

[論文]

## Bitcoin の貨幣らしさ

— 価格変動の特性から —

“Is Bitcoin a Money?”

玉山和夫

## 要 旨

本稿は Bitcoin は貨幣と呼べるものかどうかを検証するものである。結論から言えば、最近はやや曖昧な部分もあるが、誕生以来の動きを見る限り、Bitcoin は貨幣とはいえない。ただし、ここでいう貨幣らしさとは、価格変動の特性からのそれをさしており、それ以外の意味については考慮していない。価格変動の特性とは、基本的には日次価格変動において、大変動が価格変動全体の趨勢と一致する、または小変動が全体の趨勢と一致しない場合、これを貨幣らしいとするものである。これは玉山 2015.8 で定義し、玉山 2015.2 との関係から本稿でその基準を整理しなおしたものである。この基準は実際の貨幣および貨幣らしい資産と、貨幣というよりは投資対象である資産との違いを、その価格変動を観測することで得られた知見による。

## 1. 先行研究と本稿のスタンス

## 1.1 日次変化率から貨幣らしさを見る

本稿は玉山 2015.8 が行った通貨および金融資産の価格変動から定義した貨幣らしさの基準を用いて、Bitcoin およびその他の crypto currency (暗号通貨) の貨幣らしさを検証しようとする試みである。玉山 2015.8 および玉山 2015.2 の内容を整理しなおしたものについては、次の 1.2 を参照されたい。そもそも、玉山 2015.2、玉山 2015.8 は、経済物理学でたびたび検証されている High Frequency Financial Data (HFFD) は正規分布しないという動態分析を、日次データで見てみようとした試みである。その結果として、価格変動には通貨または資産によってはっきりとした変動特性が見出された。それは、高安 2004 がチック・データを用いて為替レートの変動が、 $2\sigma$  以上の大変動によって趨勢が決まるとした知見と、為替相場については、整合するものであった。

こうした価格変動パターンを用いることで貨幣らしさを検証している先行研究は、私の調べたところでは無い。物理学系の論文にはありうるが、それらを検索する手段に限界があり、調べ切れてはいない。ただ、Bitcoin の価格変動のあまりの大きさに注目して、貨幣として機能することが難しいと主張する

論文はいくつか存在する。例えば、Yermack 2014 は、Bitcoin は取引が少ないため価格変動が激しく、投機の対象になっていると指摘している。また McCullum 2015 は、税の観点から Bitcoin を貨幣であるよりは資産であると位置づけている。そして、いずれ税務当局もこれを貨幣として認めることになろうが、その過程はゆっくりしたものとなるだろうとしている。一方、Bolt & Maaten 2016 では、消費者や商取引業者などの実需家の存在により、virtual currency (彼らはそう呼ぶ) の投機性は弱められるとしている。そして、投機的な動きは幼少期の病気のようなものだとも。

この項の最後に、玉山 2015.2 玉山 2015.8 でも紹介した、為替や資産価格変動率に関わる先行研究について、改めて紹介しておきたい。ひとつは、梅棹 1949 であり、もうひとつは Mandelbrot 1965 である。経済物理学が指摘するよりはるか以前に、梅棹 1949 はそもそも社会を構成するものの動態は二項分布 (母数を大きくした場合正規分布に近似) しないとの仮説のもと、オタマジャクシの行動分析を行った。結果、オタマジャクシの動きは二項分布せず、彼らが社会を形成していると判定した。つまり多くの社会科学研究者が拠って立っていた仮説の、立脚点そのものが違っていたのである。また株価や為替レートは裾野の広いべき分布に従うという経済

物理学の知見も、後に「フラクタル性」と名付けられることになる価格変動現象として、Mandelbrot 1963 によりすでに 50 年前に発見されていた。

## 1.2 貨幣らしさ判断基準の整理

貨幣らしさの判断のため、日次レートの変動率別比較を行う。

判断基準：

日次変化率の高いものが原数値(以下、原系列と呼ぶことがある)全体の趨勢を決める、または変化率の低いものが原数値全体の趨勢と異なるとき、貨幣らしさが高いと判断する。

以下の変化率の累積値と、原系列を比較する。

①  $2\sigma$  以上、 $1\sigma$  以上  $2\sigma$  未満、 $1\sigma$  未満

基本的には、 $2\sigma$  以上が原系列の変化を左右するとき、貨幣らしいと判断する。

②  $1\sigma$  以上、 $1\sigma$  未満

$2\sigma$  以上の基準では明瞭でない場合、 $1\sigma$  以上が原系列の変化を左右するとき、2 番目に貨幣らしいと判断する。

また、①あるいは②ではなく、 $1\sigma$  未満の系列が原系列の変化を左右するとき、それらは貨幣のような価値交換機能を主に担うものではなく、投資対象であると考えられる。実際玉山 2015.8 で見るように、株式や長期債、資源などの投資対象資産は、 $1\sigma$  変化の累積が原系列の変化を左右していた。

以上は、為替市場を扱った玉山 2015.2 において、 $2\sigma$  以上と  $2\sigma$  未満しか原系列との比較をしていなかったことで、必ずしも貨幣らしさの基準を明確にできてはいなかったことへの反省から、基準を整理しなおした結果である。

これらの不明瞭な場合に②を適用することで、為替レートの変動は一部を除き本稿の意味する貨幣らしさを示すことが確認できた。①および②の意味での修正を含めた 44 ケースを、改めて図表集にして巻末に掲載する。なお、貨幣らしさが玉山 2015.2 の図表(原数値・ $2\sigma$  以上・ $2\sigma$  未満のみ比較)から容易に判断できるものについては、これらを転載した。もちろん、データは玉山 2015.2 と同じもの(またはそれを直近まで延長したもの)を用いた。

ところで、②の基準でも貨幣らしさに疑いの生じた主要通貨は、全て対 EURO でのカナダ・日本の 2 通貨またはこれにニュージーランド・オーストラリア・スウェーデンを加えた 5 通貨であった。これは、玉山 2015.2 で指摘した EURO という通貨の鶴のような性格を表しているように思える。純然たる人工通貨は、自然発生した通貨とは異なるものであると

判断した方がよさそうである。つまり、EURO については、本稿の基準での判断以前に、その貨幣らしさに疑いがあると見たほうが妥当かもしれない。

いずれにしても、これら 44 ケースについて①または②を満たすか満たさないかを適否基準とした  $\chi^2$  乗検定結果は図表 5 のように p 値が 0.0000 となり、結果には偶然性はないと判断される。

## 2. 本稿の展開

本稿は以下のように展開する。

次の 3. で、使用データの紹介をする。

4. では、Bitcoin の日次価格変化率分布が為替市場や株式市場のように、ベキ分布に従うことを見る。そして、為替市場などの貨幣市場および株式市場などの投資対象市場において、前項 1.2 で示した基準に従うパターンの観測結果を確認する。実際、1.2 の基準は観測結果から導かれたものであり、基準が先にあったわけではない。

5.1 で初めて、US\$ 建て Bitcoin の価格変動パターンを見る。2010 年 7 月以降直近までおよび Mt.Gox 破綻までの二つの期間では、明らかに貨幣としてではなく投資対象としての価格変動パターンを示している。ただし、それ以外特に Mt.Gox 破綻以降では、投資対象としての特徴と貨幣としての特徴が混在しているように見える。

次いで 5.2 では、US\$ 建て以外の Bitcoin と US\$ 建て Bitcoin との相関を見る。これにより、数多く存在する Bitcoin は、少なくとも Bitcoin 間では連動制があることが分かる。

6. では、Bitcoin とその他の crypto currency との関係およびその他の crypto currency の価格変動パターンを見る。例として、Litecoin と Ripple を取り上げた。Litecoin は貨幣よりも投資対象としての特徴を示した。Ripple については、曖昧である。

7. Mt.Gox 破綻後の Bitcoin 相場とその他投資対象資産との相関を見る。投資対象としての特徴が薄れて来た時期ではあるが、資源とは正の相関を、株価特に US\$ 換算の日経平均株価とは極めて強い負の相関を示した。

8. で全体をまとめる。

巻末に、参考として改めて Bitcoin または crypto currency 市場の全体像を概観する。Crypto currency 全体の時価総額は、2016 年 6 月 4 日時点で 111 億 6,500 万ドルあり、そのうち約 80% が Bitcoin である。

### 3. 使用データ

- ① Bitcoin の市場、銘柄毎の日次価格については、Bitcoin Chart:<http://bitcoincharts.com>
- ② Bitcoin 市場全体の価格指数および時価総額・取引量等については、CoinDesk:<http://www.coindesk.com/>
- ③ Crypto currency の種類・時価総額等については、Crypto-Currency Market Capitalizations:<http://coinmarketcap.com/>
- 玉山 2015.2, 玉山 2015.8 および本稿で改めて検証した為替や資産についても、念のため下記する。
- ④ 日経平均株価・ニューヨーク・ダウ以外の株価指数：Yahoo Finance
- ⑤ 日本国債の利回り：財務省ウェブ・サイト
- ⑥ 上記以外全て：FRED (Federal Reserve Bank of St. Louis, Federal Reserve Economic Data), Board of Governors of the Federal Reserve System

なお、株価指数については、2000 年より前から取得可能な市場に限って分析対象とした。

かつて金（ゴールド）は貨幣であった。IMF（国際通貨基金 International Monetary Fund）による金廃貨が発効したのは 1978 年である。しかしその時にはまだソビエト連邦と東側共産圏が存在しており、金廃貨は西側だけの事情であった。玉山 2015.8 では金が真に貨幣でなくなったのは、1992 年 6 月にロシアが IMF に加盟した時であると考えられる。よって、金が貨幣であった期間は 1992 年 5 月まで、それ

以降を貨幣で無くなった期間として分析する。ただし、金は 2 重価格制が始まる 1968 年より前には価格がドルに固定されていた。したがって玉山 2015.8 が価格変動の分析対象とする期間は、1968 年 4 月 1 日以降である。

### 4. Bitcoin のブラック・スワン

図表 1 から 3 には、Bitcoin の価格指数である CoinDesk BPI, 円/US\$, 日経平均株価の日次変化率毎の累積発生確率を示している。平均から  $6\sigma$  以上離れた変化は正規分布を仮定すれば、10 の 9 乗分の 2 (5 億分の 1) ほどしか起こらないが、実際には 10 の 3 乗分の 1 (1,000 分の 1) ほどは起こる。つまり想定外の変化などと言うものは存在しない。相場の世界はブラック・スワン（起こり得ないこと）だらけなのである。

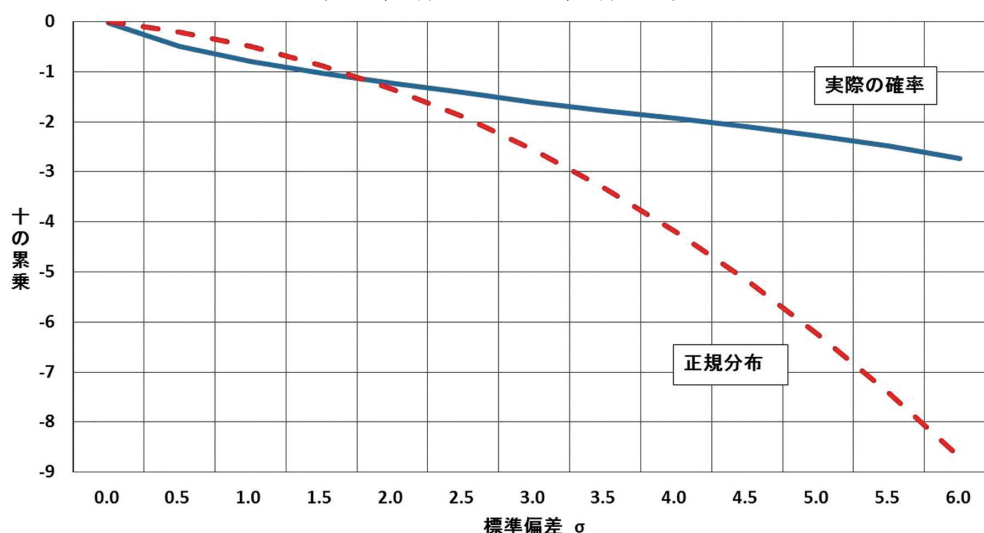
以下に、各相場の変動パターンを観測した結果を代表的なチャートとともに紹介することで、貨幣らしさの基準を確認する。

#### 4.1 為替レートの動き

図表 4 に示すように、為替レートの変動は大変動が原系列の趨勢を決するという特徴を持つ。これを 44 の為替相場のケースに纏めたのが、図表 5 であり、基準に適合しないものは 2 つの場合のみである。このとき、 $\chi^2$  乗検定結果も p 値が 0.0000 と偶然性を排除している。なお、44 の為替のパターンは巻末に掲載した。ただし、パターンだけでなく、原系列との相関係数も見ると、対 EURO のニュージーラ

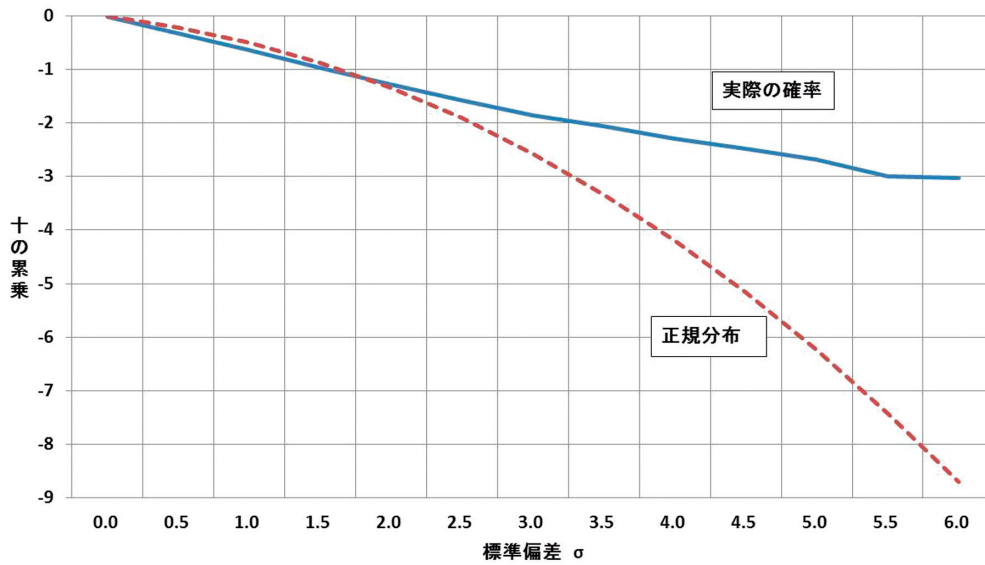
図表 1 CoinDesk BPI 日次変化率 平均からの乖離以降累積発生確率

(2010 年 7 月 18 日～2016 年 5 月 27 日)



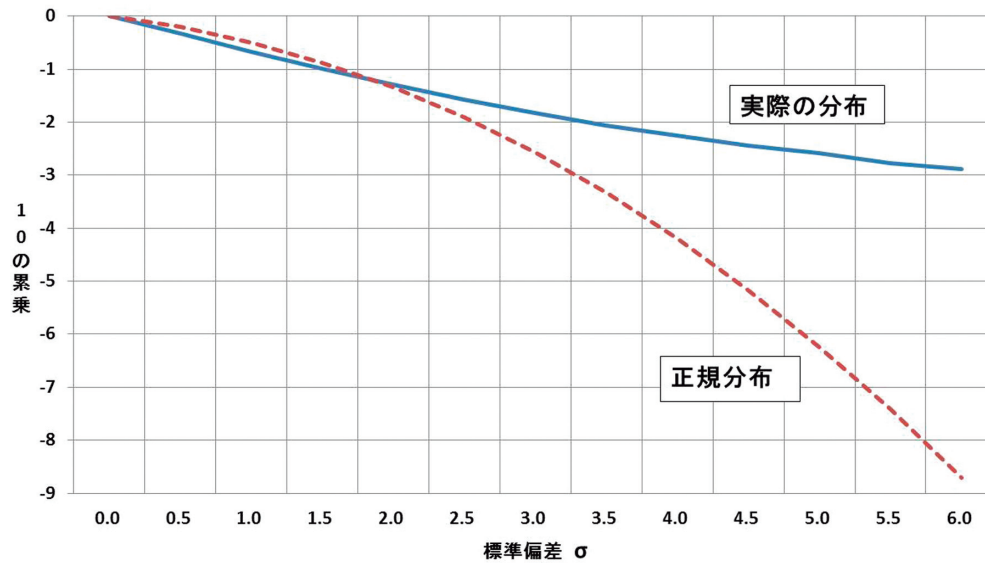
CoinDesk Data より玉山和夫作成

図表2 円/US\$ 日次変化率 平均からの乖離以降累積発生確率  
(1971年1月4日～2013年7月12日)



Federal Reserve Bank of St. Louis Data Base より玉山和夫作成, 玉山 2015.2 より転載

図表3 日経平均株価 平均からの乖離以降の累積発生確率  
(1949年5月16日～2013年10月29日)



FRED より玉山和夫作成, 玉山 2015.8 より転載

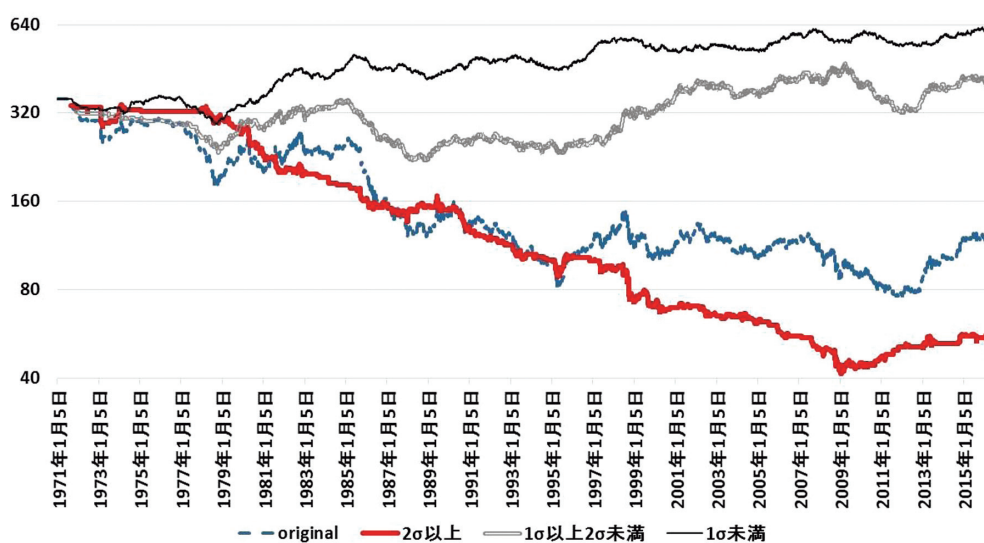
ンド, オーストラリア, スウェーデンで  $1\sigma$  未満の系列が原系列とプラスである。これらも含めれば, 基準に適合しないケースが5つとなる。それでも  $p$  値は 0.0000 で, 有意性には変わりはない。

#### 4.2 株価指数の動き

図表6に日経平均株価の変動パターンを代表として, 示した。原系列の動きを決しているのは,  $1\sigma$  未

満の動きであり,  $2\sigma$  以上は原系列とは逆の動きをしている。この特徴は玉山 2015.8 から転載した図表7でも確認できる。そして, この価格変動特性こそが貨幣ではなく投資対象資産に特有のものである。ここでも  $\chi^2$  乗検定結果は,  $p$  値が 0.05 未満でこの基準の有意性を示している。

図表4 円/US\$



FRED, FRB 日次データより玉山和夫作成

図表7  $\chi^2$  乗検定

株式市場 LとOの相関係数がマイナスのもの

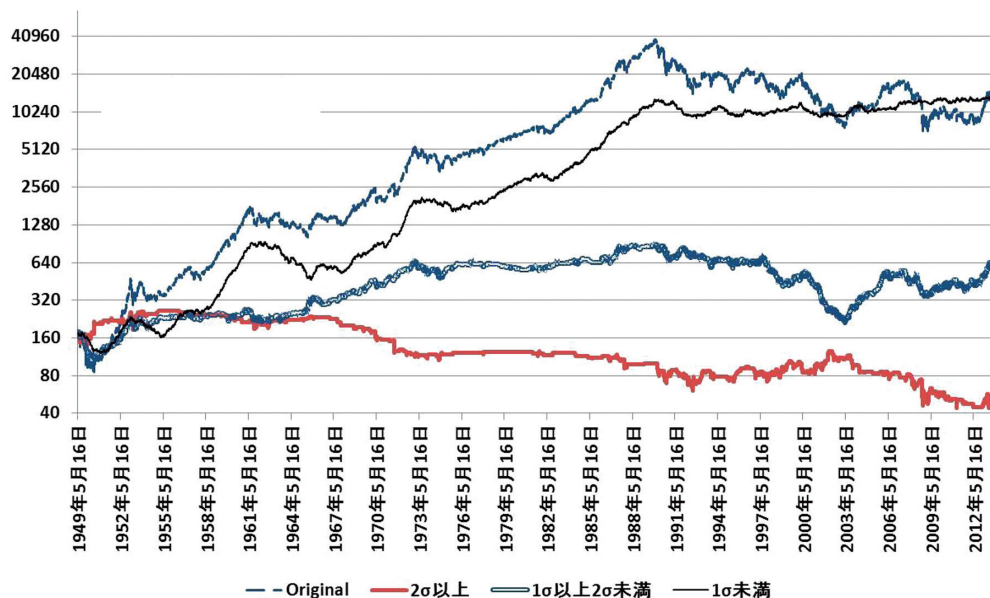
	総数	適合	不適合	p値
実績値	25	18	7	0.0278
期待値	25	12.5	12.5	

株式市場 SとOの相関係数がプラスのもの

	総数	適合	不適合	p値
実績値	25	24	1	0.0000
期待値	25	12.5	12.5	

O: 原数値、L: 2σ以上変化の累積系列、S: 1σ未満変化の累積系列  
玉山 2015.8 より転載図表5 為替レート変動 44 ケースについての  $\chi^2$  乗検定

	総数	適合	不適合	p値
実績値	44	42	2	0.0000
期待値	44	22	22	

適合: 以下いずれかの条件を満たすもの  
2σ以上変化の累積系列が原系列の変化を左右  
1σ以上変化の累積系列が原系列の変化を左右図表6 Nikkei Stock Average  
(1949年5月16日～2013年10月29日)

FRED より玉山和夫作成

### 4.3 その他の動き

玉山 2015.8 から 25 の株式市場以外の資産市場ごとの相関マトリックスを本稿図表 8 として、転載する。この図表の右側は、投資対象資産で、全ての原系列が  $2\sigma$  以上の動きと逆になっており、 $1\sigma$  未満の動きが全体の趨勢を決している。そして、左側が貨幣であった時代の金（ゴールド）や、短期国債である。こちらは、 $2\sigma$  以上の動きが原系列と一致しており、かつ相関係数も大きい。日本では満期 1 年の国債まで、 $2\sigma$  以上と原系列の相関係数が他の系列との相関係数よりかなり高く、貨幣らしさを示している。これとの対比でアメリカの T-bill 1 年も見たのだが、これに関しては、貨幣らしさは曖昧と判断した方が良かった。（なお、債券については日次利回り変化率を分析対象としている。）

## 5. Bitcoin 価格変化パターン

### 5.1 CoinDesk BPI 価格変動パターン

Bitcoin 市場の価格指数である CoinDesk BPI の価格変動パターンから、Bitcoin の貨幣らしさを見る。図表 9 の全期間と図表 10 の Mt.Gox 破綻までの期間では、 $2\sigma$  以上の動きが原系列と逆の動きをしており、むしろ投資対象としての性格が強く出ている。それは図表 13 のマトリックスにある相関係数からも確認できる。それが、ユーロ危機のなかでキプロスが預金封鎖に陥った時点からの期間では（図表 11, 13）、 $2\sigma$  以上の動きと原系列の相関係数がプラスに転じ、投資対象としての特徴が曖昧になってくる。ちなみにキプロスの預金封鎖に対応して、Bitcoin がお金を海外に退避させる手段として注目され始めたことは、広く報道されたことである。この時点から、Bitcoin は一般にも認知されるようになったといえる。Mt.Gox 破綻以降（図表 12, 13）

図表 8 市場毎の相関マトリックス

Gold up to May 1992					US Treasury Bond 10 year				
	O	L	M	S		O	L	M	S
O	1.00	0.94	0.83	0.72	O	1.00	-0.69	0.83	0.94
L	0.94	1.00	0.64	0.63	L	-0.69	1.00	-0.88	-0.75
M	0.83	0.64	1.00	0.59	M	0.83	-0.88	1.00	0.76
S	0.72	0.63	0.59	1.00	S	0.94	-0.75	0.76	1.00
US T-Bill 3 month					JGB 10 year				
	O	L	M	S		O	L	M	S
O	1.00	0.79	0.30	0.17	O	1.00	-0.63	0.74	0.98
L	0.79	1.00	0.29	0.00	L	-0.63	1.00	-0.90	-0.66
M	0.30	0.29	1.00	-0.81	M	0.74	-0.90	1.00	0.73
S	0.17	0.00	-0.81	1.00	S	0.98	-0.66	0.73	1.00
US T-Bill 6 month					UK Government Bond 10 year				
	O	L	M	S		O	L	M	S
O	1.00	0.84	0.10	0.57	O	1.00	-0.59	0.88	0.73
L	0.84	1.00	-0.09	0.53	L	-0.59	1.00	-0.56	-0.79
M	0.10	-0.09	1.00	-0.65	M	0.88	-0.56	1.00	0.44
S	0.57	0.53	-0.65	1.00	S	0.73	-0.79	0.44	1.00
US T-Bill 1 year					WTI				
	O	L	M	S		O	L	M	S
O	1.00	0.60	0.03	0.69	O	1.00	-0.67	0.38	0.93
L	0.60	1.00	-0.65	0.84	L	-0.67	1.00	-0.33	-0.79
M	0.03	-0.65	1.00	-0.64	M	0.38	-0.33	1.00	0.18
S	0.69	0.84	-0.64	1.00	S	0.93	-0.79	0.18	1.00
JGB 1 year					Gold from June 1992				
	O	L	M	S		O	L	M	S
O	1.00	0.83	0.82	0.26	O	1.00	-0.05	0.94	0.95
L	0.83	1.00	0.84	-0.20	L	-0.05	1.00	-0.25	-0.20
M	0.82	0.84	1.00	-0.30	M	0.94	-0.25	1.00	0.89
S	0.26	-0.20	-0.30	1.00	S	0.95	-0.20	0.89	1.00

O 原数値

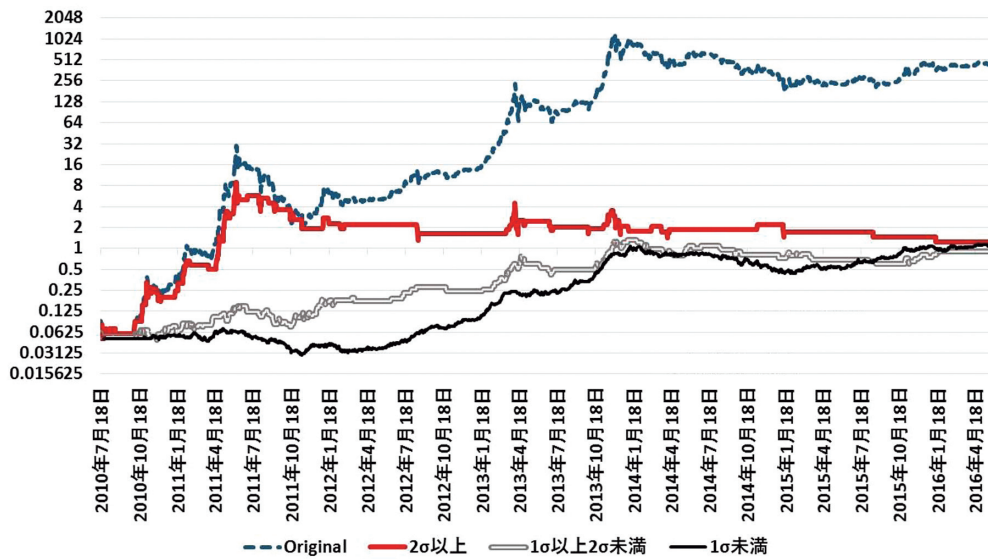
M  $1\sigma$  以上  $2\sigma$  未満変化

L  $2\sigma$  以上変化

S  $1\sigma$  未満変化

図表9 CoinDesk BPI

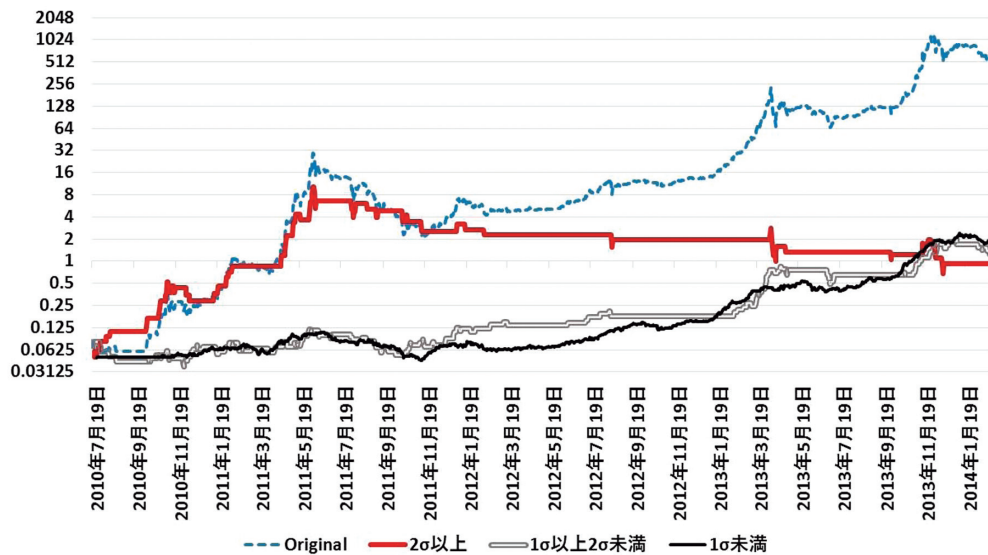
(2010年7月18日～2016年5月27日) 全期間



CoinDesk Data より玉山和夫作成  
 $\sigma$  は当該期間で算出

図表10 CoinDesk BPI

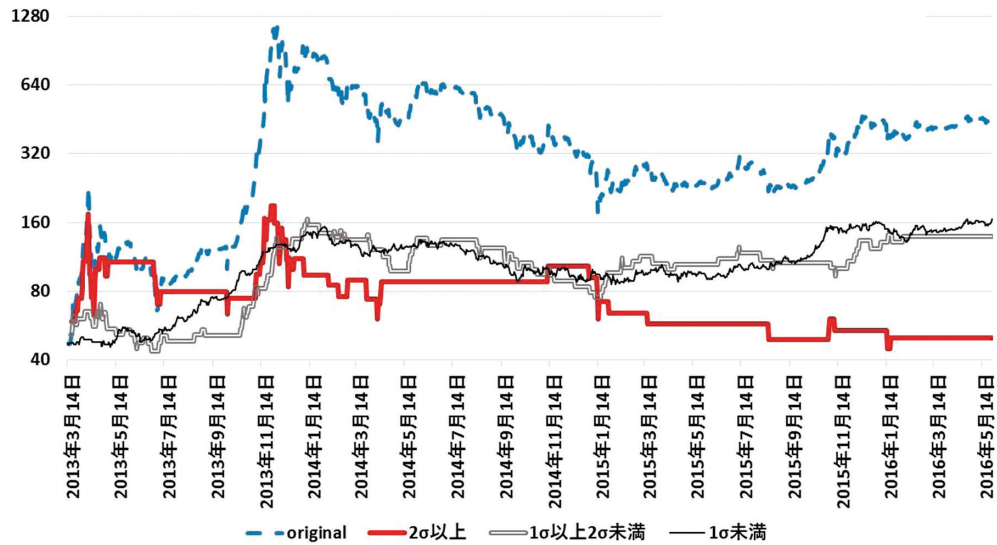
(2010年7月18日～2014年2月25日) Mt.Gox 破綻まで



CoinDesk Data より玉山和夫作成  
 $\sigma$  は当該期間で算出

図表 11 CoinDesk BPI

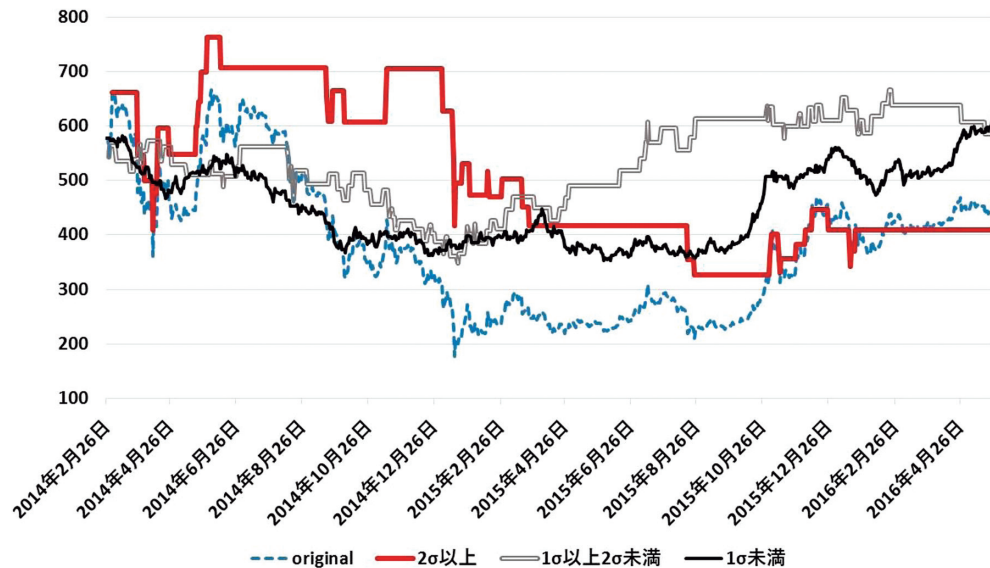
(2013 年 3 月 13 日～2016 年 5 月 27 日) キプロス預金封鎖以降



CoinDesk Data より玉山和夫作成  
 $\sigma$  は当該期間で算出

図表 12 CoinDesk BPI

(2014 年 2 月 26 日～2016 年 5 月 27 日) Mt.Gox 破綻以降



CoinDesk Data より玉山和夫作成  
 $\sigma$  は当該期間で算出

図表 13 CoinDesk BPI 相関係数  $\sigma$  は各期間毎に計算

2010年7月18日～2016年5月27日

全期間

$\sigma = 6.313$	Original	2 $\sigma$ 以上	1 $\sigma$ 以上2 $\sigma$ 未満	1 $\sigma$ 未満
Original	1.0000			
2 $\sigma$ 以上	-0.0187	1.0000		
1 $\sigma$ 以上2 $\sigma$ 未満	0.9378	-0.0173	1.0000	
1 $\sigma$ 未満	0.8950	-0.1222	0.9086	1.0000

2010年7月18日～2014年2月25日

Mt.Gox破綻まで

$\sigma = 7.545$	Original	2 $\sigma$ 以上	1 $\sigma$ 以上2 $\sigma$ 未満	1 $\sigma$ 未満
Original	1.0000			
2 $\sigma$ 以上	-0.1965	1.0000		
1 $\sigma$ 以上2 $\sigma$ 未満	0.9212	-0.2530	1.0000	
1 $\sigma$ 未満	0.9694	-0.2330	0.9608	1.0000

2013年3月13日～2016年5月27日

キプロス預金封鎖以降

$\sigma = 5.0418$	original	2 $\sigma$ 以上	1 $\sigma$ 以上2 $\sigma$ 未満	1 $\sigma$ 未満
original	1.0000			
2 $\sigma$ 以上	0.3336	1.0000		
1 $\sigma$ 以上2 $\sigma$ 未満	0.7743	-0.2661	1.0000	
1 $\sigma$ 未満	0.7048	-0.3287	0.8569	1.0000

2014年2月26日～5月27日

Mt.Gox破綻以降

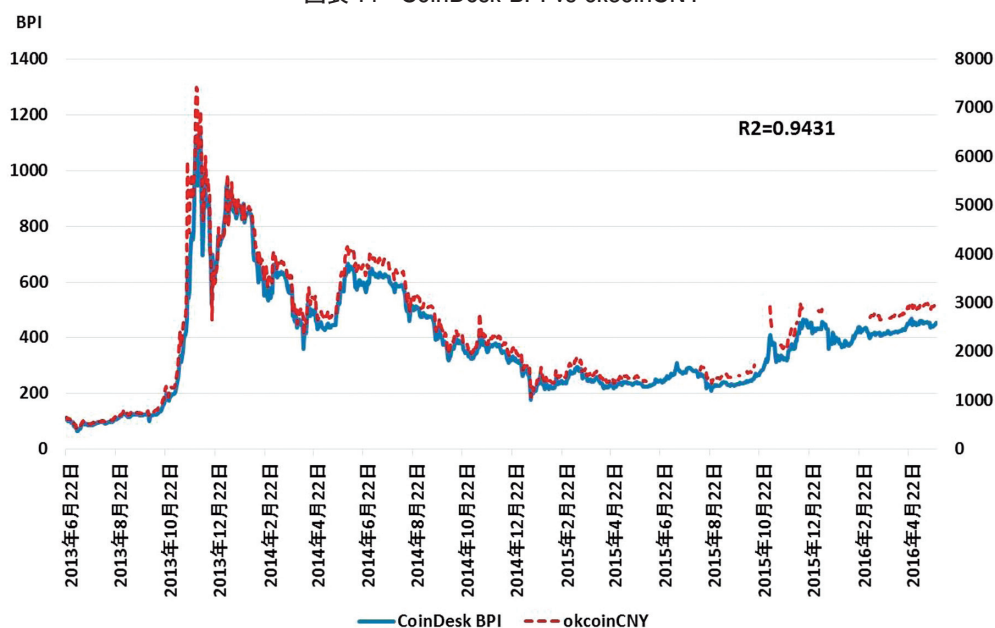
$\sigma = 3.451$	Original	2 $\sigma$ 以上	1 $\sigma$ 以上2 $\sigma$ 未満	1 $\sigma$ 未満
Original	1.0000			
2 $\sigma$ 以上	0.6284	1.0000		
1 $\sigma$ 以上2 $\sigma$ 未満	0.2736	-0.4952	1.0000	
1 $\sigma$ 未満	0.7568	0.0623	0.5518	1.0000

では、原系列、2 $\sigma$ 以上、1 $\sigma$ 以上2 $\sigma$ 未満、1 $\sigma$ 未満、全ての系列の相関係数がプラスとなり、投資対象としての性格はさらに薄れてくる。かろうじて、1 $\sigma$ 未満と原系列との相関係数が最も高いことが、貨幣であるよりは投資対象であることを示唆している。

## 5.2 US\$ 建て以外の Bitcoin 価格変動パターン

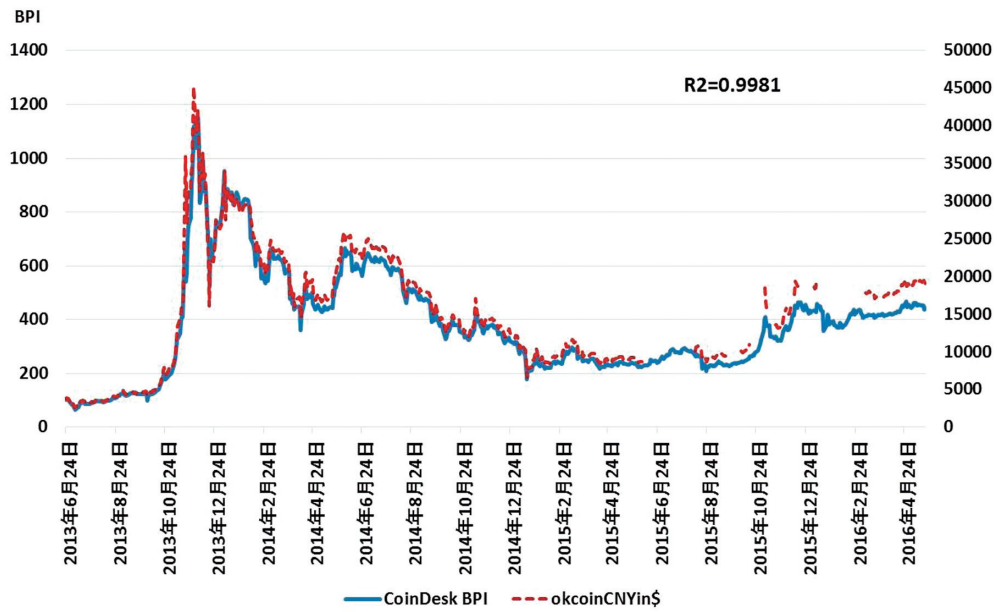
図表 14 から図表 21 に、人民元・日本円・EURO・イギリス£建ておよびそれらを US\$ 換算した系列

図表 14 CoinDesk BPI vs okcoinCNY



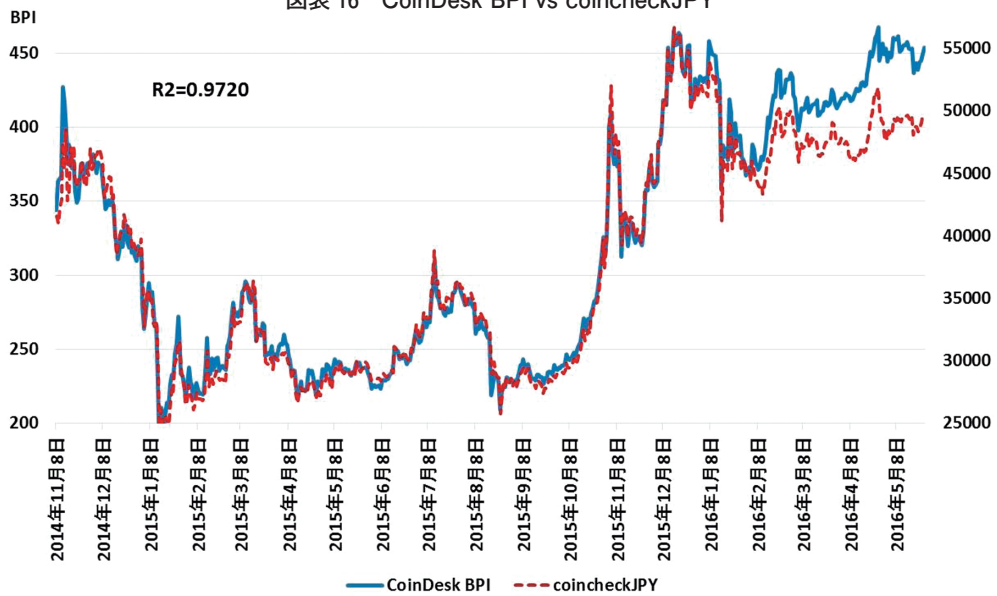
Bitcoin Chart Data より玉山和夫作成

図表 15 CoinDesk BPI vs okcoinCNY (US\$ 換算)



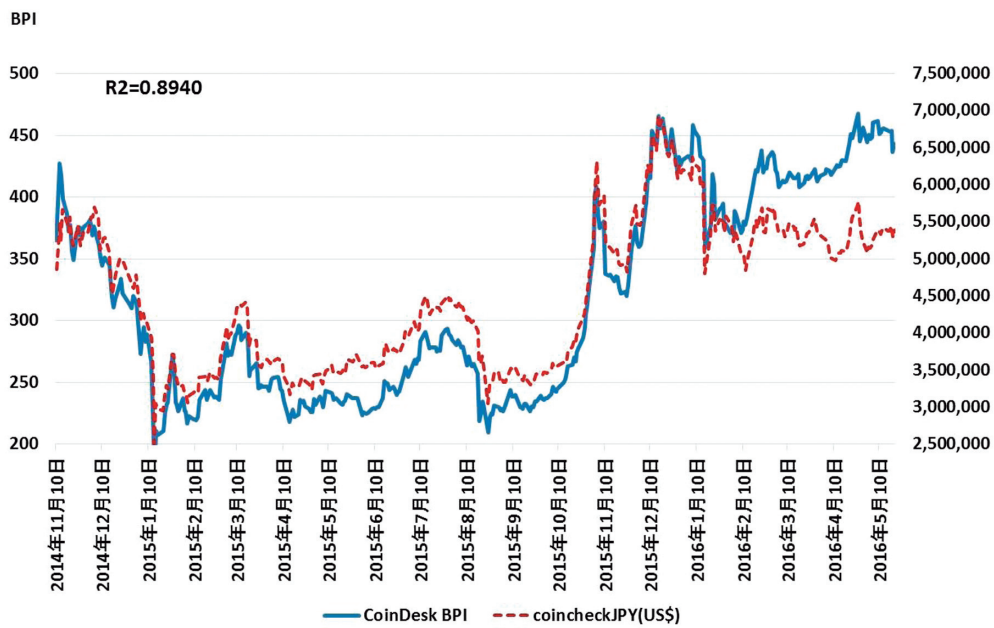
Bitcoin Chart Data, FRED より玉山和夫作成

図表 16 CoinDesk BPI vs coincheckJPY



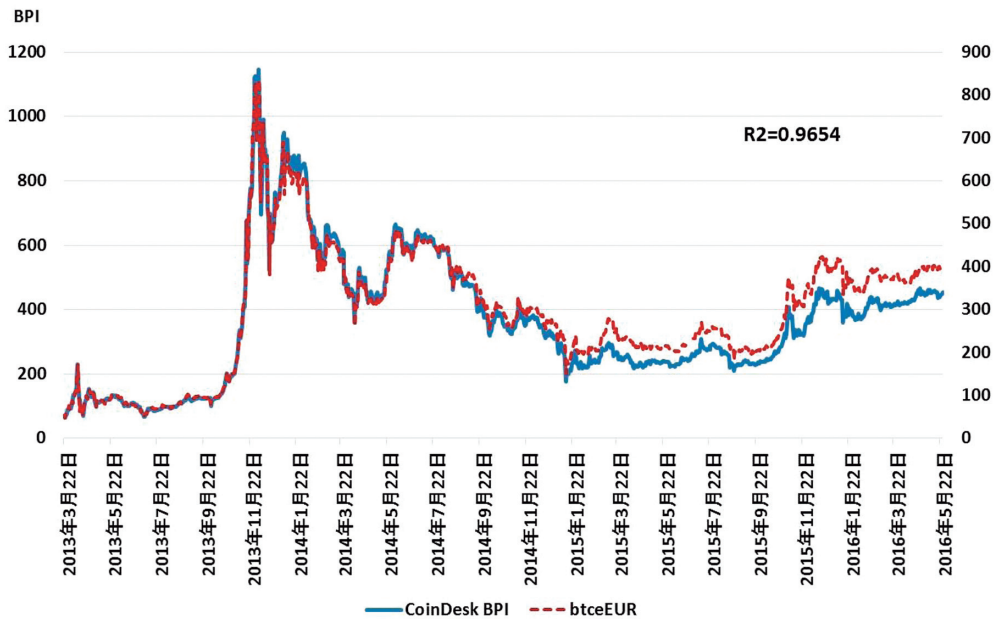
Bitcoin Chart Data より玉山和夫作成

図表 17 CoinDesk BPI vs coincheckJPY (US\$ 換算)



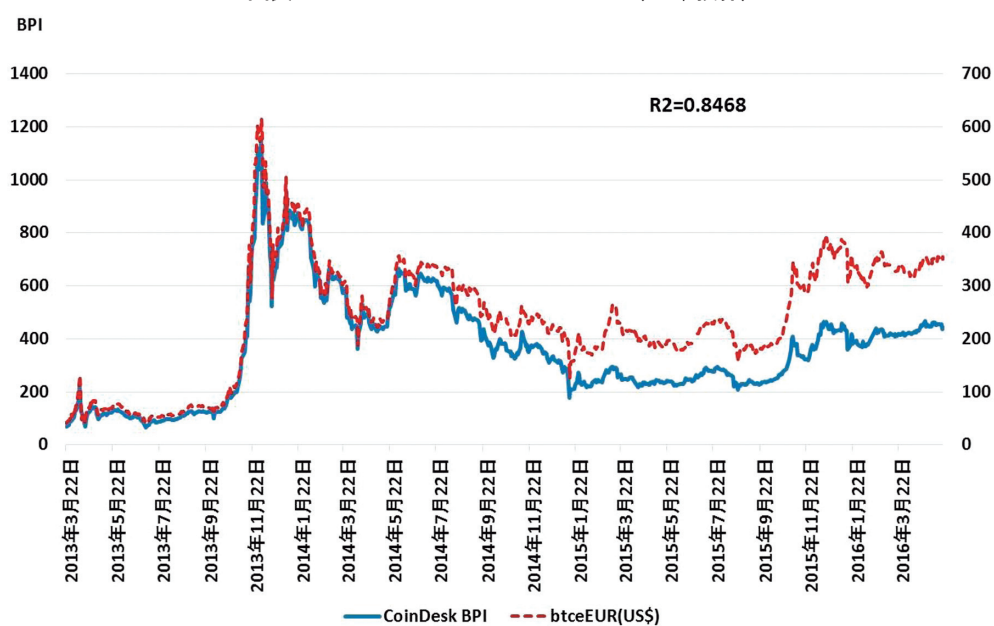
Bitcoin Chart Data, FRED より玉山和夫作成

図表 18 CoinDesk BPI vs btceEUR



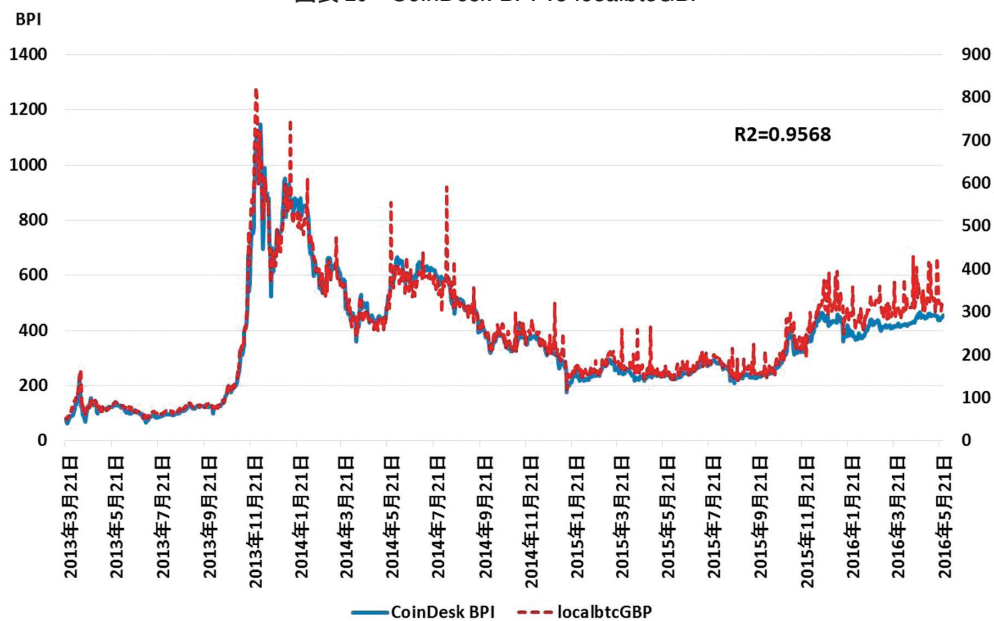
Bitcoin Chart Data より玉山和夫作成

図表 19 CoinDesk BPI vs btceEUR (US\$ 換算)



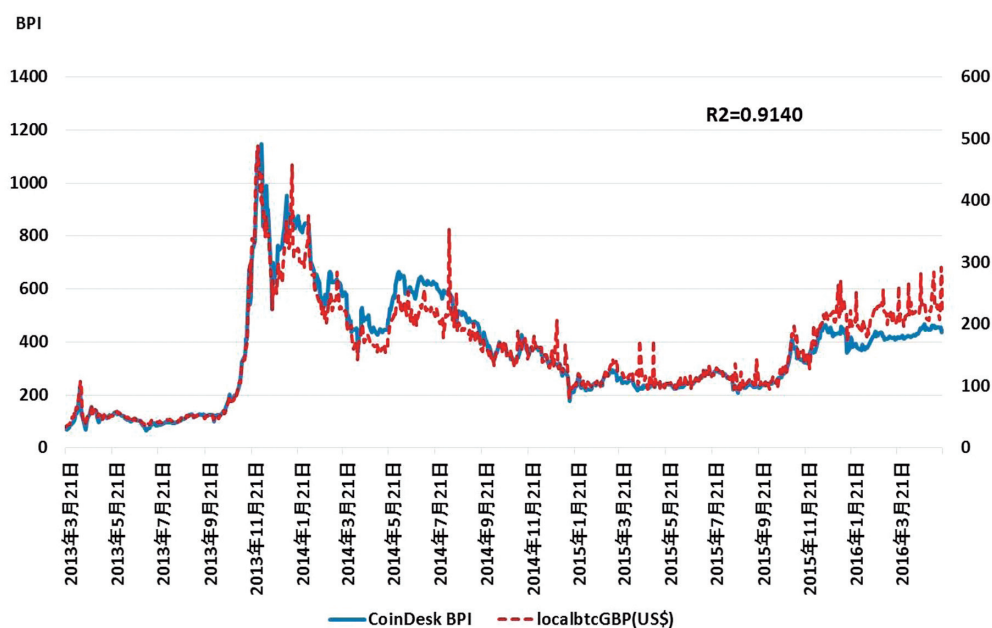
Bitcoin Chart Data, FRED より玉山和夫作成

図表 20 CoinDesk BPI vs localbtcGBP



Bitcoin Chart Data より玉山和夫作成

図表 21 CoinDesk BPI vs localbtcGBP (US\$ 換算)



の Bitcoin 価格と、CoinDesk BPI を並べて表示した。どれも CoinDesk BPI との相関係数が極めて高く、これらがほぼ連動していることが分かる。当然それらの貨幣らしさも、CoinDesk BPI の価格変動パターンから認識されるものと同様といえる。

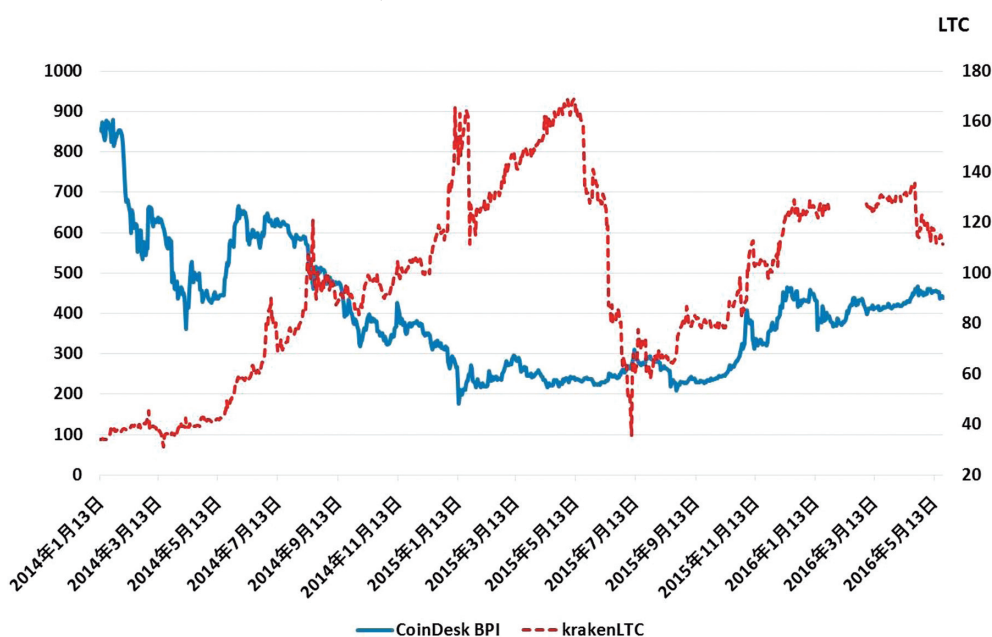
## 6. その他の Crypto currency

ここでは、Bitcoin Chart から日次価格データを得ることができた、Litecoin と Ripple について検証す

る。時価総額で Bitcoin に次ぐ Ethereum については、私が検索した限りでは価格データを得られなかった。ちなみに時価総額順位では Litecoin が 3 位、Ripple が 4 位である。もっとも巻末の「参考」で紹介するように、時価総額では Bitcoin が全体の 80% を占めている。

まず図表 22 から図表 26 に、Litecoin と Ripple の価格変動パターンを示す。Litecoin は CoinDesk BPI とは全く違う価格変動をしており (図表 22),

図表 22 Bitcoin vs Litecoin

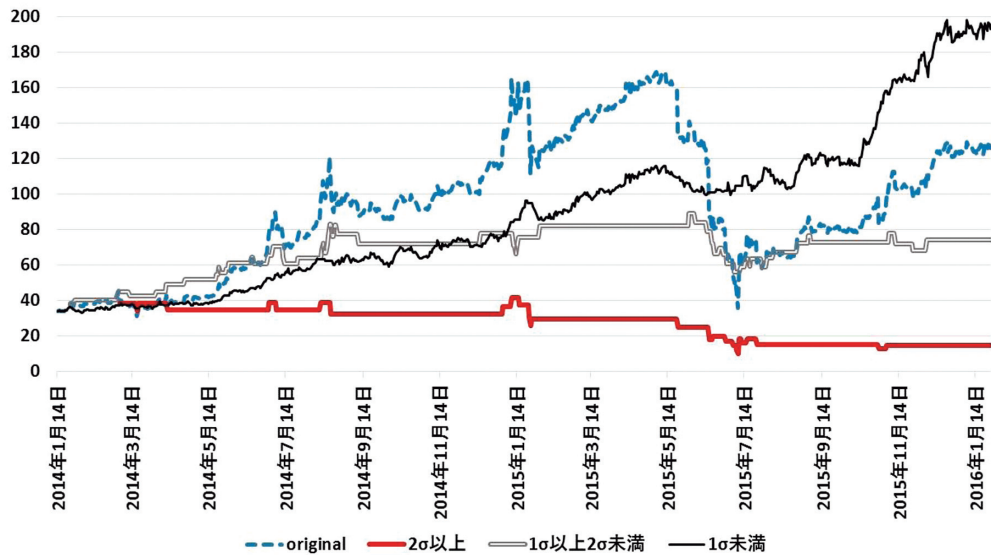


その価格変動パターンは  $2\sigma$  以上の動きが原系列とは逆である (図表 23, 26)。Litecoin は、投資対象と

しての価格変動の特徴を備えているといえる。

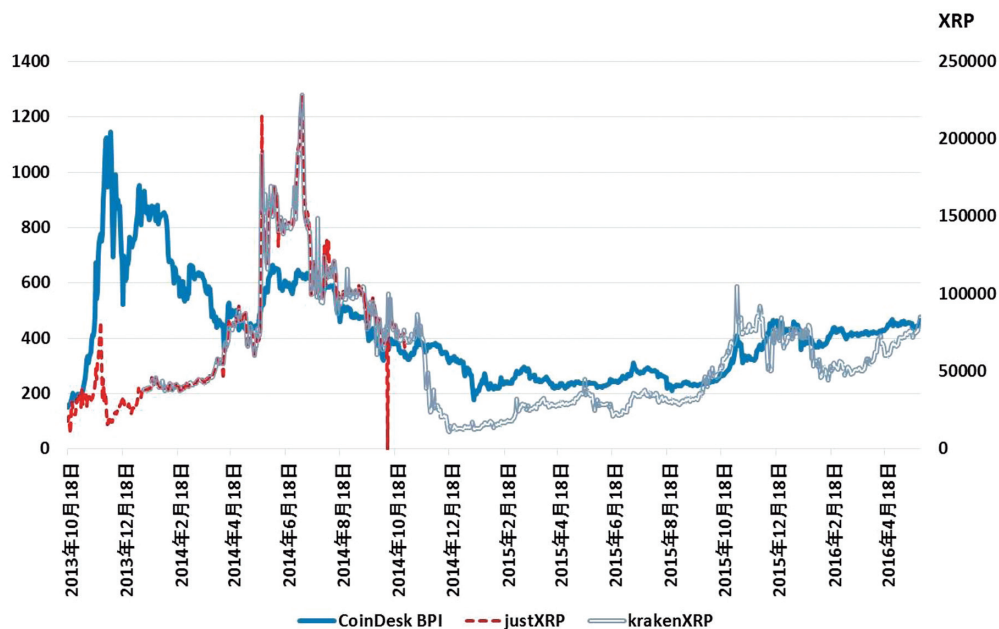
一方, Ripple は 2014 年 6 月ころから CoinDeskBPI

図表 23 Litecoin  
krakenLTC



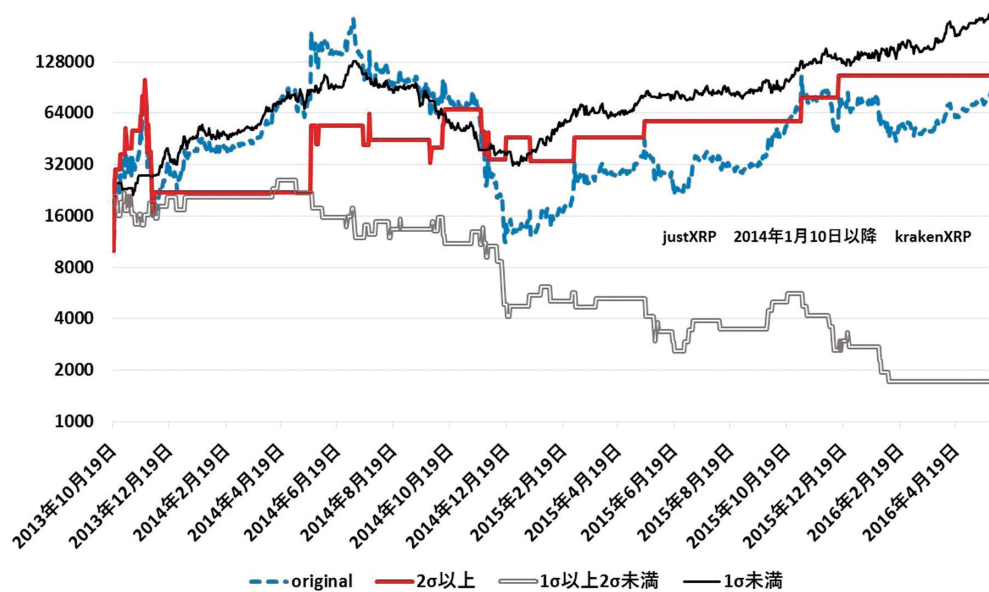
Bitcoin Chart Data より玉山和夫作成

図表 24 Bitcoin vs Ripple



CoinDesk Data, Bitcoin Chart Data より玉山和夫作成

図表 25 Ripple



Bitcoin Chart Data より玉山和夫作成

図表 26 その他の Crypto currency の価格変動パターン

Litecoin 相関係数 2014 年 4 月 13 日～2016 年 5 月 26 日

$\sigma=4.798$	original	2 $\sigma$ 以上	1 $\sigma$ 以上 2 $\sigma$ 未満	1 $\sigma$ 未満
original	1.00000			
2 $\sigma$ 以上	-0.09281	1.00000		
1 $\sigma$ 以上 2 $\sigma$ 未満	0.87761	-0.26683	1.00000	
1 $\sigma$ 未満	0.49044	-0.84948	0.48806	1.00000

Ripple 相関係数 2013 年 10 月 18 日～2016 年 5 月 27 日

$\sigma=10.884$	original	2 $\sigma$ 以上	1 $\sigma$ 以上 2 $\sigma$ 未満	1 $\sigma$ 未満
original	1.0000			
2 $\sigma$ 以上	0.2024	1.0000		
1 $\sigma$ 以上 2 $\sigma$ 未満	0.2692	-0.7181	1.0000	
1 $\sigma$ 未満	0.3875	0.8253	-0.5253	1.0000

と並行して価格変動するようになった(図表 24)。変動パターンも、すべての系列が原系列とプラスの相関を示しており、貨幣であるか投資対象であるが曖昧である(図表 25, 26)。

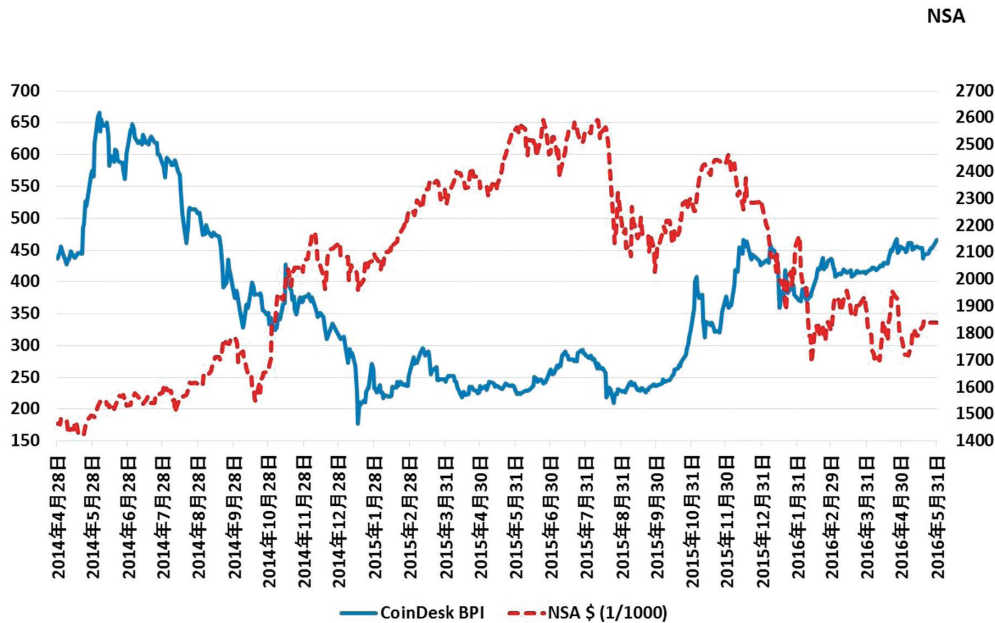
## 7. Bitcoin とその他の投資対象資産の相関

図表 27 に、CoinDesk BPI と日経平均株価(US\$ 換算)を示す。また、図表 28 には、それ以外の資源や国債との相関マトリックスを掲載した。Mt.Gox

破綻以降、Bitcoin の貨幣性は価格変動パターンからは薄れているといえるが、資源価格とは正の相関が高く、日経平均株価(US\$ 換算)とは負の相関が極めて高い。これを見る限り、Bitcoin は欧米の投資家にとって、日本株投資へのリスクをヘッジするには優れた資産である。

もっとも、これらの系列間に見せかけの回帰を排除する共和分関係がみられるわけではない。もちろん、この短い期間について、共和分関係を検証する

図表 27 CoinDesk BPI vs Nikkei Stock Average (US\$)  
(2014 年 2 月 26 日～2016 年 5 月 20 日)



CoinDesk Data, FRED より玉山和夫作成

図表 28 Bitcoin とその他投資対象資産の相関係数 2014 年 2 月 26 日～2016 年 5 月 20 日

	BPI	Gold	WTI	DJIA	US REIT	TB 10yr	NSA \$	J-REIT \$	JGB 10yr \$
CoinDesk BPI	1.0000								
Gold (\$/ounce)	0.5201	1.0000							
WTI (\$/Barrel)	0.5200	0.9999	1.0000						
DJIA	-0.3589	-0.0889	-0.0884	1.0000					
Wilshire REIT Index	-0.3695	-0.1876	-0.1868	0.5702	1.0000				
TB 10yr (1/TB)	-0.2935	0.0061	0.0069	0.1646	0.8055	1.0000			
NSA \$ (1/1000)	-0.7832	-0.7555	-0.7553	0.5319	0.4129	0.1351	1.0000		
J-REIT \$ (1/1000)	-0.7166	-0.4888	-0.4884	0.6369	0.7810	0.6038	0.8044	1.0000	
JGB 10yr \$ (1/JGB)	-0.0803	-0.1407	-0.1409	-0.1819	-0.2204	-0.0805	0.0639	-0.0473	1.0000

DJIA : Dow Jones Industrial Average, NSA : Nikkei Stock Average, JGB : Japanese Government Bond

WTI : West Texas Intermediate

国債利回りの逆数をとることで、価格の代理変数とした。

この意味は再考の余地があるのだが。したがって、統計的に有意という事ではないのだが、短期の投資家がそこまでの検証にこだわっているとも思えない。

## 8. 全体のまとめ

本稿では、Bitcoin が貨幣であるかどうかの条件のひとつを検証した。それが日次価格変動パターンである。この限りにおいて、Bitcoin は全観察期間を通せば、貨幣ではなく投資対象資産である。それが観察期間の後半特に Mt.Gox 破綻以降では、貨幣らしい価格変動パターンも見られるようになってきた。それにしても、価格変動のバラつきは依然として大きい。標準偏差  $\sigma$  は価格変動が比較的落ち着いた Mt.Gox 破綻以降でも 3.451% であり、他の投資対象資産の  $\sigma$  では 1% を超えることは稀であることと比較すれば、その大きさがわかる。また、

Litecoin の価格変動パターンに見られるように、他の Crypto currency には、直近になってもやはり投資対象資産としての性格が強いものがある。

さらに、直近の他資産との相関から見て、Bitcoin は株式などの金融資産への投資リスクをヘッジするのに好都合の資産といえる。この事実を認識している投資家にとっては、Bitcoin は投資対象または投資に必要なツールである。

## 参考文献

- Bolt, Waliko・Oordt, Maarten R. C “On the Value of Virtual Currencies” SSRN working paper, April 20, 2016
- MacCullum, Paul. N “Bitcoin: Property or Currency?” Tax Notes, August 24 2015
- Mandelbrot, Benoit “The Variation of Certain Speculative Prices” Journal of Business 1963 No.36

Nakamoto, Satoshi “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” May 24, 2009

Yermack, David “Is bitcoin a real currency? An economic appraisal” In D. L. K. Chuen, editor, Handbook of digital currency, pages 31-43. Elsevier, 2015.

岩村充「中央銀行が終わる日：ビットコインと通貨の未来」新潮選書, 2016 年

梅棹忠夫「個体間の社会的干渉」民主主義科学者協会理論生物学研究会, 1949 年 3 月

高安秀樹・高安美佐子「エコノフィジックス 市場に潜む物理法則」日本経済新聞社 2001 年

高安秀樹「経済物理学の発見」光文社新書 2004 年

玉山和夫「為替市場のブラック・スワン」札幌学院大学経営論集 No.7 2015 年 2 月

玉山和夫「株式・債券・商品市場のブラック・スワン—流動性と貨幣らしさ—」札幌学院大学経営論集 No.8 2015 年 8 月

### 参考：Crypto currency 市場の概要

Bitcoin または Crypto currency とは何かについては、数多くの解説がネット上や著作で説明されている。ここでは、市場としての Bitcoin または Crypto currencies の成長・規模・透明性などについて、私の得た限りの概要を紹介したい。なお、データの出所は当該図表の注を参照されたい。また、図表には本文からの通し番号を付与した。

1. まず、Bitcoin の発行済み枚数とその時価総額を図表 29 と図表 30 に示す。2016 年 5 月 27 日現

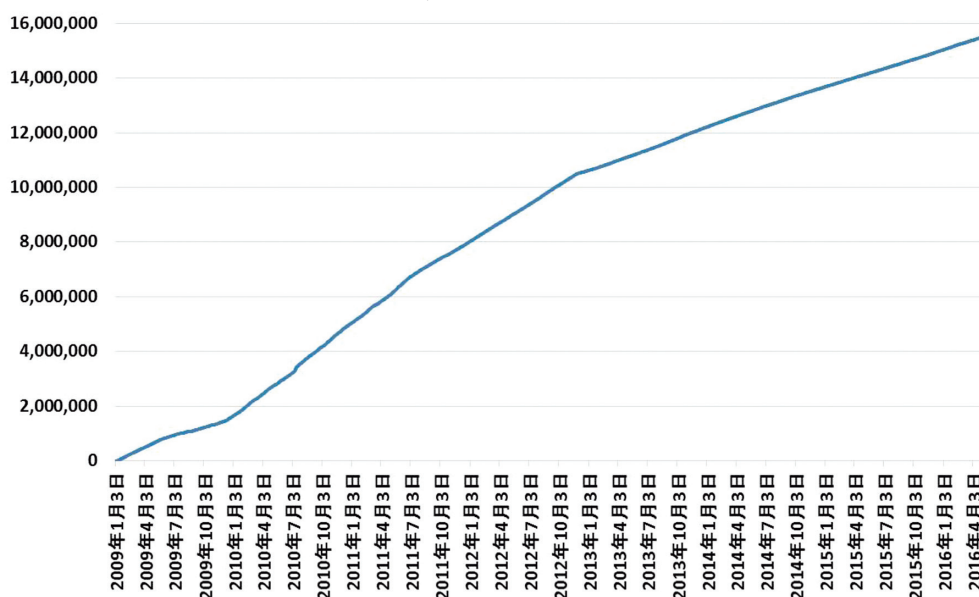
在 Bitcoin の発行枚数は 15,589,500 枚で、2009 年 1 月 3 日の 50 枚から激増した。時価総額は、2016 年 6 月 4 日時点で US\$8,957,217,318 となっている。発行当初には、時価総額は計測されていなかった。最初に時価総額が CoinDesk のデータに出てくるのは、発行から 1 年半も経った 2010 年 7 月 18 日で、その額はわずか US\$ 295,942 である。

2. 暗号通貨全体の時価総額は 2016 年 6 月 4 日現在、US\$11,165,237,685 (図表 31) で、前述の Bitcoin 時価総額はこの 80.2% (図表 32) にあたる。Crypto currency の数は、2013 年 4 月 28 日には 7 個しか観測されなかったものが、2016 年 6 月 4 日には 698 個に激増している (図表 31)。そのうちの時価総額上位 50 を図表 37 に示した。

3. Bitcoin の指数である CoinDesk BPI と US\$ 建て銘柄で比較的長く取引されている Bitstamp との相関関係を表したのが、図表 33 である。これによれば、両者は全くと言っていいほど同じ価格変動をしている。ただし、厳密には図表 34 あるように、当初は 10% 近い価格の違いが見られ、Bitcoin の銘柄間で必ずしも裁定は働いていなかった。両者の価格が収斂するのは、Mt.Gox が破綻した後である。それでも高速トレーダーにとってみれば十分に裁定の旨味を享受できる乖離であるように思える。もっとも、十分な収益を得られるほどの商い量があればの話だが。

4. 図表 35 に示したのは、2016 年 5 月 25 日時点で Bitcoin Chart が価格データを発表している通貨

図表 29 Total XBT



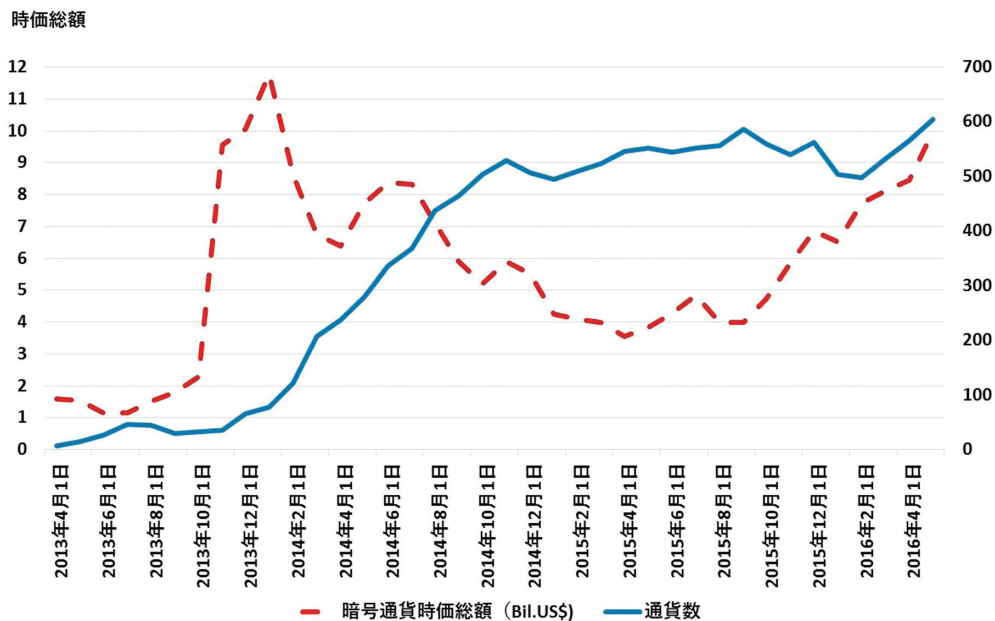
CoinDesk Data より玉山和夫作成

図表 30 Bitcoin Capitalization Bil. US\$



CoinDesk Data より玉山和夫作成

図表 31 暗号通貨数と時価総額



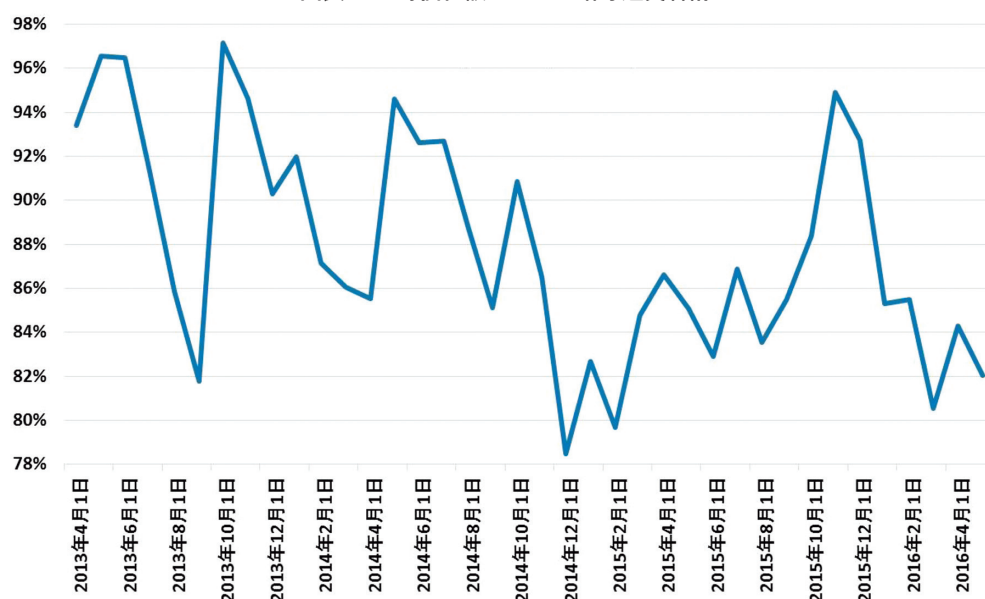
Crypto-Currency Market Capitalizations, CoinDesk Data より玉山和夫作成

別・市場別の Bitcoin 銘柄リストにある 233 銘柄のうちの 172 銘柄である。除かれた 61 銘柄は、価格データが無い、または価格欄がほとんど infinity (無限大) と表示されていたものである。それでも、36 の通貨 (うち 3 つは他の Crypto currency) で表示される (図表 36) 銘柄がこれだけの数に上るということである。この 172 銘柄のり

ストからは、Bitcoin 市場の際立った二つの特徴が読み取れる。

- ① 取引が 100 日未満で実質的に消滅した銘柄が 24 も存在する。
- ② 2011 年までに取引が開始された 73 銘柄で、このリストのデータ集計日 2016 年 5 月 25 日まで取引が継続したのは 7 銘柄しかない。うち US\$ 建

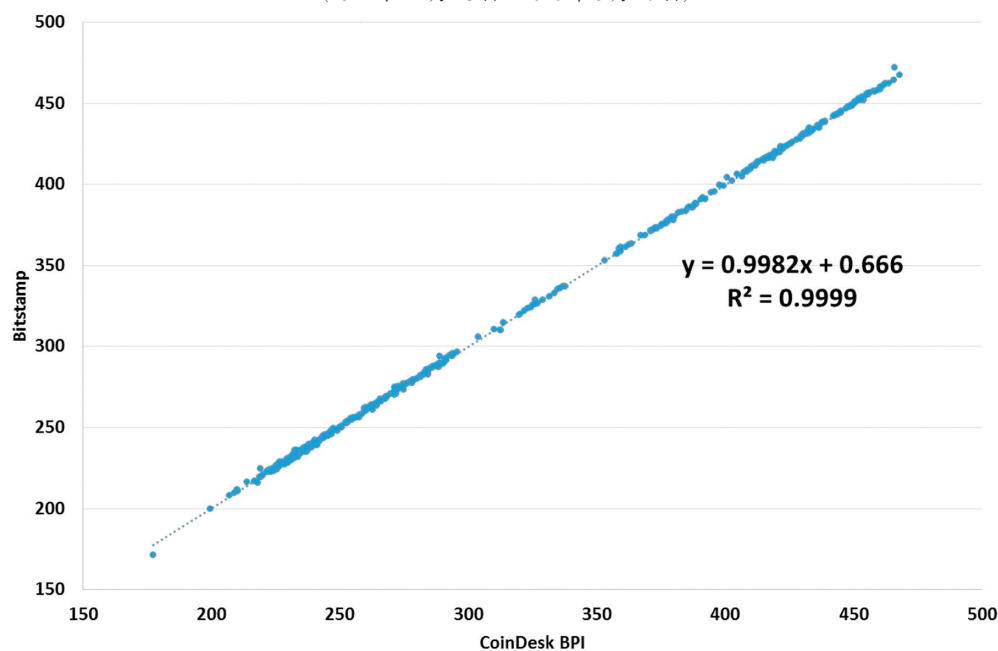
図表 32 時価総額 Bitcoin/暗号通貨合計



Crypto-Currency Market Capitalizations, CoinDesk Data より玉山和夫作成

図表 33 CoinDesk BPI vs Bitstamp Prices

(2011 年 12 月 18 日～2016 年 5 月 27 日)



CoinDesk Data, Bitcoin Chart Data より玉山和夫作成

ては2銘柄である。

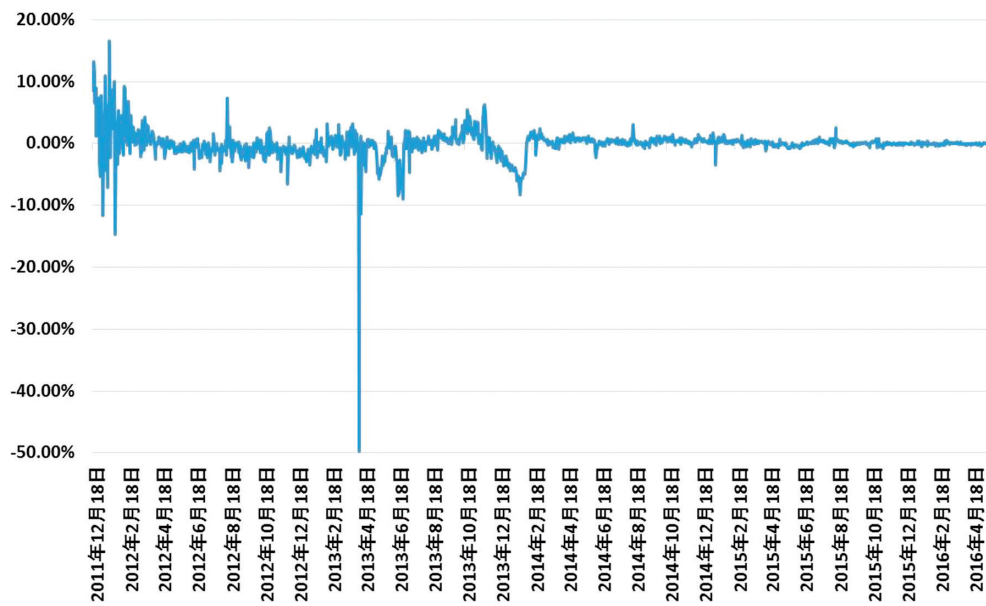
要するに、市場と銘柄が乱立して、まともな市場・銘柄として機能したものは極めて少なかったといことである。そもそも価格データ無またはinfinityなど実質的に取引不能な銘柄が61にのぼるという事だけでも、その乱立ぶりが窺える。

5. 以上のように、Crypto currency 市場は現在も

急拡大が続いている。客観的に考えれば、単に通貨として便利というだけで、これだけの新規参入が起こることは無い。ここには投資対象または投機の対象としての魅力（魔力？）があると見るのが、妥当に思われる。

(たまやま かずお ファイナンス論専攻)

図表 34 (Bitstamp Price-CoinDesk BPI)/Bitstamp Price



CoinDesk Data, Bitcoin Chart Data より 玉山和夫作成

Bitcoin Chart 提供のデータから「データ無」および日次価格がほとんど infinity と表記されたものを除いた。2016年5月27日現在

[illegible]

図表 36 通貨と略号

略号	通貨	略号	通貨
ARS	アルゼンチン・ペソ	KRW	韓国ウォン
AUD	オーストラリア・ドル	LTC	Litecoin
BRL	ブラジル・リアル	MXN	メキシコ・ペソ
CAD	カナダドル	NMC	Namecoin
CHF	スイス・フランフラン	NOK	ノルウェー・クローネ
CLP	チリ・ペソ	NZD	ニュージーランド・ドル
CNY	人民元	PEN	ペルー・ヌエボ・ソル
CZK	チェコ・コルナ	PLN	ポーランド・ズロチ
DKK	デンマーク・クローネ	RON	ルーマニア・レイ
EUR	ユーロ	RUB	ロシア・ルーブル
GAU	Gold Gram Turkish Lira	SEK	スウェーデン・クローナ
GBP	UKポンド	SGD	シンガポール・ドル
GBP	イギリス・ポンド	SLL	シエラレオネ・レオン
HUF	ハンガリー・フォリント	THB	タイ・バーツ
IDR	インドネシア・ルピア	UAH	ウクライナ・フリヴニャ
ILS	イスラエル・シェケル	USD	米ドル
INR	インド・ルピー	XRP	Ripple
JPY	日本円	ZAR	南アフリカ・ランド

図表 37 Crypto Currencies Top 50/698

Crypto-Currency Market Capitalizations <http://coinmarketcap.com/> 2016 年 6 月 4 日現在

#	Name	Symbol	Market Cap US\$	% fo Total	#	Name	Symbol	Market Cap US\$	% fo Total
1	Bitcoin	BTC	9,046,351,668	81.02%	26	Agoras Tokens	AGRS	4,863,978	0.04%
2	Ethereum	ETH	1,096,090,637	9.82%	27	Siacoin	SC	4,786,829	0.04%
3	Litecoin	LTC	223,728,862	2.00%	28	Rubycoin	RBY	4,734,801	0.04%
4	Ripple	XRP	204,308,843	1.83%	29	Counterparty	XCP	4,444,226	0.04%
5	The DAO	DAO	147,807,199	1.32%	30	SolarCoin	SLR	3,972,753	0.04%
6	Dash	DASH	51,849,310	0.46%	31	Xaurum	XAU	3,853,355	0.03%
7	Lisk	LSK	43,854,300	0.39%	32	Voxels	VOX	3,397,874	0.03%
8	MaidSafeCoin	MAID	27,441,330	0.25%	33	Decred	DCR	3,193,309	0.03%
9	Dogecoin	DOGE	25,115,844	0.22%	34	Tether	USDT	2,951,591	0.03%
10	DigixDAO	DGD	18,756,640	0.17%	35	SysCoin	SYS	2,898,776	0.03%
11	Steem	STEEM	18,634,856	0.17%	36	VPNCoin	VPN	2,874,419	0.03%
12	NEM	XEM	18,393,390	0.16%	37	Bitcrystals	BCY	2,830,742	0.03%
13	Monero	XMR	11,623,640	0.10%	38	GridCoin	GRC	2,590,910	0.02%
14	FedoraCoin	TIPS	10,863,826	0.10%	39	GameCredits	GAME	2,214,574	0.02%
15	BitShares	BTS	9,040,227	0.08%	40	BlackCoin	BLK	2,177,408	0.02%
16	Peercoin	PPC	8,536,698	0.08%	41	Feathercoin	FTC	1,950,995	0.02%
17	Stellar	XLM	8,492,655	0.08%	42	DigiByte	DGB	1,941,085	0.02%
18	Factom	FCT	8,335,463	0.07%	43	Vcash	XVC	1,641,259	0.01%
19	Bytecoin	BCN	7,313,810	0.07%	44	MonaCoin	MONA	1,639,051	0.01%
20	Nxt	NXT	7,174,779	0.06%	45	CrevaCoin	CREVA	1,591,864	0.01%
21	Synereo	AMP	6,612,440	0.06%	46	Auroracoin	AUR	1,563,729	0.01%
22	YbCoin	YBC	6,535,217	0.06%	47	Rimbit	RBT	1,527,094	0.01%
23	Emercoin	EMC	6,212,519	0.06%	48	NuShares	NSR	1,400,716	0.01%
24	Storjcoin X	SJCX	5,611,792	0.05%	49	BitcoinDark	BTCD	1,389,360	0.01%
25	Namecoin	NMC	5,346,980	0.05%	50	Mintcoin	MINT	1,345,694	0.01%

## 巻末チャート集

## 通貨間の日次交換価格変動から見る、貨幣らしさ

Part 1 全体の変化を $2\sigma$ 以上の変化の累積が左右するケース

Part 2 全体の変化を $1\sigma$ 以上の変化の累積が左右するケース。

$1\sigma$ 未満の影響はほぼ無い、または弱い。

Part 3 全体の変化を左右する系列が明確ではないケース

なお、上の区分が玉山2015.2の図表（原数値・ $2\sigma$ 以上・ $2\sigma$ 未満のみ比較）から容易に判断できるものについては、これらを転載した。

為替レート変動44ケースについての $\chi^2$ 乗検定

	総数	適合	不適合	p 値
実績値	44	42	2	0.0000
期待値	44	22	22	

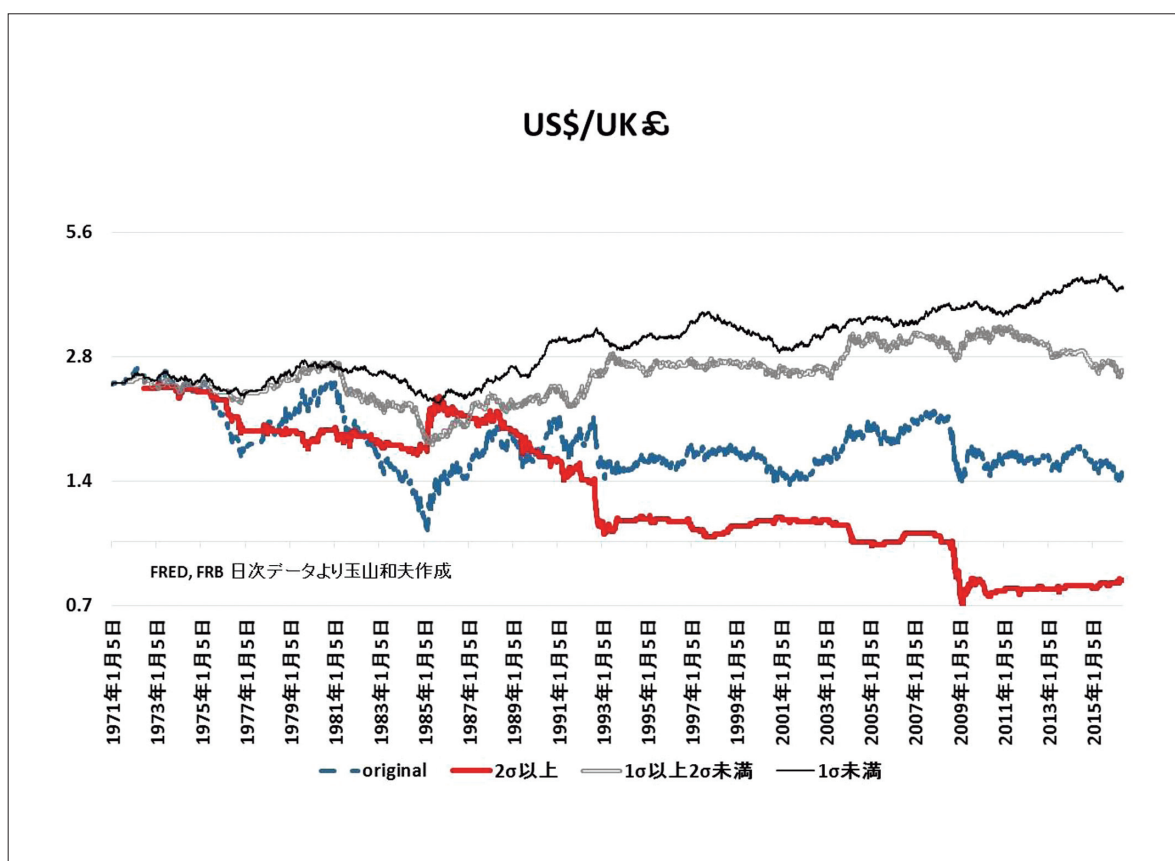
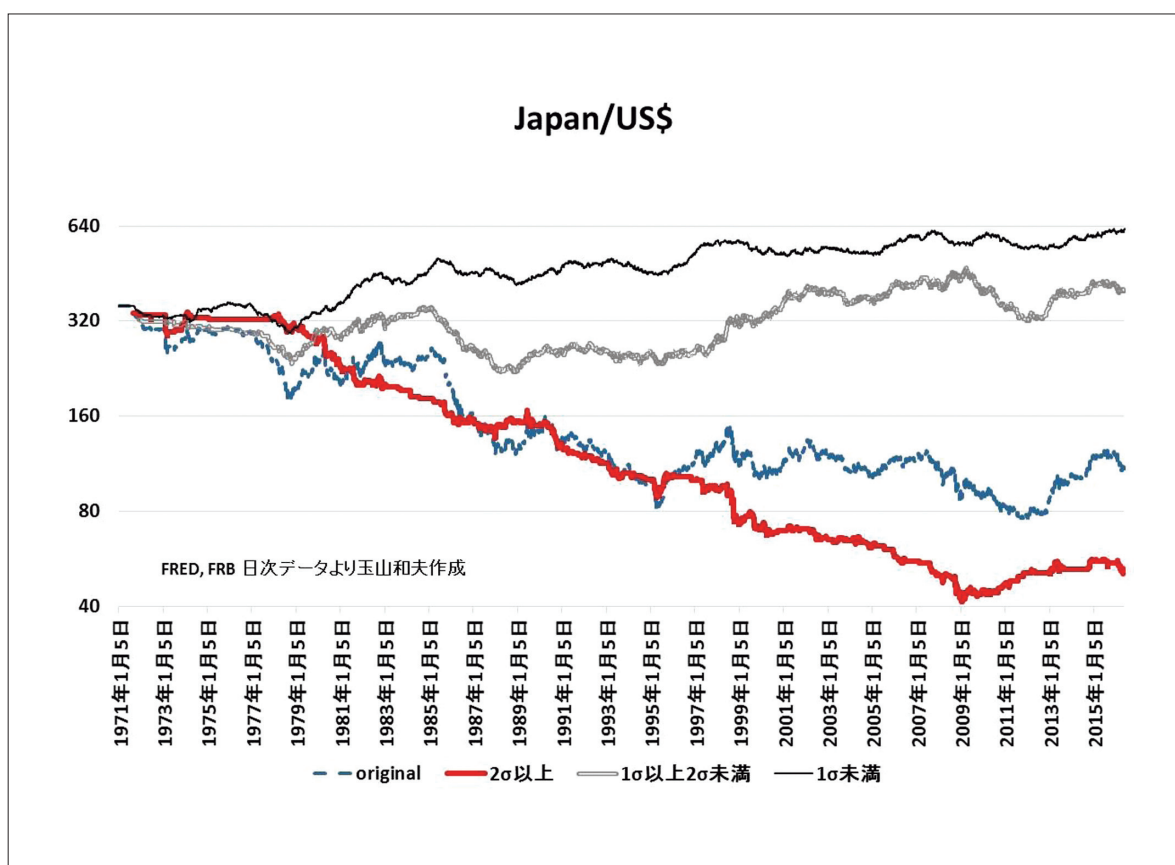
適合：以下いずれかの条件を満たすもの

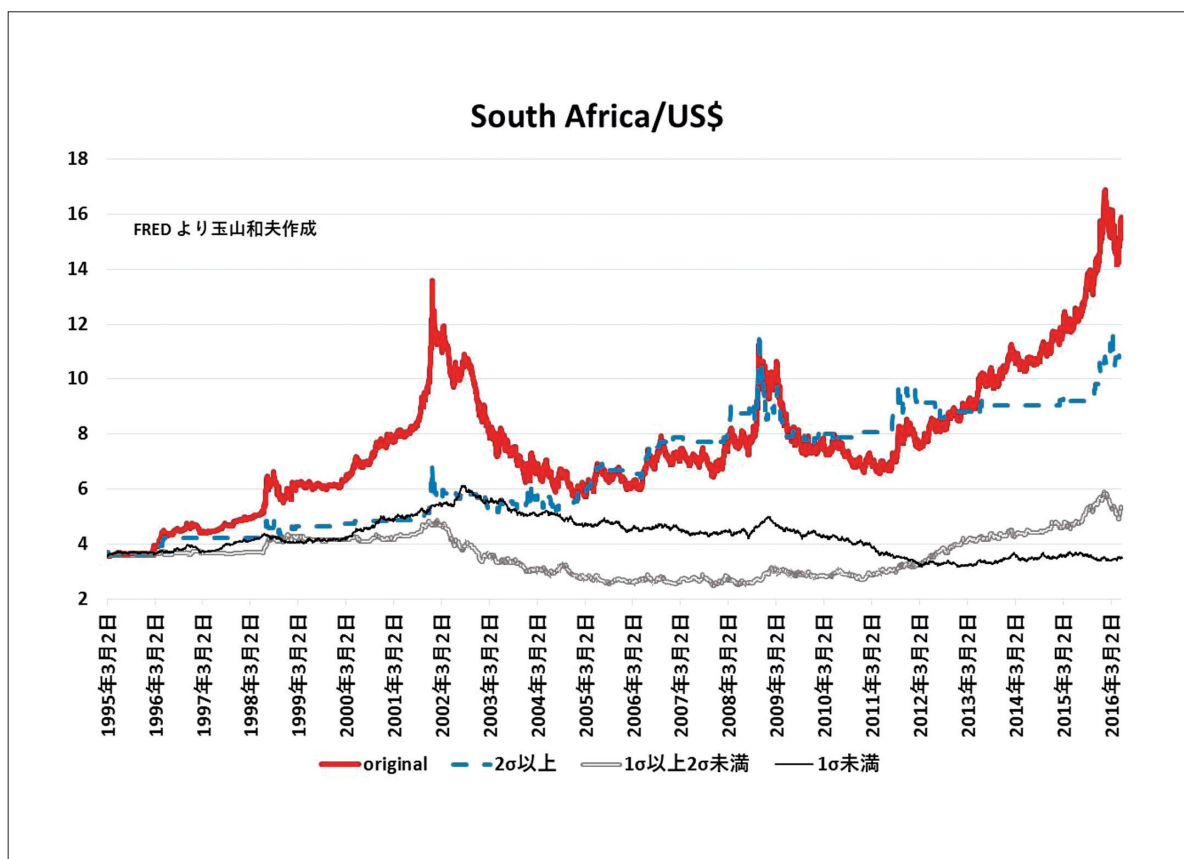
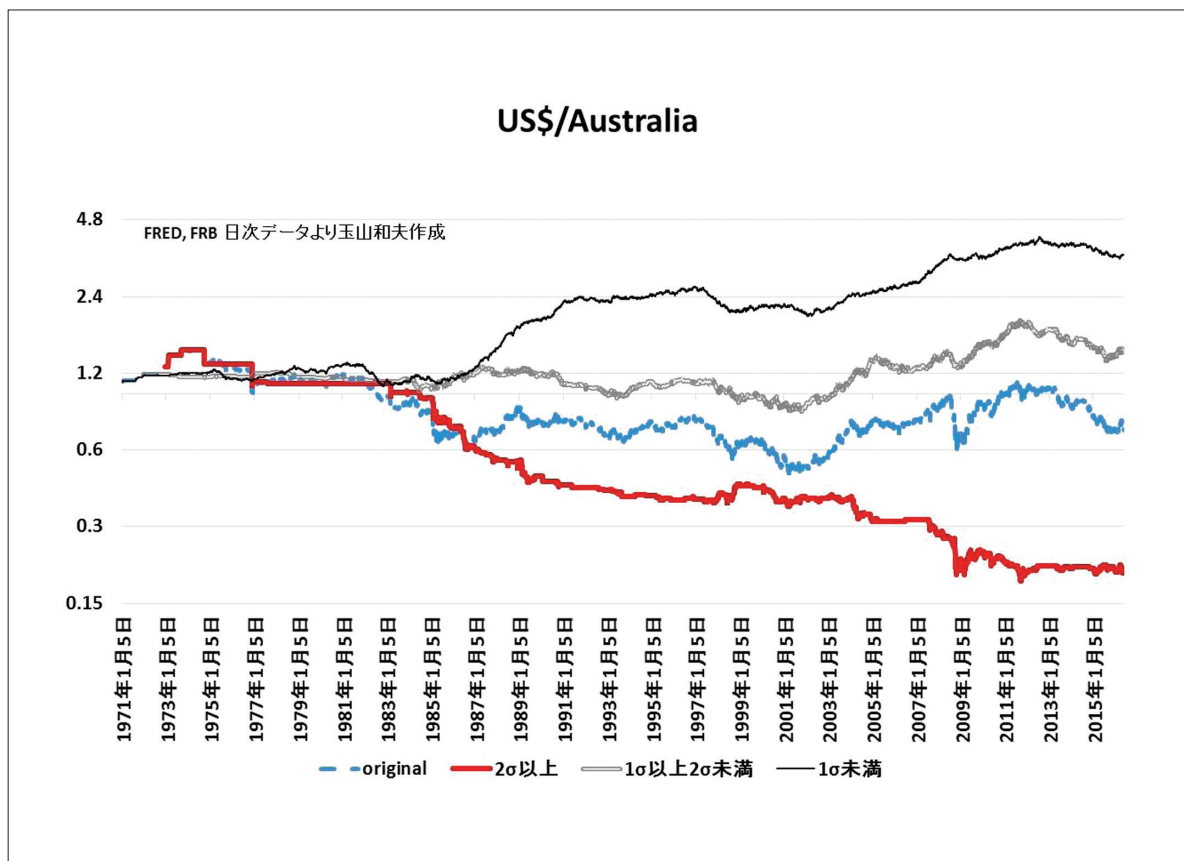
$2\sigma$ 以上変化の累積系列が原系列の変化を左右

$1\sigma$ 以上変化の累積系列が原系列の変化を左右

# Part 1

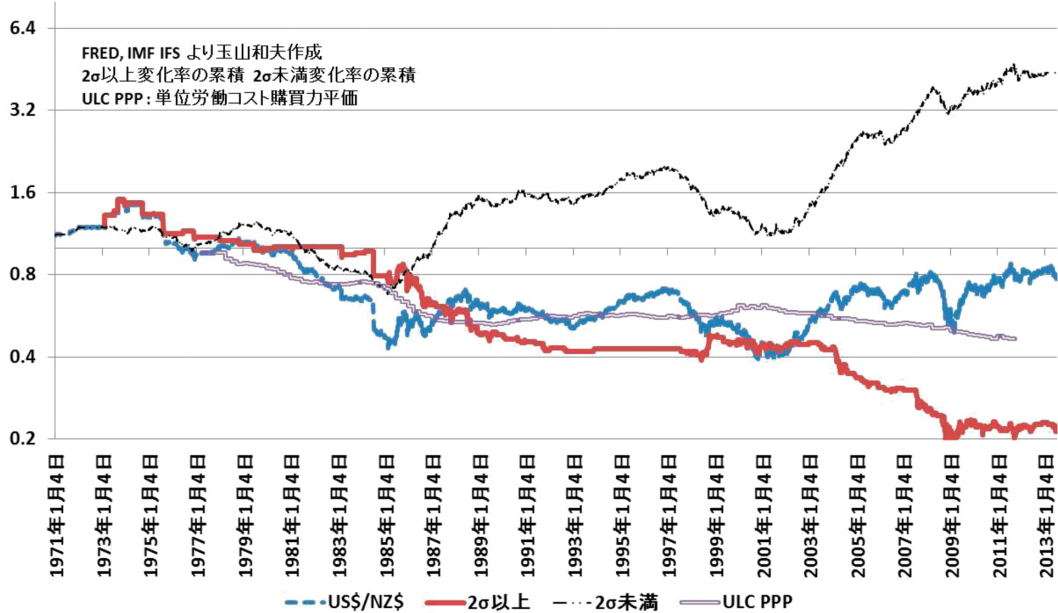
## 全体の変化を $2\sigma$ 以上の変化の累積が左右するケース





玉山2015.2より転載 対US\$

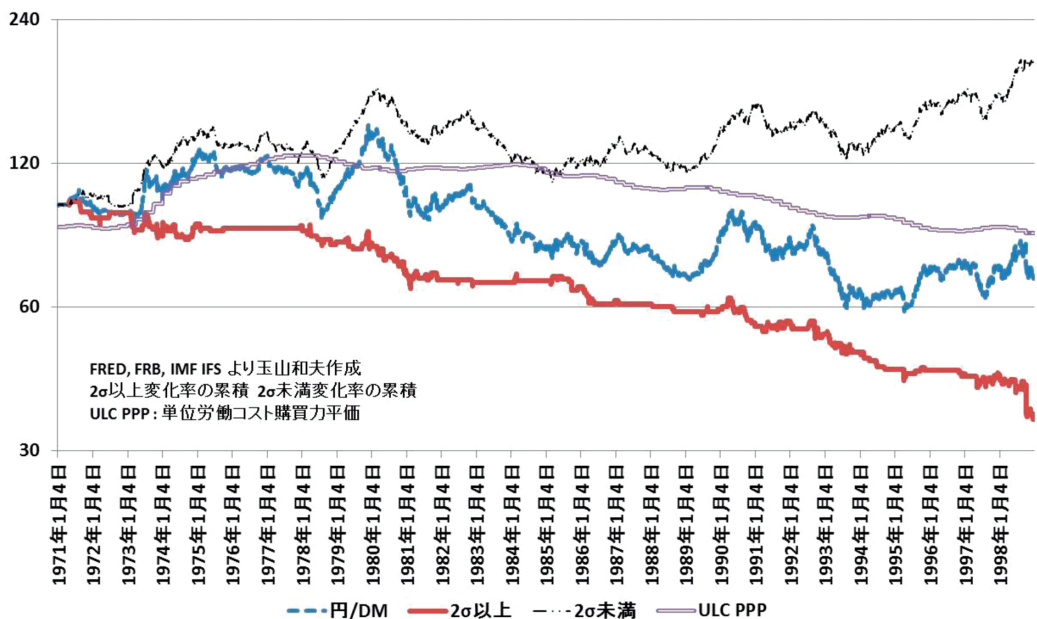
## ニュージーランド 為替レート日次データ比較



全体と2σ未満が負、すなわち1σ未満との相関も負

玉山2015.2より転載

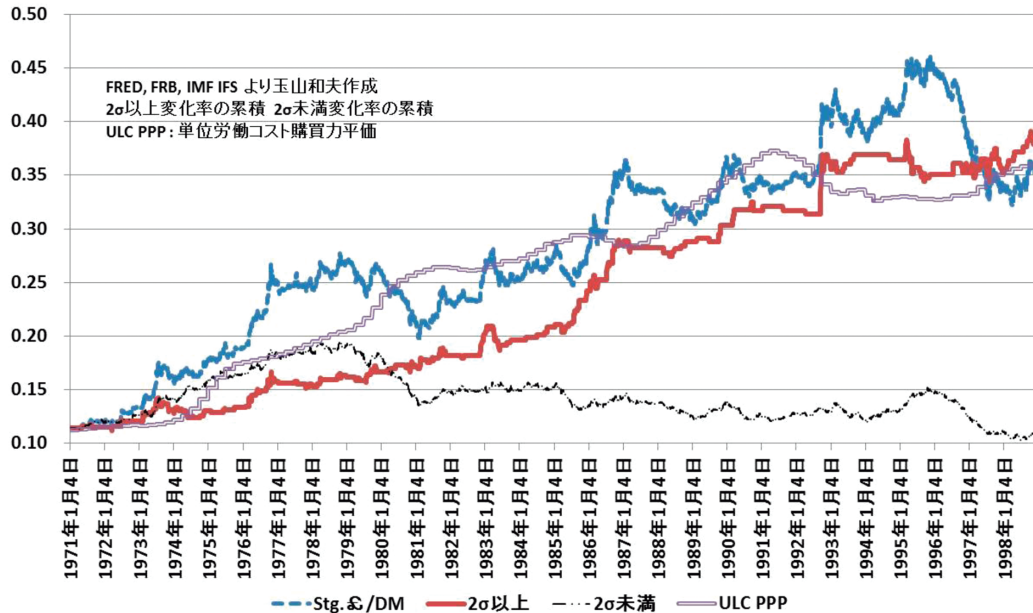
## 日本/DM 為替レート日次データ比較



全体と2σ未満が負、すなわち1σ未満との相関も負

玉山2015.2より転載

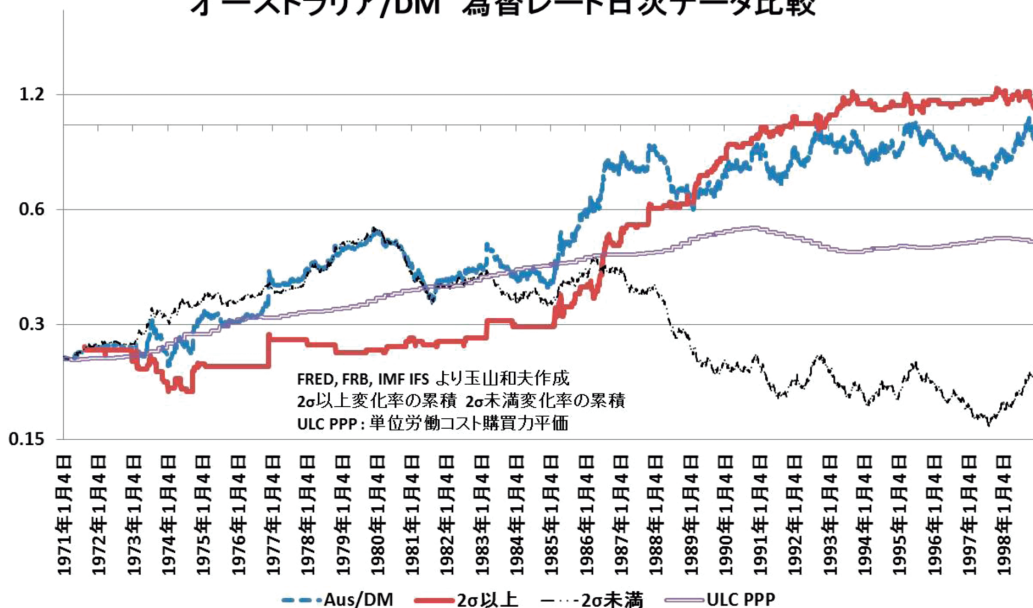
## イギリス/DM 為替レート日次データ比較



全体と2σ未満が負、すなわち1σ未満との相関も負

玉山2015.2より転載

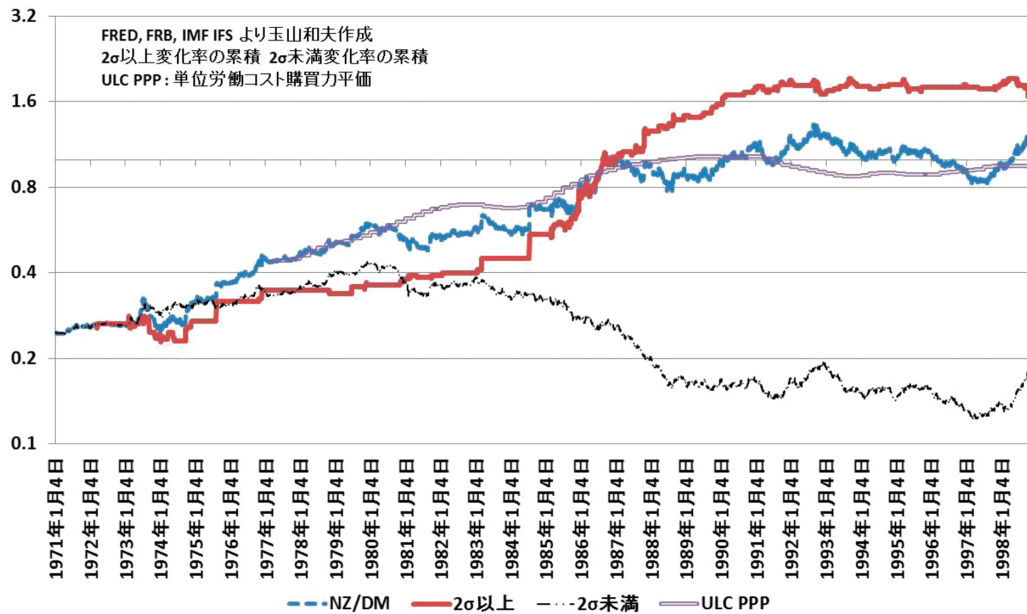
## オーストラリア/DM 為替レート日次データ比較



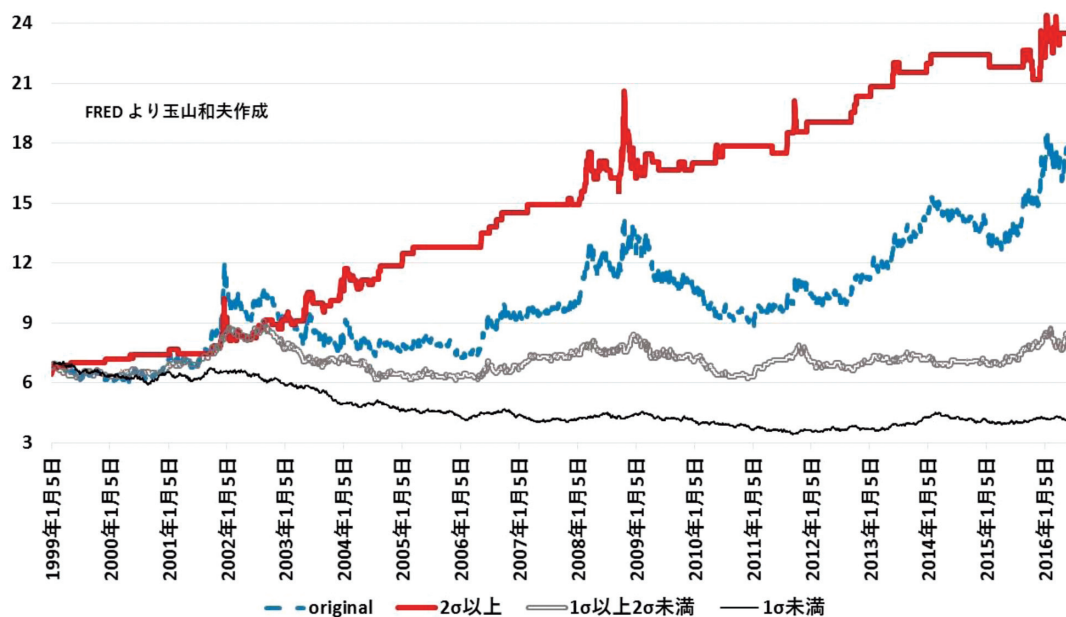
全体と2σ未満が負、すなわち1σ未満との相関も負

玉山2015.2より転載

## ニュージーランド/DM 為替レート日次データ比較

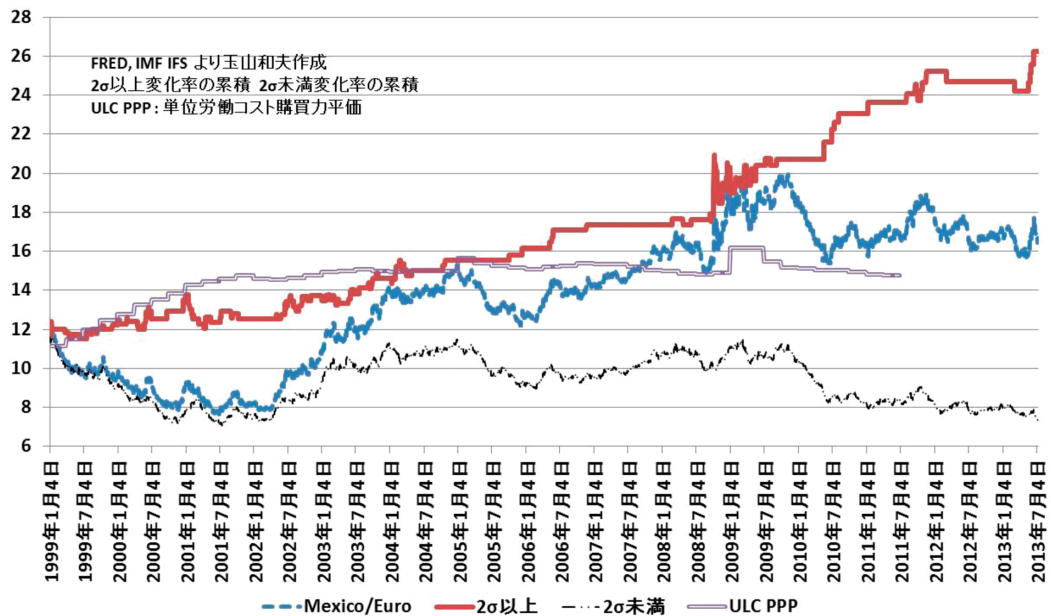
全体と2 $\sigma$ 未満が負、すなわち1 $\sigma$ 未満との相関も負

## South Africa/EURO



玉山2015.2より転載

## メキシコ/EURO 為替レート日次データ比較

全体と2 $\sigma$ 未満が負、すなわち1 $\sigma$ 未満との相関も負

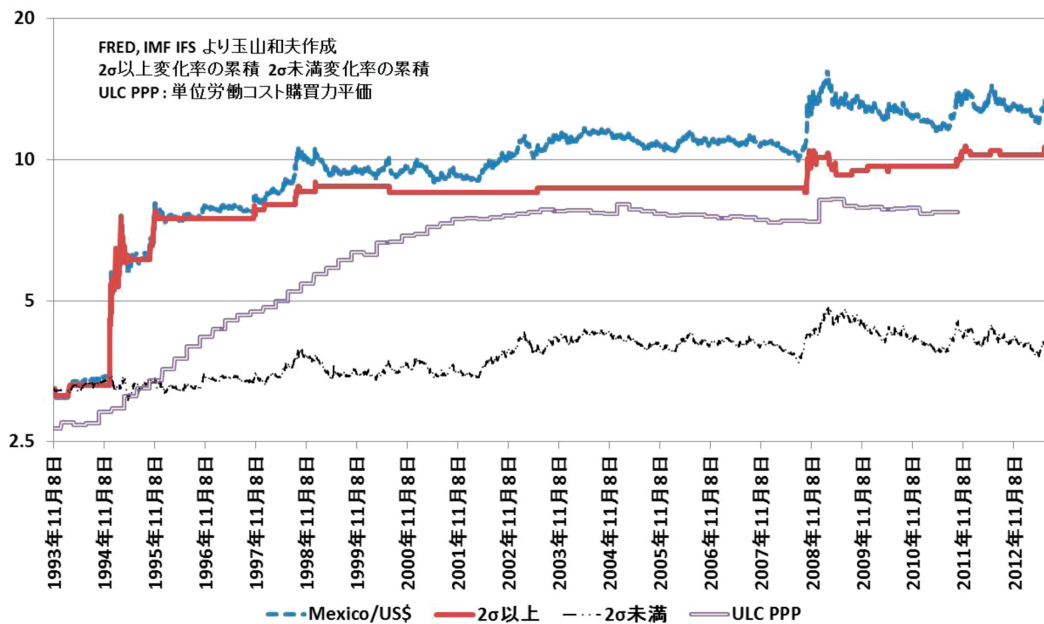
## Part 2

全体の変化を1 $\sigma$ 以上の変化の累積が左右するケース。

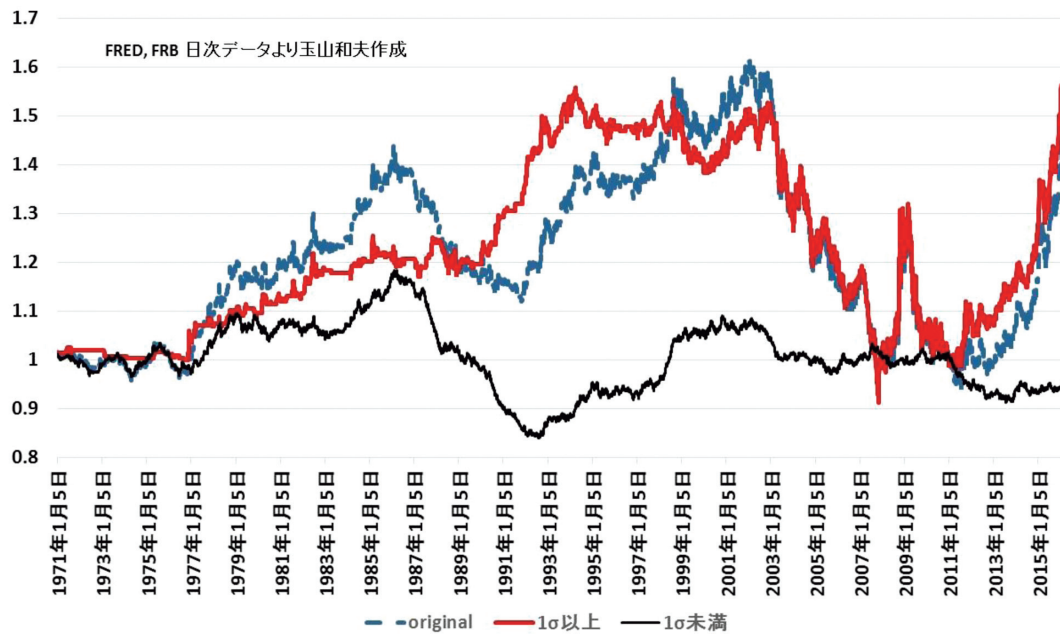
1 $\sigma$ 未満の影響はほぼ無い、または弱い。

玉山2015.2より転載 対US\$

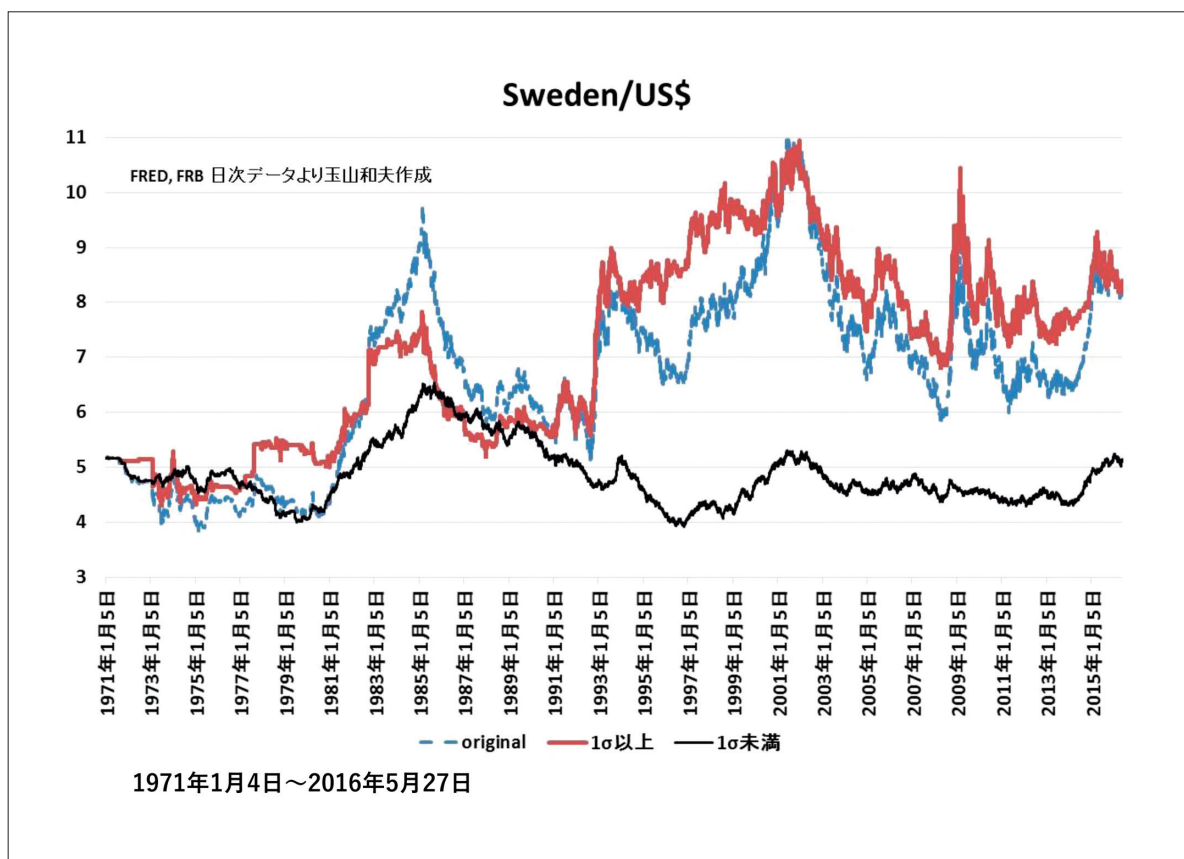
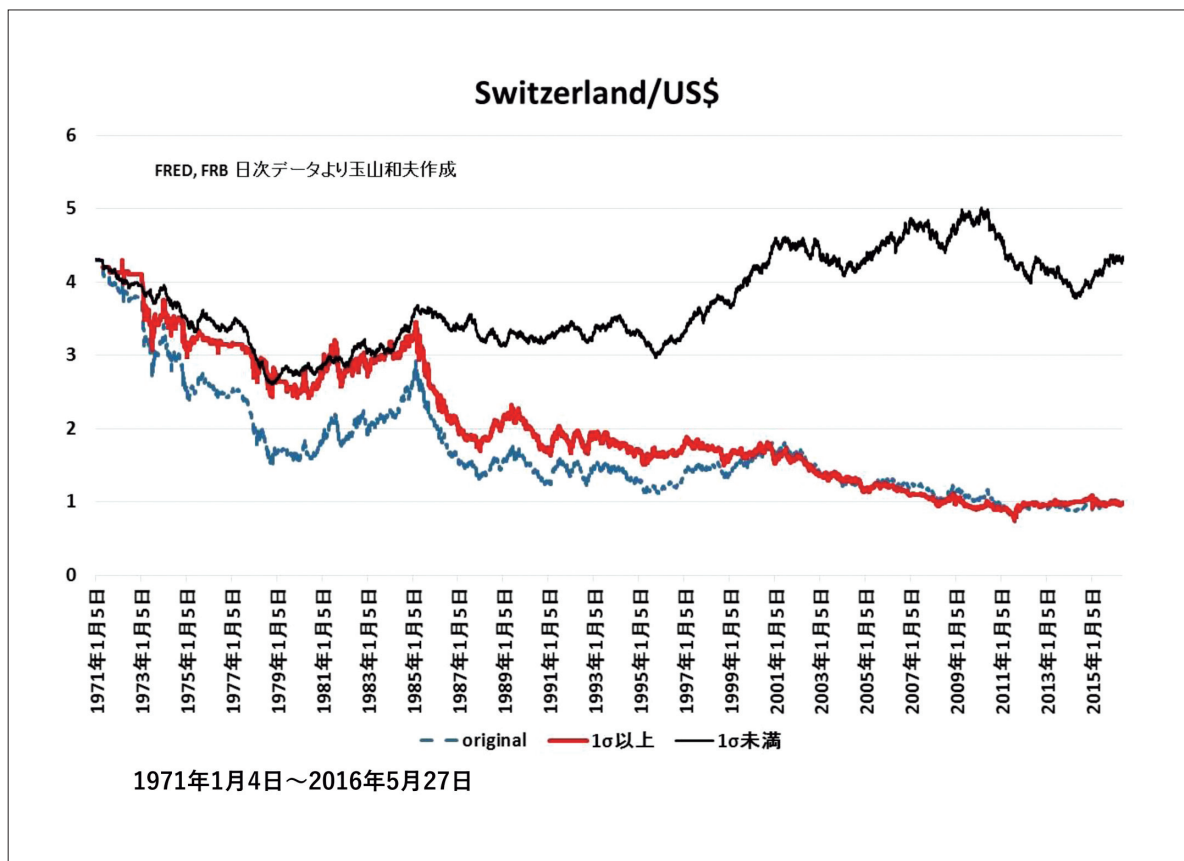
## メキシコ 為替レート日次データ比較

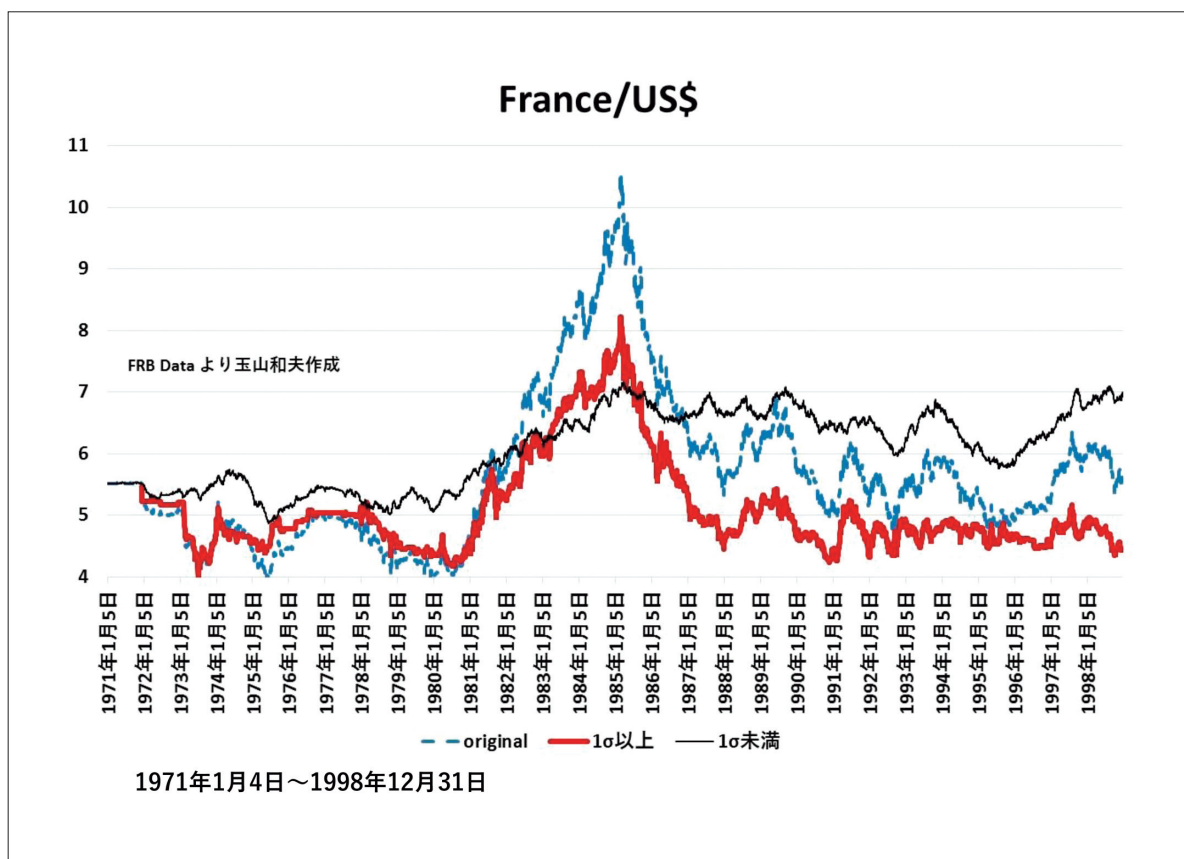
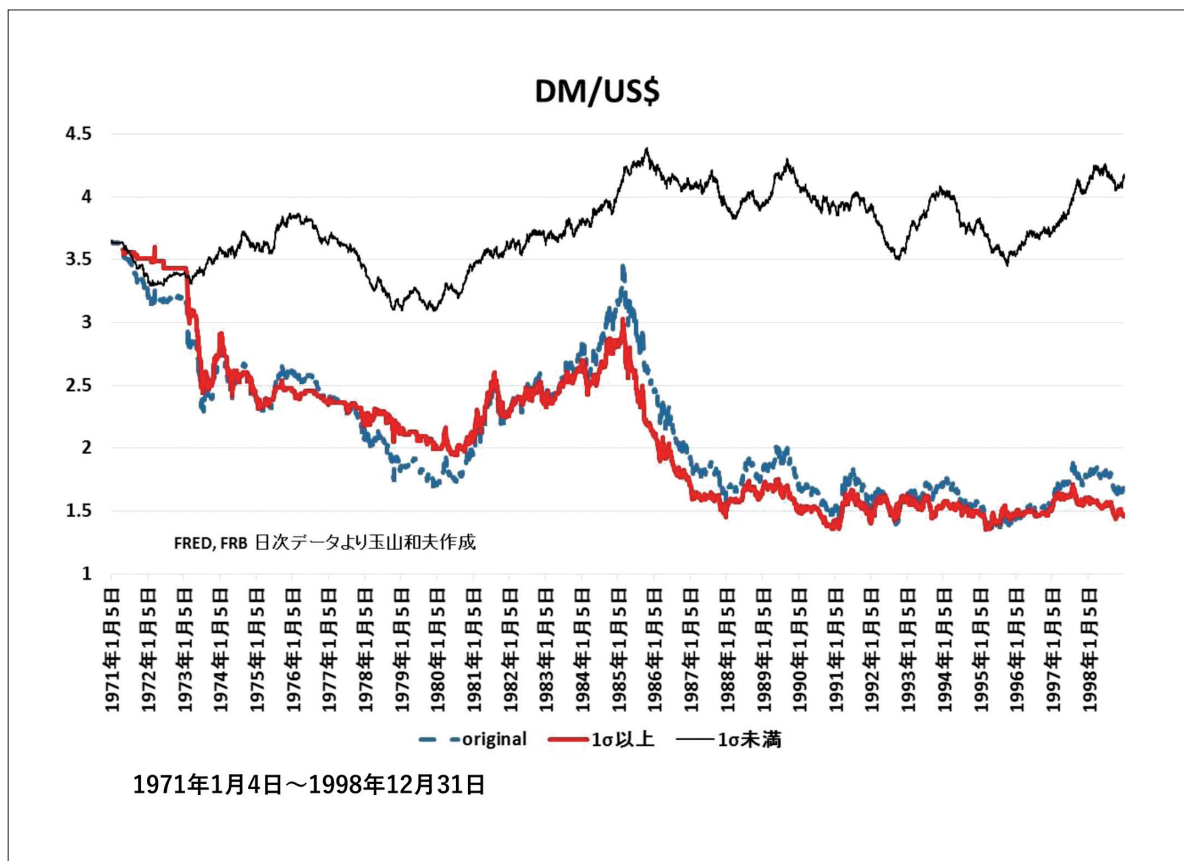


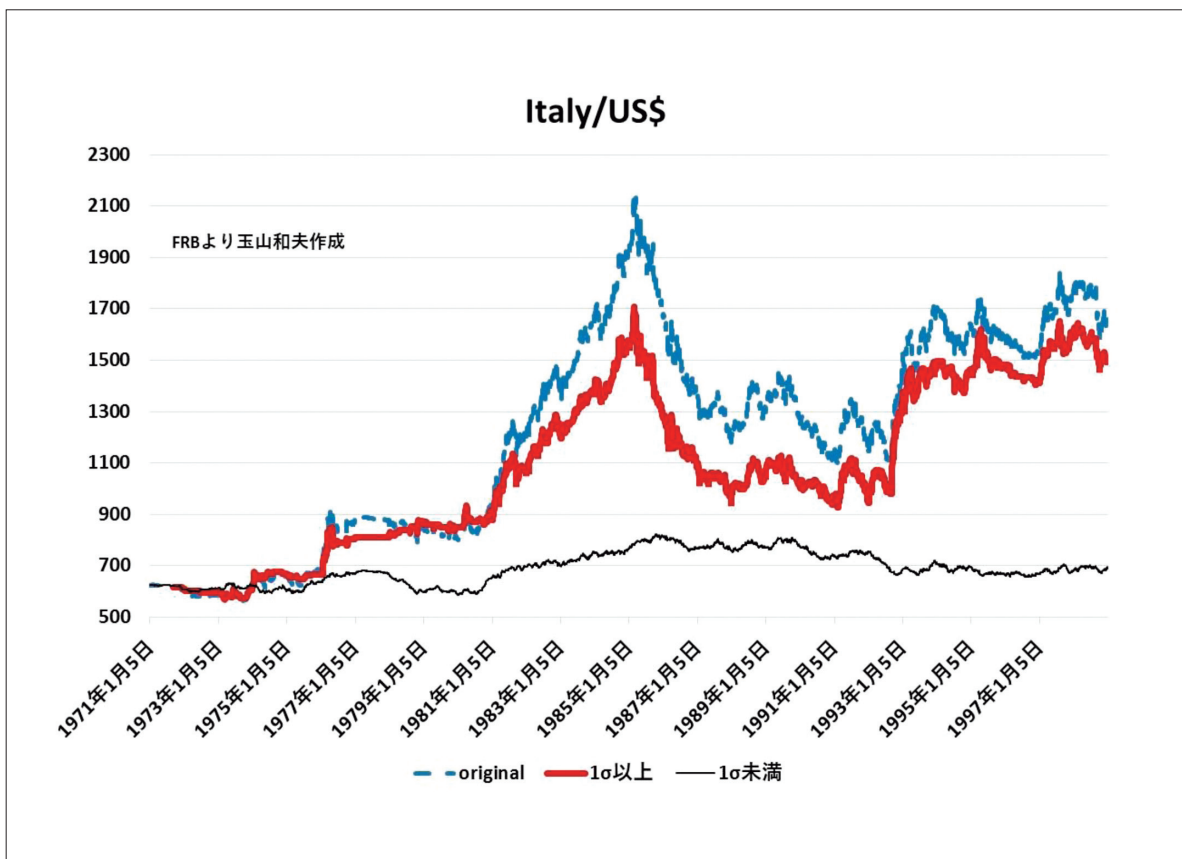
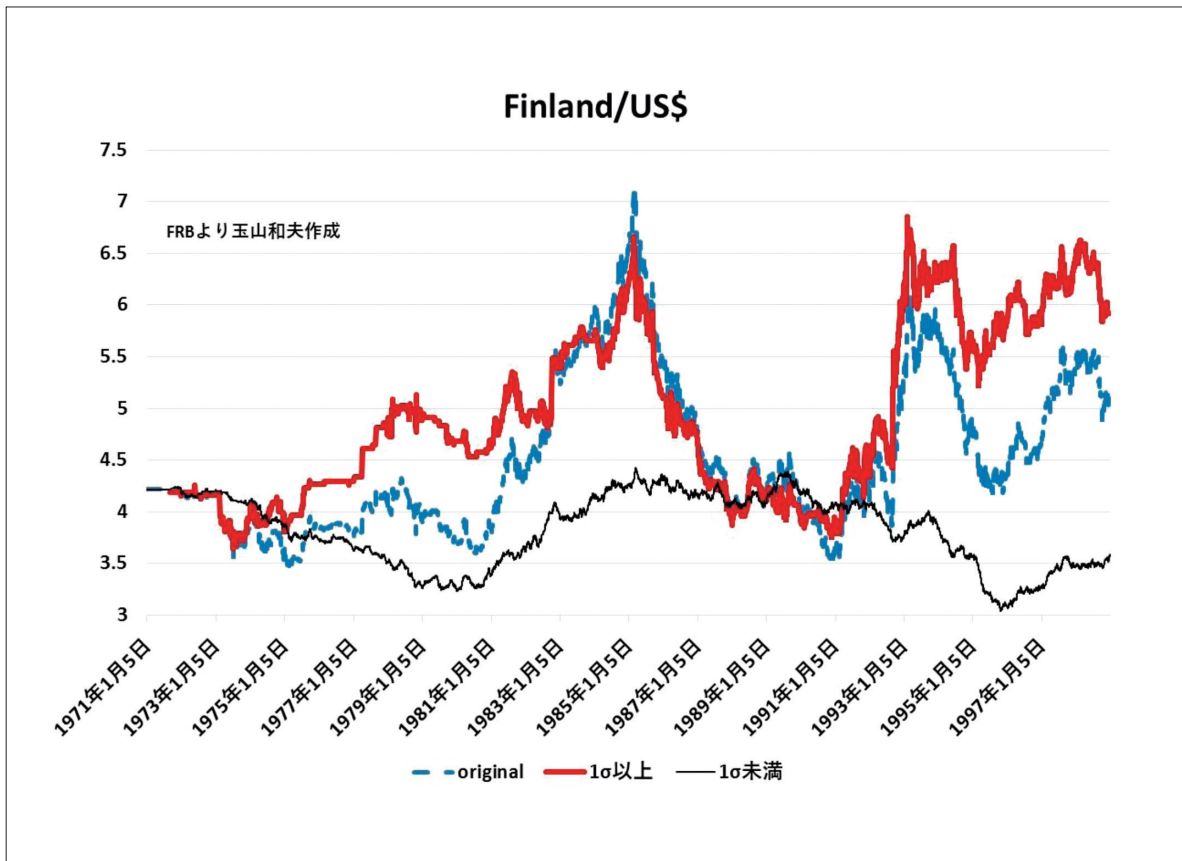
## Canada/US\$

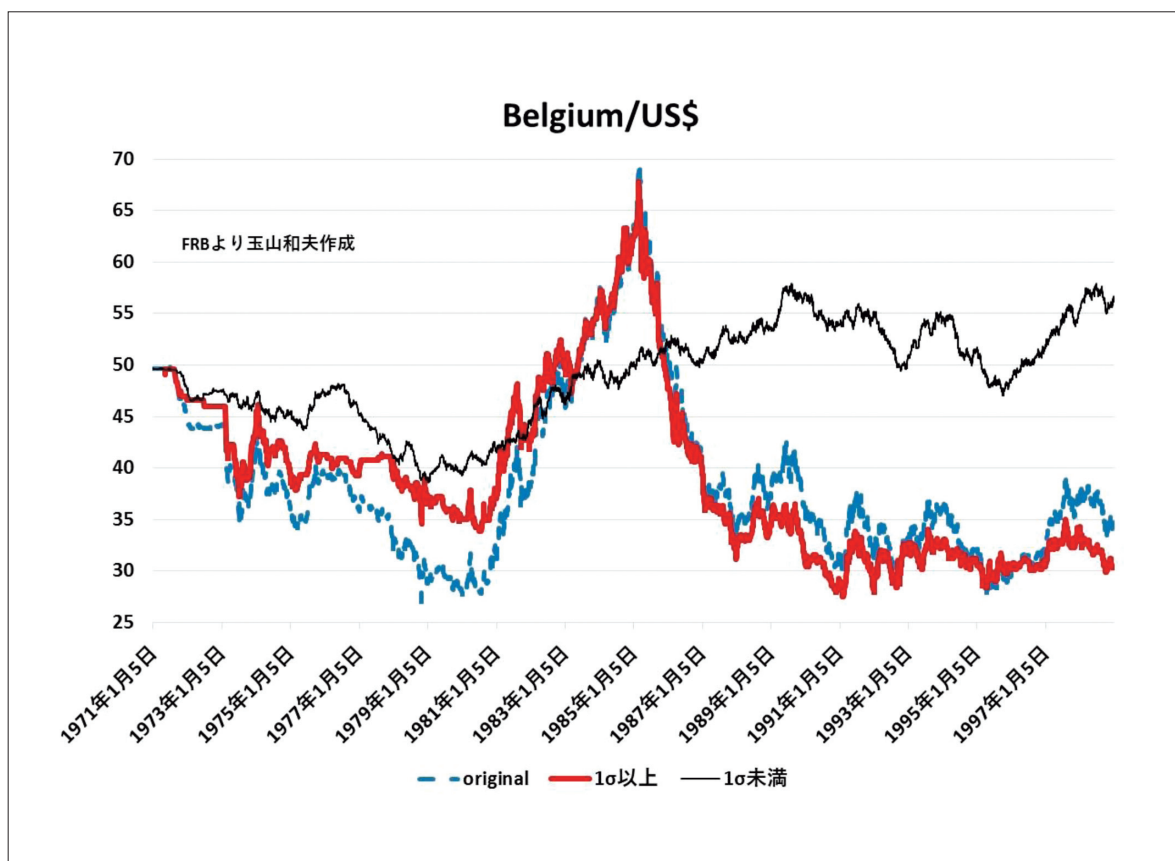
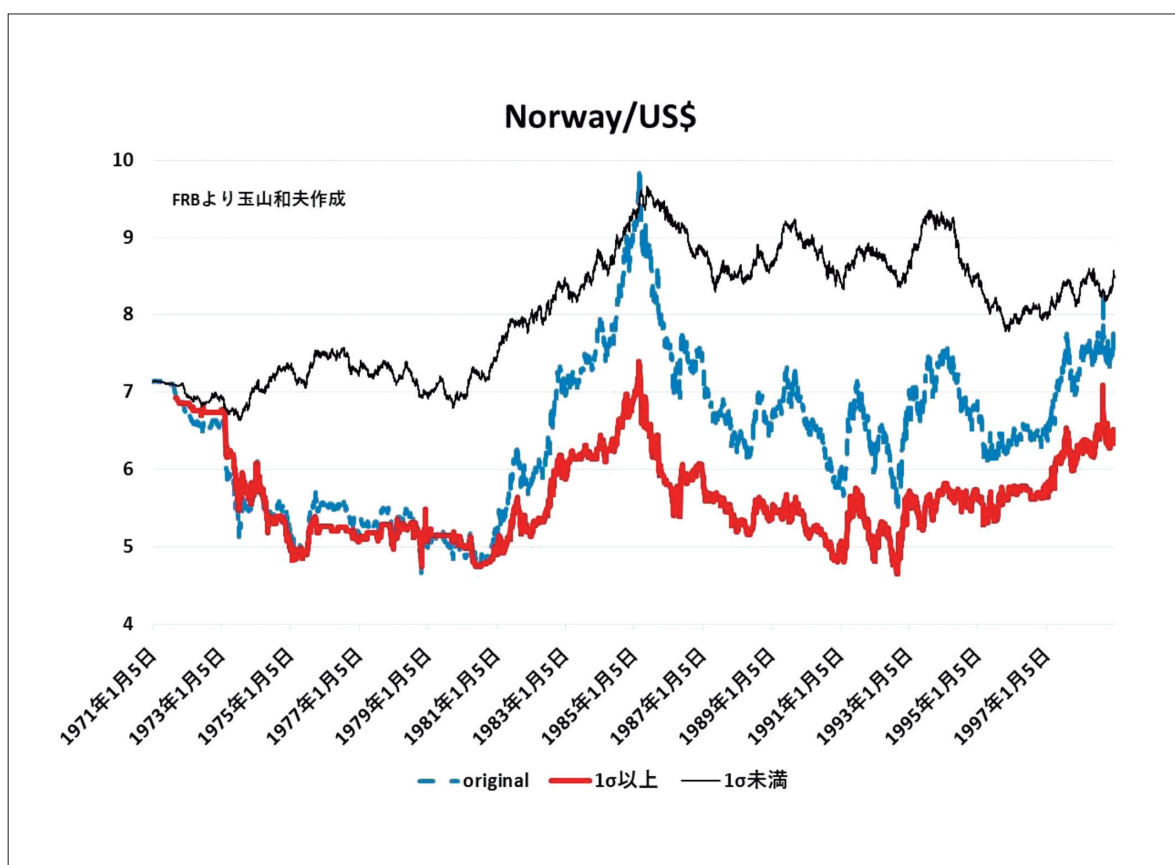


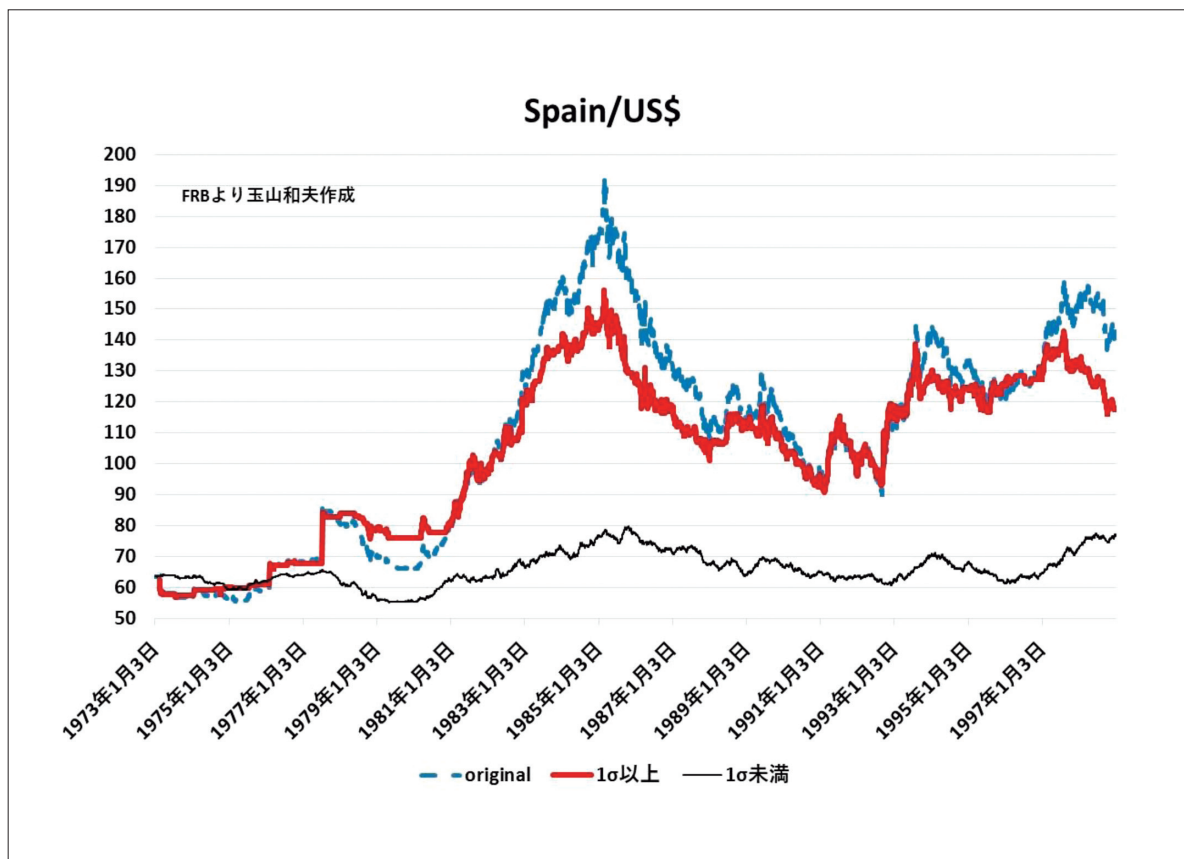
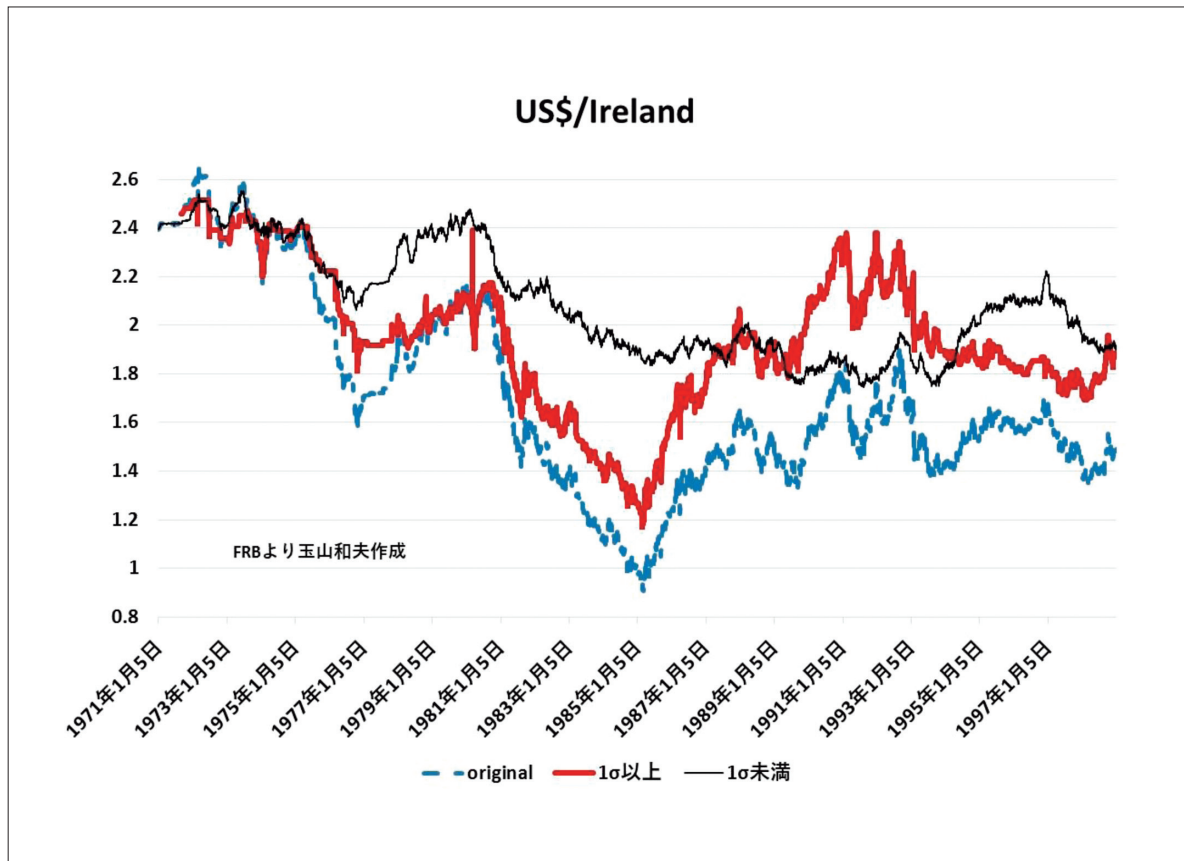
1971年1月4日～2016年5月27日

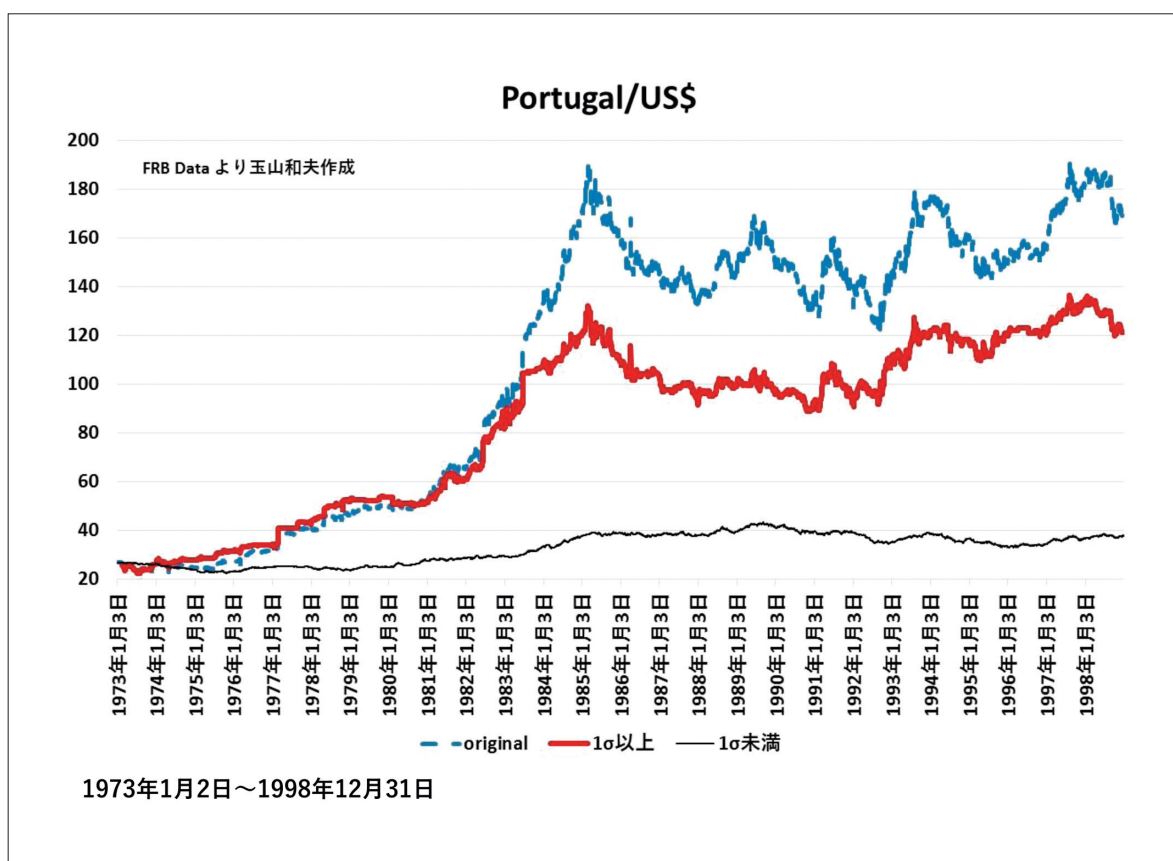
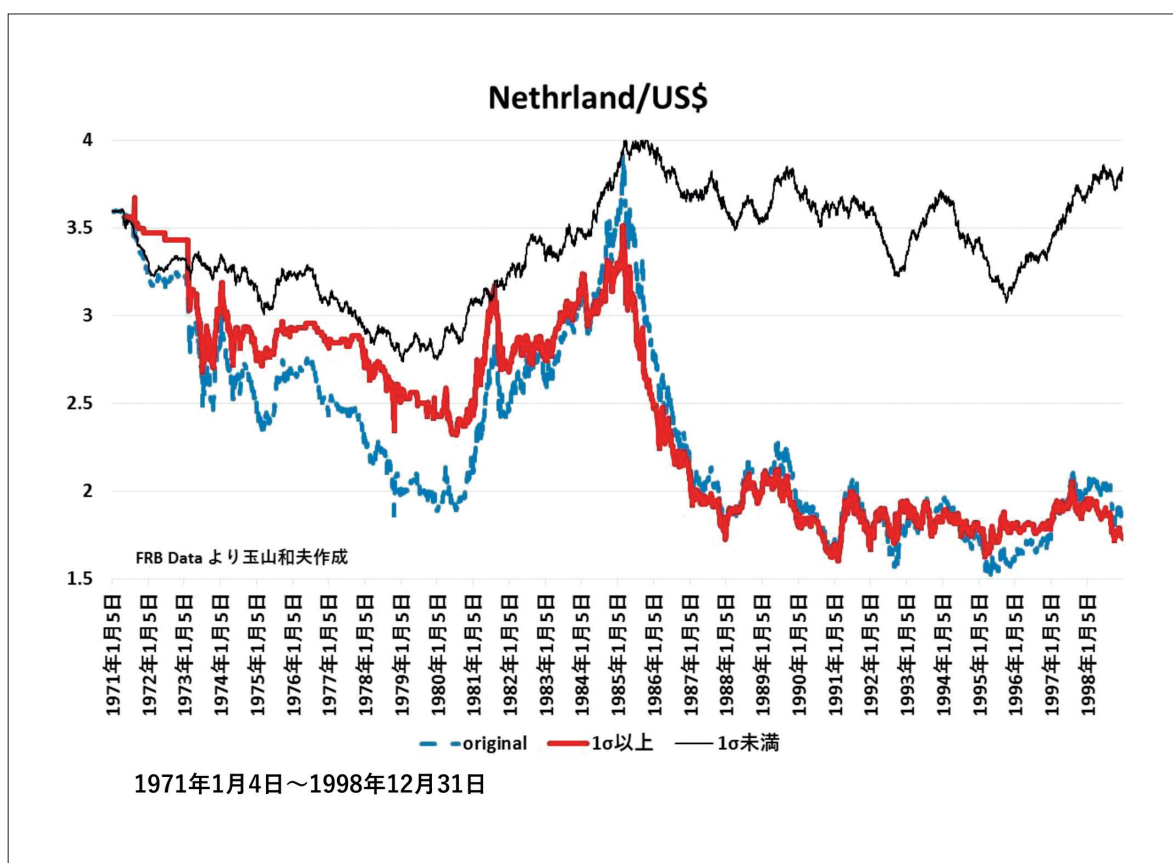


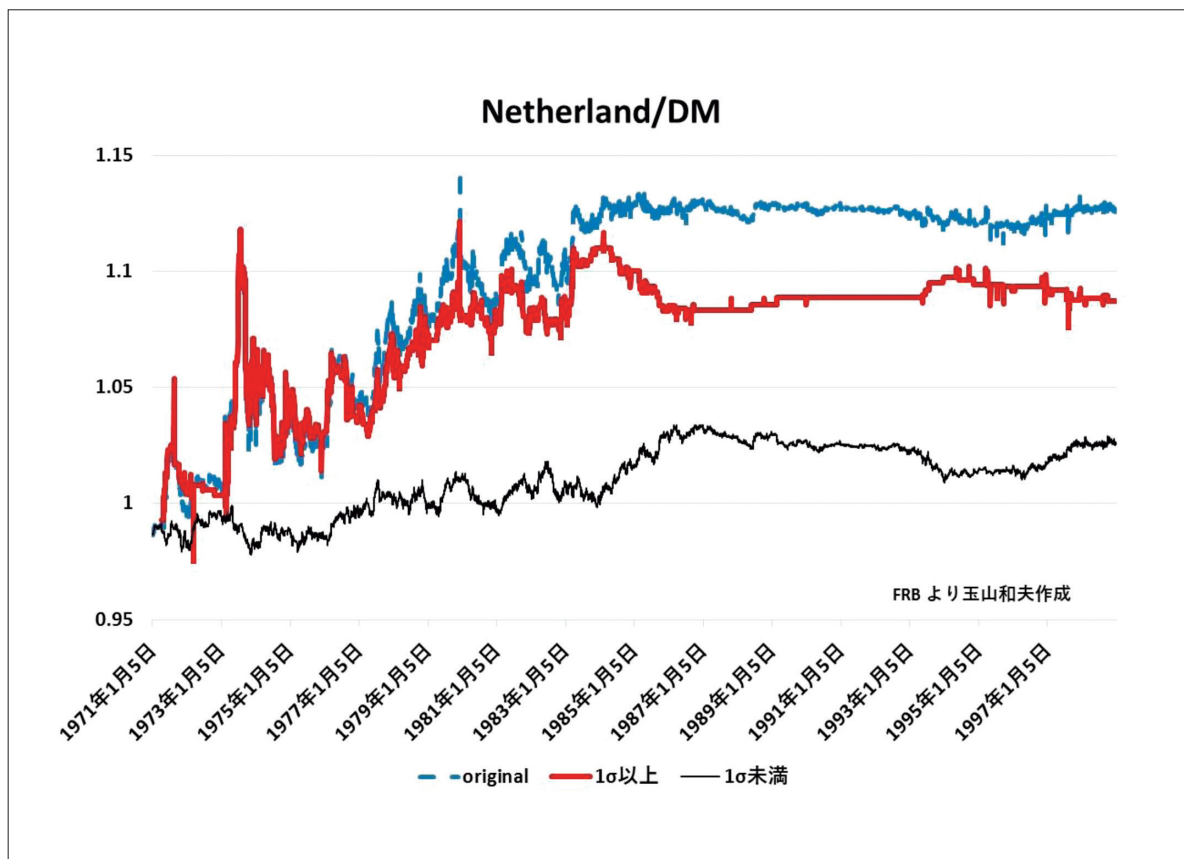
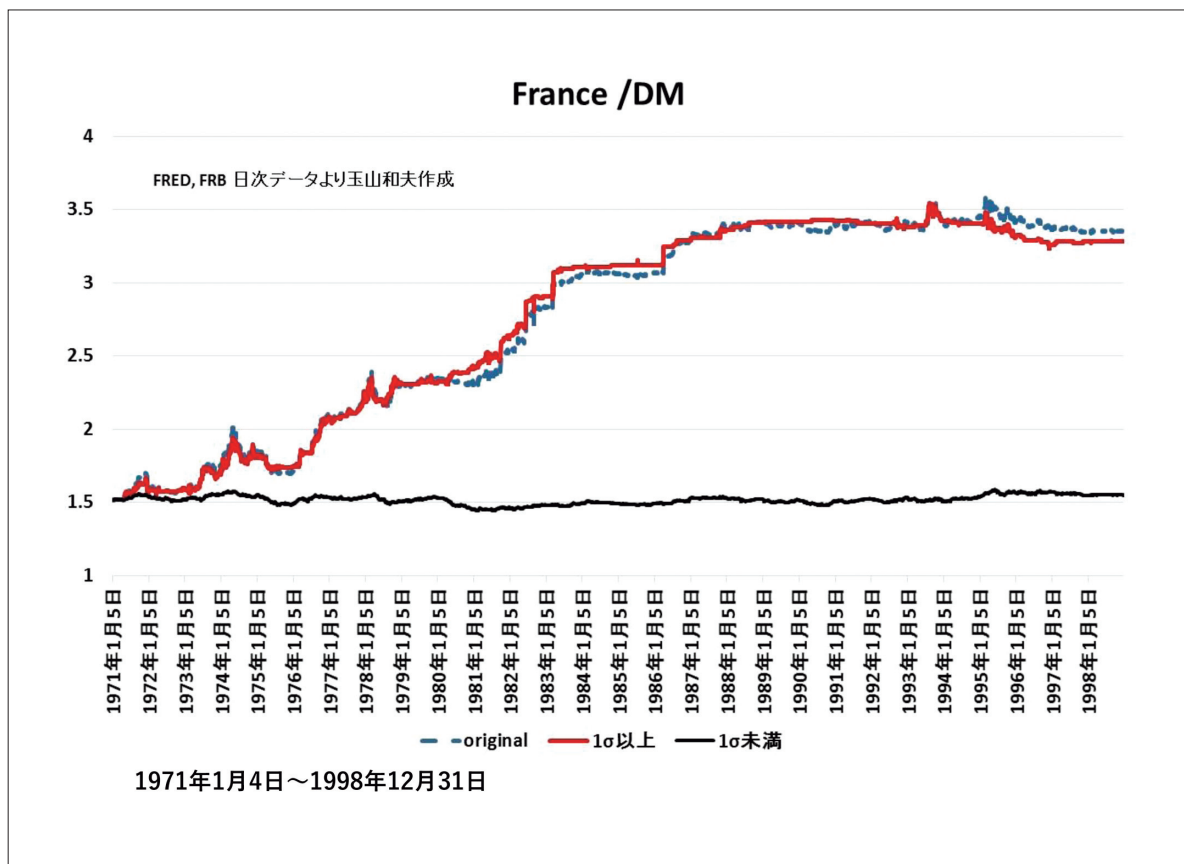


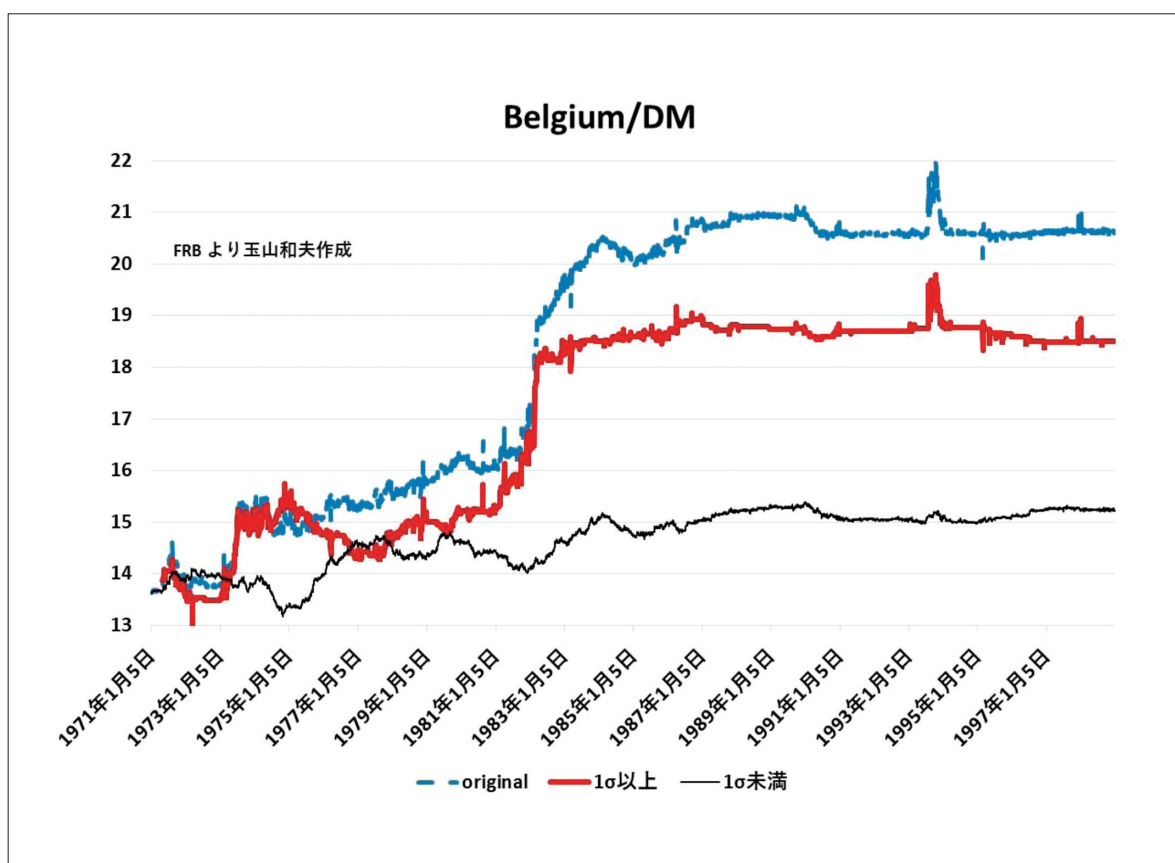
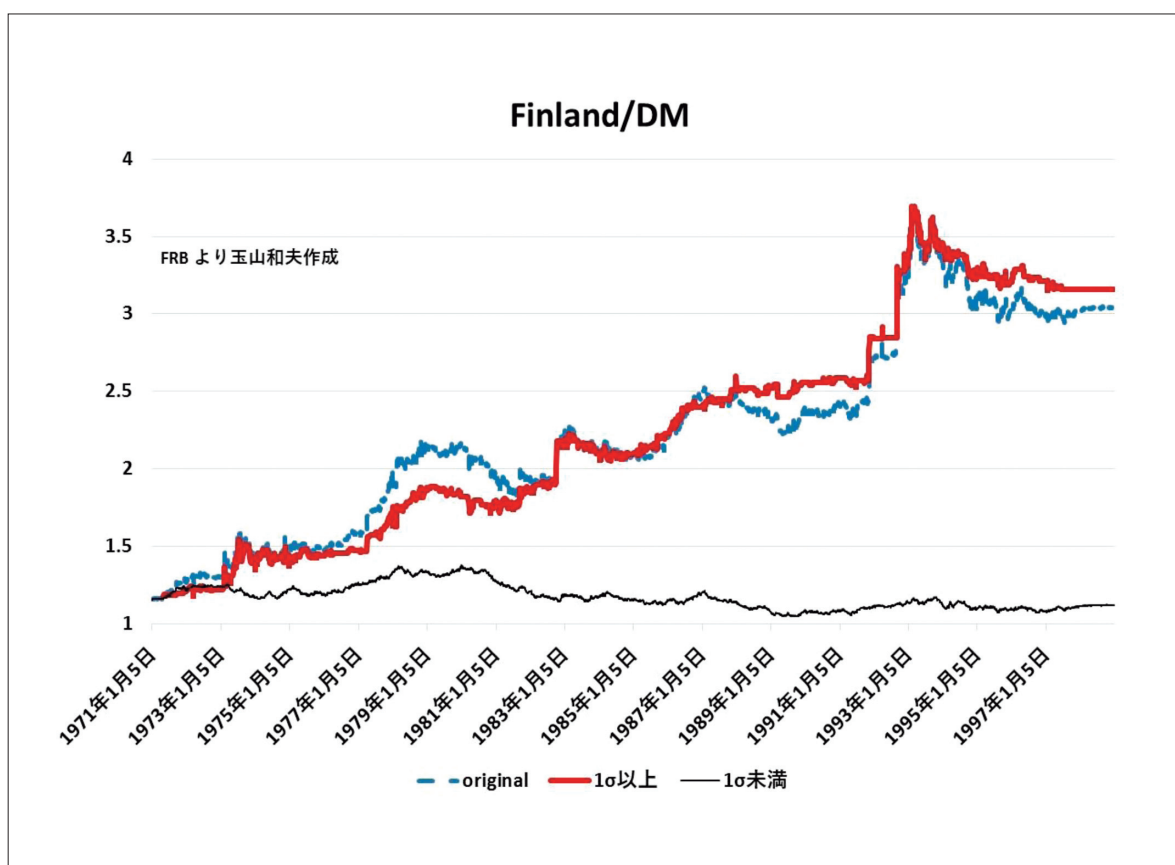


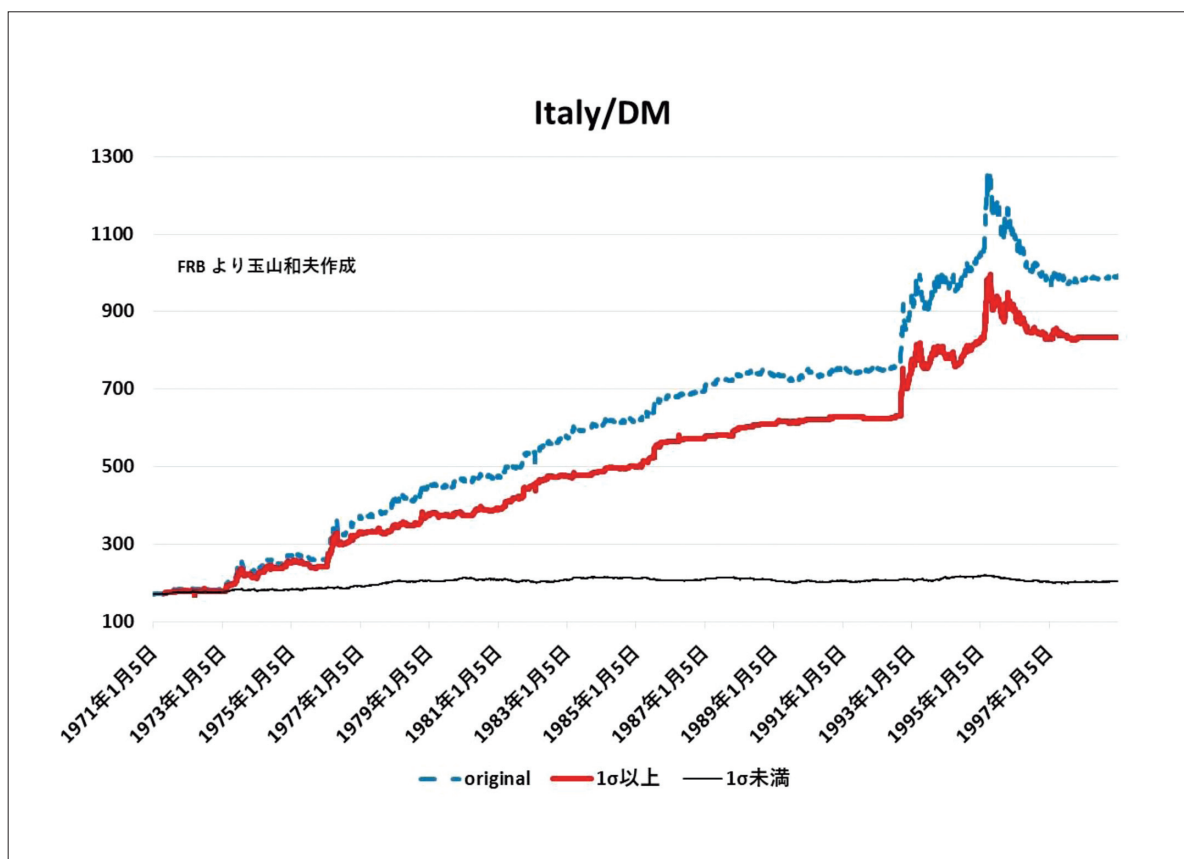
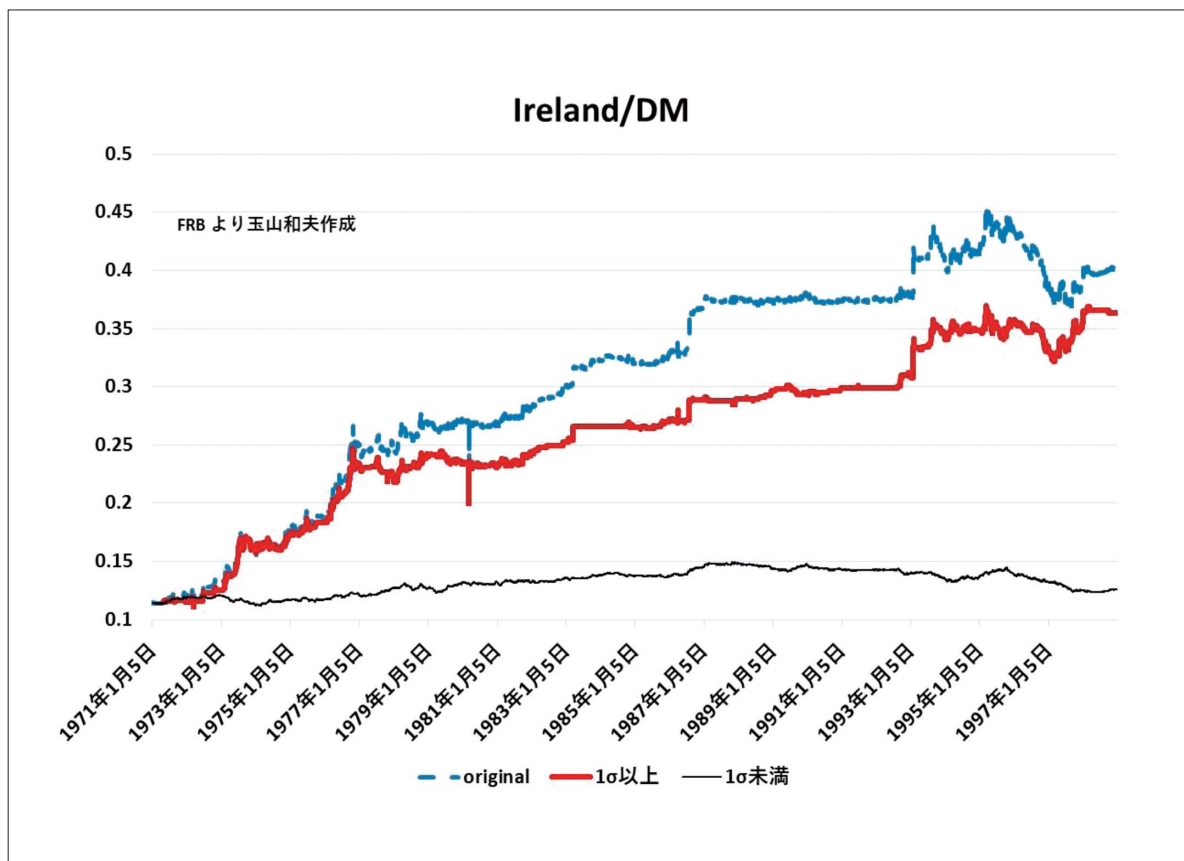


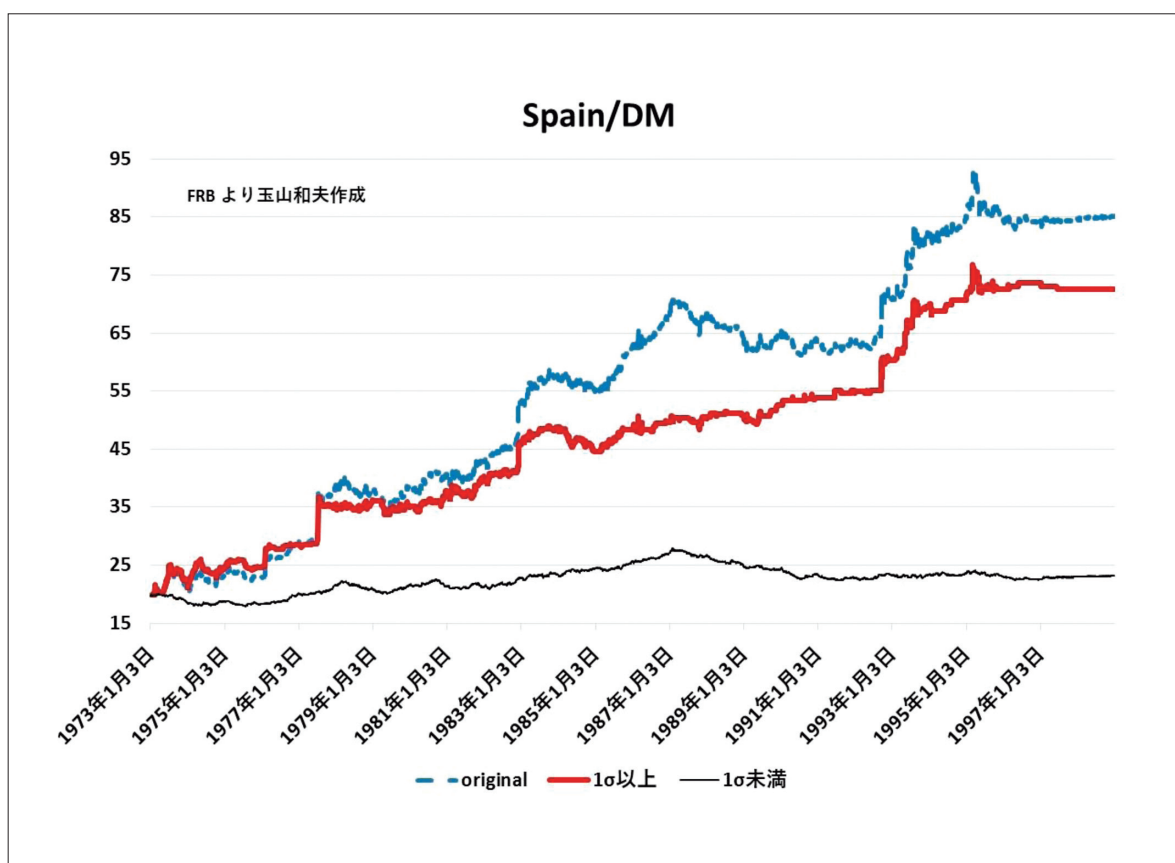
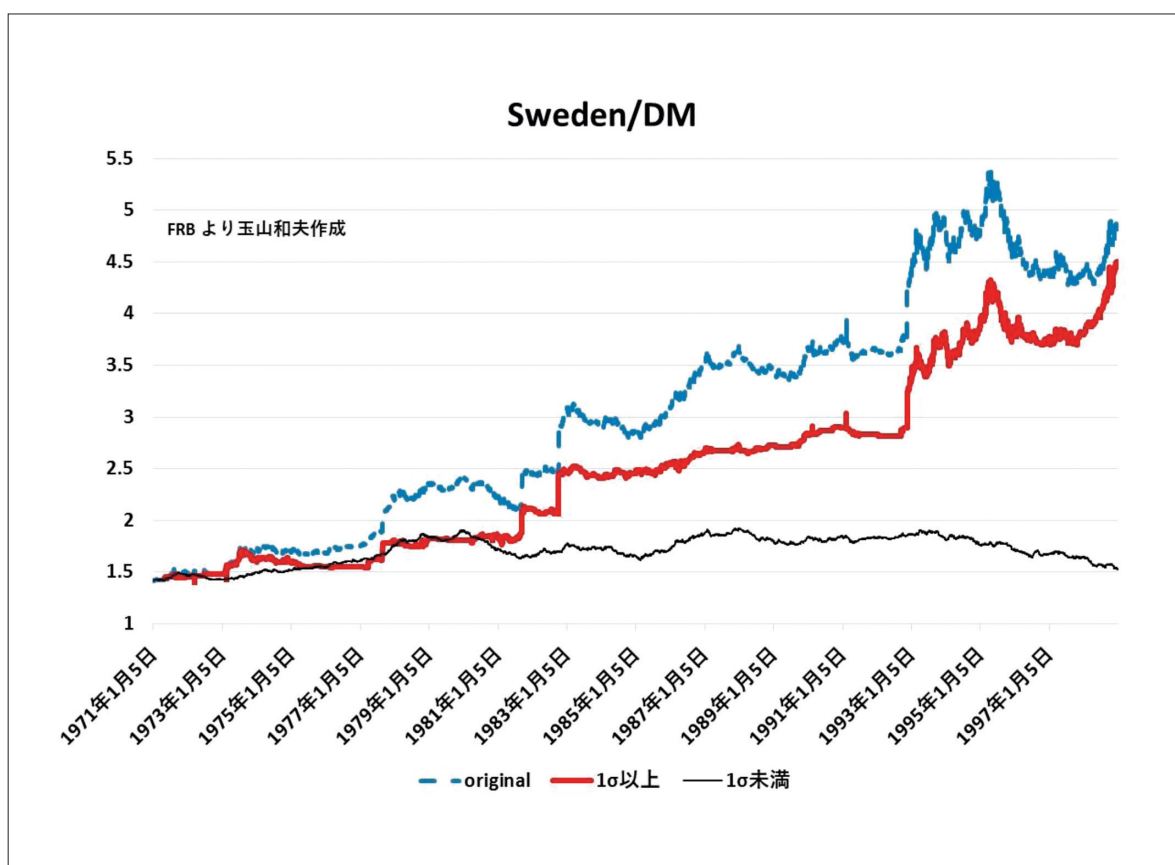


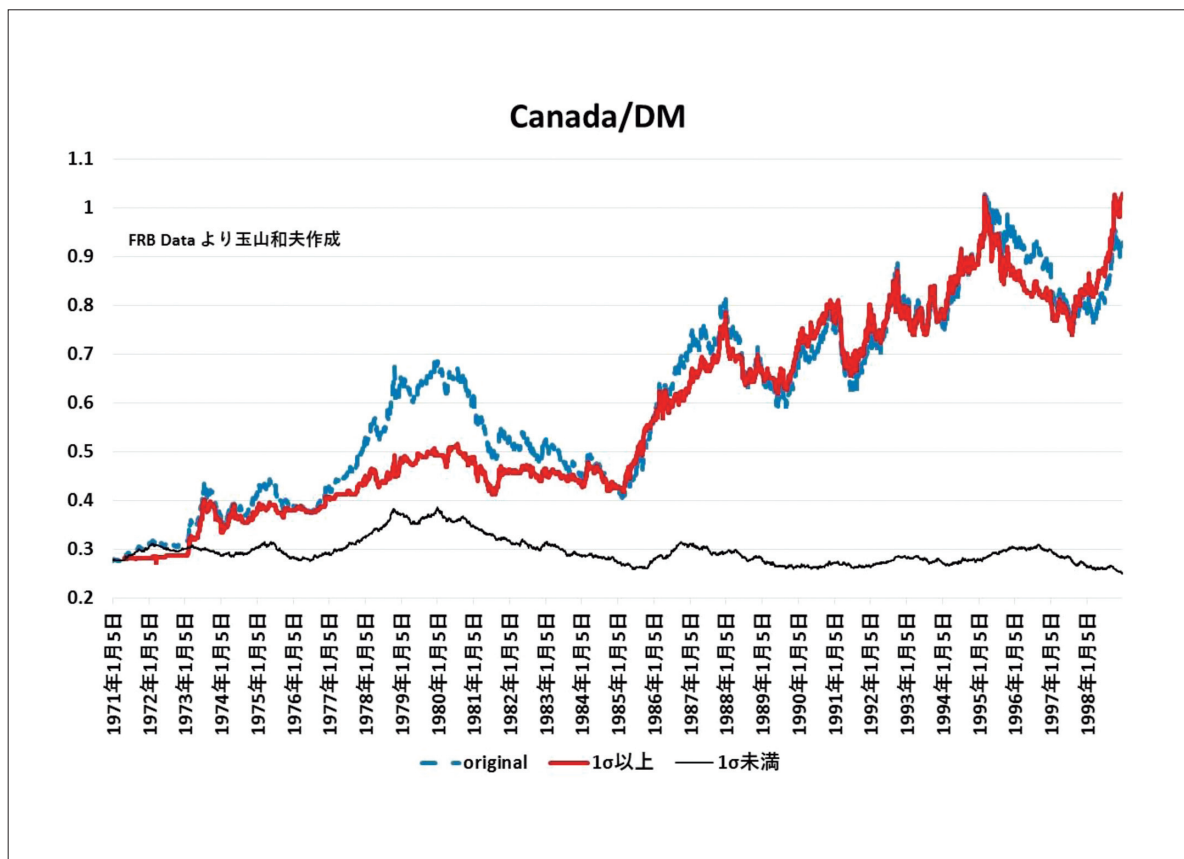
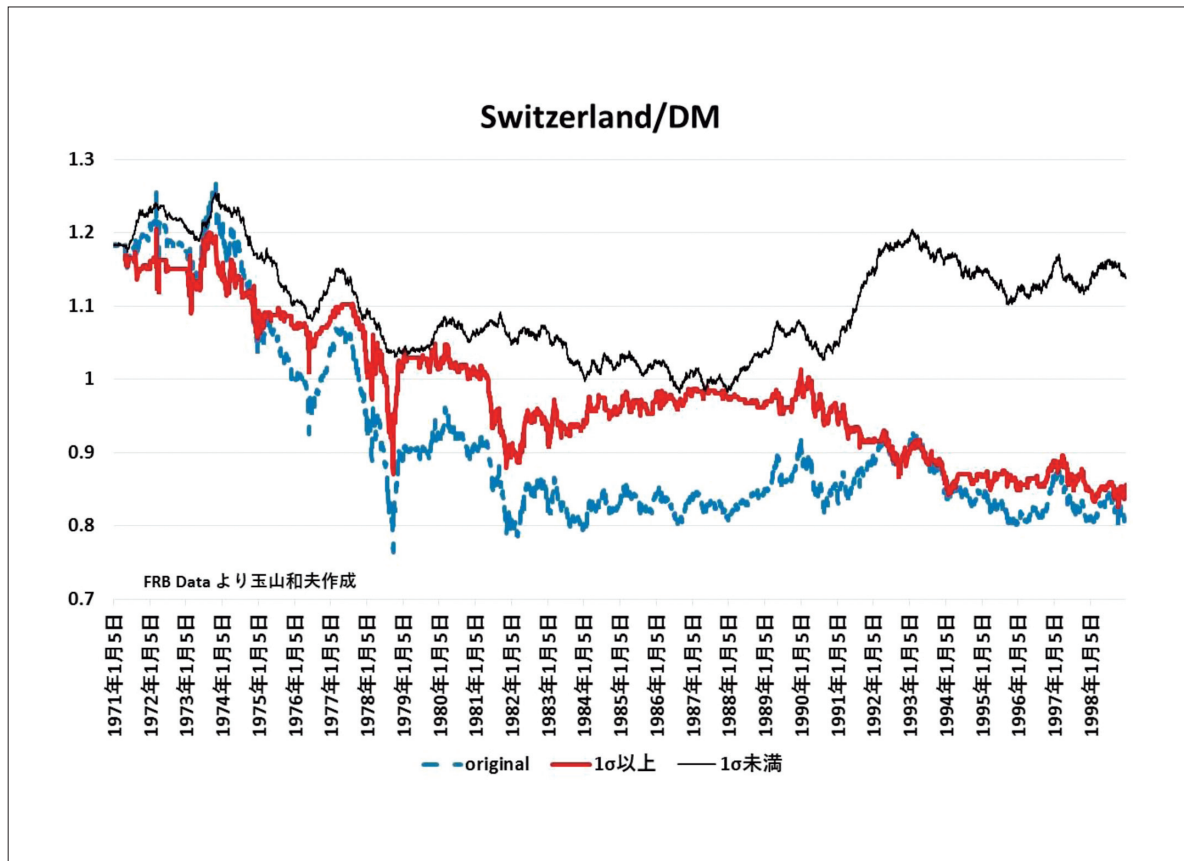


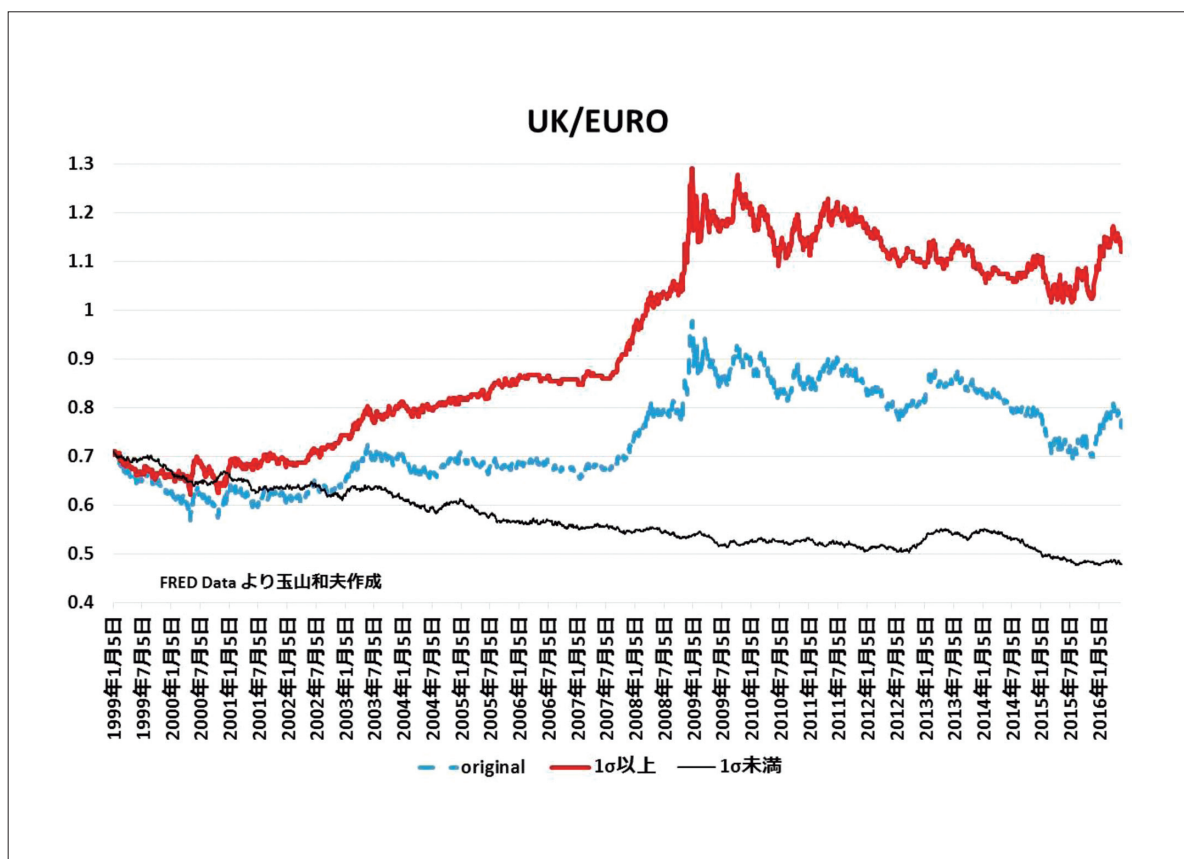
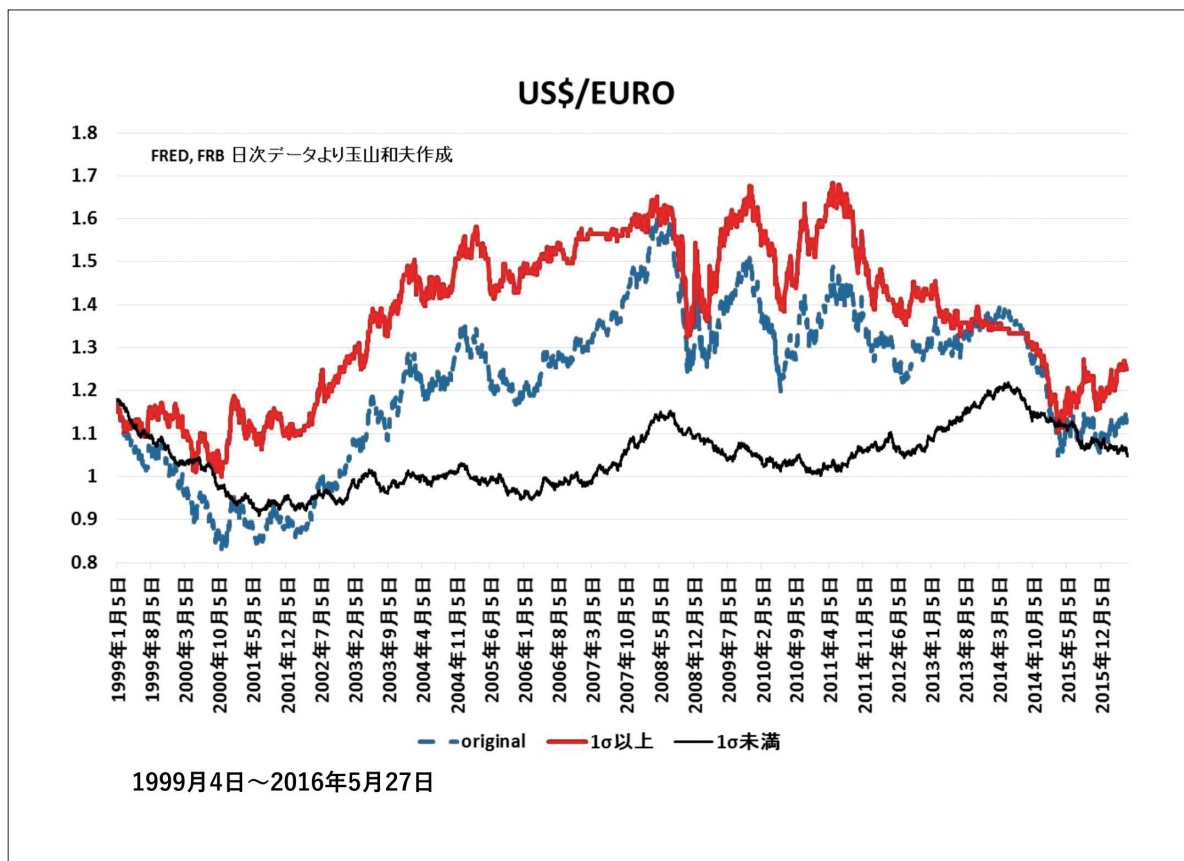


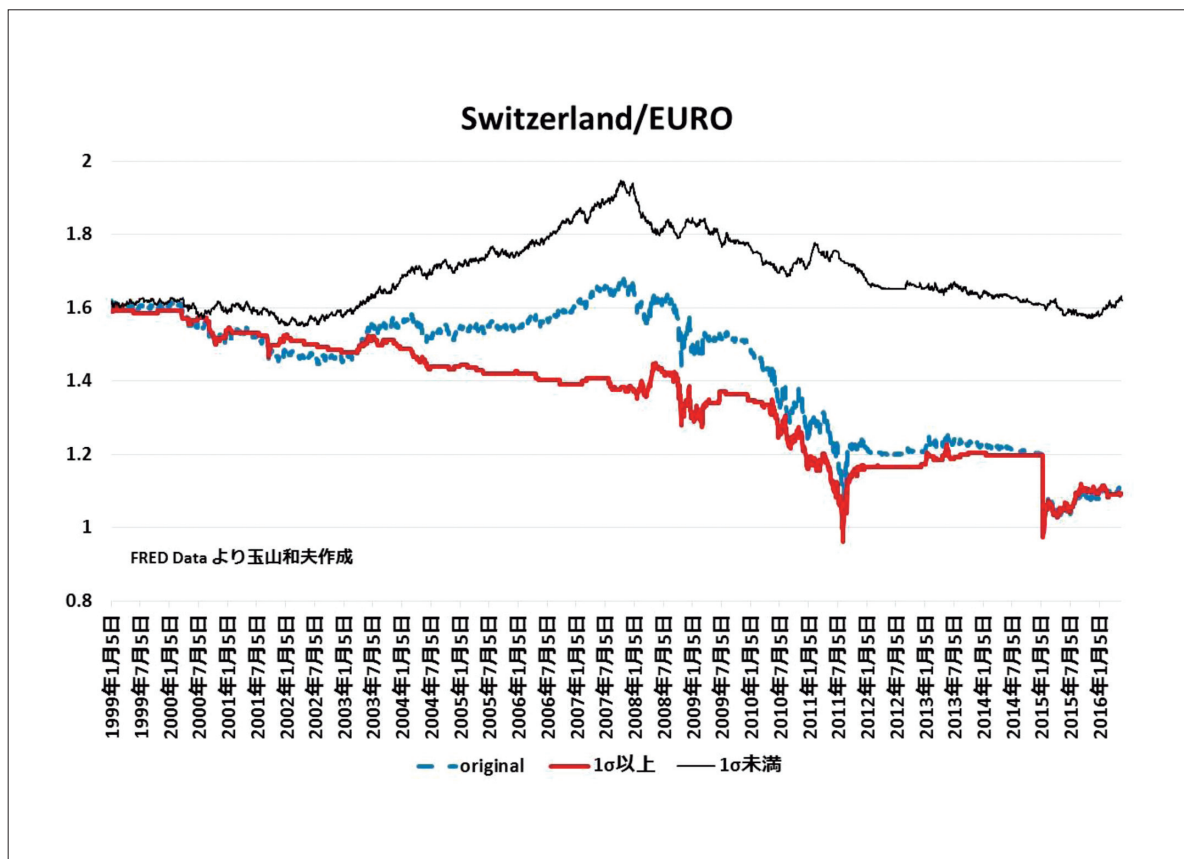
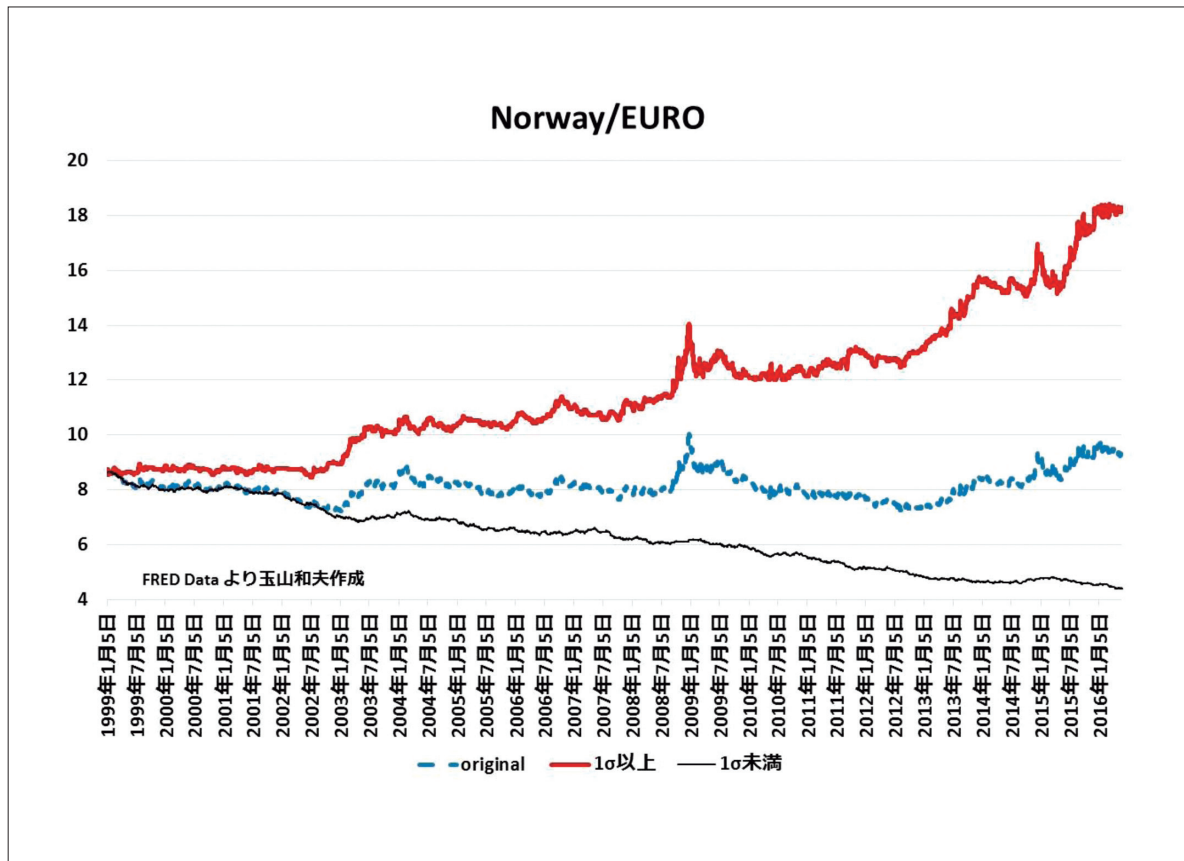


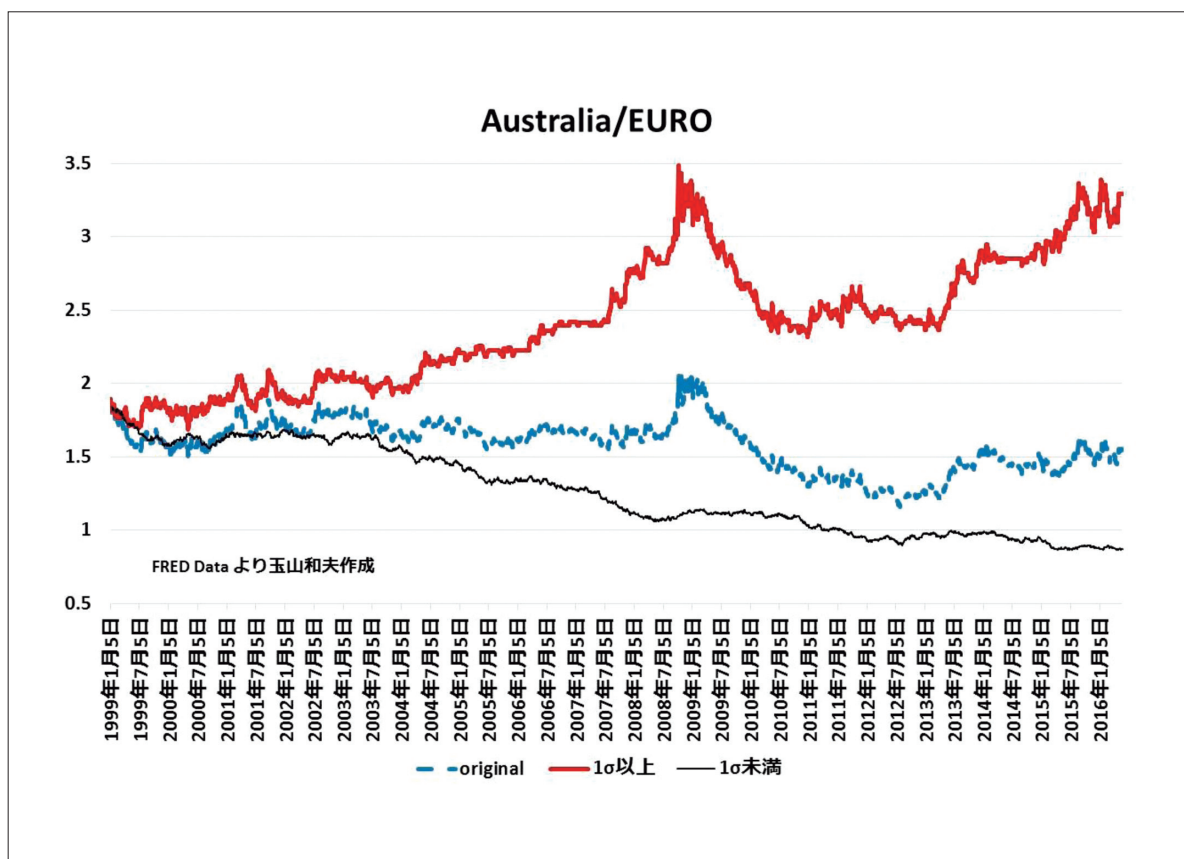
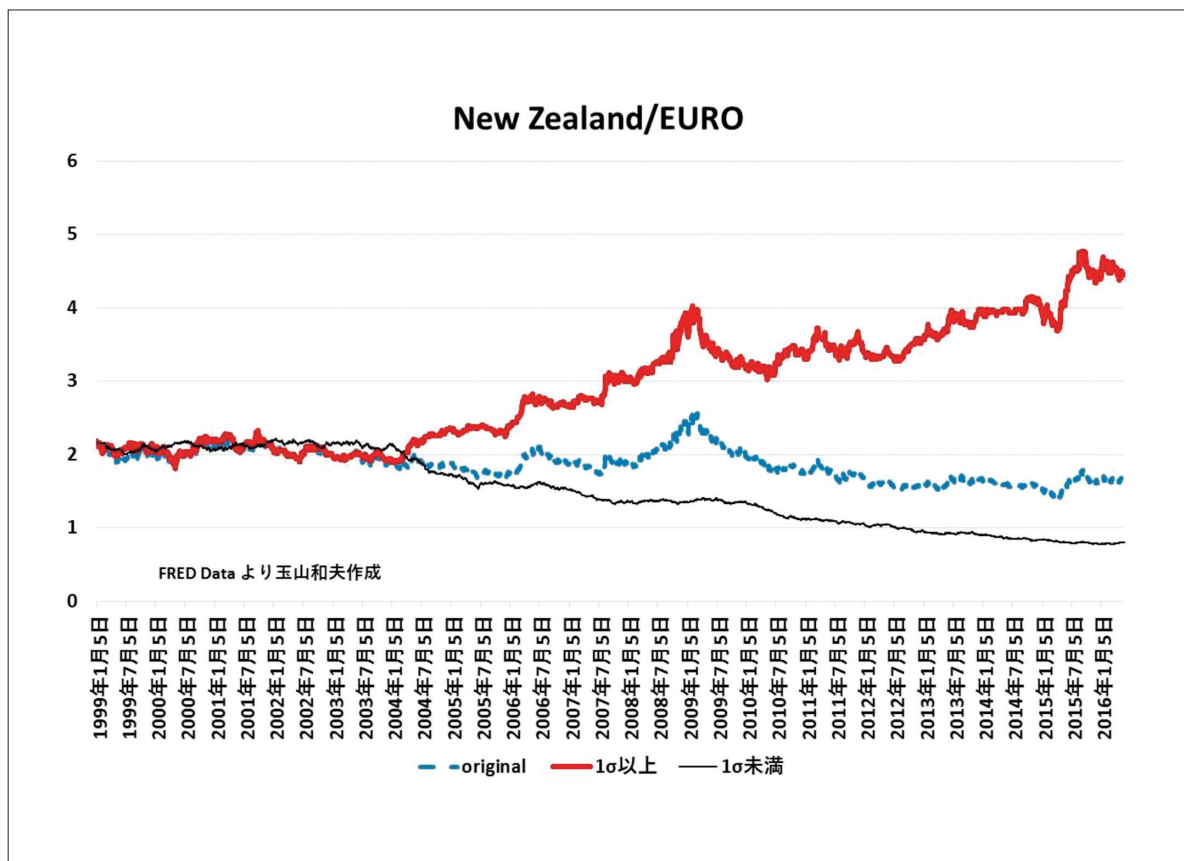


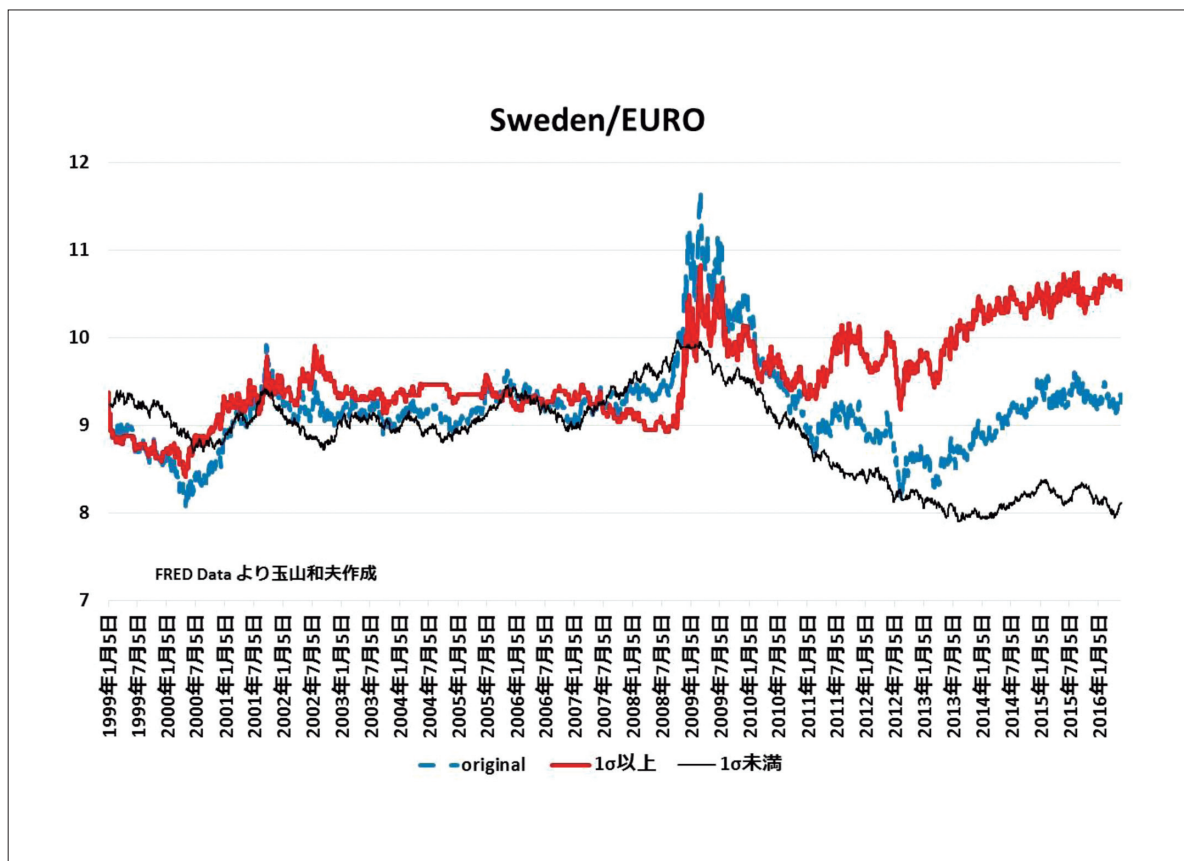












## Part 3

# 全体の変化を左右する系列が明確ではないケース

