

非线性趋势与购买力平价假设

(北京大学中国经济研究中心 97 级硕士 骆颖浩)

一、引言

汇率如何决定是国际金融学中的一个非常重要的问题。汇率的变动具有广泛的效应，它会影响到价格、工资、利率、产出以及就业率，进而会直接或间接地影响到几乎所有经济个体的福利。因此，对大的且不可预测的汇率变动的考虑是政策制定者制定宏观稳定政策的一个重要方面。另一方面，在国际金融市场进行交易的交易商们也密切注意着汇率的走势，并以此来决定他们的交易策略以及交易时机。

为了理解汇率的行为，历史上经济学家把注意力放在三类解释变量：价格水平、利率和国际收支。从价格水平这个角度解释汇率行为最重要的就是 1918 年卡塞尔提出的购买力平价假设。它假定名义汇率和相对价格之间存在稳定的关系。它成了均衡汇率理论和经验分析的一个重要标准，同时也是测量跨国商品市场和外汇市场集成度（或者说是国际套利程度）的一个基准（Isard, 1995），当然也是国际金融市场中的交易商判定汇率走势的一个方法。

但是，购买力平价是一个长期均衡还是短期均衡关系是一个问题。关于购买力平价的货币学派观点认为如果相对价格结构（实际因素）保持不变的话，两种货币之间的兑换率主要由货币因素决定，在货币长期中性的信仰下购买力平价至少在长期是成立的。例如，在关于汇率决定的早期货币模型就假设存在连续的购买力平价 [见 Taylor(1995)的综述文章]。而 Dornbusch(1976)著名的刚性汇率模型尽管允许汇率在短期偏离购买力平价，但仍假设购买力平价在长期是成立的。

从实证角度看，一般而言七十年代以来的浮动汇率体系下名义汇率过度波动的事实拒绝了购买力平价作为名义汇率和相对价格指数之间短期均衡关系的假设 [见 Froot 和 Rogoff(1995)，Rogoff(1996)的综述文章，这也可从图 1.1 和 1.2 中美国和德

国、英国和美国的名义汇率看出]。而关于购买力平价在长期是否成立的实证检验还是一个在学术界引起争议的问题。

图1.1 美、德的汇率和消费价格比，1973年1月到1995年8月

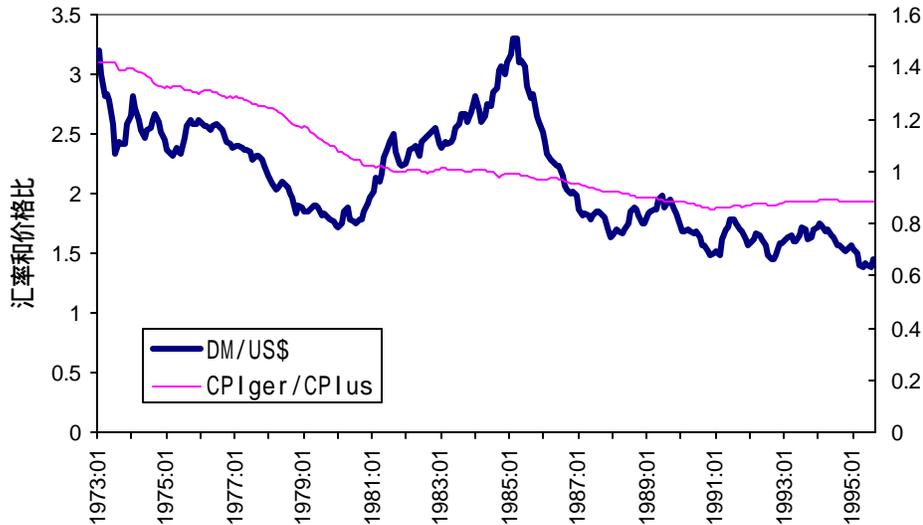
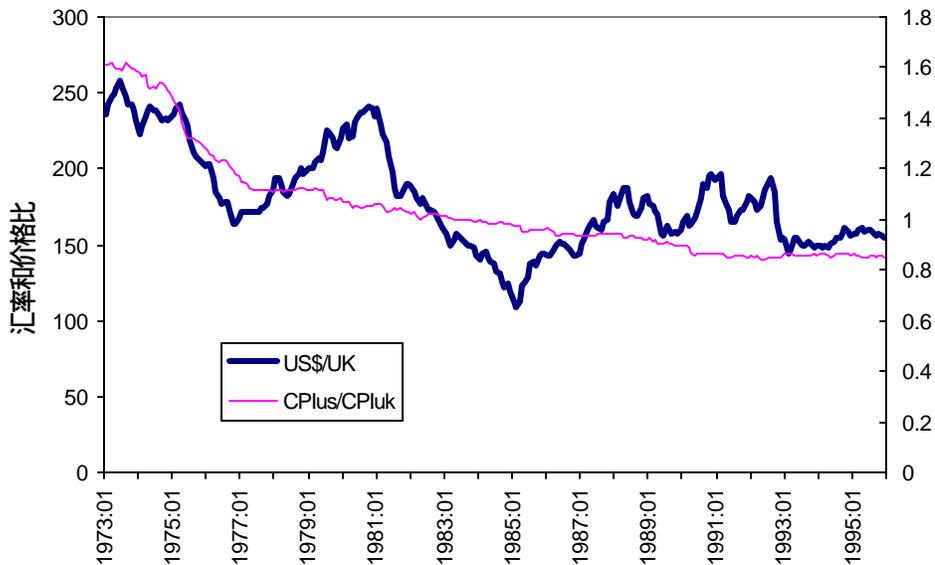


图1.2 英、美汇率和消费价格比，1973年1月到1995年12月



如何界定长期是计量经济学面临的一个难题。名义汇率和相对价格指数所展现出来的非平稳性也是实证检验中出现的难题（参见图 1.1 和 1.2）。在本文中我们从名义汇率与相对价格的趋势上来考查购买力平价。当然如何分离出趋势也是计量

经济学的难题，这涉及到经济学理论中观测参照系的选择的问题。我们从非线性演化经济学的角度以及实证的结果认为非线性趋势是比线性趋势更好的观测参照系。在我们使用真实经济波动文献中 HP(Hodrick - Prescott)趋势 - 周期分解法(Hodrick 和 Prescott, 1981)之后，我们发现美国和德国、英国和美国的名义汇率与相对价格之间在非线性趋势上有稳定的关系。

本文结构如下，第二部分介绍了购买力平价假设以及对近来购买力平价检验方法的批判。为了处理实证检验中出现的名义汇率和相对价格指数中的非平稳性，计量经济学家使用了建立在单位根模型基础上单位根检验和协整检验的方法。但是单位根模型因为其线性简单性和边际稳定性使我们怀疑其在现实世界的真实性。第三部分介绍了分离趋势的方法，这涉及到经济学理论中的观测参考系的选择。从非线性演化经济学的角度和实证的结果我们认为非线性趋势是比线性趋势更好的参照系。第四部分汇报了我们的结果并且做了总结。

二、购买力平价假设及对现有检验方法的批判

(一) 购买力平价假设

购买力平价理论基础是一价定律，它有两个主要的形式。绝对购买力平价假设认为两国之间货币的汇率应该等于两国之间价格的比率，用公式表示为

$$S = P/P^* \quad (1)$$

这里 S 表示用 A 国货币度量的一单位 B 国货币的价格， P 是 A 国的价格水平， P^* 是 B 国的价格水平。相对购买力平价假设认为汇率应该和价格水平比率有一个常比率的关系，即

$$S = kP/P^* \quad (2)$$

这里 k 是常数，(1) 和 (2) 的对数形式有下面的形式

$$s = a + p - p^* \quad (3)$$

这里 s 、 p 、 p^* 是 S 、 P 、 P^* 的对数，并且在绝对购买力假设下 $a=0$ 。

考虑到价格水平的信息通常是以价格指数的形式提供的，绝对购买力平价可能不是一个有用的可操作的假设。由于许多实证方面的文献使用价格指数来检查购买力平价的有效性，因此隐含使用的是相对购买力平价假设。购买力平价假设也常以实际汇率的形式表示

$$Q = SP^*/P \quad (4)$$

由(1)、(2)隐含实际汇率是常数。

(二) 检验的方法及其批判

对于检验购买力平价的方法，Froot 和 Rogoff (1995) 给了一个非常好的技术综述。这里我们简单的对此进行一个介绍，并且从非线性演化的角度提出对这些检验方法的一个批判。

早期检验相对购买力平价使用了下面形式的简单估计方程 (如 Frenkel 1981),

$$s_t = \alpha + \beta(p_t - p_t^*) + \varepsilon_t \quad (5)$$

在这里检验假设 $\beta=1$ 。但是这种方法明显有几个问题。首先，如果标准假设检验要有效的话残差 ε_t 必须是平稳的。但是相对价格指数和汇率数据可能存在非稳态性。第二，变量 s_t 和 p_t (或 p_t^*)也许应该认为都是内生变量，这样我们没有理由认为汇率是由价格决定的，因此没有理由事前假设汇率变量在方程的左边而价格变量在方程的右边。最后，即使市场的整合度很高，仍然有很多原因使得 $\beta=1$ 可能不成立。例如，Balassa-Samuelson假设(1964)以及其他一些理论认为非贸易品的存在避开了价格冲击从一个市场向另一个市场的传递。这可能会使得名义汇率会存在式(5)的长期关系，但是 $\beta=1$ 却不成立。

为了处理非平稳性，在第二阶段检验的方法使用了计量经济学在八十年代所谓的“单位根革命(unit-root revolution)”(Nelson和Plosser, 1982)的方法，在(5)式中事前假设 $\beta=1$ ，然后检验残差也即实际汇率的平稳性。这里实际汇率是以对数的形式表示的

$$q_t = s_t - p_t + p_t^* \quad (6)$$

这种方法的焦点在于实际汇率是平稳的还是一个带有漂移项的随机游走。在宏观计量经济学中带有不变漂移项的随机游走模型也被称为单位根模型(Nelson

and Plosser 1982)。这里的检验方法通常是检验下面方程的均值反转性

$$\Delta q_t = \theta + \lambda q_{t-1} + v_t \quad (7)$$

这里 v_t 是 $N(0, \sigma^2)$, $-1 < \lambda < 0$ 叫做收敛速度。原假设 $H_0: \lambda = 0$, 也即 q_t 是一个带有漂移项的随机游走。备择假设 $H_1: \lambda < 0$ 表明 q_t 是平稳的。使用标准的单位根检验不能据绝原假设 $H_0: \lambda = 0$ 被认为是据绝了购买力平价假设, 因为 q_t 没有反转到均值的趋势。

第三阶段检验的方法使用了协整 (Co-integration) 的方法 (Engle 和 Granger, 1987)。这个方法是用来检验长期均衡关系的, 在这里对如何调整到均衡的机制是不考虑的。把协整方法用在购买力平价假设的检验中关心的是

$$s_t - \beta_1 p_t + \beta_2 p_t^* \quad (8)$$

是否是平稳的。这里 β_1 和 β_2 是任意的常数, 它放松了在第二阶段中 $\beta_1 = \beta_2 = 1$ 的限制。因为正如在第一阶段检验中提到的 Balassa-Samuelson 假设 (1964) 的存在或者价格指数测量的误差会使得 $\beta_1 = \beta_2 = 1$ 可能不成立。对于检验 $s_t - \beta_1 p_t + \beta_2 p_t^*$ 的平稳性仍然使用了第二阶段检验中的单位根检验。

标准的单位根检验是基于变量的水平信息和它的变化率是线性关系的假设, 这实际上是把线性理论推到边际稳定性的极端。一个离散时间的经济系统如果处于稳态, 它的时间序列的特征根应该在单位圆之外, 使外来冲击必然衰减; 如果在单位圆之内经济振荡就要爆炸。我们观察到的经济系统总在那里振荡, 又不衰减又不爆炸, 怎么描写呢? 计量经济学家认为特征根只能在单位圆的边界上。但是, 单位根模型是结构不稳定的系统。系数稍微扰动一点, 不是爆炸就是衰减, 总之无法维持持续振荡。单位根过程因为其线性简单性以及结构的不稳定性不可能出现在真实经济中 (Chen 1996a, 1996b, 1999)。

单位根模型或者说随机游走模型忽略了商业周期和演化的市场趋势的影响。基于独立同分布过程 (i.i.d.) 的统计检验可能不能区分确定过程和随机过程 (Blatt, 1979)。用谱分析方法可能会产生由增长趋势制造的伪周期。比如, 单位根过程就很难被统计检验拒绝 (Nelson 和 Kang, 1981)。从数理统计的角度来看: 单位根的存在等价于非线性趋势 (Bierens, 1995)。最简单的例子是分段线性的趋势转折模型, 例如石油价格冲击造成 GNP 增长趋势的扭转, 会造成统计检验的单位根假象

(Perron, 1989), 这就是为什么我们在购买力平价检验的第二阶段中很难据绝实际汇率是随机游走的假设。因此, 恰当的处理确定性趋势对单位根的争论的研究是非常重要的, 纯粹的统计技术对于这个问题的解决是不够的 (Campbell 和 Perron, 1991)

三、观察参考系——线性和非线性趋势

在检验长期购买力平价的工作中最主要的困难是相对价格指数和汇率数据可能存在的非稳态性。从图 1.1 和 1.2 中我们可以看到在浮动汇率体系下美国和德国、英国和美国之间名义汇率过渡波动, 并且名义汇率和相对价格指数都表现出非平稳性。其实, 这也是工业化经济中, 指示经济运动的大多数经济指标所表现的最显著的特征。如何处理时间演化是经济时间序列分析中面临的主要挑战。与此相关的中心问题并不是如何平滑噪声而是经济观察和决策中如何确定趋势, 也就是如何确定经济理论中的观察参考系的问题。因为观察到的经济周期的模式对趋势展望比平滑技巧更加敏感。短时的偏差对投机型的套利者来说可能很重要, 但长期趋势的形状对战略型的投资者则更关键。当然, 在真实经济生活中的投资者有各种各样的策略和不同的眼界。社会生活的相互作用经常对经济周期的共识。这一事实暗示在经济研究中存在相对优越的参照系 (chen1996a)。

测量和理论是不可分的。不同的理论思路导致分解趋势方法的不同选择。一个过于简化的理论会对测量造成非常大的扭曲。人们总是通过某种眼镜来观察世界。存在着两种相互冲突的观察角度: 基本分析派 (the fundamental school) 总想寻找由白噪声刻划的市场均衡的证据, 而技术分析派 (technical school) 则是在寻找市场非均衡波状的模式。

由于数学的简洁, 线性趋势分解法支配了经济计量分析。在线性趋势分解法中有两种极端的方法: 稳态差分法(DS)用一阶差分法(FD)消解趋势(Nelson and Plosser 1982), 而稳态趋势法(TS)用对数线性变换消解趋势(LLD),

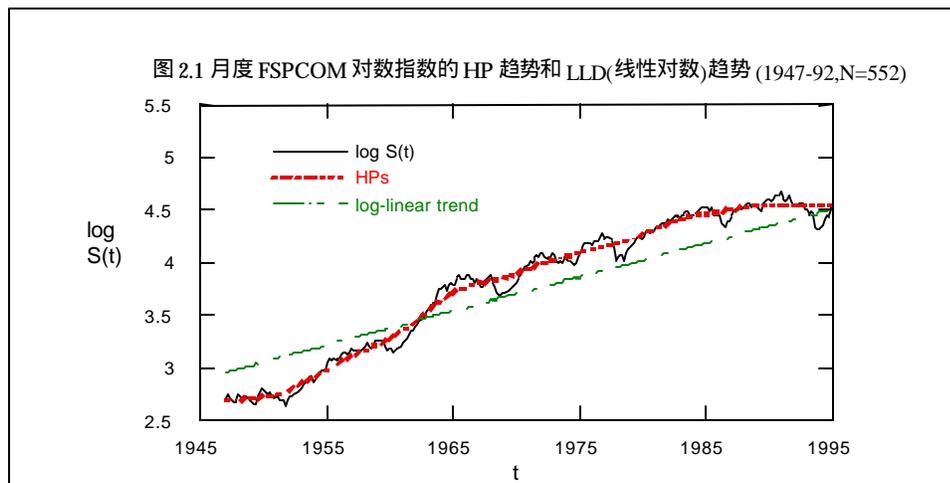
$$X_{fd}(t) = \log S(t) - \log S(t-1) = \log \left(\frac{S(t)}{S(t-1)} \right) \quad (9)$$

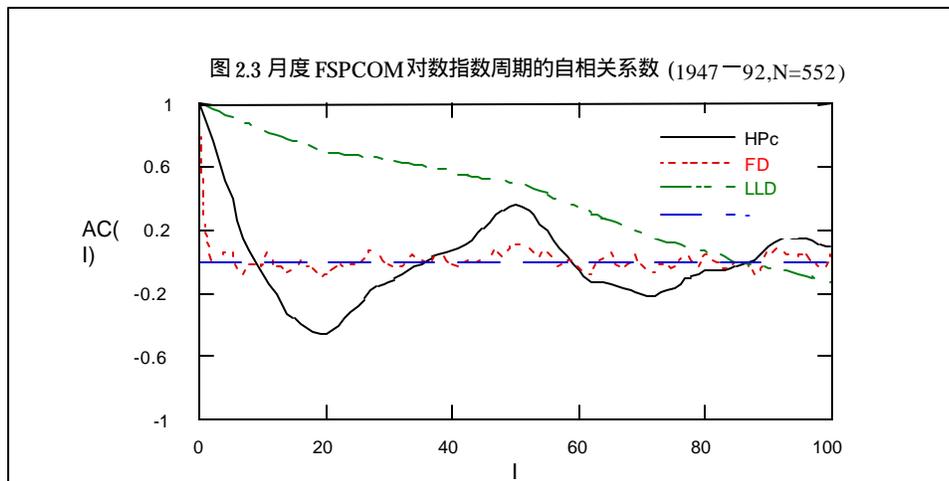
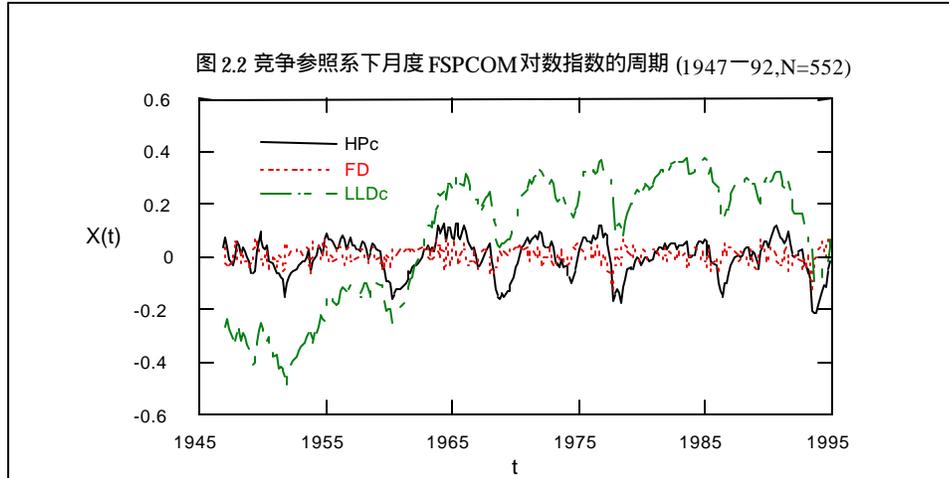
$$X_{lld}(t) = \log S(t) - (a+bt) \quad (10)$$

一阶线性差分随机滤波器或预漂白被广泛地用于获得经济波动的均衡图象（参见图 2.1-3 中的 FD 系列）。但是差分是一个边际稳定的不可逆的滤波器。它在经济计量模型化中的主要功能是做为相关消除器。事实上，差分不是一个漂白装置而是一个“紫化”装置，因为它减弱了低频分量而放大了高频分量。当时间单位和序列相关长度比起来不是太小时，差分将产生出一个紊乱的时间序列。由差分导致的不连续性可以被一个台梯函数描述，它的傅立叶变换是 δ 函数 (Papoulis, 1977)。因此，差分可以引入一个零频率或直流 (dc) 分量。这通常出现在有趋势的时间序列中。由此得到的时间序列是随机和短程相关的。

新古典增长理论中，均衡路径由指数增长模型来刻画。因而宏观指标的对数服从一个线性趋势。得到的周期是长程相关的（参见图 2.1-3 中的 LLD 系列）。问题是对平均增长率和周期波动的测量依赖于对时间边界的选取。

介于 FD 和 LLD 之间的一个方法是采用真实经济周期学派文献中的具有非线性平滑趋势的 HP (Hodrick - Prescott) 滤波器（参见图 2.1-3 中的 HP 系列）。其相关时间在 NBER (美国国民经济研究局) 定义的经济周期的频率范围内。





HP 滤波器是一个线性变换,它把原始时间序列 $\{S(i)\}$ 变成一个光滑的时间序列 $\{G(i)\}$ 靠极小化下述目标函数:

$$\sum [S(i) - G(i)]^2 + \lambda \sum \{ [G(i+1) - G(i)] - [G(i) - G(i-1)] \}^2 \quad (11)$$

与 $\{G(i)\}$ 的偏差被认为是周期分量:

$$C(i) = S(i) - G(i) \quad (12)$$

经验时间序列能被分解成光滑增长序列 $\{G(i)\}$ 和周期序列 $\{C(i)\}$, HP 短周期的特征周期依赖于惩罚因子 λ , λ 的选择应使增长成分 的方差远小于周期成分的方差 (Hodrick 和 Prescott, 1981)。在实践中, λ 的推荐值为: 年度数据 $\lambda = 400$, 季度数据 $\lambda = 1600$, 月度数据 $\lambda = 14400$ 。

方程 (11) 的惩罚因子调整的是增长序列的二阶差分。当 λ 为无穷时, 增长趋

势果一个线性函数。对于取了对数的数据，对数线性趋势消除法相应于 HP 分解中的极限情形。HP 增长趋势比对数性函数有较少的刚性，比差分有较少的不规则性。当然，HP 增长趋势提供极少有关增长周期和长波的信息。

Chen (1996a, 1996b, 1999) 使用 1947 年至 1992 年标准普尔式公司的 500 种股票价格的复合月度指数 FSPCOM 的对数序列 (数据的来源是花旗银行宏观经济数据库 (Citibase)) 来比较了 FD、LLD 和 HP 三种作为参照系的趋势的选取方法。下面给出他的一些研究结果。

从图 2.1-3 我们可以发现相关系数和方差的大小和模式依赖于作为参照系的趋势的选取方法。LLD 在整个观测期中使用最大的时间窗口。FD 或者计量经济学中所谓的单位根模型意味着使用商业观测中仅有一个时间单位的最短的时间窗口，而宏观趋势被完全忽视了。HP 方法意味着范围在几年中的经济周期的中间时间窗口。

表 1. FSPCOM 对数月度指数去除趋势后的统计量

趋势分解法	均值	标准差	方差	T ₀ (month)	P _{dc} (year)
FD	0.012	0.1123	0.0126	1.94	0.7
HP	0.008	0.2686	0.0722	8.93	3.0
LLD	0.427	0.3265	0.1066	85.6	28.5

其中 T₀ 是用第一个为零的自相关系数的时间滞后期度量的去相关长度。P_{dc} 是隐含的周期的去相关期： $P_{dc} = 4 * T_0$ 。

从表 1 的特征统计量中看出，竞争性的去除趋势的方法所得到的经济波动的性质差异很大。FD 观测者得到的波动方差最小，相关周期最短。LLD 观测者得到的波动方差最大，相关周期最长，接近于 29 年。用 HP 方法得到的结果介于两者之间。这个结果表明时间单位在时间窗口和参造趋势的选择中所起的关键作用。

差分算子在经济周期研究中是很糟的参照系。用经济学的话说，经济计量学中的 FD 趋势消解意味着价格水平的信息在经济行为中可以被忽略。这个断言可能同许多经济实践相抵触，因为交易者总是观察经济趋势，没有一个人会仅仅根据当前的价格变化率去做投资决定。HP 周期的大多数模式表明流量和存量在经济动力学中都是重要的。

趋势-周期分解的本质在于找到适当的时间窗口,或等价地说,适当的频率窗口,来观察依赖于时间的运动,从信息处理的观点上看,LLD趋势分解等价于一种低通滤波器或叫波形探测器;相反,FD方法是高通滤波器或叫噪声放大器。显然,要想检测低频周期,则FD滤波器不能使用。LLD分解趋势的主要缺点是它过于依赖历史的边界。相反DS趋势消解法虽然无需考虑历史数据的始终边界,但时间系列由于放大高频噪声而变得过于紊乱(Friedman, 1969)。而HP滤波器有两个好处。首先,它在分解趋势时是用局域的方法,没有整体边界依赖的问题。其次,它的频率响应在经济周期的范围之内(King和Rebelo, 1993)。一些经济学家争辩说HP滤波器可能把单位根过程变换为虚假的周期。一个类似的反对意见对单位根过程一样有效,因为FD滤波器会通过放大随机噪声来掩盖复杂的周期。没有一个数值实验能解决哲学问题。在科学的历史上,如何选择正确的参考系仅能作为一个经验的问题去解决,也就是说,在这种参照系下,看我们是否能发现一些与经济现象相关的模式和规律(Chen, 1996b)。从复杂系统的观点看,线性方法不能描述经济的复杂模式(Day和Chen, 1993),我们需要一种更好的替代办法来分解趋势。从数理统计的角度来看:非线性趋势比单位根模型更好(Bierens, 1995)。

我们下面将看到,在HP滤波器下得到的非线性趋势确实揭示了浮动汇率体系下购买力平价在长期的均衡关系,这对于把握名义汇率的趋势是很有帮助的。

这篇文章,使用的是美国、英国和德国的月度名义汇率和月度消费价格指数。数据的来源是花旗银行宏观经济数据库(Citibase),数据的时间跨度为:美元/英镑从1973年1月至1995年12月,马克/美元从1973年1月至1995年8月。

四、结果及小结

使用HP非线性趋势关键在于调节惩罚因子 λ 。在观测名义汇率和相对价格指数在趋势上的关系中,我们首先使用Hodrick和Prescott(1981)建议的 λ 的推荐值400、1600和14400。从图3.1-3和图4.1-3的结果中,我们可以看到尽管对应于这几个 λ 值的名义汇率和相对价格指数的非线性趋势没有明显的稳定的关系,但是非线性趋势对 λ 的值是敏感的,这确立了我们的信心。经过一些尝试后,

我们发现当 $\lambda = 24883200$ 时，美国和德国之间名义汇率和消费价格指数的 HP 非线性趋势有明显的稳定关系（见图 3.4）；当 $\lambda = 2073600$ 时，英国和美国之间的名义汇率和消费价格指数的 HP 非线性趋势也有明显的稳定关系（见图 4.4）。这个结果支持了购买力平价假设，为宏观经济稳定政策的制定者和外汇市场中的中长期投资者或者说策略投资者提供了一个分析的角度与工具。

现实世界复杂的，同时又是不断演化的。以线性简单的思维方式和理论分析的工具来思考和理解这个现实的世界是非常危险的。在经济学理论中的带漂移项的随机游走模型和实证中为了处理非稳态而出现的单位根模型由于其线性简单性和边际稳定性不是理解真实世界的更好模型。在为处理非稳态现象而出现的趋势确定这个经济学观测参照系问题方面，线性趋势分离这种观测参照系下得到是没有结构、简单的图景，而 HP 非线性趋势分离这种观测参照系下得到是和生命有机体相似图景（Chen,1996a,1996b,1999）。本文发现在 HP 非线性趋势下名义汇率和相对价格指数之间有稳定的关系，这进一步支持了 HP 非线性趋势在经济学实证检验中的一个比较好的观测参照系。

图3.1 美、德汇率和消费价格比的HP趋势， $\lambda = 400$

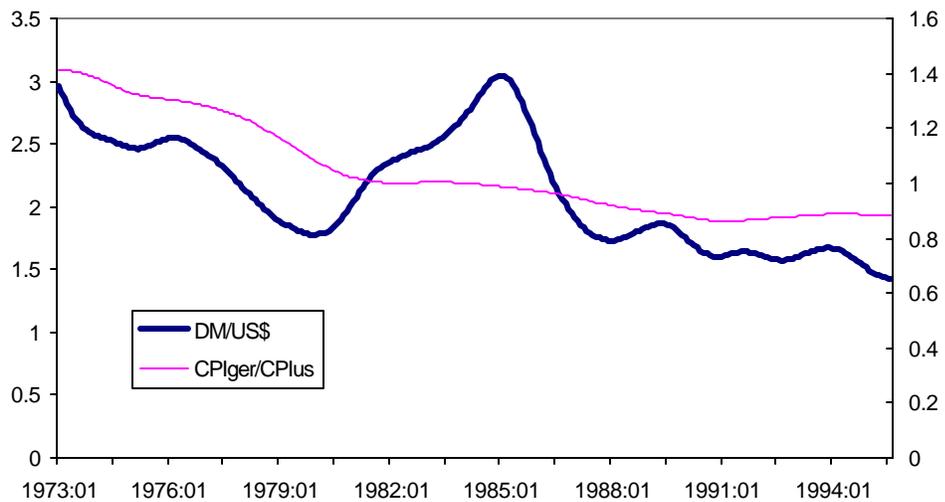


图3.2 美、德汇率和消费价格比的HP趋势, $\lambda = 1600$

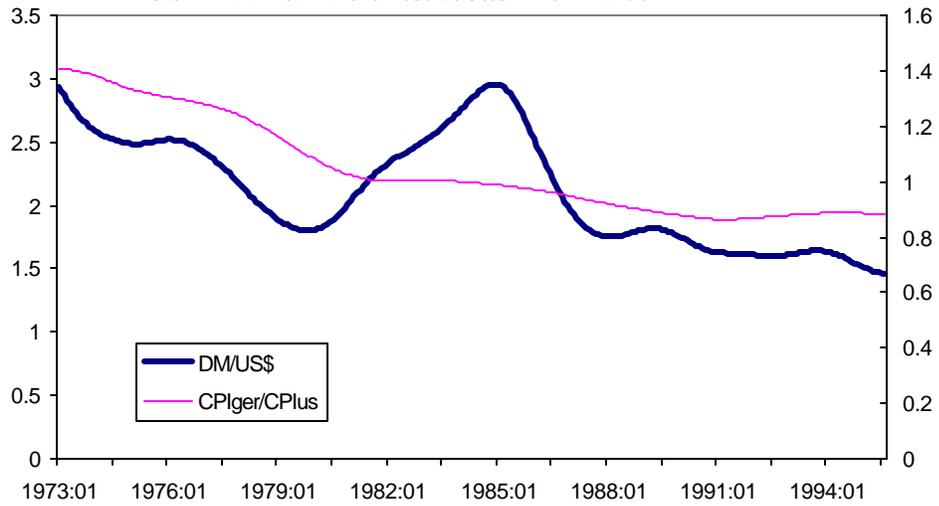


图3.3 美、德汇率和消费价格比的HP趋势, $\lambda = 14400$

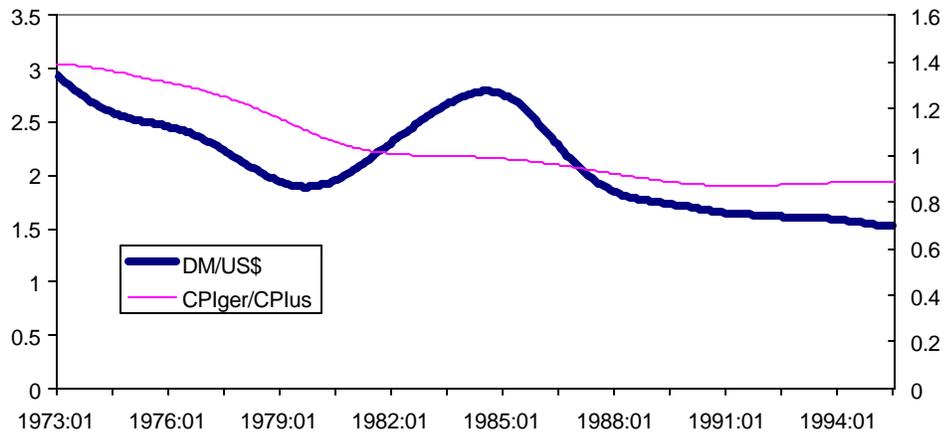


图3.4 美、德汇率和消费价格比的HP趋势, $\lambda = 24883200$

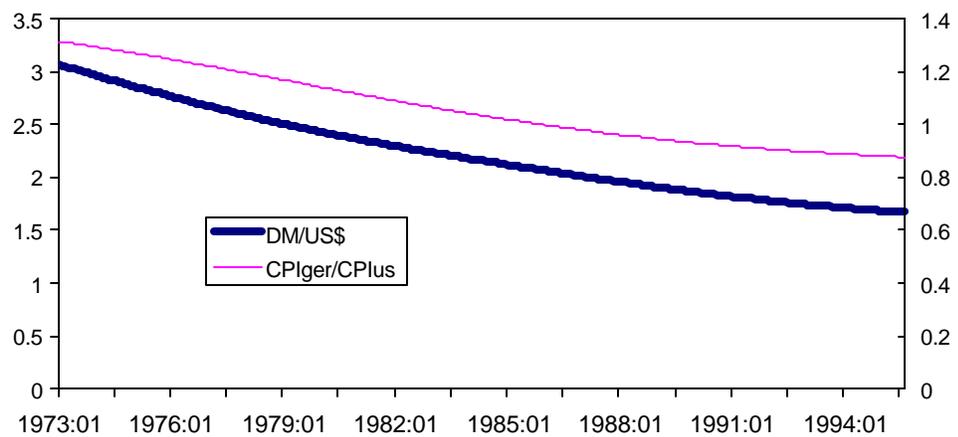


图4.1 英、美汇率和消费价格比的HP趋势, $\lambda = 400$

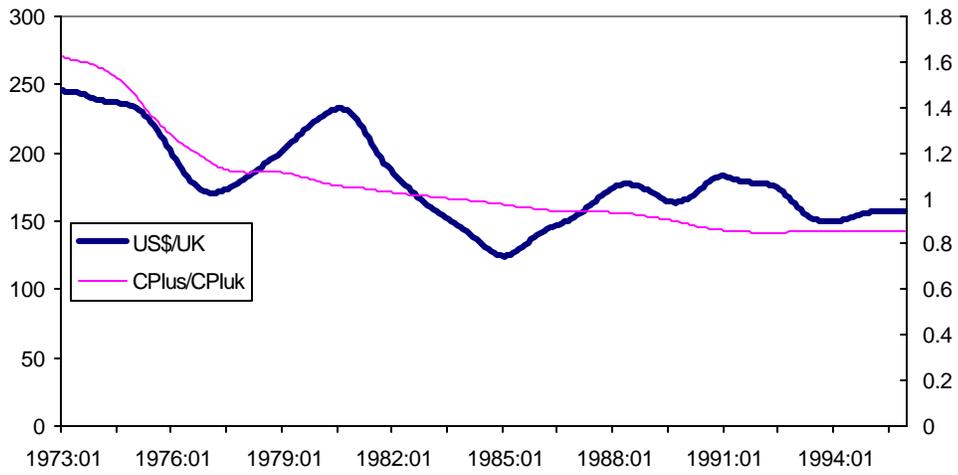


图4.2 英、美汇率和消费价格比的HP趋势, $\lambda = 1600$

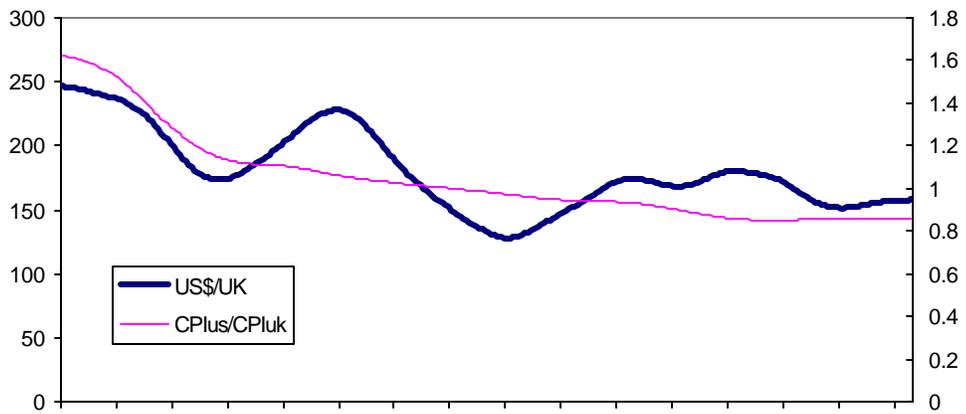


图4.3 英、美汇率和消费价格比的HP趋势, $\lambda = 14400$

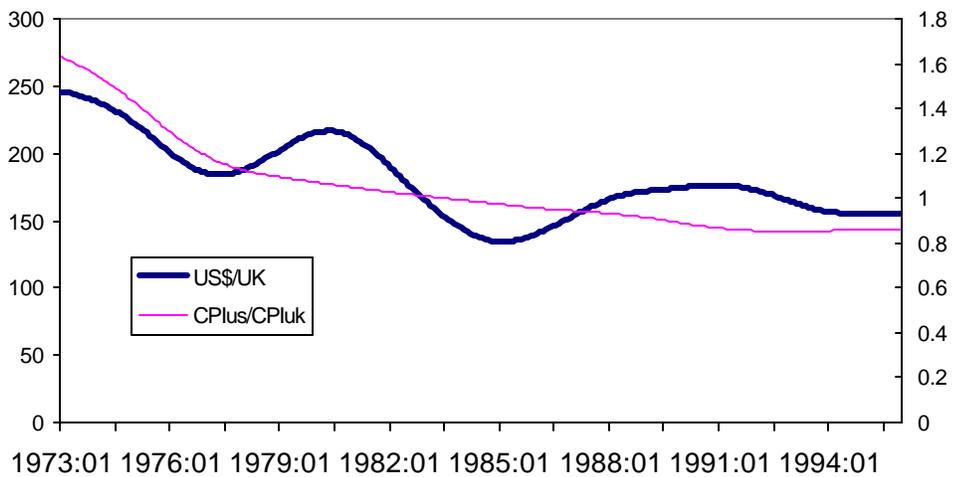
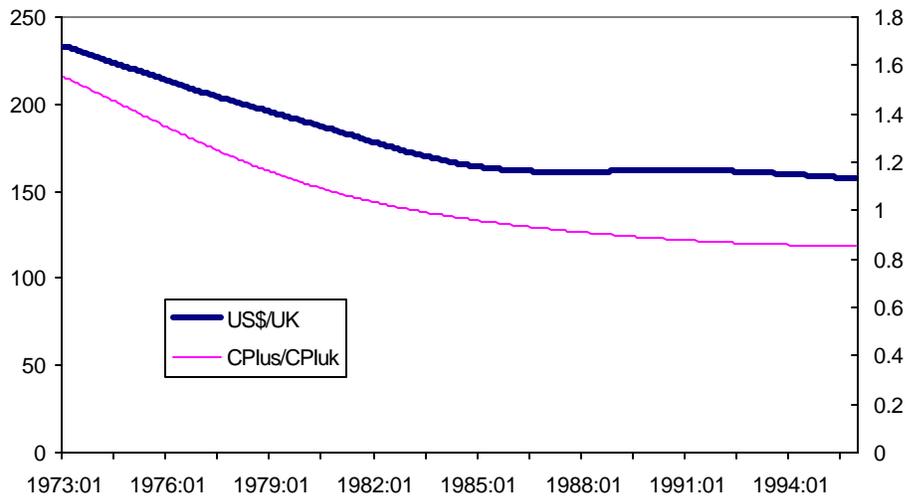


图4.4 英、美汇率和消费价格比的HP趋势, $\lambda = 2073600$ 

参考文献

- Balassa, B (1964), "The Purchasing Power Parity Doctrine: A Reappraisal," JPE72, 584-96
- J. M. Blatt, "On the Econometric Approach to Business-Cycle Analysis", Oxford Economic Papers, 30, 292-300 (1978).
- Bierens, H. J. (1995). "Testing the Unit Root Hypothesis against Nonlinear Trend Stationary, with an Application to the U.S. Price Level and Interest Rate," Working Paper No. 9507, Southern Methodist University, Dallas, Texas.
- J. Y. Campbell and P. Perron, "Pitfalls and Opportunities: What Macroeconomists Should Know about Unit Roots," NBER Macroeconomics Annual 1991, O. J. Blanchard and S. Fisher eds., MIT Press, Cambridge (1991).
- P. Chen. (1996a). "Trends, Shocks, Persistent Cycles in Evolving Economy: Business Cycle Measurement in Time-Frequency Representation," In: W. A. Barnett, A. P. Kirman, and M. Salmon, eds., Nonlinear Dynamics and Economics, chapter 13, Cambridge: Cambridge University Press.
- P. Chen, (1996b). "Random Walk or Color Chaos on the Stock Market? - Time-Frequency Analysis of S&P Indexes," *Nonlinear Dynamics & Econometrics* 1(2), 87-103

- P. Chen (1999), "Complex Dynamics in Economic Organisms: The Origin of Division of Labor and the Nature of Persistent Business Cycles"
- R. Day and P. Chen (1993) eds., *Nonlinear Dynamics and Evolutionary Economics*, Oxford University Press, New York.
- Dornbusch R.,(1976),Expectations and exchange rate dynamics, *JPE*, Dec.
- Engle,R.F and Granger,C.W.J (1987), " Cointegration and Error Correction: Representation,Estimation and Testing" ,*Econometrica*,55,251-76
- Frenkel,J. (1981), " The Collapse of Purchasing Power Parity During the 1970s." *European Economic Review*16,145-65
- M. Friedman, (1969).*The Optimum Quantity of Money and Other Essays*, Aldine, Chicago
- Froot K. and K.Rogoff,(1995),Perspective on PPP and long-run real exchange rates, In *Handbook of International Economics*,vol,3
- Hodrick R.J. and E.C Prescott.,(1981), Post-war US business cycle : an empirical Investigation, discussion paper no451,carnegie-mellon university
- P.Isard,(1995) " Exchange Rate Economics" , Cambridge University Press
- King, R. G., and S. T. Rebelo (1993). "Low Frequency Filtering and Real Business Cycles," *Journal of Economic Dynamics and Control*, **17**: 207-231.
- Nelson, C. R. and H. Kang. (1981). "Spurious Periodicity in Inappropriately Detrended Time Series," *Econometrica* 49: 741-751.
- Nelson, C. R. and C. I. Plosser. (1982). "Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series, Some Evidence and Implications," *Journal of Monetary Economics* 10: 139-162.
- Papoulis, A. (1977). *Signal Analysis*, New York: McGraw-Hill.
- Perron, P. (1989). "The Great Crash, the Oil Price Shock and the Unit Root Hypothesis," *Econometrica*, 57: 1361-1401.
- Rogoff K.(1996),The purchasing power parity puzzle ,*JEL* vol 34,No2,647-667
- Samuelson,P (1964), " Theoretical Notes on Trade Problems," *Review of Economics and Statistics*46,145-54
- Taylor M., (1995),The economics of exchange rates ,*Journal Economics Literature*, vol 33,13-45