

ロシア・ルーブル外国為替相場の フラクタル解析について

安 木 新 一 郎

論文要旨：本稿では、2007年～2008年および2009年～2010年の2期間のルーブル/ドル為替相場の時系列データを分析対象としてスケール変換解析をおこない、2期間のハースト指数 H とフラクタル次元 R の値を求めた。本研究の結果、全期間で $H > 0.5$ となり、ブラウン運動から逸脱していること、および弱い長期の記憶効果が存在することがわかった。また、両期間の長期の動向を示す H はほぼ等しく、世界金融危機の前後で変化は見られなかった。

[キーワード：ロシア・ルーブル、フラクタル解析、スケール変換解析、ハースト指数、世界金融危機]

1 はじめに

近年、日本国内においてロシアの通貨ルーブルの外国為替相場に対する関心が高まっている。

例えば、2011年2月21日からGFT（グローバル・フューチャーズ・アンド・フォレックス）東京支店とエイチ・エス証券はルーブルをFX（外国為替証拠金取引）対象通貨とした⁽¹⁾。オーストラリア・ドルやカナダ・ドルなどのような資源国通貨ほどではないにしても、個人のルーブル取引量は増加傾向にあると考えられる。また、日本企業のロシアへの直接投資も活発化する中、ルーブル相場予測はますます重要となると思われる。

一般に、外国為替市場や株式市場は効率的市場だと見なされ、外国為替相

(1) 『東京新聞』、2011年2月23日付。

場や株価はランダムウォークにしたがうとの仮定の上で予測がおこなわれている。もし外国為替相場や株価の時系列がランダムウォーク仮説のとおりに振舞うとすれば、現時点での観察値と過去の観察値との相関はゼロということになる。

このようなランダムウォーク仮説、すなわち変動をブラウン運動と仮定することに対して、その妥当性が疑問視されている（塩沢（2000）⁽²⁾、高安（2004）⁽³⁾）。直感的にも、直近の過去のデータに上昇傾向が見られる場合、そのまま上昇傾向が維持されるだろうと予測して行動するいわゆる「純張り」や、反対にそろそろ下降傾向に転じるだろうと考えて行動する「逆張り」といった売買行動があり、過去の観察値が現時点での観察値とまったく無関係であるとは思えない。

ブラウン運動をより一般化した理論として非整数ブラウン運動があり、非整数ブラウン運動において、ハースト指数によって完全にランダムな動きをするブラウン運動からの逸脱の度合いを測ることができる⁽⁴⁾。

本研究では、ルーブル・ドル為替レート（名目値）の時系列を分析対象としてスケール変換解析（rescaled range analysis）をおこない、ハースト指数の推計を試みる。

2004年ごろからロシア・ルーブルは対ドルで緩やかな上昇傾向を保っていたが、2008年に入るとよりいっそうルーブルは高くなり23.13ルーブル/ドルに達した。ところが、2008年9月のいわゆるリーマン・ショックの前後から急激に下落し、2009年には36.43ルーブル/ドルにまでルーブル安が進んだ。

本研究では、リーマン・ショック以前と以降の変化を考察するため、2006年12月30日から2008年12月31日までのルーブル/ドルの推移と、2008年12月

（2） 塩沢由典（2000）『経済学の最先端 複雑系経済学／金融工学との比較から』『エコノミスト』臨時増刊2000年4月10日号（第78巻第14号通巻3444号），pp.120-122.

（3） 高安秀樹（2004）『経済物理学の発見』，光文社新書。

（4） 松下貢（2004）『フラクタルの物理（Ⅱ）応用編』，裳華房。

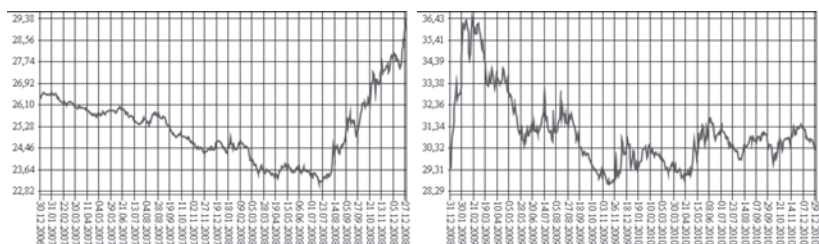
ロシア・ルーブル外国為替相場のフラクタル解析について

31日から2010年12月31日までのルーブル/ドルの推移について解析をおこなう。なお、ルーブル/ドルのデータは、ロシア連邦中央銀行（ロシア銀行）のホームページ（<http://www.cbr.ru/>）で公表されているロシア銀行公定レートを用いた。

図 ルーブル/ドル為替相場（名目値）の時系列曲線

2006年12月30日～2008年12月31日

2008年12月31日～2010年12月31日



2 方法

時系列曲線のハースト指数Hは以下のように定義される。ある与えられた時系列曲線の時間間隔Tでの大まかな変化の大きさXを次の式で表す⁽⁵⁾。

$$X = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (X_i - \langle X \rangle)^2}$$

$$\langle X \rangle = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T X_i$$

X_i は時刻 $t=i$ ($i=1,2,\dots$) でのxの値であり、XとTとのあいだには、

$$X = aT^H \quad (0 < H < 1)$$

(5) 松下 (2004), pp.67-68.

の関係式が成り立つ。ここで、 a は定数であり、 H が時系列曲線 $x(t)$ のハースト指数となる。

本研究におけるルーブル/ドルの時系列データのハースト指数およびフラクタル次元は、スケール変換解析によって求めた⁽⁶⁾。以下、手順を示す。

- (1) 日毎のレート $x(t)$ の対数 $\log x(t)$ を計算する。
- (2) $\log x(t)$ の差分 $\log x(t) - \log x(t-1)$ を計算する。
- (3) ある時間間隔(N 日間)を決め、その中で日毎に差分の偏差 $X(t)$ を計算する。
- (4) $X(t)$ の k ($1 \leq k \leq N$)日目までの累積偏差 $\sum_{i=1}^k X_i$ を計算する。
- (5) 累積偏差の最大値と最小値の差、すなわち累積偏差のレンジ R を求める。
- (6) また、 $X(t)$ の N 日間の標準偏差 S を求めておく。
- (7) N 日間ごとの累積偏差のレンジ R を標準偏差 S で割った値 R/S をそれぞれ計算し、それらの平均値を求める。
- (8) 解析のために用いたすべての N について、 N の対数 $\log N$ を x 軸に、 R/S の平均値の対数 $\log(R/S)$ を y 軸として点をプロットし、あてはめた直線の傾きからハースト指数 H を求める。また、ハースト指数 H はフラクタル次元 F と $F = 2 - H$ という関係をもつので、傾きから 2 を引いてフラクタル次元を求める。

表1では2008年12月31日～2009年1月30日のルーブル/ドルの時系列デー

(6) スケール変換解析については、新田功 (2001)「フラクタル幾何学と経済時系列分析」、新田功・大滝厚・森久・阪井和夫 (2001)『経済・経営時系列分析』、白桃書房、第3章、pp.45-82、を参照。

タから、 $N = 4$ としたときの R/S の値を計算する手順を示してある。

分析対象である為替相場にはトレンドや季節変動が含まれるので、まず定常化をおこなう。3 列目に原系列の対数を取り、さらに 4 列目にその対数の差分を求め、原系列を定常化する。

上記データを 4 つずつに分割し、それぞれの平均を求め、差分から平均を引いて 5 列目のように偏差を求める。6 列目に各組の 1 番目から 4 番目までの偏差を足して累積偏差を求める。この中から最大値と最小値を選んでレンジ R を計算したのが 7 列目の値である。また 5 列目の偏差から標準偏差 S を計算したのが 8 列目の値である。

こうして求めた R と S の商を求め、表 1 では R/S の値が 4 つ得られたので、これら 4 つの平均値をもって $N = 4$ のときの R/S の推計値とする。

本研究では、ルーブル/ドル相場の時系列曲線の短期の動向と長期の動向を探るために、短期の解析のための時間間隔 N として、 $N = 4, 6, 8, 10, 16$ 日を、長期の解析のための時間間隔 N として、 $N = 10, 20, 30, 40$ 日を用いた⁽⁷⁾。

表 1 の作業を繰り返して得られた R/S について、両対数図表に $\log N$ に対応する $\log (R/S)$ の値をプロットし、描かれた散布図に最小 2 乗法で直線を当てはめ、その傾きを H の推定値とする。

(7) 水上善博・ドーバントン (2011) 「ベトナムの通貨ドンと円の為替相場のフラクタル解析について」『滋賀大学産業共同研究センター報』, No.10, 2011年 7 月, pp.79-83, と同様の手順で解析したが、水上・ドー (2011) では対数として常用対数を用い、一方、本研究では自然対数を用いた。

表1 スケール転換解析の手順 (2008年12月31日～2009年1月30日)

t	x (t)	logx (t)	logx (t) -logx (t-1)	偏差	累積偏差	レンジR	標準 偏差S	R/S
31/12/2008	29.3804	3.380328						
01/01/2009	29.3916	3.380709	0.000381	-0.014822	-0.014822			
12/01/2009	30.5331	3.418811	0.038102	0.0228988	0.0080764			
13/01/2009	30.9981	3.433926	0.015115	-8.90E-05	0.0079873			
14/01/2009	31.2226	3.441142	0.007216	-0.007987	0	0.022899	0.014211	1.611288
15/01/2009	31.5616	3.451941	0.010799	-0.002348	-0.002348			
16/01/2009	32.2135	3.472386	0.020444	0.0072972	0.004949			
17/01/2009	32.5747	3.483536	0.01115	-0.001997	0.0029521			
20/01/2009	32.9085	3.493731	0.010195	-0.002952	0	0.007297	0.004227	1.726384
21/01/2009	33.4154	3.509017	0.015286	0.0154067	0.0154067			
22/01/2009	32.643	3.48563	-0.02339	-0.023266	-0.007859			
23/01/2009	32.7991	3.490401	0.004771	0.0048915	-0.002967			
24/01/2009	32.8926	3.493248	0.002847	0.0029675	0	0.023266	0.014242	1.633542
27/01/2009	32.9018	3.493527	0.00028	-0.012983	-0.012983			
28/01/2009	32.9979	3.496444	0.002917	-0.010346	-0.023329			
29/01/2009	33.2155	3.503017	0.006573	-0.00669	-0.030019			
30/01/2009	34.6847	3.546299	0.043282	0.0300193	0	0.030019	0.017475	1.717831

表2 2006年12月30日～2008年12月31日(2007～2008)と2008年12月31日～2010年12月31日(2009-2010)のルーブル/ドル為替相場の時系列データから得られたハースト指数Hとフラクタル次元F

	短期		長期	
	ハースト指数	フラクタル次元	ハースト指数	フラクタル次元
2007～2008	0.707	1.293	0.611	1.389
2009～2010	0.636	1.364	0.611	1.389

3 結果と考察

これらの時系列データから得られた短期の動向を示すハースト指数と長期の動向を示すハースト指数の結果と、これらハースト指数から求めたフラクタル次元の値を示したのが表2である。

短期の動向を示すハースト指数は、2007年～2008年が0.707、2009年～

2010年が0.636となった。また、長期の動向を示すハースト指数は、2007年～2008年が0.611、2009年～2010年も同じく0.611であった。

ハースト指数はランダムウォークからの逸脱の度合いを示す指標である。H=0.5の曲線は完全にランダムなブラウン曲線となる。H>0.5の時、いったん上昇すると上昇傾向が継続し、反対に下降すると下降傾向がつづく。この傾向を「持続性」と呼び、また「長期の記憶効果」があると表現する。これに対してH<0.5の時、上昇していても下降に転じる傾向が見られ、また下降しているとこれに反して上昇に転じる傾向が見られる。この傾向を「反持続性」と呼ぶ⁽⁸⁾。

ここで得た結果では、すべてH>0.5であり、持続性を示すことがわかった。ロシア銀行は「ドル：ユーロ=0.55：0.45」で構成される通貨バスケットの変動幅を決め、この変動幅の範囲内に収まるように為替介入を実施する⁽⁹⁾。ロシア連邦政府とロシア銀行は平時には緩やかなルーブル高ドル安誘導をおこなっている。一方、2008年世界金融危機の時のようにルーブルが暴落した際、ドル売り介入を実施したもののルーブルの急落を押しとどめることはできなかった。本研究の結果においても、ルーブルが対ドルで上昇傾向にある時は上昇傾向が持続し、いったん下落し始めると下落傾向が止まりにくいことが示されている。

また、短期の動向を示すハースト指数が、2007年～2008年は0.707であるのに対して2009年～2010年は0.636となっており、2009年～2010年の方がいくぶんランダムな動きに近づいたことがわかる。2007年～2008年については、2008年9月以降のルーブルの急落を結果的に買い支えることができなかったことで持続性がより強く表れ、2009年以降については急激なルーブル高を抑

(8) 新田 (2001), pp.64-66.

(9) 安木新一郎 (2009) 「2008年8月以降のロシア・ルーブル相場下落をめぐって」『国際金融』, (1201), 2009年6月, (社) 外国為替貿易研究会, pp.72-77.

制するための為替介入の結果、反持続性が表れたものと考えられる。

さらに、長期の動向を示すハースト指数は2007年～2008年も2009年～2010年も0.611とほぼ等しい値となった。2008年9月のリーマン・ショック以降のルーブル相場は激しい落ち込みを記録したが、長期の動向を見れば、世界金融危機の発生前後でルーブル為替市場においてランダムな動きが強まり正常な市場の動きから逸脱するというような大きな変化は見られないことがわかる。

本研究の結果を円/ドルの時系列データから得られたハースト指数と比較してみよう。

ピーターズ (1994)⁽¹⁰⁾ では、1973年1月～1989年12月の日毎のデータを解析した結果、 $H=0.64$ であった。また、新田 (2001) では、1973年1月～1999年12月の月次データを解析した結果、 $H=0.72$ であった。

水上・ドー (2011) では、2009年1年間の日毎のデータを解析し、短期の動向を示すハースト指数は0.662、長期の動向を示すハースト指数は0.620であった。また、2010年の日毎データの解析では、短期のハースト指数は0.610、長期のハースト指数は0.548であった。

本研究の結果である2007年～2008年、および2009年～2010年のルーブル/ドルの日毎データから得られたハースト指数は $H=0.611 \sim 0.707$ であり、先行研究における円/ドルのハースト指数のうち2010年の $H=0.548$ を除けば、 $H=0.620 \sim 0.72$ であり、ルーブル/ドル相場の時系列データから得られたハースト指数と円/ドルのハースト指数との間に大きな差異は認められず、両方とも弱いながらも長期の記憶効果が働いていることがわかる。

水上・ドー (2011) では、ベトナム・ドン/円の外国為替相場の時系列データ (日毎) のハースト指数について、2009年の短期のハースト指数は

(10) ピーターズ, E. (新田功訳) (1994) 『カオスと資本市場』, 白桃書房。

0.561, 長期のハースト指数は0.471, 2010年の短期のハースト指数は0.542, 長期のハースト指数は0.444との結果が出ている。ロシア・ルーブルと同じくベトナム・ドンもまた国家による為替管理が行なわれている通貨であるが, ドン/円の長期のハースト指数は $H < 0.5$ となっており, ルーブル/ドルや円/ドルとは異なり, 反持続性が表れている。

4 おわりに

2007年～2008年および2009年～2010年のルーブル/ドル為替相場の時系列データ(日毎)を用いてスケール転換解析をおこない, 以下の結果が得られた。

まず, 全期間を通じてハースト指数 $H = 0.611 \sim 0.707 > 0.5$ となり, ランダムウォークにしたがわず, 弱い長期の記憶効果が見られる, すなわち, 弱いながらも過去の観察値の傾向が将来にわたって持続していることが示された。

次に, 2008年後半に世界金融危機が顕在化しルーブル外国為替相場は急落を記録したが, 長期の動向を表すハースト指数は $H = 0.611$ とほとんど変化なく, 世界金融危機の前後でルーブル市場がよりランダムな動きを示すなどのような変化はなかったと考えられる。

さらに, 先行研究における円/ドルのハースト指数と比較すると, ルーブル/ドルと円/ドルのハースト指数は近似している。

本研究により, ルーブル/ドル相場には弱い長期の記憶効果が存在することが推測された。ルーブルはロシア銀行が毎日公定レートを発表するような管理された通貨であるが, ベトナム・ドンのような反持続性は見られなかった。

現在, FX市場における個人による外貨売買での「逆張り」が為替変動に影響を与えていることが観察されている。すなわち, 円高ドル安が一定程度進んだところで, 円を売ってドルを買いドル高への転換を待つという個人が

増えたことで、ドル安傾向に歯止めがかかっているというのである⁽¹¹⁾。こうした逆張りという行動が見られる以前には、値動きには加速度があるとする見解が一般的であったように思える⁽¹²⁾。

これまで世界最大の原油輸出国でありながら取引額が小さく資源国通貨とは見なされていなかったルーブルではあるが、FX市場などにおけるルーブルの存在感は高まっており、個人による売買の影響が強まると考えられることから、2011年以降もルーブル為替相場に持続性が見られるかどうか、今後観測をつづけたい。

また、本研究はルーブル/ドル為替相場の時系列データに弱い持続性があるという現象を記述したものであって、なぜ弱い持続性があるのかを説明したものではないのであり、今後の研究課題としたい。

(11) 『日本経済新聞』，2011年7月25日付。

(12) 『朝日新聞』，2011年1月3日付。