

汇率决定的混沌模型及模拟检验

杜朝运 陈少龙

(厦门大学金融系, 福建 厦门 361005; 广西北海移动公司, 广西 北海 536075)

摘要: 本文介绍了汇率决定的混沌模型, 包括基本模型和扩展模型, 进而对汇率的混沌模型进行数值模拟研究, 并对模拟序列进行单位根检验, 检验结果表明模拟的汇率具有与现实汇率相同的波动特征。

关键词: 汇率; 混沌模型; 模拟检验

中图分类号: F830

文献标识码: A

文章编号: 1674-5477 (2010) 9-0009-05

布雷顿森林体系瓦解之后, 主要工业化国家相继采用浮动汇率制度, 世界金融市场动荡加剧, 大量的研究证明汇率呈现出非线性特征, 传统理论对汇率分析采用的线性范式, 已经不能很好地解释汇率的波动行为。采用非线性方法研究汇率成为必要, 混沌理论作为非线性科学分支理所当然被引入到汇率研究中。本文主要介绍 De Grauwe 和 Dewatcher (1992) 提出的汇率决定的混沌货币模型, 该模型假定信息是不完备的, 市场参与者及其预期是异质的, 他们使用不同的有限信息集合。本文进而对模型进行模拟检验, 得出相关结论。

一、基本模型及模拟检验

(一) 基本模型

基本的汇率决定的混沌模型为: $S_t = X_t E_t(S_{t+1})^b$

其中 S_t 代表 t 时期的汇率, X_t 代表 t 时期推动汇率的基本经济变量, $E_t(S_{t+1})$ 是 t 时期市场上关于 $t+1$ 时期的汇率预期, 是未来汇率的贴现因子 ($0 < b < 1$)。

模型假定外汇市场的参与者分为两类: 一类被称为“技术分析者”(噪声交易者或图表分析者); 另一类被称为“基础分析者(市场回归交易者)”。技术分析者用过去汇率来预期将来汇率, 而基础分析者根据既定基本因素的宏观经济模型计算均衡汇率,

认为市场汇率将向均衡汇率移动, 当汇率偏离均衡水平, 预期市场汇率将回到均衡水平。这样将来预期汇率的变化由两部分组成, 一是技术分析的因素导致的汇率变动, 他们的行为导致汇率偏离均衡水平, 是不稳定的来源; 二是基础分析者的行为使得汇率回到均衡水平, 是市场稳定的因素。因此, 市场上关于 $t+1$ 时期的汇率预期 $E_t(S_{t+1})$ 分为技术分析者的预期 $E_{ct}(S_{t+1})$ 和基础分析者的预期 $E_{ft}(S_{t+1})$ 两部分:

$$E_t(S_{t+1})/S_{t-1} = [E_{ct}(S_{t+1})/S_{t-1}]^{m_t} [E_{ft}(S_{t+1})/S_{t-1}]^{1-m_t}$$

$$m_t = \frac{1}{1 + \beta (S_{t-1} - S_{t-1}^*)^2}$$

其中 $\beta > 0$, m_t 是赋予技术分析者的权重, $1 - m_t$ 是赋予基础分析者的权重。 S_{t-1}^* 是 $t-1$ 期均衡汇率。分析权重函数 m_t , 可以发现当市场汇率等于均衡汇率时, m_t 达到最大, 基础分析者不起作用, 当市场汇率偏离均衡水平时, m_t 开始下降, 基础分析者的预期开始发挥作用, 其中 β 决定 m_t 下降的速度, 当 β 较大时, 较小的汇率偏离就会导致 m_t 较快下降, 基础分析者的预期所起的作用更强。

均衡状态时 $E_t(S_{t+1}) = S_t = S_{t-1}$, 基础分析者根据基本模型的公式可以计算得到的均衡汇率 S_t^* :

$$S_t^* = (X_t)^{\frac{1}{1-b}}$$

收稿日期: 2010-07-10

作者简介: 杜朝运, 男, 福建泉州人, 经济学博士、教授, 厦门大学金融系主任, 博士生导师。

陈少龙, 男, 广西北海人, 经济学硕士, 供职于广西北海移动公司。

基础分析者认为 $t-1$ 期的汇率将以速度 α ($0 < \alpha \leq 1$) 向均衡汇率回归:

$$E_{fi}(S_{t+1})/S_{t-1} = (S_{t-1}^*/S_{t-1})^\alpha$$

技术分析者使用过去的汇率预测将来的汇率:

$$E_{ci}(S_{t+1})/S_{t-1} = f(S_{t-1}, S_{t-2}, \dots, S_{t-N})$$

Grauwe 假设技术分析者使用移动平均模型预测汇率, 当短期移动平均线从下方穿越长期移动平均线, 技术分析者预期汇率将会上升; 反之, 当短期移动平均线从上方穿越长期移动平均线, 技术分析者预期汇率将会下降。

$$E_{ci}(S_{t+1})/S_{t-1} = [SMA(S_{t-1})/LMA(S_{t-1})]^{2\gamma}$$

这里是技术分析者把过去推到将来的参数。Grauwe 采用简单化的移动平均, 即用一期的移动平均代表短期移动平均 $SMA(S_{t-1})$, 两期的移动平均代表长期移动平均 $LMA(S_{t-1})$:

$$SMA(S_{t-1}) = (S_{t-1}/S_{t-2})$$

$$LMA(S_{t-1}) = (S_{t-1}/S_{t-2})^{1/2} (S_{t-2}/S_{t-3})^{1/2}$$

于是可以得到技术分析者的汇率预期

$$E_{ci}(S_{t+1})/S_{t-1} = (S_{t-1}/S_{t-2})^\gamma (S_{t-2}/S_{t-3})^\gamma$$

基本模型对基本经济变量进行了简化, 令 $X_t=1$, 因此均衡汇率 $S_t^*=1$, 从而可以得到

$$S_t = S_{t-1}^{\phi_1} S_{t-2}^{\phi_2} S_{t-3}^{\phi_3}$$

$$\Phi_1 = b [1 + \gamma m_t - \alpha (1 - m_t)]$$

$$\Phi_2 = -2b\gamma m_t$$

$$\Phi_3 = b\gamma m_t$$

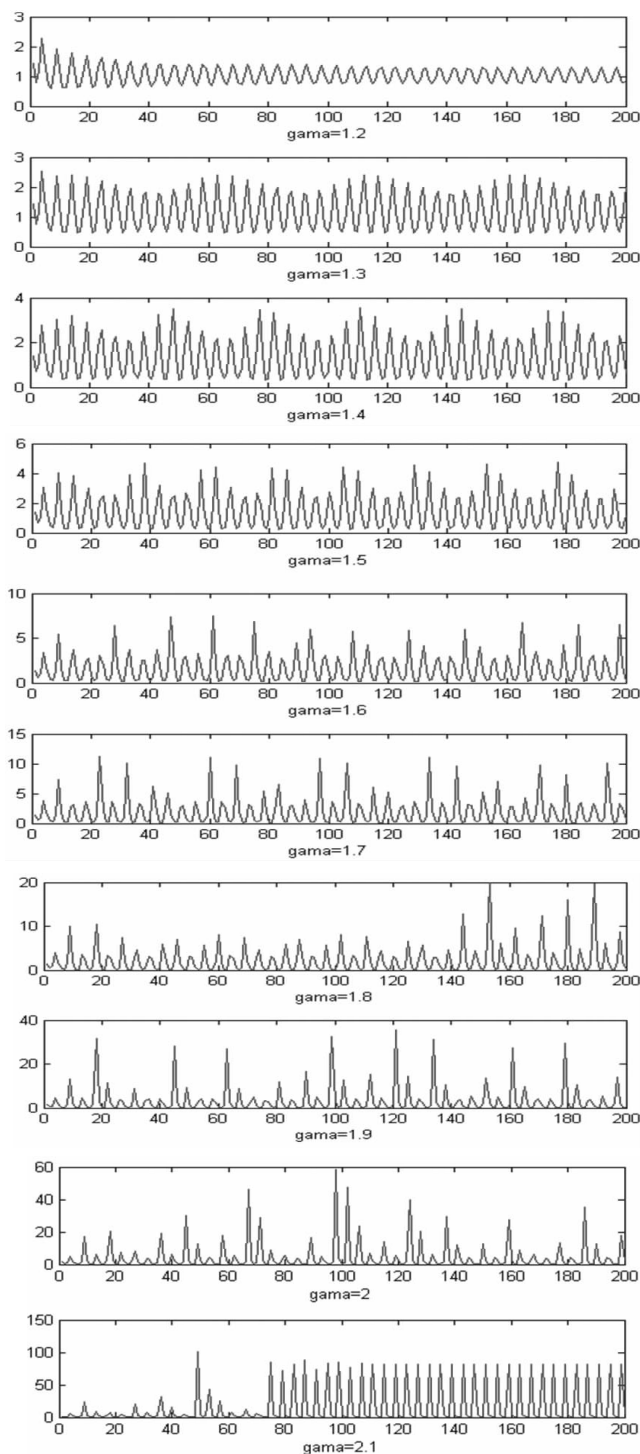
$$m_t = \frac{1}{1 + \beta (S_{t-1} - 1)^2}$$

在异质预期的假定下, 外汇市场上图表分析者和基本因素分析者的相互作用使得汇率有可能呈现混沌的运动状态。

(二) 模拟检验

接下来对基本模型进行数值模拟检验。模型参数的取值为: $\alpha=0.5$, $\beta=0.7$, $b=0.6$, 其中 γ 分别取 1.2 到 2.3, 每次步进 0.1, γ 的值标示在图 1 中每一小幅图的下方。由于技术分析者采用的移动平均模型至少需要三个离现在最近的汇率值才可以预测下一期的汇率, 我们任意 (这不会影响检验的结果) 选定三个初始汇率值 $S_1=2.3$, $S_2=6$, $S_3=4.2$, 模拟过程为: 用这三个初始汇率值根据模型计算出新的汇率值, 之后再使用最新的三个汇率值计算出新的汇

率值, 不断重复此步骤, 最后使用所有这些计算得到的汇率值作图, 共有 12 个汇率序列 (见图 1)。



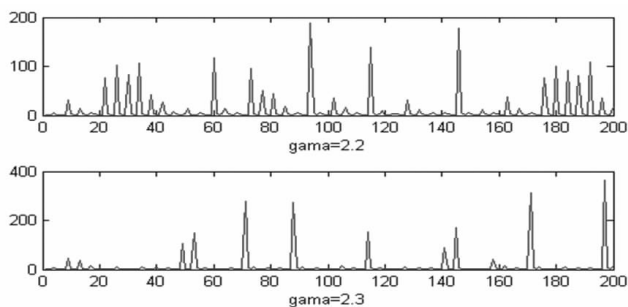


图 1 数值模拟：基本的汇率决定混沌模型

从图 1 中可以看到，在较小的时候，模拟汇率的波动是一种来回振荡形态，具有明显的规律性，但随着的逐渐增大，模拟汇率的波动形态越来越复杂、不规则，呈现出某种随机性，其波动的幅度也越来越大，这是因为越大意味着技术分析者的投机行为越强烈，这投射到汇率的波动上就明显表现为汇率的随机行为增强。另一方面，基础分析者的存在，是使得汇率回归到均衡汇率（ $S_t^*=1$ ）附近的重要力量，这从图 1 中就可看出，模拟汇率的波动总是围绕着均衡汇率波动。因此，模拟汇率的波动具有某种随机性，但这种随机性又是来源于一个确定的系统。

二、扩展模型及模拟检验

（一）扩展模型

由于基本模型没有对决定汇率的基本经济变量的结构进行详细说明，因此它还不是一个完整的模型。为了使模型更加符合现实，Grauwe 和 Dewachter 将基本模型进行扩展，融入多恩布什的粘性价格模型，从而使模型的基本经济变量具有现实性。

粘性价格模型包括货币市场均衡，无抵补利率平价，商品市场均衡和购买力平价：

$$M_{st}=M_{dt}=Y_t^a P_t^{-c} (1+r_t)^{-c}$$

$$E_t(S_{t+1})/S_t = (1+r_t) / (1+r_{ft})$$

$$P/P_{t-1} = \left(\frac{S_t P_{ft}}{P_t} \right)^k$$

$$S_t^* = P_t^* / P_{ft}^*$$

假定外国变量 $r_{ft}=0$, $P_{ft}=1$ ，以上可整理为

$$S_t = Z_t^b E_t(S_{t+1})^\psi$$

$$Z_t = M_{st} Y_t^{-a} P_t^{-b} - 1$$

$$\psi = 1/(c+kb)$$

$$\Phi = c\psi$$

$$b = 1/(1+k)$$

再结合前面的基本模型，可得

$$S_t = Z_t^b \cdot S_{t-1}^{\Phi_1} \cdot S_{t-2}^{\Phi_2} \cdot S_{t-3}^{\Phi_3} \cdot S_{t-4}^{\Phi_4}$$

$$Z_t = M_{st} Y_t^{-a} P_t^{-b} - 1$$

$$\psi = 1/(c+kb)$$

$$\Phi = c\psi$$

$$b = 1/(1+k)$$

$$\Phi_1 = \Phi [1+m_t\gamma - a(1-m_t)]$$

$$\Phi_2 = -2\Phi m_t\gamma$$

$$\Phi_3 = \Phi m_t\gamma$$

$$\Phi_4 = \Phi a(1-m_t)$$

$$m_t = \frac{1}{1+\beta(S_{t-1}-S_{t-1}^*)^2}$$

$$S_{t-1}^* = P_{t-1}^* / P_{ft-1}^*$$

扩展后的模型所描述汇率的运动不仅能够呈现出混沌状态，而且还表现出和现实汇率运动相同的特征。我们下面进行数值模拟检验。

（二）模拟检验

检验采用月度数据，时间区间为 2000 年 1 月到 2007 年 7 月。之所以选择这一时段，主要考虑避免 2007 年 8 月爆发的次贷危机带来的影响。中国和美国的物价水平均使用消费者价格指数（CPI）表示，数据来源于人大经济论坛（<http://www.pinggu.org/bbs/>），两国 CPI 数据都采用定基方法进行处理，以 1999 年 1 月为基期；利率则根据三个月利率转化为月利率；货币供应量采用 M2 月度数据；产出采用年度 GDP 平均调整为月度数据，利率和货币供应量数据来源于中国人民银行网站，GDP 数据来源于中国国家统计局网站（<http://www.stats.gov.cn/>）。模型的参数取值为 $\alpha=0.3$, $\beta=0.6$, $a=1.2$, $c=1.8$, $k=0.8$, γ 的取值从 0.6 到 1.7，每次步进为 0.1。的取值在每一小幅图下方分别作了标示。

模拟的过程为：我们选定三个真实的初始汇率值（CNY/USD） $S_1=8.278$, $S_2=8.2778$, $S_3=8.27832$ ，用这三个初始汇率值根据模型计算出新的汇率值，之后再使用最新的三个汇率值计算出新的汇率值，不断重复此步骤，最后用所有这些计算而来的汇率值作图，共有 12 个汇率序列（见图 2）。

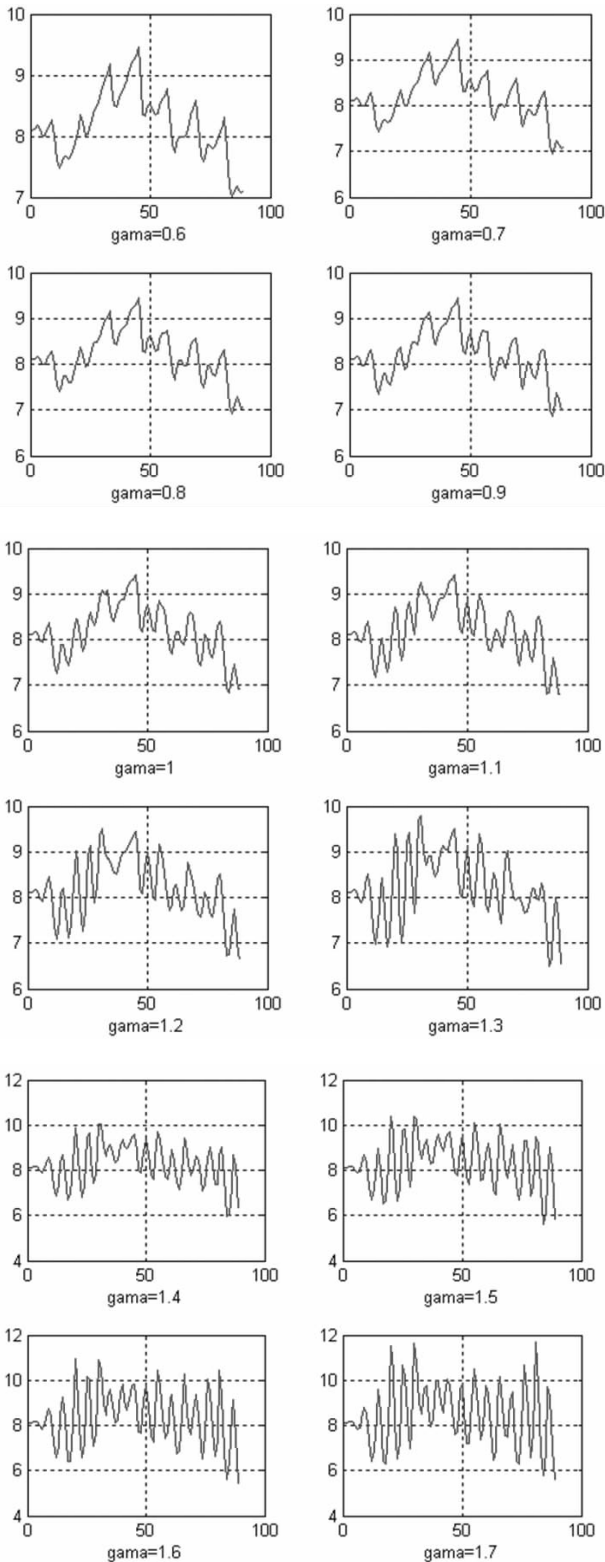


图 2 数值模拟：扩展的汇率决定混沌模型与之前的基本模型相比，扩展模型的模拟汇率

的波动形态与基本模型的明显不一样，在较小的时候，扩展模型的模拟汇率的波动并不具有明显的规律，一开始就呈现出某种随机性。随着的逐渐增大，扩展模型的模拟汇率的波动形态比基本模型更加复杂、不规则，其波动的幅度变化也更加大，这是因为扩展模型比基本模型加入了更多经济结构，模拟汇率的波动也就更加贴近现实。

从扩展模型的模拟汇率本身来看，其波动同样随着的逐渐增大而变化，呈现出随机性，这是因为技术分析者在起作用；另一方面，基础分析者的力量，促使汇率有回归到长期均衡汇率 ($S_t^* = P_t^* / P_{ft}^*$) 的趋势。

(三) 单位根检验

我们对扩展的汇率混沌模型所模拟的汇率序列进行单位根检验，检验软件是 EViews 5.1。检验形式 (C, T, L) 三个参数分别表示截距、时间趋势和滞后项数，C、T 为 0 表示检验形式为无截距、时间趋势，滞后项数由 EViews 根据施瓦茨法则自动确定。检验结果如表 1 所示。

表 1 扩展模型的单位根检验

序号	序列	差分除数	检验形式	ADF 值	1%临界值	5%临界值
1	$\gamma = 0.6$	0 阶	(C, 0, 11)	-0.833797	-3.514426	-2.898145
2	$\gamma = 0.7$	0 阶	(C, 0, 11)	-0.854731	-3.514426	-2.898145
3	$\gamma = 0.8$	0 阶	(C, 0, 11)	-0.852896	-3.514426	-2.898145
4	$\gamma = 0.9$	0 阶	(C, 0, 2)	-1.005269	-3.505595	-2.894332
5	$\gamma = 1.0$	0 阶	(C, 0, 2)	-0.947532	-3.505595	-2.894332
6	$\gamma = 1.1$	0 阶	(C, 0, 2)	-0.948559	-3.505595	-2.894332
7	$\gamma = 1.2$	0 阶	(C, 0, 2)	-1.109509	-3.505595	-2.894332
8	$\gamma = 1.3$	0 阶	(C, 0, 2)	-1.270386	-3.505595	-2.894332
9	$\gamma = 1.4$	0 阶	(C, 0, 3)	-1.064332	-3.506484	-2.894716
10	$\gamma = 1.5$	0 阶	(C, 0, 3)	-1.418875	-3.506484	-3.506484
11	$\gamma = 1.6$	0 阶	(C, 0, 5)	-1.918084	-3.508326	-2.895512
12	$\gamma = 1.7$	0 阶	(C, 0, 5)	-2.451454	-3.508326	-2.895512

由表 1 可以看出，所有检验的 ADF 值均大于 5% 临界值，也大于 1% 临界值，即所有检验的 ADF 值表明在 1%、5% 置信水平上都不能拒绝存在单位根的零假设，所以我们接受存在单位根的零假设，这表明当模型参数取某些特定值时，汇率的混沌货币模型所模拟的汇率具有单位根特征，与现实汇率相同。

三、结论

以上介绍了汇率决定的混沌模型，包括基本模型和扩展模型，并对汇率混沌模型的进行模拟检验，

检验的结果表明, 汇率决定的混沌模型所描述的汇率波动呈现出一定的随机性, 这种随机性完全由确定的汇率混沌模型所产生, 其原因在于具有异质性预期的基础分析者与技术分析者分别使用不同的信息集合, 基础分析者与技术分析者之间的非线性作用产生了内在随机性, 这种内在随机性正是混沌运动的特征。这正解释了汇率长期预测的困难性。

与传统的汇率决定理论相比, 混沌模型的假定无疑更加贴近事实, 正是预期异质的基础分析者与技术分析者之间的相互作用为汇率的形成引入非线性机制, 这种非线性机制很好地解释了汇率波动的高频、非线性特征, 很好地解释了在没有未预期的宏观经济因素变动时, 汇率仍产生明显波动的现象。因此, 汇率决定的混沌模型对解释汇率的混沌形成机制做出了有益的尝试, 它从理论上展示了汇率的混沌现象存在的可能性, 这表明建立汇率的混沌模型对汇率进行研究是可行的。

尽管混沌模型在一定程度上描述并解释了汇率波动的混沌行为, 但不可否认, 这种汇率行为与现实的汇率行为仍存在一定差距。首先, 模型只采用最简单的移动平均模型来表达技术分析者对将来汇

率的预期, 而现实中的技术分析者可能采用的技术分析手段和指标要复杂得多; 其次, 本文在模拟时除了三个初始汇率值是真实的, 后来汇率值实际上是根据前面模拟得来的汇率计算得出, 刚开始的模拟汇率值与真实汇率之间的误差会带到后面的模拟过程中, 从而造成后面的模拟汇率值与真实汇率值的偏差; 再次, 汇率决定的混沌货币模型并没有考虑具有重要影响的中央银行对外汇市场的干预行为。因此, 汇率决定的混沌模型仍需要进一步的发展与突破。

参考文献

- [1] De Grauwe P, Dewachter H. Chaos in the Dornbusch model of the exchange rate [J]. *Review of Economic Studies*, 1992, 25 (1).
- [2] De Grauwe P, Dewachter H, Embrechts M. *Exchange rate theory: chaotic models of foreign exchange markets* [M]. Blackwells: Cambridge Press, 1993.
- [3] 陆前进. 汇率理论研究的新方法——混沌理论及其评述 [J]. *国际金融研究*, 2000 (2).
- [4] 何孝星, 赵华. 关于混沌理论在金融经济学与宏观经济学中的应用研究述评 [J]. *金融研究*, 2006 (7).

Chaotic Model of Exchange Rate and Its Simulation Test

Du Chaoyun Chen Shaolong

(Department of Finance, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005;
China Mobile Beihai, Beihai Guangxi 536075)

Abstract: This paper introduces chaotic model of exchange rate and simulates the behavior of exchange rate using chaotic model of exchange rate. The unit root tests results of the numerical simulation demonstrate chaotic model of exchange rate's behavior has the same features as the real exchange rate's behavior.

Key words: Exchange Rate; Chaotic Model; Simulation Test

(特约编辑: 杨永杰) (校对: YYJ)