

J-REIT 市場の変遷と市場構造変化の検知

目次

- I. はじめに
- II. J-REIT 市場の変遷と市場変動の経済的背景
- III. 定量的な変化点の検出手法
- IV. J-REIT 市場での実証分析
- V. おわりに

投資顧問部 受託運用グループ 上級ファンドマネージャー 織田 邦裕
ファンドマネージャー 濱辺 晃

I. はじめに

J-REIT 市場は 2021 年で市場創設 20 年の節目を迎えた。不動産ミニバブルや金融危機、その後の世界的な金融緩和など不動産ファンダメンタルズや金融市場の影響を受けながらも、J-REIT は規模の拡大や保有物件の多様化、マーケット参加者の拡充が着実に続き、国内における主要な資産クラスの一つに成長した。

J-REIT の投資口価格は、不動産固有の要因に加え、株式や債券と同様に金融市場の影響を受けるほか、政策当局の強いサポートのもとで市場が成長してきた経緯から、各種政策動向の影響を受けやすい。又、J-REIT は株式と比較して流動性やマーケット参加者が限られることから、これら経済的背景によって生じた価格トレンドが持続しやすい傾向がある。

投資家にとっては、投資対象資産の価格トレンドやボラティリティなどの相場の転換点を正確に把握することが投資効率の向上に繋がるが、上記のとおり価格トレンドが持続しやすい J-REIT 市場においては、その重要性は一層大きいといえる。よって分析精度の向上には、金融危機や中央銀行の資産買入政策など、市場の構造変化が起きるような定性的な経済イベントに加え、日々のリターンデータを用いて定量的に相場の転換点を検知する手法を組み合わせることが有効である。

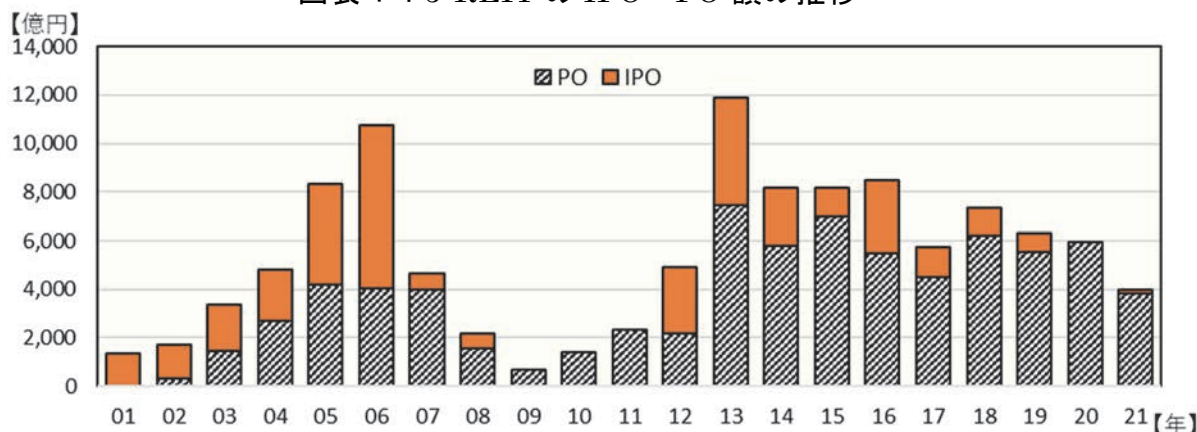
本稿では、市場構造の変化点や相場の転換点を捉える手法として、経済的背景や経済イベントを分析した定性的なアプローチと時系列データ分析の手法の一つである変化点検知を活用した定量的なアプローチから J-REIT 市場の分析を行う。先ず II 章では、J-REIT 市場の変遷を振り返り、相場の転換点を経済的背景から定性的に設定・整理する。次に III 章では、定量的に相場の転換点を検出する時系列データの分析手法を紹介する。そして IV 章では、東証 REIT 指数を対象に定量的に検出した相場の転換点が、II 章で定性的に設定した相場の転換点と一致するかの実証分析結果を示す。V 章はこれを踏まえた本稿のまとめとなる。

Ⅱ. J-REIT 市場の変遷と市場変動の経済的背景

1. J-REIT 市場の創設 20 年間の成長

2001年9月10日に日本ビルファンド投資法人とジャパンリアルエステイト投資法人の2銘柄が新規上場して始まったJ-REIT市場は、21年9月10日に創設20年を迎えた。当初は2銘柄、時価総額2,600億円程度であったJ-REIT市場は、新規上場のほか、借入や投資法人債の発行、公募増資による資金調達を通じた物件取得を行って規模を拡大し、21年10月末現在で62銘柄、時価総額17兆円程度に成長した。2018年12月以降は東証1部に上場する不動産業種に属する企業の株式時価総額合計を上回って推移しており、J-REITは国内における代表的な資産の1つに成長したといえる(図表1～3参照)。

図表1：J-REITのIPO・PO額の推移



(出所) Bloomberg より三菱 UFJ 信託銀行作成

図表2：J-REITの上場銘柄数の推移



(出所) Bloomberg より三菱 UFJ 信託銀行作成

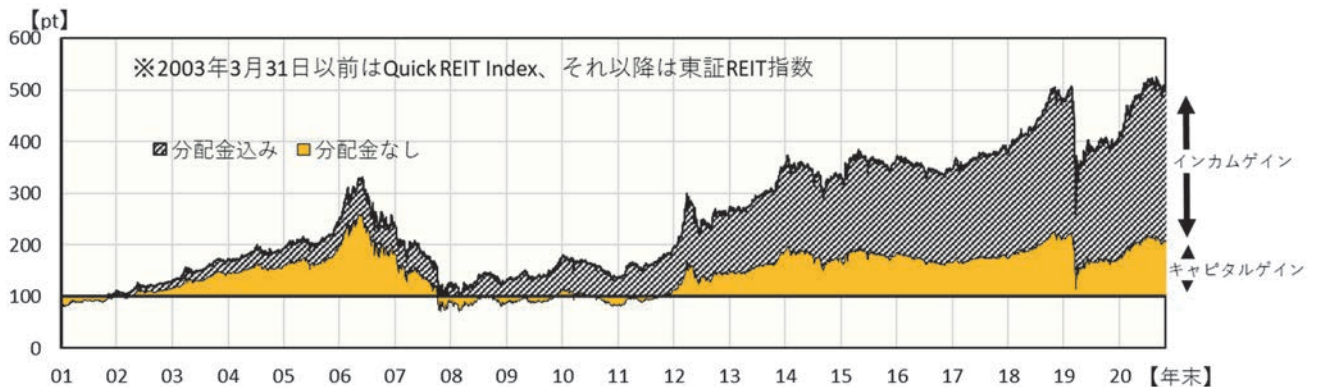
図表3：時価総額の推移



市場が誕生した2001年9月10日から2021年10月末までのリターンをみると、分配金なしベースでは+109%に留まる一方、分配金込みベースでは+406%となった(図表4参照)。分配金については、世界金融危機後における不動産賃貸市場の低迷などを背景に減配となる時期もあったが、銘柄数の増加や資産規模の拡大を背景に、分配金の総支払額は年々増加し

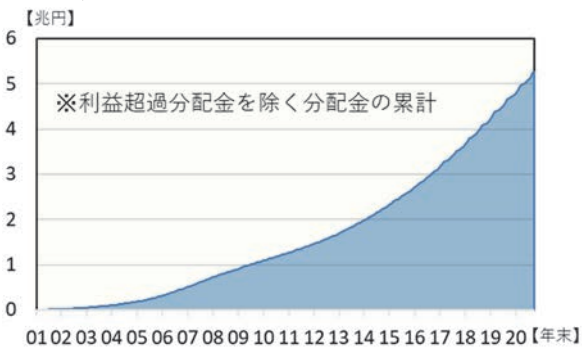
ている。2020年は通年で5,600億円程度の分配金を投資家に支払っており、2001年の市場創設から21年9月末までの総支払額は5.1兆円となった(図表5参照)。**J-REIT**は不動産市況の影響を大きく受けるほか、流動性の低さから外部環境の急変時に大幅下落するなど、相応のリスクを有する金融商品であるものの、保有物件の不動産賃貸収入を原資とした分配金は着実に投資家へ支払われ続けている。日本国債(20年)の利回りと比較すると、相場状況により変動があるものの、多くの期間で2%以上の上乗せ幅(スプレッド)を維持するなど、インカムゲインを目的とした投資家の期待には十分応えてきたものといえる(図表6参照)。

図表4：J-REITのパフォーマンス(2001年9月10日=100)



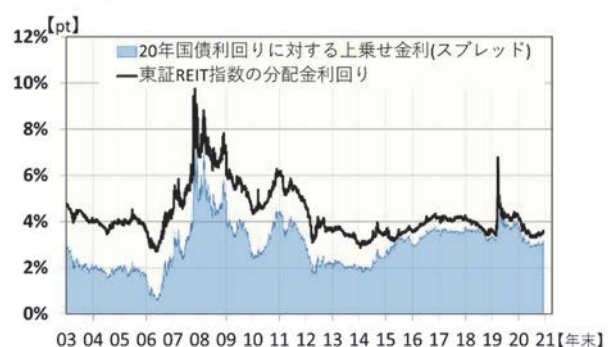
(出所) Quick、Bloomberg より三菱 UFJ 信託銀行作成。

図表5：J-REITの分配金支払い額



(出所) Bloomberg より三菱 UFJ 信託銀行作成。

図表6：J-REITの分配金利回り



(出所) Quick より三菱 UFJ 信託銀行作成。

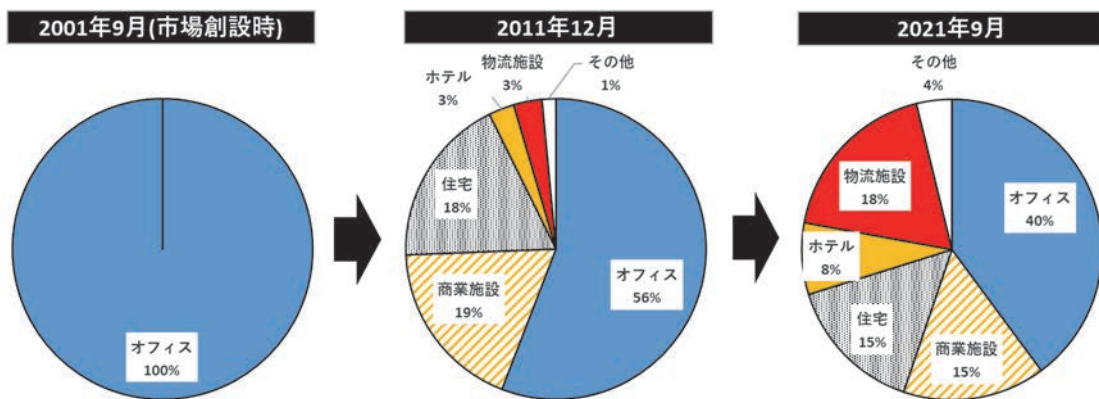
また、各 **J-REIT** で保有する物件は、市場規模の拡大に伴って多様化が進んでいる(図表7参照)。市場創設当初はオフィス用途のみであったが、創設からの10年間でオフィス以外の用途に特化した **REIT** や保有物件の用途を制限しない総合型 **REIT** が上場されたことにより、まず商業施設・住宅の構成割合が大きく上昇した。

その後の10年間では **EC**(電子商取引)の市場規模拡大を背景として物流施設の構成割合が大きく上昇している。例えば2012年から2013年に、物流施設開発・運営に強みを持つ大手

グローバル企業をスポンサー¹とする「GLP 投資法人」や、「日本プロロジスリート投資法人」が上場するなど、優良なパイプライン²を豊富に有する銘柄が相次いで上場したことも背景にある。

2020年2、3月の金融市場の急落(コロナショック)では、J-REIT 市場においてはコロナ禍の悪影響を大きく受けるホテル・商業施設を多く保有する銘柄の投資口価格が急落する一方、巣ごもり需要の恩恵を受ける物流施設を多く保有する銘柄は底堅く推移した。J-REIT における保有物件の多様化は、分散投資の効果を大きく高め、東証 REIT 指数の安定性の向上にも寄与していると考えられる。

図表7：J-REITの保有物件の推移



(出所) 投資信託協会、日本ビルファンド投資法人、ジャパンリアルエステイト投資法人決算資料より三菱UFJ信託銀行作成

J-REITの投資家層も20年間で広がっている(図表8参照)。市場創設当初は、当該銘柄と関係の深い不動産会社や建設会社が大口投資主となるケースがみられたことで「その他法人」の保有割合も高かったが、その割合は次第に低下し、2021年2月時点では9%程度となっている。

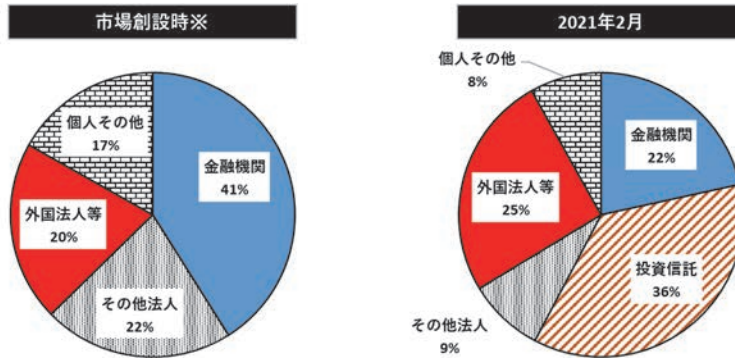
投資家層の拡大には、投資信託協会のルール変更が大きく影響している。市場創設当初には、J-REIT特化型投信は存在しなかったが、2003年7月に投信へJ-REITを組み入れることが解禁され、J-REIT特化型の公募投信が次々と誕生した。2008年9月には東証REIT指数連動型ETFが初めて上場された。それまで投資家は個別のJ-REIT銘柄を選別して購入する選択肢しかなかったが、投資信託やETFの登場により銘柄選択の手間を省きながら、かつ少額でJ-REIT市場に幅広く投資することが可能となった。市場創設当初と2021年2月を比較すると、「個人その他」「金融機関(投信除く)」の割合がそれぞれ低下しているが、その多くは公募投信やETFを通じての保有にシフトしたことが要因であると考えられる。J-REITにおける投資信託の保有割合は全体の1/3を超えるまで大きくなっており、この

¹ 一般にREITの運用会社への出資企業を指し、REITにおける物件の取得や運営に主導的な役割を果たす。

² スポンサーが開発し、将来的にREITが取得する可能性のある物件を指す。

20年間でJ-REITの投資家のすそ野は大きく拡大したといえる。

図表8：投資部門別J-REIT保有割合



※市場創設当初の保有割合は、日本ビルファンド投資法人とジャパンリアルエステイト投資法人の第1期決算資料のデータを、01年末の時価総額で加重平均して算出

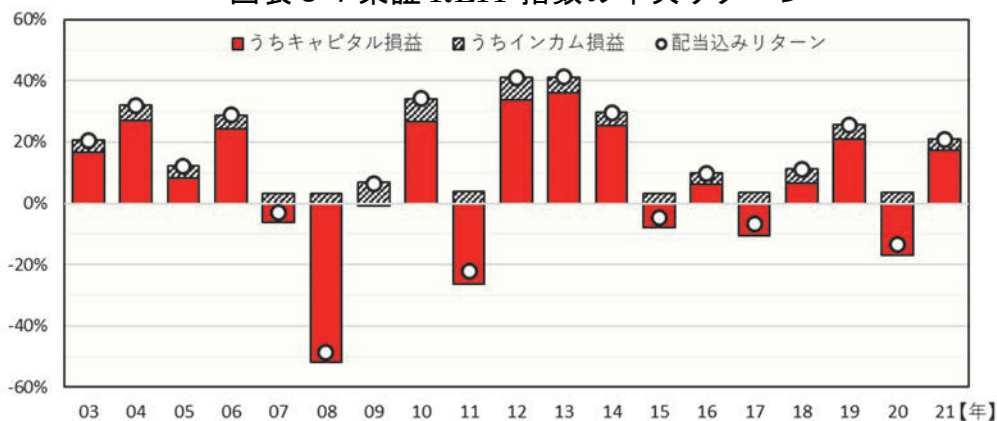
(出所)日本取引所、日本ビルファンド投資法人、ジャパンリアルエステイト投資法人決算資料より三菱UFJ信託銀行作成

2. J-REIT市場における定性面からの相場の転換点の整理

投資家にとっては、投資対象資産の価格トレンドやボラティリティなどの相場の転換点を正確に把握することが投資効率の向上に繋がる。相場の転換点を把握する手法としては、大きく分けて、市場環境や経済イベントの分析から定性的に判断するアプローチと株価や財務データなどの数値化されたデータの分析に基づく定量的なアプローチとの2パターンがある。

ここからはJ-REITの相場の転換点を捉える手法として、定性的なアプローチを示す。対象期間は東証REIT指数の算出が開始された2003年3月31日以降とし、J-REIT市場の変遷を振り返り、J-REIT市場の価格トレンドやボラティリティなどの相場の転換点を設定・整理する。上述のとおり、着実な成長を続けたJ-REIT市場ではあるが、不動産ミニバブルや世界金融危機など様々な外部要因の影響を受け、ときには相場急落も経験してきた(図表9参照)。

図表9：東証REIT指数の年次リターン



【%】

	03年	04年	05年	06年	07年	08年	09年	10年	11年	
配当込みリターン	20.6	31.9	12.1	28.8	▲ 3.1	▲ 48.6	6.2	34.1	▲ 22.2	
年率リスク	9.4	11.2	10.0	14.7	30.7	49.2	29.7	16.1	18.7	
	12年	13年	14年	15年	16年	17年	18年	19年	20年	21年
配当込みリターン	41.0	41.1	29.7	▲ 4.8	9.9	▲ 6.8	11.1	25.6	▲ 13.4	20.9
年率リスク	12.8	26.5	12.2	16.8	17.5	8.6	10.0	9.6	40.4	13.8

※年率リスクは、日次リターンの標準偏差を年率換算。計算期間は2003年3月31日～2021年10月29日。

(出所)Quick、Bloombergより三菱UFJ信託銀行作成

J-REIT市場は株式市場と比較すると、流動性が低いことやマーケット参加者が限定的であることなどを背景に、政策動向や不動産マーケットの構造変化による影響を強く受けやすく、そのトレンドが持続しやすいという傾向がある。図表10は各期間における東証REIT指数とTOPIXの基本統計量である。ある時点のデータと、その11時点前のデータとの相関性を示す自己相関係数AR(1)係数について、TOPIXは各期間・全期間ともに有意とならなかった一方、東証REIT指数は全ての期間で有意な結果となった点からもトレンドの持続性が相対的に高い傾向が伺える。

図表10：東証REIT指数とTOPIXの基本統計量

	東証REIT指数				(参考)TOPIX			
	全期間 (2003/4-2020/3)	①市場拡大期 (2003/4-2007/7)	②金融危機・ 市場混乱期 (2007/8-2013/3)	③政策効果・ 市場安定期 (2013/4-2020/3)	全期間 (2003/4-2020/3)	①市場拡大期 (2003/4-2007/7)	②金融危機・ 市場混乱期 (2007/8-2013/3)	③政策効果・ 市場安定期 (2013/4-2020/3)
平均	0.011	0.079	-0.027	0.001	0.014	0.078	-0.039	0.018
中央値	0.039	0.086	0.010	0.021	0.058	0.105	0.003	0.058
最大	12.885	6.030	10.637	12.885	12.865	3.540	12.865	7.715
最小	-20.466	-4.632	-12.776	-20.466	-10.007	-5.846	-10.007	-7.532
範囲	33.351	10.662	23.413	33.351	22.872	9.386	22.872	15.248
標準偏差	1.416	0.863	1.867	1.251	1.357	1.065	1.639	1.257
歪度	-0.845	-0.171	-0.416	-1.675	-0.412	-0.550	-0.327	-0.363
尖度	24.124	6.300	7.064	63.152	7.240	2.151	7.083	5.246
観測数	4166	1054	1405	1707	4166	1054	1405	1707
AR(1)係数	0.111 **	0.120 **	0.073 **	0.166 **	0.009	0.054	-0.017	0.020

**：有意水準1%，*：有意水準5%

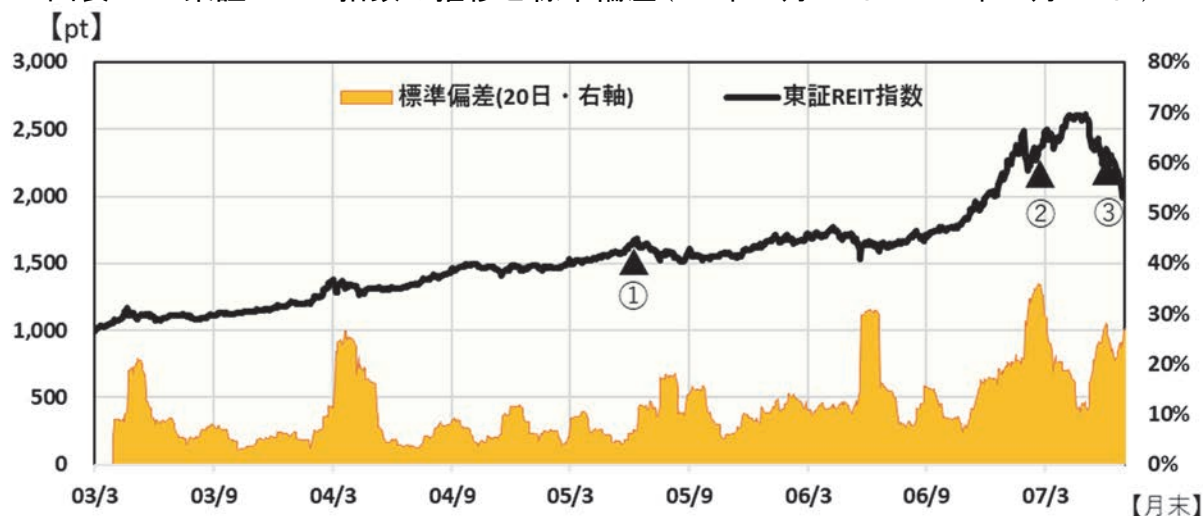
(出所)三菱UFJ信託銀行作成

東証REIT指数の算出開始以降の期間について、2つの大きな経済イベントを起点に局面を分割し、3つのサンプル期間とする。1つ目の経済イベントは、2007年のサブプライム問題表面化の時期、2つ目は2013年の日銀による異次元緩和を導入した時期である。この2つの時点がJ-REITのリスク・リターン特性が大きく変化した構造的な変化点であると考え、①市場拡大期(2003年4月～2007年7月)②金融危機・市場混乱期(2007年8月～2013年3月)③政策効果・市場安定期(2014年4月以降)の3つにサンプル期間を分割する。次に、分割した各期間において、経済的背景に基づきJ-REITの価格やボラティリティのトレンドが変化する時点を相場の転換点として以下に整理する。

(1) 市場拡大期(2003年4月～2007年7月)

最初の期間は、東証 REIT 指数の算出開始以降、順調に銘柄数や資産規模を拡大させた期間である 03 年 4 月～07 年 7 月とする。投資信託への J-REIT の組み入れ解禁などにより、地域金融機関や個人投資家による投資が徐々に活発化した。不動産市況の底打ち感も追い風となり銘柄数が拡大すると共に、のちに不動産ミニバブルといわれる上昇をみせ「投資対象資産」としての基盤を構築した期間である。

図表 11：東証 REIT 指数の推移と標準偏差(03 年 3 月 31 日～07 年 7 月 31 日)



	J-REIT	TOPIX
配当込み年率リターン	34.2%	29.6%
年率リスク	14.1%	16.8%

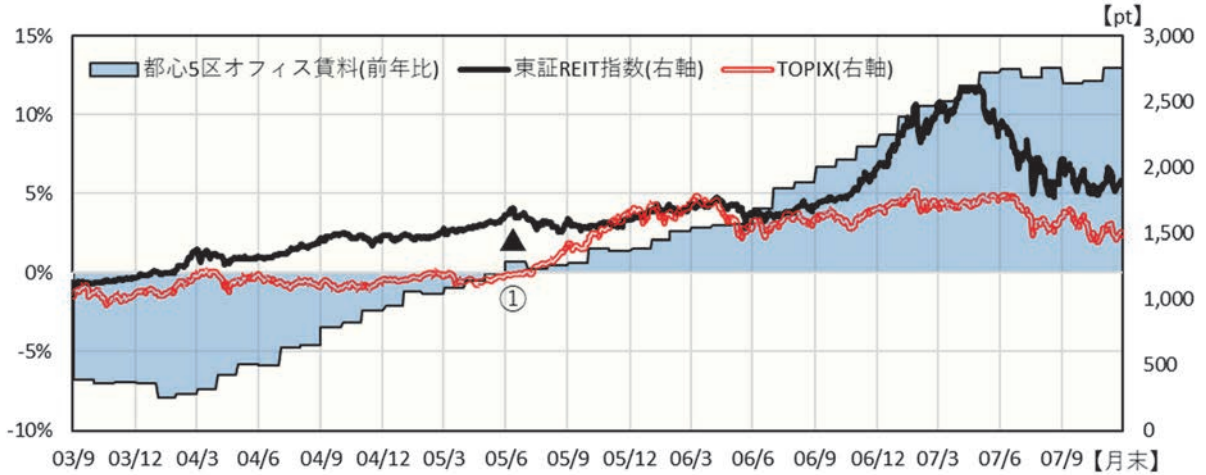
(出所) Quick、Bloomberg より三菱 UFJ 信託銀行作成

この時期における変化点は、以下の 3 点とした。

① 2005 年 7 月 8 日

これは三鬼商事による 2005 年 6 月分の東京オフィス賃貸市場の統計の発表日である。この日、東京都心 5 区のオフィス賃料が 3 年振りに前年比プラスに転じたことが明らかになり、オフィス不動産市況の底打ちが明確に意識された。その後、株式市場においては、郵政解散選挙への期待などを背景に大幅に上昇した(図表 12 参照)。

図表 12：東京都心5区のオフィス賃料と東証REIT指数・TOPIXの推移

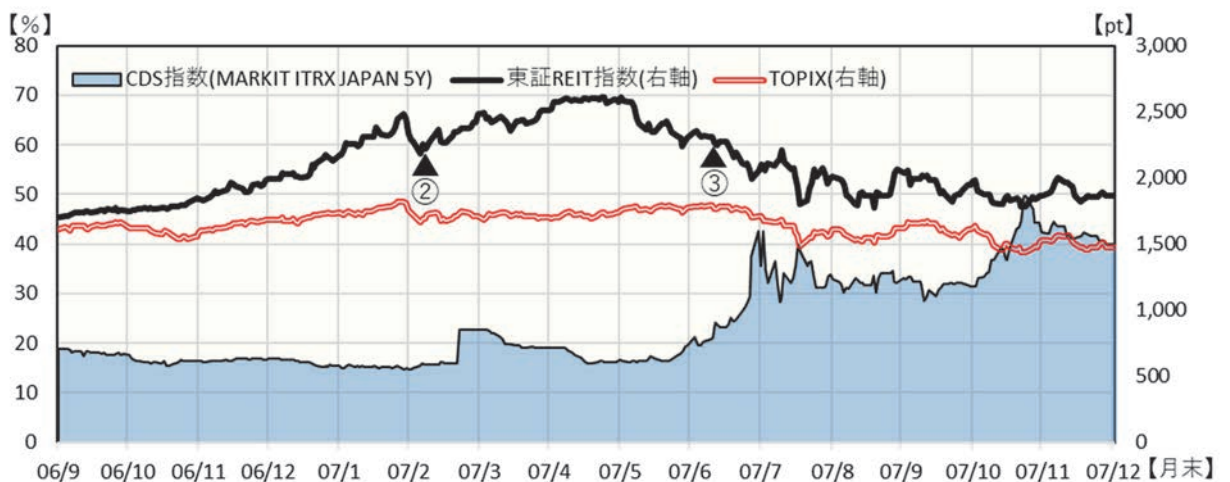


(出所)三鬼商事、Bloomberg より三菱 UFJ 信託銀行作成

②2007年3月13日・③2007年7月10日

両日とも米国でのサブプライムローン問題が表面化し、市場の変動性が高まったきっかけとなった日である。②はサブプライム住宅ローンで米2位のニュー・センチュリーファイナンスが債権者に対し支払いを行う手元資金がないことを明らかにし、経営破綻の観測が一段と高まった日であり、③は格付会社がサブプライムローンを裏付資産として発行された住宅ローン担保証券を一斉に格下げした日である。②の時点では、市場のボラティリティは上昇する一方でJ-REIT市場は上昇トレンドを維持したものの、③の時点では明確に下落基調に転換している(図表13参照)。なお、日本のオフィス市況については、東京都心5区の空室率が2007年11月に2.49%となるまで低下基調をたどったが、その後急激に市況が悪化し、1年後の2008年11月の空室率は4.56%となった。

図表 13：CDS指数と東証REIT指数・TOPIXの推移



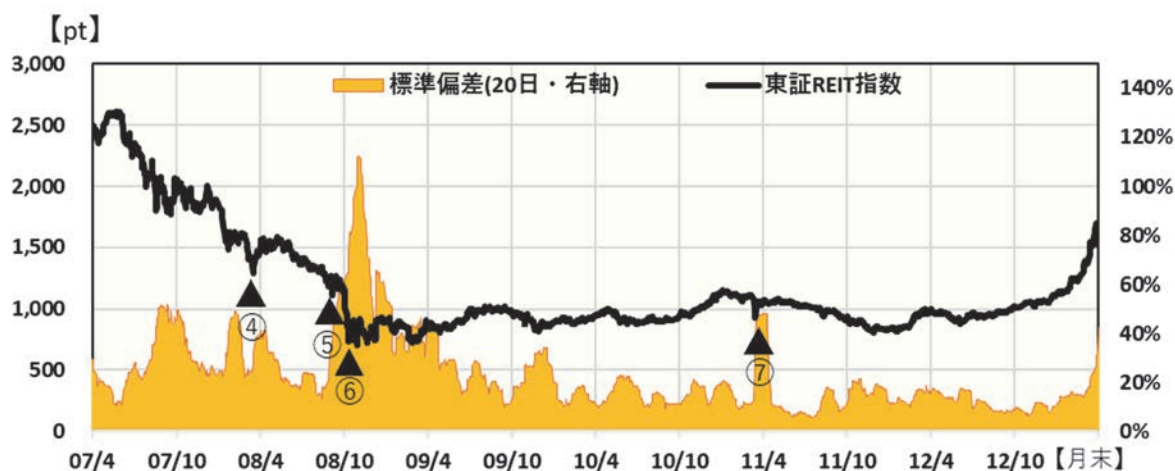
(出所)Bloomberg より三菱 UFJ 信託銀行作成

(2) 金融危機・市場混乱期(2007年8月～2013年3月)

次の期間は、2008年のリーマンブラザーズ証券破綻に象徴されるサブプライムローン問題が表面化した時期である。

世界的な資金調達環境の悪化はJ-REIT市場にも影響が波及し、東証REIT指数は算出開始以来の安値に下落する展開となった。その後も、日銀の金融安定化施策による下支え、東日本大震災、政権交代に伴うアベノミクスへの期待などでJ-REIT相場は大きく変動した。J-REITが外的要因・政策要因により影響を受けやすいことを印象付けた時期となった。

図表 14：東証REIT指数の推移と標準偏差(07年7月31日～13年3月31日)



	J-REIT	TOPIX
配当込み年率リターン	1.5%	-5.7%
年率リスク	29.2%	25.9%

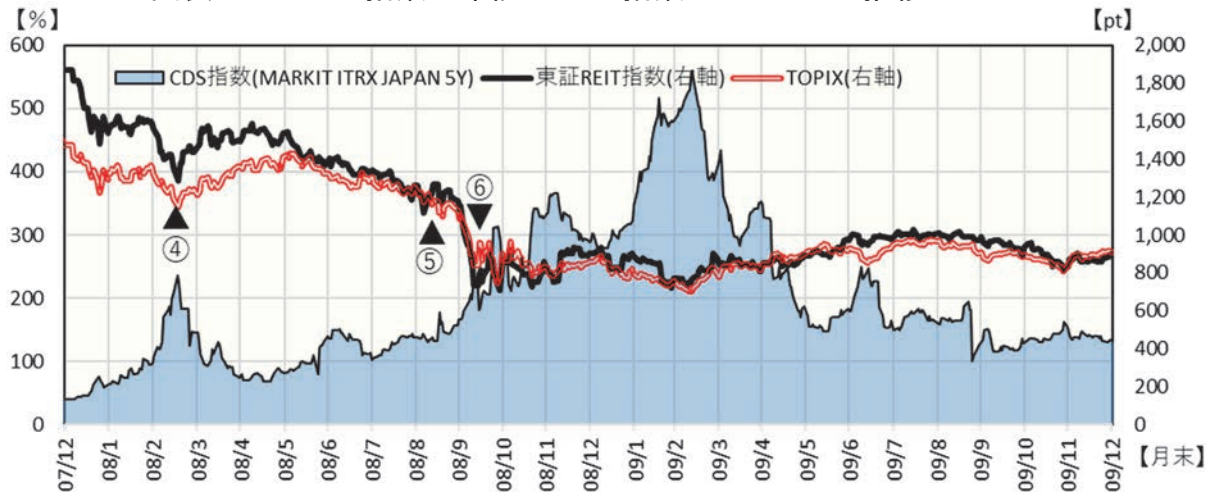
(出所) Quick、Bloomberg より三菱UFJ信託銀行作成

この時期における変化点は、以下の4点とした。

④2008年3月16日、⑤2008年9月15日、⑥2008年10月9日

上記3点はいずれも世界的な金融危機を背景としたものであり、④は米国大手証券会社であるベアスターンズが破綻した日、⑤はリーマンブラザーズが破綻した日、⑥はニューシティ・レジデンス投資法人が破綻した日である。信用収縮に伴いJ-REITの資金繰りリスクが意識され、低調なトレンドが長期化することとなった(図表15参照)。

図表 15 : CDS 指数と東証 REIT 指数・TOPIX の推移



(出所) Bloomberg より三菱 UFJ 信託銀行作成

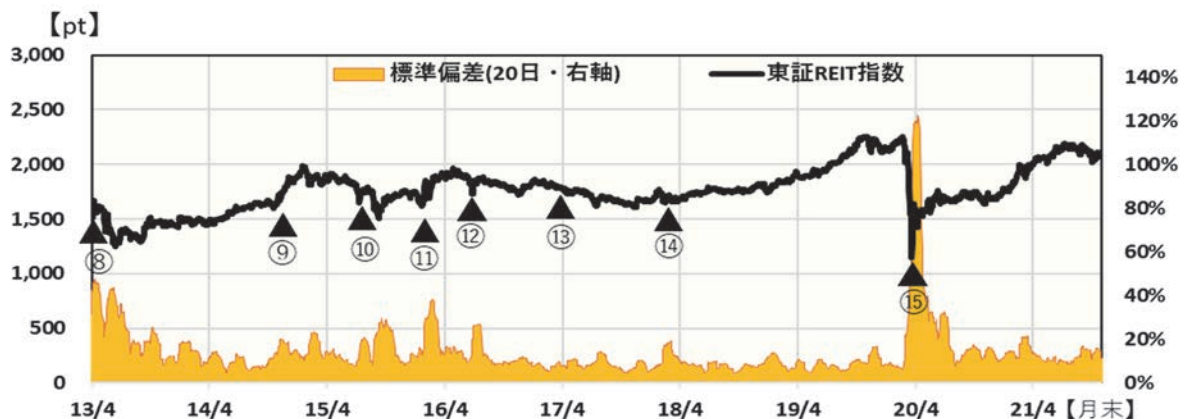
⑦2011年3月11日

これは東日本大震災の発生日であり、J-REIT のボラティリティは上昇し、緩やかな回復基調にあった指数は下落トレンドに転じている。

(3) 政策効果・市場安定期(2013年4月以降)

最後の期間は、日銀による異次元緩和が開始された 2013 年 4 月以降である。世界的には、各国中央銀行の金融緩和策により株価は大きく回復する一方、本格的な景気拡大には至らなかった。日本では、異次元緩和開始以降も、物価上昇率が目標に至らないなか金融緩和は拡大を続けた。J-REIT が選好されやすい低金利環境が長期化するなか、買入額の拡大も手伝い、2020 年 3 月に新型コロナウイルス感染症のパンデミック化により相場が急落するまで、J-REIT 市場は上昇トレンドを維持することとなった。時価総額も大きく増加し、主要な投資対象資産としての地位を確立した期間である。

図表 16 : 東証 REIT 指数の推移と標準偏差(13年3月31日~21年10月31日)



	J-REIT	TOPIX
配当込み年率リターン	8.9%	15.7%
年率リスク	19.7%	19.4%

(出所) Quick、Bloomberg より三菱 UFJ 信託銀行作成

この時期における変化点は、以下の8点とした。

⑧2013年4月4日・⑨2014年10月31日・⑩2016年1月29日

これらは日銀が金融緩和の強化を発表した日であり、⑧は量的・質的金融緩和政策の発表日、⑨はJ-REIT保有残高の増加ペースを引き上げた日、⑩はマイナス金利政策を導入した日である。それぞれJ-REIT市場の下支えにつながる政策が発表され、その後のJ-REIT相場の上昇トレンドを加速させる変化点となっている。

⑪2015年8月11日・⑫2016年6月24日・⑬2018年2月6日・⑭2020年3月19日

これらは金融市場にショックを与えた海外発の事象であり、⑩は中国が人民元を大幅に引き下げた日(チャイナショック)、⑫は英国のEU離脱(Brexit)につながる国民投票の日、⑬は米国金利上昇をきっかけに株式市場が急落した日、⑭は新型コロナウイルス感染症を背景にJ-REITが過去最大の下落率を記録した日である。

⑮2017年3月30日

これは、J-REIT固有の事象の変化点として、金融庁が「顧客本位の業務運営に関する原則」を策定した日である。同原則では、売れ筋投信の大部分が毎月分配型であることを「顧客本位の業務運営」が定着していない事例としている。J-REIT投信の大半が毎月分配型であったことから、同原則の策定をきっかけに金融機関によるJ-REIT投信の販売が急減速する一方、毎月の分配金原資の捻出のため、投信によるJ-REITの売却が継続したことから、需給環境が悪化しJ-REIT市場は緩やかな下落基調をたどることとなった(図表17参照)

図表17：J-REIT公募投信の資金フロー



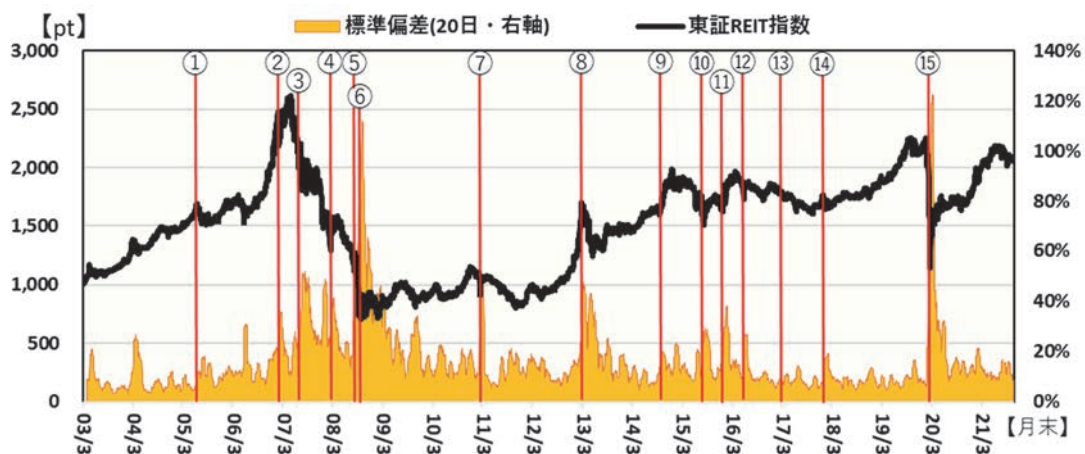
(出所) Bloomberg より三菱 UFJ 信託銀行作成

これまで述べた J-REIT における相場の転換点を時系列に整理した(図表18参照)。市場

拡大期では低いボラティリティのもと東証REIT指数が順調に上昇するなか、不動産ファンダメンタルズの好転が相場の転換点となった。金融危機・市場混乱期に入ると、ボラティリティが高止まりするなか東証REIT指数は低迷し、相場の転換点は金融危機に起因するクレジットイベントが多くを占めた。その後の政策効果・市場安定期では、ミドルリスク・ミドルリターンの位置付けを徐々に確立するなか、政府や中央銀行による政策変更が相場の転換点となる傾向がみられた。このように、J-REITの市場構造は時期によって変化しており、同様に相場の転換点となる経済イベントのタイプも変化してきたことが確認できた。

図表 18：経済的背景に基づく相場の転換点一覧

日時	内容
① 2005/07/08	東京オフィス平均賃料YoYプラス転換・株式上昇トレンド入り
② 2007/03/13	米国ニュー・センチュリー・フィナンシャル破綻懸念
③ 2007/07/10	米国サブプライム関連債券格下げ
④ 2008/03/16	米国ベア・スターズ破綻
⑤ 2008/09/15	米国リーマン・ブラザーズ破綻
⑥ 2008/10/09	ニューシティ・レジデンス投資法人がリート初の経営破綻
⑦ 2011/03/11	東日本大震災
⑧ 2013/04/04	日銀が年間300億円のREIT買入れを含む「量的・質的金融緩和策」
⑨ 2014/10/31	日銀が「量的・質的金融緩和」を拡大（REIT買入れを年間900億円ペースに引上げ）
⑩ 2015/08/11	中国人民元切り下げ（チャイナショック）
⑪ 2016/01/29	日銀マイナス金利政策導入
⑫ 2016/06/24	英国EU離脱を問う国民投票(Brexit)
⑬ 2017/03/30	金融庁「顧客本位の業務運営に関する原則」策定
⑭ 2018/02/06	米金利上昇をきっかけに株式市場が急落（ボラティリティショック）
⑮ 2020/03/19	コロナショック下で日次最大の下落率



(出所) Quick、各種報道より三菱UFJ信託銀行作成

Ⅲ. 定量的な変化点の検出手法

1. 時系列データの変化点検出手法

本章では、定量的なアプローチ手法として、相場の転換点を検出する時系列データの分析手法を紹介する。投資家の実務における投資判断や相場の転換点の捉え方には、Ⅱ章で示した経済イベントや市場環境分析に基づく定性的なアプローチに加え、株価や財務データなどの数値化されたデータの分析に基づく定量的なアプローチも用いられる。

(1) 異常検知と変化点検出

株式など金融資産への投資収益(リターン)データは時間依存性が高く、隣り合う期間での観測データには高い相関性がみられる時系列データである。時系列データにおける変化点検出と呼ばれる技術は、異常検知と呼ばれる分野の技術の一つであると考えられる。多数のデータの中から異常や外れ値を見つけ出す技術である異常検知は古くから研究され、インターネットセキュリティやシステムの故障予知、クレジットカードの不正利用などの分野で応用されてきた。

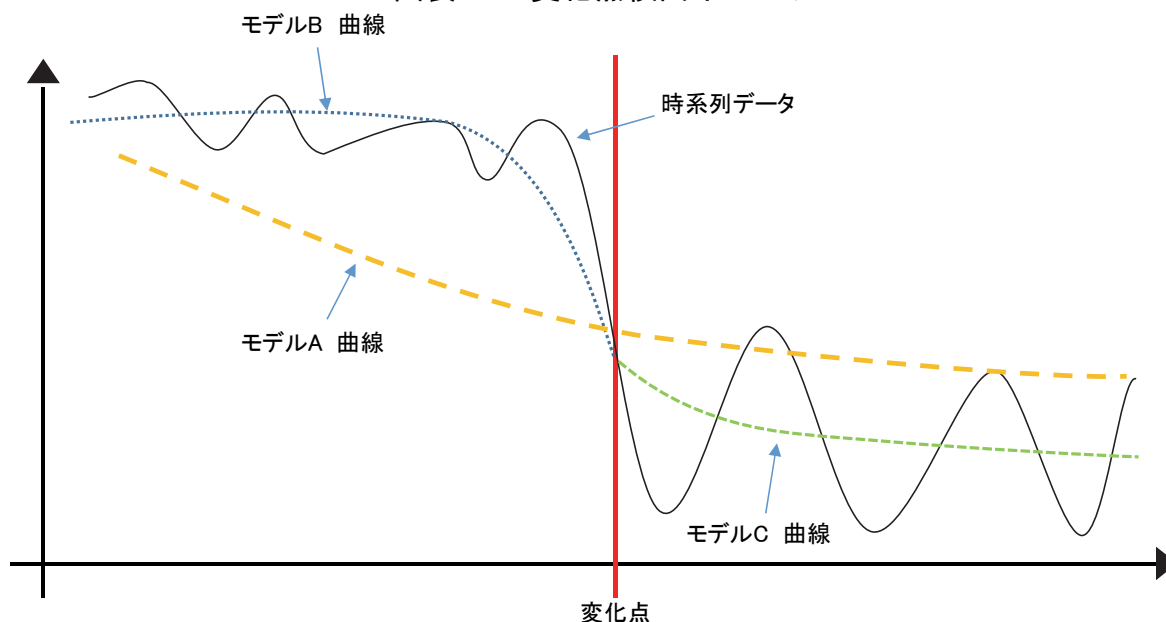
異常検知の代表的な手法としては、井出(2015)[2]や井出・杉山(2015)[3]において、統計的分布・確率モデルに基づく手法が紹介されている。但しこの手法は、データがある確率分布に従うことを仮定して異常検知を行うものである。観測済みのデータからデータ発生分布の確率モデルを学習し、新たに得られたデータについて学習したモデルで異常度合いを判定する。このような手法は各観測データが互いに独立の確率分布から発生していることが前提となった異常検知の手法であるため、金融資産投資収益のような時系列データの異常検知には適さない。

本稿の目的である時系列データの変化点検出における変化点とは、その時点の前後で時系列データのトレンドやボラティリティが変化する点である。検出した変化点候補が一時的なノイズではなく、時系列データの性質(トレンドやボラティリティ)が変化する時点を上手くとらえられるかということが重要なポイントとなる。

時系列データの変化点を検出する基本的な手法としては、Guralnik and Srivastava(1999)[7]で示された統計的検定に基づく手法がある。時系列データの中で変化点を探索する場合、変化点候補の前後の期間で別々の確率モデルを推計した場合と全期間で一つの確率モデルを推計した場合とについて、尤度³や誤差の比較を行う手法である。図表19は変化点検出のイメージ図である。全期間を1つのモデルAで推計した場合と比べて、変化点候補の前をモデルB、後をモデルCと別々のモデルで推計した場合の当てはめ誤差が有意に小さくなるかを検定し、小さくなる場合は、最も小さくなる点を変化点とみなす手法である。

³ 尤度…モデルの推定精度を評価する代表的な尺度。観測データが得られた時に、そのデータが従うと仮定した確率モデル(パラメータ)の尤もらしさを表す数値。

図表 19：変化点検出イメージ



(出所)三菱 UFJ 信託銀行作成

この手法を活用すれば単なるノイズではなく、正確な変化点を検出することが可能である。但し、変化点から次の変化点への期間が伸びるほど各時点の組み合わせで計算量が多くなるというデメリットもある。また、変化点の候補時点以降において、ある程度の観測データ蓄積が必要となる。そのため変化点の検出が、実際に変化が起きた時点から遅れることとなる。当然、変化点であるか、外れ値であるかの判断は、変化点候補以降のデータ量が増えるほど正確性が増す。一方で、投資判断など運用実務においては、リスク管理やリターン獲得の面においてのメリットから、できるだけ早期に変化点を検出するニーズがある。

(2) 状態空間モデル(カルマンフィルタ)

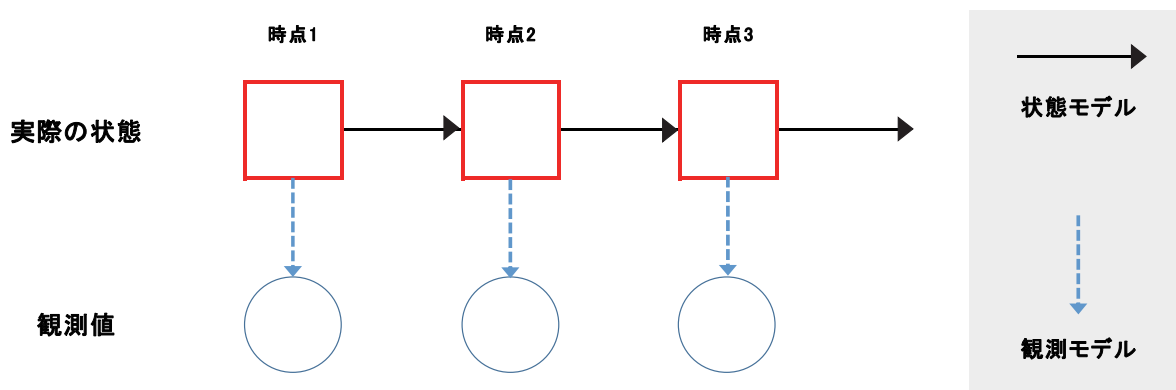
定量的な変化点検出にあたり、検出の遅れや計算負荷を抑えるという面からは、時系列データの分析手法の一つである状態空間モデルというフレームワークの活用が考えられる。状態空間モデルは、目に見えない「状態」を仮定して分析を行う手法であり、状態変化を表現する状態方程式(状態モデル)と状態から観測値が生成される過程を表現する観測方程式(観測モデル)の2つの方程式(モデル)を合わせたものである(図表 20 参照)。

馬場(2018)[1]では、状態空間モデルのパラメータ推定や更新の代表的な手法として、カルマンフィルタと最尤法⁴を用いた手法が示されている。カルマンフィルタは、各データ観測時点において、状態の予測とデータ観測後のフィルタリングによる状態補正を行い、更に次の時点の状態予測を行うという形で逐次的に状態を予測するアルゴリズムである。カルマ

⁴ 最尤法…尤度が最も大きくなるモデルパラメータを推定する手法。

ンフィルタでの状態推定と併せて、実際の観測値と予測値との残差を用いて正規分布を前提に最尤法でパラメータ推定を行う手法をとれば、比較的計算負荷を抑えた逐次的なモデル更新が可能である。最終的な変化点の判断には、予測値と実際の観測値の差について異常度を定義して、一定の閾値を設定して判断することとなる。

図表 20：状態空間モデル



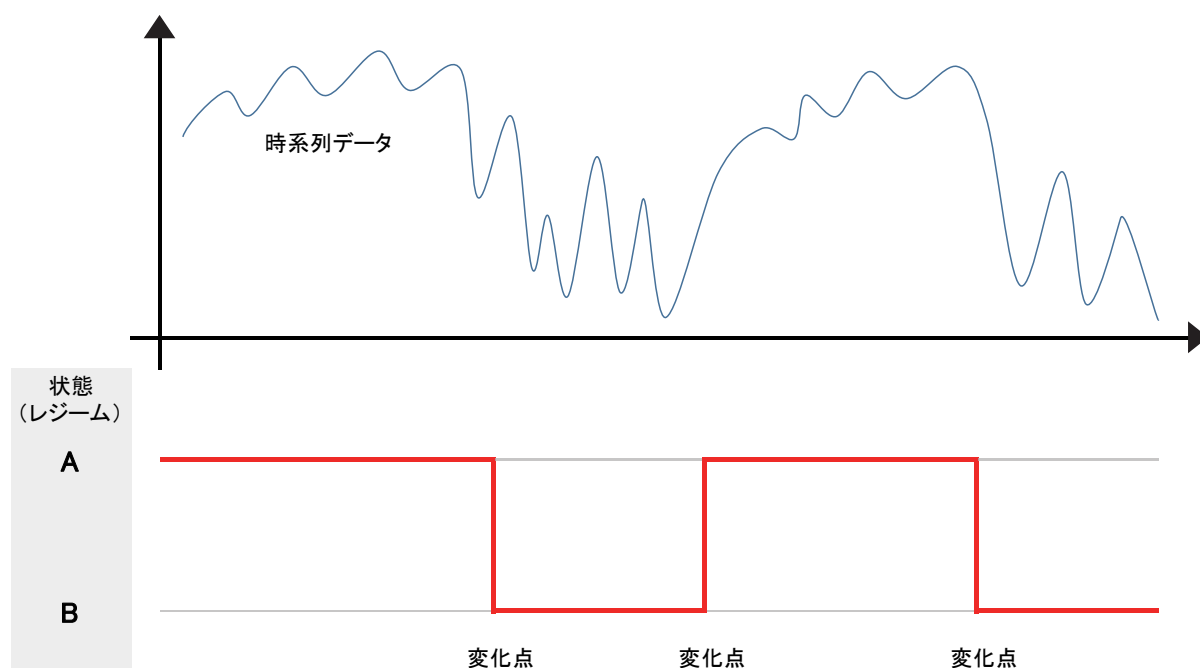
(出所)三菱UFJ信託銀行作成

(3) レジームスイッチングモデル

状態空間モデルと同様に「状態」を仮定して分析を行う手法としてレジームスイッチングモデルが挙げられる。複数の状態変数を用意し、それぞれの状態変数においてモデルのパラメータが変わると仮定して分析を行う手法である。現時点までの観測値に基づいて現時点の状態を推測することや過去時点の状態を平滑化確率で推測することで、状態の変化として「変化点」を判断することができる。図表 21 にレジームスイッチングモデルのイメージ図を示す。時系列データを株価と仮定すると、状態 A は景気・業績拡大期と考えられ株価は安定・高リターン、一方状態 B は景気・業績悪化期と考えられ株価は高ボラティリティ・低リターンとなるようなイメージである。

経済やファイナンスの世界では、Hamilton (1989) [8] が有名である。レジームスイッチングモデルを用いて、景気後退期と拡大期の 2 状態として景気循環を上手く捉えることが示された。これ以降レジームスイッチングモデルをファイナンス分野に適用する様々な研究が行われてきた。Brad et al. (2014) [6] では、米国の株式、債券、REIT の 3 資産について 1972 年から 2009 年の月次リターンデータを基にレジームスイッチングモデルを用いた分析を行なっている。個別の単一資産でレジームスイッチングモデルを適用した場合とマルチアセットで適用した場合との比較では特性が変化し、特に REIT については安定したボラティリティと高リターンが実現する「REIT プレミアム局面」が抽出できることを指摘している。但し、いずれも月次データなどを用いた長期の分析であり、日々の相場のトレンド転換を捉える目的ではない。

図表 21：レジームスイッチングモデル



(出所)三菱 UFJ 信託銀行作成

2. 本分析で用いる変化点検出手法

本章では、定量的な分析手法として、先ず異常検知や統計的検定に基づく変化点検出手法、次にカルマンフィルタを用いた状態空間モデル、そしてレジームスイッチングモデルを紹介してきた。本稿においての定量アプローチの目的は、金融資産投資収益のような時系列データの変化点検出であり、外れ値を避けることや変化点から時差を伴わない早期の検出が求められる。

このような要件では、統計的検定に基づく変化点検出手法は外れ値を除外できるものの、検出までに時間を要することから適さない。また、レジームスイッチングモデルは月次データを用いた長期分析には優れるものの、日々の相場の転換点を捉えるには適さない。

変化点から時差を伴わない早期の検出という点では、カルマンフィルタでの逐次的なモデル更新のような手法が適しているものの、外れ値と変化点を区別する工夫が必要となる。

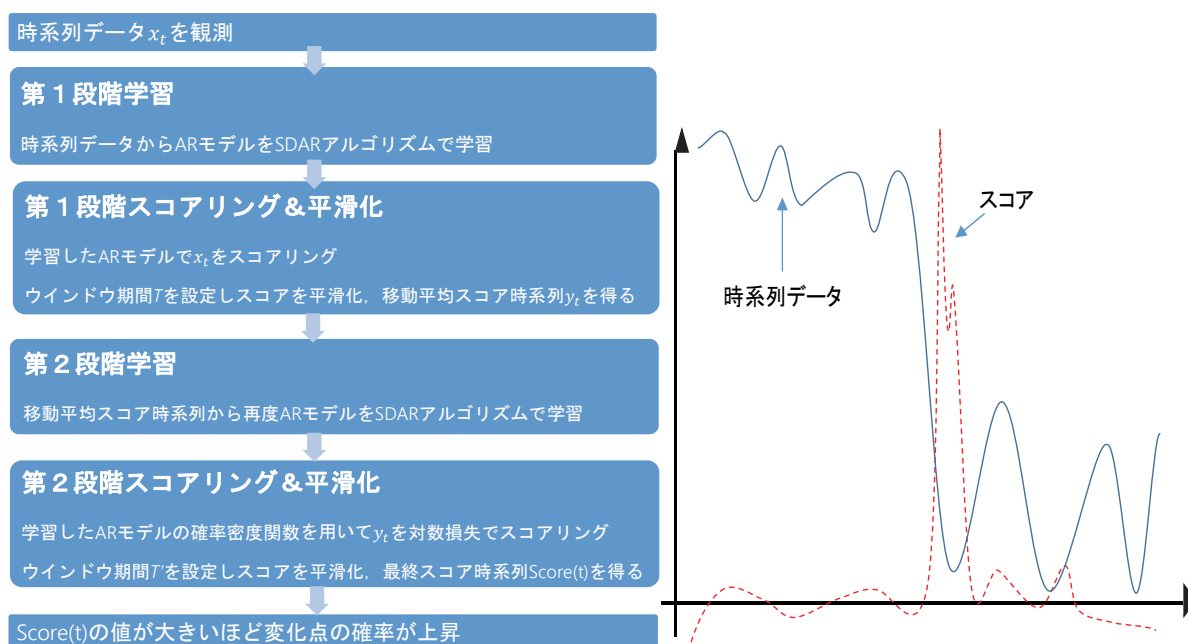
そこで、逐次的なモデル更新に加え、外れ値を避けるという要件を満たす変化点検出手法として、情報セキュリティ分野においての活用で提案された Yamanishi and Takeuchi (2006) [10] の Change Finder を紹介する。Change Finder は時系列モデルの2段階学習に基づく変化点スコアリングの手法であり、スコアの大きさで変化点を検出する。時系列モデルとして自己回帰(AR)モデルを利用し、オンライン忘却型学習アルゴリズム(SDAR アルゴリズム)でパラメータを逐次的に学習する仕組みである。

外れ値と変化点を区別する対策や逐次的にモデルを更新することによる計算負荷の低減、また、比較的早期の変化点検出が可能である点から金融資産のリターンデータの変化点

の早期検出という目的に適した手法であると考えられる。

Change Finder のイメージを図表 22 に示す。モデルの詳細は山西 (2009) [4] をご参照頂きたい。本稿の Change Finder で更新する時系列モデルとしては1次の自己回帰モデルを用いる。

図表 22 : Change Finder



(出所) 山西 (2009) [4] を参考に三菱 UFJ 信託銀行作成

IV. J-REIT 市場での実証分析

1. 分析手法

本章ではIII章で紹介した Yamanishi and Takeuchi (2006) [10] の Change Finder の手法に倣い、J-REIT 市場の変化点検出の実証分析を示す。分析には、東証 REIT 指数の日次リターンを用いる。対象期間は東証 REIT 指数の算出が始まった 2003 年 4 月から 2020 年 3 月とする。先ず行うのは、2003 年 4 月から 2014 年 3 月までの期間をモデルの学習期間とし、II 章で確認した「定性的に判断した変化点」を最も的確に検出できる Change Finder 分析のパラメータチューニングを行うことである。⁵

次に、そのパラメータを用いて、分析期間を拡張して 2014 年 4 月から 2020 年 3 月末まで

⁵ Change Finder において第1段階と第2段階のスコアリングで用いる平滑化のウィンドウ期間とオンライン忘却型学習アルゴリズム (SDAR アルゴリズム) で用いる忘却率がチューニング対象のパラメータである。SDAR アルゴリズムは AR モデルのパラメータを逐次的に更新する際に、更新前の値と新しい値を $(1 - \text{忘却率}) : \text{忘却率}$ の比率の重み付き平均の形で更新する。例えば忘却率が大きいほど新しいデータの重みが増す (過去のデータ影響は小さくなる)。本稿では、「定性的に判断した変化点」と一致する時点の検出回数が全体の検出回数に占める割合 (一致回数 / 検出回数) の指標が最も高いパラメータの組み合わせを採用する。

をテスト期間とした変化点検出を行い、その当てはまりについて定性判断結果と比較する。

更に、Change Finder で検出した変化点が、事後的にも分割可能な変化点であったのか、即ち東証 REIT 指数のトレンドやボラティリティに変化が起きた点であったのかについての検証を行う。検証手法としては、AR-GARCH モデル⁶に基づく尤度比検定⁷を用いて判定する。

2. 分析結果

分析結果を図表 23 に示す。①が Change Finder を用いて検出した変化点、②はⅡ章で設定した経済的背景に基づく定性的な変化点(本稿Ⅱ章設定)、③は尤度比検定を用いて検証した変化点認識日である。

図表 23 : Change Finder による検出変化点と尤度比検定での検証結果

No.	① ChangeFinder 検出変化点		② 経済背景に基づく定性的な変化点(本稿Ⅱ章設定)		③ 尤度比検定での検証結果 (-は3ヵ月以内に検出できず) (有意水準5%)
	日付	日付	事象		日付(変化点認識日)
1	2004/03/24	-			-
2	2005/07/13	2005/07/08	東京オフィス平均賃料YoYプラス転換・ 株式上昇トレンド入り		2005/07/21
3	2005/08/16				2005/08/23
4	2006/06/19	-			2006/06/26
5	2007/03/05	2007/03/13	サブプライム	米ニューセンチュリーフィナンシャル破綻	2007/03/11
6	2007/08/27	2007/07/10	問題表面化	米サブプライム関連債券格下げ	2007/09/08
7	2008/08/29	2008/03/16	世界金融危機	米ベアスターズ破綻	2008/09/19
8		2008/09/15		米リーマンブラザーズ破綻	
9	2008/10/14	2008/10/09	ニューシティ・レジデンス投資法人破綻		2008/10/22
10	2011/03/14	2011/03/11	東日本大震災		2011/03/20
11	2013/01/08	2013/04/04	金融緩和期待	日銀異次元緩和	2013/01/18
12	2013/03/14				2013/03/25
13	2013/04/01				-
14	2014/10/31	2014/10/31	日銀緩和拡大		2014/11/12
15	2015/07/13	2015/08/11	中国人民元切り下げ(チャイナショック)		2015/07/27
16	2015/08/31				
17	2016/01/29	2016/01/29	日銀マイナス金利政策導入		2016/02/10
18	2016/06/28	2016/06/24	英国EU離脱国民投票(Brexit)		-
19	2017/04/17	2017/03/30	金融庁「顧客本位の業務運営に関する原則」策定		2017/04/24
20	2018/02/06	2018/02/06	米金利上昇ボラティリティショック		2018/02/14
21	2019/11/08	-	米金利上昇発の市場調整		2019/11/20
	2020/02/28	2020/03/19	コロナショック		2020/03/06

(出所)三菱UFJ信託銀行作成

⁶ AR-GARCH モデル…AR(自己回帰)モデルと GARCH モデルを組み合わせたもの。GARCH モデルは代表的なボラティリティ変動モデル。金融資産リターンの時系列データは、相場の変動性(ボラティリティ)が高い期間(あるいは低い期間)が持続しやすい、ボラティリティ・クラスタリングという性質があることが過去の実証分析から知られている。GARCH モデルは、ボラティリティ・クラスタリングを表現するため、ボラティリティの自己相関をモデル化したもの。

⁷ 変化点候補時点の前後で違うモデルパラメータを用いた場合と全期間で同一のパラメータを用いた場合との尤度を比較する。

(1) 変化点検出結果

2014年4月から2020年3月末までのテスト期間において **Change Finder** で検出された変化点(図表 24①)は、II章で設定した経済的背景に基づく定性的な変化点(図表 24②)を全て検出している。No.20の2019年11月8日の変化点候補のみ、経済的背景に基づく変化点として設定をしていない時点である。当該時点は、日米の金利が上昇し安定的で高水準の分配利回りであった **J-REIT** の相対的な魅力が低下したことに加え、2019年は株式と比較しても高い上昇率であったことから **J-REIT** の調整幅が大きくなったタイミングである。

検出した変化点は、大半がイベントなどに伴い急激に変化する局面であるが、比較的ボラティリティが安定しているタイミングにおいても検出できる結果であった。例えば、No.10は上昇基調、No.18下落基調のトレンド初期段階での一時的な逆向きの動きを伴うボラティリティ上昇に反応したことから変化点として検出しており、結果的に緩やかな構造変化が起きる局面を捉えることができている。このような局面の変化点検出については、日次リターンの変化幅が極端に大きくなならない、言い換えれば外れ値(ノイズ)を伴わない変化点であり、2段階学習で変化点を検出する **Change Finder** の特性が上手く機能していたと考えられる。

一方で、No.8の2008年10月の**J-REIT**市場初の投資法人破綻やNo.17の2016年6月の英国のEU離脱を問う国民投票(Brexit)の変化点検出について、**Change Finder**では前者の事象発生が2008年10月9日に対して2008年10月14日の検出、後者の事象発生が2016年6月24日に対して2016年6月28日の検出であった。スコア算出過程で平滑化を伴う**Change Finder**での変化点検出日はイベントから数日遅れる結果となった。このようなイベントに伴う変化点については、定量的な変化点検出は、外れ値であるのか構造的な変化点であるのかの区別をするため、即時性という面では劣ることとなる。上場**REIT**破綻やBrexitのように明らかに**J-REIT**市場・金融市場に多大な影響を与えられられるイベント発生時には、定量的な判断を待つより、イベントが市場に与える影響を分析し、定性的な判断を優先すべきであると考えられる。

(2) 事後的な変化点の検証

ここまでは、テスト期間において **Change Finder** を用いて定量的に検出した変化点が、定性的に判断した変化点と概ね一致していることを確認してきた。次に、検出した時点が東証**REIT**指数のトレンドやボラティリティの変化点として、統計的に有意な変化点であったかの検証結果を確認する。図表 24③が **Change Finder** での検出時点を基準にその前後で分割し、尤度比検定⁸を行なった結果である。テスト期間において有意水準5%を基準とした場合、No.17の2016年6月28日の時点のみ検出できず、当該時点を除いた他の時点については事後的にも変化点と判定可能な時点であった。

⁸ 検定には、誤差項分布にスチューデントのt分布を仮定したAR-GJRARCHモデルを用いた。

No.17の Brexit 後の時点については、事後的に尤度比検定で変化点として検出できなかったことから結果として外れ値と見做すこともできる。当該時点は事象発生日の 2016 年 6 月 24 日の大幅下落とその後 6 月 28 日の大幅反発の時点で変化点として検出した時点である。6 月 28 日以降はそれまでのトレンドが変化せず下落基調かつボラティリティも落ち着く相場であったことから変化点ではなく、外れ値とも解釈可能な点である。

以上の結果をまとめると、Yamanishi and Takeuchi (2006)の Change Finder を用いた J-REIT 市場の変化点検出は、経済的背景に基づき定性的に判断した変化点と概ね一致している。また、尤度比検定を用いた事後データ蓄積後の検証結果からは、検出した時点が統計的にも有意な変化点であることが確認できた。変化点候補からの事後データの蓄積が必要な従来型の変化点検出手法と比較して、相応に早い段階で、且つ緩やかな変化にも対応できる結果であった。また、検出頻度についても分析期間とした 2003 年 4 月から 2020 年 3 月までの 17 年間で 21 回の検出であり、ある程度の期間のトレンドを捉えることができおり、外れ値の検出も限定的であった。

V. おわりに

本稿では、市場構造の変化点や相場の転換点を捉える手法として、経済的背景や経済イベントを分析した定性的なアプローチと時系列データに基づく定量的なアプローチの両面から J-REIT 市場の変遷を整理・分析してきた。J-REIT は、市場創設当初の拡大期から金融危機による市場混乱期を経て、金融政策の効果による安定期へと市場構造を変化させてきた。時期に応じて相場転換のトリガーとなる経済イベントの変化も定性面から整理した。

定量的なアプローチとして、時系列データの変化点検知手法をいくつか紹介してきたが、金融資産(J-REIT)投資収益率の変化点検知という本稿の目的からは、早期検知や外れ値を避ける仕組みから Change Finder が適していると判断した。Change Finder を活用した J-REIT 市場の変化点検知の実証分析では、経済的背景に基づいて定性的に判断・設定した相場の転換点と概ね一致することを示した。但し、定量的な変化点検出は、外れ値であるのかあるいは構造的な変化点であるのかを区別するため、即時性という面では定性的な判断に劣る局面もあった。一方で、特定の経済イベントが伴わず定性面からの変化点判断に迷うような、緩やかに市場に影響を与える事象が背景となった場合は、定量的な検出をもって変化点と判断することが有効である。日々のファンダメンタルズ分析や市場環境、経済イベントの定性的な分析に加え、リターンデータを用いた定量的な分析を組み合わせることで相場の転換点を的確に検知することができよう。

特に本項で着目した J-REIT 市場は株式市場と比較した低流動性や限定的なマーケット参加者から、政策動向や不動産マーケットの変化による影響を受けやすく、そのトレンドが持続しやすいという特徴があり、相場の転換点を早期に把握することの重要度・有効性が高いと考えられる。資産価格のトレンドやボラティリティなど相場の転換点を早期に把握するこ

とで、トレンドの転換を意識した投資行動をとることや資産価格予測のモデルパラメータを見直す契機とすることで投資効率、リスク・リターンを改善を図ることができる。と考える。

(2021年12月20日 記)

※本稿中で述べた意見、考察等は、筆者の個人的な見解であり、筆者が所属する組織の公式見解ではない

【参考文献】

- [1] 馬場真哉 (2018) 『時系列分析と状態空間モデルの基礎』, プレアデス出版
- [2] 井出剛 (2015) 『入門 機械学習による異常検知』, コロナ社
- [3] 井出剛, 杉山将 (2015) 『異常検知と変化検知』, 講談社
- [4] 山西健司 (2009) 『データマイニングによる異常検知』, 共立出版
- [5] 金融庁 (2017) 「顧客本位の業務運営に関する原則」
- [6] Brad Case, Massimo Guidolin and Yildiray Yildirim (2014) "Markov Switching Dynamics in REIT Returns: Univariate and Multivariate Evidence on Forecasting Performance," Real Estate Economics, American Real Estate and Urban Economics Association, volume 42, Issue 2
- [7] Guralnik, V. and Srivastava, J. (1999) "Event Detection from Time Series Data," Proceedings of KDD-99
- [8] Hamilton, J. D. (1994). "A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle," Econometrica, Volume 57
- [9] Hamilton, J. D. (1994). "Time Series Analysis," Princeton, NJ, Princeton University Press
- [10] Takeuchi, J. and Yamanishi, K. (2006) "A unifying framework for detecting outliers and change points from time series," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Volume 18, Issue

本資料について

- 本資料は、お客さまに対する情報提供のみを目的としたものであり、弊社が特定の有価証券・取引や運用商品を推奨するものではありません。
- ここに記載されているデータ、意見等は弊社が公に入手可能な情報に基づき作成したのですが、その正確性、完全性、情報や意見の妥当性を保証するものではなく、また、当該データ、意見等を使用した結果についてもなんら保証するものではありません。
- 本資料に記載している見解等は本資料作成時における判断であり、経済環境の変化や相場変動、制度や税制等の変更によって予告なしに内容が変更されることがありますので、予めご了承下さい。
- 弊社はいかなる場合においても、本資料を提供した投資家ならびに直接間接を問わず本資料を当該投資家から受け取った第三者に対し、あらゆる直接的、特別な、または間接的な損害等について、賠償責任を負うものではなく、投資家の弊社に対する損害賠償請求権は明示的に放棄されていることを前提とします。
- 本資料の著作権は三菱UFJ信託銀行に属し、その目的を問わず無断で引用または複製することを禁じます。
- 本資料で紹介・引用している金融商品等につき弊社にてご投資いただく際には、各商品等に所定の手数料や諸経費等をご負担いただく場合があります。また、各商品等には相場変動等による損失を生じる恐れや解約に制限がある場合があります。なお、商品毎に手数料等およびリスクは異なりますので、当該商品の契約締結前交付書面や目論見書またはお客さま向け資料をよくお読み下さい。

編集発行：三菱UFJ信託銀行株式会社 アセットマネジメント事業部
東京都千代田区丸の内1丁目4番5号 Tel. 03-3212-1211（代表）