

國立臺灣師範大學課程綱要

一、課程基本資料

課程代碼		課程名稱	貝氏統計	
英文名稱	Bayesian Statistics			
全/半年	半年	必/選修	選修	
學分數	3	每週授課時數	3	
開課系級	博碩 graduate school			
先修課程	統計學 Statistics			
課程簡介	<p>貝氏統計是一套以貝氏估計為核心的統計方法學與分析技術的整合學門，透過馬可夫鏈蒙地卡羅模擬完整呈現參數的分布狀態，藉以進行貝氏推論與決策，不論在學術研究或資料科學等實務領域都有重要的地位與應用價值，尤其在運算科技高度發展的今天，貝氏統計的學理與應用皆已發展成熟且有便捷的分析工具，值得新手或專家投入學習。從技術層面來看，貝氏方法不僅可以應用於經典的迴歸或變異數分析，更適合社會科學研究的高階複雜統計模式，例如多層次模式、結構方程模式、成長模式與混合模式等，有效解決頻率統計所面臨的估計問題與資料分析困境，因此被譽為二十一世紀的統計革命。本課程除了介紹貝氏估計的基本數理原理與運作程序，更將針對教育、心理、管理等社會科學領域常用的各種統計模式從研究設計、模式設定、分析技術與估計方法等各層面的介紹當中，帶入貝氏統計的思維與應用技術，配合重要文獻與實徵研究的閱讀與討論，從概念學習、範例演練到研究實作，利用當代主流的貝氏估計分析軟體 Mplus 來實際分析各類型的研究數據或模擬資料，培養學生以貝氏統計為基礎的能知能用量化研究與學術論文發表能力，與國際潮流接軌。</p>			
	<p>Bayesian statistics is a discipline of the statistical methodology and analytic techniques based on the Bayesian estimation. By applying the Markov chain Monte Carlo algorithm, the parameter space of a model can be established and Bayesian inferences and decisions can be made accordingly. In benefit with the advance of computational techniques, Bayesian statistic takes a critical role both in sciences and practical fields. In terms of the analytic advantages, Bayesian estimate can be used not only for traditional statistical models such as regression and analysis of variance, but also for the advanced modeling in social sciences, such as multilevel modeling, structural equation modeling, growth modeling, and mixture modeling, particular with the superior of estimation efficiency in complex model and sample size issues. As a result, Bayesian statistics has been entitled as the statistical revolution of 21th century. This course firstly introduces the basic concepts and principles of Bayesian statistics, and further discusses the applied issues regarding the research design, model specification, identification, priori setting, and model evaluation, with a focus on the application of psychological, educational, and management researches. Besides getting insights and learning from the literatures and empirical studies, this course designs a series exercises using Mplus to analyze the simulated or real data, empowering the capabilities of empirical research as well as the paper presentation.</p>			

課程目標		對應系所核心能力
1	瞭解貝氏統計的基本原理	
2	熟悉貝氏統計的機率運算與估計方法	
3	能夠執行貝氏估計與軟體操作及報表解讀	
4	能夠將貝氏估計應用於各種統計模式之中	
5	能夠將貝氏估計應用於實際研究之中	

二 教學大綱

II. General Syllabus (maintained by instructors each semester)

授課教師	邱皓政	
教學進度與主題 Schedule		
第一部分：貝氏統計原理 Principles of Bayesian Statistics 1. 貝氏統計基本概念與歷史 Basic concepts and development of Bayesian statistics 2. 機率原理與運算 Probability Principles and Computation 3. 先驗分配與設定 Priori distribution and settings 4. 馬可夫鏈蒙地卡羅法 Markov chain Monte Carlo method 5. 貝氏模式評估 Bayesian model evaluation 第二部分：貝氏統計應用 Applications of Bayesian Statistics 1. 貝氏迴歸 Bayesian regression analysis 2. 貝氏平均數比較 Bayesian comparisons of the means 3. 貝氏多層次模式 Bayesian multilevel modeling 4. 貝氏因素分析 Bayesian factor analysis 5. 貝氏結構方程模式 Bayesian structural equation modeling 6. 貝氏潛在結構與混合模式 Bayesian latent structure and growth mixture modeling		
教學方法 Lecturing Methodologies		
方式	說明	
<input type="checkbox"/> 講述法	配合教材或文獻講授相關方法與分析技術的原理與應用策略	
<input type="checkbox"/> 討論法	提供具體的討論議題或應用文獻來輔助各種分析方法	
<input type="checkbox"/> 問題解決教學	提出研究或分析問題，以實際資料庫來進行分析應用	
<input type="checkbox"/> 實驗/實作	透過實徵資料庫進行上機演練	
<input type="checkbox"/> 媒體融入教學	使用統計軟體來進行實徵資料分析	
<input type="checkbox"/> 專題研究	提出研究或分析問題，以實際資料庫來進行分析應用	
評量方法 Assessment Methodologies		
方式	百分比	說明
<input type="checkbox"/> 演練習作報告	30	每人若干次。任選課堂習作，以習作資料或自有資料進行分析，以書面形式繳交，並於課堂隨機抽點進行口頭報告
<input type="checkbox"/> 專題與報告	30	取真實資料分析，以期刊論文或研討會摘要形式撰寫，並於期末進行口頭報告
<input type="checkbox"/> 學習評鑑	30	上機測試評量（1-2 hours in lab/home）
<input type="checkbox"/> 出席與課堂參與	10	評估課程出缺席狀況與討論參與的情形

<p>參考書目 Text and Readings</p>	<p>邱皓政 (2020)。貝氏統計：原理與應用。台北，雙葉書廊</p> <p>Kaplan, D. (2023). Bayesian Statistics for the Social Sciences, Second Edition. Guilford Press.</p> <p>Gelman, A., Carlin, J., Stern, H., Dunson, D., Vehtari, A., and Rubin, D. (2013). Bayesian Data Analysis, Third Edition, Chapman & Hall/CRC.</p> <p>Lynch, S. M. (2007). Introduction to Applied Bayesian Statistics and Estimation for Social Scientists.</p> <p>其他經典文獻與實徵範例</p>
---	--

三、各週進度與內容 Class Content for Each Week

1. 課程簡介 introduction to the course

- 課程內容介紹
- 作業規定說明
- 閱讀進度說明
- 實徵數據與軟體說明

2. 貝氏革命！貝氏統計基本概念與歷史 Bayesian revolution: Basic concepts and development of Bayesian statistics

1764 年，英國皇家學會的《自然科學學報》(The Philosophical Transactions) 發表一篇〈關於解決機遇理論的一個問題〉論文，第一作者是已過世的湯姆斯·貝氏 (Thomas Bayes)，開啟貝氏時代。

- **Lecture 1:** Introduction to the Bayesian statistics 貝氏統計概論
- **Reading T1:** Chapter 1 導論：貝氏時代
- **Reading P1:** Kruschke, J. K., Aguinis, H., & Joo, H. (2012). The time has come: Bayesian methods for data analysis in the organizational sciences. *Organizational Research Methods*, 15(4), 722–752. <https://doi.org/10.1177/1094428112457829>
- **Reading P2:** van de Schoot, R., Winter, S. D., Ryan, O., Zondervan-Zwijenburg, M., & Depaoli, S. (2017). A systematic review of Bayesian articles in psychology: The last 25 years. *Psychological Methods*, 22(2), 217–239. <https://doi.org/10.1037/met0000100>

3. 機率原理與貝氏定理 Probability Principles and Bayesian theorem

貝氏估計是一連串的機率運算，因此對於貝氏估計的理解必須從機率開始。若要了解傳統頻次統計與貝氏統計的差異，必須從機率分配的整合運用來切入。分配形式要先確定，概似估計與機率運算才能發生，找出參數落點與離散情形。

- **Lecture 2:** Probability basis of the Bayesian statistics 貝氏統計的機率基礎與運算
- **Reading T2:**
Chapter 2 機率、貝氏定理與機率分配
Chapter 3 貝氏機率運算

4. 先驗分配與設定 **Priori distribution and settings**

貝氏估計是一種逆機率的運用，可以從因推果，也可以從果知因，貝氏估計要先瞭解先驗設定的要領，才能接近貝氏之道。

- **Lecture 3:** Priori distribution and settings of Bayesian estimates 貝氏估計先驗分配
- **Reading T3:** Chapter 4 先驗分配與設定
- **Reading P3:** Gelman, A., Simpson, D., & Betancourt, M. (2017). The prior can generally only be understood in the context of the likelihood. *Entropy*, 19, 1-13.
<https://doi.org/10.3390/e19100555>
<https://www.mdpi.com/1099-4300/19/10/555/pdf?version=1508477618>
- **Reading P4:** Zondervan-Zwijenburg, M., Peeters, M., Depaoli, S., & van de Schoot, R. (2017). Where do priors come from? Applying guidelines to construct informative priors in small sample research. *Research in Human Development*, 14, 305-320.
<https://doi.org/10.1080/15427609.2017.1370966>
<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/15427609.2017.1370966?needAccess=true>

5. 貝氏迴歸 **Bayesian regression analysis**

線性迴歸基於線性方程式 $Y=\alpha+\beta X+\varepsilon$ ，誤差 ε 的最小化使得統計模型「回歸」數學的函數關係，在 ML 如此，在貝氏估計亦然，兩者演算方法迥異但終點相同。

- **Lecture 4:** Regression using Bayesian estimation 貝氏迴歸分析
- **Reading T4:** Chapter 7 貝氏迴歸與中介調節效果分析
- **Lab:** Mplus exercise on Bayesian regression

6. 馬可夫鏈蒙地卡羅法 **Markov chain Monte Carlo method**

馬可夫鏈蒙地卡羅是 Markov chain 與 Monte Carlo 兩種統計技術的結合，馬可夫創造參數序列，蒙地卡羅提供模擬樣本，基於 Gibbs 抽樣與 Metropolis-Hastings 演算法，由電腦高速運算實現估計成果。

- **Lecture 5:** MCMC procedures of Bayesian estimation 貝氏估計的 MCMC 程序
- **Reading T5:** Chapter 5 馬可夫鏈蒙地卡羅法
- **Lab:** Mplus exercise on MCMC procedure based on regression

7. 貝氏模式評估 **Bayesian model evaluation**

統計模型是研究者對於研究問題所提出的假設性答案，模型優劣主要是估計結果是否可以重現觀察資料的狀態，貝氏模型適配評估是貝氏統計的重要評估程序。

- **Lecture 6:** Model evaluation Bayesian estimation 貝氏估計的模式評估
- **Reading T6:** Chapter 6 貝氏模式評估
- **Lab:** Mplus exercise on MCMC procedure based on regression

8. Presentation Midterm: Oral presentation on Bayesian regression using empirical data

- Presentation in person
- Presentation in group

9. 貝氏多層次模式 Bayesian multilevel modeling A

10. 貝氏多層次模式 Bayesian multilevel modeling B

社會科學資料往往具有階層結構，或因為重複觀測探討變化軌跡，皆會使得資料具有嵌套特徵，抽樣獨立性無法維繫，以最大概似法估計具有挑戰，但是貝氏估計則有良好效能。

- **Lecture 7:** Bayesian multilevel modeling 貝氏多層次分析
- **Reading T6:** Chapter 6 貝氏多層次分析
- **Reading P5:** Schwerdtfeger, A. R., Rominger, C., & Obser, P. D. (2020). A shy heart may benefit from everyday life social interactions with close others: An ecological momentary assessment trial using Bayesian multilevel modeling. *Biological Psychology, 152*:20. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2020.107864>
- **Lab:** Mplus exercise on Bayesian multilevel modeling

11. 因素分析：從探索、驗證到貝氏 Factor analysis: From exploratory to Bayesian

因素分析是社會科學用來估計潛在變數的主要技術，不論是探索性或驗證性因素分析，貝氏估計提供良好估計效能。

- **Lecture 8:** Bayesian factor analysis 貝氏因素分析
- **Reading T7:** Chapter 10 因素分析：從探索、驗證到貝氏
- **Reading P6:** Muthén, B., & Asparouhov, T. (2012). Bayesian structural equation modeling: A more flexible representation of substantive theory. *Psychological Methods, 17*(3), 313-335. <https://doi.org/10.1037/a0026802>
- **Reading P7:** Marsh, H. W., Fraser, M. I., Rakhimov, A., Ciarrochi, J., & Guo, J. (2023). The bifactor structure of the Self-Compassion Scale: Bayesian approaches to overcome exploratory structural equation modeling (ESEM) limitations. *Psychological Assessment, 35*(8), 674–691. <https://doi.org/10.1037/pas0001247>
- **Lab:** Mplus exercise on Bayesian factor analysis

12. 貝氏結構方程模式 Bayesian structural equation modeling A

13. 貝氏結構方程模式 Bayesian structural equation modeling B

瑞典統計學家 Karl Gustav Jöreskog 將因素分析與路徑分析整合，發展結構方程模式，他的學生 Bengt Muthén 則開發了更一般化的 Mplus，進一步導入貝氏估計，成為當今 SEM 與 LGM 等一系列衍生模式最廣泛重用的分析利器。

- **Lecture 9:** Bayesian structural equation modeling 貝氏結構方程模式
- **Reading T7:** Chapter 11 貝氏結構方程模式
- **Reading P8:** Roters, J., & Book, A. (2024). Examining the complex relations between childhood adversity, mindfulness, attachment, and various personality outcomes: A Bayesian structural equation modeling approach. *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy, 16*(1), 158–165. <https://0-doi-org.opac.lib.ntnu.edu.tw/10.1037/tra0001596>
- **Lab:** Mplus exercise on Bayesian structural equation modeling

14. 潛在結構與混合模式 Bayesian latent structure analysis

混合模式下的潛在變數從連續維度擴大到類別化的離散空間，成為連續量尺模式之外的「第二軌道」，深入探討無法觀察的異質性，貝氏估計解決潛在結構分析的繁複艱難的估計問題，掌握異質參數的不確定性。

- **Lecture 10:** Bayesian latent structure analysis 貝氏潛在結構分析
- **Reading T8:** Chapter 12 潛在結構分析與混合模式
- **Reading P9:** Burns, E. C., Collie, R. J., Van Bergen, P., & Martin, A. J. (2022). Intrapersonal and interpersonal psychosocial adjustment resources and achievement: A multilevel latent profile analysis of students and schools. *Journal of Educational Psychology, 114*(8), 1912–1930. <https://doi.org/10.1037/edu0000726>
- **Lab:** Mplus exercise on Bayesian latent class/profile analysis

15. 貝氏成長混合模式 Bayesian growth mixture modeling

成長混合模式是縱貫資料的重要應用，可以探討成長軌跡的潛在異質性，但參數估計不易，貝氏估計提供良好估計效能。

- **Lecture 11:** Bayesian growth mixture modeling 貝氏成長混合模式
- **Reading T8:** Chapter 12 潛在結構分析與混合模式
- **Reading P10:** Schlegelmilch, R., & von Helversen, B. (2020). The influence of reward magnitude on stimulus memory and stimulus generalization in categorization decisions. *Journal of Experimental Psychology: General, 149*(10), 1823–1854. <https://doi.org/10.1037/xge0000747>
- **Lab:** Mplus exercise on Bayesian mixture modeling

16. Presentation Final: Oral presentation on the Bayesian MLM、SEM、LCA/LPA、GMM using empirical data

- Presentation in person
- Presentation in group