

基于非对称动态波动性的 上海同业拆放利率模型研究

孔继红*

【摘要】 在单因子短期利率 CKLS 模型的基础上,对扩散项采用包含非对称 GARCH 的设定,从而允许利率波动率的动态性既依赖于未预期信息的影响,也依赖于信息正负性的差异化影响。利用极大似然法估计了上海银行同业拆放利率市场(SHIBOR)数据的模型参数,并评价了模型的拟合优度和预测能力。结论显示,非对称 GARCH 模型反映了 SHIBOR 利率市场存在显著的均值回复效应、未预期信息冲击效应和非对称效应。而相比之下,忽视了未预期信息影响的标准 CKLS 模型的实证显示,利率均值回复效应在 1% 的水平上并不显著,均值回复速度明显较低,而利率弹性参数虽然显著,但却过高地估计了利率市场水平效应的程度。同时,非对称 GARCH 模型也具有较高的拟合优度和波动率预测能力。

【关键词】 单因子利率模型;非对称动态波动性;极大似然法;上海银行同业拆放利率

一、引言

短期无风险利率是金融市场上最基本和最重要的证券价格决定因子和风险因子,经常被作为潜在状态变量的代理变量,用于推导整个期限结构的变化。利率期限结构测度的是不同期限的无风险利率之间的关系,它对于债券和利率衍生产品的定价以及利率类风险的套期保值、投机和套利将产生直接的影响,因此,短期无风险利率的正确模型化是金融市场投资主体的基础性工作。

作为利率模型的研究对象,研究者发现不同的短期利率市场数据都包含了以下特征:(1)显著的均值回复;(2)显著的利率波动率集聚性;(3)显著的非零偏度和超额峰度;(4)显著的跳跃等非连续性利率水平变化特征。其中,第一点用于刻画利率的水平值特征;而后三者有关利率的波动性特征。它们尤其是波动性特征能够显著影响利率类衍生产品定价(Das,2002),也会对金融市场其他产品的定价和投资者的各类投资行为产生重大影响(Schmidt,2011)。

* 管理学博士,南京师范大学商学院讲师,210023。本文受到国家自然科学基金项目(71102025)、国家自然科学基金项目(71172041)和江苏省高校实验室研究会 2012 年度立项研究课题(20120111)的支持。

从 1970 年代开始,许多不同的短期无风险利率模型出现在文献中,用于解释短期利率的动态行为模式。一般地,短期利率的均衡模型通过包含有漂移项和随机扩散项的随机微分方程来表达,通过不同的参数设定,漂移项可以设为反映利率的线性或非线性形式,随机扩散项则可以反映利率的条件波动性和水平效应等特征。

单因子均衡利率模型中的典型代表为 CKLS 模型(Chan et al.,1992),该模型首次整合了常见的 8 个形式各异的短期利率模型,形成的统一框架使得研究者可以比较不同利率模型的解释能力。CKLS 模型属于漂移扩散模型,它形式简单、参数意义明确,能够反映利率均值回复、水平效应等特征,对利率动态性的解释能力强,也成为了很多后续研究的基础。

CKLS 模型成功地解释了特征(1),但对于与波动率密切相关的后三点并不能有效地刻画。在利率的波动率集聚性上,CKLS 模型(包括其部分嵌套模型)是通过扩散项中的利率滞后值的幂(称为弹性参数)来刻画,但只是将利率的波动性设定为利率水平值的函数,而未能考虑到未预期新信息冲击的影响,而未预期信息一般是引起利率市场出现波动性的重要原因(Brenner et al.,1996)。这样,CKLS 模型在拟合过程中不得不提高弹性参数的估计值,以弥补模型对信息忽视的影响。这可能夸大了利率的水平效应程度。同时,CKLS 模型本质上遵循正态分布,因此无法复制出利率的非零偏度和超额峰度,更不能体现非连续性特征。在统计意义上,CKLS 模型的这些缺陷属于模型设定误差。

鉴于此,本文通过采用 GARCH 型模型的设定,纠正标准 CKLS 模型中忽视未预期信息影响的缺陷,以捕捉利率方差的自相关性特征。进一步,在 GARCH 设定基础上,考虑未预期信息对于利率方差的非对称效应,以捕捉利率增量表现的非零偏度特征。

二、文献回顾

金融文献中,短期利率理论包括一般均衡模型(General Equilibrium Model)和无套利模型(No Arbitrage Model)等两类。前者用相关经济变量推导内生的利率水平;后者将利率作为外生变量,通过债券等资产之间的关系推导出无套利条件下的相关金融工具价格(林海、郑振龙,2007)。在理论上一般均衡模型提供了更清晰的经济解释,实证上两者并没有明显的差别(Boero & Tordcelli,1996)。

单因子短期无风险利率模型可以追溯到著名的 Merton 模型、Vasicek 模型和 CIR 模型等。实际上,它们都是 CKLS 模型在特定参数约束下的嵌套模型。自从 CKLS 模型提出后,国内外学者采用不同的样本进行了大量的研究。

在标准 CKLS 框架下,Tse(1995)考察了 11 个国家的货币市场利率、Nowman(1997)研究了英国银行间月拆放利率。潘冠中和邵斌(2004)估计了中国银行间拆放利率的周数据的 CKLS 模型参数,吕兆友(2007)采用中国国债回购市场利率的月度数据估计了 CKLS 模型的参数。这些研究大多证实了利率存在均值回复和水平效应的特征,但对于不同的利率市场或者不同的样本区间,实证结果也显示了较大的差异,尤其是弹性系数的估计结论分歧更大。

这些实证结论的分歧引起了学者们对模型形式的争议。在众多的研究中,对于漂移项的线性化处理并未太多的争议,而更多的模型化差异体现在扩散项部分。因此,对利率波动性的建模是随后一些研究的出发点。Brenner 和 Kroner(1996)较早提出了 CKLS 模型中扩散项仅仅依赖于利率水平的质疑,认为相对于包含 GARCH 的扩散项设定,标准 CKLS 因不能捕捉利率条件方差的自相关性,倾向于过高地估计弹性系数。在对不同模型比较研究后,Das(2002)也发现存在很强的证据表明标准 CKLS 模型的扩散项能够利用 ARCH(1)的设定得到改善。国内的研究中,李少育(2012)分析了国

债回购 7 天短期利率的行为特征,认为国债回购市场存在 GARCH 波动。陈晖、谢赤(2008)选择上交所国债回购市场的日利率数据、周生宝等(2013)选取 SHIBOR 同业拆放利率数据,都认为 CKLS 模型在增加条件异方差设定后改善了波动性的预测能力。

但上述研究中,都未能刻画利率市场未预期信息的非对称效应,即正负消息对利率波动性的差异影响,从而不能解释利率市场上显著的非零偏度和超额峰度特征。因此,本文选择 SHIBOR 数据,在 CKLS 模型的基础上,改变模型扩散项系数常数的设定,并通过非对称 GARCH 刻画利率波动率的自相关性和非对称效应,以更好地捕捉利率的波动性特征。在此基础上,对不同利率模型的水平值预测和波动率预测能力进行评价,从而希望能找到更适合 SHIBOR 市场的利率模型。

三、异方差利率期限结构模型及参数估计

1. 非对称利率模型设定

描述短期利率行为的单因子连续时间扩散模型一般形式如下:

$$dr_{t+1} = \mu(r_t)dt + \sigma(r_t)dZ \quad (1)$$

其中, r_t 为短期利率。漂移项 $\mu(r_t)$ 反映了短期利率的瞬时均值,扩散项 $\sigma(r_t)$ 反映了利率的瞬时波动率, dZ 是标准维纳过程。如文献中常见的做法,一般将 $\mu(r_t)$ 设为体现均值回复的线性形式,而扩散项 $\sigma(r_t)$ 设为包含时变性方差系数和水平效应的形式:

$$dr_{t+1} = \kappa(\theta - r_t)dt + \sigma_t \cdot r_t^\gamma \cdot dZ \quad (2)$$

其中, κ 、 θ 和 γ 是模型的待估结构参数。线性漂移项 $\kappa(\theta - r_t)$ 可以反映利率的均值回复特征,参数 κ 为均值回复速度,而 θ 则是长期均衡利率水平;而扩散项 $\sigma_t \cdot r_t^\gamma$ 用以刻画利率波动率的动态性,其中的 σ_t 在一定的设定下可以捕捉利率波动率的自相关性,弹性指标 γ 的大小反映了利率水平效应的高低;若 $\gamma = 0$ 则不存在水平效应。

由于市场上获得的都是离散利率数据,对于连续时间模型(2),参数的估计需要事先进行离散化处理。模型(2) 的欧拉离散化方程如下:

$$r_{t+1} - r_t = \kappa(\theta - r_t) + \eta_{t+1} \quad (3)$$

$$E(\eta_s \eta_t) = 0 (s \neq t); E(\eta_{t+1}^2) = \sigma_{t+1}^2 \cdot r_t^{2\gamma} \quad (4)$$

需要强调,连续时间模型下,测度利率 r_t 的变化本质上需要对方程(2) 的右边进行积分运算,所以方程(3) 只是一个近似处理。当然,短时间内,利率变化量的欧拉离散近似所导致的误差是可忽略的二阶项(Nowman,1997)。本文的实证研究选择的日交易数据,因此能够满足离散化短时间的要求。

由于通常的利率市场数据都表现出显著的波动率集聚性特征,这一点可以由波动率的自相关性结构 GARCH(1,1) 的设定来体现:

$$\sigma_{t+1}^2 = a_0 + a_1 \eta_t^2 + a_2 \sigma_t^2 \quad (5)$$

其中,波动率平稳性要求 $a_0 > 0, 0 \leq a_1, a_2 < 1$,且 $a_1 + a_2 < 1$ 。该参数约束意味着遵循 GARCH(1,1) 的利率模型下,利率波动率受到信息冲击的影响逐渐衰减。而且通过条件异方差能够捕捉利率市场下通常表现出的无条件分布下的尖峰厚尾特征。

除了波动率的集聚性,另一个较为普遍的事实是,短期利率增量分布通常表现出显著的非零偏度等非对称性特征。但是波动率对称性设定下的(5)式不能区分正负冲击的差别影响,这样导致的结果是在上述 GARCH 方程(5)的设定下,利率水平值和波动率在预测上将是有所偏的。具体地,如果正的利率冲击(利率的未预期上升)会导致比相同规模下负的利率冲击(利率的未预期下降)更大的

波动率,那么对称性 GARCH 模型将低估正冲击的影响,而高估负冲击的影响。

因此,考虑正负消息差别影响的非对称 GARCH 模型(Asymmetric GARCH, AGARCH)被提出,文献中存在形式上稍有区别的非对称模型设定,本文在实证中采用 Sentana(1995)的方程形式:

$$\sigma_{t+1}^2 = a_0 + a_1 \eta_t^2 + a_2 \sigma_t^2 + a_3 \eta_t \tag{6}$$

其中, $a_0 > 0, 0 \leq a_1, a_2 < 1$,且 $a_1 + a_2 < 1$,且 $a_3 > 0$ 。利率的非对称性由参数 a_3 捕捉。这样,该模型通过增加一个参数的设定,既能反映条件方差的非对称效应即利率的非零偏度,也能捕捉超额无条件峰度。如果参数 a_3 为正,意味着正的利率冲击(即 $\eta_t > 0$) 会比负的利率冲击(即 $\eta_t < 0$) 对下期方差产生更大的影响。

在方程(2)—(6)提供的利率模型的漂移项和扩散项的离散化设定下,形成了本文所讨论的一般性非对称 GARCH-CKLS 模型。而当给予参数一定的约束,就形成了不同的嵌套利率模型。为了比较研究,本文共考虑了四个刻画波动率不同特征的模型,如表 1 所示。

表 1 不同参数限定下的短期利率模型设定

模型	参数限制	漂移项	扩散项
AGARCH-CKLS	无限制	均值回复	方差自相关、信息非对称性、水平效应
AGARCH	$\gamma = 0$	均值回复	方差自相关、信息非对称性
GARCH	$\gamma = 0, a_3 = 0$	均值回复	方差自相关
CKLS	$a_1 = a_2 = a_3 = 0$	均值回复	水平效应

2. 参数的估计方法

可估计的利率模型离散方程(3)—(6)的设定下,待估计参数向量为 $\Omega = [\kappa, \theta, a_0, a_1, a_2, a_3, \gamma]$,其中包括 7 个待估参数。目前,文献中采用的参数估计方法大致包括最大似然法(ML)和广义矩估计法(GMM)等。它们的主要差别是,最大似然法需要设定随机误差项的分布,在分布正确设定的情形下,最大似然法能给出一致性和渐近有效的估计量;而广义矩法的优点是无需设定分布,在大样本下具有更大的适用性。

由于本文在研究中将对不同模型的利率水平值和波动率的解释能力进行预测和比较,而这需要条件分布的明确设定。因此,本文选择了最大似然法。

在随机误差项正态性和独立性的假定下,基于方程(2)的似然函数的对数为:

$$LL(\Omega) = -0.5 \sum_{t=1}^T [\log(2\pi \cdot V_t) + \eta_t^2/V_t] \tag{7}$$

使 $LL(\Omega)$ 满足最大化的参数值就是最大似然估计量。其中, T 是样本容量,条件方差 $V_t = \sigma_t^2 \cdot r_{t-1}^{2\gamma}$ 。具体的计算中,误差项 η_t 用其样本估计值即残差代替。

四、实证研究

1. 数据描述

随着我国货币市场的不断改革与发展,以及银行同业拆放为代表的利率市场的不断完善,标志着我国利率形成机制逐渐规范化和市场化。同业拆放利率被大多数投资者和大型商业机构看作市场利率的基准,可以充分反映货币市场的短期利率特征。

本文以上海银行同业拆放市场(www.shibor.org)为研究对象。SHIBOR 市场包括隔夜、一周及至一年等八个交易品种。从汇总数据看,2011 年至 2013 年三年间,隔夜和一周品种的交易量占比分别

是 83.49% 和 11.10% ,两者之和达到了所有品种交易量的 94.59% 。这说明,交易量巨大的隔夜品种更能充分地反映利率市场信息,是市场无风险利率的良好代表。且隔夜品种更接近短期利率理论模型中瞬时利率要求。

为了模型参数的估计,连续时间随机差分方程需要离散化处理,这导致了参数估计的偏误。但是当数据是日交易频率时,该偏误是可忽视的时间高阶小量。因此,本文实证部分选择了隔夜利率日交易数据,时间从 2011 年 1 月 4 日至 2014 年 4 月 30 日,共 830 个利率数据。

另外,样本期间,央行对存贷款利率进行了 5 次调整。央行的利率调整等货币政策将引起未预期信息对利率市场的冲击,它是导致利率出现波动率自相关性的重要因素(Johannes,2004) 。而且,即使相同幅度的利率的上调和下降,也对经济存在明显差别的影响。

首先,表 2 为利率及其增量的描述性统计。数据显示利率的无条件均值为 3.101% (标准误差 0.0406%)。可以检验,总体均值显著非零,而一阶差分的均值与零没有显著差异。同时,在 1% 的显著性水平下,隔夜利率的水平值和一阶差分的 ADF 单位根检验都拒绝存在单位根的原假设,这是序列平稳性的证据。这确保了利率模型研究满足基础性条件。

另外,表 2 中所提供的 1 至 6 阶自相关系数显示,利率水平值都表现出显著的正自相关性。而一阶差分的自相关性要弱得多,且正负相关性都存在。利率水平值和一阶差分(图 1)显示了明显的异方差性。另外,它们的 ARCH 效应都高度显著,且利率水平值和增量值的有偏性和超额峰度的显著性也得到了验证。这些结果支持了非对称 GARCH 模型的合理性。

2. 参数估计结果 表 2 隔夜品种的日交易利率数据的描述统计

本文采用最大似然法对四个模型进行了参数估计和相应的检验,结果等列于表 3 中。

以非对称性的 AGARCH-CKLS 模型为例,其长期均衡利率为 2.70% ,该值稍低于样本内无条件均值(3.101%) ,均值回复速度是 0.0707。参数 $a_3 = 0.0396 > 0$,且高度显著,这一点证实了利率市场波动率非对称性的存在,即当出现正的利率冲击就会扩大利率的波动性,而负的利率冲击下则会降低利率的波动性。而显著不等于零的弹性系数(0.4351)证实了利率存在水平效应的结论。另外,通过不同模型结果的比较发现:

1) 从漂移项看,CKLS 模型的均值回复速度最低($\kappa = 0.0429$) ,且只在 5% 的水平上显著(伴随概率 3.18%) ,而包含自相关方差设定的模型中,均值回复速度都明显较高,最高的 GARCH 模型达到了 0.1543。这应当是 CKLS 模型未能正确地设定方差项所引起的。而长期均衡利率的估计值中,CKLS 模型的结果最高(3.33%) ,且高于样本内无条件均值,而其余的结果都低于该值,但差别有限。

2) 从扩散项看,AGARCH 模型的参数估计结果最好,其 $a_1 + a_2 = 0.8391 < 1$,即满足协方差平稳性要求^①。这样利率的冲击影响将会随着时间而衰减。参数 $a_3 = 0.0022 > 0$,且高度显著,表明利率存在非对称效应。根据模型参数拟合结果,其他条件不变的情况下,当利率增加 0.1% ,利率的波动

	R	ΔR
均值%	3.101(0.0406)	-5.20E-04(0.0189)
标准差%	1.1705	0.5384
偏度	2.4732	0.7275
峰度	14.389	34.722
$\rho(1)$	0.894	0.061
$\rho(2)$	0.776	-0.124
$\rho(3)$	0.683	-0.058
$\rho(4)$	0.602	-0.021
$\rho(5)$	0.527	-0.096
$\rho(6)$	0.471	-0.052
ADF	-7.442(-3.438)	-22.391(-3.438)
ARCH	286.14	214.21
样本数	830	829

注: $R = 360 \times \ln(1 + r/360)$, r 是隔夜利率的日交易数据, ΔR 是 R 的一阶差分。均值括号内是相应的标准误差。 $\rho(1) - \rho(6)$ 表示的是 1—6 阶自相关系数,其标准差大约是 0.035。ADF 列是包含截距项的单位根 ADF 检验值,括号内是 1% 的临界值。ARCH 列则是二阶 ARCH(2) 检验的卡方值。

^①需要说明,AGARCH-CKLS 模型估计的结果并不违背平稳性要求,因为其中存在利率的水平效应项。

率将是 0.2496% ;而利率下降 0.1% 时,利率的波动率则是 0.1353%。这正是信息冲击非对称效应的表现^①。

但对于 GARCH 模型而言, $a_1 + a_2 = 1.2304 > 1$,表明利率的 GARCH 模型是协方差非平稳过程。这说明当前的冲击将会在利率的动态过程中永久持续。实证研究中出现非平稳过程并不鲜见。如 Engle 等(1992)利用美国国库券的结论显示 $a_1 + a_2 = 1.0096$, Koedijk 等(1997)利用一月期的国库券得到了 $a_1 + a_2 = 1.10$ 。从上述文献和本文的模型设定看,出现这种现象的原因更可能正是忽视了信息非对称性效应而导致的,而未必真是协方差非平稳过程。

扩散项中的弹性系数只在 AGARCH-CKLS 模型和 CKLS 模型中出现。结论显示,一方面,两个模型设定下,都存在显著的水平效应。且 CKLS 模型下的弹性参数估计值($\gamma = 1.3416$)与很多其他的实证结果类似(如 Chan 等(1992)的 $\gamma = 1.4999$,潘冠中、邵斌(2004)的 $\gamma = 1.5215$)。而另一方面,AGARCH-CKLS 模型的 γ 值(0.4351)明显低于 CKLS 模型下的值。这与 Brenner 等(1996)的观点相符,即忽视方差自相关性的 CKLS 模型可能过高地估计了弹性系数的值,从而也高估了利率水平滞后值在波动率生成机制中的作用。这样可以认为,单纯的水平效应设定可能部分地替代了在利率方差形成过程中未预期信息的影响,但本质上出现了模型的设定错误。

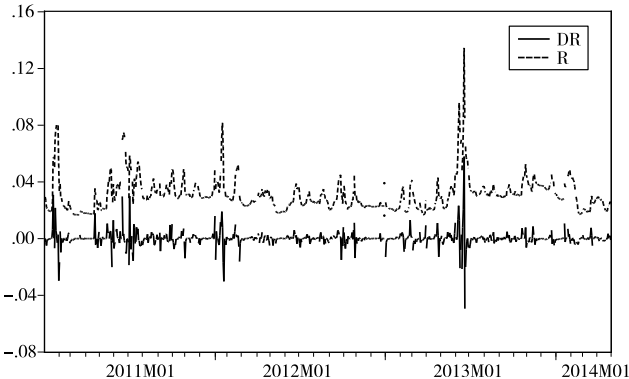


图 1 短期日连续利率数据 R 及其一阶差分(DR)

表 3 基于隔夜日交易数据的最大似然估计结果

	AGARCH-CKLS		AGARCH		GARCH		CKLS	
	估计值	t 统计量	估计值	t 统计量	估计值	t 统计量	估计值	t 统计量
κ	0.0707	5.2503	0.1034	12.6752	0.1543	23.8649	0.0429**	2.1472
θ	0.0270	13.711	0.0266	18.9907	0.0254	66.7383	0.0333	6.4620
a_0	$9.30E-05^*$	1.6289	$4.03E-06$	10.7431	$3.16E-06$	16.3703	0.1858	4.2259
a_1	6.5005^*	1.8599	0.4228	12.7721	0.9172	14.4419		
a_2	0.4303	11.535	0.4163	13.3456	0.3132	11.6330		
a_3	0.0396^*	1.8094	0.0022	14.5732				
γ	0.4351	5.5029					1.3416	40.632
$LL(\Omega)$	3538.58		3530.58		3488.36		3449.51	
AIC	-8.5098		-8.4930		-8.3936		-8.3024	
Wald			30.28		920.15		187.02	

注: $LL(\Omega)$ 是最大似然值的对数; AIC 是 Akaike 信息准则; Wald 表示 Wald 参数受限检验统计量(括号内是其伴随概率)。标有 * 号和 ** 号的参数分别在 5%、1% 的水平上显著等于零,其他未标者均在 1% 水平上显著异于零。

3. 拟合优度检验及比较

不同模型的拟合优度比较,可以直接利用 $LL(\Omega)$ 和 AIC 信息准则等指标。表 3 中所列出的数据显示,AGARCH-CKLS 模型表现占优,而标准 CKLS 模型最差。

由于本文讨论的是参数受限模型检验,因而选择了 Wald 检验。Wald 统计量在参数估计量与其假设值不存在显著差异的原假设下,服从自由度为约束个数的卡方分布。检验结果也列于表 3 最后一行。从检验结果可以看出,在 1% 的水平上,其余三个嵌套模型都与 AGARCH-CKLS 模型存在显著

^① 本文的 AGARCH 模型,对非对称效应的解释上仅限于较低的利率冲击。

的差异。并再次证实了标准 CKLS 模型表现最差。

以上说明,从模型的总体拟合效果上,AGARCH-CKLS 模型占优。但仔细比较发现,AGARCH-CKLS 模型的参数估计稳健性程度不高,其结论严重依赖于参数的初始值设置,且常常会收敛到局部而非全局最优解。其余三个模型参数估计稳健性很高。相比之下,AGARCH 模型表现最好,它体现了均值回复效应,方差的自相关性、非对称效应,并满足协方差平稳性。而 AGARCH-CKLS 模型中包含反映利率水平效应的参数,参数估计中有三个(a_0 , a_1 和 a_3)在 5% 的水平上都是不显著的,这可能是模型中同时包含自相关和水平效应设定所致。而 GARCH 模型虽然能反映波动率的自相关性,但表现为协方差非平稳。而 CKLS 模型下方差是利率水平的函数,不能捕捉新信息对利率波动性的影响。

4. 预测能力评价及比较

除了模型不同的参数设定及估计,短期利率模型的有效性也是关注的重点。一般地,模型的有效性可以从利率水平值预测和波动率预测两方面进行衡量。根据前文讨论,选择表现最佳 AGARCH 模型和标准 CKLS 模型检验预测能力。具体地,采用移动窗口估计参数并进行一步预测,窗口长度设为 705,样本外数据容量为 125(约半年的交易天数)。

定义水平值预测误差 $r_t - \hat{r}_t$,波动率预测误差 $\sigma_t - \hat{\sigma}_t$,其中 \hat{r}_t 和 $\hat{\sigma}_t$ 分别是根据方差设定方程(4)和(6)利用参数估计值计算而得到的水平值估计值和波动率估计值。由于波动率无法直接观察到,本文采用水平值预测误差的绝对值 $|r_t - \hat{r}_t|$ 作为其条件波动率 σ_t 。显然,该定义下的条件波动率依赖于所考查模型的利率水平值预测效果,是一个相对指标。AGARCH 模型的样本外水平值和波动率预测的对比结果分别显示在图 2 和图 3。

为了量化水平值预测和波动率预测的误差,本文还分别计算了水平值百分比误差均方根值 MLE 和波动率百分比误差均方差值 MVE 两个指标:

$$MLE = \sqrt{h^{-1} \sum_{t=1}^h (r_t - \hat{r}_t)^2}; MVE = \sqrt{h^{-1} \sum_{t=1}^h (\sigma_t - \hat{\sigma}_t)^2} \quad (8)$$

重复 1000 次随机模拟的结果如表 4 所示,可以看出,无论是水平值的预测还是波动率的预测,AGARCH 都是占优的,尤其是在波动率的预测误差上表现出更大的优势:比 CKLS 模型低了 23.17%,而水平值预测误差的改善只有 1.75%。这说明,包含自相关性和非对称性的利率模型能更好地捕捉利率的动态波动性。

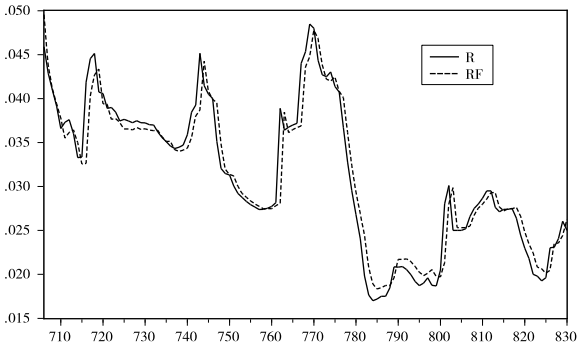


图 2 基于 AGARCH 模型的样本外利率水平值及预测值比较
(其中,R 为利率;RF 为模型 AGARCH 的利率预测值)

五、结论

针对 SHIBOR 的隔夜日交易利率数据,本文运用最大似然法估计了四个不同模型的相应参数,并对部分模型的拟合优度和预测能力进行了比较。本文得到以下几个重要结论:

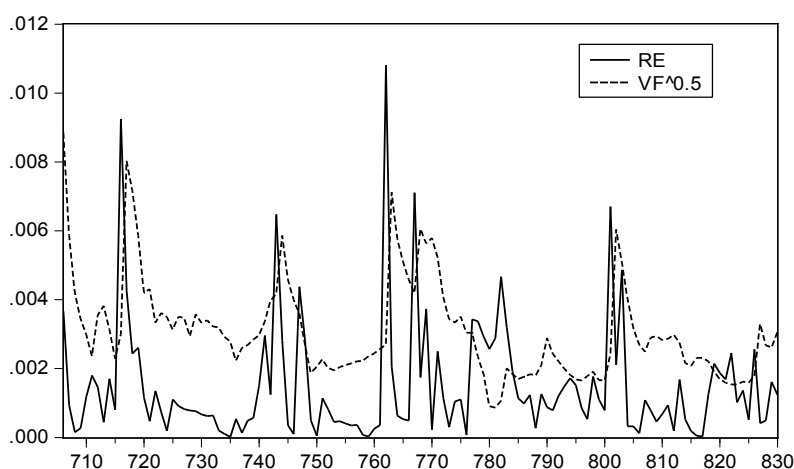


图3 基于AGARCH模型的样本外利率波动率及其预测值比较

(其中,RE模型AGARCH的利率水平值预测误差的绝对值;VF^{0.5}为其波动率预测值)

(1) 所有的模型都支持了SHIBOR利率市场存在显著的均值回复效应,估计的长期均衡利率接近于样本内的无条件利率均值。在考虑波动率自相关的模型设定下,均值回复速度更高。利率波动率的水平效应在标准的CKLS设定下被扩大了。这说明,对未预期信息作为波动率来源的设定是重要的,通常的CKLS模型可能出现了设定错误。

(2) 从模型的LL和AIC等拟合优度指标来看,AGARCH-CKLS模型表现较好。但从参数的估计值及其所反映的利率特征而言,不包含水平效应的AGARCH模型是最优的。说明了波动率的水平效应和自相关之间可能存在一定的替代性。AGARCH模型的实证结果充分反映了SHIBOR利率市场存在条件方差自相关性和未预期信息的非对称效应。并且较好地预测了利率的水平值和波动率。

这些结论强调了,对于考虑利率类证券及衍生产品的投资者而言,在产品的定价和风险的管理上需要高度重视未预期信息在形成动态性过程中的作用,以及非对称信息对波动率的差别效应。否则,会严重影响到对利率产品的定价正确性或者利率风险的对冲效果。另外,对于央行而言,实施合适的货币政策就可以有针对性地影响利率市场的水平值,也要考虑到对波动性的影响。而波动性目标的实现,正是需要对利率动态过程的正确理解和掌握。

另外,虽然AGARCH模型成功地刻画了利率市场的几个重要特征,但其扩散项的波动率动态过程的设定依然存在较大的优化空间。具体地,式(6)的设定可能只适合较小的负利率冲击,而不适合较大的负利率冲击。这意味着利率模型中需要一步研究考虑到其他的指标或者采用其他的模型,如跳跃项或结构转换模型等。

参考文献:

- 陈晖、谢赤,2008:《包含Jump-Arch过程的利率模型及其应用》,《管理科学学报》第2期。
- 李少育,2012:《基于动态跳跃的中国短期利率研究:1997—2010》,《管理科学学报》第12期。
- 林海、郑振龙,2007:《利率期限结构研究述评》,《管理科学学报》第1期。
- 吕兆友,2007:《基于单因子利率期限结构模型的中国银行间短期利率行为的实证研究》,《对外经济贸易大学学报》第1期。
- 潘冠中、邵斌,2004:《单因子利率模型的极大似然估计——对中国利率的实证分析》,《财经研究》第10期。

表4 基于隔夜日交易数据的利率模型的样本外预测误差比较

	MLE	MVE
AGARCH	0.002298	0.002627
CKLS	0.002339	0.003419

周生宝、王雪标、郭俊芳:2013:《我国短期利率行为特征—基于带跳和异方差的 CKLS 利率模型研究》,《数学的实践与认识》第 9 期。

Boeroa, G. & C. Torricelli,1996, “A comparative evaluation of alternative models of the term structure of interest rates”, *European Journal of Operational Research*, vol. 93, no. 1, pp. 205 – 223.

Brenner R. J, R. H. Harjes & K. F. Kroner,1996, “Another look at models of the short-term interest rate”, *Journal of Finance and Quantitative Analysis*, vol. 31, no. 1, pp. 85 – 107.

Chan, K. C. G. , A. Karolyi, F. A. Longstaff & A. B. Sanders,1992, “An empirical comparison of alternative models of the term structure of interest rates”, *The Journal of Finance*, vol. 47, no. 3, pp. 1209 – 1228.

Das, S. ,2002, “The surprise element: Jumps in interest rates”, *Journal of Econometrics*, vol. 106, no. 1, pp. 27 – 65.

Johannes, M. ,2004, “The statistical and economic role of jumps in continuous-time interest rate models”, *Journal of Finance*, vol. 59, no. 1, pp. 227 – 260.

Koedijk, C. G. , F. Nissen, P. C. Schotman & C. C. P. Wolff,1997, “The dynamics of short-term interest rate volatility reconsidered”, *European Finance Review*, no. 1, pp. 105 – 130.

Nowman, B. ,1997, “Gaussian estimation of single-factor continuous time models of the term structure of interest rates”, *Journal of Finance*, vol. 52, no. 4, pp. 1695 – 1706.

Schmidt, W. M. ,2011, “Interest rate term structure modeling”, *European Journal of Operational Research*, vol. , 214, no. 1, pp. 1 – 14.

Sentana, E. ,1995, “Quadratic ARCH models”, *Review of Economic Studies*, vol. 62, no. 4, pp. 639 – 661.

Tse, Y. K. ,1995, “Some international evidence on the stochastic behavior of interest rates”, *Journal of International Money and Finance*, vol. 14, no. 5, pp. 721 – 738.

(责任编辑:润 州)

An Analysis of SHIBOR Based on Asymmetric Dynamic Volatility

KONG Ji-hong

Abstract: In this paper, based on the single factor CKLS model for the short-term interest rate, we focus on the Asymmetric GARCH specification for diffusion terms and allow the dynamics of the short-term interest rate volatility to be determined by the unexpected information shocks and the differential effect on the positive and negative information. Using maximum likelihood approach, we give an estimation of the dynamic behavior of short term rates of the Shanghai Inter-Bank Offer Rate (SHIBOR), and conclude that the asymmetric GARCH model can explain the clear effect of mean reversion, information shock and asymmetric impact. However, our empirical results of standard CKLS model also show that there are a non-significant mean reversion effect on 1% level and a lower reversion speed, and an overstated significant elasticity parameter estimator. And the Asymmetric GARCH model gives better goodness of fit and the capability of level and volatility forecast.

Key words: single-factor interest rate model; asymmetric dynamic volatility; maximum likelihood; Shanghai Inter-Bank Offer Rate