

文章编号: 1000-0887(2001) 11-1119-10

一类非线性金融系统分岔混沌拓扑结构 与全局复杂性研究(I)^{*}

马军海¹, 陈予恕²

(1. 天津大学 管理学院, 天津 300072; 2 天津大学 力学系, 天津 300072)

(我刊编委陈予恕来稿)

摘要: 首先从一类复杂金融系统的数学模型出发, 分析这一模型所反映的我国宏观金融系统运行中可能出现各种情况: 平衡、稳定周期、分形、Hopf 分岔、参数与 Hopf 分岔之间的关系、直到混沌运动等。通过理论分析和数值模拟计算来研究模型中各参数的变化情况, 然后依此来分析这类金融系统局部产生复杂行为的条件, 以及某一参数的变化对宏观经济政策的调整及对整个金融系统行为的影响情况, 这一研究将有助于加深人们对各种金融政策杠杆作用的理解

关键词: 金融系统; 分岔; 混沌; 拓扑结构; 全局复杂性

中图分类号: O175.14; O241.81 **文献标识码:** A

引 言

经济学中的混沌现象自 1985 年被首次发现以来, 对当今西方主流经济学派产生了巨大的冲击, 因为经济系统中出现混沌现象意味着宏观经济运动本身具有内在的不稳定性^[1~4]。政府虽然可以采取诸如财政政策或金融政策等宏观调控手段来进行干预, 但是干预的有效性是十分有限的^[5~6], 不稳定性和复杂性使精确的经济预测受到很大限制, 合理的预期行为也变得复杂起来^[7~8]。在金融、股票和社会经济领域中由于非线性因素的相互作用, 各种经济问题日趋复杂化与由低维向高维的演化过程, 系统的内在结构也呈现出多样性的复杂性^[9~10], 这类系统存在着极其复杂的现象与外在特征。因此, 系统深入地开展对这类复杂经济系统内在结构特征的研究, 通过研究系统的周期解的失稳、分岔、倍周期分岔、各分岔点值的位置、复杂系统进入混沌的道路, 从而揭示复杂现象发生的原因, 就变得越来越重要^[11~12], 并可在此基础上, 为对复杂连续经济系统的分析、预测与控制提供理论依据和实际操作的方法。

1 一类金融系统的数学模型

在用系统动力学方法建立和测试一个由生产子块、货币子块、证券子块和劳动力子块所组成的金融模型^[1]中发现, 该模型给出的某些长期行为具有无规则性及其对状态初值和参数变

* 收稿日期: 2000_08_30; 修订日期: 2001_04_26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(19990510)

作者简介: 马军海(1965—), 男, 山东莱阳人, 教授, 博士, 已在国内外核心期刊发表论文 30 余篇, 主要研究方向: 复杂非线性动力系统, 复杂混沌时序重构及其工程应用。

化的极端敏感性。这些特性的产生并非完全是由主回路效应所致,因此有必要进一步探讨这种混沌行为模式的结构方面的原因和机制。

为了使问题便于解决,现将模型中的关键部分加以提炼和简化,经过仔细分析和多次实验,决定将原模型中的利率用变量 x 表示、投资需求用变量 y 表示、价格指数用变量 z 表示,这三个状态变量以及它们之间所包含的信息反馈回路作为关键结构。由于讨论的问题涉及敏感性问题,所以在关键结构中将上述三个变量关于时间的变化率作为三个新的状态变量,即将 $\dot{x} = dx/dt, \dot{y} = dy/dt, \dot{z} = dz/dt$ 作为状态变量。下面讨论在这组新的状态变量下关键结构的构造问题。

影响 x 变化的因素主要来自两方面:一方面来自投资市场的供求矛盾,即投资和储蓄之差;另一方面来自物价的结构调整,因此利率 x 方程可以表示为: $\dot{x} = f_1(y - SV)x + f_2z$, 其中 SV 为储蓄量, f_1 和 f_2 为常数。

y 的变化率与投资率成正比,与投资成本和利率成反比。假定投资得收益率在一定时期内是一个常数,这样就有: $\dot{y} = f_3(BEN - \alpha y - \beta x^2)$, 其中 BEN 为投资得收益率, f_3, α 和 β 均为常数。

z 的变化一方面受商品市场供求矛盾的调节,另一方面又受通货膨胀率的影响。这里假定在一定时期内商品的供求量保持不变,商品的供求量与价格成反比,而通货膨胀率的变化实际上也可以用实际利率的变化来表征,通货膨胀率等于名义利率减去实际利率,所以可以得到: $\dot{z} = -f_4z - f_5x$, 其中 f_4 和 f_5 均为常数。这样就得到了由 x, y, z 三个状态变量及有关反馈回路所组成的关键结构模型。与原模型相比,关键结构模型在很大程度上得到了浓缩,但是可以发现其中还包含着 9 个尚待调整的独立参数,因此还得进一步地简化模型。就所需解决的问题而言,最关心的不是关键结构模型中各参数的绝对量值。而是各参数间的相互组合关系依及它们的相对变化对系统行为的影响,所以通过选取适当的坐标系和赋以各状态变量适当的量纲,就可得到如下仅含 3 个最主要参数的更为简化的模型。

文献[2]给出了混沌金融系统的微分方程组模型见(1)式:

$$\begin{cases} \dot{x} = z + (y - a), \\ \dot{y} = 1 - by - x^2, \\ \dot{z} = -x - cz. \end{cases} \quad (1)$$

其中 $a(\geq 0)$ 为储蓄量, $b(\geq 0)$ 为单位投资成本, $c(\geq 0)$ 为商品需求弹性。下面我们对模型(1)的局部分岔拓扑结构进行研究。

令 A_p 为系统的吸引集,为了弄清 A_p 的几何结构,先来研究(1)式在平衡点临近的局部分岔,记

$$U = (x, y, z), \quad f(U) = \begin{pmatrix} -ax + xy + z \\ -x^2 - by + 1 \\ -x - cz \end{pmatrix}, \quad Df(U) = \begin{pmatrix} -a + y & x & 1 \\ -2x & -b & 0 \\ -1 & 0 & -c \end{pmatrix}. \quad (2)$$

设 $U = (x, y, z)$ 是(1)式的平衡点,则 $f(U) = 0$, 即:

$$\begin{cases} z + (y - a)x = 0, \\ 1 - by - x^2 = 0, \\ -x - cz = 0. \end{cases} \quad (3)$$

从而有当 $c - b - abc \leq 0$ 时系统(1)有唯一平衡点 $P = (0, 1/b, 0)$, 当 $c - b - abc \geq 0$

时系统(1)有三个平衡点 $q^\pm = (\pm \sqrt{(c-b-abc)/c}, (1+ac)/c, \mp 1/c \sqrt{(c-b-abc)/c})$ 和 $P = (0, 1/b, 0)$ 限于篇幅. 关于 $c-b-abc \geq 0$ 时的研究结果将陆续给予报道.

2 局部拓扑结构与分岔混沌研究

下面研究当 $c-b-abc \leq 0$ 时系统在平衡点 $P = (0, 1/b, 0)$ 的几何结构及其稳定性.

令: $X = x, Y = y - 1/b, Z = z$, 则(1)式变为: (4)

$$\begin{cases} \dot{X} = (1/b - a)X + Z + XY, \\ \dot{Y} = -bY - X^2, \\ \dot{Z} = -X - cZ, \end{cases} \quad (5)$$

经变换(4)平衡点 P 变成 $(0, 0, 0)$ 平衡点. (5)式所对应的线性化系统的特征方程为:

$$(\lambda + b) \left[\lambda^2 + \left(c + a - \frac{1}{b} \right) \lambda + 1 + ac - \frac{c}{b} \right] = 0, \quad (6)$$

则(6)式所对应的三个特征值为: $\lambda_1 = -b, \lambda_2$ 和 λ_3 由(6)式所决定:

$$\lambda_2 + \left[c + a - \frac{1}{b} \right] \lambda + 1 + ac - \frac{c}{b} = 0 \quad (7)$$

由于 $c-b-abc < 0$, 则 $1+ac-c/b > 0$, (7)式所对应的两个特征根 λ_2 和 λ_3 的解可分成三种情况:

情况1 $c-b-abc < 0, c+a-1/b > 0$, 则 $\lambda_2 < 0, \lambda_3 < 0$ 结合 $\lambda_1 = -b < 0$, 则系统(1)在满足情况1的条件下其平衡点 $P = (0, 1/b, 0)$ 是稳定的汇, 此时 $A_p = \{p\}$.

情况2 $c-b-abc < 0, c+a-1/b < 0$, 则 $\lambda_2 > 0, \lambda_3 > 0$ 结合 $\lambda_1 = -b < 0$, 则系统(1)在满足情况2的条件下其平衡点 $P = (0, 1/b, 0)$ 是鞍点, 此时 $A_p = \{p\}$.

情况3 $c-b-abc = 0$, 则 $\lambda_2 = 0, \lambda_3 = -(c+a-1/b)$ 结合 $\lambda_1 = -b < 0$, 此时又分成两种情况:

1) $\lambda_3 = -(c+a-1/b) = (1-c^2)/c > 0$, 即 $0 < c < 1$ 则根据文献[3] p169 定理此平衡点 $P = (0, 1/b, 0)$ 为非双曲的不稳定平衡点.

2) $\lambda_3 = -(-c+a-1/b) = (1-c^2)/c < 0$, 即 $c > 1$, 下面我们应用中心流形定理^[3]判定此平衡点的稳定性. 此时三个特征值所对应的特征向量分别是: 对 $\lambda_1 = -b$ 的特征向量为: $(0, 1, 0)^T$, 对 $\lambda_2 = 0$ 的特征向量为: $(1, 0, -1/c)^T$, 对 $\lambda_3 = (1-c^2)/c < 0$ 的特征向量为: $(-1/c, 0, 1)^T$, λ_1 和 λ_3 的特征向量张成稳定子空间 E^s , λ_2 的特征向量张成中心子空间 E^c . 对特征基 $(X, Y, Z)^T$ 进行线性变换 $T(u, v, w)^T$ 即:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = T \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix}, \quad T = \begin{pmatrix} 1 & -1/c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1/c & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad T^{-1} = \begin{pmatrix} c^2/(c^2-1) & 0 & c/(c^2-1) \\ c/(1-c^2) & 0 & c^2/(1-c^2) \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}. \quad (8)$$

将(8)式代入(5)式可得:

$$\begin{pmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \\ \dot{w} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & (c^2-1)/c & 0 \\ 0 & 0 & -b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c^2(u-c^{-1}v)w/(c^2-1) \\ c(u-c^{-1}v)w/(1-c^2) \\ -(u-c^{-1}v)^2 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

对新变量 $(u, v, w)^T$ 而言其三个特征值并未改变, 它们所对应的特征向量分别是: 对 $\lambda_1 = -b$ 的特征向量为: $(0, 0, 1)^T$, 对 $\lambda_2 = 0$ 的特征向量为: $(1, 0, 0)^T$, 对 $\lambda_3 = (1-c^2)/c < 0$ 的特征向

量为: $(0, 1, 0)^T$, 故 $E^c = u$ 轴, $E^s = \text{span}\{(u, v, w)^T\}$, $E^u = \phi$, 方程组(9) 的线性部分已经解耦:

$$\dot{u} = \frac{c^2}{c^2-1}(u - c^{-1}v)w, \quad (10a)$$

$$\begin{pmatrix} \dot{v} \\ \dot{w} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c^2/(c^2-1) & 0 \\ 0 & -b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ w \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{c}{1-c^2}(u - c^{-1}v)w \\ -(u - c^{-1}v)^2 \end{pmatrix}. \quad (10b)$$

中心流形 W^c 是与中心子空间 E^c 相切的曲线, 下面求 W^c 的方程, 现在需求取在平衡点 $(0, 0, 0)$ 的邻域内 W^c 和 E^c 在平衡点 $(0, 0, 0)$ 相切后, 从 u 轴向 v 及 w 偏离的函数 $h_1(u)$ 和 $h_2(u)$, 中心流形:

$$W^c = \left\{ \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ w \end{pmatrix} = h(U) = \begin{pmatrix} h_1(u) \\ h_2(u) \end{pmatrix} \right\}, \quad h(0) = 0, \quad Dh(0) = 0, \quad (11)$$

$h(U): R^2 \rightarrow R^2$ 为在 $(0, 0, 0)$ 点邻域上的微分同胚, 用形式幂级数法求 $h(U)$.

$$\text{设 } \begin{pmatrix} v \\ w \end{pmatrix} = h(U) = \begin{pmatrix} a_1u^2 + b_1u^3 + c_1u^4 + \dots \\ a_2u^2 + b_2u^3 + c_2u^4 + \dots \end{pmatrix}, \quad (12)$$

将(12)式代入(10b), 其中 u 以(10a)代入后, 则:

$$\begin{pmatrix} h_1(u) \\ h_2(u) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{c^2}{c^2-1}(u - c^{-1}v)h_2(u) \\ -bh_2(u) - (u - c^{-1}h_1(u))^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_1(u) + \frac{c}{1-c^2}(u - c^{-1}h_1(u))h_2(u) \\ -bh_2(u) - (u - c^{-1}h_1(u))^2 \end{pmatrix}, \quad (13)$$

其中 $h_i = \partial h_i(u)/\partial u = 2a_iu + 3b_iu^2 + 4c_iu^3 + \dots$, 将 h 和 h 以(12)的形式代入(13)式比较系数后, 则 v 方程:

$$\begin{cases} O(u^2): \frac{c^2-1}{c}a_1 = 0, \\ O(u^3): \frac{c^2-1}{c}b_1 + \frac{c}{1-c^2}a_2 = 0, \\ O(u^4): \frac{2a_1a_2c^2}{c^2-1} = \frac{c^2-1}{c}c_1 + \frac{c}{1-c^2} \left(b_2 - \frac{a_1a_2}{c} \right). \end{cases} \quad (14a)$$

$$w \text{ 方程: } \begin{cases} O(u^2): \frac{c^2-1}{c}c_1 + \frac{c}{1-c^2}b_2 = 0, \\ O(u^3): \frac{2a_1}{c} - b_1b_2 = 0, \\ O(u^4): \frac{2a_2c^2}{c^2-1} = \frac{2b_1}{c} - bc_2 - \frac{a_1^2}{c^2}. \end{cases} \quad (14b)$$

由(14a)和(14b)联立可得:

$$\begin{cases} a_1 = 0, & b_1 = -\frac{c^2}{b(c^2-1)^2}, & c_1 = 0, \\ a_2 = -\frac{1}{b}, & b_2 = 0, & c_2 = \frac{-2c}{b^3(c^2-1)^2}(b + c(c^2-1)). \end{cases} \quad (15)$$

精确到四次方的中心流形为:

$$W^c = \left\{ \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_1(u) \\ h_2(u) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{c^2}{b(c^2-1)^2}u^3 + O(u^5) \\ -\frac{1}{b}u^2 - \frac{2c}{b^3(c^2-1)^2}(b + c(c^2-1))u^4 + O(u^5) \end{pmatrix} \right\}. \tag{16}$$

将 h_1 和 h_2 代入式(10a) 可求得流形上的方程:

$$\dot{u} = \frac{-c^2}{b(c^2-1)}u^3 - \frac{2c^3}{b^3(c^2-1)^3}(b + c(c^2-1))u^5 + O(u^6). \tag{17}$$

由于式(17)中 u^3 项的系数为负, 故在中心流形上的流是渐近稳定的, 由中心流形定理可知平衡点(0, 0, 0) 一其对应(1) 式中的平衡点 $P(0, 1/b, 0)$ 也是渐近稳定的。

综合 i), ii) 可知在满足情况 3 的条件下, 当 $c = 1$ 时, 系统(1) 在平衡点 $P = (0, 1/b, 0)$ 发生分岔。

情况 4 $c - b - abc < 0, c + a - 1/b = 0$, 由此可以得到: $c^2 < 1, \lambda_2$ 和 λ_3 是一对纯虚根, 结合 $\lambda_1 = -b < 0$, 取 $\alpha = -(c + a - 1/b)$, 则 $\partial\alpha/\partial a|_{a=a_0} = -1 \neq 0$ 满足 Hopf 分岔的横截条件, 这说明当 a 通过 a_0 时系统的轨线横穿虚轴, 即系统(1) 在满足情况 4 的条件下其平衡点 $P = (0, 1/b, 0)$ 发生 Hopf 分岔, 并存在周期解族。此时: $\lambda_1 = -b, \lambda_2 = i\sqrt{1-c^2}, \lambda_3 = -i\sqrt{1-c^2}$ 。关于此情况下 Hopf 分岔的稳定性及其周期解的情况, 限于篇幅, 其相关研究成果将陆续给予报道。

3 数值结果

情况 1 $c - b - abc < 0, c + a - 1/b > 0$, 若取 $a = 4.5, b = 0.2$, 则系数 c 应满足: $0.5 < c < 2$, 我们取 $c = 0.6$ 同时取 $(x_0, y_0, z_0) = (0.000011, 4.998655, -0.000011), \Delta t = 0.01$, 的 $x-y$ 相图如图 1(a); $y-z$ 相图如图 1(b); $x-z$ 相图如图 1(c); $x-y-z$ 相图如图 1(d); 数值计算结果表明: 系统在满足情况 1 的条件下的平衡点是稳定的汇, 与理论推导结果完全吻合。

情况 2 $c - b - abc < 0, c + a - 1/b < 0$, 若取 $a = 4.5, b = 0.2$, 则系数 c 应满足: $c < 2$ 和 $c < 0.5$, 我们取 $c = 0.4$ 同时取 $(x_0, y_0, z_0) = (0.000003, 4.998635, -0.001040), \Delta t = 0.01$, 其前 4096 点的 $x-y$ 相图如图 2(a); $y-z$ 相图如图 2(b); $x-z$ 相图如图 2(c); $x-y-z$ 相图如图

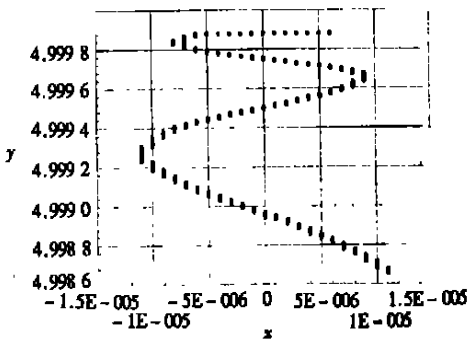


图 1(a)

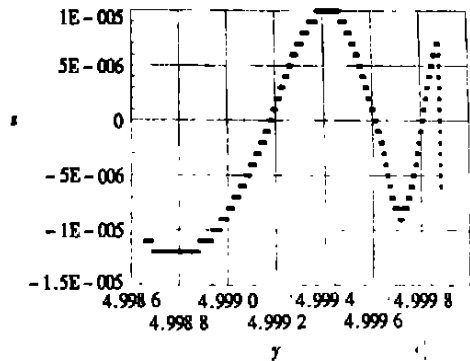


图 1(b)

2(d); 数值计算结果表明: 系统在满足情况 2 的条件下的平衡点是鞍点, 与理论推导

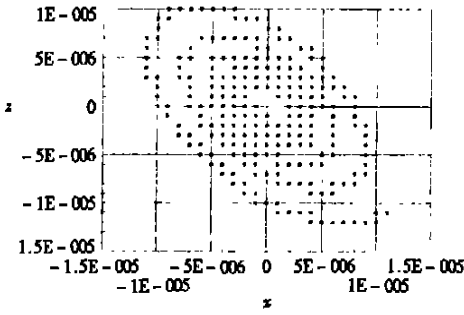


图 1(c)

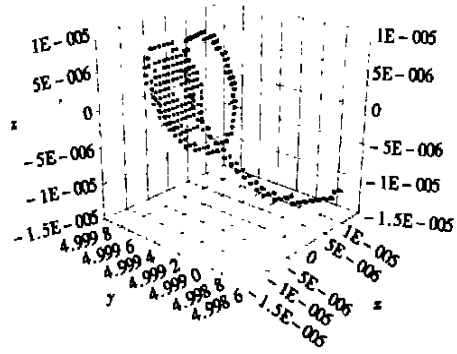


图 1(d)

结果完全吻合。

情况 3 $c - b - abc = 0$, 则 $\lambda_2 = 0, \lambda_3 = -(c + a - 1/b)$ 结合 $\lambda_1 = -b < 0$, 此时又分成两种情况:

i) $\lambda_3 = -(c + a - 1/b) = (1 - c^2)/c > 0$, 即 $0 < c < 1$, 若取 $= 4.5, b = 0.2, c = 0.5$ 同时取 $(x_0, y_0, z_0) = (2, 1, 2), \Delta t = 0.01$, 其前 4096 点/起始点 $(x_s, y_0, z_0) = (0.548091, 3.6497, 0.232718)$ 的 x_y 相图如图 3(a); y_z 相图如图 3(b); x_z 相图如图 3(c); x_yz 相图如图 3(d); 后 4096 点的 x_y 相图如图 3(e); y_z 相图如图 3(f); x_z 相图如图 3(g); x_yz 相图如图 3(h); 数值计算结果表明: 系统在满足情况 3 的条件下的平衡点是非双曲的不稳定平衡点, 与理论推导结果完全吻合。

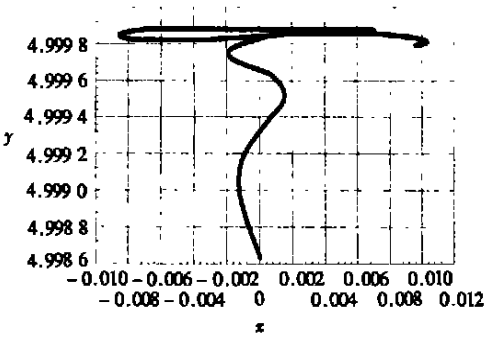


图 2(a)

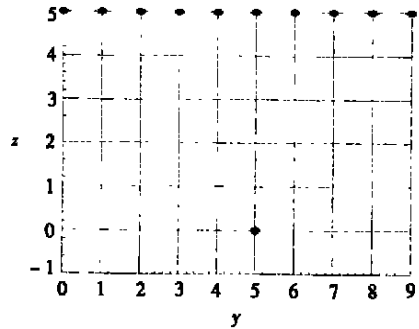


图 2(b)

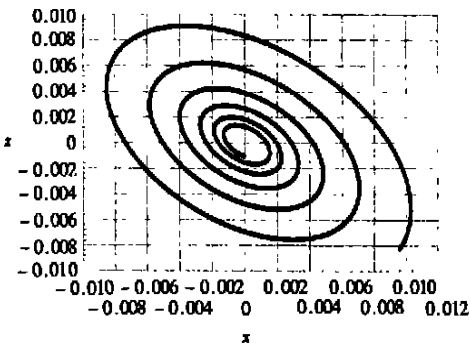


图 2(c)

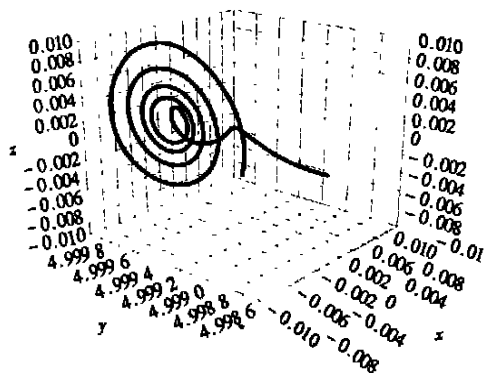


图 2(d)

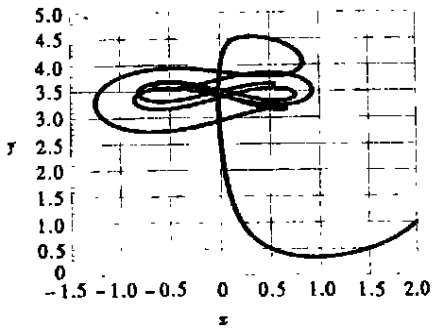


图 3(a)

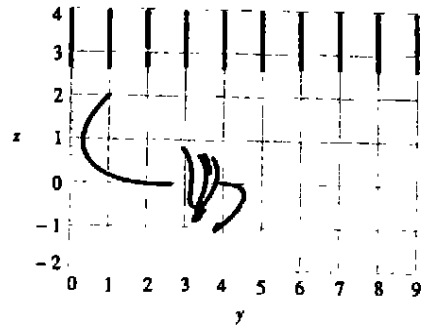


图 3(b)

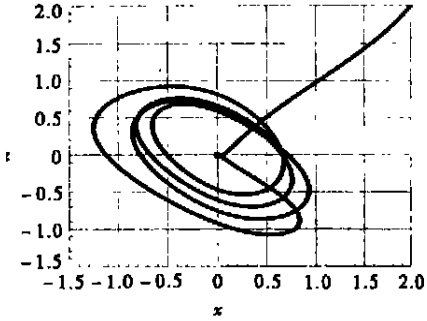


图 3(c)

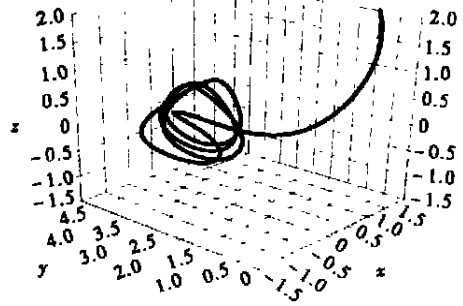


图 3(d)

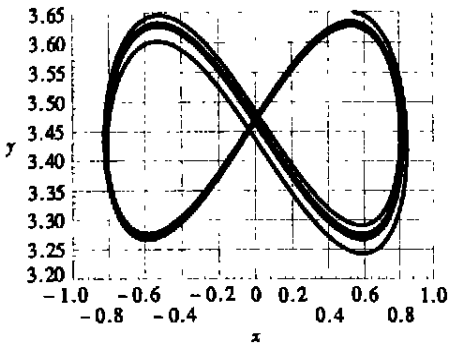


图 3(e)

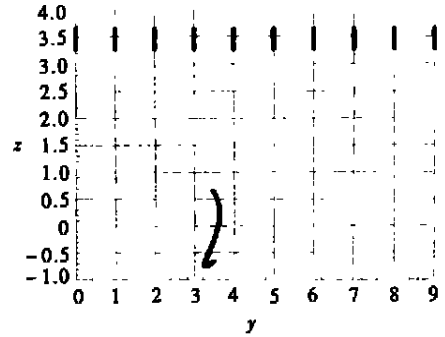


图 3(f)

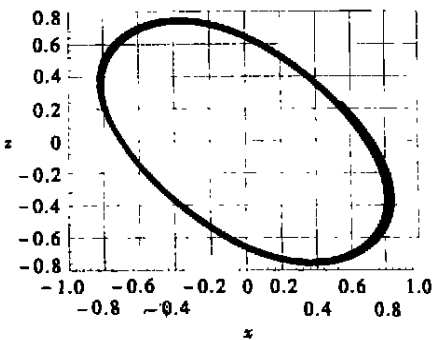


图 3(g)

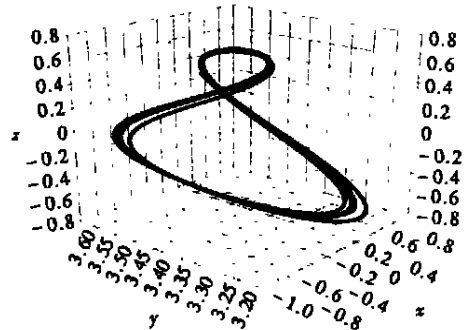


图 3(h)

ii) $\lambda_3 = -(c + a - 1/b) = (1 - c^2)/c < 0$, 即 $c > 1$, 若取 $a = 4.5, b = 0.2, c = 2$ 实际上, 当 $a = 3, b = 0.2, c > 2$ 时系统才有可能产生 Hopf 分岔, c 只有四个虚根其分别为: $c_{1,2}$

$= -1.209\ 246\ 42 \pm 0.861\ 608\ 97i$, $c_{3,4} = 1.109\ 246\ 42 \pm 0.361\ 018\ 69i$, 所以 $a = 3$, $b = 0.2$ 时, c 取任意值系统都不会产生Hopf分岔/同时取 $(x_0, y_0, z_0) = (2, 1, 2)$, $\Delta t = 0.01$, 其前 4 096 点 / 起始点 $(x_0, y_0, z_0) = (0, 4.998\ 694, 0)$ 的 $x-y$ 相图如图 4(a); $y-z$ 相图如图 4(b); $x-z$ 相图如图 4(c); $x-y-z$ 相图如图 4(d); 数值计算结果表明: 系统在满足情况 3 ii) 的条件下的平衡点是稳定的, 与理论推导结果完全吻合。

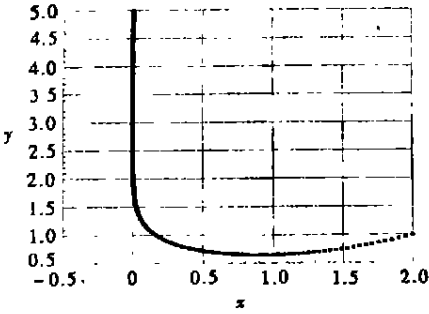


图 4(a)

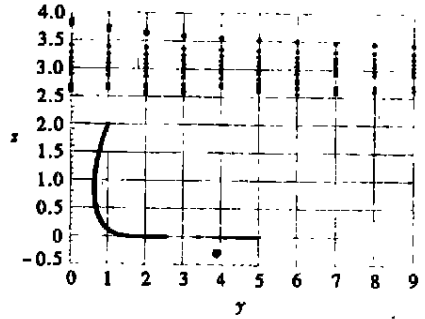


图 4(b)

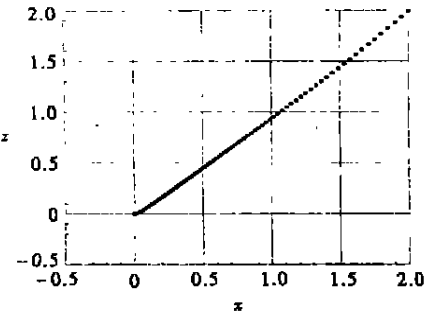


图 4(c)

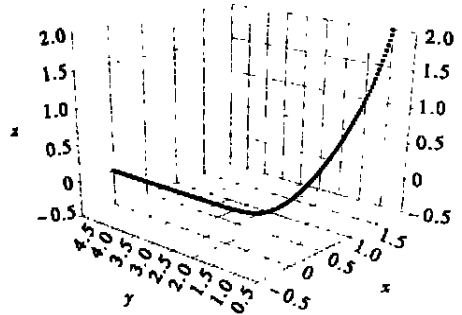


图 4(d)

情况 4 $c - b - abc < 0$, $c + a - 1/b = 0$, 由此可以得到 $c^2 < 1$, 若取 $a = 4.5$, $b = 0.2$, $c = 0.5$ 同时取 $(x_0, y_0, z_0) = (2, 1, 2)$, $\Delta t = 0.01$, 其前 4 096 点的 $x-y$ 相图如图 5(a); $y-z$ 相图如图 5(b); $x-z$ 相图如图 5(c); $x-y-z$ 相图如图 5(d), 后 4 096 点 / 起始点 $(x_0, y_0, z_0) = (0.000\ 058, 4.998\ 648, -0.000\ 12)$ 的 $x-y$ 相图如图 5(e); $y-z$ 相图如图 5(f); $x-z$ 相图如图 5(g); $x-y-z$ 相图如图 5(h); 由(23) 式可算得: $a_1 = -2.236\ 842\ 105$, $b_1 = 0.227\ 901\ 422$, $c_1 = -2.763\ 157\ 895$, 数值计算结果表明: 系统在满足情况 4 的条件下的平衡点产生 Hopf 分岔, 与理论推导结果完全吻合。

4 结 论

从上述的理论分析及实际的数值模拟结果可知, 首先, 系统中各参数不合适的组合是引起经济系统出现混沌的根源, 它有可能使系统趋向混沌而失控, 也有可能是系统陷于停滞僵化的状态, 因此, 无论在严重的通货膨胀时期, 还是在经济萧条时期, 转换机制/ 调整结构永远是金融系统改革的首要任务。其次, 变量的弹性不足会引起信息反馈的滞后, 只会给定决策机构提供扭曲了的错误信号, 由此所造成的不良后果是可想而知的, 更严重的是这些不良后果还会以恶性循环的形式不断蔓延 \ 扩大。所以, 适当地提高变量的弹性将有利于稳定经济, 有利于金融系统的正常运转。

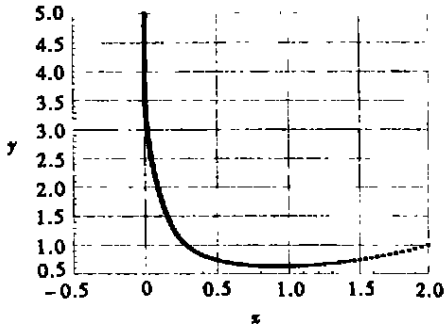


图 5(a)

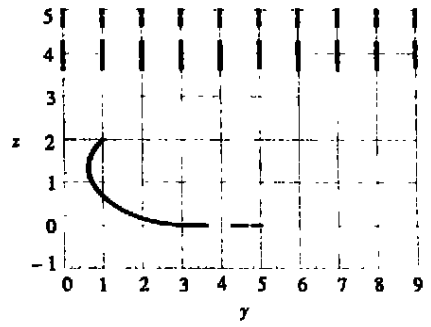


图 5(b)

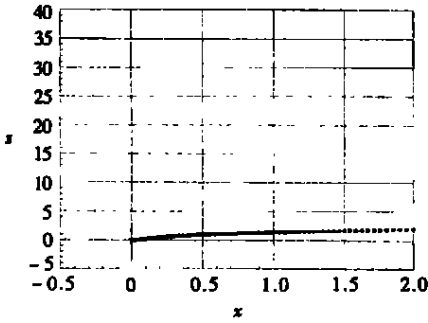


图 5(c)

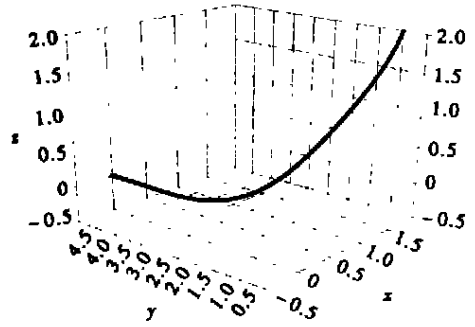


图 5(d)

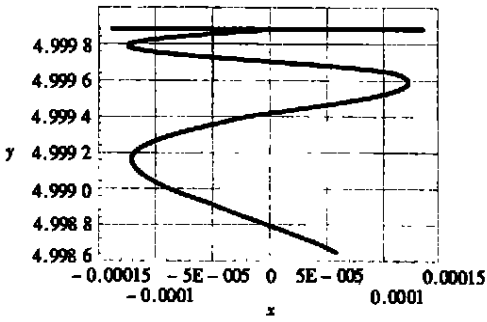


图 5(e)

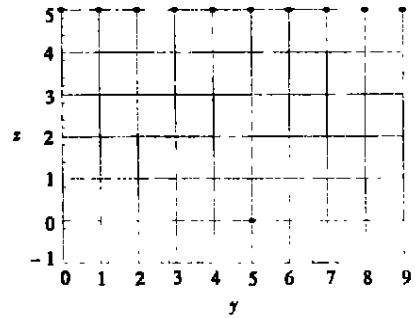


图 5(f)

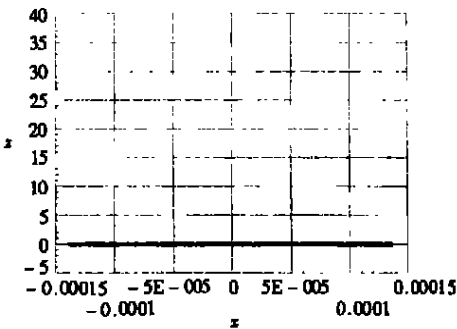


图 5(g)

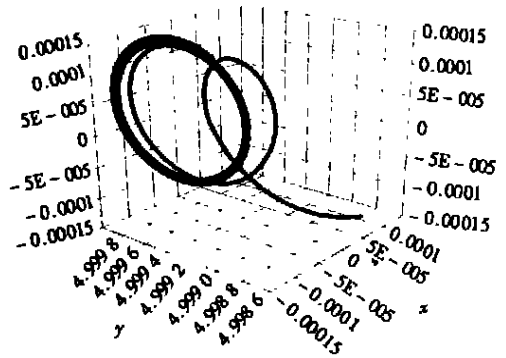


图 5(h)

[参 考 文 献]

- [1] 成思危. 复杂科学与管理[A]. 见:成思危编. 北京香山会议论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1998, 1—9.
- [2] 黄登仕, 李后强. 非线性经济学的理论和方法[M]. 成都: 四川大学出版社, 1993.
- [3] 陆启韶. 分岔与奇异性[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 1995.
- [4] 李京文. 混沌理论与经济学[J]. 数量经济技术经济研究, 1991, (24): 19—26.
- [5] Brunella M, Miarim. Topological equivalence of a plane vector field with its principal part defined through Newton polyhedra[J]. J Differential Equations, 1990, **85**(6): 338—366.
- [6] Gima A, Llibre. Algebraic and topological classification of the homogeneous cubic vector fields in the plane[J]. J Math Anal Appl, 1990, **47**(4): 420—448.
- [7] Omer Morgul. Necessary condition for observer_based chaos synchronization[J]. Phys Rev Lett, 1999, **82**(9): 77—80.
- [8] 杨小京. 一类平面齐次多项式系统的局部相图[J]. 系统科学与数学, 1999, **19**(4): 150—156.
- [9] M Clerc, P Couillet, E Tirapegui. Lorenz bifurcation instabilities in quasireversible systems[J]. Phys Rev Lett, 1999, **19**(11): 3820—3823.
- [10] Jati K Sengupta, Raymond E. Sfiar Nonlinear dynamics in foreign exchange markets[J]. International Journal of Systems Science, 1998, **129**(11): 1213—1224.
- [11] Freedman H I, Singh M, Easton A K, et al. Mathematical models of population distribution within a culture group[J]. Mathematical and Computer Modelling, 1999, **29**(6): 257—267.
- [12] Alexander Lipton-Lifschitz. Predictability and unpredictability in financial markets[J]. Phys D, 1999, **133**(12): 321—347.

Study for the Bifurcation Topological Structure and the Global Complicated Character of a Kind of Non-Linear Finance System(I)

MA Jun_hai¹, CHEN Yu_shu²

(1. School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, P R China;

2. Department of Mechanics, Tianjin University 300072, P R China)

Abstract: Based on the mathematical model of a kind of complicated financial system, all possible things that the model shows in the operation of our country's macro-financial system were analyzed, such as balance, stable periodic, fractal, Hopf-bifurcation, the relationship between parameters and Hopf-bifurcations, and chaotic motion etc. By the changes of parameters of all economic meanings, the conditions on which the complicated behaviors occur in such a financial system, and the influence of the adjustment of the macro-economic policies and adjustment of some parameter on the whole financial system behavior were analyzed. This study will deepen people's understanding of the lever function of all kinds of financial policies.

Key words: stable periodic; bifurcation chaotic; topological structure; global complicated character; finance system