

平成17年度 修士論文発表会

テーマ；

『本邦JGB市場における金利期間構造の予測と
債券投資戦略』

一橋大学大学院 国際企業戦略研究科
金融戦略コース 海老原 慎司
平成18年 3月15日（水）

第1章 はじめに

◆ 研究の目的・動機

- 金利予測は可能なのか？
- 金利予測ができれば、債券トレーディングのパフォーマンスは向上するはず

統計的な分析手法を用いた金利予測の検証を試みる

◆ 主な先行研究（参考文献）について

- 金利期間構造に関する研究はAffine Term Structure Modelについての研究を中心に数多く存在するが、金利予測に主眼を置いた研究は少ない
- Ang and Piazzesi (2003) ; マクロ経済変数とlatent variablesを使い、VARの手法でイールドカーブの変動を表現
- Diebold and Li (2005) ; マクロ経済変数は使わず、Nelson-Siegelモデルでイールドカーブの変動を説明
- Fabozzi, Martellini and Priaulet (2005) ; Nelson-Siegelモデルのパラメータ変化にベットするButterfly Trading戦略を考察

第1章 はじめに

◆ 本研究の要旨

- 本邦JGB市場で観測されるイールドカーブの時系列推移、形状変化の定量的な特性を分析（時系列分析・主成分分析）
- Affine Term Structure Model(ATSM)の構造を利用し、長期金利の変動を外性変数（短期金利とマクロ経済変数）または内性変数（unobserved state variables）を使って説明を試みる（カルマン・フィルター）
- Nelson-SiegelモデルでのJGBイールドカーブの推定とOut-of-Sampleでの金利予測
- 金利予測の結果を利用した債券投資戦略について、3つの戦略パターンを考察し、それぞれベンチマーク対比でパフォーマンス評価を行う

◆ 独自性

- 先行研究で行われていることを本邦JGB市場に当てはめ、統一的に分析（金利期間構造の主成分分析、ATSMの検証、Nelson-Siegelモデルによる金利予測）
- 債券投資戦略において、Butterfly Trading戦略だけでなく、債券ポートフォリオ運用戦略についても考察、そのパフォーマンスの高さを証明

第2章 日本国債市場の金利期間構造の分析

◆ データについて

- 分析期間 ; 1995年5月 ~ 2005年3月までの月次ベース
Out-of-Sample ; 2001年1月 ~ 2005年3月

◆ 金利データ

- 1,3,6,9,12,24,36,48,60,72,84,96,108,120ヶ月物のSpot rateとPar Rate
- 全て月末値を使用し、大和Poet-SB2002RMBSから取得

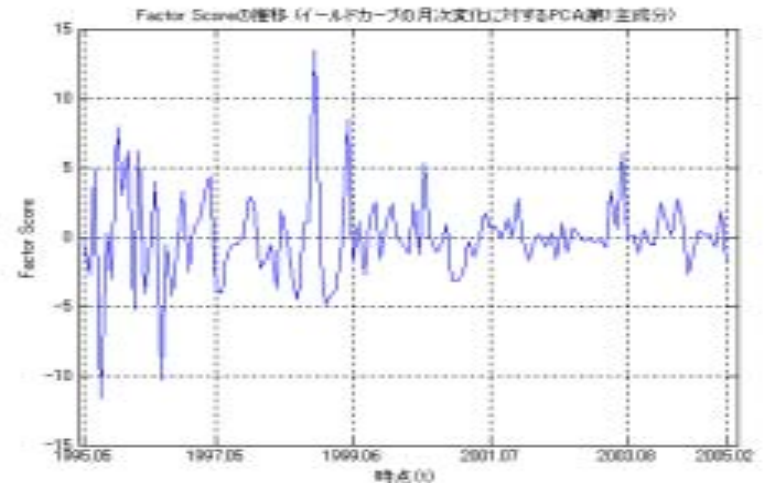
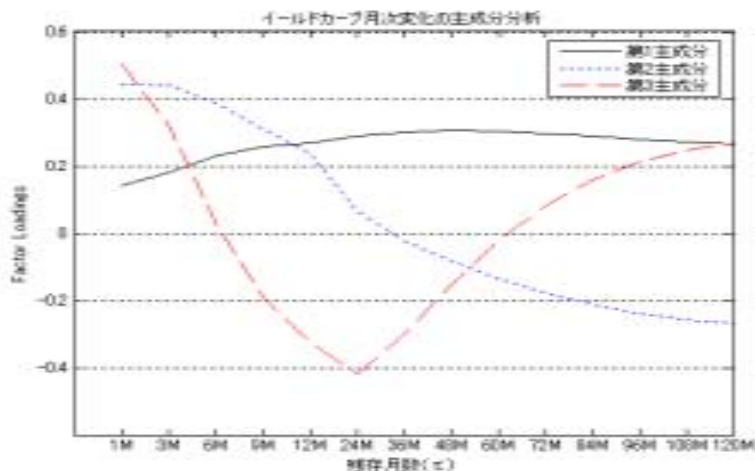
◆ マクロ経済変数データ

- インフレを計測する指標として、 全国消費者物価指数（コアCPI）、国内企業物価指数（CGPI）、景気循環を計測する指標として、完全失業率（UE）、 鉱工業生産指数（IP）
- 全て前年同月比の値を使用し、日経AMSUSから取得

金利期間構造の主成分分析

◆ イールドカーブの月次変化に対する主成分分析

- 第1主成分だけでその寄与率は72.16%、第3主成分までの累積寄与率は99.09%であり、第3主成分までで金利変動の約99%を説明
 - 第1主成分は金利変動の水準（level）、第2主成分は金利変動の傾き（slope）、第3主成分は金利変動の曲率（curvature）を表す
- 本邦JGB市場においても、Litterman and Scheinkman (1991)等の実証分析と整合的



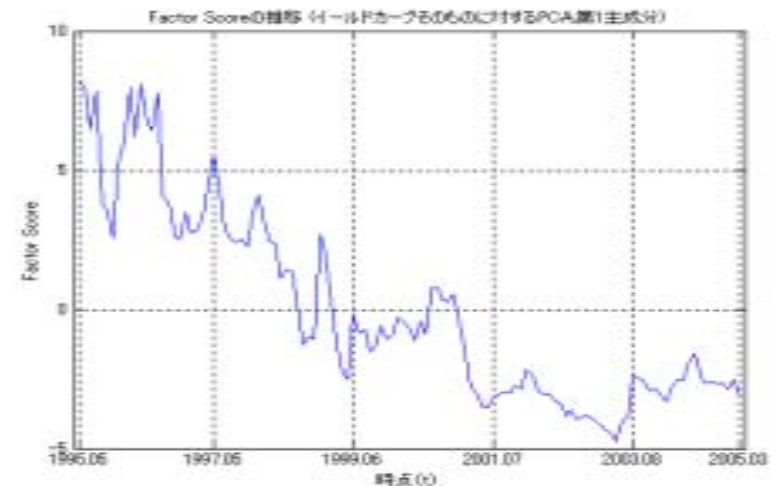
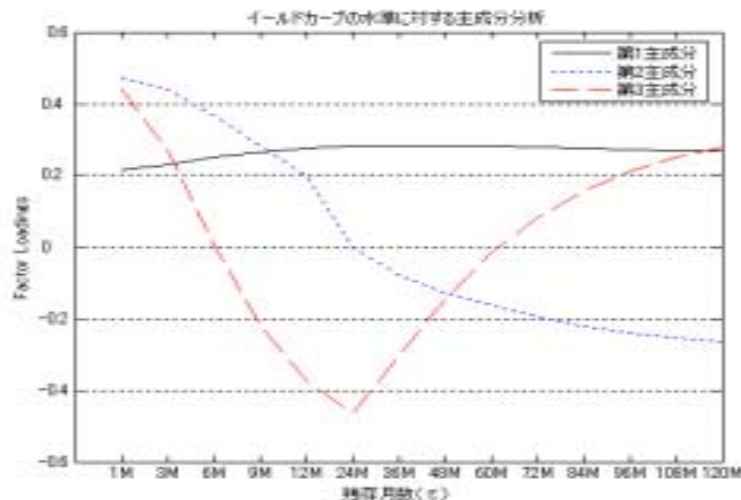
金利期間構造の主成分分析

◆ イールドカーブそのものに対する主成分分析

- 第1主成分だけでその寄与率は85.82%、第3主成分までの累積寄与率は99.75%であり、第3主成分までで金利変動の99%以上を説明
- 第1主成分は金利期間構造の水準（level）、第2主成分は傾き（slope）、第3主成分は曲率（curvature）を表す

金利の推移はlevel,slope,curvatureの3つのパラメータで表現可能

- イールドカーブそのものに対して主成分分析を行った場合には、因子スコアがあるトレンドを持って推移



Affine Term Structure Model (ATSM) の検証

◆ 1-Factor ATSMの検証

$$y(\tau) = A(\tau) + B(\tau)'x + \varepsilon(\tau)$$

$y(\tau)$; 残存年数 τ の長期金利 x ; 短期金利またはマクロ経済変数

- 短期金利を説明変数にした場合、モデルの決定係数は高く、回帰係数の有意性が確認されるが、残差項には正規性が見られないことと非常に高い系列相関が存在
- マクロ経済変数を説明変数にした場合ではモデルの決定係数は低く、回帰係数は有意な値とならない、また短期金利の場合と同様、残差項には正規性が見られず、その系列相関は非常に高い

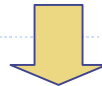


長期金利の変動を説明するモデルとして、ここで用いた短期金利とマクロ経済変数を説明変数にした1-Factor ATSM は本邦JGB市場では成立していない

Affine Term Structure Modelの検証

◆ 2-Factor ATSMの検証

- *Bulduzzi, Das and Foresi (1995)*における2-Factor ATSMの実証分析を行う
$$x_{t+1} = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 y_t(\tau) + \varepsilon_{t+1}$$
- モデルの決定係数は安定的に高い (0.84 ~ 0.86) が、回帰係数 β_2 が有意な値とはならなかった
短期金利には平均回帰性が存在しないという結果
本分析期間中は超低金利政策のため、短期金利がゼロ%近傍で推移していることが影響
- 残差項の系列相関は低いが、依然その正規性は確認できない



*Bulduzzi, Das and Foresi (1995)*の結果と異なり、本邦JGB市場では
*Bulduzzi, Das and Foresi (1995)*の提唱した2-Factor ATSMは成立して
ない

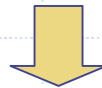
Affine Term Structure Modelの検証

◆ Multi-Factor ATSMの検証

- 短期金利（6ヶ月物金利）と全てのマクロ経済変数を用いて長期金利の変動を説明

$$y(\tau) = A(\tau) + \sum_i \beta_i(\tau)x_i + \varepsilon(\tau)$$

- 長期金利と最も相関の高いコアCPIは説明変数として選択されず、代わりに短期金利とUE、IPが説明変数として選択された
- ただし、残差項の正規性を強く主張できなく、高い系列相関も存在



以上のATSMに関する分析から、長期金利の変動を説明するには短期金利やマクロ経済変数だけでは不十分であり、何か観測不可能な状態変数が存在するものと推測



カルマン・フィルターにより *unobserved state variables* を推定

Kalman Filterによる状態変数の推定

◆ 観測不可能な状態変数の推定

- 短期金利（6ヶ月物金利）とマクロ経済変数（UEとIP）を用いて長期金利の変動の背後に存在する状態変数を推定

< 観測方程式 >

$$\begin{pmatrix} y_t(\tau_1) \\ y_t(\tau_2) \\ \vdots \\ y_t(\tau_{10}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6MYield \\ UE \\ IP \end{pmatrix}' \begin{pmatrix} \alpha_t \\ \beta_t \\ \gamma_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_t(\tau_1) \\ \varepsilon_t(\tau_2) \\ \vdots \\ \varepsilon_t(\tau_{10}) \end{pmatrix}$$

< 状態方程式 >

$$\begin{pmatrix} \alpha_t - \mu_\alpha \\ \beta_t - \mu_\beta \\ \gamma_t - \mu_\gamma \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_{t-1} - \mu_\alpha \\ \beta_{t-1} - \mu_\beta \\ \gamma_{t-1} - \mu_\gamma \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \eta_t(\alpha) \\ \eta_t(\beta) \\ \eta_t(\gamma) \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \eta_t \\ \varepsilon_t \end{pmatrix} = N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} Q & 0 \\ 0 & H \end{pmatrix} \right]$$

$$E(\varepsilon_t \eta_t') = 0$$



長期金利の変動はマクロ経済変数などの外性変数ではなく、金利変動に内在される変数（内性変数）が大きく寄与するものと推測

第3章 Nelson-Siegelモデルによる金利予測

◆ Nelson-Siegelモデル (1987)

$$y_t(\tau) = \beta_{0t} + \beta_{1t} \left(\frac{1 - \exp(-\lambda_t \tau)}{\lambda_t \tau} \right) + \beta_{2t} \left(\frac{1 - \exp(-\lambda_t \tau)}{\lambda_t \tau} - \exp(-\lambda_t \tau) \right)$$

◆ パラメータの解釈

τ ; どの残存年数 τ で β_{2t} の係数を最大にさせるかを定める
本研究では、 $\tau = 0.0499$ と固定

β_{0t} ; イールドカーブのlevel (水準 『長期金利の水準』)

β_{1t} ; イールドカーブのslope (傾き 『長短スプレッド』)

β_{2t} ; イールドカーブのcurvature (曲率 『バタフライ』)



*Nelson-Siegel*モデルはイールドカーブの変動をlevel、slope、curvatureの3つのファクターで表現する線形のモデル

パラメータ推定（最小二乗法）

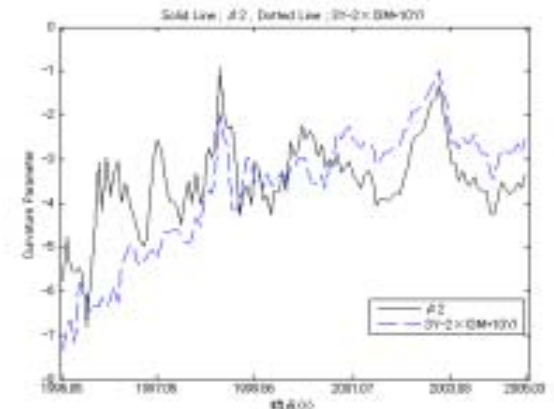
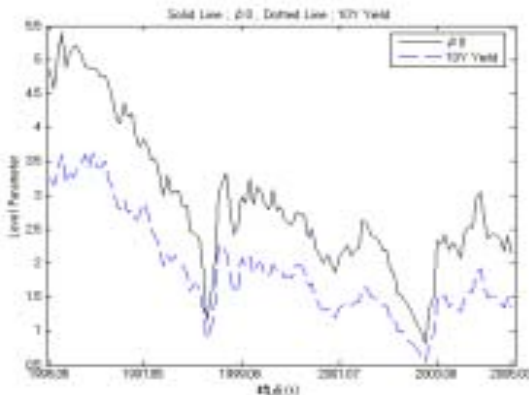
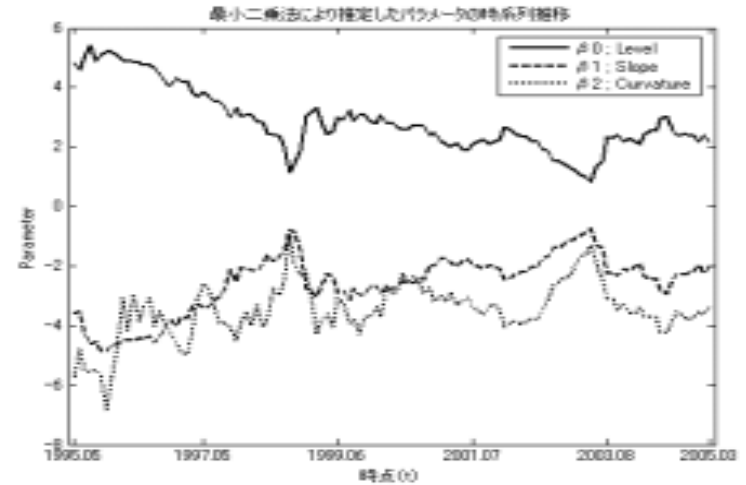
◆ 最小二乗法によるパラメータ推定

$$\text{Min}_{\beta_0, \beta_1, \beta_2} \sum_{j=1}^{14} \left[y_t(\tau_j)^{Mkt} - y_t(\tau_j) \right]^2$$

誤差項は ± 15b.p. の範囲内

◆ 各パラメータの実データを使った表現

- level ; 『10年物金利』
- slope ; 『3ヶ月物金利 10年物金利』
- curvature ; 『3年物金利 2 × (3ヶ月物金利 + 10年物金利)』



理論カーブと実際のカーブのフィット

◆ 1996年12月、2000年3月

全ての年限でフィットの良さが見られる

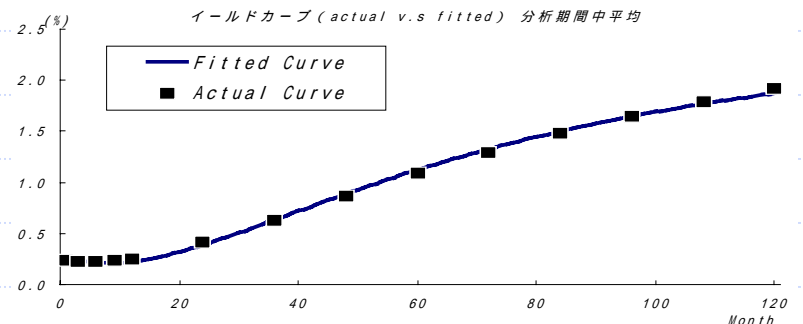
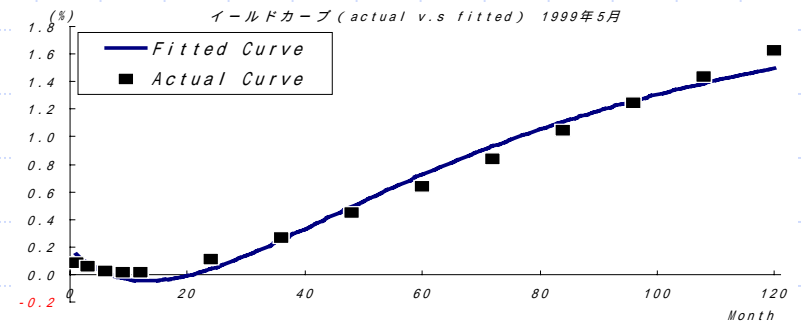
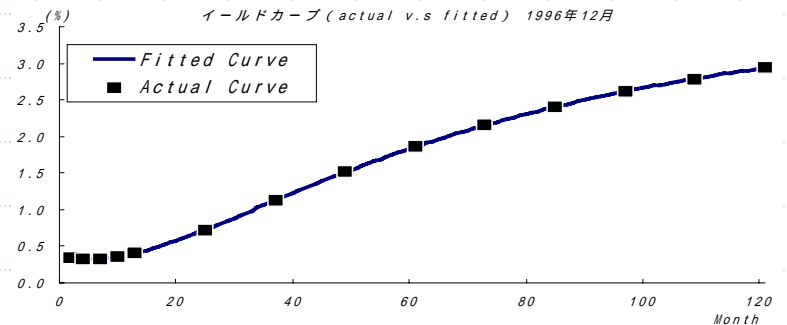
◆ 1999年5月、2005年3月

短期ゾーンや長期ゾーンでの誤差の大きさが目立つ

◆ 分析期間中の平均データ

概ねフィットが良い

必ずしも全ての期間でフィットが良いわけでは無いが、イールドカーブの変動をほぼ説明できる



パラメータのモデル化と予測

◆ 情報量基準を用いたパラメータのモデル選択

- AIC基準とSBIC基準で各パラメータはすべてAR(1)過程が選択
パラメータを $\hat{\beta}_{i,t+1} = \hat{c}_i + \hat{\gamma}_i \hat{\beta}_{i,t}$ ($i=0,1,2$) で表現可能

◆ 金利予測

- Nelson-Siegelモデルによる金利予測モデルは

$$\hat{y}_{t+1}(\tau) = \hat{\beta}_{1,t+1} + \hat{\beta}_{2,t+1} \left(\frac{1 - \exp(-\lambda\tau)}{\lambda\tau} \right) + \hat{\beta}_{3,t+1} \left(\frac{1 - \exp(-\lambda\tau)}{\lambda\tau} - \exp(-\lambda\tau) \right)$$

◆ 各パラメータがVAR(1)過程に従うと仮定（モデル間の比較）

$$\hat{\beta}_{i,t+1} = \hat{c} + \hat{\Gamma} \hat{\beta}_t \quad (i=0,1,2)$$

カルマン・フィルターでパラメータ推定が可能

パラメータ推定（カルマン・フィルター）

◆ カルマン・フィルターによるパラメータ推定

・ 状態空間モデル

観測方程式

$$\begin{pmatrix} y_t(\tau_1) \\ y_t(\tau_2) \\ \vdots \\ y_t(\tau_{14}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1 - \exp(-\lambda\tau_1)}{\lambda\tau_1} & \frac{1 - \exp(-\lambda\tau_1)}{\lambda\tau_1} - \exp(-\lambda\tau_1) \\ 1 & \frac{1 - \exp(-\lambda\tau_2)}{\lambda\tau_2} & \frac{1 - \exp(-\lambda\tau_2)}{\lambda\tau_2} - \exp(-\lambda\tau_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{1 - \exp(-\lambda\tau_{14})}{\lambda\tau_{14}} & \frac{1 - \exp(-\lambda\tau_{14})}{\lambda\tau_{14}} - \exp(-\lambda\tau_{14}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_t \\ S_t \\ C_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_t(\tau_1) \\ \varepsilon_t(\tau_2) \\ \vdots \\ \varepsilon_t(\tau_{14}) \end{pmatrix}$$

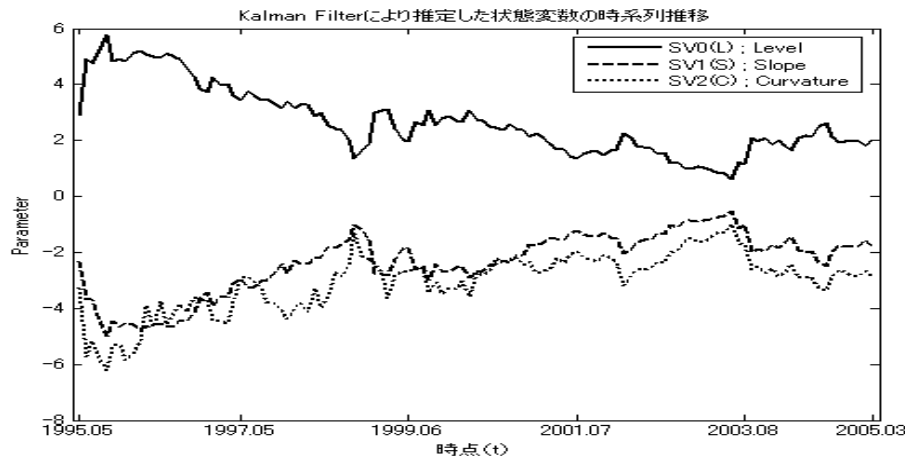
状態方程式

$$\begin{pmatrix} L_t - \mu_L \\ S_t - \mu_S \\ C_t - \mu_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_{t-1} - \mu_L \\ S_{t-1} - \mu_S \\ C_{t-1} - \mu_C \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \eta_t(L) \\ \eta_t(S) \\ \eta_t(C) \end{pmatrix}$$

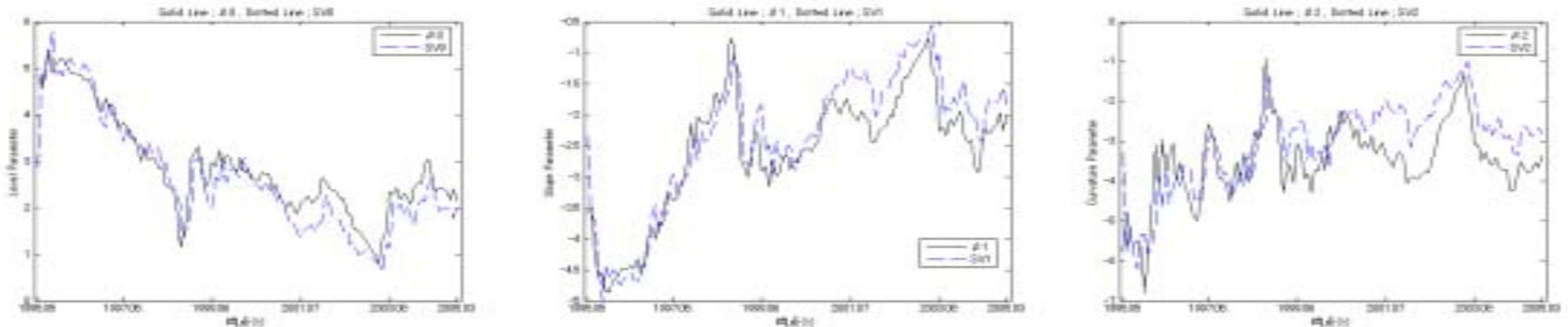
$$\begin{pmatrix} \eta_t \\ \varepsilon_t \end{pmatrix} = N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} Q & 0 \\ 0 & H \end{pmatrix} \right]$$

パラメータ推定（カルマン・フィルター）

◆ カルマン・フィルターによるパラメータ推定の結果



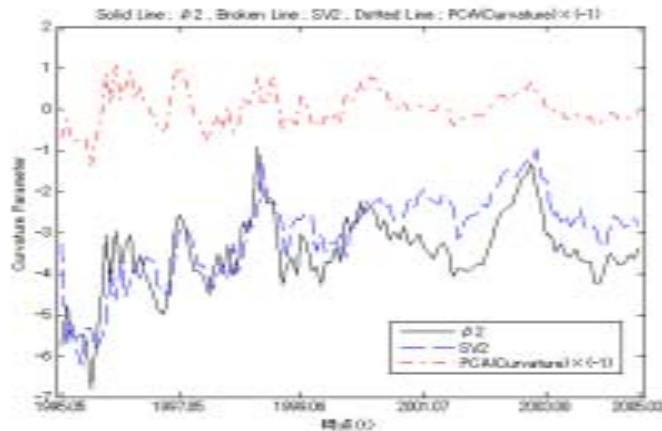
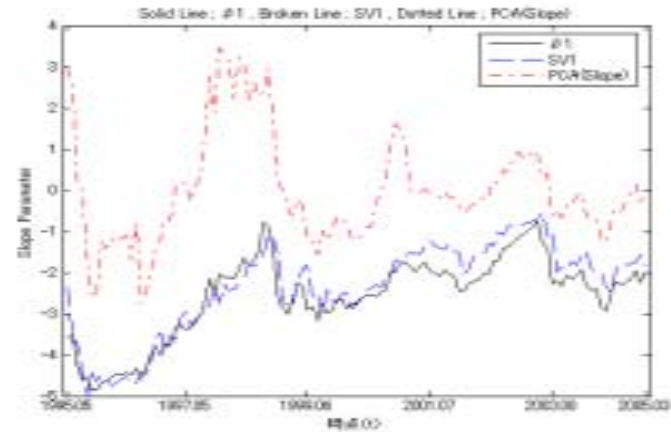
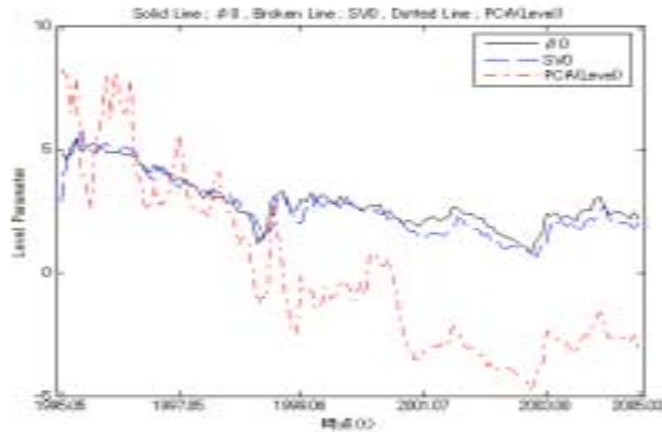
◆ 最小二乗法で推定したパラメータとの比較



各level,slope,curvatureパラメータ間の相関性が非常に高い

パラメータ間の比較

◆ 推定したパラメータとPCAで得られた因子スコア



最小二乗法で推定したパラメータとカルマン・フィルターで推定した状態変数、イールドカーブそのものに対するPCAで得られた因子スコアには高い相関が見られる

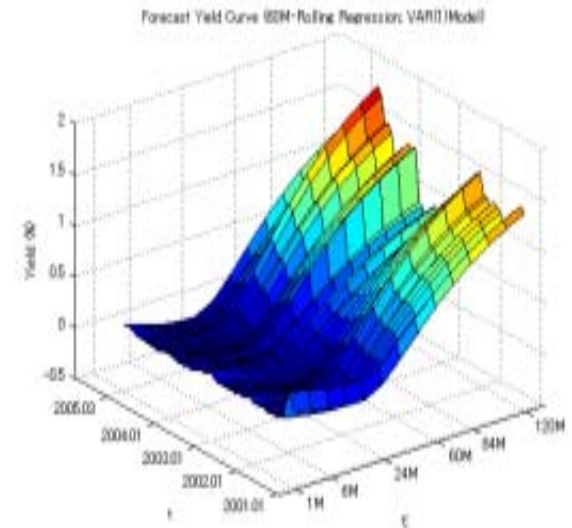
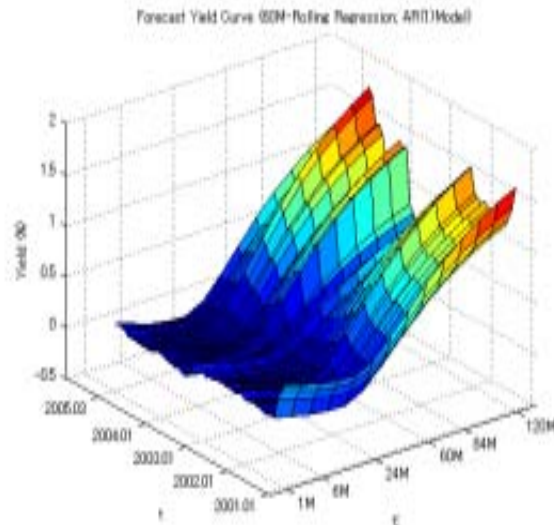
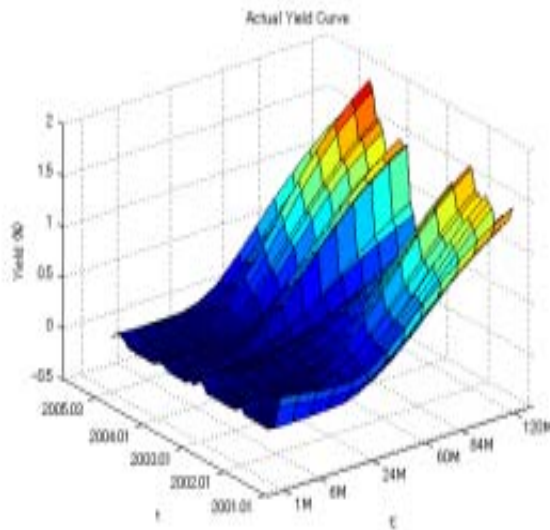
金利変動はlevel, slope, curvatureの3つのパラメータで表現可能

Out-of-Sampleでの金利予測

◆ バックテスト（金利予測）

- 分析期間；2001年1月～2005年3月
- 分析方法；36ヶ月または60ヶ月でのローリング回帰
- パラメータの従う過程；AR(1)過程またはVAR(1)過程

◆ 予測結果



Out-of-Sampleでの金利予測

◆ 予測誤差の記述統計量

	予測誤差 (rolling 5Y) AR(1)													
	1M	3M	6M	9M	12M	24M	36M	48M	60M	72M	84M	96M	108M	120M
平均	0.106	0.055	0.002	-0.031	-0.047	-0.022	0.047	0.097	0.116	0.106	0.076	0.037	-0.004	-0.043
標準偏差	0.047	0.040	0.038	0.038	0.040	0.050	0.073	0.098	0.118	0.133	0.144	0.150	0.154	0.156
RMSE	0.116	0.068	0.038	0.049	0.062	0.055	0.087	0.138	0.166	0.170	0.163	0.155	0.154	0.162

	予測誤差 (rolling 3Y) AR(1)													
	1M	3M	6M	9M	12M	24M	36M	48M	60M	72M	84M	96M	108M	120M
平均	0.096	0.046	-0.006	-0.038	-0.054	-0.029	0.039	0.088	0.104	0.092	0.062	0.021	-0.021	-0.061
標準偏差	0.051	0.046	0.045	0.047	0.050	0.063	0.086	0.110	0.130	0.143	0.151	0.155	0.156	0.156
RMSE	0.109	0.065	0.045	0.061	0.074	0.069	0.094	0.141	0.166	0.170	0.163	0.156	0.157	0.167

	予測誤差 (rolling 5Y) VAR(1)													
	1M	3M	6M	9M	12M	24M	36M	48M	60M	72M	84M	96M	108M	120M
平均	0.081	0.034	-0.014	-0.043	-0.055	-0.021	0.051	0.103	0.121	0.110	0.079	0.040	-0.003	-0.043
標準偏差	0.050	0.046	0.046	0.048	0.049	0.052	0.069	0.094	0.115	0.131	0.142	0.150	0.154	0.157
RMSE	0.095	0.058	0.049	0.064	0.074	0.056	0.086	0.139	0.167	0.171	0.163	0.155	0.154	0.163

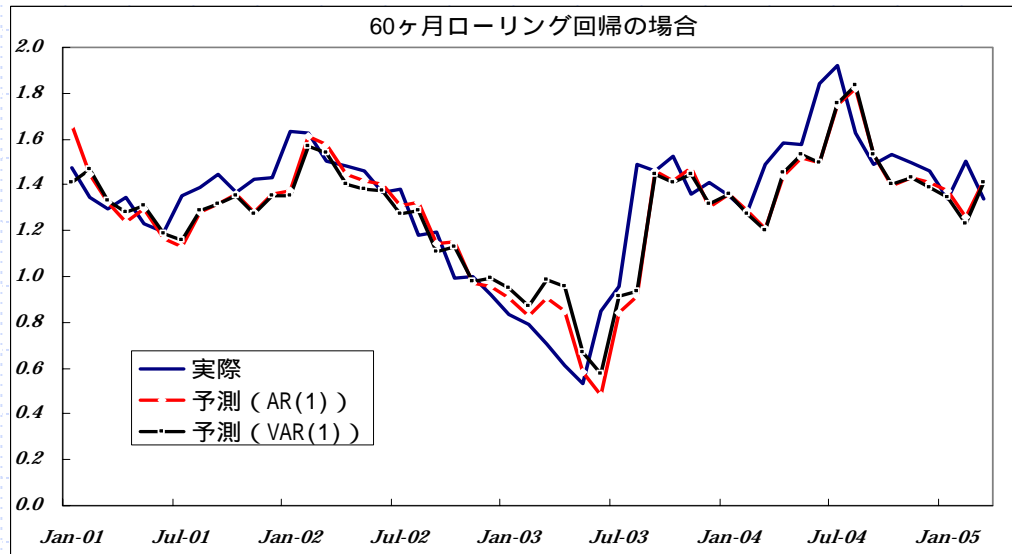
	予測誤差 (rolling 3Y) VAR(1)													
	1M	3M	6M	9M	12M	24M	36M	48M	60M	72M	84M	96M	108M	120M
平均	0.084	0.035	-0.016	-0.046	-0.061	-0.031	0.040	0.091	0.109	0.099	0.069	0.030	-0.012	-0.051
標準偏差	0.039	0.035	0.040	0.048	0.054	0.070	0.089	0.112	0.131	0.145	0.154	0.159	0.161	0.161
RMSE	0.092	0.049	0.043	0.066	0.081	0.077	0.098	0.144	0.171	0.176	0.169	0.162	0.161	0.169

60ヶ月ローリング回帰で、AR(1)過程に従うとした場合が最も精度が高い

Out-of-Sampleでの金利予測

◆ 金利予測の結果

- 2002年2月から2003年5月までのような、金利がトレンドを持って安定的に推移している局面ではNelson-Siegelモデルによる金利予測の精度は高い
- しかしながら、金利が急上昇するようなボラティリティが高まる局面（2003年夏や2004年夏）では予測した金利は実際の金利の後追いとなり、予測精度が落ちる



第4章 金利予測下での債券投資戦略

◆ バタフライ投資戦略（2-5-7、2-5-10、2-7-10、5-7-10の組み合わせ）

- Nelson-Siegelモデルにおけるイールドカーブの形状変化を表すパラメータ（slope ; β_1 , curvature ; β_2 ）の変化にベットするシステムティックなトレーディング戦略

$i_{t+1} > i_t$ ($i=1,2$) ならば、バーベルロング・ブレットショート
 $i_{t+1} < i_t$ ($i=1,2$) ならば、ブレットロング・バーベルショート

- 取引コスト ; 一回のトレードで0.5b.p.
レポコスト ; 50b.p.

バタフライ投資戦略

◆ 戦略の構築

- バタフライ戦略の構築方法 (D_0 と D_1 をヘッジし D_2 にベット)

$$\begin{cases} q_S L_S D_S + q_L L_L D_L + \alpha L_M D_M = 0 \\ q_S S_S D_S + q_L S_L D_L + \alpha S_M D_M = 0 \end{cases}$$

q_S, α, q_L : 債券の保有割合 D_S, D_M, D_L : 修正デュレーション

L_S, L_M, L_L : level パラメータに関する Sensitivity ($L = \frac{\partial y}{\partial \beta_0}$)

S_S, S_M, S_L : slope パラメータに関する Sensitivity ($S = \frac{\partial y}{\partial \beta_1}$)

Total Return in b.p.

$$\approx D_M \Delta y_M - \left(\frac{q_S D_S \Delta y_S + q_L D_L \Delta y_L}{\alpha} \right) + Carry$$

Carry : (クーポン収入) - (債券の空売りに伴うレポ・コスト)

金利予測の方向性へのベット

◆ バタフライ投資戦略

- 金利予測結果を利用したバタフライ投資戦略
- 長期金利の指標である『10年物金利』の1期先の方向性にベットする
トレーディング戦略

$y(120)_{t+1} > y(120)_t$ ならば、ブレットロング・バーベルショート
 $y(120)_{t+1} < y(120)_t$ ならば、バーベルロング・ブレットショート

- 取引コストやCarryについては先のバタフライ戦略と同様
- バタフライ戦略の構築方法

『Cash & Modified Duration Neutral』の方法

$$\begin{cases} q_S D_S + q_L D_L + \alpha D_M = 0 \\ q_S P_S + q_L P_L + \alpha P_M = 0 \end{cases} \quad P_S, P_M, P_L : \text{債券価格}$$

債券ポートフォリオ運用戦略

◆ 金利予測を利用したロング・ショート戦略による債券ポートフォリオ運用戦略

- ・ 期待リターン最大化
- ・ GPS (Grid Point Sensitivity) をリスク指標に使う
(キーレートは、2,5,7,10年)
- ・ 2～10年物までの債券ポートフォリオ
- ・ 最適化問題

$$\max_{\{x_i\}_{i=1,\dots,9}} \sum_i x_i \mu_i$$

$$s.t. \quad \sum_i^9 x_i = 1 \quad (-1 \leq x_i \leq 1)$$

$$if \quad \Delta y_i > 0 \Rightarrow \sum_i^9 x_i D_j^i < 0$$

$$\Delta y_i < 0 \Rightarrow \sum_i^9 x_i D_j^i > 0$$

x : 債券の保有割合

μ : Capital Gain

または Total Return

D_j : グリッド j での GPS

$$\Delta y = \hat{y}_{t+1} - y_t$$

パフォーマンス評価

◆ バタフライ投資戦略（パラメータにベット）

・ slopeパラメータにベット

(%) 表示

	トレーディング損益				キャリー損益				トータル損益			
	2-5-7	2-5-10	2-7-10	5-7-10	2-5-7	2-5-10	2-7-10	5-7-10	2-5-7	2-5-10	2-7-10	5-7-10
期中累積リターン	0.414	1.498	1.956	1.020	-0.045	-0.250	1.249	1.497	0.369	1.248	3.205	2.518
取引コスト	0.255	0.255	0.255	0.255					0.255	0.255	0.255	0.255
純リターン	0.159	1.243	1.701	0.765					0.114	0.993	2.950	2.263
月次リターン	0.003	0.024	0.033	0.015	-0.001	-0.005	0.024	0.029	0.002	0.019	0.058	0.044
月次ボラティリティ	0.076	0.160	0.169	0.079					0.078	0.161	0.171	0.082
年率リターン	0.037	0.293	0.400	0.180	-0.011	-0.059	0.294	0.352	0.027	0.234	0.694	0.532
年率ボラティリティ	0.263	0.554	0.586	0.275					0.269	0.558	0.592	0.284
短期金利（年率）	0.012	0.012	0.012	0.012					0.012	0.012	0.012	0.012
シャープレシオ	0.097	0.507	0.662	0.611					0.055	0.398	1.153	1.835

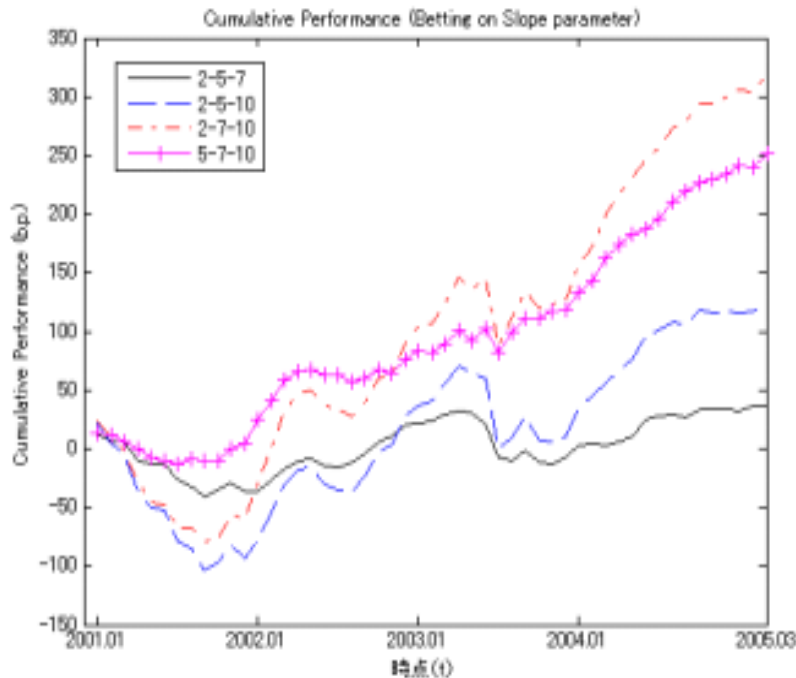
・ curvatureパラメータにベット

	トレーディング損益				キャリー損益				トータル損益			
	2-5-7	2-5-10	2-7-10	5-7-10	2-5-7	2-5-10	2-7-10	5-7-10	2-5-7	2-5-10	2-7-10	5-7-10
期中累積リターン	3.624	3.075	8.997	1.164	-2.423	-2.143	-3.895	1.946	1.201	0.932	5.101	3.109
取引コスト	0.255	0.255	0.255	0.255					0.255	0.255	0.255	0.255
純リターン	3.369	2.820	8.742	0.909					0.946	0.677	4.846	2.854
月次リターン	0.066	0.055	0.171	0.018	-0.048	-0.042	-0.076	0.038	0.019	0.013	0.095	0.056
月次ボラティリティ	0.537	0.461	1.632	0.569					0.539	0.463	1.633	0.568
年率リターン	0.793	0.664	2.057	0.214	-0.570	-0.504	-0.917	0.458	0.223	0.159	1.140	0.672
年率ボラティリティ	1.862	1.598	5.655	1.970					1.867	1.602	5.659	1.968
短期金利（年率）	0.012	0.012	0.012	0.012					0.012	0.012	0.012	0.012
シャープレシオ	1.453	1.413	1.253	0.355					0.391	0.318	0.691	1.161

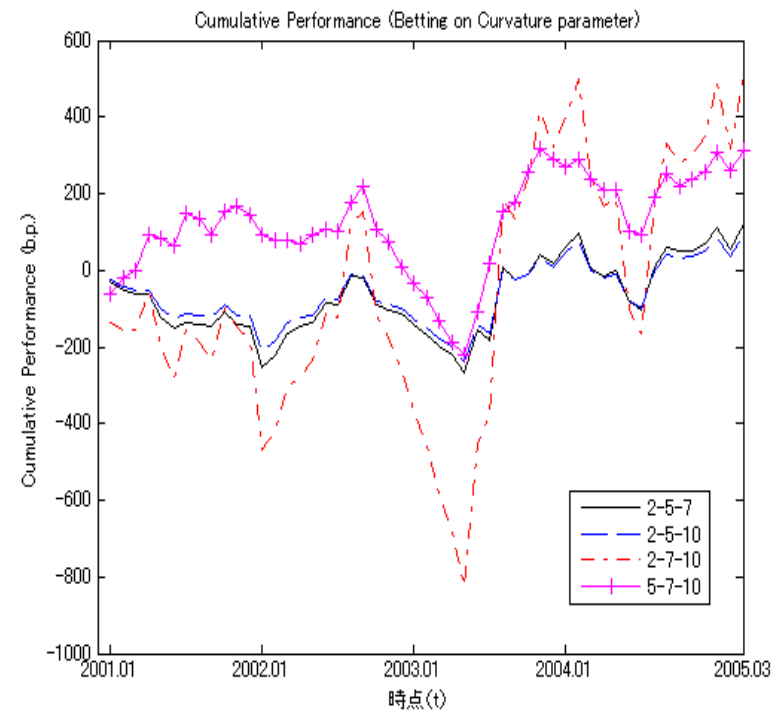
パフォーマンス評価

◆ バタフライ投資戦略

- slopeパラメータにベット



- curvatureパラメータにベット



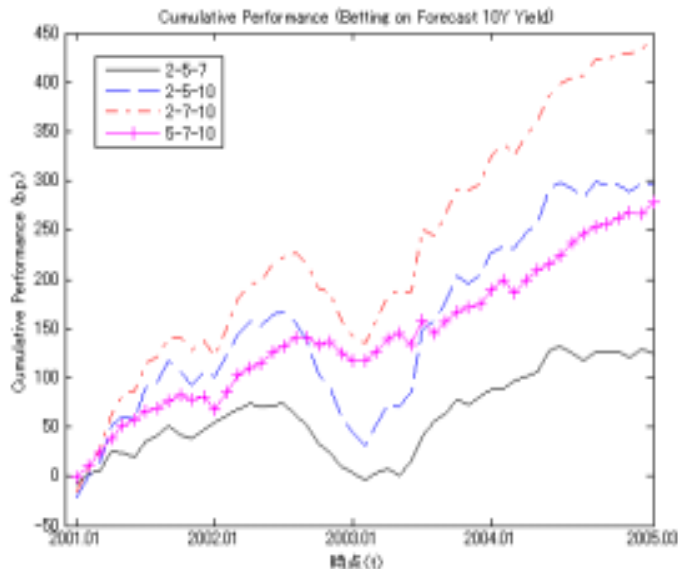
*slope*パラメータにベットする方が*curvature*パラメータにベットするよりもパフォーマンスが良い

パフォーマンス評価

◆ バタフライ投資戦略（金利予測結果にベット）

(%) 表示

	トレーディング損益				キャリー損益				トータル損益			
	2-5-7	2-5-10	2-7-10	5-7-10	2-5-7	2-5-10	2-7-10	5-7-10	2-5-7	2-5-10	2-7-10	5-7-10
期中累積リターン	0.913	2.663	2.864	1.297	0.337	0.315	1.584	1.486	1.250	2.978	4.448	2.783
取引コスト	0.255	0.255	0.255	0.255					0.255	0.255	0.255	0.255
純リターン	0.658	2.408	2.609	1.042					0.995	2.723	4.193	2.528
月次リターン	0.013	0.047	0.051	0.020	0.007	0.006	0.031	0.029	0.020	0.053	0.082	0.050
月次ボラティリティ	0.095	0.183	0.169	0.081					0.095	0.182	0.170	0.085
年率リターン	0.155	0.567	0.614	0.245	0.079	0.074	0.373	0.350	0.234	0.641	0.987	0.595
年率ボラティリティ	0.331	0.633	0.586	0.279					0.330	0.630	0.588	0.296
短期金利（年率）	0.012	0.012	0.012	0.012					0.012	0.012	0.012	0.012
シャープレシオ	1.496	3.036	3.559	2.891					2.333	3.457	5.746	6.823

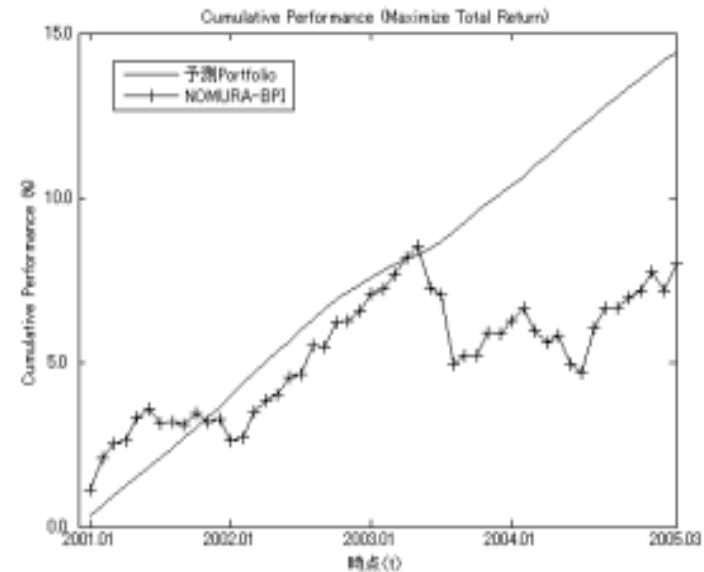
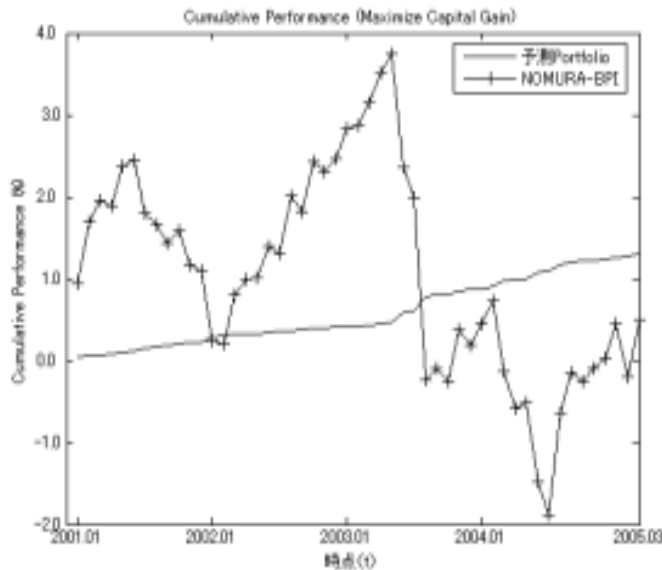


金利予測によって得られる金利変化の情報にベットした方が、パラメータの変化にベットするよりもパフォーマンスが高い

パフォーマンス評価

◆ 債券ポートフォリオ運用戦略（対 NOMURA-BPI）

	キャピタル・ゲイン最大化		トータル・リターン最大化	
	予測ポートフォリオ	NOMURA-BPI	予測ポートフォリオ	NOMURA-BPI
年率リターン	0.307%	0.118%	3.393%	1.882%
年率ボラティリティ	0.012%	4.260%	0.030%	4.325%
短期金利（年率）	0.012%	0.012%	0.012%	0.012%
シャープレシオ	2.733	0.051	19.394	0.899



パフォーマンス評価

◆ 債券ポートフォリオ運用の結果

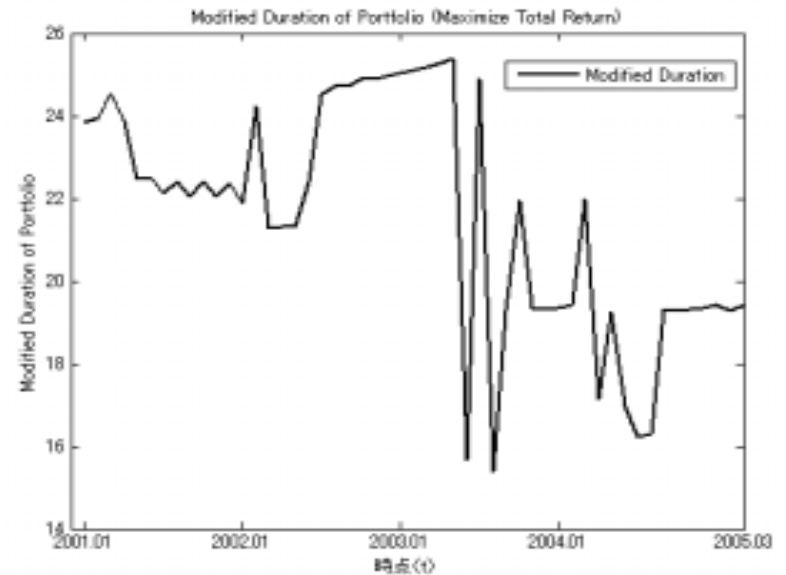
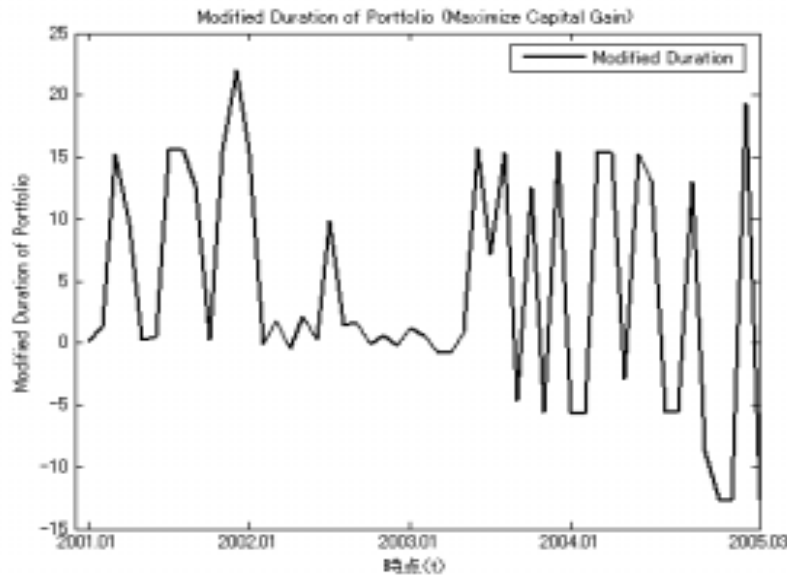
- 予測ポートフォリオはベンチマークに対し、リターンが高く、かつリターンのボラティリティが低いという結果が得られた。ベンチマークよりも安定的で、かつ高いリターンを挙げることができる
- 2003年夏や2004年夏に起きたような金利が急上昇する場面では、ベンチマークのパフォーマンスが大きく悪化していることが確認されるが、予測ポートフォリオでは金利予測の結果をポートフォリオ戦略に反映させることができたため、パフォーマンスを悪化させることなく、着実に収益を増やすことができている。

パフォーマンス評価

◆ 債券ポートフォリオのリスク量（修正デュレーション）の推移

- ・ キャピタル・ゲイン最大化の場合；平均4.26
- ・ トータル・リターン最大化の場合；平均21.56

金利低下局面では『クーポン収入選好』の効果
長期債ロング・短期債ショート戦略



第5章 まとめと今後の課題

◆ まとめ

- イールドカーブの変動をNelson-Siegelモデルで概ね説明できる、金利予測は有効
- ただし、ボラティリティが高くなる局面ではNelson-Siegelモデルの金利予測精度は落ちる（完全な金利予測は不可能）
- イールドカーブの形状変化（slope, curvature）や金利の水準変化にベットする債券投資戦略を考えることで、高いパフォーマンスが得られた

◆ 今後の課題

- Nelson-Siegelモデル中のパラメータ について、固定した値を使ったが、これも最適化させることで、より精度の高いモデルを構築できるだろう
- 本研究では、いわゆる超低金利政策期間におけるイールドカーブが分析対象であったが、量的緩和政策の解除 ゼロ金利政策の解除、という利上げ局面下でも有効か