597	0.2523	0.2595	0.3701	1	0.7607	-0.6871	-0.0678	-0.0989	0.0762	-0.2597	-0.5547	-0.6324	-0.6281	-0.5922	-0.5248	-0.3922	-0.1422	-0.0995
3.5	0.0935	0.0948	0.2785	0.3124	0.4727	0.7607	1	-0.9347	-0.1263	-0.0975	0.0675	-0.3097	-0.6992	-0.7926	-0.7727	-0.7163	-0.6279	-0.4676	-0.1711	-0.1179
4.0	-0.1968	-0.0672	-0.2160	-0.2385	-0.4190	-0.6871	-0.9347	1	0.4651	-0.2551	0.2843	-0.0390	0.4152	0.5534	0.5500	0.5078	0.4443	0.3371	0.1423	0.0534
4.5	-0.3459	-0.0139	0.0843	0.0400	-0.0562	-0.0678	-0.1263	0.4651	1	-0.9745	0.9809	-0.9022	-0.6083	-0.4633	-0.4360	-0.4247	-0.3892	-0.2869	-0.0664	-0.1494
5.0	0.3295	0.0058	-0.1447	-0.0984	-0.0361	-0.0989	-0.0975	-0.2551	-0.9745	1	-0.9995	0.9760	0.7706	0.6484	0.6193	0.5979	0.5445	0.4062	0.1143	0.1753
5.5	-0.3328	-0.0067	0.1370	0.0908	0.0240	0.0762	0.0675	0.2843	0.9809	-0.9995	1	-0.9688	-0.7508	-0.6251	-0.5960	-0.5758	-0.5245	-0.3906	-0.1076	-0.1725
6.0	0.2958	-0.0034	-0.1959	-0.1518	-0.1244	-0.2597	-0.3097	-0.0390	-0.9022	0.9760	-0.9688	1	0.8909	0.7973	0.7687	0.7393	0.6718	0.5060	0.1584	0.1908
6.5	0.1778	-0.0187	-0.2668	-0.2351	-0.2829	-0.5547	-0.6992	0.4152	-0.6083	0.7706	-0.7508	0.8909	1	0.9826	0.9618	0.9229	0.8391	0.6437	0.2336	0.1907
7.0	0.1233	-0.0050	-0.2633	-0.2379	-0.3006	-0.6324	-0.7926	0.5534	-0.4633	0.6484	-0.6251	0.7973	0.9826	1	0.9920	0.9612	0.8853	0.6970	0.2820	0.1683
7.5	0.1128	0.0250	-0.2560	-0.2165	-0.2598	-0.6281	-0.7727	0.5500	-0.4360	0.6193	0.6193	0.7687	0.9618	0.9920	1	0.9876	0.9322	0.7643	0.3525	0.1310
8.0	0.1069	0.0542	-0.2025	-0.1927	-0.2067	-0.5922	-0.7163	0.5078	-0.4247	0.5979	-0.5758	0.7393	0.9229	0.9612	0.9876	1	0.9764	0.8470	0.4588	0.0547
8.5	0.0902	0.0746	-0.1656	-0.1664	-0.1510	-0.5248	-0.6279	0.4443	-0.3892	0.5445	-0.5245	0.6718	0.8391	0.8853	0.9322	0.9764	1	0.9393	0.6192	-0.0992
9.0	0.0480	0.0783	-0.1162	-0.1248	-0.0850	-0.3922	-0.4676	0.3371	-0.2869	0.4062	-0.3906	0.5060	0.6437	0.6970	0.7643	0.8470	0.9393	1	0.8449	-0.3960
9.5	-0.0296	0.0491	-0.0407	-0.0487	-0.0023	-0.1422	-0.1711	0.1423	-0.0664	0.1143	-0.1076	0.1584	0.2336	0.2820	0.3525	0.4588	0.6192	0.8449	1	-0.8143
10.0	0.0885	0.0018	-0.0269	-0.0270	-0.0521	-0.0995	-0.1179	0.0534	-0.1494	0.1753	-0.1725	0.1908	0.1907	0.1683	0.1310	0.0547	-0.0992	-0.3960	-0.8143	1

表18 相関行列の固有値 (長期国債) 2014年1月24日以降

主成分	固有値	差	寄与率	累積寄与率
1	8.77	4.92	44%	44%
2	3.85	1.31	19%	63%
3	2.54	0.63	13%	76%
4	1.92	0.86	10%	85%
5	1.05	0.29	5%	91%
6	0.76	0.37	4%	95%
7	0.39	0.02	2%	96%
8	0.37	0.07	2%	98%
9	0.30	0.28	2%	100%
10	0.02	0.01	0%	100%
11	0.01	0.01	0%	100%
12	0.00	0.00	0%	100%
13	0.00	0.00	0%	100%
14	0.00	0.00	0%	100%
15	0.00	0.00	0%	100%
16	0.00	0.00	0%	100%
17	0.00	0.00	0%	100%
18	0.00	0.00	0%	100%
19	0.00	0.00	0%	100%
20	0.00		0%	100%

図29 固有値, 寄与率, 累積寄与率 (長期国債) 2014年1月24日以降

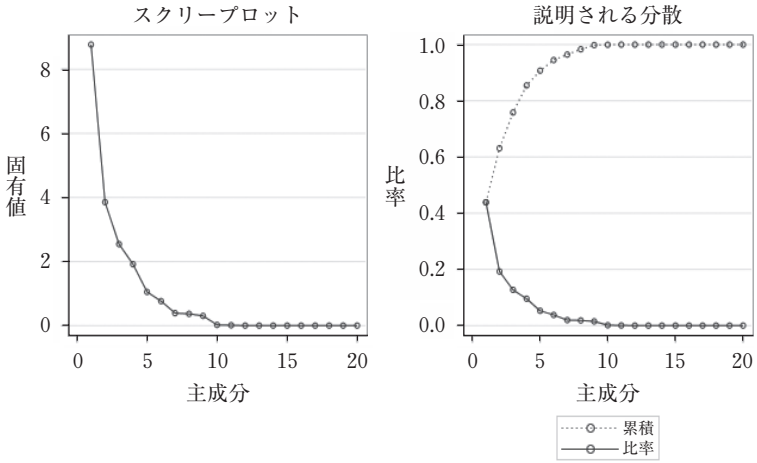
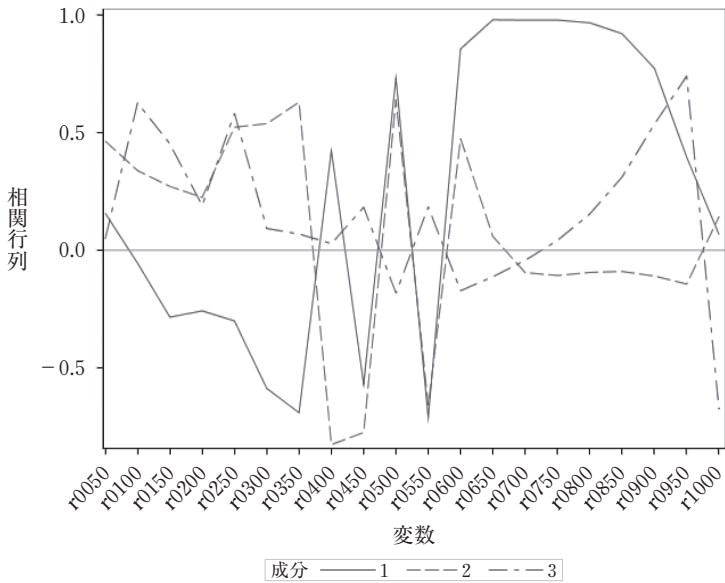


図30 スポット・レートに対する因子負荷量 (長期国債) 2014年1月24日以降



超長期国債流通市場

表19の超長期国債の相関行列も長期国債のそれと同様、かなりまちまちの相関係数を示しており、全体的な相関の傾向をみるのは難しそうだ。

表20の固有値スポット・レートの変化率の相関行列の固有値をみると、超長期国債については、第1主成分の固有値が7.12、寄与率が36%、第2主成分、第3主成分は固有値がそれぞれ3.05、2.44、寄与率も15%、12%と以前の期間と比べ説明力が大きく低下している。それでも第3主成分までの累積寄与率が63%であること、各主成分の固有値の推移と、寄与率、累積寄与率を図示した図31とあわせてみると、第3主成分まででもイールド・カーブの変動パターンをある程度は説明できると考えてよいだろう。

図32の因子負荷量をみると、今回の分析対象全期間の動きと非常に類似していることが分かる。一方で2014年1月24日以前の動きとは大きく異なっているので、後半の期間の動きが全期間の動きに大きく影響を与えていると考えることができそうだ。しかし、共通要因がどのようなものかについて、はっきりとした解釈をするのは難しい。

表19 スポット・レートの変化率の相関行列 (超長期国債) 2014年1月24日以降

	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0.5	1	0.0414	0.0150	0.0468	0.0336	0.0535	-0.0105	0.0033	-0.0083	-0.0037	0.0474	-0.0886	-0.0232	-0.0306	0.0331	-0.0162	-0.0321	-0.0213	-0.0213	0.0085
1.0	0.0414	1	-0.1036	-0.0330	-0.0608	-0.0188	0.0259	-0.0009	-0.0066	-0.0050	0.0153	-0.0491	-0.0096	-0.0285	0.0251	-0.0233	-0.0413	-0.0186	-0.0099	-0.0099
1.5	0.0150	-0.1036	1	0.7432	0.7646	0.7051	0.0418	-0.4432	-0.3622	-0.4329	-0.4055	-0.0379	-0.5419	-0.4031	-0.3794	-0.0349	-0.1736	-0.1980	-0.0253	-0.1298
2.0	0.0468	-0.0330	0.7432	1	0.6767	0.6352	0.0506	-0.4981	-0.4390	-0.5041	-0.4775	-0.1312	-0.5077	-0.3759	-0.3656	-0.0447	-0.1992	-0.2282	-0.0411	-0.1310
2.5	0.0336	-0.0608	0.7646	0.6767	1	0.9402	0.1037	-0.7786	-0.7068	-0.7813	-0.7529	-0.3292	-0.5950	-0.4222	-0.4180	-0.0345	-0.2325	-0.2718	-0.0599	-0.1357
3.0	0.0535	-0.0188	0.7051	0.6352	0.9402	1	0.0947	-0.8413	-0.7730	-0.8474	-0.8193	-0.3913	-0.5907	-0.4249	-0.4201	-0.0438	-0.2397	-0.2774	-0.0637	-0.1394
3.5	0.0359	0.0259	0.0418	0.0506	0.1037	0.0947	1	-0.0848	-0.0672	-0.0631	-0.0594	-0.0366	-0.0637	-0.0276	-0.0064	-0.0257	0.0061	0.0189	0.0129	-0.0047
4.0	-0.0105	-0.0009	-0.4432	-0.4981	-0.7786	-0.8413	-0.0848	1	0.9917	0.9950	0.9951	0.8040	0.1904	0.1878	0.2183	-0.0117	0.1267	0.1567	0.0509	0.0537
4.5	0.0033	-0.0012	-0.3622	-0.4390	-0.7068	-0.7730	-0.0672	0.9917	1	0.9866	0.9837	0.8708	0.0832	0.1178	0.1628	-0.0273	0.0924	0.1232	0.0519	0.0289
5.0	-0.0083	-0.0066	-0.4329	-0.5041	-0.7813	-0.8474	-0.0631	0.9950	0.9866	1	0.9981	0.7837	0.2394	0.1989	0.2538	-0.0210	0.1481	0.1932	0.0781	0.0613
5.5	-0.0037	-0.0050	-0.4055	-0.4775	-0.7529	-0.8193	-0.0594	0.9951	0.9937	0.9981	1	0.8187	0.1874	0.1637	0.2296	-0.0311	0.1243	0.1707	0.0756	0.0476
6.0	0.0474	0.0153	-0.0379	-0.1312	-0.3292	-0.3913	-0.0366	0.8040	0.8708	0.7837	0.8187	1	-0.3920	-0.1821	-0.1106	-0.0760	-0.0951	-0.0835	0.0062	-0.0841
6.5	-0.0886	-0.0491	-0.5419	-0.5077	-0.5950	-0.5907	-0.0037	0.1904	0.0832	0.2394	0.1874	-0.3920	1	0.4414	0.5680	0.0235	0.2819	0.3772	0.1262	0.2056
7.0	-0.0232	-0.0096	-0.4031	-0.3759	-0.4222	-0.4249	-0.0276	0.1878	0.1178	0.1989	0.1637	-0.1821	0.4414	1	0.6721	-0.1022	0.1678	0.2889	0.1285	0.1059
7.5	-0.0306	-0.0285	-0.3794	-0.3656	-0.4180	-0.4201	-0.0064	0.2183	0.1628	0.2538	0.2296	-0.1106	0.5680	0.6721	1	-0.4933	-0.2522	0.0219	0.1204	0.0018
8.0	0.0331	0.0251	-0.0349	-0.0447	-0.0345	-0.0438	-0.0257	-0.0117	-0.0273	-0.0210	-0.0311	-0.0760	0.0235	-0.1022	-0.4933	1	0.4575	0.3855	0.1075	0.1013
8.5	-0.0162	-0.0233	-0.1736	-0.1992	-0.2325	-0.2397	0.0061	0.1267	0.0924	0.1481	0.1243	-0.0951	0.2819	0.1678	-0.2522	0.4575	1	0.7728	0.3665	0.1305
9.0	-0.0321	-0.0413	-0.1980	-0.2282	-0.2718	-0.2774	0.0189	0.1567	0.1232	0.1932	0.1707	-0.0835	0.3772	0.2889	0.0219	0.3855	0.7728	1	0.7512	-0.1170
9.5	-0.0213	-0.0186	-0.0253	-0.0411	-0.0599	-0.0637	0.0129	0.0509	0.0519	0.0781	0.0756	0.0062	0.1262	0.1285	0.1204	0.1075	0.3665	0.7512	1	-0.6879
10.0	0.0085	-0.0099	-0.1298	-0.1310	-0.1357	-0.1394	-0.0047	0.0537	0.0289	0.0613	0.0476	-0.0841	0.2056	0.1059	0.0018	0.1013	0.1305	-0.1170	-0.6879	1

表20 相関行列の固有値 (超長期国債) 2014年1月24日以降

主成分	固有値	差	寄与率	累積寄与率
1	7.12	4.08	36%	36%
2	3.05	0.60	15%	51%
3	2.44	0.68	12%	63%
4	1.76	0.67	9%	72%
5	1.09	0.07	5%	77%
6	1.02	0.06	5%	82%
7	0.96	0.18	5%	87%
8	0.78	0.24	4%	91%
9	0.54	0.05	3%	94%
10	0.48	0.17	2%	96%
11	0.32	0.09	2%	98%
12	0.22	0.13	1%	99%
13	0.09	0.03	0%	99%
14	0.07	0.03	0%	100%
15	0.04	0.02	0%	100%
16	0.01	0.01	0%	100%
17	0.00	0.00	0%	100%
18	0.00	0.00	0%	100%
19	0.00	0.00	0%	100%
20	0.00		0%	100%

図31 固有値, 寄与率, 累積寄与率 (超長期国債) 2014年1月24日以降

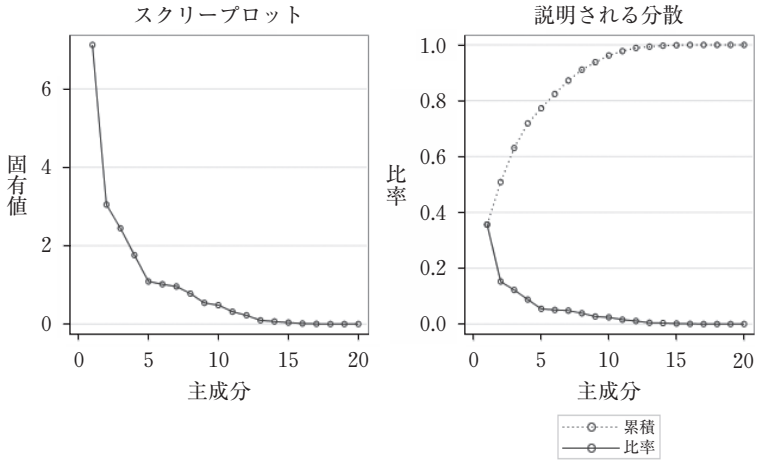
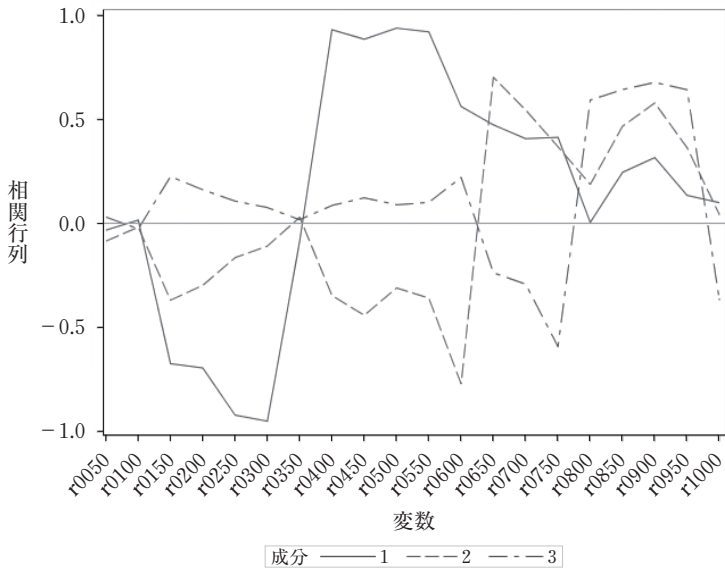


図32 スポット・レートに対する因子負荷量 (超長期国債) 2014年1月24日以降



円金利スワップ市場

表21の長期国債の相関行列をみると、1年から5年までのスポット・レート間の相関係数が高いが比較的高いが、その他の年限のスポット・レートの相関係数はマイナスも含め非常に小さい値となっている。この結果をみる限り一様ではなく複雑な関係がみうけられる。

表22の固有値スポット・レートの変化率の相関行列の固有値をみると、円金利スワップ市場については、第1主成分の固有値が7.37、寄与率が37%、第2主成分、第3主成分は固有値がそれぞれ1.29、1.19、寄与率も6%、6%と、これ以前の期間と比べると極端に数値が低くなっている。各主成分の固有値の推移と、寄与率、累積寄与率を図示した図33とあわせてみるとイールド・カーブの変動パターンは、10要因近くに影響を受けているようにみえる。

図34の因子負荷量のスポット・レートへの影響を見ると、図18に示した全期間の動きと非常に似た形をしている。第1主成分は1.5年から5.5年までに影響を与えているが、その他の期間への影響は小さいことが分かる。第2主成分の影響は5.5年までの期間について3.5年を境にプラスとマイナスの影響となっており、5.5年までの期間のイールド・カーブの傾きへの影響要因と考えられる。やはり後半期間の動きから、イールド・カーブの変動要因が複雑になっていることが予想できる。

表22 相関行列の固有値 (JPY) 2014年1月24日以降

主成分	固有値	差	寄与率	累積寄与率
1	7.37	6.08	37%	37%
2	1.29	0.10	6%	43%
3	1.19	0.10	6%	49%
4	1.09	0.03	5%	55%
5	1.06	0.03	5%	60%
6	1.03	0.00	5%	65%
7	1.03	0.05	5%	70%
8	0.98	0.02	5%	75%
9	0.96	0.07	5%	80%
10	0.89	0.03	4%	84%
11	0.86	0.05	4%	89%
12	0.81	0.23	4%	93%
13	0.59	0.11	3%	96%
14	0.47	0.20	2%	98%
15	0.27	0.19	1%	99%
16	0.08	0.07	0%	100%
17	0.02	0.01	0%	100%
18	0.00	0.00	0%	100%
19	0.00	0.00	0%	100%
20	0.00		0%	100%

図33 固有値, 寄与率, 累積寄与率 (JPY) 2014年1月24日以降

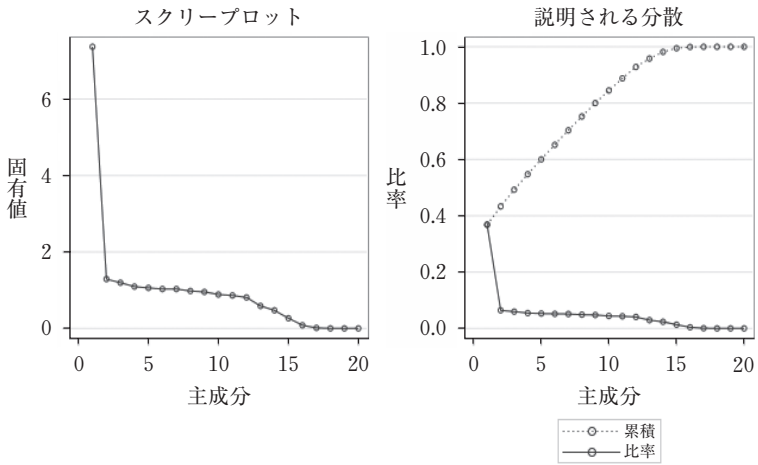
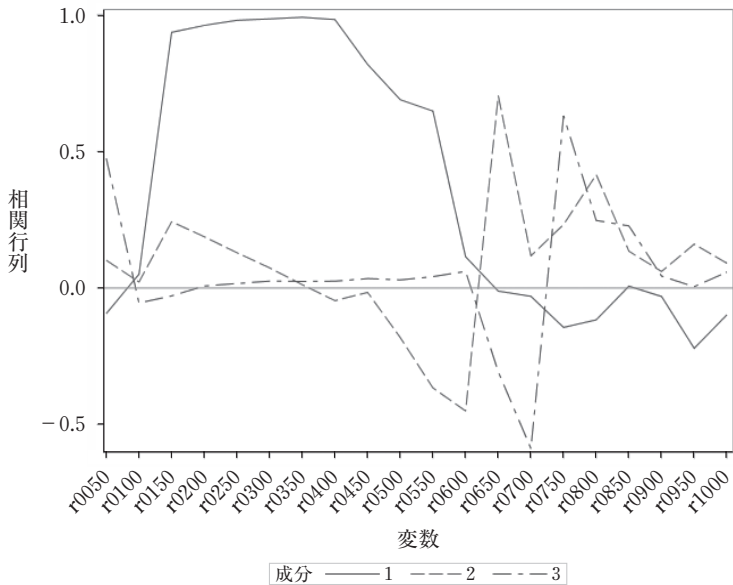


図34 スポット・レートに対する因子負荷量 (JPY) 2014年1月24日以降



米ドル金利スワップ市場

米ドル金利スワップ市場におけるスポット・レート変化率の相関行列を表23に示してある。0.5年と他の年限のスポット・レートの変化率の相関係数は最大で0.3783と低く、それ以外の年限相互の相関係数は年限の差が開くにつれ低くなるが1年と10年の間でも0.6701と0.5年のスポット・レートとの相関係数に比べると非常に高いことが示されている。この関係は全期間でみた場合も、前半の期間でみた場合も同様である。

表24の固有値スポット・レートの変化率の相関行列の固有値をみると、長期国債については、第1主成分の固有値が17.83、寄与率が89%と大半を第1主成分の動きで説明できる。第2主成分、第3主成分は固有値がそれぞれ1.19、0.79、寄与率も6%、4%と、第3主成分までの影響で99%とほぼすべての動きを説明できている。図35からもわかるように、第1主成分でほとんどの部分を、第3主成分まででイールド・カーブの変動パターンをほぼ完全に説明できると考えてよいだろう。

図36の因子負荷量をみると、第1主成分がイールド・カーブの水準の変動要因、第2主成分が傾きの変動要因、第3主成分が0.5年のスポット・レートの変動要因と考えることができる。米ドル金利スワップ市場のイールド・カーブの動きは2014年1月24日より前の期間や、今回分析対象にした全期間と比べ、多少の違いはあるものの概ね似たような動きをしているといえる。

表23 スポット・レートの変化率の相関行列 (USD) 2014年1月24日以降

	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0.5	1	0.3783	0.3449	0.3182	0.3098	0.3008	0.2960	0.2894	0.2832	0.2760	0.2723	0.2679	0.2630	0.2575	0.2487	0.2390	0.2443	0.2493	0.2394	0.2286
1.0	0.3783	1	0.9605	0.9160	0.8903	0.8656	0.8527	0.8361	0.8213	0.8038	0.7916	0.7778	0.7625	0.7460	0.7231	0.6976	0.7114	0.7245	0.6985	0.6701
1.5	0.3449	0.9605	1	0.9911	0.9784	0.9627	0.9506	0.9352	0.9194	0.9013	0.8880	0.8730	0.8567	0.8392	0.8148	0.7877	0.8023	0.8161	0.7886	0.7585
2.0	0.3182	0.9160	0.9911	1	0.9950	0.9850	0.9743	0.9605	0.9452	0.9277	0.9144	0.8996	0.8835	0.8661	0.8418	0.8148	0.8293	0.8431	0.8156	0.7856
2.5	0.3098	0.8903	0.9784	0.9950	1	0.9973	0.9910	0.9809	0.9686	0.9539	0.9424	0.9292	0.9147	0.8989	0.8763	0.8510	0.8646	0.8775	0.8518	0.8234
3.0	0.3008	0.8656	0.9627	0.9850	0.9973	1	0.9971	0.9901	0.9803	0.9679	0.9579	0.9462	0.9330	0.9186	0.8976	0.8738	0.8866	0.8987	0.8745	0.8476
3.5	0.2960	0.8527	0.9506	0.9743	0.9910	0.9971	1	0.9979	0.9923	0.9837	0.9761	0.9667	0.9558	0.9434	0.9249	0.9035	0.9151	0.9259	0.9041	0.8795
4.0	0.2894	0.8361	0.9352	0.9605	0.9809	0.9901	0.9979	1	0.9980	0.9928	0.9873	0.9800	0.9710	0.9606	0.9443	0.9251	0.9356	0.9452	0.9257	0.9032
4.5	0.2832	0.8213	0.9194	0.9452	0.9686	0.9803	0.9923	0.9980	1	0.9983	0.9952	0.9901	0.9832	0.9748	0.9611	0.9444	0.9535	0.9618	0.9449	0.9248
5.0	0.2760	0.8038	0.9013	0.9277	0.9539	0.9679	0.9837	0.9928	0.9983	1	0.9990	0.9959	0.9911	0.9846	0.9734	0.9589	0.9669	0.9740	0.9594	0.9417
5.5	0.2723	0.7916	0.8880	0.9144	0.9424	0.9579	0.9761	0.9873	0.9952	0.9990	1	0.9990	0.9961	0.9915	0.9827	0.9707	0.9774	0.9832	0.9711	0.9557
6.0	0.2679	0.7778	0.8730	0.8996	0.9292	0.9462	0.9667	0.9800	0.9901	0.9959	0.9990	1	0.9991	0.9963	0.9899	0.9803	0.9857	0.9903	0.9806	0.9676
6.5	0.2630	0.7625	0.8567	0.8835	0.9147	0.9330	0.9558	0.9710	0.9832	0.9911	0.9961	0.9991	1	0.9991	0.9951	0.9878	0.9920	0.9954	0.9880	0.9774
7.0	0.2575	0.7460	0.8392	0.8661	0.8989	0.9186	0.9434	0.9606	0.9748	0.9846	0.9915	0.9963	0.9991	1	0.9983	0.9933	0.9964	0.9985	0.9935	0.9852
7.5	0.2487	0.7231	0.8148	0.8418	0.8763	0.8976	0.9249	0.9443	0.9611	0.9734	0.9827	0.9899	0.9951	0.9983	1	0.9983	0.9996	1.0000	0.9984	0.9934
8.0	0.2390	0.6976	0.7877	0.8148	0.8510	0.8738	0.9035	0.9251	0.9444	0.9589	0.9707	0.9803	0.9878	0.9933	0.9983	1	0.9995	0.9982	1.0000	0.9984
8.5	0.2443	0.7114	0.8023	0.8293	0.8646	0.8866	0.9151	0.9356	0.9535	0.9669	0.9774	0.9857	0.9920	0.9964	0.9996	0.9995	1	0.9995	0.9996	0.9962
9.0	0.2493	0.7245	0.8161	0.8431	0.8775	0.8987	0.9259	0.9452	0.9618	0.9740	0.9832	0.9903	0.9954	0.9985	1.0000	0.9982	0.9995	1	0.9983	0.9931
9.5	0.2394	0.6985	0.7886	0.8156	0.8518	0.8745	0.9041	0.9257	0.9449	0.9594	0.9711	0.9806	0.9880	0.9935	0.9984	1.0000	0.9996	0.9983	1	0.9983
10.0	0.2286	0.6701	0.7585	0.7856	0.8234	0.8476	0.8795	0.9032	0.9248	0.9417	0.9557	0.9676	0.9774	0.9852	0.9934	0.9984	0.9962	0.9931	0.9883	1

表24 相関行列の固有値 (USD) 2014年1月24日以降

主成分	固有値	差	寄与率	累積寄与率
1	17.83	16.64	89%	89%
2	1.19	0.40	6%	95%
3	0.79	0.62	4%	99%
4	0.17	0.14	1%	100%
5	0.03	0.02	0%	100%
6	0.01	0.00	0%	100%
7	0.00	0.00	0%	100%
8	0.00	0.00	0%	100%
9	0.00	0.00	0%	100%
10	0.00	0.00	0%	100%
11	0.00	0.00	0%	100%
12	0.00	0.00	0%	100%
13	0.00	0.00	0%	100%
14	0.00	0.00	0%	100%
15	0.00	0.00	0%	100%
16	0.00	0.00	0%	100%
17	0.00	0.00	0%	100%
18	0.00	0.00	0%	100%
19	0.00	0.00	0%	100%
20	0.00		0%	100%

図35 固有値, 寄与率, 累積寄与率 (USD) 2014年1月24日以降

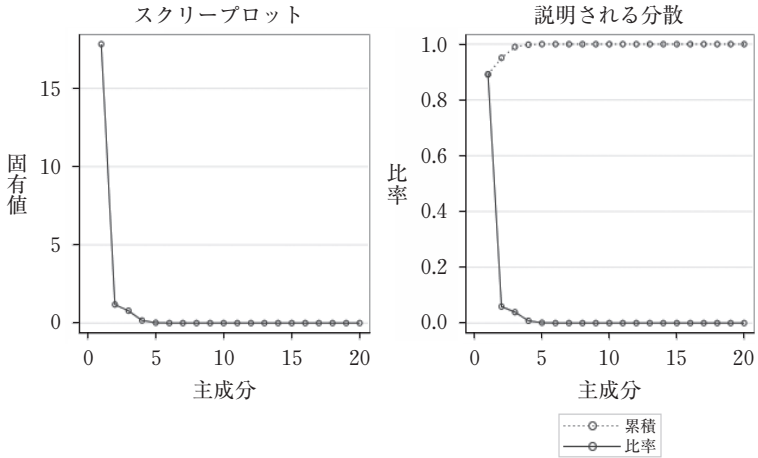
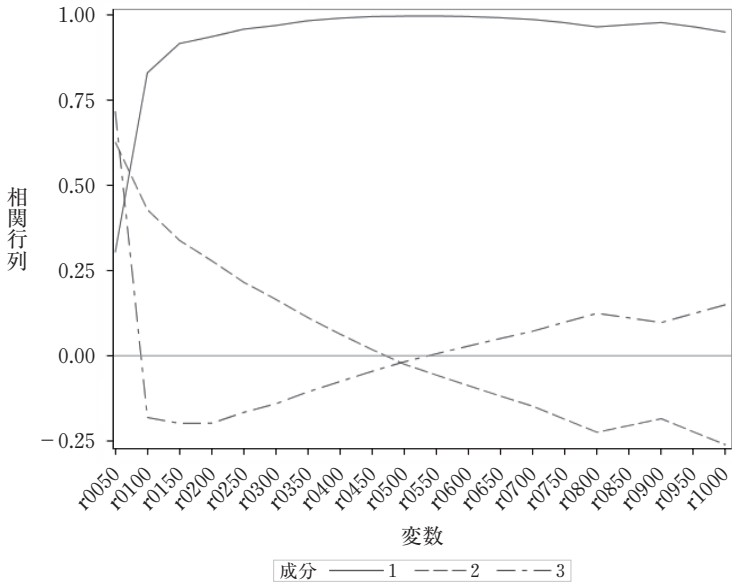


図36 スポット・レートに対する因子負荷量 (USD) 2014年1月24日以降



IV. 終わりに (次号に向けて)

イールド・カーブの動きの共通変動要因を因子負荷量から解釈することがよく行われている。それに倣って、それぞれの主成分が占める共通の変動要因を解釈してみると、2014年1月以前のイールド・カーブに対する因子負荷量をみると、第1主成分がイールド・カーブの水準の変動要因、第2主成分が傾きの変動要因、第3主成分が0.5年のスポット・レートの変動要因と考えることができる。

イールド・カーブの動きの共通変動要因の影響力の大きさと、各要因のイールド・カーブへ与える影響の違いをみると、円の市場、すなわち長期国債や、超長期国債、円金利スワップの市場においては、2014年1月24日以降のイールド・カーブの動きの共通変動要因がはっきりしなくなっている。一方、米ドル金利スワップ市場ではそのような傾向がみられず、2014年1月24日より前、後であっても、今回分析対象にした全期間であっても、多少の違いはあるものの概ね似たような動きをしているとはいえ、少なくとも円の市場のように期間によって大きな違いは観察されない。

われわれは、もともと、金利リスクのヘッジを目的に分析を行っているものであるから、各主成分の解釈はごく副次的なものである。しかし、それぞれの市場の主成分のスポット・レートに対する影響の程度は、対象とする市場や、対象期間の違いにより、先行研究での観察結果のように、常に3つの主成分で大半を説明できるものでもなければ、各主成分が、従来解釈されているようなイールド・カーブの水準、傾き、曲率への影響要因と解釈できる場合だけではないことは気に留めておく必要があろう。

付記 本稿は、中央大学特定課題研究費(2015-2016)の助成を受けた研究成果を利用している。また、今回の分析はSAS 9.4を用いて行った。

謝辞 林田博光先生の古希記念論文集に掲載される論文なので、本稿に Were the curves “kinky”? という副題をつけることにした。この副題を思いついたのは、2014年7月12日開催の中央大学企業研究所公開講演会『人に伝える—社内外・国内外のコミュニケーション—』における先生の講演「グローバルビジネスとコミュニケーション」がそもそものきっかけだった。

グローバルビジネスコミュニケーションの難しさの紹介の中に近畿大学の事例を聴いた際、かつてのビジネスの場でよく耳にしていた ‘The JGB curves are “kinky.” というフレーズを思い出し、無理やりという印象を与えるかもしれないが、イールド・カーブの変動パターンについて分析との共通点を感じることができた。

ショー・ビジネスにも造詣が深い林田先生に感謝の気持ちを込めて。

Break a leg!

参考文献

- Babcock, G. [1985] “Duration as a Weighted Average of Two Factors”, *Financial Analysts Journal* (March-April) pp. 75-76
- Benninga, S. [1989] *Numerical Techniques in Finance*, The MIT Press
- Bierwag, G. O. [1987] *Duration Analysis; Managing Interest Rate Risk*, Ballinger Publishing Company (土田壽孝訳『デュアレーション分析』文真堂 1990年)
- Chua, J. H. [1984] “A Closed Formula for Calculating Bond Duration”, *Financial Analysts Journal* (May-June) pp. 76-78
- Dai, Q., Singleton, K. J., & Yang, W. [2007] Regime shifts in a dynamic term structure model of US Treasury bond yields. *Review of Financial Studies*, 20 (5), 1669-1706
- Estrella and Hardouvelis [1991] “The Term Structure as a Predictor of Real Economic Activity” *The Journal of Finance*, June
- Fabozzi, F. J. [1988] *Fixed Income Mathematics*, Probus Publishing Company (住友銀行キャピタルマーケット誌『債券投資・デューリングのための金融数学』金融財政事情研究会 1990年)
- Fisher, L., and Weil, R. [1971] “Coping with the Risk of Interest-Rate Fluctuations: Returns from Bondholders from Naive and Optimal Strategies” *Journal of Business* 44, No. 4 (October 1971) pp. 408-431
- Hicks, J. R. [1939] *Value and Capital*, Oxford University Press (安井琢磨・熊谷尚夫

- 訳『価値と資本』岩波書店 1967年)
- 市川伸一・大橋靖雄 [1987]『SASによるデータ解析入門』東京大学出版会 1987年
- Mohan, R. [2006]. Recent trends in the Indian debt market and current initiatives. Reserve Bank of India Bulletin
- Leibowitz, M. L. [1983] "How Financial Theory Evolves into the Real World—Or Not: The Case of Duration and Immunization" *The Financial Review* Volume 18, No. 4
- Litterman, R., Scheinkman, J. [1991] "Common Factors Affecting Bond Returns" *Journal of Fixed Income* June Vol. 1 No. 1, pp. 54-61
- Litterman, R., Scheinkman, J., and Weiss, L. [1991] "Volatility and the Yield Curve" *The Journal of Fixed Income* Vol. 1 No. 1, pp. 49-53
- Macaulay, F. [1938] *Some Theoretical Problems Suggested by the Movement of Interest Rates, Bond Yield, and Stock Prices in the United States since 1865*, National Bureau of Economic Research
- Rebonato, R., Mahal, S., Joshi, M., Buchholz, L. D., & Nyholm, K. [2005] Evolving yield curves in the real-world measures: A semi-parametric approach. *The Journal of Risk*, 7 (3), 1
- Samuelson, P.A. [1945] "The Effects of Interest Rate Increases on the Banking System" *American Economic Review* 35 (March 1945), 16-27
- 高橋豊治 [1997]「金利リスクのヘッジ手法(3)—各種デュレーション概念」『高千穂論叢』第32巻第3号
- [2006]「公社債流通市場におけるイールド・カーブの計測」『企業研究』第9号
- [2008]「金利リスクの測定方法の展開—イールド・カーブ変動パターンの測定—」『企業研究』第13号
- [2014]「金利変動に影響を与える共通要因について」『企業研究』第25号 73-93頁
- [2017a]「イールド・カーブ変動パターンの測定」『社会イノベーション研究』第12巻第1号 65-100頁
- [2017b]「本邦のイールド・カーブ変動パターンの測定(1)」『商学論纂』第59巻第1・2号 169-200頁
- 津金眞理子 [1993]「国債市場の期間構造—コモンファクターの分析」『MPTフォーラム』
- 米澤康博・鈴木輝好 [1997]「国債市場におけるタームストラクチャーの変動要因」『現代ファイナンス』No. 2