

## 2 ファクターモデルに基づく 日本国債の投資戦略

星加 裕文, 宮崎 浩一

### 1. はじめに

日本国債市場には、満期が数ヶ月から30年まで様々な国債が存在する。国債の満期が異なれば、その利回りは一般的に異なる。よって、国債市場を分析するという事は、様々な満期の利回りが、日々どのように変化するかについて分析することである。テクニカルな言葉で言い換えるなら、多次元（多くの満期）の時系列（日々の変動）データをどのように解析するかということになる。このような観点から、米国国債市場分析に統計的なアプローチを試みた最初の研究に、Litterman and Scheinkman (1991)（以下LSと略す）[8]がある。そこでは、上記の多次元時系列データに因子分析を適用して、様々な年限における利回りの動きの殆ど全てを、「水準」、「傾き」、「湾曲度」の3つのファクターで説明可能であることを示した。

しかしながら、因子分析に基づく国債市場分析を実際に債券の投資戦略へと応用するような研究は、LS以降10年以上もの歳月を経過した今日になってようやく、宮崎 (2003) [5], Reisman and Zohar (2004 a, 2004 b, 2004 c)（以下RZと略す）[9]~[11]等に見られるようになった。宮崎 (2003) [5]は、AHPを用いた債券ポートフォリオ戦略においてどのように因子分析を利用すればよいかに関する枠組みを示しているが、リターン予測にまで踏み込んだ研究ではない。これに対して、RZでは、リターン予測にまで踏み込んだ研究を行っている。RZの一連の研究におけるアイデアは、因子分析の結果得られた説明力の高い2つのファクター（LSの言葉では、「水準」、「傾き」に対応するもの）に関する時系列データに1次の自己回帰モデル（以下、AR(1)と略す）を適用して、将来時

点における2つのファクターの水準を予測し、これに基づいて各満期の国債の利回り変化を予測するものである。そのうえで、最も収益が得られるような年限選択を行うことを提案している。上記のアイデアに基づき[10]では、個別年限を、[9]ではポートフォリオを、[11]ではロング・ショートを含む（空売りを許す）ポートフォリオを、それぞれ、対象とした実証分析を行っている。

実務上きわめて重要ではあるがRZの一連の文献では見過ごされていることが2つある。第一点は、利回りの予測力（ファクターの予測力やファクター・ローディングの安定性に依存）、利回り変化のスピード、年限選択の機会とリバランスに必要な取引コストとのトレードオフがある。つまり投資期間を短くしてリバランスの回数を増やせば、利回り予測力や年限選択機会の観点からは収益性の向上が見込めるが、一方で、取引コストの増加は収益性を低下させる。第二点は、キャッシュによる運用である。つまり、リバランスの時点で必ずしも取引を行う必要はなく、十分な収益性が見込めない場合にはキャッシュで運用することが現実の国債投資においては考えられる。

そこで、本研究では、上記のトレードオフに焦点を当てて国債の投資戦略のパフォーマンスを検討する。投資戦略としては売買金額一致戦略、デュレーション一致戦略、価格ボラティリティ一致戦略の3通りを対象とする。分析対象が日本国債市場でありRZと異なることは言及するまでもないが、分析における焦点や採用する投資戦略のセットが新しいことに加えて、ファクターのモデルとして採用するAR(P)モデルの次数をAIC（赤池情報量規準）に基づいて決定したこともRZとは異なる。

次節では、利回り変化の予測に用いるモデルを導入し、節3では3つの投資戦略について述べる。節4では分析の目的と利用するデータを明確にしたうえで実証分析を行い、分析結果とその考察を与える。最終節

ほしか ひろふみ, みやざき こういち  
電気通信大学 電気通信学部  
〒182-8585 調布市調布ヶ丘1-5-1  
受付06.2.1 採択06.11.15

では、まとめと結語を付す。

## 2. 利回り変化の予測モデル

利回り変化の予測に関するモデル化は基本的に RZ に従う。つまり、(1)国債の利回り変化のデータに因子分析を適用して、利回りをファクターとファクター・ローディングとの線形結合で記述し(節 2.1 を参照)、(2)得られたファクターを AR (P) モデル (P 次の自己回帰モデル) を用いてモデル化したうえで、翌期の利回りを予想する(節 2.2 を参照)。利回り予測に用いるモデルに関して、RZ と本研究が異なる点は、次数 P を RZ が自己相関係数の大きさに基づいて決定しているのに対して、本研究では AIC (赤池情報量規準) を採用する点である(節 2.3 を参照)。AIC を採用する理由は、AIC が最小であることと近似的に KL 情報量 (現実のデータを生成する真のモデルとそれを近似した統計的モデルとの近さを客観的に評価する基準) が最小であることが同等であるため、AIC を最小とするモデルを選択することにより、近似的に最適なモデルが得られるからである。

### 2.1 因子分析に基づくファクターモデル

残存期間が異なる多くの国債の利回り変化の時系列データに因子分析を適用することで、残存期間が  $\tau$  である国債の時点  $t$  における利回り変化  $dy(t, \tau)$  は、次式で表すことができる。

$$dy(t, \tau) = \sum_{i=1}^n dz_i(t) u_i(\tau) + d\epsilon(t, \tau) \quad (1)$$

ここで、 $n$  はファクター数、 $dz_i(t)$  はファクターの変化、 $u_i(\tau)$  はファクター・ローディング、 $d\epsilon(t, \tau)$  は平均が 0 で分散が一定の拡散項である。利回りの予測は、ファクター・ローディング  $u_i(\tau)$  を固定したうえで、 $dz_i(t)$  の予測を行い、式(1)の期待値を取ることによって利回り変化を予測する。

### 2.2 ファクターの AR (P) モデルによるモデル化

ファクターの変化  $dz_i(t)$  を、次に示す AR (P) モデル (P 次の自己回帰モデル) でモデル化する。

$$dz_i(t+1) = \sum_{j=1}^P a_{ij} dz_i(t+1-j) + v_i(t) \quad (2)$$

ここで、 $P$  は次数、 $a_{ij}$  は自己回帰係数、 $v_i(t)$  は平均が 0 で分散が一定の拡散項である。

### 2.3 AIC に基づく次数 P の選択法

AR (P) モデルの次数が P である時、拡散項  $v_i(t)$  の分散の推定値を  $\hat{\sigma}_P^2$  とすると、最大対数尤度は、

$$l(\hat{\theta}) = -\frac{N}{2} \log 2\pi \hat{\sigma}_P^2 - \frac{N}{2} \quad (3)$$

となる。p 次の自己回帰係数に含まれるパラメータ数は  $a_1, \dots, a_P$  および  $\sigma^2$  の  $p+1$  個である。したがって、p 次の自己回帰モデルの AIC は、

$$\begin{aligned} AIC_P &= -2l(\hat{\theta}) + 2(\text{パラメータ数}) \\ &= N(\log 2\pi \hat{\sigma}_P^2 + 1) + 2(p+1) \end{aligned} \quad (4)$$

となる(詳しくは、北川 (2005) [3] を参照されたい)。

## 3. 投資戦略

国債の投資戦略では、通常、最も利回りの上昇(利回り変化の増加)が見込まれる年限を売却し、利回りの低下(利回り変化の減少)が見込まれる年限を購入することを検討する。そのようなロング・ショート・ポートフォリオを構築する際に、対象となる国債を何枚購入して何枚売却するかの数量の決定が通常戦略と呼ばれているものである。ここでは、まず、国債投資の総リターンの中で、利回り変化から得られる収益(キャピタル・ゲイン)を確認する。次に、3つの投資戦略を示したうえで、最も利回りの上昇が見込まれる年限を売却し、利回りの低下が見込まれる年限を購入する年限選択が必ずしも全ての戦略において適切ではないことを指摘する。

### 3.1 利回り変化に基づく国債の年限選択

連続複利を仮定すると現時点  $t$  における満期  $T$  の割引債価格  $B(t, T)$  は、

$$B(t, T) = \exp[-(T-t)y(t, \tau)] \quad (5)$$

ここで、 $\tau = T-t$  となる。微小時間  $dt$  における国債投資の総リターンは伊藤の公式を用いると、

$$\begin{aligned} \frac{dB(t, T)}{B(t, T)} &= y(t, \tau) dt + \tau \frac{\partial y(t, \tau)}{\partial \tau} dt \\ &\quad + \frac{1}{2} \tau^2 d\langle y(t, \tau) \rangle - \tau dy(t, \tau) \end{aligned} \quad (6)$$

となる。実務上、投資期間が短い場合、式(6)の最終項以外の値は十分小さく、国債投資の総リターンは、次のように、キャピタル・ゲインで近似することができる。

$$\frac{dB(t, T)}{B(t, T)} \cong -\tau dy(t, \tau) \quad (7)$$

式(7)を見ると、年限  $\tau$  を固定した場合、利回りが低下すればするほど ( $dy(t, \tau)$  が負の方向に大きくなればなるほど)、キャピタル・ゲインは大きくなり、逆の場合も同様である。このため、通常、最も利回りの上昇が見込まれる年限を売却し、利回りの低下が見込まれる年限を購入する。

### 3.2 3つの投資戦略

最も利回りの上昇が見込まれる年限を売却し、利回りの低下が見込まれる年限を購入するのであるが、3通りの投資戦略全てにおいて購入する債券価格を100円と固定し、売却する債券は各投資戦略に応じて決定する。ただし、購入する債券価格と売却する債券価格に差が生じる場合には、オーバーナイトコールレートで運用することとする。

#### 3.2.1 売買金額一致戦略

購入する債券の金額と売却する債券の金額を一致させる戦略であり、初期投資コストは0となる。売買金額一致戦略のリターンは、式(7)を用いると以下のように近似できる。ここで、 $B(t, T_b)$ は購入する債券価格、 $B(t, T_s)$ は売却する債券価格である。また、 $\tau_b$ は購入する債券の残存期間、 $\tau_s$ は売却する債券の残存期間である。

$$\begin{aligned} & \left[ 100 \frac{B(t+1, T_b)}{B(t, T_b)} - 100 \right] - \left[ 100 \frac{B(t+1, T_s)}{B(t, T_s)} - 100 \right] \\ &= 100 \left[ \frac{B(t+1, T_b) - B(t, T_b)}{B(t, T_b)} \right. \\ & \quad \left. - \frac{B(t+1, T_s) - B(t, T_s)}{B(t, T_s)} \right] \\ &= 100 \left[ \frac{dB(t, T_b)}{B(t, T_b)} - \frac{dB(t, T_s)}{B(t, T_s)} \right] \\ &\cong 100 [\tau_s dy(t, \tau_s) - \tau_b dy(t, \tau_b)] \end{aligned} \quad (8)$$

式(8)の括弧の中を見ると、売買金額一致戦略のキャピタル・ゲインの最大値は、 $\tau_s dy(t, \tau_s) - \tau_b dy(t, \tau_b)$ が最大となる場合に得られるので、この投資戦略における注意点は、 $dy(t, \tau_s) - dy(t, \tau_b)$ が最大（最も利回りの上昇が見込まれる年限を売却し、利回りの低下が見込まれる年限を購入する）となる銘柄選択を行っても必ずしも最大収益が得られないことである。

#### 3.2.2 デュレーション一致戦略

購入する債券のデュレーションと売却する債券のデュレーションを一致させる戦略であり、債券ポートフォリオのデュレーションは0となる。デュレーション一致戦略のリターンは、式(8)を用いると以下のように近似できる。

$$\begin{aligned} & \left[ 100 \frac{B(t+1, T_b)}{B(t, T_b)} - 100 \right] \\ & \quad - \left[ 100 \frac{B(t+1, T_s)}{B(t, T_s)} - 100 \right] \frac{\tau_b}{\tau_s} \\ &= 100 \left[ \frac{dB(t, T_b)}{B(t, T_b)} - \frac{dB(t, T_s)}{B(t, T_s)} \frac{\tau_b}{\tau_s} \right] \end{aligned}$$

$$\cong 100 \tau_b [dy(t, \tau_s) - dy(t, \tau_b)] \quad (9)$$

式(9)の括弧の中を見ると、デュレーション一致戦略のキャピタル・ゲインの最大値は、 $dy(t, \tau_s) - dy(t, \tau_b)$ が最大となる場合に得られるため、当初の銘柄選択基準（最も利回りの上昇が見込まれる年限を売却し、利回りの低下が見込まれる年限を購入する）が最適となる投資戦略である。

#### 3.2.3 価格ボラティリティ一致戦略

購入する債券の債券価格ボラティリティと売却する債券の債券価格ボラティリティを一致させる戦略であり、債券ポートフォリオの、価格変動リスクは相関係数から生じるリスクを除いて0となる。価格ボラティリティ一致戦略のリターンは、式(7)を用いると以下のように近似できる。ここで、 $V_b$ は購入する債券価格の分散、 $V_s$ は売却する債券価格の分散、 $\sigma_b$ は購入する債券の利回り変化のボラティリティ、 $\sigma_s$ は売却する債券の利回り変化のボラティリティである。

$$\begin{aligned} & \left[ 100 \frac{B(t+1, T_b)}{B(t, T_b)} - 100 \right] \\ & \quad - \left[ 100 \frac{B(t+1, T_s)}{B(t, T_s)} - 100 \right] \sqrt{\frac{V_b}{V_s}} \\ &= 100 \left[ \frac{dB(t, T_b)}{B(t, T_b)} - \frac{dB(t, T_s)}{B(t, T_s)} \sqrt{\frac{V_b}{V_s}} \right] \\ &\cong 100 \left[ -\tau_b dy(t, \tau_b) + \tau_s dy(t, \tau_s) \frac{\tau_b \sigma_b}{\tau_s \sigma_s} \right] \\ &= 100 \tau_b \left[ \frac{\sigma_b}{\sigma_s} dy(t, \tau_s) - dy(t, \tau_b) \right] \end{aligned} \quad (10)$$

式(10)の括弧の中を見ると、売買金額一致戦略と同様に、当初の銘柄選択基準が最適とはならない投資戦略であることに注意されたい。

## 4. 実証分析

ここでは、実証分析の目的、データ、分析手順を示したうえで、実証分析結果を与えその考察を行う。

### 4.1 実証分析の目的、データ、分析手順

実証分析の主目的は、利回り差の予測力、利回り変化のスピード、年限選択の機会と取引コストとのトレードオフに焦点を当てて、国債の投資戦略のパフォーマンスを検討することである。投資戦略を運用するに当たっては、現実性を高めるため、リバランスの時点で十分な収益性が見込めない場合には当該投資戦略は実行せずにキャッシュで運用することとする。具体的には、投資期間や予測利回り差の閾値（当該投資戦略を実行するか、実行せずにキャッシュで運用するかを

判断する基準)に関する投資収益の感応度を検討する。

実証分析では、残存期間が1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10年の日本国債スポットレートを利用する。よって、投資対象国債の年限選択は、28通り存在することになる。データ期間は、1988年から2004年までのデータを利用し、この期間の内、1989年1月から1990年9月を利回り上昇局面、1990年10月から1998年12月を利回り低下局面、1999年1月から2004年12月を利回り安定局面とする。予測のために遡る期間は、6ヶ月、12ヶ月の2通りを対象とする。取引コストは、全ての年限に関して0.5BP (1BP=0.01%)とする。投資パフォーマンスの検証は、全期間のみならず、局面毎にも行う。

分析手順としては、次のStep 1, Step 2, Step 3に従う。

**Step 1** 投資戦略において利用する利回り予測モデルを特定する。

(1-1) 分析対象として想定されている全ての利回りデータセットに対して、因子分析を行い、利回り予測に利用するファクター数を特定する(節2.1を参照)。

(1-2) 各ファクターに適用するAR(P)モデルの次数PをAICに基づいて決定する(節2.2, 2.3を参照)。

**Step 2** 適切な投資戦略を絞り込む。

(2-1) 3つの投資戦略の中からパフォーマンスの高い戦略を選択する。

(2-2) 予測を行うために遡る期間(6ヶ月、12ヶ月)を投資パフォーマンスに基づき選択する。

(2-3) パフォーマンスの高い投資期間を1日から11日の中から絞り込む。

**Step 3** Step 1~Step 2において特定された利回り予測モデル、投資戦略、予測を行うために遡る期間に関して、x軸に予測利回り差に関する閾値、y軸に投資期間をとり、z軸に投資のパフォーマンスを年率換算で表示する。

## 4.2 分析結果と考察

### 4.2.1 利回り予測モデルの特定 (Step 1)

(1-1) 利用するファクター数は2つで十分

Step 2で絞り込みを行う対象として想定されている全ての利回りデータセットに対して、因子分析を行ったところ、第一ファクターの累積寄与率の平均と標準偏差は、それぞれ、73.4%、9.7%、第二ファクターまでの累積寄与率の平均と標準偏差は、それぞれ、87.4%、5.3%となり、第二ファクターまでで利回り

変化の9割程度を説明可能であることがわかり、利回り予測モデルにおいて利用するファクター数は2つで十分であることがわかった。また、これらのファクターに対応するファクター・ローディングの形状は平均すると、それぞれ、「水準」、「傾き」とみなせるものであった。

(1-2) 第一ファクター、第二ファクター共にAR(1)モデルが適切

第一、第二の2つのファクター(それぞれ、 $dz_1$ と $dz_2$ )に、AR(1)モデルからAR(10)モデルを仮定し、(1-1)で得られるファクターの時系列データ全てに対するAICを求めた。図1には、横軸に次数P、縦軸に全てのデータセットのなかでAICが最小となった回数を適合度として示した。何れのファクターについてもAR(1)モデルが最適なモデルとなり、米国債市場を対象に自己相関係数の大きさを基準に選択したRZと同じ結果を得ることとなった。

### 4.2.2 適切な投資戦略の絞り込み (Step 2)

(2-1) デュレーション一致戦略が最適

予測利回り差の閾値が2BPから5BPの範囲に関して、Step 2で絞り込みを行う対象となる全てのケースに関して、3つの戦略の平均リターンを年率ベースで図2に示した。何れの閾値を採用した場合において

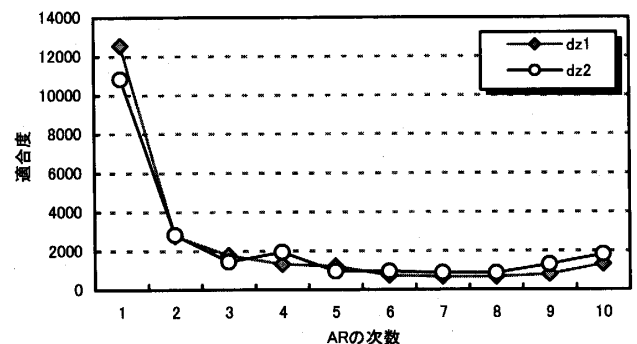


図1 ARモデルの次数と適合度

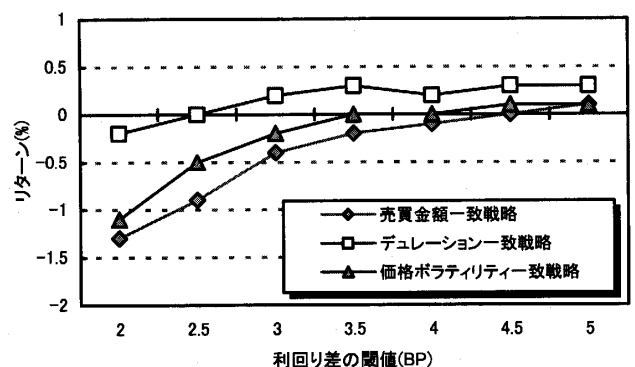


図2 投資戦略別のリターン (%)

も、デュレーション一致戦略は他の2つの戦略と比較してパフォーマンスが相対的に高いことがわかる。この主な理由としては、節3.2で示したように、3つの戦略の中では、当初の銘柄選択基準（最も利回りの上昇が見込まれる年限を売却し、利回りの低下が見込まれる年限を購入する）に適した戦略がデュレーション一致戦略であることが考えられる。

(2-2) 利回り変化の予測には12ヶ月遡るのが良い  
 予測利回り差の閾値が2BPから5BPの範囲に関して、Step2で絞込みを行う対象となる全てのケースについて、予測のために遡る2つの期間の平均リターンを年率ベースで図3に示した。図3から、6ヶ月より12ヶ月の方が概してリターンが高いことが確認できる。

(2-3) 投資期間は5営業日以内が適切

Step2で絞込みを行う対象となる全てのケースについて、投資期間を1営業日から11営業日としたときの平均リターンを年率ベースで図4に示した。図4から、投資期間を5営業日以上にしてもリターンは-1%前後に留まり、戦略を絞り込んだ場合でも投資期間は高々5営業日以内に留めるのが適切と判断される。

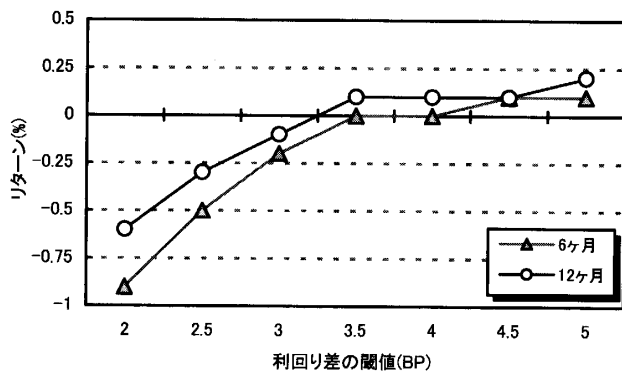


図3 予測のために遡る期間別のリターン (%)

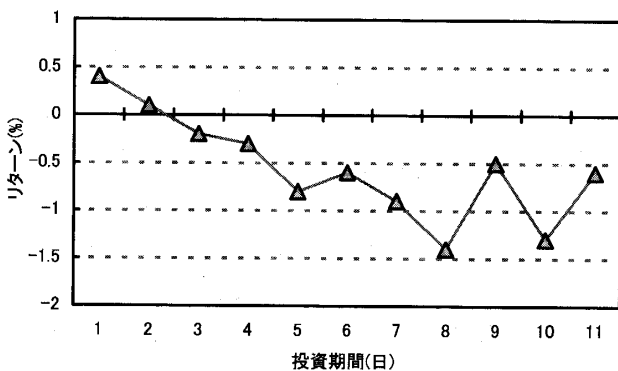


図4 投資期間別のリターン (%)

#### 4.2.3 利回りの予測力と取引コストとのトレードオフ

ここでは、節4.2.2において絞り込んだ適切な投資戦略について、利回りの予測力と取引コストとのトレードオフに関する詳細な結果とその考察を与える。

(1) 全データ期間における分析

- 投資期間は1~3営業日が適切。
- 予測利回り差の閾値は大きいほど年率換算のリターンは高い。

図5を見ると、投資期間が4営業日を超えるとリターンは急速に低下するが、1営業日から3営業日に関しては、押並べて2営業日のパフォーマンスが低い。つまり、必ずしも投資期間を長くすればパフォーマンスが低下するわけではなく、利回りの予測力や年限選択の機会と取引コストとのトレードオフが働いていることが見て取れる。投資期間を1営業日から2営業日にすると、取引コストは概ね半減するが、それ以上に予測力や年限選択の機会が低下する影響が大きいことがわかる。また、投資期間を2営業日から3営業日にした場合は、予測力の低下以上に取引コストの低減が奏功して、パフォーマンスが高まることわかる。

利回り差の閾値に関して見ると、適切な投資期間においては、大きいほどパフォーマンスは高いが、投資期間が適切な期間を越えて長くなる場合には、利回り差の閾値とパフォーマンスとの間に顕著な特徴は見られなかった。

(2) 利回りの局面毎の分析

- 利回り上昇局面におけるリターンが極めて高い。
- 利回り低下局面では上昇局面と比較すると、投資期間が長くなってもリターンはそれほど低下しない。

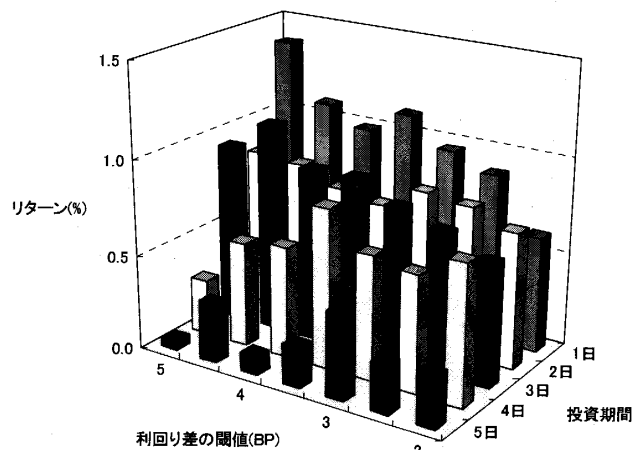


図5 全期間のリターン (%)

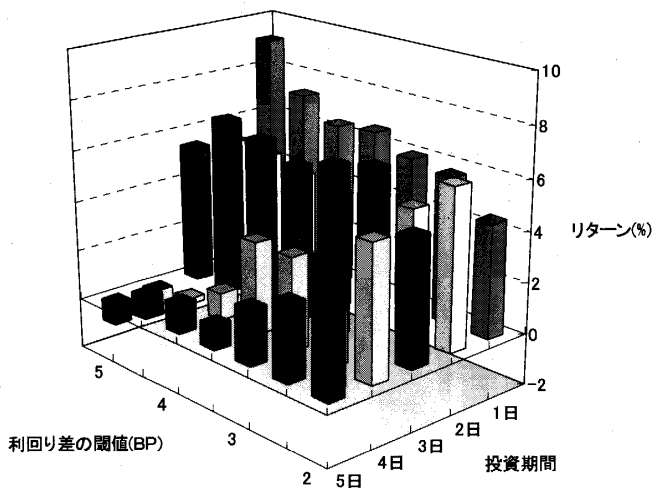


図6 上昇局面のリターン (%)

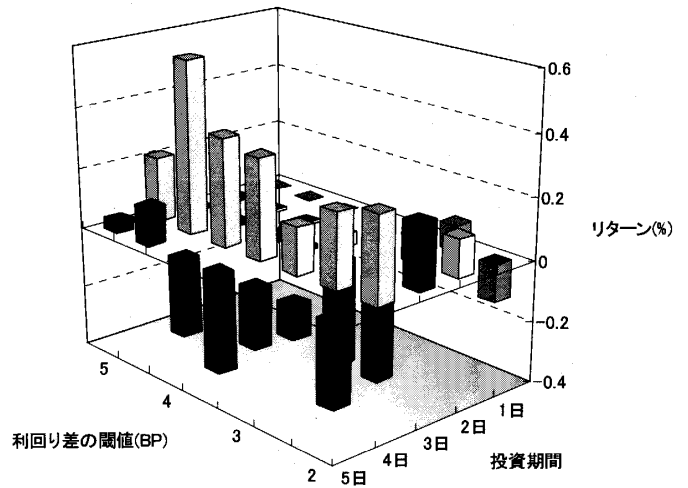


図8 安定局面のリターン (%)

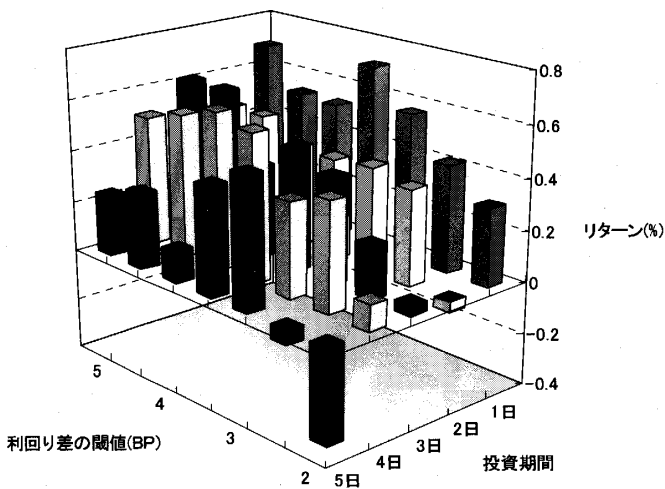


図7 下降局面でのリターン (%)

- 利回り安定局面では、投資期間が4営業日のリターンが高く、また、その投資期間において、予測利回り差の閾値に関する感応度は高い。

利回り上昇局面におけるパフォーマンス (図6) を利回り低下局面 (図7) や利回り安定局面 (図8) におけるパフォーマンスと比較すると極めて高い (z軸の目盛り注意到) ことがわかる。国债市場においては、利回り上昇局面における利回りの変化幅が、他の局面よりも概して大きく、適切な利回り変化の予測がなされる場合には、妥当な結果である。また、節4.2.1における利回り予測モデルの特定が適切になされたことを裏付ける結果であるとも解釈することができる。

次に、より詳細に、利回り低下局面のパフォーマンス (図7) を利回り上昇局面のパフォーマンス (図6) と比較すると、投資期間が長くなってもリターンはそれほど低下しないことがわかる。これは、利回り低下局面では利回り変化幅が概して相対的に小さいため、

ロングした国债の割安さやショートした国债の割高さが修正されて意図するパフォーマンスが得られるまでに必要な日数が長いことが考えられる。つまり、4営業日程度までなら、取引コストを支払ってリバランスする効果と、先に手がけた取引からの意図するパフォーマンスが表れるのを待つ (日々のパフォーマンスは逓減するのであるが) 効果が均衡するものと考えられる。

最後に、安定局面におけるパフォーマンス (図8) を見ると、予測利回り差の閾値が4BPを超えるときには、多くのケースでリターンが0となっている。これは、利回り安定局面においては、国债市場の歪みが少なく閾値を4BPに設定すると投資機会が得られないことを意味している。投資期間が4営業日の場合には、僅かではあるがリターンを得ることが可能である。この場合には、予測利回り差の閾値が大きい方が、概してパフォーマンスが高くなることが確認される。

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、米国债市場を対象に因子分析を利用して投資戦略を提案したRZの一連の研究において見過ごされているが、重要な課題である「利回りの予測力や利回り変化のスピードとリバランスにおける取引コストとのトレードオフ」に焦点を当てて実証分析を行った。

実証分析結果によると、日本国债市場においても2ファクターモデルが妥当であり、2つのファクターに関するモデルの特定はAICに基づき行ったが、次数は1次が適切となり、米国债市場と同様の結果となった。ファクターモデルや投資戦略等に関して、適切

な特定化を行ったうえで投資のパフォーマンスを計量したところ、利回り上昇局面のパフォーマンスが極めて良好なことや、実証分析対象である上記のトレードオフが存在すること等を確認することができた。

今後の大きな課題としては、本研究で採用した因子分析に基づくアプローチが、マーケットリスクのみならずクレジットリスクも含まれる社債市場を対象とした場合に、どの程度有効であるかを検討することが挙げられる。

#### 参考文献

- [1] 丘本正, 「因子分析法」, 日科技連出版社 (1970).
- [2] 刈屋武昭, 「経済時系列の統計」, 岩波書店 (2003).
- [3] 北川源四郎, 「時系列解析入門」, 岩波書店 (2005).
- [4] 東京大学教養学部統計学教室, 「統計学入門」, 東京大学出版会 (1991).
- [5] 宮崎浩一, AHP を用いた最適な債券ポートフォリオの構築に向けて—「決める」から「定める」への橋渡し—, オペレーションズ・リサーチ誌, 48, pp. 767-777 (2003).
- [6] H. Akaike, "A new look at the statistical model identification," *IEEE Trans, Automat Contorol*. AC-19, pp. 667-674 (1974).
- [7] F. X. Diebold and C. Li, "Forecasting the Term structure of Government Bond Yields," NBER Working Paper No. 10048, October (2003).
- [8] R. Litterman and J. Scheinkman, "Common Factors Affecting Bond Returns," *The Journal of Fixed Income*, Vol. 1, No. 1, pp. 54-61 (1991).
- [9] H. Reisman and G. Zohar, "Instantaneous Mean-Variance Analysis of Bond Returns," *The Journal of Fixed Income*, Vol. 14, No. 1, pp. 32-39 (2004 a).
- [10] H. Reisman and G. Zohar, "Short-Term Predictability of the Term Structure," *The Journal of Fixed Income*, Vol. 14, No. 3, pp. 7-14 (2004 b).
- [11] H. Reisman and G. Zohar, "Excess yields in bond hedging," *forthcoming in RISK*, Vol. 17, No. 12, pp. 93-97 (2004 c).