

IR2014-1

## 多変数間の先導・追従関係に関する軌道分析について

板木雅彦\*

2014年4月14日

Orbit analysis of leading-following relations  
among multiple variables

Masahiko ITAKI

14 April 2014

\*立命館大学国際関係学部教授

著作権や内容・意見は執筆者に属し、国際関係学会の示すものではない。尚、無断転載を禁ずる。

# 多変数間の先導・追従関係に関する軌道分析について<sup>1</sup>

Orbit analysis of leading-following relations among multiple variables

板木雅彦<sup>2</sup>

Masahiko ITAKI

## Abstract

Orbit analysis is a statistical method of revealing *leading-following relations* between two variables in *x*-axis and *y*-axis; it is conducted by tracing coordinates of the variables in time-series in a scatter diagram, usually used in correlation analysis, and by identifying the direction of rotation of the *orbit* thereby depicted. The method is applicable to multiple variables and produces a set of their consistent leading-following relations in time-series. An important point is that those are different from temporal *preceding-lagging relations*. From this viewpoint, so-called Granger causality will lose its validity. Orbit analysis is empirically applied to show the relations among short-term interest rates in US, UK, Germany, the Euro area and Japan during the period of 1995-2011, which form one global system of interest rates.

## キー・ワード

軌道分析、先導・追従関係、グレンジャー因果関係、世界金利体系

## 目次

- I. 相関分析、回帰分析と軌道分析の違い
  - II. 軌道分析の原理
  - III. 三角関数を使った軌道の実例
  - IV. 相互相関分析と偏相関分析
  - V. 軌道の回転方向と先導・追従の計算
  - VI. 多変数間の先導・追従関係と位階制
  - VII. 軌道分析のための概念装置
  - VIII. 先導・追従関係とグレンジャー因果関係
- むすび

---

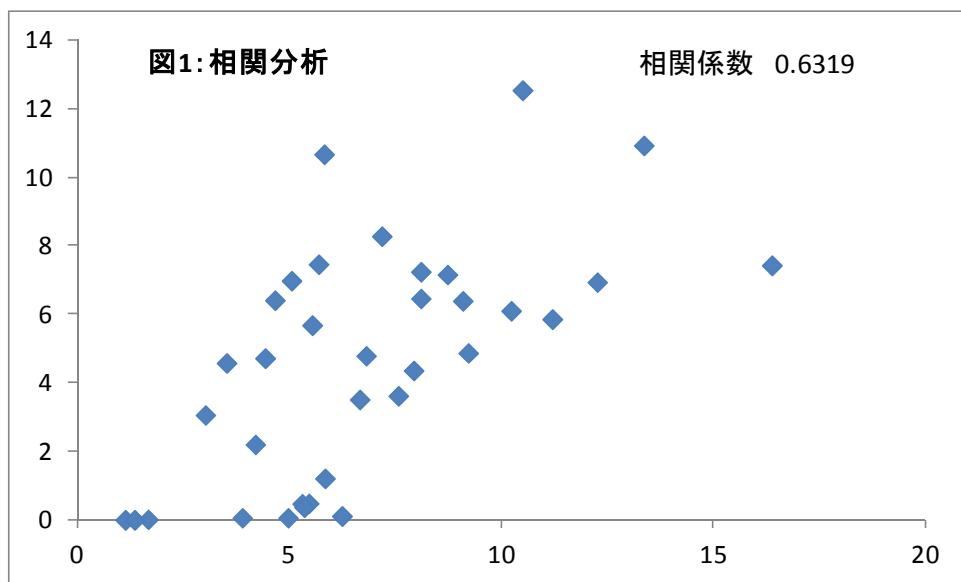
<sup>1</sup> 本ワーキング・ペーパーは、『立命館国際研究』第27巻1号（2014年6月発行予定）に掲載される“Orbit analysis of leading-following relations among multiple variables”的日本語訳である（<http://www.ritsumei.ac.jp/acd/cg/ir/college/bulletin/index-j.htm>）。

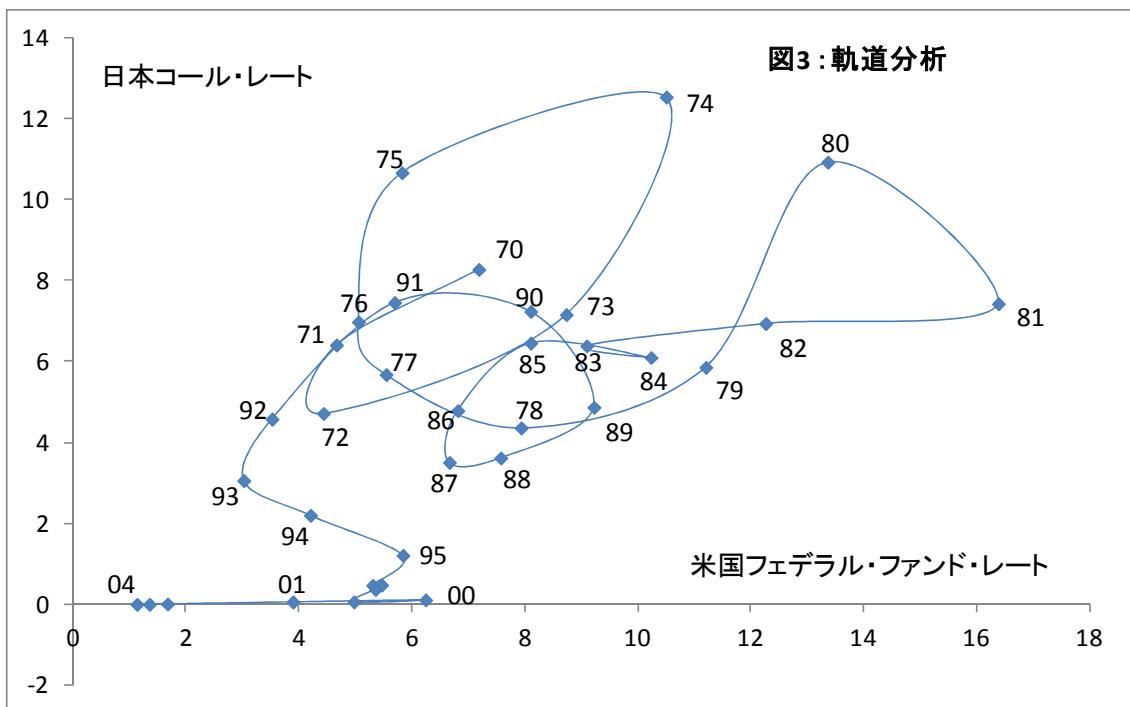
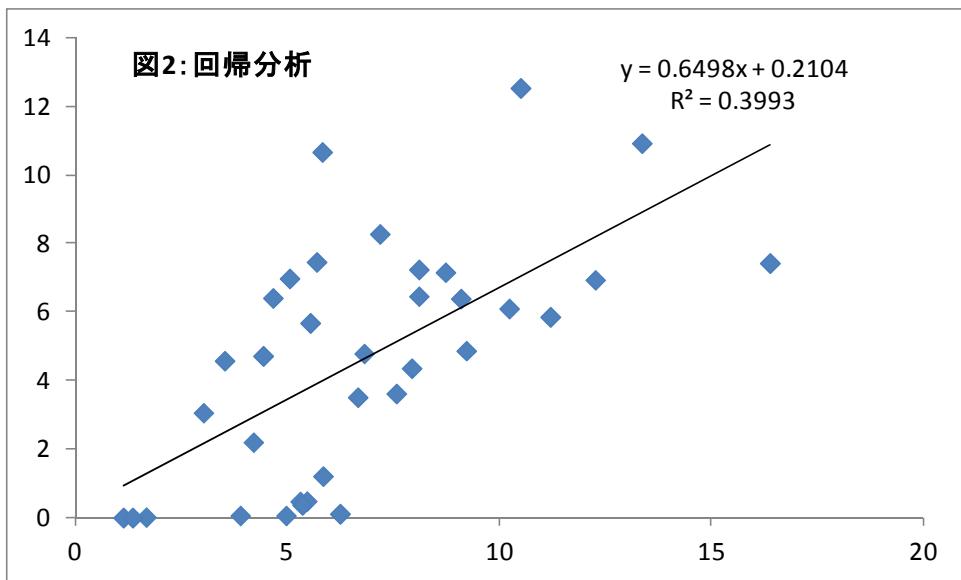
<sup>2</sup> 立命館大学国際関係学部教授 (itaki@ir.ritsumei.ac.jp)

## I. 相関分析、回帰分析と軌道分析の違い

2つの変数間の線形的な関係を明らかにする統計的手法として、相関分析と回帰分析がある。相関分析の結果は、-1から+1の実数として表わされ、値が-1に近ければ近いほど負の相関が強く、0は無相関で、+1に近ければ近いほど正の相関が強いことを表している。回帰分析は、2変数を独立変数  $x$ （説明変数）と従属変数  $y$ （目的変数）とに分け、最小二乗法を用いて両変数の線形関係を表わす1次方程式  $y = ax + b$  の  $a$  および  $b$  を推計する方法である。

たとえば散布図1の例では、相関係数は0.6319となっており、2つの変数がある程度の正の相関関係にあることが示されている。その回帰分析を行なったものが図2で、回帰直線は  $y = 0.6498x + 0.2104$ 、決定係数  $R^2 = 0.3993$  となる。このように、通常の散布図による相関分析や回帰分析の場合には、プロットされた点が一線上に並ぶのが「理想」であって、ここからの乖離は、いわば「外れ」として相関係数や決定係数を低下させることになる。





これに対して本稿で提起する軌道分析では、プロットされた諸点を一時に全体としてとらえるのではなく、時系列データの場合にはそれらを時間軸に沿って連結し、そこに描き出される「軌道」の回転から何がしかの統計情報を抽出しようとする点に特徴がある。軌道分析においては、相関係数や決定係数の高さが問題なのではなく、その低さや「異常値」の存在さえ重要な統計的意味を与えてくれることとなる。

図3を見てみよう。じつは、これは図1、図2と同じものであって、1970年から2004年の期間にわたって、x軸に米国のフェデラル・ファンド・レートをとり、y軸に日本のコール・レートをとったものである。それぞれ、アメリカの中央銀行であるFRB

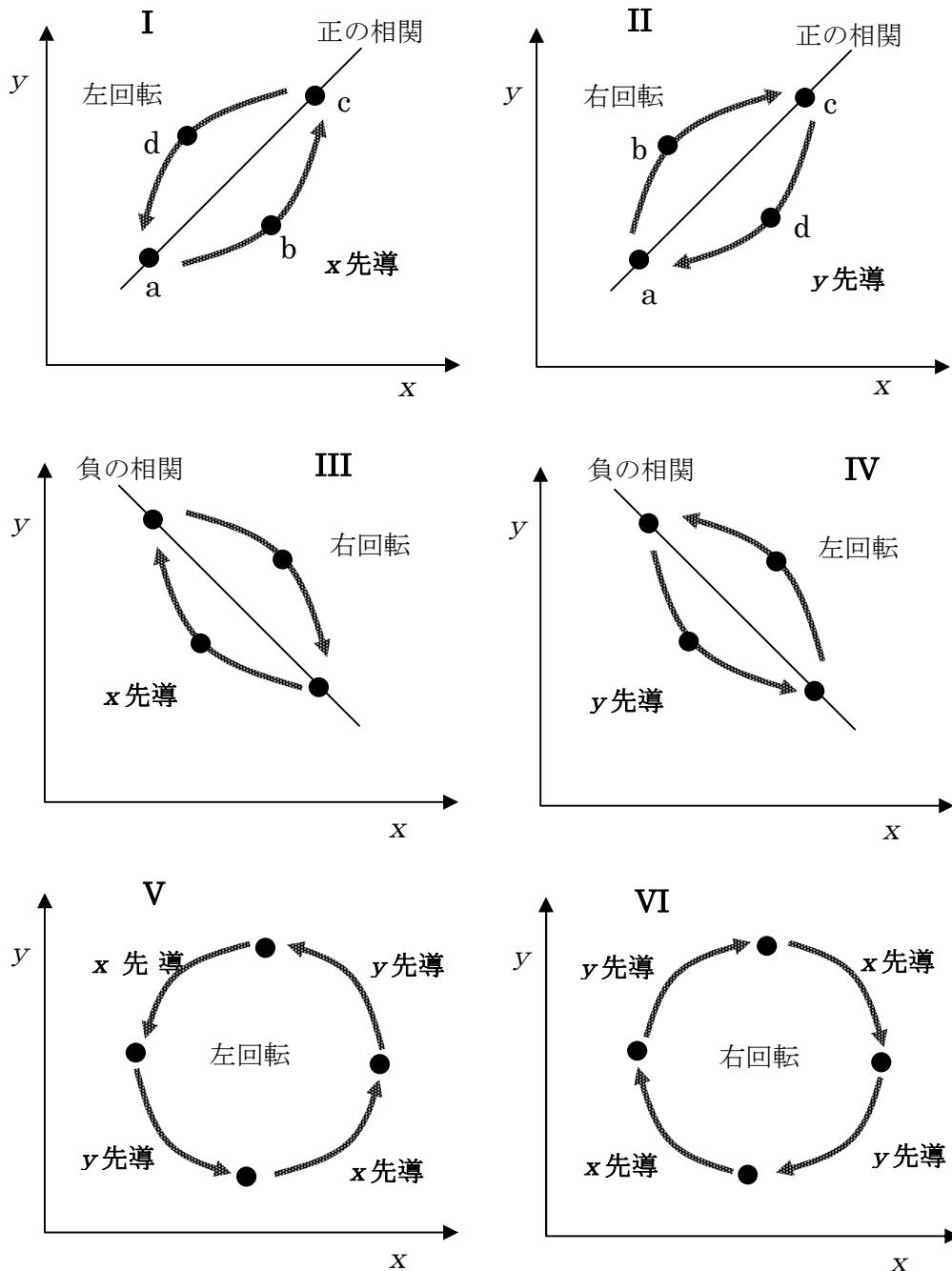
(連邦準備制度理事会) と日本の中央銀行である日本銀行が金融政策の手段として活用している短期金利である。このように、時系列データの場合には、時間の経過に沿って諸点を連結することで一種の「軌道」を描くことができる。すると、その軌道が一定の規則性をもって回転運動していることがしばしばある。わたしたちがいま注目するのは、この回転運動の有り様なのである。

図 3 を詳細に観察すると、1970 年から 79 年にかけて、そして 1982 年から 93 年にかけて明確に左回転していることが見て取れる。数年単位で回転方向が右に左に不規則に変化するのではなく、10 年、あるいは 10 数年にわたって規則的な回転運動が繰り広げられることの意味は何であろうか。国際金融を学ぶ者ならすぐに気付かれるように、これは、アメリカ FRB の金融政策が日銀の金融政策を先導していることの証なのである。相関係数 0.63 という一定の強さで両国の短期金利がたんに「連動」しているだけではない。「連動」とは、先導するものと追従するものが区別されることなく、あたかも連立方程式の 2 変数が同時決定されるように、「一緒に動いている」という意味である。しかし、この左回転という事実は、「連動」ではなく「主導と追従」あるいは「先導と追従」の関係に 2 変数があることを強く示唆している。

## II. 軌道分析の原理

ここではまず、板木 (2006) 第 3 章補論 2 の図にしたがって、軌道分析の基本原理を明らかにしておこう (図 4)。

図4：軌道分析の6つのケース



いま、変数  $x$  と  $y$  の散布図を描き  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  の 4 期にわたって連結すると、それらの軌跡は、次の 6 通りの基本パターンのいずれかをとる。すなわち、正の相関、負の相関、円環という三つの形状のそれぞれに、右回転と左回転が組み合わされる。

I のケース：正の相関関係のもとで左回転（ $x$  先導、 $y$  追従）

$x$ 、 $y$  両変数が直線的ではなく、左回転しながら運動しているケースである。 $a$  は、一直線に  $c$  に向かうのではなく、いったん  $b$  を経由してから  $c$  に向かって上昇している。

また、 $c$ から $a$ に低下するときには、いったん $d$ を経由してから $c$ に向かって低下している。この場合には、 $x$ 先導、 $y$ 追従と判断することができる。

なぜなら、軌道の上昇過程では、まず変数 $x$ の上昇が生じ、これに変数 $y$ が遅れて反応することで、直線的にではなく $b$ を経由したうえで下からせり上がりてくる形の左回転カーブを描くと考えられるからである。軌道の下降過程においても、まず変数 $x$ が先導的に低下し、それにやや遅れながら変数 $y$ が低下することで、このような左回転の下降カーブが描かれると考えられる。したがって、いずれの場合も $x$ 先導、 $y$ 追従と判断することができるわけである。

II のケース：正の相関関係のもとで右回転（ $y$ 先導、 $x$ 追従）

III のケース：負の相関関係のもとで右回転（ $x$ 先導、 $y$ 追従）

IV のケース：負の相関関係のもとで左回転（ $y$ 先導、 $x$ 追従）

これら三つのケースは、いずれも I のケースの応用問題として先導・追従関係を理解することができる。

V のケース：円環を描きながら左回転

VI のケース：円環を描きながら右回転

実際に軌道分析を行なってみると、たとえば何年にもわたって強い正負の相関関係にあるにもかかわらず、その途中の数年間に右回転、あるいは左回転の円環を描きながら一所にとどまっているようなケースに出会うことがある。この場合にも、V のケースや VI のケースのように、1 年ごとの変化を厳密に $x$ 先導、 $y$ 先導と峻別することも可能である。つまり、先導・追従関係が実際交互に入れ替わったとみなすわけである。あるいはそのような場合には、当該期間において両変数の関係が不安定化しており、先導・追従関係は不明と判断する方が妥当かもしれない。言うまでもなく、その最終的な判断は、軌道の形状からではなく理論的・歴史的諸条件の考察にもとづくものでなければならない<sup>3</sup>。

また、軌道が円環状にならないまでも、左右の回転が連続して変化することがある。この場合にも、 $x$ と $y$ の先導・追従関係そのものが連続的に変化したととらえるべきか、あるいは、それらが誤差を含みつつ一まとまりのものとして右回転、あるいは左回転しているととらえるべきかは、当時の歴史的状況も十分勘案してケース・バイ・ケースで判断すべきものである。

以上が軌道分析の原理である。分析の際にくれぐれも注意すべきは、適切な二つの変数の選択である。それらの間に相関関係や因果関係の存在することが理論的に十分予想される

<sup>3</sup> 円環状の軌道が描かれる典型例は、在庫循環である。 $x$  軸に生産量、 $y$  軸に在庫量をとると、数年間かけてきれいな左回転の軌道を描くことが多い。軌道の右下から順次、生産増大に先導された在庫増大→在庫増大に先導された生産減少→生産減少に先導された在庫減少→在庫減少に先導された生産増大、という一連の先導・追従関係の変化が観察される。軌道分析の視角によるものではないが、在庫循環を媒介とした生産の数量調整の問題について詳しくは、森岡（2005）を参照。

変数を選択すべきであって、任意の変数でよいというわけではない。さもないと、太陽の黒点と景気変動の間に密接な相関があると説いたジェヴォンズ (William S. Jevons, 1835-82 年) の二の舞になりかねない。

### III. 三角関数を使った軌道の実例

今度は逆に、明らかに一つが先行し、もう一つが遅行する 2 つの関数が実際に散布図上で軌道を描いて運動する様子を観察しよう。図 5 は、0.2 期 (単位ラジアン) の時差をもった 2 つの正弦曲線である。このうち先行する実線の正弦曲線を  $x$  軸にとり、遅行する破線の正弦曲線を  $y$  軸にとって散布図を描かせたものが図 6 である。きれいな左回転の軌道を描いて運動することがわかる。次に、時差を増やして 0.5 期 (単位ラジアン) の時差をもった 2 つの正弦曲線で散布図を描かせたものが図 7 である。時差が大きくなると、橢円状の軌道の幅が広がることが観察できる。

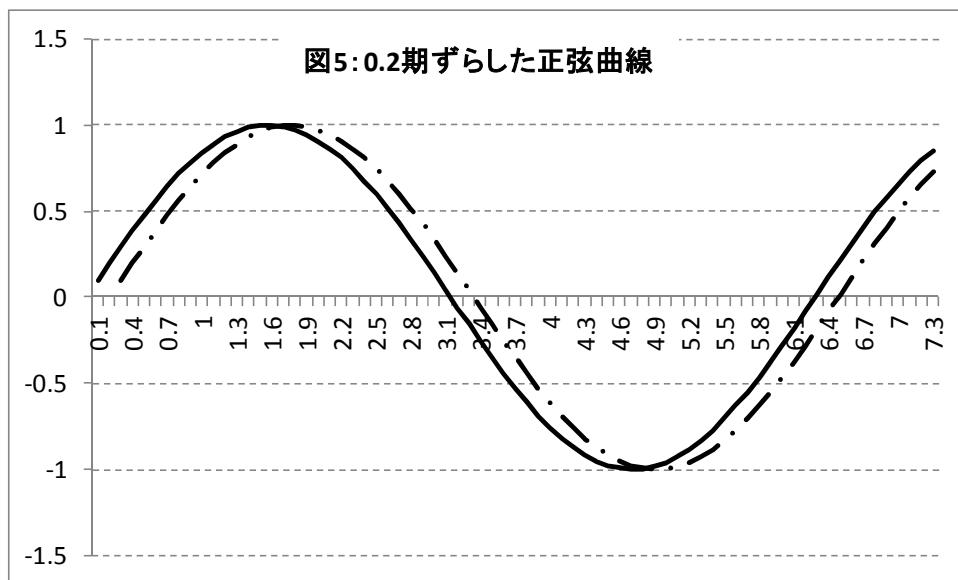


図6:0.2期ずらした2つの正弦曲線の描く軌道

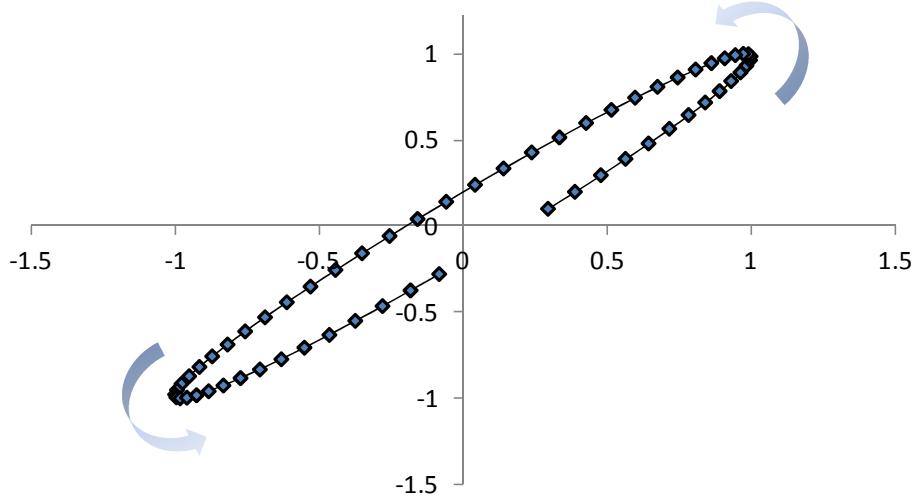
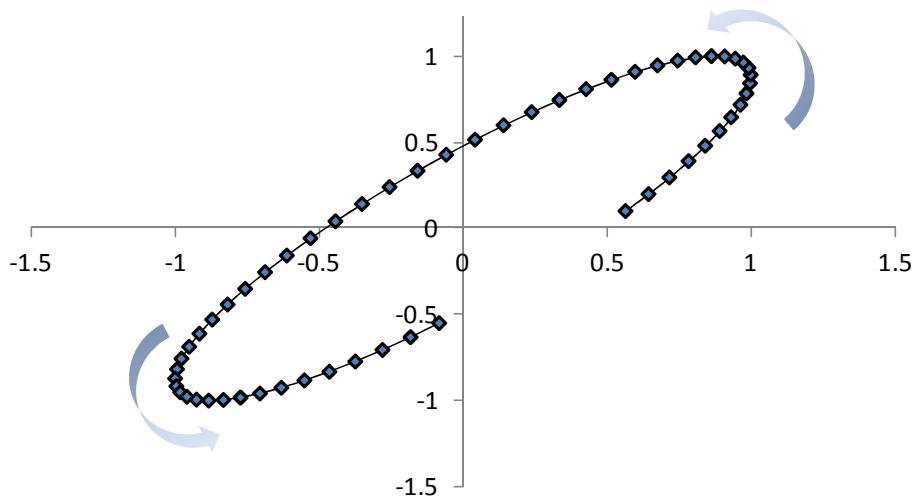


図7:0.5期ずらした2つの正弦曲線の描く軌道



#### IV. 相互相関分析と偏相関分析

2組の時系列データに関して時間的な先行・遅行関係を考慮した相関分析が、相互相関分析である。その方法は、1組のデータにプラスあるいはマイナスの時差  $h$  (たとえば、1期、2期、3期等) を任意に設定し、それぞれの相関係数を計算してもっとも係数の高い時差  $h$  を特定するというものである (田中 (2002) 65–67 ページ参照)。しかし、わたしたちが本稿で目指している詳細かつ柔軟な先導・追従関係の特定という目的にとって、この方法にはいくつかの問題点がある。そのため、本稿では相互相関分析は、採用しない。

その問題点とは、下記の通りである。

第一に、時差の選定に恣意性があること。

第二に、時差が正または負の整数でなければならず、1期末満の時差に対応できないこと。

第三に、時系列データ全体に対して相関係数が計算されるから、時系列中に先行・遅行関係が変化した場合に、対応できないこと。

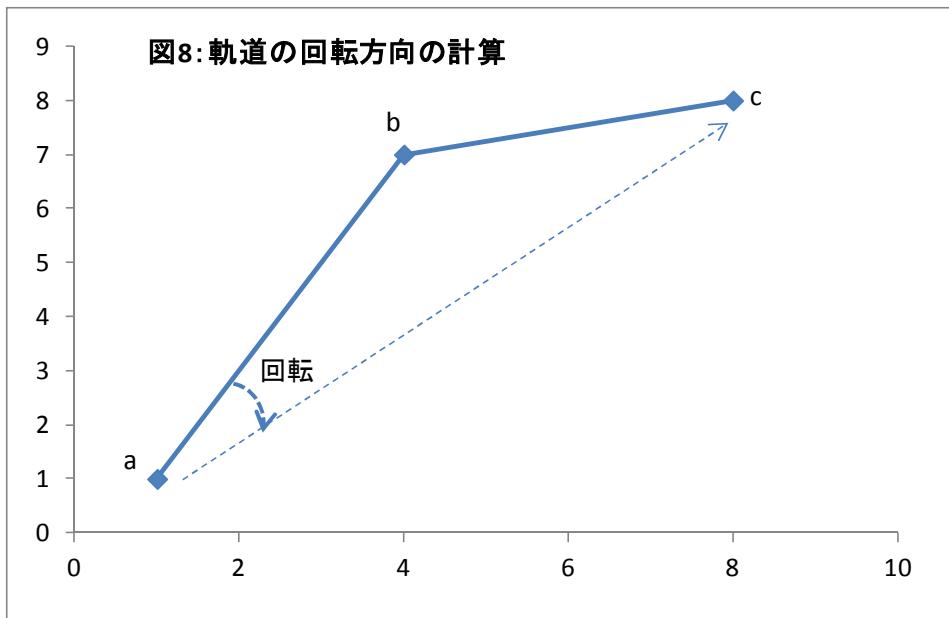
2組の変数間の純粋な相関関係を抽出するためには、これらに影響を与えている第3の変数の影響を除去する必要がある。この目的のために、この第3の変数に関して回帰させた当該2組の変数の残差系列間の相関係数を求める方法が、偏相関係数である（田中（2002）67-69ページ参照）。

たとえば、名目GDPとマネー・ストックは、通常きわめて高い相関係数を示すが、これは両者がともに長期の上昇トレンドをもつことによって生み出される見せかけの相関である。この場合、共通の長期トレンドが、上記第3の変数に相当する。そこで、この影響を除去するためには、名目GDPとマネー・ストックを回帰させ、その残差系列に関して相関係数を求めればよい。これがこの場合の偏相関係数である（田中（2002）53-57ページ参照）。

より正確な相関関係の析出は軌道分析の前提であるから、このようにして求められた残差系列に対して軌道分析を施すべきであるとも考えられる。しかし、偏相関分析には、わたしたちが本稿で目指している分析目的にとって次のような問題点がある。上の名目GDPとマネー・ストックの場合のような方法で共通の長期トレンドを除去するには、時系列データの全体に関して両変数を回帰して残差系列を求めなければならない。しかし、多くの経済変数がそうであるように、当該期間中に長期トレンドが大小の変化を被ったり、途切れたりすることがある。したがって、偏相関分析を行なう際には、長期トレンドの安定性をアприオリに想定しなければならない。言い換えれば、そのような長期トレンドの安定性が理論的に担保されている前提のもとで初めて有効性を発揮しうる方法であるということができる。

## V. 軌道の回転方向と先導・追従の計算

軌道の回転方向と先導・追従関係を判断するには、軌道グラフを目視することによっても十分可能であるが、表計算ソフトを用いて計算させることができ便利である。そこでまず、計算の基本則について明らかにしておきたい。軌道の回転方向を決めるために最小限必要な座標数は、3つである。そこで、図8に示すように、いま第1期、第2期、第3期の座標がa、b、cであったとしよう。この場合、3つの座標は正の相関関係にあり、右回転している。そこで、逆正接関数（アークタンジェント関数）を用いて、3つの座標から角度bacを求める。この値がラジアン単位で0からπ（0度から180度）であれば左回転、0から-π（0度から-180度）であれば右回転である。



実際にはこの計算は、三角形  $abc$  を平行移動して  $a$  を原点にもってきて、 $x$  軸と線分  $ac$  の角度から  $x$  軸と線分  $ab$  の角度を減ずることで求められる。ラジアンは正の場合は  $\pi$  以下の値をとり、負の場合は  $-\pi$  以上の値をとる。そのため、三角形  $abc$  を平行移動して  $a$  を原点にもってきた場合に、 $b, c$  がどの象限に位置するか、減算の結果が  $\pi$  以上あるいは  $-\pi$  以下の値をとるか、によってかなり煩瑣な場合分けを必要とする。下記の「回転を求める分解式」と、これをまとめた「回転（ラジアン）」の関数式が複雑になっているのは、この理由による。

次に、座標が正の相関で左回転であれば変数  $x$  先導、正の相関で右回転であれば変数  $y$  先導、負の相関で左回転であれば変数  $y$  先導、負の相関で右回転であれば  $x$  先導という 4 つに場合分けする。

計算の便宜のために、以下 Microsoft EXCEL を用いて計算を行なう場合の関数式を示しておきたい。表 1 は、1989 年から 2000 年の変数  $x$  と変数  $y$  の数値例である。

傾き (D3) =SLOPE(C2:C3,B2:B3)、4D =SLOPE(C3:C4,B3:B4)

回転 (ラジアン) (E3)

$2), 2*\text{PI}() + \text{ATAN2}(B3-B2, C3-C2)), \text{IF}(0 \leq \text{ATAN2}(B4-B2, C4-C2), \text{ATAN2}(B4-B2, C4-C2), 2*\text{PI}() + \text{ATAN2}(B4-B2, C4-C2)) - \text{IF}(0 \leq \text{ATAN2}(B3-B2, C3-C2), \text{ATAN2}(B3-B2, C3-C2), 2*\text{PI}() + \text{ATAN2}(B3-B2, C3-C2)) - 2*\text{PI}(), 2*\text{PI}() + \text{IF}(0 \leq \text{ATAN2}(B4-B2, C4-C2), \text{ATAN2}(B4-B2, C4-C2), 2*\text{PI}() + \text{ATAN2}(B4-B2, C4-C2)) - \text{IF}(0 \leq \text{ATAN2}(B3-B2, C3-C2), \text{ATAN2}(B3-B2, C3-C2), 2*\text{PI}() + \text{ATAN2}(B3-B2, C3-C2)))$

回転（角度）(F3) =DEGREES(E3)

先導・追従 (G3)

=IF(AND(0<=D3,0<F3),"X",IF(AND(0<=D3,F3<0),"YY",IF(AND(D3<=0,0<F3),"YY",IF(AND(D3<=0,F3<0),"X","-"))))

回転を求める分解式

H3 =B3-B2

H4 =B4-B2

I3 =C3-C2

I4 =C4-C2

J3 =ATAN2(H3,I3)

J4 =ATAN2(H4,I4)

K3 =IF(0<=J3,J3,2\*PI() + J3)

K4 =IF(0<=J4,J4,2\*PI() + J4)

L3=IF(AND(-PI()<=K4-K3,K4-K3<=PI()),K4-K3,IF(PI()<=K4-K3,K4-K3-2\*PI(),2\*PI() + K4-K3))

表 1 : EXCEL を用いた軌道の回転方向と先導・追従の計算

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		変数x	変数y	傾き	回転(ラジアン)	回転(角度)	先導・追従	回転を求める分解式				回転(ラジアン)
2	1989	18.63	9.21									
3	1990	20.78	5.75	-1.61	-1.28	-73.45	-X	2.15	-3.46	-1.01	5.27	-1.28
4	1991	12.39	2.18	0.43	-0.81	-46.45	YY	-6.24	-7.03	-2.30	3.99	
5	1992	16.04	7.80	1.54	1.59	90.82	X					
6	1993	4.42	7.19	0.05	-1.90	-108.97	YY					
7	1994	17.23	11.96	0.37	1.96	112.46	X					
8	1995	-1.00	13.02	-0.06	2.78	159.18	-YY					
9	1996	28.65	6.84	-0.21	0.04	2.16	-YY					
10	1997	17.53	9.88	-0.27	0.47	26.98	-YY					
11	1998	6.09	2.18	0.67	-0.45	-25.97	YY					
12	1999	11.83	9.08	1.20	-0.13	-7.41	YY					
13	2000	21.34	16.32	0.76								
14												
15	(注)	1. ラジアンおよび角度の正は左回転、負は右回転を示す。										
16		2. 先導・追従のXはX先導、YYはYY先導を表わす。負は傾きが負であることを示す。										

ここで改めて図 3 と計算結果を示した表 2 を見ることにしよう。1970 年から 2004 年の期間の大部分にわたって、FRB のフェデラル・ファンド・レートが日銀のコール・レートを先導している様子が手に取るようにわかる。しかし、それだけではない。両者の軌道を詳細に観察すれば、1980 年代初頭の例外的な右回転や、1994 年以降の異常な事態もまた、十分な根拠をもつものであることがわかる。前者は、FRB のボルカー議長による超高金利政策によって米フェデラル・ファンド・レートが一気に上昇し、軌道が右方向に引っ張られたことに伴う例外的な右回転だったのである。また後者は、バブル崩壊後、ゼロ金利政策へ突入していくとする日本短期金融市場の麻痺が原因である。このような事態は、相関係数や決定係数を低めるものではあるが、統計的に意味あるものとして、しっかりと軌道の回転に反映されている。このように軌道分析は、2 つの変数間の全般的な先導・追従関係を把握するのに有効なだけでなく、特定年・期間に限定された一時的な逆転現象を明らかにすることができます。

表2:米国フェデラル・ファンド・レートと日本コール・レートの先導・追従関係

フェデラル・ファンド・レート	日本コール・レート	傾き	回転(ラジアン)	回転(角度)	先導・追従		
1970	7.18	8.28					
1971	4.66	6.41	0.74	0.27	15.74	X	
1972	4.43	4.72	7.35	1.89	108.19	X	
1973	8.73	7.16	0.57	0.39	22.61	X	
1974	10.50	12.54	3.04	1.01	57.87	X	
1975	5.82	10.67	0.40	0.42	23.79	X	
1976	5.05	6.98	4.79	0.15	8.58	X	
1977	5.54	5.68	-2.65	0.47	27.05	-YY	
1978	7.93	4.36	-0.55	0.54	30.73	-YY	
1979	11.20	5.86	0.46	0.45	25.79	X	
1980	13.36	10.93	2.35	-0.87	-50.06	YY	
1981	16.38	7.43	-1.16	-0.98	-56.20	-X	
1982	12.26	6.94	0.12	0.02	1.34	X	
1983	9.09	6.39	0.17	0.22	12.64	X	
1984	10.23	6.10	-0.25	-2.96	-169.77	-X	
1985	8.10	6.46	-0.17	0.53	30.55	-YY	
1986	6.81	4.79	1.29	0.20	11.67	X	
1987	6.66	3.51	8.53	0.69	39.69	X	
1988	7.57	3.62	0.12	0.37	21.09	X	
1989	9.22	4.87	0.76	0.78	44.52	X	
1990	8.10	7.24	-2.12	0.50	28.44	-YY	
1991	5.69	7.46	-0.09	0.62	35.36	-YY	
1992	3.52	4.58	1.33	0.10	5.75	X	
1993	3.02	3.06	3.04	0.60	34.15	X	
1994	4.20	2.20	-0.73	0.05	2.82	-YY	
1995	5.84	1.21	-0.60	-0.46	-26.43	-X	
1996	5.30	0.47	1.37	0.15	8.62	X	
1997	5.46	0.48	0.06	-1.17	-67.01	YY	
1998	5.35	0.37	1.00	-0.08	-4.40	YY	
1999	4.97	0.06	0.82	2.17	124.51	X	
2000	6.24	0.11	0.04	3.10	177.75	X	
2001	3.89	0.06	0.02	0.00	0.03	X	
2002	1.67	0.01	0.02	0.00	-0.04	YY	
2003	1.13	0.00	0.02	0.01	0.73	X	
2004	1.35	0.00					

## VI. 多変数間の先導・追従関係と位階制

では次に、2変数間の軌道分析の手法を多変数間の関係に応用して、先導・追従関係の位階制を析出する方法を考察しよう。例として、1994年から2012年までのアメリカ、イギリス、ドイツ、ユーロ圏、日本の短期金融市場金利を用いることとする（表3）。手順は、次の通りである。

- (1) アメリカ、イギリス、ドイツ、ユーロ圏、日本の5カ国・地域に関して、10通りの先導・追従関係を計算する。
- (2) この10通りの結果から、5カ国・地域の先導・追従順位を判定する。
- (3) 第1順位4点、第2順位3点、第3順位2点、第4順位1点、第5順位0点を与えることで、順位点数を計算する。
- (4) この順位点数の5年移動平均を計算して、グラフ化する。

表3：先導・追従関係の位階制

	短期金融市場利子率				
	アメリカ	イギリス	ドイツ	ユーロ圏	日本
1994	4.20	4.88	5.35	6.53	2.20
1995	5.84	6.08	4.50	6.82	1.21
1996	5.30	5.96	3.27	5.09	0.47
1997	5.46	6.61	3.18	4.38	0.48
1998	5.35	7.21	3.41	3.96	0.37
1999	4.97	5.20	2.73	2.96	0.06
2000	6.24	5.77	4.11	4.39	0.11
2001	3.89	5.07	4.37	4.26	0.06
2002	1.67	3.89	3.28	3.26	0.01
2003	1.13	3.59	2.32	2.26	0.00
2004	1.35	4.29	2.05	2.05	0.00
2005	3.21	4.70	2.09	2.12	0.00
2006	4.96	4.77	2.84	3.01	0.12
2007	5.02	5.67	3.86	3.98	0.47
2008	1.93	4.68	3.82	3.78	0.46
2009	0.16	0.53	0.63	0.70	0.11
2010	0.18	0.48	0.38	0.48	0.09
2011	0.10	0.52	0.81	0.82	0.08
2012	0.14	0.48	0.26	0.06	0.08

X軸	アメリカ	アメリカ	アメリカ	イギリス	イギリス	ドイツ	アメリカ	イギリス	ユーロ圏	ユーロ圏
Y軸	イギリス	ドイツ	日本	ドイツ	日本	日本	ユーロ圏	ユーロ圏	ドイツ	日本
1994										
1995	X	-X	-X	-X	-X	YY	YY	YY	-X	-X
1996	YY	X	X	X	X	YY	X	X	YY	YY
1997	X	-YY	YY	-YY	YY	-YY	-X	-YY	YY	-YY
1998	-YY	-YY	YY	X	-X	-X	YY	-X	-YY	X
1999	X	X	X	YY	X	X	X	YY	YY	X
2000	X	X	X	X	X	YY	X	X	X	YY
2001	X	-YY	YY	-YY	YY	-X	X	X	-YY	YY
2002	X	X	YY	X	YY	YY	X	X	YY	YY
2003	YY	X	X	X	X	YY	X	X	X	YY
2004	YY	-YY	-YY	-YY	-YY	YY	-YY	-YY	X	YY
2005	YY	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	YY	YY	X	X	YY	X	X
2007	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X	X	X	YY	X	X	X	X
2009	X	X	X	X	X	YY	X	X	X	YY
2010	-X	-X	-X	YY	X	X	-X	YY	YY	X
2011	-YY	-YY	X	YY	-X	-X	-YY	YY	X	-X
2012										

	順位(点数)					5年移動平均順位(点数)				
	アメリカ	イギリス	ドイツ	ユーロ圏	日本	アメリカ	イギリス	ドイツ	ユーロ圏	日本
1994										
1995	3	2	0	4	1	2.7	2.0	1.3	1.7	2.3
1996	3	4	1	0	2	2.0	2.5	1.8	1.8	2.0
1997	2	0	3	1	4	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6
1998	0	4	3	2	1	2.6	2.4	2.0	1.2	1.8
1999	4	1	3	2	0	2.4	1.8	2.6	1.2	2.0
2000	4	3	0	1	2	2.6	2.2	2.2	1.0	2.0
2001	2	1	4	0	3	3.2	2.2	1.6	0.8	2.2
2002	3	2	1	0	4	2.4	2.2	1.4	1.0	3.0
2003	3	4	0	1	2	2.2	2.4	1.6	1.2	2.6
2004	0	1	2	3	4	2.6	2.2	1.2	1.8	2.2
2005	3	4	1	2	0	2.8	2.4	1.2	2.2	1.4
2006	4	0	2	3	1	3.0	2.2	1.2	2.4	1.2
2007	4	3	1	2	0	3.8	2.6	0.8	2.0	0.8
2008	4	3	0	2	1	4.0	2.0	1.2	2.0	0.8
2009	4	3	0	1	2	3.4	2.4	1.4	2.2	0.6
2010	4	1	3	2	0	3.3	2.3	1.5	2.3	0.8
2011	1	2	3	4	0	3.0	2.0	2.0	2.3	0.7

注 1. 順位(点数)は、第1順位4点、第2順位3点、第3順位2点、第4順位1点、第5順位0点として計算したもの。

2. 5年移動平均順位で、1995年と2011年は3年移動平均順位、1996年と2010年は4年移動平均順位。

このようにして計算された先導・追従関係の位階制は、次のような性質をもっている。すなわち、10通りの個別的先導・追従関係は、すべて矛盾なく——つまり、ドイツはイギリスに追従し、イギリスはアメリカに追従しているのに、アメリカがドイツに追従しているといった事態は生じない——首尾一貫した先導・追従を示す。したがって、この軌道分析を応用することによって、短期金融市場利子率に関する世界的な体系を析出することができるわけである。これをつぶさに分析することで、わたしたちはさまざまな知見を得ることができる。本稿は本格的に世界金利体系そのものを分析する場ではないが、軌道分析の豊かな可能性の一端を示すために、以下若干の分析を行なっておきたい。

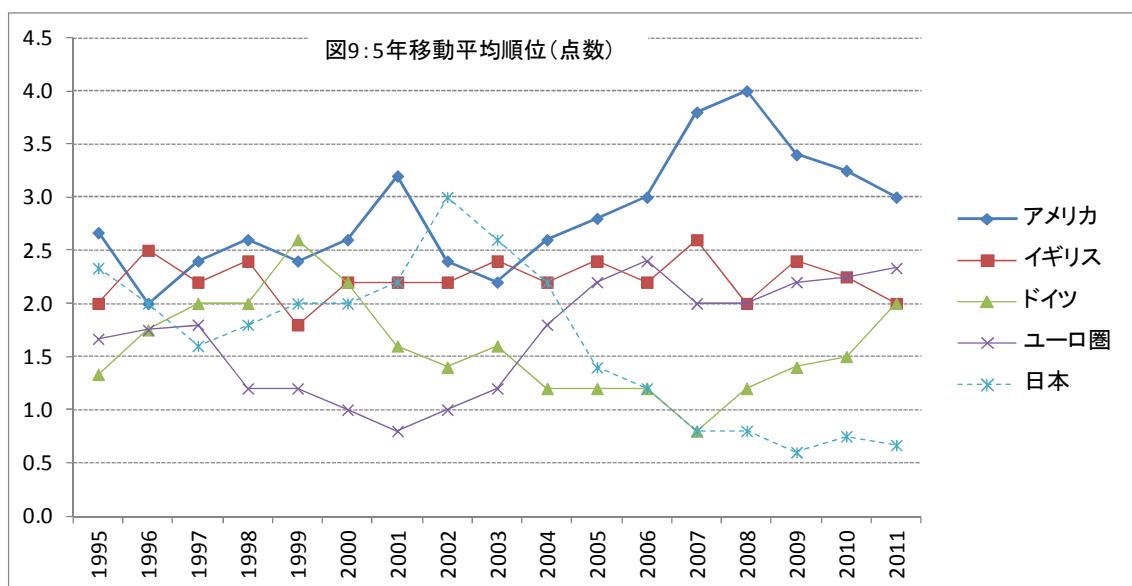


図 9 によれば、1995 年から 2011 年にかけて、おおむねアメリカのフェデラル・ファンド・レートが世界の金利の Kick-starter 役を務めていることがわかる。2000-2001 年にかけての IT バブルの崩壊期、2007-2008 年のサブプライム危機からリーマン・ショックの期間に、その傾向がもっとも顕著である。

前者に関して言えば、アメリカに発する金利変動の波は、まず日本およびイギリスに達し、その後ドイツを経由してユーロ圏に波及していったことがわかる。また後者に関して言えば、サブプライム危機をもたらした FRB の金融政策の影響は、まずイギリスとユーロ圏に及び、その後ドイツに達したが、日本はこの波に一番遅れて追従したことがわかる。

日本は、ゼロ金利政策の採用以来、世界金利体系を先導する地位から、その変化にもっとも感應しない状況を示す最下位の地位にまで大きく順位を低下させている。また、ユーロ圏に関して言えば、2003 年ごろまで世界の金利変動に対してもっとも感応度が低かったが、その後顕著に地位を上昇させ、現在ではイギリスとほとんど連動するまでになっている。そこに近年急速に地位を上昇させてきたドイツと一体化して、アメリカ→欧州圏→日本、という短期金利体系を形作りつつある。

なぜバブルは、世界的現象としてほぼ同時期に発生し、破裂するのであろうか。その連動メカニズム、伝導メカニズムを解明するためには、世界金利体系に潜む先導・追従関係の解明が不可欠である。1995 年から 2011 年にかけての短期金融市场金利の位階制の分析は、そのための有益な手掛かりを与えてくれているものと考えたい。

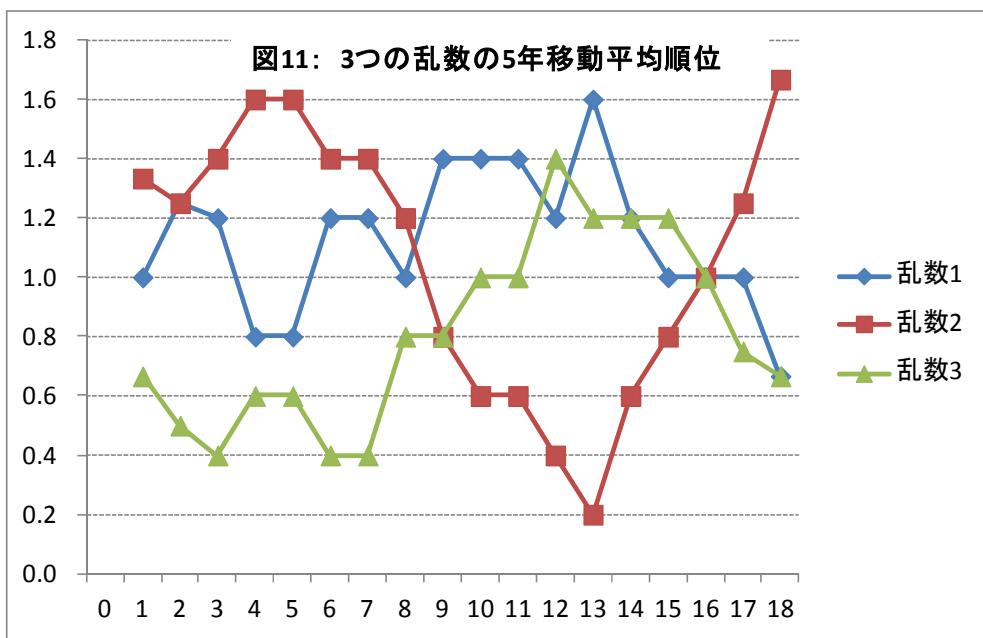
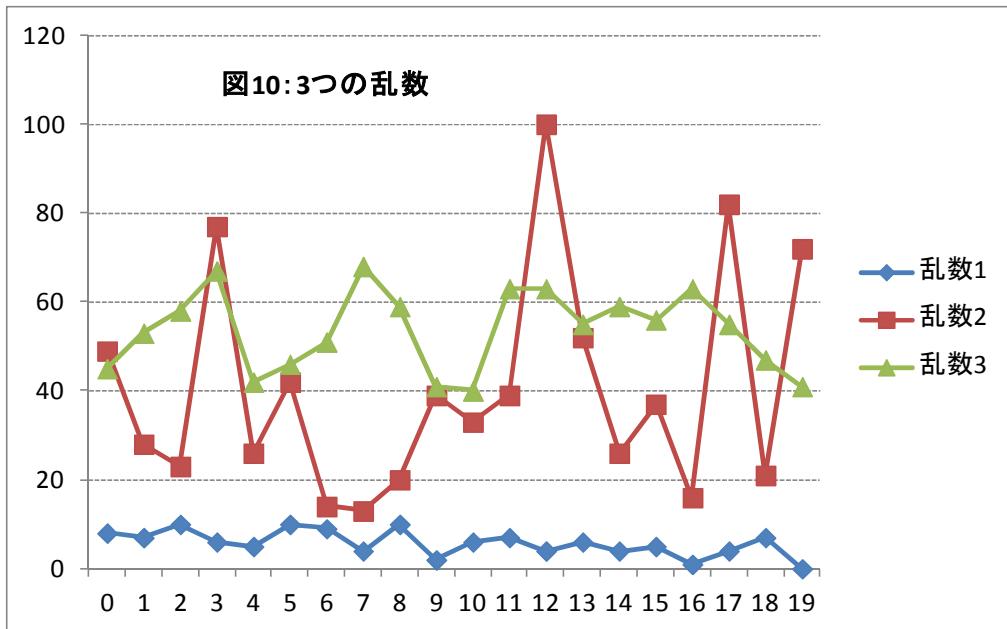
しかしじつを言えば、世界金利体系の析出は、それほどたやすいものではない。ここで私たちが分析の俎上にあげた 1995 年から 2011 年という時期は、比較的に先導・追従関係が安定していた時期であった。しかし、これを 1970 年代、さらには 1950 年代にまでさかのぼって追跡すると、日本やオランダやフランスが世界金利体系の Kick-starter の地位につく時期が観察される。たとえば、1960 年代半ばまでほぼ 10 年の長きにわたって日本が世界の Kick-starter の地位にあったなどという事実は、これまでの国際経済学の常識からは到底理解できないものであろう。これをいかに整合的に理解するか、理論と実証の双方に課せられた大きな課題である。

さらに警告の意味を込めて付け加えておきたい。先導・追従関係にある諸変数に対して軌道分析を施せば、ごく微細な「時差」をも探知して、首尾一貫した位階制が検出される。しかし、この逆は真ならずで、首尾一貫した、あるいはもっともらしく見える位階制が検出されたからといって、そのこと自体が諸変数間の先導・追従関係の存在を保証するものではない。これを例証するために 3 つの乱数を使って先行・遅行関係を見たものが表 4 である。この 3 つの乱数をグラフ化したものが図 10 で、3 乱数間の相関係数は、表にあ

るようすにそれぞれ -0.298、0.026、0.052 ときわめて低い。それにもかかわらず、乱数 2 と乱数 3 の間には期間 10-15 にかけて 6 期連続で乱数 3 の先導性が検出されている。また、位階制をグラフ化した図 11 では、いかにももっともらしい 5 年移動平均順位の推移が示されている。位階制の分析から何らかの実証的命題を導くためには、変数間の先導・追従関係に関する十分な理論的裏付けが前提されていなければならない所以である。と同時に、「真の先導・追従関係」と「見せかけの先導・追従関係（たんなる先行・遅行関係）」を区別できる統計的手法の開発が求められているといえよう。

表4:3つの乱数の間の先導・追従関係												
	変数			個別の先導・追従関係			先導・追従順位			5年移動平均順位		
	乱数1	乱数2	乱数3	乱数1 乱数2	乱数1 乱数3	乱数2 乱数3	1	2	3	乱数1	乱数2	乱数3
0	8	49	45									
1	7	28	53	X	-X	-X	乱数1	乱数1	乱数2	1.0	1.3	0.7
2	10	23	58	-YY	X	-X	乱数2	乱数1	乱数2	1.3	1.3	0.5
3	6	77	67	-YY	-YY	YY	乱数2	乱数3	乱数3	1.2	1.4	0.4
4	5	26	42	X	X	X	乱数1	乱数1	乱数2	0.8	1.6	0.6
5	10	42	46	YY	X	X	乱数2	乱数1	乱数2	0.8	1.6	0.6
6	9	14	51	YY	-YY	-X	乱数2	乱数3	乱数2	1.2	1.4	0.4
7	4	13	68	YY	-X	-X	乱数2	乱数1	乱数2	1.2	1.4	0.4
8	10	20	59	X	-X	-YY	乱数1	乱数1	乱数3	1.0	1.2	0.8
9	2	39	41	-X	X	-X	乱数1	乱数1	乱数2	1.4	0.8	0.8
10	6	33	40	-YY	-YY	YY	乱数2	乱数3	乱数3	1.4	0.6	1.0
11	7	39	63	X	X	YY	乱数1	乱数1	乱数3	1.4	0.6	1.0
12	4	100	63	-YY	X	YY	乱数2	乱数1	乱数3	1.2	0.4	1.4
13	6	52	55	-X	-X	YY	乱数1	乱数1	乱数3	1.6	0.2	1.2
14	4	26	59	X	-YY	-YY	乱数1	乱数3	乱数3	1.2	0.6	1.2
15	5	37	56	X	-X	-YY	乱数1	乱数1	乱数3	1.0	0.8	1.2
16	1	16	63	YY	-YY	-X	乱数2	乱数3	乱数2	1.0	1.0	1.0
17	4	82	55	YY	-	-X	乱数2	乱数3	乱数2	1.0	1.3	0.8
18	7	21	47	-X	-X	X	乱数1	乱数1	乱数2	0.7	1.7	0.7
19	0	72	41									
				相関係数	相関係数	相関係数						
				-0.298	0.026	0.052						

注 1. 順位(点数)は、第1順位2点、第2順位1点、第3順位0点として計算したもの。  
2. 5年移動平均順位で、第1期と第18期は3年移動平均順位、第2期と第17期は4年移動平均順位。



## VII. 軌道分析のための概念装置

これまでわたしたちは、軌道分析の特徴、原理、計算方法についてみてきたわけだが、これらを踏まえて、ここで改めて軌道分析にかかわる基本的な概念を整理しておきたい。その際にマラソンを例にとりながら、諸概念と現実の事象とをわかりやすく関連付けることに努めたい。

### (1) 先導・追従関係の暫定的な定義

2つの変数が一定の相関関係のもとで時間的な先行・遅行の関係にあることが、観察されているとする。この先行・遅行関係が、量的な牽引力によって引き起こされているとみなしうるとき、これを先導・追従関係と、ひとまず定義する。2つの変数が先導・追従関係にあるためには、両者の間に、他方を先導・追従する内的な必然性とそれを可能にする外的諸条件が備わっていなければならない。以上の定義は、これから議論を踏まえた後に、より正確な定義に置き換えられることになる。

マラソンの例を使って考えてみよう。一団となって走るランナーの時間と走行距離のグラフを描いて相関係数を求めれば、限りなく+1になる。また、時間と速度のグラフでも同様に、きわめて高い相関係数が得られる。そこで、一団のランナーを2人一組に分け、それぞれの速度を両軸に取って散布図を描き、時間にそって座標をつないでいくと、いくつもの複雑な回転運動を伴った軌道が描かれる。この軌道の形状は、ランナー間の駆け引きを表わしている。ある時点で一気にスパートして引き離したり、追いすがって距離を縮めたり、逆に抜き去ったりする様子が、回転運動の変化として明瞭に現われる。

たとえば、 $x$ 軸のランナーがスパートして $y$ 軸のランナーがいったん引き離されながらも追いすがる状況は、右上がり左回転の軌道となって現れる(図4ケースI)。その後、 $y$ 軸のランナーが $x$ 軸のランナーをいったん抜き去った上でペース・ダウンして様子をうかがう状況は、右上がり・左下がり右回転の軌道となって現れる(図4ケースII)。これを一団のランナーのすべての組み合わせについて観察し、順位づけを行なえば、集団全体の先導・追従関係とその時間的変化が描き出される。

このようなマラソン・ランナーの運動が、たんなる時間的な先行・遅行関係ではなく先導・追従関係である理由は、彼等／彼女等の間に相手を引き離そう、追い抜こうとする内的必然性——すなわち、競争心が存在し、またそれを可能にする走力を備えているからである。このことは、たとえば、東京駅に近づいた「のぞみ」の横をたまたま走っていた自動車が、新幹線に追いすがっているように見えるのとはまったく意味が違う。

この場合も、「のぞみ」の速度を $x$ 軸、自動車の速度を $y$ 軸にとって散布図を描けば、かなり高い係数をもった負の相関を示すだろう。そして、「のぞみ」が先にブレーキを踏めば、「のぞみ」先行・自動車遅行となって、右上がり右回転となる(図4ケースIII)。もし、自動車がアクセルを踏むのが早ければ、左上がり左回転となる(図4ケースIV)。これはあくまで先行・遅行関係であって、ここで定義する先導・追従関係ではない。なぜなら、「のぞみ」と自動車の間に、量的な牽引力は働いていないし、並走を可能にする走力は存在するが、先導しよう・追従しようとする内的必然性が存在しないからである。

## (2) 軌道分析の分析単位

2つの変数の間の1期間における先導・追従関係が軌道分析の分析単位である。この先導・追従関係は、散布図上で2変数  $x, y$  が3つの座標  $a(x_1, y_1), b(x_2, y_2), c(x_3, y_3)$  を時間的に通過する2期間中に描く軌道の形状によって判定され、その結果を2期間のうちの前期の先導・追従関係とみなす。以下、この分析単位を時間的・空間的に組み合わせることで、「個別的な先導・追従関係」「連続的な先導・追従関係」「集団的な先導・追従関係」「先導・追従関係の位階制」が区別されることになる。これはまた、軌道分析を遂行する際の手順を示すものもある。

## (3) 個別的な先導・追従関係

個別的な先導・追従関係とは、2つの変数の間の1期間における先導・追従関係をいう。言い換えれば、軌道分析の最小の分析単位がこれであり、先導・追従関係の分析は、まずここから開始される。これが先導・追従関係の最小の単位であるにもかかわらず、あるいは最小の単位であるからこそ、両変数間の量的な牽引・被牽引関係の存在、およびその内的な必然性とそれを可能にする内的外的諸条件が、ここで明らかにされなければならない。つまり、軌道分析の前提となる、変数そのものに関する一般的な分析が、この個別的形態で取り扱われることになる。

乱数間の関係で例証されたように、いかなる変数であっても、ある期間をとればかならず先行・遅行関係を検出することができる。あるいは逆に、真の先導・追従関係が存在する変数間であっても、1期間だけをとってみれば、変数を取り巻く偶然的な諸条件の作用によって本来的な先行・遅行関係が逆転して現れる可能性もある。したがって、そこには自ずと分析上の限界が画されている。すなわち、偶然性の大きな影響下にある個別的形態において明らかにできるのは、あくまで当該変数間の潜在的な先導・追従関係であるという限界である。

マラソン・レースで観察単位となる1期間を、ここでは2名のランナーの駆け引きが行なわれるごく短い時間としておこう。すでに述べたように、マラソンは、ランナー間の競争心という内的必然性を伴った真の先導・追従関係である。しかしこの場合にも、レース中のある瞬間をとれば、たとえばたまたま小石を踏んだり、腹痛を起こしたりしたランナーの減速によって、両ランナーの間で先導・追従関係に似た状況が展開されるかもしれない。したがって、たとえレースの一瞬一瞬であってもそこにはランナーの競争心が漲り、その表れである具体的な駆け引きが展開されており、観察者はそれを精確に分析しなければならないにしても、そこで明らかにされる先導・追従関係は、まだこの形態においては潜在的と呼ばざるを得ない状態にとどまっているわけである。分析の視野を2名のランナーから全ランナーに広げ、期間を全レース時間に拡張することで初めて、先導・追従関係の全顛末が明らかになり、これを突き動かす内的な必然性とそれを可能にす

る内的外的諸条件が完全に顕在化されることになる。

個別的な先導・追従関係に関するもう一つ重要な点は、先導変数と追従変数の間の作用・反作用関係である。たとえば、1本の紐の両端をもって一方が先導し、他方が追従して走る場合を考えてみよう。先導する側は、一定の力で他方を牽引するわけであるが、このとき先導者は、逆に追従者から引っ張られているような反作用を手に感ずるはずである。追従者が素直に先導者にしたがっていれば軽い反作用が、先導に抵抗していれば強い反作用が手にかかるはずである。

この場合は、一本の紐を介して、作用と反作用の関係が不可分一体の力学的関係にあることが実感される。これに対して、上で取り上げたマラソンの場合には、作用と反作用の関係は心理的力関係と理解すべきかもしれない。それまで並走していた2人のランナーA、BのうちAが一步前に出てBを先導し始めると、Bは若干の時差をおいて追走を始めるだろう。このとき眼には見えないが、Bの追走開始までにかかった時差、追走の速度などがAの先導そのものに心理的影響を与えるだろう。こうして、両ランナーの心理的相互作用にもとづく駆け引きがこれから展開されていくことになる。

つまり、先導・追従関係とはいうものの、それはけっして一方通行の関係ではないという点が重要である。1本の紐を引っ張った途端、相手がそれ以上の力で引っ張り返してたら、両者の先導・追従関係は逆転していたはずである。Aがスパートした途端、Bがそれ以上に加速していれば、これまた両者の先導・追従関係は逆転していたはずである。この反作用を合わせてもなお、一方が他方に対して変化を先導的に生み出したという事後的結果が統計上反映されているという点に注意が必要である。

#### (4) 連続的な先導・追従関係

2つの変数の間の多期間にわたる先導・追従関係が、連続的な先導・追従関係である。1期間だけの観察では、偶然的な先導・追従関係かもしれないが、連続して軌道を観察することで、2変数に関するさまざまな規則性や傾向が明らかになっていく。つまり、個別的な先導・追従関係ではまだ潜在的なものにすぎなかつた内的な必然性や、それを可能にする内的外的諸条件が徐々に顕在化していく。その内容は、一定の先導・追従関係の継続かもしれないし、連続的あるいは断続的変化かもしれない。しかし、分析のこの形態・段階ではまだ、2変数の先導・追従関係に関する一般的な法則性をとらえることができない。

互いに競り合う2人のマラソン・ランナーが、スタート後の最初の10キロをどのように戦うか、折り返し点までの前半はどうか、最後の5キロでどのように相手を振り切ってゴールするか——このようなレースの一定区間における継続的な先導・追従関係、あるいはその連続的・断続的変化を観察することが、この特殊的な分析の形態に与えられた課題である。こうすることで、区間ごとの特徴的な戦術が浮かび上がってくる。この坂道で一時的にスパートをかけることで相手の疲労を誘うであるとか、この区間ではむしろ後ろについて風を避けながら体力を温存しようであるとか、あるいは、ひ

たすら前に立って先導するであるとか、さまざまな特殊的戦術が明らかにされる。

このようにして連続的に先導・追従関係を観察することで、第一に、偶然的な先導・追従関係を分析から取り除くことができる。たとえば、小石につまずいて減速したり、腹痛を起こしてしばらく後方に下がったりして先導・追従関係が一時的に混乱した事実は、一定の連続期間の中に位置づけて観察することで、偶然的な現象として分析対象から取り除くことが可能になる。

第二に、2人のランナーを突き動かしている内的必然性、すなわち競争心の具体的な内容が徐々に明らかになってくる。自己最高記録をマークすることが目的の競争なのか、記録の如何にかかわらずライバルを打ち負かして、オリンピック出場権を獲得することが目的の競争なのか、あるいはシーズン最初の足慣らしが目的なのか——これが、特殊的戦術を観察することで、徐々に明らかになってくる。

また、気温であるとか、天候であるとか、回復中の怪我の具合であるとか、ランナーの競争心を実現する上で不可欠な内的外的諸条件がどのようにレース展開に影響してくるかということも、連続的に先導・追従関係を観察することで徐々に明らかになってくる。

第三に、そうはいっても、このようないくつもの連続的な先導・追従関係を観察するだけでは、ランナーが全レースを通じて究極的に実現しようとする戦略を明らかにすることはできない。一般的あるいは全体的な戦略とは、すべての特殊的戦術の総合であって、それらの単純な総和を超えた存在である。あの坂道で一時的にスパートをかけたことも、あの区間では後ろに下がって風を避けたことも、最後にどのような先導・追従関係のもとにゴールするかという全体戦略の中に位置づけられて初めて意味を持つ。さらに言えば、レースはこの2人のランナーだけで展開されているのではないのである。全ランナーの複雑な駆け引きの中にも位置づけられなければならないのである。

このように、連続的な先導・追従関係は、個別的な先導・追従関係に含まれていた分析上の限界を越えるとともに、次の「集団的な先導・追従関係」と「先導・追従関係の位階制」を希求する分析の形態である。

## (5) 集団的な先導・追従関係

集団的な先導・追従関係とは、1期間において、特定の1集団を構成するいくつかの変数の間の先導・追従関係をいう。分析対象となる集団の変数間のすべての組み合わせに関して軌道分析を行ない、一連の一貫した先導・追従関係を導き出すことが、分析のこの特殊的形態における課題である。この分析を通じて、先導・追従関係がある特定の2変数間に偶然的に生じたものではなく、分析対象となる集団のすべての変数間に首尾一貫するものであること、すなわちその全体性が明らかにされる。こうして、先導・追従関係の内的な必然性とそれを可能にする内的外的諸条件もまた、たまたま取り上げた2変数に関してだけ

当てはまるものではなく、集団のすべての変数に妥当するものであることが示される。しかし、分析のこの特殊的形態においては、期間が 1 期間に限定されているため、抽出された全体性が偶然に生じた可能性が残り、その継続性や連続的変化をとらえることができないという分析上の限界をもっている。

マラソン・レースの進行とともにランナーは通常、いくつかのグループに分かれていく。そこで、レースも中盤を過ぎ、先頭集団と下位集団にくっきり分かれてしまって、もはや下位集団には先頭集団に追い付く気力も可能性もなくなってしまった状況を想定してみよう。この場合にも、先頭集団の誰か 1 名と下位集団の誰か 1 名を抽出して、走行距離と時間、速度と時間をとれば、きわめて高い相関を示すだろう。この下位集団のランナーも勝負を諦めたわけではないし、その意味で、両者の間にも緩やかに先導・追従関係が機能している。しかしいまや、駆け引きの対象は先頭集団内部、下位集団内部に限定されている。このような二重の関係性は、軌道の形状にも反映されているに違いない。両ランナーの速度は、不思議な軌道を描くだろう。スパートの後に連続してスパートしてみたり、一方がスパートしているのに他方がペース・ダウンしてみたり、マラソン戦術上ありえないような軌道をしばしば描く。実際、散布図の相関係数はかなり低下していると予想される。これに対して、同じ集団のランナー同士の軌道は相関係数も高く、その運動もマラソン戦術に則ったものとなる。このように、先導・追従関係の内的な必然性とそれを可能にする内外的諸条件がグループ間で異なる可能性を十分考慮に入れた上で、変数間の相関係数と軌道の形状を子細に観察する必要がある。こうすることで、変数間の分裂とグループ化をとらえることができるわけである。

ここで、集団的な先導・追従関係に特徴的な合力効果について検討しておこう。合力効果とは、第 1 先導変数から第 1 追従変数に牽引力を伝達し、この第 1 追従変数が第 2 先導変数となって次の第 2 追従変数に牽引力を伝達し、次から次に同様の過程を繰り返すうちに、合成された牽引力が次第に強められていく現象をいう。なぜなら、第 1 先導変数は第 1 追従変数だけではなく、第 2 追従変数、第 3 追従変数等々に対して同時に牽引力を伝達しているはずであるから、第 1 追従変数が第 2 先導変数となって次の第 2 追従変数に牽引力を伝達する際には、第 1 先導変数と第 2 先導変数の牽引力の合成力が作用するはずだからである。

1 つのランナーの集団において、ある特定のランナーがいまスパートを仕掛けたとしよう。それにいち早く反応し、即座に追走するのが第 1 追従者である。この 2 ランナーの連続したスパートは、他のランナーに大きな心理的牽引力として作用するだろう。そして、次々に第 2 追従者、第 3 追従者が表われ、その集団はやや前後に膨らみながら一気に加速しつつ次期に突入するに違いない。

これは、世界金利体系でも同様である。ある特定国の利子率の引き上げは、その国と密接な経済関係にある諸国に対して、利上げ圧力となって作用する。もし利上げを

しなければ、為替相場が下落して輸入インフレの懸念が出てくるかもしれないし、資金が流出して外貨準備が減少してしまうかもしれない。このような状況下で、もし追従して利上げする国が次々に現れると、その他の諸国に対する利上げ圧力はますます高まっていき、多くの国にとってはもはや利上げが避けられることとなるだろう。この二つの例に示されているように、最初にスパートを仕掛けたランナー、最初に利上げを決意した国は、種々の個別の諸条件からたまたま第1先導者になったのかもしれない。また、最初の牽引力はごくわずかなものであったかもしれない。これに反応した第1追従者、第2追従者も、たまたまそのような順位についたのかもしれない。しかし、偶然誰がどの順位につこうとも、順位が下るにつれて、追従するということ自体は、もはや避けられない状況となる。そしてついには、多くのランナーや国が雪崩を打って追従することとなるわけである。言い換えれば、偶然性の「合力」によって、追従そのものが必然性に転化する。

もちろん、集団の中には追従しないランナーもいるだろうし、利上げしない国もあるだろう。そのようなランナーは、順位ではなく自己最高記録の更新だけを目的にたまたまその集団で並走していたのかもしれないし、そのような国は、たまたま国内経済の不況がひどくて、為替相場の下落こそ望ましいと判断したのかもしれない。追従の必然性は、このような個々の偶然性を排除しない。「大勢に逆らう」いくつかの例外や偶然的事象を含み込みながら、そのもとで「大勢」として貫かれるものが必然性である。合力効果とは、先導の順位・時期・強度などに関するいくつもの偶然性をまとめあげ、これを一連の首尾一貫した先導・追従関係という一つの必然性に転化させる媒介項の役割を果たすものである、と一般的にいうことができるかもしれない。どの変数がどの変数を先導し、いつ先導し、どれほどの強度で先導するか、などといったこととはかかわりなく、いったん走り始めた先導関係には追従せざるを得ないという必然性である。

次に、反作用の合力効果について検討しよう。すでにわたしたちは、先導変数による牽引力の行使という作用に対して、追従変数から及ぼされる逆の牽引力を反作用と定義した。これを集団的な先導・追従関係に拡張すれば、第1先導変数に対して第1追従変数、第2追従変数、第3追従変数等々から順次ある時差をもって及ぼされるものが反作用である。これが、すべての追従変数から打ち返されてくる反作用という意味で、反作用の合力効果ととらえることにする。ただし、作用の合力効果が同時に押し寄せてくるのに対して、反作用の合力効果は時差をおいて順次やってくるという点に違いがある。じつはこの反作用の合力効果の働きによっては、集団的な先導・追従関係そのものの存在が否定されかねない点に留意しておきたい。

レースのある特定の1期間にある特定のランナーが仕掛けてきたスパートは、瞬く間に合力効果となって集団の他のすべてのランナーに作用を及ぼすが、同時に他のすべてのランナーからこの先導者に対して反作用が合力効果となって順次押し寄せてくる。

この場合、個々のランナーがどのような形で、どれだけの強度で反作用してくるかということについて、先行ランナーは事前に予測することができない。スパートに対してスパートという形で反応するのか、それとも無視するのか。一定の加速度でスパートしたことに対して、それ上回る加速度で反応するのか、それともそうではないのか、等々である。しかも、このような一連の反作用は観察の単位、分析の単位である 1 期間内に生じているから、観察されないし、分析の対象ともならない。しかし、もしさうであるとするならば、反作用の形・強度・タイミング等によっては、先導・追従関係が期間中に逆転する可能性が生まれることになる。

たしかに、当該期間の期首では A というランナーが他に先駆けてスパートしたのだが、それに追従する D というランナーが期中に猛烈にカウンター・スパートをかけてきたために、期末では D が先導者、A が追従者として観察されるかもしれない。わたしたちの観察は 1 期間を最小単位としているから、期首のランナー集団の状態と期末のそれが比較されるので、途中経過は分析上捨象されるからである。このような逆転現象は、当該集団に所属するすべてのランナーに関して起こりうる。つまり、誰が第 1 先導者になり、誰が第 1 追従者以下になるのかということが偶然性によって決まるだけではない。いったん開始された先導・追従関係そのものが、時間の進行に応じて、その時々のさまざまな偶然性によって逆転され、再逆転され、結局最後まで未確定にとどまることになる。

作用の合力効果だけが働く状況のもとでは、「偶然性の合力」によって、先導・追従関係そのものは必然性に転化した。つまり、合力効果が強まるにしたがって、一定の方向へ追従せざるを得ない状況が生み出されていく。ところが、反作用の合力効果を考慮に入れれば、先導・追従関係の存在は、あくまで偶然的なものにとどまることになる。つまり、追従せざるを得ないどころか、逆に先行者を最後には追従させることさえ可能になるわけである。

このような逆転の可能性を組み込むための概念装置として、ノーバート・ヴィーナーのサイバネティックスの概念を用いるとすれば、ポジティブ・フィードバックとネガティブ・フィードバックが有効かもしれない (Wiener (1948, 1961) (1954))。すなわち、第 1 先導変数の先導性を強めるように働く反作用がポジティブ・フィードバックであり、弱めるように働く反作用がネガティブ・フィードバックである。しかしながら、1 期間中の時間の進行に応じて、当初の第 1 先導変数の先導性が逆転されて新たな第 1 先導変数が登場した場合には、それまでポジティブ・フィードバックであった反作用がネガティブ・フィードバックに逆転してしまうことになる。したがって、どれがポジティブ・フィードバックで、どれがネガティブ・フィードバックかという区別は、結局のところその 1 期間が終わる期末にしか判定できないことになる。したがって、この概念の有効性は、あくまで瞬間瞬間の反作用の方向性を示すことにあるといことができよう。

最後に、作用と反作用の合力効果が同時に働いている実際の集団的な先導・追従関係について検討しよう。一方では、作用の合力効果によって、一続きの首尾一貫した先導・追従関係を形作ろうとする力が集積的に働いている。他方では、反作用の合力効果によって、いったん構築されかかった先導・追従関係を覆しかねない力が波状的に働いている。一方は偶然性の中から必然性を構築しようとする力、他方はこの必然性を再び偶然性へ解体しようとする力と言い換えることもできよう。この二つの力がしのぎを削る中で、集団の全変数が先導・追従の順位を巡って一種の争奪戦を展開しているわけである。このような状況をどのようにとらえるべきか。

当該 1 期間中に展開された作用と反作用の相互作用は、本来観察もされないし、分析の対象でもない。いわばブラック・ボックスである。作用・反作用が働く以前の期首と、すべての作用・反作用が完了した期末の座標軸が比較されて、集団の全変数に関する首尾一貫した先導・追従関係が計算される。したがって、期末においては事後的に *a posteriori*、すべての作用・反作用（ポジティブ・フィードバックとネガティブ・フィードバック）を総合した一連の先導・追従関係が確定される。つまり、確定された集団的な先導・追従関係とは、集団のすべての変数に内的外的に及ぼされる偶然的な影響と、それを前提とした変数間のあらゆる相互作用の両者を織り込んだ、いわば事後的に *a posteriori* 確定された先導・追従関係を表わしていると考えられるのである。ここには、作用の合力効果という形で貫かれる先導・追従関係の必然性と、集団の全変数にかかわる偶然性とが総合されていようと理解されるのである。

観察者が期末の計算結果だけを無批判に受け入れれば、あたかも、A が最初に動き始めたのは、たまたま内外の偶然的諸条件がそれを許したからであり、B がそれに続いて変化したのも同様、C がそれに続いたのも同様、ただし A、B、C 等々と下っていくにしたがって、一貫した先導・追従関係を構築しようとする必然的な力が働いていた、という二分法的推論にならざるを得ないだろう。しかし、作用と反作用の相互作用をここに組み込めば、推論はまったく異なってくる。この最小の 1 期間中においては、A が時間的に先行したか、B が時間的に遅行したかは、問題ではない。時間的な前後関係を超えて、集団の全変数が複雑な量的牽引・被牽引関係を展開し、あるときは時間的な前後関係を逆転し、またあるときは再逆転し、その全結果が期末に、あたかも時間的な先行・遅行関係になぞらえられるような首尾一貫した順位となって現れた、と推論しなければならない。したがって、A はたまたま第 1 先導変数となり、B はたまたま第 1 追従変数となり、C はたまたま第 2 追従変数となったのではない。A、B、C 等々に対して及ぼされる内外の偶然的諸条件を所与とすれば、相互作用の結果として A はなるべくして第 1 先導変数となり、B もなるべくして第 1 追従変数となり、C もまたなるべくして第 2 追従変数となったのである。

再びマラソンの例を取り上げれば、状況は次のようなものと考えられるだろうか。レースも佳境に入ったある瞬間、ランナー A が満を持して勝負をかける。A はかな

ならずしも先頭に立つ必要はないが、その一気の加速は誰の目にも明らかである。A から時間的に若干遅れながら、B、C、D 等々が次々に追従する。しかし、B、C、D 等々は、A の加速に反応してたんに受動的に追従するわけではない。じつは、彼ら／彼女らもまた、この機会を虎視眈々と狙っていたのである。とくに D は走力に劣り、自分の苦手な雨天・低温の悪条件の中でこれまで体力を温存してきたから、あたふたと受動的に追従するかにみえる B、C を尻目に、ここぞとばかり A さえ一気に抜き去って、いまや先頭に立とうとする勢いである。

以上が、この 1 期間に生じた駆け引きの顛末である。最初に仕掛けたのは A であったが、期末に記録される第 1 先導者は D となる。そして、マラソン解説者は「D は走力が劣っているから、当然ここで仕掛けるしか勝つ方法はありませんよね」といった解説をすることになる。しかしじつは、D の頑張りはここまで、もっとも走力に優れ、不意を突かれてあたふたと A に受動的に追従したように裝っていた C が、最後にはこの集団の中の 1 位でゴールすることになったのである。つまり、レース全体を通してみれば、C こそが第 1 先導者となる。この 1 期間に限定して考えれば、A はたまたま勝負を仕掛けたのかもしれないが、D はなるべくして第 1 先導者となり、C はなるべくしてその追従者となった。そして、レース全体としてみれば、雨天・低温という自分の得意なコンディションを活かし、前評判通り走力のもっとも優れた C が、なるべくしてグループ 1 位を獲得したわけである。

以上の例から、勝負をかけられれば追従せざるを得ないというランナー集団全体の必然性、いまここで抜き返さないといけないという D の必然性、最終的には走力の違いで勝負をつけたという C の必然性という 3 つの異なる必然性が、無数の偶然性を貫いて実現されていることがわかる。ただし、3 つ目の必然性に関しては、先導・追従関係の位階制という次の論理段階を待たなければならない。

この二つの推論形式の違いは、たんに論理学的な厳密性を追い求めて提起されたわけではない。実際のデータを前にして、一組の先導・追従関係の解釈を迫られたとき、この二つは決定的な違いとなって現れる。いろいろな軌道分析をしてみればすぐに気がつくことなのだが、特定の期間——あるいは、かなり長い期間にわたって——、上記のマラソンの例のように、明らかに走力のないランナーが集団全体を先導するような状況に出会うことがある。また、1950 年代から 60 年代にかけて、まだまだ先進国とも言い難い経済水準にあった日本の短期市場金利が世界の金利体系を 10 年近くも先導していたという分析結果がある。これらをどう解釈するか。

前者の推論形式によれば、たまたまそのランナーが最初に起こした速度変化が、たまたま一定の順番で伝播し、それが結果として集団全体の一体的な速度変化をもたらしたと解釈されるだろう。後者の解釈によれば、このランナー、あるいは日本が、からずしも時間的な意味で他のランナーや諸国を「先行」したわけではない。しかし、

対象期間中の複雑な相互作用の結果、このランナーは走力の不足にもかかわらずなるべくして先導者となり、日本はその経済力の低さにもかかわらずなるべくして世界金利の先導国地位に立ったと理解される。もし前者の立場に立てば、この期間の先導・追従関係は一種の「誤差」として処理されるかもしれない。しかし、後者の立場に立てば、なぜ走力のないランナーが、この期間に他を先導することができたのか、また先導せねばならなかったのか、という問い合わせ立てられよう。固定為替相場制のもとで、金融市場も十分に発達していなかった日本が、なぜ諸国の短期金利を先導することができたのか、また先導せねばならなかったのか、という問い合わせ立てられよう。これらは、「誤差」として処理してしまうより何倍も回答が困難な問い合わせはあるが、後者の推論形式に立つことによって初めて、回答せねばならない問い合わせとして観察者・分析者に突き付けられることになる。

しかしながら、わたしたちがいま検討の対象としている集団的な先導・追従関係ではまだ、この「なるべくして」の内容を厳密に確定することができない。分析のこの形態・段階では、集団に属する全変数の全組み合わせに関して軌道分析が行なわれることで、先導・追従関係がある特定の2変数間に偶然的に生じたものではなく、分析対象となるすべての変数間に首尾一貫すること、すなわちその全体性が明らかにされた。しかし、期間が1期間に限定されているため、抽出された全体性が偶然に生じた可能性が残り、その継続性や連続的変化をとらえることができないという分析上の限界をもっている。したがって、先導・追従関係の内的な必然性とそれを可能にする外的諸条件——すなわち、「なるべくして」の内容——を確定するためには、次の「先導・追従関係の位階制」の分析に進まなければならない。

#### (6) 先導・追従関係の位階制

先導・追従関係の位階制とは、分析対象となるすべての変数間のすべての期間にわたる先導・追従関係の体系をいう。いくつかの集団的先導・追従関係を含みながら、全体として一つの位階制を形作っている。位階制においては、期間を通じて全変数の順位が一連の継続性や連続的変化を示し、この分析によって初めて、先導・追従の内的な必然性とそれを可能にする外的諸条件が十全に明らかになり、一般的な法則性をとらえることが可能となる。実際的には、1期間の位階制、一定期間にわたる位階制、全期間の位階制という3ステップで分析が進められていく。

位階制のトップにくる変数を、Kick-starterと呼ぶ。Kick-starterは、すべての変数の中でも際立った先導の内的必然性を持っているとともに、それを可能にする外的諸条件も同時に備えている変数であると理解することができる。すでに集団的な先導・追従関係で詳しく論じたように、Kick-starterは、たんなる時間的な「先行性」でKick-starterの位置についていたわけではない。全変数の作用と反作用の総合的な合力効果、ポジティブ・フィードバックとネガティブ・フィードバックの合力効果の結果として、ある特定の変数が、

その期間における Kick-starter の地位を占めるわけである。変数としての絶対額や変化率の大きさが Kick-starter としての地位を保証するわけではない。また、何か特別の外的偶然性によって Kick-starter がピックアップされるわけでもない。すべての外的条件を与えとしつつ、変数間の複雑な内的牽引・被牽引の相互作用が特定の変数を Kick-starter として押し出していく。そして、この Kick-starter によって全変数の全体的変化が牽引されていくわけである。そのことが、実証的・統計的には時間的な「先行・遅行関係」として現象することになる。

そして、この Kick-starter の変化を受け止め、これを強めながら他のすべての変数を牽引してそれらの変化を促していくものが第 1 追従変数である。作用・反作用の総合効果として、自らと Kick-starter 以外のすべての変数の変化を牽引する立場にあるということであって、時間的にもっとも素早く Kick-starter に追従しているわけではない。ただ、そのことが時間的に「第 2 順位」として計測されている。第 1 追従変数以下、一団となつたいくつかのグループを含みながら、一連の先導・追従関係が時系列を追って形成される。上位には、より自律的に自らの量的変化を生み出していく変数が並び、下位には、これを上位から受動的に決定される傾向が強い変数が並ぶことになる。

こうして、全期間にわたって Kick-starter 以下一連の順位が確定することによって、先導・追従関係に関するより高度な必然性が析出されることになる。つまり、1 期間における位階制が、空間的な意味で全変数の「そうあらねばならない」連鎖関係を表わすとすると、全期間にわたる位階制は、時間的な意味で全変数が「そのように推移しなければならない」連鎖関係を表わすものととらえられる。

わたしたちの観察と分析は、1 期間ごとに分割され、その上で連結されることで一定期間、あるいは全期間の分析が施される。この操作は、分析方法としてはきわめて適切なものであるが、先導・追従関係が 1 期間ごとに、あたかも独立的に決定されているかのような誤解を生じやすい。しかし実際には、 $t$  期に展開される作用・反作用は、連続的に  $t+1$  期のそれにつながっている。具体的にいえば、 $t$  期に展開される作用・反作用は、変数の中から Kick-starter を抽出し、それ以下の順位を確定すると同時に、 $t+1$  期の Kick-starter の抽出と、それ以下の順位の確定にも連続的にかかわっている。すなわち、全期間の先導・追従関係は、空間的にも時間的にも不可分一体な連鎖関係にあるわけである。したがって、全変数にかかわる内的偶然性を所与とすれば、Kick-starter 以下の先導・追従関係は、まさにそうあらねばならないものとして、そしてそのように推移しなければならないものとして、観察者・分析者の前に立ち現れる事になる。

実際の軌道分析では、毎期精密に先導・追従関係が計算されるから、順位が不安定に変動することが多い。そのことは、短期市場金利の位階制を分析した表 3 の「順位（点数）」によく表れている。多くの国や地域が、Kick-starter から最下位

までジョットコースターのような上下動を繰り返していることが見て取れる。各国の短期金利は、実体経済から証券市場まで一国のあらゆる経済動向を反映して変動しているから、金利の世界的相互作用以外の多くの内的外的偶然性に曝されている。そのなかから動態的な世界的金利体系という必然的な関係性を抽出するのは至難の業である。本稿では、そのための最も簡便な方法として順位の5年移動平均を採用し、長期的安定的なトレンドを抽出しようと試みた。

しかし他方で——実証結果の妥当性を *a priori* に想定した上でではあるが——年毎の大きな変動そのものも、じつに興味深い問題を提起しているように思われる。とくに2000年のITバブル崩壊前後、2008年のリーマン・ショック前後の各国・地域の先導・追従関係の大きな変化は、それ自体が重要な研究テーマとなりうるだろう。このように、軌道分析を適用する際には、長期トレンドと短期的特異点の両方の析出がつねに目指されなければならない。

では、位階制の分析から析出されるより高度な必然性とは何か。位階制においては、全変数の先導・追従関係が、全期間にわたって空間的にも時間的にも一体不可分な連鎖関係にある。ここでは、 $t$ 期における空間的連鎖 ( $t$ 期の Kick-starter  $\rightarrow$   $t$ 期の追従諸変数)、 $t+1$ 期における空間的連鎖 ( $t+1$ 期の Kick-starter  $\rightarrow$   $t+1$ 期の追従諸変数) 等々が連結されて、 $t$ 期の Kick-starter  $\rightarrow$   $t$ 期の追従諸変数  $\rightarrow$   $t+1$ 期の Kick-starter  $\rightarrow$   $t+1$ 期の追従諸変数  $\rightarrow$   $t+2$ 期の Kick-starter  $\rightarrow$   $\dots$  という時間的連鎖が形成される。この流れの中では、先導・追従関係の一方向性が、その双方向性に取って代わられているということができる。たしかに Kick-starter に対してその他の変数は追従するのであるが、今度はこれら追従変数が一団となって次の Kick-starter を先導している。先導するものが追従し、追従するものが先導するという連続的な双方向性がこれである。能動的に変化を起動した Kick-starter に対して、その他の変数はこれに受動的に追従する。そして、これらの受動的変化に反応しつつ、次の Kick-starter が新たな変化を起動する。これらの一連の流れが、動態的に転態する位階制を形成していく。これが、より高度な必然性と呼ぶものの内容である。

この動態的に転態する位階制においては、先導と追従が相対化されている。これを、対立する概念の相互浸透と表現することもできよう。先導するということは追従することでもあり、追従するということは先導するということでもある。ここにおいては、先導するだけというのはあり得ないし、追従するだけというのもありえない。しかし、相対化された上でなお、先導者は先導者であり、追従者は追従者なのである。その役割を担う顔ぶれは変わるかもしれないが、先導者はあくまで能動的に変化を起動するのであり、追従者の受動的変化に「追従する」とはいえ、また新たな変化を能動的に起動するものが先導者なのである。

ここで再び、次のようなマラソンの例を使って考察してみよう。 $t$ 期の期首にランナーA がスパートをかける。A から時間的に若干遅れながら、B、C、D

等々が次々に追従する。しかし彼らは、A の加速に反応してたんに受動的に追従するわけではない。とくに D は、ここが勝負どころとばかりに、加速する A まで一気に抜き去って全走者の先頭に立とうとする勢いである。以上がこの  $t$  期中に生じた駆け引きの顛末であるとすると、期末に記録される Kick-starter は D となり、追従するランナーは、順不同で A、B、C となるはずである。ただし、この Kick-starter と追従者との関係は、かならずしも  $t$  期における順位と一致しないことに注意しよう。

しかし、ここで駆け引きが終了するわけではない。 $t$  期末から  $t+1$  期首にかけて激しく追走する A、B、C の運動が D に反作用し、D がさらに加速を強めたとしよう。この結果、 $t+1$  期末に記録される Kick-starter は依然として D であり、追従するランナーもまた A、B、C と変化ない。ところが、これに続く  $t+2$  期には、D の 2 期連続の加速からその疲労を感じた C が猛然とスパートして全体の先頭に立ち、そのまま 1 位でゴールしたとしよう。言うまでもなく、今期の Kick-starter は C であったことになる。そして、これに A、B、D が受動的に追従しつつ最終的なレースの順位が確定される。

以上を整理すれば、 $t$  期の先行変数 (A)  $\rightarrow$   $t$  期の Kick-starter (D)  $\rightarrow$   $t$  期の追従変数 (A, B, C)  $\rightarrow$   $t+1$  期の Kick-starter (D)  $\rightarrow$   $t+1$  期の追従変数 (A, B, C)  $\rightarrow$   $t+2$  期の Kick-starter (C)  $\rightarrow$   $t+2$  期の追従変数 (A, B, D) という空間的・時間的連鎖が形成されることになる。

次に、位階制にかかわる、Kick-starter 以外のいくつかの概念について触れておこう。複数の変数が一定期間にわたって同じ程度の順位を上下しながら、互いに先導したり追従したりしあっている関係を、相互先導・追従関係と呼ぶ。これらの変数が互いにもつれ合うよう頻繁に順位を入れ替えるわけであるから、相互に及ぼし合う反作用は、ネガティブ・フィードバックである。時間的な先行変数からの作用を打ち消して、自ら先導的地位につこうとする力を常に働かせ合っているわけである。他方で、その他の変数に対しては共通の安定的な先導・追従関係にある。つまり、相互先導・追従関係にある諸変数は、能動的に変化を生み出して相手を追従させるか、あるいは逆に相手の能動的な変化に受動的に追従するかというせめぎ合いの状態にあるということができよう。それぞれの変数に代表される実体が、変化に対する反応の点で類似の構造を備えていると考えることができる。互いに走力の点でも競争心の点でも似通った何人かのランナーが、頻繁に順位を入れ替えながら並走している状況がこれに相当する。

互いに順位が離れていて、一定期間にわたって順位の変動がない安定した関係というものが存在する。しばしばみられる形としては、Kick-starter と最下位の安定した関係がある。両者の間に位置する諸変数が不安定な相互先導・追従関係にあるのに対して、その両端が安定しているという状態である。Kick-starter が生み出す変化に対してネガティブ・フィードバックを行なわず、位階制全体の運動につねに受動的に対応する変数との間で形成され

やすい。

諸変数の間で先導・追従関係の逆転が集中的に生ずる期間を、転換点と呼ぶ。この場合、位階制全体あるいはその一部に、何らかの構造転換が生じていることが予想される。位階制全体として先導・追従関係が安定して順位の逆転がほとんど生じない時期が、安定期である。これに対して、いくつかの変数の順位が一定期間変動するが、変数全体の大幅な逆転には至らない時期が、不安定期である。転換点、定期、不安定期の組み合わせによって、全期間の基本的な時期区分が可能になる。

最後に、位階制全体の合力効果について触れておこう。すでに集団的な先導・追従関係の個所でも詳論したように、Kick-starter がもたらす変化の起動力の絶対量は、通常それほど大きなものではない。しかし、これがネガティブ・フィードバックの反作用で消し去られることなく、むしろポジティブ・フィードバックの合力効果によって徐々に強められていくと、いわゆる「尻尾が犬を振り回す The tail wags the dog」現象が発生する。最初はわずかなものであった起動力が、空間を超え、時間をを超え、最後はある種の衝撃波となって伝達されていく<sup>4</sup>。しかも、この衝撃波は一方向だけに働くのではなく、ブーメランのように反射されるから、幾度も増幅したり減衰したりしながら位階制全体を包み込んでいくことになる。

これを例証するものとして、国民所得の決定メカニズムを取り上げておこう。国民所得  $Y$  を構成する民間消費  $C$ 、投資  $I$ 、政府支出  $G$ 、貿易収支  $X-M$  は、先導・追従関係を形成している。すなわち、 $\Delta C$ 、 $\Delta I$ 、 $\Delta G$ 、 $\Delta(X-M)$  のいずれかが Kick-starter となってその他の項目を先導し、国民所得の変化  $\Delta Y$  を引き起こす。最初はごくわずかの変化であったものが、一定期間にわたって先導・追従を繰り返すことで、最後には巨額の国民所得の変化を引き起こすことができる。しかし、これは通常言われている乗数効果とは異なるメカニズムである。投資の乗数効果とは、投資から一方的に民間消費に向かう  $\Delta I \rightarrow \Delta C$  の 1 回限りの累積効果、政府支出の乗数効果は、これも政府支出から一方的に民間消費に向かう  $\Delta G \rightarrow \Delta C$  の 1 回限りの累積効果である。しかも、これらはいずれも貯蓄の漏出によって次第に減衰し、最後はゼロに収束していく。これに対して先導・追従関係にもとづく国民所得の決定メカニズムは、 $\Delta C$ 、 $\Delta I$ 、 $\Delta G$ 、 $\Delta(X-M)$  の間の複雑な相互作用にもとづく連続した誘発効果であり、しかもこれが全期間にわたって連鎖していくことで国民所得の大きな変化（正負）をもたらすというものである。この場合、Kick-starter は一定期間同じ需要項目かもしれないし、別の項目に置き換えられるかもしれない。ケインズが想定するような  $\Delta I \rightarrow \Delta C$  の一方的な因果ではなくて、 $\Delta C \rightarrow \Delta I$  もりうるし、 $\Delta C \rightarrow \Delta G$  もりうる（ポジティブ・フィード

<sup>4</sup> この事実は、これまで「複雑系」の議論の中で、「バタフライ効果」として議論されてきたものである。つまり——ややセンセーショナルな表現ではあるが——、北京の一羽の蝶の羽ばたきが、巡り巡ってメキシコ湾のハリケーンを引き起こすこともある、といったものである。Waldrop (1992)、Kauffman (1995) および、板木 (2000) (2001) を参照。

バックとネガティブ・フィードバックの両方)。実際、各国の国民所得の軌道分析を行なってみると、好況期、不況期、恐慌期にはそれぞれ独自の先導・追従関係のパターンが観察される。

### VIII. 先導・追従関係とグレンジャー因果関係

軌道分析によって明らかにされる先導・追従関係と、いわゆるグレンジャー因果関係との異同について最後に補足的に触れておきたい。因果関係の追求は、いうまでもなく社会科学の研究における主要課題の一つである。今日、主流派経済学における因果関係は、「グレンジャー因果関係 Granger causality」として理解されている。グレンジャーによれば、因果関係が成立するためには 2 つの条件が必要である (Granger (2003))。すなわち、

1. 原因が結果よりも先に起きること。
2. 原因は、結果に関して、他のいかなる変数の中にもないユニークな情報を含んでいること。

この 2 つの条件はもともと、「この理論は、未来はけっして過去の原因となることはできない」という前提に完全に依拠するであろう」「もしわたしたちが  $X_t$  を予想するときに、 $Y_t$  を除いた情報を用いるよりも、 $Y_t$  を含めたすべての情報を用いたほうがよりよく  $X_t$  を予想できるならば、わたしたちは  $Y_t$  が  $X_t$  の原因であるとする。」(Granger (1969) p.428.) という形で登場したものである。とくに、自明とも思われる第 1 の条件に関して、グレンジャーは次のように述べている。「時間の流れというものが、これらの定義にとって明らかに中心的な役割を果たしている。著者の意見では、時間を導入せずに因果関係を論じようと試みても、ほとんど実際的な役には立たない。もっとも、哲学者は長らくそのように試みてきたのであるが。」(Granger (1969) p.430.)

以上の 2 つの条件を満たす関係が、いわゆる「グレンジャー因果関係」である。このような因果関係の定義は、きわめて「プラグマティック」(Granger (2003) p.366.) で「予測可能性」(Granger (1969) p.430.) だけを基準としたものであり、「真の因果関係」(Granger (2003) p.366.) とは似て非なるものである。もっとも、グレンジャーによれば、「では、真の因果関係の定義を教えてくれ」と問うたところ、誰も答えてくれなかつたとのことである (Granger (2003) p.366.)。たぶん彼は、問うべき相手を間違えたのであろう。

改めて強調するまでもなく、因果関係は、社会科学方法論の中できわめて重要な位置を占める概念であると同時に、その理解がきわめて困難な概念でもある。ヘーゲルによれば、わたしたちはたんなる因果関係の理解にとどまっていてはならないのであって、次に交互関係、さらにはそれらを総合した概念的把握にまで進まなければならぬ。しかし、この点はすぐ後で触れるとして、まずはグレンジャー自身の主張に内在して、「グレンジャー因果関係」の妥当性を検討していこう。

グレンジャーの主張は、変数  $X$  は変数  $Y$  に先行し、変数  $X$  を用いれば変数  $Y$  をより正確に予測できるとき、変数  $X$  は変数  $Y$  の「グレンジャーの意味における原因」である、と要約

できよう。ここでわたしたちが問題にするのは、後半部分ではない。自明の必要条件とも思われる前半部分である。問題は、「先行する」とは何かという点にある。

たとえ彼がどこまでもプラグマティズムに徹し、予測可能性にわずかでも役立つならすべて「原因」の一つに数えようと主張したとしても、まさかジェヴォンズの過ちは犯すまい。ある期間、太陽の黒点が景気循環に先行していたとしても、彼はそれを「グレンジャーの意味における原因」とはけっして呼ばないはずである。実際彼は、「たくさんの論文に引用されたが、当然、多くの馬鹿げた論文も登場することになった」(Granger (2003) p.366.)と述べている。つまり、変数Xと変数Yの間には何らかの「真の因果関係」が存在しているはずなのだが、それを直接つかむことができないのと、「グレンジャー因果関係」という基準を設定して、それを検証可能なものにしようというのが、彼の意図であると考えられる。これを、本稿の概念で表現すれば、変数Xと変数Yの間には何らかの量的牽引関係が実際に働いていなければならないのである。たとえそれが、マラソンの例のような心理的関係であったとしても。

では、少なくとも社会科学が対象とし、その間に何らかの量的牽引関係が存在する事物の間で、作用と反作用の相互作用が働いていないものなど存在するだろうか。言い換えれば、ポジティブ・フィードバックだけが作用して、時間的な先行・遅行関係がそのまま先導・追従関係となるような事物の関係である。たとえ存在するとしてもそれは、工学の世界に存在するような機械的因果関係のもとにある事物であって、社会関係の中ではほとんど観察されない現象と考えるのが妥当であろう。

もしそうであるならば、変数Xが変数Yに対して「先行する」ということを、どのように計測したらよいのだろうか。繰り返し述べているように、わたしたちの観察と分析の単位は1期間である。その期首と期末の座標を比較することはできるが、その最小期間中にどのような作用・反作用が展開されているかは、まったくつかがい知ることができない。したがって、計測可能な変数Xと変数Yの関係は、時間的な先行・遅行関係とは異なっていると予想するのが適切であろう。しかし、グレンジャーは言う。「もし、経済変数をもっと頻繁に計測すれば、多くの場合、一見したところ瞬間的な因果関係にみえた現象は解消するであろう。」(Granger (1969) p.430.)つまり、1年単位であったものを、四半期ごと、月ごと、日ごとに計測すれば、先行・遅行関係が浮かび上がってくる。しかし、ここには二つの問題が潜んでいる。

1. どれだけ1期間を短く取っても、その単位期間中の時間的な先行・遅行関係は、やはり計測することができない。
2. たとえこの単位期間問題を撇くとしても、変数Xと変数Yは空間的・時間的に作用・反作用の連鎖関係にあるから、どちらが「先行」、どちらが「遅行」という区別ができない。

したがって、変数間の先行・遅行の区別が原理的にできないのであるから、グレンジャー因果関係は、成立しない。わたしたちが実際に観察・計測できるのは、複雑な諸変数間の

作用・反作用（ポジティブ・フィードバックとネガティブ・フィードバック）の結果として生み出された、能動的に変化を先導する変数と、受動的に追従して変化する変数の間の区別である。その区別が、あたかも時間的先行・遅行関係であるかのように観察・記録されるにすぎない。

このようにしてみると、グレンジャーが拒否した哲学者の因果関係理解が、じつは的を射たものであることが改めて明確になる。ヘーゲルが看破したように、原因から結果へという一方通行の因果関係という認識は、じつはきわめて皮相な認識なのであって、次の段階として諸変数間の交互関係の認識にまで至らなければいけないという理解が正しいのである。では、哲学者の意見に耳を傾けてみることにしよう。

「原因は単に他のものの原因であるにとどまらず、また自分自身の原因であり、結果は単に他のものの結果であるにとどまらず、また自分自身の結果である。したがって事物の有限性がどこにあるかと言えば、それは、原因と結果は概念上同一であるのに、この二つの形態が分離されていることにある。すなわち、原因は結果であり、結果は原因であるが、しかし原因はそれが原因であると同じ関係において結果ではなく、結果はそれが結果であると同じ関係において原因ではないのである。このことは再び原因の果てしない系列——これは同時に、結果の果てしない系列でもある——という形をとる無限進行を出現させる。」（ヘーゲル[1817]、153、（下）110ページ）

「かくして因果性は交互作用（Wechselwirkung）へ移っていく。交互作用において、因果関係はまだその眞の規程において定立されてはいないけれども、原因から結果への、および結果から原因への直線的な運動が、自己のうちへ曲がり戻らされていることによって、原因と結果との無限進行は眞の仕方で揚棄されている。」（ヘーゲル[1817]、154、（下）111ページ）

## 結び

最後に、以上の考察を踏まえて、改めて先導・追従関係の定義を与えておこう。「結び」で再び、基本中の基本概念の定義が与えられることを訝しく思われるかもしれないが、本来定義とは、「定義の形をとった暫定的な想定」（ヘーゲル[1817]、10、（上）78ページ）であり、そこから始まる分析のための「自印の役割」（ヘーゲル[1817]、229、（下）228ページ）を果たすに過ぎないのである。したがって、最終的な「定義」はむしろ、考察の結果として与えられることになる<sup>5</sup>。

2つの変数が、量的に牽引したり牽引されたりする作用・反作用関係にあるとする。この両変数の関係は、かならずしも時間的な先行・遅行関係にあるとは限らないが、そ

<sup>5</sup> 「この悟性は、定義というものはそれだけで明白な確定的なものでなければならず、前提された表象のみがその調節者、試金石であると考えているからであり、少なくとも、定義の意味および必然的な証明というものは、ただ定義の発展のうちに、そして定義がその発展から結果として生ずるということのうちにあるということを知らないからである。」（ヘーゲル[1817]（上）、28-29ページ）「悟性」を「主流派経済学」と読み替えよ。

のようなものとして毎期観察し記録することができる。この 2 つの変数の間に、自らの量的変化によって他方の量的変化を能動的に先導する、あるいはそれに受動的に追従する内的な必然性とそれを可能にする内的外的諸条件が備わっているとき、このような両変数の関係を、先導・追従関係と定義する。

では次に、社会科学の方法論という大きな枠組み中における軌道分析の暫定的な位置づけを与えておこう。これもまた、今後多くの研究者による検証を経なければならない立場からすれば、あくまで仮説的・暫定的な位置付けにとどまる。

事物の静態的構造とその動態的転態をとらえることは、あらゆる科学の使命である。その大きな枠組のなかで軌道分析を位置付けるとすれば、観察可能な最小単位の期間における変化の先触れをとらえ、それを空間的・時間的に連鎖することで事物の動態的な転態をとらえていく一方法と特徴づけることができるのではないだろうか。

なお、軌道分析は、本稿で触れたような世界的な金利体系の分析、国民所得の分析以外にも、諸国・地域間の貿易関係、産業連関論的な需要の誘発効果、名目賃金率と物価上昇率のスパイラル現象、在庫循環、利潤率と資本蓄積率の相関関係、経済的バブルの波及過程などの分析に力を発揮するものと期待される。

## 参照文献

- Granger, Clive W. J. (1969), "Investigating causal relationships by econometric models and cross-spectral methods", *Econometrica*, July 1969.
- Granger, Clive W. J. (2003), "Nobel Lecture: Time series analysis, cointegration, and applications", December 8, 2003.
- ヘーゲル (1978) [1817] 『小論理学（上）（下）』松村一人訳、岩波書店
- 板木雅彦 (2000) 「複雑系と弁証法（上）」『立命館国際研究』第 13 卷 2 号、2000 年 12 月、29-42 ページ
- 板木雅彦 (2001) 「複雑系と弁証法（下）」『立命館国際研究』第 14 卷 1 号、2001 年 6 月、91-106 ページ
- 板木雅彦 (2006) 『国際過剰資本の誕生』ミネルヴァ書房
- Kauffman, Stuart (1995), *At Home in the Universe: the Search for Laws of Self-organization and Complexity*, Oxford University Press. カウフマン、スチュアート (1999) 『自己組織化と進化の論理』米沢富美子監訳、日本経済新聞社
- 森岡真史 (2005) 『数量調整の経済理論——品切回避行動の動学分析』日本経済評論社
- 田中勝人 (2002) 『経済統計』第 2 版、岩波書店
- Waldrop, M. Mitchell (1992), *Complexity: the Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. ワールドロップ、M. ミッチャエル (1996) 『複雑系』新潮社
- Wiener, Norbert (first edition 1948, second edition 1961), *Cybernetics or Control and*

*Communication n the Animal and the Machine*, New York: John Wiley & Sons. ウィーナー、ノーバート [初版 1948、第 2 版 1961] (1962) 『サイバネティックス—動物と機械における制御と通信』第 2 版、池原止戈夫他訳、岩波書店

Wiener, Norbert (1989) [1954], *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*, Free Association Books. ウィーナー、ノーバート [1954] (1979) 『人間機械論—人間の人的な利用』第 2 版、鎮目恭夫、池原止戈夫訳、みすず書房

著作権や内容・意見は執筆者に属し、国際関係学会の示すものではない。尚、無断転載を禁ずる。