

国际金融试验班 2020 年秋 · 时间序列

第 1 讲：导论

授课人：刘 岩

武汉大学经管学院金融系

2020 年 9 月 10 日

本讲内容

① 课程介绍

② 导论

本节内容

1 课程介绍

2 导论

基本信息

- 课程主页: <http://www.liuyanecon.com/ug-ts-2020/>
- 电子邮箱: ulysses1906@163.com
- 办公室: 亮胜楼 B338-2
- 答疑时间: 周四下午, 邮件预约
- 授课周期: 1-16 周, 约 15 次课
- 本课程没有单一教科书, 主要以上课讲授、课件为主

参考书：初级

* 表示主要参考书

- ① Stock and Watson, *Introduction to Econometrics*, 3rd edition, 2011; 影印版, 《计量经济学》, 格致出版社, 2015 (*)
 - 第 2/3 章提供了很好的概率、统计基础知识概要
- ② Diebold, *Elements of Forecasting*, 4th edition, 2007; 中文版, 《经济预测基础教程》, 机械工业出版社, 2012 (*)
- ③ Tsay, *Analysis of Financial Time Series*, 3rd edition, 2010; 中文翻译版, 《金融时间序列分析》, 人民邮电出版社, 2012
- ④ 何书元, 《应用时间序列分析》, 北京大学出版社, 2003

参考书：进阶

- ① Hayashi, *Econometrics*, Princeton University Press, 2000
- ② Hamilton, *Time Series Analysis*, Princeton University Press, 1994; 中文翻译版, 《时间序列分析》, 中国人民大学出版社, 2015
- ③ Brockwell and Davis, *Times Series: Theory and Methods*, 2nd edition, 1991; 影印版, 《时间序列的理论与方法》, 世界图书出版公司, 2015

成绩评定

- 平时成绩：9 次作业，每次 5%，共计 45%
- 期末考试：考试周，闭卷（无 x 页纸小抄），占期末总成绩的 55%
- 作业中的抄袭和考试中的作弊会受到严肃处理
- 留学生的要求与其他同学一致
- 不接受本学期出国交换的同学选修

助教安排及作业要求

- 荆艺玮, 1073348432@qq.com
- 孔彤阳, 540225523@qq.com
- 王 骞, 979138173@qq.com
- 郑自豪, zzihao0113@163.com
- 作业会包括理论推导和（或）编程计算，编程作业需提交电子版答案
- 有编程内容的作业，助教会逐一运行大家所写代码
- 建议大家使用 LATEX 编写作业答案：专业！

助教安排及作业要求

- 荆艺玮, 1073348432@qq.com
- 孔彤阳, 540225523@qq.com
- 王 骞, 979138173@qq.com
- 郑自豪, zzihao0113@163.com
- 作业会包括理论推导和（或）编程计算，编程作业需提交电子版答案
- 有编程内容的作业，助教会逐一运行大家所写代码
- 建议大家使用 L^AT_EX 编写作业答案：专业！
 - 推荐使用 T_EXLive 2019 套装；X_YL^AT_EX 有完美中文支持

助教安排及作业要求

- 荆艺玮, 1073348432@qq.com
- 孔彤阳, 540225523@qq.com
- 王 骞, 979138173@qq.com
- 郑自豪, zzihao0113@163.com
- 作业会包括理论推导和（或）编程计算，编程作业需提交电子版答案
- 有编程内容的作业，助教会逐一运行大家所写代码
- 建议大家使用 L^AT_EX 编写作业答案：专业！
 - 推荐使用 T_EXLive 2019 套装；X_YL^AT_EX 有完美中文支持
 - 课件生成：BEAMER + C_T_EX 中文宏包 + newpx 字体包

课程沟通

- 每次上课前一晚，最新的课件会上传到课程主页
- 重要事项通过邮件进行沟通
- 信息登记：



邮件规范

- ❶ 请关闭各自邮箱的自动回复功能
- ❷ 有简短明确的主题
- ❸ 有开头称谓，如 XX 老师，XX 助教
- ❹ 正文另起一行，包括个人专业、班级等基本信息，并清楚陈述邮件内容
- ❺ 落款，在初次邮件沟通时务必留全名
- ❻ 电子邮件无需段首空格

邮件示例

【主题】20 时间序列课程：关于课件的问题

XX 老师：

你好！我是 XX 级 XX 专业学生，关于 XX 次课件 XX 页有 XX 问题，
.....

祝好！XX

软件

- 课程主要使用 R 进行教学示例以及完成编程作业
 - 可从下列地址下载 R 安装包：
`https://mirrors.tuna.tsinghua.edu.cn/CRAN/`
 - 同时下载集成编译套装 R-Studio：
`https://www.rstudio.com/`
 - R 支持将程序和图、表结果同步输出到 L^AT_EX 文档
- 可能有部分内容会涉及到 MATLAB
- 推荐大家学习、使用 Python
- 本课程没有专门的实验课，通过作业进行编程实践
 - 设备问题请及时联系我或者助教

R-Studio 示例

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

```

217 fileEncoding = "GBK")
218
219 ## bank size data
220 Z <- read_excel("银行规模20180504.xlsx",
221               sheet = 1,
222               col_names = T)
223 Z <- data.frame(Z)
224 Z$year <- paste("y", Z$year, sep = "")
225 Zcode <- Z[,3]
226 Zcode <- levels(factor(Zcode)) # with whole country total
227 Zbank <- Zcode[Zcode != "W0000"]
228 Y <- matrix(nrow = length(Zcode),
229            ncol = nyear,
230            dimnames = list(c(1:length(Zcode)), year))
231 ZA <- data.frame(code = Zcode, Y) # asset
232 ZB <- ZA # liability
233 ZL <- ZA # loan
234 ZD <- ZA # deposit
235 for (i in 1:length(Zcode)){
236   <

```

225:15 (Top Level) 1

R Script 1

Console Terminal

Platform: x86_64-mingw32/x64 (64-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

> |

Environment History Connections

Global Environment

Environment is empty

Files Plots Packages Help Viewer

R: Convert Character Vector between Encodings Find in Topic

iconv (base)

R Documentation

Convert Character Vector between Encodings

Description

This uses system facilities to convert a character vector between encodings: the 'i' stands for 'internationalization'.

Usage

iconv(x, from = "", to = "", sub = NA, mark = TRUE, toRaw = FALSE)

iconvlist()

Arguments

x A character vector, or an object to be converted to a character vector by [as.character](#) or a list with `NULL` and raw elements as returned by `iconv(toRaw = TRUE)`.

from A character string describing the current encoding.

to A character string describing the target encoding.

sub character string. If not `NA` it is used to replace any non-convertible bytes in the input. (This would normally be a single character, but can be more. If "byte" the indication is "<xx>" with the hex code of the byte.

课程内容

* 表示选讲，视课程进度决定

- ① 课程介绍，导论
- ② 概率与统计回顾 I
- ③ 概率与统计回顾 II
- ④ 国庆假期
- ⑤ 时间序列数据基本特征
- ⑥ 平稳时间序列初步
- ⑦ ARMA 过程的表示与性质
- ⑧ 1-维时序模型回归分析 I

课程内容

* 表示选讲，视课程进度决定

- | | |
|-----------------|---------------------|
| ① 课程介绍，导论 | ⑩ 1-维时序模型回归分析 II |
| ② 概率与统计回顾 I | ⑪ VAR 模型的性质与分析 I |
| ③ 概率与统计回顾 II | ⑫ VAR 模型的性质与分析 II |
| ④ 国庆假期 | ⑬ 平稳时间序列的谱分析 (*) |
| ⑤ 时间序列数据基本特征 | ⑭ 单位根过程及其检验 (*) |
| ⑥ 平稳时间序列初步 | ⑮ 协整与误差修正模型 (*) |
| ⑦ ARMA 过程的表示与性质 | ⑯ 随机波动率模型 (*) |
| ⑧ 1-维时序模型回归分析 I | ⑰ Markov 区制转换模型 (*) |

数学基础

随堂说明、强化

- 微积分：极限，求导，极值，积分
- 线性代数：矩阵运算，行列式，特征值与特征向量，对称矩阵的特征值分解
 - 推荐参考书：李尚志，《线性代数》（非数学专业），高等教育出版社，2011

数学基础

随堂说明、强化

- 微积分：极限，求导，极值，积分
- 线性代数：矩阵运算，行列式，特征值与特征向量，对称矩阵的特征值分解
 - 推荐参考书：李尚志，《线性代数》（非数学专业），高等教育出版社，2011

第 2/3 次课进行概率统计复习、梳理

- 概率论：随机变量，独立性，概率分布、密度，矩，条件概率与期望，正态分布，大数定律与中心极限定理
 - 很多内容与随机过程理论紧密相连
- 统计：总体与样本，假设检验，统计量，极大似然估计，矩估计，一致性，渐进分布

课程目标

理论与实践紧密结合

- 时间序列理论的基本概念、理论
- 常见时间序列模型的基本性质和估计、推断方法
- 掌握时间序列建模的基本步骤
- 能够用 R 软件实现对常见时间序列模型的实证分析
 - 实践使用场景：宏观研究，行业研究，金融量化分析

学习要点

- 不要怕！

学习要点

- 不要怕！
 - 数学不是背公式，

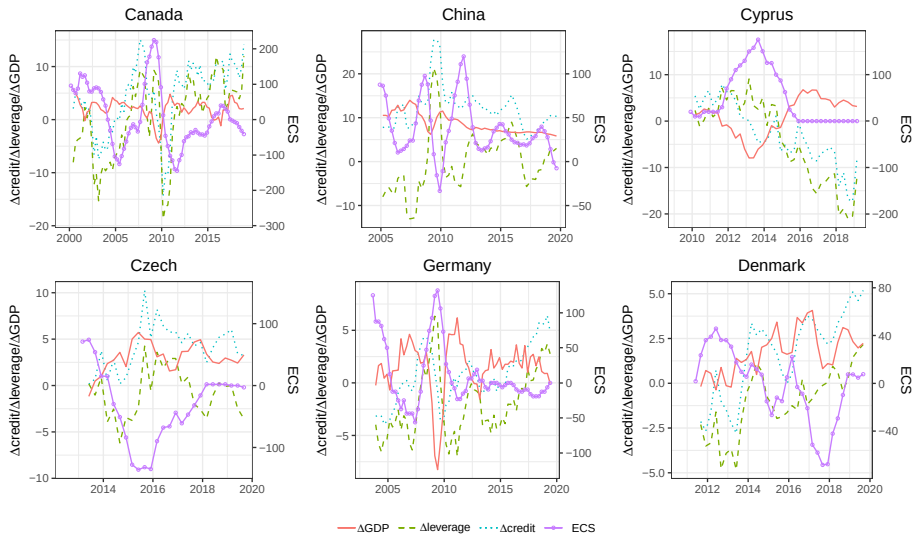
学习要点

- 不要怕！
 - 数学不是背公式，是“背”——理解——逻辑

学习要点

- 不要怕！
 - 数学不是背公式，是“背”——理解——逻辑
 - 多接触，多“背”，就明白了
 - 碰到问题，多查 Wikipedia，部分知乎也还可以（谢邀除外）
- 重要的是原理，本科阶段不用纠结技术细节
- 会用：不但能把数据扔到 R 里跑出结果，还要看得懂结果、知晓原理
- 注意各个时序模型与实际经济、金融问题的联系
- R 编程就是学习怎么操作数据表，学会使用现成的宏包，正确设定模型，会画图（很多学问）

R 专业绘图示例



本节内容

1 课程介绍

2 导论

时间序列：分析对象

- 时间序列：time series
- 广义而言，时间序列研究的就是随时间变化的一个随机序列
 - 随时间变化的随机序列就是随机过程：stochastic process
- 更具体的说法，时间序列理论关注的是随机过程 $\{X_t\}$
 - 在时间上的相关性特征： $\text{cov}(X_t, X_{t-i})$
 - 随机过程理论的其他关注点包括：随机动态的概率特征（首次时），遍历特征（常返性），随机单调性（鞅），极限分布（ $t \rightarrow \infty$ 时 X_t 的概率分布），随机收敛性（收敛到极限分布的速度）
- 时间上的相关性：对序列的动态行为进行统计推断与预测

时间序列：概率论视角

- 时间序列最早是概率论的一个分支：主要关心随机过程的平稳性与遍历性

时间序列：概率论视角

- 时间序列最早是概率论的一个分支：主要关心随机过程的平稳性与遍历性
 - 平稳性：对任意 k , $(X_{t+k}, \dots, X_t)$ 的联合分布或矩 (moments) 不随 t 变化

时间序列：概率论视角

- 时间序列最早是概率论的一个分支：主要关心随机过程的平稳性与遍历性
 - 平稳性：对任意 k , $(X_{t+k}, \dots, X_t)$ 的联合分布或矩 (moments) 不随 t 变化
 - 遍历性：从任意初始值 x_0 出发, X_t 随时间变化过程中可以取遍所有可能取值

时间序列：概率论视角

- 时间序列最早是概率论的一个分支：主要关心随机过程的平稳性与遍历性
 - 平稳性：对任意 k , $(X_{t+k}, \dots, X_t)$ 的联合分布或矩 (moments) 不随 t 变化
 - 遍历性：从任意初始值 x_0 出发, X_t 随时间变化过程中可以取遍所有可能取值
- 这种一般（抽象）意义上概率性质，主要用途是统计物理中的理论性质：时间无限，空间无限
- 现实观测到的时间序列数据，时间、空间（取值）上均有限

时间序列：概率论视角

- 时间序列最早是概率论的一个分支：主要关心随机过程的平稳性与遍历性
 - 平稳性：对任意 k , $(X_{t+k}, \dots, X_t)$ 的联合分布或矩 (moments) 不随 t 变化
 - 遍历性：从任意初始值 x_0 出发, X_t 随时间变化过程中可以取遍所有可能取值
- 这种一般（抽象）意义上概率性质，主要用途是统计物理中的理论性质：时间无限，空间无限
- 现实观测到的时间序列数据，时间、空间（取值）上均有限
- 有限样本的信息提取：概率论 $\implies$ 统计学

时间序列：概率论视角

- 时间序列最早是概率论的一个分支：主要关心随机过程的平稳性与遍历性
 - 平稳性：对任意 k , $(X_{t+k}, \dots, X_t)$ 的联合分布或矩 (moments) 不随 t 变化
 - 遍历性：从任意初始值 x_0 出发, X_t 随时间变化过程中可以取遍所有可能取值
- 这种一般（抽象）意义上概率性质，主要用途是统计物理中的理论性质：时间无限，空间无限
- 现实观测到的时间序列数据，时间、空间（取值）上均有限
- 有限样本的信息提取：概率论 $\implies$ 统计学
 - 但统计学需要具体的应用

时间序列：经济的视角 I

- 熊彼特：数学天生适用于经济学分析，因为经济现象天然可以用数字描述
- 经济变量随时间变化：形成大量的时间序列数据
- 经济时间序列统计分析的开始：Cowles Foundation
 - 最初在 Chicago University，50 年代搬到 Yale University
 - 主要是欧洲移民的数理经济学家，以 Koopmans 为代表
- 受 Keynes 经济学影响，致力于用大型方程组来解释经济动态……

时间序列：经济的视角 I

- 熊彼特：数学天生适用于经济学分析，因为经济现象天然可以用数字描述
- 经济变量随时间变化：形成大量的时间序列数据
- 经济时间序列统计分析的开始：Cowles Foundation
 - 最初在 Chicago University, 50 年代搬到 Yale University
 - 主要是欧洲移民的数理经济学家，以 Koopmans 为代表
- 受 Keynes 经济学影响，致力于用大型方程组来解释经济动态……
 - 多部门、动态 IS+LM+Phillips 曲线，数千个变量

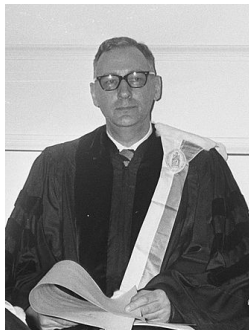
时间序列：经济的视角 I

- 熊彼特：数学天生适用于经济学分析，因为经济现象天然可以用数字描述
- 经济变量随时间变化：形成大量的时间序列数据
- 经济时间序列统计分析的开始：Cowles Foundation
 - 最初在 Chicago University, 50 年代搬到 Yale University
 - 主要是欧洲移民的数理经济学家，以 Koopmans 为代表
- 受 Keynes 经济学影响，致力于用大型方程组来解释经济动态……
 - 多部门、动态 IS+LM+Phillips 曲线，数千个变量
- ……但并未充分意识到经济时间序列本身的动态性质

时间序列：经济的视角 II

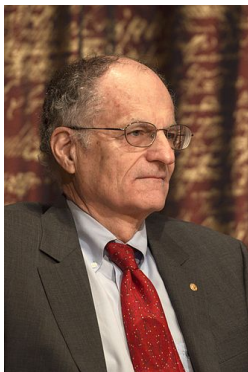
- 70 年代开始，“理性预期”革命彻底否定了传统 Keynes 经济学的研究方案，同时提出了以精简的时间序列模型为基础的新宏观经济学
- 代表人物：Tom Sargent 和 Chris Sims，2011 年诺奖得主
- 低维时间序列模型就可以很好的刻画经济的动态运行：产出、货币供给、利率、通胀、消费、投资、就业
- 原因就在于经济时间序列数据有典型的时间相关性特征
 - 单变量时间序列模型，向量自回归模型（VAR）

Koopmans, Sargent, & Sims



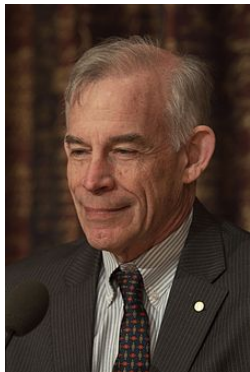
1910–1985

1975



1943–

2011



1942–

2011

时间序列：金融的视角 I

- 60 年代, Chicago University, Center for Research on Security Prices (CRSP) 的建立, 奠定了现代资产定价理论实证研究的基础
- 60-70 年代最重要的金融理论: 有效市场假说 (弱、半强、强)
- 弱有效市场假说: 历史收益率无法预测未来的收益率——当前的市场价格已经反映了所有公开市场信息

$$\mathbb{E}_t[r_{t+1} - r_t | r_t, r_{t-1}, \dots] = 0,$$

这意味着 $r_{t+1} - r_t$ 与 r_{t-i} 之间的相关性为 0

- 时间序列提供了检验有效市场假说的理论与方法

时间序列：金融的视角 II

- Eugene Fama 和 Bob Shiller 2013 年因为实证资产定价的研究获得诺贝尔奖
- Fama 一直坚持“有效”市场的阵地
- Shiller 在 70 年代末到 80 年代广泛分析各种资产的收益-波动关系，由此认为市场是“无效”的，原因在于人的心理特征导致行为偏差，进而提出行为金融学

Fama & Shiller



1939–

2013



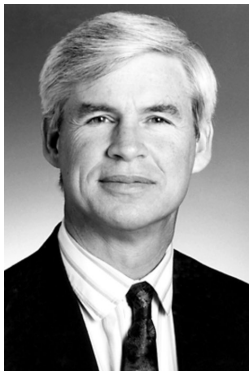
1946–

2013

时间序列：技术的进步

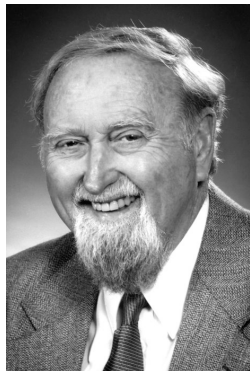
- 从 70 年代开始，时间序列逐渐成为经济与金融实证研究使用最广泛的基础性工具
- 而经济与金融研究的需要，也刺激了时间序列统计理论的发展——非平稳时间序列模型
- 代表人物：Bob Engel 和 Clive Granger，2003 年诺贝尔奖
 - 在单位根过程上发展起来的协整模型，用以描述多个非平稳序列间的长期均衡关系
 - 随机波动率模型，描述金融市场波动与回报之间的关系

Engle & Granger



1942–

2003



1934–2004

2003

最近的新发展：机器学习

三大类机器学习（machine learning）算法

- 无监督学习（unsupervised learning）
 - 目的：将一组数据进行聚类、拆分，使得每个数据自己具有一定的特征，最好是对应到人类语言的特定概念
 - 典型应用：图像识别，语音识别
- 监督学习（supervised learning）
 - 有明确的推测目标 Y ，要拟合 Y 与推测变量 X 间的函数 $Y = f(X)$ ，本质是函数拟合问题
 - 经济、金融中有大量应用 $\Rightarrow$ 金融科技的主要方法支撑
- 强化学习（reinforcement learning）
 - 解决高维的动态序贯决策问题，和动态规划（dynamic programming）紧密联系
 - 如 AlphaGo

监督学习在经济、金融中的应用：示例

中國工業經濟 2019 年第 12 期

跨国增长实证研究的模型不确定性问题： 机器学习的视角

刘 岩， 谢 天

中國工業經濟 2019 年第 8 期

机器学习驱动的基本面量化投资研究

李 斌， 邵新月， 李玥阳